

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第6076708号  
(P6076708)

(45) 発行日 平成29年2月8日(2017.2.8)

(24) 登録日 平成29年1月20日(2017.1.20)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 L 21/027 (2006.01)

GO 3 F 7/20 (2006.01)

HO 1 L 21/30 5 4 1 E

HO 1 L 21/30 5 4 1 Q

GO 3 F 7/20 5 0 4

請求項の数 6 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2012-255312 (P2012-255312)	(73) 特許権者	504162958
(22) 出願日	平成24年11月21日 (2012.11.21)		株式会社ニューフレアテクノロジー
(65) 公開番号	特開2014-103308 (P2014-103308A)		神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番1
(43) 公開日	平成26年6月5日 (2014.6.5)	(74) 代理人	100119035
審査請求日	平成27年10月5日 (2015.10.5)		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	加藤 靖雄
			静岡県沼津市大岡2068番地の3 株式
			会社ニューフレアテクノロジー内
		(72) 発明者	菅沼 瑞奈
			静岡県沼津市大岡2068番地の3 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】 荷電粒子ビーム描画装置及び荷電粒子ビームの照射量チェック方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

近接効果、かぶり効果、及びローディング効果のうち少なくとも1つに起因する寸法変動を補正すると共に、さらに外部から入力された寸法変動を補正するドーズ変調量によってドーズ変調された荷電粒子ビームの単位面積あたりの照射量を示す照射量密度を演算する演算部と、

前記照射量密度が、パターン寸法の異常、レジストの蒸発、描画装置の汚染、或いは描画装置の故障を回避するための許容値を超えているかどうかを判定する判定部と、

荷電粒子ビームを用いて試料にパターンを描画する描画部と、  
を備えたことを特徴とする荷電粒子ビーム描画装置。

10

【請求項 2】

前記照射量密度は、近接効果及びローディング効果に起因する寸法変動を補正する照射量密度であって、

前記照射量密度は、基準照射量と、近接効果及びローディング効果に起因する寸法変動を補正する照射量係数と、前記ドーズ変調量で重み付けされたパターン面積密度と、を用いて定義されることを特徴とする請求項1記載の荷電粒子ビーム描画装置。

【請求項 3】

前記試料の描画領域に描画されるためのチップのチップ領域が第1のサイズでメッシュ状に仮想分割された複数の第1のメッシュ領域の第1のメッシュ領域毎に前記照射量密度が定義された照射量密度マップを作成する照射量密度マップ作成部と、

20

前記試料の描画領域が第 1 のサイズよりも大きい第 2 のサイズでメッシュ状に仮想分割された複数の第 2 のメッシュ領域の第 2 のメッシュ領域毎に、当該第 2 のメッシュ領域に一部でも重なる複数の第 1 のメッシュ領域に定義された照射量密度の中から選択される最大照射量密度が定義された最大照射量密度マップを作成する最大照射量密度マップ作成部と、

をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の荷電粒子ビーム描画装置。

【請求項 4】

近接効果、かぶり効果、及びローディング効果のうち少なくとも 1 つに起因する寸法変動を補正すると共に、さらに外部から入力されたドーズ変調量によってドーズ変調された荷電粒子ビームの照射量を演算する演算部と、

前記照射量が、パターン寸法の異常、レジストの蒸発、描画装置の汚染、或いは描画装置の故障を回避するための許容値を超えているかどうかを判定する判定部と、

荷電粒子ビームを用いて試料にパターンを描画する描画部と、

を備えたことを特徴とする荷電粒子ビーム描画装置。

【請求項 5】

近接効果、かぶり効果、及びローディング効果のうち少なくとも 1 つに起因する寸法変動を補正すると共に、さらに外部から入力されたドーズ変調量によってドーズ変調された荷電粒子ビームの照射量又は単位面積あたりの照射量を示す照射量密度を演算する工程と、

描画処理を行う前に、前記照射量又は照射量密度が、パターン寸法の異常、レジストの蒸発、描画装置の汚染、或いは描画装置の故障を回避するための許容値を超えているかどうかを判定し、結果を出力する工程と、

を備えたことを特徴とする荷電粒子ビームの照射量チェック方法。

【請求項 6】

前記照射量密度として、多重描画における 1 描画パスあたりの照射量密度を用いることを特徴とする請求項 1 ～ 3 いずれか記載の荷電粒子ビーム描画装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、荷電粒子ビーム描画装置及び荷電粒子ビームの照射量チェック方法に係り、例えば、描画装置から照射される荷電粒子ビームの照射量をチェックする手法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの微細化の進展を担うリソグラフィ技術は半導体製造プロセスのなかでも唯一パターンを生成する極めて重要なプロセスである。近年、LSI の高集積化に伴い、半導体デバイスに要求される回路線幅は年々微細化されてきている。これらの半導体デバイスへ所望の回路パターンを形成するためには、高精度の原画パターン（レチクル或いはマスクともいう。）が必要となる。ここで、電子線（電子ビーム）描画技術は本質的に優れた解像性を有しており、高精度の原画パターンの生産に用いられる。

【0003】

図 9 は、可変成形型電子線描画装置の動作を説明するための概念図である。

可変成形型電子線（EB：Electron beam）描画装置は、以下のように動作する。第 1 のアパーチャ 410 には、電子線 330 を成形するための矩形の開口 411 が形成されている。また、第 2 のアパーチャ 420 には、第 1 のアパーチャ 410 の開口 411 を通過した電子線 330 を所望の矩形形状に成形するための可変成形開口 421 が形成されている。荷電粒子ソース 430 から照射され、第 1 のアパーチャ 410 の開口 411 を通過した電子線 330 は、偏向器により偏向され、第 2 のアパーチャ 420 の可変成形開口 421 の一部を通過して、所定の一方方向（例えば、X 方向とする）に連続的に移動するステージ上に搭載された試料 340 に照射される。すなわち、第 1 のアパーチャ 410 の開口 411 と第 2 のアパーチャ 420 の可変成形開口 421 との両方を通過できる

10

20

30

40

50

矩形形状が、X方向に連続的に移動するステージ上に搭載された試料340の描画領域に描画される。第1のアーチャ410の開口411と第2のアーチャ420の可変成形開口421との両方を通過させ、任意形状を作成する方式を可変成形方式(VSB方式)という。

【0004】

電子ビーム描画では、マスクプロセス或いは未知のメカニズムに起因する寸法変動を電子ビームのドーズ量を調整することで解決することが行われる。昨今、描画装置へのデータ入力前の段階で、ユーザ或いは補正ツール等によって付加的にドーズ量を制御するドーズ変調量が設定されることが行われる。しかしながら、かかるユーザが設定した値或いは補正ツール等の演算結果に不備があった場合、かかる値が描画装置に入力され、そのままかかる値が描画装置で使用されてしまうと異常なドーズ量のビームが照射されてしまうことになるといった問題があった。かかる異常なドーズ量のビーム照射は、パターン寸法CDの異常を引き起こす。さらに、極端な異常値である場合には、レジストの蒸発、ひいてはかかる蒸発による描画装置汚染(或いは描画装置故障)を引き起こす可能性もある。そのため、例えば1回に照射されるドーズ量には、制限が必要となる(例えば、特許文献1参照)。よって、装置に入力されるドーズ変調量にも設定値の制限が必要となる。

10

【0005】

一方、描画装置内では、例えば、近接効果等の寸法変動を引き起こす現象に対しての補正演算等が行われ、これによりドーズ量を補正することが行われており、描画装置内の演算結果に応じてドーズ量が制御されていた。

20

【0006】

ここで、描画装置外部から入力されるドーズ変調量に対して、設定値の制限を設けても、描画装置内でドーズ量補正を行っているため、そのままドーズ変調したのでは、結果として、描画装置において、異常なドーズ量のビームが照射されてしまうことになるといった問題があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2012-015244号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

そこで、本発明は、上述した問題点を克服し、描画装置内でドーズ量補正を行う場合でも、外部にて設定されるドーズ変調量により異常なドーズ量のビーム照射が行われてしまうことを回避可能な照射量チェック方法および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】

【0009】

本発明の一態様の荷電粒子ビーム描画装置は、

近接効果、かぶり効果、及びローディング効果のうち少なくとも1つに起因する寸法変動を補正すると共に、さらに外部から入力されたドーズ変調量によってドーズ変調された荷電粒子ビームの単位面積あたりの照射量を示す照射量密度を演算する演算部と、

40

照射量密度が、パターン寸法の異常、レジストの蒸発、描画装置の汚染、或いは描画装置の故障を回避するための許容値を超えているかどうかを判定する判定部と、

荷電粒子ビームを用いて試料にパターンを描画する描画部と、  
を備えたことを特徴とする。

【0010】

また、照射量密度は、近接効果及びローディング効果に起因する寸法変動を補正する照射量密度であって、

照射量密度は、基準照射量と、近接効果及びローディング効果に起因する寸法変動を補正する照射量係数と、ドーズ変調量で重み付けされたパターン面積密度と、を用いて定義

50

されると好適である。

【0011】

また、試料の描画領域に描画されるためのチップのチップ領域が第1のサイズでメッシュ状に仮想分割された複数の第1のメッシュ領域の第1のメッシュ領域毎に照射量密度が定義された照射量密度マップを作成する照射量密度マップ作成部と、

試料の描画領域が第1のサイズよりも大きい第2のサイズでメッシュ状に仮想分割された複数の第2のメッシュ領域の第2のメッシュ領域毎に、当該第2のメッシュ領域に一部でも重なる複数の第1のメッシュ領域に定義された照射量密度の中から選択される最大照射量密度が定義された最大照射量密度マップを作成する最大照射量密度マップ作成部と、  
をさらに備えると好適である。

10

【0012】

また、本発明の他の態様の荷電粒子ビーム描画装置は、

近接効果、かぶり効果、及びローディング効果のうち少なくとも1つに起因する寸法変動を補正すると共に、さらに外部から入力されたドーズ変調量によってドーズ変調された荷電粒子ビームの照射量を演算する演算部と、

照射量が、パターン寸法の異常、レジストの蒸発、描画装置の汚染、或いは描画装置の故障を回避するための許容値を超えているかどうかを判定する判定部と、

荷電粒子ビームを用いて試料にパターンを描画する描画部と、  
を備えたことを特徴とする。

【0013】

また、本発明の一態様の荷電粒子ビームの照射量チェック方法は、

近接効果、かぶり効果、及びローディング効果のうち少なくとも1つに起因する寸法変動を補正すると共に、さらに外部から入力されたドーズ変調量によってドーズ変調された荷電粒子ビームの照射量又は単位面積あたりの照射量を示す照射量密度を演算する工程と、

20

描画処理を行う前に、照射量又は照射量密度が、パターン寸法の異常、レジストの蒸発、描画装置の汚染、或いは描画装置の故障を回避するための許容値を超えているかどうかを判定し、結果を出力する工程と、

を備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

30

【0014】

本発明の一態様によれば、描画装置内でドーズ量補正を行う場合でも、外部にて設定されるドーズ変調量により異常なドーズ量のビーム照射が行われてしまうことを回避できる。その結果、異常なドーズ量のビーム照射に起因する、パターン寸法CDの異常、レジストの蒸発、及び描画装置汚染（或いは描画装置故障）を回避できる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】実施の形態1における描画装置の構成を示す概念図である。

【図2】実施の形態1における図形パターンの一例を示す図である。

【図3】実施の形態1におけるドーズ変調量DMデータの一例を示す図である。

40

【図4】実施の形態1における描画方法の要部工程を示すフローチャート図である。

【図5】実施の形態1における照射量密度のマップ作成のフローを説明するための概念図である。

【図6】実施の形態1における照射量のマップ作成のフローを説明するための概念図である。

【図7】実施の形態2における描画装置の構成を示す概念図である。

【図8】実施の形態2における描画方法の要部工程を示すフローチャート図である。

【図9】可変成型電子線描画装置の動作を説明するための概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

50

以下、実施の形態では、荷電粒子ビームの一例として、電子ビームを用いた構成について説明する。但し、荷電粒子ビームは、電子ビームに限るものではなく、イオンビーム等の荷電粒子を用いたビームでも構わない。また、荷電粒子ビーム装置の一例として、可変成形型（VSB方式）の描画装置について説明する。

#### 【0017】

また、1回のビーム照射（1描画パス）あたりの照射量密度が閾値を超えるとヒーティング効果により描画精度が劣化する。一方、1描画パスあたりの照射量が閾値を超えても描画精度が劣化する。そこで、以下、実施の形態では、最大照射量密度と最大照射量をそれぞれ求めて、描画処理前に、それぞれ閾値と比較してチェックする。

#### 【0018】

実施の形態1.

図1は、実施の形態1における描画装置の構成を示す概念図である。図1において、描画装置100は、描画部150と制御部160を備えている。描画装置100は、荷電粒子ビーム描画装置の一例である。特に、可変成形型の描画装置の一例である。描画部150は、電子鏡筒102と描画室103を備えている。電子鏡筒102内には、電子銃201、照明レンズ202、第1のアパーチャ203、投影レンズ204、偏向器205、第2のアパーチャ206、対物レンズ207、主偏向器208及び副偏向器209が配置されている。描画室103内には、XYステージ105が配置される。XYステージ105上には、描画時には描画対象となるマスク等の試料101が配置される。試料101には、半導体装置を製造する際の露光用マスクが含まれる。また、試料101には、レジストが塗布された、まだ何も描画されていないマスクブランクが含まれる。

#### 【0019】

制御部160は、制御計算機110、制御回路120、前処理計算機130、メモリ132、外部インターフェース（I/F）回路134、及び磁気ディスク装置等の記憶装置140、142、144、146を有している。制御計算機110、制御回路120、前処理計算機130、メモリ132、外部インターフェース（I/F）回路134、及び記憶装置140、142、144、146は、図示しないバスを介して互いに接続されている。

#### 【0020】

前処理計算機130内には、寸法変動量  $CD(x)$  演算部10、取得部12、近接効果補正照射係数  $Dp'(x)$  演算部14、照射量密度  $I(x)$  マップ作成部16、最大照射量密度  $I_{max}(x)$  マップ作成部18、かぶり効果補正照射係数  $Df(x)$  演算部20、最大照射量密度  $I_{max}(x)$  マップ作成部22、判定部24、照射量  $D^+(x)$  マップ作成部30、最大照射量  $D^+_{max}(x)$  マップ作成部32、最大照射量  $D^{++}_{max}(x)$  マップ作成部34、判定部36、及び出力部40が配置される。寸法変動量  $CD(x)$  演算部10、取得部12、近接効果補正照射係数  $Dp'(x)$  演算部14、照射量密度  $I(x)$  マップ作成部16、最大照射量密度  $I_{max}(x)$  マップ作成部18、かぶり効果補正照射係数  $Df(x)$  演算部20、最大照射量密度  $I_{max}(x)$  マップ作成部22、判定部24、照射量  $D^+(x)$  マップ作成部30、最大照射量  $D^+_{max}(x)$  マップ作成部32、最大照射量  $D^{++}_{max}(x)$  マップ作成部34、判定部36、及び出力部40といった機能は、電気回路等のハードウェアで構成されてもよいし、これらの機能を実行するプログラム等のソフトウェアで構成されてもよい。或いは、ハードウェアとソフトウェアの組み合わせにより構成されてもよい。寸法変動量  $CD(x)$  演算部10、取得部12、近接効果補正照射係数  $Dp'(x)$  演算部14、照射量密度  $I(x)$  マップ作成部16、最大照射量密度  $I_{max}(x)$  マップ作成部18、かぶり効果補正照射係数  $Df(x)$  演算部20、最大照射量密度  $I_{max}(x)$  マップ作成部22、判定部24、照射量  $D^+(x)$  マップ作成部30、最大照射量  $D^+_{max}(x)$  マップ作成部32、最大照射量  $D^{++}_{max}(x)$  マップ作成部34、判定部36、及び出力部40に入出力される情報および演算中の情報はメモリ132にその都度格納される。

#### 【0021】

制御計算機 110 内には、ショットデータ生成部 112、照射量演算部 113、及び描画制御部 114 が配置される。ショットデータ生成部 112、照射量演算部 113、及び描画制御部 114 といった機能は、電気回路等のハードウェアで構成されてもよいし、これらの機能を実行するプログラム等のソフトウェアで構成されてもよい。或いは、ハードウェアとソフトウェアの組み合わせにより構成されてもよい。ショットデータ生成部 112、照射量演算部 113、及び描画制御部 114 に入出力される情報および演算中の情報は図示しないメモリにその都度格納される。

#### 【0022】

また、記憶装置 140 には、ユーザ側が作成された設計データであるレイアウトデータ（例えば、CAD データ等）が外部から入力され格納されている。記憶装置 142 には、  
10 ドーズ変調量（率）DM データ、近接効果補正係数 - 寸法 CD の相関データ、及び、基準照射量  $D_B$  - 寸法 CD の相関データが外部から入力され格納されている。ドーズ変調量 DM は、描画装置 100 へのデータ入力前の段階で、ユーザ或いは補正ツール等によって設定される。ドーズ変調量 DM は、例えば、0% ~ 200% 等で定義されると好適である。但し、これに限るものではなく、ドーズ変調率として、例えば、1.0 ~ 3.0 等の値として定義されても好適である。また、記憶装置 144 には、面積密度（x）マップ、及びドーズ変調量が付加された面積密度（DM）マップが格納されている。（DM）は、例えば、面積密度（x）にドーズ変調量（率）を乗じた値として定義される。ここで、位置 x は、単に 2 次元のうちの x 方向を示すわけではなく、ベクトルを示すものとする。以下、同様である。また、面積密度（x）及び面積密度（DM）は、前処理計算  
20 機 130 内で演算されてもよいし、その他の計算機等で計算されてもよい。或いは、外部から入力されても構わない。

#### 【0023】

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。描画装置 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。例えば、位置偏向用には、主偏向器 208 と副偏向器 209 の主副 2 段の多段偏向器を用いているが、1 段の偏向器或いは 3 段以上の多段偏向器によって位置偏向を行なう場合であってもよい。また、描画装置 100 には、マウスやキーボード等の入力装置、及びモニタ装置等が接続されていても構わない。

#### 【0024】

図 2 は、実施の形態 1 における図形パターンの一例を示す図である。図 2 では、例えば、レイアウトデータ内に、複数の図形パターン A ~ K が配置される。そして、図形パターン A、K と、図形パターン B ~ E、G ~ J と、図形パターン F と、について、異なるドーズ量で描画したい場合がある。そのため、図形パターン A、K に対するドーズ変調量 DM と、図形パターン B ~ E、G ~ J に対するドーズ変調量 DM と、図形パターン F に対するドーズ変調量 DM とが、予め設定される。変調後のドーズ量は、例えば、描画装置 100 内で近接効果補正等の計算後の照射量  $D(x)$  にかかるドーズ変調量 DM を乗じた値で算出される。

#### 【0025】

図 3 は、実施の形態 1 におけるドーズ変調量 DM データの一例を示す図である。図 2 に示すように、レイアウトデータ内の複数の図形パターンについて、図形毎に、指標番号（識別子）が付与される。そして、ドーズ変調量 DM データは、図 3 に示すように、各指標番号に対するドーズ変調量 DM として定義される。図 3 では、例えば、指標番号 20 の図形パターンについて、ドーズ変調量 DM が 100% と定義される。指標番号 21 の図形パターンについて、ドーズ変調量 DM が 120% と定義される。指標番号 22 図形パターンについて、ドーズ変調量 DM が 140% と定義される。かかるドーズ変調量 DM データは、ユーザ或いは補正ツール等で設定されたドーズ変調量 DM の各データとそれぞれ対応する図形パターンの指標番号を入力し、対応させたデータを作成すればよい。

#### 【0026】

図 4 は、実施の形態 1 における描画方法の要部工程を示すフローチャート図である。図

10

20

30

40

50

4では、特に、電子ビームの照射量チェック方法に重点を置いて示している。図4において、寸法変動量  $CD(x)$  演算工程(S104)と、取得工程(S106)と、近接効果補正照射係数  $D_p'(x)$  演算工程(S108)と、照射量密度  $D^+(x)$  マップ作成工程(S110)と、最大照射量密度  $D_{max}^+(x)$  マップ作成工程(S112)と、照射量  $D^+(x)$  マップ作成工程(S120)と、最大照射量  $D_{max}^+(x)$  マップ作成工程(S122)と、かぶり効果補正照射係数  $D_f(x)$  演算工程(S130)と、最大照射量密度  $D_{max}^+(x)$  マップ作成工程(S132)と、判定工程(S134)と、最大照射量  $D_{max}^+(x)$  マップ作成工程(S142)と、判定工程(S144)と、描画工程(S150)と、いった一連の工程を実施する。

【0027】

10

$CD(x)$  演算工程(S104)として、 $CD(x)$  演算部10は、記憶装置144から面積密度  $(x)$  を読み出し、ローディング効果に起因した寸法変動量  $CD(x)$  を演算する。寸法変動量  $CD(x)$  は、以下の式(1)で定義される。

【0028】

【数1】

$$(1) \quad \Delta CD = \gamma \int \rho(x') g_L(x - x') dx' + P(x)$$

【0029】

ここで、ローディング効果補正係数は、面積密度100%での寸法変動量で定義される。また、 $g_L(x)$  は、ローディング効果における分布関数を示す。 $P(x)$  は、位置依存の寸法変動量を示す。位置依存の寸法変動量  $P(x)$  は、図示しない記憶装置等に格納されているデータを用いればよい。ここでは、描画対象となるチップのチップ領域をメッシュ状の複数のメッシュ領域(メッシュ2：第2のメッシュ領域)に仮想分割して、メッシュ領域(メッシュ2)毎に演算される。メッシュ領域(メッシュ2)のサイズ(第2のサイズ)は、例えば、ローディング効果の影響半径の1/10程度が好適である。例えば、100～500  $\mu m$  程度が好適である。

20

【0030】

取得工程(S106)として、取得部12は、記憶装置142から  $-CD$  の関連データ、及び、 $D_B - CD$  の関連データを読み出し、近接効果補正を維持しながらローディング効果に起因した寸法変動量  $CD(x)$  をも補正するのに適した近接効果補正係数(後方散乱係数)  $'$  と基準照射量  $D_B'$  の組を取得する。 $-CD$  の関連データ、及び、 $D_B - CD$  の関連データから所望する  $CD$  に寸法変動量  $CD(x)$  を加算(或いは差分)した  $CD$  に好適な  $'$  と  $D_B'$  の組を取得すればよい。ローディング効果を考慮しない近接効果補正係数と基準照射量  $D_B$  が予め設定されている場合には、これらに代わって、 $'$  と  $D_B'$  の組を取得する。

30

【0031】

$D_p'(x)$  演算工程(S108)として、 $D_p'(x)$  演算部14は、記憶装置144から面積密度  $(DM:x)$  を読み出し、さらに、得られた  $'$  を用いて、近接効果を補正するための近接効果補正照射係数  $D_p'(x)$  を演算する。近接効果補正照射係数  $D_p'(x)$  は、以下の式(2)を解くことで求めることができる。

40

【0032】

【数2】

$$(2) \quad \frac{D_p'(x)}{2} + \eta' \int D_p'(x') g_p(x - x') \rho(DM:x') dx' = \frac{1}{2} + \eta'$$

【0033】

ここで、 $g_p(x)$  は、近接効果における分布関数(後方散乱影響関数)を示す。ここでは、描画対象となるチップのチップ領域をメッシュ状の複数のメッシュ領域(メッシュ1：第1のメッシュ領域)に仮想分割して、メッシュ領域(メッシュ1)毎に演算される

50

。メッシュ領域（メッシュ１）のサイズ（第１のサイズ）は、例えば、近接効果の影響半径の１／１０よりも数倍程度大きい値が好適である。例えば、５～１０μｍ程度が好適である。これにより、近接効果の影響半径の１／１０程度のメッシュサイズのメッシュ領域毎に行われる詳細な近接効果補正演算に比べて演算回数を低減できる。ひいては高速演算が可能となる。

#### 【００３４】

図５は、実施の形態１における照射量密度のマッピング作成のフローを説明するための概念図である。図５（ａ）に示すように、試料５０に、チップ５２が描画されることを想定する。まずは、図５（ｂ）に示すように、単位面積あたりの照射量を示す照射量密度 $\rho^+(x)$ （ $x$ ）がメッシュ領域（メッシュ１）５４毎に定義された $\rho^+(x)$ マップを作成する。

10

#### 【００３５】

$\rho^+(x)$ マップ作成工程（Ｓ１１０）として、 $\rho^+(x)$ マップ作成部１６は、照射量密度 $\rho^+(x)$ をメッシュ領域（メッシュ１）毎に演算し、照射量密度 $\rho^+(x)$ がメッシュ領域（メッシュ１）毎に定義された $\rho^+(x)$ マップを作成する。照射量密度 $\rho^+(x)$ は、以下の式（３）を解くことで求めることができる。かかる $\rho^+(x)$ マップでは、近接効果とローディング効果とが補正された照射量密度 $\rho^+(x)$ が定義されることになる。

#### 【００３６】

#### 【数３】

$$(3) \quad \rho^+(x) = D_B'(x) D_p'(x) \rho(DM : x)$$

20

#### 【００３７】

ここで、基準照射量 $D_B'$ は上述したようにローディング効果補正も考慮された $D_B'$ が用いられる。また、面積密度（ $DM : x$ ）は、記憶装置１４４から読み出せばよい。照射量密度 $\rho^+(x)$ は、近接効果及びローディング効果に起因する寸法変動を補正する照射量密度である。そして、照射量密度 $\rho^+(x)$ は、式（３）に示すように、基準照射量 $D_B'$ と、近接効果及びローディング効果に起因する寸法変動を補正する近接効果補正照射係数 $D_p'(x)$ （照射量係数の一例）と、前記ドーズ変調量で重み付けされたパターン面積密度（ $DM : x$ ）と、を用いて定義される。

#### 【００３８】

30

最大照射量密度 $\rho_{\max}^+(x)$ マップ作成工程（Ｓ１１２）として、 $\rho_{\max}^+(x)$ マップ作成部１８は、 $\rho^+(x)$ マップを用いて、メッシュ領域（メッシュ２）毎に最大照射量密度 $\rho_{\max}^+(x)$ を抽出して最大照射量密度 $\rho_{\max}^+(x)$ がメッシュ領域（メッシュ２）毎に定義された $\rho_{\max}^+(x)$ マップを作成する。最大照射量密度 $\rho_{\max}^+(x)$ は、図５（ｃ）に示すように、サイズの大きいメッシュ領域（メッシュ２）に一部でも重なるサイズの小さいメッシュ領域（メッシュ１）が複数存在する場合には、複数のメッシュ領域（メッシュ１）に定義された $\rho_{\max}^+(x)$ の中から最大値を抽出すればよい。そして、図５（ｄ）に示すように、最大照射量密度 $\rho_{\max}^+(x)$ がメッシュ領域（メッシュ２）５１毎に定義された $\rho_{\max}^+(x)$ マップを作成する。かかる $\rho_{\max}^+(x)$ マップでは、近接効果とローディング効果とが補正された $\rho_{\max}^+(x)$ が定義されることになる。

40

#### 【００３９】

かぶり効果補正照射係数 $D_f(x)$ 演算工程（Ｓ１３０）として、かぶり効果補正照射係数 $D_f(x)$ 演算部２０は、記憶装置１４４から面積密度（ $DM : x$ ）を読み出し、さらに、得られた $\rho^+$ 、 $D_p'(x)$ を用いて、かぶり効果を補正するためのかぶり効果補正照射係数 $D_f(x)$ を演算する。かぶり効果補正照射係数 $D_f'(x)$ は、以下の式（４）を解くことで求めることができる。

#### 【００４０】



【数 4】

$$(4) \quad \frac{D_p'(x)D_f(x)}{2} + \eta' \int D_p'(x')D_f(x')g_p(x-x')\rho(DM:x')dx' \\ + \theta \int D_p'(x')D_f(x')g_f(x-x')\rho(DM:x')dx' = \frac{1}{2} + \eta'$$

【0041】

ここで、 $g_f(x)$  は、かぶり効果における分布関数（かぶり影響関数）を示す。ここでは、メッシュ領域（メッシュ 2）毎に演算される。また、 $\eta'$  は、かぶり効果補正係数を示す。

10

【0042】

$\rho_{\max}^{++}(x)$  マップ作成工程（S132）として、 $\rho_{\max}^{++}(x)$  マップ作成部 22 は、得られたかぶり効果補正照射係数  $D_f(x)$  を用いて、メッシュ領域（メッシュ 2）毎に最大照射量密度  $\rho_{\max}^{++}(x)$  を演算し、図 5（e）に示すように、最大照射量密度  $\rho_{\max}^{++}(x)$  がメッシュ領域（メッシュ 2）51 毎に定義された  $\rho_{\max}^{++}(x)$  マップを作成する。最大照射量密度  $\rho_{\max}^{++}(x)$  は、以下の式（5）を解くことで求めることができる。

【0043】

【数 5】

20

$$(5) \quad \rho_{\max}^{++}(x) = D_f(x) \rho_{\max}^{+}(x)$$

【0044】

かかる  $\rho_{\max}^{++}(x)$  マップでは、近接効果とローディング効果とかぶり効果とが補正された  $\rho_{\max}^{++}(x)$  が定義されることになる。作成された  $\rho_{\max}^{++}(x)$  マップは、出力部 40 によって、記憶装置 146 にログとして格納される。これにより、描画前後に大まかな最大照射量密度を確認できる。

【0045】

以上のようにして、上述した各演算部によって、近接効果、かぶり効果、及びローディング効果に起因する寸法変動を補正すると共に、さらに外部から入力されたドーズ変調量によってドーズ変調された電子ビームの単位面積あたりの照射量を示す照射量密度を演算する。ここでは、一例として、近接効果、かぶり効果、及びローディング効果に起因する寸法変動を補正する最大照射量密度を演算したが、これに限るものではない。近接効果、かぶり効果、及びローディング効果のうち少なくとも 1 つに起因する寸法変動を補正すると共に、さらに外部から入力されたドーズ変調量によってドーズ変調された電子ビームの単位面積あたりの照射量を示す照射量密度を演算してもよい。

30

【0046】

判定工程（S134）として、判定部 24 は、照射量密度が許容値を超えているかどうかを判定する。具体的には、以下の式（6）を満たすかどうかにより判定する。

40

【0047】

【数 6】

$$(6) \quad \frac{\rho_{\max}^{++}(x)}{pass} = \frac{[D_B'(x)\rho(DM:x)D_p'(x)]_{\max} D_f(x)}{pass} > D_{th}^{(1)}$$

【0048】

ここでは、1 描画パスあたりの最大照射量密度  $\rho_{\max}^{++}(x)$  が閾値  $D_{th}^{(1)}$  を超えているかどうかを判定する。判定部 24 は、メッシュ領域（メッシュ 2）毎に照射量密度が閾値  $D_{th}^{(1)}$  を超えているかどうかを判定する。いずれかのメッシュ領域（メ

50

ッシュ 2) において超えている場合には、NGとして、出力部 40 は、警告を出力する。警告は、図示しないモニタ等に表示しても良いし、外部 I/F 回路 134 を介して外部に出力してもよい。これにより、ユーザに描画の有無を判断するための指標を与えることができる。警告は、メッシュ領域 (メッシュ 2) を特定すると好適である。これにより、かかる領域のドーズ変調量を変更することもできる。或いは、かかる警告によって描画中止にしてもよい。

#### 【0049】

以上により、照射量密度について、描画装置内でドーズ量補正を行う場合でも、外部にて設定されるドーズ変調量により異常な照射量密度のビーム照射が行われてしまうことを回避できる。その結果、異常な照射量密度のビーム照射に起因する、パターン寸法 CD の異常、レジストの蒸発、及び描画装置汚染 (或いは描画装置故障) を回避できる。次に、照射量についてもチェックする。

#### 【0050】

図 6 は、実施の形態 1 における照射量のマップ作成のフローを説明するための概念図である。図 6 (a) に示すように、試料 50 に、チップ 52 が描画されることを想定する。まずは、図 6 (b) に示すように、照射量  $D^+(x)$  がメッシュ領域 (メッシュ 1) 55 毎に定義された  $D^+(x)$  マップを作成する。

#### 【0051】

$D^+(x)$  マップ作成工程 (S120) として、 $D^+(x)$  マップ作成部 30 は、照射量  $D^+(x)$  をメッシュ領域 (メッシュ 1) 毎に演算し、照射量  $D^+(x)$  がメッシュ領域 (メッシュ 1) 毎に定義された  $D^+(x)$  マップを作成する。照射量  $D^+(x)$  は、以下の式 (7) を解くことで求めることができる。かかる  $D^+(x)$  マップでは、近接効果とローディング効果とが補正された照射量  $D^+(x)$  が定義されることになる。

#### 【0052】

#### 【数 7】

$$(7) \quad D^+(x) = D_B'(x) D_p'(x) DM(x)$$

#### 【0053】

ここで、基準照射量  $D_B'$  は上述したようにローディング効果補正も考慮された  $D_B'$  が用いられる。近接効果補正照射係数  $D_p'(x)$  は、既に演算された値を用いればよい。また、ドーズ変調量  $DM(x)$  は、記憶装置 142 から読み出せばよい。或いは既に読み出したものを流用すればよい。ドーズ変調量  $DM(x)$  は、位置  $x$  に依存した値で定義されてもよいし、図 2 等で説明したように図形パターン毎に定義されてもよい。図形パターン毎に定義される場合には、1 つの図形パターン上の位置  $x$  では同じ値を用いればよい。

#### 【0054】

最大照射量  $D_{max}^+(x)$  マップ作成工程 (S122) として、 $D_{max}^+(x)$  マップ作成部 32 は、 $D^+(x)$  マップを用いて、メッシュ領域 (メッシュ 2) 毎に最大照射量  $D_{max}^+(x)$  を抽出して最大照射量  $D_{max}^+(x)$  がメッシュ領域 (メッシュ 2) 毎に定義された  $D_{max}^+(x)$  マップを作成する。最大照射量  $D_{max}^+(x)$  は、図 6 (c) に示すように、サイズの大きいメッシュ領域 (メッシュ 2) 51 に一部でも重なるサイズの小さいメッシュ領域 (メッシュ 1) 55 が複数存在する場合には、複数のメッシュ領域 (メッシュ 1) に定義された  $D_{max}^+(x)$  の中から最大値を抽出すればよい。そして、図 6 (d) に示すように、最大照射量  $D_{max}^+(x)$  がメッシュ領域 (メッシュ 2) 51 毎に定義された  $D_{max}^+(x)$  マップを作成する。かかる  $D_{max}^+(x)$  マップでは、近接効果とローディング効果とが補正された  $D_{max}^+(x)$  が定義されることになる。

#### 【0055】

$D_{max}^+(x)$  マップ作成工程 (S142) として、 $D_{max}^+(x)$  マップ作成部 34 は、得られたかぶり効果補正照射係数  $D_f(x)$  を用いて、メッシュ領域 (メッシュ 2

10

20

30

40

50

）毎に最大照射量  $D^{++}_{\max}(x)$  を演算し、図 6 ( e ) に示すように、最大照射量  $D^{++}_{\max}(x)$  がメッシュ領域（メッシュ 2）5 1 毎に定義された  $D^{++}_{\max}(x)$  マップを作成する。最大照射量  $D^{++}_{\max}(x)$  は、以下の式（8）を解くことで求めることができる。

【 0 0 5 6 】

【数 8】

$$(8) \quad D^{++}_{\max}(x) = D_f(x) D^{+}_{\max}(x)$$

【 0 0 5 7 】

かかる  $D^{++}_{\max}(x)$  マップでは、近接効果とローディング効果とかぶり効果とが補正された  $D^{++}_{\max}(x)$  が定義されることになる。作成された  $D^{++}_{\max}(x)$  マップは、出力部 4 0 によって、記憶装置 1 4 6 にログとして格納される。これにより、描画前後に大まかな最大照射量を確認できる。

10

【 0 0 5 8 】

以上のようにして、上述した各演算部によって、近接効果、かぶり効果、及びローディング効果に起因する寸法変動を補正すると共に、さらに外部から入力されたドーズ変調量によってドーズ変調された電子ビームの照射量を演算する。ここでは、一例として、近接効果、かぶり効果、及びローディング効果に起因する寸法変動を補正する最大照射量を演算したが、これに限るものではない。近接効果、かぶり効果、及びローディング効果のうち少なくとも 1 つに起因する寸法変動を補正すると共に、さらに外部から入力されたドーズ変調量によってドーズ変調された電子ビームの照射量を演算してもよい。

20

【 0 0 5 9 】

判定工程（S 1 4 4）として、判定部 3 6 は、照射量が許容値を超えているかどうかを判定する。具体的には、以下の式（9）を満たすかどうかにより判定する。

【 0 0 6 0 】

【数 9】

$$(9) \quad \frac{D^{++}_{\max}(x)}{pass} = \frac{[D_B'(x)DM(x)D_p'(x)]_{\max} D_f(x)}{pass} > D_{th}^{(2)}$$

30

【 0 0 6 1 】

ここでは、1 描画パスあたりの最大照射量  $D^{++}_{\max}(x)$  が閾値  $D_{th}^{(2)}$  を超えているかどうかを判定する。判定部 3 6 は、メッシュ領域（メッシュ 2）毎に照射量が閾値  $D_{th}^{(2)}$  を超えているかどうかを判定する。いずれかのメッシュ領域（メッシュ 2）において超えている場合には、NG として、出力部 4 0 は、警告を出力する。警告は、図示しないモニタ等に表示しても良いし、外部 I / F 回路 1 3 4 を介して外部に出力してもよい。これにより、ユーザに描画の有無を判断するための指標を与えることができる。警告は、メッシュ領域（メッシュ 2）を特定すると好適である。これにより、かかる領域のドーズ変調量を変更することもできる。或いは、かかる警告によって描画中止にしてもよい。

40

【 0 0 6 2 】

以上により、照射量について、描画装置内でドーズ量補正を行う場合でも、外部にて設定されるドーズ変調量により異常な照射量のビーム照射が行われてしまうことを回避できる。その結果、異常な照射量のビーム照射に起因する、パターン寸法 C D の異常、レジストの蒸発、及び描画装置汚染（或いは描画装置故障）を回避できる。

【 0 0 6 3 】

以上の説明では、最大照射量密度と最大照射量をそれぞれ求めて、それぞれチェックをしているが、これに限るものではない。一方についてチェックするだけでも異常な照射量のビーム照射を回避するには効果がある。

【 0 0 6 4 】

50

描画工程（S150）として、描画部150は、電子ビーム200を用いて試料101にパターンを描画する。最大照射量密度と最大照射量のチェックの結果、描画処理を進める場合には、以下のように動作する。ショットデータ生成部112は、記憶装置140から描画データを読み出し、複数段のデータ変換処理を行って、装置固有のショットデータを生成する。描画装置100で図形パターンを描画するためには、1回のビームのショットで照射できるサイズに描画データに定義された各図形パターンを分割する必要がある。そこで、ショットデータ生成部112は、実際に描画するために、各図形パターンを1回のビームのショットで照射できるサイズに分割してショット図形を生成する。そして、ショット図形毎にショットデータを生成する。ショットデータには、例えば、図形種、図形サイズ、及び照射位置といった図形データが定義される。

10

【0065】

照射量演算部113は、所定のサイズのメッシュ領域毎の照射量 $D(x)$ を演算する。照射量 $D(x)$ は、以下の式(10)で求めることができる。

【0066】

【数10】

$$(10) \quad D(x) = D_B'(x) D_p'(x) DM(x) D_f(x)$$

【0067】

式(10)により、近接効果、かぶり効果、及びローディング効果に起因する寸法変動を補正すると共に、さらに外部から入力されたドーズ変調量によってドーズ変調された電子ビームの照射量を演算できる。なお、近接効果補正照射係数 $D_p'(x)$ を求める際には、上述したメッシュ領域（メッシュ1）よりも小さいサイズのメッシュ領域（メッシュ3）で演算されるとよい。メッシュ領域（メッシュ3）のサイズとして、近接効果の影響半径の1/10程度が好適である。例えば、0.5～1μm程度が好適である。また、多重描画を行う場合には、例えば、多重度で割ることで、1描画パスあたりの照射量を得ることができる。

20

【0068】

そして、描画制御部114は、制御回路120に描画処理を行うように制御信号を出力する。制御回路120は、ショットデータと各補正照射量のデータを入力し、描画制御部114から制御信号に従って描画部150を制御し、描画部150は、電子ビーム200を用いて、当該図形パターンを試料100に描画する。具体的には、以下のように動作する。

30

【0069】

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により矩形の穴を持つ第1のアパーチャ203全体を照明する。ここで、電子ビーム200をまず矩形に成形する。そして、第1のアパーチャ203を通過した第1のアパーチャ像の電子ビーム200は、投影レンズ204により第2のアパーチャ206上に投影される。偏向器205によって、かかる第2のアパーチャ206上での第1のアパーチャ像は偏向制御され、ビーム形状と寸法を変化させる（可変成形させる）ことができる。そして、第2のアパーチャ206を通過した第2のアパーチャ像の電子ビーム200は、対物レンズ207により焦点を合わせ、主偏向器208及び副偏向器209によって偏向され、連続的に移動するXYステージ105に配置された試料101の所望する位置に照射される。図1では、位置偏向に、主副2段の多段偏向を用いた場合を示している。かかる場合には、主偏向器208でストライプ領域をさらに仮想分割したサブフィールド（SF）の基準位置にステージ移動に追従しながら該当ショットの電子ビーム200を偏向し、副偏向器209でSF内の各照射位置にかかる該当ショットのビームを偏向すればよい。

40

【0070】

以上のように実施の形態1によれば、レジスト飛散を防止できる。さらに、ヒーティングによる描画精度劣化を描画前に検知できる。また、装置内（自動）描画パス分けのインプットデータとして照射量（密度）マップを使用することができる。

50

## 【 0 0 7 1 】

実施の形態 2 .

実施の形態 1 では、近接効果補正係数 と基準照射量  $D_B$  を取得する際に、ローディング効果補正を考慮した値を取得したが、これに限るものではない。実施の形態 2 では、別の手法でローディング効果補正を行う。

## 【 0 0 7 2 】

図 7 は、実施の形態 2 における描画装置の構成を示す概念図である。図 7 において、取得部 1 2、近接効果補正照射係数  $D_p'(x)$  演算部 1 4、照射量密度  $D^+(x)$  マップ作成部 1 6、及び照射量  $D^+(x)$  マップ作成部 3 0 の代わりに、前処理計算機 1 3 0 内に、ローディング効果補正照射係数  $D_L(x)$  演算部 4 2、近接効果補正照射係数  $D_p(x)$  演算部 1 5、照射量密度  $D^+(x)$  マップ作成部 1 7、及び照射量  $D^+(x)$  マップ作成部 3 1 を配置した点と、記憶装置 1 4 2 には、ドーズ変調量 (率)  $DM$  データ、裕度  $DL(U)$  データが外部から入力され格納されている点と、以外は図 1 と同様である。

## 【 0 0 7 3 】

前処理計算機 1 3 0 内に配置される寸法変動量  $CD(x)$  演算部 1 0、ローディング効果補正照射係数  $D_L(x)$  演算部 4 2、近接効果補正照射係数  $D_p(x)$  演算部 1 5、照射量密度  $D^+(x)$  マップ作成部 1 7、最大照射量密度  $D_{max}^+(x)$  マップ作成部 1 8、かぶり効果補正照射係数  $D_f(x)$  演算部 2 0、最大照射量密度  $D_{max}^+(x)$  マップ作成部 2 2、判定部 2 4、及び照射量  $D^+(x)$  マップ作成部 3 1、最大照射量  $D_{max}^+(x)$  マップ作成部 3 2、最大照射量  $D_{max}^+(x)$  マップ作成部 3 4、判定部 3 6、及び出力部 4 0 といった機能は、電気回路等のハードウェアで構成されてもよいし、これらの機能を実行するプログラム等のソフトウェアで構成されてもよい。或いは、ハードウェアとソフトウェアの組み合わせにより構成されてもよい。寸法変動量  $CD(x)$  演算部 1 0、ローディング効果補正照射係数  $D_L(x)$  演算部 4 2、近接効果補正照射係数  $D_p(x)$  演算部 1 5、照射量密度  $D^+(x)$  マップ作成部 1 7、最大照射量密度  $D_{max}^+(x)$  マップ作成部 1 8、かぶり効果補正照射係数  $D_f(x)$  演算部 2 0、最大照射量密度  $D_{max}^+(x)$  マップ作成部 2 2、判定部 2 4、及び照射量  $D^+(x)$  マップ作成部 3 1、最大照射量  $D_{max}^+(x)$  マップ作成部 3 2、最大照射量  $D_{max}^+(x)$  マップ作成部 3 4、判定部 3 6、及び出力部 4 0 に入出力される情報および演算中の情報はメモリ 1 3 2 にその都度格納される。

## 【 0 0 7 4 】

図 8 は、実施の形態 2 における描画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、取得工程 (S 1 0 6) と、近接効果補正照射係数  $D_p'(x)$  演算工程 (S 1 0 8) と、照射量密度  $D^+(x)$  マップ作成工程 (S 1 1 0) と、照射量  $D^+(x)$  マップ作成工程 (S 1 2 0) と、の代わりに、ローディング効果補正照射係数  $D_L(x)$  演算工程 (S 1 0 7) と、近接効果補正照射係数  $D_p(x)$  演算工程 (S 1 0 9) と、照射量密度  $D^+(x)$  マップ作成工程 (S 1 1 1) と、照射量  $D^+(x)$  マップ作成工程 (S 1 2 1) とが実行される点以外は、図 4 と同様である。また、以下、特に説明する点以外の内容は、実施の形態 1 と同様である。

## 【 0 0 7 5 】

$D_L(x)$  演算工程 (S 1 0 7) として、 $D_L(x)$  演算部 4 2 は、記憶装置 1 4 2 から裕度  $DL(U)$  データを読み出し、寸法変動量  $CD(x)$  を用いて、ローディング効果補正照射係数  $D_L(x)$  を演算する。

## 【 0 0 7 6 】

まず、裕度  $DL(U)$  データは、例えば、複数の裕度  $DL(U)$  がパラメータとして用いられる。まず、近接効果密度  $U$  毎に、パターン寸法  $CD$  と照射量  $D$  との相関データを実験により取得する。ここで、近接効果密度  $U(x)$  は、近接効果用のメッシュ領域 (メッシュ 1) 内のパターン面積密度  $A(x)$  に分布関数  $g(x)$  を近接効果の影響範囲以上の範囲で畳み込み積分した値で定義される。分布関数  $g(x)$  は、例えばガウシアン関数を用いるとよい。ここでは、例えば、近接効果密度  $U(x) = 0 (0\%)$ ,  $0.5 (50\%)$

), 1 ( 1 0 0 %) の各場合について電子ビームで描画されるパターンの寸法 C D と電子ビームの照射量 D ( U ) を実験により求めておく。そして、かかるパターン寸法 C D と照射量 D ( U ) との関係を裕度 D L ( U ) が示している。裕度 D L ( U ) は、近接効果密度 U ( x , y ) に依存し、例えば、近接効果密度 U ( x , y ) 毎の C D - D ( U ) のグラフの傾き ( 比例係数 ) で定義される。

【 0 0 7 7 】

記憶装置 1 4 2 には、ユーザ側 ( 装置外部 ) から複数の裕度 D L ( U ) が入力され、格納される。ここでは、近接効果密度 U ( x , y ) = 0 ( 0 % ) , 0 . 5 ( 5 0 % ) , 1 ( 1 0 0 % ) の各場合の裕度 D L ( U i ) が入力される。ここでは、3 点の近接効果密度 U ( x ) に対する裕度 D L ( U i ) が入力されるが、3 点以上であれば、4 点でも、さらに多くてもよい。かかる複数の裕度 D L ( U i ) を多項式でフィッティングすることで、裕度 D L ( U ) を得ればよい。記憶装置 1 4 2 に、予め多項式でフィッティングされた裕度 D L ( U ) を格納しておいてもよい。

10

【 0 0 7 8 】

次に、ローディング効果補正照射係数  $D_L(x)$  は、かかる裕度 D L ( U ) と寸法変動量 C D ( x ) を用いて、以下の式 ( 1 1 ) で定義される。

【 0 0 7 9 】

【 数 1 1 】

$$(11) \quad D_L(x) = \exp\left(\frac{-\Delta CD}{DL(U)}\right)$$

20

【 0 0 8 0 】

D p ( x ) 演算工程 ( S 1 0 9 ) として、D p ( x ) 演算部 1 5 は、近接効果に起因した寸法変動量 C D ( x ) を補正するのに適した近接効果補正係数 ( 後方散乱係数 ) を用いて、近接効果を補正するための近接効果補正照射係数 D p ( x ) を演算する。なお、は、ローディング効果補正を考慮していない係数である。近接効果補正照射係数 D p ( x ) は、以下の式 ( 1 2 ) を解くことで求めることができる。

【 0 0 8 1 】

【 数 1 2 】

$$(12) \quad \frac{D_p(x)}{2} + \eta \int D_p(x') g_p(x-x') \rho(DM:x') dx' = \frac{1}{2} + \eta$$

30

【 0 0 8 2 】

よって、得られた近接効果補正照射係数 D p ( x ) は、ローディング効果補正を考慮していない係数である。ここでは、描画対象となるチップのチップ領域をメッシュ状の複数のメッシュ領域 ( メッシュ 1 : 第 1 のメッシュ領域 ) に仮想分割して、メッシュ領域 ( メッシュ 1 ) 毎に演算される。メッシュ領域 ( メッシュ 1 ) のサイズ ( 第 1 のサイズ ) は、例えば、近接効果の影響半径の 1 / 1 0 よりも数倍程度大きい値が好適である。例えば、5 ~ 1 0 μ m 程度が好適である。これにより、近接効果の影響半径の 1 / 1 0 程度のメッシュサイズのメッシュ領域毎に行われる詳細な近接効果補正演算に比べて演算回数を低減できる。ひいては高速演算が可能となる。

40

【 0 0 8 3 】

$^+(x)$  マップ作成工程 ( S 1 1 1 ) として、 $^+(x)$  マップ作成部 1 7 は、照射量密度  $^+(x)$  をメッシュ領域 ( メッシュ 1 ) 毎に演算し、照射量密度  $^+(x)$  がメッシュ領域 ( メッシュ 1 ) 毎に定義された  $^+(x)$  マップを作成する。照射量密度  $^+(x)$  は、以下の式 ( 1 3 ) を解くことで求めることができる。かかる  $^+(x)$  マップでは、近接効果とローディング効果とが補正された照射量密度  $^+(x)$  が定義されることになる。

【 0 0 8 4 】

50

【数 1 3】

$$(13) \quad \rho^+(x) = D_L(x)D_B(x)D_p(x)\rho(DM:x)$$

【0085】

ここで、基準照射量  $D_B$  は、近接効果に起因した寸法変動量  $CD(x)$  を補正するのに適した近接効果補正係数（後方散乱係数）と組みとなる  $D_B$  を用いる。また、基準照射量  $D_B$  は、ローディング効果補正を考慮していない。

【0086】

以下、照射量密度のチェックについては、実施の形態 1 と同様である。以上のように、裕度  $DL(U)$  と寸法変動量  $CD(x)$  を用いて、ローディング効果補正を行ってもよい。かかるチェックによっても実施の形態 1 と同様の効果を得ることができる。

【0087】

次に、照射量のチェックについて説明する。

【0088】

照射量  $D^+(x)$  マップ作成工程（S121）として、照射量  $D^+(x)$  マップ作成部 31 は、照射量  $D^+(x)$  をメッシュ領域（メッシュ 1）毎に演算し、照射量  $D^+(x)$  がメッシュ領域（メッシュ 1）毎に定義された  $D^+(x)$  マップを作成する。照射量  $D^+(x)$  は、以下の式（14）を解くことで求めることができる。かかる  $D^+(x)$  マップでは、近接効果とローディング効果が補正された照射量  $D^+(x)$  が定義されることになる。

【0089】

【数 1 4】

$$(14) \quad D^+(x) = D_L(x)D_B(x)D_p(x)DM(x)$$

【0090】

ここで、基準照射量  $D_B$  は上述したようにローディング効果補正は考慮されていない  $D_B$  が用いられる。近接効果補正照射係数  $D_p(x)$  は、既に演算された値を用いればよい。また、ドーズ変動量  $DM(x)$  は、記憶装置 142 から読み出せばよい。或いは既に読み出したものを流用すればよい。

【0091】

以下、照射量のチェックについては、実施の形態 1 と同様である。以上のように、裕度  $DL(U)$  と寸法変動量  $CD(x)$  を用いて、ローディング効果補正を行ってもよい。かかるチェックによっても実施の形態 1 と同様の効果を得ることができる。

【0092】

なお、判定工程（S134）では、判定部 24 は、以下の式（15）を満たすかどうかにより判定する。

【0093】

【数 1 5】

$$(15) \quad \frac{\rho_{\max}^{++}(x)}{pass} = \frac{[D_L(x)D_B(x)\rho(DM:x)D_p(x)]_{\max} D_f(x)}{pass} > D_{th}^{(1)}$$

【0094】

また、判定工程（S144）では、判定部 36 は、以下の式（16）を満たすかどうかにより判定する。

【0095】

10

20

30

40

## 【数 16】

$$(16) \quad \frac{D_{\max}^{++}(x)}{\text{pass}} = \frac{[D_L(x)D_B(x)DM(x)D_p(x)]_{\max} D_f(x)}{\text{pass}} > D_{th}^{(2)}$$

## 【0096】

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。

## 【0097】

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。例えば、描画装置100を制御する制御部構成については、記載を省略したが、必要とされる制御部構成を適宜選択して用いることは言うまでもない。

10

## 【0098】

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荷電粒子ビーム描画装置、方法、及び荷電粒子ビームの照射量チェック方法は、本発明の範囲に包含される。

## 【符号の説明】

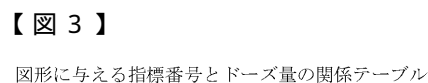
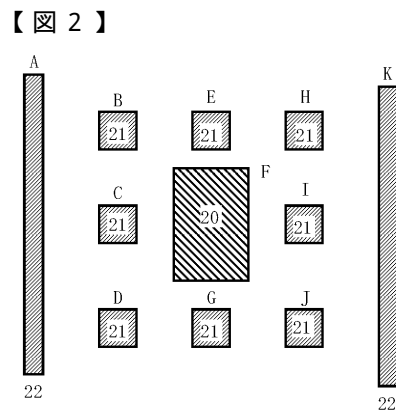
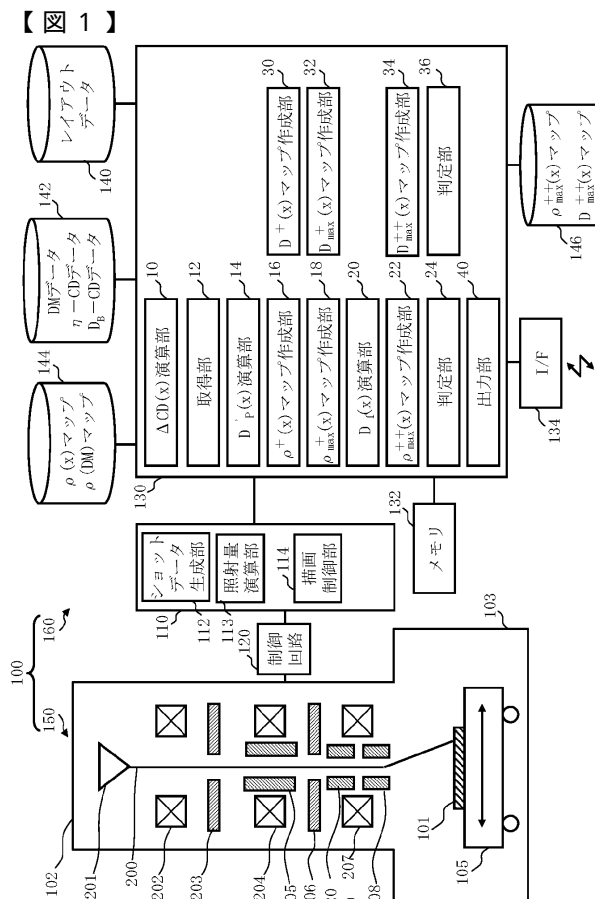
## 【0099】

10	CD(x)演算部	20
12	取得部	
14	Dp'(x)演算部	
15	Dp(x)演算部	
16, 17	+ (x)マップ作成部	
18	+ <sub>max</sub> (x)マップ作成部	
20	Df(x)演算部	
22	+ + <sub>max</sub> (x)マップ作成部	
24	判定部	
30, 31	D+ (x)マップ作成部	
32	D+ <sub>max</sub> (x)マップ作成部	30
34	D+ + <sub>max</sub> (x)マップ作成部	
36	判定部	
40	出力部	
42	D <sub>L</sub> (x)演算部	
100	描画装置	
101, 340	試料	
102	電子鏡筒	
103	描画室	
105	XYステージ	
110	制御計算機	40
112	ショットデータ生成部	
113	照射量演算部	
114	描画制御部	
120	制御回路	
130	前処理計算機	
132	メモリ	
134	外部I/F回路	
140, 142, 144, 146	記憶装置	
150	描画部	
160	制御部	50



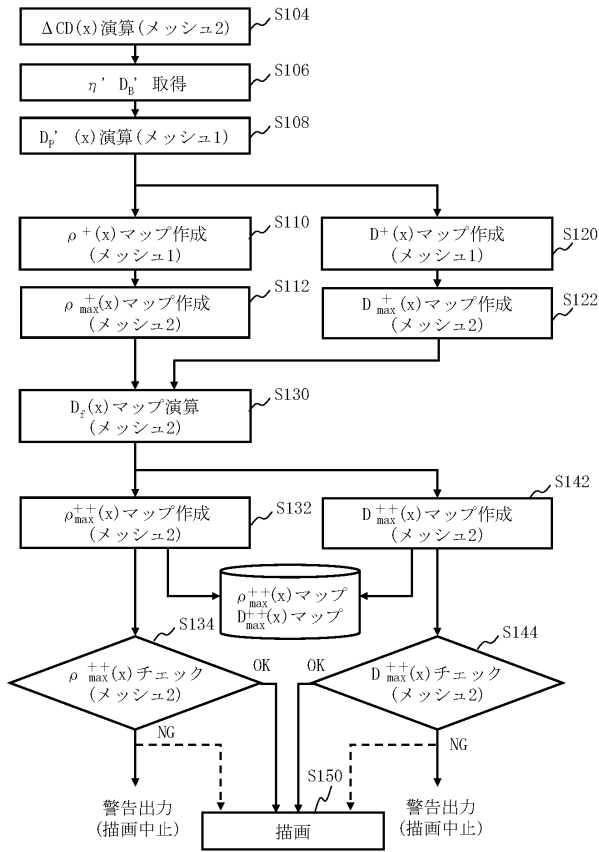
- |       |                    |
|-------|--------------------|
| 2 0 0 | 電子ビーム              |
| 2 0 1 | 電子銃                |
| 2 0 2 | 照明レンズ              |
| 2 0 3 | , 4 1 0 第 1 のアパーチャ |
| 2 0 4 | 投影レンズ              |
| 2 0 5 | 偏向器                |
| 2 0 6 | , 4 2 0 第 2 のアパーチャ |
| 2 0 7 | 対物レンズ              |
| 2 0 8 | 主偏向器               |
| 2 0 9 | 副偏向器               |
| 3 0 0 | 検査装置               |
| 3 3 0 | 電子線                |
| 4 1 1 | 開口                 |
| 4 2 1 | 可変成形開口             |
| 4 3 0 | 荷電粒子ソース            |

10

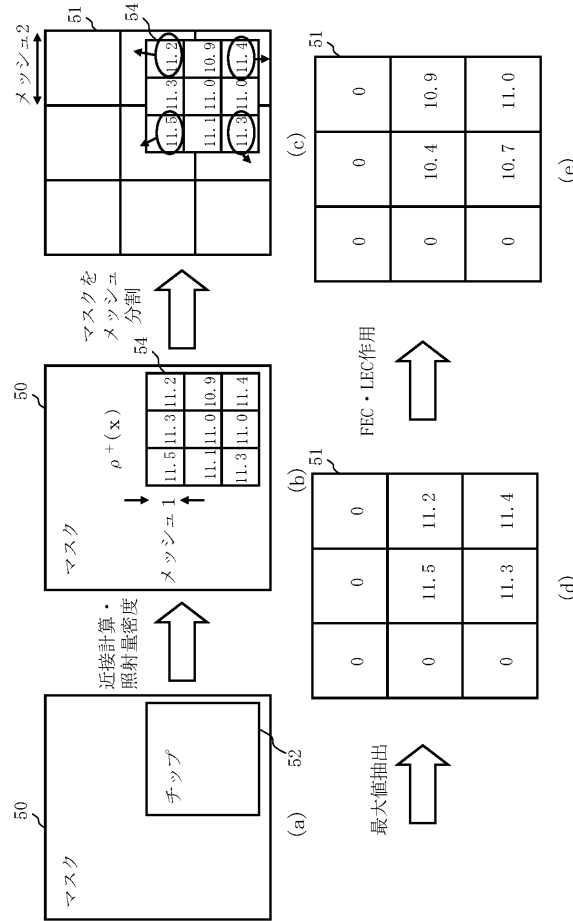


指標番号	ドーズ量変動量
20	100%
21	120%
22	140%

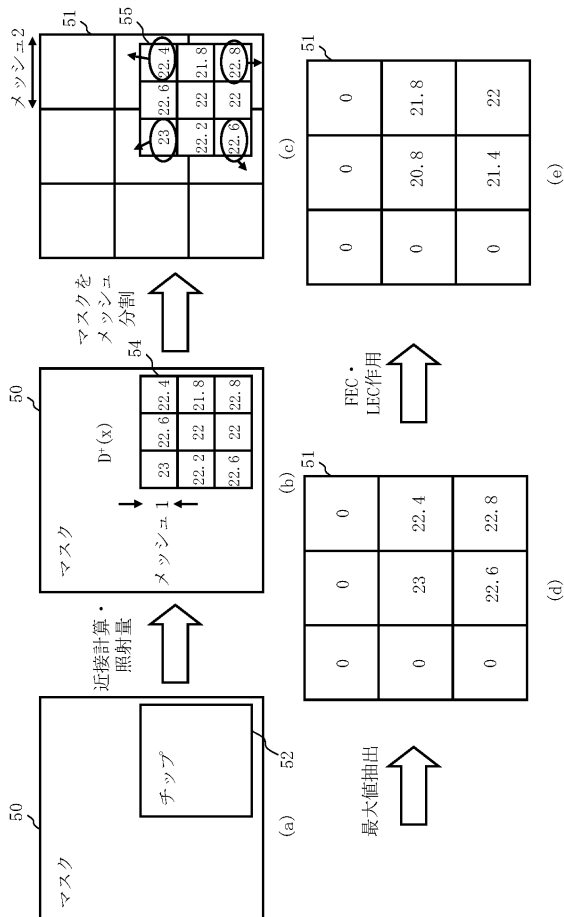
【図 4】



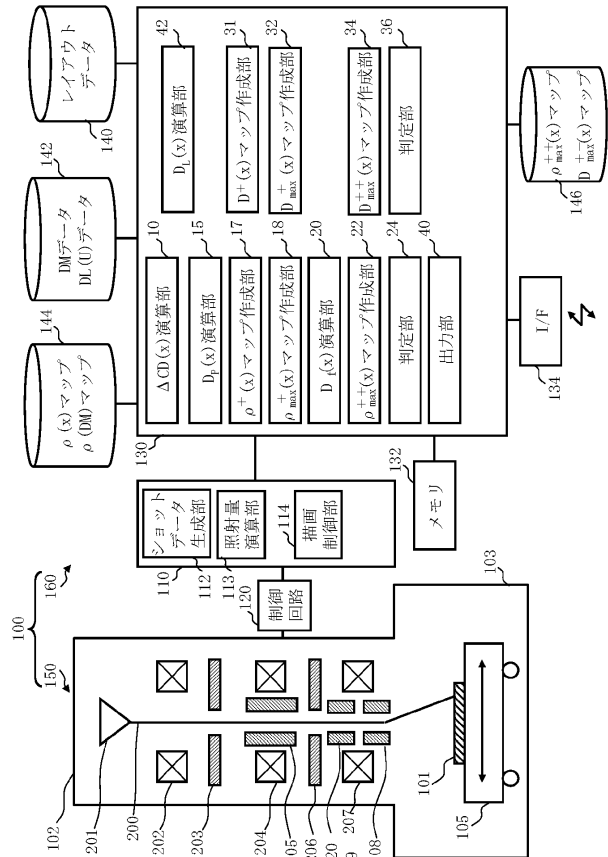
【図 5】



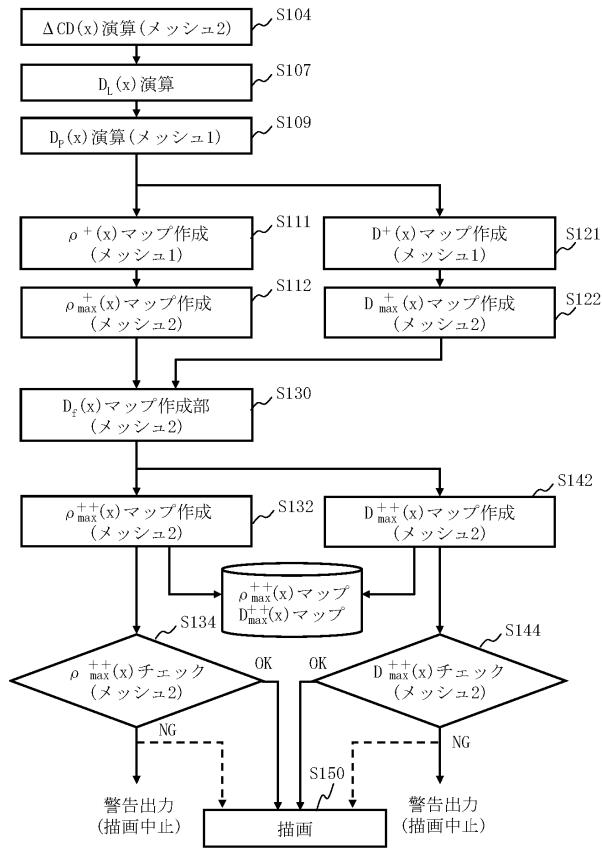
【図 6】



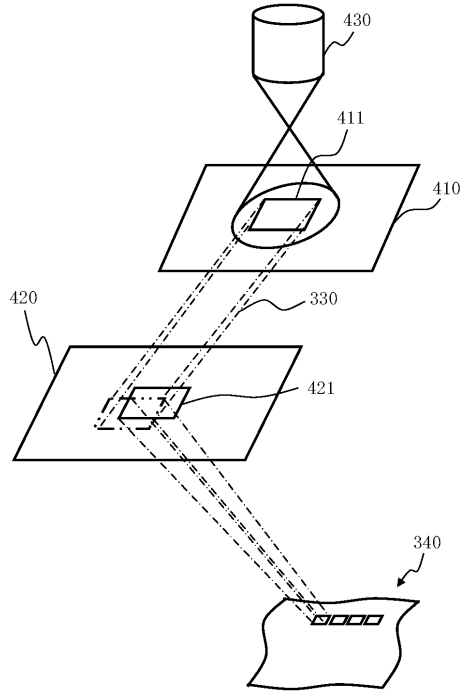
【図 7】



【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

審査官 松岡 智也

- (56)参考文献 特開2010-161099(JP,A)  
特開2012-015244(JP,A)  
特開2012-023279(JP,A)  
特開2012-084659(JP,A)  
特開2012-174780(JP,A)  
特開2012-195571(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/027  
G03F 7/20-7/24、9/00-9/02