

(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2005-274156

(P2005-274156A)

(43) 公開日 平成17年10月6日(2005.10.6)

(51) Int.C1.<sup>7</sup>

**G01N 21/956**  
**G01B 11/30**  
**H01L 21/66**

F 1

G01N 21/956  
G01B 11/30  
H01L 21/66

テーマコード(参考)

2FO65  
2GO51  
4M106

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号  
(22) 出願日

特願2004-83569 (P2004-83569)  
平成16年3月22日 (2004.3.22)

(71) 出願人 000000376  
オリンパス株式会社  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号  
(74) 代理人 100058479  
弁理士 鈴江 武彦  
(74) 代理人 100091351  
弁理士 河野 哲  
(74) 代理人 100084618  
弁理士 村松 貞男  
(74) 代理人 100100952  
弁理士 風間 鉄也  
(72) 発明者 松沢 聰明  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ  
リンパス株式会社内

最終頁に続く

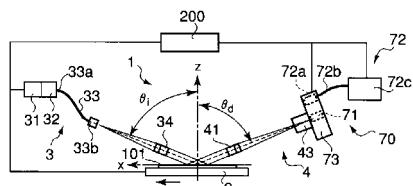
(54) 【発明の名称】欠陥検査装置

## (57) 【要約】

【課題】 本発明の目的は、適切な検査条件の選定を容易に行える欠陥検査装置を提供することである。

【解決手段】 欠陥検査装置1は、光源からの照明光を略平行光束にして被検体を照明する照明手段と、前記照明手段からの平行光束うちの被検体101からの反射光を集光し、被検体の像を結像する結像手段と、前記結像手段により結像された像を撮像する撮像手段と、光源と撮像手段との間の光路中に配置されており、光路中の光束の中心波長並びに波長幅を設定する波長選択手段と、撮像手段により撮像された画像により被検体の欠陥を検出する欠陥検出部と、照明手段の照明光の入射角度 $\theta_i$ を設定する角度設定手段と、複数の中心波長並びに入射角度で測定された前記被検体の欠陥の有していない部位の反射率データを取得し、前記反射率データに基づいて、前記欠陥の検出に用いる画像の撮像時の前記中心波長と、入射角度とを設定する検査条件設定部とを具備している。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

光源からの照明光を略平行光束にして被検体を照明する照明手段と、前記照明手段からの平行光束うちの前記被検体からの反射光を集光し、前記被検体の像を結像する結像手段と、

前記結像手段により結像された像を撮像する撮像手段と、

前記光源と撮像手段との間の光路中に配置され、前記光路中の光束の中心波長並びに波長幅を設定する波長選択手段と、

前記撮像手段により撮像された画像から前記被検体の欠陥を検出する欠陥検出部と、

前記照明手段の照明光の入射角度を設定する角度設定手段と、

複数の中心波長並びに入射角度で測定された前記被検体の欠陥の有していない部位の反射率データを取得し、前記反射率データに基づいて、前記欠陥の検出に用いる画像の撮像時の前記中心波長と、入射角度とを設定する検査条件設定部と、を具備する欠陥検査装置。  
。

10

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、被検査対象物の欠陥を検出する欠陥検査装置に関するもの。

**【背景技術】****【0002】**

従来、半導体等の基板を製造する際に、前記基板上には、種々の原因により欠陥が形成されてしまう場合がある。例えば、フォトリソグラフィ・プロセスにおいての基板表面に塗布されたレジストの膜厚むらや、前記レジストに付着した塵埃は、欠陥の原因になる。前記欠陥には、例えば、エッチング後の基板上の周期パターンの線幅不良や、前記パターン内のピンホールなどがある。また、パターンの露光においての合焦不良は、現像後のレジストの断面形状の形成不良の欠陥の原因となる。この欠陥は、後工程においての不良の原因となり得る。

20

**【0003】**

このため、前記ウェハや基板等は、欠陥検出並びに欠陥を修正が行われる。なお、前記欠陥を検出するために、欠陥検査装置が、一般的に用いられている。

30

**【0004】**

例えば、前記従来の欠陥検査装置は、特許文献1並びに2に示されている。この特許文献1の従来の欠陥検査装置を、以下で、図10を参照して説明し、特許文献2の従来の欠陥検査装置を、図11を参照して説明する。

**【0005】**

特許文献1の欠陥検査装置は、少なくとも1つの周期パターンを有する前記ウェハや基板等の被検体101により正反射した光束を観測し、被検体101上の欠陥を検出する装置である。具体的には、この欠陥検査装置は、ランプハウス5を具備している。このランプハウス5は、ハロゲンランプ6と、コンデンサレンズ7と、熱吸収フィルタ8とを有している。ハロゲンランプ6からの光は、熱吸収フィルタ8を介してコンデンサレンズ7に入射し、平行光束に変換される。

40

**【0006】**

この欠陥検査装置は、さらに複数の干渉フィルタと、白色光照明用の孔とを有する回転ホルダ9を具備している。この回転ホルダ9は、回転することにより、任意の前記干渉フィルタ又は前記孔を、コンデンサレンズ7を通過した光束の光路上に配置し得るように、構成されている。また、前記各干渉フィルタは、所定の波長を中心とした所定の帯域の光束のみを透過し得るように構成されている。このため、回転ホルダ9は、干渉フィルタを変更することにより、通過する光束の波長幅を任意に変更し得る。なお、本明細書中において、所定の波長幅を有する光束において、前記波長幅の中心の波長を、中心波長と呼ぶ。

50

**【 0 0 0 7 】**

また、欠陥検査装置は、集光レンズ10と、光ファイバー束11と、拡散板12と、絞り13と、コリメートレンズ14と、ハーフミラー15とを具備している。光源部から光束は、ハーフミラー15を介してコリメートレンズ14に入射し、平行光束にされて、被検体101に照射される。

**【 0 0 0 8 】**

さらに、この欠陥検査装置は、結像レンズ16並びにCCD17を具備している。結像レンズ16には、被検体101で正反射された光束が、コリメートレンズ14並びにハーフミラー15を通り、入射される。結像レンズ16は、入射した光束により、被検体101の像をCCD17上に結像させる。CCD17は、結像した被検体101の像を撮像する。

**【 0 0 0 9 】**

この欠陥検査装置は、上述のようにして被検体101に照射された光束の反射光による像をCCD17により撮像し、被検体101の膜厚むらを干渉縞として観察する。また、この欠陥検査装置は、照明系又は撮像系の光軸を傾けることにより、被検体からの回折光による像を撮像することも可能である。

**【 0 0 1 0 】**

特許文献2の欠陥検査装置は、図11に示されるように光源を有する照明部802と、照明部802により照射された光束を平行光束にするコリメートレンズ803とを具備している。照明部802とコリメートレンズ803とは、被検体表面の法線に対して所定の角度*i*で、被検体101を照明する。

**【 0 0 1 1 】**

さらに、前記欠陥検査装置は、コリメートレンズ804と、結像レンズ806と、ラインイメージセンサ807とを具備している。コリメートレンズ804は、被検体101の表面の法線に対して検査角度*d*で被検体101により反射、回折、散乱された光束を収束させ、結像レンズ806に入射させる。

**【 0 0 1 2 】**

この欠陥検査装置は、ラインイメージセンサ807の幅方向と直交する方向(図11中において、矢印AAで示される)に、被検体101を前記欠陥検査装置に対して相対的に移動させる。この移動により、前記欠陥検査装置は、被検体101全体を撮像し、検査画像を取得する。

**【 0 0 1 3 】**

この検査画像において、前記欠陥は、被検体101により反射された光(反射光)の明暗により観察し得る。具体的には、膜厚むら等の欠陥は、前記正反射光の明暗となって現れる。また、合焦不良による欠陥は、回折光の明暗となって観察される。このように、前記欠陥は、正反射光並びに回折光の明暗により検出するため、最も明暗が明瞭な検査角度*d*で被検体101を撮像し得るように、複数の検査角度*d*で被検体101を撮像する。

**【 0 0 1 4 】**

そして、上述のように撮像された複数の検査画像は、欠陥を有していない被検体を撮像した際の画像である参照画像と比較され、参照画像と検査画像との輝度の異なる部分を欠陥として抽出する。

**【特許文献1】特開平7-27709号公報****【特許文献2】特開平9-61365号公報****【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【 0 0 1 5 】**

一般的に、フォトリソグラフィ・プロセスにより、被検体101の表面には、多層のパターンが形成されるとともに、これらのパターンのさらに上層に、レジスト層が形成される。この被検体101を撮像する際の被検体101の反射率は、前記レジスト層を含めた

多層膜の薄膜干渉と、前記周期パターンに応じた回折とにより支配される。その結果、撮像する波長と入射角度の選択によって、被検体101の画像の輝度は、複雑に変化する。従って、欠陥検査装置で前記欠陥を検出する場合、前記照明に用いられる光の中心波長並びに入射角度  $i$  は、被検体の種類に応じて調整することが好ましい。このため、特許文献1並びに2に示されるような従来の欠陥検査装置は、前記中心波長並びに入射角度  $i$  の少なくとも一方を調整できるように構成されている。

#### 【0016】

しかしながら、精度よく欠陥を検出するためには、前記中心波長並びに入射角度  $i$  は、被検体の種類毎に、適切に設定する必要がある。この設定が適切でない場合、前記従来の欠陥検出装置は、上層のレジスト層の欠陥を検出することを目的としているが、検査対象となる最上層のレジスト層と同時に下層の欠陥も検出してしまう問題が生じる。例えば、下層に膜厚むらがある場合、この膜厚むらがレジスト層を含めた下層との薄膜干渉により、照射された光の正反射光並びに回折光の強度に影響を与える。なお、検査画像に現れる下層の膜厚むら等の欠陥を抑制するために、撮像に用いられる光の波長幅を広くすることが考えられるが、レジスト層の欠陥の輝度が低下して撮像されにくくなる問題が生じる。

10

#### 【0017】

従って、検査対の種類や検出する欠陥に応じて、光の中心波長と共に波長幅を最適な値に調整する必要がある。

#### 【0018】

このように被検体101を検査する最適な検査条件に設定するためには、被写体の種類や欠陥の種類に合わせて中心波長、波長幅、並びに入射角度の組み合わせを設定する必要がある。しかしながら、欠陥検出に最適な検査条件を探して設定するには、組み合わせが多数あり、最適な検査条件を使用者が判断して行うことは非常に煩雑である。なお、前記検査条件の全ての組み合わせで被検体を撮像し、これらのデータを比較することは、前記検査条件の組み合わせが多く事実上不可能である。

20

#### 【0019】

前記課題を鑑みて、本発明の目的は、適切な検査条件の選定を容易に行える欠陥検査装置を提供することである。

30

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0020】

本発明の欠陥検査装置は、前記課題を鑑みて、前記課題を解決するために、以下の構成を有している。

#### 【0021】

本発明の欠陥検査装置は、光源からの照明光を略平行光束にして被検体を照明する照明手段と、前記照明手段からの平行光束うちの前記被検体からの反射光を集光し、前記被検体の像を結像する結像手段と、前記結像手段により結像された像を撮像する撮像手段と、前記光源と撮像手段との間の光路中に配置されており、前記光路中の光束の中心波長並びに波長幅を設定する波長選択手段と、前記撮像手段により撮像された画像により前記被検体の欠陥を検出する欠陥検出部と、複数の中心波長並びに入射角度で測定された前記被検体の欠陥の有していない部位の反射率データを取得し、前記反射率データに基づいて、前記欠陥の検出に用いる画像の撮像時の前記中心波長と、入射角度とを設定する検査条件設定部とを具備する。

40

#### 【発明の効果】

#### 【0022】

本発明は、適切な検査条件の選定を容易に行える欠陥検査装置を提供し得る。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0023】

以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について説明する。

#### 【0024】

50

本発明の一つの実施の形態に従った欠陥検査装置について図1乃至図8を用いて説明する。図1は、本実施の形態に従った欠陥検査装置1を示す概略的な側面図である。図2は、図1中の欠陥検査装置1の波長選択部を示す概略的な側面図である。図3は、図1中の欠陥検査装置1の制御系を示す概略的なブロック図である。なお、本実施の形態の欠陥検査装置1は、多層の基板である被検体101を検査する。なお、被検体101は、最上層に、複数の周期パターンを有するレジスト層が形成されている。

#### 【0025】

欠陥検査装置1は、ステージ2と、照明部3と、結像部4と、撮像部70と、制御系200とを具備している。

ステージ2は、被検体101を保持並びに移動させる支持機構である。本実施の形態において、ステージ2は被検体101を吸着保持して互いに直交する所定の2つの軸線に沿って移動させ得るように構成されている。なお、本明細書中において、一方の軸線をX軸とし、他方の軸線をY軸とする。また、本明細書中において、X並びにY軸と直交する軸線をZ軸とする。従って、Z軸は、ステージ2に支持された被検体101の表面の法線方向と実質的に一致する。

#### 【0026】

また、本欠陥検出装置は、検査対象となる半導体ウエハ基板かFPD用ガラス基板をステージ2上に搬送する基板搬送ロボットを備えた図示しない被検体搬送部が並設されている。この被検体搬送部には、検査前の被検体101を格納しているストッカ(カセット)と、検査後の被検体101を格納するストッカ(カセット)とを有している。

#### 【0027】

照明部3は、被検体101を照明する照明手段であり、光源31と、波長選択部32と、光ファイバー33と、コリメートレンズ34とを有している。光源31は、公知の照明装置である。本実施の形態においては、光源31は、ハロゲンランプであり、白色光を出力する。この光源31から光は、波長選択部32に入射する。具体的には、光源31からの光は、後述する波長選択部32の入射スリット32aに入射する。

#### 【0028】

波長選択部32は、例えば、入射スリット32aと出射スリット32aの開口の幅を変えることにより、透過波長幅が可変なモノクロメータである。この波長選択部32は、入射スリット32aと、凹面回折格子32bと、出射スリット32cとを有している。入射スリット32a並びに凹面回折格子32bは、入射スリット32aを通過した光束が凹面回折格子32bに入射するように、互いの配置が設定されている。この凹面回折格子32bは、図示しない可動装置によって図示する矢印方向に回動可能に構成されており、凹面回折格子32bを回動により出射スリット32cに入射する光の中心波長を選択可能である。

#### 【0029】

光ファイバー33は、出射スリット32cからの光を入射端33aから入射し、入射した光を出射端33bから出射する。出射端33bは、コリメートレンズ34の焦点上に配置されている。コリメートレンズ34は、自身を通過した光を線状の平行光に成形する。このコリメートレンズ34は、光軸と交差する被検体101の方向に沿った線状の領域を照明する。言い換えると、コリメートレンズ34は、幅方向がY軸と平行になるように配置されている。

#### 【0030】

この照明部3は、コリメートレンズ34の光軸と被検体101の被検査面の法線(Z軸)とのなす角度(入射角度) $i$ が変更可能なように、図示しない回転機構を有する支持部により光ファイバー33の出射端33bが支持されている。

#### 【0031】

前記構成の照明部3は、コリメートレンズ34を透過し線状の光を被検体101に対して照明する。本明細書中において、この照明部3により照明する領域を、照明領域とする。照明部3の照明領域は、結像部4に結像されて、撮像部70により撮像される。

10

20

30

40

50

## 【0032】

この結像部4は、コリメートレンズ41と、結像レンズ43とを具備している。コリメートレンズ41と結像レンズ43と後述する撮像ユニット切替部73は、コリメートレンズ41の光軸と被検体101の法線( Z 軸 )とのなす角度( 検査角度 ) d が変更可能なように、図示しない回転機構を有する支持部により支持されている。コリメートレンズ41は、前記照明領域から発生した反射光のうち、検査角度 d の反射光を集光し、結像レンズ43に導く。なお、本明細書中において、文言「反射光」とは、正反射光、回折光、並びに散乱光を含むものとする。

## 【0033】

結像レンズ43は、入射瞳がコリメートレンズ41の略焦点位置に配置されるように、配置が設定されている。また、結像レンズ43は、コリメートレンズ41からの光束を、対応する撮像部70上に結像させる。

## 【0034】

撮像部70は、公知の撮像装置である撮像ユニット71と、入射した光を分光するとともに各波長の分光強度を測定するポリクロメータ72と、撮像ユニット切替部73とを有している。

## 【0035】

撮像ユニット71は、結像レンズ43による像を撮像する撮像面71a( 図4参照 )を有している。本実施の形態において、撮像ユニット71は、ラインイメージセンサであり、被検体の幅全体に渡る画像を一度に撮像し得る。撮像ユニット71は、撮像ユニット切替部73により図示する矢印d2方向に移動可能に支持されている。

## 【0036】

ポリクロメータ72は、受光した光を分光するとともに、その分光強度を一括して測定する分光強度測定手段である。このポリクロメータ72は、可動固定部72aと、光ファイバー72bと、ポリクロメータ本体72cとを有している。可動固定部72aは、Y軸に沿って光ファイバー72bの入射端72dを図示する矢印d1方向に移動可能に支持している。また、この可動固定部72aは、撮像ユニット切替部73により図示する矢印d2方向に移動可能に支持されている。光ファイバー72bは、出射端がポリクロメータ本体72cに接続されており、入射端72dから入射した光を、ポリクロメータ本体72cに送る。ポリクロメータ本体72cは、入射した光の分光強度を測定し、制御系200に測定結果を送る。

## 【0037】

撮像ユニット切替部73は、撮像ユニット71並びに可動固定部72aを駆動する図示しない駆動部を有している。撮像ユニット切替部73は、駆動部により、撮像ユニット71並びに可動固定部72aを長手方向d1と直交する駆動方向d2に沿って移動させる。この構成により、この撮像ユニット切替部73は、制御系200の命令に従った駆動部の駆動により、撮像ユニット71並びに可動固定部72aの一方が結像レンズ43による被検体の結像位置に配置されるように、これらを選択的に移動させる。具体的には、撮像ユニット切替部73は、撮像ユニット71による撮像を行う際には、前記駆動部を制御して撮像ユニット71の撮像面71aが図4に示す結像レンズ43による像80の位置に一致するように撮像ユニット71を移動させる。このとき、ポリクロメータ72は、駆動方向d2において、像80からはずれた位置に配置される。そして、前記撮像時からポリクロメータ72による測定に切り替える際には、撮像ユニット切替部73の前記駆動部を制御してポリクロメータ72の入射端72dが図5に示す像80の位置に一致するように可動固定部72aを移動させる。この際には、撮像面71aは、駆動方向d2において、像80からはずれた位置に配置される。さらに、撮像ユニット切替部73は駆動部を制御し、入射端72dが長手方向d1に沿って、所望の測定位置に移動させるとともに、移動後の位置を維持するように停止させる。

## 【0038】

なお、撮像ユニット切替部73とポリクロメータ本体72cは、制御系200と接続さ

10

20

30

40

50

れており、駆動が制御されるとともに、撮像した画像と測定結果を制御系 200 へ送る。

前記構成により欠陥検査装置 1 は、照明側の入射角度  $i$  と撮像側の検査角度  $d$  を回動させる構成とすることで、照明部 3 により任意の入射角度  $i$  で被検体 101 を照明するとともに撮像部 70 により任意の検査角度  $d$  で前記照明領域からの反射光を受光し得る。

#### 【0039】

続いて、制御系 200 について、図 3 を参照して説明する。

制御系 200 は、ステージ制御部 201 と、駆動回路 202 と、光学系制御部 203 と、被検体搬送制御部 204 と、画像インターフェース（画像 I/F）205 と、画像処理装置 206 と、モニタ 207, 210 と、画像記憶装置 208 と、ホストコンピュータ 209 と、キーボード 211 と、シーケンサ 213 とを有している。10

#### 【0040】

ステージ制御部 201 は、ステージ 2 と接続されており、ステージ 2 の駆動を制御する。。

駆動回路 202 は、撮像部 70 に接続されており、ステージ制御部 201 の制御と同期して撮像部 70 の駆動を制御する。

#### 【0041】

光学系制御部 203 は、照明部 3 並びに結像部 4 と接続されており、これらの駆動を制御する。より具体的には、光学系制御部 203 は、照明部 3 の照明光の光量、波長幅、並びにに中心波長を制御するとともに、照明部 3 並びに結像部 4 の被検体に対する角度（入射角度  $i$  並びに検査角度  $d$ ）を制御する。20

#### 【0042】

被検体搬送制御部 204 は、前述の被検体搬送部と接続されており、被検体搬送部の駆動を制御する。

画像インターフェース（画像 I/F）205 は、撮像部 70 並びに画像処理装置 206 と接続されている。撮像部 70 により取得された画像は、この画像 I/F 205 を介して、画像処理装置 206 に転送される。

#### 【0043】

画像処理装置 206 は、ホストコンピュータ 209 と接続されており、ホストコンピュータ 209 により駆動が制御される。この画像処理装置 206 は、ラインイメージセンサである撮像部 70 から送られてくる 1 ラインづつの画像を再構成し、被検体 101 の全体画像を作成する。さらに、画像処理装置 206 は、前記全体画像を画像処理し、欠陥を抽出する。また、画像処理装置 206 は、抽出した欠陥に関する欠陥の種類、数、位置、面積等の欠陥データをホストコンピュータ 209 に送る。この画像処理装置 206 には、さらに、モニタ 207 と画像記憶装置 208 とが接続されている。モニタ 207 は、画像処理装置 206 により作成された画像等を表示する画像表示装置である。30

#### 【0044】

画像記憶装置 208 は、前記画像処理装置 206 で画像処理された検査画像や処理画像を格納するデータ格納装置で、被検体 101 と検査画像、抽出された欠陥画像、欠陥の無い良品の被検体 101 を撮像した参照画像などが格納されている。40

#### 【0045】

ホストコンピュータ 209 は、撮像部 70, 画像処理装置 206, モニタ 210, キーボード 211、及びシーケンサ 213 と接続されている。ホストコンピュータ 209 は、画像処理装置 206 並びにシーケンサ 213 の駆動を制御し、この制御のための必要な設定を、モニタ 210 に制御メニューとして表示する。また、ホストコンピュータ 209 は、ポリクロメータ 72 の測定結果を取得する。

#### 【0046】

キーボード 211 は、前記制御メニュー及び / 又はその他の制御に必要な命令並びに情報を、ホストコンピュータ 209 に対して入力するための入力装置である。

シーケンサ 213 は、ステージ制御部 201、駆動回路 202、光学系制御部 203、50

及び、被検体搬送制御部 204 に接続されており、これらが制御する制御対象の駆動シーケンスを、これらに送る。また、シーケンサ 213 は、ホストコンピュータ 209 からの駆動命令を、これらに送る。

#### 【0047】

なお、ホストコンピュータ 209 は、図示しない記憶部を有しており、この記憶部には、前記制御に必要な制御情報が格納される。前記制御情報とは、例えば、被検体の種類毎の検査条件（光学系の設定、検査面積、画像処理条件、欠陥の良否判定を行う際の合格基準など）、検査データなどである。この制御情報は、検査前に予め前記記憶部に格納しておくことも可能であるし、検査時にキーボード 211 等により入力し、前記記憶部に格納することも可能である。

#### 【0048】

以下に、前記構成の欠陥検査装置 1 の動作について説明する。

欠陥検査装置 1 が被検体 101 の検査を行う際に、まず、検査条件（レシピ）を設定する検査条件設定処理を行う。この検査条件設定処理では、被検体 101 の一部（例えば 1 ライン又は複数ライン）を撮像し、その撮像した画像に基づいて、検査時に設定する光源 31 の中心波長、波長幅、並びに照明部 3 の入射角度  $i$ 、検査角度  $d$  を算出する。この検査条件設定処理において、本実施の形態の欠陥検査装置 1 は、図 6 に示す手順で検査条件の設定を行う。なお、ホストコンピュータ 209 は、検査条件設定処理を行う際の処理手順を前記記憶部に有しており、この処理手順に従って、前記検査条件を自動的に算出する。以下に図 6 を用いて検査条件の設定理由について説明する。

#### 【0049】

##### [被検体配置工程 501]

この被検体配置工程 501 では、ホストコンピュータ 209 は、シーケンサ 213 を介して、被検体搬送制御部 204 並びにステージ制御部 201 に対して駆動命令を出す。この駆動命令を受けた被検体搬送制御部 204 は、前記被検体搬送部を駆動し、前記ストッカから被検体 101 を 1 枚取り出し、ステージ 2 上に配置する。続いて、被検体撮像工程 502 が行なわれる。なお、本実施の形態において、被検体 101 は、欠陥を有している検査対象の基板である。

#### 【0050】

##### [被検体撮像工程 502]

この被検体撮像工程 502 では、ホストコンピュータ 209 が駆動回路 202 に駆動命令を出し、撮像ユニット切替部 73 を駆動させ、撮像ユニット 71 を結像位置に配置する。これとともに、ホストコンピュータ 209 は、光学系制御部 203 に駆動命令を出し、入射角度  $i$  と検査角度  $d$  とが一致するように、照明部 3 と結像部 4 との配置を設定する。また、ホストコンピュータ 209 は、この工程において撮像時に用いられる光源の波長並びに入射角度  $i$  を設定する。なお、この被検体撮像工程では、被検体のパターンの配置を確認することを目的として、被検体全体を撮像するため、光源の波長並びに入射角度は予め設定された基準値を設定すればよい。

#### 【0051】

続いて、ホストコンピュータ 209 は、ステージ 2 を X 軸に沿って駆動させ、被検体を自身の長手方向に沿って移動させる。ホストコンピュータ 209 は、これと同期して、撮像ユニット 71 に、被検体の幅方向に沿った 1 ラインづつ被検体 101 を撮像させる。また、ホストコンピュータ 209 は、撮像した画像を、順次画像 I/F 205 を介して、画像処理装置 206 に送る。前記撮像ユニット 71 並びにステージ 2 の駆動により、被検体 101 の全面の撮像が完了すると、画像処理装置 206 は、被検体 101 全体を撮像した被検体全体画像を形成し、この被検体全体画像をホストコンピュータ 209 に送る。続いて、基準位置設定工程 503 が行われる。

#### 【0052】

##### [基準位置設定工程 503]

この基準位置設定工程 503 では、ホストコンピュータ 209 が適切な中心波長並びに

10

20

30

40

50

入射角度  $i$  の選定を行う際に、被検体の測定箇所である基準位置を設定する。この設定時にホストコンピュータ 209 は、被検全体画像を参照し被検体 101 上の複数のパターンの中から検査領域、例えば比較的面積の大きいパターンが形成されている位置を検出する。そして、ホストコンピュータ 209 は、検出したパターンにおいて欠陥の無い位置を基準位置に設定する。なお、比較的面積の大きいパターンは、被検体において重要であるため、このパターンを検査位置に設定することは好ましい。しかしながら、被検体 101 上において、他の位置を基準位置に設定することも可能である。

#### 【0053】

この基準位置は、被検体全体画像を画像処理することにより検出した欠陥の無い位置に設定することも可能であるし、モニタ 207 に映し出された前記大きいパターンを見て、操作者が設定することも可能である。続いて、基準位置移動工程 504 が行われる。

#### 【0054】

##### [基準位置移動工程 504]

この基準位置移動工程 504 では、ホストコンピュータ 209 が、ステージ制御部 201 に駆動命令を出し、基準位置移動工程 503 で設定した基準位置が撮像ユニット 71 により撮像される位置に配置されるようにステージ 2 を移動させる。つまり、ステージ 2 は、前記基準位置が前記照明領域中に配置されるように、被検体 101 を移動させる。続いて、撮像ユニット切替部 73 が、入射端 72d が像 80 の領域中に配置されるように、可動固定部 72a を駆動方向 d2 に沿って移動させる。可動固定部 72a の移動完了の後、入射端 72d が、長手方向 d1 に沿って移動され、基準位置が結像する位置に配置される。続いて、反射率測定工程 505 が行われる。

#### 【0055】

##### [反射率測定工程 505]

この反射率測定工程 505 では、ホストコンピュータ 209 が、光学系制御部 203 に駆動命令を出し、光源 31 からの白色光を光ファイバー 33 に入射するように、波長選択部 32 を設定する。この設定は、凹面回折格子 32b を、入射スリット 32a からの光束が出射スリット 32c に収束するように正反射させる角度に回動させることにより達成される。続いて、入射角度  $i$  と検査角度  $d$  とを一致させた状態のまま、小さい角度から大きい角度に移動させる。この移動に伴って、ポリクロメータ 72 が、前記基準位置の分光反射強度を測定し、その測定結果である反射率データをホストコンピュータ 209 に取り込む。この測定により、各入射角毎に、所定の幅の波長においての各波長に対応した反射率が求まる。

#### 【0056】

なお、前記反射率データには、光源 31 の分光強度、ポリクロメータ 72 の分光感度、及びこれらの間の各光学素子の分光反射率又は透過率が反映されてしまっている。このため、続く補正工程 506 において、上述の反射率データを補正する。

#### 【0057】

##### [補正工程 506]

補正工程 506 では、ホストコンピュータ 209 が、予め用意してある各波長及び入射角度  $i$  每の補正係数を前記記憶部から取り出し、前記反射率データの各波長及び入射角毎に対応した前記反射率に乗じて、前記反射率データを補正する。この補正係数は、以下のようにして、求められ、前記記憶部中に格納される。この補正係数を求めるために、分光屈折率が既知である平面板（例えば単結晶シリコンなど）を準備し、この平面板の反射率データを反射率測定工程 505 と同様な手順で測定し、各波長及び入射角度  $i$  における反射率を分光屈折率から計算する。これらの各波長及び入射角における反射率の計算値を測定データで割ることにより、各波長及び入射角度  $i$  每の補正係数が得られる。このように反射率測定工程 505 により測定された反射率データの補正後、続いて、中心波長入射角度設定工程 507 が行われる。

#### 【0058】

##### [中心波長入射角度設定工程 507]

10

20

30

40

50

中心波長入射角度設定工程 507 では、補正工程 506 により補正後の反射率データから、検査条件のうちの中心波長と入射角度  $i$  を求め、検査条件として設定する。

#### 【0059】

なお、欠陥を検出する際に、被検体の欠陥は、欠陥の有していない（正常な）被検体を撮像した参照画像と、被検体 101 を撮像した被検体全体の画像である検査画像とを比較し、これらの輝度値の変化により、検出される。従って、より確実に欠陥を検出するためには、欠陥と、欠陥の有していない部位とが、大きい輝度差になることが好ましい。このため、前記中心波長と、入射角度  $i$  とは、検査対象の欠陥と、被検体上の正常な部位とを比較した際に、明確に輝度差が現れ得る値を選定する。このような中心波長並びに入射角度  $i$  を求めるために、中心波長入射角度設定工程 507 は、以下のようにして行われる。

10

#### 【0060】

まず、前記補正後の反射率データより、前記基準位置における反射率の分布を調べる。なお、この基準位置は、前述のように、被検体 101 の欠陥の有していない正常な部位である。従って、これにより、正常な部位の反射率の分布を調べ得る。この分布は、図 7 中のように示される。この図 7 中において、各波長並びに入射角度  $i$  の反射率は、凡例 602 に示されるようにグレースケールに変換され、横軸を波長、縦軸を入射角度  $i$  に設定し、2 次元的に分布させて示されている。この反射率データの分布により、入射角度並びに波長に対応する前記基準位置の反射率特性の関数（反射率データに基づく関数）が求められ得る。この凡例において、白で塗られた領域は、前記反射率データに基づく関数の極大値の位置を示している。

20

#### 【0061】

一般的に、図 7 中に示されるような被検体 101 の反射率の分布は、被検体の種類及び撮像位置によって複雑に変化する。また、欠陥の反射率データは、正常な部位の反射率データと比較した場合、欠陥の種類により、複雑に変化する。このような複雑な変化を示す反射率データであるが、代表的な欠陥においての反射率は、正常な被検体の表面の反射率に対して、ある程度決まった変化をする。例えば、レジストの周期パターンの線幅が所定の幅より狭くなってしまった欠陥（線幅欠陥）では、前記分布において、分光反射率における反射率の極大値の値と、その極大値の位置とがシフトする。このことは、膜厚むらのような欠陥においても同様である。従って、欠陥と、正常な部位との反射率の差は、正常な部位の反射率データの前記極大値における入射角度  $i$  並びに波長において比べることにより、差が出やすい。

30

#### 【0062】

また、前記反射率データにおいて、入射角度  $i$  を決定した場合、この入射角度  $i$  においての反射率の分布は、波長の順に結ぶことにより、曲線のグラフ（反射率曲線）として示され得る。例えば、図 7 中の参考符号 603 で指摘された極大値の領域の前記反射率曲線は、入射角度  $i$  が 60 度に設定されている際の各反射率を、波長の順にプロットすることにより形成される。このようにして作成された入射角度 60 度における反射率曲線が、図 8 中において、参考符号 702 で指摘されている。反射率曲線 703 は、正常な部位（基準位置）においての反射率曲線である。この図 8 中に、前記線幅欠陥の反射率データにおいての入射角度 60 度の反射率曲線 703 が、破線により示されている。両者を比較した場合においても、前記欠陥の反射率曲線 703 は、正常な部位の反射率曲線 702 に対して、極大値のピークの高さと、位置とが変化している。具体的には、反射率曲線 702 のピーク波長で、反射率曲線 702 と、反射率曲線 703 とを比較すると、これらの差を、反射率の差として検出し得る。なお、反射率曲線 703 と反射率曲線 702 との交点の波長 705 でこれらを比較した場合、反射率の差が出ない。従って、波長の選定によっては、正常な被検体と欠陥の有る被検体とを比較出来ないことが分かる。これらにより、欠陥の反射率データは、正常な部位の反射率データにおいての反射率の極大値と、比較することにより、ピークの差が明確になる可能性が大きく、有用であることが分かる。なお、前記欠陥の反射率データは、測定したい欠陥に対して、反射率測定工程 505 並

40

50

びに補正工程 506 を行うことで測定可能である。

#### 【0063】

本工程において、具体的には前記極大値は、入射角度  $i$  並びに波長の測定レンジにおいての両端が誤差を含んでいる可能性があるため、これらを除き、それ以外のものから選定される。ホストコンピュータ 209 は、上述のようにして選定した極大値における入射角度  $i$  並びに波長を、検査時においての正反射光撮像においての検査条件（入射角度  $i$  と中心波長）として、記憶する。このように、本実施の形態のホストコンピュータ 209 は、反射率データに基づいて、前記欠陥の検出に用いる画像の撮像時（検査時）の前記中心波長と、入射角度  $i$  とを設定する検査条件設定部である。続いて、波長幅可変撮像工程 508 が行われる。

10

#### 【0064】

##### [波長幅可変撮像工程 508]

この波長幅可変撮像工程 508 では、まず、ホストコンピュータ 209 は、波長選択部 32 の選択する波長を、中心波長入射角度設定工程 507 により求めた中心波長に設定する。これとともに、照明部 3 も同様に、中心波長入射角度設定工程 507 で求めた入射角度  $i$  に、設定する。これに対応して、結像部 4 の検査角度  $d$  も設定する。また、撮像部 70 は、撮像ユニット 71 により撮像し得るように、撮像ユニット切替部 73 を設定する。

20

#### 【0065】

この状態で、波長選択部 32 が、波長幅を最小にして、被検体 101 の全面を撮像する。撮像を終えた後、波長幅を順に大きくしていき、所定の最大幅まで、被検体 101 の全面の撮影を繰り返す。撮像した各画像は、ホストコンピュータ 209 に保存される。なお、撮像する波長幅の最小幅並びに最大幅、及び、撮影後の波長幅の増分は、ホストコンピュータ 209 中に予め格納していてもよいし、操作者によりキーボードを介して入力させることも可能である。続いて、波長幅設定工程 509 が行われる。

20

#### 【0066】

##### [波長幅設定工程 509]

この波長幅設定工程では、波長幅可変撮像工程 508 で撮像された各画像が、モニタ 207 に表示される。使用者が、前記表示画像から、膜厚むらなどの、レジスト層より下層の欠陥の影響が十分に抑制された画像の中から、最小の波長幅で撮像された画像を選択する。そして、ホストコンピュータ 209 は、その画像の波長幅を、記憶するとともに、波長選択部 32 に設定する。

30

このようにして、検査条件設定処理は、終了する。

#### 【0067】

つづいて、上述のように検査条件が設定された後の欠陥検査装置 1 の動作について説明する。モニタ 210 に操作メニューが表示され、操作者がキーボード 211 により、被検体 101 の種類とともに、検査開始を指示すると、ホストコンピュータ 209 に格納されている検査条件の中から被検体 101 に該当する条件が検索される。この検索された条件が、シーケンサ 213 を介して光学系制御部 203 に伝えられ、光学系制御部 203 により、照明部 3、結像部 4、並びに撮像部 70 の設定が行われる。このとき、撮像ユニット切替部 73 は、結像部 4 の結像位置に、撮像ユニット 71 を配置する。

40

#### 【0068】

続いて、ホストコンピュータ 209 は、図示しないストッカから検査対象の被検体 101 を一枚取り出し、ステージ 2 上に配置する。ステージ 2 は、一定速度で被検体 101 を、X 軸に沿って搬送し、この搬送と同期して撮像ユニット 71 により被検体 101 を 1 ラインずつ撮像する。この撮像されたライン状の画像は、画像 I/F 205 を介して画像処理装置 206 に送られ、被検体全体の画像である検査画像が形成される。画像処理装置 206 は、画像記憶装置 208 から参照画像を呼び出し、前記検査画像と比較し、欠陥を検出する。また、画像処理装置 206 は、検出した欠陥の位置、面積等のデータを、ホストコンピュータ 209 に送る。ホストコンピュータ 209 は、欠陥の数、並びに面積等を、

50

被検体 101 の合格基準と照合し、良否判定を行う。検査が終了した際に、被検体 101 は、良否に区分され、図示しない検査後の被検体を格納するストッカに搬送される。このようにして、1枚の被検体 101 の検査を終了する。

#### 【0069】

このように、本実施の形態の欠陥検査装置 1 は、被検体 101 の正常な部位（欠陥の有していない部位）の反射率データを測定し、この反射率データに基づいて、検出対象の欠陥を検出するのに適した、照明部 3 の入射角度  $i$  並びに中心波長を含む検査条件を決定し得る。これにより、本実施の形態の欠陥検査装置 1 は、煩雑な検査条件を容易に設定し得るとともに、前記設定の結果、確実に対象の欠陥を検出し得る。

#### 【0070】

また、本実施の形態の撮像ユニット 71 は、ラインイメージセンサである。これとともに、ステージ 2 は、被検体 101 を、前記ラインイメージセンサの撮像領域の長さ方向と、この長さ方向と略直交する方向とに、撮像ユニット 71 に対して相対的に移動させ得る。この構成により、本実施の形態の欠陥検査装置 1 は、ステージ 2 と撮像ユニット 71 とを同期させて駆動させることにより、確実に被検体の全面を撮像可能でありながら、エリアイメージセンサを有する場合に比べて、小型化が可能である。しかしながら、撮像ユニット 71 は、被検体 101 の全面を一括撮像し得るエリアイメージセンサに代えることも可能である。

#### 【0071】

また、本実施の形態のポリクロメータ 72 は、前記光源に含まれる波長帯の光を分光するとともに、その分光強度を一括測定する分光強度測定手段である。欠陥検査装置 1 は、この分光強度測定手段により前記反射率データを測定し得る。このため、欠陥検査装置 1 は、一括して所定の波長範囲の反射率データを取得することが出来、より迅速な測定を行い得る。

また、ホストコンピュータ 209 は、前記検査条件設定処理の処理手順に従って、前記中心波長と入射角度とを自動的に設定する。従って、本実施の形態の欠陥検査装置 1 は、煩雑な検査条件の設定を容易に行い得る。

#### 【0072】

また、ホストコンピュータ 209 は、前記の検査条件の自動設定において、反射率データの極値においての波長と入射角度  $i$  を、検査条件の中心波長と入射角度  $i$  に設定する。これにより、本実施の形態の欠陥検査装置 1 は、検査時において欠陥と、正常な部位との反射率の差が出やすい中心波長と入射角度  $i$  を、より確実に求め、設定し得る。

#### 【0073】

なお、本実施の形態において、例えば、欠陥と正常な部位との反射率データを比較した際に、極大値のピークと位置とのシフト量が小さい場合、極大値又は極小値の近傍の波長 704 では、図 9 に示されるように、反射率の差が顕著には出ない。このような場合には、極大値と極小値の中間にある分光反射率（波長や入射角度に対する傾き）の大きい領域を用いることが有利であり、前記反射率データに基づく関数を微分処理し、その極値の入射角度  $i$  並びに波長を、検査時の入射角度  $i$  並びに中心波長として設定する。このように選定すると、適切な入射角度  $i$  と図 9 中において参照符号 706 で指摘されたような中心波長が選定される。このように選定した場合、波長 704 を選定した場合より、大きい反射率の差で検査し得るため、好ましい。

#### 【0074】

また、本実施の形態において、撮像ユニット 71 は、波長選択部 32 と協働して複数の波長幅により、被検体 101 を撮像する。これらの画像は、互いに比較され、この比較結果に基づいて撮像に用いる光の波長幅が決定される。本実施の形態の欠陥検査装置 1 は、このような比較結果に基づいて波長幅を決定し得るため、より確実に適切な波長幅を選定し得る。

#### 【0075】

なお、本実施の形態においては、操作者が複数の波長幅の画像を確認し得るように、こ

10

20

30

40

50

これらの画像が、モニタ207に表示されるとともに、選択した画像の波長幅を、検査条件に設定し得る。従って、操作者が、好ましい検査結果を得れる画像を選定するのみで、適切な波長幅の設定を行い得る。また、画像処理装置206が、これらの画像に対して欠陥検出の画像処理を適用し、誤検出の少ない画像を選定し、この選定した画像を撮像した波長幅を、検査条件の波長幅と設定することも可能である。これにより、欠陥検査装置1は、波長幅の選定を自動で行い得る。

#### 【0076】

また、本実施の形態において、撮像ユニット71の撮像位置と、ポリクロメータ72の測定位置とは、同一に設定されている。しかしながら、結像部4中にハーフミラー等を配置し、光路を分岐させ、分岐された光路に撮像ユニット71並びにポリクロメータ72を分配して、前記測定位置を分けることも可能である。このようにして、撮像ユニット71の撮像位置と、ポリクロメータ72の測定位置とを、別の位置に設定した場合、撮像ユニット切替部73を省略することが可能である。また、撮像ユニット71と、ポリクロメータ72とが、別々の駆動部により駆動するようにし、撮像ユニット切替部73を省略することも可能である。

#### 【0077】

また、本実施の形態において、反射率データを測定する際に、波長並びに入射角度*i*の測定間隔は任意に設定され得る。さらに、これらの測定間隔を大きくし、各データの間を適切に補間することにより測定速度を短縮することが可能である。

#### 【0078】

また、本実施の形態の波長幅可変撮像工程508は、以下の波長幅可変撮像工程508'のように、代えることも可能である。波長幅可変撮像工程508'では、波長幅可変撮像工程508と同様に、照明部と撮像部の角度*i*と*d*を中心波長入射角度設定工程507で設定された検査条件の角度に設定する。さらに波長選択部32の波長幅を最小に設定する。この状態で、波長選択部32が、中心波長を検査時の中心波長の近傍で変化させながら、各中心波長に対する被検体全面の画像を撮像ユニット71により撮像する。このようにして撮像した画像群を積分する。このような波長幅可変撮像工程508'を行った場合、欠陥検査装置1は、前記画像群を積分することにより、任意の波長幅に対応した画像を取得し得る。

#### 【0079】

また、本実施の形態の反射率測定工程505は、以下の反射率測定工程505'のように代えることも可能である。反射率測定工程505'では、撮像ユニット切替部73を駆動させ、撮像ユニット71を、結像部4による像の結像位置に配置する。これとともに、照明部3の入射角度*i*と、結像部4の検査角度*d*を最小に設定する。続いて、波長選択部32は、波長幅を最小にした状態で、中心波長を最小から最大へ変化させる。これと同期して撮像ユニット(リニアイメージセンサ)71は、各中心波長毎に、被検体101の幅方向において、前記基準位置を含む1ラインの画像を撮像する。この撮像が完了した後、入射角度*i*並びに検査角度*d*を、一定の変化幅で変化させつつ、同様の撮像を繰り返す。すべての撮像が終了した後、基準位置を含む画素の輝度を、反射率データとしてホストコンピュータ209に取り込む。この反射率測定工程505'によれば、ポリクロメータ72を省略し得る。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0080】

【図1】図1は、本発明の一実施の形態に従った欠陥検査装置を示す概略的な側面図である。

【図2】図2は、図1中の波長選択部を示す概略的な側面図である。

【図3】図3は、図1中の制御系を示すブロック図である。

【図4】図4は、撮像時の図1中の撮像ユニット切替部を示す概略的な正面図である。

【図5】図5は、測定時の図1中の撮像ユニット切替部を示す概略的な正面図である。

【図6】図6は、検査条件設定処理を示すフロー図である。

10

20

30

40

50

【図7】図7は、反射率データを示す概略図である。

【図8】図8は、反射率曲線を示す概略図である。

【図9】図9は、シフト量が少ない際の反射率曲線を示す概略図である。

【図10】図10は、従来の欠陥検査装置を示す概略的な側面図である。

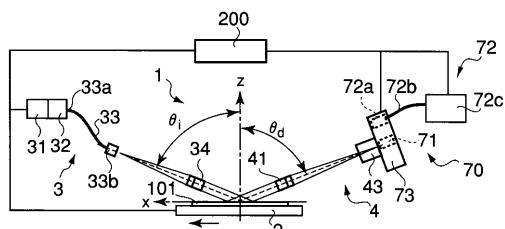
【図11】図11は、他の従来の欠陥検査装置を示す概略的な斜視図である。

#### 【符号の説明】

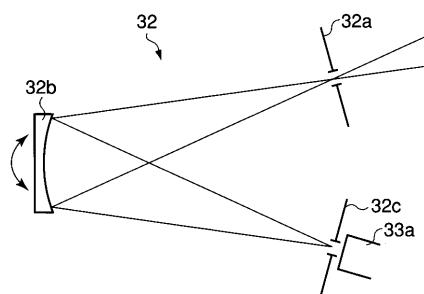
##### 【0081】

1 ... 欠陥検査装置、101 ... 被検体、2 ... ステージ、d1 ... 長手方向、d2 ... 駆動方向  
 、200 ... 制御系、201 ... ステージ制御部、202 ... 駆動回路、203 ... 光学系制御部  
 、204 ... 被検体搬送制御部、205 ... 画像インターフェース、206 ... 画像処理装置、  
 207 ... モニタ、208 ... 画像処理装置、209 ... ホストコンピュータ、210 ... モニタ  
 、211 ... キーボード、212 ... シーケンサ、3 ... 照明部、31 ... 光源、32 ... 波長選択  
 部、32a ... 入射スリット、32b ... 凹面回折格子、32c ... 出射スリット、33 ... 光ファイバー、  
 33a ... 入射端、33b ... 他端、34 ... コリメートレンズ、4 ... 結像部、41 ... コリメートレンズ、  
 43 ... 結像レンズ、501 ... 被検体配置工程、502 ... 被検体撮像工程、503 ... 基準位置設定工程、  
 504 ... 基準位置移動工程、505 ... 反射率測定工程、506 ... 補正工程、507 ... 中心波長入射角度設定工程、  
 508 ... 波長幅可変撮像工程、509 ... 波長幅設定工程、602 ... 凡例、70 ... 撮像部、702 ... 反射率曲線  
 、71 ... 撮像ユニット、71a ... 撮像面、72 ... ポリクロメータ、72a ... 可動固定部、  
 72b ... 光ファイバー、72c ... ポリクロメータ本体、72d ... 入射端、73 ... 撮像切替部、  
 8 ... 熱吸収フィルタ、80 ... 像、d ... 検査角度、i ... 入射角度

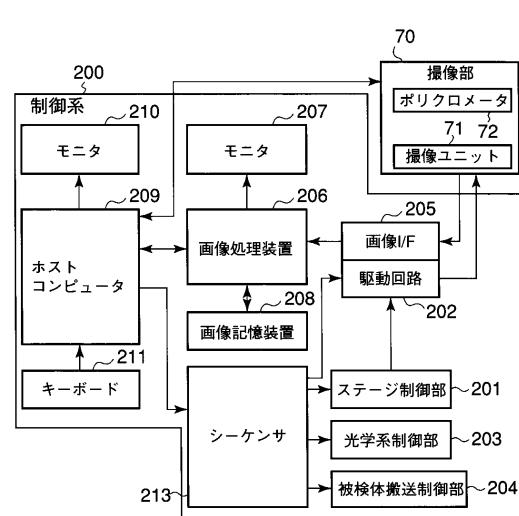
【図1】



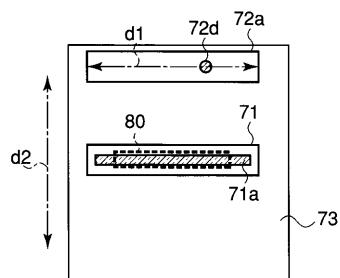
【図2】



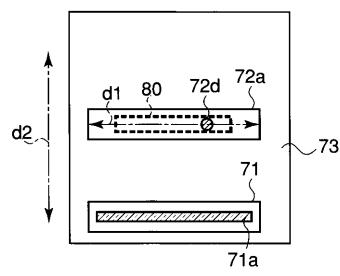
【図3】



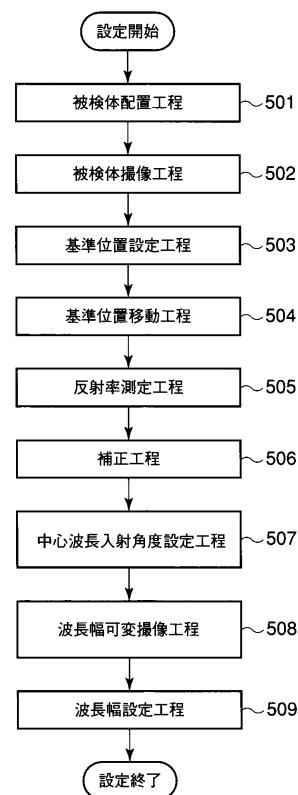
【図4】



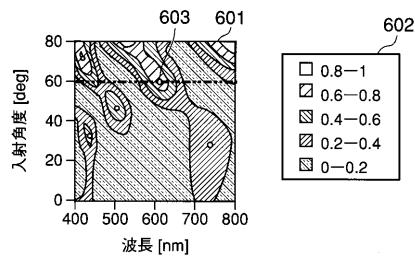
【図5】



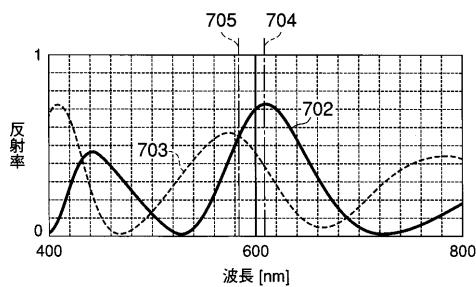
【図6】



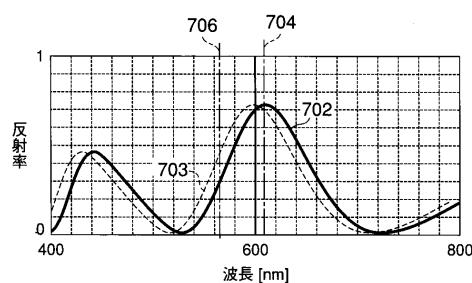
【図7】



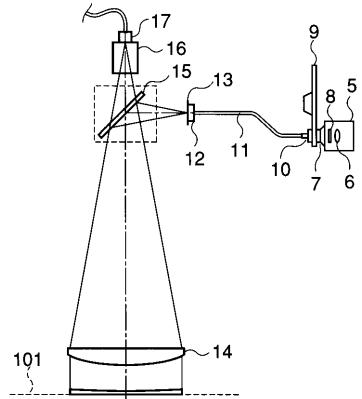
【図8】



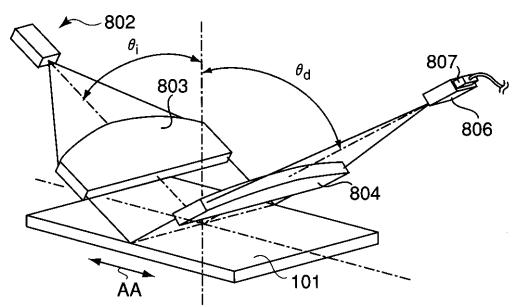
【図9】



【図10】



【図11】



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 2F065 AA49 BB02 CC19 CC31 CC32 FF44 FF48 FF51 GG02 GG24  
HH04 HH12 JJ03 JJ08 JJ26 LL02 LL04 LL22 LL30 MM03  
NN06 PP12 RR08 SS13 UU03  
2G051 AA51 AB02 BA04 BB01 BB07 BB09 BB15 BB17 BB20 CA03  
CA06 CB01 CC15 EA12  
4M106 AA01 BA04 CA39 CA41 DB02 DB03 DB04 DB07 DB12 DB19  
DB30 DJ18