

(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
2016 年 1 月 7 日(07.01.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/002003 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 23/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/067529
- (22) 国際出願日: 2014 年 7 月 1 日(01.07.2014)
- (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ノロジーズ(HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 野副 真理(NOZOE Mari); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 長谷川 正樹(HASEGAWA Masaki); 〒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). 小林 健二(KOBAYASHI Kenji); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 平木 祐輔, 外(HIRAKI Yusuke et al.); 〒1056232 東京都港区愛宕 2 丁目 5 番 1 号 愛宕グリーンヒルズMORIタワー3 2 階 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, 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, JP, 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.
- (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))

(54) Title: SUBSTRATE INSPECTION APPARATUS AND SUBSTRATE INSPECTION METHOD

(54) 発明の名称: 基板検査装置及び方法

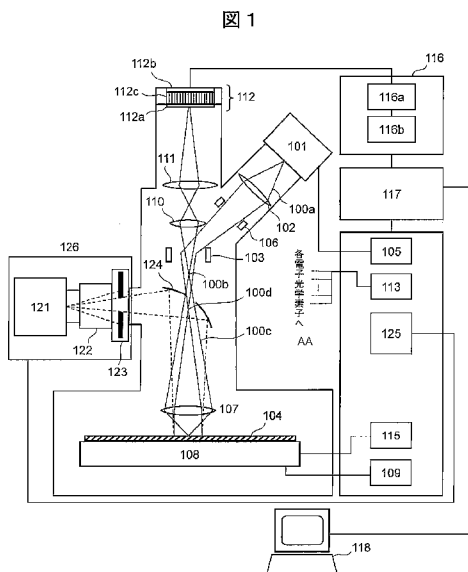


FIG. 1:
AA To each electrooptical element

(57) Abstract: Provided is a technology of inspecting, at a higher speed and a higher sensitivity compared with conventional cases, surface defects and inner defects of substrates, such as power semiconductor substrates (SiC, GaN, Ga2O3 and the like) and Si substrates, which have epitaxial layers and laminated films formed thereon. In order to provide such technology, this substrate inspection apparatus is provided with: an electrooptical system that applies, to a sample, an electron beam in a range including a visual field, said electron beam being emitted from an electron source; a voltage applying unit that applies, to the sample, a voltage at a level at which the electron beam is reflected before the electron beam reaches the sample; a mirror electron image forming optical system that obtains a mirror electron image by image-forming mirror electrons reflected by means of the voltage application; a calculation unit that detects a defect of the sample using the mirror electron image; and an ultraviolet irradiation unit that applies, while the electron beam is being applied, ultraviolet having a wavelength arbitrarily set within a range of 182-380 nm, said ultraviolet being applied to the sample in the range of the region including the visual field.

(57) 要約: パワー半導体用の基板 (SiC, GaN, Ga2O3 等) や Si 基板のように、その表面に Epi 層や積層膜が形成された基板における表面欠陥や内部欠陥を、従来に比して、高速かつ高感度に検査する技術を提供する。このため、基板検査装置に、電子源から放出された電子線を試料上の視野を含む範囲に照射する電子光学系と、前記電子線が前記試料に到達する前に反射される強度の電圧を前記試料に印加する電圧印加ユニットと、前記電圧の印加により反射された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結像光学系と、前記ミ

ラー電子像を用いて前記試料の欠陥を検出する演算ユニットと、182nm 以上 380nm 以下の範囲で任意に設定された波長の紫外光を、前記電子線の照射中に、試料上の前記視野を含む領域範囲に照射する紫外光照射ユニットとを設ける。

WO 2016/002003 A1

明 細 書

発明の名称： 基板検査装置及び方法

技術分野

[0001] 本発明は、基板検査装置及び方法に関し、例えばSiC、GaN、Ga203等の基板を検査する装置及び方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体装置には、Si基板に形成されるメモリやロジック製品その他、パワー半導体と呼ばれるものがある。パワー半導体は、主にインバータ/コンバータ回路で使われており、スイッチング、変換、モータ制御等に使用される。パワー半導体には、例えばパワーMOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) /IPD (Intelligent Power Device)、ダイオード、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)、パワーモジュール、バイポーラトランジスタが含まれる。

[0003] パワー半導体においては、電気的な性能を確保するために、基板材料にSiだけでなくSiC、GaN、Ga203等が用いられる。ところが、SiC、GaN、Ga203等で形成された基板は、基板表面及び内部に欠陥が発生し易い。致命欠陥が発生すると、当該箇所の半導体は不良になる。このため、欠陥の低減が望まれる。欠陥を低減するには、各基板の材料毎又は製造プロセス毎にどのような欠陥がどの程度発生しているかを把握することが重要となる。

[0004] また、近年における半導体装置を構成する回路パターンの微細化に伴い、Si基板で形成する半導体装置においても、動作特性を向上させるために、Si基板にEpi成長膜や他の材料の膜を積層する工程が増えており、パワー半導体の基板と同様に基板の表面や内部に欠陥が発生し易くなっている。

[0005] これら欠陥の検査技術として、表面のエッチング処理により欠陥部の周囲を削り、SEM (Scanning Electron Microscope) で観察する方法がある。本手法は、欠陥部の識別には有効であるが、ウエハ表面を削るため破壊検査となる。加えて、本手法は、被検査サンプルの前処理と検査に膨大な時間を要す

るという技術上の課題がある。基板を検査する別の技術として、レーザ光を照射し、欠陥部からの散乱光を検出する方法がある。本手法は、高速に基板全面を検査することができるが、半導体の電気特性にとって致命的な各種の結晶欠陥（例えば基板内部の転位と呼ばれる欠陥）に対して感度が低いという課題がある。

[0006] 上記のように、従来の検査手法では、基板上の欠陥を非破壊で高感度に検査することが難しい。このため、予め負の電位を印加した試料の表面近傍で反射した電子（ミラー電子）を結像して検査する手法が有効である。本検査は、ミラー電子顕微鏡方式と呼ばれる。ミラー電子顕微鏡方式では、試料近傍で反射されるミラー電子を結像することによって画像を形成するため、試料表面に不均一な帯電が生じている場合や反射しない一部の電子が基板に照射されることで変化する帯電がある場合に、その帯電の電界によりミラー電子の軌道が曲げられ、本来の目的である試料の形状や電位の差異を反映した画像を得られなくなる。このため、特許文献1に開示されているように、電子線照射と同時に紫外光を照射し、帯電の影響を抑制する検査方法が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2007-192560号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかし、特許文献1に記載の技術は、不均一な帯電の影響こそ抑制できるものの、基板検査の目的である内部欠陥、特に転位と呼ばれる欠陥の検出感度が不十分である。そして、特許文献1には、ミラー電子顕微鏡方式において、内部欠陥（転位）を高感度に顕在化する方法については開示されていない。

[0009] 本発明は、上記の技術課題に着目してなされたもので、パワー半導体用の

基板（SiC、GaN、Ga203等）やSi基板のように、その表面にEpi成長膜や積層膜が形成された基板における表面欠陥や内部欠陥を、従来に比して、高速かつ高感度に検査する技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決するため、本発明は、例えば請求の範囲に記載の構成を採用する。本明細書は、上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、「電子源から放出された電子線を試料上の視野を含む範囲に照射する電子光学系と、前記電子線が前記試料に到達する前に反射される強度の電圧を前記試料に印加する電圧印加ユニットと、前記電圧の印加により反射された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結像光学系と、取得された前記ミラー電子像を用いて前記試料の欠陥を検出する演算ユニットと、182nm以上380nm以下の範囲で任意に設定された波長の紫外光を、前記電子線の照射中に、前記電子線の照射範囲を含む範囲に照射する紫外光照射ユニットと、を有する基板検査装置」を特徴とする。

発明の効果

[0011] 本発明により、高速かつ高感度に基板の品質（試料の表面だけでなく内部の欠陥を含む）を評価できる。前述した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施の形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施例1に係る基板検査装置の構成を示す図。

[図2]紫外光照射領域、電子線照射領域、検査領域の関係を説明する図。

[図3]検査対象の欠陥種を示す図。

[図4]ミラー電子の軌道を説明する図。

[図5]ミラー顕微鏡画像における欠陥の見え方を示す図。

[図6]パワー半導体の製造手順を示す図。

[図7]紫外光照射によるミラー顕微鏡画像の違いを説明する図。

[図8]波長の異なる紫外光を照射した場合の欠陥部のミラー顕微鏡画像を示す図。

[図9]波長の異なる紫外光を照射した場合の欠陥部状態を示す模式図。

[図10]試料に印加する電位とミラー電子像の明るさの関係を示す図。

[図11]基板毎のミラー顕微鏡画像の明るさと明るさばらつきの関係を示す図

。

[図12]隣接領域を比較した場合の差信号を示す図。

[図13]検査処理手順例を示す図。

[図14]検査結果例を示す図。

[図15]欠陥箇所のミラー顕微鏡画像を示す図。

[図16]欠陥種毎の特徴とプロファイルを示す図。

[図17]欠陥形状の特徴と結晶成長の方向の関係を示す図。

[図18]複数の紫外光波長を照射して検査した結果を示す図。

発明を実施するための形態

[0013] (1) 検出原理

最初に、発明者らが提案する検出原理を説明する。発明者らは、前述の技術課題を解決する手法として、転位欠陥の特性に着目した。以下では、SiC基板の検査を例に、本発明の検出原理を説明する。発明者らは、SiC基板においては、当該材料のバンドギャップより大きなエネルギーに相当する波長の紫外光を照射することにより、試料表面や内部の欠陥箇所にキャリアを発生させることができるという特性を見出した。また、発明者らは、さらに高いエネルギーに相当する波長の紫外光を照射すると、光電子が発生し始めること、光電子が発生すると、欠陥部に蓄積されたキャリアが光電子として損失してしまうことを見出した。

[0014] そこで、発明者らは、バンドギャップより大きい、光電子を発生しない範囲のエネルギーの紫外光を照射して、欠陥部にキャリアを発生させる手法を提案する。キャリアの電荷状態はミラー電子の軌道に影響を与えるので、ミラー電子顕微鏡方式により、欠陥箇所を画像内のコントラストとして顕在化でき、欠陥を高感度に検出することができる。また、紫外光の照射は、欠陥の内部にキャリアを発生させるだけでなく、前述したように、不均一な帯

電状態を安定させる作用も同時に生じさせる効果もある。

[0015] 前述の条件を満たす紫外光の波長条件として、発明者らは、182nm以上380nm以下を見出した。なお、紫外光の基板内部への侵入深さは、波長により変わる。そのため、内部欠陥を検査する際には、検出したい欠陥の深さにより波長を変える機能を具備することが望まれる。

[0016] また、発明者らは、検査の際に、ミラー顕微鏡の焦点位置を、試料表面に対してアンダー位置又はオーバー位置にずらすことを提案する。こうすることで、欠陥部からのミラー電子の軌道変化を増大でき、結果として、取得画像における欠陥部の差異を拡大することができる。

[0017] ところで、前述した波長条件の紫外光を基板に照射して基板内部の欠陥部にキャリアを発生させ、ミラー電子顕微鏡方式で欠陥部のミラー電子像（ミラー顕微鏡画像）を撮像すると、画像の特徴により、欠陥種を識別できることが判明した。このため、基板検査装置には、欠陥部のコントラスト及び明暗のプロファイルを用いて表面異物、貫通らせん転位、貫通刃状転位、基底面転位等の転位種を識別する画像処理部を搭載することを提案する。当該画像処理部の搭載により、検査と同時に欠陥種を識別でき、かつ、致命欠陥のみを抽出することが可能になる。また、転位欠陥については、そのプロファイルから欠陥種だけでなく、転位の規模（深さや広がり程度）も判断することができる。

[0018] また、前述の技術は、光学式検査装置や他の検査装置で検出された欠陥の座標に移動して欠陥箇所の画像を撮像するレビュー機能にも応用できる。当該レビュー機能の搭載により、非破壊で欠陥の種類を判別することができる。これらの技術の採用により、ミラー電子顕微鏡方式であっても、高速かつ高感度かつ高安定的に基板を検査することが可能になる。また、同技術の採用により、欠陥種に応じて最適な条件を設定することが可能になり、ミラー電子像（ミラー顕微鏡画像）から欠陥種を非破壊で識別・分類することが可能になる。

[0019] （２）実施例

以下、図面に基づいて、本発明の実施例を説明する。なお、本発明の実施例は、後述する実施例に限定されるものではなく、その技術思想の範囲において、種々の変形が可能である。

[0020] (2-1) 実施例 1

(2-1-1) 装置構成

本実施例では、特定波長の紫外光の照射により、基板内部の欠陥を高感度に検査する技術について説明する。図 1 は、本実施例に係る基板検査装置の全体構成を示している。ただし、図 1 においては、真空排気ポンプや排気系配管等は省略されている。

[0021] まず、電子光学系の主要要素を説明する。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、E × B 偏向器 103 により偏向される。偏向後にクロスオーバー 100d を形成した照射電子線 100a は、対物レンズ 107 によって略平行束に整形され、被検査試料 104 に照射される。図 1 では、コンデンサレンズ 102 は 1 つだけ描かれているが、複数の電子レンズを組み合わせたシステムによっても同様の作用を実現することができる。

[0022] 電子銃 101 には、通常、Zr/O/W 型のショットキー電子源が用いられるが、大電流にするために LaB6 などの電子源を用いても良い。電子銃 101 の引き出し電圧、引き出された電子線への加速電圧、電子源フィラメントへの加熱電流などの制御（電圧及び電流制御）は、電子銃制御装置 105 により実行される。電子銃制御装置 105 は、対応する各部に制御信号を供給し、前述した電圧や電流を制御する。

[0023] E × B 偏向器 103 は、照射電子線 100a の結像面近傍に設置される。照射電子線 100a には、E × B 偏向器 103 により収差が発生する。この収差を補正する必要がある場合、コンデンサレンズ 102 と E × B 偏向器 103 の間に収差補正用の E × B 偏向器 106 を更に配置する。E × B 偏向器 103 により、被検査試料 104 に対して垂直な軸に沿うように偏向された照射電子線 100a は、対物レンズ 107 により被検査試料 104 表面に対

してほぼ垂直な方向に入射する電子線に形成される。

[0024] 試料ステージ108には、被検査基板104が搭載される。試料ステージ108に至るまでの搬送系は、図1では省略している。被検査試料104には、照射電子線100aの加速電圧に近い負電位が印加されている。この負電位により、照射電子線100aは、被検査試料104の表面近傍で反射し、さらに、この負電位によって上方に加速される。被検査試料104に印加される電圧の供給と制御は、試料電圧制御部109が行う。被検査試料104の極近傍で照射電子線100aを反射させるには、照射電子線100aの加速電圧と前述の負電位との差を高精度に制御する必要がある。このため、試料電圧制御部109と電子銃制御部105とは互いに連動制御される必要がある。なお、被検査試料104を試料ステージ108に搭載するための搬送時や被検査試料104を装置の外に搬出する際には、この負電位は試料ステージ108に印加されないように制御される。従って、画像を撮像する際、すなわち照射電子線100aを照射する際だけに被検査試料104に負電位を印加している。

[0025] 被検査試料104の近傍で反射した電子線100cは、対物レンズ107により収束作用を受ける。電子線100cは、対物レンズ107とE×B偏向器103の間でクロスオーバー100bを形成する。E×B偏向器103は、下方から進行した電子線100cには偏向作用を持たないように制御されている。このため、E×B偏向器103を通過した電子線100cは、そのまま垂直に上昇し、中間レンズ110、投影レンズ111により画像検出部112に拡大投影される。図1では、投影レンズ111が1つのレンズである場合を描いているが、像補正の目的で複数のレンズを組み合わせたシステムでも良い。画像検出部112は、検出された像信号を電気信号に変換し、画像処理部116に転送する。

[0026] 画像検出部112は、反射電子を光学像に変換するための蛍光板112aと、光学画像検出装置112bと、光学像伝送系112cとより構成される。光学像伝送系112cには、光ファイバー束が用いられる。光学画像検出

装置 1 1 2 b は、その受光面上に結像された光学像を電氣的な信号に変換して出力する。光学画像検出装置 1 1 2 b には、通常の静止した被写体に対する画像取得モードと、移動する被写体に対して時間遅延積分（TDI）するモードを備えたデバイスが用いられる。

[0027] 画像処理部 1 1 6 は、画像信号記憶部 1 1 6 a と欠陥判定部 1 1 6 b より構成される。画像処理部 1 1 6 は、電子線照射位置（偏向信号）データとステージ位置データを電子光学系制御装置 1 1 3、ステージ制御装置 1 1 5 から各々受け取り、画像検出部 1 1 2 で検出された画像データを被検査試料 1 0 4 上の座標データと関係づけて画像信号記憶部 1 1 6 a に記憶する。欠陥判定部 1 1 6 b は、被検査試料 1 0 4 上の座標が付された画像データと、(1) 予め設定された値との比較処理、(2) 隣接する類似箇所を取得若しくは記憶された画像データとの比較処理、又は、(3) 設計データに基づく画像予測データとの比較処理などを実行することにより、欠陥の有無を判定する。

[0028] 「欠陥有」と判定された場合、欠陥判定部 1 1 6 b は、該当座標を有する画像データの保存処理、欠陥部の詳細な画像特徴に基づいた欠陥種の判定処理等を実行する。前述の欠陥判定で使用する情報（例えば被検査試料 1 0 4 に予め対応付けられている判断基準、ユーザによって設定された基準パラメータや数値等）を、検査装置制御部 1 1 7 から選択する。いずれの方法を用いる場合にも、欠陥判定処理には、検査装置制御部 1 1 7 に予め設定されている判定値と判定方法が使用される。

[0029] 基板検査装置を構成する各部の動作条件は、検査装置制御部 1 1 7 を通じて入出力される。検査装置制御部 1 1 7 を通じ、電子線発生時の(1)加速電圧、(2)照射する電子ビームの電流量、(3)電子線の偏向幅、(4)電子線の偏向速度、(5)試料ステージの移動速度、(6)画像検出装置による画像検出タイミング等々の諸条件が予め入力される。検査装置制御部 1 1 7 は、各要素の制御信号を総括的に制御し、ユーザとのインターフェースを提供する。検査装置制御部 1 1 7 にはモニタ 1 1 8 が接続されている。ユーザは、モニタ 1 1 8 に表示されたインターフェース画面を通じ、検査の内容に応じた上記動作

に係る条件の一部を設定できるようになっている。

[0030] 前述したように、本実施例に係る基板検査装置では、被検査試料 104 の表面電位を安定化する目的だけでなく、被検査基板 104 の内部欠陥を顕在化する目的でも、紫外光を照射する。すなわち、本実施例の基板検査装置には、紫外光照射系 126 が搭載されている。

[0031] 紫外光照射系 126 は、紫外線光源 121、アパーチャ 123、反射ミラー 124 により構成される。紫外線光源 121 は、(1) 単一波長を照射する光源の場合、(2) 必要なエネルギーを含むある範囲のエネルギーを発生させる光源の場合、(3) 分光器により特定エネルギーを選んで照射する光源の場合があり、いずれの光源でも良い。本実施例では、複数の波長の紫外光を被検査試料 104 に照射することを想定する。このため、紫外線光源 121 とアパーチャの 123 の間にバンドパスフィルタ 122 を設け、所定の波長の光を選択できる構造を採用している。紫外光を照射するタイミング及びバンドパスフィルタ 122 の選択は、紫外光制御部 125 に行われる。被検査試料 104 毎に予め登録する紫外光照射条件は、他の条件と同様、モニタ 118 に表示されるインターフェース画面を通じて入力され、検査装置制御部 117 に登録される。

[0032] 図 2 に、紫外光の照射領域と、電子線の照射領域と、画像撮像領域（検査領域）の関係を示す。紫外光照射領域 201 は、電子線照射領域 202 より広い。その理由は、電子線の照射により表面の帯電状態が変化しないようにするためである。検査領域 203 は、電子線照射領域 202 の内側に設定される。図 2 では、紫外光照射領域 201 と電子線照射領域 202 は円状の領域であり、検査領域 203 は矩形の領域であるが、領域の大きさの関係が図 2 に示す関係を満たせば、各領域の形状は任意である。

[0033] 被検査基板 401 がパワー半導体に用いられる基板である場合、その材料には、Si の他に SiC、GaN、Ga203 などが用いられる。これらの基板では、表面異物、マイクロスクラッチ、結晶欠陥等を検査し、良品が取得できない領域を特定したり、良品率（歩留り）を予想したり、欠陥原因に対する対策を施

して不良率を低減していく必要がある。

[0034] (2-1-2) 欠陥の種類

図3に、検査対象である欠陥の特徴例を示す。画像(a)は、基板表面に付着した異物301を示す。画像(b)は、研磨によるマイクロスクラッチ302を示す。画像(c)は、微小なピット303を示す。画像(d)は、積層欠陥304を示す。画像(e)は、表面からは見えない潜傷欠陥305を示す。画像(f)は、転位欠陥306を示す。これらの欠陥は、すべて検出する必要がある。

[0035] 従来では、これらの欠陥の検査に、レーザ光の照射により基板から発生する散乱光を検出する手法が用いられている。従来手法は、表面の形状変化を伴う異物301やマイクロスクラッチ302を検出できるが、表面の凹凸量が少ない他の欠陥は、高感度に検出することができなかった。例えば欠陥が微小なピット303の場合、従来手法では、十分な感度が得られない。また、従来手法は、欠陥の種別が表面に形状異常を伴わない積層欠陥304の一部、潜傷欠陥305、転位欠陥306を検出できなかった。

[0036] ところで、表面から見え難い転位欠陥306は、主に、貫通らせん転位、貫通刃状転位、基底面転位の3種類に分類することができる。本実施例に係る基板検査装置は、この転位欠陥306についても高感度に検査することができる。以下では、従来手法では検査が困難な各種の欠陥を高感度に検査できる理由を説明する。

[0037] (2-1-3) ミラー顕微鏡画像とその形成原理

図4に、ミラー電子顕微鏡の画像形成原理を示す。図4(a)は、表面に凹形状がある場合のミラー電子の軌道を示し、図4(b)は、表面に凸形状がある場合のミラー電子の軌道を示す。前述したように、ミラー電子顕微鏡では、被検査試料401に衝突する直前位置で照射電子線100aを反転させるため、照射電子線100aが有するエネルギーに対して負の電位を被検査試料401に印加する。このため、被検査試料401の直上には電位分布が形成されている。被検査試料401に凹凸、欠陥、局所的な電位差が無い

場合、電位分布は、ほぼ均一で平坦な等電位線となる。

[0038] しかし、図4（a）に示すように、被検査試料401の表面に凹形状402が存在すると、表面の電位分布である等電位線403は凹形状402にあわせて歪む。ミラー電子は等電位線に対して垂直に軌道を取る性質があるため、平坦な箇所では反射するミラー電子404aは、そのまま上方に反射する軌道となるが、等電位線403が下方に歪んだ箇所では反射するミラー電子404bは、等電位線403の歪みの影響で軌道が内側に变化する。一方、図4（b）に示すように、表面に凸形状405が存在する場合には、等電位線403は上方に歪み、凹形状402の場合とは逆方向に歪む。そのため、凸形状405の箇所では反射するミラー電子404bは、等電位線403の歪みの影響で軌道が外側に变化する。

[0039] 図4（c）及び（d）は、試料表面に局所的な帯電が存在する場合である。図4（c）は、局所的にプラスの帯電406が存在する場合における表面の電位分布とミラー電子の軌道を示し、図4（d）は、局所的にマイナスの帯電407が存在する場合の表面の電位分布とミラー電子の軌道を示す。なお、被検査試料401は、相対的に負電位に設定されているため、等電位線403はマイナス電位の電位分布となる。

[0040] 試料表面に相対的にプラスの電位となる箇所が局所的に存在すると、等電位線は図4（c）に示すように下方に歪む。逆に、試料表面に相対的にマイナスの電位となる箇所が存在すると、等電位線は図4（d）に示すように上方に歪む。すなわち、試料表面に局所的な帯電が存在する場合も、試料表面に物理的な凹凸が存在する場合と同様の電位分布となる。等電位線403が下方に歪む場合（すなわち、相対的にプラスの帯電406の場合）、反射するミラー電子404bの軌道は内側に变化し、等電位線403が上方に歪む場合（すなわち、相対的にマイナスの帯電407の場合）、反射するミラー電子404bの軌道は外側に变化する。

[0041] 図5に、軌道変化の違いにより、ミラー顕微鏡画像のコントラストの見え方がどのように変化するかを示す。図5（a）は、表面に凹形状402が存

在する場合におけるミラー顕微鏡画像のコントラストの見え方を示している。上段の画像501は、ミラー電子の合焦点位置をオーバーフォーカス409に設定した場合である。この場合、凹形状部が暗くなる。一方、下段の画像502は、ミラー電子の合焦点位置をアンダーフォーカス408に設定した場合である。この場合、凹形状部は明るくなる。

[0042] 試料表面に凸形状が存在する場合における明暗の見え方は、試料表面に凹形状が存在する場合における明暗の見え方と関係が逆転する。すなわち、ミラー電子の合焦点位置をオーバーフォーカス409に設定した上段の画像503では凸形状部が明るくなり、ミラー電子の合焦点位置をアンダーフォーカス408に設定した下段の画像504では凸形状部が暗くなる。図4の凸形状部を例に見ると、凸形状部の等電位線403は上方向に変化するため、反射電子は広がる。そのため、オーバーフォーカスでは明るく、アンダーフォーカスでは暗く観察されるからである。

[0043] 前述したように、試料表面に物理的な凹凸が存在しなくても、局所的な電位変化が存在すれば、同様の現象を示す。従って、ミラー顕微鏡画像を観察すれば、形状欠陥の場合には凹と凸を画像のコントラストから区別でき、また、形状欠陥ではない内部欠陥の場合には、内部電位がプラスかマイナスかで区別することができる。本実施例の場合、画像処理部116（欠陥判定部116b）が、ミラー顕微鏡画像のコントラストに基づく欠陥判定処理を実行する。なお、電子光学系の焦点が合う面が試料面に対してアンダーフォーカス408の位置であるかオーバーフォーカス109の位置かの情報は、例えば検査装置制御部117から画像処理部116に与えられている。欠陥部の具体的な分類方法については、図16を用いて後述する。表面の欠陥部は明暗とも強いコントラストとなる一方、内部欠陥は中間的な明るさを伴うのが特徴なので、ミラー顕微鏡画像から、形状欠陥と内部欠陥は弁別可能である。

[0044] （2-1-4）検査条件の設定

ここでは、SiC基板を検査する場合について説明する。SiC基板では、図6

に示す手順で基板上に半導体装置としての回路を形成する。まず、バルク基板の導入処理601が実行される。次に、バルク基板の研磨処理602が実行される。以下では、研磨後のバルク基板を「研磨基板」という。この段階では、研磨により発生する表面異物やスクラッチが検査の対象となる。なお、研磨処理602では、潜傷、積層欠陥、転位も発生し易い。

[0045] ところで、電子線の照射に起因する有機物質汚染や金属汚染が基板の表面に存在すると、基板表面にEpi成長膜を正常に成長させることができない。このため、基板の検査時には、電子線を試料に照射させない必要がある。そこで、ミラー電子顕微鏡のように、電子を試料に直接当てることなく直上に反射させる方法が有効となる。

[0046] 研磨処理602の後、基板表面にEpi成長膜を成長させる処理603が実行される。この明細書では、Epi成長膜を表面に成長させた基板をEpi形成基板という。なお、下層に潜傷や転位が存在していた場合、結晶欠陥が発生する。Epi形成基板が形成されると、1層目のパターン形成処理604を実行する。以後、順次上層にn層のパターンを形成する処理605を実行する。処理工程の数、パターンの形状、材料等は半導体の種類によって異なる。

[0047] 最後に、完成した半導体回路の電気特性を評価する処理606を実行し、良品と不良品を判別する。この一連の処理工程を経て、半導体回路が完成する。この一連の処理工程のうち、パターンを形成する前の研磨基板の形成段階（処理602）やEpi成長膜を形成した段階（処理603）で基板の欠陥を高感度に検査すれば、全てのパターンが形成された後の電気特性のテスト段階（処理606）まで不良の有無が不明という状態を回避できるようになる。そこで、本実施例では、Epi成長膜を基板表面に成長させた段階で基板の検査を実施する。

[0048] 以下、SiC基板の検査において、所望の欠陥を高感度に検査するための方法と最適パラメータの設定について説明する。まず、Epi成長膜を成長させた後の基板（Epi形成基板）を、図1に示すミラー電子顕微鏡によって撮像した場合のミラー顕微鏡画像の例を示す。まず、紫外線を照射しない状態で取得さ

れるミラー顕微鏡画像の例を図7（a）に示す。この場合、基板全体701に明るさむらが見られ、画面内に2箇所想定されている欠陥部702及び703のコントラストも弱い。

[0049] 次に、365nmの波長の紫外光を基板表面に照射した状態で、同一箇所をミラー電子顕微鏡で観察した場合に取得されるミラー顕微鏡画像の例を図7（b）に示す。この場合、基板全体701に明るさむらが無くなっている。さらに、欠陥部702及び703のコントラスト差も大きくなった。特に欠陥部703は、紫外光を照射しない場合には認識自体が困難であったが、365nmの波長の紫外光の照射により明確に認識できるようになった。

[0050] 発明者らが、図7（b）に示すミラー顕微鏡画像が得られている状態で紫外光の照射をオフしたところ、ミラー顕微鏡画像は図7（a）に示す画像に戻った。また、再び紫外光の照射をオンしたところ、ミラー顕微鏡画像は図7（b）に示す画像に戻った。この現象を通じ、紫外光を照射している間だけ、ミラー顕微鏡画像のコントラストが大きくなることが判明した。

[0051] ところで、紫外光の照射により表面の明るさむらが低減する現象は、不均一な帯電状態が均一になるためと解釈できるが、この解釈では、欠陥部のコントラスト差が大きくなる現象を説明できない。そこで、発明者らは、照射する紫外光の波長を数段階に亘って変化させることで、欠陥の見え方の違いを評価した。図8に、評価結果を示す。図8は、紫外光の波長を、180nmから380nmの範囲のうち、365nm、283nm、268nm、230nm、180nmについて、予め判明している積層欠陥部を観察した結果である。

[0052] ・波長365nmは、励起させるバンドギャップのエネルギーが3.40eVに相当する。この波長でのSiC膜への侵入深さは120 μ m相当になる。

[0053] ・波長283nmは、励起させるバンドギャップのエネルギーが4.38eVに相当する。この波長でのSiC膜への侵入深さは約3 μ m相当になる。

[0054] ・波長263nmは、励起させるバンドギャップのエネルギーが4.63eVに相当する。この波長でのSiC膜への侵入深さは約1 μ m相当になる。

[0055] ・波長230nmは、励起させるバンドギャップのエネルギーが5.39eVに相当する

。この波長でのSiC膜への侵入深さは約 $0.1\mu\text{m}$ 以下になる。

[0056] ・波長 180nm は、励起させるバンドギャップのエネルギーが 6.4eV に相当する。

[0057] これらの波長の紫外光を順次照射しながら、同一箇所についてミラー顕微鏡画像を取得し、基板と欠陥の見え方を比較した。その結果、波長が 365nm の場合と 283nm の場合においては、欠陥部 801 及び 802 のコントラストが高くなり、かつ、内部欠陥と思われる影 803 及び 804 も観察された（図8（a）、（b））。一方、波長が 268nm の場合と 230nm の場合においては、表面近傍の欠陥部 801 及び 802 は、図8（a）及び（b）の場合と同様に、高いコントラストを得ることができた。しかし、内部欠陥と思われる影 803 及び 804 は、だんだんコントラストが低下し、波長が 230nm の条件で観察したミラー顕微鏡画像では影を確認できなかった（図8（c）（d））。

[0058] なお、本実施例では、紫外光の波長範囲を 182nm 以上 380nm 以下の範囲とするが、この範囲外である波長が 180nm の紫外光を照射しながらミラー顕微鏡画像を取得すると、全体が均一に明るい画像となり、欠陥部 801 及び 802 を認識することも困難となった（図8（e））。

[0059] 図9を用い、上記の実験結果に対する発明者らの考察結果を説明する。図9は、図8に示す個々のミラー顕微鏡画像の取得時に、欠陥に生じる現象を模式的に示す図である。すなわち、図9は、図8で説明した各波長の紫外光の照射と欠陥に生じる現象との関係を模式的に示す図である。断面図である図9に示すように、欠陥 901 は、基板表面から内部方向に、約 $10\mu\text{m}$ 前後の深さ 903 まで及んでいると考察した。

[0060] ・図9（a）は、紫外光の波長が 365nm の場合の現象を説明する模式図である。この波長の場合、欠陥の深さ 903 の最深部である $10\mu\text{m}$ より深くまで紫外光が到達でき、その結果、欠陥の全域に沿ってキャリアである電荷 902 が発生し、同時にトラップされたと考えた。

[0061] ・図9（b）は、紫外光の波長が 283nm の場合の現象を説明する模式図である。この波長の場合、紫外光の侵入深さは約 $3\mu\text{m}$ まで浅くなると考えられる。

このため、キャリアが発生してトラップされる範囲も、基板表面から約 $3\mu\text{m}$ の深さまでであったと考察した。

[0062] ・図9(c)は、紫外光の波長が268nmの場合の現象を説明する模式図である。この波長の場合、紫外光の侵入深さは $1\mu\text{m}$ まで浅くなり、その分、キャリアがトラップされる深さも浅くなったと考察した。

[0063] ・図9(d)は、紫外光の波長が230nmの場合の現象を説明する模式図である。この波長の場合、基板の極表面にしかキャリアが発生しないため、表面付近の欠陥のみが電位変化として観察されたと考察した。

[0064] ・図9(e)は、本実施例の波長条件外である180nmの波長の紫外光を照射した場合の現象を説明する模式図である。この場合、SiC基板より光電子904が発生し、全体に明るくなり、欠陥のコントラストが著しく低下し、欠陥の認識が困難となったと考察した。これは、光電子の発生により、欠陥にトラップされたキャリアが発散してしまったためと思われる。

[0065] 以上の考察結果より、発明者らは、紫外光照射の最適検査条件を波長365nmと設定した。本実施例では、深さ $10\mu\text{m}$ 程度の積層欠陥をターゲットに最適条件を探索したため、最適検査条件の波長が365nmとなったが、検査の対象となる欠陥種及びその予想深さにより最適な波長条件は異なる。そこで、発明者らは、紫外線の波長範囲を、182nm以上380nm以下とした。本実施例の検査装置制御部117には、欠陥種及び／又は予想深さと最適な紫外線の波長条件との関係が、テーブル形式で不図示の記憶領域に格納されている。なお、検査の対象となる欠陥種及びその予想深さの情報は、例えばユーザがインターフェース画面を通じて入力する。

[0066] さらに、発明者らは、画像取得時に照射する紫外光の最適な波長が決まった後に、当該条件で紫外光を照射しながら、被検査試料に印加する電圧を微調整した。これは、できるだけ被検査試料の表面近傍でミラー電子を反射させた方が表面の電位変化に対して感度が高くなるためである。すなわち、欠陥の有無に対する感度を向上させることを目的としている。

[0067] 被検査試料に対する電圧の印加は、図1の試料電圧制御部109が行う。

もっとも、試料電圧制御部 109 が印加する電圧は、検査装置制御部 117 を通じて設定される。ユーザは、モニタ 118 を通じて、被検査試料に印加する電位の目標値を入力し、当該電位に対してプラス方向とマイナス方向に電位を変化させる範囲と、その変化のピッチを入力する。例えば目標値を-3kV とする場合に、-3.2kV から-2.8kV の範囲を0.02kV きざみで変化させながら各々の画像データを取得し、その際の明るさの変化を測定するように指示を入力する。この場合、-3.20kV、-3.18kV、…と段階的に試料電位が変化し、その都度、ミラー顕微鏡画像を取得する。

[0068] 画像取得の際には、電子銃 101 から放出された照射電子線 100a が被検査試料 104 の表面近傍で反射され、反射した電子線 100c が画像検出部 112 で検出される。画像検出部 112 を通じて検出されたミラー顕微鏡画像として画像処理部 116 に保存される。本実施例の場合、保存されたミラー顕微鏡画像のうち所定の領域部分の平均明るさを算出する機能が検査装置制御部 117 に搭載されている。

[0069] 照射エネルギーが3keVの照射電子線 100a を照射した場合、当該電子線はマイナスのため、-3.20kV に印加された試料電位により斥力が作用し、試料面に対して上方に反射される。全ての電子がミラー反射されている間は、明るさは一定のレベルとなる。しかし、照射する電子線のエネルギーはばらつきを有する場合があります、電源の精度により、電子のエネルギーや試料電位が微妙な誤差を有する場合があります。そのため、電子線のエネルギーと試料表面の負電位がほぼ同じ程度に近づくと、大半の電子はミラー反射するが、一部の電子は試料表面に照射されるようになる。試料表面に電子線が照射されると二次電子が発生するが、その量はミラー反射する電子に比べて少ない。ただし、取得されるミラー顕微鏡画像は、全部の電子がミラー反射した場合に比べて明るさが低下する。

[0070] 一方、試料電位をプラス側に変化させると、試料表面に照射される電子の量が増え、さらにミラー顕微鏡画像の明るさが低下する。この動作を繰り返した後、全ての電子が被検査試料に照射されるようになると、ミラー顕微鏡

画像の明るさは変化しなくなる。この様子を図10に示す。図10に、被検査試料に印加する電圧を変化させた際のミラー顕微鏡画像（ミラー電子像）の明るさ変化を示す。グラフの横軸が被検査試料に印加する負の電圧の大きさ、縦軸がミラー顕微鏡画像の明るさを示す。なお、印加する負の電圧の絶対値は、横軸の左側ほど大きく、横軸の右側ほど小さいものとする。

[0071] 被検査試料の電位が照射電子線の電位よりも負側の場合には、電子はミラー反射する。このため、ミラー顕微鏡画像の明るさはレベル1001で安定している。被検査試料への負の印加電圧を徐々にプラス側に変化させると、やがて、明るさが変化し始めるポイント1002に達する。このポイントでは、前述したように、照射している電子の全てが反射せず、一部が試料表面に当たるようになり、その結果、反射するミラー電子の量が減り始める。さらに印加電圧をプラス側に変化させると、ミラー顕微鏡画像の明るさは徐々に暗くなり、ある一定のレベルで変化が少なくなるポイント1003に達する。このポイント以上は、印加電圧を大きくしてもミラー顕微鏡画像の明るさは変わらず、照射電子の全てが試料表面を照射する領域1004になる。

[0072] 以上より、被検査試料に印加している負の電圧を徐々にプラス側に変化させた場合に、ミラー顕微鏡画像の明るさが変化を開始するポイント1002の直前の電圧が、最も試料表面の近傍で電子を反射させる。この場合、電子が、試料表面の電位変化を示す等電位線に近いところで反射するため、結果として等電位線の変化に対して影響を受け易くなり、表面電位の変化に対して高感度な条件を設定することができる。

[0073] また、発明者らは、図10の最適範囲1005に当たる電圧（ポイント1002からマイナス側に一定範囲内の電圧）を、感度と安定性を両立できる条件として設定する。すなわち、試料印加電圧の最適値とする。この感度と安定性を両立できる範囲を求めるために、各印加電圧とその前後でミラー顕微鏡画像の明るさの平均を算出することで明るさのばらつき影響を抑制し、さらに該明るさの平均の変化を求め、変化率が一定以上になる点を、変化が開始するポイント1002とした。本実施例では、ポイント1002の接線

と明るさに変化がないレベル 1001 の接線との交点から -5eV 以下と前記交点から -100eV 以下の範囲を最適範囲 1005 とした。

[0074] この最適範囲 1005 は、感度を決める際にユーザが目的や試料の状態、必要な感度に応じて任意に変えることができる。最適条件を求めない場合には、目標値である -3kV に対し -100eV のように一定の量をマイナス側にして評価すれば良い。これらの試料印加電圧の最適化機能は、例えば検査装置制御部 117 に搭載する。

[0075] 以上説明した画像取得条件が決定した後に、発明者らは、実際にミラー顕微鏡画像を取得し、欠陥の有無を判定する条件を最適化した。ここでは、欠陥判定を最適化する手順を説明する。まず、被検査基板の所定領域について撮像されたミラー顕微鏡画像を画像処理部 116 に転送し、記憶部に保存する。

[0076] 保存されたミラー顕微鏡画像の一例を図 11 に示す。図 11 (a) は、第 1 の基板の画像であり、図 11 (b) は、同一種類の第 2 の基板の画像である。さらに、図 11 (c) は、前述の第 1 及び第 2 の基板とは別種類の第 3 の基板の画像である。これらの画像のうち所定箇所 1101 (図中点線で示す) の明るさプロファイルを引き出して描画したのが図 11 (d)、図 11 (e)、図 11 (f) である。

[0077] 第 1 の基板に対応する図 11 (a) に示す画像と第 2 の基板に対応する図 11 (b) に示す画像の場合、明るさのレベルが多少異なるものの、明るさのばらつき 1102 及び 1103 は、ほぼ同レベルである。一方、膜種や加工条件が異なる第 3 の基板に対応する図 11 (c) に示す画像の明るさプロファイルは、明るさのレベルが異なるだけでなく、画像の面内におけるばらつき 1104 が大きくなっている。これらの多様な状態が想定されるミラー顕微鏡画像に基づいて、欠陥箇所と欠陥でない箇所を自動的に弁別可能するために、発明者らは、まず明るさの平均値を規格化することを提案する。次に、膜種毎に明るさのばらつきが異なるため、発明者らは、膜種毎にばらつきの許容範囲を決定することを提案する。

[0078] ここでは、図 11 (d) の許容範囲 1105 と図 11 (f) の許容範囲 1106 を、欠陥の有無を判定する際に使用するしきい値とした。明るさばらつき 1102、1103 及び 1104 は、基板毎に又は同一基板の場所毎に変動することを想定し、同一種の基板である第 1 の基板と第 2 の基板については、許容範囲 1105 (すなわち、しきい値) をばらつき 1102 及び 1103 よりも大きい範囲に設定した。同様に、第 3 の基板の膜種については、許容範囲 1106 (すなわち、しきい値) を、ばらつき 1104 よりも大きい範囲に設定した。

[0079] なお、許容範囲は、別の方法を使用して設定することもできる。例えば被検査基板毎にミラー顕微鏡画像を取得し、図 12 に示すように、隣接画像間で画像信号を比較することにより、許容範囲を決定する方法も考えられる。まず、図 11 の場合と同様、被検査基板毎に明るさをある一定のレベルに規格化する。その後、被検査基板内の第 1 の領域についての画像 (a) と、隣接する第 2 の領域についての画像 (b) とを比較し、差信号 1201 を計算する。隣接領域と比較することで、明るさや面内ばらつきの変化を小さくすることができる。画像 (c) に示す差信号 1201 に対し、許容レベル 1202 を設定することで、ばらつきの範囲と欠陥を判定することができる。これらの方法により、欠陥判定のしきい値を調整し、所望の欠陥を検出し、ばらつきは検出しない画像処理条件を選択した。この欠陥有無を判定する条件を最適化する機能は、例えば画像処理部 116 に搭載する。

[0080] (2-1-5) 検査処理

前述の検査条件の設定の後、基板検査装置による被検査基板の検査を開始する。図 13 に、検査処理手順を示す。まず、モニタ 118 に表示されるインターフェース画面を通じ、検査条件を入力する(ステップ 1301)。検査条件とは、被検査基板を特定する情報 (例えばウエハを特定するカセット又はフープ内のスロット、ウエハの ID (例えばロット番号、ウエハ番号))、レシピ名 (紫外光の照射条件、ビーム条件、被検査基板に印加する負の電圧値等)、被検査領域、検査結果出力内容や形式、検査実施後のレビューや

画像保存に関する指示内容等である。

- [0081] 例えば4インチのSiC基板に存在する深さ20 μ mまでの欠陥を検出したい場合、ユーザは、電子線の照射時に波長350nmの紫外光を照射する条件が設定された「光学条件A」を選択する。また、ユーザは、高感度に欠陥の電位を測定するために、前述したように試料印加電圧の最適化を指示するモードを「オン(ON)」に設定する。もっとも、検査対象となる深さと当該深さを検査するために最適な紫外光の波長を対応づけた関係が予めハードディスクなどの記憶部に記憶されている場合には、ユーザは、検査対象としたい深さを選択又は入力するだけで、これらの光学条件を自動的に設定することができる。
- [0082] 次に、ユーザは、ウエハサイズと、ウエハの中央と周辺5箇所の計6箇所の20mm x 20mmの領域を設定する「領域条件B」を選択する。さらに、ユーザは、検査結果出力内容として、被検査領域の欠陥座標リスト、欠陥マップ、欠陥と認識された箇所の画像を自動的に保存し、外部サーバに転送することを設定する「出力様式C」を選択する。これらの条件を組み合わせたものが検査レシピである。ユーザは、SiC基板の検査レシピDというレシピ名を選択し、このレシピ名をモニタ118から入力する。
- [0083] これら条件の入力後、ユーザは、インターフェース画面を通じ、検査スタートを指示する(ステップ1302)。検査スタートが指示されると、カセット又はフープより指定されたスロットのウエハが試料交換室に自動的に搬送され、ホルダに搭載される。この後、試料交換室が真空引きされ、真空が所定のレベルに達したら試料室(チャンバ)内にホルダごとウエハが搬送される(ステップ1303)。試料室内にウエハがロードされると、基板検査装置は、試料ステージ108に負電位を印加し、検査レシピDで指定された条件で紫外光を照射する(ステップ1304)。紫外光は、連続的に照射すること、電子線画像を取得する直前に照射し、電子線を照射しない間は照射をオフすることもできる。本検査では、前記のとおり、波長365nmの紫外光を照射することとした。
- [0084] 次に、基板検査装置は、照射する電子線の状態を校正する(ステップ130

5)。電子線の量を、電流により調整し、次に位置や歪みの状態を補正する。この補正には、試料ステージ108に設置されている標準パターンなどを使用する。本実施例では、焦点条件をアンダーフォーカスになるように設定した。ビーム校正の終了後、基板検査装置は、位置情報を校正する(ステップ1306)。欠陥の有無を検査する段階では、通常、基板の表面にパターンが形成されていない。そこで、この段階では、被検査基板の中心位置と、結晶方向を特定するためのノッチやオリエンテーションフラットを用いて回転方向の位置を特定し、一つ一つの検査領域や欠陥の座標を特定する。

[0085] 次に、基板検査装置は、ミラー顕微鏡画像の明るさレベルが所定のレベルになるように検出系のゲインやオフセットを調整する(ステップ1307)。前述したように、明るさや信号レベルに対して判定用のしきい値を設定している。このため、常に同じ条件の画像を取得できるようにするための調整処理を設ける。

[0086] これらの事前準備の完了後、基板検査装置は、検査を開始する(ステップ1308)。この処理ステップでは、画像取得とステージ移動が繰り返され、所定の領域の画像が取得される。本実施例では、ステージが静止した状態で画像を取得し、次の検査位置にステージが移動して静止すると、次の画像を取得する。すなわち、順次画像を取得する。もっとも、ステージを連続移動させながらリアルタイムで画像を撮像し、撮像されたミラー顕微鏡画像を保存する方法もある。

[0087] また、この処理ステップでは、欠陥の有無を判定する処理も実行される。本実施例の場合、保存された画像に基づいて、画像処理部116等の計算機が欠陥の有無を順次判定し、結果を出力する。もっとも、専用の画像処理基板を用いて、リアルタイムで欠陥の有無を判定しても良い。

[0088] 検査が終了すると、基板検査装置は、欠陥の種類や有無を確認するレビュー処理を実行する(ステップ1309)。このレビュー処理では、取得した画像の保存処理に加え、別の撮像条件による画像の再取得等も必要に応じて実施される。もっとも、レビュー処理自体は、その実施をスキップしても良

い。また、この処理ステップでは、検査結果のマップ出力、画像転送、位置情報の数値データ出力等も実施される。最後に、ウエハを元のカセット又はフープのスロット位置にアンロードし（ステップ1310）、検査を終了する（ステップ1311）。

[0089] 図14に、検査結果の出力例を示す。図14では、被検査基板の形状や大きさを示すサイズの円1401に対し、検出された欠陥の位置情報が点1402としてプロットされている。点1402の1つ1つが別の欠陥を示している。この欠陥の座標を出力することにより、当該座標の欠陥について、別の検査装置を用いたさらに詳細な検査の実施が可能になる。

[0090] 検査で欠陥と判定された箇所をミラー電子顕微鏡で観察すると、異物や残渣は凸形状のため明るくなり、他は暗くなった。図15に、欠陥の画像例を示す。例えば欠陥1501は明るく検出されているが、他の欠陥1502、1503、1504、1505はいずれも暗くなっている。従って、ミラー電気顕微鏡画像内の明暗により、教示無しでも、異物及び残渣と、他の各種欠陥（積層欠陥、スクラッチ、ピット、転位等）を分離できるようになった。

[0091] 次に、暗く見える欠陥の特徴を観察した結果を図16に示す。図15で明るく見えた欠陥1501の模式図を図16（a）に示し、図中の破線方向の明るさプロファイルを図16（a）'に示す。この欠陥は、基板表面に対して凸形状であるため、基板の明るさに対して欠陥部が明るくなっている。

[0092] 図15で暗い点として見えた欠陥1502の模式図を図16（b）に示し、図中の破線方向の明るさプロファイルを図16（b）'に示す。暗い円形に見えているので、この欠陥は、基板表面に対して凹形状であることが推測される。さらに、図15で暗く検出された欠陥1503、1504、1505の模式図を、それぞれ図16（c）、（d）、（e）に示し、図中の破線方向におけるそれぞれの明るさプロファイルを図16（c）'、（d）'、（e）'に示す。

[0093] これらの欠陥は、いずれも暗く見える点で共通しているが、例えば欠陥1

503（図16（c）、（c）'）では、暗い円形の周りに楕円状の影のようなグラデーションが見えている。欠陥1504（図16（d）、（d）'）では、暗い楕円にライン状の影のようなグラデーションが見えている。このように、欠陥毎に見え方が異なるため、被検査基板をエッチング処理し、表面を電子顕微鏡で観察することにより、内部欠陥が発生しているかどうかを調べた。欠陥1501（図16（a））は、エッチングにより除去されてしまったため、表面に付着していた異物であったことが分かった。これに対し、欠陥1502（図16（b））は、基板内部に凹み形状が発生しているピットとよばれる欠陥であることが分かった。他方、欠陥1503（図16（c））は、ピットと同様のピンホールに加え、その周囲もエッチングで削れたことから、貫通らせん転位と呼ばれる結晶欠陥であると同定された。欠陥1504（図16（d））は、ごく微小な結晶欠陥が内部まで発生しており、基底面転位と呼ばれる結晶欠陥であることが分かった。さらに欠陥1505（図16（e））は、極微細で均等にエッチングされており、その特徴から貫通刃状転位であることが分かった。このように、欠陥の種類により、ミラー顕微鏡画像での欠陥の見え方に特徴があることが分かった。

[0094] さらに、楕円やライン状に影があるように見えた欠陥1503、1504の向きとSiC基板の結晶の方向の関係について調べたところ、図17に示すように、図16（c）の貫通らせん転位は、図17の欠陥1703に相当し、結晶形成の下流方向に影が発生していることが分かった。また、図16（d）の基底面転位は、図17の欠陥1704に相当し、結晶形成の上流に影があることが分かった。

[0095] 本実施例の画像処理部116は、これらの結果に基づいて、図16のプロファイルの特徴を自動的に区別できる機能を搭載する。具体的には、以下に示す条件に基づいて、欠陥を分類する。画像処理部116は、まず、欠陥と判定された箇所（所定の明るさの差異が検出された領域の全体）について、画素毎に明るさ情報を抽出する。

[0096] 次に、画像処理部116は、ノイズの影響を抑制するためにスムージング

処理を実施する。周囲の平均明るさに対して欠陥部の明るさが明るい場合、画像処理部 116 は、当該欠陥部は、基板表面に対して凸形状の欠陥と仮判定する。欠陥部の明るさが、周囲の平均明るさAに対して暗い場合、画像処理部 116 は、以下の処理を順番に実行する。

- [0097] (1) 欠陥と思われる領域の最も明るい／暗い箇所P1を特定する。
- [0098] (2) 最も明るい／暗い箇所P1の明るさ差分D1を求める。
- [0099] (3) 欠陥領域の長手方向のサイズLA1を測定する。
- [0100] (4) 長手方向に対して直交する方向のサイズLA2を測定する。
- [0101] (5) 前記最も暗い箇所P1を起点に長手方向のサイズLA1をL11とL12に分割する。
- [0102] (6) 前記最も暗い箇所P1を起点に、長手方向に対して直交する方向のサイズLA2をL21とL22に分割する。
- [0103] 以上のステップを経た後に、欠陥領域中の最も明るい又は暗い点の明るさと、欠陥領域の形状（より具体的には、長手方向と長手方向に直交する方向の長さ比）とにより、欠陥を分類する。より具体的には、以下の手順で欠陥を分類する。なお、以下では、図 16 に示す 5 種類の欠陥の分類法について記載するが、それ以外についても同様の手法にて分類可能である。また、本実施例に記載以外の分類手順を追加しても良いし、以下に記載するしきい値は任意に変更されてもよい。
- [0104] (1) 平均明るさAに対する最も明るい／暗い箇所P1の明るさ差分D1がプラスの場合には明欠陥、マイナスの場合には暗欠陥に分類する。
- [0105] (2) 明欠陥は、表面に凸形状又は異物と分類しても良い。
- [0106] (3) 暗欠陥であって、さらに、（平均明るさAに対する最も明るい／暗い箇所P1の明るさ差分D1）－（所定の明るさB）がプラス、かつ、LA2/LA1の比が70%以上の場合には、図 16（e）の貫通刃状転位に分類する。
- [0107] (4) 暗欠陥であって、さらに、（最も明るい／暗い箇所P1の明るさ差分D1）－（所定の明るさB）がマイナス、かつ、所定の明るさCにおける欠陥の長手方向サイズLC1と所定の明るさBにおける欠陥の長手方向サイズLB1の差分の

LA1に対する比率が50%以下であり、かつ、LA2/LA1の比が70%以上であり、かつ、L11/L12の比が70%以上130%以下の場合には、図16(b)に示す凹み、すなわちピット欠陥と分類する。

[0108] (5) 暗欠陥であって、さらに、上記の(3)又は(4)に分類されない欠陥であり、かつ、(平均明るさAに対する最も明るい／暗い箇所P1の明るさ差分D1)－(所定の明るさB)がマイナス、かつ、所定の明るさCにおける欠陥の長手方向サイズLC1と所定の明るさBにおける欠陥の長手方向サイズLB1の差分のLA1に対する比率が30%以上であり、かつ、L11/L12の比が3以上の場合には、図16(d)に示す基底面転位であると分類する。

[0109] (6) 暗欠陥であって、さらに、上記の(3)又は(4)に分類されない欠陥であり、かつ、(平均明るさAに対する最も明るい／暗い箇所P1の明るさ差分D1)－(所定の明るさB)がマイナス、かつ、所定の明るさCにおける欠陥の長手方向サイズLC1と所定の明るさBにおける欠陥の長手方向サイズLB1の差分のLA1に対する比率が30%以上であり、かつ、L11/L12の比が3未満の場合には、図16(c)に示す貫通らせん転位と分類する。

[0110] このように、本実施例の画像処理部116は、欠陥部について取得されたミラー顕微鏡画像の中から最も暗い箇所を特定し、影のように見えるコントラストやグラデーション部分を含めた長さの特徴及び位置関係を数値化し、数値の関係や結晶成長の向きに対する長さの関係より欠陥種を自動的に分類する。

[0111] (2-1-6) 実施例により得られる効果

本実施例に係る基板検査装置では、積層基板であるSiC基板において、その表面の欠陥に加え、その内部の欠陥についても高感度に検出することができる。特に、ピットや転位の検出感度を向上でき、従来の検査手法では検出できない欠陥を顕在化できる。このように、本実施例に係る基板検査装置では、各種の欠陥を自動検査できるため、結晶製造プロセスを改善することに寄与することができる。

[0112] また、本実施例に係る基板検査装置は、基板を研磨した際に生じる潜傷を

高感度に検知できるため、研磨プロセスを改善するためのフィードバックを製造工程の早い段階で実施することができる。同様に、積層膜形成や温度プロセスの最適化のためのフィードバックも製造工程の早い段階で実施することができる。また、不良が多い基板に対し、良品率を予測することができるようになる。また、不良が多い基板を除くことで、無駄な製造コストを削減することができるようになる。また、この技術によって品質が管理された基板を適用することで、半導体装置の品質を一段と向上することができ、半導体装置等の信頼性を高めると共に不良率を低減するまでに要する期間を短縮することができる。

[0113] (2-2) 実施例2

前述の実施例1においては、紫外光の波長365nmに設定し、基板の欠陥を検査した。これに対し、本実施例では、まず、第1の波長365nmの紫外光を照射して基板の欠陥を検査し、続いて同一の被検査基板に対して第2の波長230nmの紫外光を照射して基板の欠陥を検査する。その結果、図18(a)及び(b)に示すように、2つの検査結果が得られた。

[0114] 図18(a)の例では50個の欠陥が検出され、図18(b)の例では30個の欠陥が検出された。検出個数の違いは、第2の波長230nmの紫外光を用いた検査(図18(b))では被検査試料の表面近傍の欠陥のみが検出されるのに対し、第1の波長365nmの紫外光を用いた検査(図18(a))では被検査基板の内部方向に10 μ m程度までの欠陥が検出されるからである。すなわち、図18(a)は表面の欠陥と内部欠陥の両方が検出され、図18(b)は表面の欠陥だけが検出されているからである。

[0115] そこで、本実施例に係る画像処理部116には、2つの検査結果を比較する処理と、2つの検査結果の同一座標に出現する欠陥を表面付近の欠陥と判定する処理と、図18(a)だけで検出された欠陥を内部欠陥と判定する処理とを実行する機能を搭載する。この機能の搭載により、欠陥種別の弁別が実施例1に比べて容易になる。また、本検査以外の波長を複数組み合わせると同様に検査を行い、検査結果の一致しない箇所を抽出すれば、欠陥の深さも

同定することができる。

[0116] 本実施例に係る基板検査装置の使用により、積層基板であるSiC基板において、表面だけでなく内部の欠陥についても高感度に検出することができる。また、欠陥の深さ方向を、断面解析することなく同定することができるため、欠陥種の特特定が容易になる。これにより、不良要因の特特定や基板製造プロセスの改善を早い段階で実施することが可能になり、不良低減に寄与できるようになる。

[0117] (2-3) 実施例3

前述の実施例1及び2においては、専ら一次的に基板の欠陥を検出する基板検査装置について説明したが、前述の技術は、他の基板検査装置から欠陥座標を取得して欠陥を検査するレビュー装置にも適用することができる。このため、レビュー装置としての基板検査装置には、図1に示す装置構成に加え、予め画像を撮像する箇所の位置情報を外部装置との間で授受する通信ユニットを搭載する。なお、本実施例の場合、ステージ制御部115は、レビュー位置に指定された座標位置に被検査試料104を位置決めし、前述の検査動作を開始すれば良い。本実施例によれば、レビュー装置による欠陥の検査精度を高めることができる。

[0118] (2-4) 他の実施例

本発明は、上述した実施例の構成に限定されるものでなく、様々な変形例を含んでいる。例えば前述の実施例では、本発明を分かりやすく説明するために、一部の実施例について詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備える必要は無い。また、前述の実施例の構成に他の構成を追加し、他の構成で置換し、又は、実施例の一部構成を削除することも可能である。

[0119] また、前述の実施例における処理部や制御部が実行する機能の一部又は全部を、例えば集積回路その他のハードウェアとして実現しても良い。なお、処理部や制御部の機能の実現に使用するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリ、ハードディスク、SSD (Solid State Drive) 等の記憶装

置、ICカード、SDカード、DVD等の記憶媒体に格納することができる。

[0120] また、制御線や情報線は、説明上必要と考えられるものを示すものであり、製品上必要な全ての制御線や情報線を表すものでない。実際にはほとんど全ての構成が相互に接続されていると考えて良い。

符号の説明

[0121] 100a…照射電子線、100b…クロスオーバー、100c…反射した電子線、100d…クロスオーバー、101…電子銃、102…コンデンサレンズ、103…E x B偏向器、104…被検査試料、105…電子銃制御装置、106…E x B偏向器、107…対物レンズ、108…試料ステージ、109…試料電圧制御部、110…中間レンズ、111…投影レンズ、112…画像検出部、112a…蛍光板、112b…光学画像検出装置、112c…光学像伝送系、113…電子光学系制御装置、115…ステージ制御装置、116…画像処理部、116a…画像信号記憶部、116b…欠陥判定部、117…検査装置制御部、118…モニタ、121…紫外線光源、122…バンドパスフィルタ、123…アパーチャ、124…反射ミラー、125…紫外光制御部、126…紫外光照射系。

請求の範囲

- [請求項1] 電子源から放出された電子線を、試料上の視野を含む範囲に照射する電子光学系と、
- 前記電子線が前記試料に到達する前に反射される強度の電圧を前記試料に印加する電圧印加ユニットと、
- 前記電圧の印加により反射された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結像光学系と、
- 取得された前記ミラー電子像を用いて前記試料の欠陥を検出する演算ユニットと、
- 182nm以上380nm以下の範囲で任意に設定された波長の紫外光を、前記電子線の照射中に、前記電子線の照射範囲を含む範囲に照射する紫外光照射ユニットと、
- を有する基板検査装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の基板検査装置において、
- 前記電子光学系は、前記電子線を面状に形成して前記試料に照射する
- ことを特徴とする基板検査装置。
- [請求項3] 請求項1に記載の基板検査装置において、
- 前記紫外光照射ユニットは、前記紫外光の波長を200nm以上300nm以下の範囲で任意に設定できる
- ことを特徴とする基板検査装置。
- [請求項4] 請求項1に記載の基板検査装置において、
- 前記電子光学系は、前記電子光学系の焦点面を、前記試料に対してアンダーフォーカス条件又はオーバーフォーカス条件に設定して前記ミラー電子像を取得する
- ことを特徴とする基板検査装置。
- [請求項5] 請求項4に記載の基板検査装置において、
- 前記演算ユニットは、前記アンダーフォーカス条件で取得した前記

ミラー顕微鏡画像における欠陥部のコントラスト、又は、前記オーバーフォーカス条件で取得した前記ミラー電子画像とにおける欠陥部のコントラストにより、表面の異物と内部欠陥を区別する

ことを特徴とする基板検査装置。

[請求項6]

請求項1に記載の基板検査装置において、

前記試料は、SiC基板、GaN基板、又はGa₂O₃基板のいずれかであることを特徴とする基板検査装置。

[請求項7]

請求項1に記載の基板検査装置において、

前記試料は、Epi成長膜が形成された基板であることを特徴とする基板検査装置。

[請求項8]

請求項1に記載の基板検査装置において、

前記演算ユニットは、貫通らせん転位、貫通刃状転位、基底面転位を区別する欠陥分類部を有する

ことを特徴とする基板検査装置。

[請求項9]

請求項1に記載の基板検査装置において、

前記演算ユニットは、第1の波長の紫外光を照射しながら取得した第1のミラー電子像により検出された欠陥と、前記第1の波長とは異なる第2の波長の紫外光を照射しながら取得した第2のミラー電子像により検出された欠陥とを比較して、欠陥の種類を判別する

ことを特徴とする基板検査装置。

[請求項10]

請求項1に記載の基板検査装置において、

前記演算ユニットは、前記ミラー電子像における前記欠陥の領域のうち明暗の情報に基づいて決定した最も暗い箇所から、前記欠陥の領域の最外周までの距離を少なくとも2つの方向に測定し、当該測定された各方向の距離の比に基づいて前記欠陥の種類を判別する

ことを特徴とする基板検査装置。

[請求項11]

請求項1に記載の基板検査装置において、

前記電圧印加ユニットは、前記試料に印加する電圧を複数の条件に

変更可能であり、

前記演算ユニットは、前記複数の条件の各々における前記ミラー電子像の明るさを監視して、前記ミラー電子像の明るさが変化し始めるときの電圧を前記試料に印加される電圧として決定することを特徴とする基板検査装置。

[請求項12]

請求項1の基板検査装置において、

予め画像を撮像する箇所の位置情報を外部装置との間で授受するユニットと、

前記位置情報に基づいて特定される座標位置が前記視野に含まれるように、前記試料を位置決めするステージ制御部とを更に有することを特徴とする基板検査装置。

[請求項13]

電子源から放出された電子線を、試料上の視野を含む範囲に照射するステップと、

前記電子線が前記試料に到達する前に反射される強度の電圧を前記試料に印加するステップと、

182nm以上380nm以下の範囲で任意に設定された波長の紫外光を、前記電子線の照射中に、前記電子線の照射範囲を含む範囲に照射するステップと、

前記電圧の印加により反射されたミラー電子を結像してミラー電子像を取得するステップと、

取得された前記ミラー電子像を用いて前記試料の欠陥を検出するステップと、

を有する基板検査方法。

[請求項14]

請求項13に記載の基板検査方法において、

前記試料の欠陥を検出するステップは、第1の波長の紫外光を照射しながら取得した第1のミラー電子像により検出された欠陥と、前記第1の波長とは異なる第2の波長の紫外光を照射しながら取得した第2のミラー電子像により検出された欠陥とを比較して、欠陥の種類を

判別する

ことを特徴とする基板検査方法。

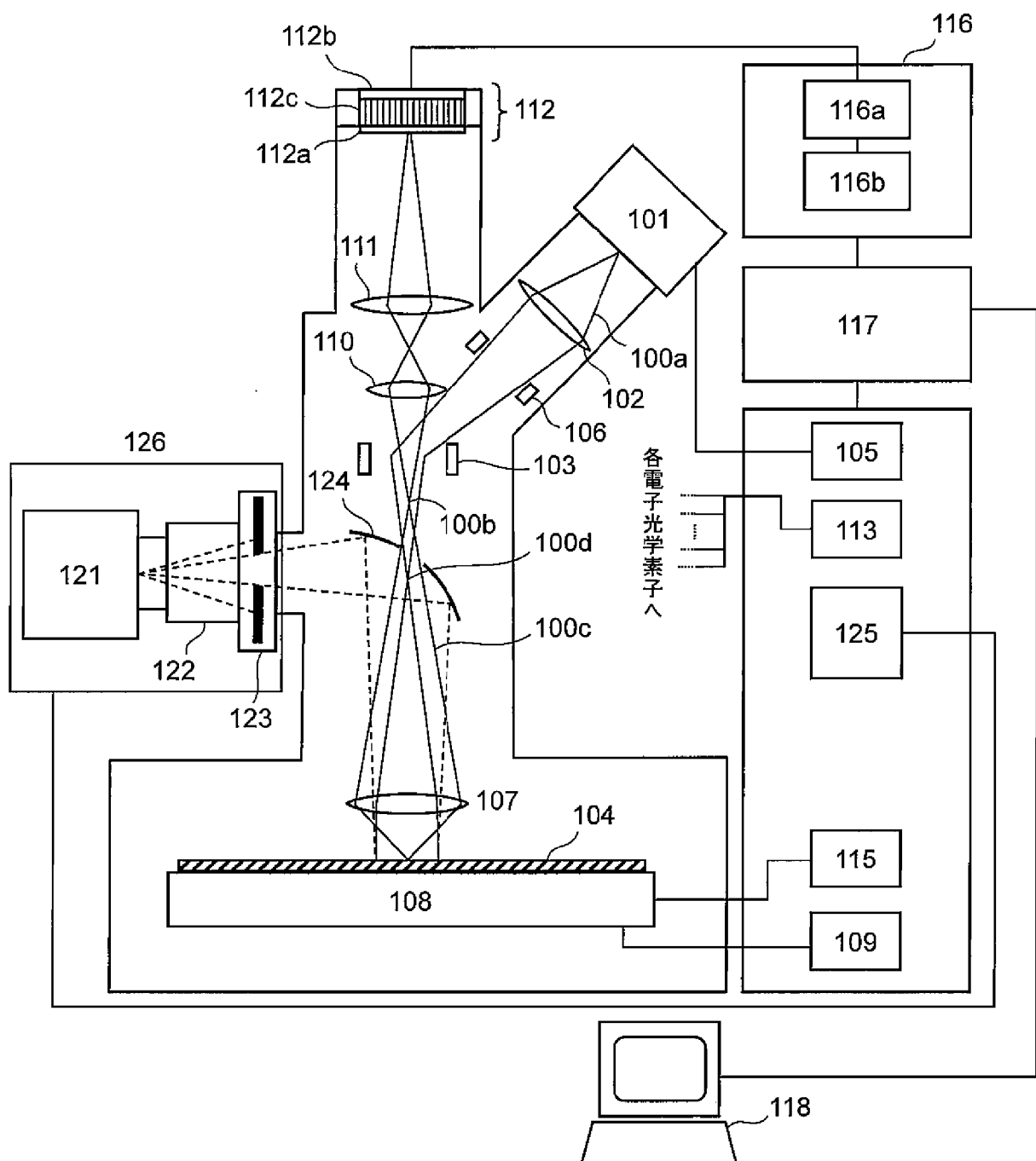
[請求項15]

請求項13に記載の基板検査方法において、

前記試料の欠陥を検出するステップは、前記ミラー電子像における前記欠陥の領域のうち明暗の情報に基づいて決定した最も暗い箇所から、前記欠陥の領域の最外周までの距離を少なくとも2つの方向に測定し、当該測定された各方向の距離の比に基づいて前記欠陥の種類を判別する

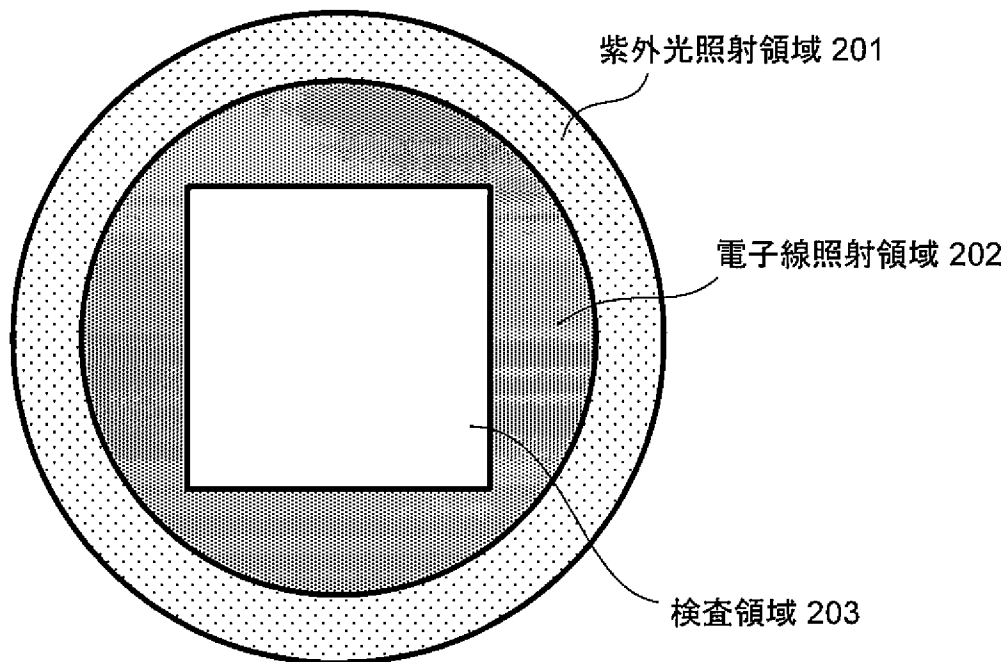
ことを特徴とする基板検査方法。

圖 1



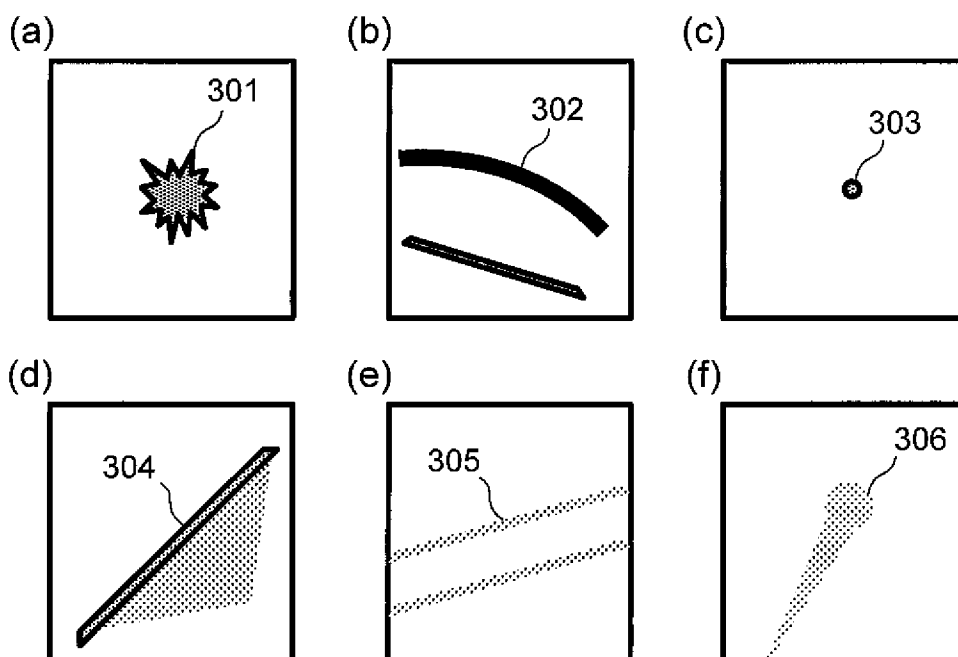
[図2]

図 2



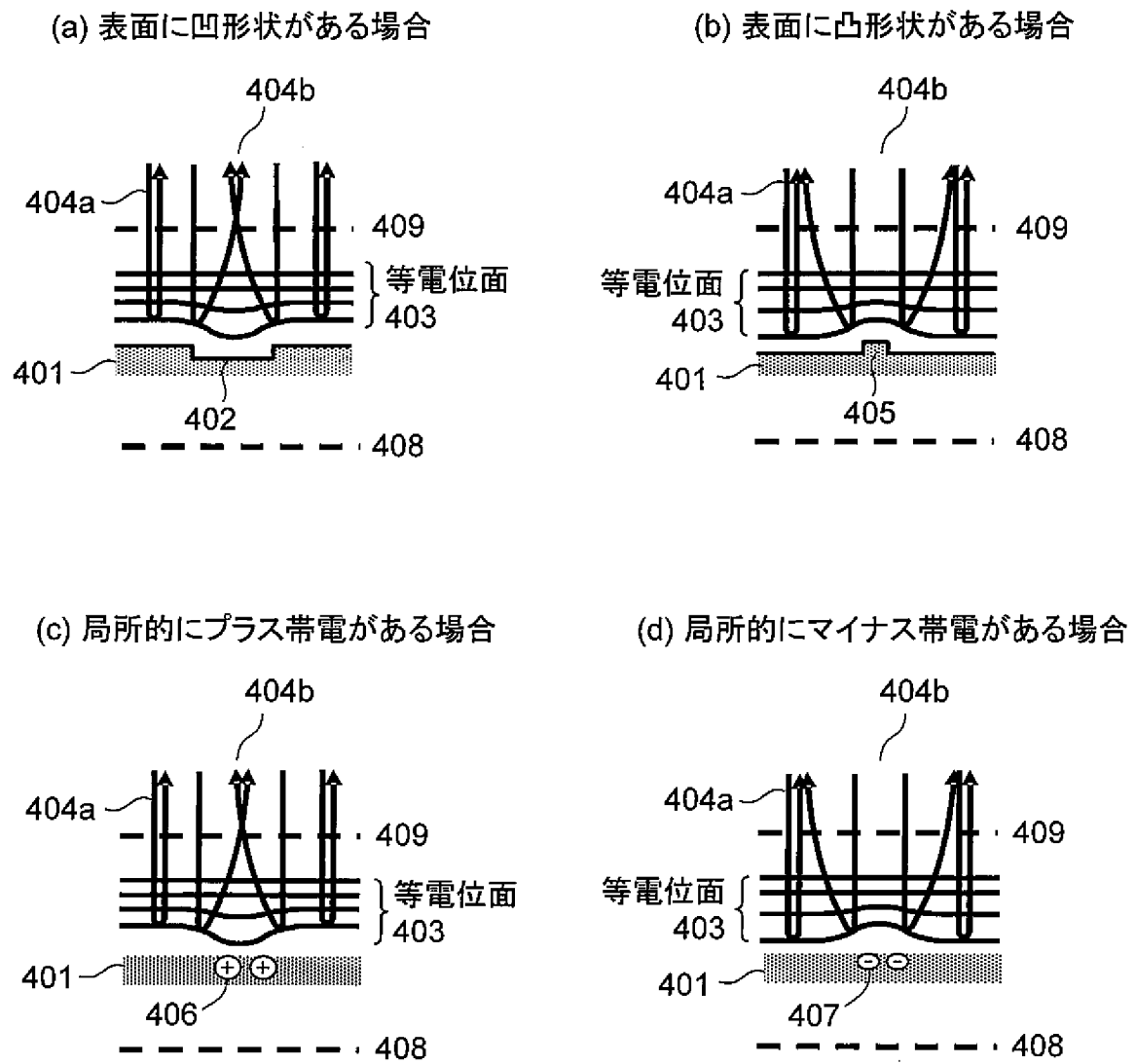
[図3]

図 3



[図4]

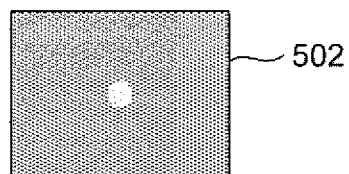
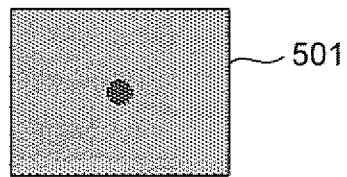
図 4



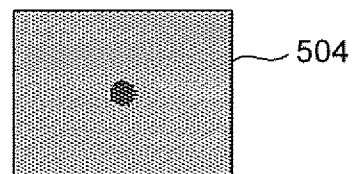
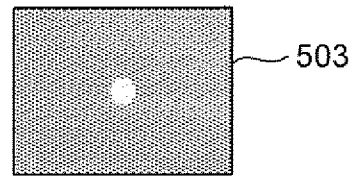
[図5]

図 5

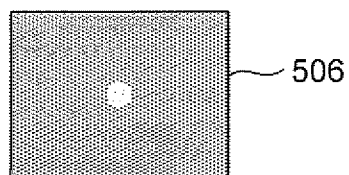
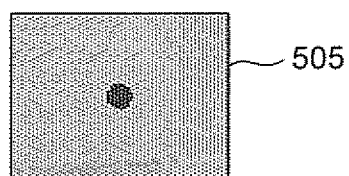
(a) 表面に凹形状がある場合



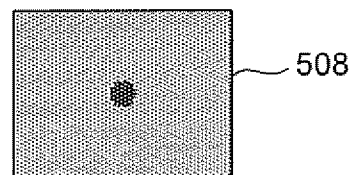
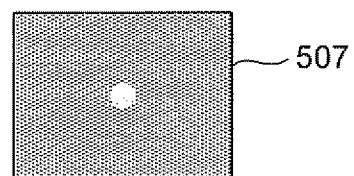
(b) 表面に凸形状がある場合



(c) 局所的にプラス帯電がある場合

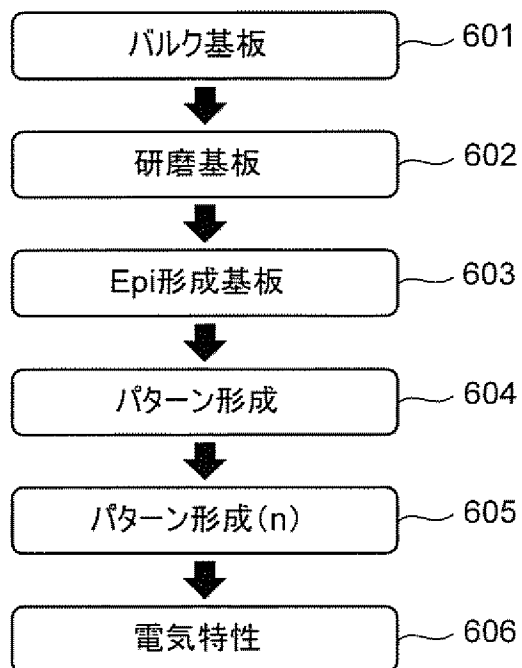


(d) 局所的にマイナス帯電がある場合



[図6]

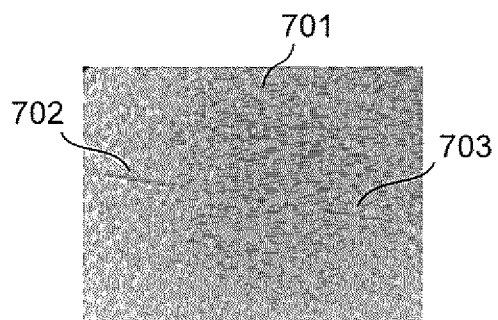
図 6



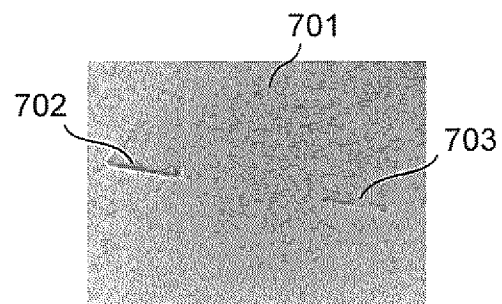
[図7]

図 7

(a) 紫外線なしのミラー顕微鏡画像

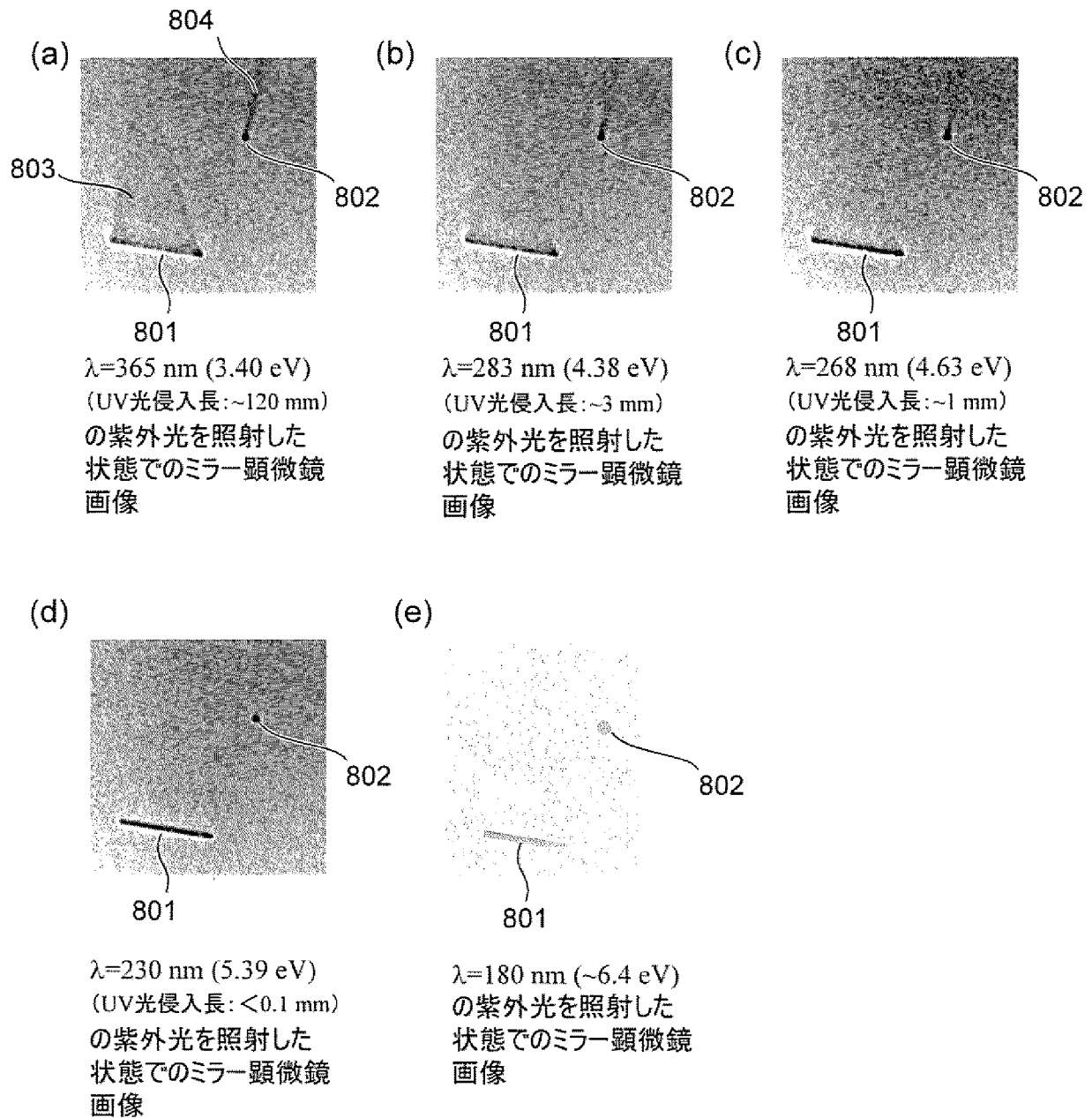


(b) 365nm紫外線照射後のミラー顕微鏡画像



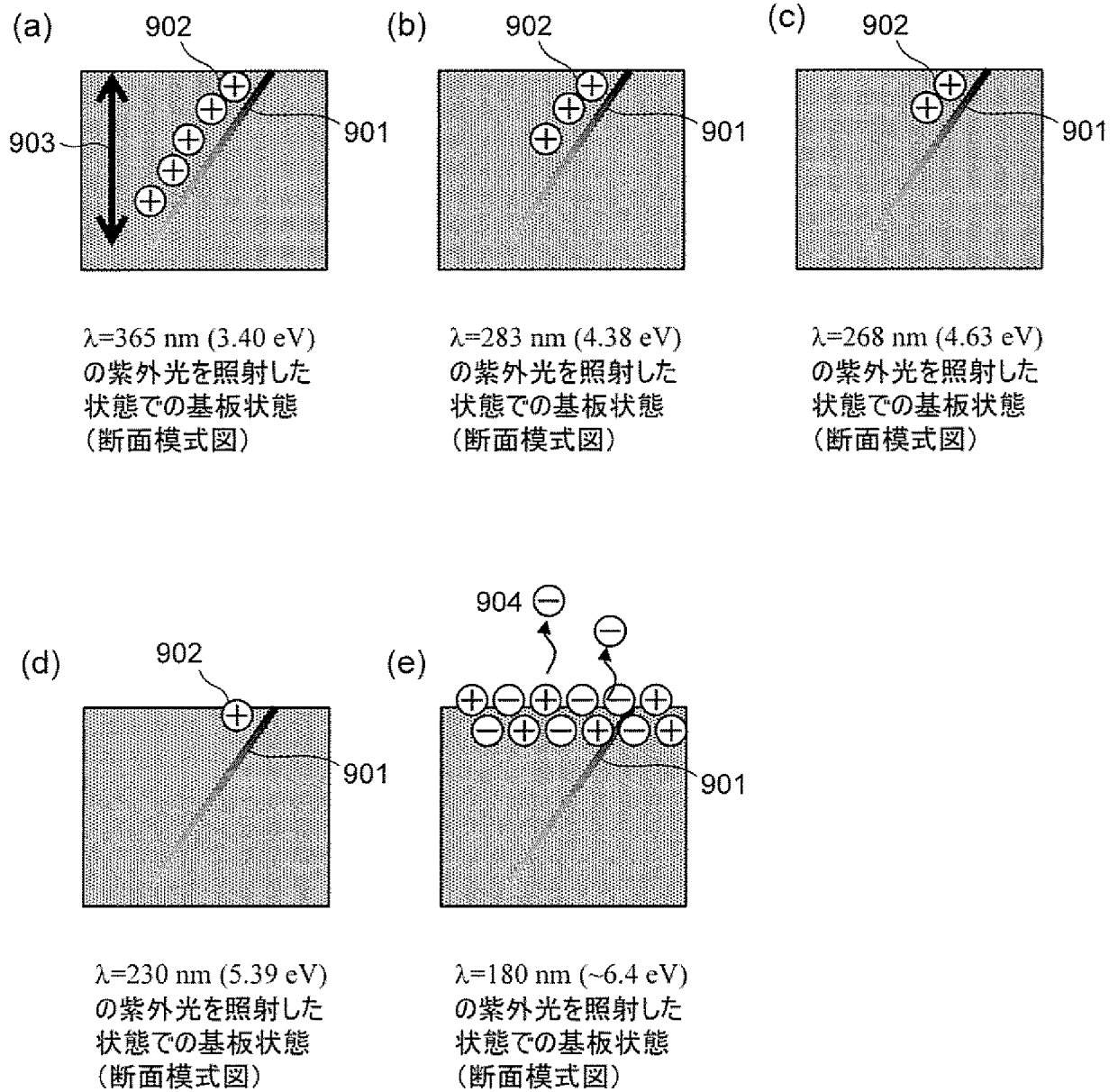
[図8]

図 8



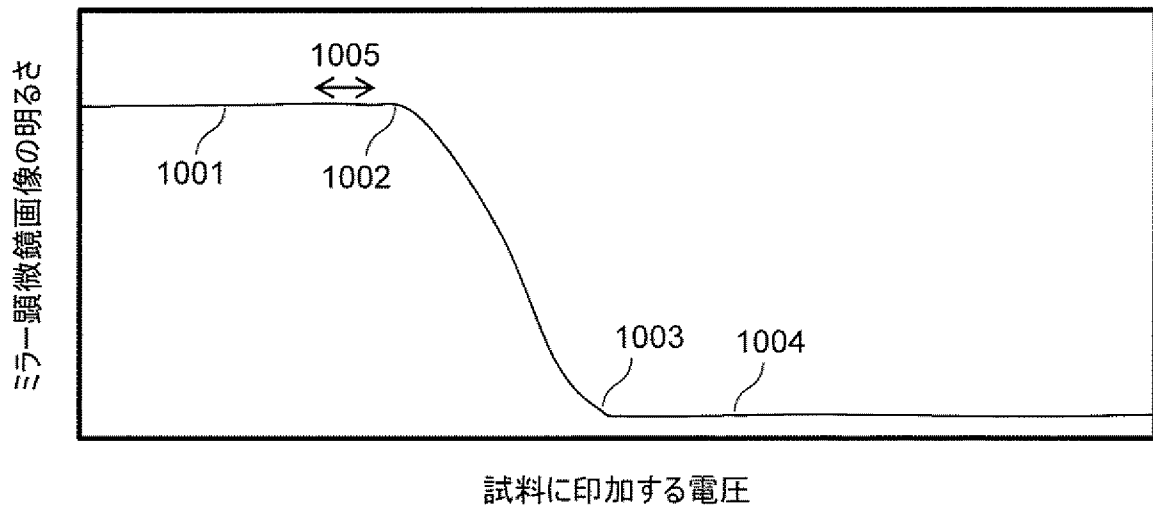
[図9]

図 9



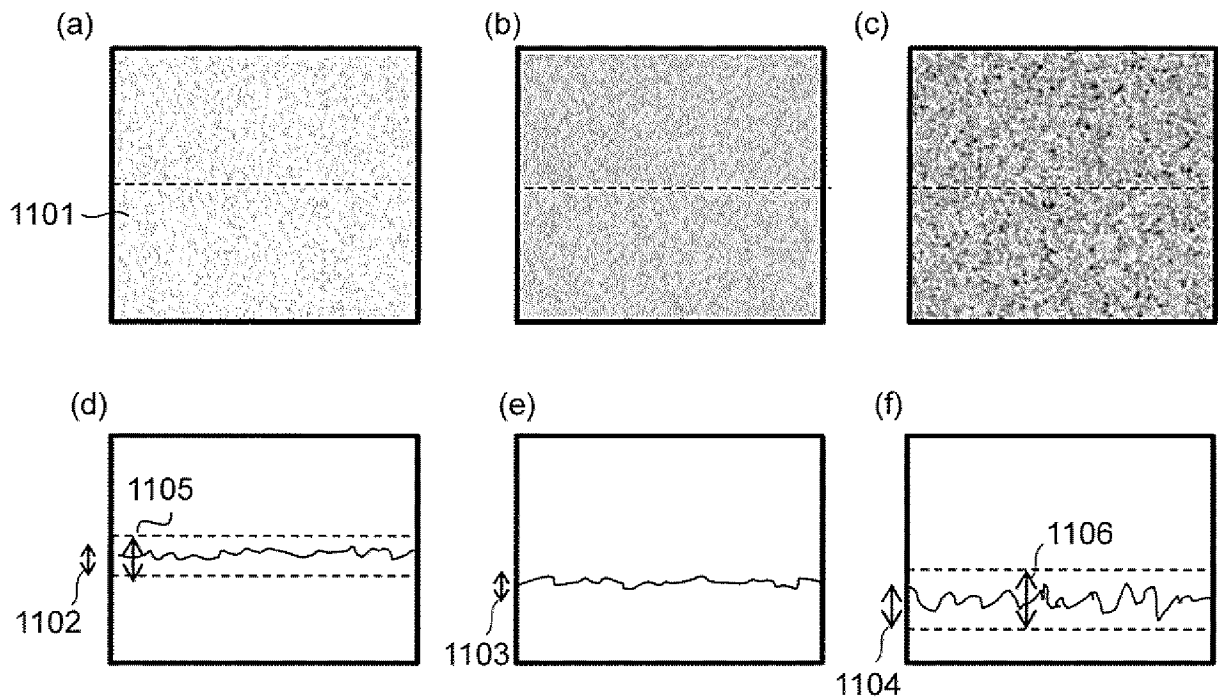
[図10]

図 1 0



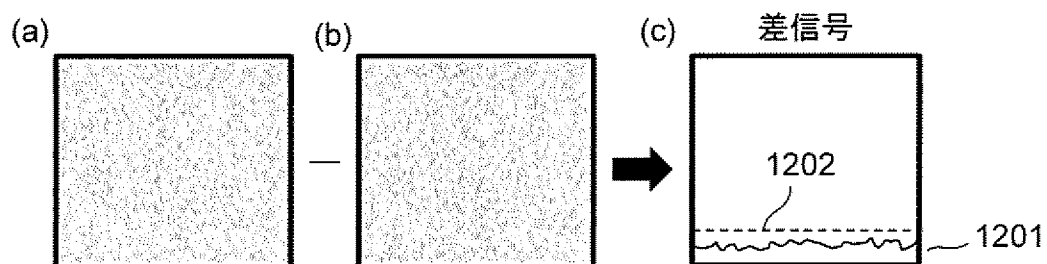
[図11]

図 1 1



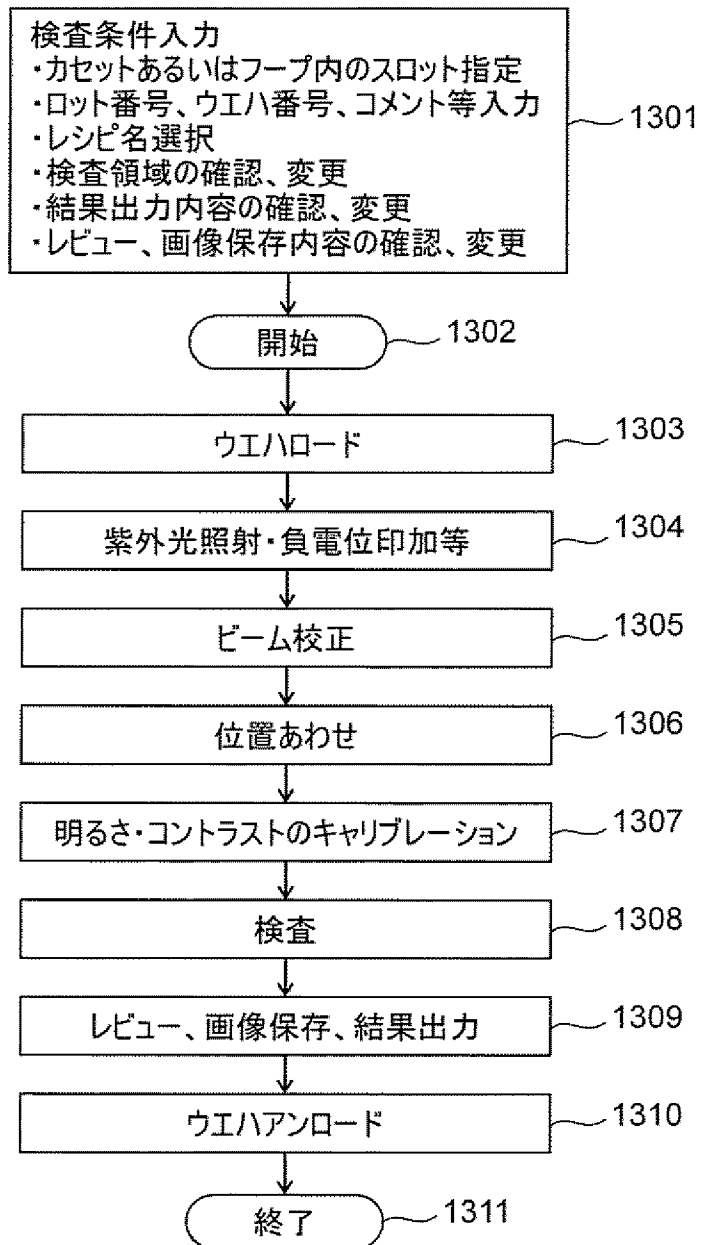
[図12]

図 1 2



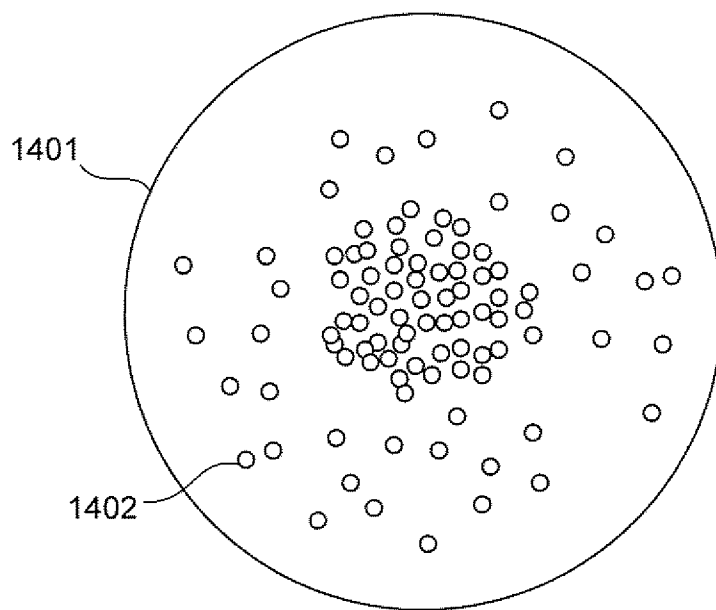
[図13]

図 1 3



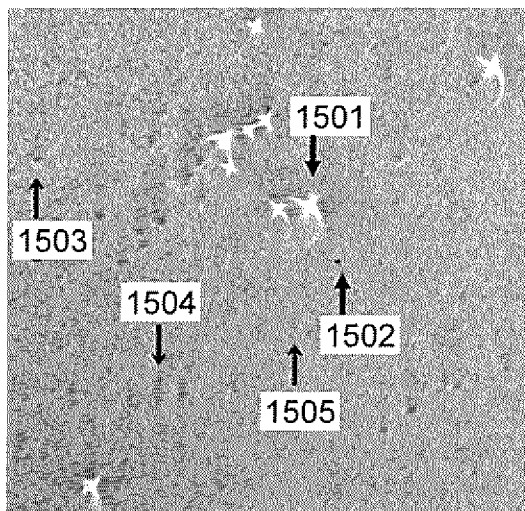
[図14]

図 1 4



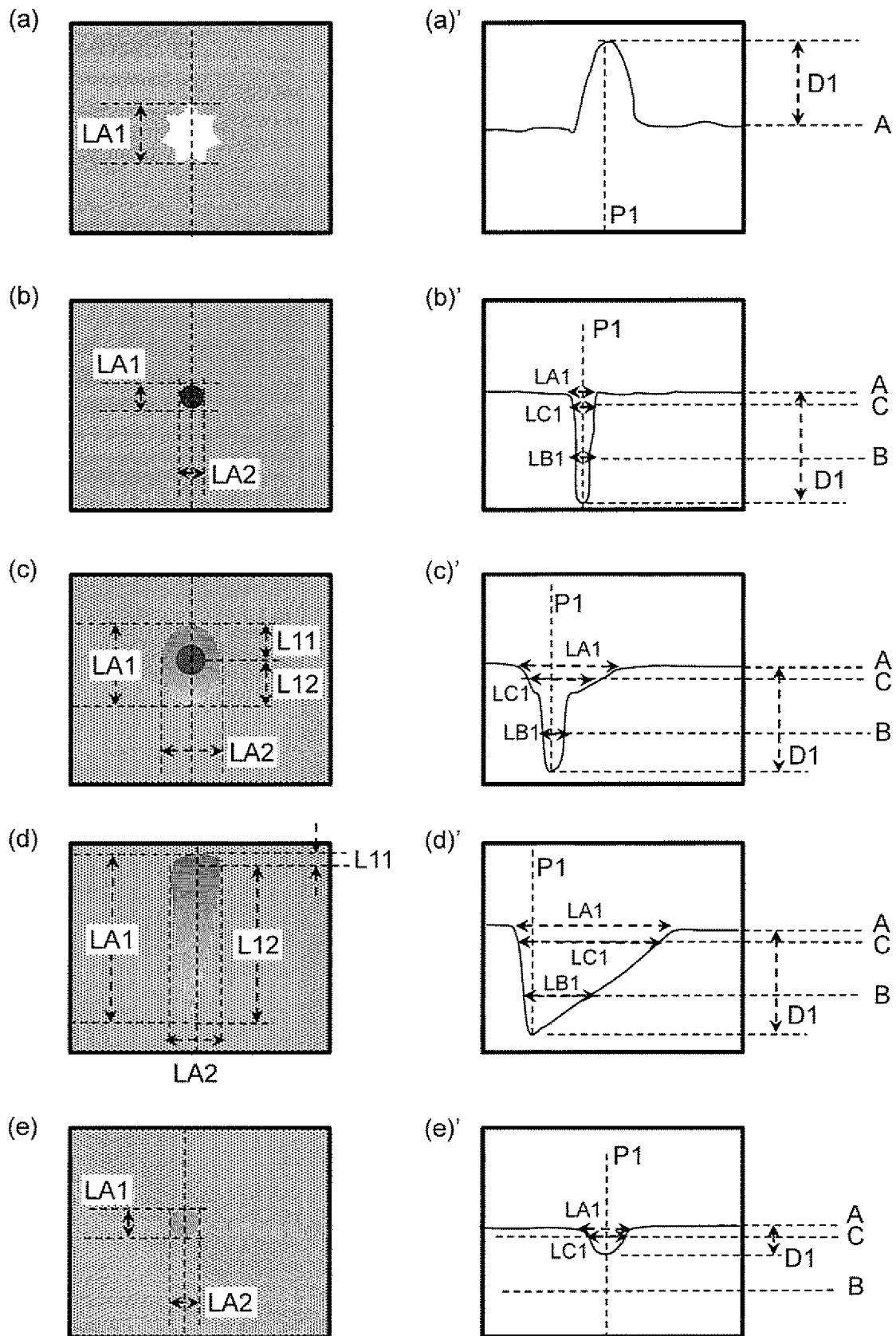
[図15]

図 1 5



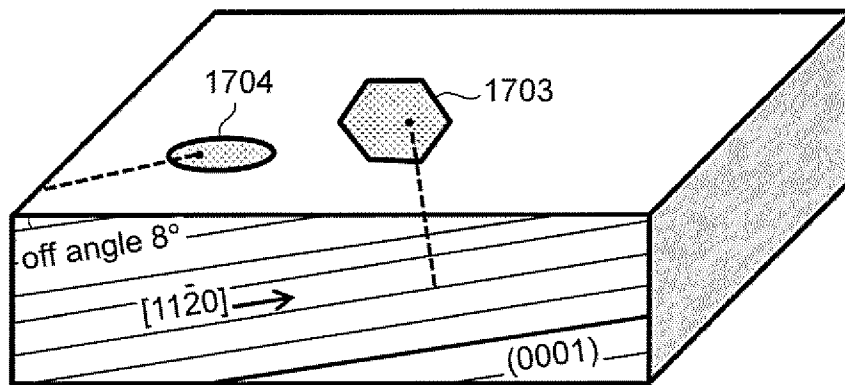
[図16]

図 16



[図17]

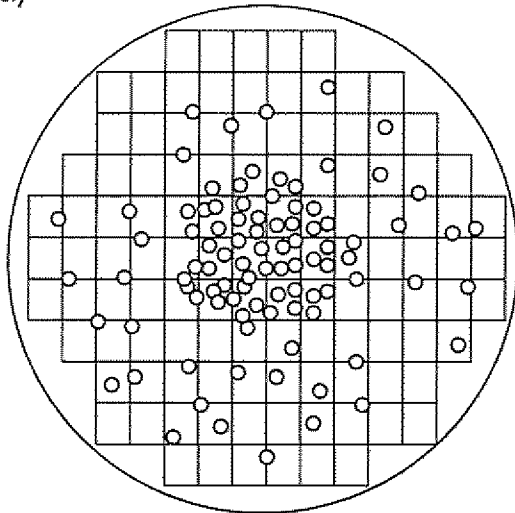
図 1 7



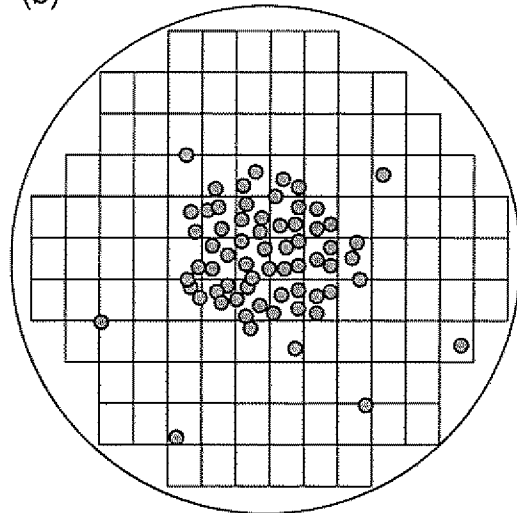
[図18]

図 1 8

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/067529

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N23/20(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)

G01N23/00-G01N23/227, H01L21/66

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.
<u>X</u> Y	HASEGAWA, M. et al., "Non-destructive observation of in-grown stacking faults in 4H-SiC epitaxial layer using mirror electron microscope", Journal of Applied Physics, Volume 110, Issue 7, 2011.10.05, Article 073507, 6 Pages * \$II-\$IV *	<u>1-9, 12-14</u> 10-11, 15
<u>X</u> Y	Hiroyuki SHINADA et al., "Mirror Electron Microscope Technology Having Possibilities of High-speed and Highly Sensitive Inspection", Hitachi Hyoron, vol.94, no.2, 01 February 2012 (01.02.2012), pages 46 to 51, * \$2, \$4 *	<u>1-2, 4, 6-7, 12-13</u> 10-11, 15
Y	JP 2008-515239 A (KLA-TENCOR TECHNOLOGIES CORP.), 08 May 2008 (08.05.2008), paragraphs [0001], [0031] to [0037]	10, 15

☒ 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
23 July, 2014 (23.07.14)

Date of mailing of the international search report
05 August, 2014 (05.08.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/067529

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 2007-207688 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 16 August 2007 (16.08.2007), paragraphs [0001], [0029], [0033] to [0034]	11
A	HASEGAWA, M. et al., "Observation of electron trapping along scratches on SiO ₂ surface in mirror electron microscope images under ultraviolet light irradiation", Journal of Applied Physics, Volume 107, Issue 8, 2010.04.23, Article 084107, 6 Pages * §2-§3 *	1, 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2014/067529

JP 2008-515239 A	2008.05.08	JP 5102035 B2	2012.12.19
		KR 20070093046 A	2007.09.17
		KR 101144545 B1	2012.05.11
		US 2006/265145 A1	2006.11.23
		US 7142992 B1	2006.11.28
		WO 2006/039584 A1	2006.04.13
JP 2007-207688 A	2007.08.16	US 2007/181808 A1	2007.08.09

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N23/20(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. G01N 23/00 - G01N 23/227, H01L 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
X Y	HASEGAWA, M. 他, "Non-destructive observation of in-grown stacking faults in 4H-SiC epitaxial layer using mirror electron microscope", Journal of Applied Physics, Volume 110, Issue 7, 2011.10.05, Article 073507, 6 Pages * § II-§ IV *	1-9, 12-14 10-11, 15
X Y	品田博之 他, "次世代の高速高感度検査—ミラー電子顕微鏡技術の可能性—", 日立評論, Volume 94, Number 2, 2012.02.01, Pages 46-51 * § 2, § 4 *	1-2, 4, 6-7, 12-13 10-11, 15

☒ 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

2 3 . 0 7 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 5 . 0 8 . 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 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

高場 正光

2 W

2 9 1 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 0

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 2008-515239 A (KLA-TENCOR TECHNOLOGIES CORPORATION) 2008.05.08 [0001], [0031]–[0037]	10, 15
Y	JP 2007-207688 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2007.08.16 [0001], [0029], [0033]–[0034]	11
A	HASEGAWA, M. 他, “Observation of electron trapping along scratches on SiO ₂ surface in mirror electron microscope images under ultraviolet light irradiation” , Journal of Applied Physics, Volume 107, Issue 8, 2010.04.23, Article 084107, 6 Pages * § 2–§ 3 *	1, 13

JP 2008-515239 A	2008.05.08	JP 5102035 B2	2012.12.19
		KR 20070093046 A	2007.09.17
		KR 101144545 B1	2012.05.11
		US 2006/265145 A1	2006.11.23
		US 7142992 B1	2006.11.28
		WO 2006/039584 A1	2006.04.13
-----	-----	-----	-----
JP 2007-207688 A	2007.08.16	US 2007/181808 A1	2007.08.09
-----	-----	-----	-----