

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5607413号
(P5607413)

(45) 発行日 平成26年10月15日(2014.10.15)

(24) 登録日 平成26年9月5日(2014.9.5)

(51) Int.Cl.

H01L 21/027 (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)

F 1

H01L 21/30 541B
H01L 21/30 541J
G03F 7/20 504

請求項の数 4 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2010-97239 (P2010-97239)
(22) 出願日	平成22年4月20日 (2010.4.20)
(65) 公開番号	特開2011-228498 (P2011-228498A)
(43) 公開日	平成23年11月10日 (2011.11.10)
審査請求日	平成25年3月12日 (2013.3.12)

(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	100088487 弁理士 松山 允之
(72) 発明者	井上 英郎 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
審査官	植木 隆和

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描画方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

試料を載置する、移動可能なステージと、

前記試料の描画領域を仮想分割した複数の第1の小領域の各第1の小領域への荷電粒子ビームの偏向位置が前記ステージの移動に追従するように各第1の小領域を一部の偏向器でトラッキングすると共に、各第1の小領域がトラッキングされながら前記第1の小領域よりもサイズが小さい複数の第2の小領域の各第2の小領域内を偏向可能領域とする他の偏向器で該当する第2の小領域内に複数のショットの荷電粒子ビームを偏向する多段偏向器と、

前記第1の小領域へと荷電粒子ビームを偏向させる第1の偏向量データと前記第1の小領域をトラッキングするための第2の偏向量データと前記複数の第2の小領域間で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第3の偏向量データと各第2の小領域内で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第4の偏向量データとを用いて、前記多段偏向器へと必要な偏向電圧を出力する複数の偏向アンプと、

を備え、

前記複数の偏向アンプは、

前記第1の偏向量データを入力し、前記第1の小領域へと荷電粒子ビームを偏向させる第1の偏向電圧を生成する第1の偏向アンプと、

前記第2の偏向量データを入力し、前記第1の小領域をトラッキングするための第2の偏向電圧を生成する第2の偏向アンプと、

10

20

前記第3の偏向量データを入力し、前記複数の第2の小領域間で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第3の偏向電圧を生成する第3の偏向アンプと、

前記第4の偏向量データを入力し、各第2の小領域内で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第4の偏向電圧を生成する第4の偏向アンプと、

を有し、

前記多段偏向器は、主副2段の偏向器を有し、

前記第1から第3の偏向電圧の和が前記主偏向器に印加され、

前記第4の偏向電圧が前記副偏向器に印加されることを特徴とする荷電粒子ビーム描画装置。

【請求項2】

10

試料を載置する、移動可能なステージと、

前記試料の描画領域を仮想分割した複数の第1の小領域の各第1の小領域への荷電粒子ビームの偏向位置が前記ステージの移動に追従するように各第1の小領域を一部の偏向器でトラッキングすると共に、各第1の小領域がトラッキングされながら前記第1の小領域よりもサイズが小さい複数の第2の小領域の各第2の小領域内を偏向可能領域とする他の偏向器で該当する第2の小領域内に複数のショットの荷電粒子ビームを偏向する多段偏向器と、

前記第1の小領域へと荷電粒子ビームを偏向させる第1の偏向量データと前記第1の小領域をトラッキングするための第2の偏向量データと前記複数の第2の小領域間で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第3の偏向量データと各第2の小領域内で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第4の偏向量データとを用いて、前記多段偏向器へと必要な偏向電圧を出力する複数の偏向アンプと、

を備え、

前記複数の偏向アンプは、

前記第1の偏向量データを入力し、前記第1の小領域へと荷電粒子ビームを偏向させる第1の偏向電圧を生成する第1の偏向アンプと、

前記第2と第3の偏向量データの和を入力し、前記第1の小領域をトラッキングすると共に前記複数の第2の小領域間で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させる第2の偏向電圧を生成する第2の偏向アンプと、

前記第4の偏向量データを入力し、各第2の小領域内で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第3の偏向電圧を生成する第3の偏向アンプと、

を有し、

前記多段偏向器は、主副2段の偏向器を有し、

前記第1と第2の偏向電圧の和が前記主偏向器に印加され、

前記第3の偏向電圧が前記副偏向器に印加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】

30

試料をステージに載置した状態で前記ステージを移動させる工程と、

前記試料の描画領域を仮想分割した複数の第1の小領域の各第1の小領域への荷電粒子ビームの偏向位置が前記ステージの移動に追従するように各第1の小領域を多段偏向器内の一部の偏向器でトラッキングすると共に、各第1の小領域がトラッキングされながら前記第1の小領域よりもサイズが小さい複数の第2の小領域の各第2の小領域内を偏向可能領域とする前記多段偏向器内の他の偏向器で該当する第2の小領域内に複数のショットの荷電粒子ビームを偏向する工程と、

前記第1の小領域へと荷電粒子ビームを偏向させる第1の偏向量データと前記第1の小領域をトラッキングするための第2の偏向量データと前記複数の第2の小領域間で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第3の偏向量データと各第2の小領域内で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第4の偏向量データとを用いて、複数の偏向アンプにより前記多段偏向器へと必要な偏向電圧を出力する工程と、

を備え、

40

50

前記複数の偏向アンプは、

前記第1の偏向量データを入力し、前記第1の小領域へと荷電粒子ビームを偏向させる第1の偏向電圧を生成する第1の偏向アンプと、

前記第2の偏向量データを入力し、前記第1の小領域をトラッキングするための第2の偏向電圧を生成する第2の偏向アンプと、

前記第3の偏向量データを入力し、前記複数の第2の小領域間で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第3の偏向電圧を生成する第3の偏向アンプと、

前記第4の偏向量データを入力し、各第2の小領域内で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第4の偏向電圧を生成する第4の偏向アンプと、

を有し、

10

前記多段偏向器は、主副2段の偏向器を有し、

前記第1から第3の偏向電圧の和が前記主偏向器に印加され、

前記第4の偏向電圧が前記副偏向器に印加されることを特徴とする荷電粒子ビーム描画方法。

【請求項4】

試料をステージに載置した状態で前記ステージを移動させる工程と、

前記試料の描画領域を仮想分割した複数の第1の小領域の各第1の小領域への荷電粒子ビームの偏向位置が前記ステージの移動に追従するように各第1の小領域を多段偏向器内の一一部の偏向器でトラッキングすると共に、各第1の小領域がトラッキングされながら前記第1の小領域よりもサイズが小さい複数の第2の小領域の各第2の小領域内を偏向可能領域とする前記多段偏向器内の他の偏向器で該当する第2の小領域内に複数のショットの荷電粒子ビームを偏向する工程と、

20

前記第1の小領域へと荷電粒子ビームを偏向させる第1の偏向量データと前記第1の小領域をトラッキングするための第2の偏向量データと前記複数の第2の小領域間で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第3の偏向量データと各第2の小領域内で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第4の偏向量データとを用いて、複数の偏向アンプにより前記多段偏向器へと必要な偏向電圧を出力する工程と、

を備え、

前記複数の偏向アンプは、

前記第1の偏向量データを入力し、前記第1の小領域へと荷電粒子ビームを偏向させる第1の偏向電圧を生成する第1の偏向アンプと、

30

前記第2と第3の偏向量データの和を入力し、前記第1の小領域をトラッキングすると共に前記複数の第2の小領域間で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させる第2の偏向電圧を生成する第2の偏向アンプと、

前記第4の偏向量データを入力し、各第2の小領域内で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第3の偏向電圧を生成する第3の偏向アンプと、

を有し、

前記多段偏向器は、主副2段の偏向器を有し、

前記第1と第2の偏向電圧の和が前記主偏向器に印加され、

前記第3の偏向電圧が前記副偏向器に印加されることを特徴とする荷電粒子ビーム描画方法。

40

【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描画方法に係り、例えば、可変成形された電子ビームを多段偏向器で偏向することによって試料にパターンを描画する電子ビーム描画装置及び方法に関する。

【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

50

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、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。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7は、従来の可変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。

可変形型電子線（EB：E l e c t r o n b e a m）描画装置は、以下のように動作する。第1のアーチャ410には、電子線330を成形するための矩形例えは長方形の開口411が形成されている。また、第2のアーチャ420には、第1のアーチャ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のアーチャ420の可変形開口421の一部を通過して、所定の一方向（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のアーチャ410の開口411と第2のアーチャ420の可変形開口421との両方を通過できる矩形形状が、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形方式（VSB方式）という。

【0004】

描画装置では、ビームショットの可変形を行なった後に多段偏向器で試料上の所望の位置にビームを照射する。例えば、試料の描画領域を分割単位として最小の偏向領域であるサブフィールド（SF）と呼ばれる領域に分割して、主偏向器で1つのSFの位置を特定し、特定されたSF内の各位置にビームショットが照射されるように副偏向器で偏向していく（例えば、特許文献1参照）。すなわち、副偏向器で偏向可能なサイズの領域がSFとして設定される。ここで、昨今の精度向上の要請に伴い、偏向領域の微細化が進む中、副偏向器で振れるSFのサイズも微細化し、SF数が増大している。各偏向器でビームを偏向するためには偏向アンプから必要な偏向電圧を出力する必要があるが、偏向アンプでは、各処理を行なう際にセトリング時間（静定するための時間）が必要となる。例えば、1つのSFから別のSFへと主偏向器の偏向位置を移動させる際には、主偏向器用の偏向アンプにおいて上述したセトリング時間がその都度必要となる。よって、SF数が増えれば、その分だけセトリング回数も増大するため、セトリング時間が増大してしまう。主偏向器は副偏向器に比べて広い領域にビームを振る必要があるため、主偏向器にはその分、副偏向器に比べて高い偏向電圧を印加する必要がある。そのため、主偏向器用の偏向アンプにおけるセトリング時間も副偏向器用の偏向アンプに比べて長い時間が必要となる。

【0005】

主偏向器用の偏向アンプにおけるセトリング時間は、従来のSF数であれば、ショットしている時間に比べて短いものであり無視できる程度であったが、SF数の増大に伴い、描画装置のスループットへの影響を無視できないものとなってきた。例えば、チップサイズが100mm角でSFサイズが10μm角であったとすると、かかるチップには100M個（ 1.0×10^8 個）のSFが設定されることになる。そして、かかるSFサイズが10μm角から例えば2μm角に小さくなると、かかるチップのSF数は2.5G個（ 2.5×10^9 個）となり、25倍に増大する。よって、同じサイズのチップ領域を描画する場合でも、SF数が、例えば、25倍に増大すると主偏向器用の偏向アンプに必要なセトリング時間も25倍に増大してしまうといった問題があった。

【0006】

さらに、描画装置では、ステージを移動させながら描画していく場合、描画しているSFへの偏向位置がずれないようにするために描画中のSFをトラッキングすることでステージの移動に追従させる場合がある。このように、従来、偏向領域としては最小単位のS

10

20

30

40

50

F毎にトラッキングしていた。トラッキング処理では、一般に1つのSFから次のSFへと切り替わる際に一旦リセットしてから次のSFのトラッキングを開始する。そのため、SF数が増大すれば、その分だけリセット回数も増大し、リセットしてから次のトラッキング開始までにかかるリセット時間が増大してしまう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2009-016647号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0008】

上述したように、SFサイズの微細化およびSF数の増大により、主偏向器用の偏向アンプにおけるセトリング時間の増大とトラッキング処理用のリセット時間の増大といった問題が発生してしまうといった問題があった。その結果、描画時間の増大につながってしまい、描画装置のスループットが劣化してしまうといった問題があった。しかし、かかる問題に対して従来十分な手法が確立されていなかった。

【0009】

そこで、本発明は、上述した問題点を克服し、SF数の増大に伴う描画時間の増大を抑制することが可能な装置および方法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】

20

【0010】

本発明の一態様の荷電粒子ビーム描画装置は、

試料を載置する、移動可能なステージと、

試料の描画領域を仮想分割した複数の第1の小領域の各第1の小領域への荷電粒子ビームの偏向位置がステージの移動に追従するように各第1の小領域を一部の偏向器でトラッキングすると共に、各第1の小領域がトラッキングされながら第1の小領域よりもサイズが小さい複数の第2の小領域の各第2の小領域内を偏向可能領域とする他の偏向器で該当する第2の小領域内に複数のショットの荷電粒子ビームを偏向する多段偏向器と、

第1の小領域へと荷電粒子ビームを偏向させる第1の偏向量データと第1の小領域をトラッキングするための第2の偏向量データと複数の第2の小領域間で荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第3の偏向量データと各第2の小領域内で荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第4の偏向量データとを用いて、多段偏向器へと必要な偏向電圧を出力する複数の偏向アンプと、

を備えたことを特徴とする。

【0011】

かかる構成により、第2の小領域をSFとして、第1の小領域の数を抑制できる。その結果、第1の小領域へのセトリング時間の発生回数を抑制できる。さらに、第2の小領域間の移動に伴うトラッキング動作を不要とし、その分のリセット時間を無くすことができる。

【0012】

40

また、上述した複数の偏向アンプは、

第1の偏向量データを入力し、第1の小領域へと荷電粒子ビームを偏向させる第1の偏向電圧を生成する第1の偏向アンプと、

第2の偏向量データを入力し、第1の小領域をトラッキングするための第2の偏向電圧を生成する第2の偏向アンプと、

第3の偏向量データを入力し、複数の第2の小領域間で荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第3の偏向電圧を生成する第3の偏向アンプと、

第4の偏向量データを入力し、各第2の小領域内で荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第4の偏向電圧を生成する第4の偏向アンプと、

を有し、

50

多段偏向器は、主副2段の偏向器を有し、
第1から第3の偏向電圧の和が主偏向器に印加され、
第4の偏向電圧が副偏向器に印加されるように構成すると好適である。

【0013】

或いは、複数の偏向アンプは、
第1の偏向量データを入力し、第1の小領域へと荷電粒子ビームを偏向させる第1の偏向電圧を生成する第1の偏向アンプと、
第2の偏向量データを入力し、第1の小領域をトラッキングするための第2の偏向電圧を生成する第2の偏向アンプと、
第3の偏向量データを入力し、複数の第2の小領域間で荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第3の偏向電圧を生成する第3の偏向アンプと、
第4の偏向量データを入力し、各第2の小領域内で前記荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第4の偏向電圧を生成する第4の偏向アンプと、
を有し、

多段偏向器は、3段の偏向器を有し、
第1と第2の偏向電圧の和が3段の偏向器の1つに印加され、
第3の偏向電圧が3段の偏向器の他の1つに印加され
第4の偏向電圧が3段の偏向器の残りの1つに印加されるように構成しても好適である

【0014】

或いは、複数の偏向アンプは、
第1の偏向量データを入力し、第1の小領域へと荷電粒子ビームを偏向させる第1の偏向電圧を生成する第1の偏向アンプと、
第2と第3の偏向量データの和を入力し、第1の小領域をトラッキングすると共に複数の第2の小領域間で荷電粒子ビームの偏向位置を移動させる第2の偏向電圧を生成する第2の偏向アンプと、
第4の偏向量データを入力し、各第2の小領域内で荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第3の偏向電圧を生成する第3の偏向アンプと、
を有し、

多段偏向器は、主副2段の偏向器を有し、
第1と第2の偏向電圧の和が主偏向器に印加され、
第3の偏向電圧が副偏向器に印加されるように構成しても好適である。

【0015】

また、本発明の一態様の荷電粒子ビーム描画方法は、
試料をステージに載置した状態でステージを移動させる工程と、
試料の描画領域を仮想分割した複数の第1の小領域の各第1の小領域への荷電粒子ビームの偏向位置がステージの移動に追従するように各第1の小領域を多段偏向器内の一部の偏向器でトラッキングすると共に、各第1の小領域がトラッキングされながら第1の小領域よりもサイズが小さい複数の第2の小領域の各第2の小領域内を偏向可能領域とする多段偏向器内の他の偏向器で該当する第2の小領域内に複数のショットの荷電粒子ビームを偏向する工程と、

第1の小領域へと荷電粒子ビームを偏向させる第1の偏向量データと第1の小領域をトラッキングするための第2の偏向量データと複数の第2の小領域間で荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第3の偏向量データと各第2の小領域内で荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第4の偏向量データとを用いて、複数の偏向アンプにより多段偏向器へと必要な偏向電圧を出力する工程と、

を備えたことを特徴とする。

また、上述した複数の偏向アンプは、

第1の偏向量データを入力し、第1の小領域へと荷電粒子ビームを偏向させる第1の偏向電圧を生成する第1の偏向アンプと、

10

20

30

40

50

第2の偏向量データを入力し、第1の小領域をトラッキングするための第2の偏向電圧を生成する第2の偏向アンプと、

第3の偏向量データを入力し、複数の第2の小領域間で荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第3の偏向電圧を生成する第3の偏向アンプと、

第4の偏向量データを入力し、各第2の小領域内で荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第4の偏向電圧を生成する第4の偏向アンプと、

を有し、

多段偏向器は、主副2段の偏向器を有し、

第1から第3の偏向電圧の和が主偏向器に印加され、

第4の偏向電圧が副偏向器に印加されるように構成すると好適である。

10

或いは、複数の偏向アンプは、

第1の偏向量データを入力し、第1の小領域へと荷電粒子ビームを偏向させる第1の偏向電圧を生成する第1の偏向アンプと、

第2と第3の偏向量データの和を入力し、第1の小領域をトラッキングすると共に複数の第2の小領域間で荷電粒子ビームの偏向位置を移動させる第2の偏向電圧を生成する第2の偏向アンプと、

第4の偏向量データを入力し、各第2の小領域内で荷電粒子ビームの偏向位置を移動させるための第3の偏向電圧を生成する第3の偏向アンプと、

を有し、

多段偏向器は、主副2段の偏向器を有し、

20

第1と第2の偏向電圧の和が主偏向器に印加され、

第3の偏向電圧が副偏向器に印加されるように構成しても好適である。

【発明の効果】

【0016】

本発明の一態様によれば、セトリング時間とリセット時間を短縮でき、その結果、装置のスループットを短縮できる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【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における描画方法とステージ移動の様子を説明するための図である

30

。

【図3】実施の形態1におけるS Fと副主偏向領域とを説明するための図である。

【図4】実施の形態1における主偏向電圧とトラッキング電圧のフローを従来の手法と比較した一例を示す図である。

【図5】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6】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7】従来の可変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。

【発明を実施するための形態】

【0018】

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、可変形型の描画装置について説明する。

【0019】

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、可変形型(VSB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、プランギング偏向器(プランカー)212、プランギング

40

50

アパー・チャ 214、第1の成形アパー・チャ 203、投影レンズ 204、偏向器 205、第2の成形アパー・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。描画室 103 内には、少なくとも X Y 方向に移動可能な X Y ステージ 105 が配置される。X Y ステージ 105 上には、描画対象となる試料 101 が配置される。試料 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。マスクにはマスクプランクスが含まれる。主副2段の多段偏向器を構成する副偏向器 209 及び主偏向器 208 の順といった多段偏向器の配置順序はこれに限るものではなく、適宜、変更しても構わない。

【0020】

制御部 160 は、制御計算機 110、メモリ 112、磁気ディスク装置等の記憶装置 114、偏向制御回路 120、複数の D A C (デジタル・アナログコンバータ) アンプユニット 132, 134, 136, 138 (偏向アンプ)、及び加算器 140, 142 を有している。制御計算機 110、メモリ 112、磁気ディスク装置等の記憶装置 114、及び偏向制御回路 120 は、図示しないバスを介して互いに接続されている。偏向制御回路 120 には D A C アンプユニット 132, 134, 136, 138 が接続されている。

10

【0021】

D A C アンプユニット 132 は、副偏向器 209 に接続されている。D A C アンプユニット 134 は、その出力が加算器 142 に接続されている。D A C アンプユニット 136, 138 は、共にその出力が加算器 144 に接続されている。加算器 144 の出力は加算器 142 に接続されている。加算器 142 の出力は主偏向器 208 に接続されている。図 1 の例では、D A C アンプユニット 136, 138 の出力がまず加算された後に D A C アンプユニット 134 に加算されているが、これに限るものではない。D A C アンプユニット 134, 138 の出力がまず加算された後に D A C アンプユニット 136 に加算されてもよい。或いは、D A C アンプユニット 134, 136 の出力がまず加算された後に D A C アンプユニット 138 に加算されてもよい。最終的に D A C アンプユニット 134, 136, 138 の3つの出力が加算されればよい。

20

【0022】

偏向制御回路 120 から各 D A C アンプユニットに対して、それぞれの対応する制御用のデジタル信号が出力される。そして、各 D A C アンプユニットでは、それぞれの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出力する。そして、特に、実施の形態 1 では、D A C アンプユニット 134, 136, 138 の3つの出力の加算値(和)が主偏向器 208 に偏向電圧として印加される。また、D A C アンプユニット 132 の出力が副偏向器 209 に偏向電圧として印加される。これらの偏向電圧によって電子ビームが偏向させられる。

30

【0023】

また、制御計算機 110 及び偏向制御回路 120 は、プログラムといったソフトウェアで動作させるコンピュータで構成されても、電子回路等のハードウェアで構成されてもよい。或いは、これらの組み合わせであってもよい。制御計算機 110 に必要な入力データ或いは演算された結果はその都度メモリ 112 に記憶される。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、プランギング偏向器 212 や可変成形用の偏向器 205 のための各 D A C アンプユニットも備えていることは言うまでもない。

40

【0024】

図 2 は、実施の形態 1 における描画方法とステージ移動の様子を説明するための図である。描画装置 100 では、試料 101 の描画領域が短冊状の複数のストライプ領域に仮想分割される。かかるストライプ領域の幅は、主偏向器 208 で偏向可能な幅で分割される。また、各ストライプ領域は、例えば正方形のメッシュ状の複数の小領域 (S F : サブフィールド) に仮想分割される。かかる S F のサイズは、副偏向器 209 で偏向可能なサイズとなる。分割される偏向領域としては、S F が最小の偏向領域となる。

【0025】

50

描画装置 100 は、以下のように動作して描画する。電子銃 201（放出部）からは電子ビーム 200 が放出される（S102）。放出された電子ビーム 200 は、プランキング偏向器 212 内を通過する際にプランキング偏向器 212 によって、ビーム ON の状態では、プ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、ビーム全体がプランキングアパーチャ 214 で遮へい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 になるまでにプ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。プランキング偏向器 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。例えば、ビーム ON の状態では電圧を印加せず、ビーム OFF の際にプランキング偏向器 212 に電圧を印加すればよい。

10

【0026】

以上のようにプランキング偏向器 212 とプ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 により矩形例えば長方形の穴を持つ第 1 の成形アパーチャ 203 全体を照明する。ここで、電子ビーム 200 をまず矩形例えば長方形に成形する。そして、第 1 の成形アパーチャ 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 の成形アパーチャ 206 上に投影される。偏向器 205 によって、かかる第 2 の成形アパーチャ 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（可変成形を行なう）ことができる（S104）。かかる可変成形はショット毎に行なわれ、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。そして、第 2 の成形アパーチャ 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 に配置された試料の所望する位置に照射される（S120）。以上のように、主副 2 段の多段偏向器によって、電子ビーム 200 の複数のショットが順に基板となる試料 101 上へと偏向される。

20

【0027】

ここで、試料 101 に描画する場合には、XY ステージ 105 を例えば x 方向に連続移動させる（S130）。このように連続移動させながら、1 つのストライプ 20 上を電子ビーム 200 が照射する。XY ステージ 105 の x 方向の移動は、連続移動とし、同時に主偏向器 208 で電子ビーム 200 のショット位置もステージ移動に追従させる。そのため、DAC アンプユニット 136 からトラッキング用の偏向電圧が出力される。また、連続移動させることで描画時間を短縮させることができる。そして、1 つのストライプ 20 を描画し終わったら、XY ステージ 105 を y 方向にステップ送りして x 方向（今度は逆向き）に次のストライプ 20 の描画動作を行なう。各ストライプ 20 の描画動作を蛇行させるように進めることで XY ステージ 105 の移動時間を短縮することができる。

30

【0028】

また、描画する際には、制御計算機 110 が、描画データを記憶装置 114 から読み出し、複数段のデータ処理を行ってショットデータを生成する。ショットデータは、所定の単位領域毎に並列処理され、描画順に順次、偏向制御回路 120 へ出力される。偏向制御回路 120 は、主偏向器 208 で後述する副主偏向領域（第 1 の小領域）へと電子ビーム 200 を偏向させる主偏向制御を行なうための主偏向データ（第 1 の偏向量データ）、主偏向 208 でかかる副主偏向領域をトラッキングするトラッキング制御を行なうためのトラッキングデータ（第 2 の偏向量データ）、主偏向器 208 で該当する副主偏向領域内の複数の SF（第 2 の小領域）間で電子ビーム 200 の偏向位置を移動させる副主偏向制御を行なうための副主偏向データ（第 3 の偏向量データ）、及び副偏向器 209 で各 SF（第 2 の小領域）内で電子ビーム 200 の偏向位置を移動させる副偏向制御を行なうための副偏向データ（第 4 の偏向量データ）を生成する（S112）。そして、偏向制御回路 120 は、主偏向データを DAC アンプユニット 134 へ、トラッキングデータを DAC アンプユニット 136 へ、副主偏向データを DAC アンプユニット 138 へ、副偏向データを DAC アンプユニット 132 へ出力する。

40

50

【0029】

そして、D A Cアンプユニット134（第1の偏向アンプ）は、主偏向データを入力し、各副主偏向領域へと電子ビーム200を偏向させる偏向電圧（第1の偏向電圧）を生成し、出力する（S114の一部）。D A Cアンプユニット136（第2の偏向アンプ）は、トラッキングデータを入力し、各副主偏向領域をトラッキングするための偏向電圧（第2の偏向電圧）を生成し、出力する（S114の一部）。D A Cアンプユニット138（第3の偏向アンプ）は、副主偏向データを入力し、該当する副主偏向領域内の複数のS F間で電子ビーム200の偏向位置を移動させるための偏向電圧（第3の偏向電圧）を生成し、出力する（S114の一部）。D A Cアンプユニット132は、副偏向データを入力し、各S F内で電子ビーム200の偏向位置を移動させるための偏向電圧（第4の偏向電圧）を生成し、出力する（S114の一部）。そして、描画処理は、S F毎に行なわれる。
10

【0030】

図3は、実施の形態1におけるS Fと副主偏向領域とを説明するための図である。図3では、ストライプ20内をS F10に分割した概念図が示されている。S F10内の番号は描画順序の一例を示している。図3(a)では、例えば10μm角のS F10でストライプ20が分割された場合を示している。図3(b)では、例えば2μm角のS F12でストライプ20が分割された場合を示している。

【0031】

仮に図1で示した描画部150を用いて、従来の手法で描画する場合、以下のように動作することになる。従来の手法では、あるS Fを描画する際には、主偏向器208で1つのS Fの基準位置に偏向位置を合わせた状態で副偏向器209により当該S F内の所望するショット位置に電子ビーム200を偏向する。通常、1つのS F内には複数のショットのビームが照射されるので、主偏向器208で1つのS Fの基準位置に偏向位置を合わせた状態で副偏向器209が各ショットの偏向位置を変えていく。そして、1つのS F内のショットが完了すると、次のS Fの描画処理が行なわれる。また、XYステージ105は連続移動しながら描画処理を進める。そのため、主偏向器208は、XYステージ105の移動に追従しながら描画するS Fの基準位置に偏向位置を合わせるステージ追跡（トラッキング動作）を行なう。かかるトラッキング動作は1つのS Fの処理が終了する毎に一旦リセットして次のS F用の処理を開始する。そのため、仮に図1で示した描画装置100を用いて、従来の手法で描画する場合、偏向制御回路120は、描画対象となるS F12の基準位置に電子ビーム200の照射位置が合うように主偏向データをD A Cアンプユニット134に出力し、D A Cアンプユニット134から当該S F12の基準位置に電子ビーム200の照射位置を合わせる偏向電圧が主偏向器208に印加されることになる。また、偏向制御回路120は、XYステージ105の移動に追従させるためにトラッキングデータをD A Cアンプユニット136に出力し、D A Cアンプユニット136からXYステージ105の移動に追従させる偏向電圧が主偏向器208に印加されることになる。そして、次のS Fの処理の際には、D A Cアンプユニット134では次のS Fの処理のためのセトリング時間が必要となり、D A Cアンプユニット136では次のS Fの処理のためにリセットしてから次のトラッキング開始までにかかる、セトリング時間を含めたりセット時間が必要となる。
20
30
40

【0032】

1つのS Fにかかる主偏向用アンプのセトリング時間が例えば最短4μsであれば、分割されたS F全体にかかる主偏向用アンプのセトリング時間は、(4μs) × S F数となる。1つのS F10のサイズが、図3(a)に示すように、例えば10μm角であった場合から、図3(b)に示すように、S F12のサイズが例えば2μm角に小さくなった場合、S Fの数が25倍に増加する。そのため、図3(b)の場合ではS F全体にかかる主偏向用アンプとなるD A Cアンプユニット134のセトリング時間が、図3(a)の場合の25倍となってしまう。同様に、図3(b)の場合ではS F全体にかかるトラッキング用アンプとなるD A Cアンプユニット136のリセット時間が、図3(a)の場合の25
50

倍となってしまう。

【0033】

そこで、実施の形態1では、図3(c)に示すように、偏向領域としては最小分割サイズとなるSF12の他に新たな領域として、試料101の描画領域を仮想分割した複数の副主偏向領域14を設定する。かかる副主偏向領域14は、SF12のサイズより大きく設定される。副主偏向領域14サイズはDACアンプユニット138により出力可能な偏向電圧で偏向可能なサイズであればよい。副主偏向領域14は、複数のSF12がその領域内部に位置するように設定される。ここで、副主偏向領域14は、複数のSF12の集合体として分割する際の副主偏向領域14のグリッド線をSF12のグリッド線に一致させても良い。或いは、SF12とは独立の領域として分割する際の副主偏向領域14のグリッド線をSF12のグリッド線に一致させなくても構わない。そして、主偏向制御として、主偏向器208でSF12ではなく副主偏向領域14の基準位置へと電子ビーム200を偏向する。同様に、トラッキング制御として、各副主偏向領域14への電子ビームの偏向位置がXYステージ105の移動に追従するよう各副主偏向領域14を主偏向器208でトラッキングする。そして、副主偏向制御として、主偏向器208で、該当する副主偏向領域14内の1つのSF12の基準位置へと電子ビーム200を偏向する。かかる状態で、副偏向制御として、各副主偏向領域14がトラッキングされながら、各SF内を偏向可能領域とする副偏向器209が該当するSF12内に複数のショットの電子ビーム200を偏向する。副主偏向制御では、該当するSF12の描画が終了した後、次のSF12の基準位置へと電子ビーム200の偏向位置を移動させる。かかる処理を順次行ない、該当する副主偏向領域14内のすべてのSF12の描画が終了した後、主偏向制御では次の副主偏向領域14の基準位置へと電子ビーム200の偏向位置を移動させる。同様にして、トラッキング制御では、副主偏向領域14の移動に伴い、トラッキングデータを一旦リセットした後に新たに主偏向制御される副主偏向領域14のトラッキング処理を開始する。かかる処理を順次行ない、すべての副主偏向領域14の描画を行なっていく。このように、実施の形態1では、かかる主副2段の多段偏向器を用いて、多段偏向制御が行なわれ、第2の成形アーチャ206を通過した成形後の電子ビーム200が試料101の所望する位置に照射される(S120)。各ショットについて同様に制御される。

【0034】

副主偏向領域14サイズを、例えば、従来の $10 \mu m$ 角に設定した場合、主偏向制御では、副主偏向領域14間でのセトリング回数が、従来のSF数と同じにできる。その結果、主偏向用のDACアンプユニット134のセトリング時間の増加を抑制できる。また、副主偏向用のDACアンプユニット138では、偏向領域がDACアンプユニット134のようにストライプ幅よりもはるかに小さい副主偏向領域14にできるので、DACアンプユニット134よりも高速化できる。そこで、副主偏向用のDACアンプユニット138のセトリング時間を例えば最短 100 ns に設定すれば、1つの副主偏向領域14内で必要なセトリング時間は $100 \text{ ns} \times$ 副主偏向領域14内のSF12数となる。よって、実施の形態1の手法によれば、図3(a)に示すようなSF10のサイズが例えば $10 \mu m$ 角であった場合から図3(c)に示すようなSF12のサイズが例えば $2 \mu m$ 角に小さくなつた場合でも、1つの副主偏向領域14相當にかかるDACアンプユニット134のセトリング時間は($4 \mu s$) + $100 \text{ ns} \times 25$ 倍 = $6.5 \mu s$ に抑制できる。これに対し、従来の手法によれば、図3(a)に示すようなSF10のサイズが例えば $10 \mu m$ 角であった場合から図3(b)に示すようなSF12のサイズが例えば $2 \mu m$ 角に小さくなつた場合、1つの副主偏向領域14相当にかかるDACアンプユニット134のセトリング時間は($4 \mu s$) × 25倍 = $100 \mu s$ となるので、実施の形態1の手法によれば、主偏向器208に必要なDACアンプユニットのセトリング時間を大幅に抑制できる。

【0035】

図4は、実施の形態1における主偏向電圧とトラッキング電圧のフローを従来の手法と比較した一例を示す図である。従来の手法では、SF毎に主偏向電圧を変化させ、同様に、SF毎にトラッキングしていたため、図4(a)に示すように、第1のSF、第2のS

10

20

30

40

50

F、・・・と S F が変わるたびにトラッキング電圧を一旦リセットしていた。そのため、描画対象の S F が変わるたびにリセット時間が必要であった。これに対して、実施の形態 1 の手法では、S F よりサイズが大きい副主偏向領域 1 4 每に主偏向電圧を変化させ、同様に、副主偏向領域 1 4 每にトラッキングするため、図 4 (b) に示すように、第 1 の S F 、第 2 の S F 、・・・と S F が変わっても同じ副主偏向領域 1 4 内であるうちはトラッキング電圧をリセットしないで済ますことができる。よって、リセット回数を大幅に減らすことができるので、大幅なリセット時間の抑制ができる。

【 0 0 3 6 】

以上のように、実施の形態 1 によれば、セトリング時間とリセット時間を短縮でき、その結果、描画装置 1 0 0 のスループットを短縮できる。

10

【 0 0 3 7 】

実施の形態 2 。

実施の形態 1 では、主副 2 段の多段偏向器を用いたが、これに限るものではない。実施の形態 2 では、3 段の多段偏向器を用いる場合について説明する。

【 0 0 3 8 】

図 5 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 5 において、電子鏡筒 1 0 2 内の主偏向器 2 0 8 と副偏向器 2 0 9 の多段配置に副主偏向器 2 1 0 が追加された点、加算器 1 4 0 が削除された点、D A C アンプユニット 1 3 8 の出力側が副主偏向器 2 1 0 に接続された点、D A C アンプユニット 1 3 4 , 1 3 6 の出力側が加算器 1 4 2 に接続され、加算器 1 4 2 の出力側が主偏向器 2 0 8 に接続された点、以外は図 1 と同様である。また、以下、特に説明する内容以外は実施の形態 1 と同様である。実施の形態 2 では、多段偏向器として、3 段の偏向器を有し、D A C アンプユニット 1 3 4 , 1 3 6 から出力される偏向電圧（第 1 と第 2 の偏向電圧）の和が 3 段の偏向器の 1 つである主偏向器 2 0 8 に印加され、D A C アンプユニット 1 3 8 から出力される偏向電圧（第 3 の偏向電圧）が 3 段の偏向器の他の 1 つである副主偏向器 2 1 0 に印加され、D A C アンプユニット 1 3 2 から出力される偏向電圧（第 4 の偏向電圧）が 3 段の偏向器の残りの 1 つである副偏向器 2 0 9 に印加される。3 段の多段偏向器を構成する副偏向器 2 0 9 、副主偏向器 2 1 0 、及び主偏向器 2 0 8 の順といった多段偏向器の配置順序はこれに限るものではなく、適宜、変更しても構わない。

20

【 0 0 3 9 】

そして、主偏向制御として、主偏向器 2 0 8 で S F 1 2 ではなく副主偏向領域 1 4 の基準位置へと電子ビーム 2 0 0 を偏向する。同様に、トラッキング制御として、各副主偏向領域 1 4 への電子ビームの偏向位置が X Y ステージ 1 0 5 の移動に追従するように各副主偏向領域 1 4 を主偏向器 2 0 8 でトラッキングする。そして、副主偏向制御として、副主偏向器 2 1 0 で、該当する副主偏向領域 1 4 内の 1 つの S F 1 2 の基準位置へと電子ビーム 2 0 0 を偏向する。かかる状態で、副偏向制御として、各副主偏向領域 1 4 がトラッキングされながら、各 S F 内を偏向可能領域とする副偏向器 2 0 9 が該当する S F 1 2 内に複数のショットの電子ビーム 2 0 0 を偏向する。副主偏向制御では、該当する S F 1 2 の描画が終了した後、次の S F 1 2 の基準位置へと副主偏向器 2 1 0 で、電子ビーム 2 0 0 の偏向位置を移動させる。かかる処理を順次行ない、該当する副主偏向領域 1 4 内のすべての S F 1 2 の描画が終了した後、主偏向制御では次の副主偏向領域 1 4 の基準位置へと電子ビーム 2 0 0 の偏向位置を移動させる。同様にして、トラッキング制御では、副主偏向領域 1 4 の移動に伴い、トラッキングデータを一旦リセットした後に新たに主偏向制御される副主偏向領域 1 4 のトラッキング処理を開始する。かかる処理を順次行ない、すべての副主偏向領域 1 4 の描画を行なっていく。以上のように構成しても、実施の形態 1 と同様の効果を発揮できる。

40

【 0 0 4 0 】

実施の形態 3 。

実施の形態 1 では、トラッキング用の偏向電圧を生成する D A C アンプユニット 1 3 6 と副主偏向電圧を生成する D A C アンプユニット 1 3 8 とを別々に配置したが、これに限

50

るものではない。実施の形態3では、1つのD A Cアンプユニットで、トラッキング用の偏向電圧と副主偏向電圧とを生成する構成について説明する。

【0041】

図6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6において、加算器140とD A Cアンプユニット138が削除された点、D A Cアンプユニット136にトラッキングデータと副主偏向データが入力される点、以外は図1と同様である。また、以下、特に説明する内容以外は実施の形態1と同様である。実施の形態3では、D A Cアンプユニット136(第2の偏向アンプ)がトラッキングデータ(第2の偏向量データ)と副主偏向データ(第3の偏向量データ)の和を入力し、各副主偏向領域14をトラッキングすると共に複数のS F間で電子ビーム200の偏向位置を移動させる偏向電圧(第2の偏向電圧)を生成する。そして、D A Cアンプユニット136から出力された偏向電圧とD A Cアンプユニット134から出力された偏向電圧との和が主偏向器208に印加される。10

【0042】

そして、主偏向制御として、主偏向器208でS F12ではなく副主偏向領域14の基準位置へと電子ビーム200を偏向する。同様に、主偏向器208で、トラッキング制御として各副主偏向領域14への電子ビームの偏向位置がX Yステージ105の移動に追従するように各副主偏向領域14をトラッキングすると共に、副主偏向制御として該当する副主偏向領域14内の1つのS F12の基準位置へと電子ビーム200を偏向する。かかる状態で、副偏向制御として、各副主偏向領域14がトラッキングされながら、各S F内を偏向可能領域とする副偏向器209が該当するS F12内に複数のショットの電子ビーム200を偏向する。副主偏向制御では、該当するS F12の描画が終了した後、次のS F12の基準位置へと主偏向器208で、電子ビーム200の偏向位置を移動させる。かかる処理を順次行ない、該当する副主偏向領域14内のすべてのS F12の描画が終了した後、主偏向制御では次の副主偏向領域14の基準位置へと電子ビーム200の偏向位置を移動させる。同様にして、トラッキング制御では、副主偏向領域14の移動に伴い、トラッキングデータを一旦リセットした後に新たに主偏向制御される副主偏向領域14のトラッキング処理を開始する。かかる処理を順次行ない、すべての副主偏向領域14の描画を行なっていく。以上のように構成しても、実施の形態1と同様の効果を発揮できる。20

【0043】

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。例えば、上述した例では、実施の形態3において1つのD A Cアンプユニットがトラッキングデータと副主偏向データの和を入力し、合成された偏向電圧を出力し、主偏向データは別のD A Cアンプユニットが入力し、主偏向電圧を出力する。その後、合成された偏向電圧と主偏向電圧を加算するように構成されていたが、これに限るものではない。例えば、主偏向データとトラッキングデータの和を入力し、合成された偏向電圧を出力し、副主偏向データは別のD A Cアンプユニットが入力し、副主偏向電圧を出力する。その後、合成された偏向電圧と副主偏向電圧を加算するように構成してもよい。或いは、主偏向データと副主偏向データの和を入力し、合成された偏向電圧を出力し、トラッキングデータは別のD A Cアンプユニットが入力し、トラッキング偏向電圧を出力する。その後、合成された偏向電圧とトラッキング偏向電圧を加算するように構成してもよい。40

【0044】

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。

【0045】

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、偏向器間のタイミング調整方法、及び偏向アンプの故障検出方法は、本発明の範50

囲に包含される。

【符号の説明】

【0046】

10, 12 SF

14 副主偏向領域

20 ストライプ

100 描画装置

101 試料

102 電子鏡筒

103 描画室

105 XYステージ

110 制御計算機

112 メモリ

114 記憶装置

120 偏向制御回路

132, 134, 136, 138 DACアンプユニット

140, 142, 144 加算器

150 描画部

160 制御部

200 電子ビーム

201 電子銃

202 照明レンズ

203 第1の成形アパーチャ

204 投影レンズ

205 偏向器

206 第2の成形アパーチャ

207 対物レンズ

208 主偏向器

209 副偏向器

210 副主偏向器

212 ブランкиング偏向器

214 ブランкиングアパーチャ

330 電子線

340 試料

410 第1のアパーチャ

411 開口

420 第2のアパーチャ

421 可変成形開口

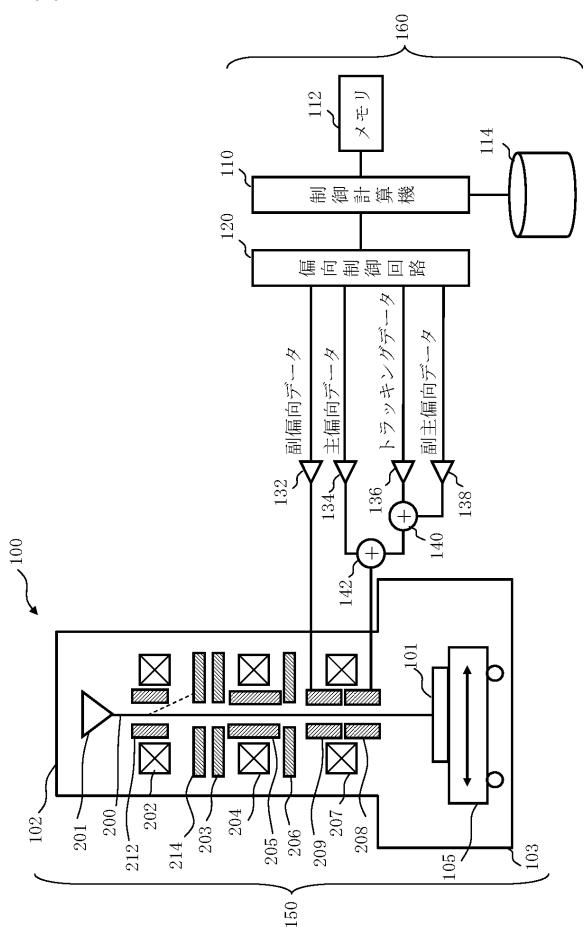
430 荷電粒子ソース

10

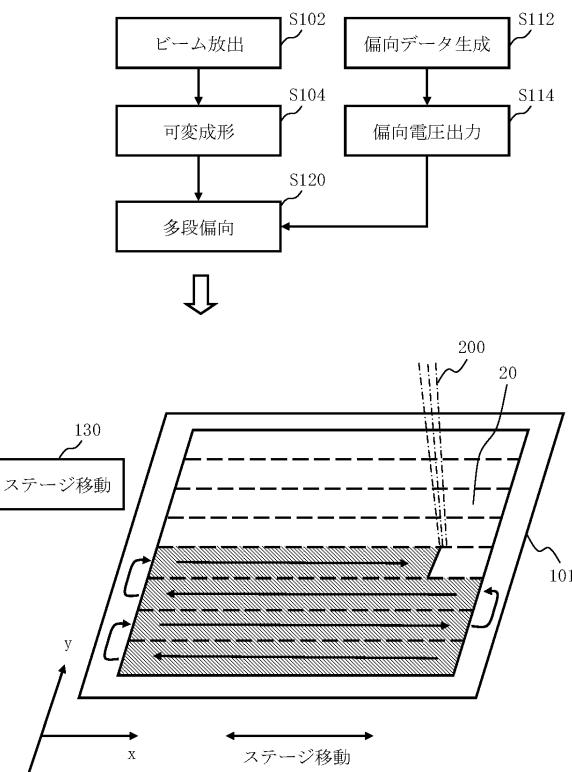
20

30

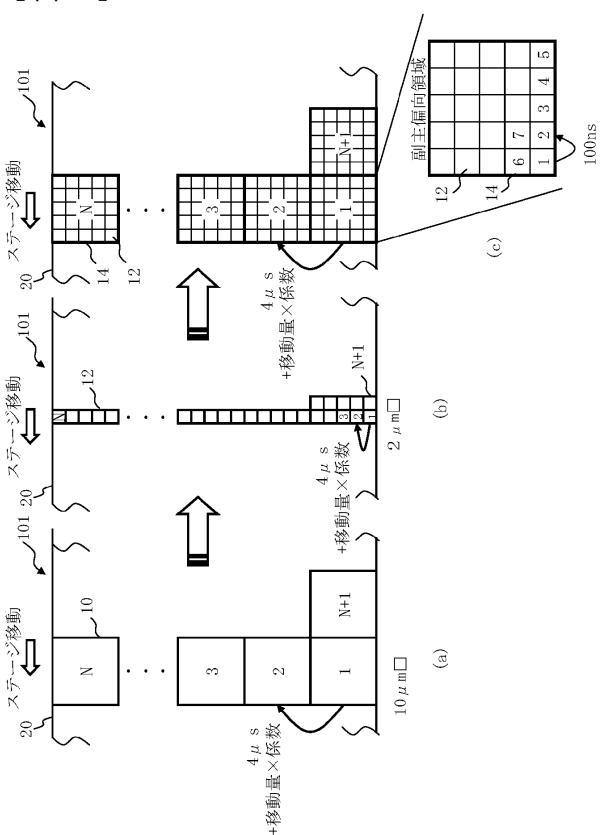
【図1】



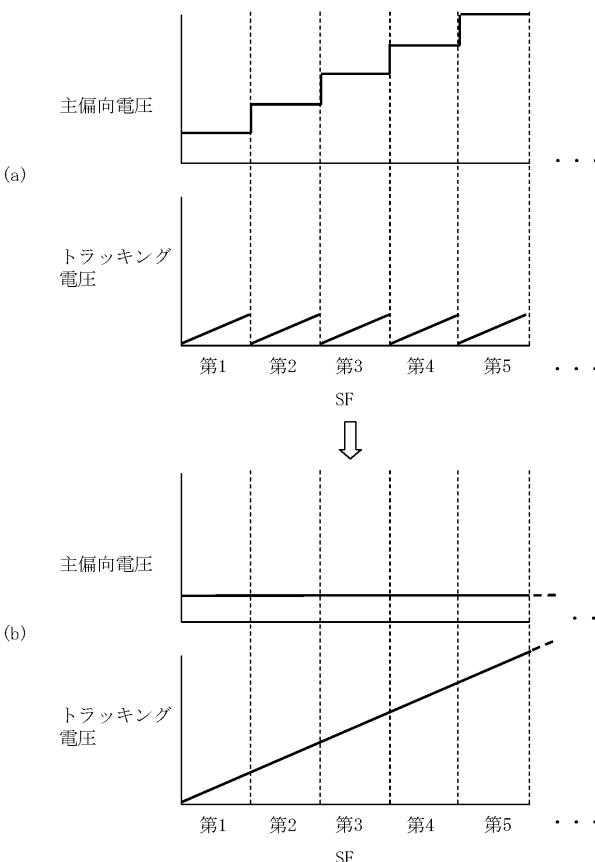
【図2】



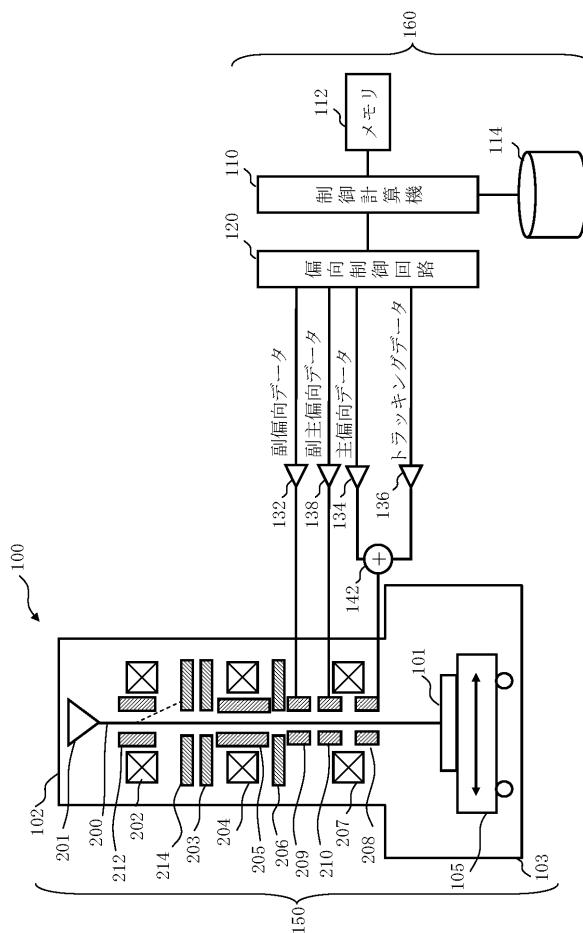
【図3】



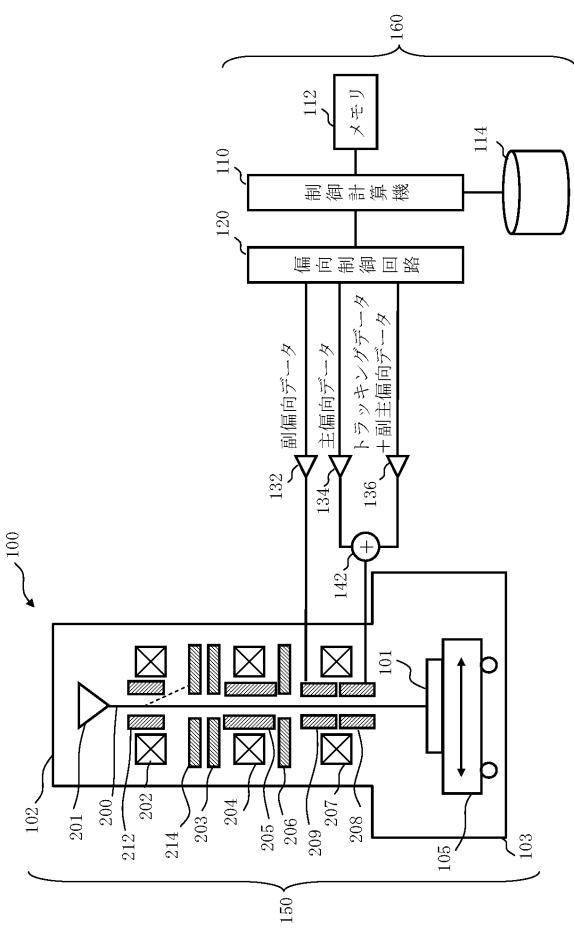
【図4】



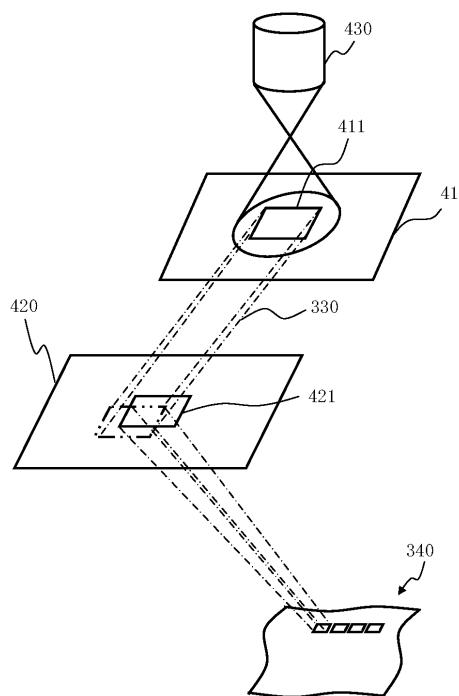
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平09-232208(JP,A)
特開2007-200956(JP,A)
特開平01-261822(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G03F 7/20
H01J 37/147