

(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2010-73703

(P2010-73703A)

(43) 公開日 平成22年4月2日(2010.4.2)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)			
HO 1 L	21/66	(2006.01)	HO 1 L	21/66	J	2 G 0 0 1
HO 1 J	37/21	(2006.01)	HO 1 J	37/21	B	4 M 1 0 6
HO 1 J	37/147	(2006.01)	HO 1 J	37/147	B	5 C 0 3 3
GO 1 N	23/225	(2006.01)	GO 1 N	23/225		

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2008-235847 (P2008-235847)	(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
(22) 出願日	平成20年9月16日 (2008.9.16)	(74) 代理人	100100310 弁理士 井上 学
		(74) 代理人	100098660 弁理士 戸田 裕二
		(72) 発明者	野副 真理 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	二宮 拓 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】 パターンの検査装置、およびパターンの検査方法

(57) 【要約】

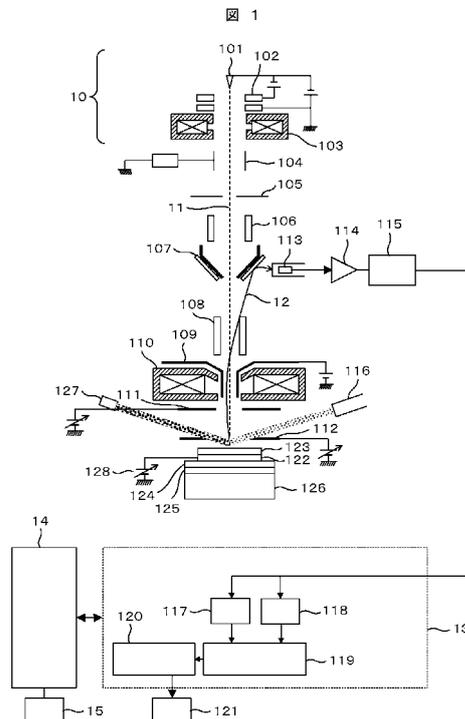
【課題】

微細なパターンの検査において、電子ビームの照射によって生じる試料表面の帯電現象による電子ビームの焦点ずれや照射位置のずれを抑制し、欠陥の誤検出を防止するとともに、検査時間を短縮できる検査装置、検査方法を提供する。

【解決手段】

ダイに設けられたアライメント用マークの画像を複数個取得し、アライメント用マークの画像の中心座標と該マークの座標との間のずれを、座標の補正值として記憶装置へ保存するとともに、試料の表面の複数の座標における高さを計測し、該計測された複数の座標の画像を撮像して焦点を調整し、該調整値と前記高さセンサで計測された高さとの関係を高さの補正值として記憶装置へ保存し、記憶装置に保存された画像の座標の補正值と高さの補正值とを含む検査条件を用いて、試料の画像の座標と高さを補正する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

パターンが形成されたダイを複数個有する試料に電子線を照射し、該試料から発生する二次信号を検出し画像化して前記試料の欠陥候補を検出するパターンの検査装置であって、

前記ダイに設けられたアライメント用マークの画像を複数個取得する画像処理装置と、前記試料の表面の複数の座標における高さを計測する高さセンサと、前記アライメント用マークの画像の中心座標と、該マークの座標との間のずれを演算し、画像の座標の補正值として記憶装置へ保存するとともに、前記高さセンサで計測された複数の座標の画像を撮像し、焦点を調整し、該調整値と前記高さセンサで計測された高さとの関係を演算し、画像の高さの補正值として前記記憶装置へ保存して検査条件を作成し、前記記憶装置へ保存された前記検査条件を用いて、前記試料の画像の座標と高さとを補正する制御ユニットとを有することを特徴とするパターンの検査装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 の記載において、前記制御ユニットは、前記記憶装置へ保存された前記検査条件を用いて、前記試料と同じパターンの画像の座標と高さとを補正することを特徴とするパターンの検査装置。

【請求項 3】

パターンが形成されたダイを複数個有する試料に電子線を照射し、該試料から発生する二次信号を検出し画像化して前記試料の欠陥候補を検出するパターンの検査方法であって、

20

前記ダイに設けられたアライメント用マークの画像を複数個取得し、前記アライメント用マークの画像の中心座標と、該マークの座標との間のずれを演算して画像の座標の補正值として記憶装置へ保存し、前記試料の表面の複数の座標における高さを計測し、前記高さセンサで計測された複数の座標の画像を撮像し、焦点を調整し、該調整値と前記高さセンサで計測された高さとの関係を演算し、画像の高さの補正值として前記記憶装置へ保存し、前記記憶装置に保存された前記画像の座標の補正值と前記高さの補正值とを含む検査条件を用いて、前記試料の画像の座標と高さを補正することを特徴とするパターンの検査方法。

30

【請求項 4】

請求項 3 の記載において、前記記憶装置へ保存された前記検査条件を用いて、前記試料と同じパターンの画像の座標と高さとを補正することを特徴とするパターンの検査方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は半導体装置、リソグラフィマスク、液晶画面等の微細なパターンを有する基板の製造プロセスにおける検査装置および検査方法に関する。

40

【背景技術】**【0002】**

微細なパターンの検査装置および検査方法の説明にあたって、ここでは、一例として、半導体装置の製造プロセスにおける微細なパターンの検査について説明する。リソグラフィマスク、液晶画面等についても、原理が同じであることから、本例で述べた発明の適用に支障はない。

【0003】

半導体装置は、半導体ウエハ上に、リソグラフィによる回路パターンの転写や、所望の 3 次元形状に加工するエッチング等を繰り返すことにより製造される。このような製造プロセスにおいて、加工処理結果の良否や異物の発生は、半導体装置の製造歩留まりに大き

50

く影響を及ぼす。したがって、このような不良発生や異常を、検査によって早期に、あるいは事前に検知し、不良や異常が生じないように、製造プロセスへ検査結果をフィードバックすることが重要である。

【0004】

半導体ウエハ上の微細なパターンに存在する欠陥の検査装置として、光を照射して反射光を検出する検査装置が従来から知られている。しかし、検査装置の分解能は光の波長に依存するため、パターンの微細化に対応できなくなり、用途が限定されてきている。パターンの微細化に対応するために、光のかわりに電子ビームを照射する検査装置が開発され、実用化されている。これは電子顕微鏡の技術を応用したもので、半導体ウエハ等の試料に電子ビームを照射すると、二次信号が発生するので、これを検出して画像化するものである。二次信号として、エネルギーの比較的低い二次電子と、それよりもエネルギーが高い反射電子があり、それぞれを分別して検出する方法も実用化されている。

10

【0005】

電子ビームは電子レンズにより細く絞られて半導体ウエハに照射される。したがって、所望の大きさの領域を画像化するためには、偏向器により電子ビームを偏向させ、半導体ウエハの表面を走査させ、偏向信号と二次信号の検出器のサンプリング周波数を同期させることで画像化し、電子ビームの照射位置の時間的変化を特定することができる。

【0006】

検査は、対象を画像化する他に、半導体装置、すなわちダイ同士が同じパターンであることや、ひとつのダイの中に、メモリマットのように、同じパターンの繰り返しであるセルがあることを利用して、同じパターンの2つの画像の差をとって、違いがある画素を欠陥候補として抽出する比較検査が行われている。

20

【0007】

半導体ウエハの直径が300ミリメートル程度であるのに対して、画像化する微細なパターンの幅は、0.1マイクロメートルから2ナノメートル程度であるので、検査にあたっては、半導体ウエハのどこに電子ビームが照射されているか、すなわち座標精度が重要である。電子ビームを用いた検査装置では、検査の前に、校正用の半導体ウエハに予め設けられているアライメントマークによって、座標の原点を決め、回転量や高さの補正値を求める。そして、製品である半導体ウエハの検査時には、ステージの位置の測定値、電子ビームの偏向信号、二次信号を検出するサンプリング周波数から、画像化された対象の座標が特定できるようにしている。ステージの位置に変動がある場合には、電子ビームの偏向量を補正することによって、所望の位置に電子ビームが照射されるように調整される。

30

【0008】

しかし、実際の半導体ウエハでは、パターンレイアウトが製品毎に異なるため、アライメントマークの位置がまちまちで、回転量の補正値にずれが生じてしまう。また、製造工程の各段階で材料や段差、半導体ウエハ面内での均一性、半導体ウエハの反り状態が異なるため、高さの補正値にもずれが生じてしまう。特に、半導体ウエハの外周付近では、製造プロセスにおける出来具合が不均一になりやすく、反りが発生して高さに変化してしまう。その結果、校正用の半導体ウエハで設定された補正値だけでは、電子ビームの焦点がずれてしまう。

40

【0009】

また、半導体ウエハの材料によっては、電子ビームの照射による帯電現象が発生するため、半導体ウエハの表面に生じる電界分布の不均一によって、電子ビームの焦点がずれたり、偏向時の照射位置がずれたりしてしまう。例えば、表面がシリコン酸化膜の材料で覆われている場合には、このずれ量が多くなる傾向にある。電子ビームの照射位置や焦点がずれてしまうと、同じパターン同士を比較する比較検査において、パターン位置のずれを欠陥と誤認識してしまうことがある。また、焦点状態の異なる画像同士を比較した場合には、パターンが同じであるにもかかわらず画像化された対象の画素の信号量が異なるため、この異なる画素の部分を欠陥と誤認識してしまうことがある。さらに、焦点がずれてしまうと、画像のコントラストが低下してしまうため、欠陥を検出する感度が低下してしま

50

う。

【0010】

焦点ずれの対策として、画像から得られた実際の焦点と基準値とから焦点を補正する技術や（例えば、特許文献1参照）、特定の領域の焦点ずれを求め補正值を決める技術（例えば、特許文献2参照）が知られている。

【0011】

【特許文献1】特開2006-332296号公報

【特許文献2】特開2007-281084号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0012】

上述のように、検査レシピは、表面高さや帯電状態の測定結果を検査条件に反映させて作成されるが、従来は、表面高さの測定、帯電状態の測定と、その測定結果を反映させた検査レシピの作成を、半導体ウエハの1枚ごとに行っていたので、検査レシピが作成されるまでの時間がかかり、結果として検査時間全体が長くなってしまっていた。

【0013】

本発明は、微細なパターンの検査において、電子ビームの照射によって生じる試料表面の帯電現象による電子ビームの焦点ずれや照射位置のずれを抑制し、欠陥の誤検出を防止するとともに、検査時間を短縮できる検査装置、検査方法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】

20

【0014】

上記課題を解決するために、ダイに設けられたアライメント用マークの画像を複数個取得し、アライメント用マークの画像の中心座標と、該マークの座標との間のずれを演算して画像の座標の補正值として記憶装置へ保存し、試料の表面の複数の座標における高さを計測し、高さセンサで計測された複数の座標の画像を撮像し、焦点を調整し、該調整値と前記高さセンサで計測された高さとの関係を演算し、画像の高さの補正值として前記記憶装置へ保存し、前記記憶装置に保存された前記画像の座標の補正值と前記高さの補正值とを含む検査条件を用いて、前記試料の画像の座標と高さとを補正する構成としたものである。

【発明の効果】

30

【0015】

本発明によれば、微細なパターンの検査において、電子ビームの照射によって生じる試料表面の帯電現象による電子ビームの焦点ずれや照射位置のずれを抑制して、欠陥の誤検出を防止することができる。また、検査時間を短縮できる検査装置、検査方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明の一実施態様を、図面を参照しながら説明する。

【0017】

図1は、半導体ウエハの電子ビームを用いた検査装置の主要部の構成を示す縦断面図であり、真空容器は省略している。電子銃10で発生した電子ビーム11が半導体ウエハ等の試料123へ照射され、発生する二次信号12が検出器113により検出され、画像処理ユニット13で画像化され、ディスプレイ121のスクリーンに試料123の拡大された画像が表示される。

40

【0018】

電子銃10では、電子源101で発生した電子ビーム11が引き出し電極102により引き出され加速される。電子ビーム11はコンデンサレンズ103で細く絞られる。ブランキング電極104は、電子ビーム11が試料123へ照射されないようにするために電子ビーム11を偏向する。ブランキング電極104で偏向された電子ビーム11は、絞り板105で試料123への照射が遮断される。電子ビーム11は、対物レンズ110で試

50

料 1 2 3 へ細く絞られて到達する。ある程度の広さの領域を画像化するために、電子ビーム 1 1 は偏向器 1 0 6 および偏向器 1 0 8 で偏向されて、試料 1 2 3 上を走査される。電子ビーム 1 1 の照射によって発生する二次信号 1 2 は、二次信号偏向器 1 0 9 で検出器 1 1 3 の方向へ偏向され、検出器 1 1 3 で検出される。電子ビーム 1 1 の偏向信号の位置と時間の情報と、検出器 1 1 3 のサンプリング周波数とを同期させることで、画像上の画素の座標が決定される。

【 0 0 1 9 】

二次信号 1 2 は、検出器 1 1 3 で検出されると、アンプ 1 1 4 で増幅され、A/D変換器 1 1 5 でアナログ信号からデジタル信号へ変換され、画像処理ユニット 1 3 へ送られる。ひとつの領域の画像データが画像メモリ 1 1 7 へ記憶され、次に送られた領域の画像データが画像メモリ 1 1 8 へ記憶され、比較演算ユニット 1 1 9 で画像メモリ 1 1 7 と画像メモリ 1 1 8 に記憶された画像データが比較され、差の画像データが欠陥判定ユニット 1 2 0 へ送られ、差の画像データのうち、予め設定された閾値以上の信号量を有する画素が欠陥候補として抽出され、その差の画像データがディスプレイ 1 2 1 のスクリーンに表示される。また、欠陥候補の画素のうち、例えば重心で代表される画素の座標が、欠陥判定部 1 2 0 のメモリへ記憶される。

10

【 0 0 2 0 】

試料 1 2 3 は、試料ホルダ 1 2 2 に載置され固定される。試料ホルダ 1 2 2 は、ベース 1 2 6 上の X ステージ 1 2 4 と Y ステージ 1 2 5 により、X 方向または Y 方向に移動させることができる。試料 1 2 3 の表面の高さは、高さセンサ 1 2 7 によって測定される。試料ホルダ 1 2 2 には、リターディング電源 1 2 8 によって、電子ビーム 1 1 を減速させるリターディング電圧が印加される。プリチャージユニット 1 1 6 から電子を照射して、試料 1 2 3 の表面の電位を制御する場合がある。試料 1 2 3 と対物レンズ 1 1 0 との間に電極 1 1 1、および電極 1 1 2 が設けられ、試料 1 2 3 の表面の電子ビーム 1 1 が照射される領域の電界が均一になるように制御される。以上の各機器の制御にあたっては、制御ユニット 1 4 のプロセッサで制御データが演算され、制御信号が発生され、各機器へ制御データが送信される。

20

【 0 0 2 1 】

図 2 は、検査条件の設定から検査までの手順を示すフローチャートである。検査装置では、検査に先立って、電子ビームの照射エネルギーを決め、画像の拡大率すなわち走査の大きさを決め、試料の表面に焦点を合わせる検査レシピの設定作業が必要である。標準的な検査条件は、デフォルト値として記憶されているが、オペレータによって条件を変更することが可能である。

30

【 0 0 2 2 】

オペレータは、試料の情報やレシピ等の検査条件の初期値を、インターフェースユニット 1 5 から制御ユニット 1 4 のメモリへ入力し (ステップ 2 0 1)、試料である半導体ウエハをロードし (ステップ 2 0 2)、必要に応じて試料表面に電子を照射するプリチャージを行う (ステップ 2 0 3)。次に、後述する方法で、試料表面の電位分布を測定し、電子ビームへの影響が許容範囲内であると判定されれば (ステップ 2 0 4)、電子ビームの校正を行う (ステップ 2 0 5)。また、試料の座標原点を決めるアライメントを行い (ステップ 2 0 6)、実際に電子ビームを照射して画像を取得し、画像の明るさ、コントラストのキャリブレーションを行う (ステップ 2 0 7)。画像の明るさ、コントラストが許容範囲内であると判定されると、実際の検査が実行され (ステップ 2 0 9)、検査結果を保存したり出力したりして、検査を終了する (ステップ 2 1 0)。

40

【 0 0 2 3 】

ステップ 2 0 4 で、電位分布が許容範囲をはずれている場合、2 回目の確認まではプリチャージのステップをやり直すが、3 回目の確認で許容範囲をはずれている場合には、試料が検査を行えない状態であると思われるため、検査を行わずに終了する。同様の構造の半導体ウエハの検査の場合には、上記により登録された検査条件を呼び出して検査することにより、半導体ウエハ毎に新たな検査条件を作成する必要がなくなり、検査時間を短縮

50

することができる。

【0024】

図3は、試料ホルダの平面図、図4は、試料ホルダの断面図である。また、図5は、高さセンサの計測値と合焦点となる対物レンズの値の関係を示すグラフである。図3、図4に示すように、試料ホルダ301に試料302を載置したときに、試料302と同じ高さとなるピースA303と、ピースA303より200マイクロメートル高いピースB304と、ピースA303より200マイクロメートル低いピースC305とを、試料ホルダ301に設けておく。そして、図1に示した高さセンサ127により、ピースA303、ピースB304、ピースC305の高さを計測する。次に、光学条件Aについて、対物レンズの励磁条件を変えながらこれらのピースへ電子ビームを照射して、焦点が合うときの励磁条件の印加電圧値と、高さセンサ127による計測値とを図5に示すグラフへプロットする。これを、光学条件B、光学条件Cについても行い、図5に示すような関係のグラフを作成することができる。以上は、制御ユニット14のプロセッサで実行させ、グラフをディスプレイ121のスクリーンへ表示させることで、対物レンズと高さセンサとの関係を明らかにすることができる。また、図5により、対物レンズの励磁条件をどのくらい変更すると、焦点がどのくらい変化するかがわかるので、逆に、制御ユニット14のプロセッサは、焦点の補正量に基づいて対物レンズの励磁量を求めることができる。

10

【0025】

図6は、半導体ウエハの平面図である。拡大画像601に示すように、半導体ウエハ602のダイコーナー603がアライメントマークとして用いられる。本例では、例えば、6個所のダイコーナーに設けられた、アライメント用の点1、点2、点3、点4、点5、点6を撮像し、これらの点の座標を基準にして、座標原点を決定する。そして、半導体ウエハ602の回転量、縦横の直交度、X方向の倍率、Y方向の倍率を求める。

20

【0026】

図7および図8は、ディスプレイのスクリーンへ表示される位置焦点補正時の画像の一例を示す画面図である。右側に取得した位置焦点補正用の画像701が表示され、隣接して位置シフト補正のメニュー領域702と、焦点シフト補正のメニュー領域703とが表示される。左側には、図7の場合、半導体ウエハの平面図の摸式図704が、タブ705をクリックすることで表示され、図8の場合、ダイの平面図の摸式図804が、タブ805をクリックすることで表示される。

30

【0027】

位置シフト補正と焦点シフト補正には、位置や焦点のずれを認識しやすい個所として、図6に示したようなダイコーナーが適切なので、例えば、図8に示したダイの平面図の摸式図804の上で、画像取得位置を示すマーク806を付け、画像取得ボタン807を押して画像を取得すると、画像701のようなダイコーナーの像を得ることができる。

【0028】

全部のダイを示す全ダイ選択ボタン708、808を押すと、全部のダイのマーク806に対応する個所の画像を取得する。全部のダイでなく任意のダイを選択することもできる。この場合は、図7に示す半導体ウエハの平面図の摸式図704に表示された任意の複数のダイをクリックして指定する。隣接したダイを指定する場合、マウスの左ボタンを押したままで、マウスを移動させることで、指定したい複数のダイを一度に領域で指定することができる。

40

【0029】

図9は、図7および図8の画面で7個所のダイコーナーを取得した例を示す画面図であり、図7の左側に示す半導体ウエハの平面図の摸式図704の上に重ねて7個の画像が表示される。半導体ウエハ901の中央に近いダイのダイコーナーの画像902を基準とすると、他の画像903、904、905、906、907、908は、位置ずれがあることがわかる。図7に示す、位置シフト補正のメニュー領域702の補正計算ボタン709を押すと、半導体ウエハ901の中央に近いダイのダイコーナーの画像902を基準として、残りの6個の画像のダイコーナーの位置ずれ量が計算される。位置ずれ量は、画像取

50

得時の画素サイズとずれの画素の数とから算出できる。

【 0 0 3 0 】

図 7 の画面で、画像確認ボタン 7 1 0 を押して、半導体ウエハの平面図の摸式図 7 0 4 の上の画像 9 0 2 , 9 0 3 , 9 0 4 , 9 0 5 , 9 0 6 , 9 0 7 , 9 0 8 のいずれかをクリックすると、その拡大画像が、画像 7 0 1 の領域に表示される。さらに、図示していないが、位置ずれ量も表示される。このようにして、オペレータは目視で位置ずれ量の計算結果が妥当であることを確認し、位置シフト補正の終了ボタン 7 1 1 を押すと、計算結果が位置シフト補正值として制御ユニット 1 4 のメモリへ登録される。

【 0 0 3 1 】

焦点のずれの確認の場合は、オペレータが図 7 の位置シフト補正のメニュー領域 7 0 2 の画像確認ボタン 7 1 0 を押して画像を見ることで、焦点のずれを確認することができる。前述のように、半導体ウエハの周囲の領域が焦点ずれを発生しやすいので、オペレータは、周囲のダイの画像で焦点ずれの有無を確認し、焦点ずれが発生している画像がある場合には、そのダイを選択した状態で、焦点シフト補正のメニュー領域 7 0 3 の焦点確認ボタン 7 1 2 を押す。これにより、図示しない制御装置は、選択されたダイに電子ビームが照射されるように、X ステージ 1 2 4 や Y ステージ 1 2 5 を移動させ、焦点調整モードが起動し、選択されたダイの画像を撮像する。オペレータは、図示しない焦点調整装置で画像を見ながら焦点を調整することで、このときの合焦点条件が保存される。このような焦点調整を複数の画像について繰り返し行い、最後に、補正計算ボタン 7 1 3 を押すと、半導体ウエハ面内の各部の合焦点条件を補間して焦点シフト補正量が求められる。最後に終了ボタン 7 1 4 を押すことで、制御ユニット 1 4 のメモリへ焦点シフト補正量が登録される。

【 0 0 3 2 】

図 1 0 および図 1 1 は、検査対象の一例であるコンタクトホールが形成された試料の縦断面図である。図 1 0 は、半導体ウエハのシリコン基板 1 0 0 1 の上に絶縁材料膜 1 0 0 2 が形成され、エッチング等でコンタクトホール 1 0 0 3 が形成された様子を示している。製造プロセスの何らかの原因により、コンタクトホール 1 0 0 3 の穴底がシリコン基板 1 0 0 1 に達していない不良個所 1 0 0 4 が生じることがある。

【 0 0 3 3 】

図 1 1 は、半導体ウエハのシリコン基板 1 1 0 1 の上に、図 1 0 に示したプロセスにより絶縁材料膜 1 1 0 2 が形成され、コンタクトホール内に導電材料プラグ 1 1 0 3 が形成され、さらにその上に、絶縁材料膜 1 1 0 4 が形成され、エッチング等でコンタクトホール 1 1 0 5 が形成された様子を示している。製造プロセスの何らかの原因により、コンタクトホール 1 1 0 5 の穴底が導電材料プラグ 1 1 0 3 に達していない不良個所 1 1 0 6 が生じることがある。

【 0 0 3 4 】

図 1 2 , 図 1 3 , 図 1 4 は、ディスプレイのスクリーンへ表示されるテスト検査時の画像の一例を示す画面図である。図 7 と同様に、左側に半導体ウエハの平面図の摸式図 1 2 0 1 , 1 3 0 1 , 1 4 0 1 が、タブ 1 2 0 2 , 1 3 0 2 , 1 4 0 2 をクリックすることで表示されている。図 1 2 の右側には、検査情報表示領域 1 2 0 3 があり、図 1 3 の右側には、欠陥画像表示領域 1 3 0 3 があり、図 1 4 の右側には、位置焦点補正用の画像表示領域 1 4 0 3 がある。これらは、検査情報ボタン 1 2 0 4 , 欠陥画像ボタン 1 3 0 4 , 画像モニターボタン 1 2 0 7 , 1 3 0 6 を押すことで、表示内容が切り替わる。

【 0 0 3 5 】

図 7 で説明した位置シフト補正量および焦点シフト補正量を用いて、テスト検査が実行される。テスト検査中は、欠陥候補と判定された位置が、半導体ウエハの平面図の摸式図 1 2 0 1 , 1 3 0 1 の上に点 1 2 0 5 , 1 3 0 5 として表示される。図 1 2 では、半導体ウエハの平面図の摸式図 1 2 0 1 に点 1 2 0 5 が 3 つ表示され、検査情報表示領域 1 2 0 3 に、検出された欠陥候補の数 3 と、検査の残り時間とが表示されている。半導体ウエハの平面図の摸式図 1 2 0 1 の上に表示された点 1 2 0 5 にポインタを合わせて欠陥画像が

10

20

30

40

50

タン 1 2 0 6 を押すと、図 1 3 に示すように、欠陥画像表示領域 1 3 0 3 に欠陥候補の画像が表示される。欠陥画像ボタン 1 2 0 6 , 1 3 0 4 が押された状態で、点 1 3 0 5 に合わせたポインタを別の点に合わせる、あるいはクリックすると、その点に対応する画像が表示される。ポインタを点に合わせていないときは、検出した欠陥候補の画像が順に表示される。

【 0 0 3 6 】

図 1 4 は、画像モニターボタン 1 4 0 4 が押されたときの表示を示し、位置焦点補正用の画像表示領域 1 4 0 3 には、図 7 あるいは図 8 で取得した画像 7 0 1 が表示される。このように、検査中に、欠陥候補の有無と関係なく、各ダイで同一の座標の画像を表示させることができるので、位置シフト補正の演算や、焦点シフト補正の演算の効果をオペレータが確認することができ、設定した条件の良否を確認することができる。欠陥候補が検出されていない場合でも、焦点のずれや位置ずれを検査中でも確認することができる。

10

【 0 0 3 7 】

図 1 5 は、図 9 と同じく、7 個所のダイコーナーを取得した例を示す画面図であり、図 1 4 の全ダイ選択ボタンを押すと、左側に示す半導体ウエハの平面図の摸式図 1 4 0 1 の上に重ねて 7 個の画像が表示される。半導体ウエハ 9 0 1 の中央に近いダイのダイコーナーの画像 1 5 0 2 を基準とすると、他の画像 1 5 0 3 , 1 5 0 4 , 1 5 0 5 , 1 5 0 6 , 1 5 0 7 , 1 5 0 8 は、図 9 の場合と較べて位置ずれがなくなっていることがわかる。

【 0 0 3 8 】

図 1 6 は、電子ビームが帯電の影響を受けにくい半導体ウエハの構造の一例を示す断面図である。シリコン基板 1 6 0 1 に「 SiO_2 」部 1 6 0 2 が埋め込まれ、さらに「 SiO_2 」部の上に「 Poly Si, W, WSi 」部 1 6 0 3 と「 Si_3N_4 」部 1 6 0 4 とが配置された配線工程の構造を示している。このような構造について、焦点ずれの程度を評価した結果を以下に述べる。

20

【 0 0 3 9 】

図 1 7 , 図 1 8 は、高さセンサで測定した半導体ウエハの表面高さ測定値と焦点条件との関係を示すグラフである。図 1 7 は、図 1 0 , 図 1 1 に示したコンタクトホール工程の半導体ウエハの場合、図 1 8 は、図 1 6 に示した配線工程の半導体ウエハの場合である。縦軸の焦点条件として、合焦点条件における対物レンズの電流を示している。半導体ウエハの構造が帯電の影響を受け易い場合、図 1 7 は、半導体ウエハの表面高さによって、対物レンズの励磁強度を変えないと焦点がずれてしまうことを示している。一方、半導体ウエハの構造が帯電の影響を受け難い場合、図 1 8 は、半導体ウエハの表面高さが変わっても、対物レンズの励磁強度を変える必要がないことを示している。

30

【 0 0 4 0 】

このように、半導体ウエハの構造によって帯電の影響の傾向が異なるため、プリチャージ条件や電子ビームの光学条件により帯電状態が異なることがわかる。この対策として、半導体ウエハの構造毎に焦点に関して、半導体ウエハの表面高さと対物レンズの励磁強度との関係を、検査レシピ設定時に求めて、補正値を登録することにより、同じ工程であれば別の半導体ウエハに対しても同じ検査条件で不具合なく検査することができる。その結果、検査レシピを半導体ウエハの 1 枚毎に作成する必要がなくなるので、検査時間を短縮することができる。

40

【 0 0 4 1 】

焦点ずれは、特に半導体ウエハの外周に近い部分で発生し易いので、外周の部分の複数のダイを指定し、図 1 7 に示した関連のグラフを求めて、検査レシピ設定時に補正値を登録することで、半導体ウエハの外周における焦点ずれの補正を行うことができる。位置ずれに関しても同様の考え方で、検査レシピ設定時に補正値を登録しておくことで、同じ工程であれば別の半導体ウエハに対しても同じ検査条件で不具合なく検査することができる。

【 0 0 4 2 】

装置によっては、焦点の制御は、対物レンズだけでなく、コンデンサレンズの励磁強度

50

も変える場合があるが、図17に示した相関のグラフを求める考え方をを用いることで、同じ効果を得ることができる。

【0043】

上記のように、本実施例によれば、半導体ウエハの検査において、位置ずれと焦点ずれのない画像を取得できるような検査レシピを、検査前に設定できるので、欠陥の発生を早期に検知でき、且つ対策を実施するために必要な欠陥位置やサイズの情報を検査と同時に取得できることから、対策までの時間を短縮でき、結果として半導体装置の製造歩留まり向上や生産性を高めることができる。

【0044】

図19は、ディスプレイのスクリーンへ表示される位置焦点補正時の画像の一例を示す画面図である。図19(a)に示す画面の左側には、半導体ウエハの平面図の摸式図1901が、右側には、位置シフト補正のメニュー領域1902と、焦点シフト補正のメニュー領域1903とが表示される。図19(b)に示す画面には、図7に示した画面から画像を抜き出して表示される。この画像は、位置焦点補正時に取得し保存されている画像1904と、テスト検査時、あるいは検査時に再度取得した画像1905であり、片方のみを表示させたり、両方を並べて表示させたりすることができる。ひとつのスクリーンに画像のみを表示させるようにすることで、画像を大きく表示できるので、オペレータにとって見易く、使い勝手が向上する。

10

【0045】

図20は、ディスプレイのスクリーンへ表示される位置焦点補正時の画像の一例を示す画面図である。左側に、半導体ウエハの平面図の摸式図2001が、右側に、取得した位置焦点補正用の画像表示領域2002に画像が表示され、隣接して位置シフト補正のメニュー領域2003と、焦点シフト補正のメニュー領域2004とが表示される。図7に示した実施例と異なるのは、位置シフト補正のメニュー領域2003に相関探索ボタン2005を、焦点シフト補正のメニュー領域2004に相関探索ボタン2006を設けたことである。

20

【0046】

上述の実施例では、オペレータが選択したダイコーナ等の数に限られた位置における位置ずれと焦点ずれの補正法を説明した。半導体ウエハは中央部が外周部より高いことがあるので、高さセンサで半導体ウエハの全面の高さ分布を測定し、測定結果を制御ユニット14へ送信して、位置ずれと焦点ずれの補正に反映させる補正法が考えられる。図20に示す位置シフト補正のメニュー領域2003の相関探索ボタン2005を押すことで、半導体ウエハの全面の高さ分布が位置ずれの補正值へ反映される。また、焦点シフト補正のメニュー領域2004の相関探索ボタン2006を押すことで、半導体ウエハの全面の高さ分布が焦点ずれの補正值へ反映される。

30

【0047】

以上、述べたように、本発明の実施例によれば、同じ仕様の製品、同じ工程の半導体ウエハについて、同じ検査条件で検査する場合に、本発明により半導体ウエハの種類や検査条件毎に異なる帯電状態を補正し検査レシピに登録することで、検査毎に時間をかけて補正することなく、半導体ウエハ面内で位置ずれや焦点ずれのない状態で検査を実施できるようになる。また、帯電の影響を受けやすい半導体ウエハ等の試料について、半導体ウエハ面内のどこでも同じ感度で検査を実施できるようになるので、半導体ウエハ外周での欠陥候補の誤検出や、検査感度の低下を低減でき、安定した検査を実現することが可能になり、検査の信頼性が向上する。このように、半導体装置の製造プロセスにおいて、高感度、高精度に検査する技術を提供することにより、製造プロセスにおいて重要な工程の不良の内容を早期に検知でき、対策を実施するために必要な欠陥位置やサイズの情報を検査と同時に取得できるため、対策までの時間が短縮でき、結果として半導体装置の製造歩留まりが向上し、生産性を高めることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0048】

50

【図 1】半導体ウエハの電子ビームを用いた検査装置の主要部の構成を示す縦断面図。

【図 2】検査条件の設定から検査までの手順を示すフローチャート。

【図 3】試料ホルダの平面図。

【図 4】試料ホルダの断面図。

【図 5】高さセンサの計測値と合焦点となる対物レンズの値の関係を示すグラフ。

【図 6】半導体ウエハの平面図。

【図 7】ディスプレイのスクリーンへ表示される位置焦点補正時の画像の一例を示す画面図。

【図 8】ディスプレイのスクリーンへ表示される位置焦点補正時の画像の一例を示す画面図。

【図 9】7個所のダイコーナーを取得した例を示す画面図。

【図 10】検査対象の一例であるコンタクトホールが形成された試料の縦断面図。

【図 11】検査対象の一例であるコンタクトホールが形成された試料の縦断面図。

【図 12】ディスプレイのスクリーンへ表示されるテスト検査時の画像の一例を示す画面図。

【図 13】ディスプレイのスクリーンへ表示されるテスト検査時の画像の一例を示す画面図。

【図 14】ディスプレイのスクリーンへ表示されるテスト検査時の画像の一例を示す画面図。

【図 15】7個所のダイコーナーを取得した例を示す画面図。

【図 16】電子ビームが帯電の影響を受けにくい半導体ウエハの構造を示す断面図。

【図 17】高さセンサで測定した半導体ウエハの表面高さ測定値と焦点条件との関係を示すグラフ。

【図 18】高さセンサで測定した半導体ウエハの表面高さ測定値と焦点条件との関係を示すグラフ。

【図 19】ディスプレイのスクリーンへ表示される位置焦点補正時の画像の一例を示す画面図。

【図 20】ディスプレイのスクリーンへ表示される位置焦点補正時の画像の一例を示す画面図。

【符号の説明】

【0049】

11 電子ビーム

12 二次信号

13 画像処理ユニット

14 制御ユニット

15 インターフェースユニット

110 対物レンズ

111, 112 電極

113 検出器

114 アンプ

115 AD変換器

116 プリチャージユニット

117, 118 画像メモリ

119 比較演算ユニット

120 欠陥判定ユニット

121 ディスプレイ

123, 302 試料

124 Xステージ

125 Yステージ

127 高さセンサ

10

20

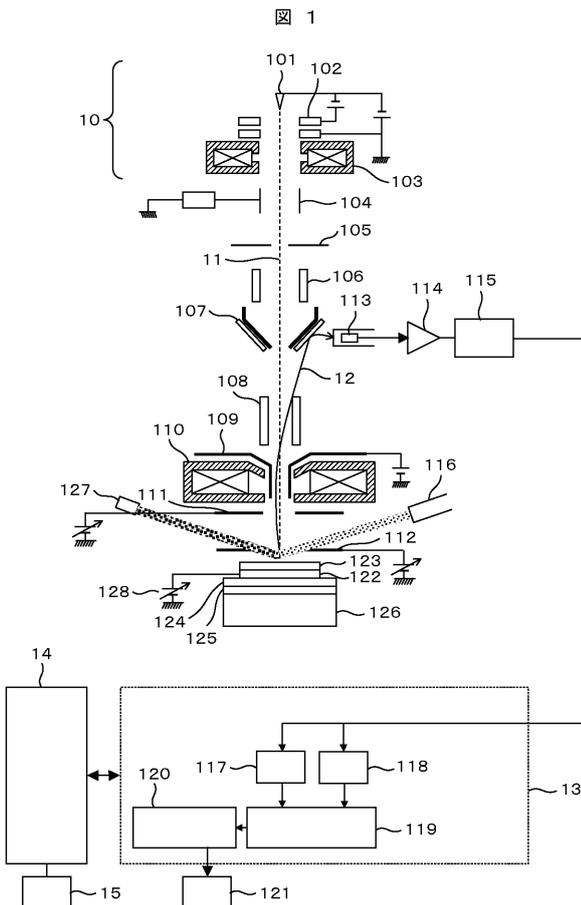
30

40

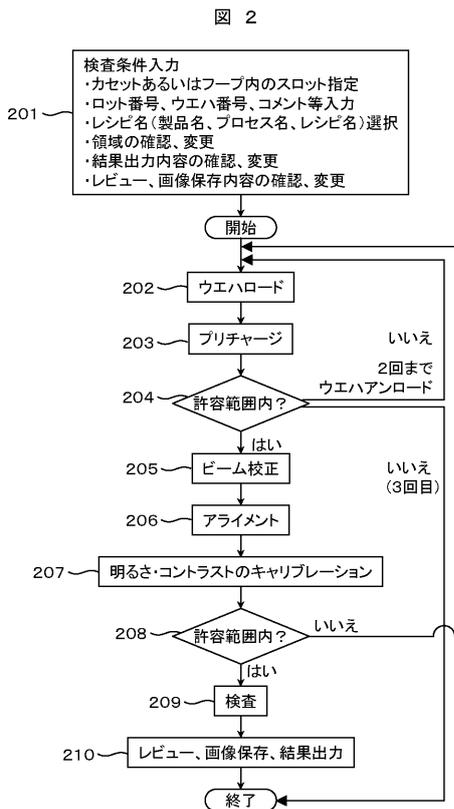
50

- 1 2 8 リターディング電源
- 3 0 3 ピース A
- 3 0 4 ピース B
- 3 0 5 ピース C
- 6 0 1 拡大画像
- 6 0 2 , 9 0 1 半導体ウエハ
- 6 0 3 ダイコーナ
- 7 0 1 画像
- 7 0 2 , 1 9 0 2 , 2 0 0 3 位置シフト補正のメニュー領域
- 7 0 3 , 1 9 0 3 , 2 0 0 4 焦点シフト補正のメニュー領域
- 1 4 0 3 , 2 0 0 2 位置焦点補正用の画像表示領域

【 図 1 】

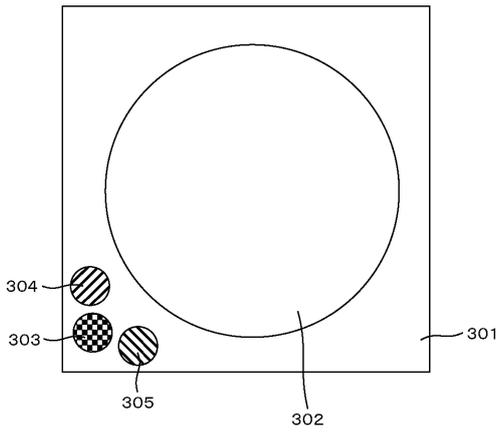


【 図 2 】



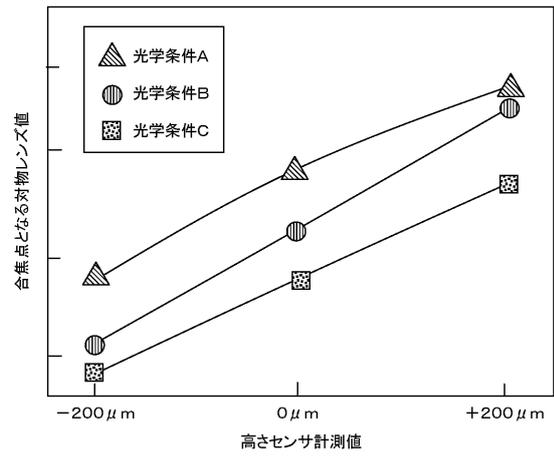
【 図 3 】

図 3



【 図 5 】

図 5



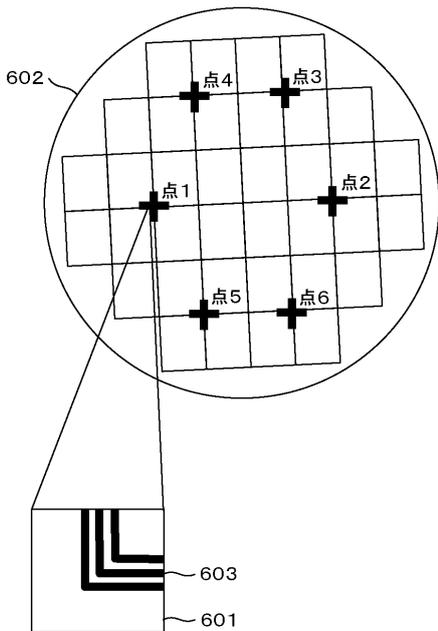
【 図 4 】

図 4



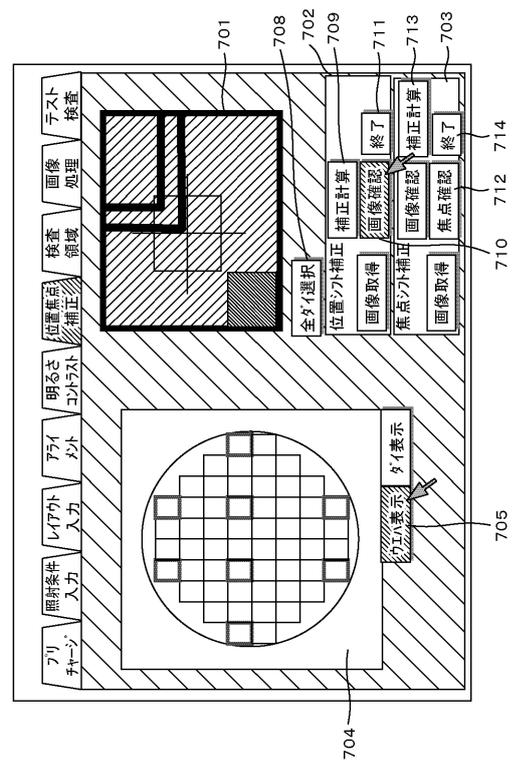
【 図 6 】

図 6

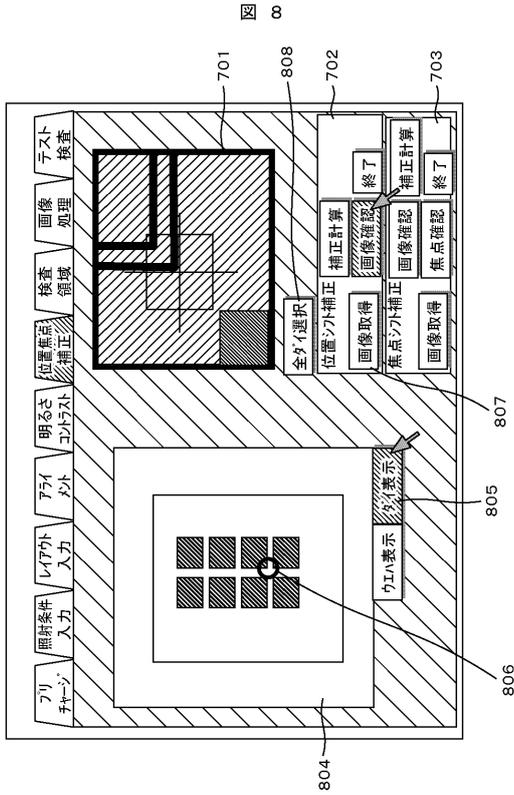


【 図 7 】

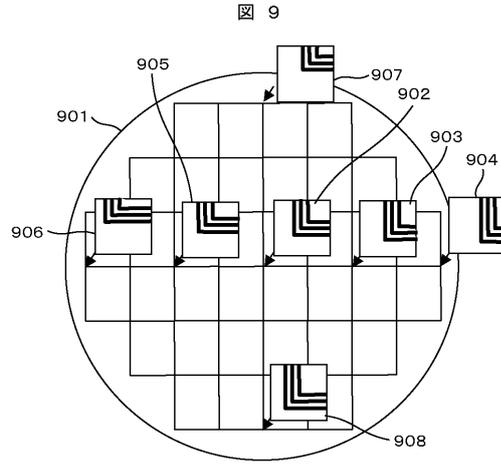
図 7



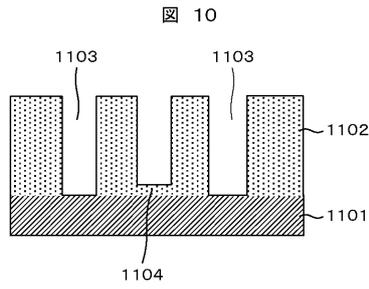
【 図 8 】



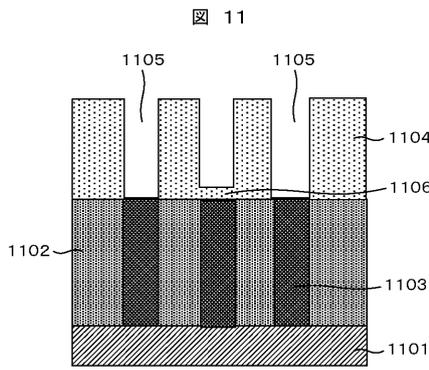
【 図 9 】



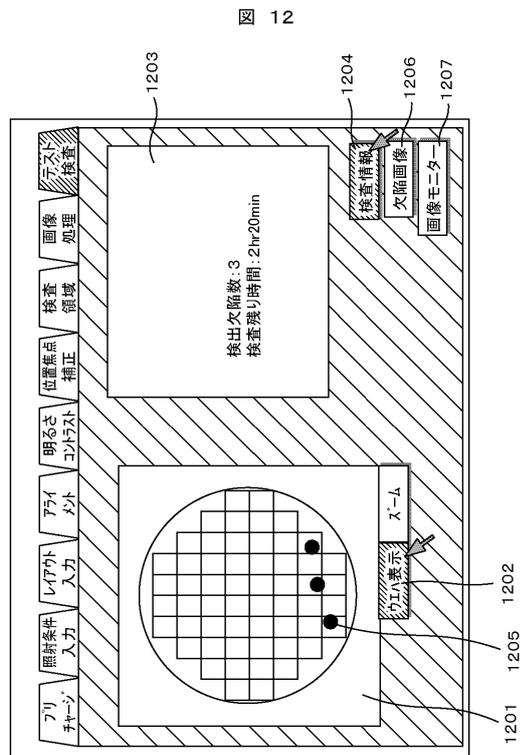
【 図 10 】



【 図 11 】

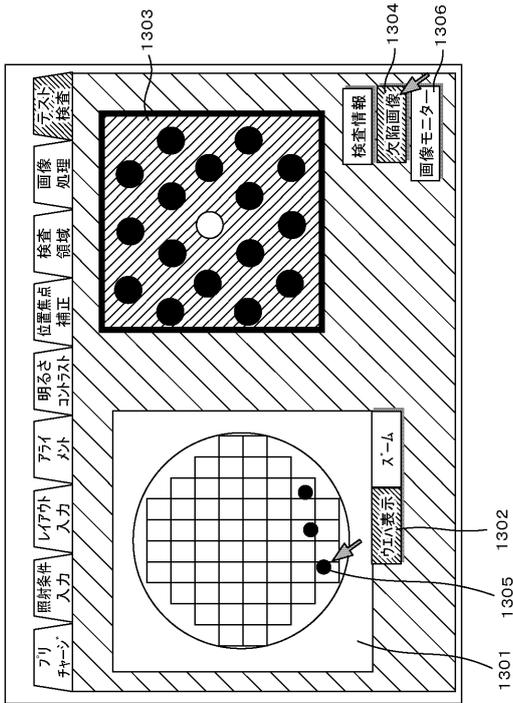


【 図 12 】



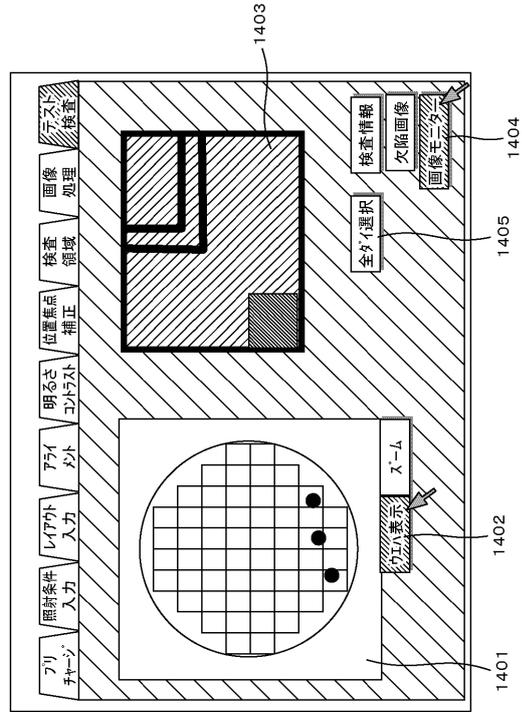
【 図 1 3 】

図 13



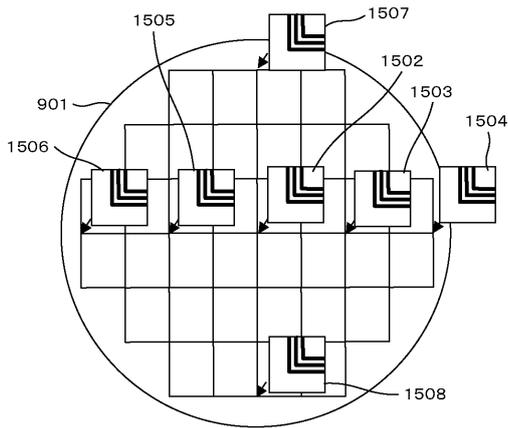
【 図 1 4 】

図 14



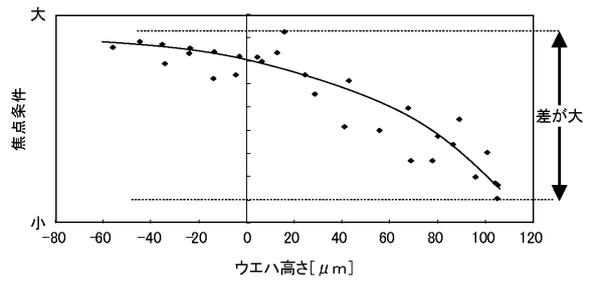
【 図 1 5 】

図 15



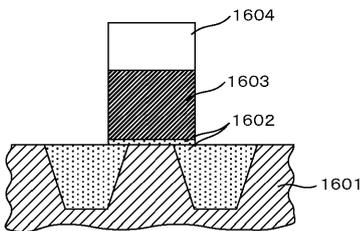
【 図 1 7 】

図 17



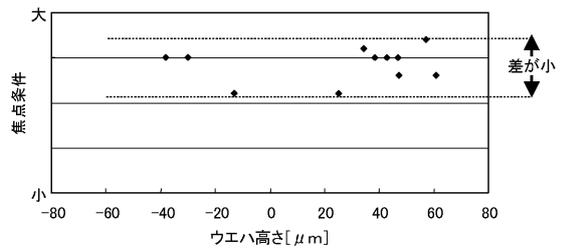
【 図 1 6 】

図 16



【 図 1 8 】

図 18



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G001 AA03 BA07 CA03 DA02 GA12 HA13 KA03 LA11 QA01
4M106 AA01 BA02 CA39 DB18 DB20 DJ19
5C033 FF06 MM03 MM07