

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4695009号
(P4695009)

(45) 発行日 平成23年6月8日(2011.6.8)

(24) 登録日 平成23年3月4日(2011.3.4)

(51) Int.Cl. F I
 H O 1 L 21/027 (2006.01) H O 1 L 21/30 5 O 2 D
 B 8 1 C 99/00 (2010.01) B 8 1 C 99/00

請求項の数 18 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2006-114638 (P2006-114638)	(73) 特許権者	504151804
(22) 出願日	平成18年4月18日 (2006.4.18)		エーエスエムエル ネザーランズ ビー、
(65) 公開番号	特開2006-303503 (P2006-303503A)		ブイ、
(43) 公開日	平成18年11月2日 (2006.11.2)		オランダ国 ヴェルトホーフエン 550
審査請求日	平成18年4月18日 (2006.4.18)		4 ディー アール、デ ラン 6501
(31) 優先権主張番号	11/108,904	(73) 特許権者	590000248
(32) 優先日	平成17年4月19日 (2005.4.19)		コーニンクレッカ フィリップス エレク
(33) 優先権主張国	米国 (US)		トロニクス エヌ ヴィ
			オランダ国 5621 ベーアー アイン
			ドーフエン フルーネヴァウツウェッハ
			1
		(74) 代理人	100079108
			弁理士 稲葉 良幸
		(74) 代理人	100093861
			弁理士 大賀 眞司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インプリント・リソグラフィ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

インプリント・リソグラフィ・プロセスでインプリント可能媒体にインプリントするように構成されたインプリント型板であって、

前記インプリント型板の接触面に、第1の領域と前記第1の領域に隣接する第2の領域とを有し、前記第1の領域は、第1のパターン密度の第1のパターン・フィーチャを含み、前記第2の領域は、第2のパターン密度の第2のパターン・フィーチャを含み、前記パターン密度の各々是对応する前記パターン・フィーチャの単位面積あたりのくぼみの容積によって表わされ、前記第1及び第2の領域の各々が、インプリント後の基板において互いに異なる機能を提供するとともに、

前記第1及び第2の領域の一方は、前記第1及び第2のパターン・フィーチャ間のパターン密度差が減少するように追加された、前記各パターン・フィーチャで提供される機能に関して非機能的な追加のパターン・フィーチャを含み、

前記第1のパターン・フィーチャ、前記第2のパターン・フィーチャ、及び前記追加のパターン・フィーチャの少なくとも一部は、異なる深さのくぼみを有する、インプリント型板。

【請求項2】

前記追加のパターン・フィーチャは、前記パターン密度差を最小に減少させる、請求項1に記載のインプリント型板。

【請求項3】

前記領域の各々の面積が、前記型板接触面の面積よりも少なくとも一桁小さい、請求項 1 又は 2 に記載のインプリント型板。

【請求項 4】

前記領域の各々の面積が、前記型板接触面の面積よりも少なくとも二桁小さい、請求項 1 又は 2 に記載のインプリント型板。

【請求項 5】

前記領域の各々の面積が、対応する前記パターン・フィーチャの大きさよりも少なくとも一桁大きい、請求項 1 又は 2 に記載のインプリント型板。

【請求項 6】

前記領域の各々の面積が、対応する前記パターン・フィーチャの大きさよりも少なくとも二桁大きい、請求項 1 又は 2 に記載のインプリント型板。

10

【請求項 7】

前記領域の各々が、 $0.01 \mu\text{m}^2$ から 10mm^2 までの範囲の面積を有している、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のインプリント型板。

【請求項 8】

前記領域の各々が、 $0.01 \mu\text{m}^2$ から 1mm^2 までの範囲の面積を有している、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のインプリント型板。

【請求項 9】

前記領域の各々が、 $0.01 \mu\text{m}^2$ から $1 \mu\text{m}^2$ までの範囲の面積を有している、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のインプリント型板。

20

【請求項 10】

前記領域の各々が、 $10 \mu\text{m}^2$ から 1mm^2 までの範囲の面積を有している、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のインプリント型板。

【請求項 11】

前記領域の各々が、 10nm^2 から $1 \mu\text{m}^2$ までの範囲の面積を有している、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のインプリント型板。

【請求項 12】

前記領域が、正方形、六角形、又は等しい長さの内部対角線を有する等辺形である、請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載のインプリント型板。

【請求項 13】

前記領域の形は、ある特定の領域の範囲内で前記インプリント可能媒体の最大流動距離が同じ表面積を有する正方形と比較して過度に大きくならないようなものである、請求項 1 ~ 12 のいずれか 1 項に記載のインプリント型板。

30

【請求項 14】

前記インプリント型板接触面には、表面処理材料で処理された、低い表面エネルギーを有する剥離層が形成されている、請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 項に記載のインプリント型板。

【請求項 15】

基板の表面の目標部分に付いている流動可能状態のインプリント可能媒体を型板と接触させるステップであって、前記型板は、前記インプリント可能媒体との接触面に、第 1 の領域と前記第 1 の領域に隣接する第 2 の領域とを有し、前記第 1 の領域は、第 1 のパターン密度の第 1 のパターン・フィーチャを有し、前記第 2 の領域は、第 2 のパターン密度の第 2 のパターン・フィーチャを有し、前記パターン密度の各々は対応する前記パターン・フィーチャの単位面積あたりのくぼみの容積によって表わされ、前記第 1 及び第 2 の領域の各々は、インプリント後の前記基板において互いに異なる機能を実現するとともに、前記第 1 及び第 2 の領域の一方は、前記第 1 及び第 2 のパターン・フィーチャ間のパターン密度差が減少するように追加された、前記各パターン・フィーチャで提供される機能に関して非機能的な追加のパターン・フィーチャを含み、前記第 1 のパターン・フィーチャ、前記第 2 のパターン・フィーチャ、及び前記追加のパターン・フィーチャの少なくとも一部は、異なる深さのくぼみを有する、ステップと、

40

50

前記インプリント可能媒体を流動不可能な状態に変える条件に、前記インプリント可能媒体をさらすステップと、

前記インプリント可能媒体が流動不可能な状態にある間に、前記インプリント可能媒体から前記型板を分離するステップとを備えるインプリント方法。

【請求項 16】

前記追加のパターン・フィーチャは、前記パターン密度差を最小に減少させる、請求項 15 に記載のインプリント方法。

【請求項 17】

前記領域の各々には、前記パターン密度差に応じてドロップ・オン・デマンドプロセスを使用して異なる量の前記インプリント可能媒体が選択的に堆積される、請求項 15 又は 16 に記載のインプリント方法。

10

【請求項 18】

前記接触面に、表面処理材料で処理された、低い表面エネルギーを有する剥離層を形成する、請求項 15 ~ 17 のいずれか 1 項に記載のインプリント方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、インプリント・リソグラフィに関する。

【背景技術】

【0002】

リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板の目標部分に付与する機械である。従来、リソグラフィ装置は、例えば集積回路 (IC)、フラット・パネル・ディスプレイ及び微細構造を含む他のデバイスの製造で使用されている。

20

【0003】

リソグラフィ・パターンのフィーチャのサイズを縮小することが望ましい。というのは、これによって、特定の基板面積により大きな密度のフィーチャが可能になるからである。フォトリソグラフィでは、解像度の向上は、短い波長の放射を使用して達成することができる。しかし、そのような縮小に関連した問題がある。現在のシステムは、193 nm 領域の波長を有する光源を採用し始めているが、このレベルでも、回折制限が障壁になる。もっと短い波長では、材料の透明性が非常に良くない。高い解像度の可能な光リソグラフィ機械は、複雑な光学系及び希少な材料を必要とするので、非常に高価である。

30

【0004】

インプリント・リソグラフィとして知られている、100 nm 以下のフィーチャをプリントする代替方法は、物理的な型即ち型板を使用してパターンをインプリント可能媒体にインプリントすることによってパターンを基板に転写することを含む。インプリント可能媒体は、基板であってもよく、又は基板の表面に塗布された材料であってもよい。インプリント可能媒体は、パターンを下にある表面に転写するように機能することができる。即ちパターンを下にある表面に転写するための「マスク」として使用することができる。インプリント可能媒体は、例えば、半導体材料のような基板に堆積されたレジストとして設けることができ、このレジストに、型板で画定されたパターンが転写されることになる。このように、インプリント・リソグラフィは、基本的に、マイクロメートル又はナノメートル規模の成形プロセスであり、型板の起伏形状が、基板に作られるパターンを画定する。パターンは、光リソグラフィ・プロセスのように層に積み重ねることができるので、基本的に、インプリント・リソグラフィは、IC 製造のような用途に使用することができる。

40

【0005】

インプリント・リソグラフィの解像度は、型板製造プロセスの解像度だけによって制限される。例えば、インプリント・リソグラフィを使用して、従来の光リソグラフィ・プロセスで実現可能なものに比べて著しく改善された解像度及びライン・エッジ粗さで、サブ 50 nm の範囲のフィーチャを作ることができる。その上、インプリント・プロセスは、

50

光リソグラフィ・プロセスで一般に必要とされる高価な光学系、高度な照明光源又は専用のレジスト材料を必要としない。

【0006】

インプリント・プロセス中にインプリント可能媒体が型板の下を流れるために、比較的大きなインプリント時間及び/又は圧力が必要とされることがある。例えば、インプリント可能媒体は、型板の大きさに応じて、場合によっては長い距離を流れる必要があることがある。インプリントされたパターンと、比較的薄い残留層であることが必要なインプリントされた媒体の残留層との間で、優れたアスペクト比を得るために、インプリント可能媒体が一般的な型の大きさ(例えば、 1 cm^2)に対応する面積を移動するのに数分かかることがある。型板の大きさが大きいほど、いっそう長いインプリント時間を必要とする

10

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の態様に従って、インプリント・リソグラフィ・プロセスでインプリント可能媒体にインプリントするように構成されたインプリント型板が提供される。このインプリント型板は、インプリント型板の接触面の単位面積当たりのパターン・フィーチャを実質的に充填するために使用されたインプリント可能媒体の体積に対応するパターン密度を有するパターンを有し、インプリント型板接触面のパターンの隣り合う領域は実質的に同じパターン密度を有し、それらの隣り合う領域の各々は、基板にインプリントされた後で異なる機能を実現する。

20

【0008】

本発明のさらなる態様に従って、インプリント・リソグラフィ・プロセスでインプリント可能媒体にインプリントするように構成されたインプリント型板が提供される。このインプリント型板は、インプリント型板の接触面の単位面積当たりのパターン・フィーチャを実質的に充填するために使用されたインプリント可能媒体の体積に対応するパターン密度を有するパターンを有し、インプリント型板接触面のパターンの隣り合う領域は、最小限にされたパターン密度差を有し、それらの隣り合う領域の各々は、基板にインプリントされた後で異なる機能を実現する。

30

【0009】

本発明の他の態様に従って、インプリント・リソグラフィ・プロセスでインプリント可能媒体にインプリントするように構成されたインプリント型板が提供される。このインプリント型板は、インプリント型板の接触面の単位面積当たりのパターン・フィーチャを実質的に充填するために使用されたインプリント可能媒体の体積に対応するパターン密度を有するパターンを有し、インプリント型板接触面のパターンの隣り合う領域は、最大限より小さく維持されたパターン密度差を有し、それらの隣り合う領域の各々は、基板にインプリントされた後で異なる機能を実現する。

40

【0010】

本発明の実施例は、インプリント・プロセスの要求条件を考慮に入れたインプリント型板を提供することによって、不均一パターン密度のパターンのインプリントに関連した問題を除去しようとする。即ち、パターンが実質的に一様なパターン密度を有することを、実際的である限り保証するように、パターン密度を考慮する。例えば、ICレイアウトの設計中に、そうでなければ規則的な配列を必要としないはずの(また、一般に、パターン密度に関して不規則又は不均一であるはずの)パターン・フィーチャの適切なサイジング及び/又は形及び/又は位置決めを保証するために追加の考慮を設計プロセスに組み込んで、パターン全体にわたってパターン密度のばらつきを実質的に減少し、又はなくし、或いはパターン全体にわたってパターン密度差を最小限にするか、又は最大限より小さく維

50

持することができる。

【0011】

本発明の実施例は、本質的に一様なパターン密度を有するパターンに適用することができる。例えば、本発明の実施例に従って、追加の「ダミー」のフィーチャを、規則的に配列されたパターンの1つ又は複数の領域に追加して、その領域のパターン密度がパターンの1つ又は複数の他の領域のパターン密度により近くなるように、その領域のパターン密度を変えることができる。

【0012】

本発明のさらなる態様に従って、インプリント方法が提供され、この方法は、
基板の表面の目標部分に付いている流動可能状態のインプリント可能媒体を型板と接触させるステップであって、この型板は、パターンの単位面積当たりのパターン・フィーチャを実質的に充填するために使用されたインプリント可能媒体の体積に対応するパターン密度を有するインプリント・パターンを画定し、パターンは隣り合う領域を有し、それらの隣り合う領域の各々は、基板にインプリントされた後で異なる機能を実現し、実質的に同じパターン密度を有するステップと、

インプリント可能媒体を実質的に流動不可能な状態に変える条件に、インプリント可能媒体をさらすステップと、

インプリント可能媒体が実質的に流動不可能な状態にある間に、インプリント可能媒体から型板を分離するステップとを備える。

【0013】

本発明の他の態様に従って、インプリント方法が提供され、この方法は、
基板の表面の目標部分に付いている流動可能状態のインプリント可能媒体を型板と接触させるステップであって、この型板は、パターンの単位面積当たりのパターン・フィーチャを実質的に充填するために使用されたインプリント可能媒体の体積に対応するパターン密度を有するインプリント・パターンを画定し、パターンは隣り合う領域を備え、それらの隣り合う領域の各々は、基板にインプリントされた後で異なる機能を実現し、最小限にされたパターン密度差を有するステップと、

インプリント可能媒体を実質的に流動不可能な状態に変える条件に、インプリント可能媒体をさらすステップと、

インプリント可能媒体が実質的に流動不可能な状態にある間に、インプリント可能媒体から型板を分離するステップとを備える。

【0014】

本発明の他の態様に従って、インプリント方法が提供され、この方法は、
基板の表面の目標部分に付いている流動可能状態のインプリント可能媒体を型板と接触させるステップであって、この型板は、パターンの単位面積当たりのパターン・フィーチャを実質的に充填するために使用されたインプリント可能媒体の体積に対応するパターン密度を有するインプリント・パターンを画定し、パターンは隣り合う領域を備え、これらの隣り合う領域の各々は、基板にインプリントされた後で異なる機能を実現し、最大限より小さく維持されたパターン密度差を有するステップと、

インプリント可能媒体を実質的に流動不可能な状態に変える条件に、インプリント可能媒体をさらすステップと、

インプリント可能媒体が実質的に流動不可能な状態にある間に、インプリント可能媒体から型板を分離するステップとを備える。

【0015】

一実施例では、パターンの領域の各々の面積は、型板接触面の面積よりも少なくとも一桁、又は少なくとも二桁小さくてもよい。

【0016】

一実施例では、パターンの領域の面積は、パターン・フィーチャの大きさよりも、少なくとも一桁、又は少なくとも二桁大きくてもよい。このことによって、例えば、過度に限定的な追加の設計制約によって生じる関連間接費を減することができる。他方で、どの領域

10

20

30

40

50

の範囲内でもインプリント可能媒体が移動する距離を減少させるために、領域は比較的小さくしなければならない。

【0017】

いくつかの実施形態では、各領域は、 $0.01\mu\text{m}^2$ から $1\mu\text{m}^2$ 、 $1\mu\text{m}^2$ から 10mm^2 、 $1\mu\text{m}^2$ から 1mm^2 、 $10\mu\text{m}^2$ から 1mm^2 、又は 10nm^2 から $1\mu\text{m}^2$ の範囲の面積を有することができる。

【0018】

領域は、正方形、六角形、又は等しい長さの内部対角線を有する他の等辺形であってもよい。領域は形が規則的又は不規則であってもよく、領域の形は、ある特定の領域の範囲内でインプリント可能媒体の最大流動距離が同じ表面積を有する正方形と比較して過度に大きくならないようなものである。

10

【0019】

本発明の実施例は、パターン形成された型板が流動可能状態のインプリント可能媒体にインプリントされるどんなインプリント・リソグラフィ・プロセスにも適用することができる。例えば、上述のように熱及びUVインプリント・リソグラフィに適用することができる。

【0020】

ここで添付の模式的な図面を参照して、ただ例として本発明の実施例を説明する。図面では、対応する参照符号は、対応する部分を示す。

【実施例】

20

【0021】

インプリント・リソグラフィには、熱インプリント・リソグラフィ及びUVインプリント・リソグラフィと一般に呼ばれる2つの基本的な方法がある。また、ソフト・リソグラフィとして知られている第3の型の「プリント」リソグラフィがある。これらの実施例を図1aから1cに示す。

【0022】

図1aは、分子層11（一般にチオールのようなインク）を可撓性型板10（一般に、ポリジメチルシロキサン（PDMS）で作られる）からレジスト層13に転写することを含むソフト・リソグラフィ・プロセスを模式的に示す。ここで、レジスト層13は、基板12及び平坦化転写層12'に支持されている。型板10は、その表面にフィーチャのパターンを有し、分子層がフィーチャ上に配置されている。型板がレジスト層に押し付けられたとき、分子層11はレジストに貼り付く。レジストから型板を取り去ったとき、分子層11はレジストに貼り付いており、転写された分子層で覆われていないレジストの部分が基板までエッチングされるように、残りのレジスト層がエッチングされる。

30

【0023】

ソフト・リソグラフィで使用される型板は容易に変形することがあり、したがって、例えばナノメートル規模の高解像度用途に適していないことがある。というのは、型板の変形は、インプリントされたパターンに悪影響を及ぼすことがあるからである。さらに、同じ領域が複数回重ね合わせられる多層構造を製造するとき、ソフト・インプリント・リソグラフィは、ナノメートル規模の重ね合せ精度を実現することができない。

40

【0024】

熱インプリント・リソグラフィ（又は、熱エンボス）は、また、ナノメートル規模で使用されるときナノインプリント・リソグラフィ（NIL）として知られている。このプロセスでは、磨耗及び変形に対する耐性がより大きな例えばシリコン又はニッケルで作られたより硬い型板が使用される。これは、例えば米国特許第6482742号に記載されており、図1bに示す。一般的な熱インプリント・プロセスでは、中実型板14が、基板の表面に流し込まれた熱硬化重合体樹脂又は熱可塑性重合体樹脂15にインプリントされる。樹脂は、例えば、基板表面又はより一般的に（図示の実施例のように）平坦化転写層12'にスピン・コーティングし、さらにベーキングすることができる。インプリント型板を説明するとき「硬い」という用語は、例えば「硬い」ゴムのような「硬い」材料と「柔

50

らかい」材料の間と考えることができる材料を含んでいることを理解されたい。インプリント型板としての使用に対しての特定の材料の適正は、用途の要件によって決定される。

【0025】

熱硬化重合体樹脂が使用される場合、型板と接触したとき樹脂が型板に画定されたパターン・フィーチャに流れ込むほど十分に流動可能になるような温度まで、樹脂は加熱される。それから、樹脂を熱的に硬化（例えば、架橋結合）させるように樹脂の温度が高められ、その結果、樹脂は固化し不可逆的に所望のパターンを採るようになる。それから、型板を取り除き、パターン形成された樹脂を冷却することができる。

【0026】

熱インプリント・リソグラフィ・プロセスで使用される熱可塑性重合体樹脂の例は、ポリ（メチル・メタクリレート）、ポリスチレン、ポリ（ベンジル・メタクリレート）又はポリ（シクロヘキシル・メタクリレート）である。熱可塑性樹脂は、型板のインプリント直前に、自由に流動可能な状態であるように加熱される。一般に、熱可塑性樹脂のガラス遷移温度より相当高い温度まで熱可塑性樹脂を加熱することが必要である。型板が流動可能樹脂に押し込まれ、型板に画定されたパターン・フィーチャすべてに樹脂が流れ込むことを保証するために、十分な圧力が加えられる。それから、樹脂は、型板が所定の位置にある状態でガラス遷移温度より下まで冷却され、そのとき、樹脂は不可逆的に所望のパターンを採る。パターンは、樹脂の残留層から浮き出したフィーチャで構成され、この樹脂の残留層を適切なエッチング・プロセスで除去してパターン・フィーチャだけを残すことができる。

【0027】

固化した樹脂から型板を取り去るとき、一般に、図2aから2cに示すように2ステップ・エッチング・プロセスが行われる。基板20は、図2aに示すように、その直ぐ上に平坦化転写層21を有している。平坦化転写層の目的は、2通りに分けられる。平坦化転写層は、型板の表面に対して実質的に平行な表面を与えるように作用し、このことは、型板と樹脂の間の接触が平行であることを保証するのに役立つ。また、平坦化転写層は、本明細書で説明するように、プリントされたフィーチャのアスペクト比を改善するように作用する。

【0028】

型板が取り除かれた後で、固化した樹脂の残留層22が、平坦化転写層21の上に所望のパターンに整形されて残っている。第1のエッチングは等方性であり、残留層22の部分が除去され、結果として、図2bに示すように、不十分なアスペクト比のフィーチャが生じる。ここで、L1はフィーチャ23の高さである。第2のエッチングは、非等方性（又は、選択的）であり、アスペクト比を改善する。非等方性エッチングで、固化した樹脂で覆われていない平坦化転写層21の部分が除去され、図2cに示すように、フィーチャ23のアスペクト比は（L2/D）に大きくなる。エッチング後に基板に残された、結果としての重合体厚さの差異は、インプリントされた重合体が十分に耐性のある場合、例えばドライ・エッチング用のマスクとして、例えばリフトオフ・プロセスのステップとして使用することができる。

【0029】

熱インプリント・リソグラフィには、パターン転写をより高い温度で行わなければならないだけでなく、型板が除去される前に樹脂が適切に固化されることを保証するために、比較的大きな温度差が必要とされる可能性があるという欠点がある。35 から100の温度差が必要となることがある。例えば基板と型板の間の異なる熱膨張は、転写されたパターンの歪みにつながる可能性がある。インプリント可能材料の粘性のためにインプリント・ステップで必要とされる比較的高い圧力によって、この歪みは悪化されることがあり、これによって、基板に機械的な変形が生じ、さらにまたパターンを歪ませることがある。

【0030】

他方で、UVインプリント・リソグラフィは、そのような高温及び温度変化を含まない

10

20

30

40

50

し、さらにそのような粘性のあるインプリント可能材料も必要としない。むしろ、UVインプリント・リソグラフィは、部分的又は完全に透明な型板及びUV硬化可能液体、一般にアクリレート又はメタクリレートのようなモノマーを使用することを必要とする。一般に、モノマーとイニシエータの混合物のような任意の光重合化可能材料を使用することができる。また、硬化可能液体には、例えば、ジメチル・シロキサン誘導体がある。そのような材料は、熱インプリント・リソグラフィで使用される熱硬化及び熱可塑性樹脂よりも粘性が低く、その結果、型板パターンのフィーチャを充填するように遥かに速く動く。また、低温低圧作業は、より高いスループットに好都合である。

【0031】

UVインプリント・プロセスの実施例を図1cに示す。図1bのプロセスと同様にして、石英型板16をUV硬化樹脂17に当てる。熱硬化樹脂を使用する熱エンボスにおけるような温度上昇、又は熱可塑性樹脂を使用するときの温度サイクルの代わりに、樹脂を重合化し、したがって硬化するために、UV放射が石英型板を通して樹脂に当てられる。型板を取り去るとき、レジストの残留層をエッチングするという残りのステップは、本明細書で説明した熱エンボス・プロセスと同じか、又は同様である。一般に使用されるUV硬化可能樹脂は、一般的な熱可塑性樹脂よりも遥かに粘性が低く、その結果、より低いインプリント圧力を使用することができるようになる。高温及び温度変化による変形の減少と共に、より低い圧力による物理的な変形の減少のために、UVインプリント・リソグラフィは、高い重ね合せ精度を要求する用途に適するようになる。さらに、UVインプリント型板の透明性のために、光学的な位置合わせ技術がインプリントに同時に適応するようになる。

【0032】

この型のインプリント・リソグラフィは、主にUV硬化材料が使用されるのでUVインプリント・リソグラフィと呼ばれるが、他の波長の放射を使用して、選ばれた材料を適切に硬化させることができる(例えば、重合化反応又は架橋結合反応を活性化する)。一般に、適切なインプリント可能材料が使用可能であれば、そのような化学反応を引き起こすことができるどんな放射でも使用することができる。他の「活性化放射」には、例えば、可視光、赤外放射、X線放射及び電子ビーム放射があることがある。本明細書での一般的な説明において、UVインプリント・リソグラフィ、及びUV放射の使用についての言及は、これら及び他の活性化放射の可能性を排除する意図ではない。

【0033】

基板表面に実質的に平行に保たれた平面型板を使用するインプリント・システムの代替として、ローラ・インプリント・システムが開発された。熱ローラ・インプリント・システムとUVローラ・インプリント・システムの両方が提案され、これらのシステムでは、型板はローラに形成されるが、他の点では、インプリント・プロセスは、平面型板を使用するインプリントに非常によく似ている。背景が特に必要としなければ、インプリント型板についての言及はローラ型板についての言及を含む。

【0034】

ステップ・アンド・フラッシュ式インプリント・リソグラフィ(SFIL)として知られているUVインプリント技術が特に開発されている。この技術は、例えばICの製造で従来使用されている光ステッパと同様なやり方で、小さなステップで基板にパターン形成するために使用することができる。これは、UV硬化可能樹脂に型板をインプリントし、型板の下の樹脂を硬化させるように型板を通してUV放射を「フラッシング」し、型板を取り除き、基板の隣の領域にステップし、この動作を繰り返すことによって、一度に基板の小さな面積にプリントすることを含む。そのようなステップ・アンド・リピート式プロセスの小さなフィールド・サイズは、パターン歪み及びCDばらつきを減少するのに役立つことができるので、SFILは、高い重ね合せ精度を要求するIC及び他のデバイスの製造に特に適していることがある。

【0035】

基本的には、UV硬化可能樹脂は、例えばスピン・コーティングで基板表面全体に塗布

10

20

30

40

50

することができるが、UV硬化可能樹脂の揮発性のために、このコーティングは問題があることがある。

【0036】

この問題に対処する1つの方法は、いわゆる「ドロップ・オン・デマンド」プロセスであり、このプロセスでは、型板をインプリントする直前に樹脂の小滴が基板の目標部分に分注される。液体分注は、予め決められた量の液体が基板の特定の目標部分に堆積されるように制御される。液体は様々なパターンで分注することができ、注意深い液体量の制御とパターンの配置の組合せを使用してパターン形成を目標部分に限定することができる。

【0037】

言及したようにオン・デマンドで樹脂を分注することは、ささいなことではない。隣接する滴が接触するや否や樹脂はどこにも流れないので、望ましくないほどに厚い又は不均一な残留層に圧延されることがある過剰な樹脂を最小限にしなが、同時に、型板のフィーチャを充填する樹脂が十分にあることを保証するように、小滴の大きさ及び間隔が注意深く制御される。

【0038】

本明細書ではUV硬化液体を基板に堆積することに言及するが、液体は、型板にも堆積されるかもしれず、一般に同じ技術及び考慮事項が当てはまる。

【0039】

図3は、型板、インプリント可能材料（硬化可能モノマー、熱硬化樹脂、熱可塑性樹脂、その他）、及び基板の相対的な寸法を示す。基板の幅Dと硬化可能樹脂層の厚さtの比は、 10^6 程度である。理解されることであろうが、型板から突き出るフィーチャが基板を損傷することがないようにするために、寸法tは、型板の突き出るフィーチャの高さよりも大きくなければならない。

【0040】

スタンピング後に残っている残留層は、下の基板を保護する点で有用であるが、本明細書で言及するように、特に高い解像度及び/又は重ね合せ精度が要求されるとき、この残留層が問題の源になることもある。第1の「貫通孔」エッチングは、等方性（非選択性）であるので、残留層だけでなくインプリントされたフィーチャもある程度侵食される。残留層が過度に厚く且つ/又は不均一である場合、このことは悪化することがある。この問題は、例えば、下の基板に最終的に形成された線の太さのばらつき（即ち、クリティカル・ディメンションのばらつき）につながる可能性がある。第2の非等方性エッチングで転写層にエッチングされた線の太さの不均一は、樹脂に残されたフィーチャの形のアスペクト比及び完全性に依存している。この残留樹脂層が不均一である場合、非選択性の第1のエッチングで、これらのフィーチャのいくつかは頂上が「丸く」なることがあり、その結果、それらのフィーチャは、第2のエッチング・プロセス及びその後のどのエッチング・プロセスにおいても線の太さの優れた一様性を保証できるだけ適切に画定されないことになる。基本的には、残留層ができるだけ薄いことを保証することによって、上述の問題は軽減することができるが、このためには、望ましくないほど大きな圧力（ことによると基板の変形を大きくする）及び比較的長いインプリント時間（おそらく処理量を減少させる）の使用が必要であることがある。

【0041】

型板はインプリント・リソグラフィ・システムの重要な部品である。本明細書で指摘するように、型板表面のフィーチャの解像度は、基板にプリントされたフィーチャの達成可能な解像度を制限する要素である。熱及びUVリソグラフィに使用される型板は、一般に、2段階プロセスで形成される。最初に、レジストに高解像度パターンを描くために例えば電子ビーム描画を使用して、所望のパターンが描画される。それから、レジスト・パターンはクロムの薄い層に転写され、このクロム層が、パターンを型板のベース材料に転写する最後の非等方性エッチング・ステップのためのマスクを形成する。例えばイオン・ビーム・リソグラフィ、X線リソグラフィ、極端UVリソグラフィ、エピタキシャル成長、薄膜堆積、化学エッチング、プラズマ・エッチング、イオン・エッチング又はイオン・ミ

10

20

30

40

50

リングのような他の技術が使用される可能性がある。一般に、型板は実質的に1倍のマスクであり、転写されるパターンの解像度は型板のパターンの解像度で制限されるので、非常に高い解像度の可能な技術が望ましい。

【0042】

また、型板の剥離特性が考慮すべき事項であることがある。例えば、型板を表面処理材料で処理して、低い表面エネルギーを有する薄い剥離層を型板に形成することができる（薄い剥離層は、また、基板に堆積することもできる）。

【0043】

インプリント・リソグラフィの開発において他の考慮すべき事項は、型板の機械的な耐久性である。型板は、レジストのスタンピング中に大きな力を受けることがあり、熱リソグラフィの場合には、極端な圧力及び温度にさらされることもある。これは、型板の磨耗を引き起こすことがあり、さらに、基板にインプリントされたパターンの形に悪影響を及ぼすことがある。

10

【0044】

熱インプリント・リソグラフィでは、基板と型板の間の熱膨張の差を減少させるために、パターン形成すべき基板と同じ又は同様な材料の型板を使用することが、可能な有利点である。UVインプリント・リソグラフィでは、型板は、活性化放射に対して少なくとも部分的に透明であり、したがって、石英型板が使用される。

【0045】

本明細書ではICの製造におけるインプリント・リソグラフィの使用に特に言及することがあるが、説明するインプリント装置及び方法には、集積光システム、磁気ドメイン・メモリ用の誘導及び検出パターン、ハード・ディスク磁気媒体、フラット・パネル・ディスプレイ、薄膜磁気ヘッド、その他の製造のような他の用途がある可能性がある。

20

【0046】

本明細書の説明では、レジストとして有効に作用するインプリント可能樹脂を介して基板に型板パターンを転写するためのインプリント・リソグラフィの使用に特に言及したが、いくつかの環境では、インプリント可能材料自体が、例えば導電性、光学的線形又は非線形応答などのような機能を有する機能材料であることがある。例えば、機能材料は、導電層、半導体層、誘電体層又は、他の望ましい機械的、電気的又は光学的特性を有する層を形成することがある。いくつかの有機物質が、また、適切な機能材料であることがある。

30

【0047】

図4は、規則的な繰返しパターンのある簡単な型板の模式的な断面図である。図示のように、パターンは、型板の表面にくぼみとして（例えば、エッチングによって）形成されたフィーチャ1（例えば、溝又は他の形）のアレイを備え、このくぼみは、型板がインプリント可能媒体に押し込まれたとき、浮彫のフィーチャを画定する。型板の各個別のフィーチャは「充填」体積 V_{fill} を有している。型板のパターンの全充填体積 V_{fill} は、パターンのフィーチャのすべての充填体積の和である。

【0048】

基本的に、所望のパターンを適切に形成するために、図4に示す型板の下に必要とされるインプリント可能媒体の全量は、残留層に対応する追加の体積を V_{fill} に加えたものである。残留層は、型板が基板に当てられた後で型板の一番下の表面と基板の間に残っているインプリント可能媒体の薄い層である（残留層は、上でより詳細に説明した）。実際には、インプリント可能材料が型板のフィーチャに完全に流れ込むことを保証するために、インプリント可能媒体のより大きな体積が必要とされることがある。

40

【0049】

インプリント・リソグラフィ・プロセスにおいて型板をインプリントするためのインプリント可能媒体を基板に堆積する従来方法には、インプリント可能材料の一樣な厚さの層を実現するように基板表面にスピン・コーティングするような方法、又は、インプリントすべき基板の目標部分の表面に極めて小さな小滴としてインプリント可能媒体の必要量を

50

堆積する「ドロップ・オン・デマンド」プロセスがある。後者のプロセスは、一般に、「ステップ・アンド・リピート式プロセス」で使用され、このステップ・アンド・リピート式プロセスでは、各インプリント・ステップで基板表面の比較的小さな部分だけがインプリントされる。スピン・コーティング及び同様なプロセスは、単一インプリント・ステップでインプリントされることになる基板の全表面を覆うのにより適している。いずれの場合でも、必要なインプリント可能媒体の体積は、全体としての型板のパターンの全充填体積 V_{fill} を配慮して決定することができる。

【0050】

本明細書における説明のために、型板で画定されるパターン・フィーチャの「密度」に言及することが役に立つ。「パターン密度」は、型板接触面の単位面積当たりのパターン・フィーチャを実質的に充填するために使用されたインプリント可能媒体の体積に対応する。説明を容易にするために、ある特定のパターン・フィーチャ深さを有する型板について、パターン密度は、0と1の間の値を持つように規格化することができる。ここで、0は、型板が全型板を覆うただ1つのパターン・フィーチャを備えることを示し、1は、型板にパターン・フィーチャがないことを示す。パターン密度は、全型板に対して決定することができ、又は、型板を隣り合う領域のアレイとして考え、パターン密度を各領域に対して決定することができる。

【0051】

図4の型板のパターン密度は、例えば約0.5であり、型板の半分はインプリント可能媒体を充填されることを示している。しかし、図5に示すような型板を考えよう。この型板には充填体積 v_{fill} のフィーチャがただ1つあるので、全体としての型板の全充填体積 $V_{fill} = v_{fill}$ である。この型板パターンは、0に近いパターン密度を有している。対照的に、図6は、2つの大きなフィーチャを画定する単純な型板を示す。この型板は、大きな全充填体積 V_{fill} 及び1に近いパターン密度を有する。

【0052】

図4から6に示す各場合に、フィーチャを適正に形成するために必要なインプリント可能媒体の体積は、計算することができる。例えば、図6に示す型板に比べて遥かに小さな体積の材料が、図5に示す型板に必要とされる。インプリント前に基板に塗布されるインプリント可能材料の量は、それ相応に制御される。型板の異なる領域が、フィーチャを形成するために異なる体積のインプリント材料を必要とするとき（即ち、型板の異なる領域が異なるパターン密度を有している）、問題が生じる。その理由は、インプリント可能媒体のある特定の一様な層に対して、型板の異なる領域でインプリント可能媒体の局所的に必要な体積が一致していないからである。このことは、パターン・フィーチャのすべてを実質的に充填するために、インプリント可能媒体は1つの領域から他の領域に（例えば、高パターン密度領域から低パターン密度領域へ）比較的大きな距離を流れなければならないことを意味している。インプリント可能媒体が比較的大きな距離を流れるのに必要な時間は、そうでない場合に必要とされるものよりの相当に長いことがある。このために、インプリント・プロセスの生産性が低下することがある。実際、単位時間当たりに処理できる基板の数（又は、基板表面積の量）は、リソグラフィ機械の重要な性能パラメータであるので、これは著しい欠点となることがある。型板の異なる領域が異なる体積のインプリント可能材料を必要とするとき生じる関連問題は、実質的な圧力が発生することがあることであり、この圧力は、型板又は基板の変形を引き起こすことがある。この変形が、今度は、結果として生じるインプリントされたパターンを損傷することがある。

【0053】

図7は、上の問題を欠点として持つことがある型板を示す。この型板は、3つの異なるパターン領域A、B及びCを有していると思なすことができ、この3つの領域の各々は、単独で考えると一様なパターン密度を有しているが、各領域の間に著しいパターン密度差がある。型板が当てられるインプリント可能媒体は、一定の厚さである。したがって、型板のパターンを適切に充填して、その結果、許容可能な程度の薄い残留層が型板の下に残っているようにするために、実質的な量のインプリント可能媒体が、領域Aから領域Bに

10

20

30

40

50

、さらに領域Bから領域Cに流れなければならない。このことは、インプリント時間及びインプリント可能媒体への完全なパターンの形成に著しく悪影響を及ぼすことがあり、さらに、望ましくない圧力が媒体中に生じるようになることがある。

【0054】

ナノスケール・クロス・パー・ネットワーク用に一般に考えられるような超規則性構造をインプリントするために実現された型板では、パターン密度は型板表面全体にわたって実質的に一様であり、上述の問題は起こることがない。しかし、インプリントされる他の多くのパターンは、基本的に無秩序なレイアウトを有し、その結果、不規則又は不均一なパターン密度を有することがある（「基本的に無秩序」という用語は、パターンが主に不規則であることを意味する意図であり、パターンが数学的な意味で完全に無秩序であることを意味する意図でない）。

10

【0055】

例えば、従来の設計からレイアウトまでのマッピングに従って作られる多くのICレイアウトは、異なる機能を実現する異なる領域を有し、これらの領域は、パターン密度に関する限り基本的に無秩序になる傾向がある。「機能」という用語は、製造されたICの動作特性に限定される意図でなく、他の機能、例えば隣り合うIC間にある位置合わせマークも含むことができる（単一インプリント型板で2以上のICを製造することができる）。

【0056】

本発明の態様に従って、基板にインプリントされた後で異なる機能を有する領域が減少した又は最小限のパターン密度差を有するように、インプリント型板のパターンは設計される。これは、パターン設計プロセス（それが、ICレイアウト・マッピングであろうと、インプリント可能媒体に転写するためのインプリント型板で画定されたパターンとして複製される任意の他の設計であろうと）を修正して、インプリント型板で画定されるパターン全体にわたってパターン密度のばらつきを減少させるか、又は最小限にするように、そうでなければ規則的な配列を必要としないパターン・フィーチャの大きさ及び/又は形及び/又は位置を画定するステップを組み込むことによって実現される。これによって、インプリント可能媒体が型板の下で流れる距離が減少するはずであり、したがってインプリント時間が減少するはずである。これが行われる方法の1つの実施例は、いくつかのパターン・フィーチャの位置を変えることである。例えば、電子回路設計のいくつかのデバイスを移動させることである。一実施例では、結果として、実質的に一様なパターン密度を有する型板パターンとなる。単一型板で画定されるパターンは、例えば、それぞれ実質的に同じパターン密度を有するように配列された複数の領域に名目上は分割され、それによって、1つの領域から次の領域に流れる媒体の量が減少するか最小限になる可能性がある。言い換えると、これによって、インプリント可能媒体が流れる全距離が減少するか、最小限になる。例えば、パターン密度は、マイクロメートル規模で実質的に一様であることがあり、例えば、 $1 \sim 100 \mu\text{m}^2$ 程度の隣り合う型板領域は、実質的に同じパターン密度であることができ、それによって、型板がインプリント可能媒体にインプリントされるとき、実質的に同じ V_{fill} を要求するようになる。

20

30

【0057】

非常に小さな（例えば、ナノメートル）規模で考えると、パターン密度は厳密には一様でないことがあるが、実施例では、パターン・フィーチャの規模よりも一桁以上大きな規模で考えると、一様である可能性がある。例えば、パターン・フィーチャがナノメートル規模である場合、マイクロメートル規模で考えたとき一様な密度を有するようにパターン密度を整えることができる。例えば、パターン設計プロセス中に、単一型板に設計されるパターンを隣り合う領域のレイに効果的に再分割することができ、設計プロセスを、各領域のパターン密度が実質的に同じであるように修正することができる。結果として、型板の下のインプリント可能媒体の1つの領域から次の領域への流れが著しく減少するようになる可能性がある。例えば、 1 cm^2 を超える面積の型板で画定されるパターンの場合、各々実質的に同じパターン密度を有する $1 \sim 100 \mu\text{m}^2$ 程度（ナノスケールのパター

40

50

ン・フィーチャを想定して)のパターン領域を画定することが適切であることがある。より一般的には、パターン・フィーチャの規模よりも少なくとも一桁大きく、且つ、実施例では、単一型板で画定されるパターンの面積よりも少なくとも一桁小さな面積のパターン領域を画定することが適切であることがある。例えば、 1 cm^2 の型板パターンの場合、約 $10\text{ }\mu\text{ m}^2$ で画定される領域が著しい利益をもたらすのに十分であることがある(例えば、インプリント可能媒体の流れに必要な時間を著しく減少させる)。例えば、 1 nm^2 程度の寸法を有するフィーチャが形成される場合、約 10 nm^2 又はいくつかの他のより大きな値の領域を画定することが有用であることがある。

【0058】

原則として、領域はできるだけ小さくあるべきである。これは、特定の領域内の密度ばらつきの影響が減少するか、最小限になる程度である。このことは、全体として考えたときある特定のパターン密度を有するが、高密度の部分と低密度の部分を含む領域を考えることによって、最適に理解することができる。インプリント中に、インプリント可能媒体は高密度部分から低密度部分に流れる。領域が大きな大きさであると、この流れはゆっくり起こるが、領域が小さな大きさであると、より急速に起こる。領域の大きさが非常に小さくなるのを妨げる制限は、パターン密度を調整するパターンの修正を可能にするように十分なスペースを利用可能にしたいという要求である。例えば、領域の大きさが小さ過ぎると、パターンの密度を高めるようにダミーのフィーチャ(以下でより詳細に述べる)を入れることができる利用可能な適切なスペースがないことがある。

【0059】

いくつかの例では、隣り合う領域のパターン密度が実質的に同じである型板を得ることができないことがある。この場合には、本発明の実施例を使用して、隣り合う領域の間のパターン密度差を、最小限の値に、又は最大値より下であるように減少させることができる。インプリント可能媒体の「ドロップ・オン・デマンド」堆積を使用して、隣り合う領域に異なる量のインプリント可能材料を選択的に堆積し、それによって、残っているパターン密度の差のマイナス効果を低減することができる。

【0060】

上で言及したように、いくつかのデバイス・レイアウトは、全デバイスに及ぶ非常に規則的なパターンを有することができる。そのようなデバイスの型板の全表面は、同じパターン密度を有し、したがって本発明の実施例は必要とされることがない。本発明の実施例は、一般に、そうでなければ規則的でないかもしれず、したがって本発明の実施例を適用しなければ不均一なパターン密度のインプリント型板になる可能性があるようなパターンに向けられる。

【0061】

パターン領域は、規則的に配列されたフィーチャを有する部分及び不規則又は不均一なフィーチャを有する部分を含むことがある。規則的な部分のパターン密度が不規則又は不均一な部分のパターン密度に実質的に一致するように、規則的な部分を修正することができる。同様に、規則的な部分のパターン密度に実質的に一致するパターン密度を実現するように不規則又は不均一な部分を修正することができる。規則的な部分を修正するか不規則(又は、不均一)な部分を修正するかを選択は、どちらがパターン領域におけるそのパターンの動作特性に最小の影響を及ぼすかに基づくことができる。

【0062】

本発明の実施例は、また、いくつかの場合に、規則的に配列されたフィーチャで実質的に構成されているパターン領域に適用することができる。例えば、パターンの異なる領域はフィーチャの異なるアレイを有することがあり、そのアレイの各々は、規則的に配列されているが、異なるパターン密度を有している。この場合、本発明の実施例が適用されて、1つ又は複数の領域のパターンを修正して領域間のパターン密度差が減少される可能性がある。

【0063】

パターンの修正には、機能的なパターン・フィーチャを再構成することが含まれる。そ

10

20

30

40

50

の上、又は代わりに、特にパターン密度を調整するために、「ダミー」のフィーチャが設けられることがある。例えば、機能的なパターン・フィーチャを再構成するのではなく、設計通りにパターン密度を調整するためにパターンのいくつかの領域に非機能的なフィーチャを挿入することが必要であるか、又はより簡単なことがある。

【0064】

そのような「ダミー」又は非機能的なパターン・フィーチャ（最終インプリント・パターンの機能に関して非機能的である）の追加は、また、最小よりもパターン密度を高めるために使用することができる。例えば、中程度のパターン密度の規則的に配列されたパターンを有するパターン部分の次に、低パターン密度の規則的に配列されたパターンを有するパターン部分があることがある。適切なダミーのフィーチャを低密度パターン部分に追加し、それによって、パターンを均一に保ちながらその部分の全体的なパターン密度を高めることができる。

10

【0065】

ダミー・パターン・フィーチャは、パターン密度を高めるために、又はパターン密度を下げるために使用することができる。例えば、低パターン密度を有する領域のパターン密度を高めるように型板にダミーのくぼみを追加して設けることができる。反対に、パターン密度を下げるために、型板の大きなくぼみをダミー構造物で部分的に埋めることができる。

【0066】

それぞれ実質的に同じパターン密度、又は言い換えると型板の大きさに比べて比較的小さな規模に保たれたパターン充填体積を有する領域を型板に提供することによって、不均一パターン密度のパターンを画定する型板に関連した問題を除去することができる。したがって、知られている技術に従ってインプリント可能媒体を基板に配置して、インプリントされるべき基板の部分にわたって実質的に一様な体積分布を実現することができる。

20

【0067】

したがって、本発明の実施例に従って設計された型板パターンをインプリントするとき、インプリントのために、任意の型のパターン・フィーチャのブロック又はモジュールの事実上どんな組合せに対しても、インプリント可能媒体の必要合計体積を考えることだけが必要になる。上で言及したように、インプリントされたフィーチャの優れた鮮明度を保証しながらインプリント可能媒体がインプリントされるべき部分に概して限定されるように全体としての型板を考えて、最適な必要合計体積を決定することは、比較的簡単明瞭なことである。このことは、インプリントされる部分を上回ったインプリント可能媒体の損失（及び、ことによると、基板表面のその後の損失）を減少させるだけでなく、スループットの著しい向上及び/又は最適インプリント圧力をもたらす可能性がある。

30

【0068】

上で指摘したように、特定の大きさの型板パターンの隣り合う領域がまったく同じ充填体積即ちパターン密度であることは必須ではない。例えば、型板パターンの複数の隣り合った領域について考えたときパターン密度が実質的に一定である場合、インプリント可能媒体は少数のそのような画定された領域を越えて流れる必要がある確率は非常に減少する。同様に、本発明の実施例を適用して、隣り合う領域間のパターン密度差を最小限にすることができ、又はそのような差を最大より小さく保つことができる。

40

【0069】

実施例に従って、その他の点では従来通りであるインプリント・リソグラフィ・プロセスを修正する必要はない。言い換えると、インプリント可能媒体の適切な分布に関連した問題は、インプリント・プロセス中自体ではなくパターン設計段階で対処される。したがって、インプリント・プロセス又は装置の修正の必要はない。

【0070】

本発明の実施例は、その他の点では従来通りとすることができるパターン設計プロセスに追加の制約又は考慮事項を導入するが、これは多くの実際の用途で容易に対応できることであると思われる。例えば、ある特定のパターン・フィーチャは、パターン設計の全体

50

的な機能又は「効率」に影響を及ぼすことなく、位置又は大きさを変えることができる。例えば、IC設計のレイアウトで局所的な減結合キャパシタンスに使用される部分は、パターンの局所的な充填体積を「調整する」ように部分的にパターン形成して、全体としてパターン全体にわたって所望のパターン密度を実現することができる。

【0071】

パターン密度が調整される領域の形は、本発明の実施例で与えられる利点に影響を及ぼすことがある。例えば、正方形の領域は、長くて狭い長方形の領域よりも有利であることがある。その理由は、長くて狭い長方形領域の中でのインプリント可能媒体の最大流動距離の方が非常に長くなり、したがって媒体の流れは非常に遅くなる可能性があるからである。原則として、正方形、六角形又は等しい長さの内部対角線を有する他の等辺形が好ましい。領域内でのインプリント可能媒体の最大流動距離が同じ表面積を有する正方形と比較して大きくなり過ぎない程度に長辺と短辺の長さの比が十分に小さい限り、長方形を使用することができる。領域内でのインプリント可能媒体の最大流動距離が同じ表面積を有する正方形と比較して大きくなり過ぎないというこの原理は、長方形以外の形、例えば平行四辺形又は不規則な形にも適用することができる。他の適切な形は、当業者には明らかであろう。「大きくなり過ぎない」という用語は、最大流動距離は本発明の利益が失われる程度にまで大きくならないことを意味する意図である。

【0072】

本明細書の説明において、パターン密度という用語は、型板接触面の単位面積当たりのパターン・フィーチャを実質的に充填するために使用されたインプリント可能媒体の体積を意味する意図である。すべてのパターン・フィーチャが同じ深さを有する型板では、パターン密度は、パターンで覆われた型板領域の表面積の割合に直線的に関係している。いくつかの例では、パターンが2以上の深さを有するパターン・フィーチャ（いわゆる、「多段」パターン）を有する可能性があることがある。この場合、パターン密度は、もはやパターンで覆われた型板領域の表面積の割合に直線的に関係しない。例えば、パターンで覆われた型板表面積の量を変えないことなしに、いくつかのパターン・フィーチャの深さを大きくすることでパターン密度は上がる可能性がある。本発明の実施例を実現するとき使用するべきはパターン密度（即ち、接触面の単位面積当たりのパターン・フィーチャを充填するために必要なインプリント可能媒体の体積）であり、パターンで覆われた型板表面積の割合ではない。

【0073】

本発明の実施例は、どんな特定のパターン設計プロセスにも、又はインプリント・プロセスで製造されるどんな型のデバイスにも限定されない。言い換えると、おそらくは、修正することはできないが、どのような場合にも一様なパターン密度（型板又は領域ごとの規模で考えられる）を有する規則的な繰返し構造を本質的に必要とするパターンを除いて、実施例は、インプリント型板を介して転写されるどんなパターンにも適用することができる。

【0074】

実施例では、そうしなければ型板又はプリントされる基板の目標部分を越えて流れる可能性がある過剰なインプリント可能媒体の「シンク」又は「ドレイン」となる構成物をその縁に近接して型板に設けることが有用であることがある。型板を越えて外に広がったインプリント可能媒体は、さらに他のインプリントに利用可能な基板面積の損失につながる可能性がある。例えば、現在のIC製造プロセスでは、共通基板上で互いに直ぐ隣にプリントすることができる2個のICの間に残されたスペースは、一般に、ほぼ40 μm である。そのようなICのパターン層をインプリントするように構成された型板を越えた過剰なインプリント可能媒体によって占められた基板面積が40 μm よりも大きい場合には、単一基板に含めることができるICの数は減少し、その結果、製造コストの対応する上昇となる可能性がある。

【0075】

過剰なインプリント媒体を収容し、ことによると貯蔵する構成物は、型板の接触面の縁

10

20

30

40

50

のまわりに溝として設けることができ、接触面を越えて流れる過剰な材料を収容するように接触面のレベルに横方向の開口を有している。一実施例では、溝に流れ込む材料に対する流れ抵抗が比較的小さいことを保証するために、溝は、接触面と基板の間隔よりも大きな、接触面に対して横方向の開口寸法を有する。例えば、型板の接触面が100nm程度の距離だけ基板から離れている場合、10ミクロン又は100ミクロン程度の横方向寸法が適切であることがある。一実施例では、過剰な材料を流すことができるように、基板レベルの開口の反対側の端で、溝が開いていることがある。理解されることであろうが、「シンク」又は「ドレイン」は、チャンバのような様々な異なる構成を有する可能性があるし、また上述の実施例の型板以外の型板に応用することができる。

【0076】

10

本発明の特定の実施例を上で説明したが、本発明は、説明と違ったやり方で実施することができることは理解されるであろう。説明は、本発明を制限する意図でない。

【図面の簡単な説明】

【0077】

【図1a】従来のソフト・リソグラフィ・プロセスの実施例を示す図である。

【図1b】従来の熱リソグラフィ・プロセスの実施例を示す図である。

【図1c】従来のUVリソグラフィ・プロセスの実施例を示す図である。

【図2】熱及びUVインプリント・リソグラフィがレジスト層をパターン形成するように使用されるとき使用される2ステップ・エッチング・プロセスを示す図である。

【図3】型板及び、基板に堆積された一般的なインプリント可能レジスト層を模式的に示す図である。

20

【図4】第1のインプリント型板を示す模式的な断面図である。

【図5】第2のインプリント型板を示す模式的な断面図である。

【図6】第3のインプリント型板を示す模式的な断面図である。

【図7】第4のインプリント型板を示す模式的な断面図である。

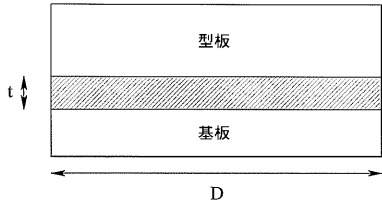
【符号の説明】

【0078】

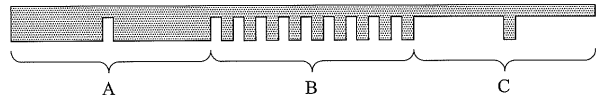
- 10 可撓性型板
- 12、20 基板
- 12'、21 平坦化転写層
- 13 レジスト層
- 14 中実型板
- 15 熱硬化重合体樹脂又は熱可塑性重合体樹脂
- 16 石英型板
- 17 UV硬化樹脂
- 22 残留層
- 23 フィーチャ
- A、B、C 異なるパターン領域

30

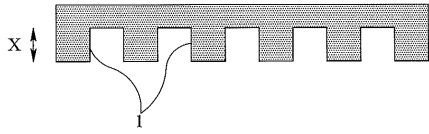
【 図 3 】



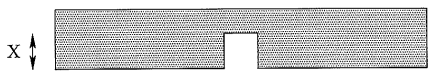
【 図 7 】



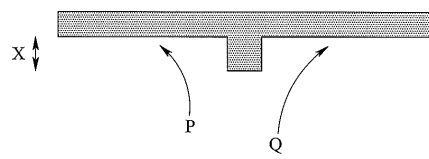
【 図 4 】



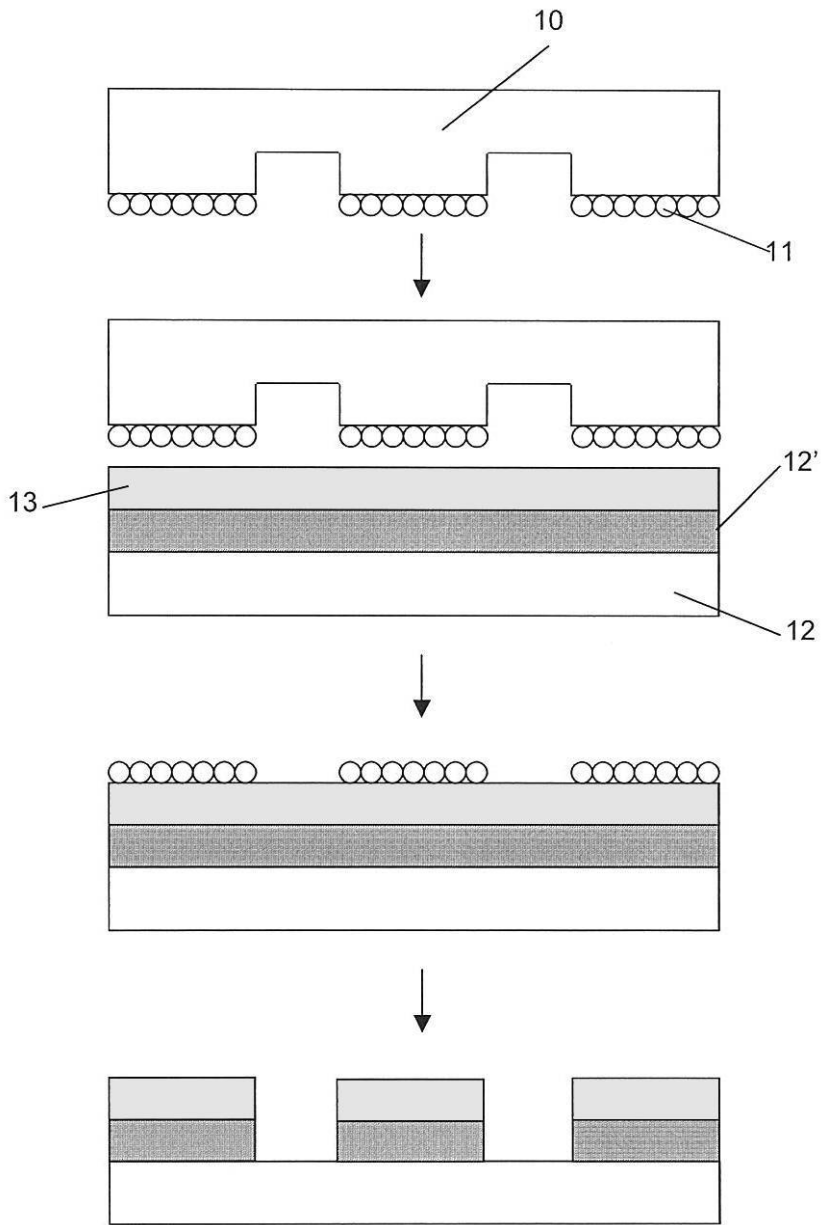
【 図 5 】




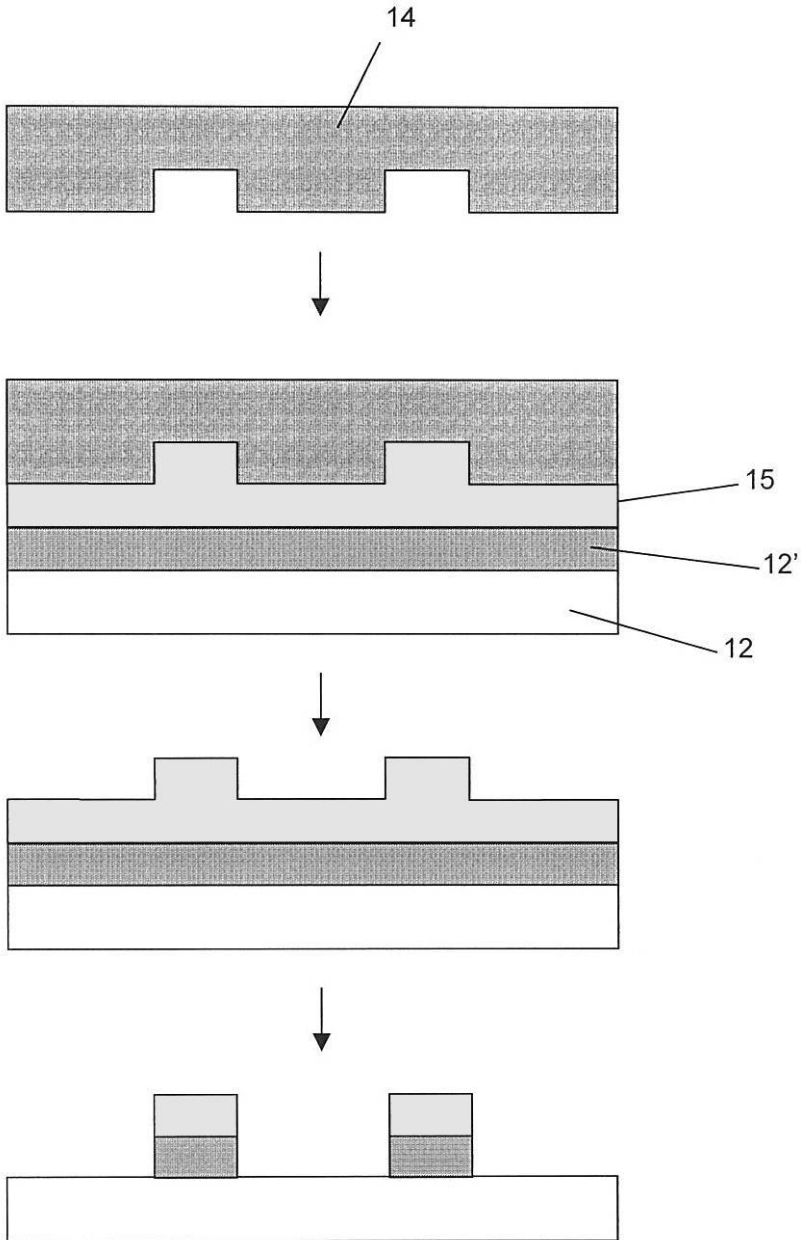
【 図 6 】



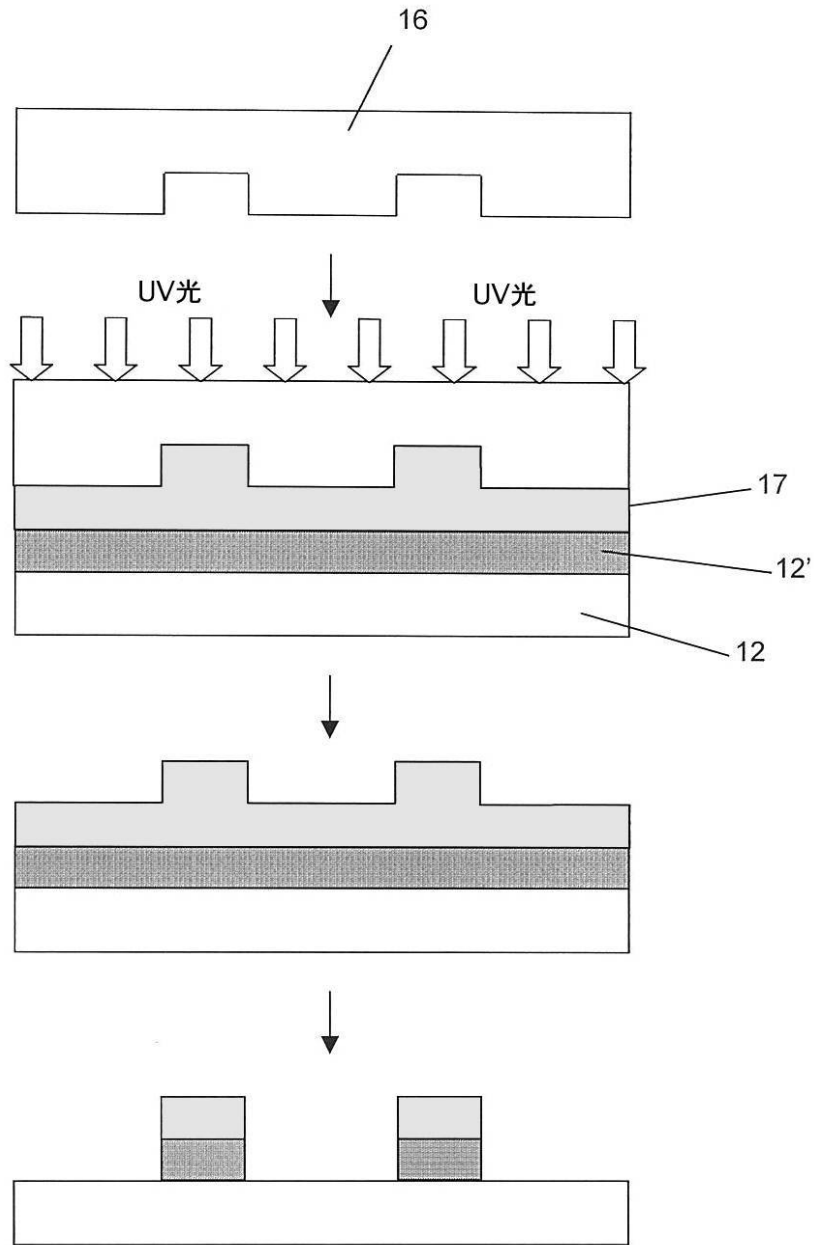
【図1a】



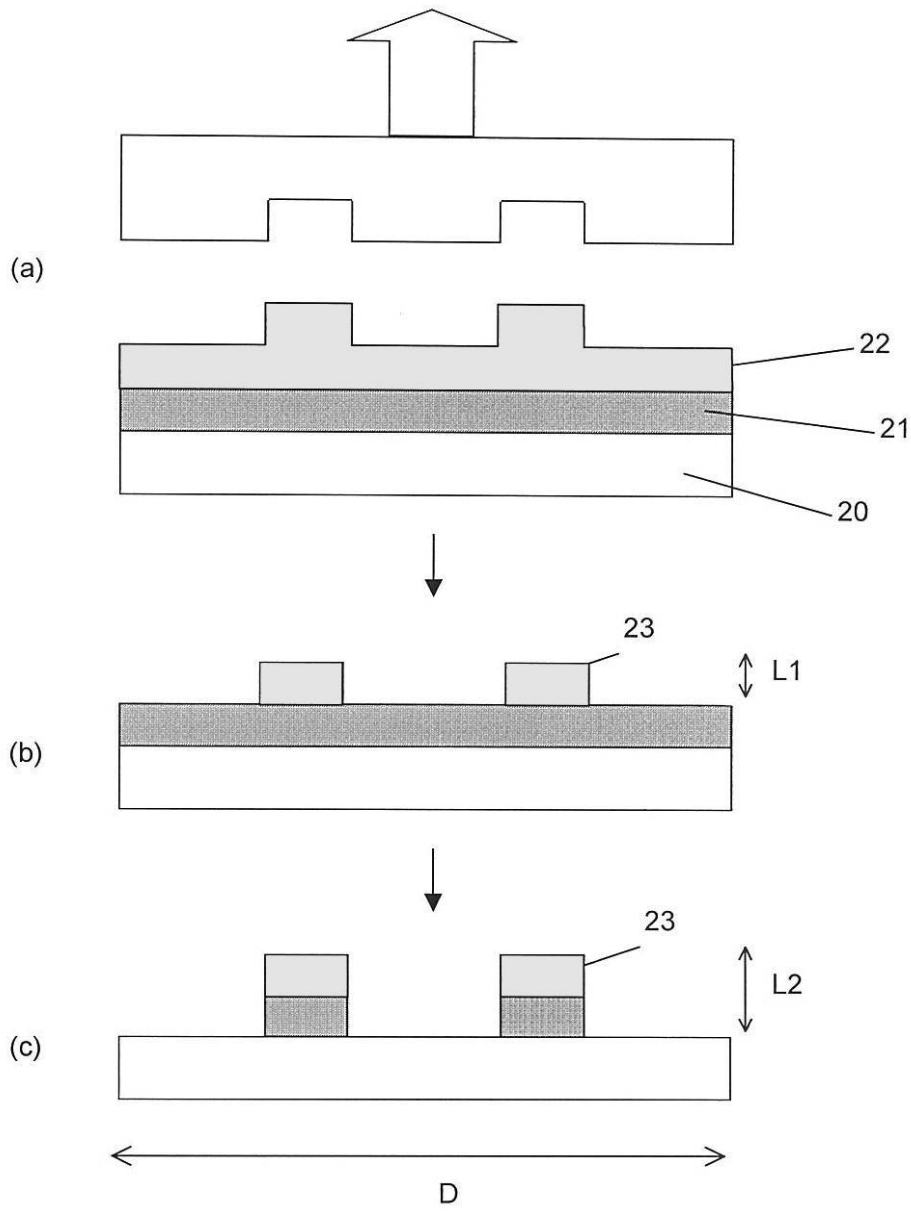
【 1 b】



【図1c】



【 図 2 】



フロントページの続き

(74)代理人 100109346

弁理士 大貫 敏史

(72)発明者 ペーター バルトゥス レオナルド マイヤー

オランダ国、アイントホーフエン、スニプホフ 2

(72)発明者 アレクセイ ユリーヴィヒ コルスニーチェンコ

オランダ国、ヘルモント、マルグリートラーン 45

審査官 渡戸 正義

(56)参考文献 特開2003-100625(JP,A)

米国特許出願公開第2005/0011431(US,A1)

特開2004-221465(JP,A)

特開2003-248296(JP,A)

特開2004-235530(JP,A)

特開2004-017322(JP,A)

特開2002-096356(JP,A)

特開2000-031180(JP,A)

特開2000-012578(JP,A)

特開平08-323817(JP,A)

Theodor Nielsen, Nanoimprint lithography, MIC-Institute for micro- and nanotechnology

Technical University of Denmark(DTU), 2003年 9月 1日, p.45-49, ISBN:87-89935-7

2-1

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

B81C 99/00

B29C 33/00 - 33/76

B29C 39/26 - 39/36

B29C 41/38 - 41/44

B29C 43/36 - 43/42

B29C 43/50

B29C 45/26 - 45/44

B29C 45/64 - 45/68

B29C 45/73

B29C 49/48 - 49/56

B29C 49/70

B29C 51/30 - 51/40

B29C 51/44