

(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
2020年8月20日(20.08.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/166049 A1

(51) 国際特許分類:

G01N 23/225 (2018.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2019/005469

(22) 国際出願日:

2019年2月15日(15.02.2019)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(71) 出願人: 株式会社日立ハイテク
(HITACHI HIGH-TECH CORPORATION) [JP/
JP]; 〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目
17番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 大平 健太郎 (OHIRA Kentaro);
〒1058717 東京都港区西新橋一丁目24番
14号 株式会社日立ハイテクノロジ

ズ内 Tokyo (JP). 長谷川 正樹 (HASEGAWA
Masaki); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁
目24番14号 株式会社日立ハイテク
ノロジーズ内 Tokyo (JP).

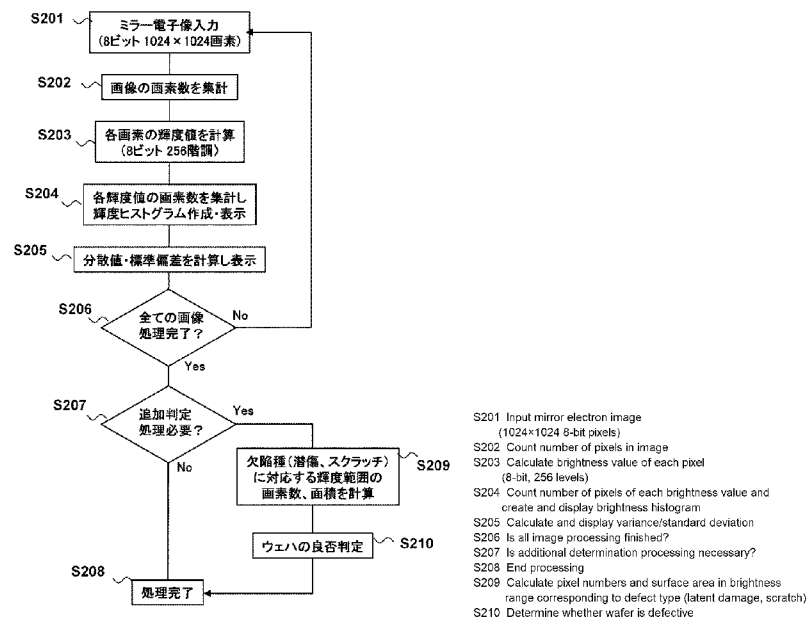
(74) 代理人: ポレール特許業務法人 (POLAIRE
I.P.C.); 〒1030025 東京都中央区日本橋茅場
町二丁目13番11号 Tokyo (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: DEFECT INSPECTION DEVICE AND DEFECT INSPECTION METHOD

(54) 発明の名称: 欠陥検査装置、及び欠陥検査方法

図2



(57) Abstract: Provided is a quantification method for evaluating the quality of a sample on the basis of a mirror electron image imaged by a mirror electron microscope. In this invention, a mirror electron image is expressed numerically through the counting of the brightness values of each pixel composing the mirror electron image, the creation of a brightness histogram, and the calculation, from the distribution of the brightness histogram, of a standard deviation. If white/black contrast is formed on the mirror electron image by, for example, a scratch on or latent damage in a sample, because the

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.

- (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, ST, 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：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

brightness values of the pixels will fluctuate, there will be more variation in the brightness values than in an image obtained from a satisfactory sample with no defects, and this will result in the brightness values of the mirror electron image having a larger standard deviation. The standard deviation indicates the variation in the brightnesses calculated from the mirror electron image and essentially represents the degree of defect contrast in the sample. This value can be used as a basis for simply evaluating the quality of a sample while eliminating subjectivity and ambiguity.

(57) 要約：ミラー電子顕微鏡で撮像したミラー電子像から試料の品質を評価するための定量化方法を提供する。ミラー電子像を構成する画素単位の輝度値を集計し、輝度ヒストグラムを作成し、この分布から標準偏差値を算出することでミラー電子像を数値化する。試料上に生成されたスクラッチや潜傷などによってミラー電子像上に白や黒のコントラストが形成されると、画素単位の輝度値が変動するため、欠陥の無い良好な試料から得た画像よりも輝度値のバラツキが大きくなり、結果としてミラー電子像の輝度値の標準偏差が大きくなる。ミラー電子像から算出した輝度のバラツキを示す標準偏差は、等価的に試料の欠陥コントラストの程度を表しており、この数値を元に試料の品質評価を容易且つ主観や曖昧さを排除して行うことができる。

明 細 書

発明の名称：欠陥検査装置、及び欠陥検査方法

技術分野

[0001] 本発明は電子デバイス製造用ウェハの表面を検査する欠陥検査装置、及び方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイス製造では、鏡面状に研磨された半導体ウェハ上に微細な回路を形成する。このようなウェハ上に異物や傷(スクラッチ)、あるいは結晶欠陥や結晶の変質層などが存在すると、回路パターンの形成過程において欠陥や材質劣化が生じ、製造されたデバイスが正常に動作しなくなったり、動作の信頼性が劣化したりし製品として完成しない。

[0003] そのような例として、エネルギー消費低減のために期待されている新しい半導体材料であるS i C（炭化ケイ素）を用いた、パワーデバイス製造における課題がある。S i Cは、従来用いられてきた半導体であるS iに比べ絶縁破壊耐圧など、パワーデバイス材料としての諸特性に優れているが、化学的安定性に優れ、かつ、硬いためにウェハ形状への加工、研磨はより難しい材料である。デバイスは研磨面の上に形成されるS i Cエピタキシアル層上に作成されるが、信頼性が得られるデバイスに必須の高品質エピタキシアル層を形成するためには、研磨面の結晶擾乱(加工変質層)をなくさなければならない。

[0004] ウェハは研削などの機械研磨により平坦仕上げされているが、さらにCMP（化学機械研磨）を施し、機械研磨で生じた加工変質層を除去することにより、原子レベルで平坦かつ結晶擾乱の無い表面を作る。しかしながら、CMP処理の最適時間の設定は難しく、機械研磨で生じた加工変質領域が表面内部に残存することや、ごく微細なスクラッチが形成される場合がある。特に、残存した加工変質領域の表面が平坦であるケースや、スクラッチの幅が照射波長に比べ十分小さい場合には、表面の凹凸を検出する従来の光学的な

検査技術では見つけることはできず、この様な変質領域やスクラッチは「潜傷」と呼ばれている。

[0005] 潜傷やスクラッチが残ったウェハ表面にエピタキシャル層を成長させると、これらを起点にして、原子ステップに異常が生じ、ステップバンチと呼ばれる大きな凹凸構造を形成する。表面にステップバンチが生じた表面でデバイスを形成すると、耐圧特性が著しく低下するため、パワーデバイスとして用いることができない。従って、潜傷やスクラッチが残存しているかどうかの検査は極めて重要である。

[0006] ウェハ表面の潜傷やスクラッチに感度を持つ検査技術として、ミラー電子を結像するミラー電子顕微鏡を応用した検査技術が有効であることが特許文献1に開示されている。この検査技術は、照射する電子線の加速電圧に近い負電位をウェハ表面に与えることで、ウェハ表面上の検査視野全体に照射した電子線をウェハ表面近傍で反転させ、反転した電子を電子レンズで結像し検査用の電子像を得る。この反転した電子を以下ミラー電子と称する。

[0007] ミラー電子顕微鏡による欠陥検査装置では、ウェハに紫外線を同時に照射し、紫外線照射によってウェハ表面を励起する。この励起エネルギーによってウェハ内部の電荷が加工変質領域部分に捕獲され局所的に帯電し表面の等電位面を歪ませるが、ミラー電子顕微鏡ではわずかな等電位面の歪でもミラー電子像に濃淡を発生させるため、加工変質領域の検出が高感度で可能となる。また、結像には電子線を用いるため、光学系の分解能は数10nmと光学式検査技術に比べはるかに高い。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：国際公開番号WO2016002003 A1

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] ミラー電子顕微鏡は、電子線の照射エリアが100 $\mu\text{m}\phi$ とウェハの表面積

と比較して狭く、例えば6インチウェハを全面検査した場合、数週間かかる。このため、ミラー電子顕微鏡でウェハ全面を検査することは難しく、ウェハ内を部分的に検査し得られたミラー電子像から欠陥を検出しウェハの品質を評価している。

[0010] ミラー電子顕微鏡が検査結果として出力するのはウェハの任意の箇所では表面状態を撮像した白黒画像である。ウェハ面内の複数箇所から得られたミラー電子像をユーザーは目視で確認し、そのウェハ自体の品質の良否を判断する。しかしながら、目視によるミラー電子像の評価は、ユーザーによる主観や曖昧さによって結果にばらつきが生じ、検査品質の安定性に影響を及ぼすという課題がある。

[0011] 本発明の目的は、上述した課題を解決し、ミラー電子像の定量化を図り、検査品質の安定性をもたらすことが可能な欠陥検査装置、及び方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] 上記の目標を達成するためには、ミラー電子顕微鏡が出力するミラー電子像を定量化した結果をユーザーに提供する必要がある。本発明では、潜傷、スクラッチ、積層欠陥、基底面転位、異物によってミラー電子像上に形成される白や黒のコントラストの程度を定量化し表示する検査装置及び検査方法を提供する。本発明においては、欠陥検査装置であって、電子源から放出された電子線を試料に照射する電子光学系と、試料への電圧の印加により、電子線が試料に到達する前に反射されるミラー電子を結像してミラー電子像を取得するミラー電子像結像光学系と、電子線の照射中に、紫外線を電子線の照射範囲を含む範囲に照射する紫外線照射部と、取得したミラー電子像を演算処理して演算結果を出力する画像処理装置と、表示装置と、を備え、前記画像処理装置は、前記ミラー電子像を輝度値に変換し、リファレンスとなる基準と検査結果を生成し、前記表示装置は、前記基準と前記検査結果を併せて表示することを特徴とする欠陥検査装置及び検査方法を提供する。

発明の効果

- [0013] ミラー電子顕微鏡で撮像したミラー電子像を単に出力するだけでなく、当該ミラー電子像を輝度値に変換し、基準と被検査試料の検査結果とを併せて表示することで、ユーザーは基準に対する試料の品質を定量的に判定しやすくなる。
- [0014] また、被検査試料のミラー電子像の輝度をヒストグラム化し基準ヒストグラムと併せて表示することで、基準に対する乖離度から被検査試料の欠陥発生度合や多く発生している欠陥種をユーザーは効率的に判定することができる。
- [0015] 更に基準と被検査対象試料のミラー電子像の輝度ヒストグラムから標準偏差や分散等の統計処理をすることで、より厳密に基準に対する被検査試料の発生度合を比較することができる。これにより、ユーザーによる主観や曖昧さに起因する良否結果のばらつきを排除し、安定的な試料品質の良否判定が可能になる。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]実施例1に係る、ミラー電子顕微鏡装置の説明図である。
- [図2]実施例1に係る、ミラー電子像の定量化フローを示す図である。
- [図3A]実施例1に係る、ミラー電子顕微鏡による検査方法と定量化方法の説明図である。
- [図3B]実施例1に係る、ミラー電子顕微鏡による検査方法と定量化方法の説明図である。
- [図3C]実施例1に係る、ミラー電子顕微鏡による検査方法と定量化方法の説明図である
- [図4]実施例4に係る、ミラー電子像の広範囲撮像と表示方法の説明図である。

発明を実施するための形態

- [0017] 以下、本発明の実施の形態を図面に従い順次説明する。

実施例 1

- [0018] 実施例1は、欠陥検査装置であって、電子源から放出された電子線を試料

に照射する電子光学系と、試料への電圧の印加により、電子線が試料に到達する前に反射されるミラー電子を結像してミラー電子像を取得するミラー電子像結像光学系と、電子線の照射中に、紫外線を電子線の照射範囲を含む範囲に照射する紫外線照射部と、取得したミラー電子像を演算処理して演算結果を出力する画像処理装置と、を備え、画像処理装置は、試料面内の複数箇所から得られたF O V (F i e l d o f V i e w) 単位のミラー電子像を輝度値に変換し、所定の基準（リファレンス）と試料の検査結果を出力する欠陥検査装置の実施例である。尚、F O V 単位のミラー電子像とは、1 検査視野から得られるミラー電子像をいう。例えば、電子線の照射エリア $100\ \mu\text{m}\phi$ で得られるF O V 単位のミラー電子像は $80\ \mu\text{m} \times 80\ \mu\text{m}$ 程度が想定される。

[0019] 本発明であるミラー電子顕微鏡を用いた検査装置全体について、図1を用いて説明する。但し、真空排気用のポンプやその制御装置、排気系配管、被検査試料の搬送系などは略されている。また、電子線の軌道は、説明のため実際の軌道より誇張されている。

[0020] まず、電子線を照射する電子光学系について説明する。電子銃101から放出された照射電子線100aは、コンデンサレンズ102によって収束されながら、セパレータ103により偏向されて、検査対象となるウェハ104に略平行束の電子線となって照射される。

[0021] 電子銃101には、光源径が小さく、大きな電流値が得られる、Z r / O / W 型のショットキー電子源が用いられるが、より高い電流値が得られるL a B₆電子源やより輝度の高い冷陰極電子源等の電子源を用いてもよい。また、電子銃101は、電子源近傍に磁界レンズを配する磁界重畳型電子銃であってもよい。電子銃101の引出電圧、引き出された電子線の加速電圧、および電子源フィラメントの加熱電流などの、電子銃の運転に必要な電圧と電流は電子銃制御装置105により供給、制御されている。電子源にショットキー電子源や冷陰極電子源が用いられている場合には、電子銃101内は、 $10^{-6}\ \text{Pa}$ 以下といった超高真空中に維持される必要があるため、メンテナンス

時等において真空維持のための遮蔽バルブが備えられている。

[0022] 図1では、コンデンサレンズ102は1つのレンズとして描かれているが、より平行度の高い照射電子線が得られる様に、複数のレンズや多極子を組み合わせた電子光学システムであっても良い。コンデンサレンズ102は、対物レンズ106の後焦点面100bに電子線が集束するように調整されている。対物レンズ106は、複数の電極からなる静電レンズか、または、磁界レンズである。

[0023] セパレータ103は、被検査試料104に向かう照射電子線と、被検査試料104から戻ってくるミラー電子線とを分離するために設置される。本実施例では、E×B偏向器を利用したセパレータを用いている。E×B偏向器は、上方から来た電子線を偏向し、下方から来た電子線を直進させるように設定できる。この場合、図のように照射電子線を供給する電子光学鏡筒は傾斜され、反射された電子を結像する電子光学鏡筒は直立する。また、セパレータとして、磁界のみを用いた偏向器を使用することも可能である。電子線の光軸に垂直な方向に磁界を設置し、照射電子線を被検査試料104の方向へ偏向し、被検査試料104からの電子は照射電子線の来る方向とは正反対の方向へ偏向する。この場合は、照射電子線鏡筒の光軸と電子線結像鏡筒の光軸とは、対物レンズの光軸を中心に左右対称の配置となる。

[0024] セパレータによって照射電子線100aが偏向されるとき発生する収差を補正する必要がある場合は、収差補正器を追加配置してもよい。また、セパレータ403が磁界偏向器の場合は、補助的なコイルを設けて補正する。

[0025] セパレータ103によって偏向された照射電子線100aは、対物レンズ106により、被検査試料104表面に対し垂直に入射する平行束の電子線に形成される。前述のように、対物レンズ106の後焦点100bに電子線が集束されるように、照射系コンデンサレンズ102が調整されるので、平行性の高い電子線を被検査試料104に対して照射できる。照射電子線100aが照射する被検査試料104上の領域は、例えば $10000\mu\text{m}^2$ 等といった面積を有する。対物レンズ106は、被検査試料104表面上方にミラ

一電子を引き上げるための陽極を備えている。

[0026] 次に、試料１０４とそれを保持するステージ部に関して説明する。移動ステージ制御装置１０７によって制御されている移動ステージ１０８の上に、絶縁部材を介して試料ホルダ１０９が設置され、その上に被検査試料１０４は戴置されている。移動ステージ１０８の駆動方式は、直交する二つの直進運動である。これに加えて、上下方向の直進運動や、傾き方向の運動が追加されてもよい。移動ステージ１０８はこれらの運動により、被検査試料１０４表面上の全面あるいは一部分を、電子線照射位置すなわち対物レンズ１０６の光軸上に位置させる。

被検査試料１０４表面に負電位を形成するため、電子線の加速電圧とほぼ等しい負電位が試料ホルダ１０９に高圧電源１１０により供給されている。照射電子線１００aが、この負電位によって被検査試料１０４の手前で減速され、被検査試料１０４に衝突する前に反対方向に電子軌道が反転する様に、高圧電源１１０の出力を微調整しておく。試料で反射された電子は、ミラー電子１００cとなる。

[0027] ミラー電子像結像光学系について説明する。ミラー電子１００cは対物レンズ１０６により第１の像を形成する。セパレータ１０３は本実施例ではE×B偏向器であるので、下方から進行した電子線に対しては偏向作用を持たないように制御でき、ミラー電子１００cは直立した結像系カラム方向に直進し、該第１の像は中間電子レンズ１１１、投影電子レンズ１１２によって順次結像される。これらの中間レンズ１１１及び投影レンズ１１２は、静電または磁界レンズである。最終的な電子像は画像検出部１１６に拡大投影される。画像検出部１１６の詳細は後述する。図１では投影電子レンズ１１２は１つの電子レンズとして描かれているが、高い倍率の拡大や像歪みの補正などのために複数の電子レンズや多極子で構成される場合もある。本図には記されていないが、電子線をより詳細に調整するための偏向器や非点補正器などが必要に応じて装備されている。

[0028] 紫外線照射部について説明する。紫外線光源１１３からの紫外線は、分光

器 1 1 4 により分光されて、紫外線光学素子 1 1 5 により、被検査試料 1 0 4 に照射される。被検査試料 1 0 4 は真空中に保持されているため、紫外線を透過する材料（例えば石英など）で作成された窓で大気側と真空側とを分け、紫外線光学素子 1 1 5 から発せられた紫外線を、該窓越しに照射する。あるいは、紫外線光源 1 1 3 を真空内に設置してもよい。その場合は、分光器 1 1 4 による波長選択ではなく、紫外線光源として、特定の発光波長を有した固体素子などを用いることも可能である。紫外線の照射波長は、試料の材料のバンドギャップより大きなエネルギーに対応する波長とする。または、材料のバンドギャップ内のエネルギー準位の状況によっては、試料材料内にキャリアを発生させる波長として、バンドギャップエネルギーより小さいエネルギーの波長を選ぶ場合もある。紫外線光源 1 1 3、分光器 1 1 4、紫外線光学素子 1 1 5 の間は、光ファイバーなどで繋ぎ紫外線が伝達される。または、紫外線光源 1 1 3、分光器 1 1 4 は一体化した構成でもよい。また、紫外線光源 1 1 3 に特定の範囲の波長のみを透過するフィルターを備えることができる場合は、分光器 1 1 4 を使用しない場合もある。

[0029] 前述のミラー電子像結像光学系の画像検出部 1 1 6 はミラー電子 1 0 0 c の像を電気信号に変換し検査装置制御部 1 1 7 に送る。画像検出部 1 1 6 は、一例として、電子線を可視光に変換する蛍光板、蛍光板の電子像を撮像するカメラから構成される場合、また別の一例として、電子を検出する CCD 素子など 2 次元検出器から構成される場合、などがある。電子像の強度や蛍光の強度を増倍する機構を備えていてもよい。

[0030] 試料 1 0 4 表面の各場所のミラー電子像は、移動ステージ 1 0 8 を駆動しながら、画像検出部 1 1 6 から出力される。移動ステージ 1 0 8 は各撮像時に停止する場合と、あるいは、停止しないで一定の速度を保って移動を続ける場合とがある。

[0031] 上記の撮像動作の条件をはじめ、様々な装置各部の動作条件は、検査装置制御部 1 1 7 から入出力される。検査装置制御部 1 1 7 には、予め電子線発生時の加速電圧、ステージ移動速度、画像検出素子からの画像信号取り込み

タイミング、紫外線照射条件等々の諸条件が入力されており、移動ステージ制御装置 107、各電子光学素子を制御する電子光学系制御装置 118、紫外線光源 113 や分光器 114 の制御系、などを総括的に制御する。検査装置制御部 117 は、役割を分担し通信回線で結合された複数の計算機から構成される場合もある。また、モニタ付の入出力装置 119 が設置されており、ユーザーによる検査装置の調整、動作条件の入力、検査の実行、などが行える。撮像したミラー電子像は、入出力装置 119 から画像処理装置 120 に LAN 経由で自動転送され、画像の閲覧や異なるファイルフォーマットへの変換を行い、ファイル出力する。

[0032] 図 2 に本実施例におけるミラー電子像の定量化の処理フローを示す。入出力装置 119 から転送された 8 ビット、 1024×1024 画素 (pixel) のミラー電子像は画像処理装置 120 内の記憶装置に格納される (ステップ、以下 S201)。次に画像処理装置 120 のプロセッサは、画像を構成する各画素の輝度値を数値化し、256 階調の各輝度値の画素数をカウントしその結果を記憶装置に格納する (S202、S203)。尚、図 2 のフロー図には図示しないが、欠陥が存在しない又は許容できる程度に欠陥が少ない状態のミラー電子像から予め基準となる輝度値を得ておき、記憶装置に格納しておく。

[0033] 次にプロセッサは、ソフトウェアからの命令によって記憶装置から各輝度値の画素数の集計データを取り出しヒストグラムを作成し、ヒストグラムの分散及び標準偏差を計算して記憶装置に格納し、記憶装置に格納されたミラー電子像の統計データである分散又は標準偏差を表示装置に表示する (S204、S205)。基準となる輝度値と、被検査試料の輝度値の両方に対し同様の処理を行い、表示装置上で基準と、被検査試料の処理結果とを併せて表示することもできる。表示装置上の表示の他、外部媒体を介した出力でも良い。尚、標準偏差又は分散はヒストグラム作成処理を経ずに輝度値から直接演算することもできる。全ての画像処理が完了し (S206、Yes)、更に追加判定処理の必要が無い場合 (S207、No)、処理を完了する (

S 2 0 8)。なお、S 2 0 7 の追加判定処理必要有の場合の追加判定処理（S 2 0 9－S 2 1 0）については、実施例 3 で説明する。

[0034] 次にミラー電子顕微鏡によって得られるミラー電子像の形成原理について説明する。ミラー電子像は、試料表面上部の電位ポテンシャルを可視化しておりポテンシャルの形状によって白や黒のコントラストを形成する。例えば、試料表面にスクラッチのように凹みの欠陥が存在する場合、等電位面も凹みの形状を示す。このため、凹みの部分で反射したミラー電子はレンズ中心方向に集まるため、レンズ中心の電子線の密度が高くなり、白いコントラストが形成される。一方で S i C ウェハ等における潜傷のように、結晶内部に存在するダメージは、紫外線照射により欠陥部分に帯電した電子（n 型不純物を添加した場合）によってポテンシャルは凸形状を示す。このため、凸部分で反射したミラー電子は、レンズの外側に散乱するためレンズ中心の電子線の密度が低くなり黒いコントラストを形成する。潜傷の他に凸欠陥も同様である。p 型の不純物が添加されたウェハの場合は、n 型と逆のコントラストを形成する。

[0035] ミラー電子顕微鏡を利用した欠陥検査装置では、パワーデバイスの回路パターン形成前のベアウェハを検査対象とすることが多い。これは、紫外線照射によりウェハ内部の結晶欠陥を高感度で検出できるという特徴を生かすためである。

[0036] 次に本実施例の欠陥検査の実施方法について説明する。S i C を試料として説明する。S i C のインゴットからワイヤソーなどの方法で切り出されたウェハ表面を研削加工または CMP 加工した S i C ウェハを用意する。次にこれらのウェハをミラー電子顕微鏡で撮像しミラー電子像を取得する。尚、S i C ウェハに酸素クリーニングを施してからミラー電子顕微鏡で撮像する場合もある。電位差に基づき欠陥検出を行うミラー電子顕微鏡において、大気中で S i C ウェハに生じた炭素系膜は電位の蓄積・漏洩に繋がるため、酸素クリーニングによりこれを予め除去してからミラー電子顕微鏡での撮像を行うことでより高感度に検査をすることができる。

[0037] 図3A、図3Bに本実施例のミラー電子顕微鏡で行った撮像方法を示す。

ウェハ300の中心を原点とし、オリエンテーションフラット301の直線部に対して垂直な方向302、オリエンテーションフラット301と平行な方向303となるよう、中心から4方向にステージを70 μ m間隔で直線状に移動させ、連続撮像304を実施し、FOV単位のミラー電子像305を取得した。特に研削やCMP工程では、ウェハ自身を回転させながら表面を削るため、加工によって発生する欠陥密度は、同心円状に分布する場合が多い。そこで、ウェハ面内の加工ダメージの傾向をより効率的に把握するには中心から外径方向に撮像するのが良い。図3Aに示す通り、本実施例では、中心から4方向に撮像したが、加工のダメージが少なく、ウェハの良否判定が難しい場合は、8方向や12方向にするなど、撮像枚数を増やしても良い。

[0038] 得られるミラー電子像には、研削やCMP研磨によって生じた加工ダメージがコントラストとして可視化される。ウェハ上にスクラッチ（物理的な凹み）が発生した場合、白い線状のコントラスト306が形成される。その画素の輝度値は180～220程度である。ウェハ内部の結晶ダメージである潜傷が発生した場合は、黒い線状のコントラスト307が形成される。その画素の輝度値は50～80程度である。図3Bに示すとおりサンプルBのような、欠陥が存在しないミラー電子像の背景の画素の輝度値は150～160程度である。尚、サンプルBのような、欠陥が存在しない又は許容できる程度に少ない品質良好なサンプルのミラー電子像の輝度値を基準（リファレンス）として予め記憶装置に記憶しておく。本実施例では、撮像したミラー電子像を8ビットの単位画素308を1024×1024画素のグレースケールの画像に変換して装置から出力した。

[0039] 次にミラー電子像305を画像処理装置120に入力し定量化する。当該画像は8ビットであるので、各画素の輝度値は、上述の通り256階調で表現される。各画素の輝度値を求め、輝度値を横軸、画素数を縦軸とする輝度ヒストグラム（度数分布）309を作成する。

[0040] 図3Bの輝度ヒストグラム309では、2つのヒストグラムが描かれている。ミラー電子像の全面にスクラッチと潜傷が確認されたサンプルAのヒストグラム310と、潜傷やスクラッチが無い基準（リファレンス）となる良好なサンプルB311のヒストグラム312である。

[0041] ヒストグラムの横軸は、各画素の輝度値を表しているが、スクラッチが多いヒストグラムは、輝度値が平均値よりも高い画素の数が多くなるため、ヒストグラムが312よりも右側（輝度値が高い側）に広がる形状となる。同様に、潜傷が多いミラー電子像のヒストグラムは輝度値が平均値よりも低い画素の数が多くなるため、ヒストグラムが312よりも左側（輝度値が低い側）に広がる。結果的に、スクラッチ又は潜傷といった輝度値の異なる欠陥が多く存在するサンプルのヒストグラム310の半値幅は、基準となる良好な状態のミラー電子像のヒストグラム312に比べて広がることになる（図3B）。

[0042] ヒストグラムよりも厳密な評価値をもって基準と照合し、ウェハの品質良否を判定したい場合がある。この場合、ミラー電子顕像の輝度ヒストグラムのバラツキの指標として本実施例では、標準偏差313を用いる。本結果によれば、スクラッチの多いサンプルAの画像の標準偏差値は、基準となるサンプルBに比べて、8程度大きい値となる。欠陥の多いサンプルAのミラー電子像の標準偏差は、欠陥の無いサンプルBの標準偏差よりも大きく、画像を目視しなくとも良否判定を容易に行うことが可能である。なお、標準偏差以外にヒストグラムの半値幅や変動係数、ローレンツ分布における半値幅などの一般的な統計手法を用いて数値化しても良い。

[0043] 図3Cは欠陥総数、又は欠陥種ごとの数量差により輝度ヒストグラムがどのように変化するかを表した図である。欠陥が存在しない基準となるミラー電子像311は全体に灰色のコントラストであり、画素数を縦軸、輝度値を横軸としたヒストグラムにおいて、横軸の中心あたりにピークが表示される（317）。一方、潜傷が多い画像314のヒストグラムは、ヒストグラムのピーク位置は輝度値が低い方向にシフトし形状が横に広がる（316）。

スクラッチが多い画像 315 のヒストグラムも同様に形状が横に広がり、ピーク位置は輝度値が高い方向にシフトする (318)。潜傷やスクラッチによってヒストグラムが横に広がることによって、ヒストグラムの半値幅、分散又は標準偏差値は欠陥の無い基準となるミラー電子画像 317 の場合よりも大きくなる。このように、輝度ヒストグラムや、輝度ヒストグラムから算出した標準偏差又は分散等により、輝度の異なる欠陥種、例えばスクラッチ又は潜傷のいずれが多いかを判定することができる。

[0044] このような判定は、表示装置に表示された基準と被検査ウェハのミラー電子像から得たヒストグラムからユーザーが判定しても良いし、ミラー電子顕微鏡の画像処理装置 120 が基準のヒストグラムと被検査ウェハのヒストグラムを比較し、基準との乖離度を演算し、それに基づき判定結果を出力しても良い。尚、乖離度とは、前述のピーク位置が基準よりもどの程度高輝度領域又は低輝度領域にあるかという乖離度合と、ヒストグラムの半値幅（標準偏差や分散等の統計処理で厳密にばらつきを求める場合を含む）が、基準に対しどの程度広がっているかという乖離度合の両方を意味する。

[0045] 以上、本実施例では、研削後、CMP 後の SiC ウェハに存在する潜傷及びスクラッチを撮像したミラー電子像の定量化について述べたが、基底面転位や積層欠陥、異物によって生じる欠陥コントラストについても同様に処理することができる。また、エピタキシャル層を形成した SiC ウェハについても同様に定量化することができる。なお、本実施例では、SiC ウェハを試料として説明したが、試料は Si ウェハ、GaN 基板であってもよく、SiC に限定されない。

[0046] 本実施例によれば、ミラー電子像を構成する全画素の輝度値を集計し、その度数分布から計算した標準偏差値をウェハ品質の良否判定の指標とすることにより、ミラー電子像上の欠陥コントラストを定量的に表示することができ、判定の自動化によって、定性評価による曖昧さが排除され、評価品質の安定化に寄与する。

実施例 2

[0047] 実施例 2 は、実施例 1 で算出したミラー電子像の輝度ヒストグラムの標準偏差値に対し、オペレーターが標準偏差値の閾値を、入出力装置 119 を介して設定し、この閾値を超えるミラー電子像が n 枚（ n は自然数）以上あった場合は、その試料を不良品として判定する。すなわち、画像処理装置 120 が、輝度ヒストグラムの標準偏差値において予め設定した閾値を超える FOV 単位ミラー電子像が n 枚以上であった場合、その試料を不良と判定する欠陥検査装置、及び方法の実施例である。

[0048] 標準偏差値の閾値と、閾値を超えるミラー電子像の枚数 n は、予めオペレーターが図 1 のミラー電子顕微鏡の入出力装置 119 を介して画像処理装置 120 に設定しておく。これにより、ミラー電子顕微鏡で撮像したミラー電子像から試料の良否判定を自動で行うことができる。

実施例 3

[0049] 実施例 1 及び実施例 2 では、ミラー電子像の輝度ヒストグラムから標準偏差を求めて試料の良否判定を行う方法について説明したが、実施例 3 では、ミラー電子像の各画素の輝度値を集計して試料の良否判定を行う。すなわち、画像処理装置 120 は、ミラー電子像の各画素の輝度値を集計し、予め設定した輝度閾値を超える画素数に基づき試料の良否判定を行う欠陥検査装置、及び方法の実施例である。

[0050] 本実施例においては、画像処理装置 120 によって、ミラー電子像を構成する各画素の輝度値と画素数を求め、予め設定した輝度閾値と画素数を元に試料の良否判定を行う。輝度閾値は、先に例示したスクラッチの画素の輝度値 180～220 程度や、潜傷の画素の輝度値は 50～80 程度に対応する上下の輝度閾値を用いて、輝度範囲の画素数、面積を計算し（図 2 の S209）、計算結果に基づき、当該試料の良否判定を行う（S210）。

[0051] このように本実施例では、ミラー電子像の各画素の輝度値を集計するため、ミラー電子像上に白いスクラッチのコントラストが多いか黒い潜傷のコントラストが多いかの判断ができ、試料の加工ダメージの傾向を容易に把握することができる。なお、上述の方法の代わりに、画像処理装置 120 が各画

素の輝度値に対して閾値を設け、これらの閾値を超える画素数の総和から面積を計算し、撮像したエリアの合計面積に対する面積比率で良否判定を行っても良い。

実施例 4

[0052] 本実施例は広範囲撮像におけるミラー電子像の良否の判定の実施例であり、ミラー電子像結像光学系により、二次元的に連続する複数のF O V単位ミラー電子像を撮像する広範囲撮像を行う。それら複数のミラー電子像を用いて画像処理装置120がタイリング画像を生成する。画像処理装置120は、F O V単位ミラー電子像各々の輝度の標準偏差値を算出し、算出した標準偏差値を二次元マトリクスとして出力する欠陥検査装置、及び方法の実施例である。

[0053] 本実施例においても、実施例1と同様に試料表面を研削加工またはCMP加工したウェハを用意する。次に試料をミラー電子顕微鏡で広範囲撮像し、ミラー電子像を取得する。

[0054] 図4に本実施例の広範囲撮像の撮像イメージを示す。この広範囲撮像は、ウェハの特定座標を中心として1mm×1mmエリアを連続撮像したものである。例えば、試料1枚当たり1万回の広範囲撮像を行う。ミラー電子像はF O V単位で撮像し、1枚のF O V単位ミラー電子像が80μm×80μmであるとする。広範囲撮像では、画像処理装置120がミラー電子像の撮像位置座標に合うようにミラー電子像を並べ、1mm×1mmの広範囲撮像のミラー電子像であるタイリング画像400を作成した。このタイリング画像400は、225ショット分のF O V単位のミラー電子像305を位置合わせてして平面充填したものとなる。

[0055] 更に、本実施例では、画像処理装置120が、F O V単位ミラー電子像305各々に対し、実施例1で説明した方法で輝度ヒストグラム401を作成し、当該ミラー電子像の標準偏差値を225枚分求めてマトリクス上に配置し、輝度標準偏差のプロット図402を作成した。本実施例では、表計算ソフトの条件付き書式機能などを用いて各画像の標準偏差値を表示装置に色分

け表示した。

[0056] 図3Aに示したように、ミラー電子像はグレースケールで出力されるため、広範囲に撮像したときに加工ダメージの分布状態を目視で判断することが難しいが、図4に示す通り、表示装置に本実施例の広範囲撮像のミラー電子像に基づく色分け表示によって、撮像エリアの右側がスクラッチによって標準偏差値が大きくなり、左上は標準偏差値が小さくスクラッチが少ないことが視覚的かつ容易に判断することができる。

[0057] 以上説明した種々の実施例を組み合わせることで、より信頼性の高い欠陥検査装置を提供することができる。本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明のより良い理解のために詳細に説明したのであり、必ずしも説明の全ての構成を備えるものに限定されるものではない。

[0058] 更に、上述した各構成、機能、判定部、各種の制御、画像処理装置等は、それらの一部又は全部を実現するプロセッサのプログラムを作成する例を中心に説明したが、それらの一部又は全部を例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現しても良いことは言うまでもない。すなわち、画像処理装置の全部または一部の機能は、プログラムに代え、例えば、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field Programmable Gate Array) などの集積回路などにより実現してもよい。

符号の説明

- [0059] 101 電子銃
102 コンデンサレンズ
103 セパレータ
104 被検査試料（ウェハ）
105 電子銃制御装置
106 対物レンズ
107 移動ステージ制御装置

- 1 0 8 移動ステージ
- 1 0 9 試料ホルダ
- 1 1 0 高圧電源
- 1 1 1 中間電子レンズ
- 1 1 2 投影電子レンズ
- 1 1 3 紫外線光源
- 1 1 4 分光器
- 1 1 5 紫外線光学素子
- 1 1 6 画像検出部
- 1 1 7 検査装置制御部
- 1 1 8 電子光学系制御装置
- 1 1 9 入出力装置
- 1 2 0 画像処理装置
- 3 0 0 検査ウェハ
- 3 0 1 オリエンテーションフラット
- 3 0 2 垂直方向撮像
- 3 0 3 水平方向撮像
- 3 0 4 連続撮像
- 3 0 5 F O V 単位 of ミラー電子像
- 3 0 6 ミラー電子像上のスクラッチ
- 3 0 7 ミラー電子像上の潜傷
- 3 0 8 ミラー電子像の単位画素
- 3 0 9、4 0 1 輝度ヒストグラム
- 3 1 0 ミラー電子像に潜傷とスクラッチが確認されたヒストグラム
- 3 1 1、3 1 7 欠陥が無いミラー電子像のイメージ図
- 3 1 2 欠陥が無いミラー電子像の輝度ヒストグラム
- 3 1 3 標準偏差値
- 3 1 4 潜傷が多いミラー電子像のイメージ図

- 3 1 5 スクラッチが多いミラー電子像のイメージ図
- 3 1 6 潜傷が多いミラー電子像の輝度ヒストグラム
- 3 1 8 スクラッチが多いミラー電子像の輝度ヒストグラム
- 4 0 0 タイリング画像
- 4 0 2 輝度標準偏差のプロット図

請求の範囲

- [請求項1] 欠陥検査装置であって、
電子源から放出された電子線を試料に照射する電子光学系と、
前記試料への電圧の印加により、前記電子線が前記試料に到達する前に反射されるミラー電子を結像してミラー電子像を取得するミラー電子像結像光学系と、
前記電子線の照射中に、紫外線を前記電子線の照射範囲を含む範囲に照射する紫外線照射部と、
取得した前記ミラー電子像を演算処理し出力する画像処理装置と、表示装置と、を備え、
前記画像処理装置は、前記ミラー電子像を輝度値に変換し、リファレンスと前記試料の検査結果とを生成し、
前記表示装置は、前記リファレンスと前記検査結果とを併せて表示することを特徴とする欠陥検査装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の欠陥検査装置であって、
前記画像処理装置は、前記リファレンスと前記検査結果をヒストグラムで生成し、
前記リファレンスのヒストグラムと前記検査結果のヒストグラムの乖離度を算出することを特徴とする欠陥検査装置。
- [請求項3] 請求項1に記載の欠陥検査装置であって、
前記画像処理装置は、前記リファレンスの輝度値と前記試料の輝度値の標準偏差値又は分散値を算出することを特徴とする欠陥検査装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の欠陥検査装置であって、
前記リファレンスよりも前記検査結果の標準偏差値又は分散値が高い場合には前記試料はリファレンスよりも欠陥が多いと判定することを特徴とする欠陥検査装置。
- [請求項5] 請求項3に記載の欠陥検査装置であって、
前記画像処理装置は、前記試料において閾値を超える前記標準偏差値

の前記ミラー電子像が n 枚（ n は自然数）以上であった場合、前記試料を不良と判定することを特徴とする欠陥検査装置。

[請求項6] 請求項1に記載の欠陥検査装置であって、
前記画像処理装置は、前記ミラー電子像の各画素の輝度値を集計し、
予め設定した輝度閾値を超える画素数に基づき、前記試料の良否判定
を行うことを特徴とする欠陥検査装置。

[請求項7] 請求項6に記載の欠陥検査装置であって、
前記画像処理装置は、前記輝度閾値を超える画素数の総和から面積を
計算し、取得した前記ミラー電子像の合計面積に対する面積比率に基
づき、前記試料の良否判定を行うことを特徴とする欠陥検査装置。

[請求項8] 請求項1に記載の欠陥検査装置であって、
前記ミラー電子像結像光学系により、二次元的に連続する複数のミラ
ー電子像を撮像する広範囲撮像を行い、タイリング画像を取得し、
前記画像処理装置は、前記タイリング画像においてF O V単位のミラ
ー電子像各々の輝度の標準偏差値を算出し、算出した前記標準偏差値
を二次元マトリクスとして出力することを特徴とする欠陥検査装置。

[請求項9] 請求項8に記載の欠陥検査装置であって、
前記表示装置は、前記画像処理装置が出力する前記標準偏差値を色分
け表示することを特徴とする欠陥検査装置。

[請求項10] 試料の欠陥検査方法であって、
電子源から放出された電子線の前記試料への照射中に、紫外線を前記
電子線の照射範囲を含む範囲に照射し、
前記試料への電圧の印加により、前記電子線が前記試料に到達する前
に反射されるミラー電子を結像してミラー電子像を取得し、
前記ミラー電子像を輝度値に変換し、リファレンスのヒストグラムと
前記試料の検査結果ヒストグラムとを生成することを特徴とする欠陥
検査方法。

[請求項11] 請求項10に記載の欠陥検査方法であって、

酸素クリーニングを予め前記試料に施してから検査を開始することを特徴とする欠陥検査方法。

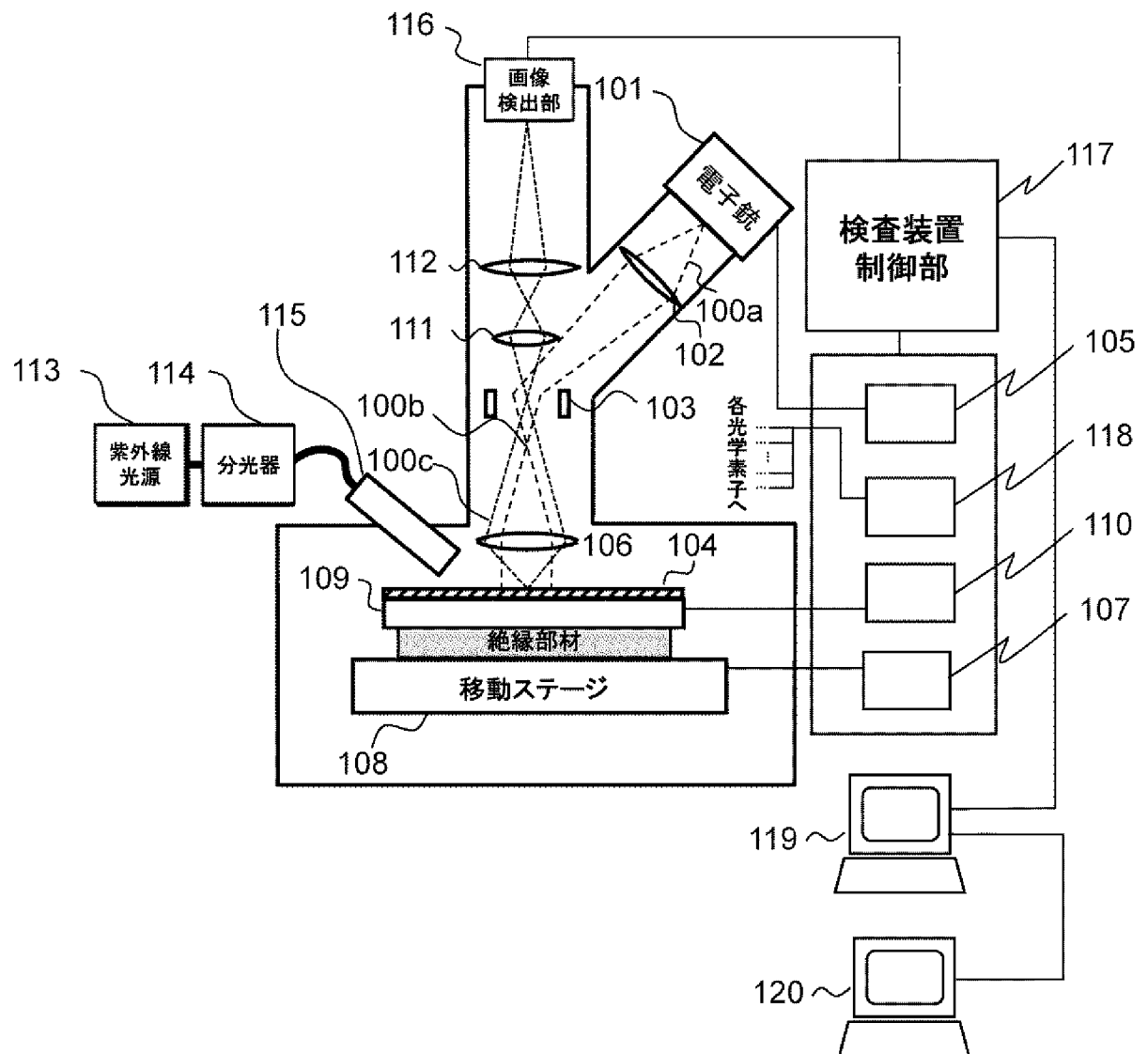
[請求項12] 請求項10記載の欠陥検査方法であって、
前記試料の試料中心から外径方向に撮像し、前記ミラー電子像を取得することを特徴とする欠陥検査方法。

[請求項13] 請求項10に記載の欠陥検査方法であって、
前記リファレンスのヒストグラムのピークよりも、前記検査結果ヒストグラムのピークの輝度値が高い領域にある場合は、前記リファレンスよりも凹欠陥が多いと判定し、低い領域にある場合は前記リファレンスよりも潜傷又は凸欠陥が多いと判定することを特徴とする欠陥検査方法。

[請求項14] 請求項12に記載の欠陥検査方法であって、
前記リファレンスのヒストグラムのピークの画素数よりも、前記検査結果ヒストグラムのピークの画素数が低い領域にある場合は、前記リファレンスよりも欠陥数が多いと判定することを特徴とする欠陥検査方法。

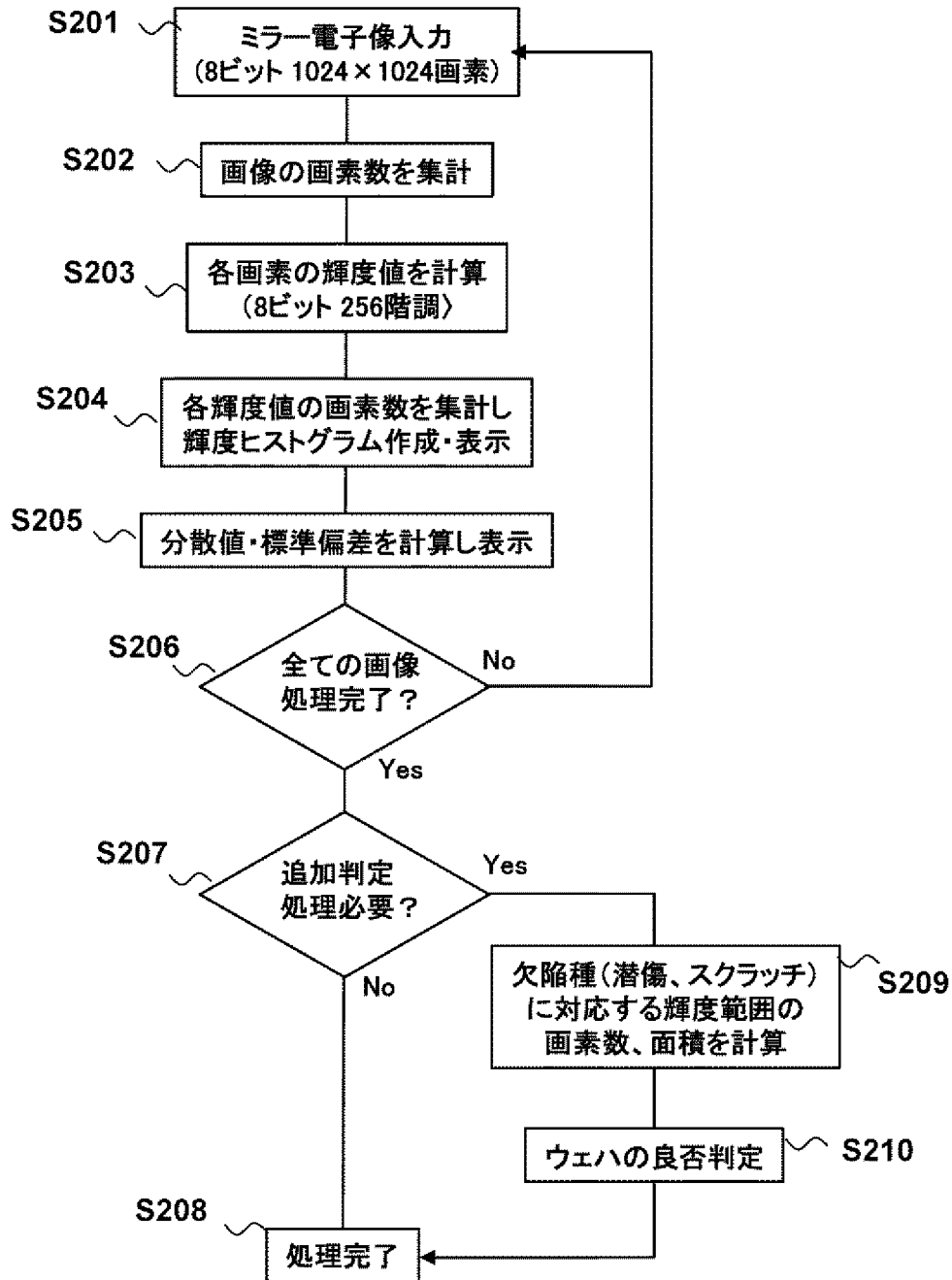
[図1]

図1



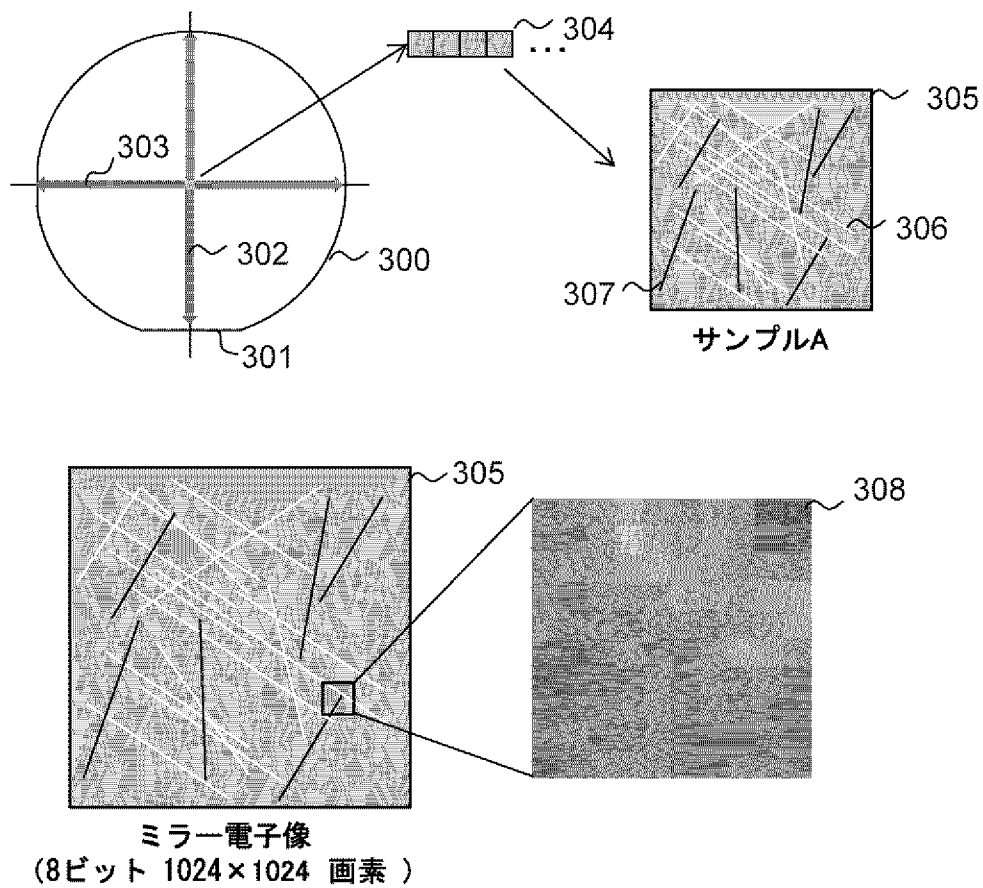
[図2]

図2



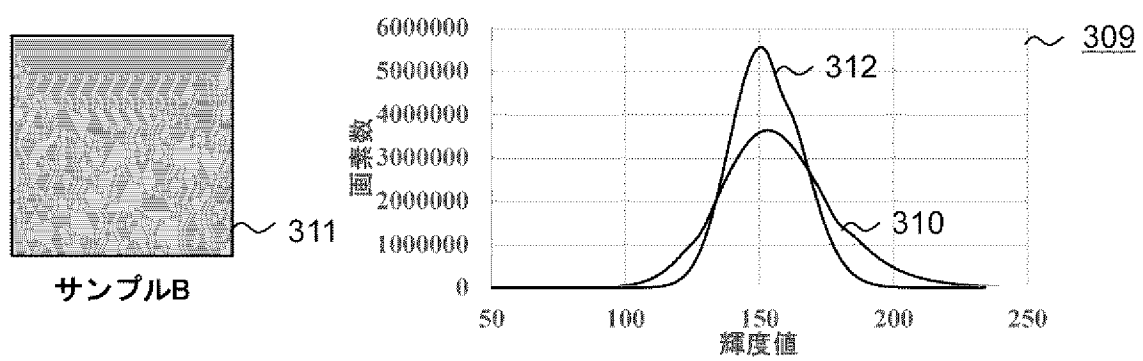
[図3A]

図3A



[図3B]

図3B



	平均輝度	標準偏差
サンプルA	151	21.8
サンプルB	153	13.4

[図3C]

図3C

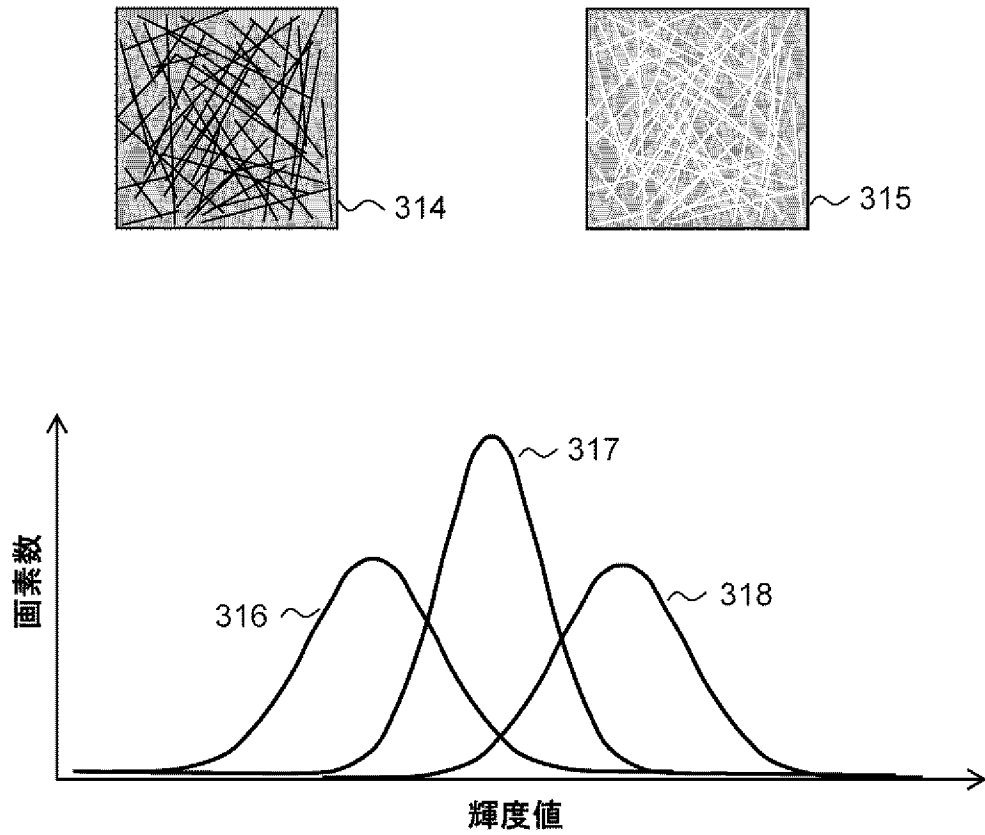
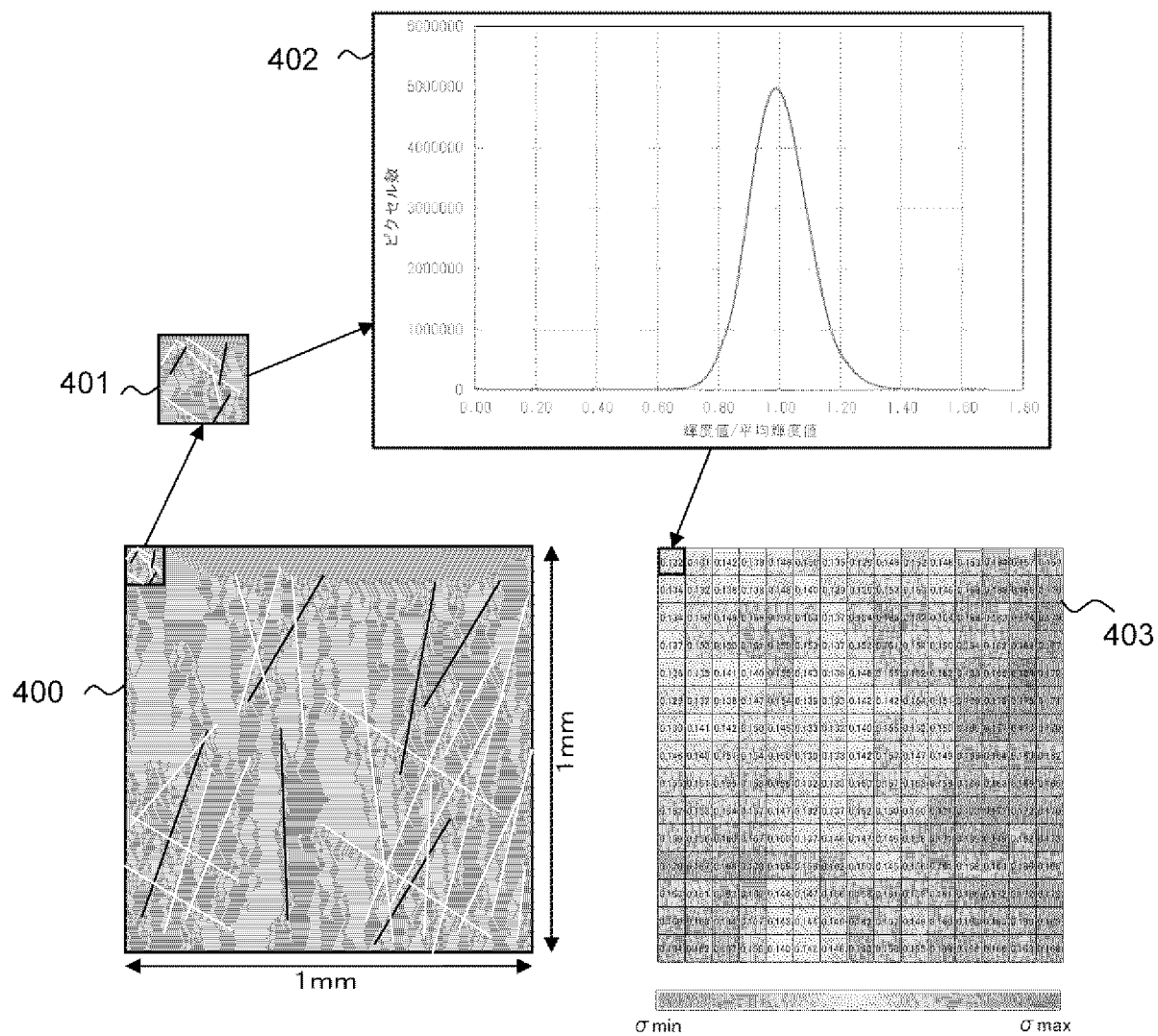


图4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/005469

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01N23/225 (2018.01) 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)

Int. Cl. G01N23/00-23/2276, H01L21/64-21/66

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-182064 A (EBARA CORPORATION) 29 September 2014, paragraph [0032] & US 2014/0291515 A1, paragraph [0119]	1-6, 10, 12, 14
A		7-9, 11, 13
Y	WO 2016/002003 A1 (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) 07 January 2016, paragraphs [0030]-[0033] (Family: none)	1-6, 10, 12, 14
A		7-9, 11, 13
Y	JP 2007-232387 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) 13 September 2007, paragraphs [0065]-[0088] & US 2008/0073533 A1, paragraphs [0086]-[0107]	2, 10, 12, 14
Y	JP 2006-156134 A (HITACHI, LTD.) 15 June 2006, paragraphs [0035]-[0044] (Family: none)	3-5



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
08.04.2019

Date of mailing of the international search report
23.04.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/005469

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-36747 A (TORAY INDUSTRIES, INC.) 19 February 2009, paragraph [0123] (Family: none)	6
A	JP 9-203621 A (HITACHI, LTD.) 05 August 1997 (Family: none)	1-14
A	US 7514681 B1 (MARELLA, Paul F. et al.) 07 April 2009 (Family: none)	1-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01N23/225(2018.01)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（IPC））

Int.Cl. G01N23/00-23/2276, 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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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）

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 A	JP 2014-182064 A（株式会社荏原製作所）2014.09.29, [0032] & US 2014/0291515 A1 [0119]	1-6, 10, 12, 14 7-9, 11, 13
Y A	WO 2016/002003 A1（株式会社日立ハイテクノロジーズ）2016.01.07, [0030] - [0033]（ファミリーなし）	1-6, 10, 12, 14 7-9, 11, 13
Y	JP 2007-232387 A（株式会社日立ハイテクノロジーズ）2007.09.13, [0065] - [0088] & US 2008/0073533 A1 [0086]-[0107]	2, 10, 12, 14

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

の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

08.04.2019

国際調査報告の発送日

23.04.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/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）

田中 秀直

2W

3409

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

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
Y	JP 2006-156134 A (株式会社日立製作所) 2006.06.15, [0035] － [0044] (ファミリーなし)	3-5
Y	JP 2009-36747 A (東レ株式会社) 2009.02.19, [0123] (ファ ミリーなし)	6
A	JP 9-203621 A (株式会社日立製作所) 1997.08.05, (ファミリーな し)	1-14
A	US 7514681 B1 (MARELLA, Paul F. et al.) 2009.04.07, (ファミリ ーなし)	1-14