

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5694889号
(P5694889)

(45) 発行日 平成27年4月1日(2015.4.1)

(24) 登録日 平成27年2月13日(2015.2.13)

(51) Int.Cl.		F I			
H O 1 L	21/027	(2006.01)	H O 1 L	21/30	5 O 2 D
B 2 9 C	59/02	(2006.01)	B 2 9 C	59/02	Z N M Z
G 1 1 B	5/84	(2006.01)	G 1 1 B	5/84	Z

請求項の数 13 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2011-214420 (P2011-214420)	(73) 特許権者	306037311
(22) 出願日	平成23年9月29日 (2011.9.29)		富士フイルム株式会社
(65) 公開番号	特開2013-74258 (P2013-74258A)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(43) 公開日	平成25年4月22日 (2013.4.22)	(74) 代理人	100073184
審査請求日	平成26年1月15日 (2014.1.15)		弁理士 柳田 征史
		(74) 代理人	100090468
			弁理士 佐久間 剛
		(72) 発明者	中村 和晴
			神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内
		(72) 発明者	若松 哲史
			神奈川県南足柄市中沼210番地 富士フイルム株式会社内
		審査官	佐野 浩樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ナノインプリント方法およびそれに用いられるナノインプリント装置並びにパターン化基板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の基準圧力および所定の基準温度において所定の基準寸法を有する微細な凹凸パターンが表面に形成されたモールド、およびレジスト塗布面を有する被加工基板であって、これらのヤング率および/または熱膨張率が互いに異なるものを用い、

前記凹凸パターンと前記レジスト塗布面上に塗布されたレジストとを接着せしめて、前記モールド、前記レジストおよび前記被加工基板から構成されるアセンブリを形成し、

該アセンブリが圧力容器内に設置され、前記圧力容器内の圧力が $0.1 \sim 5 \text{ MPa}$ であり、かつ、前記基準寸法に対するレジストパターンについての寸法差の割合 D_{all} 、前記基準圧力 P_{st} 、前記基準温度 T_{st} 、前記モールドのヤング率 E_m および熱膨張率 α_m 、並びに、前記被加工基板のヤング率 E_i および熱膨張率 α_i を使用して、下記式1を充足するように前記圧力容器内の圧力 P および/または前記アセンブリの温度 T が制御された状態で、前記レジストを硬化せしめ、

その後前記レジストから前記モールドを剥離することを特徴とするナノインプリント方法。

【数1】

$$\Delta D_{all} = (1/E_i - 1/E_m) \cdot (P - P_{st}) + (\alpha_m - \alpha_i) \cdot (T - T_{st})$$

式1

【請求項 2】

前記圧力容器内の圧力 P による制御を優先することを特徴とする請求項 1 に記載のナノインプリント方法。

【請求項 3】

前記モールドの剥離後に、前記圧力容器内の圧力を大気圧に戻すことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のナノインプリント方法。

【請求項 4】

前記モールドの剥離後に、前記アセンブリの温度を常温に戻すことを特徴とする請求項 1 から 3 いずれかに記載のナノインプリント方法。

【請求項 5】

前記アセンブリの設置が、前記アセンブリのうち前記凹凸パターンに対応した部分であるパターン対応部以外の部分のみを支持部材で支持することにより行われることを特徴とする請求項 1 から 4 いずれかに記載のナノインプリント方法。

10

【請求項 6】

前記支持部材がリング形状であることを特徴とする請求項 5 に記載のナノインプリント方法。

【請求項 7】

前記支持部材が 3 つ以上の突起部から構成されるものであることを特徴とする請求項 5 に記載のナノインプリント方法。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 いずれかに記載のナノインプリント方法に使用されるナノインプリント装置であって、

20

所定の基準圧力および所定の基準温度において所定の基準寸法を有する微細な凹凸パターンが表面に形成されたモールドと、レジスト塗布面を有する被加工基板と、レジストとから構成され、かつ前記凹凸パターンと前記レジスト塗布面上に塗布された前記レジストとを接着せしめて形成されたアセンブリが $0.1 \sim 5 \text{ MPa}$ の圧力 P にて収容される圧力容器と、

前記基準寸法に対するレジストパターンについての寸法差の割合 D_{all} 、前記基準圧力 P_{st} 、前記基準温度 T_{st} 、前記モールドのヤング率 E_m および熱膨張率 α_m 、並びに、前記被加工基板のヤング率 E_i および熱膨張率 α_i を使用して、下記式 2 を充足するように前記圧力容器内の圧力 P および/または前記アセンブリの温度 T を制御する制御手段とを備えることを特徴とするナノインプリント装置。

30

【数 2】

$$\Delta D_{all} = (1/E_i - 1/E_m) \cdot (P - P_{st}) + (\alpha_m - \alpha_i) \cdot (T - T_{st})$$

式2

【請求項 9】

前記制御手段が、前記圧力容器内の圧力 P による制御を優先するものであることを特徴とする請求項 8 に記載のナノインプリント装置。

40

【請求項 10】

前記圧力容器内に設けられた、前記アセンブリを支持する支持部材をさらに備え、前記支持部材が、前記アセンブリのうち前記凹凸パターンに対応した部分であるパターン対応部以外の部分のみを支持するものであることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載のナノインプリント装置。

【請求項 11】

前記支持部材がリング形状であることを特徴とする請求項 10 に記載のナノインプリント装置。

【請求項 12】

前記支持部材が 3 つ以上の突起部から構成されたものであることを特徴とする請求項 1

50

0に記載のナノインプリント装置。

【請求項13】

請求項1から7いずれかに記載のナノインプリント方法により、凹凸パターンが転写されたレジスト膜を被加工基板上に形成し、

該レジスト膜をマスクとしてエッチングを行って、該レジスト膜に転写された凹凸パターンに対応した凹凸パターンを前記被加工基板に形成することを特徴とするパターン化基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、微細な凹凸パターンを表面に有するモールドを用いたナノインプリント方法およびそれに用いられるナノインプリント装置並びにパターン化基板の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイス、及びビットパターンドメディア(BPM)等の磁気記録媒体の製造等において、被加工基板上に塗布されたレジストにナノインプリントを行うパターン転写技術の利用が期待されている。

【0003】

具体的には、ナノインプリントは、凹凸パターンを形成した型(一般的にモールド、スタンプ、テンプレートとも呼ばれる)を被加工物上に塗布されたレジストに押し付け(インプリント)、レジストを力学的に変形または流動させて微細なパターンを精密にレジスト膜に転写する技術である。モールドを一度作製すれば、ナノレベルの微細構造を簡単に繰り返して成型できるため経済的であるとともに、有害な廃棄物および排出物が少ない転写技術であるため、近年、さまざまな分野へも応用が期待されている。

【0004】

モールドの凹凸パターンのパターン寸法は、そのモールドを使用する環境(特に雰囲気)の圧力およびモールドの温度)に依存して、所定の設計寸法から変動することがある。このような場合には、パターン寸法が所定の設計寸法からずれたモールドを使用して、設計寸法通りのレジストパターンを有するレジスト膜を被加工基板上に形成する技術が必要となる。

【0005】

このような方法の例として例えば特許文献1には、膨張した結果パターン寸法が所定の設計寸法からずれたモールド90の側壁を部材91で挟んで機械的な外力Fにより圧縮することにより、所定の設計寸法からずれたモールド90のパターン寸法をその設計寸法に一致させるよう調整する方法が開示されている(図18)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特許第4594305号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献1のような方法では、モールド90の側壁を挟んで機械的に圧縮するから、その収縮の仕方が必ずしも一様ではなく、図18に示されるようにモールド90にうねり92が生じるという問題がある。このうねりを低減するため、モールド90の上面を加圧もしくは減圧するシステムが具備されているものの、その面全体に圧力が加えられるため局所的なうねりの発生を抑制することはできない。このようにうねりが発生したモールドによってナノインプリントを実施した場合には、例えばレジスト膜の残膜の厚さムラ等のインプリント不良の発生の原因となる。

10

20

30

40

50

【0008】

また、数百 μm 程度の厚さの薄いモールドに対して特許文献1のような方法を適用すると、モールドが破断してしまうという問題も生じうる。

【0009】

本発明は上記問題に鑑みてなされたものであり、ナノインプリント方法において、ある基準状態下でモールドのパターン寸法と所望の割合だけ異なる寸法のレジストパターンを形成することを可能とするナノインプリント方法およびそれに用いられるナノインプリント装置を提供することを目的とするものである。

【0010】

さらに本発明は、ナノインプリントを用いたパターン化基板の製造において、精度の高い加工を可能とするパターン化基板の製造方法を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するために、本発明に係るナノインプリント方法は、
 所定の基準圧力および所定の基準温度において所定の基準寸法を有する微細な凹凸パターンが表面に形成されたモールド、およびレジスト塗布面を有する被加工基板であって、これらのヤング率および/または熱膨張率が互いに異なるものを用い、

凹凸パターンとレジスト塗布面上に塗布されたレジストとを接着せしめて、モールド、レジストおよび被加工基板から構成されるアセンブリを形成し、

アセンブリが圧力容器内に設置され、かつ、基準寸法に対するレジストパターンについての寸法差の割合 D_{all} 、基準圧力 P_{st} 、基準温度 T_{st} 、モールドのヤング率 E_m および熱膨張率 α_m 、並びに、被加工基板のヤング率 E_i および熱膨張率 α_i を使用して、下記式1を充足するように圧力容器内の圧力 P および/またはアセンブリの温度 T が制御された状態で、レジストを硬化せしめ、

その後レジストからモールドを剥離することを特徴とするものである。

【0012】

【数1】

$$\Delta D_{all} = (1/E_i - 1/E_m) \cdot (P - P_{st}) + (\alpha_m - \alpha_i) \cdot (T - T_{st})$$

式1

【0013】

本明細書において、「基準寸法」とは、基準状態（基準圧力および基準温度にある状態）における上記凹凸パターンの寸法を意味する。

【0014】

「基準寸法に対するレジストパターンについての寸法差の割合」とは、基準寸法に対する、レジストパターンの基準状態における寸法と基準寸法との差の割合を意味する。

【0015】

そして、本発明に係るナノインプリント方法において、圧力容器内の圧力 P が $0 \sim 5 \text{ MPa}$ の範囲内に属する場合にはその圧力による制御を優先することが好ましい。

【0016】

また、本発明に係るナノインプリント方法において、モールドの剥離後に、圧力容器内の圧力を大気圧に戻すことが好ましい。

【0017】

また、本発明に係るナノインプリント方法において、モールドの剥離後に、アセンブリの温度を常温に戻すことが好ましい。

【0018】

また、本発明に係るナノインプリント方法において、アセンブリの設置は、アセンブリのうち凹凸パターンに対応した部分であるパターン対応部以外の部分のみを支持部材で支

10

20

30

40

50

持することにより行われることが好ましい。この場合において、支持部材はリング形状であること、或いは、支持部材は3つ以上の突起部から構成されるものであることが好ましい。

【0019】

本明細書において「パターン対応部」とは、アセンブリの所定の一部分であって、平面視（レジスト塗布面に垂直な方向からの視点）において、凹凸パターンが形成されている領域と投影範囲が共通する部分を意味する。

【0020】

本発明に係るナノインプリント装置は、

上記に記載のナノインプリント方法に使用されるナノインプリント装置であって、

所定の基準圧力および所定の基準温度において所定の基準寸法を有する微細な凹凸パターンが表面に形成されたモールドと、レジスト塗布面を有する被加工基板と、レジストとから構成され、かつ凹凸パターンとレジスト塗布面上に塗布されたレジストとを接着せしめて形成されたアセンブリが収容される圧力容器と、

基準寸法に対するレジストパターンについての寸法差の割合 D_{a11} 、基準圧力 P_{st} 、基準温度 T_{st} 、モールドのヤング率 E_m および熱膨張率 α_m 、並びに、被加工基板のヤング率 E_i および熱膨張率 α_i を使用して、上記式1を充足するように圧力容器内の圧力 P および/またはアセンブリの温度 T を制御する制御手段とを備えることを特徴とするものである。

【0021】

そして、本発明に係るナノインプリント装置において、制御手段は、圧力容器内の圧力 P が $0 \sim 5 \text{ MPa}$ の範囲内に属する場合にはその圧力による制御を優先するものであることが好ましい。

【0022】

または、本発明に係るナノインプリント装置は、圧力容器内に設けられた、アセンブリを支持する支持部材をさらに備え、支持部材は、アセンブリのうち凹凸パターンに対応した部分であるパターン対応部以外の部分のみを支持するものであることが好ましい。この場合において、支持部材はリング形状であること、或いは、支持部材は3つ以上の突起部から構成されるものであることが好ましい。

【0023】

本発明に係るパターン化基板の製造方法は、

上記に記載のナノインプリント方法により、凹凸パターンが転写されたレジスト膜を被加工基板上に形成し、

レジスト膜をマスクとしてエッチングを行って、レジスト膜に転写された凹凸パターンに対応した凹凸パターンを被加工基板に形成することを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0024】

本発明に係るナノインプリント方法およびナノインプリント装置は、特に、所定の基準圧力および所定の基準温度において所定の基準寸法を有する微細な凹凸パターンが表面に形成されたモールド、およびレジスト塗布面を有する被加工基板であって、これらのヤング率および/または熱膨張率が互いに異なるものを用い、基準寸法に対するレジストパターンについての寸法差の割合 D_{a11} 、基準圧力 P_{st} 、基準温度 T_{st} 、モールドのヤング率 E_m および熱膨張率 α_m 、並びに、被加工基板のヤング率 E_i および熱膨張率 α_i を使用して、上記式1を充足するように圧力容器内の圧力 P および/またはアセンブリの温度 T が制御された状態で、レジストを硬化せしめることを特徴とする。このような構成により、モールドの膨張収縮の変化の度合および被加工基板の膨張収縮の変化の度合の相違を利用して、レジストパターンの寸法を制御することができる。この結果、ナノインプリントにおいて、ある基準状態下で、モールドのパターン寸法と所望の割合だけ異なる寸法のレジストパターンを形成することが可能となる。

【0025】

また、本発明に係るパターン化基板の製造方法は、上記に記載のナノインプリント方法により、凹凸パターンが転写されたレジスト膜を被加工基板上に形成し、レジスト膜をマスクとしてエッチングを行って、レジスト膜に転写された凹凸パターンに対応した凹凸パターンを被加工基板に形成することを特徴とするものである。したがって、本発明に係るナノインプリント方法によりレジストパターンを形成しているから、インプリント不良のないレジストパターンを形成することができる。この結果、ナノインプリントを用いたパターン化基板の製造において、精度の高い加工が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】実施形態のナノインプリント装置の構成を示す概略切断部端面図である。

10

【図2A】メサ型モールドの一形態を示す概略斜視図である。

【図2B】図2AにおけるA-A線での断面を示す概略切断部端面図である。

【図3A】本発明のナノインプリント装置における被加工基板の設置台の一実施形態を示す概略平面図である。

【図3B】本発明のナノインプリント装置における被加工基板の設置台の他の実施形態を示す概略平面図である。

【図3C】本発明のナノインプリント装置におけるモールドの支持部材の一実施形態を示す概略平面図である。

【図4A】本発明のナノインプリント方法の一実施形態の工程を示す概略切断部端面図である。

20

【図4B】本発明のナノインプリント方法の一実施形態の工程を示す概略切断部端面図である。

【図5】本発明において、アセンブリに流体圧力が作用する様子を示す概略切断部端面図である。

【図6】互いに異なるヤング率および/または熱膨張率を有するモールドおよび被加工基板が膨張または収縮する様子を示す概略切断部端面図である。

【図7】本発明のナノインプリント装置における被加工基板の設置台の他の実施形態を示す概略平面図である。

【図8A】一実施形態の接着機構を備えた設置台を用いて、モールドと硬化性樹脂が塗布された被加工基板とを接着させる様子を示す概略切断部端面図である。

30

【図8B】他の実施形態の接着機構を備えた設置台を用いて、モールドと硬化性樹脂が塗布された被加工基板とを接着させる様子を示す概略切断部端面図である。

【図9】本発明のナノインプリント装置の他の実施形態を示す概略切断部端面図である。

【図10A】本発明のナノインプリント方法の他の実施形態の工程を示す概略切断部端面図である。

【図10B】本発明のナノインプリント方法の他の実施形態の工程を示す概略切断部端面図である。

【図11】裏面から見たモールドの凹凸パターンの配置構成を示す概略図である。

【図12】モールドおよびレジストに形成されたアライメントマークの構成を示す概略図である。

40

【図13】表面から見たレジストのパターンの配置構成を示す概略図である。

【図14】裏面から見たリファレンス基板のパターンの配置構成を示す概略図である。

【図15】リファレンス基板に形成されたアライメントマークの構成を示す概略図である。

【図16】2つのアライメントマークが位置合わせされた様子を示す概略図である。

【図17】モアレパターンが重ね合わされた様子を示す概略図である。

【図18】所定の設計寸法からずれたモールドのパターン寸法をその設計寸法に一致させるよう調整する従来の方法を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

50

以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明するが、本発明はこれに限られるものではない。なお、視認しやすくするため、図面中の各構成要素の縮尺等は実際のものとは適宜異ならせてある。

【0028】

「ナノインプリント方法およびナノインプリント装置の第1の実施形態」

図1は、実施形態のナノインプリント装置の構成を示す概略切断部端面図である。

【0029】

本実施形態のナノインプリント方法は、図1に示すようなナノインプリント装置100を用いて実施される。図1に示すナノインプリント装置100は、圧力容器110、この圧力容器110に気体を導入する気体導入部120、この圧力容器110内を排気する排気部130、被加工基板7を支持する基板支持部材140を備えた被加工基板7を設置する設置台145、モールド1を支持するモールド支持部材150、ランプヒータ155、凹凸パターンの位置合わせを行うための受光デバイス161、および、レジストを露光するための露光光源162を備えている。なお、図1には、微細な凹凸パターン13を表面に有するモールド1、およびレジスト塗布面にレジスト6が塗布された被加工基板7も示している。アセンブリは、モールド1、およびレジスト6が塗布された被加工基板7を用いて、凹凸パターン13とレジスト6とを接着せしめて形成される。

【0030】

(モールド)

モールドの材料としてはSiが挙げられる。このようなSiモールドは例えば以下のようにして製造される。Si基材上に、スピコートによりPMMA (poly methyl methacrylate)などを主成分とするフォトレジスト液を塗布し、フォトレジスト層を形成する。その後、Si基材をXYステージ上で走査しながら、所定のラインパターンに対応して変調した電子ビームを照射し、10mm角の範囲のフォトレジスト層全面のラインパターンに対応する領域を露光する。その後、フォトレジスト層を現像処理し、露光部分を除去して、除去後のフォトレジスト層のパターンをマスクにして所定の溝深さになるようにエッチングを行い、凹凸パターンを有するSiモールドを製造することができる。

【0031】

また、モールド1の材料として石英基板を用いてもよい。石英基板に微細パターンを加工する場合は、基板加工時のマスクとして金属層とフォトレジスト層の積層構造にする必要がある。石英基板の加工法は例えば以下に示す通りである。フォトレジスト層をマスクにして、ドライエッチングを行い、フォトレジスト層に形成された凹凸パターンに対応した凹凸パターンを当該金属層に形成し、その金属薄層をエッチストップ層にして石英基板にさらにドライエッチングを行い、凹凸パターンを石英基板上に形成する。これにより、所定のパターンを有する石英モールドを得る。また、パターン形成法として、電子ビーム描画だけでなく、インプリントによるパターン転写を行ってもよい。

【0032】

また、モールドはメサ型のものを使用することもできる。メサ型のモールドとは、例えば図2AおよびBに示すような台地(メサ)状の構造を有するモールド1をいう。図2Aはメサ型モールドの一形態を示す概略斜視図であり、図2Bは図2AにおけるA-A線での断面を示す概略切断部端面図である。

【0033】

具体的には、図2Aおよび図2Bに示すメサ型のモールド1は、平板状の支持部11と、この支持部11の一面S1(基準面)にありかつこの基準面S1から所定の高さD2を有する台地状のメサ部12とを備え、このメサ部12が、微細な凹凸パターン13が形成された凹凸パターン領域R1を有するような構造をなす。

【0034】

このようなメサ型のモールドを使用した場合には、被加工基板上に塗布された硬化性樹脂にモールドを押し付けた際に、レジストの流動範囲を制限できる利点がある。このよう

10

20

30

40

50

なメサ型のモールド1は、平板状の基板にメサ加工（メサ部を残すようにその周囲の基板材料を除去する加工）を施し、その後メサ部の表面に凹凸パターンを形成することにより製造することができる。また、メサ部12の凹凸パターン領域以外の領域R2には、アライメントマーク等の転写用のパターン以外のパターンを形成することができる。

【0035】

図1では、モールド1はメサ型構造を有するモールドとして示している。

【0036】

さらにモールド1は、モールドとレジストとを互いに剥離する剥離処理を容易にするため、その表面に離型処理を行ったものを用いてもよい。このような離型処理は、シリコン系やフッ素系などのシランカップリング剤を用いて実施される。シランカップリング剤としては、例えばダイキン工業株式会社製のオプツール（登録商標）DSXおよび住友スリーエム株式会社製のNovac（登録商標）EGC-1720が挙げられる。またその他市販の離型剤も好適に用いることができる。

10

【0037】

モールド1において、平板状の基板がメサ加工されることにより、支持部11およびメサ部12は一体的に形成されている。モールド1の材料は、上記に挙げた石英の他、例えばシリコン、ニッケル、アルミニウム、クロム、鉄、タンタルおよびタングステン等の金属材料、それらの酸化物、窒化物および炭化物、並びに樹脂とすることができる。具体的には、モールド1の材料としては、酸化シリコン、酸化アルミニウム、石英ガラス、バイレックス（登録商標）ガラスおよびソーダガラス等を挙げるることができる。図1に示される本実施形態では特に、モールド1を通して露光する実施形態であるため、モールド1の材料は光透過性材料である。被加工基板7側から露光する場合、モールド1の材料は光透過性材料である必要はない。

20

【0038】

支持部11の厚さD1は、300 μ m～10mmであり、より好ましくは350 μ m～1mmであり、特に好ましくは400～500 μ mである。厚さD1が、300 μ mよりも薄いと剥離処理の際にモールドが破断する恐れがあるためであり、10mmよりも厚いと流体圧力に従うような柔軟性が喪失されるためである。また、メサ部12の厚さD2は、100nm～10mmであり、より好ましくは1～500 μ mであり、特に好ましくは10～50 μ mである。

30

【0039】

（被加工基板）

被加工基板7は、レジストを塗布するインプリント用の基板である。本発明では、被加工基板7を構成する材料は、ヤング率および熱膨張率の少なくとも一つがモールドを構成する材料のヤング率および熱膨張率のそれぞれと異なるものである。材料としては、例えば、シリコン、ニッケル、アルミニウム、ガラス、樹脂、などが挙げられる。これらの基板材料は、1種単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。このような構成にすることにより、インプリント工程において、圧力および/または温度の変化に伴うモールド1の変化の度合および被加工基板7の変化の度合が異なるようになる。

40

【0040】

モールド1が光透過性を有する場合、被加工基板の形状、構造および大きさについては特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。被加工基板7のパターン転写の対象となる面がレジスト塗布面となる。例えば被加工基板7が情報記録媒体の製造向けのものである場合には、被加工基板7の形状は通常円板状である。構造としては、単層構造であってもよいし、積層構造であってもよい。被加工基板の厚みとしては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

【0041】

一方、モールド1が光透過性を有しない場合は、レジストの露光を可能とするために石英基板を用いる。

【0042】

50

(凹凸パターン)

凹凸パターン13の形状は、特に限定されず、ナノインプリントの用途に応じて適宜選択される。例えば典型的なパターンとして図2Bに示すようなライン&スペースパターンである。そして、ライン&スペースパターンのラインの長さ、ラインの幅、ライン同士の間隔(スペースの幅)およびスペース底面からのラインの高さは適宜設定される。例えば、ラインの幅は10nm~100μm、より好ましくは20nm~1μmであり、ライン同士の間隔は10nm~100μm、より好ましくは20nm~1μmであり、ラインの高さ(スペースの深さ)は10~500nm、より好ましくは30~100nmである。

【0043】

(圧力容器)

圧力容器110は、容器本体111と蓋112とからなる。容器本体111は、気体導入部120から気体を導入するための導入口と、排気部130によって排気を行うための排気口とを備え、導入口および排気口はそれぞれ気体導入部120と排気部130とに接続されている。蓋112は、蓋112を閉じた状態で位置合わせや露光を行えるようにガラス窓113を備える。しかし、ガラス窓113は、蓋112を開けた状態で位置合わせや露光を行う場合には不要である。

【0044】

(被加工基板の設置台と基板支持部材)

設置台145は、被加工基板7を設置するためのものである。設置台145は、モールド1の凹凸パターンとの位置合わせが可能となるように、x方向(図1における左右方向)、y方向(図1における紙面垂直方向)、z方向(図1における上下方向)および方向(z方向の軸を中心とした回転方向)に移動可能(本明細書において回転移動も含む)となっている。また、設置台145は、z方向に移動可能な基板支持部材140を備える。基板支持部材140は、設置台145に置かれた被加工基板7を設置台145から離して持ち上げる際、およびアセンブリを支持する際に使用される。設置台145は、被加工基板7を吸着固定するための吸着口や被加工基板7を加熱するための加熱器を備えるように構成することもできる。

【0045】

図3Aは、平面視(z方向下向きの視点)における本実施形態の被加工基板7の設置台145を示す概略平面図であり、図3Bは、平面視における設置台145の他の実施形態を示す概略平面図である。

【0046】

図3Aに示された設置台145は、複数(本実施形態では4つ)のドット状の突起部から構成される基板支持部材140および吸着口146を備える。ドット状の突起部は、表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態にあるアセンブリ8を、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリ8の表面全体に作用するように圧力容器110内で支持することを可能とするため、アセンブリ8との接触面が小さくなるように構成することが好ましい。具体的には、ドット状の突起部の先端形状に曲率を持たせることにより、限りなく点で接触するように構成する。接触面の面積が大きくなると、その分だけ流体圧力以外の外力がアセンブリ8に働くことになり、アセンブリ8に対して等方的に流体圧力を印加することが難しくなるためである。ドット状の突起部の個数は、特に限定されないが、8個であることが好ましく、6個であることがより好ましく、3個であることが特に好ましい。

【0047】

一方、図3Bに示された設置台145は、リングを形成するようなライン状の突起部から構成される基板支持部材140および吸着口146を備える。図3Bでは、基板支持部材140は断線したリング形状となっているが完全なリング形状であってもよい。ライン状の突起部も、上記同様に、表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態にあるアセンブリ8を、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリ8の表面全体に作用するように圧力容器110内で支持することを可能とするため、アセンブリ8との接触面が小さくなるように構成することが好ましい。この場合にも、ライン状の突起部の先端形状に曲率を持たせる

10

20

30

40

50

ことにより、限りなく線で接触するように構成する。ライン状の突起部は1つのリング形状が形成できるような程度の個数あれば充分である。

【0048】

突起部は、アセンブリ8のパターン対応部以外の部分のみを支持するように配置されることが好ましい。例えば、図3Aに示すような基板支持部材140の場合、複数の突起部から構成される基板支持部材140は、当該複数の突起部がパターン対応部の周りに均等に配置され、かつパターン対応部以外の部分でアセンブリ8を支持するように配置される。図3Bに示すような基板支持部材140の場合、リング形状の基板支持部材140は、当該リング形状の内周の内側にパターン対応部が位置するように、パターン対応部以外の部分でアセンブリ8を支持するように配置される。特にパターン対応部に流体圧力が等方的に作用することを確保し、少なくともパターン対応部におけるモールド1および被加工基板7のそれぞれの膨張または収縮を均等に起こさせるためである。

10

【0049】

(モールド支持部材)

モールド支持部材150は、圧力容器110内で、設置台145に置かれた被加工基板7に対向してモールド1を支持するものである。図3Cは、平面視におけるモールド支持部材150の一実施形態を示す概略平面図である。本実施形態におけるモールド支持部材150は、図3Cに示されるように、リング部151および支柱部152から構成される。リング部151は、一部が断線したような形状であってもよい。

【0050】

(気体導入部、排気部およびランプヒータ)

気体導入部120は、例えば、気体の導入管121、バルブ122および導入管121の他端に接続された気体導入源(図示省略)等から構成され、排気部130は、例えば、排気管131、バルブ132および排気用のポンプ(図示省略)等から構成される。導入する気体としては、空気や不活性気体を挙げることができる。不活性気体としては、 N_2 、 He 、 Ar 等を挙げることができる。

20

【0051】

一方、ランプヒータ155は、アセンブリ8を加熱するための熱源である。ランプヒータ155は、圧力容器110の内部に設けられてもよいし、外部に設けられてもよい。また、ランプヒータ155は、移動可能となるように構成され、必要な場合にのみ設置台145の真上に配置され、アセンブリ8に光を照射する。

30

【0052】

本実施形態では、気体導入部120、排気部130、ランプヒータ155およびこれらの駆動を制御する駆動制御部(図示省略)が、本発明における制御手段に相当する。

【0053】

(受光デバイス)

受光デバイス161は、モールド1がモールド支持部材150に支持され、レジスト6がレジスト塗布面に塗布された被加工基板7が設置台145に設置された状態で、凹凸パターンと被加工基板7との位置合わせを行う際に使用される。つまり、受光デバイス161で凹凸パターン13を観察しながら、蓋112を開けた状態でもしくはガラス窓113を通して、 $x y z$ 方向に移動可能な設置台145を調節することにより位置合わせが実施される。受光デバイス161も、装置の操作性の観点から $x y z$ 方向に移動させることができるように構成される。受光デバイス161としては、CCDを搭載した光学顕微鏡を使用することができる。

40

【0054】

(露光光源)

露光光源162は、レジスト6を露光するために使用される。露光光源162も、装置の操作性の観点から $x y z$ 方向に移動させることができるように構成される。露光光源162としては、例えばセン特殊光源株式会社製の波長300nm~700nmの光源を使用することができる。

50

【 0 0 5 5 】

そして以下、ナノインプリント方法について説明する。図 4 A および B は、本実施形態のナノインプリント方法の工程を示す概略切断部端面図である。図 4 A および B は、装置の駆動手順を分かりやすくするために、図 1 のナノインプリント装置 1 0 0 のうち、設置台 1 4 5 およびモールド支持部材 1 5 0、並びにこれらを用いた手順の説明に必要な部分のみを示す。なお、以下の工程では、モールド 1 のヤング率および被加工基板 7 のヤング率、並びに、モールド 1 の熱膨張率および被加工基板 7 の熱膨張率はそれぞれ互いに異なるものとする。

【 0 0 5 6 】

本実施形態のナノインプリント方法は、以下の通りである。まず、ユーザは、基準状態におけるモールド 1 の基準寸法に対して、どの程度の割合だけ異なる寸法のレジストパターンを形成するのかを決める。そして、ユーザは、その所望の割合（基準寸法に対するレジストパターンについての寸法差の割合 D_{a11} ）およびその他所定のパラメータを、気体導入部 1 2 0、排気部 1 3 0、およびランプヒータ 1 5 5 を制御する駆動制御部に設定する。駆動制御部は、上記設定されたパラメータに基づいて所定の関係式から、インプリント時の目標とする圧力容器 1 1 0 内の圧力 P および / またはアセンブリ 8 の温度 T を求める。そして、圧力容器 1 1 0 の蓋 1 1 2 を開け、レジスト 6 がレジスト塗布面に塗布された被加工基板 7 を設置台 1 4 5 に設置し、凹凸パターン 1 3 がレジスト 6 に対向するようにモールド 1 をモールド支持部材 1 5 0 に設置する（図 4 A a）。そして、受光デバイス 1 6 1 を用いて凹凸パターンの被加工基板 7 上での位置合わせを行う。そして、圧力容器 1 1 0 の蓋 1 1 2 を閉め、圧力容器 1 1 0 内を排気部 1 3 0 によって排気する。この時、圧力容器 1 1 0 の蓋 1 1 2 を閉めた後、 He を圧力容器 1 1 0 内に導入してもよい。そして、レジスト 6 がモールド 1 の凹凸パターン 1 3 に適度に接着するまで設置台 1 4 5 を z 方向上向きに移動させて、モールド 1、レジスト 6 および被加工基板 7 から構成されるアセンブリ 8 を形成する（図 4 A b）。この際、モールド 1 の凹凸パターン 1 3 内にレジスト 6 が完全には充填されておらず、一部で未充填箇所を伴っている。また、このアセンブリ 8 は、モールド 1、レジスト 6 および被加工基板 7 が単に組み合わされたままの状態であるから、表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態である。その後、さらにアセンブリ 8 を z 方向上向きに持ち上げるように基板支持部材 1 4 0 を移動させる（図 4 A c）。これにより、モールド 1 はモールド支持部材 1 5 0 から離れ、アセンブリ 8 は基板支持部材 1 4 0 のみによって支持された状態となる。基板支持部材 1 4 0 は 4 つのドット状の突起部のみから構成されており、突起部とアセンブリ 8 との接触面は極微細であるから、アセンブリ 8 は、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリ 8 の表面全体に作用するように支持されることとなる。そして、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリ 8 の表面全体に作用するようにアセンブリ 8 が支持されている状態で、駆動制御部による制御の下、気体導入部 1 2 0 から気体が導入される。この結果、モールド 1 および被加工基板 7 は、この気体による流体圧力の作用により互いに押し付けられ、凹凸パターン内にレジスト 6 が完全に充填される（図 4 B d）。そして、駆動制御部により制御された気体導入部 1 2 0 および / またはランプヒータ 1 5 5 によって、圧力容器 1 1 0 内の圧力 P および / またはアセンブリ 8 の温度 T が先ほど求められた目標とする値に維持された状態で、アセンブリ 8 中のレジスト 6 に紫外光を照射して、レジスト 6 を硬化させる。レジスト 6 への転写および露光が終了したら、基板支持部材 1 4 0 を設置台 1 4 5 に収納する（図 4 B e）。このとき、アセンブリ 8 はモールド支持部材 1 5 0 および設置台 1 4 5 によって支持される。そして、設置台 1 4 5 によって被加工基板 7 の裏面（レジスト塗布面の反対側）を吸着固定する。そして、被加工基板 7 を吸着固定しまま、設置台 1 4 5 を z 方向下向きに移動させて、モールド 1 およびレジスト 6 を互いに剥離する（図 4 B f）。最後に、アセンブリ 8 の状態が基準状態に戻される。

【 0 0 5 7 】

（硬化性樹脂）

レジスト 6 は、特に制限されるものではないが、本実施形態では例えば重合性化合物に

10

20

30

40

50

、光重合開始剤（2質量％程度）、フッ素モノマー（0.1～1質量％）を加えて調製されたレジストを用いることができる。また、必要に応じて酸化防止剤（1質量％程度）を添加することもできる。上記の手順により作成したレジスト6は波長360nmの紫外光により硬化することができる。溶解性の悪いものについては少量のアセトンまたは酢酸エチルを加えて溶解させた後、溶媒を留去することが好ましい。なお、本実施形態では硬化性樹脂膜は光硬化性の材料であるが、本発明はこれに限られず他に熱硬化性の材料を適用することもできる。

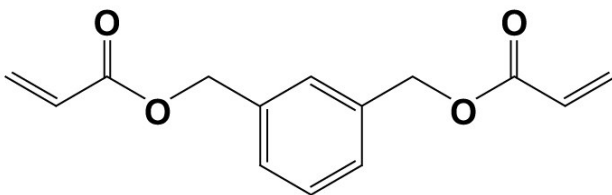
【0058】

上記重合性化合物としては、ベンジルアクリレート（ビスコート（登録商標）#160：大阪有機化学株式会社製）、エチルカルビトールアクリレート（ビスコート（登録商標）#190：大阪有機化学株式会社製）、ポリプロピレングリコールジアクリレート（アロニックス（登録商標）M-220：東亜合成株式会社製）、トリメチロールプロパンPO変性トリアクリレート（アロニックス（登録商標）M-310：東亜合成株式会社製）等の他、下記構造式1で表される化合物A等を挙げる事ができる。

【0059】

構造式1：

【化1】



【0060】

また、上記重合開始剤としては、2-(ジメチルアミノ)-2-[(4-メチルフェニル)メチル]-1-[4-(4-ホルホルニル)フェニル]-1-ブタノン（IRGACURE（登録商標）379：豊通ケミプラス株式会社製）等のアルキルフェノン系光重合開始剤を挙げる事ができる。

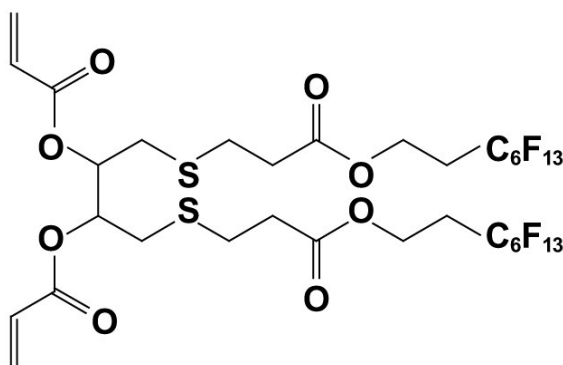
【0061】

また、上記フッ素モノマーとしては、下記構造式2で表される化合物B等を挙げる事ができる。

【0062】

構造式2：

【化2】



【0063】

インクジェット法によりレジストを塗布する場合には、例えば、上記構造式1で示される化合物、アロニックス（登録商標）M-220、IRGACURE（登録商標）379および上記構造式2で示されるフッ素モノマーをそれぞれ質量比48：48：3：1の割合で混合し形成されたレジストを使用することが好ましい。一方、スピンコート法により

10

20

30

40

50

レジストを塗布する場合には、例えば、重合性化合物をPGMEA (Propylene Glycol Methyl Ether Acetate) で1質量%に希釈したレジストを使用することが好ましい。

【0064】

(硬化性樹脂の塗布方法)

レジスト6の塗布は、スピコート法、ディップコート法およびインクジェット法等を使用して実施することができる。

【0065】

(圧力容器内の圧力および/またはアセンブリの温度の制御方法)

制御手段は、与えられた所定のパラメータに基づき、下記式2を充足するように圧力容器内110の圧力Pおよび/またはアセンブリ8の温度Tを制御するものである。

【0066】

上記所定のパラメータとは、基準寸法に対するレジストパターンについての寸法差の割合(以下、寸法差全体の割合という。) D_{all} 、基準圧力 P_{st} 、基準温度 T_{st} 、モールドのヤング率 E_m および熱膨張率 α_m 、並びに、被加工基板のヤング率 E_i および熱膨張率 α_i である。ただし、圧力容器110内の圧力Pのみを制御する(つまり温度Tが基準温度 T_{st} と等しい)場合には、モールド1および被加工基板7の熱膨張率は不要であり、アセンブリ8の温度Tのみを制御する(つまり圧力Pが基準圧力 P_{st} と等しい)場合には、モールド1および被加工基板7のヤング率は不要である。

【0067】

【数2】

$$\Delta D_{all} = (1/E_i - 1/E_m) \cdot (P - P_{st}) + (\alpha_m - \alpha_i) \cdot (T - T_{st})$$

式2

【0068】

本明細書において、「基準寸法」とは、基準状態(基準圧力および基準温度にある状態)におけるモールド1の凹凸パターン13の寸法を意味する。寸法を具体的に測定する位置は特に限定されない。ただし、凹凸パターン13の寸法と当該パターンが転写されたレジストパターンの寸法とを対比する際には、それぞれ相補的に対応する位置同士の寸法を対比する必要がある。

【0069】

基準状態は、モールド1がどのような状態における基準寸法に対して、所望の割合だけ異なる寸法のレジストパターンを形成するのか、つまり形成すべきレジストパターンの寸法に基づいて決定される。例えば、標準状態(大気圧および室温下の状態)におけるモールド1の凹凸パターン13の寸法に対して、所望の割合だけ異なる寸法のレジストパターンを形成する場合には、基準圧力は大気圧、基準温度は室温、基準寸法はその状態における凹凸パターン13の寸法となる。或いは、実際にモールド1が使用される条件を考慮して、例えば標準状態よりも高温高圧の状態を基準状態としてもよい。この場合には、その高温高圧の状態におけるモールド1の凹凸パターン13の寸法が基準寸法となる。

【0070】

「基準寸法に対するレジストパターンについての寸法差の割合」とは、基準寸法に対する、レジストパターンの基準状態における寸法と基準寸法との差の割合を意味し、具体的には下記式3で表されるものである。

【0071】

【数3】

$$\Delta D_{all} = \frac{D_r - D_{st}}{D_{st}}$$

式3

【0072】

式3において、 D_{st} は基準状態における凹凸パターン13の所定領域の寸法（基準寸法）を表し、 D_r は基準状態におけるレジストパターンの上記所定領域に対応する領域の寸法を表す。したがって、 $D_{all} < 0$ である場合には、基準状態におけるレジストパ

10

ターンの寸法が、基準寸法 D_{st} よりも小さいことを表す。一方、 $D_{all} > 0$ である場合には、基準状態におけるレジストパターンの寸法が、基準寸法 D_{st} よりも大きいことを表す。

【0073】

式2は、 $(1/E_i - 1/E_m)$ および $(\alpha_m - \alpha_i)$ の少なくとも1つがゼロでなければ、つまり、モールド1および被加工基板7に関して、それぞれのヤング率および熱膨張率のうち少なくともいずれかが異なる値を有する場合には、寸法差全体の割合 D_{all} が、压力容器内110の圧力Pおよび/またはアセンブリ8の温度Tに依存することを表す。これは、モールド1および被加工基板7それぞれの膨張する割合または収縮する割合が異なるからである。本発明は、これを利用して、基準状態下でモールド1のパターン寸法と所望の割合だけ異なる寸法のレジストパターンを形成することを可能とする。

20

【0074】

式2は、次のようにして導出される。

【0075】

まず、寸法差全体の割合 D_{all} の定義から、式4が成立する。

【0076】

【数4】

$$\Delta D_{all} = \Delta D_P + \Delta D_T$$

式4

30

【0077】

式4において、 D_P は圧力Pの変化に伴う寸法差の割合（圧力変化に伴う寸法差の割合）を表し、 D_T は温度Tの変化に伴う寸法差の割合（温度変化に伴う寸法差の割合）を表す。より具体的には、圧力変化に伴う寸法差の割合 D_P および温度変化に伴う寸法差の割合 D_T は、それぞれ下記式5および式6によって定義される。

【0078】

【数5】

$$\Delta D_P = \left. \frac{D_r - D_{st}}{D_{st}} \right|_{T=const}$$

40

式5

$$\Delta D_T = \left. \frac{D_r - D_{st}}{D_{st}} \right|_{P=const}$$

式6

【0079】

つまり式5から、圧力変化に伴う寸法差の割合 D_P は、圧力Pおよび/または温度T

50

を制御してレジストパターンを形成し、その状態から圧力のみを変化させて基準圧力に戻した（つまり、温度 $T = \text{一定}$ ）場合における、基準寸法 $D_{s,t}$ に対する寸法差の割合を表す。また、式 6 から、温度変化に伴う寸法差の割合 D_T は、圧力 P および / または温度 T を制御してレジストパターンを形成し、その状態から温度のみを変化させて基準温度に戻した（つまり、圧力 $P = \text{一定}$ ）場合における、基準寸法 $D_{s,t}$ に対する寸法差の割合を表す。

【 0 0 8 0 】

そして、レジスト 6 は硬化されたあと、被加工基板 7 の膨張および収縮に追従すると仮定する。実際、レジスト 6 の柔軟性を考慮するとこの仮定は妥当なものである。この場合、圧力変化に伴う寸法差の割合 D_P および温度変化に伴う寸法差の割合 D_T は、それぞれ下記式 7 および式 8 によって求められる。

10

【 0 0 8 1 】

【数 6】

$$\begin{aligned}\Delta D_P &= \varepsilon_{Pi} - \varepsilon_{Pm} \\ &= \Delta P / E_i - \Delta P / E_m \\ &= (1/E_i - 1/E_m) \cdot (P - P_{st})\end{aligned}$$

式 7

$$\begin{aligned}\Delta D_T &= \varepsilon_{Tm} - \varepsilon_{Ti} \\ &= \alpha_m \cdot \Delta T - \alpha_i \cdot \Delta T \\ &= (\alpha_m - \alpha_i) \cdot (T - T_{st})\end{aligned}$$

20

式 8

【 0 0 8 2 】

式 7 において、 ε_{Pi} は、レジストパターンを形成した状態から圧力のみを変化させて圧力 P が基準圧力 $P_{s,t}$ に戻った（つまり、温度 $T = \text{一定}$ ）場合において被加工基板 7 が膨張する際の歪み量の割合（ppm）を表す。また、 ε_{Pm} は、レジストパターンを形成した状態から圧力のみを変化させて圧力 P が基準圧力 $P_{s,t}$ に戻った（つまり、温度 $T = \text{一定}$ ）場合においてモールド 1 が膨張する際の歪み量の割合（ppm）を表す。

30

【 0 0 8 3 】

式 8 において、 ε_{Tm} は、レジストパターンを形成した状態から温度のみを変化させて温度 T が基準温度 $T_{s,t}$ に戻った（つまり、圧力 $P = \text{一定}$ ）場合においてモールド 1 が収縮する際の歪み量の割合（ppm）を表す。また、 ε_{Ti} は、レジストパターンを形成した状態から温度のみを変化させて温度 T が基準温度 $T_{s,t}$ に戻った（つまり、圧力 $P = \text{一定}$ ）場合において被加工基板 7 が収縮する際の歪み量の割合（ppm）を表す。

【 0 0 8 4 】

そして、式 4、式 7 および式 8 から、式 2 が得られる。

【 0 0 8 5 】

本発明では、圧力容器 110 内の圧力 P が 0 ~ 5 MPa の範囲内に属する場合にはその圧力による制御を優先することが好ましい。「圧力による制御を優先する」とは、圧力による制御におけるインプリント時の目標値を先に決めることを意味する。例えば、圧力 P が 0 ~ 5 MPa の範囲内に属し、かつ圧力のみによって上記式 2 を充足することができる場合には、圧力のみによってアセンブリ 8 を膨張または収縮させるようにする。この場合には、 $D_{a11} = D_P$ となる。或いは、0 ~ 5 MPa の範囲内の圧力 P の制御で所望の寸法差全体の割合 D_{a11} を達成することができない場合には、足りない部分を温度 T の制御によって補うようにする。

40

【 0 0 8 6 】

この理由は以下の通りである。所望の寸法差全体の割合 D_{a11} を上記式 2 に従って

50

実現するためには、圧力Pおよび温度Tの2つのパラメータを制御することになる。ここで、圧力の制御および温度の制御には、それぞれメリットおよびデメリットが存在する。具体的には、圧力を制御する場合のメリットは、流体圧力によりアセンブリ8を均等に加圧でき、均一な寸法調整が可能であることであり、デメリットは、ゲージ圧を5MPaよりも大きくすることができず、寸法調整できる範囲が温度を制御する場合に比して限定されることである。これは、ゲージ圧が5MPaを超えると、モールド1と被加工基板7の間にかみこんだ異物によって、モールド1と被加工基板7を傷つけてしまう恐れがあるためである。

【0087】

一方、温度を制御する場合のメリットは、寸法調整できる範囲が圧力を制御する場合に比して広いことであり、デメリットは、加温した際にアセンブリ内8に温度ムラが生じ、均等な寸法調整が難しいこと、および目標とする温度に達するまでに時間がかかることである。そして、温度を制御する場合のデメリットは、モールド1または被加工基板7の材料が石英である場合には特に顕著となる。

【0088】

したがって、圧力Pが0～5MPaの範囲内に属する場合には、圧力による制御を優先することにより、均一な寸法調整が可能となるからである。

【0089】

図5は、図4Acの段階において、気体が充填された圧力容器110内でアセンブリ8に流体圧力P1およびP2が作用する様子を示す概略切断部端面図である。図5中のP1はモールド1の表面にかかる流体圧力を示し、図5中のP2は被加工基板7およびレジスト6の表面にかかる流体圧力を示す。図5に示されるように図4Acの段階において、アセンブリ8は、表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態にあり、かつ、ドット状の突起部から構成される基板支持部材140によって、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するように圧力容器内において支持されている。つまり、アセンブリ8の表面、特にモールド1のフランジ部15に均等な流体圧力P1がかかり、被加工基板7の上記フランジ部15に対向する部分に均等な流体圧力P2がかかることにより、均一な寸法調整が可能となる。また、アセンブリ8のパターン対応部8a以外の部分を基板支持部材140によって支持することにより、パターン対応部8aに流体圧力P1およびP2以外の外力が実質的に働くことを防止している。

【0090】

(モールドの剥離)

本発明に係るナノインプリント方法において、モールド1の剥離後に圧力容器110内の圧力Pを大気圧に戻すことが好ましく、モールド1の剥離後にアセンブリ8の温度Tを常温に戻すことが好ましい。レジスト6を被加工基板7のみに追従させる方が、均一な寸法調整が可能となるからである。

【0091】

気体の圧力容器110への充填は、圧力容器110内の圧力が、0.1～5MPaとなり、より好ましくは0.5～3MPaとなり、特に好ましくは1～2MPaとなるように実施することが好ましい。下限を0.1MPaとしたのは、圧力が0.1MPaより小さいと、凹凸パターン13とレジスト6とが接着されている時に、凹凸パターン領域R1の残留気体が押し出されにくくなる、残留気体(気体がHeの場合)が石英基板から透過しにくくなる、残留気体がレジスト6に溶けにくくなるといった問題が起こって、未充填欠陥が生じてしまうためである。また、0.1MPaより小さいと、被加工基板7が流体圧力に従いにくくなるので、残膜ムラも生じやすくなる。一方、上限を5MPaとしたのは、5MPaを超えると、前述したように、モールド1と被加工基板7の間にかみこんだ異物によって、モールド1と被加工基板7を傷つけてしまう恐れがあるためである。

【0092】

(本発明の作用効果)

以下、本発明の作用効果について説明する。図6は、互いに異なるヤング率およびノマ

10

20

30

40

50

たは熱膨張率を有するモールドおよび被加工基板が膨張または収縮する様子を示す概略切断部端面図である。

【0093】

被加工基板7、レジスト6およびモールド1からなるアセンブリ8が形成された状態で(図6a)、例えば压力容器110内の圧力Pが増加すると、アセンブリ8は流体圧力に圧縮されて収縮することになる(図6b)。この際、モールド1および被加工基板7のヤング率がそれぞれ異なることにより、モールド1および被加工基板7の収縮の度合はそれぞれ異なる。そして、アセンブリ8が圧縮された状態で、レジスト6を硬化し、レジスト6からモールド1を剥離することにより、収縮した状態の凹凸パターン13がレジスト6に転写される(図6c)。この時点における凹凸パターン13の寸法とレジスト6に転写されたレジストパターンの寸法とは一致している。その後、圧力Pが基準圧力に戻されると、モールド1および被加工基板7は元の大きさに戻ることになる。このとき、レジスト6は、被加工基板7と密着していることから、被加工基板7に追従して膨張することになる(図6d)。したがって、圧縮時には一致していた2つのパターンの寸法 $D_{s,t}$ および D_r は、モールド1および被加工基板7の膨張の度合がそれぞれ異なることに起因して、モールド1および被加工基板7のヤング率の差に応じた割合だけずれることになる。

10

【0094】

以上により、本発明に係るナノインプリント方法およびナノインプリント装置によれば、モールドの膨張収縮の変化の度合および被加工基板の膨張収縮の変化の度合の相違を利用して、レジストパターンの寸法を制御することができる。この結果、ナノインプリント方法において、ある基準状態下で、モールドのパターン寸法と所望の割合だけ異なる寸法のレジストパターンを形成することが可能となる。

20

【0095】

<第1の実施形態の設計変更>

第1の実施形態においては、モールド1のみがメサ部を有する場合について説明したが、被加工基板7のみがメサ部を有する場合やその両方がメサ部を有する場合についても、本発明のナノインプリント方法およびナノインプリント装置を適用することができる。

【0096】

また、第1の実施形態においては、メサ型のモールド1を使用した場合について説明したが、本発明は一般的な平板状のモールドにも適用可能である。

30

【0097】

また、第1の実施形態においては、被加工基板7を設置台145で移動させながら、モールド1とレジスト6とを接着させた。しかし、図7および図8Aに示されるように、上記の設置台145の中央部分に、接着時に被加工基板7の中央部分を押し付けるピン147を設けた構成にすることもできる。モールド1とレジスト6との接着は、被加工基板7の外周を吸着しながら、このピン147で被加工基板7の中央部分を押し付けることにより実施される。なお、ピン147は、压力容器110内に気体を導入して、アセンブリ8に流体圧力を作用させるときは収納される。また、接着時に被加工基板7の中央部分を押し付ける方法は、この他に図8Bに示されるように、設置台145の中央部分に第2の気体導入部148を設けて、この第2の気体導入部148から導入された気体を被加工基板7に吹き付ける方法とすることもできる。

40

【0098】

また、第1の実施形態においては、モールド1および被加工基板7をそれぞれモールド支持部材150および設置台145に設置したが、予めモールド1と被加工基板7上に塗布されたレジスト6とを軽く接着させた状態で、つまりアセンブリ8の状態を設置台145に設置してもよい。

【0099】

「ナノインプリント方法およびナノインプリント装置の第2の実施形態」

本発明のナノインプリント方法およびナノインプリント装置の第2の実施形態について図9～図10Bを用いて説明する。図9は本実施形態のナノインプリント装置を示す概略

50

切断部端面図であり、図10Aおよび図10Bは本実施形態のナノインプリント方法の工程を示す概略切断部端面図である。なお、本実施形態は、第1の実施形態と、被加工基板の設置台および基板支持部材についての構成、およびランプヒータ等の加熱手段がない点が異なる。したがって、本実施形態において第1の実施形態と同様の構成要素についての詳細な説明は、特に必要のない限り省略する。

【0100】

(ナノインプリント装置)

まず、本実施形態のナノインプリント方法を実施するためのナノインプリント装置について説明する。本実施形態のナノインプリント方法は、図9に示すようなナノインプリント装置200を用いて実施される。図9に示すナノインプリント装置200は、圧力容器210、この圧力容器210に気体を導入する気体導入部220、この圧力容器210内を排気する排気部230、被加工基板7を支持する基板支持部材240、被加工基板7を設置する設置台245、モールド1を支持するモールド支持部材250、凹凸パターンの位置合わせを行うための受光デバイス261、および、レジストを露光するための露光光源262を備えている。

10

【0101】

(モールドおよび被加工基板)

本実施形態では、モールド1のヤング率および被加工基板7のヤング率がそれぞれ互いに異なるものとする。なお、これらの基板の熱膨張率は同一でも異なっていてもよい。

【0102】

(被加工基板の設置台)

設置台245は、被加工基板7を設置するためのものである。設置台245は、モールド1の凹凸パターン13との位置合わせが可能となるように、x方向(図9における左右方向)、y方向(図9における紙面垂直方向)、z方向(図9における上下方向)および方向(z方向の軸を中心とした回転方向)に移動可能となっている。設置台245は、被加工基板7を吸着固定するための吸着口を備えるように構成することもできる。

20

【0103】

(基板支持部材)

基板支持部材240は、設置台245に置かれた被加工基板7を設置台245から離して持ち上げる際、およびアセンブリ8を支持する際に使用される。したがって、基板支持部材240も、設置台245と同様に少なくともz方向に移動可能なように構成される。本実施形態における基板支持部材240は、図9および図10Aに示されるようにモールド支持部材250と同様に、リング部241および支柱部242から構成される。リング部241は、一部が断線したような形状であってもよい。

30

【0104】

(気体導入部および排気部)

気体導入部220および排気部230は、第1の実施形態と同様である。本実施形態では、加熱手段がないため、気体導入部220、排気部230およびこれらの駆動を制御する駆動制御部(図示省略)が、本発明における制御手段に相当する。

【0105】

(ナノインプリント方法)

図10AおよびBは、装置の駆動手順を分かりやすくするために、図9のナノインプリント装置200のうち、設置台245、基板支持部材240およびモールド支持部材250、並びにこれらを用いた手順の説明に必要な部分のみを示す。なお、以下では基準状態として標準状態(大気圧および室温下の状態)を採用する。

40

【0106】

本実施形態のナノインプリント方法は、以下の通りである。まず、ユーザは、基準状態におけるモールド1の基準寸法に対して、どの程度の割合だけ異なる寸法のレジストパターンを形成するのかを定める。そして、ユーザは、その所望の割合および他所定のパラメータを、気体導入部220および排気部230を制御する駆動制御部に設定する。駆

50

動制御部は、上記設定されたパラメータに基づいて所定の関係式から、インプリント時の目標とする圧力容器 210 内の圧力 P を求める。そして、圧力容器 210 の蓋 212 を開け、レジスト 6 がレジスト塗布面に塗布された被加工基板 7 を設置台 245 に設置し、凹凸パターンがレジスト 6 に対向するようにモールド 1 をモールド支持部材 250 に設置する(図 10Aa)。そして、受光デバイス 261 を用いて凹凸パターンの被加工基板 7 上での位置合わせを行う。そして、圧力容器 210 の蓋 212 を閉め、圧力容器 210 内を排気部 230 によって排気する。この時、圧力容器 210 の蓋 212 を閉めた後、He を圧力容器 210 内に導入してもよい。そして、レジスト 6 がモールド 1 の凹凸パターン 13 に適度に接着するまで設置台 245 を z 方向上向きに移動させて、モールド 1、レジスト 6 および被加工基板 7 から構成されるアセンブリ 8 を形成する(図 10Ab)。この際、モールド 1 の凹凸パターン 13 内にレジスト 6 が完全には充填されておらず、一部で未充填箇所を伴っている。また、このアセンブリ 8 は、モールド 1、レジスト 6 および被加工基板 7 が単に組み合わされたままの状態であるから、表面全体が直接雰囲気暴露可能な状態である。その後、さらにアセンブリ 8 を z 方向上向きに持ち上げるように基板支持部材 240 を移動させる(図 10Ac)。これにより、モールド 1 はモールド支持部材 250 から離れ、アセンブリ 8 は基板支持部材 240 のみによって支持された状態となる。基板支持部材 240 はリング部 241 および支柱部 242 から構成されており、リング部 241 とアセンブリ 8 との接触面は外縁部のわずかな部分であるから、アセンブリ 8 は、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するように支持されることとなる。そして、雰囲気による流体圧力が実質的にアセンブリの表面全体に作用するようにアセンブリ 8 が支持されている状態で、駆動制御部による制御の下、気体導入部 220 から気体が導入される。この結果、モールド 1 および被加工基板 7 は、この気体による流体圧力の作用により互いに押し付けられ、凹凸パターン 13 内にレジスト 6 が完全に充填される(図 10Bd)。そして、駆動制御部により制御された気体導入部 220 によって、圧力容器 210 内の圧力 P が先ほど求められた目標とする値に維持された状態で、アセンブリ 8 中のレジスト 6 に紫外光を照射して、レジスト 6 を硬化させる。レジスト 6 への転写および露光が終了したら、基板支持部材 240 を z 方向下向きに移動させて元の位置に戻す(図 10Be)。このとき、アセンブリ 8 はモールド支持部材 250 および設置台 245 によって支持される。その後は、第 1 の実施形態と同様にして、モールド 1 およびレジスト 6 を互いに剥離する。最後に、アセンブリ 8 の状態が基準状態に戻される。

【0107】

なお、レジスト 6 を露光する際には、露光光源 262 およびアセンブリ 8 の間にコールドフィルタを設置し、露光時にアセンブリ 8 の温度が上昇しないようにすることが好ましい。

【0108】

本実施形態では、圧力の制御のみによって寸法調整を行っている。これは、本実施形態では、基準状態として標準状態を採用しているから、アセンブリ 8 の温度 T はほぼ基準温度(室温)から変化せず、上記式 2 における第 2 項の影響を無視できるためである。

【0109】

以上のように、本実施形態に係るナノインプリント方法およびナノインプリント装置は、所定の基準圧力および所定の基準温度において所定の基準寸法を有する微細な凹凸パターンが表面に形成されたモールド、およびレジスト塗布面を有する被加工基板であって、これらのヤング率が互いに異なるものを用い、所定のパラメータを使用して、所定の関係式を充足するように圧力容器内の圧力が制御された状態で、レジストを硬化せしめるものである。したがって、本実施形態のナノインプリント方法および装置も、第 1 の実施形態のナノインプリント方法および装置と同様の効果を奏する。

【0110】

「パターン化基板の製造方法」

次に、本発明のパターン化基板の製造方法の実施形態について説明する。本実施形態では、前述したナノインプリント方法を用いてパターン化基板の製造を行う。

10

20

30

40

50

【0111】

まず、前述したナノインプリント方法を用いて、所定のパターンが形成されたレジスト膜を被加工基板上に形成する。次に、パターン形成されたレジスト膜をマスクにして被加工基板のエッチングを行い、レジスト膜に形成された凹凸パターンに対応した凹凸パターンを被加工基板上に形成して、所定のパターンを有するパターン化基板（複版）を得る。

【0112】

一方、被加工基板が積層構造を有しており表面上にマスク層を含む場合には、前述したナノインプリント方法を用いて、所定のパターンが形成されたレジスト膜をマスク層付きの被加工基板上に形成する。次に、レジスト膜をマスクにしてドライエッチングを行い、レジスト膜に形成された凹凸パターンに対応した凹凸パターンを当該マスク層に形成し、そのマスク層をエッチストップ層にして被加工基板にさらにドライエッチングを行い、凹凸パターンを被加工基板上に形成して、所定のパターンを有するパターン化基板を得る。

10

【0113】

ドライエッチングとしては、基板に凹凸パターンを形成できるものであれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、イオンミリング法、反応性イオンエッチング（RIE）、スパッタエッチング、などが挙げられる。これらの中でも、イオンミリング法、反応性イオンエッチング（RIE）が特に好ましい。

【0114】

イオンミリング法は、イオンビームエッチングとも言われ、イオン源にArなどの不活性ガスを導入し、イオンを生成する。これを、グリッドを通して加速させ、試料基板に衝突させてエッチングするものである。イオン源としては、カウフマン型、高周波型、電子衝撃型、デュオプラズマトロン型、フリーマン型、ECR（電子サイクロトロン共鳴）型などが挙げられる。

20

【0115】

イオンビームエッチングでのプロセスガスとしては、Arガス、RIEのエッチャントとしては、フッ素系ガスや塩素系ガスを用いることができる。

【0116】

以上のように、本発明に係るパターン化基板の製造方法は、レジストパターンの寸法が制御されたナノインプリント方法を用いて実施されるものであるから、ナノインプリントを用いたパターン化基板の製造において、精度の高い加工が可能となる。

30

【実施例】

【0117】

本発明に係るナノインプリント方法の実施例を以下に示す。

【0118】

<実施例1>

実施例1では、モールドとして石英モールドを使用し、被加工基板としてSi基板を使用した。この場合において、石英モールドのヤング率 $E_m = 72 \text{ GPa}$ 、石英モールドの熱膨張率 $\alpha_m = 5.5 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 、Si基板のヤング率 $E_i = 185 \text{ GPa}$ 、およびSi基板の熱膨張率 $\alpha_i = 2.6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ から、上記式2は、下記式9へと変形される。

40

【0119】

【数7】

$$\Delta D_{all} = -8.48 \times 10^{-3} \cdot \sigma - 2.05 \times 10^{-6} \cdot \Delta T$$

式9

【0120】

なお、式9において、 σ はゲージ圧を表し、 T はアセンブリの温度から室温を引いた温度差を表す。

【0121】

50

そして、直径4インチのSi基板に光レジストを塗布し、光レジスト層によってSi基板を被覆した。モールドは、直径6インチ、厚さが0.525mmの石英基板を基に作製されており、図11に示すパターンが形成されている。また、石英モールドに離型処理を施した。

【0122】

実施例1では、インプリントを実施する際の圧力容器内におけるゲージ圧の調整のみにより、インプリントにより形成されるレジストパターンの寸法が、標準状態において石英モールドの凹凸パターンの寸法に比べて5ppm小さくなるように、インプリントを実施する。したがって上記式9において、 $D_{a11} = -5 \times 10^{-6}$ 、 $T = 0$ を代入すると、 $\sigma = 0.59 \text{ MPa}$ が算出される。

10

【0123】

そして、標準状態(室温=25℃)の下、下記に示すインプリントを実施した。石英モールドを光レジスト層に接触させ、アセンブリを形成した。そして、アセンブリを圧力容器内に設置した。さらに、圧力容器内に空気を導入し、空気の圧力がゲージ圧0.59MPaとなるようにして、アセンブリを加圧した。このときのアセンブリの温度は25℃であった。その後、光レジスト層を露光した。露光時、アセンブリの温度は25℃であった。その後、大気圧まで減圧した後、石英モールドおよび光レジストを互いに剥離した。その他、使用した石英モールド、光レジスト、レジストパターン、Si基板、および各工程の詳細については以下の通りである。

【0124】

(石英モールド)

石英モールドのパターン配置は図11の通りである。図11は、裏面から見た石英モールドの凹凸パターンの配置構成を示す概略図である。具体的には、パターン深さ100nm、長さ55μmおよび幅10μmの2つのラインが交わった十字状のアレイメントマークAM1が、4ヶ所形成されている(図12)。また、それぞれのアレイメントマークAM1の外周側に、格子パターン(W1、X1、Y1およびZ1)が形成されてある。それぞれの格子パターンには、深さ100nmおよび幅0.95μmのラインがピッチ1.9μmで配列された狭ピッチパターンG1と、深さ100nmおよび幅1.0μmのラインがピッチ2.0μmで配列された広ピッチパターンG2とが並列に並んで形成されている(図11)。また、格子パターンW1およびY1の中心相互間の距離、並びに、格子パターンX1およびZ1の中心相互間の距離はそれぞれ60nmである(図11)。

20

30

【0125】

(光レジスト)

上記構造式1で示される化合物、アロニックスM220、IRGACURE 379および上記構造式2で示されるフッ素モノマーをそれぞれ質量比48:48:3:1の割合で混合し形成された光レジストを使用した。

【0126】

(レジストパターン)

上記のような石英モールドを用いてインプリントが行われた場合には、図13に示されるようなレジストパターンが形成される。図13は、表面から見たレジストのパターンの配置構成を示す概略図である。レジストパターンは、石英モールドの凹凸パターンが転写されたパターンを有する。具体的には、パターン高さ100nm、長さ55μmおよび幅10nmの2つのラインが交わった十字状のアレイメントマークAM1が、4ヶ所形成されている(図12)。また、それぞれのアレイメントマークAM1の外周側に、格子パターン(W2、X2、Y2およびZ2)が形成されてある。それぞれの格子パターンには、高さ100nmおよび幅0.95μmのラインがピッチ1.9μmで配列された狭ピッチパターンG1と、高さ100nmおよび幅1.0μmのラインがピッチ2.0μmで配列された広ピッチパターンG2とが並列に並んで形成されている(図13)。また、格子パターンW2およびY2の中心相互間の距離、並びに、格子パターンX2およびZ2の中心相互間の距離はそれぞれ60nmである(図13)。

40

50

【0127】

(Si基板)

光レジストとの接着性に優れるシランカップリング剤により表面処理されたSi基板を使用した。表面処理は、シランカップリング剤を溶剤で希釈し、スピンコート法により基板表面に塗布し、アニールすることにより行った。

【0128】

(光レジストの塗布工程)

ピエゾ方式のインクジェットプリンターであるFUJIFILM Dimatix社製DMP-2831を使用した。インクジェットヘッドには専用の10plヘッドを使用した。

10

【0129】

(モールドの接着工程)

石英モールドおよびSi基板の位置合わせをするため、石英モールドおよびSi基板を互いに近接させ、石英モールドの背面から光学顕微鏡でアライメントマークを観察しながら、アライメントマークが所定の位置にくるように位置合わせをした。

【0130】

(露光工程)

360nmの波長を含む紫外光により、照射量が 300 mJ/cm^2 となるように露光した。露光源と、石英モールド/Si基板の間にコールドフィルターを設置し、露光時に石英モールドとSi基板の温度が上昇しないようにした。

20

【0131】

<実施例2>

実施例1と同様に、モールドとして石英モールドを使用し、被加工基板としてSi基板を使用した。

【0132】

そして、直径4インチのSi基板に光レジストを塗布し、光レジスト層によってSi基板を被覆した。モールドは、直径6インチ、厚さが0.525mmの石英基板を基に作製されており、図11に示すパターンが形成されている。また、石英モールドに離型処理を施した。

【0133】

実施例2では、インプリントを実施する際の圧力容器内におけるゲージ圧の調整とアセンブリの温度の調整により、インプリントにより形成されるレジストパターンの寸法が、標準状態において石英モールドの凹凸パターンの寸法に比べて100ppm小さくなるように、インプリントを実施する。この際、ゲージ圧は5MPaとする。このとき、式9の第1項の値は、-42.4となり、目標とする100ppmに及ばない。したがって、足りない部分を温度制御により補うべく、上記式9において、 $D_{a11} = -100 \times 10^{-6}$ 、 $\alpha = 5.0$ を代入すると、 $T = 28.1$ が算出される。

30

【0134】

そして、標準状態(室温=25)の下、下記に示すインプリントを実施した。石英モールドを光レジスト層に接触させ、アセンブリを形成した。そして、アセンブリを圧力容器内に設置した。この時のアセンブリの温度は25であった。次に、圧力容器内に空気を導入し、空気の圧力がゲージ圧5.0MPaとなるようにして、アセンブリを加圧した。この時のアセンブリの温度は25であった。さらに、アセンブリの温度が53.1となるように、アセンブリをランプヒータで加熱した。その後、光レジスト層を露光した。露光時、アセンブリの温度は53.1であった。そして、大気圧まで減圧し、アセンブリの温度が室温に戻った後、石英モールドおよび光レジストを互いに剥離した。その他、使用した石英モールド、光レジスト、レジストパターン、Si基板、および各工程の詳細については実施例1と同様である。

40

【0135】

<実施例3>

50

実施例 3 では、モールドとして石英モールドを使用し、被加工基板として Ni 基板を使用した。この場合において、石英モールドのヤング率 $E_m = 72 \text{ GPa}$ 、石英モールドの熱膨張率 $\alpha_m = 5.5 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 、Ni 基板のヤング率 $E_i = 200 \text{ GPa}$ 、および Ni 基板の熱膨張率 $\alpha_i = 13.4 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ から、上記式 2 は、下記式 10 へと変形される。

【 0 1 3 6 】

【 数 8 】

$$\Delta D_{all} = -8.89 \times 10^{-3} \cdot \sigma - 12.9 \times 10^{-6} \cdot \Delta T$$

式10

10

【 0 1 3 7 】

そして、直径 4 インチの Ni 基板に光レジストを塗布し、光レジスト層によって Ni 基板を被覆した。モールドは、直径 6 インチ、厚さが 0.525 mm の石英基板を基に作製されており、図 11 に示すパターンが形成されている。また、石英モールドに離型処理を施した。

【 0 1 3 8 】

実施例 3 では、インプリントを実施する際の圧力容器内におけるゲージ圧の調整のみにより、インプリントにより形成されるレジストパターンの寸法が、標準状態において石英モールドの凹凸パターンの寸法に比べて 10 ppm 小さくなるように、インプリントを実施する。したがって上記式 10 において、 $D_{all} = -10 \times 10^{-6}$ 、 $T = 0$ を代入すると、 $\sigma = 1.12 \text{ MPa}$ が算出される。

20

【 0 1 3 9 】

そして、標準状態（室温 = 25 °C）の下、下記に示すインプリントを実施した。石英モールドを光レジスト層に接触させ、アセンブリを形成した。そして、アセンブリを圧力容器内に設置した。さらに、圧力容器内に空気を導入し、空気の圧力がゲージ圧 1.12 MPa となるようにして、アセンブリを加圧した。このときのアセンブリの温度は 25 °C であった。その後、光レジスト層を露光した。露光時、アセンブリの温度は 25 °C であった。その後、大気圧まで減圧した後、石英モールドおよび光レジストを互いに剥離した。その他、使用した石英モールド、光レジスト、レジストパターン、Ni 基板、および各工程の詳細については実施例 1 と同様である。

30

【 0 1 4 0 】

< 比較例 1 >

レジスト塗布基板として、直径 4 インチ石英基板を使用した点以外は、実施例 1 と同様である。

【 0 1 4 1 】

< 寸法調整の評価方法 >

上記の実施例および比較例によって形成されたレジストパターンの寸法が、モールドの凹凸パターンの寸法に比してどの程度小さくなっているかの評価は、直径 6 インチの石英製リファレンス基板上に形成された格子パターンと、レジストパターン中の格子パターンとを比較することにより実施した。

40

【 0 1 4 2 】

具体的には以下の通りである。

【 0 1 4 3 】

まず、リファレンス基板を用意した。図 14 は、裏面から見たリファレンス基板のパターンの配置構成を示す概略図である。具体的には、パターン深さ 100 nm の 4 つの正方形がグリッド状に配置されたアレイメントマーク AM2 が、4ヶ所形成されている（図 15）。アレイメントマーク AM2 の大きさは縦および横共に 55 μm であり、正方形同士の間隔は 13 μm である。また、それぞれのアレイメントマーク AM2 の外周側に、格子パターン（W3、X3、Y3 および Z3）が形成されてある。それぞれの格子パターンに

50

は、深さ100nmおよび幅0.95 μ mのラインがピッチ1.9 μ mで配列された狭ピッチパターンG1と、深さ100nmおよび幅1.0 μ mのラインがピッチ2.0 μ mで配列された広ピッチパターンG2とが並列に並んで形成されている(図14)。

【0144】

そして、実施例1および比較例1の評価で使用したリファレンス基板では、格子パターンW3およびY3の中心相互間の距離、並びに、格子パターンX3およびZ3の中心相互間の距離はそれぞれ、石英モールドの凹凸パターンよりも5ppmだけ小さな寸法で形成されている。つまり、これらの中心相互間の距離はそれぞれ60mm-300nmである(図14)また、対向する2つのアライメントマークAM2(例えば、格子パターンW3およびY3のそれぞれの近傍に形成されたアライメントマーク)の間の距離は、石英モールドに形成された対向する2つのアライメントマークAM1(例えば、格子パターンW1およびY1のそれぞれの近傍に形成されたアライメントマーク)の間の距離よりも、5ppmだけ小さな寸法で形成されている。

10

【0145】

また、実施例2の評価で使用したリファレンス基板では、格子パターンW3およびY3の中心相互間の距離、並びに、格子パターンX3およびZ3の中心相互間の距離はそれぞれ、石英モールドの凹凸パターンよりも100ppmだけ小さな寸法で形成されている。つまり、これらの中心相互間の距離はそれぞれ60mm-6 μ mである。また、対向する2つのアライメントマークAM2の間の距離は、石英モールドに形成された対向する2つのアライメントマークAM1の間の距離よりも、100ppmだけ小さな寸法で形成されている。

20

【0146】

また、実施例3の評価で使用したリファレンス基板では、格子パターンW3およびY3の中心相互間の距離、並びに、格子パターンX3およびZ3の中心相互間の距離はそれぞれ、石英モールドの凹凸パターンよりも10ppmだけ小さな寸法で形成されている。つまり、これらの中心相互間の距離はそれぞれ60mm-600nmである。また、対向する2つのアライメントマークAM2の間の距離は、石英モールドに形成された対向する2つのアライメントマークAM1の間の距離よりも、10ppmだけ小さな寸法で形成されている。

30

【0147】

次に、寸法ずれの確認を行った。この確認は標準状態(室温=25 $^{\circ}$ C)で行った。レジストパターンが形成されたレジストに対してリファレンス基板を上方から近づけて、レジストおよびリファレンス基板の間隔を20 μ mにした。そして、リファレンス基板の裏面から光学顕微鏡で観察しながら、図16に示されるように、レジストパターン内に形成されているアライメントマークAM1が、リファレンス基板上に形成されているアライメントマークAM2に組み合わさるように位置合わせを行った。このとき、アライメントマークAM1の上下左右の突起部とアライメントマークAM2との間隔は、1.5 μ mとなる(図16)。その後、レジストおよびリファレンス基板の間隔を10 μ m以下にした。

【0148】

上記の調整が完了すると、格子パターンが形成された4ヶ所の領域(つまり、格子パターンのW2およびW3、X2およびX3、Y2およびY3、並びにZ2およびZ3がそれぞれ重畳した領域)のそれぞれにおいて、図17に示されるような干渉縞が観測される。

40

【0149】

そして、リファレンス基板の裏面から光学顕微鏡で観察しながら、W2およびW3が重畳した領域で観察されるモアレ縞の位置が一致するように位置合わせをする。その後、リファレンス基板の裏面から光学顕微鏡で観察しながら、Y2およびY3が重畳した領域で観察されるモアレ縞の位置ずれ量 Y を計測した(図17)。そして、この位置ずれ量 Y から、その領域における格子パターンG1およびG2の相対ずれ量 y を算出した。

【0150】

一方、リファレンス基板の裏面から光学顕微鏡で観察しながら、X2およびX3が重畳

50

した領域で観察されるモアレ縞の位置が一致するように位置合わせをする。その後、リファレンス基板の裏面から光学顕微鏡で観察しながら、Z2およびZ3が重畳した領域で観察されるモアレ縞の位置ずれ量 X を計測した(図17)。そして、この位置ずれ量 X から、その領域における格子パターンG1およびG2の相対ずれ量 x を算出した。

【0151】

上記相対ずれ量 x および y を算出した上で、これらの相対ずれ量が、 $-30\text{ nm} < x < 30\text{ nm}$ かつ $-30\text{ nm} < y < 30\text{ nm}$ である場合には、寸法調整ができたと評価し、それ以外の場合には、寸法調整ができなかったと評価した。上記のモアレ縞を利用した計測方法は、例えば特開2010-267682に詳細に記載されている。

【0152】

<評価結果>

表1は、上記の実施例および比較例の結果をまとめた表である。「寸法評価の可否」の項目において、「○」は寸法調整ができた旨を表し、「×」は寸法調整ができなかった旨を表す。表1から分かるように、本発明を実施することにより、ナノインプリントにおいて、ある基準状態下で、モールドのパターン寸法と所望の割合だけ異なる寸法のレジストパターンを形成することが可能であることが分かる。

【0153】

【表1】

	モールドの材料	被加工基板の材料	インプリントを実施する際の条件		寸法差全体の割合 ΔD_{all} (ppm)	寸法調整の可否
			ゲージ圧 σ (MPa)	温度差 ΔT (°C)		
実施例1	石英	Si	0.59	0	-5	○
実施例2	石英	Si	5	28.1	-100	○
実施例3	石英	Ni	1.12	0	-10	○
比較例1	石英	石英	0.59	0	0	×

【産業上の利用可能性】

【0154】

本発明のナノインプリント方法およびナノインプリント装置は、例えば次世代ハードディスクであるパターンドメディアの製造または半導体デバイスの製造に利用可能である。

【符号の説明】

【0155】

- 1 メサ型モールド
- 6 レジスト
- 7 被加工基板
- 8 アセンブリ
- 8 a パターン対応部
- 11 支持部
- 12 メサ部
- 13 凹凸パターン
- 15 フランジ部
- 100、200 ナノインプリント装置
- 110、210 圧力容器
- 120、220 気体導入部
- 130、230 排気部
- 140、240 基板支持部材
- 145、245 設置台
- 150、250 モールド支持部材
- 155 ランプヒータ
- 161、261 受光デバイス

10

20

30

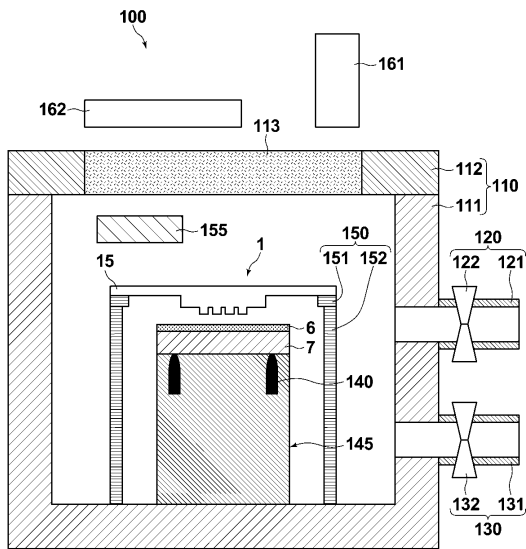
40

50

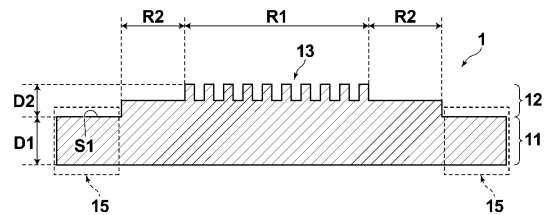
162、262 露光光源

- AM1 十字状のアライメントマーク
- AM2 グリッド状のアライメントマーク
- D1 メサ型モールドの支持部の高さ
- D2 メサ型モールドのメサ部の高さ
- D_{s t} 基準状態におけるモールドの凹凸パターンの所定領域の寸法（基準寸法）
- D_r 基準状態におけるレジストパターンの基準寸法に対応する寸法
- P1 モールドの表面にかかる流体圧力
- P2 被加工基板および硬化性樹脂の表面にかかる流体圧力
- R1 メサ部の凹凸パターン領域
- R2 凹凸パターン領域以外のメサ部の領域
- S1 基準面

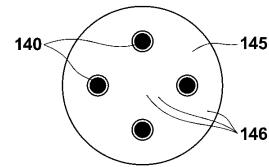
【図1】



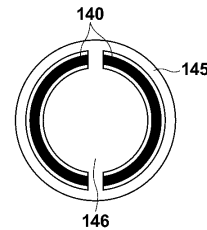
【図2B】



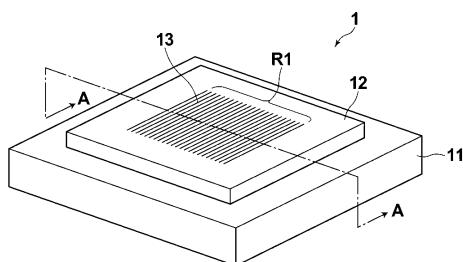
【図3A】



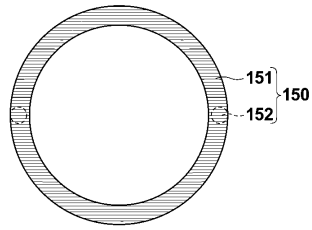
【図3B】



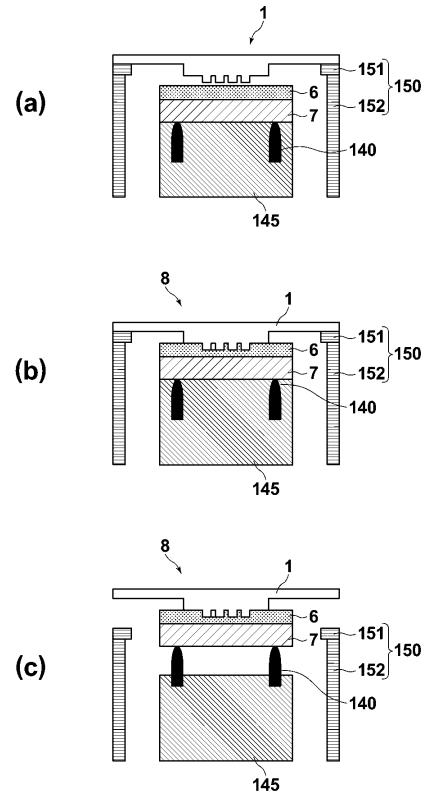
【図2A】



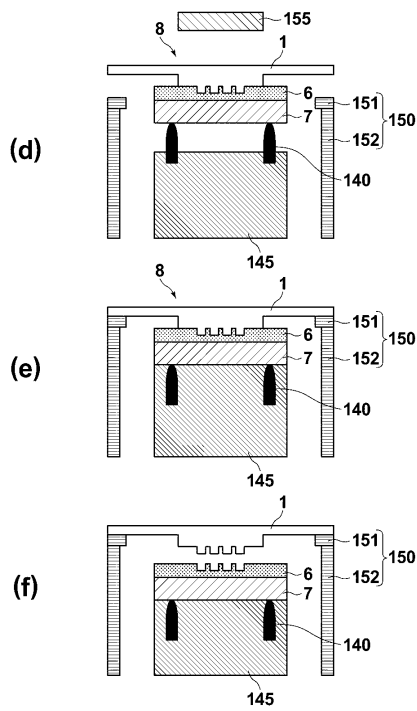
【 図 3 C 】



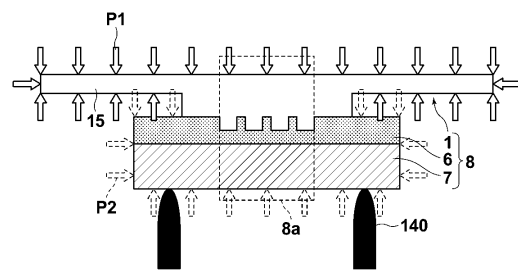
【 図 4 A 】



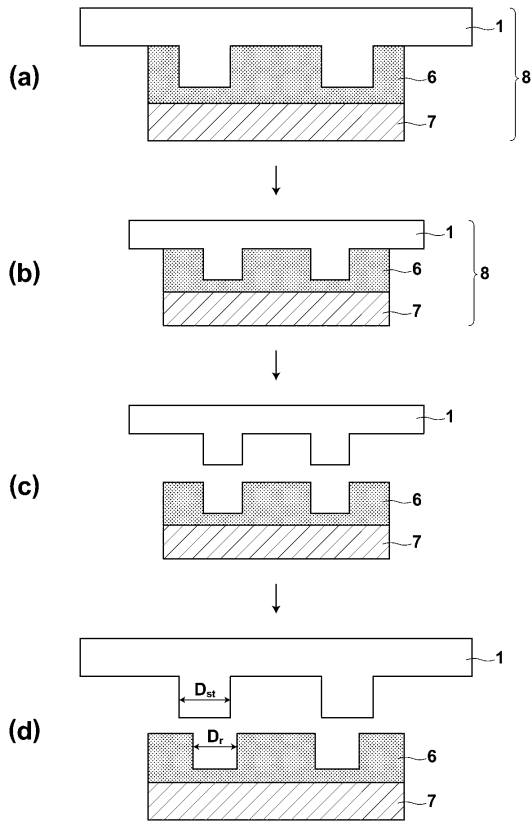
【 図 4 B 】



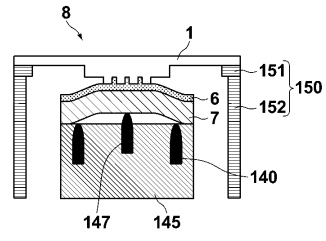
【 図 5 】



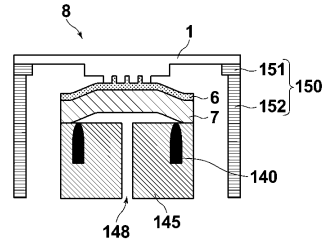
【図 6】



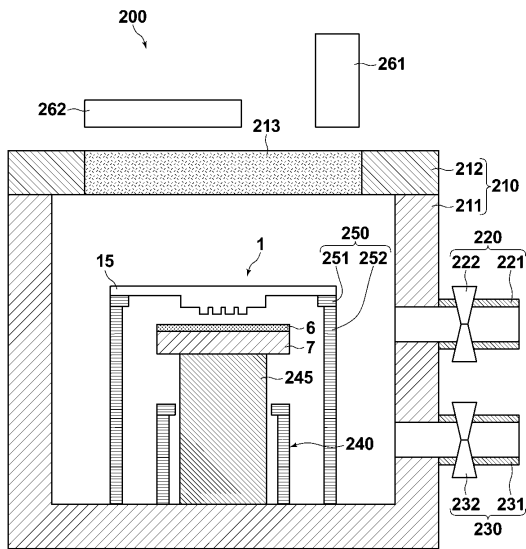
【図 8 A】



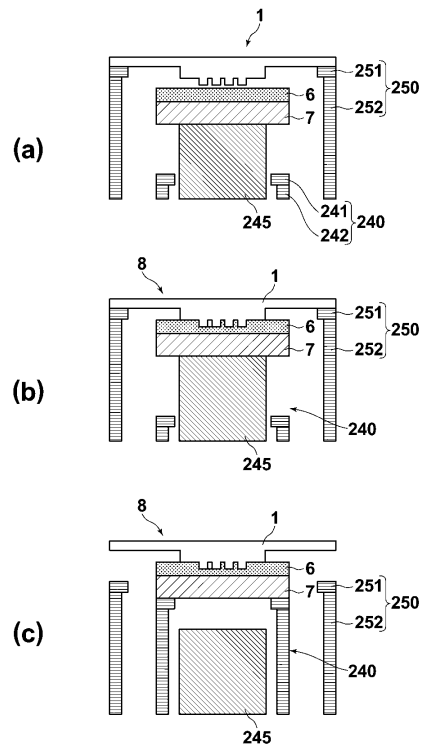
【図 8 B】



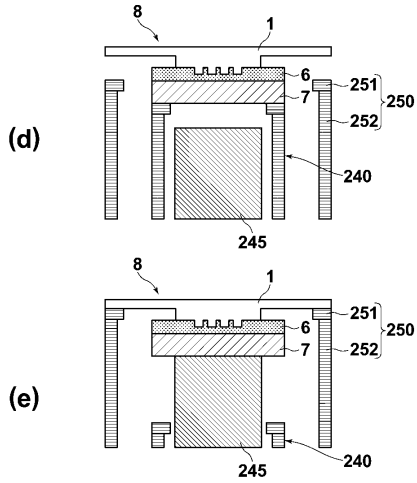
【図 9】



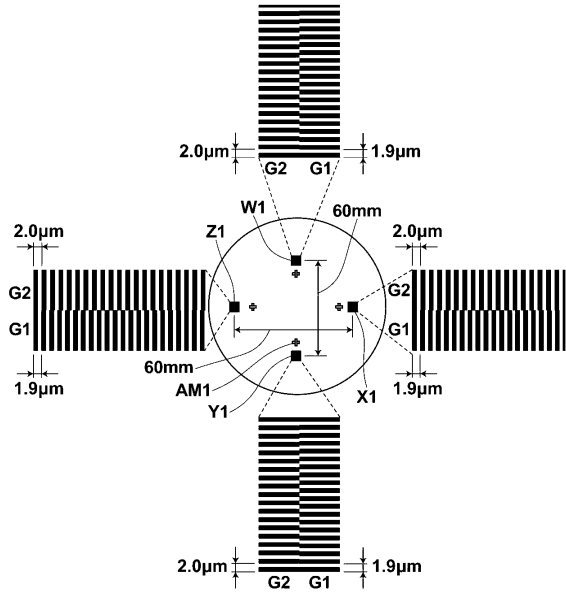
【図 10 A】



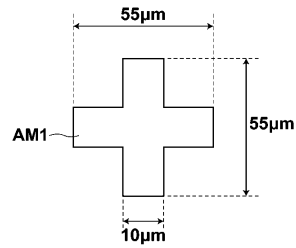
【 図 1 0 B 】



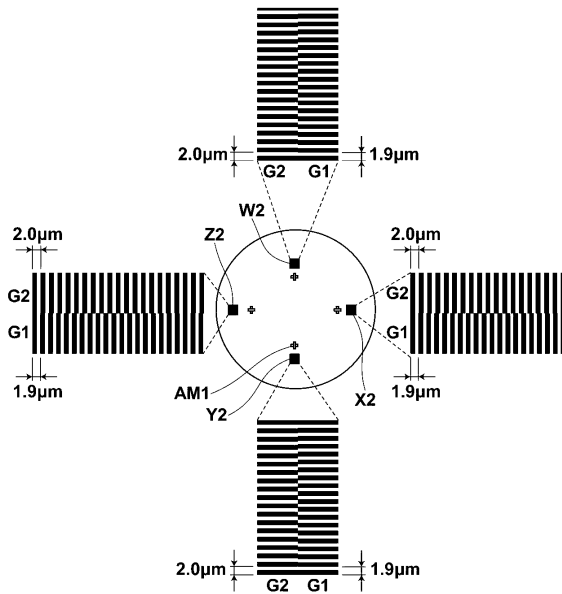
【 図 1 1 】



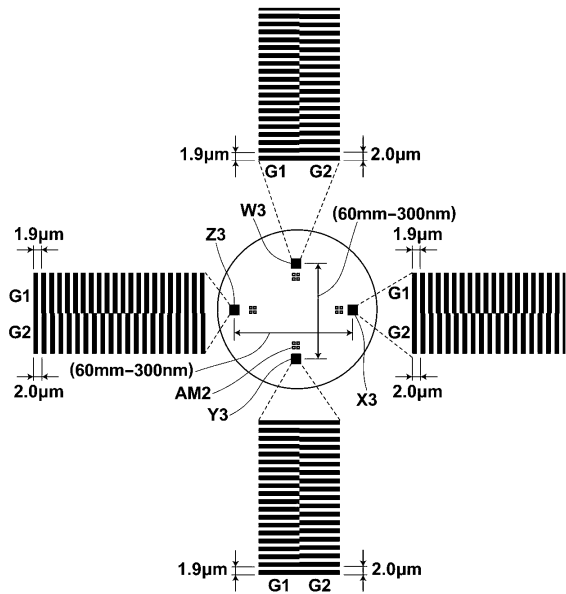
【 図 1 2 】



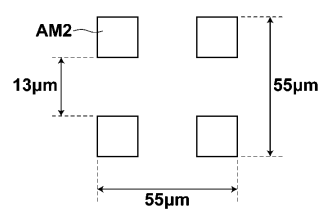
【 図 1 3 】



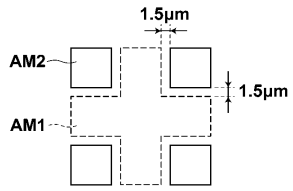
【 図 1 4 】



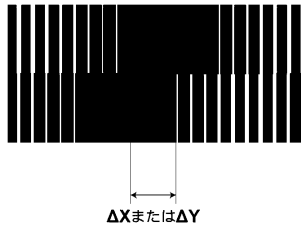
【 図 1 5 】



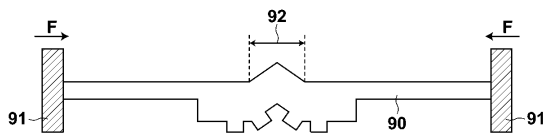
【 図 16 】



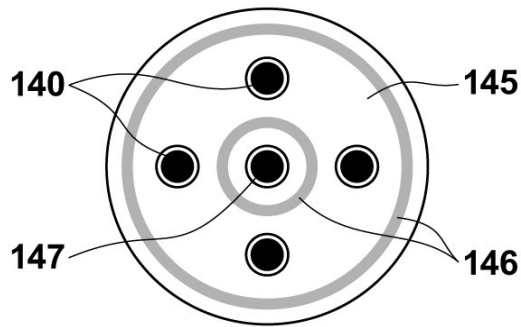
【 図 17 】



【 図 18 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特表2004-523906(JP,A)
特開2004-335808(JP,A)
特開2007-015375(JP,A)
特開2007-165400(JP,A)
特開2009-141328(JP,A)
特表2008-504141(JP,A)
国際公開第2009/153925(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B29C53/00 - 53/84、57/00 - 59/18、
G11B 5/84 - 5/858、
H01L21/027、21/30