

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5180381号
(P5180381)

(45) 発行日 平成25年4月10日(2013.4.10)

(24) 登録日 平成25年1月18日(2013.1.18)

(51) Int.Cl.

H01L 21/027 (2006.01)
B29C 59/02 (2006.01)

F 1

H01L 21/30 502 D
B29C 59/02 ZNMB

請求項の数 15 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2011-532095 (P2011-532095)
 (86) (22) 出願日 平成21年10月20日 (2009.10.20)
 (65) 公表番号 特表2012-506618 (P2012-506618A)
 (43) 公表日 平成24年3月15日 (2012.3.15)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2009/005692
 (87) 國際公開番号 WO2010/047769
 (87) 國際公開日 平成22年4月29日 (2010.4.29)
 審査請求日 平成24年1月31日 (2012.1.31)
 (31) 優先権主張番号 61/107,238
 (32) 優先日 平成20年10月21日 (2008.10.21)
 (33) 優先権主張国 米国(US)
 (31) 優先権主張番号 12/581,236
 (32) 優先日 平成21年10月19日 (2009.10.19)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 503193362
 モレキュラー・インプリント・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・シイー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、フランク・ワイ
 アメリカ合衆国・78664・テキサス州
 ・ラウンド・ロック・ハーベイ・ペニック
 ディーアール・3814

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】基板からテンプレートを分離する際の応力の低減

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のクラスタを有するインプリント・リソグラフィ・テンプレートであって、各クラスタは少なくとも1つの稠密フィーチャ領域を有し、前記稠密フィーチャ領域は約0.5~3の縦横比を有する複数のフィーチャを有し、各クラスタは約200ミクロン以下の長さを有する空領域によって分離され、

前記空領域は少なくとも1組の100nm~数十ミクロンのサイズを有するダミー・フィーチャを含み、前記ダミー・フィーチャは、前記空領域内に周期的間隔で位置決めされてダミー領域を画定し、前記ダミー領域は、ダミー・フィーチャのない前記空領域の大きさG₀を超える大きさG_yの分離エネルギーを有しており、それにより、形成されたパターン層から前記インプリント・リソグラフィ・テンプレートを分離する際に、前記稠密フィーチャ領域における前記複数のフィーチャに伝わるずれ応力が減少することを特徴とするインプリント・リソグラフィ・テンプレート。

【請求項 2】

前記空領域の長さの値は、約100ミクロン以下であることを特徴とする請求項1に記載のテンプレート。

【請求項 3】

前記空領域の長さの値は、分離前線の伝搬速度を減少させるように適応されることを特徴とする請求項1に記載のテンプレート。

【請求項 4】

10

20

各稠密フィーチャ領域は、複数の突出部と複数のくぼみを有することを特徴とする請求項1記載のテンプレート。

【請求項5】

前記突出部の横寸法は、約100nm以下であることを特徴とする請求項4に記載のテンプレート。

【請求項6】

前記突出部は、前記テンプレート上にある一定角度で位置決めされることを特徴とする請求項4に記載のテンプレート。

【請求項7】

前記ある一定角度の前記位置は、前記テンプレートをパターン層から分離する際の破壊エネルギーを減少させるように適応されることを特徴とする請求項6に記載のテンプレート。 10

【請求項8】

前記複数の稠密フィーチャ領域のうち第1の稠密フィーチャ領域の各フィーチャは、前記複数の稠密フィーチャ領域のうち第2の稠密フィーチャ領域の各フィーチャに対して垂直に位置決めされていることを特徴とする請求項1に記載のテンプレート。

【請求項9】

前記複数の稠密フィーチャ領域のうち第1の稠密フィーチャ領域の各フィーチャは、前記複数の稠密フィーチャ領域のうち第2の稠密フィーチャ領域の各フィーチャに対して略垂直に位置決めされていることを特徴とする請求項1に記載のテンプレート。 20

【請求項10】

前記第1の稠密フィーチャ領域内の各フィーチャは、放射状パターンであることを特徴とする請求項9に記載のテンプレート。

【請求項11】

前記第2の稠密フィーチャ領域内の各フィーチャは、放射状パターンであることを特徴とする請求項9に記載のテンプレート。

【請求項12】

前記第1の稠密フィーチャ領域内の各フィーチャは、各フィーチャの中心が湾曲する凹形状を有することを特徴とする請求項9に記載のテンプレート。 30

【請求項13】

前記第2の稠密フィーチャ領域内の各フィーチャは、各フィーチャの中心が湾曲する凹形状を有することを特徴とする請求項9に記載のテンプレート。

【請求項14】

複数のクラスタを有するインプリント・リソグラフィ・テンプレートであって、各クラスタは少なくとも1つの稠密フィーチャ領域を有し、前記稠密フィーチャ領域は約0.5~3の縦横比を有する複数のフィーチャを有し、各クラスタは約200ミクロン以下の長さを有する空領域によって分離され、

前記稠密フィーチャ領域は、一端が他端より大きい格子幅を有する少なくとも1つのフィーチャを有することを特徴とするテンプレート。

【請求項15】

複数のクラスタを有するインプリント・リソグラフィ・テンプレートであって、各クラスタは少なくとも1つの稠密フィーチャ領域を有し、前記稠密フィーチャ領域は約0.5~3の縦横比を有する複数のフィーチャを有し、各クラスタは約200ミクロン以下の長さを有する空領域によって分離され、

前記稠密フィーチャ領域は、その中心が湾曲する凹形状を有する少なくとも1つのフィーチャを含む、

ことを特徴とするテンプレート。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

(関連出願の相互参照)

本出願は、米国特許法第119条(e)(1)項の下、2008年10月21日に出願された米国仮特許出願第61/107,238号と2009年10月19日に出願された米国特許出願第12/581,236号の利益を主張し、これらの出願は、引用によりその全体が本明細書に組み込まれる。

【背景技術】

【0002】

ナノ加工は、約100ナノメートル以下のフィーチャを有するきわめて小さな構造の加工を含む。ナノ加工がかなり大きい効果を有していた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やしながら高い生産歩留まりを目指す努力をし続けており、それにより、ナノ加工はますます重要になってきている。ナノ加工は、形成される構造物の最小フィーチャ寸法を縮小し続けながらより優れた工程管理を提供する。ナノ加工が利用されてきた他の開発分野には、バイオテクノロジー、光学技術、機械システムなどがある。

10

【0003】

今日使用されている例示的なナノ加工技術は、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、米国特許公報第2004/0065976号、米国特許公報第2004/0065252号および米国特許第6,936,194号などの多くの公報に詳細に述べられており、これらの文献はすべて、参考により本出願に組み込まれる。

20

【0004】

前述の米国特許出願および特許のそれぞれに開示されたインプリント・リソグラフィ技術は、重合性層におけるレリーフ・パターンの形成と、そのレリーフ・パターンに対応するパターンの下の基板への転写を含む。基板は、パターニング工程を容易にするために所望の位置決めを可能にする移動ステージに結合されてもよい。パターニング工程は、基板から離間されたテンプレートと、テンプレートと基板の間に塗布される成形可能液体とを使用する。成形可能液体は、成形可能液体と接触するテンプレートの表面の形状に合致するパターンを有する硬質層を形成するように凝固される。凝固した後で、テンプレートが硬質層から分離され、それによりテンプレートと基板が離間される。次に、基板と凝固層は、凝固層のパターンに対応するレリーフ像を基板に転写するために更に他の工程にかけられる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許公報第2004/0065976号

【特許文献2】米国特許公報第2004/0065252号

【特許文献3】米国特許第6,936,194号

【0006】

本発明がより詳細に理解されるように、本発明の実施形態の説明を、添付図面に示された実施形態と関連して提供する。しかしながら、添付図面は、本発明の代表的な実施形態のみを示し、したがって範囲を限定するものではないことに注意されたい。

40

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明によるリソグラフィ・システムの一実施形態の単純化された側面図である。

【図2】パターン層が上に配置された図1に示された基板の単純化された側面図である。

【図3】分離中のテンプレートとパターン層の単純化された側面図である。

【図4A】理想的な分離前線(separation front)を有するテンプレートの単純化された上面図である。

【図4B】分離前線の一部分が異なる伝搬速度を有する分離前線を有するテンプレートの

50

単純化された上面図である。

【図5 A】稠密フィーチャ領域を含むクラスタを有するテンプレートの単純化された上面図であり、各クラスタが、大きい空領域によって分離され、各クラスタ内の各稠密フィーチャ領域が、より小さい空領域によって分離されている。

【図5 B】稠密フィーチャ領域を含むクラスタを有するテンプレートの単純化された上面図であり、各クラスタが、大きい空領域によって分離され、各クラスタ内の各稠密フィーチャ領域が、より小さい空領域によって分離されている。

【図6 A】分離前線の一部分が異なる伝搬速度を有する分離前線の連続移動を示す図である。

【図6 B】分離前線の一部分が異なる伝搬速度を有する分離前線の連続移動を示す図である。10

【図6 C】分離前線の一部分が異なる伝搬速度を有する分離前線の連続移動を示す図である。

【図6 D】分離前線の一部分が異なる伝搬速度を有する分離前線の連続移動を示す図である。

【図6 E】分離前線の一部分が異なる伝搬速度を有する分離前線の連続移動を示す図である。

【図6 F】分離前線の一部分が異なる伝搬速度を有する分離前線の連続移動を示す図である。

【図6 G】分離前線の一部分が異なる伝搬速度を有する分離前線の連続移動を示す図である。20

【図7】稠密フィーチャ領域内に損傷を有する基板の単純化された上面図である。

【図8】テンプレートの例示的な実施形態の単純化された側面図である。

【図9】図8に示されたテンプレートの上面図である。

【図10】テンプレートの例示的な実施形態の単純化された側面図である。

【図11】分離前線に対して平行な稠密フィーチャの連続ブロックを有する例示的なテンプレートの上面図である。

【図12】分離前線に対して平行と斜めの稠密フィーチャの連続ブロックを有するテンプレートの例示的な実施形態の上面図である。

【図13】分離前線に対して平行と垂直な稠密フィーチャの複数の連続ブロックを有するテンプレートの例示的な実施形態の上面図である。30

【図14】分離前線に対して平行と垂直な稠密フィーチャの複数の連続ブロックを有するテンプレートの例示的な実施形態の上面図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

図を参照し、詳細には図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ため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に結合されることがある。図示されたように、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、真空式、ピン型、溝型、電磁気式などを含むがこれらに限定されない任意のチャックでよい。例示的なチャックは、米国特許第6,873,087号に記載されており、この特許は、参照により本明細書に組み込まれる。40

【0009】

基板12と基板チャック14は、更に、ステージ16によって支持されることがある。ステージ16は、x軸、y軸及びz軸のまわりの動き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、台(図示せず)上で配置されてもよい。

【0010】

テンプレート18は基板12から離間されている。テンプレート18は、一般に、基板12の方に延在するメサ20を有し、メサ20はその上にパターニング面22を有する。さらに、メサ20は、型20と呼ばれることがある。テンプレート18および/または型20は、溶融石英、石英、シリコン、有機重合体、シロキサン重合体、ホウケイ酸ガラス50

、フルオロカーボン重合体、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てもよい。図示されたように、パターニング面22は、複数の離間したくぼみ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有するが、本発明の実施形態は、そのような構成に限定されない。パターニング面22は、基板12上に形成されるパターンの基礎を構成する任意の原本パターンを画定することができる。

【0011】

テンプレート18は、チャック28に結合されることがある。チャック28は、真空式、ピン型、溝型、電磁気式および/または他の類似のチャック型として構成されてもよいが、これらに限定されない。例示的なチャックは、更に、米国特許第6,873,087号に記載されており、この特許は、参照により本明細書に組み込まれる。さらに、チャック28は、インプリント・ヘッド30に結合され、その結果、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を移動させるように構成されてもよい。10

【0012】

システム10は、さらに、流体供給システム32を有することができる。流体供給システム32は、基板12上に重合性材料34を付着させるために使用されることがある。重合性材料34は、液滴供給、回転塗布、浸せき塗布、化学蒸着(CVD)、物理蒸着(PVD)、薄膜蒸着、厚膜蒸着などの技術を使用して基板12上に位置決めされてもよい。重合性材料34は、設計検討事項に応じて型20と基板の12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12上に配置されてもよい。重合性材料34は、米国特許第7,157,036号と米国特許公開第2005/0187339号に記載されたような単量体を含んでもよく、これらの文献は全て、参照により本願に組み込まれる。20

【0013】

図1と図2を参照すると、システム10は、更に、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を含むことができる。インプリント・ヘッド30とステージ16は、テンプレート18と基板12を経路42に重ね合わせて位置決めするように構成されてもよい。システム10は、ステージ16、インプリント・ヘッド30、流体供給システム32および/またはエネルギー源38と通信するプロセッサ54によって調整されてもよく、またメモリ56に記憶されたコンピュータ可読プログラムで動作してもよい。30

【0014】

インプリント・ヘッド30若しくはステージ16またはこれらの両方は、型20と基板の12の間の距離を変化させて、これらの間に重合性材料34で満たされる所望の体積を画定する。例えば、インプリント・ヘッド30は、型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。所望の体積が重合性材料34で満たされた後、エネルギー源38は、エネルギー40(例えば、広帯域紫外線放射)を生成して、基板12の表面44とおよびパターニング面22の形状に合致するように重合性材料34を凝固させおよび/または架橋して、基板12上にパターン層46を画定する。パターン層46は、残余層48と、突出部50とくぼみ52として示された複数のフィーチャを有し、突出部50は厚さ t_1 を有し、残余層は厚さ t_2 を有する。40

【0015】

前述のシステムと工程は、更に、米国特許第6,932,934号、米国特許公開第2004/0124566号、米国特許公開第2004/0188381号および米国特許公開第2004/0211754号で言及されているインプリント・リソグラフィ法およびシステムで使用されてもよく、これらの各文献は、参照により本明細書に組み込まれる。50

【0016】

図3を参照すると、テンプレート18は、空領域53(例えば、テンプレート18の道(street))と組み合わされた稠密領域51(すなわち、テンプレート18のフィーチャ24および/または26の稠密領域)を含んでもよく、これにより、パターン層4

6とテンプレート18を分離する際に独特の問題が起こることがある。例えば、フィーチャ24および26の縦横比(フィーチャの幅に対する高さの割合)が約1:1以上の場合、テンプレート18とパターン層46の間の摩擦力は、フィーチャ24および26ならびに/またはフィーチャ50および52にねじりおよび/または剪断応力を提供する接着力と同様に大きくなることがある。

【0017】

パターン層46からのテンプレート18の分離は、一般に、接着力と摩擦力に関係するので、分離前線(separation front)70は、亀裂の伝搬と同じように移動することがある。テンプレート18とパターン層46の間の分離エネルギーは、破壊分離エネルギーと似ていると考えられ、フィーチャ24および26ならびに/またはフィーチャ50および52の密度により様々な大きさを有することがある。例えば、図3では、稠密領域51の分離エネルギーは、大きさ G_D を有し、空領域53の分離エネルギーは、 G_O の大きさを有する。テンプレート18が、空領域53と比べて大きな稠密領域51を有するので、テンプレート18が稠密領域51と空領域53を通過するときに分離エネルギーに大きな差($G = G_D - G_O$)ができることがある。

10

【0018】

テンプレート18のパターン層46からの分離は、亀裂伝搬と同じように移動する所以あるので、分離前線70は、ある一定の時間期間に不連続的なことがある。さらに、分離前線70は、一度に数百ミクロン飛び越す可能性がある。さらに、テンプレート18とパターン層46の分離前線70は、稠密領域51内で比較的安定した速度で移動する所以あるが、テンプレート18とパターン層46が空領域53内で分離するとき、分離前線70の伝搬速度は実質的に増大しある/または稠密領域51内で分離前線70の伝搬速度が実質的に低下する所以ある。稠密領域51と空領域53内の分離前線70の対照的な伝搬速度によって、フィーチャ24および26ならびに/またはフィーチャ50および52上にねじりおよび/または剪断応力が生じることがある。

20

【0019】

図4～図7は、テンプレート18のフィーチャ24および26ならびに/またはフィーチャ50および52に生じることがある例示的なねじりおよび/または剪断応力を示す。詳細には、図4Aは、理想的な分離前線70を示す。図示されたように、理想的な分離前線70は、稠密フィーチャ領域51と空領域53で比較的安定した速度で移動する所以ある。例えば、稠密領域51と空領域53内を伝搬する分離前線70aおよび70bは、比較的安定した速度で移動する。さらに、空領域53内を伝搬する分離前線70cも比較的安定した速度で移動する。しかしながら、図4Bに示されたように、分離前線70dは、きわめて希に、稠密領域51で遅れおよび/または空領域53でその速度を高めることがある。

30

【0020】

図5Aと図5Bを参照すると、テンプレート18は、稠密フィーチャ領域51と空領域53を有する所以ある。例えば、テンプレート18には、図5Aに示されたような稠密フィーチャ領域51を有するクラスタ55の配列が提供される。例示的な稠密フィーチャ領域61は、例えば、32nm幅の線が約32nmの間隔で配置された(1:1)格子構造を含み、また70nmの線深さを有する。各クラスタ55は、空領域53aによって分離される所以ある。例えば、空領域53aは、長さ L_1 を有する(例えば、例示的な長さ L_1 は、約1mmである)。さらに、各クラスタは、空領域53bによって分離された多数の稠密フィーチャ領域51から構成される所以ある(例えば、例示的な長さ L_2 は、約75ミクロンである)。例えば、図5Bに示されたように、稠密フィーチャ領域51a～51dは、空領域53b(例えば、道)によって分離されてもよい。空領域53bは、長さ L_2 (例えば、約75ミクロン)を有してもよい。

40

【0021】

図6A～図6Gは、図1と図2に関して述べたようなテンプレート18を基板12から分離する際の分離前線70の伝搬を示す。図6A～図6Eに示されたように、分離前線7

50

0の伝搬は、分離の始まりでは実質的に安定した速度であるが、分離前線70が稠密領域51ならびに空領域53aおよび53bの両方を通るとき、分離前線70の速度は、稠密領域51内で低下しおよび／または空領域53aおよび53b内で増大し、その結果、遅れ領域57ができ、分離前線が、図6Gに示されたように理想的にならないことがある。

【0022】

遅れ領域57は、図1と図2に関して述べたように基板上に形成されたフィーチャ24および／または26ならびに／またはフィーチャ50および52上にねじりおよび／または剪断応力を引き起こすことがある。そのようなねじりおよび／または剪断応力は、図7に示された空領域53aの近くの領域で、空領域53bより大きくなることがある。例えば、出願人は、テンプレート18上の空領域53aの近くの20倍を超える領域（例えば、約1mmの長さを有する空領域53a）および／または基板12のそれに対応する領域が、裂けの原因となる高いねじりおよび／または剪断応力を受け、空領域53bの近くの領域（例えば、1mmよりかなり短い長さを有する空領域53b）には実質的に裂けがないことを確認した。10

【0023】

図1と図2に関して述べたようなパターニングの際のフィーチャ24および26ならびに／またはフィーチャ50および52上にねじりおよび／または剪断応力は、本明細書に記載されているようなテンプレート18の空き領域（例えば、道）の最小化により、および／または、テンプレート18の空き領域内にダミー・フィーチャを提供することにより、減少する。例えば、このような技術を使用するとき、突出部26の大きさの横寸法が、約100nm以下で、くぼみ24の横方向寸法の大きさが、約1：2のフィーチャ・サイズと隙間の比またはより稠密なフィーチャ領域（1：1など）を提供し、および／または縦横比（すなわち、フィーチャの高さを幅で割ったもの）が約0.5～3の稠密テンプレート18によって刻印している間のねじりおよび／または剪断応力が減少する。20

【0024】

図8は、クラスタ55a₁と55a₂の間に短い長さの空領域53aを有するテンプレート18の例示的な実施形態を示し、より具体的には、テンプレート18の空領域53aは、約200ミクロンより小さいことがある。図が、クラスタ55を比較的周期的な間隔で示しているが、クラスタ55、フィーチャ領域51および／または空領域53が非周期的なグループでもよいことに注意されたい。例えば、クラスタ55内のフィーチャ24および26は、非周期的間隔（例えば、散発的）でもよい。30

【0025】

一実施形態では、テンプレート18の空領域53は、約100ミクロンより小さくてもよい。テンプレート18の空領域53aを約200ミクロン未満、更には約100ミクロン未満に制限することにより、フィーチャ24および26ならびに／またはフィーチャ50および52に導入されるねじりおよび／または剪断応力の量が実質的に減少する。例えば、分離前線70が空領域53aの方に伝搬するとき、テンプレート18とパターン層46の分離速度が実質的に増大するが、空領域53aが、約200ミクロン未満であることがあるので、空領域53aの短距離にわたるそのような分離速度の増大は、フィーチャ24および26上に更なるねじりおよび／または剪断応力を導入するのに十分でないことがある。さらに、分離前線70が、一度に数百ミクロン飛び越す可能性があるので、分離前線70は、空領域53aを実質的に一時的に迂回し、稠密領域51a₁と51a₂の間で分離速度を維持することがある。40

【0026】

状況によって、分離前線70は、テンプレート18とパターン層46を分離する際に均一な伝搬速度にならなくてもよい。例えば、図9は、テンプレート18の上面図を示し、ここで、分離前線70は異なる伝搬速度P₁およびP₂を有する。例えば、異なる伝搬速度は、分離前線70が稠密領域51a₁と空領域53a内を同時に移動することによる。分離前線70が空領域53a内を通過する場合、P₂の伝搬速度が実質的に増大し、ねじりおよび／または剪断応力が生じることがある。テンプレート18の空領域53aを約2050

0ミクロン未満に制限し、さらには約100ミクロン未満に制限することによって、分離前線70は、頻繁に稠密領域51および/または小さい空領域53aと遭遇し、これにより伝搬速度が実質的に低下することがある。例えば、速度P₂で伝搬する分離前線70は、空領域53aの大きさが縮小されるとすぐに稠密領域51a₂に遭遇し、速度P₂が実質的に低下し、したがって実質的なねじりおよび/または剪断応力の可能性が低下する。

【0027】

図10は、ダミー・フィーチャ60を有するテンプレート18の別の例示的な実施形態を示す。ダミー・フィーチャ60は、本明細書で述べる縮小された大きさの空領域53aの代わりまたは空領域53aとの組み合わせで使用されてもよい。

【0028】

ダミー・フィーチャ60は、一般に、フィーチャ24および26と類似の低分解能で低コストの充てんフィーチャである。ダミー・フィーチャ60は、サイズが100nm~数十ミクロンでよい。ダミー領域61を画定するために、空領域53a内に1つまたは複数のダミー・フィーチャ60が周期的間隔で配置されてもよい。例えば、ダミー・フィーチャ60は、図10に示されたようにダミー領域61を画定する100nm以上の間隔で配置されてもよい。一般に、ダミー領域61は、ダミー・フィーチャ60のない空領域53aの大きさG₀を超える大きさG_yの分離エネルギーを有してもよい。したがって、分離前線70の伝搬速度は、ダミー領域61内で、ダミー・フィーチャ60のない空領域53aを通る分離前線70の伝搬速度より低くなることがある。これにより、テンプレート18とパターン層46を分離する際にフィーチャ24および26のずれ応力が減少することがある。

【0029】

分離力F_sの観点から、分離前線70が半径Rを有すると仮定すると、一般に、F/Rで最小の変動が生じることが好ましいことがある。しかしながら、ダミー・フィーチャがない場合、分離前線70が稠密領域51から空領域53aまで（例えば、稠密領域51a₁から空領域53aまで）移動するときにF/Rが突然に変化することがある。ダミー・フィーチャ60の領域の1領域当たりの分離力F_sは、稠密領域51と空領域53aの1領域当たりの分離力F_sの間でよい。したがって、ダミー・フィーチャ60を空領域53aに挿入することによってF/Rの変動が減少することがある。

【0030】

図11~図14を参照すると、稠密領域51内のテンプレート18のフィーチャ24および/または26の位置決めにより、ねじり応力および/または剪断応力が減少することがある。稠密領域51内のフィーチャ24および/または26の位置決めは、本明細書に記載されたようなダミー・フィーチャ60/ダミー領域61および/または最小限の大きさの空領域53aの代わりまたはそれと組み合わせで使用されてもよい。

【0031】

図11は、フィーチャ24および26を有する例示的なテンプレート18の上面図を示す。突出部26は、格子長H_Lと格子幅H_Pによって画定されることがある。一般に、格子長H_Lは、突出部26の最長寸法と関連付けられてもよい。Landisらによって更に詳細に述べられているように、分離前線70を格子長H_Lに対して平行にすると、分離前線70を格子幅H_P寸法に対して平行にする（または、分離前線70を格子長方向と垂直にする）よりも破壊エネルギーが増大することがある。参考により本明細書に組み込まれるS Landisらの「Quantitative characterizations of a nanopatterned bonded wafer: force determination for nanoimprint lithography stamp removal」Nanotechnology, 2008, 125305を参照されたい。

【0032】

図12は、分離前線70に対して角度θで位置決めされたフィーチャ24および26を有するテンプレート18の例示的な実施形態を示す。角度付きフィーチャ24および26

10

20

30

40

50

は、分離エネルギーを減少させることがある。フィーチャ 2 4 および 2 6 は、約 100 nm 未満の幅で約 1 : 1 の隙間およびフィーチャ幅を有し、縦横比が約 2 : 1 でよい。フィーチャ 2 4 および 2 6 は、約 1 ミクロンを超える長さを有してもよい。さらに、フィーチャ 2 4 および 2 6 は、連続ブロック 7 4 を構成してもよい。

【0033】

図 13 は、分離前線 7 0 に対して平行位置と垂直位置で交互になった格子長 H_L の突出部 2 6 を有するテンプレート 1 8 の例示的な実施形態を示す。例えば、フィーチャ 2 4 および 2 6 は、分離前線 7 0 に対して平行に位置決めされた格子長 H_L 寸法の突出部 2 6 を有する連続ブロック 7 6 と、分離前線 7 0 に対して垂直に位置決めされた格子長 H_L 寸法の突出部 2 6 を有するフィーチャ 2 4 および 2 6 の連続ブロック 7 8 とを構成する。図 13 に示されたように、連続ブロック 7 6 a は、分離前線 7 0 に対して平行に位置決めされた格子長 H_{L1} 寸法の突出部 2 6 を有してもよく、連続ブロック 7 6 b は、分離前線 7 0 に対して平行に位置決めされた格子長 H_{L3} 寸法の突出部 2 6 を有してもよい。同様に、連続ブロック 7 8 a は、分離前線 7 0 に対して垂直に位置決めされた格子長 H_{L2} 寸法の突出部 2 6 を有してもよく、連続ブロック 7 8 b は、分離前線 7 0 に対して垂直に位置決めされた格子長 H_{L4} 寸法の突出部 2 6 を有してもよい。格子長 H_{L1} 、 H_{L2} 、 H_{L3} および / または H_{L4} は、設計検討事項により、類似した大きさでも異なる大きさでもよい。さらに、各ブロック 7 6 または 7 8 内の格子長 H_1 は、設計検討事項により、類似した大きさでも異なる大きさでもよい。

【0034】

ブロック 7 6 および 7 8 は、連続的に交互になる（例えば、平行、垂直、平行、垂直）必要はない。交互のブロック 7 6 および 7 8 は、テンプレート 1 8 のパターン密度を維持しながら分離エネルギーを減少できるように設計されてもよい。ブロック 7 6 および / または 7 8 内に任意数のフィーチャ 2 4 および 2 6 があってもよい。フィーチャ 2 4 および 2 6 は、約 100 nm 未満の幅で、隙間とフィーチャの幅が 1 : 1、縦横比が 2 : 1 でもよい。フィーチャ 2 4 および 2 6 は、約 1 ミクロンを超える長さを有してもよい。

【0035】

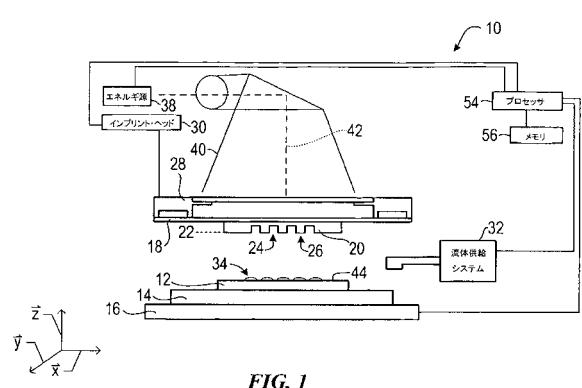
図 14 は、放射状の分離前線 7 0 に対して平行位置と垂直位置で交互になったフィーチャ 2 4 および 2 6 を有するテンプレート 1 8 の例示的な実施形態を示す。例えば、フィーチャ 2 4 および 2 6 は、分離前線 7 0 に対して平行に位置決めされた格子長 H_L 寸法を有するフィーチャ 2 4 および 2 6 の連続ブロック 8 2 と、分離前線 7 0 に対して垂直に位置決めされた格子長 H_L 寸法を有するフィーチャ 2 4 および 2 6 の連続ブロック 8 4 とを構成する。さらに、平行および / または垂直のフィーチャ 2 4 および 2 6 は、放射状パターンでもよい。放射状パターンは、格子幅 H_P の大きさがフィーチャ 2 6 に沿って変化することがあると定める。例えば、連続ブロック 8 4 a に示されたように、突出部 2 6 が分離前線 7 0 の方に延在するとき、格子幅 H_{P6} 寸法が格子長 H_{L6} に沿って増大してもよい。フィーチャ 2 4 および 2 6 を交互の平行位置と垂直位置を有する放射状パターンで提供することにより、パターン密度を維持しながら分離エネルギーが減少することがある。さらに、フィーチャ 2 4 および 2 6 は、分離エネルギーを減少させるために凹形状を呈してもよい。例えば、連続ブロック 8 2 a は、端が分離前線 7 0 から離れフィーチャ 2 4 および 2 6 の中心が分離前線 7 0 の方に近づくフィーチャ 2 4 および 2 6 を含む。

【符号の説明】

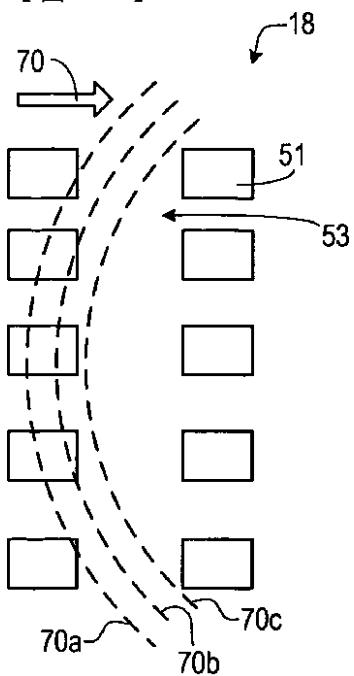
【0036】

1 8 テンプレート； 7 0、7 0 a、7 0 b 分離前線；
5 1 稠密フィーチャ領域 5 1； 5 3 空領域 5 3。

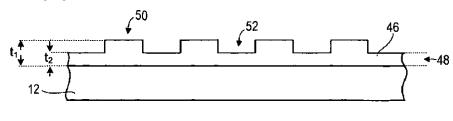
【図1】



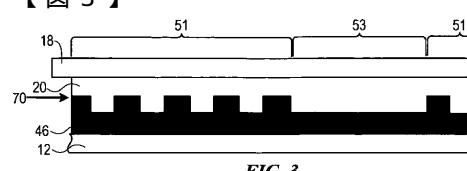
【図4A】



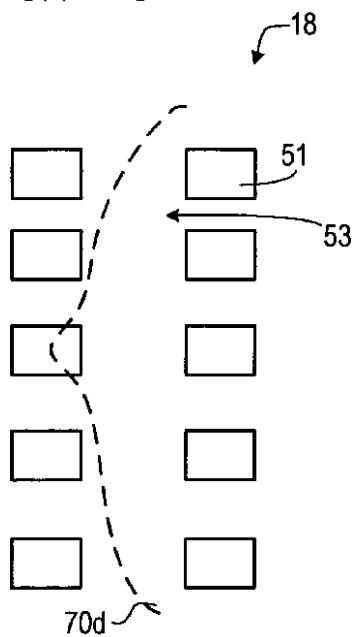
【図2】



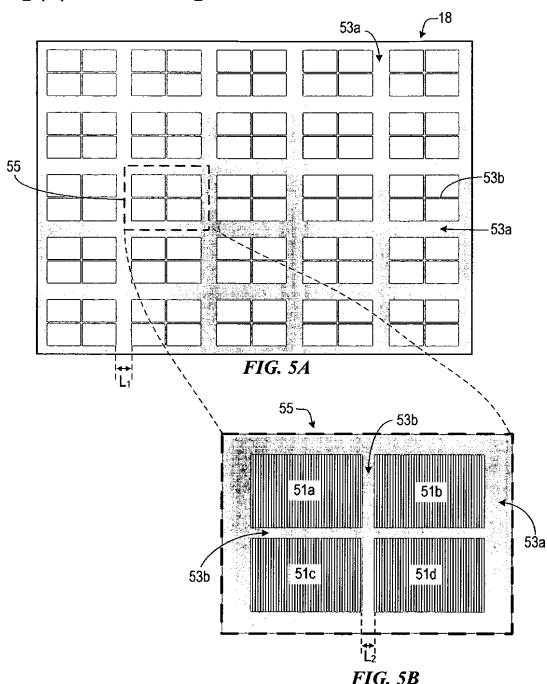
【図3】



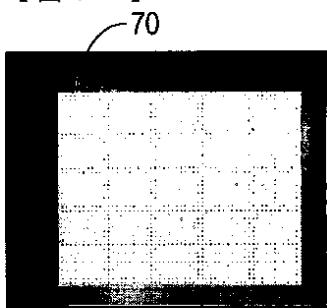
【図4B】



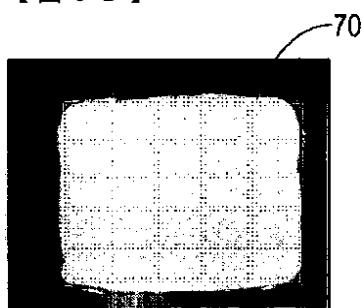
【図5A - B】



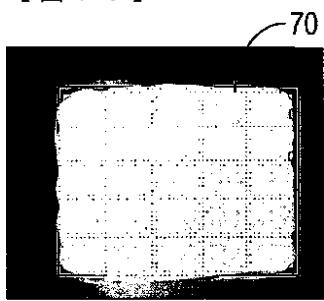
【図 6 A】

**FIG. 6A**

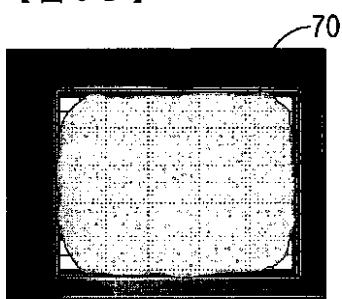
【図 6 B】

**FIG. 6B**

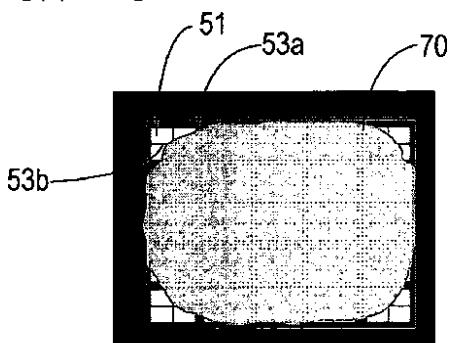
【図 6 C】

**FIG. 6C**

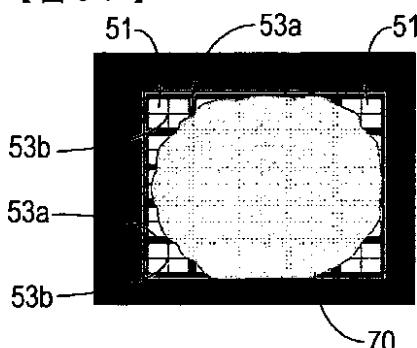
【図 6 D】

**FIG. 6D**

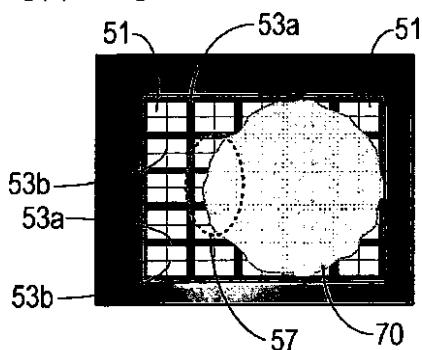
【図 6 E】

**FIG. 6E**

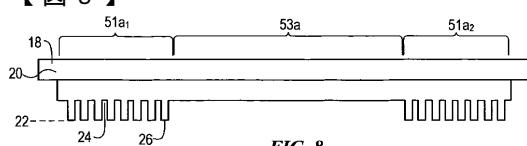
【図 6 F】

**FIG. 6F**

【図 6 G】

**FIG. 6G**

【図 8】

**FIG. 8**

【図 9】

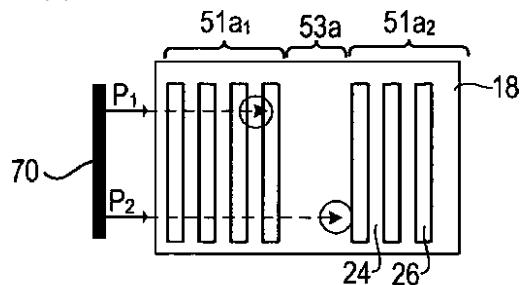


FIG. 9

【図 11】

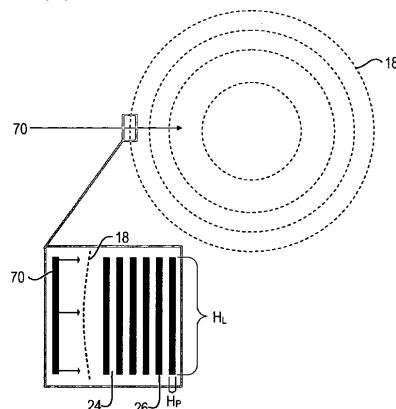


FIG. 11

【図 10】

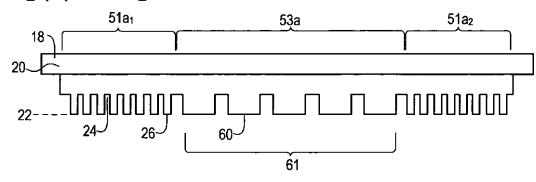


FIG. 10

【図 12】

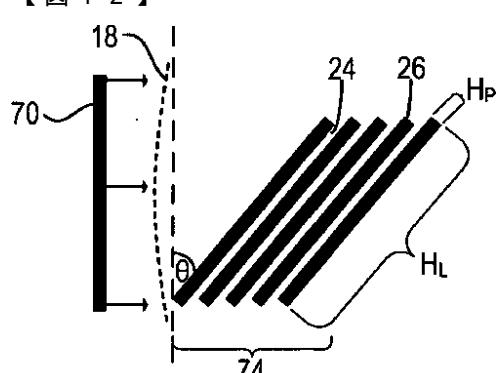


FIG. 12

【図 13】

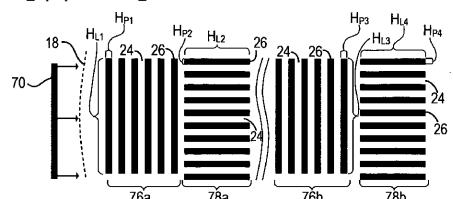


FIG. 13

【図 14】

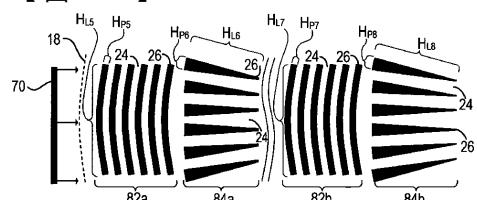


FIG. 14

【図7】

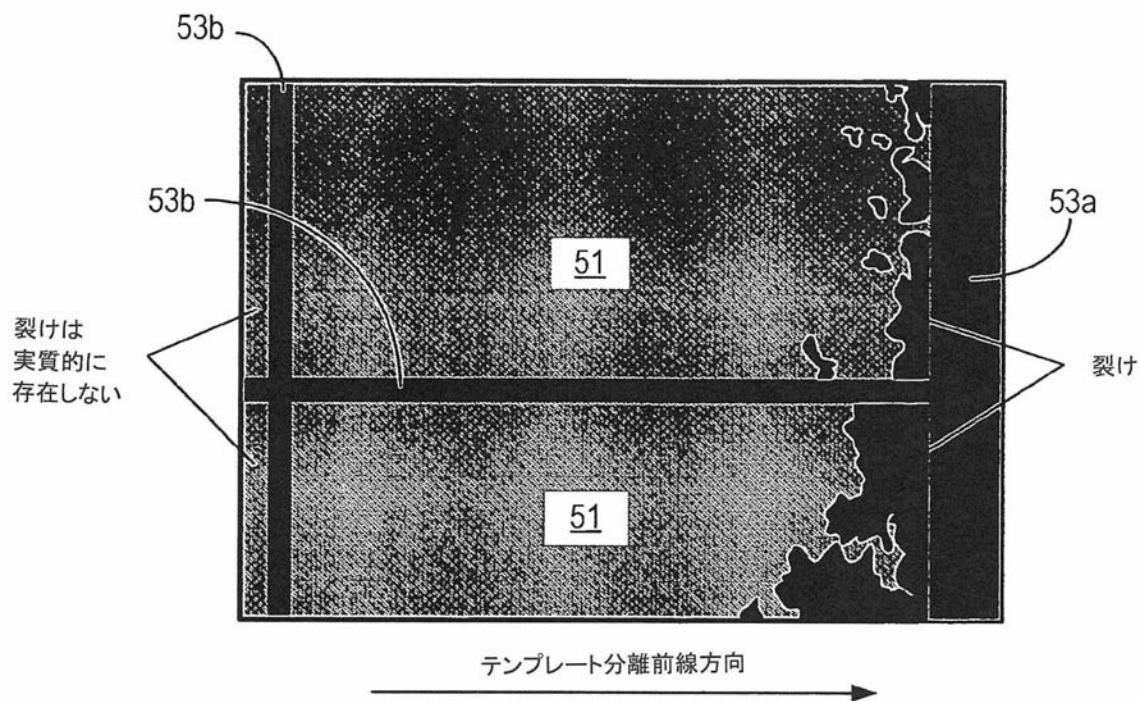


FIG. 7

フロントページの続き

(72)発明者 スリニーヴァッサン , シトルガタ・ヴィ
アメリカ合衆国・78750・テキサス州・オースティン・グランド オーク ドライブ・105
02

審査官 渡戸 正義

(56)参考文献 特開2006-245072(JP,A)
特表2004-504714(JP,A)
特表2004-523906(JP,A)
特開2008-207475(JP,A)
特表2007-506281(JP,A)
特開2006-303503(JP,A)
特開2008-091782(JP,A)
特表2008-509825(JP,A)
S Landis, Stamp design effect on 100 nm feature size for 8 inch Nanolithography , NANOTECHNOLOGY , IOP , 2006年 5月28日 , Vol.17 No.10 , p.2701-2709

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
B29C 53/00 - 53/84
B29C 57/00 - 59/18