

明 細 書

発明の名称：

画像処理方法、画像処理装置、画像処理プログラム、及び画像処理プログラムを記憶した記憶媒体

技術分野

[0001] 本発明は、画像処理方法、画像処理装置、及び画像処理プログラムに関するものである。

背景技術

[0002] 従来から、半導体デバイス等の検査対象デバイス（DUT：device under test）の画像を取得して、その画像を基に故障箇所の分析等の各種分析が行われている。例えば、下記特許文献1には、半導体ウエハに形成された回路パターンの線幅を測定するための走査型電子顕微鏡を備えた測定装置が開示されている。この装置では、テンプレートを用いて観察画像における位置検出が行われる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2005-310805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、良品の検査対象デバイスと不良品の検査対象デバイス等の複数の検査対象デバイスの測定像を比較する際には、別個に取得された測定像を含む信号画像を比較した比較画像を生成したいというニーズが高まってきている。その場合は、複数の信号画像間の位置合わせの精度が重要である。この場合、上述した方法では、位置あわせの精度が悪く、信号画像とパターン画像を取得する際に手間がかかる。

[0005] そこで、本発明は、半導体デバイスの複数の測定像の比較画像を精度よく

生成することが可能な画像処理方法、画像処理装置、及び画像処理プログラム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] 上記課題を解決するため、本発明の一側面に係る画像処理方法は、半導体デバイスの画像を取得する方法であって、半導体デバイスを対象に測定された測定画像と、測定画像に対応する半導体デバイスのパターンを示す第1のパターン画像を取得するステップと、半導体デバイス或いは半導体デバイスとは異なる半導体デバイスである参照用半導体デバイスを対象に測定された参照用測定画像と、参照用測定画像に対応する参照用半導体デバイスのパターンを示す第2のパターン画像を取得するステップと、第1のパターン画像と第2のパターン画像との相対関係を示すマッチング情報を取得するステップと、マッチング情報を基に、測定画像と参照用測定画像との差分を求めることにより比較画像を取得するステップと、を備える。
- [0007] 或いは、本発明の他の側面に係る画像処理装置は、半導体デバイスの画像を取得する装置であって、半導体デバイスを対象に測定された測定画像と、測定画像に対応する半導体デバイスのパターンを示す第1のパターン画像と、半導体デバイス或いは半導体デバイスとは異なる半導体デバイスである参照用半導体デバイスを対象に測定された参照用測定画像と、参照用測定画像に対応する参照用半導体デバイスのパターンを示す第2のパターン画像とを記憶する記憶部と、第1のパターン画像と第2のパターン画像とに基づいて、第1のパターン画像と第2のパターン画像との相対関係を示すマッチング情報を取得する画像解析部と、マッチング情報を基に、測定画像と参照用測定画像との差分を求めることにより比較画像を取得する画像処理部と、を備える。
- [0008] 或いは、本発明の他の側面に係る画像処理プログラムは、半導体デバイスの画像を取得する装置を動作させるプログラムであって、コンピュータを、半導体デバイスを対象に測定された測定画像に対応し、半導体デバイスのパ

ターンを示す第1のパターン画像と、半導体デバイス或いは半導体デバイスとは異なる半導体デバイスである参照用半導体デバイスを対象に測定された参照用測定画像に対応し、参照用半導体デバイスのパターンを示す第2のパターン画像とに基づいて、第1のパターン画像と第2のパターン画像との相対関係を示すマッチング情報を取得する画像解析部、及びマッチング情報を基に、測定画像と参照用測定画像との差分を求めることにより比較画像を取得する画像処理部、として機能させる。

[0009] このような画像処理方法、画像処理装置、画像処理プログラム、或いは画像処理プログラムを記憶した記録媒体によれば、半導体デバイスの測定画像に対応した第1のパターン画像と、参照用半導体デバイスの参照用測定画像に対応した第2のパターン画像との間のマッチング情報を基に、測定画像と参照用測定画像との位置関係が精度よく得られ、その位置関係を基に測定画像と参照用測定画像との間の比較画像を取得することにより、精度のよい比較画像を得ることができる。

[0010] 本発明の更なる他の側面に係る画像処理方法は、半導体デバイスの画像を取得する方法であって、半導体デバイスを対象に測定された測定画像を取得するステップと、半導体デバイス或いは半導体デバイスとは異なる半導体デバイスである参照用半導体デバイスを対象に測定された参照用測定画像を取得するステップと、測定画像から第1の形状情報を抽出し、参照用測定画像から第2の形状情報を抽出し、第1の形状情報と第2の形状情報とに基づいて、測定画像と参照用測定画像との相対関係を示すマッチング情報を取得するステップと、マッチング情報を基に、測定画像と参照用測定画像との差分を求めることにより比較画像を取得するステップと、を備える。

[0011] 或いは、本発明の更なる他の側面に係る画像処理装置は、半導体デバイスの画像を取得する装置であって、半導体デバイスを対象に測定された測定画像と、半導体デバイス或いは半導体デバイスとは異なる半導体デバイスである参照用半導体デバイスを対象に測定された参照用測定画像とを記憶する記憶部と、測定画像から第1の形状情報を抽出し、参照用測定画像から第2の

形状情報を抽出し、第１の形状情報と第２の形状情報とに基づいて、測定画像と参照用測定画像との相対関係を示すマッチング情報を取得する画像解析部と、マッチング情報を基に、測定画像と参照用測定画像との差分を求めることにより比較画像を取得する画像処理部と、を備える。

[0012] 或いは、本発明の更なる他の側面に係る画像処理プログラムは、半導体デバイスの画像を取得する装置を動作させるプログラムであって、コンピュータを、半導体デバイスを対象に測定された測定画像から第１の形状情報を抽出し、半導体デバイス或いは半導体デバイスとは異なる半導体デバイスである参照用半導体デバイスを対象に測定された参照用測定画像から第２の形状情報を抽出し、第１の形状情報と第２の形状情報とに基づいて、測定画像と参照用測定画像との相対関係を示すマッチング情報を取得する画像解析部、及びマッチング情報を基に、測定画像と参照用測定画像との差分を求めることにより比較画像を取得する画像処理部、として機能させる。

[0013] このような画像処理方法、画像処理装置、画像処理プログラム、或いは画像処理プログラムを記憶した記録媒体によれば、半導体デバイスの測定画像と、参照用半導体デバイスの参照用測定画像との間のマッチング情報を基に、測定画像と参照用測定画像との位置関係が精度よく得られ、その位置関係を基に測定画像と参照用測定画像との間の比較画像を取得することにより、精度のよい比較画像を得ることができる。さらには、測定画像と参照用測定画像のコントラストが異なる場合であってもマッチング情報を容易に得ることができる。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、半導体デバイスの複数の測定像の比較画像を精度よく生成することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0015] [図１]本発明の第１実施形態にかかる観察システム１０１Ａの概略構成図である。

[図２]図１の記憶部１２７に記憶された測定画像のイメージの一例を示す図で

ある。

[図3]図1の記憶部127に記憶された第1パターン画像のイメージの一例を示す図である。

[図4]図1の記憶部127に記憶された参照用測定画像のイメージの一例を示す図である。

[図5]図1の記憶部127に記憶された第2パターン画像のイメージの一例を示す図である。

[図6]図1の画像解析部129により第2パターン画像から抽出された第2の形状情報の一例を示す図である。

[図7]図1の画像処理部131により測定画像及び参照用測定画像を基に生成された比較画像の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、図面とともに本発明による画像処理方法、画像処理装置、及び画像処理プログラムの好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

[0017] [第1実施形態]

[0018] 図1は、本発明の第1実施形態にかかる画像処理装置である観察システム101Aの概略構成図である。図1に示す観察システム101Aは、半導体メモリやLSI等のIC（集積回路）、パワーデバイス等の半導体デバイスの発光像を観察するために画像を取得及び処理する光学システムである。この観察システム101Aは、2次元カメラ105、照明装置107、ミラー109、ハーフミラーなどのビームスプリッタ111、対物レンズ113、ステージ115、PC（Personal Computer）などのコンピュータ117、テスト119、入力装置121、及び表示装置123を含んで構成されている。

[0019] 2次元カメラ105は、近赤外波長に感度を有するCCDイメージセンサ又はCMOSイメージセンサを内蔵したカメラ、InGaAsカメラ、又はMCT（Mercury Cadmium Tellu）カメラであり、ステージ115に載置され

る半導体デバイスSの反射像、及び発光像等の2次元像を撮像する。この2次元カメラ105は、対物レンズ113及びミラー109及びビームスプリッタ111を介して半導体デバイスSの2次元像を検出する。

[0020] 対物レンズ113は、半導体デバイスSに対向して設けられ、2次元カメラ105に結像する像の倍率を設定する。この対物レンズ113には、対物レンズ切替手段125と複数の倍率の異なるレンズとが含まれ、2次元カメラ105に像を結ぶ対物レンズ113を、高倍率レンズと低倍率レンズとの間で切り替える機能を有する。

[0021] ミラー109は、半導体デバイスSの反射像及び発光像を2次元カメラ5に向けて反射させる。ビームスプリッタ111は、ミラー109によって反射された反射像及び発光像を2次元カメラ105に向けて透過させるとともに、照明装置107から出射されたパターン像生成用の照明光をミラー109に向けて反射させることにより、その照明光をミラー109及び対物レンズ113を経由して半導体デバイスSに照射する。

[0022] テスタ119は、半導体デバイスSに所定の電気信号のテストパターン、所定の電圧、又は所定の電流を印加する。このテストパターンの印加によって、半導体デバイスSの故障に起因する発光像が発生する。

[0023] コンピュータ117は、2次元カメラ105で取得された画像を処理する画像処理装置である。詳細には、コンピュータ117は、機能的構成要素として、記憶部127、画像解析部129、画像処理部131、及び制御部133により構成されている。また、コンピュータ117には、コンピュータ117に対してデータを入力するためのマウス、キーボード等の入力装置121、コンピュータ117による画像処理結果を表示するためのディスプレイ装置等の表示装置123が付属している。

[0024] 図1に示すコンピュータ117の各機能部は、コンピュータ117のCPU等の演算処理装置がコンピュータ117の内蔵メモリやハードディスクドライブなどの記憶媒体に格納されたコンピュータプログラム（画像処理プログラム）を実行することによって実現される機能である。コンピュータ11

7の演算処理装置は、このコンピュータプログラムを実行することによってコンピュータ117を図1の各機能部として機能させ、後述する画像処理方法に対応する処理を順次実行する。このコンピュータプログラムの実行に必要な各種データ、及び、このコンピュータプログラムの実行によって生成された各種データは、全て、コンピュータ117のROMやRAM等の内蔵メモリやハードディスクドライブなどの記憶媒体に格納される。

[0025] ここで、コンピュータ117の各機能部の機能について説明する。記憶部127は、2次元カメラ105によって取得された半導体デバイスSの発光像が検出された測定画像、2次元カメラ105によって取得された半導体デバイスSのパターン像が検出された第1パターン画像、2次元カメラ105によって取得された参照用半導体デバイスSRの発光像が検出された参照用測定画像、及び2次元カメラ105によって取得された参照用半導体デバイスSRのパターン像が検出された第2パターン画像を、順次記憶する。画像解析部129及び画像処理部131は、記憶部127に記憶された画像を対象に各種の画像データ処理を実行する。詳細には、画像解析部129は、記憶部127に記憶された第1パターン画像と第2パターン画像との位置、サイズ、及び角度に関する相対関係を示すマッチング情報を取得する。また、画像処理部131は、画像解析部129によって取得されたマッチング情報を参照しながら、測定画像と参照用測定画像との差分を求めることにより比較画像を取得する。制御部133は、コンピュータ117におけるデータ処理、及びコンピュータ117に接続されたデバイスの処理を制御する。例えば、制御部133は、照明装置107による照明光の出射、2次元カメラ105による撮像、対物レンズ113の倍率の切り替え、テスト119によるテストパターンの印加、表示装置123による観察結果（比較画像等）の表示を制御する。

[0026] 以下、観察システム101Aによる比較画像の生成手順を説明するとともに、本実施形態に係る画像処理方法について詳述する。

[0027] まず、ステージ115に計測用の半導体デバイスSが載置された後に、コ

ンピュータ 117 により、入力装置 121 を利用して観察システム 101A の操作者から半導体デバイスの観察処理の開始指示が受け付けられる。そうすると、制御部 133 の制御により、対物レンズ 113 が予め設定された倍率に設定され、2次元カメラ 105 の感度が高ゲインに切り替えられ、テスト 119 によるテストパターンの印加が開始される。この状態で、制御部 133 の制御により、2次元カメラ 105 によって半導体デバイス S の発光像を含む測定画像が取得されて記憶部 127 に記憶される（ステップ B1-1：発光像取得ステップ）。この測定画像は、所定の露光時間で連続的に撮像された複数枚の画像データが加算されることにより生成される。図 2 には、記憶部 127 に記憶された測定画像のイメージの一例を示している。この測定画像 G_{1B} には、テストパターンの印加に伴って半導体デバイス S の故障箇所等の観察対象箇所から発せられる発光像が含まれる。

[0028] 次に、制御部 133 の制御により、対物レンズ 113 の倍率が維持されたままで、テスト 119 によるテストパターンの印加が停止されるとともに、照明装置 107 による照明光の出射が開始され、2次元カメラ 105 の感度が低ゲインに切り替えられる。この状態で、制御部 133 の制御により、2次元カメラ 105 によって半導体デバイス S の反射像を含む第 1 パターン画像が取得されて記憶部 127 に記憶される（ステップ B1-2：パターン像取得ステップ）。図 3 には、記憶部 127 に記憶された第 1 パターン画像のイメージの一例を示している。この第 1 パターン画像 G_{2B} には、半導体デバイス S からの反射像が撮像されることによるパターン像が含まれ、このパターン像は、半導体デバイス S のパターンを表す画像となる。すなわち、第 1 パターン画像 G_{2B} は、測定画像 G_{1B} に含まれる発光像に位置的に一致する（対応する）パターン像を表すものとなる。

[0029] その後、ステージ 115 に半導体デバイス S と同一或いは異なる参照用半導体デバイス SR が載置された状態で、制御部 133 の制御により、テスト 119 によるテストパターンの印加が開始されるとともに、対物レンズ 113 が予め設定された倍率に設定され、2次元カメラ 105 の感度が高ゲイン

に切り替えられる。この状態で、制御部 133 の制御により、2 次元カメラ 105 によって参照用半導体デバイス S R の発光像を含む参照用測定画像が取得されて記憶部 127 に記憶される（ステップ B 2-1：発光像取得ステップ）。この参照用測定画像は、所定の露光時間で連続的に撮像された複数枚の画像データが加算されることにより生成される。図 4 には、記憶部 127 に記憶された参照用測定画像のイメージの一例を示している。この参照用測定画像 G_{3B} には、テストパターンの印加に伴って参照用半導体デバイス S R から発せられる発光像が含まれる。

[0030] 次に、制御部 133 の制御により、対物レンズ 113 の倍率が維持されたままで、テスト 119 によるテストパターンの印加が停止されるとともに、照明装置 107 による照明光の出射が開始され、2 次元カメラ 105 の感度が低ゲインに切り替えられる。この状態で、制御部 133 の制御により、2 次元カメラ 105 によって参照用半導体デバイス S R の反射像を含む第 2 パターン画像が取得されて記憶部 127 に記憶される（ステップ B 2-2：パターン像取得ステップ）。図 5 には、記憶部 127 に記憶された第 2 パターン画像のイメージの一例を示している。この第 2 パターン画像 G_{4B} には、参照用半導体デバイス S R からの反射像が撮像されることによるパターン像が含まれ、このパターン像は、参照用半導体デバイス S R のパターンを表す画像となる。すなわち、第 2 パターン画像 G_{4B} は、参照用測定画像 G_{3B} に含まれる発光像に位置的に一致する（対応する）パターン像を表すものとなる。

[0031] その後、画像解析部 129 により、記憶部 127 に記憶された第 1 パターン画像 G_{2B} と第 2 パターン画像 G_{4B} とに基づいて、マッチング情報が取得される（ステップ B 3：マッチング情報取得ステップ）。

[0032] このステップ B 3 では、まず、第 1 パターン画像 G_{2B} の半導体デバイス S 上の範囲の大きさである視野サイズと、第 2 パターン画像 G_{4B} の参照用半導体デバイス S R 上の範囲の大きさである視野サイズとの比率に基づいて、第 1 パターン画像 G_{2B} 或いは第 2 パターン画像 G_{4B} の少なくともいずれか一方の画像サイズを調整する（ステップ B 3-1：パターン画像調整ステップ）

。より具体的には、画像解析部129は、第1パターン画像 G_{2B} を取得した際の対物レンズ113の倍率と第2パターン画像 G_{4B} を取得した際の対物レンズ113の倍率とを取得し、それぞれの逆数を第1パターン画像 G_{2B} 及び第2パターン画像 G_{4B} の視野サイズを示す数値とする。そして、画像解析部129は、それらの数値をもとに第2パターン画像 G_{4B} のサイズを第1パターン画像 G_{2B} 上の画像サイズに合うように調整する。例えば、第1パターン画像 G_{2B} を取得した際の倍率が15倍、第2パターン画像 G_{4B} を取得した際の倍率が100倍の場合には、それぞれの視野サイズを $1/15$ 、 $1/100$ とし、第2パターン画像 G_{4B} の画像サイズを $15/100$ 倍に調整する。ここで、画像解析部129は、第1パターン画像 G_{2B} と第2パターン画像 G_{4B} の画像サイズを調整する際には、第1パターン画像 G_{2B} の画像サイズを調整してもよいし、双方を同一倍率の別の画像サイズに調整してもよい。

[0033] 次に、画像解析部129は、第1パターン画像 G_{2B} と画像サイズの調整された第2パターン画像 G_{4B} とを対象に、形状ベースマッチングを行う（ステップB3-2：形状ベースマッチングステップ）。この形状ベースマッチングによりマッチング処理を行うことで、コントラストの異なるパターン画像 G_{2B} 、 G_{4B} を対象にした場合でも精度よくマッチングできる。詳細には、画像解析部129は、第1パターン画像 G_{2B} 及び第2パターン画像 G_{4B} から、それぞれの輪郭線（エッジライン）を第1及び第2の形状情報として抽出する。そして、画像解析部129は、第1の形状情報と第2の形状情報との間で互いに類似する類似パターンを検索する。図6には、画像解析部129により第2パターン画像 G_{4B} から抽出された第2の形状情報の一例を示している。このように、第2パターン画像 G_{4B} に含まれるパターン像の輪郭線が、第2の形状情報 P_{4B} として抽出される。ここで、画像解析部129は、形状ベースマッチングを行う際には、第1パターン画像 G_{2B} 及び第2パターン画像 G_{4B} の両方或いは片方の解像度を複数階層に変化させてピラミッドレベルによるマッチングを行う。すなわち、第1パターン画像 G_{2B} 及び第2パターン画像 G_{4B} の両方或いは片方の低解像度画像を複数の解像度で取得し、第1

パターン画像 G_{2B} 及び第2パターン画像 G_{4B} をマッチングさせる際に、低解像度の高階層画像から高解像度の低階層画像に順次他方の画像との形状マッチング処理を進める。これにより、高速なマッチング処理を実現する。なお、画像解析部 129 は、第1パターン画像 G_{2B} 及び第2パターン画像 G_{4B} のコントラストや元の画像の解像度に応じて、ピラミッドの階層数を設定してもよい。

[0034] その後、画像解析部 129 は、形状ベースマッチングの結果から、第1パターン画像 G_{2B} と第2パターン画像 G_{4B} との相対関係を示すマッチング情報を取得する（ステップ B3-3：情報取得ステップ）。このようなマッチング情報としては、第2パターン画像 G_{4B} に対する第1パターン画像 G_{2B} の位置を示す位置情報、第2パターン画像 G_{4B} に対する第1パターン画像 G_{2B} の画像面上の回転角度を示す角度情報、及び第2パターン画像 G_{4B} に対する第1パターン画像 G_{2B} の倍率が含まれる。

[0035] ステップ B3 の処理後に、画像処理部 131 により、画像解析部 129 により取得されたマッチング情報を基に、測定画像 G_{1B} と参照用測定画像 G_{3B} とが差分処理されることにより比較画像が取得され、表示装置 123 にその比較画像が表示される（ステップ B4：比較画像取得ステップ）。詳細には、画像処理部 131 は、マッチング情報を基に、測定画像 G_{1B} 及び参照用測定画像 G_{3B} の少なくとも一方の画像サイズ、画像位置、及び画像角度を、他方に合うように調整する。そして、画像処理部 131 により、調整された測定画像 G_{1B} 及び参照用測定画像 G_{3B} の画素毎の差分値が画像化されて比較画像が生成される。この際、比較画像は、差分値の絶対値を濃淡や輝度で表すものとして生成されてもよいし、差分値を相対値としてカラー画像化して表すものとして生成されてもよい。また、比較画像は、測定画像 G_{1B} から参照用測定画像 G_{3B} を差分して求めたものであってもよいし、参照用測定画像 G_{3B} から測定画像 G_{1B} を差分して求めたものであってもよい。図7には、画像処理部 131 により測定画像 G_{1B} 及び参照用測定画像 G_{3B} を基に生成された比較画像 G_{5B} の一例を示している。このように、比較画像 G_{5B} には、参照用測

定画像 G_{3B} 及び測定画像 G_{1B} における発光像の違いが複数の比較像 G_{51B} ～ G_{54B} として現れる。

[0036] 以上説明した観察システム101A及びそれを用いた画像処理方法によれば、半導体デバイスSの測定画像 G_{1B} に対応した第1パターン画像 G_{2B} と、参照用半導体デバイスSRの参照用測定画像 G_{3B} に対応した第2パターン画像 G_{4B} との間のマッチング情報を基に、測定画像 G_{1B} と参照用測定画像 G_{3B} との位置関係が精度よく得られ、その位置関係を基に測定画像 G_{1B} と参照用測定画像 G_{3B} との間の比較画像 G_{5B} を取得することにより、精度のよい比較画像を得ることができる。その結果、半導体デバイスSと参照用半導体デバイスSRとのテストパターンへの発光反応の違いを容易に特定することができる。

[0037] また、第1及び第2パターン画像 G_{2B} 、 G_{4B} からそれぞれ形状情報が抽出され、それらの形状情報を基にマッチング情報が取得される。こうすれば、第1及び第2パターン画像 G_{2B} 、 G_{4B} のコントラストが異なる場合であってもマッチング情報を容易に得ることができる。

[0038] また、第1及び第2パターン画像 G_{2B} 、 G_{4B} の視野サイズの比に基づいて、第1及び第2パターン画像 G_{2B} 、 G_{4B} の少なくともいずれかの画像サイズが調整される。この場合、測定画像 G_{1B} と参照用測定画像 G_{3B} の視野サイズが異なっても、互いの画像の半導体デバイスS、SR上の位置が一致した比較画像 G_{5B} を作成することができる。

[0039] さらに、第1及び第2パターン画像 G_{2B} 、 G_{4B} の相対関係を示す位置情報、回転情報、及び倍率情報がマッチング情報として利用される。これにより、測定画像 G_{1B} と参照用測定画像 G_{3B} との位置関係を簡易に得ることができ、これを基に比較画像 G_{5B} を簡易に取得できる。

[0040] [第1実施形態の第1の変形例]

[0041] 次に、本発明の第1実施形態の第1の変形例について、第1実施形態との相違点のみ説明する。なお、この変形例に係る観察システムの構成は、図1に示した観察システム101Aの構成と同様である。

- [0042] 本実施形態における比較画像の生成手順では、以下の点が第1実施形態と異なる。
- [0043] すなわち、ステップB1-1が実行されて測定画像 G_{1B} が取得されて記憶部127に記憶された後、ステップB1-2の第1パターン画像 G_{2B} の取得処理は省略される。さらに、ステップB2-1が実行されて参照用測定画像 G_{3B} が取得されて記憶部127に記憶された後、ステップB2-2の第2パターン画像 G_{4B} の取得処理は省略される。
- [0044] その後、ステップB3の処理では、画像解析部129により、記憶部127に記憶された測定画像 G_{1B} と参照用測定画像 G_{3B} とに基づいて、マッチング情報が取得される。すなわち、ステップB3-1において、測定画像 G_{1B} 及び参照用測定画像 G_{3B} の視野サイズとの比率に基づいて、測定画像 G_{1B} 及び参照用測定画像 G_{3B} の少なくともいずれか一方の画像サイズが調整される。次に、ステップB3-2において、画像解析部129は、測定画像 G_{1B} 及び参照用測定画像 G_{3B} を対象に、形状ベースマッチングを行う。詳細には、画像解析部129は測定画像 G_{1B} 及び参照用測定画像 G_{3B} から、それぞれの輪郭線（エッジライン）を第1及び第2の形状情報として抽出する。その際、画像解析部129は、測定画像 G_{1B} 及び参照用測定画像 G_{3B} をそれらのコントラスト（輝度値）を基に多値化し、輝度値の差によって生じる境界も第1及び第2の形状情報として利用する。発光画像などの測定画像は、パターン画像に比べて形状情報が少ないが、輝度値の差によって生じる境界を形状として認識することで、より多くの形状情報を取得でき、マッチング精度が向上する。そして、画像解析部129は、第1の形状情報と第2の形状情報との間で互いに類似する類似パターンを検索する。その後、ステップB3-3では、画像解析部129は、形状ベースマッチングの結果から、測定画像 G_{1B} と参照用測定画像 G_{3B} との相対関係を示すマッチング情報を取得する。
- [0045] ステップB4では、画像処理部131により、画像解析部129により取得されたマッチング情報を基に、測定画像 G_{1B} と参照用測定画像 G_{3B} とが差分処理されることにより比較画像が取得され、表示装置123にその比較画

像が表示される。

[0046] なお、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではない。例えば、第1実施形態及び第1実施形態の第1の変形例で取得される参照用測定画像 G_{3B} は、半導体デバイス S と異なる参照用半導体デバイス S_R の発光画像である場合には限定されず、同一の半導体デバイス S に対し、測定画像 G_{1B} を取得した際とは異なるテストパターンを印加した際の発光画像を参照用測定画像 G_{3B} としてもよい。

[0047] また、測定画像 G_{1B} 及び参照用測定画像 G_{3B} は、半導体デバイスの発光像や発熱像には限定されない。例えば、測定画像 G_{1B} 及び参照用測定画像 G_{3B} は、半導体デバイス S 、 S_R 上に2次元的にレーザ光を走査しながら半導体デバイス S 、 S_R で生じる電気信号を検出し、半導体デバイス S 上のレーザ光の走査位置と電気信号の特性値とを関連付けることにより画像化された電気信号画像であってもよい。このような電気信号画像としては、光起電流画像である $OBIC$ (Optical Beam Induced Current) 画像、電氣量変化画像である $OBIRCH$ (Optical Beam Induced Resistance Change) 画像、正誤情報画像である SDL (Soft Defect Localization) 画像などが挙げられる。

[0048] $OBIC$ 画像は、レーザ光によって生じた光起電流を電気信号の特性値（電流値又は電流変化値）として検出し、これらの特性値をレーザ照射位置情報と対応付けて画像化して取得されたものである。また、 $OBIRCH$ 画像は、半導体デバイスに一定の電流を印加した状態でレーザ光を走査することにより、半導体デバイスのレーザ光の照射位置の抵抗値の変化による電気信号の特性値（電圧値又は電圧変化値）を画像化したものである。すなわち、 $OBIRCH$ 画像は、電圧変化値とレーザ照射位置情報とを対応付けて画像化したものである。なお、 $OBIRCH$ 画像は、半導体デバイスに一定の電圧を印加した状態でレーザ光を走査することにより、半導体デバイスのレーザ光の照射位置の抵抗値の変化による電気信号の電流変化値を画像化したものであってもよい。また、 SDL 画像は、 $DALS$ (Dynamic Analysis by L

aser Stimulation) 画像又はL A D A (Laser Assisted Device Alteration) 画像とも呼ばれ、半導体デバイスにテストパターンを印加した状態でレーザ光を走査して誤動作状態を検出することにより、半導体デバイス上のレーザ照射位置に対して誤作動情報を多値化した正誤情報として画像化して取得されるものである。

[0049] また、測定画像 G_{1B} 及び参照用測定画像 G_{3B} は、次のようにして生成された電気光学周波数マッピング画像(E O F M (E l e c t r o O p t i c a l F r e q u e n c y M a p p i n g) 画像)であってもよい。すなわち、テスト119によりテストパターンを半導体デバイスS、SRに繰り返し印加した状態でレーザ光を半導体デバイスS、SR上に2次元的に走査しながら半導体デバイスS、SRで生じる反射光を検出する。そして、検出信号のAC成分を抽出した後に、スペクトラムアナライザやロックイン検出器などの周波数解析装置を用いて検出信号に対して特定の周波数における周波数解析を行い、解析データをコンピュータ17に出力する。さらに、コンピュータ17で、レーザ光の半導体デバイスS上の走査位置と解析データとを関連付けることにより、特定の周波数で動作している部位の信号強度を画像化したE O F M画像を取得する。なお、E O F M画像は、振幅画像や位相画像、I/Q画像などである。振幅画像の場合、解析データは、特定の周波数での検出信号の振幅となり、位相画像の場合、解析データは、特定の周波数の信号と検出信号との位相(位相差)となる。また、I/Q (In-phase/Q uadrature) 画像の場合、解析データは、振幅及び位相の変化を示すI/Q値(In-phase/Quadrature値)となる。また、半導体デバイスSに異なるテストパターンを印加して取得した電気光学周波数マッピング画像を測定画像 G_{1B} 及び参照用測定画像 G_{3B} としてもよい。

[0050] また、電気信号画像や電気光学周波数マッピング画像取得時に用いられる光源としては、レーザ光源のほかにもLED (L i g h t E m i t t i n g D i o d e) 光源などのコヒーレンス性の高い光(コヒーレントな光)を出力する光源を採用してもよいし、SLD (S u p e r L u m i n e s

cent Diode) 光源や ASE (Amplified Spontaneous Emission) 光源やランプ光源などのコヒーレンス性の低い光 (インコヒーレントな光) を出力する光源を採用してもよい。また、レーザ光源 7 C は、半導体デバイス S において、多光子吸収を起こさせる波長 (例えば、1200 nm 以上の波長) であり、パルス幅の短い (例えば、サブピコ秒やフェムト秒といったパルス幅) 光を出力する光源であってもよい。

[0051] ここで、上記の画像処理方法、画像処理装置、或いは画像処理プログラムにおいては、マッチング情報を取得するステップでは、第 1 のパターン画像から第 1 の形状情報を抽出し、第 2 のパターン画像から第 2 の形状情報を抽出し、第 1 の形状情報及び第 2 の形状情報を基にマッチング情報を取得する、ことでもよい。こうすれば、第 1 のパターン画像と第 2 のパターン画像のコントラストが異なる場合であってもマッチング情報を容易に得ることができる。

[0052] また、マッチング情報を取得するステップでは、第 1 のパターン画像の半導体デバイス上の範囲を示す第 1 の視野サイズと、第 2 のパターン画像の参照半導体デバイス上の範囲を示す第 2 の視野サイズとの比に基づいて、第 1 のパターン画像及び第 2 のパターン画像の少なくともいずれか一方の画像サイズを調整する、ことでもよい。この場合、測定画像と参照用測定画像の視野サイズが異なっても、互いの画像の半導体デバイス上の位置が一致した比較画像を作成することができる。

[0053] さらに、マッチング情報は、第 1 のパターン画像と第 2 のパターン画像との相対関係を示す位置情報、回転情報、及び倍率情報の少なくとも 1 つであってもよい。かかるマッチング情報を利用すれば、測定画像と参照用測定画像との位置関係を簡易に得ることができ、これを基に比較画像を簡易に取得できる。

[0054] またさらに、測定画像及び参照用測定画像は、半導体デバイスの発熱画像、発光画像、電気量変化画像、光起電流画像、正誤情報画像、位相画像、振

幅画像及びI/Q画像のうちの少なくとも1つであってもよい。

[0055] また、比較画像は、差分により得られた値の絶対値を含む画像であってもよく、差分により得られた値を含む画像であってもよい。かかる比較画像を取得することにより、半導体デバイスと参照用半導体デバイスとの測定画像の比較結果を顕在化させて簡易に得ることができる。

[0056] また、マッチング情報を取得するステップでは、測定画像及び参照用測定画像のコントラストに基づいて、第1の形状情報及び第2の形状情報を抽出する、ことでもよい。この場合、測定画像からより多くの形状情報を取得することができ、精度のよい比較画像を得ることができる。

[0057] さらに、マッチング情報を取得するステップでは、測定画像の半導体デバイス上の範囲を示す第1の視野サイズと、参照用測定画像の参照用半導体デバイス上の範囲を示す第2の視野サイズとの比に基づいて、測定画像及び参照用測定画像の少なくともいずれか一方の画像サイズを調整する、ことでもよい。こうすれば、測定画像と参照用測定画像の視野サイズが異なっている、互いの画像の半導体デバイス上の位置が一致した比較画像を作成することができる。

[0058] またさらに、マッチング情報は、測定画像と参照用測定画像との相対関係を示す位置情報、回転情報、及び倍率情報の少なくとも1つであってもよい。かかるマッチング情報を用いれば、測定画像と参照用測定画像との位置関係を簡易に得ることができ、これを基に比較画像を簡易に取得できる。

[0059] さらにまた、測定画像及び参照用測定画像は、半導体デバイスの発熱画像、発光画像、電気量変化画像、光起電流画像、正誤情報画像、位相画像、振幅画像及びI/Q画像のうちの少なくとも1つであってもよい。

産業上の利用可能性

[0060] 本発明は、画像処理方法、画像処理装置、及び画像処理プログラムを使用用途とし、半導体デバイスの複数の測定像の比較画像を精度よく生成することができるものである。

符号の説明

[0061] 101A…観察システム、105…2次元カメラ、107…照明装置、109…ミラー、111…ビームスプリッタ、113…対物レンズ、115…ステージ、117…コンピュータ、119…テスト、125…対物レンズ切替手段、127…記憶部、129…画像解析部、131…画像処理部、133…制御部、 G_{1B} …測定画像、 G_{2B} …第1パターン画像、 G_{4B} …第2パターン画像、 G_{3B} …参照用測定画像、 G_{5B} …比較画像、 P_{4B} …形状情報、S, SR…半導体デバイス。

請求の範囲

- [請求項1] 半導体デバイスを対象に測定された測定画像と、前記測定画像に対応する前記半導体デバイスのパターンを示す第1のパターン画像を取得する第1ステップと、
- 前記半導体デバイス或いは前記半導体デバイスとは異なる半導体デバイスである参照用半導体デバイスを対象に測定された参照用測定画像と、前記参照用測定画像に対応する前記参照用半導体デバイスのパターンを示す第2のパターン画像を取得する第2ステップと、
- 前記第1のパターン画像と前記第2のパターン画像とに基づいて、前記第1のパターン画像と前記第2のパターン画像との相対関係を示すマッチング情報を取得する第3ステップと、
- 前記マッチング情報を基に、前記測定画像と前記参照用測定画像との差分を求めることにより比較画像を取得する第4ステップと、
- を備えることを特徴とする画像処理方法。
- [請求項2] 前記第3ステップでは、前記第1のパターン画像から第1の形状情報を抽出し、前記第2のパターン画像から第2の形状情報を抽出し、前記第1の形状情報及び前記第2の形状情報を基にマッチング情報を取得する、
- ことを特徴とする請求項1記載の画像処理方法。
- [請求項3] 前記第3ステップでは、前記第1のパターン画像の前記半導体デバイス上の範囲を示す第1の視野サイズと、前記第2のパターン画像の前記参照用半導体デバイス上の範囲を示す第2の視野サイズとの比に基づいて、前記第1のパターン画像及び前記第2のパターン画像の少なくともいずれか一方の画像サイズを調整する、
- ことを特徴とする請求項1又は2記載の画像処理方法。
- [請求項4] 前記マッチング情報は、前記第1のパターン画像と前記第2のパターン画像との相対関係を示す位置情報、回転情報、及び倍率情報の少なくとも1つである、

ことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法。

[請求項5] 前記測定画像及び前記参照用測定画像は、前記半導体デバイスの発熱画像、発光画像、電気量変化画像、光起電流画像、正誤情報画像、位相画像、振幅画像、及び I / Q 画像のうちの少なくとも 1 つである、
ことを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の画像処理方法。

[請求項6] 半導体デバイスを対象に測定された測定画像と、前記測定画像に対応する前記半導体デバイスのパターンを示す第 1 のパターン画像と、前記半導体デバイス或いは前記半導体デバイスとは異なる半導体デバイスである参照用半導体デバイスを対象に測定された参照用測定画像と、前記参照用測定画像に対応する前記参照用半導体デバイスのパターンを示す第 2 のパターン画像とを記憶する記憶部と、
前記第 1 のパターン画像と前記第 2 のパターン画像とに基づいて、前記第 1 のパターン画像と前記第 2 のパターン画像との相対関係を示すマッチング情報を取得する画像解析部と、
前記マッチング情報を基に、前記測定画像と前記参照用測定画像との差分を求めることにより比較画像を取得する画像処理部と、
を備えることを特徴とする画像処理装置。

[請求項7] コンピュータを、
半導体デバイスを対象に測定された測定画像に対応し、前記半導体デバイスのパターンを示す第 1 のパターン画像と、前記半導体デバイス或いは前記半導体デバイスとは異なる半導体デバイスである参照用半導体デバイスを対象に測定された参照用測定画像に対応し、前記参照用半導体デバイスのパターンを示す第 2 のパターン画像とに基づいて、前記第 1 のパターン画像と前記第 2 のパターン画像との相対関係を示すマッチング情報を取得する画像解析部、及び

前記マッチング情報を基に、前記測定画像と前記参照用測定画像との差分を求めることにより比較画像を取得する画像処理部、
として機能させることを特徴とする画像処理プログラム。

[請求項8]

請求項7記載の画像処理プログラムを記憶した記憶媒体。

[請求項9]

半導体デバイスを対象に測定された測定画像を取得する第1ステップと、

前記半導体デバイス或いは前記半導体デバイスとは異なる半導体デバイスである参照用半導体デバイスを対象に測定された参照用測定画像を取得する第2ステップと、

前記測定画像から第1の形状情報を抽出し、前記参照用測定画像から第2の形状情報を抽出し、前記第1の形状情報と前記第2の形状情報とに基づいて、前記測定画像と前記参照用測定画像との相対関係を示すマッチング情報を取得する第3ステップと、

前記マッチング情報を基に、前記測定画像と前記参照用測定画像との差分を求めることにより比較画像を取得する第4ステップと、
を備えることを特徴とする画像処理方法。

[請求項10]

前記比較画像は、差分により得られた値の絶対値を含む画像である、
ことを特徴とする請求項9に記載の画像処理方法。

[請求項11]

前記比較画像は、差分により得られた値を含む画像である、
ことを特徴とする請求項9に記載の画像処理方法。

[請求項12]

前記第3ステップでは、前記測定画像及び前記参照用測定画像のコントラストに基づいて、前記第1の形状情報及び前記第2の形状情報を抽出する、
ことを特徴とする請求項9～11のいずれか1項に記載の画像処理方法。

[請求項13]

前記第3ステップでは、前記測定画像の前記半導体デバイス上の範囲を示す第1の視野サイズと、前記参照用測定画像の前記参照用半導

体デバイス上の範囲を示す第2の視野サイズとの比に基づいて、前記測定画像及び前記参照用測定画像の少なくともいずれか一方の画像サイズを調整する、

ことを特徴とする請求項9～12のいずれか1項に記載の画像処理方法。

[請求項14] 前記マッチング情報は、前記測定画像と前記参照用測定画像との相対関係を示す位置情報、回転情報、及び倍率情報の少なくとも1つである、

ことを特徴とする請求項9～13のいずれか1項に記載の画像処理方法。

[請求項15] 前記測定画像及び前記参照用測定画像は、前記半導体デバイスの発熱画像、発光画像、電気量変化画像、光起電流画像、正誤情報画像、位相画像、振幅画像、及びI/Q画像のうちの少なくとも1つである、

ことを特徴とする請求項9～14のいずれか1項に記載の画像処理方法。

[請求項16] 半導体デバイスを対象に測定された測定画像と、前記半導体デバイス或いは前記半導体デバイスとは異なる半導体デバイスである参照用半導体デバイスを対象に測定された参照用測定画像とを記憶する記憶部と、

前記測定画像から第1の形状情報を抽出し、前記参照用測定画像から第2の形状情報を抽出し、前記第1の形状情報と前記第2の形状情報とに基づいて、前記測定画像と前記参照用測定画像との相対関係を示すマッチング情報を取得する画像解析部と、

前記マッチング情報を基に、前記測定画像と前記参照用測定画像との差分を求めることにより比較画像を取得する画像処理部と、
を備えることを特徴とする画像処理装置。

[請求項17] コンピュータを、

半導体デバイスを対象に測定された測定画像から第 1 の形状情報を抽出し、前記半導体デバイス或いは前記半導体デバイスとは異なる半導体デバイスである参照用半導体デバイスを対象に測定された参照用測定画像から第 2 の形状情報を抽出し、前記第 1 の形状情報と前記第 2 の形状情報とに基づいて、前記測定画像と前記参照用測定画像との相対関係を示すマッチング情報を取得する画像解析部、及び

前記マッチング情報を基に、前記測定画像と前記参照用測定画像との差分を求めることにより比較画像を取得する画像処理部、
として機能させることを特徴とする画像処理プログラム。

[請求項18] 請求項 1 7 記載の画像処理プログラムを記憶した記憶媒体。