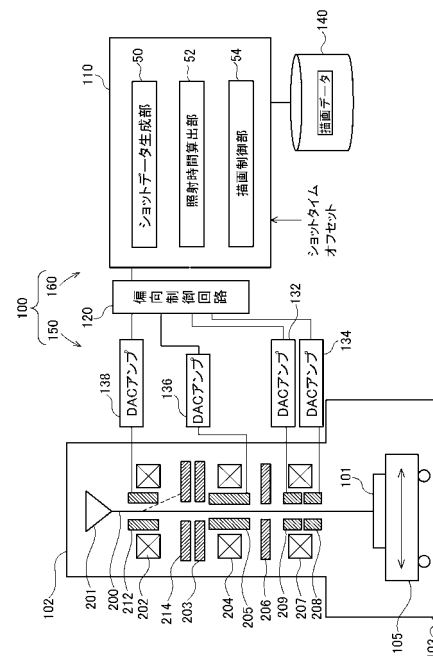




【特許請求の範囲】

【請求項 1】

荷電粒子ビーム描画装置を用いて、パス数の異なる多重描画で荷電粒子ビームを基板に照射して評価パターンを描画する工程と、

前記評価パターンの寸法を測定する工程と、

各パス数に対応する評価パターンの寸法測定結果から、1パスあたりの寸法変動量を算出する工程と、

前記1パスあたりの寸法変動量と、荷電粒子ビームの照射量の変化量に対するパターン寸法の変化量の比を示す尤度とに基づいて、1パスあたりの照射量変動量を算出する工程と、

を備える照射量補正量の取得方法。

【請求項 2】

前記1パスあたりの照射量変動量及び前記評価パターン描画時の照射量に基づいて、不足照射量を算出する工程と、

前記不足照射量及び前記評価パターン描画時の荷電粒子ビームの電流密度に基づいて、荷電粒子ビームの照射時間の不足分であるショットタイムオフセットを算出する工程と、

をさらに備えることを特徴とする請求項1に記載の照射量補正量の取得方法。

【請求項 3】

前記評価パターンは第1方向に沿った第1ラインアンドスペースパターン及び前記第1方向と直交する第2方向に沿った第2ラインアンドスペースパターンを含み、

前記第1ラインアンドスペースパターンの寸法測定結果を用いて算出された前記ショットタイムオフセットと、前記第2ラインアンドスペースパターンの寸法測定結果を用いて算出された前記ショットタイムオフセットとの平均値を算出することを特徴とする請求項2に記載の照射量補正量の取得方法。

【請求項 4】

荷電粒子ビームを放出する工程と、

ブランキング偏向器を用いて前記荷電粒子ビームを偏向し、ビームONとビームOFFのいずれかの状態になるようにブランキング制御する工程と、

描画データから、ショット毎のビームサイズ及びショット位置を含むショットデータを生成する工程と、

荷電粒子ビームの照射量、多重描画のパス数、及び電流密度から求まる1パスあたりの照射時間に、請求項2又は3に記載の方法で算出した前記ショットタイムオフセットを加算して、各ショットの照射時間を算出する工程と、

算出された照射時間を含む前記ショットデータに基づいて、前記ブランキング偏向器と、ビーム形状及びビームサイズを変化させる偏向器と、ビーム照射位置を調整する偏向器とを制御し、基板上にパターンを描画する工程と、

を備える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、

前記荷電粒子ビームを偏向して、ビームONとビームOFFのいずれかの状態になるようにブランキング制御するブランキング偏向器と、

描画データから、ショット毎のビームサイズ及びショット位置を含むショットデータを生成するショットデータ生成部と、

請求項2又は3に記載の方法で算出された前記ショットタイムオフセットの入力を受け付ける入力部と、

荷電粒子ビームの照射量、多重描画のパス数、及び電流密度から求まる1パスあたりの照射時間に、前記ショットタイムオフセットを加算して、各ショットの照射時間を算出する照射時間算出部と、

算出された照射時間を含む前記ショットデータに基づいて、前記ブランキング偏向器と、ビーム形状及びビームサイズを変化させる偏向器と、ビーム照射位置を調整する偏向器

10

20

30

40

50

とを制御する偏向制御部と、
を備える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、照射量補正量の取得方法、荷電粒子ビーム描画方法、及び荷電粒子ビーム描画装置に関する。

【背景技術】

【0002】

L S I 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ャナ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】

電子ビーム描画装置では、電子ビームを偏向器で偏向させて描画を行う。電子ビームの偏向には D A C（デジタル・アナログコンバータ）アンプが用いられている。このような D A C アンプを用いたビーム偏向の役割としては、ビームショットの形状やサイズの制御、ショット位置の制御、及びビームのブランキング等が挙げられる。例えば、ブランキング偏向器を用いてビームを偏向し、アパーチャによりビームを遮蔽するか否かにより、ビームの O F F と O N を切り替え、照射時間を制御している。

【0004】

光リソグラフィ技術の進展や、E U V による短波長化に伴い、マスク描画に必要な電子ビームのショット数が増加している。一方で、微細化に必要な線幅精度を確保するために、レジストを低感度化し、照射量を上げることで、ショットノイズやパターンのエッジラフネスの低減を図っている。ショット数と照射量の増加に伴い、描画時間が増加している。そのため、電流密度を上げることで描画時間の短縮を図ることが検討されている。

【0005】

しかし、増加した照射エネルギー量を、より高密度な電子ビームで短時間に照射しようとすると、基板温度が上昇してレジスト感度が変化し、線幅精度が劣化する、いわゆるレジストヒーティングと呼ばれる現象が生じるという問題があった。レジストヒーティングの影響を抑えるために、必要な照射量を複数回の描画（露光）に分ける多重描画が行われている。

【0006】

ブランキング偏向器に電圧を印加する D A C アンプは、電圧の立ち上がり又は立ち下がり傾きを有する。そのため、所望の設定照射時間に対し、実際の照射時間（実効照射時間）が短くなることがあった。設定照射時間に対する実効照射時間の不足分は、ショットタイムオフセットとも呼ばれる。このショットタイムオフセットがあることで、多重描画では、パス数（多重度）を変えると、パターン寸法が変動するという問題があった。例えば、パス数が 4 の場合のショットタイムオフセット（の合計）は、パス数が 1 の場合のショットタイムオフセットの 4 倍になり、パス数が 4 の場合とパス数が 1 の場合とで実効照射時間が異なり、描画パターンの寸法が変動する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献 1】特開 2014-209599 号公報

【特許文献 2】特開 2015-50439 号公報

【特許文献 3】特開 2007-188949 号公報

【特許文献 4】特開 2012-9589 号公報

10

20

30

40

50

【特許文献 5】特開平 10-189422 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、多重描画のパス数によって描画パターンの寸法が変動することを抑制する照射量補正量の取得方法、荷電粒子ビーム描画方法、及び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照射量補正量の取得方法は、荷電粒子ビーム描画装置を用いて、パス数の異なる多重描画で荷電粒子ビームを基板に照射して評価パターンを描画する工程と、前記評価パターンの寸法を測定する工程と、各パス数に対応する評価パターンの寸法測定結果から、1パスあたりの寸法変動量を算出する工程と、前記1パスあたりの寸法変動量と、荷電粒子ビームの照射量の変化量に対するパターン寸法の変化量の比を示す尤度とに基づいて、1パスあたりの照射量変動量を算出する工程と、を備えるものである。

【0010】

本発明の一態様による照射量補正量の取得方法において、前記1パスあたりの照射量変動量及び前記評価パターン描画時の照射量に基づいて、不足照射量を算出する工程と、前記不足照射量及び前記評価パターン描画時の荷電粒子ビームの電流密度に基づいて、荷電粒子ビームの照射時間の不足分であるショットタイムオフセットを算出する工程と、

をさらに備える。

【0011】

本発明の一態様による照射量補正量の取得方法において、前記評価パターンは第1方向に沿った第1ラインアンドスペースパターン及び前記第1方向と直交する第2方向に沿った第2ラインアンドスペースパターンを含み、前記第1ラインアンドスペースパターンの寸法測定結果を用いて算出された前記ショットタイムオフセットと、前記第2ラインアンドスペースパターンの寸法測定結果を用いて算出された前記ショットタイムオフセットとの平均値を算出する。

【0012】

本発明の一態様による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、ブランキング偏向器を用いて前記荷電粒子ビームを偏向し、ビームONとビームOFFのいずれかの状態になるようにブランキング制御する工程と、描画データから、ショット毎のビームサイズ及びショット位置を含むショットデータを生成する工程と、荷電粒子ビームの照射量、多重描画のパス数、及び電流密度から求まる1パスあたりの照射時間に、請求項2又は3に記載の方法で算出した前記ショットタイムオフセットを加算して、各ショットの照射時間を算出する工程と、算出された照射時間を含む前記ショットデータに基づいて、前記ブランキング偏向器と、ビーム形状及びビームサイズを変化させる偏向器と、ビーム照射位置を調整する偏向器とを制御し、基板上にパターンを描画する工程と、を備えるものである。

【0013】

本発明の一態様による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、前記荷電粒子ビームを偏向して、ビームONとビームOFFのいずれかの状態になるようにブランキング制御するブランキング偏向器と、描画データから、ショット毎のビームサイズ及びショット位置を含むショットデータを生成するショットデータ生成部と、前記方法で算出された前記ショットタイムオフセットの入力を受け付ける入力部と、荷電粒子ビームの照射量、多重描画のパス数、及び電流密度から求まる1パスあたりの照射時間に、前記ショットタイムオフセットを加算して、各ショットの照射時間を算出する照射時間算出部と、算出された照射時間を含む前記ショットデータに基づいて、前記ブランキング偏向器と、ビーム形状及びビームサイズを変化させる偏向器と、ビーム照射位置を調整する偏向器とを制御する偏向制御部と、を備えるものである。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、多重描画のパス数によって描画パターンの寸法が変動することを抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施形態による描画装置の概略図である。

【図2】主偏向領域と副偏向領域とを示す概念図である。

【図3】(a)(b)はショットタイムオフセットを説明する図である。

【図4】同実施形態に係る照射量補正量の取得方法を説明するフローチャートである。

【図5】評価パターンの一例を示す図である。

【図6】パス数と描画パターンの寸法との関係の一例を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。本実施形態では、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。

【0017】

図1は、本発明の実施形態に係る描画装置の概略構成図である。図1の通り、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、電子ビーム描画装置の一例である。描画部150は、電子銃筒102と描画室103を備えている。電子銃筒102内には、電子銃201、照明レンズ202、ブランキング偏向器（ブランカ）212、ブランキングアパーチャ214、第1成形アパーチャ203、投影レンズ204、成形偏向器205、第2成形アパーチャ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。主偏向器208の下方に副副偏向器がさらに設けられていてもよい。

【0018】

描画室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、描画対象となる基板101が配置される。基板101には、半導体装置を製造するための露光用のマスクやシリコンウェハ等が含まれる。マスクにはマスクブランクスが含まれる。

【0019】

電子銃201（放出部）から放出された電子ビーム200は、ブランキング偏向器212内を通過する際にブランキング偏向器212によって、ビームONの状態では、ブランキングアパーチャ214を通過するように制御され、ビームOFFの状態では、ビーム全体がブランキングアパーチャ214で遮蔽されるように偏向される。ビームOFFの状態からビームONとなり、その後ビームOFFになるまでにブランキングアパーチャ214を通過した電子ビーム200が1回の電子ビームのショットとなる。

【0020】

ブランキング偏向器212は、通過する電子ビーム200の向きを制御して、ビームONの状態とビームOFFの状態とを交互に生成する。各ショットの照射時間で基板101に照射される電子ビーム200のショットあたりの照射量が調整されることになる。

【0021】

ブランキング偏向器212とブランキングアパーチャ214を通過することによって生成された各ショットの電子ビーム200は、照明レンズ202により矩形の穴を持つ第1成形アパーチャ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。

【0022】

そして、第1成形アパーチャ203を通過したアパーチャ像の電子ビーム200は、投

10

20

30

40

50

影レンズ 204 により第 2 成形アパーチャ 206 上に投影される。成形偏向器 205 によって、第 2 成形アパーチャ 206 上で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ことができる。このような可変成形はショット毎に行われ、通常、ショット毎に異なるビーム形状と寸法に成形される。

【0023】

第 2 成形アパーチャ 206 を通過した電子ビーム 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 に配置された基板 101 の所望する位置に照射される。以上のように、各偏向器によって、電子ビーム 200 の複数のショットが順に基板 101 上へと偏向される。

10

【0024】

図 2 は、主偏向領域と副偏向領域とを示す概念図である。図 2 に示すように、描画装置 100 にて所望のパターンを描画する場合には、基板 101 の描画領域は、主偏向器 208 により偏向可能な幅で例えば Y 方向にストライプ状の複数の描画領域（ストライプ）1 に分割される。そして、各ストライプ 1 において X 方向にもストライプの Y 方向の幅と同じ幅で区切られる。この区切られた領域が、主偏向器 208 により偏向可能な主偏向領域 2 となる。この主偏向領域 2 をさらに細分化した領域が副偏向領域 3 となる。

【0025】

副偏向器 209 は、ショット毎の電子ビーム 200 の位置を高速かつ高精度に制御するために用いられる。そのため、偏向範囲は副偏向領域 3 に限定され、その領域を超える偏向は主偏向器 208 で副偏向領域 3 の位置を移動することによって行う。一方、主偏向器 208 は、副偏向領域 3 の位置を制御するために用いられ、複数の副偏向領域 3 が含まれる範囲（主偏向領域 2）内で移動する。また、描画中は XY ステージ 105 が X 方向に連続的に移動しているため、主偏向器 208 で副偏向領域 3 の描画原点を随時移動（トラッキング）することで XY ステージ 105 の移動に追従させることができる。

20

【0026】

制御部 160 は、制御計算機 110、偏向制御回路 120、デジタルアナログ変換（DAC）アンプユニット 132、134、136、138、記憶装置 140 等を有している。

【0027】

制御計算機 110 は、ショットデータ生成部 50、照射時間算出部 52、及び描画制御部 54 を備える。ショットデータ生成部 50、照射時間算出部 52、及び描画制御部 54 の各機能は、ソフトウェアで構成されてもよいし、ハードウェアで構成されてもよい。

30

【0028】

偏向制御回路 120 は各 DAC アンプ 132、134、136、138 に接続されている。DAC アンプユニット 132 は副偏向器 209 に接続されている。DAC アンプユニット 134 は主偏向器 208 に接続されている。DAC アンプユニット 136 は成形偏向器 205 に接続されている。DAC アンプユニット 138 はブランキング偏向器 212 に接続されている。

【0029】

偏向制御回路 120 から DAC アンプ 138 に対して、ブランキング制御用のデジタル信号が出力される。DAC アンプ 138 では、デジタル信号をアナログ信号に変換し、増幅させた上で偏向電圧として、ブランキング偏向器 212 に印加する。この偏向電圧によって電子ビーム 200 が偏向させられ、各ショットのブランキング制御が行われる。

40

【0030】

偏向制御回路 120 から DAC アンプ 136 に対して、成形偏向用のデジタル信号が出力される。DAC アンプ 136 では、デジタル信号をアナログ信号に変換し、増幅させた上で偏向電圧として、偏向器 205 に印加する。この偏向電圧によって電子ビーム 200 が第 2 成形アパーチャ 206 の特定の位置に偏向され、所望の寸法及び形状の電子ビームが形成される。

50

【0031】

偏向制御回路120からDACアンプ134に対して、主偏向制御用のデジタル信号が出力される。DACアンプ134は、デジタル信号をアナログ信号に変換し、増幅させた上で偏向電圧として、主偏向器208に印加する。この偏向電圧によって、電子ビーム200が偏向させられ、各ショットのビームが副偏向領域3の描画原点に偏向される。また、XYステージ105が連続移動しながら描画する場合には、かかる偏向電圧には、ステージ移動に追従するトラッキング用の偏向電圧も含まれる。

【0032】

偏向制御回路120からDACアンプ132に対して、副偏向制御用のデジタル信号が出力される。DACアンプ132は、デジタル信号をアナログ信号に変換し、増幅させた上で偏向電圧として、副偏向器209に印加する。この偏向電圧によって、電子ビーム200は副偏向領域3内のショット位置に偏向される。

【0033】

記憶装置140は、例えば磁気ディスク装置であり、基板101にパターンを描画するための描画データを記憶する。この描画データは、設計データ（レイアウトデータ）が描画装置100用のフォーマットに変換されたデータであり、外部装置から記憶装置140に入力されて保存されている。

【0034】

ショットデータ生成部50が、記憶装置140に格納されている描画データに対して、複数段のデータ変換処理を行い、描画対象となる各図形パターンを1回のショットで照射可能なサイズのショット図形に分割し、描画装置固有のフォーマットとなるショットデータを生成する。ショットデータには、ショット毎に、例えば、各ショット図形の図形種を示す図形コード、図形サイズ、ショット位置、照射時間等が含まれる。生成されたショットデータはメモリ（図示略）に一時的に記憶される。

【0035】

ショットデータに含まれる照射時間は、照射時間算出部52により算出される。照射時間算出部52は、近接効果、フォギング効果、ローディング効果といった、パターンの寸法変動を引き起こす要因を考慮して描画領域の各位置における電子ビームの照射量（ドーズ量） Q を算出し、算出した照射量 Q を電流密度及び多重描画のパス数（多重度） n で割って得られた時間に、ショットタイムオフセット T_s を加算して、照射時間を算出する。

【0036】

ショットタイムオフセット T_s について図3（a）（b）を用いて説明する。電子ビームの照射時間は、ブランキング偏向器212によるビームのON/OFF切り替えにより制御される。ブランキング偏向器212は、DACアンプ130から印加される電圧によって、電子ビーム200を偏向し、ブランキング制御を行う。

【0037】

図3（a）に示すように、DACアンプ130の出力電圧の立ち上がり、立ち下がりが垂直であれば所望の設定照射時間 T_1 となるが、実際には、図3（b）に示すように、DACアンプは、電圧の立ち上がり又は立ち下がりに傾きを有する。そのため、所望の設定照射時間 T_1 に対し、実際の照射時間（実効照射時間） T_2 が短くなる。設定照射時間 T_1 に対する実効照射時間 T_2 の不足分が、ショットタイムオフセット T_s （ $=T_1 - T_2$ ）である。

【0038】

本実施形態では、基板101としての評価用基板をXYステージ105上に載置し、後述する評価パターンを描画し、描画したパターンの寸法測定結果からショットタイムオフセット T_s を算出する。そして、算出したショットタイムオフセット T_s を、入力部（図示略）を介して制御計算機110に入力する。

【0039】

照射量補正量となるショットタイムオフセット T_s の取得方法を図4に示すフローチャートに沿って説明する。

10

20

30

40

50

【0040】

描画装置100を用いて、多重描画方式により、基板101にパス数を変えて評価パターンを描画する（ステップS1～S3）。評価パターンは、例えば、ラインアンドスペースパターンである。例えば、図5に示すように、パス数を2、3、4と変えて、x方向、y方向に沿ったラインアンドスペースパターンP1～P6を描画する。評価パターンを描画する際の照射量をDとした場合、パス数が2の時は1パスあたりの照射量は $D/2$ となり、パス数が3の時は1パスあたりの照射量は $D/3$ となる。

【0041】

評価パターンの描画後（ステップS3__Yes）、現像、エッチング等の処理を行い、形成されたパターンの寸法（線幅）を測定する（ステップS4）。パターン寸法はパス数によって変動し、例えば図6に示すように、パス数が多い程、照射時間の不足分が大きくなり、寸法が小さくなる。

【0042】

なお、評価パターンを描画する基板、露光装置、現像装置等は、実際の製品を製造する際と同じものを使用する。

【0043】

寸法測定結果から、1パスあたりの寸法変動量 V_{cd} を算出する。例えば、図6に示す3点のデータから最小二乗法で1パスあたりの寸法変動量（傾き）を求める。そして、以下の数式1に示すように、1パスあたりの寸法変動量 V_{cd} を、事前に求めておいた尤度（Dose Latitude、以下DLと記載する）で除して、1パスあたりの照射量変動量 V_d を算出する（ステップS5）。

数式1： $V_d = V_{cd} / DL$

【0044】

DLは、ドーズ（照射量）の変化量に対する線幅（CD）の変化量の比であり、例えば、ドーズ量を1%変化させた場合の線幅の変化量である。DLはパターン密度に依存するため、評価パターンと同程度のパターン密度のパターンを描画して算出する。DLは、サイトごとに使用するレジストや遮光膜の材質、構成や、現像、エッチング等のマスクプロセス工程の違いによって変動する。そのため、本実施形態のようにDLを計算に用いることで、算出するショットタイムオフセットをより最適化することができる。

【0045】

次に、以下の数式2に示すように、1パスあたりの照射量変動量 V_d に、評価パターンを描画した際の照射量Dを乗じて、不足している照射量 D_s を算出する（ステップS6）。

数式2： $D_s = V_d \cdot D$

【0046】

以下の数式3に示すように、不足している照射量 D_s を、評価パターンを描画した際の電流密度Jで除して、ショットタイムオフセット T_s を算出する（ステップS7）。

数式3： $T_s = D_s / J$

【0047】

x方向に沿ったラインアンドスペースパターンP1、P3、P5の寸法測定結果から算出したショットタイムオフセット T_s と、y方向に沿ったラインアンドスペースパターンP2、P4、P6の寸法測定結果から算出したショットタイムオフセット T_s を平均した値を制御計算機110に入力する。多重描画の各パスの照射量を電流密度で割った時間に、入力されたショットタイムオフセットを加算して、各ショットの照射時間が算出され、ショットデータに登録される。

【0048】

描画工程では、ショットデータを用いて描画処理が行われる。描画制御部54が、ショットデータを偏向制御回路120に転送する。偏向制御回路120は、ショットデータに設定された照射時間になる偏向データ（ブランキング信号）をブランキング偏向器212用のDACアンプ138に出力する。

10

20

30

40

50

【0049】

本実施形態に係る手法で取得したショットタイムオフセットを考慮した照射時間にする
ことで、設定照射時間 T_1 と実効照射時間 T_2 との差を極めて小さくできる。そのため、
多重描画のパス数によって描画パターンの寸法が変動することを抑制できる。

【0050】

上記実施形態では、パス数を2、3、4とした3種類のパス数で評価パターンを描画す
る例について説明したが、1パスあたりの寸法変動量 V_{cd} を算出するには、少なくとも
2種類のパス数で評価パターンを描画すればよい。

【0051】

上記実施形態では、外部装置で算出したショットタイムオフセット T_s を制御計算機1
10に入力する例について説明したが、1パスあたりの照射量変動量 V_d を制御計算機1
10に入力し、不足している照射量 D_s 及びショットタイムオフセット T_s の算出は制御
計算機110が行ってもよい。不足している照射量 D_s を制御計算機110に入力し、シ
ョットタイムオフセット T_s の算出を制御計算機110が行ってもよい。

10

【0052】

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。

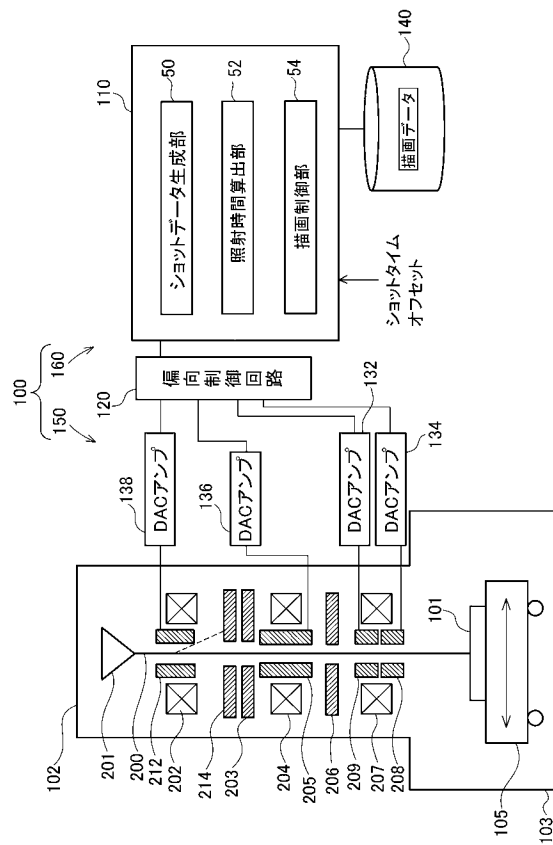
20

【符号の説明】

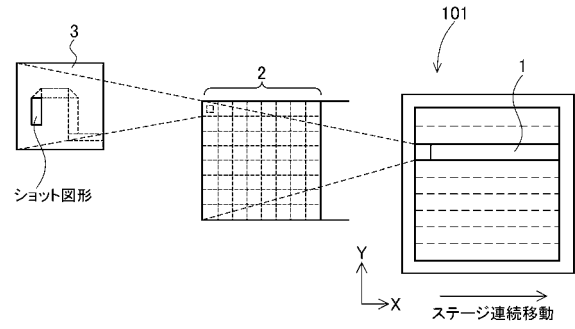
【0053】

- 50 ショットデータ生成部
- 52 照射時間算出部
- 54 描画制御部
- 100 描画装置
- 110 制御計算機
- 150 描画部
- 160 制御部

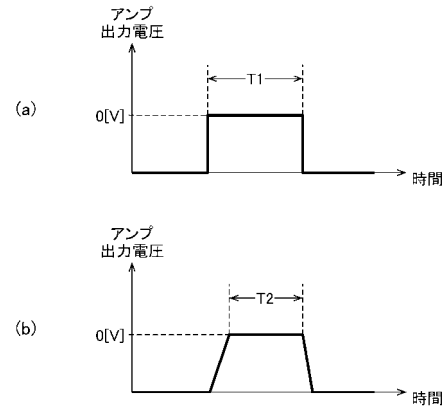
【図 1】



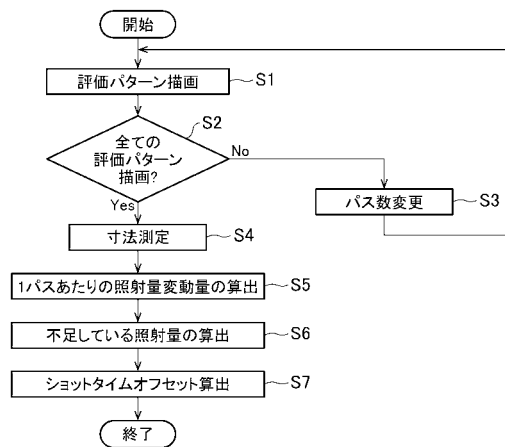
【図 2】



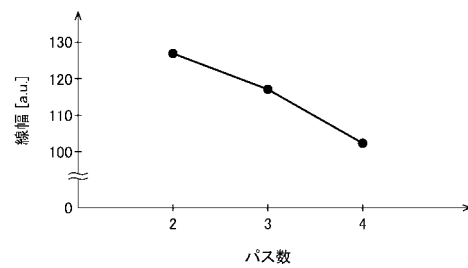
【図 3】



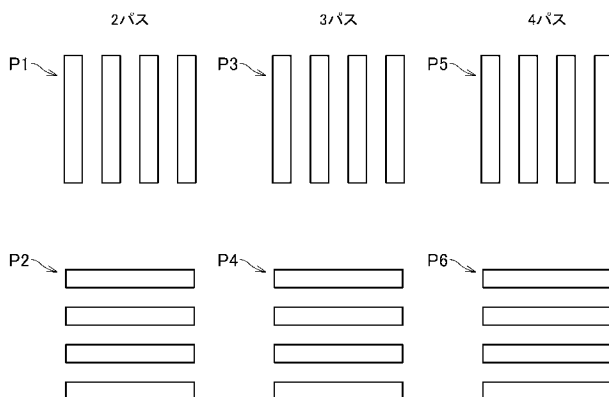
【図 4】



【図 6】



【図 5】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F056 AA04 CB05 CB14 CD06 CD15 EA03 EA06