

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5235480号
(P5235480)

(45) 発行日 平成25年7月10日 (2013. 7. 10)

(24) 登録日 平成25年4月5日 (2013. 4. 5)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 N 21/956 (2006. 01)

GO 1 N 21/956

A

GO 1 N 21/94 (2006. 01)

GO 1 N 21/94

請求項の数 11 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2008-108291 (P2008-108291)
 (22) 出願日 平成20年4月17日 (2008. 4. 17)
 (65) 公開番号 特開2009-257972 (P2009-257972A)
 (43) 公開日 平成21年11月5日 (2009. 11. 5)
 審査請求日 平成23年4月18日 (2011. 4. 18)

(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 康德
 (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】 異物検査装置、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】

被検物の表面に光を投光する投光器と、前記投光器によって前記表面に投光された光の前記表面における散乱光を受光する受光器と、前記受光器の出力に基づいて前記表面における異物の大きさを判定する制御器とを備える異物検査装置であって、

前記投光器は、当該投光器の光軸が前記表面に対して傾くように配置され、

前記受光器は、当該受光器の光軸が前記投光器の光軸と前記表面の法線軸とを含む平面に対して第1角度だけ傾くように配置され、

前記投光器から投光された投光光の偏光軸が前記平面に対してなす角度を第2角度とするとき、

前記制御器は、前記第1角度と前記第2角度との差が互いに異なる第1状態及び第2状態となるように前記投光光の偏光軸と前記受光器の配置の少なくとも一方を制御し、異物の大きさと該異物からの光を受光した受光器の出力との関係を表すデータを用いて、当該第1状態における前記受光器の出力と当該第2状態における前記受光器の出力から異物の大きさを決定し、

前記データは、前記第1角度と前記第2角度との差が前記第1状態の場合に異物が大きくなれば前記受光器の出力が大きくなる相関関係を有さない異物の大きさの範囲において、前記第1角度と前記第2角度との差が前記第2状態の場合に異物が大きくなれば前記受光器の出力が大きくなる相関関係を有するデータを含むことを特徴とする異物検査装置。

【請求項 2】

前記第 1 角度と前記第 2 角度との差は、前記第 1 状態及び前記第 2 状態においてともに - 60°以上かつ + 60°以下の範囲内であることを特徴とする請求項 1 に記載の異物検査装置。

【請求項 3】

前記第 1 角度と前記第 2 角度との差は、前記第 1 状態及び前記第 2 状態のいずれかにおいて 90°であることを特徴とする請求項 1 に記載の異物検査装置。

【請求項 4】

前記第 2 角度は、 - 40°以上かつ + 40°以下の範囲内であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の異物検査装置。

【請求項 5】

前記制御器は、前記投光器と 1 つの前記受光器との位置関係を維持しながら前記投光器と前記受光器とを前記被検物の表面に沿って相対的に複数回走査移動させ、複数回の走査移動において前記第 2 角度が互いに異なるように前記投光器の偏光軸を制御して前記第 1 状態と前記第 2 状態とを設定することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の異物検査装置。

【請求項 6】

前記受光器は複数配置され、

前記制御器は、前記投光器と前記複数の受光器との位置関係を維持しながら前記投光器と前記複数の受光器とを前記被検物の表面に沿って相対的に走査移動させ、前記複数の受光器による出力を得ることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の異物検査装置。

【請求項 7】

前記制御器は、前記複数の受光器による出力に基づいて、当該複数の受光器による出力が前記被検物の表面に存在する異物に起因する出力か異物以外に起因する出力かを判定することを特徴とする請求項 6 に記載の異物検査装置。

【請求項 8】

前記制御器は、前記複数の受光器による出力の差、前記複数の受光器による出力の比、及び前記複数の受光器による出力のいずれかと出力の基準値との差のいずれかに基づいて、当該複数の受光器による出力が前記異物に起因する出力か異物以外に起因する出力かを判定することを特徴とする請求項 7 に記載の異物検査装置。

【請求項 9】

前記第 1 角度と前記第 2 角度との差が前記第 1 状態の場合に検査対象とする異物の大きさは、前記第 2 状態の場合に検査対象とする異物の大きさより小さいことを特徴とする請求項 1 に記載の異物検査装置。

【請求項 10】

レチクルのパターンを基板に転写して基板を露光する露光装置であって、

前記レチクルの表面における異物を検査する請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載の異物検査装置を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の露光装置を用いて基板を露光する工程と、

前記工程で露光された基板を現像する工程と、
を含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、異物検査装置、露光装置及びデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に IC や LSI の製造工程においては、レチクルやフォトリソ等により形成されている回路パターンを、露光装置（ステッパー又はマスクアライナー）により、レジストが塗

10

20

30

40

50

布されたウエハ上に転写している。

【0003】

この転写の際、レチクル等の上にパターン欠陥やゴミ等の異物が存在すると、異物も同時にウエハ上に転写されてしまい、ＩＣやＬＳＩ製造の歩留を低下させる。特にレチクルを使用し、ステップアンドリピート法によりウエハ上の多数のショット領域に回路パターンを繰り返し焼き付ける場合、レチクル上に有害な一個の異物が存在していると、この異物がウエハ全面に焼き付けられる。その結果、ＩＣやＬＳＩの歩留が大きく低下する。

【0004】

そのため、ＩＣやＬＳＩの製造工程において基板上の異物の存在を検出することが不可欠となっており、一般には異物が等方的に光を散乱する性質を利用する異物検査装置が用いられている。

10

【0005】

例えば、平行光束を斜上方より被検物の表面上に投光し、屈折率分布型のマイクロレンズアレイにて異物からの散乱光を一次元イメージセンサー（センサアレイ）上に受光させて異物を結像することで被検物表面の検査を行う。（特許文献１、特許文献２参照）

図１０は、特許文献１、２に開示されている異物検査装置の光学系の基本構成を示す図である。説明の簡略化のために、レチクルのブランク面の異物検査光学系のみを記載するが、実際はレチクルの回路パターン面を異物から保護するペリクル膜のための異物検査光学系も備えている。図中の２は、ペリクル膜を取り付けているペリクル枠である。

20

【0006】

半導体レーザ４１から発した広がり角を持ったレーザビームは、コリメータレンズ４２により平行光束となる。そして、／２板４３により、投光光の偏光軸が投光光の光軸と受光器７による受光光の光軸とを含む面に平行な方向となるようにしている。そしてレーザビームは、被検物の表面に対して平行に近い角度で入射している。これにより、被検査面であるブランク面１ａ上にレーザビームによる直線状の投光領域５が形成される。

【0007】

投光領域５上に異物３が存在する場合、異物３から散乱光が発生する。この散乱光は投光領域５の長手方向に沿ってレンズを並べた散乱光を受光するための結像レンズ７１（レンズアレイ）によりラインセンサー７２上に集光される。結像レンズ７１は投光領域５をラインセンサー７２上に結像するよう構成してある。図１０の（Ｂ）に示すように、光学系全体１０を投光領域５の長手方向に対して垂直でブランク面１ａに沿う方向、即ちＸ方向に直線的に走査することによってブランク面１ａ全体の異物検査を行っている。

30

【特許文献１】特開平７－４３３１２号公報

【特許文献２】特開平７－５１１５号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

従来の異物検査装置において、粒子サイズが大きければ散乱光強度も大きくなるようにするため前記投光光の光軸と前記受光光の光軸とを含む平面にほぼ平行な方向にレーザビームの偏光軸の方位を設定していた。

40

【0009】

しかし、近年の露光装置において許容されるレチクル（ペリクル）上の最小粒子サイズは、１０μｍ程度と小さい。そのため前記異物検査装置にて検査したとき、被検面上の１０μｍ粒子からの散乱信号とレチクルの回路パターンからの回折信号の弁別が困難になってきている。ここでは粒子サイズが大きければ散乱光強度も大きくなるように、そして被検面上の粒子からの散乱信号とパターンからの回折信号の弁別性が向上するように設ける。そのために、前記投光器４（検査光形成ユニット）内に構成される／２板４３によりレーザビームの偏光軸の方位と受光器７の光軸の方位とを最適に設定する。

【0010】

次に、レチクル上のパターンからの回折光を誤検出する現象について述べる。図１２は

50

、誤検出してしまいう光路をレチクル上方とレチクル端面 1 c の側方 (X 方向) から見た図である。投光器 4 からは、ブランク面の直線状の投光領域 5 にレーザビームが照射される。ブランク面への入射角は大きいので、光量の多く (90% 以上) は反射するが、一部の光は屈折によりレチクル内部に入り込む。今ブランク面上の位置 P で光が屈折し、Y 方向に伸びるライン状回路パターン 102 を照射すると、そこからパターン回折光 103 L、103 R が発せられる。

【0011】

回路パターン 102 に光が斜めに照射された場合、その回路パターンで正反射する光を基準として回折光は回路パターンと直交方向に飛ぶ。位置 P でレチクル内部に侵入する際に、レチクルとほぼ平行に近い角度で入射し屈折した光がパターン照射光となっているので、さらにパターン回折が起きると、その回折光はブランク面に到達しても全反射する。同様に、ブランク面で全反射した光はパターン面に到達するが、その領域に回路パターンがなければその部分でも全反射する。また回路パターン 102 の稠密度によっては、レチクル奥側の側面 1 b、レチクル側面 1 c でも全反射を引き起こす場合がある。このように、パターン回折光 103 L は、回路パターンを再び照明し回折現象を発生しない限り、パターン面 (遮光膜部、ガラス部、半透明膜部を問わない)、ブランク面、及びレチクルの側面全てで全反射する場合がある。そうすると回折光の光量低下は発生しない。

【0012】

再び図 12 において、パターン回折光 103 L は全反射を繰り返すと、投光領域 5 の下方 (Z 方向) に戻る場合がある。この位置に X 方向に伸びるライン状パターン 104 があると、再度回折光 105 が発生し、受光器 7 がそれを検知してしまう場合がある。図 13 でその現象を説明する。

【0013】

図 13 は、図 10 A を投光器 4 側から見た図である。全反射を繰り返しているパターン回折光 103 L の中で、レチクル側面 1 c からパターン 104 へ至る光路を点線で示してある。パターン回折光 105 は、パターン 104 が X 方向のライン状パターンのため、正反射光を基準としてパターンと直交する X 軸回りの傾きを変化させたものとなっている。そのため図 13 では、パターン回折光 105 は、正反射光と重なって見えているが、図 12 を見ると、ブランク面に対する入射角が臨界角より小さくなる場合があり、空中に光が出てくることが理解される。さらに回路パターン 104 の稠密度によっては、受光器の結像レンズ 71 の光軸に近い角度になり、ラインセンサー 72 が光を検出し、異物からの散乱光として誤検出してしまふことがある。

【0014】

一方、パターン回折光 103 R は、同じように全反射を繰り返すが、レチクル側面 1 b で回路パターン領域 101 に入ると、回折光が発生するため徐々に消失する。その回折光は受光器 7 に入光することはないので、誤検出は発生しない。

【0015】

本発明の目的は、パターンからの回折光による誤検出をなくし、異物を高精度に検査できる異物検査装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明は、被検物の表面に光を投光する投光器と、前記投光器によって前記表面に投光された光の前記表面における散乱光を受光する受光器と、前記受光器の出力に基づいて前記表面における異物の 大きさ を判定する制御器とを備える異物検査装置であって、前記投光器は、当該投光器の光軸が前記表面に対して傾くように配置され、前記受光器は、当該受光器の光軸が前記投光器の光軸と前記表面の法線軸とを含む平面に対して第 1 角度だけ傾くように配置され、前記投光器から投光された投光光の偏光軸が前記平面に対してなす角度を第 2 角度とすると、前記制御器は、前記第 1 角度と前記第 2 角度との差が互いに異なる第 1 状態及び第 2 状態となるように前記投光光の偏光軸と前記受光器の配置の少なくとも一方を制御し、異物の大きさと該異物からの光を受光した受光器の出力との関係を

10

20

30

40

50

表すデータを用いて、当該第 1 状態における前記受光器の出力と当該第 2 状態における前記受光器の出力とから異物の大きさを決定し、前記データは、前記第 1 角度と前記第 2 角度との差が前記第 1 状態の場合に異物が大きくなれば前記受光器の出力が大きくなる相関関係を有さない異物の大きさの範囲において、前記第 1 角度と前記第 2 角度との差が前記第 2 状態の場合に異物が大きくなれば前記受光器の出力が大きくなる相関関係を有するデータを含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、パターンからの回折光による誤検出をなくし、異物を高精度に検査できる異物検査装置を提供することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下に、添付図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、以下に説明する実施形態は、本発明の一例であり、本発明が適用される装置の構成や各種条件によって適宜修正又は変更されるべきものである。

【0019】

[第 1 の実施形態]

図 1 は、第 1 の実施形態に係る異物検査装置の光学系基本構成を示す図である。説明の簡略化のために、レチクル 1 のブランク面 1 a の異物検査光学系のみを記載するが、レチクル 1 の回路パターン面を異物から保護するペリクル膜のための異物検査光学系も備える。図中の 2 は、ペリクル膜を取り付けているペリクル枠である。したがって、被検物は、レチクル 1 及びペリクル膜の少なくともいずれかでありうる。

20

【0020】

レチクル 1 の表面に光を投光する投光器 4 は、図 10 と同様に、半導体レーザ 4 1、コリメータレンズ 4 2、 $\lambda/2$ 板 4 3 から構成される。但し $\lambda/2$ 板 4 3 を光軸周りに回転駆動できるような機構が設けられている。 $\lambda/2$ 板 4 3 の代わりに偏光フィルタ、 $\lambda/4$ 板、光学偏光素子等が使用されてもよい。投光器 4 によって投光された光のブランク面 1 a における散乱光を受光する受光器 8 の構成は、図 10 の受光器 7 と同様である。しかし、図 1 の異物検査装置は、受光器 8 と同じ構成の受光器 9 をさらに備えており、また、受光器 8、9 の出力に基づいてブランク面 1 a における異物の有無と大きさの少なくとも一方を判定する不図示の制御器を備えている。図 1 の (B) に示すように、異物検査装置は、光学系全体 10 を投光領域 5 の長手方向に対して垂直でブランク面 1 a に沿う方向、即ち X 方向に直線的に走査することによってブランク面 1 a 全体の異物検査を行っている。

30

【0021】

投光器 4 は、当該投光器 4 が投光する投光光の光軸がブランク面 1 a に対して だけ傾くように配置されている。

【0022】

図 2 は、受光器全体の基本構成とレーザビームの偏光軸の設定方向を示し、レチクルへのビーム投光方向即ち Y 方向から見た図である。受光用の結像レンズ 8 1 及び 8 1' が受光する受光光の光軸すなわち受光器 8 の光軸は、投光器 4 の光軸と被検物表面 (ブランク面又はペリクル面) の法線軸とを含む平面に対して第 1 角度 θ_1 だけ傾いている。一方、受光用の結像レンズ 9 1 及び 9 1' の光軸 (受光器 9 の光軸) は、投光器 4 の光軸と被検物表面 (ブランク面又はペリクル面) の法線軸とを含む平面に対して別の第 1 角度 θ_2 だけ傾いている。受光器 8 の第 1 角度 θ_1 と受光器 9 の第 1 角度 θ_2 とは互いに異なっている。

40

【0023】

続いて投光するレーザビームの偏光軸の方位を最適に設定する手法について述べる。図 3 に、各粒子サイズ (10 μm , 15 μm , 30 μm) における偏光軸の方位と散乱光強度の出力との関係を示す。図 3 は、 $\theta_1 = -30^\circ$ のとき受光器 8 の出力と偏光軸の方位との関係を示したものである。投光光の偏光軸の方位は、投光器 4 内に構成される $\lambda/2$ 板 4

50

3を回転させることにより変えることができる。ここで、投光光の偏光軸が投光器4の光軸と被検物表面の法線軸とを含む平面に対してなす角度である第2角度をとする。図2、図3において反時計回りが、のプラス方向とする。例えば、図2において、 $\theta_1 < 0$ 、 $\theta_2 > 0$ である。

【0024】

異物検査装置では受光器8, 9の出力から一意に粒子サイズが決定される必要がある。上記の条件で検査したとき、偏光軸の方位が $-90^\circ \sim +30^\circ$ のときに粒子からの散乱信号出力が $10\ \mu\text{m} < 15\ \mu\text{m} < 30\ \mu\text{m}$ の関係を満足する。なお、 $\theta_2 = +30^\circ$ のとき受光器9で検出した場合、偏光軸の方位が $+90^\circ \sim -30^\circ$ のときに粒子からの散乱信号出力が $10\ \mu\text{m} < 15\ \mu\text{m} < 30\ \mu\text{m}$ の関係を満足する。

10

【0025】

図4に偏光軸の方位に対する、 $10\ \mu\text{m}$ 粒子の散乱光強度の出力と、パターン回折光強度の出力との関係を示す。 $\theta_1 = -30^\circ$ の受光器9において、 $10\ \mu\text{m}$ 粒子の散乱光出力に対してパターン回折光の出力を小さくするためには偏光軸の方位を -40° 以上にする必要があることが分かる。なお、 $\theta_2 = +30^\circ$ の受光器9での検出は、偏光軸の方位を $+40^\circ$ 以下にする必要がある。上記の偏光軸の方位の条件においては、パターンの種類が異なっても定性的に $10\ \mu\text{m}$ 粒子の散乱光の出力とパターン回折光の出力との関係は変わらない。

【0026】

上記実施形態において被検物表面上の粒子からの散乱信号とパターンからの回折信号の弁別性を向上させ、かつ粒子サイズが大きければ散乱光強度も大きくなるようにする。そのために、偏光軸の方位は、/2板43により投光器4の光軸と被検面の法線軸とを含む平面に対して $\pm 30^\circ$ 以内の方向となるように設定される。なお、ペリクル面側の偏光軸の方位も同様に最適化できる。

20

【0027】

受光器8, 9の光軸の方位を最適に設定する手法について述べる。受光器8, 9の光軸のなす第1角度 θ_1 、 θ_2 はパターン回折光の誤検出を避けるために 25° 以上 90° 未満の角度に設定することが望ましい。また、受光器8, 9の光軸のなす第1角度と偏光軸の方位がなす第2角度との差($\theta_1 - \theta_2$)は、 -60° 以上かつ $+60^\circ$ 以下の範囲内に設定する必要がある。なぜなら偏光軸の方位を固定した状態で受光器8, 9の光軸を傾けていくと、粒子サイズが大きければ散乱光強度も大きくなる条件から外れるためである。

30

【0028】

例えば図5に示されるように、 $\theta_1 = -30^\circ$ のとき、粒子サイズが大きければ散乱光強度も大きくなるの条件は、前述したように $-90^\circ \sim +30^\circ$ である(図5A)。しかし、 $\theta_2 = +30^\circ$ で θ_1 を θ_1' へ $\theta_1' = -10^\circ$ だけ傾けたとき($\theta_1' = -40^\circ$)、前記の条件は、シフトして $-100^\circ \sim -20^\circ$ となる(図5B)。このとき $\theta_2 = +30^\circ > \theta_1' = +20^\circ$ となり、散乱信号出力が $10\ \mu\text{m} < 15\ \mu\text{m} < 30\ \mu\text{m}$ の関係を満足しなくなってしまう。(図5C)

よって、受光器の光軸が、投光器の光軸と被検物表面の法線軸とを含む平面に対して 25° 以上 90° 未満の角度で傾いていて、かつ前記直線偏光光の偏光方向と $\pm 60^\circ$ 以内で傾いている必要がある。

40

【0029】

[第2の実施形態]

異物検査装置において、制御器が被検物表面上の粒子からの散乱信号とパターンからの回折信号を弁別する手法について述べる。

【0030】

図6に示すように偏光軸の方位に対する、被検物表面における $10\ \mu\text{m}$ 粒子の散乱光出力曲線とパターンからの回折光出力曲線とは異なっている。この点に注目し、検査時に信号を検出したときに偏光軸の方位を変えて再検出する。そのときの複数の出力の差に基づいて、制御器は、被検物の表面に存在する異物に起因する出力か、それともパターン

50

回折光のような異物以外に起因する出力かを判定する。また、偏光軸の方位を変更する前後の複数の出力の比によって判定する。例えば、偏光軸の方位を 1 から 2 へ切り替えたとき出力が $A1$ ($A1'$) から $A2$ ($A2'$) に変化したとする。図 6 に示されるように、粒子の散乱光の出力ならば $A2 - A1 > 0$ となり、パターン回折光の出力ならば $A2' - A1' < 0$ となることから粒子の散乱光とパターン回折光とを弁別できる。また、粒子の散乱光の出力ならば $A2 / A1 > 1$ 、パターン回折光の出力ならば $A2' / A1' < 1$ となることから弁別できる。

【 0 0 3 1 】

さらに事前に偏光軸の方位毎の基準粒子（例えば $10\ \mu\text{m}$ 粒子）信号による出力の基準値を取得（記録）し、その出力に対する検出信号出力の関係から粒子の散乱光か、パターン回折光かを判定する。例えば、偏光軸の方位を 1 から 2 へ切り替えたときの被検面上の $10\ \mu\text{m}$ 粒子出力が $A1$ から $A2$ に変化したときの $A1, A2$ を記録しておく。そして実際の検査時において偏光軸の方位を 1 から 2 へ切り替えたときの出力が $A1'$ から $A2'$ に変化したとする。そのとき、 $A1 - A1' < A2 - A2'$ ならば出力はパターンからの回折光によるものと判断できる。

【 0 0 3 2 】

[第 3 の実施形態]

図 7 に、 $\theta = -30^\circ$ 、 $\phi = 0^\circ$ の第 1 状態で検査した結果を、横軸を粒子サイズ、縦軸を粒子からの散乱出力とした場合の両者の関係で示す。これによれば粒径サイズが $A\ \mu\text{m}$ を超えると、粒子が大きければ散乱光強度も大きくなる関係が成立しなくなる。また、図 8 のように $\theta = -30^\circ$ 、 $\phi = 90^\circ$ の第 2 状態で検査すると、粒径サイズが $A\ \mu\text{m}$ を超えても粒子サイズが大きければ散乱光強度も大きくなる関係が成立することが分かる。ただし、粒子サイズが小さい領域では成立しなくなる。このことから弁別すべき粒子サイズに応じて、投光光の偏光状態を適切な位置に切り替えてもよい。具体的には、受光器が 1 つの場合、投光器 4 と 1 つの受光器 8 との位置関係を維持しながら、投光光の偏光軸の方位を変えて被検物の表面に沿って相対的に複数回走査移動させることで被検物の表面全体に互って検査する。それぞれの走査移動の間に投光光の偏光軸の方位を、弁別対象とする粒径サイズが $A\ \mu\text{m}$ 以下のときは $\theta = 0^\circ$ に、 $A\ \mu\text{m}$ 以上のときは受光器 8 と直交する方向に切り替えて設定する。

【 0 0 3 3 】

図 7 の第 1 状態と図 8 の第 2 状態とにおいて、 θ はともに -30° で同一であるが、 ϕ の値が 0° と $+60^\circ$ と互いに異なっている。すなわち、第 1 状態と第 2 状態とでは、第 1 角度と第 2 角度との差 (ϕ) が互いに異なっている。

【 0 0 3 4 】

さらに、受光器が複数配置される場合、投光器 4 と複数の受光器 8, 9 との位置関係を維持しながら非検物の表面に沿って相対的に 1 回走査移動させることで被検物の表面全域に互って検査する。その場合、例えば $\theta_1 = -60^\circ$ 、 $\phi_1 = +30^\circ$ 、 $\theta_2 = +40^\circ$ に設定する（図 9）。そうすれば、両受光器 8, 9 において前述したようなパターン回折光を検出することなく、弁別したい粒径サイズにおいて粒径が大きければ散乱強度出力が大きくなる条件を満たし、加えて速やかに検査することができる。

【 0 0 3 5 】

図 11A に、光学系全体 10 を往復駆動して 1 つの受光器 8 で検査する場合のフローチャートを示す。まず受光器 8 が第 1 状態（A 基準の位置）で $+X$ 方向に走査移動させて検査し、異物の検出がなければ検査は終了する。異物を検出した場合、受光器 8 が第 2 状態（B 基準の位置）に設定して $-X$ 方向に走査移動させて再検査を実施する。したがって、このフローチャートでは異物を検出したときには、光学系全体 10 を複数回走査移動させる。光学系全体 10 の走査移動方向を替えるときに / 2 板 43 を回転駆動させる必要がある。 $+X$ 方向の走査移動時と $-X$ 方向の走査移動時との受光器 8 の出力は、例えば $1\ \text{mm}$ 四方の各座標における検出粒径サイズとしてあらかじめ求め検査装置内に記憶しておく。そして最終的な検査結果としては、例えば座標毎に受光器 8 の 2 つの検査結果

10

20

30

40

50

の小さい方の検出粒径サイズとする。異物の場合は受光器 8 の 2 つの出力は共に同じレベルの検出粒径サイズなので正しく異物を検出できる。

【 0 0 3 6 】

図 1 1 B に、2 つの受光器 8 , 9 で検査する場合のフローチャートを示す。 / 2 板 4 3 により偏光軸の方位 を -40° 以上かつ $+40^{\circ}$ 以下の範囲内に設定する。さらに受光器 8 , 9 の光軸がともに、投光器の光軸と被検物表面の法線軸とを含む平面に対して 25° 以上 90° 未満の角度で傾き、かつ直線偏光光の偏光方向に対して $\pm 60^{\circ}$ 以内で傾いている。その状態で受光器 8 , 9 を +X 方向に走査移動することにより同時検査する。この方法で検査すれば、受光器 8 , 9 においてパターン回折光に起因した誤検出が発生することはない。さらに 2 つの受光器 8 , 9 において上記の検査条件を同時に満足させることにより / 2 板 4 3 を回転させて往復駆動させる必要がなくなり (/ 2 板 4 3 回転位置を固定)、速やかに正しく異物を検出することができる。

10

【 0 0 3 7 】

また、図 1 1 C に、2 つの受光器 8 , 9 で検査する場合の別のフローチャートを示す。図 1 1 C のフローチャートでは、受光器 8 , 9 を +X 方向に走査移動させて検査し、異物の検出がなければ検査は終了するが、異物を検出した場合は受光器 8 , 9 を -X 方向に走査移動させて再検査を実施する。走査移動方向を切り替えるときに、 / 2 板 4 3 を回転駆動させる。そして最終的な結果としては、各受光器 8 , 9 において各走査移動方向の出力の変化 (出力の差、出力の比、基準粒子出力に対する比の変化) により異物のサイズ、異物からの散乱光とパターンからの回折光とを判定する。

20

【 0 0 3 8 】

受光器 8 が 1 つの場合、光学系全体 1 0 を +X 方向に走査移動して検査する際に / 2 板を回転して受光器の光軸と直交する方位に投光光の偏光軸の方位を設定する (大粒径異物検査)。光学系全体 1 0 を -X 方向に走査移動する場合、 / 2 板を回転して投光光の偏光軸のなす角度 を $\pm 40^{\circ}$ 以内、かつ受光器の光軸に対して $\pm 60^{\circ}$ 以内となる方位に偏光軸の方位を設定する (小粒径異物検査)。すなわち、走査移動毎に弁別対象の異物サイズに合わせて / 2 板の回転位置を設定する。

【 0 0 3 9 】

受光器が 2 つの場合、光学系全体 1 0 を +X 方向に走査移動して検査する際に / 2 板を回転する。そして、少なくとも 1 つの受光器の光軸と直交しかつ投光器の光軸と被検面の法線軸を含む平面に対して $\pm 40^{\circ}$ 以内で、もう 1 つの受光器の光軸に対して $\pm 60^{\circ}$ 以内となる方位に偏光軸を固定設定する。すなわち、1 回の走査移動で 2 つの受光器によって、異なる弁別対象の異物サイズの同時検査が可能となるように / 2 板の回転位置を固定設定する。

30

【 0 0 4 0 】

本発明は、半導体素子や液晶表示素子等の製造に使用される半導体露光装置の他、各種精密加工装置や各種精密測定装置等にも適用可能であり、被加工物や被測定物の被検査面上の異物を検出するのに有効である。

【 0 0 4 1 】

[露光装置の説明]

40

本発明で適用される例示的なレチクルのパターンを基板に転写して基板を露光する露光装置を説明する。露光装置は図 1 4 に示すように、照明装置 5 0 1、レチクルを搭載したレチクルステージ 5 0 2、投影光学系 5 0 3、基板を保持する基板ステージ 5 0 4 とを備える。上述したように基板ステージ 5 0 4 は、不図示の駆動機構によって Y 方向に操作移動され、X 方向にステップ移動される。露光装置は、レチクルに形成された回路パターンを基板に投影して走査露光する。

【 0 0 4 2 】

照明装置 5 0 1 は回路パターンが形成されたレチクルを照明し、光源部と照明光学系とを有する。光源部は、例えば、光源としてレーザを使用する。レーザは、波長約 193nm の ArF エキシマレーザ、波長約 248nm の KrF エキシマレーザ、波長約 153nm の F2 エキシマレーザ

50

などを使用することができる。しかし、レーザの種類はエキシマレーザに限定されず、例えば、YAGレーザを使用してもよいし、そのレーザの個数も限定されない。光源にレーザが使用される場合、レーザ光源からの平行光束を所望のビーム形状に整形する光束整形光学系、コヒーレントなレーザ光束をインコヒーレント化するインコヒーレント化光学系を使用することが好ましい。また、光源部に使用可能な光源はレーザに限定されるものではなく、一又は複数の水銀ランプやキセノンランプなどのランプも使用可能である。照明光学系はマスクを照明する光学系であり、レンズ、ミラー、ライトインテグレーター、絞り等を含む。

【0043】

投影光学系503は、複数のレンズ素子のみからなる光学系、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、複数のレンズ素子と少なくとも一枚のキノフォーム等の回折光学素子とを有する光学系、全ミラー型の光学系等を使用することができる。

【0044】

レチクルステージ502及び基板ステージ504は、例えばリニアモータによって移動可能である。それぞれのステージは同期して移動する。また、レチクルのパターンを基板上に位置合わせするために基板ステージ504及びレチクルステージ502に不図示のアクチュエータ（駆動機構）を備える。

【0045】

上述の露光装置を用いて基板を露光する工程の後、露光された基板を現像する工程等を経て、半導体集積回路等の半導体デバイスや、マイクロマシン、薄膜磁気ヘッド等の微細なパターンが形成されたデバイスが製造されうる。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】第1の実施形態に係る異物検査装置の概略図である。

【図2】第1の実施形態に係る異物検査装置の断面図である。

【図3】粒子による散乱光の出力と偏光軸方位との関係を示す図である。

【図4】粒子による散乱光の出力と偏光軸方位との関係を示す図である。

【図5】粒子による散乱光の出力と偏光軸方位との関係を示す図である。

【図6】粒子による散乱光の出力及びパターン回折光の出力と偏光軸方位との関係を示す図である。

【図7】 $\theta = -30^\circ$ 、 $\phi = 0^\circ$ における散乱光の出力と粒径サイズとの関係を示す図である。

【図8】 $\theta = -30^\circ$ 、 $\phi = +60^\circ$ における散乱光の出力と粒径サイズとの関係を示す図である。

【図9】 $\theta_1 = -60^\circ$ 、 $\theta_2 = +40^\circ$ 、 $\phi = +30^\circ$ における偏光軸方位と2つの受光器光軸方位との関係を示す図である。

【図10】従来の異物検査装置の概略図である。

【図11A】検査フローチャートの一例である。

【図11B】検査フローチャートの別例である。

【図11C】検査フローチャートのさらなる別例である。

【図12】パターンからの回折光を誤検出するメカニズムの説明図である。

【図13】パターンからの回折光を誤検出するメカニズムの説明図である。

【図14】露光装置の一例を示す図である。

【符号の説明】

【0047】

1：レチクル

1b, 1c：レチクルの側端面

2：ペリクル

3：異物

4：投光器

10

20

30

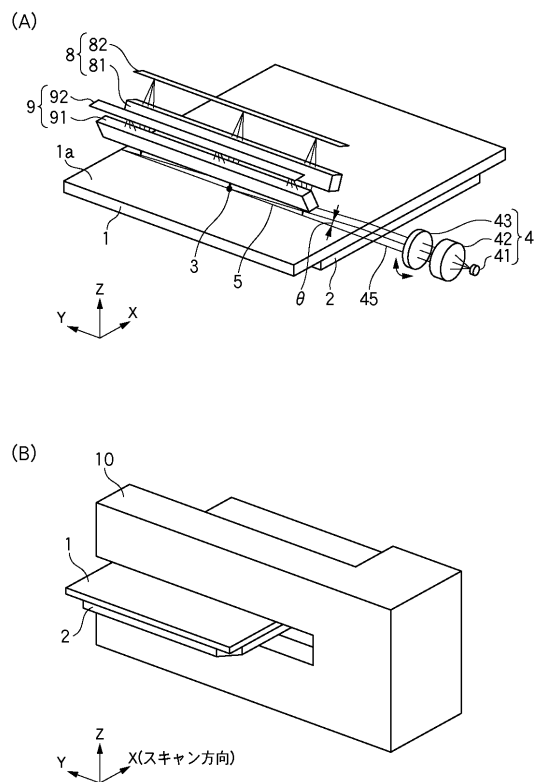
40

50

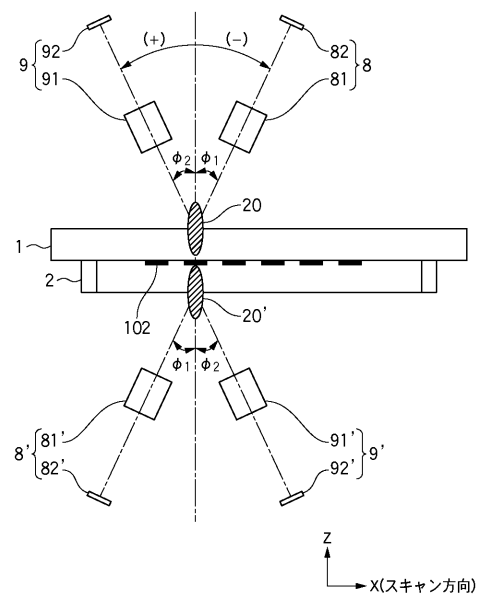
- 4 1 : 半導体レーザ
 4 2 : コリメータレンズ
 4 3 : / 2 板
 4 5 : ビーム
 5 : 投光領域
 7 , 8 , 8' , 9 , 9' : 受光器
 7 1 , 8 1 , 8 1' , 9 1 , 9 1' : 受光用結像レンズ
 7 2 , 8 2 , 8 2' , 9 2 , 9 2' : ラインセンサー
 1 0 : 光学系全体
 2 0 : 偏光軸の方位
 1 0 1 : 回路パターン領域
 1 0 2 , 1 0 4 : 回路パターン
 1 0 3 L , 1 0 3 R , 1 0 5 , 1 0 6 : パターン回折光

10

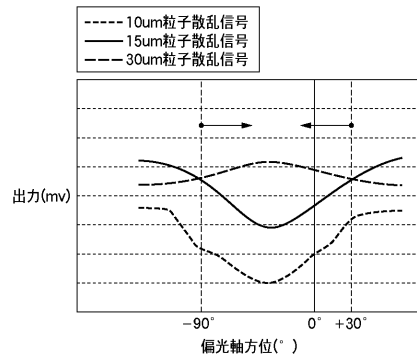
【図 1】



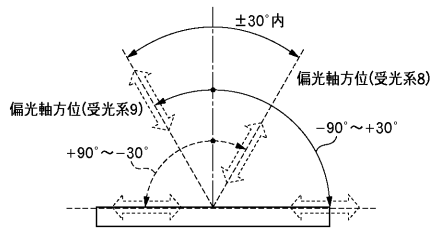
【図 2】



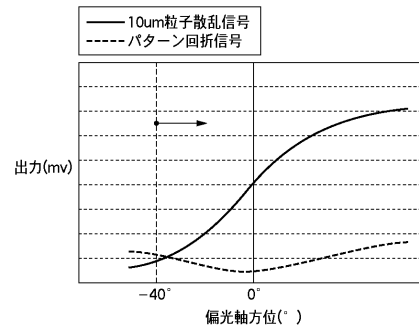
【図 3】



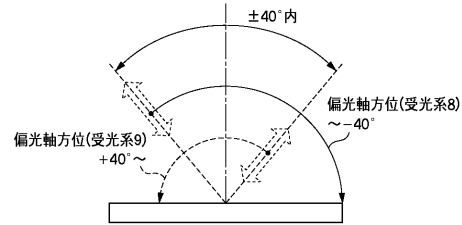
$\phi 1 = -30^\circ$ $\phi 2 = +30^\circ$ のとき
信号出力が受光系8, 9同時に $10\mu\text{m} < 15\mu\text{m} < 30\mu\text{m}$ を
満足する偏光軸方位 $\alpha \rightarrow \pm 30^\circ$ 内



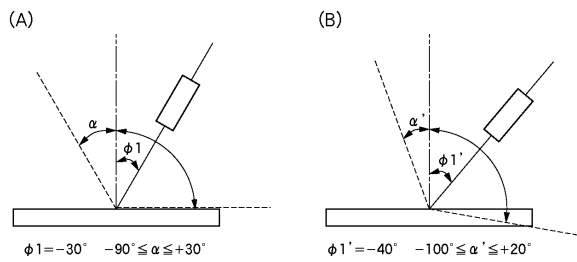
【図 4】



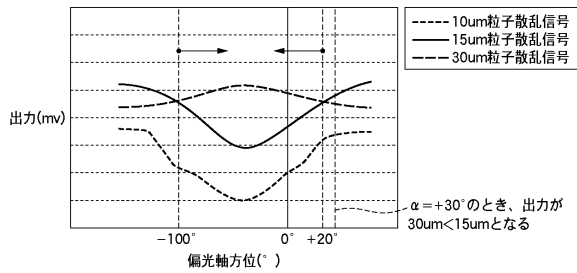
$\phi 1 = -30^\circ$ $\phi 2 = +30^\circ$ のとき
10 μm 粒子散乱光出力 > パターン回折光出力
となるための偏光軸方位 $\alpha \rightarrow \pm 40^\circ$ 内



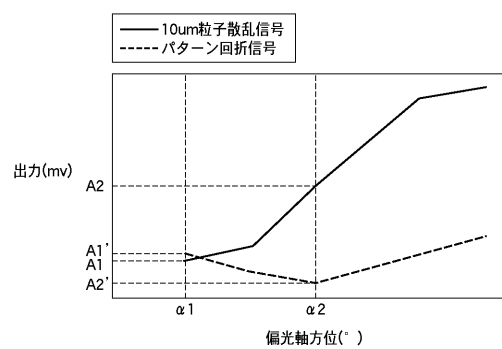
【図 5】



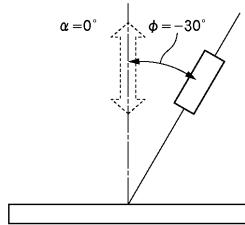
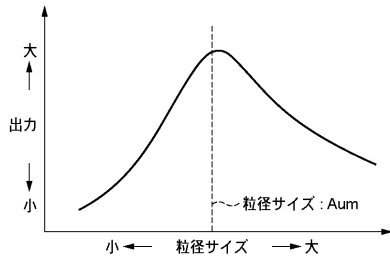
(C) $\phi 1' = -40^\circ$ のときの偏光軸方位と
各粒子散乱信号出力の関係



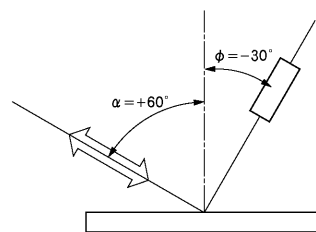
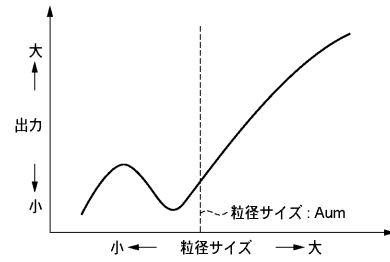
【図 6】



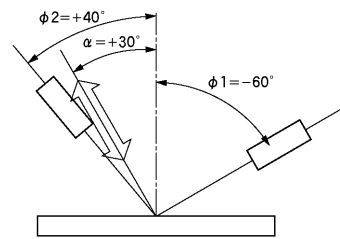
【図 7】



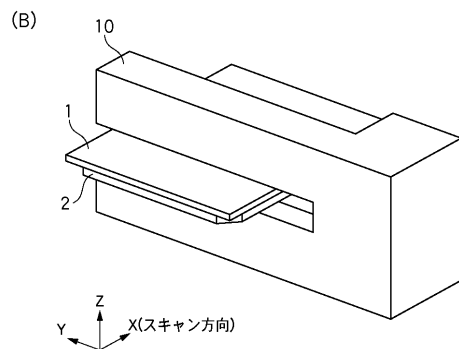
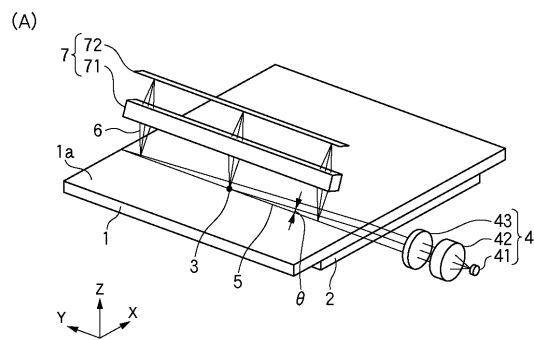
【図 8】



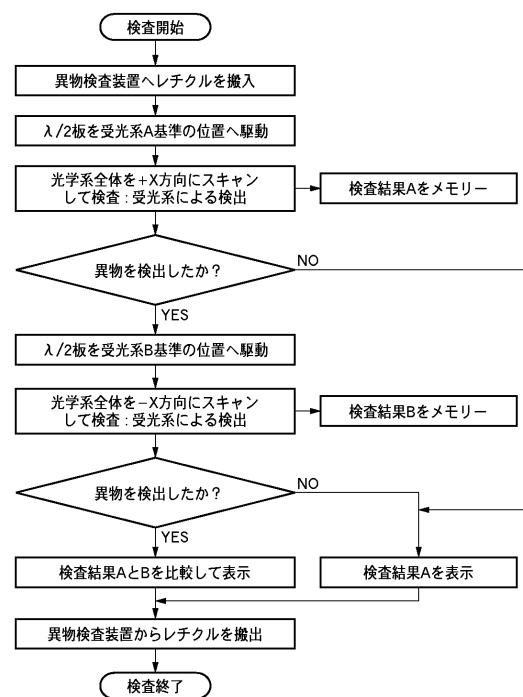
【図 9】



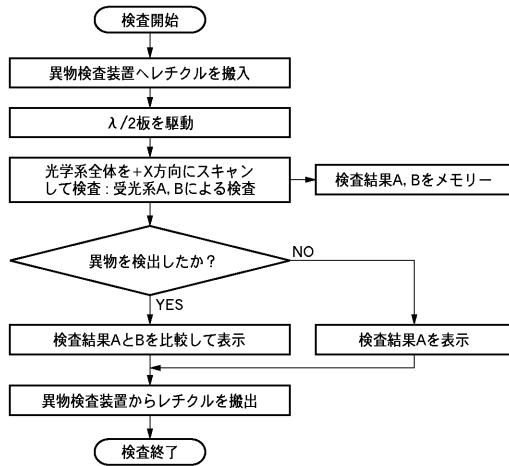
【図 10】



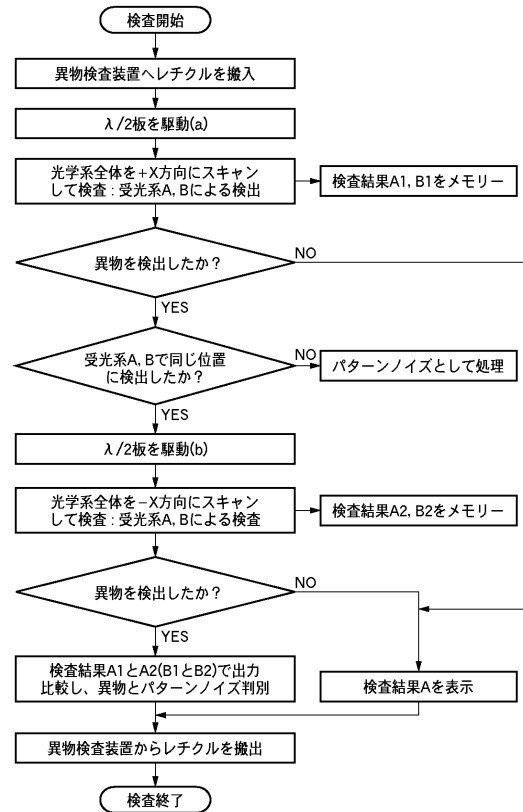
【図 11 A】



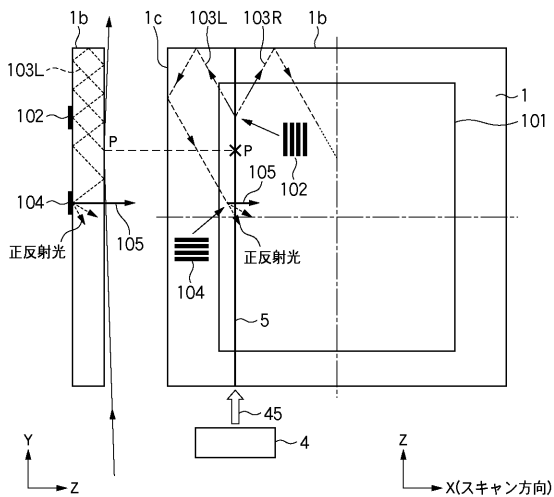
【図 1 1 B】



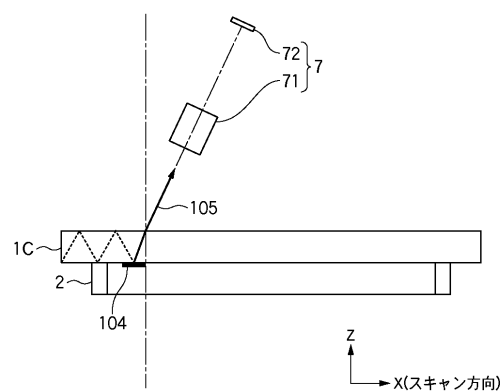
【図 1 1 C】



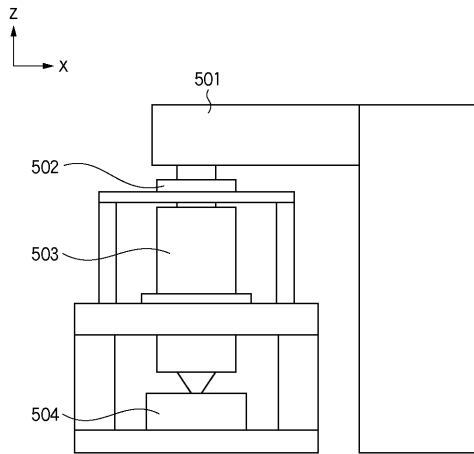
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 14】



フロントページの続き

(72)発明者 前田 浩平
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 上田 泰

(56)参考文献 特開平07-005115(JP,A)
特開平09-304289(JP,A)
特開平09-159576(JP,A)
特開平11-271231(JP,A)
特開平07-043312(JP,A)
特開2007-071728(JP,A)
特開平06-281589(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 21/84 - 21/958