

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5978552号
(P5978552)

(45) 発行日 平成28年8月24日 (2016. 8. 24)

(24) 登録日 平成28年8月5日 (2016. 8. 5)

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

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2010-143418 (P2010-143418)	(73) 特許権者	000002897
(22) 出願日	平成22年6月24日 (2010. 6. 24)		大日本印刷株式会社
(65) 公開番号	特開2012-6219 (P2012-6219A)		東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
(43) 公開日	平成24年1月12日 (2012. 1. 12)	(74) 代理人	100095463
審査請求日	平成25年4月25日 (2013. 4. 25)		弁理士 米田 潤三
		(74) 代理人	100098006
			弁理士 皿田 秀夫
		(72) 発明者	山田 倫子
			東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
			大日本印刷株式会社内
		(72) 発明者	有塚 祐樹
			東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
			大日本印刷株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ナノインプリント用モールドおよびパターン形成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基部と該基部の一方の面から突出する凸構造部とを有する基材と、前記凸構造部の上面に位置する転写形状部と、前記凸構造部の側面の周囲方向全域に位置する傾斜部と、を備え、

前記転写形状部は、前記上面と共通面をなす平坦面と該平坦面に位置する凹部で構成されるもの、前記上面と共通面をなす平坦面と前記上面よりも凹状態にある凹平面と該凹平面に位置する凹部で構成されるもの、前記上面と共通面をなす平坦面と前記上面よりも凸状態にある凸平面と該凸平面に位置する凹部であって深さが前記上面からの前記凸平面の凸状態の高さよりも大きい凹部で構成されるもの、および、前記上面と共通面をなす平坦面

10

面で構成されるもののいずれかであり、
 前記傾斜部は前記凸構造部の側面の高さ方向の一部を占め、傾斜部の開始部位は前記凸構造部の上面と共通面をなす前記平坦面と一致し、前記傾斜部を除く前記凸構造部の側面は前記凸構造部の上面に対して垂直となっていることを特徴とするナノインプリント用モールド。

【請求項 2】

前記傾斜部は前記凸構造部の内部方向に凹んだ凹面形状であ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用モールド。

【請求項 3】

前記傾斜部と前記凸構造部の上面とがなす角度が 10° ~ 60° の範囲内であることを

20

特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のナノインプリント用モールド。

【請求項 4】

前記転写形状部は凹部を有し、前記凸構造部の上面から傾斜部の終了部位までに要求される高さは、前記凹部の最大深さより大きいことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載のナノインプリント用モールド。

【請求項 5】

前記凸構造部の高さ方向で、傾斜部の終了部位と前記凹部の最深部とが $10\ \mu\text{m}$ 以上離間する位置であることを特徴とする請求項 4 に記載のナノインプリント用モールド。

【請求項 6】

基板に光硬化性の樹脂の液滴を供給し、請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載のナノインプリント用モールドと前記液滴を接触させて光硬化性の樹脂層を形成し、この状態で光硬化性の前記樹脂層を硬化し、その後、硬化した樹脂層と前記モールドとを離型する工程を有し、

前記ナノインプリント用モールドの転写形成部を前記液滴と接触させて光硬化性の前記樹脂層を形成する際に、光硬化性の前記樹脂層が前記凸構造部の傾斜部と接触し、前記傾斜部を除く前記凸構造部の側面には接触しないように制御することを特徴とするパターン形成方法。

【請求項 7】

前記凸構造部の傾斜部が光硬化性の前記樹脂層と接触し、前記傾斜部を除く前記凸構造部の側面は光硬化性の前記樹脂層と接触しないように調整しながら光硬化性の前記樹脂層に前記モールドの前記凸構造部を押し込むことを特徴とする請求項 6 に記載のパターン形成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被加工物に所望の線、模様等の図形（以下、本発明ではパターンとも言う）、表面形状を転写形成するナノインプリント用モールドに関する。

【背景技術】

【0002】

微細加工技術として、近年ナノインプリント技術に注目が集まっている。ナノインプリント技術は、基材の表面に微細な凹凸構造を形成した型部材を用い、凹凸構造を被加工物に転写することで微細構造を等倍転写するパターン形成技術である（特許文献 1）。

上記のナノインプリント技術の一つの方法として、光インプリント法が知られている。この光インプリント法では、例えば、基板表面に被加工物として光硬化性の樹脂層を形成し、この樹脂層に所望の凹凸構造を有するモールド（型部材）を押し当てる。そして、この状態でモールド側から樹脂層に光を照射して樹脂層を硬化させ、その後、モールドを樹脂層から引き離す。これにより、モールドが有する凹凸が反転した凹凸構造（凹凸パターン）を被加工物である樹脂層に形成することができる（特許文献 2）。このような光インプリントは、従来のフォトリソグラフィ技術では形成が困難なナノメートルオーダーの微細パターンの形成が可能であり、次世代リソグラフィ技術として有望視されている。

しかし、光インプリント法では、図 8 に示されるように、基板 61 の表面に被加工物として配設された光硬化性の樹脂層 62 にモールド 51 を押し当てると、余剰となった樹脂が、モールド 51 と接触している領域よりも外側にはみ出し、モールドの側面 52 に付着する。この側面 52 に付着した光硬化性の樹脂は光照射によって、凹凸構造（凹凸パターン）を形成すべき部位の樹脂と同時に硬化する。そして、モールド 51 を離型する際に、硬化した樹脂層 62 とモールド 51 の側面 52 との間に摩擦力が発生し、離型に要する力（離型力）が一定せず変動を生じ、モールドや被加工物に損傷を与え、特に形成される凹凸構造（凹凸パターン）が微細な場合に損傷が発生し易いという問題があった。

【0003】

また、モールドが有する微細な凹凸構造を、被加工物上の複数箇所へ形成する際には、

10

20

30

40

50

ステップアンドリピート方式でパターン形成を行う場合がある。従来のモールドを用いた場合、凹凸構造が形成されているパターン領域より外側を通過する光により、凹凸構造を形成すべき部位より外側の樹脂層も露光され、一度のパターン形成で硬化する領域はモールドのパターン領域よりも大きくなる。一方、光硬化性樹脂層が露光され硬化してしまうと、その箇所にはパターン形成が行えない。このため、隣接するパターンが形成された領域間の境界幅を大きく設定せざるを得ないという問題があった。

このような問題を解消するために、パターン領域ではない部位（非パターン領域）に遮光部材を設けたモールドが提案されている（特許文献3）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許第5,772,905号

【特許文献2】特表2002-539604号公報

【特許文献3】特開2007-103924号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記の遮光部材を設けたモールドは、モールドの側面に遮光部材を設けることにより、モールドの押し当て時に外側にはみ出した光硬化性の樹脂層の硬化を防止している。

しかし、このようなモールドでは、ステップアンドリピート方式でパターン形成を行う場合に、加工前の領域の樹脂が露光され硬化することを防止することは可能であるが、以下のような問題が存在する。

まず、モールドの側面に設けた遮光部材による遮光が完全である場合、モールドの押し当て時に外側にはみ出した光硬化性の樹脂層は硬化されていないので、モールドが樹脂層から離間した後、未硬化の樹脂層が流動して、転写形成された凹凸構造の部位に流れ込んで欠陥を生じさせるという問題があった。また、モールドを離型する際に未硬化の樹脂層が異物としてモールドに付着し、この異物が次の加工領域に欠陥を生じるといった問題もあった。

【0006】

一方、モールドの側面に設けた遮光部材による遮光が不完全であり、モールドの側面に接触した部位の光硬化性樹脂層の一部が硬化した場合、未硬化の樹脂と硬化した樹脂との結合力が不十分であるため、未硬化の樹脂が基板上の硬化した樹脂側に残らず、離型の際にモールド側へ付着し、結果として異物となり、次の加工領域に欠陥を生じるといった問題があった。

本発明は、上述のような実情に鑑みてなされたものであり、光インプリント後の被加工物との離型性に優れたナノインプリント用モールドを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

このような目的を達成するために、本発明のナノインプリント用モールドは、基部と該基部の一方の面から突出する凸構造部とを有する基材と、前記凸構造部の上面に位置する転写形状部と、前記凸構造部の側面の周囲方向全域に位置する傾斜部と、を備え、前記転写形状部は、前記上面と共通面をなす平坦面と該平坦面に位置する凹部で構成されるもの、前記上面と共通面をなす平坦面と前記上面よりも凹状態にある凹平面と該凹平面に位置する凹部で構成されるもの、前記上面と共通面をなす平坦面と前記上面よりも凸状態にある凸平面と該凸平面に位置する凹部であって深さが前記上面からの前記凸平面の凸状態の高さよりも大きい凹部で構成されるもの、および、前記上面と共通面をなす平坦面で構成されるものいずれかであり、前記傾斜部は前記凸構造部の側面の高さ方向の一部を占め、傾斜部の開始部位は前記凸構造部の上面と共通面をなす前記平坦面と一致し、前記傾斜部を除く前記凸構造部の側面は前記凸構造部の上面に対して垂直となっているような構成とした。

10

20

30

40

50

本発明の他の態様として、前記傾斜部は前記凸構造部の内部方向に凹んだ凹面形状であるような構成とした。

本発明の他の態様として、前記傾斜部と前記凸構造部の上面とがなす角度が $10^{\circ} \sim 60^{\circ}$ の範囲内であるような構成とした。

本発明の他の態様として、前記転写形状部は凹部を有し、前記凸構造部の上面から傾斜部の終了部位までに要求される高さは、前記凹部の最大深さより大きいような構成とした。

本発明の他の態様として、前記凸構造部の高さ方向で、傾斜部の終了部位と前記凹部の最深部とが $10 \mu\text{m}$ 以上離間する位置であるような構成とした。

本発明のパターン形成方法は、基板に光硬化性の樹脂の液滴を供給し、上述のいずれかのナノインプリント用モールドと前記液滴を接触させて光硬化性の樹脂層を形成し、この状態で光硬化性の前記樹脂層を硬化し、その後、硬化した樹脂層と前記モールドとを離型する工程を有し、前記ナノインプリント用モールドの転写形成部を前記液滴と接触させて光硬化性の前記樹脂層を形成する際に、光硬化性の前記樹脂層が前記凸構造部の傾斜部と接触し、前記傾斜部を除く前記凸構造部の側面には接触しないように制御するような構成とした。

本発明の他の態様として、前記凸構造部の傾斜部が光硬化性の前記樹脂層と接触し、前記傾斜部を除く前記凸構造部の側面は光硬化性の前記樹脂層と接触しないように調整しながら光硬化性の前記樹脂層に前記モールドの前記凸構造部を押し込むような構成とした。

【発明の効果】

【0008】

上記の本発明では、ナノインプリント時に光照射が完了してナノインプリント用モールドを被加工物から離型する際に、硬化した被加工物とナノインプリント用モールドの側面との間に発生する摩擦力が、凸構造部の側面に位置する傾斜部によって低減され、離型に要する力（離型力）の変動が抑制され、これにより、ナノインプリント用モールドや被加工物への損傷が防止され、微細な凹凸構造（凹凸パターン）を安定して形成することができるという効果が奏される。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明のナノインプリント用モールドの一実施形態を示す平面図である。

【図2】図1に示されるナノインプリント用モールドのA-A線における断面図である。

【図3】図1および図2に示されるナノインプリント用モールドの傾斜部を説明するための部分拡大断面図である。

【図4】ナノインプリント用モールドの傾斜部の他の例を説明するための図である。

【図5】本発明のナノインプリント用モールドの他の実施形態を説明するための図である。

【図6】図1および図2に示されるナノインプリント用モールドを用いたインプリント装置によるナノインプリントでのパターン形成の一例を説明するための図である。

【図7】本発明のナノインプリント用モールドの転写形状部の他の例を説明するための図である。

【図8】従来のナノインプリント用モールドの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

図1は本発明のナノインプリント用モールドの一実施形態を示す平面図であり、図2は図1に示されるナノインプリント用モールドのA-A線における断面図である。図1に示されるモールド1は、メサ構造のナノインプリント用モールドであり、基部3と、この基部3の一方の面から突出した凸構造部4とを有する透明な基材2と、凸構造部4の上面4aに位置する転写形状部5と、凸構造部4の側面4bの周囲方向全域に位置する傾斜部6（図1では斜線を付している）とを備えている。また、基材2は、パターン領域Xと、こ

10

20

30

40

50

のパターン領域Xの周囲に位置する非パターン領域Yと、凸構造部領域Zに画定されている。この凸構造部領域Zは、凸構造部4が位置するとともに、ナノインプリント時にモールド1が被加工物に接触する可能性のある領域(最大領域)を示している。また、転写形状部5はパターン領域Xに位置し、傾斜部6はパターン領域Xの周囲の凸構造部領域Zに位置している。尚、図1では、凸構造部4の上面4aに位置する転写形状部5を構成する後述の凹部5bを省略している。

本発明のモールド1を構成する基材2は、被加工物を硬化させるための照射光を透過可能な透明基材である。このような基材2の材料としては、例えば、石英ガラス、珪酸系ガラス、フッ化カルシウム、フッ化マグネシウム、アクリルガラス等、あるいは、これらの任意の積層材を用いることができる。さらに、本発明のナノインプリント用モールドは、熱ナノインプリントにおいても同様の効果を奏するものであり、基材2の材料として、銅、ニッケル、鉄等の金属やその合金、または珪素を用いることができる。また、基材2の厚みは被加工物の材質、凸構造部4の形状、基材の強度、取り扱い適性等を考慮して設定することができ、例えば、 $300\mu\text{m} \sim 10\text{mm}$ 程度の範囲で適宜設定することができる。

10

【0011】

凸構造部4の上面4aに位置する転写形状部5は、図2に示される例では、上面4aと共通面をなす平坦面5aと、この平坦面5aに位置する凹部5bで構成されている。凹部5bは、ナノインプリントによって形成しようとするパターン形状の凹凸が反転した形状に対応した凹部であり、適宜設定することができ、エッチング等により形成することができる。

20

凸構造部4の側面4bに位置する傾斜部6は、ナノインプリント時に光照射が完了してモールド1を被加工物から離型する際に、硬化した被加工物とモールド1の側面との間に発生する摩擦力を低減し、離型に要する力(離型力)の変動を抑制して、モールドや被加工物に損傷が生じることを防止するためのものである。すなわち、モールド1を押し当てることで余剰となった被加工物は、パターン形成領域Xよりも外側(パターン領域Xの周囲の凸構造部領域Z)にはみ出し、凸構造部4の側面4bに付着する。そして、凸構造部4の側面4bに付着した被加工物は、パターン領域Xに位置する被加工物と同時に硬化する。このため、モールド1を離型する際に、硬化した被加工物と凸構造部4の側面4bとの間に摩擦力が発生するが、この摩擦力を傾斜部6により低減するものである。

30

【0012】

図3は、図1および図2に示されるナノインプリント用のモールド1の傾斜部6を説明するための部分拡大断面図である。図示例では、傾斜部6は、その開始部位6aが凸構造部4の上面4aと一致し、この上面4aに対し一定の角度 θ をなし、また、凸構造部4の側面4bの高さ方向(矢印aで示される方向)の一部を占めている。したがって、凸構造部4の側面4bは、この傾斜部6と、凸構造部4の上面4aに対して垂直($\theta = 90^\circ$)となっている側面4b'で構成されている。ここで、凸構造部4の側面4b全体が凸構造部4の上面4aに対して垂直($\theta = 90^\circ$)となっている場合(図8のモールド51を参照)に、硬化した被加工物と凸構造部4の側面4bとの間に生じる摩擦力をFとすると、硬化した被加工物と傾斜部6との間に生じる摩擦力は $F \sin \theta$ となる。このため、傾斜部6が凸構造部4の上面4aに対してなす一定の角度 θ は小さいほど好ましいこととなり、パターン領域Xよりも外側に存在する凸構造部領域Zの幅W、凸構造部4の上面4aから傾斜部6の終了部位6bまでに要求される高さh等を考慮して適宜設定することができ、角度 θ は、例えば、 $10^\circ \sim 60^\circ$ の範囲内とすることができる。傾斜部6が凸構造部4の上面4aに対してなす角度 θ が 60° を超えると、ナノインプリント用モールドを被加工物から離型する際に、硬化した被加工物とナノインプリント用モールドの側面との間に発生する摩擦力の低減が不十分なものとなり、離型に要する力(離型力)の変動が大きくなり、ナノインプリント用モールド1や被加工物への損傷が生じることがあり好ましくない。また、 10° 未満である場合、ナノインプリント装置におけるステージの平行度やナノインプリント用モールドの平行度の影響を受けやすく、本発明の効果である摩擦力の低

40

50

減が不十分なものとなるため好ましくない。

【0013】

ここで、凸構造部4の上面4aから傾斜部6の終了部位6bまでに要求される高さhは、パターン領域Xからはみ出した被加工物の高さに応じて設定され、被加工物へのモールド1の押し当て量(押し込み深さ)、被加工物の流動性、粘弾性等のほか、モールドとの濡れ性により決まる。この高さhのとりうる値の範囲について、詳細に検討する。

まず、高さhの上限は、凸構造部4の高さHに等しい。これは被加工物が傾斜部6にのみ接触している場合に摩擦力の低減が見込めるからである。パターン領域Xからはみ出した被加工物の高さが、高さhの上限(高さH)を超えてしまうような場合には、摩擦力を制御できない。この考え方を言い換えれば、被加工物がパターン領域Xからはみ出しても、傾斜部6にのみ接触していれば良いことになる。

10

【0014】

以上の考え方を基に、次に高さhの下限について検討する。モールド1の凹部5bを有する転写形状部5が被加工物に接触した際、被加工物は毛細管現象により凹部5b内部に入り込む場合がある。ただし傾斜部6では、モールドと被加工物との濡れ性によってメニスカスが形成されることになり、これが被加工物のはみ出しになる。このとき、被加工物は傾斜部6へはみ出していることから、はみ出した被加工物の高さは、凹部5bの深さdと比べて低くなり、実質的に平滑面と変わらなくなる。よって傾斜部6による摩擦力の低減効果を得るためには、モールドと被加工物とを接触させただけでなく、ごく僅かにでも力を加えてモールドを被加工物に押し込む必要が生じる。しかしこの場合、下記のように、樹脂の滴下量と、ナノインプリント装置の駆動制御性に起因する理由により、被加工物のはみ出し量を常に一定に制御することは困難となる。すなわち、例えば、被加工物として基板に供給した樹脂液滴の滴下量が10p1であり、この液滴の直径が20~30μmである場合、このような液滴サイズはナノインプリントにより得ようとするパターンサイズが仮に100nm程度とした場合であっても、非常に大きな数字である。このようにパターンサイズに比べて大きい直径の液滴を用いてモールドの凹部5bに樹脂を充填させ、かつ、はみ出す樹脂の量を制御しようとする場合、ナノインプリント装置内では、モールドと基板との平行度や、押し込み量の再現性等をナノスケールで制御しなければならない。したがって、被加工物のはみ出し量を常に一定に制御することは困難であり、これらを制御するよりも、モールドの傾斜部の高さhを大きくし、被加工物がはみ出る空間に余裕をとる方が、実用上は平易であり、好ましい。ここで、傾斜部6が凸構造部4の上面4aに対してなす角度の範囲が、上記のように、10°~60°の範囲内であることから、被加工物は水平方向に広がる。よって被加工物のはみ出る量を考慮すると、高さhは、凹部5bの最大深さd_{max}よりも大きい必要がある。

20

30

【0015】

上記のような検討から、高さhと、凹部5bの最大深さd、凸構造部4の高さHと間にd_{max}<h<Hの関係が成立する。更に水平方向へはみ出した樹脂を広げる場合、高さhを十分大きくし、樹脂がはみ出すことが可能な空間を確保しておく必要がある。よって高さhは、好ましくは凹部5bの最大深さd_{max}の50倍以上となるように設定することが望ましい。

40

また、高さhは、凸構造部4の高さ方向で、傾斜部6の終了部位6bと凹部5bの最深部とが10μm以上、好ましくは15μm以上離間するように設定することができる。このような高さhが上記の範囲未満であると、モールド1を押し当てることで余剰となりパターン形成領域Xよりも外側(パターン領域Xの周囲の凸構造部領域Z)にはみ出した被加工物が傾斜部6を超え、凸構造部4の上面4aに対して垂直(θ=90°)となっている側面4bに付着し、本発明の効果に支障を来すことがある。

上記のように凸構造部4の側面4bの周囲方向全域に位置する傾斜部6は、例えば、凸構造部4の周縁部をマスクエッチング、ラッピングやポリッシング、パフ研磨等により研磨することにより形成することができる。上記のように、傾斜部6が上面4aに対して一定の角度θをなしている場合、モールド1を被加工物から離型する際に、傾斜部6から被

50

加工物が剥がれる動作中に傾斜部 6 と被加工物との間に作用する摩擦力が一定となるので、離型力のバラツキが低減される。

【 0 0 1 6 】

本発明では、上記の傾斜部 6 は図 3 に示される形状に限定されるものではなく、傾斜部 6 が凸構造部 4 の上面 4 a に対してなす角度 θ_1 が一定でないものであってもよい。例えば、図 4 (A) に示されるように、傾斜部 6 が凸面形状であってもよい。この例では、凸構造部 4 の上面 4 a から傾斜部 6 が開始する部位 6 a における上面 4 a に対する角度が θ_1 であり、傾斜部 6 の終了部位 6 b における上面 4 a に対する角度が θ_2 であり、上面 4 a に対する角度は、角度 θ_1 から角度 θ_2 まで徐々に大きくなっている。このような実施形態においても、凸構造部 4 の上面 4 a に対する傾斜部 6 の角度は上記の例と同様に設定することができ、例えば、 $(\theta_1 + \theta_2) / 2$ を 60° 以下、好ましくは 45° 以下とすることができ、より好ましくは、最も大きい角度 θ_2 を 45° 以下とすることができる。

10

また、図 4 (B) に示されるように、傾斜部 6 が凹面形状であってもよい。この例では、凸構造部 4 の上面 4 a から傾斜部 6 が開始する部位 6 a における上面 4 a に対する角度が θ_1 であり、傾斜部 6 の終了部位 6 b における上面 4 a に対する角度が θ_2 であり、上面 4 a に対する角度は、角度 θ_1 から角度 θ_2 まで徐々に小さくなっている。このような態様においても、凸構造部 4 の上面 4 a に対する傾斜部 6 の角度は上記の例と同様に設定することができ、例えば、 $(\theta_1 + \theta_2) / 2$ を 60° 以下、好ましくは 45° 以下とすることができ、より好ましくは、最も大きい角度 θ_1 を 45° 以下とすることができる。

【 0 0 1 7 】

20

さらに、傾斜部 6 が段階的に角度が変化する凸面形状、あるいは、凹面形状であってもよく、このような例として、凸面形状の例を図 4 (C) に示す。図 4 (C) に示されるように、凸構造部 4 の上面 4 a から傾斜部 6 が開始する面 6 A における上面 4 a に対する角度が θ_1 であり、この面 6 A に続く面 6 B が上面 4 a に対する角度が θ_2 であり、この面 6 B に続く面 6 C における上面 4 a に対する角度が θ_3 であり、上面 4 a に対する角度は、角度 θ_1 から角度 θ_3 まで段階的に大きくなっている。このような態様においても、凸構造部 4 の上面 4 a に対する傾斜部 6 A, 6 B, 6 C の角度は上記の例と同様に設定することができ、例えば、 $(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) / 3$ を 60° 以下、好ましくは 45° 以下とすることができ、より好ましくは、最も大きい角度 θ_3 を 45° 以下とすることができる。

このように、凸構造部 4 の上面 4 a に対する角度に変化を有する傾斜部 6 は、例えば、ウェットエッチング、ラッピングやポリッシング、パフ研磨等により研磨することによって形成することができる。そして、図 4 (A)、図 4 (C) に示すように、傾斜部 6 が凸面形状である場合、モールド 1 と被加工物との離型において、両者の剥離が生じる箇所が傾斜部 6 を外側から内側へ移行して上面 4 a に近づくにしたがって角度 θ が小さくなり、応力発生を抑制することができ、被加工物の破損を抑えることができる。

30

【 0 0 1 8 】

また、凸構造部 4 の側面 4 b に占める傾斜部 6 は、上記の図 3、図 4 (A) ~ 図 4 (C) に示される形態に限定されるものではない。例えば、図 5 (A) に示されるように、凸構造部 4 の側面 4 b の高さ方向の全面が傾斜部 6 (図 3 において $h = H$) であってもよい。さらに、凸構造部領域 Z が基材 2 の全域に亘る場合 ($Z = X + Y$) の場合、図 5 (B) に示されるように、傾斜部 6 の終了する部位 6 b が基材 2 (基部 3) の端部に位置するものであってもよい。

40

【 0 0 1 9 】

次に、このようなナノインプリント用のモールド 1 を用いたインプリント装置によるナノインプリントでのパターン形成の一例を図 6 を参照して説明する。

図 6 に示されるように、基板 2 1 の表面に被加工物として配設された光硬化性の樹脂層 2 2 に、モールド 1 の凸構造部 4 を所定の深さまで押し込む。そして、この状態で照明光学系 (図示せず) から遮光マスク 3 1 を介してモールド 1 の裏面 2 b に紫外線を照射し、モールド 1 を透過した紫外線により樹脂層 2 2 を硬化させる。このとき、パターン領域 X に位置する樹脂層 2 2 とともに、凸構造部領域 Z に位置する樹脂層 2 2 も硬化される。

50

その後、ナノインプリント用のモールド1を樹脂層22から離型することにより、モールド1が有する凹部5bが反転した凹凸構造（凹凸パターン）23が被加工物である樹脂層22に転写形成される。この離型の際、パターン領域Xの外側に位置する硬化された樹脂層22は、モールド1の傾斜部6に接触しているため、硬化した樹脂層22とモールド1との間に発生するモールド側面の傾斜に対して平行に働く力（摩擦力）が低減され、離型に要する力（離型力）の変動が抑制される。これにより、ナノインプリント用モールド1や被加工物22への損傷が防止され、微細な凹凸構造（凹凸パターン）23を安定して形成することができる。

【0020】

上述の実施形態は例示であり、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、凸構造部4の上面4aに位置する転写形状部5は、図2に示されるものに限定されるものではなく、図7(A)に示されるように、上面4aと共通面をなす平坦面5aと、凹平面5cと、この凹平面5cに位置する凹部5bで構成されるものであってもよい。また、図7(B)に示されるように、上面4aと共通面をなす平坦面5aと、凸平面5dと、この凸平面5dに位置する凹部5bで構成されるもの、さらに、図7(C)に示されるように、上面4aと共通面をなす平坦面5aのみで構成されるものであってもよい。

【実施例】

【0021】

次に、より具体的な実施例を示して本発明を更に詳細に説明する。

[実施例1]

厚み6.35mmの石英ガラス（65mm角）をナノインプリント用モールド用基材として準備した。

次に、この基材の周縁部（端部から12.5mmの幅）をバフ研磨することにより、図5(B)に示されるような傾斜部を形成した。この傾斜部が凸構造部の上面（40mm角）となす角度は60°（一定）であり、凸構造部の上面から傾斜部の終了部位までの高さh（図5(B)参照）は4mmであった。

【0022】

次に、上記の基材上に市販の感光性レジストを塗布し、凸構造部の上面に位置する感光性レジストを電子線描画により露光、現像して、ピッチ200nm、パターン幅100nmのLSパターンのレジストパターンを形成した。このレジストパターンをマスクとし、凸構造部の上面を下記の条件でドライエッチングして、深さ100nmの凹部を形成して転写形状部とした。

（ドライエッチング条件）

- ・エッチングガス : CF_4
- ・ガス流量 : 40 sccm
- ・チャンバー圧力 : 4 Pa
- ・投入RF電力 : 400 W

これにより、図5(B)に示されるようなナノインプリント用モールドを得た。

【0023】

[比較例]

ナノインプリント用モールド用基材の周縁部（端部から12.5mmの幅）に対してドライエッチングによるメサ加工を行い、高さ15 μ mの凸構造部（40mm角）を形成し、この凸構造部の外周部には傾斜部を形成しない以外は、実施例1と同様にして、図8に示されるようなナノインプリント用モールドを作製した。

【0024】

< 評価 >

このように作製したナノインプリント用モールド（実施例、比較例）を用いて、下記のように、ナノインプリントを行った。

すなわち、厚み625 μ mの石英ウエハ上に光硬化性樹脂（東洋合成工業（株）製 PAK-01）を塗布して被加工物とし、石英ウエハ側が当接するようにインプリント装置

10

20

30

40

50

の基板ステージに載置した。次いで、光硬化性樹脂層にモールドを押し込んだ。このときの光硬化性樹脂層へのモールドのプレス力は1 kNであり、比較例のモールドにおける凸構造部の高さ(15 μm)よりも小さいものとした。この状態でインプリント装置の照明光学系から平行光(ピーク波長が365 nmの紫外線)を100 mJ/cm²照射した。これにより、光硬化性樹脂層を硬化させ、その後、モールドを引き離してパターンを形成した。

【0025】

このようなパターン形成を各モールドで10回行い、モールドを引き離す際に要した力(N)をナノインプリント装置に内蔵されたロードセルを用いて測定し、この測定値(N)を樹脂とモールドが接触した面積(mm²)で除すことにより離型力(MPa)を算出し、その平均値と変動量(最大値と最小値の差)を表1に示した。また、形成されたパターンについて、欠陥率を下記のように測定し、その結果を表1に示した。

(欠陥率の測定)

光学顕微鏡で各パターンについて5箇所観察し、一つの観察箇所(1.0 mm×1.0 mm)内で、パターン欠損が確認できた面積の割合を測定し、100個のパターン、計500箇所の平均を算出した。したがって、この欠陥率が大きい程、欠陥が多いことを意味し、本発明では、欠陥率が0.1未満を実用レベルと判定する。

【0026】

【表1】

表 1

モールド	離型力の平均値 (MPa)	離型力の変動量 (MPa)	欠陥率
実施例	0.057	0.007	0
比較例	0.130	0.020	0.2

表1に示されるように、実施例のモールドを使用した場合、比較例のモールドを使用した場合に比べて離型力の変動量が少なく、欠陥率が小さいことが確認された。

【産業上の利用可能性】

【0027】

ナノインプリント技術を用いた微細加工に利用可能である。

【符号の説明】

【0028】

- 1 ... ナノインプリント用モールド
- 2 ... 基材
- 3 ... 基部
- 4 ... 凸構造部
- 4 a ... 上面
- 4 b ... 側面
- 5 ... 転写形状部
- 6 ... 傾斜部
- X ... パターン領域

Y ... 非パターン領域
Z ... 凸構造部領域

【 図 1 】

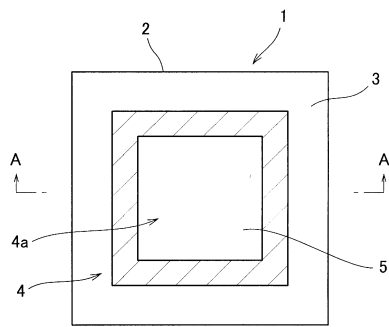


FIG.1

【 図 2 】

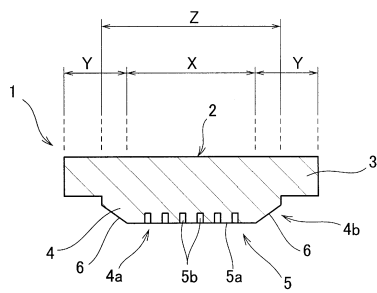


FIG.2

【 図 3 】

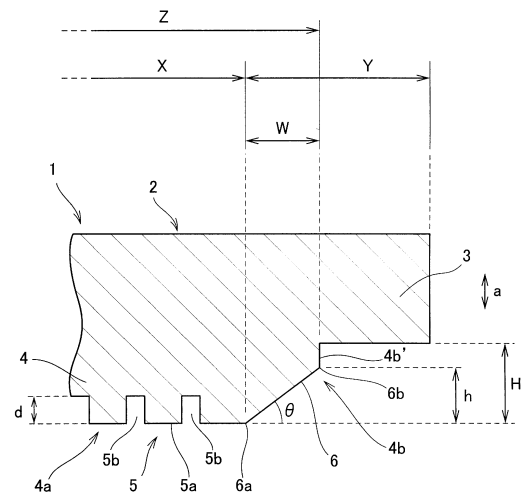


FIG.3

【 図 4 】

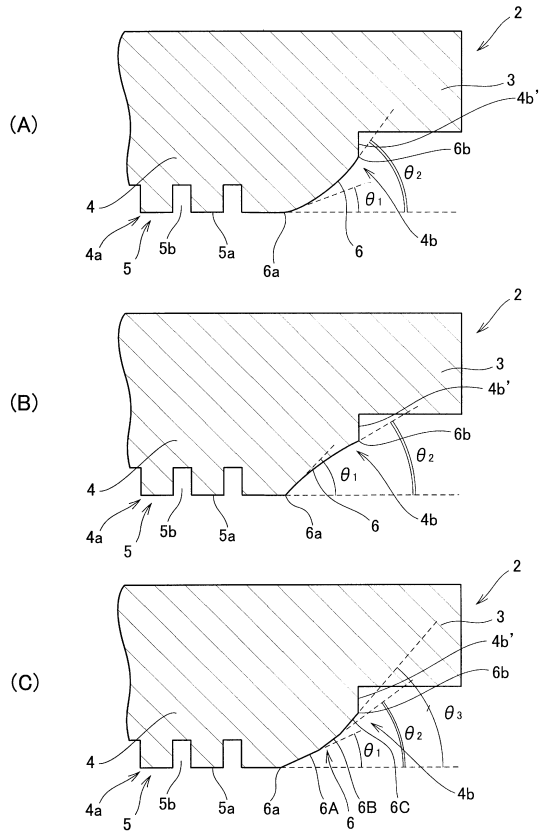


FIG.4

【 図 5 】

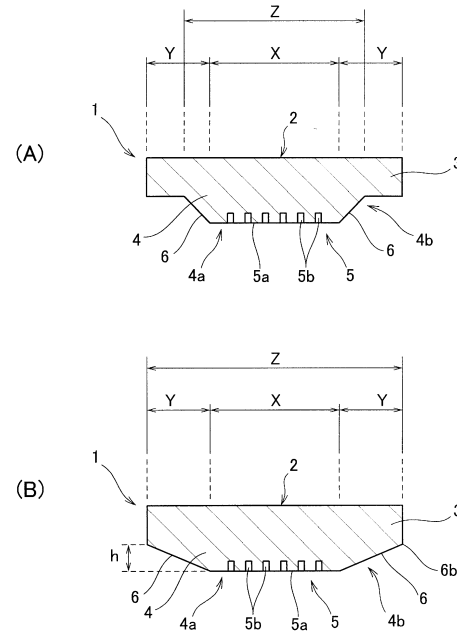


FIG.5

【 図 6 】

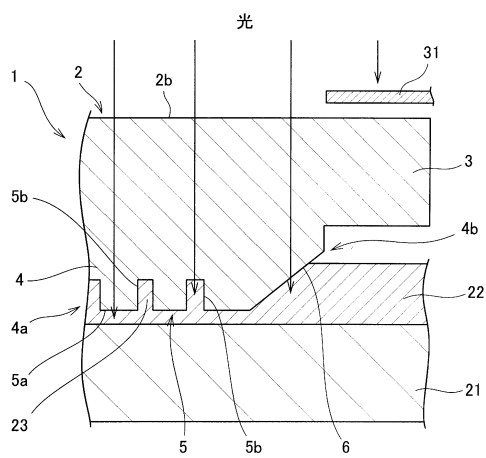


FIG.6

【 図 7 】

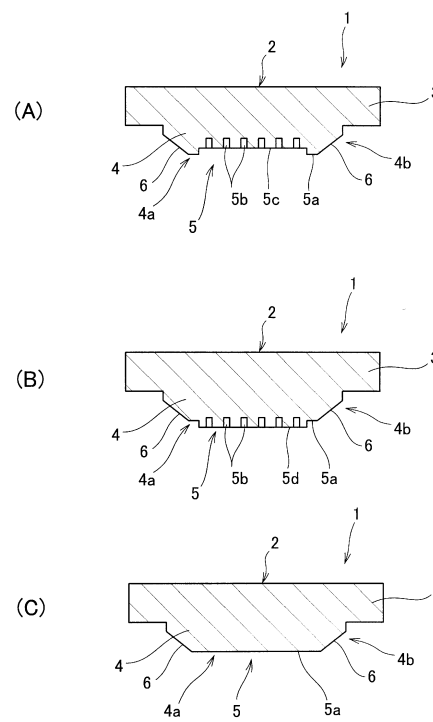


FIG.7

【 図 8 】

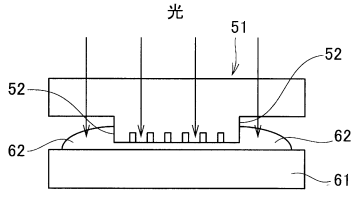


FIG.8

フロントページの続き

- (72)発明者 法元 盛久
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内
- (72)発明者 平林 正史
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内

審査官 向井 佑

- (56)参考文献 特開2004-288845(JP,A)
特開2010-052288(JP,A)
特開平01-171819(JP,A)
特開2005-101233(JP,A)
特開2009-241330(JP,A)
特開2008-012844(JP,A)
特開2009-023113(JP,A)
特開2010-094845(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B29C 33/38~33/42
B29C 59/00~59/18