

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5276436号
(P5276436)

(45) 発行日 平成25年8月28日 (2013. 8. 28)

(24) 登録日 平成25年5月24日 (2013. 5. 24)

(51) Int. Cl. F I
B 2 9 C 59/02 (2006. 01) B 2 9 C 59/02 Z N M Z
H O 1 L 21/027 (2006. 01) H O 1 L 21/30 5 O 2 D

請求項の数 33 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2008-515059 (P2008-515059)	(73) 特許権者	500414888
(86) (22) 出願日	平成17年11月3日 (2005. 11. 3)		オブデュキャット、アクチボラダ
(65) 公表番号	特表2008-542081 (P2008-542081A)		O B D U C A T A B
(43) 公表日	平成20年11月27日 (2008. 11. 27)		スウェーデン国マルメ、ピー、オー、ボック
(86) 国際出願番号	PCT/EP2005/055729		クス、580
(87) 国際公開番号	W02006/131153	(74) 代理人	100094318
(87) 国際公開日	平成18年12月14日 (2006. 12. 14)		弁理士 山田 行一
審査請求日	平成20年8月28日 (2008. 8. 28)	(74) 代理人	100123995
(31) 優先権主張番号	60/595, 154		弁理士 野田 雅一
(32) 優先日	平成17年6月10日 (2005. 6. 10)	(74) 代理人	100107456
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 池田 成人
(31) 優先権主張番号	05105100. 1	(72) 発明者	ヘイダリ、 ババック
(32) 優先日	平成17年6月10日 (2005. 6. 10)		スウェーデン、 エス-244 65 フ
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		ルルンド、 ソードラ ルングヴァーゲン
			10

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 中間スタンプによるパターン複製

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一次インプリントステップおよび二次インプリントステップを備える、構造表面を有するテンプレートから基板のターゲット表面にパターンを移動するための方法であって、前記一次インプリントステップが、

パターン化表面を有するポリマースタンプを作成する工程で、前記テンプレートの前記構造表面を第1のポリマーホイルの表面層に押圧して、前記パターンの反転を前記表面層にインプリントすることを備える工程を含み、

前記二次インプリントステップが、

前記ポリマースタンプおよび基板を互いに平行に配列する工程で、前記パターン化表面が前記基板の前記ターゲット表面に面しており、また光化学的に増幅される材料からなる中間層が放射への暴露時に固化するように考案されている工程と、

前記ポリマースタンプおよび前記基板を温度 T_p に加熱する工程と、

前記温度 T_p を維持しつつ、

前記パターン化表面の前記パターンを前記中間層にインプリントするために前記ポリマースタンプを前記基板に対して押圧することと、

前記中間層を固化するための放射に前記層を暴露することとを執行する工程と、を含み、

プレートと柔軟性膜の第1の側の間に挟持された前記ポリマースタンプおよび前記基板を配列するステップをさらに備えており、

10

20

前記ポリマースタンプを前記基板に押圧する前記ステップが、前記膜の第2の側にある媒体に加圧力を印加する工程を含む、方法。

【請求項2】

前記温度 T_p を維持しつつ前記中間層をポストバークするステップをさらに備える、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記温度 T_p を維持しつつ前記基板を前記ポリマースタンプから解放するステップをさらに備える、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記基板を前記ポリマースタンプから解放する前記ステップが、依然として前記基板上の前記インプリント中間層に接触して配列されると共に、前記ポリマースタンプを溶解する工程を含む、請求項3に記載の方法。

10

【請求項5】

前記材料が、初期ガラス温度 T_g を有する架橋性熱可塑性ポリマーであり、ここで T_p は T_g より高い、請求項1に記載の方法。

【請求項6】

前記材料が、ガラス温度 T_g を有するUV架橋性熱可塑性ポリマーであり、ここで T_p は T_g より高く、前記放射がUV放射である、請求項1に記載の方法。

【請求項7】

前記ポリマースタンプおよび基板を相互に平行に配列するステップの前に、前記材料をスピニングすることによって前記中間層を前記基板上に適用するステップを備える、請求項1に記載の方法。

20

【請求項8】

前記材料がUV硬化性プレポリマーであり、前記放射がUV放射である、請求項1に記載の方法。

【請求項9】

前記媒体が気体を備える、請求項1に記載の方法。

【請求項10】

前記媒体が空気を備える、請求項1に記載の方法。

【請求項11】

前記媒体が液体を備える、請求項1に記載の方法。

30

【請求項12】

前記媒体がゲルを備える、請求項1に記載の方法。

【請求項13】

前記材料を固化するために使用可能な放射の波長範囲に透過的である前記ポリマースタンプを介して前記中間層に放射するステップと、

ヒーターデバイスとの直接接触によって前記基板を加熱するステップとを備える、請求項1に記載の方法。

【請求項14】

前記材料を固化するために使用可能な放射の波長範囲に透過的である前記膜を介して前記中間層に放射するステップを備える、請求項1に記載の方法。

40

【請求項15】

前記膜を介して、また前記媒体のキャビティのバック壁を画定する前記膜に対向する透過壁を介して前記層に放射するステップを備え、

前記バック壁および膜が、前記材料を固化するために使用可能な放射の波長範囲に透過的である、請求項1に記載の方法。

【請求項16】

前記層を暴露する前記ステップが、

100 ~ 500 nmの波長範囲内の放射源から放射する工程を備える、請求項1に記載の方法。

50

【請求項 17】

0.5 ~ 10 μ s の範囲のパルス期間、および毎秒 1 ~ 10 パルスの範囲のパルスレートでパルス放射するステップを備える、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記層を放射に暴露する前に前記表面層から空気混入物を抽出するために、前記テンプレートと前記基板間に真空を適用するステップを備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 19】

前記温度 T_p が 20 ~ 250 の範囲内にある、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 20】

前記一次インプリントステップがさらに、前記第 1 のポリマーホイルの前記表面層を固化する工程を含み、

10

前記第 1 のポリマーホイルが前記ポリマースタンプであり、前記表面層が前記ポリマースタンプの前記パターン化表面を画定している、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 21】

前記一次インプリントステップがさらに、

前記第 1 のポリマーホイルの前記表面層を固化する工程と、

前記第 1 のポリマーホイルの前記反転パターンを第 2 のポリマーホイルの表面層に押圧して、前記第 2 のポリマーホイルの前記表面層に前記テンプレート表面の前記パターンのレプリカをインプリントする工程と、

前記第 2 のポリマーホイルの前記表面層を固化する工程と、

20

を含み、
前記第 2 のポリマーホイルが前記ポリマースタンプであり、前記第 2 のポリマーホイルの表面層が前記ポリマースタンプの前記パターン化表面を画定している、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 22】

前記第 1 のポリマーホイルが熱可塑性ポリマーやコポリマー材料から作られている、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 23】

前記第 2 のポリマーホイルが熱可塑性ポリマーやコポリマー材料から作られている、請求項 19 に記載の方法、

30

【請求項 24】

前記テンプレートが金属、石英、ポリマーまたはシリコンから作られている、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 25】

温度 T_p を維持しつつ、

前記圧力を解放するステップと、

前記ターゲット表面上に前記中間層を支持する前記基板を前記ポリマースタンプから解放するステップと、

を備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 26】

40

前記テンプレートの前記パターンが複数の基板に移動される方法において、さらに、

前記二次インプリントステップの後に前記ポリマースタンプを処分するステップと、

前記テンプレートを使用して前記第 1 のインプリントステップの反復時に新たなポリマースタンプを作成するステップと、

前記新たなポリマースタンプを使用して前記第 2 のインプリントステップの反復時に新たな基板ターゲット表面をインプリントするステップと、

を備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 27】

前記第 1 のポリマーホイルがポリカーボネート、COC または PMMA から作られている、請求項 1 に記載の方法。

50

【請求項 28】

前記一次インプリントステップが、
 大きなポリマーホイルを提供する工程と、
 前記ポリマーホイルを、このガラス遷移温度より高い温度に加熱する工程と、
 前記テンプレートの前記構造表面を前記ポリマーホイルの表面に押圧する工程と、
 前記ポリマーホイルを冷却する工程と、
 前記パターン化ポリマーホイルを前記テンプレートから分離する工程と、
 を含む熱インプリントプロセスである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 29】

前記一次インプリントステップが、
 ポリマーホイルを提供する工程と、
 放射感应性プレポリマー表面層を前記ポリマーホイルの表面上に提供する工程と、
 前記テンプレートの前記構造表面を前記表面層に押圧する工程と、
 前記表面層を前記ポリマーホイルを介する放射に暴露して前記プレポリマーを硬化させる工程と、
 前記パターン化ポリマーホイルを前記テンプレートから分離する工程と、
 を含む放射支援インプリントプロセスである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 30】

前記一次インプリントステップがさらに、
 パターン化ポリマーホイルを前記テンプレートから分離する前に、熱を提供して前記表面層をポストバークする工程を含む、請求項 29 に記載の方法。

【請求項 31】

前記一次インプリントステップが、
 ポリマーホイルを提供する工程と、
 放射感应性架橋性ポリマー表面層を前記ポリマーホイルの表面上に提供する工程と、
 前記ポリマーホイルを前記架橋性ポリマーのガラス遷移温度より高い温度に加熱して、
 前記温度を維持しつつ、
 前記テンプレートを前記表面層に押圧することと、
 前記表面層を架橋するために前記表面層を放射に暴露することとを実行する工程とを
 含む放射支援インプリントプロセスである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 32】

前記一次インプリントステップがさらに、
 前記温度を維持しつつ前記表面層をポストバークするステップを含む、請求項 31 に記載の方法。

【請求項 33】

前記パターン化ポリマーホイルを前記テンプレートから分離するステップをさらに備える、請求項 32 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術の分野】

【0001】

本発明は、構造表面を有するテンプレートから基板のターゲット表面にパターンを移動するためのプロセスを伴う、インプリントリソグラフィ用のパターン移動プロセスに関する。より具体的には、本発明は、テンプレートパターンのレプリカがインプリントによって柔軟性ポリマーホイルの中またはこの上に形成されて中間ポリマースタンプを取得して、その後このポリマースタンプが二次ステップで使用されて、基板のターゲット表面に適用される成形層にパターンをインプリントするという 2 ステッププロセスに関する。二次ステップにおいて、インプリントプロセスは放射を利用して、一定に制御された温度での圧力下で成形層を固化する。

【背景】

【0002】

10

20

30

40

50

ナノ構造、つまりおよそ100nm以下の構造を再生するための最も有力な技術の1つはナノインプリントリソグラフィ(NIL)である。ナノインプリントリソグラフィにおいて、しばしばスタンプと称されるテンプレートの表面パターンの反転コピーが、基板を備えるオブジェクトに移動されかつこの上に適用され、これはしばしばレジストと称される成形層の膜、例えばポリマー材料である。オブジェクトをポリマー膜のガラス遷移温度より高い適切な温度に加熱したあと、スタンプは膜に対して押圧されて、所望のパターン深さが膜に移動された後、しばしば離型と称されるスタンプの冷却および解放が続く。代替的に、基板はフォトレジスト材料、つまり、紫外線(UV)放射への暴露時に架橋されるように放射に弱いポリマーや、放射への暴露時にポリマーに硬化されるプレポリマーによってカバーされている。これは、基板またはスタンプのいずれかが適用放射に対して透過的であることを必要とする。インプリント達成後に引き続き実行されるプロセスにおいて、基板およびパターン化ポリマー膜を備えるオブジェクトは、例えば、インプリント領域内の基板をエッチングしてパターンを基板のターゲット表面に移動することによって事後処理可能である。

10

【0003】

上記のインプリントプロセスはいくつかの難点を示しており、これは、テンプレートから、基板をカバーする成形層への完全なパターン移動を達成するために検討されなければならない。

【0004】

テンプレートおよび基板が同じ材料から形成されていない場合、一般的には同じでないのだが、これらは通常異なる熱膨張係数を有することになる。このことは、テンプレートおよび基板の加熱および冷却時に、膨張および収縮の程度が異なることを意味する。寸法の変化が小さくても、移動されるパターンの部材はマイクロメートルまたはナノメートル程度であるため、インプリントプロセスにおいて破壊している場合もある。従って、この結果は複製の精度を低下させることがある。

20

【0005】

極めて頻繁に非柔軟性スタンプや基板材料が使用され、これは、スタンプが基板に対して押圧される場合にスタンプと成形層間の空気混入をもたらし恐れがあり、また複製の精度を低下させる。さらに、インプリントプロセス中のスタンプと成形層間の粒子混入は、とりわけスタンプも基板も柔軟性材料で構成されない場合にスタンプまたは基板のいずれかの顕著なダメージを引き起こす恐れがある。スタンプまたは基板、あるいは両方への物理的ダメージもまた、非柔軟性スタンプを非柔軟性基板から離型する際に引き起こされる恐れがあり、インプリントプロセス後に、基板と、高アスペクト比のパターンを含むテンプレートとを離型するのは難しい。一度ダメージを受けたスタンプは普通リサイクル不可能である。

30

【発明の概要】

【0006】

本発明の目的は、高い複製精度を有し、かつ産業的に用いることが容易かつ適切である改良型インプリントプロセスの解決策を提供することである。

【0007】

上記目的を達成するために考案された本発明の実施形態は、一次インプリントステップおよび二次インプリントステップを備える、構造表面を有するテンプレートから基板のターゲット表面にパターンを移動するための方法に関し、

40

一次インプリントステップが、

パターン化表面を有するポリマースタンプを作成する工程であり、該構造テンプレート表面を第1のポリマーホイルの表面層に押圧して、該パターンの反転を該表面層にインプリントすることを備える工程を含み、

二次インプリントステップが、

該ポリマースタンプおよび基板を互いに平行に配列する工程であり、該パターン化表面は該ターゲット表面基板に面しており、また材料の中間層は放射への暴露時に固化する

50

ように考案されている工程と、

該ポリマースタンプおよび該基板を温度 T_p に加熱する工程と、

該温度 T_p を維持しつつ、

該パターン化表面の該パターンを該中間層にインプリントするために該ポリマースタンプを該基板に対して押圧することと、

該中間層を固化するために該層を放射に暴露することとを~~実行する~~工程とを含む、方法に関する。

【0008】

一実施形態では、本方法はさらに、該温度 T_p を維持しつつ該中間層をポストバークするステップを備える。

10

【0009】

一実施形態では、本方法はさらに、該温度 T_p を維持しつつ該基板を該ポリマースタンプから解放するステップを備える。

【0010】

一実施形態では、該基板を該ポリマースタンプから解放する該ステップは、依然として該基板上の該インプリント中間層に接触して配列されると共に、該ポリマースタンプを溶解する工程を含む。

【0011】

一実施形態では、該材料は、初期ガラス温度 T_g を有する架橋性熱可塑性ポリマーであり、ここで T_p は T_g より高い。

20

【0012】

一実施形態では、該材料は、ガラス温度 T_g を有するUV架橋性熱可塑性ポリマーであり、ここで温度 T_p は温度 T_g より高く、また該放射はUV放射である。

【0013】

一実施形態では、該材料は光化学的に増幅される。

【0014】

一実施形態では、本方法は、

該ポリマーホイルおよび基板を相互に平行に配列するステップの前に、該材料をスピコーティングすることによって該中間層を該基板上に適用するステップを備える。

【0015】

一実施形態では、該材料はUV硬化性プレポリマーであり、該放射はUV放射である。

30

【0016】

一実施形態では、本方法は、

ストップ部材と柔軟性膜の第1の側の間に挟持された該ポリマーホイルおよび該基板を配列するステップを備えており、該ポリマーホイルを該基板に押圧する該ステップは、該膜の第2の側にある媒体に加圧力を印加する工程を含む。

【0017】

一実施形態では、該媒体は気体を備える。

【0018】

一実施形態では、該媒体は空気を備える。

40

【0019】

一実施形態では、該媒体は液体を備える。

【0020】

一実施形態では、該媒体はゲルを備える。

【0021】

一実施形態では、本方法は、

該ポリマーホイルを介して該中間層に放射するステップであって、このポリマーホイルは、該材料を固化するために使用可能な放射の波長範囲に透過的であるステップと、

該ヒーターデバイスとの直接接触によって該基板を加熱するステップとを備える。

【0022】

50

一実施形態では、本方法は、
該膜を介して該中間層に放射するステップを備え、
この膜は、該材料を固化するために使用可能な放射の波長範囲に透過的である。

【0023】

一実施形態では、本方法は、該膜を介して、また該媒体のキャビティのバック壁を画定する該膜に対向する透過壁を介して該層に放射するステップを備え、このバック壁および膜は、該材料を固化するために使用可能な放射の波長範囲に透過的である。

【0024】

一実施形態では、該層を暴露する該ステップは、
100 ~ 500 nmの波長範囲内で放射源から放射する工程を備える。

10

【0025】

一実施形態では、本方法は、
0.5 ~ 10 μ sの範囲のパルス期間、および毎秒1 ~ 10パルスの範囲のパルスレートでパルス放射するステップを備える。

【0026】

一実施形態では、本方法は、
該層を放射に暴露する前に該表面層から空気混入物を抽出するために、該テンプレートと該基板間に真空を適用するステップを備える。

【0027】

一実施形態では、該温度 T_p は20 ~ 250 の範囲内である。

20

【0028】

一実施形態では、該一次インプリントステップはさらに、
該第1のポリマーホイルの該表面層を固化する工程であって、該第1のポリマーホイルは該ポリマースタンプであり、該表面層は該ポリマースタンプの該パターン化表面を画定する、工程を含む。

【0029】

一実施形態では、該一次インプリントステップはさらに、
該第1のポリマーホイルの該表面層を固化する工程と、
該第1のポリマーホイルの該反転パターンを第2のポリマーホイルの表面層に押圧して、該第2のポリマーホイルの該表面層に該テンプレート表面の該パターンのレプリカをインプリントする工程と、
該第2のポリマーホイルの該表面層を固化する工程で、該第2のポリマーホイルは該ポリマースタンプであって、この表面層は該ポリマースタンプの該パターン化表面を画定する、工程と
を含む。

30

【0030】

一実施形態では、該第1のポリマーホイルは熱可塑性ポリマーやコポリマー材料から作られている。

【0031】

一実施形態では、該第2のポリマーホイルは熱可塑性ポリマーやコポリマー材料から作られている。

40

【0032】

一実施形態では、該テンプレートは金属、石英、ポリマーまたはシリコンから作られている。

【0033】

一実施形態では、本方法は、温度 T_p を維持しつつ、
該圧力を解放するステップと、
該ターゲット表面上に該中間層を有する該基板を該ポリマースタンプから解放するステップと、
を備える。

50

【 0 0 3 4 】

該テンプレートの該パターンが複数の基板に移動される一実施形態では、本方法は、該二次インプリントステップの後に該ポリマースタンプを処分するステップと、該テンプレートを使用して該第 1 のインプリントステップの反復時に新たなポリマースタンプを作成するステップと、

該新たなポリマースタンプを使用して該第 2 のインプリントステップの反復時に新たな基板のターゲット表面をインプリントするステップと、
を備える。

【 0 0 3 5 】

一実施形態では、該第 1 のポリマーホイルはポリカーボネート、COC または PMMA から作られている。

【 0 0 3 6 】

一実施形態では、該一次インプリントステップは、
大きなポリマーホイルを提供する工程と、
該ポリマーホイルを、このガラス遷移温度より高い温度に加熱する工程と、
該構造テンプレート表面を該ポリマーホイルの表面に押圧する工程と、
該ポリマーホイルを冷却する工程と、
該パターン化ポリマーホイルを該テンプレートから分離する工程と、
を含む熱インプリントプロセスである。

【 0 0 3 7 】

一実施形態では、該一次インプリントステップは、
ポリマーホイルを提供する工程と、
放射感应性プレポリマー表面層を該ポリマーホイルの表面上に提供する工程と、
該構造テンプレート表面を該表面層に押圧する工程と、
該表面層を該ポリマーホイルを介する放射に暴露して該プレポリマーを硬化させる工程と、
該パターン化ポリマーホイルを該テンプレートから分離する工程と、
を含む放射支援インプリントプロセスである。

【 0 0 3 8 】

一実施形態では、該一次インプリントステップはさらに、
パターン化ポリマーホイルを該テンプレートから分離する前に、熱を提供して該表面層をポストバークする工程を含む。

【 0 0 3 9 】

一実施形態では、該一次インプリントステップは、
ポリマーホイルを提供する工程と、
放射感应性架橋性ポリマー表面層を該ポリマーホイルの表面上に提供する工程と、
該ポリマーホイルを該架橋性ポリマーのガラス遷移温度より高い温度に加熱して、該温度を維持しつつ、

該テンプレートを該表面層に押圧することと、
該表面層を架橋するために該表面層を放射に暴露することとを実行する工程と、
を含む放射支援インプリントプロセスである。

【 0 0 4 0 】

一実施形態では、該一次インプリントステップはさらに、
該温度を維持しつつ該表面層をポストバークするステップを含む。

【 0 0 4 1 】

一実施形態では、本方法はさらに、
該パターン化ポリマーホイルを該テンプレートから分離するステップを備える。

【 0 0 4 2 】

本発明の実施形態について、添付の図面を参照して詳細に後述する。

【 好ましい実施形態の詳細な説明 】

10

20

30

40

50

【0043】

本発明は、本文中で「2ステップインプリントプロセス」と称されるものに関する。この用語は、第1のステップにおいて、ナノメートルおよび/またはマイクロメートルサイズのパターン化表面を有するテンプレートの1つ以上のレプリカがインプリントプロセスによって1つ以上の柔軟性ポリマーホイルに形成されるプロセスとして理解される。インプリントポリマーホイルは第2のステップにおいてポリマースタンプとして使用されてもよい。代替的に、インプリントポリマーホイルは、第2のステップで引き続き使用される別のポリマーホイル上に別のインプリントを形成するためのスタンプとして使用される。このように、プロセスの第1のステップは、パターンがオリジナルテンプレートと反対のネガティブポリマーレプリカと、パターンがオリジナルテンプレートと同じ柔軟性ポジティブポリマーレプリカの両方を生成することがある。第2のステップにおいて、このように生成されたレプリカは、熱インプリント、UVインプリントまたはこの両方を用いて後に実行されるインプリントプロセスでオブジェクト表面にパターンを再生するための柔軟性ポリマースタンプとして使用可能である。

10

【0044】

ここで使用されている用語「ナノインプリントプロセス」や「インプリントプロセス」は、層を変形するためにポリマーやプレポリマーなどの成形層にスタンプを押圧することによって生成される、テンプレートまたはスタンプのナノおよび/またはマイクロ構造表面パターンの反転コピーを作成するためのプロセスのことを示している。層は、ベースや基板の上部で別個にコーティングされた膜であってもよく、この場合ベースおよび層は異なる材料からなってもよい。代替的に、層は単に単一の材料オブジェクトの一部であってもよく、この場合層は、オブジェクトの表面からオブジェクトのバルクに一定の深さで延びる部分として画定される。成形層は、インプリント（例えばホットエンボス加工）プロセス中にガラス遷移温度 T_g より高く加熱されてから、このガラス遷移温度未満に冷却されてもよく、かつ/またはポリマーはインプリントプロセス中、またはこの後に紫外線暴露によって硬化または架橋されてもよい。テンプレートおよびインプリント層のパターン化表面は、深さおよび幅の両方に関して、マイクロメートルまたはナノメートルの大きさの構造を有することがある。

20

【0045】

用語「柔軟性ポリマーホイル」は、放射への暴露後に架橋可能な熱可塑性ポリマー、熱硬化性ポリマーおよび/またはポリマーを備える、たいいていの場合柔軟性かつ延性の透過性ホイルのことをいう。ポリマーホイルの好ましい実施形態は、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート（PMMA）およびシクロオレフィンコポリマー（COC）を含んでいる。

30

【0046】

用語「複製精度」とは、スタンプ表面の反転トポグラフィが完全に再生されるスタンプ構造の反転コピーの作成のことを言う。

【0047】

本発明によると、2ステップインプリントプロセスが提供され、ここではこの2ステッププロセスの第1のステップにおいて、パターン化表面を有するテンプレートのレプリカがインプリントによって柔軟性ポリマーホイルに形成される。第2のステップにおいて、レプリカは、以降のインプリントプロセスを介してオブジェクト表面にパターンを再生するための柔軟性ポリマースタンプとして使用される。少なくとも第2のステップにおいて、放射支援インプリントは、熱膨張効果が最小化されるように、一定に制御された温度で実行される。

40

【0048】

このように、金属、石英、シリコンまたは他の略非柔軟性材料などの材料から作られている耐性がありかつ比較的非柔軟性のテンプレートが、このパターンを柔軟性ポリマーホイルにインプリントしてポリマースタンプを作成するために好都合に使用されてもよく、またポリマースタンプは次いで、基板のターゲット表面上の成形層にインプリントするた

50

めに好都合に使用されてもよい。本発明によって、比較的硬質かつ非柔軟性のテンプレートが、比較的軟質かつより柔軟性のポリマーホイルにインプリントして中間ポリマースタンプを作成するために使用され、この後、比較的柔軟性かつ軟性のポリマースタンプが、例えばシリコンであってもよい比較的硬質かつそれほど柔軟性でない基板上の成形層にインプリントするために使用される。金属およびシリコンあるいは石英およびシリコンなどの2つの実質的に硬質かつ非柔軟性の材料間のインプリントステップは従って都合よく回避されて、テンプレートの磨耗が少なく、かつ基板のダメージが少ないという結果をもたらす。

【0049】

さらに、架橋するために、あるいは放射感応性成形層を他の方法で固化するために使用可能な波長範囲に透過的である中間スタンプの基礎としてポリマーホイルを使用することによって、放射支援インプリントは選択的に、ポリマースタンプを作成する場合、およびポリマースタンプを使用して基板上にインプリントする場合の両方に使用されてもよいのに対して、テンプレートおよび基板の両方とも、使用可能な波長範囲の放射に透過的でない材料で提供されてもよい。

【0050】

テンプレートは生成が比較的高価な要素であり、述べられているように、一度ダメージを受けたテンプレートを修理またはリサイクルすることは一般的には不可能である。しかしながら、ポリマースタンプは、本発明に従った方法によって比較的安価な材料から容易に製造され、また好ましくは、2、3回あるいはただ1回の使用後に処分される。ポリマースタンプは基板から離型つまり解放されてから処分されてもよく、あるいは、基板や基板のターゲット表面上の固化成形層ではなく、ポリマースタンプを溶解するように選択された適切な液体溶液のバスにおける基板のターゲット表面に依然として取り付けられている場合には溶解されてもよい。

【0051】

作成されたポリマースタンプは、基板のターゲット表面にインプリントするための二次テンプレートとして使用され、かつ基板は概してポリマー材料ではないため、ポリマースタンプおよび基板の熱膨張係数は通常異なる。このようなシナリオから生じる上記欠陥を克服するために、少なくとも、ポリマースタンプが基板上の成形層に押圧される二次インプリントステップは、結合放射/加熱支援インプリントプロセスに従って実行される。このプロセスによると、放射感応性材料が基板上の成形層として使用され、ポリマースタンプおよび基板を一緒に押圧して、成形層を放射によってフラッキングして、層をポストベークするステップと、好ましくは、圧力を解放してポリマースタンプを基板から離型するステップも、温度コントロールデバイスによって維持された一定の高温で実行される。温度コントロールデバイスは通常、ヒーターデバイスと、熱供給のバランスをとり、所定の温度を取得および維持するためのコントロール回路と、場合によっては冷却デバイスも含んでいる。

【0052】

2ステッププロセスの第1つまり一次ステップについて、次に図面の図1のa~fを参照して説明する。2つの異なる実施形態に従った一次ステップのプロセスは図1に概略的に図示されている。図1のa~fのプロセスは、熱インプリントを使用する中間ポリマースタンプの作成を図示している。しかしながら、以下概説されるように、ポリマースタンプを作成するための可能な技術は他にもある。

【0053】

図1のaは、シリコン、ニッケル、またはアルミニウムなどの他の金属、石英あるいはポリマー材料から作られているテンプレート1を表示している。テンプレート1は、マイクロメートルまたはナノメートル程度の高さおよび幅を有する、リブ、溝、突起または凹部を備えるパターン化表面2を有する。テンプレート1は、例えば放射への暴露によって架橋可能な、例えば熱可塑性ポリマー、熱硬化性ポリマーおよび/またはポリマーから作られている柔軟性ポリマーホイル3の表面4に面し、かつこれに接触している表面2によ

10

20

30

40

50

って配置される。適切なポリマーホイル材料のより具体的な例は、ポリカーボネート、COCおよびPMMAを含んでいる。好ましい実施形態では、テンプレート表面2およびポリマーホイル3の表面4は、テンプレート表面2および/またはポリマーホイル表面4に提供された接着防止層の材料組成や特徴による相互への接着防止特性を示す。

【0054】

図1のbに図示されたような適切なインプリントプロセスによって、テンプレート表面2のパターンの反転が、柔軟性ポリマーホイル3の表面4の表面層に形成される。テンプレート表面2がポリマーホイル3の表面4と接触して配置された後、ポリマーホイルは、ホイルの表面層で使用されているポリマーのガラス温度 T_g より高い温度に加熱される。ポリマーホイルは大きい、つまりポリマーホイル全体を通して多少同じ組成を有する場合もあり、あるいは実際のポリマーホイルのベース組成を有する場合もあり、別の組成の表面4に適用された表面層はインプリントに適合されている。表面層がこのガラス遷移温度に達すると、表面2のパターンがポリマーホイル3の表面4の表面層にインプリントされるように、圧力が印加されてテンプレート1およびポリマーホイル3を一緒に押圧する。押圧は、本発明に従ったプロセスの二次ステップを参照して詳細に後述されるように、膜によって供給される液体または気体圧力を使用するソフトプレス技術によって達成されてもよい。代替的に、より従来的なハードプレス技術が使用されてもよい。一次ステップで作成されたポリマースタンプは最終製品ではないため、二次ステップと同様に、平行性は一次ステップの重要要素ではない。

【0055】

上記のように、図示されている実施形態は熱インプリントを利用し、また、表面層を軟化させるために、圧力が印加される前にポリマーホイル3が加熱される。上記熱的一次ステップに従った具体例が以下に記される。代替的方法是は代替的または付加的に、ポリマーホイルの選択部分を放射に暴露することを含んでいる。ポリマーホイルの材料もまた放射への暴露によって架橋される場合、テンプレート1の材料またはポリマーホイル3の材料のいずれかが適用される放射に対して透過的でなければならない。代替実施形態は、ポリマーホイル3の表面4の表面層の熱的またはUV硬化性プレポリマー組成を含んでいる。このような実施形態では、ガラス遷移温度より高く加熱する必要はない。

【0056】

UV-NILプロセスの一例において、UV硬化性プレポリマーがテンプレート1の表面2の適切な位置に分布され、また後に、図1のホイル3に対応するポリカーボネートまたはPMMAシートによってカバーされる。このシートは後に、第2のインプリントプロセスのUV透過基板として作用する。UV放射に対してかなり透過的であるキャリアベースがシートによって提供されることによって、プレポリマー層によって提供される実際の表面層の厚さは、わずかに数ナノメートルの最小レベルに維持可能である。これはとりわけ、Toyo Gosei, JapanのPAK01などの、硬化後にUV吸収特性を失わないプレポリマー材料が使用される場合に有用である。別の使用可能なUV硬化性プレポリマーは、Asahi Glass Corporation, JapanのNIF-1であるが、他のUV硬化性プレポリマーも同程度あるいはより良好に機能することもある。良好なUVポリマーは、二次インプリント段階でUV透過性を増大させるために、硬化後にこのUV吸収特性を失う。しかしながら、プレポリマーおよびポリマーシートの組み合わせは、プレポリマーによるシートの化学的溶解を回避するが、これらの良好な接着を保証する程度に良好な相互作用を有するように注意して選択されるべきである。基板ホイルが、空気泡を含んで分布されたプレポリマー液滴の上部に配置された後、UV透過性ポリマー膜はポリマーシートの上に配置される。この膜は次いで、気体または液体圧力によって提供される1~20barに及ぶ比較的低い圧力によって対向する側で加圧され、適切な用量のUV放射はポリマーシートおよびポリマー膜を介してプレポリマーを暴露および硬化させることによって、プレポリマーを硬化させて、これをポリマーホイルに接着させることができる。圧力が解放されてから、インプリント膜を除去して、このように作成されたポリマースタンプをテンプレートから離型する。

10

20

30

40

50

【0057】

熱NILプロセスにおいて、マスターは、Ticona, USAのTopasや、Zeon Corp., JapanのZeonorなどの適切なポリマーシートによってカバーされている。ポリマーシートの上部へのインプリント膜の配置後、真空によって挟持が吸引されて、加熱される。インプリント温度に達すると、膜は20~80barに加圧される。ポリマー膜へのパターン移動後、挟持がガラス遷移温度未満に冷却されてから、インプリント膜が除去されて、マスターからIPSスタンプが離型される。良好な熱可塑性シートは、インプリント温度および解放温度に関する狭いプロセスウィンドウ、ならびに、以降のプロセスでモールドとして作用するように生成されたナノメートル構造の高い機械的強度を有する必要がある。高度のUV放射透過性は極めて有用である。

10

【0058】

結合熱/放射の例において、テンプレートパターンが移動される図1のホイル3に対応するポリマーホイルはUV透過性である必要がある。UV架橋性ポリマー、例えばMicroChem, USAのSU8などのネガティブフォトレジストはポリマーホイル上にスピニングされる。テンプレート1およびコーティングポリマーホイルと一緒にされて、ポリマーホイル上にインプリント膜によってカバーされる。インプリント温度への加熱後、後者は、インプリントプロセスの残りの間ずっと一定に保持されて、熱膨張効果を排除する。挟持は次に加圧されて、通常の流れ時間、例えば30秒後に、ポリマーはUV放射によって架橋されてから、例えば30秒の暴露後ベークが続く。冷却は必要なく、圧力が解放されてからすぐに、インプリント膜の除去および離型が続くことが可能である。また、良好なネガティブフォトレジストは暴露後にこのUV吸収特性を失う。

20

【0059】

使用されている具体的なプロセス、つまり一定温度での熱的、UVまたは結合熱/UVプロセスに応じて、選択された材料およびこの特性に応じて実行されたインプリントプロセスの後、テンプレート1およびインプリントポリマーホイル3はポリマーホイルの冷却後、または冷却なしで分離可能である。テンプレート1のポリマー表面4からの解放後、オリジナルテンプレート1のパターンと反対の、つまりこれにネガティブなパターンを表面4に有するものとして図1のcに表示されている、レプリカとも呼ばれるインプリントポリマーホイル3が柔軟性ポリマースタンプ5として使用可能である。

【0060】

本発明によると、ポリマースタンプ5は表面4のパターンを目標基板に移動するための二次ステップで使用されるか、あるいは上記の類似プロセスにおいて、図1のd~fに従って第2の反転レプリカ9を別の柔軟性ポリマーホイル6に生成するために追加一次ステップで使用される。追加一次ステップを用いることの目的は、目標基板に作成される最終パターンがテンプレート表面パターンの反転であることを保証することである。このような実施形態では、ポリマーからなり、かつこのガラス遷移温度およびインプリント温度が柔軟性ポリマースタンプ5未満であるポリマーホイル6が使用される。さらに、ポリマーホイル6および柔軟性ポリマースタンプ5の係合表面4および7は互いに対する接着防止特性を示す。接着防止特性は、使用されているポリマーホイルの化学的性質ゆえに最初から存在することもあり、および/またはポリマー表面の一方または両方への、適切な剥離剤を備える接着防止層の堆積によって具現化されてもよい。付加的に、ポリマーホイル6が放射への暴露後に架橋される場合、ポリマーホイル5および6のうちの少なくとも1つは適用された放射に対して透過的でなければならず、あるいは代替的に、ホイル6の表面層、または大きい場合にはホイル6全体の架橋を可能にするのに十分な放射を透過させなければならない。

30

40

【0061】

パターンに対する新たなポリマースタンプ8の作成は、第1のポリマースタンプ5から反転されることによって、実質的にテンプレート1と同一であり、これは、このパターン化表面4が第2のポリマーホイル6の表面7に面しており、かつこれと接触しているポリマースタンプ5を配置するステップを含んでいる。前述同様に、第2のポリマーホイル6

50

は大きい場合もあり、あるいは、表面層が表面7で適用されるキャリアシートを有する場合もある。ホイル6の表面層の表面4のパターンをインプリントできるようにするために、ホイル6は、熱インプリントプロセスが使用される場合には、表面層のガラス遷移温度より高く加熱される。図1のeに示されているように、次いで圧力が印加されて、第1のポリマースタンプ5をポリマーホイル6の表面層に押圧する。インプリント実行後、柔軟性ポリマースタンプ5は機械的に、つまりほぼポリマーホイル9の冷却の後にポリマーホイル6から除去可能であり、あるいは代替的に、スタンプ5全体、またはこの一部が、適切なプロセスにおける1つ以上の適切な溶媒によって化学的に溶解可能である。この結果は、表面7がオリジナルテンプレート1のパターンに対応するパターンを有している新たなポリマースタンプ8である。

10

【0062】

それぞれオリジナルテンプレート1の表面パターンに対して反対または同一の表面パターンを有するこのように生成されたレプリカ5または8は、図1のg~iでそれぞれ左側および右側に概略的に図示されているように、本発明に従った二次インプリントステップにおいて柔軟性ポリマータンプレートとして使用されることになる。ここで、柔軟性ポリマースタンプ5または8のうちの一方の表面4または7は、放射感受性材料、例えば放射への暴露によって架橋可能なプレポリマーやポリマーの薄い成形表面層14によってカバーされているターゲット表面17を有する基板13を備えるオブジェクト12の表面16と接触して配置される。柔軟性ポリマースタンプ5または8の表面4または7は、表面の材料組成によって、成形層14の表面16に対する接着防止特性を示す。柔軟性ポリマータンプレート5または8のうちの一方とオブジェクト12と一緒に力を加える圧力印加と、ポリマー膜14の選択部分の放射暴露適用とによって、ポリマースタンプ表面のパターンの反転は、図1のhに示されているように成形層14に形成される。柔軟性ポリマースタンプ5または8は放射適用に対して透過的であり、あるいは、放射暴露時に表面層14の材料を硬化または架橋するために必要な相当量の放射を透過させるために、低い吸収度を示す。図1のhに示されているようにインプリントおよびポストベークの実行後、柔軟性ポリマースタンプ5または8は機械的に基板13から除去可能であり、あるいは代替的にポリマースタンプ5または8全体、またはこの一部が、適切なプロセスにおける1つ以上の適切な溶媒によって化学的に溶解可能である。

20

【0063】

図1のiは、柔軟性ポリマースタンプ5または8の解放後に得られるインプリントオブジェクト12を示している。移動されたパターンを基板に恒久的に固定するために、残りの膜14の最も薄い部分を除去して基板のターゲット表面17を暴露してから、ターゲット表面をエッチングするか、これを別の材料でめっき加工するためのさらなる処理ステップが通常用いられる。しかし、このさらなる処理の実際の詳細は、本発明の理解にはそれほど重要ではない。

30

【0064】

図1は、本発明に従ったプロセスの比較的簡単な表記である。破線で描かれている一次ステップは、大きなポリマーホイルにおける直接の熱インプリント、ポリマーホイル上のプレポリマー表面層を使用するUV支援インプリント、あるいは、ポリマーホイル上のUV架橋性ポリマー表面層を使用する高温制御での同時UV放射を使用して実行されてもよい。熱インプリントがステップ1a)~1c)で使用される場合、通常、例えばニッケルであってもよいテンプレート1とポリマーホイル3の熱膨張の差がある。しかしながら、さらにパターン構造の高さより実質的に大きな厚さを有するポリマーホイル3の弾力性および柔軟性は、ホイル表面4上のパターン部材にダメージを与えずに、ポリマーホイルがテンプレート1に強いられる熱膨張によって伸縮させられることを保証する。ポリマーホイルの厚さは通常50~500μmの範囲であるのに対して、パターン構造の高さおよび深さは、以下の実施例によって示されるように、5nm~20μmの範囲である。しかし、他のサイズも可能である。

40

【0065】

50

しかしながら、図1の破線で以下に示される第2のステップは好ましくは熱および放射の組み合わせを使用して実行される。この理由は、インプリントが基板に実行される場合、基板のターゲット表面の残り、つまり残渣表面層は概して数ナノメートル程度に極めて薄いのである。異なる熱膨張を有するスタンプおよびポリマーの挟持された1対を加熱および冷却することは従ってしばしば微細構造に対して破壊的であり、これらは完全に取り除かれる傾向がある。しかしながら、押圧、放射およびポストバークというステップがすべて一定に制御された温度で実行される本発明に従ったプロセスによって、熱膨張効果は排除される。

【0066】

図5~7は、本発明の実施形態の二次ステップにおいて、実際のパターン移動ステップやインプリントステップの基本的プロセスステップを概略的に示している。これらの図面は図1のg~hの左側の実施例または右側の実施例のいずれかに対応しているが、詳細には述べない。

【0067】

図5において、ポリマースタンプ10が図示されており、これは結果的に図1のポリマースタンプ5または8のいずれかに対応してもよい。ポリマースタンプ10は、移動される所定のパターンを有する表面4または7に対応する構造表面11を有しており、ここで3次元突起および凹部が、1nm~数μmの範囲内の高さおよび幅の部材サイズで形成されており、潜在的にはより小さくても大きくてもよい。ポリマースタンプ10の厚さは通常10~1000μmである。基板12はポリマースタンプ表面11に略平行に配列されているターゲット表面17を有しており、図5に示されている初期段階で表面間に中間間隔がある。基板12は基板ベース13を備えており、これにポリマースタンプ表面11のパターンが移動される。図示されていないが、基板はまた基板ベース13の下方にサポート層を含むことがある。ポリマースタンプ10のパターンがポリマー材料のインプリントを直接介して基板12に移動されるプロセスにおいて、上記材料は表面層14として直接基板のターゲット表面17に適用されてもよい。破線で示された代替実施形態では、例えば第2のポリマー材料から作られている移動層15もまた用いられる。このような移動層の例、およびこれらがインプリントパターンを基板ベース13に移動する後続プロセスで使用される様子は、米国特許第6,334,960号に説明されている。移動層15を含む実施形態では、ターゲット表面17は移動層15の上部または外部表面を示しており、これは基板ベース表面18上に配置されている。

【0068】

基板12はヒーターデバイス20上に位置決めされる。ヒーターデバイス20は好ましくは、金属、例えばアルミニウムから作られているヒーター本体21を備える。ヒーター要素22は、熱エネルギーをヒーター本体21に移動するために、ヒーター本体21に接続されるか、これに含まれている。一実施形態では、ヒーター要素22は、ヒーター本体21のソケットに挿入されている電気浸漬ヒーターである。別の実施形態では、電気加熱コイルがヒーター本体21内部に提供されるか、ヒーター本体21の下部表面に取り付けられる。さらに別の実施形態では、加熱要素22は、加熱流体を上記チャンネルを通過させるための、ヒーター本体21に形成されたチャンネルである。ヒーター要素22はさらに、外部エネルギー源(図示せず)に接続するためのコネクタ23を具備している。電気加熱の場合、コネクタ23は好ましくは、電流源に接続するためのガルバニックコンタクトである。加熱流体を通過させるためのチャンネルが形成されている実施形態について、上記コネクタ23は好ましくは、加熱流体源に取り付けるための導管である。加熱流体は例えば水または油であってもよい。さらに別のオプションは、ヒーター本体21に赤外線を照射するために考案されたIR放射ヒーターをヒーター要素22として用いることである。さらに、ヒーター要素22を選択温度に加熱して、この温度を一定の許容温度以内に維持する手段を備える温度コントローラがヒーターデバイス20(図示せず)に含まれている。異なるタイプの温度コントローラが当分野では既知であり、従ってここではさらに詳細に論じることはしない。

10

20

30

40

50

【0069】

ヒーター本体21は好ましくは、アルミニウム、ステンレス鋼または他の金属などの1片の鑄造金属である。さらに、一定の質量および厚さの本体21は好ましくは、ヒーターデバイス20の上部での均一な熱分布が達成されるように使用され、この上部側は、熱を本体21から基板12を介して移動して層14を加熱するために基板12に接続されている。2.5"基板をインプリントするために使用されるインプリントプロセスについて、少なくとも1cm、好ましくは少なくとも2~3cmの厚さを有する、少なくとも2.5"直径、好ましくは3"以上のヒーター本体21が使用される。6"基板をインプリントするのに使用されるインプリントプロセスについては、少なくとも2cm、好ましくは少なくとも3~4cmの厚さを有する、少なくとも6"直径、好ましくは7"以上のヒーター本体21が使用される。ヒーターデバイス20は好ましくは、最大200~300の温度にヒーター本体21を加熱することができるが、ほとんどのプロセスにはより低い温度で十分である。

10

【0070】

層14の冷却制御を提供するために、ヒーターデバイス20はさらに、ヒーター本体21からの熱エネルギーを移動するために、ヒーター本体21に接続されるか、これに含まれている冷却要素24を具備してもよい。好ましい実施形態では、冷却要素24は、冷却流体を上記1つまたは複数のチャネルを通過させるために、ヒーター本体21に形成された1つまたは複数のチャネルを備える。冷却要素24はさらに、外部冷却源(図示せず)に接続するためのコネクタ25を具備している。好ましくは、上記コネクタ25は、冷却流体源に取り付けるための導管である。上記冷却流体は好ましくは水であるが、代替的に油、例えば絶縁油であってもよい。

20

【0071】

本発明の好ましい実施形態は、層14に放射架橋性熱可塑性ポリマー溶液材料を利用しており、これは好ましくはスピンコーティング可能である。これらのポリマー溶液はまた光化学増幅されてもよい。このような材料の一例は、Micro Resist Technologyのmr-L6000.1XPであり、これはUV架橋性である。このような放射架橋性材料の他の例には、Shipley ma-N1400、SC100およびMicroChem SU-8等のネガティブフォトリソ材料がある。スピンコーティング可能な材料は、表面全体の完全かつ正確なコーティングを可能にするため、好都合である。

30

【0072】

別の実施形態は、層14に対して液体または流動性の高いプレポリマー材料を利用し、これは放射によって重合化可能である。層14の入手可能かつ使用可能な重合性材料の例は、ZEN Photonics, 104-11 Moonji-Dong, Yuseong-Gu, Daejeon 305-308, South KoreaのNIP-K17、NIP-K22およびNIP-K28を備える。NIP-K17はアクリレートという主成分を有しており、また25で約9.63cpsの粘度を有している。NIP-K22もまたアクリレートという主成分を有しており、25で約5.85cpsの粘度を有している。これらの物質は、12mW/cm²より高い紫外線に2分間暴露して硬化するように考案された。層14の入手可能かつ使用可能な重合性材料の別の例は、Micro Resist Technology GmbH, Koepenicker Strasse 325, Haus 211, D-12555 Berlin, GermanyのOrmocoreである。この物質は、1~3%の光重合性開始剤を有する、不飽和の無機・有機ハイブリッドポリマーの組成を有する。25で3~8mPasの粘度はかなり高く、またこの流体は、波長365nmで500mJ/cm²の放射暴露下で硬化されることがある。他の使用可能な材料は米国特許第6,334,960号に記されている。

40

【0073】

例えばポリマー溶液材料の架橋やプレポリマーの硬化によって、放射、特にUV放射に暴露される場合に成形可能であり、かつ固化する性能を有していることは、すべてのこれ

50

らの材料、および本発明を実行するのに使用可能な材料に共通である。

【0074】

基板表面に堆積される場合の層14の厚さは通常、適用エリアに応じて10nm~10μmである。硬化性または架橋性材料は、好ましくはスピンコーティングによって、あるいは場合によってはローラーコーティングやディップコーティングなどによって、好ましくは基板12上に液体状で適用される。従来技術のステップおよびフラッシュ方法と比較した本発明による利点は、架橋性ポリマー材料を使用する場合には通常、ポリマー材料は表面全体にスピンコーティングされてもよいことであり、これは、優れた層の均一性を提供する好都合かつ高速なプロセスである。上述されたような架橋性材料は普通、通常の室温では固体であるため、高温でプレコーティングされている基板が便宜的に使用されることがある。他方、ステップおよびフラッシュ方法は、この方法は単一ステップで大きな表面を扱うことができないため、表面部分の反復に反復分布を使用しなければならない。これは、ステップおよびフラッシュプロセスと、このようなプロセスを実行するためのマシンの両方を複雑であり、サイクル時間がかかりかつコントロールが困難なものとする。

10

【0075】

本発明によると、インプリント、放射によるインプリント層材料の固化および材料のポストバークというプロセスステップは一定温度で実行される。

【0076】

図5の矢印は、ポリマースタンプ表面11が成形材料層14の表面16に押圧されることを示している。このステップにおいて、ヒーターデバイス20は好ましくは、層14の材料の適切な流動性を取得するために、層14の温度をコントロールするのに使用される。層14の架橋性材料について、ヒーターデバイス20は従って、層14の材料のガラス温度 T_g を超える温度 T_p に層14を加熱するようにコントロールされる。この点について、 T_p はプロセス温度またはインプリント温度を表しており、これがインプリント、暴露およびポストバークというプロセスステップに共通の温度レベルであることを示している。一定温度 T_p のレベルは当然、層14について選択される材料タイプに左右されるが、これは架橋性材料の場合にはガラス遷移温度 T_g を超えなければならないためである。放射硬化材料をポストバークするのに適していなければならないためである。放射架橋性材料について、 T_p は通常20~250、あるいはしばしば50~250に及ぶ。mrl6000.1XPの例について、インプリント、暴露およびポストバークの全体を通して100~120の一定温度で良好なテストが実行されてきた。放射硬化性プレポリマーを使用する実施形態について、このような材料は通常室温では液体または流動性が高いものであるため、インプリントに十分な程度軟性になるためにほとんどまたは全く加熱を必要としない。しかしながら、これらの材料もまた、ポリマースタンプからの分離前に、暴露後の完全な硬化のためにポストバークを完了させなければならない。プロセス温度 T_p は従って、図5のステップで開始するインプリントステップにおいてすでに適切なポストバーク温度レベルに設定される。

20

30

【0077】

図6は、ポリマースタンプ表面11の構造が材料層14にインプリントを作った様子を図示しており、これは流体または少なくとも軟性形態であり、この場合流体は、ポリマースタンプ表面11の凹部を充填するのを強いられている。図示されている実施形態では、ポリマースタンプ表面11の最も高い突起は、基板表面17に至るまでには貫通しない。これは、基板表面17、特にポリマースタンプ表面11をダメージから保護するために有用である場合がある。しかしながら、移動層を含むなどの代替実施形態では、インプリントは移動層表面17に至るまで実行される場合がある。図5~7に図示されている実施形態では、ポリマースタンプは、所定の波長または波長範囲の放射19に透過的な材料から作られ、これは選択された成形材料を固化するために使用可能である。このような材料は例えばポリカーボネート、COCまたはPMAAであってもよい。上記のように放射を使用して作成されたポリマースタンプについて、パターンが形成されている放射感応性表面層の残りの層も好ましくはUV放射に対して透過性であり、あるいは代替的に、非常に薄

40

50

いため、UV吸収は相当量の放射を通過させるのに十分低い。放射19は通常、ポリマースタンプ10が層14に押圧された場合に適用され、ポリマースタンプ10と基板12は適切に整列している。この放射19に暴露される場合、ポリマースタンプ10によって判断される形状をとる固体本体14'に固化するために、成形材料の固化が開始される。層14を放射に暴露するステップ時に、ヒーター20は温度コントローラによってコントロールされて、層14の温度を温度 T_p に維持する。

【0078】

放射暴露後、層14'の材料を完全に硬化させるためにポストバークステップが実行される。このステップにおいて、ヒーターデバイス20は、ポリマースタンプ10および基板12の分離前に層14'を硬化本体にバークするために、熱を層14'に提供するのに使用される。さらに、上記温度 T_p を維持することによってポストバークが実行される。このように、ポリマースタンプ10および材料層14、14'は、放射暴露による材料14の固化の開始から最終ポストバークまで、また場合によってはポリマースタンプ10および基板12の分離を介して同じ温度を維持することになる。このように、基板およびポリマースタンプに使用される材料のうちのいずれかの熱膨張差による精度規制は排除される。

【0079】

ポリマースタンプ10は、例えば、図7に図示されているように、剥離および引き抜きプロセスによって除去される。形成および固化されたポリマー層14'は基板12上に残っている。基板およびこの層14'をさらに処理するための種々の異なる方法はここでは詳細に扱わないが、これは、本発明はこのようなさらなる処理には関連しておらず、またこのようなさらなる処理が達成される様子に左右されないからである。一般的に、ポリマースタンプ10のパターンを基板ベース13に移動するためのさらなる処理は例えば、リフトオフステップが続くエッチングやメッキ加工を含むことがある。

【0080】

図8は、本発明に従った方法の実施形態を実行するのにも使用可能な、本発明に従った装置の好ましい実施形態を概略的に図示している。この図面は異なる部材を明確にするために純粋に概略的である点に注目すべきである。とりわけ、異なる部材の寸法は共通の縮尺ではない。装置は、本発明の二次ステップを実行するために特に有用であるが、一次ステップを実行するためにも等しく使用されてもよい。

【0081】

装置100は第1のメイン部分101および第2のメイン部分102を備えている。図示されている好ましい実施形態では、これらのメイン部分は、第1のメイン部分101が第2のメイン部分の上部に配列されており、上記メイン部分間に調整可能な間隔103がある。図5~7に図示されているようなプロセスによって表面インプリントを作成する場合、テンプレートおよび基板が、通常X-Y平面と称される横方向に適切に整列されることが極めて重要な場合がある。インプリントが基板の既存のパターンの上部またはこれに隣接して作られる場合に、このことはとりわけ重要である。しかしながら、整列に関する具体的問題、およびこれらを克服するための様々な方法についてはここでは取り扱わないが、必要な場合には、当然本発明と組み合わせられてもよい。

【0082】

第1の上部メイン部分101は下向き表面104を有しており、第2の下部メイン部分102は上向き表面105を有している。上向き表面105は、実質的に平坦な部分であるか、これを有しており、またこれは、図9および10と関連してより完全に説明されるように、インプリントプロセスで使用されるテンプレートや基板のサポート構造として作用するプレート106上に配置されるか、この一部を形成する。ヒーター本体21はプレート106と接触して配置されるか、プレート106の一部を形成する。ヒーター本体21は、図5~7に示されているように、ヒーターデバイス20の一部を形成しており、また加熱要素22、および好ましくは冷却要素24も含んでいる。加熱要素22はコネクタ23を介してエネルギー源26、例えば電流コントロール手段を有する電源に接続されて

10

20

30

40

50

いる。さらに、冷却要素 24 はコネクタ 25 を介して冷却源 27、例えば、冷却流体の流れおよび温度をコントロールするコントロール手段を有する冷却流体リザーバ/ポンプに接続される。

【0083】

間隔 103 を調整する手段は、図示されている実施形態では、外側端部でプレート 106 に取り付けられているピストン部材 107 によって提供される。ピストン部材 107 はシリンダー部材 108 に変位可能にリンクされており、これは好ましくは第 1 のメイン部分 101 に対して固定的に保持されている。図面の矢印で示されるように、間隔 103 を調整する手段は、実質的に平坦な表面 105 に実質的に直交する動きによって、つまり Z 方向に第 1 のメイン部分 101 に近接して、またはこれから離れて第 2 のメイン部分 102 を変位させるように考案されている。変位は手動で達成可能であるが、好ましくは、油圧配列または空気圧配列のいずれかを用いることによって支援される。図示されている実施形態は、例えば固定ピストン部材を中心とするシリンダー部材にプレート 106 を取り付けることによって、この点に関して多数の方法で変更されてもよい。第 2 のメイン部分 102 の変位は主に、テンプレートおよび基板を有する装置 100 をロードおよびアンロードするために、また初期動作位置に装置を配列するために用いられる点にさらに注目すべきである。第 2 のメイン部分 102 の動きはしかしながら、好ましくは、後述されるように、図示されている実施形態のような実際のインプリントプロセスには含まれていない。

【0084】

第 1 のメイン部分 101 は、表面 104 を囲む周辺シール部材 108 を備えている。好ましくは、シール部材 108 は O - リングなどのエンドレスシールであるが、代替的に、連続シール 108 を形成する複数の相互接続シール部材からなってもよい。シール部材 108 は表面 104 の外側に向かって凹部 109 に配置され、好ましくは上記凹部から取り外し可能である。装置はさらに、図示された実施形態では、表面 104 の後方の第 1 のメイン部分 101 に配置された放射源 110 を備えている。放射源 110 は放射源ドライバ 111 に接続可能であり、これは好ましくは電源（図示せず）を備えているか、これに接続されている。放射源ドライバ 111 は装置 100 に含まれてもよく、あるいは外部の接続可能な部材であってもよい。放射源 110 に隣接して配置されている表面 104 の表面部分 112 は、放射源 110 の所定の波長または波長範囲の放射に透過的である材料で形成される。このように、放射源 110 からの放射は、上記表面部分 112 を介して、第 1 のメイン部分 101 と第 2 のメイン部分 102 間の間隔 103 へ透過される。ウィンドウとして作用する表面部分 112 は、入手可能な溶融石英、石英またはサファイアで形成されてもよい。

【0085】

本発明に従った装置 100 の一実施形態はさらに、基板およびスタンプ（図示せず）を一緒に固定する機械的クランプ手段を備える。これはとりわけ、パターン移動前に基板およびスタンプを整列させるための外部整列システムを有する実施形態で好ましく、この場合、スタンプおよび基板を備える整列スタックはインプリント装置に移動されなければならない。

【0086】

動作に際して、装置 100 はさらに柔軟性膜 113 を具備しており、これは実質的に平坦であり、シール部材 108 に係合している。好ましい実施形態では、シール部材 113 はシール部材 108 とは別個の部材であり、また、後述のように、プレート 106 の表面 105 からカウンター圧力を印加することによってシール部材 108 と係合される。しかしながら、代替実施形態では、膜 113 は、例えばセメントによって、あるいはシール部材 108 の一体的部分であることによってシール部材 108 に取り付けられる。さらに、このような代替実施形態では、膜 113 はメイン部分 101 にしっかりと取り付けられてもよいのに対して、シール 108 は膜 113 の外側に配置されている。図示されているような実施形態について、膜 113 もまた、放射源 110 の一定の波長または波長範囲の放

10

20

30

40

50

射に対して透過的な材料で形成される。このように、放射源 110 からの放射は上記キャビティ 115 とこの境界壁 104 および 113 とを介して間隔 103 に透過される。図 7 ~ 9 の実施形態について、膜 113 に使用可能な材料の例は、ポリカーボネート、ポリプロピレン、ポリエチレン、PDMS および PEEK を含む。膜 113 の厚さは通常 10 ~ 500 μm であってもよい。

【0087】

装置 100 はさらに、UV 放射によって層を硬化する前にスタック挟持の成形層から空気混入物を抽出するために、スタンプと基板間に真空を適用する手段を好ましくは備えている。これは、導管 118 によって表面 105 と膜 113 の空間に連通して接続されている真空ポンプ 117 によって、図 8 に例証されている。

10

【0088】

導管 114 は、流体媒体、気体、液体またはゲルのいずれかを表面 104、シール部材 108 および膜 113 によって画定された空間に通過させるために第 1 のメイン部分 101 に形成され、この空間は上記流体媒体用キャビティ 115 として作用する。導管 114 は、ポンプなどの圧力源 116 に接続可能であり、これは装置 100 の外部にあっても、この内蔵部分であってもよい。圧力源 116 は、調整可能な圧力、とりわけ過圧力を、上記キャビティ 115 に含有されている流体媒体に印加するように考案されている。図示されているような実施形態は、ガス性圧力媒体との併用に適している。好ましくは、上記媒体は、空気、窒素およびアルゴンを含有する群より選択される。そうではなく液体媒体が使用される場合、シール部材 108 に膜を取り付けることが好ましい。このような液体は油圧オイルであってもよい。別の選択肢は、上記媒体にゲルを使用することである。

20

【0089】

図 9 は、リソグラフィプロセスのために基板 12 およびポリマースタンプ 10 がロードされる場合の図 8 の装置実施形態を図示している。この図面をより理解するために、図 5 ~ 7 も参照する。第 2 のメイン部分 102 は、間隔 103 を開けるために、第 1 のメイン部分 101 から下方に変位されている。図 8 に図示された実施形態は、基板 12 の上部に透過性ポリマースタンプ 10 をロードしている装置を示している。基板 12 はこの裏面を、第 2 のメイン部分 120 上またはこの中に配置されているヒーター本体 21 の表面 105 に配置している。従って、基板 12 は、上向きの、重合性材料、例えば UV 架橋性ポリマー溶液の層 14 を具備するターゲット表面 17 を有している。簡潔にするために、図 5 ~ 7 に見られるように、ヒーターデバイス 20 のすべての部材は図 9 に示されていない。ポリマースタンプ 10 は基板 12 上に、またはこれに隣接して配置され、構造表面 11 は基板 12 に向いている。ポリマースタンプ 10 を基板 12 に整列させる手段が提供されてもよいが、この概略図には図示されていない。膜 113 が次いでポリマースタンプ 10 の上部に配置される。膜 113 が第 1 のメイン部分に取り付けられている実施形態について、膜 113 をポリマースタンプ上に実際に配置するステップは当然省略される。図 9 において、ポリマースタンプ 10、基板 12 および膜 113 が、明確にするために完全に分離して示されているのに対して、実際の状態では、これらは表面 105 上に積層される。

30

【0090】

図 10 は、装置 100 の動作位置を図示している。第 2 のメイン部分 102 は、膜 113 がシール部材 108 と表面 105 間に固定されている位置に上昇させられている。実際、ポリマースタンプ 10 および基板 12 の両方は極めて薄く、一般的にわずか 1 ミリメートルにも満たず、図示されているような膜 113 の実際の屈曲は最小である。依然として、表面 105 は場合によっては、ポリマースタンプ 10 および基板 12 の結合厚さを補償するために、膜 113 を介してシール部材 108 に接触するポイントを上昇周辺位置として考案されてもよい。

40

【0091】

メイン部分 101 および 102 が係合されて膜 113 を固定すると、キャビティ 115 が密封される。真空ポンプ 117 からの吸引によって真空が適用され、基板 12 の表面層から空気混入を抽出する。圧力源 116 は次いで、キャビティ 115 の流体媒体に過圧力

50

を印加するように考案され、これは気体、液体またはゲルであってもよい。キャビティ 115 の圧力は膜 113 によってポリマースタンプ 10 に移動されて、これは、層 14 のポリマースタンプパターンをインプリントするために基板 12 に押圧される。図 6 を参照のこと。架橋性ポリマー溶液は通常、このガラス遷移温度 T_g を超えるように事前加熱を必要とし、これは約 60°C であってもよい。このようなポリマーの一例は上記 $mr-L6000.1XP$ である。このようなポリマーを使用する場合、結合放射 / 加熱性能を有する装置 100 はとりわけ有用である。しかしながら、これら両タイプの材料について、ポストベークステップは概して、放射固化層 14' を硬化するために必要とされる。上記のように、本発明の態様は従って、高温 T_p を層 14 の材料に適用することであり、これは架橋性材料の場合には T_g よりも高く、また放射暴露材料のポストベークに適している。ヒーターデバイス 20 は起動されて、 T_p に達するまで、ヒーター本体 21 によって基板 12 を介して層 14 を加熱する。 T_p の実際値は当然、層 14 について選択された材料に左右される。 $mr-L6000.1XP$ の例については、 $50 \sim 150^\circ\text{C}$ の範囲内の温度 T_p が、材料の分子重量分布に応じて使用されてもよい。キャビティ 115 の媒体の圧力は次いで $5 \sim 500 \text{ bar}$ 、好都合なことには $5 \sim 200 \text{ bar}$ 、好ましくは $20 \sim 100 \text{ bar}$ に上昇される。ポリマースタンプ 10 および基板 12 は従って、対応する圧力によって一緒に押圧される。柔軟性膜 113 によって、全く均一な力分布が、基板とポリマースタンプ間の接触表面全体にわたって取得される。ポリマースタンプおよび基板は従って相互に対して全く平行に配列され、また基板やポリマースタンプの表面の不規則性による影響は排除される。

【0092】

ポリマースタンプ 10 および基板 12 が印加された流体媒体圧力によって一緒にされると、放射源は起動されて、放射 19 を射出する。放射は、キャビティ 115、膜 113 およびポリマースタンプ 10 を介して、ウィンドウとして作用する表面部分 112 を透過せられる。放射は部分的または完全に層 14 に吸収され、この材料は従って、圧力および膜支援圧縮によって提供された、ポリマースタンプ 10 と基板 12 の完全に平行な配列における架橋または硬化によって固化される。放射暴露時間は、層 14 の材料のタイプおよび量、このタイプの材料と結合した放射波長および放射電力に左右される。このような重合性材料を固化するという特徴は既知であり、上記パラメータの同様の組み合わせは当業者に既知である。流体が固化されて層 14' を形成すると、さらなる暴露に重大な効果はない。しかしながら、暴露後、層 14' の材料は、ポストベークが層を固化するのに必ず必要である場合、例えば $1 \sim 10$ 分の一定の時間所定の一定温度 T_p でポストベークまたは硬化ベークすることが可能である。 $mr-L6000.1XP$ の例について、ポストベークは通常、 $100 \sim 120^\circ\text{C}$ の共通プロセス温度 T_p で $1 \sim 10$ 分間、好ましくは約 3 分間実行される。SU8 について、放射暴露時間は $1 \sim 10$ 秒であり、この場合、 $3 \sim 5$ 秒の範囲でテストがうまくいき、ポストベークは次いで $30 \sim 60$ 秒間約 70°C の T_p で実行される。

【0093】

本発明に従った装置 100 によって、ポストベークがインプリントマシン 100 で実行され、このことは、装置から基板を取り出して、これを個別オープンに運ぶ必要はないことを意味している。これはプロセスステップを 1 つ省略し、これはインプリントプロセスで可能な時間およびコストの両方を節約する。ポリマースタンプ 10 が依然として一定温度 T_p に維持され、かつ基板 10 に対して圧力が潜在的に選択されている間にポストベークステップを実行することによって、層 14 の最終的な構造パターンのより高い精度もまた達成され、これはより精密な構造の生成を可能にする。圧縮、暴露およびポストベークに続いて、キャビティ 115 の圧力は低下されて、2 つのメイン部分 101 および 102 は互いから分離される。この後、基板はポリマースタンプから分離されて、インプリントリソグラフィについて既知であることに従ってさらなる処置に付される。

【0094】

本発明の第 1 のモードは、厚さ $1 \mu\text{m}$ の NIP-K17 の層 14 によってカバーされて

いるシリコンから作られている基板 1 2 を伴う。膜 1 1 3 による 5 ~ 1 0 0 b a r の圧力で約 3 0 秒間の圧縮後、放射源 1 1 0 はオンにされる。放射源 1 1 0 は通常、少なくとも 4 0 0 n m 未満の紫外線領域で放射するように考案される。好ましい実施形態では、2 0 0 ~ 1 0 0 0 n m に及ぶ発光スペクトルを有する空気冷却キセノンランプが放射源 1 1 0 として用いられる。好ましいキセノンタイプ放射源 1 1 0 は 1 ~ 1 0 W / c m ² の放射を提供し、また、1 秒当たり 1 ~ 5 パルスのパルスレートで 1 ~ 5 μ s パルスをフラッシュするように考案されている。石英から作られているウィンドウ 1 1 2 は、放射を通過するために表面 1 0 4 に形成される。暴露時間は好ましくは、流体層 1 4 を固体層 1 4 ' に重合化するために 1 ~ 3 0 秒であるが、最大 2 分であってもよい。

【 0 0 9 5 】

m r - L 6 0 0 0 . 1 X P によるテストが、暴露時間 1 分で、2 0 0 ~ 1 0 0 0 n m の約 1 . 8 W / c m ² 集積で実行された。この点に関して、使用されている放射は、層 1 4 に適用されているポリマーが固化する波長範囲に制限されない点に注目すべきであり、この範囲外の放射は当然、使用されている放射源から発光されてもよい。一定のプロセス温度での良好な暴露および後続のポストバークの後、第 2 のメイン部分 1 0 2 は図 9 と同じ位置に低下させられて、これに続いて、テンプレート 1 0 および基板 1 2 は、基板の分離およびさらなる処理のために装置から除去される。

【 0 0 9 6 】

一定という用語によって、温度は実質的に一定になり、温度コントローラがある温度を維持するように設定されても、取得される実際の温度はある程度不可避免的にばらつくことを意味している。一定温度の安定性は主に、温度コントローラの精度およびセットアップ全体の慣性に左右される。さらに、本発明に従った方法が、わずかな数ナノメートルに至る極めて精密な構造をインプリントするのに使用可能であっても、わずかな温度ばらつきは、テンプレートが大きすぎない限り、重大な効果をもたらすことはない点が理解される。テンプレートの周辺の構造が幅 x を有しており、合理的な許容空間が、例えば $y = x / 1 0$ のなどの、この幅の比率であるとする、y は許容温度を設定するパラメータである。実際、テンプレートおよび基板の材料のそれぞれの熱膨張係数、サイズ、一般的にテンプレートの半径および許容空間パラメータ y を適用することによって、熱膨張差を計算することは容易である。このような計算から、温度コントローラの適切な許容温度が算出可能であり、またプロセスを実行するためのマシンに適用可能である。

【 0 0 9 7 】

上述し、かつ図 1 に表示されているような「2 ステップ」インプリントプロセスでの柔軟性ポリマーホイルの適用の利点は以下の点を含んでいる：

【 0 0 9 8 】

使用されているポリマーホイルの柔軟性特性は、インプリントプロセスで使用されている適用スタンプおよび基板材料の異なる熱膨張係数ゆえに、パターン移動の複雑さを緩和する。従って、この技術は、異なる熱膨張係数によって特徴付けられる材料の表面間でパターンを移動する可能性を提供する。にもかかわらず、本用途で使用されている多くのポリマーは、図 1 の e に表示されているような 2 つの異なるポリマーホイル間のインプリントの製造をより容易にする、通常 $6 0 \sim 7 0 \times 1 0^{-6} \text{ C}^{-1}$ に及ぶほとんど同じ熱膨張係数によって特徴付けられる。

【 0 0 9 9 】

使用されているポリマーホイルの柔軟性および延性特性は、パターン化または非パターン化のいずれかの表面を有するポリマーホイルと、他のオブジェクト、例えばポリマー膜またはテンプレートによってカバーされており、かつシリコン、ニッケル、石英またはポリマー材料を備える基板との間のインプリント中の空気混入を防止する。ホイルが、図 1 の b、e、h に表示されているようにこれらのオブジェクトのうちの 1 つに押圧される場合、ポリマーホイルは膜のように作用し、空気をインプリントエリアの中央から、インプリント領域を残す可能性のある縁部まで押圧する。

【 0 1 0 0 】

使用されているポリマーホイルの軟性によって、ポリマーホイルと、これが押圧されるテンプレートまたはオブジェクトとの間の粒子、ならびにテンプレートまたはオブジェクトの顕著な表面粗さと、ポリマーホイル、または関連オブジェクトのうちの1つのいずれかの、図1のb、eおよびhに表示されているインプリントプロセス中の明確なダメージとが防止される。

【0101】

例えばUV放射に対して使用されているポリマーホイルの高透過性ゆえに、非透過性テンプレートおよび基板が使用される場合でも、UV硬化性ポリマーを上記インプリントプロセス中に使用可能である。

【0102】

適用されているポリマーホイルの多くの非常に低い表面エネルギーは他の材料に対する顕著な接着防止特性をもたらし、これらのインプリントプロセスでの適用を理想的なものにする。低表面エネルギーポリマー上へのさらなる接着防止層の堆積は多くの場合必要なく、上記プロセスを簡単かつ産業上利用可能にする。明確に言えば、ポリマーレプリカスタンプを接着防止材料で作ることができる。

【0103】

上述され、かつ図1に表示されているプロセスは、プロセスに適用されている異なるポリマー材料の材料特性、例えばガラス遷移温度、光透過性、および放射暴露後の硬化性が互いに適合される場合は、ポジティブ（パターンがオリジナルテンプレートと同じ）およびネガティブ（パターンがオリジナルテンプレートと反対）両方のレプリカを生成するのに極めて適している。

【0104】

使用されている柔軟性ポリマースタンプのエイジングおよび磨耗耐性によって、インプリントプロセスの二次ステップでこれらを複数回適用することが可能になる。代替的に、ポリマースタンプは1回だけ使用され、その後破棄される。いずれの場合も、このことはオリジナルテンプレート1の寿命を改良するが、これは、硬質かつ非柔軟性材料のインプリントに使用される必要はない。

【0105】

使用されているポリマーホイルの柔軟性かつ延性特性は、柔軟性スタンプまたは基板の柔軟性ホイルからの離型を緩和して、スタンプまたは基板に対する物理的ダメージを削減する。

【0106】

インプリント実行後にポリマーホイルを基板から機械的に離型するのではなく、ポリマーホイルは代替的に、適切な溶媒によって化学的に溶解可能である。この手順は、高アスペクト比を有するパターン移動の場合、つまりパターン構造の深さがこの幅よりも実質的に大きく、機械的離型が基板またはスタンプにダメージを与える恐れがある場合には好ましいであろう。

【0107】

オリジナルテンプレートの表面のパターンのみならず、オリジナルテンプレートの物理的寸法は容易にポリマーホイルに移動可能である。一部の用途では、最終基板上のパターンの配置は重要である。例えばハードディスクドライブについて、パターンは複製され、ディスクの中央には整列されるべきである。ここで、マスタースタンプは中央ホールによって生成可能である。インプリント後、中央ホールのリリーフが柔軟性ポリマーホイルに形成され、これは、ホイル上のパターンを最終複製ディスクに整列させるために使用可能である。

【0108】

ポリマーシートで生成されたレプリカは新規のファミリー開発プロセスにアクセス可能であり、これはニッケル・ニッケルメッキ加工と共通には実行不可能である。ここで、インプリントポリマーシートはまず、例えばUV支援インプリントプロセスによって剛性基板と一緒に接着される。その後、シートはシード層によって金属化されて、オリジナルの

10

20

30

40

50

ニッケルコピーを受け取るように電気めっきされる。多数の変換プロセスが上記発明を介してアクセス可能である。

【実施例】

【0109】

使用された一部のポリマーホイルは以下の通りである：

【0110】

Ticona GmbH, GermanyのTopas 8007:80 のガラス温度を有する熱可塑性ランダムコポリマー。Topasは300nmより大きい波長の光に透過的であり、低表面エネルギーを特徴とする。ホイルは50~500μmの厚さで使用可能である。130~140μmの厚さのホイルがここでは使用された。

10

【0111】

Zeon Chemicals, JapanのZeonor ZF14:136 のガラス温度と、300nmより大きな波長の92%の光透過性を有する熱可塑性ポリマー。使用されているホイルは188μmの厚さを有しているが、50~500μmに及ぶ他の厚さでも使用可能である。

【0112】

Zeon Chemicals, JapanのZeonex E48R:139 のガラス温度と、350nmより大きな波長の92%の光透過性を有する熱可塑性ポリマー。使用されているホイルは75μmの厚さを有している。

【0113】

Bayer AG, Germanyのポリカーボネート(ビスフェノール-Aポリカーボネート):150 のガラス温度と、350nmより大きな波長の91%の光透過性と有する熱可塑性ポリマー。使用されているホイルは300μmの厚さを有しており、最大1mmの他の厚さでも使用可能である。

20

【0114】

使用されてきたレジスト材料は、350~400nmの波長を有する光への暴露後に硬化可能なフォトリジスト材料である、MicroChem Corp. USAのSU8である。SU8膜とシリコン基板の接着促進剤として、MicroChem Corp, USAの薄いLOR0.7膜が使用されてきた。

【0115】

[実施例1]

表面がラインパターンを示し、かつ80nmのライン幅および90nmの高さを有するニッケルテンプレートが150 かつ50barで3分間Zeonor ZF14ホイルにインプリントされた。いずれの表面も、例えば接着防止層などの追加コーティングによって処置されなかった。解放温度は135 であって、この温度でZeonorホイルは、テンプレートおよびレプリカのいずれのパターンにもダメージを与えることなく、ニッケル表面から機械的に除去可能であった。Zeonorホイルは新たなテンプレートとして使用されて、これは100nm厚のSU8膜にインプリントされた。SU8膜は、シリコン基板に事前にスピコーティングされている20nmのLOR膜上にスピコーティングされた。ここでも、いずれの表面も、SU8膜とZeonorホイル間の接着防止挙動を改良するために、追加コーティングによって処置されなかった。インプリントは70

30

40

かつ50barで3分間実行された。SU8膜は光透過性Zeonorホイルを介して4秒間紫外線に暴露されて、2分以上ベークされた。温度および圧力の両方とも、インプリントシーケンス全体でそれぞれ70 および50barに一定に維持された。解放温度は70 であって、この温度で、Zeonorホイルは、ポリマーテンプレートホイルとレプリカ膜のいずれのパターンにもダメージを与えることなく、SU8から機械的に除去可能であった。シリコンウェーハ上に堆積されたSU8膜のインプリント結果のAFM画像が図2に示されている。

【0116】

[実施例2]

50

A F Mによって調査された、100 nmの構造高さおよび150 nmの幅を有するB l u R a yパターンを表面が示すニッケルテンプレートが、実施例1で上述されたのと同じプロセスおよび同じパラメータを使用してZ e o n o r Z F 1 4にインプリントされた。Z e o n o rホイルは新たなテンプレートとして使用されており、これは100 nm厚のS U 8膜にインプリントされた。ここでも、実施例1で上述されたのと同じプロセスおよび同じパラメータが使用された。シリコンウェーハ上に堆積されたS U 8膜のインプリント結果のA F M画像が図3に示されている。

【0117】

[実施例3]

1 ~ 28に及び高アスペクト比を有するマイクロメートルパターンを表面が含有するニッケルテンプレートが使用された。部材サイズは、高さ17 μmで600 nm ~ 12 μmに及ぶ。表面はインプリント前にリン酸ベースの接着防止膜によってカバーされた。ニッケルテンプレートは190 かつ50 barで3分間ポリカーボネートホイルにインプリントされた。ポリカーボネートホイルの表面は、Niテンプレートとポリカーボネート膜間の接着防止挙動を改良するために、追加コーティングによって処置されなかった。解放温度は130 であり、この温度で、ポリカーボネートホイルは、テンプレートとレプリカのいずれのパターンにもダメージを与えることなく、ニッケル表面から機械的に除去可能であった。ポリカーボネートホイルは、T o p a sホイルへのインプリントのための新たなテンプレートとして使用された。インプリントは120 かつ50 barで3分間実行された。いずれの表面も、ポリカーボネートとT o p a sホイル間の接着防止挙動を改良するために、追加コーティングによって処置されなかった。解放温度は70 であって、この温度で、T o p a sは、テンプレートホイルとレプリカホイルのいずれのパターンにもダメージを与えることなくポリカーボネートホイルから機械的に除去可能であった。T o p a sホイルは次いで新たなテンプレートとして使用されて、これはシリコン基板上にスピコーティングされている6000 nm厚のS U 8膜にインプリントされた。ここでも、いずれの表面も、S U 8膜とT o p a sホイル間の接着防止挙動を改良するために、追加コーティングによって処置されなかった。インプリントは70 かつ50 barで3分間実行された。S U 8膜は光透過性T o p a sホイルを介して4秒間紫外線に暴露されて、プロセス全体で70 の温度や50 barの圧力を変更せずに2分以上ベークされた。解放温度は70 であった。その後、T o p a sホイルは60 で1時間p - キシレンにおいて完全に溶解された。この結果のS E M画像が図4に示されている。

【0118】

[実験結果]

上記実施例に示されたインプリントプロセスが実行されたが、様々にパターンングされたNiスタンプは、異なるプロセスパラメータを使用して、場合によってはリン酸ベースの接着防止膜によってコーティングされている。基板(2 ~ 6インチのシリコンウェーハ)は、L O R膜およびS U 8膜をスピンする直前にイソプロパノールおよびアセトンでリンスすることによってクリーニングされた。適用されたスタンプのサイズは2 ~ 6インチである。インプリントは、U Vモジュールを具備するO b d u c a t - 6 - i n c h - N I L機器を使用して実行された。

【0119】

D i g i t a l I n s t r u m e n t sのN a n o S c o p e I I I a顕微鏡を用いるタッピングモードの原子間力顕微鏡検査(A F M)が、インプリント結果と、インプリント実行後のスタンプの両方を調査するために実行された。

【0120】

走査電子顕微鏡検査(S E M)が、25 kVでO b d u c a t C a m S c a n M X 2600顕微鏡を使用して実行された。

【図面の簡単な説明】

【0121】

【図1】本発明の実施形態に従った、テンプレートからオブジェクト表面にレプリカを製

10

20

30

40

50

造するための2ステッププロセスを概略的に図示している。

【図2】本発明の実施形態に従った方法によってSU8にインプリントされたラインパターンのAFMタッピングモード画像を示している。

【図3】本発明の実施形態に従ってSU8にインプリントされたBluRay光ディスクパターンのAFMタッピングモード画像を示している。

【図4】本発明の実施形態に従ったインプリントによって提供された、高アスペクト比のマイクロメートル寸法を有する円柱パターンのSEM画像を示している。

【図5】本発明の実施形態のプロセスステップを示している。

【図6】本発明の実施形態のプロセスステップを示している。

【図7】本発明の実施形態のプロセスステップを示している。

【図8】図1～3または5～7に概説されているようなプロセスを実行するための、本発明に従った装置の実施形態を概略的に図示している。

【図9】プロセスの初期ステップ時にポリマースタンプおよび基板がロードされる場合の図8の装置を概略的に図示している。

【図10】パターンをテンプレートから基板に移動するアクティブプロセスステップ時の図8および9の装置を図示している。

【図1】

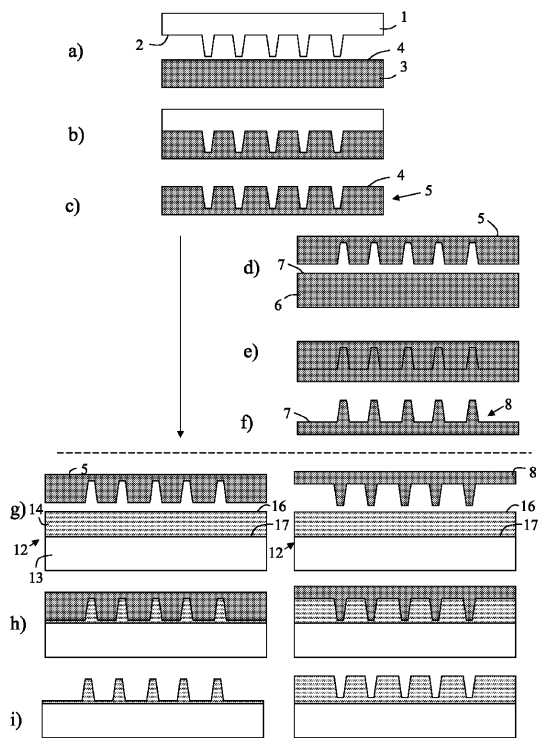


Fig. 1

【図2】

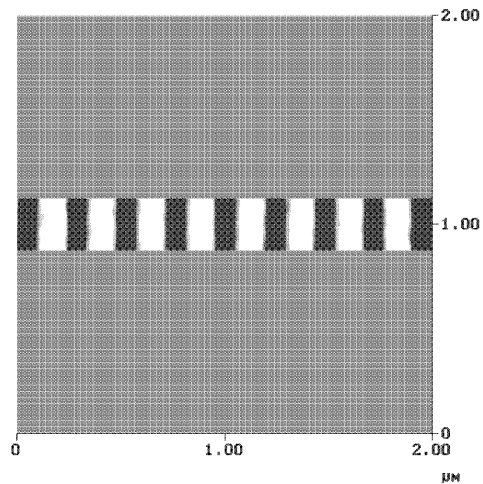


Fig. 2

【 図 3 】

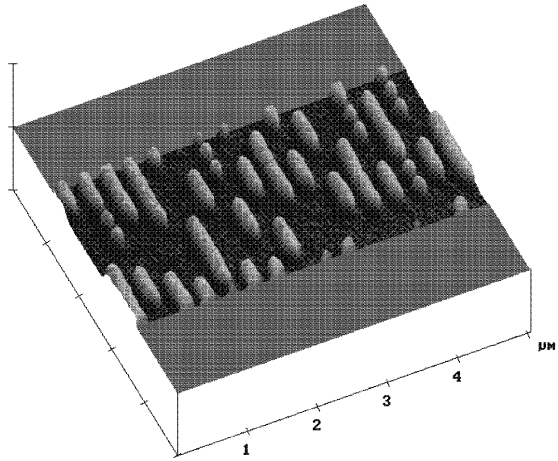


Fig. 3

【 図 4 】

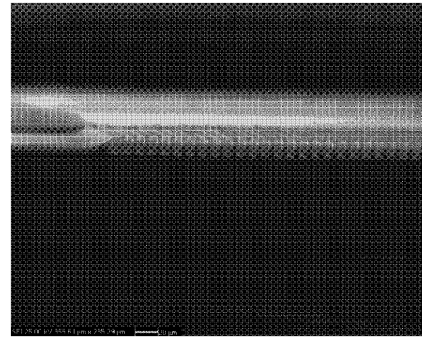
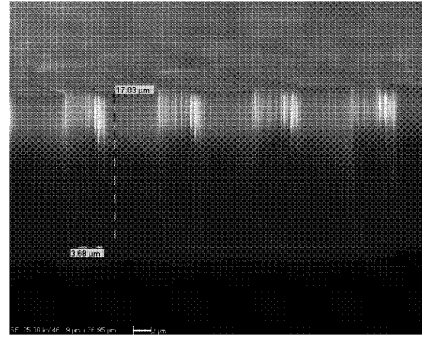
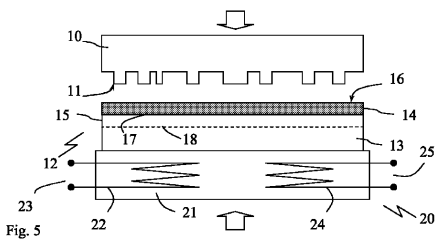
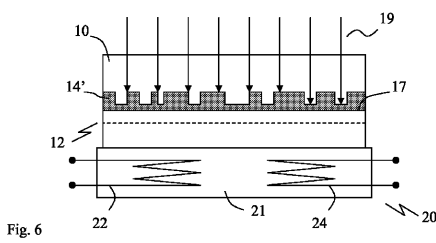


Fig. 4

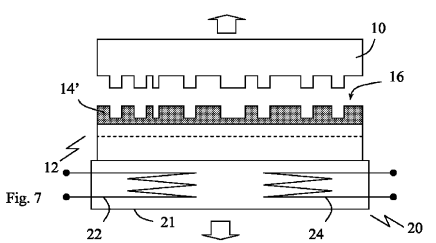
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

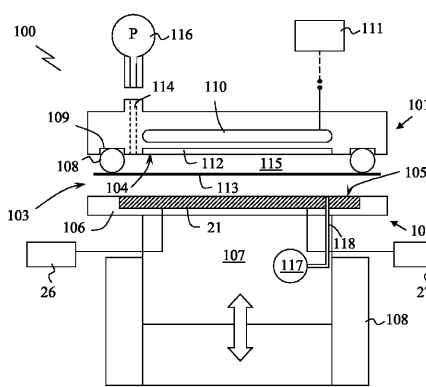


Fig. 8

【 9 】

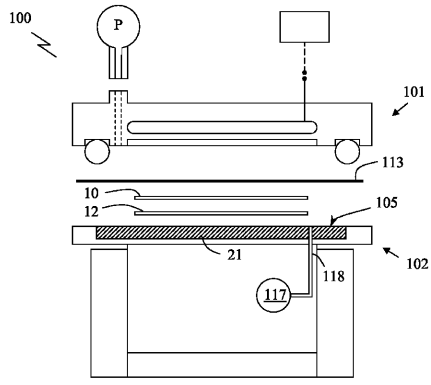


Fig. 9

【 10 】

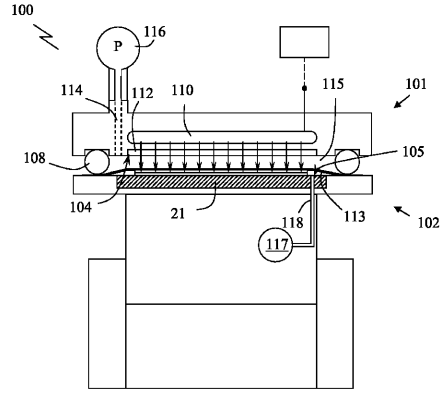


Fig. 10

フロントページの続き

- (72)発明者 ローフストランド, アネッテ
スウェーデン, エス-222 26 ルンド, スナンヴァーグ 61
- (72)発明者 ボルムスホー, エリック
スウェーデン, エス-217 51 マルモー, レゲンメンツガタン 78
- (72)発明者 テアンダー, エリック
スウェーデン, エス-227 38 ルンド, ルーゼルンヴァーゲン 16
- (72)発明者 ベック, マーク
スウェーデン, 215 85 マルモー, デイリгентガタン 8

審査官 大村 博一

- (56)参考文献 特表2005-515617(JP, A)
欧州特許出願公開第01533657(EP, A1)
米国特許出願公開第2003/0219992(US, A1)
特表2003-516644(JP, A)
特開昭62-178309(JP, A)
特開昭57-072823(JP, A)
特開2004-109417(JP, A)
特開平02-192045(JP, A)
特開平11-012495(JP, A)
特開平11-058401(JP, A)
特開2000-071257(JP, A)
特開平05-114174(JP, A)
国際公開第2004/114382(WO, A1)
特開平02-155704(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B29C 59/00 - 59/18
B29C 33/00 - 33/76
B29C 39/00 - 39/44
H01L 21/027