

(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2019-79029

(P2019-79029A)

(43) 公開日 令和1年5月23日(2019.5.23)

(51) Int.Cl.	F 1		テーマコード (参考)
<b>G03F 7/20</b> (2006.01)	G03F	7/20	501 2H011
<b>G03B 3/04</b> (2006.01)	G03F	7/20	521 2H151
<b>G03B 13/34</b> (2006.01)	G03F	7/20	505 2H197
<b>G03B 13/36</b> (2006.01)	G03B	3/04	
<b>G02B 7/28</b> (2006.01)	G03B	13/34	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2018-146250 (P2018-146250)	(71) 出願人	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
(22) 出願日	平成30年8月2日 (2018.8.2)	(74) 代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(31) 優先権主張番号	特願2017-205645 (P2017-205645)	(74) 代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(32) 優先日	平成29年10月24日 (2017.10.24)	(72) 発明者	河野 道生 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
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	F ターム (参考)	2H011 AA05 CA01 2H151 AA10 CB02 CB06 CE33 EB04 2H197 AA22 AA29 BA02 BA04 BA07 BA09 BA10 BA11 CA03 CA07 CB16 CC05 CC16 DB11 DB23 DC02 HA03 HA10 JA17

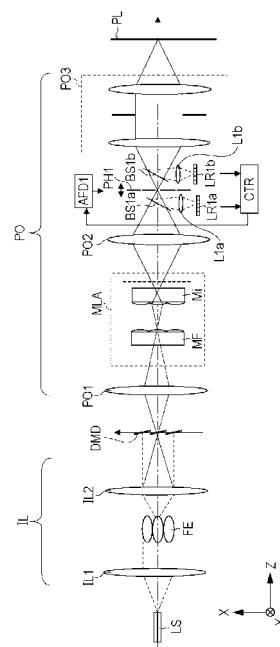
(54) 【発明の名称】露光装置および物品の製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 基板上におけるフォーカス制御を高速に実行することが可能な露光装置を提供すること。

【解決手段】 基板にパターンを形成するための露光光を基板上に投影する投影光学系と、露光光を通過させるための開口を含む遮光部材と、露光光の集光位置と基板との位置ずれを示すデフォーカス量を検出するフォーカス検出部と、フォーカス検出部における検出結果に基づいて遮光部材を投影光学系の光軸方向に移動させる制御部を含むように露光装置を構成する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

基板にパターンを形成するための露光光を基板上に投影する投影光学系と、前記露光光を通過させるための開口を含む遮光部材と、前記露光光の集光位置と前記基板との位置ずれを示すデフォーカス量を検出するフォーカス検出部と、

前記フォーカス検出部における検出結果に基づいて前記遮光部材を前記投影光学系の光軸方向に移動させる制御部を含むことを特徴とする露光装置。

**【請求項 2】**

前記基板において反射された後に前記遮光部材の開口を通過した光束を受光する受光素子をさらに有し、

前記フォーカス検出部は、前記受光素子において受光された光量に基づいて前記デフォーカス量を検出することを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

**【請求項 3】**

前記制御部は、前記受光素子において受光される光量が増加するように、前記遮光部材を移動させることを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。

**【請求項 4】**

前記遮光部材は、前記投影光学系の光路中に配置されることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

**【請求項 5】**

前記遮光部材は、前記デフォーカス量が所定量よりも小さい合焦状態において前記基板と光学的に共役な面に配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

**【請求項 6】**

前記遮光部材は金属により構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

**【請求項 7】**

基板にパターンを形成するための露光光を基板上に投影する投影光学系と、前記露光光の集光位置を変化させる第 1 の遮光部材を含む露光ユニットと、

前記基板において反射された光を通過させるための開口を含む第 2 の遮光部材と、前記第 2 の遮光部材を通過した光束を受光する受光素子を含む光学ユニットを有する露光装置であって、

前記受光素子において受光された光量に応じて、前記第 1 の遮光部材を前記投影光学系の光軸方向に移動させることを特徴とする露光装置。

**【請求項 8】**

基板にパターンを形成するための露光光を基板上に投影する投影光学系と、前記露光光の集光位置を変化させる遮光部材を含む露光ユニットと、

前記基板において反射された光を受光する受光素子を含む光学ユニットを有する露光装置であって、

前記受光素子において受光された光量に応じて、前記遮光部材を前記投影光学系の光軸方向に移動させることを特徴とする露光装置。

**【請求項 9】**

複数の光変調素子を含む光変調部と、

該光変調部に光を照射する照明光学系をさらに有し、

前記光変調部によって反射された光が前記投影光学系に入射されることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

**【請求項 10】**

前記露光光の集光位置と前記基板との位置ずれを示すデフォーカス量を変化させるフォーカス制御が行われた状態で、前記照明光学系によって形成されたスポット光を前記投影光学系を介して前記基板上に投影する露光動作を行い、

10

20

30

40

50

前記基板上の特定の領域に対して前記露光動作を繰り返すことを特徴とする請求項 9 に記載の露光装置。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の露光装置を用いて基板を露光する工程と、前記工程で露光された前記基板を現像する工程と、  
を含むことを特徴とする物品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光装置およびそれを用いた物品の製造方法に関する。 10

【背景技術】

【0002】

原版（マスク）のパターンを、投影光学系を介して感光性の基板に転写する露光装置が知られている。近年、露光装置によって露光される基板の大型化が進み、それに伴い、パターンが形成されるマスクも大型化している。マスクが大型化すると、マスク自体のコストが上昇するとともに、マスクの製造期間が長くなり、マスクの製造コストの上昇につながる。

【0003】

そこで、パターンが形成されたマスクを用いることなく、基板上にパターンを形成することが可能な所謂マスクレス露光装置が注目されている。マスクレス露光装置は、デジタルマイクロミラーデバイス（Digital Micromirror Device：DMD）等の光変調器を用いたデジタル露光装置である。マスクレス露光装置では、DMD により露光パターンに対応する露光光を生成し、露光パターンに対応するパターンデータを基板上に露光することで、マスクを用いることなく基板上にパターンを形成することができる。 20

【0004】

特許文献 1 は、レーザ出射部から出射されたレーザビームを光変調素子の各素子に入射させ、各露光素子により露光状態と非露光状態のいずれかに変調することで、画像データに基づく画像露光を行うマスクレス露光装置を開示している。

【先行技術文献】 30

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2004 - 62155 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 2512 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

マスクレス露光装置では、基板上でのスポット光の強度分布がパターンの解像性能に大きな影響を及ぼす。スポット光の集光位置が基板と垂直な方向にずれることにより、基板上でのスポット光の強度分布にはらつきが生じ、結果としてパターンの解像性能の低下をもたらすおそれがある。スポット光の集光位置と基板面との位置ずれを示すデフォーカスを低減させるフォーカス制御を行うことで、パターンの解像性能を向上させることができる。 40

【0007】

特許文献 2 は、基板を保持する保持部材に設けられた、デフォーカスを検知するための画像処理センサを用いたフォーカス制御方法を開示している。光変調器で反射され投影光学系を透過した光を画像処理センサに結像させ、画像処理センサに結像された光学像のコントラストが高くなるように、光変調器によって反射される光ビームの角度を調節することでフォーカス制御を行っている。

【0008】 50

特許文献 2 のフォーカス制御方法では、基板の保持面を基準としたデフォーカスに対するフォーカス制御を実行することは可能であるが、実際にパターンが形成される基板を基準としたデフォーカスに対するフォーカス制御を実行することは困難である。それゆえ、特許文献 2 におけるフォーカス制御方法では、フォーカス精度を十分に高めることができないおそれがある。また、光学像のコントラストに基づくフォーカス制御を実行するためには比較的長い時間を要するため、高速なフォーカス制御を実現することは困難である。

#### 【0009】

本発明は、基板上におけるフォーカス制御を高速に実行することが可能な露光装置を提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0010】

本発明の露光装置は、基板にパターンを形成するための露光光を基板上に投影する投影光学系と、前記露光光を通過させるための開口を含む遮光部材と、前記露光光の集光位置と前記基板との位置ずれを示すデフォーカス量を検出するフォーカス検出部と、前記フォーカス検出部における検出結果に基づいて前記遮光部材を前記投影光学系の光軸方向に移動させる制御部を含むことを特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【0011】

本発明によれば、基板上におけるフォーカス制御を高速に実行することが可能な露光装置が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0012】

【図 1】第 1 実施形態に係る光学系の構成を示す図である。

【図 2】第 2 実施形態に係る光学系の構成を示す図である。

【図 3】第 3 実施形態に係る光学系の構成を示す図である。

【図 4】本発明に係る基板上の走査露光の概要を示す図である。

【図 5】デフォーカス量と受光素子の検出光量の関係を示す図である。

【図 6】基板における表面高さの変動を示す図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0013】

以下、各図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、本発明は以下の実施形態に限定されるものではなく、以下の実施形態は本発明の具体例を示すにすぎない。本発明の露光装置は、パターンが形成されたマスクを用いることなく、基板上にパターンを形成することが可能な所謂マスクレス露光装置として好適なものである。なお、本発明の露光装置は、パターンが形成されたマスクを用いて基板上にパターンを形成する露光装置にも適用することができる。

#### 【0014】

(第 1 実施形態)

図 1 を用いて、本実施形態に係る照明光学系 IL 及び投影光学系 PO を含む露光装置の構成を説明する。

#### 【0015】

本実施形態では、基板 PL において反射され、投影光学系 PO に設けられたピンホールを通過した光束の光量を検出することにより、スポット光の集光位置と基板 PL 面との位置ずれを示すデフォーカス量の検出を行う。そして、遮光部材としてのピンホールを移動させることにより、検出されたデフォーカス量を変化させるフォーカス制御を行う。

#### 【0016】

本実施形態に係る所謂マスクレス露光装置では、照明光学系 IL から照射された光束を、光変調器の一つである光変調部としてのデジタルマイクロミラーデバイス（以下、DM D と記載する）に入射させる。そして、DM D により露光パターンに対応する露光光を生成し、投影光学系 PO を介して露光光を基板 PL 上に集光させることにより、露光パター

10

20

30

40

50

ンに対応するパターンデータを基板上に露光する。

#### 【0017】

光源LSとしては、半導体レーザやLED(Light Emission Diode)が用いられる。光源の波長は、基板PL上に塗布される感光性レジストの種類により決定される。光源LSの波長は、一般的には300nmから440nm程度である。

#### 【0018】

続いて照明光学系ILの構成について説明する。光源LSから照射された光束は、光学系IL1によりコリメートされ、フライアイレンズFEを照明する。

#### 【0019】

図1中のフライアイレンズFEは、照明光学系ILの光軸(Z軸)と垂直なX軸とY軸を含むXY平面内に配置された9つのレンズセルを含む。9つのレンズセルは、X軸方向に3つ並べて配置され、Y軸方向に3つ並べて配置されている。なお、フライアイレンズFEを構成するレンズセルの数は適宜変更することが可能である。

#### 【0020】

フライアイレンズFEによって光学系IL2に対して略均一に照明された光束は、光学系IL2の作用により、DMDを構成する光変調素子としてのマイクロミラーに結像される。ここで、図1では、DMDに入射された光束がDMDを透過するように描かれているが、実際にはDMDに入射された光束はDMDを構成する各マイクロミラーの反射面により反射される。

#### 【0021】

DMDを構成する複数のマイクロミラーは二次元状に配置されており、各ミラーの反射面の角度はそれぞれ個別に変更可能になっている。これにより、各ミラーに照射される光を露光状態と非露光状態のいずれかに変調することができる。

#### 【0022】

次に、投影光学系POの構成について説明する。DMDを構成するマイクロミラーで反射された光束は、投影光学系POを構成する光学系PO1に入射される。光学系PO1は、光学系PO1に入射された光束をマイクロレンズアレイMLAに集光する作用を持つ。マイクロレンズアレイMLAは、フィールドレンズMFと、フィールドレンズMFからフィールドレンズMFの焦点距離だけ離れた位置にある結像レンズMiから構成される。

#### 【0023】

光学系PO1によってフィールドレンズMFに結像された光束は、結像レンズMiにより再結像される。本実施形態では、結像レンズMiによる再結像点は、結像レンズMiの内部に位置する。再結像点からの光束は光学系PO2により再び結像され、この結像位置に複数の開口を有するピンホールPH1を配置している。ピンホールPH1は投影光学系POの光路中に配置され、ピンホールPH1の各開口は、DMDを構成するマイクロミラーの位置に対応している。ピンホールPH1により小径化されたスポット光は、光学系PO3を介して基板PL上に照射される。

#### 【0024】

ピンホールPH1は例えば金属から構成される。金属は光反射率が高いため、ピンホールPH1の材料として金属を用いることでピンホールPH1の遮光特性を高めることができる。また、ピンホールPH1を誘電体膜によって被膜する構成としても良い。

#### 【0025】

次に、ピンホール及び後述する受光素子を用いた、デフォーカス量の検出方法及びデフォーカス量を変化させるフォーカス制御方法について説明する。

#### 【0026】

はじめにピンホールと受光素子を用いたデフォーカス量の検出方法について説明する。本実施形態では、投影光学系POに含まれる光学系PO2とピンホールPH1の間に、反射部材としてのビームスプリッタBS1aを配置している。ビームスプリッタBS1aにより反射された光束は結像レンズL1aにより受光素子LR1a上に結像される。

#### 【0027】

10

20

30

40

50

上述したように、ピンホール P H 1 を通過したスポット光は、光学系 P O 3 を介して基板 P L 上に集光される。ここで基板 P L 上に集光されたスポット光の一部は、基板 P L により反射され、光学系 P O 3 及びピンホール P H 1 の開口を通過してビームスプリッタ B S 1 a に入射する。ビームスプリッタ B S 1 a に入射された光の一部はビームスプリッタ B S 1 a により反射され、結像レンズ L 1 a により受光素子 L R 1 a 上に結像される。

#### 【 0 0 2 8 】

本実施形態では、受光素子 L R 1 a で受光された光量に基づいて、スポット光の集光位置と基板 P L 面との位置ずれを示すデフォーカス量の推定を行っている。ピンホール P H 1 は、基板 P L 面に対して光学的に共役な面に配置されており、デフォーカス量が所定量よりも小さい合焦状態において、受光素子 L R 1 a で受光される光量が最大となる。一方、所定量以上のデフォーカス量が生じている非合焦状態においてはピンホール P H を通過する光束にケラレが生じ、受光素子 L R 1 a で受光される光量が低下する。

10

#### 【 0 0 2 9 】

合焦状態において受光素子 L R 1 a で検出される最大光量を基準値としてデフォーカス量の推定を行う。具体的には、受光素子 L R 1 a において検出される光量とデフォーカス量との相対関係を予め決定しておくことで、受光素子 L R 1 a において検出される光量からデフォーカス量を推定することができる。例えば、上述した相対関係を制御部 C T R に記憶させ、受光素子 L R 1 a における光量の検出結果を制御部 C T R に入力することで、制御部 C T R はデフォーカス量を検出するデフォーカス検出部として機能する。さらに制御部 C T R は、デフォーカス量を低減させるためのフォーカス制御を実行することができる。

20

#### 【 0 0 3 0 】

次に、フォーカス制御方法の詳細について説明する。本発明ではピンホール P H 1 を投影光学系 P O の光軸方向に移動させることでフォーカス制御を行う。具体的には、受光素子 L R 1 a において検出される光量が増加する方向にピンホール P H 1 を移動させる。ピンホール P H 1 の移動量は、上述した方法で推定されたデフォーカス量と、光学系 P O 3 の焦点距離等により決定される。

20

#### 【 0 0 3 1 】

ピンホール P H 1 はアクチュエータ A F D 1 により駆動され、ピンホール P H 1 の移動量は制御部 C T R からアクチュエータ A F D 1 に入力される。

30

#### 【 0 0 3 2 】

以上説明したように、本実施形態では、受光素子 L R 1 a における光量の検出結果に基づいてフォーカス制御を行う。受光素子 L R 1 a における光量検出は比較的短時間で実行することができるため、本実施形態に係るフォーカス制御を行うことにより、フォーカス制御の高速化を実現することができる。また、受光素子 L R 1 a で検出される光量は、基板 P L 上の露光領域において反射された光束を直接検出したものであるため、受光素子 L R 1 a において検出された光量に基づいてフォーカス制御を行うことで、フォーカス制御の精度を高めることができる。

#### 【 0 0 3 3 】

本実施形態では、比較的軽量なピンホール P H 1 を駆動させることによりフォーカス制御を行っているためフォーカス制御の高速化を実現しやすい。また、デフォーカス量の検出、フォーカス制御及びスポット光の小径化のためにピンホール P H 1 を用いているため、露光装置全体としての構成を簡略化することができる。

40

#### 【 0 0 3 4 】

本実施形態では、複数の受光部が二次元状に配置された受光素子 L R 1 a を用いることを想定している。受光素子 L R 1 a を構成する各受光部はそれぞれ、ピンホール P H 1 の 1 つの開口及び D M D を構成する 1 つのマイクロミラーに対応している。これにより、D M D を構成する 1 つのミラーで反射された光束によって露光される基板上の領域ごとにフォーカス制御を実行することができるため、フォーカス制御の精度を高めることができる。

50

## 【0035】

一方、複数の受光部で個別に光量の検出を行うとフォーカス制御に時間を要するおそれがある。そこで、DMDを構成する1つのマイクロミラーの露光領域における基板PLの表面形状の変化量が十分に小さい場合には、受光素子LR1aを1つの受光部から構成しても良い。これにより、フォーカス制御に要する時間をさらに短縮することができる。

## 【0036】

また、本実施形態では、ピンホールPH1と光学系PO3の間に、ビームスプリッタBS1bをさらに配置している。ビームスプリッタBS1bにより反射された光束は結像レンズL1bにより受光素子LR1b上に結像される。受光素子LR1bによって検出される光量に基づいて、基板PLの表面反射率の変化に伴う受光素子LR1aにおいて検出される光量の基準値の補正を行う。10

## 【0037】

受光素子LR1aにおいて検出される光量の基準値の補正について詳細に説明する。例えば基板PLには種々のレジスト材料が塗布され得るため、塗布されたレジスト材料の種類に応じて基板PLの表面反射率が変化する。基板PLの表面反射率が変化すると、合焦状態において受光素子LR1aで検出される最大光量も変化してしまう。上述したように、本実施形態では、受光素子LR1aで検出される最大光量を基準値としてフォーカス制御を実行しているため、基板PLの表面反射率の変化に伴い基準値を変更する必要がある。20

## 【0038】

基板PLにより反射された光束はピンホールPH1を通過することなく、受光素子LR1bに至る。それゆえ、受光素子LR1bで検出される光量は、基板PLの表面反射率に関わらずほとんど変化しない。つまり、受光素子LR1bにおける検出光量を用いて受光素子LR1aの検出光量を正規化することで、基板PLの表面反射率が変化した場合においてもフォーカス制御の精度を維持することができる。例えば、受光素子LR1aの検出光量と受光素子LR1bの検出光量の比を用いて受光素子LR1aの検出値の正規化を行うことができる。

## 【0039】

## (第2実施形態)

図2を用いて本発明の第2実施形態に係る露光装置について説明する。本実施形態では、照明光学系ILと投影光学系POを含む露光ユニットEUとは別に、スポット光の集光位置と基板PL面との位置ずれを示すデフォーカス量の検出を行うための光学ユニットOUを設けている。なお露光ユニットEUの構成はこれまでの実施形態において説明した構成と同一であるため、露光ユニットEUに関する説明は割愛する。30

## 【0040】

光学ユニットOUには、光源LSB、結像光学系LK1、第2の遮光部材としてのピンホールPH4、結像光学系LK2が含まれる。光源LSBから出射した光束は、結像光学系LK1によりピンホールPH4上に集光され、結像光学系LK2によって基板PL上の位置Aに集光される。

## 【0041】

結像光学系LK1とピンホールPH4の間にはビームスプリッタBS4aが配置され、ビームスプリッタBS4aにより反射された光束は、結像レンズL4aにより受光素子LR4a上に集光される。40

## 【0042】

ピンホールPH4は、デフォーカスが生じたときに、受光素子LR4aにおいて検出される光量が低下するように配置されており、第1実施形態におけるデフォーカス量の検出方法と同様の方法で、本実施形態におけるデフォーカス量の検出が行われる。光学ユニットOUによって検出されたデフォーカス量に関する情報は制御部CTRに送信され、制御部CTRは受信した情報に基づいて、露光ユニットEUに含まれる第1の遮光部材としてのピンホールPH1の駆動信号をアクチュエータAFD1に送信する。アクチュエータA50

F D 1 は受信した駆動信号に基づいてピンホール P H 1 を移動させることでフォーカス制御を実行する。

【 0 0 4 3 】

本実施形態のように、デフォーカス量を検出するための光学ユニット O U を、フォーカス制御を実行するための露光ユニット E U と別のユニットとしてすることで、露光処理のスループットを向上させることができる。

【 0 0 4 4 】

図 2において、基板 P L が X 軸のプラス側からマイナス側に向けて走査露光される場合について説明する。基板 P L 上の露光領域は、光学ユニット O U の投影領域を通過した後に露光ユニット E U の投影領域を通過する。つまり、光学ユニット O U の投影領域を通過したタイミングで検出されたデフォーカス量に基づいてフォーカス制御を実行した上で、露光ユニット E U によって露光処理を実行することができる。フォーカス制御のために基板 P L を停止させることなく走査露光を行うことができるために、フォーカス精度の向上とスループット向上を両立させることができるとなる。

10

【 0 0 4 5 】

( 第 3 実施形態 )

図 3 を用いて本発明の第 3 実施形態に係る露光装置について説明する。本実施形態では、照明光学系 I L と投影光学系 P O を含む露光ユニット E U とは別に、スポット光の集光位置と基板 P L 面との位置ずれを示すデフォーカス量の検出を行うための光学ユニット O U 2 を設けている。なお露光ユニット E U の構成はこれまでの実施形態において説明した構成と同一であるため、露光ユニット E U に関する説明は割愛する。

20

【 0 0 4 6 】

本実施形態と第 2 実施形態との差異は、光学ユニット O U 2 におけるデフォーカス検出方法にある。本実施形態における光学ユニット O U 2 では、基板 P L 上に光束を斜入射させ、基板 P L で反射された光束を受光素子 L R o に集光させることで得られる信号に基づいてデフォーカスの検出を行う。

20

【 0 0 4 7 】

光源 L D D から出射した光束を結像レンズ L O 1 により基板 P L 上に集光し、基板 P L で反射された光束を結像レンズ L O 2 により受光素子 L R o 上に集光させる。デフォーカスが生じたときには、受光素子 L R o 上の集光位置にずれが生じる。フォーカス制御部 C T R D は、受光素子 L R o 上の集光位置のずれ量に基づいてデフォーカス量を決定する。

30

【 0 0 4 8 】

光学ユニット O U 2 によって検出されたデフォーカス量に関する情報は制御部 C T R に送信され、制御部 C T R は受信した情報に基づいて、露光ユニット E U に含まれるピンホール P H 1 の駆動信号をアクチュエータ A F D 1 に送信する。アクチュエータ A F D 1 は受信した駆動信号に基づいてピンホール P H 1 を移動させることでフォーカス制御を実行する。

【 0 0 4 9 】

本実施形態のように、デフォーカス量を検出するための光学ユニット O U 2 を、フォーカス制御を実行するための露光ユニット E U と別のユニットとしてすることで、露光処理のスループットを向上させることができる。本実施形態においても第 2 実施形態と同様に、フォーカス制御のために基板 P L を停止させることなく走査露光を行うことができるために、フォーカス精度の向上とスループット向上を両立させることができるとなる。

40

【 0 0 5 0 】

( 走査露光の概要 )

図 4 は、基板上の走査露光の概要を示す図である。D M D は X Y 平面内に配置された複数のマイクロミラーから構成され、図 4 における各点は、D M D を構成するマイクロミラーによって形成されたスポット光を示している。

【 0 0 5 1 】

図 4 における S x 、 S y は走査露光時の基板 P L の走査方向を示している。基板 P L の

50

走査方向に対してスポット光の配列方向が角度だけ傾くように構成されている。このような構成とすることで、基板PL上を均一に露光することができる。Sy方向に基板が走査される場合には、Sx-Sy座標におけるSx=0に位置する領域は、図4中に黒点で示したように間欠的に複数回にわたって露光される。図4は、基板PL上の特定の露光領域が、スポット光S1、S2、S3、S4、S5において順次露光される様子を示している。

#### 【0052】

各露光タイミングで検出された受光素子における光量に基づいて上述したフォーカス制御が行われる。特定のスポット光Snの照射により受光素子で検出された光量に基づいて、スポット光Sn+1による露光のためのフォーカス制御を実行しても良いし、複数のスポット光の照射により受光素子で検出された光量に基づいてフォーカス制御を実行しても良い。10

#### 【0053】

例えば、スポット光SnからSn+99の各スポット光の照射ごとに受光素子で検出された光量に基づいて、スポット光Sn+100による露光のためのフォーカス制御を実行することができる。

#### 【0054】

基板上の特定の領域に対しての走査露光におけるフォーカス制御方法について図5を用いて説明する。図5において、横軸はスポット光の集光位置と基板面との位置ずれを示すデフォーカス量を表している。縦軸は受光素子における検出光量を表している。以下、実施形態1に係る露光装置におけるフォーカス制御方法について説明する。20

#### 【0055】

図5中の(A)は、フォーカス制御の開始時に受光素子によって検出される光量とフォーカス制御の開始時のデフォーカス量を示している。(A)の段階では、スポット光の集光位置と基板面との位置ずれの方向が不明であるため、ピンホールPH1を光源LS側と基板PL側のいずれかに向けて駆動する。例えば、デフォーカス量がマイナス方向にZ1だけ増大するようにピンホールPHを移動させると、(B)のように受光素子において検出される光量が低下する。この時点で、ピンホールPHを移動させる方向と受光素子における検出光量の増減の関係が判明するため、(C)では、(A)から(B)へのピンホールPH1の駆動方向とは反対方向にピンホールPH1を移動させる。ここで、(B)から(C)へのピンホールPH1の移動量が、(A)から(B)へのピンホールPH1の移動量の2倍となるようにピンホールPH1が駆動される。30

#### 【0056】

以上のようにピンホールPH1の駆動方向を適切に設定することで、高速なフォーカス制御を実現することができる。

#### 【0057】

なお、図5で示したように、フォーカス制御を開始するタイミングではピンホールの駆動方向とデフォーカスの増減との関係が不明であるため、フォーカス制御の開始時にはデフォーカス量が増大する方向にピンホールを移動させてしまうことがある。ただし、図4で示したように、マスクレス露光装置では、基板上の特定の露光領域においてスポット光による露光を複数回にわたって行う多重露光が実行される。そのため、たとえフォーカス制御の開始時にデフォーカス量を増大させるような制御を行ったとしても、初期段階の露光におけるフォーカス制御の精度に影響を与えるのみであり、基板上のパターン形成精度を低下させる可能性は低い。40

#### 【0058】

また、図6に示したように、実際の基板PLの表面高さは緩やかに変化していることが多い。図6は、基板PLにおける表面高さのY軸方向の変動を示している。例えば、Y軸方向の位置Ysにおいては、図4に示した、スポット光S1、S2、S3、S4、S5によって順次走査露光が行われる。また、スポット光S1に着目すると、スポット光S1によってYs、Ys+1、Ys+2、...Yeの各領域の露光が順次行われる。50

## 【0059】

高精度な露光動作を実行するためには、基板の表面高さの変動に合わせてデフォーカス量を低減させるフォーカス制御を行うことが求められる。ただし、図5において説明したように、走査露光の開始タイミングではデフォーカス量を低減するためにピンホールPH1を駆動する方向が定まっていない。

## 【0060】

それゆえ走査露光の開始直後の期間では、フォーカス精度が不十分な状態で露光動作が実行されてしまうおそれがある。図6の例では、スポット光S1による位置Ysでの露光におけるフォーカス精度が不十分なおそれがある。ただし、図5に示したように、継続してフォーカス制御を実行することで、フォーカス精度を高めることが可能である。

10

## 【0061】

具体的には、スポット光S2による露光におけるフォーカス精度は、スポット光S1による露光におけるフォーカス精度よりも低下する可能性がある。しかしながら、スポット光S3による露光におけるフォーカス精度は、スポットS1やS2による露光におけるフォーカス精度よりも向上させることができることである。

## 【0062】

このように基板PL上の特定の領域においてスポット光による露光を繰り返し行う多重露光を実行することで、高精度なパターン形成が可能となる。これは、フォーカス精度が不十分な状態で露光される露光量の多重露光全体の露光量に占める割合が小さいからである。

20

## 【0063】

## (変形例)

各実施形態では、フォーカス制御のためにピンホールPH1を一体的に移動させているが、個別に駆動可能な複数の部材によりピンホールPH1を構成しても良い。例えば、開口を有する部材を複数配置して、フォーカス制御に際して基板PL上の領域に対応する部材を移動させることで、フォーカス精度を高めることができる。

## 【0064】

## (物品の製造方法)

本発明の実施形態にかかる物品の製造方法は、例えば、半導体デバイス等のマイクロデバイスや微細構造を有する素子等の物品を製造するのに好適である。本実施形態の物品の製造方法は、基板に塗布された感光剤に上記の露光装置を用いて潜像パターンを形成する工程(基板を露光する工程)と、かかる工程で潜像パターンが形成された基板を現像する工程とを含む。さらに、かかる製造方法は、他の周知の工程(酸化、成膜、蒸着、ドーピング、平坦化、エッティング、レジスト剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージング等)を含む。本実施形態の物品の製造方法は、従来の方法に比べて、物品の性能・品質・生産性・生産コストの少なくとも1つにおいて有利である。

30

## 【0065】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されることはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

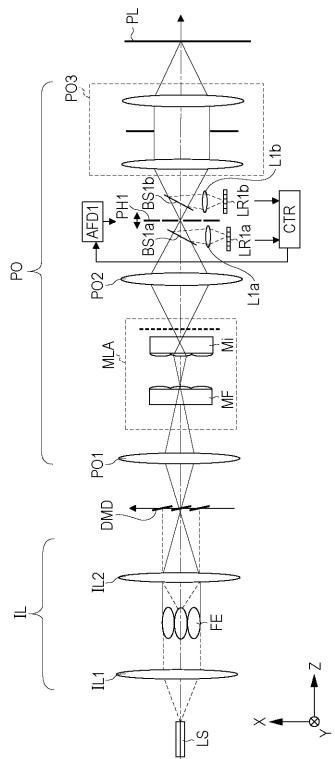
40

## 【符号の説明】

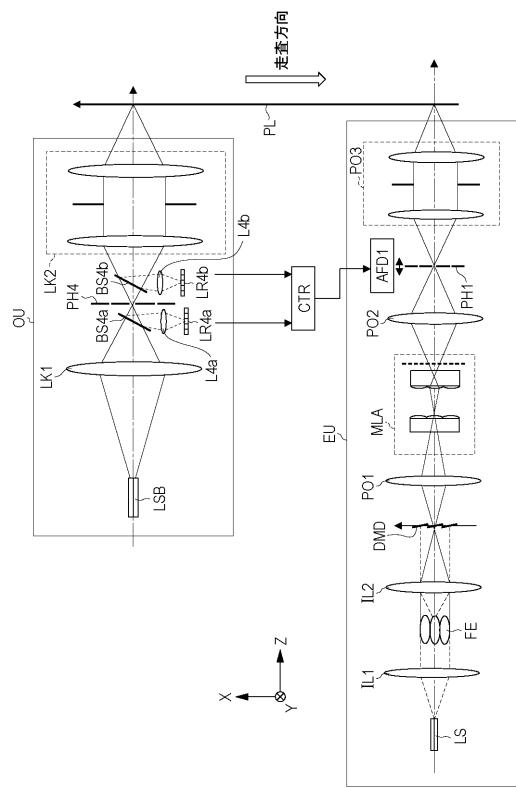
## 【0066】

- P O 投影光学系
- P L 基板
- PH1 遮光部材
- LR 受光素子
- CTR 制御部

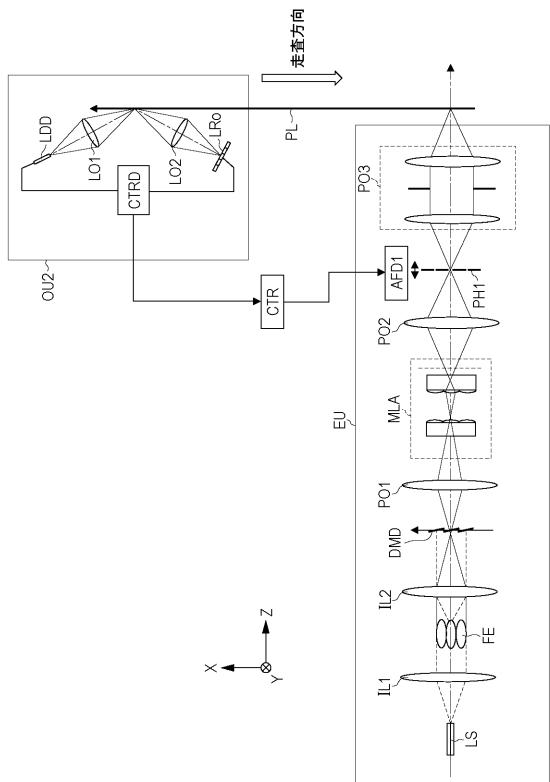
【図 1】



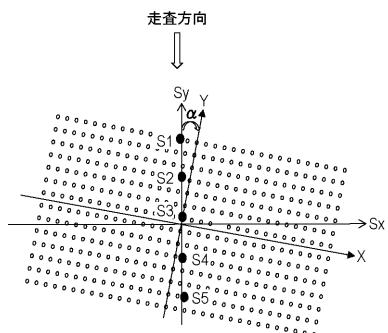
【図 2】



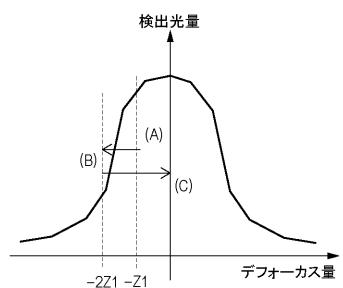
【図 3】



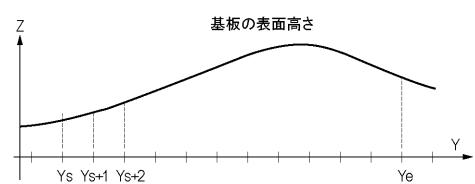
【図 4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

(51) Int.Cl.

F I

G 0 3 B 13/36

G 0 2 B 7/28

テーマコード(参考)

M