

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5451450号  
(P5451450)

(45) 発行日 平成26年3月26日(2014.3.26)

(24) 登録日 平成26年1月10日(2014.1.10)

(51) Int.Cl.

H01L 21/027 (2006.01)  
B29C 59/02 (2006.01)

F 1

H01L 21/30 502 D  
B29C 59/02 Z NMZ

請求項の数 11 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2010-39203 (P2010-39203)  
 (22) 出願日 平成22年2月24日 (2010.2.24)  
 (65) 公開番号 特開2011-176132 (P2011-176132A)  
 (43) 公開日 平成23年9月8日 (2011.9.8)  
 審査請求日 平成25年2月19日 (2013.2.19)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100076428  
 弁理士 大塚 康徳  
 (74) 代理人 100112508  
 弁理士 高柳 司郎  
 (74) 代理人 100115071  
 弁理士 大塚 康弘  
 (74) 代理人 100116894  
 弁理士 木村 秀二  
 (74) 代理人 100130409  
 弁理士 下山 治  
 (74) 代理人 100134175  
 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】インプリント装置及びそのテンプレート並びに物品の製造方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板上の未硬化樹脂とデバイスパターンがパターン面に形成された型とを互いに押し付けて前記デバイスパターンを該基板上に形成するインプリント処理を行うインプリント装置であって、

前記パターン面に配置されたアライメントマークを検出する検出器と、  
 制御部と、  
 を備え、

前記パターン面は、前記デバイスパターンを有する第1領域と前記アライメントマークを有する第2領域とを含み、前記未硬化樹脂と前記型とが互いに押し付けられた場合に、前記第1領域の凹部が前記未硬化樹脂で充填される第1時刻より、前記第2領域の凹部が前記未硬化樹脂で充填される第2時刻が後になるように構成され、

前記制御部は、

前記第1時刻と前記第2時刻との間に前記アライメントマークを検出するように前記検出器を制御する、  
 ことを特徴とするインプリント装置。

## 【請求項 2】

前記アライメントマークの凹部における最小の幅が、前記デバイスパターンの凹部における最大の幅よりも大きいように、前記パターン面が構成されている、ことを特徴とする請求項1に記載のインプリント装置。

**【請求項 3】**

前記アライメントマークの凹部における最小の奥行きが、前記デバイスパターンの凹部における最大の奥行きよりも大きいように、前記パターン面が構成されている、ことを特徴とする請求項 1 に記載のインプリント装置。

**【請求項 4】**

前記パターン面は、前記アライメントマークを包囲する第 3 のパターンを有する領域をさらに含み、

前記第 3 のパターンの凹部における最大の幅が、前記アライメントマークの凹部における最小の幅よりも小さいように、前記パターン面が構成されている、ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載のインプリント装置。 10

**【請求項 5】**

前記未硬化樹脂を前記基板に吐出する吐出機構を備え、

前記制御部は、前記デバイスパターンの凹部と前記アライメントマークの凹部とが充填される量の前記未硬化樹脂を前記基板に吐出するように前記吐出機構を制御することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載のインプリント装置。

**【請求項 6】**

基板上の未硬化樹脂とデバイスパターンがパターン面に形成された型とを互いに押し付けて前記デバイスパターンを該基板上に形成するインプリント処理を行うインプリント装置であって、

前記パターン面に配置されたアライメントマークを検出する検出器と、 20

制御部と、  
を備え、

前記パターン面は、前記デバイスパターンを有する第 1 領域と前記アライメントマークを有する第 2 領域と前記アライメントマークを包囲する溝を有する第 3 領域とを含み、

前記制御部は、

前記未硬化樹脂と前記型とが互いに押し付けられて前記第 1 領域の凹部に前記未硬化樹脂が充填される第 1 時刻と、前記未硬化樹脂と前記型とが互いに押し付けられて前記未硬化樹脂が前記第 1 領域から前記第 3 領域を越えて前記第 2 領域の凹部に充填される第 2 時刻との間に前記アライメントマークを検出するように前記検出器を制御する、  
ことを特徴とするインプリント装置。 30

**【請求項 7】**

基板上の未硬化樹脂とデバイスパターンがパターン面に形成された型とを互いに押し付けて前記デバイスパターンを該基板上に形成するインプリント処理を行うインプリント装置であって、

前記パターン面に配置されたアライメントマークを検出する検出器と、

前記未硬化樹脂を硬化する光を前記未硬化樹脂に照射する照射手段と、  
制御部と、  
を備え、

前記パターン面は、前記デバイスパターンを有する第 1 領域と前記アライメントマークを有する第 2 領域とを含み、

前記制御部は、

前記未硬化樹脂と前記型とが互いに押し付けられて前記第 2 領域の凹部に前記未硬化樹脂が入り込んだ後であって、かつ、前記第 2 領域の凹部が前記未硬化樹脂で充填される前に、前記光を照射して前記第 2 領域の凹部内の未硬化樹脂を硬化するように、前記照射手段を制御し、

前記第 2 領域の凹部内の前記未硬化樹脂が硬化した状態で前記アライメントマークを検出するように前記検出器を制御する、  
ことを特徴とするインプリント装置。 40

**【請求項 8】**

前記照射手段は、前記第 1 領域の凹部に前記未硬化樹脂が充填された後に、前記未硬化 50

樹脂を硬化する光を前記第1領域の凹部内の前記未硬化樹脂に照射する、ことを特徴とする請求項7に記載のインプリント装置。

【請求項9】

前記検出器は、前記光を用いて前記アライメントマークを検出する、ことを特徴とする請求項7または請求項8に記載のインプリント装置。

【請求項10】

請求項1ないし請求項9のいずれか1項に記載のインプリント装置を用いてパターンを基板に形成する工程と、

前記工程で前記パターンを形成された基板を加工する工程と、  
を含む、ことを特徴とする物品の製造方法。

10

【請求項11】

基板上の未硬化樹脂とデバイスパターンがパターン面に形成された型とを互いに押し付けて前記デバイスパターンを該基板上に形成するインプリント処理を行うインプリント装置で使用される型であって、

前記デバイスパターンを有する第1領域とアライメントマークを有する第2領域とを含むパターン面を有し、

前記パターン面は、前記未硬化樹脂と前記型とが互いに押し付けられた場合に、前記第1領域の凹部が前記未硬化樹脂で充填される第1時刻より、前記第2領域の凹部が前記未硬化樹脂で充填される第2時刻が後になるように、構成されている、  
ことを特徴とする型。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、インプリント装置及びそのテンプレート並びに物品の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

インプリント技術は、ナノスケールの微細パターンの転写を可能にする技術であり、磁気記憶媒体や半導体デバイスの量産向けナリソグラフィ技術の1つとして実用化されつつある。インプリント技術では、電子線描画装置等の装置を用いて微細パターンが形成されたテンプレート（型ともいう）を原版としてシリコンウェハやガラスプレート等の基板上に微細パターンが形成される。この微細パターンは、基板上に吐出された未硬化樹脂とテンプレートとを互いに押し付けた状態でその未硬化樹脂を硬化させることによって形成される。

30

【0003】

現時点において実用化されているインプリント技術としては、熱サイクル法及び光硬化法がある。熱サイクル法では、熱可塑性の樹脂をガラス転移温度以上の温度に加熱し、樹脂の流動性を高めた状態で樹脂とテンプレートとを互いに押し付ける。そして、冷却した後に樹脂からテンプレートを引き離すことによりパターンが形成される。また、光硬化法では、紫外線で硬化する樹脂を使用し、未硬化樹脂とテンプレートとを互いに押し付けた状態で紫外線を照射して未硬化樹脂を硬化させた後、硬化した樹脂からテンプレートを引き離すことによりパターンが形成される。熱サイクル法は、温度制御による転写時間の増大及び温度変化による寸法精度の低下を伴うが、光硬化法には、そのような問題が存在しないため、現時点においては、光硬化法がナノスケールの半導体デバイスの量産において有利である。特許文献1には、光硬化法のインプリント装置が開示されている。特許文献1に記載のインプリント装置は、基板ステージ、樹脂の吐出機構、テンプレートを保持するヘッド、光を照射する照明系及びアライメントマークの検出器を有する。

40

【0004】

インプリント装置におけるウェハ上のインプリント領域（ショット領域ともいう）とテンプレートとの位置合わせのための計測には、ダイバイダイ方式とグローバルアライメント方式とがある。いずれの方式でも問題となっているのが、テンプレートを押し付けた状

50

態におけるテンプレートの位置ずれや変形の可能性である。従来のインプリント装置では、押印（押型）から離型までのテンプレートが押し付けられている間にテンプレートに加わる力が、ショット毎にテンプレートを位置ずれさせる、又は変形させる可能性がある。そこで、テンプレートの位置や変形量を常時計測する手法が求められている。したがって、グローバルアライメント方式においても、ダイバイダイ方式と同様、ショットごとにテンプレートが押し付けられている間におけるアライメント計測が必要となりうる。

#### 【0005】

テンプレートが押し付けられている間のアライメント計測では、樹脂の屈折率とテンプレートの材質である石英の屈折率とは近いため、樹脂がアライメントマークの領域に充填されるとアライメントマークが見えなくなる。正確にはアライメントマークのコントラストがほとんど無い状態になりアライメント計測が困難になる。そのため従来のダイバイダイ方式では、アライメントマークの周辺にMoatと呼ばれる深い溝を配置するなどして、アライメントマークの領域に樹脂が入り込まないようにしていた。

10

#### 【先行技術文献】

##### 【特許文献】

##### 【0006】

##### 【特許文献1】特許第4185941号公報

##### 【発明の概要】

##### 【発明が解決しようとする課題】

##### 【0007】

20

通常アライメントマークはテンプレート上のスクライプ領域に配置される。アライメントマークを含むスクライプ領域に樹脂が吐出されないようにすると、リソグラフィ工程の後のエッチング工程において、樹脂のないスクライプ領域がエッチングされて好ましくない場合がある。また、樹脂のないスクライプ領域があると、デバイスパターン領域中のエッチングすべき領域のエッチング均一性が損なわれうる。また、スクライプ領域にさらにアライメントマークを形成することができない。これらのこと考慮すると、アライメントマークを含むスクライプ領域にも樹脂を存在させる必要がある。しかしながら、上述したように、アライメントマークの領域に樹脂が充填された状態ではアライメント計測が困難である。

本発明は、例えば、型におけるアライメントマークを有する領域の凹部への未硬化樹脂の充填と該アライメントマークの検出との両立を目的とする。

30

##### 【課題を解決するための手段】

##### 【0008】

本発明の1つの側面は、基板上の未硬化樹脂とデバイスパターンがパターン面に形成された型とを互いに押し付けて前記デバイスパターンを該基板上に形成するインプリント処理を行うインプリント装置であって、前記パターン面に配置されたアライメントマークを検出する検出器と、制御部と、を備え、前記パターン面は、前記デバイスパターンを有する第1領域と前記アライメントマークを有する第2領域とを含み、前記未硬化樹脂と前記型とが互いに押し付けられた場合に、前記第1領域の凹部が前記未硬化樹脂で充填される第1時刻より、前記第2領域の凹部が前記未硬化樹脂で充填される第2時刻が後になるよう構成され、前記制御部は、前記第1時刻と前記第2時刻との間に前記アライメントマークを検出するように前記検出器を制御することを特徴とする。

40

##### 【発明の効果】

##### 【0009】

本発明によれば、例えば、型におけるアライメントマークを有する領域の凹部への未硬化樹脂の充填と該アライメントマークの検出とを両立させることができる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【0010】

##### 【図1】インプリント装置を示した図

##### 【図2】インプリント処理のフロー図

50

【図3】樹脂の充填の様子を示す概念図

【図4】テンプレートを示す図

【図5】テンプレートのパターンの凹部に樹脂が充填される様子を示す図

【図6】アライメントマーク及びその近傍を示す図

【図7】第1実施形態の検出器を示す図

【図8】テンプレート及び基板のアライメントマークを示す図

【図9】第2実施形態の検出器を示す図

【図10】第3実施形態の検出器を示す図

【図11】第5, 6実施形態におけるアライメント工程を示す図

【発明を実施するための形態】

10

【0011】

まず、インプリント装置における基板（ウエハ）上のプロセスとテンプレートとの位置合わせについて説明する。ウエハ上のプロセスとテンプレートとの位置合わせには、ダイバイダイ方式とグローバルアライメント方式がある。ダイバイダイ方式では、テンプレートをウエハ上の未硬化樹脂（単に樹脂ともいう）に押し付けるときにウエハ上とテンプレートとに配置されたアライメントマークを近接させ、検出器により同時に観察し、位置ずれ量を補正して樹脂を硬化させる。代表的な位置合わせの方式として、テンプレートのマークとウエハ上のマークとの相対関係からモアレ縞を発生させるモアレアライメント方式がある。モアレ縞を発生させるには一般にラインアンドスペースを使用する。テンプレートのマークのピッチをP1、ウエハ上のマークのピッチをP2とすると、モアレ縞のピッチP3は式1で得られる。ただし  $P_1 < P_2$  である。

$$1 / P_3 = (1 / P_1) - (1 / P_2) \dots (1)$$

【0012】

テンプレートとウエハの相対位置ずれ量をXとした時、モアレ縞P3のシフト量は周期Paの位相差に比例する。また、テンプレートのマークのピッチP1とウエハ上のマークのピッチP2との関係を反対にしてやるとやはり同じピッチのモアレ縞が発生するが、シフトする方向が逆になる。異なる2セットのマークを同時に観察することによってモアレ縞の相対シフト量Sは、式2で与えられる。ただし  $P_a = (P_1 + P_2) / 2$  である。

$$S = 2 \cdot (X / P_a) \cdot P_3 \dots (2)$$

これらの式1、式2におけるピッチP1、P2を適当に選択することで、実際のテンプレートとウエハの相対位置ずれ量を拡大して精度良く計測する事が可能となる。モアレアライメント方式は、アライメント光学系の光学倍率を大きくすることなく、モアレピッチP3を大きくする事で、開口数（NA）を小さくできるため、簡易な光学系でアライメント精度を上げられるという点において大変有効な方式である。

20

【0013】

次に、別途構成したアライメントスコープを用いたグローバルアライメント方式について説明する。本方式についてインプリント装置の概略図である図1を用いて説明する。インプリント装置は、ウエハステージ1を駆動させながら、オファクシススコープ9により、基板ステージ（ウエハステージ）1に搭載されたウエハ2上の複数のショットにあるアライメントマーク（不図示）を計測する。インプリント装置は、計測した複数のアライメントマークを統計処理してウエハ2上の全ショット配列をマッピングし、その後アライメント計測は行わずインプリント処理を行う。ここでオファクシススコープ9は、テンプレート3を保持するヘッド4の外に配置しているため、ヘッド4内に配置して検出器（スコープ）5とは異なり十分にスペースがあるため大きな光学系を構成することができる。そのため、オファクシススコープ9は、一般に照明可変、波長選択、高レンズ開口、高倍率で明視野、暗視野切り換えなどプロセス対応力のある光学系となっている。

40

【0014】

グローバルアライメント方式では、テンプレート3の中心とオファクシススコープ9中心の距離（ベースライン）を常にキャリブレーションする必要がある。キャリブレーションを行うために、ヘッド4に構成されたスコープ5は、ウエハ2上の各ショットのアライ

50

メントマークとテンプレート3に配置されたアライメントマークを検出してテンプレート3中心とウエハ2上のショット中心の相対位置を計測する。テンプレート3中心とウエハ2上のショット中心の相対位置は、2つのアライメントマークを近接させることで発生するモアレ信号から計測される。あるいはウエハステージ1上のステージ基準マーク8とテンプレート3のアライメントマークの相対位置をスコープ5で測定した後、オファクシススコープ9下へステージ基準マーク8を送り込み、オファクシススコープ9でステージ基準マーク8を測定する。これらにより、テンプレート3とオファクシススコープ9の相対位置（所謂ベースライン量）が計測できる。これをもとに、インプリント装置は、グローバルアライメント結果をテンプレート3下へ反映し、インプリント処理を行う。スコープ5、ウエハステージ1、樹脂をウエハ2に吐出する吐出機構7等は、制御部Cによって制御される。以下、テンプレート及びインプリント装置の実施形態を図面に基づいて説明する。10

#### 【0015】

##### 〔第1実施形態〕

図2を用いて、インプリント処理のフローを説明する。グローバルアライメント方式でもダイバイダイ方式でもテンプレート3が樹脂と接触する間におけるアライメントは同様であるため、ここではグローバルアライメント方式を前提として述べる。S1で、インプリント装置は、オファクシススコープ9を用いてグローバルアライメントを行う。S2で、インプリント装置は、ウエハステージ1を駆動して、ウエハ2の第1のショット位置を吐出機構（ディスペンサー）7の下の吐出開始位置に移動させる。S3で、インプリント装置は、ウエハステージ1をスキャンさせつつ第1のショットに樹脂を吐出する。S4で、インプリント装置は、ウエハステージ1を駆動して第1のショットをテンプレート3の直下に移動させ、押印工程を開始する。押印工程において、ノズル20は酸素をページするためヘリウム（He）を放出し、テンプレート3とウエハ2との間の空間をHeで満たした状態とする。20

#### 【0016】

ここで、押印工程において樹脂がテンプレート3のパターンの凹部に充填される過程を説明する。図3は、テンプレート3のパターン領域において押印の開始からの時間経過に対して樹脂がテンプレート3のパターンを形成する凹部に充填される様子を示した概念図である。時間帯aは、ウエハ2に滴下された樹脂がテンプレート3のパターンが存在する領域に広がる時間帯を示している。時間帯aの長さは、滴下された樹脂とパターンとの位置によっても違いが生じる。時間帯aが終了するとテンプレート3の凹部に対する樹脂の充填が開始される。図3Aに示されるように、デバイスパターンの領域（第1領域）では、樹脂が急峻に充填される。これは樹脂の表面張力とテンプレート3における接触角及びパターンサイズで決まる毛細管力と閉じ込められた気体（理想的にはHeのみ）による圧力の平衡状態（実際は樹脂の重力も加わる）まで一瞬に充填が進むと考える。毛細管圧Pは、パターンを便宜上円とすると次の式3で表される。ただし、Tは表面張力、θは接触角、rはパターン半径である。30

$$P = 2T \cos \theta / r \quad \dots (3)$$

#### 【0017】

時間帯bは、前記気体が樹脂中に溶解する時間帯である。時間帯cは、S5のアライメント計測が行える時間帯を示しており、時刻dは、気体のマイクロバブルが樹脂中から消滅する等を考慮して予め実験などから決めたテンプレート3のデバイスパターンを形成する凹部において充填が終了する時刻（第1時刻）である。上述したように、アライメントマーク領域（第2領域）においてテンプレート3とショットとの間が樹脂で充填もしくはアライメントマークの凹部の大半が樹脂で満たされてしまうとアライメントマークを検出することが困難である。アライメント検出には異なる位相差の光が必要で、凹部のほとんどが充填されてしまうと、位相差はなくなってしまい検出が困難になる。そのためアライメント検出にはある程度充填されていない領域が必要である。アライメントマーク領域における樹脂の充填を、図3Aに示されるデバイスパターン領域における樹脂の充填と同様4050

に行うと、樹脂の充填中にアライメントができる時間は押印開始からの初期段階だけである。すなわち、アライメントマーク領域において、デバイスパターン領域と同様に樹脂を充填すると、樹脂の充填中の一部の時間帯でしかアライメント計測ができないことが分かる。アライメントマークの部分に金属膜を付けてアライメントマーク領域に樹脂が存在する状態でもマークのコントラストを保つ手法が提案されている。しかしながら、この手法は、金属膜の耐久性、テンプレート製造コストあるいは金属汚染の問題などを抱え、その実施が難しい。

#### 【0018】

第1実施形態における樹脂の充填の概念図を図3Bに示す。図3Bに示されるように、第1実施形態では、図3Aと比べると時間帯aが延ばされ、時間帯bの立ち上がりにおける充填率が下げられている。その結果、アライメント計測が可能な時間帯cを充填終了時刻dを越えたところまで延長する事が可能となっている。以下、その詳細について述べる。  
図4はテンプレート3をパターン面から見た図と側面図とアライメントマークの領域の拡大図である。テンプレート3には、メサ100と呼ばれる母体から15～30μm程度飛び出している凸部があり、このメサ100の表面にインプリントするパターンが形成されている。さらに通常メサ部100はデバイスパターンを有する領域102とスクライプ領域101が存在する。第1実施形態においては、スクライプ領域101は、アライメントマーク103を有する領域を含む。図3Aは、デバイスパターンの領域102における充填の概念図であり、デバイスパターンの領域102におけるパターンの幅(パターンサイズ)はハーフピッチ数十nmと非常に小さく、そのため毛細管圧は大きく樹脂の充填速度は速い。樹脂が充填された後、マイクロバブル等が0.1/cm<sup>2</sup>以下になるまで十分な時間が経過した時点が充填の終了時刻として採用される。従来、アライメントマーク103もセグメント化し、サイズをデバイスパターン並に小さくすることで毛細管圧を大きくし、ショット全体の充填時間を早くすることで、スループットをあげることが考えられた。その様子を図5Aに示す。デバイスパターン領域102とセグメント化されたアライメントマーク103は、拡大された凹部201, 201に示されるようにほぼ同じ充填速度で樹脂200の充填が終了する。

#### 【0019】

これに対して図5Bは、アライメントマーク103のパターンの凹部202における最小の幅が、デバイスパターン102の複数の凹部201の最大の幅よりも大きいようにパターン面が構成されている様子を示す。図5Bに示すようにパターンサイズを大きくしたアライメントマーク103の凹部202では、デバイスパターン102の凹部201で樹脂の充填が終わっても未だ樹脂の充填が終わっていない。このとき、アライメントマーク103のパターンサイズの大きさは、充填時間にもよるが、デバイスパターン102のパターンサイズより1桁程度以上大きなサイズとすることが適当である。

#### 【0020】

更に、図5Cは、アライメントマーク103のパターンの凹部203における最小の奥行きが、デバイスパターン102の複数の凹部201の最大の奥行きよりも長いようにパターン面が構成されている様子を示す。図5Cに示すように、デバイスパターン102の凹部201よりも深い凹部203のアライメントマーク103を作成することにより、アライメントマークの領域における充填時間を長くすることが可能である。凹部203の深さは、アライメント計測波長やその他屈折率など光学条件によっても異なるが、Simulationから半波長程度まで深くしたほうが検出光量として有利である。その他、図6Aに示すように、パターンのサイズが小さくアライメントマーク103よりも樹脂が充填されやすい第3のパターン(ダミーパターン)104がアライメントマーク103を包囲するように配置してもよい。このようなダミーパターン104は本来ならアライメントマーク103に供給されるべき樹脂が周辺のダミーパターン104により容易に流れることで、アライメントマーク103における樹脂の充填速度を弱める。その結果、時間帯aが延ばされるとともに、時間帯bの立ち上がりにおける樹脂の充填率が下げられ、アライメント計測が可能な時間帯cが延長される。更に図6Bに示されるように、アライメントマーク10

10

20

30

40

50

3を包囲する幅の大きな溝105を有する領域(第3領域)を配置してもよい。図6Bのアライメントマークを使用する場合、制御部Cは、ウエハの2のデバイスパターン領域に樹脂を吐出するように吐出機構7を制御する。ウエハの2のデバイスパターン領域に吐出された樹脂にテンプレート3が押し付けられると、溝105の外側の樹脂は、溝105を超えてウエハ2のアライメントマーク領域に進入する。この樹脂の移動によって樹脂がアライメントマーク領域まで広がる時間帯aを長くすることが可能となり、その結果アライメント計測が可能な時間帯cを長くすることが可能である。前記一連の方法では、吐出された液滴の配置や量も重要なファクターになる。以上、押印工程におけるアライメントマーク領域の樹脂の充填を図3Bに示すようにするためのテンプレートについて述べた。これらの場合、アライメントマーク領域(第2領域)の凹部201が樹脂で充填される時刻(第2時刻)は、デバイスパターンの領域(第1領域)の凹部201が樹脂で充填される時刻(第1時刻)より後である。そこで、デバイスパターンの凹部201が樹脂で充填される第1時刻とアライメントマークの凹部201が樹脂で充填される第2時刻との間にアライメントマーク103を検出すると、スコープ5はアライメントマーク103を確実に検出することができる。

#### 【0021】

次に、テンプレート3に形成されたアライメントマーク103を検出するスコープ5について図7を用いて説明する。ウエハ2上のアライメントマーク(ウエハマーク)120とテンプレート3上のアライメントマーク(テンプレートマーク)103は樹脂200を介して近接している。ここで、スコープ5の光源12から出射し、合成プリズム10により同軸上に合成させた計測光は、ウエハマーク120を照射する。ウエハマーク120は、テンプレートマーク103との相対位置によりモアレ信号が発生するように、例えば両マークで間隔の異なるピッチの格子状のマークを構成している。パターン形状としては図8に示すマーク106を使用する。マーク106は2つの異なるピッチP1、P2からなるマークをで、ウエハマーク120も同様なマーク106をX方向に回折光が飛ぶように配置させて使用する。但し、テンプレート側とウエハ側の対応するマークピッチは同じにならぬようにする。P1のテンプレートマーク103と対向するウエハマーク120はピッチP2でなければならない。これら2セットのマークにより発生した2つのモアレ信号はスコープ5の結像光学系を通って、撮像素子11上で結像する。合成プリズム10としては、ハーフミラーを使用するか、又は、計測光に偏光を用いて偏光ビームスプリッタを使用する。テンプレートマーク103とウエハマーク120との位置関係より発生する2つのモアレ信号から、先に説明したようにテンプレート3の相対位置を求めることができる。そして、補正量を装置にフィードバックすることで、アライメント中、常時アライメントずれの補正駆動が可能である。またスコープ5を複数個インプリント装置内に持ち、それらスコープ5の観察位置に対応したテンプレートマーク103を複数個配置することにより、テンプレート3の変形も計測可能となる。補正駆動としてはウエハステージ1の駆動やテンプレート3の変形を是正するための是正部21によるクローズド補正が行われる。是正部21は、例えば、テンプレート3に対する圧力を変更することでテンプレート3の変形を是正する。S6で所定時間が経過して充填が終了する時刻dとなると、S7で、インプリント装置は、直ぐに照明系6により紫外線(UV)を照射して樹脂を硬化させる。このUVによる樹脂の硬化工程で前記補正駆動はストップしている。照明系6は、未硬化樹脂を硬化する光を未硬化樹脂に照射する照射手段である。UV照射が完了するとS8の離型工程で、テンプレート3とパターンが転写された樹脂とは切り離され、S9で次のショットに対するインプリント処理へと進む。以下、前記一連の工程を全ショットに対して繰り返す。

#### 【0022】

##### 〔第2実施形態〕

第2実施形態では、アライメントマーク103の計測工程(S5)において使用するスコープ5が第1実施形態と異なる。図9は斜入射でアライメントマーク103を計測する第2実施形態のスコープ5の拡大図を示す。スコープ5を斜入射にする1つのメリットは

、照明系 6 との干渉を避けるためである。ウエハ 2 上のウエハマーク 120 としてのマーク 107, 108 とテンプレートマーク 103 とは樹脂 200 を介して近接している。光源 12 から合成プリズム 10 により同軸上に合成させた光は、マーク 107, 108 を照明する。マーク 107, 108 は、テンプレートマーク 103 との相対位置によりモアレ信号が発生するように、例えば両マークで間隔の異なるピッチの格子状のマークを構成している。この場合、斜入射照明によってマーク 107, 108 で回折した回折光を元のスコープ 5 の光軸に戻す必要がある。そのため図 8 に示すように、マーク 107, 108 のピッチ  $P_y$  を調整して Y 方向に飛び回折光をスコープ 5 の光軸に戻るように設計しておく。この時ピッチ  $P_y$  はスコープ 5 で使用する計測光の波長に依存するため設計にフィードバックする必要がある。これらマーク 107, 108 は先のマーク 106 と同様、2 種類の異なるピッチ  $P_{1x}$  のマークとピッチ  $P_{2x}$  のマークとからなっている。またテンプレートマークとしてのマーク 106 のピッチ  $P_1$ 、 $P_2$  とマーク 107, 108 のピッチ  $P_{1x}$ 、 $P_{2x}$  との関係は第 1 実施形態と同様、逆の関係で設計してある。ここでマーク 107 とマーク 108 の違いは、モアレ信号に 0 次回折光が混入するかしないかであり、マーク 108 のような千鳥状のパターンを用いることで 0 次光をキャンセルすることができる。0 次光をキャンセルすることで、2 光束による 1 つの周波数のみのモアレ信号になるため、信号処理が簡単で精度も上がる。これにより発生した 2 つのモアレ信号はスコープ 5 の結像光学系を通って、撮像素子 11 上で結像する。使用するスコープ 5 以外の構成は第 1 実施形態と同様であるので説明を省略する。

## 【0023】

10

## 〔第 3 実施形態〕

第 1 及び第 2 実施形態では、ウエハマーク 120 とテンプレートマーク 103 との位置ずれからテンプレート 3 の位置ずれ又はテンプレート 3 の変形を計測し、計測された位置ずれと変形の補正について述べてきた。しかしながら、第 1、第 2 実施形態ではステージ基準マーク 8 とは別に常にウエハマーク 120 が必要であること、またオファクシスマライメントとは異なり、モアレアライメントはプロセス対応力に乏しい等の問題がある。これら問題の対策としてウエハマーク 120 を参照するのではなく、スコープ 5 内に配置した基準マークを参考してテンプレートマーク 103 の位置ずれを計測する方法がある。

## 【0024】

20

図 10 に示すように、テンプレートマーク 103 と光学的に共役な位置へ基準マークとするスリット 13 を光源 12 とテンプレート 3 の間に構成する。スリット 13 は 2 つの異なるピッチ  $P_{1'}$ 、 $P_{2'}$  の回折スリット状になっている。光源 12 から出射されスリット 13 を通過した計測光は、合成プリズム 10 により結像光学系へ導かれ、テンプレートマーク 103（同じく 2 つの異なるピッチのマーク）上へ投影される。この際対向するテンプレートマーク 103 とスリット 13 の像 2 セットとのピッチの関係は、それぞれが反対の関係となるように設計しておく。テンプレートマーク 103 は樹脂 200 を介してウエハ 2 と近接している。この時ウエハ 2 の下地にはマークは存在しない。第 1 実施形態と同様、テンプレートマーク 103 の計測時、テンプレートマーク 103 の凹部には樹脂 200 が未充填であるため、樹脂 200 と接していないテンプレートマーク 103 の凹部のみで前記スリット像が反射される。そして、前記スリット像とテンプレートマーク 103 のモアレ回折光がスコープ 5 内の結像光学系に導かれる。スコープ 5 内の結像光学系を通過した後、撮像素子 11 上でモアレ像が結像する。結像した 2 セットのモアレ信号を同時に観察する。スリット 13 の像とテンプレートマーク 103 との相対位置関係により、テンプレート 3 の相対位置関係を算出することができる。つまり、スリット 13 を基準としたときのテンプレート 3 の位置ずれ及び変形を常時、すなわち樹脂が塗布されていない場合においても計測することができる。第 3 実施形態では常時テンプレート 3 の計測が可能なため、樹脂が塗布されていない場合においてもテンプレート 3 の補正駆動を行う事ができる。

## 【0025】

40

## 〔第 4 実施形態〕

50

第4実施形態では、第3実施形態と同様のスコープ5をテンプレート3に対して斜入射に配置する。その他の構成は第3実施形態と同様であるので説明を省略する。本実施形態においても、第3実施形態と同様に、スリット13を基準としたときのテンプレート3の位置ずれ及び変形を常時、すなわち樹脂が塗布されていない場合においても計測することができる。また、常時テンプレート3の計測が可能なため、樹脂が塗布されていない場合においてもテンプレート3の補正駆動を行う事ができる。

#### 【0026】

##### 〔第5実施形態〕

第5実施形態における樹脂の充填の概念図を図3Cに示す。本実施形態の特徴は、時間帯bにおいてHeが樹脂に溶解している途中で、Heの溶解を妨げるあるいは毛細管力を弱めるなどの方法で樹脂の充填を抑制あるいは止めてしまうことがある。図3Cではある時間を境に充填が止まるように描いているが、図3Cはあくまで概念図であり、本実施形態の意図するところは充填速度を抑制することで、所定の充填終了時刻dに対し大幅にアライメント計測可能時間cを延ばすところにある。

10

#### 【0027】

S1～S4までの工程は、第1実施形態と同様である。S5で、アライメント工程に進む。アライメント工程では、図11Aに示すように、スコープ5からアライメントマークの計測光としてUV光を出射する。そして、図7に示したように、ウェハマーク120とテンプレートマーク103とのモアレ回折光によるテンプレート3の位置ずれ、変形を計測し、テンプレート3の位置ずれや変形の補正をクローズドループで行う。スコープ5の光源12から出射されるUV光の波長は、照明系6が照射する光の波長と同じもの、あるいは樹脂200が架橋反応をする波長帯域であれば何でも良い。従ってスコープ5は前記UV光の波長で設計されている。

20

#### 【0028】

スコープ5から照射したUV光の照射領域はテンプレートマーク103領域のみに限定されており、ウェハマーク120とテンプレートマーク103に挟まれた領域の樹脂200は硬化が進むことになる。そのためテンプレートマーク103領域以外では樹脂の充填が進むが、テンプレートマーク103領域では樹脂の充填が抑制あるいは停止することになる。スコープ5よりUV照射するタイミングは、樹脂のUV硬化速度と樹脂の拡散速度や充填速度の関係にもよる。しかし、テンプレートマーク103全領域に樹脂200が広がる前にUV照射してしまうと、樹脂が均一でない状態で硬化し、アライメント計測の誤差が生じたり離型が円滑に行われなかったりすることがある。従ってテンプレートマーク103全領域に樹脂200が十分広がった時刻からテンプレートマーク103凹部内に樹脂が充填される途中までの時間帯、すなわち時間帯bが望ましい。その後、所定の充填時間が終了し(S6)、照明系6によるUV硬化工程(S7)が始まるまでアライメント計測及びテンプレートの位置ずれ補正や変形補正をクローズドループで行い、その後は第1実施形態と同様な離型以降の工程へ移る。第5実施形態において、スコープ5が斜入射の場合でも第2実施形態と同様にアライメント計測及び補正が可能である。また、第3、第4実施形態と同様にテンプレートマークと基準スリットとのアライメント計測を行うスコープ5を使用することができる。

30

#### 【0029】

##### 〔第6実施形態〕

第5実施形態では、樹脂の充填速度を抑制するための光とアライメントマークの計測光とは同じUV光を使用した。第6実施形態では、アライメントマークの計測光として樹脂の充填速度を抑制するためのUV光とは異なる波長の光を使用する場合について説明する。アライメントマークの計測光の波長を樹脂がUV硬化しない波長にすることで、アライメントマーク領域の樹脂硬化とアライメント計測とを独立にしかも並行して行うことで、スループットを損なわずより正確に樹脂の充填速度を制御することが可能となる。

40

#### 【0030】

S1～S4までの工程は、第1実施形態と同様である。S5で、アライメント工程に進

50

む。アライメント工程では、図 11B に示すフローのように、スコープ 5 の光源 12 から計測光を出射し、第 5 実施形態同様アライメント計測及びテンプレートの位置ずれ補正やテンプレート変形補正をクローズドループで行う。但し、第 6 実施形態のスコープ 5 は前記アライメントマークの計測光の波長で設計されている。また後述するように、UV 光のモアレ回折光も同時に撮像素子 11 に混入するため、撮像素子 11 の直前でバンドパスフィルターを入れるなどして計測光のみを通過させる方が計測精度の観点からは望ましい。スコープ 5 の光源 12 から出射される計測光の波長は、樹脂 200 が架橋反応を起こさない波長帯域のものを使用する。ほぼ同時に別途の光源から UV 光を照射する。UV 光の照射はテンプレートマーク 103 領域のみに限定されており、テンプレートマーク 103 領域内の樹脂 200 は硬化が進む。また独立に UV 光の照射をコントロールする事で、樹脂の硬化速度を最適に制御することが可能となる。

#### 【 0031 】

スコープ 5 より UV 照射するタイミングは、第 5 実施形態同様テンプレートマーク 103 全領域に樹脂 200 が十分広がった時刻からテンプレートマーク 103 凹部の奥行き全部に樹脂が充填される途中までの時間が望ましい。アライメント計測に関しては特にタイミングは問わない。また本アライメント計測画像を利用して樹脂 200 の拡散状態をモニターすることで、UV 照射のタイミングをリアルタイムに装置にフィードバックすることも可能である。第 6 実施形態において、スコープ 5 が斜入射の場合でも第 2 実施形態と同様にアライメント計測及び補正が可能である。また、第 3、第 4 実施形態と同様にテンプレートマークと基準スリットとのアライメント計測を行うスコープ 5 を使用することができる。

#### 【 0032 】

##### [ 物品の製造方法 ]

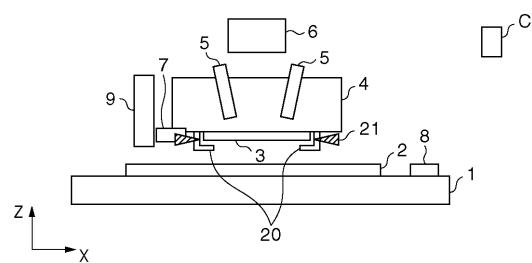
物品としてのデバイス（半導体集積回路素子、液晶表示素子等）の製造方法は、上述したインプリント装置を用いて基板（ウエハ、ガラスプレート、フィルム状基板）にパターンを転写（形成）する工程を含む。さらに、該製造方法は、パターンを転写された基板をエッティングする工程を含みうる。なお、パターンドメディア（記録媒体）や光学素子などの他の物品を製造する場合には、該製造方法は、エッティングの代わりに、パターンを転写された基板を加工する他の処理を含みうる。以上、本発明の実施の形態を説明してきたが、本発明はこれらの実施の形態に限定されず、その要旨の範囲内において様々な変形及び変更が可能である。

10

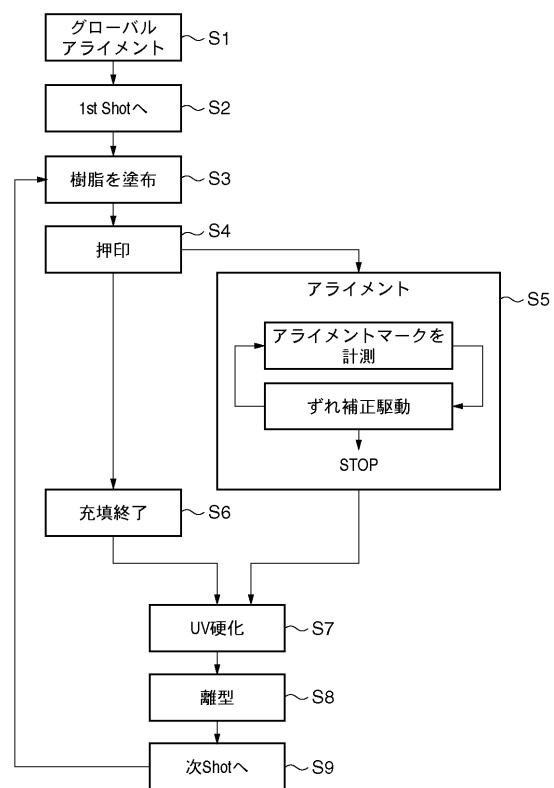
20

30

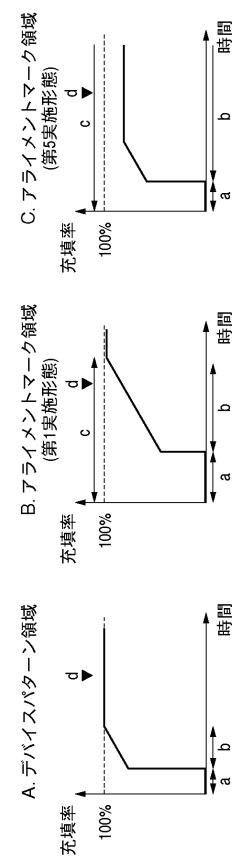
【図1】



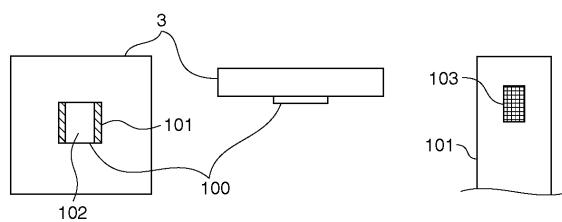
【図2】



【図3】

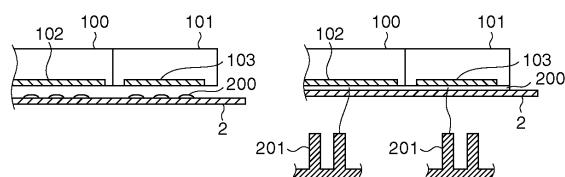


【図4】

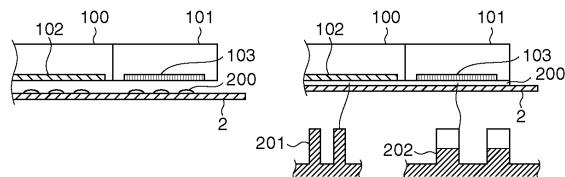


【図5】

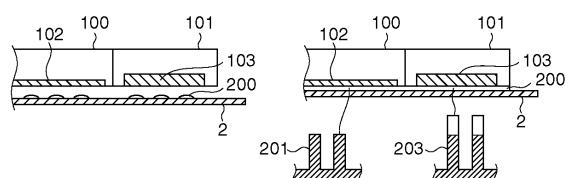
A. 従来



B. 大きな幅の凹部を有するアライメントマーク

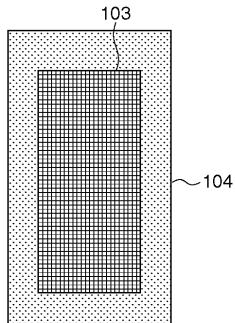


C. 深い凹部を有するアライメントマーク

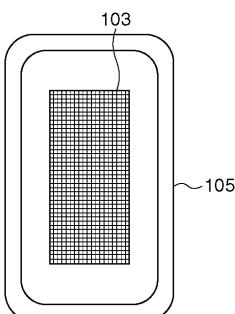


【図6】

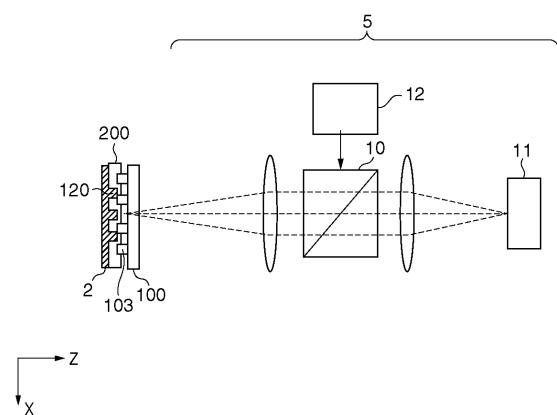
A. ダミーパターンで囲まれたアライメントマーク



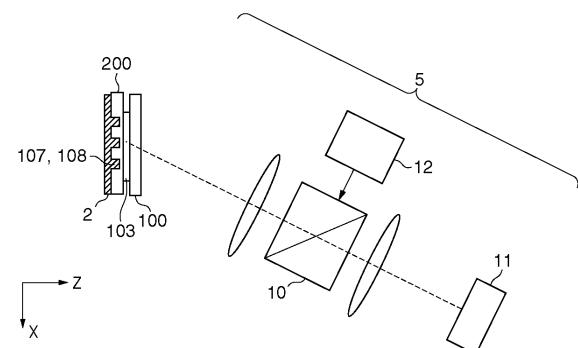
B. 溝で囲まれたアライメントマーク



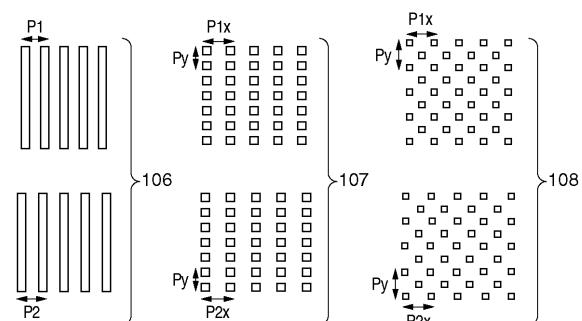
【図7】



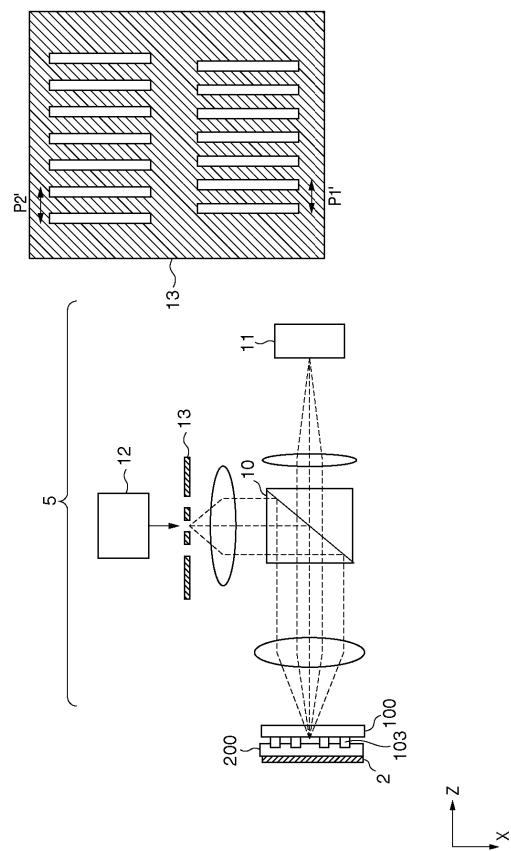
【図9】



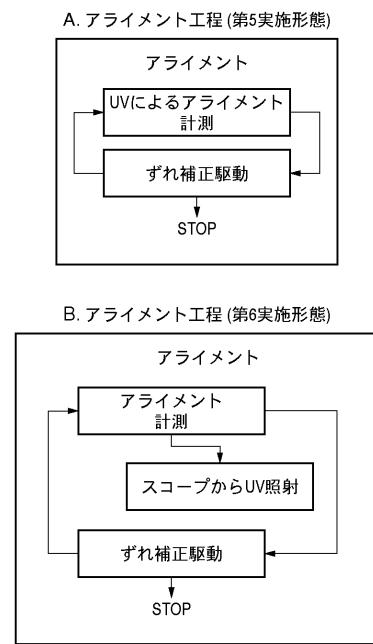
【図8】



【図10】



【図11】



---

フロントページの続き

(72)発明者 塩出 吉宏

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 新井 重雄

(56)参考文献 特開2007-281072(JP,A)

特開2008-244441(JP,A)

特表2008-509825(JP,A)

特表2009-532908(JP,A)

特開2007-137051(JP,A)

特開2008-270686(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

B29C 59/02