

明 細 書

発明の名称：

半導体デバイス検査装置及び半導体デバイス検査方法

技術分野

[0001] 本発明は、半導体デバイス検査装置及び半導体デバイス検査方法に関する。

背景技術

[0002] 集積回路を検査する技術として、E O P (Electro Optical Probing) や E O F M (Electro-Optical Frequency Mapping) と称される光プロービング技術が知られている。光プロービング技術では、光源から出射された光を集積回路に照射し、集積回路で反射された反射光を光センサで検出して、検出信号を取得する。そして、取得した検出信号において、目的とする周波数を選び出し、その振幅エネルギーを時間的な経過として表示したり、振幅や位相等の2次元のマッピングとして表示したりする。これにより、目的とした周波数で動作している回路の位置を特定することができる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2007-64975号公報

特許文献2：特開2010-271307号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述したような光プロービング技術は、集積回路等の半導体デバイスにおける故障箇所及び故障原因などを特定し得ることから、極めて有効な技術である。

[0005] そこで、本発明は、半導体デバイスの検査を精度良く実施することができる半導体デバイス検査装置及び半導体デバイス検査方法を提供することを目的とする。

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装置は、被検査デバイスである半導体デバイスに照射される光を発生する光発生部と、半導体デバイスを駆動させるテスト信号を半導体デバイスに印加するテスト信号印加部と、光が半導体デバイスに照射されたときに半導体デバイスで反射された反射光を検出し、検出信号を出力する光検出部と、検出信号が入力され、検出信号の位相情報である第1の位相情報を計測する第1のスペクトラムアナライザと、所定の周波数のリファレンス信号を生成するリファレンス信号生成部と、リファレンス信号が入力され、リファレンス信号の位相情報である第2の位相情報を計測する第2のスペクトラムアナライザと、第1の位相情報及び第2の位相情報に基づいて、所定の周波数における検出信号の位相情報を導出する解析部と、を備え、第1のスペクトラムアナライザは、第1のスペクトラムアナライザを動作させる基準信号の周波数に対する第1の位相情報を計測し、第2のスペクトラムアナライザは、第2のスペクトラムアナライザを動作させる基準信号の周波数に対する第2の位相情報を計測し、第1のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数とその位相と、第2のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数とその位相とが同期している。

[0007] この半導体デバイス検査装置では、第1のスペクトラムアナライザにおいて、基準信号の周波数に対する、検出信号の位相情報（第1の位相情報）が計測される。また、第2のスペクトラムアナライザにおいて、基準信号の周波数に対する、所定の周波数のリファレンス信号の位相情報（第2の位相情報）が計測される。そして、第1の位相情報と第2の位相情報との位相差から、所定の周波数における検出信号の位相情報が導出される。よって、リファレンス信号の所定の周波数を計測したい周波数とすることにより、計測したい周波数における検出信号の位相情報を導出することができる。ここで、第1のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数とその位相と、第2のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数とその位相とは、同期している。このことにより、各スペクトラムアナライザの動作に起因する位相差が重畳

されることが防止されるため、第1の位相情報と第2の位相情報との位相差、すなわち、検出信号の位相情報とリファレンス信号の位相情報との位相差を精度良く導出することができる。なお、基準信号の周波数の同期とは、同じ周波数であることを含み、また、位相の同期とは、基準信号同士の位相差が0である状態もしくは特定の位相差で固定されており、補正によりこれを0にすることができる状態であることを含む。以上より、この半導体デバイス装置によれば、計測したい周波数における検出信号の位相情報を精度良く求めることができ、その結果、半導体デバイスの検査を精度良く実施することができる。

[0008] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査装置では、第1のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数、及び、第2のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数は、ともに上述した所定の周波数であってもよい。基準信号の周波数を所定の周波数とすることで、所定の周波数、すなわち、計測したい周波数における検出信号の振幅（強度）及び位相を同時に計測することができる。

[0009] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査装置では、第1のスペクトラムアナライザ及び第2のスペクトラムアナライザに電氣的に接続され、第1のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数とその位相と第2のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数とその位相とを同期させる同期部を更に備えてもよい。同期部を備えることにより、各スペクトラムアナライザの動作に起因する位相差の重畳防止効果をより確実に奏することができる。

[0010] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査装置では、上述した所定の周波数は、テスト信号の周波数の n 倍の周波数であり、 n は正の整数であってもよい。例えばリファレンス信号生成部がテスト信号印加部と電氣的に接続された構成とし、所定の周波数を、テスト信号の周波数の n 倍の周波数（テスト信号の周波数に同期した周波数）とすることで、所定の周波数のリファレンス信号を容易に生成することができる。

[0011] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査装置では、光発生部が発生した

光を受けて、半導体デバイスの所定の照射位置に前記光を走査する光走査部と、光走査部により光が走査された照射位置、及び、解析部により導出された所定の周波数における検出信号の位相情報に基づいて、所定の周波数における位相画像を生成する画像生成部と、を更に備えてもよい。光走査部による照射位置、及び、解析部により導出された所定の周波数における検出信号の位相情報に基づいて、所定の周波数における位相画像を生成することで、所定の周波数で駆動する半導体デバイスの位相状態を観察することができる。なお、照射位置（例えば直交するx軸及びy軸における位置）を考慮して位相画像を生成することで、所定の周波数における検出信号の位相を、照射位置毎に、2次元マッピング等を行って観察することができる。

[0012] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査装置では、第1のスペクトラムアナライザは、所定の周波数における検出信号の振幅情報を計測してもよい。リファレンス信号の所定の周波数を計測したい周波数とすることにより、計測したい周波数における検出信号の振幅情報を導出することができる。

[0013] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査装置では、光発生部が発生した光を受けて、半導体デバイスの所定の照射位置に光を走査する光走査部と、光走査部により光が走査された照射位置、及び、第1のスペクトラムアナライザにより計測された所定の周波数における検出信号の振幅情報に基づいて、所定の周波数における振幅画像を生成する画像生成部と、を更に備えてもよい。光走査部による照射位置、及び、第1のスペクトラムアナライザにより計測された所定の周波数における検出信号の振幅情報に基づいて、所定の周波数における振幅画像を生成することで、所定の周波数で駆動する半導体デバイスの振幅状態を観察することができる。なお、照射位置（例えば直交するx軸及びy軸における位置）を考慮して振幅画像を生成することで、所定の周波数における検出信号の振幅を、照射位置毎に、2次元マッピング等を行って観察することができる。

[0014] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査装置では、光発生部が発生した光を受けて、半導体デバイスの所定の照射位置に光を走査する光走査部と、

光走査部により光が走査された照射位置、解析部により導出された所定の周波数における検出信号の位相情報、及び、第1のスペクトラムアナライザにより計測された所定の周波数における検出信号の振幅情報に基づいて、所定の周波数における同相成分及び直交位相成分に係る画像を生成する画像生成部と、を更に備えてもよい。光走査部による照射位置、解析部により導出された所定の周波数における検出信号の位相情報、及び、第1のスペクトラムアナライザにより計測された所定の周波数における検出信号の振幅情報に基づいて、所定の周波数における同相成分及び直交位相成分に係る画像を生成することで、所定の周波数で駆動する半導体デバイスの同相成分及び直交位相成分の状態を観察することができる。なお、照射位置（例えば直交するx軸及びy軸における位置）を考慮して同相成分及び直交位相成分に係る画像を生成することで、所定の周波数における検出信号の同相成分及び直交位相成分を、照射位置毎に、2次元マッピング等を行って観察することができる。

[0015] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査方法は、被検査デバイスである半導体デバイスに光を照射するステップと、半導体デバイスにテスト信号を印加するステップと、光が前記半導体デバイスに照射されたときに半導体デバイスで反射された反射光を検出し、検出信号を出力するステップと、第1のスペクトラムアナライザを動作させる基準信号の周波数に対する、検出信号の位相情報である第1の位相情報を計測するステップと、第2のスペクトラムアナライザを動作させる基準信号の周波数に対する、所定の周波数のリファレンス信号の位相情報である第2の位相情報を計測するステップと、第1の位相情報及び第2の位相情報に基づいて、所定の周波数における検出信号の位相情報を導出するステップと、を含み、第1のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数とその位相と、第2のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数とその位相とが同期している。

[0016] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査方法では、第1のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数、及び、第2のスペクトラムアナライザの基

準信号の周波数は、ともに上述した所定の周波数であってもよい。

[0017] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査方法では、上述した所定の周波数は、テスト信号の周波数の n 倍の周波数であり、 n は正の整数であってもよい。

[0018] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査方法では、半導体デバイスの所定の照射位置に光を走査するステップと、光を走査するステップにおいて光が走査された照射位置、及び、検出信号の位相情報を導出するステップにおいて導出された所定の周波数における検出信号の位相情報に基づいて、所定の周波数における位相画像を生成するステップと、を更に含んでもよい。

[0019] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査方法では、第1のスペクトラムアナライザが、上述した所定の周波数における検出信号の振幅情報を計測するステップを更に含んでもよい。

[0020] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査方法では、半導体デバイスの所定の照射位置に光を走査するステップと、光を走査するステップにおいて光が走査された照射位置、及び、検出信号の振幅情報を計測するステップにおいて計測された所定の周波数における検出信号の振幅情報に基づいて、所定の周波数における振幅画像を生成するステップと、を更に含んでもよい。

[0021] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査方法では、半導体デバイスの所定の照射位置に前記光を走査するステップと、光を走査するステップにおいて光が走査された照射位置、検出信号の位相情報を導出するステップにおいて導出された所定の周波数における検出信号の位相情報、及び、検出信号の振幅情報を計測するステップにおいて計測された所定の周波数における検出信号の振幅情報に基づいて、所定の周波数における同相成分及び直交位相成分に係る画像を生成するステップと、を更に含んでもよい。

発明の効果

[0022] 本発明の一側面によれば、半導体デバイスの検査を精度良く実施することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の一実施形態の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方法の流れを示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明の一実施形態について、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。

[0025] 図1に示されるように、半導体デバイス検査装置1は、被検査デバイス（DUT: Device Under Test）である半導体デバイス8において異常発生箇所を特定するなど、半導体デバイス8を検査するための装置である。半導体デバイス8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等がある。また、半導体デバイス8は、熱による変調を基板にかけられる半導体デバイスであってもよい。

[0026] 半導体デバイス検査装置1は、レーザ光源（光発生部）2を備えている。レーザ光源2は、第1電源（図示せず）によって動作させられ、半導体デバイス8に照射される光を発生し出射する。レーザ光源2は、コヒーレントな光であるレーザ光を発生する、ランプ系レーザ光源やレーザダイオード等である。レーザ光源2から出射された光は、プローブ光用の偏光保存シングルモード光ファイバ3を介して、スキャン光学系（光走査部）5に導光される。

[0027] スキャン光学系5は、スキャンヘッド6及びレンズ系を有しており、例えば、ガルバノミラー等の光走査素子によって構成されている。スキャン光学系5に導かれた光は、対物レンズ7によって半導体デバイス8上に集められる

(集光される)。これにより、スキャン光学系 5 に導かれた光は、半導体デバイス 8 の所定の照射位置に結像される。当該光の照射位置は、スキャン光学系 5 により、半導体デバイス 8 に対して 2 次元的に走査される。スキャン光学系 5 により走査される照射位置は、レーザスキャンコントローラ 21 により制御されている。レーザスキャンコントローラ 21 は、スキャン光学系 5 に対して、照射位置を、直交する x 軸及び y 軸における位置 (x 位置、y 位置) で示される 2 次元の位置情報で指定する。レーザスキャンコントローラ 21 は、x 位置及び y 位置で示される照射位置をコンピュータ 30 に入力する。なお、スキャン光学系 5、対物レンズ 7、及び半導体デバイス 8 は、暗箱 4 内に配置されている。

[0028] レーザ光源 2 から出射された光が半導体デバイス 8 に照射されたときに半導体デバイス 8 で反射された反射光は、対物レンズ 7 によってスキャン光学系 5 に戻され、戻り光用の光ファイバ 9 を介して、光センサ (光検出部) 10 に導光される。光センサ 10 は、第 1 電源 (図示せず) と別体で設けられた第 2 電源 (図示せず) によって動作させられ、反射光を検出して検出信号を出力する。本実施形態に係る半導体デバイス検査装置 1 は、検出信号の所定の周波数 (計測したい周波数) における位相を求めるものである。光センサ 10 は、例えばフォトダイオードや、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によって構成されている。光センサ 10 から出力された検出信号は、アンプ 11 を介して、スペクトラムアナライザ 13 に入力される。アンプ 11 は、検出信号を増幅する。より詳細には、アンプ 11 は、検出信号のうち、AC 成分 (RF 信号) を特に増幅する。

[0029] 一般的に、スペクトラムアナライザは、内部の基準周波数源 (例えば、シンセサイザ) と外部信号との位相を計測する機能を有している。そのため、スペクトラムアナライザ (第 1 のスペクトラムアナライザ) 13 は、アンプ 11 によって増幅された検出信号に基づき、検出信号の位相 (位相情報) を計測する。検出信号の位相は、第 1 の位相情報である。より詳細には、スペクトラムアナライザ 13 は、基準周波数に対する検出信号の位相を計測する

。ここで、基準周波数とは、スペクトラムアナライザ 13 を動作させる基準信号の周波数であり、スペクトラムアナライザ 13 のタイムベースとなるシンセサイザ（スペクトラムアナライザ 13 が内蔵するシンセサイザ）の周波数である。すなわち、スペクトラムアナライザ 13 は、内蔵するシンセサイザの周波数（基準周波数）に対する、スペクトラムアナライザ 13 に入力される入力信号（検出信号）の位相を計測する。基準周波数、すなわちシンセサイザの周波数は、例えば、検出信号における計測したい周波数に設定される。これにより、スペクトラムアナライザ 13 は、計測したい周波数における検出信号の振幅（振幅情報）及び位相を同時に計測することができる。スペクトラムアナライザ 13 は、計測したい周波数における検出信号の位相、及び、計測したい周波数における検出信号の振幅を出力する。スペクトラムアナライザ 13 から出力された、計測したい周波数における検出信号の位相、及び、計測したい周波数における検出信号の振幅は、コンピュータ 30 に入力される。なお、スペクトラムアナライザ同士の同期は計測したい周波数でない周波数（例えば、10 MHz）で行われる。従って、10 MHz 以外では位相にオフセットをもつため、この位相オフセットを計測し、キャリブレーションすることが好ましい。

[0030] 半導体デバイス 8 には、テスト（テスト信号印加部）22 が電氣的に接続されている。テスト 22 は、半導体デバイス 8 に所定のテスト信号（テストパターン）を繰り返し印加する。当該テスト信号によって、半導体デバイス 8 に形成されているトランジスタ等の素子が駆動させられる。半導体デバイス 8 には様々なトランジスタが形成されているため、各トランジスタの ON / OFF の組み合わせによって、複数の駆動周波数が存在する。そのため、半導体デバイス 8 からの反射光の変調周波数も複数存在する。テスト 22 には、リファレンス信号生成部 26 が電氣的に接続されている。

[0031] リファレンス信号生成部 26 は、所定の周波数のリファレンス信号を生成する。所定の周波数としては、検出信号の位相を計測したい周波数が設定される。リファレンス信号生成部 26 は、テスト 22 のパルスジェネレータで

あってもよいし、テスト２２に電氣的もしくはその他の方法で接続されている外部のパルスジェネレータであってもよい。そのため、リファレンス信号生成部２６が生成するリファレンス信号をテスト信号に同期したものとできる。なお、テスト信号に同期したリファレンス信号とは、リファレンス信号の周波数がテスト信号の周波数のテスト信号の周波数の n 倍（ n は正の整数）の周波数であり、また、リファレンス信号の位相とテスト信号の位相とが、その位相差が０である状態もしくは特定の位相差で固定されており、補正によりこれを０にすることができる状態であることを含む。そのため、リファレンス信号生成部２６は、所定の周波数（計測したい周波数）のリファレンス信号として、例えばテスト信号の周波数の n 倍（ n は正の整数）の周波数のリファレンス信号を生成する。なお、リファレンス信号生成部２６は、テスト２２から印加されるテスト信号の繰り返しに合わせて、リファレンス信号の周波数を変更してもよい。リファレンス信号生成部２６により生成された、計測したい周波数のリファレンス信号は、スペクトラムアナライザ１４に入力される。なお、スペクトラムアナライザ１４にリファレンス信号を入力する際は、リファレンス信号がグラウンドを経由して計測信号の方に回り込むという問題があるので、リファレンス信号を適切に減衰させるとよい。

[0032] スペクトラムアナライザ（第２のスペクトラムアナライザ）１４は、リファレンス信号が入力され、リファレンス信号の位相（位相情報）を計測する。リファレンス信号の位相は、第２の位相情報である。より詳細には、スペクトラムアナライザ１４は、基準周波数に対するリファレンス信号の位相を計測する。ここで、基準周波数とは、スペクトラムアナライザ１４を動作させる基準信号の周波数であり、スペクトラムアナライザ１４のタイムベースとなるシンセサイザ（スペクトラムアナライザ１４が内蔵するシンセサイザ）の周波数である。すなわち、スペクトラムアナライザ１４は、内蔵するシンセサイザの周波数（基準周波数）に対する、スペクトラムアナライザ１４に入力される入力信号（リファレンス信号）の位相を計測する。

[0033] ここで、スペクトラムアナライザ１３の基準周波数とその位相と、スペク

トラムアナライザ 14 の基準周波数とその位相とは、同期している（詳細は後述）。すなわち、スペクトラムアナライザ 13 のシンセサイザの周波数及び位相と、スペクトラムアナライザ 14 のシンセサイザの周波数及び位相とが同期している。なお、位相の同期とは、基準信号同士の位相差が 0 である状態もしくは特定の位相差で固定されており、補正によりこれを 0 にすることができる状態であることを含む。従って、スペクトラムアナライザ 14 の基準周波数は、スペクトラムアナライザ 13 の基準周波数と同様に、例えば、検出信号の計測したい周波数に設定される。上述したように、スペクトラムアナライザ 14 に入力されるリファレンス信号も、計測したい周波数であるため、仮に、リファレンス信号とスペクトラムアナライザ 14 のシンセサイザとが同期していれば基準周波数に対するリファレンス信号の位相は 0° になる。しかし、本実施形態ではリファレンス信号とスペクトラムアナライザ 14 のシンセサイザとは同期していないため、基準周波数とリファレンス信号とでは、僅かな位相差が生じる。スペクトラムアナライザ 14 は、当該僅かな位相差を、基準周波数に対するリファレンス信号の位相として計測する。スペクトラムアナライザ 14 は、基準周波数に対するリファレンス信号の位相（計測したい周波数におけるリファレンス信号の位相）を出力する。スペクトラムアナライザ 14 から出力された、基準周波数に対するリファレンス信号の位相は、コンピュータ 30 に入力される。

[0034] スペクトラムアナライザ 13 及びスペクトラムアナライザ 14 は、同期部 15 を介して互いに電氣的に接続されている。同期部 15 は、スペクトラムアナライザ 13 及びスペクトラムアナライザ 14 に電氣的に接続され、スペクトラムアナライザ 13 の基準周波数とその位相と、スペクトラムアナライザ 14 の基準周波数とその位相とを同期させている。具体的には、同期部 15 は、基準周波数のタイムベース信号を生成し、スペクトラムアナライザ 13 及びスペクトラムアナライザ 14 に対して、それぞれ入力する。スペクトラムアナライザ 13 及びスペクトラムアナライザ 14 のシンセサイザは、それぞれのタイムベースを、上述したタイムベース信号と同期させることで、

互いの基準周波数とその位相を同期させる。なお、スペクトラムアナライザ 13 及びスペクトラムアナライザ 14 が共通のシンセサイザで動作する場合には当該共通のシンセサイザが上述した同期部 15 の機能を有し、スペクトラムアナライザ 13 又はスペクトラムアナライザ 14 のいずれか一方のシンセサイザで他方のスペクトラムアナライザを動作させる場合には当該いずれか一方のシンセサイザが上述した同期部 15 の機能を有する。

[0035] コンピュータ 30 は、例えば PC である。コンピュータ 30 は、リファレンス信号生成部 26、テスト 22、及びレーザスキャンコントローラ 21 等の半導体デバイス検査装置 1 の各機器を制御する制御部 32 と、所定の周波数（計測したい周波数）における検出信号の位相を導出する解析部 33 と、画像を生成する画像生成部 34 と、を有している。なお、コンピュータ 30 に対しては、入力部 24 から、ユーザ操作に応じて各種情報を入力することができる。入力部 24 は、例えばキーボード等である。

[0036] 解析部 33 は、スペクトラムアナライザ 13 により入力された基準周波数に対する検出信号の位相、及び、スペクトラムアナライザ 14 に入力された基準周波数に対するリファレンス信号の位相に基づいて、所定の周波数（計測したい周波数）における検出信号の位相を導出する。具体的には、解析部 33 は、基準周波数に対する検出信号の位相と、基準周波数に対するリファレンス信号の位相との位相差を取得する。当該位相差は、リファレンス信号に対する検出信号の位相であるため、すなわち、リファレンス信号の所定の周波数（計測したい周波数）における検出信号の位相（位相情報）に相当する。計測したい周波数における検出信号の位相は、表示部 20 に表示される。また、解析部 33 は、計測したい周波数における検出信号の位相を画像生成部 34 に入力する。

[0037] 画像生成部 34 は、レーザスキャンコントローラ 21 により入力されたスキャン光学系 5 の照射位置（x 位置、y 位置）、及び、解析部 33 により入力された計測したい周波数における検出信号の位相に基づいて、計測したい周波数における位相画像を生成する。上述したように、照射位置は 2 次元の

位置情報で指定されているため、計測したい周波数における検出信号の位相を、照射位置毎に２次元状にマッピングした位相画像を生成することができる。２次元状にマッピングした位相画像は、表示部２０に表示される。

[0038] また、画像生成部３４は、レーザスキャンコントローラ２１により入力されたスキャン光学系５の照射位置（ｘ位置、ｙ位置）、及び、スペクトラムアナライザ１３により入力された計測したい周波数における検出信号の振幅に基づいて、計測したい周波数における振幅画像を生成する。上述したように、照射位置は２次元の位置情報で指定されているため、計測したい周波数における検出信号の振幅を、照射位置毎に２次元状にマッピングした振幅画像を生成することができる。２次元状にマッピングした振幅画像は、表示部２０に表示される。

[0039] また、画像生成部３４は、レーザスキャンコントローラ２１により入力されたスキャン光学系５の照射位置（ｘ位置、ｙ位置）、解析部３３により入力された計測したい周波数における検出信号の位相、及び、スペクトラムアナライザ１３により入力された計測したい周波数における検出信号の振幅に基づいて、計測したい周波数におけるＩＱ画像を生成する。ＩＱ画像の「Ｉ」とは、「Ｉｎ－Ｐｈａｓｅ」であり、計測したい周波数における同相成分を示している。また、「Ｑ」とは、「Ｑｕａｄｒａｔｕｒｅ」であり、計測したい周波数における直交位相成分を示している。計測したい周波数における、検出信号の同相成分及び直交位相成分を、照射位置毎にマッピングした画像がＩＱ画像である。

[0040] 次に、図２を参照して、半導体デバイス検査装置１による半導体デバイス８の検査方法の流れを説明する。

[0041] まず、同期部１５により、スペクトラムアナライザ１３の基準周波数とその位相と、スペクトラムアナライザ１４の基準周波数とその位相とが同期させられる（ステップＳ１１）。つづいて、テスト２２により、半導体デバイス８にテスト信号が印加（入力）される（ステップＳ１２）。つづいて、レーザ光源２により出射された光が、スキャン光学系５を介して半導体デバイ

ス 8 に照射される（ステップ S 1 3）。そして、半導体デバイス 8 で反射された反射光が光センサ 1 0 で検出される（ステップ S 1 4）。

[0042] 光センサ 1 0 が検出した光は検出信号として出力され、アンプ 1 1 により増幅された後にスペクトラムアナライザ 1 3 に入力される。そして、スペクトラムアナライザ 1 3 により、基準周波数に対する検出信号の位相（第 1 の位相情報）が計測される（ステップ S 1 5）。なお、基準周波数は、検出信号における計測したい周波数に設定されている。そのため、スペクトラムアナライザ 1 3 により、計測したい周波数における検出信号の振幅（振幅情報）及び位相が同時に計測される。

[0043] また、S 1 2 の処理が行われた後に、リファレンス信号生成部 2 6 により、テスト信号に同期し、検出信号の位相を計測したい周波数のリファレンス信号が生成される（ステップ S 1 6）。つづいて、スペクトラムアナライザ 1 4 により、基準周波数に対するリファレンス信号の位相（第 2 の位相情報）が計測される（ステップ S 1 7）。

[0044] つづいて、コンピュータ 3 0 の解析部 3 3 により、基準周波数に対する検出信号の位相と、基準周波数に対するリファレンス信号の位相との位相差が求められる（ステップ S 1 8）。そして、画像生成部 3 4 により、位相画像、振幅画像、及び I Q 画像がそれぞれ生成され（ステップ S 1 9）、生成された画像が表示部 2 0 に表示される（ステップ S 2 0）。

[0045] 以上説明したように、半導体デバイス検査装置 1 では、スペクトラムアナライザ 1 3 において、基準周波数に対する、検出信号の位相情報（第 1 の位相情報）が計測される。また、スペクトラムアナライザ 1 4 において、基準周波数に対する、所定の周波数のリファレンス信号の位相情報（第 2 の位相情報）が計測される。そして、第 1 の位相情報と第 2 の位相情報との位相差から、所定の周波数における検出信号の位相情報が導出される。よって、テスト信号に同期したリファレンス信号の所定の周波数を計測したい周波数とすることにより、計測したい周波数における検出信号の位相情報を導出することができる。ここで、スペクトラムアナライザ 1 3 の基準周波数とその位

相と、スペクトラムアナライザ 14 の基準周波数とその位相とは、同期している。このことにより、スペクトラムアナライザ 13, 14 の動作に起因する位相差が重畳されることが防止されるため、第 1 の位相情報と第 2 の位相情報との位相差、すなわち、検出信号の位相情報とリファレンス信号の位相情報との位相差を精度良く導出することができる。以上より、この半導体デバイス検査装置 1 によれば、計測したい周波数における検出信号の位相情報を精度良く求めることができ、その結果、半導体デバイスの検査を精度良く実施することができる。

[0046] また、スペクトラムアナライザ 13 の基準周波数、及び、スペクトラムアナライザ 14 の基準周波数が、ともに上述した検出信号における計測したい周波数とされることで、計測したい周波数における検出信号の振幅（強度）及び位相を同時に計測することができる。

[0047] また、スペクトラムアナライザ 13 及びスペクトラムアナライザ 14 に電氣的に接続され、スペクトラムアナライザ 13 の基準周波数とその位相とスペクトラムアナライザ 14 の基準周波数とその位相とを同期させる同期部 15 を更に備えているため、各スペクトラムアナライザ 13, 14 の動作に起因する位相差の重畳防止効果を、より確実に奏することができる。

[0048] また、リファレンス信号生成部 26 により生成されたリファレンス信号の周波数が、テスト信号の周波数の n 倍（ n は正の整数）の周波数である。リファレンス信号生成部 26 がテスト 22 と電氣的に接続された構成において、リファレンス信号の周波数を、テスト信号の周波数の n 倍の周波数とすることで、テスト信号に基づいて、テスト信号に同期したリファレンス信号を容易に生成することができる。

[0049] また、スキャン光学系 5 により光が走査された照射位置、及び、解析部 33 により導出された所定の周波数における検出信号の位相情報に基づいて、画像生成部 34 が、所定の周波数における位相画像を生成することで、所定の周波数で駆動する半導体デバイス 8 の位相状態を観察することができる。なお、照射位置（例えば直交する x 軸及び y 軸における位置）を考慮して位

相画像を生成することで、所定の周波数における検出信号の位相を、照射位置毎に、２次元マッピング等を行って観察することができる。

[0050] また、スペクトラムアナライザ１３が、所定の周波数における検出信号の振幅を計測することで、計測したい周波数における検出信号の振幅情報を導出することができる。

[0051] また、スキャン光学系５により光が走査された照射位置、及び、スペクトラムアナライザ１３により計測された所定の周波数における検出信号の振幅情報に基づいて、画像生成部３４が、所定の周波数における振幅画像を生成することで、所定の周波数で駆動する半導体デバイス８の振幅状態を観察することができる。なお、照射位置（例えば直交するｘ軸及びｙ軸における位置）を考慮して振幅画像を生成することで、所定の周波数における検出信号の振幅を、照射位置毎に、２次元マッピング等を行って観察することができる。

[0052] また、スキャン光学系５により光が走査された照射位置、解析部３３により導出された所定の周波数における検出信号の位相情報、及び、スペクトラムアナライザ１３により計測された所定の周波数における検出信号の振幅情報に基づいて、画像生成部３４が、所定の周波数におけるＩＱ画像を生成することで、所定の周波数で駆動する半導体デバイスの同相成分及び直交位相成分の状態を観察することができる。なお、照射位置（例えば直交するｘ軸及びｙ軸における位置）を考慮して同相成分及び直交位相成分に係る画像を生成することで、所定の周波数における検出信号の同相成分及び直交位相成分を、照射位置毎に、２次元マッピング等を行って観察することができる。

[0053] 以上、本発明の一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るものではない。例えば、半導体デバイス８に照射される光を発生する光発生部は、レーザ光源２に限定されず、インコヒーレントな光を発生するＳＬＤ（Super Luminescent Diode）やＡＳＥ（Amplified Spontaneous Emission）、ＬＥＤ（Light Emitting Diode）等の他の光源であってもよい。また、半導体デバイス８に対し、電気信号

に代えて、熱を印加してもよい。

符号の説明

[0054] 1…半導体デバイス検査装置、2…レーザ光源、5…スキャン光学系、8…半導体デバイス、10…光センサ、13, 14…スペクトラムアナライザ、15…同期部、21…レーザスキャンコントローラ、22…テスト、26…リファレンス信号生成部、30…コンピュータ、33…解析部、33…画像生成部。

請求の範囲

- [請求項1] 被検査デバイスである半導体デバイスに照射される光を発生する光発生部と、
- 前記半導体デバイスを駆動させるテスト信号を前記半導体デバイスに印加するテスト信号印加部と、
- 前記光が前記半導体デバイスに照射されたときに前記半導体デバイスで反射された反射光を検出し、検出信号を出力する光検出部と、
- 前記検出信号が入力され、前記検出信号の位相情報である第1の位相情報を計測する第1のスペクトラムアナライザと、
- 所定の周波数のリファレンス信号を生成するリファレンス信号生成部と、
- 前記リファレンス信号が入力され、前記リファレンス信号の位相情報である第2の位相情報を計測する第2のスペクトラムアナライザと、
- 、
- 前記第1の位相情報及び前記第2の位相情報に基づいて、前記所定の周波数における前記検出信号の位相情報を導出する解析部と、を備え、
- 前記第1のスペクトラムアナライザは、前記第1のスペクトラムアナライザを動作させる基準信号の周波数に対する前記第1の位相情報を計測し、
- 前記第2のスペクトラムアナライザは、前記第2のスペクトラムアナライザを動作させる基準信号の周波数に対する前記第2の位相情報を計測し、
- 前記第1のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数と位相と、前記第2のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数と位相とが同期している、半導体デバイス検査装置。
- [請求項2] 前記第1のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数、及び、前記第2のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数は、ともに前記

所定の周波数である、請求項 1 記載の半導体デバイス検査装置。

[請求項3] 前記第 1 のスペクトラムアナライザ及び前記第 2 のスペクトラムアナライザに電氣的に接続され、前記第 1 のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数と位相と前記第 2 のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数と位相とを同期させる同期部を更に備える、請求項 1 又は 2 記載の半導体デバイス検査装置。

[請求項4] 前記所定の周波数は、前記テスト信号の周波数の n 倍の周波数であり、

前記 n は正の整数である、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項記載の半導体デバイス検査装置。

[請求項5] 前記光発生部が発生した前記光を受けて、前記半導体デバイスの所定の照射位置に前記光を走査する光走査部と、

前記光走査部により前記光が走査された前記照射位置、及び、前記解析部により導出された前記所定の周波数における前記検出信号の位相情報に基づいて、前記所定の周波数における位相画像を生成する画像生成部と、を更に備える、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項記載の半導体デバイス検査装置。

[請求項6] 前記第 1 のスペクトラムアナライザは、前記所定の周波数における前記検出信号の振幅情報を計測する、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項記載の半導体デバイス検査装置。

[請求項7] 前記光発生部が発生した前記光を受けて、前記半導体デバイスの所定の照射位置に前記光を走査する光走査部と、

前記光走査部により前記光が走査された前記照射位置、及び、前記第 1 のスペクトラムアナライザにより計測された前記所定の周波数における前記検出信号の振幅情報に基づいて、前記所定の周波数における振幅画像を生成する画像生成部と、を更に備える、請求項 6 記載の半導体デバイス検査装置。

[請求項8] 前記光発生部が発生した前記光を受けて、前記半導体デバイスの所

定の照射位置に前記光を走査する光走査部と、

前記光走査部により前記光が走査された前記照射位置、前記解析部により導出された前記所定の周波数における前記検出信号の位相情報、及び、前記第1のスペクトラムアナライザにより計測された前記所定の周波数における前記検出信号の振幅情報に基づいて、前記所定の周波数における同相成分及び直交位相成分に係る画像を生成する画像生成部と、を更に備える、請求項6又は7記載の半導体デバイス検査装置。

[請求項9]

被検査デバイスである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テスト信号を印加するステップと、

前記光が前記半導体デバイスに照射されたときに前記半導体デバイスで反射された反射光を検出し、検出信号を出力するステップと、

第1のスペクトラムアナライザを動作させる基準信号の周波数に対する、前記検出信号の位相情報である第1の位相情報を計測するステップと、

所定の周波数のリファレンス信号を生成するステップと、

所定の周波数のリファレンス信号を生成するステップ

第2のスペクトラムアナライザを動作させる基準信号の周波数に対する、前記リファレンス信号の位相情報である第2の位相情報を計測するステップと、

前記第1の位相情報及び前記第2の位相情報に基づいて、前記所定の周波数における前記検出信号の位相情報を導出するステップと、を含み、

前記第1のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数と位相と、前記第2のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数と位相とが同期している、半導体デバイス検査方法。

[請求項10]

前記第1のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数、及び、前記第2のスペクトラムアナライザの基準信号の周波数は、ともに前記

所定の周波数である、請求項 9 記載の半導体デバイス検査方法。

[請求項11] 前記所定の周波数は、前記テスト信号の周波数の n 倍の周波数であり、

前記 n は正の整数である、請求項 9 又は 10 記載の半導体デバイス検査方法。

[請求項12] 前記半導体デバイスの所定の照射位置に前記光を走査するステップと、

前記光を走査するステップにおいて前記光が走査された前記照射位置、及び、前記検出信号の位相情報を導出するステップにおいて導出された前記所定の周波数における前記検出信号の位相情報に基づいて、前記所定の周波数における位相画像を生成するステップと、を更に含む、請求項 9 ～ 11 のいずれか一項記載の半導体デバイス検査方法。

[請求項13] 前記第 1 のスペクトラムアナライザが、前記所定の周波数における前記検出信号の振幅情報を計測するステップを更に含む、請求項 9 ～ 12 のいずれか一項記載の半導体デバイス検査方法。

[請求項14] 前記半導体デバイスの所定の照射位置に前記光を走査するステップと、

前記光を走査するステップにおいて前記光が走査された前記照射位置、及び、前記検出信号の振幅情報を計測するステップにおいて計測された前記所定の周波数における前記検出信号の振幅情報に基づいて、前記所定の周波数における振幅画像を生成するステップと、を更に含む、請求項 13 記載の半導体デバイス検査方法。

[請求項15] 前記半導体デバイスの所定の照射位置に前記光を走査するステップと、

前記光を走査するステップにおいて前記光が走査された前記照射位置、前記検出信号の位相情報を導出するステップにおいて導出された前記所定の周波数における前記検出信号の位相情報、及び、前記検出

信号の振幅情報を計測するステップにおいて計測された前記所定の周波数における前記検出信号の振幅情報に基づいて、前記所定の周波数における同相成分及び直交位相成分に係る画像を生成するステップと、を更に含む、請求項 1 3 又は 1 4 記載の半導体デバイス検査方法。