

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5787483号
(P5787483)

(45) 発行日 平成27年9月30日(2015.9.30)

(24) 登録日 平成27年8月7日(2015.8.7)

(51) Int.Cl.

G01B 11/00 (2006.01)

F 1

G01B 11/00
G01B 11/00G
A

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2010-7612 (P2010-7612)
 (22) 出願日 平成22年1月16日 (2010.1.16)
 (65) 公開番号 特開2011-145232 (P2011-145232A)
 (43) 公開日 平成23年7月28日 (2011.7.28)
 審査請求日 平成25年1月16日 (2013.1.16)

前置審査

(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 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 山口 涉
 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 佐々木 亮
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】計測装置及び露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

白色光源からの光を用いて被検物の表面の位置を計測する計測装置において、前記白色光源からの光を参照光と被検光とに分割し、前記被検光を前記被検物に入射させ、前記被検物で反射された前記被検光と前記参照光とを合成する光学系と、前記光学系により合成された前記被検光と前記参照光との干渉光を検出する検出器と、前記参照光又は前記被検光の光路内に配置された光学部材であって、前記参照光と前記被検光との光路長差、及び、前記検出器の受光面における前記参照光と前記被検光との相対位置を変更するための光学部材と、

前記光学部材の位置を可変とする位置可変機構とを有し、

前記位置可変機構を用いて前記光学部材の位置を変更することにより、前記参照光と前記被検光との光路長差、及び、前記検出器の受光面における前記参照光と前記被検光との相対位置を独立して調整し、

前記光学部材は第1方向及び前記第1方向に垂直な第2方向に位置が可変であり、前記光路長差及び前記相対位置のうち、前記第1方向に前記光学部材の位置を変えることによって前記相対位置が変化し、前記第2方向に前記光学部材の位置を変えることによって前記光路長差が変化することを特徴とする計測装置。

【請求項 2】

前記光学部材を複数、有し、前記参照光及び前記被検光の光路内にそれぞれ前記光学部材が配置されていることを特徴とする請求項1に記載の計測装置。

【請求項 3】

該合成された前記被検光と前記参照光の干渉光を分光する分光器と、
前記分光器により分光された光を撮像する撮像手段と、
前記被検物を前記分光器の入射スリットに結像させる結像光学系とを有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の計測装置。

【請求項 4】

前記被検物を移動するステージと、
前記ステージを制御する制御手段とを有し、
前記撮像手段の 1 フレームの撮像期間中に前記被検物を移動させることを特徴とする請求項 3 に記載の計測装置。 10

【請求項 5】

前記光学部材は、入射光を反射する、互いに垂直に配置された 2 つの反射面を有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の計測装置。

【請求項 6】

前記光学部材に向けて光を偏向する第 1 ミラーと、前記光学部材からの光を偏向する第 2 ミラーとを有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の計測装置。

【請求項 7】

マスクのパターンを基板に露光する露光装置において、
請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の計測装置と、
前記マスクのパターンの像を前記基板に投影する投影光学系と、
前記基板を移動する基板ステージとを有し、
前記計測装置を用いて前記投影光学系の光軸方向における前記基板の表面の位置を計測し、該計測結果に基づいて前記投影光学系の光軸方向における前記基板の位置を、前記基板ステージを用いて調整することを特徴とする露光装置。 20

【請求項 8】

請求項 7 に記載の露光装置を用いて基板を露光するステップと、
該露光された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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、計測装置及び露光装置に関する。 30

【背景技術】

【0002】

基板の表面の位置を検出する面位置検出装置を、露光装置を例に説明する。

【0003】

露光装置は、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転写する。ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置（スキャナー）では、露光領域を矩形のスリット形状としてレチクルとウエハを相対的に走査して基板を露光する。スキャナーでは、ウエハの露光中において、未露光領域でその後露光される領域の表面の位置を計測する。そして、計測結果を用いて、その領域を露光する際に、その領域の表面の位置を最適な露光結像位置に合わせ込む補正を行っている。特に、露光スリットの長手方向（走査方向と垂直な方向）には、ウエハの表面位置の高さ（フォーカス）だけではなく、表面の傾き（チルト）を計測するために、露光スリット領域に複数の計測点を有している。 40

【0004】

フォーカス及びチルトの計測方法として光学式センサを使用した例がある（特許文献 1 及び 2 参照）。特許文献 1 に記載の計測装置では、光源からの白色光をビームスプリッタで二つに分割した後に斜入射で被検面と参照面に入射させる。そして、被検面と参照面で反射した被検光と参照光をビームスプリッタで重ね合わせた後、撮像素子で取得した白色干渉信号についてピーク位置検出を行い、被検物の表面位置を計測する。 50

【0005】

なお、後で詳述するが、一般的に参照光と被検光の光路の調整については、ミラーやプリズムで構成される調整手段を使用する例がある（特許文献3参照）。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0006】**

【特許文献1】米国特許第6249351号明細書

【特許文献2】米国特許出願公開第2007-0086013号明細書

【特許文献3】特開平7-104647号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】**【0007】**

特許文献1及び2に記載の計測装置では、可干渉性の低い白色光を用いる。そのため、センサの受光面（光束の光軸断面）における参照光と被検光の相対位置にずれが生じる場合や、参照光と被検光の光路長が異なる場合には、計測精度が低下する。干渉光（センサの検出信号）のコントラストが悪化したり、対称性がくずれたりするからである。したがって、参照光と被検光の相対位置と光軸方向の光路長差との両方を調整することが重要である。

【0008】

20

特許文献1に示す斜入射型干渉計では、被検物や参照ミラーをZ方向へ走査して、参照光と被検光との相対位置及び光路長差の調整を行っている。しかし、被検物や参照ミラーのZ方向への走査に伴って、参照光と被検光との相対位置と光路長差の両方が変化するため、一方の調整を行うともう一方にずれが生じてしまい、両者を同時に精度良く調整することは難しい。

【0009】

特許文献2に示す干渉計では、複数のミラーを面に対して垂直な方向に走査させることで、参照光と被検光との光路長差の調整を行っている。しかし、複数のミラーを走査させる場合においては、参照光と被検光の相対位置と光路長差の両方が同時に変化してしまう。このため、参照光と被検光と光路長差の調整を行うと、相対位置にずれが生じてしまい、両者を同時に精度良く調整することは難しい。

30

【0010】

特許文献3に記載されるホログラム形成装置は、互いに90度、270度の開き角を持つ二組の組み合わせミラーで構成された光路長調整手段を有する。光路長調整手段においては、二組の組み合わせミラーの相対間隔を調整することで、光路長差のみの調整を行っている。つまり、参照光と被検光の相対位置の調整は記載されていない。

【0011】

そこで、本発明は、参照光と被検光との相対位置及び光路長差を独立して調整することにより、被検物の面位置を高精度に計測することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0012】**

40

本発明の一側面としての計測装置は、白色光源からの光を用いて被検物の表面の位置を計測する計測装置において、前記白色光源からの光を参照光と被検光とに分割し、前記被検光を前記被検物に入射させ、前記被検物で反射された前記被検光と前記参照光とを合成する光学系と、前記光学系により合成された前記被検光と前記参照光との干渉光を検出する検出器と、前記参照光又は前記被検光の光路内に配置された光学部材であって、前記参照光と前記被検光との光路長差、及び、前記検出器の受光面における前記参照光と前記被検光との相対位置とを変更するための光学部材と、前記光学部材の位置を可変とする位置可変機構とを有し、前記位置可変機構を用いて前記光学部材の位置を変更することにより、前記参照光と前記被検光との光路長差、及び、前記検出器の受光面における前記参照光と前記被検光との相対位置を独立して調整することを特徴とする。

50

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、被検物の表面の位置を高精度に計測することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】実施例1における面位置検出装置の概略図である。

【図2】位置可変機構の概略図である。

【図3】面位置検出装置の調整方法のフローチャートである。

【図4】ある画素における干渉光の測定信号を表す図である。

【図5】実施例2における面位置検出装置の概略図である。

10

【図6】実施例3における面位置検出装置の概略図である。

【図7】分光器の概略図である。

【図8】分光器からの信号及び信号処理を説明するための図である。

【図9】面位置検出装置の変形例を示す図である。

【図10】露光装置の概略図である。

【図11】露光方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、図面を参照して、本発明の好適な実施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照番号を付し、重複する説明は省略する。また、以下の実施形態で記載する白色光および白色光源からの光とは、広帯域な波長の光を意味するものであり、必ずしも可視領域の光(400 nm ~ 800 nm)に限定されるものではない。このため、例えば、近赤外の波長帯域の光(例えば、S LD)を用いる光コヒーレンストモグラフィー(OCT)においても、本発明を適用できる。

20

【実施例1】

【0016】

図1は、本発明の一側面としての面位置検出装置200の構成を示す概略平面図である。面位置検出装置200は、被検物である基板3の高さ方向(Z方向)の位置を検出する装置である。本装置は、白色光を発するハロゲンランプ又はLED(白色LEDを含む)の光源1、透過スリット板30、ビームスプリッタ2aと2b、レンズ12、位置可変機構100及び撮像素子8で構成される。ただし、レンズ12は、図1に示した5枚のレンズ12a、12b、12c、12d、12eを意味するものである。また、基板3、基板チャックCK、ステージ5、6、7以外の光学部材はベース128上に固定される。

30

【0017】

光源1の波長帯域としては、400 nmから800 nmの波長が好ましい。但し、波長帯域は、この範囲に限定されず、100 nm以上の帯域が好ましく、基板3上にレジストが構成されている場合は、レジストの感光を防ぐ目的で、基板3上には紫外線(350 nm)以下の波長の光を照射しない方が好ましい。

【0018】

光源1からの光は、透過スリット板30を通過し、ビームスプリッタ2aでほぼ半分の光量の二つ光に分割され、基板3と位置可変機構100にそれぞれ垂直に入射される。

40

【0019】

透過スリット板30は、光量の確保や迷光の遮蔽、計測範囲の規定する目的で、設置することが好ましい。透過スリット板30の形状は、例えば矩形、円弧状又は6角形等の照明領域であることが望ましく、基板3上には、スリット像(例えば矩形、円弧状又は6角形等の照明領域)が照明される。

【0020】

ビームスプリッタ2aは、金属膜や、誘電体多層膜など膜をスプリット膜としたキューブ型のビームスプリッタや、1 μmから10 μm程度の厚さの薄い膜(材質はSiCやSiNなど)で構成されるペリクル型ビームスプリッタを使用することも出来る。ビームス

50

プリッタ 2 a で分割された光のうち、被検光は基板 3 上に照射され、基板 3 で反射した後、ビームスプリッタ 2 b に入射する。一方、参照光は光路内に配置された反射ミラー 101 で折り返された後、ビームスプリッタ 2 b に入射する。

【0021】

反射ミラー 101 は、例えば、2枚のミラーを相互に90度、270度の開き角を持つように組み合わせて構成される。このため、45度の入射角度で入射した光を、2回の反射の後に入射光軸に平行な軸に沿って射出する。なお、リトロリフレクタや直角プリズム型リフレクタなどの同様な機能を有するもので構成しても良い。

【0022】

基板 3 で反射した被検光と反射ミラー 101 で折り返された参照光は、ビームスプリッタ 2 b で合成され、共に検出器としての撮像素子 8 の受光面で受光される。ビームスプリッタ 2 b では基板 3 の表面で反射した被検光と反射ミラー 101 で折り返された参照光とが重なり、光の干渉が生じる。このため、撮像素子 8 の受光面では参照光と被検光との干渉光が検出される。なお、ビームスプリッタ 2 b は、ビームスプリッタ 2 a と同じものを使用することができる。

【0023】

本実施例では、反射ミラー 101 を保持し、その位置を可変とする位置可変機構 100 を用いて、参照光と被検光の受光面での相対位置と、参照光と被検光の光軸方向の光路長差を変更する。以下では、位置可変機構 100 の構成について、図 2 a、図 2 b を用いて説明する。

【0024】

図 2 a は、スペーサを使用した位置可変機構 100 の構成例である。上図は平面図、下図は断面図である。位置可変機構 100 において、反射ミラー 101 はプレート 125 上に接着などの方法により固定される。プレート 125 は、対面の平行度が保証されたスペーサ 123、124 を用いて YZ 平面上で位置調整を行った後、固定ネジ 126 によりベース 128 上に固定される。スペーサ 123、124 による位置調整の際には、異なる数種類の厚さのスペーサを複数枚用意し、順次入れ替えることで、図示 A 方向と B 方向に対するプレート 125 の位置を調整することができる。位置決めピン 127 はガイドとしての役割を有しており、スペーサ 123、124 を B 方向、A 方向に対してそれぞれ平行に支持するように配置される。すなわち、スペーサ 124 の位置決めピン 127 は A 方向に対して平行に並ぶように配置され、スペーサ 123 の位置決めピン 127 は B 方向に対して平行に並ぶように配置される。このため、スペーサ 123、124 と位置決めピン 127 を用いて、プレート 125 の位置を A 方向と B 方向にそれぞれ平行に調整することができる。以上から、位置可変機構 100 においては、スペーサ 123、124 の厚さを変えることでプレート 125 上に固定された反射ミラー 101 の位置を A 方向と B 方向 (z 方向及び y 方向) に独立して調整することができる。

【0025】

図 2 b は、光軸に対して垂直な方向 (A 方向) へ位置調整が可能なステージ 129 と、光軸に対して平行な方向 (B 方向) に位置調整が可能なステージ 130 を備える位置可変機構 102 を表す。上図は平面図、下図は y 方向から見た図である。反射ミラー 101 はベース 128 上に設置された A 方向に移動可能なステージ 129 に固定され、ステージ 129 は、B 方向に移動可能なステージ 130 の上に移動可能に配置される。

【0026】

ステージ 129、130 にはそれぞれガイドの働きをするクランプ 131 a、131 b が取り付けられており、ステージ 129 を A 方向の任意の位置に、130 を B 方向の任意の位置に固定するために用いる。すなわち、ステージ 129、130 を A 方向と B 方向に対して位置調整した後に、クランプ 131 a、b でステージ 129 と 130 の位置をそれぞれ固定することで、反射ミラー 101 の位置を A 方向と B 方向に対して独立に調整することができる。

【0027】

10

20

30

40

50

なお、位置可変機構 102 は、A 方向と B 方向のそれぞれに、不図示のピエゾ素子やモータ等の駆動源を備え、それぞれの方向に独立に調整を行っても良い。その場合においても、調整完了後にガイドの役割を果たすクランプにより、ステージ 129、130 を動かないように固定する。また、ステージの制御装置から駆動源に指令をすることにより、ステージを所望の位置まで移動させた後に、その位置で静止させるようにしても良い。

【0028】

位置可変機構 100 又は 102 を入射光の光軸に対して垂直な方向 (A 方向、第 1 方向) に調整すると、被検光に対して参照光の光路長差を変えずに、撮像素子 8 の受光面上における被検光と参照光との相対位置のみを変化させることができる。また、位置可変機構 100 又は 102 を入射光の光軸に対して平行な方向 (B 方向、第 2 方向) に調整すると、参照光と被検光の相対位置を変えずに光路長差のみを変化させることができる。したがって、位置可変機構 100 又は 102 のように A 方向と B 方向に独立に反射ミラー 101 の位置を調整することで、参照光と被検光との相対位置と光路長差とを独立に調整することができる。

10

【0029】

なお、位置可変機構の 2 つの軸方向は、入射光の光軸に対して垂直な方向と入射光の光軸に対して平行な方向とに限定されない。例えば、位置可変機構を、YZ 平面上で入射光の光軸に対して角度 (0 度 < < 180 度) だけずれた第 1 の方向、及び第 1 の方向と異なる角度 ' (0 度 < ' < 180 度) だけずれた第 2 の方向に調整した場合を例に挙げて説明する。ただし、' はともに 90 度ではないものとする。

20

【0030】

位置可変機構を第 1 の方向及び第 2 の方向に調整した場合はともに、参照光と被検光の相対位置と光路長差の両方が同時に変化する。ここで、相対位置と光路長差の変化量は、位置可変機構の移動方向によって変化する。すなわち、第 1 の方向に移動した場合と第 2 の方向に移動した場合では、相対位置と光路長差の変化量が異なる。

【0031】

このため、参照光と被検光の相対位置のみの調整を行う場合には、参照光と被検光の光路長差の変化を打ち消すように、つまり、A 方向に反射ミラー 101 が移動するように、位置可変機構の第 1 の方向への移動と、第 2 の方向への移動を併用する。また、光路長差のみの調整を行う場合には、相対位置の変化を打ち消すように、つまり、B 方向に反射ミラー 101 が移動するように、位置可変機構を第 1 の方向と第 2 の方向に移動する。したがって、位置可変機構を第 1 の方向と第 2 の方向に調整することで、相対位置と光路長差とを独立して調整することができる。なお、第 1 の方向及び第 2 の方向における相対位置と光路長差の変化量を予め求めておき、位置可変機構の調整の際に使用してもよい。

30

【0032】

次に、面位置検出装置 200 の調整方法について、図 3 に示すシーケンスを用いて説明する。面位置検出装置 200 の調整においては、低コヒーレンスな白色光源を用いて調整を行う前に、高い可干渉性と指向性を有するレーザー光源を用いて、予め面位置検出装置 200 の粗調整を行うことが好ましい。

【0033】

40

そのため、まず始めに、ステップ S10 により、例えば、光源に He - Ne レーザーを設置し、ベース 128 に光学部材を設置する。このとき、基板 3 の代わりに調整用平面板を設計ワーキングディスタンスの位置に配置しておく。白色光源に比べて可干渉性の高いレーザーを光源に使用することで、参照光と被検光を容易に干渉させることができ、面位置検出装置 200 の各光学部材の粗調整を行うことができる。

【0034】

ステップ S11 では、設置したレーザー光源を利用して、各光学部材の偏心調整を行う。指向性の高いレーザー光源を用いることで、ビームスプリッタやミラーの偏心、参照ミラーや被検物の角度などを精度良く調整することができ、面位置検出装置 200 を構成する際に生じる調整誤差を低減することができる。この段階で、レーザー光による干渉縞が

50

撮像素子 8 で観察でき、かつ干渉縞の本数が 1 本以下（ワンカラー）になるように偏心調整を行う。

【 0 0 3 5 】

続いて、ステップ S 2 0 で、レーザー光源に代えて白色光源を設置して面位置検出装置 2 0 0 の微調整を行う。ステップ S 2 1 では、位置可変機構を用いて反射ミラー 1 0 1 を A 方向に移動して、参照光と被検光との相対位置の微調整を行う。具体的な調整の一つとして、透過スリット板 3 0 を介した光を利用して、透過スリット板 3 0 の撮像素子 8 上での被検光の像に対して、参照光の像を一致させるようにすることが好ましい。

【 0 0 3 6 】

次に、ステップ S 2 2 で参照光と被検光との光路長差の微調整を行う。位置可変機構を用いて反射ミラー 1 0 1 を B 方向に移動した場合、参照光と被検光との相対位置は変わらずに、参照光と被検光との光路長差のみが変化するため、光路長差の調整を行うことができる。具体的な光路長差の調整として、撮像素子 8 で取得した干渉信号コントラストが最大となるときを光路長差がゼロであるとみなして、干渉信号コントラストの最大値に基づいて反射ミラー 1 0 1 の位置を調整する方法が挙げられる。干渉信号コントラストの最大値の求め方は、後で詳細に説明する。

10

【 0 0 3 7 】

参照光と被検光の干渉光を取得できるように面位置検出装置 2 0 0 を調整した後に、ステップ S 2 3 で撮像素子 8 により取得した計測領域の干渉縞がワンカラーであるかどうかを判断する。干渉縞がワンカラーでない場合には、ステップ S 2 4 で、面位置検出装置 2 0 0 の各光学部材（反射ミラー 1 0 1 を含む）の位置調整を行い、干渉縞がワンカラーになるまで S 2 1 から S 2 4 までを繰り返し行う。取得した白色干渉信号に基づいて各光学部材の位置を調整することで、被検光と参照光の相対位置ずれ又は光路長差を補正することができる。干渉縞がワンカラーであることを確認したら、面位置検出装置 2 0 0 の調整を終了する。

20

【 0 0 3 8 】

以上のように、予め高い可干渉性と指向性を有するレーザー光源を用いて粗調整を行い、その後、可干渉性の低い白色光源を用いて微調整を行うことで、白色光源だけを用いて調整する場合に比べて短時間に面位置検出装置 2 0 0 の調整を行うことができる。

【 0 0 3 9 】

30

なお、レーザー光源と白色光源の 2 つの光源を用いる場合のほかに、バンドパスフィルターを用いて白色光源の波長帯域を変えて可干渉性を調整して、粗調整と微調整を行って、面位置検出装置 2 0 0 の調整を行っても良い。

【 0 0 4 0 】

続いて、調整完了後に、面位置検出装置 2 0 0 を用いて、面位置を計測する方法を説明する。はじめに、被検光と参照光との干渉光の計測方法を説明する。

【 0 0 4 1 】

図 1 において、基板 3 は基板チャック C K で保持され、Z ステージ 5 、 Y ステージ 6 、 X ステージ 7 上に設置されている。被検光と参照光との干渉光を電気信号として撮像素子 8 で取得するために、Z ステージ 5 を駆動させ、基板 3 上の反射点に対応する撮像素子 8 の各画素の光強度を不図示の記憶装置に記憶するようにしている。また、基板 3 の計測領域を変更させる場合には、X ステージまたは、Y ステージを使用して、所望の領域が撮像素子 8 の受光領域に位置するように位置合わせした後に、上述の計測を行うようにしている。なお、図 1 には図示しなかったが、X ステージ、Y ステージ、Z ステージの位置を正確に制御するために、レーザー干渉計を X 、 Y 、 Z 軸および、 x 、 y のチルト軸の 5 軸分設けるようにする。そして、レーザー干渉計の出力を元にクローズドループ制御を行うようにすることで、より高い精度で面位置計測を行うことが出来る。また、基板 3 を、複数領域に分けて計測を行い、基板 3 全体のグローバルな形状を必要とする場合、レーザー干渉計を使った方が、より正確に形状データのつなぎ合わせ（ステッティング）が出来るため、好ましい構成と言える。

40

50

【0042】

次に、撮像素子8で取得され、記憶装置に記憶された干渉光の計測データの信号処理方法について説明する。撮像素子8のある画素で計測された計測データ(信号)を図4に示す。この信号はインターフェログラムとも呼ばれており、横軸がZ軸測長干渉計(測長センサとしては、静電容量センサでも良い)による計測値(Zステージ位置)、縦軸が撮像素子8の該画素の出力値(光強度)である。演算処理部400は、図4の測定信号から最大値(ピーク)を抽出する。最大値に対応したZステージ位置は、該画素で計測される基板の表面の位置に対応する。

【0043】

このため、撮像素子8の全画素での、基板表面の位置計測により、基板3の三次元形状計測が可能となる。測定信号のピーク位置の抽出としては、信号ピークの位置およびその前後の数点のデータを元に曲線(例えば2次関数)近似することで、図4の横軸であるZ軸のサンプリングピッチZpの1/10以下の分解能でピーク位置の算出が可能である。サンプリングピッチZpは、実際にZpの等ピッチでステップ的に駆動させるか、Zステージ5を等速度で駆動させ、サンプリングピッチZpになるような時間サンプリングで干渉信号を取り込むようにしても良い。なお、ピークの位置を計測する方法として、公知の技術であるFDAを使用することも出来る。FDA法では、フーリエスペクトルの位相勾配を用いてコントラストのピーク位置を求めている。

【0044】

白色干渉方式においては、その分解能を決める鍵は、いかに正確に参照光と被検光との光路長差がゼロとするかにある。そのため、FDA法以外に、位相シフト法やフーリエ変換法により白色干渉縞の包絡線を求め、縞コントラストの最大位置から光路差のゼロ点を求める方法、位相クロス法等、いくつかの縞解析法が公知の技術として提案されている。

【0045】

以上、本実施例によれば、反射ミラー101を入射光の光軸に対して垂直な方向(A方向)と平行な方向(B方向)に移動して、参照光と被検光の相対位置と光路長差とを独立して調整することが可能である。それにより、コントラストの高い測定信号を取得することができ、被検物の表面位置の計測精度を向上させることができる。

【実施例2】

【0046】

次に、本発明の第2の実施例を説明する。図5は、第2実施例の面位置検出装置300の構成を示す概略平面図である。なお、図1に示す部材と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。

【0047】

面位置検出装置300は、基板3の高さ方向(Z方向)の位置を検出する斜入射白色干渉計であり、図1に示す装置とは各光学部材の配置が異なる他、参照ミラー4と、4つのミラー9a、9b、9c、9dを含む。参照ミラー4には、オプティカルフラットガラスやSiCミラー、アルミミラーなどが使用される。

【0048】

ビームスプリッタ2aで分割された被検光と参照光のうち、被検光は基板3上に斜めに照射され、基板3で反射した後、ビームスプリッタ2bに入射する。一方、参照光は反射ミラー101を介して参照ミラー4上に斜めに照射され、参照ミラー4で反射した後、ビームスプリッタ2bに入射する。被検光と参照光はビームスプリッタ2bで合成され、共に撮像素子8で受光される。ビームスプリッタ2bでは被検光と参照光とが重なり、光の干渉が生じる。このため、撮像素子8は干渉光を受光面で受光し、干渉光に対応する信号を出力する。

【0049】

本実施例においては、基板3への入射角度は60度以上であることが望ましい。この理由として、入射角度の増加に伴って反射光強度が強くなることが挙げられる。例えば、基板3上に数百nm程度の薄膜(例えばレジスト)が成膜されている場合、基板3からの反

10

20

30

40

50

射光にはレジスト表面からの反射光とともにレジスト裏面からの反射光が含まれる。

【0050】

そこで、レジスト表面と裏面からの反射光を区別して計測するために、基板への入射角度を大きくすることでレジスト表面からの反射率を高くする。これにより、基板上のレジスト表面からの反射光を、レジスト裏面からの反射光に対して、相対的に強くすることができる。特に、基板上の薄膜に対してブリュースター角（偏光角とも呼ばれる）以上の入射角で光を入射させた場合には特別な効果がある。

【0051】

以下、この特別な効果について説明する。p偏光の光は、ブリュースター角を境に位相がずれる。ここで、例えばレジストの屈折率を1.5とすれば、空気/レジスト界面のブリュースター角は56.3度である。また、基板をSiとして、屈折率を3.8とすれば、レジスト/基板界面のブリュースター角は68.5度である。ここで、例えば入射角度を60度とすると、スネルの法則を用いて、レジストから基板への入射角度は35度となり、レジスト/基板界面のブリュースター角より小さい。更に、入射角度を89度とし、基板にすれば入射角度で入射させたとしても、レジストから基板への入射角度は41度であり、やはりレジスト/基板界面のブリュースター角よりも小さい。

10

【0052】

したがって、p偏光の光は、空気/レジスト界面のブリュースター角以上で入射させた場合、レジストの表面反射光とレジスト/基板界面反射光で位相がずれることになる。一方、s偏光の光はブリュースター角の前後での位相変化は無い。この結果、p偏光成分について、空気/レジスト界面の反射光と参照光による干渉光の位相と、s偏光成分について、空気/レジスト界面の反射光と参照光による干渉光の位相とには、ずれは生じない。しかし、p偏光成分について、レジスト/基板界面の反射光と参照光による干渉光の位相と、s偏光成分について、レジスト/基板界面の反射光と参照光による干渉光の位相とで、位相がずれることになる。無偏光の光を使用する場合、その測定信号は、p偏光の干渉光の光強度とs偏光の干渉光の光強度とを足した光強度となる。そのため、レジスト/基板界面の反射光と参照光との干渉光は打ち消されて、コントラストの低い測定信号となる。したがって、空気/レジスト界面の反射光と参照光による干渉光の測定信号に対して、レジスト/基板界面の反射光と参照光による干渉光の測定信号は小さくなるため、レジスト表面の位置計測の精度が向上することになる。

20

【0053】

ここで、レジストのブリュースター角で入射させるとp偏光のレジスト表面反射光が無くなるので、それよりも大きな入射角度、少なくとも60度以上の入射角度が好ましい。なお、詳細は特開2009-204512号公報を参照されたい。

30

【0054】

本実施例の斜入射白色干渉計においては、基板3や参照ミラー4のZ方向への走査により、参照光と被検光との相対位置と光路長差が同時に変化する。このため、基板3や参照ミラー4のZ方向へ走査させて参照光と被検光との相対位置と光路長差を個別に調整することはできない。

【0055】

また、参照光と被検光の光路長差ゼロの位置で相対位置にずれが生じる場合には、干渉性の低下に伴って信号コントラストが低下するため、高精度に面位置を計測することができない。斜入射白色干渉計において高い計測精度を得るためにには、参照光と被検光との相対位置と光路長差の調整を行い、予め光路長差がゼロの位置において相対位置が一致するように調整することが重要になる。

40

【0056】

本実施例でも、実施例1と同様に、位置可変機構100又は102を用いて、参照光と被検光との相対位置と光軸方向の光路長差を独立して調整する。面位置検出装置300における位置可変機構の配置場所は、図5に示す参照光路内に限らず、被検光の光路内に配置してもよく、または、参照光の光路内と被検光の光路内の両方に配置してもよい。

50

【0057】

本実施例によれば、参照光と被検光との相対位置と光軸方向の光路長差を独立して調整することにより、高精度に基板の表面の位置を計測することができる。また、計測データにおいて、レジスト／基板界面の反射光による影響を低減することができ、計測精度を向上させることができる。

【実施例3】

【0058】

次に、本発明の第3の実施例を説明する。図6は、第3実施例の面位置検出装置500の構成を示す概略平面図である。なお、図1、2に示す部材と同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。面位置検出装置500は、基板3の高さ方向(Z方向)の位置を検出する斜入射白色干渉計であり、図2に示す装置の撮像素子8の代わりに、分光器50と、二次元撮像素子58とを用いる。

10

【0059】

透過スリット板30の開口は、入射面に垂直方向(X方向)が長手方向であり、その方向と垂直な方向が短手方向になる。被検光と参照光はビームスプリッタ2bで合成され、分光器50を介して二次元撮像素子58で受光される。このため、撮像素子58は干渉光を受光面で受光し、干渉光に対応する信号を出力する。

【0060】

分光器50は、図7で示すように入射スリット51と回折格子52と結像光学系55(ミラー光学系)により構成される。入射スリット51を通過した光は回折格子52に入射する。回折格子52により、干渉光を入射スリット51の短手方向に対して波長毎に一度に回折させ、空間分解方向の広がりと波長分解方向(X方向)の広がりとを有する信号に変換する。

20

【0061】

二次元撮像素子58では、分光器50を介した干渉光を一次元位置情報と波長情報として受光する。分光器としては、一般的な構成であるCzerny-Turnerタイプを使用することが出来る。二次元撮像素子58(例えは、二次元CCD)は、フォトダイオードの光起電力によって生成された電荷を転送して読み出してイメージ情報を得るものであり、電荷転送の方式によってインライン転送型やフレーム転送型が知られている。このうち、分光測定を行う本実施形態では、信号のSN比が高いフレーム転送型の読み出し回路が採用される。フレーム転送型の撮像素子では、受光した光を各画素で電荷として蓄積した後、全て転送して読み出して、1フレームの読み出しが終了する。このため、分光方式で基板3の面位置を検出する場合、例えは、長手方向がX方向となるように透過スリット板30を配置し、ウエハステージWSをY方向に走査させることが望ましい。撮像素子を用いて、1フレームの撮像が終了するまで(1フレームの撮像期間中)にウエハステージWSが移動する範囲の干渉光の測定信号を取得することで、基板3の高さ方向(Z方向)の位置を検出することができる。なお、基板3の全域に渡って計測を行う場合には、ウエハステージWSを一定方向(Y方向)に走査させて、走査方向と垂直な方向(X方向)にWSステージをXだけステップさせる動作を繰り返し行うことが好ましい。

30

【0062】

続いて、二次元撮像素子58で受光して記憶装置に記憶された干渉光の測定信号を処理して、基板3の形状(表面位置)を求める方法について説明する。二次元撮像素子58で受光した信号の例を図8(a)に示す。横軸は波数、縦軸は光強度を示しており、分光器50を用いて干渉光を波長毎に回折させることで、参照光と被検光の光路長差を周波数の違いに変換した分光信号として二次元撮像素子58で検出される。この分光信号に対して演算手段でフーリエ変換を行い、周波数領域から空間領域へと変換する。そして、この実数部分を抽出することで、実空間での光路長差を有する白色干渉信号を取得する(図8(b))。図8(b)は、横軸が基板の高さ方向(Z軸方向)に相当する計測値、縦軸が二次元撮像素子58での光強度の出力を表している。

40

【0063】

50

ここで、参照光と被検光との間に可干渉距離範囲内の光路長差 Z_0 が存在する場合、横軸のZ方向に対して $Z = 0$ と $Z = \pm Z_0$ の位置で干渉が現れる。この最大ピーク位置の距離が参照光と被検光の光路長差に相当するため、ピーク位置を検出することにより基板3の表面高さに関する情報を取得することが出来る。

【0064】

図8(c)は、 $Z = Z_0$ の位置の干渉信号を抽出した図である。この干渉信号の信号ピークの位置を算出し、それに対応したZ方向の計測値がその画素での高さ計測値となる。二次元撮像素子58の全画素での高さ計測により、基板3の三次元形状計測が可能となる。なお、取得した干渉信号のピーク位置検出方法については実施例1と同様である。

【0065】

分光方式の斜入射白色干渉計においては、参照光と被検光との間に光路長差 Z_0 を付加し、被検物をY方向に走査させて計測を行う。光路長差 Z_0 を付加する際に基板3や参照ミラー4をZ方向へ走査させると、参照光と被検光との相対位置と光路長差の両方が変化する。このため、基板3や参照ミラー4のZ方向へ走査させて参照光と被検光との相対位置及び光路長差を個別に調整することはできない。白色光は可干渉性が低いため、光路長差 Z_0 の位置において参照光と被検光の相対位置にずれが生じる場合には、可干渉性の低下に伴って信号コントラストが低下し、正確に面位置を計測することができない。このため、斜入射白色干渉計において高い計測精度を得るためには、所望の光路長差 Z_0 の位置において相対位置が一致するように調整を行うことが重要になる。実施例1及び2で示したZ走査方式の白色干渉計では、参照光と被検光の光路長差がゼロの時に、光軸断面方向の相対位置が合うように調整している。これに対して、本実施例では、計測レンジの中心(Z_0)で断面方向の位置を一致させる。なお、計測レンジの中心 Z_0 は、中心位置が $Z = 0$ のZに不感な信号と重ならないように、コヒーレント長の2倍以上の光路長差を付加する必要がある。

【0066】

次に、位置可変機構100を用いた面位置検出装置200の調整方法について説明する。光路長差 Z_0 を付加する方法の一つとして、光路長差ゼロの位置から位置可変機構100を入射光軸に平行な方向(B方向)に調整して光路長差を与える方法が挙げられる。まず始めに、分光器50を取り外し、実施例2の斜入射白色干渉計の調整方法と同様に行い、参照光と被検光の光路長差ゼロの位置において相対位置を一致させる。次に、参照光と被検光の光路長差が Z_0 となるように、位置可変機構100を入射光軸に平行な方向(B方向)に調整する。位置可変機構100をB方向に調整した場合、参照光と被検光の相対位置は変化しないため、光路長差 Z_0 の位置において相対位置が一致するように調整することができる。光路長差 Z_0 の位置に調整する際には、分光器50を介して二次元撮像素子58で取得した干渉信号に基づいて、位置可変機構100を入射光軸に平行な方向(B方向)に調整しても良い。

【0067】

以上のように、位置可変機構100を入射光軸に垂直な方向(A方向)と入射光軸に平行な方向(B方向)に調整することで、参照光と被検光の光路長差 Z_0 位置で相対位置を一致させることができ、これにより高精度な計測を実現することができる。

【0068】

基板3上の複数の測定領域における形状を計測する場合には、先の実施例1に記載の内容と同様に、Xステージ、Yステージを駆動して、所定の領域に位置合わせした後に、干渉信号の取得、および処理を行うようにしている。

【0069】

これまでに説明した三つの実施例ではその説明の簡略化のため、レンズ等を使用した場合の実施形態についての説明は省略してきた。しかし、レンズにより構成される光学系を使用することができる。レンズは、図9に示すように、透過スリット板30と、参照ミラー4または基板3と、分光器50の入射スリット51とが光学的に共役になるように配置される。すなわち、透過スリット板30の開口からの光が、レンズ12a、12bで構成

10

20

30

40

50

される結像光学系 2 2 により、ビームスプリッタ 2 a で分岐された後に基板 3 と参照ミラー 4 の面上で結像させる。そして、基板 3 と参照ミラー 4 で反射された光はビームスプリッタ 2 b で重ね合わせられた後、基板 3 の表面をレンズ 12 c、12 d で構成される結像光学系 2 3 により分光手段 5 0 の入射スリット 5 1 に透過スリット板 3 0 を再び結像させる。分光器 5 0 へ導かれた光を回折格子 5 2 により、入射スリット 5 1 の短手方向に對して波長毎に一度に回折させ、二次元撮像素子 5 8 で受光する。二次元撮像素子 5 8 で取得した信号に上述した信号処理を行うことで、基板 3 の面位置を計測することができる。

【 0 0 7 0 】

以上、本実施例によれば、参照光と被検光の相対位置と光路長差とを独立して調整することにより、コントラストの高い測定信号を取得することができ、被検物の表面位置の計測精度を向上させることができる。

10

【 実施例 4 】

【 0 0 7 1 】

図 1 0 は、上述の面位置検出装置を具備した露光装置の概略図である。図 1 0 に示すように、露光装置は、光源 8 0 0、照明光学系 8 0 1、レチクル 3 1 を載置するレチクルステージ R S、投影光学系 3 2、ウエハ 3 を載置するウエハステージ（基板ステージ）W S、面位置検出装置 6 0 0、制御部 1 1 0 0 を有する。面位置検出装置 6 0 0 には上述の面位置検出装置を適用できる。

【 0 0 7 2 】

制御部 1 1 0 0 は C P U 及びメモリを有し、光源 8 0 0、照明装置 8 0 1、レチクルステージ R S、ウエハステージ W S、面位置検出装置 2 0 0 と電気的に接続され、露光装置の動作を制御する。また、制御部 1 1 0 0 は、面位置検出装置 6 0 0 におけるウエハ 3 の表面位置計測値の演算及び制御と、表面位置を検出する際の計測値の補正演算及び制御を行うことができる。

20

【 0 0 7 3 】

光源 8 0 0 は、例えば、レーザーを使用する。レーザーは、波長約 1 9 3 n m の Ar F エキシマレーザー、波長約 2 4 8 n m の Kr F エキシマレーザーなどを使用することができるが、光源の種類はエキシマレーザーに限定されない。

【 0 0 7 4 】

照明光学系 8 0 1 は、光源 8 0 0 から射出した光束を用いて被照明面を照明する光学系であり、光束を露光に最適な所定の形状の露光スリットに成形し、転写用の回路パターンが形成されたレチクル 2 1 を照明する。照明光学系 8 0 1 は、レンズ、ミラー、オプティカルインテグレーター、絞り等を含み、例えば、コンデンサーレンズ、ハエの目レンズ、開口絞り、コンデンサーレンズ、スリット、結像光学系の順で配置する。

30

【 0 0 7 5 】

原版としてのレチクル（マスク）3 1 は、例えば、石英製で、その上には転写されるべき回路パターンが形成され、レチクルステージ R S に支持及び駆動されている。レチクル 3 1 からの回折光は、投影光学系 3 2 を通り、ウエハ 3 上に投影される。レチクル 3 1 とウエハ 3 とは、光学的に共役の関係に配置される。レチクル 3 1 とウエハ 3 を縮小倍率比の速度比で走査することによりレチクル 3 1 のパターンをウエハ 3 上に転写する。なお、露光装置には、不図示の光斜入射系のレチクル検出手段が設けられており、レチクル 3 1 は、レチクル検出手段によって位置が検出され、所定の位置に配置される。

40

【 0 0 7 6 】

レチクルステージ R S は、図示しないレチクルチャックを介してレチクル 3 1 を支持し、図示しない移動機構に接続されている。移動機構は、リニアモーターなどで構成され、X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向及び各軸の回転方向にレチクルステージ R S を駆動することでレチクル 3 1 を移動させることができる。

【 0 0 7 7 】

投影光学系 3 2 は、物体面からの光束を像面に結像する機能を有し、レチクル 3 1 に形成されたパターンを経た回折光をウエハ 3 上に結像する。投影光学系 3 2 は、複数のレン

50

ズ素子からなる光学系、複数のレンズ素子と少なくとも一枚の凹面鏡とを有する光学系（カタディオプトリック光学系）、複数のレンズ素子と少なくとも一枚のキノフォームなどの回折光学素子とを有する光学系等の使用が可能である。

【0078】

基板としてのウエハ3上にはフォトレジストが塗布されている。なお、ウエハ3は、面位置検出装置600が表面位置を検出する被検物である。ウエハステージWSは、ウエハチャックによってウエハ3を支持する。ウエハステージWSは、レチクルステージRSと同様に、リニアモーターを利用して、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向及び各軸の回転方向にウエハ3を移動させる。また、レチクルステージRSの位置とウエハステージWSの位置は、例えば、6軸のレーザー干渉計81などにより監視され、両者は一定の速度比率で駆動される。ウエハステージWS上には基準プレート39が配置されている。

10

【0079】

続いて、ウエハ3の表面位置（フォーカス）の計測について説明する。ウエハ3の全域に渡って、走査方向（Y方向）にウエハステージWSを走査しながら、面位置検出装置600でウエハ面位置を計測し、走査方向と垂直な方向（X方向）には、ウエハステージWSをXだけステップする。続いて、走査方向にウエハの表面位置を計測する動作を繰り返し行うことにより、ウエハ3全面の形状計測を行うようにしている。なお、高スループット化のためには、面位置検出装置600を複数用いて、ウエハ3上の異なるポイントの表面位置を同時に計測するようにしても良い。また、ウエハ上の複数の計測すべき点に光束を入射させ、各々の光束を個別のセンサに導き、異なる位置の高さ計測情報から露光すべき面のチルトを算出しても良い。

20

【0080】

ここで、露光装置に面位置検出装置600を具備した場合の面位置検出装置600の参照光と被検光の調整方法について説明する。まず始めに、被検物である基板3の代わりに、面位置検出装置600の基準位置に対する所定の位置に調整用平面板を配置する。調整用平面板はウエハ3と同じ構造であることが好ましい。また、A1平面ミラー やガラス平板ミラーを使用しても良い。その後、位置可変機構を入射光軸に対して垂直な方向（A方向）と垂直な方向（B方向）とに調整することで、面位置検出装置600の調整を行う。面位置検出装置600の調整方法については、実施例1と同様の方法を適用できる。

30

【0081】

なお、参照光と被検光の相対位置調整の際には、評価用パターンとして透過スリット板30を配置することが好ましい。調整用平面板を配置して面位置検出装置600の調整を終えた後、調整用平面板を取り外し、面位置検出装置600を露光装置の基準位置に配置して、被検物であるウエハ3を所定の位置に配置する。予め、調整用平面板を用いて光路調整を行うことで、露光装置に面位置検出装置600を設置してウエハ3を所定位置に設置した際に、光路長差ゼロの位置において参照光と被検光の光軸断面における相対位置を精度良く一致させることができる。このため、露光装置に面位置検出装置600を設置した後に、光路の調整を行わずに、高精度な被検物の面位置計測を行うことが出来る。なお、実施例3に記載した分光方式の白色干渉計の場合には、所望の光路長差の位置において参照光と被検光の光軸断面における相対位置を精度良く一致させることが好ましい。

40

【0082】

次に、本露光装置を用いた露光方法について詳細に説明する。図11は露光方法のフォローチャートである。まず、ステップS100でウエハ3を露光装置に搬入し、ステップS101で、このウエハに対してウエハアライメントを行う。ウエハアライメントは、アライメントスコープ（不図示）により、ウエハ上のマークの位置を検出して、露光装置に対して、ウエハのXY平面の位置合わせを行うものである。その後、ステップS102で、面位置検出装置により、ウエハ3上の所定箇所の表面位置を計測し、このウエハ3の面形状データが露光装置に保存される。ステップS102では、ウエハ3はウエハステージWSにより、面位置検出装置の下の位置から、投影レンズ32の下の露光位置に第1露光ショットが位置するように移動される。同時に、露光装置の演算処理手段により、上記表

50

面位置の計測結果であるウエハ3の面形状データを元に、第1露光ショットの表面位置データを作成し、露光像面からのずれ量を算出する。そして、この露光像面からのずれ量に基づいたZ方向および傾き(チルト)方向へのステージ駆動により、ほぼ露光スリット単位でウエハ表面の高さ方向の位置に合わせこむ動作を行う(S1021)。

【0083】

ステップS103では、露光およびウエハステージWSのY方向への走査が行われる。こうして、第1露光ショットが露光終了するとステップS105で未露光ショットの有無を判断し(S104)、未露光ショットが有る場合には、ステップS102に戻る。そして、第1露光ショットの場合と同様に次の露光ショットの面位置データを制御部1100の演算装置で作成する。そして、Z方向および傾き(チルト)方向へのステージ駆動により露光スリット単位でウエハ3表面の高さ方向の形状に合わせこむ動作を行いながら露光が行われる。ステップS104で、露光すべきショット(即ち、未露光ショット)がないかどうかを判断し、未露光ショットがなくなるまで、上述の動作を繰り返す。全ての露光ショットの露光が終了したら、ステップS105でウエハ3を回収し、終了する。

10

【0084】

ウエハステージWSは、シングルステージに限らず、所謂、ツインステージの構成としても良く、面位置検出装置200を計測ステーション側のステージに配置してもよい。

【0085】

ウエハ上には、複雑な回路パターンや、スクライブラインなどが存在するので、反射率分布やローカルチルトなどの発生率が高い。このため、反射率分布やローカルチルトによる計測誤差を低減できる白色干渉計を用いた高精度な表面位置の計測は重要な技術と言える。その中で、白色干渉計を用いた高精度かつ高速な面位置検出を実現するためには、参照光と被検光の光路調整に関する本発明の効果は大きいと言える。ウエハ表面の形状を高速かつ高精度に計測できるようになれば、最適露光面とウエハ表面のフォーカス合わせの精度が向上することになり、半導体素子の性能向上や、製造歩止まりの向上にも繋がるという効果がある。

20

【0086】

尚、本実施例においては、面位置検出装置を、露光装置のウエハ面位置検出装置として適用する場合について記載したが、これに限らず、フォーカス較正を行うフォーカス較正用装置として使用しても良い。

30

【0087】

本実施例によれば、参照光と被検光との光軸断面の相対位置と光軸方向の光路長差とを精度良く調整することにより、干渉計測において高い可干渉性を得ることができる。また、これに伴って基板の表面位置を高い精度で計測することができる。これにより、小さな焦点深度に対して高いフォーカス精度を実現し、歩留まりの向上を達成する露光装置を提供することが可能となる。

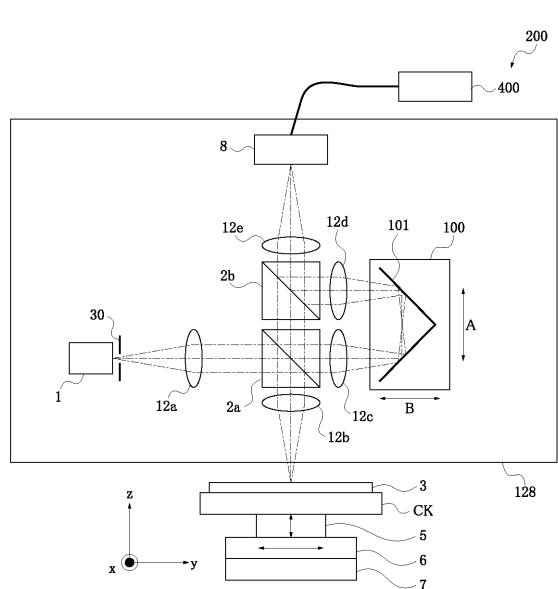
【実施例5】

【0088】

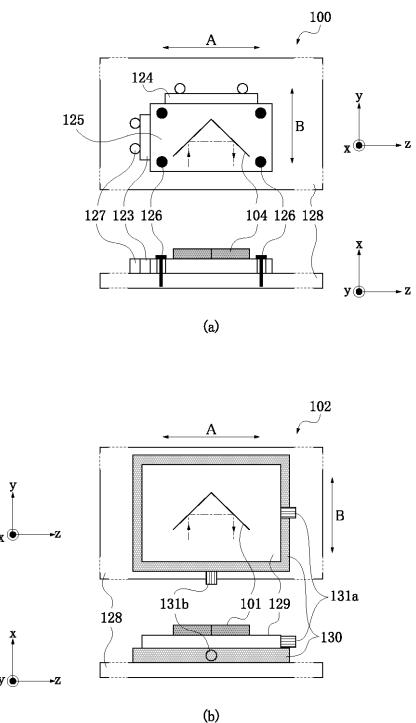
次に、前述の露光装置を利用したデバイス(半導体IC素子、液晶表示素子等)の製造方法を説明する。デバイスは、前述の露光装置を使用して、感光剤が塗布された基板(ウエハ、ガラス基板等)を露光する工程と、その基板(感光剤)を現像する工程と、他の周知の工程と、を経ることにより製造される。他の周知の工程には、エッチング、レジスト剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージング等が含まれる。本デバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。

40

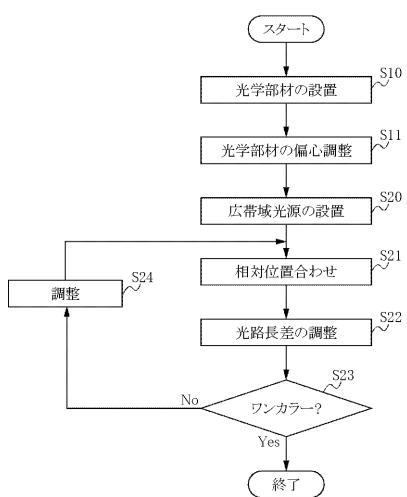
【図1】



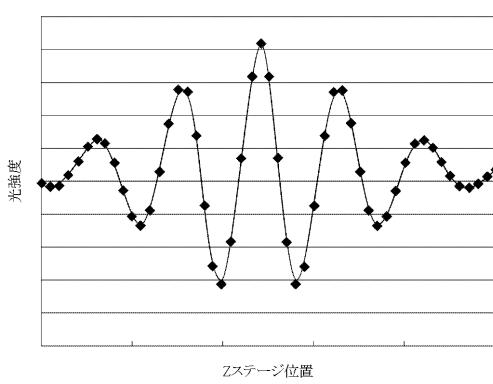
【図2】



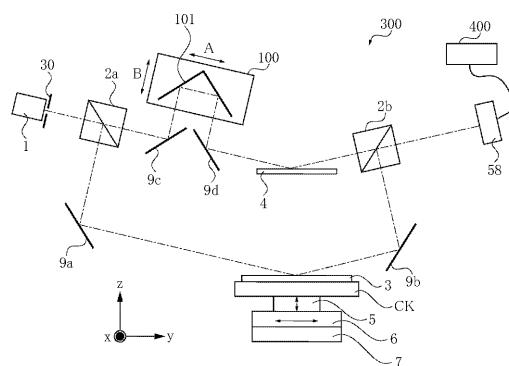
【図3】



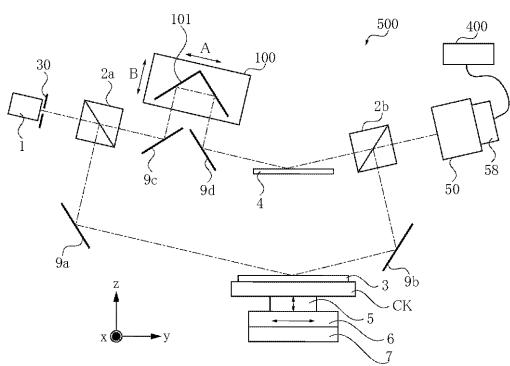
【図4】



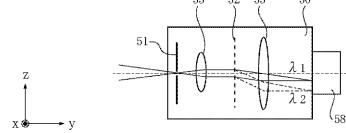
【図5】



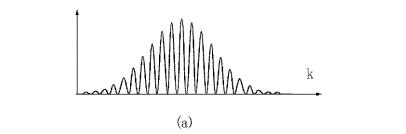
【図6】



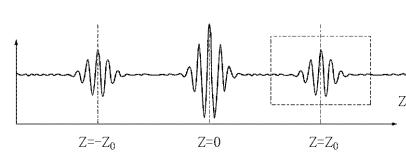
【図7】



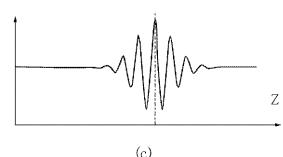
【図8】



(a)

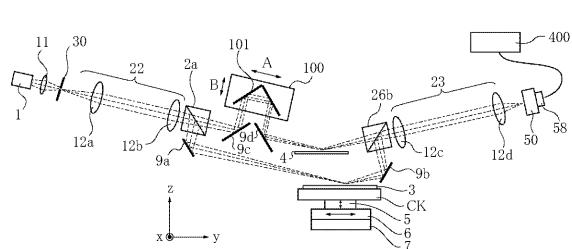


(b)

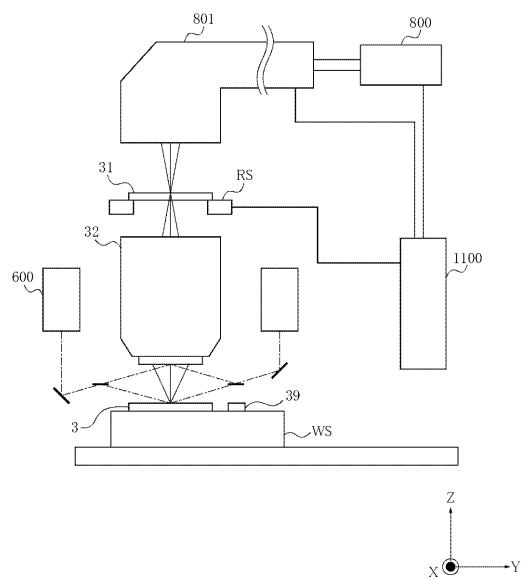


(c)

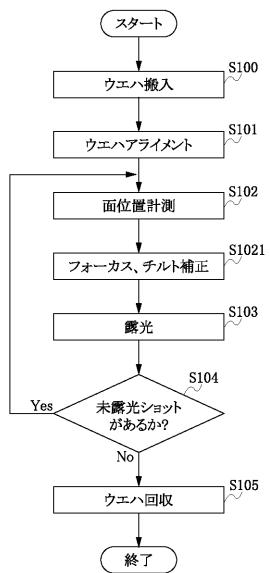
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 松本 隆宏
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 梶田 真也

(56)参考文献 特開2006-258557 (JP, A)
特開2000-018918 (JP, A)
特開2003-232606 (JP, A)
特開2010-008328 (JP, A)
特開2001-004538 (JP, A)
国際公開第2004/012245 (WO, A1)
特開2003-247804 (JP, A)
特開平11-248419 (JP, A)
特開平07-104647 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 B	1 1 / 0 0	-	1 1 / 3 0
G 01 B	9 / 0 0	-	9 / 1 0
H 01 L	2 1 / 0 2 7		
H 01 L	2 1 / 3 0		
H 01 L	2 1 / 4 6		