

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5063229号
(P5063229)

(45) 発行日 平成24年10月31日(2012.10.31)

(24) 登録日 平成24年8月17日(2012.8.17)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/027 (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)
G01M 11/02 (2006.01)H01L 21/30 516A
G03F 7/20 521
G01M 11/02 B

請求項の数 7 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2007-183645 (P2007-183645)
 (22) 出願日 平成19年7月12日 (2007.7.12)
 (65) 公開番号 特開2009-21450 (P2009-21450A)
 (43) 公開日 平成21年1月29日 (2009.1.29)
 審査請求日 平成22年7月12日 (2010.7.12)

(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】露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レチクルのパターンを基板に投影する投影光学系と、
前記レチクルを照明する照明光学系と、
前記基板を移動させるステージと、
前記ステージに配置され、前記投影光学系を通過した光を受光するセンサユニットと、
前記照明光学系及び前記投影光学系の少なくとも一方を調整する調整部と、
前記センサユニットの測定結果に基づいて、前記調整部を制御する制御部とを有し、
前記センサユニットは、

異なる光学特性の測定に用いられ、互いに異なる形状又はサイズの複数の開口パターンが形成された開口板と、

前記開口パターンからの光束を光電変換する光電変換面を含む光電変換センサとを有し、

前記複数の開口パターンは、前記光学特性として前記投影光学系の波面収差を測定する際に用いられる短手方向の幅が互いに異なる一対のスリットと、前記光学特性として前記レチクルのパターンによって発生する回折光分布を測定する際に用いられるスリットと、円形形状の開口パターンとを含み、

前記一対のスリット、前記回折光分布を測定する際に用いられるスリット及び前記円形形状の開口パターンは、前記一対のスリット、前記回折光分布を測定する際に用いられるスリット及び前記円形形状の開口パターンのそれぞれから射出する光束の前記光電変換面

10

20

に入射する領域が重なるように配置され、

前記一対のスリット、前記回折光分布を測定する際に用いられるスリット及び前記円形形状の開口パターンのうちいずれか1つの開口パターンに光を入射させ、他の2つの開口パターンに入射する光を遮る遮光板を有することを特徴とする露光装置。

【請求項2】

前記円形形状の開口パターンは、前記光学特性として前記照明光学系で形成される有効光源分布を測定する際に用いられることを特徴とする請求項1記載の露光装置。

【請求項3】

前記円形形状の開口パターンは、前記光学特性として前記投影光学系の瞳透過率分布を測定する際に用いられることを特徴とする請求項2記載の露光装置。

10

【請求項4】

前記光電変換センサは、複数の画素を含み、

前記投影光学系の波面収差、前記照明光学系で形成される有効光源分布、前記回折光分布及び前記投影光学系の瞳透過率分布の各々を測定する場合に応じて、前記複数の画素のうち使用される画素、前記画素の蓄積時間、出力ゲイン及び階調数が変更されることを特徴とする請求項1乃至3のうちいずれか1項記載の露光装置。

【請求項5】

前記投影光学系の波面収差、前記照明光学系で形成される有効光源分布、前記回折光分布及び前記投影光学系の瞳透過率分布の各々を測定する場合に応じて、前記光電変換センサからの出力を切り替えることを特徴とする請求項1乃至3のうちいずれか1項記載の露光装置。

20

【請求項6】

前記光電変換面は、前記一対のスリット、前記回折光分布を測定する際に用いられるスリット及び前記円形形状の開口パターンのそれぞれから射出する光束の前記光電変換面に入射する領域に外接する大きさの面積を少なくとも有することを特徴とする請求項1乃至5のうちいずれか1項記載の露光装置。

【請求項7】

請求項1乃至6のうちいずれか1項に記載の露光装置を用いて基板を露光するステップと、

露光された前記基板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

30

。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レチクルのパターンを基板に投影し、かかる基板を露光する露光装置に関する。

【背景技術】

【0002】

フォトリソグラフィー（焼き付け）技術を用いて半導体デバイスを製造する際に、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エ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。かかる露光装置は、レチクル上のパターンを所定の倍率（縮小率）で正確にウエハ上に転写することが要求されるため、結像性能のよい、収差を抑えた投影光学系を用いることが重要である。

40

【0003】

近年では、半導体デバイスの一層の微細化が進んでいるため、光学系の通常の結像性能を超えるパターンを転写する場合が多くなり、転写されるパターンが光学系の収差に対して敏感になってきている。従って、投影光学系に許容される残存収差量は、rmsで10m以下、最近では、数mに抑える必要がある。

【0004】

このような状況において、投影光学系単体で収差を保証したとしても、数m程度の微

50

小さな収差量は、経時的に変化してしまう可能性がある。そこで、露光装置に投影光学系を搭載した（組み込んだ）状態で、即ち、実際に露光に使用する状態で、投影光学系の光学性能（特に、波面収差）を測定することが要求されている。

【0005】

かかる要求に応えるために、投影光学系の波面収差を測定するための点回折干渉計（PDI）、線回折干渉計（LDI）、ラテラルシアリング干渉計などの干渉計を搭載した露光装置が提案されている（特許文献1乃至3参照）。

【0006】

一方、露光装置の結像性能は、照明光学系で形成される有効光源分布にも依存することが知られている。例えば、複数の露光装置間で有効光源分布に違いがある場合、同じレチクルを露光したとしても、複数の露光装置間で露光されたパターンの線幅に違いが生じてしまう。そこで、照明光学系で形成される有効光源分布を露光装置上で測定することも要求されている。有効光源分布は、図12に示すように、照明光学系ISと投影光学系PSとの間に配置した数 μm 乃至数 $10\mu m$ のピンホールPHから射出した光束を、投影光学系PSを介して、ウエハステージに配置したセンサLSで受光することで測定することができる。図12は、従来の有効光源分布の測定原理を説明するための図である。

10

【0007】

更に、実際に露光に使用するレチクルを露光する照明条件で照明した際の投影光学系の瞳面内における光の分布、即ち、レチクルのパターンで回折された光の分布（回折光分布）を測定することも要求されている。レチクル全面での回折光分布を測定することで、露光熱による投影光学系の収差変動を高精度に予測することが可能となる。

20

【特許文献1】特開2005-244126号公報

【特許文献2】特開2006-073697号公報

【特許文献3】特開2006-108597号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、波面収差、有効光源分布及び回折光分布の各々を測定するための専用のセンサや測定用パターン（を有する基板）をウエハステージに搭載（配置）すると、ウエハステージの搭載重量が増加し、ステージ性能の低下やステージの大型化を招いてしまう。また、多数のセンサをウエハステージに配置することで、各センサからの発熱が積算されてウエハステージに付加されるため、ステージ性能が更に低下してしまう。

30

【0009】

そこで、本発明は、ステージ性能の低下やステージの大型化を招くことなく、波面収差、有効光源分布及び回折光分布などの複数の光学特性を測定することを可能とする露光装置を提供することを例示的目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての露光装置は、レチクルのパターンを基板に投影する投影光学系と、前記レチクルを照明する照明光学系と、前記基板を移動させるステージと、前記ステージに配置され、前記投影光学系を通過した光を受光するセンサユニットと、前記照明光学系及び前記投影光学系の少なくとも一方を調整する調整部と、前記センサユニットの測定結果に基づいて、前記調整部を制御する制御部とを有し、前記センサユニットは、異なる光学特性の測定に用いられ、互いに異なる形状又はサイズの複数の開口パターンが形成された開口板と、前記開口パターンからの光束を光電変換する光電変換面を含む光電変換センサとを有し、前記複数の開口パターンは、前記光学特性として前記投影光学系の波面収差を測定する際に用いられる短手方向の幅が互いに異なる一对のスリットと、前記光学特性として前記レチクルのパターンによって発生する回折光分布を測定する際に用いられるスリットと、円形形状の開口パターンとを含み、前記一对のスリット、前記回折光分布を測定する際に用いられるスリット及び前記円形形状の開口

40

50

パターンは、前記一対のスリット、前記回折光分布を測定する際に用いられるスリット及び前記円形形状の開口パターンのそれぞれから射出する光束の前記光電変換面に入射する領域が重なるように配置され、前記一対のスリット、前記回折光分布を測定する際に用いられるスリット及び前記円形形状の開口パターンのうちいずれか1つの開口パターンに光を入射させ、他の2つの開口パターンに入射する光を遮る遮光板を有することを特徴とする。

【0011】

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】

10

【0012】

本発明によれば、例えば、ステージ性能の低下やステージの大型化を招くことなく、波面収差、有効光源分布及び回折光分布などの複数の光学特性を測定することを可能と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】**【0013】**

以下、添付図面を参照して、本発明の好適な実施の形態について説明する。なお、各図において、同一の部材については同一の参考番号を付し、重複する説明は省略する。

【0014】

20

図1は、本発明の一側面としての露光装置1の構成を示す概略ブロック図である。露光装置1は、本実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式でレチクル20のパターンをウエハ40に露光する投影露光装置である。但し、露光装置1は、ステップ・アンド・リピート方式やその他の露光方式も適用することができる。

【0015】

露光装置1は、照明装置10と、レチクル20を支持するレチクルステージ25と、投影光学系30と、ウエハ40を支持するウエハステージ45と、調整部50と、制御部60と、測定部70とを備える。

【0016】

照明装置10は、光源12と、照明光学系14とを有し、転写用の回路パターンが形成されたレチクル20を照明する。

30

【0017】

光源12は、例えば、波長約248nmのKrFエキシマレーザーや波長約193nmのArFエキシマレーザーなどのエキシマレーザーを使用する。但し、光源12はエキシマレーザーに限定されず、例えば、波長約157nmのF₂レーザーなどを使用してもよい。

【0018】

照明光学系14は、光源12からの光束を用いてレチクル20を照明する光学系である。

【0019】

レチクル20は、回路パターンを有し、レチクルステージ25に支持及び駆動される。レチクル20から発せられた回折光は、投影光学系30を介して、ウエハ40に投影される。露光装置1は、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置であるため、レチクル20とウエハ40とを走査することによって、レチクル20のパターンをウエハ40に投影する。

40

【0020】

レチクルステージ25は、レチクル20及びレチクル側測定基板71を支持し、例えば、リニアモータなどを用いて、レチクル20及びレチクル側測定基板71を駆動する。レチクルステージ25は、投影光学系30の物体面に、レチクル20とレチクル側測定基板71とを交換可能に配置する。具体的には、レチクルステージ25は、レチクル20のパターンを露光する際にはレチクル20を投影光学系30の物体面に配置し、投影光学系3

50

0の波面収差を測定する際にはレチクル側測定基板71を投影光学系30の物体面に配置する。

【0021】

投影光学系30は、レチクル20のパターンをウエハ40に投影する光学系である。投影光学系30は、屈折系、反射屈折系、反射系を使用することができる。

【0022】

ウエハ40は、レチクル20のパターンが投影（転写）される基板である。但し、ウエハ40は、ガラスプレートやその他の基板に置換することもできる。ウエハ40には、フォトレジストが塗布されている。

【0023】

ウエハステージ45は、ウエハ40及びセンサユニット700を支持し、例えば、リニアモータなどを用いて、ウエハ40及びセンサユニット700を駆動する。ウエハステージ45は、投影光学系30の像面に、ウエハ40とセンサユニット700とを交換可能に配置する。具体的には、ウエハステージ45は、投影光学系30の像面に、ウエハ40とセンサユニット700とを交換可能に配置する。

10

【0024】

調整部50は、制御部60に制御され、照明光学系14及び投影光学系30の少なくとも一方を調整する。調整部50は、少なくとも、照明光学系14で形成される有効光源分布を調整（補正）する機能と、投影光学系30の波面収差を調整（補正）する機能とを有する。例えば、調整部50は、投影光学系30を構成する光学素子を光軸に平行な方向に駆動して投影光学系30の球面収差を調整する。また、調整部50は、投影光学系30を構成する光学素子を光軸に垂直な方向に駆動したり、光軸に対して傾けたりして投影光学系30のコマ収差を調整する。また、調整部50は、照明光学系14を構成する光学素子を駆動したり、絞りや回折光学素子を変更したりして有効光源分布を調整（補正）する。

20

【0025】

制御部60は、図示しないCPUやメモリを有し、露光装置1の動作を制御する。制御部60は、本実施形態では、後述する測定部70の測定結果に基づいて、調整部50を制御する。例えば、制御部60は、測定部70による波面収差の測定結果を用いて、投影光学系30の波面収差が最適となるように、調整部50を制御する。また、制御部60は、測定部70による回折光分布の測定結果を用いて、露光による投影光学系30の収差変化を予測すると共に、かかる収差変化を露光中において補正するように、調整部50を制御することもできる。これにより、露光による収差変化が投影光学系30に発生しても、常に収差を補正しながら最適な状態で露光を続けることが可能となる。また、制御部60は、測定部70の有効光源分布の測定結果を用いて、照明光学系14で形成される有効光源分布が最適となるように、調整部50を制御する。例えば、有効光源分布が2重極形状である場合、2つの極の偏りを補正することで、露光の際の焦点深度等を最適にすることが可能となる。また、制御部60は、測定部70による光学特性（波面収差、有効光源分布、回折光分布及び瞳透過率分布など）の測定に関する動作も制御する。例えば、制御部60は、投影光学系30の波面収差などの光学特性を測定するための算出処理（光電変換センサ740からの出力に基づく算出処理）や光電変換センサ740の制御（出力の切り替え等）を行う。

30

【0026】

測定部70は、投影光学系30の波面収差、照明光学系14で形成される有効光源分布、レチクル20のパターンによって発生する回折光分布及び投影光学系30の瞳透過率分布の少なくとも1つを測定する機能を有する。測定部70は、本実施形態では、レチクル側測定基板71と、センサユニット700とを有する。

40

【0027】

レチクル側測定基板71は、レチクルステージ25上に配置され、投影光学系30の波面収差を測定する際に用いられる開口パターンなどを有する。レチクル側測定基板71の開口パターンについては、投影光学系30の波面収差の測定方法と共に、後で詳細に説明

50

する。

【0028】

センサユニット700は、ウエハステージ45上に配置され、ウエハ側測定基板720と、光電変換センサ740と、遮蔽板760とを有する。ウエハ側測定基板720は、後述するように、矩形形状の開口パターンや円形形状の開口パターンなどの形状又は面積が互いに異なる複数の開口パターンを有する。かかる開口パターンは、投影光学系30の波面収差、照明光学系14で形成される有効光源分布、レチクル20のパターンによって発生する回折光分布及び投影光学系30の瞳透過率分布などを測定する際に使用される。開口パターンを透過（通過）した光束を光電変換センサ740で受光することで、波面収差、有効光源分布、回折光分布及び瞳透過率分布などの測定を可能とする。遮蔽板760は、投影光学系30とウエハ側測定基板720との間に配置され、光軸に垂直な方向に駆動可能に構成される。遮蔽板760は、波面収差、有効光源分布、回折光分布及び瞳透過率分布などのうちいずれか1つを測定する際に、測定に使用されない開口パターンに投影光学系30を通過した光束が入射することを防止する。
10

【0029】

ここで、ウエハ側測定基板720及び光電変換センサ740について詳細に説明する。図2は、ウエハ側測定基板720及び光電変換センサ740の構成を示す図である。ウエハ側測定基板720は、波面収差を測定する際に用いられる開口パターンとして短手方向の幅が互いに異なる一対のスリット721（スリット721A及びスリット721B）を有する。また、ウエハ側測定基板720は、有効光源分布を測定する際に用いられる開口パターンとして10μm乃至90μm程度の径のピンホール722を有する。更に、ウエハ側測定基板720は、回折光分布を測定する際に用いられる開口パターンとして10μm乃至90μm程度のスリット723を有する。なお、一対のスリット721、ピンホール722及びスリット723は、10μm乃至900μm程度の距離に近接して配置されている。これにより、一対のスリット721、ピンホール722及びスリット723から射出される光束を1つの光電変換センサ740で受光することが可能となる。
20

【0030】

ウエハ側測定基板720の厚さを1mm、ウエハ側測定基板720の屈折率を1.56、ウエハ側測定基板720の開口パターン面から光電変換センサ740までの距離を2.5mmとすると、NA=0.9の光束は、光電変換センサ740上で7.6mmとなる。また、スリット721、ピンホール722及びスリット723を一直線に配置し、各開口パターンの間隔を0.5mmとする。この場合、光電変換センサ740に入射する光束は、スリット721、ピンホール722及びスリット723の各々から射出した光束の光電変換センサ740上の有効径ED1、ED2及びED3が重なり合った長径8.6mm、短径7.6mmの楕円に含まれる。従って、かかる楕円に外接する大きさの面積を有する受光面742を光電変換センサ740が有していれば、一対のスリット721、ピンホール722及びスリット723の各々から射出する全てのNAの光束を受光することができる。具体的には、光電変換センサ740は、8.6mm×7.6mm以上の大きさの受光面742を有するCCDで構成する。この結果、1つのウエハ側測定基板720及び1つの光電変換センサ740を用いて波面収差、有効光源分布、回折光分布などの複数の光学特性を測定することができる。また、有効光源分布を測定する際に用いられるピンホール722及び有効光源分布が既知である1の照明モードを用いることで、投影光学系30の瞳透過率分布を測定することも可能となる。
30
40

【0031】

以下、投影光学系30の波面収差、照明光学系14で形成される有効光源分布、レチクル20のパターンによって発生する回折光分布及び投影光学系30の瞳透過率分布の測定方法について説明する。

【0032】

まず、投影光学系30の波面収差の測定方法について説明する。図3は、測定部70を用いた波面収差の測定方法を説明するための図である。なお、図3において、波面収差の
50

測定に関連しない部材及び構成要素は、図示を省略する。

【0033】

投影光学系30の波面収差の測定では、投影光学系30の物体面に、レチクル側測定基板71、詳細には、レチクル側測定基板71が有する一対のスリット711(スリット711A及び711B)が配置される。スリット711Aは、投影光学系30の物体面側の解像限界以下(即ち、回折限界以下)の短手方向の幅(スリット幅)を有する。スリット711Aのスリット幅dは、投影光学系30の物体面側の開口数をna、波長をλとすると、 $d = 0.61 \times \lambda / na$ を満足することが好ましい。一方、スリット711Bは、スリット711Aと同じスリット幅を有するスリットとしてもよいし、スリット711Aよりも広いスリット幅を有するスリットとしてもよい。なお、スリット711Aとスリット711Bとは、投影光学系30の収差が同一とみなせる、所謂、アイソプラナティック領域よりも狭くなるように近接して配置されている。10

【0034】

照明装置10からの光を用いてスリット711A及び711Bを照明すると、スリット711Aから射出される光は、スリット711Aの短手方向に関して、無収差な波面となる。また、スリット711Bがスリット711Aよりも広いスリット幅を有する場合には、照明装置10(照明光学系14)の収差の影響を含んだ波面の光がスリット711Bから射出される。

【0035】

スリット711A及び711Bから射出された光は、投影光学系30を通過することでの、投影光学系30の収差の影響を波面に受け、投影光学系30の像面にスリット711A及び711Bの像を形成する。20

【0036】

投影光学系30の像面には、ウエハ側測定基板720の一対のスリット721が配置される。この際、投影光学系30の波面収差の測定に使用しないピンホール722及びスリット723は、遮蔽板760によって遮蔽される。一対のスリット721は、スリット711Aの像の位置にスリット721Aが位置し、スリット711Bの像の位置にスリット721Bが位置するようにウエハ側測定基板720に形成(配置)されている。スリット721Bは、投影光学系30の像側の解像限界以下(即ち、回折限界以下)の短手方向の幅(スリット幅)を有する。スリット721Bのスリット幅Dは、投影光学系30の像面側の開口数をNA、波長をλとすると、 $D = 0.61 \times \lambda / NA$ を満足することが好ましい。一方、スリット721Aは、投影光学系30の解像限界よりも十分に大きいスリット幅を有する。スリット721Aのスリット幅は、スリット721Bのスリット幅Dの10倍乃至100倍程度であることが好ましい。30

【0037】

スリット721B上に結像した光は、投影光学系30の収差の影響(及びスリット711Bのスリット幅によっては照明装置10の収差の影響)を受けた波面の光となっている。但し、スリット721Bを通過することによって、スリット721Bの短手方向に関して、無収差な波面が射出される。一方、スリット721A上に結像した光は、スリット721Aの短手方向に関して、投影光学系30の収差の影響のみを受けた波面の光となっている。なお、スリット721Aのスリット幅は十分に広いため、投影光学系30の収差の影響のみを受けた波面がそのまま射出される。40

【0038】

スリット721Aからの光とスリット721Bからの光は干渉し、干渉パターン(干渉縞)を形成する。かかる干渉パターンを光電変換センサ740の受光面742で検出することによって、スリットの短手方向に関する投影光学系30の波面収差を測定することができる。かかるスリットの短手方向に直交する方向に関する投影光学系30の波面収差は、スリット711A及び711Bの方向に直交する一対のスリット、及び、スリット721A及び721Bの方向に直交する一対のスリットを用いることで測定することができる。50

【0039】

投影光学系30の物体面及び像面の各々に一对のスリットを配置する代わりに互いの面積が異なる一对のピンホールを配置し、かかる一对のピンホールの径を上述したスリットの短手方向の幅と同様にすることで、全ての方位の波面収差を測定することも可能である。この場合、レチクル側測定基板71及びウエハ側測定基板720の各々は、一对のピンホールを有する。このように、レチクル側測定基板71の一对のスリット又はピンホール、及び、ウエハ側測定基板720の一对のスリット又はピンホールを用いることで、投影光学系30の波面収差を測定することができる。

【0040】

次に、照明光学系14で形成される有効光源分布の測定方法について説明する。10
測定部70を用いた有効光源分布の測定方法を説明するための図である。なお、図4において、有効光源分布の測定に関連しない部材及び構成要素は、図示を省略する。

【0041】

有効光源分布の測定では、投影光学系30の像面に、ウエハ側測定基板720のピンホール722が配置される。この際、有効光源分布の測定に使用しない一对のスリット721及びスリット723は、遮蔽板760によって遮蔽される。

【0042】

ウエハ側測定基板720のピンホール722を、照明光学系14及び投影光学系30を介して、ピンホール722よりも大きな径を有する光で照明すると、ピンホール722を通過した光が光電変換センサ740の受光面742に入射する。20

【0043】

上述したように、ウエハ側測定基板720のピンホール722と光電変換センサ740の受光面742とは、2.5mm程度離れている。従って、ピンホールカメラの原理によつて、照明光学系14で形成された有効光源分布（の形状）を反映した強度分布が受光面742に投影される。但し、光電変換センサ740の受光面742は、投影光学系30の像面からデフォーカスした位置に配置されているため、投影光学系30の瞳面と共に役にはなっていない。そこで、光電変換センサ740の受光面742に投影された強度分布から照明光学系14の有効光源分布（瞳面での強度分布）を算出するためには、以下の計算処理が必要となる。

【0044】

ピンホール722から射出する光束の中心が光電変換センサ740の受光面742に入射する位置を0、ピンホール722から光電変換センサ740の受光面742までの距離をLとする。この場合、ピンホール722から角度θを有して射出する光は、光電変換センサ740の受光面742上で $L \times \tan\theta$ の位置に到達する。

【0045】

一方、光学系の瞳面座標は、sinθで定義することができる。換言すれば、tanθ座標系で得られた光電変換センサ740の受光面742上の強度分布データをsinθ座標系での強度分布に変換することで、瞳面での強度分布データを算出することができる、これが照明光学系14の有効光源分布である。

【0046】

このように、ウエハ側測定基板720のピンホール722を用いることで、照明光学系14で形成される有効光源分布を測定することができる。なお、図5に示すように、ウエハ側測定基板720と光電変換センサ740との間に、正のパワーを有する光学系（瞳結像光学系）780を配置することによって、光電変換センサ740の受光面742を投影光学系30の瞳面と共に役にすることが可能である。これにより、tanθ座標系からsinθ座標系へ変換する計算が不要となり、測定時間を短縮すると共に、計算による誤差の発生を抑制し、測定精度を向上させることができる。また、光学系780に、少なくとも1つの凸レンズを含めることで、ウエハ側測定基板720から射出する光束の広がり角を小さくし、光電変換センサ740の受光面742面上での光束の有効径を小さくすることもできる。これにより、光電変換センサ740の受光面742を小さくすることができ（40
50）

即ち、光電変換センサ740の小型化を実現し)、光電変換センサ740(センサユニット700)を配置するためのウエハステージ45上の領域を小さくすることができる。ここで、図5は、ウエハ側測定基板720と光電変換センサ740との間に配置された光学系780を示す図である。

【0047】

次に、レチクル20のパターンによって発生する回折光分布の測定方法について説明する。図6は、測定部70を用いた回折光分布の測定方法を説明するための図である。なお、図6において、回折光分布の測定に関連しない部材及び構成要素は、図示を省略する。

【0048】

実際に露光に用いるレチクル20を投影光学系30の物体面に配置し、実際に露光する照明条件でレチクル20を照明すると、レチクル20のパターンに応じて回折光が発生し、投影光学系30に入射する。これにより、投影光学系30の瞳面上には、照明条件(有効光源分布)及びレチクル20からの回折光に応じた強度分布、即ち、回折光分布DLDが発生する。従って、実際の露光においては、投影光学系30の瞳面上での強度分布は一様ではなく、照明条件やレチクル20のパターンに応じて、多様な強度分布となることがわかる。

【0049】

投影光学系30の収差は、露光熱の発生等により変化することが知られているが、回折光分布DLDに応じて露光熱の影響を局所的に強く受ける部分やほとんど影響を受けない部分が存在する。その結果、露光熱による投影光学系30の収差変化は、回折光分布DLDに応じて変化する。従って、回折光分布DLDを測定することで、実際の露光時の投影光学系30の収差変化を高精度(正確)に予測することが可能となる。

【0050】

レチクル20のパターンは領域によって異なるため、回折光分布DLDを正確に測定するためには、露光全面(レチクル20の全面)での測定が必要となる。一般的に、1回で露光される面積は、ステップ・アンド・スキャン方式の型露光装置では、ウエハ40上で最大 $26\text{ mm} \times 33\text{ mm}$ と非常に大きい。このような大きな面積から射出した光の全てを一括してウエハステージ45上に配置した光電変換センサ740で受光することができれば、露光全面での回折光分布DLDを測定することができる。但し、この場合には、 50 mm 角程度の受光面742を有する光電変換センサ740が必要となってしまうため、非現実的である。

【0051】

そこで、本実施形態では、ウエハ側測定基板720のスリット723を投影光学系30の像面に配置し、スリット723を通過した光束を光電変換センサ740で受光する。この際、回折光分布DLDの測定に使用しない一対のスリット721及びピンホール722は、遮蔽板760によって遮蔽される。なお、スリット723は、走査(スキャン)方向に直交する方向に 0.5 mm 乃至 1 mm 程度の長さを有し、走査方向に平行な方向に $10\text{ }\mu\text{m}$ 乃至 $90\text{ }\mu\text{m}$ 程度の長さを有する。

【0052】

具体的には、露光装置1の静止露光エリアの左端にスリット723が位置するようにウエハステージ45を駆動する。次に、レチクル20を載置したレチクルステージ25を駆動して、所望の照明条件でレチクル20を照明しながらレチクル20を走査する。レチクル20の走査中には、スリット723を駆動せず、スリット723から射出する光束を光電変換センサ740の受光面742で受光する。例えば、スリット723の走査方向に直交する方向の長さを 1 mm 、レチクル20の走査方向の露光領域の長さを 33 mm (ウエハ40上で換算)とする。この場合、レチクル20を1回走査することで、 $1\text{ mm} \times 33\text{ mm}$ の領域の回折光分布DLDに応じた強度分布が光電変換センサ740で得られる。次に、スリット723を 1 mm だけ右方向に移動させて、レチクル20を走査しながらスリット723から射出する光束を光電変換センサ740の受光面742で受光する。スリット723を移動させる前に得られた強度分布とスリット723を移動させた後で得られた

10

20

30

40

50

強度分布を加算すれば、 $2\text{ mm} \times 33\text{ mm}$ の領域の回折光分布 D L D に応じた強度分布を得ることができる。従って、走査方向に直交する方向へのスリット 723 の移動とスリット 723 からの光束の受光とを繰り返すことで、露光領域（レチクル 20）の全面での回折光分布 D L D に応じた強度分布を得ることができる。なお、回折光分布の測定においても、光電変換センサ 740 の受光面 742 と投影光学系 30 の瞳面は共役ではない。従って、光電変換センサ 740 で測定された強度分布を投影光学系 30 の瞳面上の回折光分布に変換するためには、有効光源分布の測定と同様に、tan 座標系から sin 座標系への変換が必要となる。

【0053】

このように、ウエハ側測定基板 720 のスリット 723 を用いることで、レチクル 20 のパターンによって発生する回折光分布を測定することができる。10

【0054】

また、測定部 70 は、投影光学系 30 の瞳透過率分布を測定することも可能である。具体的には、まず、投影光学系 30 の像面に、ウエハ側測定基板 720 のピンホール 722 を配置し、瞳強度分布が既知である 1 の照明モードでピンホール 722 を照明する。そして、ピンホール 722 からの光束を光電変換センサ 740 で受光して得られる強度分布を tan 座標系から sin 座標系に変換し、照明光学系 14 の瞳面での強度分布で割ることで、投影光学系 30 の瞳透過率分布を測定することができる。

【0055】

本実施形態では、ウエハ側測定基板 720 において、波面収差を測定するための開口パターン、有効光源分布を測定するための開口パターン及び回折光分布を測定するための開口パターンを近接して配置する。これにより、1つのウエハ側測定基板 720 及び1つの光電変換センサ 740 のみを用いて、波面収差、有効光源分布、回折光分布、瞳透過率分布などの複数の光学特性を測定することが可能となる。20

【0056】

また、ウエハ側測定基板 720 は、波面収差、有効光源分布及び回折光分布の各々を測定する専用の開口パターンを有しているが、図 7 に示すように、波面収差、有効光源分布及び回折光分布の各々を測定する共通の開口パターンを有していてもよい。図 7 は、波面収差、有効光源分布及び回折光分布の各々を測定する共通の開口パターンとして一対のピンホール 724（ピンホール 724A 及びピンホール 724B）を有するウエハ側測定基板 720A の構成を示す図である。30

【0057】

投影光学系 30 の波面収差の測定では、投影光学系 30 の像面に、ウエハ側測定基板 720A、詳細には、ウエハ側測定基板 720A が有する一対のピンホール 724（ピンホール 724A 及びピンホール 724B）が配置される。ピンホール（第 1 のピンホール）724A は、投影光学系 30 の物体面側の解像限界以下の径、好ましくは、投影光学系 30 の像面側の開口数を NA、波長を λ とすると、 $0.61 \times / n_a$ 以下の径を有する。ピンホール（第 2 のピンホール）724B は、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 乃至 $90\text{ }\mu\text{m}$ 程度の径を有する。

【0058】

一方、投影光学系 30 の物体面側には、レチクル側測定基板 71 が有する一対のピンホールが配置される。かかる一対のピンホールのうち少なくとも 1 つのピンホールは、投影光学系 30 の物体面側の解像限界以下の径、好ましくは、投影光学系 30 の物体面側の開口数を n a とし、波長を λ とすると、 $0.61 \times / n_a$ 以下の径を有する。他方のピンホールは、投影光学系 30 の物体面側の解像限界以下の径を有してもよいし、投影光学系 30 の物体面側の解像限界よりも大きい径を有してもよい。40

【0059】

このように、レチクル側測定基板 71 の一対のピンホール、及び、ウエハ側測定基板 720A の一対のピンホール 724（ピンホール 724A 及びピンホール 724B）を用いることで、投影光学系 30 の波面収差を測定することができる。

【0060】

10

20

30

40

50

また、有効光源分布を測定する場合には、ウエハ側測定基板 720 A のピンホール 724 A を遮蔽板 760 で遮蔽し、照明光学系 14 及び投影光学系 30 を介してピンホール 724 B を照明する。これにより、上述したのと同様の原理で、有効光源分布を測定することができる。

【0061】

また、回折光分布を測定する場合にも、ウエハ側測定基板 720 A のピンホール 724 B を用いて、上述したのと同様の原理で、回折光分布を測定することができる。ウエハ側測定基板 720 のスリット 723 の長手方向の長さと比較して、ウエハ側測定基板 720 A のピンホール 724 A の径が小さい。従って、レチクル 20 の全面での回折光分布を測定しようとすると、ピンホール 724 A を走査方向に直交する方向に移動させる回数が多くなり、測定時間が増大する可能性がある。但し、レチクル 20 の全面での厳密な回折光分布をすることにはならないが、ピンホール 724 A を移動させる回数は同じにして、回折光分布を測定することもできる。10

【0062】

また、瞳透過率分布を測定する場合には、ウエハ側測定基板 720 A のピンホール 724 B を用いて、上述したのと同様の原理で、瞳透過率分布を測定することができる。

【0063】

このように、互いに径（大きさ）が異なる 2 つの円形形状の開口パターンをウエハ側測定基板 720 A に形成することで、波面収差、有効光源分布、回折光分布及び瞳透過率分布の各々を専用の開口パターンを用いずに測定することができる。20

【0064】

なお、ウエハ側測定基板 720 においては、波面収差、有効光源分布及び回折光分布などを測定するための開口パターンの汚れや破損を考慮して、予備の開口パターンを形成することが多い。図 8 は、図 7 に示したウエハ側測定基板 720 A の一対のピンホール 724（ピンホール 724 A 及びピンホール 724 B）を複数有するウエハ側測定基板 720 B の構成を示す図である。

【0065】

波面収差を測定する場合には、複数のピンホール 724 のうちの 1 つを用いて、上述したのと同様の原理で、波面収差を測定する。また、有効光源分布を測定する場合は、ピンホール 724 のうちピンホール 724 B を用いて、上述したのと同様の原理で、有効光源分布を測定する。30

【0066】

回折光分布を測定する場合には、ウエハ側測定基板 720 B に形成した全てのピンホール 724 を用いる。例えば、図 8 に示すように、ピンホール 724 を $L_1 \times L_2$ の領域に 4 つ形成した場合を考える。 L_1 及び L_2 の長さが 0.5 mm であれば、ピンホール 724 B の全てから射出する光束を光電変換センサ 740 の受光面 742 で一括して受光することができるため、角 0.5 mm の開口パターンを用いた場合と略等しい測定を行うことが可能である。従って、1 つのスリット 723 のみが形成されているウエハ側測定基板 720 を用いた場合と比較して、1 回の走査で測定できる領域が拡大され、ピンホール 724 B を移動させる回数を減らすことが可能となる。40

【0067】

また、図 9 に示すように、ウエハ側測定基板 720 に回折格子パターン 725 を形成することもできる。この場合、シアリング干渉方式を用いて投影光学系 30 の波面収差を測定する。ここで、図 9 は、測定部 70 を用いた波面収差の測定方法を説明するための図である。

【0068】

具体的には、投影光学系 30 の物体面に、レチクル側測定基板 71、詳細には、レチクル側測定基板 71 が有するピンホール 713 が配置される。ピンホール 713 は、投影光学系 30 の物体面側の解像限界以下（即ち、回折限界以下）の径を有する。従って、ピンホール 713 から射出する光束は無収差となり、投影光学系 30 に入射する。50

【0069】

投影光学系30の像面側には、ウエハ側測定基板720の回折格子パターン725が配置される。投影光学系30の波面収差の測定に使用しないピンホール722及びスリット723は、遮蔽板760によって遮蔽される。なお、回折格子パターン725は、投影光学系30の像面からデフォーカスした位置に配置される。投影光学系30から射出した光束は、回折格子パターン725によって、例えば、2つ以上の光束に分離され、光電変換センサ740の受光面742に入射する。これにより、光電変換センサ740の受光面742上には、干渉パターンが形成されるが、かかる干渉パターンは、同一の波面を横方向にシアさせることによって生じる干渉パターンであり、1つの波面をある方向にシアさせて生じた2つの波面の差分となっている。従って、これをシア方向に積分することで波面収差を算出することが可能となる。10

【0070】

有効光源分布、回折光分布及び瞳透過率を測定する場合には、上述したように、投影光学系30の像面に、ウエハ側測定基板720のピンホール722又はスリット723を配置すればよい。なお、ウエハ側測定基板720の回折格子パターン725を、デフォーカスさせずに投影光学系30の像面に配置すれば、回折格子パターン725の開口を用いて有効光源分布、回折光分布及び瞳透過率分布を測定することも可能である。

【0071】

また、本実施形態では、波面収差、有効光源分布、回折光分布、瞳透過率分布の各々を測定する場合に応じて、光電変換センサ740の測定仕様を最適化する（即ち、光電変換センサ740からの出力を切り替える）ことができる。光電変換センサ740の測定仕様は、例えば、使用する画素（分割数）、蓄積時間、出力ゲイン、階調数などを含む。20

【0072】

まず、波面収差、有効光源分布、回折光分布、瞳透過率分布の各々を測定する場合に応じて、瞳の分割数を変えることが考えられる。例えば、 1000×1000 の画素で構成される受光面742を有する光電変換センサ740を用いた場合、波面収差を測定する場合には、より高次の収差成分までを測定するために、 1000×1000 の画素の光電変換センサ740として用いる。

【0073】

一方、有効光源分布や回折光分布などは、 200×200 程度の画素（分割数）でも十分に測定できる場合がある。そこで、有効光源分布や回折光分布を測定する場合には、受光面742を構成する画素をビニング（選択）して、 5×5 の画素を1つの画素として測定してもよい。換言すれば、 1000×1000 の画素の光電変換センサ740を 200×200 の画素の光電変換センサとして使用する。30

【0074】

なお、 5×5 の画素をビニングして25画素を1画素として測定する場合、ビニング後の1画素で受光される光束の光量は25倍になる。従って、同じエネルギーの光を光電変換センサ740に入射させた場合、より微弱な光まで検出することが可能となる。また、1画素あたりの光量が増えることをを利用して、光電変換センサ740の蓄積時間を短くすることも可能であり、測定時間を短縮することができる。また、光電変換センサ740から読み出す情報量が少なくなるため、読み出し及び転送にかかる時間も短縮することができる。従って、測定時間を短くしたり、同じ時間で複数回の測定を行ったりすることができる。また、受光面742を構成する画素をビニングすることによって、光電変換センサ740からの発熱も抑えることができ、光電変換センサ740の測定性能への影響を抑制することも可能である。このように、測定対象に応じて、光電変換センサ740の受光面742を構成する画素をビニングすることによって、測定時間を短縮したり、複数回の測定における再現性を向上したりすることが可能となる。40

【0075】

次に、蓄積時間について説明する。KrFエキシマレーザーやArFエキシマレーザーを光源に用いた露光装置においては、光源はパルス発光のレーザである。従って、光電変50

換センサ740の蓄積時間を変えることで、光電変換センサ740に入射するパルス数を変えることが可能である。KrFエキシマレーザー及びArFエキシマレーザーでは、1パルスあたりの光量のばらつきが、数%乃至10%弱程度あるため、蓄積パルス数が少ないと光電変換センサ740で得られた画像に光量のばらつきが生じる場合がある。また、測定する対象に応じて、光量のばらつきの許容度が異なる。そこで、測定する対象に応じて光電変換センサ740の蓄積時間を設定し、光量のばらつきを抑えたい場合には光電変換センサ740の蓄積時間を長くし、測定する対象が光量のばらつきに対して鈍感である場合には光電変換センサ740の蓄積時間を短くするとよい。

【0076】

次に、出力ゲインについて説明する。ここで、出力ゲインとは、光電変換センサ740からの電気信号を電気的に増幅することを意味している。出力ゲインを上げると（電気的な増幅を増やすと）、ノイズも増幅されてしまうという欠点がある。一方、光電変換センサ740からの電気信号が弱い場合、即ち、光量が少ない場合でも、測定が可能となるという利点がある。そこで、低ノイズでの測定が必要な場合には、出力ゲインを低くし、低ノイズでの測定が必要でない場合には、出力ゲインをあげるとよい。これにより、光電変換センサ740の蓄積時間を短くし、測定時間を短くすることが可能となる。

10

【0077】

次に、階調数について説明する。測定に必要な階調数は、測定する対象によって最適な値が存在する。例えば、瞳透過率分布のように、光量の1%程度の変化を測定する場合であれば、512階調程度あれば十分であり、有効光源分布のように、0.1%程度の変化まで測定したい場合には、4092階調程度は必要である。測定する対象の全てを満たす階調数を設定してもよいが、その場合、測定する対象によっては不要な情報が増えこととなり、光電変換センサ740からの画像の転送に時間がかかったり、処理時間が長くなってしまったりする。従って、測定する対象に応じて、最適な階調数に変更することが好みしい。

20

【0078】

このように、波面収差、有効光源分布、回折光分布、瞳透過率分布の各々を測定する場合に応じて、測定に使用する画素をビニングしたり、蓄積時間、ゲイン、及び階調数を変更したりすることで、常に最適な条件で測定することが可能となる。

【0079】

30

波面収差、有効光源分布及び回折光分布の各々を測定するための開口パターンをウエハ側測定基板720に形成することで、1つの光電変換センサ740を用いて波面収差、有効光源分布、回折光分布及び瞳透過率分布などの複数の光学特性を測定することができる。また、開口パターンを工夫することで、波面収差、有効光源分布及び回折光分布の各々を測定する専用の開口パターンを形成しなくてもよい。従って、測定部70は、ウエハステージ45のステージ性能の低下やウエハステージ45の大型化を招くことなく、波面収差、有効光源分布、回折光分布及び瞳透過率分布などの複数の光学特性を測定することができる。

【0080】

40

露光において、光源12から発せられた光束は、照明光学系14によってレチクル20を照明する。レチクル20のパターンを反映する光は、投影光学系30によってウエハ40上に結像する。露光装置1においては、測定部70の測定結果に基づいて、波面収差、有効光源分布及び回折光分布などが最適に調整されている。また、ウエハ40を駆動するウエハステージ45が優れたステージ性能を維持しているため、レチクル20とウエハ40との位置合わせを高精度に行ったり、走査露光に関するウエハ40の駆動を高精度に行ったりすることができる。従って、露光装置1は、高いスループットで経済性よく高品位なデバイス（半導体素子、LCD素子、撮像素子（CCDなど）、薄膜磁気ヘッドなど）を提供することができる。

【0081】

次に、図10及び図11を参照して、露光装置1を利用したデバイス製造方法の実施例

50

を説明する。図10は、デバイス（半導体デバイスや液晶デバイス）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、半導体デバイス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（レチクル製作）では、設計した回路パターンを形成したレチクルを製作する。ステップ3（ウエハ製造）では、シリコンなどの材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は、前工程と呼ばれ、レチクルとウエハを用いてリソグラフィー技術によってウエ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エハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（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、これが出荷（ステップ7）される。
10

【0082】

図11は、ステップ4のウエハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11（酸化）では、ウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）では、ウエハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）では、ウエ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、ウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）では、ウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では、露光装置1によってレチクルの回路パターンをウエハに露光する。ステップ17（現像）では、露光したウエハを現像する。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エハ上に多重の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1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。
20

【0083】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されない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。

【図面の簡単な説明】

【0084】

30

【図1】本発明の一側面としての露光装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図2】図1に示す露光装置において、センサユニットのウエハ側測定基板及び光電変換センサの構成を示す図である。

【図3】図1に示す露光装置の測定部を用いた波面収差の測定方法を説明するための図である。

【図4】図1に示す露光装置の測定部を用いた有効光源分布の測定方法を説明するための図である。

【図5】図1に示す露光装置の測定部において、ウエハ側測定基板と光電変換センサとの間に配置された光学系を示す図である。

【図6】図1に示す露光装置の測定部を用いた回折光分布の測定方法を説明するための図である。
40

【図7】図1に示す露光装置において、センサユニットのウエハ側測定基板の構成を示す図である。

【図8】図1に示す露光装置において、センサユニットのウエハ側測定基板の構成を示す図である。

【図9】図1に示す露光装置の測定部を用いた波面収差の測定方法を説明するための図である。

【図10】デバイスの製造を説明するためのフローチャートである。

【図11】図10に示すステップ4のウエハプロセスの詳細なフローチャートである。

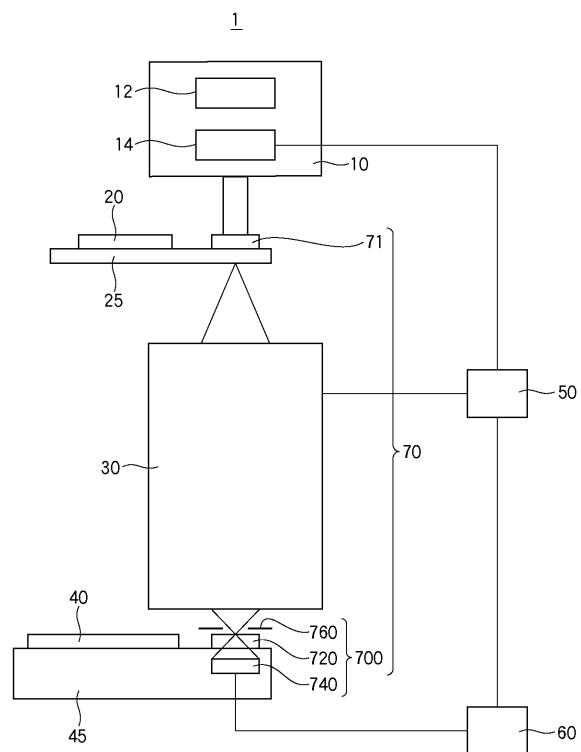
【図12】従来の有効光源分布の測定原理を説明するための図である。
50

【符号の説明】

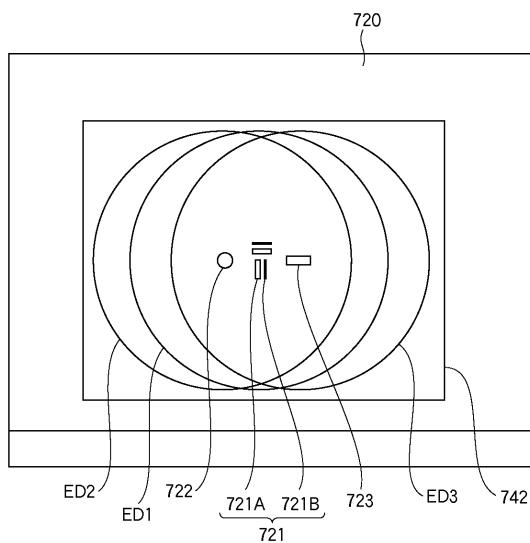
【0085】

1	露光装置	
1 0	照明装置	
1 2	光源	
1 4	照明光学系	
2 0	レチクル	
2 5	レチクルステージ	
3 0	投影光学系	
4 0	ウエハ	10
4 5	ウエハステージ	
5 0	調整部	
6 0	制御部	
7 0	測定部	
7 1	レチクル側測定基板	
7 1 1、7 1 1 A 及び 7 1 1 B	スリット	
7 1 3	ピンホール	
7 0 0	センサユニット	
7 2 0	ウエハ側測定基板	
7 2 1、7 2 1 A 及び 7 1 2 B	スリット	20
7 2 2	ピンホール	
7 2 3	スリット	
7 2 4、7 2 4 A 及び 7 2 4 B	ピンホール	
7 2 5	回折格子パターン	
7 4 0	光電変換センサ	
7 4 2	受光面	
7 6 0	遮蔽板	
7 8 0	光学系（瞳結像光学系）	

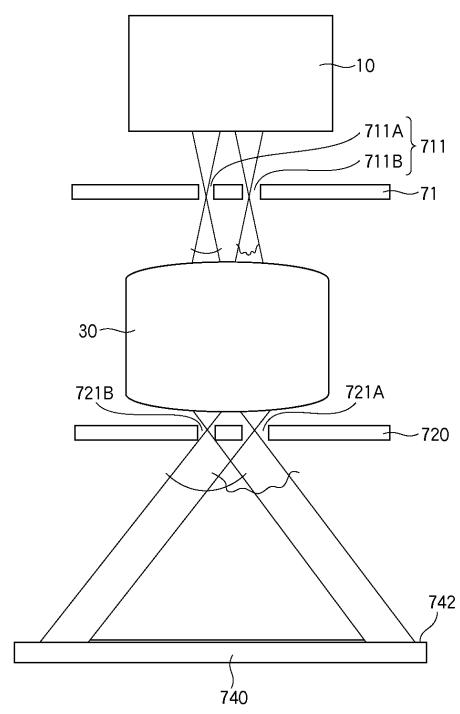
【図1】



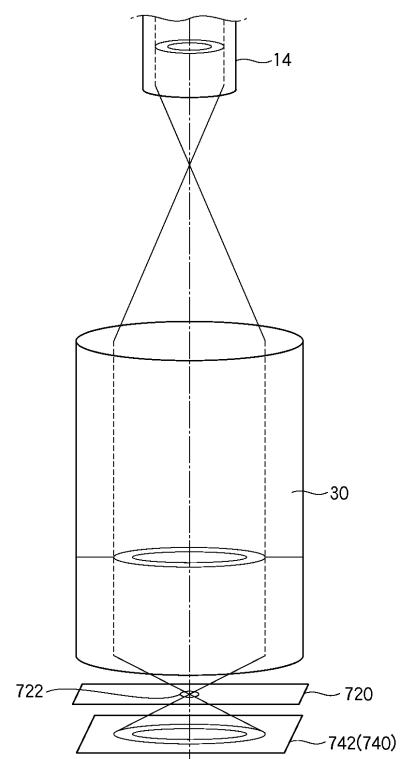
【図2】



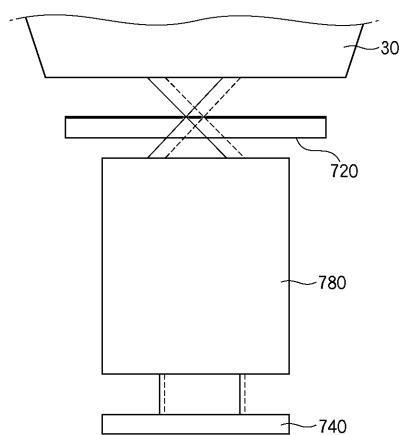
【図3】



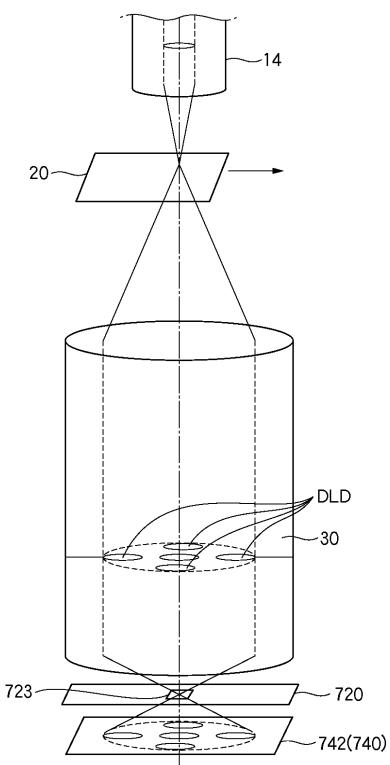
【図4】



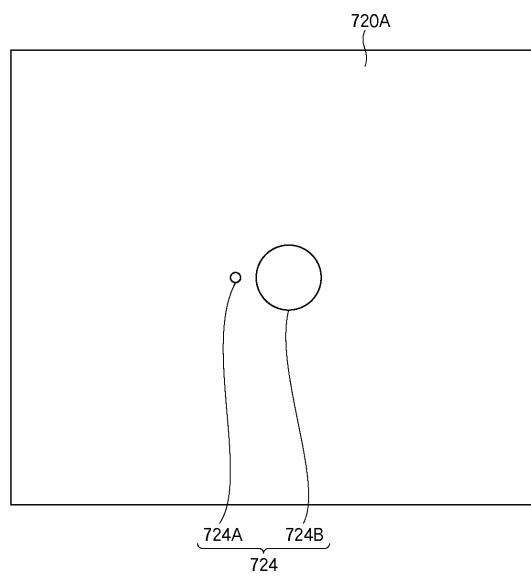
【図5】



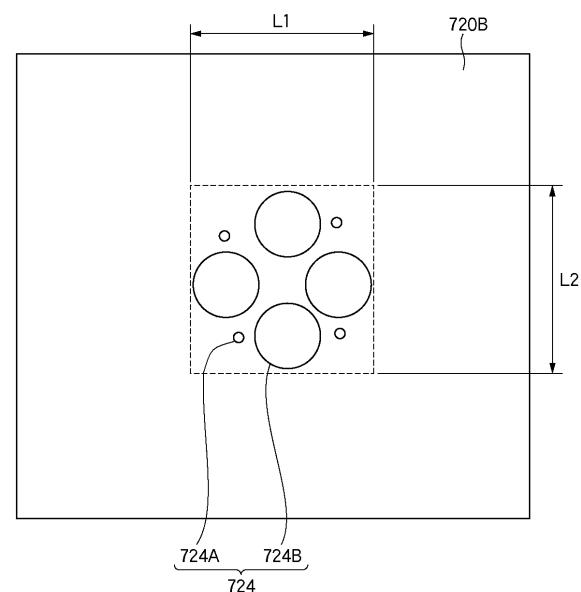
【図6】



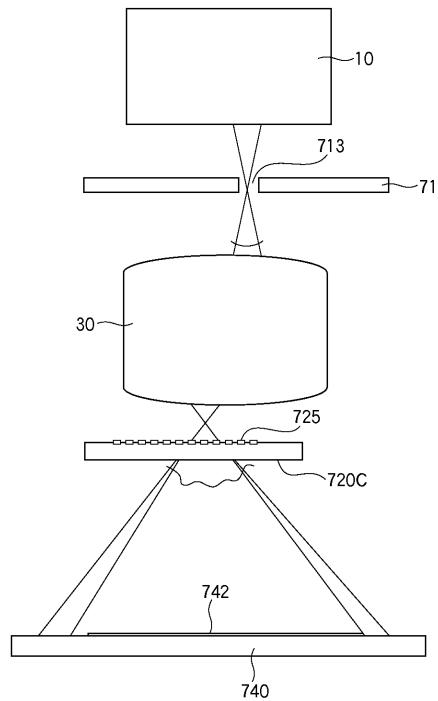
【図7】



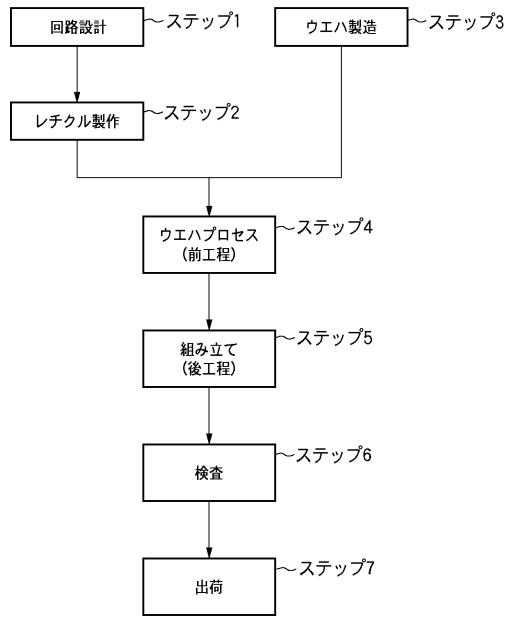
【図8】



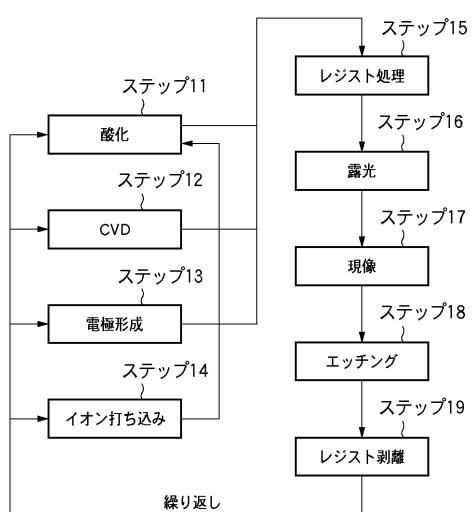
【図9】



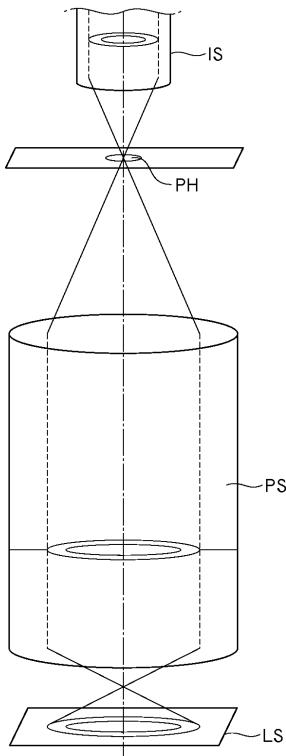
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 大島 美紀

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 佐野 浩樹

(56)参考文献 特開2007-165845(JP,A)

特開2006-324311(JP,A)

特開2005-244126(JP,A)

特開2006-278960(JP,A)

特開2006-073697(JP,A)

特開2006-108597(JP,A)

特開2006-019691(JP,A)

特開2006-303196(JP,A)

特開2007-192676(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M11/00 - 11/08、

G03F 7/20 - 7/24、 9/00 - 9/02、

H01L21/027、21/30