

(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2005-210067
(P2005-210067A)

(43) 公開日 平成17年8月4日(2005.8.4)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 21/66
G01R 31/302

F I

H01L 21/66
G01R 31/28

B
L

テーマコード (参考)

2G132
4M106

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2004-297115 (P2004-297115)
(22) 出願日 平成16年10月12日 (2004.10.12)
(31) 優先権主張番号 特願2003-426169 (P2003-426169)
(32) 優先日 平成15年12月24日 (2003.12.24)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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 100075096
弁理士 作田 康夫
(74) 代理人 100100310
弁理士 井上 学
(72) 発明者 古川 貴司
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72) 発明者 水野 貴之
東京都千代田区丸の内二丁目4番1号 株式会社ルネサステクノロジ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プローブナビゲーション方法及び装置並びに不良検査装置

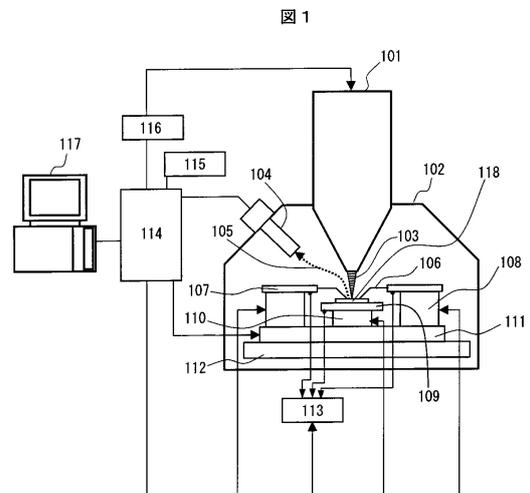
(57) 【要約】

【課題】電気特性評価用のプローブを備えた荷電粒子線装置において、装置ユーザの熟練度によることなくプローブの触針を容易に行なうことが可能なプローブナビゲーション方法、ナビゲーション装置並びに不良検査装置を提供する。

【解決手段】プローブ、試料を載置する試料台を独立の駆動手段で駆動し、さらにプローブと試料台を一体的に駆動する大ステージ駆動手段を設け、さらにCADナビゲーション方式を導入する。

【効果】プローブを触針する際の、装置ユーザの使い勝手が向上する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも1つ以上のプローブと、該プローブを駆動する第1の駆動手段と、試料を保持する試料ステージと、該試料ステージを移動する第2の駆動手段と、前記試料ステージと前記プローブとを一体として駆動する第3の駆動手段と、前記試料に対して荷電粒子線を照射する手段と、照射された荷電粒子線に起因して発生する2次的な荷電粒子線を検出して前記試料の画像を取得する手段と、前記画像を表示する表示手段と、前記画像の任意箇所を指定するための入力手段とを備えた荷電粒子線装置におけるプローブ接触方法において、

前記試料の画像を取得し、

10

前記入力手段からの入力手段を元に、該取得画像の視野内に少なくとも前記プローブの1つが収まるように前記第3の駆動手段を動作し、

前記取得画像の視野内にプローブの目標接触位置が収まるように前記第2の駆動手段を動作させることを特徴とするプローブ接触方法。

【請求項 2】

請求項1に記載のプローブ接触方法において、

前記第2の駆動手段を動作させ、前記入力手段により指定された前記画像の任意座標へ前記プローブを移動することを特徴とするプローブ接触方法。

【請求項 3】

請求項1に記載のプローブ接触方法において、

20

前記荷電粒子線装置として前記画像の倍率が可変である装置を用い、

最低倍率の画像の視野内に少なくとも1つのプローブが収まるように前記第3の駆動手段を動作させることを特徴とするプローブ接触方法。

【請求項 4】

請求項3に記載のプローブ接触方法において、

前記最低倍率の画像の視野内に全てのプローブが収まるように前記第3の駆動手段を動作させることを特徴とするプローブ接触方法。

【請求項 5】

請求項1に記載のプローブ接触方法において、

30

前記試料は配線パターンの形成された半導体ウェハであり、

前記取得画像の視野内にプローブの目標接触位置が収まった後に、該配線パターンの画像を前記試料画像と併せて前記表示手段に表示することを特徴とするプローブ接触方法。

【請求項 6】

請求項1に記載のプローブ接触方法において、

前記試料は配線パターンの形成された半導体ウェハであり、

前記荷電粒子線装置としてさらに、該配線パターンの情報を格納した記憶手段と、前記取得画像を前記表示手段に表示するための画像処理を行なう画像処理手段と、前記記憶手段と該画像処理手段とを接続する通信手段とを備えた荷電粒子線装置を用い、

前記表示手段に前記配線パターンと前記取得画像とを表示し、

前記配線パターンと前記取得画像の同一箇所の指定を、装置ユーザに対して要求する情報を前記表示手段に表示し、

40

指定された位置の座標情報を前記記憶手段から前記画像処理手段に対して送信することを特徴とする荷電粒子線方法。

【請求項 7】

少なくとも1つ以上のプローブと、

該プローブを駆動する第1の駆動手段と、

試料を保持する試料ステージと、

該試料ステージを移動する第2の駆動手段と、

前記試料ステージと前記プローブとを一体として駆動する第3の駆動手段と、

前記第1の駆動手段、第2の駆動手段及び第3の駆動手段とを制御する制御手段と、

50

前記試料に対して荷電粒子線を照射する手段と、
照射された荷電粒子線に起因して発生する二次的な荷電粒子線を検出して前記試料の画像
を取得する手段と、
前記画像を表示する表示手段と、前記画像の任意箇所を指定するための入力手段とを備え

、
前記制御手段は、

前記入力手段により入力される位置情報を元に、該取得画像の視野内に少なくとも前記プ
ローブの1つが収まるように前記第3の駆動手段を動作し、
前記取得画像の視野内にプローブの目標接触位置が収まるように前記第2の駆動手段を動
作させることを特徴とする荷電粒子線装置。

10

【請求項8】

請求項7に記載の荷電粒子線装置において、

前記試料ステージは、試料に対して電流または電圧を印加するための給電プラグを備え
ることを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項9】

請求項7に記載の荷電粒子線装置において、

前記第1の駆動手段及び第2の駆動手段は、前記第3の駆動手段上に形成されたことを
特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項10】

請求項7に記載の荷電粒子線装置において、

前記試料が配線パターンの形成された半導体ウェハである場合に該配線パターンの情報
を格納する記憶手段とを有し、
前記表示手段に、前記取得画像と前記配線パターンの双方を表示することを特徴とする
荷電粒子線装置。

20

【請求項11】

請求項10に記載の荷電粒子線装置において、

前記表示手段に、前記取得画像と前記配線パターンを重ねて表示することを特徴とする荷
電粒子線装置。

【請求項12】

請求項10に記載の荷電粒子線装置において、

前記表示手段に、前記配線パターンの全体図と、前記プローブの目標接触位置を含む領
域を該全体図よりも拡大した拡大図とを表示することを特徴とする荷電粒子線装置。

30

【請求項13】

請求項11に記載の荷電粒子線装置において、

前記拡大図の範囲を示すポインタを前記配線パターンの全体図上に表示することを特徴
とする荷電粒子線装置。

【請求項14】

請求項12に記載の荷電粒子線装置において、

前記拡大図上に前記プローブを重ねて表示することを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項15】

請求項10に記載の荷電粒子線装置において、

前記配線パターンの情報の処理を行なう第1の画像処理手段と、
前記取得画像の画像処理を行なう第2の画像処理手段とを備えたことを特徴とする荷電
粒子線装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子素子の電気的特性を微細な探針を用いて計測する不良検査装置の探針の
位置決め方法及び当該位置決め方法を用いた不良検査装置に関する。

【背景技術】

50

【0002】

半導体チップ上に形成された微細な電子回路の電氣的欠陥を検出するための検査装置として、従来、電子ビームテスト（EBテスト）、プローバ装置等の検査装置が知られている。EBテストとは、被測定点に電子ビームを照射し、測定点より発生する2次電子放出量が測定点の電圧値によって変化することを利用して、LSIの電氣的不良箇所を検出する装置である。また、プローバ装置とは、LSIの特性測定用パッドの位置に合わせて配置された複数の探針（メカニカルプローブ）を測定パッドに触針させて、LSIの電気特性を測定する装置である。これらEBテストやプローバ装置においては、装置オペレータが、配線の光学顕微鏡像や走査電子顕微鏡（SEM）像等の画像を見ながら、プローブの触針位置をマニュアル作業で確認している。

10

【0003】

近年、LSI等の半導体素子上に形成される回路パターンは微細化および複雑化し、プローブを最適なプロービング位置へ短時間で移動することが困難になりつつある。そこで、プロービングの際に、装置オペレータが参照する半導体素子上の実画像に合わせて、半導体素子の配線レイアウトを表示して、プロービングを行なう際に要する時間を短縮する技術があり、CADナビゲーションと呼ばれている。例えば、特許文献1には、CADナビゲーションを用いたEBテストの例が開示されている。また、特許文献2には、集束イオンビーム（FIB）加工装置にCADナビゲーションを適用した例が開示されている。特許文献2に開示された技術においては、集束イオンビームを被加工試料に照射した際に試料から発生する2次電子像を観測することにより、適切なイオンビームの照射位置を決定する。

20

【0004】

上記特許文献1または2に開示の技術は、半導体チップの不良検査を行なうための技術であるが、チップに成形される前の半導体ウェハの状態、配線パターンの不良検査を行なうというニーズもある。特許文献3には、ウェハ上の配線パターンの所定位置からFIB加工により取得した加工片をプローブで移動するために、FIBの加工位置にプローブを移動するための技術が開示されている。すなわち、FIB加工装置がプローブ先端部の画像を表示するプローブ情報画面を備え、プローブを移動する目標位置を装置ユーザがプローブ情報画面で指定する。装置は、入力された目標位置とプローブ先端部の現在位置との差を計算し、プローブを目標位置まで移動する。これにより、プローブをウェハ上の目標位置に移動する際に、装置ユーザの負担を減らすことが可能となる。

30

【0005】

【特許文献1】特開平7-240446号公報

【0006】

【特許文献2】特開平8-54447号公報

【特許文献3】特開2000-147070号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

近年、半導体ウェハ上に形成される配線パターンは微細化の一途を辿っており、プローブ触針時に要求される位置決め精度は、現在ではnmオーダーである。このような高い精度の触針を自動化することは現在の技術では困難であり、プローブの触針動作はマニュアル操作で実行せざるを得ない。また、半導体素子の製造プロセス上で使用されるウェハも、従来に比べて大口径のウェハが使用されるようになってきており、プローブ触針動作の際の装置ユーザの負担が増加している。なぜなら、ウェハの大口径化は、プローブ移動の際に、プローブ確認用画像の倍率を切替える頻度が増加することを意味し、装置ユーザは、その都度、画像の視野内に収まるようにプローブを移動しなければならないからである。そこで、装置ユーザの負担を低減するためCADナビゲーションを導入することが考えられるが、従来の装置は、必ずしもCADナビゲーションを導入するために最適な装置構成を有しているとは言えなかった。

40

【0008】

50

例えば、特許文献2に開示された装置は、単に測定用パッドがプローブカードの真下に位置しているかどうか確認するためにCADナビゲーションを用いており、プローブをウェハ上の任意位置に位置決めする技術が開示されていない。また、特許文献1には、EBテストのため、プローブを移動する点に関する技術の開示が無く、特許文献3にはそもそもCADナビゲーションの開示がない。

【0009】

そこで、本発明は、電気特性評価用のプローブを備えた荷電粒子線装置において、装置ユーザの熟練度によることなくプローブの触針を容易に行なうことが可能なプローブナビゲーション方法、ナビゲーション装置並びに不良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】

10

【0010】

本発明においては、少なくとも1本の電気特性評価用プローブを備えた荷電粒子線装置において、試料を保持する試料ステージと、試料の荷電粒子線像を取得する手段と、プローブを駆動する第1の駆動手段と、試料ステージを移動する第2の駆動手段と、前記試料ステージと前記プローブとを一体として駆動する第3の駆動手段と、これら3つの駆動手段を制御する制御手段とを備え、装置ユーザが入力ないし予め設定された設定値に従い、前記荷電粒子線像の視野内にプローブが少なくとも一つ収まるように第3の駆動手段を動作させ、さらに荷電粒子線像の視野内に触針位置が収まるように前記試料ステージを移動することにより前記の課題を実現する。

【発明の効果】

20

【0011】

本発明により、CADナビゲーションが導入されたプローブ付き荷電粒子線装置において、装置ユーザの使い勝手が向上する。すなわち、装置ユーザの熟練度によらず、プローブの触針を容易に実行可能なプローブナビゲーション方法、ナビゲーション装置並びに不良検査装置が提供可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、図面を用いて実施形態について説明する。なお、以下の記載において「プローブ」とある場合には、機械的な探針すなわちメカニカルプローブのことを意味し、電子線プローブ等、他のプローブには用いないこととする。

30

【実施例1】

【0013】

実施例1では、電気特性評価用のメカニカルプローブをSEMの試料室内に組み込んだ不良検査装置の実施例について説明する。図1には本実施例のプローブナビゲーション方法が実行される不良検査装置の構成例を、図2には、本実施例の検査装置を用いて検査を行なう場合の基本フローを示す。初めに、図1を用いて検査装置の構成について説明する。

【0014】

101は電子銃であり、1次電子線103を試料118上で照射かつ走査するための照射光学系を形成する。よって、本実施例の電子銃101は、電子ビームを発生する電子源やビームを走査するための偏向レンズ等、電子照射に必要な構成要件を全て含んだ系を意味する。102は真空チャンバ隔壁であり、隔壁102により大気圧の領域と真空領域が隔てられている。電子銃101の動作、例えば電子源の電子ビーム引出し電圧や偏向レンズへの印加電圧などは、電子銃制御器116により制御される。

40

【0015】

1次電子線103の照射により被検査試料118より発生した2次電子105は、2次電子検出器104により検出される。2次電子検出器は、実際に電子を検出するセンサ部分は隔壁102内に配置されているが、電源接続用の配線等が接続される根本の部分は、隔壁の外に突き出ている。106は、被検査試料の所定領域に触針されるメカニカルプローブであり、アタッチメント107によって保持されている。108は、アタッチメント107を所望の位置に移動するためのプローブ駆動手段であり、メカニカルプローブ106をアタッチメント107ごと所

50

望位置へ移動する。

【0016】

実際に不良検査の対象となる試料118は試料台109上に保持される。試料台109は、さらに試料台駆動手段110に保持されており、試料台109と試料台駆動手段110を合わせてDUTステージと称される。DUTステージとプローブ駆動手段108とは、大ステージ111上に形成されている。大ステージ111は、x、y（面内）、z（垂直）方向への駆動手段を備えており、DUTステージとプローブ駆動手段108とを一体的に駆動することができる。このように大ステージ111上にDUTステージとプローブ駆動手段108とを一体形成した点は、本実施例の特徴の一つである。技術思想として重要な点は、被検査試料118とメカニカルプローブ106の両者を、独立的にも一体的にも移動できるように装置を構成することである。大ステージ111は、さらに、ベース112上に配置される。ここで大ステージ111が、z（垂直）方向への駆動手段を備えていることにより、x y方向への大ステージ111移動の前に、z方向に大ステージ111を下げておくことで、試料118やメカニカルプローブ106、アタッチメント107と電子銃101の先端部との機械的な干渉を避けられる効果がある。

【0017】

さらに、実際、本実施例を用いてSEM観察を行う場合に、z方向に大ステージ111を上げることで、電子銃101先端から試料118までのワーキングディスタンスを小さくすることができ、これによってSEMの空間分解能を向上させることができる効果がある。本実施例では、z方向の駆動手段を大ステージ111に組み込んだが、試料台駆動手段110およびプローブ駆動手段108に組み込んでよいし、そのすべてに組み込んでよく、これによって同様の効果が得られる。

【0018】

大ステージ111および試料台駆動手段110、プローブ駆動手段108のいずれかまたはすべてに移動量測定素子（不図示）を組み込んでよい。ここで移動量測定素子には、たとえばニアスケールやエンコーダを用いればよい。これによって、プローブ、試料、およびステージの移動精度の向上および定量化が可能になる効果がある。さらに移動量測定素子によって移動量がより正確に計測できるため、より精度の高いCADナビが可能となる効果がある。

【0019】

試料台109およびアタッチメント107は電気特性計測器113に接続されている。ここでプローブ106およびアタッチメント107は試料118に触針して電気信号を検出するため、電気特性計測器113以外に対しては電氣的にフローティングとなっている。電気特性計測器は、主としてメカニカルプローブ106により検出された試料118の電流 - 電圧特性を計測して、そこから所望の特性値を算出する、例えば、メカニカルプローブ106の触針箇所の抵抗値や電流値、電圧値などである。半導体ウェハの解析の場合には、電気特性計測器113として、例えば半導体パラメータアナライザが用いられている。電気特性計測器113と試料台109が接続されるのは、試料台109の試料載置面には、試料に電流または電圧を印加するための給電プラグが備えられる場合もあるからである。

【0020】

電気特性計測器113で計測された特性値は、伝送線を介して制御コンピュータ114に伝送される。制御コンピュータ114は、伝送された情報を元にさらに高度な分析を行なう。例えば、測定値を解析して、測定箇所が不良か正常かの判定を行なう。制御コンピュータ114には、光学ディスクやハードディスク、ないしメモリなどの記憶手段115が備えられており、測定した電気特性を格納しておくことができる。さらにまた、制御コンピュータ114は、不良検査装置全体の動作を制御する役割も果たしている。

【0021】

例えば、電子銃制御器116、2次電子検出器104、プローブ駆動手段108、DUTステージおよび大ステージ111は、制御コンピュータ114により動作制御される。そのため、制御コンピュータ114は、接続された各構成部品を制御するソフトウェアを格納するための記憶手段115と、装置ユーザが装置の設定パラメータを入力するための入力手段を備える。入力

手段とは、例えば、操作画面表示およびSEM像表示用の画像表示手段、キーボード、操作画面上でポインタを動かすためのマウスなどである。装置ユーザは、当該入力手段を用いて、プローブ移動目標の1情報や倍率情報、あるいは、画像のコントラストや明るさ情報などを入力する。

被検査試料の配線レイアウトのデータ（以下、CAD像データと称する）は、CAD用ワークステーション（WS）117に格納される。WS117は、配線レイアウトを表示するための画像表示手段を備える。CAD用WS117は、制御コンピュータ114に接続されており、必要に応じてCAD像データを制御コンピュータ114に伝送する。

本実施例では、制御コンピュータ114とCAD用WS117を別のコンピュータとして構成したが、両者を統合し一台のコンピュータで構成してもよい。さらに、これに加えて、116も統合し、全体を一台のコンピュータで構成してもよい。

10

【0022】

次に図2Aから図2Dを用いて、図1に示した不良検査装置の動作を説明する。装置を立ち上げると、装置はSEM画像の設定倍率待ち状態になり、制御コンピュータ114に付随した表示画面に倍率の設定入力手段が表示される（ステップ201）。倍率の設定入力手段とは、例えばアイコンやGUIによる入力手段である。装置ユーザは、入力手段によりSEMの倍率を入力する。プローブ106が大ステージ111上のどの位置にいるか判らないので、ステップ201においては、通常はSEMの最低倍率が入力されるが、プローブ先端がSEM視野の比較的中心部に集まっている場合には、低倍率でよい。ここで低倍率とはおよそ300倍以下が通常である。制御手段114は、入力された値に基づき電子銃101の条件を調整し、入力された倍率でSEM画像を取得し、表示手段に表示する（ステップ202）。

20

【0023】

装置ユーザは、取得したSEM画像にまず試料の目的計測位置が含まれているかどうかを目視で確認する（ステップ203）。含まれていなければ、大ステージ111を駆動して試料台109がSEM画像の視野内に移動する（ステップ204）。大ステージ111ではなくDUTステージ自体を移動して、被検査箇所をSEM画像の視野内に移動しても良い。被検査箇所の大きさにもよるが、ステップ204の段階では、SEM画像上に表示される被検査箇所はせいぜい点にしか見えない。SEM画像の視野内に被検査箇所が入ったのを確認すると、装置ユーザは、今度は、試料の検査で使用するプローブがSEM像の視野内に含まれるかどうかを目視確認する（ステップ205）。含まれていればステップ207へ移動する。含まれていなければ、プローブ駆動手段108を駆動して、検査で使用する全てのプローブをSEM画像の視野内に移動する（ステップ206）。

30

【0024】

ここで、ステップ205およびステップ206において、検査で使用する全てのプローブをSEM視野内に移動させたが、場合によっては、そのうちの少なくとも1本が視野に入っていればよい。これはたとえば、本発明による検査を本試料のほかの場所ですでに実施している場合など、利用する全てのプローブ先端がSEM視野内に観察される1本のプローブの近傍にすでに配置されていることがわかっている場合などである。以下のフローでも同様である。

【0025】

使用予定のプローブが全てSEM像の視野内に収まったことを確認すると、次のフローでは、倍率を変えたSEM像を画面表示するための動作を行なう。まず、装置ユーザがSEMの倍率を入力する（ステップ207）。倍率を入力するための手段は、ステップ201で表示した入力手段をそのまま用いる。プローブの触針動作に入るため、ステップ207への応答では、通常はステップ201で入力した値よりも高い倍率が装置へ入力される。制御コンピュータ114は、入力された倍率に従って、電子銃101と2次電子検出器104を調整し、入力された倍率でのSEM像を取得する（ステップ208）。

40

【0026】

当初の低倍率SEM像では点にしか見えない領域が拡大された像が表示されるため、装置ユーザには、高倍率SEM像での試料の被検査箇所に対するプロービングを行なう必要が生

50

じる。あるいは、高倍率のSEM像を取得するため、ステップ208を終了した段階では、当初低倍率のSEM像の視野内に収まっていた被検査箇所が、SEM像の視野から外れることもある。場合によっては、SEM像の視野からプローブも消えることもある。そこで、被検査位置の同定とプローブナビゲーションを行なう必要が生じる。よって、以下のステップでは、被検査位置の同定フローと、CADを用いたプローブナビゲーションのフローについて説明する。

【0027】

高倍率でのSEM画像が取得されると、制御コンピュータ114は、CAD用WS117に対して、表示されているSEM像に対応する箇所のCAD像データの取得要求を送信する（ステップ209）。CAD用WS117は、要求されたCAD像データを制御コンピュータ114へ転送する（ステップ210）。制御コンピュータ114は、表示画面上にCAD像を表示し、さらに、CAD像とSEM像との対応を取るための基準点の入力要求を表示画面に表示する（ステップ211）。装置ユーザは、制御コンピュータ114に付随する入力手段を介してCAD像とSEM像の基準点を制御コンピュータ114に入力する。基準点の入力方法としては、例えば、CAD像上のある点とSEM像上のある点をポインタでクリックすることにより入力動作を行なうことができる。制御コンピュータ114は、入力された基準点の座標情報（位置情報）を基に、CAD像とSEM像とをリンクする（ステップ212）。このとき倍率情報の相互リンクも同時に行う。

【0028】

ステップ212でCAD像とSEM像のリンクが済むと、CAD用WS117は、CAD像上における被検査箇所すなわちプローブの触針位置の位置情報の入力待ち状態になる。例えば、触針位置を入力するためのアイコンが画面表示されたり、入力を要求するメッセージが画面に表示されたりする（ステップ213）。装置ユーザがプローブの触針位置を指定すると、CAD用WS117は、入力された触針位置の座標情報を制御コンピュータ117に送信する（ステップ214）。制御コンピュータ114は、CAD用WS117から送信されてきた触針位置の座標情報を、SEM像上の座標情報に変換する（ステップ215）。

【0029】

ステップ215の動作は、ステップ211からステップ212でSEM像とCAD像の座標情報のリンクが取れているため実現できる。制御コンピュータ114は、さらに得られたSEM像でのプローブ触針位置での位置情報とDUTステージの現在の位置情報から、DUTステージの移動量を計算する（ステップ216）。DUTステージの現在の位置情報は、例えば、ステップ212で装置ユーザが指定したSEM像の基準位置の座標を元に計算することができる。計算が終了すると、制御コンピュータ114は、計算量だけDUTステージを移動し、CAD像上で指定された箇所を高倍率SEM像（ステップ208で取得されたSEM像）の視野内に移動する（ステップ217）。

以上のステップを実行することにより、SEM像の倍率を大きくした際に、目標とする触針位置を自動的にSEM像の視野内に移動することができ、従来の装置ユーザの労力を低減することができる。

【0030】

ステップ218では、装置ユーザは、表示されているSEM画像に触針位置が含まれているかどうかを目視確認する。もし含まれていない場合には、装置ユーザは、DUTステージを駆動し、SEM視野内に触針位置が収まるようにする（ステップ220）。ステップ217の動作で、触針位置は現在見えているSEM画像の視野に近い位置まで移動しているはずなので、装置ユーザ自身による触針位置の探索であっても、従来の装置に比べ、装置ユーザの負担が少なく済むのである。ステップ220の動作を実行するとSEM画像の視野が変わるので、CAD像も変える必要が生じるが、CAD像の更新は装置が自動的に行なう。

【0031】

制御コンピュータ114は、既にSEM像とCAD像の座標のリンク情報を持っているので、装置ユーザの操作により移動したDUTステージの移動量と移動方向を計算し、現在表示されているSEM画像の座標に対応するCADデータを送信するようCAD用WS117へ要求する。CAD用WS117は、制御コンピュータ114から送信されたCADデータの座標情報を基に、適切なCADデ

ータを選択し、制御コンピュータ114へ転送する（ステップ221）。制御コンピュータ114は、送信されたCADデータを表示画面に画像表示し、CAD画面の更新動作を完了する（ステップ222）。

このように、本実施例の不良検査装置は、SEM像の視野変化に追従して、表示されるCAD像を更新する機能を備えているため、本実施例の不良検査装置においては、プロービング時における装置ユーザの負担が非常に低減される。

【0032】

SEM像の視野内にプローブ触針位置が含まれていれば、次に検査で使用するプローブ全てがSEM像の視野内に収まっているかどうかを確認する（ステップ219）。本実施例では、ステップ219の動作も装置ユーザが目視確認する。SEM像の視野内に収まっていれば、ステップ223へ進む。含まれていなければ、装置ユーザはプローブ駆動手段108を操作して、利用するプローブの先端部が全てSEM像の視野内に収まるようにする（ステップ224）。不良検査で使用するメカニカルプローブ106の数は一つで済む場合もあるが、複数本必要な場合が多い。例えば、触針箇所の接触抵抗を調べる場合などは、給電プラグから電圧を印加すれば一箇所触針するだけで検査が可能であるが、IV特性を調べる場合等には最低でも2本のメカニカルプローブが、トランジスタの特性を調べるためには最低でも3本のプローブが必要である。

10

【0033】

本実施例の不良検査装置は、図1では2本のメカニカルプローブ106しか使用されていないように見えるが、実際にはもっと複数のメカニカルプローブが使用されている。なお、低倍率SEM像から高倍率SEM像への切り替えを何段階かに分けて行なう場合には、ステップ219の動作が終了したとことで、SEM像の倍率を変え、ステップ218に戻って同じ動作を繰り返して行なう。この場合においても、表示されるCAD像は、SEM像の倍率に合わせて自動的に更新される。

20

【0034】

使用するプローブが全てSEM像の視野内に収まると、制御コンピュータ114の表示画面上には、SEM像とCAD像とが重ねて表示される（ステップ223）。装置ユーザは、表示されたSEM像とCAD像とを参照しながらメカニカルプローブ106を移動し、被検査箇所にプローブを触針させる。全てのプローブの触針が終了すると、触針箇所の電気特性の測定が開始できる状態となる（ステップ225）。

30

【0035】

ここで、ステップ223においてSEM像とCAD像を重ねて表示させるが、DUTステージの機械精度により、SEM像とCAD像の間にズレが生じる場合がある。このズレを解消するひとつの方法を、図2Dを用いて説明する。ステップ222の次に、制御コンピュータ114上にSEM画像とCAD画像を重ねて表示する。ここでズレがある場合、そのズレを装置ユーザが補正すればよい（ステップ226）。ここで具体的なズレ補正の手順は、図2Bのステップ211からステップ212と同様にすればよいが、ステップ211からステップ212に比べて倍率が高いため、より高精度での位置ズレ補正が可能となる。すなわち、制御コンピュータ114にSEM像とCAD像の対応をとるための基準点の入力要求を表示画面に表示する。装置ユーザは、制御コンピュータ114に付随する入力手段を介してSEM像とCAD像の基準点を制御コンピュータ114に入力する。基準点の入力方法としては、たとえば、SEM像のある点とCAD像のある点をポインタでクリックすることにより入力動作を行うことができる。制御コンピュータ114は、入力された基準点の座標情報（位置情報）を基に、SEM像とCAD像のズレを補正する。このとき倍率情報の相互リンク情報も同時に更新してもよい。なお図2Dでは、ステップ226をステップ222の次に配置したが、ステップ223の次に配置してもよい。

40

【0036】

以上が図1の検査装置を用いて検査を行なう際の基本的な触針フローである。触針位置を変える場合には、図2のフローを最初から実行し直す必要はなく、DUTステージを駆動することにより触針位置をSEM像の視野内に収める。DUTステージを駆動することにより試料のみをプローブとは別に移動することができるため、メカニカルプローブ106の先端部

50

と1次電子線103との相対関係を保ったまま被検査箇所を移動することができる。従って、図1に示す試料台駆動手段110を設けたことにより、図2のフローを最初からやり直す必要がなくなり、従来の荷電粒子線装置に比べて装置ユーザの使い勝手が飛躍的に向上する。

以上の図2AからDで示したフローのうち、装置が行なうステップに関しては、全てシーケンス制御用のソフトウェアとして、図1に示した検査装置の記憶手段115に格納されている。

【0037】

図3(a)には高倍率SEM像の一例を、図3(b)には図3(a)のSEM像に対応する箇所のCAD像の一例を示す。図3(a)には、4本のメカニカルプローブ106先端部と試料である半導体ウェハ118、ウェハ上に形成された配線パターンに現れるプラグ301が見えている。図3(a)は、図2で示したフローでステップ219が終了した時点で制御コンピュータ114の表示画面上に表示されるSEM像に相当する。プローブ全てが最初から高倍率SEM像の視野内に収まっていた場合には、ステップ208の終了時点でも同様のSEM像が画面表示される。

10

【0038】

図3(b)では、実際にはSEM像では観察できないウェハの配線パターンのレイアウトが示されている。118はウェハ、302はプラグであり、図3(a)の301に対応する。点線で囲まれた領域は配線303が形成されていることを示す。配線303は、図3(a)のSEM像では全く見えていない。従って、不良箇所が、例えば配線303の断線であった場合、CAD像が示されない従来の検査装置では、熟練した装置ユーザが、SEM像の視野移動に合わせてCAD像を動かしながらプローブの触針位置を決めていた。よって、図3(b)のように、制御コンピュータの画面上、高倍率SEM像とCAD像と一緒に表示することにより、プローブ触針の際の装置ユーザにとっての利便性が従来に比べて飛躍的に向上する。

20

【0039】

図4には、高倍率SEM像とCAD像とを重ねて表示した様子を示した。図2Cのフローのステップ223が終了した時点で制御コンピュータに表示される画面に相当する。CAD像とSEM像を重ねて表示することで、最終的にプローブをマニュアル触針させる際の、装置ユーザの装置の使い勝手がさらに向上する。

【0040】

図5A、Bには、低倍率のCAD像と高倍率のCAD像を、制御コンピュータ114と一緒に画面表示した例を示した。図5Aは低倍率のCAD像を示し、おおよそ、図2のステップ202で設定している最低倍率のSEM像の視野に対応する範囲のCAD像と考えて良い。一方、図5Bに示した高倍率CAD像は、図2のステップ208で取得したSEM像の視野に対応する範囲のCAD像と考えて良い。図5Aに示した倍率程度のCAD像だと、ウェハ上の配線レイアウトの全体像が表示される。例えば、図5Aには、測定対象回路502の他、周辺回路501や関連回路503も画面上に示されている。

30

【0041】

図5Aで示したスケールのCAD像では、図5Bに示したスケールのCAD像は、点にしか見えない。そこで、図5Bに示した領域を示す矢印504を低倍率CAD像(広域CAD像)上に示すことにより、装置ユーザがマニュアル操作でプローブを移動する際の使い勝手を向上する。例えば、図2のステップ225に示すマニュアル触針が終わって、次の被検査箇所へSEM像を移動する際などに使用する。すなわち、次の被検査箇所への移動距離が大きい場合など、一度SEM像の倍率を下げて低倍率のSEM像を画像表示させて大ステージを駆動するという操作を行なう。この場合、目標位置である図5Bの領域を含む広域CAD像をCAD用WS117から呼び出して制御コンピュータ114上に表示させる。

40

【0042】

広域CAD像上には矢印504が表示されているため、装置ユーザは矢印の示す点を目標にして大ステージもしくはDUTステージをマニュアル操作して、被検査箇所が低倍率SEM像の視野内に収まるようにする。SEM像とCAD像のリンクが取れているのであれば、矢印504は、低倍率SEM像へ合成表示しても良い。504は矢印に限られる必要はなく、ポインタ、アイコ

50

ン等、被検査箇所を含む領域を示す手段であれば、何でも構わない。広域CAD像をCAD用WS 117から呼び出せるようにするためには、制御コンピュータ114の表示手段上に、広域CAD像を呼び出すための呼び出し手段を表示しておけばよい。例えば、広域CAD像を示すアイコンなどである。

【実施例2】

【0043】

実施例2では、複数の不良検査装置もしくは不良解析装置間で、CAD用WSを共有した構成の欠陥検査システムについて説明する。図6には、欠陥検査システムを模式的に示す。複数(3台)の欠陥検査装置601が、通信回線603を介してCAD用WS602と接続されている。本実施例では、3台の欠陥検査装置の内部構造は、図1に示した欠陥検査装置と同じ装置を想定しているが、別に異なった装置を用いても構わない。さらに、3台が不良検査装置と不良解析装置による複合欠陥解析システムであってもよい。すなわち、3台のうち1台は、図1に示した欠陥検査装置であり、他の2台は集束イオンビーム装置と透過電子顕微鏡といった組み合わせでもよい。さらに本実施例による複合欠陥解析システムの場合、3台の装置は独立の真空システムとなっているが、それぞれの真空装置をつなぎ、その間を真空搬送系でつないでもよい(不図示)。この場合、試料を大気にさらすことなく相互の装置間を搬送可能となるので、大気中での試料汚染の影響を低減できる効果がある。

10

【0044】

CAD用WS602は被検査試料に形成された配線レイアウトを全て格納している装置であり、非常に高価である。従って、図6に示したように1台のCAD用WS602で共有することにより、システム構築時のコストを低減することができる。また、装置を大規模化する際にも、欠陥検査装置を順次追加していくだけで済むので、欠陥検査システムのスケラビリティを確保する上で、非常に有効な構成である。

20

【実施例3】

【0045】

実施例3では、電気特性評価用のメカニカルプローブをSEMの試料室内に組み込んだ不良検査装置の他の実施例について説明する。図7には本実施例のプローブナビゲーション方法が実行される不良検査装置の構成例を示す。この構成は実施例1の図1に示した構成例とほぼ同じであるため、相違点のみについて説明する。

【0046】

図1と図7の相違点は、絶縁板701の有無である。この絶縁板701は試料台109と試料台駆動手段110とははさまれる形で組み込まれており、これによって、試料は真空チャンバ隔壁102や試料台駆動手段110等から電氣的に絶縁される。この構成により、試料118に形成されている微細配線の導通不良を検査する電子線吸収電流(EBAC)法が可能となる。

30

【0047】

試料台109およびアタッチメント107は電気特性計測器113に接続されている。電気特性計測器113は、主としてプローブ106により検出された試料118での吸収電流を計測する。

【0048】

半導体デバイスの配線導通不良解析の場合には、電気特性計測器113として、例えば高感度電流検出器が用いられている。電気特性計測器113と試料台109が接続されるのは、試料台109の試料載置面には、試料118に電流または電圧を印加するための給電プラグが備えられる場合もあるからである。

40

【0049】

電気特性計測器113で計測された吸収電流値は、伝送線を介して制御コンピュータ114に伝送される。制御コンピュータ114は、この値を輝度信号とし、SEMの1次電子線103の走査周期と同期させて制御コンピュータ114のモニタ画面上に表示することで、SEM像と同一視野の電子線吸収電流(EBAC)像を形成できる。

【0050】

次に、本実施例の構成によるEBAC像取得とそれによる断線箇所の推定方法を図7および

50

図 8 を用いて説明する。

試料118の内部に微細配線が敷設されており、この配線に接続されている複数の金属プラグが試料118の表面に露出している場合を考える。これを通常のSEM観察をすると、図 8 (a) に示すようなSEM像が得られる。このとき実施例 1 で詳細に説明した方法により、図 8 (a) のSEM像領域に相当するCAD像が図 8 (c) のように得られる。このCAD像情報をもとに、プローブ106を任意のプラグに接触させる。この状態で、電子銃101から放出された1次電子線103を試料118の表面上で走査する。通常、このとき放出される2次電子105の強度を輝度信号とし、1次電子線108の走査周期と同期させて画面上に表示させたものが図 8 (a) に示したSEM像となる。

【 0 0 5 1 】

本実施例では、2次電子強度のかわりに、プローブ106で検出される試料118の吸収電流値を輝度信号とすることで、図 8 (b) に示すEBAC像が得られる。ここで、プラグ801およびプラグ802をつなぐ内部配線803に断線804が存在していると、プラグ801で吸収された吸収電流は、プローブ106で検出されないため、EBAC像では表示されない。ここで、図 8 (b) では、プラグの位置を示すために白丸で表示してあるが、実際は、EBAC像には何も観察されない。一方、プラグ802で吸収される吸収電流はプローブ106で検出されるため、EBAC像では明るく表示される。内部配線803は、図 8 (a) のSEM像では全く見えていない。従って、不良箇所が、例えば内部配線803の断線804であった場合、CAD像が示されない従来の検査装置では、熟練した装置ユーザが、SEM像およびEBAC像の視野移動に合わせてCAD像を動かしながらプロービングの位置の決定および断線箇所の推定をしていた。よって、図 8 (c) のように、制御コンピュータの画面上にSEM像およびEBAC像とCAD像を一緒に表示することにより、プローブ触針の際の装置ユーザにとっての利便性が従来に比べて飛躍的に向上する。

【 0 0 5 2 】

本実施例の不良検査装置は、実施例 1 で詳説した方法と同様の方法により、SEM像およびEBAC像の視野変化に追従して、表示されるCAD像を更新する機能を備えているため、本実施例の不良検査装置においては、プロービング時における装置ユーザの負担が非常に低減される。

【 0 0 5 3 】

本実施例で、プローブ106もしくは試料台109により計測される吸収電流の値は非常に微小であることが多い。そのため検出された信号がノイズの影響を受け、劣化する場合がある。この場合には、試料台109およびアタッチメント107から直接電気特性計測器113に接続せずに、試料台109およびアタッチメント107と電気特性計測器113との配線間のうち試料106のできるだけ近傍にプリアンプ(不図示)を配し、プローブ106もしくは試料台109で検出される微小電流を電圧信号に増幅してから、電気特性計測器113に送信すればよい。これによって、微小電流のノイズからの影響を低減できる。

【 0 0 5 4 】

本実施例で、不良検査で使用するプローブ106の数は一つで済む場合もあるが、実施例 1 と同様、複数本必要な場合がある。例えば、複数配線の断線を検査する場合などは、複数のプラグへの触針を行うことで一度に検査可能となる。

本実施例の不良検査装置は、図 7 では2本のメカニカルプローブ106しか使用されていないように見えるが、実際にはもっと複数のプローブが使用される場合もある。

【 0 0 5 5 】

本実施例では、実施例 1 と同様、SEM像とCAD像もしくはEBAC像とCAD像とを重ねて表示することにより(不図示)、最終的にプローブをマニュアル触針させる際、および、断線位置の推定において、装置ユーザの装置の使い勝手がさらに向上する。

本実施例では、実施例 1 と同様、領域を示す矢印を低倍率CAD像上に示すことにより(不図示)、装置ユーザがマニュアル操作でプローブを移動する際の使い勝手を向上することが可能となる。

【 0 0 5 6 】

10

20

30

40

50

本実施例では、SEM像とEBAC像を得ることができるが、これら画像は制御コンピュータ14備えられている画像表示手段に表示させることができる。このとき制御コンピュータ114に備えられた画像表示手段の有する操作画面にSEM像とEBAC像とCAD像のうち任意のものもしくは全部を表示させることができる。ここで操作画面に画面切り替えアイコンを備えることで、任意の像の選択表示もしくは全表示、重ね合わせ表示などを可能にすることもできる。

【実施例4】

【0057】

実施例4では、本発明の他の実施例を図9および図10を用いて説明する。図9(a)は、本実施例である不良検査装置901の構成を示す。図9(a)において、不良検査装置901は、試料室907内に試料を保持する試料ホルダ902とこれを保持する試料ホルダ受け917とを含むステージとプローブユニット933を含むプローブステージ906を備える。ここで試料は試料ホルダ902に固定されているが、薄片であるため、作図の都合上、図9(a)では不図示とした。試料の検査のために試料ホルダ902に対向して走査電子顕微鏡(SEM)あるいは集束イオンビーム(FIB)装置などの、イオンポンプ944を備えた電子光学系装置904(荷電粒子装置ということが出来る)が試料室907の筐体に設けてある。また、この電子光学系装置904に近接してプローブ粗寄せ画像取得装置910が設けてある。電子光学系装置904からは試料の表面やプローブ(探針)903の動きを観察するための荷電粒子ビーム(電子やイオンビーム)が試料ホルダ902の方向に照射される。

10

【0058】

試料室907の筐体の上面部に電子光学系装置904に近接して並設されるプローブ粗寄せ画像取得装置910は、プローブ粗寄せ光学顕微鏡(光顕)と画像取得のためのCCDカメラとを備え、プローブ903の試料に対する粗寄せ状態を観察し、画像情報として取得することができる。また、プローブ粗寄せ画像取得装置910は、縦方向のもの910Aばかりでなく、十字状配置とされた横方向配置のもの910Bが使用される。この十字状配置によってプローブ903は上方および横方向より観察され得、粗寄せ状態を確実に把握される。このとき、横方向からの粗寄せ画像の倍率は、上方からの粗寄せ画像の倍率よりも大きくして構成される。

20

【0059】

これは、測定に際して、まず上方のプローブ粗寄せ画像取得装置910Aによってプローブ903同士を水平方向に近づける粗寄せを行うが、このとき複数のプローブ903を粗寄せ画像に捉える必要がある。横方向からの粗寄せは横方向の粗寄せ画像を見ながらプローブ903を降下させて試料に接近させる。この後に電子光学系装置904を用い、プローブ903先端と試料の焦点の合い方を調べながらプローブ903を試料に接触させる動作を行う。横方向からの粗寄せにおいてプローブ903と試料の間隔が小さいと、電子光学系装置904を用いたプローブ903と試料の接近動作にかかる時間を短くすることができる。このため、横方向からの粗寄せ画像の倍率は、上方からの粗寄せ画像の倍率よりも大きくして構成される。

30

【0060】

ステージは、試料を保持する試料ホルダ902とこれを載置する試料ステージ950とこれを載置する大ステージ949および大ステージ949が移動するベース948を備える。このステージは面板971を介して試料室907の側面に取付けられる。面板971は、図10(a)に示すように、ガイド連結板971aと、コロを用いたガイド971bとを介して試料室907に取付けられる。ここで図10(a)の上図は上面図、下図は側面図である。図10(b)に示すように、ステージのメンテナンスやプローブユニットの交換を行うときはガイド971bに沿ってステージを引出す。図9(a)の試料室907の下部に取付けられたガイドブロック948aは電子光学系装置904に対するステージの垂直方向の位置決め用いられ、また、ステージを試料室907から引出すときの案内をも行う。ガイドブロック948aの上部にはベース948の底部との間ですべり易い高分子材料等の摺動材948bが接着されている。

40

【0061】

プローブステージ906は、プローブ903を保持するプローブホルダ931を備えたプローブ

50

ユニット933、これを保持するプローブユニットベース934およびプローブユニットベース934を大ステージ949につなぐプローブユニット台935を備える。

プローブユニット933はx、y、zテーブル（不図示）を備え、3次元方向へプローブ903を移動させることができる。

【0062】

ベース948は面板971に固定部材947により固定される。試料室907には試料交換室908と、プローブ交換室909とが設けてある。

面板971には、プローブユニット933のx、y、zテーブルの動作を制御する信号と、試料ステージ950のx、y、zテーブル961、962、963、963aの動作を制御する信号を試料室907の外部から送るために、フィールドスルーが設けられている。

10

【0063】

試料交換室908の内部と試料室907の内部とはゲートバルブ921を介して接続される。試料交換室908の内部はドライポンプ（DP）952に接続され、真空処理がなされる。これにより、試料室907の真空を維持しながら搬送手段929によって試料を保持した試料ホルダ902の交換を行い得る。なお、図9(a)では、作図上の都合で試料交換室908が試料室907の右側面に接続されているように図示してあるが、実際には、図10(a)に示したように、電子光学系装置904の下方のステージに載置しやすいように、図9(a)の手前方向の試料室907の側面に設けられている。

【0064】

試料室907の筐体の上面部には電子光学装置904およびプローブ粗寄せ画像取得装置910Aに並設し、かつプローブ粗寄せ画像取得装置910Aに近接してプローブ交換室909が設けてある。プローブ交換室909の内部は試料室907の内部とゲートバルブ923を介して接続される。プローブ交換室909はターボ分子ポンプ（TMP）951およびこれに連結されたDP952に接続され、真空処理がなされる。試料室907の高真空を維持しながら交換手段955によってプローブユニット931の交換がなされる。

20

【0065】

試料室907には、TMP911がゲートバルブ953を介して接続され、このTMP911は、さらにDP912に接続される。試料室907の筐体は、一点鎖線で示す架台925によって支持される。プローブユニット制御部およびステージ制御部からなる制御装置913およびTMP911およびDP912による高真空処理を制御する他の制御装置913Aが設けてある。制御装置913AはTMP951、DP952をも制御する。

30

【0066】

さらに、不良検査装置901は、画像表示部915および画像表示制御部916を備えたディスプレイ装置914を備え、画像表示制御部916からのプローブ903およびステージ操作信号は、プローブユニット制御部およびステージ制御部に伝えられ、プローブユニット933およびステージ、大ステージ949の制御がなされる。

【0067】

さらに、不良検査装置901は、画像表示部982および画像表示制御部983を備えたCAD用WS981を備えている。このCAD用WS981はディスプレイ装置914に接続されており、必要に応じてCAD像データをディスプレイ装置914に伝送する。

40

プローブ交換するときは、プローブユニット933のyテーブル、xテーブルを所定の位置（例えば後端）に、そしてzテーブルを所定の位置（例えば上端まで）移動させた後に行う。

【0068】

電子光学系装置904からの画像情報を表示する画像表示部915に測定したい試料の部位、すなわちプローブ903を接触させたい部位を、試料ステージ950を移動させて表示し、その部位にプローブ903と試料を見ながら、接触させたい試料の部位にプローブ903をプローブユニット933のx、y、zテーブルを動作させて接触させることを行う。

【0069】

本発明では、プローブ903およびステージの駆動装置は特に限定しないが、たとえばブ

50

ローブの駆動機構には piezo素子を利用したものや、DCモータ、超音波モータなどが利用される。またステージの駆動機構にはパルスモータ、DCモータ、超音波モータなどが利用される。

【0070】

以下、装置の主要要素の構成および動作について説明する。

1. 装置の主要要素の構成および動作

(1) ステージ

ステージの詳細図を図9(b)、(c)、(d)に示す。ステージは大ステージ949と試料ステージ950を備える。

【0071】

(a) 試料ステージ950

試料ステージ950は、yテーブル962、xテーブル961、およびzテーブル963、963aを備え、それぞれのテーブルは駆動機構によってy、xおよびz方向に移動させられる。ここで試料ステージ950が、z(垂直)方向への駆動手段を備えていることにより、xy方向への大ステージ949および試料ステージ950の移動の前に、z方向に試料ステージ950を下げおくことで、試料902aと電子銃904の先端部との機械的な干渉を避けられる効果がある。さらに、実際、本実施例を用いてSEM観察を行う場合に、z方向に試料ステージ950を上げることで、電子銃904の先端から試料902aまでのワーキングディスタンスを小さくすることができ、これによってSEMの空間分解能を向上させることができる効果がある。本実施例では、z方向の駆動手段を試料ステージ950に組み込んだが、大ステージ949に組み込んで

【0072】

y、xテーブル962、961の移動は試料室907内に置かれたDCモータでボールねじを駆動することにより行い、案内はクロスローラ(不図示)でなされる。zテーブル963の移動は、図9(c)に示すように、zテーブル963の移動は、zテーブル963aに取り付けられたDCモータ963bでかさ歯車963g、963hを介してシャフト963c、963dによりボールねじ963eを駆動することで行う。zテーブルの案内はクロスローラ(不図示)でなされる。図9(a)および図9(b)に示すように、zテーブル963の上に取り付けられた試料ホルダ受け917に試料ホルダ902および試料902aが固定される。従って、試料902aは電子ビームに対してx、y、z方向に移動される。zテーブル963は、測定位置、試料交換位置、およびプローブ交換位置を持つ。測定位置はプローブ903を試料902aに接触させる位置であり、試料交換位置は測定位置から下がった位置、プローブ交換位置はさらに下がった位置である。この位置にすることによってプローブ903および試料902a交換時に試料902aとプローブ903との衝突が防止される。

【0073】

さらに、これらの動作を行う場合、試料ステージ950に、たとえばリニアスケールやエンコーダなどの計測素子を配し、移動距離を定量的に計測することで、より正確でかつ再現性のよい移動が可能となる。計測素子の取り付け位置の一例を図9(b)および図9(c)に示す。xテーブル961、yテーブル962については、図9(b)に示すようにリニアスケールを取り付けることで可能となる。ここで図9(b)の上部に側面図を、下部にAA'から見た上面図を示す。リニアスケールは、xテーブル961、yテーブル962に取り付けたミラー961a、962aおよび測定素子961b、962bからなる。図9(c)のzテーブル963の移動距離の測定には、シャフト963cにエンコーダ963fを取り付けることで可能となる。ここでは、移動距離測定に、zテーブル963についてはDCモータの回転角を測定するエンコーダを、およびxテーブル961、yテーブル962についてはリニアスケールを用いたが、すべてエンコーダでもよいし、すべてリニアスケールでもよいし、またその組み合わせでもよい。

【0074】

SEM観察をする場合、試料ステージ950に取り付けられた試料902aは試料ステージ950や試料室907から電氣的に絶縁した方がよい。これにより、電氣的なノイズやSEM観察に伴うチャージアップの影響を防ぐ効果がある。さらに本発明の場合、試料902aの電気特性を測

10

20

30

40

50

定するため、同様に試料902aを電氣的なノイズやSEM観察に伴うチャージアップの影響から防ぐことが可能となる効果がある。電氣的絶縁のためにはたとえば図9(d)に示したように、試料ホルダ受け917とzテーブル963との間に絶縁材918を配し、試料902aを保持するホルダ受け917をケーブル920につなぎ、ケーブル920を固定部材947から面板971を介して真空外へと導き、切り替えスイッチ919を介してグランド端子へ導けばよい。このような構成によれば、SEM観察中に切り替えスイッチ919により試料902aをグランドへつなぐことで、上記ノイズやチャージアップの影響を受けないようにすることが可能になる。さらに、この切り替えスイッチ919を介してグランドではなく、電気特性計測装置につなぐことで、たとえば試料902aの吸収電流値といった電気特性測定を試料ステージ950や試料室907からのノイズの影響を受けないで測定することが可能になる。

10

【0075】

さらに、本実施例では、プローブホルダ931および試料ホルダ受け917にガード電極およびグランド電極を配し、三相同軸ケーブルによってプローブ903および試料902aで検出される信号を真空外へ導いてもよい。これによってプローブ903および試料902aの電氣的な絶縁効果が向上する効果がある。

【0076】

(b) 大ステージ949

図9(a)および図9(b)に示すように、大ステージ949はyテーブル965、およびxテーブル964からなり、駆動装置(不図示)によってy方向およびx方向に移動される。試料ステージ950は大ステージ949上に載置されて駆動される。

20

【0077】

図9(a)に示すように、大ステージ949にはプローブステージ906を構成するプローブユニット933と、これを保持するプローブユニットベース934、プローブユニット台935が載置される。プローブユニット933は、y方向、x方向およびz方向に移動される。これによってプローブユニット933に保持されるプローブホルダ931が移動され、その先端に把持されるプローブ903がy方向、x方向およびz方向に移動される。

【0078】

大ステージ949は、ベース948上を移動され、試料ステージ950は大ステージ949上を移動される。電子光学装置904、プローブ粗寄せ画像取得装置910Aおよびプローブ交換室909は試料室907の筐体の上面部に並設してあるので、移動機構は試料902aとプローブ903とをプローブ粗寄せ画像取得位置と、SEM観測位置とプローブ交換位置とに移動させることができる。すなわち、移動機構は、ステージ(試料ステージ950とプローブステージ906)をプローブ粗寄せ画像取得装置10の垂直方向の位置と電子光学系装置4の垂直方向の位置と、そしてプローブ交換室9の垂直方向の位置との間を移動させることができる。

30

従って、試料902aおよびプローブ903は、プローブ粗寄せ画像取得装置910の垂直方向の位置と電子光学系装置904の垂直方向の位置と、そしてプローブ交換室909の垂直方向の位置との間を移動させられる。

【0079】

本発明では、ベース948上の移動を高真空を維持しながら行うことができるという特徴がある。このような移動方法を採用することによって、試料902aに対するプローブ903の粗寄せ、および高精度位置決めを迅速に、かつ容易に行い得る。さらに、プローブ903の交換に当たっても高真空を維持しながら行うことができ、プローブ903の交換を迅速に、かつ容易に行い得る。

40

従って、移動機構は、試料902aおよびプローブ903を、電子光学系装置904に並列して設けられたプローブ粗寄せ画像取得装置910の直下位置から電子光学系装置904の直下位置に移動させることを高真空を維持しながら行うことができる。

【0080】

(3) 走査電子顕微鏡(SEM)

電子光学系装置904の一例であり、プローブ903を試料902aの目的とする場所に接触させるための観察手段に用い、試料室907の上部に配置される。真空排気はイオンポンプ944でな

50

される。

【0081】

(4) 試料室907

試料室907は上蓋と筐体である試料室ケースからなり、試料室ケースにはその側面に固定部材947を介して面板971にベース948が取り付けられ、試料室907内の大ステージ949の上にプローブユニット933が載せられ、他の側面に試料交換室908が取り付けられる。上蓋にはSEMの電子光学系装置904、プローブ粗寄せ画像取得装置910、プローブ交換室909が取り付けられる。試料室907は架台925に取り付けられた除振マウントの上に取り付けられた荷重板の上に固定される。試料室907はTMP911とDP912により真空排気される。

【0082】

(5) プローブ粗寄せ用光顕、CCDカメラ、プローブ粗寄せ画像取得装置

電気特性を測定する試料902aはたとえば半導体であり、通常ソース、ドレイン、ゲート、ウェルにつながるプラグにプローブ903を接触させる。プラグは小さいもので直径数10nmの大きさであり、これにプローブを接触させるためには分解能の高いSEMが必要である。しかし、半導体試料に電子ビームを照射すると電子ビームによりダメージを受ける恐れがあり、できるだけビームの照射時間を短くすることが望ましい。そのため、プローブ粗寄せ画像取得装置910の検出値に基づいてあらかじめ複数のプローブを水平方向に近づけ、垂直方向は試料表面に近づけておくことを行う。プローブ粗寄せ光顕とそれに取り付けられたCCDカメラから得られる像を画像表示部915のモニタ上に表示し、この画像を見ながらこの作業を行う。

【0083】

モニタ上の倍率はプローブ903同士をできるだけ近づけ、かつプローブ903と試料902aを一つの画面に捕らえるため数10倍となっている。

プローブ粗寄せ光顕に隣接して光源が配置される。プローブ粗寄せ光顕とCCDカメラによる観察と、光源からの光の試料室への導入は図9(a)に示したのぞき窓939を通して行う。

【0084】

(6) 試料交換室908

試料交換室908は試料室907の真空を破らずに試料902aを交換するために設けられ、DP952で真空排気される。試料交換室908はゲートバルブ921で試料室907と仕切られる。試料902aを導入する場合は試料902aを接着した試料ホルダ902に設けられたメネジに試料902aおよび試料ホルダ902の搬送手段929である交換棒先端のオネジをねじ込み、ゲートバルブ921を開けて、試料ステージ950のzテーブル963の上端に取り付けられたホルダ受け917に挿入することによって行われる。試料902aを取り出すときはこの逆の作業を行う。これにより試料交換時間の短縮が図られる。

【0085】

(7) プローブ交換室909

プローブ交換室909は試料室907の真空を破らずにプローブ903を交換するために設けられ、プローブ交換時間を短縮するためのものである。プローブ交換室909はゲートバルブ923で試料室907と仕切られる。プローブ交換室909はTMP951とDP952で真空排気される。TMP951を用いたのはプローブ交換室909が大きいのでDP952だけで排気すると、プローブ交換室909の圧力が高い状態でゲートバルブ923を開けることになり、交換後の試料室907の圧力がもとの値に回復する時間が長くなるためである。

【0086】

2. 制御系

SEM、プローブユニット933、ステージ各部の制御は制御装置913に内蔵するそれぞれの制御回路とコンピュータを使って制御する。また、SEM、プローブユニット933、ステージは各操作パネルおよびモニタ上のGUIどちらでも操作が可能である。

【0087】

制御装置913は、各ステージの位置を制御するためのステージ制御部、プローブユニット933をステージと独立に駆動するためのプローブ制御部を備える。画像制御部916は2次

10

20

30

40

50

電子検出器制御部、電子ビーム照射光学系の制御部などを含んでいる。この他、計算処理部は、ディスプレイ装置914の制御部と一体となってプローブホルダ931や試料902a、および試料902aへのプローブ903の触針状況などを画像として表示する機能を有する。

【0088】

さらに、画像表示部の操作用画面を操作することにより、操作信号を画像表示制御部を通してプローブユニット制御部、ステージ制御部に与え、プローブユニット933とステージを移動および位置決めさせる。これとは別に、ジョイスティックを有する操作パネルを用いてプローブユニット33およびステージを移動し位置決めさせることもできる。

【0089】

(1) SEM

電子銃で発生した電子ビームは集束レンズ、対物レンズを通して試料902aに照射され、試料902aから発生した2次電子を2次電子検出器で検出し、その信号をディスプレイ内で種々の電氣的処理を行い、ディスプレイ装置914の画像表示部915上のモニタに試料表面の画像を映し出す。

【0090】

(2) プローブユニット933

プローブユニット933のx、y、zテーブルの動作を制御する信号は、図9(a)に示したように架台925内の制御回路913の信号をステージの面板971に取り付けられたフィールドスルーを介して試料室907内のプローブユニット933に与えられる。

【0091】

プローブホルダ931に取り付けられたプローブ903を通して試料902aに与えられる入力信号、また試料902aから得られる出力信号は試料室907に取り付けられた3層同軸ハーメチックコネクタを介してたとえば半導体パラメータアナライザに入出力される。

【0092】

(3) ステージ

ステージ上の試料ステージ950のx、y、zテーブル961、962、963、963aの動作を制御する信号は、架台925内の制御回路の信号を面板971に取り付けられたフィールドスルーを介して試料室907内の試料ステージ950に与えられる。

【0093】

3. ディスプレイ装置914

ディスプレイ装置914は、プローブ粗寄せ画像取得装置910で取得した粗寄せ画像および電子光学系装置904で取得したプローブ903の試料902aへの触針画像を表示する。すなわち、プローブ操作画面および操作手順内容を示す操作手順画面を表示する。

【0094】

ユーザは、操作手順画面に表示された操作手順に従って、粗寄せ画像および触針画像を見ながら試料902aおよびプローブ903を高精度に位置決めすることを行う。

【0095】

4. CAD用ワークステーション981

不良検査装置901は、画像表示部982および画像表示制御部983を備えたCAD用WS981を備えている。このCAD用WS981はディスプレイ装置914に接続されており、必要に応じてCAD像データをディスプレイ装置914に伝送する。

【0096】

以上のような構成によれば、実施例1で詳細に説明した手順と同様に、CAD情報を参照しながら、電子光学系装置904からの画像情報を表示する画像表示部915に測定したい試料902aの部位、すなわちプローブ903を接触させたい部位を試料ステージ950を移動させて表示し、その部位にプローブ903と試料902のSEM像およびCAD像を見ながら、接触させたい試料902aの部位にプローブユニット933、すなわちプローブ903をx、y、z方向に動作させて接触させることを行うことができる。

【0097】

さらに、本実施例によれば、図9(b)に示したように、試料ステージ950にリニアスケー

10

20

30

40

50

ルやエンコーダを組み込むことによって、試料ステージ950の移動精度の向上および定量化が可能になるため、より精度の高いCADナビが可能となる効果がある。

【0098】

さらに、本構成によれば、実施例3で詳しく説明したEBAC測定も可能となる。ここでEBAC測定を行う場合、実施例3で詳説したように、プローブ903もしくは試料902aにより計測される吸収電流の値は非常に微小であることが多い。そのため検出された信号がノイズの影響を受け、劣化する場合がある。この場合には、試料902aおよびプローブ903から直接電気特性計測装置に接続せずに、試料902aおよびプローブ903と電気特性計測装置との配線間のうち試料902およびプローブ903の近傍にそれぞれプリアンプを配し、プローブ903および試料902aで検出される微小電流を増幅してから、電気特性計測装置に送信すればよい。図10(b)にプローブ903で検出される吸収電流信号をプリアンプによって増幅するための構成を示す。図10(b)において、プローブ903で検出された信号はケーブル1001を通じてプリアンプ1002に伝送される。ここで増幅された信号は、ケーブル1003から面板971に設けられたハーメチックコネクタを介して真空外へと導かれる。ここでケーブル1003は中継端子1004によって取り付け台1005に固定されている。またプリアンプ1002も取り付け台1005に取り付けられている。

10

【0099】

さらにこの取り付け台1005はプローブユニットベース934に固定されている。この固定はプローブユニットベース934に限定される必要はなく、試料およびプローブの近傍に配置できるのであれば、他の固定台を設け、そこに固定すればよい。さらに、図10(b)にはプローブからの信号を増幅するためのプリアンプの構成を示したが、試料からの信号を増幅する場合も同様の構成により行えばよい。さらに、EBAC測定をする場合としない場合とでプローブもしくは試料からの信号をプリアンプに接続したり、遮断したりしてもよいが、図10(b)に示したように、あらかじめプリアンプを搭載したプローブステージとプリアンプを搭載していないプローブステージを交換して利用してもよい。これによって、微小電流のノイズからの影響を低減した状態でEBAC測定ができる効果がある。

20

【0100】

さらに、本実施例では、実施例1で詳説した方法と同様の方法により、SEM像およびEBAC像の視野変化に追従して、表示されるCAD像を更新する機能を備えているため、本実施例の不良検査装置においては、プロービング時における装置ユーザの負担が非常に低減される。

30

【0101】

さらに、本実施例では、不良検査で使用するプローブ903の数は一つで済む場合もあるが、実施例3と同様、複数本必要な場合がある。例えば、複数配線の断線を検査する場合などは、複数のプラグへの触針を行うことで一度に検査可能となる。

さらに、本実施例の不良検査装置は、図9(a)では2本のプローブ903しか使用されていないように見えるが、実際にはもっと複数のプローブが使用される場合もある。

【0102】

さらに、本実施例では、実施例1および実施例3と同様、SEM像とCAD像もしくはEBAC像とCAD像とを重ねて表示することにより(不図示)、最終的にプローブをマニュアル触針させる際、および、断線位置の推定において、装置ユーザの装置の使い勝手がさらに向上する。

40

さらに、本実施例では、実施例1と同様、領域を示す矢印を低倍率CAD像上に示すことにより(不図示)、装置ユーザがマニュアル操作でプローブを移動する際の使い勝手を向上することが可能となる。

【0103】

さらに、本実施例では、SEM像とEBAC像を得ることもできるが、これら画像はディスプレイ装置914備えられている画像表示手段915に表示させることができる。このときディスプレイ装置914に備えられた画像表示手段915の有する操作画面にSEM像とEBAC像とCAD像のうち任意のものもしくは全部を表示させることができる。ここで操作画面に画面切り替え

50

アイコンを備えることで、任意の像の選択表示もしくは全表示、重ね合わせ表示などを可能にすることもできる。

【0104】

さらに本実施例では、ディスプレイ装置914とCAD用ワークステーション981や他の制御部を別々のコンピュータとして構成したが、実施例1と同様にこれらを統合し一台のコンピュータで構成してもよい。

このようにCADナビゲーション導入により、プローブを触針位置にプロービングする際のユーザ利便性が顕著に向上する効果がある。

【0105】

なお本発明では、試料の一例として半導体を挙げたが、局所的な電気特性を測定する目的であれば半導体以外の試料の計測に本発明の装置を使ってもよい。たとえば磁気ヘッドの局所的な絶縁抵抗の測定などに使ってもよい。

【産業上の利用可能性】

【0106】

プローブと荷電粒子線装置とを組み合わせた不良検査装置において、CADナビゲーション導入に適した装置構成を提案する。本発明により、プローブを触針位置にプロービングする際のユーザ利便性が顕著に向上する。

【図面の簡単な説明】

【0107】

【図1】不良検査装置の構成例である。

【図2 - A】図1に示した不良検査装置を用いる際の、プローブ触針の基本フローである。

。

【図2 - B】図1に示した不良検査装置を用いる際の、プローブ触針の基本フローである。

。

【図2 - C】図1に示した不良検査装置を用いる際の、プローブ触針の基本フローである。

。

【図2 - D】図1に示した不良検査装置を用いる際の、プローブ触針の基本フローである。

。

【図3】図1に示した装置で表示される高倍率SEM像と高倍率CAD像の一例である。

【図4】図3に示した高倍率SEM像と高倍率CAD像とを重ねて示した図である。

【図5】低倍率CAD像上に、高倍率CAD像に示される領域に対応する矢印を表示した例である。

【図6】1台のCAD用WSを複数の不良検査装置で共有する構造の不良検査システムの例である。

【図7】不良検査装置の他の構成例である。

【図8】図7に示した装置で表示されるSEM像とEBAC像とCAD像の一例である。

【図9 - A】不良検査装置の他の構成例とその詳細図である。

【図9 - B】不良検査装置の他の構成例とその詳細図である。

【図9 - C】不良検査装置の他の構成例とその詳細図である。

【図9 - D】不良検査装置の他の構成例とその詳細図である。

【図10 - A】実施例4の不良検査装置の構成図である。

【図10 - B】実施例4の不良検査装置の構成図である。

【符号の説明】

【0108】

101：電子銃、102：真空チャンバ隔壁、103：1次電子線、104：2次電子検出器、105：2次電子線、106：メカニカルプローブ、107：プローブ用アタッチメント、108：プローブ駆動手段、109：試料台、110：試料台駆動手段、111：大ステージ、112：ベース、113：電気特性計測器、114：制御コンピュータ、115：記憶手段、116：電子銃制御手段、117：CAD用ワークステーション、118：試料。

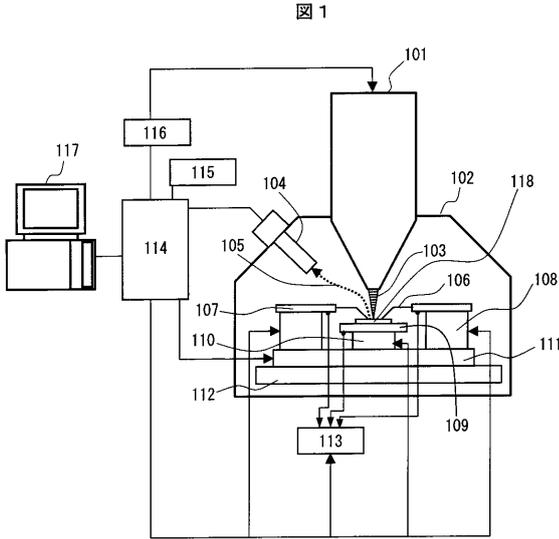
10

20

30

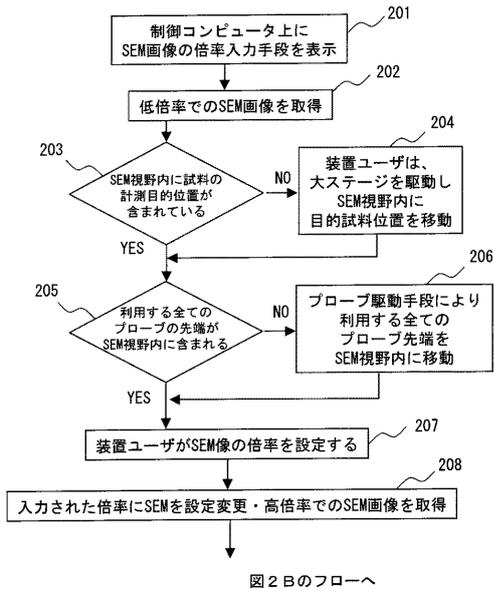
40

【 図 1 】



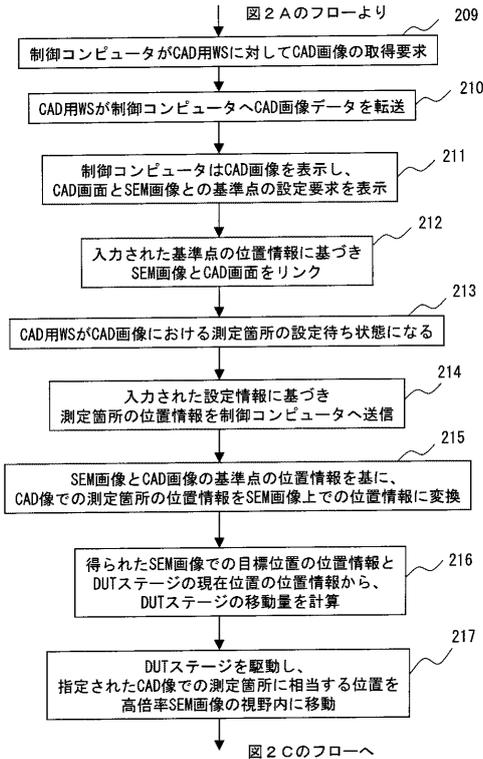
【 図 2 - A 】

図 2 A



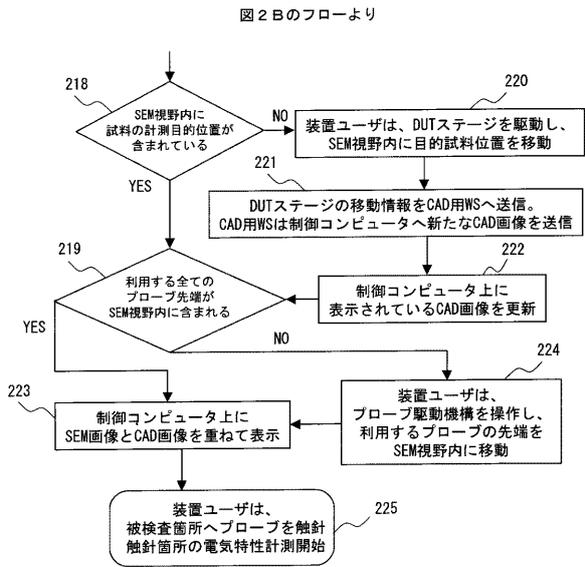
【 図 2 - B 】

図 2 B



【 図 2 - C 】

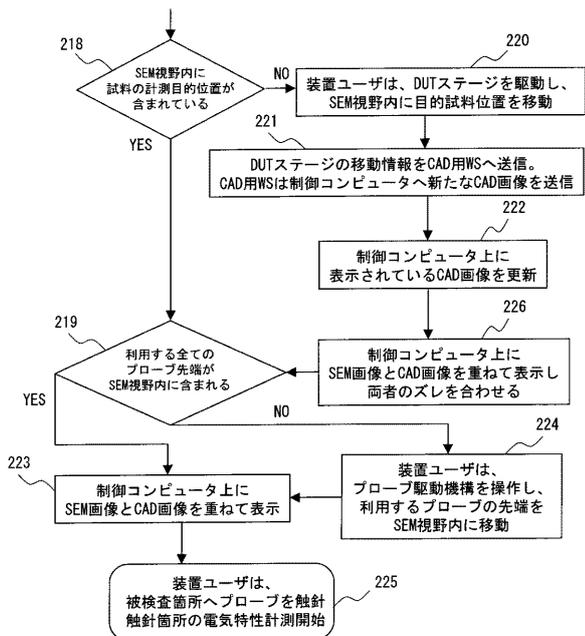
図 2 C



【 図 2 - D 】

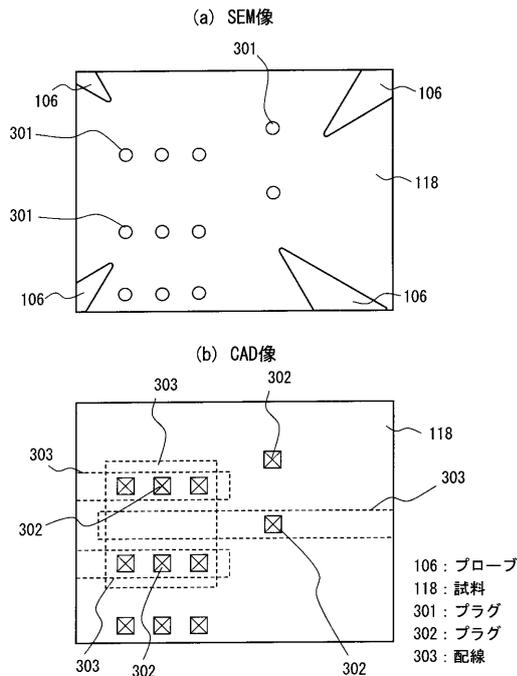
図 2 D

図 2 B のフローより



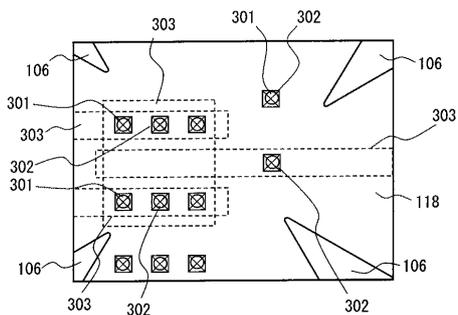
【 図 3 】

図 3



【 図 4 】

図 4



【 図 5 】

図 5 A

低倍率CAD像

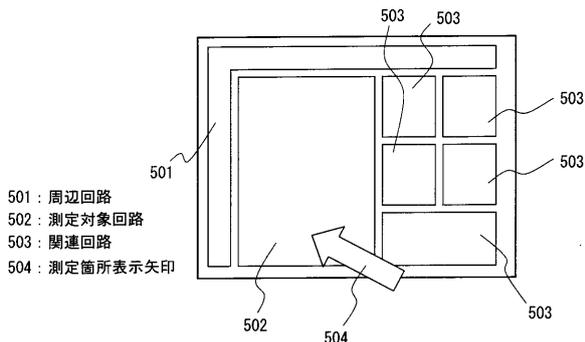
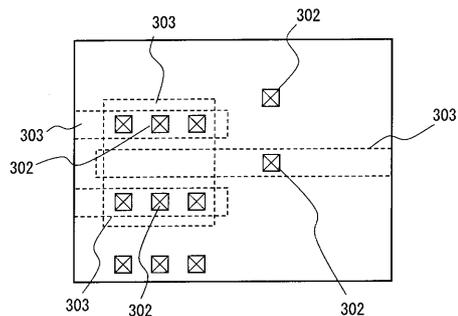
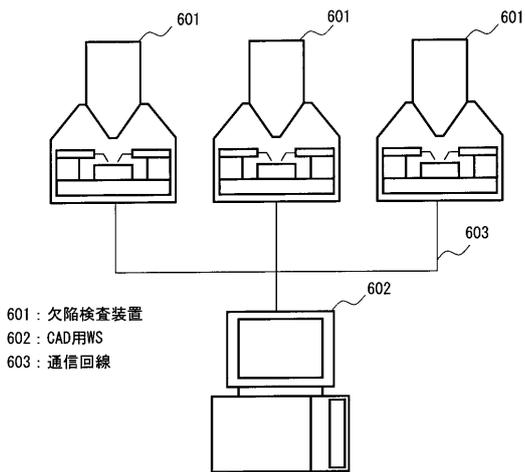


図 5 B
高倍率CAD像



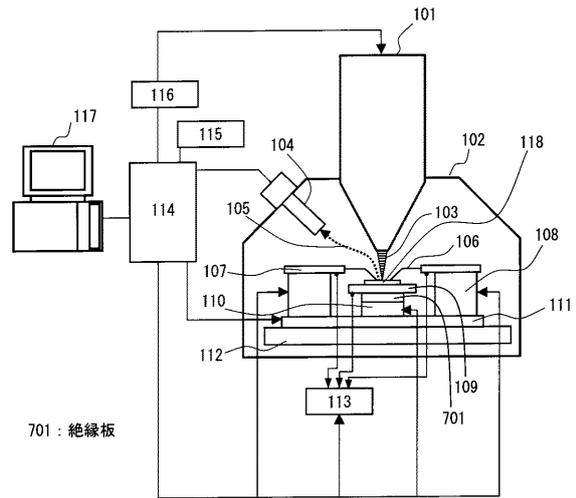
【 図 6 】

図 6



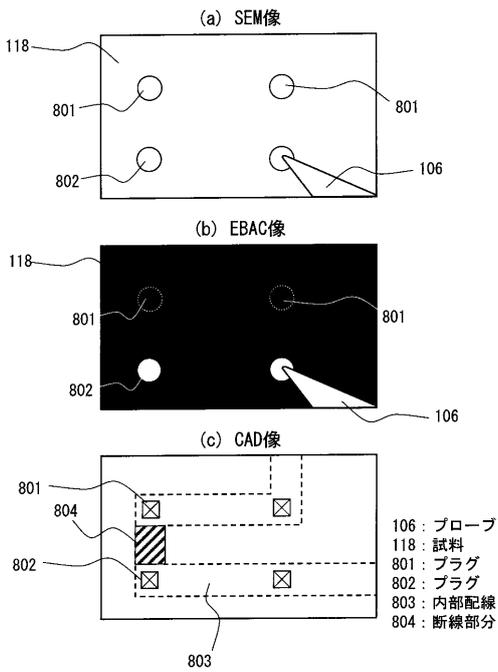
【 図 7 】

図 7



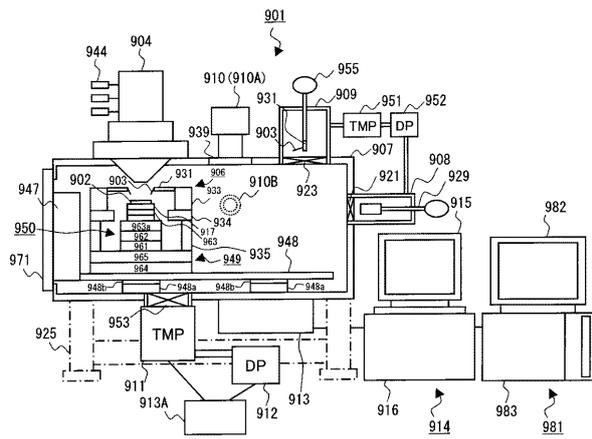
【 図 8 】

図 8



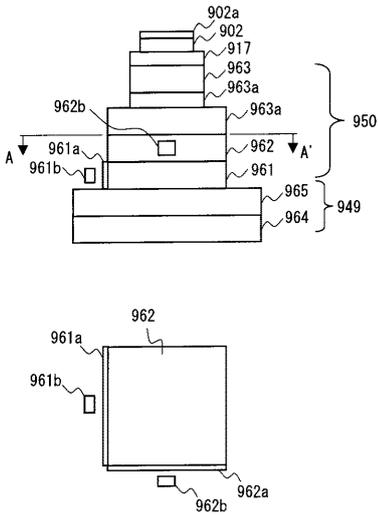
【 図 9 - A 】

図 9 (a)



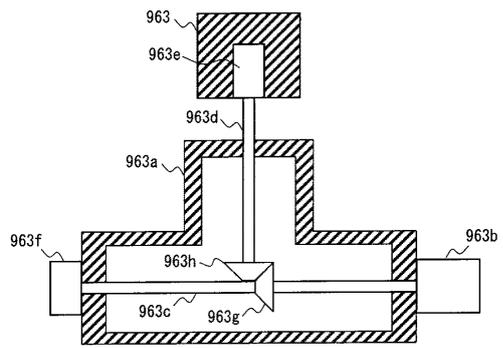
【 図 9 - B 】

図 9 (b)



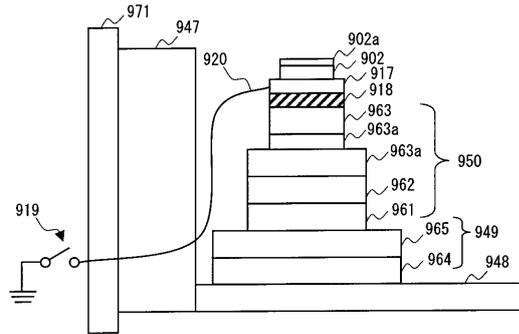
【 図 9 - C 】

図 9 (c)



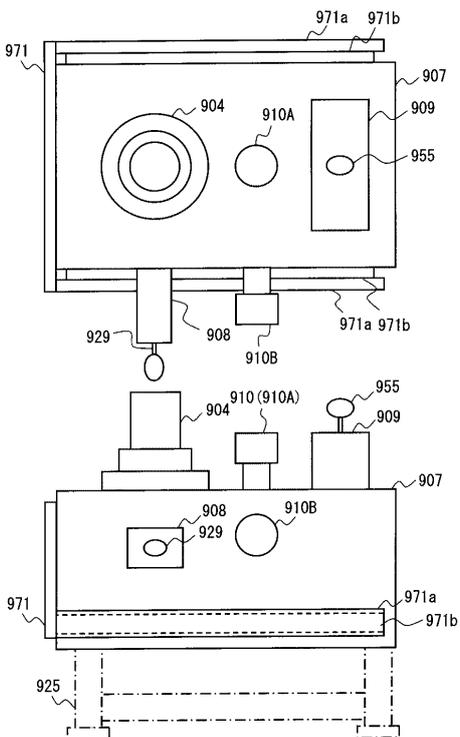
【 図 9 - D 】

図 9 (d)



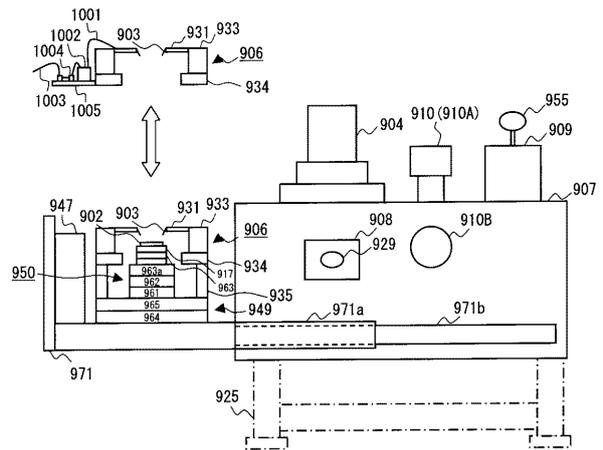
【 図 10 - A 】

図10(a)



【 図 10 - B 】

図10(b)



フロントページの続き

(72)発明者 羽崎 栄市

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 佐藤 博文

茨城県ひたちなか市大字市毛 1 0 4 0 番地 株式会社日立サイエンスシステムズ内

Fターム(参考) 2G132 AA00 AD15 AE16 AE22 AF06 AF12 AG15 AL12

4M106 AA01 BA01 BA02 DD12 DD13 DJ04 DJ11 DJ21 DJ23