

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、検査対象デバイスからの発光像や発熱像など測定像を解析する際には、その測定像と別個に取得された検査対象デバイスのパターン画像と重ね合わせた画像を生成したいというニーズが高まってきている。その場合には、パターン画像と測定像を含む信号画像との中の位置合わせの精度が重要である。しかし、検査対象デバイスの発光画像や発熱画像には、検査対象デバイスの回路パターンが含まれない場合が多く、例えば、発熱像画像を測定画像とする場合、測定画像の中心に発熱像が位置するようにステージを調整

した状態でパターン画像を取得することによって、パターン画像の中心と信号画像の中心の位置合わせを行っていた。このような方法では、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、かかる課題に鑑みて為されたものであり、半導体デバイスの発光像や発熱像などの測定像とそのパターン画像との重畳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ステップと、マッチング情報を基に、第2のパターン画像と測定画像とを重畳することによって重畳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、第2のパターン画像と測定画像とを重畳することによって重畳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、第2のパターン画像と測定画像とを重畳することによって重畳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、半導体デバイスの第2のパターン画像との間のマッチング情報を基に、第2のパターン画像と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第2のパターン画像と測定画像との重畳画像を取得することにより、精度のよい重畳画像を得ることができる。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、半導体デバイスの発光像や発熱像などの測定像とそのパターン画像との重畳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

[0011] [図1]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1Aの概略構成図である。

[図2]図1の記憶部27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27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の画像解析部29により生成された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27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29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の画像解析部29によるマッチング処理の対象となる第1パターン

画像及び第２パターン画像の第２の形状情報の一例を示す図である。

[図8]図１の画像処理部３１により測定画像から抜き取られた、発熱像を含む抽出画像の一例を示す図である。

[図9]図１の画像処理部３１により抽出画像と第２パターン画像とを基に重畳された重畳画像の一例を示す図である。

[図10]本発明の第１実施形態の第１の変形例にかかる観察システム１Ｂの概略構成図である。

[図11]本発明の第１実施形態の第２の変形例にかかる観察システム１Ｃの概略構成図である。

[図12]本発明の第１実施形態の第３の変形例にかかる観察システム１Ｄの概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0012] 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。

[0013] [第１実施形態]

[0014] 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１Ａの概略構成図である。図１に示す観察システム１Ａ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熱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１Ａは、赤外カメラ３、２次元カメラ５、照明装置７、ダイクロイックミラー９、ハーフミラーなどのビームスプリッタ１１、対物レンズ１３、ステージ１５、コンピュータ（Personal Computer）１７、テスト１９、入力装置２１、及び表示装置２３を含んで構成されている。

[0015] 赤外カメラ３は、赤外波長に感度を持つＩｎＳｂ（インジウムアンチモン）カメラ等の撮像装置であり、ステージ１５に載置される半導体デバイスＳの発熱像を撮像することにより測定画像を取得する。この赤外カメラ３は、ステージ１５に載置される半導体デバイスＳの発熱像を、対物レンズ１３及

びダイクロイックミラー 9 を介して検出する。

[0016] 2次元カメラ 5 は、CCD (Charge Coupled Device) イメージセンサ、CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) イメージセンサ等を内蔵するカメラであり、ステージ 15 に載置される半導体デバイス S のパターンを示すパターン像等の 2次元像を撮像する。この 2次元カメラ 5 は、対物レンズ 13 及びダイクロイックミラー 9 及びビームスプリッタ 11 を介して半導体デバイスの 2次元像を検出する。

[0017] 対物レンズ 13 は、半導体デバイス S に対向して設けられ、赤外カメラ 3 及び 2次元カメラ 5 に結像する像の倍率を設定する。この対物レンズ 13 には、対物レンズ切替手段 25 と複数の倍率の異なるレンズとが含まれ、赤外カメラ 3 或いは 2次元カメラ 5 に像を結ぶ対物レンズ 13 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。

[0018] ダイクロイックミラー 9 は、半導体デバイス S の発熱像を赤外カメラ 3 に導光するために赤外波長の光を透過し、半導体デバイス S のパターン像を 2次元カメラ 5 に導光するために赤外波長以外の波長の光を反射させる。ビームスプリッタ 11 は、ダイクロイックミラー 9 によって反射されたパターン像を 2次元カメラ 5 に向けて透過させるとともに、照明装置 7 から出射されたパターン像生成用の照明光をダイクロイックミラー 9 に向けて反射させることにより、その照明光をダイクロイックミラー 9 及び対物レンズ 13 を経由して半導体デバイス S に照射する。

[0019] テスタ 19 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熱像が発生する。

[0020] コンピュータ 17 は、赤外カメラ 3 及び 2次元カメラ 5 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 17 は、機能的構成要素として、記憶部 27、画像解析部 29、画像処理部 31、及び制御部 33 により構成されている。また、コンピュータ 17 には、コンピュータ 17 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 21、

コンピュータ 17 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 23 が付属している。

[0021] 図 1 に示すコンピュータ 17 の各機能部は、コンピュータ 17 の CPU 等の演算処理装置がコンピュータ 17 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 17 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 17 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 17 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。

[0022] ここで、コンピュータ 17 の各機能部の機能について説明する。記憶部 27 は、赤外カメラ 3 によって取得された発熱像が検出された測定画像、赤外カメラ 3 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、及び 2 次元カメラ 5 によって取得された半導体デバイス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 29 及び画像処理部 31 は、記憶部 27 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 29 は、記憶部 27 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 31 は、画像解析部 29 によって取得されたマッチング情報を参照しながら、第 2 パターン画像と測定画像中の発熱像とを重畳処理することにより重畳画像を取得する。制御部 33 は、コンピュータ 17 におけるデータ処理、及びコンピュータ 17 に接続されたデバイスの処理を制御する。例えば、制御部 33 は、照明装置 7 による照明光の出射、赤外カメラ 3 及び 2 次元カメラ 5 による撮像、対物レンズ 13 の倍率の切り替え、テスト 19 によるテストパターンの印加、表示装置 23 による観察結果（重畳画像等）の表示を制御する。

[0023] 以下、観察システム 1 A による重畳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。

[0024] まず、コンピュータ 1 7 により、入力装置 2 1 を利用して観察システム 1 A 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と、制御部 3 3 の制御により、対物レンズ 1 3 が予め設定された倍率（例えば、低倍率）に切り替えられた後に、テスト 1 9 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 3 3 の制御により、赤外カメラ 3 によって半導体デバイスの発熱像を含む測定画像が取得されて記憶部 2 7 に記憶される（ステップ A 1 - 1 : 発熱像取得ステップ）。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 2 7 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_1 には、半導体デバイス S 全体からの熱が撮像されることによるパターン像 G_{11} と、テストパターンの印加に伴って故障箇所等の観察対象箇所から発せられる発熱像 G_{12} が含まれる。この半導体デバイス全体からの熱は、半導体デバイスを形成する素子の形状の情報を持っているため、パターン像 G_{11} は、半導体デバイス S のパターンを表す画像となる。

[0025] 次に、制御部 3 3 の制御により、対物レンズ 1 3 の倍率が維持されたままで、テスト 1 9 によるテストパターンの印加が停止される。この状態で、制御部 3 3 の制御により、赤外カメラ 3 によって半導体デバイスのパターン像のみを含む第 1 パターン画像が取得されて記憶部 2 7 に記憶される（ステップ A 1 - 2 : パターン像取得ステップ）。この第 1 パターン画像は、ステップ A 1 - 1 と同様に、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 3 には、記憶部 2 7 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_2 には、半導体デバイス S 全体からの熱が撮像されることによるパターン像 G_{11} のみが含まれ、パターン像 G_{11} 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_2 は、測定画像 G_1 に含まれるパ

ターン像に一致する（対応する）パターン像を表すものとなる。

[0026] その後、コンピュータ 17 の画像解析部 29 は、記憶部 27 から測定画像 G_1 及び第 1 パターン画像 G_2 を読み出し、測定画像 G_1 から第 1 パターン画像 G_2 を差分処理することにより、発熱像のみを含む測定画像 G_1 を加工および生成する（ステップ A 1 - 3 : 発熱像差分ステップ）。図 4 には、画像解析部 29 により生成された測定画像 G_1 のイメージの一例を示している。このように、測定画像 G_1 からパターン像が除かれて発熱像 G_{12} のみが現れている。

[0027] さらに、制御部 33 の制御により、対物レンズ 13 が予め設定された別の倍率（例えば、高倍率）に切り替えられた後に、照明装置 7 からの照明光の出射が開始される。この状態で、制御部 33 の制御により、2 次元カメラ 5 によって半導体デバイスのパターン像を含む第 2 パターン画像が取得されて記憶部 27 に記憶される（ステップ A 2 : 発熱像取得ステップ）。図 5 には、記憶部 27 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_3 には、半導体デバイス S 全体からの反射光が撮像されることによるパターン像 G_{31} が含まれる。この半導体デバイス全体からの反射像は、半導体デバイスを形成する表面形状を示しているため、パターン像 G_{31} は、半導体デバイス S の表面パターンを表す画像となる。

[0028] その後、画像解析部 29 により、記憶部 27 に記憶された第 1 パターン画像 G_2 と第 2 パターン画像 G_3 とに基づいて、マッチング情報が取得される（ステップ A 3 : マッチング情報取得ステップ）。

[0029] このステップ A 3 では、まず、第 1 パターン画像 G_2 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_3 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の比率に基づいて、第 1 パターン画像 G_2 或いは第 2 パターン画像 G_3 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 A 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 29 は、第 1 パターン画像 G_2 を取得した際の対物レンズ 13 の倍率と第 2 パターン画像 G_3 を取得した際の対物レンズ 13 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_2 及び第 2 パターン画像 G_3 の視野

サイズを示す数値とする。そして、画像解析部 29 は、それらの数値をもとに第 2 パターン画像 G_3 のサイズを第 1 パターン画像 G_2 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_2 を取得した際の倍率が 15 倍、第 2 パターン画像 G_3 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_3 の画像サイズを $15/100$ 倍に調整する。ここで、画像解析部 29 は、第 1 パターン画像 G_2 と第 2 パターン画像 G_3 の画像サイズを調整する際には、第 1 パターン画像 G_2 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。

[0030] 次に、画像解析部 29 は、第 1 パターン画像 G_2 と画像サイズの調整された第 2 パターン画像 G_3 とを対象に、形状ベースマッチングを行う（ステップ A3-2：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、異なるカメラで取得されたコントラストの異なるパターン画像 G_2 、 G_3 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 29 は、第 1 パターン画像 G_2 及び第 2 パターン画像 G_3 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 29 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 29 により第 2 パターン画像 G_3 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_3 に含まれるパターン像 G_{31} の輪郭線が、第 2 の形状情報 P_3 として抽出される。ここで、画像解析部 29 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_2 及び第 2 パターン画像 G_3 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_2 及び第 2 パターン画像 G_3 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_2 及び第 2 パターン画像 G_3 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 29 は、第 1 パターン画像 G_2 及び第 2 パターン画像 G_3 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。

[0031] その後、画像解析部 29 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_2 と第 2 パターン画像 G_3 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 A3-3：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_3 に対する第 1 パターン画像 G_2 の位置を示す位置情報、第 2 パターン画像 G_3 に対する第 1 パターン画像 G_2 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_3 に対する第 1 パターン画像 G_2 の倍率が含まれる。図 7 には、画像解析部 29 によるマッチング処理の対象となる第 1 パターン画像 G_2 及び第 2 パターン画像 G_3 の第 2 の形状情報 P_3 の一例を示している。同図に示すように、第 2 の形状情報 P_3 に対する第 1 パターン画像 G_2 のマッチング結果から、マッチング情報が取得される。

[0032] ステップ A3 の処理後に、画像処理部 31 により、画像解析部 29 により取得されたマッチング情報を基に、第 2 パターン画像 G_3 と測定画像 G_1 とが重畳されることにより重畳画像が取得され、表示装置 23 にその重畳画像が表示される（ステップ A4：重畳画像取得ステップ）。詳細には、画像処理部 31 は、マッチング情報を基に、第 1 パターン画像 G_2 の画像中の第 2 パターン画像 G_3 に対応する範囲を特定し、測定画像 G_1 からその範囲に対応する抽出画像 G_{13} を抜き取る。図 8 には、画像処理部 31 により測定画像 G_1 から抜き取られた、発熱像 G_{12} を含む抽出画像 G_{13} の一例を示している。そして、画像処理部 31 により、抽出画像 G_{13} と第 2 パターン画像 G_3 とが重畳され重畳画像 G_4 が生成される。この際、測定画像 G_1 から抜き取られた抽出画像 G_{13} は、画像処理部 31 により、第 2 パターン画像 G_3 と解像度が一致するように画素の補間処理が施される。図 9 には、画像処理部 31 により抽出画像 G_{13} と第 2 パターン画像 G_3 とを基に重畳された重畳画像 G_4 の一例を示している。

[0033] 以上説明した観察システム 1A 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_1 に対応した第 1 パターン画像 G_2 と、半導体

デバイスSの第2パターン画像G₃との間のマッチング情報を基に、第2パターン画像G₃と測定画像G₁との位置関係が精度よく得られ、その位置関係を基に第2パターン画像G₃と測定画像G₁との重畳画像G₄を取得することにより、精度のよい重畳画像を得ることができる。その結果、半導体デバイスS上の故障箇所等の観察対象箇所の位置の特定を容易にすることができる。

[0034] また、第1及び第2パターン画像G₂、G₃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。これにより、第1及び第2パターン画像G₂、G₃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。

[0035] また、第1及び第2パターン画像G₂、G₃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G₂、G₃の少なくともいずれか一方の画像サイズが調整される。この場合、測定画像G₁と第2パターン画像G₃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上の位置が一致した重畳画像G₄を作成することができる。

[0036] さらに、第1及び第2パターン画像G₂、G₃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G₁と第2パターン画像G₂との位置関係を簡易に得ることができ、これを基に重畳画像G₄を簡易に取得できる。

[0037] [第1実施形態の第1の変形例]

[0038] 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。図10は、本発明の第1実施形態の第1の変形例にかかる観察システム1Bの概略構成図である。

[0039] 観察システム1Bでは、測定画像G₁が半導体デバイスSの発光画像として取得される。詳細には、観察システム1Bには、観察システム1Aに比較して、赤外カメラ3が取り除かれ、ダイクロイックミラー9の代わりにミラー9Bが設けられている。そして、照明装置7による照明光の出射を行わない状態で、テスト19によりテストパターンが印加され、2次元カメラ5の感度が高ゲインに設定された状態で、2次元カメラ5により半導体デバイスS

の発光画像が測定画像 G_1 として取得される。その後、照明装置 7 による照明光の出射を行い、テスト 19 によるテストパターンの印加が停止され、2次元カメラ 5 の感度が低ゲインに設定された状態で、2次元カメラ 5 により半導体デバイス S の反射画像が第 1 パターン画像 G_2 として取得される。この場合、測定画像 G_1 には半導体デバイス S のパターン像は現れないため、測定画像 G_1 からの第 1 パターン画像 G_2 の差分処理は必ずしも必要とされない。また、第 1 パターン画像 G_2 の取得時にはテストパターンは印加されたままであってもよい。また、測定画像 G_1 の取得時にはビームスプリッタ 11 を取り外してミラー 9 B で反射された発光像を直接 2次元カメラ 5 で撮像し、第 1 パターン画像 G_2 の取得時にはビームスプリッタ 11 を取り付けてミラー 9 B で反射された反射像をビームスプリッタ 11 を透過させて 2次元カメラ 5 で撮像してもよい。この場合、ビームスプリッタ 11 の代わりにミラーを用いてもよい。2次元カメラ 5 としては、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のほか、InGaAs カメラ、又は MCT (Mercury Cadmium Tellu) カメラであってもよい。

[0040] [第 1 実施形態の第 2 の変形例]

[0041] 次に、本発明の第 1 実施形態の第 2 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。図 11 は、本発明の第 1 実施形態の第 2 の変形例にかかる観察システム 1 C の概略構成図である。なお、同図には、測定画像及び第 1 パターン画像の取得に関する構成のみを示し、第 2 パターン画像の取得に関する構成は第 1 実施形態と同様であるので図示を省略している。

[0042] 観察システム 1 C では、測定画像 G_1 が半導体デバイス S の電気信号画像として取得される。詳細には、観察システム 1 C には、観察システム 1 A に比較して、赤外カメラ 3 が取り除かれ、照明装置 7 の代わりにレーザ光を照射するレーザ光源 7 C が設けられ、2次元カメラ 5 の代わりに半導体デバイス S で反射したレーザ光を検出するフォトダイオード、アバランシェフォトダイオード等の光検出器 3 C が設けられ、ダイクロイックミラー 9 の代わりにレーザ光を半導体デバイス S に対して 2 次的に走査するレーザ走査手段 9

Cが設けられている。さらに、観察システム1Cには、半導体デバイスSに一定の電圧又は一定の電流の電気信号を印加する電源35と、半導体デバイスSに電氣的に接続された電気信号検出手段19Cとが設けられている。

[0043] このような観察システム1Cにおいて、レーザ光源7Cから出射されるレーザ光をレーザ走査手段9Cにより半導体デバイスS上に2次元的に走査しながら、半導体デバイスSで生じる電気信号が電気信号検出手段19Cにより検出される。そして、コンピュータ17の記憶部27に、レーザ光の半導体デバイスS上の走査位置と検出された電気信号の特性値とが関連付けて画像化された電気信号画像が、測定画像G₁として記憶される。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、電気量変化画像である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。

[0044] 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S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S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（電圧値又は電圧の変化値）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S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S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 Laser Stimulation) 画像又はLADA (Laser Assisted Device Alteration) 画像とも呼ばれ、半導体デバイスS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。

[0045] このように、測定画像 G_1 を電気信号画像として取得する観察システム 1 C においては、半導体デバイス S 上をレーザ光で 2 次元走査しながら電気信号画像が取得されると同時に、光検出器 3 C によってレーザ光の反射光を検出することにより、第 1 パターン画像 G_2 が取得される。詳細には、レーザ光を半導体デバイス S 上に走査させながら半導体デバイス S の反射光の強度が検出され、コンピュータ 17 の記憶部 27 には、反射光強度がレーザ照射位置情報に関連付けられて画像化された第 1 パターン画像 G_2 が記憶される。

[0046] [第 1 実施形態の第 3 の変形例]

[0047] 次に、本発明の第 1 実施形態の第 3 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。図 12 は、本発明の第 1 実施形態の第 3 の変形例にかかる観察システム 1 D の概略構成図である。なお、同図には、測定画像及び第 1 パターン画像の取得に関する構成のみを示し、第 2 パターン画像の取得に関する構成は第 1 実施形態と同様であるので図示を省略している。

[0048] 観察システム 1 D では、測定画像 G_1 が半導体デバイス S の電気光学周波数マッピング画像として取得される。詳細には、観察システム 1 D には、観察システム 1 A に比較して、赤外カメラ 3 が取り除かれ、照明装置 7 の代わりにレーザ光を照射するレーザ光源 7 C が設けられ、2 次元カメラ 5 の代わりに半導体デバイス S で反射したレーザ光を検出するフォトダイオード、アバランシェフォトダイオード等の光検出器 3 C が設けられ、ダイクロイックミラー 9 の代わりにレーザ光を半導体デバイス S に対して 2 次元的に走査するレーザ走査手段 9 C が設けられている。

[0049] このような観察システム 1 D において、テスト 19 により半導体デバイス S にテストパターンを繰り返し印加し、レーザ光源 7 C から出射されるレーザ光をレーザ走査手段 9 C により半導体デバイス S 上に 2 次元的に走査しながら、半導体デバイス S で生じる反射光が光検出器 3 C により検出される。そして、光検出器 3 C の検出信号の AC 成分が抽出された後に、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 4 に入力される。周

波数解析装置 4 は、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。コンピュータ 17 では、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が関連付けられ、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電気光学周波数マッピング画像（EOFM（Electro Optical Frequency Mapping）画像）が、測定画像 G_1 として記憶部 27 に記憶される。なお、電気光学周波数マッピング画像は、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/Quadrature）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。さらに、光検出器 3C の検出信号の DC 成分が抽出され、記憶部 27 に、レーザ光の半導体デバイス S 上の走査位置と検出信号の DC 成分とが関連付けて画像化された第 1 パターン画像 G_2 が記憶される。このような観察システム 1D によれば、半導体デバイス S へのレーザ光の照射時にトランジスタなどの素子の動作に伴って発生する反射光の変調光が、2 次元的な画像情報として観察される。

[0050] 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 2 パターン画像 G_3 としては、1200nm 以上の波長のフェムト秒レーザ等の短パルスレーザを半導体デバイス S に照射することにより、2 光子吸収などの多光子吸収を生じさせ、この多光子吸収を利用した光起電流画像（MOBIC 画像）を用いてもよい。また、第 2 パターン画像 G_3 としては、半導体デバイス S の CAD レイアウトデータを用い、CAD レイアウトデータに測定画像を重畳してもよい。さらには、第 2 パターン画像 G_3 としては、X 線等の透過像を撮像した透過画像であってもよい。

[0051] また、観察システム 1C、1D で用いられるレーザ光源 7C としては、レーザ光源のほかにも LED（Light Emitting Diode）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 (Super Luminescent 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。

[0052] なお、半導体デバイス S の測定画像 G_1 と、測定画像 G_1 に対応する半導体デバイスの第 1 パターン画像 G_2 を取得する装置と半導体デバイス S のパターンを示す第 2 パターン画像 G_3 を取得する装置は、一体であってもよいし別々の装置であってよく、また、測定画像 G_1 および第 1 パターン画像 G_2 の取得、第 2 パターン画像 G_3 の取得は一連の処理の流れで行わなくてもよい。本実施形態は、測定画像 G_1 、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 G_2 、及び半導体デバイス S のパターン像が検出された第 2 パターン画像 G_3 をコンピュータ 17 の記憶部 27 に記憶すれば、画像解析部 29 及び画像処理部 31 により、記憶部 27 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ため、装置や測定環境、測定の流れといった制限を受けにくい。

[0053] また、本実施形態では、第 2 測定画像と第 2 測定画像に対応する第 3 のパターン画像とをさらに取得し、第 2 パターン画像 G_3 と第 3 パターン画像に基づくマッチング情報に基づいて、第 2 パターン画像 G_3 に測定画像 G_1 および第 2 測定画像を重畳してもよい。このように、第 2 パターン画像 G_3 に複数の測定画像を重畳することにより、複数の測定画像に基づく半導体デバイス S の解析が行いやすくなる。

[0054] 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。

[0055] 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、測定画像と第2のパターン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重畳画像を作成することができる。

[0056] 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、測定画像と第2のパターン画像との位置関係を簡易に得ることができ、これを基に重畳画像を簡易に取得できる。

[0057] またさらに、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。さらにまた、第2のパターン画像は、半導体デバイスの反射画像、透過画像、MOBIC画像、及びCADレイアウト画像のうちのいずれかであってもよい。

産業上の利用可能性

[0058] 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、半導体デバイスの発光像や発熱像などの測定像とそのパターン画像との重畳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

[0059] 1A、1B、1C、1D…観察システム、3…赤外カメラ、3C…光検出器、5…2次元カメラ、7…照明装置、7C…レーザ光源、9…ダイクロイックミラー、9B…ミラー、9C…レーザ走査手段、11…ビームスプリッ

タ、13…対物レンズ、15…ステージ、17…コンピュータ、19…テスト、19C…電気信号検出手段、25…対物レンズ切替手段、27…記憶部、29…画像解析部、31…画像処理部、33…制御部、35…電源、 G_1 …測定画像、 G_2 …第1パターン画像、 G_3 …第2パターン画像、 G_4 …重畳画像、 P_3 …形状情報、S…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、前記第2のパターン画像と前記測定画像とを重畳することによって重畳画像を取得する第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] 前記第2のパターン画像は、半導体デバイスの反射画像、透過画像、MOBIC画像、及びCADレイアウト画像のうちのいずれかである、
ことを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の画像処理方法。

[請求項7] 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、前記第2のパターン画像と前記測定画像とを重畳することによって重畳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8] 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、前記第2のパターン画像と前記測定画像とを重畳することによって重畳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9] 請求項8記載の画像処理プログラムを記憶した記憶媒体。