

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5783953号
(P5783953)

(45) 発行日 平成27年9月24日(2015.9.24)

(24) 登録日 平成27年7月31日(2015.7.31)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 J	37/22	(2006.01)	HO 1 J	37/22	5 O 2 C
HO 1 L	21/66	(2006.01)	HO 1 J	37/22	5 O 2 J
			HO 1 J	37/22	5 O 2 H
			HO 1 L	21/66	J

請求項の数 20 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2012-122638 (P2012-122638)	(73) 特許権者	501387839
(22) 出願日	平成24年5月30日(2012.5.30)		株式会社日立ハイテクノロジーズ
(65) 公開番号	特開2013-247104 (P2013-247104A)		東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号
(43) 公開日	平成25年12月9日(2013.12.9)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成26年4月2日(2014.4.2)		弁理士 井上 学
		(74) 代理人	100098660
			弁理士 戸田 裕二
		(74) 代理人	100091720
			弁理士 岩崎 重美
		(72) 発明者	官本 敦
			神奈川県横浜市戸塚区吉田町2 9 2 番地
			株式会社日立製作所 横浜研究所内
		(72) 発明者	川原 敏一
			東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号 株
			式会社日立ハイテクノロジーズ内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン評価装置およびパターン評価方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

評価パターンを撮像して得た複数の画像に含まれる、隣接する第一の画像と第二の画像との間の距離の許容値である距離許容値を指定する距離許容値指定ステップと、

少なくとも該評価パターンの一部を含み、かつ、隣接する画像同士が前記距離許容値指定ステップにて指定した距離許容値を満たすような撮像領域を決定する撮像領域決定ステップと、

前記撮像領域決定ステップにて決定した撮像領域にて該評価パターンを撮像し、複数の画像を取得する撮像ステップと、を備える回路パターン評価方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の回路パターン評価方法であって、

さらに、半導体ウェーハの上に形成された回路パターンから、特定の回路パターンである評価パターンを決定する評価パターン決定ステップを備えることを特徴とする回路パターン評価方法。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の回路パターン評価方法であって、

前記撮像領域決定ステップでは、少なくとも該評価パターンを含む回路パターンの設計データを基に撮像領域を決定することを特徴とする回路パターン評価方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の回路パターン評価方法であって、

10

20

前記撮像領域決定ステップでは、予め走査荷電粒子顕微鏡または光学顕微鏡を用いて少なくとも該評価パターンを含む領域を、前記撮像ステップにおける撮像倍率よりも低い撮像倍率で撮像した低倍像を取得し、該低倍像を基に該撮像領域を決定することを特徴とする回路パターン評価方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の回路パターン評価方法であって、

前記撮像ステップでは、 m 番目に撮像した画像を基に該 m 番目に撮像した画像の撮像位置を推定し、該推定した撮像位置を基に n 番目 ($n > m$) に撮像する画像の撮像位置へのステージシフト量あるいはイメージシフト量を調整することを特徴とする回路パターン評価方法。

10

【請求項 6】

請求項 1 に記載の回路パターン評価方法であって、

前記撮像領域決定ステップでは、該撮像領域を撮像するための撮像シーケンスを決定し、該撮像シーケンスを撮像レシピとして保存することを特徴とする回路パターン評価方法。

【請求項 7】

請求項 2 に記載の回路パターン評価方法であって、

前記評価パターン決定ステップでは、該半導体ウェーハに形成されたコンタクトホール の位置を基に電氣的繋がりのある複数のパターンを特定し、該複数のパターンを評価パターンとすることを特徴とする回路パターン評価方法。

20

【請求項 8】

請求項 1 に記載の回路パターン評価方法であって、

前記撮像領域決定ステップでは、該評価パターンの各部位における属性情報を考慮して撮像領域を決定することを特徴とする回路パターン評価方法。

【請求項 9】

請求項 8 記載の回路パターン評価方法であって、

該属性情報にはパターンの変形しやすさを含むことを特徴とする回路パターン評価方法。

【請求項 10】

請求項 1 記載の回路パターン評価方法であって、

前記撮像ステップでは、半導体ウェーハの第一の撮像領域を撮像して得られた第一の画像を基に該第一の撮像領域以外の領域に存在する評価パターンの位置を推定し、

前記撮像領域決定ステップでは、該推定した評価パターンを撮像するように第二の撮像領域を設定することを特徴とする回路パターン評価方法。

30

【請求項 11】

評価パターンを撮像して得た複数の画像に含まれる、隣接する第一の画像と第二の画像との間の距離の許容値である距離許容値を指定する距離許容値指定部と、

少なくとも該評価パターンの一部を含み、かつ、隣接する画像同士が前記距離許容値指定部にて指定した距離許容値を満たすような撮像領域を決定する撮像領域決定部と、

前記撮像領域決定部にて決定した撮像領域にて該評価パターンを撮像し、複数の画像を取得する撮像部と、を備える回路パターン評価装置。

40

【請求項 12】

請求項 11 記載の回路パターン評価装置であって、

さらに、半導体ウェーハの上に形成された回路パターンから、特定の回路パターンである評価パターンを決定する評価パターン決定部を備えることを特徴とする回路パターン評価装置。

【請求項 13】

請求項 11 に記載の回路パターン評価装置であって、

前記撮像領域決定部では、少なくとも該評価パターンを含む回路パターンの設計データを基に撮像領域を決定することを特徴とする回路パターン評価装置。

50

【請求項 14】

請求項 11 に記載の回路パターン評価装置であって、

前記撮像領域決定部では、予め走査荷電粒子顕微鏡または光学顕微鏡を用いて少なくとも該評価パターンを含む領域を、前記撮像部における撮像倍率よりも低い撮像倍率で撮像した低倍像を取得し、該低倍像を基に該撮像領域を決定することを特徴とする回路パターン評価装置。

【請求項 15】

請求項 11 に記載の回路パターン評価装置であって、

前記撮像部では、m 番目に撮像した画像を基に該 m 番目に撮像した画像の撮像位置を推定し、該推定した撮像位置を基に n 番目 ($n > m$) に撮像する画像の撮像位置へのステータジシフト量あるいはイメージシフト量を調整することを特徴とする回路パターン評価装置。

10

【請求項 16】

請求項 11 に記載の回路パターン評価装置であって、

前記撮像領域決定部では、該撮像領域を撮像するための撮像シーケンスを決定し、該撮像シーケンスを撮像レシピとして保存することを特徴とする回路パターン評価装置。

【請求項 17】

請求項 12 に記載の回路パターン評価装置であって、

前記評価パターン決定部では、該半導体ウェーハに形成されたコンタクトホールを基に電氣的繋がりのある複数のパターンを特定し、該複数のパターンを評価パターンとすることを特徴とする回路パターン評価装置。

20

【請求項 18】

請求項 11 に記載の回路パターン評価装置であって、

前記撮像領域決定部では、該評価パターンの各部位における属性情報を考慮して撮像領域を決定することを特徴とする回路パターン評価装置。

【請求項 19】

請求項 18 記載の回路パターン評価装置であって、

該属性情報にはパターンの変形しやすさを含むことを特徴とする回路パターン評価装置。

。

【請求項 20】

請求項 11 記載の回路パターン評価装置であって、

前記撮像部では、半導体ウェーハの第一の撮像領域を撮像して得られた第一の画像を基に該第一の撮像領域以外の領域に存在する評価パターンの位置を推定し、

前記撮像領域決定部では、該推定した評価パターンを撮像するように第二の撮像領域を設定することを特徴とする回路パターン評価装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

回路パターンを走査荷電粒子顕微鏡を用いて効率的に検査する方法および装置を提供する。

40

【背景技術】

【0002】

半導体ウェーハに回路パターンを形成するに際しては、半導体ウェーハ上にレジストと呼ばれる塗布材を塗布し、レジストの上に回路パターンの露光用マスク（レチクル）を重ねてその上から可視光線、紫外線あるいは電子ビームを照射し、レジストを感光（露光）して現像することによって半導体ウェーハ上にレジストによる回路パターンを形成し、このレジストの回路パターンをマスクとして半導体ウェーハをエッチング加工することにより回路パターンを形成する方法等が採用されている。

【0003】

半導体デバイスの設計・製造においては、露光・エッチング装置等の製造装置における

50

発塵管理や、ウェーハ上に形成された回路パターン形状評価が重要であるが、回路パターンは微細であるため、撮像倍率の高い走査荷電粒子顕微鏡を用いた画像撮像ならびに検査が行われる。

【0004】

走査荷電粒子顕微鏡としては、走査電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope：SEM）、走査型イオン顕微鏡（Scanning Ion Microscope：SIM）等が挙げられる。更に、SEM式の画像撮像装置としては、測長用の走査電子顕微鏡（Critical Dimension Scanning Electron Microscope：CD-SEM）や欠陥レビュー用の走査電子顕微鏡（Defect Review Scanning Electron Microscope：DR-SEM）が挙げられる。

【0005】

パターン形状の評価のため、走査荷電粒子顕微鏡を用いて撮像を行う領域を評価ポイントと呼び、以降、EP（Evaluation Point）と略記する。EPを少ない撮像ずれ量で、かつ高画質で撮像するため、アドレッシングポイント（以降、APと呼ぶ）あるいはオートフォーカスポイント（以降、AFと呼ぶ）あるいはオートスティグマポイント（以降、ASTと呼ぶ）あるいはオートブライトネス・コントラストポイント（以降、ABCCと呼ぶ）の一部又は全ての調整ポイントを必要に応じて設定し、それぞれの調整ポイントにおいて、アドレッシング、オートフォーカス調整、オートスティグマ調整、オートブライトネス・コントラスト調整を行った後、EPを撮像する。前記アドレッシングにおける撮像ずれ量は、事前に登録テンプレートとして登録された座標既知のAPにおけるSEM画像と、実際の撮像シーケンスにおいて観察されたSEM画像とをマッチングし、前記マッチングのずれ量を撮像位置のずれ量として補正している。前記評価ポイント（EP）、調整ポイント（AP、AF、AST、ABCC）をまとめて撮像ポイントと呼ぶ。EPのサイズ・座標、撮像条件、ならびに各調整ポイントの撮像条件、調整方法、ならびに各撮像ポイントの撮像順、ならびに前記登録テンプレートは撮像レシピとして管理され、走査荷電粒子顕微鏡は前記撮像レシピに基づき、EPの撮像を行う。

【0006】

従来、撮像レシピの生成はオペレータがマニュアルで行っており、労力と時間を要する作業であった。これに対し、例えばGDSII形式で記述された半導体の回路パターンの設計データを基にAPを決定し、さらに設計データからAPにおけるデータを切り出して前記登録テンプレートとして撮像レシピに登録することで撮像レシピ生成の負担を軽減する半導体検査システムが開示されている（特許文献1：特開2002-328015号公報）。

【0007】

また、走査荷電粒子顕微鏡を用いて広視野な画像を得る手段として、分割して撮像した複数枚の画像を繋ぎ合わせて一枚のシームレスな画像を生成する「パノラマ合成技術」が開示されている（特許文献2：特開2010-067516号公報）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2002-328015号公報

【特許文献2】特開2010-067516号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

従来、定点検査によりウェーハ上のある領域を評価ポイント（EP）として撮像し、前記EPにおける回路パターンのできばえを評価していた。しかしながら、EP座標が定点で与えられない場合において、電気不良を引き起こす可能性のある回路パターンの断線や形状不良を走査荷電粒子顕微鏡を用いて効率的に検査することは容易ではなかった。例えば、ある二箇所回路パターンにプローバをあてて通電試験を行い、断線等の電氣的不良が判明しても、その間のどこで問題が発生しているのか厳密に問題箇所を特定することは

10

20

30

40

50

容易ではなかった。あるいは、不良の有無は不明であるが、ある同電位の回路パターンについて、不良がないか検査したい場合も同様である。これは、電気不良の原因となりうる検査領域の決定が困難であること、検査領域は一般に広域であり、走査荷電粒子顕微鏡の視野に収まらないことによる。後者については、特許文献1で述べたパノラマ合成技術により視野の拡大は期待できるが、撮像回数の観点から効率的な検査を行うことは困難である。また、低い撮像倍率で撮像することにより、ある程度、視野を拡大することはできるが、画像分解能は下がるため、検査性能が低下する危険性がある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、電気不良を引き起こす可能性のある回路パターンの断線や形状不良を走査荷電粒子顕微鏡を用いて効率的かつ自動で検査する方法を提供する。本課題を解決するために、本発明は、以下の特徴を有する回路パターン評価方法ならびにその装置とした。

10

【0011】

評価パターンを撮像して得た複数の画像に含まれる、隣接する第一の画像と第二の画像との間の距離の許容値である距離許容値を指定する距離許容値指定ステップと、少なくとも該評価パターンの一部を含み、かつ、隣接する画像同士が前記距離許容値指定ステップにて指定した距離許容値よりも小さくなるような撮像領域を決定する撮像領域決定ステップと、前記撮像領域決定ステップにて決定した撮像領域にて該評価パターンを撮像し、複数の画像を取得する撮像ステップと、を備える回路パターン評価方法である。

【発明の効果】

20

【0012】

本発明によれば、回路パターンの検査する一歩を向上させるパターン検査装置およびパターン検査方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明における撮像シーケンスの代表例を示す図である。

【図2】本発明を実現するためのSEM装置の構成を示す図である。

【図3】半導体ウェーハ上から放出される電子の信号量を画像化する方法を示す図である。

【図4】SEM装置における撮像シーケンスを示す図である。

30

【図5】評価ポイント(EP)間の距離のバリエーションを示す図である。

【図6】オフライン決定モードによる撮像シーケンスの決定を含む本発明の処理シーケンスを示す図である。

【図7】撮像シーケンスのバリエーションを示す図である。

【図8】分岐をもつパターンの撮像方法とEP撮像範囲のバリエーションを示す図である。

【図9】多層配線において電氣的パスの追跡撮像を示す図である。

【図10】多層配線において電氣的パスの追跡撮像を示す図である。

【図11】属性情報を加味した撮像シーケンスの決定方法を示す図である。

【図12】オンライン決定モードによる撮像シーケンスの決定を含む本発明の処理シーケンスを示す図である。

40

【図13】オンライン決定モードによる撮像シーケンスの決定方法を示す図である。

【図14】混合決定モードによる撮像シーケンスの決定方法を示す図である。

【図15】本発明を実現するための装置システムの構成を示す図である。

【図16】本発明のGUIを示す図である。

【図17】本発明のGUIを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明は、半導体デバイスの設計あるいは製造過程において、ウェーハ上に形成された回路パターンを画像撮像装置である走査荷電粒子顕微鏡を用いて撮像し、電気不良を引き

50

起こす可能性のある回路パターンの断線や形状不良を効率的に検査する装置および方法を提供する。以下、本発明に係る実施の形態を、前記走査荷電粒子顕微鏡の一つである走査電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope：SEM）を例に説明するが、本発明はこれに限定されるものではなく、走査型イオン顕微鏡（Scanning Ion Microscope：SIM）等の走査荷電粒子顕微鏡に対しても適用可能である。また、本発明は半導体デバイスに限らず、撮像・評価が必要なパターンを有する試料の検査に適用することが可能である。

1. 画像撮像装置

1.1 SEM構成要素

本発明における検査システムの一例を図2に示す。図2は検査を行う試料を撮像する走査荷電粒子顕微鏡の例としてSEMを用いた実施例であり、試料の二次電子像（Secondary Electron：SE像）あるいは反射電子像（Backscattered Electron：BSE像）を取得するSEMの構成概要のブロック図を示す。また、SE像とBSE像を総称してSEM画像と呼ぶ。また、ここで取得される画像は測定対象を垂直方向から電子ビームを照射して得られたトップダウン画像、あるいは任意の傾斜させた方向から電子ビームを照射して得られたチルト像の一部または全てを含む。

【0015】

電子光学系202は内部に電子銃203を備え、電子線204を発生する。電子銃203から発射された電子線はコンデンサレンズ205で細く絞られた後、ステージ221上におかれた試料である半導体ウェーハ201上において電子線が焦点を結んで照射されるように、偏向器206および対物レンズ208により電子線の照射位置と絞り量が制御される。電子線を照射された半導体ウェーハ201からは、2次電子と反射電子が放出され、ExB偏向器207によって照射電子線の軌道と分離された2次電子は2次電子検出器209により検出される。一方、反射電子は反射電子検出器210および211により検出される。反射電子検出器210と211とは互いに異なる方向に設置されている。2次電子検出器209および反射電子検出器210および211で検出された2次電子および反射電子はA/D変換機212、213、214でデジタル信号に変換され、処理・制御部215に入力されて、画像メモリ217に格納され、CPU216で目的に応じた画像処理が行われる。図2では反射電子像の検出器を2つ備えた実施例を示したが、前記反射電子像の検出器をなくすことも、数を減らすことも、数を増やすことも、検出方向を変えることも可能である。

【0016】

図3に半導体ウェーハ307上に電子線を走査して照射した際、半導体ウェーハ上から放出される電子の信号量を画像化する方法を示す。電子線は、例えば図3左に示すようにx、y方向に301～303又は304～306のように走査して照射される。電子線の偏向方向を変更することによって走査方向を変化させることが可能である。x方向に走査された電子線301～303が照射された半導体ウェーハ上の場所をそれぞれG1～G3で示す。同様にy方向に走査された電子線304～306が照射された半導体ウェーハ上の場所をそれぞれG4～G6で示す。前記G1～G6において放出された電子の信号量は、それぞれ図3右に示した画像309における画素H1～H6の明度値になる（G、Hにおける添字1～6は互に対応する）。308は画像上のx、y方向を示す座標系である（Ix-Iy座標系と呼ぶ）。このように視野内を電子線で走査することにより、画像フレーム309を得ることができる。また実際には同じ要領で前記視野内を電子線で何回か走査し、得られる画像フレームを加算平均することにより、高S/Nな画像を得ることができる。加算フレーム数は任意に設定可能である。

【0017】

図2中の処理・制御部215は、CPU216と画像メモリ217を備えたコンピュータシステムであり、撮像レシビを基に評価対象となる回路パターンを含む領域を評価パターンとして撮像するため、ステージコントローラ219や偏向制御部220に対して制御信号を送る、あるいは半導体ウェーハ201上の任意の評価パターンの撮像画像に対し計測レシビを基に各種画像処理を行う等の処理・制御を行う。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 8 】

前記撮像レシピの詳細については後述する。前記計測レシピとは、撮像したSEM画像における欠陥検出、パターン形状計測等の評価を行うための画像処理アルゴリズムや処理パラメータを指定するファイルであり、SEMは前記計測レシピに基づいてSEM画像を処理することによって、検査結果を得る。具体的には、評価パターンの部位ごとのパターン形状の測長値、パターン輪郭線、パターンを評価する画像特徴量、パターン形状の変形量、それらに基づくパターン形状の正常度あるいは異常度等の算出方法である。露光条件の変化や光近接効果(Optical Proximity Effect: OPE)、エレクトロマイグレーション(Electromigration)等に伴うパターンの形状あるいはテクスチャの変化、製造装置等から発塵した異物の付着有無や付着位置(付着位置によってパターン変形や断線、配線間のショートを引き起こす)等を捉えることによって電気不良の有無や、電気不良に至らないまでもその危険の度合いを定量的に把握することができる。

10

【 0 0 1 9 】

また、処理・制御部215は処理端末218(ディスプレイ、キーボード、マウス等の入出力手段を備える)と接続されており、ユーザに対して画像等を表示する、あるいはユーザからの入力を受け付けるGUI(Graphic User Interface)を備える。221はXYステージであり、半導体ウェーハ201を移動させ、前記半導体ウェーハの任意の位置の画像撮像を可能にしている。XYステージ221により撮像位置を変更することをステージシフト、例えば偏向器206により電子線を偏向することにより観察位置を変更することをイメージシフトと呼ぶ。一般にステージシフトは可動範囲は広いが撮像位置の位置決め精度が低く、逆にイメージシフトは可動範囲は狭いが撮像位置の位置決め精度が高いという性質がある。

20

【 0 0 2 0 】

図2中のレシピ生成部222は、撮像レシピ作成装置223、計測レシピ作成装置224を備えたコンピュータシステムである。レシピ生成部222は処理端末225と接続されており、生成したレシピをユーザに表示する、あるいはユーザからの撮像やレシピ生成に関する設定を受け付けるGUIを備える。

前述の処理・制御部215、レシピ生成部222はネットワーク228を介して情報の送受信が可能である。ネットワークにはストレージ227を有するデータベースサーバ226が接続されており、(a)設計データ(マスク用の設計データ(光近接効果補正(Optical Proximity Correction: OPC)なし/あり)、ウェーハ転写パターンの設計データ)、(b)前記マスク用の設計データからリソシミュレーション等により推定した実パターンのシミュレーション形状、(c)生成した撮像・計測レシピ、(d)撮像した画像(OM像、SEM画像)、(e)撮像・検査結果(評価パターンの部位ごとのパターン形状の測長値、パターン輪郭線、パターンを評価する画像特徴量、パターン形状の変形量、パターン形状の正常度あるいは異常度等)、(f)撮像・計測レシピの決定ルールの一部または全てを、品種、製造工程、日時、データ取得装置等とリンクさせて保存・共有することが可能である。215、222、226で行われる処理は、任意の組合せで複数台の装置に分割、あるいは統合して処理させることが可能である。

30

1.2 撮像レシピ

40

撮像レシピとは、SEMの撮像シーケンスを指定するファイルである。すなわち、評価対象として撮像すべき撮像領域(評価ポイント(EP)と呼ぶ)の座標や、前記EPを位置ずれなく、かつ高精細に撮像するための撮像手順を指定する。EPは1ウェーハ上に複数存在する場合もあるし、ウェーハの全面検査であればEPがウェーハを埋め尽くすということになる。図4(a)にEPを撮像するための代表的な撮像シーケンスのフロー図、図4(b)に前記代表的な撮像シーケンスに対応する撮像箇所を示す。以後、図4(a)(b)を対応させながら、撮像シーケンスについて説明する。

【 0 0 2 1 】

まず図4(a)のステップ401において試料である半導体ウェーハ(図2では201、図4(b)では416)をSEM装置のステージ221上に取り付ける。図4(b)に

50

においてウェーハ 4 1 6 内に描かれた 4 1 7 ~ 4 2 0 に代表される四角い枠はチップを表しており、4 2 1 はチップ 4 1 8 を拡大したものである。また、4 2 5 はチップ 4 2 1 の一部をある E P 4 3 3 を中心に拡大したものである。

ステップ 4 0 2 においてステージシフトにより、予め指定したウェーハ上のアライメントパターンに S E M に取り付けられた光学顕微鏡（図 2 に図示せず）の視野を移動し、前記ウェーハ上のアライメントパターンを前記光学顕微鏡で観察し O M 像を得る。予め用意した前記アライメントパターンにおけるマッチング用データ（テンプレート）と前記 O M 像をマッチングすることによりウェーハのずれ量を計算する。図 4（b）において前記アライメントパターンの撮像範囲を太枠 4 2 2 で示す。

【 0 0 2 2 】

ステップ 4 0 2 における O M 像の撮像倍率は低倍であるため、マッチングにより求めたずれ量の精度が十分でない場合がある。そこで、ステップ 4 0 3 において電子線 2 0 4 の照射による S E M 画像の撮像を行い、前記 S E M 画像を用いたアライメントを行う。S E M の F O V は光学顕微鏡の F O V に比べて小さく、ウェーハのずれ量によっては撮像しようとするパターンが F O V の外になってしまう危険性があるが、ステップ 4 0 2 によりおおよそのずれ量は分かっているため、前記ずれ量を考慮して電子線 2 0 4 の照射位置を移動する。具体的にはまず、ステップ 4 0 4 において S E M の撮像位置をアライメントパターン撮像用オートフォーカスパターン 4 2 3 に移動して撮像し、オートフォーカス調整のパラメータを求め、該求められたパラメータに基づいてオートフォーカス調整を行う。次にステップ 4 0 5 において S E M の撮像位置をアライメントパターン 4 2 4 に移動して撮像し、予め用意した前記アライメントパターン 4 2 4 におけるマッチング用データ（テンプレート）と S E M 画像とをマッチングすることによって、より正確なウェーハのずれ量を計算する。図 4（b）に光学顕微鏡用アライメントパターン 4 2 2、S E M 用アライメントパターン撮像用オートフォーカスパターン 4 2 3、S E M 用アライメントパターン 4 2 4 の撮像位置の一例を示す。これらの撮像位置の選択においてはアライメントあるいはオートフォーカスを行うのに適したパターンが含まれるか考慮する必要がある。

【 0 0 2 3 】

ステップ 4 0 2、4 0 3 の光学顕微鏡と S E M を用いたアライメントをウェーハ上の複数箇所で行い、前記複数箇所求めた位置ずれ量を基にウェーハの大きな原点ずれやウェーハの回転を計算する（グローバルアライメント）。図 4（a）においてアライメントは N a 箇所で行っており（ステップ 4 0 2 ~ 4 0 6）、図 4（b）ではチップ 4 1 7 ~ 4 2 0 の四箇所で行う例を示している。以降、所望の座標へ視野移動する際には、ここで求めた原点ずれ・回転をキャンセルするように移動を行う。

【 0 0 2 4 】

ウェーハレベルでのアライメントが終わったら、ステップ 4 0 7 において評価パターン（E P）毎にさらに精度の高い位置決め（アドレッシング）や画質調整を行い、E P を撮像する。前記アドレッシングは各 E P への視野移動の際に発生するステージシフト誤差をキャンセルするために行う。具体的には、まず E P 4 3 3 にステージシフトする。すなわち、電子線 2 0 4 の垂直入射位置が E P 中心になるようにステージ 2 2 1 を移動する。電子線の垂直入射位置は M o v e 座標（以降、M P）と呼ばれ、十字マーク 4 2 6 で示している。ここでは M P を E P の中心位置に設定する例で説明するが、M P を E P の周囲に設定する場合もある。M P 4 2 6 が決まると、そこからステージを動かさず、イメージシフトのみで視野移動可能な範囲 4 2 7（点線枠）が決定する。もちろん、M P にステージシフトしても、実際の実際にはステージシフトの停止誤差分だけずれている。次にステップ 4 0 8 において S E M の撮像位置をアドレッシングパターン撮像用オートフォーカスパターン 4 2 8（以降、A F）にイメージシフトして撮像し、オートフォーカス調整のパラメータを求め、該求められたパラメータに基づいてオートフォーカス調整を行う。次にステップ 4 0 9 において S E M の撮像位置をアドレッシングパターン 4 2 9（以降、A P）に移動して撮像し、予め用意した前記 A P 4 2 4 におけるマッチング用データ（テンプレート）と S E M 画像とをマッチングすることによって、よりステージシフト誤差を計算する

10

20

30

40

50

。以降のイメージシフトでは、前記計算したステージシフト誤差をキャンセルするように視野移動する。次にステップ410においてSEMの撮像位置をEP撮像用AF430にイメージシフトして撮像し、オートフォーカス調整のパラメータを求め、該求められたパラメータに基づいてオートフォーカス調整を行う。次にステップ411においてSEMの撮像位置をオートスティグマパターン431（以降、AST）にイメージシフトして撮像し、オートスティグマ調整のパラメータを求め、該求められたパラメータに基づいてオートスティグマ調整を行う。前記オートスティグマとは、SEM撮像時に歪みのない画像を取得するため、収束させた電子線の断面形状をスポット状になるように非点収差補正することを指す。次にステップ412においてSEMの撮像位置をオートブライトネス&コントラストパターン432（以降、ABCC）にイメージシフトして撮像し、オートブライトネス&コントラスト調整のパラメータを求め、該求められたパラメータに基づいてオートブライトネス&コントラスト調整を行う。前記オートブライトネス&コントラストとは、EP撮像時に適切な明度値及びコントラストをもつ鮮明な画像を取得するため、例えば二次電子検出器209におけるフォトマル（光電子増倍管）の電圧値等のパラメータを調整することによって、例えば画像信号の最も高い部分と最も低い部分とがフルコントラストあるいはそれに近いコントラストになるように設定することを指す。前記AP用のAFや、EP用のAP、AF、AST、ABCCへの視野移動はイメージシフトにより行うため、前記イメージシフト可能範囲427内で設定する必要がある。

10

【0025】

ステップ407におけるアドレッシングや画質調整を行った後、ステップ413においてイメージシフトにより撮像箇所をEPに移動して撮像を行う。

20

【0026】

Nb個あるEP全ての撮像が終わったら（ステップ414）、ステップ415においてウェーハをSEM装置から取り出す。

【0027】

なお、前述したステップ404、405、408～412におけるアライメントや画質調整は場合によって、一部が省略される、あるいは順番が入れ替わる場合がある。

【0028】

なお、電子線照射による試料上へ汚染物質の付着（コンタミネーション）の問題から、調整ポイント（AP、AF、AST、ABCC）は一般にEPと撮像領域が重複しないように設定する。同じ領域を2回撮像すると、2回目の画像においてはコンタミネーションの影響で、画像が黒ずんだり、パターンの線幅が変化するという現象がより強く現れることがある。そのため、評価パターンの評価に用いるEPでのパターン形状精度を保つため、各種調整はEP周辺のパターンを用いて行い、調整後パラメータでEPを撮像することで、EPへの電子線照射を最小限に抑える。

30

【0029】

このように撮像シーケンスには、各種撮像パターン（EP、AP、AF、AST、ABCC）の座標、サイズ（視野あるいは撮像倍率）、撮像順序（各撮像パターンへの視野移動手段（ステージシフトあるいはイメージシフト）を含む）、撮像条件（プローブ電流、加速電圧、電子ビームの走査方向等）が含まれる。撮像シーケンスは撮像レシピにより指定する。また、アライメントやアドレッシングに用いたマッチング用データ（テンプレート）も撮像レシピに登録される。さらに、アライメントやアドレッシングにおけるマッチングアルゴリズム（画像処理方法や画像処理パラメータ）も撮像レシピに登録することができる。SEMは前記撮像レシピに基づきEPを撮像する。

40

2. 回路パターンの撮像・評価方法

2.1 概要

図1に本発明における撮像方法の概要を示す。本発明はSEMを用いて半導体ウェーハ上に形成された特定の回路パターン（評価パターン）を撮像位置をずらしながら複数回に分けて撮像した画像群を用いて前記評価パターンを評価する方法であって、回路パターンの中から前記評価パターンを決定する評価パターン決定ステップと、前記画像群に含まれ

50

る任意の隣接する第一の画像と第二の画像間の距離の許容値（距離許容値）を指定する距離許容値指定ステップと、撮像領域内に少なくとも前記評価パターンの一部を含みかつ隣接する画像同士が前記距離許容値を満たすように前記画像群の撮像領域を決定する撮像領域決定ステップと、前記決定した画像群の撮像領域を撮像して評価パターンの画像群を取得する撮像ステップを含むことを特徴とする。

【0030】

図1(a)はウェーハ上に形成された複数の回路パターンの中から評価すべき回路パターン100（評価パターン）を決定する様子を示す。評価パターン以外の回路パターンは図示していないが、一般に評価パターンの周囲にも回路パターンは存在する。評価パターンとして選ばれるパターンは、(1)通電試験等によって判明した電氣的不良が発生しているパターン、(2)リソシミュレーション等によって不良が発生する可能性が高いと推測されるパターン、(3)回路的に重要な配線であり、できればについて特に慎重に検査すべきパターン等が挙げられ、これらの基準に基づき評価パターンを自動で決定することも、ユーザが指定することもできる。ユーザの指定方法としては図1(a)に示すように、例えば画面に表示された回路パターンの設計データや撮像画像（光学顕微鏡の画像、あるいはSEMを用いて低倍率もしくは高倍率で撮像した画像）に対して、マウス等の入力手段を用いてマウスカーソル101のように評価パターンとしたいパターン100を指定する。また、評価パターンはパターン輪郭線により表現される閉図形全てではなく、その一部であってもよい。すなわち、評価パターンとしたいパターンの一部を指してそのパターン全てを評価パターンとしてもよいし、評価パターンとしたい部位の始点、終点をそれぞれマウスカーソル101、102のように指定して、その間を評価パターンとしてもよい（後者の場合、パターン100から部位120を除いた部分のみが評価パターンとなる）。

【0031】

回路パターンを効率的に検査するために、前述のように評価パターンを決定することで前記評価パターンの位置や形状を認識し、少なくとも前記評価パターンの一部を視野に含むように複数回に分けて画像撮像を行う。この際、任意の隣接する第一の画像と第二の画像間の距離許容値を設定することで効率的な撮像を行うことができる。

【0032】

隣接画像間の距離について説明する。画像間の距離は、例えば、隣接画像中心間の距離としても良いし、隣接画像端間の距離としても良いし、隣接画像間の重複領域あるいは隣接画像間のスペースに含まれる評価パターンの長さとしても良い。図5(a)~(e)を用いて複数通り存在する距離の定義について説明する。

【0033】

図5(a)は2つのEP500、501間の距離を、それぞれの撮像範囲の中心502、503間の距離として与えた場合である。中心間のX、Y方向の距離 A_x 、 A_y はそれぞれ504、505で与えられ、例えば距離 A_x 、 A_y 、 $MAX(A_x, A_y)$ 、 $MIN(A_x, A_y)$ 、 $SQRT(A_x^2 + A_y^2)$ 等が前記距離許容値を満たすようにEPを決定する。ただし、 $MAX(a, b)$ 、 $MIN(a, b)$ はそれぞれa、bの最大値、最小値、 $SQRT(a)$ はaの平方根を返す関数である。

【0034】

図5(b)はEP506、507間の距離を、両者の撮像領域の重複領域の幅として与えた場合である。前記重複領域のX、Y方向の幅 B_x 、 B_y はそれぞれ508、509で与えられる。図5(b)は2つのEPが重複する場合であるが、重複しない場合は図5(c)のようにEP510、511間の距離を、両者のずれ幅として与えることもできる。X、Y方向のずれ幅 C_x 、 C_y はそれぞれ512、513で与えられる。

【0035】

図5(d)はEP514、515間の距離を、両者の撮像領域の重複領域に含まれる評価パターン516の長さ $D(517)$ で与えた場合である。図5(d)は2つのEPが重複する場合であるが、重複しない場合は図5(e)のようにEP518、519間の距離

10

20

30

40

50

を，両者の撮像領域間のスペースに含まれる評価パターン 5 2 0 の長さ $E(5 2 1)$ で与えることができる。

【 0 0 3 6 】

評価パターンを効率的に撮像するためには，図 5 (a) ~ (e) に示すような距離が前記距離許容値で与える条件を満たし，評価パターンを適切な間隔で撮像することが有効である。例えば EP どうしを近づけたい場合， EP 間の距離を前述の $MAX(A_x, A_y)$ (図 5 (a) の場合，5 0 5) で与えるのであれば，その距離許容値を小さく設定する必要があるし， $MIN(B_x, B_y)$ (図 5 (b) の場合，5 0 9) で与えるのであれば，その距離許容値を大きく設定する必要がある。距離の定義はいずれを用いることも可能であるが，定義の仕方によって値の大小の意味が変わってくる。そこで，以降の説明において EP 間の距離は画像中心間の距離 $SQRT(A_x^2 + A_y^2)$ (図 5 (a) の 5 2 2) として説明する。この距離では，値が小さいほど EP どうしが近づき，値が大きいほど EP どうしが離れる。

【 0 0 3 7 】

隣接画像間の距離の許容値 (距離許容値) について説明する。前記距離許容値は一つの値で与えても良いし，範囲 (最小値，最大値) で与えても良い。前記距離許容値は，その大きさによって次の二つに大別される。

(条件 1) 前記隣接する第一の画像と第二の画像の撮像領域が重複する距離許容値

(条件 2) 前記隣接する第一の画像と第二の画像の撮像領域が重複しない距離許容値

図 1 (b) は，評価パターン (パターン 1 0 0 から部位 1 2 0 を除いた部分) に対して隣接画像間の距離が (条件 1) の距離許容値を満たすように EP を決定した例である。同図には点線枠 1 0 3 ~ 1 1 1 で示される 9 つの EP (順に $EP1 \sim EP9$ と呼ぶ) が配置されており，例えば $EP1(1 0 3)$ と $EP2(1 0 4)$ の中心座標 (十字マークで表示) 間の距離 1 1 2 に代表される任意の隣接 EP 間の距離が (条件 1) の距離許容値を満たし，隣接 EP 間に重複領域ができるように EP 座標や EP 数が決定されている。(条件 1) の場合の距離許容値として，隣接画像間の距離の最小値を設けた場合，前記最小値より隣接画像どうしが近づくことはないので，重複して撮像される評価パターンの長さもある程度に抑えられ，効率的に評価パターンを撮像することができる。また，最大値を設けた場合，少なくとも隣接画像間には重複領域が存在するため，評価パターンの任意の部位はいずれかの撮像画像に含まれる可能性が高く，検査漏れを防ぐことができる。

【 0 0 3 8 】

図 1 (c) は，評価パターン (パターン 1 0 0 から部位 1 2 0 を除いた部分) に対して隣接画像間の距離が (条件 2) の距離許容値を満たすように EP を決定した例である。同図には点線枠 1 1 3 ~ 1 1 8 で示される 6 つの EP (順に $EP1 \sim EP6$ と呼ぶ) が配置されており，例えば $EP1(1 1 3)$ と $EP2(1 1 4)$ の中心座標 (十字マークで表示) 間の距離 1 1 9 に代表される任意の隣接 EP 間の距離が (条件 2) の距離許容値を満たし，隣接 EP 間にスペースができるように EP 座標や EP 数が決定されている。(条件 2) の場合，隣接画像間にスペースができるため，そのスペースに存在する撮像されなかった評価パターンの部位において検査漏れが発生する危険性がある。しかしながら，距離許容値として隣接画像間の距離の最小値や最大値を設けることにより，評価パターンを一定の割合でサンプリングして検査することができ，検査箇所への偏りなく，できればの全体傾向を捉えることができる。

【 0 0 3 9 】

(条件 1) (条件 2) において，最大値，最小値は，どちらか一方を設けても良いし，両方設けてもよい。

【 0 0 4 0 】

また (条件 1) (条件 2) を共に含む実施例として，距離許容値を範囲 (最小値，最大値) として与え，最小値は隣接画像が重複する距離，最大値は隣接画像間にスペースができる距離としてもよい。

【 0 0 4 1 】

10

20

30

40

50

こうして与えた距離許容値をなるべく満たすように複数の評価ポイント（E P）の位置を最適化し、撮像したE Pの画像群を基に前記評価パターンを検査することができる。

【0042】

本発明における撮像シーケンスの決定のバリエーションは、次の3つのモードに大別される。

（モード1）設計データ等を用いて事前に評価パターンの位置や形状を認識して撮影前に撮像シーケンスを決定（オフライン決定モードと呼ぶ）。

（モード2）撮影を繰り返す中で、撮影した画像を基に撮像シーケンスを決定（オンライン決定モードと呼ぶ）。

（モード3）前記オフライン決定モードと前記オンライン決定モードを両方用いる（混合決定モードと呼ぶ）。

10

【0043】

これら3つのモードはG U I等で切り替えて実行することができる。以下、順に詳細を説明する。

2.2 撮像シーケンスのオフライン決定モード（モード1）

2.2.1 評価パターン決定および撮像シーケンス決定

図6にオフライン決定モードの全体処理フローを示す。四角い枠600～604は処理内容、角が丸い枠605～612は前記処理に用いられる情報を示す。まず、評価パターンを決定するにはウェーハ上のパターンのレイアウト情報を用いることが有効である。また、評価パターンを含むように撮像領域（E P）を決定するには、前記評価パターンの位置や形状を認識しなければならない。さらに、撮像シーケンスの決定においては、E Pや各種調整ポイント（A P, A F, A S T, A B C C）の撮像位置、撮像条件、撮像順、各種調整方法等の一部または全てを決定する必要がある。評価パターン周辺のパターン情報も必要である。そのため、評価パターン決定（ステップ600）、撮像シーケンス決定（ステップ601）は、少なくとも評価パターンを含む回路パターンの設計データ（605）を基に行うことを特徴とする。前記設計データとしては、マスク用の設計データ（光近接効果補正（Optical Proximity Correction：O P C）なし/あり）、ウェーハ転写パターンの設計データ等を用いても良いし、これらは実際のパターン形状との乖離が大きい場合があるため、前記マスク用の設計データからリソシミュレーション等により推定した実パターンのシミュレーション形状を用いてもよい。

20

30

【0044】

あるいは設計データの代わりに、事前に走査荷電粒子顕微鏡あるいは光学顕微鏡を用いて少なくとも評価パターンを含む広域をE Pの撮像倍率よりも低倍率で撮像した低倍像を取得し、前記低倍像を基にステップ600、601を行う（606）ことを特徴とする。検査漏れを防ぐため、評価パターンの検査に用いるE P画像には高い画像分解能が要求される。一方、評価パターンの認識に用いるのであれば、ある程度の画像分解能があれば十分である。また、低倍像は一般に視野が広く、評価パターンの認識には都合が良い。

【0045】

ステップ600、601では設計データ、低倍像、あるいはその両方を用いることが可能であるが、以下の説明では特に設計データを用いた場合について説明する。ステップ600では、図1（a）に示すように設計データを画面に表示して、評価パターンを指定することができる。

40

【0046】

ステップ601では、設計データ等から得られるパターンのレイアウト情報の他、隣接画像（E P）間の距離許容値607、E Pの視野あるいは撮像倍率608、E Pの許容撮像ずれ量609を入力として、撮像シーケンスを決定する。撮像条件の一つである前記E Pの視野あるいは撮像倍率は例えば1um～2umのように範囲で与えることもできる。E P間の距離、E Pの視野、E Pの許容撮像ずれ量等に関する制約条件を満足するように計算機内で撮像シーケンスを最適化し、自動で撮像シーケンスを決定することができる。

【0047】

50

図7を用いて撮像シーケンスの一例を説明する。図7(a)は評価パターン700を撮像するための撮像シーケンスであり、許容撮像ずれ量を考慮せずに決定した撮像シーケンスとそのためアドレッシングを行わずに撮像した撮像位置を示す。本例はあるEP間の距離許容値を満たすように配置した4つのEP(EP1~EP4)を番号順に撮像する様子を示す。撮像位置の移動はステージシフトあるいはイメージシフトにより行われるが、いずれも位置決め精度には限界があるため、撮像シーケンス決定時に定めたEP1~EP4の設定撮像位置701~704に対して、実際の撮像位置は例えば太枠717~720のようにずれる可能性がある。ステージシフト、イメージシフトのそれぞれにおいて発生しうる最大の撮像ずれ量(最大撮像ずれ量)は見積もることができる。そこで、各EPへの視野移動手段(ステージシフト、イメージシフト)を基に、EP1~EP4において発生しうる最大の撮像ずれ範囲(最大撮像ずれ範囲)を予想して表示したものが点線枠705~708である。設定撮像位置701~704からのX方向の最大撮像ずれ量 G_x はそれぞれ709~712、Y方向の最大撮像ずれ量 G_y はそれぞれ713~716で表される。すなわち、設定撮像位置から実際の撮像位置は $\pm G_x$ 、 $\pm G_y$ だけずれる可能性があり、実際の撮像位置717~720は対応する点線枠705~708内には収まるが、そのどこになるかは分からない。視野移動を繰り返すたびに撮像ずれは積算されるため、最大撮像ずれ範囲はEP撮像回数に伴い大きくなっており、EPの許容撮像ずれ量を満たさなくなる可能性が高くなる。EP4に対する実際の撮像位置720は一例ではあるが、設定撮像位置704から大きくずれており、評価パターンを画像中心付近に捉えることができていない。

10

20

【0048】

そこで同じく評価パターン700を撮像するために、許容撮像ずれ量(609)を考慮して決定した撮像シーケンスとアドレッシングを行った撮像位置を図7(b)に示す。EP1~EP4に対応する設定撮像位置は722~725、最大撮像ずれ範囲は727~730、X方向の最大撮像ずれ量 G_x は732~735、Y方向の最大撮像ずれ量 G_y は737~740、実際の撮像位置は742~745である。EPの撮像ずれを小さくするための方法として、図4(b)に示したようにEP撮像前に位置決め用パターンであるアドレッシングポイント(AP)429を撮像し、位置ずれを補正することが考えられるが、このようなアドレッシングには以下の課題がある。

【0049】

(a) APを予め与える必要がある。(b) EPの周囲に適切なAPがあるとは限らない。(c) APの撮像と撮像ずれの推定に時間を要する分、スループットが低下する。

30

【0050】

そこで本発明では、EP群の中でm番目に撮像したEPを基に前記m番目に撮像したEPの実際の撮像位置を推定し、前記推定した実際の撮像位置を基にn番目($n > m$)に撮像するEPの撮像位置へのステージシフト量あるいはイメージシフト量を調整することを特徴とする。すなわち、EP画像から、前記EPにおいて発生した撮像ずれ量を推定し、次に撮像するEPへのステージシフト量あるいはイメージシフト量を前記撮像ずれ量をキャンセルするように決定する。これにより、視野移動を繰り返すたび、撮像ずれ量が積算されるのを防ぐことができる。また、アドレッシングのためだけにAPのような画像撮像をする必要がない。EPでの撮像ずれは、実際に撮像したEP画像と、EPの設定撮像位置における設計データや低倍像とをマッチングすることにより推定できる。また、撮像シーケンスの決定において評価パターンがEP画像の視野の中心にくる等の配置ルールに従ってEPを決定していた場合、実際に撮像したEP画像中における評価パターンの位置を認識し、前記評価パターンの画像中心からずれを検出することにより撮像ずれを推定することができる。図7(b)ではまず設定撮像位置が722で与えられるEP1を撮像し、EP1画像を用いて前述の方法によりEP1において発生した撮像ずれ量を推定する。EP1画像742においてはX、Y両方向に変化するパターンエッジを含むため、X、Y両方向の位置ずれ量を推定することができる。次にEP1の撮像ずれ量をキャンセルするようにEP2に視野移動し、撮像する。EP2への視野移動においても撮像ずれが発生する

40

50

ため、予想される最大撮像ずれ範囲728はある幅をもつが、EP1における撮像ずれが積算されることはないので、図7(a)におけるEP2の最大撮像ずれ範囲706に対しては小さくすることができる。同様にEP2画像を用いてEP2において発生した撮像ずれ量を推定する。ただし、EP2画像743においてはY方向に変化するパターンエッジしか含まないため、Y方向の位置ずれ量しか推定することができない。そのため、EP2のY方向の撮像ずれ量のみキャンセルするようにEP3に視野移動することしかできず、X方向については撮像ずれが積算され、EP3の最大撮像ずれ範囲729はX方向に広がった範囲となる($G_x(734) > G_y(739)$)。EP3画像744においてもY方向に変化するパターンエッジしか含まないため、このままでは次のEP4撮像時にはX方向の撮像ずれが更に増す。もし、条件として与えた許容撮像ずれ量(609)とEP3におけるX方向の最大撮像ずれ量734とが近い値であった場合、これ以上撮像ずれが大きくなると要求を満たさなくなってしまう。このような場合は、従来のAPを用いたアドレッシングを組み合わせたことができる。すなわち、EP3撮像後に、位置ずれ量を推定可能な特異的なパターンをAPとして撮像して撮像ずれ量を推定した後、APにおける撮像ずれ量をキャンセルするようにEP4に視野移動する。図7(b)の例では前記特異的なパターンとして721を選択し、パターン721を含むAP726を設定している。APの最大撮像ずれ範囲731はEP3の最大撮像ずれ範囲729に対してさらにX方向の撮像ずれが積算されて大きくなっているが、例えばX方向の最大撮像ずれ量 $G_x(736)$ 分だけ撮像位置がずれても撮像範囲内に位置合せに必要なパターンエッジを含むため、アドレッシングに失敗することはない。また、そうなるように、APの位置やサイズを決定する。APでのアドレッシングにより、EP4の最大撮像ずれ範囲730は小さくなり、許容撮像ずれ量を満たすことができる。このようにAPを設けることで前述の通り多少スループットは低下するが、最大撮像ずれ量の推定、およびEPでのアドレッシングと組み合わせることで、その回数は必要最小限に抑えることができる。

【0051】

また、このような撮像ずれを考慮してEPの位置やサイズを決定することもできる。図7(c)は評価パターン747を撮像するためのEP群の一つであるEP1(748)を示している(他のEPは図示せず)。EP1は評価パターンの形状や他のEPとの距離許容値等を加味して決定されたが、EP1においてはY方向に変化するパターンエッジしか含まないため、X方向の位置合せが困難である。もし、EP1の次に撮像されるEP2(図示せず)において発生しうるX方向の撮像ずれが許容撮像ずれ量を満たさない場合、前記EP2撮像前にX方向のアドレッシングを行う必要がある。その手段として、図7(b)中のAP726のように周囲に存在するパターンでアドレッシングを行うという選択肢の他に、次の二つの選択肢を用いることができる。一つは、もしEP1の近傍にX方向に位置合せ可能なパターンが存在していた場合、EP1をずらし、前記位置合せ可能なパターンを含む領域をEP1として再設定する(EP1₂と呼び、749で与えられる)。その場合、例えばEP間の距離許容値を満たすため必要に応じて他のEPの撮像位置もずらしてもよい。もう一つは、同じくEP1の近傍にX方向に位置合せ可能なパターンが存在しており、かつ撮像条件の一つであるEPの視野あるいは撮像倍率(608)が $1\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$ のように範囲で与えられていた場合、前記範囲内でEP1の視野を拡大し、前記位置合せ可能なパターンを含む領域をEP1として再設定する(EP1₃と呼び、750で与えられる)。EP1₂、EP1₃共にそれぞれEP1₂、EP1₃における最大撮像ずれ範囲を考慮し、撮像ずれに対しても前記位置合せ可能なパターンが視野内に含まれるようにEPの位置やサイズを決定する必要がある。

【0052】

図7に示したのは撮像シーケンスの一例である。このようにEPにおける撮像ずれを推測し、EP間の距離、EPの視野、EPの許容撮像ずれ量等に関する制約条件をなるべく満足するように計算機内で撮像シーケンスを最適化し、自動で撮像シーケンスを決定することを特徴とする。この撮像シーケンス決定においてはAPの挿入タイミング・位置・サイズやEP位置・サイズの最適化も含まれる。また、図7では示さなかったが、AP以外

10

20

30

40

50

の調整ポイント（AF，AST，ABCC）の挿入タイミング・位置・サイズの最適化も必要に応じて含まれる。また，決定した撮像シーケンスにおける各EPでの最大撮像量や前記制約条件の満足度をユーザに提示することができる。条件によっては理論的に全ての制約条件を満たす撮像シーケンスが存在しない場合もあるため，例えばトレードオフ関係にある複数の撮像シーケンスの選択や撮像シーケンスの修正をユーザに促すGUIが有効である。

2.2.2 撮像レシピ生成および撮像・検査

図6のステップ602では，前述のようにステップ601で決定した撮像シーケンスから撮像レシピを生成し保存することを特徴とする。一旦，撮像レシピを生成すると，同じ回路パターンのウェーハに対しては何度も検査を自動で行うことができる。更に複数台の走査荷電粒子顕微鏡で前記レシピを共有することで，複数のウェーハを並行して検査することができる。更に，類似のウェーハに対しては前記撮像レシピを多少修正することにより，短時間で撮像レシピ（610）を生成することができる。また，ステップ602においては，撮像したEP画像における欠陥検出，パターン形状計測等の評価を行うための画像処理アルゴリズムや処理パラメータを指定する計測レシピを生成し，同様に保存することができる。本明細書では前述のような切り分けで撮像レシピ，計測レシピを説明したが，前記撮像レシピ，計測レシピでの設定項目は一実施例であり，各レシピで指定される各設定項目は，任意の組み合わせで管理することができる。また，前記撮像レシピ，計測レシピを特に区別せず，両者を合わせて一つのレシピとして管理することもできる。

【0053】

ステップ603では，前記撮像レシピ（610）に従って画像を撮像し，EPにおける撮像画像611を得る。ステップ604では前記計測レシピに基づいて撮像画像を画像処理することによって評価パターンの検査結果612を得る。検査結果には，評価パターンの部位ごとのパターン形状の測長値，パターン輪郭線，パターンを評価する画像特徴量，パターン形状の変形量の一部または全てが含まれる。また，これらの情報に基づくパターン形状の正常度あるいは異常度が含まれる。これらを基にユーザは，評価パターンにおける欠陥発生箇所や危険箇所の特定，あるいは評価パターンのできばえについてモニタリングすることができる。

なお，EPの撮像が複数回行われる場合，ステップ603の画像撮像とステップ604の評価パターン検査のタイミングは任意に変更することができる。すなわち，例えばEP1を撮像した後すぐにEP1における評価パターンの検査を行い，その間に次のEP2を撮像するというように撮像と検査を交互に行っても良いし，全EPを撮像した後，全EPにおける評価パターンの検査を行いまともて行っても良い。

2.2.3 バリエーション1：パターンの分岐，撮像範囲

図8（a）を用いてパターンが分岐していた場合の処理について説明する。同図は分岐したパターンの内，評価する必要のない部位を指定し，前記部位を評価パターンから除外する例である。前記評価する必要のない部位の指定方法の一つとして，例えばマウスカーソル801，802により，評価パターンから除外したいパターン800の部位803，804（黒く塗りつぶされた部位）を指定し，ハッチングされた領域のみを評価パターンとする。あるいは，評価パターンの始点，終点をそれぞれマウスカーソル820，821のように指定して，その間を評価パターンとしてもよい。この場合も同様にハッチングされた領域のみが評価パターンとなる。指定した評価パターンに対し，距離許容値をEP間に少しスペースができるように設定すると，例えば5つのEP（EP1（805）～EP5（809））が配置される。

【0054】

これに対し，部位803，804のように評価パターンから除外する部位を指定せず，パターン800の全てを評価パターンとする実施例について図8（b）に示す。距離許容値をEP間に少しスペースができるように設定すると，分岐したパターンを含め，例えば7つのEP（EP1（810）～EP7（816））が配置される。

【0055】

10

20

30

40

50

また、図8(c)にEP撮像領域形状のバリエーションを示す。同図において評価パターンは図8(a)と同様にハッチングされた領域とする。SEMにはEPにおける電子ビームの走査範囲を長方形領域に引き伸ばす「Rectangularスキャンモード」が搭載されているものがある。今までの説明においてEPの撮像領域は正方領域であったが(例えば、図8(a)における点線枠805)、これを長方形領域にすることもできる(例えば、図8(c)における点線枠817)。距離許容値をEPどうしを少し重複させるように設定し、かつEPの撮像モードをRectangularスキャンモードとしてEPを決定すると、例えば図8(c)に示すように3つのEP(EP1(817)~EP3(819))が配置される。

2.2.4 バリエーション2：電氣的パスの追跡

本発明においては、コンタクトホールを基に電氣的繋がりのある複数のパターンを特定し、前記複数のパターンを評価パターンとすることを特徴とする。

例えば、断線等の電氣的不良が判明した際の問題箇所の特長においては、単に一つの閉図形として表現される回路パターンのみを評価パターンとして検査するのではなく、前記回路パターンと電氣的繋がりのあるパターンも評価パターンに含めて検査することを特徴とする。この際、ウェーハにおける回路パターンの積層レイヤに関して、それぞれ異なるレイヤに存在する二つのパターン間の電氣的な連結関係は判定が困難である。そこで、レイヤ間のパターンを繋ぐコンタクトホールを基に前記連結関係を判定する。コンタクトホールは、設計データ、あるいは撮影した画像等から判断することができる。

【0056】

図9(a)に、Z軸方向に積層された積層レイヤの中で二層(上層、下層と呼ぶ)に跨る電氣的パスを検査する具体例を示す。同図においては2つの上層パターン900、901(右上から左下へのハッチングパターンで表示)、2つの下層パターン902、903(左上から右下へのハッチングパターンで表示)、上層と下層を電氣的に繋ぐ2つのコンタクトホール904、905(白い四角で表示)が存在している。これらの表示は例えば設計データを描画することによって行う。これに対し、マウスカーソル906、907で指定した箇所を始点、終点として、この間の電氣的パスを評価パターンとして検査することを考える。例えば、上層パターン900と下層パターン902はXY平面では交差して見えるが、コンタクトホールは存在しないことから、層間は絶縁されており電氣的な繋がりはない。一方、例えば上層パターン900と下層パターン903はコンタクトホール904で接続されており、電氣的な繋がりがある。以上を踏まえると、始点906から終点907までの電氣的パスは太矢印930と特定され、前記太矢印930が通過するパターンの部位を評価パターンとして設定する。距離許容値をEPどうしを少し重複させるように設定し、かつEPの撮像モードをRectangularスキャンモードとしてEPを決定すると、前記評価パターンを検査するためのEPは例えば、9つのEP(EP1(908)~EP9(916))のように配置される。図9(b)は図9(a)で決定したEP1~EP9をSEMを用いて実際に撮像した撮像画像(順に921~929)を対応する位置に配置して表示したものである。表示上、上層パターンを薄い灰色、下層パターンを濃い灰色で示している。設計データにおけるパターン900~903に対応する撮像画像上のパターンは順に917~920となる。撮像画像におけるパターンの輪郭はラインエッジラフネス(Line Edge Roughness:LER)や光近接効果(Optical Proximity Effect:OPE)等により図9(a)に示した設計データに対して凸凹があったり、角が丸まったりしているが、撮像画像におけるこのような形状を評価することによって、電氣的パスにおけるパターンの危険度を評価することができる。

【0057】

図9はSEM撮像において下層パターンも観察可能な場合における実施例であった。しかし、レイヤの膜厚や材質、SEMの撮像条件等によっては下層パターンがSEM画像において観察できない場合があり、この場合はSEMにおいて観察可能なパターンのみを評価パターンとすることもできる。この場合の実施例を図10に示す。図10(a)は図9(a)と同じくパターン群900~903に対して始点906、終点907を与えた例で

10

20

30

40

50

あり、電氣的パスは同一である。しかし、本例ではSEM画像において下層パターンを観察できないとする。この場合、図9(a)中の930で与えられた電氣的パスから下層パターン903上のパスを除外した太矢印1015および1016を検査すべき電氣的パスとして、前記太矢印1015、1016が通過するパターンの部位のみを評価パターンとして設定することができる。前記評価パターンを検査するためのEPは例えば、7つのEP(EP1(1001)~EP7(1007))のように配置される。図10(b)は図10(a)で決定したEP1~EP7をSEMを用いて実際に撮像した撮像画像(順に1008~1014)を対応する位置に配置して表示したものである。勿論、前記撮像画像において下層パターンは観察されないために下層パターンについては評価を行うことができない。一方、このような手段により観測可能なパターンについては漏れなく評価することができ、かつ撮像しても評価すべきパターンが写っていない無駄な画像撮像を省くことができる。

10

図9、10のように設計データと始点、終点を入力として、電氣的パスおよび評価パターンおよびEP配置を計算機により自動で決定することが可能である。また、SEM画像でのパターンの観察可否についてはユーザが与えることもできるし、SEM画像から自動で判定することもできる。さらに、評価パターンの指定においてマウスカーソル906により始点のみ指定し、電氣的パスを追跡させることもできる。その際、例えばコンタクトホール906から下層パターン903上を左右どちらに追跡するのか、あるいは両方追跡するのかは分岐ごとに指定することができる。

2.2.5 バリエーション3：属性情報を考慮したEP決定

20

本発明においては、評価パターンの各部位における属性情報を考慮して撮像領域(EP)を決定することを特徴とする。前記属性情報とは、パターンの変形しやすさ等、検査の優先度を判断する情報である。すなわち、EPの決定基準としては、先に述べたように評価パターンの位置や形状、EP間の距離、EPの視野、EPの許容撮像ずれ量等に関する制約条件が挙げられるが、これらの基準に加え、EP内の評価パターンについて例えばパターンの変形しやすさ等の属性情報を加味することができる。前記パターンの変形しやすさは、例えばEDA(Electronic Design Automation)ツールに搭載された回路パターン形状のリソシミュレーション等により予測することができる。また、「パターンのコーナは丸まる危険がある」「孤立パターンは細る危険がある」「ラインエンドは後退する危険がある」等、パターン形状変形に関する知識を導入して、パターン形状からパターンの変形しやすさに関する属性情報を算出することもできる。例えば図6中の607で入力した隣接EP間の距離許容値で与えられるEP決定基準は、重複し過ぎて無駄な撮像をしない、撮像箇所に偏りをもたせない等の観点である。一方、ここで述べた評価パターンの変形しやすさ等の属性情報に基づくEP決定基準は、欠陥が発生する可能性が高い場所を優先的に撮像するという観点である。EP決定においては、これらの基準のいずれかを用いてもよいし、両者を用いてもよい。

30

【0058】

図11を用いて属性情報を加味したEPの決定について具体例を説明する。同図には3つのパターン1100~1102が表示されており、評価パターンはパターン1101とする。EP間の距離許容値のみ考慮してEPを決定した結果を図11(b)に示す。距離許容値をEP間に少しスペースができるように設定しており、8つのEP(EP1(1109)~EP8(1116))が配置されている。各EPの中心を十字マークで示しており、隣接するEPについて中心間の距離1117~1123が前記距離許容値に近くなるようにEP配置が決定されている。

40

【0059】

ここで、図11(a)を用いて評価パターン1101について前述のパターン形状変形に関する知識の例を説明する。点線枠1103、1104等で与えられるコーナ部は一般にパターン形状の変形が発生しやすい。また、同様に長く伸びた直線部1107、1108を比較すると、直線部1107は周囲にパターン1100、1102が存在するが、1108は孤立パターンであり、点線枠1105等において細りが発生しやすいことが予想

50

される。またラインエンド 1106 は後退する恐れもある。このようにパターンの変形のしやすさを定量化し、属性情報として部位ごとに算出する。

【0060】

図 11(c) にこの属性情報も加味した EP の決定例を示す。同図には 7 つの EP (EP1(1124) ~ EP7(1130)) が配置されているが、パターン変形が比較的発生しにくい属性情報が得られた図 11(a) 中の部位 1107 における EP 間の間隔 1131, 1132 は広い。一方、パターン変形が比較的発生しやすい属性情報が得られた図 11(a) 中の部位 1103, 1104, 1106, 1108 における EP 間の間隔 1133 ~ 1136 は狭い。このようにパターンが変形しにくい部位では粗に、変形しやすい部位では密に EP をサンプリングすることによって、検査の効率化を図ることができる。また、このような属性情報に応じて異なる距離許容値を段階的に与えることもできる。

10

2.3 撮像シーケンスのオンライン決定モード(モード2)

設計データ等の情報が利用できず、事前に評価パターンの位置や形状を認識できない場合の実施例として、第一の撮像領域を撮像して得られた第一の画像を基に第一の撮像領域外に存在する評価パターンの位置を推定し、前記推定した評価パターンを撮像するように第二の撮像領域を設定することを特徴とする。すなわち、撮影した画像から、前記画像内に含まれる評価パターンを認識し、前記評価パターンが画像外に続いていると判断される場合は、画像外の評価パターンが視野に含まれるように、次の撮像位置を決定し、撮像する。これを繰り返すことによって評価パターンを追跡しながら撮像することができる。また、ここで撮影しながら決定していった撮像シーケンスは記録可能であり、前記撮像シーケンスは撮像レシピとして保存することができる。このような撮像シーケンスの決定モードをオンライン決定モードと呼ぶ。

20

【0061】

図 12 にオンライン決定モードの全体処理フローを示す。四角い枠 1201 ~ 1204 は処理内容、角が丸い枠 1205 ~ 1210 は前記処理に用いられる情報を示す。以降、図 12 と図 13 を用いてオンライン決定モードについて説明する。

本モードにおいてもオフライン決定モードと同様に隣接画像 (EP) 間の距離許容値 1205, EP の視野あるいは撮像倍率 1206, EP の許容撮像ずれ量 1207 を入力として、撮像シーケンスを決定することができる (図 6 においてはそれぞれ 607 ~ 609 に対応)。以下、前記距離許容値を EP 間に少しスペースができるように EP サイズの 1.5 倍で与えた場合を例に説明する。オフライン決定モードでは事前に設計データ等から得られるパターンのレイアウト情報から撮像シーケンスを決定し、撮像レシピを準備することができた。オンライン決定モードでは事前にパターンのレイアウト情報を与えられないため、撮像しながら撮像シーケンスを決定していくことになる。ここで決定した撮像シーケンスは、撮像レシピ 1208 として保存することができる。

30

まず EP の通し番号 m を 1 とし、 $m = 1$ のステップ 1201 において撮像開始点の撮像位置を決定する ($m = 1$ の EP を EP1 と表記する)。

【0062】

$m = 1$ のステップ 1202 において EP1 を撮像する。具体例を図 13 に示す。図 13(a) は評価パターン 1300 全体、図 13(b) ~ (d) は前記評価パターン 1300 を撮像したいくつかの EP の撮像画像を示す。EP1 画像の中から評価パターンとするパターンを指定し、以降、前記評価パターンを追跡しながら撮像していく。具体的な例として図 13(b) の EP1 には図 13(a) に示したパターン 1300 の一部であるパターン 1310 が写っており、1310 を評価パターンの一部として指定することで、以降、評価パターン 1300 全体を追跡しながら撮像していく。評価パターンの決定は、EP1 画像中のパターンを自動で認識して評価パターンとしてもよいし、EP1 画像中のパターンから評価パターンをユーザが指定してもよい。本例は EP1 画像内にパターンが一つしか存在しない例であるが、複数のパターンが写っている場合は前記複数のパターンの中から評価パターンとすべきパターンを一つあるいは複数選択することができる。

40

【0063】

50

m = 1でのステップ1203において画像を計測レシピに基づいてEP1画像を処理することによって評価パターンの検査結果1210を得る(オフライン決定モードにおけるステップ604, 検査結果612と同様)。なお, オフライン決定モードのステップ603, 604と同様に, EPの撮像が複数回行われる場合, ステップ1202の画像撮像とステップ1203の評価パターン検査のタイミングは任意に変更することができる。すなわち, EP撮像ごとに前記EPにおける評価パターンの検査を行ってもよいし(図12はその例を図示), 全EPを撮像した後, 全EPにおける評価パターンの検査を行いまとめて行っても良い。

【0064】

m = 1でのステップ1204において, EP1画像中の評価パターンを認識し, もし評価パターンの全領域を撮像し終えたと判断された場合は処理を終了する。図13(b)に示したEP1画像1301には評価パターンの一部であるラインエンドが撮像範囲の中央付近に写っているが, 撮像範囲の下において評価パターンが画像の下端まできている。そのため, 評価パターンは矢印1311の方向に続いていると予測できる。そこでm = 2としてステップ1201に再度進み, 次のEP(EP2)の撮像位置を決定する。この場合, 評価パターンは矢印1311の方向に続いていると予測されるので, EP2は矢印1311の方向に距離許容値1309だけ進んだ場所1302と設定することができる。

【0065】

以後, ステップ1201 ~ 1204を前記距離許容値の間隔で評価パターン全体を撮像し終わるまで繰り返す。

【0066】

次に, m番目のEPからm + 1番目の撮像領域を決定する方法について更にいくつかの例を示す。

【0067】

図13においてEP2(1302)からEP3(1303)を推定する方法を示す。図13(c)においてEP2には評価パターン1300の一部であるパターン1312が写っている。評価パターンは画像の上端と下端で切れているが, EP1からEP2への移動ベクトルは1313であるため, まだ撮像していない評価パターンは矢印1314の方向に続いていると予測できる。そのためEP3は矢印1314の方向に距離許容値だけ進んだ場所1303と設定することができる。このような撮像済みのEP1, EP2からの評価パターン形状予測によりEP3がうまく設定される場合もあるが, 所詮, 撮像していない評価パターンの形状は未知であり, EP3の撮像位置が最適でない場合もありうる。図13(d)はその一例であり, EP3画像1303において評価パターン1315は画像端に位置しており線幅等の評価パターンの形状評価が困難である。また評価パターンの続く方向の推定も多少困難である。この場合, EP3付近で撮像位置を少しずらした場所をEP4として撮像してもよいし, EP3から評価パターンの続く方向を可能な範囲で推測して撮像を継続してもよい。前者の場合, EP3画像に写った評価パターン1315から, EP3の撮像位置が少し下過ぎたこと, パターンは右側に続いていると推測されるため, 例えば図13(a)に示すように撮像位置1304をEP4と設定して次に撮像する。この場合, 例外的にEP間の距離許容値を無効あるいは変更することができる。EP4に写った評価パターンから, 評価パターンは右側に続いていると推測されるため, EP5の撮像位置は1305に設定される。後者の場合, EP3画像に写った評価パターン1315から, 評価パターンを画像中央に捉えるには撮像範囲をもう少し上にした方がよいこと, 評価パターンは右側に続いていると推測されるため, 図13(d)の矢印1317に距離許容値だけ進んだ場所1305をEP4と設定することができる(図13(a)において1305はEP5と書かれているが, 本実施例では1304を撮像しないため, 1305がEP4となる)。

【0068】

図13においてEP7(1307)から次の撮像シーケンスについて述べる。EP6(1306)より評価パターンは下に続いていると推測し, EP7を撮像したが, 実際の評

10

20

30

40

50

価パターンはE P 6 E P 7間でラインエンドになっており、E P 7に評価パターンは写っていない。この場合、E P 7を撮像した時点で評価パターン全体を撮像し終えたと判断して処理を終了しても良いし(ステップ1204の判定をYesとする)、例えばE P 6とE P 7の間にE P 8(1308)を設定して撮像を継続してもよい。後者の狙いは二つある。一つは、評価パターンの追跡に失敗するのを避けるためである。仮にE P 6とE P 7の間で評価パターンが右に折れ曲がって更に続いていた場合、評価パターンの追跡を途中で中断してしまったことになる。もう一つには、たとえE P 6とE P 7の間で評価パターンがラインエンドになっていたとしても(図13はその例を図示)、一般に形状変形しやすいラインエンドの形状評価をスキップしないためである。

【0069】

なお、オンライン決定モードにおいてもオフライン決定モードと同様に以下の処理(A)~(D)を行うことができる。

【0070】

(A) 図7に示したように、E Pでのアドレッシング(E Pでの撮像ずれ推定、次のE Pでの最大撮像ずれ量の見積もり、撮像ずれ量をキャンセルするように次のE Pへの視野移動量決定)を行うことができる。オンライン決定モードの場合、評価パターンがE P画像の視野の中心にきた場合に撮像ずれがない等のルールに従って撮像ずれを推定することができる。また、撮像シーケンスの途中で必要に応じて調整ポイント(AP, AF, AST, ABCC)を挿入してもよい。例えば、E Pでのアドレッシングだけでは、どうしても撮像ずれが許容撮像ずれ量以上になってしまうときは、APを挿入する。APの位置はE P画像に写った周囲パターンから選択しても良いし、適切なAPを探索する必要が発生した際に、途中で評価パターンの周囲を低倍率で画像撮像し、得られた画像に含まれるパターンからAPを選択してもよい。

【0071】

(B) 撮像したE Pにおいて評価パターンが分岐していた場合は、図8(a)に示したように、追跡するパターンを選択的に指定してもよいし、図8(b)に示したように、全てのパターンを追跡してもよい。

【0072】

(C) 図9に示したように、積層レイヤ間を跨って電氣的パスが存在しており、かつSEM画像でパターンを観察することができる場合、積層レイヤ間を跨って電氣的パスを追跡してもよい。

【0073】

(D) 図11に示したように、撮像画像からパターンの属性情報を算出し、これを基に次のE P撮像位置を制御してもよい。

2.4 撮像シーケンスの混合決定モード(モード3)

前記オフライン決定モードと前記オンライン決定モードを両方用いる実施例について述べる。このような撮像シーケンスの決定モードを混合決定モードと呼ぶ。本モードにおいては、まずオフライン決定モードに従い、設計データ等から得られるパターンのレイアウト情報を用いてオフラインで撮像シーケンスを決定するが、設計データ等は実際のパターン形状と乖離する場合があり、必ずしもオフラインで決定した通りにうまくいかないことがありうる。このような形状乖離に対して正しい撮像シーケンスを決定するため、前記レイアウト情報として設計データからリソシミュレーション等により推定した実パターンのシミュレーション形状を用いても良いが、それでも推定精度が十分でない場合もありうる。そこで、オフラインで決定した撮像シーケンスに従って撮像を行うが、撮像中の画像を基に判断し、必要に応じて撮像シーケンスを変更する。

【0074】

図14を用いて具体例を説明する。図14(a)は評価パターン1401に対し、設計データ等から得られるパターンのレイアウト情報に基づきオフライン決定モードにより決定した撮像シーケンスである。パターン1401, 1402は設計データを表示したものであり、同図では8つのE P(E P 1(1403)~E P 8(1410))と一つのA P

10

20

30

40

50

(1411)が配置されている。撮像シーケンスとしてはEPでのアドレッシングを行いながら、順にEP1からEP6まで撮像する。次にAP1411でアドレッシングを行った後、EP7、EP8を撮像する。これは、EP5、EP6ではy方向のアドレッシングが難しいため、もしAP1411でのアドレッシングを行わなかった場合、EP7ではy方向の撮像ずれが積算されて大きくなることが予想されるためである。例えば、評価パターンの周囲にパターン1402が存在していることは、別途、周囲のパターンを撮像しない限りオンライン決定モードでは知ることはできない。そのため、事前にレイアウト情報が与えられるケースにおいてはオフライン決定モードによる撮像シーケンス決定は有効である。そのため、混合決定モードにおいてもオフライン決定モードにより決定した撮像シーケンスを初期値とする。図14(b)に、実際のウェーハ上に形成されたパターン1412、1413に対し、オフライン決定モードにより決定した撮像位置を重ねて表示する。図14(b)中の実際のパターン1412、1413は図14(a)中の設計データのパターン1401、1402にそれぞれ対応するが、パターン1401、1402はあくまで設計データであり、実際のパターン1412、1413とは形状乖離している。そのため、EP3(1405)、EP4(1406)、EP8(1410)において評価パターン1412をうまく視野におさめることができていない。このような問題を解決するため、混合決定モードでは撮像画像を基にオフライン決定モードによる撮像シーケンスをオンラインで変更する。混合決定モードでの撮像シーケンス例を図14(c)に示す。同図では8つのEP(EP1'(1414)~EP8'(1421))と一つのAP'(1422)が配置されており、前記AP'でのアドレッシングはEP5'とEP6'の間で行われる。まず、EP1(1403)、EP2(1404)と同一の撮像位置であるEP1'(1414)、EP2'(1415)を順に撮像する。EP2'(1415)の撮像画像より、パターン1412が画像の下の方で右に曲がっており、パターン形状が設計データから乖離し始めていることが分かる。そこで、EP2'画像からパターンの続いている方向を矢印1423と推測し、次のEPをオフライン決定モードで決定したEP3(1405)からEP3'(1416)に変更する。同様にEP3'画像からパターンの続いている方向を矢印1424と推測し、次のEPをEP4'(1417)とする。EP4'(1417)の撮像位置はオフライン決定モードで決定したEP5(1407)と同一であり、かつEP4'画像からパターンの続いている方向は設計データと同様に矢印1425と推測されるため、次のEPであるEP5'(1418)はEP6(1408)と同一とする。その後、AP'(1422)、EP6'(1419)、EP7'(1420)と順に撮像するが、EP7'画像において評価パターンが写っていないため、撮像位置をEP6'側に少し戻し、EP8'(1421)として撮像することもできる。

3. システム構成

本発明におけるシステム構成の実施例を図15を用いて説明する。

【0075】

図15(a)において1501はマスクパターン設計装置、1502はマスク描画装置、1503はマスクパターンのウェーハ上への露光・現像装置、1504はウェーハのエッチング装置、1505および1507はSEM装置、1506および1508はそれぞれ前記SEM装置を制御するSEM制御装置、1509はEDA(Electronic Design Automation)ツールサーバ、1510はデータベースサーバ、1511はデータベースを保存するストレージ、1512は撮像・計測レシピ作成装置、1513は撮像・計測レシピサーバ、1514はパターン形状の計測・評価を行う画像処理装置画像処理サーバであり、これらはネットワーク1515を介して情報の送受信が可能である。データベースサーバ1510にはストレージ1511が取り付けられており、(a)設計データ(マスク用の設計データ(光近接効果補正(Optical Proximity Correction: OPC)なし/あり)、ウェーハ転写パターンの設計データ)、(b)前記マスク用の設計データからリソシミュレーション等により推定した実パターンのシミュレーション形状、(c)生成した撮像・計測レシピ、(d)撮像した画像(OM像、SEM画像)、(e)撮像・検査結果(評価パターンの部位ごとのパターン形状の測長値、パターン輪郭線、パターンを評価する画

10

20

30

40

50

像特徴量，パターン形状の変形量，パターン形状の正常度あるいは異常度等），（f）撮像・計測レシピの決定ルールの一部または全てを，品種，製造工程，日時，データ取得装置等とリンクさせて保存・共有することが可能である。また，同図においては例として二台のSEM装置1505，1507がネットワークに接続されているが，本発明においては，任意の複数台のSEM装置において撮像・計測レシピをデータベースサーバ1511あるいは撮像・計測レシピサーバ1513により共有することが可能であり，一回の撮像・計測レシピ作成によって前記複数台のSEM装置を稼働させることができる。また複数台のSEM装置でデータベースを共有することにより，過去の前記撮像あるいは計測の成否や失敗原因の蓄積も早くなり，これを参照することにより良好な撮像・計測レシピ生成の一助とすることができる。

10

【0076】

図15(b)は一例として図15(a)上における1506，1508，1509，1510，1512～1514を一つの装置1516に統合したものである。本例のように任意の機能を任意の複数台の装置に分割，あるいは統合して処理させることが可能である。

4. GUI

本発明における各種情報の入力，撮像レシピ生成・出力の設定あるいは表示，SEM装置の制御を行うGUI例を図16に示す。図16中のウィンドウ1601内に描画された各種情報は一画面中，あるいは分割してディスプレイ等に表示することができる。

【0077】

20

ウィンドウ1602は撮像シーケンスの生成・確認用の表示である。ウィンドウ1605内のチェックボックスで選択することによって，設計データや前記設計データからリソシミュレーション等により推定した実パターンのシミュレーション形状，回路図等を重ねて表示することができる。図例では設計データを表示している。ウィンドウ1602上でユーザは評価パターンをマウス，キーボード等を用いて指定することができる。また，以下で述べるオフライン決定モード，オンライン決定モード，混合決定モードにより決定した撮像シーケンスを表示することができる。

【0078】

ウィンドウ1607はオフライン決定モードによる撮像シーケンス決定のための設定画面である。撮像シーケンス決定においては評価パターンあるいはその周辺パターンのレイアウト情報が必要であり，前記レイアウト情報として用いる情報をウィンドウ1608で指定する。選択肢としては，設計データやリソシミュレーションデータ，SEMあるいは光学顕微鏡による低倍像等が挙げられる。ウィンドウ1609は撮像シーケンス決定のための処理パラメータの指定画面である。処理パラメータの例である距離許容値，EPサイズ，許容撮像ずれをそれぞれ1610，1611，1612で指定する。EP間の距離は図5で説明したとおり複数通りの定義が存在するため，前記距離許容値については前記複数通りの定義の中から希望の定義を距離指定方法として選択することができる。また，前記EPサイズについては複数通りの選択肢を与えることができる。またEPサイズは撮像倍率で与えても良い。このような処理パラメータを設定した後，ボタン1613を押すことによって，撮像シーケンスを計算機内で自動生成することができる。また生成した撮像レシピはボタン1614を押すことによって，ウィンドウ1602に表示することができる。ユーザは同画面で必要に応じて，撮像シーケンスを修正することもできる。ウィンドウ1602にはレイアウト情報に重ねて，EP（例えばEP1(1603)）や調整ポイント（AP，AF，AST，ABCC等。図示せず）を表示することができる。また，ウィンドウ1619内のチェックボックス「撮像ずれ予想範囲」のチェックを入れることによって，EPや調整ポイントにおいて予想される最大の撮像ずれ範囲（図7の点線枠705等）を表示することもできる（図示せず）。撮像シーケンスが決定したらボタン1615を押すことによって，前記撮像シーケンスの情報を撮像レシピとして保存することができる。

30

40

【0079】

50

ウィンドウ1621はSEMを用いた撮像方法の設定画面である。撮像方法ウィンドウ1622のラジオボタンで「撮像方法1」を選択し、ボックス1623で撮像レシピを指定することによって、前記レシピに基づいた撮像を行うことができる。ボックス1623に、ボタン1615を押して生成した撮像レシピを指定した場合はオフライン決定モードによる撮像シーケンスにより撮像することができる。更に、チェックボックス1624にチェックを入れることにより、図14(c)で説明した撮像シーケンスの混合決定モードで撮像することができる。また、撮像方法ウィンドウ1622のラジオボタンで「撮像方法2」を選択することで、図13で説明した撮像シーケンスのオンライン決定モードで撮像することができる。この際の処理パラメータはウィンドウ1625で指定することができる(ウィンドウ1625の設定項目はウィンドウ1609内での設定項目と同様)。撮像方法を指定した後にボタン1626を押すことによって撮像が開始され、ボタン1627を押すことによって実際にSEMで撮像した際の撮像シーケンスを撮像レシピとして保存することができる。

10

【0080】

ウィンドウ1616は撮像画像の表示画面であり、EP群の撮像画像を表示することができる(例えばEP1(1617))。また、調整ポイントの画像も表示することができる(図示せず)。表示方法を指定するウィンドウ1620内の項目の一つである「画像間の位置合せを行う」にチェックを入れることによりEP画像群を重複領域で繋ぎ合わせて表示することができる。また、本図における表示例は設計データ等のレイアウト情報と撮像画像とを、それぞれ別のウィンドウ1602、1616で並べて表示しているが、表示方法を指定するウィンドウ1606内のラジオボックスを「並べて表示」から「重ねて表示」に切り替えると両ウィンドウを重ねて表示することができる。重ねて表示することで、例えば設計データと実パターンとの形状乖離を分かり易く可視化することができる。また本図における表示例のようにウィンドウ1602、1616を「並べて表示」した場合、ウィンドウ1606内のチェックボックス「撮像画像と表示位置を同期」のチェックを入れることによって、ウィンドウ1602あるいは1616の縦・横スクロールバーを動かしたとき、もう片方のウィンドウのスクロールバーも同期して動き、対応する画像を表示することができる。また、オンライン決定モードによる撮像時には、撮像した画像を逐次、ウィンドウ1621に表示することができ、必要に応じてユーザからの評価パターンの指定、分岐パターンを撮像した際の追跡パターンの指定、EPの撮像領域を含む撮像シーケンスの指定等を受け付け、撮像に反映することができる。

20

30

【0081】

また、ウィンドウ1619内のチェックボックス「欠陥候補」のチェックを入れることによって、枠1604や1618のように評価パターンにおいて欠陥である箇所、あるいは欠陥になりそうな箇所を表示することができる。これは計測レシピによるパターン評価結果に基づく。枠1618内の評価パターンは枠1604内の評価パターンに対して大きく細っており、欠陥となる可能性が高いことをユーザに示すことができる。また、ウィンドウ1619内のチェックボックス「パターン形状変形推定量」のチェックを入れることによって、評価パターン輪郭線上の各点において設計データとの乖離ベクトルを計算し、表示することができる。

40

【0082】

ウィンドウ1616におけるパターン形状評価結果の表示バリエーションを図17に示す。評価パターンの部位ごとのパターン形状の測長値、パターン輪郭線、パターンを評価する画像特徴量、パターン形状の変形量等を基に評価パターンの各部位における正常度あるいは異常度を計算し、濃淡あるいは数値で表示することができる。図17は評価パターン1700の部位ごとの評価結果を前者の濃淡で表示した例であり、ゲージ1701に示すとおりパターン形状の正常度が高ければ明るく、異常度が高ければ暗く表示している。特に点線枠1702で囲まれる部位は暗くなっているが、パターンが細り危険度が高いことがわかる。

【0083】

50

本発明は以上の手段により、画像撮像装置を用いて、電気不良を引き起こす可能性のある回路パターンの断線や形状不良を効率的に検査することができる。これにより、電気テスト等により判明した不良原因の特定、あるいは電気不良に至らないまでもパターン形状の変形等によりプロセスウィンドウに影響を与える箇所を迅速に行うことができる。また、この検査のための撮像レシピを、自動かつ高速に生成でき、検査準備時間（レシピ作成時間）の短縮や、オペレータスキルの不要化が期待できる。

【0084】

以上、説明したように、本発明は以下の内容を特徴とするものである。

【0085】

(1) 走査荷電粒子顕微鏡を用いて半導体ウェーハ上に形成された特定の回路パターン（評価パターン）を撮像位置をずらしながら複数回に分けて撮像した画像群を用いて前記評価パターンを評価する方法であって、回路パターンの中から前記評価パターンを決定する評価パターン決定ステップと、前記画像群に含まれる任意の隣接する第一の画像と第二の画像間の距離の許容値（距離許容値）を指定する距離許容値指定ステップと、撮像領域内に少なくとも前記評価パターンの一部を含みかつ隣接する画像同士が前記距離許容値を満たすように前記画像群の撮像領域を決定する撮像領域決定ステップと、前記決定した画像群の撮像領域を撮像して評価パターンの画像群を取得する撮像ステップを含むことを特徴とする。

本特徴について補足する。回路パターンを効率的に検査するために、単に視野を拡大するのではなく、検査すべき回路パターンを評価パターンとして特定し、少なくとも前記評価パターンの一部を視野に含むように複数回に分けて画像撮像を行う。この際、任意の隣接する第一の画像と第二の画像間の距離許容値を設定することで効率的な撮像を行うことができる。

【0086】

前記距離許容値は一つの値で与えても良いし、範囲（最小値，最大値）で与えても良い。また、前記距離許容値は、その大きさによって次の二つに大別される。

(a) 前記隣接する第一の画像と第二の画像の撮像領域が重複する距離許容値

(b) 前記隣接する第一の画像と第二の画像の撮像領域が重複しない距離許容値

前記画像間の距離は、例えば、隣接画像中心間の距離としても良いし、隣接画像端間の距離としても良いし、隣接画像間の重複領域（(a)の場合）あるいは隣接画像間のスペース（(b)の場合）に含まれる評価パターンの長さとしても良い。隣接画像間の距離の定義はいずれを採用することもできるが、以降の説明では画像中心間の距離で与えた場合について説明する。

【0087】

まず(a)の場合の距離許容値として、隣接画像間の距離の最小値を設けた場合、前記最小値より隣接画像どうしが近づくことはないので、重複して撮像される評価パターンの長さもある程度に抑えられ、効率的に評価パターンを撮像することができる。また、最大値を設けた場合、少なくとも隣接画像間には重複領域が存在するため、評価パターンの任意の部位はいずれかの撮像画像に含まれる可能性が高く、検査漏れを防ぐことができる。

【0088】

(b)の場合、隣接画像間にスペースができるため、そのスペースに存在する撮像されなかった評価パターンの部位において検査漏れが発生する危険性がある。しかしながら、距離許容値として隣接画像間の距離の最小値や最大値を設けることにより、評価パターンを一定の割合でサンプリングして検査することができ、検査箇所の偏りなく、できればの全体傾向を捉えることができる。

【0089】

(a)(b)において、最大値，最小値は、どちらか一方を設けても良いし、両方設けてもよい。

【0090】

また(a)(b)を共に含む実施例として、距離許容値を範囲（最小値，最大値）とし

て与え、最小値は隣接画像が重複する距離、最大値は隣接画像間にスペースができる距離としてもよい。

【0091】

こうして与えた距離許容値をなるべく満たすように複数の評価ポイント（EP）の位置を最適化し、撮像したEPの画像群を基に前記評価パターンを検査することができる。

【0092】

（2）項目（1）記載の撮像領域決定ステップにおいては、少なくとも評価パターンを含む回路パターンの設計データを基に評価パターンの撮像領域を決定することを特徴とする。

【0093】

評価パターンを含むように撮像領域（EP）を決定するには、まず前記評価パターンの位置や形状を認識しなければならない。そのための実施例として、ウェーハ上に形成された回路パターンのレイアウト情報である設計データを用いることによって評価パターンを認識する。また、設計データを用いることによって撮像シーケンスを決定することとする。撮像シーケンスには少なくとも前述のEPの撮像位置が含まれるが、その他にもEPや各種調整ポイント（AP、AF、AST、ABCC）の撮像位置、撮像条件、撮像順、各種調整方法等の一部または全てが含まれる。

【0094】

（3）項目（1）記載の撮像領域決定ステップにおいては、事前に走査荷電粒子顕微鏡あるいは光学顕微鏡を用いて少なくとも評価パターンを含む広域を、項目（1）記載の撮像ステップにおける撮像倍率よりも低倍率で撮像した低倍像を取得し、前記低倍像を基に評価パターンの撮像領域を決定することを特徴とする

（2）と同様、評価パターンの位置や形状を認識するための実施例として、前記低倍画像を用いる。検査漏れを防ぐため、評価パターンの検査に用いる画像には高い画像分解能が要求される。一方、評価パターンの認識に用いるのであれば、ある程度の画像分解能があれば十分である。また、低倍像は一般に視野が広く、評価パターンの認識には都合が良い。また、（2）と同様に前記低倍画像を用いることによって撮像シーケンスを決定することとする。

【0095】

（4）項目（1）記載の撮像ステップにおいては、前記画像群の中でm番目に撮像した画像を基に前記m番目に撮像した画像の実際の撮像位置を推定し、前記推定した実際の撮像位置を基にn番目（ $n > m$ ）に撮像する画像の撮像位置へのステージシフト量あるいはイメージシフト量を調整することを特徴とする。

【0096】

走査荷電粒子顕微鏡において任意のEPに撮像位置を変更する手段として、ウェーハを取り付けたステージを移動させることにより荷電粒子の照射位置を変更するステージシフトと、偏向器により荷電粒子の軌道を変更することにより荷電粒子の照射位置を変更するイメージシフトが挙げられる。両者とも位置決め精度には限界があり、撮像ずれが発生する。通常、EPにおける撮像ずれを低減するためには、アドレッシングポイント（AP）と呼ばれる座標とテンプレートが与えられた位置決め用パターンを一旦撮像して位置ずれ量を推定する必要がある。しかしながら、このようなアドレッシングには以下の課題がある。（a）APを予め与える必要がある。（b）EPの周囲に適切なAPがあるとは限らない。適切なAPとは、撮像ずれを推定するためパターン形状にユニーク性があることを指す。また、荷電粒子の照射による試料ダメージを低減するため、一般にAPはEPと重複しない領域から選択する必要がある（c）APの撮像と撮像ずれの推定に時間を要する分、スループットが低下する。特に、本発明においては複数のEPを撮像するため、APの撮像回数も多くなる。この問題を解決するため、本発明では複数のEPを撮像することを利用して、AP撮像を不要とする、あるいはAP撮像回数を低減する。すなわち、EP画像から、前記EPにおいて発生した撮像ずれ量を推定し、次に撮像するEPへのステージシフト量あるいはイメージシフト量を前記撮像ずれ量をキャンセルするように決定する

10

20

30

40

50

。これにより、視野移動を繰り返すたび、撮像ずれ量が積算されるのを防ぐことができる。また、アドレッシングのためだけにAPのような画像撮像をする必要がない。

【0097】

(5)項目(1)記載の撮像領域決定ステップにおいては、前記撮像領域を走査荷電粒子顕微鏡を用いて撮像するための撮像シーケンスを決定し、撮像レシピとして保存することを特徴とする。

【0098】

撮像レシピとは、EPを位置ずれなく、かつ高精細に撮像するための撮像シーケンスを指定するファイルであり、走査荷電粒子顕微鏡は前記撮像レシピに基づいて動作する。一旦、撮像レシピを生成すると、同じ回路パターンのウェーハに対しては何度も検査を自動で行うことができる。更に複数台の走査荷電粒子顕微鏡で前記レシピを共有することで、複数のウェーハを並行して検査することができる。更に、類似のウェーハに対しては前記撮像レシピを多少修正することにより、短時間で撮像レシピを生成することができる。

【0099】

(6)項目(1)記載の評価パターン決定ステップにおいては、コンタクトホールを位置を基に電氣的繋がりのある複数のパターンを特定し、前記複数のパターンを評価パターンとすることを特徴とする。

【0100】

例えば、断線等の電氣的不良が判明した際の問題箇所を特定においては、単に一つの閉図形として表現される回路パターンのみを評価パターンとして検査するのではなく、前記回路パターンと電氣的繋がりのあるパターンも評価パターンに含めて検査することを特徴とする。この際、ウェーハにおける回路パターンの積層レイヤに関して、それぞれ異なるレイヤに存在する二つのパターン間の電氣的な連結関係は判定が困難である。そこで、レイヤ間のパターンを繋ぐコンタクトホールを位置を基に前記連結関係を判定する。コンタクトホールは、設計データ、あるいは撮影した画像等から判断することができる。

【0101】

(7)項目(1)記載の撮像領域決定ステップにおいては、評価パターンの各部位における属性情報を考慮して撮像領域を決定することを特徴とし、前記属性情報とは、パターンの変形しやすさ等、検査の優先度を判断する情報である。

すなわち、項目(1)で述べた隣接EP間の距離が指定した距離許容値を満たすというEPの決定基準に加え、EP内の評価パターンについて例えばパターンの変形しやすさを含む属性情報を加味することができる。前記パターンの変形しやすさは、例えばEDA(Electronic Design Automation)ツールに搭載された回路パターン形状のリソシミュレーション等により予測することができる。また、「パターンのコーナは丸まる危険がある」「孤立パターンは細る危険がある」「ラインエンドは後退する危険がある」等、パターン形状変形に関する知識を導入して、パターン形状からパターンの変形しやすさに関する属性情報を算出することもできる。

【0102】

項目(1)で述べた隣接EP間の距離が指定した距離許容値を満たすというEP決定基準は、重複し過ぎて無駄な撮像をしない、撮像箇所に偏りをもたせない等の観点である。一方、項目(7)で述べた評価パターンの変形しやすさ等の属性情報に基づくEP決定基準は、欠陥が発生する可能性が高い場所を優先的に撮像するという観点である。EP決定においては、これらの基準のいずれかを用いてもよいし、両者を用いてもよい。

【0103】

(8)項目(1)記載の撮像領域決定ステップと撮像ステップにおいては、第一の撮像領域を撮像して得られた第一の画像を基に第一の撮像領域外に存在する評価パターンの位置を推定し、前記推定した評価パターンを撮像するように第二の撮像領域を設定することを特徴とする。

【0104】

設計データ等の情報が利用できず、事前に評価パターンの位置や形状を認識できない場

10

20

30

40

50

合の実施例として、撮影した画像から、前記画像内に含まれる評価パターンを認識し、前記評価パターンが画像外に続いていると判断される場合は、画像外の評価パターンが視野に含まれるように、次の撮像位置を決定し、撮像する。これを繰り返すことによって評価パターンを追跡しながら撮像することができる。また、ここで撮影しながら決定していった撮像シーケンスは記録可能であり、前記撮像シーケンスは撮像レシピとして保存することができる。

【0105】

撮像シーケンスの決定モードは、項目(2)(3)に述べたように、設計データ等を用いて事前に評価パターンの位置や形状を認識して撮影前に撮像シーケンスを決定するオフライン決定モードと、項目(8)に述べたように、撮影を繰り返す中で、撮影した画像を基に撮像シーケンスを決定していくオンライン決定モード、さらに前記オフライン決定モードと前記オンライン決定モードを両方用いる混合決定モードの三つに大別される。最後の混合決定モードについて補足する。本モードにおいては、まずオフライン決定モードに従い、設計データ等を用いてオフラインで撮像シーケンスを決定するが、設計データ等は実際のパターン形状と乖離する場合があります、必ずしもオフラインで決定した通りにうまくいかないことがあります。そこで、オフラインで決定した撮像シーケンスに従って撮像を行うが、撮像中の画像を基に判断し、必要に応じて撮像シーケンスを変更する。これら3つのモードはGUI等で切り替えて実行することができる。

【0106】

本発明によれば、電気テスト等により判明した不良原因の特定、あるいは電気不良に至らないまでもパターン形状の変形等によりプロセスウィンドウに影響を与える箇所の特定を迅速に行うことができる。また、この検査のための撮像レシピを、自動かつ高速に生成でき、検査準備時間(レシピ作成時間)の短縮や、オペレータスキルの不要化が期待できる。なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【0107】

また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD(Solid State Drive)等の記録装置、または、ICカード、SDカード、DVD等の記録媒体に置くことができる。

【0108】

また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

【符号の説明】

【0109】

100...回路パターン, 101, 102...マウスカーソル, 103~111, 113~118...評価ポイント(EP)の撮像範囲, 112, 119...EP間の距離, 120...パターン100の部位, 200...x-y-z座標系(電子光学系の座標系), 201...半導体ウェーハ, 202...電子光学系, 203...電子銃, 204...電子線(一次電子), 205...コンデンサレンズ, 206...偏向器, 207...E×B偏向器, 208...対物レンズ, 209...二次電子検出器, 210, 211...反射電子検出器, 212~214, 215...処理・制御部, 216...CPU, 217...画像メモリ, 218, 225...処理端末, 219...ステージコントローラ, 220...偏向制御部, 221...ステージ, 222...レシピ作成部, 223...撮像レシピ生成装置, 224...計測レシピ生成装置, 226...データベースサーバ, 227...データベース(

10

20

30

40

50

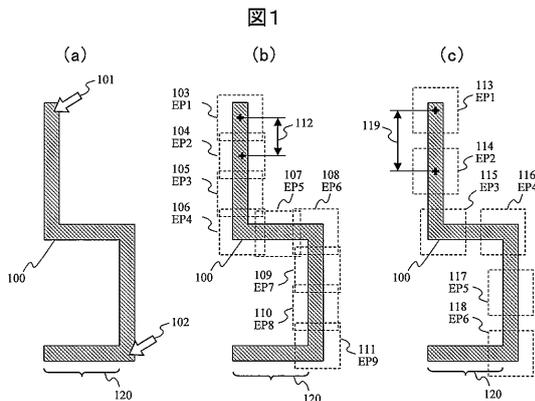
ストレージ), 301~306...収束電子線の入射方向, 307...試料表面, 308... I x-I y座標系 (画像座標系), 309...画像, 416...ウェーハ, 417~420...アライメントを行うチップ, 421...チップ, 422...OMアライメントパターン撮像範囲, 423...SEMアライメントパターン撮像用オートフォーカスパターン撮像範囲, 424...SEMアライメントパターン撮像範囲, 425...設計データの一部拡大範囲, 426...MP, 427...MPからのイメージシフト可動範囲, 428...AF, 429...AP, 430...AF, 431...AST, 432...ABCC, 433...EP, 500, 501, 506, 507, 510, 511, 514, 515, 518, 519...EP, 502, 503...EP中心, 504, 505, 508, 509, 512, 513, 517, 521, 522...EP間の距離, 516, 520...評価パターン, 700, 747...評価パターン, 701~704, 722~725, 748~750...EP(設定位置), 705~708, 727~730, 731...最大撮像ずれ範囲, 709~712, 732~735, 736...x方向の最大撮像ずれ量, 713~716, 737~740, 741...y方向の最大撮像ずれ量, 717~720, 742~745...実際に撮像したEP位置, 726...AP(設定位置), 746...実際に撮像したAP位置, 800...パターン, 801, 802, 821...マウスカーソル, 803, 804...パターン800の部位, 805~819...EP, 900, 901, 917, 918...上層パターン, 902, 903, 919, 920...下層パターン, 904, 905...コンタクトホール, 906, 907...マウスカーソル, 908~916, 921~929...EP, 930...マウスカーソル位置906から907の間の電氣的パス, 1001~1014...EP, 1015, 1016...マウスカーソル位置906から907の間の電氣的パス, 1100~1102...パターン, 1103~1108...パターン1101の部位, 1109~1116, 1124~1130...EP, 1117~1123, 1131~1136...EP間の距離, 1300, 1310, 1312, 1315...パターン, 1301~1308...EP, 1309...EP間の距離, , 1314, 1317...予想されるパターンが続く方向, 1313, 1316...EP間の移動ベクトル, 1401, 1402...パターン, 1403~1410, 1414~1421...EP, 1411, 1422...AP, 1423~1425...予想されるパターンが続く方向, 1501...マスクパターン設計装置, 1502...マスク描画装置, 1503...露光・現像装置, 1504...エッチング装置, 1505, 1507...SEM装置, 1506, 1508...SEM制御装置, 1509...EDAツールサーバ, 1510...データベースサーバ, 1511...データベース, 1512...撮像・計測レシピ作成演算装置, 1513...撮像・計測レシピサーバ, 1514...画像処理サーバ(形状計測・評価) 1515...ネットワーク, 1516...EDAツール, データベース管理, 撮像・計測レシピ作成, 画像処理(形状計測・評価), 撮像・計測レシピ管理, SEM制御用統合サーバ&演算装置, 1601...GUIウィンドウ, 1602...パターンレイアウト, 撮像シーケンス表示ウィンドウ, 1603, 1617...EP, 1604, 1618...評価パターン危険箇所, 1605, 1619...表示データ選択ウィンドウ, 1606, 1620...表示方法選択ウィンドウ, 1607...オフライン決定モード設定ウィンドウ, 1608...処理データ選択ウィンドウ, 1609, 1625...処理パラメータ設定ウィンドウ, 1610...距離許容値設定ウィンドウ, 611...EPサイズ設定ボックス, 1612...許容撮像ずれ量設定ボックス, 1613...撮像シーケンス最適化実行ボタン, 1614...撮像シーケンス確認ボタン, 1615, 1627...撮像レシピ保存ボタン, 1616...撮像画像表示ウィンドウ, 1621...撮像制御設定ウィンドウ, 1622...撮像方法設定ウィンドウ, 1623...撮像レシピ指定ボックス, 1624...混合決定モード選択チェックボックス, 1626...撮像開始ボタン, 1700...パターン正常度, 異常度を濃淡表示した評価パターン, 1701...濃淡値のゲージ, 1702...危険箇所

10

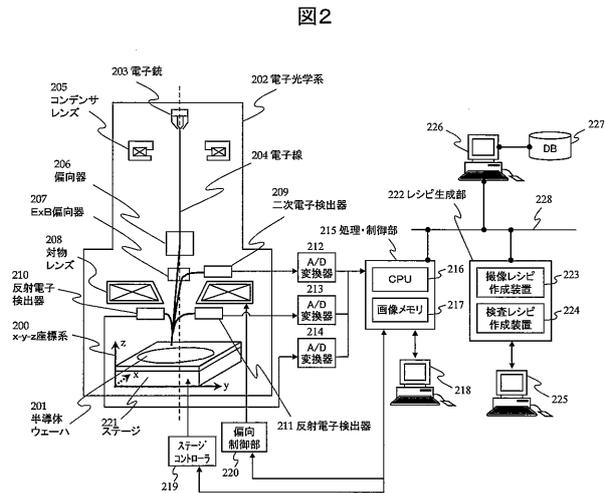
20

30

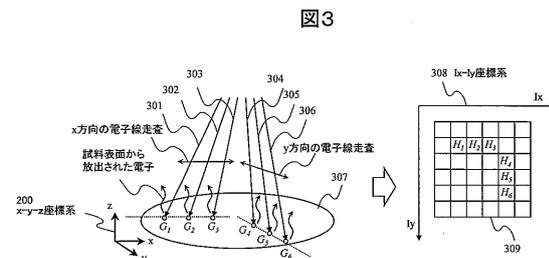
【図1】



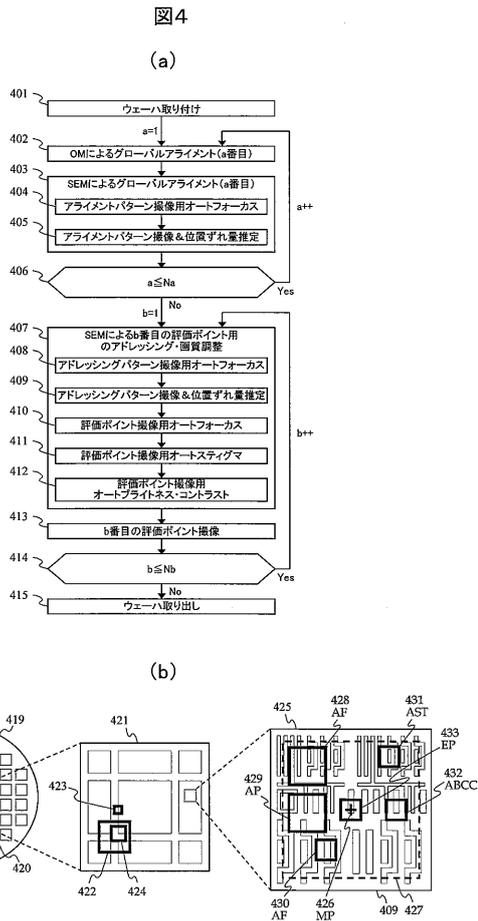
【図2】



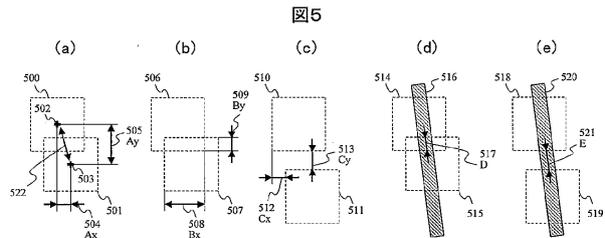
【図3】



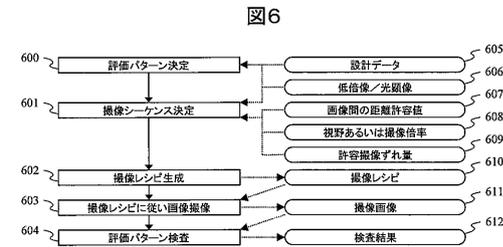
【図4】



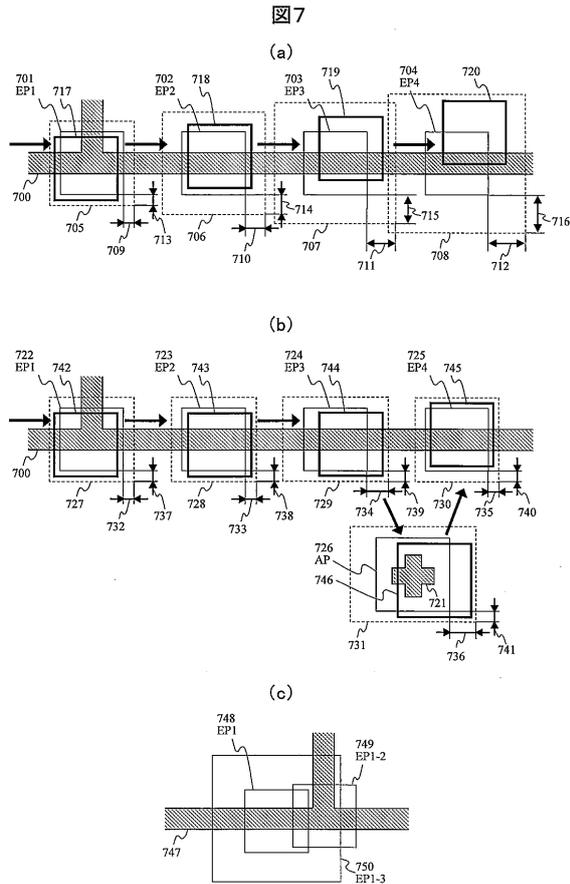
【図5】



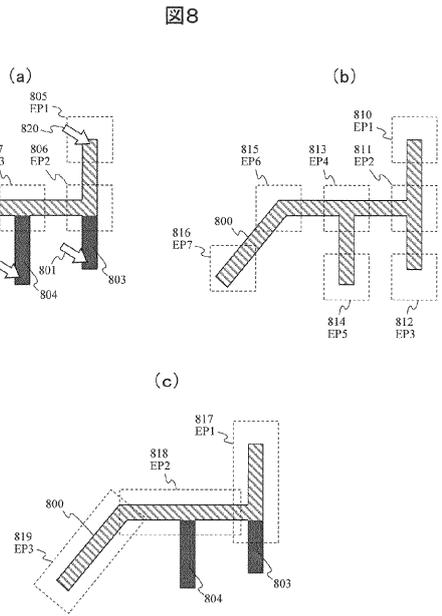
【図6】



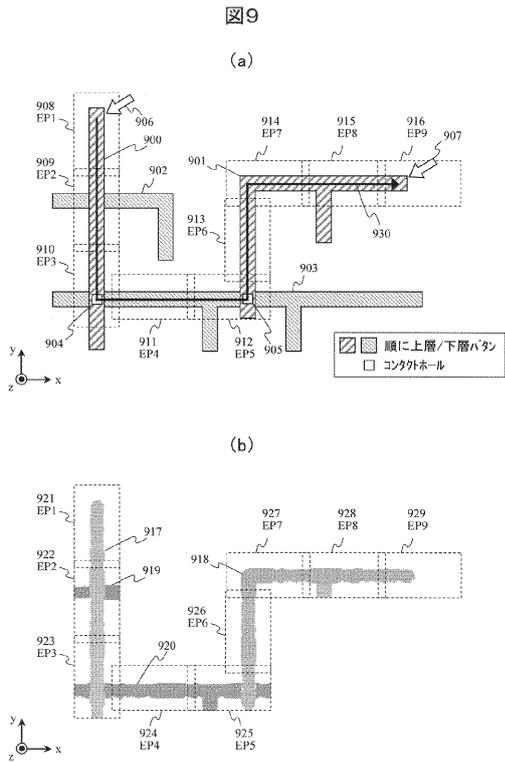
【図7】



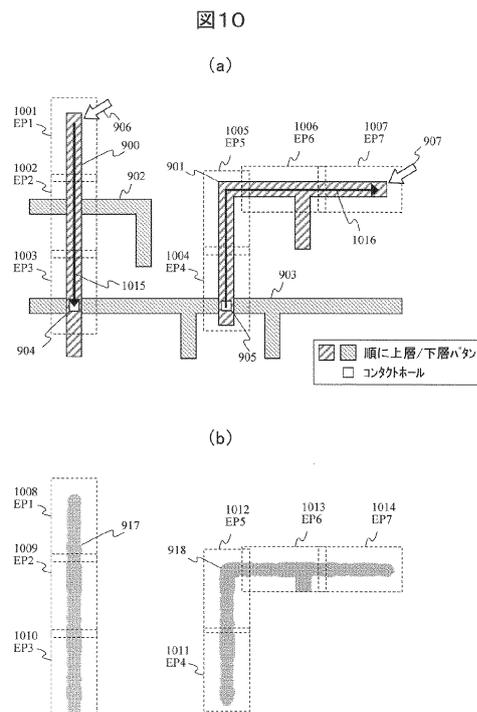
【図8】



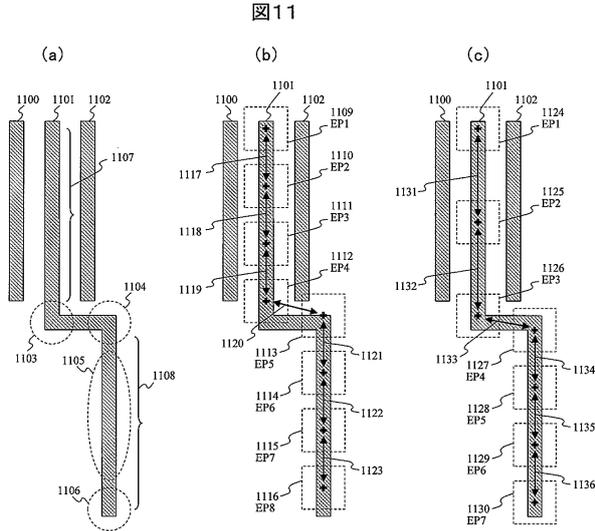
【図9】



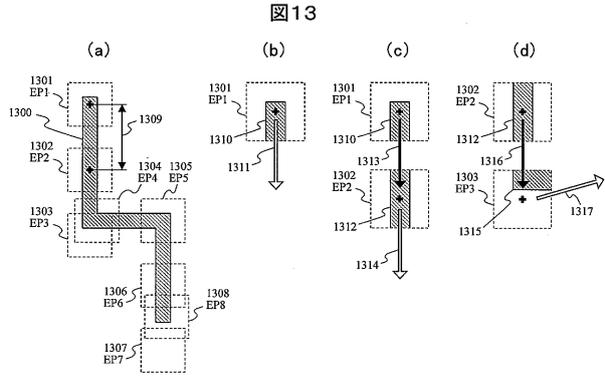
【図10】



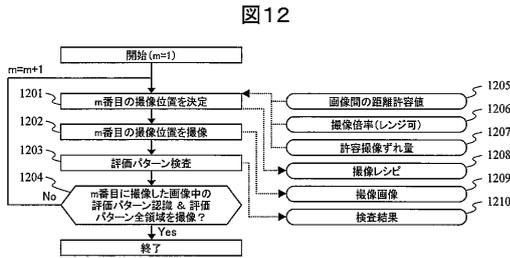
【図11】



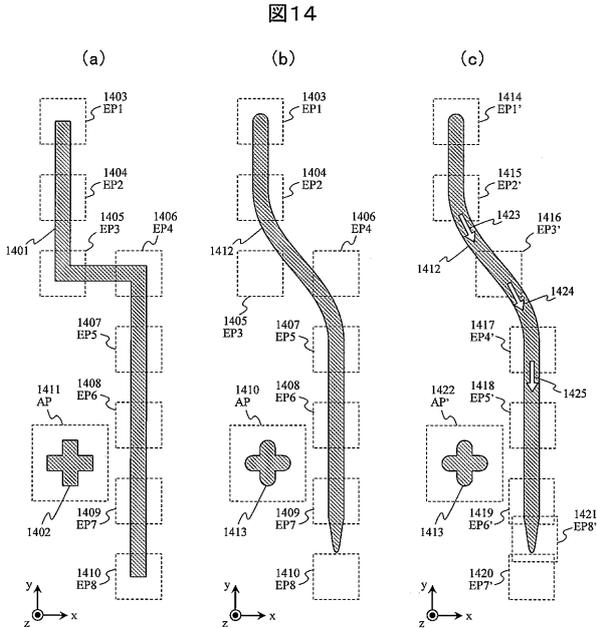
【図13】



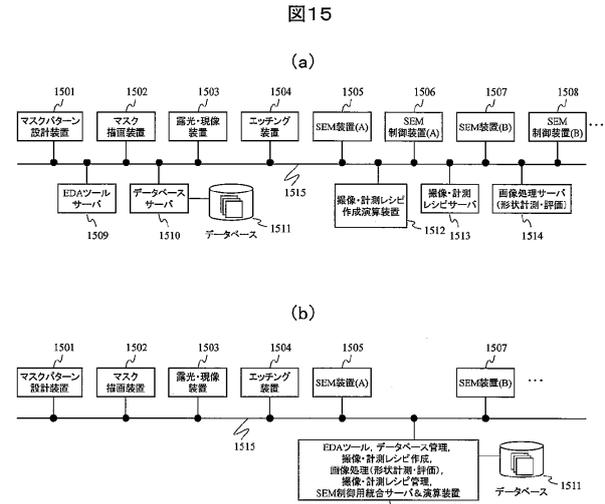
【図12】



【図14】

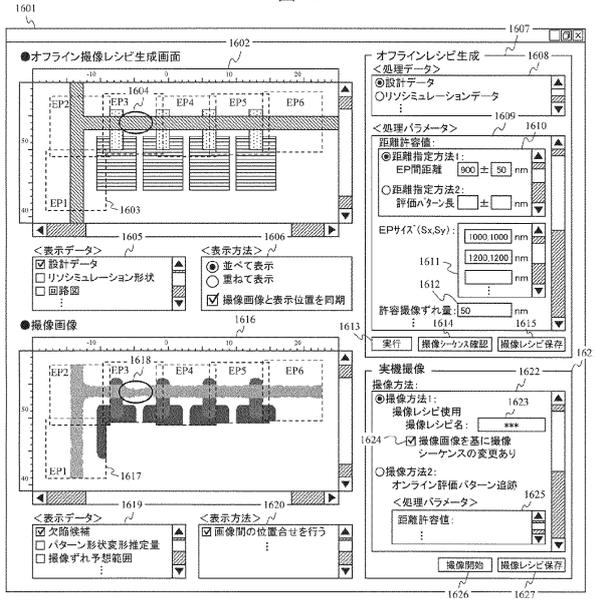


【図15】



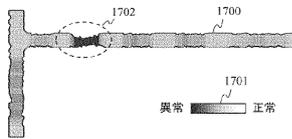
【図16】

図16



【図17】

図17



フロントページの続き

- (72)発明者 鬼澤 明洋
東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内
- (72)発明者 北條 穰
東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内

審査官 佐藤 仁美

- (56)参考文献 特開2011-023273(JP,A)
特開2010-086759(JP,A)
特開2010-067516(JP,A)
特開2002-328015(JP,A)
国際公開第2010/114117(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- G01B 11/00 - 11/30、15/00 - 15/08、
 - G01N 23/00 - 23/227、
 - G03F 1/00 - 1/16、
 - H01J 37/00 - 37/02、37/05、37/09 - 37/18、
37/21 - 37/244、37/252 - 37/295、
 - H01L 21/027、21/64 - 21/66