(19)日本国特許庁(JP)

# (12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7291676号
(P7291676)

(45)発行日　令和5年6月15日(2023.6.15)

(24)登録日　令和5年6月7日(2023.6.7)

(51)国際特許分類
*Ｈ０１Ｌ　21/66　(2006.01)*

ＦＩ
Ｈ０１Ｌ　21/66　Ｘ

請求項の数　10　（全14頁）

(21)出願番号　特願2020-133216(P2020-133216)
(22)出願日　令和2年8月5日(2020.8.5)
(62)分割の表示　特願2019-62983(P2019-62983)の分割
原出願日　平成31年3月28日(2019.3.28)
(65)公開番号　特開2020-177032(P2020-177032A)
(43)公開日　令和2年10月29日(2020.10.29)
審査請求日　令和4年3月25日(2022.3.25)

(73)特許権者　000236436
浜松ホトニクス株式会社
静岡県浜松市東区市野町１１２６番地の１
(74)代理人　100088155
弁理士　長谷川 芳樹
(74)代理人　100113435
弁理士　黒木 義樹
(74)代理人　100140442
弁理士　柴山 健一
(74)代理人　100183438
弁理士　内藤 泰史
(72)発明者　中村 共則
静岡県浜松市東区市野町１１２６番地の１ 浜松ホトニクス株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　検査装置及び検査方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

第１の発光素子及び該第１の発光素子の周辺に配置された第２の発光素子を含む複数の発光素子が形成された対象物を検査する検査装置であって、

前記対象物に照射される励起光を生成する励起光源と、

前記対象物からの蛍光を撮像する撮像部と、

前記撮像部によって撮像された前記第１の発光素子と前記第２の発光素子とが含まれた領域を抽出し、抽出した前記領域からの蛍光に基づいて、前記第１の発光素子からの蛍光の輝度における前記領域内の平均輝度からのシフト量を算出することにより、前記第１の発光素子の良否判定を行う判定部と、を備える検査装置。

【請求項２】

前記判定部は、前記シフト量に基づく算出値と所定の閾値とを比較することにより、前記第１の発光素子の良否判定を行う、請求項１記載の検査装置。

【請求項３】

前記判定部は、前記第１の発光素子と、前記第１の発光素子の周辺に配置された複数の前記第２の発光素子とが含まれた領域を前記領域として抽出する、請求項１又は２記載の検査装置。

【請求項４】

前記第１の発光素子からの蛍光について、前記第１の発光素子の周辺に配置された発光素子からの蛍光の影響を考慮した補正を行う補正部を更に備える、請求項１～３のいずれ

か一項記載の検査装置。

【請求項５】

前記判定部は、前記撮像部が撮像した前記対象物の領域のうち、発光素子の縁部を除いた領域から、発光素子からの蛍光を取得する、請求項１～４のいずれか一項記載の検査装置。

【請求項６】

第１の発光素子及び該第１の発光素子の周辺に配置された第２の発光素子を含む複数の発光素子が形成された対象物の検査方法であって、

前記対象物に励起光を照射する照射ステップと、

前記対象物からの蛍光を撮像する撮像ステップと、

前記撮像ステップにおいて撮像された前記第１の発光素子と前記第２の発光素子とが含まれた領域を抽出し、抽出した前記領域からの蛍光に基づいて、前記第１の発光素子からの蛍光の輝度における前記領域内の平均輝度からのシフト量を算出することにより、前記第１の発光素子の良否判定を行う判定ステップと、を含む検査方法。

【請求項７】

前記判定ステップでは、前記シフト量に基づく算出値と所定の閾値とを比較することにより、前記第１の発光素子の良否判定を行う、請求項６記載の検査方法。

【請求項８】

前記判定ステップでは、前記第１の発光素子と、前記第１の発光素子の周辺に配置された複数の前記第２の発光素子とが含まれた領域を前記領域として抽出する、請求項６又は７記載の検査方法。

【請求項９】

前記撮像ステップの後、且つ、前記判定ステップの前において、前記第１の発光素子からの蛍光について、前記第１の発光素子の周辺に配置された発光素子からの蛍光の影響を考慮した補正を行う補正ステップを更に含む、請求項６～８のいずれか一項記載の検査方法。

【請求項１０】

前記判定ステップでは、前記撮像ステップにおいて撮像された前記対象物の領域のうち、発光素子の縁部を除いた領域から、発光素子からの蛍光を取得する、請求項６～９のいずれか一項記載の検査方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、検査装置及び検査方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

ウェハ上に形成された発光素子群の良・不良を判定する手法として、発光素子が発するフォトルミネッセンスを観察し、該フォトルミネッセンスの輝度に基づいて発光素子の良否判定を行う手法が知られている（例えば特許文献１参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【文献】特開２０１５－１４８４４７号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

ここで、例えばプロセス斑（膜厚、不純物濃度等）によって、ウェハ上の各発光素子の輝度分布が緩やかとなることがある。この場合には、輝度の絶対値のみに基づいて発光素子の良否判定を高精度に行うことが困難である。

【０００５】

上記問題を解決し得る手法として、判定対象の発光素子と該発光素子の周辺の発光素子とを含む発光素子群の平均輝度に対する判定対象の発光素子の輝度比率（すなわち相対輝度）に基づいて判定対象の発光素子の良否判定を行う手法が考えられる。しかしながら、例えば判定対象の発光素子を含む発光素子群（判定対象の発光素子及び該発光素子の周辺の発光素子）がごみ等に覆われ暗領域となっている場合には、発光素子群に含まれる全ての発光素子の輝度値の絶対値が極めて低いにも関わらず、判定対象の発光素子の相対輝度が低くならないため、判定対象の発光素子が良品として判定されてしまうおそれがある。

【０００６】

本発明は上記実情に鑑みてなされたものであり、フォトルミネッセンスに基づく発光素子の良否判定を高精度に行うことを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本発明の一態様に係る検査装置は、第１の発光素子及び該第１の発光素子の周辺に配置された第２の発光素子を含む複数の発光素子が形成された対象物を検査する検査装置であって、対象物に照射される励起光を生成する励起光源と、対象物からの蛍光を撮像する撮像部と、撮像部によって撮像された第１の発光素子からの蛍光及び第２の発光素子からの蛍光に基づいて、第１の発光素子からの蛍光の相対輝度を算出し、第１の発光素子からの蛍光の絶対輝度及び相対輝度に基づく算出値と所定の閾値とを比較することにより、第１の発光素子の良否判定を行う判定部と、を備える。

【０００８】

本発明の一態様に係る検査装置では、励起光が照射された第１の発光素子の蛍光及び第２の発光素子の蛍光に基づいて第１の発光素子の相対輝度が算出され、該相対輝度及び第１の発光素子の蛍光の絶対輝度に基づく算出値が所定の閾値と比較されて、第１の発光素子の良否判定が行われている。例えば、判定対象の発光素子及び該発光素子の周辺の発光素子（発光素子群）がごみ等に覆われて暗領域となっている場合においては、発光素子群に含まれる全ての発光素子の蛍光の絶対輝度が極めて低い（すなわち不良品である）にも関わらず、判定対象の発光素子の相対輝度が低くならないため、相対輝度に基づき良否判定を行うと、判定対象の発光素子が良品として判定されてしまうおそれがある。この点、本発明の一態様に係る検査装置では、相対輝度だけでなく絶対輝度が考慮されて、絶対輝度及び相対輝度から算出される算出値に基づいて発光素子の良否判定が行われるため、上述したように発光素子群が暗領域となっているような場合において、相対輝度が高くても絶対輝度が極めて低い発光素子を不良品と判定することが可能となる。すなわち、本発明の一態様に係る検査装置によれば、フォトルミネッセンスに基づく発光素子の良否判定を高精度に行うことができる。

【０００９】

上記検査装置において、判定部は、第１の発光素子からの蛍光の絶対輝度及び相対輝度の積を算出値として算出し、該算出値が閾値よりも小さい場合に、第１の発光素子を不良品と判定してもよい。絶対輝度及び相対輝度の積が算出されることにより、絶対輝度が極めて低い（０に近い）発光素子の算出値を適切に小さい値として、該発光素子を適切に不良品と判定することができる。

【００１０】

上記検査装置において、判定部は、第１の発光素子からの蛍光の絶対輝度のｍ乗（ｍは正の数）及び相対輝度のｎ乗（ｎは正の数）の積を算出値として算出し、該算出値が閾値よりも小さい場合に、第１の発光素子を不良品と判定してもよい。絶対輝度及び相対輝度の累乗の積が算出されることにより、絶対輝度が極めて低い（０に近い）発光素子の算出値をより顕著に小さい値とすることができ、該発光素子をより適切に不良品と判定することができる。

【００１１】

上記検査装置は、第１の発光素子からの蛍光について、第１の発光素子の周辺に配置された発光素子からの蛍光の影響を考慮した補正を行う補正部を更に備えていてもよい。撮

像部が撮像した第１の発光素子の蛍光は、第１の発光素子の周辺に配置された発光素子からの蛍光の影響を受けていると考えられる。この点、第１の発光素子からの蛍光について、周辺の発光素子からの蛍光の影響を考慮して補正がなされることにより、第１の発光素子からの本来の蛍光に基づいて、第１の発光素子の良否判定をより高精度に行うことができる。

【００１２】

上記検査装置において、判定部は、撮像部が撮像した対象物の領域のうち、発光素子の縁部を除いた領域から、発光素子からの蛍光を取得してもよい。一般的に、発光素子は対象物においてメサ状に形成され、縁部に傾斜部を有する。このような傾斜部は光を反射するところ、該傾斜部を含んで輝度を算出すると発光素子からの蛍光の輝度を適切に算出できないおそれがある。この点、該傾斜部のような縁部を除いた領域から蛍光（発光素子からの蛍光）を取得することにより、傾斜部の影響を排除して、発光素子からの蛍光を適切に取得することができる。

【００１３】

本発明の一態様に係る検査方法は、第１の発光素子及び該第１の発光素子の周辺に配置された第２の発光素子を含む複数の発光素子が形成された対象物の検査方法であって、対象物に励起光を照射する照射ステップと、対象物からの蛍光を撮像する撮像ステップと、撮像ステップにおいて撮像された第１の発光素子からの蛍光及び第２の発光素子からの蛍光に基づいて、第１の発光素子からの蛍光の相対輝度を算出する相対輝度算出ステップと、第１の発光素子からの蛍光の絶対輝度及び相対輝度に基づく算出値と所定の閾値とを比較することにより、第１の発光素子の良否判定を行う判定ステップと、を含む。

【００１４】

上記検査方法の判定ステップでは、第１の発光素子からの蛍光の絶対輝度及び相対輝度の積を算出値として算出し、該算出値が閾値よりも小さい場合に、第１の発光素子を不良品と判定してもよい。

【００１５】

上記検査方法の判定ステップでは、第１の発光素子からの蛍光の絶対輝度のｍ乗（ｍは正の数）及び相対輝度のｎ乗（ｎは正の数）の積を算出値として算出し、該算出値が閾値よりも小さい場合に、第１の発光素子を不良品と判定してもよい。

【００１６】

上記検査方法は、撮像ステップの後、且つ、相対輝度算出ステップの前において、第１の発光素子からの蛍光について、第１の発光素子の周辺に配置された発光素子からの蛍光の影響を考慮した補正を行う補正ステップを更に含んでいてもよい。

【００１７】

上記検査方法の相対輝度算出ステップでは、撮像ステップにおいて撮像された対象物の領域のうち、発光素子の縁部を除いた領域から、発光素子からの蛍光を取得してもよい。

【発明の効果】

【００１８】

本発明の一態様によれば、フォトルミネッセンスに基づく発光素子の良否判定を高精度に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【００１９】

【図１】本発明の実施形態に係る検査装置の構成図である。

【図２】図１の検査装置に含まれる制御装置の機能ブロック図である。

【図３】計測領域の設定例を説明する図である。

【図４】エッジ強調処理について説明する図である。

【図５】算出値のソート結果を示す図である。

【図６】検査装置が実行する検査方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００２０】

以下、本発明の好適な実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、各図において同一又は相当部分には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

【００２１】

図１は、本実施形態に係る検査装置１の構成図である。検査装置１は、サンプルＳ(対象物)を検査する装置である。サンプルＳは、例えば、ウェハ上に複数の発光素子が形成された半導体デバイスである。以下では、サンプルＳの複数の発光素子には、少なくとも、第１の発光素子と、該第１の発光素子の周辺に配置（具体的には第１の発光素子に隣接して配置）された複数の第２の発光素子とが含まれているとして説明する。なお、第１の発光素子の周辺に配置された第２の発光素子は、複数ではなく１つであってもよい。発光素子は、例えばμＬＥＤ等である。検査装置１は、サンプルＳにおいて形成されている複数の発光素子について、フォトルミネッセンス（具体的には蛍光）を観察し、各発光素子に対応するフォトルミネッセンスの輝度（具体的には絶対輝度及び相対輝度）に基づいて、各発光素子の良否判定を行う。発光素子の良否判定は、例えばプロービングによって（すなわち電気的特性に基づいて）行うことが考えられる。しかしながら、例えばμＬＥＤ等の微細なＬＥＤについては、針をあてて計測を行うプロービングが物理的に困難である。この点、本実施形態に係るフォトルミネッセンスに基づく発光素子の良否判定方法は、蛍光画像を取得することによって良否判定を行うことができるので、物理的な制約にとらわれることなく、大量の発光素子を効率的に良否判定することができる。以下では絶対輝度については単に「輝度」と記載する場合がある。

【００２２】

図１に示されるように、検査装置１は、チャック１１と、ＸＹステージ１２と、励起光源２０と、光学系３０と、ダイクロックミラー４０と、対物レンズ５１と、Ｚステージ５２と、結像レンズ６０と、カメラ７０（撮像部）と、暗箱８０と、制御装置９０と、モニタ１００と、を備えている。暗箱８０は、上述した構成のうち制御装置９０及びモニタ１００以外の構成を収容しており、収容した各構成に外部の光の影響が及ぼされることを回避するために設けられている。なお、暗箱８０に収容される各構成は、カメラ７０において撮像される画像の質の向上（画質の向上及び画像の位置ずれ防止）を図るべく除振台の上に搭載されていてもよい。

【００２３】

チャック１１は、サンプルＳを保持する保持部材である。チャック１１は、例えばサンプルＳのウェハを真空吸着することにより、サンプルＳを保持する。ＸＹステージ１２は、サンプルＳを保持しているチャック１１をＸＹ方向（前後・左右方向）、すなわちチャック１１におけるサンプルＳの載置面に沿った方向に移動させるステージである。ＸＹステージ１２は、制御装置９０の制御に応じて、複数の発光素子のそれぞれが順次、励起光の照射領域とされるように、チャック１１をＸＹ方向に移動させる。なお、検査装置１は、更に回転ステージ（Θステージ。不図示）を備えていてもよい。このような回転ステージは、例えばＸＹステージ１２の上且つチャック１１の下に設けられていてもよいし、ＸＹステージ１２と一体的に設けられていてもよい。回転ステージは、サンプルＳの縦横の位置を精度よく合わせるためのものである。回転ステージが設けられることによって、位置合わせ等の時間を短縮し、データ処理のトータル時間を短縮することができる。

【００２４】

励起光源２０は、サンプルＳに照射される励起光を生成し、該励起光をサンプルＳに照射する光源である。励起光源２０は、サンプルＳの発光素子を励起させる波長を含む光を生成可能な光源であればよく、例えばレーザ光源、ＬＥＤ、ＳＬＤ、水銀ランプ、ハロゲンランプ、プラズマ光源等である。なお、検査装置１は、励起光源２０から出射される励起光の輝度を一定に保つべく、照明輝度をモニタするセンサをさらに備えていてもよい。

【００２５】

光学系３０は、光ファイバケーブル３１と、導光レンズ３２と、を含んで構成されている。光ファイバケーブル３１は、励起光源２０に接続された導光用の光ファイバケーブルである。光ファイバケーブル３１としては、例えば、偏波保存ファイバ又はシングルモー

ドファイバ等を用いることができる。導光レンズ３２は、例えば単独又は複合の凸レンズであり、光ファイバケーブル３１を介して到達した励起光をダイクロックミラー４０方向に導く。なお、励起光源２０から出射される励起光の波長が経時的に変化することを防ぐために、検査装置１は、励起光源２０とダイクロックミラー４０との間にバンドパスフィルタ（不図示）を備えていてもよい。

【００２６】

ダイクロックミラー４０は、特殊な光学素材を用いて作成されたミラーであり、特定の波長の光を反射すると共に、その他の波長の光を透過する。具体的には、ダイクロックミラー４０は、励起光を対物レンズ５１方向に反射すると共に、励起光とは異なる波長帯の光である発光素子からのフォトルミネッセンス（詳細には蛍光）を結像レンズ６０方向に透過するように構成されている。

【００２７】

対物レンズ５１は、サンプルＳを観察するための構成であり、ダイクロックミラー４０によって導かれた励起光をサンプルＳに集光する。Ｚステージ５２は、対物レンズ５１をＺ方向（上下方向）、すなわちチャック１１におけるサンプルＳの載置面に交差する方向に移動させてフォーカス調整を行う。結像レンズ６０は、サンプルＳからの蛍光を結像させ、蛍光をカメラ７０に導くレンズである。

【００２８】

カメラ７０は、サンプルＳからの蛍光を撮像する撮像部である。具体的には、カメラ７０は、結像レンズ６０によって結像された画像を検出することによって蛍光を撮像する。カメラ７０は、撮像結果である蛍光画像を制御装置９０に出力する。カメラ７０は、例えばＣＣＤやＣＭＯＳ等のエリアイメージセンサである。また、撮像部はカメラ７０の代わりに、ラインセンサやＴＤＩ（Time Delay Integration）センサによって構成されていてもよい。

【００２９】

制御装置９０は、ＸＹステージ１２、励起光源２０、Ｚステージ５２、及びカメラ７０を制御する。具体的には、制御装置９０は、ＸＹステージ１２を制御することにより励起光の照射領域（サンプルＳにおける照射領域）を調整する。制御装置９０は、Ｚステージ５２を制御することにより励起光に係るフォーカス調整を行う。制御装置９０は、励起光源２０を制御することにより励起光の出射調整並びに励起光の波長及び振幅等の調整を行う。制御装置９０は、カメラ７０を制御することにより蛍光画像の取得に係る調整を行う。また、制御装置９０は、カメラ７０によって撮像された蛍光画像に基づいて、サンプルＳの発光素子の良否判定を行う（詳細は後述）。なお、制御装置９０は、コンピュータであって、物理的には、ＲＡＭ、ＲＯＭ等のメモリ、ＣＰＵ等のプロセッサ（演算回路）、通信インターフェイス、ハードディスク等の格納部を備えて構成されている。かかる制御装置９０としては、例えばパーソナルコンピュータ、クラウドサーバ、スマートデバイス（スマートフォン、タブレット端末など）などが挙げられる。制御装置９０は、メモリに格納されるプログラムをコンピュータシステムのＣＰＵで実行することにより機能する。モニタ１００は、計測結果である蛍光画像を表示する表示装置である。

【００３０】

次に、発光素子の良否判定に係る制御装置９０の機能について、図２を参照して説明する。図２は、図１の検査装置1に含まれる制御装置９０の機能ブロック図である。なお、図２の機能ブロックは、制御装置９０の機能のうち発光素子の良否判定に係る機能のみを示している。

【００３１】

図２に示されるように、制御装置９０は、発光素子の良否判定に係る機能として、判定部９１と、補正部９２とを備えている。

【００３２】

判定部９１は、発光素子の蛍光の絶対輝度を導出する輝度導出処理と、補正部９２による輝度補正後において発光素子の良否判定を行う判定処理とを行う。輝度導出処理では、

判定部９１は、カメラ７０によって撮像された蛍光画像に基づいて、励起光の照射領域に含まれる各発光素子の蛍光の輝度（絶対輝度）を導出する。判定部９１は、まず、蛍光画像における各領域の輝度を特定する。この時点では、各輝度と各発光素子とは紐づいていない。そして、判定部９１は、例えばパターン認識技術を利用して、輝度と発光素子の位置情報とを紐づける。これにより、判定部９１は、各発光素子からの蛍光の輝度を導出する。

【００３３】

なお、判定部９１は、カメラ７０が撮像したサンプルＳの領域のうち、発光素子の縁部を除いた領域から発光素子の蛍光を取得してもよい。すなわち、判定部９１は、蛍光を取得する領域（計測領域）を、発光素子の縁部を含まないように設定してもよい。発光素子は、一般的にウェハ上においてメサ状に形成されており、縁部に傾斜部を有している。このような傾斜部は外部からの発光を反射しやすいため、該傾斜部を含んで輝度を算出すると発光素子からの蛍光の輝度を適切に導出できないおそれがある。この点、判定部９１は、上述したような傾斜部を含まないように、発光素子からの蛍光を取得する領域（計測領域）を設定することによって、発光素子からの蛍光の輝度を適切に取得することができる。図３は、計測領域の設定例を説明する図である。図３においては、サンプルＳに形成された複数の発光素子が示されている。図３に示す発光素子Ｌ１については、発光素子Ｌ１の周辺の傾斜部も含んだ領域Ａ１が計測領域とされている。この場合には、上述したように、傾斜部における反射によって発光素子Ｌ１からの蛍光の輝度を適切に導出できないおそれがある。この点、図３に示す発光素子Ｌ２については、発光素子Ｌ２ではないサンプルＳの領域を含まない領域Ａ２が計測領域とされている。この場合には、傾斜部における反射の影響を受けずに発光素子Ｌ２からの蛍光の輝度をより精度良く導出することができる。以上が輝度導出処理である。判定部９１の判定処理については、補正部９２の機能を説明した後に説明する。

【００３４】

補正部９２は、ある発光素子（第１の発光素子）からの蛍光について、該発光素子の周辺に配置された発光素子からの蛍光の影響を考慮した補正を行う。発光素子の蛍光の輝度分布は、周辺に配置された発光素子からの蛍光の影響を受ける。具体的には、例えばサンプルＳが、サファイア基板（ウェハ）上にＧａＮ　μＬＥＤチップを形成した半導体デバイスであるような場合において、蛍光が空間側だけでなくウェハの裏面側にも放射されることによって、該裏面側からの再反射光がカメラ７０に写りこみ、発光素子の輝度分布が、周辺の発光素子の影響を受けて本来（影響を受けていない場合）よりも滑らかになってしまうことが考えられる。また、周辺に配置された発光素子の影響を受けられないエッジ部分については本来よりも暗く観察されることとなる。これらを解決するために、補正部９２は以下のエッジ強調処理を行う。後述する判定部９１の判定処理においては、補正部９２によるエッジ強調処理後の輝度（絶対輝度）が用いられる。

【００３５】

補正部９２は、例えば、座標（ｉ,ｊ）の発光素子の蛍光の輝度の計測値がｌ（ｉ，ｊ）である場合において、当該発光素子が、図４（ａ）に示されるように、周囲４方向の座標（ｉ,ｊ－１）、（ｉ,ｊ＋１）、（ｉ－１,ｊ）、（ｉ＋１,ｊ）の発光素子からそれぞれの輝度に対して同じ割合ａだけ影響を受け（明るさが一定量紛れ込み）、反対に、周囲の４方向の発光素子に対して自身の輝度に対して同じ割合ａだけ影響を与えている（明るさが周りに広がって減っている）とすると、（ｉ,ｊ）の発光素子の蛍光の輝度の計測値ｌ（ｉ，ｊ）と、周辺に配置された発光素子からの蛍光の影響を考慮した（すなわち補正後の）（ｉ,ｊ）の発光素子の蛍光の輝度の算出値ｌ´（ｉ，ｊ）とは以下の（１）式で示した関係となる。

ｌ（ｉ，ｊ）＝ｌ´（ｉ，ｊ）（１－４ａ）＋ａ（ｌ（ｉ－１，ｊ）＋ｌ（ｉ＋１，ｊ）＋ｌ（ｉ，ｊ－１）＋ｌ（ｉ，ｊ＋１））・・・（１）

なお、本来であれば、ａ（ｌ（ｉ－１，ｊ）＋ｌ（ｉ＋１，ｊ）＋ｌ（ｉ，ｊ－１）＋ｌ（ｉ，ｊ＋１））のｌもｌ´としなければならないが、当該式においては平均化が行われ

ているため、大きな差異はないと考え、計測値であるｌを用いている。

【００３６】

上述した例では座標（ｉ,ｊ）の発光素子の周辺の発光素子が対称に配置されており、影響を受ける輝度の割合がａで一定としたが、例えば周辺の発光素子が非対称に配置されている場合には、図４（ｂ）に示されるように、影響を受ける輝度の割合はａ～ｄで別々となり、（ｉ,ｊ）の発光素子の蛍光の輝度の計測値ｌ（ｉ，ｊ）と、周辺に配置された発光素子からの蛍光の影響を考慮した（すなわち補正後の）（ｉ,ｊ）の発光素子の蛍光の輝度の算出値ｌ´（ｉ，ｊ）とは以下の（２）式で示した関係となる。

ｌ（ｉ，ｊ）＝ｌ´（ｉ，ｊ）（１－ａ－ｂ－ｃ－ｄ）＋ａ（ｌ（ｉ－１，ｊ））＋ｂ（ｌ（ｉ＋１，ｊ））＋ｃ（ｌ（ｉ，ｊ－１））＋ｄ（ｌ（ｉ，ｊ＋１））・・・（２）

【００３７】

判定部９１は、判定処理では、カメラ７０によって撮像された発光素子からの蛍光に基づいて、判定対象の発光素子の良否判定を行う。具体的には、判定部９１は、第１の発光素子からの蛍光と、該第１の発光素子の周辺に配置された複数の第２の発光素子からの蛍光とに基づき、第１の発光素子からの蛍光の相対輝度（発光素子群の平均輝度に対する第１の発光素子の輝度比率）を算出する。すなわち、判定部９１は、第１の発光素子と複数の第２の発光素子とが含まれた領域のみを抽出し（すなわちマスク処理を行い）、第１の発光素子からの蛍光の輝度のシフト量（マスク内輝度平均からのシフト量）を第１の発光素子からの蛍光の相対輝度として算出する。マスクに含まれる発光素子の数は、例えば５×５とされる。なお、上述したように、判定処理における輝度（絶対輝度）とは、補正部９２によるエッジ強調処理後の輝度である。

【００３８】

判定部９１は、第１の発光素子からの蛍光の絶対輝度Ｐ及び相対輝度Ｑに基づいて、算出値Ｌを算出する。判定部９１は、例えば、第１の発光素子からの蛍光の絶対輝度Ｐ及び相対輝度Ｑの積を算出値Ｌとして算出してもよい。また、判定部９１は、第１の発光素子からの蛍光の絶対輝度Ｐのｍ乗（ｍは正の数）及び相対輝度Ｑのｎ乗（ｎは正の数）の積を算出値Ｌとして算出してもよい。この場合、算出値Ｌは以下の（３）式により算出される。なお、ｍの値は例えば１、ｎの値は例えば２に設定されてもよい。

$L = P^{m} \times Q^{n}$・・・（３）

【００３９】

判定部９１は、同一の蛍光画像に含まれる各発光素子それぞれについて上述した算出値Ｌの算出を行う。また、判定部９１は、照射領域を変更することにより新たな蛍光画像を取得し、該蛍光画像に含まれる各発光素子それぞれについて上述した算出値Ｌの算出を行う。判定部９１は、全ての発光素子について算出値Ｌを算出し、該算出値Ｌの大きさ順にソート（並び替え）を行う。図５は、算出値のソート結果を示す図である。図５において、縦軸は算出値Ｌを所定の評価指数に変換した値を示しており、横軸は各発光素子の算出値Ｌの順位（詳細には算出値Ｌの評価指数の順位）を示している。図５に示されるように、算出値Ｌの評価指数は、ある点（変化点）を境に急激に小さくなっている。判定部９１は、例えばこのような変化点を閾値として、該閾値よりも算出値Ｌ（詳細には算出値Ｌの評価指数）が小さい発光素子（第１の発光素子）を不良品と判定してもよい。なお、閾値は、例えば、事前に閾値決定用の参照半導体デバイスを用いて、蛍光（フォトルミネッセンス）に基づく発光素子の良否判定結果と、プロービングに基づく良否判定結果（電気的特性に基づく良否判定結果）とを比較して決定されていてもよい。

【００４０】

次に、図６を参照して、検査装置１が実行する検査方法（発光素子の良否判定）の処理手順について説明する。図６は、検査装置１が実行する検査方法のフローチャートである。

【００４１】

図６に示されるように、検査装置１では、最初に、サンプルＳにおける照射領域が決定される（ステップＳ１）。具体的には、制御装置９０は、ＸＹステージ１２を制御することにより励起光の照射領域を決定する。

【００４２】
つづいて、制御装置９０の制御に応じて、励起光源２０が照射領域に励起光を照射する（ステップＳ２。照射ステップ）。励起光源２０は、サンプルＳの発光素子を励起させる波長を含む光を生成して出射する。励起光は光学系３０の光ファイバケーブル３１及び導光レンズ３２を経てダイクロックミラー４０に到達し、ダイクロックミラー４０において反射され、対物レンズ５１を経てサンプルＳの照射領域に集光される。サンプルＳの発光素子は励起光に応じて蛍光を発する。該蛍光はダイクロックミラー４０を透過して、結像レンズ６０によって結像され、カメラ７０に導かれる。
【００４３】
カメラ７０は、サンプルＳからの蛍光を撮像する（ステップＳ３。撮像ステップ）。カメラ７０は、撮像結果である蛍光画像を制御装置９０に出力する。
【００４４】
つづいて、制御装置９０の判定部９１は、蛍光画像における各領域の絶対輝度を導出する（ステップＳ４）。つづいて、判定部９１は、例えばパターン認識技術を利用して、絶対輝度と発光素子の位置情報とを紐づける（ステップＳ５）。これにより、判定部９１は、各発光素子からの蛍光の絶対輝度を導出する。
【００４５】
つづいて、制御装置９０の補正部９２は、ある発光素子（第１の発光素子）からの蛍光について、該発光素子の周辺に配置された発光素子からの蛍光の影響を考慮した補正、具体的にはエッジ強調処理を実施する（ステップＳ６。補正ステップ）。
【００４６】
つづいて、制御装置９０の判定部９１は、補正部９２による補正後の蛍光の絶対輝度に基づいて、各発光素子の相対輝度を算出する（ステップＳ７。相対輝度算出ステップ）。具体的には、判定部９１は、第１の発光素子からの蛍光と、該第１の発光素子の周辺に配置された複数の第２の発光素子からの蛍光とに基づき、第１の発光素子からの蛍光の相対輝度を算出する。すなわち、判定部９１は、第１の発光素子と複数の第２の発光素子とが含まれた領域のみを抽出し（すなわちマスク処理を行い）、第１の発光素子からの蛍光の輝度のシフト量（マスク内輝度平均からのシフト量）を第１の発光素子からの蛍光の相対輝度として算出する。
【００４７】
つづいて、制御装置９０の判定部９１は、第１の発光素子からの蛍光の絶対輝度Ｐ及び相対輝度Ｑに基づいて、算出値Ｌを算出する（ステップＳ８）。判定部９１は、例えば、第１の発光素子からの蛍光の絶対輝度Ｐ及び相対輝度Ｑの積を算出値Ｌとして算出してもよい。また、判定部９１は、第１の発光素子からの蛍光の絶対輝度Ｐのｍ乗（ｍは正の数）及び相対輝度Ｑのｎ乗（ｎは正の数）の積を算出値Ｌとして算出してもよい。判定部９１は、蛍光画像に含まれる各発光素子について、算出値Ｌを算出する。
【００４８】
つづいて、制御装置９０の判定部９１は、サンプルＳの全ての発光素子（判定対象の発光素子）について、上述した算出値Ｌを算出しているか否かを判定する（ステップＳ９）。ステップＳ９において算出値Ｌ算出前の発光素子が存在する場合には、制御装置９０は、該算出前の発光素子が照射領域に含まれるようにＸＹステージ１２を制御する（ステップＳ１０）。その後、再度ステップＳ２以降の処理が行われる。
【００４９】
ステップＳ９において全ての発光素子について算出値Ｌが算出済みである場合には、制御装置９０の判定部９１は、算出値Ｌの大きさ順にソートを行い（図５参照）、算出値Ｌと所定の閾値とを比較して、算出値Ｌが閾値よりも大きい発光素子を「良」、算出値Ｌが閾値よりも小さい発光素子を「不良」と判定する（ステップＳ１１。判定ステップ）。なお、算出値Ｌが閾値と同じである発光素子については、「良」としてもよいし「不良」としてもよい。以上が、検査装置１が実行する検査方法のフローチャートである。
【００５０】

次に、本実施形態の作用効果について説明する。

【００５１】

本実施形態に係る検査装置１は、第１の発光素子及び該第１の発光素子の周辺に配置された第２の発光素子を含む複数の発光素子が形成されたサンプルＳを検査する検査装置であって、サンプルＳに照射される励起光を生成する励起光源２０と、サンプルＳからの蛍光を撮像するカメラ７０と、カメラ７０によって撮像された第１の発光素子からの蛍光及び第２の発光素子からの蛍光に基づいて、第１の発光素子からの蛍光の相対輝度を算出し、第１の発光素子からの蛍光の絶対輝度及び相対輝度に基づく算出値と所定の閾値とを比較することにより、第１の発光素子の良否判定を行う制御装置９０の判定部９１と、を備える。

【００５２】

検査装置１では、励起光が照射された第１の発光素子の蛍光及び第２の発光素子の蛍光に基づいて第１の発光素子の相対輝度が算出され、該相対輝度及び第１の発光素子の蛍光の絶対輝度に基づく算出値が所定の閾値と比較されて、第１の発光素子の良否判定が行われている。例えば、判定対象の発光素子及び該発光素子の周辺の発光素子（発光素子群）がごみ等に覆われて暗領域となっている場合においては、発光素子群に含まれる全ての発光素子の蛍光の絶対輝度が極めて低い（すなわち不良品である）にも関わらず、判定対象の発光素子の相対輝度が低くならないため、相対輝度に基づき良否判定を行うと、判定対象の発光素子が良品として判定されてしまうおそれがある。この点、検査装置１では、相対輝度だけでなく絶対輝度が考慮されて、絶対輝度及び相対輝度から算出される算出値に基づいて発光素子の良否判定が行われるため、上述したように発光素子群が暗領域となっているような場合において、相対輝度が高くても絶対輝度が極めて低い発光素子を不良品と判定することが可能となる。すなわち、検査装置１によれば、フォトルミネッセンスに基づく発光素子の良否判定を高精度に行うことができる。

【００５３】

検査装置１において、判定部９１は、第１の発光素子からの蛍光の絶対輝度及び相対輝度の積を算出値として算出し、該算出値が閾値よりも小さい場合に、第１の発光素子を不良品と判定している。絶対輝度及び相対輝度の積が算出されることにより、絶対輝度が極めて低い（０に近い）発光素子の算出値を適切に小さい値として、該発光素子を適切に不良品と判定することができる。

【００５４】

検査装置１において、判定部９１は、第１の発光素子からの蛍光の絶対輝度のｍ乗（ｍは正の数）及び相対輝度のｎ乗（ｎは正の数）の積を算出値として算出し、該算出値が閾値よりも小さい場合に、第１の発光素子を不良品と判定する。絶対輝度及び相対輝度の累乗の積が算出されることにより、絶対輝度が極めて低い（０に近い）発光素子の算出値をより顕著に小さい値とすることができ、該発光素子をより適切に不良品と判定することができる。

【００５５】

検査装置１の制御装置９０は、第１の発光素子からの蛍光について、第１の発光素子の周辺に配置された発光素子からの蛍光の影響を考慮した補正を行う補正部９２を備えている。カメラ７０が撮像した第１の発光素子の蛍光は、第１の発光素子の周辺に配置された発光素子からの蛍光の影響を受けていると考えられる。この点、第１の発光素子からの蛍光について、周辺の発光素子からの蛍光の影響を考慮して補正がなされることにより、第１の発光素子からの本来の蛍光に基づいて、第１の発光素子の良否判定をより高精度に行うことができる。

【００５６】

検査装置１において、判定部９１は、カメラ７０が撮像したサンプルＳの領域のうち、発光素子の縁部を除いた領域から、発光素子からの蛍光を取得してもよい。一般的に、発光素子はサンプルＳにおいてメサ状に形成され、縁部に傾斜部を有する。このような傾斜部は光を反射するところ、該傾斜部を含んで輝度を算出すると発光素子からの蛍光の輝度

を適切に算出できないおそれがある。この点、該傾斜部のような縁部を除いた領域から蛍光（発光素子からの蛍光）を取得することにより、傾斜部の影響を排除して、発光素子からの蛍光を適切に取得することができる。

【００５７】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されない。例えば、判定部９１は、良否判定において閾値と比較される算出値を、相対輝度及び絶対輝度の積から導出するとして説明したがこれに限定されない。すなわち、判定部９１は、相対輝度及び絶対輝度の双方を考慮して算出値を導出すればよく、積以外の演算等によって算出値を導出してもよい。

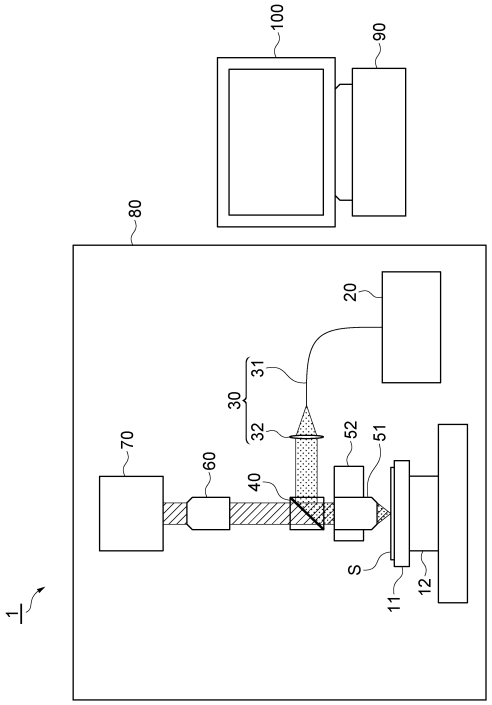
【符号の説明】

【００５８】

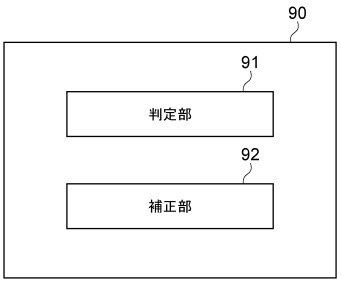
１…検査装置、２０…励起光源、７０…カメラ（撮像部）、９１…判定部、９２…補正部。

【図面】

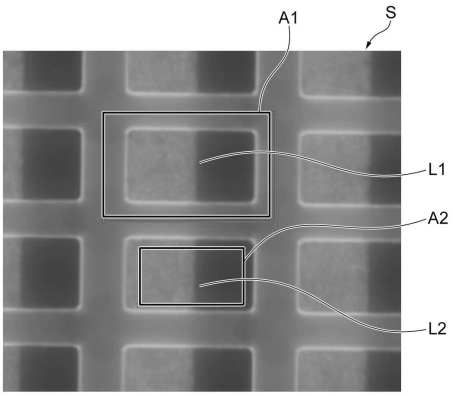
【図１】


1
70
60
40
30
31
32
20
52
51
S
11
12
80
100
90

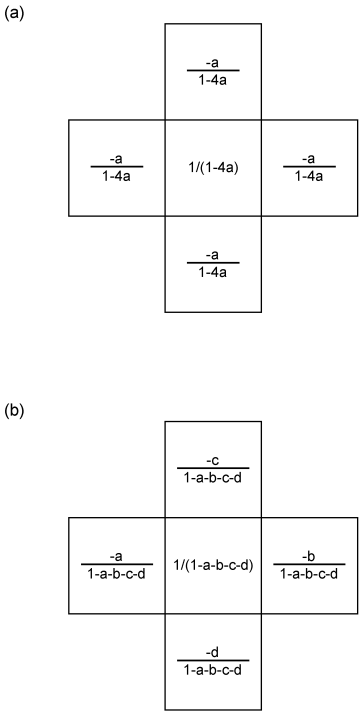
【図２】


90
91
判定部
92
補正部

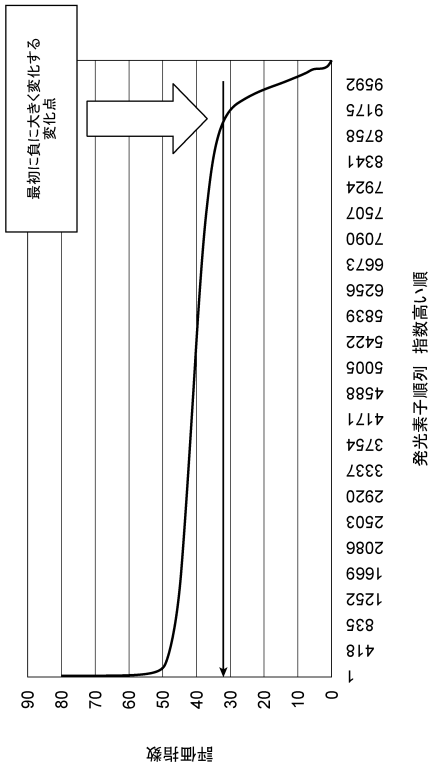
【図３】


A1
S
L1
A2
L2

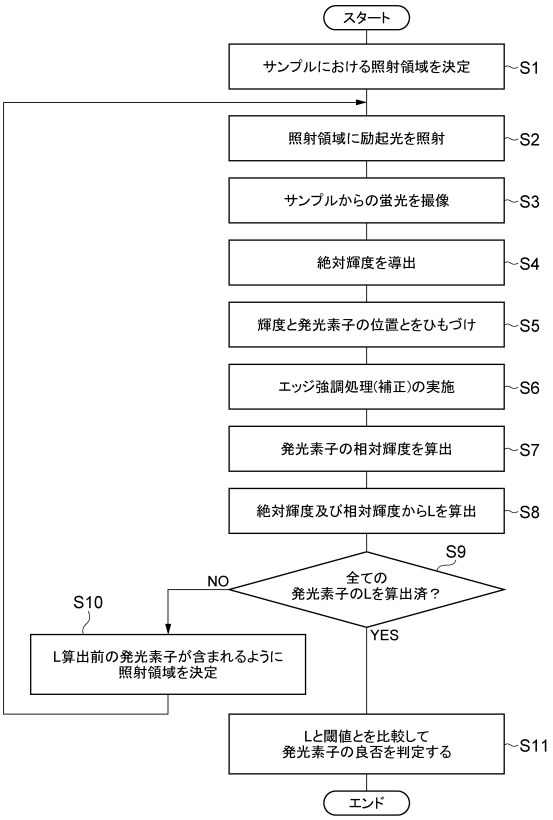
【図４】


(a)
-a / 1-4a
-a / 1-4a
1/(1-4a)
-a / 1-4a
-a / 1-4a
(b)
-c / 1-a-b-c-d
-a / 1-a-b-c-d
1/(1-a-b-c-d)
-b / 1-a-b-c-d
-d / 1-a-b-c-d

【図５】


最初に負に大きく変化する
変化点
評価指数
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
発光素子順列　指数高い順
1
418
835
1252
1669
2086
2503
2920
3337
3754
4171
4588
5005
5422
5839
6256
6673
7090
7507
7924
8341
8758
9175
9592

【図６】


スタート
サンプルにおける照射領域を決定
S1
照射領域に励起光を照射
S2
サンプルからの蛍光を撮像
S3
絶対輝度を導出
S4
輝度と発光素子の位置とをひもづけ
S5
エッジ強調処理(補正)の実施
S6
発光素子の相対輝度を算出
S7
絶対輝度及び相対輝度からLを算出
S8
全ての
発光素子のLを算出済？
S9
NO
YES
S10
L算出前の発光素子が含まれるように
照射領域を決定
Lと閾値とを比較して
発光素子の良否を判定する
S11
エンド

フロントページの続き

審査官　平野 崇
(56)参考文献　特開２０１５－１４８４４７（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－１４５２２６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１５－０１０８３４（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－２５０８３５（ＪＰ，Ａ）
(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ　２１／６６
Ｇ０１Ｎ　２１／８８
Ｇ０１Ｎ　２１／６４