

(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2006-303196

(P2006-303196A)

(43) 公開日 平成18年11月2日(2006.11.2)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H 0 1 L 21/027 (2006.01)</b>	H 0 1 L 21/30 5 1 6 C	5 F 0 4 6
	H 0 1 L 21/30 5 2 5 R	

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2005-123006 (P2005-123006)	(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17年4月20日(2005.4.20)	(74) 代理人	100110412 弁理士 藤元 亮輔
		(72) 発明者	宮春 隆文 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
		(72) 発明者	塩澤 崇永 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
		Fターム(参考)	5F046 BA04 CB26 DA01 DB01 DC05 ED01 FA10 FA17 FB09

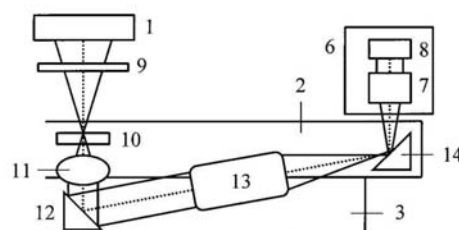
(54) 【発明の名称】 測定装置及びそれを有する露光装置

(57) 【要約】

【課題】 露光装置において新たなスペースを必要せず  
に有効光源分布を測定可能な測定装置及びそれを有する  
露光装置を提供する。

【解決手段】 光源からの光を使用してレチクルを照明  
する照明光学系と、前記レチクルを搭載して駆動するレ  
チクルステージと、前記レチクルのパターンを被露光体  
上に転写する投影光学系とを有する露光装置において、  
レチクル面における前記光の入射角度分布としての有効  
光源分布を測定するための測定装置であって、前記照明  
光学系を経た光を案内するリレー光学系と、当該リレー  
光学系を収納し、前記レチクルステージに前記レチクル  
の代わりに搭載される筐体とを有することを特徴とする  
測定装置を提供する。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

光源からの光を使用してレチクルを照明する照明光学系と、前記レチクルを搭載して駆動するレチクルステージと、前記レチクルのパターンを被露光体上に転写する投影光学系とを有する露光装置において、レチクル面における前記光の入射角度分布としての有効光源分布を測定するための測定装置であって、

前記照明光学系を経た光を案内するリレー光学系と、

当該リレー光学系を収納し、前記レチクルステージに前記レチクルの代わりに搭載される筐体とを有することを特徴とする測定装置。

**【請求項 2】**

前記露光装置は、前記レチクルと前記被露光体との位置合わせに使用されるアライメントマークを観察可能なアライメントスコープを更に有し、

前記リレー光学系は、前記照明光学系を経た前記光を前記アライメントスコープに案内することを特徴とする請求項 1 記載の測定装置。

**【請求項 3】**

前記リレー光学系は、

前記光をピンホールに透過するピンホール部材と、

前記ピンホールを通過した前記光から空中瞳像を生成するフーリエ変換光学系とを有することを特徴とする請求項 1 記載の測定装置。

**【請求項 4】**

前記フーリエ変換光学系の射出端は前記アライメント光学系の撮像部と共役であることを特徴とする請求項 3 記載の測定装置。

**【請求項 5】**

前記ピンホールは前記アライメント光学系の撮像部と共役であることを特徴とする請求項 3 記載の測定装置。

**【請求項 6】**

前記筐体は、前記レチクルステージの走査方向の駆動と、前記レチクルステージ面で前記走査方向と垂直方向に駆動可能な前記アライメント光学系を用いて測定位置に駆動することを特徴とする請求項 2 記載の測定装置。

**【請求項 7】**

前記ピンホールを経た光を平行光にするレンズを更に有することを特徴とする請求項 3 記載の測定装置。

**【請求項 8】**

前記筐体は、前記レチクルと前記被露光体との位置合わせに使用されるアライメントマークを有することを特徴とする請求項 1 記載の測定装置。

**【請求項 9】**

前記筐体は、前記レチクルを搬送する搬送系によって搬送可能であることを特徴とする請求項 1 記載の測定装置。

**【請求項 10】**

前記レチクルステージは測定像高を可変にするように前記リレー光学系を駆動することを特徴とする請求項 1 記載の測定装置。

**【請求項 11】**

前記測定装置は、

前記光を分割するビームスプリッターと、

平面偏光を生成する検光子とを更に有することを特徴とする請求項 1 記載の測定装置。

**【請求項 12】**

前記アライメント光学系は、

前記光を分割するビームスプリッターと、

平面偏光を生成する検光子とを更に有することを特徴とする請求項 2 記載の測定装置。

**【請求項 13】**

10

20

30

40

50

前記ピンホールは走査方向に長いスリット状であることを特徴とする請求項 3 記載の測定装置。

【請求項 1 4】

前記測定装置は、前記有効光源分布を撮像する撮像素子を更に有し、

前記リレー光学系は前記照明光学系を経た前記光を前記撮像素子に案内することを特徴とする請求項 1 記載の測定装置。

【請求項 1 5】

光源からの光を使用してレチクルを照明する照明光学系と、前記レチクルのパターンを被露光体上に転写する投影光学系とを有する露光装置において、前記光のレチクル面における入射角度分布としての有効光源分布を測定するための測定装置であって、

10

前記照明光学系を経た前記光を幾何光学と波動光学のボケにより決定される所定の径のピンホールに透過するピンホール部材と、

前記ピンホールを経た前記光を偏向する偏向部材とを有することを特徴とする測定装置

。

【請求項 1 6】

請求項 1 乃至 1 5 のうちいずれか一項の測定装置を有する露光装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 乃至 1 5 のうちいずれか一項に記載の測定装置によって得られた前記照明光学系の第 1 の有効光源分布と、前記レチクルなしに前記投影光学系を経た前記光による前記被露光体面での瞳面照度分布測定から得られた第 2 の有効光源分布から投影光学系の瞳透過率分布を計算するステップと、

20

前記計算ステップの結果と前記第 1 又は第 2 の有効光源分布を利用して像性能を計算するステップと、

前記像性能を利用して前記有効光源分布及び / 又は前記投影光学系を調整するステップと、

調整された前記有効光源分布及び / 又は前記投影光学系に基づいて前記被露光体を露光するステップとを有することを特徴とする露光方法。

【請求項 1 8】

前記照明光学系が前記レチクルを照明する照明条件が設定又は変更されたかどうかを判断するステップと、

30

前記判断ステップが前記照明条件が設定又は変更されたと判断した場合に前記瞳透過率分布計算ステップと、前記像性能計算ステップと、前記調整ステップを実行することを特徴とする請求項 1 7 記載の露光方法。

【請求項 1 9】

請求項 1 6 記載の露光装置を用いて被露光体を露光するステップと、

露光された前記被露光体を現像するステップとを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、一般には、測定装置に係り、特に、被照明面における入射角度分布又は配向特性（「有効光源」や「分布」ともいう。）の測定装置に関する。ここで、照明系の有効光源分布の測定は、分布測定と照明光束の重心測定の両方を含む趣旨である。

【背景技術】

【0002】

フォトリソグラフィ（焼き付け）技術を用いて微細な半導体素子を製造する際に、レチクル（マスク）に描画された回路パターンを投影光学系によってウェハ等に投影して回路パターンを転写する投影露光装置が従来から使用されている。

【0003】

近年の電子機器の小型化及び薄型化の要請から、電子機器に搭載される半導体素子の微

50

細化への要求はますます高くなってきている。また、高品位な露光を行うためには、レチクルパターンに応じて最適な有効光源を形成する必要がある。有効光源分布は、例えば、ハエの目レンズの射出面近傍の強度分布を所望の形状（通常照明条件、輪帯照明条件、四重極照明条件）に調整することで実現している。また、投影光学系のNA、コヒーレンスファクター（照明光学系のNA / 投影光学系のNA）及び有効光源を制御し、様々な特性に最適な設定をする投影露光装置が要求されている。

【0004】

コヒーレンスファクターを制御するためには、有効光源分布自体をより精度よく測定する必要がある。有効光源分布は、レンズの入射瞳面上での照度分布を測定することで求まる。有効光源分布の測定により、像性能の非対称性を引き起こす、入射瞳面上での照明光束の重心、いわゆるテレセントリシティの測定も可能である。

10

【0005】

従来 of 瞳面の照度分布を測定する方法としては、例えば、特許文献1乃至4がある。

【特許文献1】特許第2928277号明細書

【特許文献2】特開2000-19012号公報（第5頁、図2）

【特許文献3】特開平5-74687号公報

【特許文献4】特開2002-110540号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

20

上述の従来 of 測定方法は、レチクル面やウェハ面相当にレチクルなどに加えてミラーや集光光学系、リレー光学系、撮像光学素子などの測定装置を配置する必要がある。しかし、露光装置に新たなスペースを確保するのは困難でコストアップを招く。また、かかる測定方法は、液浸露光装置にも適用可能でなければならない。

【0007】

本発明は、露光装置において新たなスペースを必要せず to 有効光源分布を測定可能な測定装置及びそれを有する露光装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一側面としての測定装置は、光源からの光を使用してレチクルを照明する照明光学系と、前記レチクルを搭載して駆動するレチクルステージと、前記レチクルのパターンを被露光体上に転写する投影光学系とを有する露光装置において、レチクル面における前記光の入射角度分布としての有効光源分布を測定するための測定装置であって、前記照明光学系を経た光を案内するリレー光学系と、当該リレー光学系を収納し、前記レチクルステージに前記レチクルの代わりに搭載される筐体とを有することを特徴とする。

30

【0009】

本発明の別の側面としての測定装置は、光源からの光を使用してレチクルを照明する照明光学系と、前記レチクルのパターンを被露光体上に転写する投影光学系とを有する露光装置において、前記光のレチクル面における入射角度分布としての有効光源分布を測定するための測定装置であって、前記照明光学系を経た前記光を幾何光学と波動光学のボケにより決定される所定の径のピンホールに透過するピンホール部材と、前記ピンホールを経た前記光を偏向する偏向部材とを有することを特徴とする。

40

【0010】

上述の測定装置を有する露光装置も本発明の一側面を構成する。

【0011】

本発明の別の側面としての露光方法は、上述の測定装置によって得られた前記照明光学系の第1の有効光源分布と、前記レチクルなしに前記投影光学系を経た前記光による前記被露光体面での瞳面照度分布測定から得られた第2の有効光源分布から投影光学系の瞳透過率分布を計算するステップと、前記計算ステップの結果と前記第1又は第2の有効光源分布を利用して像性能を計算するステップと、前記像性能を利用して前記有効光源分布及

50

び / 又は前記投影光学系を調整するステップと、調整された前記有効光源分布及び / 又は前記投影光学系に基づいて前記被露光体を露光するステップとを有することを特徴とする。

【0012】

上述の露光装置を用いて被露光体を露光するステップと、露光された前記被露光体を現像するステップとを有することを特徴とするデバイス製造方法も本発明の別の側面を構成する。

【0013】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下、添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、露光装置において新たなスペースを必要せずに有効光源分布を測定可能な測定装置及びそれを有する露光装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、添付図面を参照して、本発明の様々な実施例の露光装置について説明する。かかる露光装置はサブミクロンやクォーターミクロン以下のリソグラフィ用のステップアンドスキャン方式の投影露光装置であるが、本発明はステップアンドリピート方式の露光装置にも適用可能である。

【実施例1】

【0016】

図1は、実施例1の露光装置の概略断面図である。図中の1は、照明光学系である。レーザーからの光を照明光学系1でリレーし、所望の照度分布でレチクル面に入射する。レチクル2の下には、レチクル面へのゴミ付着防止のために、透明薄膜のペリクル3が装着されている。レチクル2はレチクルステージ2aに搭載及び駆動される。

【0017】

レチクル2を通過した光は、縮小投影光学系4を通り、ウェハ5に結像される。レチクル2の位置決めやフォーカス調整を行うために、レチクル面に形成されたマークを観察する装置（アライメントスコープ）6が備えてある。レチクル面観察装置6は、光学系7と撮像光学素子8を含む。光学系7は、対物レンズ、リレーレンズ、倍率可変のエレクトーレンズから構成され、撮像光学素子8は2次元CCDカメラを使用する。

【0018】

実施例1は、上記構成を利用して有効光源分布を測定する。通常のレチクルの代わりに、レチクル2とペリクル3の大きさに相当する工具を搬送する。工具はレチクル2とペリクル3が除去された空間に配置されるために余分なスペースを必要としない。図2は、工具の部分拡大横断面図であり、レチクル2とペリクル3の大きさに相当する筐体に光学系が収納されていることが理解される。また、かかる筐体はレチクルステージ上に載置されて駆動可能である。

【0019】

本実施例では、筐体をレチクル2とペリクル3に相当する厚さに抑えるために、後述する平行レンズ11を入れて平行ビームとし、方向変換素子12を用いて光を折り曲げている。また、工具は、レチクルステージ2a及びアライメントスコープ6の駆動機構を利用しているため、工具独自の駆動機構を必要としない。

【0020】

光源から照明光学系1でリレーされた光束を、レチクル面での照明領域を制限するマスキングブレード9で必要領域に絞り、ピンホール10に入射する。ピンホール10の位置は、スペースの関係でレチクル面相当から多少デフォーカスしてもよい。ピンホール10を透過した光束は、平行レンズ11により、ほぼ平行ビームとなる。ミラーやプリズムのような方向変換素子12により、平行ビームとなった照明光をフーリエ変換光学系13へ

10

20

30

40

50

入射する。レチクル面観察装置 6 の観察面相当となる位置に、フーリエ変換光学系 13 により空中瞳像を作成し、それを概共役関係にある撮像光学素子 8 に結像し、画像処理により光量分布を測定する。この光量分布と撮像光学素子 8 での観察径から、座標計算を行うことで照明系の有効光源分布に変換する。実施例 1 は撮像光学素子 8 で像を観察しているが、ピンホール 10 の位置と撮像光学素子 8 の観察位置は結像関係でもよい。

#### 【0021】

照明光をマスキングブレード 9 により絞ることで、迷光（不要光）の影響を少なくしている。マスキングブレード 9 の開口は、ピンホール 10 への入射光が蹴られない程度で可能な限り小さく設定することが望ましい。ピンホール 10 は、Cr 面にエッチングをして作成されている。Cr 面の大きさと濃度は、マスキングブレード 9 で絞った照明光から迷光が漏れない程度が好ましい。しかし、少なからず残る Cr 面透過率を抑えるために、ピンホール 10 の周りに穴の開いた板金虎穴部材のメカ遮光を備えている。

10

#### 【0022】

ピンホール 10 の径は、十分な分解能にて照度分布を測定できる程度に大きいことが望ましい。分解能を決める要素として、分布のボケと撮像光学素子の解像力が考えられる。ここで、図 3 を用いて分布のボケについて説明する。図 3 は、照明光学系のハエの目レンズ 15 から、コンデンサーレンズ 16 によって集光されてレチクル面相当にあるピンホール 17 までの照明光束の光学系を簡単に示している。図 3 には、ハエの目レンズ 15 を射出する一定の角度を持った光線が描かれている。ハエの目レンズ 15 を透過する照明光学系では、レチクル面のある 1 点での照明光は離散的な角度分布特性を持つ。この角度分布特性は、ハエの目レンズ 15 の構成によって決まる。ハエの目レンズ 15 の外径 18 を L、ハエの目レンズ 15 を構成する個々の微小レンズの外径 20 を S、外径 L の半分に相当する照明系開口数 19 を I11NA、レチクル面での照明光の開口数間隔 21 を P とすると、P は次式で表される。

20

#### 【0023】

##### 【数 1】

$$P = 2 \times I11NA \times S / L$$

#### 【0024】

ピンホール 17 を通過した離散的な角度分布特性を持つ照明光は、回折による拡がり角、つまりエアリーディスク 22 を持つ。このエアリーディスク 22 の第 1 零点半径に相当する拡がり角 23 を A とすると、A は波長 とピンホールの直径 を用いて次式で表される。

30

#### 【0025】

##### 【数 2】

$$A = 3.83 \times \lambda / \phi / \pi$$

#### 【0026】

ハエの目レンズ 15 を透過した個々の光束は、それぞれ回折による影響を受けるので、次式を満たすピンホール径を使用することで、個々のハエの目レンズからの光束を波動光学的に分離して測定できる。

40

#### 【0027】

##### 【数 3】

$$P > 2 \times A$$

#### 【0028】

有効光源分布測定にレンズ系を使用する際には、収差によるボケも考慮する必要がある。照明系開口数 19 に相当する撮像光学素子 8 の観測範囲半径を H、収差による RMS ス

50

ポット直径を  $D$  とすると、 $D$  は次式を満たすことで、個々の光束を幾何光学的に分離できる。

【0029】

【数4】

$$D < 2 \times H \times S / L$$

【0030】

また、これらの項目以外にも、撮像光学素子に入射する光量や撮像光学素子の解像力も視野に入れておくことが望ましい。

10

【0031】

これらの式を用いることで、所望の分解能のピンホール径が設定可能である。ピンホール径の設定には、ハエの目レンズからの光束を分離して測定したり、ボケ量を最初に規定してピンホール径を設定したりする目的がある。また、撮像光学素子8のダイナミックレンジを考慮すると、ハエの目レンズからの光束1つ1つが分離しないほうがよい場合もある。実施例1は、ピンホール10の直径を  $50 \mu\text{m}$  に設定している。レンズ系の収差によるボケを抑えるために、レンズ系のディストーションの許容値を緩くして、画像処理のソフトによりディストーションの補正を行っている。

【0032】

上述のピンホール径の決定方法は、ピンホールを使用する露光装置の瞳面照度分布測定全般に適用することができる。

20

【0033】

レチクル面での照明光は、照明条件によるが最大で  $NA0.25$  から、液浸露光装置では  $NA0.35$  までを考慮している。レチクルとベリクルの大きさに工具を納めるためには、ピンホール10を透過した照明光の有効径の拡がりを抑える必要がある。そのため、実施例1は、ピンホール10を透過した照明光を平行ビームにするための平行レンズ11を備えている。尚、平行レンズを使用する以外にも、曲率を持った方向変換素子を使用することが考えられる。

【0034】

図4は、有効光源分布測定用の工具をレーザー入射側から見た平面図である。本実施例は、2本のレチクル面観察系を有するが、1本でも良い。24の範囲内がレチクル面相当の大きさである。光学系25bが図2で示した工具を横から見た形状であり、軸上の照明系有効光源分布を測定する。光学系25aと25cは、それぞれ軸外の照明系有効光源分布を測定するための光学系である。光学系25は、照明光を入射するピンホール26と、照明光をレチクル面観察装置6へ入射するための射出位置27を含んでいる。

30

【0035】

本実施例では、レチクルを支えるレチクルステージがスキャン方向である図4中のY方向に駆動する。また、レチクル面観察装置6は、X方向の駆動が可能である。工具内にピンホール10や光学系25が納まっているため、これらの2次元駆動を使用することで工具を測定位置まで導くことができる。

40

【0036】

工具を測定位置まで駆動する方法として、スキャンにより光源を探す方法とアライメントマークを搭載する方法が考えられる。スキャンによる光源の探索では、測定までに時間が必要となる。アライメントマークを搭載すると、再現性が良いため、常に指定した座標により照度分布の測定が可能となる。

【0037】

光学系25はX方向に駆動可能であり、必要な像高の照明系有効光源分布が測定できる。光学系25に全て同じ光学系を使用すれば  $180^\circ$  回転しても同様に使用可能となる。これにより、レチクル面観察装置6の光学系7と工具の光学系25をそれぞれキャリブレーションすることができる。

50

## 【0038】

実施例1では、フーリエ変換光学系13の空中瞳像をほぼテレセンに設計している。よって、レチクル面観察装置6の観測位置でほぼ平行ビームとなるため、フォーカスズレによる大きさの計測誤差を抑えることができる。また、既知の開口絞り等で、撮像光学素子8で観察できる分布の絶対値の大きさや撮像光学素子8の中心位置の算出、ディストーションなどの光学系の収差を補正する。

## 【0039】

レチクル面観察装置6は、観測位置のデフォーカスが可能である。観測位置をデフォーカスして瞳面照度分布を2点以上測定し、その重心ズレを求めることで、照明光束の傾き測定となる。この結果はレチクル面での照明光束の傾きなので、そこから投影光学系のテレセン度を引くことで、いわゆるテレセン度となる。勿論、あらかじめ各像高毎に撮像光学素子の基準位置を測定しておけば、ベストフォーカスの測定のみで照明光束の傾きとなる。

## 【0040】

工具やレチクル面観察装置6内にビームスプリッターや検光子を入れ、それを切り替えることで、偏光照明時の偏光成分毎の有効光源分布を測定することができる。

## 【0041】

本実施例の構成を応用して、スキャンに相当する照明系有効光源分布の測定が可能である。ステップアンドスキャン方式投影露光装置において、ウェハで結像される各位置の照度分布は、照明スリット全体を通してスキャンされたものになる。スキャン有効光源分布は、静止有効光源分布とは異なる。よって、スキャンに相当する実際の有効光源分布を測定することは重要である。

## 【0042】

スキャン有効光源分布は、ピンホールの代わりにスキャン方向に長いスリットを用いることで測定することができる。得られた照度分布をスキャン方向に積算することで、実際のスキャン有効光源分布となる。照明領域よりスキャン方向に長いスリットを用いれば、一括でスキャン有効光源分布を測定することも可能である。

## 【0043】

本実施例で測定される照明系の有効光源分布は、照明光学系の調整や補正に利用できる。測定結果は、レチクル面観察装置6で出力されるため、露光装置本体とのキャリブレーションは容易である。ウェハ面での有効光源分布と、本実施例でのレチクル面での有効光源分布を比較することで、投影光学系の透過率測定が可能である。

## 【実施例2】

## 【0044】

次に、本発明による撮像光学素子も備えた有効光源分布測定工具を使用して、照明系の有効光源分布を測定する実施例2を示す。実施例2は、工具が撮像光学素子も備えている点で実施例1と異なり、レチクル面観察装置6を使用しないで有効光源分布測定を行う。

## 【0045】

本実施例では、通常のリチクルの代わりに、リチクル2とペリクル3の大きさに相当する、ピンホールと光学系と撮像光学素子を搭載した工具を搬送する。図5に、かかる工具の横断面図を示す。光源から照明光学系1でリレーされた光束を、レチクル面での照明領域を制限するマスキングブレード9で必要領域に絞り、ピンホール10に入射する。ピンホール10を透過した光束は、平行レンズ11により、ほぼ平行ビームとなる。ミラーやプリズムのような方向変換素子12により、平行ビームとなった照明光をフーリエ変換光学系13へ入射する。フーリエ変換光学系13により照明光学系の射出瞳面上の照度分布と等価な光源像を形成し、撮像光学素子28により有効光源分布測定を行う。

## 【0046】

本実施例は、データの通信手段として無線通信を使用する。撮像光学素子28により得られたデータを、無線通信装置29を利用して本体上に直接送ることが可能である。

## 【実施例3】

10

20

30

40

50



## 【0047】

本発明の実施例3は、実施例1及び2で得られた有効光源分布を用いて、照明系の調整や像性能の評価を行う。かかる方法のフローチャートを図6に示す。始めに、最適化を行う照明条件を決定し、 $\gamma = 1$ の大きさを規定するために、 $\gamma = 1$ の照明系条件設定を行う（ステップ1002）。次に、上述の工具を搬送して（ステップ1004）照明系の有効光源分布を測定し（ステップ1006）、その後工具を搬出する（ステップ1008）。

## 【0048】

次に、レチクル2とペリクル3が取り除かれた状態で瞳面照度分布が測定される（ステップ1010）。なお、ステップ1010は、液浸露光装置では、露光用と計測用の2つのウェハステージを設けている。このため、露光中に測定用のステージ駆動して計測を行うことができ、スループットの向上を図っている。また、本実施例は、露光用ウェハステージは液浸であるが、計測用ステージは液浸にはしていない。このため、ガラスにCrでエッチングしたピンホールを使用しても、液浸液に対するCrの濃度や耐久性の問題を解決することができる。

## 【0049】

ステップ1006と1010の結果から、投影光学系の瞳透過率分布の計算をする（ステップ1012）。また、本体上での投影光学系の収差測定も同時に行う（ステップ1014）。

## 【0050】

レチクル面又はウェハ面での有効光源分布と、投影光学系の瞳透過率分布、投影光学系の収差、投影光学系の開口数、使用するレチクルパターン、使用する波長から像性能を計算する（ステップ1016）。目標とする像性能との比較を行い（ステップ1018）、規格外であれば有効光源分布や投影光学系の収差、投影光学系の開口数の調整を行う（ステップ1020）。目標とする像性能との比較は、CD均一性やHV差、OPE計算などを含んでいる。2度目以降の調整は、敏感度の計算をすることで効率良く目標値に向かうことができる。目標とする像性能との比較から、像性能が規格内であれば調整完了となる（ステップ1022）。これら一連の調整作業が自動で行われることが望ましい。また、投影光学系の瞳透過率や収差は、本体上で測定しなくても、予め装置組立て時に測定しておいて、そのデータを計算に用いてもよい。

## 【0051】

本実施例により、短時間で照明系の有効光源分布や投影光学系の収差の調整を行うことができる。また、照明系や投影系などのユニット単体ではなく、照明系と投影系を合わせた露光装置全体の最適化となるため、実際にウェハを露光する際に好適なものとなる。

## 【実施例4】

## 【0052】

次に、図7及び図8を参照して、上述の露光装置を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図7は、デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ1（回路設計）では、デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ3（ウェハ製造）では、シリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ4（ウェハプロセス）は、前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いて本発明のリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ5（組み立て）は、後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、それが出荷（ステップ7）される。

## 【0053】

図8は、ステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11（

10

20

30

40

50

酸化)では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ12(CVD)では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ13(電極形成)では、ウェハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ14(イオン打ち込み)では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ16(露光)では、露光装置によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ17(現像)では、露光したウェハを現像する。ステップ18(エッチング)では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。かかるデバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。このように、露光装置を使用するデバイス製造方法、並びに結果物としてのデバイスも本発明の一側面を構成する。

10

#### 【0054】

上述の実施例によれば、新たなスペースを必要とせずに有効光源分布を測定できる。これらの実施例は正確な有効光源分布測定手段を持たない既存の露光装置にも適用可能である。これらの実施例によれば、ピンホールを透過する光束のボケを幾何光学や波動光学から計算し補正することで、本来の有効光源分布の測定ができる。撮像光学素子の観測位置で照明光はほぼテレセンに設計されているため、撮像光学素子への入射感度特性が小さく従来よりも正確に測定することができる。

#### 【0055】

これらの実施例により得られた照明系有効光源分布を利用することで、有効光源分布から求められるコヒーレンスファクターやテレセントリシティを調整する際の指標とすることができる。得られた照度分布を結像シミュレーションに用いることで、像性能の評価を行うことが可能となる。他にも、回折光学素子を設計する際の照明系照度分布として実測データを直接使用することができる。

20

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0056】

【図1】本発明の一側面としての露光装置の概略断面図である。

【図2】本発明の実施例1に適用可能な照度分布測定用の工具の横断面図である。

【図3】図2に示すピンホールの径の設定条件を表す模式図である。

【図4】図2に示す工具の平面図である。

30

【図5】本発明の実施例2に適用可能な照度分布測定用の工具の横断面図である。

【図6】本発明の実施例3における調整及び収差補正方法のフローチャートである。

【図7】デバイス(ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等)の製造を説明するためのフローチャートである。

【図8】図7に示すステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。

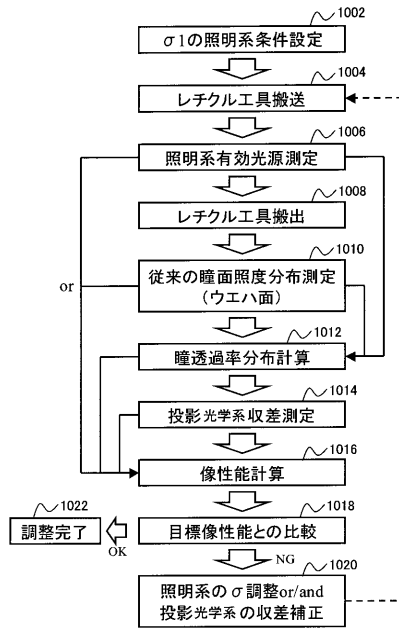
#### 【符号の説明】

#### 【0057】

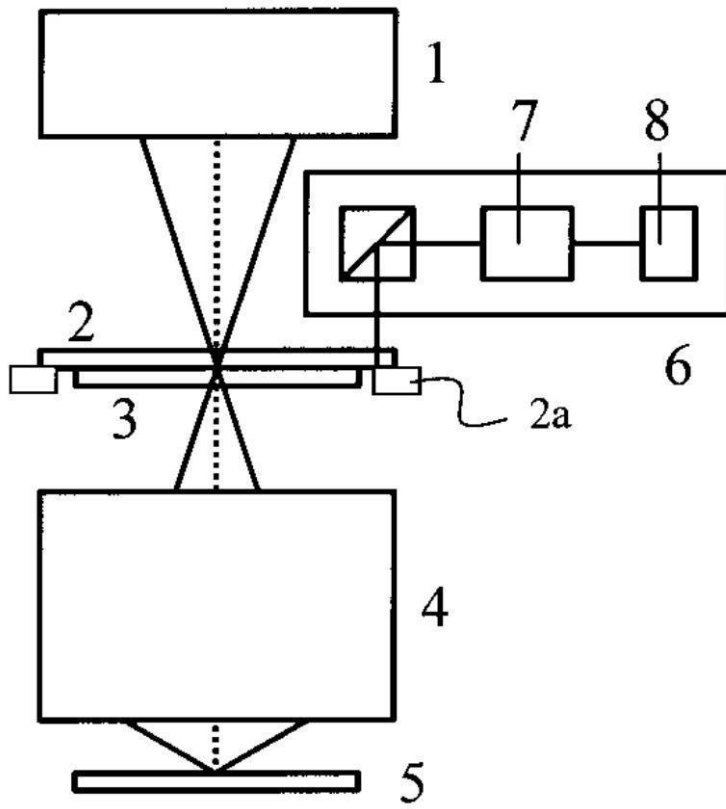
- 1 照明光学系
- 2 レチクル
- 2 a レチクルステージ
- 4 投影光学系
- 5 ウェハ(被露光体)
- 6 レチクル面観察装置(アライメントスコープ)
- 10 ピンホール

40

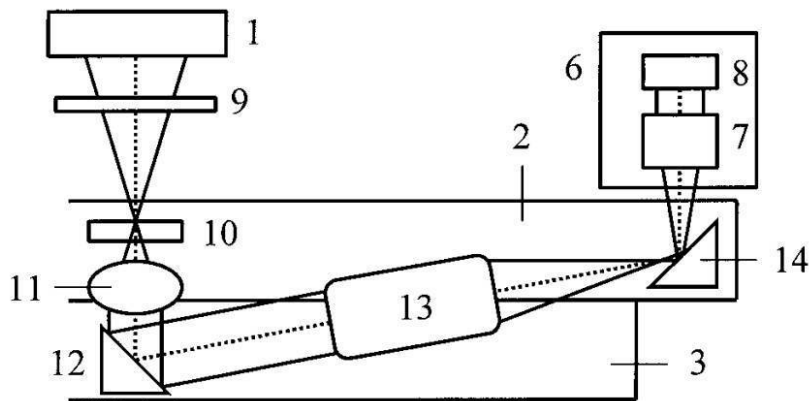
【図 6】



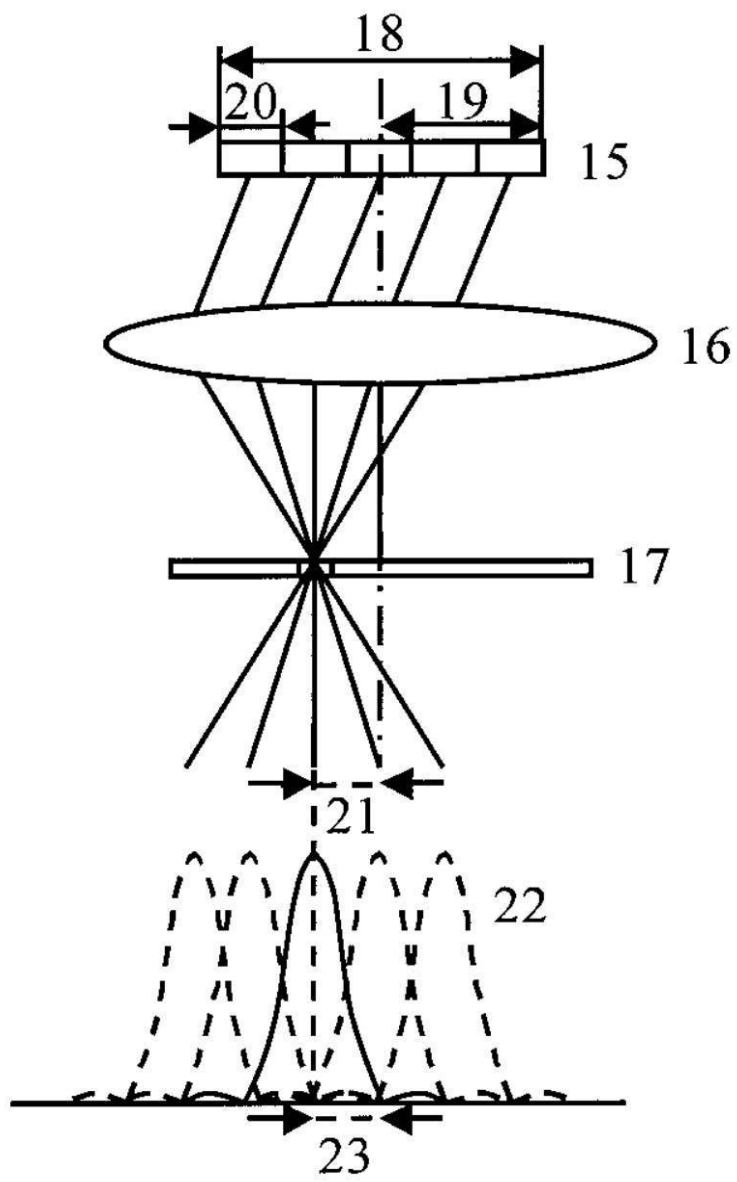
【図 1】



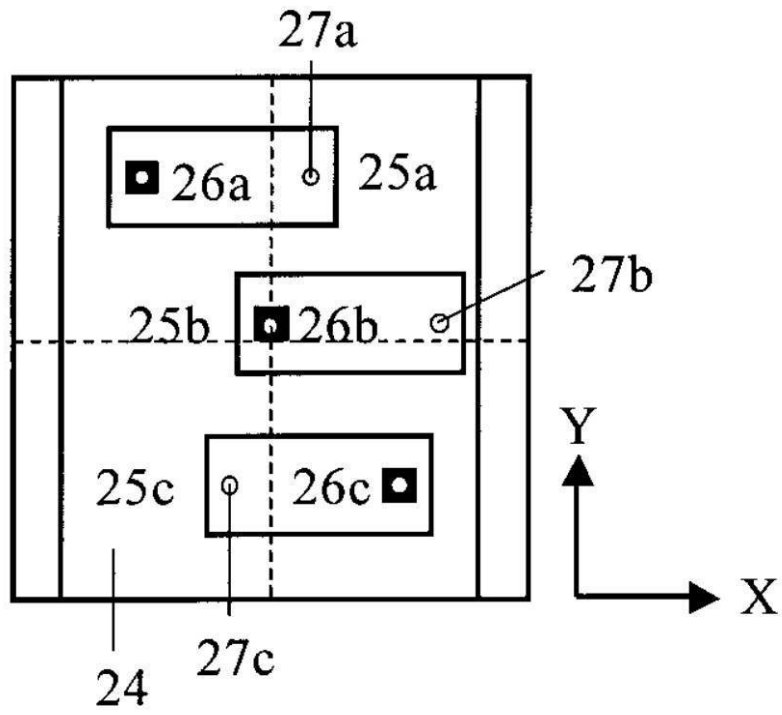
【図 2】



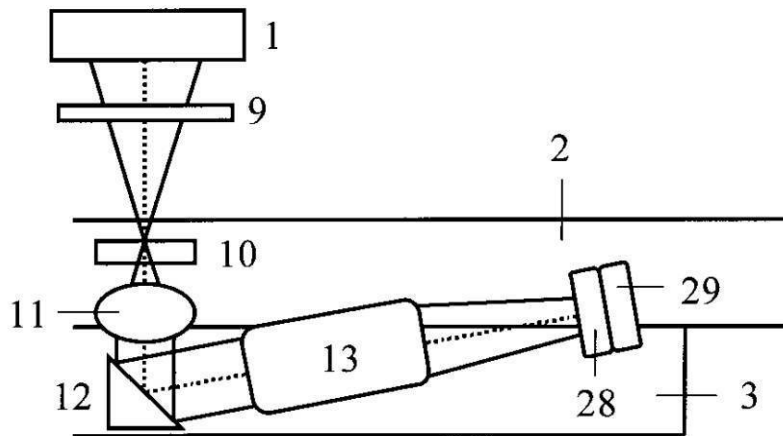
【 図 3 】



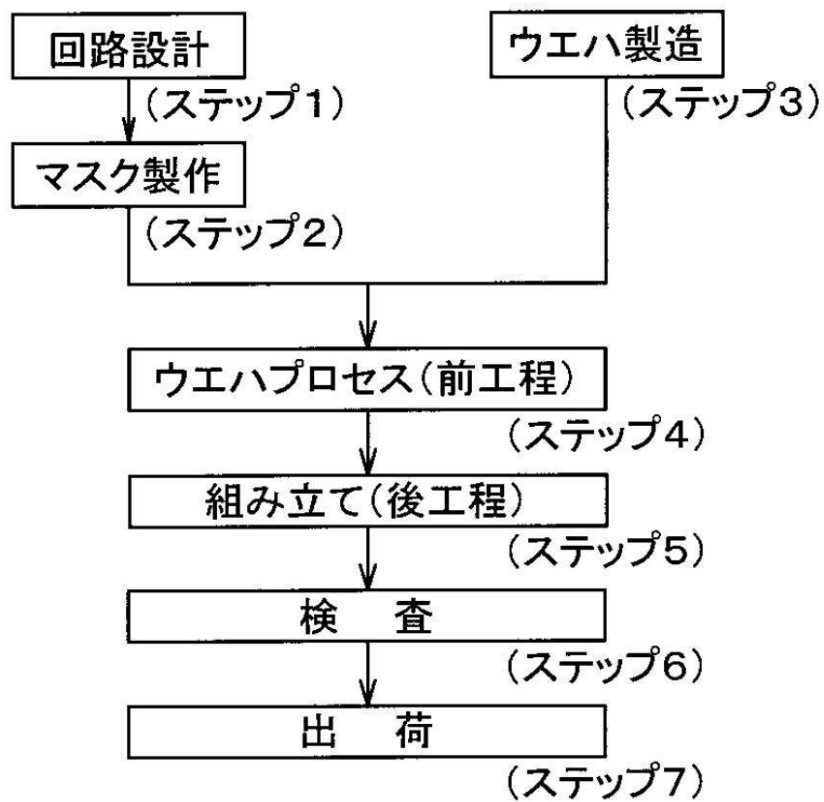
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 7 】



【 図 8 】

