

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4267675号
(P4267675)

(45) 発行日 平成21年5月27日 (2009.5.27)

(24) 登録日 平成21年2月27日 (2009.2.27)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)
B 2 9 C 59/02 (2006.01)H O 1 L 21/30 5 O 2 D
B 2 9 C 59/02 B

請求項の数 23 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2007-511883 (P2007-511883)	(73) 特許権者	500414888
(86) (22) 出願日	平成16年11月25日 (2004.11.25)		オブデュキャット、アクチボラダ
(65) 公表番号	特表2007-536750 (P2007-536750A)		O B D U C A T A B
(43) 公表日	平成19年12月13日 (2007.12.13)		スウェーデン国マルメ、ピー、オー、ボッ
(86) 国際出願番号	PCT/EP2004/053106		クス、580
(87) 国際公開番号	W02005/109095	(74) 代理人	100075812
(87) 国際公開日	平成17年11月17日 (2005.11.17)		弁理士 吉武 賢次
審査請求日	平成19年9月6日 (2007.9.6)	(74) 代理人	100091487
(31) 優先権主張番号	04445057.5		弁理士 中村 行孝
(32) 優先日	平成16年5月7日 (2004.5.7)	(74) 代理人	100094640
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		弁理士 紺野 昭男
(31) 優先権主張番号	60/521,562	(74) 代理人	100107342
(32) 優先日	平成16年5月25日 (2004.5.25)		弁理士 横田 修孝
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100120617
			弁理士 浅野 真理

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 定温インプリントリソグラフィー方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放射線で露光した時に固化するように設計された材料の表面層を支持する基材に、構造化された表面を有するテンプレートからパターンを転写する方法であって、

インプリント装置中で、構造化された表面が表面層に面するように、テンプレートと基材とを互いに平行に配置し、

ヒーター装置手段によって、テンプレートおよび基材を温度 T_p に加熱し、

温度 T_p を維持しながら、テンプレートを基材に向かって押しつけ、パターンを前記表面層の中にインプリントし、

前記表面層を放射線で露光して、表面層を固化させ、そして

前記表面層を後焼き付けする、ことを含む、方法。

【請求項 2】

前記材料は、架橋し得る熱可塑性重合体であり、ガラス温度 T_g を有し、その際、 T_p が T_g を超える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記材料は、UV 架橋し得る熱可塑性重合体であり、ガラス温度 T_g を有し、その際、温度 T_p は温度 T_g を超え、放射線は UV 放射線である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記材料が光化学的に増感される、請求項 2 または 3 に記載の方法。

【請求項 5】

10

20

テンプレートと基材とを互いに平行に配置する工程の前に、上記材料をスピンコーティングすることにより、表面層を基材上に塗布することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記材料は UV 硬化し得る熱可塑性プレポリマーであり、放射線が UV 放射線である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

テンプレートおよび基材を、係止部材と可撓性メンブランの第一側との間に挟持して配置し、

テンプレートを基材に向かって押しつける際に、メンブランの第二側上に存在する媒体を過圧する、
ことを含む、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 8】

前記媒体はガスを含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記媒体は空気を含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

前記媒体は液体を含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 11】

前記媒体はゲルを含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 12】

前記材料を固化させるのに使用する放射線の波長領域に対して透明であるテンプレートを通して、表面層に放射線を放射し、

前記基材を、ヒーター装置と直接接触させて加熱する、
ことを含む、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 13】

前記材料を固化させるのに使用する放射線の波長領域に対して透明である基材を通して、表面層に放射線を放射し、

前記テンプレートを、ヒーター装置と直接接触させて加熱する、
ことを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

前記材料を固化させるのに使用する放射線の波長領域に対して透明であるメンブランを通して、表面層に放射線を放射する、

ことを含む、請求項 7 に記載の方法。

30

【請求項 15】

メンブラン、およびそのメンブランに対向し、媒体用の空洞に対する背後壁を規定する透明壁、を通して、表面層に放射線を放射することを含んでなり、

前記背後壁およびメンブランは、前記材料を固化させるのに使用できる放射線の波長領域に対して透明である、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 16】

前記表面層を露光する工程が、放射線源から波長領域 100 ~ 500 nm の放射線を放射することを含む、請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 17】

パルス持続時間 0.5 ~ 10 μ s で、かつパルス速度毎秒 1 ~ 10 パルスで、パルス状の放射線を放射することを含む、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

テンプレートおよび基材を、係止部材と可撓性メンブランとの間に配置する前に、基材とテンプレートとを一つに固定することを含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 19】

表面層を放射線で露光する前に、テンプレートと基材との間に真空を作用させて、含まれている空気を表面層から抜き取ることを含む、請求項 1 に記載の方法。

50

【請求項 2 0】

構造化された表面があるパターン形状の突起を含有し、この突起が、放射線に対して非透明性であり、それによって、表面層を放射線で露光する工程が、突起間の部分で表面層を固化させることを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 2 1】

前記突起が非透明性材料の層を包含する、請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記非透明性材料の層が、突起上の最も外側の層として施される、請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 3】

前記温度 T_p が 50 ~ 250 である、請求項 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マイクロまたはナノメートル尺度の構造をインプリントリソグラフィー (imprint lithography) 法に関する。特に、本発明は精度を向上させるために一定温度で行う定温インプリントリソグラフィーに関する。

【背景技術】

【0002】

マイクロエレクトロニクスのみならずマイクロマシンにおいても、常により小さな寸法に向かっている。微小および準微小構造の製作に最も重要な技術として、異なるタイプのリソグラフィーが挙げられる。

【0003】

フォトリソグラフィーは、典型的には、基材をフォトリソグランド材料で被覆し、基材表面上にレジスト層を形成する工程が関与する。次いで、このレジスト層を、好ましくはマスクを使用し、選択された部分に放射線を露光する。続く現像工程において、レジストのある部分を除去し、マスクに対応するパターンをレジスト中に形成する。レジスト部分の除去により基材表面が露出し、その基材表面を、例えばエッチング、ドーピング、または金属被覆により処理することができる。フォトリソグラフィーは、使用する放射線の波長に依存する回折により、精密複写が制限される。50 nm 未満の尺度での構造を製作するには非常に短い波長が必要とされ、光学系に対する材料の必要条件が主要な問題になる。

【0004】

もう一つの技術は、インプリント技術である。インプリントリソグラフィー法では、パターン形成する基材を成形可能な層で被覆する。基材に転写すべきパターンを、予め、スタンプまたはテンプレート上に三次元的に設ける。このテンプレートを成形可能な層と接触させ、この層を、好ましくは加熱により軟化させる。次いで、軟化した層の中にテンプレートを押し込み、成形可能な層の中にテンプレートパターンをインプリントする。この層を、所望の程度に硬化するまで冷却し、続いて引き離し、テンプレートを除去する。続いてエッチングを行い、基材中のテンプレートパターンを複製することができる。テンプレートと基材との組合せを加熱したり冷却すると、熱膨張のために係合する表面の移動を引き起こすことがある。インプリントすべき面積が大きい程、実際の膨張および収縮が大きくなり、このために、表面積が大きい程インプリント工程がより困難になる。

【0005】

一般的に、ステップアンドフラッシュインプリントリソグラフィーと呼ばれる、別の形態のインプリント技術が、米国特許第 6,334,960 号において Willson らにより提案され、米国特許第 6,387,787 号において Mancini らにより提案されている。概要を上記したインプリント技術と同様に、この技術には、基材に転写すべきパターンを規定する、構造化された表面を有するテンプレートが関連する。基材を重合可能な液体であるプレポリマーの層で被覆し、その液体にパターン構造中の窪みが浸されるように、層中にテンプレートを押し込む。テンプレートは、重合可能な液体を重合させるのに使用でき

10

20

30

40

50

る放射線、典型的にはUV光の波長領域に対して透明な材料から製造される。テンプレートを通して放射線を液体に作用させることにより、液体が固化する。続いて、テンプレートを除去した後、テンプレートのパターンが、重合した液体から形成された固体の重合体材料層中に複製される。その後の処理により、固体重合体材料層中の構造が基材に転写される。

【0006】

Board of Regents, the University of Texas Systemの国際特許第WO 02 / 067055号には、ステップアンドフラッシュインプリントリソグラフィーを応用した機構が開示されている。特に、この特許は、ステッパとも呼ばれる、ステップアンドフラッシュ装置の製造規模での実施に関するものである。この装置で使用するテンプレートは、透明材料、典型的には石英の堅い本体を有する。このテンプレートは、ステッパ中で可撓性の部材により支持されており、この部材によりテンプレートを、インプリントすべき基材表面に対して平行な平面で互いに直角のXおよびY軸の両方を中心にして回転させることができる。この機構には、テンプレートと基材との間の平行性および隙間を制御するための圧電アクチュエータも含まれる。しかし、そのような機構は、面積の大きな基材表面を単一工程で取り扱うことはできない。市販されているステップアンドフラッシュ装置は、米国のMolecular Imprints, Inc, 1807-C West Braker Lane, Austin, TX 78758により提供されるIMPRI0100である。この装置は、テンプレート画像面積が $25 \times 25 \mu\text{m}$ であり、線(street)幅が $0.1 \mu\text{m}$ である。この装置は、8インチまでの基材ウェハーを取り扱うことができるが、X-Y平行移動台を使用し、テンプレートを引き上げ、側方に移動させて再度基材に下降させることにより、インプリント工程を繰り返す必要がある。さらに、そのような各工程に対して、新たに整列させ、重合可能な液体を新たに計量供給する必要がある。したがって、この技術は、非常に時間がかかり、大規模製造に最適ではない。さらに、整列誤差が繰り返される問題、および平行移動工程に高い精度が求められることに加えて、この技術には、テンプレートサイズより大きい連続構造を形成できないという欠点がある。全体的に、これは、この技術を微小構造デバイスの大規模製造に活用するには、製造コストが高くなり過ぎる場合があることを意味する。

【0007】

UV支援によりインプリントを行うための先行技術に関するもう一つの欠点は、多くの場合、非透明テンプレートを使用するのが望ましいことである。テンプレート材料としては、ニッケルが、その優れた材料特性のために通常使用されている。しかしながら、ニッケルテンプレートは、無論、透明ではないため、UV放射線を、基材を通して供給しなければならない。その場合、例えばガラスまたは石英、あるいは好適なプラスチック材料の基材を使用することができる。さらに、テンプレートおよび基材に異なった材料を使用することは、一般的に、これらの材料が異なった熱膨脹率を有することを意味する。このために、加熱および冷却工程の際に製法の精度が制限されることがある。

【発明の概要】

【0008】

そこで、本発明の目的は、マイクロまたはナノメートル尺度の三次元的特徴を含む構造の製作を改良するための方法および手段を提供することである。この目的の態様には、精度が改良された基材にパターンを転写するための方法、簡素化された製造方法に関する方法、および幅が1インチを超え、さらには直径8インチ、直径12インチ以上の基材上に大きな連続構造をインプリントできる方法を含む。

【0009】

上記目的は、本発明による、放射線で露光した時に固化するように設計された材料の表面層を支持する基材に、構造化された表面を有するテンプレートからパターンを転写する方法であって、

インプリント装置中で、構造化された表面が表面層に面するように、テンプレートと基材とを互いに平行に配置し、

ヒーター装置手段によって、テンプレートおよび基材を温度 T_p に加熱し、

温度 T_p を維持しながら、テンプレートを基材に向かって押しつけ、パターンを前記表面層の中にインプリントし、

前記表面層を放射線で露光して、表面層を固化させ、そして

前記表面層を後焼き付けする、ことを含む、方法により達成される。

【0010】

一実施態様においては、前記材料は、架橋し得る熱可塑性重合体であり、ガラス温度 T_g を有し、その際、 T_p が T_g を超えるものである。

【0011】

一実施態様においては、前記材料は、UV架橋し得る熱可塑性重合体であり、ガラス温度 T_g を有し、その際、温度 T_p は温度 T_g を超え、放射線はUV放射線である。

10

【0012】

一実施態様においては、前記材料は光化学的に増感される。

【0013】

一実施態様においては、本発明の方法は、

テンプレートと基材とを互いに平行に配置する工程の前に、上記材料をスピンコーティングすることにより、表面層を基材上に塗布する、ことを含む。

【0014】

一実施態様においては、前記材料はUV硬化し得る熱可塑性プレポリマーであり、放射線がUV放射線である。

20

【0015】

一実施態様においては、本発明の方法は、

テンプレートおよび基材を、係止部材と可撓性メンブランの第一側との間に挟持して配置し、

テンプレートを基材に向かって押しつける際に、メンブランの第二側上に存在する媒体を過圧する、ことを含む。

【0016】

一実施態様においては、媒体はガスを含む。

【0017】

一実施態様においては、媒体は空気を含む。

30

【0018】

一実施態様においては、媒体は液体を含む。

【0019】

一実施態様においては、媒体はゲルを含む。

【0020】

一実施態様においては、本発明の方法は、

前記材料を固化させるのに使用する放射線の波長領域に対して透明であるテンプレートを通して、表面層に放射線を放射し、

前記基材を、ヒーター装置と直接接触させて加熱する、ことを含む。

40

【0021】

一実施態様においては、本発明の方法は、

前記材料を固化させるのに使用する放射線の波長領域に対して透明である基材を通して、表面層に放射線を放射し、

前記テンプレートを、ヒーター装置と直接接触させて加熱する、ことを含む。

【0022】

一実施態様においては、本発明の方法は、

前記材料を固化させるのに使用する放射線の波長領域に対して透明であるメンブランを

50

通して、表面層に放射線を放射する、
ことを含む。

【 0 0 2 3 】

一実施態様においては、本発明の方法は、
メンブラン、およびそのメンブランに対向し、媒体用の空洞に対する背後壁を規定する
透明壁、を通して、表面層に放射線を放射することを含んでなり、
前記背後壁およびメンブランは、前記材料を固化させるのに使用できる放射線の波長領
域に対して透明である。

【 0 0 2 4 】

一実施態様においては、表面層を露光する工程が、
放射線源から波長領域 1 0 0 ~ 5 0 0 n m の放射線を放射すること
を含む。

10

【 0 0 2 5 】

一実施態様においては、本発明の方法は、
パルス持続時間 0 . 5 ~ 1 0 μ s で、かつパルス速度毎秒 1 ~ 1 0 パルスで、パルス状
の放射線を放射する、ことを含む。

【 0 0 2 6 】

一実施態様においては、本発明の方法は、
テンプレートおよび基材を、係止部材と可撓性メンブランとの間に配置する前に、基材
とテンプレートとを一つに固定する、ことを含む。

20

【 0 0 2 7 】

一実施態様においては、本発明の方法は、
表面層を放射線で露光する前に、テンプレートと基材との間に真空を作用させて、含ま
れている空気を表面層から抜き取る、ことを含む。

【 0 0 2 8 】

一実施態様においては、構造化された表面があるパターン形状の突起を含有し、この突
起が、放射線に対して非透明性であり、それによって、表面層を放射線で露光する工程が
、突起間の部分で表面層を固化させることを含む。

【 0 0 2 9 】

一実施態様においては、前記突起が非透明性材料の層を包含する。

30

【 0 0 3 0 】

一実施態様においては、非透明性材料の層が、突起上の最も外側の層として施される。

【 0 0 3 1 】

一実施態様においては、温度 T_p が 5 0 ~ 2 5 0 である。

【 好ましい実施態様の詳細な説明 】

【 0 0 3 2 】

ここで、添付図面を参照しながら本発明をより詳細に説明する。

【 0 0 3 3 】

本発明は、一般的には、テンプレート表面上にある構造のレリーフ画像を基材表面上に
造り出すことにより、あるパターンをテンプレートから基材に転写する方法に関する。こ
の製法においては、テンプレートの表面と基材の表面とは、一般的に互いに平行に配置さ
れ、構造化されたテンプレートを、基材表面上に配置された成形可能な層の中に押し込む
ことにより、パターンを転写する。成形可能な層を処理して固化させ、その形状をテンプ
レート表面に強制的に複写する。その後、テンプレートを基材およびその層から引き離す
と、表面層は、テンプレートの構造的特徴が反転したレプリカになる。基材に転写された
パターンを永続させるには、さらなる処理が必要になる場合がある。典型的には、湿式ま
たは乾式エッチングを行い、固化した層の下にある基材表面を選択的にエッチングし、そ
れによって、固化した層の中にあるパターンを基材表面に転写する。これだけは現状技術
水準であり、先行技術文献、例えば上記米国特許第 6 , 3 3 4 , 9 6 0 号、に十分に記載
されている。

40

50

【 0 0 3 4 】

図 1 ~ 3 は、本発明の一実施態様による実際のなパターン転写工程またはインプリント工程の基本的な処理工程を図式的に示したものである。

【 0 0 3 5 】

図 1 に示すテンプレート 1 0 は、構造化された表面 1 1 を有し、そこでは高さおよび幅が 1 nm ~ 数 μ m で、それより小さくても、大きくてもよい構造サイズで三次元的突起および窪みが形成されている。テンプレート 1 0 の厚さは、典型的には 1 0 ~ 1 0 0 0 μ m である。基材 1 2 は、テンプレート表面 1 1 に対して実質的に平行に配置された表面 1 7 を有し、図 1 に示す最初の段階では、これらの表面間に、ある中間的な間隔がある。基材 1 2 は、基材ベース 1 3 を含み、このベースにテンプレート表面 1 1 のパターンを転写する。図示していないが、基材は、基材ベース 1 3 の下に支持層を含んでいてもよい。重合体材料中にインプリントすることにより、テンプレート 1 0 のパターンを基材 1 2 に直接転写する方法では、材料を、表面層 1 4 として、基材ベース表面 1 7 上に直接付けることができる。別の実施態様においては、破線で示す、例えば第二の重合体材料の転写層 1 5 も使用する。そのような転写層の例、およびそれに続く、インプリントされたパターンを基材 1 3 に転写する工程でどのように使用するかも、米国特許第 6 , 3 3 4 , 9 6 0 号に記載されている。転写層 1 5 を含む実施態様においては、基材表面 1 7 は転写層 1 5 の上側または外側表面を示し、その転写層が基材ベース表面 1 8 の上に配置されている。

【 0 0 3 6 】

基材 1 2 は、ヒーター装置 2 0 の上に配置される。ヒーター装置 2 0 は、好ましくは、例えばアルミニウム等の金属からなるヒーター本体 2 1 を含む。ヒーター素子 2 2 が、ヒーター本体 2 1 に接続されているか、またはヒーター本体 2 1 の中に含まれ、熱エネルギーをヒーター本体 2 1 に伝達する。一実施態様においては、ヒーター素子 2 2 は、ヒーター本体 2 1 中のソケットに挿入された電氣的埋没 (immersion) ヒーターである。別の実施態様においては、電氣的加熱コイルを、ヒーター本体 2 1 中に備えるか、またはヒーター本体 2 1 の下側表面に取り付ける。さらに別の実施態様においては、ヒーター素子 2 2 は、ヒーター本体 2 1 中に形成された通路であり、この通路に加熱流体を通す。ヒーター素子 2 2 は、外部のエネルギー供給源 (図示していない) に接続するためのコネクタ 2 3 をさらに備えている。電氣的加熱の場合、コネクタ 2 3 は、好ましくは電流供給源に接続するための電氣 (galvanic) 接点である。加熱流体を通すための通路を形成する実施態様においては、コネクタ 2 3 は、好ましくは加熱された流体供給源に取り付ける導管である。加熱流体は、例えば水または油でよい。さらに別の選択肢として、ヒーター素子 2 2 に、ヒーター本体 2 1 上に赤外放射線を放射するように設計された I R 放射線を使用する。さらに、ヒーター装置 2 0 は、ヒーター素子 2 2 を選択された温度に加熱し、その温度を一定の温度公差内に維持するための手段を含む温度制御装置 (図示していない) を包含する。種々の温度制御装置が当該技術分野で公知であり、したがって、ここでは詳細に説明しない。

【 0 0 3 7 】

ヒーター本体 2 1 は、好ましくは鑄造金属、例えばアルミニウム、ステンレス鋼、または他の金属からなる物体である。さらに、ヒーター装置 2 0 の上側で熱が一様に配分されるように、特定の質量および厚さを有する物体 2 1 を使用し、ヒーター装置の上側は、基材 1 2 に接続され、基材 1 2 を通して物体 2 1 から熱を伝達し、表面層 1 4 を加熱するのが好ましい。2 . 5 インチの基材のインプリントに使用するインプリント製法では、直径が少なくとも 2 . 5 インチ、好ましくは 3 インチ以上、厚さが少なくとも 1 c m、好ましくは少なくとも 2 または 3 c m のヒーター本体 2 1 を使用する。6 インチ基材のインプリントに使用するインプリント製法では、直径が少なくとも 6 インチ、好ましくは 7 インチ以上、厚さが少なくとも 2 c m、好ましくは少なくとも 3 または 4 c m のヒーター本体 2 1 を使用する。ヒーター装置 2 0 は、ヒーター本体 2 1 を 2 0 0 ~ 3 0 0 までの温度に加熱できるのが好ましいが、ほとんどの製法には、より低い温度で十分である。

【 0 0 3 8 】

表面層 14 を制御しながら冷却するために、ヒーター装置 20 は、ヒーター本体 21 から熱的エネルギーを伝達するための、ヒーター本体 21 に接続された、またはその中に含まれる、冷却素子 24 をさらに備えることができる。好ましい実施態様においては、冷却素子 24 は、ヒーター本体 21 中に形成された通路を含み、この通路に冷却流体を通す。冷却素子 24 は、外部の冷却供給源（図には示していない）に接続するためのコネクタ 25 をさらに備えている。好ましくは、コネクタ 25 は、冷却流体供給源に取り付ける導管である。冷却流体は、好ましくは水であるが、絶縁油等の油でもよい。

【0039】

本発明の好ましい実施態様においては、表面層 14 に、好ましくはスピンコーティング可能な、放射線で架橋し得る熱可塑性重合体溶液材料を使用する。これらの重合体溶液は、光化学的に増感させることもできる。そのような材料の一例は、Micro Resist Technology から市販されている UV 架橋性の mr-L6000.1 XP である。そのような放射線架橋し得る材料の別の例は、ネガ型フォトリソ材料、例えば Shipleyma-N1400、SC100、および MicroChemSU-8 が挙げられる。スピンコーティング可能な材料は、基材全体を完全に正確に被覆できるので、有利である。

【0040】

別の実施態様においては、表面層 14 に、放射線により重合し得る、液体または液体に近いプレポリマー材料を使用する。入手可能な、表面層 14 に使用できる重合可能な材料の例としては、韓国の ZEN Photonics, 104-11 Moonji-Dong, Yusong-Gu, Daejeon 305-308 から市販の NIP-K17、NIP-K22、および NIP-K28 が挙げられる。NIP-K17 は、主成分がアクリレートであり、25 における粘度が約 9.63 cP s である。NIP-K22 は、主成分がアクリレートであり、25 における粘度が約 5.85 cP s である。これらの物質は、12 mW / cm² を超える紫外放射線で 2 分間露光することにより、硬化するように設計されている。

【0041】

入手可能な、表面層 14 に使用できる重合可能な材料の別の例としては、ドイツの Micro Resist Technology GmbH, Koepenicker Strasse 325, Haus 211, D-12555 Berlin から市販されている Ormocore である。この物質は、無機 - 有機ハイブリッド材料であり、不飽和重合体と 1 ~ 3 % の光重合開始剤との組成物である。25 における粘度 3 ~ 8 mPa s はかなり高く、波長 365 nm で 500 mJ / cm² の放射線で露光した時に、流体を硬化させることができる。他の使用可能な材料は、米国特許第 6,334,960 号に記載されている。

【0042】

本発明を実施するのに使用できるこれらの材料および他の材料すべてに共通なのは、放射線、特に UV 放射線で露光した時に、例えば重合体溶液材料の架橋により、またはプレポリマーの硬化により、固化し得ることである。本明細書で、表面層 14 に使用するそのような材料は、一般的に放射線重合性と呼ばれる。

【0043】

基材表面上に堆積させた時、表面層 14 の厚さは、塗布面積に応じて、典型的には 10 nm ~ 10 μm である。重合可能な材料は、液体の形態で基材 12 上に、好ましくはスピンコーティングにより、あるいは所望によりローラー塗り、浸し塗り、等により塗布する。先行技術のステップアンドフラッシュ法と比較した場合の本発明の利点の一つは、典型的には架橋可能な重合体材料を使用する場合、重合体材料を基材全体にスピンコーティングできることであり、層の均一性に優れる有利で迅速な方法である。架橋可能な材料、例えば上記の材料は、典型的には通常の室温で固体であり、したがって、高温で予め被覆した基材を都合よく使用できる。他方、ステップアンドフラッシュ法は、単一工程で大きな面積を取り扱うことができないので、反復される表面部分に滴下することにより、繰り返し計量供給する必要がある。このために、ステップアンドフラッシュ法およびそのような製法を行うための機械の両方が複雑になる。

【0044】

ここで本発明の方法の好ましい実施態様を、図１～３を参照しながら説明する。本発明により、インプリント工程、インプリント層材料を放射線により固化させる工程、および材料を後焼き付けする工程は、一定温度で行う。

【００４５】

図１の矢印は、テンプレート表面１１を重合可能な材料層１４の表面１６に押し付けることを示す。この工程で、好ましくはヒーター装置２０を使用し、表面層１４の温度を制御して、表面層１４の材料に好適な粘度を付与する。したがって、表面層１４の架橋可能な材料に、ヒーター装置２０を制御して、表面層１４の材料のガラス温度 T_g を超える温度 T_p に、表面層１４を加熱する。本明細書では、 T_p は処理温度を意味し、この処理温度が、インプリント、露光、および後焼き付けの処理工程に共通の一温度レベルであることを示す。 T_p は、架橋可能な材料の場合、ガラス転移温度 T_g を超え、この層の放射線硬化した材料の後焼き付けにも好適である必要があるため、一定温度 T_p のレベルは、無論、表面層１４に選択された材料の種類によって異なる。放射線硬化性材料には、 T_p は、典型的には５０～２５０である。mr-L6000.1XPの例では、インプリント、露光、および後焼き付け全体を通して一定温度１００～１２０で試験を行い、良好な結果を得ている。放射線硬化性プレポリマーを使用する実施態様では、そのような材料は、典型的には室温で液体であるか、または液体に近く、したがって、インプリントに十分な程度に軟化させるのに、熱をほとんど、または全く必要としない。しかし、これらの材料も、露光の後、テンプレートから分離する前に、完全に硬化させるために、一般的に後焼き付けを行う必要がある。したがって、図１の工程で開始するインプリント工程ですでに、処理温度 T_p を好適な後焼き付けレベルに設定する。

【００４６】

図２は、テンプレート表面１１の構造が、液体であるか、または少なくとも柔らかい形態にある材料層１４の中にインプリントをどのように作製するかを示しており、この時点で、液体がテンプレート表面１１中の窪みの中に押し込まれる。例示する実施態様においては、テンプレート表面１１中の最も高い突起は、基材表面１７まで完全には貫通しない。これは、基材表面１７、および特にテンプレート表面１１を損傷から保護するのに有利である場合がある。しかし、別の実施態様、例えば転写層を含む実施態様においては、インプリントを、基材表面１７まで完全に行うことができる。図１～３に示す実施態様では、テンプレートは、選択された重合可能な材料を固化させるのに使用できる、予め決められた波長または波長領域の放射線１９に対して透明な材料から製造する。そのような材料は、放射線波長に応じて、例えば石英または種々の形態の重合体でよい。一般的に、テンプレートは極めて薄く、典型的にはミリメートル未満であり、テンプレート材料における吸収は非常に少ないので、ＵＶに敏感な材料を表面層１４に使用する場合でも、ガラス製のテンプレートも使用できる。典型的には、テンプレート１０を表面層１４の中に、テンプレート１０と基材１２との間を適切に整列させて、押し込んだ時に放射線１９を作用させる。この放射線で露光した時、重合可能な材料の固化が開始し、固体物体１４'に固化し、テンプレート１０により決定される形状をとる。表面層１４を放射線で露光する工程の際、ヒーター２０を制御し、表面層１４の温度を温度 T_p に維持する。

【００４７】

放射線で露光した後、後焼き付け工程を行い、表面層１４'の材料を完全に硬化させる。この工程では、ヒーター装置２０を使用し、層１４'を加熱し、層１４'を硬化した物体に焼き付けてから、テンプレート１０および基材１２を分離する。さらに、上記の温度 T_p を維持することにより、後焼き付けを行う。このようにして、テンプレート１０および材料層１４、１４'は、放射線露光による材料層１４固化の開始から、最終的な後焼き付け、および所望によりテンプレート１０および基材１２の分離を通して、同じ温度を維持する。このようにして、基材およびテンプレートに使用するすべての材料の熱膨張の差による精度の制限が排除される。

【００４８】

テンプレート１０は、例えば剥離および引張方法により除去する。形成され、固化した

10

20

30

40

50

重合体層 14' は基材 12 上に残る。基材およびその層 14' の、その後の様々な処理方法は、本発明自体がそのようなその後の処理に関連していないし、そのようなその後の処理をどのように達成するかには依存もしていないので、ここでは詳細に説明しない。一般的に言って、テンプレート 10 のパターンを基材ベース 13 に転写するためのその後の処理は、例えばエッチングまたはメッキに続いて引き離し工程を含むことができる。

【0049】

図 4 ~ 6 は、本発明の別の実施態様による実際的なパターン転写工程、またはインプリント工程、の基本的な処理工程を図式的に示す。図 1 ~ 3 に示す実施態様からの唯一の実質的な違いは、この実施態様では、放射線 19 を、テンプレート 10 を通す代わりに、基材 12 を通して作用させることであるが、同じ参照記号を使用している。さらに、ヒーター装置 20 をテンプレート 10 に接続し、テンプレート 10 を通して表面層 14 を加熱している。図 4 ~ 6 に示すような実施態様では、不透明なテンプレートを使用することができ、これには特定の利点がある。一つには、これによって、インプリントに好適なニッケルテンプレートを使用することができる。図 4 ~ 6 に示すヒーター装置 20 は、図 1 ~ 3 に示すヒーター装置と同じ特徴を含み、そのために同じ参照記号を使用している。したがって、図 4 ~ 6 の特徴に関しては、これ以上説明しない。

【0050】

図 7 は、やはり本発明の方法の実施態様を実行するのに使用できる、本発明の装置の好ましい実施態様を例示する。この図面は、本装置の様々な特徴を明示するために、純粹に図式的に示すものであることに注意すべきである。特に、様々な特徴的部分の寸法は、共通の尺度に基づいていない。

【0051】

装置 100 は、第一主要部分 101 および第二主要部分 102 を含む。例示する好ましい実施態様においては、これらの主要部分は、第一主要部分 101 が第二主要部分の上にあり、主要部分間に調節可能な空間 103 があるように配置されている。図 1 ~ 6 に例示する方法で表面インプリントを行う場合、テンプレートおよび基材が横方向、典型的には X - Y 平面で適切に整列することが非常に重要である。これは、基材中に予め存在するパターンの上または横にインプリントを行う場合に、特に重要である。しかし、整列の具体的な問題、およびそれらの問題を解決するための様々な方法は、本明細書では取り扱わないが、無論、必要とされる場合には、本発明と組み合わせる。

【0052】

第一の、上側主要部分 101 は、下方を向いた表面 104 を有し、第二の、下側主要部分 102 は、上方を向いた表面 105 を有する。上方を向いた表面 105 は、実質的に平らな部分であるか、またはその平らな部分を有し、平らな部分は、図 8 および 9 に関してより詳細に説明するように、インプリント工程で使用するテンプレートまたは基材に対する支持構造として作用する。ヒーター本体 21 は、プレート 106 上に配置されるか、またはプレート 106 の一部を形成する。ヒーター本体 21 は、ヒーター装置 20 の一部を形成し、図 1 ~ 6 に示すように、加熱素子 22 および好ましくは冷却素子 24 も包含する。加熱素子 22 は、コネクタ 23 を通して、エネルギー供給源 26、例えば電流制御手段を備えた電源に接続されている。さらに、冷却素子 24 は、コネクタ 25 を通して、冷却供給源 27、例えば冷却流体貯蔵部およびポンプに、冷却流体の流量および温度を制御する手段と共に、接続されている。

【0053】

空間 103 を調節する手段は、例示する実施態様では、外側端部でプレート 106 に取り付けられたピストン部材 107 により与えられる。ピストン部材 107 は、シリンダー部材 108 に移動できるように接続されており、シリンダー部材は、好ましくは第一主要部分 101 に対して固定された関係で保持されている。図面で矢印により示すように、空間 103 を調節する手段は、実質的に平坦な表面 105 に対して実質的に直角に、すなわち Z 方向で、第二主要部分 102 を、第一主要部分 101 の近くに、またはそこから遠くに、移動するように設計されている。移動は、手動でも達成できるが、油圧または空気圧装置

を使用して支援するのが好ましい。これに関して、例示する実施態様は、種々の方法で、例えば固定されたピストン部材の周りにあるシリンダー部材にプレート 106 を取り付けることにより、変形することができる。さらに、第二主要部分 102 の移動は、主として装置 100 にテンプレートおよび基材を取り付けるために、そして、装置を最初の作動位置に配置するために使用されることに注意すべきである。しかし、第二主要部分 102 の移動は、以下に記載するように、例示する実施態様で実際のインプリント工程自体には含まれないのが好ましい。

【0054】

第一主要部分 101 は、表面 104 を取り囲む周辺密封部材 108 を含む。好ましくは、密封部材 108 は、エンドレスシール、例えば O - リングであるが、幾つかの相互接続された密封部材から構成され、これらが一つになって連続したシール 108 を形成してもよい。密封部材 108 は、窪み 109 中に表面 104 の外側に向けて配置され、この窪みから取り外しできるのが好ましい。本装置は、例示する実施態様では第一主要部分 101 中の、表面 104 の後ろに配置された、放射線供給源 110 をさらに含む。放射線供給源 110 は、好ましくは電源（図示していない）を含むか、または電源に接続された放射線供給源駆動装置 111 に接続できる。放射線供給源駆動装置 111 は、装置 100 中に含まれるか、または外部の接続可能な部材でよい。表面 104 の、放射線供給源 110 に隣接して配置された表面部分 112 は、放射線供給源 110 の特定波長または波長領域の放射線に対して透明な材料で形成されている。これによって、放射線供給源 110 から放射された放射線は、表面部分 112 を通り、第一主要部分 101 と第二主要部分 102 との間にある空間 103 に向けて透過する。窓として作用する表面部分 112 は、入手可能な融解石英、石英、またはサファイアで形成することができる。

【0055】

作動の際、装置 100 は、密封部材 108 と係合する、実質的に平坦な可撓性メンブタン 113 をさらに備える。好ましい実施態様においては、密封部材 113 は、密封部材 108 とは別の部材であり、以下に説明するように、プレート 106 の表面 105 から対向圧を作用させることによってのみ、密封部材 108 と係合する。しかし、別の実施態様においては、メンブタン 113 を、例えばセメントにより、あるいは密封部材 108 の一体的な部分として、密封部材 108 に取り付け。さらに、そのような別の実施態様では、メンブタン 113 を主要部分 101 に堅く取り付け、密封部材 108 をメンブタン 113 の外側に配置することができる。例示するような実施態様には、メンブタン 113 も、放射線供給源 110 の特定波長または波長領域の放射線に対して透明な材料で形成する。これによって、放射線供給源 110 から放射された放射線は、キャビティ 115 およびその境界壁 104 および 113 を通して空間 103 の中に伝達される。メンブタン 113 に使用できる材料の例としては、図 7 ~ 9 の実施態様では、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 がある。メンブタン 113 の厚さは、典型的には 10 ~ 500 μm でよい。

【0056】

第一主要部分 101 中には、ガス、液体、またはゲルの流体媒体を、表面 104、密封部材 108 およびメンブタン 113 によって規定された空間に通すための導管 114 を形成し、この空間は、流体媒体用のキャビティ 115 として作用する。導管 114 は、外部にあっても、装置 100 に組み込んだ部分でもよいポンプ等の圧力供給源 116 に接続することができる。圧力供給源 116 は、調節可能な圧力、特に過圧を、キャビティ 115 中に含まれる流体媒体に作用させるように設計されている。例示するような一実施態様は、気体状圧力媒体で使用するのに好適である。好ましくは、媒体は、空気、窒素、およびアルゴンを含む群から選択する。代わりに液体媒体を使用する場合、メンブタンを密封部材 108 に取り付けするのが好ましい。そのような液体は、油圧油でよい。上記のように、別の可能性は、媒体にゲルを使用することである。

【0057】

図 8 は、図 7 の装置実施態様において、リソグラフィー工程に使用する基材およびテン

10

20

30

40

50

プレートを取り付ける場合を示す。この図面をより深く理解するために図 1 ~ 3 も参照する。第二主要部分 102 は、空間 103 を開けるために、第一主要部分 101 から下方に移動してある。図 1 ~ 6 に示すように、テンプレートまたは基材のどちらかは、放射線供給源 110 の特定波長または波長領域に対して透明である。図 8 に例示する実施態様は、基材 12 上の透明テンプレート 10 を装填した装置を示す。基材 12 を、その裏側をヒーター本体 21 の表面 105 の上にして、第二主要部分 102 の上または中に配置する。これによって、基材 12 は、その基材表面 17 を、重合可能な材料、例えば UV 架橋可能な重合体溶液の層 14 と共に、上に向けている。分かり易くするために、図 1 ~ 6 に示すようなヒーター装置 20 のすべての特徴は、図 8 には示していない。テンプレート 10 を基材 12 の上または近くに、その構造化された表面 11 を基材 12 に向けて配置する。テンプレート 10 を基材 12 と整列させるための手段を備えることができるが、この図式的に示す図では示していない。次いで、メンブラン 113 をテンプレート 10 の上に配置する。メンブラン 113 を第一主要部分に取り付ける実施態様では、メンブラン 113 をテンプレート上に実際に配置する工程は、無論、省略する。図 8 で、テンプレート 10、基材 12 およびメンブラン 113 は、分かり易くするためにのみ、完全に分離された状態で示しており、実際の状況では、これらは表面 105 の上に積み重ねる。

10

【0058】

図 9 は、装置 100 の作動位置を示す。第二主要部分 102 は、メンブラン 113 が密封部材 108 と表面 105 との間に固定される位置に上昇している。現実には、テンプレート 10 および基材 12 の両方が非常に薄く、典型的には何分の 1 ミリメートルに過ぎず、メンブラン 113 の例示されるような実際の曲がり是非常に小さい。それでも、表面 105 は、所望により、それがメンブラン 113 を通して密封部材 108 と接触する地点で、テンプレート 10 と基材 12 の組み合わせさせた厚さを相殺するために、隆起した周辺部を設けることができる。

20

【0059】

主要部分 101 と 102 とが係合して、メンブラン 113 を固定した後、キャビティ 115 を密封する。その際、圧力供給源 116 は、キャビティ 115 中の、ガス、液体またはゲルでよい流体媒体に過圧を作用させるように設計されている。キャビティ 115 中の圧力は、メンブラン 113 によりテンプレート 10 に伝達され、テンプレートが基材 12 に向かって押し付けられ、図 2 に示すように、テンプレートパターンを層 14 にインプリントする。典型的には室温で、典型的には 20 ~ 25 °C で十分な粘度を有する表面層 14 のプレポリマー材料には、インプリントを直接行うことができる。しかし、架橋可能な重合体溶液は、約 60 °C のガラス転移温度 T_g を超えるために、典型的には予備加熱を必要とする。そのようなプレポリマーの例は、上記の mr-L6000.1XP である。そのような重合体を使用する場合、放射線および加熱能力を組み合わせた装置 100 が特に有用である。しかし、これら両種の材料に対して、放射線固化した層 14' を硬化させるために、後焼き付け工程が一般的に必要である。したがって、上に述べたように、本発明の一態様では、層 14 の材料に、架橋可能な材料の場合の T_g より高く、放射線露光した材料の後焼き付けにも好適な高温 T_p を作用させる。ヒーター装置 20 を活性化させ、ヒーター本体 21 により基材 12 を通して、 T_p に達するまで層 14 を加熱する。 T_p の実際の値は、本来、表面層 14 に選択した材料によって異なる。mr-L6000.1XP の例では、材料中の分子量分布に応じて、50 ~ 150 °C の範囲内にある温度を使用することができる。次いで、キャビティ 115 中にある媒体の圧力を 5 ~ 500 バール、有利な結果を得るには 5 ~ 200 バール、好ましくは 20 ~ 100 バールに増加する。それによって、テンプレート 10 および基材 12 は、対応する圧力により、一つに押し付けられる。メンブラン 113 により、基材とテンプレートとの間の接触表面全体にわたって、力が絶対的に一様に配分される。それによって、テンプレートと基材とは、互いに絶対的に平行に配置され、基材またはテンプレートの表面における不規則性の影響はすべて排除される。

30

40

【0060】

作用する流体媒体圧力によって、テンプレート 10 と基材 12 とが一つになった時、放

50

射線供給源を起動し、放射線 19 を放射する。放射線は、窓として作用する表面部分 112 を通し、キャビティ 115、メンブラン 113 およびテンプレート 10 を通して伝達される。放射線は、部分的に、または完全に、表面層 14 により吸収され、それによって、圧力およびメンブランにより支援された圧縮により与えられる、テンプレート 10 と基材 12 との間の完全に平行な配置で、表面層 14 の材料が、架橋または硬化により固化する。放射線露光時間は、表面層 14 中にある材料の種類および量、材料の種類と組み合わせた放射線波長、および放射線の出力によって異なる。そのような重合可能な材料を固化させる特徴は、それ自体良く知られており、上記パラメータの関連する組合せも、当業者には公知である。流体が固化して層 14' を形成した後、それ以上の露光に大きな効果はない。しかし、露光後に、層 14' の材料を、予め決められた一定温度 T_p で、特定の時間、例えば 1 ~ 10 分間、後焼き付け、または硬焼き付けすることができる。mr-L6000.1XP の例では、後焼き付けは、典型的には 1 ~ 10 分間、好ましくは約 3 分間、100 ~ 120 の共通の処理温度 T_p で行う。

【0061】

本発明の装置 100 では、後焼き付けをインプリント機械 100 中で行う、つまり基材を装置の外に、および別の加熱炉中に移す必要がない。これによって、一処理工程が節約され、インプリント製法で時間およびコストの両方を節約することができる。テンプレート 10 がなお一定温度 T_p に保持されている間に、および選択された圧力もテンプレート 10 に向けたままで、後焼き付けを行うことにより、層 14 中に形成される構造パターンの精度が高くなり、より細かい構造を製造することができる。圧縮、露光および後焼き付けに続いて、キャビティ 115 中の圧力を下げ、2 個の主要部分 101 および 102 を互いに分離する。一実施態様では、これらの主要部分を分離した後、ヒーター装置 20 の冷却素子 24 を使用し、基材 12 を冷却することができる。この後、基材をテンプレートから分離し、インプリント平版印刷に関して以前から公知の内容により、その後の処理を行う。

【0062】

図 8 および 9 は、図 1 ~ 3 の製法と類似の製法を例示する。やはり、透明基材 12 を使用し、テンプレート 10 をヒーター本体 21 の表面 105 の上に、図 4 ~ 6 に示すように、基材をテンプレート 10 の上にして配置できることに注意すべきである。

【0063】

図 10 ~ 12 は、本発明の一実施態様により、装置 100 を使用する別の方法を例示する。図 1 ~ 3 と類似の特徴には、同じ参照記号を使用する。しかし、図 10 ~ 12 の製法では、好ましくはガラスまたは石英から製造された透明テンプレート 200 を使用する。テンプレート 200 は、基材 12 に面した、構造化された表面を有し、非透明性の突起 201 が突き出たパターンを形成している。好ましくは、これは、突起に不透明材料の層を含むことにより、達成される。例示する好ましい実施態様は、突起 201 の外側末端表面を覆う不透明層 202 を包含する。好ましくは、層 202 は、金属層である。一実施態様においては、まず、テンプレート表面の選択された区域に金属マスク 202 を施し、その後、エッチング法を使用し、マスクを施した部分間に溝を設けることにより、テンプレート 200 を製造する。エッチング工程の後にマスクを除去する代わりに、マスク 202 をテンプレート上に残し、テンプレート突起 201 の非透明性外側末端表面を限定する。この方法でテンプレート 200 を製造することにより、テンプレート製造工程が、平坦な表面を有する平らなテンプレート本体から開始されるので、突起 201 の外側末端表面にほとんど完全に一樣な共通平面が確実に達成される。図 1 ~ 12 に例示する寸法は、理解し易くするために誇張されていることに注意すべきである。例えば、層 202 は、数原子単層の厚さしかない。

【0064】

図 10 で、好ましくは図 7 ~ 9 に関して説明した装置を使用し、テンプレート 200 を、基材 12 上の層 214 の中に押し込む。層 214 の材料は、この場合、例えば公知のいずれかの種類でよい、UV 硬化性のプレポリマーまたは UV 架橋可能なネガ型レジストで

ある。ヒーター装置 20 を制御し、基材 12 の温度を好適な処理温度 T_p に上昇させる。架橋可能な材料の場合、ヒーター装置 20 は、基材 12 を通して層 214 を予備加熱し、層 214 の材料がガラス転移温度 T_g を超え、高温 T_p に達するように設定する。上記のようにメンブランおよびガス圧を使用することにより、テンプレート 200 と基材 12 との係合表面全体にわたって均一な圧力を作用させることができる。好ましくは、テンプレート 200 は、突起 201 の外側末端が基材層 17 に極めて近く、好ましくは僅か数ナノメートルの所に来るように、層 214 の中に押し込む。

【0065】

テンプレート 200 は層 214 の中に完全に押し込まれている図 11 で、放射線 19 がテンプレート 200 を通して基材 12 に向けて放射される。層 202 に当たる放射線は止 10
められ、反射され、その下に位置する層部分 214' には到達しない。しかし、突起 201 間を照射する放射線は、層 214 に当たり、層 214 を温度 T_p に維持しながら、層部分 214'' で硬化または固化過程を開始する。好ましくは、ヒーター装置 20 を使用し、同じ温度 T_p で後焼き付け工程を行い、固化過程を完了させる。

【0066】

図 12 に示す工程においては、テンプレート 200 を分離し、テンプレート 12 から引き離し、層 214 をインプリントされた状態で残す。この形状で、基材 12 をネガ型レジスト現像剤流体に露出する。流体の正確な種類は、公知のどのような種類でもよいが、当業者には明らかなように、現像剤の種類は、使用するレジスト重合体に応じて選択する必要がある。現像剤は、放射線で露光されてなく、突起 201 により重合体層中に形成され 20
た窪みの底で非常に薄い層としてのみ残っている部分 214' のみを除去する。この窪みの中に残っている、やはり固体の重合体部分 214' を除去するのに灰化(ashing)またはエッチング処理を行う必要がある先行技術の方法と比較して、本発明の方法は、極めて簡易かつ迅速である。さらに、パターン形成された重合体層 14 の灰化またはエッチングは、層 214 のすべての部分、すなわち両方の部分 214' および 214'' から材料を除去するのに対し、本明細書に提案する方法は、放射線で露光されていない部分 214' のみを取り去る。

【0067】

本発明の装置の一実施態様は、基材 12 とテンプレート 10 とを一つに固定する固定手段をさらに含む。これは、パターン転写の前に基材とテンプレートとを整列させるための 30
外部整列機構を備え、テンプレートと基材とを含む整列させた積重構造を、インプリント装置の中に移動させる必要がある実施態様において特に好ましい。この装置は、UV 照射により重合可能な材料を硬化させる前に、テンプレートと基材との間に真空を作用させ、積み重ねたサンドイッチ構造の重合可能な層から、そこに含有された空気を抜き出す手段を含んでいてもよい。

【0068】

好ましい実施態様においては、テンプレート表面 11 を、好ましくは接着防止層で処理し、インプリント工程の後に固化した重合体層 14' が表面に粘着するのを阻止する。そのような接着防止層の例としては、国際特許第 W003/005124 号に記載され、本発明の発明者の一人により発明された、フッ素含有基を含むものである。国際特許第 W0 40
03/005124 号の内容も引用されることにより本明細書の開示の一部とされる。

【0069】

透明テンプレートを備え、本発明者らが行った試験で良好な結果を得ている本発明の第一の態様においては、NIP-K17 の層 14 で厚さ $1\ \mu\text{m}$ に被覆したシリコンの基材 12 を使用する。ガラスまたは融解石英 / 石英の、厚さ $600\ \mu\text{m}$ のテンプレートを使用した。

【0070】

透明基材を備え、本発明者らが行った試験で良好な結果を得ている、本発明の第二の態様においては、NIP-K17 の層 14 で厚さ $1\ \mu\text{m}$ に被覆したガラスまたは融解石英 / 石英の基材 12 を使用する。例えばニッケルまたはシリコンの、厚さ約 $600\ \mu\text{m}$ のテンプレートを使用した。他のどのような好適な非透明性材料も使用できる。 50

【 0 0 7 1 】

メンブランを使用し、圧力 5 ~ 1 0 0 パールで約 3 0 秒間圧縮した後、放射線供給源 1 1 0 のスイッチを入れた。放射線供給源 1 1 0 は、典型的には、少なくとも 4 0 0 nm 未満の紫外領域で放射するように設計されている。好ましい実施態様では、放射スペクトル領域 2 0 0 ~ 1 0 0 0 nm の空気冷却式キセノンランプを放射線供給源 1 1 0 として使用した。好ましいキセノン型放射線供給源 1 1 0 は、 $1 \sim 10 \text{ W/cm}^2$ の放射線を与え、 $1 \sim 5 \mu\text{s}$ パルスを、パルス速度毎秒 1 ~ 5 パルスでフラッシュするように設計されている。表面 1 0 4 には、放射線を通すための石英の窓 1 1 2 が形成されている。露光時間は、流体層 1 4 を固体層 1 4' に重合させるのに、好ましくは 1 ~ 3 0 秒間であるが、2 分間まででよい。

10

【 0 0 7 2 】

mr-L6000.1 XP による試験を、2 0 0 ~ 1 0 0 0 nm から積算して約 1.8 W/cm^2 で、露光時間 1 分間で行った。本明細書では、使用する放射線を、層 1 4 に塗布される重合体が固化する波長領域に制限する必要はなく、無論、その領域外の放射線も、使用する放射線供給源から放射できることに注意すべきである。一定処理温度における効果的な露光およびそれに続く後焼き付けの後、第二主要部分 1 0 2 を図 8 の位置と類似の位置に下降させ、それに続いて、テンプレート 1 0 および基材 1 2 を装置から取り外して分離し、基材をさらに処理する。

【 0 0 7 3 】

本発明は、UV および熱的 NIL を組み合わせ、一定温度で、UV 架橋可能な熱可塑性重合体中への完全なインプリントを可能にする新規なインプリント方法を提供する。これによって、本発明の方法は、テンプレートおよび基材材料における異なった熱膨脹に関連する問題を解決する。その結果、様々なテンプレートおよび基材材料を使用し、高精度の大面積インプリントを行うことができる。さらに、本方法により、低粘度 UV 硬化性プレポリマーの計量供給では達成が困難である、スピンコーティング可能な UV 硬化性重合体を、ウェハー尺度における均質な厚さ配分で使用することができる。

20

【 0 0 7 4 】

全体的な製法スキームは、3 つの主要工程、すなわち熱的インプリント工程、続いて UV 後焼き付け、および重合体全体を硬化させる硬焼き付け、を包含する。好ましい実施態様では、光化学的に増感した重合体、例えば mr-L6000.1XP、を使用する。

30

【 0 0 7 5 】

これらの 3 工程を組み合わせ、一定温度で行い、下記の製法スキームが得られる。テンプレートおよび基材を、架橋可能な材料の場合には T_g を超える温度 T_p に加熱する。好ましくは、これは、テンプレートを基材とサンドイッチ配置で接触させ、次いで、ヒーター装置を使用してテンプレートまたは基材を加熱することにより行う。このようにして、テンプレートおよび基材、ならびに、とりわけ基材上のインプリントすべき層が、熱伝導により、共通の温度に加熱される。次いで、テンプレート - 基材サンドイッチ構造を、高圧下におき、テンプレートパターンを重合体層の中にインプリントする。特定時間、典型的には 3 0 ~ 6 0 秒間の後、UV フラッド露光を開始し、重合体の硬化を開始させる。圧力を解除する前に、温度を T_p で一定に維持し、重合体を全体的に硬化するまで硬焼き付けする。種々のテンプレートおよび基材を容易に使用し、高精度の大面積インプリントを製造することができる。安価な再生可能なニッケルテンプレートを使用できるので、大面積インプリントを、コスト的に非常に有利に、容易に実行でき、この方法の可能性が大きく広がる。

40

【 0 0 7 6 】

本発明者らは、ブルーレイニッケルテンプレートを使用し、2.5 インチのガラス基材の全面に線幅約 1 4 0 nm でインプリントし、良好な結果を得た。インプリント品質は、基材の縁部に向かって移動した時に、熱的影響による劣化の傾向を示さない。これは、図 1 3 および 1 4 に示されるように、得られた結果の AFM (原子力顕微鏡) 写真において明確に観察される。

50

【 0 0 7 7 】

図 1 3 は、2 . 5 インチのガラス基材上のブルーレイインプリントの中央に近い区域の A F M 写真を示す。図 1 3 の左側に、写真 1 3 7 における水平線に沿って測定した、1 3 7 の区域における A F M 深度分析結果を示す。その線に沿って選択した地点を、写真 1 3 7 および深度分析グラフの両方で、番号 1 3 1 ~ 1 3 6 で示す。深度分析グラフから分かるように、本発明のインプリント製法で形成された溝は、深く、均一である。

【 0 0 7 8 】

さらに、図 1 4 は、同じインプリントされた基材の、基材縁部の数ミリメートル内側に位置する区域の、対応する写真 1 4 7 を示す。図 1 3 と同様に、写真 1 4 7 における水平線に沿って選択された地点を、写真 1 4 7 および写真 1 4 7 の左側の深度分析グラフの両方で示す。図 1 4 でも、本発明のインプリント製法で形成された溝は、2 . 5 インチのガラス基材の縁部近くでも、深く、均一であり、熱膨脹による不均質性および歪みの傾向を示していない。

【 0 0 7 9 】

3 つの主要処理工程を包含する単一製法により、1 基の同じ機械で、これらの主要工程間で基材を機械から取り出す必要なしに行い、優れた品質のインプリントが大きな基材表面で可能である。基材表面全体が一工程でインプリントされるので、重合体層 1 4 を基材上にスピコーティングし、連続的な構造を基材表面全体に造り出すことができる。このいずれも、いわゆるステップアンドフラッシュ法では不可能である。したがって、開示する装置および方法は、大面積インプリントに特に有利であり、それ自体、ステップアンドフラッシュ法に対して膨大な有益性を有する。メンブランにより伝達される流体圧を使用することにより、本発明は、8 インチ、1 2 インチ、およびさらに大きなディスクの基材の一工程インプリントに使用することができる。さらにはサイズが約 4 0 0 × 6 0 0 mm 以上の全平面パネルディスプレイも、本発明の単一のインプリントおよび露光工程を使用してパターン形成することができる。

【 0 0 8 0 】

したがって、本発明は、放射線支援による重合インプリントを大規模製造に初めて使用できる技術を提供する。本発明は、例えばプリント配線基板または回路基板、電気回路、小型化された機械的または電気機械的構造、磁気および光学記録媒体等を製造するための基材にパターン形成するのに使用できる。本明細書に記載する実施態様は、UV 架橋可能な重合体または UV 硬化可能な重合体の放射線露光とヒーターとの組合せに関連する。しかし、異なったテンプレートおよび基材材料を有するために熱膨脹により引き起こされる問題を克服する解決策を提供する目的から、本発明を、基材上のインプリント層に使用するレジスト材料を露光することにより固化する他の波長領域における放射線を包含する方法にも、等しく応用できることを当業者は理解するであろう。さらに、本発明は、異なった材料のテンプレートおよび基材を包含するインプリント製法に特に有利であるが、テンプレートおよび基材に同じ材料を使用する場合にも、後焼き付けの際に基材をインプリント機械から取り出す必要がなく、一定温度を使用するので制御が用意である、という技術的效果が得られる。

【 0 0 8 1 】

用語「一定温度」とは、実質的に一定であることを意味し、温度制御装置を特定の温度を維持するように設定しても、得られる実際の温度はある程度変動することを意味する。一定温度の安定性は、主として温度制御装置の精度および設定全体の慣性に依存する。さらに、本発明の方法は、1 ナノメートルまでの、極めて細かい構造をインプリントするのに使用できることは言うまでもないが、テンプレートが大きい過ぎない限り、僅かな温度変化が大きな影響を及ぼすことはない。テンプレートの周辺部における構造が幅 x を有し、妥当な空間的公差がその幅の分数、例えば $y = x / 10$ 、であると仮定すると、 y は温度公差を設定するパラメータになる。実際、テンプレートおよび基材の材料に関するそれぞれの熱膨脹率、テンプレートのサイズ、典型的には半径、および空間的公差パラメータ y を適用することにより、熱膨脹の差がどのような影響を及ぼすかを容易に計算することが

できる。そのような計算から、温度制御装置に対する好適な温度公差を計算して本発明の方法を実施する機械に応用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0082】

【図1】テンプレートから基材にパターンを転写するための主要処理工程を図式的に示す図であり、その際、放射線は、透明なテンプレートを通して作用し、重合可能な液体を基材表面上で固化させる。

【図2】テンプレートから基材にパターンを転写するための主要処理工程を図式的に示す図であり、その際、放射線は、透明なテンプレートを通して作用し、重合可能な液体を基材表面上で固化させる。

10

【図3】テンプレートから基材にパターンを転写するための主要処理工程を図式的に示す図であり、その際、放射線は、透明なテンプレートを通して作用し、重合可能な液体を基材表面上で固化させる。

【図4】テンプレートから基材にパターンを転写するための対応する処理工程を図式的に示す図であり、その際、放射線は、透明な基材を通して供給し、重合可能な液体を基材表面上で固化させる。

【図5】テンプレートから基材にパターンを転写するための対応する処理工程を図式的に示す図であり、その際、放射線は、透明な基材を通して供給し、重合可能な液体を基材表面上で固化させる。

【図6】テンプレートから基材にパターンを転写するための対応する処理工程を図式的に示す図であり、その際、放射線は、透明な基材を通して供給し、重合可能な液体を基材表面上で固化させる。

20

【図7】図1～3または4～6に一般的に示す処理を行うための、本発明の装置の一実施態様を図式的に示す図である。

【図8】図7の装置の、テンプレートおよび基材を本製法の最初の工程で装填した時を図式的に示す図である。

【図9】図7および8の装置の、テンプレートから基材にパターンを転写する活性化処理工程を図式的に示す図である。

【図10】本発明のインプリント製法の別の実施態様を図式的に示す図である。

【図11】本発明のインプリント製法の別の実施態様を図式的に示す図である。

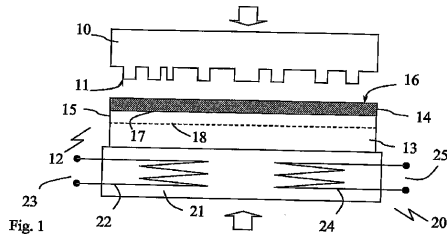
30

【図12】本発明のインプリント製法の別の実施態様を図式的に示す図である。

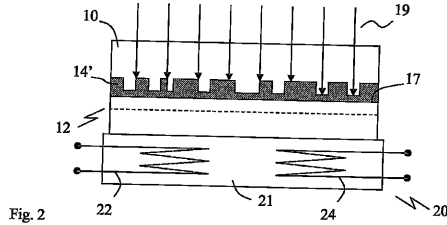
【図13】本発明により単一インプリント工程でインプリントした2.5インチ基材の試験結果を、基材の中央近傍および縁部近傍でそれぞれ撮影したAFM写真と共に示す。

【図14】本発明により単一インプリント工程でインプリントした2.5インチ基材の試験結果を、基材の中央近傍および縁部近傍でそれぞれ撮影したAFM写真と共に示す。

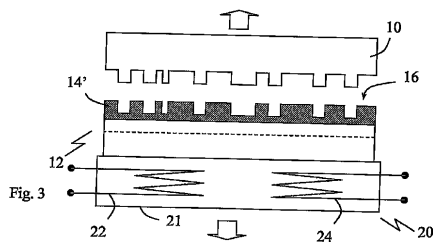
【 図 1 】



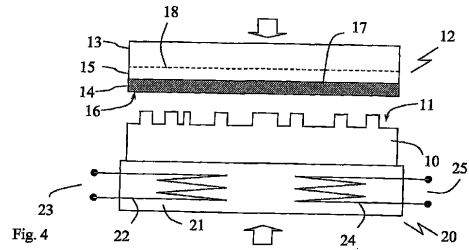
【 図 2 】



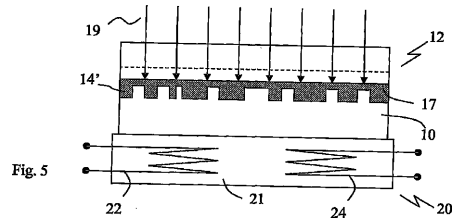
【 図 3 】



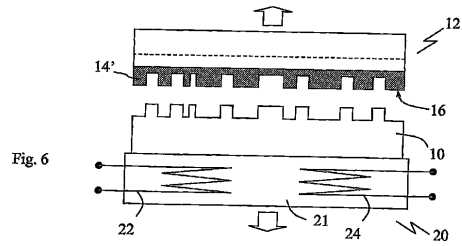
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【圖 7】

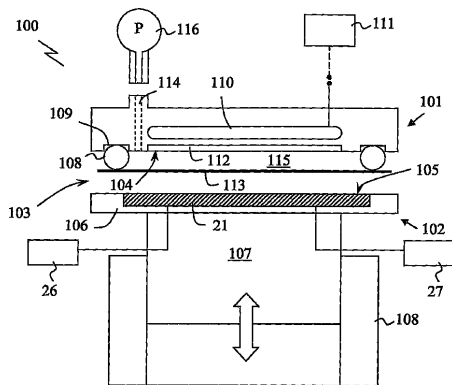


Fig. 7

【 図 8 】

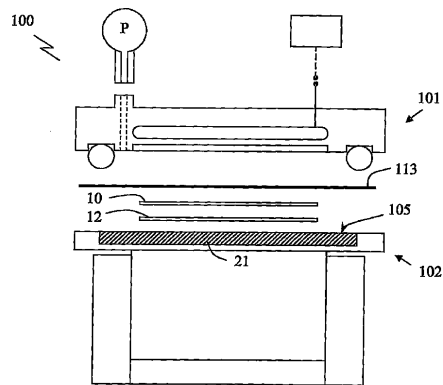


Fig. 8

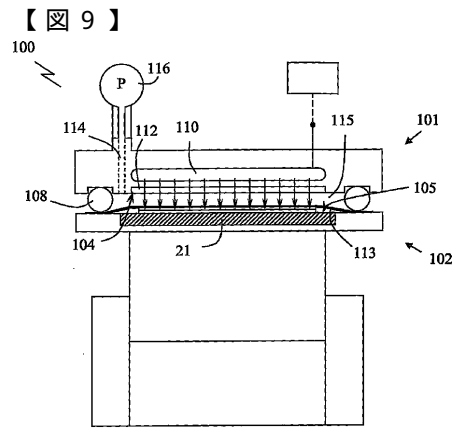


Fig. 9

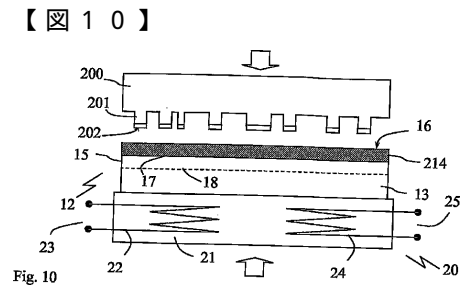


Fig. 10

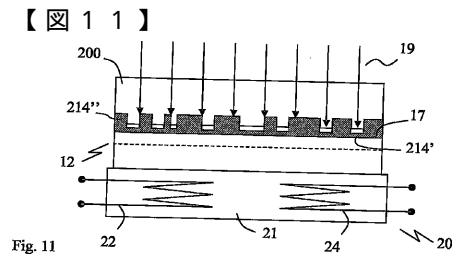


Fig. 11

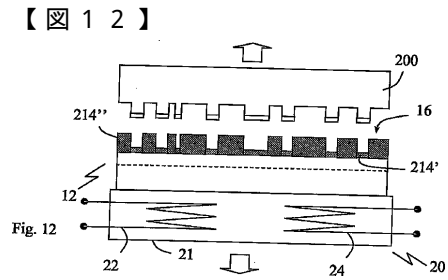


Fig. 12

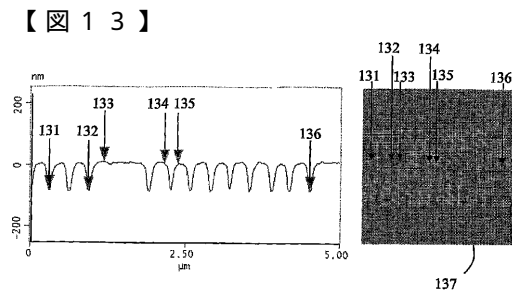


Fig. 13

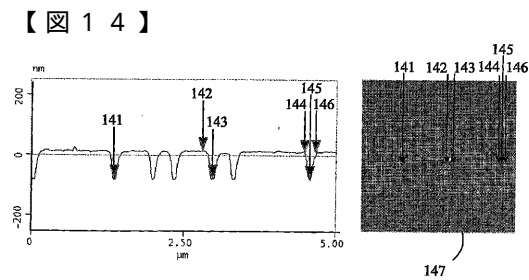


Fig. 14

フロントページの続き

- (72)発明者 マルク、ベック
スウェーデン国マルメ、ディリгентガタン、 8
- (72)発明者 ババク、ハイダリ
スウェーデン国フルンド、セドラ、リュングベージェン、 10
- (72)発明者 エリク、ボルムスイエー
スウェーデン国マルメ、レジエメントスガタン、 78
- (72)発明者 エリク、テアンダー
スウェーデン国ルンド、ルザーンベージェン、 16

審査官 佐藤 秀樹

- (56)参考文献 特開2003-272998(JP, A)
特表2004-504718(JP, A)
特開2000-194142(JP, A)
特表2003-516644(JP, A)
特開平02-289311(JP, A)
国際公開第03/073164(WO, A1)
国際公開第2005/079330(WO, A1)
国際公開第2004/051714(WO, A1)
特開2005-235298(JP, A)
特開平11-191240(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
B29C 59/00 -59/06
G11B 5/84 - 5/858
G11B 7/26