

(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2007-122995

(P2007-122995A)

(43) 公開日 平成19年5月17日(2007.5.17)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 J 37/24 (2006.01)	HO 1 J 37/24	2 F O 6 7
HO 1 L 21/66 (2006.01)	HO 1 L 21/66 J	4 M 1 0 6
GO 1 B 15/00 (2006.01)	GO 1 B 15/00 K	5 C O 3 3
HO 1 J 37/28 (2006.01)	HO 1 J 37/28 B	

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2005-312316 (P2005-312316)	(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17年10月27日(2005.10.27)	(74) 代理人	110000350 ポレール特許業務法人
		(72) 発明者	大▲崎▼ 真由香 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	宍戸 千絵 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	川田 洋揮 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】 走査電子顕微鏡装置における機差管理システムおよびその方法

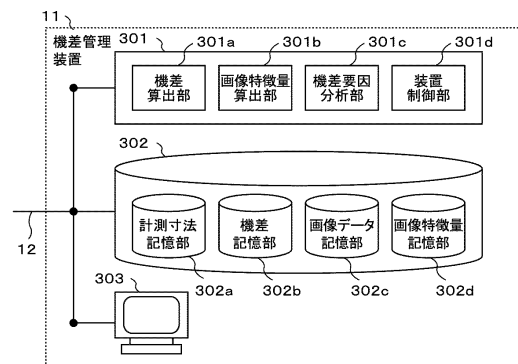
(57) 【要約】

【課題】機差の発生要因を簡便に推定し、この推定結果を元に走査電子顕微鏡装置を較正することで、複数台の装置間における計測寸法差を低減させ、より高精度な配線パターンの寸法管理を可能とする機差管理装置を提供することにある。

【解決手段】走査電子顕微鏡装置において、装置間での機差や経時変化による機差を管理するシステム及びその方法であって、標準ウエハを撮像して得られる2次電子画像データを基に装置間や経時変化による機差を計測し、ほぼ同時に各種装置状態を示す指標値を計測する計測手段10、301a、301b；18、301aと、該計測手段によって計測された前記機差と前記各種装置状態を示す指標値との関係を分析して機差発生要因を推定する機差要因分析部301c、301eと、該機差要因分析部で推定された機差発生要因を表示して出力する出力手段302とを備えたことを特徴とする。

【選択図】 図3

図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

パターンの寸法計測を目的とする走査電子顕微鏡装置において、複数台の該装置間での計測寸法差である機差を管理するためのシステムであって、

前記各装置から標準ウエハを撮像して得られる 2 次電子画像データを基に装置間での機差を定期的に計測し、ほぼ同時に各種装置状態を示す指標値を計測する計測手段と、

該計測手段によって装置間において計測された前記機差と前記各種装置状態を示す指標値との関係进行分析して機差発生要因を推定する機差要因分析部と、

該機差要因分析部で推定された機差発生要因を表示して出力する出力手段とを備えたことを特徴とする走査電子顕微鏡装置における機差管理システム。

10

【請求項 2】

パターンの寸法計測を目的とする走査電子顕微鏡装置において、該装置における時系列の計測寸法差である機差を管理するためのシステムであって、

前記装置から時系列で標準ウエハを撮像して得られる 2 次電子画像データを基に時系列での機差を計測し、ほぼ同じ時系列で各種装置状態を示す指標値を計測する計測手段と、

該計測手段によって時系列で計測された前記機差と前記各種装置状態を示す指標値との関係进行分析して機差発生要因を推定する機差要因分析部と、

該機差要因分析部で推定された機差発生要因を表示して出力する出力手段とを備えたことを特徴とする走査電子顕微鏡装置における機差管理システム。

20

【請求項 3】

前記計測手段において、前記各種装置状態を示す指標値として、前記撮像して得られる 2 次電子画像データから取得される各種画像特徴量であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の走査電子顕微鏡装置における機差管理システム。

【請求項 4】

前記各種画像特徴量が、画像の明るさ、画像のコントラスト、画像のノイズ、画像取得時のチルト角、繰り返しパターンのピッチ、画像より算出される分解能指標値、及び画像より算出される軸調指標値を含むことを特徴とする請求項 3 記載の走査電子顕微鏡装置における機差管理システム。

【請求項 5】

前記計測手段において、前記各種装置状態を示す指標値として、前記走査電子顕微鏡装置を構成する各種部位から計測される各種装置状態パラメータであることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の走査電子顕微鏡装置における機差管理システム。

30

【請求項 6】

前記各種装置状態パラメータとして、少なくとも電子銃への印加電圧値及び電流値（プローブ電流値）、偏向レンズ電流、対物レンズ電流、リターディング電流および電圧、及びブースター電流および電圧を含むことを特徴とする請求項 5 記載の走査電子顕微鏡装置における機差管理システム。

【請求項 7】

更に、前記出力手段で出力された機差発生要因に応じて適切な装置制御パラメータを選定し、該選定された装置制御パラメータを前記装置間に対して自動的に適切量調整することにより前記装置間の機差を低減する装置制御部を備えたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の走査電子顕微鏡装置における機差管理システム。

40

【請求項 8】

更に、予め、機差発生要因候補と該機差発生要因を調整するために必要な装置制御パラメータとの関係を格納しておくデータベースと、

前記出力手段で出力された機差発生要因に応じて適切な装置制御パラメータを前記データベースに格納された関係から選定し、該選定された装置制御パラメータを前記装置間に対して自動的に適切量調整することにより前記装置間の機差を低減する装置制御部とを備えたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の走査電子顕微鏡装置における機差管理システム。

50

【請求項 9】

パターンの寸法計測を目的とする走査電子顕微鏡装置において、複数台の該装置間での計測寸法差である機差を管理するための方法であって、

前記各装置から標準ウエハを撮像して得られる 2 次電子画像データを基に装置間での機差を定期的に計測し、ほぼ同時に各種装置状態を示す指標値を計測する計測過程と、

該計測過程によって装置間において計測された前記機差と前記各種装置状態を示す指標値との関係を分析して機差発生要因を推定する機差要因分析過程と、

該機差要因分析過程で推定された機差発生要因を表示して出力する出力過程とを有することを特徴とする走査電子顕微鏡装置における機差管理方法。

【請求項 10】

パターンの寸法計測を目的とする走査電子顕微鏡装置において、該装置における時系列の計測寸法差である機差を管理するための方法であって、

前記装置から時系列で標準ウエハを撮像して得られる 2 次電子画像データを基に時系列での機差を計測し、ほぼ同じ時系列で各種装置状態を示す指標値を計測する計測過程と、

該計測過程によって時系列で計測された前記機差と前記各種装置状態を示す指標値との関係を分析して機差発生要因を推定する機差要因分析過程と、

該機差要因分析過程で推定された機差発生要因を表示して出力する出力過程とを有することを特徴とする走査電子顕微鏡装置における機差管理方法。

【請求項 11】

前記計測過程において、前記各種装置状態を示す指標値として、前記撮像して得られる 2 次電子画像データから取得される各種画像特徴量であることを特徴とする請求項 9 又は 10 記載の走査電子顕微鏡装置における機差管理方法。

【請求項 12】

前記各種画像特徴量が、画像の明るさ、画像のコントラスト、画像のノイズ、画像取得時のチルト角、繰り返しパターンのピッチ、画像より算出される分解能指標値、及び画像より算出される軸調指標値を含むことを特徴とする請求項 11 記載の走査電子顕微鏡装置における機差管理方法。

【請求項 13】

前記計測過程において、前記各種装置状態を示す指標値として、前記走査電子顕微鏡装置を構成する各種部位から計測される各種装置状態パラメータであることを特徴とする請求項 9 又は 10 記載の走査電子顕微鏡装置における機差管理方法。

【請求項 14】

前記各種装置状態パラメータとして、少なくとも電子銃への印加電圧値及び電流値（プローブ電流値）、偏向レンズ電流、対物レンズ電流、リターディング電流および電圧、及びブースター電流および電圧を含むことを特徴とする請求項 13 記載の走査電子顕微鏡装置における機差管理方法。

【請求項 15】

更に、前記出力過程で出力された機差発生要因に応じて適切な装置制御パラメータを選定し、該選定された装置制御パラメータを前記装置間に対して自動的に適切量調整することにより前記装置間の機差を低減する装置制御過程を有することを特徴とする請求項 9 又は 10 記載の走査電子顕微鏡装置における機差管理方法。

【請求項 16】

更に、予め、機差発生要因候補と該機差発生要因を調整するために必要な装置制御パラメータとの関係をデータベースとして格納しておく格納過程と、

前記出力過程で出力された機差発生要因に応じて適切な装置制御パラメータを前記データベースに格納された関係から選定し、該選定された装置制御パラメータを前記装置間に対して自動的に適切量調整することにより前記装置間の機差を低減する装置制御過程とを有することを特徴とする請求項 9 又は 10 記載の走査電子顕微鏡装置における機差管理方法。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、微小パターンの寸法計測を行う為の走査電子顕微鏡装置に係り、特に装置間や装置の経時変化による計測寸法の違い（機差）を管理する機能を備えた走査電子顕微鏡装置システム、走査電子顕微鏡装置を含む機差管理システム、並びに走査電子顕微鏡装置を対象とした機差管理装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体製造工程においては、パターンの微細化に伴い、より計測精度の高い寸法計測装置が求められている。計測精度に対する要求は、計測装置単体での計測精度の向上のみならず、生産ラインにある複数台の装置間での計測寸法差を低減することや、装置の経時変化による計測寸法の変動を低減することにまで及ぶ。

10

【0003】

数十ナノメートルオーダの微細パターンの幅を計測する寸法計測ツールとしては、それらのパターンを数万から30万倍の拡大倍率で撮像可能なパターン幅計測用の走査電子顕微鏡（測長SEM (Scanning Electron Microscope) またはCD (Critical Dimension) SEM）が従来から用いられている。

【0004】

このような走査電子顕微鏡装置において、複数台の装置間での計測寸法差や装置の経時変化による寸法変動を低減する手法として、装置そのものの較正ではなく計測寸法に対して補正を行うことで機差を較正する手段が試みられてきた。

20

【0005】

即ち、特開平5-248843号公報（特許文献1）には、測定サンプルと測定倍率が異なるそれぞれの測定条件に対して、各測定条件に対応した補正式 $y = ax + b$ を、設計値と特定の測長値とに基づいて作成し、これを端末装置からディスク装置に格納し、所定の測定条件での測長の際、ディスク装置に格納されている補正式の中からこの測定条件に対応する補正式を選択し、この補正式により測長値を補正する走査型電子顕微鏡が記載されている。

【0006】

【特許文献1】特開平5-248843号公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

パターンの寸法計測を行う走査電子顕微鏡装置において、複数台の装置間での計測寸法差および経時変化による計測寸法差を低減する手法として、上記特許文献1では計測したパターン寸法の補正を行っている。これは走査電子顕微鏡が非常に複雑な装置であり、現在要求されているような1ナノメートル以下の機差の発生要因を特定することが簡便でないためである。しかしながら、計測寸法の補正方法は機差の発生要因によって異なることが考えられるため、機差の発生要因が不明のままではパターンの寸法補正も正しく行うことができない。

40

【0008】

本発明の目的は、上記課題を解決すべく、機差の発生要因を簡便に推定し、この推定結果を元に走査電子顕微鏡装置を較正することで、複数台の装置間における機差（計測寸法差）や経時変化による機差を低減させ、より高精度な配線パターンの寸法管理を可能とする走査電子顕微鏡装置における機差管理システムおよびその方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明は、パターンの寸法計測を目的とする走査電子顕微鏡装置において、複数台の該装置間での計測寸法差である機差を管理するためのシステム及びその方法であって、前記各装置から標準ウエハを撮像して得られる2次電子画像デー

50

タを基に装置間での機差を定期的に計測し、ほぼ同時に各種装置状態を示す指標値（各種画像特徴量又はノ及び各種装置状態パラメータ）を計測する計測手段と、該計測手段によって装置間において計測された前記機差と前記各種装置状態を示す指標値との関係进行分析して機差発生要因を推定する機差要因分析部と、該機差要因分析部で推定された機差発生要因を表示して出力する出力手段とを備えたことを特徴とする。

【0010】

また、本発明は、パターン寸法計測を目的とする走査電子顕微鏡装置において、該装置における時系列の計測寸法差である機差を管理するためのシステム及びその方法であって、前記装置から時系列で標準ウエハを撮像して得られる2次電子画像データを基に時系列での機差を計測し、ほぼ同じ時系列で各種装置状態を示す指標値（各種画像特徴量又はノ及び各種装置状態パラメータ）を計測する計測手段と、該計測手段によって時系列で計測された前記機差と前記各種装置状態を示す指標値との関係进行分析して機差発生要因を推定する機差要因分析部と、該機差要因分析部で推定された機差発生要因を表示して出力する出力手段とを備えたことを特徴とする。

10

【0011】

また、本発明は、更に、前記出力手段で出力された機差発生要因に応じて適切な装置制御パラメータを選定し、該選定された装置制御パラメータを前記装置間に対して自動的に適切量調整することにより前記装置間の機差を低減する装置制御部を備えたことを特徴とする。

【0012】

また、本発明は、更に、予め、機差発生要因候補と該機差発生要因を調整するために必要な装置制御パラメータとの関係を格納しておくデータベースと、前記出力手段で出力された機差発生要因に応じて適切な装置制御パラメータを前記データベースに格納された関係から選定し、該選定された装置制御パラメータを前記装置間に対して自動的に適切量調整することにより前記装置間の機差を低減する装置制御部とを備えたことを特徴とする。

20

【0013】

また、本発明は、予め、各種装置状態を示す指標と機差発生要因候補との関係を明らかにしておくことで、選定された装置状態を示す指標と関係のある機差発生要因候補を機差発生要因として推定することを特徴とする。

【0014】

また、本発明は、予め、機差発生要因候補とこれらの要因により機差が発生した場合の装置制御パラメータの関係を明らかにしておくことで、推定された機差発生要因に対し、機差を低減するために必要な装置制御パラメータを選定し、選定された装置制御パラメータをユーザーに知らせる手段を提供する。

30

【0015】

また、本発明は、予め、各種装置制御パラメータの制御量とそれによって生じる各種装置状態パラメータの関係を明らかにしておき、推定して選定される装置状態パラメータが所望の値になるような装置制御パラメータの制御量を走査電子顕微鏡装置に与えることで、機差を低減するシステム及び方法を提供する。

【発明の効果】

40

【0016】

本発明によれば、複数台の装置間における機差や経時変化による機差の発生要因を簡便に推定することができ、推定結果に基づいて走査電子顕微鏡装置を調整することで、機差を低減することができるため、結果としてより高精度な配線パターン寸法管理が可能となり、計測対象製品の性能向上につながる走査電子顕微鏡装置における機差管理システムおよびその方法を実現することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

本発明に係る走査電子顕微鏡装置（測長SEM装置もしくはCDSSEM装置）、走査電子顕微鏡装置を含む機差管理システムまたは走査電子顕微鏡装置を対象とした機差管理装

50

置の実施の形態について図面を用いて説明する。

【0018】

本発明は、微小パターンを撮像して得られた画像からパターンの寸法を計測する走査電子顕微鏡装置が、複数台含まれる走査電子顕微鏡装置システムにおいて、装置間の計測寸法差を低減することを目的とする。なお、本実施の形態においては以下、装置間での計測寸法（CD値）の差を機差と呼ぶこととする。

【0019】

[第1の実施の形態]

本発明に係る複雑な装置構成を有する走査電子顕微鏡装置（測長SEM装置もしくはCDSEM装置）においては、装置間で計測寸法に差が生じる要因を判別することも容易ではない。

10

【0020】

そこで、本発明に係る第1の実施の形態では、装置状態を示す指標値として機差計測時に各装置で取得された2次電子画像データに基に得られる各種画像特徴量を用いる点にある。即ち、第1の実施の形態では、装置間での機差管理に当たって、機差計測時に各装置で取得された2次電子画像データに基に得られる各種画像特徴量（（Ca）：画像の明るさ情報（例えば平均的な濃淡情報）、（Cb）：画像のコントラスト（例えば濃淡の最大値と最小値の差）、（Cc）：画像のノイズ強度、（Cd）：チルト指標値、（Ce）：繰り返しパターンのピッチ、（Cf）：画像から算出される分解能評価指標値、（Cg）：画像から算出される軸調（非点調整）指標値、等）をモニタしておき、各装置で取得された計測寸法（CD値）と装置状態を示す指標値である各種画像特徴量のモニタ結果とを比較して相関評価もしくは主成分分析等の分析を行なうことで機差の発生要因（（Fa）：画像の明るさの違い、（Fb）：画像のコントラストの違い、（Fc）：画像のノイズ強度の違い、（Fd）：相対チルト角、（Fe）：撮像倍率の違い、（Ff）：分解能の違い、（Fg）：軸調（非点調整）精度の違い）を特定し、その結果をもとに各装置の各種装置制御（調整）パラメータ（（Pa）及び（Pb）：光電子増倍管の増幅率、及びプローブ電流、（Pc）：プローブ電流、（Pd）：偏向コイルのチルト制御値、及びステージチルト角（ステージ設置角）、（Pe）：偏向コイルの倍率制御値、（Pf）：対物レンズ制御値、リターディング制御値、及びしぼり径（しぼり交換によって得られる）、（Pg）：軸調コイル（非点調整コイル）の制御値、等）の自動較正を行う。例えば、機差計測時に各装置で繰り返しパターンの画像を取得して（Ce）：画像特徴量の一つである繰り返しパターンのピッチを計測しておき、各装置間での計測寸法（CD値）と繰り返しパターンのピッチの間の相関を評価する。相関が強ければ機差発生要因として（Fe）：装置間での倍率設定誤差が考えられ、取得画像の倍率を設定している装置の制御（調整）パラメータ（（Pe）：偏向コイルの倍率制御値）を調整することで機差を低減することができる。

20

30

【0021】

[第1の実施例]

本発明に係る上述のような第1の実施の形態を用いて機差を低減するような装置較正を行うことができる走査電子顕微鏡装置を含む機差管理システムの第1の実施例について説明する。

40

【0022】

(1) システム構成

図1には、本発明に係る走査電子顕微鏡装置を含む機差管理システムの第1の実施例の構成を示す。即ち、本システムは、大別して複数台の走査電子顕微鏡装置（測長SEM装置もしくはCDSEM装置）10とこれらの機差を管理する機差管理装置11からなり、データベースまたはネットワーク12で接続されて構成される。

【0023】

図2には、各走査電子顕微鏡装置単体10の一実施例の構成を示す。即ち、走査電子顕微鏡装置10は、大別して電子線画像を取得するための電子光学系201と、それらの画像を処理することで対象パターンの計測を行う情報処理系202の2つの部位からなる。

50

【0024】

電子光学系201の主な構成は、試料203を搭載するステージ204、電子ビーム205を放出する電子銃206、電子ビームを絞るしぼり207、電子ビームを偏向する偏向レンズ208、電子ビームの焦点位置を調整する対物レンズ209、リターディング電極210、試料203から発生した2次電子を引き上げるブースター211、2次電子を電気信号に変換する機能を持つ2次電子検出器212、検出された電気信号強度を任意に増幅する光電子増倍管213、増幅された電気信号をデジタル信号に変換するA/D変換器214からなり、上記各部204、206～213の制御は制御部215で行われる。

【0025】

一方、デジタル信号化された2次電子データから撮像パターンの計測を行う情報処理系202の主な構成要素は、2次電子データから画像データを作成する画像生成部216、画像データからパターン寸法を算出する寸法計測部217、画像データや計測寸法等の各種データを記憶する記憶部218、及びユーザが撮像条件や寸法計測のパラメータを入力したり得られた結果を出力する機能(GUI機能)を持つ入出力部219からなり、これらの各部位はデータバスまたはインターネット12を通じて互いにデータが送受信されるようになっている。なお、画像生成部216及び寸法計測部217は一つのCPU部で構成しても良い。また、このデータバスまたはインターネット12を通じて他の走査電子顕微鏡装置10や機差管理装置11とデータの送受信ができるようになっている。

【0026】

図3には、機差管理装置11の一実施例の構成を示す。機差管理装置11の主な構成は、処理部301、記憶部302、入出力部(入出力手段)303からなる。処理部301は、各走査電子顕微鏡装置10で得られた計測寸法(CD値)より計測寸法の差である機差を求める機差算出部301a、各走査電子顕微鏡装置10で得られた画像データより後述する各種画像特徴量で示される装置状態を示す指標値((Ca)～(Cg)等)を算出する画像特徴量算出部301b、各装置10で得られた計測寸法および算出した各種画像特徴量で示される装置状態を示す指標値((Ca)～(Cg)等)を評価して機差発生要因((Fa)～(Fg))を特定する機差要因分析部301c、機差発生要因の分析結果に応じて各装置10の各種装置制御パラメータ((Pa)～(Pg)等)を変更する装置制御部301dで構成される。これら機差算出部301a、画像特徴量算出部301b、機差要因分析部301c及び装置制御部301dは、それぞれプログラムによって処理されるように、処理部301として一つのCPU部で構成してもよい。記憶部302は、各走査電子顕微鏡装置10で得られた計測寸法(CD値)を記憶する計測寸法記憶部302a、計測寸法(CD値)より算出した機差を記憶する機差記憶部302b、各装置10から得られた画像データ等を記憶する画像データ記憶部302c、及び各画像データより算出した各種画像特徴量((Ca)～(Cg)等)を記憶する画像特徴量記憶部302dで構成される。

【0027】

(2)機差発生要因評価方法

図4には、機差発生要因を特定する処理の全体のシーケンスの一実施例を示す。

【0028】

全体のシーケンスは、機差計測時において、まず走査電子顕微鏡装置10(図2に示す)において制御部215において装置制御パラメータを設定し(S41)、情報処理系202の画像生成部216で寸法計測標準ウエハ(機差計測用ウエハ)を用いて寸法計測用の2次電子画像データを取得し(S42)、情報処理系202の寸法計測部217において画像生成部216から得られた2次電子画像データより対象パターンの寸法(CD値)を算出し(S43)、装置10で算出されたパターン寸法(CD値)は、データバス等12を介して機差管理装置11の記憶部302の計測寸法記憶部302aに記憶される(S44)。次に、同じ装置状態の走査電子顕微鏡装置10において、情報処理系202の画像生成部216で装置管理標準ウエハを用いて画像特徴量算出用の2次電子画像データを取得して例えば機差管理装置11の記憶部302の画像データ記憶部302cに記憶する(S4

10

20

30

40

50

5)。機差管理装置11の処理部301の画像特徴量算出部301bは、取得された2次電子画像データから各種画像特徴量等で示される装置状態を示す指標値((Ca):画像の明るさ情報(例えば平均的な濃淡情報)、(Cb):画像のコントラスト(例えば濃淡の最大値と最小値の差)、(Cc):画像のノイズ強度、(Cd):チルト指標値、(Ce):繰り返しパターンのピッチ、(Cf):画像から算出される分解能評価指標値、(Cg):画像から算出される軸調(非点調整)指標値、等)を算出し(S46)、その結果を画像特徴量記憶部302dに記憶する(S47)。これらを、機差管理対象となる全ての走査電子顕微鏡装置10に対して行う(S48)。

【0029】

次に、機差算出部301aは、計測寸法記憶部302aに記憶された各装置10から得られた計測寸法(CD値)から機差を算出して機差記憶部302bに記憶する。さらに、機差要因分析部301cは、機差記憶部302bに記憶された各装置10から得られたCD値と画像特徴量記憶部302dに記憶された各装置10から得られた各種画像特徴量等で示される装置状態を示す指標値の関係(相関関係)から機差発生要因((Fa)~(Fg)等)を推定し(S49)、装置制御部301dは該推定結果に基づいて各装置10の制御部215に装置制御パラメータ((Pa)~(Pg)等)の変更を指令(指定)して(S50)、機差較正を終了する。

【0030】

はじめに、制御部215において、図4のステップS41で設定される装置制御パラメータについて説明する。装置制御パラメータには、図2及び図18に示す走査電子顕微鏡装置10、18における、ステージ204の位置を制御する位置制御パラメータ、電子銃206から電子ビーム205を放出させるための電圧及び電流制御パラメータ、電子ビーム205を整形するための非点調整コイル制御パラメータ、電子ビームの偏向量や走査角度及び走査範囲を設定するための偏向レンズ208制御パラメータ、電子ビームの焦点位置を制御する対物レンズ209制御パラメータ、ウエハ近傍での電子ビームの加速電圧を調整するリターディング電極210電圧及び電流制御パラメータ、放出された2次電子を引き上げるブースター211電圧及び電流制御パラメータ、2次電子検出器212の検出感度調整パラメータ、光電子増倍管213の増幅率調整パラメータ、A/D変換器214の変換ゲインとオフセットの調整パラメータなどが挙げられる。この他にも、走査電子顕微鏡内部の真空室における真空度調整パラメータや電子ビームの軌道周辺における温度及び湿度調整パラメータ、装置周辺の温度及び湿度調整パラメータなどが装置制御パラメータとして挙げられる。

【0031】

次に、各装置10において実行する図4に示すCD値算出用の2次電子画像データ取得シーケンス(S42)について具体的に説明する。

【0032】

対象となる寸法計測標準ウエハ上の寸法計測パターンは、装置状態のわずかな違いにも敏感に反応してCD値が変化するようなパターンであることが望ましい。このようなパターンの例として、エッジ部が非常にシャープなものが挙げられる。さらに、同一ウエハ上においてパターン寸法のばらつきが小さいものほど望ましい。この理由は、各装置間でのCD値の差異を比較する際、計測したCD値の対象形状依存性を排除する必要があるため、同一装置で複数箇所のCD値を計測し、この平均値をもって各装置における代表CD値とするからである。同一ウエハ上のパターン寸法ばらつきが大きいと、対象形状依存性を排除するためにより多くの箇所を計測して平均値を算出さなくては、必要な計測精度が得られなくなってしまう。

【0033】

このような寸法計測標準ウエハを用いた2次電子画像データ取得シーケンス(S42)について図5に従って具体的に説明する。まず、ステージ204上に寸法計測対象パターンを含んだ寸法計測標準ウエハ203をセットする(S421)。次に、制御部215から指示を出し、電子線照射により寸法計測対象パターンの画像を取得できる位置にステージ

10

20

30

40

50

を移動させる(S 4 2 2)。次に、電子銃 2 0 6 から電子ビーム 2 0 5 を放出し、しぼり 2 0 7 を通過した電子ビームを 1 次電子線偏向器 2 0 8 により偏向させることで、ステージ上の試料に電子ビームを走査させる(S 4 2 3)。このとき合焦点位置で画像を撮像するように対物レンズ 2 0 9 を制御し、高分解能画像を得るためにリターディング電極 2 1 0 を作用させる。次に、電子線走査により試料から放出される 2 次電子信号をブースター 2 1 1 により 2 次電子検出器 2 1 2 まで引き上げて検出する(S 4 2 4)。このとき、対物レンズ 2 0 9 の設定値(実際に画像を撮像した際の対物レンズ制御値)を制御部 2 1 5 から読み取り、記憶部 2 1 8 にて取得画像の撮像倍率として記憶する。この値を記憶する理由は、対物レンズ 2 0 9 の設定により取得画像の倍率が微妙に変化するため、この微妙な倍率変動値を後の CD 値算出処理に反映させることが正しい CD 値を算出する上で必須だからである。最後に、取得した 2 次電子信号について光電子増倍管 2 1 3 を通して増幅した後、A/D 変換器 2 1 4 により電気信号をデジタル信号化し、デジタル信号化された 2 次電子データから画像生成部 2 1 6 において画像データを作成する(S 4 2 5)ことで、2 次電子画像データを取得することができる。取得した 2 次電子画像データは、走査電子顕微鏡装置 1 0 の記憶部 2 1 8 および機差管理装置 1 1 の画像データ記憶部 3 0 2 c に記憶される。機差発生要因を推定する複数の装置 1 0 に亘って、このようなシーケンスで、多数箇所における計測対象の 2 次電子画像データを取得する。

10

【0 0 3 4】

次に、各装置 1 0 の寸法計測部 2 1 7 等において実行する図 4 に示す機差評価を目的とした 2 次電子画像データから CD 値の算出するシーケンス(S 4 3)を図 6 に従って具体的に説明する。まず、はじめに、2 次電子画像データから画像プロファイルを作成する。まず、図 7 (a) に示す、取得した走査電子顕微鏡画像 7 1 においてプロファイル作成に必要な画像範囲 7 2 を選択する(S 4 3 1)。必要な画像選択範囲 7 2 とは、寸法計測方向(以後、X 方向とする)には少なくとも寸法計測対象パターン部が全て含まれる範囲であり、これに垂直な方向(以後、Y 方向とする)には走査電子顕微鏡特有のノイズを低減させるために、各 X 座標の画素値を Y 方向に平均化する処理に必要な画素数の範囲(数百画素)であり、画素値の平均化に用いる画素数が多ければ走査型電子顕微鏡特有のノイズ成分を低減することができる。なお、X、Y 両方向の選択範囲は、寸法計測対象パターンの形状により適宜変更することができる。次に、選択した画像範囲 7 2 において、各 X 座標の画素値を Y 方向に平均化する処理を施し、図 7 (b) に示すような X 方向の 1 ライン波形 7 3 を作成する(S 4 3 2)。最後に、指定されたフィルタパラメータ(S 4 3 3)のフィルタを、得られた 1 ライン波形に作用させて平滑化することで(S 4 3 4)、図 7 (c) に示すような画像プロファイル 7 4 を作成する。ここで、フィルタ処理(S 4 3 4)は必要に応じて行っても、行わなくても良い。

20

30

【0 0 3 5】

次に、作成した画像プロファイル 7 4 から CD 値を算出する(S 4 3 5)。CD 値の算出法は様々なものがあるが、例えば図 7 (c) のように、画像プロファイルの最大、最小値に対し中間の値をとる X 方向座標を画像プロファイルの左右外側傾斜部より算出し、2 点間の座標の幅を CD 値 7 5 とする。

【0 0 3 6】

以上が、2 次電子画像データから CD 値を算出する処理内容である。

40

【0 0 3 7】

図 4 のステップ S 4 2 で取得した多数箇所の 2 次電子画像データから CD 値を算出し、各算出 CD 値の平均もしくは中央値をデータ取得装置の代表 CD 値とし、算出 CD 値の分布を代表 CD 値の誤差範囲として、各走査電子顕微鏡装置における計測 CD 値を算出する。ここで算出された CD 値は、走査電子顕微鏡装置 1 0 の記憶部 2 1 8 および機差管理装置 1 1 の計測寸法記憶部 3 0 2 a に記憶される。

【0 0 3 8】

次に、各装置 1 0 において実行する図 4 に示す装置状態を示す指標値である各種画像特微量算出用の 2 次電子画像データ取得シーケンス(S 4 5)について具体的に説明する。

50

【 0 0 3 9 】

各種画像特徴量とは、装置状態を反映して画像上に現れる特徴量のことであり、この実施例としては、(C a) : 画像の明るさ情報 (平均明度値)、(C b) : 画像のコントラスト、(C c) : 画像のノイズ強度、(C d) : チルト指標値、(C e) : 繰り返しパターンのピッチ、(C f) : 画像から算出される分解能評価指標値、(C g) : 画像から算出される軸調 (非点調整) 指標値、等が挙げられる。

【 0 0 4 0 】

このうち、(C a) : 画像の平均明度値、(C b) : 画像のコントラストは画像諧調値のヒストグラムを求めることで明らかとなり、(C c) : 画像のノイズ強度はパターンのない部分の画像強度ばらつきを求めることで得られる。また、(C d) : チルト指標値はチルト評価用ピラミッド型パターンの2次電子画像データを取得し、ピラミッド稜線分布を解析することで算出でき、(C e) : 繰り返しパターンのピッチは繰り返しパターンの2次電子画像データを取得することで計測することができる。さらに、(C f) : 分解能評価指標値は、画像の D F T (デジタルフーリエ変換) や A C F (自己相関係数) から求める方法や、画像上の凸部の幅を計測する方法 (A B W 法) など、いくつかの算出法が知られている。たとえば D F T 法では、元画像の D F T 結果から画像上の最小周期を算出し、これを解像限界として分解能評価指標値としている。また、(C g) : 非点調整指標値は、例えば (C f) : 分解能評価指標値を複数の方向に対して求めることで、各方向におけるビーム形状のゆがみを求めることができる。各装置で得られたこれらの指標値を比較すると、それぞれ機差発生要因として、(F a) : 画像の明るさの違い、(F b) : 画像のコントラストの違い、(F c) : 画像のノイズ強度の違い、(F d) : 相対チルト角、(F e) : 撮像倍率の違い、(F f) : 分解能の違い、(F g) : 非点の違い、を明らかにすることができる。算出した各種画像特徴量は、機差管理装置 1 1 の画像特徴量記憶部 3 0 2 d に記憶される。

【 0 0 4 1 】

これら各種画像特徴量を求めるために用いる装置管理標準ウエハには、ラインパターンやホールパターン、ドットパターンのほか、上述したチルト評価用のピラミッド型パターンやパターンピッチ計測用の繰り返しパターン、および分解能指標値や非点調整指標値を求めるための全周方向にエッジを有する非常に細かい密集パターンが含まれている。また、装置管理標準ウエハと先述した寸法計測標準ウエハは両機能を備えた一枚のウエハであっても良い。

【 0 0 4 2 】

このような装置管理標準ウエハを用いた2次電子画像データ取得シーケンスは、先に図5に従って説明したとおりである。各種画像特徴量の算出に当たっても、C D 値算出時と同様に、算出した特徴量から対象形状依存性を排除するため、多数箇所の画像を取得し各画像から得られた各種画像特徴量の平均値をもって、各走査電子顕微鏡装置における画像特徴量とすることとする。取得した2次電子画像データは、走査電子顕微鏡装置 1 0 の記憶部 2 1 8 および機差管理装置 1 1 の画像データ記憶部 3 0 2 c に記憶される。

【 0 0 4 3 】

次に、画像特徴量算出部 3 0 1 b で実行する図4に示す各種画像特徴量 (S 4 6) について具体的に説明する。C D 値の算出と同様に、画像特徴量算出部 3 0 1 b は画像データ記憶部 3 0 2 c より取得した多数箇所の2次電子画像データを読み出し、該多数箇所の2次電子画像データから各種画像特徴量を算出し、各種特徴量の平均値もしくは中央値をデータ取得装置の代表値とし、算出特徴量の分布を代表値の誤差範囲として、各走査電子顕微鏡装置における各種画像特徴量 ((C a) ~ (C g) 等) を算出する。各種画像特徴量の算出方法については、上記したとおりである。ここで算出された各種画像特徴量 ((C a) ~ (C g) 等) は、走査電子顕微鏡装置 1 0 の記憶部 2 1 8 および機差管理装置 1 1 の画像特徴量記憶部 3 0 2 d に記憶される。

【 0 0 4 4 】

機差要因分析部 3 0 1 1 c は、機差記憶部 3 0 2 b に記憶された各装置 1 0 から得られ

10

20

30

40

50

た計測寸法（CD値）の機差と、画像特徴量記憶部302dに記憶された各装置10から得られた各種画像特徴量で示される装置状態を表す指標値（（Ca）～（Cg）等）を比較して相関を評価すると、それぞれ機差発生要因として、（Fa）：画像の明るさの違い、（Fb）：画像のコントラストの違い、（Fc）：画像のノイズ強度の違い、（Fd）：相対チルト角、（Fe）：撮像倍率の違い、（Ff）：分解能の違い、（Fg）：軸調精度の違い、等を明らかにすることができる。

【0045】

次に、機差要因分析部301cが実行する図4に示す機差発生要因の推定シーケンス（S49）について具体的に説明する。本ステップにおける処理は、機差管理装置11の機差要因分析部301cで行われる。まず、機差管理装置11の計測寸法記憶部302aで記憶された各装置10で得られたCD値と、図4のステップS46において算出して画像特徴量記憶部302dに記憶された各装置10で得られた上記各種画像特徴量との相関を評価し、CD値との相関があらかじめ指定したしきい値よりも強い場合には、該当する画像特徴量で表される機差発生要因（（Fa）～（Fg）等）により機差が発生していると推定する。なお、CD値と画像特徴量の相関評価の代わりに、主成分分析を用いても、その他のCD値に対する画像特徴量の追従性を評価する手法を用いても良い。

【0046】

次に、装置制御部301dが各装置10に出力する図4に示す各装置の装置制御パラメータの変更ステップ（制御命令）（S50）について具体的に説明する。上記各種画像特徴量で示される装置状態を表す指標値（（Ca）～（Cg）等）が、CD値との相関に基づいて機差発生要因（（Fa）～（Fg）等）と推定された場合、調整すべき装置制御パラメータの実施例としては、（Fa）及び（Fb）：画像の明るさの違い及び画像のコントラストの違い（平均明度値及びコントラストといった画像のマクロな明度分布）に対しては、（Pa）及び（Pb）：光電子増倍管の増幅率及びプローブ電流（電子ビーム電流）の変更により調整でき、（Fc）：画像のノイズ強度の違いに対しては、（Pc）：プローブ電流（電子ビーム電流）により調整でき、（Fd）：相対チルト角に対しては、（Pd）：偏向コイルのビームチルト制御値及びステージ設置角の変更により調整でき、（Fe）：撮像倍率の違いに対しては、（Pe）：偏向コイルの倍率制御値により調整でき、（Ff）：分解能の違いについては、（Pf）：対物レンズ制御値、リターディング制御値及びしぼり交換により調整でき、（Fg）：非点の違いに対しては、（Pg）：軸調コイル（非点調整コイル）の制御値に調製できる等が挙げられる。

【0047】

また、各装置制御パラメータ（（Pa）～（Pg）等）の調整量は、（1）調整ごとに各画像特徴量もしくは機差を求めて、これらが最小となる調整量を探索する、もしくは（2）予め各装置制御パラメータ（（Pa）～（Pg）等）の調整量と各画像特徴量（（Ca）～（Cg）等）の変化量の関係を調べておき、必要な画像特徴量の変化量に対応した各装置制御パラメータの調整量を適用する、といった手法により決定できる。

【0048】

そして、各装置制御パラメータ（（Pa）～（Pg）等）の任意調整量は、機差管理装置11の装置制御部301dより各走査電子顕微鏡装置10の制御部215へ受け渡され、各走査電子顕微鏡装置10へ反映される。

【0049】

次に、本システムの実行にあたって必要な各情報処理系202に設けられた入出力装置219及び機差管理装置11に設けられた入出力装置303を用いた入力出力画面の一実施例について説明する。

【0050】

図8は各走査電子顕微鏡装置10の入出力装置219において、機差評価用のデータ取得時に押下するアイコンの実施例を示し、図9は機差管理装置11の入出力装置303において、機差評価を開始する際に、機差評価対象装置およびその機差評価時のデータ（装置制御パラメータのデータ等）を指定する画面の実施例及び実行時に押下するアイコンの

10

20

30

40

50

実施例を示す。

【0051】

また、図10は、本システムの実行によって機差評価結果として得られる出力画面1000の実施例を示す。1001は、機差要因分析部301cにおいて、機差評価結果として、画面上には各装置A～Zでの計測寸法(CD値())及び各種画像特徴量1()、2()、～、N()、または基準装置を基準として得られた機差(CD値の差)及び装置A～Z間での各種画像特徴量1～Nの差をグラフで表示したものであり、1002は、1001に示すグラフの代わりに表で表示したものである。さらに、1003は、機差要因分析部301cにおいて、機差評価結果として、画面上には各装置A～Zの機差を示す計測寸法(CD値)と各種画像特徴量1～Nとの相関値、または基準装置を基準として得られた機差(CD値の差)と装置間での各種画像特徴量1～Nの差の相関値をグラフで表示したものであり、1004は、1003に示すグラフの代わりに表で表示したものである。1003及び1004に示すように、画像特徴量1～Nの内、画像特徴量2が機差(CD値())に対して最も相関があることが表示されることになり、画像特徴量2で表される要因により機差が発生していることが判明し、機差発生要因が推定され、機差発生要因候補を選定することが可能となる。

10

【0052】

また、図10は、本システムの実行によって機差の発生要因候補情報を元に、機差が低減されるように自動的に走査電子顕微鏡装置を調整するための入出力画面1000の実施例を示す。1005には、装置制御部301dにおいて、予め、機差発生要因((Fa)～(Fg)等)とその要因を調整するために必要な装置制御パラメータ(装置調整パラメータ)((Pa)～(Pg)等)との関係をデータベースとして記憶部内302内に格納して明らかにしておかれた、各種画像特徴量1～N(機差の発生要因候補情報)に対応する装置制御パラメータ候補の一覧を表示したものであり、1006は例えば装置Aにおける変更前後の装置制御パラメータまたは装置制御パラメータの履歴を表示したものである。また、1008には、出力結果に応じて装置制御を行うか否かを選択するアイコンを表示したものである。このように入出力装置(入出力手段)303を用いて入出力画面1000を表示することによって、装置制御部301dは、機差発生要因に応じて適切な装置制御パラメータを選定し、選定された装置制御パラメータを適切量調整することにより、発生要因を排除し、機差を低減もしくは無くすることが可能となる。

20

30

【0053】

即ち、記憶部302内に、機差発生要因((Fa)～(Fg)等)と該機差発生要因を調整するために必要な装置制御パラメータ((Pa)～(Pg)等)との関係を格納しておかれるデータベースを設け、上記入出力装置303で表示されて出力された機差発生要因に応じて適切な装置制御パラメータを上記データベースに格納しておかれた関係から選定し、該選定された装置制御パラメータを上記装置間の制御部215に対して自動的に適切量調整することにより上記装置間の機差を低減する装置制御部301dを設けて構成される。

【0054】

以上説明したように、第1の実施例によれば、走査電子顕微鏡装置間での機差を低減するための機差較正を実現することが可能となる。

40

【0055】

[第2の実施例]

次に、本発明に係る第1の実施の形態における第2の実施例について説明する。即ち、第2の実施例において、第1の実施例との相違点は、機差管理装置11内に存在した画像特徴量算出部301bを、図11に示すように、各走査電子顕微鏡装置10aの情報処理系202内に存在させたことにある。

【0056】

その結果、各走査電子顕微鏡装置10aの記憶部218より2次電子画像データを読み出し、画像特徴量算出部301bで各2次電子画像データの各種画像特徴量を算出し、該

50

算出された各種画像特徴量は、データベースまたはインターネット 12 を介して機差管理装置 15 の画像特徴量記憶部 302d に記憶されることになる。

【0057】

以上、第2の実施例によれば、走査電子顕微鏡装置間での機差を低減するための機差較正を実現することが可能となる。

【0058】

[第3の実施例]

次に、本発明に係る第1の実施の形態における第3の実施例について説明する。即ち、第3の実施例における第1及び第2の実施例との相違点は、各走査電子顕微鏡装置とは別に存在した機差管理装置 11 を、図 12 に示すように、各走査電子顕微鏡装置 10c 内に存在させ、データベースまたはインターネット 12 で接続するように構成したことにある。第3の実施例においては、各走査電子顕微鏡装置 10c は、大別して電子線画像を取得するための電子光学系 201 と、それらの画像を処理することで対象パターンの計測を行う情報処理系 202 と、機差の管理および較正を行う機差評価部 11 の3つの部位から構成される。

10

【0059】

その結果、第3の実施例である走査電子顕微鏡装置システムは、図 13 に示すように、機差較正機能を有する、複数台の走査電子顕微鏡装置 10c をデータベースまたはインターネット 12 で接続して構成される。

【0060】

以上、第3の実施例によれば、走査電子顕微鏡装置間での機差を低減するための機差較正を実現することが可能となる。

20

【0061】

[第4の実施例]

本発明に係る第1の実施の形態における第4の実施例について説明する。即ち、第4の実施例において、第1乃至第3の実施例との相違点は、図 14 に示すように、第1の実施の形態で示す機差管理装置 11a を、単体で存在させるものである。

【0062】

第4の実施例では、予め各装置から2次電子画像データ及びCD値を機差管理装置 11a の入出力部 303 から入力でき、機差管理装置 11a 内の処理部 301 及び記憶部 302 の処理により装置制御パラメータの変更指令値を、機差管理装置 11a の入出力部 303 から出力することができる。機差管理装置 11a 内の処理は、第1の実施の形態と同様である。

30

【0063】

本第4の実施例の実行にあたって、必要な入力画面の実施例を図9及び図15に示す。図15は、複数台の走査電子顕微鏡装置で取得した計測対象の寸法(CD値)および2次電子画像データを入力する際にデータの格納方法を指定する入力画面 1500 の実施例であり、入力データのパス 1501 および入力データの情報を入力する入力部 1502 を持つ。また、第1の実施の形態と同じく、図9は、機差評価を開始する際に、評価対象装置およびそのデータを指定する画面の実施例および実行時に押下するアイコンの実施例である。

40

【0064】

以上、第4の実施例によれば、走査電子顕微鏡装置間での機差を低減するための機差較正情報を得ることができる。

【0065】

[第2の実施の形態]

本発明に係る複雑な装置構成を有する走査電子顕微鏡装置においては、装置間で計測寸法に差が生じる要因を判別することも容易ではない。

【0066】

そこで、本発明に係る第2の実施の形態において、第1の実施の形態との相違点は、装

50

置状態を示す指標値として機差計測時に各装置における各種入力制御パラメータに対する実際の出力値や、試料室の真空度などの環境指標値等、各装置の各種装置状態パラメータを用いる点にある。

【0067】

即ち、第2の実施の形態では、装置間での機差管理に当たって、機差計測時に各装置で取得された各種装置状態パラメータ（各種入力制御パラメータに対する実際の出力値や試料室の真空度などの環境指標値、等）を自動的にモニタ（計測）しておき、各装置で得られた計測寸法と各種装置状態パラメータのモニタ結果を比較することで機差の発生要因を特定し、その結果をもとに装置の自動較正を行う。例えば、機差計測時に各装置の各種装置状態パラメータを計測しておき、各装置で算出したの計測寸法（CD値）と上記各種装置状態パラメータとの相関を評価する。相関が強い装置状態パラメータに表れる装置変動要因が機差発生要因と考えられ、該当するパラメータを調整することで機差を低減することができる。上述した各種入力制御パラメータに対する実際の出力制御値は、各装置において部品の個体差や径時変化により異なることが考えられ、装置間で同一の制御パラメータを用いていても同一の制御がなされていないことが予想されることから、実際の制御値を評価することは重要である。

10

【0068】

[第5の実施例]

本発明に係る上述のような第2の実施の形態を用いて機差を低減するような装置較正を行うことができる走査電子顕微鏡装置を含む機差管理システムの第5の実施例について説明する。

20

【0069】

(1)システム構成

図16には本発明に係る走査電子顕微鏡装置を含む機差管理システムの第5の実施例の構成を示す。即ち、本システムは大別して複数台の走査電子顕微鏡装置（測長SEM装置もしくはCD SEM装置）18とこれらの機差を管理する機差管理装置19からなり、データベースまたはネットワーク12で接続されて構成される。

【0070】

図17に各走査電子顕微鏡装置単体18の一実施例の構成を示す。即ち、走査電子顕微鏡装置18は大別して電子線画像を取得するための電子光学系1901と、それらの画像を処理することで対象パターンの計測を行う情報処理系202の2つの部位からなる。

30

【0071】

電子光学系1901における図2に示す電子光学系201との相違点は、機差計測時において、各構成部位への入力制御値に対する実際の出力値（（A）：電子銃への印加電圧値及び電流値、（B）：偏向レンズ電流、（C）：対物レンズ電流、（D）：リターディング電流及び電圧、（E）：ブースター電流及び電圧、（F）：2次電子検出器での入出力値、（G）：光電子倍增管での入出力値など）や、次に述べる各種環境指標値等の各種装置状態パラメータを計測（モニタ）する計測部230を有する点にある。環境指標値の例としては、装置各部位での温度、湿度、真空度、電場、磁場、振動のほか、装置の稼働時間、試料の帯電状況が挙げられる。

40

【0072】

情報処理系202は、図2に示すものと同様に構成される。なお、記憶部218には、機差計測時において計測部230で計測された各種装置状態パラメータが記憶される。また、データベース又はインターネット12を通じて他の走査電子顕微鏡装置18や機差管理装置19とデータの送受信ができるようになっている。

【0073】

また、機差管理装置19の一実施例の主な構成は、図18に示すように、処理部301'、記憶部302'、及び入出力部303から構成される。処理部301'は各走査電子顕微鏡装置18で得られた計測寸法より機差を求める機差算出部301a、各装置18で得られた計測寸法（CD値）および各種装置状態パラメータを評価して機差発生要因を特

50

定する機差要因分析部 301e、機差発生要因の分析結果に応じて各装置 18 の各種装置制御パラメータを変更する装置制御部 301d で構成され、記憶部 302' は各走査電子顕微鏡装置 18 で得られた計測寸法を記憶する計測寸法記憶部 302a、計測寸法より算出した機差を記憶する機差記憶部 302b、各種装置状態パラメータを記憶する各種装置状態パラメータ記憶部 302e で構成される。

【0074】

(2) 機差発生要因評価方法

図 19 には、機差発生要因を特定する処理の全体のシーケンスの一実施例を示す。

【0075】

図 4 に示すシーケンスと相違する点は、計測対象の寸法 (CD 値) を算出すると同時に各種装置状態パラメータを各走査電子顕微鏡装置 18 の計測部 230 で計測し (S51)、該計測された各種装置状態パラメータを記憶部 218 及び各種装置状態パラメータ記憶部 302e に記憶し (S52)、さらに、機差要因分析部 301e において各装置 18 で得られた CD 値と各種装置状態パラメータの関係から機差発生要因を推定し (S53)、装置制御部 301d において該推定結果に基づいて各装置 18 の制御部 215 に対して装置制御パラメータの変更を指令 (S50) して、機差較正を終了する点にある。即ち、ステップ S41 ~ S44、S48 及び S50 は、図 4 と同様である。特に、機差計測時に各装置に対してステップ S41 において設定される装置制御パラメータは、前述したとおりである。

【0076】

次に、図 19 のステップ S51 で計測する各種装置状態パラメータについて具体的に説明する。各走査電子顕微鏡装置 18 の計測部 230 で計測される各種装置状態パラメータの実施例を次に挙げる。電子ビームの状態に影響を与えるパラメータとして、(A) : 電子銃への印加電圧値及び電流値 (プローブ電流値)、(B) : 偏向レンズ電流、(C) : 対物レンズ電流、(D) : リターディング電流および電圧、(E) : ブースター電流および電圧などがあり、対象から放出される 2 次電子の状態に影響を与えるパラメータとして、(F) : 2 次電子検出器での入出力値、(G) : 光電子増倍管での入出力値などがある。また、この他の 2 次電子画像データ取得時の誤差要因となるパラメータとして、(H) : ステージ停止精度、装置各部の (I) : 温度、(J) : 湿度、(K) : 振動、(L) : 磁場、(M) : 電場、(N) : 真空度 (真空室)、(O) : 装置の稼働時間、(P) : 試料の帯電状況、などが挙げられる。計測した各種装置状態パラメータは、機差管理装置 19 の各種装置状態パラメータ記憶部 302e に記憶される。

【0077】

次に、図 19 に示す機差発生要因の推定シーケンス (S53) について具体的に説明する。本ステップにおける処理は、機差管理装置 19 の機差要因分析部 301e で行われる。まず、機差管理装置 19 の計測寸法記憶部 308 で記憶された各装置で得られた CD 値と、図 19 のステップ S51 において計測し、各種装置状態パラメータ記憶部 1404 で記憶された上述の各種装置状態パラメータとの相関を評価し、CD 値との相関があらかじめ指定したしきい値よりも強い場合には、該当する装置状態パラメータで表される要因により機差が発生しているとする。

【0078】

CD 値と装置状態パラメータの相関評価の代わりに、主成分分析を用いても、その他の CD 値に対する装置状態パラメータの追従性を評価する手法を用いても良い。

【0079】

次に、図 19 に示す装置制御パラメータの変更シーケンス (S50) について説明する。上記各装置状態パラメータのうち、(A) から (H) で挙げられたような入力制御値に対する実際の制御値を計測しているものに関しては、計測された実際の制御値が所望の値になるような入力制御値を与えることが有効である。また、その他の (I) から (P) で挙げられたような環境指標値に関しては、該当する環境指標値が目的の値になるように環境を変更することがのぞましいが、自動制御による装置較正が難しい場合には機差管理装

置 19 の入出力装置 303 において、アラームを出力することで操作者に状況を伝えることができる。また、各制御値の調整量は、(1) 調整ごとに各装置状態パラメータもしくは機差を求めて、これらが最小となる調整量を探索する、もしくは(2) あらかじめ各制御値の調整量と各装置状態パラメータの変化量の関係を調べておき、必要な装置状態パラメータの変化量に対応した各制御値の調整量を適用する、といった手法により決定できる。各制御値の任意調整量は、機差管理装置 19 の装置制御部 301d より各走査電子顕微鏡装置の制御部 215 へ受け渡され、各走査電子顕微鏡装置へ反映される。

【0080】

本システムの実行にあたって必要な入力画面の実施例を示す。

【0081】

図 8 は、各走査電子顕微鏡装置 18 において、機差評価用のデータ取得時に押下するアイコンの実施例であり、図 9 は、機差管理装置 19 において機差評価を開始する際に、評価対象装置およびそのデータを指定する画面の実施例および実行時に押下するアイコンの実施例である。

10

【0082】

また、図 20 に、本システムの実行によって得られる出力画面 2000 の実施例を示す。2001 に示す画面上には各装置での計測寸法(CD 値)()および各装置状態パラメータもしくは、基準装置を基準として得られた機差および装置間での装置状態パラメータ(装置状態 1()、2()、・・・、N())の差をグラフで表示することができる、2002 にはその表で表示することができる。さらに 2003 には計測寸法と各装置状態パラメータの相関値もしくは、機差と装置間での装置状態パラメータの差の相関値をグラフで表示することができる、2004 にはその表で表示することができる。2003、2004 に示すように、装置間の機差(CD 値)は、装置状態 2 が最も相関が高く、装置状態 2 のパラメータに表される装置変動要因により機差が発生していることが判明し、機差発生要因が推定され、機差の発生要因候補を選定することが可能となる。

20

【0083】

また、図 20 は、本システムの実行によって機差の発生要因候補情報を元に、機差が低減されるように自動的に走査電子顕微鏡装置を調整するための入出力画面 2000 の実施例を示す。2005 には、装置制御部 301d において、予め、機差発生要因とその要因を調整するために必要な装置制御パラメータ(装置調整パラメータ)との関係をデータベースとして記憶部 302 内に格納して明らかにしておかれた、各種装置状態パラメータ 1 ~ N (機差の発生要因候補情報)に対応する装置制御パラメータ候補の一覧を表示したものであり、2006 は例えば装置 A における変更前後の装置制御パラメータまたは装置制御パラメータの履歴を表示したものである。また、2008 には、出力結果に応じて装置制御を行うか否かを選択するアイコンを表示したものである。このように入出力画面を表示することによって、装置制御部 301d は、機差の発生要因候補に応じて適切な装置制御パラメータを選定し、選定された装置制御パラメータを適切量調整することにより、発生要因を排除し、機差を低減もしくは無くすることが可能となる。

30

【0084】

即ち、記憶部 302 内に、機差発生要因と該機差発生要因を調整するために必要な装置制御パラメータとの関係を格納しておかれるデータベースを設け、上記入出力装置 303 で表示されて出力された機差発生要因に応じて適切な装置制御パラメータを上記データベースに格納しておかれた関係から選定し、該選定された装置制御パラメータを上記装置間の制御部 215 に対して自動的に適切量調整することにより上記装置間の機差を低減する装置制御部 301d を設けて構成される。

40

【0085】

以上により、走査電子顕微鏡装置間での機差を低減するための機差較正を実現できる。

【0086】

[第 6 の実施例]

本発明に係る第 2 の実施の形態において、第 6 の実施例は、第 5 の実施例である各走査

50

電子顕微鏡装置とは別に存在した機差管理装置 19 を、図 12 に示すように、各走査電子顕微鏡装置内に存在させたシステムとしたものである。

【0087】

[第7の実施例]

本発明に係る第2の実施の形態において、第7の実施例は、第5の実施例である各走査電子顕微鏡装置とデータバス又はネットワーク12でつながれて存在した機差管理装置19を、図14に示すように、単体で存在させたものである。

【0088】

本第7の実施例では、あらかじめ得られた装置状態パラメータおよびCD値を、機差管理装置19の入出力部303から入力することができ、機差管理装置19内の処理により決定された装置制御パラメータの変更値を、機差管理装置19の入出力部303から出力できる。機差管理装置19内での処理内容は第5の実施例と同じである。

【0089】

本装置の実行にあたって必要な入力画面の実施例を図21および図9に示す。図21は、複数台の走査電子顕微鏡装置で取得した計測対象の寸法(CD値)および各種装置状態パラメータを入力する際にデータの格納方法を指定する入力画面2100の実施例であり、入力データのバス2101および入力データの情報を入力する入力部2102を持つ。図9は、機差評価を開始する際に、評価対象装置およびそのデータを指定する画面の実施例および実行時に押下するアイコンの実施例である。

【0090】

以上説明したように、第2の実施の形態によれば、走査電子顕微鏡装置間での機差を低減するための機差較正情報を得ることができる。

【0091】

[第3の実施の形態]

第1の実施の形態では、各種画像特徴量を用いて機差要因分析を行う場合について説明をし、第2の実施の形態では各種装置状態パラメータを用いて機差要因分析を行う場合について説明した。第3の実施の形態は、各種画像特徴量と各種装置状態パラメータの両方を用いて機差要因分析を行うシステムである。このように、本発明は第3の実施の形態であっても良い。

【0092】

[第4の実施の形態]

本発明に係る第1、第2及び第3の実施の形態では機差を低減することを目的に使用されているが、機差、すなわち異なる装置間での計測寸法差の代わりに、本発明に係る第4の実施の形態は、時系列の異なる同一の装置で発生する計測寸法差、すなわち計測寸法の経時変化について、その発生要因を推定し、これを低減する目的で使用してもよい。即ち、本発明に係る第4の実施の形態は、図10並びに図20に示す装置A、B、・・・、Nが同一の装置(走査電子顕微鏡装置)における時系列となる。そのため、システム構成は、少なくとも一台の走査電子顕微鏡装置10、18と一つの機差管理装置11、19とで構成されることになる。

【0093】

[第5の実施の形態]

本発明に係る第1乃至第4の実施の形態においては、計測寸法の機差もしくは径時変化の発生要因を推定し、そののち推定要因に基づいて自動的に装置を較正する機能について説明したが、本発明に係る第5の実施の形態では、自動的に装置を較正することは行わず、システムの入出力部219、303において表示された機差もしくは径時変化と、これらの発生要因推定結果および推定結果に基づいた較正装置制御パラメータ候補および制御量の情報をもとに、ユーザーがマニュアルで装置較正を行ってもよい。

【0094】

[第6の実施の形態]

本発明に係る第1乃至第5の実施の形態では、計測寸法の機差を計測するごとに機差発

10

20

30

40

50

生要因を推定するシーケンスについて説明を行った。本発明に係る第6の実施の形態は、機差発生要因の推定頻度を機差計測と同頻度とは限定しない実施の形態である。

【0095】

該第6の実施の形態における機差較正処理の全体のシーケンスを、図22に示す。

【0096】

全体のシーケンスは、図4に示すS41～S50又は/及び図19に示すS41～S44、S51、S52、S48、S53、S50を実行して機差発生要因を推定する(S221)。次の機差計測時には、機差管理装置11又は/及び19においてステップS231で推定された機差発生要因の影響を受けて変化する画像特徴量又は/及び装置状態パラメータを各装置10又は/及び18からモニタし(S222)、機差が目標仕様内に収まっていない場合には、装置制御部301dが各装置の制御部215へモニタ結果に基づいて装置制御パラメータを変更することで走査電子顕微鏡装置を較正する(S224)。このとき、機差要因分析部301c、301eはモニタした画像特徴量又は/及び装置状態パラメータと各装置での計測寸法(CD値)の間の相関を評価し(S223)、その相関が小さい場合には機差発生要因を新たに分析しなおす必要が生じる。その場合には、機差管理装置11又は/及び19はステップS221に戻って、再度機差発生要因を推定しなおし、ステップS221で推定された機差発生要因の影響を受けて変化する画像特徴量又は/及び装置状態パラメータをモニタし(S222)、機差が目標仕様内に収まっていない場合には、装置制御部301dが各装置の制御部215へモニタ結果に基づいて装置制御パラメータを変更することで走査電子顕微鏡装置を較正する(S224)ことを繰り返す。

【0097】

以上説明したように、本発明に係る第1～第6の実施の形態によれば、走査電子顕微鏡装置、走査電子顕微鏡装置を含む機差管理システムまたは走査電子顕微鏡装置を対象とした機差管理装置において、複数台の装置間における機差の発生要因を簡便に推定することができ、推定結果に基づいて走査電子顕微鏡装置を調整することで、機差を低減することができるため、結果としてより高精度な配線パターンの寸法管理が可能となり、計測対象製品の性能向上につながる。

【図面の簡単な説明】

【0098】

【図1】本発明に係る第1の実施の形態である走査電子顕微鏡装置を含む機差管理システムの第1の実施例の概略構成を示す図である。

【図2】図1に示す各走査電子顕微鏡装置単体の一実施例の構成を示す図である。

【図3】図1に示す機差管理装置の一実施例の構成を示す図である。

【図4】本発明に係る第1の実施の形態である機差発生要因を特定する処理の全体のシーケンスの一実施例を示す図である。

【図5】図4に示す寸法計測標準ウエハを用いた2次電子画像データ取得シーケンスを具体的に示す図である。

【図6】図4に示す機差評価を目的とした2次電子画像データからCD値の算出するシーケンスを具体的に示す図である。

【図7】機差評価を目的とした2次電子画像データからCD値の算出するための説明図である。

【図8】本発明に係る各走査電子顕微鏡装置の入出力装置において、機差評価用のデータ取得時に押下するアイコンの実施例を示す図である。

【図9】本発明に係る機差管理装置の入出力装置において、機差評価を開始する際に、機差評価対象装置およびその機差評価時のデータ(装置制御パラメータのデータ等)を指定する画面、並びに実行時に押下するアイコンの実施例を示す図である。

【図10】本発明に係る第1の実施の形態である走査電子顕微鏡装置を含む機差管理システムの実行によって機差評価結果として得られる出力画面、並びに機差の発生要因候補情報を元に、機差が低減されるように自動的に走査電子顕微鏡装置を調整するための入出力画面の実施例を示す図である。

【図 1 1】本発明に係る第 1 の実施の形態である走査電子顕微鏡装置を含む機差管理システムの第 2 の実施例の構成を示す図である。

【図 1 2】本発明に係る第 1 の実施の形態における第 3 の実施例の構成を示す図である。

【図 1 3】図 1 2 に示す第 3 の実施例である走査電子顕微鏡装置システムの概略構成を示す図である。

【図 1 4】本発明に係る第 1 の実施の形態における第 4 の実施例の構成を示す図である。

【図 1 5】図 1 4 に示す第 4 の実施例の実行にあたって、必要な入力画面の実施例を示す図である。

【図 1 6】本発明に係る第 2 の実施の形態である走査電子顕微鏡装置を含む機差管理システムの第 5 の実施例の構成を示す図である。

【図 1 7】図 1 6 に示す各走査電子顕微鏡装置単体の一実施例の構成を示す図である。

【図 1 8】図 1 6 に示す機差管理装置の一実施例を示す図である。

【図 1 9】本発明に係る第 2 の実施の形態である機差発生要因を特定する処理の全体のシーケンスの一実施例を示す図である。

【図 2 0】本発明に係る第 2 の実施の形態である走査電子顕微鏡装置を含む機差管理システムの実行によって機差評価結果として得られる出力画面、並びに機差の発生要因候補情報を元に、機差が低減されるように自動的に走査電子顕微鏡装置を調整するための入出力画面の実施例を示す図である。

【図 2 1】本発明に係る複数台の走査電子顕微鏡装置で取得した計測対象の寸法 (C D 値) および各種装置状態パラメータを入力する際にデータの格納方法を指定する画面の実施例を示す図である。

【図 2 2】本発明に係る第 6 の実施の形態における機差較正処理の全体のシーケンスを示す図である。

【符号の説明】

【0099】

10、10 a ~ 10 c、18 ... 走査電子顕微鏡装置 (測長 SEM)、11、19 ... 機差管理装置、12 ... データバスまたはネットワーク、71 ... 画像、72 ... 画像選択範囲、73 ... 1 ライン波形、74 ... 画像プロファイル、75 ... C D 値 (機差)、201 ... 電子光学系、202 ... 情報処理系、203 ... 試料 (ウエハ)、204 ... ステージ、205 ... 電子ビーム、206 ... 電子銃、207 ... しぼり、208 ... 偏向レンズ、209 ... 対物レンズ、210 ... リターディング電極、211 ... ブースター、212 ... 2 次電子検出器、213 ... 光電子増倍管、214 ... A / D 変換器、215 ... 制御部、216 ... 画像生成部、217 ... 寸法計測部、218 ... 記憶部、219 ... 入出力部、301、301' ... 処理部、301 a ... 機差算出部、301 b ... 画像特徴量算出部、301 c ... 機差要因分析部、301 d ... 装置制御部、301 e ... 機差要因分析部、302、302' ... 記憶部、302 a ... 計測寸法記憶部、302 b ... 機差記憶部、302 c ... 画像データ記憶部、302 d ... 画像特徴量記憶部、302 e ... 各種装置状態パラメータ記憶部、303 ... 入出力部、1000、2000 ... 機差評価結果として得られる出力画面及び機差が低減されるように自動的に走査電子顕微鏡装置を調整するための入出力画面、1500、2100 ... 入力画面、1501、2101 ... 入力データのパス、1502、2102 ... 入力部。

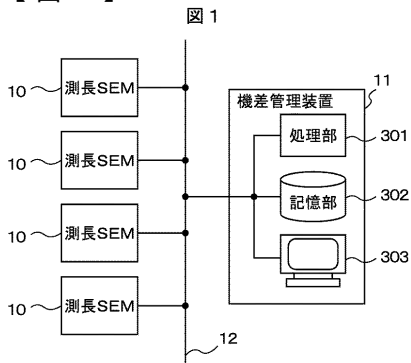
10

20

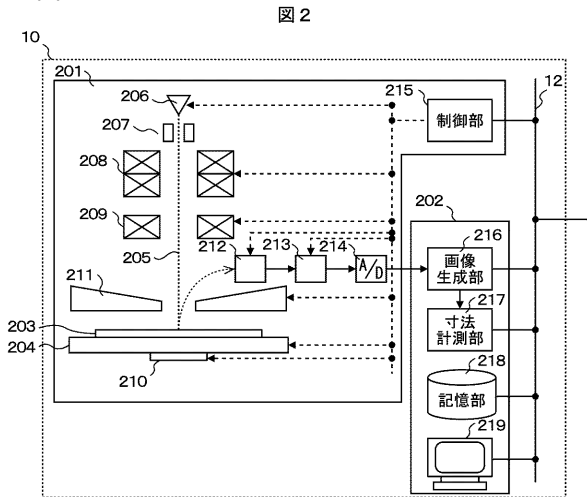
30

40

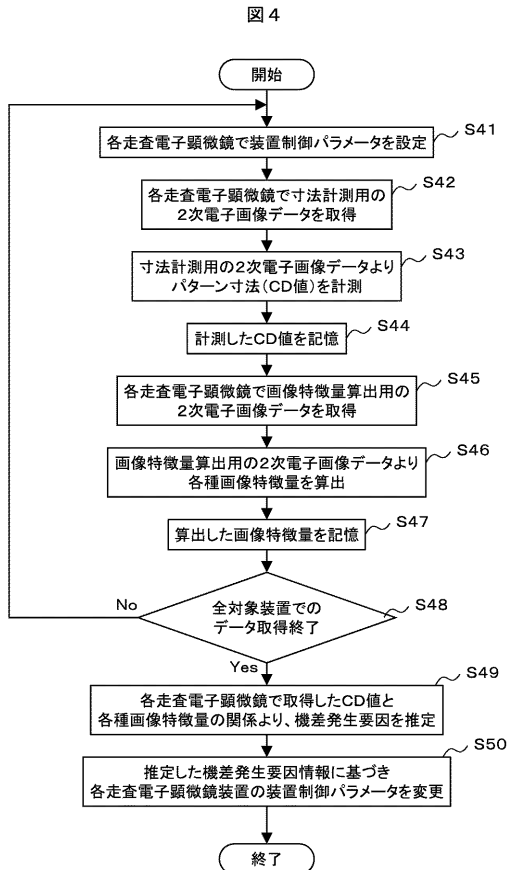
【 図 1 】



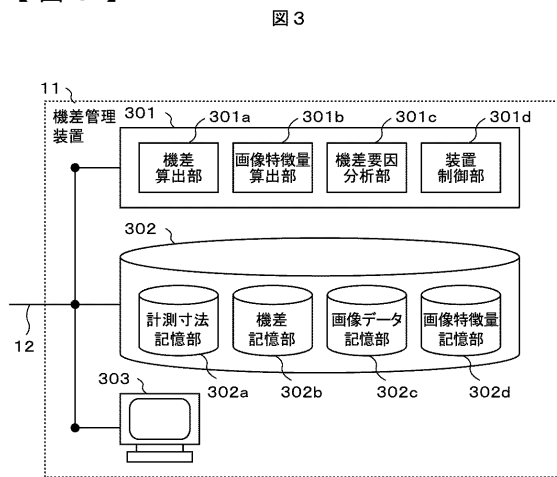
【 図 2 】



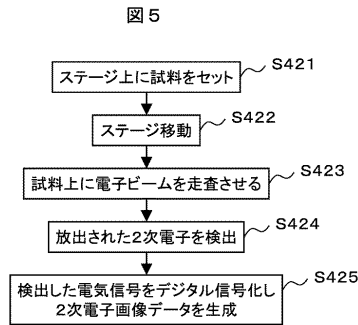
【 図 4 】



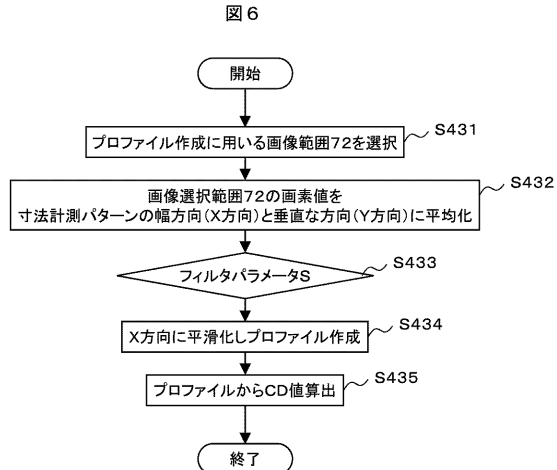
【 図 3 】



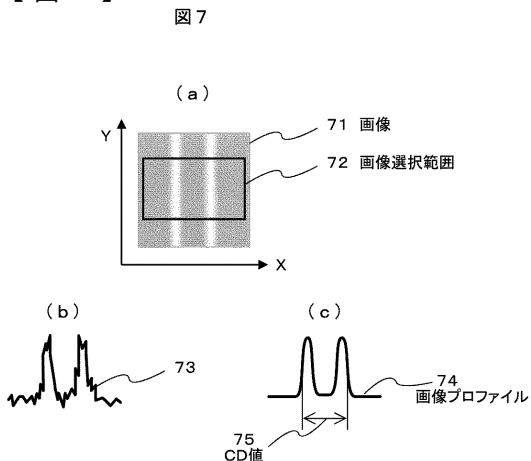
【 図 5 】



【 図 6 】

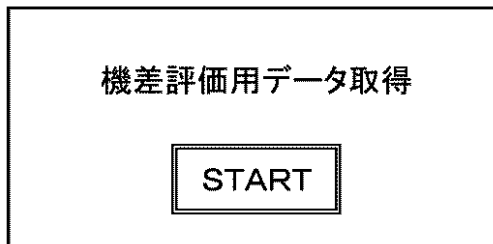


【 図 7 】



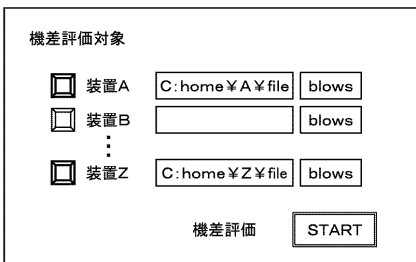
【 図 8 】

図 8



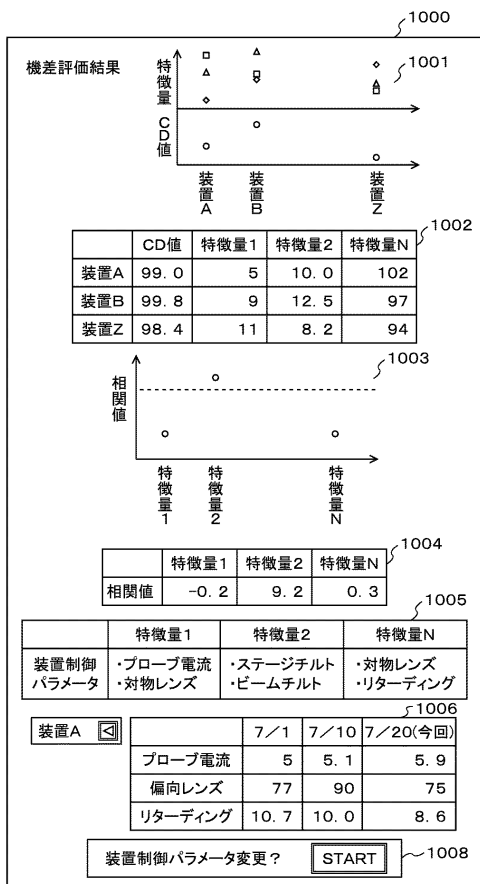
【 図 9 】

図 9



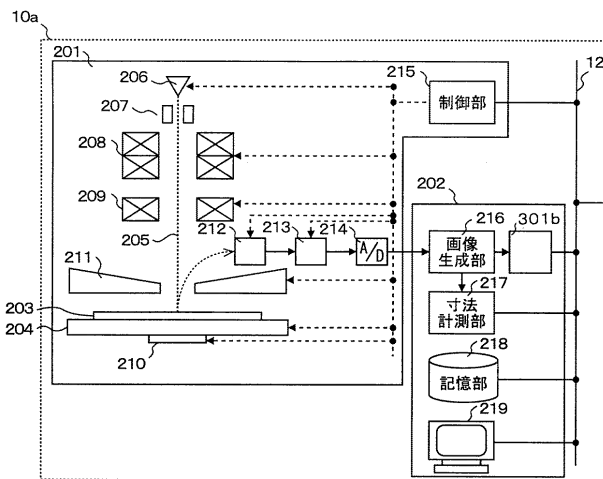
【 図 10 】

図 10



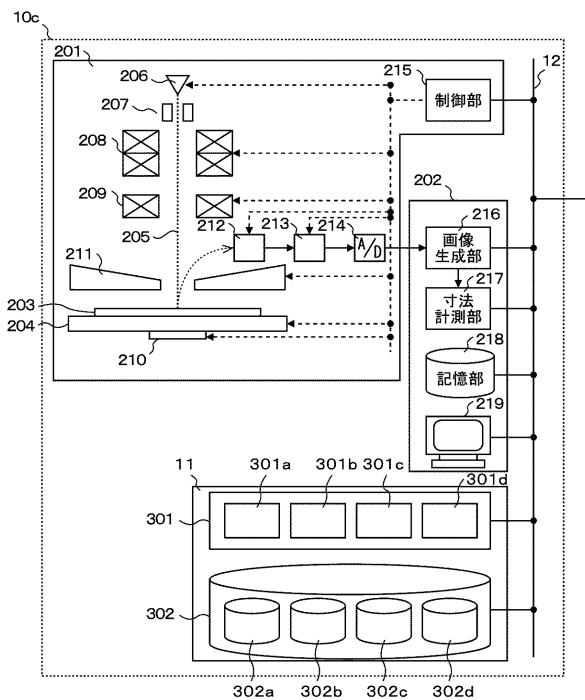
【 図 11 】

図 11



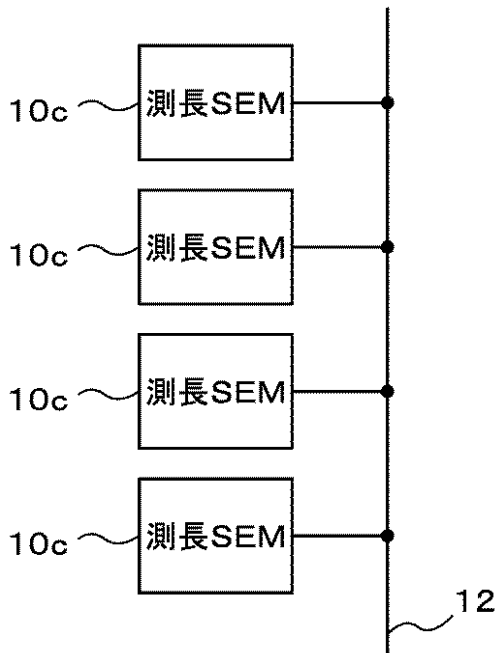
【 図 1 2 】

図 1 2



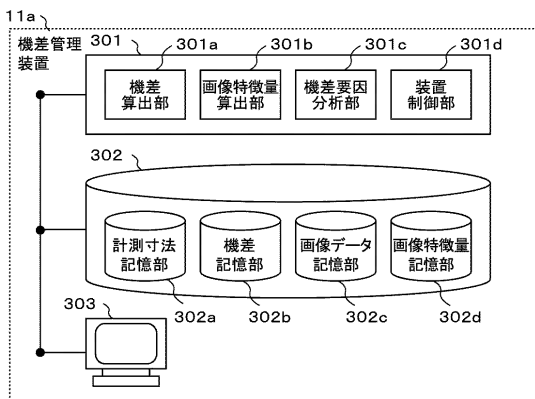
【 図 1 3 】

図 1 3



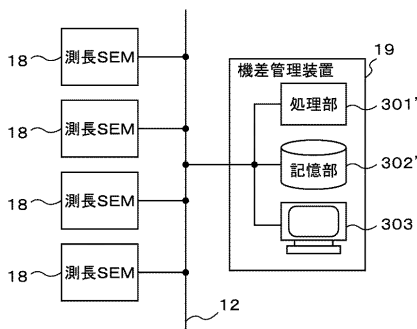
【 図 1 4 】

図 1 4



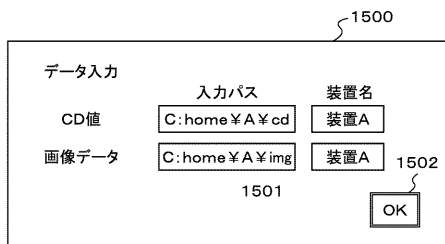
【 図 1 6 】

図 1 6



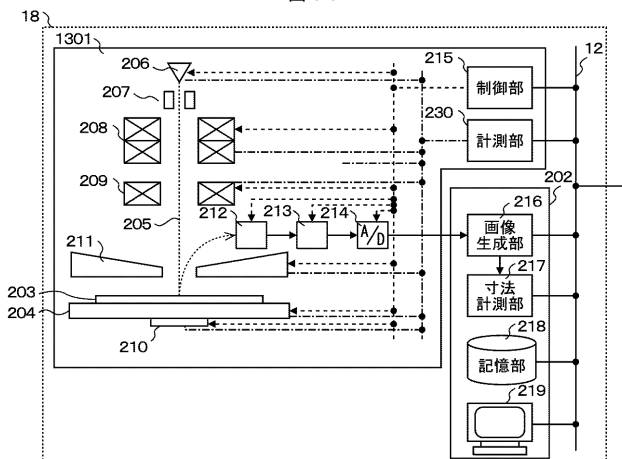
【 図 1 5 】

図 1 5

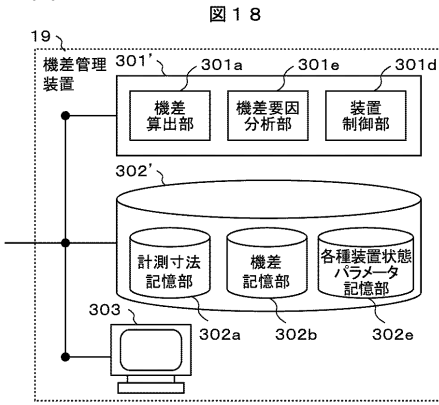


【 図 1 7 】

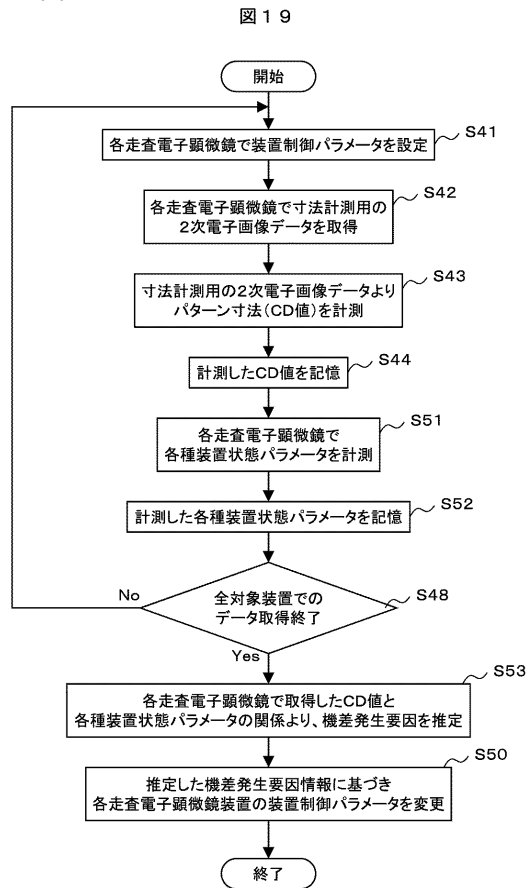
図 1 7



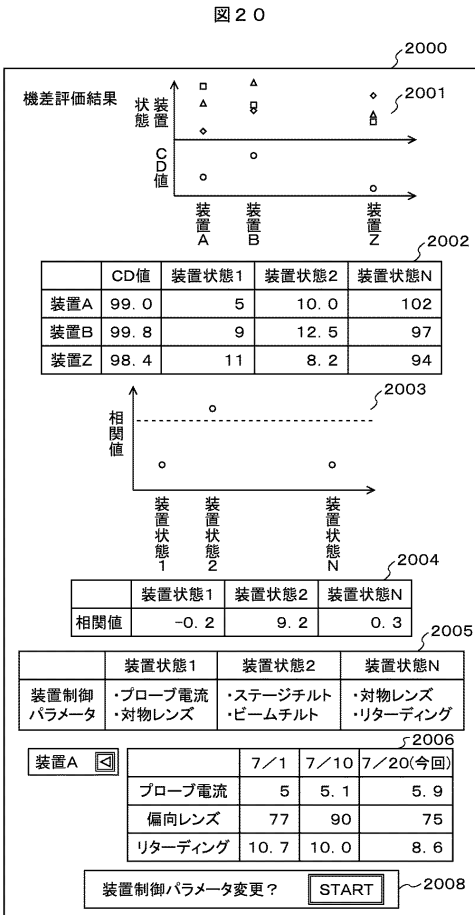
【図18】



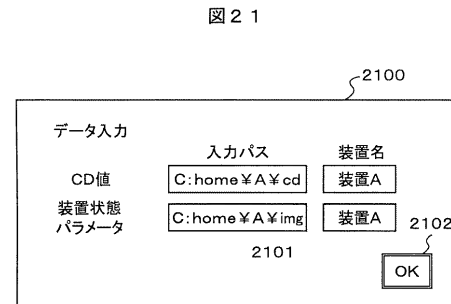
【図19】



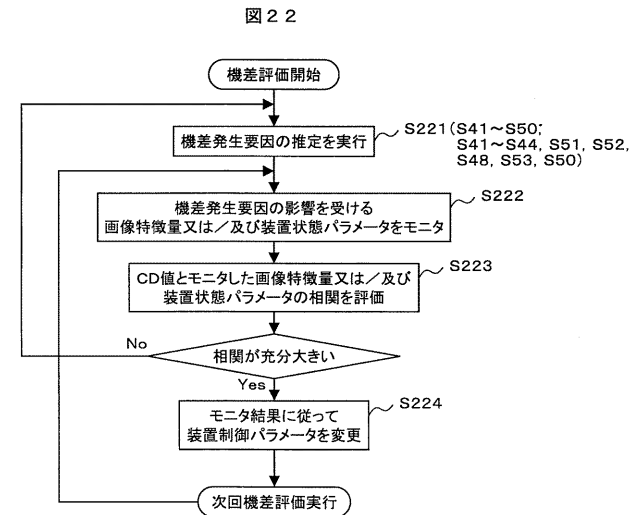
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(72)発明者 前田 達哉

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

F ターム(参考) 2F067 AA21 AA25 BB12 CC17 FF14 FF18 GG09 HH06 JJ05 KK04

QQ02 RR07 RR12 RR29 RR30 SS01 SS13

4M106 AA01 BA02 CA39 DB05 DB20

5C033 UU10