

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6546509号  
(P6546509)

(45) 発行日 令和1年7月17日(2019.7.17)

(24) 登録日 令和1年6月28日(2019.6.28)

(51) Int.Cl. F I  
**GO 1 N 23/2251 (2018.01)** GO 1 N 23/2251  
**GO 1 N 23/203 (2006.01)** GO 1 N 23/203

請求項の数 5 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2015-211998 (P2015-211998)	(73) 特許権者	504162958
(22) 出願日	平成27年10月28日 (2015.10.28)		株式会社ニューフレアテクノロジー
(65) 公開番号	特開2017-83301 (P2017-83301A)		神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番1
(43) 公開日	平成29年5月18日 (2017.5.18)	(74) 代理人	100119035
審査請求日	平成30年9月6日 (2018.9.6)		弁理士 池上 徹真
		(74) 代理人	100141036
			弁理士 須藤 章
		(74) 代理人	100088487
			弁理士 松山 允之
		(72) 発明者	井上 貴文
			神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番1 株
			株式会社ニューフレアテクノロジー内
		(72) 発明者	菊入 信孝
			神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番1 株
			株式会社ニューフレアテクノロジー内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン検査方法及びパターン検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の電子ビームが所定のピッチで配置されたマルチビームを用いて、複数の図形パターンが形成された被検査基板上を走査し、前記マルチビームが照射されたことに起因して前記被検査基板から放出される、反射電子を含む2次電子群を検出する工程と、

前記マルチビームのビーム毎に、当該ビームが走査した第1の領域に対応する2次電子の検出信号から得られる第1の領域像の歪みを個別に補正する工程と、

ビーム毎に個別に前記第1の領域像の歪みが補正された各第1の領域像のデータを用いて、前記第1の領域よりも大きい第2の領域単位で、第2の領域像の歪みを補正する工程と、

前記第2の領域像の歪みが補正された被検査画像を、前記被検査画像と同じ領域の参照画像を用いて比較し、結果を出力する工程と、

を備えたことを特徴とするパターン検査方法。

【請求項2】

前記第2の領域単位で、第2の領域像の階調誤差を補正する工程をさらに備えたことを特徴とする請求項1記載のパターン検査方法。

【請求項3】

前記マルチビームを用いて、校正パターンが形成された校正基板上を走査し、前記マルチビームが照射されたことに起因して前記校正基板から放出される、反射電子を含む2次電子群を検出する工程と、

前記マルチビームのビーム毎に、当該ビームが走査した、前記第 1 の領域と同じサイズの校正基板上の第 3 の領域に対応する 2 次電子の検出信号から得られる第 3 の領域像の歪み量を個別に測定する工程と、

をさらに備え、

ビーム毎の前記第 1 の領域像は、測定された前記校正基板上の対応する第 3 の領域像の歪み量を用いて補正されることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のパターン検査方法。

【請求項 4】

前記マルチビームを用いて、前記被検査基板のパターン種毎のサンプル領域上を走査し、前記マルチビームが照射されたことに起因して前記被検査基板から放出される、反射電子を含む 2 次電子群を検出する工程と、

10

前記パターン種毎、かつ前記マルチビームのビーム毎に、当該ビームが走査した、前記第 1 の領域と同じサイズのサンプル領域上の第 3 の領域に対応する 2 次電子の検出信号から得られる第 3 の領域像の階調値を個別に測定する工程と、

をさらに備え、

前記第 2 の領域像の階調値は、同種のパターンのサンプル領域から得られた対応する複数の第 3 の領域像の階調値を用いて補正されることを特徴とする請求項 1 ~ 3 いずれか記載のパターン検査方法。

【請求項 5】

複数の図形パターンが形成された被検査基板を載置する移動可能なステージと、

前記被検査基板に複数の電子ビームが所定のピッチで配置されたマルチビームを照射する電子ビームカラムと、

20

前記マルチビームを用いて、前記被検査基板上を走査し、前記マルチビームが照射されたことに起因して前記被検査基板から放出される、反射電子を含む 2 次電子群を検出する検出器と、

前記マルチビームのビーム毎に、当該ビームが走査した第 1 の領域に対応する 2 次電子の検出信号から得られる第 1 の領域像の歪みを個別に補正する第 1 の補正部と、

ビーム毎に個別に前記第 1 の領域像の歪みが補正された各第 1 の領域像のデータを用いて、前記第 1 の領域よりも大きい第 2 の領域単位で、第 2 の領域像の歪みを補正する第 2 の補正部と、

前記第 2 の領域像の歪みが補正された被検査画像を、前記被検査画像と同じ領域の参照画像を用いて比較する比較部と、

30

を備えたことを特徴とするパターン検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パターン検査方法及びパターン検査装置に関する。例えば、電子ビームを照射して放出されるパターン像の 2 次電子画像を取得してパターンを検査する検査装置に関する。

【背景技術】

【0002】

40

近年、大規模集積回路 (LSI) の高集積化及び大容量化に伴い、半導体素子に要求される回路線幅はますます狭くなってきている。これらの半導体素子は、回路パターンが形成された原画パターン (マスク或いはレチクルともいう。以下、マスクと総称する) を用いて、いわゆるステッパと呼ばれる縮小投影露光装置でウェハ上にパターンを露光転写して回路形成することにより製造される。よって、かかる微細な回路パターンをウェハに転写するためのマスクの製造には、微細な回路パターンを描画することができる電子ビームを用いたパターン描画装置を用いる。かかるパターン描画装置を用いてウェハに直接パターン回路を描画することもある。或いは、電子ビーム以外にもレーザービームを用いて描画するレーザービーム描画装置の開発が試みられている。

【0003】

50

そして、多大な製造コストのかかるLSIの製造にとって、歩留まりの向上は欠かせない。しかし、1ギガビット級のDRAM(ランダムアクセスメモリ)に代表されるように、LSIを構成するパターンは、サブミクロンからナノメートルのオーダーになろうとしている。歩留まりを低下させる大きな要因の一つとして、半導体ウェハ上に超微細パターンをフォトリソグラフィ技術で露光、転写する際に使用されるマスクのパターン欠陥があげられる。近年、半導体ウェハ上に形成されるLSIパターン寸法の微細化に伴って、パターン欠陥として検出しなければならない寸法も極めて小さいものとなっている。そのため、LSI製造に使用される転写用マスクの欠陥を検査するパターン検査装置の高精度化が必要とされている。

#### 【0004】

検査手法としては、拡大光学系を用いてリソグラフィマスク等の基板上に形成されているパターンを所定の倍率で撮像した光学画像と、設計データ、あるいは試料上の同一パターンを撮像した光学画像と比較することにより検査を行う方法が知られている。例えば、パターン検査方法として、同一マスク上の異なる場所の同一パターンを撮像した光学画像データ同士を比較する「die to die(ダイ-ダイ)検査」や、パターン設計されたCADデータをマスクにパターンを描画する時に描画装置が入力するための装置入力フォーマットに変換した描画データ(設計パターンデータ)を検査装置に入力して、これをベースに設計画像データ(参照画像)を生成して、それとパターンを撮像した測定データとなる光学画像とを比較する「die to database(ダイ-データベース)検査」がある。かかる検査装置における検査方法では、試料はステージ上に載置され、ステージが動くことによって光束が試料上を走査し、検査が行われる。試料には、光源及び照明光学系によって光束が照射される。試料を透過あるいは反射した光は光学系を介して、センサ上に結像される。センサで撮像された画像は測定データとして比較回路へ送られる。比較回路では、画像同士の位置合わせの後、測定データと参照データとを適切なアルゴリズムに従って比較し、一致しない場合には、パターン欠陥有りと判定する。

#### 【0005】

上述したパターン検査装置では、レーザ光を基板に照射して、その透過像或いは反射像を撮像することにより、光学画像を取得する。これに対して、電子ビームによるマルチビームを基板に照射して、基板から放出される各ビームに対応する2次電子を検出して、パターン像を取得する検査装置の開発も進んでいる(例えば、特許文献1参照)。マルチビームを用いたパターン検査装置では、マルチビーム全体で得られた2次電子画像を参照画像と比較することになる。その際、マルチビームを構成する各ビームに起因して個別に歪みや階調誤差が生じていると本来欠陥でないにも関わらず、欠陥と判定してしまう疑似欠陥が生じ得る。しかし、マルチビームを構成する各ビームについてそのビーム特性等を個別に補正することは困難である。また、マルチビーム全体で得られた画像について補正してもかかる個別な歪みや階調誤差を排除することは困難である。このようなマルチビーム特有な現象に対する対策が十分になされていない。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0006】

【特許文献1】特開2011-155119号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

そこで、本発明の一態様は、電子ビームによるマルチビームを用いたパターン検査においてマルチビーム検査に特有な疑似欠陥を低減可能なパターン検査装置及び方法を提供する。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0008】

本発明の一態様のパターン検査方法は、

10

20

30

40

50

複数の電子ビームが所定のピッチで配置されたマルチビームを用いて、複数の図形パターンが形成された被検査基板上を走査し、マルチビームが照射されたことに起因して被検査基板から放出される、反射電子を含む2次電子群を検出する工程と、

マルチビームのビーム毎に、当該ビームが走査した第1の領域に対応する2次電子の検出信号から得られる第1の領域像の歪みを個別に補正する工程と、

ビーム毎に個別に第1の領域像の歪みが補正された各第1の領域像のデータを用いて、第1の領域よりも大きい第2の領域単位で、第2の領域像の歪みを補正する工程と、

第2の領域像の歪みが補正された被検査画像を、被検査画像と同じ領域の参照画像を用いて比較し、結果を出力する工程と、

を備えたことを特徴とする。

10

【0009】

また、第2の領域単位で、第2の領域像の階調誤差を補正する工程をさらに備えると好適である。

【0010】

また、マルチビームを用いて、校正パターンが形成された校正基板上を走査し、マルチビームが照射されたことに起因して校正基板から放出される、反射電子を含む2次電子群を検出する工程と、

マルチビームのビーム毎に、当該ビームが走査した、第1の領域と同じサイズの校正基板上の第3の領域に対応する2次電子の検出信号から得られる第3の領域像の歪み量を個別に測定する工程と、

をさらに備え、

ビーム毎の第1の領域像は、測定された校正基板上の対応する第3の領域像の歪み量を用いて補正されると好適である。

20

【0011】

また、マルチビームを用いて、被検査基板のパターン種毎のサンプル領域上を走査し、マルチビームが照射されたことに起因して被検査基板から放出される、反射電子を含む2次電子群を検出する工程と、

パターン種毎、かつマルチビームのビーム毎に、当該ビームが走査した、第1の領域と同じサイズのサンプル領域上の第3の領域に対応する2次電子の検出信号から得られる第3の領域像の階調値を個別に測定する工程と、

をさらに備え、

第2の領域像の階調値は、同種のパターンのサンプル領域から得られた対応する複数の第3の領域像の階調値を用いて補正されると好適である。

30

【0012】

本発明の一態様のパターン検査装置は、

複数の図形パターンが形成された被検査基板を載置する移動可能なステージと、

被検査基板に複数の電子ビームが所定のピッチで配置されたマルチビームを照射する電子ビームカラムと、

マルチビームを用いて、被検査基板上を走査し、マルチビームが照射されたことに起因して被検査基板から放出される、反射電子を含む2次電子群を検出する検出器と、

マルチビームのビーム毎に、当該ビームが走査した第1の領域に対応する2次電子の検出信号から得られる第1の領域像の歪みを個別に補正する第1の補正部と、

ビーム毎に個別に第1の領域像の歪みが補正された各第1の領域像のデータを用いて、第1の領域よりも大きい第2の領域単位で、第2の領域像の歪みを補正する第2の補正部と、

第2の領域像の歪みが補正された被検査画像を、被検査画像と同じ領域の参照画像を用いて比較する比較部と、

を備えたことを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0013】

50

本発明の一態様によれば、電子ビームによるマルチビームを用いたパターン検査においてマルチビーム検査に特有な疑似欠陥を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】実施の形態1におけるパターン検査装置の構成を示す構成図である。

【図2】実施の形態1における成形アパーチャアレイ部材の構成を示す概念図である。

【図3】実施の形態1におけるブランキングアパーチャアレイ部の一部を示す上面概念図である。

【図4】実施の形態1におけるスキャン動作の一例を説明するための概念図である。

【図5】実施の形態1におけるマルチビームの照射領域と測定用画素との一例を示す図である。

10

【図6】実施の形態1におけるスキャン動作の細部の一例を説明するための概念図である。

【図7】実施の形態1における歪と階調誤差を説明するための図である。

【図8】実施の形態1におけるパターン検査方法の要部工程を示すフローチャート図である。

【図9】実施の形態1における校正基板の一例を示す図である。

【図10】実施の形態1における個別歪補正の仕方を説明するための図である。

【図11】実施の形態1における拡大歪補正回路の内部構成を示す図である。

【図12】実施の形態1における拡大歪補正の仕方を説明するための図である。

20

【図13】実施の形態1における階調補正回路の内部構成を示す図である。

【図14】実施の形態1における階調補正の仕方を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

実施の形態1.

図1は、実施の形態1におけるパターン検査装置の構成を示す構成図である。図1において、基板に形成されたパターンを検査する検査装置100は、マルチ電子ビーム検査装置の一例である。検査装置100は、光学画像取得部150、及び制御系回路160（制御部）を備えている。光学画像取得部150は、電子ビームカラム102（電子鏡筒）、検査室103、検出回路106、ストライプパターンメモリ123、及びレーザ測長システム122を備えている。電子ビームカラム102内には、電子銃201、照明レンズ202、成形アパーチャアレイ部材203、ブランキングアパーチャアレイ部204、縮小レンズ205、制限アパーチャ部材206、対物レンズ207、偏向器208、偏向器224、及び検出器222が配置されている。

30

【0016】

検査室103内には、少なくともXY方向に移動可能なXYステージ105が配置される。XYステージ105上には、検査対象となる複数の図形パターンが形成された基板101が配置される。基板101には、上述したように、露光用マスクやシリコンウェハ等の半導体基板が含まれる。基板101は、例えば、パターン形成面を上側に向けてXYステージ105に配置される。また、XYステージ105上には、検査室103の外部に配置されたレーザ測長システム122から照射されるレーザ測長のレーザ光を反射するミラー216が配置されている。検出器222は、電子ビームカラム102の外部で検出回路106に接続される。検出回路106は、ストライプパターンメモリ123に接続される。

40

【0017】

制御系回路160では、コンピュータとなる制御計算機110が、バス120を介して、位置回路107、比較回路108、展開回路111、参照回路112、ステージ制御回路114、レンズ制御回路124、ブランキング制御回路126、偏向制御回路128、個別歪補正回路140、拡大歪補正回路142、階調補正回路146、磁気ディスク装置等の記憶装置109、モニタ117、メモリ118、及びプリンタ119に接続されてい

50

る。また、ストライプパターンメモリ123は、個別歪補正回路140に接続されている。また、XYステージ105は、制御計算機110の制御の下にステージ制御回路114により駆動される。X方向、Y方向、 $\theta$ 方向に駆動する3軸(X-Y- $\theta$ )モータの様な駆動系によって移動可能となっている。これらの、図示しないXモータ、Yモータ、 $\theta$ モータは、例えばステップモータを用いることができる。XYステージ105は、XY各軸のモータによって水平方向及び回転方向に移動可能である。そして、XYステージ105の移動位置はレーザ測長システム122により測定され、位置回路107に供給される。レーザ測長システム122は、ミラー216からの反射光を受光することによって、レーザ干渉法の原理でXYステージ105の位置を測長する。

#### 【0018】

電子銃201には、図示しない高圧電源回路が接続され、電子銃201内の図示しないカソードとアノード間への高圧電源回路からの加速電圧の印加と共に、所定のバイアス電圧の印加と所定の温度のカソードの加熱によって、カソードから放出された電子群が加速させられ、電子ビームとなって放出される。照明レンズ202、縮小レンズ205、及び対物レンズ207は、例えば電子レンズが用いられ、共にレンズ制御回路124によって制御される。ブランキングアパーチャアレイ部204には、後述するように複数の個別ブランキング機構が配置され、各個別ブランキング機構への制御信号は、ブランキング制御回路126から出力される。偏向器208は、少なくとも4極の電極群により構成され、偏向制御回路128によって制御される。偏向器224は、少なくとも2極の電極群により構成され、偏向制御回路128によって制御される。

#### 【0019】

基板101が露光用マスクの場合には、例えば、電子ビーム描画装置等の図示しない描画装置で露光用マスクに複数の図形パターンを形成する際に、かかる描画装置で用いた描画データが検査装置500の外部から入力され、記憶装置109に格納される。基板101が半導体基板の場合には、半導体基板に露光用マスクのマスクパターンを露光転写する際の基板上の露光イメージが定義された露光イメージデータが検査装置500の外部から入力され、記憶装置109に格納される。露光イメージデータは、例えば、図示しない空間像撮像装置によって作成されればよい。

#### 【0020】

ここで、図1では、実施の形態1を説明する上で必要な構成を記載している。検査装置100にとって、通常、必要なその他の構成を備えていても構わない。

#### 【0021】

図2は、実施の形態1における成形アパーチャアレイ部材の構成を示す概念図である。図2において、成形アパーチャアレイ部材203には、2次元状の横(x方向) $n_3$ 列×縦(y方向) $m_3$ 列( $n_3, m_3$ は一方が1以上の整数、他方が2以上の整数)の穴(開口部)22が所定の配列ピッチでマトリクス状に形成されている。図2では、例えば、横縦(x, y方向)に512×512列の穴22が形成される。各穴22は、共に同じ寸法形状の矩形で形成される。或いは、同じ外径の円形であっても構わない。これらの複数の穴22を電子ビーム200の一部がそれぞれ通過することで、マルチビーム20が形成されることになる。ここでは、横縦(x, y方向)が共に2列以上の穴22が配置された例を示したが、これに限るものではない。例えば、横縦(x, y方向)どちらか一方が複数列で他方は1列だけであっても構わない。また、穴22の配列の仕方は、図9のように、横縦が格子状に配置される場合に限るものではない。例えば、縦方向(y方向)k段目の列と、k+1段目の列の穴同士が、横方向(x方向)に寸法aだけずれて配置されてもよい。同様に、縦方向(y方向)k+1段目の列と、k+2段目の列の穴同士が、横方向(x方向)に寸法bだけずれて配置されてもよい。

#### 【0022】

図3は、実施の形態1におけるブランキングアパーチャアレイ部の一部を示す上面概念図である。なお、図3において、電極24, 26と制御回路41の位置関係は一致させて記載していない。ブランキングアパーチャアレイ部204は、図3に示すように、図2に

10

20

30

40

50

示した成形アパーチャアレイ部材203の各穴22に対応する位置にマルチビームのそれぞれのビームの通過用の通過孔25（開口部）が開口される。そして、各通過孔25の近傍位置に、該当する通過孔25を挟んでブランキング偏向用の電極24, 26の組（ブランカー：ブランキング偏向器）がそれぞれ配置される。また、各通過孔25の近傍には、各通過孔25用の例えば電極24に偏向電圧を印加する制御回路41（ロジック回路）が配置される。各ビーム用の2つの電極24, 26の他方（例えば、電極26）は、グランド接続される。また、各制御回路41は、制御信号用の例えば1ビットの配線が接続される。各制御回路41は、例えば1ビットの配線の他、クロック信号線および電源用の配線等が接続される。マルチビームを構成するそれぞれのビーム毎に、電極24, 26と制御回路41とによる個別ブランキング機構47が構成される。ブランキング制御回路526から各制御回路41用の制御信号が出力される。各制御回路41内には、図示しないシフトレジスタが配置され、例えば、 $n_3 \times m_3$ 本のマルチビームの1列分の制御回路内のシフトレジスタが直列に接続される。そして、例えば、 $n_3 \times m_3$ 本のマルチビームの1列分の制御信号がシリーズで送信され、例えば、 $n_3$ 回のクロック信号によって各ビームの制御信号が対応する制御回路41に格納される。

10

#### 【0023】

各通過孔を通過する電子ビーム20は、それぞれ独立に対となる2つの電極24, 26に印加される電圧によって偏向される。かかる偏向によってブランキング制御される。マルチビームのうちの対応ビームをそれぞれブランキング偏向する。このように、複数のブランカーが、成形アパーチャアレイ部材203の複数の穴22（開口部）を通過したマルチビームのうち、それぞれ対応するビームのブランキング偏向を行う。

20

#### 【0024】

次に検査装置100における光学画像取得部550の動作について説明する。電子銃201（放出部）から放出された電子ビーム200は、照明レンズ202によりほぼ垂直に成形アパーチャアレイ部材203全体を照明する。成形アパーチャアレイ部材203には、矩形の複数の穴（開口部）が形成され、電子ビーム200は、すべての複数の穴が含まれる領域を照明する。複数の穴の位置に照射された電子ビーム200の各一部が、かかる成形アパーチャアレイ部材203の複数の穴をそれぞれ通過することによって、例えば矩形形状の複数の電子ビーム（マルチビーム）20a～eが形成される。かかるマルチビーム20a～eは、ブランキングアパーチャアレイ部204のそれぞれ対応するブランカー（第1の偏向器：個別ブランキング機構）内を通過する。かかるブランカーは、それぞれ、個別に通過する電子ビーム20を偏向する（ブランキング偏向を行う）。

30

#### 【0025】

ブランキングアパーチャアレイ部204を通過したマルチビーム20a～eは、縮小レンズ205によって、縮小され、制限アパーチャ部材206に形成された中心の穴に向かって進む。ここで、ブランキングアパーチャアレイ部204のブランカーによって偏向された電子ビーム20は、制限アパーチャ部材206の中心の穴から位置がはずれ、制限アパーチャ部材206によって遮蔽される。一方、ブランキングアパーチャアレイ部204のブランカーによって偏向されなかった電子ビーム20は、図1に示すように制限アパーチャ部材206の中心の穴を通過する。かかる個別ブランキング機構のON/OFFによって、ブランキング制御が行われ、ビームのON/OFFが制御される。このように、制限アパーチャ部材206は、個別ブランキング機構によってビームOFFの状態になるように偏向された各ビームを遮蔽する。そして、ビーム毎に、ビームONになってからビームOFFになるまでに形成された、制限アパーチャ部材206を通過したビームにより、1回分のショットのビームが形成される。制限アパーチャ部材206を通過したマルチビーム20は、対物レンズ207により焦点が合わされ、所望の縮小率のパターン像となり、偏向器208によって、制限アパーチャ部材206を通過した各ビーム（マルチビーム20全体）が同方向に一括して偏向され、各ビームの基板101上のそれぞれの照射位置に照射される。一度に照射されるマルチビーム20は、理想的には成形アパーチャアレイ部材203の複数の穴の配列ピッチに上述した所望の縮小率を乗じたピッチで並ぶことに

40

50

なる。このように、電子ビームカラム 102 は、一度に 2 次元状の  $n_3 \times m_3$  本のマルチビーム 20 を基板 101 に照射する。基板 101 の所望する位置にマルチビーム 20 が照射されたことに起因して基板 101 から放出される、マルチビーム 20 の各ビームに対応する反射電子を含む 2 次電子 300 の束となる 2 次電子群 310 は、共に、偏向器 224 によって検出器 222 側に偏向され、検出器 222 に入射することによって検出される。2 次電子群 310 は、照射用のマルチビーム 20 に比べて運動エネルギーが小さい。そのため、偏向器 224 は、弱い電場を生じさせることで、大きな加速電圧によって加速させられている照射用のマルチビーム 20 を偏向させずに、照射用のマルチビーム 20 に比べて運動エネルギーが小さい 2 次電子群 310 だけを偏向させることができる。

#### 【0026】

図 4 は、実施の形態 1 におけるスキャン動作の一例を説明するための概念図である。図 4 に示すように、基板 101 の検査領域 30 は、例えば、y 方向に向かって所定の幅で短冊状の複数のストライプ領域 32 に仮想分割される。例えば、一回のマルチビーム 20 全体の照射で照射可能な照射領域 34 と同じ幅で短冊状の複数のストライプ領域 32 に仮想分割される。まず、XY ステージ 105 を移動させて、第 1 番目のストライプ領域 32 の左端、或いはさらに左側の位置に一回のマルチビーム 20 の照射で照射可能な照射領域 34 が位置するように調整し、スキャン動作が開始される。実施の形態 1 では、例えば、ステップアンドリピート動作を繰り返すことで、照射領域 34 を x 方向に照射領域 34 の幅で順次ずらしながら当該照射領域 34 を走査していく。第 1 番目のストライプ領域 32 をスキャンする際には、XY ステージ 105 を例えば -x 方向に移動させることにより、相対的に x 方向へとスキャン動作を進めていく。第 1 番目のストライプ領域 32 の検査用のマルチビーム照射が終了したら、ステージ位置を -y 方向に移動させて、第 2 番目のストライプ領域 32 の右端、或いはさらに右側の位置に照射領域 34 が相対的に y 方向に位置するように調整し、今度は、XY ステージ 105 を例えば x 方向に移動させることにより、-x 方向に向かって同様にマルチビーム照射を行う。第 3 番目のストライプ領域 32 では、x 方向に向かってマルチビーム照射し、第 4 番目のストライプ領域 32 では、-x 方向に向かってマルチビーム照射するといったように、交互に向きを変えながら走査することで検査時間を短縮できる。但し、かかる交互に向きを変えながら走査する場合に限らず、各ストライプ領域 32 を描画する際、同じ方向に向かって走査を進めるようにしても構わない。1 回のショットでは、成形アパーチャアレイ部材 203 の各穴 22 を通過することによって形成されたマルチビームによって、最大で各穴 22 と同数の複数のショットに応じた 2 次電子の束による 2 次電子群 310 が一度に検出される。

#### 【0027】

図 5 は、実施の形態 1 におけるマルチビームの照射領域と測定用画素との一例を示す図である。図 5 において、ストライプ領域 32 は、例えば、マルチビームのビームサイズでメッシュ状の複数のメッシュ領域に分割される。かかる各メッシュ領域が、測定用画素 36 (単位照射領域) となる。図 5 の例では、基板 101 の検査領域が、例えば y 方向に、1 回のマルチビーム 20 の照射で照射可能な照射領域 34 (描画フィールド) のサイズと実質同じ幅サイズで複数のストライプ領域 32 に分割された場合を示している。なお、ストライプ領域 32 の幅は、これに限るものではない。照射領域 34 の  $n_4$  倍 ( $n_4$  は 1 以上の整数) のサイズであると好適である。図 5 の例では、512 × 512 列のマルチビームの場合を示している。そして、照射領域 34 内に、1 回のマルチビーム 20 の照射で照射可能な複数の測定用画素 28 (1 ショット時のビームの照射位置) が示されている。言い換えれば、隣り合う測定用画素 28 間のピッチがマルチビームの各ビーム間のピッチとなる。図 5 の例では、隣り合う 4 つの測定用画素 28 で囲まれると共に、4 つの測定用画素 28 のうちの 1 つの測定用画素 28 を含む正方形の領域で 1 つのグリッド 29 を構成する。図 5 の例では、各グリッド 29 は、4 × 4 画素で構成される場合を示している。

#### 【0028】

図 6 は、実施の形態 1 におけるスキャン動作の細部の一例を説明するための概念図である。図 6 では、ある 1 つの照射領域 34 を走査する場合の一例を示している。1 つの照射

10

20

30

40

50

領域 3 4 内には、 $x, y$  方向に (2 次元状に)  $n_1 \times m_1$  個のグリッド 2 9 が配列される。1 つの照射領域 3 4 にマルチビーム 2 0 が照射可能な位置に XY ステージ 1 0 5 を移動させたら、その位置で XY ステージ 1 0 5 を停止させ、当該照射領域 3 4 の走査 (スキャン動作) を行う。マルチビーム 2 0 を構成する各ビームは、互いに異なるいずれかのグリッド 2 9 を担当することになる。そして、各ショット時に、各ビームは、担当グリッド 2 9 内の同じ位置に相当する 1 つの測定用画素 2 8 を照射することになる。図 6 の例では、各ビームは、1 ショット目に担当グリッド 2 9 内の最下段の右から 1 番目の測定用画素 3 6 を照射する。そして、偏向器 2 0 8 によってマルチビーム 2 0 全体を一括して  $y$  方向に 1 測定用画素 3 6 分だけビーム偏向位置をシフトさせ、2 ショット目に担当グリッド 2 9 内の下から 2 段目の右から 1 番目の測定用画素 3 6 を照射する。同様に、3 ショット目に担当グリッド 2 9 内の下から 3 段目の右から 1 番目の測定用画素 3 6 を照射する。4 ショット目に担当グリッド 2 9 内の下から 4 段目の右から 1 番目の測定用画素 3 6 を照射する。次に、偏向器 2 0 8 によってマルチビーム 2 0 全体を一括して最下段の右から 2 番目の測定用画素 3 6 の位置にビーム偏向位置をシフトさせ、同様に、 $y$  方向に向かって、測定用画素 3 6 を順に照射していく。かかる動作を繰り返し、1 つのビームで 1 つのグリッド 2 9 内のすべての測定用画素 3 6 を順に照射していく。

#### 【 0 0 2 9 】

以上のように、マルチビーム 2 0 全体では、照射領域 3 4 を走査することになるが、各ビームは、それぞれ対応する 1 つのグリッド 2 9 を走査することになる。そして、1 つの照射領域 3 4 の走査 (スキャン) が終了すると、隣接する次の照射領域 3 4 の走査 (スキャン) を行う。かかる動作を繰り返し、各ストライプ領域 3 2 の走査を進めていく。マルチビーム 2 0 のショットにより、その都度、照射された測定用画素 3 6 から 2 次電子群 3 1 0 が放出され、検出器 2 2 2 にて検出される。

#### 【 0 0 3 0 】

以上のようにして検出器 4 2 2 によって検出された各測定用画素 3 6 からの 2 次電子 3 0 0 の検出データは、測定順に検出回路 1 0 6 に出力される。検出回路 1 0 6 内では、図示しない A / D 変換器によって、アナログの検出データがデジタルデータに変換され、ストライプパターンメモリ 1 2 3 に格納される。そして、1 つのストライプ領域 3 2 分の検出データが蓄積された段階で、ストライプパターンデータとして個別歪補正回路 1 4 0 に転送される。或いは、1 つの照射領域 3 4 分の検出データが蓄積された段階で、照射領域パターンデータとして個別歪補正回路 1 4 0 に転送されても良い。

#### 【 0 0 3 1 】

以上のようにマルチビーム 2 0 を用いて走査することで、シングルビームで走査する場合よりも高速にスキャン動作 (測定) ができる。

#### 【 0 0 3 2 】

図 7 は、実施の形態 1 における歪と階調誤差を説明するための図である。1 つの照射領域 3 4 内での各ビームの走査によって、グリッド 2 9 毎に、各測定用画素 3 6 からの 2 次電子 3 0 0 を検出することになる。よって、グリッド 2 9 毎に、グリッド 2 9 内の各測定用画素 3 6 の検出データから画像が得られる。しかし、グリッド 2 9 毎にそれぞれ使用するビームが異なるために、グリッド 2 9 毎に得られるグリッド画像には、図 7 に示すように、ディストーション (歪) のばらつきや、階調変動 ( $S$  から  $S'$ ) による階調誤差のばらつきが生じる。後述するように、パターン検査は、照射領域 3 4 毎に行う。各照射領域 3 4 は、複数のグリッド 2 9 により構成されるので、グリッド画像毎にディストーション (歪) のばらつきや階調誤差のばらつきが生じると、本来欠陥でないにも関わらず欠陥と判定されてしまう疑似欠陥が生じてしまう。このように、マルチビーム 2 0 を用いたパターン検査では、マルチビーム検査に特有な疑似欠陥が発生し得る。

#### 【 0 0 3 3 】

ここで、グリッド 2 9 単位 (A 領域単位) で画像のディストーション (歪) 補正や階調誤差補正を行っても、照射領域 3 4 単位 (S 領域単位) での画像にディストーション (歪) や階調誤差が残ってしまう。逆に、照射領域 3 4 単位 (S 領域単位) で画像のディスト

10

20

30

40

50

ーション（歪）補正や階調誤差補正を行うと各ビーム特有の誤差を十分に補正することが困難である。そこで、実施の形態 1 では、グリッド 29 単位（A 領域単位）で画像のディストーション（歪）補正を行い、その上で、さらに、グリッド 29 単位（A 領域単位）よりも大きい領域単位（B 領域単位）でディストーション（歪）の補正残差を補正する。かかる補正により、パターン位置を変化させた上で、グリッド 29 単位（A 領域単位）よりも大きい領域単位（B 領域単位）で階調誤差を補正する。このように領域サイズの異なる複数の領域単位で複数段階の補正を実施することで、より精度の高い画像に補正する。

#### 【0034】

図 8 は、実施の形態 1 におけるパターン検査方法の要部工程を示すフローチャート図である。図 8 において、実施の形態 1 におけるパターン検査方法は、ディストーション（歪）校正データ取得工程（S90）と、階調校正データ取得工程（S96）と、マルチビームスキャン及び 2 次電子検出工程（S102）と、個別歪補正工程（S104）と、位置合わせ工程（S108）と、判定工程（S110）と、拡大ディストーション補正工程（S112）と、階調補正（1）工程（S114）と、位置合わせ工程（S116）と、代表ポイント設定工程（S118）と、階調差演算工程（S120）と、判定工程（S122）と、代表ポイント変更工程（S124）と、階調補正（2）工程（S126）と、比較工程（S130）と、という一連の工程を実施する。

10

#### 【0035】

ディストーション（歪）校正データ取得工程（S90）と、階調校正データ取得工程（S96）は、検査実施前に、事前にデータを取得しておく。また、マルチビームスキャン及び 2 次電子検出工程（S102）以降の各工程は、照射領域 34 毎に実施する。

20

#### 【0036】

ディストーション（歪）校正データ取得工程（S90）として、校正基板を用いて、グリッド 29 毎のディストーション（歪）データを測定する。具体的には、以下のように測定する。

#### 【0037】

図 9 は、実施の形態 1 における校正基板の一例を示す図である。図 9 において、校正基板 300 には、x 方向に並ぶグリッド 29 のサイズよりも小さい線幅のラインアンドスペースパターンと、y 方向に並ぶグリッド 29 のサイズよりも小さい線幅のラインアンドスペースパターンと、グリッド 29 のサイズよりも小さい線幅の複数の矩形パターン（例えばホールパターン）との少なくとも 1 つが形成される。これら 3 種のパターンが 1 枚の校正基板 300 に形成されても良いし、別々の校正基板に形成されてもよい。以下、別々の校正基板に形成される場合について説明する。図 9 では、検査対象の基板 101 のグリッド 29（第 1 の領域）と同じサイズの校正基板 300 上のグリッド 301 毎の画像を取得する。

30

#### 【0038】

まず、マルチビーム 20 を用いて、校正パターンが形成された校正基板上を走査し、マルチビーム 20 が照射されたことに起因して校正基板から放出される、反射電子を含む 2 次電子群を検出する。例えば、x 方向に並ぶグリッド 29 のサイズよりも小さい線幅のラインアンドスペースパターンが照射領域 34 よりも大きな領域（例えば検査領域 30 全体）に配置された校正基板（1）を用いて、校正基板（1）上を上述した内容と同様にマルチビーム 20 でスキャンして、各グリッド 29 の 2 次電子検出データを取得する。

40

#### 【0039】

同様に、y 方向に並ぶグリッド 29 のサイズよりも小さい線幅のラインアンドスペースパターンが照射領域 34 よりも大きな領域（例えば検査領域 30 全体）に配置された校正基板（2）を用いて、校正基板（2）上を上述した内容と同様にマルチビーム 20 でスキャンして、各グリッド 29 の 2 次電子検出データを取得する。

#### 【0040】

同様に、例えば、グリッド 29 のサイズよりも小さい線幅の複数の矩形パターン（例えばホールパターン）が照射領域 34 よりも大きな領域（例えば検査領域 30 全体）に配置

50

された校正基板(3)を用いて、校正基板(3)上を上述した内容と同様にマルチビーム20でスキャンして、各グリッド29の2次電子検出データを取得する。

【0041】

次に、マルチビーム20のビーム毎に、当該ビームが走査した、グリッド29(第1の領域)と同じサイズの校正基板上のグリッド301(第3の領域)に対応する2次電子の検出信号から得られるグリッド画像(第3の領域像)の歪み量を個別に測定する。具体的には、図示しない位置測定装置を用いて、校正基板(1)上に形成されたラインアンドスペースパターンの位置を測定する。そして、得られたグリッド画像(第3の領域像)内のパターンの位置から位置測定装置で測定されたパターンの位置を差し引くことで得られる差分値が、当該グリッド301におけるx方向に並ぶラインアンドスペースパターンのディストーション(歪)量となる。かかる量のディストーション(歪)を補正する値がx方向に並ぶラインアンドスペースパターンのディストーション(歪)データになる。

10

【0042】

同様に、図示しない位置測定装置を用いて、校正基板(2)上に形成されたラインアンドスペースパターンの位置を測定する。そして、得られたグリッド画像(第3の領域像)内のパターンの位置から位置測定装置で測定されたパターンの位置を差し引くことで得られる差分値が、当該グリッド301におけるy方向に並ぶラインアンドスペースパターンのディストーション(歪)量となる。かかる量のディストーション(歪)を補正する値がy方向に並ぶラインアンドスペースパターンのディストーション(歪)データになる。

【0043】

20

同様に、図示しない位置測定装置を用いて、校正基板(3)上に形成された複数の矩形パターンの位置を測定する。そして、グリッド画像内のパターンの位置から位置測定装置で測定されたパターンの位置を差し引くことで得られる差分値が、当該グリッド301における矩形パターンのディストーション(歪)量となる。かかる量のディストーション(歪)を補正する値が矩形パターンのディストーション(歪)データになる。以上により、マルチビーム20特有の各ビーム位置でのディストーション(歪)データを取得できる。

【0044】

そして、グリッド301(グリッド29)のサイズに合わせた複数のメッシュ領域の対応する位置のメッシュ領域に、得られたディストーション(歪)データを定義したディストーション(歪)データマップを作成する。よって、1つのメッシュ領域には、x方向に並ぶラインアンドスペースパターンのディストーション(歪)データと、y方向に並ぶラインアンドスペースパターンのディストーション(歪)データと、矩形パターンのディストーション(歪)データとがそれぞれ定義される。作成されたディストーション(歪)データマップは、検査装置100に入力され、記憶装置109に格納される。

30

【0045】

階調校正データ取得工程(S96)として、検査対象となる基板101を用いて、グリッド29毎の階調値データを測定する。具体的には、以下のように測定する。

【0046】

まず、マルチビーム20を用いて、被検査基板101のパターン種毎の照射領域34以上のサイズのサンプル領域上を走査し、マルチビーム20が照射されたことに起因して被検査基板101から放出される、反射電子を含む2次電子群を検出する。被検査基板101には、少なくとも1つのパターン種、通常、複数のパターン種のパターンが形成される。そして、通常、同じパターン種のパターンはまとまって形成される。言い換えれば、被検査基板101の検査領域30はパターン種毎に分かれる場合が一般的である。そして、照射領域34を1つのパターン種内に設定した場合、照射領域34の2次電子画像は、同じパターン種内であれば概ね同じ画像になる。言い換えれば、パターン種内であれば各照射領域34間の対応グリッドの階調値同士は概ね同じ値を取る。よって、パターン種毎の照射領域34以上のサイズのサンプル領域で照射領域34の2次電子画像が得られれば、パターン種毎に、照射領域34内で得られるはずの各グリッドの階調値を取得できる。但し、1回のスキャン動作では、誤差が含まれる可能性が高いため、複数回のスキャンによ

40

50

る 2 次電子群を検出する。

【 0 0 4 7 】

そして、パターン種毎、かつマルチビーム 2 0 のビーム毎に、当該ビームが走査した、グリッド 2 9 ( 第 1 の領域 ) と同じサイズのサンプル領域上のグリッド ( 第 3 の領域 ) に対応する 2 次電子の検出信号から得られるグリッド像 ( 第 3 の領域像 ) の階調値を個別に測定する。上述したように、1 回のスキャン動作では、誤差が含まれる可能性が高いので、複数回のスキャンで得られた値のグリッド毎の検出データの階調値の平均値を各グリッドの階調校正データとする。以上により、例えば、x 方向に並ぶラインアンドスペースパターンの階調校正データと、y 方向に並ぶラインアンドスペースパターンの階調校正データと、矩形パターンの階調校正データとが取得される。

10

【 0 0 4 8 】

そして、グリッド 2 9 サイズに合わせた複数のメッシュ領域の対応する位置のメッシュ領域に、得られた階調校正データを定義した階調校正データマップを作成する。よって、1 つのメッシュ領域には、x 方向に並ぶラインアンドスペースパターンの階調校正データと、y 方向に並ぶラインアンドスペースパターンの階調校正データと、矩形パターンの階調校正データとがそれぞれ定義される。作成された階調校正データマップは、検査装置 1 0 0 に入力され、記憶装置 1 0 9 に格納される。

【 0 0 4 9 】

以上の事前測定を行って、ディストーション ( 歪 ) データマップと階調校正データマップとを作成した上で、被検査基板 1 0 1 の検査を行う。

20

【 0 0 5 0 】

マルチビームスキャン及び 2 次電子検出工程 ( S 1 0 2 ) として、光学画像取得部 1 5 0 は、複数の電子ビームが所定のピッチ P で配置されたマルチビーム 2 0 を用いて、複数の図形パターンが形成された被検査基板 1 0 1 上を走査し、マルチビーム 2 0 が照射されたことに起因して被検査基板 1 0 1 から放出される、反射電子を含む 2 次電子群 3 1 0 を検出する。走査 ( スキャン ) の仕方、及び 2 次電子群 3 1 0 の検出の仕方は上述した通りである。検出器 4 2 2 によって検出された各測定用画素 3 6 からの 2 次電子 3 0 0 の検出データは、測定順に検出回路 1 0 6 に出力される。検出回路 1 0 6 内では、図示しない A / D 変換器によって、アナログの検出データがデジタルデータに変換され、ストライブパターンメモリ 1 2 3 に格納される。そして、1 つのストライブ領域 3 2 分の検出データが蓄積された段階で、ストライブパターンデータとして個別歪補正回路 1 4 0 に転送される。或いは、1 つの照射領域 3 4 分の検出データが蓄積された段階で、照射領域パターンデータとして個別歪補正回路 1 4 0 に転送されても良い。

30

【 0 0 5 1 】

一方、マルチビームスキャン及び 2 次電子検出工程 ( S 1 0 2 ) と並行或いは前後して、参照画像が作成される。

【 0 0 5 2 】

参照画像作成工程として、展開回路 1 1 1 及び参照回路 1 1 2 といった参照画像作成部は、基板 1 0 1 が露光用マスクの場合には、複数の図形パターンを基板 1 0 1 に形成するための元になる描画データ ( 設計データ ) に基づいて、グリッド 2 9 の測定画像 ( 光学画像 ) に対応する領域の参照画像を作成する。展開回路 1 1 1 及び参照回路 1 1 2 といった参照画像作成部は、基板 1 0 1 が半導体基板の場合には、半導体基板に露光用マスクのマスクパターンを露光転写する際の基板上の露光イメージが定義された露光イメージデータに基づいて、グリッド 2 9 の測定画像 ( 光学画像 ) に対応する領域の参照画像を作成する。ここでは、複数の測定画像領域 2 1 に応じた複数の参照画像 ( 設計画像 ) が作成される。具体的には、以下のように動作する。まず、展開回路 1 1 1 は、記憶装置 1 0 9 から制御計算機 1 1 0 を通して描画データ ( 或いは露光イメージデータ ) を読み出し、読み出された描画データ ( 或いは露光イメージデータ ) に定義された各照射領域 3 4 の各図形パターンを 2 値ないしは多値のイメージデータに変換して、このイメージデータが参照回路 1 1 2 に送られる。

40

50

## 【 0 0 5 3 】

ここで、描画データ（或いは露光イメージデータ）に定義される図形は、例えば長方形や三角形を基本図形としたもので、例えば、図形の基準位置における座標（ $x$ 、 $y$ ）、辺の長さ、長方形や三角形等の図形種を区別する識別子となる図形コードといった情報で各パターン図形の形、大きさ、位置等を定義した図形データが格納されている。

## 【 0 0 5 4 】

かかる図形データとなる描画データ（或いは露光イメージデータ）が展開回路 1 1 1 に入力されると図形ごとのデータにまで展開し、その図形データの図形形状を示す図形コード、図形寸法などを解釈する。そして、所定の量子化寸法のグリッドを単位とするマス目内に配置されるパターンとして 2 値ないしは多値の設計画像データを展開し、出力する。言い換えれば、設計データを読み込み、検査領域を所定の寸法を単位とするマス目として仮想分割してできたマス目毎に設計パターンにおける図形が占める占有率を演算し、 $n$  ビットの占有率データを出力する。例えば、1 つのマス目を 1 画素として設定すると好適である。そして、1 画素に  $1 / 2^8$ （ $= 1 / 256$ ）の分解能を持たせるとすると、画素内に配置されている図形の領域分だけ  $1 / 256$  の小領域を割り付けて画素内の占有率を演算する。そして、8 ビットの占有率データとして参照回路 1 1 2 に出力する。かかるマス目は、測定用画素 3 6 と同サイズにすればよい。

## 【 0 0 5 5 】

次に、参照回路 1 1 2 は、送られてきた図形のイメージデータである設計画像データに適切なフィルタ処理を施す。検出回路 1 0 6 から得られた光学画像としての測定データは、電子光学系によってフィルタが作用した状態、言い換えれば連続変化するアナログ状態にあるため、画像強度（濃淡値）がデジタル値の設計側のイメージデータである設計画像データにもフィルタ処理を施すことにより、測定データに合わせることが出来る。このようにしてグリッド 2 9 の測定画像（光学画像）と比較する設計画像（参照画像）を作成する。作成された参照画像の画像データは拡大歪補正回路 1 4 2 及び階調補正回路 1 4 6 に出力され、拡大歪補正回路 1 4 2 内及び階調補正回路 1 4 6 内に出力された参照画像は、それぞれメモリに格納される。

## 【 0 0 5 6 】

以上のようにして、位置が異なる複数のグリッド 2 9 にそれぞれ複数の図形パターンが定義された設計データ等に基づく、複数のグリッド 2 9 に応じた、複数の図形パターンの複数の参照画像を作成する。これにより、基板 1 0 1 から検出された各検査ストライプ 3 2 の複数のグリッド 2 9 の測定画像に対応する、複数の参照画像が作成される。

## 【 0 0 5 7 】

個別ディストーション補正工程（S 1 0 4）として、個別歪補正回路 1 4 0 は、マルチビーム 2 0 のビーム毎に、当該ビームが走査したグリッド 2 9（第 1 の領域）に対応する 2 次電子の検出信号から得られるグリッド画像（第 1 の領域像）の歪みを個別に補正する。

## 【 0 0 5 8 】

図 1 0 は、実施の形態 1 における個別歪補正の仕方を説明するための図である。個別歪補正回路 1 4 0 は、グリッド 2 9 毎に、2 次電子の検出信号から当該グリッド 2 9 内のパターン 2 7 の画像（グリッド画像）を作成する。ビーム毎のグリッド画像（第 1 の領域像）は、測定された校正基板上の対応するグリッド画像（第 3 の領域像）の歪み量を用いて補正される。具体的には、個別歪補正回路 1 4 0 は、記憶装置 1 0 9 からディストーション（歪）データマップを読み出し、グリッド 2 9（第 1 の領域）毎に、ディストーション（歪）データマップ上の同じパターン種の対応するグリッド画像（第 3 の領域像）の校正データの値だけ、当該グリッド 2 9 内のパターン 2 7 の画像の位置を補正する。図 1 0 の例では、例えば、校正データが、 $x$  方向に「 $-10$ 」であれば、当該グリッド 2 9 内のパターン 2 7 の位置を  $x$  方向に  $-10$  nm 移動させる。これにより、グリッド 2 9 毎の個別歪補正ができる。パターン種の判断は、記憶装置 1 0 9 に格納された描画データ或いは露光イメージデータを用いて、当該グリッド 2 9 でのパターン種を判定すればよい。グリッ

10

20

30

40

50

ド 2 9 毎の個別歪補正が終了したストライプ領域 3 2 単位 ( 或いは照射領域 3 4 単位 ) の検出データは、拡大歪補正回路 1 4 2 に出力される。

【 0 0 5 9 】

図 1 1 は、実施の形態 1 における拡大歪補正回路の内部構成を示す図である。図 1 1 において、拡大歪補正回路 1 4 2 内には、磁気ディスク装置等の記憶装置 5 0 , 5 2、位置合わせ部 5 8、判定部 6 0、及び拡大歪補正部 6 2 が配置される。記憶装置 5 0 には、グリッド 2 9 毎の個別歪補正が終了したストライプ領域 3 2 単位 ( 或いは照射領域 3 4 単位 ) の検出データ ( グリッド画像 ) が格納される。記憶装置 5 2 には、グリッド 2 9 毎の参照画像データが格納される。

【 0 0 6 0 】

位置合わせ工程 ( S 1 0 8 ) として、位置合わせ部 5 8 は、記憶装置 5 0 から個別歪補正が終了したグリッド画像を読み出し、記憶装置 5 2 から対応する参照画像を読み出す。そして、グリッド 2 9 毎に、個別歪補正が終了したグリッド画像と、対応する参照画像とを所定のアルゴリズムで位置合わせを行う。例えば、最小 2 乗法 ( S S D 法 ) を用いて位置合わせを行う。位置合わせは、測定用画素 3 6 よりも小さいサブ画素単位で位置合わせを行うと好適である。

【 0 0 6 1 】

判定工程 ( S 1 1 0 ) として、判定部 6 0 は、グリッド 2 9 毎に、位置合わせ工程 ( S 1 0 8 ) により位置合わせした結果、参照画像とのずれの有無を判定する。個別歪補正が終了したにもかかわらず、いずれかのグリッド 2 9 にずれが生じている場合には、拡大ディストーション補正工程 ( S 1 1 2 ) に進む。ストライプ領域 3 2 単位 ( 或いは照射領域 3 4 単位 ) ですべてのグリッド 2 9 にずれが生じていない場合には、位置合わせ工程 ( S 1 1 4 ) に進む。

【 0 0 6 2 】

拡大ディストーション補正工程 ( S 1 1 2 ) として、拡大歪補正部 6 2 は、マルチビーム 2 0 のビーム毎に個別にグリッド画像 ( 第 1 の領域像 ) の歪みが補正された各グリッド画像 ( 第 1 の領域像 ) のデータを用いて、グリッド 2 9 ( 第 1 の領域 ) よりも大きい合成領域 3 7 ( 第 2 の領域 ) 単位で、合成領域画像 ( 第 2 の領域像 ) の歪みを補正する。図 6 に示したように、照射領域 3 4 内の  $n_1 \times m_1$  個のグリッド 2 9 は、 $x, y$  方向に ( 2 次元状に )  $n_2 \times m_2$  個の隣接するグリッド 2 9 群毎にグループ化される。そして、グループ化された  $n_2 \times m_2$  個の隣接するグリッド 2 9 群毎に 1 つの合成領域 3 7 ( B ) を構成する。

【 0 0 6 3 】

図 1 2 は、実施の形態 1 における拡大歪補正の仕方を説明するための図である。図 1 2 の例では、合成領域 3 7 は、 $x, y$  方向に ( 2 次元状に )  $2 \times 2$  個の隣接するグリッド 2 9 群によって構成される場合を示している。図 1 2 ( a ) では、ある 1 つの合成領域 3 7 を構成する 4 つのグリッド 2 9 について、位置合わせ工程 ( S 1 0 8 ) での位置合わせの結果生じたずれ量の一例をそれぞれ示す。図 1 2 ( a ) の例では、左上のグリッド 2 9 の歪み量が、「 - 2 」  $nm$ 、右上のグリッド 2 9 の歪み量が、「 - 1 」  $nm$ 、左下のグリッド 2 9 の歪み量が、「 - 1 」  $nm$ 、及び右下のグリッド 2 9 の歪み量が、「 0 」  $nm$  である場合を示している。かかる合成領域 3 7 では、4 つのグリッド 2 9 での歪み量の平均値が「 - 1 」となる。よって、拡大歪補正部 6 2 は、当該合成領域 3 7 について、内部の 4 つのグリッド 2 9 内のパターン位置をそれぞれ平均値の符号を反転させた「 + 1  $nm$  」シフトするように補正する。その結果、図 1 2 ( b ) に示すように、当該合成領域 3 7 について、内部の 4 つのグリッド 2 9 内のパターンの歪み量は、左上のグリッド 2 9 が、「 - 1 」  $nm$ 、右上のグリッド 2 9 が、「 0 」  $nm$ 、左下のグリッド 2 9 が、「 0 」  $nm$ 、及び右下のグリッド 2 9 が、「 + 1 」  $nm$  に補正される。このように、合成領域 3 7 単位で補正することで、グリッド 2 9 個別の歪補正の結果の集合よりも、歪み量を小さくできる。拡大歪補正が実施された各グリッド 2 9 の画像データ ( 画素データ ) は、階調補正回路 1 4 6 に出力される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 4 】

以上のように、個別及び拡大歪補正（或いは、個別歪補正で十分な場合は個別歪補正）によって、グリッド 2 9 内のパターンの位置が移動（シフト）されることによって、一部或いは全部のグリッド 2 9 内のパターンの一部或いは全部が隣接するグリッド 2 9 内に移動する場合が生じ得る。これにより、グリッド 2 9 内の測定用画素 3 6 毎の信号強度が変化する（補正される）。これにより、後述するグリッド 2 9 単位の階調値を演算する場合に、高精度な階調値を得ることができる。

## 【 0 0 6 5 】

図 1 3 は、実施の形態 1 における階調補正回路の内部構成を示す図である。図 1 3 において、階調補正回路 1 4 6 内には、磁気ディスク装置等の記憶装置 7 0 , 7 2 , 7 4、階調補正部 7 6、位置合わせ部 7 8、代表ポイント選択部 8 0、差分演算部 8 2、判定部 8 4、及び階調補正部 8 6 が配置される。記憶装置 7 0 には、判定工程（S 1 1 0）においていずれかのグリッド 2 9 にずれが生じていた場合には拡大歪補正が実施された画素データが格納される。或いは判定工程（S 1 1 0）においてストライプ領域 3 2 単位（或いは照射領域 3 4 単位）ですべてのグリッド 2 9 にずれが生じていない場合には個別歪補正が実施された画素データが格納される。記憶装置 7 2 には、参照画像の参照データが格納される。記憶装置 7 4 には、制御計算機 1 1 0 によって記憶装置 1 0 9 から読み出された階調補正データが格納される。

## 【 0 0 6 6 】

階調補正（1）工程（S 1 1 4）として、階調補正部 7 6 は、合成領域 3 7 単位で、記憶装置 7 0 からグリッド画像を読み出し、合成領域 3 7（第 2 の領域）単位で、合成領域画像（第 2 の領域像）の階調誤差を補正する。また、合成領域画像（第 2 の領域像）の階調値は、同種のパターンのサンプル領域から得られた対応する複数のグリッド領域像（第 3 の領域像）の階調値を用いて補正される。

## 【 0 0 6 7 】

図 1 4 は、実施の形態 1 における階調補正の仕方を説明するための図である。図 1 4 の例では、合成領域 3 7 は、x , y 方向に（2次元状に）2 × 2 個の隣接するグリッド 2 9 群によって構成される場合を示している。図 1 4（a）では、ある 1 つの合成領域 3 7 を構成する 4 つのグリッド 2 9 について、個別及び / 或いは拡大歪補正後の階調データの一例をそれぞれ示す。測定用画素 3 6 毎に個別及び / 或いは拡大歪補正後の検出データ（測定データ）の信号強度を 2 5 6 階調で定義し、グリッド 2 9 の階調値は、グリッド 2 9 内の複数の測定用画素 3 6 の階調値の統計値を演算すればよい。例えば、平均値、最小値、或いは最大値を適用できる。但し、階調値は 2 5 6 階調に限るものではない。図 1 4（a）の例では、左上のグリッド 2 9 の階調値が、「2 0 0」、右上のグリッド 2 9 の階調値が、「2 1 0」、左下のグリッド 2 9 の階調値が、「2 0 0」、及び右下のグリッド 2 9 の階調値が、「2 1 0」である場合を示している。かかる合成領域 3 7 内の階調値の平均値は 2 0 5 となる。図 1 4（b）では、予め測定しておいた同じパターン種の階調校正データの対応する 2 × 2 個のグリッド 2 9 のグリッド像の階調値の一例を示す。パターン種の判断は、記憶装置 1 0 9 に格納された描画データ或いは露光イメージデータを用いて、当該グリッド 2 9 でのパターン種を判定すればよい。図 1 4（b）の例では、左上のグリッド 2 9 の階調値が、「1 8 0」、右上のグリッド 2 9 の階調値が、「1 9 0」、左下のグリッド 2 9 の階調値が、「2 0 0」、及び右下のグリッド 2 9 の階調値が、「1 8 0」である場合を示している。かかる階調校正データの階調値の平均値は 1 8 5 となる。よって、図 1 4（a）に示す測定データの階調値の平均値から階調校正データの階調値の平均値を差し引いた差分値（階調差）は「2 0」となる。そこで、階調補正部 7 6 は、図 1 4（a）に示す測定データの各グリッド 2 9 の階調値から差分値（階調差）「2 0」を差し引くことで階調補正を行う。その結果、図 1 4（c）に示すように、補正後の測定データの各グリッド 2 9 の階調値は、左上のグリッド 2 9 が、「1 8 0」、右上のグリッド 2 9 が、「1 9 0」、左下のグリッド 2 9 が、「1 8 0」、及び右下のグリッド 2 9 が、「1 9 0」と補正される。このように、合成領域 3 7 単位で補正することで、階調誤差を小さ

くできる。

【 0 0 6 8 】

位置合わせ工程 ( S 1 1 6 ) として、位置合わせ部 7 8 は、記憶装置 7 0 から照射領域 3 4 単位での照射領域画像を読み出し、記憶装置 7 2 から対応する参照画像を読み出す。そして、照射領域 3 4 毎に、照射領域画像と、対応する参照画像とを所定のアルゴリズムで位置合わせを行う。例えば、最小 2 乗法 ( S S D 法 ) を用いて位置合わせを行う。位置合わせは、測定用画素 3 6 単位或いは測定用画素 3 6 よりも小さいサブ画素単位で位置合わせを行うと好適である。

【 0 0 6 9 】

代表ポイント設定工程 ( S 1 1 8 ) として、代表ポイント選択部 8 0 は、照射領域 3 4 毎に、当該照射領域 3 4 内から 1 つの合成領域 3 7 を選択する。選択の仕方はランダムで良い。

10

【 0 0 7 0 】

階調差演算工程 ( S 1 2 0 ) として、差分演算部 8 2 は、照射領域 3 4 内の代表ポイントに選択された合成領域 3 7 について、グリッド 2 9 毎に階調値を演算する。測定用画素 3 6 毎に画素データの信号強度を 2 5 6 階調で定義し、グリッド 2 9 の階調値は、グリッド 2 9 内の複数の測定用画素 3 6 の階調値の統計値を演算すればよい。例えば、平均値、最小値、或いは最大値を適用できる。但し、階調値は 2 5 6 階調に限るものではない。同様に、差分演算部 8 2 は、代表ポイントに選択された合成領域 3 7 に対応する参照データについて、同様にグリッド 2 9 毎の階調値を演算する。そして、差分演算部 8 2 は、グリッド 2 9 毎に、測定画像の階調値から参照画像の階調値を差し引いた差分値 ( 階調差 ) を演算する。

20

【 0 0 7 1 】

判定工程 ( S 1 2 2 ) として、判定部 8 4 は、代表ポイントに選択された合成領域 3 7 におけるすべてのグリッド 2 9 の階調差が閾値  $T_h$  よりも小さいかどうかを判定する。小さい場合には階調補正 ( 2 ) 工程 ( S 1 2 6 ) に進む。小さくない場合には、代表ポイント変更工程 ( S 1 2 4 ) に進む。後述する比較工程 ( S 1 3 0 ) において欠陥判定に使用する閾値  $T_h$  よりも十分小さい値を閾値  $T_h$  に設定すると良い。例えば、閾値  $T_h$  が「 3 0 」である場合に、閾値  $T_h$  を「 3 」に設定する。

【 0 0 7 2 】

代表ポイント変更工程 ( S 1 2 4 ) として、代表ポイント選択部 8 0 は、代表ポイントに選択された合成領域 3 7 におけるすべてのグリッド 2 9 の階調差が閾値  $T_h$  よりも小さくない場合、他の合成領域 3 7 に変更するために選択し直す。そして、階調差演算工程 ( S 1 2 0 ) に戻り、判定工程 ( S 1 2 2 ) において代表ポイントに選択された合成領域 3 7 におけるすべてのグリッド 2 9 の階調差が閾値  $T_h$  よりも小さくなるまで繰り返す。合成領域 3 7 におけるすべてのグリッド 2 9 の階調差が閾値  $T_h$  よりも小さくない場合、合成領域 3 7 には、そもそも欠陥箇所が存在している可能性が高い。よって、そのまま比較工程 ( S 1 3 0 ) に進めた方が良い。一方、合成領域 3 7 におけるすべてのグリッド 2 9 の階調差が閾値  $T_h$  よりも小さい場合、かかる階調差は、欠陥によるものではなく、単なる階調誤差の可能性が高い。よって、かかる誤差をさらに補正する。

30

40

【 0 0 7 3 】

階調補正 ( 2 ) 工程 ( S 1 2 6 ) として、階調補正部 8 6 は、代表ポイントに選択された合成領域 3 7 におけるすべてのグリッド 2 9 の階調差が閾値  $T_h$  よりも小さくなった場合に、かかる選択された合成領域 3 7 における各グリッド 2 9 の階調差の統計値分を当該照射領域 3 4 内のすべてのグリッド 2 9 の階調値に対して補正 ( オフセット ) する。統計値は、例えば、平均値、最小値、或いは最大値を適用できる。階調補正 ( 1 ) 工程 ( S 1 1 4 ) と階調補正 ( 2 ) 工程 ( S 1 2 6 ) とを組み合わせることで、階調補正 ( 1 ) 工程 ( S 1 1 4 ) での補正での補正残差を階調補正 ( 2 ) 工程 ( S 1 2 6 ) で補正できる。よって、階調誤差分を高精度に補正できる。階調補正 ( 2 ) 工程 ( S 1 2 6 ) が終了した各グリッド画像のデータは、比較回路 1 0 8 に出力される。

50

## 【 0 0 7 4 】

比較工程（S130）として、比較回路108は、合成領域画像（第2の領域像）の歪みが補正された被検査画像を、被検査画像と同じ領域の参照画像を用いて比較する。そして、結果を出力する。具体的には、比較回路108は、照射領域34単位で、測定画像と参照画像を位置合わせした後、当該測定画像と参照画像とをグリッド29毎に比較する。比較回路108は、所定の判定条件に従ってグリッド29毎に両者を比較し、例えば形状欠陥といった欠陥の有無を判定する。例えば、グリッド29毎の階調値差が判定閾値 $T_h$ よりも大きければ欠陥と判定する。そして、比較結果が出力される。比較結果は、記憶装置109、モニタ117、メモリ118、或いはプリンタ119より出力されればよい。

## 【 0 0 7 5 】

以上のように、実施の形態1によれば、電子ビームによるマルチビーム20を用いたパターン検査においてマルチビーム検査によって生じる歪（及び階調誤差）を高精度に補正できる。よって、電子ビームによるマルチビーム20を用いたパターン検査においてマルチビーム検査に特有な疑似欠陥を低減できる。特に、各ビームのビーム画像1つ1つについて歪補正を行うだけでなく、マルチビーム20全体の照射領域34について合成領域37単位で歪補正することで、高精度に歪補正ができる。さらに、歪補正後に、マルチビーム20全体の照射領域34について合成領域37単位で階調補正することで、高精度に階調補正ができる。さらに、階調誤差の補正残差を補正することで、より一層高精度に階調補正ができる。

## 【 0 0 7 6 】

以上の説明において、一連の「～回路」、或いは一連の「～部」は、少なくとも1つの電気回路、少なくとも1つのコンピュータ、少なくとも1つのプロセッサ、少なくとも1つの回路基板、或いは、少なくとも1つの半導体装置等といった、少なくとも1つの回路で構成され、実行される。一連の「～回路」、或いは一連の「～部」は、上述した少なくとも1つの回路のうちの、同じ回路若しくは同じ回路群で構成されても良い。或いは、上述した少なくとも1つの回路のうちの、違う回路若しくは違う回路群で構成されてもよい。或いは、一連の「～回路」、或いは一連の「～部」の一部が、上述した少なくとも1つの回路のうちの、同じ回路若しくは同じ回路群で構成され、残りが、上述した少なくとも1つの回路のうちの、違う回路若しくは違う回路群で構成されてもよい。プロセッサ等を実行させるプログラムは、磁気ディスク装置、磁気テープ装置、FD、或いはROM（リードオンリメモリ）等の記録媒体に記録されればよい。例えば、位置回路107、比較回路108、展開回路111、参照回路112、個別歪補正回路140、拡大歪補正回路142、階調補正回路146等は、上述した少なくとも1つの回路で構成されればよい。同様に、位置合わせ部58、判定部60、拡大歪補正部62、階調補正部76、位置合わせ部78、代表ポイント選択部80、差分演算部82、判定部84、及び階調補正部86は、上述した少なくとも1つの回路で構成されればよい。

## 【 0 0 7 7 】

以上、具体例を参照しつつ実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。

## 【 0 0 7 8 】

また、装置構成や制御手法等、本発明の説明に直接必要しない部分等については記載を省略したが、必要とされる装置構成や制御手法を適宜選択して用いることができる。

## 【 0 0 7 9 】

その他、本発明の要素を具備し、当業者が適宜設計変更しうる全てのパターン検査方法及びパターン検査装置は、本発明の範囲に包含される。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 8 0 】

20 マルチビーム  
22 穴  
24, 26 電極

10

20

30

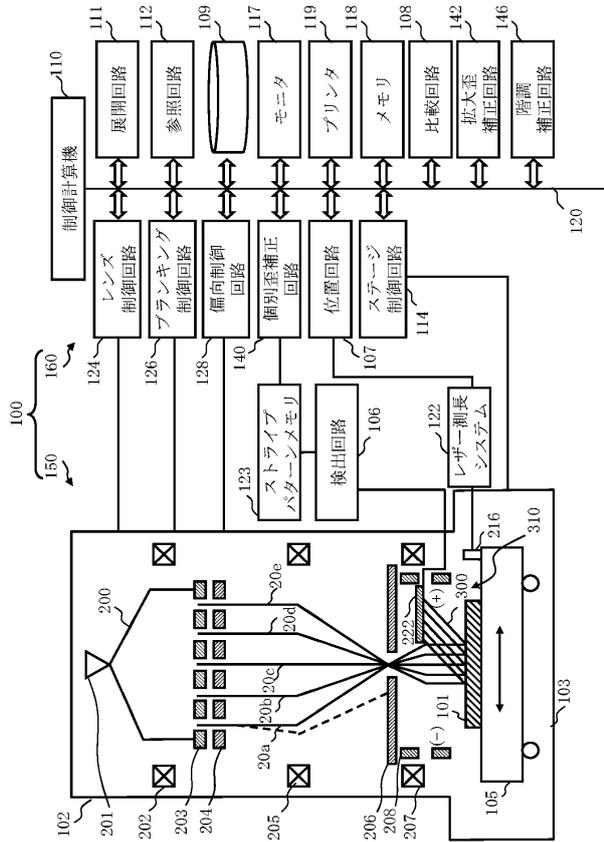
40

50

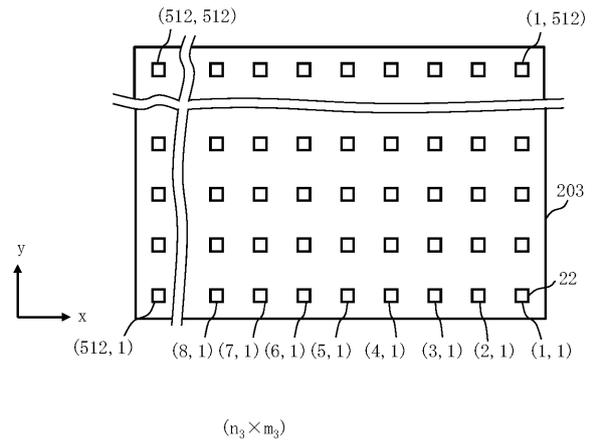
2 9	グリッド	
3 0	検査領域	
3 2	ストライプ領域	
3 4	照射領域	
3 6	測定用画素	
3 7	合成領域	
4 1	制御回路	
4 7	個別ブランキング機構	
5 0 , 5 2	記憶装置	
5 8	位置合わせ部	10
6 0	判定部	
6 2	拡大歪補正部	
7 0 , 7 2 , 7 4	記憶装置	
7 6	階調補正部	
7 8	位置合わせ部	
8 0	代表ポイント選択部	
8 2	差分演算部	
8 4	判定部	
8 6	階調補正部	
1 0 0	検査装置	20
1 0 1	基板	
1 0 2	電子ビームカラム	
1 0 3	検査室	
1 0 6	検出回路	
1 0 7	位置回路	
1 0 8	比較回路	
1 0 9	記憶装置	
1 1 0	制御計算機	
1 1 1	展開回路	
1 1 2	参照回路	30
1 1 4	ステージ制御回路	
1 1 7	モニタ	
1 1 8	メモリ	
1 1 9	プリンタ	
1 2 2	レーザ測長システム	
1 2 0	バス	
1 2 3	ストライプパターンメモリ	
1 2 4	レンズ制御回路	
1 2 6	ブランキング制御回路	
1 2 8	偏向制御回路	40
1 4 0	個別歪補正回路	
1 4 2	拡大歪補正回路	
1 4 6	階調補正回路	
1 5 0	光学画像取得部	
1 6 0	制御系回路	
2 0 0	電子ビーム	
2 0 1	電子銃	
2 0 2	照明レンズ	
2 0 3	成形アパーチャアレイ部材	
2 0 4	ブランキングアパーチャアレイ部	50

- 2 0 5 縮小レンズ
- 2 0 6 制限アパーチャ部材
- 2 0 7 対物レンズ
- 2 0 8 偏向器
- 2 1 6 ミラー
- 2 2 4 偏向器
- 2 2 2 検出器
- 3 0 0 2次電子
- 3 1 0 2次電子群

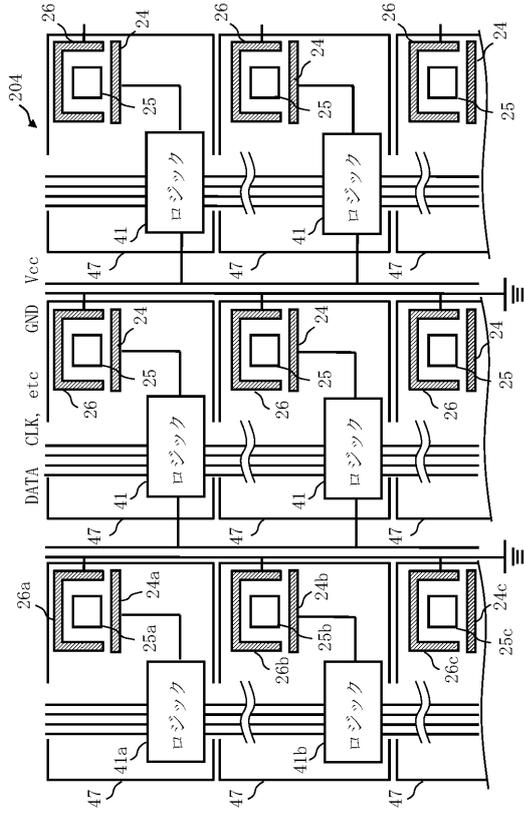
【図1】



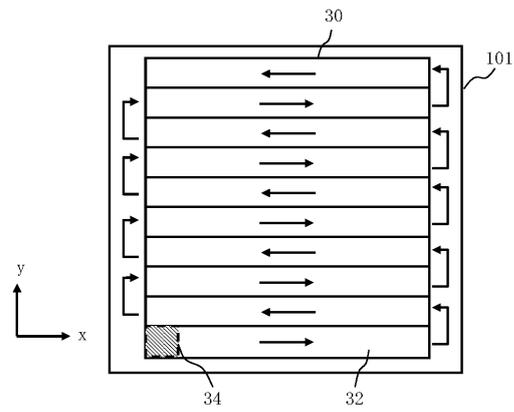
【図2】



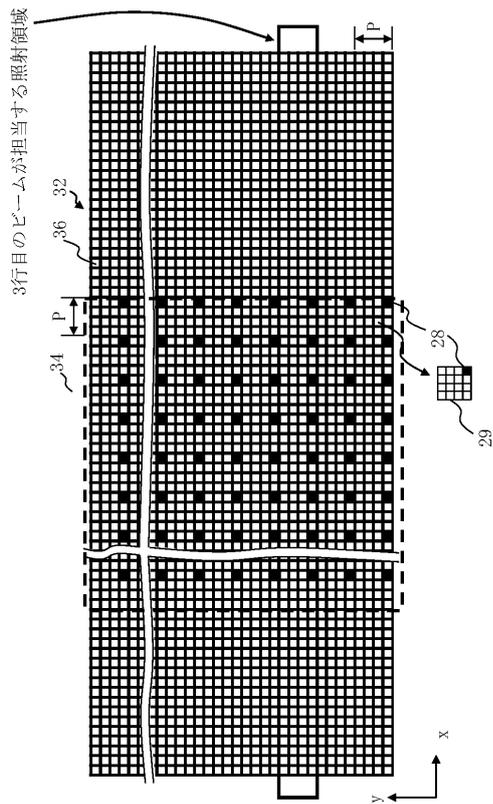
【図3】



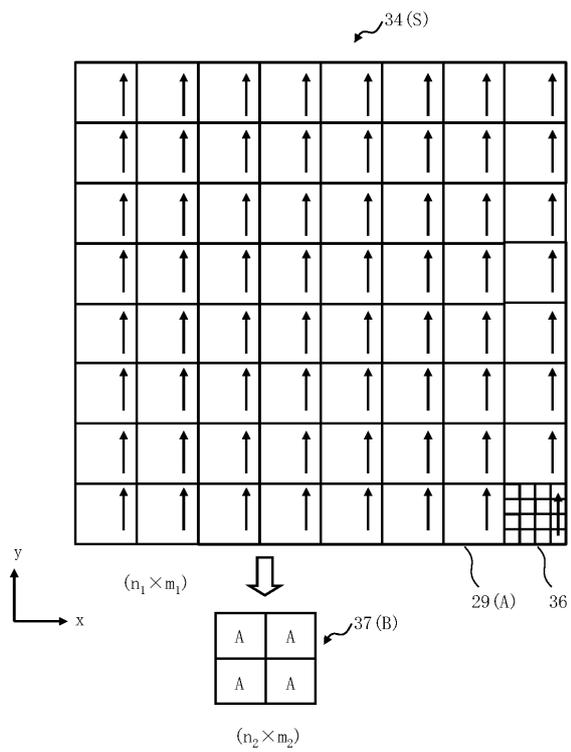
【図4】



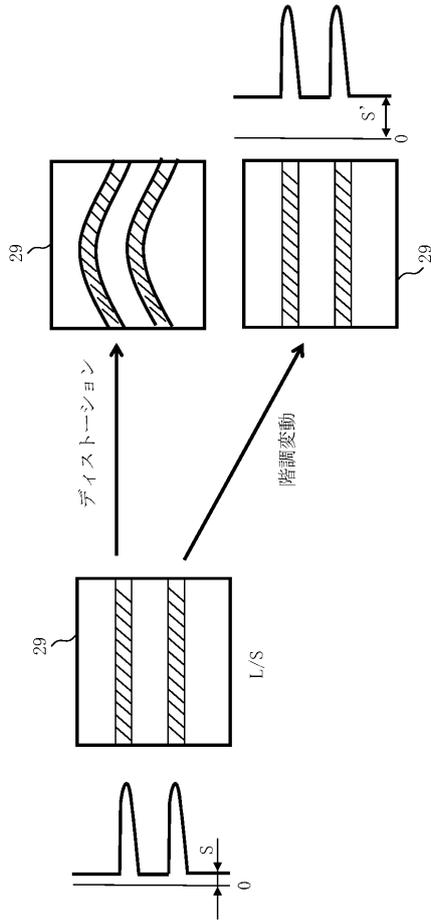
【図5】



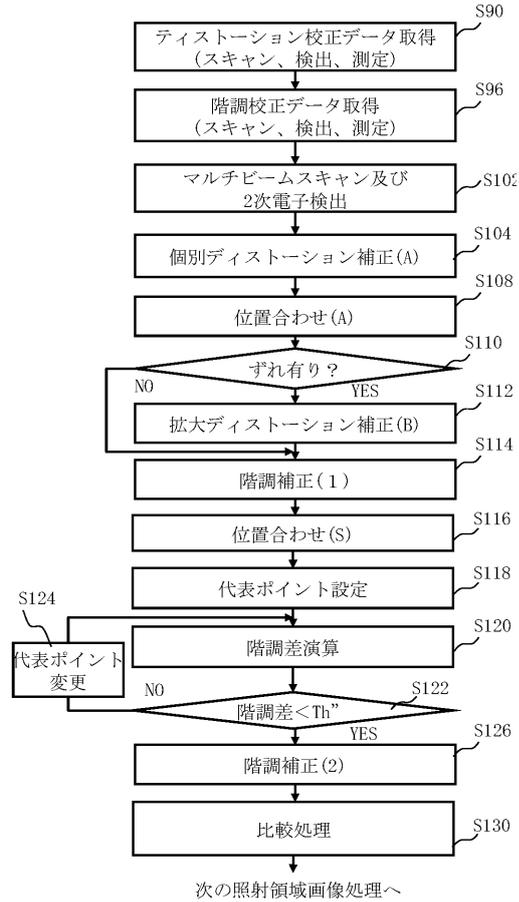
【図6】



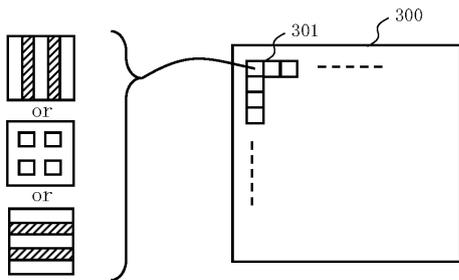
【図7】



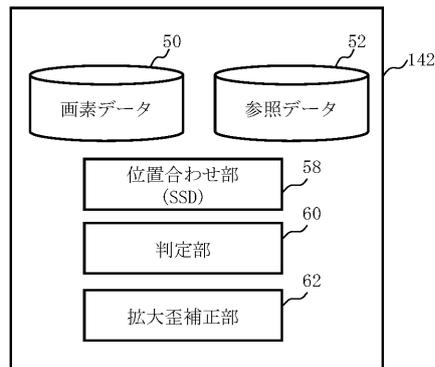
【図8】



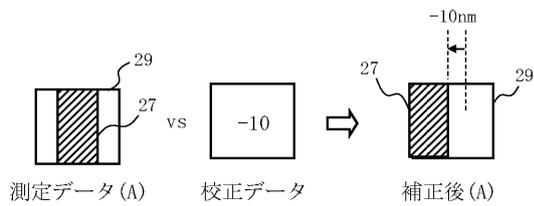
【図9】



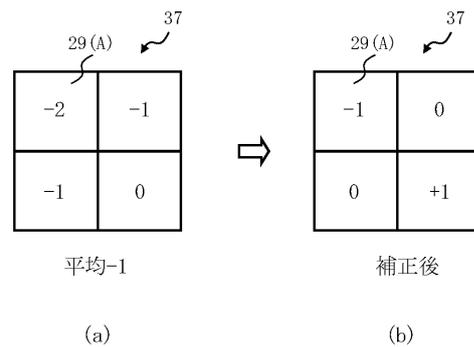
【図11】



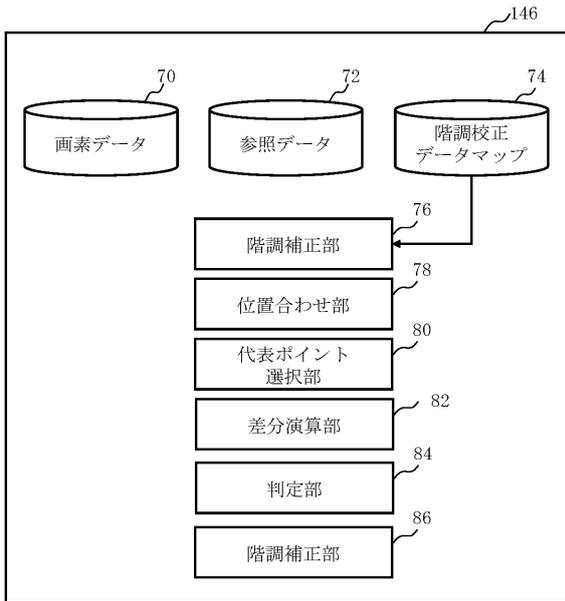
【図10】



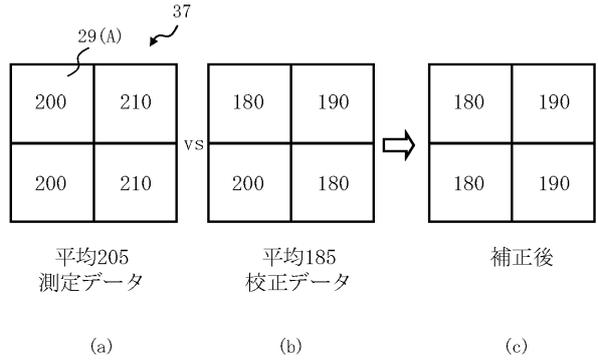
【図12】



【図13】



【図14】



---

フロントページの続き

審査官 蔵田 真彦

- (56)参考文献 特開2000-067797(JP,A)  
特開2004-356471(JP,A)  
特開2009-229230(JP,A)  
米国特許出願公開第2015/0270095(US,A1)  
国際公開第2009/147707(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01N 23/00-23/2276