

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5230148号  
(P5230148)

(45) 発行日 平成25年7月10日(2013.7.10)

(24) 登録日 平成25年3月29日(2013.3.29)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 1 L 21/027 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 4 1 A  
 HO 1 J 37/305 (2006.01) HO 1 J 37/305 B

請求項の数 5 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2007-229454 (P2007-229454)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成19年9月4日(2007.9.4)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2009-64841 (P2009-64841A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成21年3月26日(2009.3.26)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成22年9月6日(2010.9.6)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175
			弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電粒子線描画装置及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

荷電粒子線を投影する投影系を有し、該投影系により投影された荷電粒子線を用いて基板にパターンを描画する荷電粒子線描画装置であって、

前記投影系は、磁界を発生する対称型磁気ダブルットレンズと、前記磁界と重なる電界を発生する静電レンズとを備え、

前記静電レンズは、第1乃至第3円筒電極を含み、

前記第1円筒電極は物面側に配置され、前記第3円筒電極は像面側に配置され、前記第2円筒電極は前記第1円筒電極と前記第3円筒電極との間に配置され、

前記第1円筒電極および前記第3円筒電極には、前記基板の電位と同一の電位が与えられ、

前記第2円筒電極には、前記対称型磁気ダブルットレンズに入射した荷電粒子線を加速し且つ前記対称型磁気ダブルットレンズから射出する荷電粒子線を減速させるための電位を少なくとも前記対称型磁気ダブルットレンズの瞳に与える電位が与えられ、

前記第2円筒電極の上端から前記瞳までの距離に対する前記第2円筒電極の下端から前記瞳までの距離の比が前記対称型磁気ダブルットレンズの倍率と等しくなるように、前記第2円筒電極が配置されている、

ことを特徴とする荷電粒子線描画装置。

【請求項2】

前記第1円筒電極および前記第3円筒電極は、接地される、ことを特徴とする請求項1

10

20

に記載の荷電粒子線描画装置。

【請求項 3】

前記第 2 円筒電極は、前記対称型磁気ダブレットレンズの上段磁界レンズの鉛直方向における中心位置と前記対称型磁気ダブレットレンズの下段磁界レンズの鉛直方向における中心位置との間に配置されている、ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の荷電粒子線描画装置。

【請求項 4】

前記第 2 円筒電極は、前記第 2 円筒電極の上端が前記上段磁界レンズの下端を超え、前記第 2 円筒電極の下端が前記下段磁界レンズの上端を超える長さを有する、ことを特徴とする請求項 3 に記載の荷電粒子線描画装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の荷電粒子線描画装置を用いて基板にパターンを描画する工程と、

前記工程で前記パターンを描画された基板に現像処理を施す工程と、  
を含む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、荷電粒子線描画装置及びデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

20

【0002】

従来から、荷電粒子線描画装置の一種である電子線描画装置において、高スループット化を目的とした開発が行われている。スループット性能を向上させるには、露光電流を増大させる必要があるが、その際に問題になるのがクーロン効果である。クーロン効果は、電子同士の斥力によって収束電子線のボケを生じさせ、解像度を劣化させる欠点を持つ。そのため、解像度とスループットの間には、トレードオフの関係が存在する。

【0003】

クーロン効果による収差を相当程度に抑えながら、露光電流を増大させる方法として、露光電流の平均密度をある程度低くする方法がある。この方法では、比較的大きな露光領域（サブフィールド、数百マイクロン角程度）を照射し電流密度を下げることで、クーロン効果が低減され、スループットが維持される。

30

【0004】

別の方法として、試料面での電子線の収束角を大きく設定する方法がある。この方法では、投影レンズと試料との間に減速電界を加えることで、投影レンズの収差を低減する効果や、荷電粒子線が低速で試料面に入射してレジスト感度の低下や試料面の発熱、変質を抑制する効果が期待できる。減速電界による収差を低減させる方式は特許文献 1 に開示されている。特許文献 1 に記載の方式は、減速電界が、電子線転写型露光装置の転写マスクと投影光学系と間、及び、投影光学系とウエハとの間に設けられている。

【特許文献 1】特開 2000 - 232052 号公報

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

露光電流の平均密度を低くする方法は、電子線転写装置に適用されるが、転写マスクが必要となり、マスクのためのコストがかかる。

【0006】

電子線の収束角を大きく設定する方法では、露光面積（画角）を大きくすると幾何学的収差が増大し、高解像度を実現するには投影レンズの収差性能に厳しい要求が課される。また、試料面の形状及びステージに配置された部材等によって減速電界の乱れが生じ、寄生収差や荷電粒子線の位置ずれが発生する問題があった。また、特許文献 1 に記載の方式では、ウエハ面及びその近傍の形状及びステージに配置された部材等によって減速電界の

50

乱れが生じ、寄生収差が発生して解像性能を劣化させることが考えられる。

【0007】

本発明の目的は、クーロン効果による荷電粒子線のボケを抑制しつつ高スループットの荷電粒子線描画装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、荷電粒子線を投影する投影系を有し、該投影系により投影された荷電粒子線を用いて基板にパターンを描画する荷電粒子線描画装置であって、前記投影系は、磁界を発生する対称型磁気ダブレットレンズと、前記磁界と重なる電界を発生する静電レンズとを備え、前記静電レンズは、第1乃至第3円筒電極を含み、前記第1円筒電極は物面側に配置され、前記第3円筒電極は像面側に配置され、前記第2円筒電極は前記第1円筒電極と前記第3円筒電極との間に配置され、前記第1円筒電極および前記第3円筒電極には、前記基板の電位と同一の電位が与えられ、前記第2円筒電極には、前記対称型磁気ダブレットレンズに入射した荷電粒子線を加速し且つ前記対称型磁気ダブレットレンズから射出する荷電粒子線を減速させるための電位を少なくとも前記対称型磁気ダブレットレンズの瞳に与える電位が与えられ、前記第2円筒電極の上端から前記瞳までの距離に対する前記第2円筒電極の下端から前記瞳までの距離の比が前記対称型磁気ダブレットレンズの倍率と等しくなるように、前記第2円筒電極が配置されている、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、クーロン効果による荷電粒子線のボケを抑制しつつ高スループットの荷電粒子線描画装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

[荷電粒子線描画装置の実施形態]

以下、本発明の荷電粒子線描画装置の一実施形態について図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の実施形態に係る荷電粒子線を用いて投影系を介して基板にパターンを描画する荷電粒子線描画装置の模式的断面図である。荷電粒子線描画装置の投影系は、対称型磁気ダブレットレンズと、対称型磁気ダブレットレンズが発生する磁場の中に配置された静電レンズとを備える。対称型磁気ダブレットレンズは、上段磁界レンズ12と下段磁界レンズ15とで構成される。静電レンズは、物面10側から像面11側に向かって順に配置される第1円筒電極19、第2円筒電極20及び第3円筒電極21の3つの円筒電極を含んで構成されるユニポテンシャル静電レンズである。本実施形態における荷電粒子線描画装置は電子線描画装置であるが、本発明はイオン線描画装置等他の荷電粒子線描画装置にも適用可能である。

【0011】

第2円筒電極20は、対称型磁気ダブレットレンズの上段磁界レンズ12の鉛直方向における中心位置14と下段磁界レンズ15の鉛直方向における中心位置17との間に配置される。2つの中心位置14、17で、上段磁界レンズ12及び下段磁界レンズ15によって形成される磁場強度が最大となる。第2円筒電極20は、上端が上段磁界レンズ12の下端を超え、下端が下段磁界レンズ15の上端を超える長さを有する。対称磁気ダブレットレンズの瞳18及びその付近には、第2円筒電極19が存在しており、図1から分かるように、瞳18の位置は、軸上電子線25と軸外電子線24とが収束し、電子線の電荷密度が高く、クーロン効果が大きい個所である。

【0012】

図3は、静電レンズの第2円筒電極20の電位とクーロン効果による荷電粒子線のボケ量との関係を示すグラフである。第2円筒電極20の電位が高くなるに従って、クーロン効果によるボケ量は減少する傾向を示している。一般的に、クーロン効果によるボケ量は、以下の数式1で示される。

$$L_c \times I / (V^{1.5} \times \dots) \dots \dots \text{(数式1)}$$

10

20

30

40

50

ただし、 $L_c$ ：物面 - 像面距離、 $I$ ：荷電粒子線の電流量、 $V$ ：荷電粒子線に対する加速電位、 $\theta$ ：像面での収束半角

電子の発生源である電子銃において、電子線を高加速することでボケ量を小さくすることはできるが、いくつかの欠点がある。高加速（高エネルギー）の電子線が感光基板上に照射された場合、感光材の実効的な感度が低下する。また、電子銃で高加速化すると電子光学レンズが大型化し、数式 1 の光路長  $L_c$  が長くなり、ボケ量が大きくなる。また、高加速された電子は感光基板内の散乱の領域が広くなり、近接効果が増大するといった問題がある。一方、本発明のように第 2 円筒電極 19 の電位が高くされれば、数式 1 の加速電位  $V$  の項が大きくなり、クーロン効果によるボケ量が減少し、前述した電子銃で電子線を高加速化した場合の欠点がない。

10

#### 【0013】

図 2 に本実施形態に係る静電レンズの軸上電位分布 31 を示す。軸上電位分布 31 に示されるように、少なくとも対称型磁気ダブレットレンズの瞳 18 又はその付近の電位を決定する第 2 円筒電極 19 には、対称型磁気ダブレットレンズへ入射される荷電粒子線のエネルギーを決定する電位よりも高い電位が与えられる。そのため、第 2 円筒電極 20 と第 3 円筒電極 21 間には減速電界が発生する。この減速電界により、投影レンズを構成する対称型磁気ダブレットレンズの収差が低減される。物面側に配置される第 1 円筒電極 19 及び像面側に配置される第 3 円筒電極 21 は接地されて基板の電位と同一とされ基板との間に電位差が存在せず、第 2 円筒電極 20 には基板の電位よりも高い電位が与えられる。そのため、従来の減速電界を用いた光学系のように、基板面の形状及びステージに配置された部材等によって減速電界の乱れが生じないので、寄生収差が発生して解像性能を劣化させることはない。

20

#### 【0014】

図 4 に第 2 円筒電極 20 の長さとの投影レンズである対称型磁気ダブレットレンズの幾何収差との関係を示す。図 4 に示されるように、第 2 円筒電極 20 の長さが 100 mm 以上になると幾何収差の減少が顕著になり、減速電界による収差低減の効果が認められる。

#### 【0015】

本実施形態において、投影レンズは対称型磁気ダブレットレンズからなる光学系であり、この種の光学系では上段磁界レンズ 12 及び下段磁界レンズ 15 の磁場分布の磁場強度と半減値幅が設定倍率比で配分されている。そのため、光学収差の非等方成分がキャンセルされ、大きな画角に対して適している。

30

#### 【0016】

静電レンズを対称型磁気ダブレットレンズが発生する磁場の中に配置する場合、対称型磁気ダブレットレンズの収差特性が劣化しないように、静電レンズを構成する円筒電極の長さ及び配置を設定する必要がある。第 1 円筒電極 19 と第 2 円筒電極 20 との空隙 22 の中心位置と上段磁界レンズ 12 の磁極空隙の中心位置 14 とを一致させる。同時に、第 2 円筒電極 20 と第 3 円筒電極 21 との空隙 23 の中心位置と下段磁界レンズ 15 の磁極空隙の中心位置 17 とを一致させる。

#### 【0017】

第 2 円筒電極 20 の上端から対称型磁気ダブレットレンズの瞳 18 までの距離  $L_1$  に対する第 2 円筒電極 20 の下端から磁気ダブレットレンズの瞳 18 までの距離  $L_2$  の比は数式 2 を満足するように設定される。M は対称型磁気ダブレットレンズの倍率である。

40

$L_2 / L_1 = M \cdots$  (数式 2)

数式 2 を満たすように第 2 円筒電極 20 を配置すると、上段磁界レンズ 12 及び下段磁界レンズ 15 の像回転角が等しくなって像の回転がなくなり、非等方収差も発生せず、対称型磁気ダブレットレンズの光学特性が劣化しない。

#### 【0018】

##### [ デバイス製造の実施形態 ]

図 5 及び図 6 を参照して、上述の荷電粒子線描画装置を利用したデバイス製造方法の実施形態を説明する。図 5 は、デバイス（IC や LSI などの半導体チップ、LCD、CC

50

D等)の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造方法を例に説明する。

【0019】

ステップ1(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S(EBデータ変換)では設計した回路パターンを荷電粒子線描画装置用のデータへ変換する。ステップS(基板製造)ではシリコン等の材料を用いて基板を製造する。ステップ4(基板プロセス)は前工程と呼ばれ、荷電粒子線描画装置用のデータに従ってリソグラフィ技術を利用して基板上に回路を形成する。具体的には、まず、感光材が塗布された基板を荷電粒子線描画装置内にローディングする。そして、アライメントユニットで基板上のグローバルアライメント用のデータを読み取り、その結果に基づいて基板ステージを駆動して所定の位置に次々とパターンを描画する。そして、パターンが描画された基板に対して現像処理を施す。ステップ5(組み立て)は、後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製された基板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6(検査)では、ステップ5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、それが出荷(ステップ7)される。

10

【0020】

図6は、ステップ4の基板プロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11(酸化)では、基板の表面を酸化させる。ステップ12(CVD)では、基板の表面に絶縁膜を形成する。ステップ13(電極形成)では、基板上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14(イオン打ち込み)では、基板にイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)では、基板に感光材を塗布する。ステップ16(描画)では、上記の荷電粒子線描画装置によつての回路パターンを基板に描画する。ステップ17(現像)では、パターンが描画された基板に現像処理を施す。ステップ18(エッチング)では、現像した像以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)では、エッチングが済んで不要となった感光材を取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによって基板上に多重に回路パターンが形成される。

20

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明に係る荷電粒子線露光装置の一例の断面図である。

【図2】対称型磁気ダブルレットレンズの軸上磁場分布と静電レンズの軸上電位分布を示す図である。

【図3】第2円筒電極の電位とクーロン効果によるビームのボケ量との関係を示す図である。

【図4】第2円筒電極の長さ幾何収差との関係を示す図である。

【図5】荷電粒子線描画装置を使用したデバイスの製造を説明するためのフローチャートである。

【図6】図5に示すフローチャートにおけるステップ4の基板プロセスの詳細なフローチャートである。

30

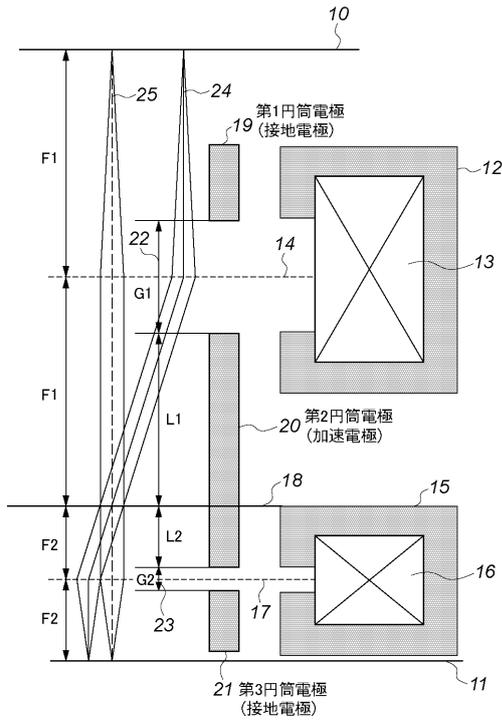
40

【符号の説明】

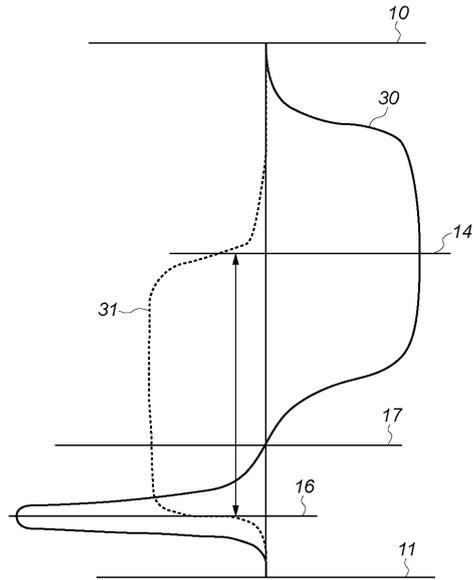
【0022】

10: 投影レンズの物面、11: 投影レンズの像面、12: 磁気ダブルレットレンズの上段磁界レンズ、13: 上段磁界レンズの励磁コイル、14: 上段磁界レンズの磁極空隙の中心位置、15: 磁気ダブルレットレンズの下段磁界レンズ、16: 下段磁界レンズの励磁コイル、17: 下段磁界レンズの磁極空隙の中心位置、18: 磁気ダブルレットレンズの瞳面、19: 第1円筒電極、20: 第2円筒電極、21: 第3円筒電極、22: 静電レンズの第1空隙、23: 静電レンズの第2空隙、24: 軸外荷電粒子線、25: 軸上荷電粒子線、30: 対称型磁気ダブルレットレンズの軸上磁場分布、31: 静電レンズの軸上電位分布

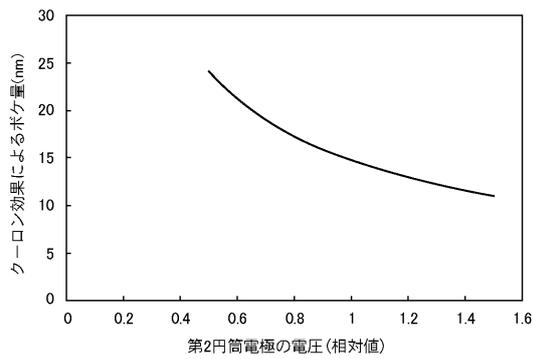
【図1】



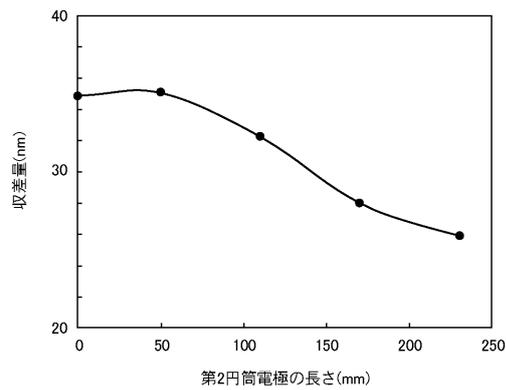
【図2】



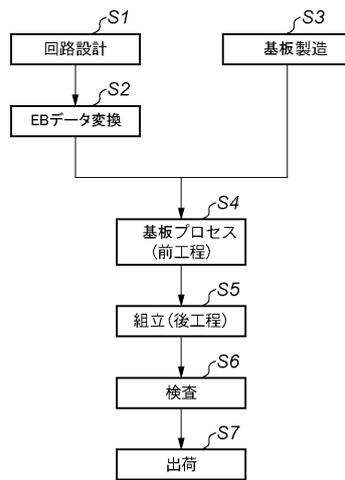
【図3】



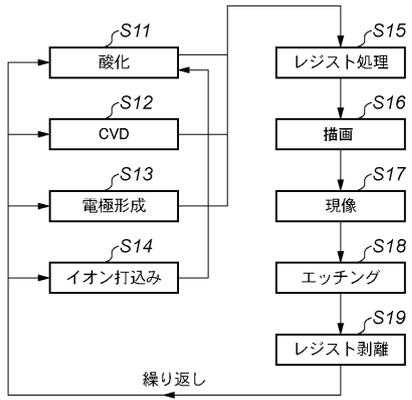
【図4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

(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 松岡 智也

(56)参考文献 特開昭61-208736(JP,A)  
特開平04-302132(JP,A)  
特開平05-036371(JP,A)  
特開2006-019435(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/027  
H01J 37/145、37/305