

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-54377
(P2010-54377A)

(43) 公開日 平成22年3月11日(2010.3.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 21/956 (2006.01)	GO 1 N 21/956 A	2 G O 5 1
HO 1 L 21/66 (2006.01)	HO 1 L 21/66 N	4 M 1 0 6

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2008-220409 (P2008-220409)	(71) 出願人	596099446 シーシーエス株式会社 京都府京都市上京区烏丸通下立売上ル桜鶴 円町374番地
(22) 出願日	平成20年8月28日 (2008.8.28)	(74) 代理人	100121441 弁理士 西村 電平
		(72) 発明者	米田 賢治 京都市上京区烏丸通下立売上ル桜鶴円町3 74番地 シーシーエス株式会社内
		(72) 発明者	増村 茂樹 京都市上京区烏丸通下立売上ル桜鶴円町3 74番地 シーシーエス株式会社内
		(72) 発明者	三浦 健司 京都市上京区烏丸通下立売上ル桜鶴円町3 74番地 シーシーエス株式会社内 最終頁に続く

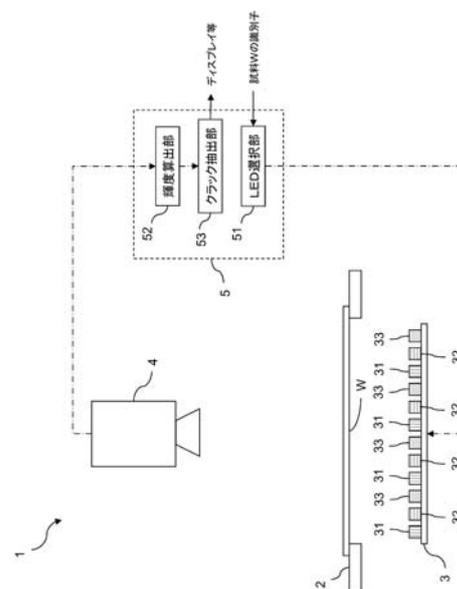
(54) 【発明の名称】 赤外線検査装置

(57) 【要約】

【課題】簡易な構成でありながら、多様な半導体基板に対応して、高い精度でマイクロクラック等を検出することができる赤外線検査装置を提供する。

【解決手段】半導体基板に赤外線を照射して透過した光を検出する赤外線検査装置であって、異なる波長の光を射出する複数種類の赤外線LEDを、切り替え点灯可能に備えているようにした。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

半導体基板に赤外線を照射して透過した光を検出する赤外線検査装置であって、異なる波長の光を射出する複数種類の赤外線 LED を、切り替え点灯可能に備えている赤外線検査装置。

【請求項 2】

検査対象である前記半導体基板に応じて、前記複数種類の赤外線 LED から点灯する赤外線 LED を選択する LED 選択部と、

前記赤外線 LED から照射された光が前記半導体基板を透過した光を透過画像として撮像する撮像装置と、

前記撮像装置で撮像された透過光の輝度値を算出する輝度算出部と、

前記透過光を前記輝度算出部で算出された輝度値により 3 群に分類し、3 群のうち輝度値が最も高い群と最も低い群とに属する透過光が検出された前記半導体基板のポイントを抽出するクラック抽出部と、を備えている請求項 1 記載の赤外線検査装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、シリコンウェハ等の半導体基板に赤外線を照射して、結晶内部に生じたマイクロクラック等を検出する赤外線検査装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

マイクロクラックは、半導体ウェハ等の結晶基板の結晶内部における結晶の不整合な部分等に発生する微小な割れであり、例えば、太陽電池用結晶ウェハでは、その製造工程途中でウェハ割れを引き起こすのに加えて、完成品においては発電効率を低下させるものである。

【0003】

製造工程途中でのウェハ割れを防止するためには、切り出された半導体ウェハについてマイクロクラックを検出することが必要であるが、外観についての目視検査ではその検出が難しい。このため、赤外線を照射して半導体ウェハ内に生じたマイクロクラックを検出する方法が用いられている（特許文献 1）。

【0004】

光源から射出された赤外線がマイクロクラックの割れの面に平行に入射すると透過率が増し、そうでない場合には割れ界面で光が部分的に反射されて透過率が低下する。

【0005】

結晶基板は、結晶成分がそれぞれ異なる透過率をもつため、赤外線を照射した場合、結晶粒の構造により複雑な濃淡差を生じ、場所によって輝度が異なったランダムなパターンを有する画像が撮像されるので、そのままではクラックの検査が困難である。

【0006】

また、半導体基板における光の透過率は、その半導体の組成等によっても変化する。

【特許文献 1】特開 2006 - 184177**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

本発明はかかる問題点に鑑みなされたものであって、簡易な構成でありながら、多様な半導体基板に対応して、高い精度でマイクロクラック等を検出することができる赤外線検査装置を提供することをその主たる所期課題としたものである。

【課題を解決するための手段】**【0008】**

すなわち本発明に係る赤外線検査装置は、半導体基板に赤外線を照射して透過した光を検出する赤外線検査装置であって、異なる波長の光を射出する複数種類の赤外線 LED を

10

20

30

40

50

、切り替え点灯可能に備えていることを特徴とする。なお、本発明に係る赤外線検査装置の検査対象である半導体基板としては特に限定されず、例えば、太陽電池用のシリコン膜も含まれ、このようなシリコン膜としては、単結晶シリコン型、多結晶シリコン型、微結晶シリコン型、アモルファスシリコン型のいずれであってもよい。

【0009】

半導体ウェハにおける光の透過率は、その半導体のエネルギーギャップによって変化し、図5に示すエネルギーギャップを上回るエネルギーを持つ光、すなわち波長の短い光を照射すると、その半導体中のキャリアを励起するためにエネルギーが消費されるので、照射光が半導体に吸収されてしまい、照射光の透過率が著しく低下する。従って、半導体ウェハにおける光の透過率は、その組成、不純物のドーピング量等によって多様に変化する。また、半導体ウェハの厚さ、処理状態等によっても、光の透過率が変化する。

10

【0010】

これに対して、本発明に係る赤外線検査装置は、半導体基板に赤外線を照射する光源として、異なる波長の光を射出する複数種類の赤外線LEDを切り替え点灯可能に備えており、検査対象である半導体基板の組成、処理状態や厚さに応じて最も適した波長の光を照射する赤外線LEDを容易に選択することができるので、精度の高い検査を行うことができる。そして、前記半導体基板が結晶基板である場合、選択された好適な赤外線LEDから半導体基板に光を照射して、透過光を透過画像として撮像すると、薄膜の表裏を貫通して割れが生じているため照射光が透過する透過性マイクロクラックは白く撮像され、貫通した割れは生じていないが、薄膜内部に微細な亀裂が生じているために内部の破壊面で透過光が部分的に反射される反射性マイクロクラックは黒く撮像され、その他の結晶粒は灰色に撮像される。このため、薄膜内部にマイクロクラックが生じた箇所を極めて鮮明に検出することができる。

20

【0011】

なお、好適な波長より短い波長の光を結晶基板に照射した場合は、透過画像全体が暗くなり、好適な波長より長い波長の光を結晶基板に照射した場合は、透過画像全体が明るくなりすぎ、いずれの場合も濃淡差が低下して、マイクロクラックの検出が困難になる。

【0012】

しかしながら、従来は赤外線を発する光源として一般的にハロゲン灯等が用いられており、赤外線透過フィルタを使用して赤外線が抽出されているが、当該赤外線は波長の幅が広いので、得られる透過画像の鮮明度は十分なものではない。これに対して、LEDは射出する光の波長の幅が狭い光源であるので、当該クラックと正常な部分との透過率の比が最も大きくなる波長帯域に最適化することが可能となり、本発明によればハロゲン灯等を光源とするものと比べて極めて鮮明な透過画像が得られ、精度の高い検査を行うことができる。

30

【0013】

また、従来のハロゲン灯等を光源とする検査装置では、赤外線透過フィルタを備える必要があるため、その分検査装置の構成が複雑になる。これに対して、本発明に係る赤外線検査装置ではこのようなフィルタが不要であるため、フィルタ交換等の煩わしい作業が不要であるとともに、装置構成を簡易なものとすることができる。

40

【0014】

本発明に係る赤外線検査装置の具体的な構成としては、複数種類の赤外線LEDに加えて、検査対象である前記半導体基板に応じて、前記複数種類の赤外線LEDから点灯する赤外線LEDを選択するLED選択部と、前記赤外線LEDから照射された光が前記半導体基板を透過した光を透過画像として撮像する撮像装置と、前記撮像装置で撮像された透過光の輝度値を算出する輝度算出部と、前記透過光を前記輝度算出部で算出された輝度値により3群に分類し、3群のうち輝度値が最も高い群と最も低い群とに属する透過光を検出された前記半導体基板のポイントを抽出するクラック抽出部と、を備えていることが好ましい。

【0015】

50

また、本発明に係る赤外線検査装置の検査対象がアモルファスからなる半導体基板である場合は、膜厚、ムラ、異物の有無等を良好に検査することができる。

【発明の効果】

【0016】

このような構成の本発明によれば、半導体基板中のマイクロクラックが生じた箇所等を極めて鮮明に検出することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下に本発明の一実施形態について図面を参照して説明する。

【0018】

本実施形態に係る赤外線検査装置1は、図1に示すように、試料Wを載置するための保持台2と、保持台2上に載置された試料Wを下方から照明する複数種類の赤外線LED31、32、33を備えた光源3と、試料Wの上方に配設され、光源3から発せられた光が試料Wを透過した光を透過画像として撮像する撮像装置4と、情報処理装置5と、を備えている。このような赤外線検査装置1の検査対象である試料Wとしては、シリコンウェハや、当該ウェハに回路パターンが形成された基板等の結晶基板が挙げられる。

【0019】

各部を詳述する。光源3は、ピーク波長の異なる複数種類の赤外線LED31、32、33が切り替え点灯可能に設けられたものである。赤外線LED31、32、33としては、例えば、900～1500nmの波長の光を照射するものが挙げられる。なお、LEDは射出する光の波長の幅が狭いという特徴を有する。

【0020】

複数種類の赤外線LED31、32、33から、検査対象である試料Wに応じた好適な赤外線LEDが選択されて、当該赤外線LEDから試料Wに対して所定の波長の赤外線が照射されると、試料Wの表裏を貫通して割れが生じているため照射光が透過する透過性マイクロクラックは白く観察され、試料W内部に微細な亀裂が生じているために内部の破壊面で透過光が部分的に反射される反射性マイクロクラックは黒く観察され、その他の結晶粒は灰色に観察される。

【0021】

照射光の波長と透過率との関係は、波長が長いほど、透過率が高くなるので、結晶粒間の濃淡差が低くなり、試料W内部に生じた反射性マイクロクラックが黒く撮像される。そして、波長が短いほど、透過率が低くなるので、結晶粒間の濃淡差が高くなり、試料W内部に生じた反射性マイクロクラックの検出が困難になる。この境界となる波長は、ほぼ、その試料Wの組成から求められるエネルギーギャップと等しいエネルギーを有する波長であり、例えば、シリコン結晶の場合は約1108nmである。

【0022】

しかし、好適な赤外線LED31、32、33は単に試料Wの組成で定まるものではなく、不純物のドーピング量やその厚さや処理状態にも依存する。例えば、試料Wが多結晶シリコンからなる太陽電池用ウェハであって、ARC(Anti Reflective Coating(反射防止コーティング))処理が施されている場合は、結晶粒間の濃淡差が未処理のものに比べて低くなり傾向があるので、組成から求められる好適な波長より短い波長の光を射出する赤外線LEDが適している。

【0023】

撮像装置4は、光源3から発せられた光が試料Wを透過した光を透過画像として撮像するものであるが、例えば、CCDカメラ、ラインセンサカメラ、CMOSカメラ、ビジコンカメラ等が用いられる。なお、従来は赤外線を発する光源としてハロゲン灯等が用いられており、この場合は、赤外線だけを撮像するためには、赤外線透過フィルタを併用して他の可視光成分を取り除くことが必要であった。これに対して、赤外線検査装置1では光源3として赤外線LED31、32、33を用いているので、このような赤外線透過フィルタは不要である。

10

20

30

40

50

【0024】

情報処理装置5は、CPUやメモリ、A/D変換器、D/A変換器等を有したデジタル乃至アナログ電気回路で構成されたもので、専用のものであってもよいし、一部又は全部にパソコン等の汎用コンピュータを利用するようにしたものであってもよい。また、CPUを用いず、アナログ回路のみで前記各部としての機能を果たすように構成してもよいし、物理的に一体である必要はなく、有線乃至無線によって互いに接続された複数の機器からなるものであってもよい。更に、キーボード等の入力手段、ディスプレイ等の出力手段等を有していてもよい。

【0025】

そして前記メモリに所定のプログラムを格納し、そのプログラムにしたがってCPUやその周辺機器を協働動作させることによって、この情報処理装置5が、LED選択部51、輝度算出部52、クラック抽出部53としての機能を少なくとも発揮するように構成している。

10

【0026】

LED選択部51は、例えばオペレータにより入力された試料Wの組成、処理状態（ARC処理等の有無）や厚さ等の情報に従い、複数種類の赤外線LED31、32、33から試料Wに応じて好適な波長の光を照射するものを選択するものである。

【0027】

輝度算出部52は、撮像装置4から画像データを取得して、所定の演算処理を行うことにより、試料Wのそれぞれのポイントにおいて撮像された透過光の輝度値を算出するものである。

20

【0028】

クラック抽出部53は、輝度算出部52から輝度値データを取得して、輝度値により透過光を3群に分類し、3群のうち輝度値が最も高い群と最も低い群とに属する透過光が検出された試料Wのポイントを、マイクロクラックが生じている箇所として抽出するものである。

【0029】

すなわち、図2(a)は、試料Wとして、太陽電池用多結晶シリコンウェハを用い、これに1550nmの赤外線を照射し、試料Wからの透過光を撮像した画像であり、図2(b)は、図2(a)で撮像された透過光の輝度分布を示すグラフであるが、試料Wに好適な波長の光を射出する赤外線LED31、32、33を選択して光を照射すれば、マイクロクラックと正常な部分との透過率の差が明確になり、図2の場合、正常な多結晶部分の透過率は70～80%であった。そして、図2(b)に示すように、1300cd/m²付近及び2300cd/m²付近を境にして、輝度値により透過光が3つの群に明確に分かれた。

30

【0030】

一方、図3(a)は、図2におけると同じ試料Wに対して970nmの赤外線を照射し、試料Wからの透過光を撮像した画像であり、図3(b)は、図3(a)で撮像された透過光の輝度分布を示すグラフであるが、試料Wに照射する光の波長が適切でない場合は、マイクロクラックと正常な部分との透過率の差は僅かであり、図3の場合、正常な多結晶部分の透過率は20%程度であった。そして、図3(b)に示すように、輝度値により透過光を分類することは困難であった。

40

【0031】

図2(a)及び図3(b)のいずれにおいても、反射性マイクロクラックに由来する透過光は輝度値は750cd/m²前後に観察され、透過性マイクロクラックに由来する透過光は輝度値は3000cd/m²前後に観察された。このため、正常な多結晶部分に由来する輝度値がこの間に観察される波長帯の赤外線を射出するLEDが最適なものであると言える。

【0032】

なお、試料W上の検査ポイントによっては、輝度値が最も高い群に試料Wの端部の試料

50

Wが存在しない箇所が含まれ、輝度値が最も低い群に半導体ウェハ上に形成された金属配線等が含まれる場合もあるので、その場合、これらのマイクロクラック以外のものは除外される。

【0033】

次に赤外線検査装置1を用いて試料Wを検査する方法を図4のフローチャートを参照して説明する。

【0034】

まず、オペレータが検査対象である試料Wの状態（組成、不純物のドーピング量、処理状態（ARC処理等の有無）、厚さ等）を示す識別子を入力する（ステップS1）。

【0035】

するとLED選択部51が、その入力に基づいて、複数種類の赤外線LED31、32、33から試料Wに適した波長の光を照射するものを選択する（ステップS2）。

【0036】

そして、選択された赤外線LED31、32、33が点灯し試料Wに光を照射する（ステップS3）。

【0037】

次いで、撮像装置4が試料Wを透過した光を透過画像として撮像する（ステップS4）。

。

【0038】

撮像装置4が撮像した画像データを取得した輝度算出部52は、所定の演算処理を行い、試料Wのそれぞれのポイントにおける透過光の輝度値を算出する（ステップS5）。

【0039】

クラック抽出部53は、輝度算出部52から輝度値データを取得して、輝度値により透過光を3群に分類し、3群のうち輝度値が最も高い群と最も低い群とに属する透過光が検出された試料Wのポイントを、クラックが生じている箇所として抽出する（ステップS6）。

【0040】

クラック抽出部53がクラックの抽出結果データを示す信号を出力し、試料Wのマイクロクラックが生じている箇所をディスプレイ等に色分け等して表示する（ステップS7）。

。

【0041】

したがって、このように構成された赤外線検査装置1によれば、試料Wに赤外線を照射する光源として、異なる波長の光を射出する複数種類の赤外線LEDを切り替え点灯可能に備えており、検査対象である試料Wの組成、処理状態や厚さに応じて最も適した波長の光を照射する赤外線LEDを容易に選択することができるので、精度の高い検査を行うことができる。そして、試料Wに応じた好適な波長の光を照射することにより、透過性マイクロクラックは白く撮像され、反射性マイクロクラックは黒く撮像され、その他の結晶粒は灰色に撮像されるので、薄膜内部のマイクロクラックが生じた箇所を極めて鮮明に検出することができる。

【0042】

また、赤外線検査装置1では赤外線透過フィルタが不要であるので、フィルタ交換等の煩わしい作業が不要であるとともに、装置構成を簡易なものとすることができる。

【0043】

更に、LEDは射出する光の波長の幅が狭い光源であるので、赤外線LED31、32、33を光源とする赤外線検査装置1では、マイクロクラックと正常な部分との透過率の比が最も大きくなる波長帯域に最適化することが可能となり、ハロゲン灯等を光源とするものと比べて極めて鮮明な透過画像が得られ、精度の高い検査を行うことができる。

【0044】

なかでも、多結晶基板は、基板面に対してそれぞれの結晶面が異なっているため、結晶表面の反射率がそれぞれ異なっており、赤外線を照射した場合も光の照射面において反射

10

20

30

40

50

率が異なることによって、その透過光の強度も異なり、結晶粒の構造により複雑な濃淡差を生じるので、そのままではクラックの検査が困難である。これに対して、赤外線検査装置 1 によれば、複数の赤外線 LED 3 1、3 2、3 3 から最適な波長帯域の赤外線を射出するものを選択可能であるので、試料 W が多結晶基板であっても、マイクロクラックと正常な部分との透過率の差を最適化することが可能となる。

【0045】

また、結晶基板における光の透過率は、結晶の種類や、不純物のドーピング量等によって多様に変化するが、複数の赤外線 LED 3 1、3 2、3 3 から赤外線の射出源を選択可能である赤外線検査装置 1 によれば、最適な波長帯域の赤外線を射出することができるので、結晶の種類や不純物のドーピング量の変化に応じた透過率の変化にも対応することができ、マイクロクラックと正常な部分との透過率の差を最適化することが可能となる。

10

【0046】

このような赤外線検査装置 1 の用途としては特に限定されないが、例えば、太陽電池用の半導体基板の検査装置として好適に用いられる。

【0047】

なお、本発明は前記実施形態に限られるものではない。

【0048】

例えば、赤外線検査装置 1 の検査対象である試料 W は結晶基板に限られず、例えば、アモルファスシリコンからなる太陽電池用基板を試料 W として、膜厚、ムラ、異物の有無等の検査を行ってもよい。

20

【0049】

その他、本発明の趣旨を逸脱しない限り、前述した種々の構成の一部又は全部を適宜組み合わせて構成してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図 1】本発明の一実施形態に係る赤外線検査装置の模式的全体断面図。

【図 2】太陽電池用多結晶シリコンウェハを試料 W として用いて 1550 nm の赤外線を照射したときの透過画像 (a) と、透過光の輝度分布を示すグラフ (b)。

【図 3】図 2 における同じ試料 W に 970 nm の赤外線を照射したときの透過画像 (a) と、透過光の輝度分布を示すグラフ (b)。

30

【図 4】同実施形態における赤外線検査装置を用いて試料 W を検査する方法を示すフローチャート。

【図 5】エネルギーギャップと波長との関係を示すグラフ。

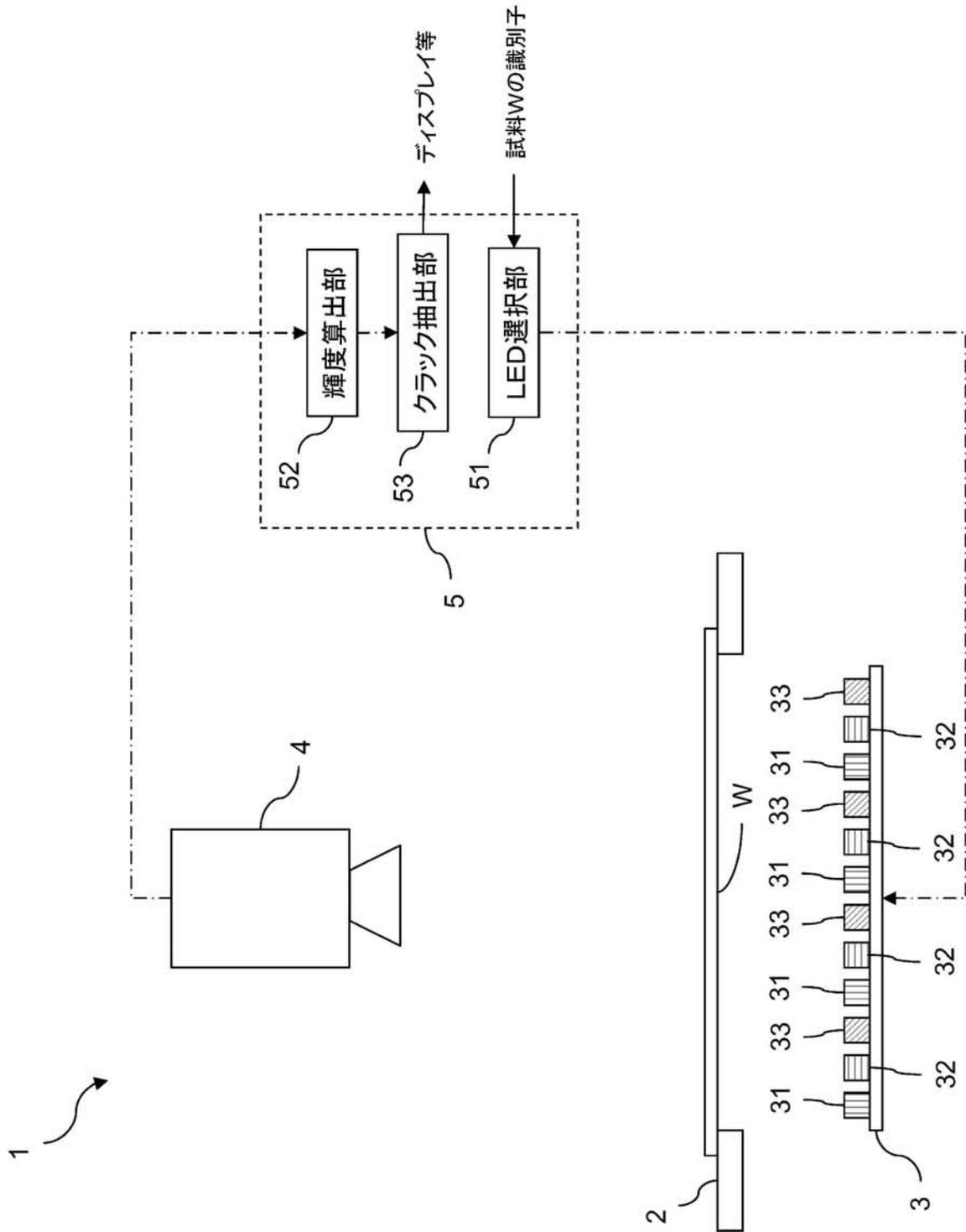
【符号の説明】

【0051】

- 1・・・赤外線検査装置
- 3・・・光源
- 3 1、3 2、3 3・・・赤外線 LED
- 4・・・撮像装置
- 5・・・情報試料装置
- 5 1・・・LED 選択部
- 5 2・・・輝度算出部
- 5 3・・・クラック抽出部
- W・・・試料

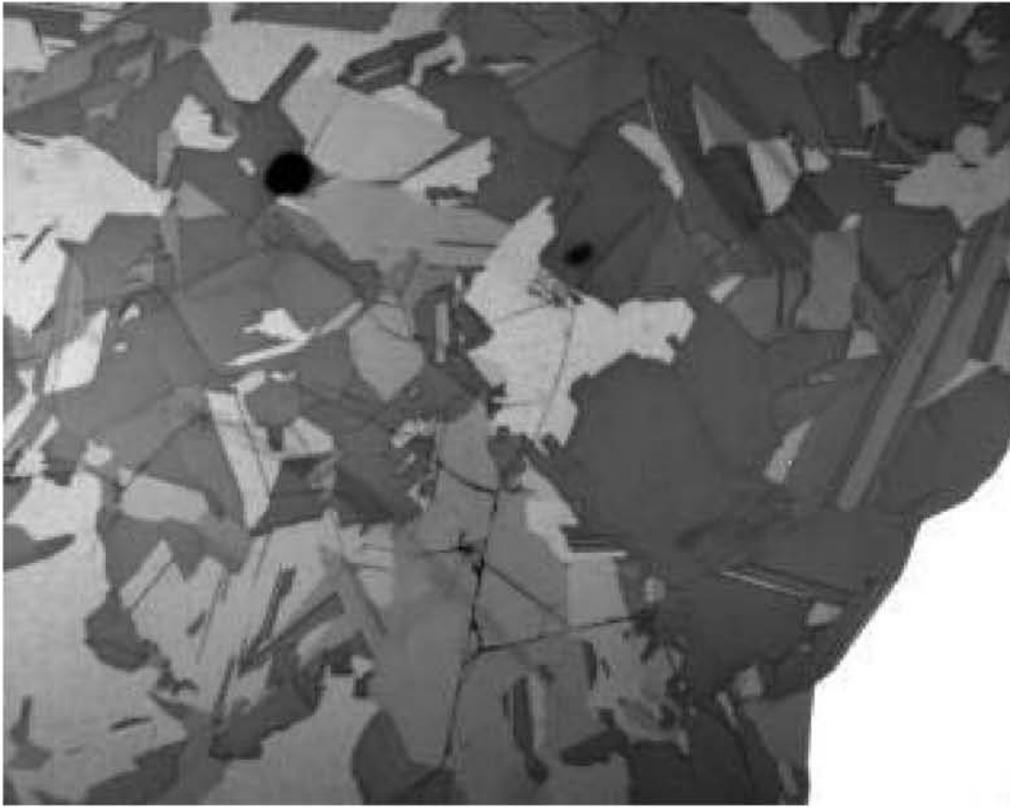
40

【図1】

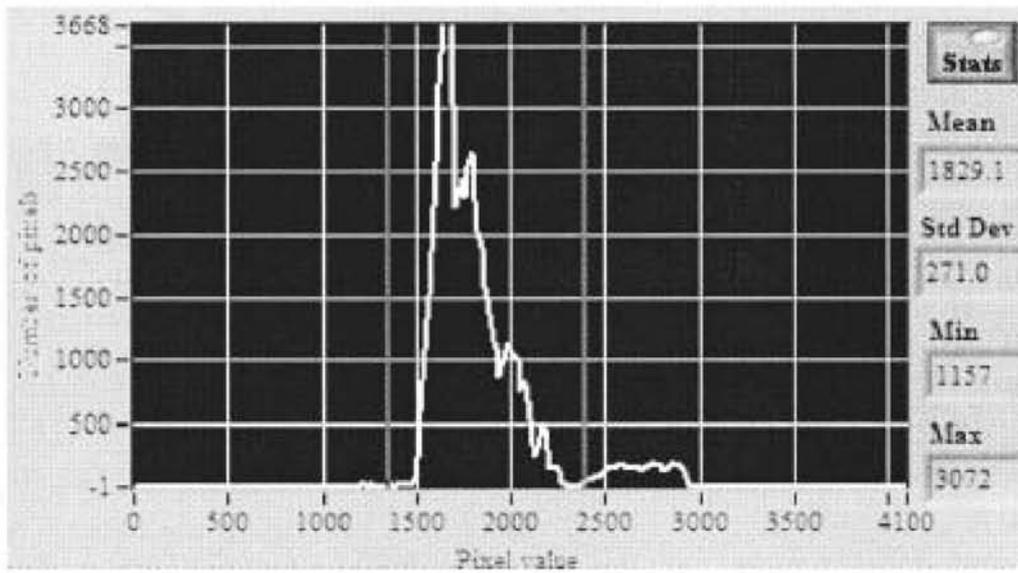


【 図 2 】

(a)

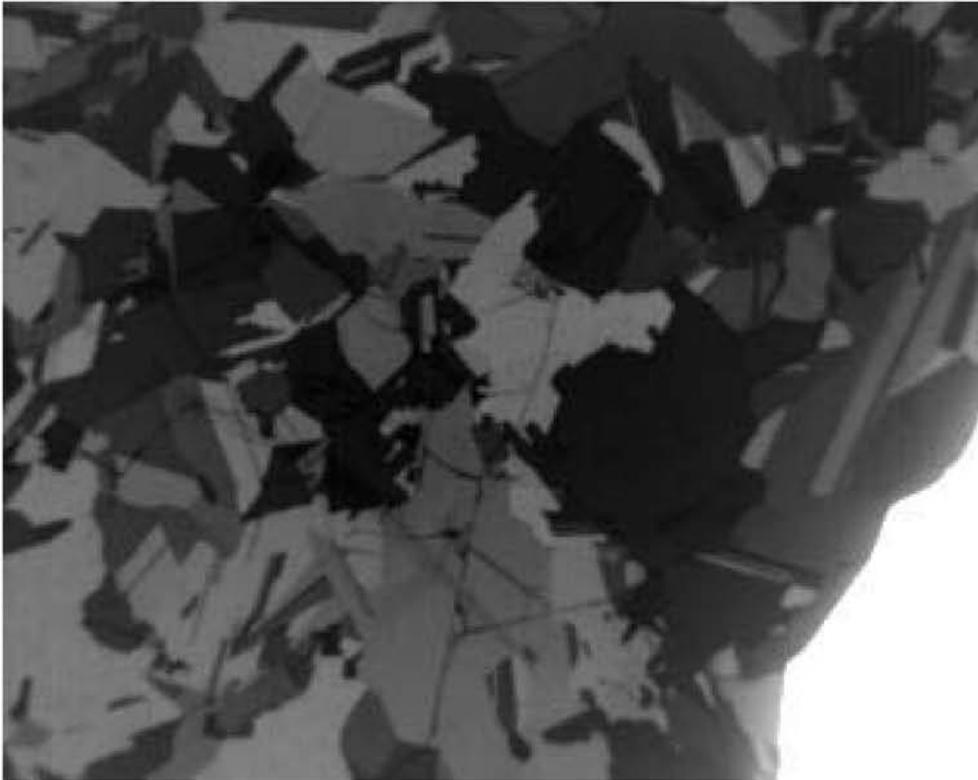


(b)

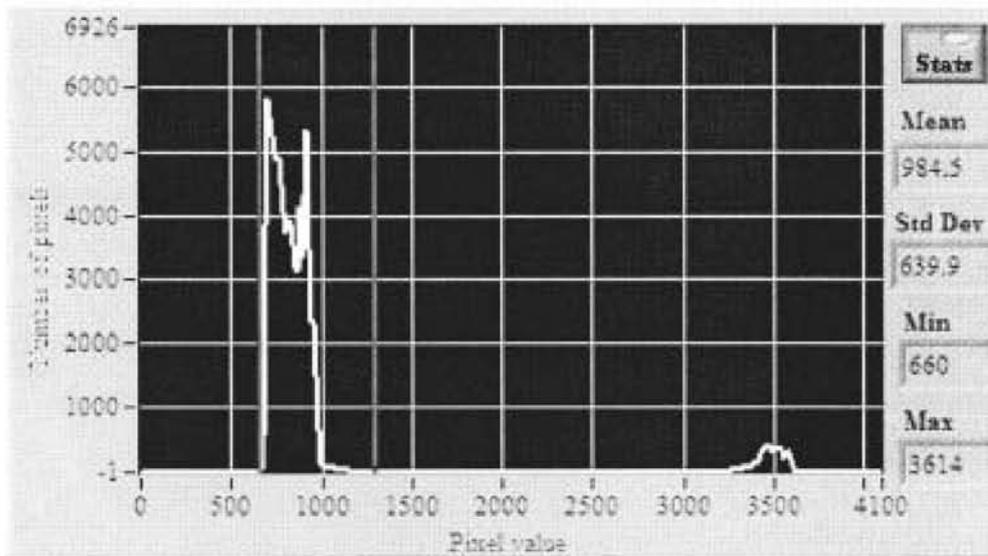


【 図 3 】

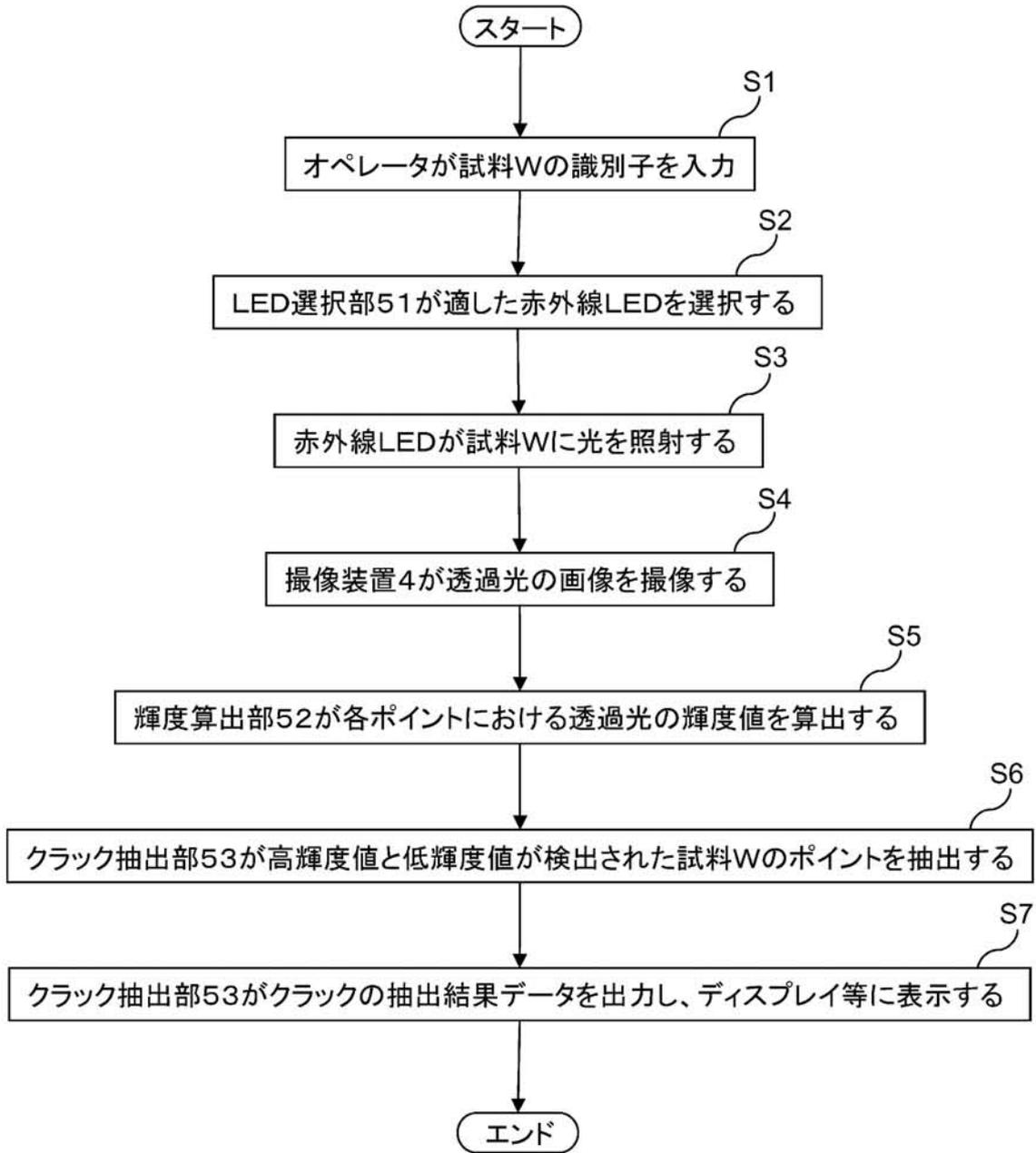
(a)



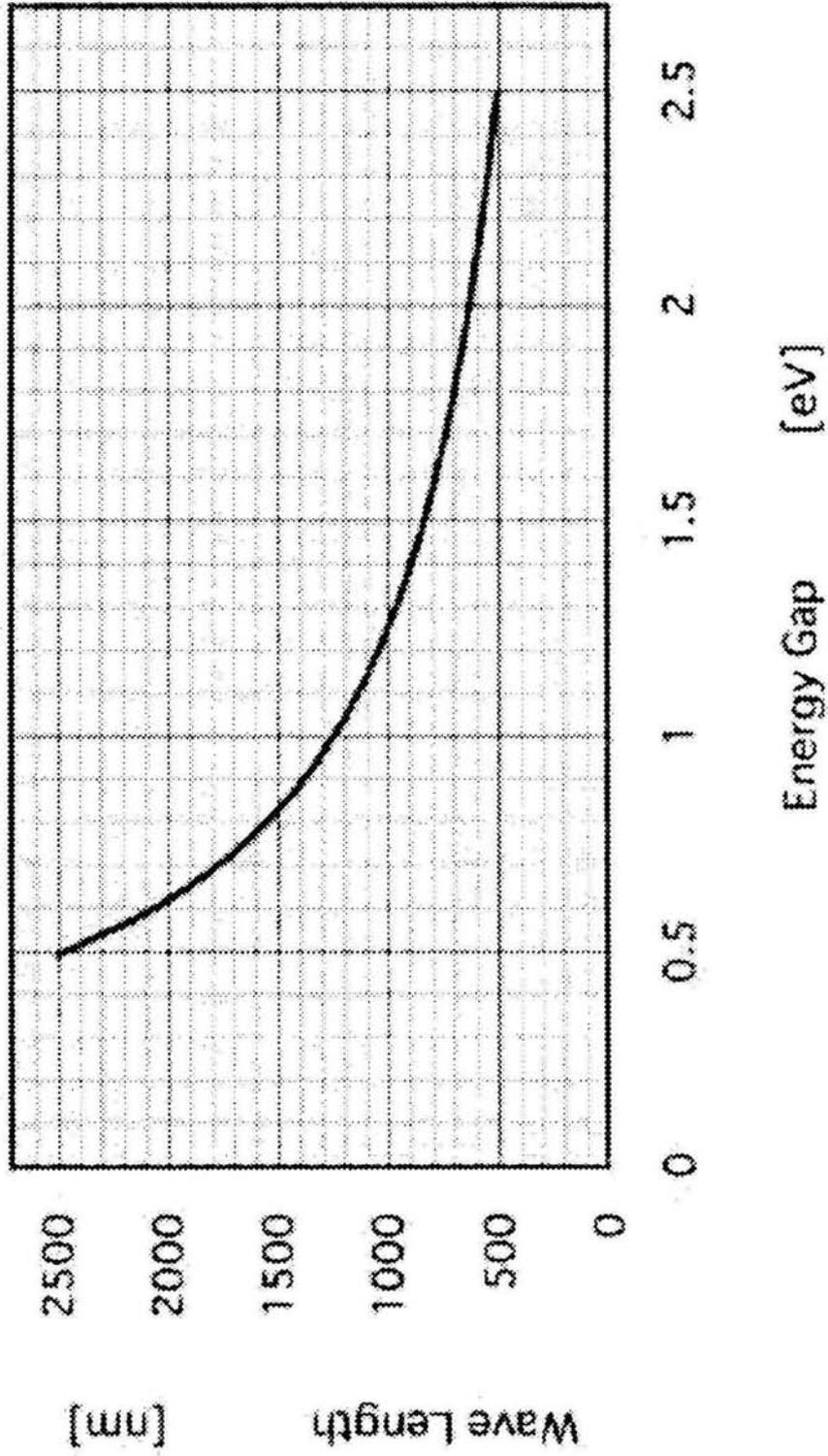
(b)



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 大澤 隆士

京都市上京区烏丸通下立売上ル桜鶴円町3 7 4 番地 シーシーエス株式会社内

Fターム(参考) 2G051 AA51 AB03 BA06 BA08 BC01 CA03 CA04 CB02

4M106 AA01 BA08 CB19 DH12 DH13 DH32