

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7535391号
(P7535391)

(45)発行日 令和6年8月16日(2024.8.16)

(24)登録日 令和6年8月7日(2024.8.7)

(51)国際特許分類	F I			
H 0 1 L 21/66 (2006.01)	H 0 1 L 21/66			X
G 0 1 M 11/00 (2006.01)	G 0 1 M 11/00			T
G 0 1 N 21/64 (2006.01)	G 0 1 N 21/64			Z

請求項の数 9 (全15頁)

(21)出願番号	特願2020-104552(P2020-104552)	(73)特許権者	000236436
(22)出願日	令和2年6月17日(2020.6.17)		浜松ホトニクス株式会社
(62)分割の表示	特願2020-521619(P2020-521619) の分割		静岡県浜松市中央区市野町 1 1 2 6 番地 の 1
原出願日	令和2年1月29日(2020.1.29)	(74)代理人	100088155
(65)公開番号	特開2020-167433(P2020-167433 A)		弁理士 長谷川 芳樹
(43)公開日	令和2年10月8日(2020.10.8)	(74)代理人	100113435
審査請求日	令和5年1月27日(2023.1.27)		弁理士 黒木 義樹
(31)優先権主張番号	特願2019-62971(P2019-62971)	(74)代理人	100140442
(32)優先日	平成31年3月28日(2019.3.28)		弁理士 柴山 健一
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(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 1 1 2 6 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】

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、基準波長よりも長い波長の蛍光及び前記基準波長よりも短い波長の蛍光に分離する光学素子と、
前記基準波長よりも長い波長の蛍光を撮像する第 1 の撮像部と、
前記基準波長よりも短い波長の蛍光であって前記対象物の正常蛍光スペクトルに含まれる波長の蛍光を撮像する第 2 の撮像部と、
前記第 1 の撮像部によって取得された第 1 の蛍光画像及び前記第 2 の撮像部によって取得された第 2 の蛍光画像に基づいて、前記対象物の良否を判定する判定部と、を備え、
前記判定部は、少なくとも前記第 1 の蛍光画像に含まれる輝点に基づいて前記対象物の良否を判定する、検査装置。

【請求項 2】

前記判定部は、少なくとも前記第 1 の蛍光画像に含まれる輝点数を導出して前記対象物の良否を判定する、請求項 1 記載の検査装置。

【請求項 3】

前記判定部は、前記輝点数が一定数以上含まれているか否かを判定し、一定数以上の輝点が含まれていない対象物に形成された発光素子を良品、一定数以上の輝点が含まれている対象物に形成された発光素子を不良品と判定する、請求項 2 記載の検査装置。

【請求項 4】

対象物に形成された各発光素子の良否判定結果が表示されるモニタを更に備え、
前記判定部は、輝点の箇所を特定し、前記輝点の位置をモニタに表示させるように出力する、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項記載の検査装置。

【請求項 5】

前記光学素子はダイクロイックミラーである、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項記載の検査装置。

【請求項 6】

対象物を検査する検査方法であって、
前記対象物に励起光を照射する励起光照射ステップと、
前記対象物からの蛍光を、基準波長よりも長い波長の蛍光及び前記基準波長よりも短い波長の蛍光に分離する光学素子によって分離された、前記基準波長よりも長い波長の蛍光を撮像する第 1 の撮像ステップと、
前記光学素子によって分離された、前記基準波長よりも短い波長の蛍光であって対象物の正常蛍光スペクトルに含まれる波長の蛍光を撮像する第 2 の撮像ステップと、
前記第 1 の撮像ステップにおいて取得された第 1 の蛍光画像及び前記第 2 の撮像ステップにおいて取得された第 2 の蛍光画像に基づいて、前記対象物の良否を判定する判定ステップと、を備え、

前記判定ステップでは、少なくとも前記第 1 の蛍光画像に含まれる輝点に基づいて前記対象物の良否を判定する、検査方法。

【請求項 7】

前記判定ステップでは、少なくとも前記第 1 の蛍光画像に含まれる輝点数を導出して前記対象物の良否を判定する、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、前記輝点数が一定数以上含まれているか否かを判定し、一定数以上の輝点が含まれていない対象物に形成された発光素子を良品、一定数以上の輝点が含まれている対象物に形成された発光素子を不良品と判定する、請求項 7 記載の検査方法。

【請求項 9】

前記判定ステップでは、輝点の箇所を特定し、前記輝点の位置を、対象物に形成された各発光素子の良否判定結果が表示されるモニタに表示させるように出力する、請求項 6 ～ 8 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】

本発明の一態様は、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）。

【0003】

特許文献 1 に記載された検査方法では、発光素子からの蛍光を分割して、複数のカメラそれぞれにおいて互いに異なる波長の蛍光を撮像し、それぞれの観察輝度値の比率に基づいて、観察対象部位から発せられる光の推定波長を算出している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2015 - 10834 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

ここで、特許文献 1 に記載されたような検査方法は、正常発光スペクトルの蛍光にのみ着目している。しかしながら、一部の発光素子では正常発光スペクトルよりも長波長側に発光スポットが生じる場合がある。上述した検査方法においては、このような長波長側の蛍光を考慮して発光素子の良否判定を行うことができず、発光素子の良否判定を高精度に行うことができない場合がある。

【 0 0 0 6 】

本発明の一態様は上記実情に鑑みてなされたものであり、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】

10

【 0 0 0 7 】

本発明の一態様に係る検査装置は、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、発光素子からの蛍光のうち、第 1 の波長よりも長い波長の蛍光を撮像する第 1 の撮像部と、第 1 の撮像部によって取得された第 1 の蛍光画像に基づいて、発光素子の良否を判定する判定部と、を備え、第 1 の波長は、発光素子の正常蛍光スペクトルのピーク波長に該正常蛍光スペクトルの半値全幅を加えた波長である。

【 0 0 0 8 】

本発明の一態様に係る検査装置によれば、発光素子の正常蛍光スペクトルのピーク波長に正常蛍光スペクトルの半値全幅を加えた波長の蛍光画像、すなわち発光素子の正常蛍光スペクトルに含まれ得ない長波長側の蛍光画像に基づいて、発光素子の良否判定が行われる。一部の発光素子では正常蛍光スペクトルよりも長波長側に蛍光スポットが生じることがあるところ、このような長波長側の蛍光画像に基づいて発光素子の良否判定が行われることによって、上述した長波長側の蛍光スポットを適切に検出し、該蛍光スポットを有する発光素子を適切に不良と判定することができる。すなわち、本発明の一態様に係る検査装置によれば、長波長側の蛍光を考慮することにより発光素子の良否判定を高精度に行うことができる。

20

【 0 0 0 9 】

検査装置は、発光素子からの蛍光を、第 1 の波長よりも長い波長の蛍光及び第 2 の波長よりも短い波長の蛍光に分離する光学素子と、第 2 の波長よりも短い波長の蛍光であって発光素子の正常蛍光スペクトルに含まれる波長の蛍光を撮像する第 2 の撮像部と、を更に備えていてもよい。このような構成によれば、長波長側の蛍光、及び、正常蛍光スペクトルに含まれる波長の蛍光の双方がタイムロスなく撮像される。このことで、各発光素子について、長波長側の異常発光だけでなく、正常蛍光スペクトルにおける発光についても適切に検出することができ、各発光素子の発光状態をより詳細に取得することができる。

30

【 0 0 1 0 】

第 1 の波長と第 2 の波長とは同じ波長であり、光学素子はダイクロイックミラーであってもよい。このような構成によれば、上述した長波長側の蛍光及び正常蛍光スペクトルに含まれる波長の蛍光を簡易且つ確実に撮像することができる。

【 0 0 1 1 】

40

判定部は、第 1 の蛍光画像及び第 2 の撮像部によって取得された第 2 の蛍光画像に基づいて、発光素子の良否を判定してもよい。これにより、長波長側の蛍光を考慮して発光素子の良否判定を行うことに加えて、正常蛍光スペクトルに含まれる波長の蛍光に基づき発光素子の良否判定を行うことができる。このことで、長波長側の異常（蛍光スポット）及び正常蛍光スペクトルにおける発光状態の双方を考慮して、より高精度に発光素子の良否判定を行うことができる。

【 0 0 1 2 】

判定部は、第 2 の蛍光画像に基づいて発光素子の良否を判定すると共に、該判定の後に、該判定において良と判定された発光素子について、第 1 の蛍光画像に基づいて良否を判定してもよい。このような構成によれば、正常蛍光スペクトルにおける発光状態が異常で

50

ある発光素子を適切に不良と判定した後に、さらに、正常蛍光スペクトルにおける発光状態が正常であっても長波長側の異常（蛍光スポット）を有する発光素子を不良と判定することができ、長波長側の発光状態及び正常蛍光スペクトルにおける発光状態の双方を考慮して、不良である発光素子を漏れなく特定することができる。また、第２の蛍光画像に基づく良否判定において良と判定された発光素子についてのみ、第１の蛍光画像に基づく良否判定が行われるため、長波長側の異常に係る判定に要する時間を短縮することができる。

【００１３】

判定部は、第２の蛍光画像に基づいて発光素子の良否を判定すると共に、該判定の後に、該判定において不良と判定された発光素子について、第１の蛍光画像に基づいて良否を判定してもよい。このような構成によれば、例えば、正常蛍光スペクトルにおける発光状態に基づいて不良と判定された発光素子であっても、長波長側の異常（蛍光スポット）を有さない発光素子については良と判定することができ、深刻な異常（長波長側の蛍光スポット）を有さない発光素子が不良と判定されることを回避することができる。また、第２の蛍光画像に基づく良否判定において不良と判定された発光素子についてのみ、第１の蛍光画像に基づく良否判定が行われるため、長波長側の異常に係る判定に要する時間を短縮することができる。

10

【００１４】

判定部は、第２の蛍光画像の輝度に基づいて発光素子の良否を判定すると共に、第１の蛍光画像に含まれる輝点に基づいて発光素子の良否を判定してもよい。このような構成によれば、正常蛍光スペクトルにおける蛍光の輝度と、長波長側の蛍光スポットの情報（異常蛍光スポットの有無や数等）とを考慮して、より高精度に発光素子の良否判定を行うことができる。

20

【００１５】

判定部は、各発光素子の良否判定結果を出力してもよい。これにより、各発光素子の良否判定結果を利用して、発光効率に影響を与えている発光素子を特定し、発光効率を向上させるための対処を行うことができる。

【００１６】

判定部は、発光素子内における不良個所を特定し、該不良個所の位置を出力してもよい。例えば、撮像結果に基づいて長波長側の蛍光スポットの位置を特定して、該蛍光スポットの位置を不良個所として出力することにより、不良個所の情報に基づいて、発光効率を向上させるための対処を行うことができる。

30

【００１７】

本発明の一態様に係る検査方法は、複数の発光素子が形成された対象物を検査する検査方法であって、対象物に励起光を照射する励起光照射ステップと、発光素子からの蛍光のうち、第１の波長よりも長い波長の蛍光を撮像する第１の撮像ステップと、第１の撮像ステップにおいて取得された第１の蛍光画像に基づいて、発光素子の良否を判定する判定ステップと、を備え、第１の波長は、発光素子の正常蛍光スペクトルのピーク波長に該正常蛍光スペクトルの半値全幅を加えた波長である。

【００１８】

検査方法は、発光素子からの蛍光を、第１の波長よりも長い波長の蛍光及び第２の波長よりも短い波長の蛍光に分離する分離ステップと、第２の波長よりも短い波長の蛍光であって発光素子の正常蛍光スペクトルに含まれる波長の蛍光を撮像する第２の撮像ステップと、を更に備えていてもよい。

40

【００１９】

第１の波長と第２の波長とは同じ波長であってもよい。

【００２０】

判定ステップでは、第１の蛍光画像及び第２の撮像ステップにおいて取得された第２の蛍光画像に基づいて、発光素子の良否を判定してもよい。

【００２１】

判定ステップでは、第２の蛍光画像に基づいて発光素子の良否を判定すると共に、該判

50

定の後に、該判定において良と判定された発光素子について、第１の蛍光画像に基づいて良否を判定してもよい。

【００２２】

判定ステップでは、第２の蛍光画像に基づいて発光素子の良否を判定すると共に、該判定の後に、該判定において不良と判定された発光素子について、第１の蛍光画像に基づいて良否を判定してもよい。

【００２３】

判定ステップでは、第２の蛍光画像の輝度に基づいて発光素子の良否を判定すると共に、第１の蛍光画像に含まれる輝点に基づいて発光素子の良否を判定してもよい。

【００２４】

判定ステップでは、各発光素子の良否判定結果を出力してもよい。

【００２５】

判定ステップでは、発光素子内における不良個所を特定し、該不良個所の位置を出力してもよい。

【発明の効果】

【００２６】

本発明の一態様によれば、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】

【００２７】

【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】発光スペクトル及びダイクロイックミラーの特性を説明する図である。

【図３】評価指数による各発光素子のソート結果を示す図である。

【図４】検査装置が実行する検査方法のフローチャートである。

【図５】異常発光状態の発光素子の蛍光画像であり、（ａ）は本来発光波長の蛍光画像、（ｂ）は長波長側の蛍光画像である。

【図６】異常発光状態の輝度分布と正常発光状態の輝度分布とを示す図である。

【図７】変形例に係る検査装置の構成図である。

【発明を実施するための形態】

【００２８】

以下、本発明の実施形態について、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。

【００２９】

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。発光素子は、例えばＬＥＤ、ミニＬＥＤ、μＬＥＤ、ＳＬＤ素子、レーザ素子、垂直型レーザ素子（ＶＣＳＥＬ）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）を観察することにより、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。

【００３０】

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、ダイクロイックミラー４０と、対物レンズ５１と、Ｚステージ５２と、ダイクロイックミラー６０（光学素子）と、結像レンズ７１，７２と、カメラ８１（第１の撮像部），８２（第２の撮像部）と、暗箱９０と、制御装置１００（判定部）と、モニタ１１０と、を備えている。暗箱９０は、上述した構成のうち制御装置１００及

10

20

30

40

50

びモニタ 110 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 90 に収容される各構成は、カメラ 81, 82 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。

【0031】

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 100 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（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。

10

【0032】

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 LED、レーザ、ハロゲンランプ、水銀ランプ、D2 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。

20

【0033】

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イックミラー 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 とダイクロイックミラー 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。

30

【0034】

ダイクロイックミラー 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、ダイクロイックミラー 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）をダイクロイックミラー 60 方向に透過するように構成されている。なお、図 2 に示されるように、励起光の正常発光スペクトル FS の領域は、蛍光の正常発光スペクトル（正常蛍光スペクトル）ES の領域よりも低波長側である。すなわち、ダイクロイックミラー 40 は、低波長帯の光である励起光を対物レンズ 51 方向に反射すると共に、励起光と比べて高波長帯の光である蛍光をダイクロイックミラー 60 方向に透過する。

40

【0035】

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、ダイクロイックミラー 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。

【0036】

ダイクロイックミラー 60 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。ダイクロイックミラー 60 は、発光素子からの蛍光を、第 1 の波長よりも長い波長の蛍光及び第 2 の波長よりも短い

50

波長の蛍光に分離する。本実施形態においては、第１の波長と第２の波長とは同じ波長（基準波長ＢＷ）であるとして説明する。すなわち、ダイクロイックミラー６０は、発光素子からの蛍光を、基準波長ＢＷよりも長い波長の蛍光と、基準波長ＢＷよりも短い波長の蛍光とに分離する。

【００３７】

図２は、発光スペクトル及びダイクロイックミラー６０、４０の特性を説明する図である。図２において、横軸は波長を示しており、左縦軸は発光輝度を示しており、右縦軸は透過率を示している。図２に示されるように、上述した基準波長ＢＷは、発光素子の正常蛍光スペクトルＥＳのピーク波長ＰＷに、正常蛍光スペクトルＥＳの半値全幅ＷＨを加えた波長とされている。そして、図２に示されるダイクロイックミラー６０の特性Ｄ２からも明らかなように、ダイクロイックミラー６０は、基準波長ＢＷよりも短い波長の蛍光を透過せずに（反射し）、基準波長ＢＷよりも長い波長の蛍光を透過するように構成されている。また、図２に示されるダイクロイックミラー４０の特性Ｄ１からも明らかなように、ダイクロイックミラー４０は、励起光の正常発光スペクトルＦＳの波長帯の光を反射し、正常蛍光スペクトルＥＳの波長帯の光を概ね透過している。ダイクロイックミラー６０、４０の特性Ｄ２、Ｄ１から明らかなように、ダイクロイックミラー６０が反射する短い波長の蛍光は正常蛍光スペクトルＥＳに含まれる波長の蛍光（本来発光波長の蛍光）であり、ダイクロイックミラー６０が透過する長い波長の蛍光は正常蛍光スペクトルＥＳに含まれない波長の蛍光（長波長側の蛍光）である。なお、本来発光波長は、例えば予め発光素子の仕様から既知である波長であってもよく、発光素子からの蛍光を分光器により実測した強度のピークとなる波長であってもよい。

【００３８】

なお、詳細には、ダイクロイックミラー６０は、基準波長ＢＷよりも短い波長の蛍光の一部を透過し、また、基準波長ＢＷよりも長い波長の蛍光の一部を反射する（図２参照）と考えられるが、概ね、基準波長ＢＷよりも短い波長の蛍光を反射すると共に基準波長ＢＷよりも長い波長の蛍光を透過することから、以下では単に、「ダイクロイックミラー６０は基準波長ＢＷよりも短い波長の蛍光を反射し、基準波長ＢＷよりも長い波長の蛍光を透過する」として説明する。基準波長ＢＷよりも長い波長の蛍光（長波長側の蛍光）は、ダイクロイックミラー６０を経て結像レンズ７１に達する。基準波長ＢＷよりも短い波長の蛍光（本来発光波長の蛍光）は、ダイクロイックミラー６０を経て結像レンズ７２に達する。

【００３９】

結像レンズ７１は、長波長側の蛍光を結像させ、該蛍光をカメラ８１に導くレンズである。カメラ８１は、サンプルＳからの蛍光を撮像する撮像部である。より詳細には、カメラ８１は、発光素子からの蛍光のうち基準波長ＢＷよりも長い波長の蛍光（長波長側の蛍光）を撮像する。カメラ８１は、結像レンズ７１によって結像された画像を検出することによって長波長側の蛍光を撮像する。カメラ８１は、撮像結果である長波長側の蛍光画像を制御装置１００に出力する。カメラ８１は、例えばＣＣＤやＭＯＳ等のエリアイメージセンサである。また、カメラ８１は、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。なお、検査装置１は、長波長側の余計な発光を防ぐために、ダイクロイックミラー６０とカメラ８１との間にバンドパスフィルタをさらに備えていてもよい。

【００４０】

結像レンズ７２は、本来発光波長の蛍光を結像させ、該蛍光をカメラ８２に導くレンズである。カメラ８２は、サンプルＳからの蛍光を撮像する撮像部である。より詳細には、カメラ８２は、発光素子からの蛍光のうち基準波長ＢＷよりも短い波長の蛍光であって発光素子の正常蛍光スペクトルＥＳ（図２参照）に含まれる波長の蛍光（本来発光波長の蛍光）を撮像する。カメラ８２は、結像レンズ７２によって結像された画像を検出することによって本来発光波長の蛍光を撮像する。カメラ８２は、撮像結果である本来発光波長の蛍光画像を制御装置１００に出力する。カメラ８２は、例えばＣＣＤやＭＯＳ等のエリア

イメージセンサである。また、カメラ 8 2 は、ラインセンサや T D I センサによって構成されていてもよい。なお、検査装置 1 は、短波長側の蛍光の計測の際ダイクロイックミラー 6 0 の表面反射に伴う長波長側の蛍光の混入を防ぐために、ダイクロイックミラー 6 0 とカメラ 8 2 との間にバンドパスフィルタをさらに備えていてもよい。

【 0 0 4 1 】

制御装置 1 0 0 は、X Y ステージ 1 2、励起光源 2 0、Z ステージ 5 2、及びカメラ 8 1、8 2 を制御する。具体的には、制御装置 1 0 0 は、X Y ステージ 1 2 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 1 0 0 は、Z ステージ 5 2 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 1 0 0 は、励起光源 2 0 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 1 0 0 は、カメラ 8 1、8 2 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 1 0 0 は、カメラ 8 1、8 2 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 1 0 0 は、コンピュータであって、物理的には、R A M、R O M 等のメモリ、C P U 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 1 0 0 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 1 0 0 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 C P U で実行することにより機能する。モニタ 1 1 0 は、計測結果である蛍光画像を表示する表示装置である。

【 0 0 4 2 】

次に、発光素子の良否判定に係る制御装置 1 0 0 の機能について詳細に説明する。

【 0 0 4 3 】

制御装置 1 0 0 は、カメラ 8 1 によって取得された長波長側の蛍光画像（第 1 の蛍光画像）、及び、カメラ 8 2 によって取得された本来発光波長の蛍光画像（第 2 の蛍光画像）に基づいて、発光素子の良否を判定する。制御装置 1 0 0 は、例えば、カメラ 8 2 によって取得された本来発光波長の蛍光画像に基づいて発光素子の良否を判定すると共に、該判定の後に、該判定において良と判定された発光素子について、カメラ 8 1 によって取得された長波長側の蛍光画像に基づいて良否を判定する。

【 0 0 4 4 】

制御装置 1 0 0 は、まず、蛍光画像に基づいて発光素子の位置を特定し、各発光素子の発光エリアを特定する。発光素子の位置の特定は、例えば蛍光画像内の位置と X Y ステージ 1 2 の位置の換算によって行われる。なお、制御装置 1 0 0 は、予めサンプル S 全体のパターン像を取得しておき、パターン像ないし蛍光画像から、発光素子の位置を認識（特定）してもよい。そして、制御装置 1 0 0 は、本来発光波長の蛍光画像に基づいて各発光素子の発光エリア内の平均輝度を導出し、各発光素子についてアドレス位置と輝度（発光エリア内の平均輝度）とを紐づける。制御装置 1 0 0 は、各アドレス（各発光素子）について、絶対輝度と相対輝度とから評価指数を導出する。相対輝度とは、導出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導出対象の発光素子の輝度比率である。制御装置 1 0 0 は、例えば、絶対輝度と相対輝度との積から評価指数を導出する。或いは、制御装置 1 0 0 は、絶対輝度と相対輝度の n 乗（ n は自然数。例えば 2）との積から評価指数を導出する。制御装置 1 0 0 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評価指数の導出を行う。また、制御装置 1 0 0 は、照射領域を変更することにより新たな蛍光画像（本来発光波長の蛍光画像）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評価指数の導出を行う。制御装置 1 0 0 は、全ての発光素子について評価指数を導出すると、該評価指数の高い順に発光素子のソート（並び替え）を行う。図 3 は、評価指数による発光素子のソート結果を示す図である。図 3 において縦軸は輝度の大きさに応じた評価指数を示しており、横軸は各発光素子の順位を示している。図 3 に示されるように、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。制御装置 1 0 0 は、例えばこのような変化点を閾値として、評価指

10

20

30

40

50

数が該閾値以上である発光素子を良品（良ピクセル）、該閾値よりも小さい発光素子を不良品（不良ピクセル）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。

【 0 0 4 5 】

また、制御装置 1 0 0 は、長波長側の蛍光画像に基づいて各発光素子の発光エリア内における輝点（蛍光スポット）を検出し、各発光素子についてアドレス位置と輝点数とを紐づける。このような、正常発光スペクトルよりも長波長側の輝点（発光スポット）は、異常発光箇所である。そして、制御装置 1 0 0 は、上述した本来発光波長の蛍光画像に基づく良否判定において良品であると判定された発光素子について、長波長側の蛍光画像に一定数以上の輝点が含まれているか否かを判定し、一定数以上の輝点が含まれていない発光素子を良品（良ピクセル）、一定数以上の輝点が含まれている発光素子を不良品（不良ピクセル）と判定する。このような例では、本来発光波長の蛍光画像に基づいて良品であると判定された発光素子であっても、長波長側の蛍光画像に基づいて不良品であると判定される場合がある。

【 0 0 4 6 】

なお、制御装置 1 0 0 は、カメラ 8 2 によって取得された本来発光波長の蛍光画像に基づいて発光素子の良品判定を行った後に、該判定において不良と判定された発光素子について、カメラ 8 1 によって取得された長波長側の蛍光画像に基づいて良否を判定してもよい。また、制御装置 1 0 0 は、全ての発光素子について、長波長側の蛍光画像に基づく良否判定を行ってもよい。このように、制御装置 1 0 0 は、本来発光波長の蛍光画像に基づいて良と判定された発光素子についてのみ長波長側の蛍光画像に基づいて良否判定を行ってもよいし、本来発光波長の蛍光画像に基づいて不良と判定された発光素子についてのみ長波長側の蛍光画像に基づいて良否判定を行ってもよいし、本来発光波長の蛍光画像に基づく良否判定結果によらずに全ての発光素子について長波長側の蛍光画像に基づく良否判定を行ってもよい。

【 0 0 4 7 】

制御装置 1 0 0 は、各発光素子の良否判定結果を出力する。当該良否判定結果は、例えばモニタ 1 1 0 に表示される。また、制御装置 1 0 0 は、発光素子内における不良箇所（例えば長波長側の輝点の箇所）を特定し、該不良箇所の位置を出力（モニタ 1 1 0 に表示されるように出力）してもよい。

【 0 0 4 8 】

次に、図 4 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 4 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。

【 0 0 4 9 】

図 4 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 S 1）。具体的には、制御装置 1 0 0 は、X Y ステージ 1 2 を制御することにより励起光の照射領域を決定する。

【 0 0 5 0 】

つづいて、制御装置 1 0 0 の制御に応じて、励起光源 2 0 がサンプル S の照射領域に励起光を照射する（ステップ S 2。励起光照射ステップ）。励起光源 2 0 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 3 0 の光ファイバケーブル 3 1 及び導光レンズ 3 2 を経てダイクロイックミラー 4 0 に到達し、ダイクロイックミラー 4 0 において反射され、対物レンズ 5 1 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。該蛍光はダイクロイックミラー 4 0 を透過して、ダイクロイックミラー 6 0 において本来発光波長の蛍光と、長波長側の蛍光とに分離される（分離ステップ）。本来発光波長の蛍光は、結像レンズ 7 2 によって結像されカメラ 8 2 に導かれる。長波長側の蛍光は、結像レンズ 7 1 によって結像されカメラ 8 1 に導かれる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

カメラ 8 1 は長波長側の蛍光を撮像する（ステップ S 3。第 1 の撮像ステップ）。また、カメラ 8 2 は本来発光波長の蛍光を撮像する（ステップ S 3。第 2 の撮像ステップ）。カメラ 8 1, 8 2 は、撮像結果である蛍光画像を制御装置 1 0 0 に出力する。

【 0 0 5 2 】

つづいて、制御装置 1 0 0 は、蛍光画像に基づいて発光素子の位置を特定し（ステップ S 4）、各発光素子における発光エリアを特定する。そして、制御装置 1 0 0 は、本来発光波長の蛍光画像に基づいて各発光素子の発光エリア内の輝度（平均輝度）を導出する（ステップ S 5）。また、制御装置 1 0 0 は、長波長側の蛍光画像に基づいて各発光素子の発光エリア内における輝点（蛍光スポット）を検出し、輝点数を導出する（ステップ S 6）。そして、制御装置 1 0 0 は、各発光素子について、アドレス位置と輝度（平均輝度）とを紐づけると共に、アドレス位置と輝点数とを紐づける（ステップ S 7）。

10

【 0 0 5 3 】

つづいて、制御装置 1 0 0 は、各発光素子について、絶対輝度と相対輝度とから評価指数を導出する（ステップ S 8）。制御装置 1 0 0 は、例えば、絶対輝度と相対輝度との積から評価指数を導出する。或いは、制御装置 1 0 0 は、絶対輝度と相対輝度の n 乗（ n は自然数。例えば 2）との積から評価指数を導出する。

【 0 0 5 4 】

つづいて、制御装置 1 0 0 は、サンプル S の全ての発光素子（判定対象の発光素子）について上述した評価指数を導出済みか否か、判定する（ステップ S 9）。ステップ S 9 において導出済みでないと判定した場合には、制御装置 1 0 0 は、評価指数を導出する前の発光素子が含まれるように新たな照射領域を決定する（ステップ S 1 0）。その後、再度ステップ S 2 以降の処理が行われる。

20

【 0 0 5 5 】

ステップ S 9 において全ての発光素子について評価指数を導出済みであると判定した場合には、制御装置 1 0 0 は、各発光素子の評価指数と所定の閾値とを比較することにより、発光素子の良否を判定する（ステップ S 1 1。判定ステップ）。具体的には、制御装置 1 0 0 は、評価指数の高い順に発光素子のソート（並び替え）を行い、評価指数が閾値以上である発光素子を良品（良ピクセル）、該閾値よりも小さい発光素子を不良品（不良ピクセル）と判定する。

30

【 0 0 5 6 】

最後に、制御装置 1 0 0 は、長波長側の蛍光画像に含まれる輝点数と所定の閾値とを比較することにより、発光素子の良否を判定する（ステップ S 1 2。判定ステップ）。具体的には、制御装置 1 0 0 は、長波長側の蛍光画像に一定数以上の輝点が含まれていない発光素子を良品（良ピクセル）、一定数以上の輝点が含まれている発光素子を不良品（不良ピクセル）と判定する。制御装置 1 0 0 は、各発光素子の良否判定結果を出力してもよい。また、制御装置 1 0 0 は、発光素子内における不良個所（例えば長波長側の輝点の箇所）を特定し、該不良個所の位置を出力（モニタ 1 1 0 に表示されるように出力）してもよい。

【 0 0 5 7 】

次に、本実施形態の作用効果について説明する。

40

【 0 0 5 8 】

本実施形態に係る検査装置 1 は、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 2 0 と、発光素子からの蛍光のうち、基準波長 BW（図 2 参照）よりも長い波長の蛍光を撮像するカメラ 8 1 と、カメラ 8 1 によって取得された長波長側の蛍光画像（第 1 の蛍光画像）に基づいて、発光素子の良否を判定する制御装置 1 0 0 と、を備え、基準波長 BW は、発光素子の正常蛍光スペクトル ES のピーク波長 PW に正常蛍光スペクトル ES の半値全幅 WH を加えた波長である（図 2 参照）。

【 0 0 5 9 】

50

検査装置 1 によれば、発光素子の正常蛍光スペクトル E_S のピーク波長 PW に正常蛍光スペクトル E_S の半値全幅 WH を加えた波長の蛍光画像、すなわち発光素子の正常蛍光スペクトル E_S に含まれ得ない長波長側の蛍光画像に基づいて、発光素子の良否判定が行われる。図 5 は異常発光状態の発光素子 L_1 の蛍光画像であり、(a) は本来発光波長の蛍光画像、(b) は長波長側の蛍光画像である。図 5 (b) に示されるように、異常発光状態の発光素子 L_1 では、正常蛍光スペクトルよりも長波長側に蛍光スポット FP が生じることがある。図 6 は異常発光状態の発光素子の輝度部分布と正常発光状態の発光素子の輝度分布とを示す図である。図 6 において縦軸は輝度を示しており、横軸は累積比率を示している。図 6 に示されるように、異常発光状態の発光素子は、正常発光状態の発光素子と比べて輝度が小さくなる。このように、長波長側に蛍光スポットが生じている異常発光状態の発光素子は、輝度が小さいため、不良品と判定される必要がある。この点、本実施形態の検査装置 1 のように、長波長側の蛍光画像に基づいて発光素子の良否判定が行われることによって、上述した長波長側の蛍光スポットを適切に検出し、該蛍光スポットを有する発光素子を適切に不良と判定することができる。すなわち、検査装置 1 によれば、長波長側の蛍光を考慮することにより発光素子の良否判定を高精度に行うことができる。

【0060】

検査装置 1 は、発光素子からの蛍光を、長波長側の蛍光及び本来発光波長の蛍光に分離するダイクロイックミラー 60 と、本来発光波長の蛍光であって発光素子の正常蛍光スペクトルに含まれる波長の蛍光を撮像するカメラ 82 と、を備えている。このような構成によれば、長波長側の蛍光、及び、正常蛍光スペクトルに含まれる波長の蛍光の双方がタイムロスなく撮像される。このことで、各発光素子について、長波長側の異常発光だけでなく、正常蛍光スペクトルにおける発光についても適切に検出することができ、各発光素子の発光状態をより詳細に取得することができる。そして、ダイクロイックミラー 60 によって蛍光を分離することにより、上述した長波長側の蛍光及び正常蛍光スペクトルに含まれる波長の蛍光を簡易且つ確実に撮像することができる。

【0061】

制御装置 100 は、長波長側の蛍光画像及びカメラ 82 によって取得された本来発光波長の蛍光画像（第 2 の蛍光画像）に基づいて、発光素子の良否を判定する。これにより、長波長側の蛍光を考慮して発光素子の良否判定を行うことに加えて、正常蛍光スペクトルに含まれる波長の蛍光に基づき発光素子の良否判定を行うことができる。このことで、長波長側の異常（蛍光スポット）及び正常蛍光スペクトルにおける発光状態の双方を考慮して、より高精度に発光素子の良否判定を行うことができる。

【0062】

制御装置 100 は、本来発光波長の蛍光画像に基づいて発光素子の良否を判定すると共に、該判定の後に、該判定において良と判定された発光素子について、長波長側の蛍光画像に基づいて良否を判定してもよい。このような構成によれば、正常蛍光スペクトルにおける発光状態が異常である発光素子を適切に不良と判定した後に、さらに、正常蛍光スペクトルにおける発光状態が正常であっても長波長側の異常（蛍光スポット）を有する発光素子を不良と判定することができ、長波長側の発光状態及び正常蛍光スペクトルにおける発光状態の双方を考慮して、不良である発光素子を漏れなく特定することができる。また、本来発光波長の蛍光画像に基づく良否判定において良と判定された発光素子についてのみ、長波長側の蛍光画像に基づく良否判定が行われるため、長波長側の異常に係る判定に要する時間を短縮することができる。

【0063】

制御装置 100 は、本来発光波長の蛍光画像に基づいて発光素子の良否を判定すると共に、該判定の後に、該判定において不良と判定された発光素子について、長波長側の蛍光画像に基づいて良否を判定してもよい。このような構成によれば、例えば、正常蛍光スペクトルにおける発光状態に基づいて不良と判定された発光素子であっても、長波長側の異常（蛍光スポット）を有さない発光素子については良と判定することができ、深刻な異常（長波長側の蛍光スポット）を有さない発光素子が不良と判定されることを回避すること

ができる。また、本来発光波長の蛍光画像に基づく良否判定において不良と判定された発光素子についてのみ、長波長側の蛍光画像に基づく良否判定が行われるため、長波長側の異常に係る判定に要する時間を短縮することができる。

【 0 0 6 4 】

制御装置 1 0 0 は、本来発光波長の蛍光画像の輝度に基づいて発光素子の良否を判定すると共に、長波長側の蛍光画像に含まれる輝点に基づいて発光素子の良否を判定する。このような構成によれば、正常蛍光スペクトルにおける蛍光の輝度と、長波長側の蛍光スポットの情報（異常蛍光スポットの有無や数等）とを考慮して、より高精度に発光素子の良否判定を行うことができる。

【 0 0 6 5 】

制御装置 1 0 0 は、各発光素子の良否判定結果を出力する。これにより、各発光素子の良否判定結果を利用して、発光効率に影響を与えている発光素子を特定し、発光効率を向上させるための対処を行うことができる。

【 0 0 6 6 】

制御装置 1 0 0 は、発光素子内における不良個所を特定し、該不良個所の位置を出力する。例えば、撮像結果に基づいて、発光素子内における、長波長側の蛍光スポットの位置を特定して、該蛍光スポットの位置を不良個所として出力することにより、不良個所の情報に基づいて、発光効率を向上させるための対処を行うことができる。

【 0 0 6 7 】

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、第 1 の波長と第 2 の波長とは同一の波長（基準波長 B W ）であるとして説明したがこれに限定されず互いに異なる波長であってもよい。

【 0 0 6 8 】

また、長波長側の蛍光及び本来発光波長の蛍光に基づいて発光素子の良否を判定するとして説明したがこれに限定されず、制御装置 1 0 0（判定部）は、カメラ 8 1 によって撮像された、長波長側の蛍光のみに基づいて発光素子の良否を判定してもよい。この場合においては、図 7 に示されるように、検査装置 1 A は、1 台のカメラ 8 1 と該カメラ 8 1 に対応する結像レンズ 7 1 を有していればよく、本来発光波長の蛍光を取得するための構成（図 1 に示されるダイクロイックミラー 6 0、カメラ 8 2、及び結像レンズ 7 2）を有していなくてもよい。

【 0 0 6 9 】

また、長波長側の蛍光に基づく発光素子の良否判定においては、蛍光画像に一定数以上の輝点が含まれているか否かを判定するとして説明したがこれに限定されず、単に蛍光画像に 1 つ以上の輝点が含まれているか否かに応じて発光素子の良否判定を行ってもよい。

【 0 0 7 0 】

また、上述した実施形態ではダイクロイックミラー 6 0 は図 2 に示されるように、波長に対する透過率（反射率）変化が急峻なものをを用いて説明がなされたが、本発明はこのような特性のダイクロイックミラーを用いることに限定されない。例えば波長に対する透過率（反射率）が約 1 0 0 n m 程度の幅をもって緩やかに変化するようなダイクロイックミラーを用いてもよい。このような、ダイクロイックミラーでは、特定の波長帯では波長の変化に応じて蛍光の透過率（反射率）が変化し、該特定の波長帯以外の波長帯（特定の波長帯よりも低波長側及び特定の波長帯よりも高波長側）では波長の変化に関わらず蛍光の透過率（反射率）が一定となる。波長の変化に応じて蛍光の透過率（反射率）が変化する波長帯の幅を「エッジ変移幅」とした場合、このようなダイクロイックミラーのエッジ変移幅は、例えば発光素子の正常蛍光スペクトルの半値全幅よりも広くされてもよい。

【符号の説明】

【 0 0 7 1 】

1, 1 A ... 検査装置、2 0 ... 励起光源、6 0 ... ダイクロイックミラー（光学素子）、8 1 ... カメラ（第 1 の撮像部）、8 2 ... カメラ（第 2 の撮像部）、1 0 0 ... 制御装置（判定部）。

10

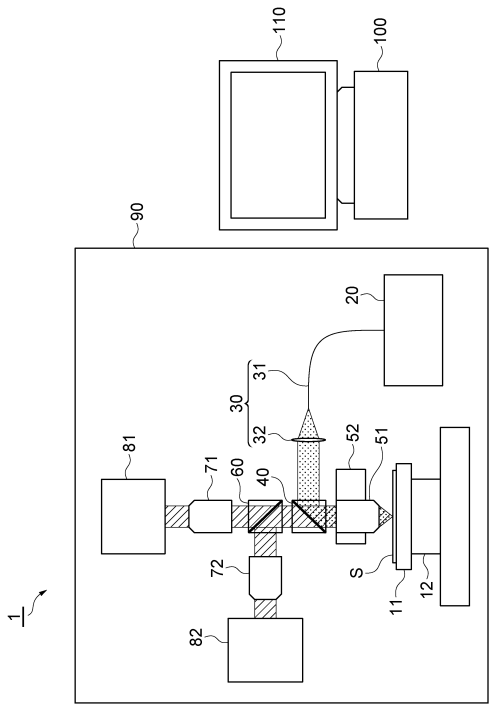
20

30

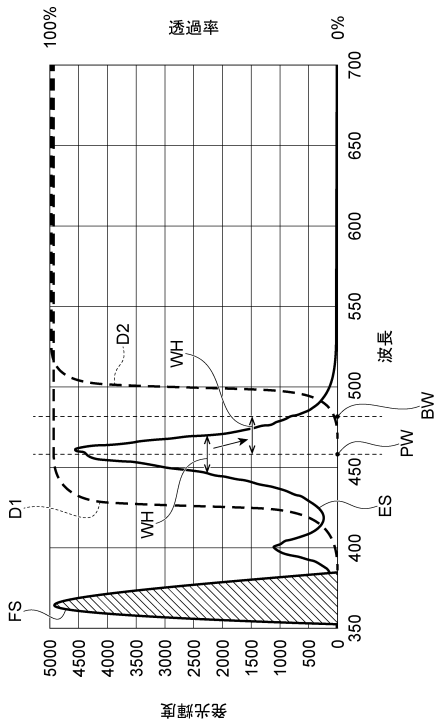
40

50

【図面】
【図 1】



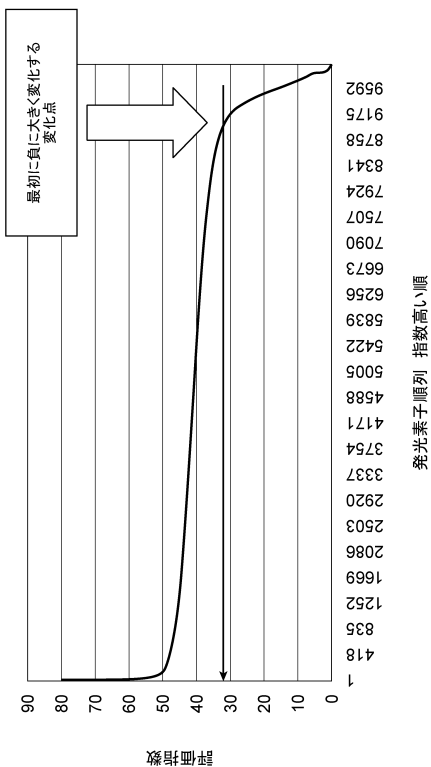
【図 2】



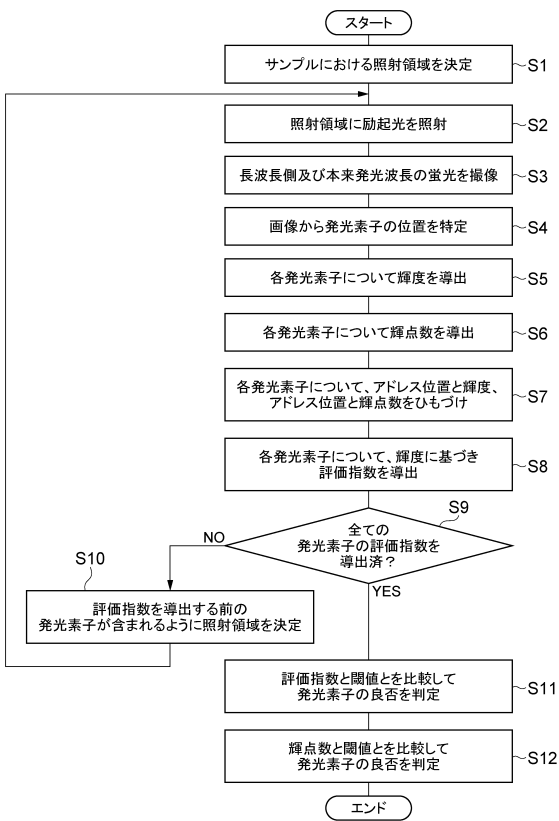
10

20

【図 3】



【図 4】

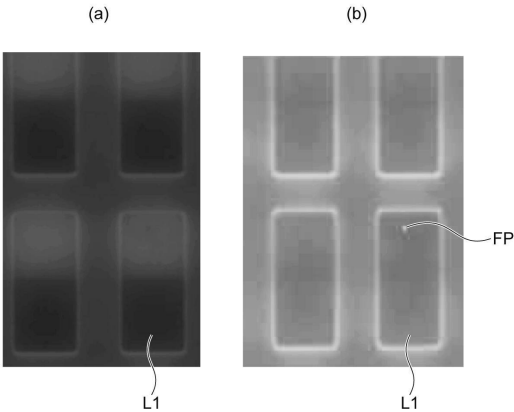


30

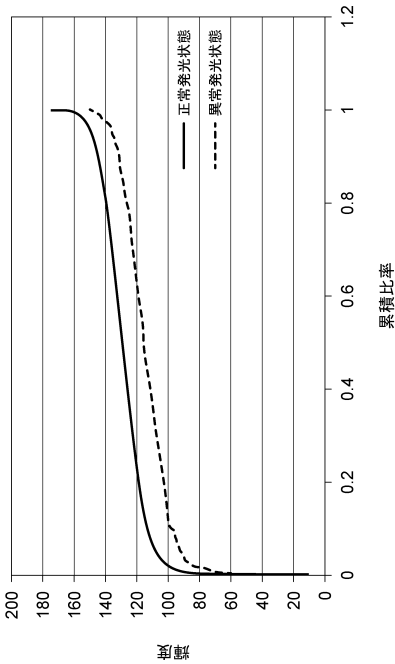
40

50

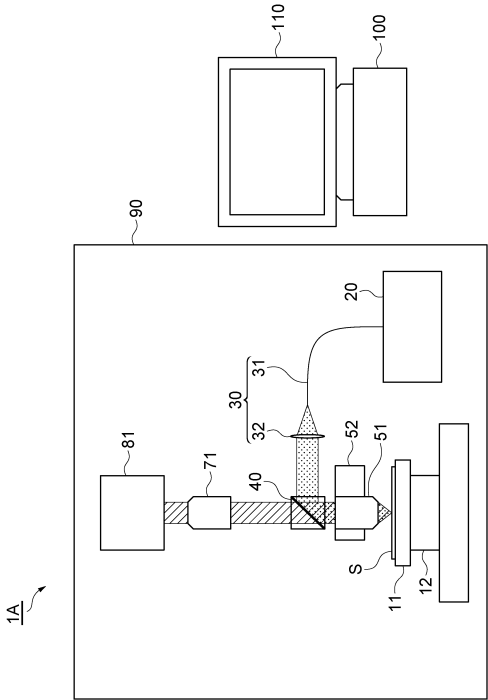
【図 5】



【図 6】



【図 7】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 平野 崇

(56)参考文献 特開 2 0 1 5 - 0 1 0 8 3 4 (J P , A)

特開 2 0 1 0 - 1 1 8 6 6 8 (J P , A)

特開昭 6 3 - 2 5 0 8 3 5 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 6 6

H 0 1 L 3 3 / 0 0

G 0 1 M 1 1 / 0 0

G 0 1 N 2 1 / 6 4