

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-237375

(P2011-237375A)

(43) 公開日 平成23年11月24日(2011.11.24)

(51) Int.Cl.  
G01N 23/225 (2006.01)F I  
G O I N 23/225テーマコード (参考)  
2 G O O 1

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2010-111126 (P2010-111126)  
(22) 出願日 平成22年5月13日 (2010. 5. 13)(71) 出願人 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 細谷 直樹  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地  
株式会社日立製作所生産技術研究所内  
(72) 発明者 本田 敏文  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地  
株式会社日立製作所生産技術研究所内  
(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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 欠陥検査方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】

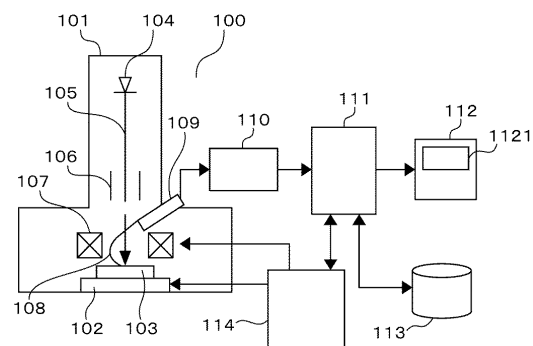
従来のパターン検査では、検査画像と参照画像とを比較し差分値に対して欠陥判定しきい値を用いて欠陥を検出する。欠陥は特定の回路パターン部にのみ発生するが、従来方法では位置によらない検査のため虚報が発生し、高感度検査が困難であった。

【解決手段】

予めG P画像を取得し、G P画像に対して検査箇所及び閾値マップをG U I上で指定し、欠陥の識別基準を設定し、次に検査画像を取得し、検査画像に識別基準を適用し欠陥を識別することでパターン検査を行い高感度検査を可能にした。

【選択図】 図1

図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

走査型電子顕微鏡（SEM）で取得した画像を用いて試料の欠陥を検査する方法であって、

SEMで取得した画像を用いてGP画像を作成するステップと、  
画面上で欠陥識別基準を設定するステップと、  
前記SEMを用いて検査画像を取得するステップと、  
前記設定した欠陥識別基準を用いて前記作成したGP画像と検査画像との比較検査を行うステップと、

該比較検査した結果を出力するステップと  
を行うことを特徴とする欠陥検査方法。

10

**【請求項 2】**

前記GP画像を作成するステップにおいて、画面上で指定された検査対象試料上の領域を前記SEMで撮像し、該撮像して得た画像を用いてGP画像を作成することを特徴とする請求項1記載の欠陥検査方法。

**【請求項 3】**

前記GP画像を作成するステップにおいて、画面上で指定された検査対象試料上の領域を前記SEMで撮像し、該撮像して得た複数の画像を平均化して得られた画像からGP画像を作成することを特徴とする請求項1又は2に記載の欠陥検査方法。

**【請求項 4】**

欠陥識別基準を設定するステップにおいて、該欠陥識別基準を前記GP画像が表示されている画面上で設定することを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載の欠陥検査方法。

20

**【請求項 5】**

前記SEMを用いて検査画像を取得するステップにおいて、前記画面上で指定された領域又は前記画面上で指定された領域と同じ形状のパターンが形成された領域について前記SEMを用いて検査画像を取得することを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載の欠陥検査方法。

**【請求項 6】**

前記SEMを用いて検査画像を取得するステップにおいて、前記画面上で指定された領域又は前記画面上で指定された領域と同じ形状のパターンが形成された領域を除外して前記SEMを用いて検査画像を取得することを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載の欠陥検査方法。

30

**【請求項 7】**

試料を撮像して該試料の画像を取得する走査型電子顕微鏡（SEM）手段と、  
該SEM手段を用いて取得した試料の画像を表示する画面を有する表示手段と、  
該表示手段に表示された前記試料の画像からGP画像を作成するGP画像作成手段と、

前記SEM手段を用いて取得した試料の画像から欠陥を識別するための欠陥識別基準を前記GP画像作成手段で作成されたGP画像が表示されている表示手段上で設定する欠陥識別基準設定手段と、

40

前記SEM手段を用いて前記試料を撮像して取得した画像を前記欠陥識別基準設定手段で設定した欠陥識別基準を用いて前記GP画像作成手段で作成したGP画像と比較検査して前記試料上の欠陥を検出する欠陥検出手段と、

該欠陥検出手段で前記試料上の欠陥を検出した結果を出力する出力手段と、

前記SEM手段と前記表示手段と前記GP画像作成手段と前記欠陥識別基準設定手段と前記欠陥検出手段と前記出力手段とを制御する制御手段と  
を備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

**【請求項 8】**

前記GP画像作成手段は、前記表示手段の画面上で指定された検査対象試料上の領域を

50

前記 S E M で撮像して得た画像から G P 画像を作成することを特徴とする請求項 7 記載の欠陥検査装置。

【請求項 9】

前記 G P 画像作成手段は、前記表示手段の画面上で指定された検査対象試料上の領域を前記 S E M で撮像して得た複数の画像を平均化して得られた画像から G P 画像を作成することを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 10】

欠陥識別基準設定手段は、前記 G P 画像作成手段で作成された G P 画像が表示されている前記表示手段の画面上で欠陥識別基準を設定することを特徴とする請求項 7 乃至 9 の何れかに記載の欠陥検査装置。

10

【請求項 11】

前記制御手段は、前記 S E M 手段を制御して、前記表示手段の画面上で指定された領域又は前記表示手段の画面上で指定された領域と同じ形状のパターンが形成された領域の検査画像を取得することを特徴とする請求項 7 乃至 9 の何れかに記載の欠陥検査装置。

【請求項 12】

前記制御手段は、前記 S E M 手段を制御して、前記表示手段の画面上で指定された領域又は前記表示手段の画面上で指定された領域と同じ形状のパターンが形成された領域を除外して検査画像を取得することを特徴とする請求項 7 乃至 9 の何れかに記載の欠陥検査装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体ウェハの検査技術に関し、特に半導体ウェハ上に形成されたパターンの欠陥を検査するのに適した欠陥検査方法及びその装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体ウェハに形成される回路パターンの微細化が進むにつれ、その製造工程で発生する欠陥が製品歩留まりに与える影響は大きくなってきており、製造段階においてそのような欠陥が発生しないように管理することはますます重要となっている。現在、半導体ウェハの製造現場では、一般的に、欠陥検査装置を用いて歩留り対策を行っている。半導体製造の量産ラインにおいては、製造プロセスにおける欠陥発生状態を正しくモニタリングする必要がある。そのため、可能な限り多くのウェハについて、欠陥検査装置による検査を行う必要がある。

30

【0003】

欠陥検査装置とは、光学的な手段もしくは電子線を用いてウェハ表面の状態を画像化しその画像を自動処理することで、ウェハ上のどの位置に欠陥が存在するかを高速に調べるものである。このような欠陥検査装置では、その高速性が重要であるため、可能な限り取得する画像の画素サイズを大きく（つまり低解像度化）することによる画像データ量の削減を行っており、多くの場合、検出した低解像度の画像からは欠陥候補の存在は確認できても、その欠陥候補を詳細に判別することは難しい。

40

【0004】

このような欠陥検査装置の機能等についての従来技術については特開 2003-6614 号公報（特許文献 1）に開示されている。この特許文献 1 には、欠陥検査装置の構成、欠陥検査の機能並びに動作シーケンス等について記載されている。

【0005】

また、各ダイにおいて予め定めた注目領域を電子線を用いた走査電子顕微鏡（S E M）で順次撮像して得た複数の S E M 画像のそれぞれについて一つの画素値を取得し、欠陥判定しきい値と比較して欠陥を検出する定点検査の方法もある。このような方法の従来技術については特開 2005-150727 号公報（特許文献 2）に開示されている。

【先行技術文献】

50

## 【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2003-6614号公報

【特許文献2】特開2005-150727号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

【0007】

半導体検査で検出したい欠陥として、プラグ形成工程におけるウェハ内部でのコンタクトホール導通不良等の電氣的欠陥がある。この欠陥は光学式の検査装置では検出困難であるが、SEMでは電子線を照射することにより、正常に導通しているプラグと導通不良が発生しているプラグとでは明るさが異なる電位コントラスト像が得られるため、電氣的欠陥を検出することが可能である。

10

【0008】

一方、SEM画像における明るさの差異は導通不良以外でも生じる場合があり、ウェハ表面の異物、僅かな電流のリーク、ノイズ等の検出したくない欠陥である。検出したい欠陥と検出したくない欠陥とは共にSEM画像上では明るさの差異となって現れるため、従来の欠陥検査装置では両方とも欠陥候補となり検出したい欠陥か否かを判別することは難しい。

## 【課題を解決するための手段】

【0009】

20

半導体ウェハ上に形成された回路パターンの検査として、ウェハを走査型電子顕微鏡(SEM)で撮像し、得られた画像を処理して回路パターンの欠陥を検出することが一般に行われている。SEMにおける撮像は、電子ビームを偏向させて半導体ウェハを走査し、ウェハから発生する2次電子、反射電子を検出器で取得して画像化する。ウェハ上には複数のダイが格子状に繰り返し配列されており、各ダイには同じ回路パターンが形成されるので、検査を行うために、各ダイの対応する部分の一つを検査画像とし、別の一つを参照画像として比較して欠陥を検出することが行われる。また、ダイの中のメモリマット部は複数のメモリセルが格子状に繰り返し配列されており、各メモリセルには同じ回路パターンが形成されるので、メモリセル同士で同様に比較検査が行われる。

【0010】

30

上記目的を達成するため、本発明の検査方法及び検査装置では、メモリマットをSEMで撮像して得たSEM画像を教示用画像として記憶手段に記憶させておき、別にメモリマットをSEMで撮像して得たSEM画像を検査画像とし、記憶したGP画像と検査画像とを比較して欠陥を検出するGP(Golden Pattern)検査を行うようにした。

【0011】

また、上記目的を達成するために、本発明では、走査型電子顕微鏡(SEM)で取得した画像を用いて試料の欠陥を検査する方法において、SEMで取得した画像を用いてGP画像を作成し、画面上で欠陥識別基準を設定し、前記SEMを用いて検査画像を取得し、前記設定した欠陥識別基準を用いて前記作成したGP画像と検査画像との比較検査を行い、該比較検査した結果を出力するようにした。

40

【0012】

また、上記目的を達成するために、本発明では、欠陥検査装置を、試料を撮像して該試料の画像を取得する走査型電子顕微鏡(SEM)手段と、該SEM手段を用いて取得した試料の画像を表示する表示手段と、該表示手段に表示された前記試料の画像からGP画像を作成するGP画像作成手段と、前記SEM手段を用いて取得した試料の画像から欠陥を識別するための欠陥識別基準を前記GP画像作成手段で作成されたGP画像が表示されている表示手段上で設定する欠陥識別基準設定手段と、前記SEM手段を用いて前記試料を撮像して取得した画像を前記欠陥識別基準設定手段で設定した欠陥識別基準を用いて前記

50

G P 画像作成手段で作成した G P 画像と比較検査して前記試料上の欠陥を検出する欠陥検出手段と、該欠陥検出手段で前記試料上の欠陥を検出した結果を出力する出力手段とを備えて構成した。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、G P 検査により、検出したい欠陥と検出したくない欠陥の中から、検出したい欠陥のみを検出する高感度な検査が可能となった。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】実施例1における検査装置の概略の構成を示すブロック図である。

10

【図2】実施例1におけるG P 検査を行う方法の手順を表すフロー図である。

【図3】実施例1におけるG P 画像の平均化の概念の例を表す図である。

【図4】実施例1で対象とする回路パターンの例を表すSEM画像の図である。

【図5】実施例1における識別基準設定の概念の例を表すSEM画像の図である。

【図6】実施例1における識別基準設定の概念の別の例を表すSEM画像の図である。

【図7】実施例1における識別基準設定の概念の別の例を表すSEM画像の図である。

【図8】実施例1における識別基準設定の概念の別の例を表すSEM画像の図である。

【図9】実施例1における識別基準設定の概念の別の例を表すSEM画像を含むブロック図である。

【図10】実施例1における識別基準設定の概念の別の例を表すSEM画像と調整ゲージの図である。

20

【図11】実施例1におけるG P 検査を行うためのGUIの例を表す表示画面の正面図である。

【図12】実施例1におけるG P 検査を行うためのGUIの例を表す表示画面の正面図である。

【図13】実施例1におけるG P 検査を行うためのGUIの例を表す表示画面の正面図である。

【図14】実施例2における欠陥観察装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図15】実施例3における欠陥観察装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図16】実施例3におけるG P 検査を行うためのGUIの別の例を表す表示画面の正面図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下に、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

【実施例1】

【0016】

本発明をSEMを用いた検査装置に適用した例を説明する。本実施例による検査装置の構成の例を図1に示す。この検査装置は、走作型電子顕微鏡で半導体ウェハを撮像して得た画像を画像処理回路で処理して欠陥の判定を行うものである。

【0017】

40

検査装置は、走作型電子顕微鏡(SEM)100と、A/D変換器110、画像処理手段111、ユーザインターフェース部112、記憶手段113、全体制御部114を備えて構成される。

【0018】

走作型電子顕微鏡(SEM)100は、筐体101の内部に平面内で移動可能なテーブル102と、電子線105を発射する電子線源104、電子線源104から発射された電子線105を偏向させる偏向器106、電子線105のフォーカス位置を調整する電子レンズ107、電子レンズ107でフォーカス位置を調整された電子線105が走査して照射された半導体ウェハ103から発生する二次電子108を偏向器106による偏向の信号と同期させて検出する検出器109を備えている。検出器109で検出された二次電子

50

は、電気信号に変換された後、更に A / D 変換器 110 によりデジタル画像信号に変換され、画像処理手段 111 に入力されて画像処理される。

【0019】

上記した構成を備えた SEM 式の半導体ウェハ検査装置を用いて試料である半導体ウェハ 103 を撮像する際は、電子線源 104 から発射された電子ビーム 105 を偏向器 107 で X 方向に一定の周期で繰り返し偏向させデンシレンズ 107 で収束させて、ステージ 102 により Y 方向に一定の速度で移動している半導体ウェハ 103 の表面に焦点を合わせて、ステージ 102 による Y 方向への移動と同期させて走査する。このようにして電子ビーム 105 が照射され走査された半導体ウェハ 103 から発生した二次電子（反射電子も含む）子 108 を検出器 109 で検出し A / D 変換器 110 でデジタル信号に変換して検査画像を得、画像処理手段 111 でこの検査画像を記憶しておいた GP 画像と比較して差異を抽出する画像処理を行い、欠陥を検出する。

10

【0020】

上記した装置を用いて半導体ウェハ 103 上に形成されたメモリセルを検査画像とし、GP 画像と比較して欠陥を検出する GP 検査を行う方法の手順の例を図 2 に示す。

【0021】

まず、最初のウェハであるかを判断し (S201)、YES の場合にはユーザインタフェース部 112 から検査対象ウェハの回路パターンのうちでメモリセルを含む領域を指定する (S202)。次に、検査対象ウェハについて、指定された領域を SEM 100 を用いて撮像して SEM 画像を取得して位置情報とともに記憶手段 113 に記憶する (S203)。次に、S203 で取得されて記憶手段 113 に記憶された SEM 画像を用いて画像処理手段 111 において GP 画像を作成する (S205)。次に、GP 検査において欠陥を識別する識別基準を設定する (S204)。次に、検査対象ウェハについて、指定された領域と同一形状のパターンを含む領域を SEM 100 を用いて順次撮像して複数の SEM 画像を取得して位置情報とともに記憶手段 113 に記憶する (S208)。次に画像処理手段 111 において GP 画像と記憶手段 113 に記憶されている複数の画像を欠陥識別基準を用いた GP 検査により順次比較検査して欠陥候補を検出し (S206)、この検出した欠陥候補から欠陥を抽出する (S207)。次に、その結果を出力する (S209)。

20

【0022】

S208 で SEM 画像の取得が終わったウェハは、画像処理手段 111 と記憶手段 113 とで S208 から S209 までのステップの処理を実行している間に SEM 式検査装置から搬出され、次の検査対象ウェハが搬入される。この搬入された検査対象ウェハは S201 で最初のウェハではないと判断されて S208 の SEM 画像取得のステップが直ちに実行され、最初のウェハのときに S202 で設定された領域の情報をを用いて SEM 画像を取得されて記憶手段 113 に記憶される。さらに、S206 の GP 検査のステップに進み、最初のウェハを用いて作成された GP 画像を用いて GP 検査が実行され、その後 S207 から S209 までが順次実行される。

30

【0023】

図 2 において、2 枚目以降のウェハについては S202 ~ S205 のステップをスキップする処理フローを説明したが、S201 の判定ステップを削除して、2 枚目以降のウェハについてもそれぞれのウェハの SEM 画像を用いて、それぞれのウェハごとに S205 で GP 画像を作成しても良い。

40

【0024】

S202、S208 の SEM 画像を取得するステップにおいてウェハから取得した SEM 画像には、電子光学系の回路に発生する回路ノイズ等によって、ノイズ（以降、単にノイズと記す）が生じる。検査画像と参照画像とではノイズの発生状態が異なるため、検査・参照画像の比較の際に、ノイズの差異を虚報として検出してしまう。虚報を抑えるためには欠陥検出感度を下げることが余儀なくされ、実欠陥見逃しが発生してしまう場合がある。虚報を抑制し実欠陥見逃しを防ぐためには画像に生じるノイズを低減することが必要である。半導体のプロセスノードの微細化に伴い、より微小な欠陥を検出することが要求

50

され、画像に生じるノイズの低減の必要性が高まる方向にある。

【0025】

本発明では、画像に生じるノイズを低減するため、複数のメモリセルの画像を用いて、平均を算出して平均画像を作成し、これをG P画像として用いることでG P画像に生じるノイズを低減しても良い。

【0026】

次に、G P画像の平均化の概念の例を図3に示す。ここで説明を簡単化するため1次元波形を用いて説明する。G P波形(1)301、G P波形(2)302、G P波形(3)303、G P波形(4)304は本来同一形状となるように形成された個々のメモリセルの画像信号であり基本的に同一である。各波形は画素サイズ毎にサンプリングしてデジタル画像化されるが、各波形の位相は互いにずれがあるため、波形間のサンプリング位置にはずれがある。そこでG P画像の平均化の際には、位相のずれを考慮して一つのG P波形に合成する。例えば、各参照画像の左端に、サンプリング点(1)311、サンプリング点(2)1312、サンプリング点(3)313、サンプリング点(4)314があり、一つのG P波形1305に合成する際には、位相のずれを考慮して合成位置(1)321、合成位置(2)322、合成位置(3)323、合成位置(4)324に位置づけて平均画像を合成するのが望ましい。

10

【0027】

上記では、メモリセル画像からG P画像を作成したが、検査対象を半導体ウェハのロジック部とする場合は、繰り返し性が無い回路パターン画像からG P画像を作成しても良い。また、繰り返し性が無い回路パターンでも、検査対象ウェハの各ダイの同一箇所には同一の回路パターンが存在するため、それらを用いて、平均を算出して平均画像を作成し、これをG P画像として用いることでG P画像に生じるノイズを低減しても良い。

20

【0028】

上記に説明した実施例においては、取得した複数のS E M画像から平均画像を作成してG P画像としていたが、取得した複数のS E M画像から一つの画像を抽出し、この抽出した画像をG P画像としても良い。例えば、取得した複数の画像についてパターンエッジ信号の急峻さ(edge sharpness: エッジシャープネス)やパターン幅を評価し、理想パターン(設計パターン)に最も近い画像を選択して、G P画像とすることができる。

【0029】

30

[変形例1]

上記実施例では、メモリセル領域を撮像して得られたS E M画像をG P画像としているが、検出したい欠陥はメモリセル領域の特定の回路パターン部のみに発生する場合がある。この場合、検査画像とG P画像とをそのまま比較すると検出したくないノイズを欠陥候補として検出する可能性がある。例えば、図4に示すような穴401が並んでいる回路パターン402で、検出したい欠陥403はS E M画像上では穴の内側部分の明るさの違いであり、穴と穴との間の部分の明るさの違いは検出したくないノイズ404である場合が考えられる。そのまま比較するとノイズを欠陥候補として検出する可能性がある。

【0030】

そこで、本で変形例1は、教示画像に対して検査箇所を指定して、検査箇所のみ検査しても良い。これによってノイズを欠陥候補として検出することを抑制する。

40

【0031】

本変形例1における処理の全体のフローは上記で説明した図2に示した処理フローと同じであるが、S204の識別基準設定のステップの詳細な処理の内容が異なる。

【0032】

本変形例1による識別基準設定の概念を図5に示す。ウェハを撮像して得られたS E M画像501上で、検査箇所を指定する。例えば、得られたS E M画像はユーザインターフェース部112のG U I画面1121上に表示する。次に、G U I画面1121上に表示されたS E M画像上で検出したい領域502を例えば矩形状にユーザが範囲指定する。検査箇所が表示されることで検査箇所の妥当性をユーザが確認することができる。S E M画

50

像上に同じパターン形状のメモリセルが複数ある場合は、各メモリセル上に前述の検査箇所を矩形状に自動設定する。S 2 0 6 の G P 検査のステップではこの検査箇所のみ検査を行う。

#### 【 0 0 3 3 】

##### [ 変形例 2 ]

上記変形例 1 では、検出したい欠陥は検査箇所の明るさの違いであるとしたが、検査箇所が明るくなる(白くなる)場合は検出したい欠陥であるが、検査箇所が暗くなる(黒くなる)場合は検出したくないノイズの場合がある。そのまま比較するとノイズを欠陥候補として検出する可能性がある。

#### 【 0 0 3 4 】

そこで、本変形例 2 では、白くなる場合の欠陥検出閾値と黒くなる場合の欠陥検出閾値とを独立に指定しても良い。これによってノイズを欠陥候補として検出することを抑制する。

#### 【 0 0 3 5 】

本変形例 2 における処理の全体のフローは上記で説明した図 2 に示した処理フローと同じであるが、S 2 0 4 の識別基準設定のステップの詳細な処理の内容が異なる。

#### 【 0 0 3 6 】

本変形例 2 による識別基準設定の概念を図 6 に示す。例えば、指定された検査箇所 6 0 1 の白くなる場合の欠陥検出閾値(白閾値)と黒くなる場合の欠陥検出閾値(黒閾値)との調整ゲージ 6 0 2 をユーザインターフェース部 1 1 2 の G U I 画面 1 1 2 1 上に表示する。次に、それぞれのゲージを指定したい閾値 6 0 3 にユーザが動かす。G U I 画面 1 1 2 1 上に S E M 画像に対応した白閾値と黒閾値との閾値マップ 6 0 4 を表示し、ユーザ指定に合わせて閾値マップが表示されることで閾値の妥当性をユーザが確認することができる。

#### 【 0 0 3 7 】

##### [ 変形例 3 ]

上記では、メモリマットが同じパターン形状のメモリセルの連続で構成されているものとしていたが、メモリセルのパターンとは異なる不規則パターンがメモリマットの中に含まれている場合がある。そのまま比較すると不規則パターンを欠陥候補として検出する可能性がある。

#### 【 0 0 3 8 】

そこで、本変形例 3 では、不規則パターン箇所を指定して検査から除外しても良い。これによって不規則パターンを欠陥候補として検出することを抑制する。

#### 【 0 0 3 9 】

本実施例における処理の全体のフローは上記で説明した図 2 に示した処理フローと同じであるが、S 2 0 4 の識別基準設定のステップの詳細な処理の内容が異なる。

#### 【 0 0 4 0 】

本実施例による識別基準設定の概念を図 6 7 に示す。ウェハを撮像して得られた S E M 画像上で、不規則パターン箇所を指定する。例えば、得られた S E M 画像 7 0 1 はユーザインターフェース部 1 1 2 の G U I 画面 1 1 2 1 上に表示する。次に、G U I 画面 1 1 2 1 上に表示された S E M 画像上で不規則パターン箇所 7 0 2 を例えば矩形状にユーザが範囲指定する。不規則パターン箇所が表示されることで妥当性をユーザが確認することができる。S E M 画像上に同じパターン形状の不規則パターンが複数ある場合は、各不規則パターン上に前述の矩形を自動設定する。S 2 0 6 の G P 検査のステップではこの不規則パターン箇所を除外して検査を行う。

#### 【 0 0 4 1 】

##### [ 変形例 4 ]

上記では、検出したい欠陥が発生する箇所が S E M 画像上で明らかであるものとしていた。しかしながら、例えば、ダミーパターンのように S E M 画像上での見かけは実パターンと同様に見える形状でも、電気回路としては動作しないため、ダミーパターンで発生する欠陥候補は致命的でない場合がある。そのまま検査するとダミーパターンで欠陥を検出

10

20

30

40

50



する可能性がある。

【 0 0 4 2 】

そこで、本変形例 4 では、設計情報を参照して注目領域を指定し、注目領域のみ検査しても良い。これによってダミーパターンを欠陥候補として検出することを抑制する。

【 0 0 4 3 】

本変形例 4 における処理の全体のフローは上記で説明した図 2 に示した処理フローと同じであるが、S 2 0 4 の識別基準設定のステップの詳細な処理の内容が異なる。

【 0 0 4 4 】

本変形例 4 による識別基準設定の概念を図 8 に示す。ウェハを撮像して得られた S E M 画像上で、注目領域を指定する。例えば、得られた S E M 画像はユーザインターフェース部 1 1 2 の G U I 画面 1 1 2 1 上に表示する。また、それに対応する設計情報 8 0 2 を S E M 画像 8 0 1 に重ねて表示 8 0 3 する。次に、S E M 画像上で注目領域 8 0 4 を例えば矩形状にユーザが範囲指定する。注目領域が表示されることで妥当性をユーザが確認することができる。S 2 0 6 の G P 検査のステップではこの注目領域を対象として検査を行う。

10

【 0 0 4 5 】

[ 変形例 5 ]

また、欠陥が否かはわかって S E M 画像上で差異が生じる箇所が明確でない場合がある。この場合、検査箇所をあいまい指定することになり、そのまま検査するとノイズを欠陥候補としたり、実欠陥を見逃す可能性がある。

20

【 0 0 4 6 】

そこで、本変形例 5 では、G P 画像上で正常か否かをユーザ教示して検査箇所指定の用いても良い。これによって、ノイズを欠陥候補としたり、実欠陥を見逃すことを抑制する。

【 0 0 4 7 】

本変形例 5 における処理の全体のフローは上記で説明した図 2 に示した処理フローと同じであるが、S 2 0 4 の識別基準設定のステップの詳細な処理の内容が異なる。

【 0 0 4 8 】

本変形例 5 による識別基準設定の概念を図 9 に示す。例えば、得られた S E M 画像はユーザインターフェース部 1 1 2 の G U I 画面 1 1 2 1 上に表示する。この G U I 画面 1 1 2 1 上に表示された S E M 画像 9 0 1 上で、正常かノイズか欠陥かをユーザが教示する。次に S E M 画像 9 0 1 上で検査箇所を指定する。S E M 画像 9 0 1 上に複数ある同じパターン形状のメモリセル 9 0 2 上に検査箇所 9 0 3 が矩形状に自動設定される。次に、欠陥があるメモリセルの検査箇所欠陥部 9 0 4 が検査箇所内に入るように矩形をユーザが調整する。ノイズがあるメモリセルの検査箇所ノイズ部 9 0 5 が検査箇所内に入らないように矩形をユーザが調整 9 0 6 する。検査箇所が表示されることで検査箇所の妥当性をユーザが確認することができる。S 2 0 6 の G P 検査のステップではこの検査箇所のみ検査を行う。

30

【 0 0 4 9 】

また、正常 9 0 7、欠陥 9 0 8、ノイズ 9 0 9 の教示画像の検査箇所の画素値を用いて、一般的に知られている正準分析等の手法により、欠陥識別基準を自動設定しても良い。

40

【 0 0 5 0 】

[ 変形例 6 ]

上記では、検出したい欠陥は検査箇所の明るさの違いであるとしたが、検査箇所によっては検出したい欠陥の明るさレベルが異なる場合がある。そのまま比較すると検出したくない明るさレベルのノイズを欠陥候補として検出する可能性がある。

【 0 0 5 1 】

そこで、本変形例 6 では、検査箇所によって欠陥検出閾値を変えても良い。これによってノイズを欠陥候補として検出することを抑制する。

【 0 0 5 2 】

50

本変形例 6 における処理の全体のフローは上記で説明した図 2 に示した処理フローと同じであるが、S 2 0 4 の識別基準設定のステップの詳細な処理の内容が異なる。

【0053】

本変形例 6 による識別基準設定の概念を図 1 0 に示す。例えば、G U I 画面 1 1 2 1 上に閾値マップ 1 0 0 1 を表示し、複数ある検査箇所 1 0 0 2 のそれぞれをユーザがクリックし、欠陥検出閾値の調整ゲージ 1 0 0 3 を指定したい閾値にユーザが動かす。これを検査箇所毎に繰り返すことによって、検査箇所により欠陥検出閾値を変えることができる。

また、上記では、不規則パターン箇所を検査から除外する実施例を示したが、図 1 0 を用いて示した変形例 6 と同様に、不規則パターン箇所を別の検査箇所としてその欠陥検出閾値を、他の検査箇所の欠陥検出閾値と変えても良い。

【0054】

本発明による G P 検査を従来のセル比較検査やダイ比較検査と組み合わせて実行しても良い。セル比較はダイ上のメモリマップにおける繰り返しパターン同士で比較を行う。ダイ比較では一つのダイ画像をその前後のダイ画像と比較を行う。通常、セル比較に比べてダイ比較は欠陥検出感度が低いため、セル比較を行えない非繰り返しパターン部に対して行うのが一般的である。G P 検査はダイ比較より欠陥検出感度が高いことが期待できる。そのため、従来のダイ比較が対象としている非繰り返し部の一部ないし全部を G P 検査に置き換えるのが望ましい。さらに、複数のメモリセルの画像を平均して G P 画像とした場合、セル比較より欠陥検出感度が高くなることも期待できる。そのため、従来のセル比較が対象としている繰り返し部の一部ないし全部を G P 検査に置き換えることも望ましい。

【0055】

G P 検査を行うための G U I の例を以下に示す。メモリセルを含む領域を指定するステップ S 2 0 2 では、図 1 1 に示す G U I 画面 1 1 0 1 上の G P 作成タブ 1 1 0 2 をユーザがクリックすると、本画面が表示される。ウェハマップ 1 1 0 3 にはウェハ上にダイ 1 1 0 4 が格子状に配列されたチップレイアウト 1 1 0 5 が表示される。G U I 画面 1 1 0 1 上で、メモリセルを含む領域の設定に使用するダイ 1 1 0 6 をユーザがダブルクリックすると図 1 2 に示すダイマップ 1 2 0 1 に遷移する。ダイマップ 1 2 0 1 上でメモリセルを含む領域をユーザがドラッグするとドラッグした領域が矩形領域 1 2 0 2 として表示される。

【0056】

次に「画像取得」ボタン 1 2 0 3 をユーザがクリックすると、全体制御部 1 1 4 で S E M 1 0 0 のテーブル 1 0 2 を制御して G U I 画面上で指定された矩形領域 1 2 0 2 に対応する試料 1 0 3 上の箇所が S E M 1 0 0 の撮像の視野に入るように位置決めされ、S E M 1 0 0 で試料 1 0 3 を撮像することにより矩形領域 1 2 0 2 に対応する箇所の画像 1 2 0 4 が取得され、位置情報とともに記憶される。

【0057】

次に取得画像 1 2 0 4 が表示される。取得画像 1 2 0 4 をユーザが確認しユーザが登録ボタン 1 2 0 5 をクリックすると取得画像 1 2 0 4 が G P 画像として登録される。

【0058】

次に欠陥識別基準を設定する。ここで、取得画像 1 2 0 4 上で検査箇所 1 2 0 9 をユーザがドラッグして指定しても良い。検査箇所 1 2 0 9 について、比較検査の欠陥検出閾値を調整ゲージ 1 2 0 6 をユーザがドラッグして設定する。設定した閾値の閾値マップ 1 2 1 0 を G U I 画面上に表示する。

【0059】

次に G U I 画面 1 1 0 1 上の検査タブ 1 2 0 7 をユーザがクリックすると、検査処理に遷移する。図 1 3 で検査実行ボタン 1 3 0 1 をユーザがクリックすると検査ウェハの画像 1 3 0 2 が順次取得され、位置情報とともに記憶される。記憶された画像について比較検査で欠陥候補 1 3 0 3 の検出、次いで欠陥抽出され、結果がウェハマップ 1 1 0 3 上に出力される。

【実施例 2】

## 【0060】

本発明をSEMを用いた欠陥観察装置に適用した実施例を以下に説明する。欠陥観察装置は他の検査装置で検出した欠陥の位置情報を用いて欠陥のSEM画像を取得し、欠陥の観察・分類を行う装置であり、本発明で対象とする微細なパターンの形状観察や欠陥の検出に適している。

## 【0061】

従来欠陥観察装置を用いて欠陥を観察する場合、観察対象の欠陥を含む領域を撮像して得たSEM画像と欠陥を含まない領域を撮像して得たSEM画像とを比較して差のある部分を欠陥として抽出しその画像を観察することを、観察対象の欠陥ごとに行っていた。

## 【0062】

図14に、本実施例におけるSEMを用いた欠陥観察装置の構成の例を示す。欠陥観察装置は、電子線式顕微鏡1400と、A/D変換器1410、処理手段1411、ユーザインターフェース部1412、記憶手段1413、全体制御部1414を備えて構成される。

## 【0063】

電子線式顕微鏡1400は、筐体1401の内部に平面内で移動可能なテーブル1402と、電子線1405を発射する電子線源1404、電子線源1404から発射された電子線1405を偏向させる偏向器1406、電子線1405のフォーカス位置を調整する電子レンズ1407、電子レンズ1407でフォーカス位置を調整された電子線1405が走査して照射された半導体ウェハ1403から発生する二次電子1408を偏向器1406による偏向の信号と同期させて検出する検出器1409を備えている。検出器1409で検出された二次電子1408は、電気信号に変換された後、更にA/D変換器1410によりデジタル画像信号に変換され、処理手段1411に入力されて画像処理される。

## 【0064】

上記した構成を備えた欠陥観察装置において、予め記憶手段1413に記憶された半導体ウェハ1403上の検査領域の位置情報に基づいて全体制御部1414はテーブル1402を駆動して半導体ウェハ1403上の検査領域がSEM1400の検出器1409による観察視野の中に入るように設定する。次に、全体制御部1414は電子線式顕微鏡1400を制御してこの観察視野の内部で位置合わせパターン画像を取得し、予め登録した位置合わせパターン登録画像と比較して検査領域の位置を算出する。次にこの算出した検査領域の位置をSEM1400で撮像して検査領域画像を取得し、予め登録したGPと画像処理手段1411で比較して欠陥を抽出する。最後に、この抽出した欠陥の画像上の特徴量を抽出して予め設定されたルールに基づいて欠陥を分類する。抽出した欠陥の画像や欠陥を分類した結果は、ユーザインターフェース部1412の画面1421に表示される。

## 【0065】

上記した装置を用いて半導体ウェハ上に形成されたメモリセルを検査画像とし、GP画像と比較して欠陥を検出するGP検査を行う方法の手順の例は図2と同様である。また実施例1及びその変形例を図3～10を用いて説明した内容についてもSEMを用いた検査装置と同様に適用することができる。

## 【0066】

本実施例において、GP検査を行うためのGUIは、図11乃至図13を用いて実施例1で説明したものと同様である。

## 【実施例3】

## 【0067】

図15に、本実施例におけるSEMを用いた欠陥観察装置の構成の別の実施例を示す。図15の欠陥観察装置は、実施例2で説明した図14の欠陥観察装置の構成に、1対の反射電子検出器1521Lと1521Rを加えたものである。1対の反射電子検出器1521Lと1521Rは互いに異なる方向に設置されており、好ましくはビームの照射位置に対して点对称の関係で設置する（以下、これを左側反射電子検出器（反射電子検出器L）

10

20

30

40

50

、右側反射電子検出器(反射電子検出器 R)と記す)。図では、反射電子検出器を 1521L と 1521R と 2 つ備えた例を示したが、これは数を減らすことも、あるいは増やすことも可能である。

#### 【0068】

図 15 に示した欠陥観察装置は、電子線式顕微鏡 1500 と、A/D 変換器 1510、画像処理手段 1511、ユーザインターフェース部 1512、記憶手段 1513、全体制御部 1514 を備えて構成される。

#### 【0069】

電子線式顕微鏡 1500 は、筐体 1501 の内部に平面内で移動可能なテーブル 1502 と、電子線 1505 を発射する電子線源 1504、電子線源 1504 から発射された電子線 1505 を偏向させる偏向器 1506、電子線 1505 のフォーカス位置を調整する電子レンズ 1507、電子レンズ 1507 でフォーカス位置を調整された電子線 1505 が走査して照射された半導体ウェハ 1503 から発生する二次電子 1508 を偏向器 1506 による偏向の信号と同期させて検出する検出器 1509 及び電子線 1505 が走査して照射された半導体ウェハ 1503 からの反射電子を検出する 1 対の反射電子検出器 1521L と 1521R とを備えている。検出器 1509 で検出された二次電子と、反射電子検出器 1521L 及び 1521R で検出された反射電子 1522 は、それぞれ電気信号に変換された後、更に A/D 変換器 1510 によりデジタル画像信号に変換され、処理手段 1511 に入力されて画像処理される。

#### 【0070】

上記した構成を備えた欠陥観察装置において、予め記憶手段 1513 に記憶された半導体ウェハ 1503 上の検査領域の位置情報に基づいて全体制御部 1514 はテーブル 1502 を駆動して半導体ウェハ 1503 上の検査領域が電子線式顕微鏡 1500 の検出器 1509 による観察視野の中に入るように設定する。次に、全体制御部 1514 は電子線式顕微鏡 1500 を制御してこの観察視野の内部で位置合わせパターン画像を取得し、予め登録した位置合わせパターン登録画像と比較して検査領域の位置を算出する。次にこの算出した検査領域の位置を電子線式顕微鏡 1500 で撮像して検査領域の 2 次電子画像と反射電子画像を取得し、予め登録した GP と比較して欠陥を抽出する。最後に、この抽出した欠陥の画像上の特徴量を抽出して予め設定されたルールに基づいて欠陥を分類する。抽出した欠陥の画像や欠陥を分類した結果は、ユーザインターフェース部 1512 の画面 15121 に表示される。

#### 【0071】

この場合、GP 画像は 2 次電子画像と反射電子画像とのそれぞれに対応して設けるのが望ましい。また、上記で説明した閾値マップも 2 次電子画像と反射電子画像とのそれぞれに対応して設けるのが望ましい。

#### 【0072】

上記した装置を用いて半導体ウェハ上に形成されたメモリセルを検査画像とし、GP 画像と比較して欠陥を検出する GP 検査を行う方法の手順の例は図 2 と同様である。また図 3 ~ 10 などを用いて説明した内容についても SEM を用いた検査装置と同様に適用することができる。

#### 【0073】

GP 検査を行うための GUI は実施例 1 で説明したものと同一であり、図 11 に示した GUI 画面 1101 上の「GP 作成」タブ 1102 をユーザがクリックすると、本画面が表示される。ウェハマップ 1103 にはウェハ上にダイ 1104 が格子状に配列されたチップレイアウト 1105 が表示される。GUI 画面 1101 上で、メモリセルを含む領域の設定に使用するダイ 1106 をユーザがダブルクリックすると図 16 に示すダイマップ 1201 に遷移する。ダイマップ 1201 上でメモリセルを含む領域をユーザがドラッグするとドラッグした領域が矩形領域 1202 として表示される。

#### 【0074】

次に「画像取得」ボタン 1603 をユーザがクリックすると、全体制御部 1514 で S

10

20

30

40

50

EM1500のテーブル1502を制御してGUI画面上で指定された矩形領域1202に対応する試料1503上の箇所がSEM1500の撮像の視野に入るように位置決めされ、SEM1500で試料1503を撮像することにより矩形領域1202に対応する箇所の画像1604が取得され、位置情報とともに記憶される。

#### 【0075】

次に図16のように取得画像1604、取得画像L1604L、取得画像R1604Rが表示される。取得画像1604、取得画像L1604L、取得画像R1604Rをユーザが確認しユーザが登録ボタン1605をクリックすると取得画像1604、取得画像L1604L、取得画像R1604RがGP画像として登録される。

#### 【0076】

次に欠陥識別基準を設定する。ここで、取得画像1604上で検査箇所1609をユーザがドラッグして指定しても良い。取得画像L1604L、取得画像R1604R上には検査箇所1609に対応する検査箇所L1609L、検査箇所R1609Rが表示される。検査箇所1609、検査箇所L1609L、検査箇所R1609Rについて、比較検査の欠陥検出閾値を調整ゲージ1606、調整ゲージL1606L、調整ゲージR1606Rをそれぞれユーザがドラッグして設定する。設定した閾値の閾値マップ1610、閾値マップL1610L、閾値マップR1610RをGUI画面上に表示する。

#### 【符号の説明】

#### 【0077】

100・・・電子線式顕微鏡      101・・・筐体      102・・・テーブル      103  
 ・・・・半導体ウェハ      104・・・電子線源      105・・・電子線      106・・・  
 偏向器      107・・・電子レンズ      110・・・A/D変換器      111・・・処理  
 手段      112・・・ユーザインターフェース部      113・・・記憶手段、114・・・  
 ・全体制御部      502・・・調整ゲージ      802・・・メモリセル      901・・・  
 ・GUI画面      902・・・GP作成タブ      903・・・ウェハマップ      904・・・  
 ・ダイ      905・・・チップレイアウト      1001・・・ダイマップ      1005  
 ・・・・登録ボタン      1006・・・調整ゲージ      1006L・・・調整ゲージL  
 1006R・・・調整ゲージR      1007・・・検査タブ      1008・・・検査実行  
 ボタン      1009・・・検査箇所      1009L・・・検査箇所L      1009R・・・  
 ・検査箇所R      1101・・・検査実行ボタン      1121・・・GUI画面      12  
 03・・・調整ゲージ      1501・・・反射電子検出器      1501L・・・反射電子  
 検出器      1501R・・・反射電子検出器      1701・・・電子線源      1702・・・  
 ・電子線      1703・・・偏向器      1704・・・対物レンズ      1705・・・  
 半導体ウェハ      1706・・・ステージ      1708・・・検出器      1709・・・  
 A/D変換器      1710・・・画像処理回路      1711・・・検出条件制御部      1  
 712・・・画像処理制御部      1713・・・全体制御部      1714・・・データ記  
 憶部      1715・・・ユーザインターフェース部。

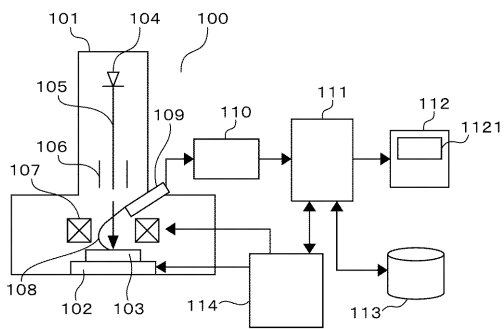
10

20

30

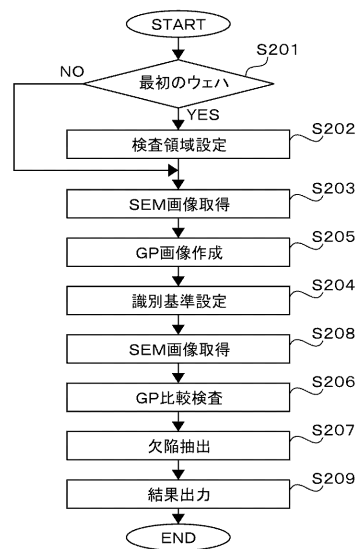
【図 1】

図 1



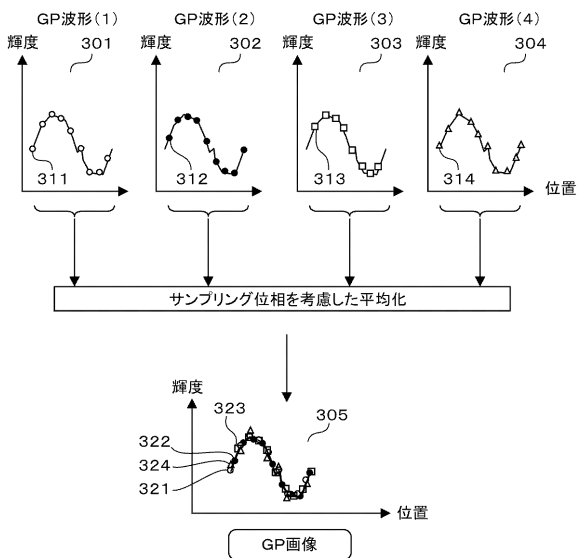
【図 2】

図 2



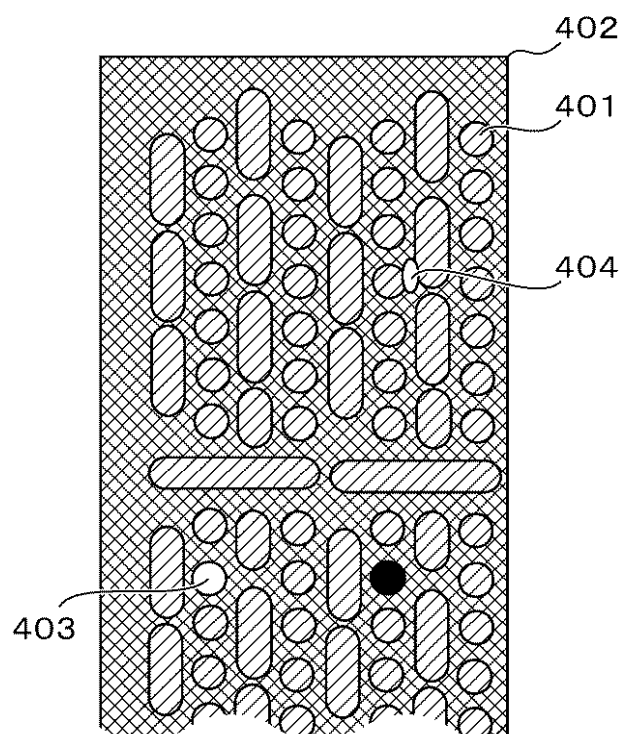
【図 3】

図 3



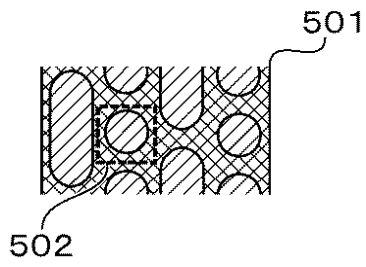
【図 4】

図 4



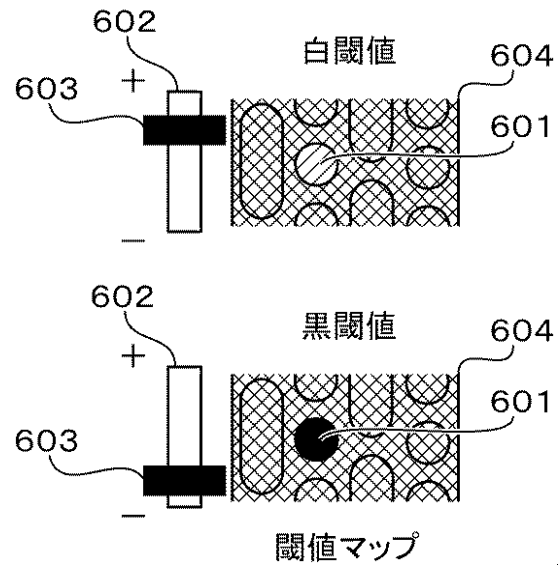
【図5】

図5



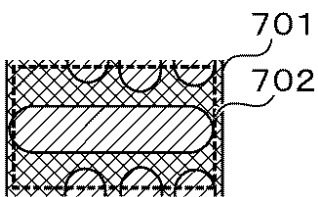
【図6】

図6



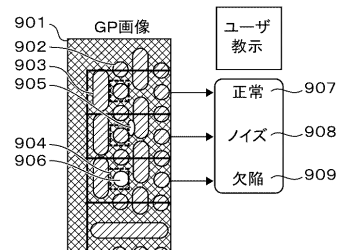
【図7】

図7



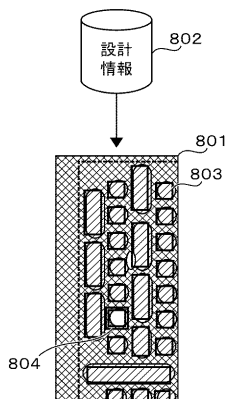
【図9】

図9



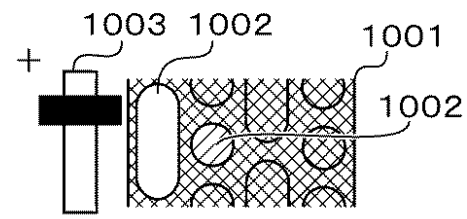
【図8】

図8



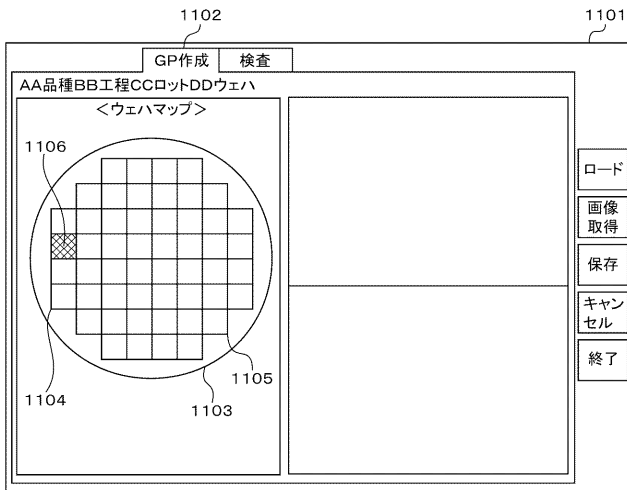
【図10】

図10



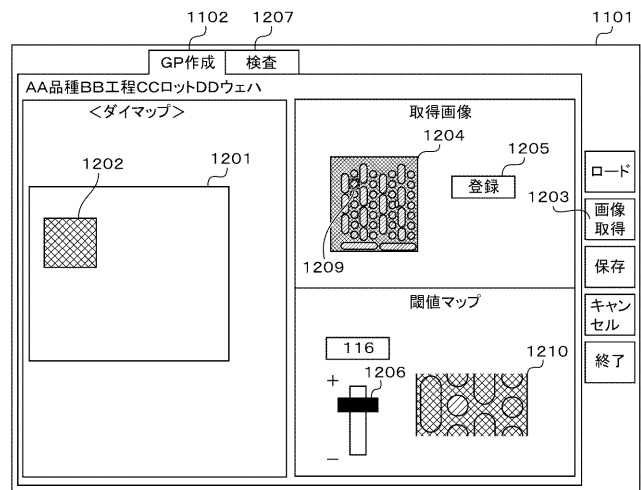
【図 1 1】

図 1 1



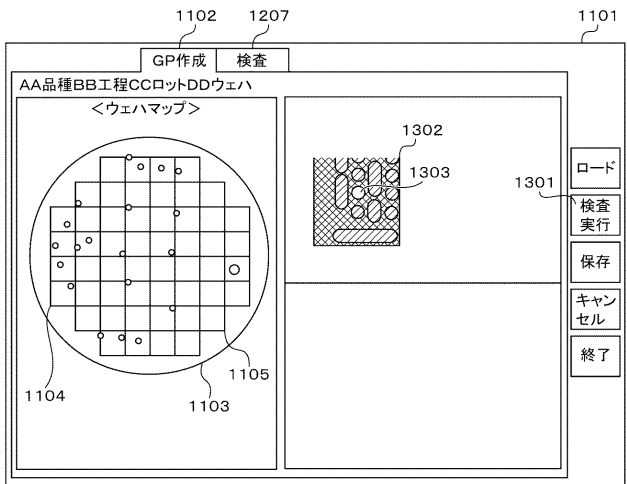
【図 1 2】

図 1 2



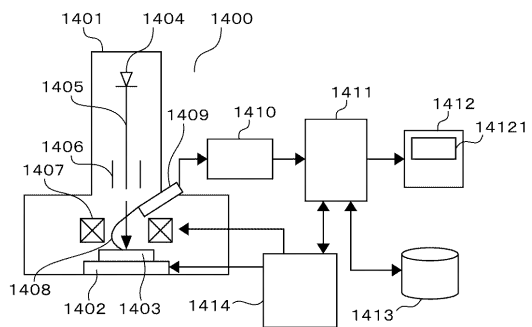
【図 1 3】

図 1 3



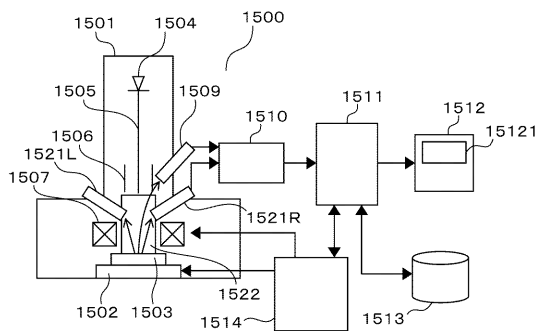
【図 1 4】

図 1 4



【図 1 5】

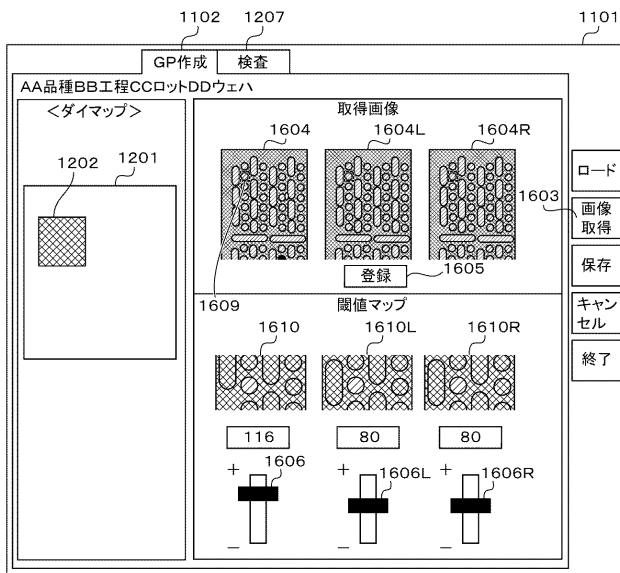
図 1 5





【図 16】

図 16



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 2G001 AA03 BA07 CA03 FA01 GA12 HA13 KA03 LA11