

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5525798号
(P5525798)

(45) 発行日 平成26年6月18日(2014.6.18)

(24) 登録日 平成26年4月18日(2014.4.18)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/027	(2006.01)	H01L 21/30	541 E
G03F 7/20	(2006.01)	G03F 7/20	504
H01J 37/305	(2006.01)	H01J 37/305	B

請求項の数 4 (全 30 頁)

(21) 出願番号

特願2009-264543 (P2009-264543)

(22) 出願日

平成21年11月20日 (2009.11.20)

(65) 公開番号

特開2011-108968 (P2011-108968A)

(43) 公開日

平成23年6月2日 (2011.6.2)

審査請求日

平成24年10月12日 (2012.10.12)

(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 100088487

弁理士 松山 允之

(74) 代理人 100119035

弁理士 池上 徹真

(72) 発明者 中山田 肇昭

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

(72) 発明者 日暮 等

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 宮川 数正

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】荷電粒子ビーム描画装置およびその帯電効果補正方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レジストが上面に塗布された試料に荷電粒子ビームを照射することにより、描画データに含まれている複数の図形に対応する複数のパターンを試料のレジストに描画する描画部と、

荷電粒子ビームにより描画されるパターンの面積密度分布を算出するパターン面積密度分布算出部と、

前記パターン面積密度分布とレジスト内における荷電粒子の後方散乱率とに基づいてドーズ量分布を算出するドーズ量分布算出部と、

前記パターン面積密度分布と前記ドーズ量分布との積である照射量分布を算出する照射量分布算出部と、

前記照射量分布とかぶり荷電粒子分布とのコンボリューション計算を実行するかぶり荷電粒子量分布算出部と、

パターンを描画するために照射される荷電粒子ビームの照射時刻を算出する照射時刻算出部と、

経過時間を算出する経過時間算出部と、

荷電粒子ビームの照射により帯電せしめられる試料のレジストの帯電量分布を算出する帯電量分布算出部と、

前記帯電量分布と位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を実行する位置ずれ量マップ算出部と、

10

20

前記パターン面積密度分布算出部における演算、前記ドーズ量分布算出部における演算、前記照射量分布算出部における演算、前記照射時刻算出部における演算、前記経過時間算出部における演算、および、前記帯電量分布算出部における演算に用いられる中央演算処理部と、

前記かぶり荷電粒子量分布算出部における演算および前記位置ずれ量マップ算出部における演算に用いられ、前記中央演算処理部よりも速い演算処理速度を有する高速演算処理部とを具備し、

前記帯電量分布算出部が、第1帯電領域と、第1帯電領域のメッシュサイズよりも大きいメッシュサイズを有する第2帯電領域とを含む帯電量分布マップを算出し、

前記高速演算処理部が、前記帯電量分布マップの第1帯電領域のメッシュサイズで記述された帯電量分布と前記帯電量分布マップの第1帯電領域に対応する位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を実行するために用いられる第1演算ユニットと、前記帯電量分布マップの第2帯電領域のメッシュサイズで記述された帯電量分布と前記帯電量分布マップの第2帯電領域に対応する位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を実行するために用いられる第2演算ユニットとを有することを特徴とする荷電粒子ビーム描画装置。

【請求項2】

レジストが上面に塗布された試料に荷電粒子ビームを照射することにより、描画データに含まれている複数の図形に対応する複数のパターンを試料のレジストに描画する描画部と、

前記パターン面積密度分布とレジスト内における荷電粒子の後方散乱率とに基づいてドーズ量分布を算出するドーズ量分布算出部と、

前記パターン面積密度分布と前記ドーズ量分布との積である照射量分布を算出する照射量分布算出部と、

前記照射量分布とかぶり荷電粒子分布とのコンボリューション計算を実行するかぶり荷電粒子量分布算出部と、

パターンを描画するために照射される荷電粒子ビームの照射時刻を算出する照射時刻算出部と、

経過時間を算出する経過時間算出部と、

荷電粒子ビームの照射により帯電せしめられる試料のレジストの帯電量分布を算出する帯電量分布算出部と、

前記帯電量分布と位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を実行する位置ずれ量マップ算出部と、

前記パターン面積密度分布算出部における演算、前記ドーズ量分布算出部における演算、前記照射量分布算出部における演算、前記照射時刻算出部における演算、前記経過時間算出部における演算、および、前記帯電量分布算出部における演算に用いられる中央演算処理部と、

前記かぶり荷電粒子量分布算出部における演算および前記位置ずれ量マップ算出部における演算に用いられ、前記中央演算処理部よりも速い演算処理速度を有する高速演算処理部とを具備し、

前記照射量分布算出部が、第1照射量分布マップと、前記第1照射量分布マップのメッシュサイズよりも大きいメッシュサイズを有する第2照射量分布マップとを算出し、

前記かぶり荷電粒子量分布算出部が、第1ガウシアン分布と、前記第1ガウシアン分布のかぶり散乱半径よりも大きいかぶり散乱半径を有する第2ガウシアン分布との和としてかぶり荷電粒子分布を設定し、

前記高速演算処理部が、前記第1照射量分布マップのメッシュサイズで記述された第1照射量分布と前記第1ガウシアン分布とのコンボリューション計算を実行するために用いられる第1演算ユニットと、前記第2照射量分布マップのメッシュサイズで記述された第

10

20

30

40

50

2 照射量分布と前記第2ガウシアン分布とのコンボリューション計算を実行するために用いられる第2演算ユニットとを有することを特徴とする荷電粒子ビーム描画装置。

【請求項3】

レジストが上面に塗布された試料に荷電粒子ビームを照射することにより、描画データに含まれている複数の図形に対応する複数のパターンを試料のレジストに描画する荷電粒子ビーム描画装置の帯電効果補正方法において、

荷電粒子ビームにより描画されるパターンの面積密度分布を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

前記パターン面積密度分布とレジスト内における荷電粒子の後方散乱率とに基づいてドーズ量分布を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

前記パターン面積密度分布とドーズ量分布との積である照射量分布を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

前記照射量分布とかぶり荷電粒子分布とのコンボリューション計算を、前記中央演算処理部よりも速い演算速度を有する高速演算処理部を用いて実行し、

パターンを描画するために照射される荷電粒子ビームの照射時刻を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

経過時間を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

荷電粒子ビームの照射により帯電せしめられる試料のレジストの帯電量分布を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

前記帯電量分布と位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を、高速演算処理部を用いて実行し、

第1帯電領域と、第1帯電領域のメッシュサイズよりも大きいメッシュサイズを有する第2帯電領域とを含む帯電量分布マップを算出し、

前記高速演算処理部が、前記帯電量分布マップの第1帯電領域のメッシュサイズで記述された帯電量分布と前記帯電量分布マップの第1帯電領域に対応する位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を実行すると共に、前記帯電量分布マップの第2帯電領域のメッシュサイズで記述された帯電量分布と前記帯電量分布マップの第2帯電領域に対応する位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を実行することを特徴とする荷電粒子ビーム描画装置の帯電効果補正方法。

【請求項4】

レジストが上面に塗布された試料に荷電粒子ビームを照射することにより、描画データに含まれている複数の図形に対応する複数のパターンを試料のレジストに描画する荷電粒子ビーム描画装置の帯電効果補正方法において、

荷電粒子ビームにより描画されるパターンの面積密度分布を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

前記パターン面積密度分布とレジスト内における荷電粒子の後方散乱率とに基づいてドーズ量分布を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

前記パターン面積密度分布とドーズ量分布との積である照射量分布を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

前記照射量分布とかぶり荷電粒子分布とのコンボリューション計算を、前記中央演算処理部よりも速い演算速度を有する高速演算処理部を用いて実行し、

パターンを描画するために照射される荷電粒子ビームの照射時刻を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

経過時間を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

荷電粒子ビームの照射により帯電せしめられる試料のレジストの帯電量分布を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

前記帯電量分布と位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を、高速演算処理部を用いて実行し、

第1照射量分布マップと、前記第1照射量分布マップのメッシュサイズよりも大きいメッシュサイズを有する第2照射量分布マップとを算出し、

10

20

30

40

50

第1ガウシアン分布と、前記第1ガウシアン分布のかぶり散乱半径よりも大きいかぶり散乱半径を有する第2ガウシアン分布との和としてかぶり荷電粒子分布を設定し、

前記高速演算処理部が、前記第1照射量分布マップのメッシュサイズで記述された第1照射量分布と前記第1ガウシアン分布とのコンボリューション計算を実行すると共に、前記第2照射量分布マップのメッシュサイズで記述された第2照射量分布と前記第2ガウシアン分布とのコンボリューション計算を実行することを特徴とする荷電粒子ビーム描画装置の帯電効果補正方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、レジストが上面に塗布された試料に荷電粒子ビームを照射することにより、描画データに含まれている複数の図形に対応する複数のパターンを試料のレジストに描画する荷電粒子ビーム描画装置およびその帯電効果補正方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、帯電効果補正処理を実行する荷電粒子ビーム描画装置が知られている。この種の荷電粒子ビーム描画装置の例として、例えば特許文献1に記載されたものがある。特許文献1に記載された荷電粒子ビーム描画装置では、レジストが上面に塗布された試料に荷電粒子ビームを照射することにより、描画データに含まれている複数の図形に対応する複数のパターンを試料のレジストに描画する描画部が設けられている。また、特許文献1に記載された荷電粒子ビーム描画装置では、帯電効果補正処理を実行するために、荷電粒子ビームにより描画されるパターンの面積密度分布を算出するパターン面積密度分布算出部と、パターン面積密度分布とレジスト内における荷電粒子の後方散乱率とに基づいてドーズ量分布を算出するドーズ量分布算出部とが設けられている。

20

【0003】

更に、特許文献1に記載された荷電粒子ビーム描画装置では、帯電効果補正処理を実行するために、パターン面積密度分布とドーズ量分布との積である照射量分布を算出する照射量分布算出部と、照射量分布とかぶり荷電粒子分布とのコンボリューション計算を実行するかぶり荷電粒子量分布算出部とが設けられている。また、特許文献1に記載された荷電粒子ビーム描画装置では、帯電効果補正処理を実行するために、荷電粒子ビームの照射により帯電せしめられる試料のレジストの帯電量分布を算出する帯電量分布算出部と、帯電量分布と位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を実行する位置ずれ量マップ算出部とが設けられている。

30

【0004】

詳細には、特許文献1に記載された荷電粒子ビーム描画装置では、試料のレジストへの荷電粒子ビームの照射位置がレジストの帯電効果に伴ってずれる量が、位置ずれ量マップ算出部によって算出される。更に、レジストの帯電効果に伴う荷電粒子ビームの照射位置のずれを補正(相殺)するために、荷電粒子ビームが偏向器によって偏向される。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0005】

【特許文献1】特開2009-260250号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1には、パターン面積密度分布算出部における演算、ドーズ量分布算出部における演算、照射量分布算出部における演算、かぶり荷電粒子量分布算出部における演算、帯電量分布算出部における演算、および、位置ずれ量マップ算出部における演算が何を用いて実行されるかについて記載されていないが、通常、例えば特許文献1に記載された荷電粒子ビーム描画装置のような従来の荷電粒子ビーム描画装置では、パターン面積密度分

50

布算出部における演算、ドーズ量分布算出部における演算、照射量分布算出部における演算、かぶり荷電粒子量分布算出部における演算、帯電量分布算出部における演算、および、位置ずれ量マップ算出部における演算が、中央演算処理部（C P U）を用いて実行されている。

【0007】

ところで、かぶり荷電粒子量分布算出部における演算および位置ずれ量マップ算出部における演算の処理負荷は、帯電効果補正処理を実行するための他の演算の処理負荷に比べて突出して大きくなる。そこで、かぶり荷電粒子量分布算出部における演算および位置ずれ量マップ算出部における演算の処理時間を短縮するために、多数の中央演算処理部（C P U）を用いてかぶり荷電粒子量分布算出部における演算および位置ずれ量マップ算出部における演算を並列処理することが考えられる。10

【0008】

ところが、かぶり荷電粒子量分布および帯電量分布は試料のレジストに対する荷電粒子ビームのショット毎（照射毎）に変化する性質を有する。従って、かぶり荷電粒子量分布、帯電量分布などに基づいて算出される荷電粒子ビームの照射位置のずれ量（位置ずれ量マップ）を正確な値にするためには、荷電粒子ビームのショット（照射）の順序に従って、かぶり荷電粒子量分布算出部における演算および位置ずれ量マップ算出部における演算を処理する必要がある。

【0009】

つまり、多数の中央演算処理部（C P U）を用い、荷電粒子ビームのショット（照射）の順序とは無関係に、かぶり荷電粒子量分布算出部における演算および位置ずれ量マップ算出部における演算を並列処理によって実行すると、かぶり荷電粒子量分布算出部における演算および位置ずれ量マップ算出部における演算の処理に要する時間を短縮することができるものの、高精度な帯電効果補正処理を実行することができない。20

【0010】

上述した問題点に鑑み、本発明は、高精度な帯電効果補正処理を実行しつつ、帯電効果補正処理に要する時間を短縮することができる荷電粒子ビーム描画装置およびその帯電効果補正方法を提供することを目的とする。

詳細には、本発明は、高速演算処理部が設けられておらず、帯電効果補正処理に必要な演算が中央演算処理部のみによって実行される場合や、帯電効果補正処理に必要な演算が、中央演算処理部と同等の演算処理速度を有する演算処理部と、中央演算処理部との並列処理によって実行される場合よりも、帯電効果補正処理に要する時間を短縮することができる荷電粒子ビーム描画装置およびその帯電効果補正方法を提供することを目的とする。30

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一態様によれば、レジストが上面に塗布された試料に荷電粒子ビームを照射することにより、描画データに含まれている複数の図形に対応する複数のパターンを試料のレジストに描画する描画部と、

荷電粒子ビームにより描画されるパターンの面積密度分布を算出するパターン面積密度分布算出部と、40

パターン面積密度分布とレジスト内における荷電粒子の後方散乱率とに基づいてドーズ量分布を算出するドーズ量分布算出部と、

パターン面積密度分布とドーズ量分布との積である照射量分布を算出する照射量分布算出部と、

照射量分布とかぶり荷電粒子分布とのコンボリューション計算を実行するかぶり荷電粒子量分布算出部と、

パターンを描画するために照射される荷電粒子ビームの照射時刻を算出する照射時刻算出部と、

経過時間を算出する経過時間算出部と、

荷電粒子ビームの照射により帯電せしめられる試料のレジストの帯電量分布を算出する50

帯電量分布算出部と、

帯電量分布と位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を実行する位置ずれ量マップ算出部と、

パターン面積密度分布算出部における演算、ドーズ量分布算出部における演算、照射量分布算出部における演算、照射時刻算出部における演算、経過時間算出部における演算、および、帯電量分布算出部における演算に用いられる中央演算処理部と、

かぶり荷電粒子量分布算出部における演算および位置ずれ量マップ算出部における演算に用いられ、中央演算処理部よりも速い演算処理速度を有する高速演算処理部とを具備し、

前記帯電量分布算出部が、第1帯電領域と、第1帯電領域のメッシュサイズよりも大きいメッシュサイズを有する第2帯電領域とを含む帯電量分布マップを算出し、 10

前記高速演算処理部が、前記帯電量分布マップの第1帯電領域のメッシュサイズで記述された帯電量分布と前記帯電量分布マップの第1帯電領域に対応する位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を実行するために用いられる第1演算ユニットと、前記帯電量分布マップの第2帯電領域のメッシュサイズで記述された帯電量分布と前記帯電量分布マップの第2帯電領域に対応する位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を実行するために用いられる第2演算ユニットとを有することを特徴とする荷電粒子ビーム描画装置が提供される。

また、本発明の他の態様によれば、レジストが上面に塗布された試料に荷電粒子ビームを照射することにより、描画データに含まれている複数の図形に対応する複数のパターンを試料のレジストに描画する描画部と、 20

荷電粒子ビームにより描画されるパターンの面積密度分布を算出するパターン面積密度分布算出部と、

パターン面積密度分布とレジスト内における荷電粒子の後方散乱率とに基づいてドーズ量分布を算出するドーズ量分布算出部と、

パターン面積密度分布とドーズ量分布との積である照射量分布を算出する照射量分布算出部と、

照射量分布とかぶり荷電粒子分布とのコンボリューション計算を実行するかぶり荷電粒子量分布算出部と、

パターンを描画するために照射される荷電粒子ビームの照射時刻を算出する照射時刻算出部と、 30

経過時間を算出する経過時間算出部と、

荷電粒子ビームの照射により帯電せしめられる試料のレジストの帯電量分布を算出する帯電量分布算出部と、

帯電量分布と位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を実行する位置ずれ量マップ算出部と、

パターン面積密度分布算出部における演算、ドーズ量分布算出部における演算、照射量分布算出部における演算、照射時刻算出部における演算、経過時間算出部における演算、および、帯電量分布算出部における演算に用いられる中央演算処理部と、

かぶり荷電粒子量分布算出部における演算および位置ずれ量マップ算出部における演算に用いられ、中央演算処理部よりも速い演算処理速度を有する高速演算処理部とを具備し、 40

前記照射量分布算出部が、第1照射量分布マップと、前記第1照射量分布マップのメッシュサイズよりも大きいメッシュサイズを有する第2照射量分布マップとを算出し、

前記かぶり荷電粒子量分布算出部が、第1ガウシアン分布と、前記第1ガウシアン分布のかぶり散乱半径よりも大きいかぶり散乱半径を有する第2ガウシアン分布との和としてかぶり荷電粒子分布を設定し、

前記高速演算処理部が、前記第1照射量分布マップのメッシュサイズで記述された第1照射量分布と前記第1ガウシアン分布とのコンボリューション計算を実行するために用い 50

られる第1演算ユニットと、前記第2照射量分布マップのメッシュサイズで記述された第2照射量分布と前記第2ガウシアン分布とのコンボリューション計算を実行するために用いられる第2演算ユニットとを有することを特徴とする荷電粒子ビーム描画装置が提供される。

【0012】

本発明の別の一態様によれば、レジストが上面に塗布された試料に荷電粒子ビームを照射することにより、描画データに含まれている複数の図形に対応する複数のパターンを試料のレジストに描画する荷電粒子ビーム描画装置の帯電効果補正方法において、

荷電粒子ビームにより描画されるパターンの面積密度分布を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、
10

パターン面積密度分布とレジスト内における荷電粒子の後方散乱率に基づいてドーズ量分布を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

パターン面積密度分布とドーズ量分布との積である照射量分布を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

照射量分布とかぶり荷電粒子分布とのコンボリューション計算を、中央演算処理部よりも速い演算速度を有する高速演算処理部を用いて実行し、

パターンを描画するために照射される荷電粒子ビームの照射時刻を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

経過時間を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

荷電粒子ビームの照射により帯電せしめられる試料のレジストの帯電量分布を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、
20

帯電量分布と位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を、高速演算処理部を用いて実行し、

第1帯電領域と、第1帯電領域のメッシュサイズよりも大きいメッシュサイズを有する第2帯電領域とを含む帯電量分布マップを算出し、

前記高速演算処理部が、前記帯電量分布マップの第1帯電領域のメッシュサイズで記述された帯電量分布と前記帯電量分布マップの第1帯電領域に対応する位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を実行すると共に、前記帯電量分布マップの第2帯電領域のメッシュサイズで記述された帯電量分布と前記帯電量分布マップの第2帯電領域に対応する位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を実行することを特徴とする荷電粒子ビーム描画装置の帯電効果補正方法が提供される。
30

また、本発明の別の一態様によれば、レジストが上面に塗布された試料に荷電粒子ビームを照射することにより、描画データに含まれている複数の図形に対応する複数のパターンを試料のレジストに描画する荷電粒子ビーム描画装置の帯電効果補正方法において、

荷電粒子ビームにより描画されるパターンの面積密度分布を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

パターン面積密度分布とレジスト内における荷電粒子の後方散乱率に基づいてドーズ量分布を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

パターン面積密度分布とドーズ量分布との積である照射量分布を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、
40

照射量分布とかぶり荷電粒子分布とのコンボリューション計算を、中央演算処理部よりも速い演算速度を有する高速演算処理部を用いて実行し、

パターンを描画するために照射される荷電粒子ビームの照射時刻を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

経過時間を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

荷電粒子ビームの照射により帯電せしめられる試料のレジストの帯電量分布を算出する演算を、中央演算処理部を用いて実行し、

帯電量分布と位置ずれ応答関数とのコンボリューション計算を、高速演算処理部を用いて実行し、

し、

第1照射量分布マップと、前記第1照射量分布マップのメッシュサイズよりも大きいメッシュサイズを有する第2照射量分布マップとを算出し、

第1ガウシアン分布と、前記第1ガウシアン分布のかぶり散乱半径よりも大きいかぶり散乱半径を有する第2ガウシアン分布との和としてかぶり荷電粒子分布を設定し、

前記高速演算処理部が、前記第1照射量分布マップのメッシュサイズで記述された第1照射量分布と前記第1ガウシアン分布とのコンボリューション計算を実行すると共に、前記第2照射量分布マップのメッシュサイズで記述された第2照射量分布と前記第2ガウシアン分布とのコンボリューション計算を実行することを特徴とする荷電粒子ビーム描画装置の帯電効果補正方法が提供される。

【発明の効果】

10

【0013】

本発明によれば、高精度な帯電効果補正処理を実行しつつ、帯電効果補正処理に要する時間を短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10の概略的な構成図である。

【図2】図1に示す制御部10bの制御計算機10b1の詳細図である。

【図3】図2に示す帯電効果補正処理部10b1bの詳細図である。

【図4】第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10において荷電粒子ビーム10a1bの1回のショットで試料Mのレジストに描画することができるパターンPAの一例を説明するための図である。

20

【図5】図1および図2に示す描画データの一部の一例を概略的に示した図である。

【図6】描画データに含まれている図形FG1, FG2, FG3, …に対応するパターンPA1, PA2, PA3, …が荷電粒子ビーム10a1bによって描画される描画順序を説明するための図である。

【図7】図6に示すパターンPA1, PA2, PA3の描画に伴って生じるレジストの帯電、荷電粒子ビーム10a1bの位置ずれ、および、荷電粒子ビーム10a1bの位置ずれを相殺する帯電効果補正の考え方について概略的に説明するための図である。

【図8】試料Mの描画領域DAのストライプSTR1内のパターン面積密度分布(x, y)を表わすパターン面積密度分布マップ等を示した図である。

30

【図9】試料Mの描画領域DAのストライプSTR1全体の照射量分布E(x, y)とかぶり荷電粒子分布(かぶり電子分布)g(x, y)とのコンボリューション計算(畳み込み積分)が実行された時点におけるかぶり荷電粒子量分布(かぶり電子量分布)F(x, y)を表わすかぶり荷電粒子量分布マップ等を示した図である。

【図10】第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10による帯電効果補正処理の処理時間などを示した図である。

【図11】第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10の帯電効果補正処理部10b1bの詳細図である。

【図12】+1nCの表面点電荷に対する荷電粒子ビームの位置ずれ量の計算結果を示したグラフである。

40

【図13】試料Mの描画領域DAのストライプSTR1内のすべての荷電粒子ビーム10a1bのショットが終了した時点における第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10の帯電量分布マップ等を示した図である。

【図14】第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10による帯電効果補正処理の処理時間を示した図である。

【図15】位置ずれ量pのx方向の成分pxを算出するための位置ずれ応答関数rx(x, y)の一例を示した図である。

【図16】位置ずれ量pのy方向の成分pyを算出するための位置ずれ応答関数ry(x, y)の一例を示した図である。

【図17】荷電粒子ビーム10a1bの照射位置からの距離(半径)とかぶり荷電粒子量

50

(かぶり電子量)との関係を示した図である。

【図18】試料Mの描画領域D AのストライプS T R 1内のすべての荷電粒子ビーム10 a 1 bのショットが終了した時点における第5の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10の第1照射量分布マップおよび第2照射量分布マップを示した図である。

【図19】第5の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10による帯電効果補正処理の処理時間を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の荷電粒子ビーム描画装置の第1の実施形態について説明する。図1は第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10の概略的な構成図である。図2は図1に示す制御部10 bの制御計算機10 b 1の詳細図である。図3は図2に示す帯電効果補正処理部10 b 1 bの詳細図である。

【0016】

第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、図1に示すように、例えば、マスク(プランク)、ウエハなどのようなレジストが上面に塗布された試料Mに荷電粒子ビーム10 a 1 bを照射することによって、試料Mのレジストに目的のパターンを描画するための描画部10 aが設けられている。第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、荷電粒子ビーム10 a 1 bとして例えば電子ビームが用いられるが、第2の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、代わりに、荷電粒子ビーム10 a 1 bとして例えばイオンビーム等の電子ビーム以外の荷電粒子ビームを用いることも可能である。

【0017】

第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、図1に示すように、例えば、荷電粒子銃10 a 1 aと、荷電粒子銃10 a 1 aから照射された荷電粒子ビーム10 a 1 bを偏向する偏向器10 a 1 c, 10 a 1 d, 10 a 1 e, 10 a 1 fと、偏向器10 a 1 c, 10 a 1 d, 10 a 1 e, 10 a 1 fによって偏向された荷電粒子ビーム10 a 1 bによる描画が行われる試料Mを載置する可動ステージ10 a 2 aとが、描画部10 aに設けられている。詳細には、例えば、描画部10 aの一部を構成する描画室10 a 2に、試料Mが載置された可動ステージ10 a 2 aとレーザー干渉計10 a 2 bとが配置されている。この可動ステージ10 a 2 aは、例えば、図1の左右方向および図1の手前側-奥側方向に移動可能に構成されている。更に、例えば、描画部10 aの一部を構成する光学鏡筒10 a 1に、荷電粒子銃10 a 1 aと、偏向器10 a 1 c, 10 a 1 d, 10 a 1 e, 10 a 1 fと、レンズ10 a 1 g, 10 a 1 h, 10 a 1 i, 10 a 1 j, 10 a 1 kと、第1成形アーチャ10 a 1 lと、第2成形アーチャ10 a 1 mとが配置されている。

【0018】

具体的には、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、図1および図2に示すように、例えば、試料Mの描画領域D A(図6参照)に対応する描画データが、制御計算機10 b 1に入力されると、入力部10 b 1 aによって読み込まれ、ショットデータ生成部10 b 1 gに転送される。次いで、例えば、ショットデータ生成部10 b 1 gによってデータ処理され、試料Mのレジストにパターンを描画する荷電粒子ビーム10 a 1 bを照射するためのショットデータが生成される。次いで、例えば、ショットデータがショットデータ生成部10 b 1 gから偏向制御部10 b 1 hに送られる。

【0019】

また、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、図1および図2に示すように、例えば、入力部10 b 1 aによって読み込まれた描画データが、帯電効果補正処理部10 b 1 bにも転送される。次いで、帯電効果補正処理部10 b 1 bでは、転送された描画データに基づいて、後で詳細に説明する処理が実行され、位置ずれ量マップp(x, y)が作成される。次いで、位置ずれ量マップp(x, y)が位置ずれ量マップ記憶部10 b 1 cに記憶される。

【0020】

10

20

30

40

50

次いで、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、図1および図2に示すように、例えば、ショットデータ生成部10b1gから偏向制御部10b1hに送られたショットデータに基づき、偏向制御部10b1hによって偏向器10a1c, 10a1d, 10a1e, 10a1fが制御され、荷電粒子銃10a1aからの荷電粒子ビーム10a1bが試料Mのレジストの所望の位置に向かって照射される。詳細には、試料Mのレジストの所望の位置に向かって照射された荷電粒子ビーム10a1bが、レジストの帯電効果によって所望の位置からずれてしまうと考えられる場合に、位置ずれ量マップ記憶部10b1cに記憶されている位置ずれ量マップp(x, y)等に基づき、グリッドマッチング制御部10b1dによって、レジストの帯電効果に伴う荷電粒子ビーム10a1bの位置ずれ等を補正する制御が実行される。具体的には、レジストの帯電効果に伴う荷電粒子ビーム10a1bの位置ずれ等を相殺するように、主偏向器10a1fによって荷電粒子ビーム10a1bが偏向される。その結果、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、荷電粒子ビーム10a1bが試料Mのレジストの所望の位置に正確に照射される。
10

【0021】

詳細には、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、図1および図2に示すように、例えば、ショットデータ生成部10b1gにより生成されたショットデータに基づき、偏向制御部10b1hによって偏向制御回路10b2を介してブランкиング偏向器10a1cを制御することにより、荷電粒子銃10a1aから照射された荷電粒子ビーム10a1bが、例えば第1成形アーチャ10a11の開口10a11'（図4参照）を透過せしめられて試料Mに照射されるか、あるいは、例えば第1成形アーチャ10a11の開口10a11'以外の部分によって遮られて試料Mに照射されないかが、切り換える。つまり、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、ブランкиング偏向器10a1cを制御することにより、例えば、荷電粒子ビーム10a1bの照射時間を制御することができる。
20

【0022】

また、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、図1および図2に示すように、例えば、ショットデータ生成部10b1gにより生成されたショットデータに基づき、偏向制御部10b1hによって偏向制御回路10b3を介してビーム寸法可変偏向器10a1dを制御することにより、第1成形アーチャ10a11の開口10a11'（図4参照）を透過せしめられた荷電粒子ビーム10a1bが、ビーム寸法可変偏向器10a1dによって偏向される。次いで、ビーム寸法可変偏向器10a1dによって偏向された荷電粒子ビーム10a1bの一部が、第2成形アーチャ10a1mの開口10a1m'（図4参照）を透過せしめられる。つまり、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、ビーム寸法可変偏向器10a1dによって荷電粒子ビーム10a1bが偏向される量、向きなどを調整することにより、試料Mに照射される荷電粒子ビーム10a1bの大きさ、形状などを調整することができる。
30

【0023】

図4は第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10において荷電粒子ビーム10a1bの1回のショットで試料Mのレジストに描画することができるパターンPAの一例を説明するための図である。第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、図1および図4に示すように、例えば、荷電粒子ビーム10a1bによって試料MのレジストにパターンPA（図4参照）が描画される時に、荷電粒子銃10a1a（図1参照）から照射された荷電粒子ビーム10a1bの一部が、第1成形アーチャ10a11の例えば正方形の開口10a11'（図4参照）を透過せしめられる。その結果、第1成形アーチャ10a11の開口10a11'を透過せしめられた荷電粒子ビーム10a1bの水平断面形状が、例えば概略正方形になる。次いで、第1成形アーチャ10a11の開口10a11'を透過せしめられた荷電粒子ビーム10a1bの一部が、第2成形アーチャ10a1mの開口10a1m'（図4参照）を透過せしめられる。詳細には、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、第1成形アーチャ10a11の開口10a11'を透過せしめられた荷電粒子ビーム10a1bをビーム寸法可変偏向器10a1d
40
50

(図1参照)によって偏向することにより、第2成形アーチャ $10a1m$ の開口 $10a1m'$ を透過せしめられる荷電粒子ビーム $10a1b$ の水平断面形状を、例えば矩形(正方形または長方形)にしたり、例えば三角形にしたりすることができる。次いで、例えば、第2成形アーチャ $10a1m$ の開口 $10a1m'$ を透過せしめられた荷電粒子ビーム $10a1b$ を、試料Mのレジストの所定の位置に所定の照射時間だけ照射し続けることにより、第2成形アーチャ $10a1m$ の開口 $10a1m'$ を透過せしめられた荷電粒子ビーム $10a1b$ の水平断面形状と概略同一形状のパターンPAを試料Mのレジストに描画することができる。

【0024】

更に、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、図1および図2に示すように、例えば、ショットデータ生成部 $10b1g$ により生成されたショットデータに基づき、偏向制御部 $10b1h$ によって偏向制御回路 $10b4$ を介して副偏向器 $10a1e$ を制御することにより、第2成形アーチャ $10a1m$ の開口 $10a1m'$ (図4参照)を透過せしめられた荷電粒子ビーム $10a1b$ が、副偏向器 $10a1e$ によって偏向される。また、例えば、ショットデータ生成部 $10b1g$ により生成されたショットデータ、位置ずれマップ記憶部 $10b1c$ に記憶されている位置ずれ量マップ $p(x, y)$ 等に基づき、グリッドマッチング制御部 $10b1d$ および偏向制御部 $10b1h$ によって偏向制御回路 $10b5$ を介して主偏向器 $10a1f$ を制御することにより、副偏向器 $10a1e$ によって偏向された荷電粒子ビーム $10a1b$ が、主偏向器 $10a1f$ によって更に偏向される。つまり、例えば、副偏向器 $10a1e$ および主偏向器 $10a1f$ によって荷電粒子ビーム $10a1b$ が偏向される量、向きなどを調整することにより、試料Mに照射される荷電粒子ビーム $10a1b$ の照射位置を調整することができる。10

【0025】

また、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、図1および図2に示すように、例えば、ショットデータ生成部 $10b1g$ により生成されたショットデータ、レーザー干渉計 $10a2b$ の出力等に基づき、ステージ制御部 $10b1i$ によってステージ制御回路 $10b6$ を介して可動ステージ $10a2a$ の移動が制御される。20

【0026】

図1および図2に示す例では、例えば、半導体集積回路の設計者などによって作成されたCADデータ(レイアウトデータ、設計データ)を荷電粒子ビーム描画装置10用のフォーマットに変換することにより得られた描画データが、荷電粒子ビーム描画装置10の制御部 $10b$ の制御計算機 $10b1$ に入力される。一般的に、CADデータ(レイアウトデータ、設計データ)には、多数の微小なパターンが含まれており、CADデータ(レイアウトデータ、設計データ)のデータ量はかなりの大容量になっている。更に、一般的に、CADデータ(レイアウトデータ、設計データ)等を他のフォーマットに変換しようとすると、変換後のデータのデータ量は更に増大してしまう。この点に鑑み、CADデータ(レイアウトデータ、設計データ)、および、荷電粒子ビーム描画装置10の制御部 $10b$ の制御計算機 $10b1$ に入力される描画データでは、データの階層化が採用され、データ量の圧縮化が図られている。30

【0027】

図5は図1および図2に示す描画データの一部の一例を概略的に示した図である。図5に示す例では、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10に適用される描画データが、例えば、チップ階層CP、チップ階層CPよりも下位のフレーム階層FR、フレーム階層FRよりも下位のブロック階層BL、ブロック階層BLよりも下位のセル階層CL、および、セル階層CLよりも下位の図形階層FGに階層化されている。詳細には、例えば、チップ階層CPの要素の一部であるチップCP1が、フレーム階層FRの要素の一部である3個のフレームFR1, FR2, FR3に対応している。また、例えば、フレーム階層FRの要素の一部であるフレームFR1が、ブロック階層BLの要素の一部である18個のブロックBL00, ..., BL52に対応している。更に、例えば、ブロック階層BLの要素の一部であるブロックBL00が、セル階層CLの要素の一部である複数のセルCL40

50

50

50

50

50

A , C L B , C L C , C L D , ... に対応している。また、例えば、セル階層 C L の要素の一部であるセル C L A が、図形階層 F G の要素の一部である多数の図形 F G 1 , F G 2 , F G 3 , ... に対応している。第 1 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 1 0 では、図 1 、図 2 および図 5 に示すように、描画データに含まれている図形階層 F G (図 5 参照) の多数の図形 F G 1 , F G 2 , F G 3 , ... (図 5 参照) に対応するパターン P A 1 , P A 2 , P A 3 , ... (図 6 参照) が、荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b (図 1 参照) によって試料 M (図 1 および図 6 参照) の描画領域 D A (図 6 参照) に描画される。

【 0 0 2 8 】

図 6 は描画データに含まれている図形 F G 1 , F G 2 , F G 3 , ... に対応するパターン P A 1 , P A 2 , P A 3 , ... が荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b によって描画される描画順序を説明するための図である。図 6 に示す例では、例えば、試料 M の描画領域 D A が例えば n 個の短冊状のストライプ S T R 1 , S T R 2 , S T R 3 , S T R 4 , ... , S T R n に仮想分割されている。また、図 6 に示す例では、例えば、荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b が、ストライプ S T R 1 内を図 6 の左側から図 6 の右側に向かって走査され、描画データに含まれている多数の図形 F G 1 , F G 2 , F G 3 , ... (図 5 参照) に対応するパターン P A 1 , P A 2 , P A 3 , ... が荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b によって試料 M のストライプ S T R 1 内に描画される。次いで、例えば、荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b が、ストライプ S T R 2 内を図 6 の右側から図 6 の左側に向かって走査され、描画データに含まれている多数の図形に対応するパターン (図示せず) が荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b によって試料 M のストライプ S T R 2 内に描画される。次いで、同様に、描画データに含まれている多数の図形に対応するパターン (図示せず) が荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b によって試料 M のストライプ S T R 3 , S T R 4 , ... , S T R n 内に描画される。

【 0 0 2 9 】

詳細には、図 6 に示す例では、例えば、荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b によってストライプ S T R 1 内にパターン P A 1 , P A 2 , P A 3 , ... が描画される時、可動ステージ 1 0 a 2 a (図 1 参照) が図 6 の右側から図 6 の左側に移動するように、ステージ制御部 1 0 b 1 i (図 2 参照) によってステージ制御回路 1 0 b 6 (図 1 参照) を介して可動ステージ 1 0 a 2 a が制御される。次いで、例えば、荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b によってストライプ S T R 2 内にパターン (図示せず) が描画される前に、可動ステージ 1 0 a 2 a が図 6 の上側から図 6 の下側に移動するように可動ステージ 1 0 a 2 a が制御される。次いで、例えば、荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b によってストライプ S T R 2 内にパターン (図示せず) が描画される時、可動ステージ 1 0 a 2 a が図 6 の左側から図 6 の右側に移動するよう可動ステージ 1 0 a 2 a が制御される。

【 0 0 3 0 】

図 7 は図 6 に示すパターン P A 1 , P A 2 , P A 3 の描画に伴って生じるレジストの帶電、荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b の位置ずれ、および、荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b の位置ずれを相殺する帶電効果補正の考え方について概略的に説明するための図である。

【 0 0 3 1 】

図 7 に示す例では、図 7 (A) に示すように、パターン P A 1 が、試料 M のレジストに描画される最初のパターンであるため、パターン P A 1 を描画するための荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b の照射時 (ショット時) に、まだ試料 M のレジストが帶電していない。従って、パターン P A 1 を描画するために照射される荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b には、レジストの帶電効果に伴う位置ずれが生じない。そのため、第 1 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 1 0 では、パターン P A 1 を描画するための荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b の照射時 (ショット時) に、荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b の位置ずれを補正する処理が特に実行されることなく、荷電粒子ビーム 1 0 a 1 b が試料 M のレジストの目標位置に正確に照射され、パターン P A 1 が試料 M のレジストの目標位置に正確に描画される。

【 0 0 3 2 】

次いで、図 7 に示す例では、パターン P A 1 (図 7 (A) 参照) を描画するために照射された荷電粒子ビーム (図 7 に示す例では、電子ビーム) 1 0 a 1 b (図 7 (A) 参照)

10

20

30

40

50

によって、図7(B)に示すように、試料Mのレジストが帯電する。詳細には、図7(A)および図7(B)に示すように、試料Mのレジストのうち、パターンPA1を描画するための荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1bの照射領域が正に帯電し、そのまわりの非照射領域が、かぶり荷電粒子(かぶり電子)によって負に帯電する。

【0033】

次いで、図7に示す例では、図7(C)および図7(D)に示すように、パターンPA2を描画するための荷電粒子ビーム10a1bが照射される。詳細には、パターンPA2を描画するために照射される荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1bは、正に帯電している照射領域のプラス電荷から引力を受け、負に帯電している非照射領域のマイナス電荷から斥力を受ける。その結果、図7に示す例では、例えば、図7(C)に示すように、パターンPA2を描画するために照射される荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1bに対して、レジストの帯電効果に伴う位置ずれp2が生じる。そこで、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、図7(D)に示すように、レジストの帯電効果に伴う荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1bの位置ずれp2(図7(C)参照)を補正するように、主偏向器10a1f(図1参照)によって荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1bが矢印p2'の向き(位置ずれp2(図7(C)参照)の逆向き)に偏向される。その結果、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、パターンPA2を描画するための荷電粒子ビーム10a1bが試料Mのレジストの目標位置に正確に照射され、パターンPA2を試料Mのレジストの目標位置に正確に描画することができる。

【0034】

詳細には、パターンPA1(図7(A)参照)を描画するために照射された荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1b(図7(A)参照)により生じた荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1bの照射領域の帯電は、時間の経過と共に減衰する性質を有する。そのため、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、照射時刻算出部10b1b5(図3参照)によって、パターンPA1を描画するための荷電粒子ビーム10a1bの照射時刻T1が算出される。また、例えば、経過時間算出部10b1b6(図3参照)によって、経過時間t2(パターンPA2(図7(D)参照)を描画するための荷電粒子ビーム10a1b(図7(D)参照)の照射時刻T2)が算出される。更に、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、レジストの帯電効果に伴う荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1bの位置ずれp2(図7(C)参照)を図7(D)に示すように補正する時に、パターンPA1を描画するための荷電粒子ビーム10a1bが照射されてからパターンPA2を描画するための荷電粒子ビーム10a1bが照射されるまでの時間(T2-T1)に基づいて、パターンPA1を描画するために照射された荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1bにより生じた荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1bの照射領域の帯電の減衰が考慮される。

【0035】

次いで、図7に示す例では、パターンPA1(図7(A)参照)を描画するために照射された荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1b(図7(A)参照)と、パターンPA2(図7(D)参照)を描画するために照射された荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1b(図7(D)参照)とによって、図7(E)に示すように、試料Mのレジストが帯電する。詳細には、図7(D)に示すように、パターンPA2を描画するための荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1bが照射されると、レジストが一瞬だけ導電性を有するEBI C(electron beam induced conductivity)という物理効果が生じる。具体的には、パターンPA2を描画するための荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1bの照射領域では、パターンPA1を描画するための荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1bの照射時(ショット時)に蓄積されたかぶり荷電粒子(かぶり電子)が、レジストから試料Mの下地に逃げて、リセットされる。その結果、図7(E)に示すように、パターンPA2を描画するための荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1bの照射領域が正に帯電する。一方、パターンPA2を描画するための荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1bの照射領域のまわりの非照射領域では、パターンPA1を描画する

ための荷電粒子ビーム（電子ビーム）10a1bの照射時（ショット時）に蓄積されたかぶり荷電粒子（かぶり電子）、および、パターンPA2を描画するための荷電粒子ビーム（電子ビーム）10a1bの照射時（ショット時）に蓄積されたかぶり荷電粒子（かぶり電子）によって負に帯電する。

【0036】

次いで、図7に示す例では、図7(F)および図7(G)に示すように、パターンPA3を描画するための荷電粒子ビーム10a1bが照射される。詳細には、パターンPA3を描画するために照射される荷電粒子ビーム（電子ビーム）10a1bは、正に帯電している照射領域のプラス電荷から引力を受け、負に帯電している非照射領域のマイナス電荷から斥力を受ける。その結果、図7に示す例では、例えば、図7(F)に示すように、パターンPA3を描画するために照射される荷電粒子ビーム（電子ビーム）10a1bに対して、レジストの帯電効果に伴う位置ずれp3が生じる。そこで、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、図7(G)に示すように、レジストの帯電効果に伴う荷電粒子ビーム（電子ビーム）10a1bの位置ずれp3（図7(F)参照）を補正するように、主偏向器10a1f（図1参照）によって荷電粒子ビーム（電子ビーム）10a1bが矢印p3'の向き（位置ずれp3（図7(F)参照）の逆向き）に偏向される。その結果、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、パターンPA3を描画するための荷電粒子ビーム10a1bが試料Mのレジストの目標位置に正確に照射され、パターンPA3を試料Mのレジストの目標位置に正確に描画することができる。

【0037】

詳細には、パターンPA1（図7(A)参照）を描画するために照射された荷電粒子ビーム（電子ビーム）10a1b（図7(A)参照）により生じた荷電粒子ビーム（電子ビーム）10a1bの照射領域の帯電、および、パターンPA2（図7(D)参照）を描画するために照射された荷電粒子ビーム（電子ビーム）10a1b（図7(D)参照）により生じた荷電粒子ビーム（電子ビーム）10a1bの照射領域の帯電は、時間の経過と共に減衰する性質を有する。そのため、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、照射時刻算出部10b1b5（図3参照）によって、パターンPA1を描画するための荷電粒子ビーム10a1bの照射時刻T1、および、パターンPA2（図7(D)参照）を描画するための荷電粒子ビーム10a1b（図7(D)参照）の照射時刻T2が算出される。また、例えば、経過時間算出部10b1b6（図3参照）によって、経過時間t3（パターンPA3（図7(G)参照）を描画するための荷電粒子ビーム10a1b（図7(G)参照）の照射時刻T3）が算出される。更に、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、レジストの帯電効果に伴う荷電粒子ビーム（電子ビーム）10a1bの位置ずれp3（図7(F)参照）を図7(G)に示すように補正する時に、パターンPA1を描画するための荷電粒子ビーム10a1bが照射されてからパターンPA3を描画するための荷電粒子ビーム10a1bが照射されるまでの時間（T3-T1）に基づいて、パターンPA1を描画するために照射された荷電粒子ビーム（電子ビーム）10a1bにより生じた荷電粒子ビーム（電子ビーム）10a1b（図7(A)参照）の照射領域の帯電の減衰が考慮され、更に、パターンPA2を描画するための荷電粒子ビーム10a1bが照射されてからパターンPA3を描画するための荷電粒子ビーム10a1bが照射されるまでの時間（T3-T2）に基づいて、パターンPA2を描画するために照射された荷電粒子ビーム（電子ビーム）10a1bにより生じた荷電粒子ビーム（電子ビーム）10a1b（図7(D)参照）の照射領域の帯電の減衰が考慮される。

【0038】

第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、図7を参照して説明した帯電効果補正処理を、試料M（図6参照）の描画領域DA（図6参照）内のレジストに照射される荷電粒子ビーム10a1b（図6参照）のショットの順序に従って、試料Mの描画領域DA内のレジストに照射される荷電粒子ビーム10a1bの最後のショットまで実行することにより、試料Mの描画領域DA内のすべてのパターンPA1, PA2, PA3, ...（図6参照）を目標位置に正確に描画することができる。

10

20

30

40

50

【0039】

更に、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、図7を参照して説明した帶電効果補正処理を、オンライン処理によって実行することが目的とされている。具体的には、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、レイアウトジョブ登録が実行され、描画データが制御部10b(図1参照)の制御計算機10b1(図1および図2参照)に入力され、最初の荷電粒子ビーム10a1b(図6参照)の照射の準備が完了するまでに、レジストの帶電効果に伴う荷電粒子ビーム(電子ビーム)10a1bの位置ずれ量(位置ずれp2, P3, …(図7参照))の向きおよび量)の算出を完了させることが目的とされている。この目的を達成するために、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、帶電効果補正処理部10b1b(図2および図3参照)における処理時間(演算時間)を短縮するために、以下のような工夫が施されている。10

【0040】

具体的には、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、入力部10b1a(図2参照)によって読み込まれた描画データが、帶電効果補正処理部10b1b(図2および図3参照)に転送されると、まず最初に、初期条件として、パターン面積密度分布算出部10b1b1(図3参照)によってパターン面積密度分布(x, y)がゼロに設定され、ドーズ量分布算出部10b1b2(図3参照)によってドーズ量分布D(x, y)がゼロに設定され、照射量分布算出部10b1b3(図3参照)によって照射量分布E(x, y)がゼロに設定され、かぶり荷電粒子量算出部10b1b4(図3参照)によってかぶり荷電粒子量分布(かぶり電子量分布)F(x, y)がゼロに設定され、照射時刻算出部10b1b5(図3参照)によって照射時刻Tがゼロに設定され、経過時間算出部10b1b6(図3参照)によって経過時間tがゼロに設定される。20

【0041】

次いで、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、試料M(図6参照)の描画領域DA(図6参照)のストライプSTR1(図6参照)内に荷電粒子ビーム10a1b(図6参照)により描画されるパターンPA1, PA2, PA3, …(図6参照)の面積密度分布(x, y)が、描画データに基づき、パターン面積密度分布算出部10b1b1(図3参照)によって中央演算処理部(CPU)10b1b9(図3参照)を用いて算出される。更に、ストライプSTR1内のパターン面積密度分布(x, y)が、初期設定時のパターン面積密度分布(x, y)(=0)に加算される。30

【0042】

図8は試料Mの描画領域DAのストライプSTR1内のパターン面積密度分布(x, y)を表わすパターン面積密度分布マップ等を示した図である。詳細には、図8(A)は試料M(図6参照)の描画領域DA(図6参照)のストライプSTR1(図6参照)内のパターン面積密度分布(x, y)を表わすパターン面積密度分布マップを示している。図8(A)に示す例では、ストライプSTR1がa個×b個のメッシュに分割されている。

【0043】

次いで、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、試料M(図6参照)の描画領域DA(図6参照)のストライプSTR1(図6参照)内のパターン面積密度分布(x, y)とレジスト内における荷電粒子(電子)の後方散乱率とにに基づき、ドーズ量分布D(x, y)が、ドーズ量分布算出部10b1b2(図3参照)によって中央演算処理部(CPU)10b1b9(図3参照)を用いて算出される。具体的には、中央演算処理部(CPU)10b1b9によって下記の式の演算が実行される。更に、ストライプSTR1内のドーズ量分布D(x, y)が、初期設定時のドーズ量分布D(x, y)(=0)に加算される。40

【0044】

$$D(x, y) = D_0 \times (1 + 2 \times \text{レジスト内の荷電粒子の後方散乱率}) / (1 + 2 \times \text{レジスト内の荷電粒子の後方散乱率} \times (x, y))$$

ここで、 D_0 は基準ドーズ量、 レジスト内の荷電粒子の後方散乱率 である。

【0045】

図 8 (B) は試料M(図6参照)の描画領域DA(図6参照)のストライプSTR1(図6参照)内のドーズ量分布D(x,y)を表わすドーズ量分布マップを示している。図8(B)に示す例では、ストライプSTR1がa個×b個のメッシュに分割されている。

【0046】

次いで、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、試料M(図6参照)の描画領域DA(図6参照)のストライプSTR1(図6参照)内のパターン面積密度分布(x,y)とドーズ量分布D(x,y)との積である照射量分布E(x,y)が、照射量分布算出部10b1b3(図3参照)によって中央演算処理部(CPU)10b1b9(図3参照)を用いて算出される。更に、ストライプSTR1内の照射量分布E(x,y)が、初期設定時の照射量分布E(x,y)(=0)に加算される。

10

【0047】

図8(C)は試料M(図6参照)の描画領域DA(図6参照)のストライプSTR1(図6参照)内の照射量分布E(x,y)を表わす照射量分布マップを示している。図8(C)に示す例では、ストライプSTR1がa個×b個のメッシュに分割されている。

【0048】

次いで、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、照射量分布E(x,y)とかぶり荷電粒子分布(かぶり電子分布)g(x,y)とのコンボリューション計算(畳み込み積分)が、かぶり荷電粒子量分布算出部10b1b4(図3参照)によって、中央演算処理部(CPU)10b1b9(図3参照)よりも速い演算処理速度を有する例えばGPU(グラフィックスプロセッシングユニット)等のような高速演算処理部10b1b10(図3参照)を用いて実行され、かぶり荷電粒子量分布(かぶり電子量分布)F(x,y)が算出される。詳細には、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、高速演算処理部10b1b10による演算処理が、中央演算処理部(CPU)10b1b9(図3参照)による演算処理と並列に実行される。更に、算出されたかぶり荷電粒子量分布F(x,y)が、初期設定時のかぶり荷電粒子量分布F(x,y)(=0)に加算される。

20

【0049】

詳細には、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、かぶり荷電粒子分布(かぶり電子分布)g(x,y)としてガウシアン分布(正規分布)が用いられ、かぶり荷電粒子分布(かぶり電子分布)g(x,y)が下記の式のように設定されている。

30

【0050】

$$g(x, y) = (1 / \pi)^{1/2} \times e^{-x^2 / 2} \times e^{-y^2 / 2}$$

ここで、 π はかぶり散乱半径(正規分布の標準偏差)である。

【0051】

図9は試料Mの描画領域DAのストライプSTR1全体の照射量分布E(x,y)とかぶり荷電粒子分布(かぶり電子分布)g(x,y)とのコンボリューション計算(畳み込み積分)が実行された時点におけるかぶり荷電粒子量分布(かぶり電子量分布)F(x,y)を表わすかぶり荷電粒子量分布マップ等を示した図である。詳細には、図9(A)は試料Mの描画領域DA(図6参照)のストライプSTR1全体の照射量分布E(x,y)とかぶり荷電粒子分布(かぶり電子分布)g(x,y)とのコンボリューション計算(畳み込み積分)が実行された時点(つまり、ストライプSTR1内のすべての荷電粒子ビーム10a1bのショットが実行された時点)におけるかぶり荷電粒子量分布(かぶり電子量分布)F(x,y)を表わすかぶり荷電粒子量分布マップを示している。図9(A)に示す例では、例えば、荷電粒子ビーム10a1b(図6参照)の照射位置から半径40mmの範囲内で帶電効果の影響を考慮する必要があるという考えに基づき、ストライプSTR1の上側(図9(A)の上側)の端部よりも40mm上側の位置と、試料Mの下側(図9(A)の下側)の端部と、試料Mの右側(図9(A)の右側)の端部と、試料Mの左側(図9(A)の左側)の端部とによって画定される矩形形状のかぶり荷電粒子量分布マップが作成される。

40

50

【0052】

更に、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、高速演算処理部10b1b10(図3参照)による演算処理に並列して、パターンPA1, PA2, PA3,...(図6参照)を描画するために照射される荷電粒子ビーム10a1b(図6参照)の照射時刻Tが、照射時刻算出部10b1b5(図3参照)によって、中央演算処理部(CPU)10b1b9(図3参照)を用いて算出される。

【0053】

また、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、高速演算処理部10b1b10(図3参照)による演算処理に並列して、図7を参照して説明した「帯電の減衰」を考慮するために必要な経過時間tが、経過時間算出部10b1b6(図3参照)によって、中央演算処理部(CPU)10b1b9(図3参照)を用いて算出される。

10

【0054】

更に、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、高速演算処理部10b1b10(図3参照)による演算処理に並列して、荷電粒子ビーム10a1b(図6参照)の照射により帯電せしめられる試料M(図6参照)のレジストの帯電量分布C(x,y)が、帯電量分布算出部10b1b7(図3参照)によって、中央演算処理部(CPU)10b1b9(図3参照)を用いて算出される。詳細には、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、荷電粒子ビーム10a1bの非照射領域における帯電量分布Cf(x,y)が下記の式に基づいて算出される。

【0055】

20

$$C_f(x, y) = f_1 \times F + f_2 \times F^2 + f_3 \times F^3$$

ここで、 f_1 は定数、 f_2 は定数、 f_3 は定数、Fはかぶり荷電粒子量分布算出部10b1b4(図3参照)によって算出されたかぶり荷電粒子量分布F(x,y)である。

【0056】

更に、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、荷電粒子ビーム10a1bの照射領域における帯電量分布Ce(x,y)が下記の式(1)、式(2)および式(3)に基づいて算出される。

【0057】

$$Ce(x, y) = d_0 + d_1 \times + d_2 \times D + d_3 \times E + e_1 \times F + e_2 \times F^2 + e_3 \times F^3 + (\quad) \times e \times p(- (t - T) / (\quad)) \dots (1)$$

$$(\quad) = d_0 + d_1 \times + d_2 \times \dots (2)$$

$$(\quad) = d_0 + d_1 \times + d_2 \times \dots (3)$$

30

ここで、 d_0 は定数、 d_1 は定数、 \quad はパターン面積密度分布算出部10b1b1(図3参照)によって算出されたパターン面積密度分布(x,y)、 d_2 は定数、Dはドーズ量分布算出部10b1b2(図3参照)によって算出されたドーズ量分布D(x,y)、 d_3 は定数、Eは照射量分布算出部10b1b3(図3参照)によって算出された照射量分布E(x,y)、 e_1 は定数、 e_2 は定数、 e_3 は定数、 (\quad) は帯電減衰量、 d_0 は定数、 d_1 は定数、 d_2 は定数、 (\quad) は帯電減衰時定数、 d_0 は定数、 d_1 は定数、 d_2 は定数である。

【0058】

40

詳細には、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、パターン面積密度が大きいほど帯電減衰量 (\quad) が大きくなり、パターン面積密度が大きいほど帯電が速く減衰する点が考慮されている。更に、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、例えば、荷電粒子ビーム10a1b(図6参照)の非照射領域における帯電量分布Cf(x,y)および荷電粒子ビーム10a1bの照射領域における帯電量分布Ce(x,y)の和集合により、帯電量分布C(x,y)(=Ce(x,y)+Cf(x,y))が算出される。

【0059】

図9(B)は図9(A)に示す試料Mの描画領域DA(図6参照)のストライプSTR1全体のかぶり荷電粒子量分布マップが作成された時点(つまり、ストライプSTR1内

50

のすべての荷電粒子ビーム 10 a 1 b のショットが実行された時点)における帯電量分布マップを示している。図 9 (B) に示す例では、図 9 (A) に示す例と同様に、例えば、荷電粒子ビーム 10 a 1 b (図 6 参照) の照射位置から半径 40 mm の範囲内で帯電効果の影響を考慮する必要があるという考えに基づき、ストライプ S T R 1 の上側 (図 9 (B) の上側) の端部よりも 40 mm 上側の位置と、試料 M の下側 (図 9 (B) の下側) の端部と、試料 M の右側 (図 9 (B) の右側) の端部と、試料 M の左側 (図 9 (B) の左側) の端部とによって画定される矩形形状の帯電量分布マップが作成される。

【 0 0 6 0 】

次いで、第 1 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 では、例えば、帯電量分布 C (x, y) と位置ずれ応答関数 r (x, y) とのコンボリューション計算 (畳み込み積分) が、位置ずれ量マップ算出部 10 b 1 b 8 (図 3 参照) によって、高速演算処理部 10 b 1 b 1 0 (図 3 参照) を用いて実行され、位置ずれ量マップ p (x, y) が算出される。詳細には、第 1 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 では、高速演算処理部 10 b 1 b 1 0 による演算処理が、中央演算処理部 (C P U) 10 b 1 b 9 (図 3 参照) による演算処理と並列に実行される。図 9 (C) は試料 M (図 6 参照) の描画領域 D A (図 6 参照) のストライプ S T R 1 全体の位置ずれ量マップ p (x, y) を示している。

【 0 0 6 1 】

図 9 (A) には、試料 M の描画領域 D A (図 6 参照) のストライプ S T R 1 内のすべての荷電粒子ビーム 10 a 1 b (図 6 参照) のショットが終了した時点におけるかぶり荷電粒子量分布マップが示され、図 9 (B) には、試料 M の描画領域 D A (図 6 参照) のストライプ S T R 1 内のすべての荷電粒子ビーム 10 a 1 b (図 6 参照) のショットが終了した時点における帯電量分布マップが示されているが、図 7 を参照して説明したように、かぶり荷電粒子量分布 (かぶり電子量分布) F (x, y) および帯電量分布 C (x, y) は荷電粒子ビーム 10 a 1 b (図 6 参照) のショットが実行される毎に変化する。従って、レジストの帯電効果に伴う位置ずれ量を正確に把握し、荷電粒子ビーム 10 a 1 b を試料 M のレジストの目標位置に正確に照射するためには、好ましくは、荷電粒子ビーム 10 a 1 b のショットが実行される毎に、かぶり荷電粒子量分布算出部 10 b 1 b 4 (図 3 参照) によってかぶり荷電粒子量分布 (かぶり電子量分布) F (x, y) が算出され、帯電量分布算出部 10 b 1 b 7 (図 3 参照) によって帯電量分布 C (x, y) が算出され、位置ずれ量マップ算出部 10 b 1 b 8 (図 3 参照) によって荷電粒子ビーム 10 a 1 b の位置ずれ p₂, p₃, ... (図 7 参照) が算出される。

【 0 0 6 2 】

図 8 および図 9 を参照することにより、図 9 (C) に示す試料 M (図 6 参照) の描画領域 D A (図 6 参照) のストライプ S T R 1 全体の位置ずれ量マップ p (x, y) が作成される工程を説明したが、第 1 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 では、例えば、上述した工程とほぼ同様の工程をストライプ S T R 2, S T R 3, S T R 4, ..., S T R n (図 6 参照) に対して実行することにより、試料 M の描画領域 D A 全体の位置ずれ量マップ p (x, y) が作成される。

【 0 0 6 3 】

図 10 は第 1 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 による帯電効果補正処理の処理時間などを示した図である。詳細には、図 10 (A) は中央演算処理部 (C P U) 10 b 1 b 9 (図 3 参照) と、中央演算処理部 (C P U) 10 b 1 b 9 よりも速い演算処理速度を有する高速演算処理部 10 b 1 b 1 0 (図 3 参照) とによって並列演算処理が実行される第 1 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 の帯電効果補正処理の処理時間 (経過時間) を示しており、図 10 (B) は同等の演算処理速度を有する 2 個の中央演算処理部 (C P U) 10 b 1 b 9 によって並列演算処理が実行される荷電粒子ビーム描画装置 (比較例) の帯電効果補正処理の処理時間 (経過時間) を示している。

【 0 0 6 4 】

第 1 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 では、図 10 (A) に示すように、パタン面積密度分布算出部 10 b 1 b 1 (図 3 参照) における演算 P 10 b 1 b 1, ドーズ

10

20

30

40

50

量分布算出部 10 b 1 b 2 (図3参照)における演算 P 10 b 1 b 2、照射量分布算出部 10 b 1 b 3 (図3参照)における演算 P 10 b 1 b 3、照射時刻算出部 10 b 1 b 5 (図3参照)における演算 P 10 b 1 b 5、経過時間算出部 10 b 1 b 6 に(図3参照)における演算 P 10 b 1 b 6、および、帯電量分布算出部 10 b 1 b 7 (図3参照)における演算 P 10 b 1 b 7 に、中央演算処理部 10 b 1 b 9 (図3および図10(A)参照)が用いられる。更に、かぶり荷電粒子量分布算出部 10 b 1 b 4 (図3参照)における演算 P 10 b 1 b 4 および位置ずれ量マップ算出部 10 b 1 b 8 (図3参照)における演算 P 10 b 1 b 8 に、中央演算処理部 10 b 1 b 9 よりも速い演算処理速度を有する高速演算処理部 10 b 1 b 10 (図3および図10(A)参照)が用いられる。

【0065】

10

つまり、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、図10(A)に示すように、帯電効果補正処理に必要な演算 P 10 b 1 b 1, P 10 b 1 b 2, P 10 b 1 b 3, P 10 b 1 b 4, P 10 b 1 b 5, P 10 b 1 b 6, P 10 b 1 b 7, P 10 b 1 b 8 が、中央演算処理部 10 b 1 b 9 と、中央演算処理部 10 b 1 b 9 よりも速い演算処理速度を有する高速演算処理部 10 b 1 b 10 との並列処理によって実行される。そのため、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10によれば、高速演算処理部 10 b 1 b 10 が設けられておらず、帯電効果補正処理に必要な演算が1個の中央演算処理部 10 b 1 b 9 のみによって実行される場合(図示せず)や、帯電効果補正処理に必要な演算が、中央演算処理部 10 b 1 b 9 と同等の演算処理速度を有する演算処理部と、中央演算処理部 10 b 1 b 9 との並列処理によって実行される場合(図10(B)に示す比較例)よりも、帯電効果補正処理に要する時間を短縮しつつ、高精度な帯電効果補正処理を実行することができる。

20

【0066】

特に、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、図10(A)に示すように、演算処理負荷が他の演算に比べて突出して大きい演算 P 10 b 1 b 4, P 10 b 1 b 8 に、中央演算処理部 10 b 1 b 9 よりも速い演算処理速度を有する高速演算処理部 10 b 1 b 10 が用いられる。そのため、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10によれば、演算 P 10 b 1 b 4, P 10 b 1 b 8 に要する処理時間を大幅に短縮することができ、上述した帯電効果補正処理のオンライン処理化を実現可能にすることができる。

【0067】

30

詳細には、本願の出願時の技術水準では、荷電粒子ビーム描画装置10の制御基板に実装可能なCPU(中央演算処理部)に、十分に速い演算処理速度を有するものが存在しない。この点に鑑み、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、好ましくは、荷電粒子ビーム描画装置10の制御基板に実装可能なCPU(中央演算処理部) 10 b 1 b 9 (図3参照)よりも速い演算処理速度を有し、外付けタイプ(制御基板に対して実装されないタイプ)のGPU(グラフィックスプロセッシングユニット)が、高速演算処理部 10 b 1 b 10 (図3参照)として用いられる。つまり、高速演算処理部 10 b 1 b 10 が外部高速演算処理部によって構成されている。仮に、将来的に、荷電粒子ビーム描画装置10の制御基板に実装されるCPU(中央演算処理部) 10 b 1 b 9 よりも速い演算処理速度を有するオンチップタイプ(制御基板に対して実装可能なタイプ)のプロセッサが開発される場合には、演算処理速度が速いオンチップタイプのプロセッサによって高速演算処理部 10 b 1 b 10 を構成することも可能である。

40

【0068】

以下、本発明の荷電粒子ビーム描画装置の第3の実施形態について説明する。第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10は、後述する点を除き、上述した第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10とほぼ同様に構成されている。従って、第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10によれば、後述する点を除き、上述した第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10とほぼ同様の効果を奏することができる。

【0069】

図11は第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10の帯電効果補正処理部 10 b 1

50

bの詳細図である。第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、第1の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10の高速演算処理部10b1b10(図3参照)とは異なり、図11に示すように、例えば外付けタイプ(制御基板に対して実装されないタイプ)のGPU(グラフィックスプロセッシングユニット)等のような2個の演算ユニット10b1b10a, 10b1b10bが高速演算処理部10b1b10に設けられている。

【0070】

図12は+1nCの表面点電荷に対する荷電粒子ビームの位置ずれ量の計算結果を示したグラフである。図12に示すように、本発明者等の鋭意研究により、点電荷が存在している位置の近く(点電荷からの距離が1mm未満の位置)に照射される荷電粒子ビーム10a1b(図1参照)の位置ずれ量に比べ、電荷が存在している位置から離れた位置(点電荷からの距離が1mm以上の位置)に照射される荷電粒子ビーム10a1bの位置ずれ量がかなり小さくなり、電荷が存在している位置から離れた位置の帯電量分布マップ(図13(A)参照)のメッシュサイズを大きくしても、高精度な帯電効果補正処理を実行可能であることが見い出された。この点に鑑み、第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、帯電量分布算出部10b1b7(図11参照)により算出される帯電量分布マップ(図13(A)参照)に、第1帯電領域CA1(図13(A)参照)と、第2帯電領域CA2(図13(A)参照)とが設定される。

【0071】

図13は試料Mの描画領域DAのストライプSTR1内のすべての荷電粒子ビーム10a1bのショットが終了した時点における第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10の帯電量分布マップ等を示した図である。詳細には、図13(A)は試料Mの描画領域DA(図6参照)のストライプSTR1内のすべての荷電粒子ビーム10a1b(図6参照)のショットが終了した時点における第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10の帯電量分布マップを示している。図13(B)は試料Mの描画領域DAのストライプSTR1内のすべての荷電粒子ビーム10a1bのショットが終了した時点における第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10の位置ずれ応答関数 $r(x, y) (= r_1(x, y) + r_2(x, y))$ を示している。

【0072】

図14は第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10による帯電効果補正処理の処理時間を示した図である。詳細には、図14は中央演算処理部(CPU)10b1b9(図11参照)と、中央演算処理部(CPU)10b1b9よりも速い演算速度を有する高速演算処理部10b1b10(図11参照)の演算ユニット10b1b10a, 10b1b10b(図11参照)とによって並列演算処理が実行される第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10の帯電効果補正処理の処理時間(経過時間)を示している。

【0073】

第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、図13(A)に示すように、第1帯電領域CA1が、第2帯電領域CA2よりも、荷電粒子ビーム10a1bが照射されて電荷が存在している位置から近い位置(つまり、ストライプSTR1内の位置およびストライプSTR1から近い位置)に設定される。すなわち、第2帯電領域CA2が、第1帯電領域CA1よりも、荷電粒子ビーム10a1bが照射されて電荷が存在している位置から離れた位置(つまり、ストライプSTR1から1mm以上離れた位置)に設定される。

【0074】

更に、第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、帯電量分布マップ(図13(A)参照)の第1帯電領域CA1(図13(A)参照)のメッシュサイズで記述された帯電量分布 $C_1(x, y)$ と帯電量分布マップの第2帯電領域CA2に対応する位置ずれ応答関数 $r_1(x, y)$ (図13(B)参照)とのコンボリューション計算($r_1(x - x', y - y') C_1(x', y')$)を実行するために用いられる演算ユニット10

10

20

30

40

50

b 1 b 1 0 a (図11参照)と、帯電量分布マップ(図13(A)参照)の第2帯電領域C A 2 (図13(A)参照)のメッシュサイズで記述された帯電量分布C 2 (x, y)と帯電量分布マップの第2帯電領域C A 2 に対応する位置ずれ応答関数r 2 (x, y)(図13(B)参照)とのコンボリューション計算($r 2 (x - x', y - y') C 2 (x', y')$)を実行するために用いられる演算ユニット1 0 b 1 b 1 0 b (図11参照)とが、高速演算処理部1 0 b 1 b 1 0 (図11参照)に設けられている。また、第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置1 0では、演算ユニット1 0 b 1 b 1 0 bによるコンボリューション計算結果と演算ユニット1 0 b 1 b 1 0 bによるコンボリューション計算結果との和($r 1 (x - x', y - y') C 1 (x', y') + r 2 (x - x', y - y') C 2 (x', y')$)に基づいて、位置ずれ量マップp (x, y)が算出される。
10

【0075】

つまり、第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置1 0では、図14に示すように、帯電量分布マップ(図13(A)参照)の第1帯電領域C A 1 (図13(A)参照)のメッシュサイズで記述された帯電量分布C 1 (x, y)と帯電量分布マップの第1帯電領域C A 1 に対応する位置ずれ応答関数r 1 (x, y)(図13(B)参照)とのコンボリューション計算(演算P 1 0 b 1 b 8)が演算ユニット1 0 b 1 b 1 0 a (図11参照)を用いて実行されると共に、帯電量分布マップ(図13(A)参照)の第2帯電領域C A 2 (図13(A)参照)のメッシュサイズで記述された帯電量分布C 2 (x, y)と帯電量分布マップの第2帯電領域C A 2 に対応する位置ずれ応答関数r 2 (x, y)(図13(B)参照)とのコンボリューション計算(演算P 1 0 b 1 b 8)が演算ユニット1 0 b 1 b 1 0 b (図11参照)を用いて並列して実行される。
20

【0076】

すなわち、第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置1 0では、帯電量分布C (x, y)と位置ずれ応答関数r (x, y)とのコンボリューション計算($r (x - x', y - y') C (x', y')$)が演算ユニット1 0 b 1 b 1 0 a (図11および図14参照)と演算ユニット1 0 b 1 b 1 0 b (図11および図14参照)とを用いた並列処理によって実行される。そのため、第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置1 0によれば、帯電量分布C (x, y)と位置ずれ応答関数r (x, y)とのコンボリューション計算(演算P 1 0 b 1 b 8 (図10(A)参照))が複数の演算ユニット1 0 b 1 b 1 0 a, 1 0 b 1 b 1 0 bの並列処理によって実行されない場合(図10(A)に示す場合)よりも、帯電量分布(C (x, y))と位置ずれ応答関数(r (x, y))とのコンボリューション計算(演算P 1 0 b 1 b 8 (図14参照))に要する時間を短縮することができる。更に、第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置1 0によれば、帯電量分布算出部1 0 b 1 b 7 (図3参照)により算出される帯電量分布マップ(図9(B)参照)に大きいメッシュサイズを有する帯電領域が設定されず、帯電量分布マップ全体が小さいメッシュサイズを有する帯電領域のみによって構成される場合(図9(B)および図10(A)に示す場合)よりも、帯電量分布(C (x, y))と位置ずれ応答関数(r (x, y))とのコンボリューション計算(演算P 1 0 b 1 b 8)に要する時間を短縮することができる。
30

【0077】

ちなみに、帯電効果補正処理の処理時間(図14の縦軸)を短縮するために、演算処理負荷が大きい演算P 1 0 b 1 b 4, P 1 0 b 1 b 8 (図14参照)のみが演算ユニット1 0 b 1 b 1 0 a, 1 0 b 1 b 1 0 b (図14参照)を用いて実行される第3の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置1 0の帯電効果補正方法とは異なり、演算処理負荷が小さい他の演算P 1 0 b 1 b 1, P 1 0 b 1 b 2, P 1 0 b 1 b 3, P 1 0 b 1 b 5, P 1 0 b 1 b 6, P 1 0 b 1 b 7 (図14参照)も、演算ユニット1 0 b 1 b 1 0 a, 1 0 b 1 b 1 0 bを用いて実行される方法が考えられる。ところが、2個の演算ユニット1 0 b 1 b 1 0 a, 1 0 b 1 b 1 0 bとして例えば外付けタイプ(制御基板に対して実装されないタイプ)のGPU(グラフィックスプロセッシングユニット)が用いられる場合、演算ユニット1 0 b 1 b 1 0 a, 1 0 b 1 b 1 0 bの演算処理速度が、中央演算処理部(CPU)1 0 b 1 b 9 (図14参照)の演算処理速度より速いものの、パターン面積密度分布算出部1
40

0 b 1 b 1 (図 11 参照) などから演算ユニット 10 b 1 b 1 0 a , 10 b 1 b 1 0 b へのアクセス速度が、パターン面積密度分布算出部 10 b 1 b 1 などから中央演算処理部 (CPU) 10 b 1 b 9 へのアクセス速度より遅い傾向がある。従って、演算処理負荷が小さい演算 P 10 b 1 b 1 , P 10 b 1 b 2 , P 10 b 1 b 3 , P 10 b 1 b 5 , P 10 b 1 b 6 , P 10 b 1 b 7 (図 14 参照) が演算ユニット 10 b 1 b 1 0 a , 10 b 1 b 1 0 b を用いて実行される方法を採用しても、第 3 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 の帯電効果補正方法に比べて、帯電効果補正処理の処理時間が短縮されることは殆どなく、かえって、帯電効果補正処理の処理時間が長くなってしまうおそれがあると考えられる。

【0078】

好ましくは、第 3 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 では、帯電量分布マップ (図 13 (A) 参照) の第 1 帯電領域 CA 1 (図 13 (A) 参照) に含まれるメッシュ数と、帯電量分布マップの第 2 帯電領域 CA 2 (図 13 (A) 参照) に含まれるメッシュ数とが等しくされる。そのようにすることにより、演算ユニット 10 b 1 b 1 0 a (図 14 参照) を用いた帯電量分布マップの第 1 帯電領域 CA 1 のメッシュサイズで記述された帯電量分布 C 1 (x, y) と帯電量分布マップの第 1 帯電領域 CA 1 に対応する位置ずれ応答関数 r 1 (x, y) とのコンボリューション計算 (演算 P 10 b 1 b 8 (図 14 参照)) に要する時間と、演算ユニット 10 b 1 b 1 0 b (図 14 参照) を用いた帯電量分布マップの第 2 帯電領域 CA 2 (図 13 (A) 参照) のメッシュサイズで記述された帯電量分布 C 2 (x, y) と帯電量分布マップの第 2 帯電領域 CA 2 に対応する位置ずれ応答関数 r 2 (x, y) とのコンボリューション計算 (演算 P 10 b 1 b 8 (図 14 参照)) に要する時間とをほぼ等しくすることができる。

【0079】

以下、本発明の荷電粒子ビーム描画装置の第 4 の実施形態について説明する。第 4 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 は、後述する点を除き、上述した第 1 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 とほぼ同様に構成されている。従って、第 4 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 によれば、後述する点を除き、上述した第 1 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 とほぼ同様の効果を奏することができる。

【0080】

第 4 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 の帯電効果補正処理部 10 b 1 b では、図 11 に示す第 3 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 の帯電効果補正処理部 10 b 1 b と同様に、例えば 2 個の演算ユニット 10 b 1 b 1 0 a , 10 b 1 b 1 0 b が高速演算処理部 10 b 1 b 1 0 に設けられている。

【0081】

帯電量分布 C (x, y) と位置ずれ応答関数 r (x, y) とのコンボリューション計算 ($r(x - x', y - y') C(x', y')$) を実行することにより得られる荷電粒子ビーム 10 a 1 b (図 1 参照) の位置ずれ量 p は、x 方向の成分 p_x と y 方向の成分 p_y とに分割することができる。この点に鑑み、第 4 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 では、位置ずれ量 p の x 方向の成分 p_x を算出するための位置ずれ応答関数 r_x (x, y) と、位置ずれ量 p の y 方向の成分 p_y を算出するための位置ずれ応答関数 r_y (x, y) とが別個に設定される。

【0082】

図 15 は位置ずれ量 p の x 方向の成分 p_x を算出するための位置ずれ応答関数 r_x (x, y) の一例を示した図である。図 16 は位置ずれ量 p の y 方向の成分 p_y を算出するための位置ずれ応答関数 r_y (x, y) の一例を示した図である。

【0083】

第 4 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 では、高速演算処理部 10 b 1 b 1 0 (図 11 参照) の演算ユニット 10 b 1 b 1 0 a (図 11 参照) を用いることによって、位置ずれ量 p の x 方向の成分 p_x を算出するための位置ずれ応答関数 r_x (x, y) と帯電量分布 C (x, y) とのコンボリューション計算 ($r_x(x - x', y - y') C(x'$

10

20

30

40

50

' , y')) が実行されると共に、高速演算処理部 10 b 1 b 1 0 の演算ユニット 10 b 1 b 1 0 b (図 11 参照) を用いることによって、位置ずれ量 p の y 方向の成分 p y を算出するための位置ずれ応答関数 $r_y(x, y)$ と帯電量分布 $C(x, y)$ とのコンボリューション計算 ($r_y(x - x', y - y') C(x', y')$) が並列して実行される。

【 0 0 8 4 】

つまり、第 4 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 では、帯電量分布 $C(x, y)$ と位置ずれ応答関数 $r(x, y)$ とのコンボリューション計算 ($r(x - x', y - y') C(x', y') = r_x(x - x', y - y') C(x', y') + r_y(x - x', y - y') C(x', y')$) が演算ユニット 10 b 1 b 1 0 a (図 11 参照) と演算ユニット 10 b 1 b 1 0 b (図 11 参照) との並列処理によって実行される。その結果、第 4 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 による帯電効果補正処理の処理時間は、図 14 に示す第 3 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 による帯電効果補正処理の処理時間とほぼ同様になる。

【 0 0 8 5 】

そのため、第 4 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 によれば、帯電量分布 $C(x, y)$ と位置ずれ応答関数 $r(x, y)$ とのコンボリューション計算 (演算 P 10 b 1 b 8) (図 10 (A) 参照) が複数の演算ユニット 10 b 1 b 1 0 a , 10 b 1 b 1 0 b (図 11 参照) の並列処理によって実行されない場合 (図 3 および図 10 (A) に示す場合) よりも、帯電量分布 $C(x, y)$ と位置ずれ応答関数 $r(x, y)$ とのコンボリューション計算 (演算 P 10 b 1 b 8) (図 14 参照) に要する時間を短縮することができる。

【 0 0 8 6 】

以下、本発明の荷電粒子ビーム描画装置の第 5 の実施形態について説明する。第 5 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 は、後述する点を除き、上述した第 1 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 とほぼ同様に構成されている。従って、第 5 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 によれば、後述する点を除き、上述した第 1 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 とほぼ同様の効果を奏すことができる。

【 0 0 8 7 】

第 5 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 の帯電効果補正処理部 10 b 1 b では、図 11 に示す第 3 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 の帯電効果補正処理部 10 b 1 b と同様に、例えば 2 個の演算ユニット 10 b 1 b 1 0 a , 10 b 1 b 1 0 b が高速演算処理部 10 b 1 b 1 0 に設けられている。

【 0 0 8 8 】

図 17 は荷電粒子ビーム 10 a 1 b の照射位置からの距離 (半径) とかぶり荷電粒子量 (かぶり電子量) との関係を示した図である。図 17 において、横軸は荷電粒子ビーム 10 a 1 b の照射位置からの距離 (半径) を示している。つまり、図 17 は横軸の座標が 0 mm の位置に荷電粒子ビーム 10 a 1 b が照射されたことを示している。また、図 17 において、縦軸はかぶり荷電粒子量 (かぶり電子量) を示している。

【 0 0 8 9 】

本発明者等の鋭意研究により、図 17 に示すように、荷電粒子ビーム 10 a 1 b (図 1 参照) の照射位置の近く (荷電粒子ビーム 10 a 1 b の照射位置からの距離が約 2 ~ 3 m m 未満の位置) におけるかぶり荷電粒子分布 (かぶり電子分布) と、荷電粒子ビーム 10 a 1 b の照射位置から離れた位置 (荷電粒子ビーム 10 a 1 b の照射位置からの距離が約 2 ~ 3 mm 以上 の位置) におけるかぶり荷電粒子分布 (かぶり電子分布) とが、異なる別個のガウシアン分布 (正規分布) $g_1(x, y)$, $g_2(x, y)$ によって記述され得ることが見い出された。つまり、本発明者等の鋭意研究により、かぶり荷電粒子分布 (かぶり電子分布) を単一のガウシアン分布 $g(x, y)$ によって記述すると、高精度な帯電効果補正を実行することができないことが見い出された。

【 0 0 9 0 】

この点に鑑み、第 5 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 では、第 1 ガウシアン分

10

20

30

40

50

布 $g_1(x, y) (= (1/\sigma_1^2) \times \exp(-(\bar{x}^2 + \bar{y}^2)/\sigma_1^2))$ と、第 1 ガウシアン分布 $g_1(x, y)$ のかぶり散乱半径 σ_1 よりも大きいかぶり散乱半径 σ_2 を有する第 2 ガウシアン分布 $g_2(x, y) (= (1/\sigma_2^2) \times \exp(-(\bar{x}^2 + \bar{y}^2)/\sigma_2^2))$ とが別個に設定される。詳細には、かぶり荷電粒子量分布算出部 10 b 1 b 4 (図 11 参照) により、第 1 ガウシアン分布 $g_1(x, y)$ と第 2 ガウシアン分布 $g_2(x, y)$ との和として、かぶり荷電粒子分布 $g(x, y) (= (1/\sigma_1^2) \times \exp(-(\bar{x}^2 + \bar{y}^2)/\sigma_1^2) + (1/\sigma_2^2) \times \exp(-(\bar{x}^2 + \bar{y}^2)/\sigma_2^2))$ が設定される。

【0091】

更に、第 5 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 では、第 1 照射量分布マップ (図 18 参照) と、第 1 照射量分布マップのメッシュサイズよりも大きいメッシュサイズを有する第 2 照射量分布マップ (図 18 参照) とが、照射量分布算出部 10 b 1 b 3 (図 11 参照) によって算出される。図 18 は試料 M の描画領域 D A のストライプ S T R 1 内のすべての荷電粒子ビーム 10 a 1 b のショットが終了した時点における第 5 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 の第 1 照射量分布マップおよび第 2 照射量分布マップを示した図である。

【0092】

図 19 は第 5 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 による帯電効果補正処理の処理時間を示した図である。詳細には、図 19 は中央演算処理部 (CPU) 10 b 1 b 9 (図 11 参照) と、中央演算処理部 (CPU) 10 b 1 b 9 よりも速い演算処理速度を有する高速演算処理部 10 b 1 b 10 (図 11 参照) の演算ユニット 10 b 1 b 10 a, 10 b 1 b 10 b (図 11 参照) とによって並列演算処理が実行される第 5 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 の帯電効果補正処理の処理時間 (経過時間) を示している。

【0093】

また、第 5 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 では、第 1 照射量分布マップ (図 18 参照) の小さいメッシュサイズで記述された第 1 照射量分布 $E_1(x, y)$ と第 1 ガウシアン分布 $g_1(x, y)$ とのコンボリューション計算 ($g_1(x - x', y - y') E_1(x', y')$) を実行するために用いられる演算ユニット 10 b 1 b 10 a (図 11 参照) と、第 2 照射量分布マップ (図 18 参照) の大きいメッシュサイズで記述された第 2 照射量分布 $E_2(x, y)$ と第 2 ガウシアン分布 $g_2(x, y)$ とのコンボリューション計算 ($g_2(x - x', y - y') E_2(x', y')$) を実行するために用いられる演算ユニット 10 b 1 b 10 b (図 11 参照) とが、高速演算処理部 10 b 1 b 10 (図 11 参照) に設けられている。

【0094】

つまり、第 5 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 では、第 1 照射量分布マップ (図 18 参照) の小さいメッシュサイズで記述された第 1 照射量分布 $E_1(x, y)$ と第 1 ガウシアン分布 $g_1(x, y)$ とのコンボリューション計算 (演算 P 10 b 1 b 4 (図 19 参照)) が演算ユニット 10 b 1 b 10 a (図 19 参照) を用いて実行されると共に、第 2 照射量分布マップ (図 18 参照) の大きいメッシュサイズで記述された第 2 照射量分布 $E_2(x, y)$ と第 2 ガウシアン分布 $g_2(x, y)$ とのコンボリューション計算 (演算 P 10 b 1 b 4 (図 19 参照)) が演算ユニット 10 b 1 b 10 b (図 19 参照) を用いて並列して実行される。

【0095】

すなわち、第 5 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 では、照射量分布 $E(x, y) (= E_1(x, y) + E_2(x, y))$ とかぶり荷電粒子分布 $g(x, y) (= g_1(x, y) + g_2(x, y))$ とのコンボリューション計算 ($g_1(x - x', y - y') E_1(x', y') + g_2(x - x', y - y') E_2(x', y')$) が演算ユニット 10 b 1 b 10 a (図 11 および図 19 参照) と演算ユニット 10 b 1 b 10 b (図 11 および図 19 参照) との並列処理によって実行される。そのため、第 5 の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置 10 によれば、照射量分布 $E(x, y)$ とかぶり荷電粒子分布 g

10

20

30

40

50

(x, y)とのコンボリューション計算(演算P10b1b4(図10(A)参照))が並列処理によって実行されない場合(図10(A)参照)よりも、照射量分布E(x, y)とかぶり荷電粒子分布g(x, y)とのコンボリューション計算(演算P10b1b4(図19参照))に要する時間を短縮することができる。

【0096】

好ましくは、第5の実施形態の荷電粒子ビーム描画装置10では、第1照射量分布マップ(図18参照)に含まれるメッシュ数と、第2照射量分布マップ(図18参照)に含まれるメッシュ数とが等しくされる。そのようにすることにより、演算ユニット10b1b10a(図19参照)を用いた第1照射量分布マップ(図18参照)の小さいメッシュサイズで記述された第1照射量分布E1(x, y)と第1ガウシアン分布g1(x, y)とのコンボリューション計算(演算P10b1b4(図19参照))に要する時間と、演算ユニット10b1b10b(図19参照)を用いた第2照射量分布マップ(図18参照)の大きいメッシュサイズで記述された第2照射量分布E2(x, y)と第2ガウシアン分布g2(x, y)とのコンボリューション計算(演算P10b1b4(図19参照))に要する時間とをほぼ等しくすることができる。
10

【0097】

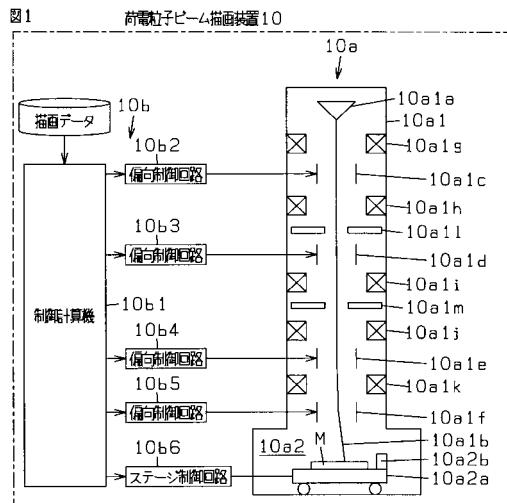
第6の実施形態では、上述した第1から第5の実施形態およびそれらの変形例を適宜組み合わせることも可能である。

【符号の説明】

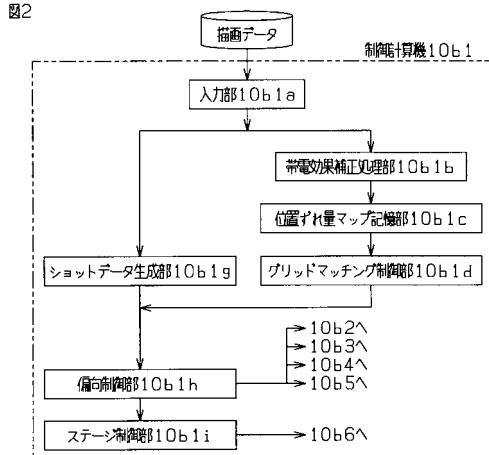
【0098】

10	荷電粒子ビーム描画装置	20
10a1b	荷電粒子ビーム	
10a	描画部	
10b1b	帯電効果補正処理部	
10b1b1	パターン面積密度分布算出部	
10b1b2	ドーズ量分布算出部	
10b1b3	照射量分布算出部	
10b1b4	かぶり荷電粒子量分布算出部	
10b1b5	照射時刻算出部	
10b1b6	経過時間算出部	30
10b1b7	帯電量分布算出部	
10b1b8	位置ずれ量マップ算出部	
10b1b9	中央演算処理部	
10b1b10	高速演算処理部	
M	試料	

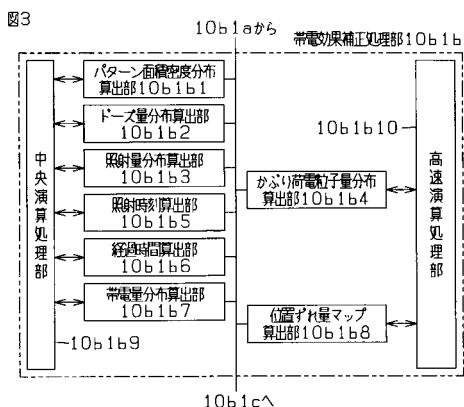
【図1】



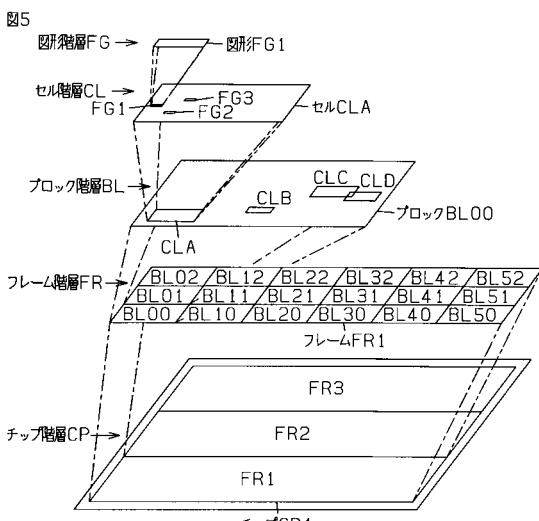
【図2】



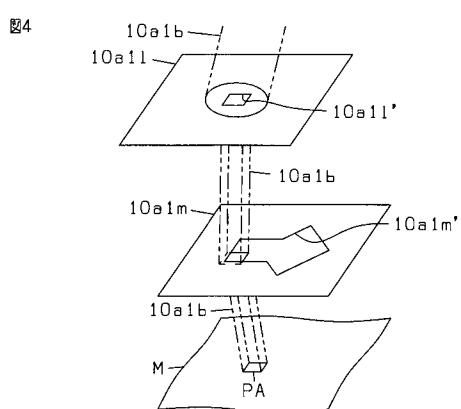
【図3】



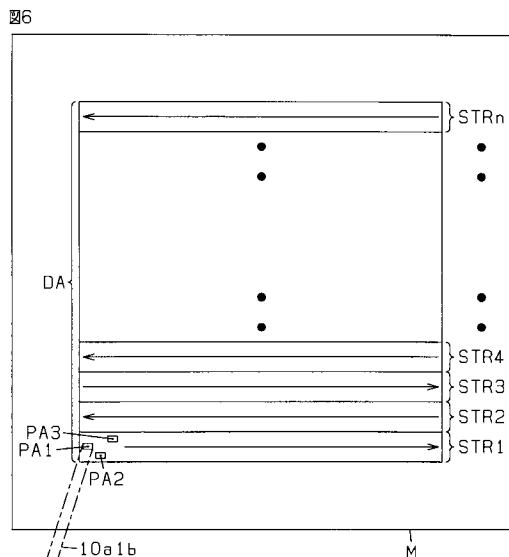
【図5】



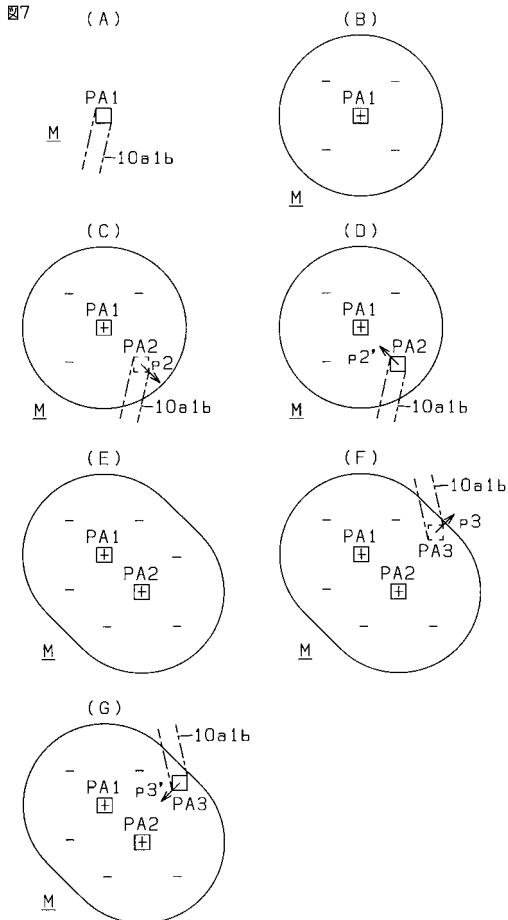
【図4】



【図6】



【図7】



【図8】

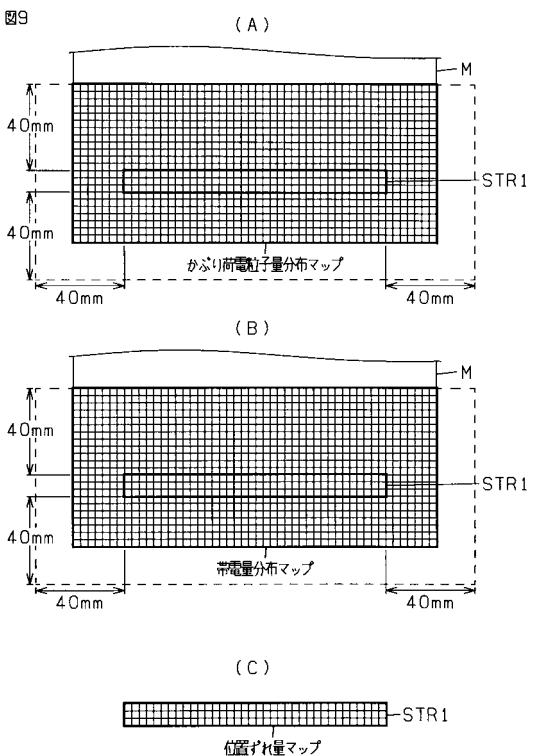
図8

STR1			(A)
p_{1b}	p_{2b}	p_{3b}	p_{ab}
:			
p_{13}	p_{23}	p_{33}	p_{a3}
p_{12}	p_{22}	p_{32}	p_{a2}
p_{11}	p_{21}	p_{31}	p_{a1}

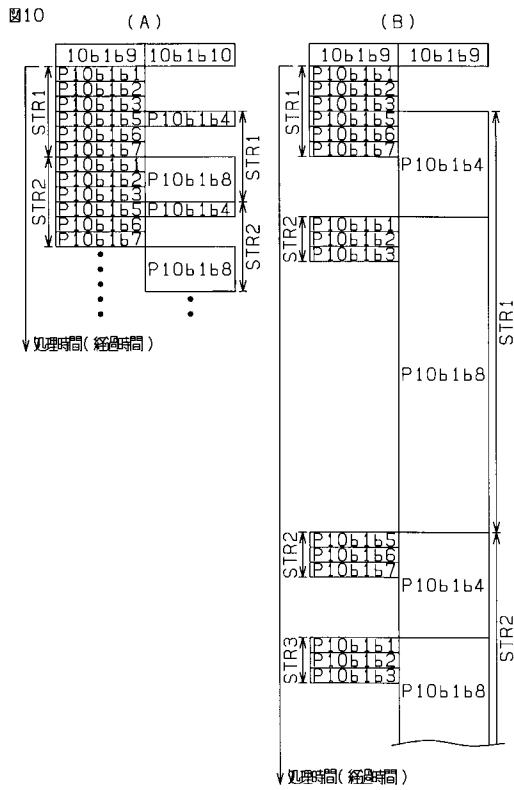
STR1			(B)
D_{1b}	D_{2b}	D_{3b}	D_{ab}
:			
D_{13}	D_{23}	D_{33}	D_{a3}
D_{12}	D_{22}	D_{32}	D_{a2}
D_{11}	D_{21}	D_{31}	D_{a1}

STR1			(C)
E_{1b}	E_{2b}	E_{3b}	E_{ab}
:			
E_{13}	E_{23}	E_{33}	E_{a3}
E_{12}	E_{22}	E_{32}	E_{a2}
E_{11}	E_{21}	E_{31}	E_{a1}

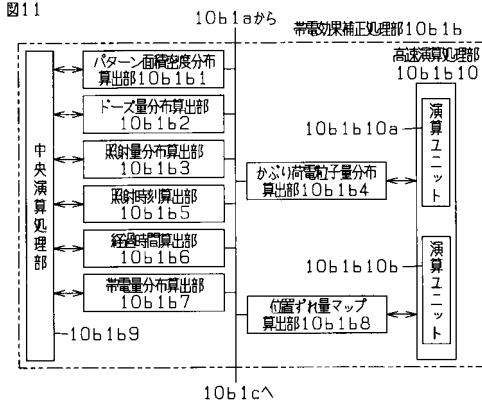
【図9】



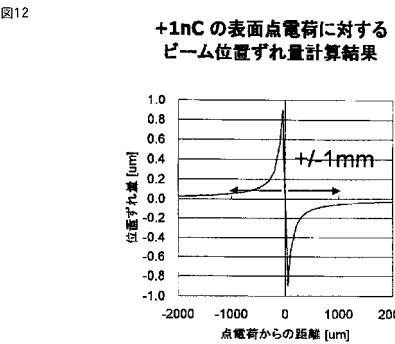
【図10】



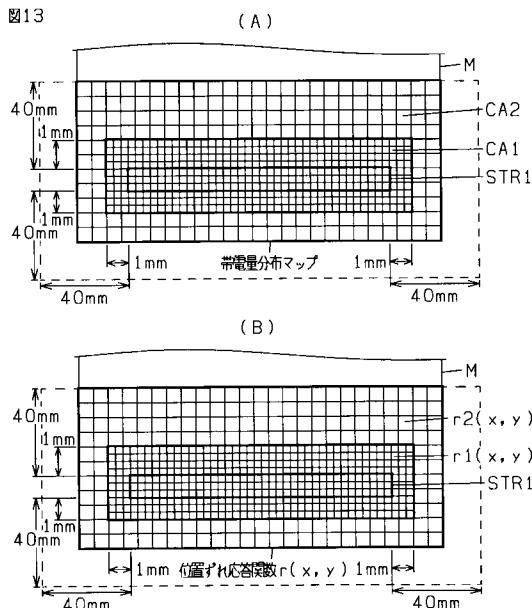
【図11】



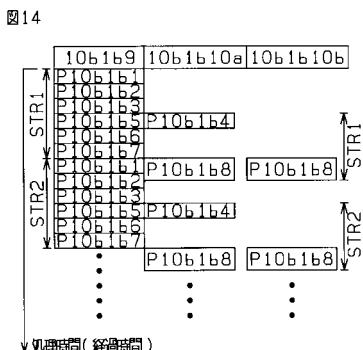
【図12】



【図13】

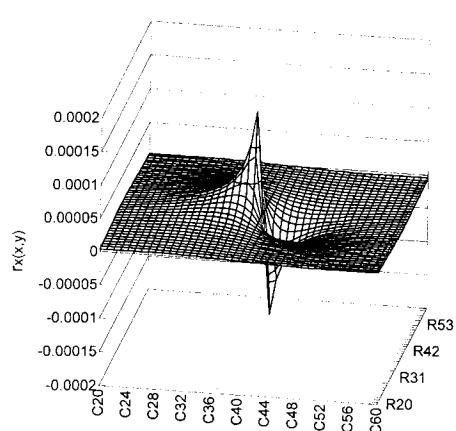


【図14】



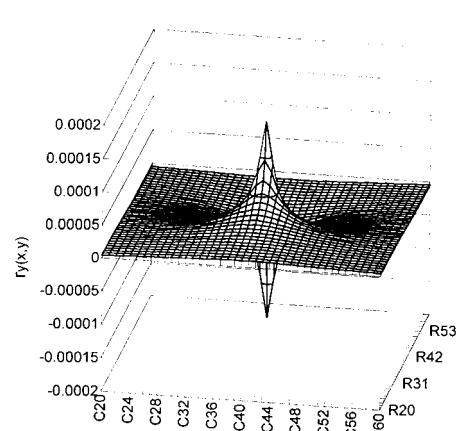
【図15】

図15



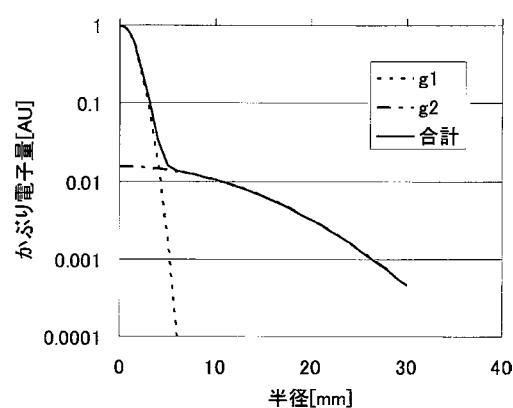
【図16】

図16



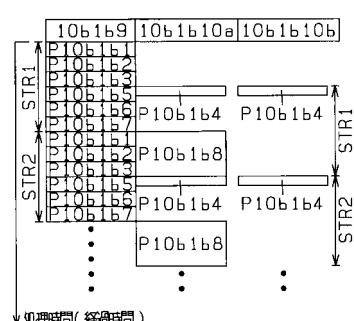
【図17】

図17



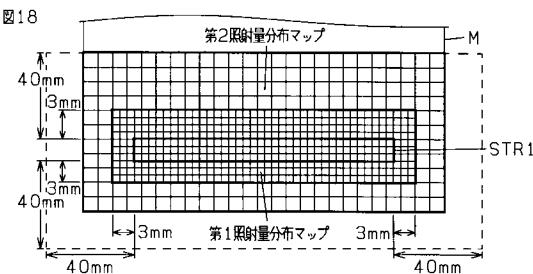
【図19】

図19



【図18】

図18



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-261557(JP,A)
特開2009-260250(JP,A)
特開2001-006992(JP,A)
特開2008-276184(JP,A)
特開2007-220728(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G03F 7/20 - 7/24, 9/00 - 9/02