

(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2011-106965

(P2011-106965A)

(43) 公開日 平成23年6月2日(2011.6.2)

(51) Int.Cl.

G 0 1 N 21/956 (2006.01)

F 1

G 0 1 N 21/956

A

テーマコード (参考)

2 G 0 5 1

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2009-262234 (P2009-262234)
 (22) 出願日 平成21年11月17日 (2009.11.17)

(71) 出願人 000115902
 レーザーテック株式会社
 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-10-1
 (74) 代理人 100103894
 弁理士 冢入 健
 (74) 代理人 100129953
 弁理士 岩瀬 康弘
 (72) 発明者 武久 究
 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-10-1
 レーザーテック株式会社内
 Fターム(参考) 2G051 AA56 AB02 BA10 BA11 BB09
 BB11 BB20 CA04 CA07 CB01
 CC09 CC11

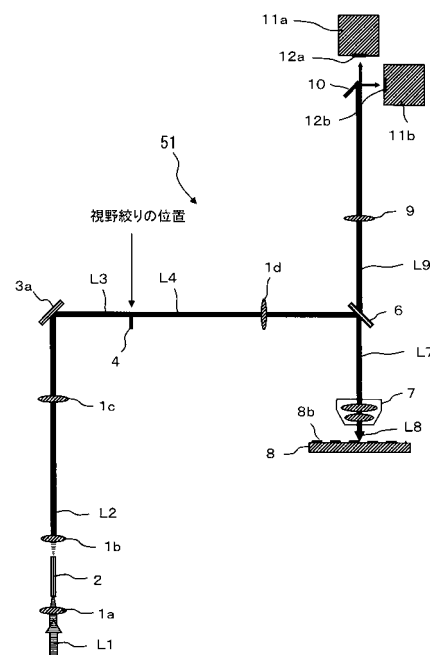
(54) 【発明の名称】 検査装置、検査方法、及びパターン基板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】高感度で検査を行うことができる検査装置、検査方法、及びパターン基板の製造方法を提供すること。

【解決手段】本発明の一態様にかかる検査装置は、対物レンズ7と、対物レンズ7の視野の一部である第1の領域を、第1の偏光方向の直線偏光で照明し、対物レンズの視野内において前記第1の領域と異なる第2の領域を第1の偏光方向と異なる第2の偏光方向の直線偏光で照明する反射照明光学系51と、第1の領域において、試料で反射した反射光を検出するT D Iカメラ11aと、第2の領域において、試料で反射した反射光を検出するT D Iカメラ11bと、を備えるものである。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

対物レンズと、

前記対物レンズの視野の一部である第 1 の領域を第 1 の偏光方向の直線偏光で照明し、
前記対物レンズの視野内において前記第 1 の領域と異なる第 2 の領域を前記第 1 の偏光方向と異なる第 2 の偏光方向の直線偏光で照明する反射照明光学系と、

前記第 1 の領域において、試料で反射した反射光を検出する第 1 検出器と、

前記第 2 の領域において、試料で反射した反射光を検出する第 2 検出器と、を備える検査装置。

【請求項 2】

前記第 1 の偏光方向と前記第 2 の偏光方向とが直交していることを特徴とする請求項 1 に記載の検査装置。

【請求項 3】

前記反射照明光学系が、

前記試料と共役な位置に配置され、一部の照明光の偏光状態を変化させる第 1 の $1/2$ 波長板と、

前記第 1 の $1/2$ 波長板から前記対物レンズまでの間に配置され、前記試料で反射した反射光が前記対物レンズを介して入射する第 1 の光分岐手段と、を備えた請求項 1、又は 2 に記載の検査装置。

【請求項 4】

前記第 1 の $1/2$ 波長板が光路の半分に挿入されている請求項 3 に記載の検査装置。

【請求項 5】

前記第 1 の光分岐手段が偏光状態に応じて光を反射する偏光ビームスプリッタであり、
前記反射照明光学系が、

前記波長板と前記偏光ビームスプリッタとの間に設けられ、照明光を円偏光にする第 1 の $1/4$ 波長板と、

前記対物レンズと偏光ビームスプリッタの間に設けられ、前記第 1 の $1/4$ 波長板によって円偏光になった照明光を直線偏光にする第 2 の $1/4$ 波長板と、

前記偏光ビームスプリッタから前記第 1 及び第 2 光検出器までの間に設けられ、前記第 1 及び第 2 光検出器に入射する反射光を直線偏光にする第 3 の $1/4$ 波長板と、を備える請求項 3、又は 4 に記載の検査装置。

【請求項 6】

前記反射照明光学系が、

前記照明光を第 1 の光ビームと第 2 の光ビームに分岐する第 2 の光分岐手段と、

前記光分岐手段で分岐された第 1 の光ビームの偏光状態を変化させる第 2 の $1/2$ 波長板と、

前記波長板で偏光状態が第 1 の光ビームが前記第 2 の光ビームと近接して伝搬するように重ね合わせる手段と、を備えた請求項 1、又は 2 に記載の検査装置。

【請求項 7】

前記第 2 の $1/2$ 波長板が第 1 の光ビーム全体の偏光状態を変化させることを特徴とする請求項 6 に記載の検査装置。

【請求項 8】

前記反射照明光学系が、

照明光を分岐して前記第 1 の領域に入射する第 1 のビームと、前記第 1 の光ビームとは異なる方向に伝搬する第 2 の光ビームを生成する第 3 の光分岐手段と、

前記第 2 のビームの偏光状態を変化させる第 3 の $1/2$ 波長板と、

前記試料と共役な位置に配置され、前記第 3 の $1/2$ 波長板からの第 2 の光ビームを前記第 3 の光分岐手段を介して前記第 2 の領域に入射させる手段と、を備える請求項 1、又は 2 に記載の検査装置。

【請求項 9】

10

20

30

40

50

対物レンズの視野の一部である第 1 の領域を第 1 の方向の直線偏光で、照明するステップと、

前記対物レンズの視野内において前記第 1 の領域と異なる第 2 の領域を前記第 1 の偏光方向と異なる第 2 の偏光方向の直線偏光で、照明するステップと、

前記第 1 の領域において前記試料で反射した反射光を、前記対物レンズを介して第 1 検出器で検出するステップと、

前記第 2 の領域において前記試料で反射した反射光を、前記対物レンズを介して第 2 検出器で検出するステップと、を備える検査方法。

【請求項 10】

前記第 1 の方向、及び前記第 2 の方向の少なくとも一方が前記試料に設けられたパターンに沿っていることを特徴とする請求項 9 に記載の検査方法。

【請求項 11】

請求項 9、又は 10 に記載の検査方法により、フォトマスクを検査する検査ステップと、
前記検査ステップによって検査されたフォトマスクの欠陥を修正する欠陥修正ステップと、

前記欠陥修正ステップで修正されたフォトマスクを介して基板を露光する露光ステップと、

前記露光された基板を現像する現像ステップと、を有するパターン基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、検査装置、検査方法、及びパターン基板の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般にパターンが形成されたマスクの欠陥検査の方法には、マスクパターンと設計データとの比較検査法（一般に Die - t o - d a t a b a s e 比較法と呼ばれる。）と、2 つのチップにおけるパターン比較検査法（一般に Die - t o - d i e 比較法と呼ばれる。）の 2 通りの方法が広く知られている。どちらの方式でもマスクパターンにおける微小な一部分（以下、観察領域と呼ぶ。）を対物レンズによって拡大して、その拡大された光学像を CCD カメラで検出して検査を行っている。ただし、CCD カメラを用いる際に、以下に説明する T D I (T i m e D e l a y I n t e g r a t i o n) と呼ばれる方式が用いられる場合が多い。このため、この CCD カメラは、T D I カメラ、あるいは T D I センサーなどと広く呼ばれている。

【0003】

また、観察領域を照明するための光源としては、紫外域で連続動作するレーザや紫外域にスペクトルを有する点光源ランプが用いられている。これらのレーザやランプから取り出される紫外光を、マスクに対して対物レンズと反対側から照射する照明方式は透過照明と呼ばれている。これに対して、マスクに対して対物レンズ側から照明する照明方式は反射照明と呼ばれている。これら 2 つの照明方法が利用されるのは、見え方（つまり照明されたパターンの光学像を T D I カメラ等に結像させることで撮像した像の見え方）が異なるため、検出できる欠陥の種類等が異なるからである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2009 - 223095

【非特許文献 1】半導体 M I R A I プロジェクト成果報告会 158 頁 2008 年

【非特許文献 2】Proc. of S P I E Vol. 6349, 63493G, 2006 年

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで一般的なマスク検査装置における反射照明の光学系の構成を、図10を用いて説明する。図10では、検査光源としてレーザ装置（ただし図示せず。）を用いた場合を示している。レーザ装置から発生させた直線偏光のレーザ光が検査光学系内に入射する際に、その直線偏光をS波とする。このS波はPBS（偏光ビームスプリッタ）に入射すると、反射して下方に進む。なお、S波と呼ぶのは、このPBSで効率良く反射する偏光方向の直線偏光としているからである。次に、レーザ光が、1/4波長板を通過することで、円偏光に変換される。ここでは照明光が、右回りの円偏光となる。この円偏光は対物レンズを通過して、マスクのパターン面に照射される。パターン面からの反射光は、逆回りの偏光方向、すなわち左回りの円偏光となる。そして、反射光は、対物レンズを通過して、再び1/4波長板を通過する。こうすることで、光は、直線偏光に戻されるが、今度はP波になる。このため、反射光は、PBSを透過することになる。パターン面からの反射光であるP波が投影レンズを通過して、TDIカメラに到達する。この際に、対物レンズと投影レンズとで、マスクのパターン面がTDIカメラに投影されるようになっている。これにより、対物レンズの視野内の拡大像が撮像され、欠陥検査ができるようになっている。

10

【0006】

一方、EUVマスクは、露光光である波長13.5nmのX線を反射させて露光に用いている。このため、EUVマスクは、反射型マスクと呼ばれている。一般的なEUVマスクの断面構造を図11に示す。図11に示すように、低膨張ガラスの上には、Mo/Si多層膜が形成されている。Mo/Si多層膜では、例えば、Mo膜とSi膜が40～50層形成されている。Mo/Si多層膜は、X線を反射する。Mo/Si多層膜の上には、バッファ層（及び保護膜）が形成されている。さらに、バッファ層の上には、X線を吸収する吸収体を設けている。このように、EUVマスクは、X線を反射させない吸収体を、X線を反射させるMo/Si多層膜の上に形成した積層構造になっている。このEUVマスクによって、ウエハ上にパターン露光させることができる。

20

【0007】

EUVマスクのパターン検査には、従来のマスク検査装置を利用できる。しかしながら、EUVマスクは光を透過させないため、照明方式として反射照明でしか検査できない点
30
が大きな違いである。つまり反射照明光が照射されるパターン面におけるMo/Si多層膜からの反射光を検出することになる。そして、パターン面の光学像をTDIカメラに投影することで、パターン形状が撮像され、欠陥検査が行われる。

30

【0008】

従来のマスク検査装置をそのまま用いてEUVマスクを検査する場合、高いコントラストが得られにくいという問題がある。つまり反射照明では、前述したように、マスクに円偏光の照明光が照射される。この場合、EUVマスクにおけるパターン形成されたMo/Si多層膜まで照明光を到達させるのが困難になってしまう。その理由としては、Mo/Si多層膜が露出したパターンの幅に比べて、同等の寸法の厚みを有する吸収体が付いている。円偏光では、このような狭いパターン幅内を効率良く進むことができず、パターン
40
形状を高いコントラストでは撮像できないと考えられる。

40

【0009】

具体的には、非特許文献2によると、吸収体の厚みは90nmであり、その下のバッファ層が10nmとされている。また、例えば、ハーフピッチ22nm世代のデバイスでは、4倍マスク上での最小線幅は88nmである。このことから、吸収体と保護膜との厚みの合計は、パターン幅と同等前後に厚いと考えられる。

【0010】

なお、非特許文献1では、コントラストが低い従来の円偏光での照明に替わって、ビームの径方向に偏光方向を有する特殊な偏光照明を用いる構成が示されている。これにより、コントラストが改善されると報告されている。この特殊な偏光照明では、ビームの断面

50

中心から径方向に偏光方向が向いているレーザ光を用いるものである（以下、径方向偏光照明と呼ぶ。）。このため、マスクのパターンの向きに関わらず、従来の一般的なマスク検査装置における照明光の円偏光に比べれば、高いコントラストが得られるとされている。なお、径方向偏光照明の形成法に関しては、例えば、特許文献１に示されている。

【００１１】

しかしながら、一般的なマスクのパターンは、縦方向か横方向の直線状である。このため、全ての方向を向いている径方向偏光照明では、コントラストが改善される光量の割合が低くなってしまふ。この結果、コントラストの向上効果が小さくなってしまふ。さらに、径方向偏光照明を実現するためには、下記特許文献１に示されているように、方位方向に分割された特殊な波長板が必要である。このため、コストが高くなる問題もあった。

10

【００１２】

本発明は、簡便な構成で高いコントラストを得ることができる検査装置、検査方法、及びパターン基板の製造方法を提供することである。

製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【００１３】

本発明の第１の態様に係る検査装置は、対物レンズ（例えば、本発明の実施形態にかかる対物レンズ７）と、前記対物レンズの視野の一部である第１の領域を第１の偏光方向の直線偏光で照明し、前記対物レンズの視野内において前記第１の領域と異なる第２の領域を前記第１の偏光方向と異なる第２の偏光方向の直線偏光で照明する反射照明光学系（例えば、本発明の実施形態にかかる反射照明光学系５１）と、前記第１の領域において、試料で反射した反射光を検出する第１検出器（例えば、本発明の実施形態にかかるＴＤＩカメラ１１ａ）と、前記第２の領域において、試料で反射した反射光を検出する第２検出器（例えば、本発明の実施形態にかかるＴＤＩカメラ１１ｂ）と、を備えるものである。これにより、異なる偏光方向の光で照明することができるため、高いコントラストで検査することができる。

20

【００１４】

本発明の第２の態様に係る検査装置は、上記の検査装置であって、前記第１の偏光方向と前記第２の偏光方向とが直交していることを特徴とするものである。これにより、縦横パターンを有する試料を高いコントラストで検査することができる。

30

【００１５】

本発明の第３の態様に係る検査装置は、上記の検査装置であって、前記反射照明光学系が、前記試料と共役な位置に配置され、一部の照明光の偏光状態を変化させる第１の１／２波長板（例えば、本発明の実施形態にかかる１／２波長板４）と、前記第１の１／２波長板から前記対物レンズまでの間に配置され、前記試料で反射した反射光が前記対物レンズを介して入射する第１の光分岐手段（例えば、本発明の実施形態にかかるハーフミラー６、ハーフミラー４１、又はＰＢＳ２０）と、を備えたものである。これにより、簡便な構成で光の利用効率を向上することができる。

【００１６】

本発明の第４の態様に係る検査装置は、上記の検査装置であって、前記第１の１／２波長板が光路の半分に挿入されているものである。これにより、簡便に直線偏光ビームを生成することができる。

40

【００１７】

本発明の第５の態様に係る検査装置は、上記の検査装置であって、前記第１の光分岐手段が偏光状態に応じて光を反射する偏光ビームスプリッタ（例えば、本発明の実施形態にかかるＰＢＳ２０）であり、前記反射照明光学系が、前記波長板と前記偏光ビームスプリッタとの間に設けられ、照明光を円偏光にする第１の１／４波長板（例えば、本発明の実施形態にかかる１／４波長板５ａ）と、前記対物レンズと偏光ビームスプリッタの間に設けられ、前記第１の１／４波長板によって円偏光になった照明光を直線偏光にする第２の１／４波長板（例えば、本発明の実施形態にかかる１／４波長板５ｂ）と、前記偏光ビー

50

ムスプリッタから前記第 1 及び第 2 光検出器までの間に設けられ、前記第 1 及び第 2 光検出器に入射する反射光を直線偏光にする第 3 の $1/4$ 波長板（例えば、本発明の実施形態にかかる $1/4$ 波長板 5 c）と、を備えるものである。

【0018】

本発明の第 6 の態様に係る検査装置は、上記の検査装置であって、前記反射照明光学系が、前記照明光を第 1 の光ビームと第 2 の光ビームに分岐する第 2 の光分岐手段（例えば、本発明の実施形態にかかるハーフミラー 6 b）と、前記光分岐手段で分岐された第 1 の光ビームの偏光状態を変化させる第 2 の $1/2$ 波長板（例えば、本発明の実施形態 4 にかかる $1/2$ 波長板 4 b）と、前記波長板で偏光状態が第 1 の光ビームが前記第 2 の光ビームと近接して伝搬するように重ね合わせる手段（例えば、本発明の実施形態 4 にかかるミラー 3 d）と、を備えたものである。

10

【0019】

本発明の第 7 の態様に係る検査装置は、上記の検査装置であって、前記第 2 の $1/2$ 波長板が第 1 の光ビーム全体の偏光状態を変化させることを特徴とするものである。これにより、

【0020】

本発明の第 8 の態様に係る検査装置は、上記の検査装置であって、前記反射照明光学系が、照明光を分岐して前記第 1 の領域に入射する第 1 のビームと、前記第 1 の光ビームとは異なる方向に伝搬する第 2 の光ビームを生成する第 3 の光分岐手段（例えば、本発明の実施形態 4 にかかるハーフミラー 4 0）と、前記第 2 のビームの偏光状態を変化させる第 3 の $1/2$ 波長板（例えば、本発明の実施形態 4 にかかる $1/2$ 波長板 4）と、前記試料と共役な位置に配置され、前記第 3 の $1/2$ 波長板からの第 2 の光ビームを前記第 3 の光分岐手段を介して前記第 2 の領域に入射させる手段（例えば、本発明の実施形態 4 にかかるミラー 4 0 c）と、を備えるものである。

20

【0021】

本発明の第 9 の態様に係る検査方法は、対物レンズの視野の一部である第 1 の領域を第 1 の方向の直線偏光で、照明するステップと、前記対物レンズの視野内において前記第 1 の領域と異なる第 2 の領域を前記第 1 の偏光方向と異なる第 2 の偏光方向の直線偏光で、照明するステップと、前記第 1 の領域において前記試料で反射した反射光を、前記対物レンズを介して第 1 検出器で検出するステップと、前記第 2 の領域において前記試料で反射した反射光を、前記対物レンズを介して第 2 検出器で検出するステップと、を備えるものである。

30

【0022】

本発明の第 10 の態様に係る検査方法は、上記の検査方法であって、前記第 1 の方向、及び前記第 2 の方向の少なくとも一方が前記試料に設けられたパターンに沿っていることを特徴とするものである。

【0023】

本発明の第 11 の態様に係る検査方法は、パターン基板の製造方法は、上記の検査方法により、フォトリソグラフィ検査する検査ステップと、前記検査ステップによって検査されたフォトリソグラフィの欠陥を修正する欠陥修正ステップと、前記欠陥修正ステップで修正されたフォトリソグラフィを介して基板を露光する露光ステップと、前記露光された基板を現像する現像ステップを有するものである。

40

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、簡便な構成で高いコントラストを得ることができる検査装置、検査方法、及びパターン基板の製造方法を提供することである。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図 1】第一の実施形態である EUV マスク検査装置の光学系の構成図である。

【図 2】EUV マスク検査装置における偏光状態の説明図である。

50

【図 3】EUV マスク検査装置における部分的光学配置の別案を示す構成図である。

【図 4】EUV マスク検査装置の照明領域の説明図である。

【図 5】第二実施形態である EUV マスク検査装置の光学系の構成図である。

【図 6】第三実施形態である EUV マスク検査装置の光学系の構成図である。

【図 7】EUV マスク検査装置におけるハーフミラーの特性を示すグラフである。

【図 8】第四実施形態である EUV マスク検査装置の光学系の構成図である。

【図 9】EUV マスク検査装置におけるハーフミラー 40 の伝達特性を示すグラフである。

【図 10】通常のマスク検査装置の反射照明の構成図である。

【図 11】一般的な EUV マスクの断面構造図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。以下の説明は、本発明の好適な実施の形態を示すものであって、本発明の範囲が以下の実施の形態に限定されるものではない。以下の説明において、同一の符号が付されたものは実質的に同様の内容を示している。

【0027】

実施の形態 1 .

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。以下に、本実施形態にかかる検査装置を、図 1 ~ 3 を用いて説明する。本実施の形態では、EUV マスクの検査を行う検査装置を例として説明を行う。図 1 は、本発明の検査装置の照明光学系全体の構成図である。図 2 は、EUV マスク検査装置における偏光状態の説明図である。図 3 は、検査装置の照明領域と、検査領域の関係を模式的に示す図である。図 1 に示すように、検査装置は、レンズ 1 b、1 c、1 d、ミラー 3 a、及びハーフミラー 6 等を有する反射照明光学系 5 1 を用いて、EUV マスク 8 を照明する。

20

【0028】

図示していないレーザ装置からの照明光であるレーザ光 L 1 が出射される。レーザ光としては、0.2 μm 前後の紫外域の波長の光を用いることができる。そして、レーザ光 L 1 は、レンズ 1 a によってホモジナイザー 2 に入射し、この内部で全反射を繰り返しながら進む。こうすることで、ホモジナイザー 2 の出射面では、均一な光強度分布のビームが形成されている。レーザ光 L 1 は、ホモジナイザー 2 の出射後、レンズ 1 b を通る。これにより、レーザ光 L 2 は平行ビームに戻される。

30

【0029】

そして、レーザ光 L 2 は、レンズ 1 c を通過してミラー 3 a で折り返される。ミラー 3 a で反射したレーザ光 L 3 は 1 / 2 波長板 4 の置かれている位置に到達する。ただし、1 / 2 波長板 4 は、レーザ光 L 3 のビーム断面に関して半分だけが通過するように配置されている。すなわち、1 / 2 波長板 4 は光路の半分まで挿入されている。1 / 2 波長板 4 の光学的な位置は、ホモジナイザー 2 の出射面と共役な位置になっている。すなわち、ホモジナイザー 2 の出射面の光学像が、レンズ 1 b とレンズ 1 c とによって、1 / 2 波長板 4 の位置に投影されるようになっている。

40

【0030】

1 / 2 波長板 4 の位置を通過したレーザ光 L 4 は、レンズ 1 d を通過する。レンズ 1 d を通過したレーザ光 L 4 は、ハーフミラー 6 に入射する。ハーフミラー 6 では、レーザ光 L 4 が反射と透過とで 2 分割される。本発明では、ハーフミラー 6 を透過するレーザ光は利用しないため、図示していない。なお、反射率と透過率に関しては、図 2 を用いて後述する。

【0031】

ハーフミラー 6 を反射したレーザ光 L 7 は対物レンズ 7 を通過する。対物レンズ 7 で集光されたレーザ光 L 8 は、EUV マスク 8 に入射する。そして、レーザ光 L 8 のように EUV マスク 8 の上側のパターン面 8 b を照射する。

50

【 0 0 3 2 】

パターン面 8 b を照射して発生する反射光としてのレーザ光 L 8 (なお、前述したレーザ光 L 8 は、図で下向きに進んでおり、今回は図で上向きに進むが、同一空間を伝搬するレーザ光なので同じ符号を用いる。) は対物レンズ 7 を通過する。以下、EUV マスク 8 で反射したレーザ光を反射光と称することもある。対物レンズ 7 で屈折された反射光は、ハーフミラー 6 を透過する。ハーフミラー 6 を通過したレーザ光 L 9 は投影レンズ 9 を通過する。投影レンズ 9 で屈折された反射光は、空間分割ミラー 1 0 の位置に到達する。ここで空間分割ミラー 1 0 に当たらない半分のビームが TDI カメラ 1 1 a に到達し、空間分割ミラー 1 0 に当たるレーザ光が TDI カメラ 1 1 b に到達する。すなわち、空間分割ミラー 1 0 が反射光を空間的に分離する。分離された 2 つの反射光は、それぞれ TDI カメラ 1 1 a、1 1 b のセンサー面 1 2 a、1 2 b に到達する。

10

【 0 0 3 3 】

なお、EUV マスク 8 のパターン面 8 b にレーザ光 L 8 が照射している領域が観察領域 (照明領域) となる。この観察領域が対物レンズ 7 と投影レンズ 9 とで構成される投影光学系によって、センサー面 1 2 a あるいはセンサー面 1 2 b に投影されるようになっている。

【 0 0 3 4 】

ここで、レーザ光の偏光方向に関して、図 2 を用いて補足説明する。レーザ光 L 3 は、そのビーム断面の半分のみが $1/2$ 波長板 4 を通過している。この $1/2$ 波長板 4 によって直後のレーザ光 L 4 は、互いに直交した偏光方向で近接した 2 本のレーザ光が並んだようになっている。これらを S 波と P 波とする。なお、ここでは S 波、P 波という表現を用いるが、単に偏光方向が直交する 2 種の光を区別するために用いている。これら S 波、P 波が合わさったレーザ光 L 4 は、レンズ 1 d を通過後、ハーフミラー 6 に入射する。

20

【 0 0 3 5 】

このハーフミラー 6 では、入射するレーザ光が S 波の場合、約 7 0 % を反射し、約 3 0 % を透過するようになっている。また、入射するレーザ光が P 波の場合は、約 3 0 % が反射し、約 7 0 % が透過するようになっている。その結果、ハーフミラー 6 で反射して下方に進むレーザ光 L 7 においては、S 波が約 7 0 %、P 波が約 3 0 % になっている。これら S 波と P 波とが、対物レンズ 7 を通過して、パターン面 8 b を照射する。

【 0 0 3 6 】

30

また、 $1/2$ 波長板 4 の光学的な位置は EUV マスク 8 のパターン面 8 b と共役な位置になっている。すなわち前記互いに直交した偏光方向で近接した 2 本のレーザ光を形成させる位置は、パターン面 8 b に共役な光学位置、すなわち一般に視野絞りが配置される位置になっている。直交した偏光方向で近接した 2 本のレーザ光を形成させる位置が、対物レンズ 7 と、レンズ 1 d とで形成される投影光学系によってパターン面 8 b に投影される。これによって、パターン面 8 b においては、互いに直交した 2 つの直線偏光のレーザ光 L 8 が、近接した異なる領域に照射されるようになる。つまり、図 3 に示したように、対物レンズ 7 の視野内に P 波の照明領域と S 波の照明領域とが形成される。それぞれの中に矩形の検査領域が形成され、この領域が TDI カメラ 1 1 a、1 1 b に投影される。そして、TDI カメラ 1 1 a、1 1 b によって取得した画像に基づいて欠陥検査が行われる。

40

【 0 0 3 7 】

次に、パターン面 8 b からの反射光、すなわち上方に進むレーザ光 L 8 は、P 波と S 波とが合わさった偏光状態になっている。この反射光は、対物レンズ 7 を通過してから、再びハーフミラー 6 に入射する。このハーフミラー 6 を透過する割合としては、前記と同様、S 波に対しては約 3 0 %、P 波に対しては約 7 0 % になっている。一方、前述したように、レーザ光 L 7 は、S 波が約 7 0 %、P 波が約 3 0 % になっている。よって、ハーフミラー 6 を透過できるレーザ光 L 9 においては、S 波に対しても、P 波に対しても、レーザ光 L 4 を構成する S 波、P 波の約 2 1 % ($= 7 0 \% \times 3 0 \%$) と同じ割合になる。これにより、TDI カメラ 1 1 a での受光量と TDI カメラ 1 1 b の受光量とがほぼ等しくなる。

50

【 0 0 3 8 】

ここで、ハーフミラー 6 における P 波、S 波の反射率をそれぞれ R_p 、 R_s とする。また、EUV マスクのパターン面での反射率を 100% と仮定する。さらに、ハーフミラー 6 に入射する前の P 波と S 波が合成されたレーザ光 L 4 のパワーに関しては、P 波も S 波も 1.0 とする。すると、再度ハーフミラー 6 を通過して TDI カメラ 11a、11b へ向かうレーザ光 L 9 における P 波のパワー P_p 、及び S 波のパワー P_s は、以下の式 1、式 2 で求められる。なお、以下の式では、ハーフミラー 6 での損失を無視している。

【 0 0 3 9 】

$$P_p = R_p \times (1 - R_p) \quad (\text{式 1})$$

$$P_s = R_s \times (1 - R_s) \quad (\text{式 2})$$

10

【 0 0 4 0 】

一方、 $R_s = 1 - R_p$ になることから、TDI カメラ 11a、11b へ向かうレーザ光 L 9 のパワーは以下の式で表される。

【 0 0 4 1 】

$$P_p + P_s = 2.0 \times R_p \times (1 - R_p) \quad (\text{式 3})$$

【 0 0 4 2 】

従って、レーザ光 L 9 がハーフミラー 6 に入射する前のレーザ光 L 4 のパワーに対する割合（以下、伝達効率と呼び、 η で表す。）は以下の式 4 で表される。

【 0 0 4 3 】

$$\eta = R_p \times (1 - R_p) \quad (\text{式 4})$$

20

【 0 0 4 4 】

式 4 は $R_p = 0.50$ の時に最大値 0.25 が得られる。これがハーフミラーを用いた本実施例における理論最大値である。従って、前述した実施例のように、反射率や透過率が 50% から離れると、伝達効率が低下していく。このことから、反射率や透過率は出来る限り 50% に近い方が好ましい。しかし一般に P 波は、光学材を透過しやすい。このため、実際に製作できるハーフミラーにおいては、 R_p を 50% 程度まで高めることは難しい。よって、 R_p は 30% 程度になってしまう。

【 0 0 4 5 】

また、一般的なマスク検査装置と同様、パターン面 8b が TDI カメラ 11a に投影されるように、対物レンズ 7 と投影レンズ 9 とを配置させている。本実施形態では、TDI カメラ 11a の直前に空間分割ミラー 10 を配置している。よって、TDI カメラ 11b に対しても、パターン面 8b が投影されるようになっている。従って、パターン面 8b において隣接した異なる領域に照射される直交した直線偏光（すなわち P 波と S 波）のレーザ光 L 8 が、2 台 TDI カメラ 11a、11b のそれぞれに投影させることができる。

30

【 0 0 4 6 】

以上に説明したように、本発明の検査装置では、直交する 2 つの直線偏光のレーザ光のそれぞれでマスク上の異なる領域を照明することができる。さらに、それぞれの領域を、異なる 2 台の TDI カメラのそれぞれで観察できるようになっている。したがって、パターン面 8b が、直交する縦方向と横方向のパターンで構成されている場合、それぞれのパターンに平行な方向の偏光方向を有する反射照明で検査することができる。例えば、マスク 8 の縦横パターンと偏光方向が平行になるように照明する。これにより、高いコントラストで撮像でき、検査感度が向上する。

40

【 0 0 4 7 】

図 1、及び図 3 に示すように、一方の TDI カメラ 11a で P 波での照明領域を検査し、他方の TDI カメラ 11b で S 波での照明領域を検査する。TDI カメラ 11a、11b による検査領域は、照明領域に含まれる。すなわち、照明領域は検査領域よりも大きくなっている。上記のように照明することで、高いコントラストで撮像することができる。これにより、検査感度が向上し、正確に検査することができる。よって、生産性を向上することができる。また、S 波の照明による検査領域と P 波の照明による検査領域での光量を略等しくすることができる。

50

【 0 0 4 8 】

図 1、あるいは図 2 に示した E U V マスク 検査装置では、1 / 2 波長板 4 を光路の半分に配置することで S 波と P 波とに分割している。1 / 2 波長板 4 をパターン面 8 b と共役な位置に配置している。しかしながら、異なる光学的構成で、レーザ光を P 波と S 波に分割することも可能である。P 波と S 波が含まれるレーザ光 L 4 を形成する場合の異なる光学的構成について図 4 を用いて説明する。

【 0 0 4 9 】

ここでは、レーザ光 L 3 を P 波として、先ずハーフミラー 6 b に入射させる。これにより、レーザ光 L 3 が透過と反射とでパワー的に 2 分割される。すなわち、ハーフミラー 6 b は照明光を 2 本の光ビームに分割する。ハーフミラー 6 b を透過した P 波であるレーザ光 L 1 2 は 1 / 2 波長板 4 b を通過するため、S 波に変換される。この S 波はミラー 3 c、3 d で反射する。ハーフミラー 6 b で分岐されたレーザ光 L 1 2 の全体が 1 / 2 波長板 4 b を通過する。よって、1 / 2 波長板 4 b によって、レーザ光 L 1 2 全体の偏光状態が変化する。

【 0 0 5 0 】

一方、ハーフミラー 6 b で反射した P 波のレーザ光 L 1 3 はミラー 3 b で反射する。ミラー 3 b で反射したレーザ光 L 1 3 は、ミラー 3 d の近傍を通過する。このレーザ光 L 1 3 は、図 4 のようにミラー 3 d で反射した S 波に近接して平行に進む。これによって、直交した 2 方向の直線偏光の近接したレーザ光 L 4 が形成される。また、ミラー 3 d によって 2 本のレーザ光を近接させる光学位置を視野絞りの位置とすればよい。すなわち、ミラー 3 d をパターン面 8 b と共役な位置に配置する。

【 0 0 5 1 】

本実施形態の特徴としては、1 / 2 波長板 4 b が、レーザ光 L 1 2 のビーム断面より大きな通常の円形の 1 / 2 波長板を利用できる。そして、1 / 2 波長板 4 b を回転させることで、結晶軸方向の微調整を行える特長がある。図 4 で示した光学的な構成を図 1 で示した 1 / 2 波長板 4 の代わりに配置すればよい。

【 0 0 5 2 】

上記のように、検査装置は、直線偏光のレーザ光が発生する検査光源と、少なくとも 1 枚の 1 / 2 波長板と、少なくとも 1 枚のハーフミラー、少なくとも 1 枚の空間分割ミラー、及び 2 台の T D I カメラ等の撮像素子（なお、以下の説明では、これらを代表して T D I カメラと表現する。）を備えている。そして、これらが以下のように光学的配置となっている。

【 0 0 5 3 】

先ず検査光源から取りだされる 1 本のレーザ光を 2 分割して、片方のみを 1 / 2 波長板に通過させている。よって、互いに直交した偏光方向で近接した 2 本のレーザ光を形成することができる。これらを同一のハーフミラーに入射させる。ハーフミラーは P B S とは異なり、入射光が直線偏光であって、その直線偏光がどの方向の偏光方向であっても、反射と透過とが同時に起こる。このことから、少なくとも一部を対物レンズへ向かわせることができ、対物レンズを通過させてマスクを照射できる。

【 0 0 5 4 】

互いに直交した偏光方向で近接した 2 本のレーザ光を形成させる光学的な位置を、マスクのパターン面と共役にしている。これにより、対物レンズを含む投影光学系によって、互いに直交した偏光方向で近接した 2 本のレーザ光を形成させる光学位置が、パターン面に投影されるようになる。つまり、パターン面においては、互いに直交した 2 つの直線偏光のレーザ光が、近接した異なる照明領域に照射されることになる。例えば、図 3 に示すように対物レンズ 7 の視野内において、左側半分が P 波で照明され、右側半分が S 波で照明される。よって、パターンが縦横方向のいずれであっても、レーザ光が、パターン幅内を効率良く進むことができるようになる。

【 0 0 5 5 】

次に、パターン面からの反射光は、対物レンズ 7 を通ってから、再度ハーフミラー 6 に

入射する。最初にレーザ光がハーフミラー 6 に入射してくる方向とは異なる方向にも進ませることができる。したがって、その方向に 2 台の T D I カメラ 1 1 a、1 1 b を配置すればよい。この際に、一般的なマスク検査装置と同様に、パターン面が、2 台の T D I カメラ 1 1 a、1 1 b の一方に投影されるように、対物レンズ 7 と投影レンズ 9 とを配置すれば良い。さらに、その T D I カメラ 1 1 a、1 1 b の直前に空間分割ミラー 1 0 を配置して、レーザ光を分割させてもよい。こうすることで、もう一方の T D I カメラ 1 1 a、1 1 b もレーザ光を到達させることができる。よって、2 台の T D I カメラにパターン面を投影できる。これによって、パターン面において隣接した異なる領域に照射される各々の直線偏光の照明光の反射光を、2 台 T D I カメラの各々に到達させることができる。また、反射光の拡がり角を小さくすることで、空間分割ミラー 1 0 をパターン面 8 b と共役な位置以外に配置することも可能である。

10

【0056】

以上のように本発明では、直交する直線偏光の 2 本のレーザ光のそれぞれで、パターン面における隣接した照明領域をそれぞれ照明している。そして、隣接する照明領域の光学像を異なるカメラで撮像している。こうすることで得られる各々の光学像を、異なる 2 台のカメラの各々で観察している。試料である E U V マスクに入射するレーザ光は、直交する偏光方向のレーザ光となっている。すなわち、対物レンズ 7 の視野の片側半分が第 1 の方向の直線偏光で照明され、もう片側半分が第 1 の方向と直交する第 2 の方向の直線偏光で照明される。よって、パターンが縦横方向のいずれであっても、レーザ光が、パターン幅内を効率良く進むことができるようになる。すなわち、いずれか一方のレーザ光の偏光方向はパターンに沿った方向となる。換言すると、直線偏光の偏光軸がパターンの方向に沿うように照明する。これにより、パターン形状を高いコントラストで撮像することができる。

20

【0057】

実施の形態 2 .

次に本発明にかかる実施形態 2 について、図 5 を用いて詳細説明する。図 5 は E U V マスク検査装置における光学系の一部を示した構成図である。なお、E U V マスク検査装置において、図 1 に示した検査装置と同等のものに関しては、同一の符号を付してある。したがって、その詳細については説明を適宜省略する。

【0058】

本実施の形態ではハーフミラー 6 の代わりに P B S (偏光ビームスプリッタ) 2 0 が用いられている。P B S 2 0 は入射光の偏光状態に応じて光を反射または透過させる。さらに、3 枚の 1 / 4 波長板 5 a、5 b、5 c が追加されている。1 / 4 波長板 5 a は、レンズ 1 d と P B S 2 0 の間に配置されている。1 / 4 波長板 5 b は、対物レンズ 7 と P B S 2 0 との間に配置されている。1 / 4 波長板 5 c は、投影レンズ 9 と P B S 2 0 の間に配置されている。

30

【0059】

実施形態 1 と同様に、レーザ光 L 3 は、そのビーム断面の半分のみが 1 / 2 波長板 4 を通過している。1 / 2 波長板 4 を通過した直後のレーザ光 L 4 は、互いに直交した偏光方向で近接した 2 本のレーザ光が並んだようになっている。そこでこれらを S 波と P 波に分けられる。これら S 波、P 波が混ざったレーザ光 L 4 は、1 / 4 波長板 5 a を通過する。こうすることで、S 波、P 波はどちらも円偏光なる。ただし、1 / 4 波長板 5 a の結晶軸方向が、前記 S 波、及び P 波の偏光方向から 4 5 度回転した角度に設置されている。これによって、S 波、及び P 波は、左回りの円偏光 (左円偏光と示す。) と右回りの円偏光 (右円偏光と示す。) に変換される。なお、ここでは S 波、P 波という表現を用いるが、単に偏光方向が直交する 2 種の光を区別するために用いている。

40

【0060】

本実施例では、図 1 に示された E U V マスク検査装置で利用したハーフミラーは利用せずに、その代わりに P B S 2 0 を用いている。円偏光は一般に P B S を用いると、透過と反射とで容易にパワー的にほぼ正確に 2 分割できる。このことから、これらの左円偏光と

50

右円偏光とを含むレーザ光 L 5 b は、どちらも約半分のパワーが P B S 2 0 で反射する。これにより、左円偏光と右円偏光の両方を対物レンズ 7 に向かわせることができる。ただし、対物レンズ 7 に入射する手前で 1 / 4 波長板 5 b を通過する。このため、左円偏光及び右円偏光は、再び直線偏光に変換される。この際に P 波と S 波のように直交する 2 つの偏光方向を有するレーザ光 L 7 b に戻される。これら S 波と P 波とが、対物レンズ 7 を通過して、パターン面 8 b を照射することになる。

【 0 0 6 1 】

また、1 / 2 波長板 4 の光学的な位置は、E U V マスク 8 のパターン面に共役な光学位置になっている。すなわち前記互いに直交した偏光方向（P 波、S 波と称している）で近接した 2 本のレーザ光 L 4 を形成させる位置は、E U V マスク 8 のパターン面 8 a に共役な光学位置、すなわち一般に視野絞りが配置される位置になっている。つまり対物レンズ 7 と、レンズ 1 d とで形成される投影光学系によって、直交した偏光方向で近接した 2 本のレーザ光を形成させる位置が、パターン面 8 b に投影されるからである。これによって、パターン面 8 b においては、互いに直交した 2 つの直線偏光のレーザ光 L 8（すなわち P 波と S 波）が、近接した異なる領域に照射されるようになる（図 4 参照）。

10

【 0 0 6 2 】

次に、パターン面 8 b からの反射光に関して説明する。この反射光は P 波と S 波とが合わさった偏光状態になっている。そして、反射光は、対物レンズ 7 を通過してから、再び 2 枚目の 1 / 4 波長板 5 b を通過する。このことから、レーザ光 L 7 b は再び円偏光に変換される。なお、この円偏光は、右円偏光と左円偏光とが合わさった偏光状態になっている。上方に進むレーザ光 L 7 b は円偏光であるため、P B S 2 0 で半分のパワーは透過する。P B S 2 0 を透過した円偏光のレーザ光 L 9 b は、3 枚目の 1 / 4 波長板 5 c を通過する。このことから、レーザ光 L 1 0 は再び直線偏光に変換される。その際に、P 波と S 波とが合わさった偏光状態になっている。

20

【 0 0 6 3 】

また、図 1 に示した実施形態 1 と同様に、2 台の T D I カメラ 1 1 a、1 1 b の直前に空間分割ミラー 1 0 を配置させている。こうすることで、パターン面 8 b において隣接した異なる照明領域（すなわち P 波と S 波が照射される照明領域）を、2 台の T D I カメラ 1 1 a、1 1 b のそれぞれに投影させることができる。なお、空間分割ミラー 1 0 の代わりに P B S を用いても、S 波と P 波を分岐してもよい。

30

【 0 0 6 4 】

本実施形態の E U V マスク検査装置では、従来のマスク検査装置と同様、ハーフミラー 6 の代わりに P B S 2 0 を用いている。よって、従来のマスク検査装置の光学系の基本構成をほとんど変えず、1 / 4 波長板を 2 枚追加するだけで利用できる。つまり、P B S 2 0 を入射させる際に円偏光に変換させており、これによって左円偏光でも右円偏光でもほぼ 5 0 % の反射率（つまり透過率もほぼ 5 0 %）にできる。ここで、E U V マスク 8 での反射率を 1 0 0 % と仮定する。T D I カメラ 1 1 a、1 1 b へ向かうレーザ光 L 9 b のパワーとしては、P B S 2 0 に入射する直前のレーザ光 L 5 b のパワーの約 5 0 % の自乗、つまり約 2 5 % になる。このことから、前述した第一実施形態の検査装置の場合の伝達効率の約 2 1 % よりパワーアップする。つまり、ハーフミラーを用いた場合の伝達効率の理論最大値が得られる。なお、パワーアップさせる代わりに、検査光源のレーザ装置のパワーを下げて動作させることができ、レーザ装置内の光学部品等の寿命を延ばすことができる。

40

【 0 0 6 5 】

実施の形態 3 .

次に本発明の E U V マスク検査装置の第三の実施形態について、図 6 を用いて説明する。図 6 に示された検査装置では、基本的構成は図 1 に示した検査装置と同じである。本実施形態では、ハーフミラーと、これに入射させる手法が実施の形態 1 と異なっている。ここでは、実施の形態 1 で示したハーフミラー 6 の代わりに、ハーフミラー 3 1 とミラー 3 0 が設けられている。したがって、他の構成については、適宜説明を省略する。

50

【 0 0 6 6 】

先ず S 波と P 波とが混ざったレーザ光 L 4 は、レンズ 1 d を通過後、ミラー 3 0 に入射する。ミラー 3 0 は、入射したレーザ光 L 4 を反射する。ミラー 3 0 で折り返されたレーザ光 L 3 0 は、ハーフミラー 3 1 に入射する。このハーフミラー 3 1 は、表面がノーコートで、裏面に反射防止膜がコーティングされた薄い石英板である。このハーフミラー 3 1 に対して、約 8 3 度の大きな角度でレーザ光 L 3 0 を入射させている。

【 0 0 6 7 】

図 7 にハーフミラーの特性を示す。図 7 は、ハーフミラー 3 1 の入射角と反射率の関係を示すグラフである。図 7 に示したハーフミラー 3 1 の特性（つまり、石英板のノーコート面での反射率特性）から判るように、入射角約 8 3 度の場合、P 波の反射率は約 3 5 %、S 波の反射率は約 6 5 % となっている。このように、ハーフミラー 3 1 に対して斜めにレーザ光を入射させることで、高い反射率で P 波、及び S 波を対物レンズ 7 に入射されることが出来る。

10

そして、実施の形態 1 と同様に、レーザ光 L 7 は、対物レンズ 7 で集光されて、EUV マスク 8 に入射する。EUV マスク 8 で反射したレーザ光 L 7 は、対物レンズ 7 を介して、ハーフミラー 3 1 に入射する。

【 0 0 6 8 】

その結果、ハーフミラー 3 1 を再び通過した後のレーザ光 L 9 において、S 波に関しては、最初に入射する際の反射率が約 6 5 %、再び入射する際の透過率は約 3 5 % となることから、約 2 3 % ($= 0.65 \times 0.35$) となる。一方、P 波に関しては、最初に入射する際の反射率が約 3 5 %、再び入射する際の透過率は約 6 5 % となることから、こちら

20

【 0 0 6 9 】

以上のように本実施の形態にかかる検査装置では、ハーフミラー 3 1 への入射角を大きくとれるような構成にしている。具体的には、ハーフミラー 3 1 に対する照明光の入射角度を 8 0 度以上とすることが好ましい。これにより、ノーコートの石英板を適用できるようになり、高価になるコーティングが不要となる。よって、部品コストを低減することができる。

【 0 0 7 0 】

実施の形態 4 .

30

次に、実施形態 4 にかかる検査装置について、図 8 を用いて説明する。図 8 に示された検査装置の基本的構成は図 1 に示した検査装置と同じである。本実施形態では、ハーフミラーと、これに入射させる手法が実施形態 1 と異なる。

【 0 0 7 1 】

本実施の形態では、実施の形態 1 で示したハーフミラー 6 の位置に、ハーフミラー 4 0 を配置している。第 1 のハーフミラー 4 0 は、照明光を分岐して第 1 のビームと、第 1 の光ビームとは異なる方向に伝搬する第 2 の光ビームを生成する。また、実施の形態 1 で示した 1 / 2 波長板 4 の位置に、ミラー 4 0 c を配置している。さらに、ハーフミラー 4 0 を通過した光を利用するために、ミラー 4 0 a、ミラー 4 0 b、1 / 2 波長板 4、レンズ 1 e 等を配設している。

40

【 0 0 7 2 】

先ず、P 波のみの直線偏光であるレーザ光 L 4 は、視野絞りの位置を通過後、レンズ 1 d に入射する。視野絞りの位置には、ミラー 4 0 c が配置されている。ミラー 4 0 c は光路と近接して配置されている。ミラー 4 0 c は、レーザ光 L 4 をほとんど遮らない。したがって、レーザ光 L 4 はミラー 4 0 c の近傍を通過して、レンズ 1 d に入射する。レーザ光 L 4 はレンズ 1 d を通過後、ハーフミラー 4 0 に入射する。レーザ光 L 4 は、ハーフミラー 4 0 によって反射と透過に 2 分割される。すなわち、ハーフミラー 4 0 で反射した第 1 の光ビームと、ハーフミラー 4 0 を透過した第 2 の光ビームとが生成される。反射したレーザ光 L 7 (第 1 の光ビーム) は実施形態 1 と同様に、対物レンズ 7 を通り、EUV マスク 8 のパターン面 8 b を照射する。このレーザ光 L 4 は、図 3 で示した P 波の照明領域に

50

入射する。

【 0 0 7 3 】

一方、ハーフミラー 4 0 を透過したレーザ光 L 4 0 (第 2 の光ビーム) は、ミラー 4 0 a、4 0 b、4 0 c 等によって再利用される。具体的には、ハーフミラー 4 0 を透過したレーザ光 L 4 0 は、ミラー 4 0 a、4 0 b で反射して、1 / 2 波長板 4 を通過する。1 / 2 波長板 4 を通過したレーザ光 L 4 1 は S 波に変換される。そして、レーザ光 L 4 0 は、レンズ 1 e を通ってから、再び視野絞りの位置に配置されたミラー 4 0 c に入射する。レーザ光 L 4 0 は、ミラー 4 0 c で反射してレンズ 1 d を通り、ハーフミラー 4 0 に入射する。ハーフミラー 4 0 では、約 5 0 % が反射する。ハーフミラー 4 0 で反射した対物レンズ 7 を通って、EUV マスク 8 のパターン面 8 b を照射する。ミラー 4 0 c は、EUV マスク 8 と共役な位置に配置されている。そして、ミラー 4 0 c で第 2 の光ビームが反射されることで、第 2 の光ビームは、1 / 2 波長板 4 で偏光状態が変化した後、ミラー 4 0 c 及びハーフミラー 4 0 を介して EUV マスク 8 に入射する。この第 2 の光ビームは、図 3 で示した S 波による照明領域に入射する。

10

【 0 0 7 4 】

本実施形態におけるハーフミラー 4 0 の特性としては、S 波に対する反射率と透過率は約 5 0 % である。また、P 波の反射率は約 2 5 % (透過率は約 7 5 %) になっている。これらの反射率を選んだ理由は後述する。また、最初のレーザ光 L 3 のパワーを 1 とする。さらに、EUV マスク 8 での反射率を 1 0 0 % と仮定する。TDI カメラ 1 1 a、1 1 b に向かうレーザ光 L 1 0 を構成する P 波のパワーとしては、レーザ光 L 3 のパワーに対する約 2 5 % と約 7 5 % 約の積の約 1 9 % となる。一方、S 波のパワーとしては、レーザ光 L 3 のパワーの約 7 5 % のレーザ光 L 4 0 の約 5 0 % の、さらに約 5 0 % となる。したがって、S 波のパワーは、やはり約 1 9 % となる。その結果、レーザ光 L 1 0 を構成する P 波と S 波の両方のパワーの合計としては約 3 8 % となり、実施の形態 1、2、3 で示した構成における伝達効率の理論的最大値 2 5 % よりも高くできることが、本実施例の特長である。

20

【 0 0 7 5 】

ここで、本実施例の伝達効率を補足説明する。ハーフミラー 4 0 における P 波、S 波の反射率をそれぞれ R_p 、 R_s として、仮に EUV マスクのパターン面での反射率を 1 0 0 % と仮定する。さらに、ハーフミラー 4 0 に入射する前のレーザ光 L 3 のパワーを 1 . 0 とする。TDI カメラ 1 1 a、1 1 b へ向かうレーザ光 L 1 0 における P 波のパワー P_p 、及び S 波のパワー P_s は以下の式で求められる。

30

【 0 0 7 6 】

$$P_p = R_p \times (1 - R_p) \quad (\text{式 } 5)$$

$$P_s = (1 - R_p) \times R_s \times (1 - R_s) \quad (\text{式 } 6)$$

ただし、 P_p と P_s とを等しくする必要があるので、下記の式が成立する。

$$R_p = R_s \times (1 - R_s) \quad (\text{式 } 7)$$

すなわち R_p は R_s の関数であるため、 P_p も R_s で表すと、下記のようになる。

$$P_p = R_s \times (1 - R_s) \times (1 - R_s + R_s^2) \quad (\text{式 } 8)$$

これをグラフに表すと図 9 に示したようになる。 $R_s = 0 . 5 0$ において P_p が最大値を取り (この場合、 $R_p = 0 . 2 5$ となる。)、 $P_p = 0 . 1 8 7 5$ になる。従って、 P_p と P_s の和は 0 . 3 7 5 であるため、伝達効率の理論最大値は約 3 8 % となる。

40

【 0 0 7 7 】

その他の実施の形態

なお、上記の説明では検査を行う試料が EUV マスク 8 であるとして説明したが、試料は EUV マスク 8 に限られるものではない。例えば、試料はパターン基板であればよい。さらに、上記の実施形態では、TDI カメラ 1 1 a、1 1 b を用いて、検査領域を撮像したが、TDI カメラ以外の光検出器 (カメラ) を用いて撮像してもよい。このように、反射照明光学系 5 1 を用いて検査する検査装置に好適である。

【 0 0 7 8 】

50

さらに、EUVマスク8を照明する直線偏光の偏光方向は直交する方向に限られるものではない。すなわち、異なる2つの方向で照明するようにすればよい。また、偏光方向をパターンに沿うようにすることが好ましい。すなわち、偏光方向をパターンの方向と平行にすることが好ましい。

【0079】

また、上述の検査装置はEUVマスクの検査に限らず、パターンを有するパターン基板であれば利用することができる。例えば、検査の対象となる試料としては、フォトマスクの他、カラーフィルタ基板などを挙げることができる。

【0080】

上記の検査装置を用いてフォトマスクを検査し、フォトマスクの欠陥を検出する。そして、フォトマスクの欠陥を修正することによって、欠陥のないフォトマスクが製造される。これにより、フォトマスクの生産性を向上することができる。このような欠陥のないフォトマスクを用いて、感光性樹脂を有する基板を露光する。そして、露光された基板を現像液で現像する。これにより、感光性樹脂を精度よくパターンニングすることができる。よって、感光性樹脂がパターンニングされたパターン基板を生産性よく製造することができる。さらに、感光性樹脂がレジストである場合、パターンニングされた感光性樹脂を介して導電膜や絶縁膜をエッチングする。これにより、配線基板、回路基板などのパターン基板の生産性を向上することができる。

10

【符号の説明】

【0081】

20

- 1 a レンズ
- 1 b レンズ
- 1 c レンズ
- 1 d レンズ
- 1 e レンズ
- 2 ホモジナイザー
- 3 a ミラー
- 3 b ミラー
- 3 c ミラー
- 3 d ミラー
- 4 1 / 2 波長板
- 4 b 1 / 2 波長板
- 5 a 1 / 4 波長板
- 5 b 1 / 4 波長板
- 5 c 1 / 4 波長板
- 6 ハーフミラー
- 6 a ハーフミラー
- 7 対物レンズ
- 8 EUVマスク
- 8 b パターン面
- 9 投影レンズ
- 10 空間分割ミラー
- 11 a TDIカメラ
- 11 b TDIカメラ
- 20 PBS
- 30 ミラー
- 31 ハーフミラー
- 40 ハーフミラー
- 40 a ミラー
- 40 b ミラー

30

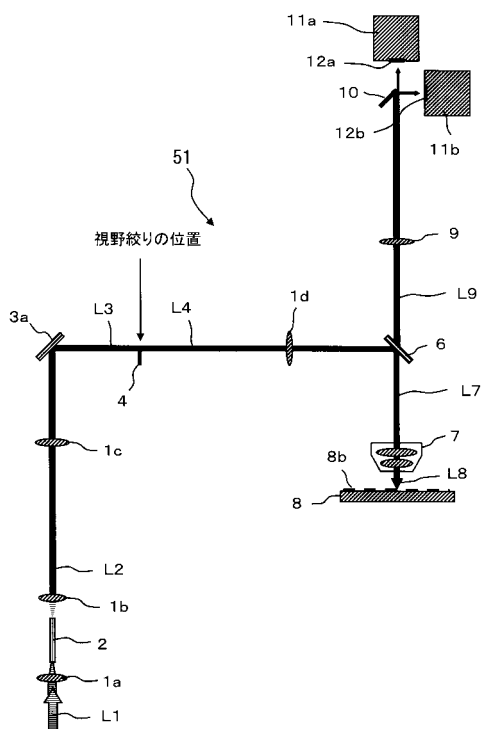
40

50

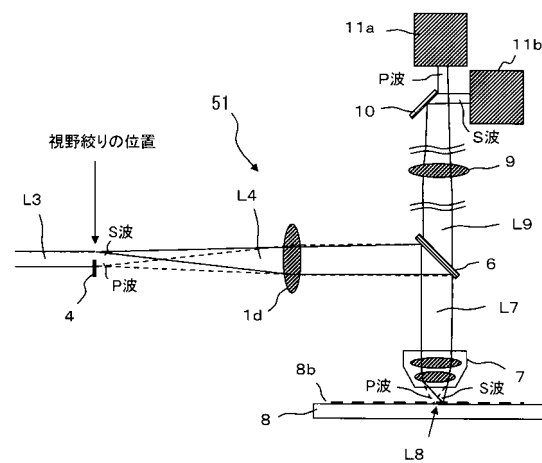
4 0 c ミラー

5 1 反射照明光学系

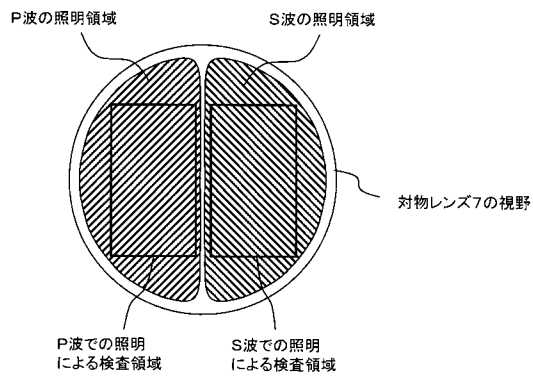
【 図 1 】



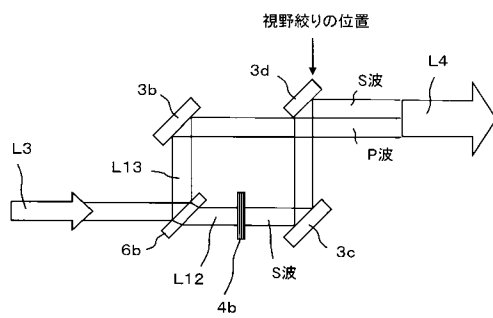
【 図 2 】



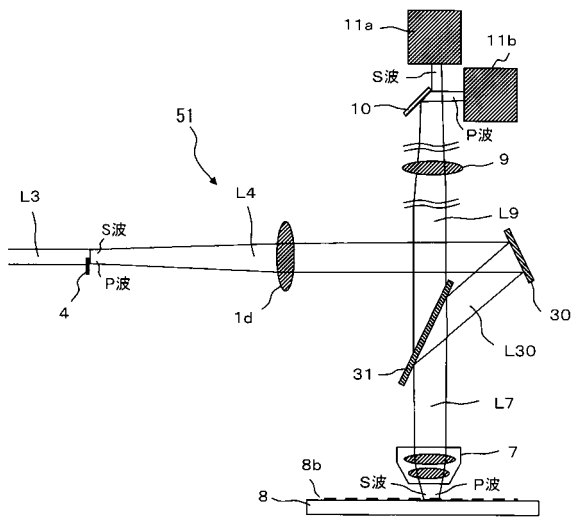
【図 3】



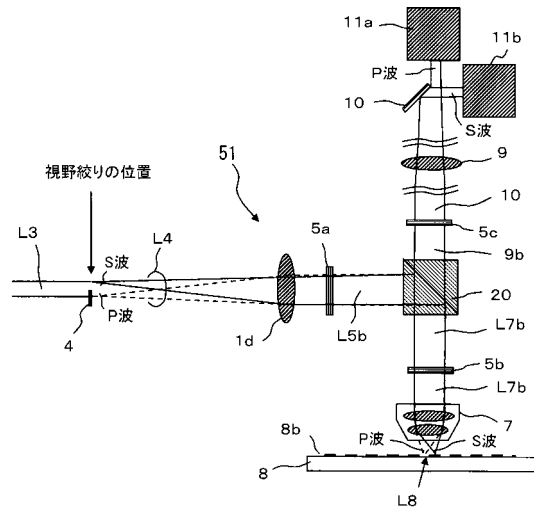
【図 4】



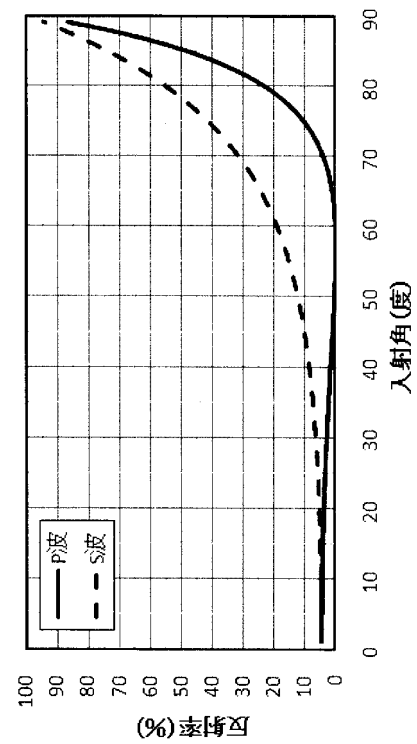
【図 6】



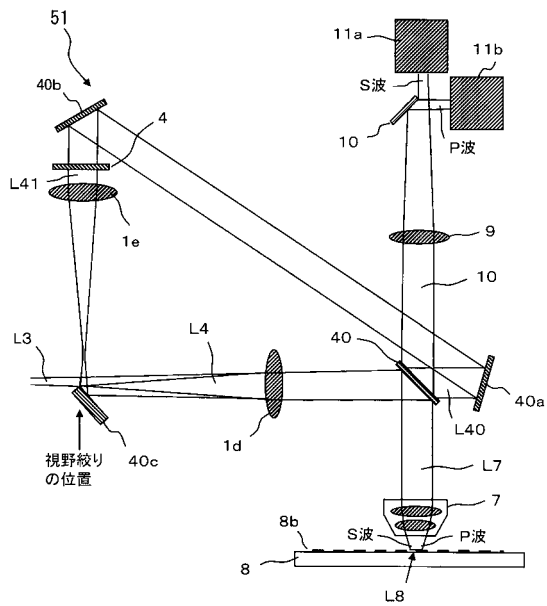
【図 5】



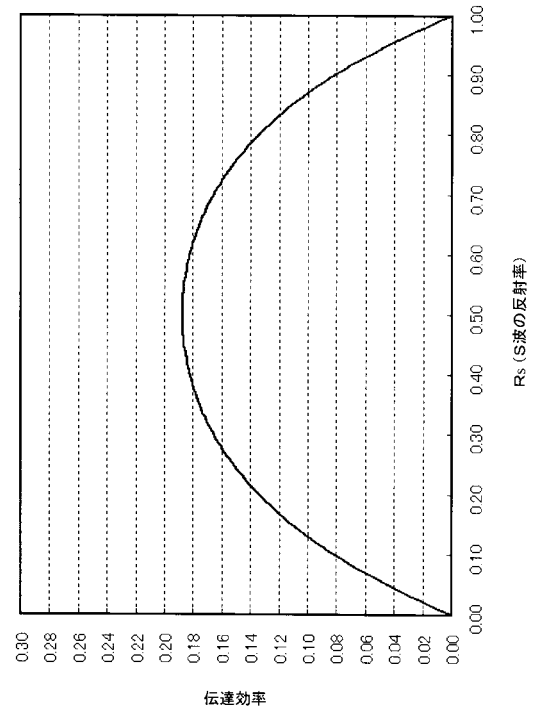
【図 7】



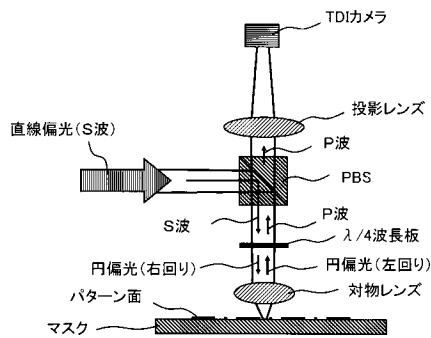
【図 8】



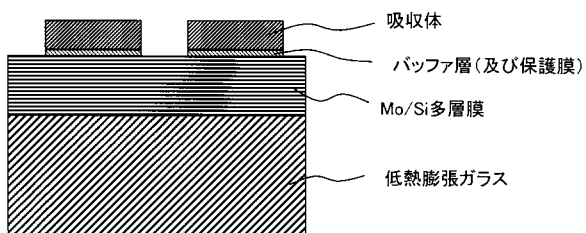
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【手続補正書】

【提出日】平成22年7月1日(2010.7.1)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対物レンズと、

試料と共役な位置に配置され、一部の照明光の偏光状態を変化させる第 1 の 1 / 2 波長板と、前記第 1 の 1 / 2 波長板から前記対物レンズまでの間に配置され、前記試料で反射した反射光が前記対物レンズを介して入射する第 1 の光分岐手段と、を有し、前記対物レンズの視野の一部である第 1 の領域を第 1 の偏光方向の直線偏光で照明し、前記対物レンズの視野内において前記第 1 の領域と異なる第 2 の領域を前記第 1 の偏光方向と直交する第 2 の偏光方向の直線偏光で照明する反射照明光学系と、

前記第 1 の領域において、前記試料で反射した反射光を検出する第 1 検出器と、前記第 2 の領域において、前記試料で反射した反射光を検出する第 2 検出器と、を備える検査装置。

【請求項 2】

前記第 1 の 1 / 2 波長板が光路の半分に挿入されている請求項 1 に記載の検査装置。

【請求項 3】

前記第 1 の光分岐手段が偏光状態に応じて光を反射する偏光ビームスプリッタであり、前記反射照明光学系が、

前記波長板と前記偏光ビームスプリッタとの間に設けられ、照明光を円偏光にする第 1 の 1 / 4 波長板と、

前記対物レンズと偏光ビームスプリッタの間に設けられ、前記第 1 の 1 / 4 波長板によって円偏光になった照明光を直線偏光にする第 2 の 1 / 4 波長板と、

前記偏光ビームスプリッタから前記第 1 及び第 2 光検出器までの間に設けられ、前記第 1 及び第 2 光検出器に入射する反射光を直線偏光にする第 3 の 1 / 4 波長板と、を備える請求項 1、又は 2 に記載の検査装置。

【請求項 4】

反射照明光学系によって、対物レンズの視野の一部である第 1 の領域を第 1 の方向の直線偏光で、照明するステップと、前記反射照明光学系によって、前記対物レンズの視野内において前記第 1 の領域と異なる第 2 の領域を前記第 1 の偏光方向と直交する第 2 の偏光方向の直線偏光で、照明するステップと、

前記第 1 の領域において前記試料で反射した反射光を、前記対物レンズを介して第 1 検出器で検出するステップと、

前記第 2 の領域において前記試料で反射した反射光を、前記対物レンズを介して第 2 検出器で検出するステップと、を備え、

前記反射照明光学系が試料と共役な位置に配置され、一部の照明光の偏光状態を変化させる第 1 の 1 / 2 波長板と、前記第 1 の 1 / 2 波長板から前記対物レンズまでの間に配置され、前記試料で反射した反射光が前記対物レンズを介して入射する第 1 の光分岐手段と、を有している検査方法。

【請求項 5】

前記第 1 の方向、及び前記第 2 の方向の少なくとも一方が前記試料に設けられたパターンに沿っていることを特徴とする請求項 4 に記載の検査方法。

【請求項 6】

請求項 4、又は 5 に記載の検査方法により、フォトマスクを検査する検査ステップと、

前記検査ステップによって検査されたフォトマスクの欠陥を修正する欠陥修正ステップと、

前記欠陥修正ステップで修正されたフォトマスクを介して基板を露光する露光ステップと、

前記露光された基板を現像する現像ステップと、を有するパターン基板の製造方法。

【手続補正書】

【提出日】平成22年10月5日(2010.10.5)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対物レンズと、

試料と共役な位置に配置され、一部の照明光の偏光状態を変化させる第 1 の 1 / 2 波長板と、前記第 1 の 1 / 2 波長板から前記対物レンズまでの間に配置され、前記試料で反射した反射光が前記対物レンズを介して入射する第 1 の光分岐手段と、を有し、前記対物レンズの視野の一部である第 1 の領域を第 1 の偏光方向の直線偏光で照明し、前記対物レンズの視野内において前記第 1 の領域と異なる第 2 の領域を前記第 1 の偏光方向と直交する第 2 の偏光方向の直線偏光で照明する反射照明光学系と、

前記第 1 の領域において、前記試料で反射した反射光を検出する第 1 検出器と、

前記第 2 の領域において、前記試料で反射した反射光を検出する第 2 検出器と、を備え

、

前記第 1 の光分岐手段が偏光状態に応じて光を反射する偏光ビームスプリッタであり、

前記反射照明光学系が、

前記第 1 の 1 / 2 波長板と前記偏光ビームスプリッタとの間に設けられ、照明光を円偏光にする第 1 の 1 / 4 波長板と、

前記対物レンズと偏光ビームスプリッタの間に設けられ、前記第 1 の 1 / 4 波長板によって円偏光になった照明光を直線偏光にする第 2 の 1 / 4 波長板と、を備える検査装置。

【請求項 2】

前記偏光ビームスプリッタから前記第 1 及び第 2 光検出器までの間に設けられ、前記第 1 及び第 2 光検出器に入射する反射光を直線偏光にする第 3 の 1 / 4 波長板と、を備える請求項 1 に記載の検査装置。

【請求項 3】

前記第 1 の 1 / 2 波長板が光路の半分に挿入されている請求項 1 又は 2 に記載の検査装置。

【請求項 4】

対物レンズと、

試料と共役な位置に配置され、一部の照明光の偏光状態を変化させる第 1 の 1 / 2 波長板と、前記第 1 の 1 / 2 波長板から前記対物レンズまでの間に配置され、前記試料で反射した反射光が前記対物レンズを介して入射する第 1 の光分岐手段と、を有し、前記対物レンズの視野の一部である第 1 の領域を第 1 の偏光方向の直線偏光で照明し、前記対物レンズの視野内において前記第 1 の領域と異なる第 2 の領域を前記第 1 の偏光方向と直交する第 2 の偏光方向の直線偏光で照明する反射照明光学系と、

前記第 1 の領域において、前記試料で反射した反射光を検出する第 1 検出器と、

前記第 2 の領域において、前記試料で反射した反射光を検出する第 2 検出器と、を備え

、

前記第 1 の 1 / 2 波長板が光路の半分に挿入されている検査装置。

【請求項 5】

反射照明光学系によって、対物レンズの視野の一部である第 1 の領域を第 1 の方向の直線偏光で、照明するステップと、

前記反射照明光学系によって、前記対物レンズの視野内において前記第 1 の領域と異なる第 2 の領域を前記第 1 の偏光方向と直交する第 2 の偏光方向の直線偏光で、照明するステップと、

前記第 1 の領域において前記試料で反射した反射光を、前記対物レンズを介して第 1 検出器で検出するステップと、

前記第 2 の領域において前記試料で反射した反射光を、前記対物レンズを介して第 2 検出器で検出するステップと、を備え、

前記反射照明光学系が試料と共役な位置に配置され、一部の照明光の偏光状態を変化させる第 1 の $1/2$ 波長板と、前記第 1 の $1/2$ 波長板から前記対物レンズまでの間に配置され、前記試料で反射した反射光が前記対物レンズを介して入射する第 1 の光分岐手段を備え、

前記第 1 の光分岐手段が偏光状態に応じて光を反射する偏光ビームスプリッタであり、

前記反射照明光学系が、

前記第 1 の $1/2$ 波長板と前記偏光ビームスプリッタとの間に設けられ、照明光を円偏光にする第 1 の $1/4$ 波長板と、

前記対物レンズと偏光ビームスプリッタの間に設けられ、前記第 1 の $1/4$ 波長板によって円偏光になった照明光を直線偏光にする第 2 の $1/4$ 波長板と、を備える検査方法。

【請求項 6】

前記偏光ビームスプリッタから前記第 1 及び第 2 光検出器までの間に設けられ、前記第 1 及び第 2 光検出器に入射する反射光を直線偏光にする第 3 の $1/4$ 波長板と、を備える請求項 5 に記載の検査方法。

【請求項 7】

前記第 1 の $1/2$ 波長板が光路の半分に挿入されている請求項 5 又は 6 に記載の検査方法。

【請求項 8】

反射照明光学系によって、対物レンズの視野の一部である第 1 の領域を第 1 の方向の直線偏光で、照明するステップと、

前記反射照明光学系によって、前記対物レンズの視野内において前記第 1 の領域と異なる第 2 の領域を前記第 1 の偏光方向と直交する第 2 の偏光方向の直線偏光で、照明するステップと、

前記第 1 の領域において前記試料で反射した反射光を、前記対物レンズを介して第 1 検出器で検出するステップと、

前記第 2 の領域において前記試料で反射した反射光を、前記対物レンズを介して第 2 検出器で検出するステップと、を備え、

前記反射照明光学系が試料と共役な位置に配置され、一部の照明光の偏光状態を変化させる第 1 の $1/2$ 波長板と、前記第 1 の $1/2$ 波長板から前記対物レンズまでの間に配置され、前記試料で反射した反射光が前記対物レンズを介して入射する第 1 の光分岐手段を備え、

前記第 1 の $1/2$ 波長板が光路の半分に挿入されている検査方法。

【請求項 9】

前記第 1 の方向、及び前記第 2 の方向の少なくとも一方が前記試料に設けられたパターンに沿っていることを特徴とする請求項 5 乃至 8 のうちいずれか 1 項に記載の検査方法。

【請求項 10】

請求項 5 乃至 9 のうちいずれか 1 項に記載の検査方法により、フォトリソマスクを検査する検査ステップと、

前記検査ステップによって検査されたフォトリソマスクの欠陥を修正する欠陥修正ステップと、

前記欠陥修正ステップで修正されたフォトリソマスクを介して基板を露光する露光ステップ

と、

前記露光された基板を現像する現像ステップと、を有するパターン基板の製造方法。

【手続補正書】

【提出日】平成22年12月13日(2010.12.13)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対物レンズと、

試料と共役な位置に配置され、一部の照明光の偏光状態を変化させる第 1 の $1/2$ 波長板と、前記第 1 の $1/2$ 波長板から前記対物レンズまでの間に配置され、前記試料で反射した反射光が前記対物レンズを介して入射する第 1 の光分岐手段と、を有し、前記対物レンズの視野の一部である第 1 の領域を第 1 の偏光方向の直線偏光で照明し、前記対物レンズの視野内において前記第 1 の領域と異なる第 2 の領域を前記第 1 の偏光方向と直交する第 2 の偏光方向の直線偏光で照明する反射照明光学系と、

前記第 1 の領域において、前記試料で反射した反射光を検出する第 1 検出器と、

前記第 2 の領域において、前記試料で反射した反射光を検出する第 2 検出器と、を備え

、

前記第 1 の光分岐手段が偏光状態に応じて光を反射する偏光ビームスプリッタであり、前記反射照明光学系が、

前記第 1 の $1/2$ 波長板と前記偏光ビームスプリッタとの間に設けられ、照明光を円偏光にする第 1 の $1/4$ 波長板と、

前記対物レンズと偏光ビームスプリッタの間に設けられ、前記第 1 の $1/4$ 波長板によって円偏光になった照明光を直線偏光にする第 2 の $1/4$ 波長板と、を備える検査装置。

【請求項 2】

前記偏光ビームスプリッタから前記第 1 及び第 2 光検出器までの間に設けられ、前記第 1 及び第 2 光検出器に入射する反射光を直線偏光にする第 3 の $1/4$ 波長板と、を備える請求項 1 に記載の検査装置。

【請求項 3】

前記第 1 の $1/2$ 波長板が光路の半分に挿入されている請求項 1 又は 2 に記載の検査装置。

【請求項 4】

対物レンズと、

試料と共役な位置に配置され、一部の照明光の偏光状態を変化させる第 1 の $1/2$ 波長板と、前記第 1 の $1/2$ 波長板から前記対物レンズまでの間に配置され、前記試料で反射した反射光が前記対物レンズを介して入射する第 1 の光分岐手段と、を有し、前記対物レンズの視野の一部である第 1 の領域を第 1 の偏光方向の直線偏光で照明し、前記対物レンズの視野内において前記第 1 の領域と異なる第 2 の領域を前記第 1 の偏光方向と直交する第 2 の偏光方向の直線偏光で照明する反射照明光学系と、

前記第 1 の領域において、前記試料で反射した反射光を検出する第 1 検出器と、

前記第 2 の領域において、前記試料で反射した反射光を検出する第 2 検出器と、を備え

、

前記第 1 の $1/2$ 波長板が光路の半分に挿入されている検査装置。

【請求項 5】

反射照明光学系によって、対物レンズの視野の一部である第 1 の領域を第 1 の偏光方向の直線偏光で、照明するステップと、

前記反射照明光学系によって、前記対物レンズの視野内において前記第 1 の領域と異なる

る第2の領域を前記第1の偏光方向と直交する第2の偏光方向の直線偏光で、照明するステップと、

前記第1の領域において試料で反射した反射光を、前記対物レンズを介して第1検出器で検出するステップと、

前記第2の領域において前記試料で反射した反射光を、前記対物レンズを介して第2検出器で検出するステップと、を備え、

前記反射照明光学系が試料と共役な位置に配置され、一部の照明光の偏光状態を変化させる第1の1/2波長板と、前記第1の1/2波長板から前記対物レンズまでの間に配置され、前記試料で反射した反射光が前記対物レンズを介して入射する第1の光分岐手段を備え、

前記第1の光分岐手段が偏光状態に応じて光を反射する偏光ビームスプリッタであり、前記反射照明光学系が、

前記第1の1/2波長板と前記偏光ビームスプリッタとの間に設けられ、照明光を円偏光にする第1の1/4波長板と、

前記対物レンズと偏光ビームスプリッタの間に設けられ、前記第1の1/4波長板によって円偏光になった照明光を直線偏光にする第2の1/4波長板と、を備える検査方法。

【請求項6】

前記偏光ビームスプリッタから前記第1及び第2光検出器までの間に設けられ、前記第1及び第2光検出器に入射する反射光を直線偏光にする第3の1/4波長板と、を備える請求項5に記載の検査方法。

【請求項7】

前記第1の1/2波長板が光路の半分に挿入されている請求項5又は6に記載の検査方法。

【請求項8】

反射照明光学系によって、対物レンズの視野の一部である第1の領域を第1の偏光方向の直線偏光で、照明するステップと、

前記反射照明光学系によって、前記対物レンズの視野内において前記第1の領域と異なる第2の領域を前記第1の偏光方向と直交する第2の偏光方向の直線偏光で、照明するステップと、

前記第1の領域において試料で反射した反射光を、前記対物レンズを介して第1検出器で検出するステップと、

前記第2の領域において前記試料で反射した反射光を、前記対物レンズを介して第2検出器で検出するステップと、を備え、

前記反射照明光学系が試料と共役な位置に配置され、一部の照明光の偏光状態を変化させる第1の1/2波長板と、前記第1の1/2波長板から前記対物レンズまでの間に配置され、前記試料で反射した反射光が前記対物レンズを介して入射する第1の光分岐手段を備え、

前記第1の1/2波長板が光路の半分に挿入されている検査方法。

【請求項9】

前記第1の偏光方向、及び前記第2の偏光方向の少なくとも一方が前記試料に設けられたパターンに沿っていることを特徴とする請求項5乃至8のうちいずれか1項に記載の検査方法。

【請求項10】

請求項5乃至9のうちいずれか1項に記載の検査方法により、フォトマスクを検査する検査ステップと、

前記検査ステップによって検査されたフォトマスクの欠陥を修正する欠陥修正ステップと、

前記欠陥修正ステップで修正されたフォトマスクを介して基板を露光する露光ステップと、

前記露光された基板を現像する現像ステップと、を有するパターン基板の製造方法。