

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年5月15日(15.05.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/073532 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 11/30 (2006.01) *H01L 21/66* (2006.01)
G01N 21/956 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/079902
- (22) 国際出願日: 2013年11月5日(05.11.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-246035 2012年11月8日(08.11.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社日立ハイテクノロジーズ(HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目2番14号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 大谷 祐子(OTANI Yuko); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 上野 剛渡(UENO Taketo); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 中山 英

樹(NAKAYAMA Hideki); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目2番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 本田 敏文(HONDA Toshifumi); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: ポレール特許業務法人(POLAIRE I.P.C.); 〒1040032 東京都中央区八丁堀二丁目7番1号 Tokyo (JP).

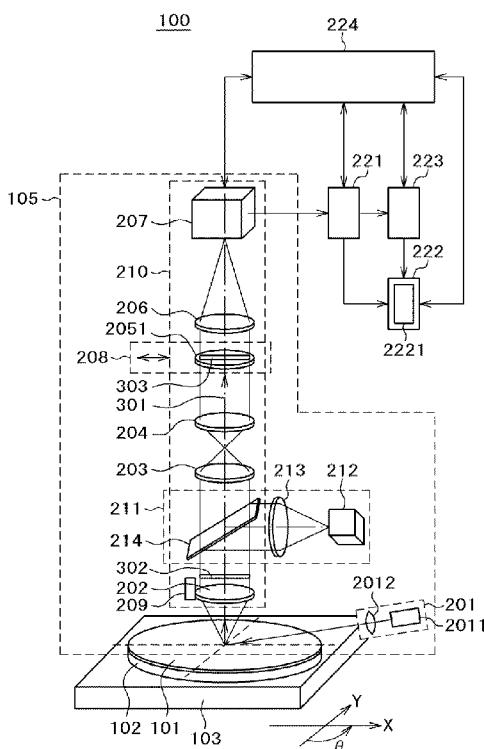
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETECTING DEFECTS AND METHOD AND DEVICE FOR OBSERVING DEFECTS

(54) 発明の名称: 欠陥検出方法及びその装置並びに欠陥観察方法及びその装置

図1



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to suppress the streaking phenomenon in the dark field image of defects that is generated when a minute defect is detected using a dark field microscope. Provided is a method for detecting defects in which scattered light incident on the objective lens, from the scattered light generated from the sample by exposing the surface of the sample to light from an inclined direction, is concentrated in order to form a scattered light image, the scattered light image is captured in order to obtain an image, the image is processed and a defect on the sample is extracted in order to find the positional information of the defect, and the found positional information of the defects is output, wherein an image of the scattered light that suppresses the occurrence of the streaking phenomenon caused by forward scattered light is formed by way of formation of a light image for which partial shielding of a component of the forward scattered light, of the scattered light incident on the objective lens, that passes through a region near the outer edge of the field of view of the objective lens of the scattered light generated from the sample surface, and the positional information for the defect is found on the basis of a luminance signal for a defect that is extracted from a captured scattered light image that suppresses the occurrence of the streaking phenomenon caused by forward scattered light.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/073532 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

暗視野顕微鏡を用いて微細な欠陥を検出する際に発生する欠陥の暗視野像の尾引き現象を抑制するために、試料の表面に光を斜方から照射して試料から発生した散乱光のうち対物レンズに入射した散乱光を集光して散乱光の像を結像し、この散乱光の像を撮像して画像を取得し、この画像を処理して試料上の欠陥を抽出してこの欠陥の位置情報を求め、求めた欠陥の位置情報を出力する欠陥検査方法において、散乱光の像を結像することを、対物レンズに入射した散乱光のうち、試料表面で発生した散乱光のうち対物レンズの視野の外縁部に近い領域を透過した前方散乱光の成分を一部遮光した光を結像することにより、前方散乱光による尾引き現象の発生を抑制した散乱光の像を結像し、欠陥の位置情報を、撮像した前方散乱光による尾引き現象の発生を抑制した散乱光の画像から抽出した欠陥の輝度信号に基づいて求めるようにした。

明 細 書

発明の名称：

欠陥検出方法及びその装置並びに欠陥観察方法及びその装置

技術分野

[0001] 本発明は、半導体デバイスの製造工程において半導体ウェハ上に発生した微細な欠陥の位置を高精度に検出することを可能にする欠陥検出方法及びその装置並びに、その欠陥検出装置を用いて他の検査装置で検出した欠陥を観察する欠陥観察方法及びその装置に関するものである。

背景技術

[0002] 例えば、半導体デバイスの製造工程では、半導体基板(ウェハ)上に異物又はショートや断線などのパターン欠陥(以下、これらを総称して欠陥と記述する)が存在すると、配線の絶縁不良や短絡などの不良原因になる。また、ウェハ上に形成する回路パターンの微細化に伴い、より微細な欠陥がキャパシタの絶縁不良やゲート酸化膜などの破壊原因にもなる。これらの欠陥は、搬送装置の可動部から発生するものや、人体から発生するもの、プロセスガスによる処理装置の内部で反応生成されたもの、薬品や材料に混入していたものなど、種々の原因により種々の状態で混入される。このため、製造工程中で発生した欠陥を検出し、欠陥の発生源をいち早く突き止め、不良の作り込みを食い止めることが半導体デバイスを量産する上で重要になる。

[0003] 従来、欠陥の発生原因を追究する方法には、まず、欠陥検査装置で欠陥位置を特定し、SEM(Scanning Electron Microscope: 走査型電子顕微鏡)等のレビュー装置で該欠陥を詳細に観察及び分類し、製造の各工程で取得した検査結果を保存したデータベースと比較して欠陥の発生原因を推定する方法があった。

[0004] ここで、欠陥検査装置とは、半導体基板の表面をレーザで照明し、欠陥からの散乱光を暗視野観察して欠陥の位置を特定する光学式欠陥検査装置や、ランプ又はレーザ、または電子線を照射して、半導体基板の明視野光学像を

検出して、これを参照情報と比較することにより半導体基板上の欠陥位置を特定する光学式外観検査装置やSEM式検査装置である。このような観察方法に関しては、特許文献1又は特許文献2に開示されている。

[0005] また、SEMで欠陥を詳細に観察する装置に関しては、特許文献3に他の検査装置で検出した試料上の欠陥の位置情報を用いてSEM式欠陥観察装置に装着された光学顕微鏡で試料上の位置を検出して他の検査装置で検出して得た欠陥の位置情報を修正した上でSEM式の欠陥観察装置で欠陥を詳細に観察（レビュー）する方法およびその装置について記載されている。

[0006] また、特許文献4には、検出光学系の瞳面上もしくはその近傍に空間的に分布を持ったフィルタを配置することによる暗視野式光学顕微鏡の高感度化について記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2000-352697号公報

特許文献2：特開2008-157638号公報

特許文献3：米国特許第6407373号公報

特許文献4：特開2011-106974号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 近年のLSI製造においては、高集積化のニーズに対応した回路パターンの微細化により、デバイスの性能に悪影響を及ぼす欠陥のサイズも微小化している。これに対応して、光学式欠陥検査装置の検出すべき欠陥寸法の微小化が求められている。このような中、検査装置の感度向上のため検出光学系の高NA化（NA：Numerical Aperture）が行われている。検出光学系の分解能はNAに反比例する。また、NAが大きいほど、検出対象欠陥からの散乱光を多く捕集することができる。そのため、欠陥検出の高感度化にとって高NAの検出光学系が有効である。しかし、高NAの検出光学系をもつ暗視野光学

顕微鏡の場合、空間的に局所的に集中して散乱する欠陥において、欠陥の暗視野像が点に結像せず彗星のように尾を引く問題が生じる(以下、尾引き現象と称する)。欠陥の暗視野画像から欠陥座標を導出する場合、尾引き現象によって生じた尾によって、導出される欠陥座標精度が低下する。また、観察者に本来の欠陥形状とは大きく異なる印象を与えてしまうという課題がある。

[0009] 上記した特許文献 1 乃至 4 の何れにも、暗視野顕微鏡を用いて微細な欠陥を検出する際に発生する欠陥の暗視野像の尾引き現象を抑制することについては記載されていない。

[0010] そこで、本発明では従来の課題を解決して、尾引き現象の発生を抑制する欠陥検出方法及びその装置並びに欠陥観察方法及びその装置を提供する。

課題を解決するための手段

[0011] 上記した課題を解決するために、本発明では、欠陥検出方法を、試料の表面に光を斜方から入射させて試料に照射し、光が照射された試料から発生した散乱光のうち対物レンズに入射した散乱光を集光して散乱光の像を結像し、この結像した散乱光の像を撮像して画像を取得し、取得した画像を処理して試料上の欠陥を抽出してこの抽出した欠陥の位置情報を求め、この求めた欠陥の位置情報を出力することにより行い、散乱光の像を結像することを、対物レンズに入射した散乱光のうち、光の照射により試料表面で発生した散乱光のうち対物レンズ開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光の成分を一部遮光した光を結像することにより、対物レンズの開口の外縁部に近い領域に散乱する散乱光による尾引き現象の発生を抑制した散乱光の像を結像し、抽出した欠陥の位置情報を、対物レンズの開口の外縁部に近い領域に散乱する散乱光による尾引き現象の発生を抑制した散乱光の像を撮像して取得した画像から抽出した欠陥の輝度信号に基づいて求めるようにした。

[0012] また、上記した課題を解決するために、本発明では、欠陥検出装置を、試料を載置する載置手段と、この載置手段に載置された試料の表面に光を斜方から入射させて試料に照射する照明手段と、この照明手段により光が照射された試料から発生した散乱光を集光する対物レンズとこの対物レンズで集光

した散乱光の像を結像する結像レンズとこの結像レンズで結像した散乱光の像を撮像する撮像素子とを有する撮像手段と、撮像手段で散乱光の像を撮像して得た散乱光の画像を処理して試料上の欠陥を抽出してこの抽出した欠陥の位置情報を求める画像処理手段と、画像処理手段で求めた欠陥の位置情報を出力する出力手段とを備えて構成し、撮像手段は、対物レンズに入射した散乱光のうち対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光を一部遮光するフィルタを更に備え、このフィルタを透過した散乱光を結像レンズで結像することにより対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光による尾引き現象の発生を抑制した散乱光の像を結像し、この結像した尾引き現象の発生を抑制した散乱光の像を撮像素子で撮像し、画像処理手段は、欠陥の位置情報を、尾引き現象の発生を抑制した散乱光の像を撮像して取得した画像から抽出した欠陥の輝度信号に基づいて求めるようにした。

[0013] 更に、上記した課題を解決するために、本発明では、欠陥観察方法を、他の検査装置で検出された試料上の欠陥の位置情報を用いてステージ上に載置された試料に光を照射して試料から発生する散乱光の像を撮像し、この撮像して得た散乱光の画像を処理して欠陥のステージ上での位置情報を求め、この求めた欠陥のステージ上での位置情報を用いて他の検査装置で検出した試料上の欠陥の位置情報を修正し、この修正した位置情報を用いてステージ上に載置された試料上の他の検査装置で検出された欠陥を観察することにより行い、散乱光の像を撮像することを、ステージ上に載置された他の検査装置で欠陥が検出された試料の表面に光を斜方から入射させて試料に照射し、この光の照射により試料表面で発生した散乱光のうち対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光の成分を一部遮光した光により結像することにより、対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光による尾引き現象の発生を抑制した散乱光の像を結像し、この結像した散乱光の像を撮像して対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光による尾引き現象の発生を抑制した画像を取得することにより行い、欠陥のステージ上での位置情報を求めることを、取得した対物レンズの開口の外縁部に近い領域

へ散乱した散乱光による尾引き現象の発生を抑制した画像を処理して試料上の欠陥を抽出し、対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光による尾引き現象を抑制した散乱光の画像から抽出した欠陥の輝度信号に基づいて抽出した欠陥の位置情報を求めるようにした。

[0014] 更にまた、上記した課題を解決するために、本発明では、欠陥観察方法を、他の検査装置で検出された試料上の欠陥の位置情報を用いてステージ上に載置された試料に光を照射して試料から発生する散乱光の像を撮像し、この撮像して得た散乱光の画像を処理して欠陥のステージ上での位置情報を求め、この求めた欠陥のステージ上での位置情報を用いて他の検査装置で検出した試料上の欠陥の位置情報を修正し、この修正した位置情報を用いてステージ上に載置された試料上の他の検査装置で検出された欠陥を観察することにより行い、散乱光の像を撮像する工程において、撮像した散乱光の像に尾引き現象が発生しているかをチェックし、散乱光の像に尾引き現象が発生している場合には、尾引き現象が発生した欠陥に光を斜方から照射し、光の照射により欠陥で発生した散乱光のうち対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光の成分を一部遮光した光により結像することにより、対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光による尾引き現象の発生を抑制した散乱光の像を結像し、この結像した散乱光の像を撮像して散乱光による尾引き現象の発生を抑制した画像を取得し、この取得した散乱光による尾引き現象の発生を抑制した画像を処理して試料上の欠陥を抽出し、この抽出した欠陥の輝度信号に基づいて抽出した欠陥の位置情報を求めるようにした。

[0015] 更にまた、上記した課題を解決するために、本発明では、欠陥観察装置を、他の検査装置で検査されて欠陥が検出された試料を載置するステージ手段と、このステージ手段に載置された試料上の欠陥の位置情報を用いて試料に光を照射して試料からの散乱光の像を撮像する撮像手段と、この撮像手段で撮像して得た散乱光の画像から欠陥を検出してこの検出した欠陥の位置情報を求める位置情報抽出手段と、位置情報抽出手段で求めた欠陥の位置情報を

用いて他の検査装置で検出した試料上の欠陥の位置情報を修正する欠陥位置情報修正手段と、この欠陥位置情報修正手段で修正した位置情報を用いて試料上の他の検査装置で検出された欠陥を観察する欠陥観察手段とを備えて構成し、撮像手段は、ステージ手段に載置された他の検査装置で欠陥が検出された試料の表面に光を斜方から入射させて試料に照射する照明部と、この照明部により光が照射された試料から発生した散乱光を集光する対物レンズとこの対物レンズで集光した散乱光のうち対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光を一部遮光するフィルタと、このフィルタを透過した散乱光を結像させることにより尾引き現象の発生が抑制された散乱光の像を結像する結像レンズと、この結像レンズにより結像した尾引き現象の発生が抑制された散乱光の像を撮像する撮像素子とを有する撮像部とを備え、位置情報抽出手段は、撮像部で尾引き現象の発生が抑制された散乱光の像を撮像して得た画像を処理して試料上の欠陥を抽出し、この抽出した欠陥の輝度信号に基づいて欠陥の位置情報を求めるように構成した。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、半導体デバイスの製造工程においてウェハ上に発生した微細な欠陥を、高い位置精度で検出することができる。

[0017] また、本発明によれば、光学式欠陥検出装置で検出した欠陥をレビュー装置で詳細に観察する場合において、観察対象の微小な欠陥を確実にSEM等の観察視野内に入れることができるようになり、SEM等を用いた欠陥の詳細検査のスループットをあげることができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の実施例1における欠陥検出装置の概略の構成を示すブロック図である。

[図2]欠陥の形状と尾引き現象との関係を示す図である。

[図3A]検出光学系のNAと欠陥の暗視野画像との関係を示す図である。

[図3B]斜方照明された欠陥から発生する散乱光の状態を示す半球面の図とその時の暗視野画像を示す図である。

[図4]尾引き現象の要因を説明する図である。

[図5]尾引き現象による欠陥座標導出精度低下の事例を説明するための図である。

[図6A]暗視野光顕の瞳面上もしくはその近傍に配置されるフィルタの例で、散乱光を透過する領域と遮光する領域とで構成した例を示すフィルタの平面図である。

[図6B]暗視野光顕の瞳面上もしくはその近傍に配置されるフィルタの例で、散乱光を透過する領域と透過率を徐々に低下させて遮光する領域とで構成した例を示すフィルタの平面図である。

[図7A]暗視野光顕の瞳面上もしくはその近傍に配置されるフィルタの例で、散乱光を透過する領域の一部に前方散乱光を遮光する領域を設けて構成した例を示すフィルタの平面図である。

[図7B]暗視野光顕の瞳面上もしくはその近傍に配置されるフィルタの例で、散乱光を透過する領域の一部に前方散乱光の透過率を徐々に低下させて遮光する領域を設けて構成した例を示すフィルタの平面図である。

[図8A]暗視野光顕の瞳面上もしくはその近傍に配置されるフィルタの例で、前方散乱光を透過してその他の領域を遮光する構成のフィルタの平面図である。

[図8B]暗視野光顕の瞳面上もしくはその近傍に配置されるフィルタの例で、前方散乱光を透過してその他の領域を散乱光の透過率を徐々に低下させて遮光する領域を設けた構成のフィルタの平面図である。

[図8C]暗視野光顕の瞳面上もしくはその近傍に配置されるフィルタの例で、散乱光を透過する領域の一部に前方散乱光の透過率を徐々に低下させて遮光する領域と、前方散乱光を透過してその他の領域を散乱光の透過率を徐々に低下させて遮光する領域とを設けた構成のフィルタの平面図である。

[図9]本発明の実施例1の変形例における欠陥検出装置の概略の構成を示すブロック図である。

[図10]本発明の実施例2におけるレビュー装置の概略の構成を示すブロック

図である。

[図11]本発明の実施例2におけるレビュー装置の光学顕微鏡の概略の構成を示すブロック図である。

[図12]本発明の実施例2における欠陥座標導出手順の例を説明するフロー図である。

[図13]本発明の実施例2において光学検査装置で欠陥を検出する手順の例を説明するフロー図である。

[図14]本発明の実施例2において光学検査装置で欠陥を検出する手順の例を説明するフロー図である。

[図15]本発明の実施例2において光学検査装置で欠陥を検出する手順の例を説明するフロー図である。

[図16]本発明の実施例2において光学検査装置で欠陥を検出する手順の例を説明するフロー図である。

[図17]本発明の実施例2において光学検査装置で検出された欠陥を観察する手順の例を説明するフロー図である。

[図18]本発明の実施例2において光学検査装置で検出された欠陥を観察する手順の例を説明するフロー図である。

[図19]本発明の実施例2において光学検査装置で検出された欠陥を観察する手順の例を説明するフロー図である。

発明を実施するための形態

[0019] 本発明は、暗視野光学顕微鏡を用いて欠陥を検出する際に、微細な欠陥を高速に検出することと、微細な欠陥の位置を精度良く検出することを両立させることを可能にする欠陥検出方法及びその装置並びにこの欠陥検出装置を用いて他の検査装置で検出した欠陥を観察する方法及びその装置に関するものである。

以下に、図を用いて本発明の実施例を説明する。

実施例 1

[0020] まず、本発明による暗視野光学顕微鏡を用いた欠陥検出装置100の実施

例を、図 1 を用いて説明する。

図 1 に示した本実施例による欠陥検査装置 100 は、光学顕微鏡 105、信号処理部 221、画像表示部 222、信号記憶部 223、制御部 224 を備えて構成される。制御部 224 は、図示していない通信手段で外部のデータ処理装置と接続されている。

[0021] 光学顕微鏡 105 は、照明ユニット 201、試料 101 より散乱光を採光するまたは明視野観察をする為の対物レンズ 202、対物レンズの高さ制御機構 209、明視野観察に必要な照明を導入するハーフミラー 214、照明レンズ 213、明視野光源 212、対物レンズ 202 により採光された散乱光による試料 101 の像を撮像素子 207 へ結像させる結像光学系 210、撮像素子 207、撮像素子 207 で得られた信号を処理する信号処理部 221、信号処理部で得られた信号を表示する画像表示部 222、信号処理部で得られた信号を保存する信号記憶部 223 を適宜用いて構成されている。加えて、結像光学系 210 は、空間分布光学素子(フィルタ) 205 及び空間分布光学素子切り替え機構 208 を適宜備えて構成されている。

[0022] 明視野光源 212 はランプ、又はレーザを用いることができる。レーザを用いる場合は、集光レンズ 213 はなくてもよく、ハーフミラー 214 をダイクロイックミラーへ交換することにより、照明を明るくし、より多くの散乱光を撮像素子 207 へ導くことができる。

[0023] ハーフミラー 214 の反射と透過の比率は任意でよい。ただし、明視野光源 212 の光強度が十分確保される場合は、欠陥からの散乱光をより多く結像光学系 210 及び撮像素子 207 へ導く構成とする方が望ましく、可動式として明視野照明ユニットを使用しない場合には光軸 301 から外せるようにしても構わない。その場合はより多くの散乱光を撮像素子 207 へ導ける利点がある。

[0024] 照明光学系ユニット 201 は、光源 2011、光源 2011 より照射される光線を試料 101 上に集光照射するための集光レンズ 2012 を適宜用いて構成される。

- [0025] 高さ制御機構 209 の構成としては、例えば piezo 素子を用いて移動させる構成、又は、ステッピングモータとボールネジを用いてリニアガイドに沿って Z 方向（結像光学系 210 の光軸 301 に沿った方向）へ移動させる構成、又は、超音波モータとボールネジを用いてリニアガイドに沿って Z 方向へ移動させる構成などを用いることが出来る。
- [0026] 撮像素子 207 の配置は試料表面と共役位置もしくは対物レンズの瞳面と共役位置でもよい。結像光学系 210 は、対物レンズ 202 の瞳面 302 を取り出すレンズ 203、204、試料 101 の像を撮像素子 207 上に結像させる結像レンズ 206、レンズ 203 と 204 で取り出された対物レンズ 202 の瞳面 303 もしくは瞳面近傍に挿入するフィルタ 205 を適宜用いて構成される。
- [0027] 本実施例においては、特性の異なるフィルタ 205 を複数保持し、切り替え可能なフィルタホルダ 208 を瞳面 303 もしくは瞳面近傍に挿入した構成としている。また、フィルタ 205 は、結像光学系 210 の光軸 301 上に配置しなくても良い。また、撮像素子 207 は画像処理部 221 と接続されている。レンズ 203、204 は対物レンズ 202 の瞳面 302 を外部へ引き出して結像光学系 210 の内部に形成する為に用いる。
- [0028] また、フィルタホルダ 208 は駆動することができ、結像光学系 210 の内部に取り出した瞳面 303 上にフィルタホルダ 208 で保持する複数のフィルタ 205 の中から選択したフィルタ 205 を挿入する。
- [0029] また、フィルタホルダ 208 は、明視野観察をする場合もしくはフィルタ 205 を使用しない場合には、取得画像が乱れることを回避する為にフィルタホルダ 208 の位置をフィルタ 205 が設置されていない場所に設定して観察する。又は、フィルタホルダ 208 にフィルタ 205 と同厚の平行平板ガラスを設置した場所へ切り替える。フィルタ 205 と同厚の平行平板ガラスを設置するのは、フィルタ 205 を外すと光路長が変化して撮像素子 207 に試料 101 の像が結像しなくなることを回避するためである。又は、平行平板ガラスを設置せず、像を結像させる結像レンズ 206 又は撮像素子 2

07の位置を調整し、撮像素子207に結像させる機構を用いても良い。

[0030] 本実施例においては、対物レンズ202、レンズ203、204と結像レンズ206は4個1組で、試料101の像を撮像素子207の検出面上へそれぞれ結像させる。本実施例においては、対物レンズ202と結像レンズ206以外に、レンズ203、204のレンズ2枚を使用する結像光学系210になっているがレンズ203、204はどちらか1枚でも良く、適宜選択可能である。

[0031] 本実施例においては、図1に示した構成において、対物レンズ202の瞳面302を、レンズ203、204を用い瞳面303に結像している。しかし、瞳面302にフィルタを配置可能な対物レンズ202を使用する場合、または、直線偏光検出のようにフィルタ205を瞳面302、もしくは瞳面303もしくは瞳面近傍に配置する必要のないフィルタを使用する場合は、レンズ203、204を使用せず、対物レンズ202、結像レンズ206を用い、撮像素子207上に結像しても良い。

[0032] 次に、図2から図4を用い、高NAの検出光学系において発生する尾引き現象について説明する。

近年のLSI製造においては、高集積化のニーズに対応した回路パターンの微細化により、デバイスの性能に悪影響を及ぼす欠陥のサイズも微小化している。これに対応して、光学式欠陥検査装置の検出すべき欠陥寸法の微小化が求められ、欠陥の検出感度向上のために高NAの検出光学系が、検査装置で採用されている。これは、検出光学系の分解能がNAに反比例すること、NAが大きいほど検出対象欠陥からの散乱光を多く捕集できることによる。しかし、高NAの検出光学系をもつ暗視野光学顕微鏡の場合、空間的に局所的に集中して散乱する欠陥において、欠陥の暗視野像が点に結像せず彗星のように尾を引く尾引き現象が生じ、欠陥の暗視野画像から欠陥座標を導出する場合、尾引き現象によって生じた尾によって、導出される欠陥座標精度が低下する。また、観察者に本来の欠陥形状とは大きく異なる印象を与えてしまうという課題がある。

[0033] 次に、図2を用い、一部の欠陥において生じる光顕画像の尾引き現象について説明する。

光顕画像の尾引き現象とは、実際の欠陥形状とは異なり、長く伸びた欠陥像になる現象のことを称す。図2(a)の欠陥例381に示すような上方から見たとき(Top view)と正面から見たとき(Front view)に共にほぼ等方的な形状の欠陥3811乃至3814において、欠陥の暗視野像の例383に示すように、レーザの入射方向314に沿って伸びる方向(暗視野像例383中の左から右)に尾が伸びる尾引き現象がある。

[0034] また、図2(b)の欠陥例382に示すような上方から見たとき(Top view)と正面から見たとき(Front view)に何れも等方的ではない欠陥3821乃至3824において、欠陥の暗視野像例384に示すように、レーザの入射方向314に関連のない方向(暗視野像例384では左下から右上、と右下から左上)に尾が伸びる尾引き現象がある。欠陥例382の場合、レーザの入射方向から伸びる方向に尾が伸びる欠陥も存在する。また、欠陥例382の場合、暗視野像例384に示すように複数方向に尾が伸びる尾引き現象と、一方向に尾が伸びる尾引き現象がある。

[0035] 尾引き現象を引き起こす欠陥形状は、欠陥例381の欠陥3811乃至3814、及び欠陥例382の3821乃至3824に限定されるものではなく、また、尾引き現象を生じた暗視野像も、暗視野像例383、384に限定されるものではない。

[0036] 図3Aは、検出光学系のNAを0.40、0.75、0.90、1.00と変化させ、各NAの検出光学系を使用した場合の、尾引き現象が生じる欠陥の欠陥散乱光分布386と暗視野像387のシミュレーション結果の例を示す。図3Aは、レーザの入射方向314に沿った方向に尾を引く欠陥の結果である。欠陥の散乱光分布386は、図3Bに示すように、照明光315が欠陥で散乱された光316の半球面上の散乱光強度分布を試料面と平行な2次元面317上に投影した強度分布を示している。

[0037] 図3Aに示した欠陥散乱光分布386におけるシミュレーションの結果で

ある各欠陥散乱光分布 3 8 6 1 乃至 3 8 6 4 は、それぞれ相対値で表示している。各 NA における欠陥散乱光分布 3 8 6 1 乃至 3 8 9 4 を結像させ、それぞれの暗視野像 3 8 7 1 乃至 3 8 7 4 を得た。本当の欠陥中心位置は各暗視野像 3 8 7 1 乃至 3 8 7 4 中に上下左右 4 方向から示した矢印の交点位置である。図 3 A に示した欠陥の例では、前方散乱方向の低角度領域（試料 1 0 1 の表面の法線方向に近い角度方向）に局所的に集中して散乱していることがわかる。欠陥の散乱光分布 3 8 6 の例に示すように、尾引き現象が生じやすい欠陥は、局所領域に集中して散乱する傾向がある。そして、暗視野像 3 8 7 より、図 3 A の欠陥において、暗視野像 3 8 7 2 と 3 8 7 3、即ち、NA 0. 7 5、0. 9 0 のとき尾引き現象が発生していることが確認できる。

[0038] 実験においても、シミュレーションと同様の結果が得られた。NA 0. 6 0、0. 7 5 の検出光学系では、一部の欠陥において、尾引き現象が発生する。一方、暗視野像 3 8 7 1 に示すように、NA 0. 4 0 の検出光学系では、NA 0. 6 0 及び 0. 7 5 のような高 NA の検出光学系において尾引き現象が生じた欠陥においても、尾引き現象が発生しない、もしくは発生しても尾の長さが高 NA の検出光学系に比べ著しく短い。

[0039] 尾引き現象の発生原因として、下記 3 つがある。

- (A) 開口境界での回折光強度の異方性
- (B) 散乱光が開口境界近傍に投影され新光源の発生
- (C) 開口境界での急激な散乱光強度の変化

[0040] 以下、図 4 を用い尾引き現象発生メカニズムの詳細を説明する。

図 4 (a) は、レーザの入射方向から伸びる方向に尾を引く尾引き欠陥の散乱光分布例 (NA 1. 0 0) である。領域 3 4 2 は散乱光強度の著しく強い領域、領域 3 4 1 は散乱光強度の弱い領域である。線 3 4 3 は、照明の入射面を表している。照明光の入射面とは、試料表面に垂直かつ、照明光の光軸に平行な面で、かつ照明光の光軸を面内に含む面のことである。円 3 4 5 は NA 0. 9 0、円 3 4 6 は NA 0. 4 0、の開口境界をそれぞれ示している。図 4 (a) の場合、NA 0. 9 0 の検出光学系では、開口境界と欠陥散

乱光の強度の強い領域が重なっている。

[0041] (A) 開口境界での回折光強度の異方性

図4 (b) に示すように、散乱光強度の強い領域342と開口境界(図4 (b) ではNAO. 90の開口境界345) が重なった場合、開口境界での散乱光強度の異方性が大きくなる。開口境界での散乱光強度が強い領域では、他の領域に比べ、回折光強度が強くなる。像面に集光するため、像の拡がる方向は強い散乱光強度の方位角と、その方位角と光軸対称な方位角方向である。

[0042] 図4 (b) では、散乱光強度の極端に強い方位角とその方位角と光軸対象な方位角の方位角347の方向に像が伸びる。一方、方位角347以外の方位角348では、開口境界での散乱光の回折光強度は弱く、方位角347に比べて像の拡がりが小さい。

[0043] 図4 (c) において、点線301は検出光学系の光軸、351は散乱体(異物)、矢印359は強い散乱光、矢印360は弱い散乱光、線354は瞳面、線355は開口境界、矢印356は強い回折光、矢印357は弱い回折光、線352は像面、線353は暗視野像の強度、をそれぞれ示している。

[0044] (B) 散乱光が開口境界近傍に投影され新光源の発生

散乱光強度の強い領域が、開口境界と重なることにより、強い散乱光が開口境界に照射され開口境界において散乱光が反射もしくは散乱され、新しい光源358となり、尾引き現象を発生させる。

[0045] (C) 開口境界の急激な散乱光強度の変化

図4 (a) のように、欠陥からの散乱光が、低角度の局所領域(0次光)に集中して散乱する場合の、開口境界での散乱光強度の強い領域342と、検出光学系の光軸301を通る線343上の散乱光の強度変化360を図4 (d) 及び(e) に記す。図4 (d) において、横軸344は照明の入射面(図4 (a) の線343) 上の位置を、縦軸361は散乱光強度を、領域346はNAO. 40の検出光学系の検出領域を、領域345はNAO. 90の検出光学系の検出領域をそれぞれ示している。又、図4 (e) の点線36

2は開口境界の強度変化を示している。図4（e）からも判るように、開口が広がるにつれ開口境界での強度変化362が著しく大きくなる。この強度変化が大きいほど、より開口外に光が広がる。

[0046] 次に、尾引き現象による欠陥座標精度の低下について、暗視野画像を用いた最も単純な座標導出方法を例に挙げ、図5で述べる。対象試料の暗視野画像371を取得し（Step 6011）、取得した暗視野画像371を二値化処理し（Step 6012）、二値化処理された暗視野像372の輝度重心365を導出し（Step 6013）、輝度重心365を欠陥座標として出力する（Step 6014）。

[0047] 図5に示すように、尾引き現象によって、本当の欠陥座標364と欠陥検査装置が出力する欠陥座標365に乖離が生じる。乖離量が大きい場合、欠陥検査装置が検出した欠陥を、欠陥座標365を基に拡大して観察しようとしたとき、欠陥が観察視野から外れてしまうことが考えられる。このことから、尾引き現象を抑制する手段、もしくは、尾引き現象の発生を判断する手段が必要である。

[0048] 尾引き現象を抑制する手段について述べる。図3、図4で説明した尾引き現象発生メカニズムから、尾引き現象を抑制する方法として、欠陥散乱光の極端に強度の強い領域と、開口境界を重ねないことが有効であることがわかる。尾引き現象を抑制する方法として、〔1〕検出光学系のNAを小さくする、もしくは〔2〕開口境界での強度変化を穏やかにする方法がある。

[0049] 検出光学系NAを小さくすることを実施する方法としては、NAの小さな対物レンズの使用、もしくは、検出光学系の瞳面もしくはその近傍に開口を制限する空間フィルタ401（図6A）を配置する方法がある。シミュレーションの条件（照明入射角80度、可視光）においては、NA0.40では尾引き現象の影響が小さく、NA0.60では尾引き現象の影響が大きいことから、空間フィルタ401の光透過領域4011の周辺に遮光領域4012を設けて、少なくともNA0.60以下に制限する必要がある。ただし、尾引き現象の影響度合いは、照明入射角、照明波長によって変化するため、

開口制限に必要なNAはその限りではない。

- [0050] 開口境界での強度変化を穏やかにする方法としては、検出光学系の瞳面もしくは瞳面近傍に、半径方向に対し透過率が徐々に変化する透過率分布を持ったNDフィルタ（減光フィルタ）402（図6B）を配置する方法がある。NDフィルタ402は、中央の光透過領域4021の周辺に、遮光領域4022を設け、遮光領域4022は中心から外周方向に向かい透過率が小さくなる空間分布を持っている。
- [0051] ただし、図6A又は図6Bで説明した方法では、欠陥散乱光が遮光、もしくは減光され、欠陥検出感度が低下する。そのため、最高感度の検出と尾引き現象を生じない検出の使い分けが必要になる。これは、検査スループットを低下させてしまう。
- [0052] そこで次に、欠陥散乱光の低下を極力抑え、かつ、尾引き現象を抑制する手段として部分的な光学特性を持つフィルタを使用する方法がある。図2の(a)に示した欠陥例381のように、ほぼ等方的な形状をしていて尾を引く欠陥は、暗視野像383のように、図4の(a)に示すように前方の低角度領域342付近に局所的に集中して強く散乱する傾向がわかっている。そこで、試料上で散乱してくる光を極力透過させるために、最低限の領域のみ遮光、もしくは減光する方法がある。
- [0053] 前方の低角度領域に局所的に集中して強く散乱する欠陥について尾引き現象を抑制するために、光透過領域4031の中に前方の低角度領域を遮光する領域4032を設けた空間フィルタ403（図7A）を、もしくは、前方の低角度領域の開口境界近傍での急激な強度変化を穏やかにするために、光透過領域4031の中に前方の低角度領域に半径方向に透過率分布を持った領域4042を設けたNDフィルタ404（図7B）を、検出光学系の瞳面もしくは瞳面近傍に配置する方法がある。
- [0054] ウェハの散乱光は後方に強く散乱するが、前方の低角度領域にも散乱するため、10数nmサイズの微小欠陥検出においては、前方低角度領域を遮光しても、感度低下の影響が小さい。そのため、図7A又は図7Bの空間フィ

ルタ 403 又は 404 を使用する場合、高感度検出と尾引き現象抑制検出の使い分けをせずに検査可能である。また、別の更なる高感度化検出用のフィルタと、図 7 A 又は図 7 B に示すような部分的な光学特性を持つフィルタを用いた検出とを使い分けでも良い。

[0055] 部分的な光学特性を持つフィルタ以外の高感度検出用のフィルタを用いる方法としては、検出光学系の任意の場所に直線偏光子を使用する方法がある。これは、P 偏光照明の場合、前方の低角度領域の散乱光の偏光方向は、照明の入射面に平行な偏光方向が主成分であるためである。直線偏光子を、照明の入射面に平行な偏光を遮光する向きに配置することで、前方低角度領域の散乱光の強度を低下させることができ、尾引き減少を抑制することが可能である。

[0056] 直線偏光子を用いる場合、2つの利点がある。第一の利点は、直線偏光子の配置位置は、瞳面近傍である必要はなく、検出光学系の任意の場所に配置できる点である。第二の利点は、偏光子を用いた検出は、ウェハからの散乱光を抑制し微小欠陥検出感度が高いため、高感度検出と尾引き現象抑制検出の使い分けをせずに検査可能である。また、別の更なる高感度化検出と、直線偏光子を用いた検出と、を使い分けでも良い。

[0057] また、尾引き現象は、レーザ斜入射照明、かつ高 NA の結像検出光学系をもつ暗視野光顕において顕著に生じる現象であることから、白色もしくはレーザ光源のリング照明の暗視野光顕、白色斜入射照明の暗視野光顕、白色もしくはレーザ照明の明視野光顕、位相差顕微鏡、集光検出光学系をもつ暗視野光顕、SEM、などにおいては、尾引き現象が生じない。そのため、尾引き現象抑制手段として、白色もしくはレーザ光源のリング照明の暗視野光顕、白色斜入射照明の暗視野光顕、白色もしくはレーザ照明の明視野光顕、位相差顕微鏡、集光検出光学系をもつ暗視野光顕、SEM、など尾引き現象が生じない手段を用いてもよい。白色斜入射照明の暗視野光顕は、照明波長がレーザに比べ大きな幅をもつため、散乱光分布が極端に集中することがなく、広がりを持つため、尾引き現象が発生しない。

- [0058] また、部分的な光学特性を持つ高感度検出用のフィルタの例として、図 8 A 又は図 8 B に示したようなフィルタがある。図 8 A に示したフィルタ 4 1 1 は、試料 1 0 1 からの前方散乱光成分を透過領域 4 1 2 で透過させ、それ以外の散乱光成分や迷光を遮光部 4 1 3 で遮光するものである。このようなフィルタを用いることにより、検出信号の S/N を向上させることができ、より微小な欠陥信号を検出することができる。
- [0059] 一方、図 8 B に示したフィルタ 4 2 1 は、試料 1 0 1 からの前方散乱光成分を透過領域 4 2 2 で透過させ、それ以外の散乱光成分や迷光を、透過率が徐々に大きくなる遮光部 4 2 3 乃至 4 2 5 で遮光するものである。このようなフィルタを用いても、図 8 A のフィルタ 4 1 1 に場合と同様に検出信号の S/N を向上させることができ、より微小な欠陥信号を検出することができる。
- [0060] 更に図 8 C には、図 7 B に示したフィルタ 4 0 4 と図 8 B に示したフィルタ 4 2 1 とを組み合わせたフィルタ 4 3 1 を示す。このようなフィルタを用いることにより、高感度検出と尾引き現象を抑制した検出とを同時に実現することが可能になる。図 7 A に示したフィルタ 4 0 3 と図 8 A に示したフィルタ 4 1 1 とを組み合わせても同様な効果を得ることができる。
- [0061] 上記した構成を備えた欠陥検出装置 1 0 0 を用いて、試料 1 0 1 を検査する方法について説明する。
- [0062] 先ず、結像光学系 2 1 0 の調整方法について説明する。
- 検査対象の試料 1 0 1 を試料ホルダ 1 0 2 に載置した状態で試料 1 0 1 を明視野観察するために、明視野光源 2 1 2 から照明光を発射し、照明レンズ 2 1 3 を透過した照明光をハーフミラー 2 1 4 で光量の半分を対物レンズ 2 0 2 の側に反射して対物レンズ 2 0 2 に入射させ、試料 1 0 1 の表面を明視野照明する。試料 1 0 1 から反射した光のうち対物レンズ 2 0 2 に入射した反射光は、その半分の光量がハーフミラー 2 1 4 を透過してレンズ 2 0 3 および 2 0 4 で集光され、結像レンズ 2 0 6 により試料 1 0 1 の表面の像が撮像素子 2 0 7 の検出面上に結像される。

- [0063] この結像された試料 101 の表面の像を撮像素子 207 で撮像して得られた信号は信号処理部 221 に送られて、試料 101 の表面の画像として画像表示部 222 の表示画面 2221 上に表示される。
- [0064] オペレータは、この表示画面 2221 上に表示された試料 101 の表面の明視野画像を観察して、試料 101 の表面の像が撮像素子 207 の撮像面上に正しく結像されていることを確認する。試料 101 の表面の像が撮像素子 207 の撮像面上に正しく結像されていない場合には、対物レンズの高さ調整機構 209 を操作して、試料 101 の表面の像の結像位置を撮像素子 207 の撮像面上に正しく合わせる。
- [0065] また、試料 101 の向きがステージ 103 の移動方向である X 及び Y 方向に対して一致しているかを確認し、向きがずれている場合にはステージ 103 を θ 方向に回転させて試料 101 の向きを調整する。この調整は、検査の開始前に行い、調整終了後は、複数の試料 101 について順次池に説明するような検査を実行する。
- [0066] 次に、結像光学系 210 が調整された状態で、試料 101 を検査する手順について説明する。
- [0067] 検査対象の試料 101 を試料ホルダ 102 に載置した状態で照明ユニット 201 で試料 101 の表面に照明光を照射する(暗視野照明)。次に、制御部 224 で平面内で X、Y 方向に移動可能なステージ 103 の駆動を制御して、試料ホルダ 102 に載置された試料 101 を X 方向に一定の速度で連続的に移動させる。この連続的に移動する試料 101 の表面の照明ユニット 201 により照明光が照射された領域から発生した散乱光のうち、対物レンズ 202 に入射した散乱光はハーフミラー 214 を透過して光量の半分が半減され、レンズ 203 及び 204 を透過して空間分布光学素子としてのフィルタ 205 でフィルタリングされた散乱光の像が結像レンズ 206 により撮像素子 207 の検出面(図示せず)上に結像される。撮像素子 207 で散乱光の像を撮像した信号は、信号処理部 221 へ送られて A/D 変換された後にしきい値処理によりしきい値よりも大きな信号が欠陥として抽出される。

[0068] ここで、フィルタフォルダ208を駆動して結像光学系210の光軸301上に配置するフィルタ205を入れ替えることにより、検査の光学条件を切替えることができる。このようにフィルタ205を入れ替えて試料101を複数回検査することにより、試料101を複数の検査条件で検査することができる。

[0069] 例えば、試料101に対して1回目の検査ではフィルタ205として尾引き現象の発生を抑制するためのフィルタを用いて試料101の前面を検査し、次に2回目の検査ではフィルタ205として高感度検出に適したフィルタに切替えて試料101の前面を検査することにより、尾引き現象が発生しやすい欠陥の位置を高い精度で求め、微細な欠陥を高感度に検出することができる。

[0070] ここで、フィルタ205としては、尾引き現象の発生を抑制するためのフィルタとして、図6A乃至図7Bの何れかに示した空間フィルタ401乃至404のうちの何れかを採用する。このような空間フィルタ205を採用することにより、撮像素子207で撮像して得られた散乱光の画像では尾引き現象が抑制される。その結果、撮像素子207で撮像して得られた散乱光の画像の輝度値分布の重心位置として求められる欠陥座標と実際の試料上の欠陥座標との乖離は低減され、検出画像から欠陥の位置を精度良く求めることができる。

[0071] 一方、高感度検出用のフィルタとしては、例えば図8A又は図8Bに示したような、前方散乱光成分を透過してノイズ成分となりやすい後方散乱光や側方散乱光成分をカットするように開口を制限して構成されたフィルタ411または412を用いる。図8Aに示した空間フィルタ411の構成は、矢印314の方向から入射した照明光により試料101から発生した散乱光のうち412の部分に入射した前方散乱光を透過し、413の部分に入射した散乱光を遮光するように構成されている。

[0072] 一方、図8Bに示した空間フィルタ421は、矢印314の方向から入射した照明光により試料101から発生した散乱光のうち422の部分に入射

した前方散乱光を透過し、423の部分から424の部分に入射した散乱光を徐々に遮光率が高くなり、425の部分に入射した散乱光は完全に遮光するように構成されている。

[0073] 図8A又は図8Bに示したような高感度検出用のフィルタを透過した散乱光を結像レンズ206で結像し、その像を撮像素子207で撮像して得られた散乱光の画像からしきい値以上の輝度を持つ領域を欠陥として抽出し、この抽出した欠陥の画像の輝度値分布の重心位置を欠陥座標として求める。検出された欠陥の画像とこの欠陥の位置情報とは信号記憶部223に送られて記憶されると共に、画像表示部222に送られて表示画面2221上に表示される。また、検出された欠陥の画像とこの欠陥の位置情報とは、図示していない通信回線を介して、上位の処理装置に送信される。

[0074] 上記した実施例においては、照明光学系ユニット201で光源2011から発射されたレーザを集光レンズ2012で集光して試料101上に照射する構成について説明したが、集光レンズ2012にシリンドリカルレンズを用いて線状に形成した光で試料101上を照明するようにしてもよい。又、フィルタ205を切替えて2回検査をする例について説明したが、フィルタ205を切り替えずに、フィルタ205として尾引き現象の発生を抑制するためのフィルタを用いて試料101の前面を1回検査する方法であってもよい。

[0075] 本実施例によれば、暗視野照明による試料上の微小な欠陥の検出において、尾引き現象の発生を低減して欠陥画像を検出することが可能になり、欠陥の位置を高精度に検出することができるになった。

[0076] [変形例]

実施例1で説明した欠陥検査装置100の変形例を図9を用いて説明する。

本変形例は、図1に示した実施例1における欠陥検査装置100の構成において、光学顕微鏡1051に照明光学系を2組備えた点が異なる。すなわち、本変形例における欠陥検査装置200は、図9に示すように、光学顕微

鏡１０５１、信号処理部２２１、画像表示部２２２、信号記憶部２２３、制御部２２４１を備えて構成される。制御部２２４１は、図示していない通信手段で外部のデータ処理装置と接続されている。

[0077] 光学顕微鏡１０５１は実施例１で説明した照明ユニット２０１の他に、照明光学系ユニット２５１を備えている。図９において図１に示した番号と同じ番号を付した構成については、実施例１で説明した構成と同じであるので、説明を省略する。信号処理部２２１、画像表示部２２２、信号記憶部２２３についても、実施例１で説明したものと同じであるので、説明を省略する。

[0078] 本変形例においては、フィルタホルダ２０８１で保持する複数のフィルタ２０５１には、照明光学系ユニット２０１で試料１０１を照明したときに適したフィルタと、照明光学系ユニット２５１で試料１０１を照明したときに適したフィルタとが含まれている。

[0079] 照明光学系ユニット２５１は、照明光学系ユニット２０１と同様に、光源２５１１、光源２５１１より照射される光線を試料１０１上に集光照射するための集光レンズ２５１２を適宜用いて構成される。照明ユニット２５１は、試料１０１に対して照明ユニット１０１と同じ方位角方向で異なる仰角方向に配置され、試料１０１に対して照明ユニット１０１で照明する領域と同じ領域を照明する。

[0080] フィルタホルダ２０８１で保持する複数のフィルタ２０５１としては、実施例１において図６Ａ及び図６Ｂ又は図７Ａ及び図７Ｂを用いて説明したような照明光学系ユニット２０１に対応するフィルタの他に、照明光学系ユニット２５１に対応する図６Ａ及び図６Ｂ又は図７Ａ及び図７Ｂに準じたフィルタも備えている。

[0081] 制御部２２４１は、検査時に、照明光学系ユニット２０１と照明光学系ユニット２５１とを順次切替えて試料１０１を照明する。すなわち、制御部２２４１は、ステージ１０３を駆動して試料１０１をＸ方向又はＹ方向に走査することを繰り返して行い、１回目の走査では、照明光学系ユニット２５１

による照明を停止した状態で照明光学系ユニット 201 で試料 101 を照明して検査を行い、2 回目の走査においては、照明光学系ユニット 201 による照明を停止した状態で照明光学系ユニット 251 で試料 101 を照明して検査を行う。

[0082] 制御部 2241 では、1 回目の走査において撮像素子 207 で検出した信号を信号処理部 221 で検出した結果得られる試料 101 上に形成された基準パターン（図示せず）の位置情報と、2 回目の走査において撮像素子 207 で検出した信号を信号処理部 221 で検出した結果得られる試料 101 上に形成された基準パターンの位置情報に基づいて、1 回目の走査において撮像素子 207 で検出した信号を信号処理部 221 で処理した結果と 2 回目の走査において撮像素子 207 で検出した信号を信号処理部 221 で処理した結果とを統合して、欠陥の検出及び検出した欠陥の画像特徴量に基づいて分類を行う。

[0083] このように、照明条件が異なる状態で繰返し検査を行い、その結果を統合して処理することにより、より詳細な欠陥の分類を行うことができる。

[0084] なお、図 9 に示した構成においては、同じ方位角で仰角が異なる 2 方向照明の例について説明したが、仰角が同じで方位角が異なる 2 方向照明としてもよく、又、それらを組み合わせた 3 方向照明としてもよい。また、照明光学系ユニット 201 及び 251 に偏光フィルタを追加して、試料 101 を偏光照明するような構成としてもよい。

[0085] また、図 9 に示した構成においては、照明光学系ユニット 201 と照明光学系ユニット 251 にそれぞれ光源 2011 または 2511 を備えているが、光源 2011 または 2511 の一方だけを用いて照明光学系ユニット 201 と照明光学系ユニット 251 とで光源を共有させる構成としてもよい。

実施例 2

[0086] 次に、本発明の第 2 の実施の形態として、実施例 1 で説明した図 1 に示した光学顕微鏡 105 を、レビュー装置に組み込んだ例について適宜図面を用いて詳細に説明する。

[0087] 一般的に、半導体の製造工程で基板上に発生した欠陥を観察する場合、以下の欠陥観察手順で実施されている。まず、検査装置で試料全面を走査し、試料上に存在する欠陥を検出し、欠陥の存在する座標を取得する。次に、検査装置で検出された欠陥のいくつか若しくは全ての欠陥を、検査装置で取得した欠陥座標を基に、レビュー装置で詳細に観察し、欠陥分類、発生原因分析などを行っている。

[0088] 図10に、本実施例におけるレビュー装置1000の構成の一例を示す。

本実施形態のレビュー装置1000は、被検査対象の試料101を搭載する試料ホルダ102、この試料ホルダ102を移動させて試料101の全面を走査電子顕微鏡106（以下SEMと記述）の下に移動可能なステージ103、試料101を詳細観察するSEM106、SEM106の焦点を試料101の表面に合わせる為に試料101の表面の高さを検出する光学式高さ検出システム104、試料101の欠陥を光学的に検出して試料101上の欠陥の詳細位置情報を取得する光学顕微鏡105、SEM106と光学顕微鏡105の対物レンズを収納する真空槽112、SEM106および光学式高さ検出システム104および光学顕微鏡105を制御する制御システム125、ユーザインターフェース123、ライブラリ122、検査装置107等の上位システムへ接続するネットワーク121、検査装置107の外部データ等を保存し制御システムに与える記憶装置124、で構成されている。

[0089] SEM106は、内部に電子線源1061、電子線源から発射された1次電子をビーム状に引き出して加速する引出電極1062、引出電極で引き出され加速された1次電子ビームの軌道を制御する偏向電極1063、偏向電極で軌道を制御された1次電子ビームを試料101の表面に収束させる対物レンズ電極1064、軌道を制御されて収束した1次電子ビームが照射された試料101から発生した2次電子を検出する2次電子検出器1065、収束した1次電子ビームが照射された試料101から発生した反射電子などの比較的高エネルギーの電子を検出する反射電子検出器1066等を備えて構成されている。

- [0090] SEM 106は、真空槽 112の内部に配置されている。真空槽 112の内部には、更に光学顕微鏡 1052の一部も配置されている。
- [0091] 光学顕微鏡 1052の構成及びその機能は、実施例 1で図 1乃至 7Bを用いて説明した光学顕微鏡 105と基本的には同じであるが、本実施例における光学顕微鏡 1052の一部がSEM 106と同じ真空槽 112の内部に配置されている点異なる。
- [0092] すなわち、図 11に示すように、真空槽 112には、照明ユニットから発射された照明光を導入するためのガラス窓 1121が設けられている。また、真空槽 112の内部には、導入された照明光の光路を試料 101の方向に変換するためにミラー 2013、試料 101からの散乱光を集光するための対物レンズ 202および対物レンズ 202の光軸方向の位置を調整するための高さ制御機構 209が光学顕微鏡 1052の一部として配置されていて、対物レンズ 202で集光した光を真空槽 112に設けたガラス窓 1122を透過させてハーフミラー 214、レンズ 203、204に導く構成となっている点が、図 1を用いて説明した実施例 1における光学顕微鏡 105の構成と異なっている。
- [0093] 実施例 1において、図 2乃至 7Bを用いて説明した散乱光画像の尾引き現象とそれに対応するフィルタの構成については、本実施例にもそのまま適用される。
- [0094] 制御システム 125は、SEM 106を制御するSEM制御部 1251、光学顕微鏡を制御する光学顕微鏡制御部 1252(図 1に示した実施例 1における制御部 224に相当)、レビュー装置 1000全体を制御する全体制御部 1256を備えている。
- [0095] また、ステージ 103、光学式高さ検出システム 104、光学顕微鏡 105、SEM 106、ユーザインターフェース 123、ライブラリ 122、記憶装置 124、は制御システム 125と接続され、制御システム 125はネットワーク 121を介して上位又は上流のシステム(例えば、検査装置 107)と接続されている。

[0096] 以上のように構成されたレビュー装置１０００において、特に、光学顕微鏡１０５２は、上位システムである検査装置１０７で検出された試料１０１上の欠陥を検査装置１０７で検出した欠陥の位置情報を用いて再検出（以下検出と記述）する機能を有し、光学式高さ検出システム１０４はＳＥＭ１０６の１次電子ビームを試料１０１の表面に収束させるための１次電子ビームの焦点合わせを行う焦点合わせ手段としての機能を有し、制御システム１２５は光学顕微鏡１０５２で検出された欠陥の位置情報に基づいて他の検査装置１０７で検査して検出された欠陥の位置情報を補正する位置補正手段としての機能を有し、ＳＥＭ１０６は制御システム１２５で位置情報を補正された欠陥を観察する機能を有する構成となっている。ステージ１０３は、試料１０１を載置して、光学顕微鏡１０５２で検出した欠陥がＳＥＭ１０６で観察できるように、光学顕微鏡１０５２とＳＥＭ１０６との間を移動する。

[0097] 次に、検査装置１０７（図１０）で検出された欠陥を、図１０で説明したレビュー装置１０００で観察する、一般的な処理の流れを図１２を用いて説明する。

[0098] まず、上位又は上流のシステムである検査装置１０７を用い、試料１０１上の欠陥を検出し、他の検査装置１０７は試料１０１の検査情報を、ネットワーク１２１を介して出力し、レビュー装置１０００の記憶装置１２４に入力する。他の検査装置１０７が出力する試料１０１の検査情報は、欠陥座標、欠陥信号、欠陥形状、欠陥散乱光の偏光、欠陥種、欠陥ラベル、欠陥の特微量、試料１０１表面の散乱信号のいずれかもしくはこれらの組み合わせで構成される検査結果と、他の検査装置１０７の照明入射角、照明波長、照明の方位角、照明強度、照明偏光、検出部の方位角、検出部の仰角、検出部の検出領域のいずれかもしくはこれらの組み合わせで構成される検査条件で構成される検査情報である。他の検査装置１０７に複数の検出器が存在する場合は、検出器毎に出力される試料１０１を検査した結果得られる検査情報もしくは、複数の検出器出力を統合した試料１０１の検査情報を用いる。

[0099] 次に、記憶装置１２４に記憶した情報を用いて他の検査装置１０７で検出

した欠陥の中から抽出した一部の欠陥、若しくは全部の欠陥をレビュー装置 1000 で観察する。まず、試料 101 の粗アライメントを行う。これは光学顕微鏡 105 による明視野観察によって行う。次に、他の検査装置 107 で取得した欠陥座標を基にレビュー装置 1000 で予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報を用いて試料 101 上の観察したい欠陥が光学顕微鏡 105 2 の視野に入るようにステージ 103 を移動させる (Step 6001)。次に高さ制御機構 209 にて対物レンズ 202 を移動させて焦点合わせを行う (Step 6002)。

[0100] 次に、光学顕微鏡 105 2 の撮像素子 207 にて画像を取得し (Step 6003)、取得した画像を輝度値の量子化を行い (Step 6004)、画像内で欠陥を探索し (Step 6005)、欠陥を検出したのであれば (Step 6006-YES)、欠陥画像の輝度分布から欠陥座標を導出し (Step 6007)、他の欠陥を検出する必要がなければ (Step 6008-No)、光学顕微鏡 1502 での欠陥検出を終了する (Step 6009)。そして、光学顕微鏡 105 2 で検出した欠陥の座標と予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報との差から予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報を用いてこの欠陥を SEM 106 で観察しようとしたときの欠陥に対する SEM 106 の視野位置のズレ量を算出する。

[0101] この算出したズレ量を基にして前記予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報を補正し、ステージ 103 を駆動してこの位置情報が補正された欠陥を SEM 106 の視野へ移動し、SEM 106 で観察を行う。このとき、観察された情報は制御システム 125 へ送られ、データベース 122 に登録される。尚、観察すべき欠陥が多数ある場合には、そのうちの代表的な数点を抽出し、それら抽出した欠陥の予め他の検査装置 107 によって検出された位置情報と光学顕微鏡 105 2 で検出して得たそれぞれの欠陥の位置情報とから、予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置と SEM 106 の視野位置のずれ量を求める。この求めたずれ量の情報を

用いて、代表的な数点以外の光学顕微鏡 1052 で検出しなかった欠陥についても予め他の検査装置 107 で検出して得た位置情報を補正する。

[0102] 次に、他の欠陥情報が必要な場合は (Step 6008-YES)、他の検査装置 107 の出力結果から観察したい欠陥位置情報を取得し、上述した光学顕微鏡 1052 へ欠陥を移動する手順へ戻り (Step 6001)、処理を進める。なお、上述した欠陥検出手順で欠陥検出できなかった場合 (Step 6006-NO) は、欠陥が光学顕微鏡 1052 の視野の外にいることが考えられるため、光学顕微鏡 1052 の視野周辺部を探索してもよい。周辺部を探索する場合 (Step 6010-YES) は、視野に相当する分だけ試料 101 を移動し (Step 6001)、上述した欠陥検出手順から処理を行う。また、周辺探索をしない場合 (Step 6010-NO) は、手順に従って処理を進める。

[0103] 次に、他の検査装置 107 (図 10 参照) で検出された欠陥を、図 10 で説明したレビュー装置 1000 で観察するために、尾引き現象が発生する可能性がある暗視野光顕 1052 の高感度検出 (以下、高感度検出と称する) 手段と、尾引き現象が抑制された手段と、を用い、観察対象欠陥をレビュー装置 1000 で欠陥を検出する場合の処理フロー例を図 13 から図 15 を用い説明する。

[0104] 他の検査装置 107 を用い、試料 101 上の欠陥を検出し、他の検査装置 107 は試料 101 の検査情報を、ネットワーク 121 を介して出力し、レビュー装置 1000 の記憶装置 124 に入力する。他の検査装置 107 が出力する試料 101 の検査情報は、欠陥座標、欠陥信号、欠陥形状、欠陥散乱光の偏光、欠陥種、欠陥ラベル、欠陥の特徴量、試料 101 表面の散乱信号のいずれかもしくはこれらの組み合わせで構成される検査結果と、他の検査装置 107 の照明入射角、照明波長、照明の方位角、照明強度、照明偏光、検出部の方位角、検出部の仰角、検出部の検出領域のいずれかもしくはこれらの組み合わせで構成される検査条件で構成される検査情報である。他の検査装置 107 に複数の検出器が存在する場合は、検出器毎に出力される試料

101を検査した結果得られる検査情報もしくは、複数の検出器出力を統合した試料101の検査情報を用いる。

[0105] 図13は、全ての検出対象欠陥を、高感度検出手条件と尾引き現象抑制条件の複数の光学条件で、撮像・検査する場合の処理フロー例である。まず、他の検査装置107で取得した欠陥座標を基にレビュー装置1000で予め他の検査装置107によって検出された欠陥の位置情報を用いて試料101上の観察したい欠陥が高感度条件に設定した暗視野光頭1052の視野に入るようにステージ103を移動させる（Step6001）。次に高さ制御機構209にて対物レンズ202を移動させて焦点合わせを行い、高感度条件に設定した暗視野光頭1052の撮像素子207にて取得した画像を取得し（Step6016）、取得した画像内で欠陥を探索し、欠陥を検出したのであれば（Step6017－YES）、欠陥画像の輝度分布から欠陥座標を導出する。

[0106] 次に、高感度条件に設定した暗視野光頭1052で、他の欠陥情報が必要な場合は（Step6018－YES）、他の検査装置107の出力結果から観察したい欠陥位置情報を取得し、上述した高感度条件に設定した暗視野光頭1052へ欠陥を移動する手順へ戻り（Step6015）、処理を進める。なお、上述した欠陥検出手順で欠陥検出できなかった場合（Step6017－NO）は、欠陥が高感度条件に設定した暗視野光頭1052の視野の外にすることが考えられるため、高感度条件に設定した暗視野光頭1052の視野周辺部を探索してもよい。

[0107] 周辺部を探索する場合（Step6024－YES）は、視野に相当する分だけ試料101を移動し（Step6025）、上述した欠陥検出手順から処理を行う。また、周辺探索をしない場合（Step6024－NO）は、手順に従って処理を進める。次に、高感度条件に設定した暗視野光頭1052で、他の欠陥を検出する必要がなければ（Step6018－NO）、尾引き現象が抑制された光学条件に設定した暗視野光頭1052の視野に入るように、他の検査装置107によって検出された欠陥の位置情報を用いてス

ページ103を移動させる（Step6019）。

[0108] 次に、高さ制御機構209にて対物レンズ202を移動させて焦点合わせを行い、暗視野光顕1052を尾引き現象が抑制された光学条件に設定した状態で撮像素子207にて撮像して画像を取得し（Step6020）、取得した画像内で欠陥を探索し、欠陥を検出したのであれば（Step6021－YES）、欠陥画像の輝度分布から欠陥座標を導出する。他の欠陥を検出する必要がなければ（Step6022－No）、暗視野光顕1052での欠陥検出を終了する（Step6023）。

[0109] 次に、暗視野光顕1052を尾引き現象が抑制された光学条件に設定した状態で、他の欠陥情報が必要な場合は（Step6022－YES）、他の検査装置107の出力結果から観察したい欠陥位置情報を取得し、上述した暗視野光顕1052へ欠陥を移動する手順へ戻り（Step6019）、処理を進める。

[0110] なお、上述した欠陥検出手順で欠陥検出できなかった場合（Step6021－NO）は、欠陥が暗視野光顕1052の視野の外にいたことが考えられるため、暗視野光顕1052の視野周辺部を探索してもよい。周辺部を探索する場合（Step6026－YES）は、視野に相当する分だけ試料101を移動し（Step6027）、上述した欠陥検出手順から処理を行う。また、周辺探索をしない場合（Step6026－NO）は、手順に従って処理を進める。

[0111] そして、暗視野光顕1052を高感度条件もしくは尾引き現象が抑制された光学条件に設定した状態で得られた欠陥座標と予め他の検査装置107によって検出された欠陥の位置情報との差から予め他の検査装置107によって検出された欠陥の位置情報を用いてこの欠陥をSEM106で観察しようとしたときの欠陥に対するSEM106の視野位置のズレ量を算出する。この算出したズレ量を基にして前記予め他の検査装置107によって検出された欠陥の位置情報を補正し、この位置情報が補正された欠陥をSEM106の視野へ移動し、観察を行う。このとき、観察された情報は制御システム1

25へ送られ、データベース122に登録される。

[0112] 尚、観察すべき欠陥が多数ある場合には、そのうちの代表的な数点を抽出し、それら抽出した欠陥の予め他の検査装置107によって検出された位置情報と光顕で検出して得たそれぞれの欠陥の位置情報とから、予め他の検査装置107によって検出された欠陥の位置とSEM106の視野位置のずれ量を求める。この求めたずれ量の情報を用いて、代表的な数点以外の光顕で検出しなかった欠陥についても予め他の検査装置107で検出して得た位置情報を補正する。

[0113] 高感度条件に設定した暗視野光顕1052の取得画像から導出した欠陥座標（以下、高感度手段導出欠陥座標と称す）と、尾引き現象が抑制された光学条件に設定した暗視野光顕1052の取得画像から導出した欠陥座標（以下、尾引き抑制手段導出欠陥座標と称す）は、どちらを用いても良い。

[0114] 高感度手段導出欠陥座標と尾引き抑制手段導出欠陥座標の乖離が閾値以上の時は、尾引き抑制手段導出欠陥座標を用い、乖離がしきい値未満の時は、高感度手段導出欠陥座標を用いる方法、もしくは、高感度手段導出欠陥座標と尾引き抑制手段導出欠陥座標の乖離方向から、尾引き現象発生有無を判断し、尾引き現象が発生知るときは尾引き現象抑制手段導出欠陥座標を用い、尾引き現象が発生していないときは高感度手段導出欠陥座標を用いる方法、などがある。また、高感度条件の暗視野光顕、もしくは尾引き現象が抑制された光学条件の光顕のどちらか一方で撮像された画像からのみ、検出された欠陥は、検出された条件の撮像画像を用い欠陥座標とする。

[0115] 図13に示した方法では、検出対象欠陥の数が多い場合、検出時間がかかり、スループット低下が心配される。そこで、次に、最初に尾引き現象抑制手段を用い、全ての対象欠陥を撮像・検査し、次に、尾引き現象抑制手段で検出できなかった欠陥を対象に、高感度検出手段を用い撮像・検査する場合の処理フローについて、図14で説明する。

[0116] まず、他の検査装置107で取得した欠陥座標を基にレビュー装置1000で予め他の検査装置107によって検出された欠陥の位置情報を用いて試

料 1 0 1 上の観察したい欠陥が、尾引き現象が抑制された光学条件に設定した暗視野光顕 1 0 5 2 の視野に入るように、ステージ 1 0 3 を移動させる (S t e p 6 0 2 8) 。次に、高さ制御機構 2 0 9 にて対物レンズ 2 0 2 を移動させて焦点合わせを行い、尾引き現象が抑制された光学条件に設定した暗視野光顕 1 0 5 2 にて撮像した画像を取得し (S t e p 6 0 2 9) 、取得した画像内で欠陥を探索し、欠陥を検出したのであれば (S t e p 6 0 3 0 - Y E S) 、欠陥画像の輝度分布から欠陥座標を導出する。

[0117] 尾引き現象が抑制された光学条件に設定した暗視野光顕 1 0 5 2 で、他の欠陥を検出する必要がなければ (S t e p 6 0 3 1 - N O) 、尾引き現象が抑制された光学条件に設定した暗視野光顕 1 0 5 2 で欠陥が検出されているため (S t e p 6 0 3 2 - Y E S) 、高感度条件に設定した暗視野光顕 1 0 5 2 での欠陥検出をする必要がなく (S t e p 6 0 3 6 - N o) 、欠陥検出を終了する (S t e p 6 0 3 7) 。

[0118] 次に、尾引き現象が抑制された光学条件に設定した暗視野光顕 1 0 5 2 で、他の欠陥情報が必要な場合は (S t e p 6 0 3 1 - Y E S) 、他の検査装置 1 0 7 の出力結果から観察したい欠陥位置情報を取得し、上述した尾引き現象が抑制された光学条件に設定した暗視野光顕 1 0 5 2 へ欠陥を移動する手順へ戻り (S t e p 6 0 2 8) 、処理を進める。なお、上述した欠陥検出手順で欠陥検出できなかった場合 (S t e p 6 0 3 0 - N O) は、欠陥が尾引き現象が抑制された光学条件に設定した暗視野光顕 1 0 5 2 の視野の外にすることが考えられるため、暗視野光顕 1 0 5 2 の視野周辺部を探索してもよい。

[0119] 周辺部を探索する場合 (S t e p 6 0 3 8 - Y E S) は、視野に相当する分だけ試料 1 0 1 を移動し (S t e p 6 0 3 9) 、上述した欠陥検出手順から処理を行う。また、周辺探索をしない場合 (S t e p 6 0 3 8 - N O) は、手順に従って処理を進める。

[0120] また、尾引き現象が抑制された光学条件に設定した暗視野光顕 1 0 5 2 で欠陥検出出来ず (S t e p 6 0 3 0 - N O) 、周辺を探索して撮像しても欠

陥を検出出来できず、周辺探索を終了した場合（Step 3038-NO）、尾引き現象が抑制された光学条件に設定した暗視野光顕1052では欠陥検出不可能となり（Step 6032-NO）、高感度条件に設定した暗視野光顕1052で欠陥検出を行うため、他の検査装置107で取得した欠陥座標を基にレビュー装置100で予め他の検査装置107によって検出された欠陥の位置情報を用いて試料101上の観察したい欠陥が、高感度条件に設定した暗視野光顕1052の視野に入るように、ステージ103を移動させる（Step 6033）。

[0121] 次に、高感度条件に設定した暗視野光顕1052で撮像して画像を取得し（Step 6034）、取得した画像内で欠陥を探索し、欠陥を検出したのであれば（Step 6035-YES）、欠陥画像の輝度分布から欠陥座標を導出する。次に、高感度条件に設定した暗視野光顕1052で、他の欠陥情報が必要な場合は（Step 6036-YES）、他の検査装置107の出力結果から観察したい欠陥位置情報を取得し、上述した暗視野光顕1052へ欠陥を移動する手順へ戻り（Step 6032）、処理を進める。

[0122] なお、上述した欠陥検出手順で欠陥検出できなかった場合（Step 6035-NO）は、欠陥が暗視野光顕1052の視野の外にいたことが考えられるため、暗視野光顕1052の視野周辺部を探索してもよい。周辺部を探索する場合（Step 6040-YES）は、視野に相当する分だけ試料101を移動し（Step 6041）、上述した欠陥検出手順から処理を行う。また、周辺探索をしない場合（Step 6040-NO）は、手順に従って処理を進める。そして、尾引き現象が抑制された光学条件に設定した暗視野光顕1052もしくは高感度条件に設定した暗視野光顕1052を用いて得た欠陥座標と予め他の検査装置107によって検出された欠陥の位置情報との差から予め他の検査装置107によって検出された欠陥の位置情報を用いてこの欠陥をSEM106で観察しようとしたときの欠陥に対するSEM106の視野位置のズレ量を算出する。

[0123] この算出したズレ量を基にして前記予め他の検査装置107によって検出

された欠陥の位置情報を補正し、この位置情報が補正された欠陥をSEM 106の視野へ移動し、観察を行う。このとき、観察された情報は制御システム125へ送られ、データベース122に登録される。

[0124] 尚、観察すべき欠陥が多数ある場合には、そのうちの代表的な数点を抽出し、それら抽出した欠陥の予め他の検査装置107によって検出された位置情報と、尾引き現象が抑制された光学条件に設定した暗視野光顕1052もしくは高感度条件に設定した暗視野光顕1052で検出して得たそれぞれの欠陥の位置情報とから、予め他の検査装置107によって検出された欠陥の位置とSEM 106の視野位置のずれ量を求める。この求めたずれ量の情報を用い、代表的な数点以外の尾引き現象が抑制された光学条件に設定した暗視野光顕1052もしくは高感度条件に設定した暗視野光顕1052で検出しなかった欠陥についても予め他の検査装置107で検出して得た位置情報を補正する。

[0125] 次は、スループット短縮のため、他の検査装置107の出力情報を用い、検出対象欠陥毎に検査手段を選択し、選択した検査手段を用い撮像・検査する場合の処理フローについて、図15を用いて説明する。

[0126] まず、他の検査装置107の出力した検査結果から、検出対象の欠陥の光顕検出条件を決定する（Step 6043）。決定に使用する情報としては、欠陥座標、ウェハ情報、欠陥の輝度、欠陥サイズ、欠陥のクラス情報、もしくは、それらに基づく特徴量を用いる。例えば、欠陥散乱光の輝度値を用いる場合、しきい値以上の輝度を持つ欠陥は暗視野光顕1052を尾引き現象が抑制された光学条件に設定して検出し、しきい値以下の輝度の欠陥は暗視野光顕1052の光学条件を高感度条件に設定して検出する。他には、他の検査装置107に検出センサが複数存在する場合、前方・低角度領域のセンサ出力が大きい欠陥を、暗視野光顕1052を尾引き現象が抑制された光学条件に設定して検出し、それ以外の欠陥を、暗視野光顕1052の光学条件を高感度条件に設定する方法がある。

[0127] 次に、Step 6043で決定された検出方法で、欠陥の検出を行う。暗

視野光頭 1052 の光学条件を尾引き現象が抑制される光学条件に設定した状態で検出する欠陥は (Step 6044-YES)、他の検査装置 107 で取得した欠陥座標を基にレビュー装置 1000 で予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報を用いて試料 101 上の観察したい欠陥が光頭の視野に入るようにステージ 103 を移動させる (Step 6045)。次に高さ制御機構 209 にて対物レンズ 202 を移動させて焦点合わせを行い、暗視野光頭 1052 の撮像素子 207 にて撮像した画像を取得し (Step 6046)、取得した画像内で欠陥を探索し、欠陥を検出したのであれば (Step 6047-YES)、欠陥画像の輝度分布から欠陥座標を導出する。

[0128] 次に、尾引き現象を抑制する光学条件に設定した暗視野光頭 1052 で、他の欠陥情報が必要な場合は (Step 6048-YES)、他の検査装置 107 の出力結果から観察したい欠陥位置情報を取得し、上述した欠陥の光頭検査条件を判断する手順へ戻り (Step 6044)、処理を進める。なお、上述した欠陥検出手順で欠陥検出できなかった場合 (Step 6047-NO) は、欠陥が暗視野光頭 1052 の視野の外にすることが考えられるため、暗視野光頭 1052 の視野周辺部を探索してもよい。周辺部を探索する場合 (Step 6055-YES) は、視野に相当する分だけ試料 101 を移動し (Step 6056)、上述した欠陥検出手順から処理を行う。また、周辺探索をしない場合 (Step 6055-NO) は、手順に従って処理を進める。

[0129] 尾引き現象が抑制される光学条件に設定された暗視野光頭 1052 で、他の欠陥を検出する必要がなければ (Step 6048-NO)、Step 6043 で決定された検出方法が高感度条件に設定した暗視野光頭 1052 で検出する場合には (Step 6049-YES)、欠陥が高感度条件に設定された暗視野光頭 1052 の視野に入るように、他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報を用いてステージ 103 を移動させる (Step 6050)。

[0130] 次に、高さ制御機構 209 にて対物レンズ 202 を移動させて焦点合わせを行い、高感度条件に設定された暗視野光顕 1052 の撮像素子 207 にて撮像して画像を取得し (Step 6051)、取得した画像内で欠陥を探索し、欠陥を検出したのであれば (Step 6052-YES)、欠陥画像の輝度分布から欠陥座標を導出する。他の欠陥を検出する必要がなければ (Step 6053-NO)、暗視野光顕 1052 での欠陥検出を終了する (Step 6054)。

[0131] 次に、高感度条件に設定した暗視野光顕 1052 で、他の欠陥情報が必要な場合は (S を取得し、上述した暗視野光顕 105 へ欠陥を移動する手順へ戻り (Step 6050)、処理を進める。

[0132] なお、上述した欠陥検出手順で欠陥検出できなかった場合 (Step 6052-NO) は、欠陥が光学顕微鏡 105 の視野の外にすることが考えられるため、光学顕微鏡 105 の視野周辺部を探索してもよい。周辺部を探索する場合 (Step 6058-YES) は、視野に相当する分だけ試料 101 を移動し (Step 6059)、上述した欠陥検出手順から処理を行う。また、周辺探索をしない場合 (Step 6058-NO) は、手順に従って処理を進める。

[0133] そして、尾引き現象が抑制された光学条件に設定した暗視野光顕 1052 もしくは高感度条件に設定した暗視野光顕 1052 を用いて得た欠陥座標と予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報との差から予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報を用いてこの欠陥を SEM 106 で観察しようとしたときの欠陥に対する SEM 106 の視野位置のズレ量を算出する。この算出したズレ量を基にして前記予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報を補正し、この位置情報が補正された欠陥を SEM 106 の視野へ移動し、観察を行う。

[0134] このとき、観察された情報は制御システム 125 へ送られ、データベース 122 に登録される。尚、観察すべき欠陥が多数ある場合には、そのうちの代表的な数点を抽出し、それら抽出した欠陥の予め他の検査装置 107 によ

って検出された位置情報と尾引き現象が抑制された光学条件の光顕もしくは高感度条件の暗視野光顕で検出して得たそれぞれの欠陥の位置情報とから、予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置と SEM 106 の視野位置のずれ量を求める。

[0135] この求めたずれ量の情報を用いて、代表的な数点以外の暗視野光顕 1052 で検出しなかった欠陥についても予め他の検査装置 107 で検出して得た位置情報を補正する。また、Step 6043 において決定した光顕検査条件が、高感度条件に設定した暗視野光顕 1052 で検出対象の欠陥において、高感度条件に設定した暗視野光顕 1052 で検出出来なかった欠陥 (Step 6052-NO) を、暗視野光顕 1052 を尾引き現象が抑制された光学条件に設定して検出してもよい (図示せず)。

[0136] 暗視野光顕 1052 において、高感度検出条件と、尾引き現象を抑制した光学条件の検出を切り替える方法は、フィルタホルダ 208 (図 11) を動かし、光軸上のフィルタ 205 を交換する。フィルタ 205 を切り替える際、フィルタホルダ 208 のようにスライド式ではなく、回転レボルバー式のフィルタホルダを使用しても良い。尾引き現象を抑制するために、フィルタ 205 (図 11) は、実施例 1 で図 6A 又は 6B、又は図 7A または 7B に記したフィルタ、偏光子、の一つ、もしくは複数を使用してもよい。また、フィルタ 205 に、MEMS や液晶を用いた場合、フィルタホルダ 208 での切り替えではなく、印加電圧により、光学特性を変化させ切り替える方法がある。

[0137] また、図 7A 又は 7B に示したような前方の低角度領域に部分的に作用するフィルタ 403 又は 404 や偏光子を用いる場合、尾引き現象が抑制され、かつ、感度低下が小さいため、図 13 から図 15 で説明した処理フローのような高感度手段と尾引き現象抑制手段を使い分けても、使い分けなくとも良い。

[0138] 次に、尾引き現象が発生したか、もしくは発生していないかを判断し、その結果に合わせ欠陥座標導出アルゴリズムを選択することにより、欠陥の座

標アライメント精度を維持する方法について述べる。これによって、尾引き現象を抑制するための光学条件の実装が難しい場合や、尾引き現象を抑制するための光学条件を設定した暗視野光顕 1052 では検出できないが、高感度条件を設定した暗視野光顕 1052 では尾を引く欠陥においても、欠陥の座標アライメント精度を高く維持することができる。

[0139] 暗視野光顕 1052 (図 11) で取得した暗視野画像に、尾引き現象が発生しているか否かを判断する方法としては、暗視野光顕 1052 で取得した欠陥暗視野像の形状から判断する方法、もしくは、暗視野光顕 1052 を用いて異なる光学条件で取得した複数枚の暗視野画像を比較し判断する方法がある。以下、暗視野光顕 1052 で取得した欠陥暗視野像において、尾引き現象が発生している欠陥を尾引き欠陥、尾引き現象が発生していない欠陥を非尾引き欠陥と称す。

[0140] 暗視野光顕 1052 で取得した欠陥暗視野像から、尾引き欠陥か否かを判定する方法として、欠陥暗視野像の形状から得られる特徴量を用いる方法がある。例えば、欠陥暗視野像の傾き角度、暗視野光顕 1052 の視野内に占める欠陥暗視野像の大きさ、もしくは領域に対する比率、欠陥暗視野像の長軸と短軸の比率、もしくは、それらの組み合わせに基づく特徴量がある。これら欠陥暗視野像の形状から得られる特徴量が設定値を満たす欠陥を尾引き欠陥、それ以外を非尾引き欠陥と判定する。本方法のメリットは、複数条件で欠陥暗視野像を取得する必要がないため、欠陥検出に必要な時間が短い点である。

[0141] 暗視野光顕 1052 を用いて異なる光学条件で取得した複数枚の暗視野画像を比較し、尾引き欠陥か否かを判定する方法において、異なる光学条件としては、例えば、照明強度、撮像素子 207 の画像取得蓄積時間、欠陥に対する照明の入射方位角などがある。照明の入射方位角を変える方法としては、ウェハを回転させる方法、もしくは、ウェハに対する照明ユニット 201 から発射されたレーザの入射方位角を切り替える方法がある。例えば、レーザの入射方位角を $\pi/2$ 切り替える場合、入射方位から長く尾を引く尾引き

欠陥においては、レーザの入射方位角によって尾引き方向が $\pi/2$ 変化する。また、照明強度を小さくした場合、もしくは撮像素子207の画像取得蓄積時間を短くした場合、尾引き欠陥では欠陥暗視野像の形状の変化が異方的となる（尾が短くなる）が、非尾引き欠陥ではほぼ等方的に欠陥暗視野像の形状が変化する。

[0142] 次に、検出した欠陥が、尾引き欠陥、もしくは非尾引き欠陥かを判定し、判定結果に基づき欠陥座標検出アルゴリズムを選択する場合の欠陥座標検出処理フローについて、図16を用い説明する。

[0143] まず、レビュー装置1000で予め他の検査装置107によって検出された欠陥の位置情報を用いて試料101上の観察したい欠陥が暗視野光頭105の視野に入るようにステージ103を移動させる（Step6060）。次に高さ制御機構209にて対物レンズ202を移動させて焦点合わせを行い、暗視野光頭105で撮像して画像を取得し（Step6061）、取得した画像内で欠陥を探索し、欠陥を検出したのであれば（Step6017-YES）、次に、Step6061で取得した画像から尾引き欠陥か否かを判断する。

[0144] 対象欠陥が尾引き欠陥であれば（Step6063-YES）、尾引き欠陥用のアルゴリズムAを用い欠陥画像の輝度分布から欠陥座標を導出する（Step6064）。また、対象欠陥が非尾引き欠陥であれば（Step6063-NO）、非尾引き欠陥用のアルゴリズムBを用い欠陥画像の輝度分布から欠陥座標を導出する。例えば、アルゴリズムAとしては、取得画像を輝度値で量子化し、尾とは逆方向の端（図2（b）の暗視野像384の場合は左端）を欠陥座標とする方法がある。例えば、アルゴリズムBとしては、取得画像を輝度値で量子化し、その輝度重心を欠陥座標とする方法がある。

[0145] 検出した欠陥が、尾引き欠陥、もしくは非尾引き欠陥かを判定する方法として、暗視野光頭1052で取得した欠陥暗視野像の形状から得られる特徴量を用いる方法がある。例えば、欠陥暗視野像の傾き角度、暗視野光頭1052の視野内に占める欠陥暗視野像の大きさ、もしくは領域に対する比率、

欠陥暗視野像の長軸と短軸の比率、もしくは、それらの組み合わせに基づく特徴量がある。これら欠陥暗視野像の形状から得られる特徴量が設定値を満たす欠陥を尾引き欠陥、それ以外を非尾引き欠陥と判定する。例えば、前方低仰角方向に強く散乱する低段差の凸形状の欠陥の場合、照明の入射面に平行な方向に尾が伸びるため、欠陥暗視野像の傾き角度が、照明の入射方位角近傍である場合、尾引き欠陥と判定することが考えられる。

[0146] 次に、暗視野光頭 105 で、他の欠陥情報が必要な場合は (Step 6065-YES)、他の検査装置 107 の出力結果から観察したい欠陥位置情報を取得し、上述した高感度条件に設定した暗視野光頭 105 へ欠陥を移動する手順へ戻り (Step 6060)、処理を進める。

[0147] なお、上述した欠陥検出手順で欠陥検出できなかった場合 (Step 6062-NO) は、欠陥が暗視野光頭 105 の視野の外にすることが考えられるため、暗視野光頭 105 の視野周辺部を探索してもよい。周辺部を探索する場合 (Step 6067-YES) は、視野に相当する分だけ試料 101 を移動し (Step 6068)、上述した欠陥検出手順から処理を行う。また、周辺探索をしない場合 (Step 6067-NO) は、手順に従って処理を進める。次に、暗視野光頭 105 で、他の欠陥を検出する必要がなければ (Step 6065-NO)、光頭での欠陥検出を終了する (Step 6066)。

[0148] 次に、他の検査装置 107 (図 10) で検出された欠陥を、図 10 で説明したレビュー装置 1000 で観察する処理の流れを図 17、図 18、図 19 で説明する。

[0149] 図 17 の処理フローについて述べる。まず、他の検査装置 107 を用い、試料 101 上の欠陥を検出し、検査装置 107 は試料 101 の検査情報を、ネットワーク 121 を介して出力し、レビュー装置 100 の記憶装置 124 に入力する。他の検査装置 107 が出力する試料 101 の検査情報は、欠陥座標、欠陥信号、欠陥形状、欠陥散乱光の偏光、欠陥種、欠陥ラベル、欠陥の特徴量、試料 101 表面の散乱信号のいずれかもしくはこれらの組み合わせ

せで構成される検査結果と、他の検査装置 107 の照明入射角、照明波長、照明の方位角、照明強度、照明偏光、検出部の方位角、検出部の仰角、検出部の検出領域のいずれかもしくはこれらの組み合わせで構成される検査条件で構成される検査情報である。検査装置に複数の検出器が存在する場合は、検出器毎に出力される試料 101 を検査した結果得られる検査情報もしくは、複数の検出器出力を統合した試料 101 の検査情報を用いる。

[0150] 次に、記憶装置 124 に記憶した情報を用いて、他の検査装置 107 で検出した欠陥の中から抽出した一部の欠陥、若しくは全部の欠陥をレビュー装置 1000 で観察する。まず、試料 101 の粗アライメントを行う (Step 6078)。これは暗視野光顕 1052 に備えたによる明視野観察によって行う。次に、レビュー装置 1000 で予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報を用いて試料 101 上の観察したい欠陥が暗視野光顕 1052 の視野に入るようにステージ 103 を移動させる (Step 6079)。次に高さ制御機構 209 にて対物レンズ 202 を移動させて焦点合わせを行う (Step 6080)。

[0151] 次に、暗視野光顕 1052 で撮像して得た画像より欠陥を探索し (Step 6081)、欠陥を検出したのであれば (Step 6082-YES)、光学顕微鏡 105 による欠陥検出位置と予め他の欠陥検査装置によって検出された欠陥の位置情報との差から予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報を用いてこの欠陥を SEM 106 で観察しようとしたときの欠陥に対する SEM 106 の視野位置のズレ量を算出する (Step 6083)。この算出したズレ量を基にして前記予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報を補正し (Step 6084)、この位置情報が補正された欠陥を SEM 106 の視野へ移動し、観察を行う (Step 6086)。このとき、観察された情報は制御システム 125 へ送られ、データベース 122 に登録される。

[0152] 尚、観察すべき欠陥が多数ある場合には、そのうちの代表的な数点を抽出し、それら抽出した欠陥の予め他の検査装置 107 によって検出された位置

情報と暗視野光顕 1052 で検出して得たそれぞれの欠陥の位置情報とから、予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置と SEM 106 の視野位置のずれ量を求める。この求めたずれ量の情報を用いて、代表的な数点以外の暗視野光顕 1052 で検出しなかった欠陥もしくは、暗視野光顕 105 で観察したが検出出来なかった欠陥 (Step 6082-NO) についても、必要であれば (Step 6089-YES)、予め他の検査装置 107 で検出して得た位置情報を補正する (Step 6090)。

[0153] 図 18 の処理フローについて述べる。まず、他の検査装置 107 を用い、試料 101 上の欠陥を検出し、他の検査装置 107 は試料 101 の検査情報を、ネットワーク 121 を介して出力し、レビュー装置 1000 の記憶装置 124 に入力する。他の検査装置 107 が出力する試料 101 の検査情報は、欠陥座標、欠陥信号、欠陥形状、欠陥散乱光の偏光、欠陥種、欠陥ラベル、欠陥の特徴量、試料 101 表面の散乱信号のいずれかもしくはこれらの組み合わせで構成される検査結果と、他の検査装置 107 の照明入射角、照明波長、照明の方位角、照明強度、照明偏光、検出部の方位角、検出部の仰角、検出部の検出領域のいずれかもしくはこれらの組み合わせで構成される検査条件で構成される検査情報である。検査装置に複数の検出器が存在する場合は、検出器毎に出力される試料 101 を検査した結果得られる検査情報もしくは、複数の検出器出力を統合した試料 101 の検査情報を用いる。

[0154] 次に、記憶装置 124 に記憶した情報を用いて他の検査装置 107 で検出した欠陥の中から抽出した一部の欠陥、若しくは全部の欠陥をレビュー装置 1000 で観察する。まず、試料 101 の粗アライメントを行う (Step 6078)。これは暗視野光顕 1052 による明視野観察によって行う。次に、レビュー装置 1000 で予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報を用いて試料 101 上の観察したい欠陥が暗視野光顕 1052 の視野に入るようにステージ 103 を移動させる (Step 6079)。次に高さ制御機構 209 にて対物レンズ 202 を移動させて焦点合わせを行う (Step 6080)。

[0155] 次に、暗視野光顕 1052 で撮像して取得した画像より欠陥を探索し (Step 6081)、欠陥を検出したのであれば (Step 6082-YES)、暗視野光顕 1052 による欠陥検出位置と予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報との差から予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報を用いてこの欠陥を SEM 106 で観察しようとしたときの欠陥に対する SEM 106 の視野位置のズレ量を算出する (Step 6083)。この算出したズレ量を基にして前記予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報を補正し (Step 6084)、この位置情報が補正された欠陥を SEM 106 の視野へ移動し、観察を行う (Step 6086)。このとき、観察された情報は制御システム 125 へ送られ、データベース 122 に登録される。

[0156] 尚、観察すべき欠陥が多数ある場合には、そのうちの代表的な数点を抽出し、それら抽出した欠陥の予め他の検査装置 107 によって検出された位置情報と暗視野光顕 1052 で検出して得たそれぞれの欠陥の位置情報とから、予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置と SEM 106 の視野位置のずれ量を求める。この求めたずれ量の情報を用いて、代表的な数点以外の暗視野光顕 1052 で検出しなかった欠陥もしくは、暗視野光顕 1052 で観察したが検出出来なかった欠陥 (Step 6082-NO) についても、必要であれば (Step 6089-YES)、予め他の検査装置 107 で検出して得た位置情報を補正する (Step 6090)。尚、SEM 106 で欠陥を検出できず (Step 6091-NO)、SEM 106 で周辺を探索する (Step 6092-YES) 場合、SEM の視野を移動させる、もしくは試料 101 を移動させ周辺を探索し (Step 6093)、処理を進める。

[0157] SEM 106 で欠陥を検出できず (Step 6091-NO)、周辺を探索せず (Step 6092-NO)、他の欠陥座標候補を観察する場合 (Step 6094-YES)、Step 6081 で使用した光学条件とは異なる光学条件で欠陥を再検出する (Step 6095-YES) もしくは、暗

視野光頭 1052 で再検出せずに (Step 6095-NO)、Step 6081 で取得した画像を用い、Step 6085 で移動した座標とは別の、欠陥が存在する可能性の高い欠陥座標へ SEM の視野もしくは試料を移動させ (Step 6093)、処理を進める。Step 6085 で移動した座標とは別の、欠陥が存在する可能性の高い欠陥座標は、例えば、Step 6083 で欠陥座標導出に使用した画像よりも撮像素子の蓄積時間の短く、尾引きによる座標ずれ量が少ない画像を用いる方法や、Step 6083 で欠陥座標導出に用いたアルゴリズムとは異なるアルゴリズムを用い欠陥座標を導出する方法によって、導出する。

[0158] 次に、暗視野光頭 1052 で取得した画像から、尾引き欠陥、もしくは非尾引き欠陥かを判定し、判定結果に基づき、欠陥座標を導出する処理フローについて、図 19 を用い説明する。

[0159] まず、レビュー装置 1000 で予め他の検査装置 107 によって検出された欠陥の位置情報を用いて試料 101 上の観察したい欠陥が暗視野光頭 1052 の視野に入るようにステージ 103 を移動させる (Step 6096)。次に高さ制御機構 209 にて対物レンズ 202 を移動させて焦点合わせを行い、暗視野光頭 1052 で撮像して画像を取得し (Step 6097)、取得した画像内で欠陥を探索し、欠陥を検出したのであれば (Step 6098-YES)、次に、Step 6097 で取得した画像から尾引き欠陥か否かを判断し、対象欠陥が尾引き欠陥であれば (Step 6099-YES)、暗視野光頭 1052 の光学条件を尾引き現象の影響の少ない光学条件に変更し (Step 6100)、暗視野光頭 1052 で撮像して画像を取得し (Step 6101)、取得した画像内で欠陥を探索し、欠陥を検出したのであれば (Step 6102-YES)、Step 6101 で取得した画像から欠陥座標を導出する (Step 6103)。また、対象欠陥が非尾引き欠陥であれば (Step 6099-NO)、用 Step 6097 で取得した画像から欠陥座標を導出する (Step 6103)。

[0160] 次に、暗視野光頭 1052 で、他の欠陥情報が必要な場合は (Step 6

104-YES)、他の検査装置107の出力結果から観察したい欠陥位置情報を取得し、上述した高感度条件に設定した暗視野光頭1052へ欠陥を移動する手順へ戻り(Step6096)、処理を進める。

[0161] なお、Step6097で取得した画像から欠陥検出できなかった場合(Step6098-NO)は、欠陥が暗視野光頭1052の視野の外にあることが考えられるため、暗視野光頭1052の視野周辺部を探索してもよい。周辺部を探索する場合(Step6106-YES)は、視野に相当する分だけ試料101を移動し(Step6107)、上述した欠陥検出手順から処理を行う。また、周辺探索をしない場合(Step6106-NO)は、手順に従って処理を進める。

[0162] また、Step6101で取得した画像から欠陥検出できなかった場合(Step6102-NO)は、欠陥が暗視野光頭1052の視野の外にあることが考えられるため、暗視野光頭1052の視野周辺部を探索してもよい。周辺部を探索する場合(Step6108-YES)は、視野に相当する分だけ試料101を移動し(Step6109)、上述した欠陥検出手順から処理を行う。また、周辺探索をしない場合(Step6108-NO)は、手順に従って処理を進める。

[0163] 次に、暗視野光頭1052で、他の欠陥を検出する必要がなければ(Step6104-NO)、暗視野光頭1052での欠陥検出を終了する(Step6105)。なお、Step6101で変更する光学条件としては、照明光量、照明の入射角、照明の方位角、画像取得時の蓄積時間、フィルタ205の光学特性、のいずれか、もしくはそれらの組み合わせられた光学条件である。撮像素子207の蓄積時間を短縮、もしくは、照明光量を減光すると、尾引き欠陥の尾の長さが短くなり、尾引き現象の影響が小さくなる。

[0164] 照明強度を可変する方法としては、照明光学系201への印加電圧の制御、NDフィルタを検出光学系の光軸上に配置、照明の入射角を変えるための光路切り替え、などがある。また、照明の入射角、照明の方位角を変更すると、欠陥散乱光分布が変わるため、欠陥散乱光の局所的に集中して強度の強

い領域と、検出光学系の開口境界が重ならない、照明方位を選択すると、尾引き現象の影響を抑制することができる。

[0165] 尾引き現象の影響が少ない光学条件で使用するフィルタ 205 としては、減光用の ND フィルタ、図 8 A 及び図 8 B に示したような開口制限するための空間フィルタ、図 6 A 及び図 6 B、図 7 A 及び図 7 B に記載のフィルタなどである。

[0166] 以上、本発明者によってなされた発明を実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

符号の説明

[0167] 101…試料 102…試料ホルダ 103…ステージ 104…光学式高さ検出システム 105…光学顕微鏡 106…電子顕微鏡 107…検査装置 111…真空封し窓 112…真空槽 121…ネットワーク 122…ライブラリ 123…ユーザインターフェース 124…記憶装置 125…制御システム 209…高さ制御機構。

請求の範囲

[請求項1]

試料の表面に光を斜方から入射させて前記試料に照射し、
該光が照射された前記試料から発生した散乱光のうち対物レンズに入射した散乱光を集光して前記散乱光の像を結像し、
該結像した散乱光の像を撮像して画像を取得し、
該取得した画像を処理して前記試料上の欠陥を抽出して該抽出した欠陥の位置情報を求め、
該求めた欠陥の位置情報を出力する欠陥検出方法であって、
前記散乱光の像を結像することを、前記対物レンズに入射した散乱光のうち、前記光の照射により前記試料表面で発生した散乱光のうち前記対物レンズの開口の外縁部に近い領域を透過した散乱光の成分を一部遮光した光を結像することにより、前記対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光による尾引き現象の発生を抑制した前記散乱光の像を結像し、
前記抽出した欠陥の位置情報を、前記対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光による尾引き現象の発生を抑制した前記散乱光の像を撮像して取得した画像から抽出した欠陥の輝度信号に基づいて求める
ことを特徴とする欠陥検出方法。

[請求項2]

請求項1記載の欠陥検出方法であって、前記対物レンズに入射した散乱光を前記対物レンズの視野に対して同心円状に遮光することを特徴する欠陥検出方法。

[請求項3]

請求項1記載の欠陥検出方法であって、前記対物レンズに入射した散乱光を前記対物レンズの開口に対して前記対物レンズ開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光が発生する領域の一部を部分的に遮光することを特徴する欠陥検出方法。

[請求項4]

試料を載置する載置手段と、
該載置手段に載置された試料の表面に光を斜方から入射させて前記

試料に照射する照明手段と、

該照明手段により光が照射された前記試料から発生した散乱光を集光する対物レンズと該対物レンズで集光した前記散乱光の像を結像する結像レンズと該結像レンズで結像した前記散乱光の像を撮像する撮像素子とを有する撮像手段と、

該撮像手段で前記散乱光の像を撮像して得た前記散乱光の画像を処理して前記試料上の欠陥を抽出して該抽出した欠陥の位置情報を求める画像処理手段と、

該画像処理手段で求めた欠陥の位置情報を出力する出力手段とを備えた欠陥検出装置であって、

前記撮像手段は、前記対物レンズに入射した散乱光のうち前記対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光を一部遮光するフィルタを更に備え、該フィルタを透過した散乱光を前記結像レンズで結像することにより前記対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光による尾引き現象の発生を抑制した前記散乱光の像を結像し、該結像した尾引き現象の発生を抑制した前記散乱光の像を前記撮像素子で撮像し、

前記画像処理手段は、前記欠陥の位置情報を、前記尾引き現象の発生を抑制した前記散乱光の像を撮像して取得した画像から抽出した欠陥の輝度信号に基づいて求めることを特徴とする欠陥検出装置。

[請求項5] 請求項4記載の欠陥検出装置であって、前記フィルタは、前記対物レンズに入射した散乱光を前記対物レンズの視野に対して同心円状に遮光することを特徴する欠陥検出装置。

[請求項6] 請求項4記載の欠陥検出装置であって、前記フィルタは、前記対物レンズに入射した散乱光を前記対物レンズの開口に対して前記対物レンズの外縁部に近い領域へ散乱した散乱光が発生する領域の一部を部分的に遮光することを特徴する欠陥検出装置。

[請求項7] 他の検査装置で検出された試料上の欠陥の位置情報を用いてステージ上に載置された前記試料に光を照射して前記試料から発生する散乱光の像を撮像し、

 該撮像して得た前記散乱光の画像を処理して前記欠陥の前記ステージ上での位置情報を求め、

 該求めた欠陥の前記ステージ上での位置情報を用いて前記他の検査装置で検出した前記試料上の欠陥の位置情報を修正し、

 該修正した位置情報を用いて前記ステージ上に載置された試料上の前記他の検査装置で検出された欠陥を観察する欠陥観察方法であって、

 前記散乱光の像を撮像することを、

 前記ステージ上に載置された前記他の検査装置で欠陥が検出された試料の表面に光を斜方から入射させて前記試料に照射し、

 該光の照射により前記試料表面で発生した散乱光のうち前記対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光の成分を一部遮光した光により結像することにより、前記対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光による尾引き現象の発生を抑制した前記散乱光の像を結像し、

 該結像した散乱光の像を撮像して前記散乱光による尾引き現象の発生を抑制した画像を取得することにより行い、

 前記欠陥の前記ステージ上での位置情報を求めることを、

 前記取得した前記散乱光による尾引き現象の発生を抑制した画像を処理して前記試料上の欠陥を抽出し、

 前記散乱光による尾引き現象を抑制した前記散乱光の画像から前記抽出した欠陥の輝度信号に基づいて前記抽出した欠陥の位置情報を求める、

 ことを特徴とする欠陥観察方法。

[請求項8] 請求項7に記載の欠陥観察方法であって、前記対物レンズの開口の

外縁部に近い領域へ散乱した散乱光を前記対物レンズの開口に対して同心円状に遮光することを特徴する欠陥観察方法。

[請求項9] 請求項7記載の欠陥観察方法であって、前記対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光を前記対物レンズの開口に対して前記散乱光が発生する領域の一部を部分的に遮光することを特徴する欠陥観察方法。

[請求項10] 請求項7記載の欠陥観察方法であって、前記ステージに載置されて前記散乱光の像が撮像されて欠陥の位置情報が修正された試料を、前記ステージに載置した状態で搬送して前記欠陥の観察を行うことを特徴する欠陥観察方法。

[請求項11] 他の検査装置で検出された試料上の欠陥の位置情報を用いてステージ上に載置された前記試料に光を照射して前記試料から発生する散乱光の像を撮像し、

 該撮像して得た前記散乱光の画像を処理して前記欠陥の前記ステージ上での位置情報を求め、

 該求めた欠陥の前記ステージ上での位置情報を用いて前記他の検査装置で検出した前記試料上の欠陥の位置情報を修正し、

 該修正した位置情報を用いて前記ステージ上に載置された試料上の前記他の検査装置で検出された欠陥を観察する欠陥観察方法であって、

 前記散乱光の像を撮像する工程において、

 前記撮像した散乱光の像に尾引き現象が発生しているかをチェックし、

 前記散乱光の像に尾引き現象が発生している場合には、

 前記尾引き現象が発生した欠陥に光を斜方から照射し、

 該光の照射により前記欠陥で発生した散乱光のうち前記対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光の成分を一部遮光した光により結像することにより、前記散乱光による尾引き現象の発生を抑制

した前記散乱光の像を結像し、

該結像した散乱光の像を撮像して前記散乱光による尾引き現象の発生を抑制した画像を取得し、

該取得した前記散乱光による尾引き現象の発生を抑制した画像を処理して前記試料上の欠陥を抽出し、

該抽出した欠陥の輝度信号に基づいて前記抽出した欠陥の位置情報を求める、

ことを特徴とする欠陥観察方法。

[請求項12] 請求項11記載の欠陥観察方法であって、前記対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光を前記対物レンズの開口に対して同心円状に遮光することを特徴する欠陥観察方法。

[請求項13] 請求項11記載の欠陥観察方法であって、前記対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光を前記対物レンズの開口に対して前記散乱光が発生する領域の一部を部分的に遮光することを特徴する欠陥観察方法。

[請求項14] 請求項11記載の欠陥観察方法であって、前記ステージに載置されて前記散乱光の像が撮像されて欠陥の位置情報が修正された試料を、前記ステージに載置した状態で搬送して前記欠陥の観察を行うことを特徴する欠陥観察方法。

[請求項15] 他の検査装置で検査されて欠陥が検出された試料を載置するステージ手段と、

該ステージ手段に載置された前記試料上の欠陥の位置情報を用いて該試料に光を照射して該試料からの散乱光の像を撮像する撮像手段と、

該撮像手段で撮像して得た前記散乱光の画像から欠陥を検出して該検出した欠陥の位置情報を求める位置情報抽出手段と、

該位置情報抽出手段で求めた欠陥の位置情報を用いて前記他の検査装置で検出した前記試料上の欠陥の位置情報を修正する欠陥位置情報

修正手段と、

該欠陥位置情報修正手段で修正した位置情報を用いて前記試料上の前記他の検査装置で検出された欠陥を観察する欠陥観察手段とを備えた欠陥観察装置であって、

前記撮像手段は、

前記ステージ手段に載置された前記他の検査装置で欠陥が検出された試料の表面に光を斜方から入射させて前記試料に照射する照明部と、

該照明部により光が照射された前記試料から発生した散乱光を集光する対物レンズと該対物レンズで集光した前記散乱光のうち前記対物レンズの開口の外縁部に近い領域へ散乱した散乱光を一部遮光するフィルタと、該フィルタを透過した散乱光を結像させることにより尾引き現象の発生が抑制された前記散乱光の像を結像する結像レンズと、該結像レンズにより結像した尾引き現象の発生が抑制された前記散乱光の像を撮像する撮像素子とを有する撮像部とを備え、

前記位置情報抽出手段は、前記撮像部で前記尾引き現象の発生が抑制された散乱光の像を撮像して得た画像を処理して前記試料上の欠陥を抽出し、該抽出した欠陥の輝度信号に基づいて該欠陥の位置情報を求める

ことを特徴とする欠陥観察装置。

[請求項16] 請求項15記載の欠陥観察装置であって、前記フィルタは、前記対物レンズに入射した散乱光を前記対物レンズの視野に対して同心円状に遮光することを特徴する欠陥観察装置。

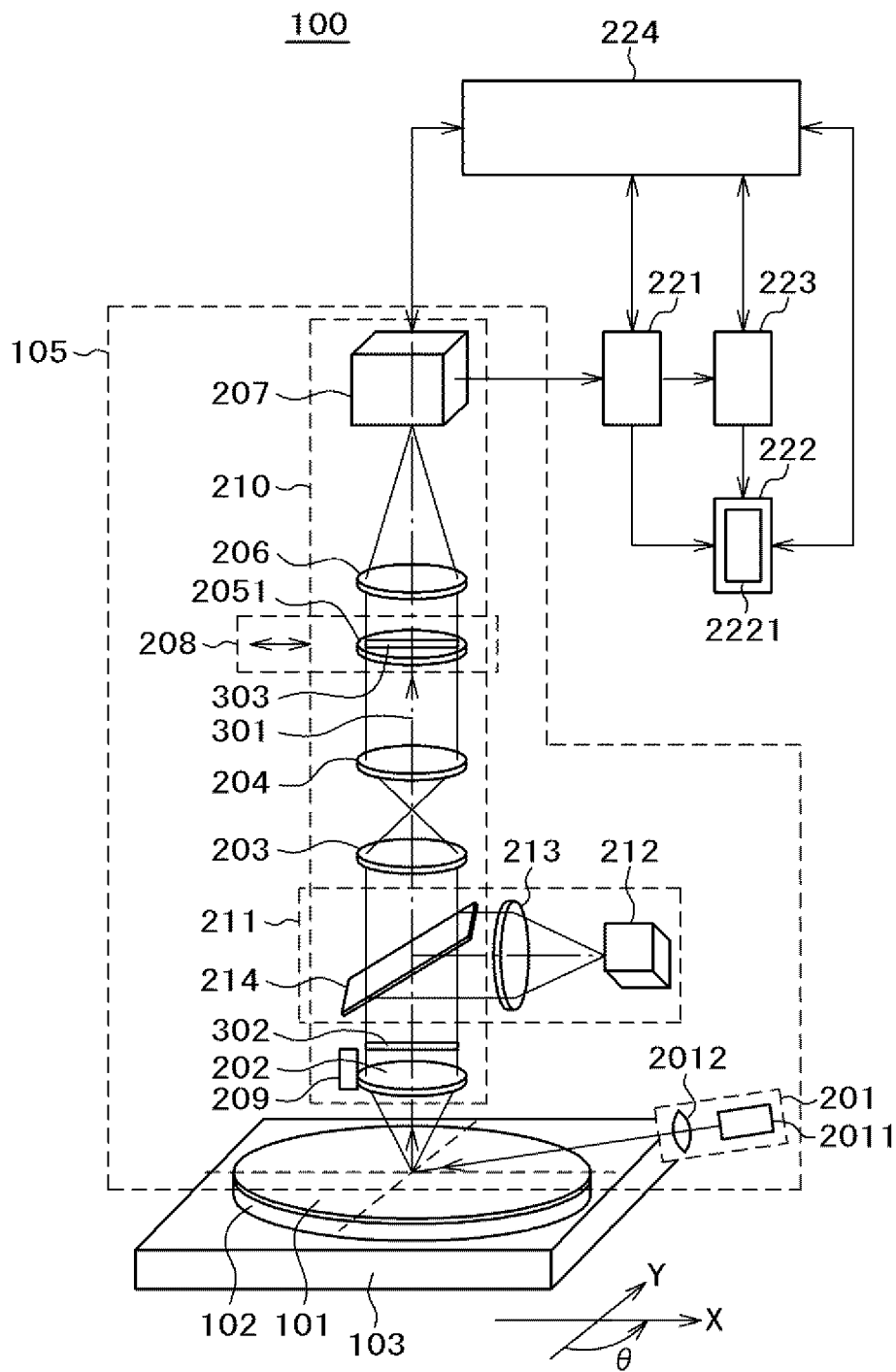
[請求項17] 請求項15記載の欠陥観察装置であって、前記フィルタは、前記対物レンズに入射した散乱光を前記対物レンズの開口に対して前記散乱光が発生する領域の一部を部分的に遮光することを特徴する欠陥観察装置。

[請求項18] 請求項15記載の欠陥観察装置であって、前記ステージ手段は、前

記撮像手段で前記散乱光の像が撮像されて欠陥の位置情報が修正された試料を、前記欠陥観察手段の位置まで搬送し、前記欠陥観察手段において、前記試料を前記ステージに載置した状態で欠陥の観察を行うことを特徴する欠陥観察装置。

[図1]

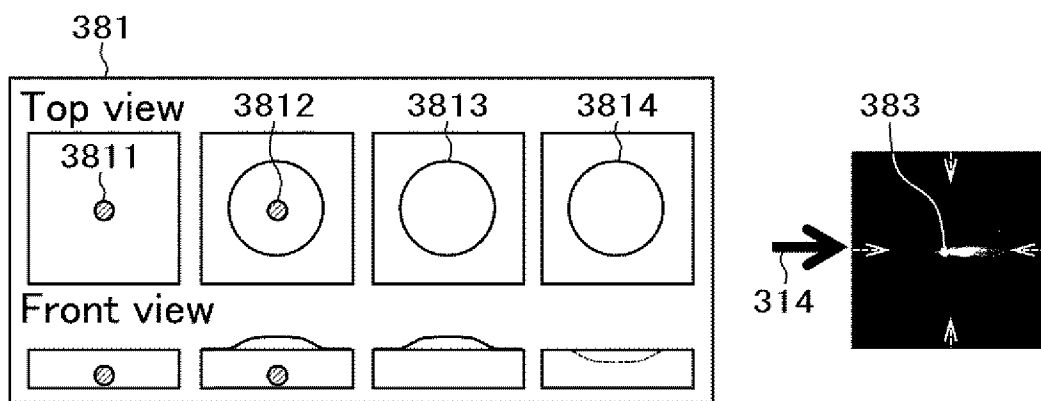
図 1



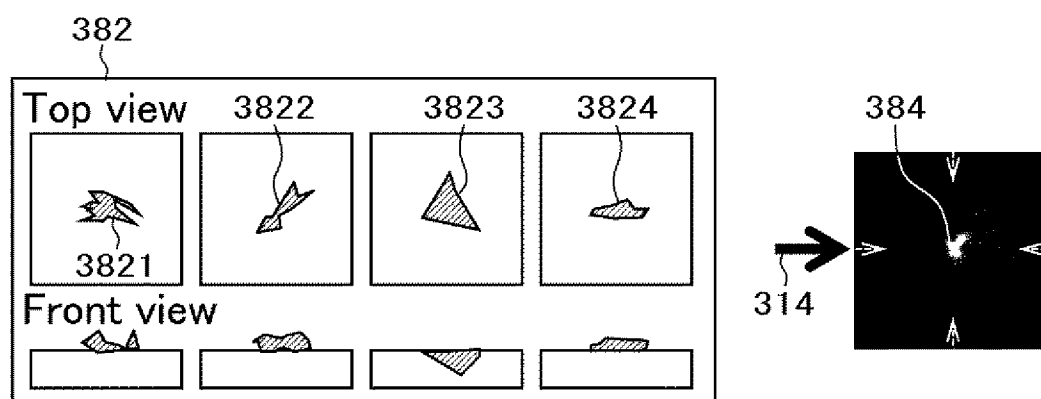
[図2]

図 2

(a)

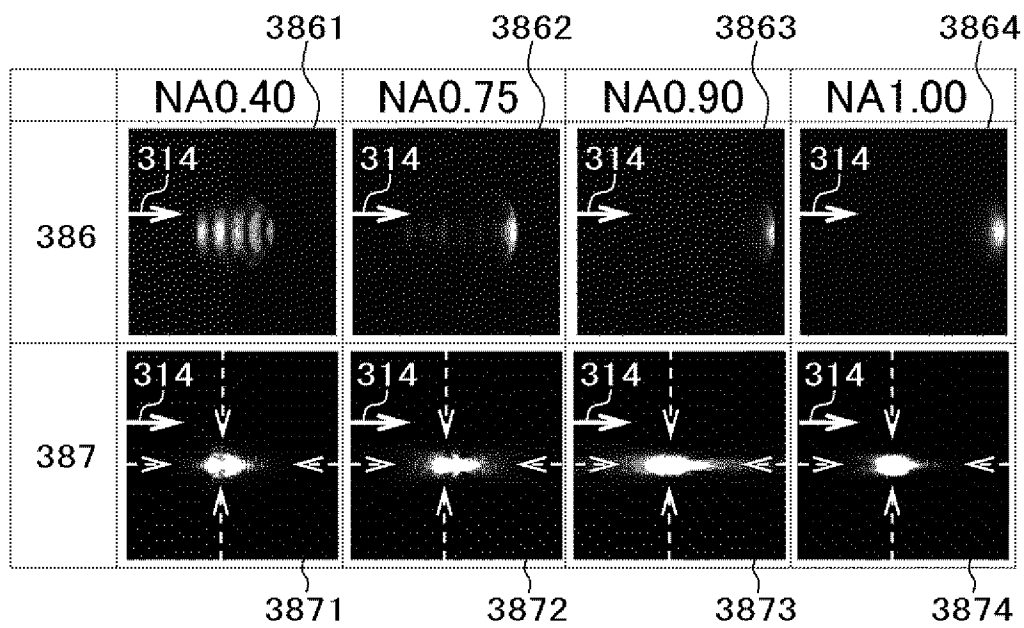


(b)



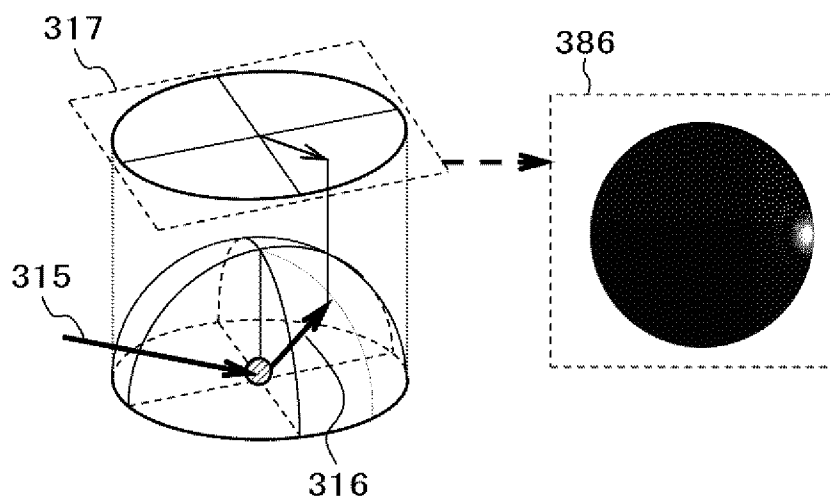
[図3A]

図 3 A



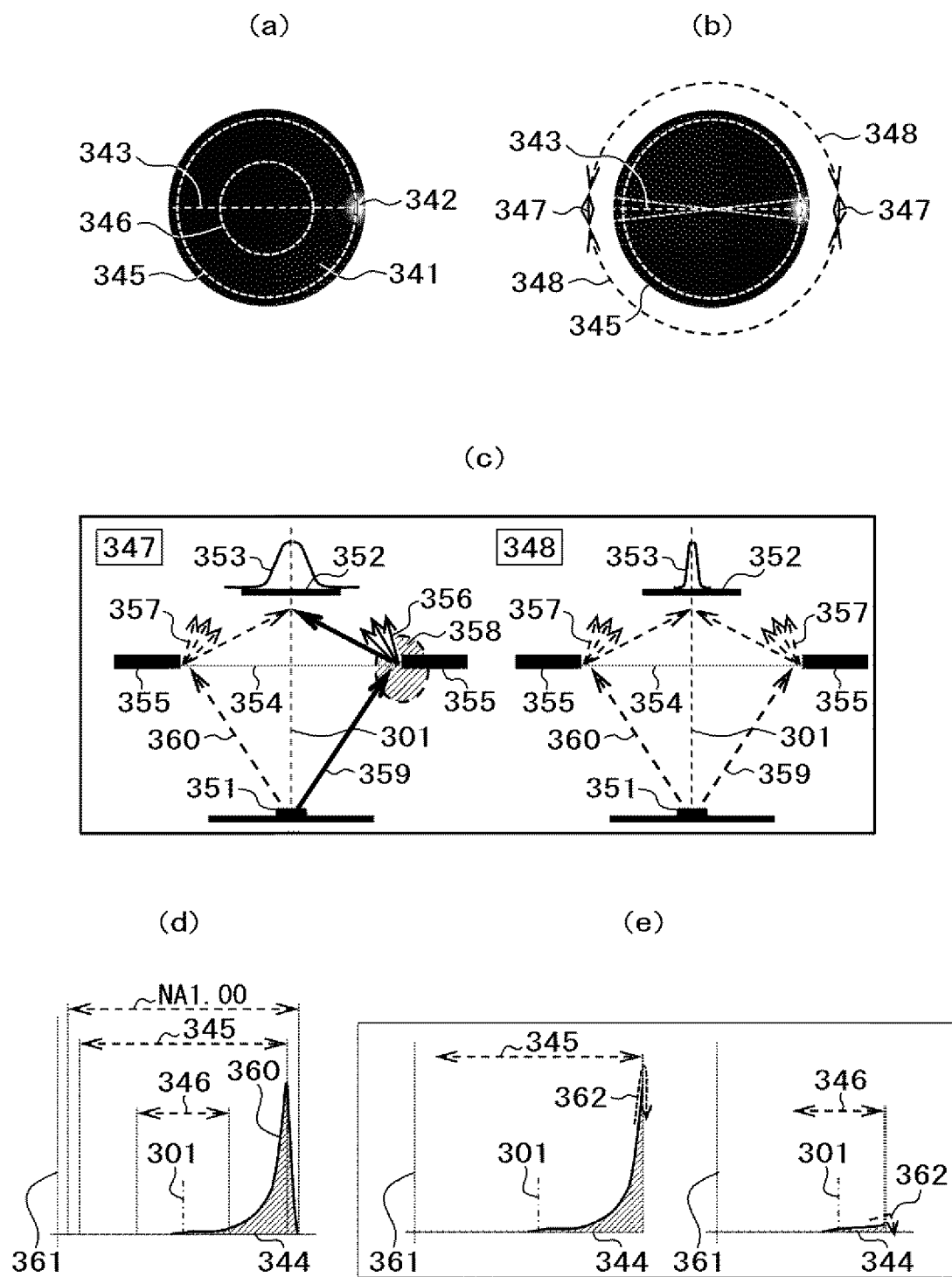
[図3B]

図 3 B



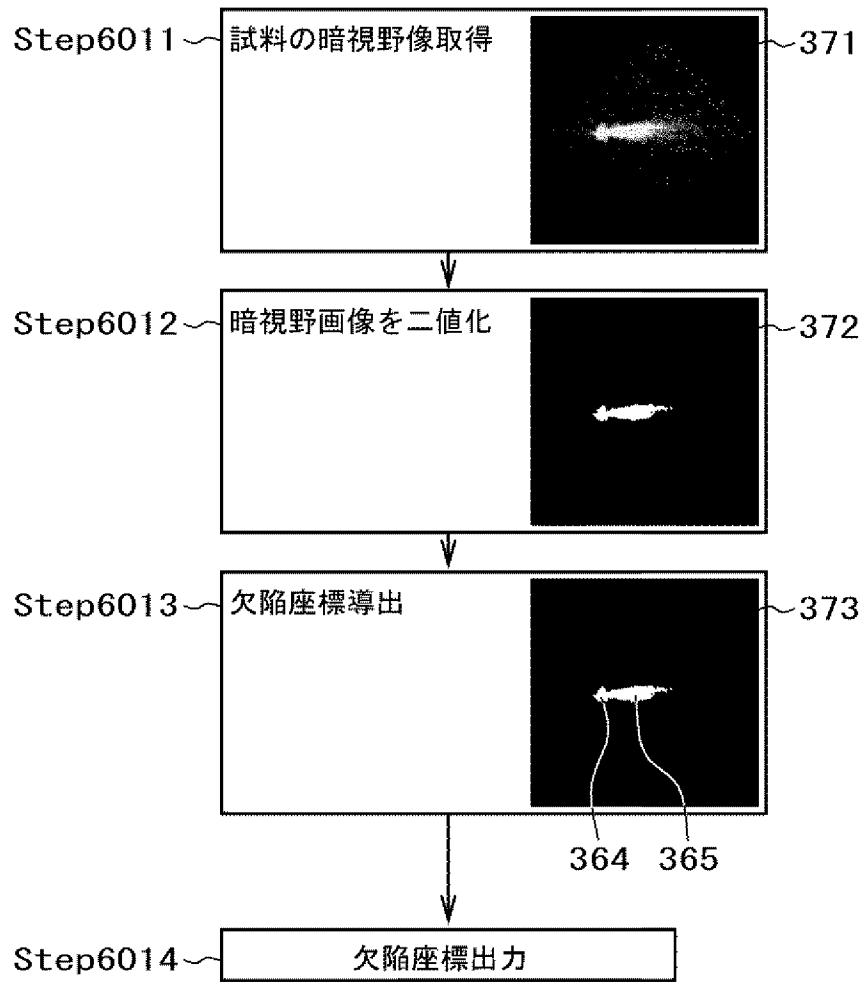
[図4]

図 4



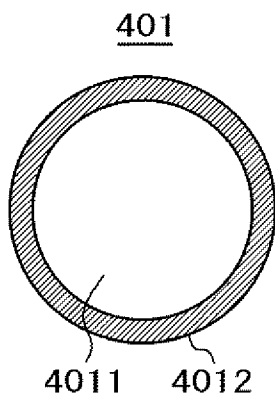
[図5]

図 5



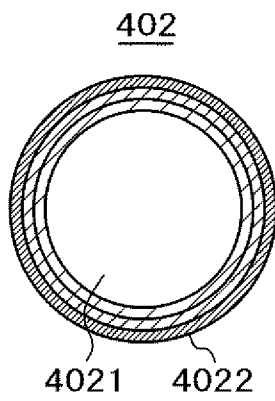
[図6A]

図 6 A



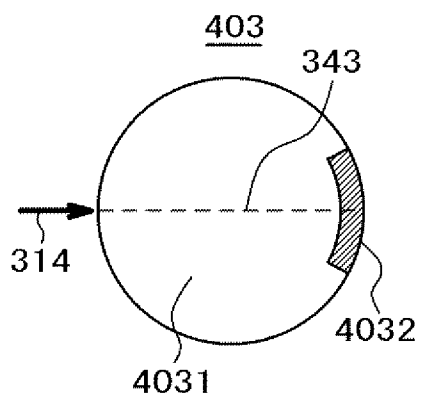
[図6B]

図 6 B



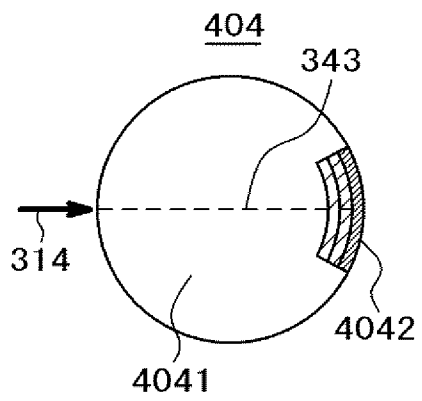
[図7A]

図 7 A



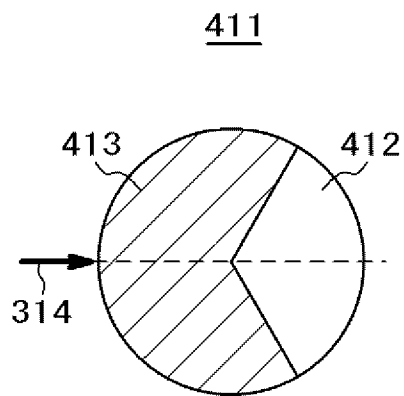
[図7B]

図 7 B



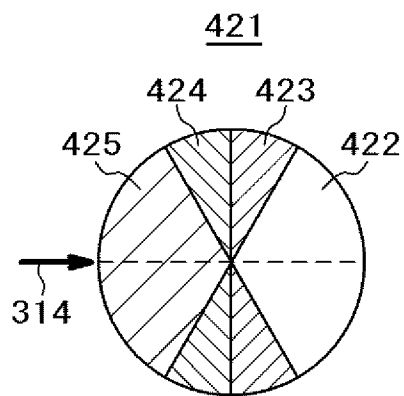
[図8A]

図 8 A



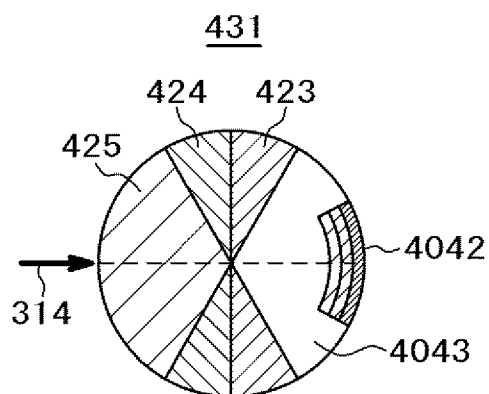
[図8B]

図 8 B



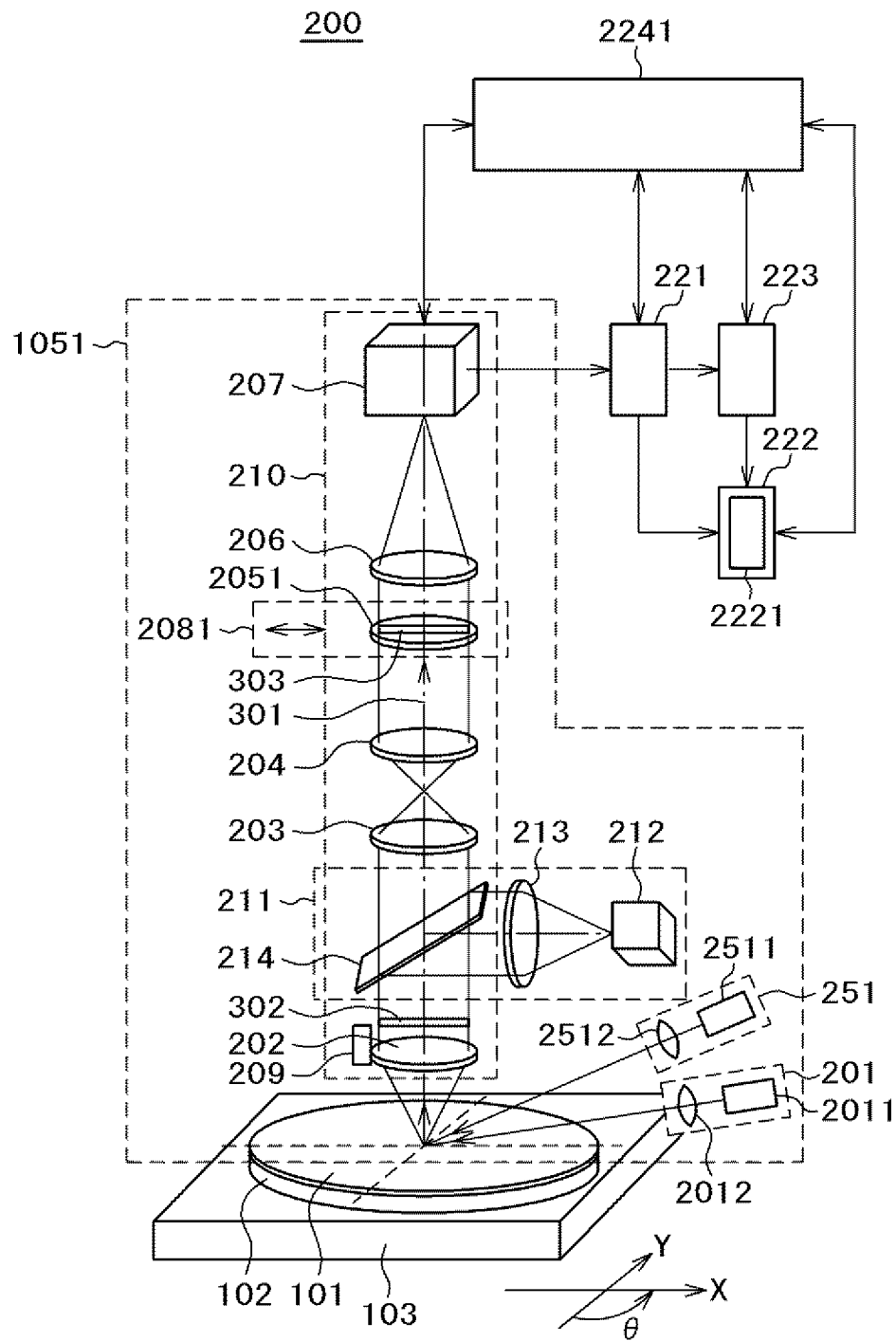
[図8C]

図 8 C



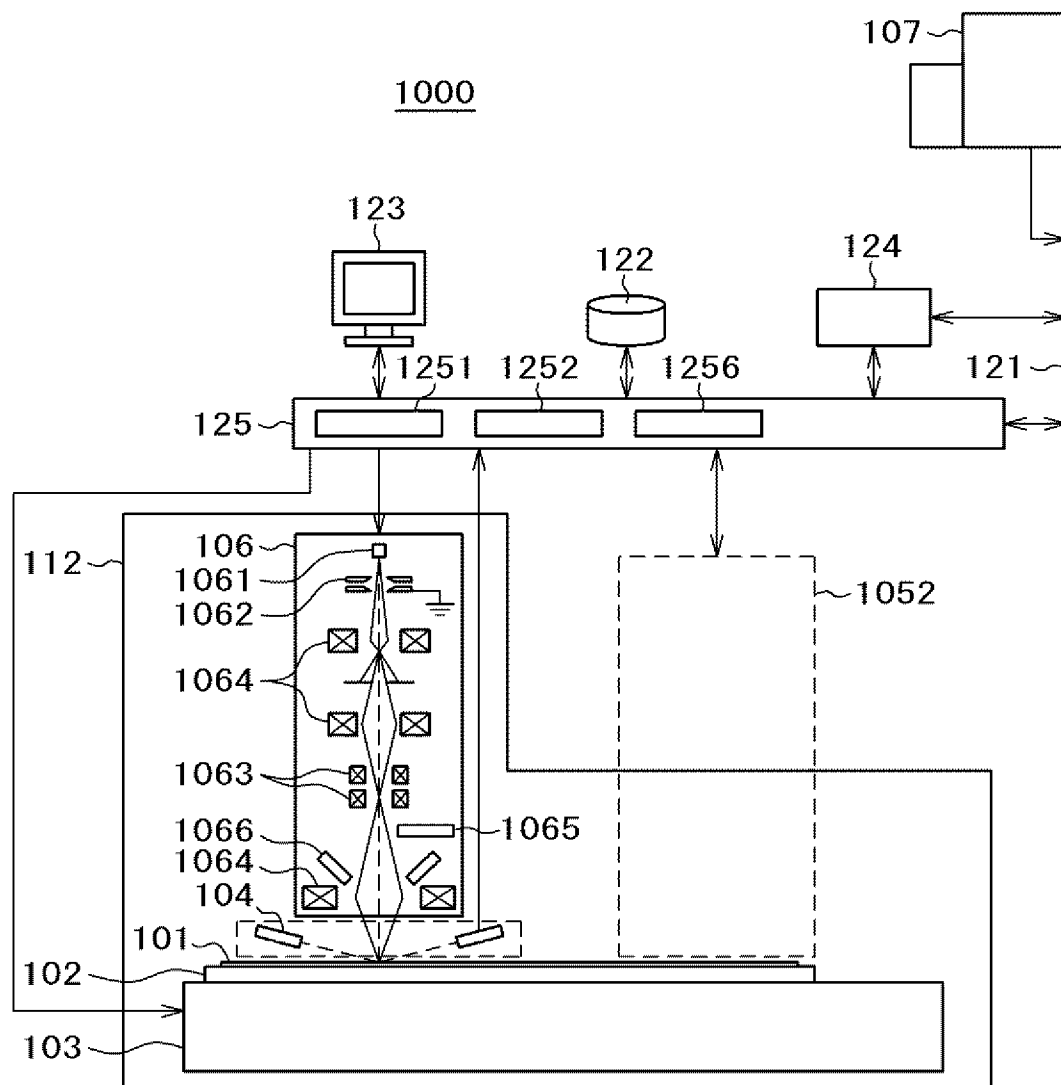
[図9]

図 9



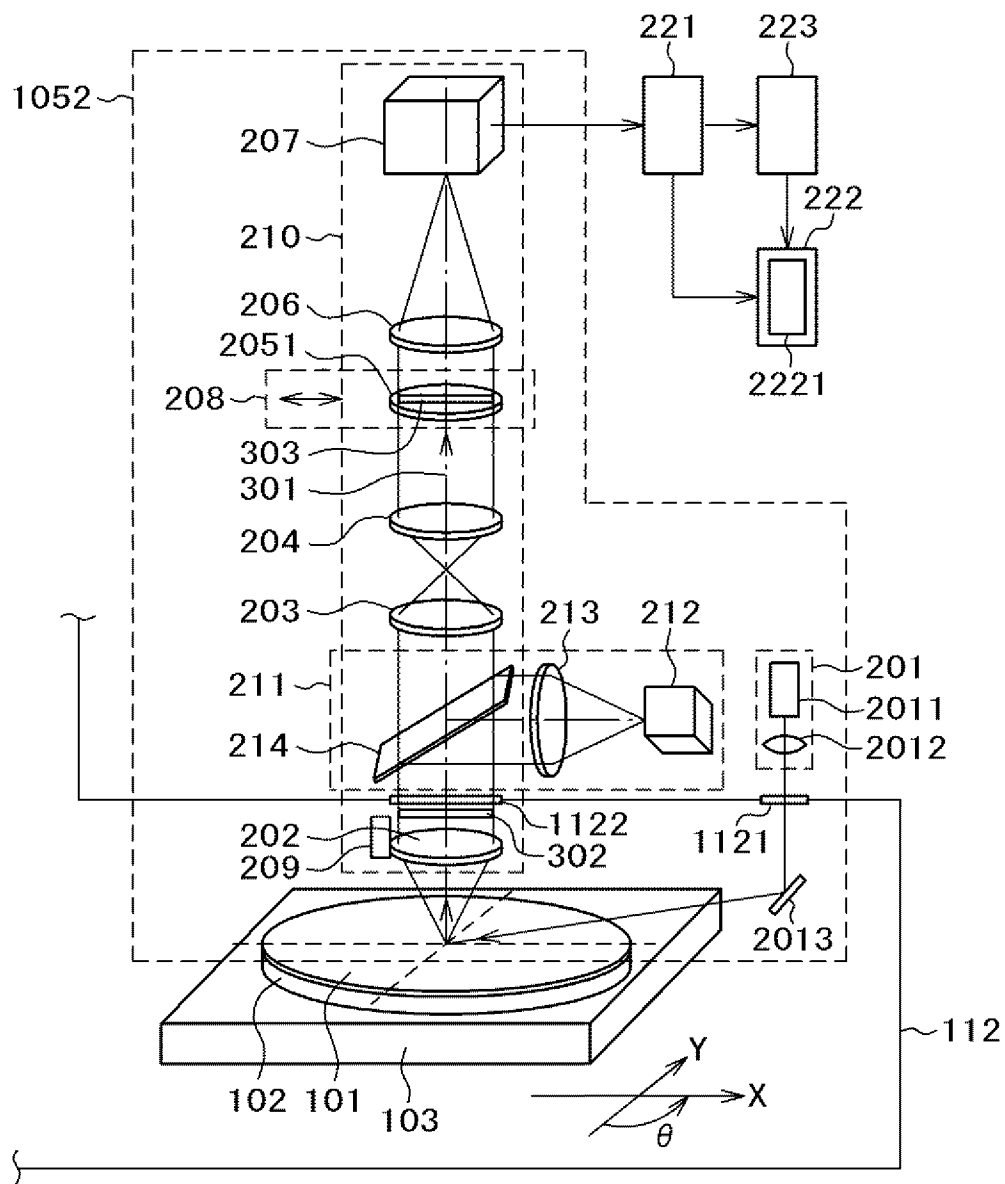
[図10]

図 10



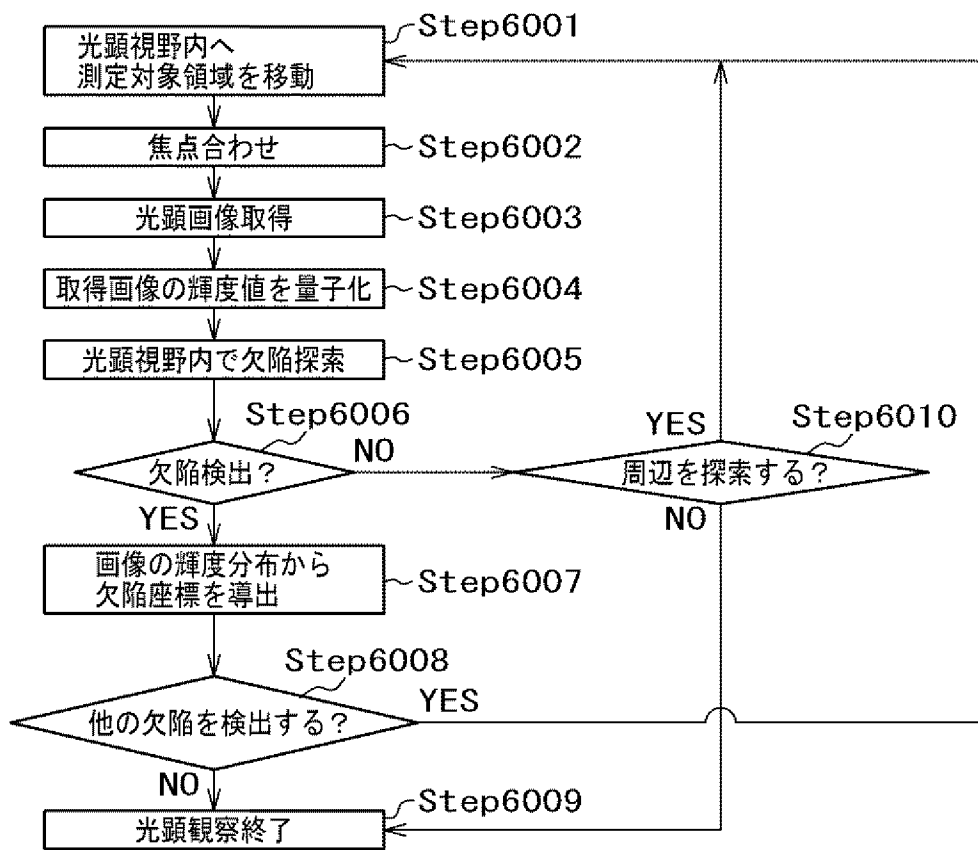
[図11]

図 1 1



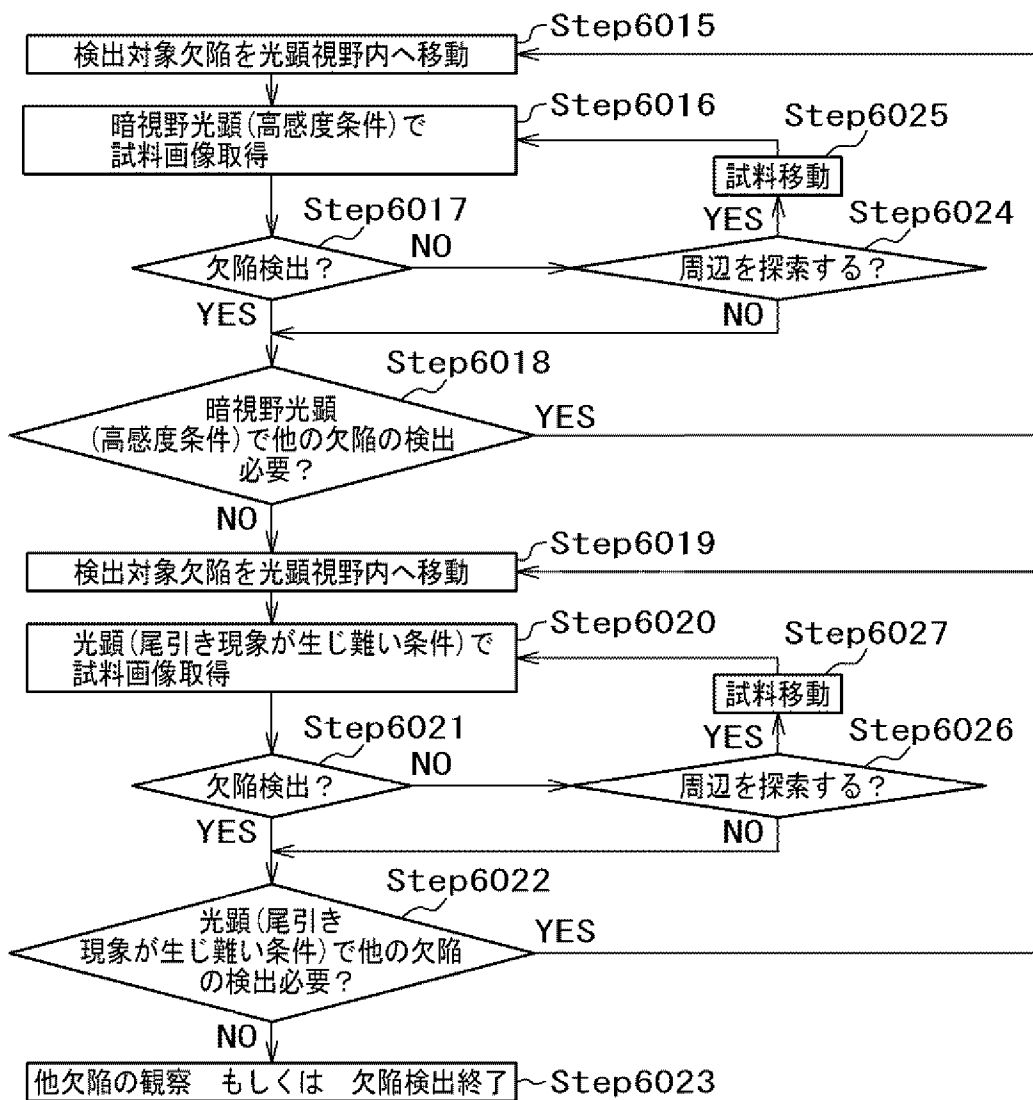
[図12]

図 1 2



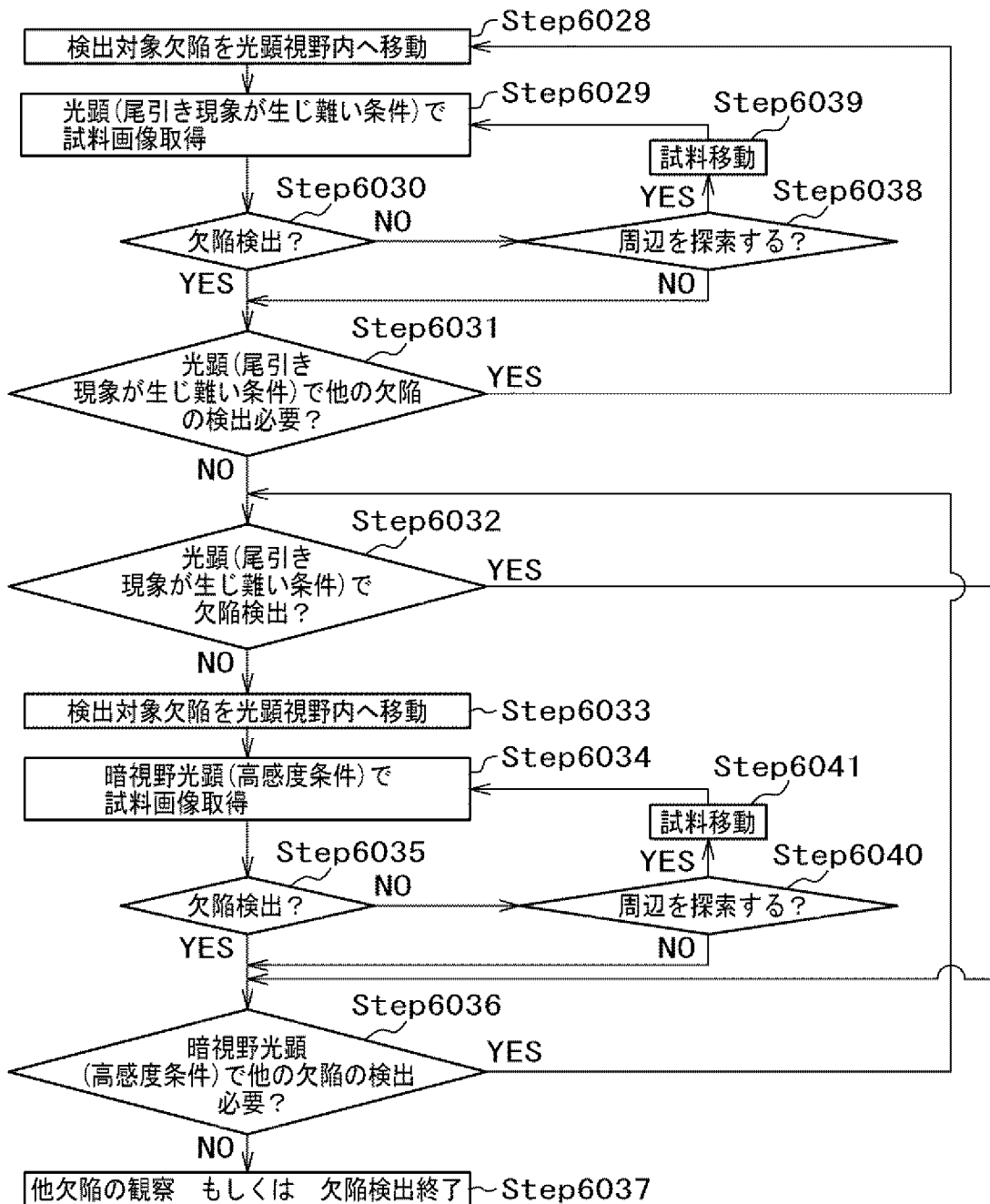
[図13]

図 1 3



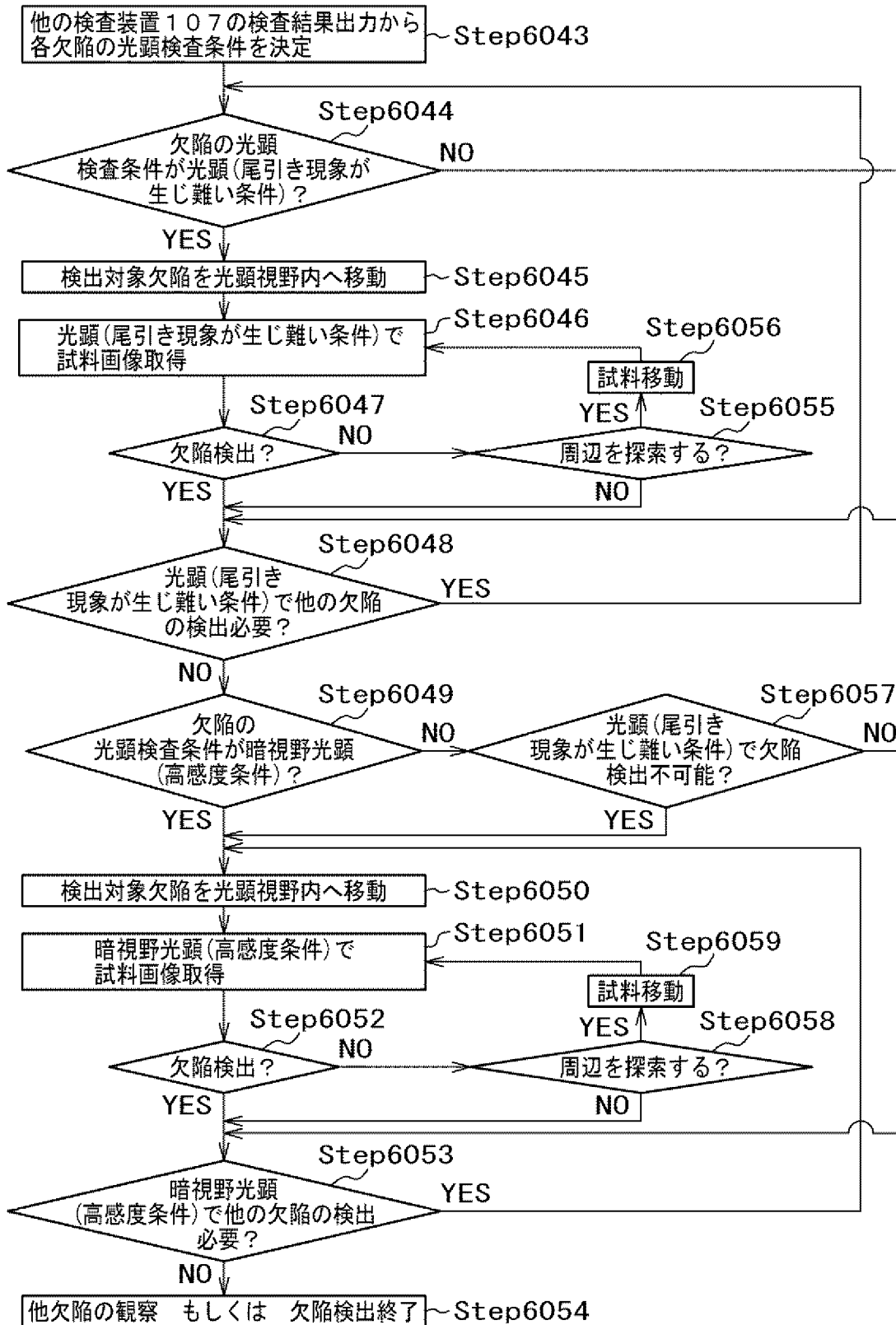
[図14]

図 1 4



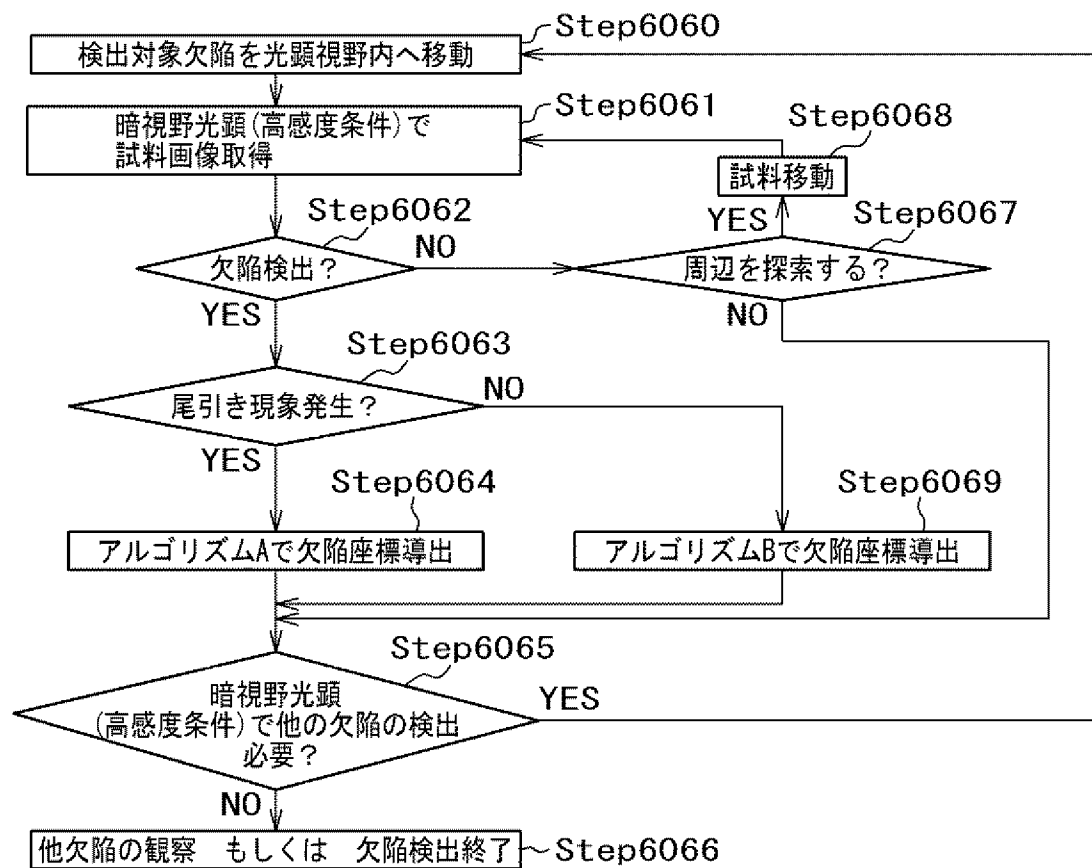
[図15]

図 1 5



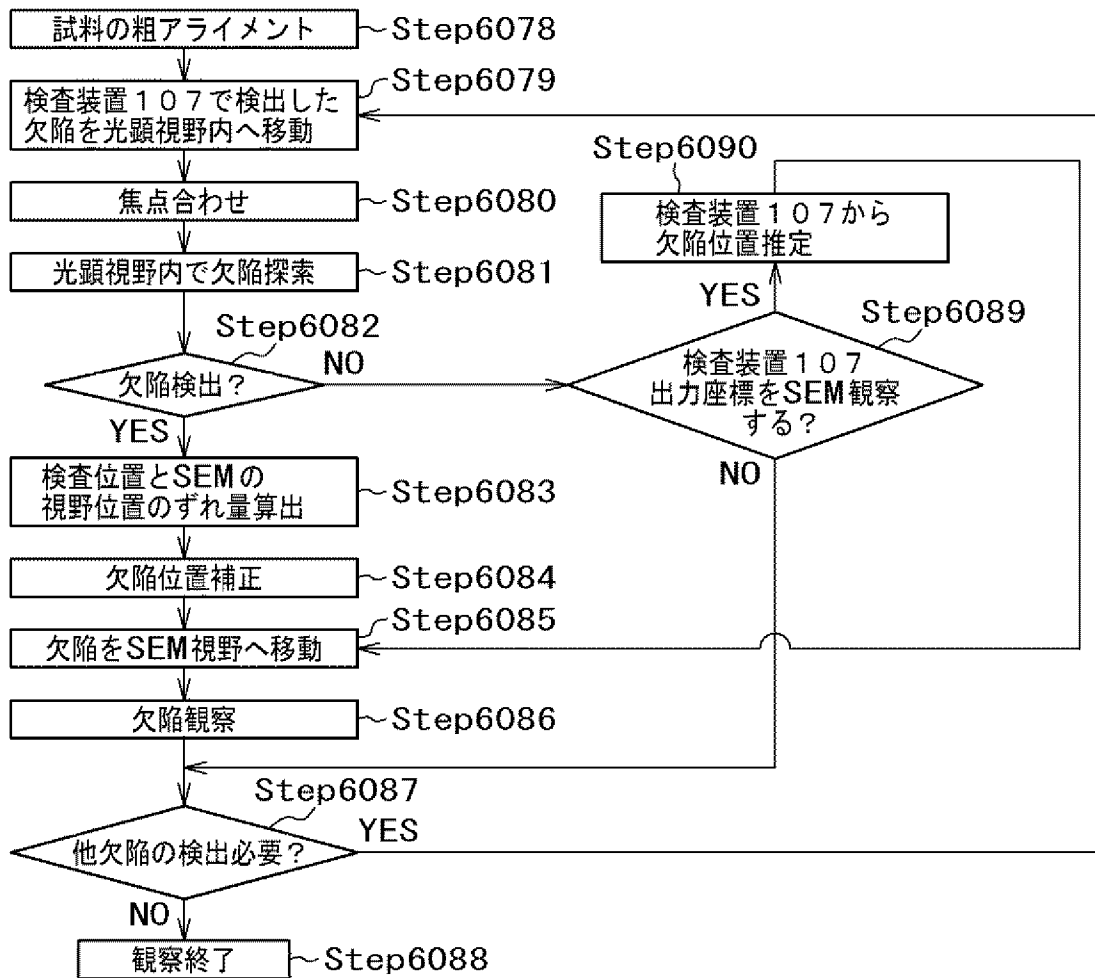
[図16]

図 1 6



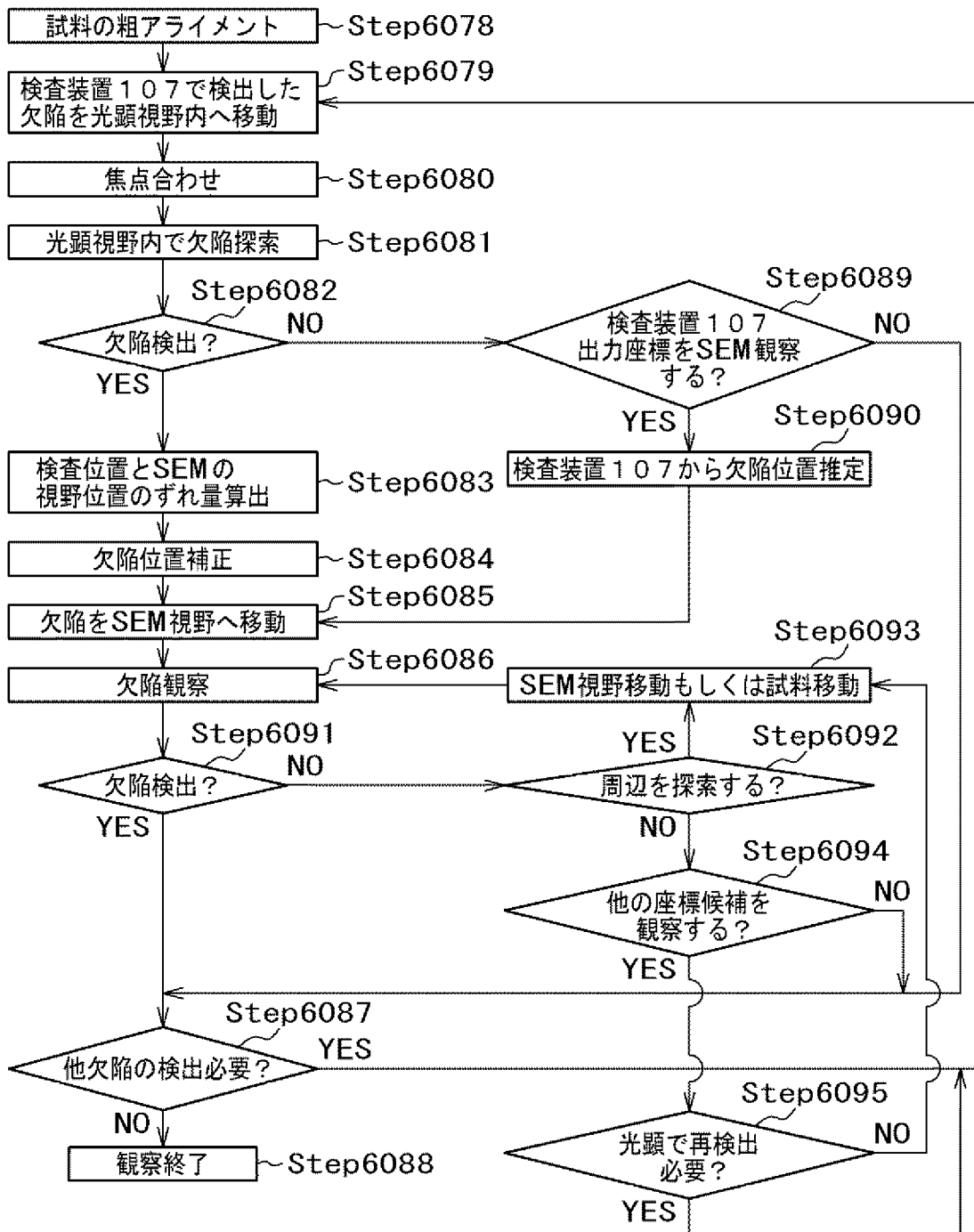
[図17]

図 1 7



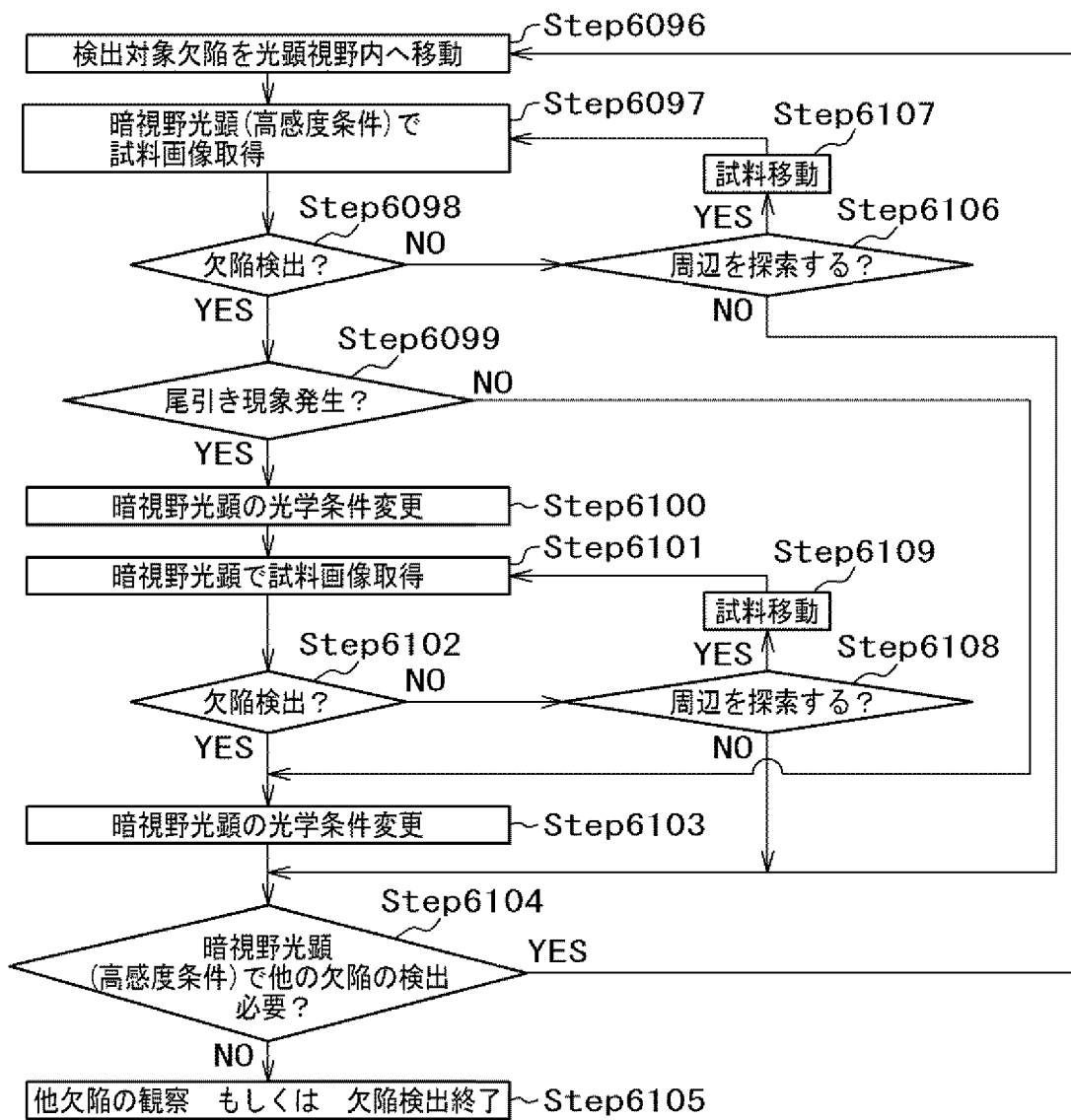
[図18]

図 1 8



[図19]

図 19



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/079902

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B11/30(2006.01)i, G01N21/956(2006.01)i, H01L21/66(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B11/00-11/30, G01N21/84-21/958, H01L21/64-21/66

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2014

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-116405 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 22 May 2008 (22.05.2008), paragraphs [0041] to [0059]; fig. 2, 5 to 7 & US 2008/0144023 A1 & US 2010/0208249 A1 & US 2011/0292390 A1	1-18
Y	JP 2001-133417 A (Applied Materials Inc.), 18 May 2001 (18.05.2001), paragraphs [0030] to [0066]; all drawings & US 6407373 B1 & EP 1061358 A2 & KR 10-2001-0007394 A	1-18
A	JP 2-54494 B2 (Toshiba Corp.), 21 November 1990 (21.11.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1-18



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 January, 2014 (22.01.14)

Date of mailing of the international search report

04 February, 2014 (04.02.14)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/079902

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-43160 A (Toray Industries, Inc.), 14 February 1997 (14.02.1997), paragraph [0025] (Family: none)	1-18
A	JP 2008-145399 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 26 June 2008 (26.06.2008), paragraphs [0027] to [0047]; fig. 5, 6 (Family: none)	1-18
A	JP 2008-543114 A (KLA-Tencor Technologies Corp.), 27 November 2008 (27.11.2008), entire text; all drawings & JP 4906127 B & US 2006/0274305 A1 & CN 101238362 A	1-18
A	JP 2011-523711 A (JEONG, Hwan, J.), 18 August 2011 (18.08.2011), paragraphs [0114] to [0127] & US 2009/0296096 A1 & US 2011/0075151 A1 & EP 2286175 A & WO 2009/149103 A1 & KR 10-2011-0031306 A & CN 102089616 A	1-18
A	WO 2012/090373 A1 (Hitachi High-Technologies Corp.), 05 July 2012 (05.07.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-18

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01B11/30(2006.01)i, G01N21/956(2006.01)i, H01L21/66(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01B11/00-11/30, G01N21/84-21/958, H01L21/64-21/66			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 4 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 4 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 4 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） JSTPlus(JDreamIII)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
Y	JP 2008-116405 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2008.05.22, 段落【0041】-【0059】, 図2, 5-7 & US 2008/0144023 A1 & US 2010/0208249 A1 & US 2011/0292390 A1	1 - 1 8	
Y	JP 2001-133417 A (アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド) 2001.05.18, 段落【0030】-【0066】, 全図 & US 6407373 B1 & EP 1061358 A2 & KR 10-2001-0007394 A	1 - 1 8	
☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 2 2 . 0 1 . 2 0 1 4		国際調査報告の発送日 0 4 . 0 2 . 2 0 1 4	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 神谷 健一 電話番号 03-3581-1101 内線 3258	2 S 9705

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2-54494 B2 (株式会社東芝) 1990. 11. 21, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 9-43160 A (東レ株式会社) 1997. 02. 14, 段落【0025】 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 2008-145399 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2008. 06. 26, 段落【0027】-【0047】, 図5, 6 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 2008-543114 A (ケーエルエーテンカー テクノロジース コーポレーション) 2008. 11. 27, 全文, 全図 & JP 4906127 B & US 2006/0274305 A1 & CN 101238362 A	1-18
A	JP 2011-523711 A (ジーオン, ファン ジェイ.) 2011. 08. 18, 段落【0114】-【0127】 & US 2009/0296096 A1 & US 2011/0075151 A1 & EP 2286175 A & WO 2009/149103 A1 & KR 10-2011-0031306 A & CN 102089616 A	1-18
A	WO 2012/090373 A1 (日立ハイテクノロジーズ) 2012. 07. 05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-18