

(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2009-31212  
(P2009-31212A)

(43) 公開日 平成21年2月12日(2009.2.12)

(51) Int.Cl.

G 0 1 N 21/956 (2006.01)  
H 0 1 L 21/027 (2006.01)

F 1

G O 1 N 21/956  
H O 1 L 21/30A  
5 0 2 V

テーマコード(参考)

2 G 0 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願2007-197731 (P2007-197731)

(22) 出願日

平成19年7月30日 (2007.7.30)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(74) 代理人 110000246

特許業務法人才カダ・フシミ・ヒラノ

(72) 発明者 遠藤 一正

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

F ターム(参考) 2G051 AA51 AB02 AC21 BA05 BA11  
BB11 BB17 CA04 CB01 CC11  
EA08 EA12 EA14 EC03

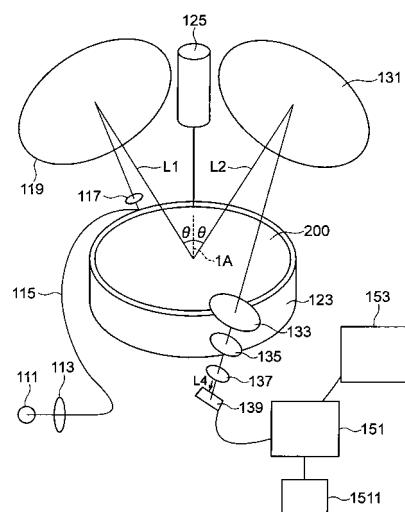
(54) 【発明の名称】表面検査装置および表面検査方法

## (57) 【要約】

【課題】基板上の線幅が 50 nm/L/S 以下の場合にも検出感度が低下しない基板表面検査装置を提供する。

【解決手段】装置は、基板を直線偏光光により照明する照明手段と、前記照明手段と前記基板の位置関係を調整する調整手段と、前記基板からの偏光光の経路に、退避可能に取り付けられた位相子(133)と、前記直線偏光の振動面に対して、透過軸を所定の角度とことができる検光子(135)と、を備える。装置は、前記基板の画像を形成する画像形成手段(139)と、前記画像の所定のパラメータを求め、前記位相子の使用または不使用および前記検光子の前記透過軸の前記所定の角度と関連付けて記憶手段(1511)に記憶する画像処理手段(151)と、検出感度が最大となる、前記位相子の使用または不使用および前記検光子の前記透過軸の前記所定の角度における前記所定のパラメータを用いて、欠陥判定を行う欠陥判定手段と、をさらに備える。

【選択図】図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

被検基板に形成された周期性を有するレジストパターンを直線偏光光により照明する照明手段と、

前記直線偏光の振動面と前記レジストパターンの繰り返し方向とが所定の角度となるよう前記照明手段と前記被検基板の位置関係を調整する調整手段と、

使用または不使用を選択することができるよう、前記被検基板からの偏光光の経路に、前記経路から退避可能に取り付けられた位相子と、

前記直線偏光の振動面に対して、透過軸を所定の角度とすることができるように取り付けられた検光子と、

前記検光子を透過した光によって、前記被検基板の画像を形成する画像形成手段と、

前記画像を処理して、前記画像の所定のパラメータを求め、前記所定のパラメータを、前記位相子の使用または不使用および前記検光子の前記透過軸の前記所定の角度と関連付けて記憶手段に記憶する画像処理手段と、

前記レジストパターンの形状変化に対する前記所定のパラメータの変化が最大となる、前記位相子の使用または不使用および前記検光子の前記透過軸の前記所定の角度における前記所定のパラメータを用いて、前記レジストパターンが正常な場合における前記所定のパラメータとの比較により、前記レジストパターンの欠陥判定を行う欠陥判定手段と、を備える基板表面検査装置。

**【請求項 2】**

前記位相子の位置を検出する位相子位置検出器および前記検光子の回転位置を検出する回転位置検出器をさらに備える請求項 1 に記載の基板表面検査装置。

**【請求項 3】**

前記検光子は、ワイヤーグリッド型偏光子またはフォトニック結晶型偏光子である請求項 1 または 2 に記載の基板表面検査装置。

**【請求項 4】**

前記位相子は、1 / 4 波長板である請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の基板表面検査装置。

**【請求項 5】**

被検基板に形成された周期性を有するレジストパターンを直線偏光光により照明する照明手段と、

前記直線偏光の振動面と前記レジストパターンの繰り返し方向とが所定の角度となるよう前記照明手段と前記被検基板の位置関係を調整する調整手段と、

使用または不使用を選択することができるよう、前記被検基板からの偏光光の経路に、前記経路から退避可能に取り付けられた位相子と、

前記直線偏光の振動面に対して、透過軸を所定の角度とすることができるように取り付けられた検光子と、を備えた基板表面検査装置を使用して、基板表面の検査を行う基板表面検査方法であって、

前記位相子の使用または不使用および前記検光子の前記透過軸の前記所定の角度を設定し、

前記検光子を透過した光によって、前記被検基板の画像を形成し、

前記画像を処理して、前記画像の所定のパラメータを求め、

前記所定のパラメータを、前記位相子の使用または不使用および前記検光子の前記透過軸の前記所定の角度と関連付けて記憶し、

該記憶された、前記レジストパターンの形状の変化に対する前記所定のパラメータの変化が最大となるように、前記位相子の使用または不使用および前記検光子の前記透過軸の前記所定の角度を定め、その状態において取得した前記所定のパラメータを用いて、前記レジストパターンが正常な場合における前記所定のパラメータとの比較により前記レジストパターンの欠陥判定を行う、基板表面検査方法。

**【請求項 6】**

10

20

30

40

50

前記所定のパラメータが、前記被検基板の検査対象領域の反射光量の平均値である請求項5に記載の検査方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板上のパターン形状を検査する基板表面検査装置および基板表面検査方法に関する。

【背景技術】

【0002】

基板上に形成された周期性を有するレジストパターンの形状を、該レジストパターンの画像を処理することによって検査する基板表面検査装置および基板表面検査方法が開発されている（たとえば、特許文献1）。特許文献1の検査方法によれば、レジストパターンの繰り返し方向に対して直線偏光の振動方向を斜めに設定して照明し、基板からの正反射光のうち、該直線偏光の振動面に垂直な振動面を有する偏光成分を抽出して画像を形成し、該画像を処理することによってレジストパターンの形状を検査する。

【0003】

【特許文献1】特開2006-135211号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、上記の検査方法において、基板上の線幅が50nmL/S（ラインおよびスペースの幅が50nm）以下になると、基板からの正反射光のうち、照明する直線偏光の振動面に垂直な振動面を有する偏光成分が減衰するため、パターン形状変化に対する検出感度が低下する問題があった。

【0005】

したがって、基板上の線幅が50nmL/S以下の場合にも検出感度が低下しない基板表面検査装置および基板表面検査方法に対するニーズがある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明による基板表面検査装置は、被検基板に形成された周期性を有するレジストパターンを直線偏光光により照明する照明手段と、前記直線偏光の振動面と前記レジストパターンの繰り返し方向とが所定の角度となるよう前記照明手段と前記被検基板の位置関係を調整する調整手段と、を備える。本発明による基板表面検査装置は、使用または不使用を選択することができるよう、前記被検基板からの偏光光の経路に、前記経路から退避可能に取り付けられた位相子と、前記直線偏光の振動面に対して、透過軸を所定の角度とすることができるように取り付けられた検光子と、をさらに備える。本発明による基板表面検査装置は、前記検光子を透過した光によって、前記被検基板の画像を形成する画像形成手段と、前記画像を処理して、前記画像の所定のパラメータを求め、前記所定のパラメータを、前記位相子の使用または不使用および前記検光子の前記透過軸の前記所定の角度と関連付けて記憶手段に記憶する画像処理手段をさらに備える。本発明による基板表面検査装置は、前記レジストパターンの形状変化に対する前記所定のパラメータの変化が最大となる、前記位相子の使用または不使用および前記検光子の前記透過軸の前記所定の角度における前記所定のパラメータを用いて、前記レジストパターンが正常な場合における前記所定のパラメータとの比較により、前記レジストパターンの欠陥判定を行う欠陥判定手段をさらに備える。

【0007】

本発明による基板表面検査方法は、基板表面検査装置を使用して、基板表面の検査を行う。基板表面検査装置は、被検基板に形成された周期性を有するレジストパターンを直線偏光光により照明する照明手段と、前記直線偏光の振動面と前記レジストパターンの繰り返し方向とが所定の角度となるよう前記照明手段と前記被検基板の位置関係を調整する調

10

20

30

40

50

整手段と、を備える。基板表面検査装置は、使用または不使用を選択することができるよう、前記被検基板からの偏光光の経路に、前記経路から退避可能に取り付けられた位相子と、前記直線偏光の振動面に対して、透過軸を所定の角度とすることができるように取り付けられた検光子と、をさらに備える。基板表面検査方法は、前記位相子の使用または不使用および前記検光子の前記透過軸の前記所定の角度を設定し、前記検光子を透過した光によって、前記被検基板の画像を形成し、前記画像を処理して、前記画像の所定のパラメータを求める、前記所定のパラメータを、前記位相子の使用または不使用および前記検光子の前記透過軸の前記所定の角度と関連付けて記憶し、該記憶された、前記レジストパターンの形状の変化に対する前記所定のパラメータの変化が最大となるように、前記位相子の使用または不使用および前記検光子の前記透過軸の前記所定の角度を定め、その状態において取得した前記所定のパラメータを用いて、前記レジストパターンが正常な場合における前記所定のパラメータとの比較により前記レジストパターンの欠陥判定を行う。

10

## 【0008】

本発明によれば、基板表面検査装置の、基板検査の感度がもっとも高くなるように、位相子の使用または不使用および検光子の角度を設定し、その状態において基板表面の検査を行うことができる。

## 【発明の効果】

## 【0009】

本発明によれば、基板表面検査装置の、基板検査の感度がもっとも高くなるように、位相子の使用または不使用および検光子の角度を設定することにより、基板上の線幅が50 nmL/S以下の場合にも検出感度が低下しない基板表面検査装置および基板表面検査方法が得られる。

20

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0010】

図1は、一実施形態による、基板表面検査装置の構成を示す図である。基板表面検査装置は、被検基板である半導体ウェハ200を保持するステージ123と、アライメント装置125と、照明系と、受光系と、画像処理装置151と、モニタ153と、を備える。

## 【0011】

ステージ123は、表面にレジストパターンが形成された被検基板（半導体ウェハ）200を載せて、たとえば真空吸着により固定保持する。ステージ123は、回転機構によって中心軸の周りに回転可能に構成されている。

30

## 【0012】

アライメント装置125は、ステージ123が回転しているときに、半導体ウェハ200の外縁部を照明し、外縁部に設けられた外形基準（例えばノッチ）の回転方向の位置を検出し、所定位置でステージ123を停止させる。

## 【0013】

照明系は、光源111と、波長選択フィルタ113と、ライトガイドファイバ115と、偏光板117と、凹面反射鏡119とを備える。光源111は、メタルハライドランプや水銀ランプなどの放電光源である。波長選択フィルタ113は、光源111からの光のうち所定波長の輝線スペクトルを選択的に透過する。ライトガイドファイバ115は、波長選択フィルタ113からの光を伝送する。偏光板117は、ライトガイドファイバ115の射出端近傍に配置され、その透過軸が所定の方位に設定され、透過軸に応じてライトガイドファイバ115からの光を直線偏光にする。すなわち、偏光板117は、偏光子として機能する。凹面反射鏡119は、球面の内側を反射面とした反射鏡であり、前側焦点がライトガイドファイバ115の射出端と略一致し、後側焦点が半導体ウェハ200の表面と略一致するように配置され、偏光板117からの光を半導体ウェハ200の表面に導く。照明系は、半導体ウェハ200側に対してテレスコントリックな光学系である。

40

## 【0014】

図1に示すように、直線偏光L1の進行方向（半導体ウェハ200の表面上の任意の点に到達する直線偏光L1の主光線の方向）は、凹面反射鏡119の光軸にほぼ平行である

50

。凹面反射鏡 119 の光軸は、ステージ 123 の中心を通り、ステージ 123 の法線 1A に対して所定の角度だけ傾斜している。半導体ウェハ 200 上の各点における直線偏光 L1 の入射角度は、互いに同じであり、凹面反射鏡 119 の光軸と法線 1Aとの成す角度に相当する。

#### 【0015】

また、本実施形態では、直線偏光 L1 が p 偏光である。直線偏光 L1 の振動面は、凹面反射鏡 119 の前段に配置された偏光板 117 の透過軸により規定される。

#### 【0016】

受光系は、凹面反射鏡 131 と、1/4 波長板 133 と、偏光板 135 と、結像レンズ 137 と、撮像装置 139 と、を備える。1/4 波長板 133 は、位相子として機能する。1/4 波長板 133 は、使用または不使用を選択することができるよう、光の経路上の位置と光の経路から退避した位置とのいずれにも設定することができるよう構成されている。1/4 波長板 133 の位置を検出する、図示しない位相子位置検出器を備えてよい。位相子位置検出器は、接触式の検出器であってもよい。偏光板 135 は、検光子として機能する。偏光板 135 は、光の経路上において、偏光子として機能する偏光板 117 によって定められた直線偏光の方向に対して、透過軸を回転させることができるように構成されている。偏光板 135 の回転位置を検出する、図示しない検光子回転位置検出器を備えてよい。検光子回転位置検出器は、ロータリエンコーダなどであってもよい。撮像装置 139 は、撮像素子の 2 次元アレイからなるものであってもよい。撮像装置 139 は、基板 200 の表面の、直線偏光の反射光による画像を形成する。

10

20

#### 【0017】

画像処理装置 151 は、後で説明するように、撮像装置 139 の形成した画像を処理する。画像処理装置 151 は、撮像装置 139 の形成した画像および画像処理の結果を記憶するメモリ 1511 を備える。画像処理装置 151 は、位相子位置検出器および検光子回転位置検出器からの情報に基づき、位相子位置および検光子回転位置を、画像処理の結果とともにメモリ 1511 に記憶してもよい。モニタ 153 は、撮像装置 139 の形成した画像または画像処理の結果を表示する。

#### 【0018】

図 2 は、半導体ウェハ 200 の構成を示す図である。半導体ウェハ 200 の表面には、複数のチップ領域 210 が X Y 方向に配列され、各チップ領域 210 の中に繰り返しパターン 220 が形成されている。

30

#### 【0019】

図 3 は、チップ領域 210 の繰り返しパターン 220 の構成を示す図である。繰り返しパターン 220 は、図 3 に示すように、複数のライン部 2A がその短手方向 (X 方向) に沿って一定のピッチ P で配列されたレジストパターン (たとえば、配線パターン) である。隣接するライン部 2A は、スペース部 2B で隔てられる。ライン部 2A の配列方向 (X 方向) を「繰り返しパターン 220 の繰り返し方向」という。

#### 【0020】

ここで、繰り返しパターン 220 のライン部 2A の線幅 D<sub>A</sub> の設計値をピッチ P の 1/2 とする。設計値の通りに繰り返しパターン 220 が形成された場合、ライン部 2A の線幅 D<sub>A</sub> とスペース部 2B の線幅 D<sub>B</sub> は等しくなり、ライン部 2A とスペース部 2B との体積比は 1 対 1 になる。これに対して、露光装置によって、レジスト上に繰り返しパターン 220 の画像を投影する際の露光フォーカスが適正値から外れると、ピッチ P は変わらないが、ライン部 2A の線幅 D<sub>A</sub> が設計値とは異なる値となり、スペース部 2B の線幅 D<sub>B</sub> の値も異なる値となる。この結果、ライン部 2A とスペース部 2B との体積比が 1 対 1 から外れる。

40

#### 【0021】

一実施形態の基板表面検査装置は、上記のような繰り返しパターン 220 におけるライン部 2A とスペース部 2B との体積比の変化を利用して、繰り返しパターン 220 の検査を行うものである。説明を簡単にするため、理想的な体積比 (設計値) を 1 対 1 とする。

50

体積比の変化は、露光装置の露光フォーカスの適正值からの外れに起因し、半導体ウェハ200のチップ領域210ごとに現れる。なお、体積比を断面形状の面積比と言い換えることもできる。

#### 【0022】

また、本実施形態では、半導体ウェハ200に対する照明光L1の波長と比較して繰り返しパターン220のピッチPが十分小さいとする。このため、繰り返しパターン220から回折光が発生することではなく、繰り返しパターン220の検査を回折光により行うことはできない。

#### 【0023】

図4は、ウェハと照明光の直線偏光の入射面(3A)との位置関係を示す図である。

10

#### 【0024】

図5は、直線偏光L1の振動面の方向(V方向)と、チップ領域210の繰り返しパターン220の繰り返し方向(X方向)との関係を説明する図である。

#### 【0025】

半導体ウェハ200に入射する直線偏光L1がp偏光である。したがって、図4に示すとおり、半導体ウェハ200の繰り返しパターン220の繰り返し方向(X方向)が直線偏光L1の入射面(3A)に対して45度の角度に設定された場合、図5に示すとおり、半導体ウェハ200の表面における直線偏光L1の振動面の方向(図5のV方向)と、繰り返しパターン220の繰り返し方向(X方向)との成す角度も、45度に設定される。

#### 【0026】

換言すると、直線偏光L1は、半導体ウェハ200の表面における振動面の方向(図5のV方向)が繰り返しパターン220の繰り返し方向(X方向)に対して45度に傾いた状態で、繰り返しパターン220を斜めに横切るような状態で、繰り返しパターン220に入射する。

20

#### 【0027】

このような直線偏光L1と繰り返しパターン220との角度状態は、半導体ウェハ200の表面全体において均一である。なお、45度を135度、225度、315度の何れかとしても、直線偏光L1と繰り返しパターン220とのなす角度は、実質的には同じである。また、図5の振動面の方向(V方向)と繰り返し方向(X方向)との成す角度を45度に設定するのは、繰り返しパターン220の検査の感度を最も高くするためである。

30

上記の直線偏光L1を用いて繰り返しパターン220を照明すると、繰り返しパターン220から正反射方向に橢円偏光L2が発生する。この場合、橢円偏光L2の進行方向が正反射方向に一致する。正反射方向とは、直線偏光L1の入射面(3A)内に含まれ、ステージ123の法線1Aに対して角度(直線偏光L1の入射角度に等しい角度)だけ傾いた方向である。なお、上述のとおり、繰り返しパターン220のピッチPが照明波長と比較して十分小さいため、繰り返しパターン22から回折光が発生することはない。

#### 【0028】

図6は、基板表面検査装置の偏光子の透過軸に対する検光子の透過軸の関係を示す図である。

40

#### 【0029】

上述したように、一実施形態による基板表面検査装置は、半導体ウェハ200を載せたステージ123を回転させ、アライメント装置125によって回転角度を定めることにより、偏光子として機能する偏光板117の透過軸に対する、チップ領域210の繰り返しパターン220の方向を定めることができるように構成されている。また、位相子として機能する1/4波長板133は、使用または不使用を選択することができるように、光の経路上の位置と光の経路から退避した位置とのいずれにも設定することができるように構成されている。また、検光子として機能する偏光板135は、光の経路上において、偏光子として機能する偏光板117によって定められた直線偏光の方向に対して、透過軸を回転させることができるように構成されている。

#### 【0030】

50

図6において、繰り返しパターン220を照明する直線偏光の振動方向がX軸方向となるように偏光子(偏光板117)の透過軸をX軸方向に設定する(図6(a))。繰り返しパターン220の方向は、X軸およびY軸に対して45度となる。図6に関する以下の説明において、偏光子の設定は変わらない。

**【0031】**

受光側の検光子(偏光板135)の透過軸をY軸方向に設定した場合に(図6(b))、繰り返しパターン220からの反射光が検光子を透過する光量をIyとする。

**【0032】**

受光側の検光子(偏光板135)の透過軸をX軸方向に設定した場合に(図6(c))、繰り返しパターン220からの反射光が検光子を透過する光量をIxとする。

10

**【0033】**

受光側の検光子(偏光板135)の透過軸を、X軸に対して反時計回りに45度に設定した場合に(図6(d))、繰り返しパターン220からの反射光が検光子を透過する光量をI45とする。

**【0034】**

受光側の検光子(偏光板135)の透過軸を、X軸に対して時計回りに45度に設定した場合に(図6(e))、繰り返しパターン220からの反射光が検光子を透過する光量をI-45とする。

20

**【0035】**

受光側の検光子(偏光板135)の透過軸を、X軸に対して反時計回りに45度に設定し(図6(d))、検光子の光源側に、進相軸の方位をX軸方向に設定した位相子(1/4波長板)を配置した場合に、繰り返しパターン220からの反射光が検光子を透過する光量をIQ45とする。この場合に、検光子を透過した光は円偏光となる。

**【0036】**

受光側の検光子(偏光板135)の透過軸を、X軸に対して時計回りに45度に設定した場合に(図6(e))、検光子の光源側に、進相軸の方位をX軸方向に設定した位相子(1/4波長板)を配置した場合に、繰り返しパターン220からの反射光が検光子を透過する光量をIQ-45とする。この場合に、検光子を透過した光は円偏光となる。

**【0037】**

図7は、一実施形態による基板表面検査装置を使用して、基板表面の検査を行う検査方法を示す図である。

30

**【0038】**

図7のステップS7010において、基板表面検査装置において、位相子の使用または不使用および検光子の角度を設定する。具体的には、たとえば、図6を使用して説明した設定の内のいずれかの設定を選択する。

**【0039】**

図7のステップS7020において、撮像装置139は、検光子を透過した光によって被検基板(半導体ウェハ)200の画像を形成する。

**【0040】**

図7のステップS7030において、画像処理装置151は、撮像装置139から被検基板(半導体ウェハ)200の画像を取得し、画像の所定のパラメータを求める。画像の所定のパラメータは、チップ領域210の光量の平均値であってもよい。チップ領域210の繰り返しパターン220におけるライン部2Aとスペース部2Bとの体積比の変化によって、上記画像におけるチップ領域210の光量の平均値は変化する。したがって、上記画像におけるチップ領域210の光量の平均値の変化によって、チップ領域210の繰り返しパターン220におけるライン部2Aとスペース部2Bとの体積比の変化を検出し、基板表面の検査を行うことができる。あるいは、画像の所定のパラメータは、チップ領域210の光量の平均値をさらに基板200全体について平均したものであってもよい。

40

**【0041】**

図7のステップS7040において、画像処理装置151は、ステップS7030にお

50

いて求めた画像のパラメータを、設定された、位相子の使用または不使用および検光子の角度と関連付けてメモリ 1511 に記憶する。位相子の使用または不使用および検光子の角度は、位相子位置検出器および検光子回転位置検出器から取得してもよい。

#### 【0042】

図 8 は、一実施形態による基板表面検査装置を使用して、基板表面の検査を行う検査方法を示す図である。

#### 【0043】

図 8 のステップ S8010において、基板表面検査装置のステージ 123 に被検基板（半導体ウェハ）200 を配置する。

#### 【0044】

図 8 のステップ S8020において、基板表面検査装置は、検光子を透過した、被検基板 200 からの反射光によって、被検基板 200 の画像の所定のパラメータを求める。図 8 のステップ S8020 は、詳細には、図 7 のステップ S7010 乃至ステップ S7040 による。

#### 【0045】

図 8 のステップ S8030において、位相子および検光子の状態を変化させるかどうか判断する。位相子および検光子の状態を変化させる場合には、ステップ S8020 に進む。位相子および検光子の状態を変化させない場合には、ステップ S8040 に進む。

#### 【0046】

図 8 のステップ S8040において、レジストパターンの形状の異なる基板を設定するかどうか判断する。レジストパターンの形状の異なる基板を設定する場合には、ステップ S8010 に進む。レジストパターンの形状の異なる基板を設定しない場合には、ステップ S8050 に進む。レジストパターンの形状については、後で説明する。

#### 【0047】

図 8 のステップ S8050において、レジストパターンの形状の変化に対する、画像の所定のパラメータの変化を確認する。レジストパターンの形状の変化に対して、画像の所定のパラメータの変化が大きなことは、検査の感度が高いことに相当する。

#### 【0048】

ここで、レジストパターンの形状について説明する。

#### 【0049】

図 9 は、断面が矩形であるレジストパターンの、パターンの繰り返し方向の断面図を示す図である。シリコン（Si）基板 235 上に二酸化ケイ素（SiO<sub>2</sub>）層 233 が形成され、その上にレジスト 231A が形成される。レジストパターンの断面形状は、理想的な矩形である。図 9 において、

レジスト幅 L1 = 45 nm

スペース幅 L2 = 45 nm

レジスト厚さ h1 = 110 nm

SiO<sub>2</sub> 層の厚さ h2 = 100 nm

である。

#### 【0050】

図 10 は、断面が台形であるレジストパターンの、パターンの繰り返し方向の断面図を示す図である。シリコン（Si）基板 235 上に二酸化ケイ素（SiO<sub>2</sub>）層 233 が形成され、その上にレジスト 231B が形成される。レジストパターンの断面形状は、理想的な矩形ではなく、台形である。図 10 において、

レジスト幅 L1 = 45 nm

スペース幅 L2 = 45 nm

レジスト厚さ h1 = 110 nm

SiO<sub>2</sub> 層の厚さ h2 = 100 nm

である。

#### 【0051】

10

20

30

40

50

台形形状のパラメータとして以下のパラメータを定める。

【0052】

$$(t_1 + t_2) / L_1$$

ここで、 $t_1$ および $t_2$ は、それぞれ、台形の左右の斜辺の、パターンの繰り返し方向の幅である。上記パラメータは、理想的な矩形であれば0%となり、三角形であれば100%となる。上記パラメータの数値を台形指数と呼称する。

【0053】

図11乃至図14は、位相子および検光子を種々の状態に設定した場合に、台形指数に対する、反射光量（画像パラメータ）の変化率を示す図である。反射光量の変化率は、台形指数が所定の値の反射光量と台形指数が0%の場合の反射光量（以下、基準反射光量と呼称する）との差の、基準反射光量に対する比率である。図11乃至図14に示したデータは、FDTDによるシミュレーション解析によって求めたものである。レジストパターンの形状は、図9および図10に関して説明したとおりである。反射光量の変化率に付した記号は、図6に関して説明したとおりである。図11乃至図14において、台形指数の変化に対する反射光量の変化率が大きなほど、基板表面検査装置の検査の感度は高くなる。

10

【0054】

図11は、照射する光の波長が、 $\lambda = 546 \text{ nm}$ であり、かつ、検光子が理想的なものであり、完全偏光が行われる場合に、台形指数に対する、反射光量（画像パラメータ）の変化率を示す図である。反射光量（画像パラメータ）の変化率、すなわち感度が最も大きいのは、Iyで示す、受光側の検光子（偏光板135）の透過軸をY軸方向に設定した場合である。

20

【0055】

図12は、照射する光の波長が、 $\lambda = 546 \text{ nm}$ であり、かつ、検光子の消光比が100対1である場合に、台形指数に対する、反射光量（画像パラメータ）の変化率を示す図である。反射光量（画像パラメータ）の変化率、すなわち感度が最も大きいのは、IQ45で示す、受光側の検光子（偏光板135）の透過軸を、X軸に対して反時計回りに45度に設定し、検光子の光源側に、進相軸の方位をX軸方向に設定した位相子（1/4波長板）を配置した場合である。Iyで示す、受光側の検光子（偏光板135）の透過軸をY軸方向に設定した場合の感度は、完全偏光の検光子から消光比が100対1の検光子に代わることにより大幅に低下する。

30

【0056】

図13は、照射する光の波長が、 $\lambda = 313 \text{ nm}$ であり、かつ、検光子が理想的なものであり、完全偏光が行われる場合に、台形指数に対する、反射光量（画像パラメータ）の変化率を示す図である。反射光量（画像パラメータ）の変化率、すなわち感度が最も大きいのは、IQ45で示す、受光側の検光子（偏光板135）の透過軸を、X軸に対して反時計回りに45度に設定し、検光子の光源側に、進相軸の方位をX軸方向に設定した位相子（1/4波長板）を配置した場合である。

【0057】

図14は、照射する光の波長が、 $\lambda = 313 \text{ nm}$ であり、かつ、検光子の消光比が100対1である場合に、台形指数に対する、反射光量（画像パラメータ）の変化率を示す図である。反射光量（画像パラメータ）の変化率、すなわち感度が最も大きいのは、IQ45で示す、受光側の検光子（偏光板135）の透過軸を、X軸に対して反時計回りに45度に設定し、検光子の光源側に、進相軸の方位をX軸方向に設定した位相子（1/4波長板）を配置した場合である。この設定の場合に、図13に示した、検光子が理想的なものであり、完全偏光が行われる場合と比較して、基板表面検査装置の検査の感度は低下しない。

40

【0058】

たとえば、ワイヤーグリット型偏光素子やフォトニック結晶型偏光素子は、400nm以下の波長に対して、十分な透過率と100対1以上の消光比が得られる。したがって、

50

これらの偏光素子を検光子として使用することができる。

**【0059】**

上述のように、基板表面検査装置の、基板検査の感度は、照射する光の波長および検光子の消光比によって変化する。また、レジストパターンの厚さや、下地の構造によっても変化する。特に、基板上の線幅が 50 nm/L/S (ラインおよびスペースの幅が 50 nm) 以下になると、基板からの正反射光のうち、照明する直線偏光の振動面に垂直な振動面を有する偏光成分が減衰するため、パターン形状変化に対する検出感度が低下する。したがって、図 7 および図 8 に示した方法によって、基板表面検査装置の、基板検査の感度がもっとも高くなるように、位相子の使用または不使用および検光子の角度を設定する。

**【0060】**

一実施形態による基板表面検査装置は、位相子の位置を検出する位相子位置検出器および検光子の回転位置を検出する回転位置検出器をさらに備える。

**【0061】**

したがって、位相子の位置検光子の回転位置を確実に把握することができる。

**【0062】**

一実施形態による基板表面検査装置において、検光子は、ワイヤーグリッド型偏光子またはフォトニック結晶型偏光子である。

**【0063】**

これらの偏光子は、400 nm 以下の波長に対して、十分な透過率と 100 対 1 以上の消光比が得られる。

**【0064】**

一実施形態による基板表面検査装置において、位相子は、1/4 波長板である。

**【0065】**

本実施形態によれば、1/4 波長板により、偏光状態を簡単に変化させることができる。

**【0066】**

一実施形態による基板表面検査方法は、位相子の使用または不使用および検光子の透過軸の所定の角度と関連付けて記憶された、被検基板のレジストパターンの形状の変化に対する所定のパラメータの変化が最大となるように、位相子の使用または不使用および検光子の透過軸の所定の角度を定める。

**【0067】**

本実施形態によれば、被検基板のレジストパターンの形状の変化に対する所定のパラメータの変化が最大となるように、位相子の使用または不使用および検光子の透過軸の所定の角度を定めることにより、確実に検査感度の高い基板表面検査方法が得られる。

**【0068】**

一実施形態による基板表面検査方法において、所定のパラメータが、被検基板の検査対象領域の反射光量の平均値である。

**【0069】**

本実施形態によれば、被検基板の検査対象領域の反射光量の平均値によって、基板表面の状態を簡単に把握することができる。

**【図面の簡単な説明】**

**【0070】**

**【図 1】** 一実施形態による、基板表面検査装置の構成を示す図である。

**【図 2】** 半導体ウェハの構成を示す図である。

**【図 3】** チップ領域の繰り返しパターンの構成を示す図である。

**【図 4】** ウェハと照明光の直線偏光の入射面との位置関係を示す図である。

**【図 5】** 直線偏光 L1 の振動面の方向 (V 方向) と、チップ領域の繰り返しパターン 220 の繰り返し方向 (X 方向) との関係を説明する図である。

**【図 6】** 基板表面検査装置の偏光子の透過軸に対する検光子の透過軸の関係を示す図である。

10

20

30

40

50

【図7】基板表面検査装置の偏光子の透過軸に対する検光子の透過軸の関係を示す図である。

【図8】一実施形態による基板表面検査装置を使用して、基板表面の検査を行う検査方法を示す図である。

【図9】断面が矩形であるレジストパターンの、パターンの繰り返し方向の断面図を示す図である。

【図10】断面が台形であるレジストパターンの、パターンの繰り返し方向の断面図を示す図である。

【図11】照射する光の波長が、 $\lambda = 546 \text{ nm}$ であり、かつ、検光子が理想的なものであり、完全偏光が行われる場合に、台形指数に対する、反射光量（画像パラメータ）の変化率を示す図である。  
10

【図12】照射する光の波長が、 $\lambda = 546 \text{ nm}$ であり、かつ、検光子の消光比が100対1である場合に、台形指数に対する、反射光量（画像パラメータ）の変化率を示す図である。

【図13】照射する光の波長が、 $\lambda = 313 \text{ nm}$ であり、かつ、検光子が理想的なものであり、完全偏光が行われる場合に、台形指数に対する、反射光量（画像パラメータ）の変化率を示す図である。

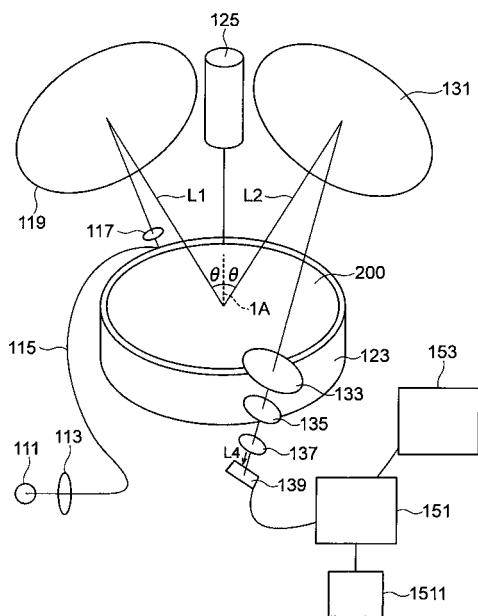
【図14】照射する光の波長が、 $\lambda = 313 \text{ nm}$ であり、かつ、検光子の消光比が100対1である場合に、台形指数に対する、反射光量（画像パラメータ）の変化率を示す図である。  
20

#### 【符号の説明】

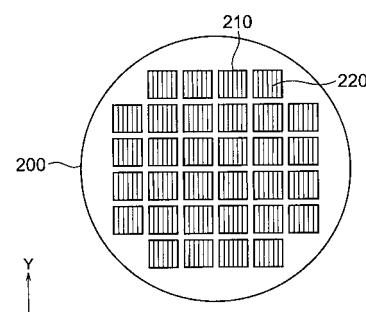
#### 【0071】

111...光源、117...偏光子（偏光板）、133...位相子（1/4波長板）、135...検光子（偏光板）、139...撮像装置、151...画像処理装置

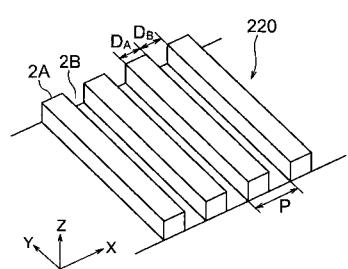
【図1】



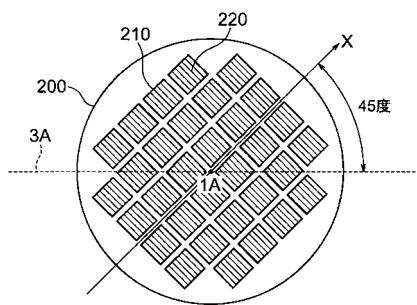
【図2】



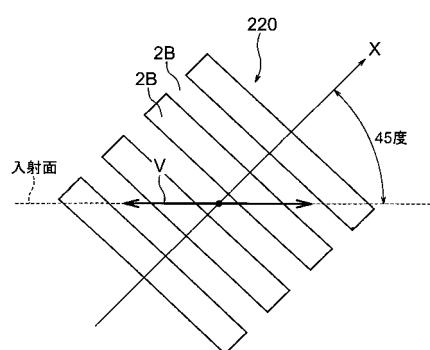
【図3】



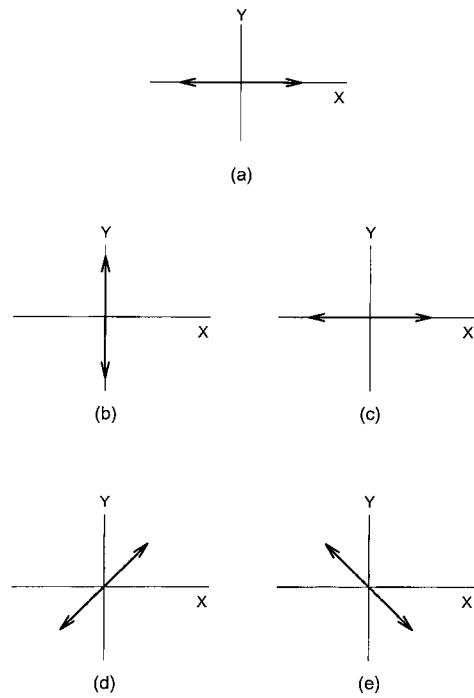
【図4】



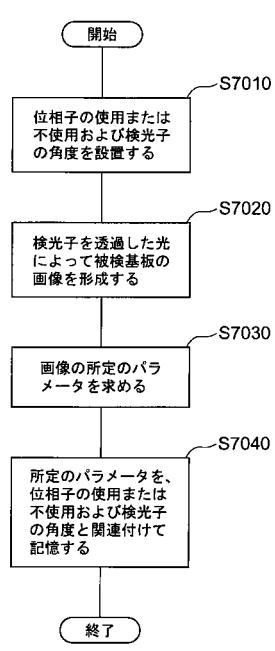
【図5】



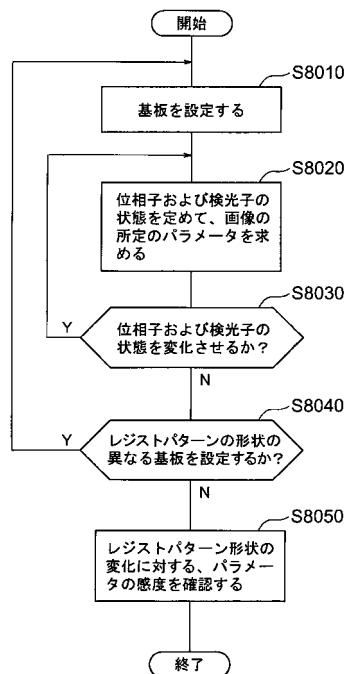
【図6】



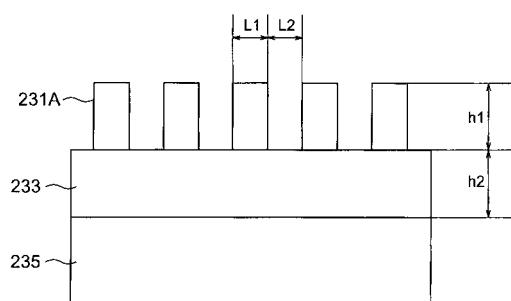
【図7】



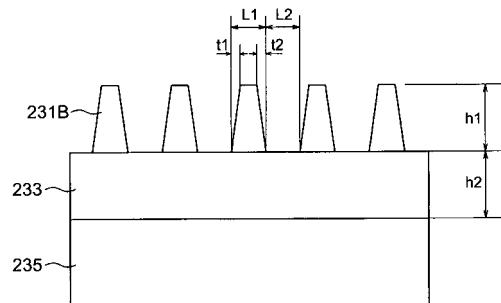
【図8】



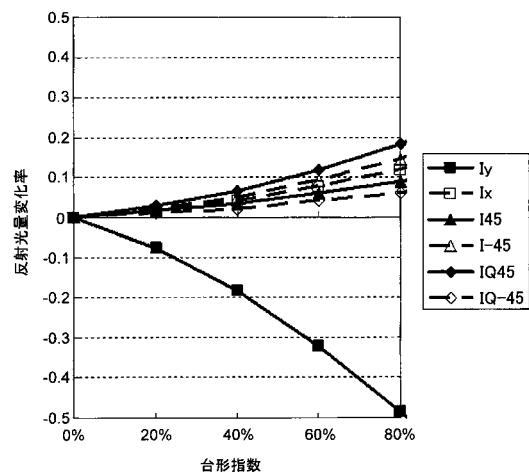
【図9】



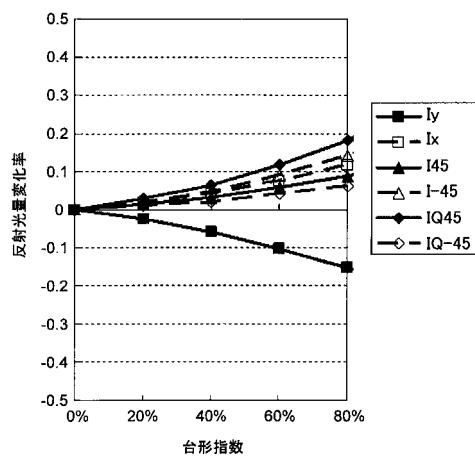
【図10】



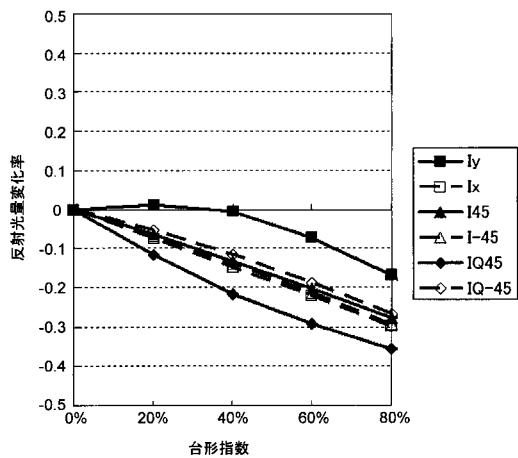
【 図 1 1 】



【図12】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

