

(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2012-73040

(P2012-73040A)

(43) 公開日 平成24年4月12日(2012.4.12)

(51) Int.Cl.
G01N 21/88 (2006.01)F I
G O 1 N 21/88テーマコード (参考)
2 G O 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2010-216114 (P2010-216114)
(22) 出願日 平成22年9月27日 (2010.9.27)(71) 出願人 000002233
日本電産サンキョー株式会社
長野県諏訪郡下諏訪町5329番地
(74) 代理人 100090170
弁理士 横沢 志郎
(74) 代理人 100125690
弁理士 小平 晋
(74) 代理人 100142619
弁理士 河合 徹
(74) 代理人 100153316
弁理士 河口 伸子
(72) 発明者 中村 五郎
長野県諏訪郡下諏訪町5329番地 日本
電産サンキョー株式会社内
Fターム(参考) 2G051 AA51 AB01 BB09 BC05 CA04
CB05

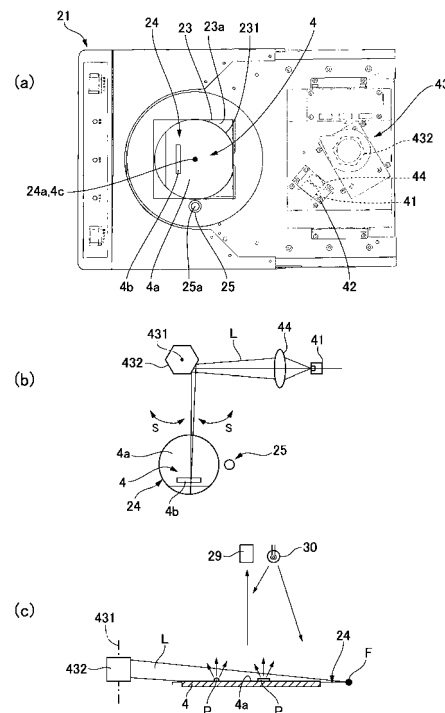
(54) 【発明の名称】 パーティクル検出用光学装置およびパーティクル検出装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 検査光の干渉に起因する検出不良を解消することのできるパーティクル検出用光学装置を提供すること。

【解決手段】 パーティクル検出装置では、パーティクル検出用光学装置において、基板4の基板表面4aに検査用光源部から検査光Lを照射し、基板表面4aのパーティクルPによって散乱された検査光Lの散乱光を撮像部29により撮像し、得られた画像データに基づいて基板4上のパーティクルPを検出する。検査用光源部は光源としての発光ダイオード41、発光ダイオード41から射出された発散光を収束光に変換する凸レンズ44、凸レンズ44から出射された収束光を検査光Lとして平面検査領域24に向けて出射すると共に平面検査領域24に沿って走査する走査ミラー432を備えており、検査光Lは、発光ダイオード41から出射されたインコヒーレント光の収束光である。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

検査対象の基板の基板表面が配置される平面検査領域に検査光を照射する検査用光源部と、前記基板表面で生じた前記検査光の散乱光を画像データとして取得する撮像部とを有し、前記画像データに基づいて前記基板表面に付着しているパーティクルを検出するためのパーティクル検出用光学装置において、

前記検査用光源部は、

光源としての発光ダイオードと、

前記発光ダイオードから射出される発散光を収束光に変換する収束レンズと、

前記収束レンズから出射される収束光を前記検査光として前記平面検査領域に照射すると共に前記平面検査領域に沿って走査する走査ミラーと、

を備えていることを特徴とするパーティクル検出用光学装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記基板の前記基板表面が鏡面研磨されていることを特徴とするパーティクル検出用光学装置。

【請求項 3】

請求項 2 において、

前記基板は、シリコン基板であることを特徴とするパーティクル検出用光学装置。

【請求項 4】

20

請求項 1 ないし 3 のうちのいずれかの項において、

前記平面検査領域から外れた位置に配置されている照度基準部材を有し、

前記検査用光源部は、前記検査光を前記照度基準部材に照射可能となっており、

前記撮像部は、前記照度基準部材で生じた前記検査光の散乱光を、前記基板表面のパーティクルによって生じた前記検査光の散乱光の強度補正用に撮像することを特徴とするパーティクル検出用光学装置。

【請求項 5】

請求項 4 において、

前記照度基準部材には、前記検査光が前記平面検査領域より低い照度で照射されることを特徴とするパーティクル検出用光学装置。

30

【請求項 6】

請求項 5 において、

前記照度基準部材の表面は、前記平面検査領域より低い位置にあることを特徴とするパーティクル検出用光学装置。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のうちのいずれかの項において、

前記検査光は、前記平面検査領域において光学的に前記光源から最も距離が遠いところで焦点を結んでいることを特徴とするパーティクル検出用光学装置。

【請求項 8】

40

請求項 1 ないし 7 のうちのいずれかの項に記載のパーティクル検出用光学装置と、

前記撮像部によって撮影された前記基板表面の撮像画像の画像データに基づいて前記基板表面に付着しているパーティクルを検出する画像処理部とを備えていることを特徴とするパーティクル検出装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、基板表面に付着したパーティクルを検出するためのパーティクル検出用光学装置およびパーティクル検出装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

50

半導体の技術分野や液晶装置の技術分野では、基板にパーティクルが付着していると不具合が発生するため、パーティクルの有無が検査されている。特許文献1には、基板表面のパーティクルを検出する装置として、検査対象とされる基板の基板表面に検査用光源部から検査光としてレーザ光を照射するとともに、基板表面のパーティクルによって散乱された検査光の散乱光をイメージセンサにより撮像し、イメージセンサの撮像結果に基づいて、基板上のパーティクルを検出する異物検出装置が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2008-39444号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

レーザ光はコヒーレント光なので、基板表面に付着している特定のパーティクルについて、検査用光源部からの検査光が直接このパーティクルを照射しているとともに、検査用光源部から基板表面に達した後に基板表面で跳ね返ってこのパーティクルを照射しているという事態が発生している場合には、これらが干渉する。ここで、検査光の干渉が発生すると干渉に起因して散乱光の強度が変化するので、撮像結果からパーティクルの大きさなどを正確に検出することができなくなるという問題が発生する。

20

【0005】

このような問題点に鑑みて、本発明の課題は、検査光の干渉に起因する検出不良を解消することのできるパーティクル検出用光学装置およびパーティクル検出装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明は、

検査対象の基板の基板表面が配置される平面検査領域に検査光を照射する検査用光源部と、前記基板表面で生じた前記検査光の散乱光を画像データとして取得する撮像部とを有し、前記画像データに基づいて前記基板表面に付着しているパーティクルを検出するためのパーティクル検出用光学装置において、

30

前記検査用光源部は、

光源としての発光ダイオードと、

前記発光ダイオードから射出される発散光を収束光に変換する収束レンズと、

前記収束レンズから出射される収束光を前記検査光として前記平面検査領域に照射すると共に前記平面検査領域に沿って走査する走査ミラーと、

を備えていることを特徴とする。

【0007】

本発明によれば、検査用光源部は、光源として発光ダイオードを備えており、発光ダイオードから出射されたインコヒーレント光を検査光とする。従って、基板表面に付着している特定のパーティクルについて、検査用光源部からの検査光が直接このパーティクルを照射しているとともに、検査用光源部から基板表面に達した後に基板表面で跳ね返ってこのパーティクルを照射しているという事態が発生しても、干渉が発生しにくい。この結果、検査光の干渉に起因する散乱光の強度の変化を低減できるので、撮像部が取得した画像データに基づいて基板上のパーティクルを精度よく検出することが可能となる。また、光源としてレーザ光を射出する半導体レーザを用いている場合には、温度変化による出力変化が大きいので、環境温度の変化、或いは、半導体レーザ自身の発熱によって検査光の光量に変化してしまい、撮像結果からパーティクルの大きさなどを正確に検出することができなくなることがあるが、光源として発光ダイオードを用いれば温度の変化に起因する光量の変化を抑制できるので、温度の変化に拘わらず撮像部が取得した画像データに基づいて基板上のパーティクルを精度よく検出することができる。

40

50

【 0 0 0 8 】

ここで、発光ダイオードから出射される検査光は、レーザ光を検査光とした場合と比較して光量の少ないものとなるが、検査光は収束光の状態では平面検査領域に照射されるので、照射エリアに照射される検査光の光量を確保することができる。また、検査光が発散光の状態では基板に照射されると、基板表面において検査光が入射してくる側（光学的に光源に近い側）に届く光の光量は多いが、基板表面において検査光が入射してくる側から離れた側（光学的に光源から遠い側）に届く光の光量は少なくなるので、同一サイズのパーティクルであっても基板表面上の位置によって散乱光の強度が異なり、パーティクルを検出する検出精度が低下することがあるが、検査光を収束光の状態では基板に照射される状態とすることにより、このような検査光の強度分布を緩和することができる。さらに、また、光源として発光ダイオードを用いる場合には、発光ダイオードの配光特性によって平面検査領域に照度分布が発生してしまうが、走査ミラーによって検査光を走査しながら平面検査領域に向けて出射するので、平面検査領域における照度分布を均一に近いものとすることができる。また、走査ミラーによって検査光を走査しながら平面検査領域に向けて出射すれば、基板を静止した状態で、基板表面全体においてパーティクルを検出することができるので、パーティクル検出用光学装置の構成を簡素化することができる。

10

【 0 0 0 9 】

本発明において、前記基板の前記基板表面が鏡面研磨されていることが望ましい。パーティクルの検出にこのような基板を用いれば、基板自身の基板表面での散乱を防止することができるので、検出精度が高い。

20

【 0 0 1 0 】

この場合において、基板の入手を容易にするためには、前記基板は、シリコン基板であることが望ましい。

【 0 0 1 1 】

本発明において、前記平面検査領域から外れた位置に配置されている照度基準部材を有し、前記検査用光源部は、前記検査光を前記照度基準部材に照射可能となっており、前記撮像部は、前記照度基準部材で生じた前記検査光の散乱光を、前記基板表面のパーティクルによって生じた前記検査光の散乱光の強度補正用に撮像することが望ましい。このようにすれば、検査光の光量の変動した場合でも、照度基準部材で散乱した光の強度を基準にパーティクルを検出することができる。よって、光源からの出射強度が変動しても、パーティクルの検出精度が高い。

30

【 0 0 1 2 】

この場合において、前記照度基準部材には、前記検査光が前記平面検査領域より低い照度で照射されることが望ましい。このようにすれば、撮像部の撮像結果において照度基準部材で生じた散乱光の強度を基板表面のパーティクルによって生じた散乱光の強度よりも弱くすることができるので、この散乱光を基準として基板表面のパーティクルによって生じた検査光の散乱光の強度を補正することが容易となる。

【 0 0 1 3 】

本発明において、前記照度基準部材の表面は、前記平面検査領域より低い位置にあることが望ましい。照度基準部材の表面を基板表面より低い位置にすれば、検査光が基板表面より低い照度で照度基準部材に照射されるように構成するにあたって、照度基準部材と走査ミラーとの距離を長くした構成や、走査ミラーと照度基準部材との間に光強度を低下させる透光性部材を配置した構成に比較して、狭い領域内に基板と照度基準部材とを配置することができる。

40

【 0 0 1 4 】

本発明において、前記検査光は、前記平面検査領域において光学的に前記光源から最も距離が遠いところで焦点を結んでいることが望ましい。このようにすれば、平面検査領域に照射される検査光の光量が多くなる。

【 0 0 1 5 】

次に、本発明のパーティクル検出装置は、

50

上記のパーティクル検出用光学装置と、

前記撮像部によって撮影された前記基板表面の撮像画像の画像データに基づいて前記基板表面に付着しているパーティクルを検出する画像処理部を備えていることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

本発明によれば、パーティクル検出用光学装置の撮像部によって取得された画像データにおいて検査光の干渉に起因する散乱光の強度の変化が低減されている。従って、画像処理部では、画像データに基づいて基板上的パーティクルを精度よく検出できる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、検査用光源部は、光源として発光ダイオードを備えており、発光ダイオードから出射されたインコヒーレント光を検査光とする。従って、基板表面に付着している特定のパーティクルについて、検査用光源部からの検査光が直接このパーティクルを照射しているとともに、検査用光源部から基板表面に達した後に基板表面で跳ね返ってこのパーティクルを照射しているという事態が発生しても、干渉が発生しにくい。この結果、検査光の干渉に起因する散乱光の強度の変化を低減できるので、撮像部が取得した画像データに基づいて基板上的パーティクルを精度よく検出することが可能となる。また、光源としてレーザ光を射出する半導体レーザを用いている場合には、温度変化による出力変化が大きいので、環境温度の変化によって検査光の光量に変化してしまい、撮像結果からパーティクルの大きさなどを正確に検出することができなくなることがあるが、光源として発光ダイオードを用いれば環境温度の変化に起因する光量の変化を抑制できるので、環境温度の変化に拘わらず撮像部が取得した画像データに基づいて基板上的パーティクルを精度よく検出することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 8 】

【 図 1 】 本発明を適用したパーティクル検出装置および基板を示す説明図である。

【 図 2 】 パーティクル検出用光学装置の要部を説明するための説明図である。

【 図 3 】 パーティクル検出用光学装置の光学系等の構成を示す説明図である。

【 図 4 】 反射鏡（反射部材）が検査光を反射する様子を示す説明図である。

【 図 5 】 パーティクル検出装置のデータ処理系の構成を示すブロック図である。

【 図 6 】 画像データの一例を示す説明図である。

【 図 7 】 パーティクル検出方法を示すフローチャートである。

【 図 8 】 検査用光学部の別の例を示す説明図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 9 】

以下に図面を参照して、本発明を適用したパーティクル検出用光学装置およびパーティクル検出装置を説明する。

【 0 0 2 0 】

（全体構成）

図 1（a）はパーティクル検出装置全体の構成を示す説明図であり、図 1（b）はパーティクルの検査対象となる基板の平面図である。図 2 はパーティクル検出用光学装置の要部を示す説明図である。図 1（a）に示すように、パーティクル検出装置 1 は、パーティクル検出用光学装置 2 と、表示部 3 a およびキーボードやマウスなどの入力部 3 b を備えるコンピュータ 3 を有している。コンピュータ 3 はパーティクル検出用光学装置 2 に通信可能に接続されている。

【 0 0 2 1 】

パーティクル検出用光学装置 2 は、前側にスイッチ 2 1 a およびランプ 2 1 b が設けられた装置本体 2 1 と、装置本体 2 1 の後側で起立して上側部分が前方に張り出している光学系収納部 2 2 を有している。装置本体 2 1 の上面部には、試料台 2 3 が一段高く設けられている。試料台 2 3 は、その上端面に円形の平面検査領域 2 4 が設けられており、平面

10

20

30

40

50

検査領域 2 4 にはパーティクル P の検査対象となる基板 4 が配置されており、基板 4 の基板表面 4 a が平面検査領域 2 4 上に位置している。試料台 2 3 の側方には、照度基準部材 2 5 が設けられている(図 2 参照)。試料台 2 3 および照度基準部材 2 5 の前方には、これら試料台 2 3 および照度基準部材 2 5 の前側部分を覆う反射鏡(反射部材) 2 6 が取り付けられている。反射鏡 2 6 の前方には、装置本体 2 1 と光学系収納部 2 2 との間で試料台 2 3 を囲んだ状態および開放した状態に切り換える二重の回転ドア 2 7 が設けられている。回転ドア 2 7 は遮光性を有しており、回転ドア 2 7 を閉状態にした状態で回転ドア 2 7 の内側は、外部から光が遮断された測定室 2 8 となる。本形態において、反射鏡 2 6 は反射面として鏡面を備えるものであるが、この反射鏡 2 6 に替えて、反射面が細かな凹凸を備えるガラス板などから構成されており、この反射面が光散乱性を備える反射部材を用いてもよい。

10

【0022】

基板 4 の平面形状は略円形をしている。基板 4 はシリコンウエハーであり、基板表面 4 a が鏡面となるまで研磨されている。基板表面 4 a にはレーザ加工等により基板 4 の位置を特定するための位置決めマーク 4 b が刻印されている。位置決めマーク 4 b は、基板 4 の中心 4 c から外れた位置に形成されており、基板 4 の半径方向と直交する方向に長く延びる長方形をしている。

【0023】

図 2 に示すように、試料台 2 3 は中央に円形凹部 2 3 1 を備えており、基板 4 は円形凹部 2 3 1 に配置されている。円形凹部 2 3 1 は、基板 4 の外径と対応する内径を備えており、円形凹部 2 3 1 の内側に基板 4 を配置すると、基板 4 は径方向で位置決めされ、基板 4 の中心 4 c と平面検査領域 2 4 の中心 2 4 a が一致する。また、円形凹部 2 3 1 は基板 4 の厚さに対応する深さを備えており、円形凹部 2 3 1 の内側に基板 4 を配置された状態では、基板表面 4 a と試料台 2 3 の上端面 2 3 a が高さ方向で一致する。円形凹部 2 3 1 の上端開口が平面検査領域 2 4 を規定している。

20

【0024】

光学系収納部 2 2 内は、試料台 2 3 の上方に撮像部 2 9 と照明装置 3 0 を備えている。撮像部 2 9 は、複数の画素がマトリクス状に配置された CCD カメラを備えており、平面検査領域 2 4 の中心 2 4 a に対して対向するように下向きに配置されている。照明装置 3 0 は平面検査領域 2 4 に対向するように下向きに配置されており、平面検査領域 2 4 の全体を照射可能な発散光を照射する。また、光学系収納部 2 2 は、試料台 2 3 の後方に、平面検査領域 2 4 および照度基準部材 2 5 に検査光 L (図 3 参照)を照射する検査用光源部 3 1 を備えている。

30

【0025】

基板 4 に付着したパーティクル P を検出する際には、パーティクル検出用光学装置 2 において、試料台 2 3 に基板 4 をセットして回転ドア 2 7 を閉状態とする。次に、検査用光源部 3 1 から平面検査領域 2 4 に検査光 L を照射して、基板表面 4 a に付着しているパーティクル P によって散乱された検査光 L の散乱光を撮像部 2 9 によって撮影する。これにより画像データが取得されると、パーティクル検出用光学装置 2 は画像データをコンピュータ 3 に送信する。コンピュータ 3 では、受信した画像データに基づいて基板 4 上のパーティクル P の数および大きさを検出する。また、コンピュータ 3 では、受信した画像データと共に、パーティクル P の検出結果を表示部 3 a に表示する。

40

【0026】

基板 4 に付着したパーティクル P を観察する際には、パーティクル検出用光学装置 2 において、試料台 2 3 に基板 4 をセットして回転ドア 2 7 を開状態とする。次に、照明装置 3 0 によって平面検査領域 2 4 を照らすとともに、検査用光源部 3 1 から平面検査領域 2 4 に検査光 L を照射して、基板表面 4 a のパーティクル P によって散乱された検査光 L の散乱光を撮像部 2 9 によって撮影する。これにより画像データが取得されると、パーティクル検出用光学装置 2 は画像データをコンピュータ 3 に送信する。コンピュータ 3 では、受信した画像データを表示部 3 a に表示する。

50

【 0 0 2 7 】

(検査用光源部)

図 2、図 3 を参照して、パーティクル検出用光学装置 2 の検査用光源部 3 1 を説明する。図 3 (a) は検査用光源部 3 1 の平面的なレイアウトを示す平面図であり、図 3 (b) は検査用光源部 3 1 の光学的なレイアウトを示す説明図であり、図 3 (c) は基板表面 4 a に検査光 L が照射される様子を示す説明図である。図 3 では反射鏡 2 6 を取り外して示している。検査用光源部 3 1 は、光源としての発光ダイオード 4 1 と、発光ダイオード 4 1 を保持するホルダ 4 2 と、検査光 L を平面検査領域 2 4 に向けて出射するとともに、平面検査領域 2 4 に沿って走査させるための走査装置 4 3 を備えている。

【 0 0 2 8 】

発光ダイオード 4 1 は緑色の発散光を出射するものである。走査装置 4 3 は、図 3 (b)、(c) に示すように、走査ミラー 4 3 2 と、この走査ミラー 4 3 2 をその中心軸線 4 3 1 回りに回転させる駆動装置 (図示せず) を備えている。走査ミラー 4 3 2 は、平面検査領域 2 4 に対して垂直な方向に中心軸線 4 3 1 を向ける正八角柱状のポリゴンミラーであり、図 2、図 3 (c) に示すように、平面検査領域 2 4 よりもわずかに上方に位置している。

【 0 0 2 9 】

図 3 に示すように、ホルダ 4 2 内には、凸レンズ (収束レンズ) 4 4 が収納されており、発光ダイオード 4 1 から射出された発散光は凸レンズ 4 4 によって収束光に変換される。この収束光は、図 3 (c) に示すように、走査ミラー 4 3 2 で反射した後も収束光として進行し、検査光 L として、平面検査領域 2 4 に向って照射される。検査光 L は、平面検査領域 2 4 において光学的に光源からの距離が最も遠いところで焦点 F を結んでいる。

【 0 0 3 0 】

また、検査光 L は、中心軸線 4 3 1 周りに回転している走査ミラー 4 3 2 によって反射されることにより、図 3 (b) に矢印 S で示すように、平面検査領域 2 4 に沿って基板表面 4 a の面内方向で走査され、基板表面 4 a 全体を、その側方斜め上方から照射する。

【 0 0 3 1 】

(照度基準部材)

照度基準部材 2 5 は、表面 2 5 a に細かな凹凸を備えたガラス板などであり、表面 2 5 a は光散乱性を備えている。図 2 に示すように、照度基準部材 2 5 は、平面検査領域 2 4 から外れた位置において、照度基準部材 2 5 の表面が平面検査領域 2 4 に配置された基板表面 4 a よりも低くなるように配置されている。従って、検査用光源部 3 1 からの検査光 L は、平面検査領域 2 4 より低い照度で照度基準部材 2 5 に照射される。

【 0 0 3 2 】

(反射鏡)

図 2、図 4 を参照して反射鏡 2 6 を説明する。図 4 は反射鏡 2 6 が検査光 L を反射する様子を示す説明図である。反射鏡 2 6 は、図 2 に示すように、平面検査領域 2 4 の中心 2 4 a を挟んで走査ミラー 4 3 2 とは反対側に配置されており、平面検査領域 2 4 の前側部分を前方斜め上方から覆っている。反射鏡 2 6 において平面検査領域 2 4 の側を向いている内側の反射面 2 6 a は、平面検査領域 2 4 の中心 2 4 a を中心として規定された円弧面となっている。図 4 に示すように、反射鏡 2 6 は、平面検査領域 2 4 に配置された基板 4 の基板表面 4 a によって反射された検査光 L の反射光を、反射面 2 6 a で基板表面 4 a の側に反射する。

【 0 0 3 3 】

(制御系)

図 5 は、本発明を適用したパーティクル検出装置 1 における制御系を示すブロック図である。図 6 は画像データの一例を示す説明図である。コンピュータ 3 は予めメモリに格納されたプログラムに基づいて動作しており、図 5 に示すように、入力部 3 b からの命令に基づいてパーティクル検出用光学装置 2 を制御する光学装置制御部 5 1、パーティクル検出用光学装置 2 から送信された画像データを受信する受信部 5 2、画像データに基づいて

10

20

30

40

50

パーティクル P を検出する画像処理部 5 3、および、画像データおよび画像データに基づいて検出されたパーティクル P の検出結果を表示部 3 a に表示する表示制御部 5 4 を備えている。

【0034】

光学装置制御部 5 1 は、入力部 3 b から入力された命令に基づいて、撮像部 2 9、照明装置 3 0 および検査用光源部 3 1 を制御する。

【0035】

本例では、試料台 2 3 に基板 4 をセットして回転ドア 2 7 を閉状態とした後に入力部 3 b から「パーティクル検出命令」が入力されると、検査用光源部 3 1 および撮像部 2 9 を駆動制御して、検査用光源部 3 1 から平面検査領域 2 4 に検査光 L を照射し、撮像部 2 9 によって基板表面 4 a のパーティクル P によって散乱された検査光 L の散乱光を撮影する。そして、取得した画像データを撮像部 2 9 からコンピュータ 3 に送信させる。「パーティクル検出命令」では照明装置 3 0 は点灯されず、撮像部 2 9 による撮影は「暗視野状態」で行なわれる。暗視野状態とは、検査光 L 以外の光が、測定室 2 8 に照射されていない状態を意味する。

【0036】

また、試料台 2 3 に基板 4 をセットして回転ドア 2 7 を閉状態とした後に入力部 3 b から「パーティクル観察命令」が入力されると、照明装置 3 0、および検査用光源部 3 1 および撮像部 2 9 を駆動制御して、照明装置 3 0 によって平面検査領域 2 4 を照らし、かつ、検査用光源部 3 1 から平面検査領域 2 4 に検査光 L を照射し、撮像部 2 9 によって基板表面 4 a のパーティクル P によって散乱された検査光 L の散乱光を撮影する。そして、取得した画像データを撮像部 2 9 からコンピュータ 3 に送信させる。「パーティクル観察命令」では照明装置 3 0 が点灯され、撮像部 2 9 による撮影は「明視野状態」で行なわれる。明視野状態とは検査光 L 以外の光が、平面検査領域 2 4 に照射されている状態を意味する。なお、「パーティクル観察命令」が入力されている場合に、検査用光源部 3 1 を駆動せずに、撮影を行うようにしてもよい。すなわち、検査光 L を検査用光源部 3 1 から平面検査領域 2 4 に検査光 L を照射せず、基板表面 4 a のパーティクル P によって散乱された照明装置 3 0 の発散光の散乱光を撮像部 2 9 によって撮影してもよい。

【0037】

ここで、パーティクル検出用光学装置 2 からコンピュータ 3 に送信される画像データは、2 次元の画像データであり、画素の位置を示す座標と、各画素の輝度値が対応付けられたものである。各画素の位置は、例えば、図 6 に示すように、座標 (X_i, Y_j) = 座標 (X_1, Y_1) 、 (X_1, Y_2) 、 \dots 、 (X_n, Y_m) で表される。

【0038】

受信部 5 2 は、パーティクル検出用光学装置 2 からの画像データを受信して、記憶装置 5 5 に記憶保持する。また、画像データを、画像処理部 5 3 および表示制御部 5 4 に出力する。

【0039】

画像処理部 5 3 は、パーティクル検出用光学装置 2 から受信した画像データから散乱光の領域を抽出する領域抽出部 5 3 1、領域抽出部 5 3 1 によって抽出された領域に基づいてパーティクル P の大きさを特定するパーティクル特定部 5 3 2、パーティクル特定部 5 3 2 により特定されたパーティクル P の数を計数する計数部 5 3 3 を備えている。ここで、領域抽出部 5 3 1、パーティクル特定部 5 3 2、計数部 5 3 3 は、「パーティクル検出命令」が入力されている場合に動作するものであり、「パーティクル観察命令」が入力されている場合には、動作しない。

【0040】

領域抽出部 5 3 1 は、各種メモリ等を備えており、入力部 3 b から予め入力されているしきい値を記憶している。しきい値は、パーティクル P に照射された検査光 L の散乱光の強度が、パーティクル P が存在すると認識するための下限値である。また、領域抽出部 5 3 1 は、撮像部 2 9 から入力された画像データとしきい値を用いて画像データを処理し、

10

20

30

40

50

図 6 に示すように、しきい値以上の輝度値を持つ画素がひとまとまりとなった高輝度画素領域 R (高輝度画素領域 R 1、R 2、R 3) を求めるとともに、かかる高輝度画素領域 R (高輝度画素領域 R 1、R 2、R 3) の位置、および高輝度画素領域 R (高輝度画素領域 R 1、R 2、R 3) に含まれる画素数および各画素の輝度値を高輝度画素情報として抽出して、パーティクル特定部 5 3 2 に出力する。領域抽出部 5 3 1 で抽出される高輝度画素領域 R は、パーティクル P に対して 1 対 1 で対応するものとなる。

【0041】

ここで、領域抽出部 5 3 1 は、照度基準部材 2 5 に照射された検査光 L の散乱光の強度に基づいて、各画素の輝度やしきい値を補正する。すなわち、光源として用いた発光ダイオード 4 1 での出射光量の変動して各画素の輝度に影響を与える場合があるので、各画素の輝度やしきい値を補正する。本例では、各画素の実際の輝度を照度基準部材 2 5 での散乱光の検出値で除した値を画素の輝度として扱う。このため、しきい値についても、各画素の実際の輝度を照度基準部材 2 5 での散乱光の検出値で除した値に対応する値に設定されている。

10

【0042】

パーティクル特定部 5 3 2 は、高輝度画素情報に含まれる、高輝度画素領域 R の位置、高輝度画素領域 R に含まれる各画素の画総数および輝度値に基づいて、基板表面 4 a に付着している各パーティクル P の位置および大きさを特定する。すなわち、パーティクル P のサイズが大きければ、高輝度画素領域 R に存在する画素数が多く、かつ、輝度が高いため、高輝度画素領域 R に存在する画素数および輝度に基づいてパーティクル P のサイズを特定することができる。

20

【0043】

また、パーティクル特定部 5 3 2 は、特定された各パーティクル P を大きさによって分級する。本例では、例えば、30 μm 以上かつ 60 μm 未満、60 μm 以上かつ 90 μm 未満、90 μm 以上に分級する。さらに、パーティクル特定部 5 3 2 は、パーティクル P の位置および大きさ並びに分級結果を、パーティクル特定情報として計数部 5 3 3 に出力する。

【0044】

計数部 5 3 3 は複数のカウンタを備えており、パーティクル特定情報を受信する毎にカウンタの値を 1 増加させて、パーティクル P の数を計数する。また、パーティクル特定情報に含まれている分級結果に基づいて、各分級のパーティクル P の数を計数する。また、パーティクル特定情報と、計数されたパーティクル P の総数および各分級のパーティクル P の数を表示制御部 5 4 に出力する。

30

【0045】

なお、領域抽出部 5 3 1 が高輝度画素領域 R を検出できなかった場合には、領域抽出部 5 3 1 からパーティクル特定部 5 3 2 に、高輝度画素領域 R が存在しないことを示すゼロ情報が出力される。この場合には、パーティクル特定部 5 3 2 からパーティクル特定情報が出力されないため、計数部 5 3 3 によるパーティクル P の計数は行われない。

【0046】

表示制御部 5 4 は、「パーティクル検出命令」が入力されている場合には、受信部 5 2 からの画像データを表示部 3 a に表示すると共に、各パーティクル P の位置および大きさ並びに分級結果を含むパーティクル特定情報、パーティクル P の総数および各分級のパーティクル P の数を表示部 3 a に表示する。ここで表示部 3 a に表示される画像データは、暗視野状態において取得されたものである。

40

【0047】

また、表示制御部 5 4 は、「パーティクル観察命令」が入力されている場合には、受信部 5 2 からの画像データをのみを表示部 3 a に表示する。ここで表示部 3 a に表示される画像データは明視野状態において取得されたものである。

【0048】

(パーティクル検出動作)

50

図7はパーティクル検出動作を示すフローチャートである。本例のパーティクル検出装置1は、基板4が配置されていたエリアにおけるパーティクルPの監視に用いられる。後者の場合、基板4を所定のエリアに配置した後、回収し、基板4上に付着したパーティクルPを監視することにより、基板4が配置されていたエリアに存在するパーティクルPの数や大きさが求められる。かかる監視を継続的に行なう場合、例えば、パーティクル検出装置1によってパーティクルPの検出を終えた基板4を再度、監視エリアに配置し、所定の時間が経過した後、再度、基板4を回収して基板4上に付着したパーティクルPの数や大きさが求め、前回の検出結果と比較される。その際、基板4の位置を合わせる必要があることから、本例では、基板4に付された位置決めマーク4bを原点位置にして、パーティクルPの基板4上の位置を決定する。

10

【0049】

パーティクルPを検出する際には、まず、試料台23に基板4をセットし、すなわち、平面検査領域24上に基板4の基板表面4aを配置し、回転ドア27を閉状態とする(ステップST1)。しかる後に入力部3bから「パーティクル検出命令」を入力する(ステップST2)。これにより、検査用光源部31から平面検査領域24への検査光Lの照射が開始され、撮像部29による撮像が始まる(ステップST3)。その際に、照明装置30は消灯した状態となっている(暗視野撮像工程)。

【0050】

暗視野撮像工程において、パーティクルPにより発生した散乱光を撮像部29が画像データとして取得してコンピュータ3に送信すると、受信部52はこの画像データを記憶装置55に記憶保持する。また、受信部52はこの画像データを表示制御部54に出力するとともに、領域抽出部531に出力する。領域抽出部531は高輝度画素領域Rを求めるとともに、かかる高輝度画素領域Rの位置、および高輝度画素領域に含まれる画素数および各画素の輝度を高輝度画素情報として抽出してパーティクル特定部532に出力する(ステップST4)。

20

【0051】

高輝度画素情報が入力されたパーティクル特定部532では、高輝度画素領域Rの位置、高輝度画素領域に含まれる画素数および各画素の輝度に基づいて、基板表面4aに付着している各パーティクルPの位置および大きさを特定する。また、各パーティクルPの大きさによって分級する。そして、各パーティクルPの位置および大きさ並びに分級結果をパーティクル特定情報として測定部に出力する(ステップST5)。

30

【0052】

パーティクル特定情報が入力された計数部533では、パーティクルPの総数および各分級のパーティクルPの数を計数し(ステップST6)、パーティクル特定情報と共に表示制御部54に出力するので、表示制御部54は、画像データと共に、各パーティクルPの位置および大きさ並びに分級結果を含むパーティクル特定情報、パーティクルPの総数、および各分級のパーティクルPの数を表示部3aに表示する(ステップST7)。

【0053】

次に、パーティクル検出装置1の使用者がコンピュータ3の入力部3bに「パーティクル観察命令」を入力すると(ステップST8)、照明装置30が点灯し、撮像部29は明視野状態で基板表面4aを撮像する(ステップST9)。その際に、検査用光源部31からの検査光Lは平面検査領域24を走査する状態となっている。(明視野撮像工程)。

40

【0054】

明視野撮像工程において、パーティクルPにより発生した散乱光を撮像部29が画像データとして取得してコンピュータ3に送信すると、受信部52はこの画像データを記憶装置55に記憶保持する。また、受信部52はこの画像データを表示制御部54に出力し、表示制御部54は、画像データを表示部3aに表示する(ステップST10)。すなわち、明視野撮像工程では、パーティクルPの特定は行われないので、表示制御部54によって画像データのみが表示部3aに表示される。

【0055】

50

ここで、明視野撮像工程では、サイズの大きなパーティクルPの像が表示部3aに表示されるので、かかるサイズの大きなパーティクルPの外形を観察することができる。従って、サイズの大きなパーティクルPが何に由来しているかを判別することができる。また、明視野撮像工程の間も、発光ダイオード41は点灯し続けているので、サイズの小さなパーティクルPについては、外形は観察できないものの、サイズの小さいパーティクルPでの散乱光が表示部3aに表示される。

【0056】

このような、パーティクル検出動作では、散乱光の輝度が低いパーティクルPに対応させて検査光Lの強度や撮像部29の感度を設定しておけば、暗視野撮像工程において、小さなパーティクルPの数やサイズを検出することができる。この場合、大きなパーティクルPでの散乱光の輝度レベルでは検出感度が飽和してしまい、大きなパーティクルPについては外形を検出できないが、大きなパーティクルPの外形については明視野撮像工程で検出することができる。従って、簡素な構成で、サイズが小さいパーティクルPを検出することができるとともに、サイズが大きいパーティクルPについても外形を検出することができる。

【0057】

(作用効果)

本例によれば、検査用光源部31は、光源として発光ダイオード41を備えており、発光ダイオード41から出射されたインコヒーレント光を検査光Lとする。従って、基板表面4aに付着している特定のパーティクルPについて、検査用光源部31からの検査光Lが直接このパーティクルPを照射しているとともに、検査用光源部31から基板表面4aに達した後に基板表面4aで跳ね返ってこのパーティクルPを照射しているという事態が発生しても、干渉が発生しにくい。この結果、検査光Lの干渉に起因する散乱光の強度の変化を低減できるので、撮像部29が取得した画像データに基づいて基板4上のパーティクルPを精度よく検出することができる。

【0058】

また、光源としてレーザ光を射出する半導体レーザを用いている場合には、温度変化による出力変化が大きいので、環境温度の変化、或いは、半導体レーザ自らの発熱によって検査光Lの光量に変化してしまい、撮像結果からパーティクルPの大きさなどを正確に検出することができなくなることがあるが、光源として発光ダイオード41を用いているので、温度の変化に起因する光量の変化を抑制できる。よって、温度の変化に拘わらず撮像部29が取得した画像データに基づいて基板4上のパーティクルPを精度よく検出することができる。

【0059】

ここで、発光ダイオード41から出射される検査光Lは、レーザ光を検査光Lとした場合と比較して光量の少ないものとなるが、検査光Lは収束光となっているので、照射エリアに照射される検査光Lの光量を確保することができる。さらに、検査光Lは、平面検査領域24において光学的に光源からの距離が最も遠いところで焦点を結んでいるので、平面検査領域24に照射される検査光Lの光量が多くなる。

【0060】

加えて、本例では、パーティクルPの検査対象となっている基板4の基板表面4aによって反射された検査光Lの反射光を基板表面4aの側に反射する反射鏡26を有しているので、基板表面4aに照射される検査光Lの光量を確保することができる。また、検査光Lがインコヒーレント光なので、反射鏡26を用いて、基板表面4aによって反射された検査光Lの反射光を基板表面4aの側に反射させても、検査光Lに干渉が発生しない。よって、パーティクルPが微細であっても精度よく検出することができる。

【0061】

また、検査光Lが発散光の状態で基板4に照射されると、基板表面4aにおいて検査光Lが入射してくる側(光学的に光源に近い側)に届く光の光量が多いが、基板表面4aにおいて検査光Lが入射してくる側から離れた側(光学的に光源から遠い側)に届く光の光

量は少なくなるので、同一サイズのパーティクルPであっても基板表面4a上の位置によって散乱光の強度が異なり、パーティクルPを検出する検出精度が低下することがあるが、検査光Lは収束光の状態で基板4に照射されているので、このような検査光Lの強度分布を緩和することができる。

【0062】

さらに、本例では、撮像部29により得られた画像データにおいて、各画素の輝度値としきい値とを比較してパーティクルPを認識するので、照度の連続性が確保されないと、パーティクルPの大きさや数を誤検出してしまう。しかるに本例では、検査光Lを収束光として基板4に向けて照射しているので、検査光Lの強度は、走査ミラー432から遠ざかるに連れて収束度合いが連続的に高まり、照度が連続している状態となる。それ故、パーティクルPの大きさや数の検出精度が高い。

10

【0063】

また、光源として発光ダイオード41を用いる場合には、発光ダイオード41の配光特性によって平面検査領域24に配置された基板表面4aに照度分布が発生してしまうが、反射鏡26によって、基板表面4aで反射された検査光Lの反射光を基板表面4aの側に反射しているので、平面検査領域24における照度分布を均一に近いものとすることができる。さらに、走査ミラー432によって検査光Lを走査しながら平面検査領域24に向けて出射するので、平面検査領域24における照度分布を均一に近いものとすることができる。

【0064】

20

また、走査ミラー432によって検査光Lを走査しながら平面検査領域24に向けて出射すれば、基板4を静止させた状態で、基板表面4a全体においてパーティクルPを検出することができるので、パーティクル検出用光学装置2の構成を簡素化することができる。

【0065】

本例において、基板4は、シリコンウエハーであり、基板表面4aは鏡面研磨されている。この結果、基板自身の基板表面4aでの散乱を防止することができるので、検出精度が高い。また、基板表面4aを鏡面研磨しておけば、基板表面4aに照射された検査光Lの光量と、基板表面4aで反射した検査光Lの反射光の光量との差が僅かなものとなる。従って、基板表面4aで反射した検査光Lの反射光を反射鏡26で基板表面4aの側に反射することにより、基板表面4aに照射される検査光Lの光量を十分なものとすることができる。

30

【0066】

また、基板表面4aには位置決めマーク4bが付されているため、パーティクルPの検出を実施した基板4を、再び、空気清浄度を監視する環境下に配置し、しかる後に基板表面4aのパーティクルPを検出した際、位置決めマーク4bを基準に基板表面4aの各位置でのパーティクルPの付着量変化を追跡することができる。

【0067】

さらに、本例では、検査光Lが照射される照度基準部材25が設けられているので、かかる照度基準部材25に対する検出結果により、撮像部29での撮像結果を補正できる。このため、発光ダイオード41から出射される検査光Lの光量の変動した場合でも、パーティクルPの検出精度が高い。

40

【0068】

また、照度基準部材25は、平面検査領域24の側方に配置され、かつ、照度基準部材25の表面は、平面検査領域24よりも低い位置にある。この結果、検査光Lが基板表面4aより低い照度で照射されるので、撮像部29の撮像結果において、照度基準部材25で生じた散乱光の強度が基板表面4aのパーティクルPによって生じた散乱光の強度よりも弱くすることができるので、この散乱光を基準として基板表面4aのパーティクルによって生じた検査光Lの散乱光の強度を補正することが容易となる。しかも、検査光Lが基板表面4aより低い照度で照度基準部材25に照射されるように構成するにあたって、照

50

度基準部材 2 5 の表面を平面検査領域 2 4 より低くしているので、照度基準部材 2 5 と走査ミラー 4 3 2 との距離を長くした構成や、走査ミラー 4 3 2 と照度基準部材 2 5 との間に光強度を低下させる透光性部材を配置した構成に比較して、狭い領域内に平面検査領域 2 4 と照度基準部材 2 5 とを配置することができる。

【 0 0 6 9 】

さらに、検査光 L を一方向から平面検査領域 2 4 に照射している場合には、検査光 L によって形成されたパーティクル P の影の中に他のパーティクル P が入ってしまい、この影の中に入ったパーティクル P を検出することができない場合があるが、本例では、反射鏡 2 6 による反射によって、検査用光源部 3 1 からの検査光 L とは異なる方向から検査光 L を基板表面 4 a に照射できる。従って、他のパーティクル P の影の中に入ったパーティクル P も検出できる。

10

【 0 0 7 0 】

(その他の実施の形態)

図 8 は検査用光源部の別の例の光学的なレイアウトを示す説明図である。上記の検査用光源部 3 1 では、発光ダイオード 4 1 と走査ミラー 4 3 2 との間に凸レンズ 4 4 を備えているが、本例の検査用光源部 6 1 では、この凸レンズ 4 4 に替えて、コリメートレンズ 6 2 および凸レンズ (収束レンズ) 6 3 からなるレンズ系 6 4 を備えるように構成してある。なお、本例の検査用光源部 6 1 は検査用光源部 3 1 と対応する構成を備えているので、対応する部分には同一の符号を付して、その説明を省略する。

【 0 0 7 1 】

本例の検査用光源部 6 1 では、発光ダイオード 4 1 からは発散光が射出されるが、この発散光は、レンズ系 6 4 において、コリメートレンズ 6 2 により平行光束化された後、凸レンズ 6 3 によって、収束光に変換され、これが検査光 L 1 となる。ここで、検査光 L 1 においては、走査ミラー 4 3 2 による走査方向で収束光になっていればよいことから、凸レンズ 6 3 としては、水平方向 (走査方向) に正のパワーを有するシリンドリカルレンズが用いられている。

20

【 0 0 7 2 】

このようにすれば、コリメートレンズ 6 2 から出射される光はコリメート光であるため、凸レンズ 6 3 を光軸方向のいずれの位置に配置しても、凸レンズ 6 3 への入射光量や凸レンズ 6 3 から出射される検査光 L の収束角については変化しない。それ故、凸レンズ 6 3 の位置調整などが容易である。

30

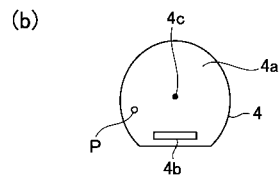
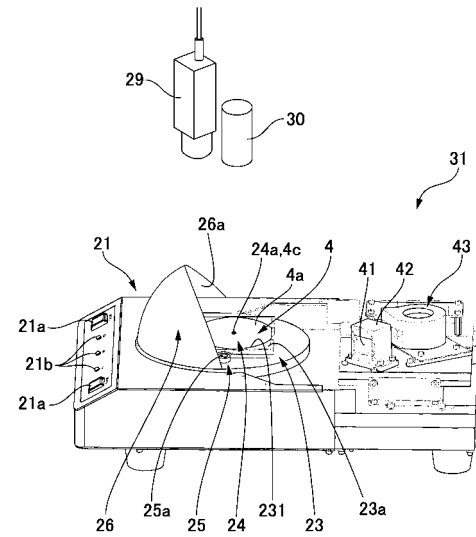
【符号の説明】

【 0 0 7 3 】

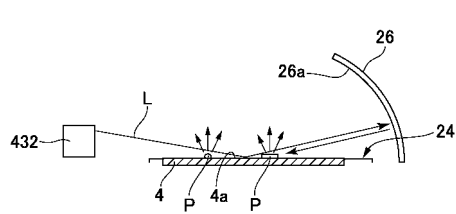
1 ・パーティクル検出装置、2 ・パーティクル検出用光学装置、3 ・コンピュータ、3 a ・表示部、3 b ・入力部、4 ・基板、4 a ・基板表面、4 b ・位置きめマーク、4 c ・中心、2 1 ・装置本体、2 1 a ・スイッチ、2 1 b ・ランプ、2 2 ・光学系収納部、2 3 ・試料台、2 3 a ・上端面、2 4 ・平面検査領域、2 4 a ・中心、2 5 ・照度基準部材、2 5 a ・表面、2 6 ・反射鏡 (反射部材)、2 6 a ・反射面、2 7 ・回転ドア、2 8 ・測定室、2 9 ・撮像部、3 0 ・照明装置、3 1 ・検査用光源部、4 1 ・発光ダイオード、4 2 ・ホルダ、4 3 ・走査ミラー装置、4 4 ・凸レンズ (収束レンズ)、5 1 ・光学装置制御部、5 2 ・受信部、5 3 ・画像処理部、5 4 ・表示制御部、5 5 ・記憶装置、6 1 ・検査用光源部、6 2 ・コリメートレンズ、6 3 ・凸レンズ (収束レンズ)、6 4 ・レンズ系、7 1 ・検査用光源部、7 2 ・凸レンズ、2 3 1 ・円形凹部、4 3 1 ・中心軸線、4 3 2 ・走査ミラー、5 3 1 ・領域抽出部、5 3 2 ・パーティクル特定部、5 3 3 ・計数部、L ・ L 1 ・ L 2 ・検査光、P ・パーティクル、R ・高輝度画素領域

40

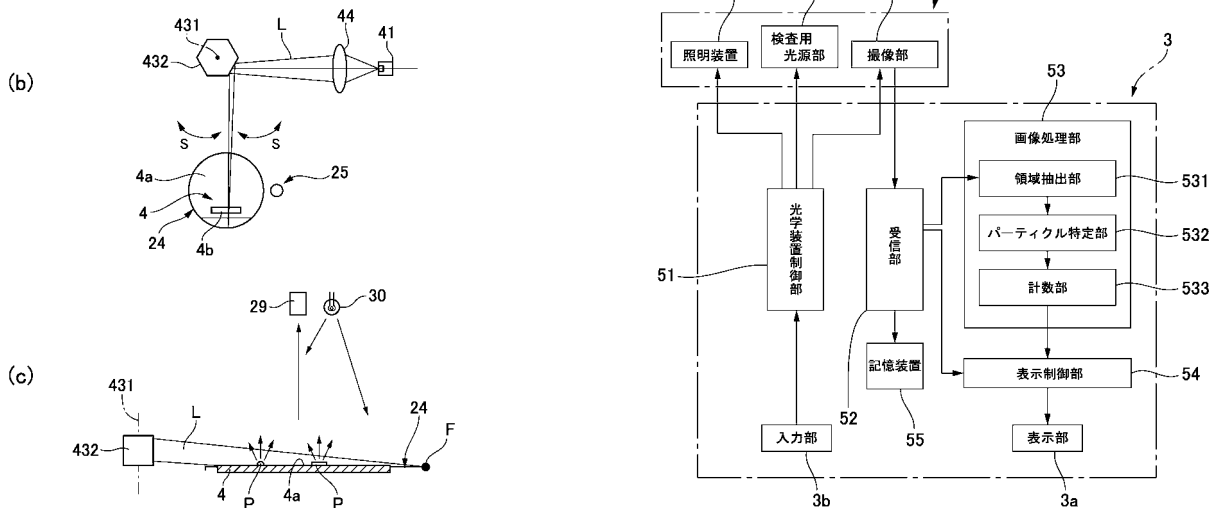
【 図 2 】



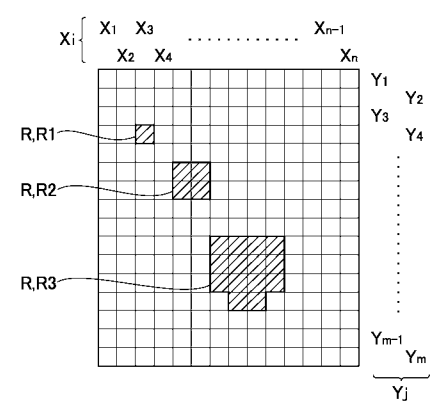
【 図 4 】



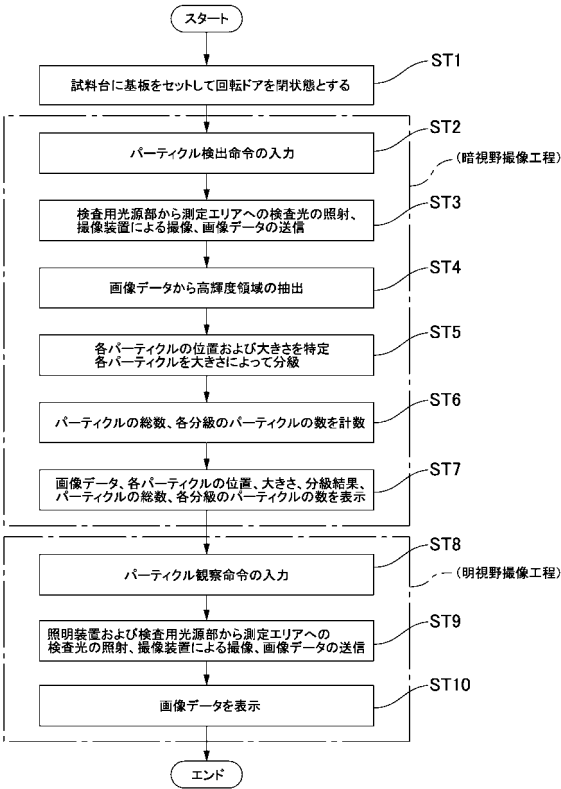
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

