

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5216871号
(P5216871)

(45) 発行日 平成25年6月19日 (2013. 6. 19)

(24) 登録日 平成25年3月8日 (2013. 3. 8)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006. 01)
B 8 1 C 99/00 (2010. 01)H O 1 L 21/30 5 O 2 D
B 8 1 C 99/00

請求項の数 18 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2010-545889 (P2010-545889)
 (86) (22) 出願日 平成21年2月9日 (2009. 2. 9)
 (65) 公表番号 特表2011-521438 (P2011-521438A)
 (43) 公表日 平成23年7月21日 (2011. 7. 21)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2009/000803
 (87) 国際公開番号 W02009/099666
 (87) 国際公開日 平成21年8月13日 (2009. 8. 13)
 審査請求日 平成24年2月6日 (2012. 2. 6)
 (31) 優先権主張番号 61/027, 153
 (32) 優先日 平成20年2月8日 (2008. 2. 8)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 61/094, 092
 (32) 優先日 平成20年9月4日 (2008. 9. 4)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 503193362
 モレキュラー・インプリンツ・インコーポ
 レーテッド
 アメリカ合衆国・78758-3605・
 テキサス州・オースティン・ウエスト ブ
 レイカー レーン・1807・ビルディン
 グ シー100
 (74) 代理人 100064621
 弁理士 山川 政樹
 (74) 代理人 100098394
 弁理士 山川 茂樹
 (72) 発明者 クスナデノフ, ニヤス
 アメリカ合衆国・78681・テキサス州
 ・ラウンド ロック・ランチパーク トラ
 イル・3257

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インプリント・リソグラフィにおけるはみ出し低減

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

インプリント・リソグラフィ・テンプレートのメサをパターンニングして、前記テンプレートの所望のインプリント領域内のパターン化されたフィーチャと、前記メサの境界の前記パターン化されたフィーチャを囲む第1の迷路状パターンまたはフラクタル・パターンを含む周長のフィーチャを提供するステップと、

基板上に重合性材料を分配するステップと、

前記インプリント・リソグラフィ・テンプレートの前記メサを、前記基板上の重合性材料と接触させるステップと、

から構成され、

前記第1の迷路状パターンまたはフラクタル・パターンは、前記メサの境界を越えて前記重合性材料が伝搬されることを低減することを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記周長のフィーチャは第1の迷路状パターンを含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記迷路状パターンはフィーチャの配列を含むことを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項 4】

前記フィーチャは、幾何学的形状、奇想を凝らした形状、またはそれらの組合せを含む

ことを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記迷路状パターンは、幅約 2 マイクロメートル、長さ約 2 マイクロメートル、および高さ約 80 ~ 120 nm を有する正方形の周期的配列を含むことを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

【請求項 6】

前記迷路状パターンは、ある距離だけ離隔されたフィーチャの周期的配列を含むことを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

【請求項 7】

前記距離は、約 0.6 ~ 0.8 マイクロメートルの間にあることを特徴とする請求項 6 に記載の方法。 10

【請求項 8】

前記迷路状パターンはモートを形成することを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

【請求項 9】

前記メサ上に、前記モート内に配置される第 2 の迷路状パターンをパターンニングするステップをさらに含むことを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記迷路状パターンは、前記基板上に分配された重合性材料の伝搬を遅くするように設計された領域を形成することを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

【請求項 11】

20

前記領域はダイを備えることを特徴とする請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記周長のフィーチャは、少なくとも 1 つのフラクタル・パターンを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法

【請求項 13】

前記フラクタル・パターンは、少なくとも 1 つの第 1 のフィーチャの第 1 の繰返しおよび第 2 のフィーチャの第 2 の繰返しを含むことを特徴とする請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記第 1 の繰返しと前記第 2 の繰返しとの間の前記重合性材料の流れが低減されるように、前記第 1 のフィーチャのフィーチャ・サイズは前記第 2 のフィーチャのフィーチャ・サイズより大きいことを特徴とする請求項 13 に記載の方法。 30

【請求項 15】

前記第 1 の繰返しの前記フィーチャおよび前記第 2 の繰返しの前記フィーチャは、幾何学的形状、奇想を凝らした形状、またはそれらの組合せを含むことを特徴とする請求項 13 に記載の方法。

【請求項 16】

前記重合性材料の前記流れは、毛細管力によって低減されることを特徴とする請求項 14 に記載の方法。

【請求項 17】

前記重合性材料が分配されるとき、前記基板に気体を供給するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 13 に記載の方法。 40

【請求項 18】

前記重合性材料の前記流れは、気体によって低減されることを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

本出願は、2008 年 2 月 8 日出願の米国特許仮出願第 61/027,153 号、2008 年 9 月 4 日出願の米国特許仮出願第 61/094,092 号、および 2009 年 2 月 50

6日出願の米国特許出願第12/367,079号の米国特許法119条(e)(1)に基づく利益を主張するものであり、これらのすべてが参照によって本明細書に組み込まれる。

【0002】

(技術分野)

ナノ製造は、100ナノメートル台以下の程度のフィーチャを有する非常に小さな構造体の製造を含む。ナノ製造の、かなり大きな影響があった1つの用途は集積回路の加工である。半導体加工産業は、より大きな生産歩留りを求めて努力を続ける一方、基板上に形成される単位面積当たりの回路を増加させるので、ナノ製造はますます重要になる。ナノ製造によって、より優れたプロセス制御がもたらされる一方、形成された構造体の最小フィーチャ寸法の相次ぐ縮小が可能になる。ナノ製造を用いた開発のその他の領域には、バイオテクノロジー、光技術、機械システムなどが含まれる。

10

【背景技術】

【0003】

今日用いられている例示的ナノ製造技法は、一般にインプリント・リソグラフィと称される。例示的インプリント・リソグラフィ・プロセスは、米国特許出願公開第2004/0065976号、米国特許出願公開第2004/0065252号、および米国特許第6,936,194号など多数の公開に詳細に説明されており、これらのすべてが参照によってここで本明細書に組み込まれる。

【0004】

20

前述の米国特許出願公開および米国特許の各々で開示されたインプリント・リソグラフィ技法は、形成可能(重合性)層の中にレリーフ・パターンを形成して、レリーフ・パターンに対応するパターンを下にある基板の中へ転写することを含む。所望位置を得てパターンニング・プロセスを容易にするために、基板は移動ステージに結合されてよい。パターンニング・プロセスは、基板から離隔されたテンプレートを使用し、テンプレートと基板との間に成形可能な液体が与えられる。成形可能な液体を凝固して、成形可能な液体に接するテンプレートの表面形状に適合するパターンを有する剛体層を形成する。凝固の後、テンプレートと基板が離隔されるように、剛体層からテンプレートを分離する。次いで、基板および凝固層をさらに処理して、凝固層中のパターンに対応するレリーフ像を基板中へ転写する。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許出願公開第2004/0065976号

【特許文献2】米国特許出願公開第2004/0065252号

【特許文献3】米国特許第6,936,194号

【発明の概要】

【0006】

本発明のより詳細な理解は、添付図を参照した、本発明の実施形態の説明から提供されよう。しかし、添付図は本発明の代表的な実施形態だけを示しており、したがって、本発明の範囲を限定するものとみなされるべきでないことに留意されたい。

40

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の一実施形態によるリソグラフィ・システムの簡易側面図である。

【図2】図1に示された基板上にパターン層が配置された様子を示す簡易側面図である。

【図3】図1に示されたテンプレートおよび基板の簡易側面図である。

【図4】リソグラフィ・システムで使用する例示的テンプレートの簡易側面図である。

【図5A】リソグラフィ・システムで使用する例示的マスキング・システムの簡易側面図である。

【図5B】リソグラフィ・システムで使用する例示的マスキング・システムの簡易側面図

50

である。

【図 6】インプリント・リソグラフィの間中、マスキング・システムを使用してはみ出し形成を防止する例示的方法を示すフローチャートである。

【図 7 A】リソグラフィ・システムで 사용할 ことができる例示的フィルタリング・システムを示す図である。

【図 7 B】リソグラフィ・システムで 사용할 ことができる例示的フィルタリング・システムを示す図である。

【図 7 C】フィルタリング・システムを使用してはみ出し形成を防止する例示的方法を示すフローチャートである。

【図 8 A】リソグラフィ・システムで使用する例示的フィルタリング・システムを示す図である。

10

【図 8 B】リソグラフィ・システムで使用する例示的フィルタリング・システムを示す図である。

【図 9】フィルタリング・システムを使用してはみ出し形成を防止する例示的方法を示すフローチャートである。

【図 10 A】基板の 1 つまたは複数の湾曲領域へのエネルギーを遮断するための例示的フィルタリング・システムを示す図である。

【図 10 B】基板の 1 つまたは複数の湾曲領域へのエネルギーを遮断するための例示的フィルタリング・システムを示す図である。

【図 11 A】メサ上の例示的迷路状パターンを示す図である。

20

【図 11 B】メサ上の例示的迷路状パターンを示す図である。

【図 12】メサ上にモートを形成する例示的迷路状パターンを示す図である。

【図 13】メサ上にパターンングされた例示的迷路状パターンおよび例示的チャンネルを示す図である。

【図 14】複数の配列を有する例示的迷路状パターンを示す図である。

【図 15】複数の配列を有する例示的迷路状パターンを示す図である。

【図 16】迷路状パターンを用いてはみ出し形成を低減および / または防止する例示的方法を示すフローチャートである。

【図 17 A】リソグラフィ・システムで使用する例示的フラクタル構造体を示す図である。

30

【図 17 B】リソグラフィ・システムで使用する例示的フラクタル構造体を示す図である。

【図 17 C】リソグラフィ・システムで使用する例示的フラクタル構造体を示す図である。

【図 18】フラクタル構造体を使用してはみ出し形成を低減および / または防止する例示的方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0008】

図、特に図 1 を参照すると、基板 12 上にレリーフ・パターンを形成するのに使用されるリソグラフィ・システム 10 が示されている。基板 12 は、基板チャック 14 に結合され得る。図示のように、基板チャック 14 は真空チャックである。基板チャック 14 は、真空、ピン・タイプ、溝タイプ、静電気、電磁気、および / または同様なものを含むいかなるチャックでもよいが、これらには限定されない。例示的チャックは、米国特許第 6, 873, 087 号に説明されており、これは参照によってここで本明細書に組み込まれる。

40

【0009】

基板 12 および基板チャック 14 は、ステージ 16 でさらに支持され得る。ステージ 16 は、x 軸、y 軸、および z 軸に沿った移動をもたらすことができる。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）上に配置することができる。

【0010】

50

基板 12 から離隔されて、テンプレート 18 がある。テンプレート 18 は、そこから基板 12 の方へ広がるメサ 20 を含んでよく、メサ 20 上にパターンニング面 22 がある。さらに、メサ 20 はモールド 20 と称されることがある。別法として、テンプレート 18 は、メサ 20 なしで形成することができる。

【0011】

テンプレート 18 および / またはメサ 20 は、融解石英、水晶、シリコン、有機ポリマー、シロキサン・ポリマー、ホウ珪酸ガラス、フルオロカーボン・ポリマー、金属、硬化サファイア、および / または同様なものを含むがこれらに限定されない材料から形成され得る。図示のように、パターンニング面 22 は、複数の離隔された凹部 24 および / または突出部 26 によって画定されたフィーチャを備えるが、本発明の実施形態はそのような構成に限定されない。パターンニング面 22 は、基板 12 上に形成されることになるパターンの基礎を形成する任意の元のパターンを画定することができる。

【0012】

テンプレート 18 は、チャック 28 に結合され得る。チャック 28 は、真空、ピン・タイプ、溝タイプ、静電気、電磁気、および / または他の類似のチャックのタイプとして構成され得るが、これらには限定されない。例示的チャックは、米国特許第 6,873,087 号にさらに説明されており、これは参照によってここで本明細書に組み込まれる。さらに、チャック 28 および / またはインプリント・ヘッド 30 がテンプレート 18 の移動を容易にするように構成され得るように、チャック 28 をインプリント・ヘッド 30 に結合することができる。

【0013】

システム 10 は、流体分配システム 32 をさらに備えることができる。流体分配システム 32 は、基板 12 上に重合性材料 34 を堆積するのに使用することができる。重合性材料 34 は、滴下分配、スピンコーティング、ディップ・コーティング、化学的気相成長 (CVD)、物理的気相成長 (PVD)、薄膜堆積、厚膜堆積、および / または同様なものなどの技法を用いて基板 12 上に配置することができる。例えば、重合性材料 34 は、米国特許出願公開第 2005/0270312 号および米国特許出願公開第 2005/0106321 号に説明されたものなどの技法を用いて基板 12 上に配置することができ、これらの両方が、参照によってここで本明細書に組み込まれる。設計上考慮すべき事項次第で、メサ 20 と基板 12 との間に所望の容積が画定される前および / または画定された後に、重合性材料 34 が基板 12 上に配置されてよい。重合性材料 34 は米国特許第 7,157,036 号および米国特許出願公開第 2005/0187339 号で説明されているようなモノマー混合物を含んでよく、これらの両方が参照によってここで本明細書に組み込まれる。

【0014】

図 1 および図 2 を参照すると、システム 10 は、エネルギー 40 を経路 42 に沿って導くように結合されたエネルギー源 38 をさらに備えることができる。インプリント・ヘッド 30 およびステージ 16 は、テンプレート 18 および基板 12 を経路 42 と重ねて配置するように構成され得る。ステージ 16、インプリント・ヘッド 30、流体分配システム 32、および / またはエネルギー源 38 と通信し、メモリ 56 に保存されたコンピュータ読取可能プログラムに基づいて動作することができるプロセッサ 54 によって、システム 10 が調整され得る。

【0015】

インプリント・ヘッド 30、ステージ 16 の一方または両方は、メサ 20 と基板 12 との間の距離を変化させて、重合性材料 34 で充填される所望の容積をそれらの間に画定する。例えば、インプリント・ヘッド 30 は、メサ 20 が重合性材料 34 と接触するようにテンプレート 18 に力を加えることができる。所望の容積が重合性材料 34 で充填された後、エネルギー源 38 は、例えば、重合性材料 34 を凝固させかつ / または架橋して基板 12 の表面 44 の形状に順応させ、かつ表面 22 をパターンニングし、パターン層 46 を基板 12 上に画定する紫外線放射であるエネルギー 40 を生成する。パターン層 46 は、残

存層 48 ならびに厚さ t_1 を有する突出部 50 および厚さ t_2 を有する残存層を伴う突出部 50 および凹部 55 として示される複数のフィーチャを備えることができる。

【0016】

前述のシステムおよびプロセスは、すべてがここで参照によって本明細書に組み込まれている米国特許第 6,932,934 号、米国特許出願公開第 2004/0124566 号、米国特許出願公開第 2004/0188381 号、および米国特許出願公開第 2004/0211754 号で参照されるインプリント・リソグラフィ・プロセスおよびシステムに、さらに用いることができる。

【0017】

図 2 および図 3 を参照すると、パターン層 46 の形成の間、重合性材料 34 が、テンプレート 18 のフィーチャ 24 と 26 との間の容積、および基板 12 上の所望のインプリント領域 A_1 内のメサ 20 の縁端部を充填する。例えば、所望のインプリント領域 A_1 は、メサ 20 の境界間にあってよい。特定の環境では、重合性材料 34 が領域 A_1 から流出し、結果としてはみ出しが形成されることがある。例えば、基板 12 上の滴下パターンがテンプレート 18 の中央に置かれられない場合、メサ 20 の境界の縁端部にはみ出しが生成されることがある。はみ出しが形成されると、テンプレート 18 とパターン層 46 との分離の間中、微粒子噴霧をもたらす恐れがある。さらに、はみ出しによって、パターン層 46 のサイズが制限され、欠陥がもたらされ、テンプレート 18 の保存寿命が低下し、かつ/または後続の平坦化の結果で不均一なパターン層 46 がもたらされることがある。以下のシステムおよび方法は、はみ出しの低減および/または防止のために、単独で、または組み合わせて用いることができる。

【0018】

寸法の変化

メサ 20 および/または所望のインプリント領域 A_1 の寸法を変化させることにより、はみ出しを低減および/または防止することができる。

【0019】

一実施例では、メサ 20 と残りのテンプレート 18 (例えばテンプレート 18 の本体) との間の高さ比を変化させることができる。重合性材料 34 がテンプレート 18 のフィーチャ 24 および 26 とメサ 20 の縁端部との間の容積を充填するとき、重合性材料 34 が、基板 12 の所望のインプリント領域 A_1 の外部へ蓄積してはみ出しを形成する恐れがある。例えば、重合性材料 34 の蓄積により、重合性材料 34 がメサ 20 と実質的に同じ高さ h_1 まで上昇してはみ出しを形成されることがある。メサ 20 の高さ h_1 を増加させることにより、基板 12 の所望のインプリント領域 A_1 の外部で、重合性材料 34 の蓄積の影響を緩和することができる。例えば、メサ 20 の高さ h_1 を、(例えば約 $1.5 \mu\text{m}$ から約 $13.5 \mu\text{m}$ へと) 10 倍増加させてよい。高さ h_1 が増加すると、基板 12 の所望のインプリント領域の外側での重合性材料 34 の蓄積を遅らせることができる。そのような遅延により、テンプレート 18 の除去および/または洗浄が必要になる前の、連続したインプリントの可能な数をさらに増加させることができる。

【0020】

別の実施例では、基板 12 の所望のインプリント領域 A_1 の少なくとも 1 つの寸法と、1 つまたは複数のはみ出しゾーン 60 を形成するメサ 20 の少なくとも 1 つの寸法との比を変化させることにより、はみ出しを低減および/または防止することができる。例えば、図 4 に示されるように、基板 12 の所望のインプリント領域 A_1 の長さ L_1 は、はみ出しゾーン 60 が形成され得るように、メサ 20 の長さ L_2 未満でよい。はみ出しゾーン 60 は、約 $50 \mu\text{m}$ から $300 \mu\text{m}$ までの距離 d_1 を有してよい。例えば、はみ出しゾーン 60 の距離 d_1 は約 $300 \mu\text{m}$ でよい。メサ 20 および/または所望のインプリント領域 A_1 の寸法を変化させることにより、類似の距離および/または異なる距離 d_1 を有する複数のはみ出しゾーン 60 を形成することができることに留意されたい。

【0021】

マスキング

図 1、図 5 A および図 5 B を参照すると、マスキング・システム 100 は、システム 10 で使用することができる。マスキング・システム 100 は、はみ出し形成を低減および/または防止することができる。マスキング・システム 100 は、マスク 102 およびエネルギー源 38a を含む。エネルギー源 38a は、経路 42a においてエネルギー 40a (例えば紫外線放射) を供給する。テンプレート 18 および基板 12 は、経路 42a と重ねることができる。エネルギー源 38a は、図 1 に示されたエネルギー源 38 に類似のものでよいことに留意されたい。あるいは、エネルギー源 38a の代わりに、またはエネルギー源 38a に加えて、図 1 に示されたエネルギー源 38 が、経路 42a に沿ってエネルギー 40a を供給してよい。

【0022】

マスク 102 は、経路 42a におけるエネルギー 40a の一部分を遮断することができる。例えば、マスク 102 は、マスク 102 の長さ L_1 がメサ 20 の長さ L_2 未満になって帯 104a 内の重合性材料 34 の露光をもたらすように製作することができる。帯 104a は、メサ 20 の少なくとも 1 つの縁端部に起因するものであり得て、実質的にマスク 102 によって遮断されないままとなる。帯 104a は、約 $2 \sim 10 \mu\text{m}$ の間の最小幅 w_1 を有することがある。例えば、帯 104a は、約 $3 \mu\text{m}$ の幅 w_1 を有することがある。幅 w_1 は、用途および設計上考慮すべき事項次第で、より大きくなり得ることに留意されたい。

【0023】

マスク 102 は、帯 104a 内の重合性材料 34 を除いたメサ 20 と基板 12 との間の重合性材料 34 の露光を遮断する。そのため、帯 104a 内の重合性材料 34 は硬化および/または凝固され得て、その一方でメサ 20 と基板 12 との間の残りの重合性材料 34 は流体形式で残され得る。したがって、帯 104a 内の凝固した重合性材料 34 が、流体の重合性材料 34 を所望のインプリント領域 A_1 (例えばメサ 20 の境界) 内に閉じ込めることができる。次いで、マスク 102 が除去され得て、メサ 20 の境界内の重合性材料 34 は、図 5 B に示されるように硬化および/または凝固され得る。

【0024】

マスク 102 を通過するエネルギー 40a は、伝搬するときに反射および/または回折し得ることに留意されたい。例えば、マスク 102 を通過するエネルギー 40a は、マスク 102 とテンプレート 18 との間の分離距離を伝搬するとき回折することがある。そのような反射および/または回折が、ぼけをもたらすことがある。そのため、ぼけを低減または除去するためにリソグラフィ用の投影光学系を用いることができる。例えば、 $0.5 \mu\text{m}$ のリソグラフィ用の投影オブションを用いることができる。あるいは、ぼけを低減および/または除去するために、テンプレート 18 に近接してマスク 102 を配置することができる。

【0025】

図 6 は、インプリント・リソグラフィの間中、マスキング・システム 100 を使用してはみ出し形成を防止する例示的方法 110 を示すフローチャートである。ステップ 112 で、メサ 20 を、基板 12 と重ねて経路 42 に沿って配置してよい。ステップ 114 で、マスキング・システム 100 のマスク 102 を、エネルギー源 38a とメサ 20 との間に配置してよい。マスク 102 を配置することにより、エネルギー源 38a がアクティブ状態にあるときエネルギー 40a に露光される帯 104a が、メサ 20 と基板 12 との間に設けられ得る。帯 104a は、エネルギー 40a に実質的に露光され遮断されない。ステップ 116 で、重合性材料 34 が基板 12 上に分配され得る。ステップ 118 で、メサ 20 が重合性材料 34 と接触するように、テンプレート 18 と基板 12 との間の距離を縮小してよい。ステップ 120 で、エネルギー源 38a が経路 42a にエネルギー 40a を供給して、帯 104a 内の重合性材料 34 を硬化および/または凝固させる。遮断されていない帯 104 の外側の、メサ 20 と基板 12 との間の重合性材料 34 は、流体形式のままであり得る。ステップ 122 で、マスク 102 を除去してよい。ステップ 124 で、メサ 20 と基板 12 との間の重合性材料 34 が、硬化および/または凝固される。

【0026】

フィルタリング

図7Aおよび図7Bは、システム10で 사용할 ことができる例示的フィルタリング・システム130を示す。フィルタリング・システム130は、はみ出し形成を低減および/または防止することができる。フィルタリング・システム130は、第1のフィルタ132、第2のフィルタ134、およびエネルギー源38bを含んでよい。エネルギー源38bは、経路42bに沿ってエネルギー40bを供給することができる。

【0027】

エネルギー40bは、1つまたは複数の波長を有することができる。本明細書で説明されるように、波長は単一波長または波長の領域であり得る。メサ20および基板12は、経路42bと重ねることができる。エネルギー源38bは、図2および図5Aに示されたエネルギー源38および/または38aに類似のものでよいことに留意されたい。

10

【0028】

フィルタ132および134は、任意の適切なフィルタ(例えば光フィルタ)でよい。例えば、第1のフィルタ132および/または第2のフィルタ134は、薄膜干渉フィルタでよい。第1のフィルタ132は、波長 λ_1 を有するエネルギー40bを透過する一方で波長 λ_2 を有するエネルギー40bを遮断することが可能であり得る。第2のフィルタ134は、波長 λ_1 を有するエネルギー40bを遮断することが可能であり得る。いくつかの実施形態では、波長 λ_1 および/または波長 λ_2 は、約180nmから約430nmまでの波長領域にあってよい。例えば、一実施例では、波長 λ_1 は約310nmから約360nmまでの範囲を有してよく、波長 λ_2 は高々約200nmでよい。2つのフィルタ132および134だけが説明されているが、説明されたフィルタリング・システム130に従って追加のフィルタが使用され得ることを理解されたい。

20

【0029】

テンプレート18に、第2のフィルタ134が含まれることがある。例えば、テンプレート18が中空で、第2のフィルタ134がメサ20に隣接して配置されてよい。あるいは、第2のフィルタ134がテンプレート18に隣接して配置されてよい。

【0030】

第1のフィルタ132は、第1のフィルタ132の長さ L_3 が第2のフィルタ134の長さ L_4 より大きくなるように製作することができる。例えば、第2のフィルタ134の長さ L_4 は第1のフィルタ132の長さ L_3 未満でよく、帯104bを生成する。帯域104bは幅 w_2 を有することができる。例えば、帯104bの最小限の幅 w_2 は、約2~10 μ mの間にあってよい。幅 w_2 は、用途および設計上考慮すべき事項次第で、より大きくなり得ることに留意されたい。

30

【0031】

第2のフィルタ134に対する第1のフィルタ132の配置が、帯104bを生成することができる。例えば、波長 λ_2 を有するエネルギー40bが第1のフィルタ132によって遮断され得て、波長 λ_1 を有するエネルギー40bが第2のフィルタ134によってフィルタリングされ、メサ20と基板12との間の領域を遮断して帯104bを生成することができるように、第1のフィルタ132を第2のフィルタ134と重ねて経路42bに沿って配置してよい。したがって、インプリントの間に、帯104bの中に広がることのできる重合性材料34は、波長 λ_1 を有するエネルギー40bによって硬化および/または凝固され得る。次いで、第1のフィルタ132が除去されてよく、残りの重合性材料34をすべて、波長 λ_2 を有するエネルギー40bに露光する。第2のフィルタ134は、波長 λ_2 を有するエネルギー40bを透過することができ、メサ20と基板12との間の重合性材料34を硬化および/または凝固させることができる。

40

【0032】

図7Cは、インプリント・リソグラフィの間中、フィルタリング・システム130を使用してはみ出し形成を防止する例示的方法150を示すフローチャートである。ステップ152で、メサ20を基板12と重ねて経路42bに沿って配置してよい。ステップ15

50

4で、フィルタ132および134を、エネルギー源38bとメサ20との間に配置してよい。フィルタ132および134を配置することにより、エネルギー源38bがアクティブ状態にあるときエネルギー40bに露光され得る帯104bを、メサ20と基板12との間に設けることができる。例えば、帯104bは、エネルギー40bに実質的に露光され遮断されない。ステップ156で、重合性材料34が基板12上に分配され得る。ステップ158で、メサ20が重合性材料34と接触するように、テンプレート18と基板12との間の距離を縮小してよい。ステップ160で、フィルタ132および134を活性化してよい。ステップ162で、エネルギー源38bが経路42bにエネルギー40bを供給して、帯104b内の重合性材料34を硬化および/または凝固させる。遮断されていない帯104bの外側の、メサ20と基板12との間の重合性材料34は、流体形式のままであり得る。ステップ164で、フィルタ132および/またはフィルタ134のうち少なくとも1つを非活性化してよい。ステップ166で、メサ20と基板12との間の重合性材料34が、硬化および/または凝固される。

10

【0033】

図8Aおよび図8Bは、システム10で 사용할 ことができる例示的フィルタリング・システム200を示す。フィルタリング・システム200は、はみ出し形成を低減および/または防止することができる。フィルタリング・システム200は、少なくとも1つのエレクトロクロミック・ウィンドウ202、電圧源204、およびエネルギー源38dを含む。一般に、エレクトロクロミック・ウィンドウ202は、電圧源204から電圧Vを印加されると不透明になることができる。エレクトロクロミック・ウィンドウ202は、一旦不透明になると、エネルギー40dに対してテンプレート18および/または基板12の少なくとも一部分の露光を遮断する。

20

【0034】

エレクトロクロミック・ウィンドウ202は、電圧に 応答して、有色の半透明状態と透明状態との間で不透明度を変更することができる。この特性は、エネルギー40dに対して、インプリント領域の1つの領域を遮断する一方で別の領域を露光するのに用いることができる。

【0035】

エネルギー源38dは、経路42dに沿って、テンプレート18および/または基板12にエネルギー40dを供給する。一般に、テンプレート18は、基板12と重ねて配置することができ、エネルギー40dが経路42dに供給される。エネルギー源38dは、エネルギー源38a、38b、および/または38cに類似のものでよい。あるいは、エネルギー源38a、38b、および/または38cは、システム200で使用する ことができる。

30

【0036】

エレクトロクロミック・ウィンドウ202の少なくとも1つの領域206を、基板12および/またはテンプレート18と重ねることができる。電気化学的ウィンドウ202の領域206は、基板12上にインプリントする所望の領域の長さ L_6 未満の長さ L_5 を有してよい。エレクトロクロミック・ウィンドウ202の領域206の長さ L_5 と基板12上の所望の領域の長さ L_6 との間の差が、帯104dを形成することができる。例えば、この差が、メサ20の周囲のまわりに帯104dをもたらし することができる。帯域104dは幅 w_3 を有することができる。例えば、帯104dは、 $2 \sim 10 \mu m$ の間の幅 w_3 を有することができる。幅 w_3 は、用途および/または設計上考慮すべき事項次第で、より大きくなり得ることに留意されたい。

40

【0037】

インプリントの間に、重合性材料34が基板12の両端に 広がるとき、エレクトロクロミック・ウィンドウ202に電圧Vを印加してよい。エレクトロクロミック・ウィンドウ202の領域206は、不透明になることができる。領域206が不透明であると、帯104dはエネルギー40dに露光され得て、テンプレート18と基板12との間の残りの領域は、領域206によってエネルギー40dから遮断される。したがって、帯104d

50

内に広がる重合性材料 3 4 は硬化および / または凝固され得て、その一方でテンプレート 1 8 と基板 1 2 との間の残りの重合性材料 3 4 は流体形式で残され得る。流体のままの重合性材料 3 4 は、帯 1 0 4 d 内の凝固した重合性材料 3 4 によってメサ 2 0 の境界内に閉じ込められ得る。これは、流体形式の重合性材料 3 4 がメサ 2 0 の境界から流出してインプリント・リソグラフィの間にはみ出しを形成するのを防止することができる。図 8 B に示されるように、残りの重合性材料 3 4 をすべてエネルギー 4 0 d に露光するために、エレクトロクロミック・ウィンドウ 2 0 2 の電源をオフにしてテンプレート 1 8 と基板 1 2 との間の残りの領域を露光することができる。

【 0 0 3 8 】

図 9 は、システム 2 0 0 を使用してはみ出し形成を防止する例示的方法 2 2 0 を示すフローチャートである。ステップ 2 2 2 で、テンプレート 1 8 および基板 1 2 を、経路 4 2 d またはエネルギー源 3 8 d と重ねて配置してよい。ステップ 2 2 4 で、帯 1 0 4 d を形成するように、エレクトロクロミック・ウィンドウ 2 0 2 を、基板 1 2 と重ねて配置してよい。ステップ 2 2 6 で、重合性材料 3 4 が基板 1 2 上に分配され得る。ステップ 2 2 8 で、エレクトロクロミック・ウィンドウ 2 0 2 に電圧が印加され得て、不透明領域 2 0 6 をもたらす。ステップ 2 3 0 で、帯 1 0 4 d 内の重合性材料 3 4 を硬化させるために、経路 4 2 d に沿ってエネルギー 4 0 d が与えられてよい。ステップ 2 3 2 で、残りの重合性材料 3 4 を硬化および / または凝固させるために、電圧 V を除去してよい。

【 0 0 3 9 】

図 1 0 A および図 1 0 B は、縁端部領域のインプリントの間中、縁端部に片寄った露光制御をもたらすために基板 1 2 の 1 つまたは複数の湾曲領域 2 5 2 を遮断する例示的システム 2 5 0 を示す。一般に、システム 2 5 0 はエレクトロクロミック膜 2 5 4 を含む。エレクトロクロミック膜 2 5 4 の少なくとも 1 つの領域 2 5 6 は、電圧にตอบสนองしてエネルギー 4 0 に対して不透明になることができる。例えば、エレクトロクロミック膜 2 5 4 の領域 2 5 6 は、電圧にตอบสนองして不透明になり、エネルギー源 3 8 e からのエネルギー 4 0 e への露光から基板 1 2 (例えば円形のウェーハ) の縁端部を遮断する。さらに、システム 2 5 0 は、レンズ 2 5 8 の使用を含むことができる。レンズ 2 5 8 は、電気化学的膜 2 5 4 とテンプレート 1 8 との間に挿入することができる。例えば、影の縁端部を鮮明にするために、電気化学的膜 2 5 4 とテンプレート 1 8 との間にレンズ 2 5 8 を挿入することができる。

【 0 0 4 0 】

迷路状パターン

図 1、図 2 および図 1 1 A ~ 図 1 1 B を参照すると、迷路状パターン 3 0 0 を形成することにより、重合性材料 3 4 がメサ 2 0 の境界から漏れるのをインプリントの間中防止することができる。図 1 1 は、メサ 2 0 上にパターンニングされた例示的迷路状パターン 3 0 0 を示す。一般に、迷路状パターン 3 0 0 は、フィーチャ 3 0 4 の配列 3 0 2 を含む。重合性材料 3 4 が迷路状パターン 3 0 0 内のフィーチャ 3 0 4 に到達したとき、フィーチャ 3 0 4 によって重合性材料 3 4 の伝搬が遅くなる、または停止するように、メサ 2 0 の境界上に迷路状パターン 3 0 0 を与えることができる。例えば、大きな毛細管力と比較して比較的小さな毛細管力により、基板 1 2 上の重合性材料 3 4 の伝搬の間中、重合性材料の伝搬を遅くすることができる。さらに、気体の拡散速度に基づいてフィーチャ 3 0 4 に閉じ込められた気体 (例えば H e) の大きなポケットによって伝搬が遅くなり得る。

【 0 0 4 1 】

フィーチャ 3 0 4 は、いかなる幾何学的形状および / または奇想を凝らした形状でもよい。例えば、図 1 1 は、正方形フィーチャ 3 0 4 を有する迷路状パターン 3 0 0 を示す。正方形フィーチャ 3 0 4 は、長さ L_7 (例えば $2 \mu m$)、幅 w_7 (例えば $2 \mu m$)、および高さ h_7 (例えば $100 nm$) を有する。フィーチャ 3 0 4 は、距離 d_7 (例えば $0.8 \mu m$) だけ他のフィーチャから距離を置かれる。フィーチャ 3 0 4 は、図 1 1 A に示されるように整列され、または図 1 1 B に示されるように交互に配置されてよい。フィーチャは、インプリント・リソグラフィを含むがそれには限定されない技法を用いて基板 1 2 上に

10

20

30

40

50

パターンニングすることができる。

【 0 0 4 2 】

一般に、迷路状パターン 3 0 0 は充填比 f (例えば 5 0 %) を有することができる。一般に、充填比 f は、迷路状パターン 3 0 0 の一部分内のフィーチャ 3 0 4 の合計面積と迷路状パターン 3 0 0 のその一部分の全体領域との間の比である。迷路状パターン 3 0 0 は、フィーチャ 3 0 4 次第で正または負のトーンを有することができる。例えば、フィーチャ 3 0 4 が窪んでいる場合、迷路状パターンは正でよい。フィーチャ 3 0 4 がメサ 2 0 上に立っている場合、迷路状パターン 3 0 0 は負でよい。充填比 f および高さ h_7 で正のトーンを有する迷路状パターン 3 0 0 は、重合性材料 3 4 が閾値体積 V_0 以下の体積 V を有する場合、最小限の、または 0 に近い残存層 4 8 の厚さ t_2 を形成することができ、閾値体積 V_0 は、

$$V_0 = h \times f \times S \quad (\text{式 1})$$

で表わされ、 S はテンプレート 1 8 の面積である。

【 0 0 4 3 】

残存層 4 8 (図 2 に示されている) の最小限の、または 0 に近い厚さ t_2 は、特定の環境で、迷路状パターン 3 0 0 を含むメサ 3 0 の境界には必要でないことがある。例えば、最小限の厚さ t_2 は、わずかな量のフィーチャ 2 4 および / または 2 6 しか有しないテンプレート 1 8 には必要でないことがある。これらの環境では、テンプレート 1 8 は、より速く充填される低密度のフィーチャ 2 4 および / または 2 6 あるいは小さなフィーチャ 2 4 および / または 2 6 を有することができる。低密度のフィーチャ 2 4 および / または 2 6 を有するテンプレート 1 8 に必要とされる重合性材料 3 4 は、より少量であり得る。メサ 2 0 の境界外部の重合性材料の広がりを低減または停止するために、タイミング技法を用いることができる。例えば、テンプレート 1 8 は、7 秒の速さで充填することができる。この期間内では、迷路状パターン 3 0 0 が重合性材料 3 4 で一杯になるまで、迷路状パターン 3 0 0 のフィーチャ 3 0 4 は、重合性材料のゆっくりした伝搬を示し得る。そのため、インプリント・プロセスの初期段階には、迷路状パターン 3 0 0 によって重合性材料 3 4 の伝搬が妨げられることがある。

【 0 0 4 4 】

例えば、重合性材料 3 4 は、からのテンプレート 1 8 に対して均一に分配され、5 0 n m 未満の厚さ t_2 を有する残存層を形成する全体積を有することができる。

【 0 0 4 5 】

迷路状パターン 3 0 0 は、モートを形成する、または 1 つまたは複数の分離溝 (例えばチャンネル) でモートを保護するのに用いることができる。図 1 2 は、モート 3 1 0 を形成する例示的迷路状パターン 3 0 0 a を示す。迷路状パターン 3 0 0 a は、配列 3 0 2 a またはフィーチャ 3 0 4 a (例えば正方形) を含む。モート 3 1 0 は、メサ 2 0 の境界外部の重合性材料 3 4 の広がりを、さらに低減または防止することができる。

【 0 0 4 6 】

モート 3 1 0 の汚染を低減または防止するために、迷路状パターン 3 0 0 に加えて追加のフィーチャを設けることができる。例えば、図 1 3 は、モート 3 1 0 b の周囲上の溝 3 1 2 の使用を示す。溝 3 1 2 は、米国特許第 7, 3 0 9, 2 2 5 号に説明されている技法を用いて形成することができ、この特許は、参照によってここで本明細書に組み込まれる。

【 0 0 4 7 】

特定の環境では、溝 3 1 2 は汚染されることがあり、モート 3 1 0 b の中に重合性材料 3 4 を漏らすことがある。図 1 4 は、それぞれフィーチャ 3 0 4 c および 3 0 4 d を有する複数の配列 3 0 2 c および 3 0 2 d を有する例示的迷路状パターンを 3 0 0 c 示す。配列 3 0 2 c および / または 3 0 2 d は、モート 3 1 0 c 内および / または 1 つまたは複数の臨界フィーチャ 3 1 4 (例えば位置合わせマーク) のまわりに配置することができる。フィーチャ 3 0 4 c および / または 3 0 4 d は、いかなる幾何学的形状および / または奇想を凝らした形状でもよい。

【 0 0 4 8 】

メサ 2 0 は、その上にパターンニングされた複数の配列 3 0 2 を有することができる。例えば、図 1 5 は、その上にパターンニングされた配列 3 0 2 e ~ 3 0 2 h を有するメサ 2 0 を示す。複数の配列 3 0 2 は、重合性材料 3 4 がメサ 2 0 の一部分をフィリングするのを低減および / または防止することができる。

【 0 0 4 9 】

図 1 6 は、1 つまたは複数の迷路状パターン 3 0 0 を用いてはみ出し形成を低減および / または防止する例示的方法 4 0 0 を示すフローチャートである。ステップ 3 0 2 で、メサ 2 0 の領域に迷路状パターンが与えられてよい。ステップ 4 0 4 で、基板 1 2 上に重合性材料が分配されてよい。ステップ 4 0 6 で、テンプレート 1 8 が重合性材料 3 4 に接触して配置されてよい。迷路状パターン 3 0 0 は、重合性材料 3 4 の伝搬を低減および / または防止することができ、そのため、重合性材料 3 4 がメサ 2 0 の境界から漏れ出るのを低減および / または防止することができる。

【 0 0 5 0 】

フラクタル構造体

図 1 7 A および図 1 7 B を参照すると、フラクタル構造体 5 0 0 は、システム 1 0 で使用することができる。例えば、インプリントの間中、重合性材料 3 4 の伝搬を低減および / または防止するために、フラクタル構造体 5 0 0 をテンプレートのメサ 2 0 上にパターンニングすることができる。一般に、フラクタル構造体 5 0 0 は、重合性材料 3 4 に関して検討中の領域内のすべてのフィーチャ 5 0 2 の周辺の合計長さを縮小または増加させ、毛細管経路の増加 / 減少によって重合性材料 3 4 の表面エネルギーを増加させ、かつ / または、重合性材料 3 4 の超過体積 V を吸収して重合性材料 3 4 の伝搬の低減をもたらすことができる。例えば、重合性材料 3 4 は、フラクタル構造体 5 0 0 に接触するとき高い表面エネルギーを有することができる。表面エネルギーが高いと、重合性材料 3 4 の伝搬を低減する斥力効果がもたらされ得る。

【 0 0 5 1 】

図 1 7 A は、例示的フラクタル構造体 5 0 0 a および 5 0 0 b を示す。フラクタル構造体 5 0 0 a および 5 0 0 b は、フィーチャ 5 0 2 を含む。フィーチャ 5 0 2 は、いかなる幾何学的形状および / または奇想を凝らした形状でもよい。例えば、図 1 7 A のフィーチャ 5 0 2 a ~ 5 0 2 c は長方形であり、図 1 7 B のフィーチャ 5 0 2 d は正方形である。

【 0 0 5 2 】

フィーチャ 5 0 2 は、それぞれが縮小されたサイズを有する繰返しで形成され得る。例えば、フラクタル構造体 5 0 0 a の第 1 の繰返しはフィーチャ 5 0 2 a を含み、フラクタル構造体 5 0 0 a の第 2 の繰返しはフィーチャ 5 0 2 b を含み、また、フラクタル構造体 5 0 0 a の第 3 の繰返しはフィーチャ 5 0 2 c を含む。フィーチャ 5 0 2 のサイズが縮小されるとき、複数の繰返しによってフィーチャ 5 0 2 の周長の合計が増加する（例えばフラクタル幾何学の固有の特性である）。より小さな間隔でより大きな周辺を有するパターンと、より大きな間隔でより小さな周辺を有するパターンとの間の差が、流体伝搬の、異なった毛細管力および動特性をもたらすことになる。そのため、流体伝搬の速度における変化を、流体流れおよび / またははみ出し形成を制御するのに用いることができる。

【 0 0 5 3 】

フラクタル構造体 5 0 0 は、重合性材料 3 4 の伝搬を低減および / または防止するために、気体と組み合わせる用いることができる。例えば、フラクタル構造体の境界は、1 つまたは複数のチャンネルを形成することができる。これらのチャンネルはガス・ポケットを捕えることができる。例えば、図 1 7 A および図 1 7 C に示されるように、フラクタル・パターン 5 0 0 のフィーチャ 5 0 2 間のブリッジ 5 0 4 は気体障壁として作用することができる。結果として、重合性材料 3 4 の伝搬が低減され得る。さらに、フィーチャ 5 0 2 のサイズが縮小すると、ガス・トラッピングが改善され得る。例えば、図 1 7 A のフラクタル・パターン 5 0 0 b は、中心へ向かって縮小する線形のサイズを有するフィーチャ 5 0 2 の繰返しをもたらす。重合性材料 3 4 は、より小さい面積ならば、より強い毛細管

力によってより速く充填することができる（例えば中央領域では材料がより速く充填される）。これは、重合性材料 34 がまだ流れている可能性がある大きな領域において気体の捕捉を引き起こすことがある。

【 0 0 5 4 】

図 18 は、フラクタル構造体 500 を使用してはみ出し形成を低減および／または防止する例示的方法 550 を示すフローチャートである。ステップ 552 で、フラクタル構造体 500 をメサ 20 上に設けてよい。ステップ 554 で、重合性材料 34 が基板 12 上に分配され得る。メサ 20 上のフラクタル構造体 500 は、重合性材料 34 の伝搬を低減および／または防止することができ、また、重合性材料 34 がメサ 20 の境界を越えて広がるのを低減および／または防止することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 5 】

12 基板； 18 テンプレート； 20 メサ； 34 重合性材料；
38 a エネルギー源； 40 a エネルギー； 42 a 経路；
100 マスキング・システム； 102 マスク 102； 104 a 帯。

【 図 1 】

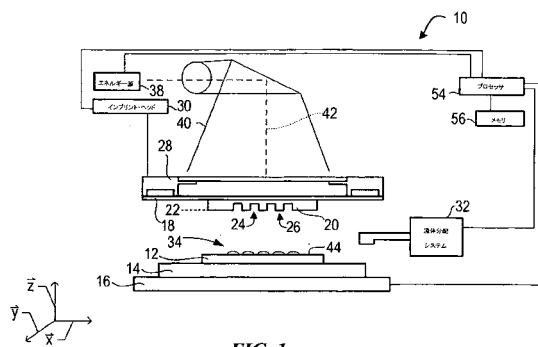


FIG. 1

【 図 2 】

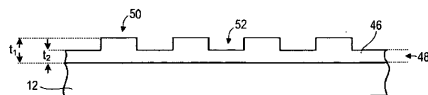


FIG. 2

【 図 3 】

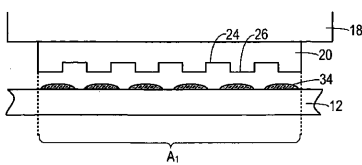


FIG. 3

【 図 4 】

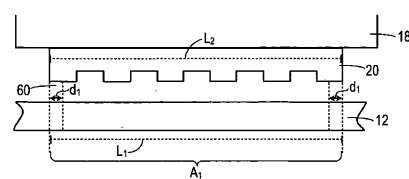


FIG. 4

【 図 5 A 】

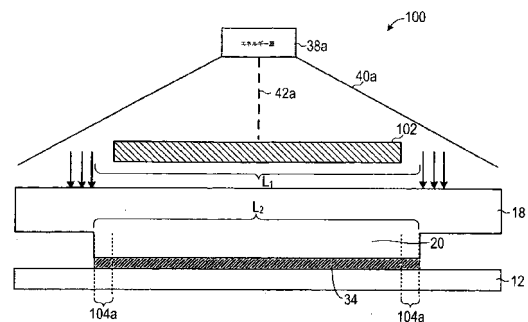


FIG. 5A

【図 5 B】

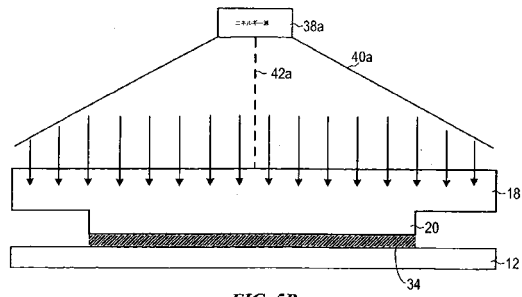


FIG. 5B

【図 6】

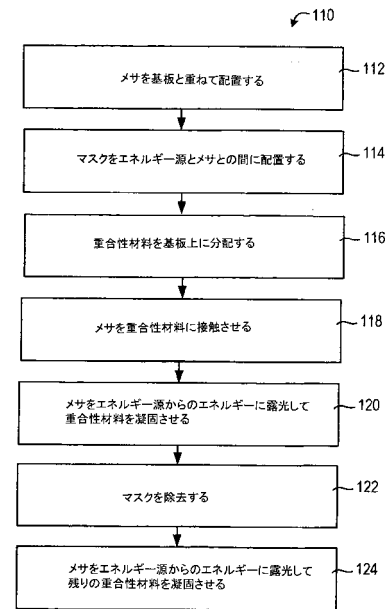


FIG. 6

【図 7 A】

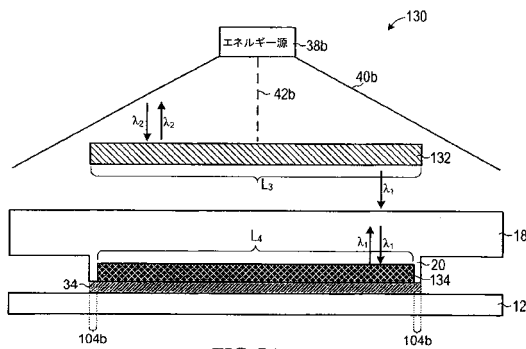


FIG. 7A

【図 7 C】

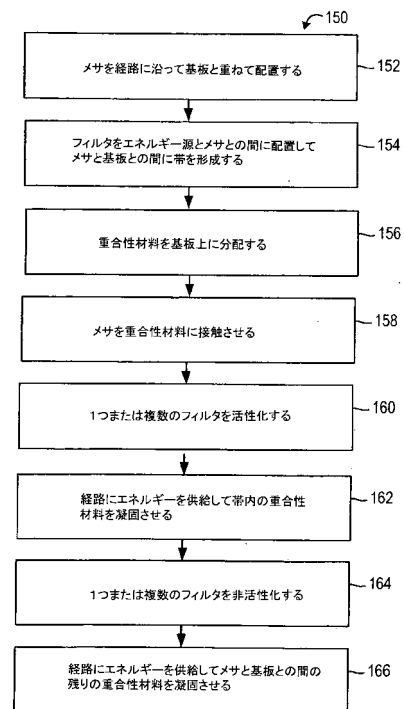


FIG. 7C

【図 7 B】

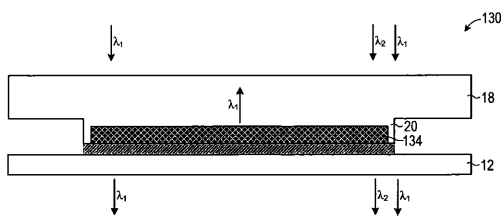
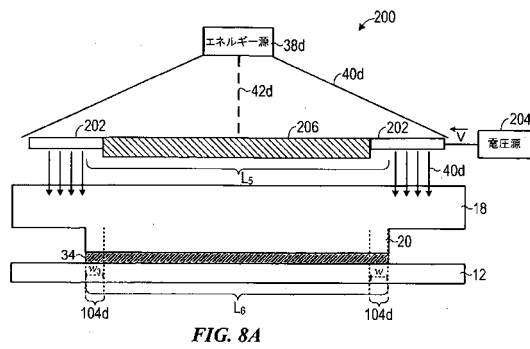
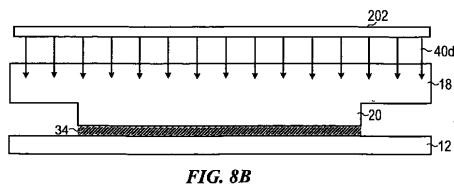


FIG. 7B

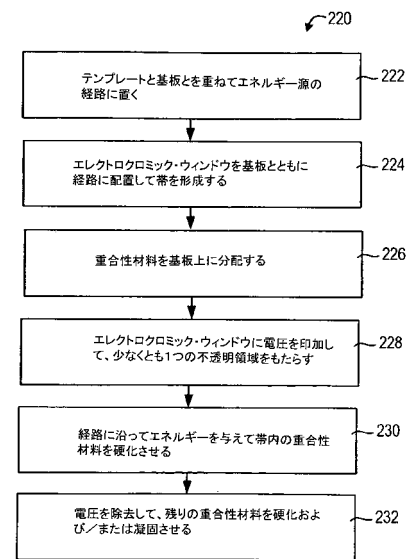
【図 8 A】



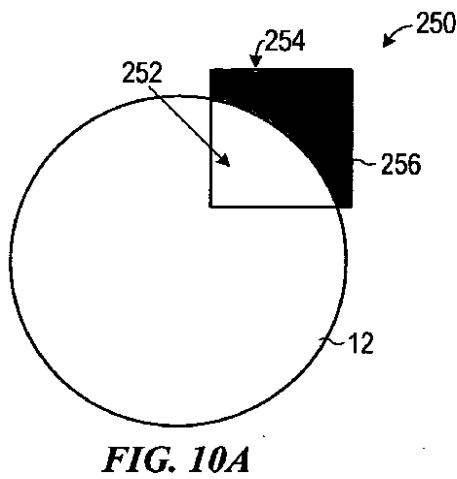
【図 8 B】



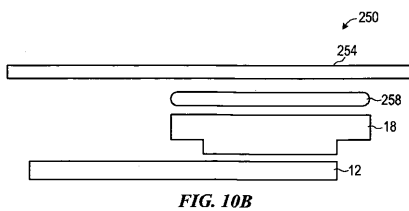
【図 9】



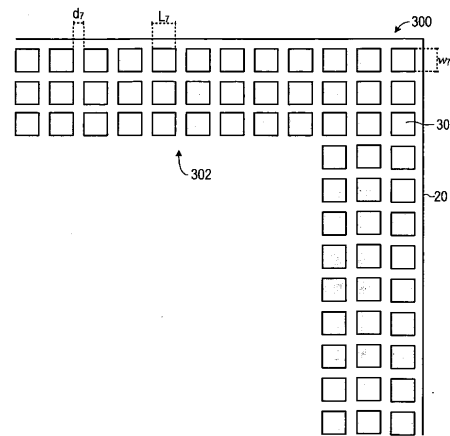
【図 10 A】



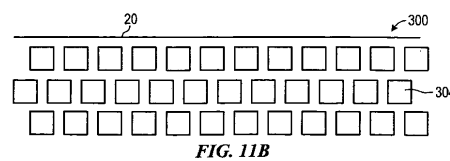
【図 10 B】



【図 11 A】



【図 11 B】



【図 12】

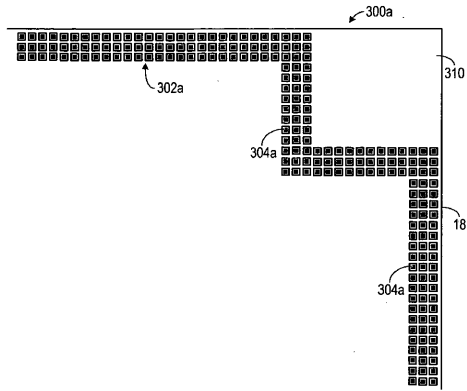


FIG. 12

【図 13】

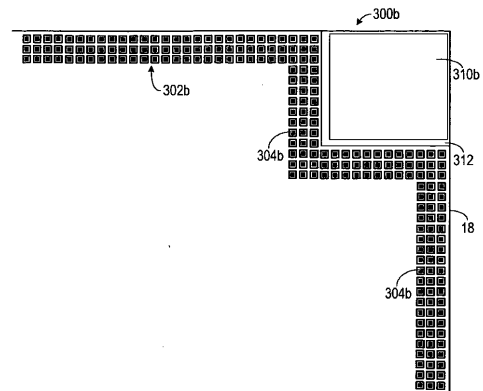


FIG. 13

【図 14】

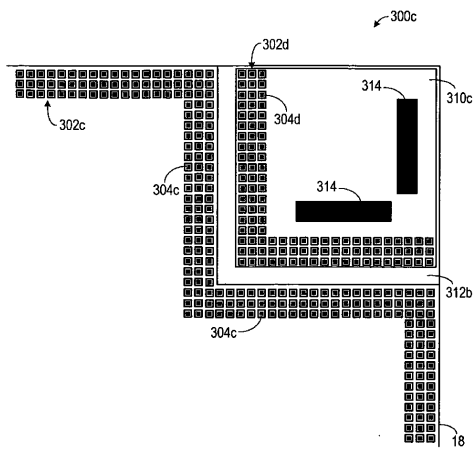


FIG. 14

【図 15】

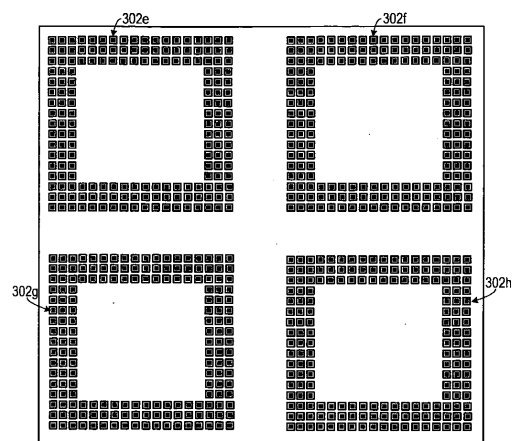


FIG. 15

【図 16】

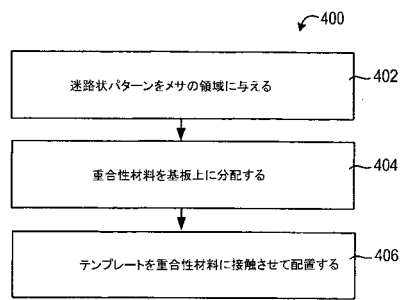


FIG. 16

【図 17 A】

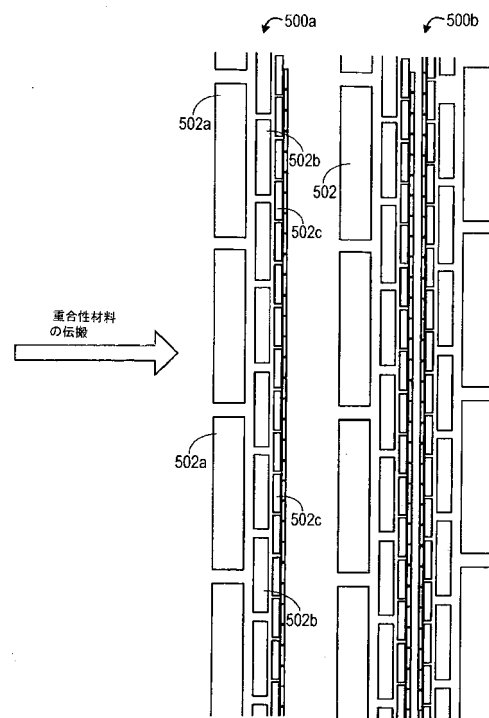


FIG. 17A

【図 17 B】

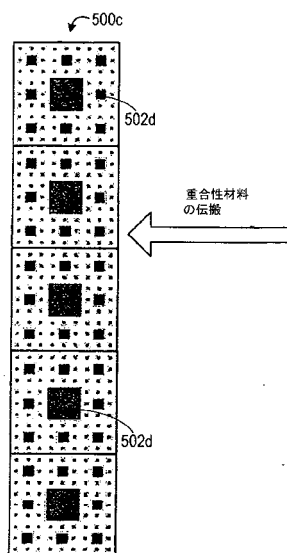


FIG. 17B

【図 18】

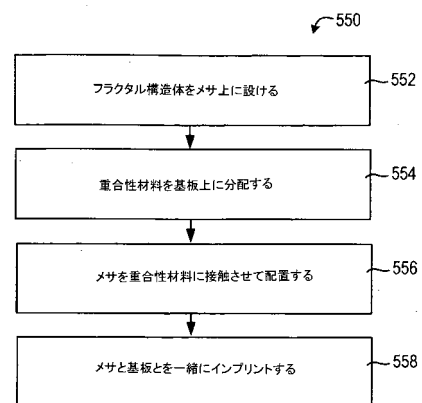


FIG. 18

【図 17 C】

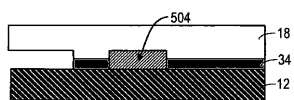


FIG. 17C

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 12/367,079

(32)優先日 平成21年2月6日(2009.2.6)

(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 ジョーンズ, クリストファ・イー

アメリカ合衆国・78757・テキサス州・オースティン・スティルウッド レーン・8012

(72)発明者 ペレス, ジョセフ・ジイ

アメリカ合衆国・78754・テキサス州・オースティン・ウェイワード サン ディーアール・
2040

(72)発明者 ラブレイク, ドゥワイン・エル

アメリカ合衆国・78613・テキサス州・セダー パーク・トスカ コーヴ・1907

(72)発明者 マックマッキン, イアン・マシュー

アメリカ合衆国・78731・テキサス州・オースティン・ノース キャピタル オブ テキサス
ハイウェイ・7700・ナンバー 1318

審査官 渡戸 正義

(56)参考文献 特表2008-509825(JP, A)

特開2007-027361(JP, A)

特開2007-109986(JP, A)

特表2006-521682(JP, A)

特表2004-523906(JP, A)

米国特許出願公開第2004/0025945(US, A1)

米国特許出願公開第2004/0065252(US, A1)

米国特許出願公開第2006/0266916(US, A1)

特開2007-227890(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

B29C 53/00-53/84、57/00-59/18