

明 細 書

発明の名称： 検査装置及び検査方法

技術分野

[0001] 本開示は、検査装置及び検査方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスの故障解析を行う方法として、半導体デバイスにおいて発生した赤外発光を検出し、検出結果に基づいて半導体デバイスの故障解析を行う方法が知られている（例えば特許文献１～３）。特許文献１には、半導体デバイスにおいて発生した赤外発光が赤外カメラ内に設けた帯域フィルタを介して撮像されることが開示されている。特許文献２及び３には、回転可能な回折格子を用いて、半導体デバイスにおいて発生した赤外発光の分光スペクトルが取得されることが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特表２０１６－５１７９７０号公報

特許文献２：特開２０１５－１７５８５１号公報

特許文献３：特開２０１５－２０３７００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、特許文献１に記載された技術では、撮像された赤外発光の波長が帯域フィルタの波長範囲にあるという情報しか分からず、波長分解能が低い。また、特許文献１に記載された技術では、真空内に配置された帯域フィルタをフィルタホイールで適宜変更する必要があるため、処理が煩雑になる場合がある。特許文献２に記載された技術では、赤外発光の像と共に分光スペクトルも画像として取得されるため、波長を高精度に取得しているとはいえず、また、赤外発光が複数ある場合には発行像と分光スペクトルとが互いに重なってしまうおそれがある。そして、半導体デバイスの検査においては

、リーク発光やスイッチング発光等のホットキャリア発光や、Si再結合発光等が生じることが知られており、これらはそれぞれ違う波長特性を有していることから、これらの発光の波長情報を知りたいという要望がある。

[0005] 本開示は上記実情に鑑みてなされたものであり、半導体デバイスにおいて発生した発光の波長情報を、高精度且つ容易に取得することができる検査装置及び検査方法に関する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様に係る検査装置は、[1]「半導体デバイスを検査する検査装置であって、半導体デバイスを保持するステージと、所定の波長域において透過率が線形に変化する透過特性を有し、半導体デバイスにおいて発生した発光を、透過特性に基づいて透過又は反射する光学フィルタと、光学フィルタを透過又は反射した光を撮像し第1の画像データを出力すると共に、発光であって光学フィルタを介さずに到達した光を撮像し第2の画像データを出力する撮像部と、第1の画像データ及び第2の画像データに基づいて、発光の波長情報を導出する解析部と、を備える、検査装置」である。

[0007] 本開示の一態様に係る検査装置では、半導体デバイスにおいて発生した発光が、光学フィルタによって、波長に応じて透過又は反射される。そして、光学フィルタを透過又は反射した光を撮像した第1の画像データ、及び、光学フィルタを介さずに到達した発光を撮像した第2の画像データに基づいて、発光の波長情報が導出される。このように、本開示の一態様に係る検査装置においては、光学フィルタが用いられて波長に応じて光が透過又は反射されているので、第1の画像データは、光の波長に応じた画像データとなる。また、第1の画像データが光学フィルタを透過又は反射した光を撮像した画像データであり、第2の画像データが光学フィルタを介さずに到達した光を撮像した画像データであるので、これらの画像データからは、光学フィルタを透過した光及び光学フィルタを反射した光の情報を取得することができる。このように、波長に応じて透過又は反射された光の情報が取得されることにより、高精度に光の波長情報を取得することができる。さらに、このよう

な波長情報の取得方法においては、発光の波長情報を空間的に一括して取得することができ、また、帯域フィルタの変更処理等が不要であるので、波長情報を容易に取得することができる。以上のように、本開示の一態様に係る検査装置によれば、半導体デバイスにおいて発生した発光の波長情報を、高精度且つ容易に取得することができる。

[0008] 本開示の一態様に係る検査装置は、[2]「撮像部は、光学フィルタを透過又は反射した光を撮像すると共に、発光であって光学フィルタを介さずに到達した光を撮像するイメージセンサを有する、[1]記載の検査装置」であってもよい。このようなイメージセンサによれば、所望の光を適切に撮像することができる。

[0009] 本開示の一態様に係る検査装置は、[3]「半導体デバイスと撮像部との間の光路に、光学フィルタが設けられた状態と、光学フィルタが設けられていない状態とを切り替え可能に構成された切替部を更に備える、[1]又は[2]記載の検査装置」であってもよい。このような構成によれば、光学フィルタの有無を切り替えながら、上述した第1の画像データ及び第2の画像データを共に適切に取得することができる。

[0010] 本開示の一態様に係る検査装置は、[4]「撮像部は、発光を第1の分岐光路及び第2の分岐光路に分岐する光分岐部と、第1の分岐光路に配置された第1のイメージセンサと、第2の分岐光路に配置された第2のイメージセンサと、を有し、光学フィルタは、第1の分岐光路上の光分岐部と第1のイメージセンサとの間に配置され、第1のイメージセンサは、光学フィルタを透過又は反射した光を撮像し第1の画像データを出力し、第2のイメージセンサは、発光であって光学フィルタを介さずに到達した光を撮像し第2の画像データを出力する、[1]～[3]のいずれか一つに記載の検査装置」であってもよい。このような構成によれば、光分岐部によって第1の分岐光路及び第2の分岐光路に光を分岐することにより、上述した第1の画像データの取得及び第2の画像データの取得を同時に行うことができ、効率的に波長情報を取得することができる。

- [0011] 本開示の一態様に係る検査装置は、[5]「解析部は、第1の画像データに基づき光学フィルタを透過した光の強度である透過強度を導出すると共に、第2の画像データに基づき発光の全強度を導出し、透過強度及び全強度に基づいて、光学フィルタによって反射された光の強度である反射強度を導出し、透過強度及び反射強度に基づいて、波長情報を導出する、[1]～[4]のいずれか一つに記載の検査装置」であってもよい。光学フィルタにおいては、波長に応じて光が透過又は反射されているので、透過強度（透過光量）及び反射強度（反射光量）の情報から、波長情報を高精度に導出することができる。
- [0012] 本開示の一態様に係る検査装置は、[6]「解析部は、第1の画像データに基づき光学フィルタによって反射された光の強度である反射強度を導出すると共に、第2の画像データに基づき発光の全強度を導出し、反射強度及び全強度に基づいて、光学フィルタを透過した光の強度である透過強度を導出し、透過強度及び反射強度に基づいて、波長情報を導出する、[1]～[5]のいずれか一つに記載の検査装置」であってもよい。光学フィルタにおいては、波長に応じて光が透過又は反射されているので、透過強度（透過光量）及び反射強度（反射光量）の情報から、波長情報を高精度に導出することができる。
- [0013] 本開示の一態様に係る検査装置は、[7]「解析部は、透過強度及び反射強度の差分値を導出し、該差分値に基づいて波長情報を導出する、[6]記載の検査装置」であってもよい。透過強度と反射強度との差分値から波長情報が導出されることにより、波長情報を高精度に導出することができる。
- [0014] 本開示の一態様に係る検査装置は、[8]「波長情報は、発光の重心波長を示す情報である、[1]～[7]のいずれか一つに記載の検査装置」であってもよい。これにより、波長情報を適切に導出することができる。
- [0015] 本開示の一態様に係る検査装置は、[9]「発光は、赤外波長域の波長を有する光である、[1]～[8]のいずれか一つに記載の検査装置」であってもよい。これにより、半導体デバイスが発生する赤外発光を撮像し得る。

[0016] 本開示の一態様に係る検査装置は、[10]「半導体デバイスを検査する検査装置であって、半導体デバイスを保持するステージと、所定の波長域において透過率が線形に変化する透過特性を有し、半導体デバイスにおいて発生した発光を、透過特性に基づいて透過及び反射する光学フィルタと、光学フィルタを透過した光を撮像して第1の画像データを出力する第1のイメージセンサと、光学フィルタによって反射された光を撮像して第2の画像データを出力する第2のイメージセンサと、第1の画像データ及び第2の画像データに基づいて、発光の波長情報を導出する解析部と、を備える、検査装置」である。

[0017] 本開示の一態様に係る検査装置では、半導体デバイスにおいて発生した発光が、光学フィルタによって、波長に応じて透過及び反射される。そして、透過した光を撮像した第1の画像データ、及び、反射された光を撮像した第2の画像データに基づいて、発光の波長情報が導出される。このように、本開示の一態様に係る検査装置においては、光学フィルタが用いられて波長に応じて発光が透過及び反射されているので、第1の画像データ及び第2の画像データは、光の波長に応じた画像データとなる。このような画像データから光の波長情報が導出されることにより、高精度に光の波長情報を取得することができる。さらに、このような波長情報の取得方法においては、発光の波長情報を空間的に一括して取得することができ、また、帯域フィルタの変更処理等が不要であるので、波長情報を容易に取得することができる。以上のように、本開示の一態様に係る検査装置によれば、半導体デバイスにおいて発生した発光の波長情報を、高精度且つ容易に取得することができる。

[0018] 本開示の一態様に係る検査方法は、[11]「半導体デバイスを検査する検査方法であって、所定の波長域において透過率が線形に変化する透過特性を有する光学フィルタによって、半導体デバイスにおいて発生した発光を、透過特性に基づいて透過又は反射することと、光学フィルタを透過又は反射した光を撮像し第1の画像データを出力することと、発光であって光学フィルタを介さずに到達した光を撮像し第2の画像データを出力することと、第

１の画像データ及び第２の画像データに基づいて、発光の波長情報を導出することと、を含む、検査方法」である。

[0019] 本開示の一態様に係る検査方法は、〔１２〕「半導体デバイスを検査する検査方法であって、所定の波長域において透過率が線形に変化する透過特性を有する光学フィルタによって、半導体デバイスにおいて発生した発光を、透過特性に基づいて透過及び反射することと、光学フィルタを透過した光を撮像し第１の画像データを出力することと、光学フィルタによって反射された光を撮像し第２の画像データを出力することと、第１の画像データ及び第２の画像データに基づいて、発光の波長情報を導出することと、を含む、検査方法」である。

発明の効果

[0020] 本開示の一態様に係る検査装置及び検査方法によれば、半導体デバイスにおいて発生した発光の波長情報を、高精度且つ容易に取得することができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図１]図１は、本開示の第１実施形態に係る検査装置を模式的に示した側面図である。

[図２]図２は、光のスペクトル及びＬＲＧフィルタの特性を説明する図である。

[図３]図３は、切替部により傾斜フィルタが光路から撤退させられた状態を示した側面図である。

[図４]図４（ａ）は透過画像を示す図であり、図４（ｂ）は全光量画像を示す図である。

[図５]図５は、波長情報の表示例を示す図である。

[図６]図６は、波長情報の表示例を示す図である。

[図７]図７は、検査方法のフローチャートである。

[図８]図８（ａ）（ｂ）は、第１実施形態における第１の変形例に係る撮像機構を説明する図である。

[図9]図9 (a) (b) は、第1実施形態における第2の変形例に係る撮像機構を説明する図である。

[図10]図10 (a) (b) は、第1実施形態における第3の変形例に係る撮像機構を説明する図である。

[図11]図11 は、本開示の第2実施形態に係る検査装置を模式的に示した側面図である。

[図12]図12 (a) ~ (d) は、第2実施形態における変形例に係る撮像部を説明する図である。

[図13]図13 は、変形例に係る撮像部を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、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。

[0023] [第1実施形態]

図1 は、第1実施形態に係る検査装置1を模式的に示した側面図である。検査装置1は、半導体デバイス100を検査する装置である。半導体デバイス100は、トランジスタ等のPNジャンクションを有する集積回路(IC: Integrated Circuit)、あるいは大規模集積回路(LSI: Large Scale Integration)であるロジックデバイス、メモリデバイス、アナログデバイス、さらに、それらを組み合わせたミックスドシグナルデバイス、又は、大電流用/高圧用MOSトランジスタ、バイポーラトランジスタ、IGBT等の電力用半導体デバイス(パワーデバイス)であってもよい。

[0024] 例えばシリコンなど赤外光を透過する半導体材料で作られた半導体デバイスの場合、半導体デバイス100において赤外波長域(例えば、780nm以上1mm以下の波長領域)の波長を有する発光(赤外発光)を発生し、半導体デバイス100の外部へ赤外発光を放出し得る。また、半導体デバイス100は、SiC或いはGaNなど可視光を透過する半導体材料で作られた半導体デバイスであってもよい。このような材料で作られた半導体デバイスの場合、半導体デバイス100において可視波長(例えば、300nm以上

780nm未満の波長領域)の波長を有する発光(可視発光)を発生し、半導体デバイス100の外部へ可視発光を放出し得る。これらの発光は、半導体デバイス100の故障に起因して発生する場合はある。以下、半導体デバイス100が主に赤外発光を発生する半導体デバイスであるとして説明するが、上述する通り、半導体デバイス100が可視波長を含む発光を発生する半導体デバイスであってもよい。

[0025] 検査装置1は、半導体デバイス100において発生した発光(赤外発光)を、波長成分に応じて透過又は反射し、透過光又は反射光を撮像して画像(第1の画像データ)を取得する。また、検査装置1は、半導体デバイス100から出力された光を撮像して画像(第2の画像データ)を取得する。そして、検査装置1は、上記2つの画像に基づいて、半導体デバイス100から出力された光の波長情報を導出する(詳細は後述)。

[0026] 図1に示されるように、検査装置1は、ステージ10と、半導体テスト20と、プローブカード30と、対物レンズ50と、撮像機構60と、コンピュータ70(解析部)と、を備えている。

[0027] ステージ10は、半導体デバイス100を載置して保持する。ステージ10は、XY方向(前後・左右方向)に移動可能に構成されたXYステージであってもよい。

[0028] 半導体テスト20は、被検査対象物である半導体デバイス100(例えばLSI)を駆動させるための制御部である。半導体テスト20は、半導体デバイス100に対して電圧又は電流を印加する。半導体テスト20は、所定の駆動クロックや駆動パターンを与えることにより、半導体デバイス100を駆動させる。半導体テスト20は、プローブカード30を介して半導体デバイス100に電氣的に接続される。

[0029] 対物レンズ50は、被検査対象物である半導体デバイス100に対向して配置され、所定の視野において発生した赤外発光を集光して赤外カメラ62に導光する。なお、対物レンズ50は、固浸レンズを有していてもよい。

[0030] 撮像機構60は、LRG(Liner Reflectance Gradient on the wavelength

h axis) フィルタ 6 1 (光学フィルタ) と、赤外カメラ (カメラ) 6 2 (イメージセンサ, 撮像部) と、切替部 6 3 と、結像レンズ 6 4 と、を含んで構成されている。

[0031] L R G フィルタ 6 1 は、特殊な光学素材を用いて作成されたフィルタであり、半導体デバイス 1 0 0 において発生した赤外発光 (発光) を波長に応じて透過又は反射することにより分離する。L R G フィルタ 6 1 は、所定の波長域において透過率が線形に変化する透過特性を有し、赤外発光を、上記透過特性に基づいて透過又は反射する。L R G フィルタ 6 1 は、概ね、光路に対して直交するように配置される。なお、L R G フィルタ 6 1 は、半導体デバイス 1 0 0 において発生した可視発光 (発光) を波長に応じて透過又は反射することにより分離してもよい。この場合、L R G フィルタ 6 1 は、所定の波長域において透過率が線形に変化する透過特性を有し、可視発光 (発光) を、上記透過特性に基づいて透過又は反射する。この場合、L R G フィルタ 6 1 においては、所定の可視波長域 (波長 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ の波長帯) では波長の変化に応じて光の透過率 (及び反射率) が緩やかに変化し、該所定の波長域以外の波長帯 (すなわち、波長 λ_1 よりも低波長側及び波長 λ_2 よりも高波長側) では波長の変化に関わらず光の透過率 (及び反射率) が一定とされている。

[0032] 図 2 は、光のスペクトル及び L R G フィルタ 6 1 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、縦軸はスペクトル強度 (光のスペクトルの場合) 及び透過率 (L R G フィルタ 6 1 の場合) を示している。図 2 の L R G フィルタ 6 1 の特性 X 4 に示されるように、L R G フィルタ 6 1 においては、所定の波長域 (波長 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ の波長帯) では波長の変化に応じて光の透過率 (及び反射率) が緩やかに変化し、該所定の波長域以外の波長帯 (すなわち、波長 λ_1 よりも低波長側及び波長 λ_2 よりも高波長側) では波長の変化に関わらず光の透過率 (及び反射率) が一定とされている。換言すれば、所定の波長域 (波長 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ の波長帯) では波長の変化に応じて光の透過率が単調増加 (反射率が単調減少) で変化している。透過率と反射率とは、一方が大きくなる方向に変化すると他方が小さくなる方向に変化する、負

の相関関係にあるため、以下では「透過率（及び反射率）」と記載せずに単に「透過率」と記載する場合がある。なお、「波長の変化に関わらず光の透過率が一定」とは、完全に一定である場合だけでなく、例えば波長 1 nm の変化に対する透過率の変化が 0.1 % 以下であるような場合も含むものである。波長 λ_1 よりも低波長側では波長の変化に関わらず光の透過率が概ね 0 % であり、波長 λ_2 よりも高波長側では波長の変化に関わらず光の透過率が概ね 100 % である。なお、「光の透過率が概ね 0 % である」とは、0 % + 10 % 程度の透過率を含むものであり、「光の透過率が概ね 100 % である」とは、100 % - 10 % 程度の透過率を含むものである。以上のように、LRG フィルタ 61 は、波長の変化に応じて透過率が変化する波長帯が所定の幅（波長 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ の幅）を有する分離光学素子である。なお、LRG フィルタ 61 の、該所定の波長域以外の波長帯（すなわち、波長 λ_1 よりも低波長側及び波長 λ_2 よりも高波長側）に光が入ると計測誤差の原因になる。これを防ぐため、バンドパスフィルタ或いはショートパスフィルタ、ロングパスフィルタで該所定の波長域以外の波長帯の光を遮蔽してもよい。また、LRG フィルタ 61 は、LRG フィルタ 61 の波長 λ_1 及び波長 λ_2 がカメラ 62 に用いられるイメージセンサの感度範囲外に設定されるように設計されてもよい。また、波長フィルタのカット波長に誤差が乗る場合、その影響を最小化するため波長の変化に関わらず光の透過率（及び反射率）が一定とするのがのぞましい。

[0033] 図 1 に戻り、赤外カメラ（カメラ）62 は、LRG フィルタ 61 を透過した光を撮像して透過画像（第 1 の画像データ）を出力する。また、赤外カメラ 62 は、赤外発光であって、LRG フィルタ 61 を介さずに到達した光を撮像して全光量画像（第 2 の画像データ）を出力する。このように、赤外カメラ 62 は、LRG フィルタ 61 を透過した光を撮像する第 1 撮像を行う場合と、LRG フィルタ 61 を介さずに到達した光を撮像する第 2 撮像を行う場合とがある。第 1 撮像及び第 2 撮像は、後述する切替部 63 によって LRG フィルタ 61 の位置が変更されることにより切り替えられる。赤外カメラ

62は、近赤外光及び中赤外光の赤外波長域に感度を持つセンサを搭載したカメラであればよく、例えば、MCT (Mercury Cadmium Telluride / HgCdTe) センサ、InGaAsセンサ、又はInSbセンサ等であってもよい。なお、半導体デバイス100が可視発光を発生する半導体デバイスの場合、カメラ62は、可視光波長に感度を持つセンサを搭載したカメラであってもよい。例えば、シリコンイメージセンサ或いは表面入射型InGaAsセンサ等であってもよい。

[0034] 結像レンズ64は、対物レンズ50によって集光された赤外発光を結像するレンズである。なお、上述したLRGフィルタ61の配置位置は、結像レンズ64よりも下流側（赤外カメラ62側）であってもよいし、上流側（対物レンズ50側）であってもよい。ただし、結像レンズ64よりも下流側（赤外カメラ62側）にLRGフィルタ61を配置する場合には、収差の原因となるため、結像レンズ64が補正されている必要がある。また、NAが高い場合には視野内で重心波長がずれる可能性があるが、その場合、結像レンズ64がテレセントリック光学系を形成していればよい。

[0035] 切替部63は、対物レンズ50と赤外カメラ62との間の光路に、LRGフィルタ61が設けられた状態（上記第1撮像を行う状態。図1参照）と、LRGフィルタ61が設けられていない状態（上記第2撮像を行う状態。図3参照）と、を切り替え可能に構成されている。切替部63は、LRGフィルタ61を移動させる（LRGフィルタ61の位置を変化させる）ことにより、上記切り替えを実現している。すなわち、上記第1撮像を行う場合には、切替部63は、対物レンズ50と赤外カメラ62との間の光路にLRGフィルタ61が位置し、LRGフィルタ61を透過した光が赤外カメラ62により撮像されるように、LRGフィルタ61を動かす。また、上記第2撮像を行う場合には、図3に示されるように、切替部63は、対物レンズ50と赤外カメラ62との間の光路にLRGフィルタ61が位置せず、LRGフィルタ61を介さずに到達した赤外発光が赤外カメラ62により撮像されるように、LRGフィルタ61を動かす。切替部63は、例えばフィルタホイー

ル又はフィルタスライドであってもよい。

[0036] コンピュータ 70 は、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。コンピュータ 70 は、メモリに格納されるプログラムをCPUで実行することにより機能する。コンピュータ 70 は、マイコンやFPGAで構成されていてもよい。

[0037] コンピュータ 70 は、上述した透過画像及び全光量画像に基づいて、半導体デバイス 100 において発生した赤外発光の波長情報を導出する。コンピュータ 70 は、透過画像に基づきLRGフィルタ 61 を透過した光の強度である透過強度（透過光量）を導出すると共に、全光量画像に基づき赤外発光の全強度を導出する。そして、コンピュータ 70 は、透過強度及び全強度に基づいて、具体的には全強度から透過強度を差し引くことにより、LRGフィルタ 61 によって反射された光の強度である反射強度（反射光量）を導出する。例えば、透過強度をT、反射強度をR、全光量をA、透過強度Tと反射強度Rの差分値をDとした場合、 $R = A - T$ 及び $D = 2T - A$ が成り立つ。コンピュータ 70 は、透過光量及び反射光量に基づいて、波長情報を導出する。コンピュータ 70 は、透過光量及び反射光量の差分値を導出し、該差分値に基づいて波長情報を導出する。ここでの波長情報とは、半導体デバイス 100 から出力された光の重心波長を示す情報である。また、透過強度（透過光量）は、透過画像における赤外発光に相当する像の領域の強度の積算値でもよい。また、全強度（全光量）は、全光量画像における赤外発光に相当する像の領域の強度の積算値でもよい。この場合、演算により導出される反射強度（反射光量）は、赤外発光に相当する像の領域の強度の積算値として求められる。さらに、透過強度（透過光量）は、透過画像における赤外発光に相当する像の領域を構成する各画素の強度でもよい。また、全強度（全光量）は、全光量画像における赤外発光に相当する像の領域を構成する各画素の強度でもよい。この場合、演算により導出される反射強度（反射光量）は、赤外発光に相当する像の領域を構成する各画素の強度として求められる。

。以下、重心波長の計算原理の一例について、図2を参照しながら詳細に説明する。

[0038] 上述したように、LRGフィルタ61は、波長 λ_1 よりも低波長側では全ての光を反射し、波長 λ_2 よりも高波長側では全ての光を透過し、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ の波長帯では光の透過率が波長に従ってリニアに変化するとする。この場合、波長 λ_1 、 λ_2 との関係において透過率 $h(\lambda)$ は以下の(1)式で示され、反射率 $1-h(\lambda)$ は以下の(2)式で示される。

$$h(\lambda) = (\lambda - \lambda_1) / (\lambda_2 - \lambda_1) \quad (1)$$

$$1-h(\lambda) = (\lambda_2 - \lambda) / (\lambda_2 - \lambda_1) \quad (2)$$

[0039] また、反射率が50%となる波長 $\lambda_{50\%}$ は以下の(3)式で示されることは明らかである。

$$\lambda_{50\%} = (\lambda_2 + \lambda_1) / 2 \quad (3)$$

[0040] あるスペクトル $f(\lambda)$ が図2の波形X2で示され、 λ_1 と λ_2 の間にあり、 λ_1 より短い波長及び λ_2 よりも長い波長において無視できる場合、反射光量と透過光量とが等しいと仮定すると以下の(4)式が成立する。

$$\int f(\lambda) h(\lambda) d\lambda = \int f(\lambda) (1-h(\lambda)) d\lambda \quad (4)$$

(4)式を変形すると、以下の(5)式になる。

$$2 \int f(\lambda) h(\lambda) d\lambda = \int f(\lambda) d\lambda \quad (5)$$

[0041] (5)式に(1)式を代入すると、

$$2 \int f(\lambda) (\lambda - \lambda_1) / (\lambda_2 - \lambda_1) d\lambda = \int f(\lambda) d\lambda$$

となり、さらに両辺を $2 \int f(\lambda) d\lambda / (\lambda_2 - \lambda_1)$ で割ると、

$$\int f(\lambda) (\lambda - \lambda_1) d\lambda / \int f(\lambda) d\lambda = (\lambda_2 - \lambda_1) / 2$$

$$\int f(\lambda) \lambda d\lambda / \int f(\lambda) d\lambda = (\lambda_2 + \lambda_1) / 2$$

(6)

となる。

[0042] (3) 式を考慮すると、(6) 式の右辺は $\lambda_{50\%}$ であり、左辺は一般的に任意関数である $f(\lambda)$ の重心となることは明らかである。このような (6) 式の左辺を λ_f とする。以上のことから、透過率が波長に対して線形に変化する L R G フィルタ 6 1 を通ったある任意のスペクトルについて、透過光量と反射光量とが等しい場合には、スペクトルの重心 λ_f は $\lambda_{50\%}$ で示される。

[0043] つづいて、第 2 のスペクトル $g(\lambda)$ について考える。スペクトル $g(\lambda)$ についても、スペクトルが λ_1 と λ_2 の間に全て含まれている。いま、スペクトル $f(\lambda)$ と $g(\lambda)$ について、透過光と反射光の差分値を規格化したものの差を算出する。 $f(\lambda)$ の透過光を T_f 、反射光を R_f 、全光量を A_f 、透過光と反射光の差分値を D_f とする。また、 $g(\lambda)$ の透過光を T_g 、反射光を R_g 、全光量を A_g 、透過光と反射光の差分値を D_g とする。また、 $g(\lambda)$ の重心を λ_g とする。このとき、 T_f 、 R_f 、 T_g 、 R_g は計測値であり、 A_f 、 A_g 、 D_f 、 D_g は計測値から直接算出可能な値である。これらの各値は、以下の式によっても示される。

$$T_f = \int f(\lambda) h(\lambda) d\lambda = \int f(\lambda) (\lambda - \lambda_1) / (\lambda_2 - \lambda_1) d\lambda$$

(7)

$$T_g = \int g(\lambda) h(\lambda) d\lambda = \int g(\lambda) (\lambda - \lambda_1) / (\lambda_2 - \lambda_1) d\lambda$$

(8)

$$R_f = \int f(\lambda) (1 - h(\lambda)) d\lambda = \int f(\lambda) (\lambda_2 - \lambda) / (\lambda_2 - \lambda_1) d\lambda$$

(9)

$$R_g = \int g(\lambda) (1 - h(\lambda)) d\lambda = \int g(\lambda) (\lambda_2 - \lambda) / (\lambda_2 - \lambda_1) d\lambda$$

(10)

$$A_f = \int f(\lambda) d\lambda$$

(11)

$$A_g = \int g(\lambda) d\lambda$$

(12)

$$\begin{aligned}
 D_f &= T_f - R_f \\
 &= 2/(\lambda_2 - \lambda_1) * \int \lambda f(\lambda) d\lambda - (\lambda_2 + \lambda_1)/(\lambda_2 - \lambda_1) * \int f(\lambda) d\lambda
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

$$\begin{aligned}
 D_g &= T_g - R_g \\
 &= 2/(\lambda_2 - \lambda_1) * \int \lambda g(\lambda) d\lambda - (\lambda_2 + \lambda_1)/(\lambda_2 - \lambda_1) * \int g(\lambda) d\lambda
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

[0044] ここで、透過光と反射光の差分値を規格化すると、 D_f を A_f 、 D_g を A_g で割ることに相当する。それらの差を R とすると、以下の(15)式が成立する。

$$\begin{aligned}
 R &= D_g/A_g - D_f/A_f \\
 &= \{ \int g(\lambda) \lambda d\lambda / \int g(\lambda) d\lambda - \int f(\lambda) \lambda d\lambda / \int f(\lambda) d\lambda \} * 2/(\lambda_2 - \lambda_1) \\
 &= 2(\lambda_g - \lambda_f) / (\lambda_2 - \lambda_1)
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

[0045] スペクトル $f(\lambda)$ の重心波長 λ_f 及びスペクトル $g(\lambda)$ の重心波長 λ_g の差を $\delta\lambda$ とすると、以下の(16)式及び(17)式が成立する。

$$R = 2\delta\lambda / (\lambda_2 - \lambda_1) \tag{16}$$

$$\delta\lambda = R(\lambda_2 - \lambda_1)/2 \tag{17}$$

以上のように、ある2つの任意のスペクトル $f(\lambda)$ 、 $g(\lambda)$ の重心の差が、透過光量及び反射光量を考慮した計算から得られることが示された。

[0046] そして、 $f(\lambda)$ の重心が $\lambda_{50\%}$ であるとき、反射光量と透過光量は等しくなるため D_f は0となる。つまり、任意のスペクトル $g(\lambda)$ の重心波長 λ_g は以下の(18)式により示される。

$$\lambda_g = \delta\lambda + \lambda_{50\%} \tag{18}$$

[0047] 以上のように、スペクトルの重心波長（すなわち光の波長情報）は、LRGフィルタ61の設計値、透過光量、及び反射光量から計算することができ

る。そして、検査装置 1 では、上述したように、重心波長（波長情報）を用いて半導体デバイス 100 が検査される。

[0048] また、任意のスペクトル $g(\lambda)$ の重心波長 λ_g は、以下の (19) 式及び (20) 式により求めることもできる。この場合、 $g(\lambda)$ の透過光 T_g 、反射光 R_g 、全光量 A_g 、重心 λ_g は、それぞれ (21) 式、(22) 式、(23) 式、(24) 式で定義される。なお、(21) 式は、上記 (8) 式と同義であり、(22) 式は、上記 (10) 式と同義であり、(23) 式は、上記 (12) 式と同義であり、(24) 式は、上記 (18) 式と同義である。

[数1]

$$\begin{aligned}
 \frac{T_g - R_g}{T_g + R_g} &= \frac{T_g - R_g}{A_g} = \frac{2T_g - A_g}{A_g} = \frac{A_g - 2R_g}{A_g} \\
 &= \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{2\lambda - (\lambda_1 + \lambda_2)}{\lambda_2 - \lambda_1} g(\lambda) d\lambda}{A_g} \\
 &= \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{2(\lambda - \lambda_{50\%})}{\lambda_2 - \lambda_1} g(\lambda) d\lambda}{A_g} \\
 &= \frac{2}{\lambda_2 - \lambda_1} \left\{ \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \lambda g(\lambda) d\lambda - \lambda_{50\%} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} g(\lambda) d\lambda \right\} \\
 &= \frac{2}{\lambda_2 - \lambda_1} (\lambda_g - \lambda_{50\%}) \quad (19)
 \end{aligned}$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \left(\frac{T_g - R_g}{T_g + R_g} \right) + \lambda_{50\%} \quad (20)$$

$$T_g = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{\lambda - \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} g(\lambda) d\lambda \quad (21)$$

$$R_g = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{\lambda_2 - \lambda}{\lambda_2 - \lambda_1} g(\lambda) d\lambda \quad (22)$$

$$A_g = T_g + R_g = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} g(\lambda) d\lambda \quad (23)$$

$$\lambda_g = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \lambda g(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} g(\lambda) d\lambda} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \lambda g(\lambda) d\lambda}{A_g} \quad (24)$$

[0049] 次に、検査装置 1 を用いて実施される検査方法の工程について、図 1 ～図 6 を参照して説明する。

[0050] 最初に、切替部 6 3 によって、対物レンズ 5 0 と赤外カメラ 6 2 との間の光路に L R G フィルタ 6 1 が位置するように、L R G フィルタ 6 1 が動かされる（図 1 参照）。そして、半導体テスト 2 0 によって、半導体デバイス 1

00が駆動しないように制御される。この状態で、赤外カメラ62によりダーク画像（第1のダーク画像）が取得され、該第1のダーク画像がコンピュータ70に出力される。

[0051] つづいて、切替部63によって、対物レンズ50と赤外カメラ62との間の光路からLRGフィルタ61が撤退するように、LRGフィルタ61が動かされる（図3参照）。そして、半導体テスト20によって、半導体デバイス100が駆動しないように制御される。この状態で、赤外カメラ62によりダーク画像（第2のダーク画像）が取得され、該第2のダーク画像がコンピュータ70に出力される。

[0052] つづいて、半導体テスト20によって半導体デバイス100が駆動させられ、半導体デバイス100から赤外発光が発生し得る状態とされる。そして、切替部63によって、対物レンズ50と赤外カメラ62との間の光路にLRGフィルタ61が位置するように、LRGフィルタ61が動かされ（図1参照）、赤外カメラ62によりLRGフィルタ61を透過した光が撮像される。撮像された透過画像は、コンピュータ70に出力される。

[0053] つづいて、引き続き半導体テスト20によって半導体デバイス100が駆動させられて半導体デバイス100から赤外発光が発生した状態で、切替部63によって、対物レンズ50と赤外カメラ62との間の光路からLRGフィルタ61が撤退するように、LRGフィルタ61が動かされ（図3参照）、赤外カメラ62によりLRGフィルタ61を介さずに到達した光が撮像される。撮像された全光量画像は、コンピュータ70に出力される。

[0054] 図4（a）は透過画像802を示す図であり、図4（b）は全光量画像902を示す図である。透過画像802及び全光量画像902は、それぞれ撮像した光の光量に応じた像を示している。つまり、像802を構成する複数の画素の各強度の積算値を透過強度（透過光量）としてもよく、また、像902を構成する複数の画素の各強度の積算値を全強度（全光量）としてもよい。

[0055] コンピュータ70は、赤外カメラ62により撮像された透過画像及び全光

量画像に基づいて、赤外発光の波長情報（具体的には重心波長）を導出する。重心波長の導出方法の一例は上述したとおりである。なお、全光量は、全光量画像から第2のダーク画像が差分された画像から導出されてもよい。また、透過光量は、透過画像から第1のダーク画像が差分された画像から導出されてもよい。このように、計測画像からダーク画像が差分されることにより、カメラのリークや装置温度等に起因するオフセットノイズがキャンセルされて、赤外発光の強度のみを取得することが可能になる。

[0056] なお、透過画像及び全光量画像を取得する際の撮像条件は同じでなくてもよく、露光時間を変えてデジタルゲイン等で実質的に露光時間を同等な条件としてもよい。さらに、必要に応じて各画像を複数取得し、デジタル積算してもよい。更に赤外発光の領域の画素をビンニングしてもよい。

[0057] コンピュータ70は、そのディスプレイ上に重心波長の値を、輝度や色（例えばLUT表示）、透過率等により区別して表示する。その際、コンピュータ70は、赤外発光の強度に応じて透過処理又は濃度処理を行ってもよい。また、コンピュータ70は、重心波長に応じた個別処理（例えば、特定波長範囲外を透過処理する等）を行い、異常個所を明示してもよい。

[0058] 図5及び図6は、波長情報（重心波長）の表示例を示す図である。例えば、図5に示されるように、下限波長 $\lambda_1=900\text{nm}$ 、上限波長 $\lambda_2=1700\text{nm}$ のLRGフィルタ61が用いられた場合において、領域毎の重心波長の輝度表示D1を表示してもよい。また、例えば図6に示されるように、波長バーにより波長範囲を選択（ここでは、 $1600\text{nm}\sim 1700\text{nm}$ を選択）し、該波長範囲のみの輝度表示D2を表示してもよい。

[0059] 次に、図7に示されるフローチャートを参照して、検査装置1を用いて実行する検査方法の内、波長情報を導出する工程について説明する。図7は、検査方法（詳細には波長情報を導出する工程）のフローチャートである。

[0060] 図7に示されるように波長情報を導出する工程では、最初に、半導体デバイス100がステージ10にセットされる（ステップS1）。

[0061] つづいて、対物レンズ50と赤外カメラ62との間の光路に配置されたL

R Gフィルタ 6 1 が、半導体デバイス 1 0 0 において発生した赤外発光を透過する（ステップ S 2）。

[0062] つづいて、L R Gフィルタ 6 1 を透過した光が赤外カメラ 6 2 により撮像されて、透過画像がコンピュータ 7 0 に出力される（ステップ S 3）。

[0063] つづいて、対物レンズ 5 0 と赤外カメラ 6 2 との間の光路から L R Gフィルタ 6 1 が撤退し、L R Gフィルタ 6 1 を介さずに到達した光が赤外カメラ 6 2 により撮像されて、全光量画像がコンピュータ 7 0 に出力される（ステップ S 4）。

[0064] そして、コンピュータ 7 0 によって、透過画像及び全光量画像に基づき、半導体デバイス 1 0 0 において発生した赤外発光の波長情報が導出される（ステップ S 5）。

[0065] 次に、本実施形態に係る検査装置 1 の作用効果について説明する。

[0066] 本実施形態に係る検査装置 1 は、半導体デバイス 1 0 0 を検査する検査装置であって、半導体デバイス 1 0 0 を保持するステージ 1 0 と、所定の波長域において透過率が線形に変化する透過特性を有し、半導体デバイス 1 0 0 において発生した赤外発光を、透過特性に基づいて透過又は反射する L R Gフィルタ 6 1 と、L R Gフィルタ 6 1 を透過した光を撮像し透過画像を出力すると共に、赤外発光であって L R Gフィルタ 6 1 を介さずに到達した光を撮像し全光量画像を出力する赤外カメラ 6 2 と、透過画像及び全光量画像に基づいて、赤外発光の波長情報を導出するコンピュータ 7 0 と、を備える。

[0067] 検査装置 1 では、半導体デバイス 1 0 0 において発生した赤外発光が、L R Gフィルタ 6 1 によって、波長に応じて透過又は反射される。そして、L R Gフィルタ 6 1 を透過した光を撮像した透過画像、及び、L R Gフィルタ 6 1 を介さずに到達した赤外発光を撮像した全光量画像に基づいて、赤外発光の波長情報が導出される。このように、検査装置 1 においては、L R Gフィルタ 6 1 が用いられて波長に応じて光が透過又は反射されているので、透過画像は、光の波長に応じた画像データとなる。また、透過画像が L R Gフィルタ 6 1 を透過した光を撮像した画像データであり、全光量画像が L R G

フィルタ 6 1 を介さずに到達した光を撮像した画像データであるので、これらの画像データからは、L R G フィルタ 6 1 を透過した光及び L R G フィルタ 6 1 を反射した光の情報を取得することができる。このように、波長に応じて透過又は反射された光の情報が取得されることにより、高精度に光の波長情報を取得することができる。さらに、このような波長情報の取得方法においては、赤外発光の波長情報を空間的に一括して取得することができ、また、帯域フィルタの変更処理等が不要であるので、波長情報を容易に取得することができる。以上のように、本実施形態に係る検査装置 1 によれば、半導体デバイス 1 0 0 において発生した赤外発光の波長情報を、高精度且つ容易に取得することができる。

[0068] 撮像部は、L R G フィルタ 6 1 を透過又は反射した光を撮像すると共に、赤外発光であって L R G フィルタ 6 1 を介さずに到達した光を撮像するイメージセンサを有していてもよい。このようなイメージセンサによれば、所望の光を適切に撮像することができる。

[0069] 上記検査装置 1 は、半導体デバイス 1 0 0 と赤外カメラ 6 2 との間の光路に、L R G フィルタ 6 1 が設けられた状態と、L R G フィルタ 6 1 が設けられていない状態とを切り替え可能に構成された切替部 6 3 を更に備えていてもよい。このような構成によれば、L R G フィルタ 6 1 の有無を切り替えながら、上述した透過画像及び全光量画像を共に適切に取得することができる。

[0070] コンピュータ 7 0 は、透過画像に基づき L R G フィルタ 6 1 を透過した光の強度である透過強度を導出すると共に、全光量画像に基づき赤外発光の全強度を導出し、透過強度及び全強度に基づいて、L R G フィルタ 6 1 によって反射された光の強度である反射強度を導出し、透過強度及び反射強度に基づいて、波長情報を導出してもよい。L R G フィルタ 6 1 においては、波長に応じて光が透過又は反射されているので、透過強度（透過光量）及び反射強度（反射光量）の情報から、波長情報を高精度に導出することができる。

[0071] コンピュータ 7 0 は、透過強度及び反射強度の差分値を導出し、該差分値

に基づいて波長情報を導出してもよい。透過強度と反射強度との差分値から波長情報が導出されることにより、波長情報を高精度に導出することができる。

[0072] 波長情報は、赤外発光の重心波長を示す情報であってもよい。これにより、波長情報を適切に導出することができる。

[0073] 以上、第1実施形態について説明したが、第1実施形態に係る構成は上記に限定されない。以下では、撮像機構60に代えて採用される撮像機構の変形例について、図8～図10を参照して説明する。

[0074] 図8(a)(b)は、第1実施形態における第1の変形例に係る撮像機構160を説明する図である。撮像機構160は、切替部163が、LRGフィルタ61と正規化用フィルタ161とを切り替える可能に構成されている点で、上記撮像機構60と異なっている。

[0075] 撮像機構160は、LRGフィルタ61と、正規化用フィルタ161と、赤外カメラ62と、切替部163とを有している。正規化用フィルタ161は、光量を空間的に均一に低減するフィルタであり、例えばNDフィルタである。切替部163は、半導体デバイス100と赤外カメラ62との間の光路に、LRGフィルタ61が設けられた状態(図8(a)参照)と、LRGフィルタ61が設けられておらず且つ正規化用フィルタ161が設けられた状態(図8(b)参照)とを切り替え可能に構成されている。切替部163は、LRGフィルタ61及び正規化用フィルタ161を移動させることにより、上記切り替えを実現していてもよい。

[0076] 光路に正規化用フィルタ161が設けられた状態においては、例えば、入射される光の光量を50%程度として出射する正規化用フィルタ161が用いられ、赤外カメラ62の輝度が2倍程度とされて、LRGフィルタ61が設けられていない状態における全光量が導出されてもよい。

[0077] 図9(a)(b)は、第1実施形態における第2の変形例に係る撮像機構260を説明する図である。撮像機構260は、赤外カメラ62が、LRGフィルタ61を反射した光を撮像する点で、上記撮像機構60と異なってい

る。

- [0078] 撮像機構 260 は、L R G フィルタ 61 と、ミラー 261 と、赤外カメラ 62 と、切替部 263 とを有している。切替部 263 は、半導体デバイス 100 と赤外カメラ 62 との間の光路に、L R G フィルタ 61 が設けられた状態（図 9（a）参照）と、L R G フィルタ 61 が設けられておらず且つミラー 261 が設けられた状態（図 9（b）参照）とを切り替え可能に構成されている。切替部 163 は、L R G フィルタ 61 及びミラー 261 を移動させることにより、上記切り替えを実現している。
- [0079] この場合、赤外カメラ 62 は、光路に L R G フィルタ 61 が設けられた状態（図 9（a）参照）において L R G フィルタ 61 によって反射された光を撮像する位置に設けられており、且つ、光路にミラー 261 が設けられた状態（図 9（b）参照）においてミラー 261 によって反射された光を撮像する位置に設けられている。上記光路にミラー 261 が設けられた状態において、赤外発光の全光量が取得される。
- [0080] コンピュータ 70 は、反射画像から L R G フィルタ 61 によって反射された光の強度である反射強度を導出する（図 9（a）参照）と共に、全光量画像から赤外発光の全強度を導出し（図 9（b）参照）、反射強度及び全強度に基づいて、L R G フィルタ 61 を透過した光の強度である透過強度を導出し、透過強度及び反射強度に基づいて、赤外発光の波長情報を導出する。
- [0081] 詳細すると、コンピュータ 70 は、上述した反射画像及び全光量画像に基づいて、赤外発光の波長情報を導出する処理を実行する。コンピュータ 70 は、反射画像に基づき L R G フィルタ 61 を反射された赤外発光の強度である反射強度（反射光量）を導出すると共に、全光量画像に基づき赤外発光の全強度（全光量）を導出する。そして、コンピュータ 70 は、反射強度及び全強度に基づいて、具体的には全強度から反射強度を差し引くことにより、L R G フィルタ 61 を透過した赤外発光の強度である透過強度（透過光量）を導出する。例えば、透過強度を T 、反射強度を R 、全光量を A 、透過強度 T と反射強度 R の差分値を D とした場合、 $T = A - R$ 及び $D = A - 2R$ が成

り立つ。また、なお、反射強度（反射光量）は、反射画像における赤外発光に相当する像の領域の強度の積算値でもよい。また、全強度（全光量）は、全光量画像における赤外発光に相当する像の領域の強度の積算値でもよい。この場合、演算により導出される透過強度（透過光量）は、赤外発光に相当する像の領域の強度の積算値として求められる。さらに、反射強度（反射光量）は、反射画像における赤外発光に相当する像の領域を構成する各画素の強度でもよい。また、全強度（全光量）は、全光量画像における赤外発光に相当する像の領域を構成する各画素の強度でもよい。この場合、演算により導出される透過強度（透過光量）は、赤外発光に相当する像の領域を構成する各画素の強度として求められる。

[0082] 図10(a)は、第1実施形態における第3の変形例に係る撮像機構360を説明する図である。撮像機構360は、2つの赤外カメラ62, 363を有すると共に、透過画像及び全光量画像を同時に取得する点で、上記撮像機構60と異なっている。

[0083] 撮像機構360は、LRGフィルタ61と、赤外カメラ62（第1のイメージセンサ）と、赤外カメラ363（第2のイメージセンサ）と、ビームスプリッタ364（光分岐部）とを有している。ビームスプリッタ364は、半導体デバイス100から出力された赤外発光を透過光路399x（第1の分岐光路）及び反射光路399y（第2の分岐光路）に分岐するスプリッタである。ビームスプリッタ364は、例えばハーフミラー等であり、光を透過及び反射することにより分岐（分割）する。赤外カメラ62は、透過光路399xに配置されている。赤外カメラ363は、反射光路399yに配置されている。また、LRGフィルタ61は、透過光路399x上に配置されている。

[0084] このような構成によれば、ビームスプリッタ364によって赤外発光が透過光路399x及び反射光路399yに分岐され、透過光路399xに設けられた赤外カメラ62による透過画像（第1の画像データ）の取得と、反射光路399yに設けられた赤外カメラ363による全光量画像（第2の画像

データ)の取得とを同時に行うことができる。このことで、波長情報を効率的に導出することができる。

[0085] なお、図10(b)に示されるように、LRGフィルタ61は、反射光路399y上に配置されていてもよい。この場合、反射光路399yが第1の分岐光路であり、透過光路399xが第2の分岐光路である。

[0086] [第2実施形態]

次に、本開示の第2実施形態について、図11及び図12を参照して説明する。第2実施形態では、第1実施形態と異なる点を主に説明し、第1実施形態と重複する説明を省略する。

[0087] 図11は、第2実施形態に係る検査装置1Aを模式的に示した側面図である。検査装置1Aは、赤外カメラ62、463と、結像レンズ64と、LRGダイクロイックミラー461と、を有する撮像機構460を備える。撮像機構460は、光学フィルタとして、LRGダイクロイックミラー461を有している。LRGダイクロイックミラー461は、所定の波長域において透過率が線形に変化する透過特性を有し、半導体デバイス100において発生した赤外発光を、透過特性に基づいて透過及び反射する。

[0088] また、撮像機構460は、撮像部として、赤外カメラ62(第1のイメージセンサ)と、赤外カメラ463(第2のイメージセンサ)と、を有している。赤外カメラ62は、LRGダイクロイックミラー461を透過した光を撮像して透過画像(第1の画像データ)を出力する。赤外カメラ463は、LRGダイクロイックミラー461によって反射された光を撮像して反射画像(第2の画像データ)を出力する。

[0089] コンピュータ70は、上述した透過画像及び反射画像に基づいて、赤外発光の波長情報を導出する。波長情報の導出方法の一例は、上述したとおりである。

[0090] 本実施形態に係る検査装置1Aでは、半導体デバイス100において発生した赤外発光が、LRGダイクロイックミラー461によって、波長に応じて透過及び反射される。そして、透過した光を撮像した透過画像、及び、反射

された光を撮像した反射画像に基づいて、赤外発光の波長情報が導出される。このように、検査装置 1 A においては、L R G ダイクロイックミラー 4 6 1 が用いられて波長に応じて赤外発光が透過及び反射されているので、透過画像及び反射画像は、光の波長に応じた画像データとなる。このような画像データから光の波長情報が導出されることにより、高精度に光の波長情報を取得することができる。さらに、このような波長情報の取得方法においては、赤外発光の波長情報を空間的に一括して取得することができ、また、帯域フィルタの変更処理等が不要であるので、波長情報を容易に取得することができる。以上のように、本実施形態に係る検査装置 1 A によれば、半導体デバイス 1 0 0 において発生した赤外発光の波長情報を、高精度且つ容易に取得することができる。

[0091] なお、第 2 実施形態における撮像部の構成は、上述した態様に限定されず、図 1 2 (a) ~ (d) に示される態様とされてもよい。図 1 2 (a) に示される例では、L R G ダイクロイックミラー 4 6 1 を透過した光は、結像レンズ 6 6 6 a を透過してミラー 6 6 5 a によって反射され、赤外カメラ 6 2 によって撮像される。L R G ダイクロイックミラー 4 6 1 によって反射された光は、結像レンズ 6 6 6 b を透過してミラー 6 6 5 b によって反射され、赤外カメラ 4 6 3 によって撮像される。図 1 2 (b) 及び図 1 2 (c) に示される例では、L R G ダイクロイックミラー 4 6 1 がプリズム内に設けられている。図 2 1 2 (b) 及び図 1 2 (c) に示される例では、L R G ダイクロイックミラー 4 6 1 を透過した光は、プリズムを透過してミラー 6 6 5 a によって反射され、赤外カメラ 6 2 によって撮像される。L R G ダイクロイックミラー 4 6 1 によって反射された光は、プリズムによって反射され、赤外カメラ 4 6 3 によって撮像される。L R G ダイクロイックミラー 4 6 1 がプリズム内に設けられている場合、赤外カメラ 6 2, 4 6 3 のレイアウトの自由度が向上する。図 1 2 (d) に示される例では、L R G ダイクロイックミラー 4 6 1 が内蔵されたプリズム、並びに、光検出部 6 6 1 a 及び光検出部 6 6 1 b が、一つのカメラとして構成されている。

[0092] また、撮像機構 60 は、図 13 のように、LRG フィルタ（光学フィルタ）61 の手前に光学システム全体の分光感度特性をフラットにする感度補正フィルタ 550 を有してもよい。感度補正フィルタ 550 を設けることにより、波長幅のある光の波長の重心をより正確に求めることができる。なお、感度補正フィルタ 550 は、LRG フィルタ（光学フィルタ）61 とカメラ（イメージセンサ）62 との間にそれぞれ設けられてもよい。

[0093] さらに、撮像部とは別体のコンピュータ 70 が波長情報を導出するとして説明したがこれに限定されず、カメラ内部の集積回路により、波長情報の導出等の各処理が実施されてもよい。

符号の説明

[0094] 1, 1A…検査装置、10…ステージ、61…LRG フィルタ（光学フィルタ）、62…赤外カメラ（カメラ、撮像部、イメージセンサ、第1のイメージセンサ）、63, 163…切替部、70…コンピュータ（解析部）、100…半導体デバイス、461…LRG ダイクロイックミラー（光学フィルタ）、463…赤外カメラ（カメラ、撮像部、イメージセンサ、第2のイメージセンサ）。

請求の範囲

- [請求項1] 半導体デバイスを検査する検査装置であって、
前記半導体デバイスを保持するステージと、
所定の波長域において透過率が線形に変化する透過特性を有し、前記半導体デバイスにおいて発生した発光を、前記透過特性に基づいて透過又は反射する光学フィルタと、
前記光学フィルタを透過又は反射した光を撮像し第1の画像データを出力すると共に、前記発光であって前記光学フィルタを介さずに到達した光を撮像し第2の画像データを出力する撮像部と、
前記第1の画像データ及び前記第2の画像データに基づいて、前記発光の波長情報を導出する解析部と、を備える検査装置。
- [請求項2] 前記撮像部は、前記光学フィルタを透過又は反射した光を撮像すると共に、前記発光であって前記光学フィルタを介さずに到達した光を撮像するイメージセンサを有する、請求項1記載の検査装置。
- [請求項3] 前記半導体デバイスと前記撮像部との間の光路に、前記光学フィルタが設けられた状態と、前記光学フィルタが設けられていない状態とを切り替え可能に構成された切替部を更に備える、請求項1記載の検査装置。
- [請求項4] 前記撮像部は、前記発光を第1の分岐光路及び第2の分岐光路に分岐する光分岐部と、前記第1の分岐光路に配置された第1のイメージセンサと、前記第2の分岐光路に配置された第2のイメージセンサと、を有し、
前記光学フィルタは、前記第1の分岐光路上の前記光分岐部と前記第1のイメージセンサとの間に配置され、
前記第1のイメージセンサは、前記光学フィルタを透過又は反射した光を撮像し前記第1の画像データを出力し、
前記第2のイメージセンサは、前記発光であって前記光学フィルタを介さずに到達した光を撮像し前記第2の画像データを出力する、請

求項 1 記載の検査装置。

[請求項5] 前記解析部は、前記第 1 の画像データに基づき前記光学フィルタを透過した光の強度である透過強度を導出すると共に、前記第 2 の画像データに基づき前記発光の全強度を導出し、前記透過強度及び前記全強度に基づいて、前記光学フィルタによって反射された光の強度である反射強度を導出し、前記透過強度及び前記反射強度に基づいて、前記波長情報を導出する、請求項 1 記載の検査装置。

[請求項6] 前記解析部は、前記第 1 の画像データに基づき前記光学フィルタによって反射された光の強度である反射強度を導出すると共に、前記第 2 の画像データに基づき前記発光の全強度を導出し、前記反射強度及び前記全強度に基づいて、前記光学フィルタを透過した光の強度である透過強度を導出し、前記透過強度及び前記反射強度に基づいて、前記波長情報を導出する、請求項 1 記載の検査装置。

[請求項7] 前記解析部は、前記透過強度及び前記反射強度の差分値を導出し、該差分値に基づいて前記波長情報を導出する、請求項 5 又は 6 記載の検査装置。

[請求項8] 前記波長情報は、前記発光の重心波長を示す情報である、請求項 1 記載の検査装置。

[請求項9] 前記発光は、赤外波長域の波長を有する光である、請求項 1 記載の検査装置。

[請求項10] 半導体デバイスを検査する検査装置であって、
前記半導体デバイスを保持するステージと、
所定の波長域において透過率が線形に変化する透過特性を有し、前記半導体デバイスにおいて発生した発光を、前記透過特性に基づいて透過及び反射する光学フィルタと、
前記光学フィルタを透過した光を撮像して第 1 の画像データを出力する第 1 のイメージセンサと、
前記光学フィルタによって反射された光を撮像して第 2 の画像デー

タを出力する第2のイメージセンサと、

前記第1の画像データ及び前記第2の画像データに基づいて、前記発光の波長情報を導出する解析部と、を備える検査装置。

[請求項11]

半導体デバイスを検査する検査方法であって、

所定の波長域において透過率が線形に変化する透過特性を有する光学フィルタによって、前記半導体デバイスにおいて発生した発光を、前記透過特性に基づいて透過又は反射することと、

前記光学フィルタを透過又は反射した光を撮像し第1の画像データを出力することと、

前記発光であって前記光学フィルタを介さずに到達した光を撮像し第2の画像データを出力することと、

前記第1の画像データ及び前記第2の画像データに基づいて、前記発光の波長情報を導出することと、を含む検査方法。

[請求項12]

半導体デバイスを検査する検査方法であって、

所定の波長域において透過率が線形に変化する透過特性を有する光学フィルタによって、前記半導体デバイスにおいて発生した発光を、前記透過特性に基づいて透過及び反射することと、

前記光学フィルタを透過した光を撮像し第1の画像データを出力することと、

前記光学フィルタによって反射された光を撮像し第2の画像データを出力することと、

前記第1の画像データ及び前記第2の画像データに基づいて、前記発光の波長情報を導出することと、を含む検査方法。