

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-148494

(P2004-148494A)

(43) 公開日 平成16年5月27日(2004.5.27)

(51) Int.Cl.⁷

B 8 2 B 3/00

H 0 1 L 21/027

F I

B 8 2 B 3/00

H 0 1 L 21/30 5 O 2 D

テーマコード (参考)

5 F O 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2003-364008 (P2003-364008)
 (22) 出願日 平成15年10月24日 (2003.10.24)
 (31) 優先権主張番号 10/279407
 (32) 優先日 平成14年10月24日 (2002.10.24)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 503003854
 ヒューレット・パカード デベロップメント カンパニー エル. ピー.
 アメリカ合衆国 テキサス州 77070
 ヒューストン 20555 ステイト
 ハイウェイ 249
 (74) 代理人 100087642
 弁理士 古谷 聡
 (74) 代理人 100076680
 弁理士 溝部 孝彦
 (74) 代理人 100121061
 弁理士 西山 清春

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 硬化ナノインプリントスタンプ

(57) 【要約】

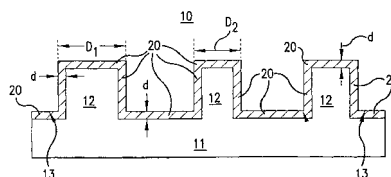
【課題】

磨耗や破損に強いナノインプリントスタンプを提供すること。

【解決手段】

硬化ナノインプリントスタンプ10及び該硬化ナノインプリントスタンプ10の形成方法を開示する。硬化ナノインプリントスタンプ10は複数のシリコン製の極小形状部12を有し、この極小形状部12が炭化ケイ素、窒化ケイ素または炭化窒化ケイ素からなる硬化外殻20を有する。硬化外殻20は、プラズマ浸炭処理および/またはプラズマ窒化処理によって、基礎部分のシリコンよりも硬化される。プラズマ処理中は炭素原子C及び/または窒素原子Nが極小形状部12の複数の露出面に衝突してそれらが露出面から浸透し、シリコン (Si) と反応して炭化ケイ素、窒化ケイ素または炭化窒化ケイ素からなる硬化外殻20が形成される。その結果、硬化ナノインプリントスタンプ10の寿命、耐久性、及び経済性が向上する。

【選択図】 図11



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基準面(13)を有する基板(11)と、

前記基板(11)に接続され、前記基準面(13)から外側へ延びる複数の極小形状部(12)であって、該極小形状部(12)が転写形状を画定する外面を有し、該極小形状部(12)がシリコンおよびポリシリコンからなるグループの中から選択された材料から形成される、複数の極小形状部(12)と、

前記外面の内側へ所定の深さdだけ延び、炭化ケイ素、窒化ケイ素および炭化窒化ケイ素からなるグループの中から選択された材料から形成された、外殻(20)と、

からなる硬化ナノインプリントスタンプ(10)であって、前記硬化外殻(20)は、前記ナノインプリントスタンプ(10)を転写先の媒体(53)と繰り返し係合させる間、前記極小形状部(12)の転写形状を維持する働きをもつ、硬化ナノインプリントスタンプ(10)。 10

【請求項 2】

前記基板(11)がシリコンを含む、請求項 1 の硬化ナノインプリントスタンプ(10)。

【請求項 3】

前記所定の深さdが、約10.0オングストロームから約300.0オングストロームの範囲の深さである、請求項 1 の硬化ナノインプリントスタンプ(10)。

【請求項 4】

基板(11)によって支持された複数のシリコン製の極小形状部(12)を有するナノインプリントスタンプ(10)を硬化する方法であって、 20

炭素含有ガスを含むプラズマ(P)中で前記極小形状部(12)を浸炭させ、前記極小形状部(12)の複数の露出面に炭素を浸透させるステップと、

前記露出面に炭化ケイ素の硬化外殻(20)が形成され、該外殻(20)が前記露出面の内側へ所定の深さdまで拡がるまで、前記浸炭するステップを継続するステップと、

からなる方法。

【請求項 5】

前記炭素含有ガスが、メタンおよびエタンからなるグループの中から選択された炭化水素を含む、請求項 4 の方法。

【請求項 6】

前記浸炭するステップが約300 ~ 約900 の温度で実施される、請求項 4 の方法 30

【請求項 7】

前記所定の深さdが約10.0オングストローム~約300.0オングストロームになるまで前記浸炭するステップが継続される、請求項 4 の方法。

【請求項 8】

基板(11)によって支持された複数のシリコン製の極小形状部(12)を有するナノインプリントスタンプ(10)を硬化させる方法であって、

窒素含有ガスを含むプラズマ(P)中で前記極小形状部(12)を窒化させ、前記極小形状部(12)の複数の露出面に窒素を浸透させるステップと、

前記露出面に窒化ケイ素の硬化外殻(20)が形成され、該外殻(20)が前記露出面の内側 40

へ所定の深さdまで拡がるまで、前記窒化するステップを継続するステップと、

からなる方法。

【請求項 9】

前記窒化するステップが、室温および室温より高い温度からなるグループの中から選択された温度で実施される、請求項 8 の方法。

【請求項 10】

前記所定の深さdが約10.0オングストローム~約300.0オングストロームになるまで前記窒化するステップが継続される、請求項 8 の方法。

【請求項 11】

前記窒素含有ガスが、窒素およびアンモニアからなるグループの中から選択された物質 50

である、請求項 8 の方法。

【請求項 1 2】

基板(11)によって支持された複数のシリコン製の極小形状部(12)を有するナノインプリントスタンプ(10)を硬化する方法であって、

炭素含有ガスを含むプラズマ(P)中で前記極小形状部(12)を浸炭させ、前記極小形状部(12)の複数の露出面に炭素を浸透させるステップと、

窒素含有ガスを含むプラズマ(P)中で前記極小形状部(12)を窒化させ、前記極小形状部(12)の複数の露出面に窒素を浸透させるステップと、

前記露出面に炭化窒化ケイ素の硬化外殻(20)が形成され、該外殻(20)が前記露出面の内側へ所定の深さdまで拡がるまで、前記炭化するステップおよび前記窒化するステップを継続するステップと、

からなる方法。

【請求項 1 3】

前記炭素含有ガスが、メタンおよびエタンからなるグループの中から選択された炭化水素を含む、請求項 1 2 の方法。

【請求項 1 4】

前記窒素含有ガスが、窒素およびアンモニアからなるグループの中から選択された物質である、請求項 1 2 の方法。

【請求項 1 5】

前記浸炭するステップが約 3 0 0 ~ 約 9 0 0 の温度で実施される、請求項 1 2 の方法。

【請求項 1 6】

前記窒化するステップが、室温および室温より高い温度からなるグループの中から選択された温度で実施される、請求項 1 2 の方法。

【請求項 1 7】

前記所定の深さdが約 1 0 . 0 オングストローム~約 3 0 0 . 0 オングストロームになるまで前記浸炭するステップおよび前記窒化するステップが継続される、請求項 1 2 の方法。

【請求項 1 8】

前記浸炭するステップが前記窒化するステップよりも前に実施される、請求項 1 2 の方法。

【請求項 1 9】

前記窒化するステップが前記浸炭するステップよりも前に実施される、請求項 1 2 の方法。

【請求項 2 0】

前記浸炭するステップと前記窒化するステップが実質的に同時に実施される、請求項 1 2 の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は概して、ナノインプリントスタンプを硬化する構造および方法に関する。詳しくは、本発明は、プラズマ浸炭処理またはプラズマ窒化处理、あるいはそれら両方を用いてナノインプリントスタンプを硬化する構造および方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

ナノインプリンティングリソグラフィは、極小パターン(数十ナノメートル程度)を得るための将来性のある技術である。極小パターンを形成する際の重要なステップは、スタンプで転写したい極小パターンに対して相補形状を成すパターンを有するインプリントス

タンブをまず形成することである。

【0003】

図1aに示すように、従来のナノインプリンティングリソグラフィプロセスは、複数の転写パターン202が形成されたインプリントスタンプ200を使用する。図1bに示すように、転写パターン202は簡単なラインと空間のパターンからなり、複数のライン204はライン間が空間206で分離されている。転写パターン202は基板211によって支持されている。インプリントスタンプ200を特別に設計されたマスク層203に押圧することにより（破線の矢印201を参照）、マスク層203の厚さが転写パターン202（図1aを参照されたい）に応じて変化し、転写パターン202がマスク層203に複製される。

10

【0004】

マスク層203は通常、ポリマーなどの材料から形成される。たとえば、マスク層203には、フォトレジスト材料を用いることができる。マスク層203は支持基板205上に堆積される。ステップ・アンド・リピートプロセスを用いて転写パターン202をマスク層203に繰り返し押圧し、マスク層203の全面が覆われるまで転写パターン202をマスク層203に複製する。

【0005】

図2に示すように、このステップ・アンド・リピートプロセスにより、マスク層203には、転写パターン202に対して相補形状を成す複数の極小の圧痕207ができる。次に、図3に示すように、マスク層203を異方性エッチング（すなわち、極めて方向性の強いエッチング）を施し、マスク層203に極小パターン209を形成する。通常、支持基板205、またはマスク層203と支持基板205との間に設けられたもう1つの層（図示せず）が、異方性エッチングのエッチストップとして機能する。

20

【0006】

図4では、各ライン204は、対向する側面204sと、上面204tと、対向する前面204fと、エッジ204eとを有する。各ライン204はライン間が空間206で分離されている。一般に、インプリントスタンプ200はシリコン（Si）などの材料から形成される。たとえば、基板211にはシリコンウェーハを用いることができ、ライン-空間機構（204、206）は、シリコン（Si）やポリシリコン（-Si）から作成することができる。ナノインプリントスタンプの材料の選択としてシリコンを選択した理由は、シリコンを用いた構造および回路を製造するためのマイクロエレクトロニクスプロセスがしっかりと確立されており、シリコンは手頃な価格で容易に購入することができるからである。

30

【0007】

しかしながら、従来のインプリントスタンプ200の欠点の1つは、シリコンが軟らかい物質であるため、マスク層203に押圧するステップの繰り返しにより、破損、損傷および摩耗を受けやすいことである。図4において、ライン204のE-Eの部分には、押圧ステップの繰り返しによる摩耗、破損、および損傷を特に受けやすい。図5は、図4のE-Eの部分の拡大図であり、エッジ204e、上面204t、側面204s、および前面204fが、マスク層203に対してわずか数回押圧しただけで、摩耗Wの影響を特に受けやすいことを示している。

40

【0008】

図6において、インプリントスタンプ200をマスク層203に押圧し（201）、ライン形状部204がマスク層203中に位置するようにする。押圧ステップの繰り返しによって、ライン形状部204のエッジ204eと上面204tに、符号Wで示すような摩耗、損傷、および破損が生じる。押圧ステップがわずか10回以下であっても、インプリントスタンプ200は、安定した、反復可能な、正確な転写パターン209を形成することができないところまで磨耗してしまう場合がある。

【0009】

図7aおよび図7bはライン形状部204の摩耗を示す詳細図であり、ライン形状部2

50

04のエッジ204eおよび上面204tの部分はマスク層203と最初に接触する部分であり、押圧方向(201)に対して実質的に垂直な面を有しているため、それらの部分で摩耗が最も深刻であるということを示している。したがって、図8aおよび図8bに示すように、ライン形状部204は、マスク層203に対してわずか数回押圧しただけで、図8aに示す理想的なライン形状204から図8bに示す摩耗したライン形状204へと急激に劣化する。

【0010】

インプリントスタンプ200の製造は、インプリンティングリソグラフィプロセス全体の中で、最も重要で、最もコストのかかるステップの1つである。従来のインプリントスタンプ200のもう1つの欠点は、インプリントスタンプ200の製造コストを正当化するために必要な回数の押圧ステップを実施する前にインプリントスタンプ200が破損してしまったり、磨耗しきってしまったり、あるいはその両方が生じたりすることが原因で、インプリントスタンプ200の製造コストを回収することができない、ということである。したがって、従来のインプリントスタンプ200は製造が経済的でない。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

したがって、本発明の目的の一つは、摩耗、損傷、および破損に耐え得る極小のインプリントスタンプを提供することである。本発明の他の目的は、複数回の押圧ステップにわたって安定した、反復可能な、正確な転写パターン209が維持されるインプリントスタンプを提供し、製造コストを回収できるようにすることである。

20

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の硬化ナノインプリントスタンプは、従来のナノインプリントスタンプにおける上記の欠点および制限を解決する。本発明のシリコン製の硬化ナノインプリントスタンプは、プラズマ浸炭処理またはプラズマ窒化処理、あるいはそれら両方を用いて、硬化ナノインプリントスタンプの外面に沿って炭化ケイ素(SiC)、窒化ケイ素(SiN)または炭化窒化ケイ素(SiCN)からなる硬化外殻を形成することにより、強く、より丈夫になっている。プラズマ浸炭処理および/またはプラズマ窒化処理は、硬化ナノインプリントスタンプの反応性シリコン(Si)材料を炭化ケイ素(SiC)、窒化ケイ素(SiN)または炭化窒化ケイ素(SiCN)に容易に変換し、硬化ナノインプリントスタンプを、シリコンだけから形成された従来のインプリンティングスタンプよりも遥かに丈夫なものにする。

30

【0013】

本発明の硬化ナノインプリントスタンプは、従来のナノインプリントスタンプとは異なり、摩耗、破損、あるいは損傷を生じることなくさらに多くの数の押圧サイクルに耐えることができ、寿命が長いので、その製造コストを回収することができる。

【0014】

本発明の他の態様および利点は、本発明の原理を例として示す添付の図面とともに、以下の詳細な説明から明らかになるであろう。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下に記載する詳細な説明および図面の幾つかにおいて、同一の構成要素は同一の符号で参照する。

【0016】

例示目的の図面に示すように、本発明は、硬化ナノインプリントスタンプ、または該硬化ナノインプリントスタンプを作成する方法として実施される。この硬化ナノインプリントスタンプは、プラズマ浸炭処理またはプラズマ窒化処理あるいはそれら両方によって形成された硬化外殻を含む複数のシリコン製の極小形状部を有する。炭素および/または窒素を含有するガスと共に極小形状部の露出面にプラズマを当て、それらの表面に浸透させ

50

てシリコンと反応させ、炭化ケイ素、窒化ケイ素、または炭化窒化ケイ素物質を形成する。炭素原子および/または窒素原子は露出面から限られた深さまでしか浸透しないので、露出面に沿ったシリコンの部分だけが炭化ケイ素、窒化ケイ素、または炭化窒化ケイ素物質からなる外殻に変換される。その結果、極小形状部に硬化外殻（すなわち、硬い外皮）ができ、この硬化外郭によって極小形状部は、そのナノインプリントスタンプで転写される媒体に対する押圧サイクルの繰り返しに起因した磨耗や損傷に対する耐性が向上する。

【0017】

本発明の硬化ナノインプリントスタンプは、硬化された極小形状部の耐久性が高く、耐用寿命が長く、極小形状部の耐用寿命が終わる前に硬化ナノインプリントスタンプの製造コストを回収することができるため、費用効率が高い。

10

【0018】

また、本発明の硬化ナノインプリントスタンプは、硬化された極小形状部の耐久性が高く、転写先媒体に対して押圧サイクルを繰り返す間、極小形状部の転写形状を維持することができるので、従来のナノインプリントスタンプよりも正確である。

【0019】

図9は、以下で説明する硬化プロセスを行なう前の状態を示す図であり、基板11は、基準面13と、基板11に接触し基準面13から外側に延びる複数の極小形状部12とを含む。基板11は、限定はしないが、シリコン(Si)、単結晶シリコン、ポリシリコン(-Si)、シリコン酸化物(SiO_2)、および窒化ケイ素(SiN_x)などの材料から形成することができる。たとえば、基板11には、マイクロエレクトロニクス素子および構造の製造に一般的に用いられるようなタイプの、単結晶シリコンのウェーハを用いることができる。

20

【0020】

極小形状部12は、通常約1.0 μm 以下の寸法（すなわち、幅Wおよび高さh）を有する。極小形状部12の長さLも、約1.0 μm 以下にすることができる。数百ナノメートル以下の寸法が望ましい。極小形状部12は、限定はしないが、シリコン(Si)、ポリシリコン(-Si)などのシリコン系材料から形成することができる。たとえば、周知のマイクロエレクトロニクス処理技法を用い、基板11の基準面13の上にポリシリコンの層（図示せず）を堆積した後、マスク層を用いてそのポリシリコンの層をリソグラフィによってパターンニングし、さらにマスク層を通してエッチングすることにより、このポリシリコンの極小形状部12を形成することができる。

30

【0021】

極小形状部12は、転写形状を画定する外面を有する。たとえば図9では、極小形状部12が長方形の転写形状を画定する外側表面を有している。したがって、基板11を転写先の媒体（図示せず）に接触させて押圧すると、極小形状部12の転写形状がその媒体に転写される。極小形状部12の転写形状は応用形態に応じて異なるであろうから、本発明は、本明細書に例示したような極小形状部12の転写形状に限定されない。

【0022】

図10aでは、極小形状部12の外面は、対向する側面12sと、上面12tと、前面12fと、背面12bと、エッジ表面12eと、基準面13とを含む。上記の表面は全て、ナノインプリントリソグラフィプロセスにおける1以上の押圧サイクルによって生じる磨耗、損傷、または破損を受ける露出面となりうる。

40

【0023】

エッジ表面12eは、磨耗や損傷の影響を特に受けやすい。また、極小形状部12は互いに空間Sで隔てられていて、この空間Sは極小形状部12間で異なってもよい。空間Sも極小形状部12が転写される媒体に転写される。したがって、側面12sの磨耗によって空間Sが拡大し、転写精度が低下してゆくことになる。基準面13の磨耗や損傷によって、転写精度が低下することもありうる。基本的には、極小形状部12によって行なわれる転写の転写形状および精度は、露出面およびエッジの機械的安定性（靱性）によって異なる。

50

【0024】

図10bでは、上で述べた極小形状部12の外面(12s、12e、12t、12f、12b)および基準面13をプラズマPに曝す。プラズマPがそれらの面にあたると、プラズマP中の物質の原子がそれらの面から所定の深さdまで浸透する。原子(C)および/または窒素(N₂)の原子は、たとえば拡散などの現象を経て、露出面から浸透することができる。プラズマPは、プラズマ浸炭処理の場合は炭素(C)を、プラズマ窒化処理の場合は窒素(N₂)を、そしてプラズマ浸炭処理とプラズマ窒化処理両方の場合は炭素(C)及び窒素(N₂)を含有するガスをそれぞれ含む。したがって、炭素原子および/または窒素原子が、それらの表面から所定の深さdまで浸透し、極小形状部12の物質と化学反応する。所定の深さdは、上記の表面にわたってばらつきがあってもよく、表面全体にわたって均一である必要はない。たとえば、所定の深さdは、上面12tおよび基準面13の方が側面12sよりも大きく(すなわち、深く)なるようにすることもできる。

10

【0025】

図11は、プラズマ浸炭処理、プラズマ窒化処理、あるいはそれら両方によって得られた硬化ナノインプリントスタンプ10を示している。それらのプラズマプロセスによって、極小形状部12に、外面の内側に所定の深さdまで延在する硬化外殻20ができる。プラズマプロセスがプラズマ浸炭処理であった場合、この硬化外殻20は炭化ケイ素(SiC)を含む。一方、プラズマプロセスがプラズマ窒化処理であった場合、この硬化外殻20は窒化ケイ素(SiN)を含む。プラズマ浸炭処理とプラズマ窒化処理を両方用いた場合、この硬化外殻20は炭化窒化ケイ素(SiCN)を含む。結果得られる炭化ケイ素の硬化外殻20、窒化ケイ素の硬化外殻20、または炭化窒化ケイ素の硬化外殻20は、極小形状部12の硬化外殻20の下にある比較的軟らかいシリコン系物質からなる基礎部分よりも硬く、摩耗、破損、および損傷に強いものとなる。基本的には、硬化外殻20は、比較的軟らかいシリコン(Si)系物質からなる基礎部分を取り囲むようにしてSiC、SiN、またはSiCNからなる硬い外皮を形成する。その結果、硬化ナノインプリントスタンプがその硬化ナノインプリントスタンプで転写する転写先の媒体と繰り返し係合しても、極小形状部12の転写形状が維持されるようになる。

20

【0026】

所定の深さdは応用形態に応じて異なり、ほんの数例だけ挙げると、処理時間や温度などの要因によって決まるであろう。所定の深さdは、極小形状部12の寸法に比べて小さい。たとえば、極小形状部12の幅(図11のD₁およびD₂を参照)は、数百ナノメートル程度にすることができる。一方、所定の深さdは、数百オングストローム程度にすることができる。硬化外殻20の所定の深さdは、約10.0オングストローム～約300.0オングストロームの範囲にすることができる。しかしながら、本明細書に記載する実施例について、その所定の深さdを、範囲を限定するためのものとして解釈してはならない。上記のように、所定の深さdは応用形態に固有のものである。

30

【0027】

図14では、硬化ナノインプリントスタンプ10を転写対象50に接触させた状態で押圧している。転写対象50は、支持基板51と転写媒体53とを含む。転写媒体53は、種々の材料から形成することができる。たとえば、転写媒体53は、フォトリソグラフィで使用されるフォトレジスト材料などのポリマーである場合がある。硬化ナノインプリントスタンプ10の極小形状部12を転写媒体53に押圧し、極小形状部12の転写形状に対して相補形状をなす跡(インプリント)を形成する。上記の露出面が転写媒体53と接触(C_p)し、それらの接触部C_pは、硬化外殻20によって摩耗や損傷に強いものになっている。

40

【0028】

従って、図16に示すように極小形状部12の露出面(斜線で図示された12s、12e、12t、12f、12b)および基準面13が硬化外郭20を有する場合、転写媒体53と接触することになる硬化ナノインプリントスタンプ10のそれらの表面は、磨耗や損傷に強いものとなる。極小形状部12の磨耗は極小形状部12の材料の硬さに密接に関

50

連しているの、本発明の硬化ナノインプリントスタンプ 10 の有効耐用寿命は 10 倍以上にまで長くなる可能性がある。

【0029】

図 12 a および図 12 b は、プラズマ浸炭処理を用いてナノインプリントスタンプ 10 を硬化する方法を示している。図 12 a において、ナノインプリントスタンプ 10 は、基板 11 によって支持された複数のシリコン製の極小形状部 12 を含んでいる。極小形状部 12 は、複数の露出面（図 10 a および図 10 b の 12 s、12 e、12 t、12 f、12 b および 13 を参照）を有する。極小形状部 12 は、限定はしないが、シリコン（Si）やポリシリコン（ -Si ）などの材料から形成することができる。

【0030】

炭素（C）含有ガス（図 12 a に丸で囲まれた C の符号で示す）を含むプラズマ中で、極小形状部 12 を浸炭させる。図 12 b において、炭素原子 C が露出面に衝突し、それらの露出面から浸透する。炭素原子 C が極小形状部 12 のシリコンと化学反応し、炭化ケイ素（SiC）が形成される。

【0031】

この浸炭処理は、露面に炭化ケイ素（SiC）の硬化外殻 20 が形成され、硬化外郭 20 がそれらの表面の内側へ所定の深さ d まで拡がるまで続ける。その結果、図 11、図 14、および図 16 を参照して上で説明した硬化ナノインプリントスタンプ 10 が得られる。

【0032】

炭素含有ガスとしては、限定はしないが、メタン（ CH_4 ）やエタン（ C_2H_6 ）などの炭化水素を用いることができる。プラズマ浸炭処理は、約 300 ~ 約 900 の温度で行うことができる。

【0033】

同様に、図 13 a および図 13 b は、プラズマ窒化処理を用いてナノインプリントスタンプ 10 を硬化する方法を示している。図 13 a において、ナノインプリントスタンプ 10 は、基板 11 によって支持された複数のシリコン製の極小形状部 12 を含んでいる。極小形状部 12 は、複数の露出面（図 10 a および図 10 b の 12 s、12 e、12 t、12 f、12 b および 13 を参照）を有する。極小形状部 12 は、限定はしないが、シリコン（Si）やポリシリコン（ -Si ）などの材料から形成することができる。

【0034】

窒素（ N_2 ）含有ガス（図 13 a に丸で囲まれた N の符号で示す）を含むプラズマ中で、極小形状部 12 を窒化させる。図 13 b において、窒素原子 N が露出面に衝突し、それらの露出面から浸透する。窒素原子 N が極小形状部 12 のシリコンと化学反応し、窒化ケイ素（SiN）が形成される。

【0035】

その窒化処理は、露出面に窒化ケイ素の硬化外殻 20 が形成され、硬化外郭 20 がそれらの表面の内側へ所定の深さ d まで拡がるまで続ける。その結果、図 11、図 14 および図 16 を参照して上で説明した硬化ナノインプリントスタンプ 10 が得られる。

【0036】

窒素含有ガスとしては、限定はしないが、窒素（ N_2 ）やアンモニア（ NH_3 ）などの物質を用いることができる。プラズマ窒化処理は、限定はしないが、室温（すなわち 25）で行なうことも、室温よりも高い温度で行うこともできる。

【0037】

図 15 a および図 15 b は、プラズマ浸炭処理とプラズマ窒化処理の両方を用いてナノインプリントスタンプ 10 を硬化する方法を示している。図 15 a において、ナノインプリントスタンプ 10 は、基板 11 によって支持された複数のシリコン製の極小形状部 12 を含んでいる。極小形状部 12 は、複数の露出面（図 10 a および図 10 b の 12 s、12 e、12 t、12 f、12 b および 13 を参照）を有する。極小形状部 12 は、限定はしないが、シリコン（Si）やポリシリコン（ -Si ）などの材料から形成することが

10

20

30

40

50

できる。

【0038】

極小形状部12を、炭素(C)含有ガス(図15aに丸で囲まれたCの符号で示す)を含むプラズマ中で浸炭させ、窒素(N₂)含有ガス(図15aに丸で囲まれたNの符号で示す)を含むプラズマ中で窒化させる図15bにおいて、炭素原子Cおよび窒素原子Nが露出面に衝当し、それらの露出面から浸透する。炭素原子Cおよび窒素原子Nが極小形状部12のシリコンと化学的に反応し、炭化窒化ケイ素(SiCN)が形成される。これらの浸炭処理および窒化処理は、露出面に炭化窒化ケイ素(SiCN)の硬化外殻20が形成され、硬化外郭20がそれらの露出面の内側に所定の深さdまで拡がるまで続ける。その結果、図11、図14および図16を参照して上で説明した硬化ナノインプリントスタンプ10が得られる。 10

【0039】

炭素含有ガスとしては、限定はしないが、メタン(CH₄)やエタン(C₂H₆)などの炭化水素を用いることができる。プラズマ浸炭処理は、約300～約900の高温で行うことができる。窒素含有ガスとしては、限定はしないが、窒素(N₂)やアンモニア(NH₃)などの物質を用いることができる。プラズマ窒化処理は、限定はしないが、室温(すなわち25)で行なうことも、室温よりも高温で行うこともできる。まずプラズマ浸炭処理を行い、その後プラズマ窒化処理を行うこともできるし、その逆の順序で行なうこともできる。また、炭素(C)含有ガスと窒素(N₂)含有ガスを含むプラズマ中では、プラズマ浸炭処理とプラズマ窒化処理を実質的に同時に行うことができる。 20
それらのガス(C、N₂)は、プラズマ浸炭処理やプラズマ窒化処理を行うチャンバ内に注入する前に、混合しておく(すなわち、予め混合しておく)ことができる。

【0040】

本発明のいくつかの実施形態を開示および説明してきたが、本発明が説明および図示された特定の形態や部品配置に限定されることはない。本発明は特許請求の範囲によってのみ限定される。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1a】従来のインプリントスタンプの形状を示す外形図である。

【図1b】従来のインプリントパターンを示す平面図である。 30

【図2】図1aに示す従来のインプリントスタンプを用いて内部に極小の圧痕が形成された従来のマスク層を示す外形図である。

【図3】異方性エッチングステップ後の図2の従来のマスク層を示す外形図である。

【図4】従来のインプリントスタンプの、摩耗、破損、損傷を最も受けやすい部分を示す外形図である。

【図5】従来のインプリントスタンプの、摩耗、破損、損傷を最も受けやすい部分を示す断面図である。

【図6】マスク層に押圧された従来のインプリントスタンプを示す断面図である。

【図7a】図6の押圧ステップの結果生じる従来のインプリントスタンプの摩耗を示す図である。 40

【図7b】図6の押圧ステップの結果生じる従来のインプリントスタンプの摩耗を示す図である。

【図8a】わずか数回の押圧サイクルで従来のインプリントスタンプの摩耗が急激に進行することを示す図である。

【図8b】わずか数回の押圧サイクルで従来のインプリントスタンプの摩耗が急激に進行することを示す図である。

【図9】本発明による硬化処理を行なう前の、複数の極小形状部を有するナノインプリントスタンプを示す外形図である。

【図10a】図9の極小形状部の露出されたエッジおよび露出面を示す外形図である。

【図10b】本発明による、図10aの露出されたエッジおよび露出面を硬化するための 50

プラズマ硬化処理を示す断面図である。

【図 1 1】本発明による硬化ナノインプリントスタンプの硬化外殻を示す断面図である。

【図 1 2 a】本発明による硬化外殻を形成するためのプラズマ浸炭処理を示す概略図である。

【図 1 2 b】本発明による硬化外殻を形成するためのプラズマ浸炭処理を示す概略図である。

【図 1 3 a】本発明による硬化外殻を形成するためのプラズマ窒化処理を示す概略図である。

【図 1 3 b】本発明による硬化外殻を形成するためのプラズマ窒化処理を示す概略図である。

【図 1 4】マスク層に接触して押圧された本発明による硬化ナノインプリントスタンプを示す断面図である。

【図 1 5 a】本発明による硬化外殻を形成するためのプラズマ浸炭処理およびプラズマ窒化処理を示す概略図である。

【図 1 5 b】本発明による硬化外殻を形成するためのプラズマ浸炭処理およびプラズマ窒化処理を示す概略図である。

【図 1 6】本発明による複数の硬化された極小形状部を有する硬化ナノインプリントスタンプを示す外形図である。

【符号の説明】

【 0 0 4 2 】

1 0 硬化ナノインプリントスタンプ

1 1 基板

1 2 極小形状部

1 3 基準面

2 0 硬化外殻

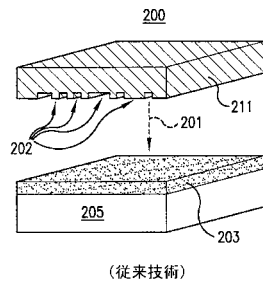
5 3 転写媒体

P プラズマ

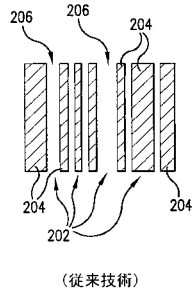
10

20

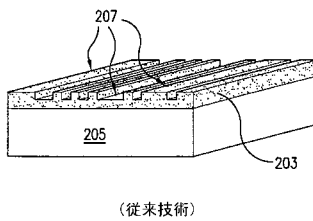
【図 1 a】



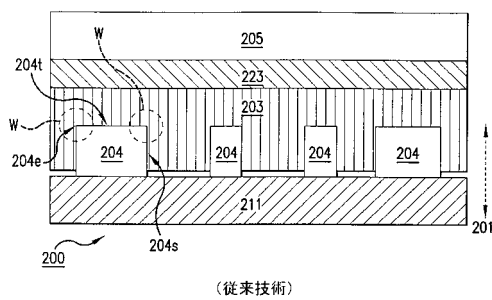
【図 1 b】



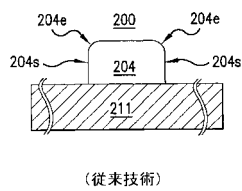
【図 2】



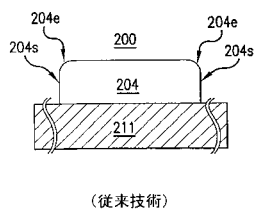
【図 6】



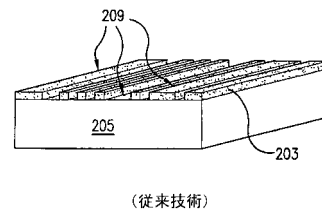
【図 7 a】



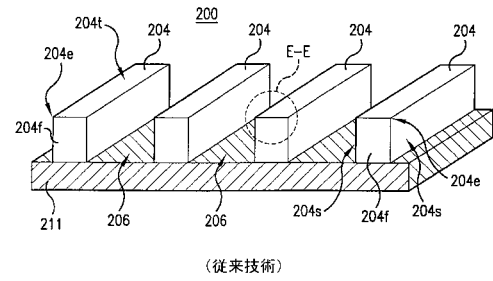
【図 7 b】



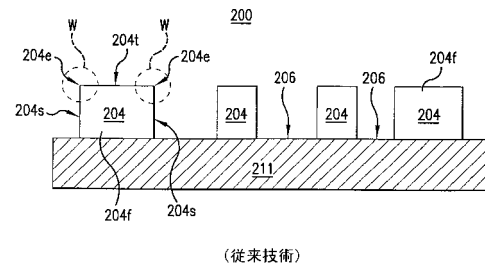
【図 3】



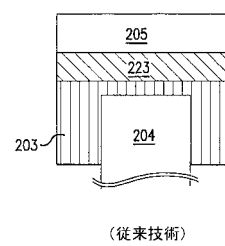
【図 4】



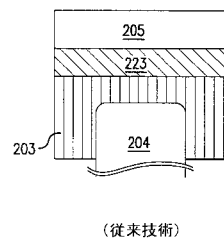
【図 5】



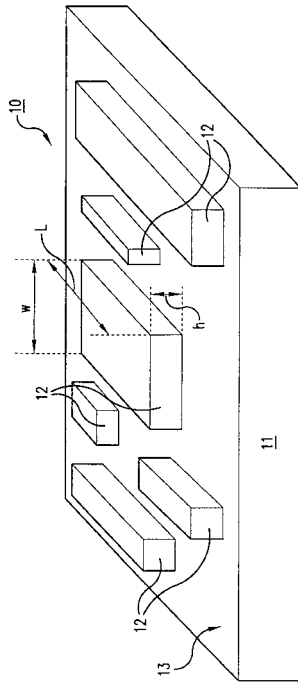
【図 8 a】



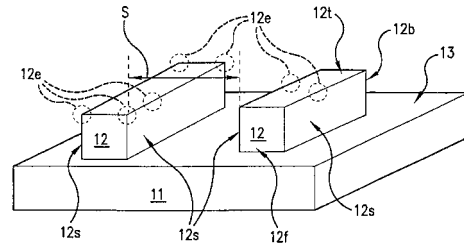
【図 8 b】



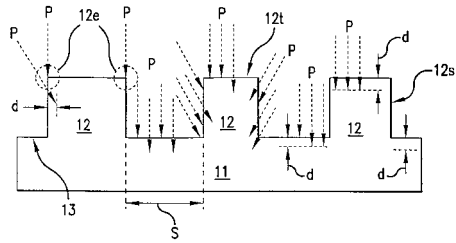
【図 9】



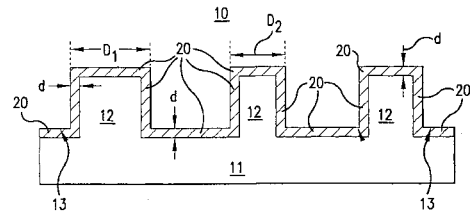
【図 10 a】



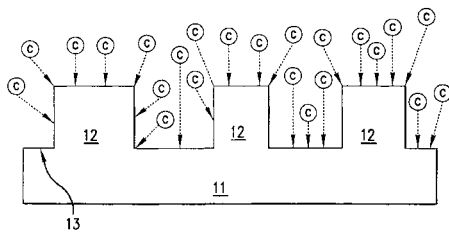
【図 10 b】



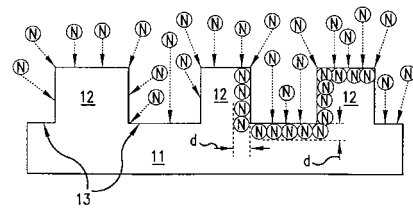
【図 11】



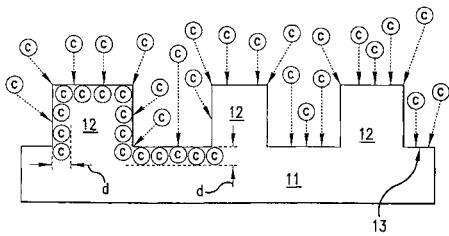
【図 12 a】



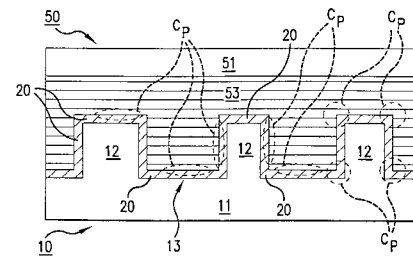
【図 13 b】



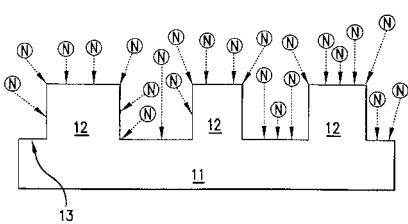
【図 12 b】



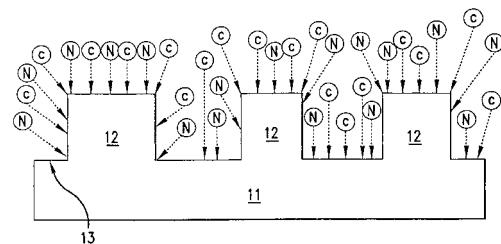
【図 14】



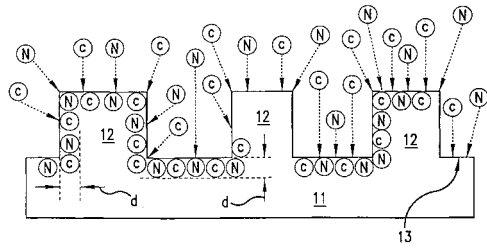
【図 13 a】



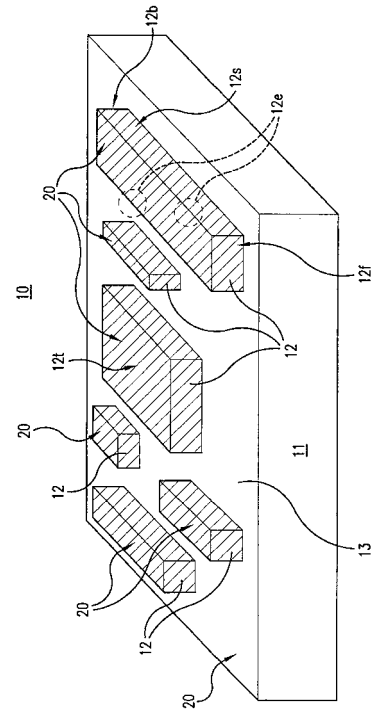
【図 15 a】



【図 15 b】



【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 ヘオン・リー

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 4 0 8 7 , サニーベイル , ブラムス・ウェイ・ 4 5 5 , アパートメント・ 2 3 0

(72)発明者 ゲン・ヨン・ジュン

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 4 3 0 3 , パロアルト , タンランド・ドライブ・ 1 0 9 0 , アパートメント・ 2 0 4

F ターム(参考) 5F046 AA28