

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7624829号  
(P7624829)

(45)発行日 令和7年1月31日(2025.1.31)

(24)登録日 令和7年1月23日(2025.1.23)

(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 E
H 0 1 J	37/147 (2006.01)	H 0 1 L	21/30	5 4 1 W
H 0 1 J	37/305 (2006.01)	H 0 1 L	21/30	5 4 1 B
H 0 1 J	37/073 (2006.01)	H 0 1 J	37/147	C
		H 0 1 J	37/305	B

請求項の数 6 (全24頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2020-207701(P2020-207701)  
 (22)出願日 令和2年12月15日(2020.12.15)  
 (65)公開番号 特開2022-94681(P2022-94681A)  
 (43)公開日 令和4年6月27日(2022.6.27)  
 審査請求日 令和5年11月10日(2023.11.10)

(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  
 (74)代理人 100119035  
弁理士 池上 徹真  
 (74)代理人 100141036  
弁理士 須藤 章  
 (74)代理人 100178984  
弁理士 高下 雅弘  
 (72)発明者 山田 拓  
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  
 (72)発明者 岩崎 光太  
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  
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電子ビーム照射装置及び電子ビーム照射方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

表面側に励起光の照射を受け、裏面側から複数の電子ビームを生成する光電面と、前記複数の電子ビームのそれぞれに対応する通過孔が形成され、前記通過孔を通過する前記複数の電子ビームをそれぞれ偏向制御するブランピングアパーチャアレイ機構と、開口部が形成され、前記複数の電子ビームの通過を制限する制限アパーチャ基板と、前記ブランピングアパーチャアレイ機構と前記制限アパーチャ基板を通過した前記複数の電子ビームが照射される試料を載置可能なステージと、照射された前記励起光のうち、前記ステージまでの前記光電面、前記ブランピングアパーチャアレイ機構、及び前記制限アパーチャ基板を含む配置物を通過する透過光の軌道と、前記複数の電子ビームの軌道の少なくともいずれか調整する調整機構と、を備え、前記配置物は、前記透過光の少なくとも一部を遮蔽し、前記調整機構は、前記配置物のうち少なくとも一つの位置を移動させる駆動機構を有する、ことを特徴とする電子ビーム照射装置。

【請求項2】

前記調整機構は、前記光電面へ入射する前記励起光の入射条件を調整する励起光調整機構を有することを特徴とする請求項1記載の電子ビーム照射装置。

【請求項3】

前記調整機構は、前記複数の電子ビームを所定角度で偏向した後、逆方向の前記所定角

度で偏向して前記複数の電子ビームの軌道中心軸を平行に移動することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の電子ビーム照射装置。

【請求項 4】

光電面の表面側に励起光の照射を受け、前記光電面の裏面側から複数の電子ビームを放出する工程と、

照射された前記励起光のうち、前記光電面と、前記複数の電子ビームをそれぞれ偏向制御するブランキングアパーチャレイ機構と、開口部が形成され前記複数の電子ビームの通過を制限する制限アパーチャ基板と、を含む配置物を通過する透過光の軌道と、前記複数の電子ビームの軌道の少なくともいずれかを調整する工程と、

前記配置物により前記透過光の少なくとも一部を遮蔽する工程と、

前記複数の電子ビームを試料に照射する工程と、

前記配置物の内少なくとも一つの位置を移動させる工程と、

を備えたことを特徴とする電子ビーム照射方法。

10

【請求項 5】

前記調整する工程において、前記励起光の前記光電面への入射条件を調整することを特徴とする請求項 4 に記載の電子ビーム照射方法。

【請求項 6】

前記複数の電子ビームを所定角度で偏向した後、逆方向の前記所定角度で偏向して前記複数の電子ビームの軌道中心軸を平行に移動することで調整することを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の電子ビーム照射方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の一態様は、電子ビーム照射装置及び電子ビーム照射方法に関する。例えば、マルチ電子ビーム描画装置及びマルチ電子ビーム描画方法に関する。

【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、マスクブランクスへ電子線を使ってマスクパターンを描画することが行われている。

30

【0003】

例えば、マルチビームを使った描画装置がある。1本の電子ビームで描画する場合に比べて、マルチビームを用いることで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。かか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穴を持ったマスクに通してマルチビームを形成し、各々、ブランキング制御され、制限アパーチャによって遮蔽されなかった各ビームが光学系で縮小され、マスク像が縮小されて、偏向器で偏向され試料上の所望の位置へと照射される。

40

【0004】

電子ビーム源として、光電面の表面にレーザ光の照射を受けて、裏面から電子を放出することで電子ビームを形成する技術が検討されている（例えば、特許文献 1 参照）。かかる技術に使用される光電面の膜厚は非常に薄く、照射されたレーザ光が光電面を透過してしまう。そのため、電子ビームとは別に透過光が試料まで到達し、試料上のレジストを感光させてしまうといった問題があった。試料上のレジストを感光させてしまうと、描画精度に影響を与えてしまう。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

50

【文献】特表2003-511855号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の一態様は、電子ビーム照射において、透過光の試料面への到達を低減可能な装置及び方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様の電子ビーム照射装置は、  
表面側に励起光の照射を受け、裏面側から複数の電子ビームを生成する光電面と、  
複数の電子ビームのそれぞれに対応する通過孔が形成され、通過孔を通過する複数の電子ビームをそれぞれ偏向制御するブランキングアパーチャレイ機構と、  
開口部が形成され、複数の電子ビームの通過を制限する制限アパーチャ基板と、  
ブランキングアパーチャレイ機構と制限アパーチャ基板を通過した複数の電子ビームが照射される試料を載置可能なステージと、  
照射された励起光のうち、ステージまでの光電面、ブランキングアパーチャレイ機構、及び制限アパーチャ基板を含む配置物を通過する透過光の軌道と、複数の電子ビームの軌道の少なくともいずれか調整する調整機構と、を備え、  
配置物は、透過光の少なくとも一部を遮蔽する、ことを特徴とする。

【0008】

また、調整機構は、光電面へ入射する励起光の入射条件を調整する励起光調整機構を有すると好適である。

【0009】

また、前記調整機構は、配置物のうち少なくとも一つの位置を移動させる駆動機構を有すると好適である。

【0010】

また、調整機構は、複数の電子ビームを所定角度で偏向した後、逆方向の上述した所定角度で偏向して複数の電子ビームの軌道中心軸を平行に移動すると好適である。

【0011】

本発明の一態様の電子ビーム照射方法は、  
光電面の表面側に励起光の照射を受け、光電面の裏面側から複数の電子ビームを放出する工程と、  
照射された励起光のうち、光電面と、複数の電子ビームをそれぞれ偏向制御するブランキングアパーチャレイ機構と、開口部が形成され複数の電子ビームの通過を制限する制限アパーチャ基板と、を含む配置物を通過する透過光の軌道と、複数の電子ビームの軌道の少なくともいずれかを調整する工程と、  
配置物により透過光の少なくとも一部を遮蔽する工程と、  
前記複数の電子ビームを試料に照射する工程と、  
を備えたことを特徴とする。

【0012】

また、調整する工程において、励起光の光電面への入射条件を調整すると好適である。

【0013】

また、配置物の内少なくとも一つの位置を移動させる工程を備えると好適である。

【0014】

また、複数の電子ビームを所定角度で偏向した後、逆方向の上述した所定角度で偏向して複数の電子ビームの軌道中心軸を平行に移動すると好適である。

【発明の効果】

【0015】

本発明の一態様によれば、電子ビーム照射において、透過光の試料面への到達を低減できる。

10

20

30

40

50

## 【図面の簡単な説明】

【0016】

【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における成形アパーチャアレイ基板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機構の構成を示す断面図である。

【図4】実施の形態1における透過光を説明するための図である。

【図5】実施の形態1における透過光の強度を調整する手法を説明するための図である。

【図6】実施の形態1における調整回路の内部構成の一例を示すブロック図である。

【図7】実施の形態1における描画方法の要部工程の一部を示すフローチャート図である。 10

【図8】実施の形態1におけるレーザ光入射角を説明するための図である。

【図9】実施の形態1における描画方法の要部工程の他の一部を示すフローチャート図である。

【図10】実施の形態1におけるレーザ光収束角を説明するための図である。

【図11】実施の形態1における描画方法の要部工程の他の一部を示すフローチャート図である。

【図12】実施の形態1における描画方法の要部工程の他の一部を示すフローチャート図である。

【図13】実施の形態1における描画方法の要部工程の他の一部を示すフローチャート図である。 20

【図14】実施の形態1における透過レーザ光強度と各調整項目との関係を説明するための図である。

【図15】実施の形態1における描画方法の要部工程の残部を示すフローチャート図である。

【図16】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17】実施の形態3における描画装置の構成を示す概念図である。

## 【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、実施の形態において、マルチ光電子ビームを照射する場合について説明する。但し、電子ビームは、マルチビームに限るものではなく、1本のシングルビームの場合であっても構わない。また、以下、電子ビームの照射装置の一例として、描画装置について説明する。 30

【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、描画機構150と制御回路160を備えている。描画装置100は、マルチ電子ビーム描画装置の一例である。描画機構150では、鏡筒104内に、励起光源であるレーザ光源201、レーザ光調整機構238、及びビームエキスパンダー等の照明光学系202が配置される。励起光源は、レーザ光源だけでなく、LEDやランプ等の適当な光源でも良い。また、描画機構150では、隔壁窓11によって光が透過可能に鏡筒104と空間が遮断され、真空が保持される鏡筒102（マルチ電子ビームカラム）内に、光電子放出機構210、マルチアノード電極220、成形アパーチャアレイ基板203、ブランキングアパーチャアレイ機構204、電磁レンズ205、第一制限アパーチャ基板206、電磁レンズ207（対物レンズ）、及び対物偏向器208がこの順で配置される。また、鏡筒102内は、複数の駆動機構（駆動回路）232、234、236が配置される。 40

【0019】

駆動機構232（光電面駆動機構）は、光電子放出機構210を電子ビームの軌道中心軸に直交する方向に移動させる。また、駆動機構234（偏向器駆動機構）は、ブランキングアパーチャアレイ機構204（偏向器の一例）を電子ビームの軌道中心軸に直交する 50

方向に移動させる。また、駆動機構 236（アパーチャ駆動機構）は、第一制限アパーチャ基板 206 を電子ビームの軌道中心軸に直交する方向に移動させる。

#### 【0020】

また、描画機構 150 では、鏡筒 102 下に配置される描画室 103 内に、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基板となるレジストが塗布されたマスクブランクス等の試料 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、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、鏡筒 102 内及び描画室 103 内は図示しない真空ポンプにより真空引きされ、大気圧よりも低い圧力に制御される。また、鏡筒 104 内は大気圧に制御される。また、XY ステージ 105 上には、光強度を測定する光強度測定器 106 が配置される。光強度測定器 106 として、例えば、フォトダイオードを用いると好適である。また、XY ステージ 105 上には、電子ビームの電流量を測定するファラデーカップ 107 が配置される。

10

#### 【0021】

光電子放出機構 210（光電面）では、ガラス基板 214 上にマルチレンズアレイ 212 が配置され、ガラス基板 214 の裏面側に遮光マスクとなるマルチ遮光膜 216 及び光電面 218（光電子放出体の一例）が配置される。照明光学系 202 の一例となるビームエキスパンダーは、凹レンズと凸レンズの組み合わせにより構成される。照明光学系 202 を構成する要素は、ビームエキスパンダーに限るものではなく、その他のレンズ、及び/或いはミラー等が含まれても構わない。

20

#### 【0022】

制御回路 160 は、描画装置全体を制御する全体制御回路 110、メモリ 111、パルス駆動回路 112、調整回路 124、及び測定回路 126 を有している。全体制御回路 110、メモリ 111、パルス駆動回路 112、及び調整回路 124 は、図示しないバスで互いに接続される。測定回路 126 は、調整回路 124 に接続される。

#### 【0023】

駆動機構 232、234、236、及び/或いはレーザー光調整機構 238 と、調整回路 124 と、によって、調整機構 162 を構成する。調整機構 162 は、光強度測定器 106 で測定されるレーザー光のうち光電子放出機構 210 等の配置物を透過して XY ステージ 105 まで到達する透過光の強度に基づき、かかる強度を調整する。

30

#### 【0024】

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。

#### 【0025】

次に、描画機構 150 の動作について説明する。描画装置 100 全体を制御する全体制御回路 110 による制御のもと、パルス駆動回路 112 は、レーザー光源 201 を駆動する。レーザー光源 201 は、所定のビーム径のレーザー光 200（励起光）を発生する。レーザー光 200 は、パルス波を含む。レーザー光源 201 は、レーザー光 200 として、紫外光を発生する。例えば、波長が 260 ~ 280 nm 程度の紫外光、例えば波長 266 nm の紫外光を用いると好適である。

40

#### 【0026】

レーザー光源 201 から発生されたレーザー光 200 は、照明光学系 202 が有するビームエキスパンダーにより拡大され、隔壁窓 11 を透過して、マルチレンズアレイ 212 を照明する。マルチレンズアレイ 212 は、レーザー光 200 を複数の光に分割する。マルチレンズアレイ 212 は、マルチ電子ビーム 20 の数以上の数の個別レンズがアレイ配置されたレンズアレイにより構成される。例えば、512 × 512 のレンズにより構成される。マルチレンズアレイ 212 は、分割された複数の光をそれぞれ集光し、各光の焦点位置を光電面 218 の表面の高さ位置に合わせる。マルチレンズアレイ 212 により集光することで、各光の実効輝度を高めることができる。

#### 【0027】

50

マルチ遮光膜 216 には、分割され、集光された複数の光（マルチ光）の各光の照射スポットの領域が露出されるように複数の開口部が形成される。これにより、マルチレンズアレイ 212 により集光されずにガラス基板 214 を通過した光、或いはノ及び散乱光を開口部以外の部分で遮光できる。マルチ遮光膜 216 として、例えば、クロム（Cr）膜を用いると好適である。

#### 【0028】

マルチ遮光膜 216 を通過した各光は光電面 218 の表面に入射する。光電面 218 は、表面から複数の光を入射し、裏面からマルチ光電子ビーム 20 を放出する。x, y 方向に、例えば、512 × 512 本のアレイ配列された光電子ビームが放出される。具体的には、光電面 218 は、表面から複数の光を入射し、入射位置に対応する裏面の各位置からそれぞれ光電子を放出する。光電面 218 は、例えば、炭素（C）系材料を主材料とする膜により構成されると好適である。さらに、C 系の主膜の裏面側（図 1 の下流側）に例えば白金（Pt）がコーティングされると好適である。光電面 218 の材料の仕事関数より大きなエネルギーの光子で光電面 218 表面が照射されると、光電面 218 は、裏面から光電子を放射する。描画装置 100 で使用する十分な電流密度のマルチ光電子ビーム 20 を得るために、光電面 218 表面に、例えば、0.1 ~ 100 W/cm<sup>2</sup> 程度（10<sup>3</sup> ~ 10<sup>6</sup> W/m<sup>2</sup> 程度）の光が入射されると好適である。

#### 【0029】

光電面 218 から放出されたマルチ光電子ビーム 20 は、相対的に正の電位が印可されたマルチアノード電極 220 により引き出されることで加速し、成形アパーチャアレイ基板 203 に向かって進む。

#### 【0030】

図 2 は、実施の形態 1 における成形アパーチャアレイ基板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基板 203 には、x, y 方向に、p 列 × q 列（p, q ≥ 2）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、x, y 方向に 512 × 512 列の穴 22 が形成される。複数の穴 22 は、光電面 218 から放出されたマルチ光電子ビーム 20 の軌道上に合わせて形成される。光電面 218 から放出される各光電子ビームは、均一な形状及びサイズで放出されるわけではない。例えば、発散する方向に広がってしまう。そこで、成形アパーチャアレイ基板 203 により各光電子ビームの形状及びサイズを成形する。図 2 において、各穴 22 は、共に同じ寸法形状の矩形で形成される。或いは、同じ直径の円形であっても構わない。成形アパーチャアレイ基板 203 は、描画に使用するマルチ光電子ビーム 20 を形成する。具体的には、これらの複数の穴 22 を放出されたマルチ光電子ビームの一部がそれぞれ通過することで、マルチ光電子ビーム 20 を所望の形状及びサイズに成形する。

#### 【0031】

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機構の構成を示す断面図である。ブランキングアパーチャアレイ機構 204 は、図 3 に示すように、支持台 33 上にシリコン等からなる半導体基板 31 が配置される。基板 31 の中央部は、例えば裏面側から薄く削られ、薄い膜厚 h のメンブレン領域 330（第 1 の領域）に加工されている。メンブレン領域 330 を取り囲む周囲は、厚い膜厚 H の外周領域 332（第 2 の領域）となる。メンブレン領域 330 の上面と外周領域 332 の上面とは、同じ高さ位置、或いは、実質的に高さ位置になるように形成される。基板 31 は、外周領域 332 の裏面で支持台 33 上に保持される。支持台 33 の中央部は開口しており、メンブレン領域 330 の位置は、支持台 33 の開口した領域に位置している。

#### 【0032】

メンブレン領域 330 には、図 2 に示した成形アパーチャアレイ基板 203 の各穴 22 に対応する位置にマルチ光電子ビーム 20 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。言い換えれば、基板 31 のメンブレン領域 330 には、電子線を用いたマルチ光電子ビーム 20 のそれぞれ対応するビームが通過する複数の通過孔 25 がアレイ状に形成される。そして、基板 31 のメンブレン領域 330 上であって、複数の通過

10

20

30

40

50

孔 2 5 のうち対応する通過孔 2 5 を挟んで対向する位置に 2 つの電極を有する複数の電極対がそれぞれ配置される。具体的には、メンブレン領域 3 3 0 上に、図 3 に示すように、各通過孔 2 5 の近傍位置に該当する通過孔 2 5 を挟んでブランキング偏向用の制御電極 2 4 と対向電極 2 6 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、基板 3 1 内部であってメンブレン領域 3 3 0 上の各通過孔 2 5 の近傍には、各通過孔 2 5 用の制御電極 2 4 に偏向電圧を印加する制御回路 4 5（ロジック回路）が配置される。各ビーム用の対向電極 2 6 は、グランド接続される。

#### 【 0 0 3 3 】

また、各制御回路 4 5 は、制御信号用の  $n$  ビット（例えば 1 0 ビット）の平行配線が接続される。各制御回路 4 5 は、制御信号用の  $n$  ビットの平行配線その他、クロック信号線、読み込み（read）信号、ショット（shot）信号及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、制御電極 2 4 と対向電極 2 6 と制御回路 4 5 とによる個別ブランキング制御機構が構成される。また、メンブレン領域 3 3 0 にアレイ状に形成された複数の制御回路 4 5 は、例えば、同じ行或いは同じ列によってグループ化され、グループ内の制御回路 4 5 群は、直列に接続される。そして、グループ毎に配置されたパッド 4 3 からの信号がグループ内の制御回路 4 5 に伝達される。具体的には、各制御回路 4 5 内に、図示しないシフトレジスタが配置され、例えば、 $p \times q$  本のマルチビームのうち例えば同じ行のビームの制御回路 4 5 内のシフトレジスタが直列に接続される。そして、例えば、 $p \times q$  本のマルチビームの同じ行のビームの制御信号がシリーズで送信され、例えば、 $p$  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 4 5 に格納される。

#### 【 0 0 3 4 】

制御回路 4 5 内には、図示しないアンプ（スイッチング回路の一例）が配置される。アンプには正の電位（Vdd：ブランキング電位：第 1 の電位）（例えば、5 V）（第 1 の電位）とグランド電位（GND：第 2 の電位）に接続される。アンプの出力線（OUT）は制御電極 2 4 に接続される。一方、対向電極 2 6 は、グランド電位が印加される。そして、ブランキング電位とグランド電位とが切り替え可能に印加される複数の制御電極 2 4 が、基板 3 1 上であって、複数の通過孔 2 5 のそれぞれ対応する通過孔 2 5 を挟んで複数の対向電極 2 6 のそれぞれ対応する対向電極 2 6 と対向する位置に配置される。

#### 【 0 0 3 5 】

アンプの入力（IN）に L 電位が印加される状態では、アンプの出力（OUT）は正電位（Vdd）となり、対向電極 2 6 のグランド電位との電位差による電界により対応ビームを偏向し、第一制限アパーチャ基板 2 0 6 で遮蔽することでビーム OFF になるように制御する。一方、アンプの入力（IN）に H 電位が印加される状態（アクティブ状態）では、アンプの出力（OUT）はグランド電位となり、対向電極 2 6 のグランド電位との電位差が無くなり対応ビームを偏向しないので第一制限アパーチャ基板 2 0 6 を通過することでビーム ON になるように制御する。

#### 【 0 0 3 6 】

ブランキングアパーチャアレイ機構 2 0 4（偏向器の一例）は、対応する通過孔 2 5 を通過するマルチ光電子ビーム 2 0 の各ビームを偏向することにより各ビームのビーム ON / OFF を個別に切り替える個別ブランキング制御を行う。具体的には、各通過孔を通過する光電子ビーム 2 0 は、それぞれ独立に対となる 2 つの制御電極 2 4 と対向電極 2 6 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。具体的には、制御電極 2 4 と対向電極 2 6 の組は、それぞれ対応するスイッチング回路となるアンプによって切り替えられる電位によってマルチ光電子ビーム 2 0 の対応ビームをそれぞれ個別に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基板 2 0 3 の複数の穴 2 2（開口部）を通過したマルチ光電子ビーム 2 0 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 7 】

ブランキングアパーチャアレイ機構 2 0 4 を通過したマルチ光電子ビーム 2 0 は、電磁

レンズ 205 によって、縮小され、クロスオーバー位置付近に配置される第一制限アパーチャ基板 206 に形成された中心の穴（開口部）に向かって進む。ここで、マルチ光電子ビーム 20 のうち、ブランキングアパーチャアレイ機構 204 のブランカーによって偏向された電子ビームは、第一制限アパーチャ基板 206 の中心の穴から位置がはずれ、第一制限アパーチャ基板 206 によって遮蔽されることで通過が制限される。一方、ブランキングアパーチャアレイ機構 204 のブランカーによって偏向されなかった電子ビームは、図 1 に示すように第一制限アパーチャ基板 206 の中心の穴を通過する。かかる個別ブランキング機構 47 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、第一制限アパーチャ基板 206 は、個別ブランキング制御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、第一制限アパーチャ基板 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。試料 101 は、電子光学系によって、ビーム ON に制御されたマルチ光電子ビーム 20 で照射される。具体的には、第一制限アパーチャ基板 206 を通過したマルチ光電子ビーム 20 は、電磁レンズ 207（対物レンズ）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、対物偏向器 208 によって、ビーム ON に制御されたマルチ光電子ビーム 20 全体が同方向に一括して偏向され、各ビームの試料 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光電子ビーム 20 は、理想的には成形アパーチャアレイ基板 203 の複数の穴 22 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。

10

20

#### 【0038】

図 4 は、実施の形態 1 における透過光を説明するための図である。上述したように、光電面 218 の膜厚は非常に薄く、図 4 (a) に示すように、照射されたレーザー光の一部が光電面 218 を透過してしまう。図 4 (a) の例では、光電面 218 を透過した複数の透過光 13 を示している。各透過光 13 には、回折光も加わる。複数の透過光 13 は、図 4 (b) に示すように、強度分布を持つ。レーザー光源 201 から、例えば、1000 mW の出力でレーザー光 200 が出力され、照明光学系 202 の透過効率を例えば 30%、光電面 218 の透過率を例えば 40% と仮定すると、光電面 218 を透過する透過光の強度は、120 mW となる。マルチアノード電極 220 の開口率を例えば 1%、成形アパーチャアレイ基板 203 及びブランキングアパーチャアレイ機構 204 を含む機構における開口率を例えば 1% と仮定すると、0.01 mW の強度の透過光がブランキングアパーチャアレイ機構 204 を通過してしまうことになる。仮に、ブランキングアパーチャアレイ機構 204 を通過した透過光が 100% 試料 101 面に到達し、かつレジストに 100% 吸収された場合、0.01 mW の強度は、50 kV の電子ビームで 0.2 nA 分に相当する。このように、電子ビームとは別に透過光が、試料 101 上のレジストを感光させてしまうといった問題があった。試料 101 上のレジストを感光させてしまうと、描画精度に影響を与えてしまう。そこで、実施の形態 1 では、XY ステージ 105 に到達する透過光の強度を低減させる。

30

#### 【0039】

図 5 は、実施の形態 1 における透過光の強度を調整する手法を説明するための図である。実施の形態 1 では、XY ステージ 105 上まで到達する透過光の強度を光強度測定器 106 で測定しながら、光電子放出機構 210 を照明するレーザー光 200 の調整、光電子放出機構 210 の位置の調整、ブランキングアパーチャアレイ機構 204 の位置の調整、及び/或いは第一制限アパーチャ基板 206 の位置の調整を行う。実施の形態 1 では、例えば、上流側の調整項目から調整を進めていく。

40

#### 【0040】

図 6 は、実施の形態 1 における調整回路の内部構成の一例を示すブロック図である。図 6 において、調整回路 124 内には、レーザー光入射角調整回路 41、レーザー光収束角調整回路 51、光電子放出機構位置調整回路 61、ブランキング機構位置調整回路 71、及び制限アパーチャ位置調整回路 81 が配置される。

50

## 【 0 0 4 1 】

レーザ光入射角調整回路 4 1 内には、磁気ディスク装置等の記憶装置 4 2、レーザ光入射角変動量設定部 4 0、判定部 4 4、及びレーザ光入射角設定部 4 6 が配置される。

## 【 0 0 4 2 】

レーザ光収束角調整回路 5 1 内には、磁気ディスク装置等の記憶装置 5 2、レーザ光収束角変動量設定部 5 0、判定部 5 4、及びレーザ光収束角設定部 5 6 が配置される。

## 【 0 0 4 3 】

光電子放出機構位置調整回路 6 1 内には、磁気ディスク装置等の記憶装置 6 2、光電子放出機構移動量設定部 6 0、判定部 6 4、及び光電子放出機構位置設定部 6 6 が配置される。

10

## 【 0 0 4 4 】

ブランキング機構位置調整回路 7 1 内には、磁気ディスク装置等の記憶装置 7 2、ブランキング機構移動量設定部 7 0、判定部 7 4、及びブランキング機構位置設定部 7 6 が配置される。

## 【 0 0 4 5 】

制限アパーチャ位置調整回路 8 1 内には、磁気ディスク装置等の記憶装置 8 2、制限アパーチャ移動量設定部 8 0、判定部 8 4、及び制限アパーチャ位置設定部 8 6 が配置される。

## 【 0 0 4 6 】

図 6 に示す、レーザ光入射角変動量設定部 4 0、判定部 4 4、レーザ光入射角設定部 4 6、レーザ光収束角変動量設定部 5 0、判定部 5 4、レーザ光収束角設定部 5 6、光電子放出機構移動量設定部 6 0、判定部 6 4、光電子放出機構位置設定部 6 6、ブランキング機構移動量設定部 7 0、判定部 7 4、ブランキング機構位置設定部 7 6、制限アパーチャ移動量設定部 8 0、判定部 8 4、及び制限アパーチャ位置設定部 8 6 といった一連の「～部」は、処理回路を有する。かかる処理回路には、電気回路、コンピュータ、プロセッサ、回路基板、量子回路、或いは、半導体装置等が含まれる。また、各部は、共通する処理回路（同じ処理回路）を用いてもよい。或いは、異なる処理回路（別々の処理回路）を用いても良い。レーザ光入射角変動量設定部 4 0、判定部 4 4、レーザ光入射角設定部 4 6、レーザ光収束角変動量設定部 5 0、判定部 5 4、レーザ光収束角設定部 5 6、光電子放出機構移動量設定部 6 0、判定部 6 4、光電子放出機構位置設定部 6 6、ブランキング機構移動量設定部 7 0、判定部 7 4、ブランキング機構位置設定部 7 6、制限アパーチャ移動量設定部 8 0、判定部 8 4、及び制限アパーチャ位置設定部 8 6 に必要な入力データ或いは演算された結果はその都度調整回路 1 2 4 内の図示しないメモリ若しくはメモリ 1 1 に記憶される。

20

30

## 【 0 0 4 7 】

図 7 は、実施の形態 1 における描画方法の要部工程の一部を示すフローチャート図である。図 7 において、実施の形態 1 における描画方法は、レーザ光入射角変動量設定工程（S 1 0 2）と、透過レーザ光強度測定工程（S 1 0 4）と、判定工程（S 1 0 6）と、レーザ光入射角設定工程（S 1 0 8）と、いう一連の工程を実施する。図 7 では、透過レーザ光強度の調整のための手法の 1 つとして、レーザ光入射角の調整を行う工程について示している。

40

## 【 0 0 4 8 】

レーザ光入射角変動量設定工程（S 1 0 2）として、レーザ光入射角変動量設定部 4 0 は、予め設定された変動量範囲内で、レーザ光調整機構 2 3 8 に照明光学系 2 0 2 へのレーザ光入射角の変動量を設定する。レーザ光入射角の初期値として、最初は、例えば、0°を設定する。

## 【 0 0 4 9 】

透過レーザ光強度測定工程（S 1 0 4）として、まず、XYステージ 1 0 5 を移動させて、光強度測定器 1 0 6 をマルチ光電子ビーム 2 0 の照射領域内に移動させる。次に、レーザ光調整機構 2 3 8 は、レーザ光源 2 0 1 からのレーザ光 2 0 0 を入力して、設定され

50

た変動量で照明光学系 2 0 2 へのレーザ光入射角を変動させる。

【 0 0 5 0 】

レーザ光調整機構 2 3 8 は、光電子放出機構 2 1 0 ( 光電面 ) へ入射するレーザ光の入射条件を調整する。具体的には、レーザ光調整機構 2 3 8 は、レーザ光入射角やレーザ光収束角を変動させる。レーザ光調整機構 2 3 8 として、例えば、サーボモータやピエゾ素子で制御するミラーまたはレンズ、ガルバノミラー、モアレレンズ、焦点可変レンズ、液体レンズのうち 1 種以上を用いることができる。

【 0 0 5 1 】

図 8 は、実施の形態 1 におけるレーザ光入射角を説明するための図である。レーザ光調整機構 2 3 8 は、図 8 に示すように、照明光学系 2 0 2 へのレーザ光入射角 1 を調整する。光電面 2 1 8 に入射する各光の入射条件 ( ここでは入射角 ) を変動させ、光電面 2 1 8 を透過する透過光の軌道を変動させることで、X Y ステージ 1 0 5 に到達する透過光の強度を変化させることができる。

10

【 0 0 5 2 】

レーザ光入射角を変動させ、変動した入射角毎に、図 5 に示すように、光電子放出機構 2 1 0 ( 光電面 2 1 8 ) を透過し、ブランキングアパーチャレイ機構 2 0 4 及び第一制限アパーチャ基板 2 0 6 を通過して、X Y ステージ 1 0 5 上まで到達する透過光 1 3 の強度を光強度測定器 1 0 6 で測定する。測定された透過光 1 3 の強度は、測定回路 1 2 6 でデジタル信号に変換され、調整回路 1 2 4 に出力される。調整回路 1 2 4 に入力された透過光 1 3 の強度データは、記憶装置 4 2 に一時的に格納される。

20

【 0 0 5 3 】

判定工程 ( S 1 0 6 ) として、判定部 4 4 は、測定された透過光 1 3 の強度が予め設定された変動範囲内で極小値を取っているかどうかを判定する。極小値を取っている場合にはレーザ光入射角設定工程 ( S 1 0 8 ) に進む。極小値を取っていない場合にはレーザ光入射角変動量設定工程 ( S 1 0 2 ) に戻り、極小値を取っていると判定されるまで、レーザ光入射角を変えながら、レーザ光入射角変動量設定工程 ( S 1 0 2 ) から判定工程 ( S 1 0 6 ) までの各工程を繰り返す。例えば、1, 2 回目の測定では、極小値かどうかは判断できないので上述したように繰り返すことになる。レーザ光入射角を変動させることに伴い透過光の強度が下降していく場合、通常は、透過光の強度が順に小さくなっていき、上昇傾向に転じた後に再度小さくなることはノイズによる誤差によるものと思われる。そのため、判定部 4 4 は、予め設定された変動範囲内で透過光の強度が順に小さくなっていき、ノイズ分を超えて上昇傾向に転じた時点で極小値を判定すればよい。但し、予め設定された変動範囲内で複数の極小値を取る可能性がゼロとは限らないので、調整時間は長くなるものの、予め設定された変動範囲内での透過光の強度測定をすべて行った上で極小値を判定するとなお良い。

30

【 0 0 5 4 】

レーザ光入射角設定工程 ( S 1 0 8 ) として、レーザ光入射角設定部 4 6 は、予め設定された変動範囲内で透過光 1 3 の強度が極小値を取ったレーザ光入射角をレーザ光調整機構 2 3 8 に設定し、レーザ光 2 0 0 の入射角を透過光 1 3 の強度が例えば初期値よりも小さくなる入射角、例えば極小値を取った入射角に調整する。

40

【 0 0 5 5 】

図 9 は、実施の形態 1 における描画方法の要部工程の他の一部を示すフローチャート図である。図 9 において、実施の形態 1 における描画方法は、図 7 の工程に引き続き、レーザ光収束角変動量設定工程 ( S 1 1 2 ) と、透過レーザ光強度測定工程 ( S 1 1 4 ) と、判定工程 ( S 1 1 6 ) と、レーザ光収束角設定工程 ( S 1 1 8 ) と、いう一連の工程を実施する。図 9 では、透過レーザ光強度の調整のための手法の 1 つとして、レーザ光収束角の調整を行う工程について示している。

【 0 0 5 6 】

レーザ光収束角変動量設定工程 ( S 1 1 2 ) として、レーザ光収束角変動量設定部 5 0 は、予め設定された変動量範囲内で、レーザ光調整機構 2 3 8 に照明光学系 2 0 2 へのレ

50

ーザ光収束角の変動量を設定する。レーザー光収束角の初期値として、最初は、例えば、0°を設定する。

【0057】

透過レーザー光強度測定工程(S114)として、レーザー光調整機構238は、レーザー光源201からのレーザー光200を入力して、設定された変動量で照明光学系202へのレーザー光収束角を変動させる。

【0058】

図10は、実施の形態1におけるレーザー光収束角を説明するための図である。レーザー光調整機構238は、図10に示すように、照明光学系202へのレーザー光収束角2を可変に調整する。光電面218に入射する各光の入射条件(ここでは収束角)を変動させ、光電面218を透過する透過光の軌道を変動させることで、XYステージ105に到達する透過光の強度を変化させることができる。

10

【0059】

レーザー光収束角を変動させ、変動した収束角毎に、図5に示すように、光電子放出機構210(光電面218)を透過し、ブランキングアパーチャレイ機構204及び第一制限アパーチャ基板206を通過して、XYステージ105上まで到達する透過光13の強度を光強度測定器106で測定する。測定された透過光13の強度は、測定回路126でデジタル信号に変換され、調整回路124に出力される。調整回路124に入力された透過光13の強度データは、記憶装置52に一時的に格納される。

【0060】

判定工程(S116)として、判定部54は、測定された透過光13の強度が予め設定された変動範囲内で極小値を取っているかどうかを判定する。極小値を取っている場合にはレーザー光入射角設定工程(S118)に進む。極小値を取っていない場合にはレーザー光収束角変動量設定工程(S112)に戻り、極小値を取っていると判定されるまで、レーザー光収束角を変えながら、レーザー光収束角変動量設定工程(S112)から判定工程(S116)までの各工程を繰り返す。上述したように、例えば、1,2回目の測定では、極小値かどうかは判断できないので上述したように繰り返すことになる。レーザー光収束角を変動させることに伴い透過光の強度が下降していく場合、通常は、透過光の強度が順に小さくなっていき、上昇傾向に転じた後に再度小さくなることはノイズによる誤差によるものと思われる。そのため、判定部54は、予め設定された変動範囲内で透過光の強度が順に小さくなっていき、ノイズ分を超えて上昇傾向に転じた時点で極小値を判定すればよい。但し、予め設定された変動範囲内で複数の極小値を取る可能性がゼロとは限らないので、調整時間は長くなるものの、予め設定された変動範囲内での透過光の強度測定をすべて行った上で極小値を判定するとなお良い。

20

30

【0061】

レーザー光収束角設定工程(S118)として、レーザー光収束角設定部56は、予め設定された変動範囲内で透過光13の強度が極小値を取ったレーザー光収束角をレーザー光調整機構238に設定し、レーザー光200の収束角を透過光13の強度が例えば初期値よりも小さくなる収束角、例えば極小値を取った収束角に調整する。

【0062】

図11は、実施の形態1における描画方法の要部工程の他の一部を示すフローチャート図である。図11において、実施の形態1における描画方法は、図9の工程に引き続き、光電子放出機構(光電面)の移動量設定工程(S122)と、透過レーザー光強度測定工程(S124)と、判定工程(S126)と、光電子放出機構の位置設定工程(S128)と、いう一連の工程を実施する。図11では、透過レーザー光強度の調整のための手法の1つとして、光電子放出機構210の位置の調整を行う工程について示している。

40

【0063】

光電子放出機構の移動量設定工程(S122)として、光電子放出機構移動量設定部60は、予め設定された移動量範囲内で、駆動機構232に光電子放出機構210を移動させる移動量を設定する。光電子放出機構(光電面)210の初期位置として、最初は、例

50

えば、 $x, y = 0$ を設定する。

【0064】

透過レーザ光強度測定工程(S124)として、駆動機構232は、設定された移動量で光電子放出機構210を移動させる。駆動機構232は、電子ビームの軌道中心軸(z方向)に直交する2次元方向(x, y方向)に光電子放出機構210を移動させることができる。ここでは、2次元方向に移動させる場合を説明するが、1次元方向にだけ移動させても構わない。

【0065】

図5に示すように、配置物である光電子放出機構(光電面)210をx, y方向に移動させることで、各透過光13の放出位置をずらし、透過光の軌道を変動させることができる。その結果、XYステージ105まで到達する透過光の強度を変化させることができる。

10

【0066】

光電子放出機構210を移動させ、移動毎に、図5に示すように、配置物である光電子放出機構210(光電面218)、ブランキングアパーチャレイ機構204及び第一制限アパーチャ基板206を透過して、XYステージ105上まで到達する透過光13の強度を光強度測定器106で測定する。測定された透過光13の強度は、測定回路126でデジタル信号に変換され、調整回路124に出力される。調整回路124に入力された透過光13の強度データは、記憶装置62に一時的に格納される。

【0067】

判定工程(S126)として、判定部64は、測定された透過光13の強度が予め設定された移動範囲内で極小値を取っているかどうかを判定する。極小値を取っている場合には光電子放出機構の位置設定工程(S128)に進む。極小値を取っていない場合には光電子放出機構の移動量設定工程(S122)に戻り、極小値を取っていると判定されるまで、光電子放出機構の位置を変えながら、光電子放出機構の移動量設定工程(S122)から判定工程(S126)までの各工程を繰り返す。上述したように、例えば、1, 2回目の測定では、極小値かどうかは判断できないので上述したように繰り返すことになる。光電子放出機構210の位置を移動させることに伴い透過光の強度が下降していく場合、通常は、透過光の強度が順に小さくなっていき、上昇傾向に転じた後に再度小さくなることはノイズによる誤差によるものと思われる。そのため、判定部64は、予め設定された変動範囲内で透過光の強度が順に小さくなっていき、ノイズ分を超えて上昇傾向に転じた時点で極小値を判定すればよい。但し、予め設定された変動範囲内で複数の極小値を取る可能性がゼロとは限らないので、調整時間は長くなるものの、予め設定された変動範囲内の透過光の強度測定をすべて行った上で極小値を判定するとなお良い。

20

30

【0068】

光電子放出機構の位置設定工程(S128)として、光電子放出機構位置設定部66は、予め設定された移動量範囲内で透過光13の強度が極小値を取った光電子放出機構210の位置を駆動機構232に設定し、光電子放出機構210の位置を透過光13の強度が例えば初期値よりも小さくなる位置、例えば極小値を取った位置に調整する。

【0069】

図12は、実施の形態1における描画方法の要部工程の他の一部を示すフローチャート図である。図12において、実施の形態1における描画方法は、図11の工程に引き続き、ブランキング機構の移動量設定工程(S132)と、透過レーザ光強度測定工程(S134)と、判定工程(S136)と、ブランキング機構の位置設定工程(S138)と、という一連の工程を実施する。図12では、透過レーザ光強度の調整のための手法の1つとして、ブランキングアパーチャレイ機構204の位置の調整を行う工程について示している。配置物であるブランキングアパーチャレイ機構204の各アパーチャは、電子ビームを通すととも透過光の一部を通過させる。一方、アパーチャ以外の領域で、透過光の一部を遮蔽する。そこで、ブランキングアパーチャレイ機構204(のアパーチャ位置)を調整することで、透過レーザ光強度を調整することができる。

40

【0070】

50

ブランキング機構の移動量設定工程（S 1 3 2）として、ブランキング機構移動量設定部 7 0 は、予め設定された移動量範囲内で、駆動機構 2 3 4 にブランキングアパーチャアレイ機構 2 0 4 を移動させる移動量を設定する。ブランキングアパーチャアレイ機構 2 0 4 の初期位置として、最初は、例えば、 $x, y = 0$  を設定する。

【0 0 7 1】

透過レーザ光強度測定工程（S 1 3 4）として、駆動機構 2 3 4 は、設定された移動量でブランキングアパーチャアレイ機構 2 0 4 を移動させる。駆動機構 2 3 4 は、電子ビームの軌道中心軸（z 方向）に直交する 2 次元方向（x, y 方向）にブランキングアパーチャアレイ機構 2 0 4 を移動させることができる。ここでは、2 次元方向に移動させる場合を説明するが、1 次元方向にだけ移動させても構わない。

【0 0 7 2】

図 5 に示すように、ブランキングアパーチャアレイ機構 2 0 4 を x, y 方向に移動させることで、各透過光 1 3 が通過可能な通過孔 2 5 の位置をずらすことができる。その結果、XY ステージ 1 0 5 まで到達する透過光の強度を変化させることができる。

【0 0 7 3】

ブランキングアパーチャアレイ機構 2 0 4 を移動させ、移動毎に、図 5 に示すように、それぞれ配置物である光電子放出機構 2 1 0（光電面 2 1 8）、ブランキングアパーチャアレイ機構 2 0 4 及び第一制限アパーチャ基板 2 0 6 を透過して、XY ステージ 1 0 5 上まで到達する透過光 1 3 の強度を光強度測定器 1 0 6 で測定する。測定された透過光 1 3 の強度は、測定回路 1 2 6 でデジタル信号に変換され、調整回路 1 2 4 に出力される。調整回路 1 2 4 に入力された透過光 1 3 の強度データは、記憶装置 7 2 に一時的に格納される。

【0 0 7 4】

判定工程（S 1 3 6）として、判定部 7 4 は、測定された透過光 1 3 の強度が予め設定された移動範囲内で極小値を取っているかどうかを判定する。極小値を取っている場合にはブランキング機構の位置設定工程（S 1 3 8）に進む。極小値を取っていない場合にはブランキング機構の移動量設定工程（S 1 3 2）に戻り、極小値を取っていると判定されるまで、ブランキング機構の位置を変えながら、ブランキング機構の移動量設定工程（S 1 3 2）から判定工程（S 1 3 6）までの各工程を繰り返す。上述したように、例えば、1, 2 回目の測定では、極小値かどうかは判断できないので上述したように繰り返すことになる。ブランキングアパーチャアレイ機構 2 0 4 の位置を移動させることに伴い透過光の強度が下降していく場合、通常は、透過光の強度が順に小さくなっていき、上昇傾向に転じた後に再度小さくなることはノイズによる誤差によるものと思われる。そのため、判定部 7 4 は、予め設定された変動範囲内で透過光の強度が順に小さくなっていき、ノイズ分を超えて上昇傾向に転じた時点で極小値を判定すればよい。但し、予め設定された変動範囲内で複数の極小値を取る可能性がゼロとは限らないので、調整時間は長くなるものの、予め設定された変動範囲内の透過光の強度測定をすべて行った上で極小値を判定するとなお良い。

【0 0 7 5】

ブランキング機構の位置設定工程（S 1 3 8）として、ブランキング機構位置設定部 7 6 は、予め設定された移動量範囲内で透過光 1 3 の強度が極小値を取ったブランキング機構の位置を駆動機構 2 3 4 に設定し、ブランキングアパーチャアレイ機構 2 0 4 の位置を透過光 1 3 の強度が例えば初期値よりも小さくなる位置、例えば極小値を取った位置に調整する。

【0 0 7 6】

図 1 3 は、実施の形態 1 における描画方法の要部工程の他の一部を示すフローチャート図である。図 1 3 において、実施の形態 1 における描画方法は、図 1 2 の工程に引き続き、制限アパーチャの移動量設定工程（S 1 4 2）と、透過レーザ光強度測定工程（S 1 4 4）と、判定工程（S 1 4 6）と、制限アパーチャの位置設定工程（S 1 4 8）と、いう一連の工程を実施する。図 1 3 では、透過レーザ光強度の調整のための手法の 1 つとして

10

20

30

40

50

、第一制限アパーチャ基板 206 の位置の調整を行う工程について示している。配置物である第一制限アパーチャ基板 206 のアパーチャは、電子ビームを通すと同時に透過光の一部を通過させる。一方、アパーチャ以外の領域で、透過光の一部を遮蔽する。そこで、第一制限アパーチャ基板 206 ( のアパーチャ位置 ) を調整することで、透過レーザー光強度を調整することができる。

【 0077 】

制限アパーチャの移動量設定工程 ( S 1 4 2 ) として、制限アパーチャ移動量設定部 80 は、予め設定された移動量範囲内で、駆動機構 236 に第一制限アパーチャ基板 206 を移動させる移動量を設定する。第一制限アパーチャ基板 206 の初期位置として、最初は、例えば、 $x, y = 0$  を設定する。

10

【 0078 】

透過レーザー光強度測定工程 ( S 1 4 4 ) として、駆動機構 236 は、設定された移動量で第一制限アパーチャ基板 206 を移動させる。駆動機構 236 は、電子ビームの軌道中心軸 ( z 方向 ) に直交する 2 次元方向 ( x , y 方向 ) に第一制限アパーチャ基板 206 を移動させることができる。ここでは、2 次元方向に移動させる場合を説明するが、1 次元方向にだけ移動させても構わない。

【 0079 】

図 5 に示すように、第一制限アパーチャ基板 206 を x , y 方向に移動させることで、各透過光 13 が通過可能な開口部の位置をずらすことができる。その結果、XY ステージ 105 まで到達する透過光の強度を変化させることができる。

20

【 0080 】

第一制限アパーチャ基板 206 を移動させ、移動毎に、図 5 に示すように、配置物である光電子放出機構 210 ( 光電面 218 )、ブランキングアパーチャアレイ機構 204 及び第一制限アパーチャ基板 206 を透過して、XY ステージ 105 上まで到達する透過光 13 の強度を光強度測定器 106 で測定する。測定された透過光 13 の強度は、測定回路 126 でデジタル信号に変換され、調整回路 124 に出力される。調整回路 124 に入力された透過光 13 の強度データは、記憶装置 82 に一時的に格納される。

【 0081 】

判定工程 ( S 1 4 6 ) として、判定部 84 は、測定された透過光 13 の強度が予め設定された移動範囲内で極小値を取っているかどうかを判定する。極小値を取っている場合には制限アパーチャの位置設定工程 ( S 1 4 8 ) に進む。極小値を取っていない場合には制限アパーチャの移動量設定工程 ( S 1 4 2 ) に戻り、極小値を取っていると判定されるまで、制限アパーチャの位置を変えながら、制限アパーチャの移動量設定工程 ( S 1 4 2 ) から判定工程 ( S 1 4 6 ) までの各工程を繰り返す。上述したように、例えば、1 , 2 回目の測定では、極小値かどうかは判断できないので上述したように繰り返すことになる。第一制限アパーチャ基板 206 の位置を移動させることに伴い透過光の強度が下降していく場合、通常は、透過光の強度が順に小さくなっていき、上昇傾向に転じた後に再度小さくなることはノイズによる誤差によるものと思われる。そのため、判定部 84 は、予め設定された変動範囲内で透過光の強度が順に小さくなっていき、ノイズ分を超えて上昇傾向に転じた時点で極小値を判定すればよい。但し、予め設定された変動範囲内で複数の極小値を取る可能性がゼロとは限らないので、調整時間は長くなるものの、予め設定された変動範囲内の透過光の強度測定をすべて行った上で極小値を判定するとなお良い。

30

40

【 0082 】

制限アパーチャ基板の位置設定工程 ( S 1 4 8 ) として、制限アパーチャ位置設定部 86 は、予め設定された移動量範囲内で透過光 13 の強度が極小値を取った制限アパーチャ基板の位置を駆動機構 236 に設定し、第一制限アパーチャ基板 206 の位置を透過光 13 の強度が例えば初期値よりも小さくなる位置、例えば極小値を取った位置に調整する。

【 0083 】

図 14 は、実施の形態 1 における透過レーザー光強度と各調整項目との関係を説明するための図である。図 14 において、縦軸に透過レーザー光強度 ( 透過光 13 の強度 ) を示し、

50

横軸に、各調整項目となる入射角、収束角、光電面機構（光電子放出体）位置、ブランキングアパーチャアレイ機構（BAAユニット）位置、或いは制限アパーチャ位置を示す。各調整項目を調整することで、調整項目毎に、それぞれXYステージ105まで到達する透過光13の強度が変動する。図14の例では、極小値が2か所生じている場合を示しているが、かかる場合には、より小さい極小値を取る条件に調整すると好適である。

【0084】

以上により、XYステージ105まで到達する透過光13の強度が例えば初期値よりも小さくなるように調整項目の値を調整する。これにより、試料101面にマルチ光電子ビーム20を照射する際に、試料101面に到達する透過光13を抑制或いは低減できる。よって、試料101上に塗布されたレジストの感光を抑制或いは低減できる。

10

【0085】

図15は、実施の形態1における描画方法の要部工程の残部を示すフローチャート図である。図15において、実施の形態1における描画方法は、図13の工程に引き続き、電子ビームキャリアレーション工程（S152）と、描画工程（S154）と、という一連の工程を実施する。

【0086】

電子ビームキャリアレーション工程（S152）として、まず、ファラデーカップ107がマルチ光電子ビーム20の照射領域に位置するようにXYステージ105を移動させる。そして、マルチ光電子ビーム20の電流量をファラデーカップ107で測定する。そして、マルチ光電子ビーム20の電流量が所望の値を満たすようにキャリアレーションを行う。例えば、512×512本のマルチ光電子ビーム20を所定の数（例えば、64×64）のビームずつにグループ化し、グループごとに電流量をファラデーカップ107で測定し、閾値範囲を満たしているかどうか確認する。閾値範囲を満たしていない場合には、閾値範囲を満たすようにレーザー光源201から発生するレーザー光200の強度を調整する。或いは、ブランキングアパーチャアレイ機構204、或いはノ及び第一制限アパーチャ基板206の位置を調整する。ブランキングアパーチャアレイ機構204、或いはノ及び第一制限アパーチャ基板206の位置を調整すると透過光13の強度が変動するので、改めて透過光13の強度調整を実施すると良い。透過光13の強度調整は、マルチ光電子ビーム20が閾値範囲を満たす範囲で行われる。

20

【0087】

描画工程（S154）として、描画機構150は、透過光13の強度が初期値よりも小さくなるように調整された条件で、マルチ光電子ビーム20（電子ビーム）で試料101を照射する。これにより、所望のパターンを試料101上に描画する。

30

【0088】

以上のように、実施の形態1によれば、電子ビーム照射において、透過光13の試料101面への到達を低減できる。よって、例えば、透過光13によるレジスト感光を抑えることができ、描画されるパターンの位置ずれ、寸法ずれを低減し、描画精度を向上できる。

【0089】

実施の形態2 .

実施の形態2では、ブランキングアパーチャアレイ機構204よりも上流側で透過光13を低減する構成について説明する。以下、特に説明しない点は、実施の形態1と同様である。

40

【0090】

図16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16において、マルチアノード電極220と成形アパーチャアレイ基板203との間に、電磁レンズ222、第二制限アパーチャ基板227、及び電磁レンズ224を配置した点、及び駆動回路236の代わりに、第二制限アパーチャ基板227を駆動する駆動機構（駆動回路）233をさらに配置した点、以外は図1と同様である。なお、図1に示す駆動機構236を配置したままでも構わない。

【0091】

50

電磁レンズ 2 2 2 と電磁レンズ 2 2 4 とによってダブルレットレンズを構成する。電磁レンズ 2 2 2 と電磁レンズ 2 2 4 とは、軸上磁場の符号が逆で、かつ同じ大きさに励磁される。また、電磁レンズ 2 2 2 と電磁レンズ 2 2 4 との中間高さ位置に第二制限アパーチャ基板 2 2 7 が配置される。

#### 【 0 0 9 2 】

実施の形態 2 では、ブランキングアパーチャアレイ機構 2 0 4 よりも上流側で第二制限アパーチャ基板 2 2 7 によって光電面 2 1 8 を透過した透過光 1 3 の多くを遮蔽できる。しかしながら、透過光 1 3 の一部は、第二制限アパーチャ基板 2 2 7 の開口部を通過する。そこで、実施の形態 2 では、X Y ステージ 1 0 5 まで到達する透過光 1 3 の強度が低減するように、調整回路 1 2 4 による制御のもと、駆動機構 2 3 3 により第二制限アパーチャ基板 2 2 7 の位置を調整する。配置物である第二制限アパーチャ基板 2 2 7 のアパーチャは、電子ビームを通すとともに透過光の一部を通過させる。一方、アパーチャ以外の領域で、透過光の一部を遮蔽する。そこで、第二制限アパーチャ基板 2 2 7 ( のアパーチャ位置 ) を調整することで、透過レーザ光強度を調整することができる。第二制限アパーチャ基板 2 2 7 の位置の調整の仕方は、図 1 3 で説明した第一制限アパーチャ基板 2 0 6 の場合と同様である。実施の形態 2 では、実施の形態 1 と同様、上流側から各調整項目の調整を行うと好適である。よって、実施の形態 2 では、ブランキングアパーチャアレイ機構 2 0 4 の位置の調整の前に、第二制限アパーチャ基板 2 2 7 の位置を調整すると好適である。

10

#### 【 0 0 9 3 】

よって、実施の形態 2 では、X Y ステージ 1 0 5 上まで到達する透過光の強度を光強度測定器 1 0 6 で測定しながら、光電子放出機構 2 1 0 を照明するレーザ光 2 0 0 の調整、光電子放出機構 2 1 0 の位置の調整、第二制限アパーチャ基板 2 2 7 の位置の調整、及び / 或いはブランキングアパーチャアレイ機構 2 0 4 の位置の調整を行う。各調整の仕方は実施の形態 1 と同様である。

20

#### 【 0 0 9 4 】

なお、実施の形態 2 では、第二制限アパーチャ基板 2 2 7 の位置の調整により透過光 1 3 の強度を低減するので、第一制限アパーチャ基板 2 0 6 の位置の調整による透過光 1 3 の強度の低減調整は省略している。但し、実施の形態 1 と同様、第一制限アパーチャ基板 2 0 6 の位置の調整を行っても構わないことは言うまでもない。

30

#### 【 0 0 9 5 】

その他の内容は、実施の形態 1 と同様で良い。実施の形態 2 によれば、実施の形態 1 と同様、電子ビーム照射において、透過光 1 3 の試料 1 0 1 面への到達を低減できる。

#### 【 0 0 9 6 】

実施の形態 3 .

実施の形態 3 では、マルチ光電子ビーム 2 0 の軌道をずらすことで透過光の強度を低減する構成について説明する。

#### 【 0 0 9 7 】

図 1 7 は、実施の形態 3 における描画装置の構成を示す概念図である。図 1 7 において、マルチアノード電極 2 2 0 と成形アパーチャアレイ基板 2 0 3 との間に、アライメントコイル 2 2 6 , 2 2 8 を配置した点、成形アパーチャアレイ基板 2 0 3、ブランキングアパーチャアレイ機構 2 0 4、電磁レンズ 2 0 5、第一制限アパーチャ基板 2 0 6、電磁レンズ 2 0 7 ( 対物レンズ )、及び対物偏向器 2 0 8 の中心軸の位置をずらした点、及び駆動機構 ( 駆動回路 ) 2 3 6 の配置を省略した点、以外は図 1 と同様である。なお、図 1 に示す駆動機構 2 3 6 を配置したままでも構わない。

40

#### 【 0 0 9 8 】

実施の形態 3 では、図 1 7 に示すように、マルチアノード電極 2 2 0 により加速させられたマルチ光電子ビーム 2 0 をアライメントコイル 2 2 6 で偏向することで軌道中心軸を所定の角度で斜め下方向に偏向した後に、アライメントコイル 2 2 8 で逆方向の所定の角度で偏向することで軌道中心軸を振り戻す。これにより、マルチ光電子ビーム 2 0 の軌道

50

中心軸をz軸に平行に位置をずらすことができる。第一制限アパーチャ基板206、電磁レンズ207（対物レンズ）、及び対物偏向器208の中心軸は、アライメントコイル226, 228によって移動させられたマルチ光電子ビーム20の軌道中心軸に合わせて配置される。

#### 【0099】

これにより、マルチアノード電極220の各開口部と成形アパーチャアレイ基板203の各穴22の相対位置関係をずらすことができる。よって、マルチアノード電極220の各開口部と成形アパーチャアレイ基板203の各穴22が同じ直線上ではなくなる。よって、マルチアノード電極220の各開口部を通過した透過光13は、成形アパーチャアレイ基板203に入射する際に、各穴22から位置がずれる。その結果、位置がずれた透過光13を成形アパーチャアレイ基板203によって遮蔽できる。このようにして、本実施の形態においてはマルチ光電子ビームの軌道を変動させることで、XYステージ105に到達する透過光の強度を変化させることができる。

よって、ブランキングアパーチャアレイ機構204よりも上流側で成形アパーチャアレイ基板203によって光電面218を透過した透過光13の多くを遮蔽できる。しかしながら、一部の透過光13は、成形アパーチャアレイ基板203を通過し、ブランキングアパーチャアレイ機構204に進む。よって、成形アパーチャアレイ基板203を通過した透過光は、ブランキングアパーチャアレイ機構204の位置の調整によってさらに強度を低減する。

#### 【0100】

よって、実施の形態3では、XYステージ105上まで到達する透過光の強度を光強度測定器106で測定しながら、光電子放出機構210を照明するレーザー光200の調整、光電子放出機構210の位置の調整、及び/或いはブランキングアパーチャアレイ機構204の位置の調整を行う。各調整の仕方は実施の形態1と同様である。

#### 【0101】

なお、実施の形態3では、マルチ光電子ビーム20の軌道中心軸の移動により透過光13の強度を低減するので、第一制限アパーチャ基板206の位置の調整による透過光13の強度の低減調整は省略している。但し、実施の形態1と同様、第一制限アパーチャ基板206の位置の調整を行っても構わないことは言うまでもない。

#### 【0102】

その他の内容は、実施の形態1と同様で良い。実施の形態3によれば、実施の形態1と同様、電子ビーム照射において、透過光13の試料101面への到達を低減できる。

#### 【0103】

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。これら実施の形態において、光電面、ブランキングアパーチャアレイ機構204、第一制限アパーチャ206、第二制限アパーチャ227を調整する例を挙げたが、これらに限定されるものではなく、その他成形アパーチャアレイ基板などの透過光の経路に設けられる配置物の位置を調整することで透過光13の強度を調整することができる。

#### 【0104】

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。

#### 【0105】

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電子ビーム照射装置及び電子ビーム照射方法は、本発明の範囲に包含される。

#### 【符号の説明】

#### 【0106】

11 隔壁窓

10

20

30

40

50

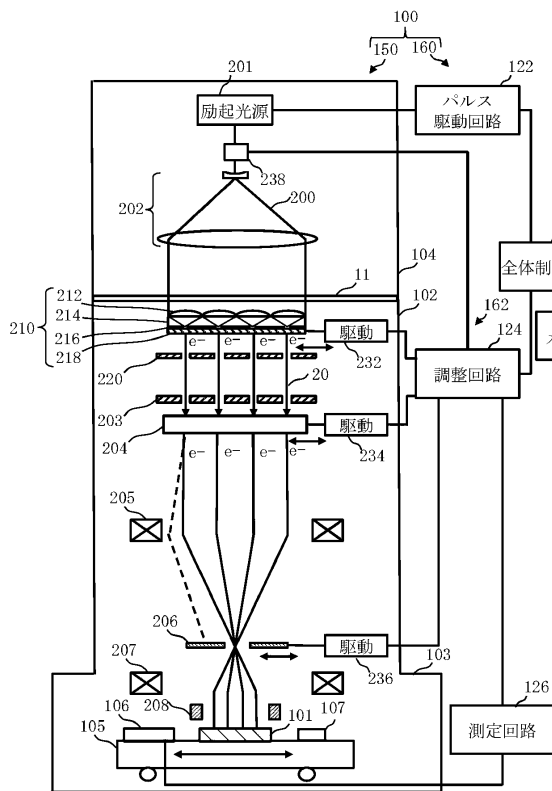
2 0	マルチ光電子ビーム	
2 2	穴	
2 4	制御電極	
2 5	通過孔	
2 6	対向電極	
3 1	基板	
3 3	支持台	
4 0	レーザー光入射角変動量設定部	
4 1	レーザー光入射角調整回路	
4 2 , 5 2 , 6 2 , 7 2 , 8 2	記憶装置	10
4 4	判定部	
4 5	制御回路	
4 6	レーザー光入射角設定部	
5 0	レーザー光収束角変動量設定部	
5 1	レーザー光収束角調整回路	
5 4	判定部	
5 6	レーザー光収束角設定部	
6 0	光電子放出機構移動量設定部	
6 1	光電子放出機構位置調整回路	
6 4	判定部	20
6 6	光電子放出機構位置設定部	
7 0	ブランキング機構移動量設定部	
7 1	ブランキング機構位置調整回路	
7 4	判定部	
7 6	ブランキング機構位置設定部	
8 0	制限アパーチャ移動量設定部	
8 1	制限アパーチャ位置調整回路	
8 4	判定部	
8 6	制限アパーチャ位置設定部	
1 0 0	描画装置	30
1 0 1	試料	
1 0 2 , 1 0 4	鏡筒	
1 0 3	描画室	
1 0 5	X Yステージ	
1 0 6	光強度測定器	
1 0 7	ファラデーカップ	
1 1 0	全体制御回路	
1 1 1	メモリ	
1 1 2	パルス駆動回路	
1 2 4	調整回路	40
1 2 6	測定回路	
1 5 0	描画機構	
1 6 0	制御回路	
1 6 2	調整機構	
2 0 0	レーザー光	
2 0 1	励起光源	
2 0 2	照明光学系	
2 2 0	マルチアノード電極	
2 0 3	成形アパーチャアレイ基板	
2 0 4	ブランキングアパーチャアレイ機構	50

- 205 電磁レンズ
- 206 第一制限アパーチャ基板
- 207 電磁レンズ
- 208 対物偏向器
- 210 光電子放出機構
- 212 マルチレンズアレイ
- 214 ガラス基板
- 216 マルチ遮光膜
- 218 光電面
- 220 マルチアノード電極
- 222, 224 電磁レンズ
- 226, 228 アライメントコイル
- 227 第二制限アパーチャ基板
- 232, 233, 234, 236 駆動機構
- 238 レーザ光調整機構
- 330 メンブレン領域
- 332 外周領域

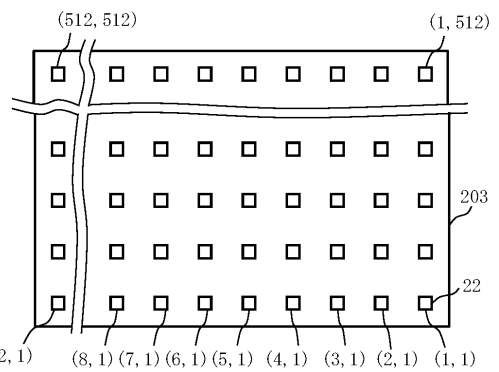
10

【図面】

【図 1】



【図 2】



20

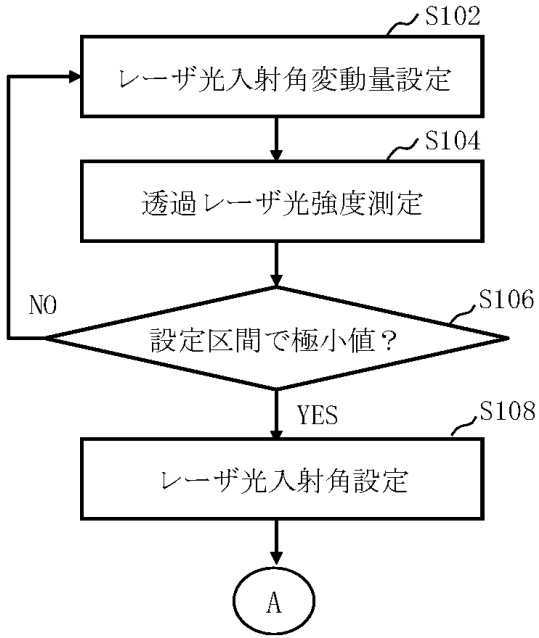
30

40

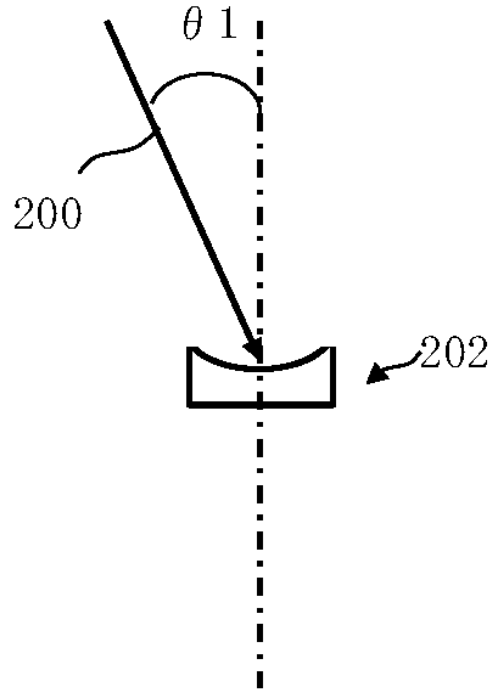
50



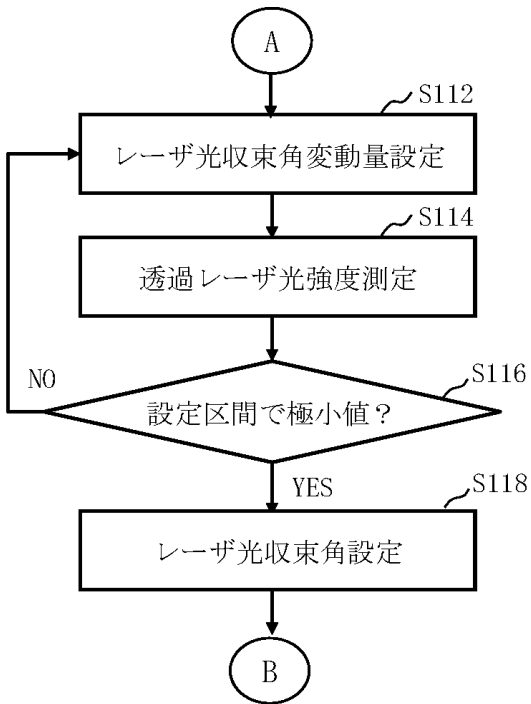
【図7】



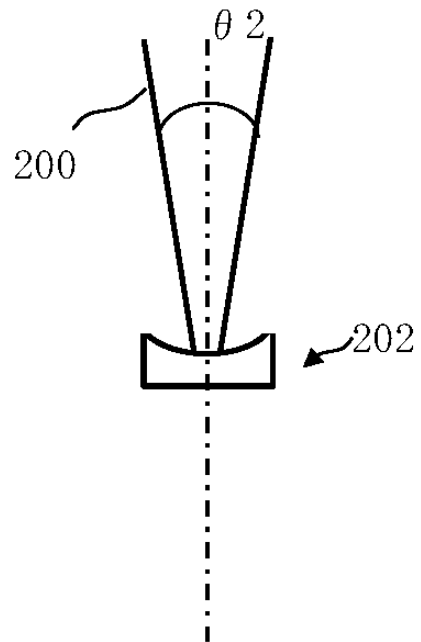
【図8】



【図9】



【図10】



10

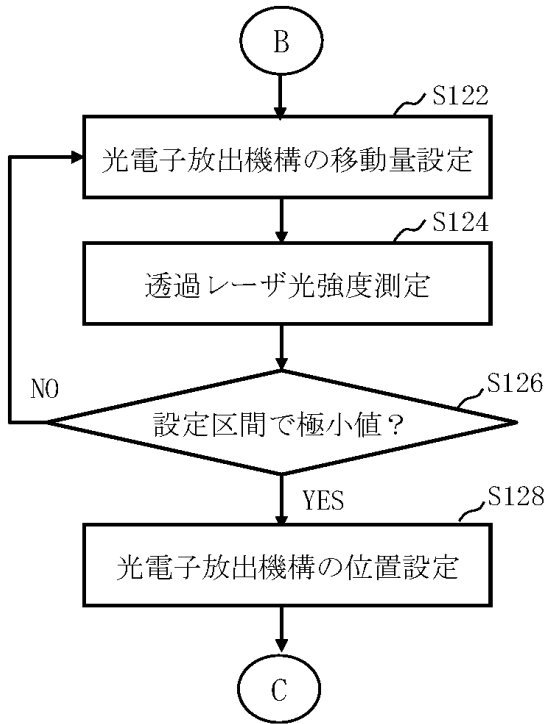
20

30

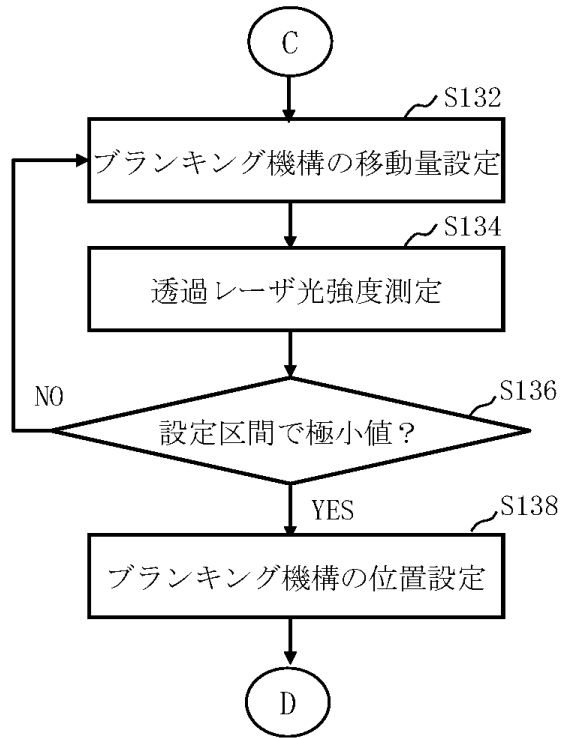
40

50

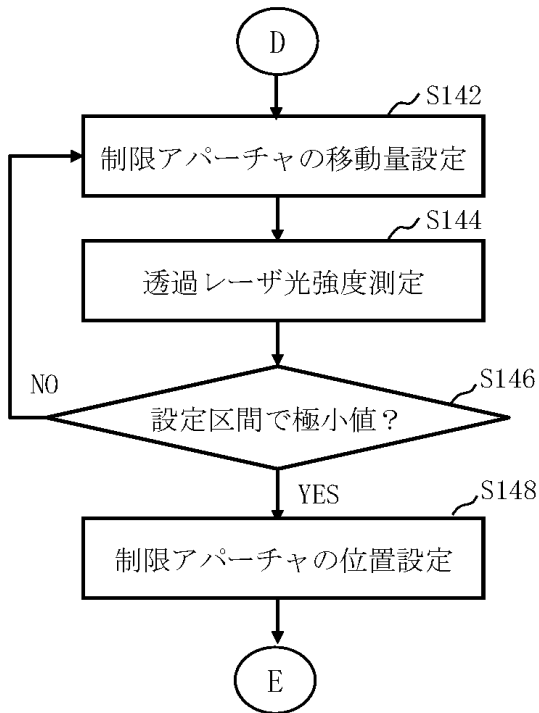
【図 1 1】



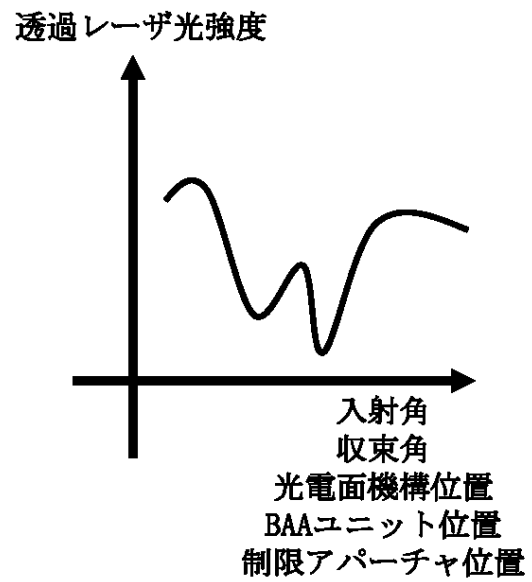
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



10

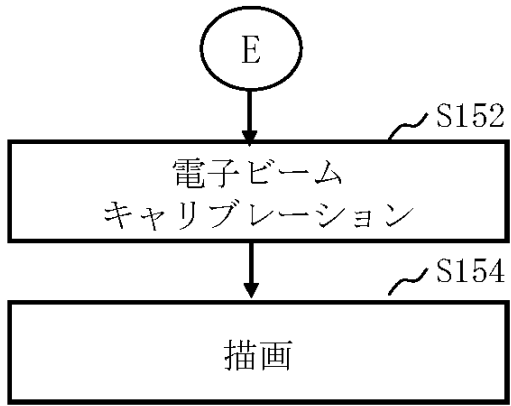
20

30

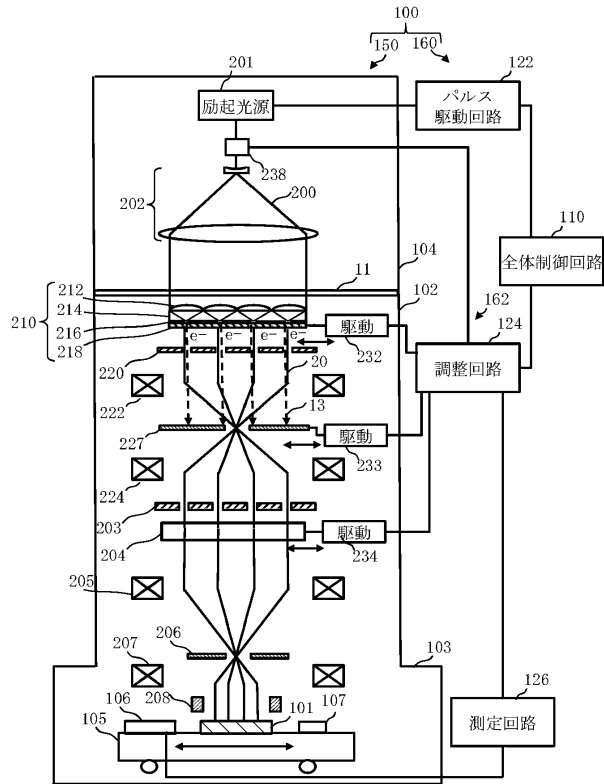
40

50

【図15】



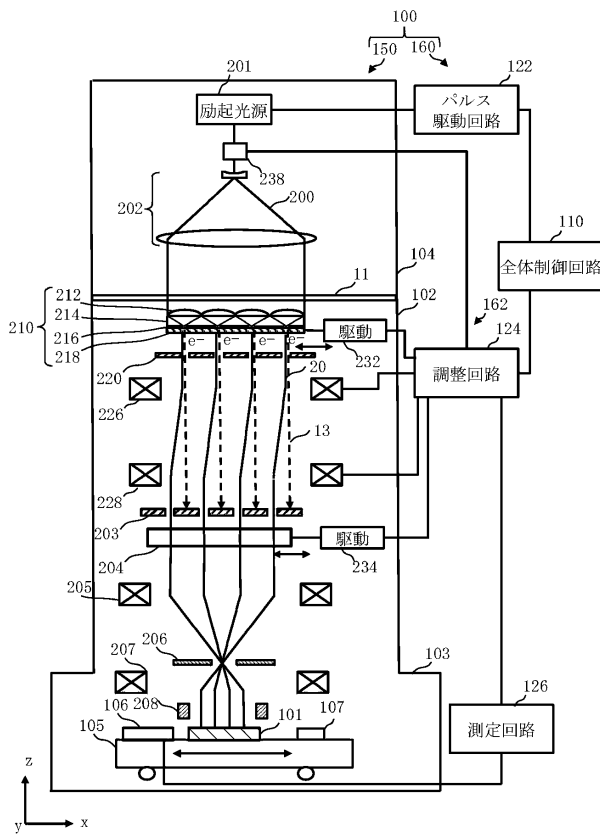
【図16】



10

20

【図17】



30

40

50

---

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I  
H 0 1 J 37/073

審査官 中尾 太郎

(56)参考文献

実公昭 1 6 - 0 1 7 1 0 0 ( J P , Y 1 )  
特開平 0 4 - 3 2 2 0 4 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 1 3 4 3 8 0 ( J P , A )  
特開 2 0 0 6 - 0 8 0 2 7 6 ( J P , A )  
特開 2 0 1 5 - 2 0 4 4 0 4 ( J P , A )  
特開 2 0 2 0 - 1 4 5 4 0 1 ( J P , A )  
米国特許出願公開第 2 0 0 4 / 0 0 5 6 1 9 3 ( U S , A 1 )  
米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 3 5 8 7 4 3 ( U S , A 1 )  
米国特許出願公開第 2 0 1 8 / 0 1 0 8 5 1 4 ( U S , A 1 )

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 0 2 7  
H 0 1 J 3 7 / 1 4 7  
H 0 1 J 3 7 / 3 0 5  
H 0 1 J 3 7 / 0 7 3