

(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 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

B 8 1 C 99/00 (2010. 01)

B 8 1 C 99/00

H O 1 L 21/30 5 7 O

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。

10

【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】

20

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】

30

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テ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テンプレ  
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テンプレートとを離れた後、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】

40

【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】

50

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 8 - 2 0 7 4 7 5 号公報

【非特許文献】

【 0 0 0 4 】

【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】

【 0 0 0 5 】

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】

【 0 0 0 6 】

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

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 7 】

【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】マスタテ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。

40

【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】

【 0 0 0 8 】

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。

【 0 0 0 9 】

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。

【 0 0 1 0 】

50

本実施形態に係るパターン形成方法は、マスタテンプレート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、マスタテンプレート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。

【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。

【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テンプレート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。

【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。

【0020】

次に、図3(b)に示すように、ハードマスク層22と、マスタテンプレート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、例えば、アク

10

20

30

40

50

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とマスタテンプレート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、マスタテンプレート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ば紫外線を照射する。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ば石英からなるので、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。

【0024】

第1のインプリント材料31を硬化させた後、マスタテンプレート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、凹凸形状にパターンニングされた第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、マスタテンプレート10の凹凸パターン10aを反転させたパターンである。

【0025】

次に、パターンニングされた第1のインプリント材料31をマスクにして、例えばRIE（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、マスタテンプレート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RIE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。

【0027】

また、第1のレプリカ基板21は、マスタテンプレート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、前述したマスタテンプレート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。

【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、例えば深紫外線（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】

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のできる。

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 3 2 に向けて照射される。第 2 のレプリカ基板 4 1 及びハードマスク層 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第 2 のインプリント材料 3 2 は硬化する。

【 0 0 4 0 】

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 2 0 の第 1 の凹凸パターン 2 0 a 上に液状の第 1 のインプリント材料 3 2 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 3 2 に対して、第 2 のレプリカ基板 4 1 に形成されたハードマスク層 4 2 を接触させ押し付けてもよい。

【 0 0 4 1 】

先に、第 1 の凹凸パターン 2 0 a に第 2 のインプリント材料 3 2 を供給しておくことで、第 2 のレプリカ基板 4 1 を第 1 のレプリカテンプレート 2 0 の上方にセットして、第 1 のレプリカテンプレート 2 0 に向けて移動させる間に、第 2 のインプリント材料 3 2 を第 1 の凹凸パターン 2 0 a 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 3 2 に対して、第 1 のレプリカテンプレート 2 0 及びハードマスク層 4 2 を押し付ける時間の短縮が図れる。

【 0 0 4 2 】

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 4 1 におけるハードマスク層 4 2 が形成された面の反対面 4 1 a 側から、第 2 のインプリント材料 3 2 に向けて照射される。

【 0 0 4 3 】

第 2 のインプリント材料 3 2 を硬化させた後、第 2 のインプリント材料 3 2 から第 1 のレプリカテンプレート 2 0 を離す。これにより、図 4 ( c ) に示すように、ハードマスク層 4 2 上に、凹凸形状にパターンニングされた第 2 のインプリント材料 3 2 が形成される。第 2 のインプリント材料 3 2 の凹凸パターンは、第 1 のレプリカテンプレート 2 0 の第 1 の凹凸パターン 2 0 a を反転させたパターンである。

【 0 0 4 4 】

次に、パターンニングされた第 2 のインプリント材料 3 2 をマスクにして、例えば R I E 法により、ハードマスク層 4 2 を加工し、さらに第 2 のレプリカ基板 4 1 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 3 2 を除去する。これにより、図 4 ( d ) に示すように、第 2 の凹凸パターン 4 0 a が形成された第 2 のレプリカテンプレート 4 0 が得られる。第 2 の凹凸パターン 4 0 a は、第 1 のレプリカテンプレート 2 0 の第 1 の凹凸パターン 2 0 a を反転させたパターンである。

【 0 0 4 5 】

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 4 0 を得ることができる。

【 0 0 4 6 】

また、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、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 4 0 a の外観検査時のチャージアップを防げる。

【 0 0 4 7 】

この第 2 のレプリカテンプレート 4 0 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。

【 0 0 4 8 】

パターン形成対象物は、処理基板 5 1 もしくは処理基板 5 1 上に形成された加工対象層 5 2 である。処理基板 5 1 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 5 2 は、絶縁層、金属層、半導体層などである。

【 0 0 4 9 】

図 6 ( a ) に示すように、加工対象層 5 2 と、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 との間に、インプリント材料 3 3 を満たす。

【 0 0 5 0 】

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 の表面に、離型材料層を形成することもある。

【 0 0 5 1 】

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。

【 0 0 5 2 】

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。

【 0 0 5 3 】

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、凹凸形状にパターン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。

【 0 0 5 4 】

次に、パターン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 R I E 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ンニングされる。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。

【 0 0 5 5 】

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。

【 0 0 5 6 】

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。

【 0 0 5 7 】

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。

【 0 0 5 8 】

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は、複数枚のテンプレートを作製することが望ましい。

【 0 0 5 9 】

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要する。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



## 【 0 0 6 0 】

本実施形態によれば、電子ビーム描画はマスタテンプレート 10 にのみ適用する。そして、そのマスタテンプレート 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。

## 【 0 0 6 1 】

また、マスタテンプレート 10 の凹凸パターン 10 a 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 20 a 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 40 a 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 40 a 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

## 【 0 0 6 2 】

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 20 a、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 40 a 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 20 a 及び第 2 の凹凸パターン 40 a 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

## 【 0 0 6 3 】

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、マスタテンプレート 10 を作製するときには、パターンサイズの下限值がある。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。

## 【 0 0 6 4 】

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。

## 【 0 0 6 5 】

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。

## 【 0 0 6 6 】

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

## 【 0 0 6 7 】

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。

## 【 0 0 6 8 】

前述した実施形態と同様に、マスタテンプレート 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

## 【 0 0 6 9 】

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 63 a の高さ、もしくは凹部の深さは、数十 ~ 百 nm 程度である。

## 【 0 0 7 0 】

50

次に、例えばウェットエッチング法により、凸部 6 3 a をスリミングする。これにより、図 7 ( c ) に示すように、凸部 6 3 a の幅が縮小する。また、凸部 6 3 a の高さも低くなる。このスリミング工程により、凸部 6 3 a 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 6 3 a の幅は、マスタテンプレート 1 0 の凹凸パターン 1 0 a の凸部の 1 / 2 程になっている。

【 0 0 7 1 】

次に、図 8 ( a ) に示すように、例えば C V D ( chemical vapor deposition ) 法で、ハードマスク層 6 2 上及び凸部 6 3 a 上に、側壁層 7 1 を形成する。側壁層 7 1 は、凸部 6 3 a とは異なる材料からなり、例えばシリコンである。側壁層 7 1 は、凸部 6 3 a の側壁にも形成され、凸部 6 3 a の上面、側壁、および隣り合う凸部 6 3 a 間の凹部の底面を覆う。側壁層 7 1 の膜厚は、第 1 のレプリカ基板 2 1 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 7 1 の膜厚は数 ~ 数十 n m であり、凸部 6 3 a の幅とほぼ同じである。

10

【 0 0 7 2 】

次に、側壁層 7 1 に対して例えば R I E 法などの異方性エッチングを行う。これにより、凸部 6 3 a の上面及び凸部 6 3 a 間の凹部を覆っている側壁層 7 1 が除去され、凸部 6 3 a の側壁に形成された側壁層 7 1 が残される。

【 0 0 7 3 】

次に、例えばウェットエッチング法などで、残された側壁層 7 1 に挟まれた凸部 6 3 a を除去する。凸部 6 3 a と側壁層 7 1 とは材料が異なり、このときのエッチング液に対して側壁層 7 1 は耐性があるため、図 8 ( b ) に示すように、側壁層 7 1 は残される。この側壁層 7 1 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 3 1 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 1 0 の凹凸パターン 1 0 a の繰り返し周期の約 1 / 2 となる。

20

【 0 0 7 4 】

次に、側壁層 7 1 をマスクにして、例えば R I E 法により、ハードマスク層 6 2 を加工し、さらに第 1 の層 6 1 を加工する。この後、残っている側壁層 7 1 及びハードマスク層 6 2 を除去する。これにより、図 8 ( c ) に示すように、第 1 の層 6 1 に凹凸パターンが形成される。この第 1 の層 6 1 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

【 0 0 7 5 】

第 1 の層 6 1 の凹凸パターンは、図 8 ( b ) に示す側壁層 7 1 をマスクにしたエッチングにより得られたものである。したがって、第 1 の層 6 1 の凹凸パターンは、マスタテンプレート 1 0 の凹凸パターン 1 0 a 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。

【 0 0 7 6 】

第 1 のレプリカ基板 2 1 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 7 1 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

【 0 0 7 7 】

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 4 0 を作製し、さらにその第 2 のレプリカテンプレート 4 0 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 1 0 の凹凸パターン 1 0 a 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。

【 0 0 7 8 】

なお、第 2 のレプリカテンプレート 4 0 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 のレプ

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活用しつつ図 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。

#### 【 0 0 7 9 】

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。

#### 【 0 0 8 0 】

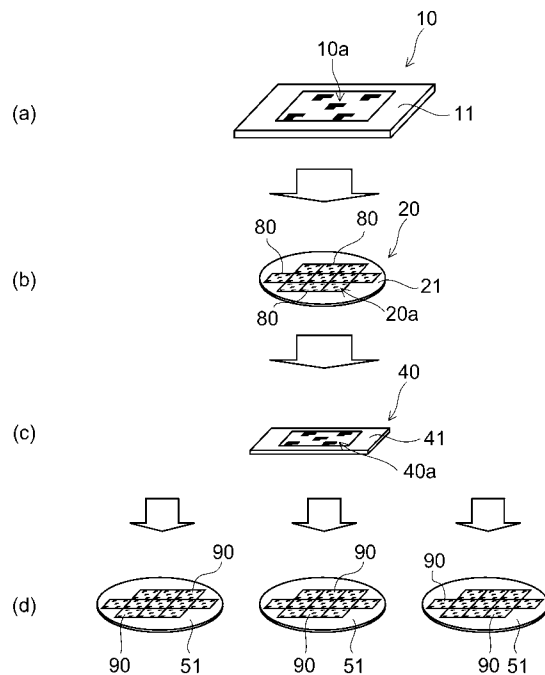
本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

#### 【 符号の説明 】

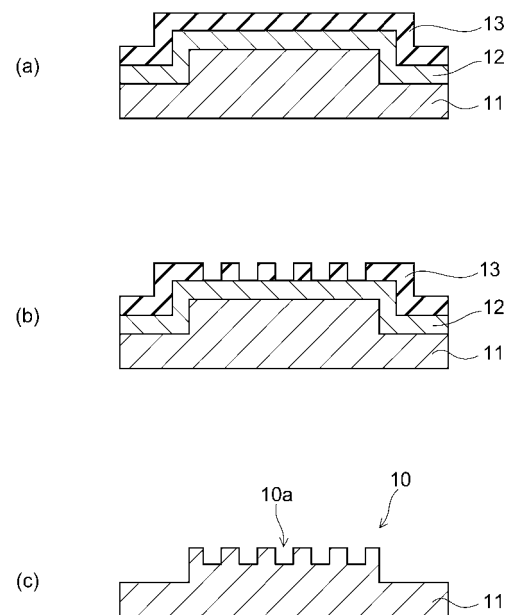
#### 【 0 0 8 1 】

10 ... マスタテンプレート、 11 ... マスタ基板、 20 ... 第 1 のレプリカテンプレート、 20 a ... 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、 40 a ... 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

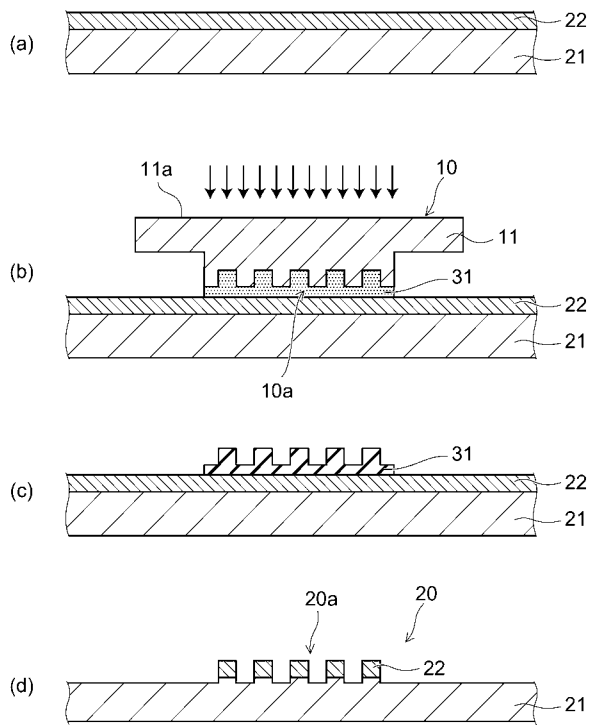
#### 【 図 1 】



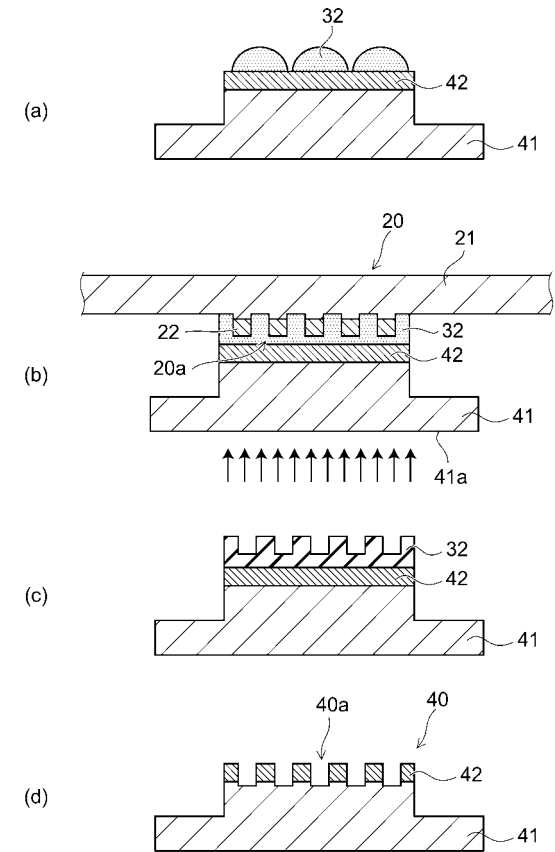
#### 【 図 2 】



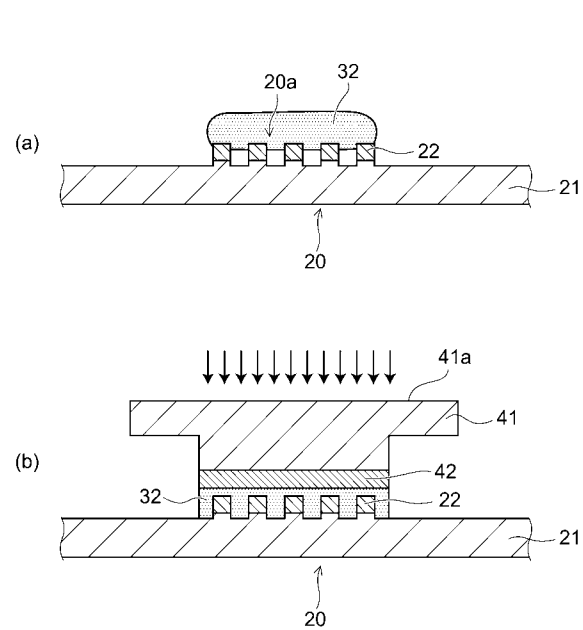
【図 3】



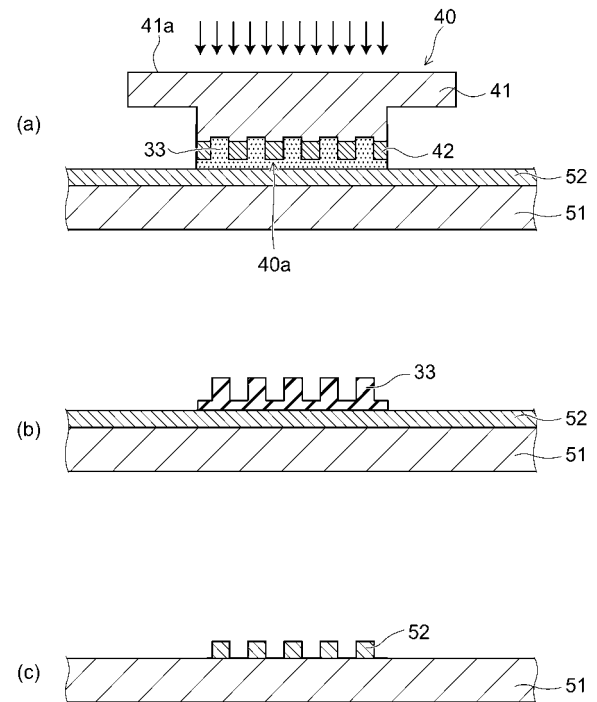
【図 4】



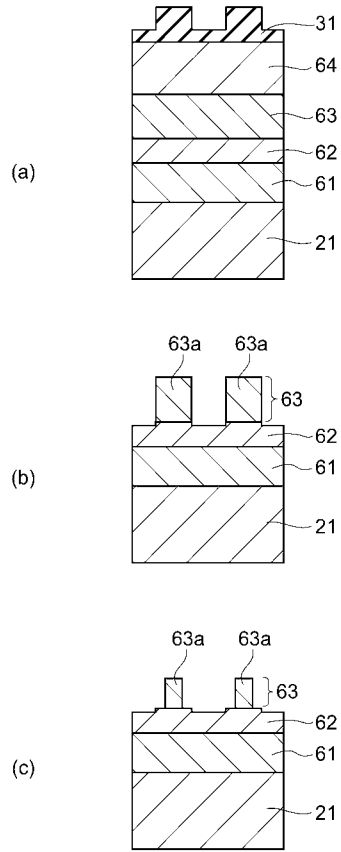
【図 5】



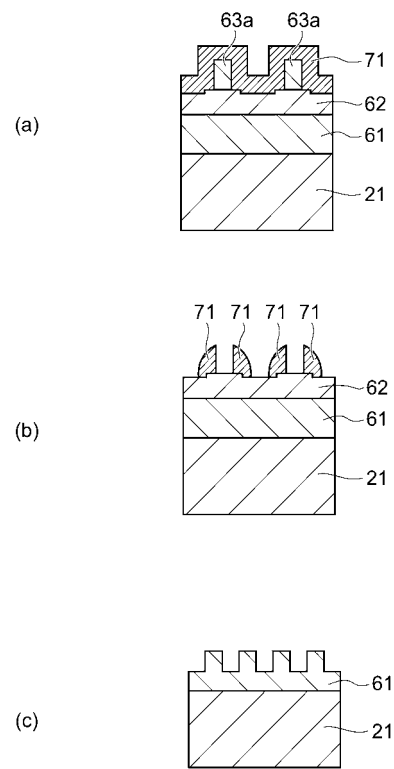
【図 6】



【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