(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4365579号
(P4365579)

(45)発行日　平成21年11月18日(2009.11.18)　(24)登録日　平成21年8月28日(2009.8.28)

(51)Int.Cl.		F I		
H01L 21/027	(2006.01)	H01L	21/30	541H
G03F 7/20	(2006.01)	H01L	21/30	541W
G03F 9/02	(2006.01)	G03F	7/20	504
H01J 37/04	(2006.01)	G03F	9/02	Z
H01J 37/141	(2006.01)	H01J	37/04	B

請求項の数 15　(全 11 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2002-369810(P2002-369810)
(22)出願日　平成14年12月20日(2002.12.20)
(65)公開番号　特開2004-200565(P2004-200565A)
(43)公開日　平成16年7月15日(2004.7.15)
審査請求日　平成17年8月24日(2005.8.24)

(73)特許権者　501387839
株式会社日立ハイテクノロジーズ
東京都港区西新橋一丁目２４番１４号
(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　110000350
ポレール特許業務法人
(74)代理人　100068504
弁理士　小川　勝男
(74)代理人　100086656
弁理士　田中　恭助
(72)発明者　早田　康成
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目２８０番地
株式会社日立製作所　中央研究所内
最終頁に続く

(54)【発明の名称】電子ビーム露光装置及び電子ビーム露光方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

電子銃と、前記電子銃から放出される電子ビームを、アライナーおよび２つの電磁レンズを通して試料上に照射し、１つの像を形成するための電子光学系と、前記電子ビームの位置検出に用いられる電子検出器とを有し、

前記２つの電磁レンズの励磁を変化させた際の像面近傍での電子ビームの位置を計測し、その計測結果を基に前記アライナーの駆動および又は前記２つの電磁レンズの励磁強度を

再設定することにより、前記電子光学系の光学調整を行うよう構成し、

前記２つの電磁レンズのうち、一方の電磁レンズの励磁電流の変化の割合が正のときには、他方の電磁レンズの励磁電流の変化の割合を負にする

ことを特徴とする電子ビーム露光装置。

【請求項２】

前記電子ビームは、所定の間隔で配列された複数の電子ビームよりなるマルチビームであり、前記マルチビームの特定の電子ビームを用いて像面近傍での電子ビームの位置の計測を行うよう構成したことを特徴とする請求項１記載の電子ビーム露光装置。

【請求項３】

前記２つの電磁レンズにおける励磁電流の変化率の絶対値の大きさが凡そ等しくなるよう構成したことを特徴とする請求項１記載の電子ビーム露光装置。

【請求項４】

前記２つの電磁レンズにおける励磁電流の変化の絶対値の大きさが凡そ等しくなるよう構成したことを特徴とする請求項１記載の電子ビーム露光装置。

【請求項５】

前記再設定の際に、前記２つの電磁レンズのうち、上流側にある電磁レンズにおける励磁電流の変化率の絶対値の大きさと下流側にある電磁レンズにおける励磁電流の変化率の絶対値の大きさとの比は、前記２つの電磁レンズにより決まる倍率に凡そ等しくなるよう構成したことを特徴とする請求項１記載の電子ビーム露光装置。

【請求項６】

所定の間隔で配列された複数の電子ビームを、アライナー、および２つの電磁レンズよりなるダブレットレンズを通して試料上に照射し、１つの像を形成するための電子光学系と、前記電子ビームの位置検出に用いられる電子検出器とを有し、

前記複数の電子ビームのうち特定の電子ビームについて、前記２つの電磁レンズの励磁を変化させた際の像面近傍での前記特定の電子ビームの位置を計測し、その計測結果を基に前記アライナーの駆動および又は前記２つの電磁レンズの励磁強度を再設定することにより、前記電子光学系の光学調整を行うよう構成し、

前記２つの電磁レンズのうち、一方の電磁レンズの励磁電流の変化の割合が正のときには、他方の電磁レンズの励磁電流の変化の割合を負にする

ことを特徴とする電子ビーム露光装置。

【請求項７】

前記２つの電磁レンズにおける励磁電流の変化率の絶対値の大きさが凡そ等しくなるよう構成したことを特徴とする請求項６記載の電子ビーム露光装置。

【請求項８】

前記２つの電磁レンズにおける励磁電流の変化の絶対値の大きさが凡そ等しくなるよう構成したことを特徴とする請求項６記載の電子ビーム露光装置。

【請求項９】

前記再設定の際に、前記２つの電磁レンズのうち、上流側にある電磁レンズにおける励磁電流の変化率の絶対値の大きさと下流側にある電磁レンズにおける励磁電流の変化率の絶対値の大きさとの比は、前記２つの電磁レンズにより決まる倍率に凡そ等しくなるよう構成したことを特徴とする請求項６記載の電子ビーム露光装置。

【請求項１０】

電子銃と、前記電子銃から放出される電子ビームを、アライナーおよび少なくとも２つの電磁レンズを通して試料上に照射し、１つの像を形成するための電子光学系と、前記電子ビームの位置検出に用いられる電子検出器とを有し、

前記少なくとも２つの電磁レンズの励磁を変化させた際の像面近傍での電子ビームの位置を計測し、その計測結果を基に前記アライナーの駆動および又は前記２つの電磁レンズの励磁強度を再設定することにより、前記電子光学系の光学調整を行うよう構成し、

前記２つの電磁レンズのうち、一方の電磁レンズの励磁電流の変化の割合が正のときには、他方の電磁レンズの励磁電流の変化の割合を負にする

ことを特徴とする電子ビーム露光装置。

【請求項１１】

電子銃から放出される電子ビームを、アライナーおよび２つの電磁レンズを備えた電子光学系を通して試料上に照射し、１つの像を形成する工程と、電子検出器を用いて前記電子ビームの位置を検出する工程とを有し、かつ、前記２つの電磁レンズの励磁を変化させた際の像面近傍での電子ビームの位置を計測し、その計測結果を基に前記アライナーの駆動および又は前記２つの電磁レンズの励磁強度を再設定する工程を設け、

前記２つの電磁レンズのうち、一方の電磁レンズの励磁電流の変化の割合が正のときには、他方の電磁レンズの励磁電流の変化の割合を負にする

ことにより、前記電子光学系の光学調整を行うようにしたことを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項１２】

前記電子ビームは、所定の間隔で配列された複数の電子ビームよりなるマルチビームであり、前記マルチビームの特定の電子ビームを用いて像面近傍での電子ビームの位置の計測を行うようにしたことを特徴とする請求項１１記載の電子ビーム露光方法。

【請求項１３】

前記マルチビームのうち、特定の電子ビームを用いて像面近傍での電子ビームの位置の計測を行い、電子ビームの位置として前記特定の電子ビームの位置から求めた値を用いることを特徴とする請求項１２記載の電子ビーム露光方法。

【請求項１４】

前記２つの電磁レンズにおける励磁電流の変化率の絶対値の大きさ若しくは変化の絶対値の大きさが凡そ等しくなるようにしたことを特徴とする請求項１１載の電子ビーム露光方法。

【請求項１５】

前記再設定の際に、前記２つの電磁レンズのうち、上流側にある電磁レンズにおける励磁電流の変化率の絶対値の大きさと下流側にある電磁レンズにおける励磁電流の変化率の絶対値の大きさとの比は、前記２つの電磁レンズにより決まる倍率に凡そ等しくなるようにしたことを特徴とする請求項１１記載の電子ビーム露光方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子ビーム露光技術に係り、特に、高精度な電子ビーム露光装置および露光方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】

電子ビーム描画装置において、電子ビームの光学調整は最も重要な技術の１つである。

【０００３】

従来、電子ビームレンズにおける軸調整は、レンズの焦点距離を変えた時の電子ビームの位置変化を測定することにより行なっていた（例えば、非特許文献１参照）。しかしながら、この手法は、点ビームや、像よりもクロスオーバの方が大きな実質的に点ビームとして扱える微小面積ビームにのみ用いられてきた。また、焦点変化も１つのレンズの励磁を変えることにより行われていた。

【０００４】

これに対して、試料上に大面積の電子ビームを転写する方式の電子ビーム露光装置や、同じく大面積を複数の電子ビームで同時に露光する方式がある。これらの方式では、上記のような軸調整に対する指針が無かった。大面積転写方式の中でも独立にオンオフを制御できる複数の電子ビームを用いた方式では、特定の電子ビームのみを使用することで校正を行う提案がなされている（例えば、特許文献１参照）。しかし、かかる提案では、レンズの光学調整に関する方法は記述されていない。

【０００５】

更に、従来、大面積転写の光学系の調整方法が提案されているが、大角偏向を可能とするために複数の偏向器とレンズの干渉を細かく調整し、レンズ特性を結局的に変えることで低収差を実現するもので、非常に複雑である（例えば、特許文献２参照）。

【０００６】

逆に、簡便な方法としては、クロスオーバ（瞳像）位置の調整を行う方法が提案されているが、この方法では限界がある（例えば、特許文献３参照）。

【０００７】

【非特許文献１】

マイクロエレクロトニックエンジニアリング、２１巻、１９９３年、１４５頁～１４８頁

【特許文献１】

特開平１０－１０６９３１号公報

【特許文献２】

特開平１０－３０３０９５号公報
【特許文献３】
特開平１０－３０２６９６号公報
【０００８】
【発明が解決しようとする課題】
高スループット化を目指した大面積転写では、ダブレットレンズを用いた電子光学系が必要となる。ダブレットレンズとは、２つの電磁レンズの焦点距離の和と２つの電磁レンズ間の距離とを凡そ等しくして２つの電磁レンズにより１つの像面を形成するものであり、上記の従来技術では、この方式のレンズを高精度に使用するための簡便な光学調整方法について考慮されていない。
【０００９】
本発明の目的は、大面積転写に必要なダブレットレンズを用いた電子光学系における光学調整が可能な電子ビーム露光技術を提供することにある。
【００１０】
【課題を解決するための手段】
上記目的を達成するために、本発明では、少なくとも２つの電磁レンズにより１つの像を形成する構成を有する電子ビーム光学系を有し、少なくとも２つのレンズの励磁を変化させた際の像面近傍での電子ビームの位置を計測し、その計測結果を反映出来るアライナーおよび又は２つのレンズの強度を再設定するよう構成することを特徴とする。
【００１１】
この際にマルチビームを用いて、その内の特定のビームの位置を計測すれば、大面積転写の種々なる位置で独立に光軸特性を計測することが可能である。この結果、調整にフィードバックするために情報量が増加し、アライナーの駆動電流やレンズの駆動電流等の再設定する複数の電子光学素子へのフィードバックが行いやすくなる。
【００１２】
また、この際に特定ビームは１つに限る必要はない。１つに限る場合は１つあたりの電流量が少ないと位置計測精度が不十分となる場合がある。そこで、特定の領域にある複数の電子ビームを用いることで電流量不足を解決することが出来る。位置としては、複数ビームの平均値等で代表すれば良い。光学調整には全てのマルチビームの個々の位置を知る必要はないために、この手法が有効となる。
【００１３】
２つのレンズでの励磁変化の１つは強励磁、もう１つは弱励磁とし、励磁変化の方向を反対にする。より効果的に行うためには、２つのレンズにおける励磁電流の変化率の大きさを凡そ等しくすることが良い。これは、電子ビームを像面上に垂直に入射するように調整することに有効である。
【００１４】
垂直入射は、ダブレットレンズにおいて良好な光学特性を得るのに重要である。２つの電磁レンズのコイルの巻数を凡そ同じ数にすれば、２つのレンズにおける励磁電流の変化の大きさを凡そ等しくすれば良く、調整を簡便にできる。
【００１５】
また、再設定する際に上流のレンズにおける励磁電流の変化率の大きさと下流のレンズにおける励磁電流の変化率の大きさとの比を、２つのレンズにより決まる倍率に凡そ等しくする方法も効果的である。この方法は、像面位置を凡そ固定しながらレンズの連動比を調整することが可能であり、フィードバックを容易にする。
【００１６】
以下、本発明の代表的な構成例を列挙する。
【００１７】
（１）本発明による電子ビーム露光装置は、電子銃と、前記電子銃から放出される電子ビームを、アライナーおよび２つの電磁レンズを通して試料上に照射し、１つの像を形成するための電子光学系と、前記電子ビームの位置検出に用いられる電子検出器とを有し、前

記２つの電磁レンズの励磁を変化させた際の像面近傍での電子ビームの位置を計測し、その計測結果を基に前記アライナーの駆動および又は前記２つの電磁レンズの励磁強度を再設定することにより、前記電子光学系の光学調整を行うよう構成したことを特徴とする。

【００１８】

（２）本発明による電子ビーム露光装置は、所定の間隔で配列された複数の電子ビームを、アライナー、および２つの電磁レンズよりなるダブレットレンズを通して試料上に照射し、１つの像を形成するための電子光学系と、前記電子ビームの位置検出に用いられる電子検出器とを有し、前記複数の電子ビームのうち特定の電子ビームについて、前記２つの電磁レンズの励磁を変化させた際の像面近傍での電子ビームの位置を計測し、その計測結果を基に前記アライナーの駆動および又は前記２つの電磁レンズの励磁強度を再設定することにより、前記電子光学系の光学調整を行うよう構成したことを特徴とする。

【００１９】

（３）本発明による電子ビーム露光装置は、電子銃と、前記電子銃から放出される電子ビームを、アライナーおよび少なくとも２つの電磁レンズを通して試料上に照射し、１つの像を形成するための電子光学系と、前記電子ビームの位置検出に用いられる電子検出器とを有し、前記少なくとも２つの電磁レンズの励磁を変化させた際の像面近傍での電子ビームの位置を計測し、その計測結果を基に前記アライナーの駆動および又は前記２つの電磁レンズの励磁強度を再設定することにより、前記電子光学系の光学調整を行うよう構成したことを特徴とする。

【００２０】

（４）本発明による電子ビーム露光方法は、電子銃から放出される電子ビームを、アライナーおよび２つの電磁レンズを備えた電子光学系を通して試料上に照射し、１つの像を形成する工程と、電子検出器を用いて前記電子ビームの位置を検出する工程とを有し、かつ、前記２つの電磁レンズの励磁を変化させた際の像面近傍での電子ビームの位置を計測し、その計測結果を基に前記アライナーの駆動および又は前記２つの電磁レンズの励磁強度を再設定する工程を設けることにより、前記電子光学系の光学調整を行うようにしたことを特徴とする。

【００２１】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例について、図面を参照して詳述する。

【００２２】

（実施例１）

図１に、本実施例の装置構成例を示す。電子銃１１０から放出された電子ビーム１１１をコンデンサレンズ１１２を通して平行ビームとし、複数の穴の空いたアパーチャーアレイ１１３により複数のポイントビームに分離され、その後段にあるレンズアレイ１１４によりポイントビームの中間像１１６に結像される。複数のポイントビームは、個別にオンオフ可能なようにブランカーアレイ１１５、ブランキング絞り１１９が設けられている。

【００２３】

こうして作られたマルチポイントビームは、第１投影レンズ１１８と第２投影レンズ１２１からなるダブレットレンズ１２２により縮小されて、試料１２４上に結像される。マルチビーム間には距離があるために実質的に物面での電子ビームの最大距離より瞳像での電子ビームの最大距離が長い大面積転写となっている。

【００２４】

ダブレットレンズの２つの投影レンズ１１８、１２１の間には偏向器１２０があり、試料１２４上での描画位置を規定する。ステージ１２５上には電子ビーム位置検出用のマーク１２６があり、ステージ１２５の位置を計測するレーザ干渉計（図示してない）と反射電子検出器１２３を用いることで電子ビームの位置を測定することが出来る。なお、本例では、電子ビームの位置計測に、マーク１２６からの反射電子を検出する電子検出器を用いているが、このほかに、マークを透過した電子を検出するものであってもよい。

【００２５】

また、ダブレットレンズ１２２の１つ目のレンズである第１投影レンズ１１８の上方にはアライナー１１７が２段構成で設けられており、連動させることによりレンズへの電子ビームの入射角度と入射位置を調整できる。

【００２６】

アライナー１１７はアライナー制御回路１０４により、ダブレットレンズ１２２はレンズ制御回路１０５により駆動される。本実施例では、具体的には電流が供給されることになる。各電流の設定値は、データ制御回路１０１から与えられる情報により決められている。同様に、フォーカス制御回路１０２とパターン発生回路１０３は、電圧を供給することで対応する光学素子を動作させている。これらの設定値もデータ制御回路１０１から与えられる情報により決められている。このデータ制御回路１０１は、信号処理回路１０７やステージ制御回路１０８から得られる情報も利用してレンズやアライナーの動作量を決める計算も行っている。また、本装置には、これらの機能を活用して、励磁変化の設定、電子ビーム位置の変化量の表示、或いはアライナーやレンズ励磁（電流量）の再設定を行う画面を有する表示装置を有している。これらのアライナーとレンズの動作条件を最適化することにより光学調整を行う。

【００２７】

図２に、ダブレットレンズのレイトレースを示す。物面２０１から１つ目のレンズである第１投影レンズ２０３の中心までの距離は、凡そ第１投影レンズ２０３の焦点距離（ｆ１）に等しく、第１投影レンズ２０３の中心と２つ目のレンズである第２投影レンズ２０６の中心との距離は、凡そ第１投影レンズ２０３の焦点距離（ｆ１）と第２投影レンズ２０６の焦点距離（ｆ２）との和に等しく、第２投影レンズ２０６の中心から像面２０７までの距離は、凡そ第２投影レンズ２０６の焦点距離（ｆ２）に等しい。ただし、焦点距離を独立に精度よく知ることが困難であり、これがこのレンズの調整を難しくしている。

【００２８】

瞳像２０５の位置は、第１投影レンズ２０３の中心から凡そ第１投影レンズ２０３の焦点距離（ｆ１）だけ下流に位置することになるが、この位置を精度良く測定することは困難であり、また、瞳像２０５の位置だけでは大面積転写の調整には不十分である。

【００２９】

このダブレットレンズにおける高精度転写を可能とするには、ダブレットレンズへの垂直入射と垂直出射、ならび全電子ビームの中心をレンズの軸中心と一致させることが理想である。この中で垂直条件を満たす場合は、以下の式に従ったレンズ条件変化に対して同じ高さでの位置変化がなくなる。

$$\frac{\Delta f1}{f1}+\frac{\Delta f2}{f2}-\left(\left(f1-f2\right)/f2\right)\times\frac{\Delta f1\times\Delta f2}{f1\times f2}=0$$

ここで、ｆ１、ｆ２は第１投影レンズと第２投影レンズのそれぞれの焦点距離、Δｆ１、Δｆ２はそれぞれの焦点変化量である。なお、本実施例では、ｆ１＝２５０ｍｍ、ｆ２＝２５ｍｍである。従って倍率は０．１となる。

【００３０】

上式の右辺は、焦点距離の変化率の掛け算が入っており、後述するようにこの変化率が通常１％以下であることから、左辺に比べてけた違いに小さい。

【００３１】

従って、上式は、実質的に以下の式に変形される。

$$\frac{\Delta f1}{f1}+\frac{\Delta f2}{f2}=0$$

更に、これを電磁レンズの駆動電流に換算すると、以下の式になる。

$$\frac{\Delta I1}{I1}+\frac{\Delta I2}{I2}=0$$

ここで、Ｉ１、Ｉ２は第１投影レンズと第２投影レンズのそれぞれの励磁電流、ΔＩ１、ΔＩ２はそれぞれの電流変化量である。

【００３２】

これらの式の符号から明らかなように、励磁は、ダブレットレンズの２つのレンズの一方を強励磁とし、他方を弱励磁とすることになる。また、２つのレンズにおける焦点距離の

変化率の大きさあるいは励磁電流の変化率の大きさは同じである。

【００３３】

従って、アライナー駆動やレンズ駆動の設定値を変えながら、凡そ上記条件に従った励磁変化による位置変化が小さくなるように最適化することにより光学調整を行うことが出来る。

【００３４】

その際のアライナーやレンズの再設定値は、自由に変化させても構わないが、効率的に行うためには、２つのレンズの一方を強励磁とし、他方を弱励磁とすることにより、焦点位置をできるだけ変えずにレンズの値を再設定することが有効である。より具体的には、凡そ以下の条件を満たすことが望ましい。

Δｆ１／（ｆ１×ｆ１）＋Δｆ２／（ｆ２×ｆ２）＝０

あるいは

ΔＩ１／（Ｉ１×ｆ１）＋ΔＩ２／（Ｉ２×ｆ２）＝０

で表わせる。

【００３５】

すなわち、フィードバック時の上流の第１投影レンズにおける励磁電流の変化率の大きさと下流の第２投影レンズにおける励磁電流の変化率の大きさとの比は、上流、下流の２つの投影レンズにより決まる倍率に凡そ等しくなる。本実施例では、下流の第１投影レンズの変化率が、上流の第２投影レンズの変化率の１／１０となる。

【００３６】

図３に、本実施例で用いるマルチビームの配置の一例を示す。マルチビームの数は、縦３２×横３２の計１０２４である。図中、白抜き○印は使用できる電子ビーム３０１の位置、黒●印は調整で実際に用いる電子ビーム３０２の位置である。

【００３７】

その中の特定のマルチビームを用いて調整を行った。縦３２×横３２のマルチビームの中心に位置する９つの（黒●印の）電子ビーム、そして、その周辺の８箇所でそれぞれ９つずつの（黒●印の）電子ビームを用いた。使用する電子ビームは、計８１（９×９）ビームである。これらを９つずつ使用して各領域での信号を得る。

【００３８】

電子ビーム１つは約１ｎＡに留まり、高精度の位置測定や短時間での位置測定の障害となる。９つの電子ビームを同時に用いることで電流量を増加させ、これらの問題を軽減することが出来る。調整は、１度に転写する領域中５箇所（中心と４隅）から多くても２５箇所（縦５×横５）あれば良く、それぞれの箇所で複数ビーム用いることが可能である。

【００３９】

図４の（ａ）に実際の電子ビームの位置変化を示す。図中に示す矢印の長さと方向で位置変化を表している。励磁電流の変化率は０．２％とした。電流にして２ｍＡである。励磁電流の好ましい変化率は位置変化量の大きさと測定精度の劣化の大きさから決まり、０．１％～１％の範囲が適当である。調整前は全体に広がる方向に位置変化が生じている。しかも、左側の方の変化が大きい。全体に広がるのはレンズ条件が不適切であること、非対称なのは斜めに入射されていることを示している。

【００４０】

まず、図４（ｂ）に示すように、アライナーの条件を変えて入射角度を変化させながら位置変化量を対称にする。次に、図４（ｃ）に示すように、レンズの条件を２つ連動させながら変化させて最適方向へ調整していく。

【００４１】

これによって、ダブレットレンズの条件とアライナーの条件が精度良く調整されたことになる。これらの位置変化量の状況は、ダブレットレンズやアライナーの変化に対して凡そ線形に変化するために、自動的にレンズやアライナー値を変化させて、測定結果から最適値を求めて自動設定することも容易である。

【００４２】

図６に、アライナー値（アライナーの電流値）を自動設定するためのフロー（アルゴリズム）の一例を示す。

【００４３】

まず、決められた初期値若しくは現状の値のままダブレットレンズの励磁を変えて複数の電子ビームの位置変化を求める。アライナー値を複数変化させてそれぞれの値での複数の電子ビームの位置変化を求める。この結果、アライナー値の変化と位置変化の変化の相関を定量的に求めることができる。この関係式は１次の線形変換で近似できる。この関係式は毎回求める必要はなく、通常は以降のアルゴリズムのみを適用することも可能である。すなわち、決められた初期値若しくは現状の値のままダブレットレンズの励磁を変えて複数の電子ビームの位置変化を求める。求められた位置変化と上記の関係式より位置変化を最小とするアライナーの変化量を求める。そして、これに従って設定したアライナー値での位置変化を求める。位置変化が決められた値以下なら調整を終了し、決められた値以上でであれば、再度位置変化を最小とするアライナーの変化量を求めて調整を繰り返す。以上のアルゴリズムはアライナー値をダブレットレンズの励磁電流値に変えることでレンズ調整にも適用できる。

【００４４】

また、以上の操作は、表示装置上でモニターしながら実行することが可能である。

【００４５】

以上の調整の後、描画を行った結果、調整前は全面（１２８μｍ角領域）では２００ｎｍのパターンしか形成できなかったが、調整後は全面で６５ｎｍのパターン形成が可能となった。更に、転写歪も３００ｎｍから１０ｎｍ以下へと低減できた。

【００４６】

（実施例２）

図５は、本実施例での装置構成を示す。基本構成は、実施例１と同様であるが、本実施例では、倍率を小さくするために、ダブレットレンズが１段多く挿入されており、２段構成となっている。すなわち、第３投影レンズ５１８と第４投影レンズ５２１からなる第２ダブレットレンズ５２２と、（第１）ダブレットレンズ１２２との２段構成で設けられており、倍率はそれぞれ０.１と０.２である。

【００４７】

なお、図中、５０４は第２アライナー制御回路、５０５は第レンズ制御回路、５１７は第２アライナーである。

【００４８】

この場合、像面での開き角の大きくなる後段のダブレットレンズ１２２が重要となるので、本調整方法を後段のダブレットレンズ１２２に適用した。後段のダブレットレンズ１２２の焦点距離は、ｆ１＝１２５ｍｍ、ｆ２＝２５ｍｍ、励磁の変化率を０.５％とした。本実施例でも、ダブレットレンズの励磁調整とアライナー強度調整により位置変化を低減することが出来た。

【００４９】

以上の調整の後、描画を行った結果、調整前は全面（６４μｍ角領域）では１５０ｎｍのパターンしか形成できなかったが、調整後は全面で６５ｎｍのパターン形成が可能となった。更に、転写歪も１００ｎｍから１０ｎｍ以下へと低減できた。

【００５０】

【発明の効果】

本発明によれば、ダブレットレンズによる大面積転写を行う電子ビーム露光装置の高精度な電子ビーム調整を行うことができ、高解像なデバイスパターンの形成を可能にする電子ビーム露光技術を実現する。

【図面の簡単な説明】

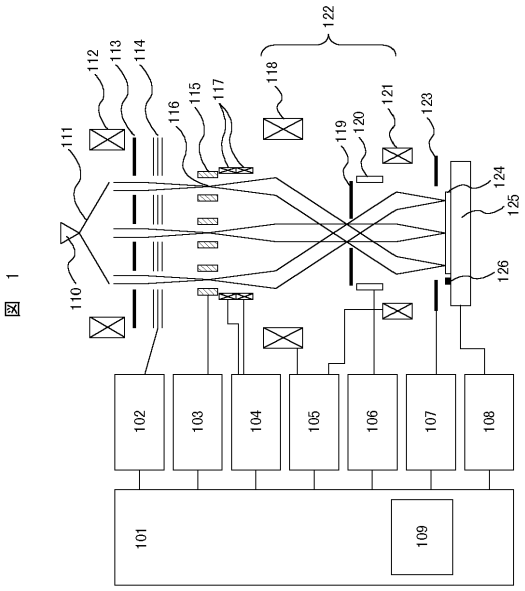
【図１】本発明の実施例１の装置構成例を示す図。

【図２】実施例１のレイトレースを示す図。

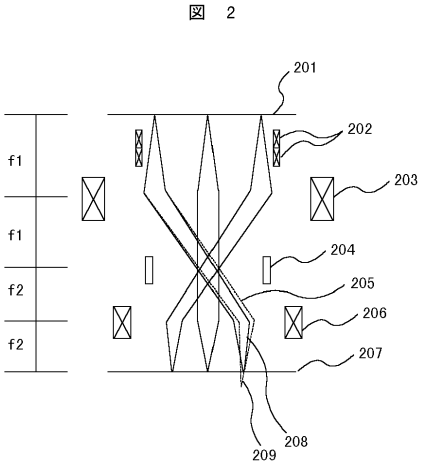
【図３】実施例１のマルチビームの選択の一例を表す図。

【図４】実施例１でのビームの動きの一例を表す図。
【図５】本発明の実施例２の装置構成例を示す図。
【図６】本発明におけるアライナー値を自動設定するためのフロー（アルゴリズム）の一例を説明する図。
【符号の説明】
１０１…データ制御回路、１０２…フォーカス制御回路、１０３…パターン発生回路、１０４…アライナー制御回路、１０５…レンズ制御回路、１０６…偏向制御回路、１０７…信号処理回路、１０８…ステージ制御回路、１０９…表示装置、１１０…電子銃、１１１…電子ビーム、１１２…コンデンサレンズ、１１３…アパーチャーアレイ、１１４…レンズアレイ、１１５…ブランカーアレイ、１１６…中間像、１１７…アライナー、１１８…第１投影レンズ、１１９…ブランキング絞り、１２０…偏向器、１２１…第２投影レンズ、１２２…ダブレットレンズ、１２３…電子検出器、１２４…試料、１２５…ステージ、１２６…マーク、１２７…ファラデーカップ、２０１…物面、２０２…アライナー、２０３…第１投影レンズ、２０４…偏向器、２０５…瞳像、２０６…第２投影レンズ、２０７…像面、２０８…電子ビーム、２０９…励磁を変えた時の電子ビーム、３０１…電子ビームオフ、３０２…電子ビームオン。

【図１】

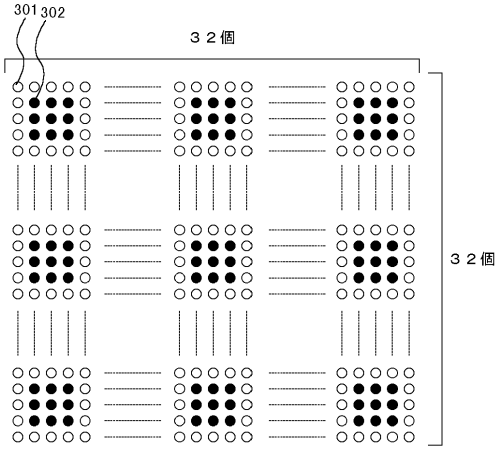


【図２】



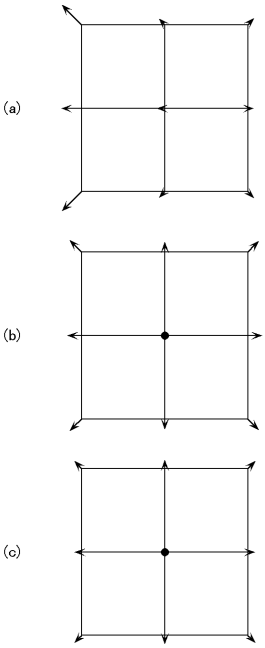
【図３】

図 3



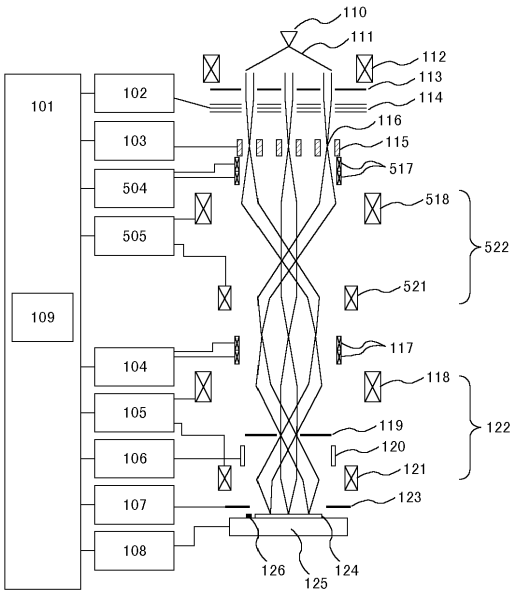
【図４】

図 4



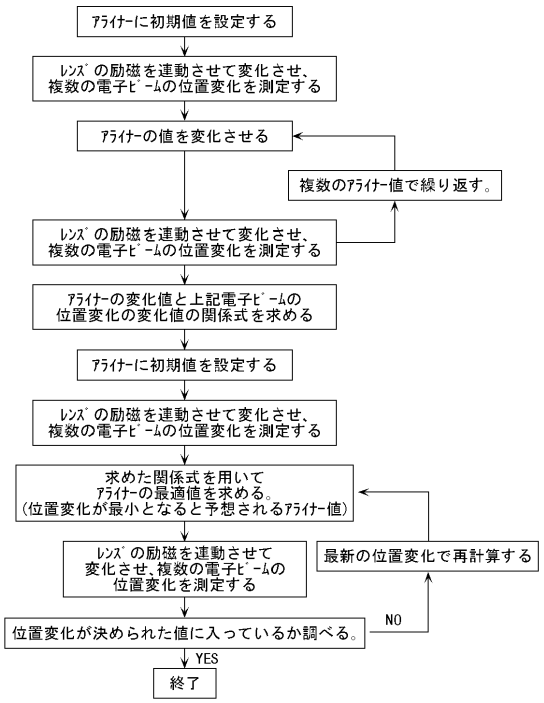
【図５】

図 5



【図６】

図 6



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

H01J 37/305 (2006.01) H01J 37/141 Z

H01J 37/305 B

(72)発明者 上村 理
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目２８０番地 株式会社日立製作所 中央研究所内
(72)発明者 太田 洋也
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目２８０番地 株式会社日立製作所 中央研究所内
(72)発明者 後藤 進
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 杉浦 淳

(56)参考文献 特開平０９－２８８９９１（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－２４６９２６（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２７４０７７（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－３３８４４５（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－３０１９４８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
H01L 21/027