

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6884082号
(P6884082)

(45) 発行日 令和3年6月9日 (2021. 6. 9)

(24) 登録日 令和3年5月13日 (2021. 5. 13)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 B 11/06 (2006. 01)

GO 1 B 11/06 H

GO 1 N 21/956 (2006. 01)

GO 1 N 21/956 A

請求項の数 10 (全 30 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2017-197782 (P2017-197782) | (73) 特許権者 | 000207551 |
| (22) 出願日 | 平成29年10月11日 (2017. 10. 11) | | 株式会社 S C R E E Nホールディングス |
| (65) 公開番号 | 特開2019-70619 (P2019-70619A) | | 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町 1 番地の 1 |
| (43) 公開日 | 令和1年5月9日 (2019. 5. 9) | (74) 代理人 | 100098305 |
| 審査請求日 | 令和2年6月22日 (2020. 6. 22) | | 弁理士 福島 祥人 |
| | | (74) 代理人 | 100108523 |
| | | | 弁理士 中川 雅博 |
| | | (74) 代理人 | 100187931 |
| | | | 弁理士 澤村 英幸 |
| | | (72) 発明者 | 松尾 友宏 |
| | | | 京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神北町 1 番地の 1 株式会社 S C R E E Nセミコンダクターソリューションズ内 |
| | | 最終頁に続く | |

(54) 【発明の名称】 膜厚測定装置、基板検査装置、膜厚測定方法および基板検査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に形成された膜の厚さを測定する膜厚測定装置であって、
前記基板を互いに 90 度異なる第 1 および第 2 の向きで保持する保持部と、
第 1 の方向に並ぶ複数の画素を有するラインセンサを含む撮像部と、
前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向において前記撮像部と前記保持部とを相対的に移動させる移動部と、
補正情報生成動作時に、膜の厚さの補正に用いられる補正情報を生成する補正情報生成部と、
膜厚測定動作時に、前記膜の厚さを測定する膜厚測定部と、
前記膜厚測定部により測定された厚さを前記補正情報を用いて補正する膜厚補正部とを備え、
前記保持部により前記基板が前記第 1 の向きで保持された状態で前記基板上の前記膜に前記第 1 の方向と直交する直径方向に延びる第 1 の線状領域が定義され、
前記第 1 の線状領域は、前記保持部により前記基板が前記第 2 の向きで保持された状態で前記第 2 の方向と直交し、
前記補正情報生成部は、
前記保持部により前記基板が前記第 1 の向きで保持された状態で、前記移動部により前記撮像部と前記保持部とが相対的に移動するときに前記ラインセンサから出力される検出信号に基づいて前記膜の前記第 1 の線状領域の厚さに対応する第 1 の線状データを生成す

10

20

る第 1 の線状データ生成部と、

前記保持部により前記基板が前記第 2 の向きで保持された状態で、前記ラインセンサから出力される検出信号に基づいて前記膜の前記第 1 の線状領域の厚さに対応する第 2 の線状データを生成する第 2 の線状データ生成部と、

前記第 1 の線状データと前記第 2 の線状データとの差分を示す情報を前記補正情報として算出する補正情報算出部とを含み、

前記第 1 の線状データ、前記第 2 の線状データおよび前記補正情報は、前記第 1 の線状領域の複数の位置に対応する複数の値をそれぞれ含み、

前記保持部により前記基板が保持された状態で前記基板上の前記膜に前記第 1 の方向と直交する直径方向に延びる第 2 の線状領域が定義されるとともに、前記第 2 の線状領域に直交する複数の帯状領域が定義され、

前記膜厚測定部は、

前記保持部により前記基板が保持された状態で、前記移動部により前記撮像部と前記保持部とが相対的に移動するときに前記ラインセンサから出力される検出信号に基づいて前記基板上の前記膜の厚さに対応する面状データを生成する面状データ生成部を含み、

前記膜厚補正部は、

前記面状データ生成部により生成された面状データから、前記膜の前記複数の帯状領域の厚さに対応する複数の帯状データを生成する帯状データ生成部と、

前記補正情報に基づいて各帯状データを補正することにより前記膜の各位置の厚さに対応する値を含む膜厚データを算出する帯状データ補正部とを含む、膜厚測定装置。

【請求項 2】

前記第 1 および第 2 の線状データの各々は、前記膜の前記第 1 の線状領域の画像を表す画像データの各画素の値を膜の厚さに変換することにより得られたデータであり、前記第 1 の線状領域の各位置に対応する厚さを示す値を含み、

前記面状データは、前記膜の画像を表す画像データの各画素の値を膜の厚さに変換することにより得られたデータであり、前記膜の各位置に対応する厚さを示す値を含み、

前記複数の帯状データは、前記膜の前記複数の帯状領域の厚さを表すデータであり、

前記膜厚データは、前記膜の各位置の厚さに対応する値として前記膜の各位置に対応する厚さを示す値を含む、請求項 1 記載の膜厚測定装置。

【請求項 3】

前記第 1 および第 2 の線状データの各々は、前記膜の前記第 1 の線状領域の画像を表すデータであり、

前記面状データは、前記膜の各位置の画像を表すデータであり、

前記複数の帯状データは、前記膜の前記複数の帯状領域の画像を表すデータであり、

前記膜厚データは、前記膜の各位置の厚さに対応する値として前記膜の各位置の画像を示す値を含む、請求項 1 記載の膜厚測定装置。

【請求項 4】

前記補正情報の複数の値は、前記基板が前記第 2 の向きで保持されるときの前記第 1 の線状領域の前記第 1 の方向における前記複数の位置に対応付けられ、

前記帯状データ補正部は、各帯状領域の複数の部分の各々について、当該部分の厚さに対応する帯状データの値に、当該部分の前記第 1 の方向の位置に対応する差分情報の値を加算することにより各帯状データを補正する、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の膜厚測定装置。

【請求項 5】

前記補正情報算出部は、前記第 1 の線状領域の複数の位置の各々に対応する前記第 1 の線状データの値と前記第 2 の線状データの値との差分を算出し、前記第 1 の線状領域の前記複数の位置に対応して算出された複数の差分の値について重回帰分析により前記補正情報を算出する、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の膜厚測定装置。

【請求項 6】

一面を有する基板の外観検査を行う基板検査装置であって、

前記基板を互いに 90 度異なる第 1 および第 2 の向きで保持する保持部と、
第 1 の方向に並ぶ複数の画素を有するラインセンサを含む撮像部と、
前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向において前記撮像部と前記保持部とを相対的に移動させる移動部と、

補正情報生成動作時に、前記基板の前記一面の画像の補正に用いられる補正情報を生成する補正情報生成部と、

画像取得動作時に、前記基板の前記一面の画像を取得する画像取得部と、

前記画像取得部により取得された画像を前記補正情報を用いて補正する画像補正部と、
判定部とを備え、

前記保持部により前記基板が前記第 1 の向きで保持された状態で前記基板の前記一面に前記第 1 の方向と直交する直径方向に延びる第 1 の線状領域が定義され、

前記第 1 の線状領域は、前記保持部により前記基板が前記第 2 の向きで保持された状態で前記第 2 の方向と直交し、

前記補正情報生成部は、

前記保持部により前記基板が前記第 1 の向きで保持された状態で、前記移動部により前記撮像部と前記保持部とが相対的に移動するときに前記ラインセンサから出力される検出信号に基づいて前記第 1 の線状領域の画像を表す第 1 の線状データを生成する第 1 の線状データ生成部と、

前記保持部により前記基板が前記第 2 の向きで保持された状態で、前記ラインセンサから出力される検出信号に基づいて前記第 1 の線状領域の画像を表す第 2 の線状データを生成する第 2 の線状データ生成部と、

前記第 1 の線状データと前記第 2 の線状データとの差分を示す情報を前記補正情報として算出する補正情報算出部とを含み、

前記第 1 の線状データ、前記第 2 の線状データおよび前記補正情報は、前記第 1 の線状領域の複数の位置に対応する複数の値をそれぞれ含み、

前記保持部により前記基板が保持された状態で前記基板の前記一面に前記第 1 の方向と直交する直径方向に延びる第 2 の線状領域が定義されるとともに、前記第 2 の線状領域に直交する複数の帯状領域が定義され、

前記画像取得部は、

前記保持部により前記基板が保持された状態で、前記移動部により前記撮像部と前記保持部とが相対的に移動するときに前記ラインセンサから出力される検出信号に基づいて前記基板の前記一面の画像を表す面状データを生成する面状データ生成部を含み、

前記画像補正部は、

前記面状データ生成部により生成された面状データから、前記一面の前記複数の帯状領域の画像を表す複数の帯状データを生成する帯状データ生成部と、

前記補正情報に基づいて各帯状データを補正することにより前記一面の各位置の画像を表す値を含む判定画像データを算出する帯状データ補正部とを含み、

前記判定部は、前記判定画像データに基づいて前記基板の表面状態の欠陥の有無を判定する、基板検査装置。

【請求項 7】

前記補正情報の複数の値は、前記基板が前記第 2 の向きで保持されるときの前記第 1 の線状領域の前記第 1 の方向における複数の位置に対応付けられ、

前記帯状データ補正部は、各帯状領域の複数の部分の各々について、当該部分の画像を示す帯状データの値に、当該部分の前記第 1 の方向の位置に対応する差分情報の値を加算することにより各帯状データを補正する、請求項 6 記載の基板検査装置。

【請求項 8】

前記補正情報算出部は、前記第 1 の線状領域の複数の位置の各々に対応する前記第 1 の線状データの値と前記第 2 の線状データの値との差分を算出し、前記第 1 の線状領域の前記複数の位置に対応して算出された複数の差分の値について重回帰分析により前記補正情報を算出する、請求項 6 または 7 記載の基板検査装置。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

膜が形成された基板を保持する保持部と、第 1 の方向に並ぶ複数の画素を有するラインセンサを含む撮像部と、前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向において前記撮像部と前記保持部とを相対的に移動させる移動部とを用いて、前記基板上に形成された前記膜の厚さを測定する膜厚測定方法であって、

前記膜の厚さの補正に用いられる補正情報を生成するステップと、

前記膜の厚さを測定するステップと、

前記測定するステップにより測定された厚さを前記補正情報を用いて補正するステップとを含み、

前記保持部により前記基板が第 1 の向きで保持された状態で前記基板上の前記膜に前記第 1 の方向と直交する直径方向に延びる第 1 の線状領域が定義され、

前記第 1 の線状領域は、前記保持部により前記基板が前記第 1 の向きと 90 度異なる第 2 の向きで保持された状態で前記第 2 の方向と直交し、

前記補正情報を生成するステップは、

前記保持部により前記基板が前記第 1 の向きで保持された状態で、前記移動部により前記撮像部と前記保持部とが相対的に移動するときに前記ラインセンサから出力される検出信号に基づいて前記膜の前記第 1 の線状領域の厚さに対応する第 1 の線状データを生成するステップと、

前記保持部により前記基板が前記第 2 の向きで保持された状態で、前記ラインセンサから出力される検出信号に基づいて前記膜の前記第 1 の線状領域の厚さに対応する第 2 の線状データを生成するステップと、

前記第 1 の線状データと前記第 2 の線状データとの差分を示す情報を前記補正情報として算出するステップとを含み、

前記第 1 の線状データ、前記第 2 の線状データおよび前記補正情報は、前記第 1 の線状領域の複数の位置に対応する複数の値をそれぞれ含み、

前記保持部により前記基板が保持された状態で前記基板上の前記膜に前記第 1 の方向と直交する直径方向に延びる第 2 の線状領域が定義されるとともに、前記第 2 の線状領域に直交する複数の帯状領域が定義され、

前記膜の厚さを測定するステップは、

前記保持部により前記基板が保持された状態で、前記移動部により前記撮像部と前記保持部とが相対的に移動するときに前記ラインセンサから出力される検出信号に基づいて前記基板上の前記膜の厚さに対応する面状データを生成するステップを含み、

前記測定された厚さを補正するステップは、

生成された面状データから、前記膜の前記複数の帯状領域の厚さに対応する複数の帯状データを生成するステップと、

前記補正情報に基づいて各帯状データを補正することにより前記膜の各位置の厚さに対応する値を含む膜厚データを算出するステップとを含む、膜厚測定方法。

【請求項 10】

一面を有する基板を保持する保持部と、第 1 の方向に並ぶ複数の画素を有するラインセンサを含む撮像部と、前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向において前記撮像部と前記保持部とを相対的に移動させる移動部とを用いて、前記基板の外観検査を行う基板検査方法であって、

前記基板の前記一面の画像の補正に用いられる補正情報を生成するステップと、

前記基板の前記一面の画像を取得するステップと、

前記取得するステップにより取得された画像を前記補正情報を用いて補正するステップと、

判定するステップとを含み、

前記保持部により前記基板が第 1 の向きで保持された状態で前記基板の前記一面に前記第 1 の方向と直交する直径方向に延びる第 1 の線状領域が定義され、

前記第 1 の線状領域は、前記保持部により前記基板が前記第 1 の向きと 90 度異なる第

10

20

30

40

50

2の向きで保持された状態で前記第2の方向と直交し、

前記補正情報を生成するステップは、

前記保持部により前記基板が前記第1の向きで保持された状態で、前記移動部により前記撮像部と前記保持部とが相対的に移動するときに前記ラインセンサから出力される検出信号に基づいて前記第1の線状領域の画像を表す第1の線状データを生成するステップと

、
前記保持部により前記基板が前記第2の向きで保持された状態で、前記ラインセンサから出力される検出信号に基づいて前記第1の線状領域の画像を表す第2の線状データを生成するステップと、

前記第1の線状データと前記第2の線状データとの差分を示す情報を前記補正情報として算出するステップとを含み、

前記第1の線状データ、前記第2の線状データおよび前記補正情報は、前記第1の線状領域の複数の位置に対応する複数の値をそれぞれ含み、

前記保持部により前記基板が保持された状態で前記基板の前記一面に前記第1の方向と直交する直径方向に延びる第2の線状領域が定義されるとともに、前記第2の線状領域に直交する複数の帯状領域が定義され、

前記画像を取得するステップは、

前記保持部により前記基板が保持された状態で、前記移動部により前記撮像部と前記保持部とが相対的に移動するときに前記ラインセンサから出力される検出信号に基づいて前記基板の前記一面の画像を表す面状データを生成するステップを含み、

前記取得された画像を補正するステップは、

生成された面状データから、前記一面の前記複数の帯状領域の画像を表す複数の帯状データを生成するステップと、

前記補正情報に基づいて各帯状データを補正することにより前記一面の各位置の画像を表す値を含む判定画像データを算出するステップとを含み、

前記判定するステップは、前記判定画像データに基づいて前記基板の表面状態の欠陥の有無を判定することを含む、基板検査方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板上に形成された膜の厚さを測定する膜厚測定装置および膜厚測定方法、ならびに基板の検査を行う基板検査装置および基板検査方法に関する。

【背景技術】

【0002】

基板処理装置においては、スピンチャックにより水平に支持された基板が回転される。この状態で、基板の上面の中央部にレジスト液等の塗布液が吐出されることにより、基板の表面全体に塗布膜が形成される。塗布膜が露光された後、現像されることにより、塗布膜に所定のパターンが形成される。ここで、基板の表面が不均一な状態であると、基板の部分ごとに露光後の状態にばらつきが生じ、基板の処理不良が発生する。そこで、基板の表面状態の検査が行われることがある。

【0003】

特許文献1には、半導体ウェハ等の試料をマクロ検査する検査装置が記載されている。その検査装置においては、ステージ上に載置された試料に向けて試料の表面に平行なY方向へ線状に延びる照明光が照射され、試料の表面の線状の領域から反射される光が結像レンズにより検出器（ラインセンサカメラ）の受光面に結像される。Y方向に直交するとともに試料の表面に平行なX方向にステージが移動されることにより、試料の表面上の複数の線状の領域で反射される光が検出器により撮像される。それにより、試料の表面の全体の画像が生成される。生成された画像の輝度値に基づいて、試料の表面に形成された膜の厚さが検出され、あるいは試料の表面に形成されたパターンの線幅の良否が判定される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2015-127653号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

基板の表面に形成された膜の厚さを従来よりも高い精度で測定することができれば、基板に対するより精密な処理が可能になる。また、基板の表面状態の欠陥の有無を従来よりも高い精度で判定することができれば、基板の処理不良および歩留まりの低下を抑制することができる。

10

【0006】

本発明の目的は、基板の表面に形成された膜の厚さを高い精度で測定可能な膜厚測定装置および膜厚測定方法を提供することである。

【0007】

本発明の他の目的は、基板の表面状態の欠陥の有無を高い精度で判定可能な基板検査装置および基板検査方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

(1) 第1の発明に係る膜厚測定装置は、基板上に形成された膜の厚さを測定する膜厚測定装置であって、基板を互いに90度異なる第1および第2の向きで保持する保持部と、第1の方向に並ぶ複数の画素を有するラインセンサを含む撮像部と、第1の方向に直交する第2の方向において撮像部と保持部とを相対的に移動させる移動部と、補正情報生成動作時に、膜の厚さの補正に用いられる補正情報を生成する補正情報生成部と、膜厚測定動作時に、膜の厚さを測定する膜厚測定部と、膜厚測定部により測定された厚さを補正情報を用いて補正する膜厚補正部とを備え、保持部により基板が第1の向きで保持された状態で基板上の膜に第1の方向と直交する直径方向に延びる第1の線状領域が定義され、第1の線状領域は、保持部により基板が第2の向きで保持された状態で第2の方向と直交し、補正情報生成部は、保持部により基板が第1の向きで保持された状態で、移動部により撮像部と保持部とが相対的に移動するときにラインセンサから出力される検出信号に基づいて膜の第1の線状領域の厚さに対応する第1の線状データを生成する第1の線状データ生成部と、保持部により基板が第2の向きで保持された状態で、ラインセンサから出力される検出信号に基づいて膜の第1の線状領域の厚さに対応する第2の線状データを生成する第2の線状データ生成部と、第1の線状データと第2の線状データとの差分を示す情報を補正情報として算出する補正情報算出部とを含み、第1の線状データ、第2の線状データおよび補正情報は、第1の線状領域の複数の位置に対応する複数の値をそれぞれ含み、保持部により基板が保持された状態で基板上の膜に第1の方向と直交する直径方向に延びる第2の線状領域が定義されるとともに、第2の線状領域に直交する複数の帯状領域が定義され、膜厚測定部は、保持部により基板が保持された状態で、移動部により撮像部と保持部とが相対的に移動するときにラインセンサから出力される検出信号に基づいて基板上の膜の厚さに対応する面状データを生成する面状データ生成部を含み、膜厚補正部は、面状データ生成部により生成された面状データから、膜の複数の帯状領域の厚さに対応する複数の帯状データを生成する帯状データ生成部と、補正情報に基づいて各帯状データを補正することにより膜の各位置の厚さに対応する値を含む膜厚データを算出する帯状データ補正部とを含む。

20

30

40

【0009】

その膜厚測定装置においては、膜の厚さの補正に用いられる補正情報を生成するために、基板上の膜の第1の線状領域の厚さに対応する第1および第2の線状データが生成される。第1の線状データは、保持部により基板が第1の向きで保持された状態で、撮像部と保持部とが相対的に移動するときにラインセンサから出力される検出信号に基づいて生成

50

される。第2の線状データは、保持部により基板が第2の向きで保持された状態で、ラインセンサから出力される検出信号に基づいて生成される。第1の線状データと第2の線状データとの差分を示す情報が補正情報として算出される。

【0010】

ここで、基板が第1の向きで保持された状態で、基板上の膜の第1の線状領域の端部からラインセンサに入射する光の入射角と第1の線状領域の中央部からラインセンサに入射する光の入射角とは異なる。そのため、ラインセンサから出力される検出信号に基づいて算出される厚さに対応する値は、ラインセンサに平行な方向における位置に依存して異なる。一方、基板が第2の向きで保持された状態で、基板上の膜の第1の線状領域の端部からラインセンサに入射する光の入射角と第1の線状領域の中央部からラインセンサに入射する光の入射角とは略等しい。そのため、ラインセンサから出力される検出信号に基づいて算出される厚さに対応する値は、ラインセンサに直交する方向における位置にほとんど依存しない。補正情報は、ラインセンサに直交する方向における位置にほとんど依存しない値とラインセンサに平行な方向における位置に依存する値との差分を表す。したがって、補正情報を用いてラインセンサに平行な方向における位置に依存して異なる値をラインセンサに平行な方向における位置に依存しない値に補正することができる。

10

【0011】

膜の厚さを測定する際には、保持部により基板が保持された状態で、撮像部と保持部とが相対的に移動するときラインセンサから出力される検出信号に基づいて基板上の膜の厚さに対応する面状データが生成される。生成された面状データから、膜の複数の帯状領域の厚さに対応する複数の帯状データが生成される。

20

【0012】

補正情報に基づいて各帯状データが補正される。それにより、補正後の各帯状データにおける各位置に対応する値は、ラインセンサに平行な方向における位置に依存した変動分を有しない。したがって、膜の各位置の厚さに対応する値を含む膜厚データが正確に算出される。その結果、算出された膜厚データに基づいて基板の表面に形成された膜の厚さを高い精度で測定することが可能になる。

【0013】

(2) 第1および第2の線状データの各々は、膜の第1の線状領域の画像を表す画像データの各画素の値を膜の厚さに変換することにより得られたデータであり、第1の線状領域の各位置に対応する厚さを示す値を含み、面状データは、膜の画像を表す画像データの各画素の値を膜の厚さに変換することにより得られたデータであり、膜の各位置に対応する厚さを示す値を含み、複数の帯状データは、膜の複数の帯状領域の厚さを表すデータであり、膜厚データは、膜の各位置の厚さに対応する値として膜の各位置に対応する厚さを示す値を含んでもよい。

30

【0014】

この場合、膜厚データに基づいて、基板上に形成された膜の各位置に対応する厚さを容易に取得することができる。

【0015】

(3) 第1および第2の線状データの各々は、膜の第1の線状領域の画像を表すデータであり、面状データは、膜の各位置の画像を表すデータであり、複数の帯状データは、膜の複数の帯状領域の画像を表すデータであり、膜厚データは、膜の各位置の厚さに対応する値として膜の各位置の画像を示す値を含んでもよい。

40

【0016】

この場合、ラインセンサから出力される検出信号に基づいて第1の線状データ、第2の線状データおよび面状データを容易に生成することができる。また、面状データから複数の帯状データを容易に生成することができる。さらに、膜厚データに基づいて、基板上に形成された膜の画像を取得することが可能になる。

【0017】

(4) 補正情報の複数の値は、基板が第2の向きで保持されるとき第1の線状領域の

50

第1の方向における複数の位置に対応付けられ、帯状データ補正部は、各帯状領域の複数の部分の各々について、当該部分の厚さに対応する帯状データの値に、当該部分の第1の方向の位置に対応する差分情報の値を加算することにより各帯状データを補正してもよい。

【0018】

これにより、簡単な処理で各帯状データを補正することができる。

【0019】

(5) 補正情報算出部は、第1の線状領域の複数の位置の各々に対応する第1の線状データの値と第2の線状データの値との差分を算出し、第1の線状領域の複数の位置に対応して算出された複数の差分の値について重回帰分析により補正情報を算出してもよい。

10

【0020】

これにより、複数の帯状データの補正に適切な補正情報が取得される。

【0021】

(6) 第2の発明に係る基板検査装置は、一面を有する基板の外観検査を行う基板検査装置であって、基板を互いに90度異なる第1および第2の向きで保持する保持部と、第1の方向に並ぶ複数の画素を有するラインセンサを含む撮像部と、第1の方向に直交する第2の方向において撮像部と保持部とを相対的に移動させる移動部と、補正情報生成動作時に、基板の一面の画像の補正に用いられる補正情報を生成する補正情報生成部と、画像取得動作時に、基板の一面の画像を取得する画像取得部と、画像取得部により取得された画像を補正情報を用いて補正する画像補正部と、判定部とを備え、保持部により基板が第1の向きで保持された状態で基板の一面に第1の方向と直交する直径方向に延びる第1の線状領域が定義され、第1の線状領域は、保持部により基板が第2の向きで保持された状態で第2の方向と直交し、補正情報生成部は、保持部により基板が第1の向きで保持された状態で、移動部により撮像部と保持部とが相対的に移動するときにラインセンサから出力される検出信号に基づいて第1の線状領域の画像を表す第1の線状データを生成する第1の線状データ生成部と、保持部により基板が第2の向きで保持された状態で、ラインセンサから出力される検出信号に基づいて第1の線状領域の画像を表す第2の線状データを生成する第2の線状データ生成部と、第1の線状データと第2の線状データとの差分を示す情報を補正情報として算出する補正情報算出部とを含み、第1の線状データ、第2の線状データおよび補正情報は、第1の線状領域の複数の位置に対応する複数の値をそれぞれ含み、保持部により基板が保持された状態で基板の一面に第1の方向と直交する直径方向に延びる第2の線状領域が定義されるとともに、第2の線状領域に直交する複数の帯状領域が定義され、画像取得部は、保持部により基板が保持された状態で、移動部により撮像部と保持部とが相対的に移動するときにラインセンサから出力される検出信号に基づいて基板の一面の画像を表す面状データを生成する面状データ生成部を含み、画像補正部は、面状データ生成部により生成された面状データから、一面の複数の帯状領域の画像を表す複数の帯状データを生成する帯状データ生成部と、補正情報に基づいて各帯状データを補正することにより一面の各位置の画像を表す値を含む判定画像データを算出する帯状データ補正部とを含み、判定部は、判定画像データに基づいて基板の表面状態の欠陥の有無を判定する。

20

30

40

【0022】

その基板検査装置においては、基板の一面の画像の補正に用いられる補正情報を生成するために、基板の一面の第1の線状領域の画像を表す第1および第2の線状データが生成される。第1の線状データは、保持部により基板が第1の向きで保持された状態で、撮像部と保持部とが相対的に移動するときにラインセンサから出力される検出信号に基づいて生成される。第2の線状データは、保持部により基板が第2の向きで保持された状態で、ラインセンサから出力される検出信号に基づいて生成される。第1の線状データと第2の線状データとの差分を示す情報が補正情報として算出される。

【0023】

ここで、基板が第1の向きで保持された状態で、基板の一面の第1の線状領域の端部が

50

らラインセンサに入射する光の入射角と第 1 の線状領域の中央部からラインセンサに入射する光の入射角とは異なる。そのため、ラインセンサから出力される検出信号に基づいて算出される画像の値は、ラインセンサに平行な方向における位置に依存して異なる。一方、基板が第 2 の向きで保持された状態で、基板の一面の第 1 の線状領域の端部からラインセンサに入射する光の入射角と第 1 の線状領域の中央部からラインセンサに入射する光の入射角とは略等しい。そのため、ラインセンサから出力される検出信号に基づいて算出される画像の値は、ラインセンサに直交する方向における位置にほとんど依存しない。補正情報は、ラインセンサに直交する方向における位置にほとんど依存しない値とラインセンサに平行な方向における位置に依存する値との差分を表す。したがって、補正情報を用いてラインセンサに平行な方向における位置に依存して異なる値をラインセンサに平行な方向における位置に依存しない値に補正することができる。

10

【 0 0 2 4 】

基板の一面の画像を取得する際には、保持部により基板が保持された状態で、撮像部と保持部とが相対的に移動するときにラインセンサから出力される検出信号に基づいて基板の一面の画像を表す面状データが生成される。生成された面状データから、基板の一面上の複数の帯状領域の画像を表す複数の帯状データが生成される。

【 0 0 2 5 】

補正情報に基づいて各帯状データが補正される。それにより、補正後の各帯状データにおける各位置に対応する値は、ラインセンサに平行な方向における位置に依存した変動分を有しない。したがって、基板の一面上の各位置の画像を表す判定画像データが正確に算出される。その結果、算出された判定画像データに基づいて基板の表面状態の欠陥の有無を高い精度で判定することが可能になる。

20

【 0 0 2 6 】

(7) 補正情報の複数の値は、基板が第 2 の向きで保持されるとき第 1 の線状領域の第 1 の方向における複数の位置に対応付けられ、帯状データ補正部は、各帯状領域の複数の部分の各々について、当該部分の画像を示す帯状データの値に、当該部分の第 1 の方向の位置に対応する差分情報の値を加算することにより各帯状データを補正してもよい。

【 0 0 2 7 】

これにより、簡単な処理で各帯状データを補正することができる。

【 0 0 2 8 】

(8) 補正情報算出部は、第 1 の線状領域の複数の位置の各々に対応する第 1 の線状データの値と第 2 の線状データの値との差分を算出し、第 1 の線状領域の複数の位置に対応して算出された複数の差分の値について重回帰分析により補正情報を算出してもよい。

【 0 0 2 9 】

これにより、複数の帯状データの補正に適切な補正情報が取得される。

【 0 0 3 0 】

(9) 第 3 の発明に係る膜厚測定方法は、膜が形成された基板を保持する保持部と、第 1 の方向に並ぶ複数の画素を有するラインセンサを含む撮像部と、第 1 の方向に直交する第 2 の方向において撮像部と保持部とを相対的に移動させる移動部とを用いて、基板上に形成された膜の厚さを測定する膜厚測定方法であって、膜の厚さの補正に用いられる補正情報を生成するステップと、膜の厚さを測定するステップと、測定するステップにより測定された厚さを補正情報を用いて補正するステップとを含み、保持部により基板が第 1 の向きで保持された状態で基板上の膜に第 1 の方向と直交する直径方向に延びる第 1 の線状領域が定義され、第 1 の線状領域は、保持部により基板が第 1 の向きと 90 度異なる第 2 の向きで保持された状態で第 2 の方向と直交し、補正情報を生成するステップは、保持部により基板が第 1 の向きで保持された状態で、移動部により撮像部と保持部とが相対的に移動するときにラインセンサから出力される検出信号に基づいて膜の第 1 の線状領域の厚さに対応する第 1 の線状データを生成するステップと、保持部により基板が第 2 の向きで保持された状態で、ラインセンサから出力される検出信号に基づいて膜の第 1 の線状領域の厚さに対応する第 2 の線状データを生成するステップと、第 1 の線状データと第 2 の線

40

50

状データとの差分を示す情報を補正情報として算出するステップとを含み、第1の線状データ、第2の線状データおよび補正情報は、第1の線状領域の複数の位置に対応する複数の値をそれぞれ含み、保持部により基板が保持された状態で基板上の膜に第1の方向と直交する直径方向に延びる第2の線状領域が定義されるとともに、第2の線状領域に直交する複数の帯状領域が定義され、膜の厚さを測定するステップは、保持部により基板が保持された状態で、移動部により撮像部と保持部とが相対的に移動するときにラインセンサから出力される検出信号に基づいて基板上の膜の厚さに対応する面状データを生成するステップを含み、測定された厚さを補正するステップは、生成された面状データから、膜の複数の帯状領域の厚さに対応する複数の帯状データを生成するステップと、補正情報に基づいて各帯状データを補正することにより膜の各位置の厚さに対応する値を含む膜厚データを算出するステップとを含む。

10

【0031】

その膜厚測定方法においては、膜の厚さの補正に用いられる補正情報を生成するために、基板上の膜の第1の線状領域の厚さに対応する第1および第2の線状データが生成される。第1の線状データは、保持部により基板が第1の向きで保持された状態で、撮像部と保持部とが相対的に移動するときにラインセンサから出力される検出信号に基づいて生成される。第2の線状データは、保持部により基板が第2の向きで保持された状態で、ラインセンサから出力される検出信号に基づいて生成される。第1の線状データと第2の線状データとの差分を示す情報が補正情報として算出される。

【0032】

20

ここで、補正情報は、ラインセンサに直交する方向における位置にほとんど依存しない値とラインセンサに平行な方向における位置に依存する値との差分を表す。したがって、補正情報を用いてラインセンサに平行な方向における位置に依存して異なる値をラインセンサに平行な方向における位置に依存しない値に補正することができる。

【0033】

膜の厚さを測定する際には、保持部により基板が保持された状態で、撮像部と保持部とが相対的に移動するときにラインセンサから出力される検出信号に基づいて基板上の膜の厚さに対応する面状データが生成される。生成された面状データから、膜の複数の帯状領域の厚さに対応する複数の帯状データが生成される。

【0034】

30

補正情報に基づいて各帯状データが補正される。それにより、補正後の各帯状データにおける各位置に対応する値は、ラインセンサに平行な方向における位置に依存した変動分を有しない。したがって、膜の各位置の厚さに対応する値を含む膜厚データが正確に算出される。その結果、算出された膜厚データに基づいて基板の表面に形成された膜の厚さを高い精度で測定することが可能になる。

【0035】

(10) 第4の発明に係る基板検査方法は、一面を有する基板を保持する保持部と、第1の方向に並ぶ複数の画素を有するラインセンサを含む撮像部と、第1の方向に直交する第2の方向において撮像部と保持部とを相対的に移動させる移動部とを用いて、基板の外観検査を行う基板検査方法であって、基板の一面の画像の補正に用いられる補正情報を生成するステップと、基板の一面の画像を取得するステップと、取得するステップにより取得された画像を補正情報を用いて補正するステップと、判定するステップとを含み、保持部により基板が第1の向きで保持された状態で基板の一面に第1の方向と直交する直径方向に延びる第1の線状領域が定義され、第1の線状領域は、保持部により基板が第1の向きと90度異なる第2の向きで保持された状態で第2の方向と直交し、補正情報を生成するステップは、保持部により基板が第1の向きで保持された状態で、移動部により撮像部と保持部とが相対的に移動するときにラインセンサから出力される検出信号に基づいて第1の線状領域の画像を表す第1の線状データを生成するステップと、保持部により基板が第2の向きで保持された状態で、ラインセンサから出力される検出信号に基づいて第1の線状領域の画像を表す第2の線状データを生成するステップと、第1の線状データと第2

40

50

の線状データとの差分を示す情報を補正情報として算出するステップとを含み、第1の線状データ、第2の線状データおよび補正情報は、第1の線状領域の複数の位置に対応する複数の値をそれぞれ含み、保持部により基板が保持された状態で基板の一面に第1の方向と直交する直径方向に延びる第2の線状領域が定義されるとともに、第2の線状領域に直交する複数の帯状領域が定義され、画像を取得するステップは、保持部により基板が保持された状態で、移動部により撮像部と保持部とが相対的に移動するときにラインセンサから出力される検出信号に基づいて基板の一面の画像を表す面状データを生成するステップを含み、取得された画像を補正するステップは、生成された面状データから、一面の複数の帯状領域の画像を表す複数の帯状データを生成するステップと、補正情報に基づいて各帯状データを補正することにより一面の各位置の画像を表す値を含む判定画像データを算出するステップとを含み、判定するステップは、判定画像データに基づいて基板の表面状態の欠陥の有無を判定することを含む。

10

【0036】

その基板検査方法においては、基板の一面の画像の補正に用いられる補正情報を生成するために、基板の一面の第1の線状領域の画像を表す第1および第2の線状データが生成される。第1の線状データは、保持部により基板が第1の向きで保持された状態で、撮像部と保持部とが相対的に移動するときにラインセンサから出力される検出信号に基づいて生成される。第2の線状データは、保持部により基板が第2の向きで保持された状態で、ラインセンサから出力される検出信号に基づいて生成される。第1の線状データと第2の線状データとの差分を示す情報が補正情報として算出される。

20

【0037】

ここで、補正情報は、ラインセンサに直交する方向における位置にほとんど依存しない値とラインセンサに平行な方向における位置に依存する値との差分を表す。したがって、補正情報を用いてラインセンサに平行な方向における位置に依存して異なる値をラインセンサに平行な方向における位置に依存しない値に補正することができる。

【0038】

基板の一面の画像を取得する際には、保持部により基板が保持された状態で、撮像部と保持部とが相対的に移動するときにラインセンサから出力される検出信号に基づいて基板の一面の画像を表す面状データが生成される。生成された面状データから、基板の一面上の複数の帯状領域の画像を表す複数の帯状データが生成される。

30

【0039】

補正情報に基づいて各帯状データが補正される。それにより、補正後の各帯状データにおける各位置に対応する値は、ラインセンサに平行な方向における位置に依存した変動分を有しない。したがって、基板の一面上の各位置の画像を表す判定画像データが正確に算出される。その結果、算出された判定画像データに基づいて基板の表面状態の欠陥の有無を高い精度で判定することが可能になる。

【発明の効果】

【0040】

本発明によれば、基板の表面に形成された膜の厚さを高い精度で測定することが可能になる。また、本発明によれば、基板の表面状態の欠陥の有無を高い精度で判定することが可能になる。

40

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】第1の実施の形態に係る膜厚測定装置の外観斜視図である。

【図2】図1の膜厚測定装置の内部の構成を示す模式的側面図である。

【図3】図1の膜厚測定装置の内部の構成を示す模式的平面図である。

【図4】図1の膜厚測定装置において撮像部により基板上の膜を撮像する状態を示す模式的平面図である。

【図5】補正情報の生成方法を説明するための図である。

【図6】補正情報の生成方法を説明するための図である。

50

【図 7】膜の厚さの測定時に基板上の膜に定義される第 2 の線状領域および複数の帯状領域の一例を示す平面図である。

【図 8】一の帯状データの補正例を示す図である。

【図 9】第 1 の実施の形態に係る膜厚測定装置の制御系を示すブロック図である。

【図 10】膜厚測定処理のフローチャートである。

【図 11】第 2 の実施の形態に係る基板検査装置の制御系を示すブロック図である。

【図 12】第 2 の実施の形態に係る欠陥判定処理のフローチャートである。

【図 13】判定画像データ生成処理のフローチャートである。

【図 14】第 3 の実施の形態に係る基板処理装置の全体構成を示す模式的ブロック図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0042】

以下、本発明の実施の形態に係る膜厚測定装置、基板検査装置、膜厚測定方法および基板検査方法について図面を用いて説明する。以下の説明において、基板とは、半導体基板、液晶表示装置もしくは有機 E L (Electro Luminescence) 表示装置等の F P D (Flat Panel Display) 用基板、光ディスク用基板、磁気ディスク用基板、光磁気ディスク用基板、フォトリソ用基板または太陽電池用基板等をいう。

【0043】

[1] 第 1 の実施の形態

本実施の形態では、膜厚測定装置および膜厚測定方法を説明する。第 1 の実施の形態に係る膜厚測定装置は、基板上に形成された膜の厚さを測定する。したがって、本実施の形態において測定対象として用いられる基板の主面には膜が形成されている。基板上に形成される膜としては、例えばレジスト膜、反射防止膜、レジストカバー膜等が挙げられる。

20

【0044】

(1) 膜厚測定装置の構成

図 1 は第 1 の実施の形態に係る膜厚測定装置の外観斜視図であり、図 2 は図 1 の膜厚測定装置 200 の内部の構成を示す模式的側面図であり、図 3 は図 1 の膜厚測定装置 200 の内部の構成を示す模式的平面図である。図 1 に示すように、膜厚測定装置 200 は筐体部 210 を有する。筐体部 210 は、矩形状の底面部 211 および矩形状の 4 つの側面部 212 ~ 215 を含む。側面部 212, 214 は底面部 211 の長手方向における両端部にそれぞれ位置し、側面部 213, 215 は底面部 211 の短手方向（幅方向）における両端部にそれぞれ位置する。筐体部 210 は、略矩形状の上部開口を有する。筐体部 210 は、上部開口を閉塞する上面部をさらに含んでもよい。

30

【0045】

以下、底面部 211 の短手方向を左右方向と呼び、底面部 211 の長手方向を前後方向と呼ぶ。また、左右方向において、側面部 215 から側面部 213 に向かう方向を右方と定義し、その逆方向を左方と定義する。さらに、前後方向において、側面部 214 から側面部 212 に向かう方向を前方と定義し、その逆方向を後方と定義する。側面部 212 から側面部 213 の前部に至る部分には、筐体部 210 の外部と内部との間で基板 W を搬送するためのスリット状の開口部 216 が形成されている。

40

【0046】

筐体部 210 内には、投光部 220、反射部 230、撮像部 240、基板保持装置 250、移動部 260 およびノッチ検出部 270 が収容されている。

【0047】

投光部 220 は、例えば 1 または複数の光源を含み、左右方向に延びるように筐体部 210 の側面部 213, 215 の内面に取り付けられる。反射部 230 は、例えばミラーを含み、投光部 220 の後方でかつ左右方向に延びるように筐体部 210 の側面部 213, 215 の内面に取り付けられる。

【0048】

撮像部 240 は、反射部 230 よりも後方の位置で筐体部 210 の底面部 211 上に取

50

り付けられる。撮像部 240 は、複数の画素が左右方向に延びるように線状に配列された画素を有するラインセンサ 241 と 1 または複数の集光レンズとを含む。本例のラインセンサ 241 は、カラーの CCD（電荷結合素子）ラインセンサである。なお、ラインセンサ 241 としては、カラーの CMOS（相補性金属酸化膜半導体）ラインセンサを用いることもできる。あるいは、ラインセンサ 241 としては、カラーに限らず、単一の波長領域の光を受光する複数の画素のみで構成されるラインセンサを用いてもよい。

【0049】

反射部 230 は斜め下後方に向く反射面を有し、撮像部 240 の前方に配置されている。反射部 230 の反射面により、投光部 220 および反射部 230 の下方に撮像部 240 の撮像領域が形成される。撮像部 240 の撮像領域は、左右方向に線状に延びる。

10

【0050】

後述するように、開口部 216 から筐体部 210 内に基板 W が搬入され、搬入された基板 W が投光部 220 の下方を通過する。投光部 220 は、左右方向に基板 W の直径よりも長く延びる断面線状の光を斜め下後方に出射する。図 2 に示すように、投光部 220 から斜め下後方に出射された光の一部は、撮像部 240 の撮像領域で基板 W の上面により斜め上後方に反射され、反射部 230 により後方に向かって水平に反射され、撮像部 240 により受光される。

【0051】

基板保持装置 250 は、例えばスピンチャックであり、駆動装置 251 および回転保持部 252 を含む。駆動装置 251 は、例えば電動モータであり、回転軸 251a を有する。駆動装置 251 には、図示しないエンコーダが設けられる。回転保持部 252 は、駆動装置 251 の回転軸 251a の先端に取り付けられ、基板 W を保持した状態で鉛直軸の周りで回転駆動される。

20

【0052】

図 3 に示すように、移動部 260 は、複数（本例では 2 つ）のガイド部材 261 および移動保持部 262 を含む。複数のガイド部材 261 は、左右方向に並ぶようにかつ前後方向に延びるように筐体部 210 の底面部 211 に取り付けられる。移動保持部 262 は、基板保持装置 250 を保持しつつ複数のガイド部材 261 に沿って前後方向に移動可能に構成される。基板保持装置 250 が基板 W を保持する状態で移動保持部 262 が前後方向に移動することにより、基板 W が投光部 220 の下方を通過する。

30

【0053】

ノッチ検出部 270 は、例えば投光素子および受光素子を含む反射型光電センサであり、筐体部 210 の側面部 215 における内面の前上部に取り付けられる。基板 W の周縁部がノッチ検出部 270 の下方に位置するときに、ノッチ検出部 270 は、下方に光を出射するとともに基板 W からの反射光を受光する。ここで、ノッチ検出部 270 の下方に位置する基板 W の部分にノッチが形成されている場合には、ノッチ検出部 270 の受光量が低下する。ノッチ検出部 270 は、基板保持装置 250 により回転される基板 W からの反射光の受光量に基づいて基板 W のノッチの有無を検出する。なお、ノッチ検出部 270 として透過型光電センサが用いられてもよい。

【0054】

40

図 1 に示すように、筐体部 210 の外部に制御装置 400 および表示部 280 が設けられている。制御装置 400 は、投光部 220、撮像部 240、基板保持装置 250、移動部 260、ノッチ検出部 270 および表示部 280 を制御する。表示部 280 は、基板 W 上の膜の厚さの測定結果等を表示する。制御装置 400 の詳細は後述する。なお、図 2 および図 3 では、制御装置 400 および表示部 280 の図示を省略している。

【0055】

上記の膜厚測定装置 200 においては、例えば基板 W 上の膜の厚さの測定時にその基板 W 上の膜の全体が撮像される。この撮像時の動作について説明する。初期状態では、図 1 に示すように、基板保持装置 250 が筐体部 210 内における前部に位置する。この状態で、基板 W が開口部 216 を通して筐体部 210 内に搬入され、基板保持装置 250 によ

50

り保持される。

【 0 0 5 6 】

次に、基板保持装置 2 5 0 により基板 W が 1 回転されつつノッチ検出部 2 7 0 により基板 W の周縁部に光が出射され、その反射光がノッチ検出部 2 7 0 により受光される。これにより、基板 W のノッチが検出され、基板 W の向きが判定される。その後、基板 W が特定の方向を向くように、基板保持装置 2 5 0 により基板 W が回転される。

【 0 0 5 7 】

次に、投光部 2 2 0 から光が出射された状態で、移動部 2 6 0 により基板 W が後方に移動される。このとき、基板 W が投光部 2 2 0 の下方を通過することにより、基板 W 上の膜の全体に左右方向に延びる断面線状の光が照射される。上記のように、撮像部 2 4 0 の撮像領域で基板 W から反射される光は反射部 2 3 0 によりさらに反射されて撮像部 2 4 0 に導かれる。撮像部 2 4 0 のラインセンサ 2 4 1 は、基板 W からの光を所定のサンプリング周期で受光することにより、基板 W 上の膜の前後方向における複数の部分を順次撮像する。ラインセンサ 2 4 1 を構成する各画素は受光量に応じた値を示す検出信号を出力する。これにより、撮像部 2 4 0 から順次出力される検出信号に基づいて、基板 W 上の膜の全体の画像を表す画像データが生成される。

【 0 0 5 8 】

画像データの各画素の値は、基板 W 上の膜の厚さに対して略一定の相関関係を有する。この相関関係は、ラインセンサ 2 4 1 を構成する画素の種類および基板 W 上に形成される膜の種類によって異なる。したがって、測定対象となる膜の厚さと撮像に用いられる画素の値との間の相関関係を予め実験またはシミュレーション等により求めておくことにより、求められた相関関係に基づいて画像データの各画素の値を、当該画素に対応する基板 W 上の位置の膜の厚さに変換することができる。それにより、画像データに基づいて基板 W 上の膜の厚さを測定することができる。本実施の形態では、撮像部 2 4 0 から出力される検出信号に基づいて画像データが生成されるごとに、当該画像データを構成する画素の値が膜の厚さに変換される。以下の説明では、上記のように、画像データに含まれる画素の値を膜の厚さを示す値に変換する処理を厚さ変換処理と呼ぶ。

【 0 0 5 9 】

なお、本実施の形態では、ラインセンサ 2 4 1 にカラーの CCD ラインセンサが用いられる。この場合、ラインセンサ 2 4 1 の各画素は、複数の波長領域にそれぞれ対応する R 画素、G 画素および B 画素で構成される。そのため、厚さ変換処理では、R 画素、G 画素および B 画素のうちいずれか 1 つの種類の画素の値が厚さを示す値に変換される。

【 0 0 6 0 】

上記のように画像データが生成された後、投光部 2 2 0 による光の出射が停止され、移動部 2 6 0 により基板 W が反射部 2 3 0 よりも後方の位置から投光部 2 2 0 よりも前方の位置まで移動される。膜の厚さが測定された基板 W は、開口部 2 1 6 を通して筐体部 2 1 0 の外部に搬出される。

【 0 0 6 1 】

(2) ラインセンサ 2 4 1 に入射する光の入射角と検出信号との関係

図 4 は、図 1 の膜厚測定装置 2 0 0 において撮像部 2 4 0 により基板 W 上の膜を撮像する状態を示す模式的平面図である。図 4 に示すように、撮像部 2 4 0 は、ラインセンサ 2 4 1 の中心が基板保持装置 2 5 0 (図 1) により保持される基板 W の中心 W C を通って前後方向に延びかつ基板 W に直交する仮想面 V S 上に位置するように配置される。

【 0 0 6 2 】

基板 W 上の膜の一部分からラインセンサ 2 4 1 に入射する光の強さは、当該一部分からラインセンサ 2 4 1 に入射する光の入射角が変化することにより変動する。本例の入射角は、ラインセンサ 2 4 1 に向かう光の進行方向とラインセンサ 2 4 1 が延びる方向に直交する仮想面 V S との間の角度を意味する。上記の変動の程度は、基板 W 上に形成される膜の特性 (膜の種類、光の屈折率、透過率および反射率等) あるいは基板 W の表面の形状等によって異なる。

【 0 0 6 3 】

入射角による光の強さの変動について具体例を説明する。ここで、図 4 に示される基板 W 上の膜に直径方向に延びる線状領域 L A 0 を定義する。図 4 に示される基板 W 上の膜は全体に渡って均一な厚みおよび表面状態を有するものとする。

【 0 0 6 4 】

図 4 に二点鎖線で示すように、線状領域 L A 0 がラインセンサ 2 4 1 に平行な左右方向に延びるように基板 W が保持された状態を仮定する。この場合、基板 W 上の膜の線状領域 L A 0 の端部からラインセンサ 2 4 1 に入射する光の入射角と線状領域 L A 0 の中央部からラインセンサ 2 4 1 に入射する光の入射角とは異なる。そのため、ラインセンサ 2 4 1 から出力される検出信号が示す画素の値は、ラインセンサ 2 4 1 に平行な左右方向における位置に依存して異なる。

10

【 0 0 6 5 】

一方、図 4 に点線で示すように、線状領域 L A 0 がラインセンサ 2 4 1 に直交する前後方向に延びるように基板 W が保持された状態を仮定する。この場合、基板 W 上の膜の線状領域 L A 0 の端部からラインセンサ 2 4 1 に入射する光の入射角と線状領域 L A 0 の中央部からラインセンサ 2 4 1 に入射する光の入射角とは略等しい。そのため、ラインセンサ 2 4 1 から出力される検出信号が示す画素の値は、ラインセンサ 2 4 1 に直交する前後方向における位置にほとんど依存しない。

【 0 0 6 6 】

そこで、本実施の形態では、基板 W 上の膜の厚さの測定時に、左右方向における位置に依存した変動分が含まれないように、後述する補正情報を用いて画像データが補正される。それにより、測定結果として高い精度で基板 W 上の膜の各部の厚さを示す膜厚データが生成される。

20

【 0 0 6 7 】

(3) 基板 W 上の膜の厚さの測定

(a) 補正情報の生成

上記のように、基板 W 上の膜の厚さの測定時には、補正情報を用いて画像データが補正される。そこで、本実施の形態に係る膜厚測定装置 2 0 0 においては、測定対象となる基板 W の膜の厚さを測定する前に、補正情報を生成する必要がある。

【 0 0 6 8 】

図 5 および図 6 は、補正情報の生成方法を説明するための図である。補正情報を生成するために、測定対象となる膜が形成された基板 W を用意する。また、用意した基板 W 上の膜に直径方向に延びる第 1 の線状領域 L A 1 を定義する。本例では、第 1 の線状領域 L A 1 は、基板 W のノッチ N と基板 W の中心 W C とを結ぶ直線に対して直交する。

30

【 0 0 6 9 】

図 5 (a) に示すように、基板 W を基板保持装置 2 5 0 (図 1) に保持させる。また、基板保持装置 2 5 0 の回転保持部 2 5 2 (図 2) を回転させることにより、第 1 の線状領域 L A 1 がラインセンサ 2 4 1 に直交する前後方向に延びるように基板 W の向きを調整する。このときの基板 W の向きを第 1 の向きと呼ぶ。図 5 (a) および後述する図 5 (b) では、点線の矢印で示すように、第 1 の線状領域 L A 1 における一端部から他端部までの複数の部分が符号 $p_1 \sim p_k$ (k は左右方向に並ぶラインセンサ 2 4 1 の画素数) で示される。

40

【 0 0 7 0 】

その後、基板 W の向きが第 1 の向きに保持された状態で、基板 W 上の膜の全体を撮像する。具体的には、基板 W が投光部 2 2 0 の下方を前後方向に移動するときラインセンサ 2 4 1 から出力される検出信号に基づいて基板 W 上の膜の全体の画像を表す画像データを生成する。また、その画像データから第 1 の線状領域 L A 1 を表す画素の値を抽出し、抽出された複数の値を含む画像データを第 1 の線状データとして生成する。さらに、生成された第 1 の線状データについて厚さ変換処理を行う。それにより、第 1 の線状領域 L A 1 の各部分 $p_1 \sim p_k$ の厚さを示す第 1 の線状データが生成される。

50

【0071】

続いて、図5(b)に示すように、基板保持装置250の回転保持部252(図2)を回転させることにより、第1の線状領域LA1がラインセンサ241に平行な左右方向に延びるように基板Wの向きを調整する。このときの基板Wの向きを第2の向きと呼ぶ。第1の向きと第2の向きとは互いに90度異なる。

【0072】

その後、基板Wの向きが第2の向きに保持された状態で、基板W上の膜の全体を撮像する。撮像により生成された画像データから第1の線状領域LA1を表す画素の値を抽出し、抽出された複数の値を含む画像データを第2の線状データとして生成する。さらに、生成された第2の線状データについて厚さ変換処理を行う。それにより、第1の線状領域LA1の各部分 $p_1 \sim p_k$ の厚さを示す第2の線状データが生成される。

10

【0073】

図6(a)に第1の線状データおよび第2の線状データの一例が示される。図6(a)では、縦軸が膜の厚さを示し、横軸が第1の線状領域LA1内の複数の部分 $p_1 \sim p_k$ の位置を示す。第1の線状データが点線で示され、第2の線状データが実線で示される。

【0074】

図6(a)に示すように、第1および第2の線状データは、基板Wの中心WCに重なる部分 $p(k/2)$ およびその周辺部で略等しい。一方、第1および第2の線状データは、第1の線状領域LA1の両端部の部分 p_1, p_k に近いほど大きく異なる。

【0075】

20

ここで、第1の向きで保持された基板Wを撮像する際には、第1の線状領域LA1の複数の部分 $p_1 \sim p_k$ がラインセンサ241に直交する前後方向に並ぶので、第1の線状領域LA1の複数の部分からラインセンサ241に向かう光の入射角は略等しい。したがって、第1の線状データが示す膜の厚さは、左右方向における位置に依存していない値であるといえる。一方、第2の向きで保持された基板Wを撮像する際には、第1の線状領域LA1の複数の部分 $p_1 \sim p_k$ がラインセンサ241に平行な左右方向に並ぶので、第1の線状領域LA1の複数の部分 $p_1 \sim p_k$ からラインセンサ241に向かう光の入射角が互いに異なる。したがって、第2の線状データが示す膜の厚さは、左右方向における位置に依存する変動成分を有するといえる。

【0076】

30

そこで、第1の線状領域LA1の各部分 $p_1 \sim p_k$ ごとに、第1の線状データと第2の線状データとの差分を算出することにより実差分データを生成する。また、生成された実差分データを重回帰分析により二次関数に近似することにより補正情報を生成する。

【0077】

図6(b)に図6(a)の第1および第2の線状データから算出される実差分データおよび補正情報が示される。図6(b)では、縦軸が差分を示し、横軸が第1の線状領域LA1内の部分 $p_1 \sim p_k$ の位置を示す。さらに、実差分データが一点鎖線で示され、補正情報が実線で示される。

【0078】

第1の線状領域LA1内の複数の部分 $p_1 \sim p_k$ についてそれぞれ生成される複数の補正情報の値は、基板Wが第2の向きで保持されときの第1の線状領域LA1の左右方向における複数の部分 $p_1 \sim p_k$ の位置に対応付けられる。

40

【0079】

補正情報は、ラインセンサ241に直交する前後方向における位置にほとんど依存しない値とラインセンサ241に平行な左右方向における位置に依存する値との差分を表す。したがって、補正情報を用いてラインセンサ241に平行な左右方向における位置に依存して異なる値をラインセンサ241に平行な左右方向における位置に依存しない値に補正することができる。

【0080】

上記のように、本実施の形態では、実差分データを重回帰分析を用いて二次関数に近似

50

することにより補正情報を生成している。それにより、ノイズ等の成分が低減された補正に適切な補正情報を取得することができる。なお、実差分データを補正情報として用いてもよい。

【0081】

(b) 膜の厚さの測定および補正

補正情報が取得された後、基板Wの膜の厚さを測定する際には、その対象となる基板Wを基板保持装置250(図1)に保持させる。また、基板Wの向きを予め定められた向きに調整する。ここで、基板W上の膜にラインセンサ241に直交する直径方向に延びる第2の線状領域を定義する。また、基板W上の膜に第2の線状領域に直交する複数の帯状領域を定義する。

10

【0082】

図7は、膜の厚さの測定時に基板W上の膜に定義される第2の線状領域および複数の帯状領域の一例を示す平面図である。図7に示すように、本例の第2の線状領域LA2は仮想面VS上に位置する。図7では、点線の矢印で示すように、第2の線状領域LA2における一端部から他端部までの複数の部分が符号 $q_1 \sim q_k$ (k は左右方向に並ぶラインセンサ241の画素数)で示される。複数の帯状領域BAの各々は、第2の線状領域LA2の各部分 $q_1 \sim q_k$ から左右方向に延びる。

【0083】

次に、基板Wが予め定められた向きに保持された状態で、基板W上の膜の全体を撮像することにより基板W上の膜の全体の画像を表す画像データを面状データとして生成する。さらに、生成された面状データについて厚さ変換処理を行う。それにより、基板W上の膜の全体の厚さを示す面状データが生成される。

20

【0084】

その後、生成された面状データから、基板W上の膜の複数の帯状領域BAの厚さを表す複数の帯状データを生成する。また、生成された各帯状データを上記の補正情報により補正する。この補正は、各帯状領域BAの複数の部分の各々について、当該部分の厚さを示す帯状データの値に、当該部分の左右方向の位置に対応する差分情報を加算することにより行う。それにより、簡単な処理で各帯状データを補正することができる。

【0085】

図8は、一の帯状データの補正例を示す図である。図8では、縦軸が膜の厚さを示し、横軸が帯状データに対応する帯状領域BAにおける複数の部分の位置を示す。また、補正前の帯状データが一点鎖線で示され、補正後の帯状データが実線で示される。さらに、一の帯状データに対応しかつ左右方向における位置に依存しない非依存データを点線で表す。本例の非依存データは、一の帯状データに対応する帯状領域BAを仮想面VSに沿うように配置して撮像し、撮像により得られる画像データについて厚さ変換処理を行うことにより生成されたものである。

30

【0086】

図8によれば、補正前の帯状データの大部分は非依存データから大きく乖離している。一方、補正後の帯状データは非依存データに略等しい。したがって、補正後の各帯状データにおける各位置に対応する値は、ラインセンサ241に平行な左右方向における位置に依存した変動分をほとんど有しないことがわかる。

40

【0087】

最後に、補正後の複数の帯状データを合成することにより、測定結果として基板W上の膜の各部の厚さを示す膜厚データを生成する。膜厚データに基づく基板W上の膜の厚さの測定結果は、例えば表示部280に表示される。

【0088】

(4) 膜厚測定装置200の制御系

図9は、第1の実施の形態に係る膜厚測定装置200の制御系を示すブロック図である。第1の実施の形態に係る制御装置400は、CPU(中央演算処理装置)、RAM(ランダムアクセスメモリ)およびROM(リードオンリメモリ)により構成され、図9に示

50

すように、制御部 401、補正情報生成部 410、膜厚測定部 420 および膜厚補正部 430 を有する。また、補正情報生成部 410 は、第 1 の線状データ生成部 411、第 2 の線状データ生成部 412 および補正情報算出部 413 を含む。さらに、膜厚測定部 420 は面状データ生成部 421 を含み、膜厚補正部 430 は帯状データ補正部 431 および帯状データ生成部 432 を含む。

【0089】

制御装置 400 においては、CPU が ROM または他の記憶媒体に記憶されたコンピュータプログラムを実行することにより、上記の各機能部が実現される。なお、制御装置 400 の機能的な構成要素の一部または全てが電子回路等のハードウェアにより実現されてもよい。

10

【0090】

基板保持装置 250 およびノッチ検出部 270 に関して、制御部 401 は、基板保持装置 250 の駆動装置 251 (図 2) のエンコーダから出力信号を取得して駆動装置 251 の回転角度 (基板 W の回転角度) を検出するとともに、ノッチ検出部 270 によるノッチの検出結果を取得する。制御部 401 は、ノッチが検出されたときの駆動装置 251 の回転角度に基づいて基板 W の向きを判定し、判定結果に基づいて基板保持装置 250 の動作を制御する。

【0091】

投光部 220、移動部 260 および撮像部 240 に関して、制御部 401 は、基板保持装置 250 に保持される基板 W 上の膜の全体が撮像されるように、投光部 220、移動部 260 および撮像部 240 を制御する。

20

【0092】

補正情報生成部 410 は、補正情報の生成時に動作する。補正情報生成部 410 においては、第 1 の線状データ生成部 411 は、基板 W が第 1 の向きで保持された状態で撮像部 240 から出力される検出信号に基づいて第 1 の線状データを生成し、第 1 の線状データについて厚さ変換処理を行う。

【0093】

第 2 の線状データ生成部 412 は、基板 W が第 2 の向きで保持された状態で撮像部 240 から出力される検出信号に基づいて第 2 の線状データを生成し、第 2 の線状データについて厚さ変換処理を行う。

30

【0094】

補正情報算出部 413 は、生成された第 1 の線状データと第 2 の線状データとの差分を算出することにより実差分データを生成し、実差分データに基づいて補正情報を生成する。生成された補正情報は、膜厚補正部 430 の帯状データ補正部 431 に与えられる。

【0095】

膜厚測定部 420 は、基板 W 上の膜の厚さを測定する際に動作する。膜厚測定部 420 においては、面状データ生成部 421 は、基板 W が所定の向きで保持された状態で撮像部 240 から出力される検出信号に基づいて面状データを生成し、面状データについて厚さ変換処理を行う。

【0096】

40

膜厚補正部 430 は、膜厚測定部 420 により生成された面状データを補正する際に動作する。膜厚補正部 430 においては、帯状データ補正部 431 は、補正情報算出部 413 から与えられる補正情報を記憶する。帯状データ生成部 432 は、面状データ生成部 421 により生成された面状データから複数の帯状データを生成する。帯状データ補正部 431 は、記憶された補正情報に基づいて各帯状データを補正する。また、帯状データ補正部 431 は、補正後の複数の帯状データを合成することにより膜厚データを生成し、生成された膜厚データを記憶する。帯状データ補正部 431 に記憶された膜厚データに基づく膜の厚さの測定結果が表示部 280 に表示される。

【0097】

(5) 膜厚測定処理

50

上記のように、膜厚測定装置 200 においては、膜厚データを生成するための補正情報が生成された後、膜の厚さの測定および補正が行われる。これらの一連の処理を膜厚測定処理と呼ぶ。図 10 は、膜厚測定処理のフローチャートである。

【0098】

膜厚測定処理が開始されると、図 9 の補正情報生成部 410 は、帯状データ補正部 431 に補正情報が記憶されているか否かを判定する（ステップ S11）。帯状データ補正部 431 に補正情報が記憶されている場合、補正情報生成部 410 は後述するステップ S15 の処理に進む。一方、帯状データ補正部 431 に補正情報が存在しない場合、図 9 の制御部 401 および第 1 の線状データ生成部 411 は、投光部 220、撮像部 240、基板保持装置 250 および移動部 260 を制御し、基板 W を第 1 の向きで保持しつつ基板 W 上の膜の全体を撮像することにより第 1 の線状データを生成し、第 1 の線状データについて厚さ変換処理を行う（ステップ S12）。 10

【0099】

次に、図 9 の制御部 401 および第 2 の線状データ生成部 412 は、投光部 220、撮像部 240、基板保持装置 250 および移動部 260 を制御し、基板 W を第 2 の向きで保持しつつ基板 W 上の膜の全体を撮像することにより第 2 の線状データを生成し、第 2 の線状データについて厚さ変換処理を行う（ステップ S13）。 20

【0100】

次に、図 9 の補正情報算出部 413 は、生成された第 1 の線状データと第 2 の線状データとの差分に基づいて補正情報を生成し、生成された補正情報を帯状データ補正部 431 に記憶させる（ステップ S14）。 20

【0101】

次に、図 9 の制御部 401 および面状データ生成部 421 は、投光部 220、撮像部 240、基板保持装置 250 および移動部 260 を制御し、基板 W を所定の向きで保持しつつ基板 W 上の膜の全体を撮像することにより面状データを生成し、面状データについて厚さ変換処理を行う（ステップ S15）。また、図 9 の帯状データ生成部 432 は、面状データ生成部 421 により生成された面状データから複数の帯状データを生成する（ステップ S16）。 30

【0102】

次に、図 9 の帯状データ補正部 431 は、記憶された補正情報に基づいて生成された各帯状データを補正し、補正後の複数の帯状データを合成することにより膜厚データを生成し、生成された膜厚データを記憶する（ステップ S17）。 30

【0103】

最後に、帯状データ補正部 431 は、膜厚データに基づく膜の厚さの測定結果を表示部 280 に表示させる（ステップ S18）。これにより、膜厚測定処理が終了する。

【0104】

（6）第 1 の実施の形態の効果

（a）上記の膜厚測定装置 200 においては、膜の厚さの補正に用いられる補正情報を生成するために、基板 W 上の膜の第 1 の線状領域 LA1 の厚さに対応する第 1 および第 2 の線状データが生成される。第 1 の線状データは、基板 W が第 1 の向きで保持された状態で、投光部 220 の下方を基板保持装置 250 が前後方向に移動するときにラインセンサ 241 から出力される検出信号に基づいて生成される。第 2 の線状データは、基板 W が第 2 の向きで保持された状態で、投光部 220 の下方を基板保持装置 250 が前後方向に移動するときにラインセンサ 241 から出力される検出信号に基づいて生成される。第 1 の線状データと第 2 の線状データとの差分を示す情報が補正情報として算出される。 40

【0105】

算出された補正情報は、ラインセンサ 241 に直交する前後方向における位置にほとんど依存しない値とラインセンサ 241 に平行な左右方向における位置に依存する値との差分を表す。したがって、補正情報を用いて左右方向における位置に依存して異なる値を前後方向における位置に依存しない値に補正することができる。 50

【 0 1 0 6 】

膜の厚さを測定する際には、基板保持装置 2 5 0 により基板 W が保持された状態で、投光部 2 2 0 の下方を基板保持装置 2 5 0 が前後方向に移動するときにラインセンサ 2 4 1 から出力される検出信号に基づいて基板 W 上の膜の厚さに対応する面状データが生成される。生成された面状データから、膜の複数の帯状領域 B A の厚さに対応する複数の帯状データが生成される。

【 0 1 0 7 】

補正情報に基づいて各帯状データが補正される。それにより、補正後の各帯状データにおける各位置に対応する値は、ラインセンサ 2 4 1 に平行な左右方向における位置に依存した変動分を有しない。したがって、膜の各位置の厚さに対応する値を含む膜厚データが正確に算出される。その結果、算出された膜厚データに基づいて基板 W の表面に形成された膜の厚さを高い精度で測定することが可能になる。

【 0 1 0 8 】

(b) 上記の膜厚測定装置 2 0 0 においては、撮像部 2 4 0 の出力に基づいて画像データが生成されるごとに当該画像データについて厚さ変換処理が行われる。すなわち、第 1 の線状データ、第 2 の線状データおよび面状データの生成時に各データについて厚さ変換処理が行われる。それにより、膜厚データは基板 W 上の膜の各位置の厚さを示す値を含む。したがって、膜厚データに基づいて、基板 W 上の膜の各位置に対応する厚さを容易に取得することができる。

【 0 1 0 9 】

[2] 第 2 の実施の形態

本実施の形態では、基板検査装置および基板検査方法を説明する。第 2 の実施の形態に係る基板検査装置は、基板の一面における表面状態の欠陥の有無を判定する。本実施の形態においては、基板の一面には、膜および配線等が形成されていない未処理の基板の主面、膜および配線等が形成された表面構造を有する基板の主面が含まれる。

【 0 1 1 0 】

(1) 基板検査装置の構成および基本動作

第 2 の実施の形態に係る基板検査装置は、第 1 の実施の形態に係る図 1 の膜厚測定装置 2 0 0 に対して基本的に同じ構成を有する。基板検査装置においては、欠陥がないサンプルの基板 W の一面が撮像され、そのサンプルの基板 W の一面の画像を表す判定画像データが生成される。また、検査対象の基板 W の一面が撮像され、その基板 W の一面の画像を表す判定画像データが生成される。その後、サンプルの基板 W の判定画像データおよび検査対象の基板 W の判定画像データに基づいて、検査対象の基板 W の表面状態の欠陥の有無が判定される。ここで、本実施の形態に係る判定画像データは、基板 W の一面上の各位置の画像を表す値を含むデータである。

【 0 1 1 1 】

サンプルの基板 W および検査対象の基板 W の各々の判定画像データは、厚さ変換処理が行われない点を除いて第 1 の実施の形態に係る膜厚データと同様の方法で生成される。

【 0 1 1 2 】

(2) 基板検査装置の制御系

図 1 1 は、第 2 の実施の形態に係る基板検査装置の制御系を示すブロック図である。図 1 1 に示すように、第 2 の実施の形態に係る基板検査装置 3 0 0 の制御系は、制御装置 4 0 0 の機能的な構成を除いて第 1 の実施の形態に係る図 9 の膜厚測定装置 2 0 0 の制御系と同じ構成を有する。本実施の形態に係る制御装置 4 0 0 は、制御部 4 0 1、補正情報生成部 4 5 0、画像取得部 4 6 0、画像補正部 4 7 0 および判定部 4 8 0 を有する。また、補正情報生成部 4 5 0 は、第 1 の線状データ生成部 4 5 1、第 2 の線状データ生成部 4 5 2 および補正情報算出部 4 5 3 を含む。さらに、画像取得部 4 6 0 は面状データ生成部 4 6 1 を含み、画像補正部 4 7 0 は帯状データ補正部 4 7 1 および帯状データ生成部 4 7 2 を含む。

【 0 1 1 3 】

図 11 の制御部 401 は、第 1 の実施の形態に係る図 9 の制御部 401 と同様に、投光部 220、撮像部 240、基板保持装置 250 および移動部 260 の動作を制御する。また、制御部 401 は、基板保持装置 250 の駆動装置 251 (図 2) のエンコーダから出力信号を取得するとともに、ノッチ検出部 270 からノッチの検出結果を取得する。

【0114】

補正情報生成部 450 は、判定画像データの生成に用いる補正情報の生成時に動作する。補正情報生成部 450 においては、第 1 の線状データ生成部 451 は、基板 W が第 1 の向きで保持された状態で撮像部 240 から出力される検出信号に基づいて第 1 の線状データを生成する。本実施の形態では、第 1 の線状データ生成部 451 は、第 1 の線状データについて厚さ変換処理を行わない。

10

【0115】

第 2 の線状データ生成部 452 は、基板 W が第 2 の向きで保持された状態で撮像部 240 から出力される検出信号に基づいて第 2 の線状データを生成する。本実施の形態では、第 2 の線状データ生成部 452 は、第 2 の線状データについて厚さ変換処理を行わない。

【0116】

補正情報算出部 453 は、生成された第 1 の線状データと第 2 の線状データとの差分を算出することにより実差分データを生成し、実差分データに基づいて補正情報を生成する。生成された補正情報は、画像補正部 470 の帯状データ補正部 471 に与えられる。

【0117】

画像取得部 460 は、基板 W の一面の画像の取得時に動作する。画像取得部 460 においては、面状データ生成部 461 は、基板 W が所定の向きで保持された状態で撮像部 240 から出力される検出信号に基づいて面状データを生成する。面状データ生成部 461 は、面状データについて厚さ変換処理を行わない。

20

【0118】

画像補正部 470 は、面状データ生成部 461 により生成された面状データを補正する際に動作する。画像補正部 470 においては、帯状データ補正部 471 は、補正情報算出部 453 から与えられる補正情報を記憶する。帯状データ生成部 472 は、面状データ生成部 461 により生成された面状データから複数の帯状データを生成する。帯状データ補正部 471 は、記憶された補正情報に基づいて各帯状データを補正する。また、帯状データ補正部 471 は、補正後の複数の帯状データを合成することにより判定画像データを生成し、生成された判定画像データを記憶する。

30

【0119】

判定部 480 は、サンプルの基板 W の判定画像データおよび検査対象の基板 W の判定画像データに基づいて検査対象の基板 W の表面状態の欠陥の有無を判定する。具体的には、判定部 480 は、サンプルの基板 W の判定画像データと検査対象の基板 W の判定画像データとの画素ごとの差分を算出し、算出された差分が予め定められた許容範囲内にあるか否かに基づいて欠陥の有無を判定する。欠陥の判定結果が表示部 280 に表示される。

【0120】

(3) 欠陥判定処理

図 12 は、第 2 の実施の形態に係る欠陥判定処理のフローチャートである。欠陥判定処理においては、図 11 の制御装置 400 は、まず欠陥がないサンプルの基板 W の判定画像データを生成する (ステップ S21)。次に、制御装置 400 は、検査対象の基板 W の判定画像データを生成する (ステップ S22)。

40

【0121】

その後、制御装置 400 は、サンプルの基板 W の判定画像データおよび検査対象の基板 W の判定画像データに基づいて、検査対象の基板 W の表面状態の欠陥の有無を判定する (ステップ S23)。最後に、制御装置 400 は、判定結果を表示部 280 に表示し、欠陥判定処理を終了する。ステップ S23 の処理で欠陥があると判定された基板 W は、精密検査または再生処理の対象となる。

【0122】

50

上記のステップ S 2 1 , S 2 2 において、サンプルの基板 W および検査対象の基板 W の各々の判定画像データは、以下に説明する判定画像データ生成処理により生成される。

【 0 1 2 3 】

図 1 3 は、判定画像データ生成処理のフローチャートである。判定画像データ生成処理が開始されると、図 1 1 の補正情報生成部 4 5 0 は、帯状データ補正部 4 7 1 に補正情報が記憶されているか否かを判定する（ステップ S 3 1 ）。帯状データ補正部 4 7 1 に補正情報が記憶されている場合、補正情報生成部 4 5 0 は後述するステップ S 3 5 の処理に進む。一方、帯状データ補正部 4 7 1 に補正情報が存在しない場合、図 1 1 の制御部 4 0 1 および第 1 の線状データ生成部 4 5 1 は、投光部 2 2 0、撮像部 2 4 0、基板保持装置 2 5 0 および移動部 2 6 0 を制御し、基板 W を第 1 の向きで保持しつつ基板 W 上の膜の全体を撮像することにより第 1 の線状データを生成する（ステップ S 3 2 ）。

10

【 0 1 2 4 】

次に、図 1 1 の制御部 4 0 1 および第 2 の線状データ生成部 4 5 2 は、投光部 2 2 0、撮像部 2 4 0、基板保持装置 2 5 0 および移動部 2 6 0 を制御し、基板 W を第 2 の向きで保持しつつ基板 W 上の膜の全体を撮像することにより第 2 の線状データを生成する（ステップ S 3 3 ）。

【 0 1 2 5 】

次に、図 1 1 の補正情報算出部 4 5 3 は、生成された第 1 の線状データと第 2 の線状データとの差分に基づいて補正情報を生成し、生成された補正情報を帯状データ補正部 4 7 1 に記憶させる（ステップ S 3 4 ）。

20

【 0 1 2 6 】

次に、図 1 1 の制御部 4 0 1 および面状データ生成部 4 6 1 は、投光部 2 2 0、撮像部 2 4 0、基板保持装置 2 5 0 および移動部 2 6 0 を制御し、基板 W を所定の向きで保持しつつ基板 W 上の膜の全体を撮像することにより面状データを生成する（ステップ S 3 5 ）。また、図 1 1 の帯状データ生成部 4 7 2 は、面状データ生成部 4 6 1 により生成された面状データから複数の帯状データを生成する（ステップ S 3 6 ）。

【 0 1 2 7 】

次に、図 1 1 の帯状データ補正部 4 7 1 は、記憶された補正情報に基づいて生成された各帯状データを補正し、補正後の複数の帯状データを合成することにより判定画像データを生成し、生成された判定画像データを記憶する（ステップ S 3 7 ）。それにより、判定画像データ生成処理が終了する。

30

【 0 1 2 8 】

（ 4 ）第 2 の実施の形態の効果

上記の基板検査装置 3 0 0 においては、サンプルの基板 W および検査対象の基板 W について、それぞれ判定画像データが生成される。判定画像データの生成時には、基板 W の一面の画像の補正に用いられる補正情報を生成するために、基板 W の一面の第 1 の線状領域 L A 1 の画像を表す第 1 および第 2 の線状データが生成される。第 1 の線状データと第 2 の線状データとの差分を示す情報が補正情報として算出される。

【 0 1 2 9 】

面状データの生成時には、基板保持装置 2 5 0 により基板 W が保持された状態で、投光部 2 2 0 の下方を基板保持装置 2 5 0 が前後方向に移動するときにラインセンサ 2 4 1 から出力される検出信号に基づいて基板 W の一面の画像を表す面状データが生成される。生成された面状データから、膜の複数の帯状領域 B A の画像を表す複数の帯状データが生成される。

40

【 0 1 3 0 】

補正情報に基づいて各帯状データが補正される。それにより、補正後の各帯状データにおける各位置に対応する値は、ラインセンサ 2 4 1 に平行な左右方向における位置に依存した変動分を有しない。したがって、基板 W の一面上の各位置の画像を表す判定画像データが正確に算出される。その結果、算出された判定画像データに基づいて基板 W の表面状態の欠陥の有無を高い精度で判定することが可能になる。

50

【 0 1 3 1 】

[3] 第 3 の実施の形態

第 3 の実施の形態に係る基板処理装置は、第 1 の実施の形態に係る膜厚測定装置 2 0 0 および第 2 の実施の形態に係る基板検査装置 3 0 0 を備える。図 1 4 は、第 3 の実施の形態に係る基板処理装置の全体構成を示す模式的ブロック図である。図 1 4 に示すように、基板処理装置 1 0 0 は、露光装置 9 0 0 に隣接して設けられ、第 1 の実施の形態に係る膜厚測定装置 2 0 0 および第 2 の実施の形態に係る基板検査装置 3 0 0 を備えるとともに、制御装置 1 1 0、搬送装置 1 2 0、塗布処理部 1 3 0、現像処理部 1 4 0 および熱処理部 1 5 0 を備える。

【 0 1 3 2 】

10

制御装置 1 1 0 は、例えば C P U およびメモリ、またはマイクロコンピュータを含み、搬送装置 1 2 0、塗布処理部 1 3 0、現像処理部 1 4 0 および熱処理部 1 5 0 の動作を制御する。また、制御装置 1 1 0 は、基板 W 上の膜の厚さを測定するための指令を膜厚測定装置 2 0 0 に与える。さらに、制御装置 1 1 0 は、基板 W の一面の表面状態を検査するための指令を基板検査装置 3 0 0 に与える。

【 0 1 3 3 】

搬送装置 1 2 0 は、基板 W を塗布処理部 1 3 0、現像処理部 1 4 0、熱処理部 1 5 0、膜厚測定装置 2 0 0、基板検査装置 3 0 0 および露光装置 9 0 0 の間で搬送する。

【 0 1 3 4 】

塗布処理部 1 3 0 は複数の処理ユニット P U を含む。処理ユニット P U には、スピンドル 1 3 1 により回転される基板 W にレジスト膜を形成するための処理液を供給する処理液ノズル 1 3 2 が設けられる。各処理ユニット P U は、未処理の基板 W の一面上にレジスト膜を形成する（塗布処理）。レジスト膜が形成された塗布処理後の基板 W には、露光装置 9 0 0 において露光処理が行われる。

20

【 0 1 3 5 】

現像処理部 1 4 0 は、露光装置 9 0 0 による露光処理後の基板 W に現像液を供給することにより、基板 W の現像処理を行う。熱処理部 1 5 0 は、塗布処理部 1 3 0 による塗布処理、現像処理部 1 4 0 による現像処理、および露光装置 9 0 0 による露光処理の前後に基板 W の熱処理を行う。

【 0 1 3 6 】

30

膜厚測定装置 2 0 0 は、塗布処理部 1 3 0 により基板 W 上のレジスト膜の厚さを測定（膜厚測定処理）する。例えば、膜厚測定装置 2 0 0 は、塗布処理部 1 3 0 による塗布処理後かつ露光装置 9 0 0 による露光処理前の基板 W について、基板 W 上のレジスト膜の厚さを測定する。

【 0 1 3 7 】

基板検査装置 3 0 0 は、塗布処理部 1 3 0 によりレジスト膜が形成された後の基板 W の検査（欠陥判定処理）を行う。例えば、基板検査装置 3 0 0 は、塗布処理部 1 3 0 による塗布処理後かつ露光装置 9 0 0 による露光処理前の基板 W の検査を行う。

【 0 1 3 8 】

搬送装置 1 2 0 は、欠陥がないと判定された基板 W を露光装置 9 0 0 に搬送する。一方、搬送装置 1 2 0 は、欠陥があると判定された基板 W を露光装置 9 0 0 に搬送しない。それにより、欠陥が存在する基板 W に露光処理が行われることが防止される。

40

【 0 1 3 9 】

なお、基板検査装置 3 0 0 は、塗布処理部 1 3 0 による塗布処理後かつ露光装置 9 0 0 による露光処理後かつ現像処理部 1 4 0 による現像処理後の基板 W の検査を行ってもよい。あるいは、基板検査装置 3 0 0 は、塗布処理部 1 3 0 による塗布処理後かつ露光装置 9 0 0 による露光処理後かつ現像処理部 1 4 0 による現像処理前の基板 W の検査を行ってもよい。

【 0 1 4 0 】

上記の基板処理装置 1 0 0 においては、塗布処理部 1 3 0 には、基板 W に反射防止膜を

50

形成する処理ユニットが設けられてもよい。この場合、熱処理部 150 は、基板 W と反射防止膜との密着性を向上させるための密着強化処理を行ってもよい。また、塗布処理部 130 には、基板 W 上のレジスト膜を保護するためのレジストカバー膜を形成する処理ユニットが設けられてもよい。

【0141】

基板 W の一面に上記の反射防止膜およびレジストカバー膜が形成される場合には、各膜の形成の後に膜厚測定装置 200 により当該膜の厚さが測定されてもよい。また、各膜の形成の後に基板検査装置 300 により基板 W の検査が行われてもよい。

【0142】

本実施の形態に係る基板処理装置 100 は、第 1 の実施の形態に係る膜厚測定装置 200 を備えるので、基板 W 上のレジスト膜、反射防止膜、レジストカバー膜等の膜の厚さを高い精度で測定することが可能である。それにより、測定結果に基づいて基板 W に対するより精密な処理を行うことが可能になる。

【0143】

また、基板処理装置 100 は、第 2 の実施の形態に係る基板検査装置 300 を備えるので、基板 W の表面状態の欠陥の有無を高い精度で判定することが可能である。それにより、判定結果に基づいて基板 W の処理不良および歩留まりの低下を抑制することができる。

【0144】

[4] 他の実施の形態

(1) 第 1 の実施の形態に係る膜厚測定装置 200 においては、撮像部 240 の出力に基づいて画像データが生成されるごとに当該画像データについて厚さ変換処理が行われるが、本発明はこれに限定されない。第 1 の線状データ、第 2 の線状データおよび面状データの生成時に各データについて厚さ変換処理を行わなくてもよい。この場合、膜厚データは基板 W 上の膜の各位置の厚さに対応する値として膜の各位置の画像を示す値を含むことになる。

【0145】

上記のように、厚さ変換処理を行わないことにより、ラインセンサ 241 から出力される検出信号に基づいて、第 1 の線状データ、第 2 の線状データおよび面状データを容易に生成することができる。さらに、膜厚データに基づいて、基板 W 上の膜の画像を表示部 280 に表示させることも可能になる。

【0146】

なお、膜厚測定装置 200 においては、膜厚データの生成時にのみ当該膜厚データについて厚さ変換処理が行われてもよい。

【0147】

(2) 第 2 の実施の形態に係る基板検査装置 300 においては、検査対象の基板 W について欠陥判定処理が行われるごとにサンプルの基板 W の判定画像データが生成されるが、本発明はこれに限定されない。共通の表面構造を有する複数の検査対象の基板 W について欠陥判定処理を行う場合には、予めサンプルの基板 W の判定画像データを生成し、生成された判定画像データを制御装置 400 内に記憶してもよい。あるいは、サンプルの基板 W の判定画像データとして予め定められた設計データを制御装置 400 内に記憶してもよい。この場合、2 枚目以降の検査対象の基板 W の欠陥判定処理を行う際には、ステップ S21 の処理を省略することができる。したがって、欠陥判定処理の効率が向上する。

【0148】

(3) 第 3 の実施の形態に係る基板処理装置 100 は、第 1 の実施の形態に係る膜厚測定装置 200 および第 2 の実施の形態に係る基板検査装置 300 を備えるが、膜厚測定装置 200 および基板検査装置 300 のうちいずれか一方のみを備えてもよい。

【0149】

(4) 第 1 および第 2 の実施の形態において、膜厚測定装置 200 および基板検査装置 300 には反射部 230 が設けられるが、本発明はこれに限定されない。撮像部 240 が基板 W からの光を直接受光するように構成される場合には、反射部 230 が設けられなく

10

20

30

40

50

てもよい。

【 0 1 5 0 】

(5) 第 1 および第 2 の実施の形態において、移動部 2 6 0 は、投光部 2 2 0、反射部 2 3 0 および撮像部 2 4 0 に対して基板保持装置 2 5 0 を前後方向に移動させるように構成されるが、本発明はこれに限定されない。移動部 2 6 0 は、撮像部 2 4 0 の撮像領域が基板 W の一面の全体を通過するように、基板保持装置 2 5 0 に対して投光部 2 2 0、反射部 2 3 0 および撮像部 2 4 0 を前後方向に移動させるように構成されてもよい。

【 0 1 5 1 】

[5] 請求項の各構成要素と実施の形態の各要素との対応関係

以下、請求項の各構成要素と実施の形態の各要素との対応の例について説明するが、本発明は下記の例に限定されない。

10

【 0 1 5 2 】

上記の実施の形態では、膜厚測定装置 2 0 0 が膜厚測定装置の例であり、基板保持装置 2 5 0 および制御部 4 0 1 が保持部の例であり、撮像部 2 4 0 および制御部 4 0 1 が撮像部の例であり、移動部 2 6 0 および制御部 4 0 1 が移動部の例である。

【 0 1 5 3 】

また、補正情報生成部 4 1 0、4 5 0 が補正情報生成部の例であり、膜厚測定部 4 2 0 が膜厚測定部の例であり、膜厚補正部 4 3 0 が膜厚補正部の例であり、第 1 の線状データ生成部 4 1 1、4 5 1 が第 1 の線状データ生成部の例であり、第 2 の線状データ生成部 4 1 2、4 5 2 が第 2 の線状データ生成部の例であり、補正情報算出部 4 1 3、4 5 3 が補正情報算出部の例である。

20

【 0 1 5 4 】

また、面状データ生成部 4 2 1、4 6 1 が面状データ生成部の例であり、帯状データ生成部 4 3 2、4 7 2 が帯状データ生成部の例であり、帯状データ補正部 4 3 1、4 7 1 が帯状データ補正部の例であり、基板検査装置 3 0 0 が基板検査装置の例であり、画像取得部 4 6 0 が画像取得部の例であり、画像補正部 4 7 0 が画像補正部の例であり、判定部 4 8 0 が判定部の例である。

【 0 1 5 5 】

請求項の各構成要素として、請求項に記載されている構成または機能を有する他の種々の要素を用いることもできる。

30

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 5 6 】

本発明は、種々の基板の測定および検査に有効に利用することができる。

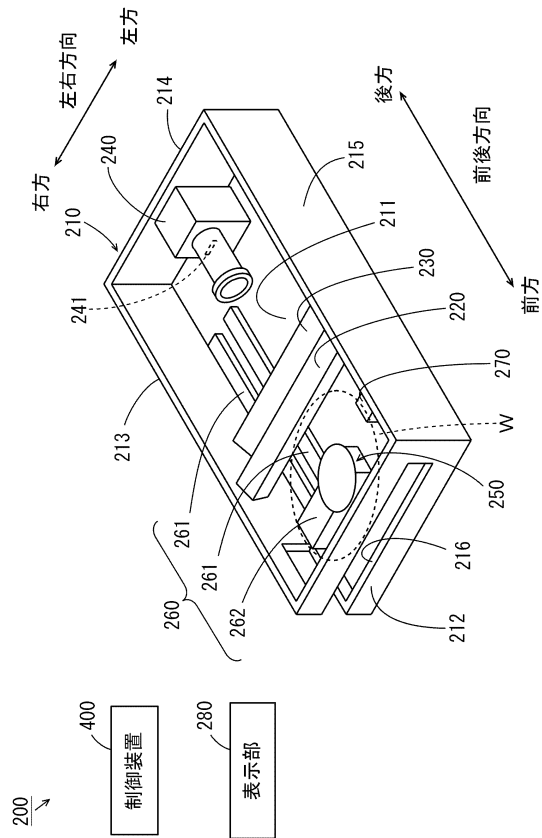
【 符号の説明 】

【 0 1 5 7 】

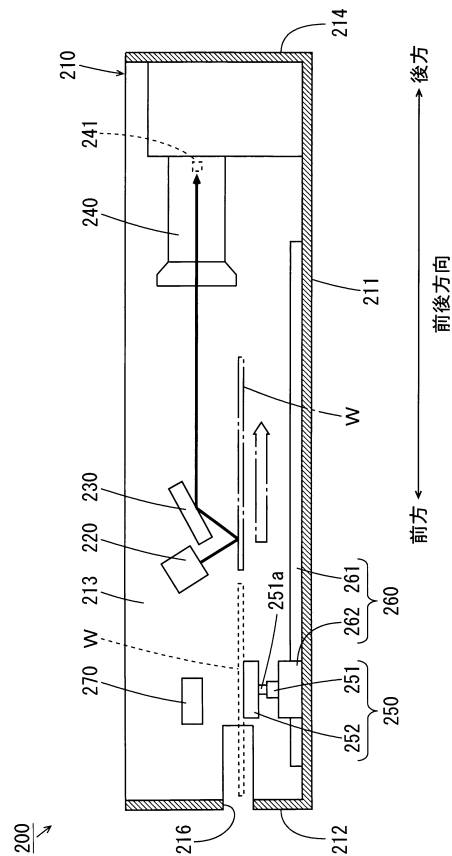
1 0 0 ... 基板処理装置, 1 1 0, 4 0 0 ... 制御装置, 1 2 0 ... 搬送装置, 1 3 0 ... 塗布処理部, 1 3 1 ... スピンチャック, 1 3 2 ... 処理液ノズル, 1 4 0 ... 現像処理部, 1 5 0 ... 熱処理部, 2 0 0 ... 膜厚測定装置, 2 1 0 ... 筐体部, 2 1 1 ... 底面部, 2 1 2 ~ 2 1 5 ... 側面部, 2 1 6 ... 開口部, 2 2 0 ... 投光部, 2 3 0 ... 反射部, 2 4 0 ... 撮像部, 2 4 1 ... ラインセンサ, 2 5 0 ... 基板保持装置, 2 5 1 ... 駆動装置, 2 5 1 a ... 回転軸, 2 5 2 ... 回転保持部, 2 6 0 ... 移動部, 2 6 1 ... ガイド部材, 2 6 2 ... 移動保持部, 2 7 0 ... ノッチ検出部, 2 8 0 ... 表示部, 3 0 0 ... 基板検査装置, 4 0 1 ... 制御部, 4 1 0, 4 5 0 ... 補正情報生成部, 4 1 1, 4 5 1 ... 第 1 の線状データ生成部, 4 1 2, 4 5 2 ... 第 2 の線状データ生成部, 4 1 3, 4 5 3 ... 補正情報算出部, 4 2 0 ... 膜厚測定部, 4 2 1, 4 6 1 ... 面状データ生成部, 4 3 0 ... 膜厚補正部, 4 3 1, 4 7 1 ... 帯状データ補正部, 4 3 2, 4 7 2 ... 帯状データ生成部, 4 6 0 ... 画像取得部, 4 7 0 ... 画像補正部, 4 8 0 ... 判定部, 9 0 0 ... 露光装置, B A ... 帯状領域, L A 0 ... 線状領域, L A 1 ... 第 1 の線状領域, L A 2 ... 第 2 の線状領域, P U ... 処理ユニット, V S ... 仮想面, W ... 基板, W C ... 中心

40

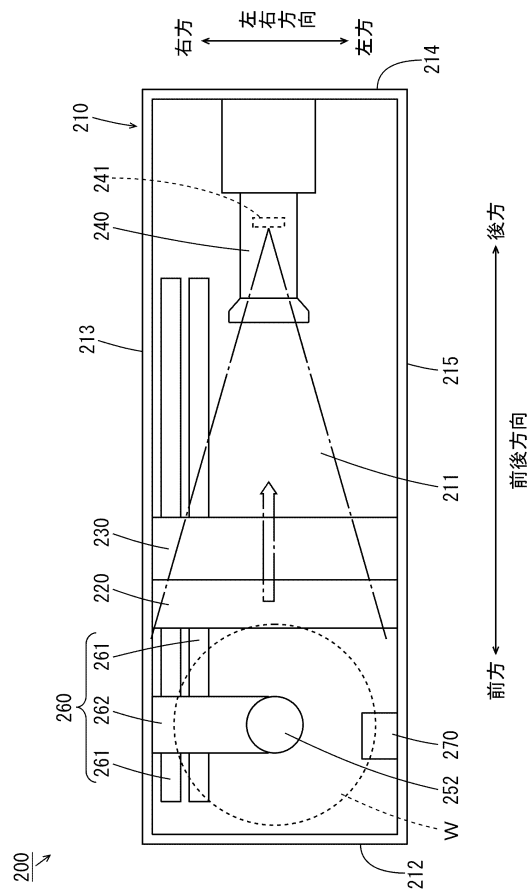
【 図 1 】



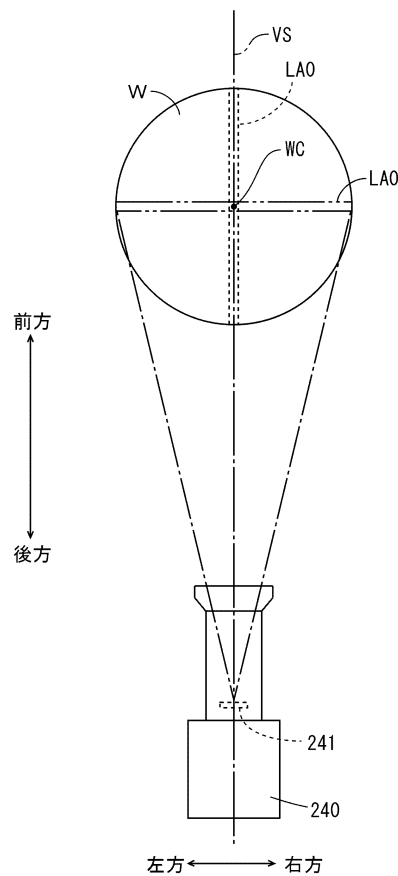
【 図 2 】



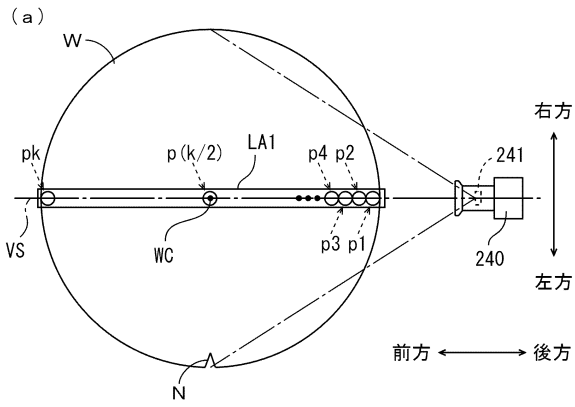
【 図 3 】



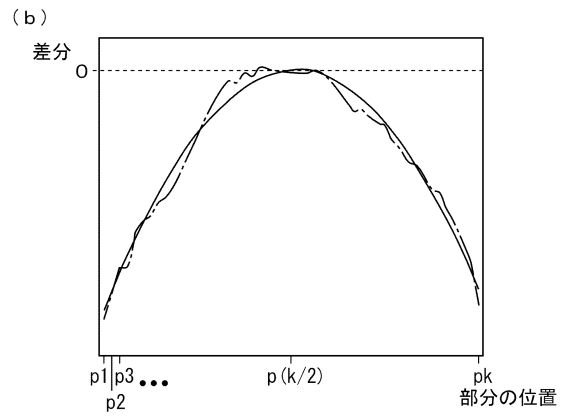
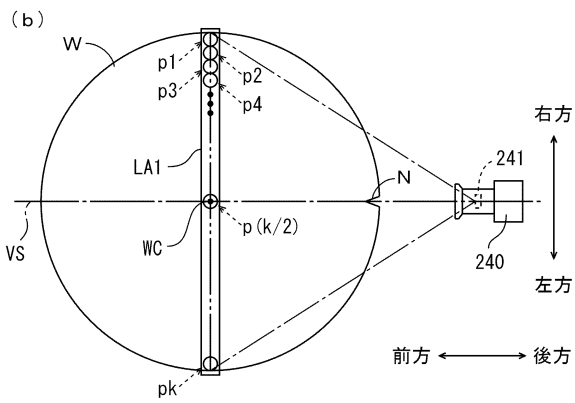
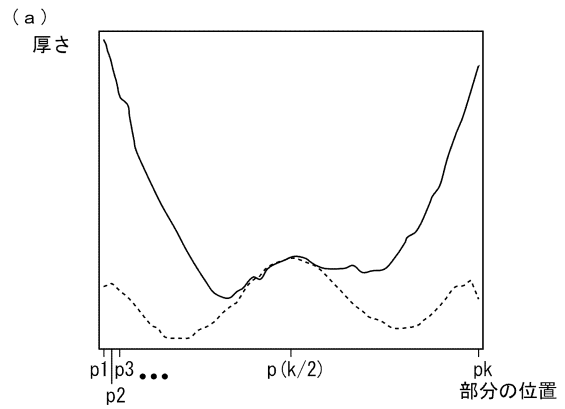
【 図 4 】



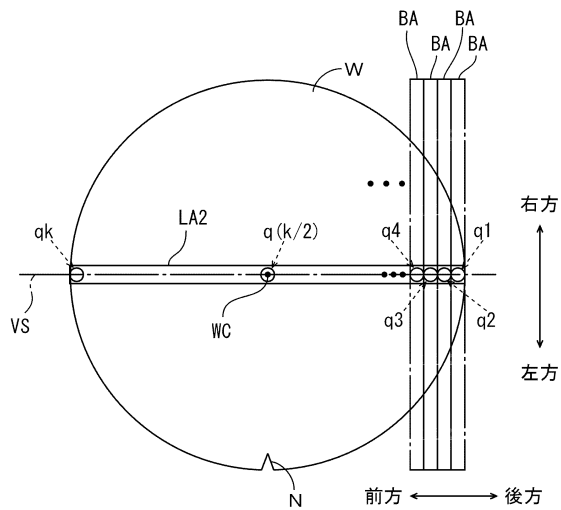
【図 5】



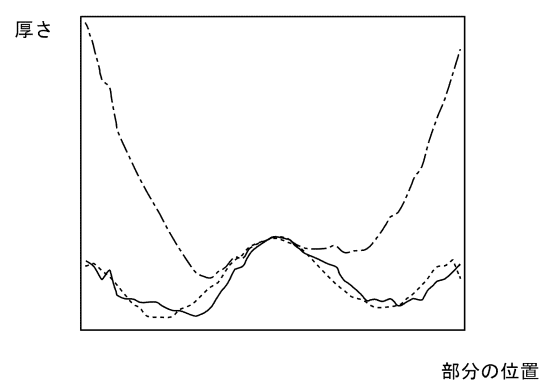
【図 6】



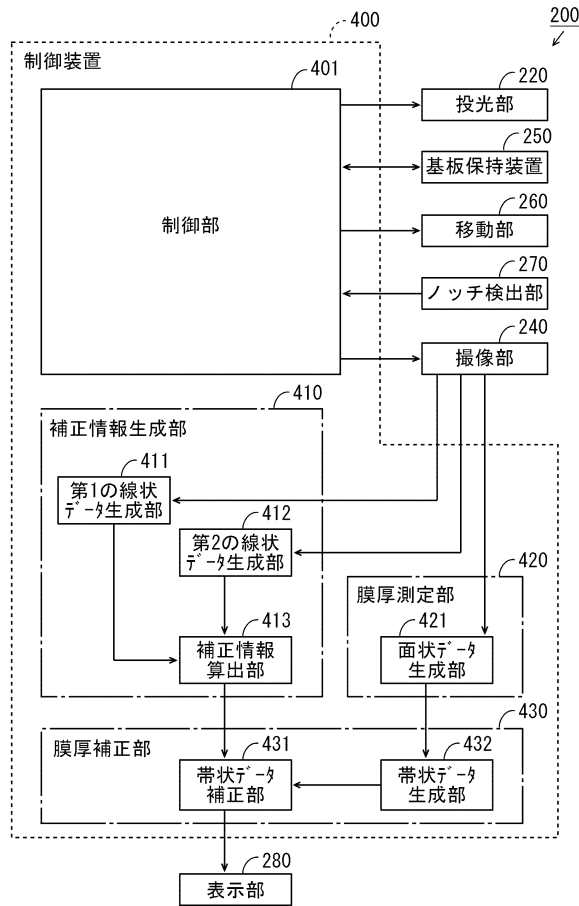
【図 7】



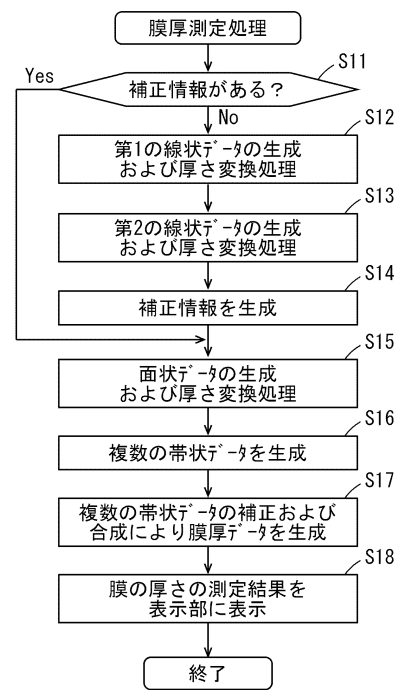
【図 8】



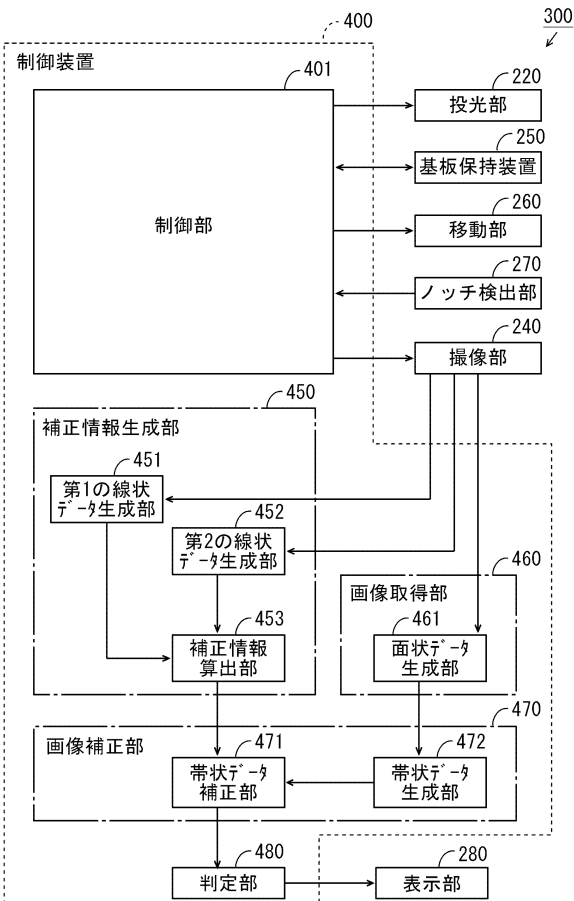
【図 9】



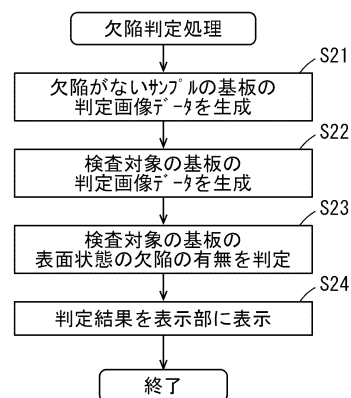
【図 10】



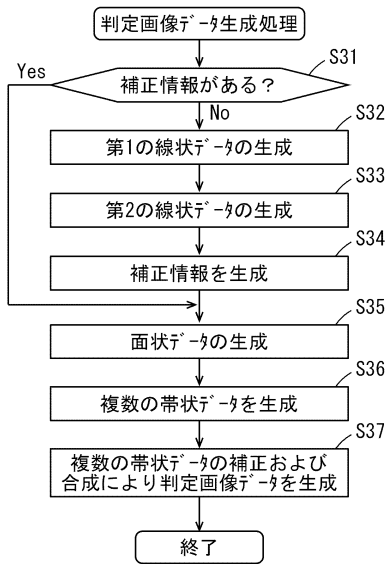
【図 11】



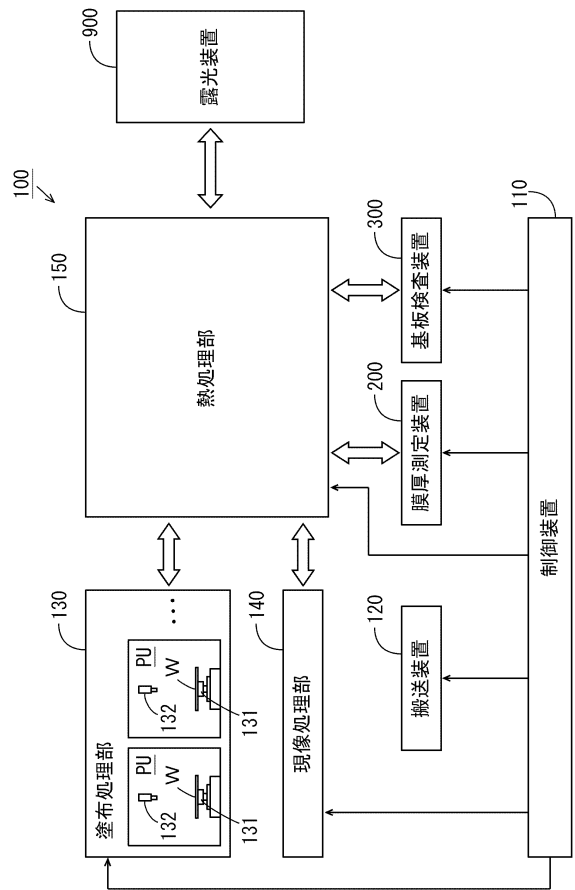
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(72)発明者 清水 英樹

京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 株式会社SCREENセミコンダクターソリューションズ内

(72)発明者 田中 淳

京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 株式会社SCREENセミコンダクターソリューションズ内

審査官 國田 正久

(56)参考文献 特開2012-242325(JP,A)

特開昭62-261006(JP,A)

特開平9-54044(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/06

G01N 21/956

H01L 21/66