

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5395757号  
(P5395757)

(45) 発行日 平成26年1月22日(2014.1.22)

(24) 登録日 平成25年10月25日(2013.10.25)

(51) Int.Cl.

F 1

**H01L 21/027 (2006.01)**  
**B29C 59/02 (2006.01)**  
**B81C 99/00 (2010.01)**

H01L 21/30 502D  
B29C 59/02 ZNMZ  
B81C 99/00  
H01L 21/30 570

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願2010-155750 (P2010-155750)

(22) 出願日

平成22年7月8日(2010.7.8)

(65) 公開番号

特開2012-19076 (P2012-19076A)

(43) 公開日

平成24年1月26日(2012.1.26)

審査請求日

平成24年8月17日(2012.8.17)

(73) 特許権者 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(74) 代理人 100108062

弁理士 日向寺 雅彦

(72) 発明者 張 穎康

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社  
東芝内

(72) 発明者 小柴 健

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社  
東芝内

(72) 発明者 浅野 昌史

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社  
東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】パターン形成方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第1のレプリカ基板上に、第1のパターン転写層を形成する工程と、

前記第1のパターン転写層を加工し、前記第1のパターン転写層に第1の凹凸パターンを形成する工程と、

エネルギー線に対して透過性を有する第2のレプリカ基板上に、前記エネルギー線に対して透過性を有する第2のパターン転写層を形成する工程と、

前記第2のパターン転写層と、前記第1のパターン転写層の前記第1の凹凸パターンとの間にインプリント材料を満たす工程と、

前記第2のレプリカ基板における前記第2のパターン転写層が形成された面の反対面側から、前記インプリント材料に対して前記エネルギー線を照射して、前記インプリント材料を硬化させる工程と、

前記インプリント材料を硬化させた後、前記インプリント材料と前記第1の凹凸パターンとを離す工程と、

前記インプリント材料と前記第1の凹凸パターンとを離した後、前記インプリント材料をマスクにして前記第2のパターン転写層を加工し、前記第2のパターン転写層に第2の凹凸パターンを形成する工程と、

を備え、

前記第1のパターン転写層を形成する工程は、

前記第1のレプリカ基板上に、第1の層を形成する工程と、

10

20

前記第1の層上に、第2の層を形成する工程と、  
を有し、  
前記第1の凹凸パターンを形成する工程は、  
前記第2の層を凹凸形状に加工する工程と、  
前記凹凸形状に加工された前記第2の層における凸部をスリミングする工程と、  
前記スリミングされた凸部の側壁に、前記第2の層とは異なる材料の側壁層を形成する工程と、  
前記側壁層の間の前記凸部を除去する工程と、  
前記凸部を除去して残された前記側壁層をマスクにして、第1の層を凹凸形状に加工する工程と、  
を有することを特徴とするパターン形成方法。

**【請求項2】**

前記第1のレプリカ基板は、半導体ウェーハであり、  
前記半導体ウェーハ上における複数の領域に前記第1の凹凸パターンを形成することを特徴とする請求項1記載のパターン形成方法。

**【請求項3】**

前記複数の領域に形成された複数の前記第1の凹凸パターンの中から選択された第1の凹凸パターンを用いて、前記第2のパターン転写層に対してパターン転写を行うことを特徴とする請求項2記載のパターン形成方法。

**【請求項4】**

前記第2のパターン転写層と、前記第1の凹凸パターンとの間に前記インプリント材料を満たす工程は、

前記第1の凹凸パターン上に、前記インプリント材料を供給する工程と、  
前記第1の凹凸パターン上の前記インプリント材料に対して、前記第2のパターン転写層を押し付ける工程と、  
を有することを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載のパターン形成方法。

**【請求項5】**

前記第2のパターン転写層は、導電性を有することを特徴とする請求項1～4のいずれか1つに記載のパターン形成方法。

**【請求項6】**

前記第2の層を凹凸形状に加工する工程は、  
前記第2の層上に形成されたインプリント材料に対してマスタエンプレートの凹凸パターンを接触させて、前記インプリント材料を硬化させる工程と、  
前記インプリント材料を硬化させた後、前記インプリント材料と前記マスタエンプレートとを離す工程と、  
前記インプリント材料と前記マスタエンプレートとを離した後、前記インプリント材料をマスクにして前記第2の層を加工する工程と、  
を有することを特徴とする請求項1～5のいずれか1つ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】**

本発明の実施形態は、パターン形成方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

インプリント法では、テンプレートの凹凸パターンがインプリント材料に接触され、その状態でインプリント材料が硬化される。この後、テンプレートが、硬化したインプリント材料から離される。インプリント法を特に半導体デバイスのパターン形成に利用する場合には、低コスト且つ量産性が求められる。

**【先行技術文献】****【特許文献】**

10

20

30

40

50

## 【0003】

【特許文献1】特開2008-207475号公報

## 【非特許文献】

## 【0004】

【非特許文献1】C.M.Park, et al., 「Nano imprint Template Fabrication using wafer pattern for sub-30nm」、2010年4月2日、Proc. SPIE 7637

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

低コストで量産性に優れたパターン形成方法を提供する。

10

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

実施形態によれば、パターン形成方法は、第1のレプリカ基板上に、第1のパターン転写層を形成する工程を備える。さらに、前記パターン形成方法は、前記第1のパターン転写層を加工し、前記第1のパターン転写層に第1の凹凸パターンを形成する工程を備える。さらに、前記パターン形成方法は、エネルギー線に対して透過性を有する第2のレプリカ基板上に、前記エネルギー線に対して透過性を有する第2のパターン転写層を形成する工程を備える。さらに、前記パターン形成方法は、前記第2のパターン転写層と、前記第1のパターン転写層の前記第1の凹凸パターンとの間にインプリント材料を満たす工程を備える。さらに、前記パターン形成方法は、前記第2のレプリカ基板における前記第2のパターン転写層が形成された面の反対面側から、前記インプリント材料に対して前記エネルギー線を照射して、前記インプリント材料を硬化させる工程を備える。さらに、前記パターン形成方法は、前記インプリント材料を硬化させた後、前記インプリント材料と前記第1の凹凸パターンとを離す工程を備える。さらに、前記パターン形成方法は、前記インプリント材料と前記第1の凹凸パターンとを離した後、前記インプリント材料をマスクにして前記第2のパターン転写層を加工し、前記第2のパターン転写層に第2の凹凸パターンを形成する工程を備える。前記第1のパターン転写層を形成する工程は、前記第1のレプリカ基板上に、第1の層を形成する工程と、前記第1の層上に、第2の層を形成する工程と、を有する。前記第1の凹凸パターンを形成する工程は、前記第2の層を凹凸形状に加工する工程と、前記凹凸形状に加工された前記第2の層における凸部をスリミングする工程と、前記スリミングされた凸部の側壁に、前記第2の層とは異なる材料の側壁層を形成する工程と、前記側壁層の間の前記凸部を除去する工程と、前記凸部を除去して残された前記側壁層をマスクにして、第1の層を凹凸形状に加工する工程と、を有する。

20

## 【図面の簡単な説明】

## 【0007】

【図1】実施形態に係るパターン形成方法を示す模式図。

【図2】マスタンプレートの製造方法を示す模式断面図。

【図3】第1のレプリカテンプレートの製造方法を示す模式断面図。

【図4】第2のレプリカテンプレートの製造方法を示す模式断面図。

【図5】第2のレプリカテンプレートの他の製造方法を示す模式断面図。

30

【図6】第2のレプリカテンプレートを用いたパターン転写方法を示す模式断面図。

【図7】第1のレプリカテンプレートの他の製造方法を示す模式断面図。

【図8】第1のレプリカテンプレートの他の製造方法を示す模式断面図。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0008】

以下、図面を参照し、実施形態について説明する。なお、各図面中、同じ要素には同じ符号を付している。

## 【0009】

図1(a)～(d)は、実施形態に係るパターン形成方法を示す模式図である。

## 【0010】

40

50

本実施形態に係るパターン形成方法は、マスタンプレート10を用いて第1のレプリカテンプレート20を製造する工程と、第1のレプリカテンプレート20を用いて第2のレプリカテンプレート40を製造する工程と、第2のレプリカテンプレート40に形成された第2の凹凸パターン40aを、処理基板51の加工対象層に転写する工程とを有する。

#### 【0011】

図2(a)～(c)は、マスタンプレート10の製造方法を示す模式断面図である。

#### 【0012】

まず、図2(a)に示すように、マスタ基板11の表面にハードマスク層12を形成する。マスタ基板11は、例えば石英基板である。ハードマスク層12の材料は、例えば、クロム、タンタル、モリブデンシリサイドなどを用いることができる。また、ハードマスク層12の厚さは、例えば数～数十nm程である。10

#### 【0013】

ハードマスク層12の上には、レジスト層13が形成される。レジスト層13は、例えば電子ビームあるいはレーザービームなどの照射を受けた部分が、現像液に対して可溶もしくは不溶になる特性を有する。

#### 【0014】

レジスト層13に対して、電子ビームあるいはレーザービームによって所望のパターンが描画される。この後、現像液を用いてレジスト層13を選択的にエッチングする。これにより、図2(b)に示すように、レジスト層13に選択的に開口が形成され、レジスト層13がパターニングされる。20

#### 【0015】

そして、パターニングされたレジスト層13をマスクにして、ハードマスク層12がエッチングされ、さらにマスタ基板11の表面がエッチングされる。その後、残っているレジスト層13及びハードマスク層12を除去する。

#### 【0016】

これにより、図2(c)に示すように、マスタ基板11の表面に凹凸パターン10aが形成されたマスタンプレート10が得られる。マスタ基板11は、外周側部分よりも中央部分が突出したメサ構造を有し、凹凸パターン10aは突出した部分の表面に形成されている。このため、パターン転写時に、不要な領域でのテンプレートとパターン転写物との接触を避けることができる。30

#### 【0017】

次に、図3(a)～(d)は、第1のレプリカテンプレート20の製造方法を示す模式断面図である。

#### 【0018】

まず、図3(a)に示すように、第1のレプリカ基板21上に、第1のパターン転写層としてハードマスク層22を形成する。第1のレプリカ基板21は、例えばシリコンウェーハである。なお、第1のレプリカ基板21として、シリコン以外の他の半導体ウェーハを用いることもでき、あるいはガラスウェーハも用いることもできる。

#### 【0019】

ハードマスク層22の材料は、例えば、クロム、タンタル、モリブデンシリサイドなどを用いることができる。また、ハードマスク層22の厚さは、例えば数～数十nm程である。なお、第1のパターン転写層としては、ハードマスク層22が1層の構造に限らず、多層膜を用いることもできる。40

#### 【0020】

次に、図3(b)に示すように、ハードマスク層22と、マスタンプレート10の凹凸パターン10aとの間に、第1のインプリント材料31を満たす。

#### 【0021】

具体的には、まず、ハードマスク層22の表面上に、液状の第1のインプリント材料31を供給する。第1のインプリント材料31は、紫外線硬化型樹脂であり、例え50ア

リレートやメタクリレートのようなモノマーを用いることができる。また、第1のインプリント材料31とマスタンプレート10との離型性を向上させるために、第1のインプリント材料31の表面に、離型材料層を形成することもある。

#### 【0022】

そして、第1のインプリント材料31に対して、マスタンプレート10の凹凸パターン10aを接触させ、押し付ける。これにより、毛細管現象によって、第1のインプリント材料31が凹凸パターン10aの凹部(溝)に充填される。

#### 【0023】

その状態で、第1のインプリント材料31に対して、第1のエネルギー線として例えは紫外線を照射する。紫外線は、図3(b)において太線矢印で表すように、マスタ基板11における凹凸パターン10aが形成された面の反対面11a側から、第1のインプリント材料31に向けて照射される。マスタ基板11は、紫外線に対して透過性を有する例えは石英からなるので、紫外線の透過を妨げない。紫外線の照射を受けた第1のインプリント材料31は硬化する。10

#### 【0024】

第1のインプリント材料31を硬化させた後、マスタンプレート10を第1のインプリント材料31から上方に移動させて離す。これにより、図3(c)に示すように、ハードマスク層22上に、凹凸形状にパターニングされた第1のインプリント材料31が形成される。第1のインプリント材料31の凹凸パターンは、マスタンプレート10の凹凸パターン10aを反転させたパターンである。20

#### 【0025】

次に、パターニングされた第1のインプリント材料31をマスクにして、例えはR I E(Reactive Ion Etching)法により、ハードマスク層22を加工し、さらに第1のレプリカ基板21の表面を加工する。この後、残っている第1のインプリント材料31を除去する。これにより、図3(d)に示すように、第1の凹凸パターン20aが形成された第1のレプリカテンプレート20が得られる。第1の凹凸パターン20aは、マスタンプレート10の凹凸パターン10aを反転させたパターンである。

#### 【0026】

第1のレプリカ基板21としてシリコンウェーハを用いることで、半導体デバイスのパターン形成によく用いられるR I E等の加工技術及び装置を流用できる。このため、パターンの寸法バラツキを抑えた高精度の凹凸パターンを有するテンプレートを容易且つ低コストで製造することができる。30

#### 【0027】

また、第1のレプリカ基板21は、マスタンプレート10よりも平面サイズが大きなシリコンウェーハであり、そのシリコンウェーハ上における複数の領域80(図1(b))に対して、いわゆるステップ・アンド・リピート方式で、前述したマスタンプレート10を用いたパターン転写を複数回行う。

#### 【0028】

複数の領域80に第1のインプリント材料31の凹凸パターンを形成した後、第1のインプリント材料31をマスクにして、ハードマスク層22及びシリコンウェーハ(第1のレプリカ基板21)のエッチングを、複数の領域80に対して一括して行う。これにより、シリコンウェーハ上の複数の領域80に複数の第1の凹凸パターン20aが形成された第1のレプリカテンプレート20が得られる。40

#### 【0029】

また、以上の工程を繰り返すことで、複数の第1のレプリカテンプレート20を得ることができる。

なお、インプリント法に限らず、例えは深紫外線(DUV: deep ultraviolet)露光法、電子ビーム描画法などで第1の凹凸パターン20aを形成して、第1のレプリカテンプレート20を作製してもよい。

#### 【0030】

10

20

30

40

50

また、第1の凹凸パターン20aが形成されたハードマスク層22は、金属層や金属シリサイド層などで導電性を有するため、電子顕微鏡を使った第1の凹凸パターン20aの外観検査時のチャージアップを防げる。

#### 【0031】

第1のレプリカテンプレート20の第1の凹凸パターン20aは、さらに第2のレプリカテンプレート40に転写される。このとき、複数の領域80に形成された複数の第1の凹凸パターン20aの中から選択された第1の凹凸パターン20aを用いて、第2のレプリカテンプレート40に対してパターン転写を行う。すなわち、寸法精度がよく、形状欠陥のない第1の凹凸パターン20aを選択することができ、第2のレプリカテンプレート40に形成される第2の凹凸パターン40aも寸法精度がよく、形状欠陥のないものにできる。10

#### 【0032】

図4(a)～(d)は、第2のレプリカテンプレート40の製造方法を示す模式断面図である。

#### 【0033】

まず、図4(a)に示すように、第2のレプリカ基板41上に、第2のパターン転写層としてハードマスク層42を形成する。第2のレプリカ基板41は、第1のレプリカ基板21よりも平面サイズが小さい。また、第2のレプリカ基板41は、第2のエネルギー線として例えば紫外線の全波長領域または一部の波長領域に対する透過性を有する。例えば、第2のレプリカ基板41として石英基板を用いることができる。20

#### 【0034】

また、第2のレプリカ基板41は、マスタテンプレート10と同様にメサ構造を有し、その突出した部分の表面にハードマスク層42が形成される。ハードマスク層42も、紫外線の全波長領域または一部の波長領域に対する透過性を有する。ハードマスク層42の材料は、例えば、クロム、タンタル、モリブデンシリサイドなどを用いることができる。また、ハードマスク層42の厚さは、例えば数～数十nm程である。また、ハードマスク層42の表面に、以下に説明する第2のインプリント材料32との密着性を向上させる層を形成してもよい。

#### 【0035】

ハードマスク層42上には、液状の第2のインプリント材料32が供給される。第2のインプリント材料32は、紫外線硬化型樹脂であり、例えば、アクリレートやメタクリレートのようなモノマーを用いることができる。30

#### 【0036】

次に、第2のインプリント材料32に対して、第1のレプリカテンプレート20の第1の凹凸パターン20aを接触させ押し付ける。ここでの第1の凹凸パターン20aは、前述したように複数の中から選択されたものである。

#### 【0037】

図4(b)に示すように、第2のレプリカ基板41上のハードマスク層42と、第1のレプリカテンプレート20の第1の凹凸パターン20aとの間に、第2のインプリント材料32が満たされ、毛細管現象によって、第2のインプリント材料32が第1の凹凸パターン20aの凹部(溝)に充填される。40

#### 【0038】

その状態で、第2のインプリント材料32に対して、第2のエネルギー線として例えば紫外線を照射する。通常のインプリント法では、凹凸パターンを有するテンプレートの裏面側から紫外線がインプリント材料に向けて照射される。しかし、この場合のテンプレートである第1のレプリカ基板21はシリコンウェーハであり、紫外線に対する透過性を有しない。

#### 【0039】

そこで、紫外線は、図4(b)において太線矢印で表すように、第2のレプリカ基板41におけるハードマスク層42が形成された面の反対面41a側から、第2のインプリン50

ト材料32に向けて照射される。第2のレプリカ基板41及びハードマスク層42は、紫外線に対して透過性を有するので、紫外線の透過を妨げない。紫外線の照射を受けた第2のインプリント材料32は硬化する。

#### 【0040】

あるいは、図5(a)に示すように、第1のレプリカテンプレート20の第1の凹凸パターン20a上に液状の第1のインプリント材料32を供給し、この後、図5(b)に示すように、第2のインプリント材料32に対して、第2のレプリカ基板41に形成されたハードマスク層42を接触させ押し付けてもよい。

#### 【0041】

先に、第1の凹凸パターン20aに第2のインプリント材料32を供給しておくこと<sup>10</sup>で、第2のレプリカ基板41を第1のレプリカテンプレート20の上方にセットして、第1のレプリカテンプレート20に向けて移動させる間に、第2のインプリント材料32を第1の凹凸パターン20aの凹部に入り込ませておくことができる。結果として、第2のインプリント材料32に対して、第1のレプリカテンプレート20及びハードマスク層42を押し付ける時間の短縮が図れる。

#### 【0042】

この場合でも、紫外線は、図5(b)において太線矢印で表すように、第2のレプリカ基板41におけるハードマスク層42が形成された面の反対面41a側から、第2のインプリント材料32に向けて照射される。

#### 【0043】

第2のインプリント材料32を硬化させた後、第2のインプリント材料32から第1のレプリカテンプレート20を離す。これにより、図4(c)に示すように、ハードマスク層42上に、凹凸形状にパターニングされた第2のインプリント材料32が形成される。第2のインプリント材料32の凹凸パターンは、第1のレプリカテンプレート20の第1の凹凸パターン20aを反転させたパターンである。<sup>20</sup>

#### 【0044】

次に、パターニングされた第2のインプリント材料32をマスクにして、例えばRIE法により、ハードマスク層42を加工し、さらに第2のレプリカ基板41の表面を加工する。この後、残っている第2のインプリント材料32を除去する。これにより、図4(d)<sup>30</sup>に示すように、第2の凹凸パターン40aが形成された第2のレプリカテンプレート40が得られる。第2の凹凸パターン40aは、第1のレプリカテンプレート20の第1の凹凸パターン20aを反転させたパターンである。

#### 【0045】

また、以上の工程を繰り返すことで、複数の第2のレプリカテンプレート40を得ることができる。

#### 【0046】

また、第2の凹凸パターン40aが形成されたハードマスク層42は、金属層や金属シリサイド層などで導電性を有するため、電子顕微鏡を使った第2の凹凸パターン40aの外観検査時のチャージアップを防げる。<sup>40</sup>

#### 【0047】

この第2のレプリカテンプレート40を使って、図6(a)～(c)に示すように、最終的なパターン形成対象物に対する処理が行われる。

#### 【0048】

パターン形成対象物は、処理基板51もしくは処理基板51上に形成された加工対象層52である。処理基板51は、例えばシリコンウェーハ等の半導体ウェーハである。加工対象層52は、絶縁層、金属層、半導体層などである。

#### 【0049】

図6(a)に示すように、加工対象層52と、第2のレプリカテンプレート40の第2の凹凸パターン40aとの間に、インプリント材料33を満たす。

#### 【0050】

10

20

30

40

50

具体的には、まず、加工対象層 5 2 の表面上に、液状のインプリント材料 3 3 を供給する。インプリント材料 3 3 は、紫外線硬化型樹脂であり、例えば、アクリレートやメタクリレートのようなモノマーを用いることができる。また、インプリント材料 3 3 と第 2 のレプリカテンプレート 4 0 との離型性を向上させるために、インプリント材料 3 3 の表面上に、離型材料層を形成することもある。

#### 【0051】

そして、インプリント材料 3 3 に対して、第 2 のレプリカテンプレート 4 0 の第 2 の凹凸パターン 4 0 a を接触させ、押し付ける。これにより、毛細管現象によって、インプリント材料 3 3 が第 2 の凹凸パターン 4 0 a の凹部（溝）に充填される。

#### 【0052】

その状態で、インプリント材料 3 3 に対して、エネルギー線として例えば紫外線を照射する。紫外線は、図 6 (a)において太線矢印で表すように、第 2 のレプリカ基板 4 1 における第 2 の凹凸パターン 4 0 a が形成された面の反対面 4 1 a 側から、インプリント材料 3 3 に向けて照射される。第 2 のレプリカ基板 4 1 、および第 2 の凹凸パターン 4 0 a が形成されたハードマスク層 4 2 は、紫外線に対して透過性を有するので、紫外線の透過を妨げない。紫外線の照射を受けたインプリント材料 3 3 は硬化する。

#### 【0053】

インプリント材料 3 3 を硬化させた後、第 2 のレプリカテンプレート 4 0 をインプリント材料 3 3 から上方に移動させて離す。これにより、図 6 (b) に示すように、加工対象層 5 2 上に、凹凸形状にパターニングされたインプリント材料 3 3 が形成される。インプリント材料 3 3 の凹凸パターンは、第 2 のレプリカテンプレート 4 0 の第 2 の凹凸パターン 4 0 a を反転させたパターンである。

#### 【0054】

次に、パターニングされたインプリント材料 3 3 をマスクにして、例えば RIE 法により、加工対象層 5 2 を加工する。この後、残っているインプリント材料 3 3 を除去する。これにより、図 6 (c) に示すように、加工対象層 5 2 が凹凸形状にパターニングされる。この凹凸パターンは、第 2 のレプリカテンプレート 4 0 の第 2 の凹凸パターン 4 0 a を反転させたパターンである。

#### 【0055】

処理基板 5 1 は、第 2 のレプリカテンプレート 4 0 よりも平面サイズが大きな半導体ウェーハであり、その半導体ウェーハ上における複数のチップ領域 9 0 ( 図 1 (d) ) に対して、いわゆるステップ・アンド・リピート方式で、前述した第 2 のレプリカテンプレート 4 0 を用いたパターン転写を複数回行う。

#### 【0056】

複数のチップ領域 9 0 にインプリント材料 3 3 の凹凸パターンを形成した後、インプリント材料 3 3 をマスクにして、加工対象層 5 2 のエッチングを、複数のチップ領域 9 0 に対して一括して行う。これにより、半導体ウェーハ上の各チップ領域 9 0 に加工対象層 5 2 の凹凸パターンが形成される。

#### 【0057】

また、以上の工程を繰り返すことで、複数の処理基板 5 1 に対するパターン形成を行うことができる。

#### 【0058】

同じテンプレートを用いてパターン転写を重ねると、テンプレートのパターンが消耗し、パターンの転写欠陥が増えてしまう。したがって、転写欠陥を減らし、また量産性を上げるために、複数枚のテンプレートを作製することが望ましい。

#### 【0059】

ただし、一般に電子ビーム描画のスループットが遅いため、テンプレートを作製するときには長時間をする。これは、テンプレートのコストを押し上げる原因となる。したがって、電子ビーム描画を行わなければならないテンプレートの枚数はなるべく減らしたい。

10

20

30

40

50

**【0060】**

本実施形態によれば、電子ビーム描画はマスタンプレート10にのみ適用する。そして、そのマスタンプレート10から、第1のレプリカテンプレート20を経て、複数の第2のレプリカテンプレート40を作製できる。このため、レプリカテンプレートを短期間で大量に得られる。レプリカテンプレートを大量に得られることで、一枚当たりのコストが安くなる。

**【0061】**

また、マスタンプレート10の凹凸パターン10aは、第1のレプリカ基板21上の複数の領域80に転写される。そして、複数の領域80に形成された第1の凹凸パターン20aの中から選択したものを、第2のレプリカテンプレート40へと転写することができる。この結果、第2のレプリカテンプレート40に、第2の凹凸パターン40aを高精度且つ欠陥なく形成でき、その第2の凹凸パターン40aを転写して得られる最終的な製品ウェーハにおけるパターンについても高精度に且つ欠陥を低減できる。10

**【0062】**

また、第1のレプリカテンプレート20における第1の凹凸パターン20a、および第2のレプリカテンプレート40における第2の凹凸パターン40aは、樹脂材料であるインプリント材料から構成されず、樹脂材料よりも硬いハードマスク層から構成される。したがって、第1の凹凸パターン20a及び第2の凹凸パターン40aは、強度が高く、耐久性があり、パターン転写を複数回重ねても転写欠陥が発生しにくい。20

**【0063】**

電子ビーム描画あるいは光露光には解像限界があるため、マスタンプレート10を作製するときには、パターンサイズの下限値がある。原理的に、その下限値よりも細密なパターンを有するテンプレートを作製することができない。

**【0064】**

そこで、図7(a)～図8(c)を参照して以下で説明する実施形態は、電子ビーム描画あるいは光露光の解像限界よりも微細なパターンを有するテンプレートを作成する方法を提案する。

**【0065】**

図7(a)は、前述した実施形態における図3(c)の状態に対応する。

**【0066】**

すなわち、本実施形態では、第1のレプリカ基板21上に、第1の層61、ハードマスク層62、第2の層63及びハードマスク層64を含む多層構造の第1のパターン転写層を形成する。30

**【0067】**

例えばシリコンウェーハである第1のレプリカ基板21上に第1の層61が形成され、第1の層61上にハードマスク層62が形成され、ハードマスク層62上に第2の層63が形成され、第2の層63上にハードマスク層64が形成される。例えば、第1の層61及び第2の層63は酸化シリコン層であり、ハードマスク層62、64は窒化シリコン層である。

**【0068】**

前述した実施形態と同様に、マスタンプレート10を使ったインプリント法により、ハードマスク層64上に、凹凸形状に加工された第1のインプリント材料31が形成される。40

**【0069】**

そして、その第1のインプリント材料31をマスクにして、ハードマスク層64を加工し、さらに第2の層63を加工する。この後、第1のインプリント材料31とハードマスク層64を、例えばアッシングなどの方法で除去する。これにより、図7(b)に示すように、第2の層63に凹凸パターンが形成される。この凹凸パターンにおける凸部63aの高さ、もしくは凹部の深さは、数十～百nm程度である。

**【0070】**

50

20

30

40

50

次に、例えばウェットエッティング法により、凸部 63a をスリミングする。これにより、図 7(c) に示すように、凸部 63a の幅が縮小する。また、凸部 63a の高さも低くなる。このスリミング工程により、凸部 63a の幅は 1/2 程度縮小される。すなわち、図 7(c) におけるスリミング後の凸部 63a の幅は、マスタテンプレート 10 の凹凸パターン 10a の凸部の 1/2 程になっている。

#### 【0071】

次に、図 8(a) に示すように、例えば CVD (chemical vapor deposition) 法で、ハードマスク層 62 上及び凸部 63a 上に、側壁層 71 を形成する。側壁層 71 は、凸部 63a とは異なる材料からなり、例えばシリコンである。側壁層 71 は、凸部 63a の側壁にも形成され、凸部 63a の上面、側壁、および隣り合う凸部 63a 間の凹部の底面を覆う。側壁層 71 の膜厚は、第 1 のレプリカ基板 21 上に形成したい第 1 の凹凸パターンのサイズによって決定される。例えば、側壁層 71 の膜厚は数～数十 nm であり、凸部 63a の幅とほぼ同じである。

10

#### 【0072】

次に、側壁層 71 に対して例えば RIE 法などの異方性エッティングを行う。これにより、凸部 63a の上面及び凸部 63a 間の凹部を覆っている側壁層 71 が除去され、凸部 63a の側壁に形成された側壁層 71 が残される。

#### 【0073】

次に、例えばウェットエッティング法などで、残された側壁層 71 に挟まれた凸部 63a を除去する。凸部 63a と側壁層 71 とは材料が異なり、このときのエッティング液に対して側壁層 71 は耐性があるため、図 8(b) に示すように、側壁層 71 は残される。この側壁層 71 によって形成される凹凸パターンの繰り返し周期は、図 7(a) における第 1 のインプリント材料 31 の凹凸パターンの繰り返し周期、すなわちマスタテンプレート 10 の凹凸パターン 10a の繰り返し周期の約 1/2 となる。

20

#### 【0074】

次に、側壁層 71 をマスクにして、例えば RIE 法により、ハードマスク層 62 を加工し、さらに第 1 の層 61 を加工する。この後、残っている側壁層 71 及びハードマスク層 62 を除去する。これにより、図 8(c) に示すように、第 1 の層 61 に凹凸パターンが形成される。この第 1 の層 61 の凹凸パターンは、第 1 のレプリカテンプレートにおける第 1 の凹凸パターンに対応する。

30

#### 【0075】

第 1 の層 61 の凹凸パターンは、図 8(b) に示す側壁層 71 をマスクにしたエッティングにより得られたものである。したがって、第 1 の層 61 の凹凸パターンは、マスタテンプレート 10 の凹凸パターン 10a の周期の約 1/2 となる。すなわち、電子ビーム描画などの解像限界をこえる微細パターンを有する第 1 のレプリカテンプレートを作製できる。

#### 【0076】

第 1 のレプリカ基板 21 として半導体ウェーハを用いることで、その半導体ウェーハ上に前述した多層膜や側壁層 71 を形成する工程、及びそれらを加工する工程を、一般的な半導体ウェーハプロセスを流用して高精度且つ低コストで実施できる。

40

#### 【0077】

以降、この第 1 のレプリカテンプレートを用いて、前述した実施形態と同様に、第 2 のレプリカテンプレート 40 を作製し、さらにその第 2 のレプリカテンプレート 40 を用いて、加工対象物に対するパターン形成を行う。この結果、加工対象物には、マスタテンプレート 10 の凹凸パターン 10a よりも、凸部の幅が小さい、凹部の幅が小さい、または凹凸の繰り返し周期が小さい、微細な凹凸パターンが形成される。

#### 【0078】

なお、第 2 のレプリカテンプレート 40 を作製した後、これをテンプレートとして用いて、さらに別のレプリカテンプレート（第 3 のレプリカテンプレート）を作製するようにしてもよい。このとき、第 3 のレプリカテンプレートの基板として、前述した第 2 のレブ

50

リカ基板 21 と同様に半導体ウェーハを用いることで、ウェーハ加工技術を流用しつつ図 7 ( a ) ~ 図 8 ( c ) に示すプロセスを行って、さらに微細な凹凸パターンを有するレプリカテンプレートを得ることができる。その第 3 のレプリカテンプレートを使って、製品ウェーハに対するパターン形成を行うことで、さらに微細な凹凸パターンを製品ウェーハに形成することができる。なお、第 3 のレプリカテンプレートから、さらに微細パターンを有する別のレプリカテンプレートを作製してもよい。

#### 【 0079 】

また、前述したパターン形成方法は、半導体デバイスの製造に限らず、光学部品、ディスク状記録媒体などへのパターン形成にも適用可能である。

#### 【 0080 】

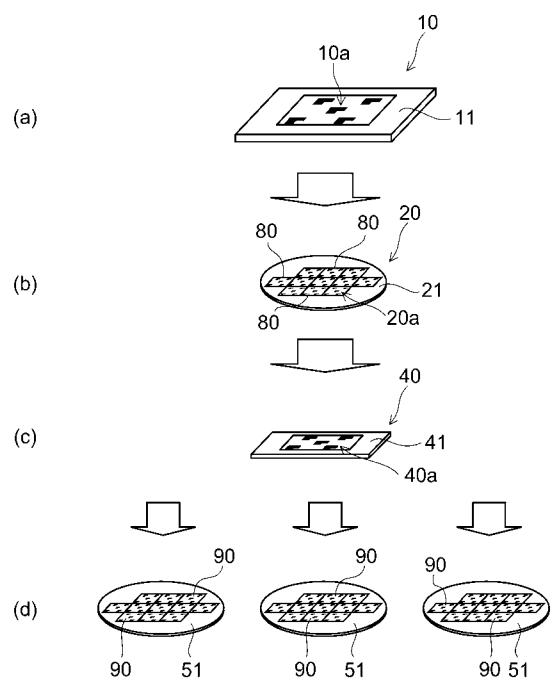
本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

#### 【 符号の説明 】

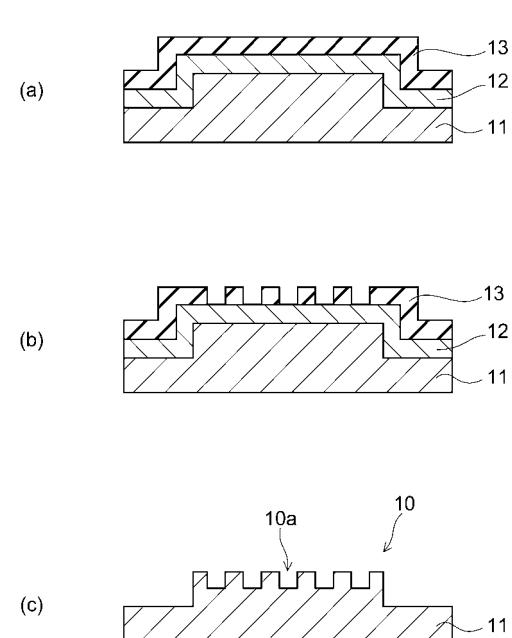
#### 【 0081 】

10 ... マスタエンプレート、11 ... マスタ基板、20 ... 第 1 のレプリカテンプレート、  
20a ... 第 1 の凹凸パターン、21 ... 第 1 のレプリカ基板、22 ... ハードマスク層、31 ... 第 1 のインプリント材料、32 ... 第 2 のインプリント材料、40 ... 第 2 のレプリカテンプレート、40a ... 第 2 の凹凸パターン、41 ... 第 2 のレプリカ基板、42 ... ハードマスク層、51 ... 処理基板、52 ... 加工対象層、61 ... 第 1 の層、62, 64 ... ハードマスク層、63 ... 第 2 の層

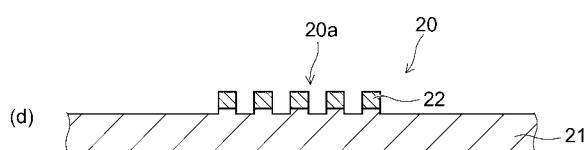
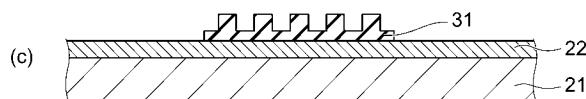
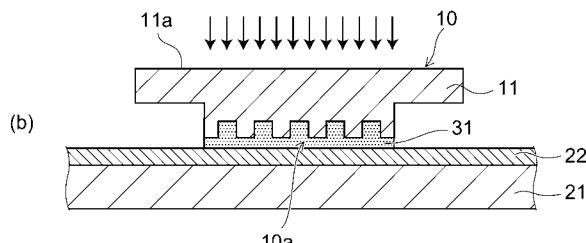
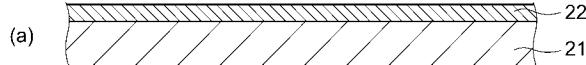
【 図 1 】



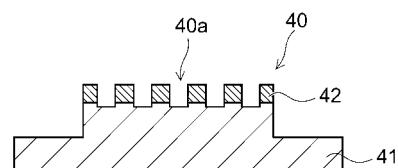
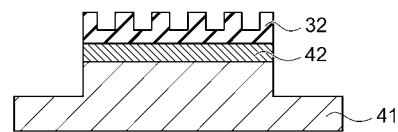
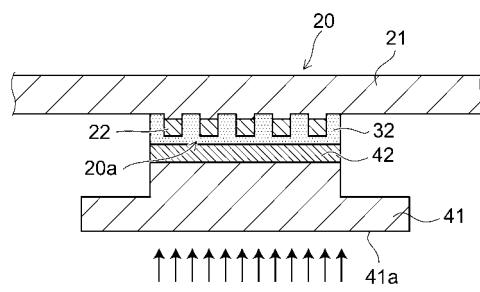
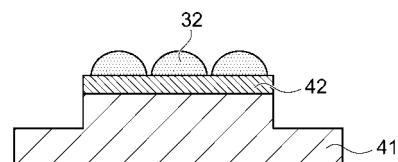
【 図 2 】



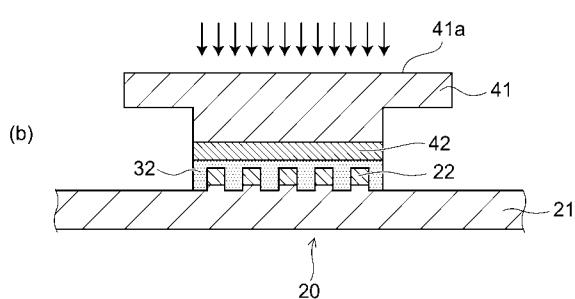
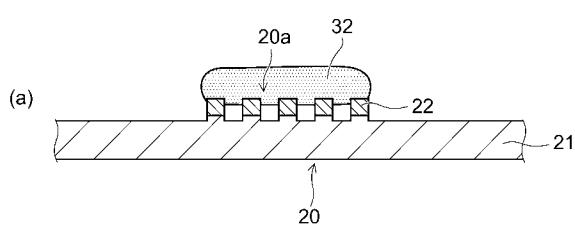
【図3】



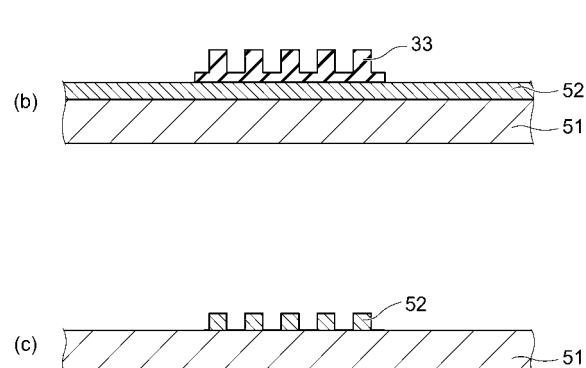
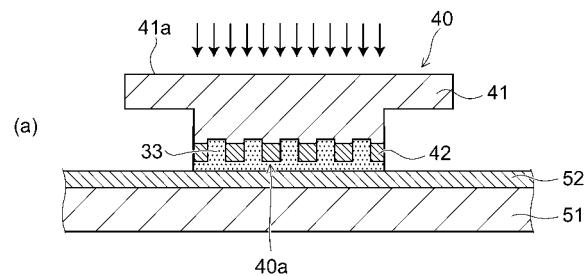
【図4】



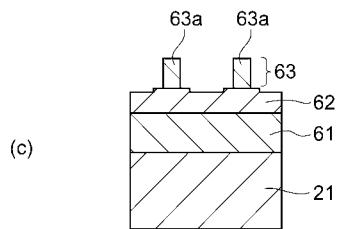
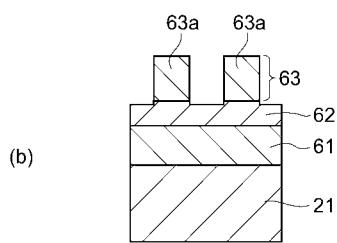
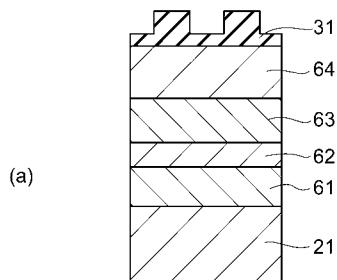
【図5】



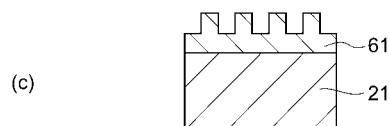
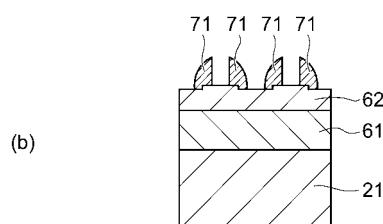
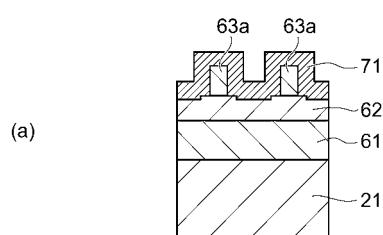
【図6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

審査官 赤尾 隼人

(56)参考文献 特開2008-207475(JP,A)  
特開2010-027743(JP,A)  
特開2007-245684(JP,A)  
特開2010-076300(JP,A)  
特開2007-173806(JP,A)  
国際公開第2010/014380(WO,A1)  
特開2008-068611(JP,A)  
特開2007-307899(JP,A)  
特開2007-165812(JP,A)  
特開2006-297575(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027;  
B29C 33/00 - 33/76; 57/00 - 59/18