

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4323991号
(P4323991)

(45) 発行日 平成21年9月2日(2009.9.2)

(24) 登録日 平成21年6月12日(2009.6.12)

(51) Int.Cl.		F I			
GO 1 N	21/27	(2006.01)	GO 1 N	21/27	A
GO 1 B	11/06	(2006.01)	GO 1 N	21/27	B
			GO 1 B	11/06	G

請求項の数 9 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2004-79409 (P2004-79409)	(73) 特許権者	000207551
(22) 出願日	平成16年3月19日 (2004. 3. 19)		大日本スクリーン製造株式会社
(65) 公開番号	特開2005-265655 (P2005-265655A)		京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁
(43) 公開日	平成17年9月29日 (2005. 9. 29)		目天神北町 1 番地の 1
審査請求日	平成18年12月21日 (2006. 12. 21)	(74) 代理人	100110847
			弁理士 松阪 正弘
		(72) 発明者	藤本 博己
			京都府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 大日本スクリーン
			製造株式会社内
		(72) 発明者	近藤 教之
			京都府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 大日本スクリーン
			製造株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分光反射率測定装置、膜厚測定装置および分光反射率測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定対象物の分光反射率を測定する分光反射率測定装置であって、
対象物を撮像して、複数の波長にそれぞれ対応する複数の単色画像を取得する撮像部と

前記撮像部により取得された参照対象物の複数の参照単色画像を用いて、特定の画素からの距離に応じた複数の補正係数の設定が行われる補正係数設定部と、

前記撮像部により取得された測定対象物上の所定の領域の複数の測定単色画像のそれぞれについて、特定の画素の補正後の値を、前記特定の画素および前記特定の画素の周囲の画素の値、並びに、前記複数の補正係数を用いて求め、前記補正後の値に基づいて前記特定の画素に対応する前記測定対象物上の位置の反射率を求める分光反射率算出部と、
を備えることを特徴とする分光反射率測定装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の分光反射率測定装置であって、
前記補正係数設定部が、

前記複数の参照単色画像のそれぞれに基づいて、前記複数の補正係数を未知数として、前記特定の画素の既知の補正後の値および前記特定の画素の周囲の画素の値のそれぞれに補正係数を実質的に乗算し、複数の乗算後の値の和を前記特定の画素の値とする方程式を求め、前記複数の参照単色画像から求められた連立方程式を解くことにより前記複数の補正係数を求める補正係数算出部を有することを特徴とする分光反射率測定装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の分光反射率測定装置であって、
前記複数の参照単色画像のそれぞれが、互いに異なる波長における前記参照対象物上の所定のパターンを示す画像であり、前記複数の測定単色画像も前記所定のパターンを示すことを特徴とする分光反射率測定装置。

【請求項 4】

請求項 1 または 2 に記載の分光反射率測定装置であって、
前記複数の参照単色画像のそれぞれが一の波長において互いに異なるパターンを示す画像であり、前記補正係数設定部により前記複数の補正係数の設定が波長毎に行われ、
前記分光反射率算出部において、測定単色画像の波長に応じて演算に使用される複数の補正係数が選択されることを特徴とする分光反射率測定装置。

10

【請求項 5】

請求項 4 に記載の分光反射率測定装置であって、
同一パターンの位置を互いに変更した複数の画像が前記複数の参照単色画像に含まれることを特徴とする分光反射率測定装置。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の分光反射率測定装置であって、
前記補正係数設定部および前記分光反射率算出部において、前記特定の画素からほぼ同一の距離に存在する複数の画素の値が 1 つの代表値に置き換えられて取り扱われることを特徴とする分光反射率測定装置。

20

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の分光反射率測定装置であって、
多波長の光を出射する光源と、
前記光源からの光を対象物上へと導くとともに前記対象物からの反射光を前記撮像部へと導く光学系と、
それぞれが互いに異なる複数の波長の光を透過する複数のフィルタを有し、前記複数のフィルタのうち一つのフィルタを選択的に前記光源から対象物へと至る光路上に配置するフィルタユニットと、
をさらに備えることを特徴とする分光反射率測定装置。

【請求項 8】

測定対象物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、
請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の分光反射率測定装置と、
測定対象物を前記分光反射率測定装置の前記撮像部に対して相対的に移動する移動機構と、
前記分光反射率測定装置の前記撮像部により取得された画像に基づいて前記移動機構を制御する制御部と、
前記分光反射率測定装置にて求められた分光反射率に基づいて前記測定対象物上に形成された膜の厚さを求める膜厚算出部と、
を備えることを特徴とする膜厚測定装置。

30

【請求項 9】

測定対象物の分光反射率を測定する分光反射率測定方法であって、
参照対象物を撮像して複数の参照単色画像を取得する工程と、
前記複数の参照単色画像を用いて、特定の画素からの距離に応じた複数の補正係数の設定を行う工程と、
測定対象物上の所定の領域を撮像して複数の波長のそれぞれに対応する複数の測定単色画像を取得する工程と、
前記複数の測定単色画像のそれぞれについて、特定の画素の補正後の値を、前記特定の画素および前記特定の画素の周囲の画素の値、並びに、前記複数の補正係数を用いて求める工程と、
前記補正後の値に基づいて前記特定の画素に対応する前記測定対象物上の位置の反射率

40

50

を求める工程と、
を備えることを特徴とする分光反射率測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、測定対象物の分光反射率を測定する技術、および、測定対象物上に形成された膜の厚さを測定する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体製品の一定の品質を確保するため、半導体製造工程の検査工程では半導体基板（以下、「基板」という。）上に形成された膜（例えば、積層された薄膜）の厚さが測定される。膜の厚さの測定には、白色光を基板に照射して基板からの反射光を分光解析することにより分光反射率を求め、分光反射率に基づいて膜の厚さを算出する光干渉式の膜厚測定装置が従来より用いられる。

10

【0003】

なお、特許文献1では、白領域が黒領域に囲まれたサンプルに白色光を照射して撮像することにより、白領域からサンプル画像上の黒領域に対応する画素に影響を及ぼすフレア光に関するフレア広がり関数を求め、別途撮像されるカラーチャートにおける一のカラーパッチに関して、フレア広がり関数を用いることにより他のカラーパッチからのフレア光の影響を除いて分光反射率を求める手法が開示されている。

20

【特許文献1】特開平10-142053号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、近年では、互いに異なる複数の波長の光を基板に順次照射して複数の波長にそれぞれ対応する複数の単色画像（いわゆる、マルチバンド画像）を取得し、マルチバンド画像に基づいて分光反射率を求めることが試みられている。しかしながら、単色画像において基板上における所定の測定点に対応する画素値は、周囲からの光が回り込んだ影響を受けてしまうため（すなわち、S-V効果における迷光のため）、分光反射率を精度よく測定するには、ピンホールを有する部材を用いて不要な部分の光を遮蔽しなければならず、画像に基づいて反射率を正確に求めることができない。なお、南茂夫、合志陽一編、「分光技術ハンドブック」（朝倉書店、1990、p.213-214）によれば、S-V効果とは測定装置の光学系等に起因するフレア光により見かけの測光量が増加し、測光誤差を招く現象をいう。

30

【0005】

また、特許文献1の手法では、サンプルにおける白領域が周囲の黒領域に対応する画素に及ぼすフレア光の影響と、カラーチャートの一のカラーパッチから画像中の他のカラーパッチに対応する画素に及ぼすフレア光の影響とが同視できるものと仮定して各カラーパッチの分光反射率が測定されるため、測定精度が低下してしまう。

【0006】

40

本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、測定対象物の分光反射率を精度よく測定することを主たる目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

請求項1に記載の発明は、測定対象物の分光反射率を測定する分光反射率測定装置であって、対象物を撮像して、複数の波長にそれぞれ対応する複数の単色画像を取得する撮像部と、前記撮像部により取得された参照対象物の複数の参照単色画像を用いて、特定の画素からの距離に応じた複数の補正係数の設定が行われる補正係数設定部と、前記撮像部により取得された測定対象物上の所定の領域の複数の測定単色画像のそれぞれについて、特定の画素の補正後の値を、前記特定の画素および前記特定の画素の周囲の画素の値、並び

50

に、前記複数の補正係数を用いて求め、前記補正後の値に基づいて前記特定の画素に対応する前記測定対象物上の位置の反射率を求める分光反射率算出部とを備える。

【0008】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の分光反射率測定装置であって、前記補正係数設定部が、前記複数の参照単色画像のそれぞれに基づいて、前記複数の補正係数を未知数として、前記特定の画素の既知の補正後の値および前記特定の画素の周囲の画素の値のそれぞれに補正係数を実質的に乗算し、複数の乗算後の値の和を前記特定の画素の値とする方程式を求め、前記複数の参照単色画像から求められた連立方程式を解くことにより前記複数の補正係数を求める補正係数算出部を有する。

【0009】

請求項3に記載の発明は、請求項1または2に記載の分光反射率測定装置であって、前記複数の参照単色画像のそれぞれが、互いに異なる波長における前記参照対象物上の所定のパターンを示す画像であり、前記複数の測定単色画像も前記所定のパターンを示す。

【0010】

請求項4に記載の発明は、請求項1または2に記載の分光反射率測定装置であって、前記複数の参照単色画像のそれぞれが一の波長において互いに異なるパターンを示す画像であり、前記補正係数設定部により前記複数の補正係数の設定が波長毎に行われ、前記分光反射率算出部において、測定単色画像の波長に応じて演算に使用される複数の補正係数が選択される。

【0011】

請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の分光反射率測定装置であって、同一パターンの位置を互いに変更した複数の画像が前記複数の参照単色画像に含まれる。

【0012】

請求項6に記載の発明は、請求項1ないし5のいずれかに記載の分光反射率測定装置であって、前記補正係数設定部および前記分光反射率算出部において、前記特定の画素からほぼ同一の距離に存在する複数の画素の値が1つの代表値に置き換えられて取り扱われる。

【0013】

請求項7に記載の発明は、請求項1ないし6のいずれかに記載の分光反射率測定装置であって、多波長の光を出射する光源と、前記光源からの光を対象物上へと導くとともに前記対象物からの反射光を前記撮像部へと導く光学系と、それぞれが互いに異なる複数の波長の光を透過する複数のフィルタを有し、前記複数のフィルタのうちのフィルタを選択的に前記光源から対象物へと至る光路上に配置するフィルタユニットとをさらに備える。

【0014】

請求項8に記載の発明は、測定対象物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、請求項1ないし7のいずれかに記載の分光反射率測定装置と、測定対象物を前記分光反射率測定装置の前記撮像部に対して相対的に移動する移動機構と、前記分光反射率測定装置の前記撮像部により取得された画像に基づいて前記移動機構を制御する制御部と、前記分光反射率測定装置にて求められた分光反射率に基づいて前記測定対象物上に形成された膜の厚さを求める膜厚算出部とを備える。

【0015】

請求項9に記載の発明は、測定対象物の分光反射率を測定する分光反射率測定方法であって、参照対象物を撮像して複数の参照単色画像を取得する工程と、前記複数の参照単色画像を用いて、特定の画素からの距離に応じた複数の補正係数の設定を行う工程と、測定対象物上の所定の領域を撮像して複数の波長のそれぞれに対応する複数の測定単色画像を取得する工程と、前記複数の測定単色画像のそれぞれについて、特定の画素の補正後の値を、前記特定の画素および前記特定の画素の周囲の画素の値、並びに、前記複数の補正係数を用いて求める工程と、前記補正後の値に基づいて前記特定の画素に対応する前記測定対象物上の位置の反射率を求める工程とを備える。

【発明の効果】

【 0 0 1 6 】

請求項 1 ないし 7 並びに 9 の発明では、複数の単色画像に基づいて測定対象物の分光反射率を精度よく測定することができる。

【 0 0 1 7 】

また、請求項 2 の発明では、演算により複数の補正係数を求めることができる。

【 0 0 1 8 】

また、請求項 3 の発明では、所定のパターンに対して精度よく分光反射率を測定することができる。

【 0 0 1 9 】

また、請求項 4 の発明では、パターンに依存することなく分光反射率を測定することができ、請求項 5 の発明では、さらに、複数の参照単色画像を容易に取得することができる。

10

【 0 0 2 0 】

また、請求項 6 の発明では、演算を簡素化することができる。

【 0 0 2 1 】

また、請求項 7 の発明では、複数の単色画像を精度よく取得することができる。

【 0 0 2 2 】

請求項 8 の発明では、測定対象物の相対的移動に用いられる撮像部を利用して膜の厚さを求めることができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

20

【 0 0 2 3 】

図 1 は、本発明の一の実施の形態に係る膜厚測定装置 1 の構成を示す図である。膜厚測定装置 1 は、表面に薄膜が形成された基板 9（例えば、Si（シリコン）により形成される半導体基板）を保持するステージ 2、ステージ 2 を図 1 中の X 方向および Y 方向に移動するステージ移動機構 2 1、多波長の光（例えば、白色光）を出射する光源 3 1、基板 9 を撮像して画像を取得する撮像部 3 2、光源 3 1 からの光を基板 9 上へと導くとともに基板 9 からの反射光を撮像部 3 2 へと導く光学系 3 3、並びに、それぞれが互いに異なる複数の波長の光（正確には、互いに異なる複数の波長帯にそれぞれ含まれる複数の光）を透過する複数のフィルタ 3 4 1 を有するフィルタユニット 3 4 を備える。なお、図 1 では光学系 3 3 のプリズム 3 3 1 のみが図示されているが、光学系 3 3 には必要に応じてレンズやミラー等の各種光学素子が設けられる。

30

【 0 0 2 4 】

フィルタユニット 3 4 では図示省略のモータにより軸 3 4 2 J を中心に回転するホイール 3 4 2 に複数のフィルタ 3 4 1 が取り付けられており、ホイール 3 4 2 の回転により複数のフィルタ 3 4 1 のうちのフィルタ 3 4 1 が選択的に光源 3 1 から基板 9 へと至る光路上（図 1 では、光源 3 1 からプリズム 3 3 1 に至る光路上）に配置される。光源 3 1 からの光のうち選択されたフィルタ 3 4 1 を透過した光が基板 9 上に照射され、その反射光が撮像部 3 2 にて受光される。これにより、選択されたフィルタ 3 4 1 が透過する波長の光による基板 9 の単色画像が撮像部 3 2 により取得される。なお、フィルタユニット 3 4 では、各フィルタ 3 4 1 を透過する光の強度が一定となるように光源 3 1 から出射される光の分光強度に合わせて各フィルタの透過率が調整されているため、撮像部 3 2 において各フィルタ 3 4 1 に対応する単色画像が適切に取得される。

40

【 0 0 2 5 】

ステージ移動機構 2 1 はステージ 2 を図 1 中の X 方向に移動する X 方向移動機構 2 2、および、Y 方向に移動する Y 方向移動機構 2 3 を有する。X 方向移動機構 2 2 はモータ 2 2 1 にボールねじ（図示省略）が接続され、モータ 2 2 1 が回転することにより、Y 方向移動機構 2 3 がガイドレール 2 2 2 に沿って図 1 中の X 方向に移動する。Y 方向移動機構 2 3 も X 方向移動機構 2 2 と同様の構成となっており、モータ 2 3 1 が回転するとボールねじ（図示省略）によりステージ 2 がガイドレール 2 3 2 に沿って Y 方向に移動する。

【 0 0 2 6 】

50

膜厚測定装置 1 は撮像部 3 2 により取得された単色画像のデータが入力されるコンピュータ 4 をさらに備える。膜厚測定装置 1 ではコンピュータ 4 により単色画像データに基づいて基板 9 の分光反射率が求められ、分光反射率に基づいて基板 9 上の膜の厚さが取得される。また、コンピュータ 4 は膜厚測定装置 1 の各構成を制御する制御部としての役割も担う。

【 0 0 2 7 】

図 2 は、コンピュータ 4 の構成を示す図である。コンピュータ 4 は、図 2 に示すように、各種演算処理を行う CPU 4 1、基本プログラムを記憶する ROM 4 2 および各種情報を記憶する RAM 4 3 をバスラインに接続した一般的なコンピュータシステムの構成となっている。バスラインにはさらに、情報記憶を行う固定ディスク 4 4、画像等の各種情報の表示を行うディスプレイ 4 5、作業からの入力を受け付けるキーボード 4 6 a およびマウス 4 6 b、光ディスク、磁気ディスク、光磁気ディスク等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体 8 から情報の読み取りを行う読取装置 4 7、並びに、膜厚測定装置 1 の他の構成との間で信号を送受信する通信部 4 8 が、適宜、インターフェイス (I / F) を介する等して接続される。

10

【 0 0 2 8 】

図 3 はコンピュータ 4 の CPU 4 1、ROM 4 2、RAM 4 3、固定ディスク 4 4 等が実現する機能構成を示す図であり、図 3 において、演算部 5 0 の各構成が CPU 4 1 等により実現される機能を示す。なお、演算部 5 0 の機能は専用の電気的回路により実現されてもよく、部分的に専用の電気的回路が用いられてもよい。

20

【 0 0 2 9 】

図 4 は膜厚測定装置 1 が基板 9 上の膜の厚さを測定する動作の流れを示す図である。膜厚測定装置 1 では、まず、後述の測定対象の基板と同一の膜構成であり、かつ、同一のパターンを有する参照対象の基板 9 (以下、「参照基板 9 a」という。) がステージ 2 上に載置される。なお、参照基板 9 a では積層形成された膜の物性や膜厚等を示す膜情報 (具体的には、想定される膜厚と光学定数 (屈折率 n および消衰係数 k)) が既知である。

【 0 0 3 0 】

例えば、参照基板 9 a には、図 5 に例示する矩形のパターン 7 1 (例えば、Cu (銅) により形成されるパターン) が形成されており、図 1 のフィルタユニット 3 4 において所定のフィルタ 3 4 1 が選択され、撮像部 3 2 により単色画像が取得される。そして、取得された単色画像に基づいてコンピュータ 4 によりステージ移動機構 2 1 が制御され、参照基板 9 a が移動してパターン 7 1 が撮像部 3 2 による撮像領域の中央に位置決めされる (ステップ S 1 1)。すなわち、単色画像の中央の画素 (以下、「特定画素」という。) に対応する位置に参照基板 9 a 上のパターン 7 1 の中心が合わせられる。なお、単色画像に基づいて参照基板 9 a が位置決めされる際には、必要に応じてコンピュータ 4 においてパターンマッチングが行われる。

30

【 0 0 3 1 】

参照基板 9 a が位置決めされると、一の波長の光を透過するフィルタ 3 4 1 が選択され、この一の波長の光が参照基板 9 a に照射されて撮像部 3 2 により参照基板 9 a 上のパターン 7 1 を含む所定の領域の単色画像 (以下、「参照単色画像」という。) が取得される。続いて、フィルタユニット 3 4 により既に照射された光の波長と異なる他の波長の光を透過するフィルタ 3 4 1 が選択されて参照単色画像が取得される。このようにして上記処理が繰り返されることにより、それぞれが互いに異なる波長における参照基板 9 a 上のパターン 7 1 を示す複数の参照単色画像が取得される (ステップ S 1 2)。

40

【 0 0 3 2 】

続いて、取得された複数の参照単色画像を用いて特定画素からの距離に応じた複数の補正係数が求められ、図 3 の演算部 5 0 の補正係数設定部 5 1 において複数の補正係数の設定が行われる (ステップ S 1 3)。ここで、補正係数とは単色画像における光学系 3 3 等に起因する S - V 効果の影響を補正するためのものであり、後述する分光反射率を求める演算において利用される。

50

【0033】

図6は単色画像6の画素配列を示す図である。図6では特定画素の輪郭を太線にて示し、各画素に表した値が特定画素との間の距離を示している。また、図7は補正係数と特定画素からの距離との関係を示す図である。膜厚測定装置1では単色画像6において特定画素からほぼ同一の距離に存在する複数の画素（すなわち、図6において表された値が同一である複数の画素）が1つの集合（以下、「ゾーン」という。）として取り扱われ、各ゾーンおよび特定画素について補正係数が求められる。本実施の形態では、図7に示すように特定画素の補正係数が最大であり、特定画素からの距離が遠いゾーンほど補正係数が小さくなっている。求められた複数の補正係数は補正係数設定部51により分光反射率算出部52に設定される。なお、補正係数を求める処理の詳細については後述する。

10

【0034】

補正係数が設定されると参照基板9aが取り除かれ、参照基板9aと同様に図5に示す矩形のパターン71を有する測定対象の基板9（以下、「対象基板9」という。）がステージ2上に載置される。対象基板9は撮像部32により取得される単色画像（フィルタ341が光路上に配置されない場合の画像であってもよい。）に基づいて移動され、撮像部32による撮像領域の中央に対象基板9上の測定点であるパターン71の中心が位置決めされる（ステップS14）。そして、複数のフィルタ341のうち一つのフィルタ341が光源31からの光の経路上に配置され、対象基板9上のパターン71を含む所定の領域の単色画像（以下、「測定単色画像」という。）が取得される（ステップS15）。

【0035】

複数のフィルタ341が順次切り替えられることにより、複数の波長にそれぞれ対応する複数の測定単色画像が取得されると、続いて、分光反射率算出部52による反射率を算出する処理が行われる。

20

【0036】

ここで、反射率を算出する一般的な手法について説明する。まず、事前準備として、各フィルタ341に対応する波長の光により、パターンが形成されていないキャリブレーション用の基板（例えばSi（シリコン））の単色画像（以下、「キャリブレーション用単色画像」という。）が取得される。また、光源31から光を出射しない状態における撮像部32の出力を示す画像（すなわち、光をシャットアウトした状態で撮像部32の撮像素子（例えば、CCD）の出力を取り込むことにより得られる画像であり、以下、「ダーク画像」という。）が取得される。そして、各画像において各画素の値を光量として捉えて一の波長における測定単色画像の各画素値をMeasとし、同じ波長のキャリブレーション用単色画像の対応する画素値をCalibとし、ダーク画像の対応する画素値をDarkとすると、測定単色画像の各画素に対応する対象基板9上の位置での一の波長の光の反射率Reflectivityは数1により求められる。なお、反射率は必要に応じてパーセント表示とされてもよい。

30

【0037】

【数1】

$$\text{Reflectivity} = \frac{\text{Meas} - \text{Dark}}{\text{Calib} - \text{Dark}}$$

40

【0038】

数1ではキャリブレーション用単色画像を利用して相対的な反射率が求められるため、一定期間毎にキャリブレーション用単色画像を取得することにより（すなわち、キャリブレーションを行うことにより）、光源31の出力に経時変化が生じた場合であっても、求められる反射率への影響が抑制される。

【0039】

一方、撮像部32の撮像面において特定画素に対応する位置に入射する光には測定点からの反射光に加えて、S-V効果の影響により測定点の周囲の点（以下、「周囲点」という。）からの反射光も含まれる。例えば、図8に示すように、基板上的矩形領域の単色画

50

像を取得した場合、破線にて示すように、基板上的矩形領域からの光が単色画像中における矩形領域 9 1 の周辺領域 9 2 へと影響を与え、基板上的周辺領域からの光も単色画像中にける矩形領域 9 1 へと影響を与える。したがって、単色画像中の特定画素の値に相当する当該位置への入射光量は、測定点および周囲点のそれぞれにおける実際の反射光量（以下、「真の反射光量」という。）に測定点からの距離に応じた補正係数を乗じた値の和であると考えることができ、真の反射光量に基づいて数 1 の計算を行うことにより、測定点における真の（相対）反射率を求めることができる。

【 0 0 4 0 】

以下、測定点を単色画像における特定画素に、各周囲点を単色画像中の特定画素の周囲の画素にそれぞれ対応付けて測定点の真の反射光量を求め、真の反射光量に基づいて真の反射率を求める手法を詳細に説明するが、測定点に対して周囲点が位置する方向による影響を除くため、単色画像におけるゾーン毎に周囲点を取り扱われる。なお、測定点から無限遠にある周囲点からの反射光は無視することができると考えられ、例えば、特定画素に対応する測定点および周囲点の大きさが $5 \mu\text{m}$ 四方である場合には、測定点から約 $100 \mu\text{m}$ 以上離れた周囲点からの影響は無視できることが経験的に判っており、この場合、特定画素の周囲に 19 個のゾーンを設定すれば十分である。

10

【 0 0 4 1 】

まず、キャリブレーション用単色画像の特定画素の値に相当する入射光量 S_{cm} は、測定点からの真の反射光量 S_{cr0} 、測定点に対する補正係数 a_0 、キャリブレーション用の基板上的ゾーン j に含まれる周囲点の平均的な反射光量 S_{crj} 、ゾーン j に含まれる周囲点に対する補正係数 a_j により数 2 にて表すことができる。

20

【 0 0 4 2 】

【数 2】

$$S_{cm} = a_0 * S_{cr0} + a_1 * S_{cr1} + a_2 * S_{cr2} + \dots + a_j * S_{crj}$$

【 0 0 4 3 】

また、キャリブレーション用の基板上的測定点および周囲点のそれぞれにおける真の反射光量は全て同一（すなわち、 $(S_{cr0} = S_{crj})$ ）と考えられることから、測定点からの真の反射光量 S_{cr0} は数 3 にて表すことができる。

【 0 0 4 4 】

30

【数 3】

$$S_{cr0} = S_{cm} / (a_0 + a_1 + a_2 + \dots + a_j)$$

【 0 0 4 5 】

次に、測定単色画像の特定画素の値に相当する入射光量 S_{sm} は、測定点からの真の反射光量 S_{sr0} 、測定点に対する補正係数 a_0 、対象基板 9 上のゾーン j に含まれる周囲点の平均的な反射光量 S_{srj} 、ゾーン j に含まれる周囲点に対する補正係数 a_j により数 4 にて表すことができる。

【 0 0 4 6 】

【数 4】

40

$$S_{sm} = a_0 * S_{sr0} + a_1 * S_{sr1} + a_2 * S_{sr2} + \dots + a_j * S_{srj}$$

【 0 0 4 7 】

また、数 4 を変形することにより対象基板 9 上の測定点の真の反射光量 S_{sr0} は数 5 にて表される。

【 0 0 4 8 】

【数 5】

$$S_{sr0} = (S_{sm} - a_1 * S_{sr1} - a_2 * S_{sr2} - \dots - a_j * S_{srj}) / a_0$$

【 0 0 4 9 】

50

よって、測定単色画像の特定画素に対応する対象基板 9 上の測定点の真の反射率 R_{ef1} は、数 6 に準じて数 6 のように表すことができる。

【0050】

【数 6】

$$\begin{aligned} Refl &= Ssr0 / Scr0 \\ &= (a0 + a1 + a2 + \dots + aj) * \\ &\quad (Ssm - a1 * Ssr1 - a2 * Ssr2 - \dots - aj * Ssrj) / (Scm * a0) \end{aligned}$$

【0051】

ここで、数 6 において、入射光量 Scm をキャリブレーション用単色画像の特定画素の値とするとともに入射光量 Ssm を測定単色画像の特定画素の値とし、反射光量 $Scrj$ をキャリブレーション用単色画像中のゾーン j に含まれる画素値の平均値にて、反射光量 $Ssrj$ を測定単色画像中のゾーン j に含まれる画素値の平均値にてそれぞれ近似するものとする、キャリブレーション用単色画像および測定単色画像に基づいて真の反射率が求められる。分光反射率算出部 52 では、複数の測定単色画像のそれぞれについて数 6 に従って反射率の算出が行われることにより、波長毎の反射率が求められる。ただし、単色画像中の各画素値は対応するダーク画像の画素値にて予め減じられているものとする。

10

【0052】

このようにして、分光反射率算出部 52 において複数の測定単色画像のそれぞれについて、特定画素および特定画素の周囲の画素の値、並びに、複数の補正係数を用いて特定画素の値を補正して（ステップ S16）、特定画素の補正後の値に基づいて特定画素に対応する対象基板 9 上の位置の反射率を求める処理が実質的に行われる（ステップ S17）。なお、上述のようにキャリブレーション用単色画像の画素値は全て同一と考えられることから、数 4 の両辺をキャリブレーション用単色画像の画素値で除すると、概念的には（（特定画素のみの値に基づく反射率）＝（測定点の真の反射率の影響）＋（周囲点の反射率の影響））と表すことができる。

20

【0053】

図 9 は対象基板 9 上のパターン 71 に対する分光反射率の測定例を示す図である。図 9 において線 81 は分光反射率算出部 52 における上記処理により求められた分光反射率を示し、線 82 は対象基板 9 上の膜構成に基づいて後述する反射率の理論式により求められた理論分光反射率を示し、線 83 は上記処理を行わなかった場合の分光反射率（すなわち、特定画素の値をそのまま用いて求められた分光反射率）を示している。図 9 より、分光反射率算出部 52 において理論分光反射率に近似した分光反射率が求められることが判る。なお、実際には、図 10 に例示する点のように、互いに異なる複数の波長のそれぞれにおいて離散的に反射率が求められることから、所定の手法により離散点が結ばれて分光反射率が波長の関数として求められる。もちろん、離散的に求められた複数の反射率がそのまま 1 つの分光反射率として取り扱われてもよい。

30

【0054】

分光反射率が求められると、膜厚算出部 53 により分光反射率に基づいて対象基板 9 上に形成された膜の厚さが求められる（ステップ S18）。例えば、後述の反射率の理論式に基づいて膜の厚さを変更しつつシミュレーションを行うことにより複数の膜の厚さにそれぞれ対応する複数の参照用の分光反射率を予め準備しておき、複数の参照用の分光反射率のうち分光反射率算出部 52 により求められた分光反射率と最も近似したものが特定される。そして、特定された参照用の分光反射率に対応付けられた膜の厚さが出力されることにより、対象基板 9 上に形成された膜の厚さが求められる。

40

【0055】

次に、ステップ S13 における補正係数が設定される処理について説明する。図 11 は補正係数と特定画素からの距離との関係の概略を示す図である。上述のように、単色画像中の特定画素の値が、測定点および周囲点のそれぞれにおける真の反射光量（実際には周囲点についてはゾーンからの平均反射光量）に測定点からの距離に応じた補正係数を乗じ

50

た値の和に基づくものであると考えた場合には、測定点および周囲点の特定画素への影響度である補正係数は、理想的には図 1 1 において示すように特定画素からの距離（または、測定点からの距離）が長くなるに従って小さくなると考えられる。

【 0 0 5 6 】

一方で、キャリブレーション用の基板に対しては、上述のように測定点および周囲点のそれぞれにおける真の反射光量は全て同一であり、キャリブレーション用単色画像中の各画素値に相当する入射光量も同様となると考えられることから、数 3 において (S c r 0 = S c m) として数 7 の条件が導かれる。

【 0 0 5 7 】

【数 7】

$$a_0 + a_1 + a_2 + \dots + a_j = 1$$

【 0 0 5 8 】

したがって、ステップ S 1 3 では数 7 の条件を満たしつつ図 1 1 に示す関係に基づく複数の補正係数の候補（以下、「候補係数群」という。）が、操作者により入力されることにより、補正係数設定部 5 1 により入力された候補係数群が数 6 に設定される。そして、各参照単色画像から得られる画素値に基づいて演算が行われ、入力された候補係数群による演算結果と理論分光反射率との近似の度合いを示す評価値が出力される。

【 0 0 5 9 】

ここで、参照基板 9 a の理論分光反射率は既知の膜情報に基づいて数 8 により求めることができる。数 8 において、 n_0 は空気の屈折率、 n_1 は薄膜の屈折率、 n_2 は基板の屈折率、 d は膜厚、 λ は波長をそれぞれ示す。

【 0 0 6 0 】

【数 8】

$$R = 1 - \frac{8 n_0 n_1^2 n_2}{(n_0^2 + n_1^2)(n_1^2 + n_2^2) + 4 n_0 n_1^2 n_2 + (n_0^2 - n_1^2)(n_1^2 - n_2^2) \cos 2 \delta_1}$$

$$\text{ただし、} \delta_1 = \frac{2 \pi}{\lambda} n_1 d$$

【 0 0 6 1 】

操作者は、評価値に基づいて候補係数群の変更を繰り返し（いわゆる、トライアンドエラー）、所定の値以上の評価値が得られると、その候補係数群が分光反射率算出部 5 2 において利用される複数の補正係数として設定される。なお、参照基板 9 a について外部の光干渉式の膜厚測定装置等を用いて予め求められた分光反射率が、理論分光反射率に代えて利用されてもよい。

【 0 0 6 2 】

以上のように、図 1 の膜厚測定装置 1 では、参照基板 9 a 上の所定のパターンを示す複数の参照単色画像を用いて複数の補正係数が設定されるとともに、対象基板 9 の位置決めにより、対象基板 9 上の参照基板 9 a と同一のパターンを示す複数の測定単色画像が複数の波長に対してそれぞれ取得される。そして、複数の測定単色画像のそれぞれについて特定画素の値が各画素値および補正係数を用いて補正され、補正後の値に基づいて反射率が算出される。これにより、膜厚測定装置 1 では、複数の測定単色画像に基づいて対象基板 9 上の所定のパターンに対して分光反射率を精度よく測定することが実現される。その結果、対象基板 9 の移動に用いられる撮像部 3 2 を利用して対象基板 9 上に形成された膜の厚さを精度よく求めることができる。なお、本実施の形態における膜厚測定装置 1 では、パターン毎に補正係数が準備されるため、特に少品種多量生産に係る半導体製品の製造工程における検査に適しているといえる。

【 0 0 6 3 】

膜厚測定装置 1 では補正係数設定部 5 1 および分光反射率算出部 5 2 において、特定画素からほぼ同一の距離に存在する複数の画素（すなわち、一のゾーンを構成する複数の画素）の値が 1 つの代表値である平均値に置き換えられて取り扱われることにより、演算を簡素化することが実現されるが、代表値は、例えば、画素値の中央値等であってもよい。補正係数設定部 5 1 および分光反射率算出部 5 2 における処理に支障が生じない場合には、各画素値に対して補正係数が求められて演算が行われてもよい。

【 0 0 6 4 】

次に、ステップ S 1 3 において補正係数が設定される処理の他の例について説明する。図 1 2 は補正係数設定部 5 1 に設けられた補正係数算出部 5 1 1 を示す図である。補正係数算出部 5 1 1 では複数の参照単色画像のそれぞれに基づいて、所定の連立方程式を解くことにより複数の補正係数が求められ、補正係数設定部 5 1 により分光反射率算出部 5 2 に設定される。以下、補正係数算出部 5 1 1 において複数の補正係数を求める手法を数式を参照して説明する。

10

【 0 0 6 5 】

まず、数 4 の両辺をキャリブレーション用単色画像の画素値で除することにより、波長 i の参照単色画像中の特定画素の値をそのまま用いて求められる反射率 A i が、波長 i における参照基板 9 a の理論反射率 B i、測定点に対する補正係数 a 0、ゾーン j についての平均的な反射率 C i j、ゾーン j に対する補正係数 a j により数 9 にて示される。

【 0 0 6 6 】

【 数 9 】

20

$$A_i = a_0 * B_i + \sum_j a_j * C_{ij}$$

【 0 0 6 7 】

また、単色画像に p 個のゾーンが設定されている場合には、(p + 1) 個の補正係数 a 0 , a j を求める必要があるため、ステップ S 1 2 では互いに波長が異なる (p + 1) 個の参照単色画像が取得される。補正係数算出部 5 1 1 では (p + 1) 個の参照単色画像のそれぞれに基づいて (p + 1) 個の方程式が数 9 に従って生成される。数 1 0 は (p + 1) 個の方程式からなる連立方程式を行列式にて示したものである。なお、M A は特定画素の値をそのまま用いて求められた反射率の行列、M C は理論反射率およびゾーン j についての平均的な反射率の行列、M a は補正係数の行列をそれぞれ示す。

30

【 0 0 6 8 】

【 数 1 0 】

$$M_A = M_C \cdot M_a$$

ただし、 $M_A = \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_{p+1} \end{pmatrix}$ 、 $M_C = \begin{pmatrix} B_1 & C_{11} & \dots & C_{1p} \\ B_2 & C_{21} & & \\ \vdots & \vdots & \ddots & \\ \vdots & \vdots & & \\ B_{p+1} & C_{p+11} & & C_{p+1p} \end{pmatrix}$ 、

40

および、 $M_a = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_p \end{pmatrix}$

【 0 0 6 9 】

50

例えば、単色画像に9個のゾーンが設定されている場合に、10個の参照単色画像および数8から特定画素の値に基づく反射率の行列 M_A 、および、理論反射率およびゾーンjについての平均的な反射率の行列 M_C が数11に示すように取得されたとすると、これらを数10に代入することにより補正係数の行列 M_a が数12のように求められる。

【0070】

【数11】

$$M_A = \begin{pmatrix} 2.56 \\ 2.49 \\ 2.38 \\ 2.38 \\ 2.51 \\ 2.47 \\ 2.24 \\ 1.68 \\ 1.31 \\ 1.03 \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} 10 \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ 20 \end{matrix}$$

$$M_C = \begin{pmatrix} 2.73 & 2.61 & 2.61 & 2.43 & 1.85 & 1.28 & 1.07 & 1.04 & 0.99 & 0.96 \\ 2.68 & 2.56 & 2.56 & 2.31 & 1.60 & 0.89 & 0.68 & 0.65 & 0.54 & 0.49 \\ 2.61 & 2.44 & 2.45 & 2.20 & 1.42 & 0.64 & 0.43 & 0.40 & 0.29 & 0.23 \\ 2.62 & 2.45 & 2.45 & 2.24 & 1.56 & 0.88 & 0.68 & 0.67 & 0.60 & 0.58 \\ 2.59 & 2.54 & 2.51 & 2.36 & 1.88 & 1.38 & 1.21 & 1.18 & 1.15 & 1.17 \\ 2.52 & 2.50 & 2.50 & 2.33 & 1.95 & 1.57 & 1.41 & 1.40 & 1.40 & 1.40 \\ 2.27 & 2.25 & 2.25 & 2.09 & 1.77 & 1.41 & 1.26 & 1.23 & 1.23 & 1.23 \\ 1.71 & 1.73 & 1.73 & 1.57 & 1.22 & 0.90 & 0.75 & 0.72 & 0.69 & 0.69 \\ 1.38 & 1.32 & 1.30 & 1.20 & 0.88 & 0.60 & 0.48 & 0.45 & 0.43 & 0.44 \\ 1.08 & 1.04 & 1.03 & 0.96 & 0.80 & 0.65 & 0.59 & 0.57 & 0.57 & 0.59 \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \\ 30 \\ \\ \\ \\ \end{matrix}$$

【0071】

【数 1 2】

$$M_a = \begin{pmatrix} -0.16 \\ 2.84 \\ -1.82 \\ -0.17 \\ 0.83 \\ -0.99 \\ 0.87 \\ -1.53 \\ 2.22 \\ -1.11 \end{pmatrix}$$

10

【0 0 7 2】

図 1 3 は数 1 2 に示す補正係数を利用して求められた対象基板 9 上の膜の分光反射率を示す図である。図 1 3 において線 8 4 は補正係数を利用して求められた分光反射率を示し、線 8 5 は理論分光反射率を示し、線 8 6 は特定画素のみの値に基づく分光反射率を示す。図 1 3 より、補正係数算出部 5 1 1 により求められた補正係数を利用して分光反射率が求められることにより理論分光反射率により近似した結果が得られることが判る。なお、理想的には補正係数には負の値は含まれないが、数 1 2 では補正係数に負の値が含まれている。そして、これらの補正係数を用いることにより、図 1 3 に示すように精度の高い分光反射率を求めることが実現される。このような現象が生じる理由は必ずしも明らかではないが、補正係数の行列 M_a がパターン固有のものとして求められた影響が少なくとも考えられる。

20

【0 0 7 3】

以上の処理では、参照単色画像の画素値をキャリブレーション用単色画像の画素値により除することにより得た反射率に基づいて補正係数を求める演算が行われたが、補正係数は参照単色画像の画素値を反射率に変換せずに求められてもよい。すなわち、反射率が用いられる場合であっても画素値がそのまま用いられる場合であっても、基本的には、複数の参照単色画像のそれぞれに基づいて、複数の補正係数を未知数として、理論反射率に対応する特定画素の既知の補正後の値、および、特定画素の周囲の画素の値のそれぞれに補正係数を実質的に乗算して、複数の乗算後の値の和を特定画素の値とする方程式が求められ、複数の参照単色画像から求められた連立方程式を解くことにより複数の補正係数が求められるという原理が利用され、これにより、補正係数算出部 5 1 1 を有する膜厚測定装置 1 では、対象基板 9 の分光反射率を精度よく測定することができる。

30

【0 0 7 4】

次に、膜厚測定装置 1 の他の実施の形態について説明する。図 1 4 . A および図 1 4 . B はそれぞれ参照基板 9 a 上に形成された図 5 のパターン 7 1 とは異なるパターン 7 1 a , 7 1 b の一例を示す図である。他の実施の形態に係る膜厚測定装置 1 では、パターン 7 1 に関して複数の波長にそれぞれ対応する複数の参照単色画像が取得された後 (ステップ S 1 1 , S 1 2)、パターン 7 1 a , 7 1 b についても同様に、複数の波長にそれぞれ対応する複数の参照単色画像が取得される。実際には、複数の波長のそれぞれにおいて互いに異なるパターンを示す複数の参照単色画像が補正係数の個数だけ取得される。

40

【0 0 7 5】

続いて、操作者によるトライアンドエラー、または、補正係数算出部 5 1 1 による演算により波長毎に複数の補正係数が求められ、補正係数設定部 5 1 により補正係数の設定が波長毎に行われる (ステップ S 1 3)。すなわち、前述の補正係数はパターンに依存した

50

ものとして求められたが、ここでは、補正係数は波長に依存したものとして求められる。補正係数が補正係数算出部 5 1 1 の演算により求められる際には、特定の波長の光を複数のパターンに照射して得られた複数の分光反射率画像を用いて数 9 の連立方程式が求められ、この方程式を解くことにより、特定の波長における複数の補正係数が求められる。

【 0 0 7 6 】

補正係数の設定が終了すると、対象基板 9 がステージ 2 上に載置され、測定点の複数の測定単色画像が取得される（ステップ S 1 4 , S 1 5 ）。分光反射率算出部 5 2 では、各測定単色画像の波長に応じて演算に使用される複数の補正係数が選択され、特定画素の補正後の値が求められて真の分光反射率が求められる（ステップ S 1 6 , S 1 7 ）。そして、真の分光反射率に基づいて対象基板 9 上に形成された膜の厚さが測定される（ステップ S 1 8 ）。 10

【 0 0 7 7 】

以上のように、他の実施の形態に係る膜厚測定装置 1 では、対象基板 9 の位置決めに用いられる撮像部 3 2 により一の波長において互いに異なるパターンを示す複数の参照単色画像が取得され、波長毎に複数の補正係数が設定される。これにより、パターンに依存することなく対象基板 9 の分光反射率を測定することができ、対象基板 9 上に形成された膜の厚さを精度よく測定することができる。なお、本実施の形態における膜厚測定装置 1 では、パターンに依存しない複数の補正係数が求められるため、特に多品種少量生産に係る半導体製品の製造工程における検査に適しているといえる。

【 0 0 7 8 】

また、互いに異なるパターンを示す複数の参照単色画像には、参照基板 9 a を移動することにより同一パターンの位置を互いに変更して取得された複数の画像が含まれていてもよい。これにより、複数の参照単色画像を容易に取得することができる。 20

【 0 0 7 9 】

以上、本発明の実施の形態について説明してきたが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、様々な変形が可能である。

【 0 0 8 0 】

上記実施の形態では、パターンまたは波長毎に複数の補正係数が求められるが、分光反射率および膜の厚さの測定精度が求められない場合には、パターンまたは波長毎に分けられていない複数の参照単色画像に基づいて複数の補正係数がパターンおよび波長に関係なく求められてもよい。この場合でも、S - V 効果の影響を補正するための複数の補正係数は光学系 3 3 に特に起因するものであると考えられるため、分光反射率および膜厚の測定が適切に実現される。なお、複数の補正係数は、多数の参照単色画像に基づいて統計的手法により求められてもよい。 30

【 0 0 8 1 】

単色画像において特定画素は必ずしも中央の画素である必要はなく、また、特定画素以外の複数の画素に対応する基板 9 上の複数の他の測定点の反射率が、同一の複数の測定単色画像から同様の演算により求められてもよい。この場合、当該複数の画素に対応する複数の補正係数は新たに求められてもよく、また、特定画素についての補正係数が利用されてもよい。 40

【 0 0 8 2 】

反射率を算出する際に用いられる特定画素の周囲の画素の範囲は、上記実施の形態における範囲には限定されず、周囲点から特定画素に与える影響度に応じて適宜決定される。

【 0 0 8 3 】

上記実施の形態における膜厚測定装置 1 では撮像部 3 2、補正係数設定部 5 1 および分光反射率算出部 5 2 により分光反射率測定装置としての機能が果たされるが、分光反射率測定装置は膜厚測定装置以外の他の装置に設けられてもよい。例えば、撮像部を有する基板処理装置に補正係数設定部、分光反射率算出部およびフィルタユニットが追加的に設けられることにより、基板処理装置に分光反射率測定装置としての機能が付加されてもよい。また、基板処理装置において膜厚算出部がさらに追加されて、予め設けられている基板 50

移動機構や基板移動機構を制御する制御部とともに膜厚測定装置の機能が実現されてもよい。また基板を移動せず、撮像部32が組み込まれた光学ヘッドが移動してもよい。この場合、取得される画像に基づいて基板に対して移動する撮像部を利用して膜の厚さを求めることができる。

【0084】

基板9は半導体基板に限定されず、ガラス基板、あるいは、プリント配線基板等であってもよい。特に、参照基板9aはCu(銅)やAl(アルミニウム)により形成された基板であってもよい。また、膜厚測定装置1による測定対象は、パターンが形成される基板以外の物に形成された膜であってもよい。

【図面の簡単な説明】

10

【0085】

【図1】膜厚測定装置の構成を示す図である。

【図2】コンピュータの構成を示す図である。

【図3】コンピュータが実現する機能構成を示すブロック図である。

【図4】基板上的の膜の厚さを測定する動作の流れを示す図である。

【図5】基板上的のパターンを例示する図である。

【図6】単色画像の画素配列を示す図である。

【図7】補正係数と特定画素からの距離との関係を示す図である。

【図8】周囲からの光の回り込みを説明するための図である。

【図9】対象基板の分光反射率を示す図である。

20

【図10】対象基板の分光反射率を示す図である。

【図11】補正係数と特定画素からの距離との関係の概略を示す図である。

【図12】補正係数算出部を示す図である。

【図13】対象基板の分光反射率を示す図である。

【図14・A】基板上的のパターンを例示する図である。

【図14・B】基板上的のパターンを例示する図である。

【符号の説明】

【0086】

1 膜厚測定装置

4 コンピュータ

6 単色画像

9 基板

21 ステージ移動機構

31 光源

32 撮像部

33 光学系

34 フィルタユニット

51 補正係数設定部

52 分光反射率算出部

53 膜厚算出部

71, 71a, 71b パターン

341 フィルタ

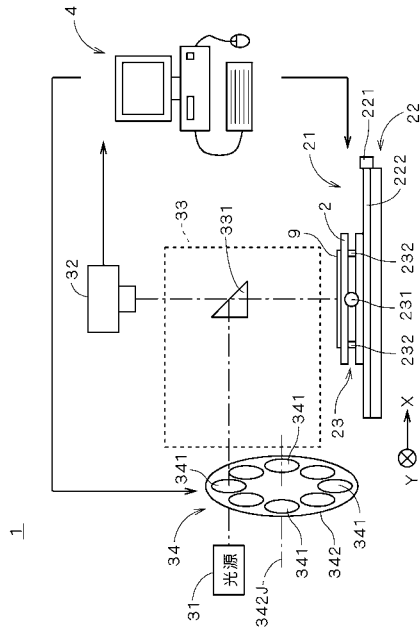
511 補正係数算出部

S12, S13, S15~S17 ステップ

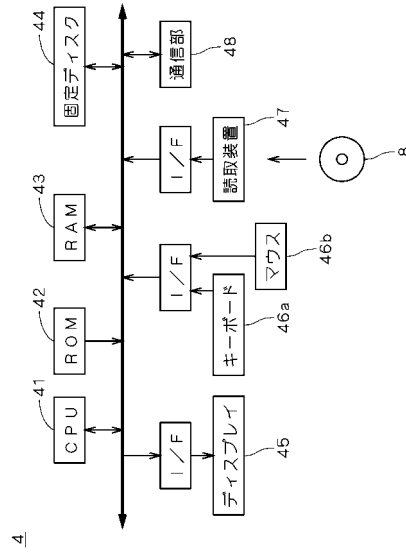
30

40

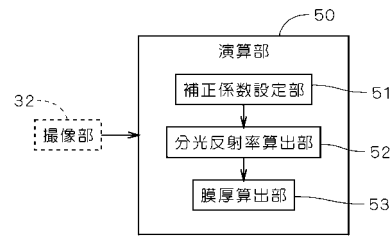
【図1】



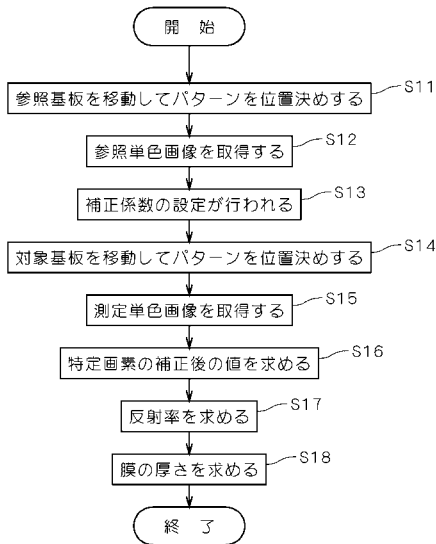
【図2】



【図3】



【図4】

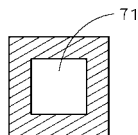


【図6】

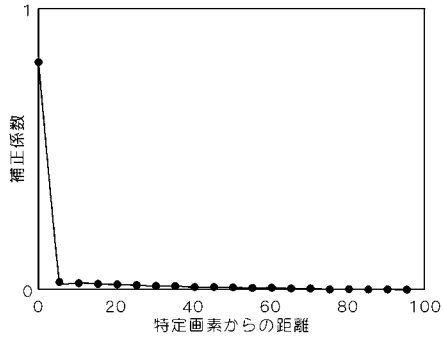
6

14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14
13	13	12	11	11	10	10	9	9	9	9	9	9	10	10	11	11	12	13	13
13	12	11	11	10	9	9	8	8	8	8	8	8	9	9	10	11	11	12	13
12	11	11	10	9	9	8	8	7	7	7	7	7	8	8	9	9	10	11	11
12	11	10	9	8	8	7	7	6	6	6	6	6	7	7	8	8	9	10	11
11	10	9	9	8	7	6	6	5	5	5	5	5	6	6	7	7	8	9	10
11	10	9	8	7	6	6	5	4	4	4	4	4	5	6	6	7	8	9	10
10	9	9	8	7	6	5	4	4	3	3	3	3	4	4	5	6	7	8	9
10	9	8	7	6	5	4	4	3	2	2	2	2	3	4	4	5	6	7	8
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8
10	9	8	7	6	5	4	3	2	2	2	2	3	4	4	5	6	7	8	9
10	9	9	8	7	6	5	4	3	3	3	3	4	4	5	6	7	8	9	10
11	10	9	8	7	6	6	5	4	4	4	4	4	5	6	6	7	8	9	10
11	10	9	9	8	7	6	6	5	5	5	5	5	6	6	7	8	9	10	11
12	11	10	9	8	8	7	7	6	6	6	6	6	7	7	8	8	9	10	11
12	11	11	10	9	9	8	8	7	7	7	7	7	8	8	9	9	10	11	11
13	12	11	11	10	9	9	8	8	8	8	8	8	9	9	10	11	11	12	13
13	13	12	11	11	10	10	9	9	9	9	9	9	9	10	10	11	11	12	13
14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14

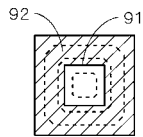
【図5】



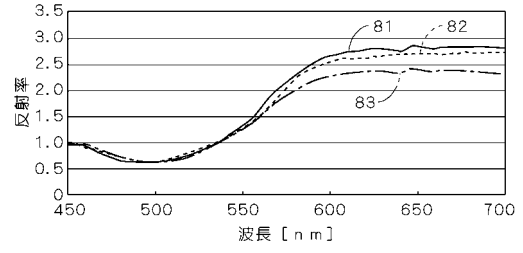
【図 7】



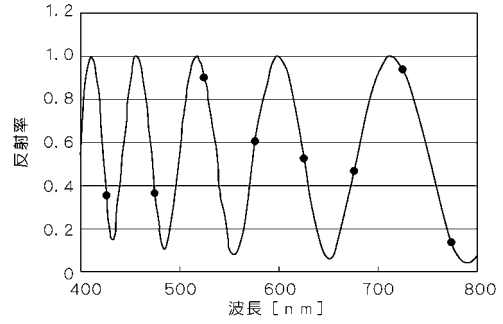
【図 8】



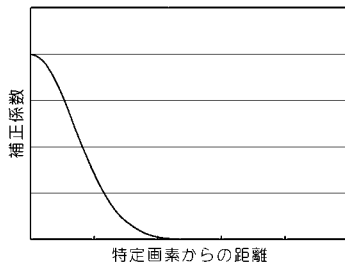
【図 9】



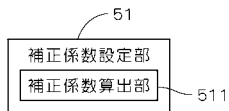
【図 10】



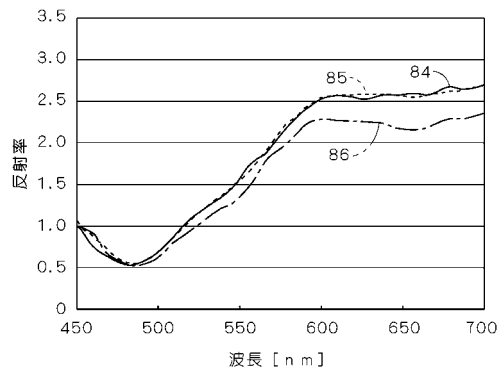
【図 11】



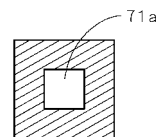
【図 12】



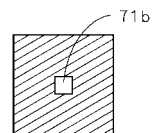
【図 13】



【図 14 . A】



【図 14 . B】



フロントページの続き

(72)発明者 西原 栄治

京都府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 大日本スクリーン製造株式会社
内

審査官 西村 直史

(56)参考文献 特開平04 - 177105 (JP, A)

特開平10 - 143656 (JP, A)

特開平10 - 213552 (JP, A)

特開2000 - 9437 (JP, A)

特開平6 - 147838 (JP, A)

特開平10 - 112799 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/00 - 01, 17 - 61

G01B 11/00 - 30

G01J 3/00 - 4/04, 7/00 - 9/04