

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5421378号
(P5421378)

(45) 発行日 平成26年2月19日 (2014. 2. 19)

(24) 登録日 平成25年11月29日 (2013. 11. 29)

(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)

H O 1 L 21/30 5 O 3 G

B 2 9 C 59/02 Z N M Z

請求項の数 17 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-530041 (P2011-530041)
 (86) (22) 出願日 平成21年9月23日 (2009. 9. 23)
 (65) 公表番号 特表2012-504865 (P2012-504865A)
 (43) 公表日 平成24年2月23日 (2012. 2. 23)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2009/005307
 (87) 国際公開番号 W02010/039196
 (87) 国際公開日 平成22年4月8日 (2010. 4. 8)
 審査請求日 平成24年9月24日 (2012. 9. 24)
 (31) 優先権主張番号 61/102, 082
 (32) 優先日 平成20年10月2日 (2008. 10. 2)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 61/182, 912
 (32) 優先日 平成21年6月1日 (2009. 6. 1)
 (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 シュミッド, ゲラルド
 アメリカ合衆国・78731・テキサス州
 ・オースティン・ミスティング フォール
 ズ トライル・10703

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インプリント・リソグラフィ・ツールのその場クリーニング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

インプリント・リソグラフィ・テンプレートをクリーニングする方法であって、
 前記テンプレートが前記インプリント・リソグラフィ・システム内に配置されている間
 に、真空紫外線放射源からの真空紫外線放射を前記テンプレートの表面に照射するステッ
 プを有し、

前記真空紫外線放射源は、チャンバ内に配置され、前記チャンバは非UV吸収性ガスに
 よりパージされることを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記真空紫外線放射源は誘電バリア放電源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】

前記テンプレートの前記表面に照射するステップは、該テンプレートの活性面に照射す
 るステップを含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記テンプレートに照射する前に、前記テンプレートを前記真空紫外線放射源に近接し
 て配置するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の方
 法。

【請求項 5】

前記テンプレートに照射する前に、前記真空紫外線放射源を前記テンプレートに近接し

10

20

て配置するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の方法。

【請求項 6】

前記テンプレートの前記表面と前記真空紫外線放射源との間の距離は、約 10 mm 又はそれより短いことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の方法。

【請求項 7】

前記非 UV 吸収性ガスは、窒素又はアルゴンを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の方法。

【請求項 8】

前記真空紫外線放射源から前記テンプレートに向けて、実質的に層流の非 UV 吸収性ガスを確立するステップをさらに含むことを特徴とする、請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の方法。

10

【請求項 9】

前記チャンバ内の圧力は、大気圧より大きい又は実質的に等しいことを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記チャンバは、真空紫外線放射に対して実質的に透明なウィンドウを含み、前記テンプレートの表面は、前記ウィンドウの外面から約 5 mm 又はそれより短い距離をおいて配置されることを特徴とする請求項 7 乃至 9 に記載の方法。

【請求項 11】

20

前記テンプレートに照射している間に、基板を前記インプリント・リソグラフィ・システム内に装填するか、又は取り外すステップを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の方法。

【請求項 12】

前記テンプレートは、テンプレート・チャックに結合されることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載の方法。

【請求項 13】

テンプレート表面の上にガスを流し、前記インプリント・リソグラフィ・システムから前記ガスを排気して、該インプリント・リソグラフィ・システムから汚染物質を除去するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれかに記載の方法。

30

【請求項 14】

第 2 の紫外線放射源を前記テンプレートの前記表面に曝し、前記インプリント・リソグラフィ・システムからの汚染物質の除去を改善するステップをさらに含むことを特徴とする、請求項 1 乃至 13 のいずれかに記載の方法。

【請求項 15】

前記第 2 の紫外線放射源は、170 nm から 370 nm までの波長範囲の放射を生成することを特徴とする請求項 14 に記載の方法。

【請求項 16】

前記第 2 の紫外線放射源は、225 nm から 275 nm までの波長範囲の放射を生成することを特徴とする請求項 15 に記載の方法。

40

【請求項 17】

前記第 2 の紫外線放射源は、インプリント・リソグラフィ処理中、変形可能な材料を実質的に固化するためにも用いられる源によって与えられることを特徴とする請求項 14 乃至 16 のいずれかに記載の方法。

【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、アメリカ合衆国特許法第 119 条 (e) (1) の規定に従って、2008 年 10 月 2 日に提出された米国特許仮出願第 61/102,082 号、2009 年 6 月 1 日

50

に出願された米国特許仮出願第 61 / 182 , 912 号、及び 2009 年 9 月 21 日に出願された米国特許出願第 12 / 563 , 356 号に基づく優先権を主張するものであり、これら出願全ての全体が、引用により本明細書に組み入れられる。

【背景技術】

【0002】

ナノファブリケーションは、100 ナノメートル又はそれより小さいオーダーの形状構造部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大きな影響を及ぼした 1 つの用途は、集積回路の処理である。半導体処理産業は、基板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、より高い生産歩留まりを求めて努力し続けているので、ナノファブリケーションはますます重要になっている。ナノファブリケーションは、形成される構造体の最小形状構造部の寸法の継続的な低減を可能にしながら、より優れたプロセス制御機能を提供するものである。ナノファブリケーションが採用される他の開発分野には、バイオテクノロジー、光学技術、機械システムなどが含まれる。

10

【0003】

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、インプリント・リソグラフィと呼ばれる。例示的なインプリント・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、米国特許第 6 , 936 , 194 号等の多数の刊行物に詳細に記載されており、これらの特許文献の全ては、引用により本明細書に組み入れられる。

【0004】

20

前述の米国特許出願公開及び米国特許の各々に開示されるインプリント・リソグラフィ技術は、ポリマー層内にレリーフ・パターンを形成すること、及び、そのレリーフ・パターンに対応するパターンを下にある基板内に転写することを含む。基板は、所望の位置決めを行なってパターン形成プロセスを実行するために、可動ステージに結合される。パターン形成プロセスは、基板から離間して配置されたテンプレートと、該テンプレートと基板との間に導入される成形可能な液体を用いる。成形可能な液体が実質的に固化して、該成形可能な液体と接触するテンプレート表面の形状に適合するパターンを有する剛性層を形成する。固化した後、テンプレートを剛性層から分離し、テンプレートと基板とを離間して配置する。次に基板及び固化層に付加的なプロセスを施して、固化層内のパターンに対応するレリーフ像を基板に転写する。

30

【0005】

基板内にレリーフ像を形成する際に、成形可能な液体の液滴が拡がってテンプレートの形状構造部を充填するに従って、該液体がテンプレートと基板との間の領域から流出することがある。インプリント液体の一部の残留物が、テンプレートの活性領域上に残ることがある。この物質は、インプリント毎に蓄積することになる。こうしたテンプレート上への物質の蓄積は、後のインプリントに対して、これらに限定されるものではないが、プリントされる形状構造部の重要な寸法の変化、プリントされる形状構造部の高さの変化、テンプレート面の表面エネルギー及び/又は湿潤特性の変化、固化層と汚染されたテンプレート面との間の粘着力の増大、及びインプリント・プロセスにおけるパターン形成欠陥数の増加といった悪影響を及ぼすことになる。

40

【0006】

テンプレート表面をクリーニングする技術は、テンプレートをインプリント・リソグラフィ・システムから取り外し、テンプレートをクリーニングし、テンプレートを再び取り付け、再び取り付けしたテンプレートを検査することを含む。テンプレートのクリーニングとしては、テンプレートを液体クリーニング溶液中に浸漬すること、又は、反応性プラズマチャンバ内でテンプレートをクリーニングすることがある。これらのクリーニング・プロセスは、低速であり、結果として休止時間が高価なものとなる。液体クリーニング・プロセスは、高温、及び特殊な実験装置を必要とすることになる。同様に、プラズマクリーニングは、真空チャンバ及び高温を必要とするものであり、テンプレート表面を損傷する可能性がある。

50

【図面の簡単な説明】**【 0 0 0 7 】**

【図 1】リソグラフィ・システムの簡略化された側面図である。

【図 2】パターン形成層を上にも有する、図 1 に示す基板の簡略化された側面図を示す。

【図 3】図 1 に示すテンプレートから汚染物質を除去するためのシステムの簡略化された側面図を示す。

【図 4】図 1 に示すテンプレートから汚染物質を除去するためのシステムの簡略化された側面図を示す。

【図 5】図 1 に示すテンプレートから汚染物質を除去するためのシステムの簡略化された側面図を示す。

10

【図 6】テンプレートから汚染物質を除去するための例示的な方法のフローチャートを示す。

【図 7】例示的な紫外線クリーニング源に近接したテンプレートの表面を示す。

【図 8】非 UV 吸収性ガスでパージされたチャンバ内に収容された例示的な紫外線クリーニング源を示す。

【図 9】紫外エネルギー源からテンプレートに向けての非 UV 吸収性ガスの流れを有する、チャンバ内の例示的な紫外線クリーニング源を示す。

【図 10】パージされたチャンバ内にあり、テンプレートの非インプリント側に近接した例示的な紫外線クリーニング源を示す。

【図 11A】硬化及びクリーニングのために異なる紫外線源を有するインプリント・リソグラフィ・システムの動作を示す。

20

【図 11B】硬化及びクリーニングのために異なる紫外線源を有するインプリント・リソグラフィ・システムの動作を示す。

【図 12A】インプリント・リソグラフィ・テンプレートの下のステージ上に取り付けられた紫外線クリーニング源の例示的な動きを示す。

【図 12B】インプリント・リソグラフィ・テンプレートの下のステージ上に取り付けられた紫外線クリーニング源の例示的な動きを示す。

【図 13】基板の装填及び取り出し中にテンプレートをクリーニングするために、固定された取付具上に取り付けられた例示的な紫外線クリーニング源を示す。

【発明を実施するための形態】

30

【 0 0 0 8 】

特徴及び利点を詳細に理解できるようにするために、図面に示される実施形態を参照して、実施形態をより詳細に説明する。しかしながら、図面は、典型的な実施形態を示すにすぎず、従って、本発明の範囲を限定するものとみなすべきではないことに留意すべきである。

【 0 0 0 9 】

図面、特に図 1 を参照すると、図には、基板 12 上にレリーフ・パターンを形成するのに用いられるリソグラフィ・システム 10 が示される。基板 12 は、基板チャック 14 に結合することができる。図示されるように、基板チャック 14 は、真空チャックである。しかしながら、基板チャック 14 は、どのような形式のチャックでもよく、これらチャックとしては、以下に限定されるものではないが、真空、ピン型、溝型、電磁式及び/又はその種の他のものがある。例示的なチャックが、引用により本明細書に組み入れられる米国特許第 6,873,087 号に記載されている。

40

【 0 0 1 0 】

基板 12 及び基板チャック 14 は、ステージ 16 により、さらに支持することができる。該ステージ 16 は、x 軸、y 軸、及び z 軸に沿って動くことができる。ステージ 16、基板 12、及び基板チャック 14 は、基部（図示せず）上に配置することもできる。

【 0 0 1 1 】

テンプレート 18 が、基板 12 から離間して配置される。該テンプレート 18 は、一般に、該テンプレートから基板 12 に向かって延びるメサ 20 を含み、メサ 20 は、その上

50

にパターン形成面 22 を有する。さらに、メサ 20 は、金型 20 と呼ぶこともできる。テンプレート 18 及び / 又は金型 20 は、これらに限定されるものではないが、熔融シリカ、水晶、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、フッ化炭素ポリマー、金属、硬化サファイア、及び / 又はその種の他のものを含む材料から形成することができる。図示されるように、パターン形成面 22 は、離間配置された複数の凹部 24 及び / 又は突出部 26 により定められた構造部を含む。パターン形成面 22 は、基板 12 上に形成されるパターンの基礎を形成する任意のオリジナル・パターンを定めることができる。

【0012】

テンプレート 18 は、チャック 28 に結合することができる。チャック 28 は、これらに限定されるものではないが、真空、ピン型、溝型、電磁式及び / 又は他の類似のチャック型式として構成することができる。こうしたチャックは、引用により本明細書に組み入れられる米国特許第 6, 873, 087 号にさらに記載される。さらに、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、テンプレート 18 の移動を容易にするようにチャック 28 及び / 又はインプリント・ヘッド 30 を構成することができる。

【0013】

システム 10 は、流体分配システム 32 をさらに含むことができる。流体分配システム 32 を用いて、材料を基板 12 上に堆積させることができる。例えば、流体分配システム 32 を用いて、基板上に成形可能な液体材料 34 を堆積させることができる。この材料 34 は、液滴分配、スピンコーティング、浸漬コーティング、化学気相堆積 (CVD)、物理気相堆積 (PVD)、薄膜堆積、厚膜堆積及び / 又はその種の他のもののような技術を用いて、基板 12 上に配置することができる。設計の考慮事項に応じて、金型 22 と基板 12 との間に所望の容積が定められる前、及び / 又は定められた後に、材料 34 を基板 12 上に配置することができる。材料 34 は、どちらも引用により本明細書に組み入れられる米国特許第 7, 157, 036 号及び米国特許出願公開第 2005 / 018733 号に記載されるように、モノマー混合物を含むことができる。さらに、材料は、生物医学産業、太陽電池産業等における機能材料を含み得ることに留意すべきである。

【0014】

図 1 及び図 2 を参照すると、システム 10 は、経路 42 に沿ってエネルギー 40 を導くように結合されたエネルギー源 38 をさらに含むことができる。テンプレート 18 と基板 12 を経路 42 と重ね合わせた状態で配置するように、インプリント・ヘッド 30 及びステージ 16 を構成することができる。システム 10 は、ステージ 16、インプリント・ヘッド 30、流体分配システム 32、及び / 又はエネルギー源 38 と通信状態にあるプロセッサ 54 により調整することができ、メモリ 56 内に格納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。

【0015】

インプリント・ヘッド 30 及びステージ 16 のいずれか又は両方が、これらの間に材料 34 により充填される所望の容積を定めるように、金型 20 と基板 12 との間の距離を変化させる。例えば、インプリント・ヘッド 30 がテンプレート 18 に力を加え、金型 20 を材料 34 に接触させることができる。材料 34 で所望の容積を充填した後、エネルギー源 38 は、例えば、広帯域紫外線放射のようなエネルギー 40 を生成し、材料 34 を固化及び / 又は架橋させて、基板 12 の表面 44 及びパターン形成面 22 の形状に適合させ、パターン形成された層 46 を、基板 12 上に定める。このパターン形成層 46 は、残留層 48 と、突出部 50 及び凹部 52 などで示される複数の形状構造部とを含むものであり、突出部 50 は厚さ t_1 を有し、残留層は厚さ t_2 を有する。

【0016】

上述のシステム及びプロセスは、米国特許第 6, 932, 934 号、米国特許第 7, 077, 992 号、米国特許第 7, 179, 396 号、米国特許第 7, 396, 475 号に記載されたインプリント・リソグラフィ・プロセス及びシステムにおいても用いることができ、これらの特許文献の全ては、その全体が引用により本明細書に組み入れられる。

【 0 0 1 7 】

場合によっては、図 1 及び図 2 に関して説明されるインプリント・プロセスの際、金型 20 と基板 12 との間の所望の容積を超えて材料 34 が押し出されることがある。所望の容積を超えた押し出しは、材料 34 が金型 20 と基板 12 との間に圧縮されたときに、材料 34 内で生じる流体圧力に起因するものである。さらに、金型 20 が基板 12 から分離された後でさえも、パターン形成層 46 の部分がテンプレート 18 上に残ることがある。パターン形成面 22 上の材料 34 の残留物は、欠陥を引き起こすこともあり、本明細書では一般に汚染物質と呼ばれる。

【 0 0 1 8 】

本明細書に記載されるその場 (i n - s i t u) クリーニング・プロセスを用いて、インプリント・リソグラフィ・システム 10 からテンプレート 18 を取り外すことなく、テンプレート 18 をクリーニングすることができる。従って、テンプレートが依然としてインプリント・リソグラフィ・システム 10 内に取り付けられている間に、テンプレート 18 をクリーニングすることができる。テンプレート 18 のクリーニングは、インプリント・リソグラフィ・システム 10 と両立性のあるクリーニング方法を実施することにより、室温及び大気圧で迅速に達成することができる。液体を使用することなく、及び/又は、テンプレート 18 の表面を損傷することなく、クリーニングを達成することができる。

【 0 0 1 9 】

図 3 を参照すると、テンプレート 18 は、対向する面を含むものとして行うことができる。例えば、テンプレート 18 は、後面 60 と活性面 62 とを含むものとして行うことができる。後面 60 は、マスク 20 を含む。マスク 20 は、形状構造部 24 及び 26 を有するものとするか、及び/又は、マスク 20 は、設計考慮事項に応じて、平坦にしてもよい。1つの実施形態においては、図 3 に示されるように、エネルギー 64 を後面 60 からテンプレート 18 に照射することができる。別の実施形態においては、図 4 に示されるように、エネルギー 64 を活性面 62 から、テンプレート 17 に照射することができる。エネルギー 64 は、一次エネルギー源 38 (図 1 に示される) から与えることができ、及び/又は、エネルギー 64 は、二次エネルギー源から与えることができる。エネルギー 64 は、紫外線エネルギー、熱エネルギー、電磁エネルギー、可視光エネルギー、及び/又は他のタイプのエネルギーとして行うことができる。さらに別の実施形態においては、一次エネルギー源 38 (面 60 に向けられる) 及びエネルギー 64 (活性面 62 に向けられる) を生成する二次エネルギー源の両方から、エネルギーを与えることができる。例えば、一次エネルギー源 (UV 源) 及び二次エネルギー源 (VUV) からエネルギーを与えることができる。エネルギーは、実質的に同時に及び/又は非同期式に与えることができる。

【 0 0 2 0 】

図 3 及び図 4 に示されるように、テンプレート 18 のマスク 20 に隣接させて 1 つ又はそれ以上のノズル 68 を配置することができる。ノズル 68 は、流体 66 を、テンプレート 18 の表面及び/又はテンプレート 18 を囲む領域に導入することができる。流体 66 は、テンプレート 18 の表面及び/又はテンプレート 18 を囲む領域から、押出し材料及び/又は粒子を実質的に除去することができるものであれば、どのような液体又は気体であってもよい。例えば、流体 66 は、オゾンガスとして行うことができる。一例では、ノズル 68 は、1 つ又はそれ以上のノズル 68 から複数の流体を提供することができる。例えば、ノズル 68 は、オゾンガス、ヘリウム、二酸化炭素、及び/又は、図 1 及び図 2 に関連して説明されたようなインプリント・プロセスの際に必要なとされる他の物質を導入することができる。

【 0 0 2 1 】

別の実施形態においては、図 5 に示されるように、余分な流体及び/又は汚染物質を放出するための少なくとも 1 つのポート 72 を有する排気プレート 70 を、テンプレート 18 から離間して配置することができる。排気プレート 70 は、金属、プラスチック、ガラス、及び/又は同様の材料でできた平板又は湾曲した板として行うことができる。一例においては、プレート 70 の中間点にポート 72 を配置することができる。しかしながら、プレ

10

20

30

40

50

ート 70 に沿ったいずれの位置にポート 72 を配置してもよい。さらに、図 5 内には 1 つのポートだけが示されるが、余分な流体 66 及び / 又は汚染物質を放出するために、複数のポート 72 をプレート 70 内に含ませることができることに留意すべきである。

【0022】

ポート 72 は、テンプレート 18 及びテンプレート 18 を囲む領域から流体 66 を除去するための排気システムを構成することができる。ポート 72 は、テンプレート 18 及び該テンプレート 18 を囲む領域から流体 66 を除去するために、真空装置及び / 又は吸引又は強制力的手段によって動作する他の類似の装置を用いて、能動的放出を行なうことができる。例えば、真空及び / 又は他の類似の装置は、流体 66 から汚染物質をさらに除去して廃棄及び / 又は再利用するものとすることができる。

10

【0023】

代替的に、ポート 72 は、受動的放出技術を提供するものとすることができる。例えば、テンプレート 18 を横切って流体 66 (例えば、オゾン) を引き込み、テンプレート 18 からの汚染物質を付着させるようにすることができる。汚染物質は、流体 66 と共に放出するか、及び / 又は、ポート 72 を通って放出することができる。

【0024】

図 6 は、テンプレート 18 から汚染物質を除去するための例示的な方法のフローチャート 74 を示す。ステップ 76 において、エネルギー 64 によりテンプレート 18 に照射することができる。テンプレート 18 の後面 60 及び / 又は活性面 62 上に照射することができる。ステップ 78 において、テンプレート 18 の表面及び / 又はテンプレート 18 を囲む領域に流体 66 を導入することができる。例えば、ノズル 68 により流体 66 を導入することができる。流体 66 は、テンプレート 18 の表面及び / 又はテンプレート 18 を囲む領域から汚染物質を実質的に除去することができる。ステップ 80 において、テンプレート 18 の表面及び / 又はテンプレート 18 を囲む領域から、流体 66 及び / 又は汚染物質を除去することができる。流体 66 及び / 又は汚染物質の除去は、ポート 72 及び / 又は他の類似の機構を通した積極的な放出、及び / 又は、消極的な放出によるものとする。ステップ 82 において、図 1 及び図 2 に関連して説明されたようなインプリント・プロセスを再開することができる。1 つの実施形態においては、インプリント・リソグラフィ・システム 10 において、第 1 の基板 12 を取り外し、第 2 の基板を装填する間に、テンプレート 18 をクリーニングすることができる。

20

30

【0025】

幾つかの実施形態においては、真空紫外線放射 (例えば、約 120 nm から約 200 nm までの波長範囲の放射) を用いて、インプリント・リソグラフィ・システム 10 内のインプリント・リソグラフィ・テンプレート 18 の形状構造部 24 及び 26 及び / 又はマスク 20 をクリーニングすることができる。約 200 nm より短い波長では、酸素 (例えば、大気中の酸素) により真空紫外線放射又は VUV 放射を吸収することができる。非 UV 吸収性ガス種には、窒素及びアルゴンが含まれる。酸素による VUV 放射の吸収により、オゾン及び / 又は励起原子酸素のような反応種の生成がもたらされることがある。これらの種は、有機化合物に対して反応性であり、従って、インプリント・リソグラフィ・テンプレート 18 の表面から、材料 34 及び / 又は固化した材料 34 をクリーニングすること

40

【0026】

VUV 放射源は、例えば、低圧水銀灯、誘電体バリア放電源などとすることができる。低圧水銀灯は、オゾンを生成することができる約 185 nm の帯域と、何らかの有機分子により吸収され、それらを直接 (オゾンなしで) 劣化させることができる約 254 nm の別の帯域とを含む、1 又はそれ以上のスペクトル領域で放射を生成することができる。希ガス (又は希ガス及びハロゲン化合物の混合物) で充填された誘電体バリア放電 (DBD) 源は、エキシマの減衰から真空紫外線放射を生成することができる。この放射源は、例え

50

ば、D B D 源がキセノンガスを含む場合、電気エネルギーの約 40 % を約 172 nm の波長の放射に変換することができ、非常に効果的である。D B D 源は、ごくわずかな起動時間により室温で動作し、及び / 又は最小の熱を生成することができる。

【0027】

パージされたチャンバ又は非 U V 吸収性ガスの雰囲気がない場合には、V U V 放射は、放射源に近接した位置にある（例えば、エネルギー源の表面から約 10 mm の範囲内の）酸素により吸収することができる。従って、パージされたチャンバ又は非 U V 吸収性ガスの雰囲気がない場合においては、インプリント・リソグラフィ・システム 10 内に組み込まれることになる V U V 放射源は、クリーニング中にテンプレート 18 に近接するように配置すればよい。

10

【0028】

図 7 を参照すると、幾つかの実施形態においては、酸素含有環境中（例えば、空気中）の大気圧のもとで、インプリント・リソグラフィ・システム 10 内において（その場で）、テンプレート 18 をクリーニングすることができる。例えば、酸素含有環境内で、テンプレート 18 の活性面 62 を V U V 放射源 86 の表面 87 に近接させることができる。幾つかの実施形態においては、V U V 放射源 86 は、D B D 源とすることができる。1 つの実施形態においては、テンプレート 18 の活性面 62 を、V U V 放射源 86 の表面 87 の約 10 mm 内にすることができる。従って、放射線は、空気中で大幅に減衰され、効果的なクリーニングをもたらすことができる。分離距離がより小さいほど、テンプレート 18 の活性面 62 の放射線が強くなり、有機化合物をテンプレート 18 の活性面 62 から除去する速度をさらに向上させることができる。場合によっては、クリーニングの速度は、テンプレート 18 の活性面 62 にわたって異なり得る（例えば、放射源 86 は、テンプレート 18 の活性面 62 にわたって異なるエネルギーをもたらす曲面をもった電球とすることができる）。

20

【0029】

図 8 は、V U V 放射源 86 をチャンバ 88 内に収容することができる別の実施形態を示す。この図では、チャンバ 88 は、テンプレート 60 の上に配置された状態で示される。図 3 及び図 4 に示すように、放射 64 をもたらすために、チャンバ 88 をテンプレート 60 の上又は下に配置できることに留意すべきである。チャンバ 88 とテンプレート 60 の他の相対的位置もまた可能である。入口 92 を通した非吸収性ガス 90（例えば、窒素又はアルゴン）でチャンバ 88 をパージすることができる。チャンバ 88 内の圧力は、およそ大気圧とすることができる。テンプレート 18 は、パージされたチャンバ 88 のウィンドウ 94 にごく近接して（例えば、約 5 mm 以内に）配置することができる。ウィンドウ 94 は、これに限定されるものではないが、非 U V 吸収性材料（例えば、熔融シリカ）を含む材料で構成することができる。V U V 放射源 86 は、比較的高い均一性を有した状態でウィンドウ 94 の第 1 の側 95（すなわち、パージされた側）に照射することができ、活性面 62 にわたって相対的に均一なクリーニングをもたらす。図 8 に示されるように、チャンバ 88 をパージするのに用いられるガス 90 を用いて、V U V 放射源 86 により発生する熱を除去することもできる。例えば、ガス 90 を用いて、出口 96 を通して熱を除去することができる。

30

40

【0030】

図 9 に示されるように、V U V 放射源 86（例えば、D B D 源）を開放チャンバ 98 内に配置することができる。非 U V 吸収性ガス 90 は、入口 92 を通してチャンバ 98 に流入することができる。ガス 90 は、V U V 放射源 86 に流れる前に、ディフューザ・プレート 100 を通って流れることができる。テンプレート 18 に向かう実質的に層状の流れをチャンバ 98 内に形成することができる。テンプレート 18 の活性面 62 を、チャンバ 98 の開口部 102 から約 5 mm 以内に配置して、テンプレート 18 の活性面 62 と V U V 放射源 86 との間の距離が 5 mm を超えるようにすることができる。非 U V 吸収性ガス 90 の流れが、他の場合には V U V 放射源 86 とテンプレート 18 の活性面 62 との間の空気中で発生する、V U V 放射源 86 からの放射線の減衰を減少させることになる。この

50

ことにより、空気中で達成されるよりも（例えば、図 7 に示されるように）、VUV 放射源 86 とテンプレート 18 の活性面 18 との間の距離が大きくなる。

【0031】

図 10 は、VUV 放射源 86（例えば、DBD 源）をパージされたチャンバ 104 内に配置することができる別の実施形態を示す。テンプレート 18 は、チャンバ 104 の一方の側部を形成しており、テンプレート 18 の活性面 62 がチャンバ 104 とは反対側に向いた状態で配置されるようにすることができる。例えば、活性面 62 は、大気環境中にある状態にすることができる。VUV 放射は、パージされたチャンバ 104 を通ってテンプレート 18 の後面 60 へ、さらにテンプレート 18 の活性面 62 へと透過することができる。

10

【0032】

活性面 62 における放射線強度は比較的高く、向上した表面クリーニング速度をもたらすことができる。例えば、VUV 放射源 86 をテンプレート 18 の後面 60 に近接して配置した場合（テンプレート 18 と基板 12 との間とは対照的に）、VUV 源 86 を実質的に再配置することなく、及び/又は、図 1 のインプリント・リソグラフィ・システム 10 内でテンプレート 18 を再配置することなく、テンプレート 18 をクリーニングすることができる。この構成により、VUV 放射源 86 をテンプレート 18 と基板 12 及び/又は図 1 のステージ 16 との間に配置することなく、テンプレート 18 の活性面 62 をクリーニングすることが可能になる。従って、図 1 及び図 2 に関連して説明されたように、インプリントが終わるたびに、テンプレート 18 をクリーニングすることができる。

20

【0033】

図 11A 及び図 11B は、エネルギー源 38 及び VUV 放射源 86（例えば、DBD 源）の両方を有する別の実施形態を示す。エネルギー源 38 は、テンプレート 18 と基板 12 との間の材料 34 を固化することができ、VUV 放射源 86 は、テンプレート 18 の活性面 62 及び/又は後面 60 をクリーニングすることができる。

【0034】

図 11A は、開位置にあるシャッター 108 を示す。この開位置において、シャッター 108 により、エネルギー源 38 からのエネルギー 40 が、ウィンドウ 112 を通ってチャンバ 110 に入り、テンプレート 18 の活性面 62 と基板 12 との間の材料 34 を照射するのが容易になる。チャンバ 100 は、非 UV 吸収性ガス 90 でパージすることができる。

30

【0035】

図 11B は、閉位置のシャッター 108 を示す。この閉位置において、VUV 放射源 86 からの VUV 放射は、テンプレート 18 の後面 60 に接触することができる。シャッター 108 は、チャンバ 110 内の VUV 放射をテンプレート 18 の方向に導く反射面 114 を有することができる。テンプレート 18 のクリーニング後、シャッター 108 を再び開いて、エネルギー源 38 からのエネルギー 40 をテンプレート 18 に到達させることができる。

【0036】

幾つかの実施形態において、シャッター 108 は、エネルギー源 38 からのエネルギー 40 に対して透明であり、VUV 放射を反射することができる。例えば、シャッター 108 は、VUV 放射を反射するコーティングを有することができる。こうした実施形態においては、シャッター 108 は、図 1 及び図 2 に関連して説明された固化ステップ（例えば、重合ステップ）のために（例えば、図 11B に示されるように）静止したままである。

40

【0037】

図 12A 及び図 12B は、VUV 放射源 86（例えば、DBD 源）を、テンプレート 18 の活性面 62 より下方に配置されたステージ 116（例えば、x-y ステージ）に結合することができる別の実施形態を示している。ステージ 116 の設計は、米国特許出願第 10/438,224 号及び米国特許出願第 11/211,766 号にさらに詳細に説明されている、転写体と類似しており、これらの出願は、いずれも、その全体が引用により

50

本明細書に組み入れられる。

【 0 0 3 8 】

図 1 2 A を参照すると、クリーニング・プロセス中に、ステージ 1 1 6 を並進及び／又は回転させて、1 つ又はそれ以上の V U V 放射源 8 6 をテンプレート 1 8 の活性面 6 2 の下に位置させることができる。V U V 放射源 8 6 からの放射線を、テンプレート 1 8 の活性面 6 2 の方向に導くことができる。さらに、V U V 放射源 8 6 を活性面 6 2 の一部の下に配置し、ステージ 1 1 6 を x 方向及び y 方向に沿って並進させて、活性面 6 2 を横切って放射線を当てることができる。

【 0 0 3 9 】

図 1 2 B を参照すると、クリーニング後には、ステージ 1 1 6 を並進及び／又は回転させて、V U V 放射源 8 6 を移動させ、V U V 放射源 8 6 をテンプレート 1 8 の下に位置させることができないようにすることができる。図 1 及び図 2 に関連して説明されるように、インプリントのために、テンプレート 1 8 及び基板 1 2 を再び位置合わせすることができる。

10

【 0 0 4 0 】

図 1 3 は、基板 1 2 をシステム 1 0 に装填するとき又は該システム 1 0 から取り出すとき、テンプレート 1 8 をクリーニングすることができる別の実施形態を示す。例えば、図 1 3 に示すように、V U V 放射源 8 6 (例えば、D B D 源) は、固定された取付具 1 1 8 上に取り付けることができる。自動テンプレート操作ツール 1 2 0 を用いて、クリーニングのためにテンプレート 1 8 を V U V 放射源 8 6 に近接して配置し、次いで、図 1 及び図 2 に関して説明されたように、インプリントのためにテンプレート 1 8 を基板 1 2 に近接して再配置することができる。

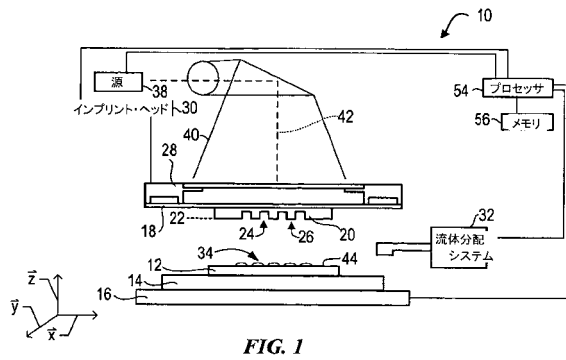
20

【 符号の説明 】

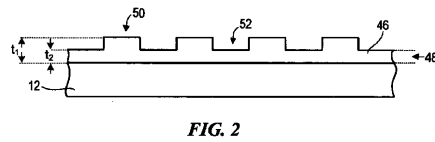
【 0 0 4 1 】

1 8 テンプレート； 6 0 後面； 6 2 活性面； 8 6 V U V 放射源；
8 7 表面。

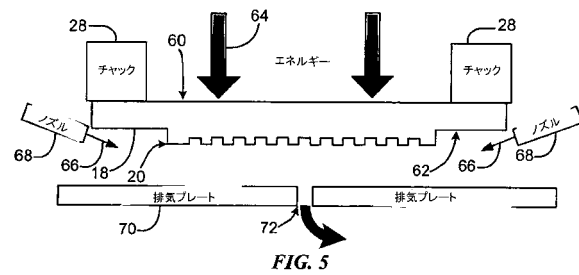
【図 1】



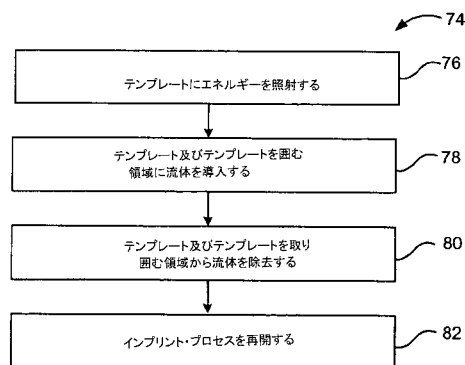
【図 2】



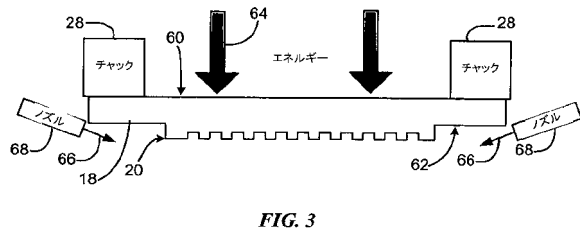
【図 5】



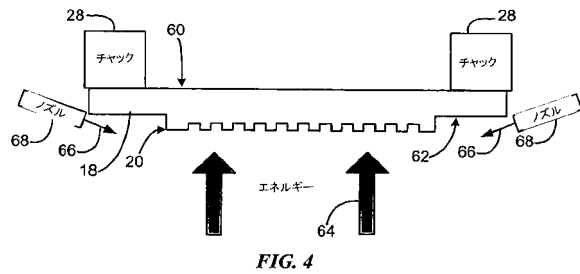
【図 6】



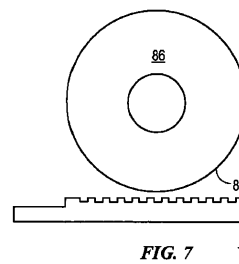
【図 3】



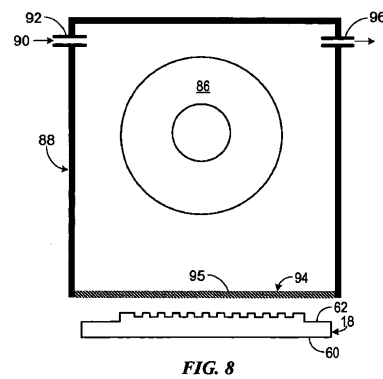
【図 4】



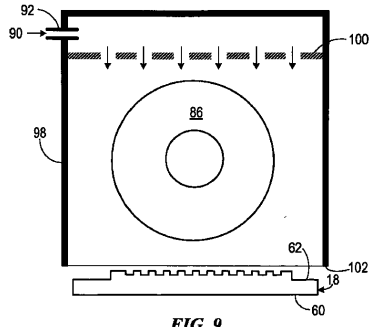
【図 7】



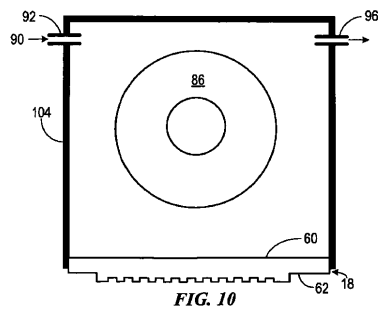
【図 8】



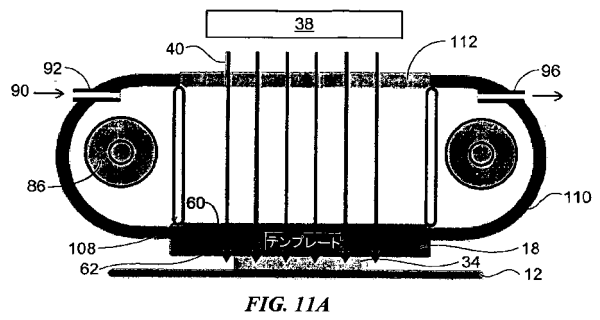
【図 9】



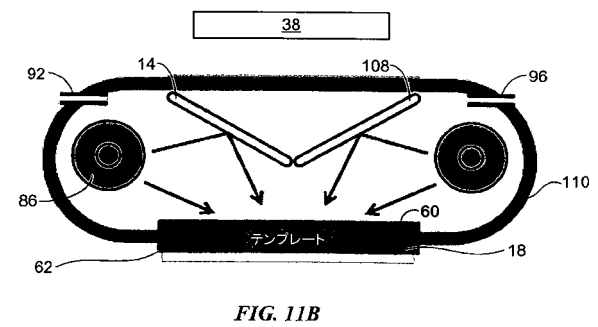
【図 10】



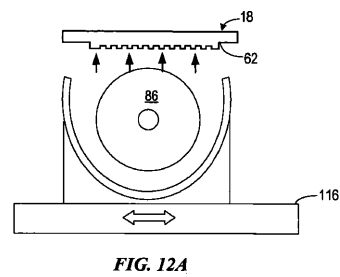
【図 11 A】



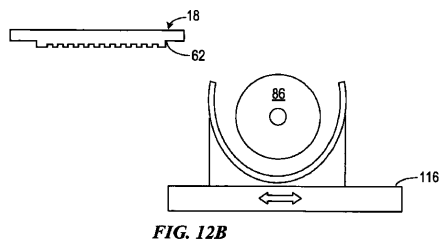
【図 11 B】



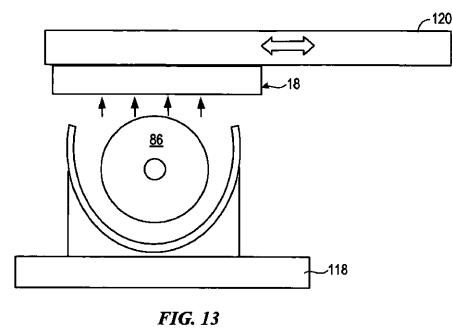
【図 12 A】



【図 12 B】



【図 13】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 12/563,356

(32)優先日 平成21年9月21日(2009.9.21)

(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 マックマッキン, イアン・エム

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

(72)発明者 チョイ, ピュン・ジン

アメリカ合衆国・78750・テキサス州・オースティン・メダリオン レーン・11512

(72)発明者 レズニック, ダグラス・ジェイ

アメリカ合衆国・78726・テキサス州・オースティン・デナイル パークウェイ・8317

審査官 関口 英樹

(56)参考文献 特開昭59-161824(JP, A)

特開2008-193035(JP, A)

特開2006-108696(JP, A)

特開2005-327788(JP, A)

特開2001-129391(JP, A)

特開2002-075839(JP, A)

特開2007-088116(JP, A)

特開2004-101868(JP, A)

特開2005-064289(JP, A)

特表2005-519738(JP, A)

米国特許出願公開第2008/0131623(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

B29C 33/00 - 33/76、39/00 - 39/44、

41/38 - 41/44、43/00 - 43/58、

45/00 - 45/84、49/48 - 49/56、49/70、

51/30 - 51/40、51/44、53/00 - 53/84、

57/00 - 57/18