

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5221858号
(P5221858)

(45) 発行日 平成25年6月26日 (2013. 6. 26)

(24) 登録日 平成25年3月15日 (2013. 3. 15)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 N 21/956 (2006. 01)

G O 1 N 21/956

A

G O 1 B 11/30 (2006. 01)

G O 1 B 11/30

Z

H O 1 L 21/66 (2006. 01)

H O 1 L 21/66

J

請求項の数 19 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2006-234600 (P2006-234600)
 (22) 出願日 平成18年8月30日 (2006. 8. 30)
 (65) 公開番号 特開2008-58111 (P2008-58111A)
 (43) 公開日 平成20年3月13日 (2008. 3. 13)
 審査請求日 平成21年8月26日 (2009. 8. 26)

(73) 特許権者 501387839
 株式会社日立ハイテクノロジーズ
 東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号
 (74) 代理人 100064414
 弁理士 磯野 道造
 (74) 代理人 100111545
 弁理士 多田 悦夫
 (72) 発明者 志村 啓
 茨城県ひたちなか市大字市毛8 8 2 番地
 株式会社日立ハイテ
 クノロジーズ 那珂事業所内
 (72) 発明者 野口 稔
 茨城県ひたちなか市大字市毛8 8 2 番地
 株式会社日立ハイテ
 クノロジーズ 那珂事業所内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 欠陥検査装置、及び欠陥検査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

互いに平行な直線群を含む回路パターンが形成された被検査物を載置して走行するステ
ージと、

スリット状の光であるスリット状ビームを複数生成し、前記被検査物の表面に第 1 の照
明領域、及び第 2 の照明領域を形成し、前記直線群の方向と前記スリット状ビームの光軸
の前記被検査物への投影線の方向とが第 1 の傾斜角および第 2 の傾斜角を有する照明光学
系と、

前記被検査物の前記複数の照明領域からの反射散乱光を集光し、前記集光した光を前記
第 1 の照明領域からの第 1 の反射散乱光と前記第 2 の照射領域からの第 2 の反射散乱光と
に分離して、前記第 1 の反射散乱光は第 1 のイメージセンサで検出し、前記第 2 の反射散
乱光は第 2 のイメージセンサで検出する一つの検出光学系と、

前記検出光学系のイメージセンサで検出された信号に基づいて、異物等の欠陥を示す信
号を抽出する信号処理部と、

前記第 1 の反射散乱光と前記第 2 の反射散乱光との方位分布の違いに基づいて、前記欠
陥を分類する欠陥分類部と、

を備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 2】

前記照明光学系は、一方のスリット状ビームが入射する方位角に 1 8 0 ° 足した方位角
から、略同一の入射角で前記被検査物の表面に照明する他のスリット状ビームを照射する

10

20

ことを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 3】

前記照明光学系は、前記スリット状ビームの光軸が前記被検査物の法線方向に対して第 2 の傾斜角を有し、

前記検出光学系は、光軸が被検査物の法線方向に対して第 3 の傾斜角を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 4】

前記照明光学系は、前記スリット状ビームの光軸が前記被検査物の表面に対して略法線方向に設定され、

前記検出光学系は、その光軸と前記被検査物の表面の法線方向とが第 2 の傾斜角を備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。 10

【請求項 5】

前記検出光学系は、光軸が前記被検査物の表面に対して略法線方向に設定されている一の光学系と、光軸が前記被検査物の法線方向に対して第 3 の傾斜角を有している他の光学系との双方を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 6】

前記ステージは、前記直線群に直角又は平行に走行し、

前記照明光学系は、前記スリット状ビームの長手方向が前記ステージの走行方向に対して略直角方向になるように照明する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。 20

【請求項 7】

前記回路パターンは、同一の回路パターンが複数形成される繰り返しパターンであり、

前記イメージセンサは、前記繰り返しパターンに基づいて繰り返し信号を生成し、

前記信号処理部は、前記繰り返し信号のばらつきを算出し、この算出されたばらつきに基づいて判定基準を設定する判定基準設定部と、

前記判定基準設定部で設定された判定基準を基に前記イメージセンサから検出された信号から異物等の欠陥を示す信号を抽出する抽出部と

を有することを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 8】

前記照明光学系は、レーザ光源を用いて前記スリット状ビームを生成することを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。 30

【請求項 9】

インコヒーレントな白色光を前記被検査物の法線に対して傾斜する方向から照明する白色照明光学系をさらに備えたことを特徴とする請求項 8 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 10】

前記被検査物の反射散乱光の方位分布の違いを、空間フィルタを用いて検出することを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 11】

前記イメージセンサは、T D I センサであることを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。 40

【請求項 12】

前記イメージセンサは、

受光によって生成した電荷を蓄積する蓄積部と、

前記蓄積された電荷がある一定量を超えた際に、この一定量を超えた電荷を流し出す電流経路と、

この一定量までの範囲の蓄積された電荷量を読み出す読出し部と

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 13】

前記照明光学系は、前記スリット状ビームの光軸の前記被検査物の表面への投影線の方 50
向の傾斜が前記直線群の方向に対して 4 5 度であることを特徴とする請求項 1 に記載の欠

陥検査装置。

【請求項 1 4】

前記検出光学系は、前記照明光学系で照明された被検査物の表面に存在する異物等の欠陥から得られる反射散乱光のうち略前方に散乱された光と略後方に散乱された光とを、別々に検出することを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 1 5】

前記スリット状ビームが照射する位置よりも前方側と後方側との何れか一方又は双方が開口している空間フィルタを有し、

略前方に散乱された光と、略後方に散乱された光とを各々検出することを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

10

【請求項 1 6】

互いに平行な直線群を含む回路パターンが形成された被検査物を載置したステージが前記直線群に直角又は平行に走行される走行過程と、

前記直線群の方向と光軸の前記被検査物への投影線の方向とが第 1 の傾斜角および第 2 の傾斜角を有し、長手方向が前記ステージの走行方向に対して略直角方向になるように、スリット状の光であるスリット状ビームを複数生成し、前記被検査物の表面に第 1 の照明領域、及び第 2 の照明領域を形成する照明過程と、

前記被検査物の前記複数の照明領域からの反射散乱光を集光すると共に、前記集光した光を前記第 1 の照明領域からの第 1 の反射散乱光と前記第 2 の照射領域からの第 2 の反射散乱光とに分離し、前記第 1 の反射散乱光を第 1 のイメージセンサで検出すると共に、前記第 2 の反射散乱光を、前記第 1 のイメージセンサと同一光学系の第 2 のイメージセンサで検出する反射散乱光検出過程と、

20

前記第 1 のイメージセンサ及び前記第 2 のイメージセンサで検出された信号に基づいて、異物等の欠陥を示す信号を抽出する信号処理過程と、

前記第 1 の反射散乱光と前記第 2 の反射散乱光との方位分布の違いに基づいて、前記欠陥を分類する欠陥分類過程とを備えることを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 1 7】

同一の回路パターンが形成された箇所、又はその近傍から前記検出によって得られる信号に基づいてばらつきを算出し、この算出されたばらつきに基づいて設定される判定基準に基づいて前記イメージセンサで検出した信号から欠陥を抽出する信号処理過程を更に設けたことを特徴とする請求項 1 6 に記載の欠陥検査方法。

30

【請求項 1 8】

前記検出された信号に対して前記回路パターンを構成する各種領域毎に設定された判定基準に基づいて前記イメージセンサで検出した信号から欠陥を抽出する信号処理過程を更に設けたことを特徴とする請求項 1 6 に記載の欠陥検査方法。

【請求項 1 9】

略前方に散乱された光と、略後方に散乱された光とを各々検出する手段として、開口が光軸に対して偏って配置された空間フィルタを用いることを特徴とする請求項 1 5 に記載の欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、直線群を含む回路パターンが形成された被検査物の欠陥を検査する欠陥検査装置及び欠陥検査方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体製造工程では、半導体基板（ウエハ）表面の異物は、配線の絶縁不良や短絡等の不良原因になり、微細な異物は、キャパシタの絶縁不良やゲート酸化膜などの破壊の原因にもなる。これらの異物は、搬送装置の可動部から発生したもの、人体から発生したもの、プロセスガスによる処理装置内で反応生成されたもの、薬品や材料に混入していたもの

50

などが種々の原因により種々の状態で混入する。また、液晶表示素子の製造工程でも、パターン上に異物が混入して何らかの欠陥が生じると、液晶表示素子は表示素子として使えないものになってしまう。さらに、プリント基板の製造工程でも状況は同じであって、異物の混入はパターンの短絡、接触不良の原因となる。

【 0 0 0 3 】

このような半導体基板の表面に付着している異物を検出する技術は、特許文献 1 乃至 9 に開示されている。例えば、特許文献 1 には、半導体基板上にレーザを照射して半導体基板上に異物が付着している場合に発生する異物からの散乱光を検出し、直前に検査した同一品種半導体基板の検査結果と比較することにより、パターンによる虚報を無くし、高感度かつ高信頼度な異物及び欠陥検査を可能にするものが開示されている。また、特許文献 2 には、半導体基板上にレーザを照射して半導体基板表面の異物からの散乱光を検出し、この検出した異物をレーザフォトルミネッセンス、あるいは 2 次 X 線分析 (X M R) などの分析技術で分析するものが開示されている。

【 0 0 0 4 】

また、異物を検査する技術として、半導体基板 (ウエハ) の表面にコヒーレント光を照射してウエハ上の繰り返しパターンから射出する光を空間フィルタで除去し、繰り返し性を持たない異物や欠陥を強調して検出する方法が知られている。また、特許文献 3 には、ウエハ表面に形成された回路パターンの主要な直線群の方向に対して 4 5 度傾斜した方向から照明光を照射し、主要な直線群からの 0 次回折光を対物レンズの開口内に入力させないようにして、異物を検出する異物検査装置が開示されている。この特許文献 3 では、主要な直線群ではない他の直線群を空間フィルタで遮光することについても開示されている。また、特許文献 4 乃至 9 には、異物等の欠陥検査装置及びその方法に関する技術が開示されている。なお、特許文献 1 0 , 1 1 には、空間フィルタの例が開示されている。

【特許文献 1】特開昭 6 2 - 8 9 3 3 6 号公報 (第 1 図、 5 ページ上段右欄)

【特許文献 2】特開昭 6 3 - 1 3 5 8 4 8 号公報 (第 1 図)

【特許文献 3】特開平 1 - 1 1 7 0 2 4 号公報 (特許請求の範囲 4)

【特許文献 4】特開平 1 - 2 5 0 8 4 7 号公報

【特許文献 5】特開平 6 - 2 5 8 2 3 9 号公報

【特許文献 6】特開平 6 - 3 2 4 0 0 3 号公報

【特許文献 7】特開平 8 - 2 1 0 9 8 9 号公報

【特許文献 8】特開平 8 - 2 7 1 4 3 7 号公報

【特許文献 9】特開 2 0 0 0 - 1 0 5 2 0 3 号公報

【特許文献 1 0】特開平 5 - 2 1 8 1 6 3 号公報

【特許文献 1 1】特開平 6 - 2 5 8 2 3 9 号公報 (図 3)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

しかしながら、特許文献 1 乃至 9 の技術では、繰り返しパターンや非繰り返しパターンが混在する半導体基板上の微細な異物等の欠陥を、高感度で、且つ高速で検出することは容易にできない。すなわち、特許文献 1 乃至 9 では、たとえばメモリのセル部等の繰り返し部分以外の部分では、検出感度 (最小検出異物寸法) が著しく落ちるという課題がある。また、照明光を透過するような酸化膜上では、感度が著しく落ち、微細な異物等の欠陥を検出できないという課題がある。

【 0 0 0 6 】

また、特許文献 1 乃至 9 では、半導体製造工程の量産立上げ時と量産ラインとが区別されておらず、量産立上げ作業で使用した検査装置がそのまま量産ラインでも適用されている。量産ラインでは異物発生をいち早く感知し対策を施す必要があるが、各特許文献記載の欠陥検査装置は装置規模が大きくなり、独立して設置せざるをえない構成であるため、製造ラインで処理した半導体基板、液晶表示素子基板及びプリント基板を検査装置の設置エリアに持ち込んで異物及び欠陥の検査を実行する必要がある。したがって、これら基板

の搬送、異物及び欠陥の検査に時間を要し、全数の検査が難しくなり、抜き取り検査であっても十分な検査頻度を得ることは難しくなる。また、このような構成には人手が必要でもある。

【 0 0 0 7 】

ところで、半導体欠陥には、大きさが異なったり、突起物あるいは窪み等の多種類の欠陥が存在し、これらを分類することが要求される。この点、特許文献 1 乃至 9 では、半導体基板の法線方向に対し傾斜して照明した場合において、試料面に対して照明が非対称な配置となるため、欠陥の特徴によっては、捕捉率が上がり、検出される欠陥の数や種類が限定される。また、散乱光を検出系の開口全体で積分して検出するため、反射散乱光の分布の違いを捕らえられず、欠陥を特徴に応じて分類することが難しい。

10

【 0 0 0 8 】

そこで、本発明は、欠陥の捕捉率、及び分類性能を向上させることができる欠陥検査装置、及び方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

前記目的を達成するため、本発明の欠陥検査装置は、互いに平行な直線群を含む回路パターンが形成された被検査物を載置して走行するステージと、スリット状の光であるスリット状ビームを複数生成し、前記被検査物の表面に第 1 の照明領域、及び第 2 の照明領域を形成し、前記直線群の方向と前記スリット状ビームの光軸の前記被検査物への投影線
の方向とが第 1 の傾斜角および第 2 の傾斜角を有する照明光学系と、

20

前記被検査物の前記複数の照明領域からの反射散乱光を集光し、前記集光した光を前記第 1 の照明領域からの第 1 の反射散乱光と前記第 2 の照射領域からの第 2 の反射散乱光とに分離して、前記第 1 の反射散乱光は第 1 のイメージセンサで検出し、前記第 2 の反射散乱光は第 2 のイメージセンサで検出する一つの検出光学系と、前記検出光学系のイメージセンサで検出された信号に基づいて、異物等の欠陥を示す信号を抽出する信号処理部と、前記第 1 の反射散乱光と前記第 2 の反射散乱光との方位分布の違いに基づいて、前記欠陥を分類する欠陥分類部とを備えたことを特徴とする。

さらに、一方のスリット状ビームの入射方向に対して反対方向から略同一の入射角で被検査物の表面に照明する他のスリット状ビームを照射する。

具体的には、上記目的を達成するために、本発明の欠陥検査方法は、長手方向にはほぼ平行光からなるスリット状ビームを、回路パターンが形成された被検査対象基板に対して、該基板の法線方向から所定の傾き ($\theta / 2 - 1$) を有し、前記回路パターンの主要な直線群に対して平面上所定の傾き $\theta / 2 - 1$ を有し、長手方向が前記被検査対象基板を載置して走行させるステージの走行方向に対してほぼ直角になるように照明する照明過程と、該照明過程で照明された被検査対象基板上に存在する異物等の欠陥から得られる反射散乱光をイメージセンサで受光して信号に変換して検出する検出過程と、該検出過程で検出された信号に基づいて異物等の欠陥を示す信号を抽出する欠陥判定過程と、該検出過程で検出された反射散乱光の方位分布の違いに基づいて異物等の欠陥を分類する分類過程とを有することを特徴とする。

30

また、本発明は、前記欠陥検査方法における検出過程において、被検査対象基板上に存在する回路パターンの少なくとも繰り返しパターンからの回折光パターンを空間フィルタによって遮光することを特徴とする。また、本発明は、前記欠陥検査方法における欠陥判定過程において、本来同一の回路パターンが形成された箇所またはその近傍から前記検出によって得られる信号に基にしてばらつきを算出し、該算出されたばらつきに基づいて設定される判定基準 (しきい値) を基に前記検出された信号から異物等の欠陥を示す信号を抽出することを特徴とする。また、本発明は、前記欠陥検査方法における欠陥判定過程において、前記検出された信号に対して前記回路パターンを構成する各種領域毎に設定された判定基準 (しきい値) に基づいて異物等の欠陥を示す信号を抽出することを特徴とする。

40

また、本発明は、前記欠陥検査方法における照明過程において、スリット状ビームの回路パターンの主要な直線群に対する平面上の傾き $\theta / 2 - 1$ が 4 5 度程度であることを特徴とす

50

る。

また、本発明は、回路パターンが形成された被検査対象基板を載置して走行させるステージと、光源から出射されるビームを、長手方向にはほぼ平行光からなるスリット状ビームにして、前記被検査対象基板に対して、該基板の法線方向から所定の傾き（ $\theta/2-1$ ）を有し、前記回路パターンの主要な直線群に対して平面上所定の傾き $\theta/2-1$ を有し、長手方向が前記ステージの走行方向に対してほぼ直角になるように照明する照明光学系と、該照明光学系によってスリット状ビームが照明された被検査対象基板上に存在する異物等の欠陥から得られる反射散乱光をイメージセンサで受光して信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系のイメージセンサから検出された信号に基いて異物等の欠陥を示す信号を抽出する画像処理部と、該検出光学系のイメージセンサから検出された反射散乱光の分布（例えば方位分布）の違いに基づいて異物等の欠陥を分類する欠陥情報処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。

10

また、本発明は、前記欠陥検査装置における画像処理部において、本来同一の回路パターンが形成された箇所またはその近傍から前記検出光学系のイメージセンサから検出によって得られる信号を基にしてばらつきを算出し、該算出されたばらつきに基づいて判定基準（しきい値）を設定する判定基準設定手段と該判定基準設定手段で設定された判定基準を基に前記検出光学系のイメージセンサから検出された信号から異物等の欠陥を示す信号を抽出する抽出手段とを有することを特徴とする。

また、本発明は、前記欠陥検査装置における画像処理部において、前記検出された信号に対して前記回路パターンを構成する各種領域毎に設定された判定基準に基づいて異物等の欠陥を示す信号を抽出する手段を有することを特徴とする。

20

また、本発明は、前記欠陥検査装置における検出光学系において、光軸が、被検査対象基板に対してほぼ垂直であることを特徴とする。

また、本発明は、前記欠陥検査装置における照明光学系において、光源がレーザ光源であることを特徴とする。

また、本発明は、前記欠陥検査装置における照明光学系において、更に、白色光を法線に対して傾けた方向から照明する光学系を備えたことを特徴とする。

また、本発明は、前記欠陥検査装置における検出光学系において、空間フィルタを備えたことを特徴とする。

また、本発明は、前記欠陥検査装置において、検出光学系におけるイメージセンサをTDIセンサで構成することを特徴とする。

30

また、本発明は、前記TDIセンサがアンチブルーミングタイプであることを特徴とする。

また、本発明は、前記欠陥検査装置における検出光学系において、光軸を被検査対象基板の法線に対して傾けたことを特徴とする。

また、本発明は、被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、生み出された電荷を蓄積する手段と蓄積した電荷がある一定量を越えた際に該一定量を超えた電荷を流し出す電流経路と該一定量までの範囲の蓄積された電荷を読み出す手段とで構成されるイメージセンサを有し、前記被検査対象物から反射する光を、前記イメージセンサで受光して信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系で検出された信号を処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。

40

また、本発明は、被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、前記被検査対象物の表面に形成されたパターンからの散乱光を遮光するようにほぼ平行に設置された線状の複数の遮光手段を有し、光軸が前記被検査対象物の表面の法線方向からある一定角度の傾きを有し、前記被検査対象物から反射する光を光電変換手段で受光して信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系で検出された信号を処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。

また、本発明は、複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系から検出された画像信号を基に同

50

一形状の構造物の対応する対応画素またはその近傍の画素について画像信号のばらつきを算出し、該算出されたばらつきに応じて異物等の欠陥の存在を判定する画素の信号レベルの判定基準（しきい値）を設定する判定基準設定手段と該判定基準設定手段で設定された判定基準を基に前記検出光学系から検出された画像信号に対して欠陥の存在を判定する判定手段とを有し、前記画像信号を処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。

また、本発明は、前記欠陥検査装置における画像処理部には、前記画像信号のばらつきに対する前記判定基準の倍率を設定する設定手段を有することを特徴とする。

また、本発明は、複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系から検出された画像信号を基に同一形状の構造物の対応する画素についての画像信号の差分値を算出する差分値算出手段と異物等の欠陥の存在を判定する画素に隣接する複数の画素における前記差分値算出手段で算出された差分値のばらつきを算出し、該算出されたばらつきに応じて異物等の欠陥の存在を判定する画素の信号レベルの判定基準を設定する判定基準設定手段と該判定基準設定手段で設定された判定基準を基に前記検出光学系から検出された画像信号に対して欠陥の存在を判定する判定手段とを有し、前記画像信号を処理する画像処理部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。

また、本発明は、前記欠陥検査装置における画像処理部には、前記判定手段で判定された欠陥の検査結果と前記判定基準設定手段で設定された判定基準に対応するデータとを出力する出力手段を有することを特徴とする。

また、本発明は、ステージ上に載置され、複数のほぼ同一形状の構造物が配列された被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と前記被検査対象物からの反射光をイメージセンサで受光して画像信号に変換して検出する検出光学系とを有する撮像光学系と、該撮像光学系の検出光学系から検出された画像信号に対して判定基準を基に欠陥の存在を判定する判定手段を有する画像処理部と、更に、前記被検査対象物上の光学像を観察するために前記撮像光学系と並設された光学観察顕微鏡とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。

また、本発明は、被検査対象物の表面に対して光を照明する照明光学系と、被検査対象物から反射する光を光電変換手段で受光して信号に変換して検出する検出光学系と、該検出光学系で検出した信号を処理して欠陥を複数のグループに分類する欠陥情報処理部とを備えた欠陥検査装置である。

また、本発明は、前記欠陥検査装置における検出光学系において、光軸が被検査対象基板に対してほぼ垂直である光学系と、光軸を被検査対象基板の法線に対して傾けた光学系をともに備え、複数の検出光学系で検出した信号を処理して欠陥を複数のグループに分類する欠陥情報処理部とを備えた欠陥検査装置である。

【 0 0 1 0 】

これによれば、直線群の方向と、被検査物への投影線とが第1の傾斜角を有するようにスリット状ビームが傾斜して、この被検査物に入射し、回路パターンで反射・回折する。スリット状ビームが傾斜しているため、この方向の光に反射散乱する欠陥を分類することができる。また、スリット状ビームの入射方向と平面的に対向する方向から被検査物に照明する他のスリット状ビームを照射すること、あるいは、前方散乱光と後方散乱光とを空間フィルタで分離することにより、分類される欠陥の種類を増加させることができる。

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、欠陥の捕捉率、及び分類性能を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 2 】

（被検査物）

まず、本発明の欠陥検査装置を用いて、欠陥が検査される被検査物について説明する。

図1は、被検査物1の一例を示したものであり、メモリLSIからなるチップ1aaを所定の間隔で2次元的に配列した、円盤状の半導体ウエハ1aである。チップ1aaは、メモリセル領域1abと、デコードやコントロール回路等からなる周辺回路領域1acと、その他の領域1adとが主に形成されている。メモリセル領域1abは、最小線幅が例えば0.05~0.3μm程度のメモリセルパターンが2次元に規則的に配列して(繰り返して)形成されている。しかしながら、周辺回路領域1acは、例えば最小線幅0.1~0.4μm程度の非繰り返しパターンが形成されている。また、その他の領域1adとしては、例えば、ボンディングエリア領域(最小線幅は、例えば10μmオーダ程度であり、パターンなしに近い)がある。

10

【0013】

図2は、被検査物1の他の例であり、マイコン等のLSIからなるチップ1baを所定の間隔で2次元に配列した半導体ウエハ1bである。そして、チップ1baは、主としてレジスタ領域1bbと、メモリ部領域1bcと、CPUコア部領域1bdと、入出力部領域1beとを備えて形成されている。なお、図2は、メモリ部領域1bcと、CPUコア部領域1bdと、入出力部領域1beとの配列を概念的に示したものである。レジスタ領域1bb及びメモリ部領域1bcは、最小線幅が0.05~0.3μm程度のパターンが2次元に規則的に配列して(繰り返して)形成されている。CPUコア部領域1bd及び入出力部領域1beは、最小線幅が0.05~0.3μm程度の非繰り返しパターンが形成されている。このように、半導体ウエハを例とした被検査物1は、チップは規則的に配列されているが、チップ内においては、最小線幅が領域毎に異なり、しかもパターンが規則的に繰り返されたり、非繰り返しであったり、パターンなしであったりする。

20

【0014】

(第1実施形態)

本発明の一実施形態である欠陥検査装置は、レーザ光で被検査物1を照明し、パターン領域上に存在する異物等の欠陥によって生じる散乱光を受光するようにしている。このとき、チップ内の非繰り返しパターン領域上の互いに平行な直線群からなる回路パターン(線状パターン)の0次回折光を対物レンズの入射瞳に入射させないように空間フィルタを設けている。このとき、照明光の方向と反対側の方向からも同時に照明させたり、前方散乱光と後方散乱光との双方を検出したりすることの特徴としている。これにより、欠陥の非対称性の特徴としてとらえる分類が可能となったり、前方散乱が強い欠陥と後方散乱が強い欠陥との分類が可能となったりする。

30

また、欠陥検査装置は、散乱光を受光した信号を検出し、その欠陥の位置座標を算出する。また、欠陥検査装置は、被検査物1では、欠陥にならないプロセスの微妙な違い、検出時のノイズ等により背景信号にばらつきが生じたとしても、このばらつきに応じて異物等の欠陥を抽出するための閾値を設定することによって異物等の欠陥の検出感度及びスループットが向上する。

【0015】

本発明の一実施形態である欠陥検査装置を図3の構成図を用いて説明する。

図3において、欠陥検査装置1000は、照明光学系部100と、検出光学系部200と、白色照明光学系部500と、ステージ部300と、信号処理部400とを備えている。

40

【0016】

ステージ部300は、基板設置台304、Xステージ301、Yステージ302、Zステージ303、及びこれらを制御するステージコントローラ305を備え、被検査物1を載置する基板設置台304は、x, y, z方向の任意の位置に移動する。

【0017】

照明光学系部100は、レーザ光源101、凹レンズ102、凸レンズ103、照明レンズ104、及びミラー105を備え、レーザ光源101から射出された平行光が、凹レンズ102及び凸レンズ103により構成されるビームエキスパンダと、照明レンズ10

50

4 とを介して集光され、ミラー 105 を介して被検査物 1 に照射される。

【0018】

レーザ光源 101 は、円形状のコヒーレント光を出射するものであり、高出力の YAG レーザあるいはファイバレーザの第 2 高調波である波長 532 nm、さらにその第 2 高調波の波長 266 nm、あるいは、和周波混合を用いた波長 355 nm、さらに高出力半導体レーザの 4 倍波である 200 nm 付近のレーザ光源を用いるのが好ましい。これは、波長より小さい欠陥を検出するためには、レイリー散乱の散乱係数が波長の 4 乗に反比例することから、波長が短いことが望ましいからである。

【0019】

照明レンズ 104 は、斜めからの照明（1, 1 の傾斜を両立）に対して、円形状のレーザ光を y 方向に絞り込み、x 方向にコリメートされたスリット状ビーム 3（図 4）にする。例えば、シリンドリカルレンズを被検査物 1 の表面に平行に、その曲面の中心軸が x 方向に平行になるように配置し、このシリンドリカルレンズに対して傾いた方向から照明ビームを入射させるようにする。これにより、主要な直線群が x 方向及び y 方向を向いた回路パターンから回折光パターンが得られ、空間フィルタ 202 によって遮光することができるようになる。なお、当然のことながら、この回折は被検査物 1 に対する反射光の重ね合わせによって生じる。

【0020】

本実施形態では、レーザ光源 101 から射出したコヒーレント光は、凹レンズ 102、凸レンズ 103 から構成されるビームエキスパンダを介してビーム径が増大し、照明レンズ 104 に入射する。照明レンズ 104 は、x 方向にはレンズ効果を持たないためコリメートされた形で照明し、y 方向では、照明レンズ 104 の曲率により集光し、スリット状ビーム 3（図 4）が形成される。このスリット状ビーム 3 は、ミラー 105 を介して被検査物 1 の表面に照射される。そして、この反射回折光（あるいは、散乱光）が被検査物 1 の表面、回路パターン、異物等の欠陥から射出される。

【0021】

白色照明光学系部 500 は、Xe、Hg-Xe 等の放電ランプである白色光源 106 と、点光源からの放射光を集光する照明レンズ 107 を備え、インコヒーレント光を被検査物 1 に照射する。なお、白色光源 106 からの光を光ファイバ束を介して被検査物 1 に照射することもできる。

【0022】

検出光学系部 200 は、検出レンズ 201、空間フィルタ 202、結像レンズ 203、ND (Neutral Density) フィルタ 207、ビームスプリッタ 204、偏光素子 208、及び TDI (Time Delay Integration) センサ等の一次元検出器（イメージセンサ）205, 206 を備え、検出方向 14 の光軸が被検査物 1 の法線方向に対して角度 1 傾斜している。なお、TDI センサは、アンチブルーミングタイプを使用することが望ましく、これにより飽和領域近傍での異物等の欠陥検査が可能となる。このアンチブルーミングタイプのイメージセンサは、受光によって生成した電荷を蓄積する蓄積部と、蓄積された電荷がある一定量を超えた際に、この一定量を超えた電荷を流し出す電荷流出部と、一定量までの範囲の蓄積された電荷を読み出す読出し部とを備えている。

【0023】

検出光学系部 200 は、被検査物 1 から射出した光（散乱光、回折光）を、対物レンズを例とする検出レンズ 201、繰り返しパターンからの反射回折光によるフーリエ変換像を遮光する空間フィルタ 202、結像レンズ 203、波長帯域によらず光量を調整する ND フィルタ 207、偏光素子 208、及びビームスプリッタ 204 を介して、一次元検出器 205, 206 で検出するように構成されている。なお、検出レンズ 201 及び結像レンズ 203 は複数のレンズを組み合わせたレンズ群として構成することができる。ここで、ND フィルタ 207、偏光素子 208、ビームスプリッタ 204 の順序は、ここにあげた順序である必要はない。

【0024】

10

20

30

40

50

例えば、NDフィルタ207は、ビームスプリッタ204の後に配置すると、2つの一次元検出器205、206に入る光の強度を独立に制御することができる。また、ビームスプリッタ204の透過率、反射率は、50%である必要はない。たとえば、一方を1%、他方を99%となるように構成すると、一方の検出器に約100分の1の強度の光が入射することになり、このように強度の異なる光をそれぞれ受光する2つの検出器から得られる信号を用いることで、検出器の見かけ上のダイナミックレンジを向上することができる。したがって、信号処理部400において、一次元検出器205から得られる信号と一次元検出器206から得られる信号とを用いることによってダイナミックレンジを向上させた異物等の欠陥からの検出信号を得ることができる。

【0025】

特に、強度が大きい光を一次元検出器205、206が受光して得られる信号は強度が大きい欠陥を示す成分が強調されることになり、強度が小さい光を一次元検出器205、206が受光して得られる信号は強度が小さい背景に近い成分が強調されることになる。したがって、両信号の比などの相関をとることによって欠陥を示す信号のダイナミックレンジを向上させることができる。また、レーザ光源101等の照明光学系部100から照射されるビーム光束の照度（パワー）を制御することによっても、ダイナミックレンジを変えることができ、ビームスプリッタ204及び一方の一次元検出器206を省略することができる。

【0026】

図4は、図3の照明光学系部100の代わりに使用可能な照明光学系部150の詳細構成図である。照明光学系部150は、3つの照明方向10、11、12から、ミラー117、113、116を介して被検査物1に照明するように構成されている。レーザ光源101から出射したレーザビームは、ハーフミラー等のビームスプリッタ110で2つの光路に分岐される。分岐された一方のビームはミラー111、112で反射し、ミラー113を介して照明方向11からの照明ビームを得ることができる。また、分岐された他方のビームはハーフミラー等のビームスプリッタ114へと進行する。ビームスプリッタ114で分岐された一方のビームは、ミラー115で反射してミラー117によって照明方向10からの照明ビームを得ることができる。また、ビームスプリッタ114で分岐された他方のビームはミラー116を介して照明方向12からの照明ビームを得ることができる。

【0027】

ところで、照明方向11からのみ照明する場合には、ビームスプリッタ110をミラー118に切り換えることによって実現することができる。また、照明方向10及び照明方向12からのみ照明する場合には、光路からビームスプリッタ110を退出させるか、又は素通りの光学要素に切り換えることによって実現することができる。また、照明方向10及び照明方向12からの内、例えば、照明方向12からのみ照明する場合には、ビームスプリッタ114をミラー119に切り換えることによって実現することができる。

【0028】

まず、検出光学系部200の被検査物1の表面の法線方向にした場合、すなわち、図3に示される検出光学系部200の光軸の傾き角 $\theta = 0$ とした場合について説明する。空間フィルタ202は、繰り返しパターンからの反射回折光によるフーリエ変換像を遮光すべく、検出レンズ201の空間周波数領域、すなわち、フーリエ変換面の位置に置かれている。また、偏光素子208は、照明光学系部100で偏光照明した際、回路パターンのエッジから生じる反射散乱光による偏光成分を遮光し、異物等の欠陥から生じる反射散乱光による偏光成分の一部分を透過するものである。なお、偏光素子208は、必ずしも必須の構成要素ではない。

【0029】

図5は、スリット状ビーム3による照明とTDIセンサ等の一次元検出器205、206による走査方向（y方向）との関係を示す平面図である。図5には、チップ2のパターンが形成された被検査物1の表面を照明するスリット状ビーム3と、一次元検出器205

10

20

30

40

50

、206の検出光学系による検出領域4とが示されている。また、スリット状ビーム3は、照明方向11と、照明方向11に対して角度1離れている照明方向10と、照明方向11に対して角度2離れている照明方向12との3つの方向から照明している。また、検出領域4は、リレーレンズを構成する検出レンズ201、結像レンズ203により、一次元検出器205、206上に結像される領域である。また、検出領域4は、TDIセンサ等の一次元検出器205、206の受光エリアを示すものである。

【0030】

図5は、被検査物1に照明光学系部150の光を照射した様子を示した図である。照明光学系部150は、照明領域であるスリット状ビーム3を平面的に3つの照明方向10、11、12から被検査物1に対して照射し、スリット状ビーム3の長手方向をチップ2の配列方向に向ける。

10

【0031】

このとき、照明光をスリット状ビーム3に形成するのは、異物等の欠陥検査の高速化を実現するためである。すなわち、スリット状ビーム3の長手方向を、被検査物1に対してチップの配列方向に向け、且つYステージ302の走査方向yに対して直角にして、一次元検出器205、206の積分方向とステージの走行方向とを平行に保つことができるようにして、TDIセンサを用いることができるようにした。これにより、画像信号のチップ間比較を簡素化することができ、欠陥位置座標の算出も容易に行うことができ、その結果、異物等の欠陥検査の高速化を実現できるようになった。

20

【0032】

図5に示すように、Xステージ301(図3)の走査方向のx方向及びYステージ302(図3)の走査方向のy方向に向けてチップ2を配列した被検査物1の表面に照明されるスリット状ビーム3は、Yステージ302の走査方向yに狭く照明され、その垂直方向x(Xステージ301の走査方向)に広いスリットビームで照明される。これにより、このスリット状ビーム3は、y方向には、光源の像が結像するように、x方向には、平行光になるように照明される。なお、3つの照明方向10、11、12からのスリット状ビーム3の照明は、個別に行うこともでき、また2つの照明方向10、12から同時に照明を行うこともできる。

【0033】

次に、スリット状ビーム3と検出光学系部200との関係について更に具体的に説明する。図6(a)は、図5を補足説明するための図であり、照明方向10と、検出方向(ウエハの表面の法線方向の場合を示す)との関係を、x軸、y軸を基準に示している。図において、球面17は、検出光学系部200の検出レンズ201(図3)の開口位置を考察するために仮想したものである。球面17と照明方向10との交点が交点15であり、球面17と検出方向との交点が交点16である。

30

【0034】

図6(b)は、照明方向10から照明した際の回折光の射出方向を示す図である。照明方向10の鏡面反射の射出方向19と球面17との交点18を0次光として、図6(b)に示すようにパターン方向(x方向、y方向)を中心とし、照明点を頂点とする円錐の稜の方向に射出するため、球面17との交点の軌跡は、この円錐の底面の円周上になる。したがって、この軌跡を法線方向から見るとx軸、y軸に平行な直線になる。

40

【0035】

ところで、 $\theta = 0$ の検出光学系部200が傾いていない状態での検出レンズ201の開口は、図7に示す開口20aとなる。ここで、図7の上図は照明方向10を含む鉛直断面図であり、下図は平面図である。ここで、照明方向10とy軸とがなす角度1は、たとえば、45度程度に設定し、図示しないが照明方向12の角度2も45度に設定する。図3で検出光学系部200の光軸をウエハ1の表面に対して垂直にした場合、すなわち、 $\theta = 0$ にした場合、検出レンズ201の開口数(NA: Numerical Aperture)と照明光の角度1(図3)との関係は、図7に示すように、主たる直線群がx方向及びy方向に向いた回路パターンからのx方向、及びy方向の0次の回折光21x、21yを検出レ

50

レンズ 201 の瞳に入射させない条件を元に設定するとよい。

【0036】

これらの条件は、特に、被検査物 1 として、メモリ L S I であるチップ 1 a a における非繰り返しパターンを有する周辺回路領域 1 a c と、マイコン等の L S I であるチップ 1 b a における非繰り返しパターンを有する C P U コア部領域 1 b d 及び入出力部領域 1 b e と、非繰り返しパターンを有するロジック L S I 等とに対して有効である。これら L S I パターンは、多くの場合に、直角平行に（主要な直線群が直角に）パターンが形成されているため、これらの 0 次回折光が特定の方向に射出することになる。そこで、この射出した 0 次回折光を検出レンズ 201 に入射しないようにすることで、これらの多くのパターンからの回折光が消去され、異物等の欠陥からの反射回折光のみの検出を容易にする。具体的には、回路パターンからの検出信号レベルが低下して異物等の欠陥を高感度での検出可能領域が増えることになる。

10

【0037】

当然、非繰り返しパターンの場合、0 次光でない高次（1 次、2 次、3 次、・・・）の回折光は検出レンズ 201 の開口 20 a に入射されることになるので、この高次の回折光は、図 7 に示す 0 次の回折光 $21x$ 、 $21y$ と平行な直線群として現れることになる。そこで、このような高次の回折光を細帯状の空間フィルタ 202（図 3 参照）で遮光することによって、消去することも可能である。なお図において、検出レンズ 201 は、開口 20 a で示され、照明方向 10 の被検査物 1 への投影線と y 軸との角度を θ_1 としたとき、回折光 $21x$ の強度の比は $\cos \theta_1 \cdot \sin \theta_1$ であり、回折光 $21y$ の強度の比は $\cos \theta_1 \cdot \sin (\theta_1 / 2 - \theta_1)$ である。

20

【0038】

また、被検査物 1（ウエハ）に対して、配線等の間の凹部に入り込んだ異物あるいは欠陥、エッチ残り等を検査する必要がある。しかしながら、（被検査物 1 に存在する非繰り返しパターンからの 0 次の回折光が検出レンズ 201 に入射しないようにするために、）y 軸に対して略 45 度の角度の照明方向 10、12 から x 方向を長手方向とするスリット状ビーム 3 を被検査物 1 上に照明したのでは、照明光の偏光状態によっては凹部に入り込んだ異物あるいは欠陥からの散乱光を十分に取り出すことが難しくなる。

【0039】

そこで、配線パターンは多くの場合、直角方向、平行方向に形成されていることから、y 軸に平行な照明方向 11 から特定の偏光条件を用いて被検査物 1 に対してスリット状ビーム 3 を照明することによって、配線等の間の凹部に入り込んだ異物あるいは欠陥からの散乱光を取り出すことが可能となる。特に、メモリ L S I の配線パターンは数 mm の長さの直線パターンであることが多く、この照明方向 11 からの照明により検査可能になることが多い。また、90 度方向のパターンの場合は、被検査物 1 を 90 度回転させて検査するか、照明方向を x 方向にすることにより検査可能となる。

30

【0040】

しかしながら、照明方向 11 からスリット状ビーム 3 を照明した場合、図示しない 0 次回折光 $21x'$ 、 $21y'$ の内、y 方向の 0 次回折光 $21y'$ が検出レンズ 201 の開口 20 a に入射することになるので、少なくともこの 0 次回折光 $21y'$ を空間フィルタ 202 によって遮光して消去する必要がある。この際、当然高次の回折光を空間フィルタ 202 によって遮光して消去することも可能である。

40

【0041】

以上、被検査物 1 のチップ 2 内に存在する非繰り返しパターンからの、特に、0 次回折光の消去方法について説明した。しかしながら、チップ 2 内には、メモリ L S I 1 a a におけるメモリセル領域 1 a b や、マイコン等の L S I 1 b a におけるレジスタ領域 1 b b 及びメモリ部領域 1 b c のように、繰り返しパターンが存在する。このため、この繰り返しパターンからの回折光縞（回折干渉光縞）を空間フィルタ 202 によって遮光することが要求される。

【0042】

50

要するに、チップ2内には、繰り返しパターンと非繰り返しパターンとパターンなしとが混在することになり、しかも夫々線幅も異なることになるので、通常は、頻度の多い例えば繰り返しパターンからの回折光を消去するように空間フィルタ202の遮光パターンを設定する。また、空間フィルタ202として、特許文献10, 11に記載されているような遮光パターンを変更できるものを用いれば、チップ2内の回路パターンに応じて遮光パターンを変更させればよい。また、空間フィルタ202として、遮光パターンが異なるものを用意しておいて、チップ2内の回路パターンに応じて遮光パターンを切り換えてもよい。

【0043】

なお、照明の偏光状態としては、p偏光、s偏光、円偏光を含む楕円偏光、ランダム偏光、部分ランダム偏光など各種偏光状態を、偏光板、波長板、デポラライザなどの偏光素子を組み合わせることによって、欠陥検出に最適な偏光状態を選択できるようにするとよい。

10

【0044】

次に、検出しようとする異物等の欠陥サイズに応じた検出感度調整について説明する。すなわち、TDIセンサ(イメージセンサ)等の一次元検出器205, 206の被検査対象物1での検出画素サイズを小さくすると、スループットは落ちるものの、検出感度の向上が見込める。そこで、0.1 μ m程度以下の異物等の欠陥を検出する際、画素サイズを小さくする検出光学系部200に切り替えて用いるとよい。具体的には、TDIセンサ等の画素について被検査物1上での像のサイズが2ミクロン、1ミクロン、0.5ミクロンとなるような3種類の検出光学系部200を持つとよい。

20

【0045】

この構成の実現方法として、検出光学系部200すべてを切り替えてもよいし、結像レンズ203のみを切り替えてもよいし、あるいは、検出レンズ201を切り替えてもよい。この際、被検査物1から、TDIセンサ等の一次元検出器205, 206までの光路長を変えずに済むように、レンズの構成を設計しておくともよい。もちろん、このような設計が難しい場合、レンズの切り替えに併せて、一次元検出器205, 206までの距離を変えられるような機構を用いてもよい。また、一次元検出器205, 206自体の画素サイズを変えたものに切り替えてもよい。

【0046】

30

次に、3方向からのスリット状ビーム3と一次元検出器205, 206との関係の具体的実施形態について説明する。

図4に示すように、同一レーザ光源101から分岐して得られる複数の照明ビームを、照明方向10, 12から照射する場合、これらのビームが重なると干渉によって照明範囲内で、強度にばらつきがでてしまう。そこで、検出領域4(図5参照)の範囲内で、これらのスリット状ビーム3が重ならないように照明することにより、干渉の影響を除くことができる。一次元検出器205, 206にTDIセンサを用いる場合は、検出領域4の範囲内で、検出出力をy方向にyステージの走行と同期して積分することになるため、このように位置がずれていても問題ない。また、照明方向11からのスリット状ビーム3を用いる場合も同様に、3本のビームの互いに重なりが問題にならないように配置し照明すればよい。照明方向10, 11, 12の内2本のビームを用いる場合も同様であることは言うまでもない。

40

【0047】

また、ここには、図示していないが、照明方向10, 12から照射されるスリット状ビーム3を同時に同一箇所に重ねて照明しても、干渉することになるが、干渉縞がy方向に対して傾くため、一次元検出器205, 206の積分効果により、照明強度の干渉によるばらつきを低減できる。そのため照明方向10からのビームと照明方向12からのビームとが重ならないように照射する必要はない。

【0048】

次に、照明の入射方向をさらに増やす形態について説明する。図4及び図5に3方向か

50

ら照明する例を示したが、この例では、照明波長に対して数分の一より大きい異物や被検査物 1 上の窪み及び溝状の欠陥の捕捉率を上げることが難しい。それは、このような欠陥からの散乱光は指向性が強く出る傾向にあり、欠陥形状の非対称性によって散乱光が検出光学系の集光角内に入ったり入らなかったりするからである。

【0049】

このような欠陥の補足率を上げるためには、照明の入射方向の数を増加するとよい。例えば図 8 に示すように、照明方向 10, 12 にそれぞれ対向するような照明方向 10r, 12r から照明を入射させることによって照明が対称に入ることになる。ここで、上図は照明方向 11 を含む鉛直断面図であり、下図は平面図である。また、照明方向 11 と照明方向 12r との角度は 3 であり、照明方向 11 と照明方向 10r との角度は 4 である。

10

なお、照明方向 11 と照明方向 10 との角度は 1 であり、照明方向 11 と照明方向 12 との角度は 2 であることは前記している。これにより、欠陥形状の非対称性の影響を相殺することが可能になる。さらに、検出光学系部 200 の光軸を垂直から 1 傾けた後記の光学系を用いる際には、検出レンズ 201b (図 10) の集光範囲を図 9 の 20b あるいは図 10 の 20c に示すように照明位置からずらして配置することで、検出レンズ 201b によって、照明方向 10, 12 の前方散乱光と、照明方向 10r, 12r の後方散乱光とを検出することが可能になり、散乱方向分布の異なる欠陥をより多く検出することが可能になる。

【0050】

20

次に、検出光学系部 200 の光軸を垂直から 1 (0) 傾斜した場合について説明する。傾斜させることにより、検出対象の微粒子 (異物) からの散乱光をより多く検出光学系に取り込むことが可能になり、異物等の欠陥からの散乱光強度を強められ、検出感度が向上する。

これは、照明波長に対して数分の一より大きい粒子 (異物) は、前方散乱光が大きいのに対し、波長の $1/10$ 以下に近い表面のあれ等からの散乱光はほぼ等方に散乱するため、前方では相対的に微粒子からの散乱光が大きくなることに起因する。この結果、回路パターンの表面の面あれが、検出画素内に複数個ある場合でもその分布はほぼ等方的になる。したがって、前方散乱を取ることで、面あれに対して、微粒子あるいは欠陥を高い SN 比で検出可能である。しかしながら、TDI センサを用いた場合、焦点深度の関係で、検出光学系部 200 の光軸を傾けることができない。このため $1 = 0$ としない場合、1 次元のセンサを使用することが有効である。

30

【0051】

次に、検出光学系部 200 について、光軸を被検査物 1 の法線方向に、すなわち光軸の傾斜角 $1 = 0$ とした光学系と、検出光学系部 200 の光軸を法線方向から 1 (0) 傾斜した光学系との双方を併用する場合について説明する。2 つの光学系を併用した際の、検出光学部のレンズ 201 による集光角の配置の例を、図 10 に示す。光軸の傾き角 $1 = 0$ とした光学系の検出レンズ 201 を検出レンズ 201a とし、検出光学系部 200 の光軸を垂直から 1 傾けた光学系の検出レンズ 201 を検出レンズ 201b としている。また、検出レンズ 201a の仰角方向の集光角は 1 であり、検出レンズ 201b の仰角方向の集光角は 2 であり、方位角方向の集光角は 3 である。

40

【0052】

異物等の欠陥のうち、サイズが照明波長の $1/10$ 以下に近いものの場合には、散乱光はほぼ等方的であるため、光軸の傾き角 $1 = 0$ とした光学系で検出するとよい。ただし、散乱光量はサイズの 5 乗に比例するため非常に弱くなるので、レンズ 201a の集光角 1 を例えば 37 度以上にし、全立体角の 2 割以上をカバーするとよい。このとき、設定できる 2 の範囲は 26.5 度以下となり、集光角を大きくとることができなくなる。そのような場合には、方位角方向の集光角 3 が 2 より大きくなるようにするとよい。例えば、1 を 37 度とし、2 を 8 度とし、 $1 = 68$ 度とした場合に、3 を 27 度程度にすることで、レンズ 201b の集光立体角として全立体角の 5% 程度確保することが

50

可能になる。その結果、照明波長の $1/10$ 以下の欠陥と、照明波長に対して数分の一より大きい粒子（異物）との両者を高感度で検出することが可能になる。

【0053】

次に、一次元検出器 205, 206 を用いた欠陥分類について説明する。図 11 (a) に示すように、照明方向 10 からの光と照明方向 12 からの光とを併用し、照明方向 10 からの光が照射する照射範囲 3-10 と、照明方向 12 からの光が照射する照射範囲 3-12 とがウエハ 1 面上で異なる位置となるようにする。図 12 に示すように、照明方向 10, 12 からの 2 つの照明領域 5-10, 5-12 を 2 つの一次元検出器 205, 206 でそれぞれ検出するようにする。すなわち、一次元検出器 205 はビームスプリッタ 204 の透過光を検出し、一次元検出器 206 はビームスプリッタ 204 の反射光を検出する

10

【0054】

また、照明の方位角の違いに加え、入射角の違いや、偏光状態の違い、波長の違いなどを与えることによって性質や種類の異なる欠陥を検出することが可能になり、検出する欠陥種を増やすことによる高感度化が実現できる。また、一次元検出器 205 で検出した欠陥と、一次元検出器 206 で検出した欠陥の座標や散乱光強度の突合せを行うことによって、検出した欠陥の分類が可能になり、検出不要な欠陥の除去や、特定の性質の欠陥の増減から欠陥の発生原因あるいは発生元の装置を突き止めることが可能になり、早期対策による歩留まり低下を最小限に抑えることが可能になる。また、図 11 (b) に示すように、照明方向 10 からの光と照明方向 10r からの光とを併用すれば、欠陥形状の非対称性を特徴として捉え、欠陥を分類することも可能になる。

20

【0055】

さらに、図 12 の空間フィルタ 202 として、被検査物 1 表面の繰り返しパターンからの回折光を遮光するフィルタに加えて図 13 に示すフィルタを用いることで、前方散乱が強い欠陥と、後方散乱が強い欠陥とを分類することが可能になる。

まず、図 11 (a) の照明と、図 13 (a), (b) の空間フィルタを用いる場合について述べる。図 13 (a) の空間フィルタ 202 は、空間フィルタ面の光のあたるエリア 202a のうち的一方 202b だけ光が通り、202c の部分は遮光されている。また、図 13 (b) の空間フィルタ 202 は、空間フィルタ面の光のあたるエリア 202a のうちの一部 202b だけ光が通り、残りの部分は遮光されている。

30

【0056】

図 11 (a) に示すように、照明方向 10 と照明方向 12 とから照明光を当てると、まず、照明方向 10 からの照明による概略前方に散乱された光は、空間フィルタ面上で 202c 付近に到達するため、遮光され一次元検出器 206 に達しない。一方、照明方向 10 からの光によって概略後方に散乱された散乱光は、空間フィルタ面上で 202b 付近に到達するため、一次元検出器 206 に達して検出される。同様に、照明方向 12 からの光に対しては、概略前方に散乱された光が、空間フィルタ面上で 202b 付近に到達し、一次元検出器 205 に達して検出される。一次元検出器 205 による検出信号から検出された欠陥と、一次元検出器 206 による検出信号から検出された欠陥との座標及び散乱光強度などの欠陥の特徴量を比較することによって、欠陥の分類が可能になる。さらに、図 11 (b) の照明と、図 13 (c) あるいは図 13 (d) の空間フィルタを用いても同様の分類が期待できる。

40

【0057】

また、図 11 (b) の照明と、図 13 の (e) の空間フィルタを用いれば、側方散乱の偏りによる分類も可能となる。さらに、図 13 に示すような空間フィルタ面上の特定のエリアの光だけを欠陥検出に用いることによって、ウエハ上の繰り返しパターンや検出不要な欠陥からの散乱光を遮光して歩留まり管理に重要な欠陥を選択的に検出することも可能になる。

【0058】

また、図 14 に示すように、レーザのような単一波長光源を用いても照明の方向数を増

50

やすことによって、2値に近い硬調画像をより自然な多階調画像に近づけることが可能になる。これにより、特にウエハ上の非繰返しパターン部分の欠陥検出特性を改善することが可能になる。多方向照明は、個々の照明方向の照明光を図15に示すように光源701からの出力光を光ファイバ702で照明領域5に導光することによって実現するとよい。これにより、照明光学系を大幅に簡素化することが可能になり、5方向以上の多方向照明を低コストで実現することが可能になる。光ファイバで照明する際には、その先端に光学系を取り付け、スリット状の照明を実現してもよいが、照明系を簡素化するため光ファイバ端からの射出光で直接被検査物1を照明してもよい。

【0059】

光学系を設けない場合には、照明領域5が広がってしまうが、例えば、画素数4000画素蓄積段数1000段程度の高感度TDIセンサを検出に用いる場合には、センサの検出領域4-10、4-12も縦横比が小さくなるため、照明効率をそれほど損なうことはない。なお、照明波長の光を光ファイバで導く他に、励起光あるいは基本波を光ファイバで被検査物1の近傍まで導き、光ファイバ先端につけた波長変換ヘッドで照明波長に波長変換してもよい。また、多方向照明をするにあたって、照明方向の数の光源701を用意するのではなく、一つのレーザ光源701からの出力光を分岐して光ファイバで導光してもよい。

【0060】

(信号処理部)

図3の信号処理部400は、一次元検出器205、206の出力信号を信号処理(画像処理)し、出力部417に処理結果を表示するものである。また、信号処理部400は、レーザ光源101の出力をON/OFF制御し、必要に応じ波長可変を行う。また、出力部417は、ステージコントローラ305の信号を用いてステージ位置を出力(表示)する。

【0061】

図16は、信号処理部400の詳細構成図である。信号処理部400は、1チップ分の信号が繰返しされる繰返し信号を入力し、アナログ画像信号をデジタル画像信号に変換するA/D変換部401、1チップ分の信号を記憶し、1チップ分の遅延信号を出力するデータメモリ402、サンプリングのタイミングを取るスタートストップ指令回路416、A/D変換部401の出力信号とデータメモリ402の出力信号との差信号を演算する差分処理部403、この差信号を一時記憶するデータメモリ404、差信号における最大及び最小の異常信号を除去する最大最小除去回路405、閾値設定回路424、閾値設定回路424で設定された正側閾値とデータメモリ404に一次記憶された信号とを比較して異物等の欠陥を示す信号を出力する比較回路414、閾値設定回路424で設定された負側閾値とデータメモリ404に一次記憶された信号とを比較して異物等の欠陥を示す信号を出力する比較回路415、記憶装置427、表示部421、入力部426、及び、比較回路414及び415から出力される異物等の欠陥を示す信号に対して被検査物1に対して設定された座標系における位置座標を付加し、更に被検査物1に関する情報も付けて検出結果を出力する出力部417を備え、出力部417の出力はネットワーク428に接続される。

【0062】

また、閾値設定回路424は、信号レベルsの2乗を算出する2乗算出回路406、信号レベルsを算出する算出回路407、個数カウント回路408、sの2乗を積分する2乗和算出回路409、sを積分して和を算出する和算出回路410、ばらつきを求めるためのサンプリング個数nを算出する計数回路411、上限判定回路412、及び下限判定回路413を備える。

【0063】

なお、前記最大最小除去回路405は、必ずしも必要としない。最大最小除去回路405を用いない場合、閾値のレベルの算出において検出されるすべての画像データ(異物を示す画像データも含む。)を用いることになるので、閾値のレベルを正確かつ安定に検出

10

20

30

40

50

できる。その反面、この作成した閾値で、この閾値を作成した領域の異物の検査を行なうことができなくなる。そこで、検査したい領域の閾値は、被検査物 1 の別のチップ列の対応する領域で作成することが必要となる。その結果、閾値作成と異物の検査とを別ラインにする必要が生じて、スループットが多少多めにかかることになる。特に、チップ数が少ない場合等では、複数のラインに亘る画像データを用いて閾値を作成するとよい。この場合、スタートストップ指令回路 4 1 6 によりデータ取り込み位置を指定する。

【 0 0 6 4 】

また、出力部 4 1 7 には、本実施形態に係る異物等の欠陥検査装置 1 0 0 の全体を制御する CPU が備えられている。そして、回路 4 0 6 ~ 4 1 1 までは、チップ内の所定領域毎の背景信号のばらつき（標準偏差）を求めるためのものである。そして、求められたチップ内の所定領域毎の背景信号のばらつきを元に上限判定回路 4 1 2 及び下限判定回路 4 1 3 によって、異物等の欠陥を示す信号を抽出するための正側と負側の閾値 $T_h(H)$ 、 $T_h(L)$ が設定されることになる。これら回路 4 0 6 ~ 4 1 3 までが、閾値設定回路 4 2 4 となる。一方、データメモリ 4 0 4 は、閾値設定回路 4 2 4 によって閾値が設定されるまで、検出デジタル画像信号を一時記憶しておくためのものである。また、被検査物 1 に対して設定された座標系における位置座標は、被検査物 1 に設けられた基準マークを原点にして、測長器（図示せず）によって測定されたステージの変位と TDI センサ等の読み出し信号（走査信号）とに基づいて求められるものである。また、表示部 4 2 1 は、CRT 等のディスプレイであり、出力部 4 1 7 から得たデータ、例えば、ばらつきを示す正側閾値 $T_h(H)$ を表示する。表示部 4 2 1 を設けることによって、比較回路 4 1 4、4 1 5 から抽出される異物等の欠陥抽出出力を確認しながら、閾値がチップ内の領域毎に適切であるか否かを判定することができる。

【 0 0 6 5 】

ここで、検出結果の出力部 4 1 7 は、ハードコピーとして印刷するもの、ハードディスク、フレキシブルディスク、光磁気記録媒体、光記録媒体、LSI メモリ、LSI メモリカード等に記録するもの、他の検査装置または検査システムまたは製造プロセス装置や製造ラインを管理している管理システムに接続されているネットワークも含むものである。しかも、出力部 4 1 7 には、本実施形態に係る異物等の欠陥検査装置の全体を制御する CPU が備えられている。ここで、A/D 変換部 4 0 1 は、一次元検出器 2 0 5、2 0 6 から出力される信号をデジタル信号で表される画素信号に変換するものである。そして、A/D 変換部 4 0 1 は、信号処理部 4 0 0 の中の同一基板内であってもよく、あるいは、検出光学系部 2 0 0 内の TDI センサ等の一次元検出器 2 0 5、2 0 6 の近くであってもよい。一次元検出器 2 0 5、2 0 6 の近くに置く場合は、デジタル化されるため、伝送時のノイズが減る効果がある一方、信号伝送ケーブル数が増えるというデメリットもある。

【 0 0 6 6 】

実際の被検査物 1 である LSI 等のデバイスでは、欠陥にならないプロセスの微妙な違い、検出時のノイズ等により、一次元検出器 2 0 5、2 0 6 から得られる検出信号にばらつきが乗ってくることになる。つまり、図 1 7 (a) に示すように、チップ 7 1、7 2 間の対応する画素、例えば、7 3、7 4 の信号レベルは、同じにならず、ばらつきが生じる。

【 0 0 6 7 】

具体的には、図 1 7 (b) に示すようなパターンの構造の違う場所（例えば、メモリ LSI の場合、メモリセル領域、周辺回路領域、その他の領域など）7 5、7 6、7 7 等によって検出信号のばらつきは異なることになる。結果的に、ばらつきの小さな部分では、より小さな信号変化を生じさせる小さな欠陥を検出できるのに対し、大きなばらつきの部分では、大きな信号変化を生じさせる大きな欠陥しか検出できない。

【 0 0 6 8 】

そこで、信号処理部 4 0 0 の特徴とするところは、チップ内の画素ごとに対応するチップ間でばらつき（標準偏差）を算出し、その値を閾値の設定に用いている。これにより、

ばらつきの小さな領域は小さな閾値で、大きな領域は大きな閾値で異物等の欠陥の判定をして検査するようにしている。これにより、ばらつきの小さい場所（例えば、メモリLSIの場合メモリセル領域）での閾値を、ばらつきの大きな領域に影響されことなく小さくすることができ、その結果、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下の微細な異物をも検出することが可能となる。

【0069】

ここで、閾値設定回路424で行う信号処理内容について図17を用いて説明する。図17(a)には、被検査物1上のチップ71, 72等の配列例を示している。多くのLSI製造では、これらチップは同一のものが繰り返して製造される。ときとして、一回の露光で複数（2から4程度）のチップを同時に製造する場合もある。この場合、これらチップ間の同一位置では、同一のパターンが製作されている。したがって、これらのチップの対応位置の検出信号は、本来は同一である。f, g番目のチップ(f, g)の中のi, j番目の画素(i, j)の信号を $s(i, j, f, g)$ とする。

【0070】

ところが、実際には、欠陥にならないプロセスの微妙な違い、検出時のノイズ等により、チップ間の対応する画素の検出信号sにばらつきが生じることになる。しかも、チップ内においても、パターンの構造が違う場所で、ばらつきが異なることになる。そこで、次に示す(1)式に基づいて、チップの対応位置間の検出信号 $s(i, j, f, g)$ のばらつき（標準偏差 (s, f, g) ）を求めて閾値 $Th(H)$ 、 $Th(L)$ を設定することになる。

【0071】

$$\begin{aligned} Th(H) &= \mu(s, f, g) + m1 \cdot (s(i, j, f, g) - \mu(s, f, g)) \\ Th(L) &= \mu(s, f, g) - m1 \cdot (s(i, j, f, g) - \mu(s, f, g)) \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、閾値 $Th(H)$ は正側の上限判定回路412（図15参照）で設定され、閾値 $Th(L)$ は負側の下限判定回路413で設定される。なお、 $\mu(s, f, g)$ は、次に示す(2)式に基づいて算出される信号sのf, gの値を変えたときの平均値である。

$$\mu(s, f, g) = s(i, j, f, g) / n \quad (2)$$

$s(i, j, f, g)$ は、信号レベルsを算出する算出回路407とsを積分する積分回路410とによって算出され、nは個数カウント回路408と計数回路411とによって算出される。 (s, f, g) は、次に示す(3)式に基づいて算出される信号sのf, gの値を変えたときの標準偏差を示す。m1は倍率（係数）である。

$$(s, f, g) = \sqrt{(s(i, j, f, g)^2 / n - (s(i, j, f, g) / n)^2)} \quad (3)$$

$s(i, j, f, g)^2$ は信号レベルsの2乗を算出する2乗算出回路406とsの2乗を積分する2乗和算出回路409とによって算出される。このように標準偏差 (s, f, g) を数倍したところに閾値を定める。倍率m1は、通常6程度がよいと考えられる。これは、6以上の発生確率が、 1×10^{-11} 程度になるからである。この確率は、たとえば、 300mm のウエハ内を画素サイズ 2×2 ミクロンで検出した際の画像数が 7×10^{10} であるため、この閾値を越える値（虚報）が統計的にウエハ全域で、1画素未満になることから求めたものである。もちろん、この値は、必ずしも6にする必要のあるものではなく、本実施形態の効果を発揮する上では、別の値であってもよいことは言うまでもない。許容される虚報の数も1未満である必要は必ずしもないことから別の倍率が選択される可能性はある。

【0072】

以上説明したように、本実施形態によれば、照明光を効率よく利用し、空間フィルタ、照明方向によりLSIパターン等の基板内のパターンからの回折光を低減でき、さらに、チップ内のばらつきの異なる位置毎に閾値を低く設定で、さらに欠陥分類によって検出したい欠陥のみ抽出できるので、LSIウエハ上等の基板上の異物や欠陥を高感度、高スループットで検出することができる効果を奏する。また、本発明によれば、高感度のTDI

センサあるいはＣＣＤラインセンサを用いて、繰り返しパターンと非繰り返しパターンとが混在する被検査物 1 の表面に存在する微小異物や欠陥を高感度で、且つ高速に検出することができる効果を奏する。

【 0 0 7 3 】

また、本発明によれば、被検査物 1 上に配列された構造物内の各種回路パターン領域に合わせて判定基準である閾値レベルを最適な感度に設定して虚報の増加を抑え、真の異物等の欠陥を検査することができる効果を奏する。

【 0 0 7 4 】

したがって、繰り返しパターンと非繰り返しパターンとパターンなしとが混在する被検査物 1 に対して、微小な異物等の欠陥を高速で、しかも高精度に検査することができる。また、全数の検査、十分な検査頻度の抜き取り検査実現し、高効率の基板製造ラインを構築できる。また、被検査物 1 に配列された構造物内の各種回路パターン領域において存在する異物等の欠陥の種類を欠陥からの散乱光の分布（例えば、方位分布）の違いを元に分類できる。これにより、注目する欠陥だけを高感度で検出したり、あるいは、検出欠陥の分類結果から欠陥発生の要因を特定できる。したがって、半導体基板を高効率で、歩留まりよく製造することができる。

【 0 0 7 5 】

（変形例）

本発明は前記した実施形態に限定されるものではなく、例えば、以下のような変形が可能である。

（１）前記実施形態は、レーザ光源 1 0 1 に基本波のレーザ光源を用いたが、高調波レーザを用いることもできる。例えば、散乱係数は屈折率にも依存し、半導体材料には特定の波長域で屈折率が 1 に近づくものもある。図 1 8 は、タングステン W 及び結晶化シリコン c - S i の複素屈折率（ $n - j k$ ）の波長特性を示す。ここで、太い実線がタングステンの屈折率の実部 n_W であり、細い実線が虚部 k_W である。また、太い破線が結晶化シリコンの屈折率の実部 $n_c - S i$ であり、細い破線が虚部 $k_c - S i$ である。例えば、200 nm 付近の短波長域ではタングステン W 及び結晶化シリコン c - S i の屈折率は 1 に近づくため、そのような材料が用いられている場合には、屈折率が 1 に近くなる波長域に属さない波長を選択するのがよい。

【 0 0 7 6 】

なお、YAG などのレーザ光源を用いる場合には、単一基本波長のレーザとして使うだけでなく、図 1 9 に示すように、放電ランプなどの励起用光源 7 2 1 の波長 1 インコヒーレント光を YAG 等の基本波レーザ 7 2 2 で発振させて波長 2 のレーザ光を得るだけでなく、SHG（Second Harmonic Generation）レーザ 7 2 3 で 2 倍波レーザ光 3 を発生させ、この 2 倍波レーザ光を SHG レーザ 7 2 5 でさらに 2 倍の 4 倍波レーザ光 5 に変換し、SFG（Sum-Frequency Generation）レーザ 7 2 4 でこれらの和周波（3 倍波）のレーザ光 4 を発生することができる。またこれらの組合せで、すなわち、2 倍波と 3 倍波との組合せ、2 倍波と 4 倍波との組合せ、2 倍波と 3 倍波と 4 倍波との組み合わせなどを同時に出力し、多波長光源として使用することもできる。

【 0 0 7 7 】

これにより、材料の屈折率依存性やウエハ上の酸化膜などの透明膜の膜厚による薄膜干渉の影響などを緩和し、これらの条件に依存しない安定した欠陥検出を実現することもできる。なお、本実施形態ではいくつかの特定の波長をあげて説明したが、必ずしもこれらの波長である必要はない。すなわち、レーザ光源 1 0 1 として、Ar レーザ、窒素レーザ、He - Cd レーザ、エキシマレーザ等他の光源、あるいはその高調波を用いる光源であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 7 8 】

【図 1】本発明の一実施形態である欠陥検査装置が検査する被検査物の一例である半導体ウエハを示す図である。

【図 2】本発明の一実施形態である欠陥検査装置が検査する被検査物の他の例である半導体ウエハを示す図である。

【図 3】本発明の一実施形態である欠陥検査装置の構成図である。

【図 4】被検査物に 3 方向から照明する照明光学系の構成図である。

【図 5】被検査物を複数の照明方向と検出領域との関係を示す図である。

【図 6】照明方向及び検出方向を示す斜視図である。

【図 7】照明方向と回折光との関係を示す図である。

【図 8】被検査物の表面にスリット状ビームを 5 方向から照明したときの入射光と検出レンズの開口との関係を示す図である

【図 9】5 方向からスリット状ビームを被検査物上に照明したときの傾斜した検出光レンズの開口の関係を示す図である

10

【図 10】5 方向からスリット状ビームを被検査物上に照明したときの 2 つの検出レンズの開口の関係を示す図である

【図 11】照明方向の異なる 2 つのビームを被検査物上の異なる位置にあてる際の照明方向と照射位置との関係を示す図である

【図 12】照明方向の異なる 2 つのビームを被検査物上の異なる位置に当てる際の照射位置とセンサ位置との関係を示す図である

【図 13】異なる照射方向の 2 つの散乱光を被検査対象基板上の異なる位置にあてる際に用いる空間フィルタの例を示す図である。

【図 14】照明波長の帯域幅と照明方向数が画像の階調特性に与える効果を概念的に示す図である。

20

【図 15】光ファイバを用いて照明する照明領域と検出領域開口との関係を示す図である。

【図 16】信号処理部の構成図である。

【図 17】異物等の欠陥を抽出するための判定基準（閾値）を算出して設定することを説明するウエハと画素の関係を示す図、及びチップと画素の関係を示す図である。

【図 18】被検査物に用いられる半導体材料の複素屈折率の波長依存性を示す図である。

【図 19】照明光学系に使用される多波長光源の構成を示す図である。

【符号の説明】

【0079】

30

1 被検査物（ウエハ）

1 a , 1 b 半導体ウエハ

1 a a メモリ L S I

1 a b メモリセル領域

1 a c 周辺回路領域

1 a d その他の領域

1 b a マイコン等の L S I

1 b b レジスタ群領域

1 b c メモリ部領域

1 b d C P U コア部領域

40

1 b e 入出力部領域

2 チップ

3 スリット状ビーム

4 検出領域

5 照明領域

1 0 , 1 1 , 1 2 照明方向

1 4 検出方向

1 7 球面

1 9 射出方向

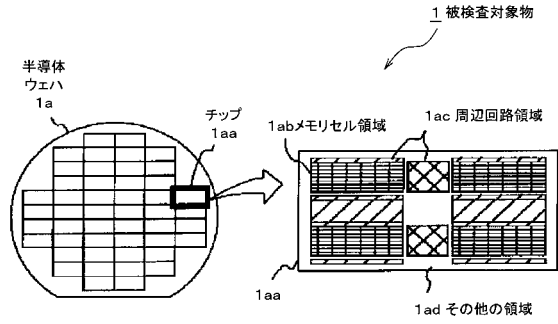
2 0 a 開口

50

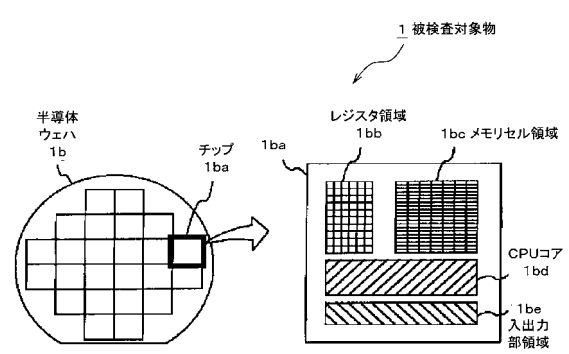
| | | |
|---|--------------------|----|
| 2 0 b , 2 0 c | 集光範囲 | |
| 2 1 x , 2 1 y | 回折光 | |
| 7 1 , 7 2 | チップ | |
| 1 0 0 , 1 5 0 | 照明光学系部 | |
| 1 0 1 | レーザ光源 | |
| 1 0 2 | 凹レンズ | |
| 1 0 3 | 凸レンズ | |
| 1 0 4 | 照明レンズ | |
| 1 0 5 | ミラー | |
| 1 0 6 | 白色光源 | 10 |
| 1 0 7 | 照明レンズ | |
| 1 1 0 , 1 1 4 | <u>ビームスプリッタ</u> | |
| 1 1 1 , 1 1 2 , 1 1 3 , 1 1 5 , 1 1 6 , 1 1 7 | ミラー | |
| 1 1 8 , 1 1 9 | <u>ミラー</u> | |
| 2 0 0 | 検出光学系部 | |
| 2 0 1 | 検出レンズ | |
| 2 0 1 a , 2 0 1 b | レンズ | |
| 2 0 2 | <u>空間フィルタ</u> | |
| 2 0 3 | 結像レンズ | |
| 2 0 4 | ビームスプリッタ | 20 |
| 2 0 5 , 2 0 6 | 一次元検出器 (イメージセンサ) | |
| 2 0 7 | N D フィルタ | |
| 2 0 8 | 偏光素子 | |
| 2 2 6 | ミラー | |
| 2 2 7 | 結像光学系 | |
| 2 2 8 | T V カメラ | |
| 2 4 0 | 直線状の微細ミラー | |
| 3 0 0 | ステージ部 | |
| 3 0 1 | X ステージ | |
| 3 0 2 | Y ステージ | 30 |
| 3 0 3 | Z ステージ | |
| 3 0 4 | 基板設置台 | |
| 3 0 5 | ステージコントローラ | |
| 4 0 0 | <u>信号処理部</u> | |
| 4 0 1 | A / D 変換部 | |
| 4 0 2 | データメモリ | |
| 4 0 3 | 差分処理部 (差分処理回路) | |
| 4 0 3 ' | 絶対値差分処理回路 | |
| 4 0 4 | データメモリ | |
| 4 0 5 | 最大最小除去回路 | 40 |
| 4 0 6 | 2 乗算出回路 | |
| 4 0 7 | 算出回路 | |
| 4 0 8 | 個数カウント回路 | |
| 4 0 9 | 2 乗和算出回路 | |
| 4 1 0 | 和算出回路 | |
| 4 1 1 | 計数回路 | |
| 4 1 2 | 上限判定回路 | |
| 4 1 3 | 下限判定回路 | |
| 4 1 4 , 4 1 5 , 4 1 4 ' | 比較回路 | |
| 4 1 7 | 出力部 | 50 |

| | | |
|---------------------|-----------|----|
| 4 1 9 | 閾値マップ格納部 | |
| 4 2 1 | 表示部 | |
| 4 2 3 | 閾値算出回路 | |
| 4 2 4 | 閾値設定回路 | |
| 4 2 5 | 平均値算出回路 | |
| 4 2 6 | 入力部 | |
| 4 2 7 | 記憶装置 | |
| 4 2 8 | ネットワーク | |
| 5 0 0 | 白色照明光学系部 | |
| 5 2 0、5 2 1 ~ 5 2 5 | オペレータ | 10 |
| 5 3 1 ~ 5 3 5 | 比較回路 | |
| 5 4 1 ~ 5 4 4 | 掛け算回路 | |
| 5 5 0 | 論理和回路 | |
| 6 0 0 | 光学観察顕微鏡 | |
| 6 0 1 | 検出光学系部 | |
| 6 0 2 | 画像処理系 | |
| 6 0 3 | 表示部 | |
| 6 0 4 | 画像メモリ | |
| 6 1 0 ~ 6 1 2 | 検査装置 | |
| 6 1 3 | データ解析システム | 20 |
| 7 0 1 | 光源 | |
| 7 0 2 | ファイバ | |
| 7 2 4 | S F G レーザ | |
| 7 2 3 , 7 2 5 | S H G レーザ | |
| 1 0 0 0 | 欠陥検査装置 | |

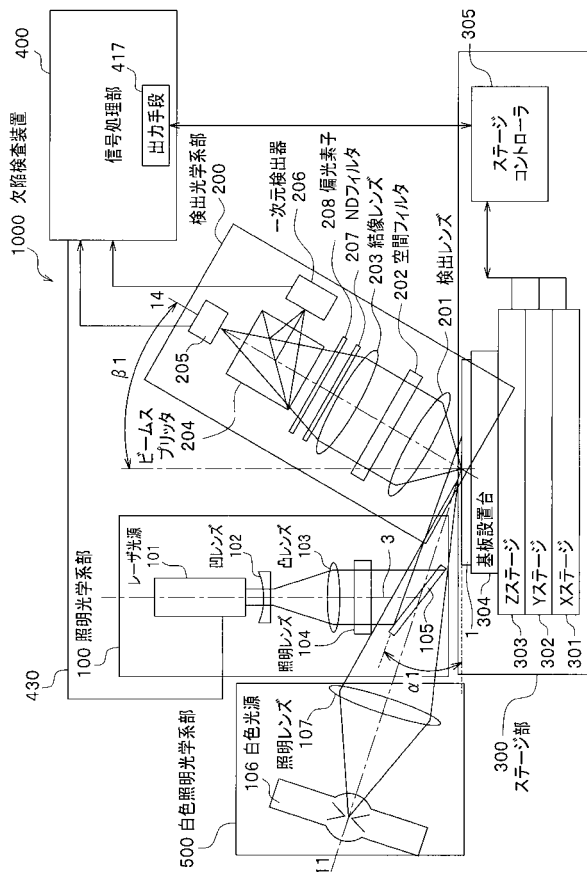
【図 1】



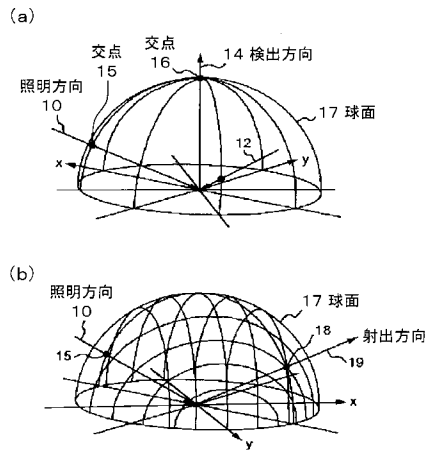
【図 2】



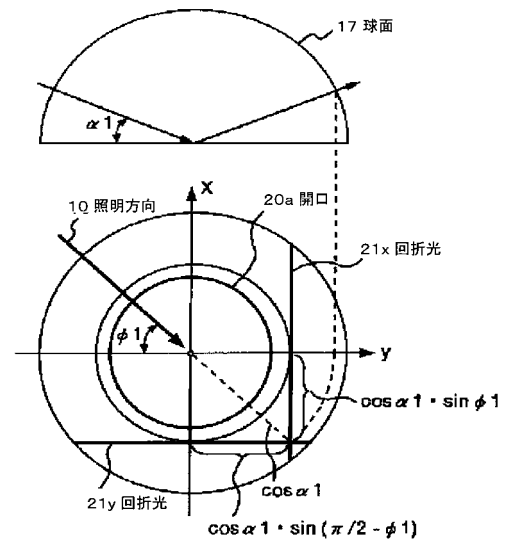
【図 3】



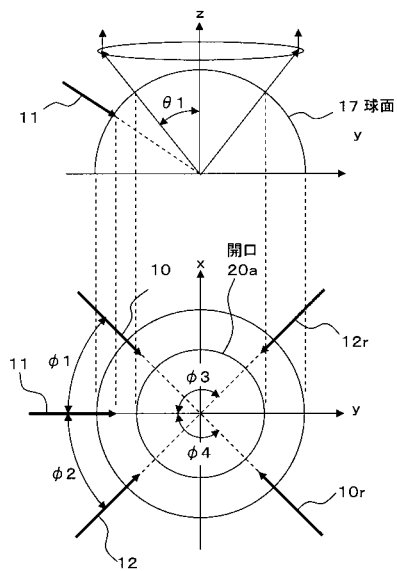
【図 6】



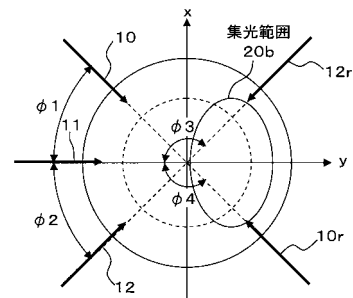
【図 7】



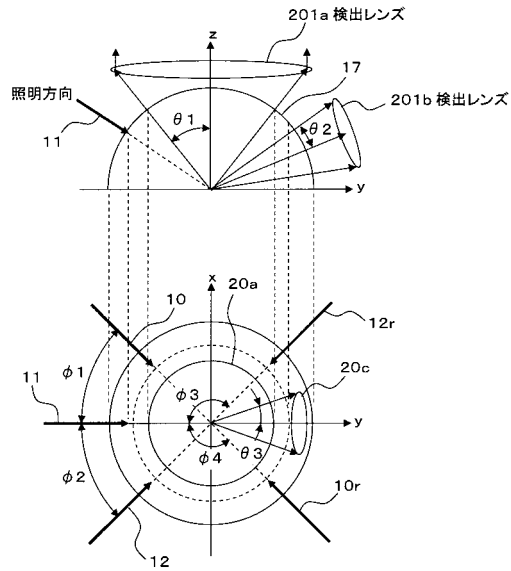
【図 8】



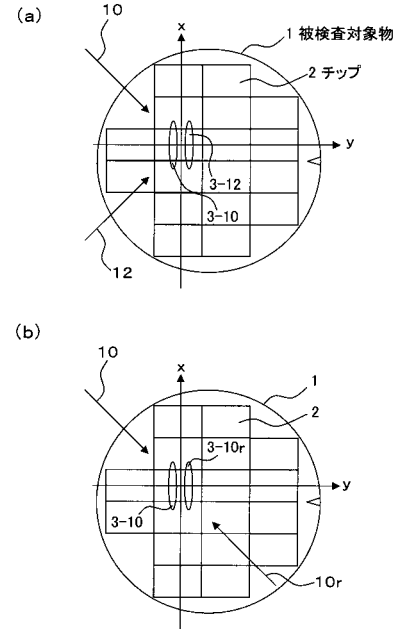
【図 9】



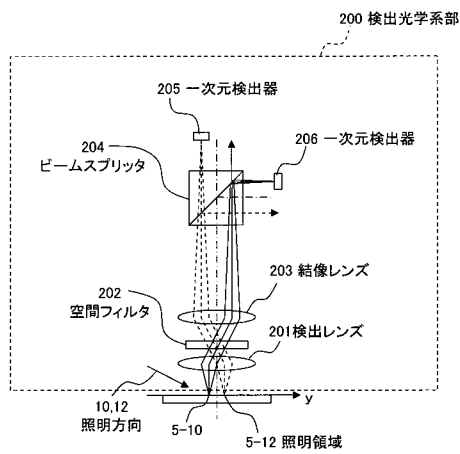
【図 10】



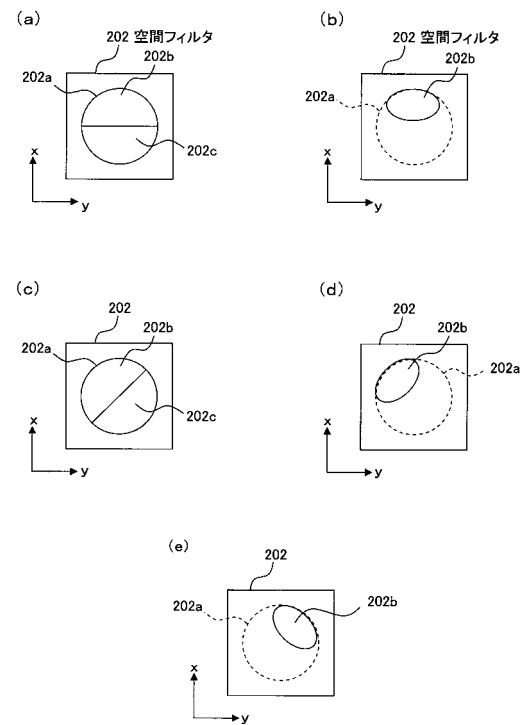
【図 11】



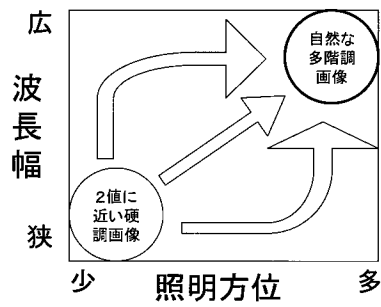
【図 12】



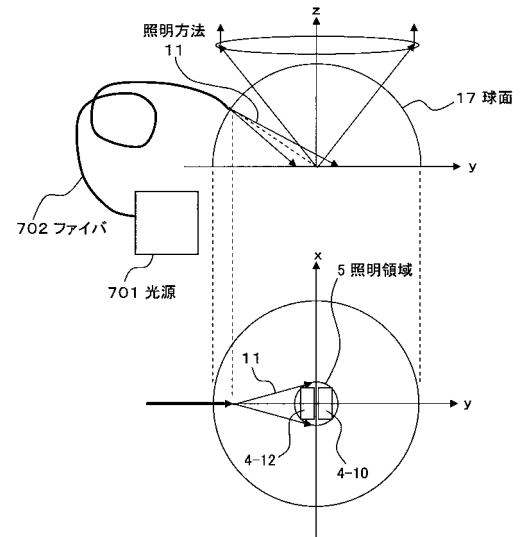
【図 13】



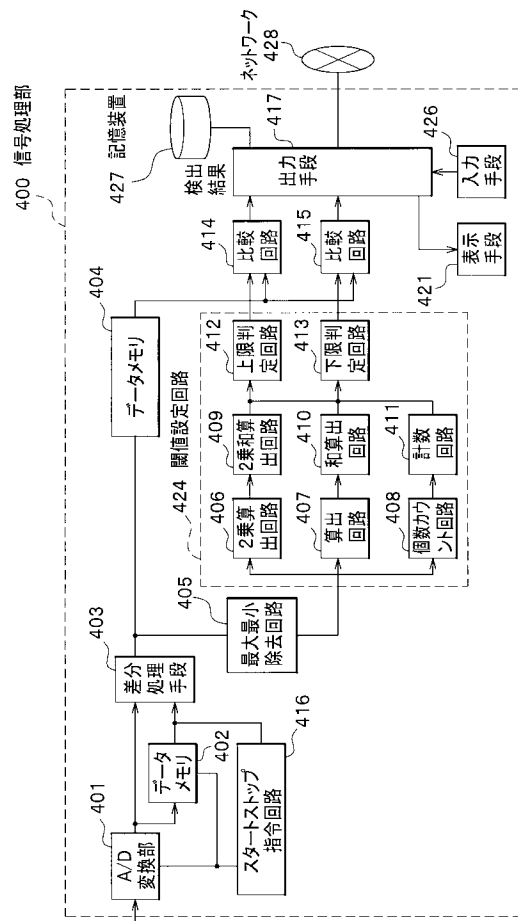
【図 14】



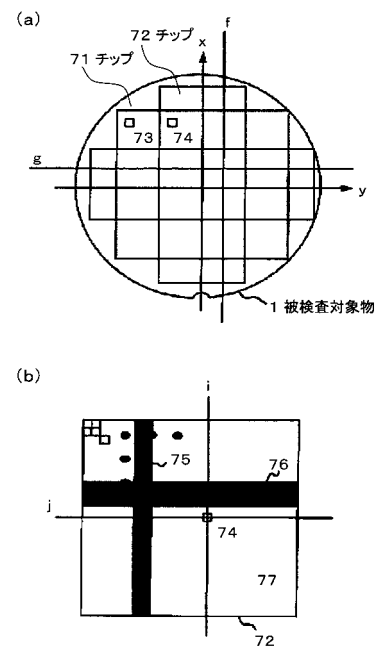
【図 15】



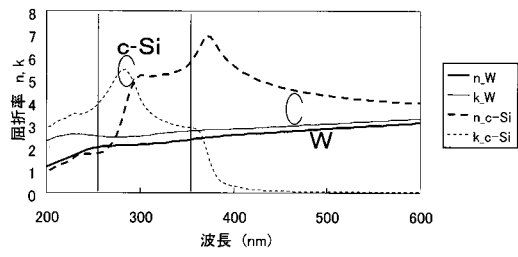
【図 16】



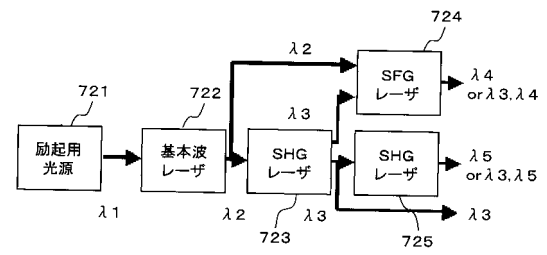
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

- (72)発明者 伊東 昌昭
茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地
那珂事業所内 株式会社日立ハイテクノロジーズ
- (72)発明者 愛甲 健二
茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地
那珂事業所内 株式会社日立ハイテクノロジーズ
- (72)発明者 近松 秀一
茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地
那珂事業所内 株式会社日立ハイテクノロジーズ
- (72)発明者 大月 繁夫
茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地
那珂事業所内 株式会社日立ハイテクノロジーズ
- (72)発明者 阿部 茂
茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地
那珂事業所内 株式会社日立ハイテクノロジーズ
- (72)発明者 越智 雅恭
茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地
那珂事業所内 株式会社日立ハイテクノロジーズ
- (72)発明者 関口 卓明
茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地
那珂事業所内 株式会社日立ハイテクノロジーズ
- (72)発明者 山下 裕之
茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地
那珂事業所内 株式会社日立ハイテクノロジーズ

審査官 越柴 洋哉

- (56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 1 7 7 2 8 4 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 1 0 5 2 0 3 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 0 2 9 9 5 5 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 2 8 3 1 9 0 (J P , A)
特表 2 0 0 2 - 5 0 8 5 1 3 (J P , A)
特開平 0 8 - 2 9 2 0 2 1 (J P , A)
特開平 0 9 - 0 2 6 3 9 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 N 2 1 / 8 4 - 2 1 / 9 5 8