

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4398423号
(P4398423)

(45) 発行日 平成22年1月13日(2010.1.13)

(24) 登録日 平成21年10月30日(2009.10.30)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 21/027 (2006.01) H O 1 L 21/30 5 O 2 D

請求項の数 12 外国語出願 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2005-377504 (P2005-377504)</p> <p>(22) 出願日 平成17年12月28日(2005.12.28)</p> <p>(65) 公開番号 特開2006-191087 (P2006-191087A)</p> <p>(43) 公開日 平成18年7月20日(2006.7.20)</p> <p>審査請求日 平成18年2月16日(2006.2.16)</p> <p>(31) 優先権主張番号 11/025,605</p> <p>(32) 優先日 平成16年12月30日(2004.12.30)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 504151804 エーエスエムエル ネザーランズ ビー、 ブイ、 オランダ国 ヴェルトホーフエン 550 4 ディー アール、デ ラン 6501</p> <p>(74) 代理人 100079108 弁理士 稲葉 良幸</p> <p>(74) 代理人 100109346 弁理士 大貫 敏史</p> <p>(72) 発明者 ヘルマー ファン サンテン オランダ国、アムステルダム、ラクテ カディユク 17エー</p>
---	---

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】

インプリント可能媒体の体積体を基板に形成する段階と、
 基板上の前記インプリント可能媒体を型板と接触させて、前記媒体にインプリント領域を形成する段階と、
 前記媒体を前記型板に接触させながら、前記インプリント領域内の媒体範囲を流動可能な状態から実質的に流動不能な状態へ変化させる段階と、
 前記インプリント領域外に存在するインプリント可能媒体のうちの少なくとも一部を除去する段階と、
 前記型板を前記媒体から離す段階とを含み、
 前記除去する段階に用いる除去装置が、高圧ガスを前記インプリント領域外のインプリント可能媒体の横方向及び上方向から当該媒体へ向けて導く高圧流路、及び前記高圧ガスの交点又はその近くに設けられた低圧流路を含み、前記高圧流路及び低圧流路が、使用時に、前記インプリント領域外に存在するインプリント可能媒体の範囲の近くを横切るように構成されており、前記高圧流路及び低圧流路との間の圧力差により前記インプリント領域外のインプリント可能媒体が摩滅により分解され、低圧流路を通じて吹き飛ばされて取り除かれる、
 インプリント方法。

【請求項2】

前記インプリント領域外のインプリント可能媒体を除去する段階を、前記媒体領域を流

動可能な状態から実質的に流動不能な状態へ変化させる段階の後に実施する請求項 1 に記載されたインプリント方法。

【請求項 3】

前記媒体を前記型板に接触させながら、前記インプリント領域内の媒体のみを流動可能な状態から実質的に流動不能な状態へ変化させる段階をさらに含む請求項 1 又は 2 に記載されたインプリント方法。

【請求項 4】

前記インプリント領域外のインプリント可能媒体を除去する段階を、前記インプリント領域内の媒体を流動可能な状態から実質的に流動不能な状態へ変化させる段階の後に実施する請求項 3 に記載されたインプリント方法。

【請求項 5】

除去されたインプリント可能媒体を低圧の導管に沿って導く段階をさらに含む請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載されたインプリント方法。

【請求項 6】

前記インプリント領域外のインプリント可能媒体を除去する段階を、除去すべきインプリント可能媒体が吸引力を受けるようにすることによって実施する請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載されたインプリント方法。

【請求項 7】

インプリント可能媒体をその上に有する基板を保持するように構成された基板ホルダと、

型板を支持する型板ホルダであって、前記媒体内にインプリント領域を形成するために前記型板を前記媒体と接触させ、且つ前記型板を前記媒体から離すように構成された型板ホルダと、

前記インプリント領域外に存在するインプリント可能媒体のうちの少なくとも一部を除去するように構成された除去装置とを有し、

前記除去する段階に用いる除去装置が、高圧ガスを前記インプリント領域外のインプリント可能媒体の横方向及び上方向から当該媒体へ向けて導く高圧流路、及び前記高圧ガスの交点又はその近くに設けられた低圧流路を含み、前記高圧流路及び低圧流路が、使用時に、前記インプリント領域外に存在するインプリント可能媒体の範囲の近くを横切るように構成されており、前記高圧流路及び低圧流路との間の圧力差により前記インプリント領域外のインプリント可能媒体が摩滅により分解され、低圧流路を通じて吹き飛ばされて取り除かれる、

インプリント装置。

【請求項 8】

インプリント可能媒体の体積体を基板に形成するように構成された投与装置をさらに有する請求項 7 に記載されたインプリント装置。

【請求項 9】

前記除去装置が、前記インプリント領域外に存在するインプリント可能媒体の範囲に吸引力を加えるように構成された吸引装置を有する請求項 7 又は 8 に記載されたインプリント装置。

【請求項 10】

前記除去装置が、前記型板に対して固定されている請求項 7 乃至 9 のいずれかに記載されたインプリント装置。

【請求項 11】

前記除去装置が、前記型板とは無関係に移動可能である請求項 7 乃至 10 のいずれかに記載されたインプリント装置。

【請求項 12】

前記インプリント領域外に存在する流動可能なインプリント可能媒体が、実質的に流動不能な状態に変化しないように保護するように構成された遮蔽物をさらに有する請求項 7 乃至 11 のいずれかに記載されたインプリント装置。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、インプリント（押印）リソグラフィに関するものである。

【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ターゲット部分に付与する機械である。リソグラフィ装置は通常、例えば集積回路（IC）、フラット・パネル・ディスプレイ、及び微細構造を伴う他のデバイスの製造に用いられる。

【0003】

リソグラフィ・パターンのフィーチャのサイズを小さくすることが望ましいが、それは所与の基板領域におけるフィーチャの密度を高めることが可能になるためである。フォトリソグラフィ（光リソグラフィ）では、短波長の放射を用いることによって解像度を高めることができる。しかし、そうした縮小化に伴う問題もある。193nm波長の放射を用いたリソグラフィ装置は採用され始めつつあるが、このレベルでも回折限界が障害になる可能性がある。波長がさらに短くなると、投影システム材料の透過性が不十分になる。したがって、解像度を高めることのできる光学リソグラフィは、複雑な光学系及び稀少な材料を必要とする可能性があり、したがって高価なものになる。

【0004】

インプリント・リソグラフィとして知られている100nm以下のフィーチャを印刷する別法は、物理的な型枠又は型板を用いて押印（インプリント）可能媒体にパターンを押し付けることにより、パターンを基板に転写する工程を含む。インプリント可能媒体は、基板又は基板表面に被覆された材料とすることができる。下にある面にパターンを転写するために、インプリント可能媒体は「マスク」として機能する。すなわち、それを「マスク」として用いることができる。インプリント可能媒体は、例えば半導体材料などの基板に被着させたレジストとして提供することが可能であり、それに型板によって規定されるパターンが転写される。したがって、インプリント・リソグラフィは本質的に、型板のトポグラフィが、基板に形成されるパターンを規定する、マイクロメートル又はナノメートル規模の成形工程である。光学リソグラフィ工程と同様にパターンを層にすることが可能であり、したがって原則として、インプリント・リソグラフィを集積回路の製造などの用途に用いることができる。

【0005】

インプリント・リソグラフィの解像度は、型板製造工程の解像度によってのみ制限される。例えば、インプリント・リソグラフィは、適切な解像度及び線縁粗さを有する、50nm以下の範囲内のフィーチャを作製するために用いられてきた。さらに、インプリント工程では、一般に光学リソグラフィ工程に必要な高価な光学系、高度な照明源又は専用のレジスト材料が不要になる可能性がある。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一観点によれば、
インプリント可能媒体の体積体を基板に形成する段階と、
基板上のインプリント可能媒体を型板と接触させて、媒体内にインプリント領域を形成する段階と、
媒体を型板に接触させながら、インプリント領域内の媒体範囲を流動可能な状態から実質的に流動不能な状態へ変化させる段階と、
インプリント領域外に存在するインプリント可能媒体のうちの少なくとも一部を除去する段階と、
型板を媒体から離す段階と
を含むインプリント方法が提供される。

【 0 0 0 7 】

したがって、本発明の一具体例は、インプリント領域外の過剰なインプリント可能媒体を除去することにより、インプリント中に無駄になる基板の表面積を減少させる方法を提供することができる。一具体例では、基板表面から除去された過剰な媒体を再利用することが可能であり、その場合には、インプリント中に無駄になるインプリント可能媒体の量を減らすこともできる。

【 0 0 0 8 】

一具体例において、前記範囲は、インプリント領域内のインプリント可能媒体のうち、実質的にすべてではないにしても、少なくともその大部分である。

【 0 0 0 9 】

一具体例では、インプリント領域外のインプリント可能媒体を除去する段階を、前記媒体範囲を流動可能な状態から実質的に流動不能な状態へ変化させる段階の間に実施する。或いは、インプリント領域外のインプリント可能媒体を除去する段階を、前記媒体範囲を流動可能な状態から実質的に流動不能な状態へ変化させる段階の後に実施することもできる。

【 0 0 1 0 】

一具体例では、インプリント領域外のインプリント可能媒体を除去する段階を、型板を媒体から離す段階の前に実施する。

【 0 0 1 1 】

一具体例では、この方法はさらに、媒体を型板に接触させながら、インプリント領域内の媒体のみを流動可能な状態から実質的に流動不能な状態へ変化させる段階を含む。したがって、インプリント領域外の流動可能な媒体は流動可能なままとなり、流動不能な状態になった場合より容易に除去することができる。

【 0 0 1 2 】

インプリント領域外のインプリント可能媒体を除去する段階を、インプリント領域内の媒体を流動可能な状態から実質的に流動不能な状態へ変化させる段階の間に実施することができれば好都合である。別法では、インプリント領域外のインプリント可能媒体を除去する段階を、インプリント領域内の媒体を流動可能な状態から実質的に流動不能な状態へ変化させる段階の後に実施することができる。

【 0 0 1 3 】

一具体例では、インプリント領域外のインプリント可能媒体を除去する段階を、型板を媒体から離す段階の前に実施する。

【 0 0 1 4 】

一具体例では、インプリント領域外のインプリント可能媒体を除去する段階を、媒体を型板に最初に接触させた後に実施する。

【 0 0 1 5 】

一具体例では、インプリント領域外のインプリント可能媒体を除去する段階を、高压流体の流れをインプリント領域外のインプリント可能媒体に向けて導くことによって実施する。一具体例では、この方法はさらに、除去されたインプリント可能媒体を低圧の導管に沿って導く段階を含むことができる。具体例では、高压流体はガスであるが、液体でもよい。

【 0 0 1 6 】

一具体例では、インプリント領域外のインプリント可能媒体を除去する段階を、除去すべきインプリント可能媒体が吸引力を受けるようにすることによって実施することができる。

【 0 0 1 7 】

一具体例では、第1の媒体の体積体を押印（インプリント）して第1のインプリント領域を形成し、次いで第2の媒体の体積体を押印し、第1のインプリント領域外のインプリント可能媒体の除去を、型板を第1の体積体から離れた後、第2の体積体を型板に接触させる前に実施する。したがって一具体例では、この方法はステップ・アンド・リピート工

10

20

30

40

50

程の一部を形成することができる。

【0018】

本発明の一観点によれば、

インプリント可能媒体をその上に有する基板を保持するように構成された基板ホルダと

、
型板を支持する型板ホルダであって、媒体内にインプリント領域を形成するように型板を媒体と接触させ、且つ型板を媒体から離すように構成された型板ホルダと、

インプリント領域外に存在するインプリント可能媒体のうちの少なくとも一部を除去するように構成された除去装置とを有するインプリント装置が提供される。

【0019】

したがって、本発明の一具体例では、除去装置は、除去しなければ基板表面の貴重な領域を無駄にすることになる過剰なインプリント可能媒体を除去するように動作させることができる。

【0020】

一具体例では、この装置はさらに、インプリント可能媒体の体積体を基板に供給するように構成された投与装置を含む。

【0021】

一具体例では、除去装置は高圧流路及び低圧流路を含み、高圧流路及び低圧流路は、使用時に、インプリント領域外に存在するインプリント可能媒体の範囲の近くを横切るように構成される。除去装置は、複数の高圧流路及び/又は複数の低圧流路を有することができる。

【0022】

一具体例では、除去装置は、インプリント領域外に存在するインプリント可能媒体のある範囲に吸引力を加えるように構成された吸引装置を有する。除去装置は、型板に対して固定されていても、型板とは無関係に移動可能であってもよい。

【0023】

一具体例では、この装置はさらに、インプリント領域外に存在する流動可能なインプリント可能媒体が、実質的に流動不能な状態に変化しないよう保護するように構成された遮蔽物を有する。一般に、実質的に流動不能な（すなわち、硬化又は固化した）インプリント可能媒体よりも、流動可能なインプリント可能媒体を除去する方が容易であるため、これによってインプリント可能材料をより簡単に除去することが可能になる。

【0024】

次に本発明の実施例を、添付の概略図を参照して例示のみの目的で説明するが、図中において同じ参照記号は同じ部品を指す。

【実施例】

【0025】

インプリント・リソグラフィには、一般に熱インプリント・リソグラフィ及びUVインプリント・リソグラフィと呼ばれる2つの主要な手法がある。ソフト・リソグラフィとして知られる、リソグラフィを「印刷する」第3のタイプもある。これらの実施例を図1a～図1cに示す。

【0026】

図1aは、分子層11（一般にチオールなどのインキ）を、（一般に、ポリジメチルシロキサン（PDMS）で作製された）可撓性のある型板10から、基板12及び平坦化転写層（planarization and transfer layer）12'上に支持されたレジスト層13へ移すことを含むソフト・リソグラフィ工程を概略的に示している。型板10は、その表面にフィーチャのパターンを有し、フィーチャ上には分子層が配置されている。型板をレジスト層に押し付けると、分子層11がレジストに付着する。型板をレジストから除去した後は、分子層11はレジストに付着し、残りのレジスト層がエッチングされる。したがって、移された分子層によって覆われていないレジストの領域は、下方の基板までエッチングされる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

ソフト・リソグラフィに用いられる型板は変形を受けやすく、したがって、型板の変形が押印されたパターンに悪影響を及ぼす虞があるため、例えばナノメートル・スケールのものなど、高解像度の用途には適さない。さらに、同じ領域を複数回重ね合わせた多層構造を作製する場合、ソフト・インプリント・リソグラフィでは、ナノメートル・スケールの重ね合わせ精度を実現することができない。

【 0 0 2 8 】

ナノメートル・スケールで用いられる場合の熱インプリント・リソグラフィ（又は熱エンボス加工）はナノ・インプリント・リソグラフィ（NIL）としても知られている。この工程では、例えばシリコンやニッケルで作製され、耐摩耗性及び耐変形性の大きいより硬質の型板が使用される。これは、例えば米国特許第6482742号に記載されており、それを図1bに示す。通常の熱インプリント工程では、硬質の型板14を、基板表面に鑄込まれた熱硬化性又は熱可塑性のポリマー樹脂15に押印する。例えば、この樹脂を基板表面、より一般には（図示した実施例のように）平坦化転写層12'上にスピン・コート又はベークすることができる。インプリント用型板について述べる場合の「硬質」という用語は、例えば「硬質」ゴムのように、一般に「硬質」材料と「軟質」材料の間にあると考えられる材料を含むことを理解すべきである。インプリント用型板として使用する場合の特定材料の適正は、その用途の要件によって決まる。

【 0 0 2 9 】

熱硬化性ポリマー樹脂を用いる場合、型板との接触後、型板上に形成されたパターン・フィーチャに流入するように、樹脂は十分流動可能になる温度まで加熱される。次いで、樹脂が固化して不可逆的に所望のパターンとなるように、樹脂の温度を上昇させて、熱によって樹脂を硬化（架橋）させる。次いで、型板を除去し、パターンの形成された樹脂を冷却することができる。

【 0 0 3 0 】

熱インプリント・リソグラフィ工程に用いられる熱可塑性ポリマー樹脂の例には、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がある。型板によって押印する直前に、熱可塑性樹脂を自由に流動可能な状態になるように加熱する。一般に、熱可塑性樹脂は、樹脂のガラス転位温度をかなり上回る温度まで加熱する必要がある。型板を流動可能な樹脂に押し付け、型板に形成されたパターン・フィーチャのすべてに樹脂が確実に流入するように十分な圧力を加える。次いで、所定の位置にある型板と共に、樹脂をそのガラス転位温度より低い温度まで冷却すると、樹脂は不可逆的に所望のパターンになる。パターンは、樹脂の残留層から浮き彫りになったフィーチャからなり、次いで樹脂の残留層を適切なエッチング工程によって除去して、パターン・フィーチャのみを残すことができる。

【 0 0 3 1 】

固化した樹脂から型板を除去した後、一般には、図2(a)～図2(c)に示すような2段階のエッチング工程を実施する。図2(a)に示すように、基板20はす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には2つの要素がある。以下に述べるように、平坦化転写層は、型板の面に対して実質的に平行な面を形成し、それによって型板と樹脂の間の接触が確実に平行になることを助け、また印刷されたフィーチャのアスペクト比を改善するように働く。

【 0 0 3 2 】

型板を除去した後、平坦化転写層21上には、所望のパターンに成形された固化した樹脂の残留層22が残される。第1のエッチングは等方性であり、残留層22の各部分が除去されて低いアスペクト比のフィーチャが得られる（ここでは図2(b)に示すように、フィーチャ23の高さはL1である）。第2のエッチングは異方性（又は選択的）であり、アスペクト比が改善される。異方性エッチングは、平坦化転写層21の固化した樹脂で覆われていない部分を除去し、図2(c)に示すように、フィーチャ23のアスペクト比を(L2/D)まで高める。押印されたポリマーに十分耐性がある場合には、結果として

10

20

30

40

50

得られるエッチング後に基板に残ったポリマーの厚さの差異を、例えばリフト・オフ工程の1工程として、例えばドライ・エッチング用のマスクとして用いることができる。

【0033】

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実施しなければならないことだけでなく、型板を除去する前に樹脂を十分に固化させるために、比較的大きな温度差も必要になるという不都合がある。35～100の温度差が必要になる可能性がある。例えば基板と型板の間で熱膨張に差があると、転写されたパターンに歪みが生じる虞がある。これは、インプリント可能材料の粘性のためにインプリント工程に要求される比較的大きな圧力によって悪化することがあり、それが基板の機械的変形を引き起こし、さらにパターンを歪める虞がある。

10

【0034】

他方、UVインプリント・リソグラフィは、そうした高い温度及び温度変化を伴わず、またそうした粘性のあるインプリント可能材料も不要である。むしろ、UVインプリント・リソグラフィは、部分的又は全体的に透過性のある型板、及びUV硬化性の液体、一般にはアクリレートやメタクリレートなどのモノマーを使用するものである。一般に、モノマーと開始剤との混合物などの光重合可能な任意の材料を用いることができる。硬化性の液体には、例えばジメチルシロキサン誘導体も含まれる。こうした材料は、熱インプリント・リソグラフィに用いられる熱硬化性樹脂及び熱可塑性樹脂より粘性が小さく、したがって、ずっと早く移動して型板のパターン・フィーチャを充填する。低温及び低圧の動作も、処理能力を高めるために有利である。

20

【0035】

UVインプリント工程の実施例を図1cに示す。図1bの工程と同様の方法で、石英の型板16をUV硬化性樹脂17に適用する。樹脂を重合させ硬化させるために、熱硬化性樹脂を用いる熱エンボス加工のように温度を上昇させたり、熱可塑性樹脂を用いる場合のように温度を上げ下げさせたりするのではなく、石英の型板を通じて樹脂にUV放射を当てる。型板を除去した後、レジストの残留層をエッチングする残りの段階は、前記の熱エンボス加工の工程と同じ若しくは類似している。一般に用いられるUV硬化性樹脂は、一般的な熱可塑性樹脂よりずっと低い粘性を有しており、したがって、より小さい押し付け圧力を用いることができる。高い温度及び温度変化による変形が小さくなると共に、圧力が小さくなることによって物理的な変形が軽減されるため、UVインプリント・リソグラフィは、高い重ね合わせ精度を必要とする用途に適したものになる。さらに、UVインプリント用型板の透過性により、光学的な位置調整技術をインプリントと同時に適合させることができる。

30

【0036】

このタイプのインプリント・リソグラフィは主にUV硬化性材料を用いるため、UVインプリント・リソグラフィと総称されるが、他の放射波長を用いて、選択された材料を適切に硬化させる(例えば、重合又は架橋反応を活性化すること)こともできる。一般に、適切なインプリント可能材料を利用することができれば、そうした化学反応を開始させることのできる任意の放射を用いることが可能である。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が含まれる。上記及び以下の一般的な記述では、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言及しているが、これら及び他の活性化放射の可能性を排除するものではない。

40

【0037】

基板表面に対して実質的に平行に維持された平坦な型板を用いるインプリント・システムの別法として、ローラー・インプリント・システムが開発された。熱ローラー・インプリント・システムもUVローラー・インプリント・システムも、型板をローラー上に形成するように提唱されているが、その他の点では、このインプリント工程は平坦な型板を用いたインプリントにきわめて類似している。文脈上特に異なる解釈を必要とする場合を除き、インプリント用型板についての言及には、ローラー用型板についての言及も含まれる。

50

【0038】

ステップ・アンド・フラッシュ・インプリント・リソグラフィ(SFIL)として知られる特別に発達したUVインプリント技術があり、それを、例えばICの製造に通常使用される光学ステッパと同様の形で、小さいステップで基板にパターンを形成するために用いることができる。これは、型板をUV硬化性樹脂に押印する段階と、型板を通じてUV放射を「フラッシュ」して、型板の下の樹脂を硬化させる段階と、型板を除去する段階と、基板の隣接する領域へ進む段階と、動作を繰り返す段階とにより、基板の小さな領域を一度に印刷することを含む。こうした進んで繰り返す(ステップ・アンド・リピート)工程の小さいフィールド・サイズは、パターンの歪み及びCDのばらつきを小さくすることを助け、したがって、SFILは特に、ICや高い重ね合わせ精度を必要とする他のデバイスに適用できる。

10

【0039】

原則として、UV硬化性樹脂を、例えばスピン・コートによって基板表面全体に塗布することができるが、このことは、UV硬化性樹脂の揮発性のために問題を含む場合がある。

【0040】

この問題に対処するための1つの手法は、型板によって押印する直前に樹脂を小滴の形で基板のターゲット部分に分与する、いわゆる「ドロップ・オン・デマンド(要求即応滴下)」工程である。液体の分与は、所定量の液体を基板の特定の目標部分に被着させるように制御される。液体を様々なパターンで分与することが可能であり、液体の量とパターンの位置を注意深く制御して組み合わせることにより、ターゲット領域に対するパターン形成を限定することができる。

20

【0041】

上記に言及したようにオン・デマンドで樹脂を分与することは、簡単なことではない。近くにある液滴同士が触れるとすぐに樹脂はどこにも流れなくなるため、型板のフィーチャを充填するために十分な樹脂が存在するようにすると同時に、流れ落ちて望ましくない厚さ又は不均一な残留層となる虞のある過剰な樹脂を最小限に抑えるように、小滴のサイズ及び間隔を注意深く制御する。

【0042】

上記でUV硬化性の液体を基板に被着させることについて言及したが、液体を型板に被着させることも可能であり、一般に同じ技術及び考察があてはまる。

30

【0043】

図3は、型板、インプリント可能材料(硬化性モノマー、熱硬化樹脂、熱可塑性のものなど)及び基板の相対寸法を示している。基板の幅Dと硬化性樹脂層の厚さtの比は 10^6 程度である。型板から突出したフィーチャが基板に損傷を与えるのを避けるために、寸法tを型板上に突出するフィーチャの深さより大きくすべきことが理解されよう。

【0044】

型押し(スタンピング)後に残されたインプリント可能材料の残留層は、下にある基板を保護するために有用であるが、高い解像度及びノ又は重ね合わせ精度を得ることに影響を与える可能性もある。第1の「ブレイクスルー」エッチングは等方性(非選択的)であり、したがって、押印されたフィーチャ並びに残留層がある程度浸食される。これは、残留層が過度に厚い且つノ又は不均一である場合に悪化する虞がある。

40

【0045】

このエッチングは、例えば下にある基板に最終的に形成されるフィーチャの厚さのばらつき(すなわち、限界寸法のばらつき)をもたらす可能性がある。第2の異方性エッチングで転写層にエッチングされるフィーチャの厚さの均一性は、樹脂に残されたフィーチャのアスペクト比、及び形状の完全性に依存する。樹脂の残留層が不均一である場合、非選択的な第1のエッチングによって「丸みのある」頂部を有するフィーチャがある程度残される可能性があり、その結果、それらの輪郭は、第2のエッチング工程及び任意の後続のエッチング工程においてフィーチャの厚さが十分均一になることを保証するには不明確な

50

ものとなる。

【0046】

原則として、前記の問題は、残留層をできるだけ薄くすることによって軽減できるが、それには（おそらく基板の変形を増大させる）望ましくない大きな圧力、及び（おそらく処理能力を低下させる）比較的長いインプリント時間をかけることが必要となる可能性がある。

【0047】

上記で言及したように、型板表面でのフィーチャの解像度は、基板に印刷されるフィーチャの実現可能な解像度に対する制限要因になる。熱インプリント・リソグラフィ及びUVインプリント・リソグラフィに用いられる型板は、一般に2段階の工程で形成される。10
初めに、例えば電子ビームによる書き込みを用いて必要なパターンを書き込み、レジストに高解像度のパターンを与える。次いで、クロムの薄層にレジストのパターンを転写する。それが、パターンを型板の基材に転写する最終の異方性エッチング工程用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、極紫外リソグラフィ、エピタキシャル成長、薄膜形成、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・ミリングなど他の技術を用いることもできる。一般に、きわめて高い解像度を可能にする技術は、型板が実質的に1×マスクであるときに望ましく、転写されるパターンの解像度は、型板上のパターンの解像度によって制限される。

【0048】

型板の剥離特性も考慮すべきものである。型板は、例えば、型板上に低い表面エネルギーを有する薄い剥離層を形成する表面処理材料により処理することができる（薄い剥離層を基板に被着させてもよい）。 20

【0049】

インプリント・リソグラフィの開発において他に考慮すべきものは、型板の機械的耐久性である。型板は、インプリント可能媒体のスタンピング中に大きい力を受ける可能性があり、また熱インプリント・リソグラフィの場合には、大きい圧力及び高い温度を受ける可能性もある。力、圧力及び/又は温度によって型板の摩耗が生じ、基板に押印されるパターンの形に悪影響を及ぼす虞がある。

【0050】

熱インプリント・リソグラフィでは、基板と型板の熱膨張の差を小さくすることを助けるために、パターンの形成される基板と同じ材料又は類似の材料でできた型板を用いることによって、潜在的な利点を実現することができる。UVインプリント・リソグラフィでは、型板は、少なくとも一部は活性化放射に対して透過性があるものであり、したがって石英の型板が使用される。 30

【0051】

本明細書では、インプリント・リソグラフィをICの製造に用いることについて特に言及することがあるが、前記のインプリント装置及び方法は、一体型光学システム、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など、他の用途にも使用可能であることを理解すべきである。 40

【0052】

上記では、実質的にレジストとして働くインプリント可能な樹脂を介して型板のパターンを基板に転写するためにインプリント・リソグラフィを用いることについて特に言及したが、場合によっては、インプリント可能な材料自体が、例えば機能的な導電性、光学的な線形応答又は非線形応答などを有する機能材料であってもよい。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、電氣的若しくは光学的特性を有する層を形成することができる。いくつかの有機物質も適切な機能材料となり得る。こうした用途は、1つ又は複数の本発明の実施例の範囲内とすることができる。

【0053】

インプリント工程では、印刷に必要なインプリント材料（例えば樹脂）の投与量は、型 50

板のパターンの正確な性質、及び形成される残留層の厚さに依存するため、その厳密な投与量を提供することが難しい場合がある。一般には、インプリント可能材料を必要より多く付与して、それにより、投与量を厳密に監視し、異なる型板のパターンごとに調整する必要がないように、型板によって形成された凹型のパターン・フィーチャのすべてがインプリント可能材料で完全に充填されて、パターンがインプリント可能材料に正確に再現されるように、また、印刷されたフィーチャのアスペクト比が最大になるようにする。その結果、型板をインプリント可能材料に押し込むと、過剰なインプリント可能材料が型板縁部の周りに押し出されるようになる。したがって、インプリント可能材料だけではなく、パターンの形成された領域を直接囲んでいる基板の領域も無駄になる虞があり、この無駄がステップ・アンド・リピート工程で重大な問題となる可能性がある。例えば現在のIC製造工程では、隣接するIC同士は約40ミクロン離れている。インプリント・リソグラフィ工程は比較的粘性の低いインプリント可能媒体を用いるため、インプリント中に無駄になる基板領域及びインプリント可能媒体の量の増加をまねく虞がある。

10

【0054】

型板縁部の周りに押し出された過剰な材料が硬化すると、その材料を除去することが困難になるため、それは避けるべきである。したがって、以下に述べる本発明の実施例では、プリントされた領域外のインプリント可能材料が確実に未硬化の流動可能な状態にとどまるのを助けるために、型板の周囲に適切なUV遮蔽物及び/又は熱遮蔽物が設けられる。遮蔽物の性質及び配置は通常のものであり、したがってこれ以上記述しない。

【0055】

20

図4を参照すると、硬化後、基板表面41上の未硬化の過剰なインプリント可能材料40を除去するために、印刷された領域(図示せず)の1つ又は複数の縁部に沿って通過するガス・ナイフが提供されている。過剰なインプリント可能材料40の(1つ又は複数の)縁部に1つ又は複数の高圧ガス入力部が設けられ、1つ又は複数の高圧ガス(例えば空気)流れを過剰なインプリント可能材料40へ向けて矢印42及び/又は43の方向に導き、さらに低圧流路44が、例えば2つのガス入力部の間に設けられている。図4に示す実施例では、ガス流れの交点又はその近くにある低圧流路44と共に、それぞれ矢印42及び43の方向にガス流れを生成する2つのガス入力部が設けられている。圧力差のために、過剰なインプリント可能材料40が摩擦によって分解され、低圧流路44を通じて「吹き飛ばされて」取り除かれる。一実施例によれば、ガス・ナイフを、プリント用型板の外周部の周りに配置された構造体、又はプリントされた領域の周りを自由に移動して、過剰なインプリント可能材料が検知されたときにそれを除去することのできる別の構成要素とすることができる。

30

【0056】

通常の装置では、例えば基板ホルダの移動を容易にするために、1つ又は複数の高圧ガスの管路を組み込んだ1つ又は複数の気体軸受が用いられる。したがって、ガス・ナイフを、そうした気体軸受用のガス供給源に接続、又はそうした気体軸受に組み込むことができれば好都合であると考えられる。一実施例では、2つの高圧ガス入力部を設けて、気液混合物を移動させることによって生じる可能性のある不均衡な力をなくし、それによって位置調整又は重ね合わせの誤差を低減又は回避することができる。

40

【0057】

図5に示した本発明の実施例によれば、型板53に接続された吸引装置52(その一部のみを示す)を用いて、基板表面51から過剰なインプリント可能材料50が除去される。一実施例では、吸引装置52は、内部に負圧が加えられた流路55を形成するように印刷領域の周縁部の周りに配置された、周辺構造体54(円形、長方形又は他の任意の適切な形のものとする)を有している。印刷された領域を硬化させた後、吸引装置52を作動させて、型板53が次の印刷位置に移動したとき、図4のガス・ナイフの実施例と同様の方法で未硬化の過剰なインプリント可能材料50を分解及び除去する。この実施例も、容易に気体軸受に接続又は組み込むことが可能であり、例えばその気体軸受上に印刷装置が取り付けられる。

50

【 0 0 5 8 】

ここまで本発明の特定の実施例について説明してきたが、本発明は記載したものととは別の方法で実施することが可能であることが理解されよう。前記説明は本発明を限定するものではない。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 9 】

【 図 1 a 】 ソフト・リソグラフィ工程の実施例を示す図。

【 図 1 b 】 熱リソグラフィ工程の実施例を示す図。

【 図 1 c 】 UVリソグラフィ工程の実施例を示す図。

【 図 2 】 熱インプリント・リソグラフィ及びUVインプリント・リソグラフィを用いてレジスト層にパターンを形成するとき使用される、2段階のエッチング工程を示す図。

【 図 3 】 基板に堆積させた一般的なインプリント可能なレジスト層の厚さと比較した、型板のフィーチャの相対寸法を示す図。

【 図 4 】 本発明の実施例による、過剰なインプリント可能材料を除去するように構成されたガス・ナイフを示す図。

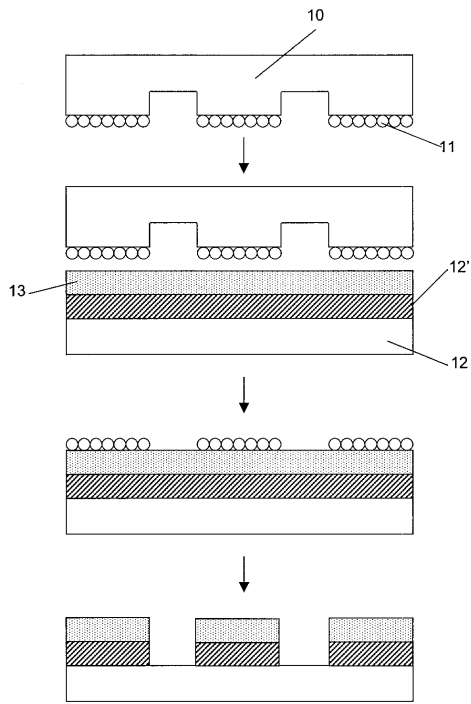
【 図 5 】 本発明の実施例による、過剰なインプリント可能材料を除去するように構成された吸引装置を示す図。

【 符号の説明 】

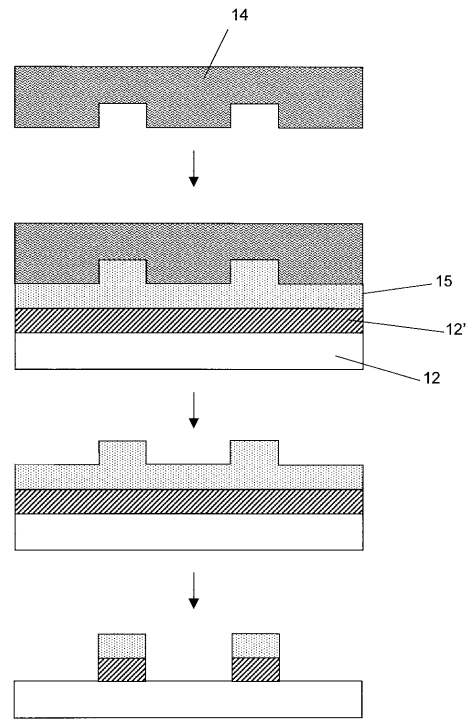
【 0 0 6 0 】

- | | | |
|------|------------|----|
| 1 0 | 型板 | 20 |
| 1 1 | 分子層 | |
| 1 2 | 基板 | |
| 1 2' | 平坦化転写層 | |
| 1 3 | レジスト層 | |
| 1 4 | 型板 | |
| 1 5 | ポリマー樹脂 | |
| 1 6 | 型板 | |
| 1 7 | UV硬化性樹脂 | |
| 2 0 | 基板 | |
| 2 1 | 平坦化転写層 | 30 |
| 2 2 | 残留層 | |
| 2 3 | フィーチャ | |
| 4 0 | インプリント可能材料 | |
| 4 1 | 基板表面 | |
| 4 4 | 低圧流路 | |
| 5 0 | インプリント可能材料 | |
| 5 1 | 基板表面 | |
| 5 2 | 吸引装置 | |
| 5 3 | 型板 | |
| 5 4 | 周辺構造体 | 40 |

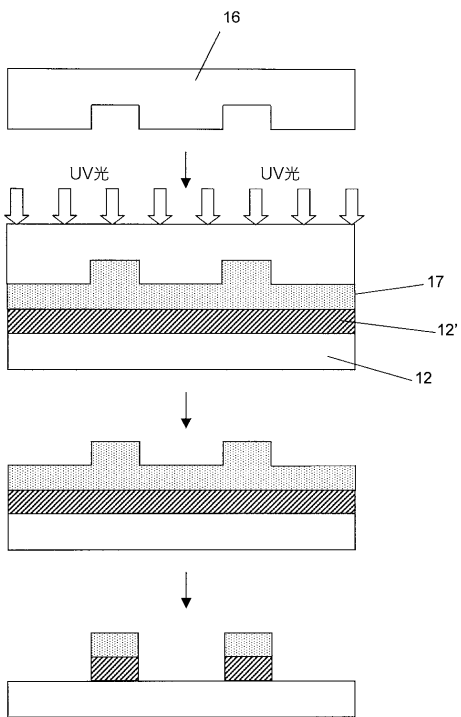
【図 1 a】



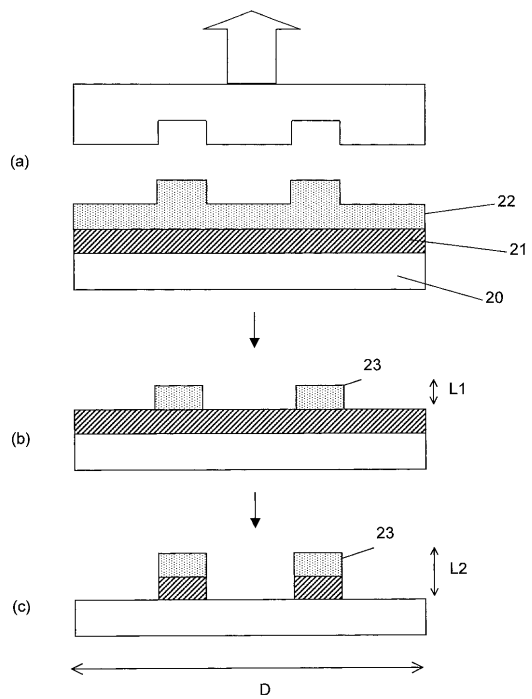
【図 1 b】



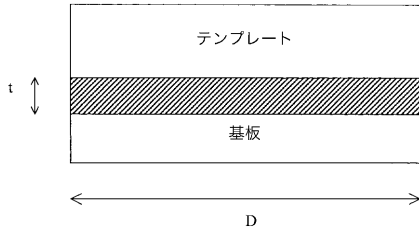
【図 1 c】



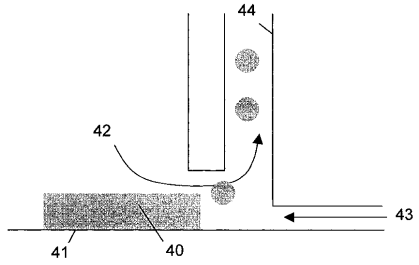
【図 2】



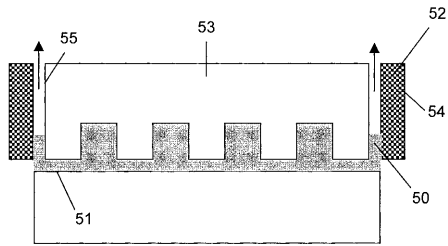
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 アレクセイ ユーリーフィヒ コレスニーチェンコ
オランダ国、ヘルモント、マルグリートラーン 48

審査官 秋田 将行

(56)参考文献 特表2002-539604(JP,A)
特開2005-286061(JP,A)
特開2005-286062(JP,A)
特表2006-521682(JP,A)
特表2005-534063(JP,A)
国際公開第2004/009489(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027