

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7176480号
(P7176480)

(45)発行日 令和4年11月22日(2022.11.22)

(24)登録日 令和4年11月14日(2022.11.14)

(51)国際特許分類	F I			
H 0 1 L 21/027 (2006.01)	H 0 1 L	21/30	5 4 1 D	
G 0 3 F 7/20 (2006.01)	H 0 1 L	21/30	5 4 1 W	
	G 0 3 F	7/20	5 0 4	
	G 0 3 F	7/20	5 2 1	

請求項の数 5 (全13頁)

(21)出願番号	特願2019-111319(P2019-111319)	(73)特許権者	504162958 株式会社ニューフレアテクノロジー 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番1
(22)出願日	令和1年6月14日(2019.6.14)	(74)代理人	100086911 弁理士 重野 剛
(65)公開番号	特開2020-205314(P2020-205314 A)	(74)代理人	100144967 弁理士 重野 隆之
(43)公開日	令和2年12月24日(2020.12.24)	(72)発明者	懸樋 亮一 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番1 株式会社ニューフレアテクノロジー内
審査請求日	令和4年2月4日(2022.2.4)	審査官	田中 秀直

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 マルチ荷電粒子ビーム描画方法及びマルチ荷電粒子ビーム描画装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

荷電粒子ビームを放出する工程と、
成形アパーチャアレイ基板に設けられた複数の開口を前記荷電粒子ビームが通過することによりマルチビームを形成する工程と、
前記マルチビームの各ビームに対応するブランカが設けられたブランキングプレートを用いて、各ビームのオンオフを切り替える工程と、
前記マルチビームの焦点位置の変動量を算出する工程と、
予め求められた焦点位置と前記マルチビームの各ビームの位置ずれ量との相関関係に基づき、算出された前記焦点位置より前記位置ずれ量を算出する工程と、
前記位置ずれ量に基づいて、前記マルチビームの各ビームの照射量を変調する工程と、
変調後の照射量で前記マルチビームを基板に照射してパターンを描画する工程と、
を備えるマルチ荷電粒子ビーム描画方法。

【請求項2】

前記相関関係は、ショット毎、またはマルチビームを複数のビームに分割したブロック毎に求められることを特徴とする請求項1に記載のマルチ荷電粒子ビーム描画方法。

【請求項3】

前記変調後の前記マルチビームの焦点位置の変動量又は前記位置ずれ量が所定値以下となるまで、前記マルチビームの各ビームの照射量を変調する工程を繰り返し行うことを特徴とする請求項1又は2に記載のマルチ荷電粒子ビーム描画方法。

【請求項 4】

前記マルチビームの焦点位置の変動量は、前記マルチビームの各ビームの照射量を変調することによる前記マルチビームの焦点位置の変動量を含むことを特徴とする請求項 3 に記載のマルチ荷電粒子ビーム描画方法。

【請求項 5】

荷電粒子ビームを放出する放出部と、

複数の開口が形成され、前記複数の開口を前記荷電粒子ビームが通過することによりマルチビームを形成する成形アパーチャアレイ基板と、

前記マルチビームの各ビームにそれぞれ対応し、ビームのオンオフを切り替える複数のブランカが配置されたブランキングプレートと、

前記マルチビームの焦点位置の変動量を算出し、予め求められた焦点位置と前記マルチビームの各ビームの位置ずれ量との相関関係に基づき、算出された前記焦点位置より前記位置ずれ量を算出し、前記位置ずれ量に基づいて、各ビームの照射量を変調する制御計算機と、

変調後の照射量に基づいて前記複数のブランカを制御する偏向制御回路と、

を備えるマルチ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、マルチ荷電粒子ビーム描画方法及びマルチ荷電粒子ビーム描画装置に関する。

【背景技術】

【0002】

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。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、縮小投影型露光装置を用いて、石英上に形成された高精度の原画パターン（マスク、或いは特にステッパやスキナーで用いられるものはレチクルともいう。）をウェーハ上に縮小転写する手法が採用されている。高精度の原画パターンは、電子ビーム描画装置によって描画され、所謂、電子ビームリソグラフィ技術が用いられている。

【0003】

マルチビームを使った描画装置は、1本の電子ビームで描画する場合に比べて、一度に多くのビームを照射できるので、スループットを大幅に向上させることができる。マルチビーム方式の描画装置では、例えば、電子銃から放出された電子ビームを複数の開口を持った成形アパーチャ部材に通してマルチビームを形成し、ブランキングプレートで各ビームのブランキング制御を行い、遮蔽されなかった各ビームが光学系で縮小され、ステージ上に載置された基板に照射される。

【0004】

ブランキングプレートには、マルチビームの各ビームに対応する複数のブランカが設けられている。各ブランカが所定の電圧を印加することで、ビームを個別にオンオフ制御することができる。各ビームは、周辺のビームに対応するブランカからの漏れ電場（クロストーク）により、ビーム進行方向がずれる、いわゆる「出射角異常」が生じることがあった。また、ブランキングプレートの製作精度不良に伴うビーム散乱によっても出射角異常が生じることがあった。

【0005】

マルチビーム描画では、焦点合わせ等の光学系の調整が重要である。従来、対物レンズで焦点位置を変えながら、ステージ上のライン状の反射マークをスキャンして反射電子を検出し、各焦点位置で得られたプロファイルに基づいて焦点合わせを行っていた。反射マークと基板との高さの違いによる焦点位置のずれは、ステージ高さを調整することで補正していた。また、基板の表面高さをグリッド状に取得し、多項式フィッティングして、基板の撓みによる焦点位置のずれを補正していた。しかし、ビーム電流によるクーロン効果の影響や、多項式で求まる基板表面高さの誤差により、焦点位置を補正しきれないことが

10

20

30

40

50

あった。

【0006】

焦点位置の補正残差が大きい場合、上述した出射角異常により、基板上でのビーム照射位置がずれ、描画精度を劣化させることがあった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】特開2016-119423号公報

特開2016-103557号公報

特開2015-106604号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、ビーム照射位置のずれを低減し、描画精度を向上させるマルチ荷電粒子ビーム描画方法及びマルチ荷電粒子ビーム描画装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様によるマルチ荷電粒子ビーム描画方法は、荷電粒子ビームを放出する工程と、成形アパーチャレイ基板に設けられた複数の開口を前記荷電粒子ビームが通過することによりマルチビームを形成する工程と、前記マルチビームの各ビームに対応するブランカが設けられたブランキングプレートを用いて、各ビームのオンオフを切り替える工程と、前記マルチビームの焦点位置の変動量を算出する工程と、予め求められた焦点位置と前記マルチビームの各ビームの位置ずれ量との相関関係に基づき、算出された前記焦点位置より前記位置ずれ量を算出する工程と、前記位置ずれ量に基づいて、前記マルチビームの各ビームの照射量を変調する工程と、変調後の照射量で前記マルチビームを基板に照射してパターンを描画する工程と、を備えるものである。

20

【0010】

本発明の一態様では、前記相関関係は、ショット毎、またはマルチビームを複数のビームに分割したブロック毎に求められる。

【0011】

本発明の一態様では、前記変調後の前記マルチビームの焦点位置の変動量又は前記位置ずれ量が所定値以下となるまで、前記マルチビームの各ビームの照射量を変調する工程を繰り返し行う。

30

【0012】

本発明の一態様では、前記マルチビームの焦点位置の変動量は、前記マルチビームの各ビームの照射量を変調することによる前記マルチビームの焦点位置の変動量を含む。

【0013】

本発明の一態様によるマルチ荷電粒子ビーム描画装置は、荷電粒子ビームを放出する放出部と、複数の開口が形成され、前記複数の開口を前記荷電粒子ビームが通過することによりマルチビームを形成する成形アパーチャレイ基板と、前記マルチビームの各ビームにそれぞれ対応し、ビームのオンオフを切り替える複数のブランカが配置されたブランキングプレートと、前記マルチビームの焦点位置の変動量を算出し、予め求められた焦点位置と前記マルチビームの各ビームの位置ずれ量との相関関係に基づき、算出された前記焦点位置より前記位置ずれ量を算出し、前記位置ずれ量に基づいて、各ビームの照射量を変調する制御計算機と、変調後の照射量に基づいて前記複数のブランカを制御する偏向制御回路と、を備えるものである。

40

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、ビーム照射位置のずれを低減し、描画精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 5 】

【図 1】本発明の実施形態によるマルチ荷電粒子ビーム描画装置の概略図である。

【図 2】同実施形態に係るマルチビーム検査用アパーチャの断面図である。

【図 3】成形アパーチャアレイ基板の模式図である。

【図 4】クロストークによるビーム位置ずれ量の算出方法を説明するフローチャートである。

【図 5】(a) ~ (c) はクロストークによるビーム位置ずれ量の算出方法を説明する図である。

【図 6】ビーム総電流量とフォーカス位置との関係の取得方法を説明するフローチャートである。

【図 7】ビーム総電流量とフォーカス位置との関係の一例を示す図である。

【図 8】描画方法を説明するフローチャートである。

【図 9】照射時間データ生成方法を説明するフローチャートである。

【図 10】ブランキングプレートの分割例を示す図である。

【図 11】ブランキングプレートの領域毎のビーム位置ずれ量を取得する方法を説明するフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 6 】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。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なく、イオンビーム等でもよい。

【 0 0 1 7 】

図 1 は、本実施形態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、描画装置は、描画部 1 と制御部 100 を備えている。描画装置は、マルチ荷電粒子ビーム描画装置の一例である。描画部 1 は、電子鏡筒 2 と描画室 20 を備えている。電子鏡筒 2 内には、電子銃 4、照明レンズ 6、成形アパーチャアレイ基板 8、ブランキングプレート 10、縮小レンズ 12、制限アパーチャ部材 14、対物レンズ 15、コイル 16、主偏向器 17 (偏向器)、及び副偏向器 (図示略) が配置されている。

【 0 0 1 8 】

描画室 20 内には、XY ステージ 22 が配置される。XY ステージ 22 上には、描画対象となる基板 70 が配置される。基板 70 には、半導体装置を製造する際の露光用マスク、或いは、半導体装置が製造される半導体基板 (シリコンウェハ) 等が含まれる。また、基板 70 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スが含まれる。

【 0 0 1 9 】

XY ステージ 22 上には、XY ステージ 22 の位置測定用のミラー 24 が配置される。

【 0 0 2 0 】

また、XY ステージ 22 には、基板 70 が載置される位置とは異なる位置に、位置検出用のマークが配置されている。マークは特に限定されないが、例えば透過型のマークであるマルチビーム検査用アパーチャ 40 (以下、「検査アパーチャ 40」と記載する) を用いることができる。検査アパーチャ 40 は、さらに電流検出器 50 を有するマルチビーム用ビーム検査装置を構成する。検査アパーチャ 40 は、調整機構 (図示略) により高さが調整可能となっている。検査アパーチャ 40 は、基板 70 と同じ高さ位置に設置されることが好ましい。

【 0 0 2 1 】

図 2 はマルチビーム用ビーム検査装置の概略構成図である。検査アパーチャ 40 は、電子ビームが 1 本だけ通過するように制限するものである。検査アパーチャ 40 は例えば円形の平面形状をなし、中心軸に沿って 1 本のビームが通過する貫通孔 42 が形成されている。

【 0 0 2 2 】

10

20

30

40

50

貫通孔 4 2 を通過した電子ビーム B は、電流検出器 5 0 に入射し、ビーム電流が検出される。電流検出器 5 0 には、例えば SSD (半導体検出器(solid-state detector)) を用いることができる。電流検出器 5 0 による検出結果は制御計算機 1 1 0 に通知される。

【 0 0 2 3 】

制御部 1 0 0 は、制御計算機 1 1 0、偏向制御回路 1 3 0、デジタル・アナログ変換(DAC) アンプ 1 3 1、コイル制御回路 1 3 2、レンズ制御回路 1 3 3、ステージ位置検出器 1 3 5、及び磁気ディスク装置等の記憶装置 1 4 0、1 4 2、1 4 4 を有している。

【 0 0 2 4 】

偏向制御回路 1 3 0、コイル制御回路 1 3 2、レンズ制御回路 1 3 3、ステージ位置検出器 1 3 5、及び記憶装置 1 4 0 は、バスを介して制御計算機 1 1 0 に接続されている。記憶装置 1 4 0 には、描画データが外部から入力され、格納されている。

10

【 0 0 2 5 】

偏向制御回路 1 3 0 には、DAC アンプ 1 3 1 が接続される。DAC アンプ 1 3 1 は主偏向器 1 7 に接続される。コイル制御回路 1 3 2 には、コイル 1 6 が接続されている。レンズ制御回路 1 3 3 には、対物レンズ 1 5 が接続されている。

【 0 0 2 6 】

制御計算機 1 1 0 は、ビーム位置ずれ量算出部 1 1 1、焦点位置算出部 1 1 2、面積率算出部 1 1 3、照射量算出部 1 1 4、照射量変調部 1 1 5、判定部 1 1 6 及び描画制御部 1 1 7 を備える。制御計算機 1 1 0 の各部の機能は、ハードウェアで実現されてもよいし、ソフトウェアで実現されてもよい。ソフトウェアで構成する場合には、制御計算機 1 1 0 の少なくとも一部の機能を実現するプログラムを記録媒体に収納し、電気回路を含むコンピュータに読み込ませて実行させてもよい。記録媒体は、磁気ディスクや光ディスク等の着脱可能なものに限定されず、ハードディスク装置やメモリなどの固定型の記録媒体でもよい。

20

【 0 0 2 7 】

図 3 は、成形アパーチャレイ基板 8 の構成を示す概念図である。図 3 に示すように、成形アパーチャレイ基板 8 には、縦 (y 方向) m 列 × 横 (x 方向) n 列 (m, n = 2) の開口 8 0 が所定の配列ピッチでマトリクス状に形成されている。各開口 8 0 は、共に同じ寸法形状の矩形で形成される。或いは、同じ径の円形であっても構わない。

【 0 0 2 8 】

電子銃 4 から放出された電子ビーム 3 0 は、照明レンズ 6 によりほぼ垂直に成形アパーチャレイ基板 8 全体を照明する。電子ビーム 3 0 は、成形アパーチャレイ基板 8 のすべての開口 8 0 が含まれる領域を照明する。これらの複数の開口 8 0 を電子ビーム 3 0 の一部がそれぞれ通過することで、図 1 に示すようなマルチビーム 3 0 a ~ 3 0 e が形成されることになる。

30

【 0 0 2 9 】

ブランキングプレート 1 0 には、図 3 に示した成形アパーチャレイ基板 8 の各開口 8 0 に対応する位置にマルチビームの各ビームが通過する通過孔 (開口部) が形成されている。各通過孔の近傍には、ビームを偏向するブランキング偏向用の電極 (ブランカ: ブランキング偏向器) が配置されている。

40

【 0 0 3 0 】

各通過孔を通過するマルチビーム 3 0 a ~ 3 0 e を構成する各電子ビームは、それぞれ独立に、ブランカから印加される電圧によって偏向される。この偏向によってブランキング制御が行われる。このように、複数のブランカが、成形アパーチャレイ基板 8 の複数の開口 8 0 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。

【 0 0 3 1 】

ブランキングプレート 1 0 を通過したマルチビーム 3 0 a ~ 3 0 e は、縮小レンズ 1 2 によって、各々のビームサイズと配列ピッチが縮小され、制限アパーチャ部材 1 4 に形成された中心の穴に向かって進む。ブランキングプレート 1 0 のブランカにより偏向された

50

電子ビームは、その軌道が変位し、制限アパーチャ部材 14 の中心の穴から位置がはずれ、制限アパーチャ部材 14 によって遮蔽される。一方、ブランキングプレート 10 のブランカによって偏向されなかった電子ビームは、制限アパーチャ部材 14 の中心の穴を通過する。

【0032】

制限アパーチャ部材 14 は、ブランキングプレート 10 のブランカによってビーム OFF の状態になるように偏向された各電子ビームを遮蔽する。

【0033】

制限アパーチャ部材 14 を通過したマルチビーム 30a ~ 30e を構成する各電子ビームは、コイル 16 によりアライメント調整され、対物レンズ 15 により焦点が合わされ、基板 70 上で所望の縮小率のパターン像となる。主偏向器 17 は、制限アパーチャ部材 14 を通過した各電子ビーム（マルチビーム全体）を同方向にまとめて偏向し、基板 70 上の描画位置（照射位置）に照射する。

10

【0034】

XY ステージ 22 が連続移動している時、ビームの描画位置（照射位置）が XY ステージ 22 の移動に追従するように主偏向器 17 によってトラッキング制御される。XY ステージ 22 の位置は、ステージ位置検出器 135 から XY ステージ 22 上のミラー 24 に向けてレーザを照射し、その反射光を用いて測定される。

【0035】

一度に照射されるマルチビームは、理想的には成形アパーチャアレイ基板 8 の複数の開口 80 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なる。この描画装置は、ショットビームを連続して順に照射していくラスタースキャン方式で描画動作を行い、所望のパターンを描画する際、パターンに応じて必要なビームがブランキング制御によりビーム ON に制御される。

20

【0036】

制御計算機 110 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を行って、ショット毎の照射時間データを生成する。基板 70 の描画領域は、ビームサイズで格子状の複数の画素に仮想分割され、1画素が1ビームの照射領域となる。照射時間データには、各ビームの対応画素照射時間が定義される。

【0037】

描画制御部 117 は、照射時間データ及びステージ位置情報に基づいて、偏向制御回路 130 に制御信号を出力する。偏向制御回路 130 は、制御信号に基づいて、ブランキングプレート 10 の各ブランカの印加電圧を制御する。また、偏向制御回路 130 は、XY ステージ 22 の移動に追従するようにビーム偏向するための偏向量データ（トラッキング偏向データ）を演算する。デジタル信号であるトラッキング偏向データは、DAC アンプ 131 に出力され、DAC アンプ 131 は、デジタル信号をアナログ信号に変換の上、増幅して、トラッキング偏向電圧として主偏向器 17 に印加する。

30

【0038】

マルチビーム方式の描画装置では、ブランキングプレート 10 を通過するビームに、周辺のブランカからの漏れ電場（クロストーク）による出射角異常が発生することがある。また、マルチビーム描画装置では、多数のビームを用いて大電流で高速な描画が可能となるが、ビーム総電流量の増加に伴いクーロン効果によるフォーカスずれが発生する。出射角異常及びフォーカスずれの発生により、基板 70 におけるビーム照射位置がずれる。本実施形態では、このような漏れ電場による出射角異常、及びクーロン効果によるフォーカスずれに起因したビーム照射位置のずれを補正する。

40

【0039】

まず、描画処理に先立ち、クロストークによるビーム位置ずれ量として、1本のビームをオフにすることで、周囲のビームの照射位置に与える影響を算出する。クロストークによるビーム位置ずれ量の算出方法を図 4 に示すフローチャートに沿って説明する。

【0040】

50

まず、マルチビームの全てのビームをオンにして、マルチビームで検査アパーチャ 4 0 をスキャンし、貫通孔 4 2 を通過する電子ビームを順次切り替え、各ビームのビーム電流検出結果を用いて、各ビームの位置を測定する（ステップ S 1）。例えば、図 5（a）に示すように、マルチビームのうち、5 × 5 のビームを測定領域とし、これらのビームで検査アパーチャ 4 0 をスキャンし、各ビームの位置を測定する。制御計算機 1 1 0 は、電流検出器 5 0 により検出されたビーム電流を輝度に変換し、主偏向器 1 7 の偏向量に基づいてビーム画像を作成し、ステージ位置検出器 1 3 5 により検出されたステージ位置から各ビームの位置を求める。

【 0 0 4 1 】

次に、測定領域の中心のビームをオフにした状態で検査アパーチャ 4 0 をスキャンし、貫通孔 4 2 を通過する電子ビームを順次切り替え、各ビームのビーム電流検出結果を用いて、各ビームの位置を測定する（ステップ S 2）。例えば、図 5（b）に示すように、中心以外の 2 4 本のビームの位置を測定する。

【 0 0 4 2 】

ビーム位置ずれ量算出部 1 1 1 が、ステップ S 1 で測定したビーム位置と、ステップ S 2 で測定したビーム位置との差分から、ビーム 1 本をオフにすることによる、周辺ビームの位置ずれ量を算出する（ステップ S 3）。そして、周辺ビームの位置ずれ量を定義した位置ずれマップを作成する（ステップ S 4）。例えば、図 5（c）に示すような位置ずれマップが得られる。

【 0 0 4 3 】

ステップ S 1 ~ S 4 の処理を複数のフォーカスで実行する（ステップ S 5 , S 6）。これにより、複数のフォーカスの各々について、ビーム 1 本をオフにすることで周辺ビームがどのように位置ずれするかを示す位置ずれマップが作成される。作成された位置ずれマップは記憶装置 1 4 2 に格納される。この位置ずれマップは、焦点位置とマルチビームの各ビームの位置ずれ量との相関関係を示す。

【 0 0 4 4 】

次に、クーロン効果によるフォーカスずれとして、図 6 に示すフローチャートのように、マルチビームのビーム総電流量とフォーカス変動との関係を求める。

【 0 0 4 5 】

まず、少なくとも一部のビームをオンにした状態でベストフォーカスを測定する（ステップ S 1 1）。例えば、マルチビームで検査アパーチャ 4 0 をスキャンし、貫通孔 4 2 を通過する電子ビームを順次切り替え、電流検出器 5 0 により検出されたビーム電流を輝度に変換し、ビーム画像を作成する。フォーカスを変えながらビーム画像を作成し、焦点位置算出部 1 1 2 が、各ビーム画像の輝度の分散からベストフォーカスを算出する。

【 0 0 4 6 】

オンビームの本数を変え、マルチビームのビーム総電流量毎にベストフォーカスを算出する（ステップ S 1 2 , S 1 3）。これにより、図 7 に示すようなビーム総電流量とベストフォーカスとなる焦点位置の変動量との関係が得られる。ビーム総電流量と焦点位置変動量との関係を示すフォーカス変動量情報は、記憶装置 1 4 4 に格納される。

【 0 0 4 7 】

図 8 は、本実施形態に係る描画方法を説明するフローチャートである。面積率算出工程（ステップ S 2 1）として、面積率算出部 1 1 3 は、記憶装置 1 4 0 から描画データを読み出し、画素毎に、当該画素内のパターン面積密度（パターン面積率）を算出する。

【 0 0 4 8 】

ショット毎の照射時間データ生成工程（ステップ S 2 2）を図 9 に示すフローチャートを用いて詳細に説明する。

【 0 0 4 9 】

照射量データ生成工程（ステップ S 2 0 1）では、照射量算出部 1 1 4 が、ショット毎に、マルチビームの各ビーム（個別ビーム）の照射量を算出する。例えば、照射量算出部 1 1 4 は、画素毎に、当該画素内のパターン面積密度と、予め設定された基準照射量とを

10

20

30

40

50

乗じて照射量を算出する。近接効果補正係数をさらに乗じてよい。

【 0 0 5 0 】

フォーカス変動量算出工程（ステップ S 2 0 2）では、制御計算機 1 1 0 が、ショット毎に、マルチビームの全ビームの照射量を合計してビーム総電流量を求め、フォーカス変動量情報から、焦点位置の変動量を算出する。

【 0 0 5 1 】

ビーム位置ずれ量算出工程（ステップ S 2 0 3）では、制御計算機 1 1 0 が、記憶装置 1 4 2 から、ステップ S 2 0 2 で算出した焦点位置に対応する位置ずれマップを取り出す。制御計算機 1 1 0 は、オフビームの周辺のオンビームに、この位置ずれマップに定義された位置ずれ量を割り当て、各オンビームについて、割り当てられた位置ずれ量を重ね合わせて（加算して）、位置ずれ量を算出する。

10

【 0 0 5 2 】

照射量変調工程（ステップ S 2 0 4）では、照射量変調部 1 1 5 が、ステップ S 2 0 3 で算出された位置ずれを補正するため、ビーム毎に照射量を変調する。マルチビーム描画では、ビーム照射位置のずれを光学的に個別に補正することができないため、ビーム毎に照射量を変調し、位置ずれしたビームで露光した場合でも、レジストに与えるドーズ分布にビーム位置ずれの影響が現れないようにする。

【 0 0 5 3 】

この照射量変調により、ビーム総電流量が変化する。制御計算機 1 1 0 は、照射量変調後のビーム総電流量を求め、フォーカス変動量情報から、焦点位置の変動量を算出する。判定部 1 1 6 は、焦点位置の変動量が所定値以下となるか判定する（ステップ S 2 0 5）。焦点位置の変動量が所定値以下となるまで、ビーム位置ずれ量算出工程（ステップ S 2 0 3）及び照射量変調工程（ステップ S 2 0 4）を繰り返し行う。

20

【 0 0 5 4 】

照射時間データ変換工程（ステップ S 2 0 6）では、描画制御部 1 1 7 が、変調後の各ビームの照射量を電流密度で除して照射時間データに変換し、偏向制御回路 1 3 0 へ転送する。

【 0 0 5 5 】

描画工程（図 8 のステップ S 2 3）では、偏向制御回路 1 3 0 が、照射時間データに基づいて、ブランキングプレート 1 0 の各ブランカのオンオフを制御する。これにより、ビーム位置ずれの影響が現れないようにパターンを描画できる。

30

【 0 0 5 6 】

このように、本実施形態によれば、ショット毎のビーム総電流量から焦点位置の変化量を算出し、変化した焦点位置におけるクロストークによるビーム位置ずれ量を算出する。そして、算出したビーム位置ずれ量を補正するように、各ビームの照射量を変調する。そのため、ビーム照射位置のずれを低減し、描画精度を向上させることができる。

【 0 0 5 7 】

上記実施形態では、焦点位置の変動量が所定値以下となるまで、ビーム位置ずれ量算出工程（ステップ S 2 0 3）及び照射量変調工程（ステップ S 2 0 4）を繰り返し行う例について説明したが、焦点位置の変動量からビーム位置ずれ量を算出し、ビーム位置ずれ量が所定値以下となるまで照射量変調工程（ステップ S 2 0 4）を繰り返し行ってもよい。

40

【 0 0 5 8 】

上記実施形態では、クロストークに起因する出射角異常によるビーム位置ずれを考慮する例について説明したが、出射角異常はブランキングプレート 1 0 の製作精度不良によっても生じ得る。

【 0 0 5 9 】

ブランキングプレート 1 0 の製作精度不良に起因する出射角異常によるビーム位置ずれを考慮する場合は、各ビームの出射角異常を考慮する必要はなく、ある程度のビームのまとまり毎に出射角を考慮すればよい。

【 0 0 6 0 】

50

例えば、図10に示すように、 32×32 のビームを1ブロック(1グループ)とし、 512×512 のビームからなるビームアレイ(マルチビーム)を256個のブロックに分割する。

【0061】

ブランキングプレート10の製作精度不良に起因する出射角異常によるビーム位置ずれの算出方法を図11に沿って説明する。まず、1つのブロックのビームを全てオンにして検査アパーチャ40をスキャンし、各ビームの位置を測定する(ステップS31)。測定した位置と、理想位置のずれから、ビーム位置ずれ量を算出する(ステップS32)。ここで算出するビーム位置ずれ量は、例えば、 32×32 本のビームの位置ずれ量の平均値などの代表値である。

10

【0062】

ステップS31、S32の処理を複数のフォーカスで実行する(ステップS33、S34)。複数のフォーカスの各々について、ビーム位置ずれ量の代表値を求めたら、別のブロックで同様の処理を行う(ステップS31~S36)。全てのブロックについてこれらの処理を行い、フォーカス毎の位置ずれマップを作成し、記憶装置142に格納する(ステップS37)。

【0063】

図9のビーム位置ずれ量算出工程(ステップS203)では、この位置ずれマップを用いて、各ブロックの出射角異常によって引き起こされる各ビームの位置ずれ量を算出する。

【0064】

20

なお、本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

【符号の説明】

【0065】

- 1 描画部
- 2 電子鏡筒
- 4 電子銃
- 6 照明レンズ
- 8 成形アパーチャアレイ基板
- 10 ブランキングプレート
- 12 縮小レンズ
- 14 制限アパーチャ部材
- 15 対物レンズ
- 16 コイル
- 17 主偏向器
- 20 描画室
- 22 XYステージ
- 40 検査アパーチャ
- 50 電流検出器
- 100 制御部
- 110 制御計算機

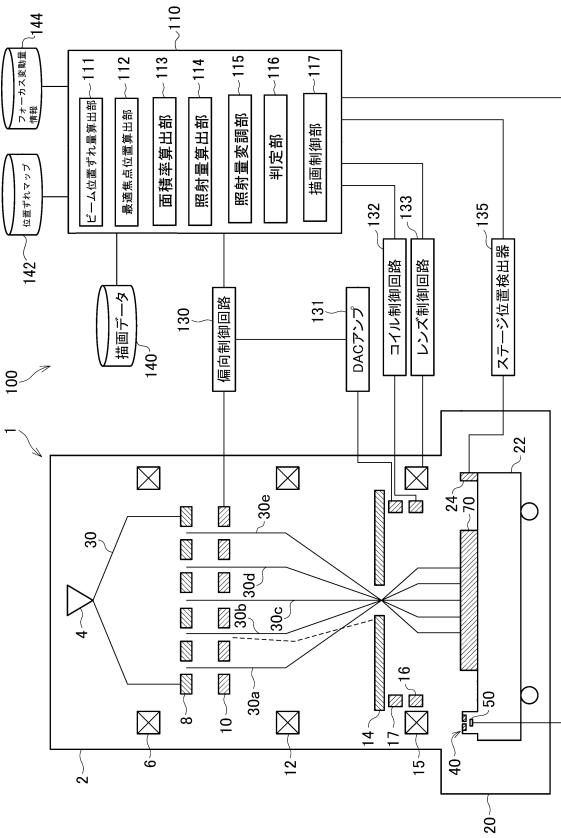
30

40

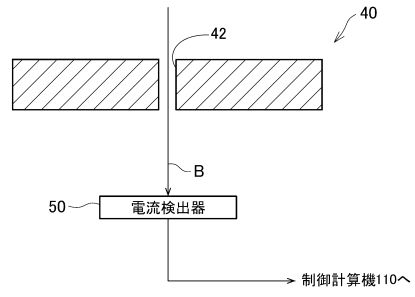
50

【図面】

【図 1】



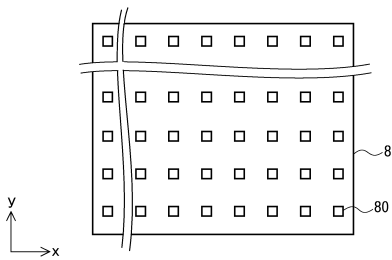
【図 2】



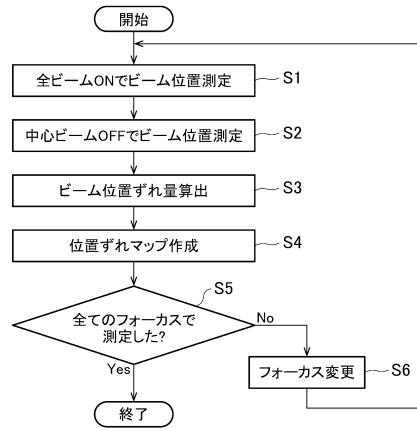
10

20

【図 3】



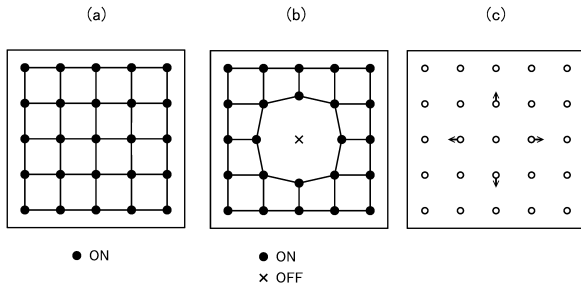
【図 4】



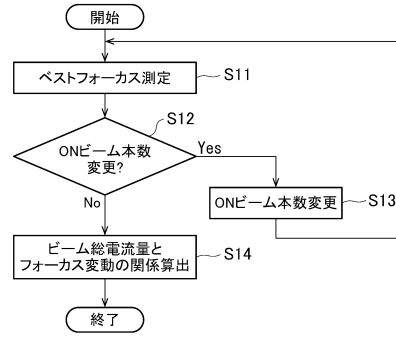
30

40

【図 5】

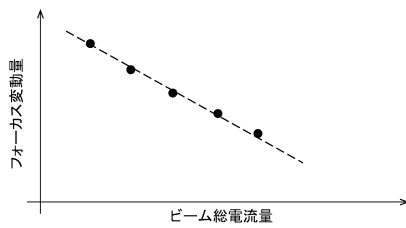


【図 6】

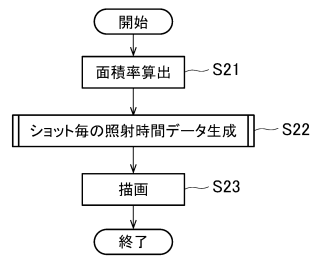


10

【図 7】

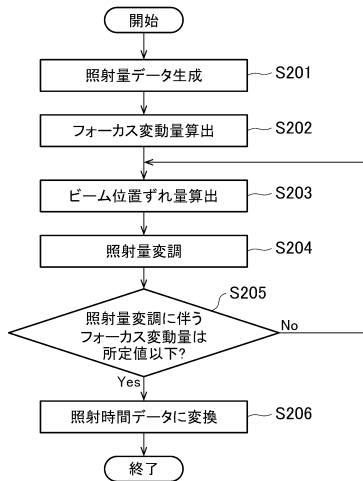


【図 8】

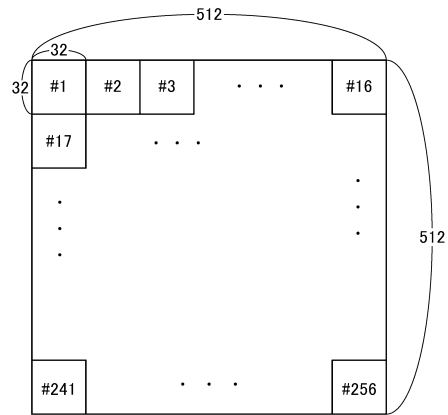


20

【図 9】



【図 10】

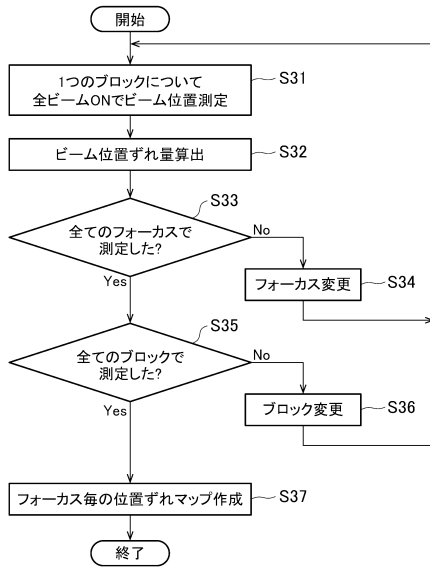


30

40

50

【 図 1 1 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2015 - 216225 (JP, A)
特開 2016 - 119423 (JP, A)
特開 2016 - 103557 (JP, A)
特開 2018 - 182189 (JP, A)
特開 2018 - 078251 (JP, A)
米国特許出願公開第 2019 / 0164721 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 21 / 027
G03F 7 / 20