

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5286004号
(P5286004)

(45) 発行日 平成25年9月11日 (2013.9.11)

(24) 登録日 平成25年6月7日 (2013.6.7)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 J 37/147 (2006.01)

H O 1 J 37/147 B

H O 1 L 21/66 (2006.01)

H O 1 L 21/66 J

H O 1 J 37/22 (2006.01)

H O 1 J 37/22 5 O 2 B

請求項の数 9 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2008-234270 (P2008-234270)
 (22) 出願日 平成20年9月12日 (2008.9.12)
 (65) 公開番号 特開2010-67533 (P2010-67533A)
 (43) 公開日 平成22年3月25日 (2010.3.25)
 審査請求日 平成23年2月14日 (2011.2.14)

(73) 特許権者 501387839
 株式会社日立ハイテクノロジーズ
 東京都港区西新橋一丁目24番14号
 (74) 代理人 110000350
 ポレール特許業務法人
 (72) 発明者 広井 高志
 茨城県ひたちなか市大字市毛882番地
 株式会社日立ハイテクノロジーズ 那珂事
 業所内
 (72) 発明者 郡司 康弘
 茨城県ひたちなか市大字市毛882番地
 株式会社日立ハイテクノロジーズ 那珂事
 業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板の検査装置、および、基板の検査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定パターンが形成された領域を複数備える被検査試料に対し、荷電粒子線を当該被検査試料が載置されたステージの移動方向と交差する方向に走査し、当該走査により前記被検査試料から発生する二次電子または反射電子を検出して得られる信号をもとに検査画像を取得し、当該検査画像を用いて前記被検査試料を検査する荷電粒子線装置において、

前記走査の方向を制御する走査偏向器を備えた荷電粒子カラムと、

前記ステージの移動速度を制御するステージ制御手段とを備え、

前記ステージの移動中に、前記所定パターンが形成された領域の一部分であって該領域の端部を含む複数の検査領域を選択的にサンプリングして前記検査画像を取得し、

前記ステージ制御手段は、前記所定パターンが形成された領域の一部分を選択的にサンプリングするときは前記パターンが形成された領域の全てをサンプリングして検査するときよりも前記ステージの移動速度を速くし、

前記荷電粒子線カラムは、前記ステージの移動方向と同じ方向への荷電粒子線の偏向を行いながら前記走査を実行することにより、前記サンプリングにより選択された検査領域に前記荷電粒子線を照射することを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 2】

所定パターンが形成された領域を複数備える被検査試料に対し、荷電粒子線を当該被検査試料が載置されたステージの移動方向と交差する方向に走査し、当該走査により前記被検査試料から発生する二次電子または反射電子を検出して得られる信号をもとに検査画像

10

20

を取得し、当該検査画像を用いて前記被検査試料を検査する荷電粒子線装置において、
前記ステージの移動速度を制御するステージ制御手段を備え、

前記走査が複数回実行される走査領域と、前記走査が実行されない走査スキップ領域とが前記領域に設定され、

前記ステージ制御手段は、前記ステージの移動方向での前記走査領域の幅と、前記走査スキップ領域の幅との比に対応して、前記ステージの移動速度を設定することを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 3】

所定パターンが形成された領域を複数備える被検査試料に対し、荷電粒子線を当該被検査試料が載置されたステージの移動方向と交差する方向に走査し、当該走査により前記被検査試料から発生する二次電子または反射電子を検出して得られる信号をもとに検査画像を取得し、当該検査画像を用いて前記被検査試料を検査する荷電粒子線装置において、

前記ステージの移動速度を制御するステージ制御手段を備え、

前記走査が複数回実行される第 1 の走査領域と第 2 の走査領域とが、前記走査が実行されない走査スキップ領域を挟んで、前記領域上に設定され、

前記ステージ制御手段は、前記第 1 の走査領域の終端と前記第 2 の走査領域の開始端とが、前記ステージ移動方向への前記荷電粒子線走査範囲内で収差、歪が同一とみなせる視野内に収まるように、前記ステージの移動速度を設定することを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の荷電粒子線装置において、

前記ステージ制御手段は、前記サンプリングにより画像が取得される第 1 の領域の走査終端と、当該第 1 の領域よりも後に画像が取得される第 2 の領域の走査開始端とが、前記ステージ移動方向への前記荷電粒子線走査範囲内で収差、歪が同一とみなせる視野内に収まるように前記ステージの移動速度を設定することを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の荷電粒子線装置において、

前記複数の検査領域は、前記走査が実行されない走査スキップ領域を含むことを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の荷電粒子線装置において、

前記ステージの移動方向に対する前記検査領域の幅が前記視野内に収まるようにステージ移動速度を制御する前記ステージ制御手段を備えたことを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の荷電粒子線装置において、

前記サンプリングの領域設定画面が表示される画面表示手段を備えたことを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の荷電粒子線装置において、

前記試料ステージは、複数のメモリセルにより構成される複数のメモリマットが形成された半導体ウェーハを載置することが可能なステージであることを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の荷電粒子線装置において、

前記複数のメモリマットのうち、1 のメモリマットが表示される表示ウィンドウを備えた前記サンプリングの領域設定画面の表示手段を有し、

当該表示されたメモリマット上で設定された前記サンプリングの領域を、前記メモリセルの配置の規則性に基づき他のメモリマットに展開することにより、前記複数の検査領域に対するサンプリングを実行することを特徴とする荷電粒子線装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は半導体装置や液晶などの回路パターンを有する基板を電子線を利用して検査する検査装置およびその検査方法の技術に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置や液晶などの回路パターンを有する基板の製造工程では、パターンの断線やショート、傷や異物などの欠陥が、基板から製造される半導体装置や液晶の性能に影響する。したがって、早期にこれらの欠陥を発見することが重要である。回路パターンの微細化にともない、反射光を利用した光学式検査装置の他に、電子顕微鏡の技術を応用した電子線を用いた検査装置が実用化されている。しかし、検査対象である基板の面積に対して、電子線を用いた検査装置で画像化できる面積は非常に小さいので、検査時間の低減、あるいは検査速度の向上が望まれている。

10

【0003】

電子線を用いた検査装置での欠陥検出は、パターンが同じ形状の繰り返しであることを利用して、欠陥のないパターンの画像を参照画像として記憶させ、検出された画像と比較して、画素単位で明るさ等の信号強度に差のある画素を抽出し、予め定められた閾値を超えるものを欠陥候補とし、その代表座標を出力して、行われる。ここで、欠陥候補としたのは、画像そのものに様々な要因でノイズが重畳されており、これが欠陥として検出される場合があるからである。真の欠陥かどうかは、欠陥候補の画像をオペレータが目視確認して判断されている。検出された欠陥候補が、統計的に意味のある手法でサンプリングされた欠陥情報であれば、これら欠陥候補の分布、又は欠陥候補の詳細解析により、基板の製造時の問題点を分析することが出来る。

20

【0004】

意味のある統計情報を得るために、高速に検査をする、又はサンプリング方法を工夫する手法が提案されている。電子線を用いた微細パターンの画像検出において、S/N（信号対ノイズ比）と画像検出速度がトレードオフであることから、欠陥判定方法を工夫することで、高速な検査を実現している（例えば、非特許文献1参照）。また、ステージ移動座標をサンプリングすることで、必要な情報を低いサンプリング率で得ようと試みている（例えば、非特許文献2参照）。しかし、高速画像検出のためには、さらなる工夫が求められている。

30

【0005】

【非特許文献1】T. Hiroi et al, "Robust Defect Detection System Using Double Reference Image Averaging for High Throughput SEM Inspection Tool", 2006 IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference, pp. 347 - 352。

【0006】

【非特許文献2】M. Ikota et al, "In-line e-beam inspection with optimized sampling and newly developed ADC", Proceedings of SPIE Vol. 5041 (2003), pp. 50 - 60。

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、従来に比べて欠陥候補を高速に抽出することが可能な電子線を用いた基板の検査装置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】

【0008】

50

オペレータが興味のある検査領域、すなわちROI (Region Of Interest) のみのサンプリング、又は単純なサンプリングにより検査を行うことで、従来より検査を高速に行うことができる。ここで、ROIをどのように検査装置へ設定するかが重要である。

【0009】

上記課題を解決するために、本発明の実施態様は、回路パターンを有する基板に電子ビームを照射し、基板を一定速度又は加減速しながら連続で移動させ、該移動による位置をモニタし、基板の座標に応じて電子ビームの照射位置を制御し、移動の速度より遅い速度で基板の部分領域の画像を検出し、該検出した画像に基づいて欠陥候補を検出し、検出された欠陥候補をマップ形式で表示する構成を備えたものである。

10

【0010】

また、電子ビームを走査して基板に照射する電子ビーム照射ユニット、連続移動可能なステージ、その位置を計測するステージ位置計測ユニット、電子ビームを照射すべき位置と計測したステージ位置に基づき電子ビームの照射位置を制御する電子ビーム偏向ユニット、電子ビームの照射により基板から発生する二次信号を検出し二次元画像に変換する画像検出ユニット、取得した二次元画像の中の予め設定された領域の画像について、欠陥候補を抽出する欠陥判定ユニット、欠陥候補を表示するコンソール画面を備えたものである。

【0011】

また、基板上のROIの領域の寸法、繰り返しピッチが設定される画面を有し、これらの値に基づいて検査速度を算出し、画像を取得しない領域のステージ移動速度を算出し、電子ビームの偏向制御量を演算し、これらの値を用いて画像を取得し、2つの画像の比較処理による試し検査を実行し、検査条件の良否の確認により検査レシピが設定される構成を備えたものである。

20

【発明の効果】

【0012】

本発明の実施態様によれば、従来に比べて欠陥候補を高速に抽出することが可能な電子線を用いた基板の検査装置を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明の実施例を、図面を参照しながら説明する。

30

【0014】

図1は、基板の検査装置の構成を示す縦断面図である。検査装置は、走査型電子顕微鏡を応用したものであり、半導体ウェーハなどの基板に電子ビームを照射するために、主要部は真空容器内に収納されている。検査装置は、電子源1で発生した電子ビーム2を試料台9に載せられたウェーハ6に照射し、発生する二次電子または反射電子などの二次信号10を検出器13で検出して画像化し、参照画像と比較して信号量に差がある画素を欠陥候補として抽出する。ウェーハ6上に電子ビーム2のエネルギーを収束させるために、対物レンズ4で電子ビーム2を細く絞るので、電子ビーム2の直径はウェーハ6上では非常に小さい。ある一定範囲を画像化するために、電子ビーム2を偏向器3で偏向させ、ウェーハ6上を走査させるとともに、走査による移動位置と検出器13による二次信号10のサンプリングのタイミングを同期させることで、二次元の画像を形成することができる。

40

【0015】

ウェーハ6の表面には回路パターンが形成されるが、様々な材料で構成されているため、電子ビーム2の照射により電荷が蓄積する帯電現象を生じることがある。帯電現象は、画像の明るさを変えてしまったり、入射する電子ビーム2の軌道を曲げてしまったりするので、ウェーハ6の手前に帯電制御電極5を設けて、電界強度を制御するようにしている。

【0016】

ウェーハ6の検査の前に、標準試料片21に電子ビーム2を照射して画像化し、座標の

50

校正と、焦点の校正を行う。前述のように、電子ビーム 2 の直径は非常に小さく、偏向器 3 による走査幅もウェーハ 6 の大きさと較べて非常に小さく、電子ビーム 2 により形成される画像は非常に小さい。したがって、検査の前に、ウェーハ 6 を X Y ステージ 7 へ載置したら、光学顕微鏡 20 による比較的低い拡大倍率の画像でウェーハ 6 上に設けられた座標校正用のアライメントマークを検出し、X Y ステージ 7 を移動させて該アライメントマークが電子ビーム 2 の下に位置付けるようにして、座標の校正を行う。

【 0 0 1 7 】

焦点の校正は、ウェーハ 6 の高さを計測する Z センサ 8 により標準試料片 21 の高さを計測し、次に、ウェーハ 6 に設けられたアライメントマークの高さを計測し、この計測値を用いて、対物レンズ 4 で絞られた電子ビーム 2 の焦点範囲がアライメントマークを含むように、対物レンズ 4 の励磁強度を調整する。

10

【 0 0 1 8 】

ウェーハ 6 で発生した二次信号 10 をできるだけ多く検出する目的で、二次信号用偏向器 12 で反射板 11 に二次信号 10 が多く当るようにし、反射板 11 で発生した第二の二次電子を検出器 13 で検出する。

【 0 0 1 9 】

全体制御部 18 は、偏向器 3 の制御信号 a を送信し、対物レンズの強度の制御信号 b を送信し、Z センサ 8 で計測したウェーハ 6 の高さの計測値 c を受信し、X Y ステージ 7 を制御する制御信号 d を送信する。

【 0 0 2 0 】

20

検出器 13 で検出された信号は、A/D 変換器 15 でデジタル信号 14 に変換される。欠陥判定部 17 は、デジタル信号 14 から画像を生成し、参照画像と比較し、明るさの値に差のある複数の画素を欠陥候補として抽出し、その画像信号と対応するウェーハ 6 上の座標とを含む欠陥情報信号 e を、全体制御部 18 へ送信する。

【 0 0 2 1 】

全体制御部 18 とコンソール 19 とが接続されて、コンソール 19 のスクリーンへ欠陥の画像が表示されるとともに、コンソール 19 で入力された検査条件 f に基づいて、全体制御部 18 は、偏向器 3 の制御信号 a、対物レンズの強度の制御信号 b、X Y ステージ 7 を制御する制御信号 d を演算する。

【 0 0 2 2 】

30

図 2 は、検査対象であるウェーハ 6 の平面図である。図 2 (a) に示すように、半導体ウェーハ 6 は、直径 200 mm ないし 300 mm、厚さ 1 mm 程度の円盤形状のシリコン基板であり、半導体チップとなるダイ 30 が複数個形成される。ウェーハ 6 の大きさが決まっているので、1 枚のウェーハ 6 に形成されるダイ 30 の個数は、ダイ 30 の寸法によって決定される。図 2 (b) に示すように、1 個のダイ 30 は、複数個のメモリマツ群 31 から構成されている。一般的なメモリデバイスの場合、ダイ 30 のパターンレイアウトは、4 個のメモリマツ群 31 で構成される。図 2 (c) に示すように、1 個のメモリマツ群 31 は、複数個のメモリマツ 32 から構成されている。一般的なメモリデバイスの場合、メモリマツ群 31 は、100 × 100 個程度のメモリマツ 32 で構成される。図 2 (d) に示すように、メモリマツ 32 は、二次元方向に繰り返し性を持った複数個のメモリセル 33 で構成される。数 100 万個のメモリセル 33 で、1 個のメモリマツ 32 を構成している。

40

【 0 0 2 3 】

検査に先立って、検査条件と検査手順を決めるレシピ作成を行う。図 3 は、レシピ作成と検査の手順を示すフローチャートである。図 3 (a) において、はじめに、予め作成され記憶されている標準レシピを読み込み、検査対象であるウェーハ 6 を、検査装置へロードする (ステップ 301)。全体制御部 18 への標準レシピの読み込みと、ウェーハ 6 のロードは、オペレータがコンソール 19 で指令することで実行される。ロードされたウェーハ 6 は、試料台 9 に搭載される。次に、全体制御部 18 は、読み込んだ標準レシピに基づいて、電子源 1 へ印加される電圧、対物レンズ 4 の励磁強度、帯電制御電極 5 へ印加され

50

る電圧、偏向器 3 へ印加される電流などの光学系条件を設定し、標準試料片 2 1 の画像に基づき、ウェーハ 6 のアライメントマークを基準とした座標と検査装置の X Y ステージ 7 の座標との間の補正を求めるアライメント条件を設定し、ウェーハ 6 中の検査対象とする領域を示す検査領域情報を設定し、画像の光量を調整するための画像を取得する座標と検出器 1 3 の初期ゲインを登録するキャリブレーション条件を設定する（ステップ 3 0 2 ）。

【 0 0 2 4 】

図 2 (d) に示したメモリマット 3 2 の角部は、繰り返し性があるメモリセル 3 3 が多数存在する領域と存在しない領域の境界であることから、製造プロセス上、欠陥が発生し易い。また、繰り返し性があるメモリセル 3 3 が存在する領域と存在しない領域とで材質が異なることから、電子光学系条件を変えずに画像を取得し得られたメモリマット 3 2 の角部の画像と角部でない領域の画像とを比較すると、欠陥でないにもかかわらず画素の明るさに差があるとして抽出されてしまう。

10

【 0 0 2 5 】

そこで、図 2 に示したメモリマット 3 2 の角の領域を検査するために、コンソール 1 9 のスクリーンへウェーハ 6 のパターンレイアウトを表示させ、画面上でメモリマット 3 2 の角の領域を四角で囲むなどの方法で、角を指定する（ステップ 3 0 3 ）。次に、この角を画像化するための光学系条件を設定する（ステップ 3 0 4 ）。

【 0 0 2 6 】

次に、設定された条件の正しさを確認する為の試し検査を行うため、検査条件を設定し（ステップ 3 0 5 ）、後述する試し検査を実行する（ステップ 3 0 6 ）。オペレータは、試し検査の結果をコンソール 1 9 のスクリーンへ表示された画像で判定し、検査条件の適否を確認し（ステップ 3 0 7 ）、修正が必要と判断した場合は（ステップ 3 0 8 ）、ステップ 3 0 5 で検査条件を修正する。修正が必要でないと判断した場合は、レシピを格納し、ウェーハ 6 をアンロードしてレシピの作成を終了する（ステップ 3 0 9 ）。

20

【 0 0 2 7 】

図 3 (b) は、検査手順を示し、図 3 (a) で格納されたレシピを読み込み（ステップ 3 1 0 ）、検査対象のウェーハ 6 を検査装置へロードする（ステップ 3 1 1 ）。ウェーハ 6 の仕様に応じて、オペレータがコンソール 1 9 を使用して検査領域、画素寸法、加算回数等を選択あるいは指定して、光学系条件を全体制御部 1 8 に設定し（ステップ 3 1 2 ）、半導体ウェーハ 6 と X Y ステージ 7 の座標合わせのためにアライメントを行い（ステップ 3 1 3 ）、画像の光量を調整するキャリブレーションを行う（ステップ 3 1 4 ）。そして、指定された検査領域の画像を取得し、画像比較による差を抽出して欠陥候補とする欠陥判定を行い（ステップ 3 1 5 ）、差画像、比較画像、欠陥候補の代表座標を図示しない記憶装置へ格納し（ステップ 3 1 6 ）、ウェーハ 6 をアンロードする（ステップ 3 1 7 ）。

30

【 0 0 2 8 】

図 4 は、コンソール 1 9 のスクリーンへ表示される検査領域設定画面の一例を示す画面図である。画面 4 0 の左側のマップ表示領域 4 1 には、図 2 (b) に示したダイ 3 0 の模式図が表示されている。画面 4 0 の右側の画像表示領域 4 2 には、図 2 (d) に示したメモリマット 3 2 の画像が表示されている。画像表示領域 4 2 に表示される画像は、マップ表示領域 4 1 で指定された座標の画像を表示する。また、画面 4 0 には、R O I 条件の確認や変更を行うための R O I 条件設定部 4 3 が表示されている。オペレータは、R O I 条件設定部 4 3 を用いて、検査領域を設定する。

40

【 0 0 2 9 】

図 2 (d) に示したメモリマット 3 2 の角部は欠陥発生頻度が高いことから、この角部のみを検査するための検査領域設定を可能としている。図 4 の画像表示領域 4 2 で、矩形領域 4 4 を指定して、メモリマット 3 2 の角部を検査対象領域として設定する。

【 0 0 3 0 】

通常、画像比較検査では、隣接する同じパターン同士を比較して差を抽出することが行

50

われるが、メモリマット部の検査では、隣接する同じパターンが存在しないため、ゴールデン画像とよぶ欠陥のない画像を予め作成し、このゴールデン画像と取得した画像とを比較して差を抽出する比較検査が行われる。

【 0 0 3 1 】

図 4 の R O I 条件設定部 4 3 で、R O I に「マット角」、詳細に「4 角」、寸法に「10 μ m」、検出に「ゴールデン」を設定する。これは、メモリマット 3 2 の 4 つの角部を選択した例を示しており、メモリマット 3 2 の 4 つの角部全てを検査対象とし、画像取得寸法が 10 μ m であり、ゴールデン画像を作成することを意味している。オペレータが、「画像取得」ボタンをクリックすると、メモリマット 3 2 の複数の角部の画像を取得し、位置合せをして加算平均し、ゴールデン画像が作成される。オペレータは、ゴールデン画像を画像表示領域 4 2 で確認し、「完了」ボタンを押すことで、ゴールデン画像がレシピに保存される。

【 0 0 3 2 】

図 5 から図 7 を用いて、図 3 (a) のステップ 3 0 6 に示した試し検査の内容を説明する。図 5 は、図 2 (a) に示した複数個のダイ 3 0 の拡大図である。図 5 (a) において、複数個のダイ 5 1 A , B , C , . . . に沿って X Y ステージ 7 を移動させながらストライプ領域 5 3 を電子ビーム 2 で走査して画像を取得する。図 4 に示した画面で、メモリマット 3 2 の矩形領域 4 4 のような 4 つの角部が、図 5 (b) に示す R O I 検出領域 5 4 に設定される。したがって、ストライプ領域 5 3 のうち、画像を取得するのは、R O I 検出領域 5 4 を含む R O I 走査領域 5 2 のみでよい。角部領域である R O I 検出領域 5 4 が、画像比較検査に用いられる。メモリマット 3 2 の寸法が一定であることから、R O I 走査領域 5 2 の幅 L、およびピッチ P は一定となり、ストライプ領域 5 3 から R O I 走査領域 5 2 を容易に取り出すことができる。

【 0 0 3 3 】

比較検査の参照画像となるゴールデン画像は、複数の R O I 検出領域 5 4 を加算平均して作成される。全体制御部 1 8 は、ゴールデン画像と複数の R O I 検出領域 5 4 とを比較し、画素ごとの明るさに差があれば抽出され、欠陥候補の画像が作成される。欠陥候補の画像と欠陥候補の座標は、欠陥情報として全体制御部 1 8 に格納されるとともに、コンソール 1 9 のスクリーンへ表示させることができる。

【 0 0 3 4 】

通常の比較検査では、図 5 (a) に示したストライプ領域 5 3 の画像を取得するので、X Y ステージ 7 を矢印で示す方向へ連続移動させながら、矢印で示す方向に対して略直角方向に、ストライプ領域 5 3 の幅で電子ビーム 2 を一次元走査する。角部領域の検査の場合には、ストライプ領域 5 3 の一部分だけ、すなわち、R O I 走査領域 5 2 だけを電子ビーム 2 で走査すればよいので、X Y ステージ 7 の移動速度を早くすることができる。

【 0 0 3 5 】

ストライプ領域 5 3 の全領域の画像を検出する場合のステージ移動速度を V_0 とし、検出画像の視野領域の長さを M とすると、次の数式 1、数式 2 を満足するステージ移動速度 V ならば、画像取得が可能である。

【 0 0 3 6 】

$$V \quad ((L + M) / L) V_0 \quad \cdots \quad \text{〔 数式 1 〕}$$

$$V \quad (P / L) V_0 \quad \cdots \quad \text{〔 数式 2 〕}$$

例えば、幅 $L = 10 \mu\text{m}$ 、視野 $M = 100 \mu\text{m}$ 、ピッチ $P = 60 \mu\text{m}$ と仮定すると、数 1 から $V = 1.1 \times V_0$ 、または、 $V = 6 \times V_0$ となり、ストライプ領域 5 3 の全ての画像を検出する場合に比べて、最大 6 倍も高速にステージ移動させても、R O I 検出領域 5 4 の画像取得が可能である。

【 0 0 3 7 】

以上の関係を、図 6 を用いて説明する。図 6 (a) , (b) , (c) は、ストライプ領域 5 3 の全面の画像を取得する場合と同じステージ移動速度の場合、図 6 (d) , (e) , (f) は、R O I 検出領域 5 4 のみの画像を検出する場合で、ステージ移動速度を早く

した場合である。

【0038】

図6(a)(b)(c)に示すように、ピッチPの画像を取得するための速度とステージ移動速度 V_0 とを一致させて、検出光学系の視野領域内のひとつの走査の領域61a, 61bの画像を取得できる。ROI検出領域54のみの画像を取得する場合には、ROI走査領域52のみを電子ビーム2で走査し、その画像からROI検出領域54の画像を抜き出す処理を行う。

【0039】

ステージ移動速度 V_0 より高速な移動速度 V_s で移動させた場合、画像検出速度よりも速いと、ストライプ領域53の全面の画像を取得することは出来ない。しかし、図6(d)(e)(f)に示すように、長さがLのROI走査領域52の画像のみを検出する場合、ROI走査領域52が視野領域の長さMの視野に入った時点で画像取得を開始し、その後徐々に遅れるが、最後の画像取得のときに視野領域内にあればよい。したがって、数1の制約が必要となる。一方、長さLのROI走査領域52が連続している場合には、はじめの走査の領域61cを走査した直後に、視野領域の後端に電子ビーム2の走査の領域61dが移動しており、数2の制約を満足する画像取得ができない領域ができる。このように、数1と数2の制約のもとで、画像を検出したい領域に応じてビーム2の走査位置を視野領域内で移動させることにより、高速な画像検出が実現できる。

【0040】

図7は、試し検査のときに表示される画面図である。画面には、ストライプ領域53を分割表示するマップ70、欠陥画像を表示する画像表示部71、欠陥情報を表示する欠陥情報表示部72が設けられている。マップ70はストライプ領域53を最初の領域が75で示される4分割で表示している。マップ70には、ROI検出領域54を示す矩形76、欠陥候補を模式的に表したマーク73が表示されている。詳細は省略するが、ROI検出領域54を示す矩形76は条件設定タブをROI領域設定タブ77に切り替えて編集することが出来る。マーク73をクリックすることで、このマーク73に対応する欠陥候補の画像と情報が表示される。表示しきい値設定ツールバー74のスライドを移動させることで、画像表示部71に表示させる画像の明るさにしきい値を設けることができる。これにより、該しきい値以上の明るさの欠陥候補のみが画像表示部71に表示される。

【0041】

マップ70には、画像表示部71の画像表示モードを選択するモードを有しており、この選択モードを切り替えて、画像表示部71に、欠陥候補を含む取得画像そのものを表示することができる。

【0042】

また、図示はないが、ゴールデン画像再取得ボタンをクリックすることにより、現在取得した画像に基づきゴールデン画像を再取得して、画像を更新することができる。画像の更新により、あるいは、ゴールデン画像生成時の加算平均に用いる画像の選択が出来るようにして、欠陥などのノイズ成分のより少ない参照画像を作成することができる。検査条件が設定された後、レシピに情報を格納し、ウェーハをアンロードして、レシピ作成が完了する。

【0043】

図8は、欠陥判定方法の説明図である。一般に、検査装置の検出する欠陥のうち重要な欠陥(DOI)は例えば、黒く見える穴部分が非導通により、白く見える黒パターン白欠陥モード、黒く見える穴部分が穴径の縮小により、黒パターンが小さく見える小穴欠陥モード、白く見えるプラグ部分が隣接するプラグとショートして、より白く見える白パターンの白欠陥モード等パターンと欠陥の見え方が決まっている。一方、検出したくないノイズには白い絶縁膜の帯電による白輝点欠陥モード等がある。ROI検出領域画像80とゴールデン画像81とを比較して、明るさに差が有る画素を含む欠陥候補の差画像82を作成し、欠陥候補を含み領域が小さい差画像83を作成する。一方、予め取得した黒パターン白欠陥モードや小穴欠陥モードや絶縁膜の白輝点欠陥モードなどの各種欠陥モード

10

20

30

40

50

の画像 8 4 A , 8 4 B , 8 4 C , 8 4 D の、小さい差画像 8 3 に対応する画像 8 5 を作成する。複数の画像 8 5 と差画像 8 3 とを照合し、テーブル 8 6 に示すような一致度を計算する。

【 0 0 4 4 】

一致度の最も高いモードを選択することで検出欠陥の欠陥モードを知ることが出来る。予め取得する画像は、同一種類（例えば非道通）の抵抗値が異なるもの、又は異なる欠陥モード（例えばホール抵抗値の異なる非道通欠陥モードとホールの穴径の異なる小穴欠陥モード）、又はその両方のいずれかを選択しておくことが出来る。本実施例によれば、欠陥モードを特定しない発生頻度又は分布の情報のみならず、予め取得しておいた欠陥モードの見本と比較できるため、検出した欠陥モードでフィルタリングすることで興味のある欠陥モードのみの情報を得ることができる特徴がある。

10

【 0 0 4 5 】

図 9 は、比較検査に使用される画像の取得のシーケンス図、図 1 0 は、得られる信号量の時間変化を表すグラフである。図 9 において、縦方向にライン番号（複数回の電子線走査により 1 本の画像を取得する場合、最終的に取得したラインを座標順にナンバリングしたものである）をとり、ライン走査順を画像を示す四角内に番号で記載している。例えば、ライン [1] は、ライン走査順 4 番 , 7 番 , 1 0 番 , 1 3 番の 4 回のデータ取得を行い、これらを重みつき加算平均したものであるとする。重みつきの内容を説明する。図 1 0 において、ウェーハ 6 から得られる信号量は、時間の経過とともに減少するが、当初はウェーハの表面状態の識別が可能であり、その後に電子ビーム 2 を照射した領域の構造の違いによる帯電状態の違いによって正常部と欠陥部とで信号量の減少量が異なってくる。このため、正常部と欠陥部の識別が可能になる。そこで、内部の情報が得られる時間の重みを大きくし、表面の情報しか得られない時間の重みを負にすることで、重みなしで加算したデータを用いて処理した場合に比べ重みをつけて加算したほうが、より正確な情報が得られる。このような過渡特性の情報を用いて検査することで、表面の情報を多く含む画像データの影響を排除し、内部の情報を多くする効果により検査の精度が向上する。本実施例によれば、このような過渡特性を用いることで検査の確度が上がる特徴がある。

20

【 0 0 4 6 】

図 1 1 は、画像取得領域と偏向器 3 に与える偏向電圧との関係を示すグラフである。図 5 で説明したように、図 1 1 (a) に示す R O I 走査領域 5 2 中の R O I 検出領域 5 4 を検査する場合、R O I 検出領域 5 4 以外の領域に電子ビーム 2 を照射する必要はない。したがって、図 1 1 (b) に示すような、R O I 走査領域 5 2 の端から端にわたって全面に電子ビーム 2 を偏向するのではなく、図 1 1 (c) に示すように、R O I 検出領域 5 4 を含む領域 1 1 0 a , 1 1 0 b のみが照射されるように電子ビーム 2 を偏向する。これにより、ひとつの R O I 走査領域 5 2 あたりの画像取得時間を短縮することができ、図 6 に示したステージ移動速度を早くすることができる。

30

【 0 0 4 7 】

次に、他の実施例を説明する。検出光学系の視野より大きな寸法の単位、例えば、ダイ寸法やウェーハ寸法は寸法の mm 以上の寸法でユーザの興味がある場所が偏在する場合がある。その一例を図 1 2 (a)、(b)、(c) に示す。図 1 2 は対象物のレイアウトの一部を示した図で図 2 の一部となり、R O I 走査領域 5 2 とそのストライプ領域 5 3 中の真に興味のある領域の一例を示したものである。メモリマット領域 1 2 1 a , 1 2 1 b はメモリマット群 3 1 のみを示している。即ちメモリマット群以外の周辺回路部分はパターンが疎で欠陥の発生確率は低く興味の対象外である。一方、メモリマット外周領域 1 2 2 a ~ 1 2 2 d はメモリマット群の外周部分のみを示している。一般にパターン密度の変化率の大きい領域は欠陥の発生頻度が高い。ウェーハの外周部のハッチングを施したウェーハ外周ダイ 1 2 3 は内部に比べて製造プロセスの条件が異なり欠陥の発生確率が高い、従ってウェーハ外周領域 1 2 4 a , 1 2 4 b ダイは真に興味がある領域である。この様な領域のみの画像取得を考えた場合、ステージ移動速度 V を可変とし、メモリマット領域 1 2 1 a , 1 2 1 b、メモリマット外周領域 1 2 2 a ~ 1 2 2 d、ウェーハ外周領域 1 2 4 a , 1 2

40

50

4 bのみを低速で移動し、それ以外の領域は高速で移動することも出来る。これにより、検査時間を更に短縮することができる。

【0048】

次に、他の実施例を図13(a)、(b)を用いて説明する。図13はサンプリング手順を示すメモリマップの平面図である。メモリマップ32の領域の40%の部分領域131のみを検査対象領域としてサンプリングする。これにより、通常の全面検査に比べて2.5倍の高速なステージ移動と検査速度が実現できる。また、メモリマップのいくつかの1個を選択した選択メモリマップ132のメモリマップ角部のみを検査する。これにより、選択割合に応じた高速化が可能となる。これらのサンプリングを行った場合であっても、欠陥発生に分布があった場合には、その分布を捕らえることが可能である。本変形によ

10

【0049】

なお、欠陥判定方法は予め取得した、ゴールデン画像45と比較する方式で説明したが、セル比較、RIA方式、ダイ比較、マップ比較などの実パターン比較、設計情報から生成した設計パターンとの比較方法等の任意の欠陥検出方法を用いることも出来る。

【0050】

上述のように、本発明の実施例によれば、画像検出時間が通常の全面の画像を取得する時間に比べて6倍程度高速にでき、高スループットでROI領域の欠陥の発生頻度分布を検査可能な検査システムを提供できる特徴がある。また、通常の全面検査の場合と比較するとハードウェアの構成は同一であり、画像取得方法とその処理方法のみが異なるので、ROI領域のみ的高速モニタと全面検査モードの両方を1個のハードウェアシステムでソフトの動作モードを変更するのみで実現できる特徴がある。また、欠陥発生頻度又は特性尤度を効率的にモニタする検査装置およびその検査方法を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】基板の検査装置の構成を示す縦断面図。

【図2】ウェーハの平面図。

【図3】レシピ作成と検査の手順を示すフローチャート。

【図4】コンソールのスクリーンへ表示される画面の一例を示す画面図。

【図5】図2(a)に示した複数個のダイの拡大図。

30

【図6】ステージ速度の時間変化を示すグラフ。

【図7】試し検査のときに表示される画面図。

【図8】欠陥判定方法の説明図。

【図9】比較検査に使用される画像の取得のシーケンス図。

【図10】得られる信号量の時間変化を表すグラフ。

【図11】画像取得領域と偏向器に与える偏向電圧との関係を示すグラフ。

【図12】対象物のレイアウトの一部を示した図。

【図13】サンプリング手順を示すメモリマップの平面図。

【符号の説明】

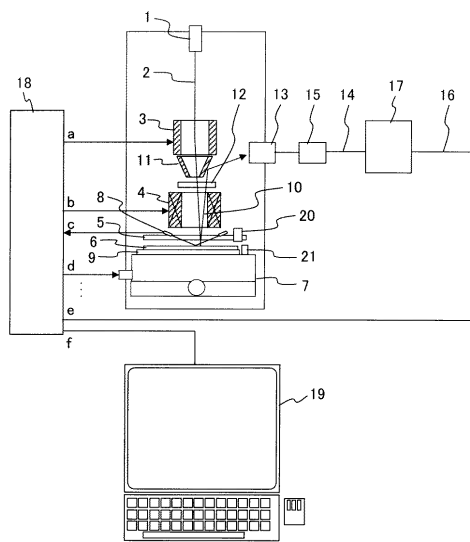
【0052】

2...電子ビーム、3...偏向器、4...対物レンズ、5...帯電制御電極、6...ウェーハ、7...XYステージ、8...Zセンサ、9...試料台、10...二次信号、17...欠陥判定部、18...全体制御部、19...コンソール、20...光学顕微鏡、21...標準試料片、30...ダイ、31...メモリマップ群、32...メモリマップ、33...メモリセル、41...マップ表示領域、42...画像表示領域、43...ROI条件設定部、44...矩形領域、52...ROI走査領域、53...ストライプ領域、54...ROI検出領域、70...マップ、71...画像表示部、72...欠陥情報表示部、73...マーク、74...表示しきい値設定ツールバー、80...ROI検出領域画像、81...ゴールデン画像、82...差画像。

40

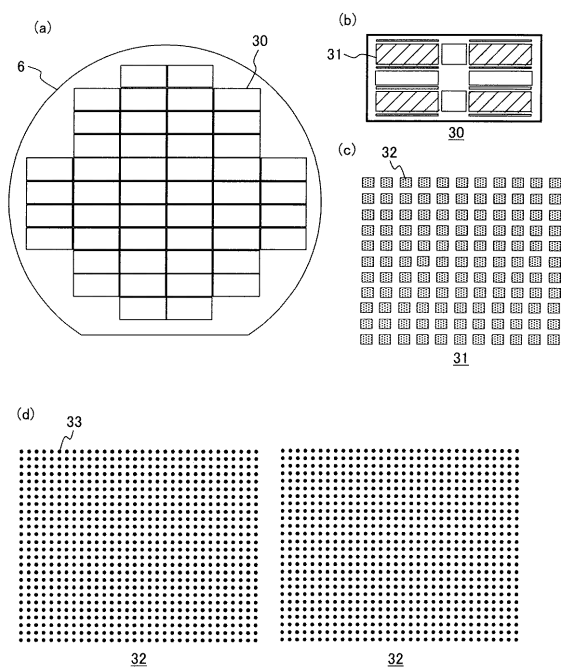
【図 1】

図 1



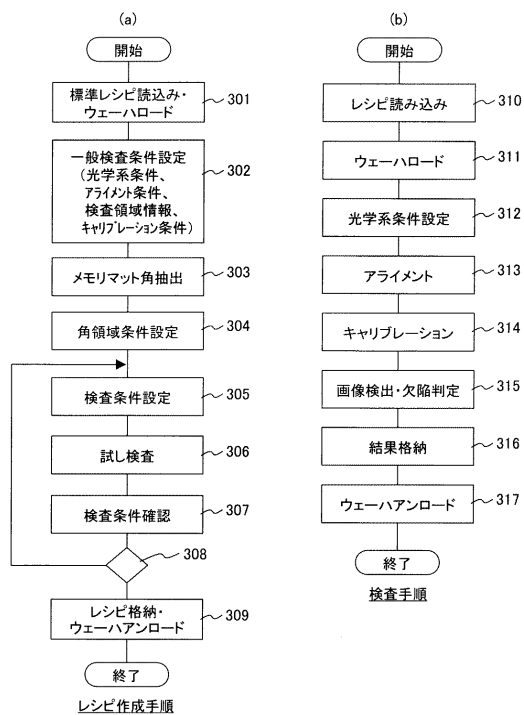
【図 2】

図 2



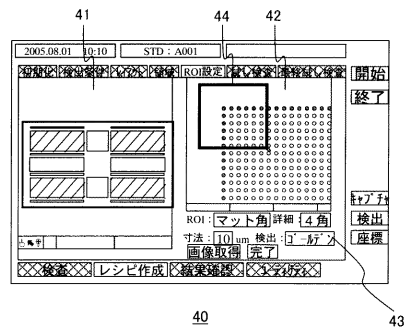
【図 3】

図 3



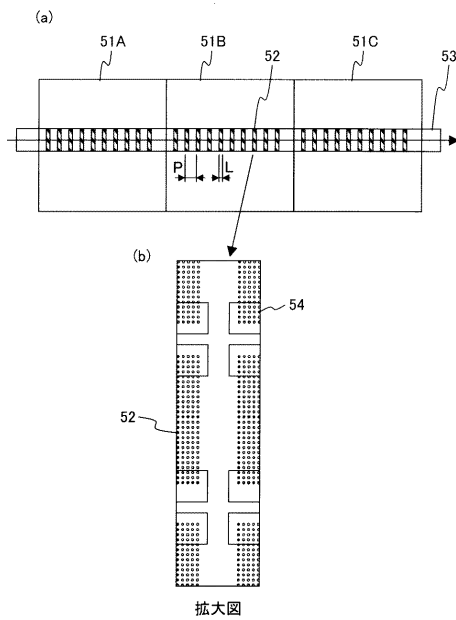
【図 4】

図 4



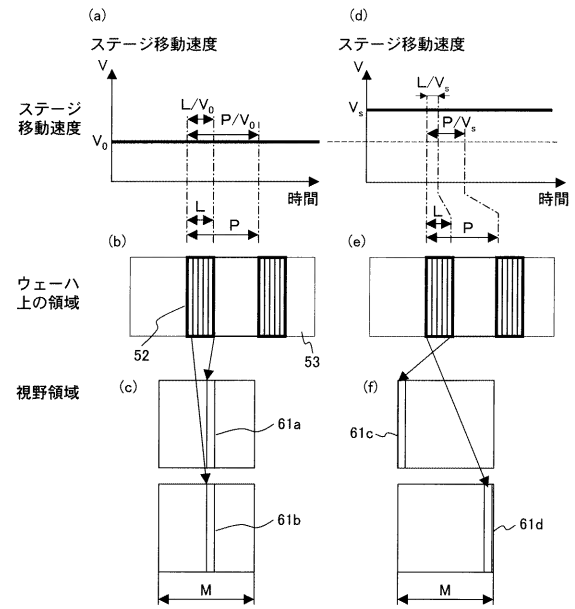
【 図 5 】

图 5



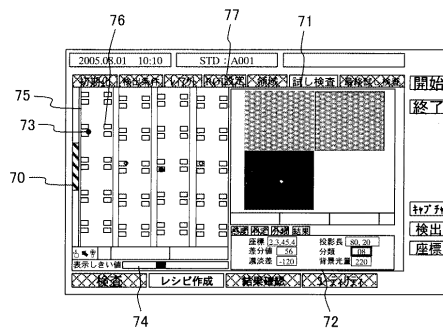
【 図 6 】

Figure 6



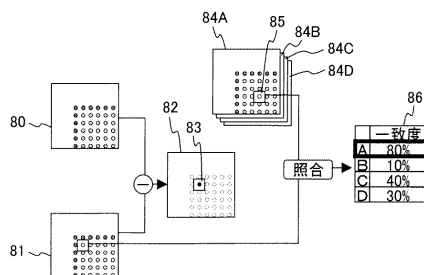
【圖 7】

図 7



【 図 8 】

图 8



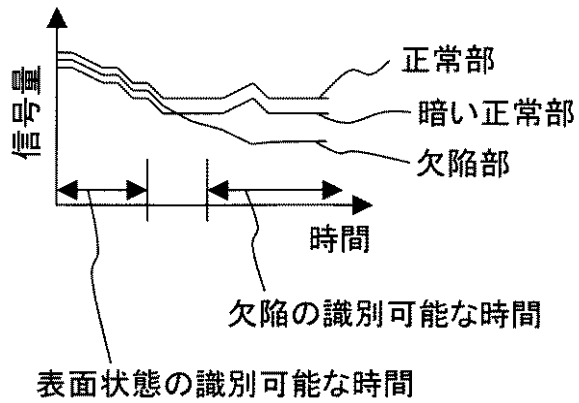
【 図 9 】

図 9

ライン走査順	ライン
1	
2 5	
3 6 9	
4 7 10 13	[1]
8 11 14 17	[2]
12 15 18 21	[3]
16 19 22 25	[4]
20 23 26	[5]
24 27	[6]

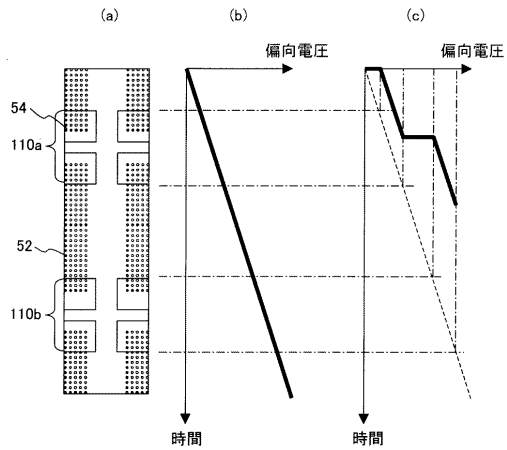
【図 10】

図 10



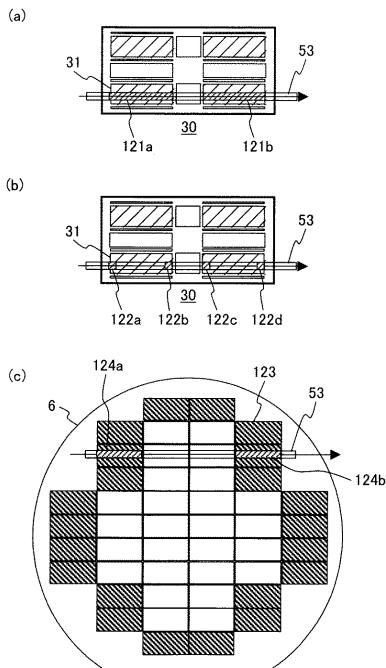
【図 11】

図 11



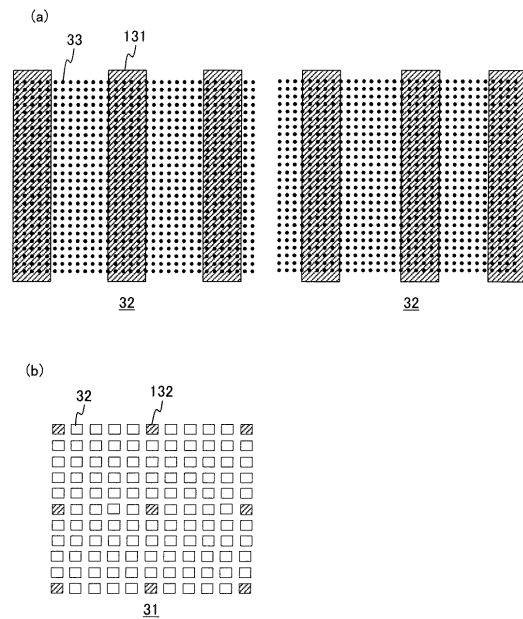
【図 12】

図 12



【図 13】

図 13



フロントページの続き

(72)発明者 宮井 裕史

茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ 那珂事業所内

(72)発明者 野尻 正明

茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ 那珂事業所内

審査官 佐藤 仁美

(56)参考文献 特開 2 0 0 1 - 1 4 7 1 1 4 (J P , A)

特開 2 0 0 1 - 1 4 8 0 1 6 (J P , A)

特開 2 0 0 7 - 1 8 0 0 9 0 (J P , A)

特開 2 0 0 0 - 1 6 1 9 3 2 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 0 2 6 0 9 3 (J P , A)

特開 2 0 0 0 - 2 0 8 5 7 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 B 1 5 / 0 0 - 1 5 / 0 8、

H 0 1 J 3 7 / 0 0 - 3 7 / 0 2、3 7 / 0 5、3 7 / 0 9 - 3 7 / 1 8、

3 7 / 2 1 - 3 7 / 2 4 4、3 7 / 2 5 2 - 3 7 / 2 9 5、

H 0 1 L 2 1 / 6 4 - 2 1 / 6 6