

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6820184号  
(P6820184)

(45) 発行日 令和3年1月27日(2021.1.27)

(24) 登録日 令和3年1月6日(2021.1.6)

(51) Int. Cl. F I  
**GO 1 R 31/302 (2006.01)** GO 1 R 31/28 L  
**HO 1 L 21/66 (2006.01)** HO 1 L 21/66 C

請求項の数 15 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2016-209774 (P2016-209774)	(73) 特許権者	000236436
(22) 出願日	平成28年10月26日(2016.10.26)		浜松ホトニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2018-72081 (P2018-72081A)		静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
(43) 公開日	平成30年5月10日(2018.5.10)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	令和1年6月4日(2019.6.4)		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	100148013
			弁理士 中山 浩光
		(72) 発明者	岩城 吉剛
			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】 半導体デバイス検査方法及び半導体デバイス検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検査体である半導体デバイスの検査を行う半導体デバイス検査方法であって、  
 前記半導体デバイスに入力信号を入力するステップと、  
 前記半導体デバイスに光を照射するステップと、  
 前記半導体デバイスに前記光が照射されている間、前記入力信号が入力された前記半導体デバイスから出力される出力信号に基づいて、前記半導体デバイスの状態変化を示す結果信号を出力するステップと、

前記半導体デバイスに対する前記入力信号の入力から前記結果信号の出力までの時間に関する時間情報を導出するステップと、を含む、半導体デバイス検査方法。

10

【請求項2】

前記入力信号を入力するステップでは、前記入力信号に応じたループトリガ信号を生成し、

前記時間情報を導出するステップでは、前記ループトリガ信号を前記入力信号の入力の基準とする、請求項1に記載の半導体デバイス検査方法。

【請求項3】

前記光の照射位置を前記ループトリガ信号に応じて移動させる、請求項2に記載された半導体デバイス検査方法。

【請求項4】

前記光の照射位置と前記時間情報とが関連づけられた測定画像を生成するステップを更

20

に含む、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の半導体デバイス検査方法。

【請求項 5】

前記半導体デバイスによって反射された前記光の反射光を検出するステップと、  
検出された前記反射光と前記光の照射位置とに基づいて前記半導体デバイスのパターン  
画像を生成するステップとを更に含む、請求項 4 に記載の半導体デバイス検査方法。

【請求項 6】

前記パターン画像と前記測定画像とを重畳するステップを更に含む、請求項 5 に記載の  
半導体デバイス検査方法。

【請求項 7】

前記入力信号はテストパターン信号を含む、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の半導  
体デバイス検査方法。 10

【請求項 8】

前記入力信号は複数のテストパターンを含む、請求項 7 に記載の半導体デバイス検査方  
法。

【請求項 9】

被検査体である半導体デバイスに対する入力信号の入力に応じて出力される結果信号に  
基づいて当該半導体デバイスを検査する半導体デバイス検査装置であって、

光を発生する光源と、

前記光を前記半導体デバイスに走査する走査部と、

前記光が照射される前記半導体デバイスの状態変化を示す前記結果信号が入力され、前  
記半導体デバイスに対する前記入力信号の入力から前記結果信号の出力までの時間に関す  
る時間情報を導出して出力する時間測定部と、を含む、半導体デバイス検査装置。 20

【請求項 10】

前記時間測定部は、時間デジタル変換器又はアナログ時間波高変換器を含む、請求項 9  
に記載の半導体デバイス検査装置。

【請求項 11】

前記時間測定部は、前記入力信号に応じたループトリガ信号が入力され、前記ループト  
リガ信号を前記入力信号の入力の基準とする、請求項 9 又は 10 に記載の半導体デバイス  
検査装置。

【請求項 12】 30

前記走査部は、前記入力信号に応じたループトリガ信号に応じて前記光を走査する、請  
求項 9 ~ 11 のいずれか一項に記載された半導体デバイス検査装置。

【請求項 13】

前記時間情報が入力され、前記光の走査位置と前記時間情報とが関連づけられた測定画  
像を生成する解析部を更に含む、請求項 9 ~ 12 のいずれか一項に記載の半導体デバイス  
検査装置。

【請求項 14】

前記半導体デバイスから反射された前記光の反射光を検出して、検出信号を出力する光  
検出器を更に含む、

前記解析部は、前記検出信号と前記光の走査位置とに基づいて前記半導体デバイスのパ  
ターン画像を生成する、請求項 13 に記載の半導体デバイス検査装置。 40

【請求項 15】

前記解析部は、前記パターン画像と前記測定画像とを重畳する、請求項 14 に記載の半  
導体デバイス検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体デバイス検査方法及び半導体デバイス検査装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、レーザ光の照射によって半導体デバイスの検査を行う装置が開示されている。この装置では、半導体デバイスに対して、シリコンのバンドギャップよりも大きいエネルギーを有する1064nm未満のレーザ光が照射される。そして、この照射で生じた光起電流によって変化する半導体デバイスのPass/Fail情報が計測される。Pass/Fail情報は、レーザ光の照射によって生じる半導体デバイスの動作状態の変化を示す。そのため、Pass/Fail情報に基づいて半導体デバイスの不良箇所を特定することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

10

【特許文献1】特開2012-58247号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記のような従来の装置では、レーザ光の照射によるPass/Failの状態変化の有無のみによって、半導体デバイスの不良箇所を特定するに過ぎず、半導体デバイスに対する多様な解析をすることができなかつた。

【0005】

本発明は、半導体デバイスに対する多様な解析を実施することができる半導体デバイス検査方法及び半導体デバイス検査装置を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一側面に係る半導体デバイス検査方法は、被検査体である半導体デバイスの検査を行う方法であって、半導体デバイスに入力信号を入力するステップと、半導体デバイスに光を照射するステップと、半導体デバイスに光が照射されている間、入力信号が入力された半導体デバイスから出力される出力信号に基づいて、半導体デバイスの状態変化を示す結果信号を出力するステップと、半導体デバイスに対する入力信号の入力から結果信号の出力までの時間に関する時間情報を導出するステップと、を含む。

【0007】

このような半導体デバイス検査方法では、半導体デバイスに光が照射されることによって、半導体デバイスに状態変化が生じ得る。半導体デバイスの状態変化が生じた場合には、出力信号にも変化が生じ得るため、半導体デバイスの状態変化を結果信号として出力することができる。そして、入力信号の入力から結果信号の出力までの時間に関する時間情報を取得することによって、状態変化が生じたタイミングを計測することが可能となる。このように、状態変化を示す結果信号だけでなく、状態変化に関する時間情報を導出することによって、半導体デバイスに対する多様な解析を実施することができる。

30

【0008】

また、一側面においては、入力信号を入力するステップでは、入力信号に応じたループトリガ信号を生成し、時間情報を導出するステップでは、ループトリガ信号を入力信号の入力の基準としてもよい。ループトリガ信号を基準とすることによって、入力信号の入力をより確実に特定することができる。

40

【0009】

また、一側面においては、光の照射位置をループトリガ信号に応じて移動させてもよい。この構成によれば、半導体デバイス上における光の照射位置の移動と入力信号の入力とを確実に同期させることができる。

【0010】

また、一側面においては、光の照射位置と時間情報とが関連づけられた測定画像を生成するステップを更に含んでもよい。この場合、測定画像の参照により、照射位置における時間情報を容易に把握できる。

【0011】

50

また、一側面においては、半導体デバイスによって反射された光の反射光を検出するステップと、検出された反射光と光の照射位置とに基づいて半導体デバイスのパターン画像を生成するステップとを更に含んでもよい。この場合、パターン画像と測定画像とを重畳するステップを更に含んでもよい。この場合、パターン画像に重畳された測定画像の参照により、照射位置における時間情報と半導体デバイスにおける位置との関係を容易に把握できる。

【0012】

また、一側面においては、入力信号はテストパターン信号を含んでもよい。この場合、入力信号は複数のテストパターンを含んでもよい。この構成によれば、一回の計測において、半導体デバイスの状態変化が生じ得る複数のテストパターンを入力できる。

10

【0013】

また、本発明の一側面は、被検査体である半導体デバイスに対する入力信号の入力に応じて出力される結果信号に基づいて当該半導体デバイスの検査する半導体デバイス検査装置であって、光を発生する光源と、光を半導体デバイスに走査する走査部と、光が照射される半導体デバイスの状態変化を示す結果信号が入力され、半導体デバイスに対する入力信号の入力から結果信号の出力までの時間に関する時間情報を導出して出力する時間測定部と、を含む。

【0014】

このような半導体デバイス検査装置では、半導体デバイスに対する光の照射によって生じる状態変化を結果信号として出力することができる。そして、入力信号の入力から結果信号の出力までの時間に関する時間情報を取得することによって、状態変化が生じたタイミングを計測することが可能となる。このように、状態変化を示す結果信号だけでなく、状態変化に関する時間情報を導出することによって、半導体デバイスに対する多様な解析を実施することができる。

20

【0015】

また、一側面においては、時間測定部は、時間デジタル変換器又はアナログ時間波高変換器を含んでもよい。この構成によれば、時間測定部を容易に実現することができる。

【0016】

また、一側面においては、時間測定部は、入力信号に応じたループトリガ信号が入力され、ループトリガ信号を入力信号の入力の基準としてもよい。ループトリガ信号を基準とすることによって、入力信号の入力開始をより確実に特定することができる。

30

【0017】

また、一側面においては、走査部は、入力信号に応じたループトリガ信号に応じて光を走査してもよい。この構成によれば、半導体デバイス上における光の走査位置の移動と入力信号の入力とを確実に同期させることができる。

【0018】

また、一側面においては、時間情報が入力され、光の走査位置と時間情報とが関連づけられた測定画像を生成する解析部を更に含んでもよい。この場合、測定画像の参照により、照射位置における時間情報を容易に把握できる。

【0019】

また、一側面においては、半導体デバイスから反射された光の反射光を検出して、検出信号を出力する光検出器を更に含み、解析部は、検出信号と光の走査位置とに基づいて半導体デバイスのパターン画像を生成してもよい。この場合、解析部は、パターン画像と測定画像とを重畳してもよい。この場合、パターン画像に重畳された測定画像の参照により、照射位置における時間情報と半導体デバイスにおける位置との関係を容易に把握できる。

40

【発明の効果】

【0020】

一側面の半導体デバイス検査方法及び半導体デバイス検査装置によれば、半導体デバイスに対する多様な解析を実施することができる。

50

## 【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】一実施形態に係る半導体デバイス検査装置の構成図である。

【図2】半導体デバイス検査装置で実行される半導体デバイス検査方法を示すフローチャートである。

【図3】半導体デバイス検査方法における各信号を示すタイミングチャートである。

【図4】一実施形態における測定画像の一例である。

【図5】比較例の検査方法における各信号を示すタイミングチャートである。

【図6】比較例の検査方法における測定画像の一例である。

【図7】他の実施形態に係る半導体デバイス検査方法における各信号を示すタイミングチャートである。

【図8】他の実施形態における測定画像の一例である。

## 【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明に係る実施の形態について図面を参照しながら具体的に説明する。便宜上、実質的に同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する場合がある。

【0023】

## 〔第1実施形態〕

図1に示されるように、本実施形態に係る半導体デバイス検査装置1は、被検査体である半導体デバイスDに対するテストパターン信号の入力に応じて出力される結果信号を取得する装置であり、例えばSDL (Soft Defect Localization) 計測、LADA (Laser Assisted Device Alteration) 計測などに利用される。半導体デバイスDとしては、トランジスタ等のPNジャンクションを有する集積回路（例えば、小規模集積回路 (SSI : Small Scale Integration)、中規模集積回路 (MSI : Medium Scale Integration)、大規模集積回路 (LSI : Large Scale Integration)、超大規模集積回路 (VLSI : Very Large Scale Integration)、超々大規模集積回路 (ULSI : Ultra Large Scale Integration)、ギガ・スケール集積回路 (GSI : Giga Scale Integration) )、大電流用 / 高圧用MOSトランジスタ及びバイポーラトランジスタ、電力用半導体素子（パワーデバイス）等がある。また、半導体デバイスDは、半導体デバイスを含むパッケージ、複合基板等であってもよい。

【0024】

半導体デバイスDには、LSIテスト2が電氣的に接続されている。LSIテスト2は、半導体デバイスDに入力信号としてテストパターン信号 (test pattern) を入力する (図3参照)。テストパターン信号は、あるパターンの信号が一定の周期でループしている解析用の信号である。テストパターン信号は、例えばユーザによって設定される。また、LSIテスト2は、テストパターン信号が入力された半導体デバイスDから出力されたテスト信号 (出力信号) に基づいて、Pass / Fail情報を示す結果信号 (result signal) を生成する。例えば、LSIテスト2は、半導体デバイスDから出力されたテスト信号と、テストパターン信号に対する設計上の正しいテスト信号とを比較し、比較結果に基づくPass / Fail情報の変化を結果信号として出力する。

【0025】

さらに、LSIテスト2は、生成した結果信号や、テストパターン信号に応じた各種信号を出力する。本実施形態では、LSIテスト2は、例えばテストパターン信号に同期したループトリガ信号 (loop trigger) を出力する (図3参照)。ループトリガ信号のトリガのタイミングは、テストパターン信号の各ループにおける入力開始されるタイミング (リセットのタイミング) と一致している。また、LSIテスト2は、電源装置を兼ねており、予め設定された電流を半導体デバイスDへ入力する。半導体デバイスDに入力される電流は、結果信号におけるPass / Fail情報が変化しやすい駆動電圧・駆動周波数となるように、予め設定されている。また、電源装置 (不図示) はLSIテスト2とは別体で、予め設定された電流を半導体デバイスDへ入力するように構成されていてもよい

10

20

30

40

50

。なお、半導体デバイスD内にLSIテストの機能が含まれる場合には、外部のLSIテストを用意する必要はない。

【0026】

本実施形態の半導体デバイス検査装置1は、光源3と、照射光学系5と、光検出器7と、制御部10と、解析部9とを含んでいる。光源3は、半導体デバイスDに照射されるCW(Continuous Wave)光またはパルス光を発生し出力する。光源3から出力される光は、インコヒーレント(非コヒーレント)な光でもよいし、レーザ光のようなコヒーレントな光であってもよい。インコヒーレントな光を出力する光源3としては、SLD(Super Luminescent Diode)やASE(Amplified Spontaneous Emission)、LED(Light Emitting Diode)等を用いることができる。また、コヒーレントな光を出力する光源3として

10

【0027】

SDL計測の場合、半導体デバイスDにおける加熱の効果を得るために、光源3から発生する光は、シリコンのバンドギャップよりも光子エネルギーの小さい波長であることが好ましい。一例として、光源3から発生する光の波長は、1300 $\mu$ m程度であってよい。またLADA計測の場合、半導体デバイスDに光起電流を発生させるために、光源3から発生する光は、シリコンのバンドギャップよりも光子エネルギーの大きい波長を有する

20

【0028】

照射光学系5は、光源3から出力された光を半導体デバイスDに向けて照射する。より具体的には、照射光学系5は、半導体デバイスDの所定位置に光を照射したり、半導体デバイスDの所定領域において光を走査したりすることができる。照射光学系5では、光走査素子(走査部)、光分割光学系、対物レンズ等が光学的に互いに接続(optical coupling)されて構成される。例えば光走査素子は、ガルバノミラーやMEMS(micro electro mechanical system)ミラー、ポリゴンミラー等によって構成されている。光分割光学系は、偏光ビームスプリッタと1/4波長板で構成されてもよく、ハーフミラーで構成されてもよい。対物レンズは例えば複数の倍率の対物レンズから構成され、複数の対物レンズがレボルバーによって切り替え自在に構成されていてもよい。

30

【0029】

光検出器7は、照射された光に応じて、半導体デバイスDからの反射光を検出し、検出信号を出力する。光検出器7は、例えば、フォトダイオード、アバランシェフォトダイオード、光電子増倍管、エリアイメージセンサ等である。光検出器7は、少なくとも1つの検出器を有しており、当該検出器が検出した光の強度を検出する。

40

【0030】

制御部10は、LSIテスト2から出力される各種信号の処理と、光源3、照射光学系5、光検出器7、及びLSIテスト2の制御とを行う。また、制御部10は、各種信号や照射光学系の動作に利用される情報などを解析部9に出力する。本実施形態では、制御部10は、時間測定部11と光走査制御部13とを含んでいる。時間測定部11は、半導体デバイスDに対するテストパターン信号の入力開始から結果信号の出力までの時間に関する時間情報を導出する。例えば、時間測定部11は、LSIテスト2から出力されるループトリガ信号を受けて時間計測をリセットし、当該リセットされた時刻から結果信号が出力された時刻までの時間( $t_{P/F}$ )を時間情報として出力する。時間測定部11は、例えば時間デジタル変換器(TDC:Time to Digital Converter)や、アナログ時

50

間波高変換器 ( T A C : Timeto Amplitude Converter ) を含んで構成され得る。

【 0 0 3 1 】

光走査制御部 1 3 は、光源 3、照射光学系 5 及び光検出器 7 と電氣的に接続され、半導体デバイス D に対する光の照射位置 ( 走査位置 ) や移動速度 ( 走査速度 ) を制御する。例えば、光走査制御部 1 3 は、1 ピクセル単位に相当するタイミング信号であるピクセルクロック ( pixel clock ) と、光の照射位置に関する位置情報とに基づいて照射光学系 5 を制御する。これにより、例えば、照射光学系 5 は、ピクセルクロックに同期した状態で、位置情報に応じて 1 ピクセルずつ走査範囲を移動させる。本実施形態では、ピクセルクロックは、テストパターン信号に同期するループトリガ信号に同期している。これにより、光走査制御部 1 3 は、ループトリガ信号に応じて光の走査位置を移動させる。そのため、半導体デバイス D における任意の位置において、照射光学系 5 による光の照射と L S I テスタ 2 によるテストパターン信号の入力とのタイミングを一致させることができる。また、光走査制御部 1 3 には、光検出器 7 から反射光の検出信号が入力される。光走査制御部 1 3 は、照射光学系 5 による光の照射の位置情報と、当該位置における反射光の検出信号とを解析部 9 に出力する。

10

【 0 0 3 2 】

解析部 9 は、光走査制御部 1 3 から入力される光の照射の位置情報と、時間測定部 1 1 から入力される時間情報とに基づいて、光の走査位置と時間情報とが関連づけられた測定画像を生成する。すなわち、解析部 9 は、光照射位置に対応して時間情報をマッピングした測定画像を生成する。測定画像は、例えば時間情報が示す時間の値に応じた階調や色調で表現されていてもよい。解析部 9 は、例えば C P U、記録媒体である R A M 及び R O M を含むコンピュータで構成され、ディスプレイ等の表示部とマウスやキーボード等の入力部とを有している。また、解析部 9 は、光の走査位置の情報と光検出器 7 からの検出信号とから、半導体デバイス D の光学的な画像であるパターン画像を生成する。パターン画像は半導体デバイス D の回路パターンが示されている。さらに、解析部 9 は、パターン画像に測定画像を重畳して表示することができる。これにより、回路パターン上で故障箇所と思われる位置を確認することができる。

20

【 0 0 3 3 】

以下、図 2 ~ 図 4 を参照しながら、本実施形態における半導体デバイス検査方法について説明する。本実施形態では、検査に先駆けて、半導体デバイス D に入力されるテストパターン信号の条件や、半導体デバイス D で測定を実行する領域等がユーザによって設定される。また、半導体デバイス D の P a s s / F a i l 状態が変化する境界付近の駆動電圧及び駆動周波数を有する電流が L S I テスタ 2 によって半導体デバイス D に印加される。これにより、半導体デバイス D が駆動される。例えばレーザー光によって半導体デバイス D の加熱が行われる S D L 計測の場合、ヒータ等によって半導体デバイス D を全体的に加熱したときのシュムプロット ( shmoo plot ) を用いて、P a s s / F a i l 状態が変化する境界付近となる駆動電圧及び駆動周波数の条件を予め求めておく。

30

【 0 0 3 4 】

本実施形態における検査方法では、図 2 に示されるように、まず L S I テスタ 2 から半導体デバイス D にテストパターン信号が入力されると共に ( ステップ S 1 )、半導体デバイス D に光が照射される ( ステップ S 2 )。このとき、半導体デバイス D に照射される光の照射位置は照射光学系 5 によって制御されている ( ステップ S 3 )。ステップ S 1 において L S I テスタ 2 からテストパターン信号が出力されると、L S I テスタ 2 は、テストパターン信号に同期したループトリガ信号も出力する。

40

【 0 0 3 5 】

そして、半導体デバイス D に光が照射されている状態において、テストパターン信号が入力された半導体デバイス D から出力されるテスト信号が L S I テスタ 2 に入力される ( ステップ S 4 )。また、ステップ S 4 では、光検出器 7 が半導体デバイスによって反射された反射光を検出する。検出された反射光の信号は、光走査制御部 1 3 を経て解析部 9 に入力される。L S I テスタ 2 によってテスト信号が検出されると、L S I テスタ 2 は、当

50

該テスト信号に基づいて、光の照射による半導体デバイスDのPass/Failの状態変化を示す結果信号を制御部10に出力する(ステップS5)。

【0036】

制御部10では、時間測定部11において、半導体デバイスDに対するテストパターン信号の入力から結果信号の出力までの時間( $t_{P/F}$ )に関する時間情報が導出される(ステップS6)。このステップS6では、例えばループトリガ信号をテストパターン信号の入力の基準とすることができる。上述のようにループトリガ信号はテストパターン信号と同期しているが、同期のタイミングをシフトさせてループトリガ信号のタイミングを変え、テストパターン信号の入力の基準をシフトさせてもよい。解析部9では、時間情報に基づいて、レーザー光の照射位置に対応するイメージデータが生成される。

10

【0037】

続いて、制御部10は、指定された計測領域の全範囲についての計測が終了したかの判定を行う(ステップS7)。指定された領域についての計測が終了していない場合には、照射光学系5によって、ピクセルクロックに同期して次の照射位置に光が走査される。そして、ステップS4~ステップS6までの処理が実行される。

【0038】

ステップS7において、指定された領域についての計測が終了したと判定された場合、解析部9は、光の照射位置に対応させてイメージデータをマッピングすることによって、位置情報と時間情報とが関連づけられた測定画像を生成する。また、解析部9は、検出された反射光とレーザー光の照射位置とに基づいて半導体デバイスDのパターン画像を生成する(ステップS8)。ステップS8によって生成された測定画像及びパターン画像は、解析部9のディスプレイにそれぞれ表示させることができる。また、解析部9は、パターン画像と測定画像とを重畳してディスプレイに表示する(ステップS9)。

20

【0039】

図3は、半導体デバイス検査方法における各信号の一例を示すタイミングチャートである。図3では、LSIテスト2から出力されるテストパターン信号、ループトリガ信号及び結果信号と、光走査制御部13から出力されるピクセルクロックと、結果信号に基づいて生成されるイメージデータとが示されている。テストパターン信号には、時間情報におけるPass/Failの状態変化を判定するタイミングが示されている。図示例は、テストパターン信号が1ループする間に、時間情報におけるPass/Failの状態変化を図示された3箇所のタイミングで判断する場合である。ループトリガ信号及びピクセルクロックは、テストパターン信号のループ周期に同期している。結果信号は、Pass/Failの各判定において状態変化が生じていたときに出力される。図示例では、テストパターン信号の入力開始の基準であるループトリガ信号の各出力から結果信号が出力されるまでの時間がそれぞれ $t_{P/F}$ で示されている。また、イメージデータは、ループトリガ信号の周期に合わせて生成されており、結果信号に基づく時間情報( $t_{P/F}$ )を含んでいる。また、Pass/Failの状態に変化が生じなかった場合には、例えば時間情報( $t_{P/F}$ )はゼロと表現される。

30

【0040】

また、図4は、半導体デバイス検査方法によって生成された測定画像の一例を模式的に示す図である。図4に示されるように、本実施形態における測定画像は、例えば時間情報に対応させた階調のイメージデータが、各ピクセルに対してマッピングされて生成される。例えば、ユーザは、テストパターン信号が1ループするまでの時間のうち、所望の時間をPass/Failの判定(judge)のタイミングとして指定する(図3参照)。この場合、Pass/Failに変化のあった位置が指定されたそれぞれの時間毎に色分けされた画像を生成することができる。図4では、ユーザによって指定される時間を複数として、複数の時間毎に階調を変えた場合の測定画像を表示している。例えば、同図では、ピクセルにおける時間情報が示す時間が長いほど黒に近い階調で表示している。そのため、(1,1)で示されるピクセルの時間情報よりも、(1,2)で示されるピクセルの時間情報の方が長い時間を示しており、(1,m)や(n,1)で示されるピクセルの時間情

40

50

報の方がさらに長い時間を示していることが分かる（ $m$ 及び $n$ は任意の正の整数）。また、測定画像のうちユーザによって指定された時間までに結果信号が `Pass / Fail` 状態が変化したピクセルのみを強調表示してもよい。

#### 【0041】

以上説明したように、本実施形態では、半導体デバイスDに光が照射されることによって、半導体デバイスDに状態変化が生じ得る。半導体デバイスDの状態変化が生じた場合には、テスト信号にも変化が生じ得るため、半導体デバイスの状態変化を結果信号として出力することができる。

#### 【0042】

ここで、半導体デバイスの状態変化の有無のみを結果信号として出力した比較例の一例を図5及び図6に示す。この例では、テストパターンが入力が1ループ終了する毎に半導体デバイスの状態変化の有無が判定され、結果信号が出力されている。そのため、測定画像を構成するためのイメージデータとしては、状態変化（`Pass`から`Fail`、又は`Fail`から`Pass`に変化）があったことを示す `High` と、状態変化がなかったことを示す `Low` のみとなる。この場合、図6に示すように、測定画像は、`High` を示す階調と、`Low` を示す階調との2値によって構成される。

10

#### 【0043】

本実施形態では、テストパターン信号の入力開始から結果信号の出力までの時間に関する時間情報を取得することによって、状態変化が生じたタイミングを計測することが可能となる。このように、状態変化を示す結果信号だけでなく、状態変化に関する時間情報を導出することによって、半導体デバイスに対する多様な解析を実施することができる。

20

#### 【0044】

また、時間測定部11は、ループトリガ信号をテストパターン信号の入力開始の基準として時間情報を導出している。このように、ループトリガ信号を基準とすることによって、テストパターン信号の入力開始をより確実に特定することができる。

#### 【0045】

また、照射光学系5による光の照射位置（走査位置）は、ループトリガ信号に同期したピクセルクロックに従って移動されている。ループトリガ信号はテストパターン信号とも同期しているので、半導体デバイスD上における光の照射位置の移動とテストパターン信号の入力とを確実に同期させることができる。

30

#### 【0046】

また、光の照射位置と時間情報とが関連づけられた測定画像を生成することによって、照射位置における時間情報を容易に把握できる。また、パターン画像と測定画像とを重畳することによって、照射位置における時間情報と半導体デバイスDにおける位置との関係を容易に把握できる。

#### 【0047】

#### [第2実施形態]

本実施形態では、テストパターン信号が複数のテストパターンを含む点で第1実施形態と相違している。また、この相違に伴って、解析部9によって生成される測定画像も第1実施形態と相違している。以下、主として、第1実施形態と相違する点について説明し、同一又は対応する要素や部材については同一の符号を付して詳しい説明を省略する。

40

#### 【0048】

図7及び図8に示すように、本実施形態においてLSIテスト2から出力されるテストパターン信号は、互いに異なるテストパターンであるテストA、テストB及びテストCの3種類を有している。テストA、テストB及びテストCは、直列に配列されている。テストパターン信号に含まれるテストパターンは3種類未満であってもよく、また3種類より多くてもよい。

#### 【0049】

本実施形態では、テストAの直後、テストBの直後、テストCの直後の3点の時間を指定し、それぞれのタイミングにおいて `Pass / Fail` の状態が変化したか否かが判定

50

(judge)される。Pass/Failの状態に変化が生じた場合には、LSIテスト2から出力された結果信号が時間測定部11に入力される。時間測定部11では、入力された結果信号に基づいて、テストパターン信号の入力開始からそれぞれの結果信号の出力までの時間( $t_{P/F\_A}$ 、 $t_{P/F\_B}$ 、 $t_{P/F\_C}$ )に関する時間情報を導出する。解析部9では、時間情報に対応させた階調で生成されたイメージデータが、各ピクセルに対してマッピングされる(図8参照)。また、Pass/Failの状態に変化が生じなかった場合には、例えば、イメージデータとして「ノーシグナル」が付与される。この場合、当該ピクセルは無色でマッピングされてもよい。

【0050】

このように、本実施形態では、テストパターン信号が複数のテストパターンを含んでいるので、一回の計測において、半導体デバイスの状態変化が生じ得る複数のテストパターンを入力できる。この場合、それぞれのテストパターンに対応して結果信号の出力が行われるので、複数のテストパターンのうちのどのテストパターンにおいて半導体デバイスの状態変化が生じたのかを、1回の測定で解析することができる。これにより、例えば、熟練したユーザでなくとも、効率よく半導体デバイスの解析を行うことが可能となる。

【0051】

以上、本発明の実施の形態について図面を参照して詳述したが、具体的な構成はこの実施形態に限られない。

【0052】

上記実施形態では、LSIテスト2から半導体デバイスDに対して、入力信号としてテストパターン信号が入力される例を示したが、これに限定されない。例えば、テストパターン信号を入力する代わりに、入力信号として単に電流を入力して半導体デバイスを駆動させてもよい。テストパターン信号を入力しない状態であっても、半導体デバイスにレーザ光を照射し、所定の位置に照射を開始してからPass/Fail信号が出力されるまでの時間を検出することで、半導体デバイスの故障解析を行うことができる。

【0053】

また、時間情報が示す時間の値に応じた階調によって測定画像を生成する例を示したがこれに限定されない。例えば、特定の時間情報に対応するピクセルのみを異なる色で表現して測定画像を生成してもよいし、時間情報に応じた疑似カラーを使ったグラデーションによって測定画像を生成してもよい。また、階調をディザパターンの密度等で表現した測定画像を生成してもよい。

【0054】

また、ループトリガ信号とピクセルクロックとが同期する例を示したが、光の照射位置は、必ずしもループトリガ信号に同期している必要はない。例えば、ループトリガ信号に同期せず、光の走査速度を上げた場合には、計測精度は落ちるものの、計測時間を短くすることができる。

【符号の説明】

【0055】

1...半導体デバイス検査装置、2...LSIテスト、3...光源、5...照射光学系、7...光検出器、9...解析部、10...制御部、11...時間測定部、13...光走査制御部、D...半導体デバイス。

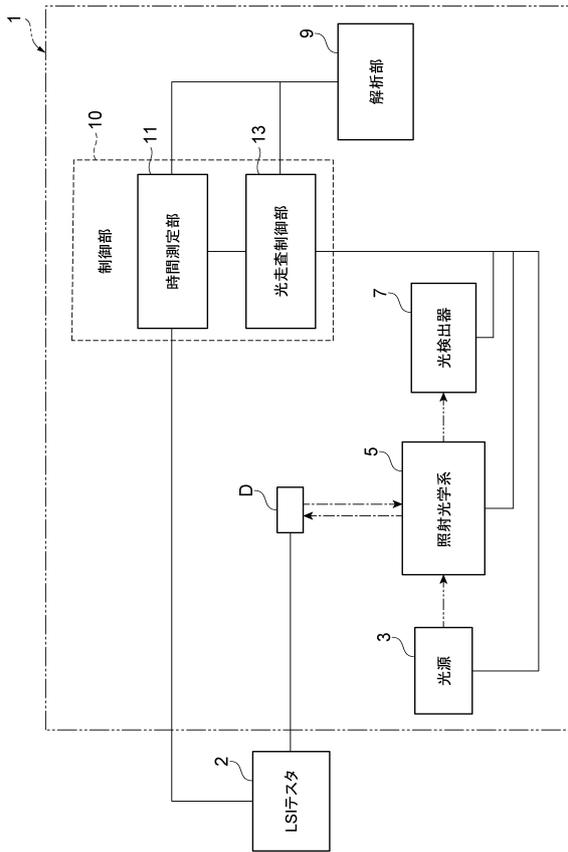
10

20

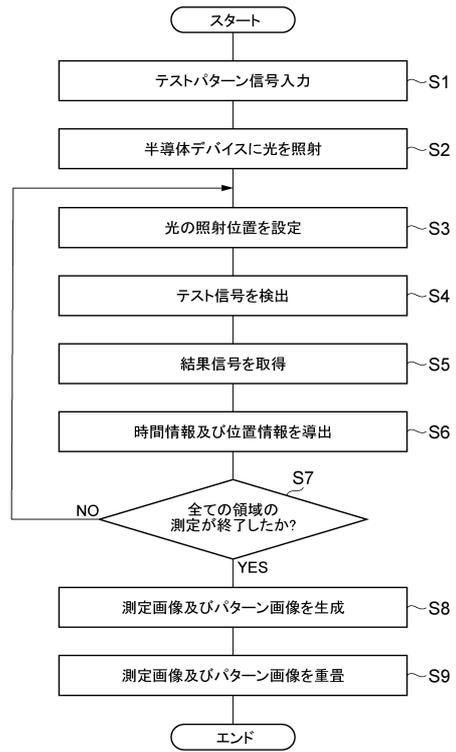
30

40

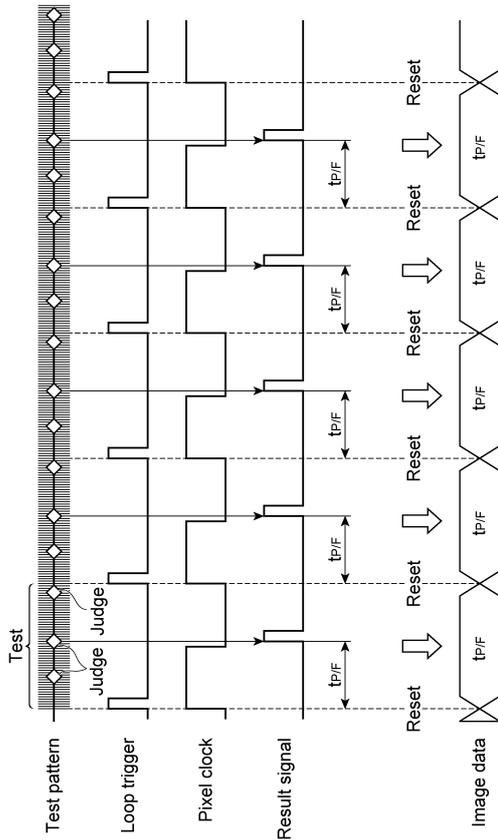
【図1】



【図2】



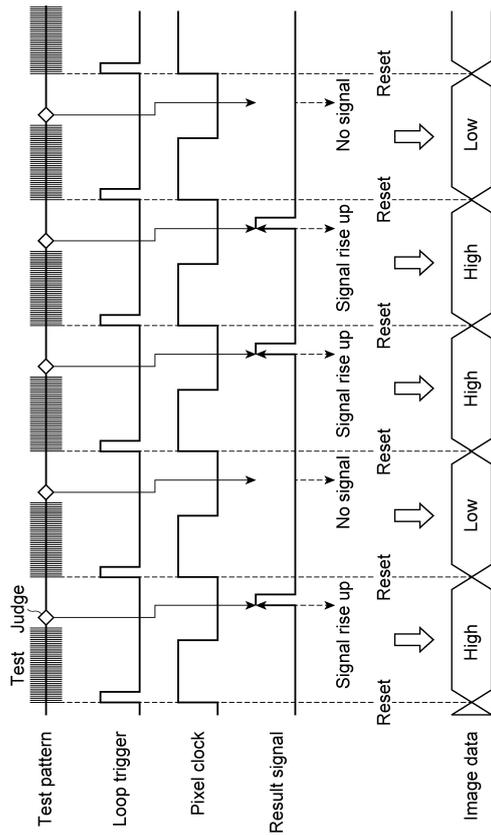
【図3】



【図4】

$t_{P/F}$ (1,1)	$t_{P/F}$ (2,1)	...	$t_{P/F}$ (n-1,1)	$t_{P/F}$ (n,1)
$t_{P/F}$ (1,2)				⋮
⋮		$t_{P/F}$ (L)		⋮
$t_{P/F}$ (1,m-1)				⋮
$t_{P/F}$ (1,m)	...	...	...	$t_{P/F}$ (n,m)

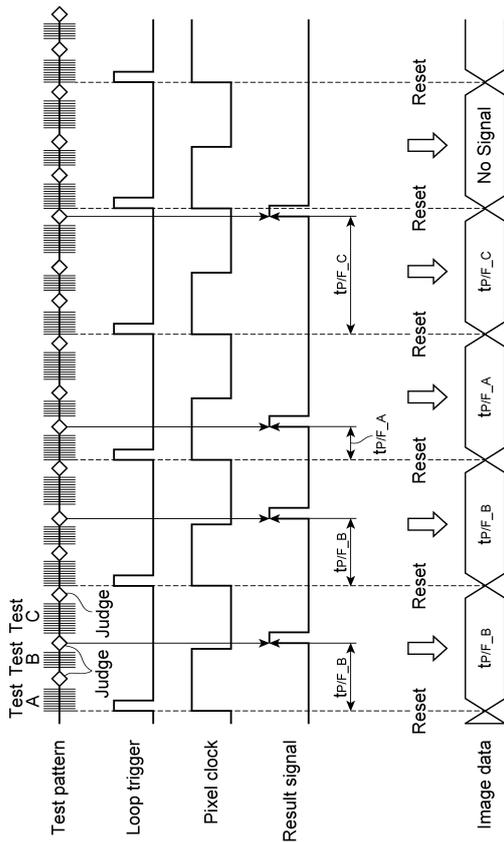
【 図 5 】



【 図 6 】

High	High	...	Low	High
High				...
...		Low		...
High				...
Low	...	...	...	Low

【 図 7 】



【 図 8 】

$t_{p/F\_A}$ (1,1)	$t_{p/F\_A}$ (2,1)	...	No Signal (n-n,1)	$t_{p/F\_C}$ (n,1)
No Signal (1,2)				...
...		$t_{p/F\_B}$ (l,j)		...
$t_{p/F\_B}$ (1,m-1)				...
$t_{p/F\_C}$ (l,m)	...	...	...	$t_{p/F\_A}$ (n,m)

---

フロントページの続き

審査官 永井 皓喜

- (56)参考文献 特開2010-197051(JP,A)  
特開2011-191209(JP,A)  
特開2007-64975(JP,A)  
特開2010-190738(JP,A)  
米国特許出願公開第2008/0218750(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| G01R | 31/28 |
| G01R | 31/26 |
| H01L | 21/66 |