

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4612838号
(P4612838)

(45) 発行日 平成23年1月12日 (2011. 1. 12)

(24) 登録日 平成22年10月22日 (2010. 10. 22)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006. 01)

H O 1 L 21/30 5 4 1 E

G O 3 F 7/20 (2006. 01)

H O 1 L 21/30 5 4 1 W

H O 1 J 37/305 (2006. 01)

G O 3 F 7/20 5 2 1

H O 1 J 37/305 B

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2004-378665 (P2004-378665)
 (22) 出願日 平成16年12月28日 (2004. 12. 28)
 (65) 公開番号 特開2006-186125 (P2006-186125A)
 (43) 公開日 平成18年7月13日 (2006. 7. 13)
 審査請求日 平成19年12月25日 (2007. 12. 25)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 前田 孝
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内
 審査官 岩本 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電粒子線露光装置およびその露光方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

荷電粒子線源からの荷電粒子ビームをアパーチャアレイに設けられた複数の開口で複数の荷電粒子ビームに分割し、前記複数の荷電粒子ビームを用いて露光を行う荷電粒子線露光装置において、

前記アパーチャアレイの開口を通過する前記荷電粒子ビームの強度を検出する検出手段と、

前記検出手段の検出結果に基づいて前記荷電粒子ビームの強度を調整する調整手段と、を備え、

前記調整手段は、グリッドアレイ上の複数の開口に形成された複数のグリッド電極を有し、前記グリッド電極に前記荷電粒子線源のアノードと同極の電圧を印加することで、前記荷電粒子ビームの強度を調整することを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項 2】

前記検出手段は、前記アパーチャアレイ上の前記複数の開口毎に、前記荷電粒子ビームの強度を検出し、

前記調整手段は、前記複数のグリッド電極毎に、前記荷電粒子ビームの強度を調整することを特徴とする請求項 1 に記載の荷電粒子線露光装置。

【請求項 3】

前記検出手段は、前記アパーチャアレイ上の前記複数の開口のうちグループ分けされた開口群毎に、前記荷電粒子ビームの強度を検出し、

10

20

前記調整手段は、前記複数のグリッド電極のうちグループ分けされたグリッド電極群毎に、前記荷電粒子ビームの強度を調整することを特徴とする請求項１に記載の荷電粒子線露光装置。

【請求項４】

荷電粒子線源からの荷電粒子ビームをアパーチャアレイに設けられた複数の開口で複数の荷電粒子ビームに分割し、前記複数の荷電粒子ビームを用いて露光を行う露光方法において、

前記アパーチャアレイの開口を通過する前記荷電粒子ビームの強度を検出する検出工程と、

前記検出工程での検出結果に基づいて前記荷電粒子ビームの強度を調整する調整工程と、を有し、

前記調整工程では、グリッドアレイ上の複数の開口に形成された複数のグリッド電極に、前記荷電粒子線源のアノードと同極の電圧を印加することで前記荷電粒子ビームの強度を調整することを特徴とする露光方法。

【請求項５】

請求項１～３の何れか一項に記載の荷電粒子線露光装置を用いて、露光対象に露光を行う工程と、露光された前記露光対象を現像する工程と、を具備することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、荷電粒子線露光装置およびその露光方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

近年の半導体デバイスの高集積化、および超微細化に対応する手段のひとつとして、電子線等の荷電粒子ビームを用いた露光装置が開発されている。これまでは、上記露光装置は、スループットが低く、半導体デバイスの量産には適さないと考えられてきた。

【０００３】

しかしながら、近年のステンスルマスク型の電子ビーム露光装置やマルチ電子ビーム露光装置の開発により量産に実用的なスループットが期待できるようになった。上記露光装置は、いずれも一度に露光する面積すなわち露光面積が従来に比べて広いため、スループットが改善できる。

【０００４】

ところが、ステンスルマスク型の荷電粒子線露光装置においては、ステンスルマスクを照射する荷電粒子線の照射域における強度が不均一であると、転写されるパターンが歪んでしまう。また、荷電粒子線露光装置においては、複数の荷電粒子ビームに強度のばらつきがあると、描画されるパターンが歪むという問題がある。特に、露光処理中に荷電粒子ビームの強度分布が変化して荷電粒子ビームに強度のばらつきが出てくると、露光装置の描画精度が著しく低下するという問題があった。

【特許文献１】特開２００４－１９３５１６号公報

【特許文献２】特開２００３－０５１４３７号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

荷電粒子線露光装置で広範囲を均一にビーム照射するために、荷電粒子線源の改良、および光学系の改良が従来から行われている。しかしながら、これらの改良によって達成される照射均一性は不十分であった。

【０００６】

また、荷電粒子線源から照射される荷電粒子線は、静的な強度不均一性だけでなく、荷電粒子線源自身および外部環境要因などによりその照射強度が変動する場合がある。照射

10

20

30

40

50

強度の変動は、荷電粒子線露光装置において、照射域における荷電粒子ビームの予測可能な強度分布不均一性となり、描画精度を劣化させる原因となる。

【 0 0 0 7 】

さらに、荷電粒子線源の交換や、構造体の保守などを行うことで、荷電粒子ビームの照射強度の均一性が失われる場合もある。

【 0 0 0 8 】

したがって、静的に十分な照射強度の均一性が得られ、かつ実露光中の荷電粒子ビームに対し、リアルタイムに照射強度分布を検出し、補正する方法が求められてきた。

【 0 0 0 9 】

これに対し、荷電粒子線露光装置において、各荷電粒子ビーム間の強度のばらつきを補正する方法として、アパーチャレイに照射電流検出用のアパーチャを実装し、リアルタイムの照射強度分布検出を実施する方法（特開 2 0 0 4 - 1 9 3 5 1 6 号公報）や、ブランカーのオンオフ時間の制御によって露光時間を管理する方法（特開 2 0 0 3 - 0 5 1 4 3 7 号公報）が提案されていた。ところが、ブランカーのオンオフ時間の制御によって露光時間を管理する方法では、スループットを向上しようとする、非常に高速なブランカーのオンオフ駆動制御が必要となり、厳密な時間管理が困難になるため、スループットの向上が制限されるという問題があった。

【 0 0 1 0 】

本発明は、上記の点に鑑み、マルチビーム方式の荷電粒子線露光装置において、露光時に照射される荷電粒子ビームの強度分布を均一にすることができ、精度よくパターンを描画できる露光装置およびその露光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】

【 0 0 1 1 】

上記目的を達成するために、本発明は、荷電粒子線源からの荷電粒子ビームをアパーチャレイに設けられた複数の開口で複数の荷電粒子ビームに分割し、前記複数の荷電粒子ビームを用いて露光を行う荷電粒子線露光装置において、前記アパーチャレイの開口を通過する前記荷電粒子ビームの強度を検出する検出手段と、前記検出手段の検出結果に基づいて前記荷電粒子ビームの強度を調整する調整手段と、を備え、前記調整手段は、グリッドアレイ上の複数の開口に形成された複数のグリッド電極を有し、前記グリッド電極に前記荷電粒子線源のアノードと同極の電圧を印加することで前記荷電粒子ビームの強度を調整することを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

さらに、上記目的を達成するための本発明の露光方法は、荷電粒子線源からの荷電粒子ビームをアパーチャレイに設けられた複数の開口で複数の荷電粒子ビームに分割し、前記複数の荷電粒子ビームを用いて露光を行う露光方法において、前記アパーチャレイの開口を通過する前記荷電粒子ビームの強度を検出する検出工程と、前記検出工程での検出結果に基づいて前記荷電粒子ビームの強度を調整する調整工程と、を有し、前記調整工程では、グリッドアレイ上の複数の開口に形成された複数のグリッド電極に、前記荷電粒子線源のアノードと同極の電圧を印加することで前記荷電粒子ビームの強度を調整することを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

本発明に係る露光装置および露光方法は、荷電粒子調整手段の各電極に適切な電圧を印加することで、複数の開口を通してウエハなどの露光対象上に到達する荷電粒子ビームの強度を同一とすることで、露光対象に照射される荷電粒子ビームの強度分布を均一にすることができ、これによって露光対象の各部露光量が均一となり、精度良くパターンを描画することが可能となる。

【発明の効果】

【 0 0 1 9 】

以上に述べたように、本発明によれば、荷電粒子線露光装置および露光方法において、露光時に照射される荷電粒子ビーム強度分布を均一にすることができ、精度良くパターン

10

20

30

40

50

描画を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明に係る荷電粒子線露光装置の好ましい実施の形態として、本発明を適用したマルチ電子ビーム露光装置の実施例について、詳細に説明する。無論、電子線に限らずイオンビームなど他の荷電粒子線を用いた露光装置においても同様に適用できる。

【実施例1】

【0021】

図1は本発明に係るマルチ電子ビーム露光装置の実施例の要部概略図である。図1において、1は、カソード1a、グリッド1b、およびアノード1cよりなる電子銃であって、カソード1aから放射された電子がグリッド1bと、アノード1cの間でクロスオーバー像を形成する。以下、このクロスオーバー像を電子源と記す。

10

【0022】

この電子源から放射される電子線は、複数の静電型電子レンズで構成されるコリメータレンズ2によって略平行の電子線となる。略平行な電子線は補正電子光学系3に照射される。

【0023】

補正電子光学系3は、光軸に沿って、電子銃1側から順に配置された、照射電流検出器3bを含むアパーチャアレイ3a、マルチグリッドアレイ3c、要素電子光学系3d、ブランカーアレイ3e、およびストッパアレイ3fを備えて構成される。

20

【0024】

図2にアパーチャアレイ3aの詳細を示す。図2(a)はアパーチャアレイ3aの全体図であり、図2(b)、(c)、および(d)は開口9および照射電流検出器3bの詳細図である。図2(a)に示すように、アパーチャアレイ3aは複数の開口9とそれ以外の遮光部分10からなる。照射電流検出器3bは、アパーチャアレイ3aの各開口9の周囲遮光部分10の表面に形成した照射電子線を集光する電極パッド(検出電極)11(図2(b)および(c)参照)と、照射電流を検出する電流検出手段14(図2(d)参照)で構成される。それぞれの電極パッド11は開口9毎に独立している。即ち、1単位の開口に対し1単位の電極パッド(検出電極)が対応している。図2(c)に示すように、各電極パッド11は、配線基板12に形成された配線13によりアパーチャアレイ3aの外部に引き出される。外部に引き出された各配線13は、各々電流検出手段14に接続される。電流検出手段14の出力は照射電流検出回路101に接続される。配線基板12の開口は、開口9を通過した電子ビームが遮られなければよく、例えば開口9と同心同径でよい。配線基板12の配線はその開口以外の部分を、該開口を避けて通る。

30

【0025】

また、図8(a)に示すように、電極パッド11は複数の開口9を取り囲むように共通としてもよい。即ち、複数の開口毎に1の電極パッド(検出電極)が対応するようにしてもよい。

【0026】

図3にマルチグリッドアレイ3cの詳細を示す。マルチグリッドアレイ3cは、アパーチャアレイ3aで分割された各電子ビームに対応した(アパーチャアレイ3aの各開口9と同軸上に配置した)開口16をもち、各開口16にはグリッド電極(調整電極)15が形成されている。グリッド電極15は円筒電極などを用いることができる。グリッド電極15はそれぞれ個別に電圧を印加できるように配線17が接続される。配線17は、各々個別の印加電圧が設定できるMGA制御回路102(図3(c)参照)の出力に接続される。

40

【0027】

また、図8(b)に示すように、好ましい形態としては、複数のグリッド電極15に対して共通の配線17を接続してもよい。

【0028】

50

図 1 に戻り、マルチグリッドアレイ 3 c を通過した複数の電子ビームは、要素電子光学系 3 d により、電子源の中間像を複数形成する。中間像面には、ブランカーが複数形成されたブランカーアレイ 3 e が配置されている。

【 0 0 2 9 】

中間像の下流には、2 段の対称磁気タブレット・レンズで構成される縮小電子光学系 4 があり、複数の中間像が露光対象であるウエハ 5 上に投影される。このときブランカーアレイ 3 e で偏向された電子ビームは、ストッパーアレイ 3 f によって遮断されるため、ウエハ 5 には照射されない。一方、ブランカーアレイ 3 e で偏向されない電子ビームは、ストッパーアレイ 3 f で遮断されないため、ウエハ 5 に照射される。照射電流量は、ブランカーアレイ 3 e の偏向オンオフ時間を制御することで制御することもできる。

10

【 0 0 3 0 】

縮小電子光学系 4 には、要素電子光学系 3 d からの複数の電子ビームを偏向させて、複数の光源像をウエハ 5 上で X, Y 方向に略同一の変位量だけ変位させる不図示の偏向器が構成されている。この偏向器は、偏向幅が広い場合に用いられる主偏向器と偏向幅が狭い場合に用いられる副偏向器で構成されている。

【 0 0 3 1 】

また、縮小電子光学系 4 には、不図示であるが、偏向器を作動させた際に発生する偏向収差による電子源像のフォーカス位置のずれを補正するダイナミックフォーカスコイルと、偏向により発生する偏向収差の非点収差を補正するダイナミックスティグコイルが構成されている。

20

【 0 0 3 2 】

- Z ステージ 6 は、ウエハ 5 を搭載し、光軸 (Z 軸) 方向と Z 軸回りの回転方向に移動可能なステージであって、ステージ基準板が固設されている。XY ステージ 7 は、- Z ステージ 6 を載置し、光軸 (Z 軸) と直交する XY 方向に移動可能なステージである。ファラデーカップ 8 はステージ上に照射された電子ビームの電流量を検出する。

【 0 0 3 3 】

上記の補正電子光学系 3 を通過する複数の電子ビームは、本発明の補正方法を適用しない状態では、その電流密度が不均一となり、高精度な描画ができない。

【 0 0 3 4 】

次に、図を用いて本実施例に係るマルチ電子ビーム露光装置に用いられる補正電子光学系の構成要素について説明する。前述したように、補正電子光学系 3 は、照射電流検出器 3 b を含むアパーチャアレイ 3 a、マルチグリッドアレイ 3 c、要素電子光学系 3 d、ブランカーアレイ 3 e、およびストッパーアレイ 3 f を備えて構成される。

30

【 0 0 3 5 】

電子銃 1 は、照射電流量をある値に設定して電子線を出力するが、出力された電子線の強度分布は、照射面内で均一ではなく、電子銃 1 および露光装置の設置状況等に起因する特定の面分布をもってアパーチャアレイ 3 a に到達する。アパーチャアレイ 3 a は、図 4 に示すように、基板に複数の開口 9 が形成されている。アパーチャアレイ 3 a に到達した電子線は、各開口 9 を通過することにより、複数の電子ビームに分割される。各々の電子ビームは、電子線の照射強度分布にしたがって、それぞれ異なる照射強度すなわち照射電流密度をもつこととなる。

40

【 0 0 3 6 】

次に、図 2 に示す照射電流検出器 3 b の動作について説明する。各電子ビームの照射電流を検出する照射電流検出器 3 b は、アパーチャアレイ 3 a の各開口 9 周囲の遮光部分 10 に形成される電極パッド 11 と、電極パッド 11 に照射された電子線の電流量を検出する照射電流検出手段 14 とで構成される。電極パッド 11 に照射された電子線の電流密度は、その開口 9 を通過する電子線の電流密度と略同一と考えてよい。したがって、アパーチャアレイ 3 a の各開口 9 周囲の遮光部分 10 の表面に形成した電極パッド 11 に照射される電流量を照射電流検出手段 14 で測定することで、アパーチャアレイ 3 a の各開口 9 を通過する電子ビームの電流密度を知ることができる。

50

【 0 0 3 7 】

本実施例によれば、照射電流密度の検出にアパーチャアレイ 3 a の遮光部分 1 0 に照射される電子線を利用するので、ウエハに露光する電子ビームは、照射電流密度検出のために遮られることがない。したがって、実露光動作中に各電子ビームの照射電流密度を知ることが可能となる。

【 0 0 3 8 】

また、ひとつの開口 9 につきひとつの電極パッド 1 1 を形成した場合に検出できる電子ビームの照射電流量は極微量であるが、図 8 に示すように複数の開口 9 に共通の電極パッド 1 1 を形成することで、ひとつの電極パッドあたりの被照射面積が増加し、照射電流検出の精度を向上させることができる。ただし、この場合は複数の開口 9 の平均電流密度が得られることとなる。

10

【 0 0 3 9 】

マルチグリッドアレイ 3 c の電流密度補正動作について、図 3 を用いて説明する。マルチグリッドアレイ 3 c は、アパーチャアレイ 3 a の各開口 9 に対応するように、複数の電子ビームの光軸と同軸上に開口 1 6 が配置されている。マルチグリッドアレイ 3 c の開口 1 6 にはグリッド電極 1 5 が形成されており、このグリッド電極 1 5 に電子銃 1 のアノードと同極の電圧を印加すると、開口 1 6 を通過する電子線の一部は、グリッド電極 1 5 に引き寄せられグリッド電極 1 5 に引き込まれる。このときグリッド電極 1 5 の印加電圧は電子銃 1 に対しほとんど影響を与えないので、電子銃 1 の照射電流量はグリッド電極 1 5 への電圧印加により変化しない。したがってグリッド電極 1 5 を通過した電子ビームの照射電流密度は通過前よりもグリッド電極 1 5 へ引き込まれた分だけ低下する。

20

【 0 0 4 0 】

また、引き込み電流量は、グリッド電極 1 5 への印加電圧を、ある基準値に対し高くすると増加し（通過電流量は基準値に対し減少）、低くすると減少（通過電流量は基準値に対し増加）する。したがって、電子ビームの照射電流密度はグリッド電極（調整電極）1 5 への印加電圧値によって調整することができる。即ち、調整電極を通過する荷電粒子ビームの量は、調整電極に荷電粒子線源のアノードと同極の電圧を与えることによって調整することができる。

30

【 0 0 4 1 】

また、図 8 (b) に示すように、複数のグリッド電極 1 5 に共通に配線 1 7 を接続すると、開口 1 6 が多数ある場合、接続配線の省スペース化や制御回路の簡略化などが可能となる。ただし、MGA 制御回路 1 0 2 は、共通に接続されたエリアに対応するグリッド電極 1 5 に対して共通の電圧を印加する。すなわち、照射電流密度補正の位置分解能が低下することとなる。これに対し、電子ビームの電流密度分布に従って、密度変化の大きい部分は細かく、密度変化の小さいところは広く、エリア分割することで対応することもできる。

40

【 0 0 4 2 】

図 4 において、要素電子光学系 3 d は、共通の光軸方向の軸に沿って並び、第一電子光学系アレイの電子レンズと第二電子光学系レンズアレイの電子レンズとでひとつの要素電子光学系 3 d を構成する。そして、アパーチャアレイ 3 a が要素電子光学系 3 d の略前側焦点位置に位置するため、要素電子光学系 3 d は、分割された複数の電子ビームよりそれぞれの略後側焦点位置に電子源の中間像を形成する。

【 0 0 4 3 】

ブランカーアレイ 3 e は、アパーチャアレイ 3 a で分割された複数の電子ビームを個別に偏向する偏向手段を一枚の基板上に複数形成したものである。そのひとつの偏向手段の

50

詳細を図 5 に示す。基板は、開口 18 と、開口 18 を挟んだ一对の電極を有して構成され、偏向機能を有するブランキング電極 19 を形成している。また基板には、ブランキング電極 19 を個別にオンオフするための配線 20 が形成されている。

【0044】

図 1 に示すストッパアレイ 3 f は、アパーチャアレイ 3 a と同様に基板に複数の開口が形成されている。そして、ブランカーアレイ 3 e で偏向された電子ビームは、その電子ビームに対応したストッパアレイ 3 f の開口の外に移動してストッパアレイ 3 f を通過しなくなる。

【0045】

次に、本実施例のシステム構成図を図 6 に示す。CL 制御回路 100 は、コリメータレンズ 2 の焦点距離を制御する制御回路であり、BLA 制御回路 104 はブランカーアレイ 3 e のブランキング電極 15 のオンオフを個別に制御する制御回路である。SLA 制御回路 103 は、要素電子光学系 3 d を構成する電子レンズの焦点距離を制御する制御回路である。

照射電流検出回路 101 は照射電流検出器 3 b からの信号により照射電流量を求める回路である。MGA 制御回路 102 は、マルチグリッドアレイ 3 c を制御して、各電子ビームの照射電流密度を個別に制御する制御回路である。縮小電子光学系制御回路 105 は縮小光学系 4 を制御する制御回路である。ステージ駆動制御回路 106 は、Z ステージ 6 と XY ステージ 7 を駆動制御する制御回路である。

【0046】

主制御系 110 は、描画パターンが記憶されたメモリ 111 からのデータに基づいて、上記複数の制御回路を制御する。主制御系 110 はインターフェイス 112 を介して電子ビーム露光装置全体をコントロールする CPU 113 によって制御されている。

【0047】

次に、上記のシステム構成における照射電流検出器 3 b とマルチグリッドアレイ 3 c を用いた照射電流量補正動作について説明する。

【0048】

主制御系 110 は、照射電流検出回路 101 で求めた各電子ビームの照射電流量を入力とし、各電子ビームの照射電流量が均一となるように適切な演算を施し、MGA 制御回路 102 に対し各グリッド電極 15 への印加電圧値を出力する。MGA 制御回路 102 は、主制御系 110 から出力された印加電圧値に従って、マルチグリッドアレイ 3 c の各グリッド電極 15 へ電圧を印加する。その結果、各開口 16 から照射される電子ビームの照射電流密度が均一になるように補正される。

【0049】

照射電流検出器 3 b は、実露光動作中に露光電子ビームのウエハへの照射を妨げることなく、照射電流密度を検出できるので、実露光動作中に上記照射電流密度補正を実行することが出来る。

【0050】

次に、図 7 を用いて本実施例による電子ビーム露光装置の動作について説明する。電子ビーム露光装置によるウエハ 5 の露光処理のために、主制御系 110 は図 7 に示す各ステップを実行する。

【0051】

[ステップ S1] にて、主制御系 110 は、アパーチャアレイ 3 a によって形成される複数の電子ビームのうち、ウエハ 5 に到達させる一つの電子ビームを選択し、その電子ビームだけがウエハ 5 を照射するように BLA 制御回路 104 を制御する。このとき、ステージ駆動制御回路 106 によって XY ステージ 7 を駆動させ、ウエハ 5 上に到達するべく選択された電子ビームの近傍にファラデーカップ 8 を移動させ、選択された電子ビームの電流量を検出する。他の電子ビームについても同様に順次検出し、アパーチャアレイ 3 a によって形成される複数の電子ビームの全ての照射電流量を記憶する。

【0052】

10

20

30

40

50

〔ステップS2〕にて、主制御系110は、ステップS1で記憶された全ての電子ビームの照射電流に基づいて、実際にアパーチャアレイ3aに照射される電子線の強度分布を求める。そして、求められた強度分布に基づいて、複数の分割された各電子ビームの照射電流密度が均一になるようにマルチグリッドアレイ3cを調整する。すなわち、MGA制御回路102に命じ、マルチグリッドアレイ3cへの印加電圧値を調整する。

【0053】

〔ステップS3〕にて、主制御系110は、ステップS2による調整を終えた状態における、照射電流検出器3bによる照射電流検出結果を基準値として決定し記憶する。すなわち、照射電流検出回路101に命じ、照射電流検出器3bの各検出結果を基準値として記憶する。

10

【0054】

〔ステップS4〕では、ウエハ5を - Zステージ6に搬入する。

【0055】

〔ステップS5〕にて、主制御系110は、ウエハ5に対する露光処理を実行する。すなわち、縮小光学系制御回路105に命じ、主偏向器によって、複数の電子ビームを一括して偏向させるとともに、BLA制御回路104に命じ、露光パターンに応じて各電子ビームをオンオフさせ、ウエハ5を露光する。このとき、XYステージ7は連続移動している。

【0056】

〔ステップS6〕では、上記露光処理中において、主制御系110は、照射電流検出回路101に命じ、照射電流検出器3bによって照射電流を検出する。

20

【0057】

〔ステップS7〕にて、主制御系110は、ステップS6において照射電流検出器3bから得られた電流値とステップS3で設定した基準値との差を計算し、これを許容値と比較する。差が許容値を超えている場合は、電子ビームの照射電流密度分布に許容範囲を超える不均一さが発生しているものと判断する。よって処理はステップS8へ進み、電子ビームの照射電流密度分布が均一になるように再調整を行なう。一方、差が許容値を超えていなければ、ステップS9に進み、露光処理を継続する。

【0058】

〔ステップS8〕にて、主制御系110は、露光処理を停止し、照射電流検出器3bで検出される電子ビームの照射電流が基準値になるようにマルチグリッドアレイ3cを調整する。すなわち、MGA制御回路102に命じ、マルチグリッドアレイ3cへの印加電圧値を調整する。照射電流検出器3bの測定結果が基準値になるようにマルチグリッドアレイ3cを調整すれば、実際にアパーチャアレイ3aに照射される電子ビームの照射電流密度分布は元のように（ステップS2で調整された時点のように）一様なものとなる。なお、露光処理の停止は、ブランカーアレイ3eで複数の電子ビームの全部を偏向することにより、ウエハ5に電子ビームが到達しないようにする。

30

【0059】

〔ステップS9〕では、ウエハ5の全面について露光を完了したかどうか判断し、完了していなければステップS5へ戻る。完了していれば、ステップS10へ進む。

40

【0060】

〔ステップS10〕では、ウエハ5を - Zステージ6から搬出し、本処理を終了する。本実施例では、電子ビームの照射電流が基準値になるようにマルチグリッドアレイ3cを調整しているが、ウエハ5を露光する際、ブランカーアレイ3eのオンオフ時間制御により、各電子ビームの照射時間を調整して、ウエハ5に照射される電流の積分値を許容値内にしてもかまわない。あるいはマルチグリッドアレイ3cおよびブランカーアレイ3eを併用してもかまわない。

【0061】

以上説明したように本実施例によれば、照射電流検出器3bによって、アパーチャアレイ3aを照射する電子ビームのうち、ウエハ5の露光に用いない部分（遮光部分10）の

50

電流量を検出することにより、露光中の電子ビームの照射電流密度分布を評価することができる。そして、この評価結果に基づいてマルチグリッドアレイ 3c を制御してウエハ 5 を露光する電子ビームの照射電流密度分布を均一にする。このため、露光する複数の電子ビームの照射電流量を均一に保つことができ、高精度に露光を行うことができる。

【実施例 2】

【0062】

次に、本発明の実施例 2 として、上記実施例 1 に係る露光装置を利用した半導体デバイスの製造プロセスを説明する。図 9 は半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す図である。ステップ 11 (回路設計) では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ 12 (EB データ変換) では設計した回路パターンに基づいて露光装置の露光制御データを作成する。

10

【0063】

一方、ステップ 13 (ウエハ製造) ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ 14 (ウエハプロセス) は前工程と呼ばれ、上記露光制御データが入力された露光装置とウエハを用い、リソグラフィ技術を利用してウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ 15 (組み立て) は後工程と呼ばれ、ステップ 14 によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程 (ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程 (チップ封入) 等の組み立て工程を含む。ステップ 16 (検査) ではステップ 15 で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、ステップ 17 でこれを出荷する。

20

【0064】

上記ステップ 14 のウエハプロセスは以下のステップを有する。ウエハの表面を酸化させる酸化ステップ、ウエハ表面に絶縁膜を成膜する CVD ステップ、ウエハ上に電極を蒸着によって形成する電極形成ステップ、ウエハにイオンを打ち込むイオン打ち込みステップ、ウエハに感光剤を塗布するレジスト処理ステップ、上記の露光装置によって回路パターンをレジスト処理ステップ後のウエハに焼付け露光する露光ステップ、露光ステップで露光したウエハを現像する現像ステップ、現像ステップで現像したレジスト像以外の部分を削り取るエッチングステップ、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除くレジスト剥離ステップ。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンを形成する。

30

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図 1】本発明の実施例 1 に係るマルチ電子ビーム露光装置の要部概略を示す立面図である。

【図 2】図 1 のマルチ電子ビーム露光装置のアパーチャアレイおよび照射電流検出器の詳細を示す図であって、(a) はアパーチャアレイの全体平面図、(b) は部分平面図、(c) は部分断面図、(d) は (c) の A-A' 断面図である。

【図 3】図 1 のマルチ電子ビーム露光装置のマルチグリッドアレイの詳細を示す図であって、(a) は部分平面図、(b) は部分断面図、(c) は (b) の B-B' 断面図である。

40

【図 4】図 1 のマルチ電子ビーム露光装置の補正電子光学系の詳細を示す図である。

【図 5】図 1 のマルチ電子ビーム露光装置のブランカーアレイの詳細を示す部分断面図である。

【図 6】本発明の実施例 1 に係るマルチ電子ビーム露光装置のシステム構成を説明するための図である。

【図 7】本発明の実施例 1 に係るマルチ電子ビーム露光装置の露光処理を説明するためのフローチャートである。

【図 8】図 1 のマルチ電子ビーム露光装置の、(a) が照射電流検出器、(b) がマルチグリッドアレイの一例を示す平面図である。

50

【図 9】半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す図である。

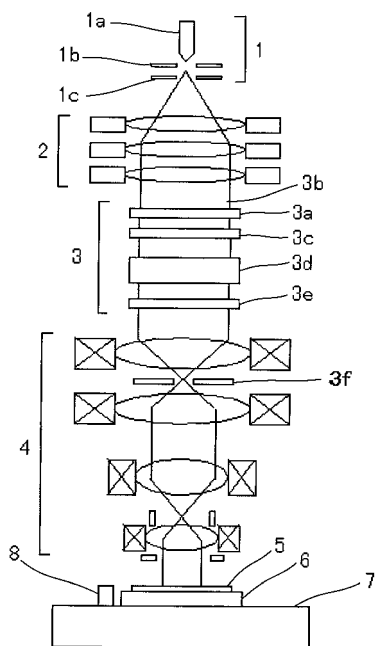
【符号の説明】

【 0 0 6 6 】

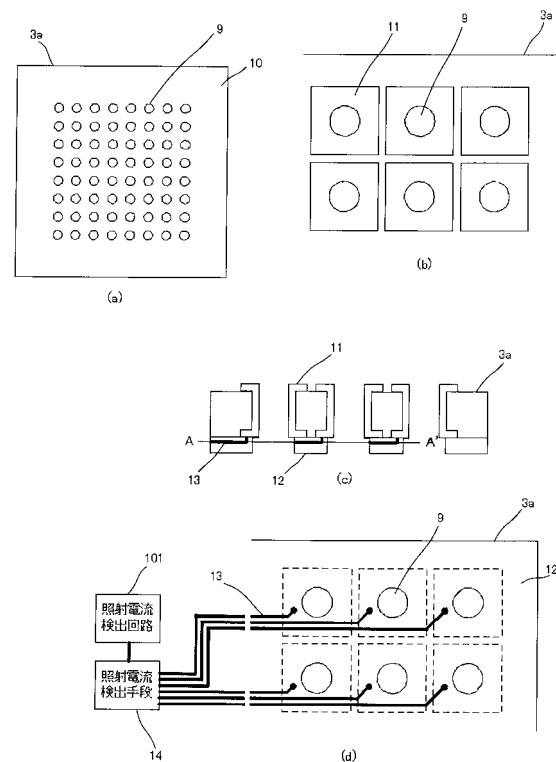
1 : 電子銃、1 a : カソード、1 b : グリッド、1 c : アノード、2 : コリメータレンズ、3 : 補正電子光学系、3 a : アパーチャアレイ、3 b : 照射電流検出器、3 c : マルチグリッドアレイ、3 d : 要素電子光学系、3 e : ブランカーアレイ、3 f : ストッパーアレイ、4 : 縮小電子光学系、5 : ウエハ、6 : - Z ステージ、7 : X Y ステージ、8 : ファラデーカップ、9 : アパーチャアレイの開口、1 0 : 遮光部分、1 1 : 電極パッド (検出電極)、1 2 : 配線基板、1 3 : 照射電流検出器の配線、1 4 : 照射電流検出手段、1 5 : グリッド電極 (調整電極)、1 6 : マルチグリッドアレイの開口、1 7 : マルチグリッドアレイの配線、1 8 : ブランカーアレイの開口、1 9 : ブランキング電極、2 0 : ブランカーアレイの配線、1 0 0 : C L 制御回路、1 0 1 : 照射電流検出回路、1 0 2 : M G A 制御回路、1 0 3 : S L A 制御回路、1 0 4 : B L A 制御回路、1 0 5 : 縮小光学系制御回路、1 0 6 : ステージ駆動制御回路、1 1 0 : 主制御系、1 1 1 : メモリ、1 1 2 : インターフェイス、1 1 3 : C P U。

10

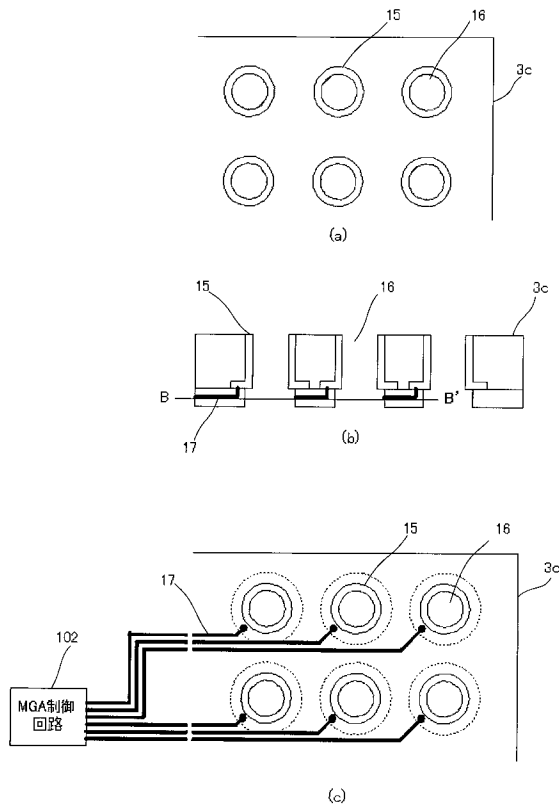
【図 1】



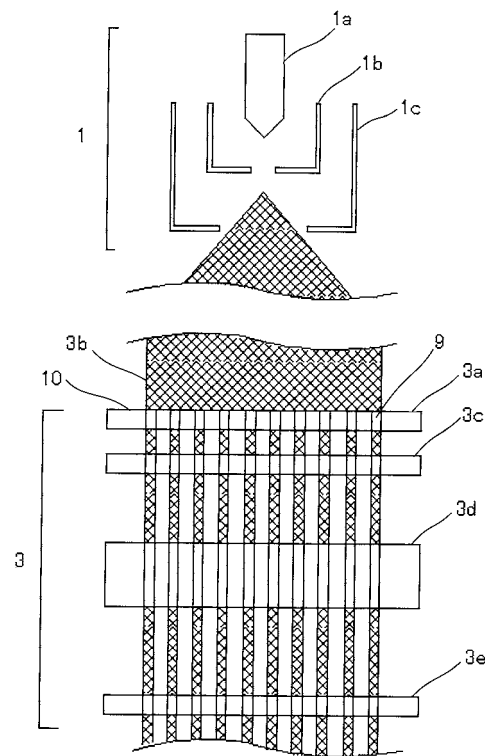
【図 2】



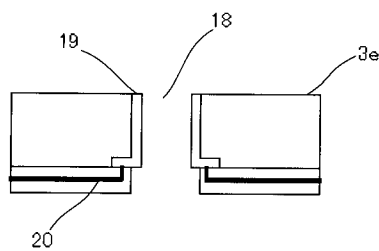
【 図 3 】



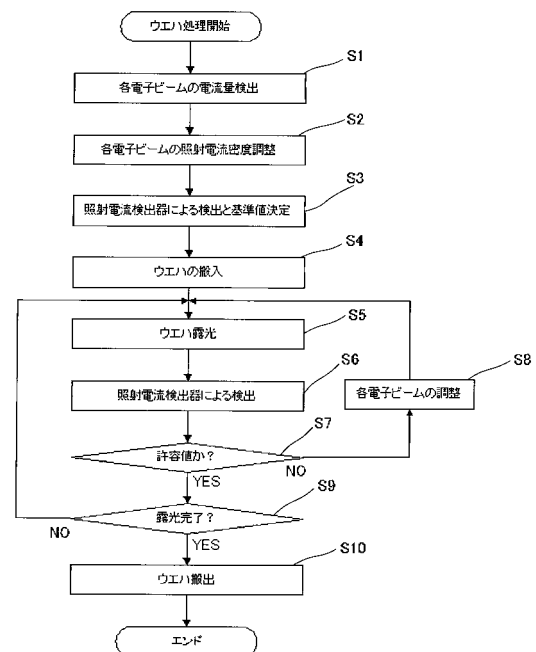
【 図 4 】



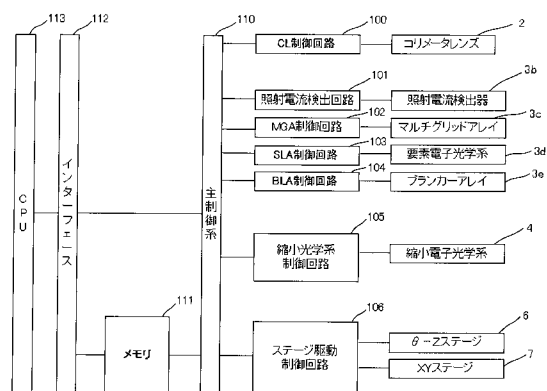
【圖 5】



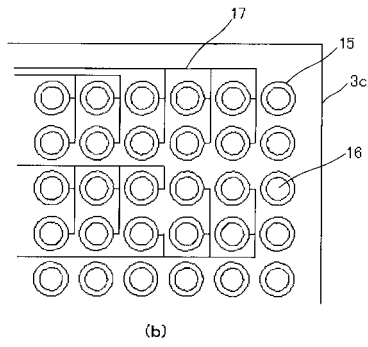
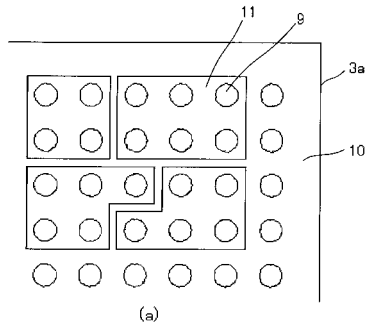
【圖 7】



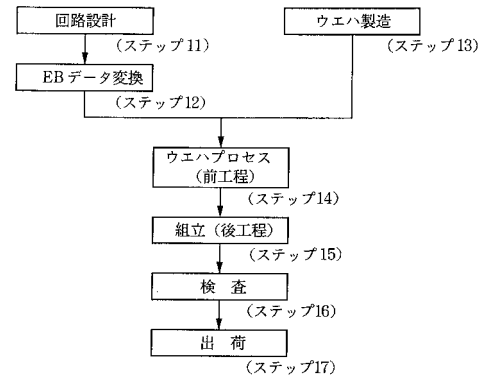
【 図 6 】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-193516(JP,A)
特開2004-288577(JP,A)
実開平05-057754(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027
G03F 7/20
H01J 37/305