

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5769734号  
(P5769734)

(45) 発行日 平成27年8月26日 (2015. 8. 26)

(24) 登録日 平成27年7月3日 (2015. 7. 3)

(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)

H O 1 L 21/30

5 O 2 M

B 2 9 C 33/38 (2006. 01)

B 2 9 C 59/02

Z N M Z

B 2 9 C 33/38

請求項の数 12 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2012-552119 (P2012-552119)  
 (86) (22) 出願日 平成23年2月4日 (2011. 2. 4)  
 (65) 公表番号 特表2013-519236 (P2013-519236A)  
 (43) 公表日 平成25年5月23日 (2013. 5. 23)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2011/023792  
 (87) 国際公開番号 W02011/097514  
 (87) 国際公開日 平成23年8月11日 (2011. 8. 11)  
 審査請求日 平成26年1月28日 (2014. 1. 28)  
 (31) 優先権主張番号 61/301, 895  
 (32) 優先日 平成22年2月5日 (2010. 2. 5)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 503193362  
 モレキュラー・インプリント・インコーポ  
 レーテッド  
 アメリカ合衆国・78758-3605・  
 テキサス州・オースティン・ウエスト プ  
 レイカー レーン・1807・ビルディン  
 グ シー 100  
 (74) 代理人 100064621  
 弁理士 山川 政樹  
 (74) 代理人 100098394  
 弁理士 山川 茂樹  
 (72) 発明者 セリニディアス, コスタ  
 アメリカ合衆国・78746・テキサス州  
 ・オースティン・サイプレス ポイント  
 ウェスト・1919

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレート

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

インプリントナノリソグラフィ基板のパターニング方法であって、

(a) 基板の位置合わせ領域及び特徴部領域上に複数の凸部及び凹部を形成するステップと、

(b) 前記位置合わせ領域上に高コントラスト材料を堆積させるステップと、

(c) 前記位置合わせ領域及び特徴部領域上に層を形成するステップと、

(d) 前記位置合わせ領域から前記形成層の一部を除去して、前記形成層の残存部分を前記位置合わせ領域の前記凹部内にのみ残存させるステップと、

(e) 前記位置合わせ領域から前記高コントラスト材料の一部を除去して、前記高コントラスト材料の残存部分を前記位置合わせ領域の前記凹部内にのみ残存させるステップと、

(f) 前記位置合わせ領域の前記凹部内の前記形成層の前記残存部分を除去して、前記位置合わせ領域の前記凹部内に残存する前記高コントラスト材料を露出させるステップと、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記特徴部領域上に高コントラスト材料を堆積させるステップをさらに含む、ことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記特徴部領域から前記形成層を除去するステップをさらに含む、ことを特徴とする請

10

20

求項 1 又は請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記形成層は、前記位置合わせ領域上の第 1 の厚み及び前記特徴部領域上の第 2 の厚みを有し、前記第 1 の厚みの方が前記第 2 の厚みよりも大きい、ことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

前記特徴部領域から前記高コントラスト材料を除去するステップをさらに含む、ことを特徴とする請求項 2 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

前記形成層は、前記基板上に重合性材料を分注し、前記重合性材料をインプリントテンプレートに接触させ、前記重合性材料を固化させることによって形成される、ことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

10

【請求項 7】

前記形成層は、スピノン工程によって形成される、ことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 8】

前記形成層はパターンニングされる、ことを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 9】

前記形成層は、エッチング速度が異なる少なくとも 2 つの異なる層をさらに含む、ことを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

20

【請求項 10】

前記異なる層の一方は平坦化層であり、前記 2 つの異なる層のもう一方はパターン化層である、ことを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記異なる層の少なくとも 2 つの間に配置されたハードマスクをさらに含む、ことを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

【請求項 12】

前記異なる層の一方は平坦化層であり、前記 2 つの異なる層のもう一方はパターン化層である、ことを特徴とする請求項 11 に記載の方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

〔関連出願との相互参照〕

本出願は、2010 年 2 月 5 日に出席された米国仮特許出願第 61 / 301 , 895 号の優先権を主張するものである。

【背景技術】

【0002】

ナノ加工は、約 100 ナノメートル又はそれ以下の特徴部を有する極小構造の加工を含む。ナノ加工がかなりの影響を与えてきた 1 つの用途に、集積回路の処理におけるものがある。半導体処理産業は、より高い生産収率を追求し続ける一方で、基板上に形成される単位面積当たりの回路は増加しているため、ナノ加工はますます重要になっている。ナノ加工では、より優れたプロセス制御を行う一方で、形成される構造物の最小特徴部の寸法を継続的に縮小することができる。ナノ加工が利用されてきたその他の開発分野として、バイオテクノロジー、光学技術、機械系などが挙げられる。

40

【0003】

今日使用されている例示的なナノ加工技術は、一般にインプリントリソグラフィと呼ばれる。例示的なインプリントリソグラフィプロセスが、米国特許出願公開第 2004 / 0065976 号、米国特許出願公開第 2004 / 0065252 号、及び米国特許第 6 , 936 , 194 号などの数多くの公報に詳細に記載されており、これらは全て本願の先行

50

技術である。

【 0 0 0 4 】

上述の米国特許出願公開及び特許の各々に開示されているインプリントリソグラフィ技術は、成形可能な（重合可能な）層内にレリーフパターンを形成すること、及びこのレリーフパターンに対応するパターンを下部の基板に転写することを含む。基板をモーションステージに結合して、パターニング処理を容易にするのに望ましい位置調整を行うことができる。パターニング処理では、基板から間隔を空けたテンプレート、及びテンプレートと基板の間に適用される成形可能な液体を使用する。この成形可能な液体を固化して、成形可能な液体と接するテンプレートの表面形状に従うパターンを有する剛体層を形成する。固化後、テンプレートを剛体層から分離して、テンプレートと基板が間隔を空けるようにする。その後、基板及び固化層に、固化層内のパターンと一致するレリーフ像を基板内に転写するための追加処理を施す。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 米国特許出願公開第 2 0 0 4 / 0 0 6 5 9 7 6 号明細書

【 特許文献 2 】 米国特許出願公開第 2 0 0 4 / 0 0 6 5 2 5 2 号明細書

【 特許文献 3 】 米国特許第 6 , 9 3 6 , 1 9 4 号明細書

【 特許文献 4 】 米国特許第 6 , 8 7 3 , 0 8 7 号明細書

【 特許文献 5 】 米国特許第 7 , 1 5 7 , 0 3 6 号明細書

20

【 特許文献 6 】 米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 1 8 7 3 3 9 号明細書

【 特許文献 7 】 米国特許第 6 , 9 3 2 , 9 3 4 号明細書

【 特許文献 8 】 米国特許第 7 , 0 7 7 , 9 9 2 号明細書

【 特許文献 9 】 米国特許第 7 , 1 7 9 , 3 9 6 号明細書

【 特許文献 1 0 】 米国特許第 7 , 3 9 6 , 4 7 5 号明細書

【 特許文献 1 1 】 米国特許第 7 , 8 3 7 , 9 0 7 号明細書

【 特許文献 1 2 】 米国特許第 7 , 7 8 0 , 8 9 3 号明細書

【 特許文献 1 3 】 米国特許第 7 , 2 8 1 , 9 2 1 号明細書

【 特許文献 1 4 】 米国特許出願 1 1 / 3 7 3 , 5 3 3 明細書

【 特許文献 1 5 】 米国特許第 7 , 1 3 6 , 1 5 0 号明細書

30

【 特許文献 1 6 】 米国特許第 7 , 0 7 0 , 4 0 5 号明細書

【 特許文献 1 7 】 米国特許第 6 , 9 1 6 , 5 8 4 号明細書

【 特許文献 1 8 】 米国特許第 7 , 3 0 9 , 2 2 5 号明細書

【 特許文献 1 9 】 米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 0 9 2 5 9 9 号明細書

【 発明の概要 】

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

本明細書では、高コントラスト材料を含む位置合わせマークを有するテンプレート及び基板、並びにこのようなテンプレートをパターニングして使用方法及びシステムを開示する。

40

【 0 0 0 7 】

1 つの実施形態では、インプリントナノリソグラフィ基板をパターニングする。基板の位置合わせ領域及び特徴部領域上に凸部及び凹部を形成し、少なくとも位置合わせ領域上に高コントラスト材料を堆積させる。次に、位置合わせ領域及び特徴部領域上に層を形成する。次に、位置合わせ領域から形成層の一部を除去し、形成層の残存部分が位置合わせ領域の凹部内にのみ残存するようにする。同様に、位置合わせ領域から高コントラスト材料の一部を除去し、高コントラスト材料の残存部分が位置合わせ領域の凹部内にのみ残存するようにする。その後、位置合わせ領域の凹部内の形成層の残存部分を除去して、位置合わせ領域の凹部内に残存する高コントラスト材料を露出させる。

【 0 0 0 8 】

50

他の態様では、特徴部領域上に高コントラスト材料を堆積させることができ、及び／又は形成層又は高コントラスト材料を特徴部領域から除去することができる。別の実施形態では、形成層が、位置合わせ領域上の第１の厚み及び特徴部領域上の第２の厚みを有することができる、第１の厚みは第２の厚みよりも大きい。

【０００９】

さらなる態様では、基板上に重合性材料を分注し、この重合性材料をインプリントテンプレートに接触させ、重合性材料を固化させることにより、形成層を形成することができる。他の態様では、インプリントテンプレートを、テンプレートの位置合わせ領域と重なり合う領域では透明にし、特徴部領域と重なり合う領域では実質的に不透明にして、重合性材料を照射すると位置合わせ領域上では重合性材料が固化するが、位置合わせ領域では重合性材料が重合せず、又は一部のみが重合するようにして、これを後で容易に除去できるようにする。さらに他の態様では、スピノン工程を使用して形成層を形成することができる。

10

【００１０】

他の態様では、形成層をパターンニングする。さらに他の態様では、エッチング速度が異なる少なくとも２つの異なる層で形成層を作成することができる。他の態様では、これらの層の一方が平坦化層であり、もう一方の層がパターン化層である。さらなる態様では、この異なる層間にハードマスクを配置することができる。

【００１１】

さらなる態様では、ボディと、このボディの片面上に存在するパターン化表面を含むモールドとを有するインプリントテンプレートを提供する。モールドは、特徴部領域と位置合わせマークを含むパターン化表面を有し、位置合わせマークは特徴部領域の外側に存在する。位置合わせマークは、複数の凸部及び凹部を含み、凹部内にのみ高コントラスト材料が存在する。

20

【００１２】

１つの態様では、テンプレートの高コントラスト材料が、テンプレートボディの屈折率とは異なる屈折率を有する。他の態様では、凹部内の高コントラスト材料上に保護層が位置する。

【００１３】

本明細書で説明する態様及び実施構成を、上述した以外の方法で組み合わせることもできる。以下の詳細な説明、図面、及び特許請求の範囲から、他の態様、特徴、及び利点が明らかになるであろう。

30

【００１４】

本発明の特徴及び利点を詳細に理解できるように、添付図面に示す実施形態を参照することにより、本発明の実施形態のより詳細な説明を行うことができる。しかしながら、添付図面は、本発明の代表的な実施形態のみを示すものであり、従って本発明は他の同等に有効な実施形態を認めることもできるので、この添付図面が本発明の範囲を限定するとみなすべきではない。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

40

【図１】リソグラフィシステムの簡略化した側面図である。

【図２】上部にパターン化層を有する図１に示す基板の簡略化した側面図である。

【図３Ａ】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための例示的な方法を示す図である。

【図３Ｂ】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための例示的な方法を示す図である。

【図３Ｃ】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための例示的な方法を示す図である。

【図３Ｄ】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための例示的な方法を示す図である。

50

【図 3 E】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための例示的な方法を示す図である。

【図 3 F】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための例示的な方法を示す図である。

【図 3 G】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための例示的な方法を示す図である。

【図 3 H】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための例示的な方法を示す図である。

【図 3 I】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための例示的な方法を示す図である。

10

【図 4 A】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための別の例示的な方法を示す図である。

【図 4 B】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための別の例示的な方法を示す図である。

【図 5 A】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための別の例示的な方法を示す図である。

【図 5 B】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための別の例示的な方法を示す図である。

【図 5 C】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための別の例示的な方法を示す図である。

20

【図 5 D】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための別の例示的な方法を示す図である。

【図 6 A】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための別の例示的な方法を示す図である。

【図 6 B】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための別の例示的な方法を示す図である。

【図 6 C】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための別の例示的な方法を示す図である。

【図 6 D】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための別の例示的な方法を示す図である。

30

【図 6 E】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための別の例示的な方法を示す図である。

【図 7】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための、パターン化層の少なくとも一部のエッチング速度を変更する方法を示す図である。

【図 8】図 3 ~ 図 7 の方法に従って形成したテンプレートの例示的な使用法を示す図である。

【図 9 A】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための別の例示的な方法を示す図である。

【図 9 B】高コントラスト位置合わせマークを有するテンプレートを形成するための別の例示的な方法を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0016】

図、特に図 1 には、基板 12 上にレリーフパターンを形成するために使用するリソグラフィシステム 10 を示している。基板 12 は、基板チャック 14 に結合することができる。図示のように、基板チャック 14 は真空チャックである。しかしながら、基板チャック 14 は、以下に限定されるわけではないが、真空型、ピン型、溝型、静電式、電磁型、及び/又は同様のものを含むいずれのチャックであってもよい。例示的なチャックが、米国特許第 6,873,087 号に記載されており、該特許は引用により本明細書に組み入れられる。

【0017】

50

基板 12 及び基板チャック 14 を、ステージ 16 によってさらに支持することができる。ステージ 16 は、x、y、及び z 軸に沿った並進移動及び / 又は回転移動を行うことができる。ステージ 16、基板 12、及び基板チャック 14 を基台（図示せず）上に配置することもできる。

#### 【0018】

基板 12 から間隔を空けてテンプレート 18 が存在する。テンプレート 18 は、第 1 の面及び第 2 の面を有するボディを含むことができ、一方の面には、ここから基板 12 へ向かって延びるメサ 20 が存在する。メサ 20 は、上部にパターンニング表面 22 を有する。さらに、メサ 20 をモールド 20 と呼ぶこともできる。或いは、メサ 20 を使用せずにテンプレート 18 を形成することもできる。

10

#### 【0019】

テンプレート 18 及び / 又はモールド 20 は、以下に限定されるわけではないが、石英ガラス、石英、シリコン、有機ポリマー、シロキサン重合体、ホウケイ酸ガラス、フルオロカーボン重合体、金属、硬化サファイア、及び / 又は同様のものを含む材料で形成することができる。図示のように、パターン面 22 は、複数の間隔を空けた凹部 24 及び / 又は凸部 26 により定められる特徴部を備えるが、本発明の実施形態はこのような構成（例えば平面）に限定されるものではない。パターン面 22 は、基板 12 上に形成されるパターンの基礎を成すあらゆる原パターンを定めることができる。

#### 【0020】

テンプレート 18 は、チャック 28 に結合することができる。チャック 28 は、以下に限定されるわけではないが、真空型、ピン型、溝型、静電型、電磁型、及び / 又はその他の同様のチャック型として構成することができる。例示的なチャックが米国特許第 6, 873, 087 号にさらに記載されており、該特許は引用により本明細書に組み入れられる。さらに、チャック 28 をインプリントヘッド 30 に結合して、チャック 28 及び / 又はインプリントヘッド 30 を、テンプレート 18 の動きを容易にするように構成することができる。

20

#### 【0021】

システム 10 は、流体分注システム 32 をさらに備えることができる。流体分注システム 32 を使用して、基板 12 上に（重合性材料などの）成形可能材料 34 を堆積させることができる。液滴分注、回転被覆、浸漬被覆、化学蒸着（CVD）、物理蒸着（PVD）、薄膜堆積、厚膜堆積、及び / 又は同様のものなどの技術を使用して、基板 12 上に成形可能材料 34 を配置することができる。設計配慮に応じ、モールド 22 と基板 12 の間に所望の体積が定められる前及び / 又は後に、基板 12 上に成形可能材料 34 を配置することができる。成形可能材料 34 は、バイオ分野、太陽電池産業、電池産業、及び / 又は機能性ナノ粒子を必要とするその他の産業で使用する機能性ナノ粒子とすることができる。例えば、米国特許第 7, 157, 036 号及び米国特許出願公開第 2005/0187339 号に記載されるように、成形可能材料 34 は単量体混合物を含むことができ、これらの両特許は引用により本明細書に組み入れられる。或いは、成形可能材料 34 は、以下に限定されるわけではないが、（PEG などの）生体材料、（N 型、P 型材料などの）太陽電池材料、及び / 又は同様のものを含むことができる。

30

40

#### 【0022】

図 1 及び図 2 を参照して分かるように、システム 10 は、経路 42 に沿ってエネルギー 40 を導くように結合されたエネルギー源 38 をさらに備えることができる。インプリントヘッド 30 及びステージ 16 を、テンプレート 18 及び基板 12 を経路 42 に重ねて配置するように構成することができる。システム 10 は、ステージ 16、インプリントヘッド 30、流体分注システム 32、及び / 又はエネルギー源 38 と通信するプロセッサ 54 によって調整することができ、またメモリ 56 に記憶されたコンピュータ可読プログラムに基づいて動作することができる。

#### 【0023】

インプリントヘッド 30、ステージ 16 のいずれか又は両方は、モールド 20 と基板 1

50

2の間の距離を変化させて、これらの間に、成形可能材料34によって満たされる所望の体積を定める。例えば、インプリントヘッド30はテンプレート18に力を印加して、モールド20が成形可能材料34と接触するようにすることができる。所望の体積が成形可能材料34で満たされた後、エネルギー源38が、紫外放射線などのエネルギー40を生成し、これにより成形可能材料34が基板12の表面44及びパターン面22の形状に従って固化及び/又は架橋し、基板12上にパターン化層46を定める。パターン化層46は、残留層48、及び凸部50及び凹部52として示す複数の特徴部を有することができ、凸部50は厚み $t_1$ を有し、残留層は厚み $t_2$ を有する。

#### 【0024】

上述のシステム及びプロセスは、米国特許第6,932,934号、米国特許第7,077,992号、米国特許第7,179,396号、及び米国特許第7,396,475号に記載されるインプリントリソグラフィプロセス及びシステムでさらに使用することができ、これらの特許は全て引用によりその全体が本明細書に組み入れられる。

#### 【0025】

位置合わせマークは、基板上の正確な位置へのパターン転写を容易にするために、成形可能材料34をインプリントする前にテンプレート18と基板12を位置合わせするのに役立つことができる。パターン転写を容易にする上で役立つ例示的な位置合わせシステム及びプロセスが、米国特許第7,837,907号、米国特許第7,780,893号、米国特許第7,281,921号、米国特許出願第11/373,533、米国特許第7,136,150号、米国特許第7,070,405号、及び米国特許第6,916,584号にさらに記載されており、これらの特許は本明細書の理解に役立つ。一般に、従来技術では、成形可能材料34と同様の屈折率を有する媒体である熔融石英にこれらの位置合わせマークをエッチングすることができる。従って、位置合わせマークが見えるようにするには、これらを成形可能材料34から分離したままにしておかなければならない。例えば、米国特許第7,309,225号にさらに記載されるように、トレンチを使用して位置合わせマークを成形可能材料34から分離することができ、この特許は特に本明細書の理解に役立つ。しかしながら、一般にトレンチに必要な最小空間量は、典型的な半導体スクライブ領域よりも大きい。例えば、干渉を排除するのに必要な位置合わせマークとエッジの間の最小距離にトレンチの幅を加えると、典型的なスクライブ領域よりも広い空間が必要になる。

#### 【0026】

また、このようなトレンチを設けると基板12上の空間が広くなり、化学機械的平坦化(CMP)及び/又はエッチング工程などの、均一性及び安定した特徴部密度が重要な特性となり得るいくつかのプロセスに好ましくない影響を及ぼすことがある。トレンチ領域は、最も欠陥が生じ易い場所でもある。

#### 【0027】

このようなトレンチ又は広い空間の必要性をなくすために、位置合わせマークを高コントラスト材料で形成することができる。位置合わせマークを形成するために使用する高コントラスト材料は、成形可能材料34とは異なる屈折率を有することができる。従って、成形可能材料34の存在下でも、位置合わせ過程にわたってこれらの位置合わせマークを見ることができる。

#### 【0028】

高コントラスト位置合わせマークは、テンプレート18の主要特徴部と同じステップでパターンニングすることができる。同じステップでパターンニングすることにより、パターンの配置誤差を最小限に抑えることができる。一般に、これらの位置合わせマークは、基板12内に形成される主要特徴部と実質的に同じ深さにエッチングされる。

#### 【0029】

米国特許出願公開第2010/0092599号に記載されるように、高コントラストマークのいくつかの製作方法は単層又は多層を利用し、これらを主パターンと実質的に同じステップ中にパターンニングしなければならない。主パターンは、5~32nmの範囲の

10

20

30

40

50

特徴部を含むことがあり、これらを高コントラスト位置合わせマークに必要な膜にパターン転写することは非常に困難である。さらに、高コントラスト位置合わせマークを形成するのに最適なハードマスクの組成及び厚みは、主要特徴部を形成するのに必要なハードマスクの組成及び厚みと異なる場合がある。

#### 【0030】

図3A～図3Iに、高コントラスト材料を含む位置合わせマークを有するテンプレート形成する例示的な方法を示す。図示の方法は、高コントラスト材料を含む位置合わせマークを基板12上に形成することを示すものであるが、当業者には、形成された基板自体が、その後テンプレートとして有用となることが明らかであろう。基板58上の、位置合わせマーク60のパターニングと特徴部24a及び24bのパターニングは、単一のステップで行うことができる。しかしながら、高コントラスト材料(HCM)を別個の層62として提供することもできる。こうすれば、パターン化層の材料又は組成の制限又は要件によってHCM層が制約される必要がないので有利である。HCM層62は、特徴部24a及び24bの主要パターン上の共形堆積として提供することができる。位置合わせマーク60は、第2のリソグラフィステップによって遮蔽することができる。この第2のリソグラフィステップでは、位置合わせマーク60を選択的に被覆して、除去プロセス後に位置合わせマーク60の凹部のみがHCMを含むようにすることができる。

#### 【0031】

図3Aを参照して分かるように、基板58の上部には、薄いハードマスク68及び第1のパターン化層46aを形成することができる。第1のパターン化層46aは、第1のリソグラフィプロセスで形成された特徴部24a及び26a並びに位置合わせマーク60を含むことができる。このリソグラフィプロセスは、以下に限定されるわけではないが、電子ビームインプリンティング、光リソグラフィ、レーザーリソグラフィ、ナノインプリントリソグラフィなどを含むあらゆるパターニング方法を利用することができる。例えば、図1及び図2に関連して説明したシステム10及びプロセスを使用することができる。位置合わせマーク60と特徴部24a及び26aは、同じ厚み $t_1$ を有することができる。

#### 【0032】

特徴部24a及び26aと位置合わせマーク60を形成することで、基板58の部分を、位置合わせマーク60を含む位置合わせ領域64と、主要パターンの特徴部24a及び26aを含む主要特徴部領域66とに分けることができる。図3Bを参照して分かるように、特徴部24a及び26aと位置合わせマーク60を基板58にエッチングすることができる。特徴部24a及び26aと位置合わせマーク60のエッチングは、当業で周知の様々なドライエッチング工程を使用して行うことができる。

#### 【0033】

図3Cから明らかなように、位置合わせ領域64の少なくとも一部及び/又は主要特徴部領域66の少なくとも一部の上にHCM層62を堆積することができる。HCM層62は、以下に限定されるわけではないが、タンタル、タングステン、炭化ケイ素、非晶質シリコン、クロム、窒化クロム、モリブデン、ケイ化モリブデンなどを含む材料で形成することができる。HCM層62は、約2nm～50nmの厚みを有することができる。

#### 【0034】

HCM層62の堆積は、共形又は指向性とすることができる。例えば、1つの実施形態では、図3Cに示すように、HCM層62を位置合わせマーク60の凹部内に指向的に堆積することができる。別の実施形態では、図4Cに示すように、HCM層62を位置合わせ領域64全体及び主要特徴部領域66全体の上に共形に堆積することができる。

#### 【0035】

1つの実施形態では、主要特徴部領域66を含むパターン化領域全体上にHCM層62を堆積させ、以降のステップで選択的に除去することができる。このような選択的除去を、主要特徴部領域66内の特徴部の寸法に実質的に影響を与えずに行うことができる。選択性の高いエッチング工程を使用することもできる。例えば、熔融石英に事実上変化を与えずに熔融石英表面からa-Si、Ta、Ta<sub>2</sub>N<sub>5</sub>、MoSi<sub>2</sub>、Mo、及びWを除去するの

10

20

30

40

50



に有効であるという理由でXeF<sub>2</sub>ガスを使用することができる。また、熔融石英表面からCr、CrN、及びCrOを除去する場合に良好な選択性を示したことがあるという理由でRIE-Cl<sub>2</sub>又はO<sub>2</sub>ベースのドライエッチングを使用することもできる。また、Cr<sub>7</sub>Sクロム剥離剤などのウェットエッチング工程を使用して、熔融石英からHCMを選択的に除去することもできる。

#### 【0036】

図3D～図3Iに、位置合わせ領域64全体及び主要特徴部領域66全体上にHCM層62を共形堆積することに関するプロセスをさらに示す。このプロセスは、図4Cに示すような、位置合わせ領域64上に指向的に堆積されて主要特徴部領域には堆積されないHCM層にも適応できることが理解されよう。

10

#### 【0037】

図3Dを参照して分かるように、図1及び図2に関連して説明したシステム及びプロセスを使用して、位置合わせ領域64及び主要特徴部領域66全体上に層46bを形成することができる。層46bは、位置合わせ領域64の特徴部及び主要特徴部領域64の特徴部を満たすことができる。例えば、層46bは、位置合わせマーク60の凹部を満たすことができる。層46bは、位置合わせ領域64上の第1の厚み $t_3$ 、及び主要特徴部領域66上の第2の厚み $t_4$ を有することができる。第1の厚み $t_3$ を第2の厚み $t_4$ よりも厚く、又は実質的に厚くして、位置合わせマーク60上に存在する成形可能材料の1又はそれ以上のブロック領域70を形成することができる。例えば、位置合わせ領域63内の層46bの厚み $t_3$ を約50～300nmとし、主要特徴部領域66内の層46bの厚み $t_4$ を約0～100nmとしてブロック領域70を形成することができる(図1に示す分注システム32は位置合わせ領域64の位置を目標とすることができるので、 $t_4$ の厚みは実質的にゼロとすることができる)。或いは、他のリソグラフィ方法を使用して、層46b及びブロック領域70を形成することもできる。例えば、図4Aに示すように、層46bを、位置合わせ領域64及び主要特徴部領域66上にスピンコーティングすることによって加えられる平坦化レジストとすることができる。図4Bに示すように、標準的リソグラフィプロセスによって主要特徴部領域から全体的に層46bを除去することにより、ブロック領域70を形成することができる。その後、上述したように、位置合わせ領域を覆うレジストをエッチングによって部分的に除去し、位置合わせ領域の凹部を除いて高コントラスト材料(HCM)を実質的に除去することができる。

20

30

#### 【0038】

場合によっては、図5A～図5Dに示すように、より選択的なエッチングプロセスを有する容易に除去可能な材料90で主要特徴部領域を満たすことが有利となり得る。このことが有利になり得る例として、位置合わせ領域よりも主要特徴部領域内のアスペクト比の方が非常に高いことにより、主要特徴部内の材料を除去するのが困難となる場合が挙げられる。この場合、主要特徴部に材料90の第1の層を施し、位置合わせ領域を覆うように第2の材料46cをパターンニングする。その後、位置合わせ領域上の第2の層が消費される前に主要特徴部から第1の材料を完全に除去する。第1及び第2の材料の除去は、図3Hと同様に、位置合わせ領域の凹部のみが保護されるようになるまで継続することができる。

40

#### 【0039】

図6A～図6Eに、位置合わせ領域上にさらなる保護を加えることができるさらに別の方法を示す。この場合、位置合わせ領域を、パターン化材料46c及び一時的ハードマスク100によって保護する。その後、位置合わせ領域上を十分に保護した状態で、主要特徴部領域を覆う材料90を完全に除去する。次に一時的ハードマスクを除去しなければならず、位置合わせマークを覆う材料を、図3F～図3Iと同様に処理することができる。

#### 【0040】

一般に、図5A及び図5B、並びに図4A及び図4Bに示す方法は、スピンオンレジスト、ベーク、及び成長過程を特徴とすることができる。位置合わせ領域64及びパターン化領域66に、実質的に均一な厚みを有する層46cを施すことができる。その後、層4

50

6 cの一部を除去することにより、ブロック領域70を形成することができる。なお、ブロック領域70は、以下に限定されるわけではないが、インプリンティング、密着焼き付け、近接焼き付け、縮小焼き付け、レーザ書き込み、電子ビーム書き込みなどを含むその他の技術によって形成することもできる。

#### 【0041】

ブロック領域70は、その後の層46bの一部の除去中に、位置合わせマーク60をさらに遮蔽することができる。例えば、図3E～図3Gにおける層46bの段階的除去（デイスカムエッチングなど）に示すように、第2のリソグラフィプロセス中に位置合わせマーク60を選択的に被覆する。この選択的被覆により、位置合わせマーク60の凹部内に残留材料層72を生じることができる。その後、図3Hに示すように、HCM層62の残留材料層72によって阻まれていない部分を剥離することができる。さらに、図3Iに示すように、残留材料層72を除去して、凹部内にのみHCM層62が存在する位置合わせマーク60を形成することができる。位置合わせマーク60と特徴部24a及び26aは、同じ厚みt1を有することができる。

#### 【0042】

図3Iの基板58は、インプリンティング用のテンプレートとして使用することができる。図8に、凹部内にのみHCM層62を含む位置合わせマーク60を有するモールド18aを含むテンプレートを使用する例示的なインプリンティングプロセスを示す。このインプリンティングプロセスは、図1及び図2に関連して説明したプロセスに類似することができる。モールド18aと基板12の間隙を成形可能材料34によって満たす。HCM層62は、基板位置合わせマーク80を使用してテンプレート18aを基板12と位置合わせする上で、位置合わせマーク60に関して可視性を与える。

#### 【0043】

凹部内にHCM層62が存在する位置合わせマーク60は、成形可能材料34に埋め込まれた場合でも、図1及び図2に関連して説明したインプリンティング中に、位置合わせを行うのに十分な可視性を与えることができる。従って、例えばトレンチ又はその他の大きな開口部などを通じて位置合わせマーク60を成形可能材料34から隔離する必要性をなくすことができる。このような流体障壁特徴部を排除することにより、全体的なインプリントのスクライブ幅を実質的に減少させ、既存の半導体加工に組み入れるための自由度を与え、CMP及びエッチングの均一性に関する問題点を低減することなどができる。また、HCM層は、位置合わせマークの表面の又は凸部上の層として存在するのではなく位置合わせマークの凹部内に存在するので、インプリンティング中にテンプレートと基板の間の所望の空間又は間隙に干渉することがない。これにより、残留層の厚みを最小限に抑えたインプリンティングパターンが可能になる。また、上述したように、HCM層を主パターンでパターンニングする必要がないので、主パターンの材料に必要とされる性能特性によってHCMの組成を制約する必要がない。

#### 【0044】

テンプレート18aの耐用年数を引き延ばすために、凹部内のHCM層上に保護層をさらに形成して、テンプレート18aをインプリンティングに使用する場合、又はこれをクリーニングする場合などにHCM層を劣化から保護することもできる。この保護層は、SiO<sub>2</sub>、SiN<sub>2</sub>、又はAlO<sub>3</sub>などの酸化物層又は窒化物層で形成することができ、或いは非晶質Si又はSiCなどで形成することもできる。図9Aに示すように、層46を形成する前にHCM層62上に保護層を形成し、その後の処理により部分的に除去して、図9Bに示すように位置合わせマークの凹部内にのみ残存保護層が存在するようにすることができる。

#### 【0045】

図5A～図5Dに、位置合わせマーク60の凹部内にHCM層62を形成する別の方法を示す。一般に、位置合わせ領域64及び主要特徴部領域66上には平坦化層90を配置することができる。平坦化層90は、インプリントリソグラフィプロセス、スピンオン工程などを使用して配置することができる。平坦化層90は、第1のエッチング速度を有す

ることができる。平坦化層 90 上には、図 1 ~ 図 3 に関連して説明した技術及びシステムを使用してパターン化層 46 c を配置することができる。パターン化層 46 c は、第 2 のエッチング速度を有することができる。平坦化層 90 の第 1 のエッチング速度は、パターン化層 46 c の第 2 のエッチング速度よりも速く、従って各材料に選択的エッチングを行うことができる。例えば、( m B A R C、P B S レジストなどの ) 有機材料などを。例えば、エッチング速度が架橋ポリマーよりも 2 ~ 10 倍速い材料を使用することができる。

#### 【 0 0 4 6 】

図 6 A ~ 図 6 E に、位置合わせマーク 60 の凹部内に H C M 層 62 を形成する別の方法を示す。図 5 A ~ 図 5 D と同様に、平坦化層 90 は第 1 のエッチング速度を有することができ、パターン化層 46 c は第 2 のエッチング速度を有することができる。平坦化層 90 とパターン化層 46 c の間には、ハードマスク 100 を配置することができる。一般に、ハードマスク 100 は、パターン化層 46 c 及び / 又は平坦化層 90 の除去中に位置合わせ領域 64 を遮蔽する。

#### 【 0 0 4 7 】

図 7 に、選択的エッチング速度を有する層 46 d を形成する別の例示的な方法を示す。一般に、インプリントマスク 120 を使用して、層 46 d の一部を部分的に露出させることができる。例えば、インプリントマスク 120 を使用して層 46 d の主要特徴部領域 66 を部分的に露出させ、主要特徴部内の層 46 d が、位置合わせ領域 64 内の層 46 d よりも高いエッチング速度を示すようにすることができる。インプリントマスク 120 の第 1 の面は、照明低減層 122 を含むことができ、この照明低減層 122 が存在する箇所ではマスクを実質的に不透明にし、その他の箇所では透明のままにすることができる。照明低減層 122 は、主要特徴部領域 66 の全長にわたることができ、これにより層 46 d がエネルギーにさらされた場合、照明低減層 122 が主要特徴部領域 66 内の層 46 d の露出を抑え、放射にさらされた場合、層 46 d が位置合わせマーク 60 内では固化するが、実質的には固化しないようになる。このようにして、選択的照明低減により主要特徴部領域 66 のエッチング速度を高めることができる。その後、本明細書で説明したような除去技術を使用して、凹部内に H C M 層 62 を有する位置合わせマーク 60 を実現することができる。

#### 【 0 0 4 8 】

当業者には、本説明に照らして様々な態様のさらなる修正及び代替の実施形態が明らかであろう。従って、本説明は例示にすぎないと解釈すべきである。本明細書で図示し説明した形態は、実施形態例として捉えるべきであると理解されたい。本明細書で図示し説明した要素及び材料は、代わりの要素及び材料と置き換えることができ、部品及びプロセスは逆にすることができ、いくつかの特徴部は独立して利用することができ、これらは全て本説明の恩恵を得た後で当業者に明らかになるであろう。本明細書で説明した要素には、添付の特許請求の範囲に示す思想及び範囲から逸脱することなく変更を行うことができる。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 4 9 】

18 a モールド

58 基板

60 位置合わせマーク

62 H C M 層

【図 1】

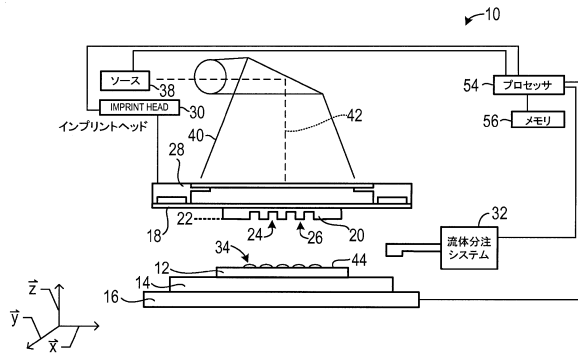


FIG. 1

【図 2】

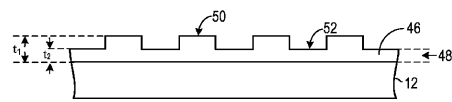


FIG. 2

【図 3 A】

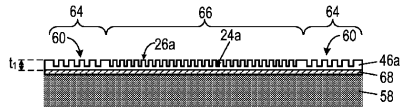


FIG. 3A

【図 3 F】

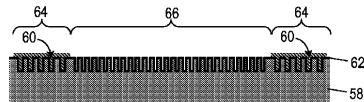


FIG. 3F

【図 3 G】

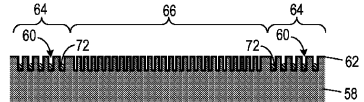


FIG. 3G

【図 3 H】

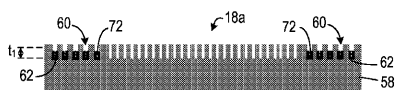


FIG. 3H

【図 3 I】

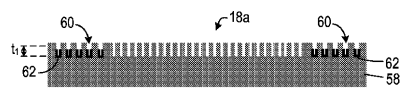


FIG. 3I

【図 4 A】

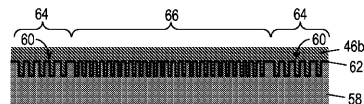


FIG. 4A

【図 3 B】

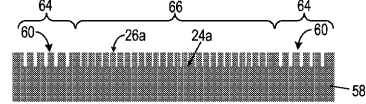


FIG. 3B

【図 3 C】

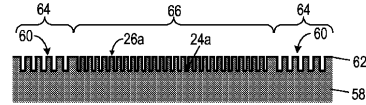


FIG. 3C

【図 3 C - 1】

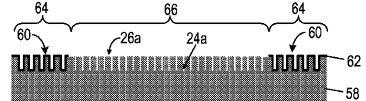


FIG. 3C-1

【図 3 D】

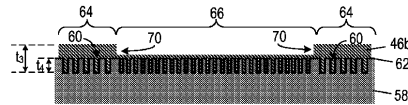


FIG. 3D

【図 3 E】

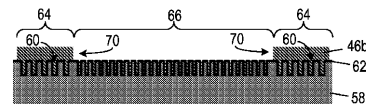


FIG. 3E

【図 4 B】

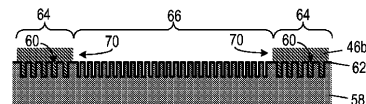


FIG. 4B

【図 5 A】

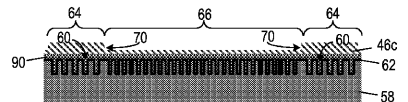


FIG. 5A

【図 5 B】

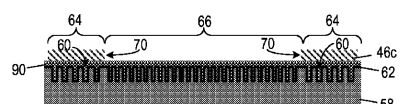


FIG. 5B

【図 5 C】

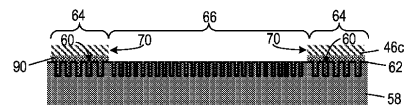


FIG. 5C

【図 5 D】

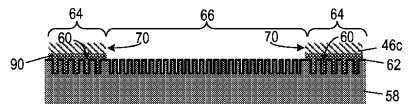


FIG. 5D

【図 6 A】

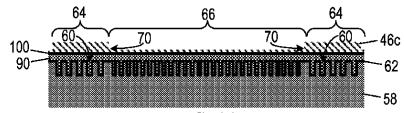


FIG. 6A

【図 6 B】

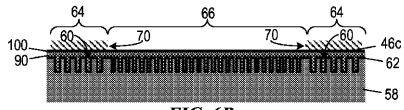


FIG. 6B

【図 6 C】

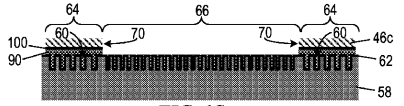


FIG. 6C

【図 6 D】

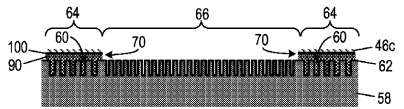


FIG. 6D

【図 6 E】

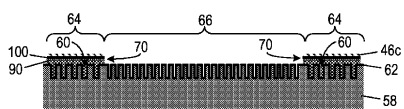


FIG. 6E

【図 7】

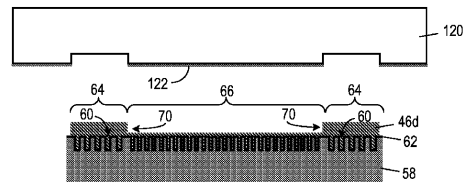


FIG. 7

【図 8】

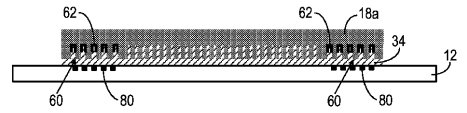


FIG. 8

【図 9 A】

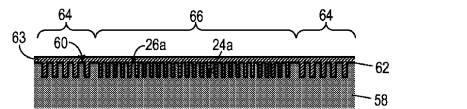


FIG. 9A

【図 9 B】

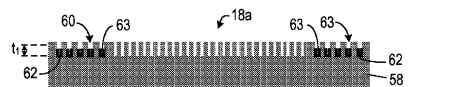


FIG. 9B

---

フロントページの続き

審査官 植木 隆和

(56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 1 0 3 9 1 5 ( J P , A )  
特表 2 0 0 7 - 5 0 6 2 8 1 ( J P , A )  
特開 2 0 0 9 - 2 9 8 0 4 1 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
H 0 1 L 2 1 / 0 2 7  
G 0 3 F 7 / 2 0  
G 0 3 F 9 / 0 0