(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)公開番号
特開2024-65682
(P2024-65682A)
(43)公開日　令和6年5月15日(2024.5.15)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
G03F	*7/20 (2006.01)*	G03F	7/20	501	2H151
G02B	*7/28 (2021.01)*	G03F	7/20	521	2H197
		G02B	7/28	M	

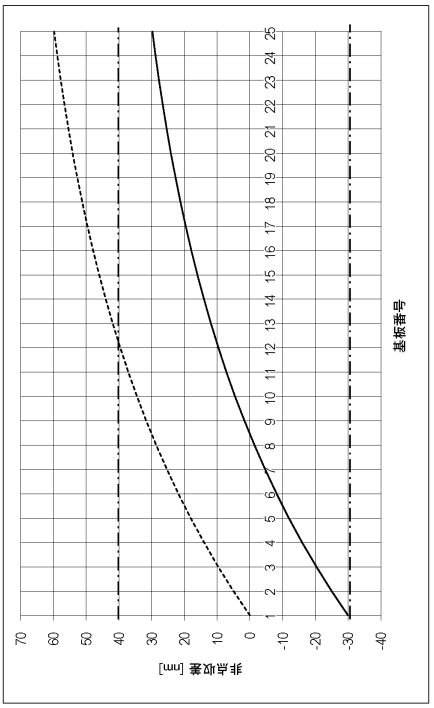
審査請求　未請求　請求項の数　17　ＯＬ　（全16頁）

(21)出願番号　特願2022-174674(P2022-174674)
(22)出願日　令和4年10月31日(2022.10.31)

(71)出願人　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　100223941
弁理士　高橋 佳子
(74)代理人　100159695
弁理士　中辻 七朗
(74)代理人　100172476
弁理士　冨田 一史
(74)代理人　100126974
弁理士　大朋 靖尚
(72)発明者　渡辺 甚内
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号キ
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　露光方法、露光装置及び物品の製造方法

(57)【要約】
【課題】　収差の影響を低減した状態で露光処理を行うことができる露光方法を提供する。
【解決手段】　投影光学系を介して基板の露光処理を行う露光工程における前記投影光学系の光学特性の変化を予測する予測工程と、前記露光工程の前に、前記予測工程の予測結果に基づいて前記投影光学系に対し光を照射し前記光学特性の調整を行う調整工程と、前記調整工程の後に実施する前記露光工程と、を有し、前記調整工程は、前記予測工程で予測した前記光学特性の変化に基づいて、前記光学特性が前記露光工程において前記光学特性の調整を行わなくとも所定範囲内となるよう、前記露光工程を開始するときの前記光学特性を正又は負の値に調整する。
【選択図】　図８



【特許請求の範囲】
【請求項１】
投影光学系を介して基板の露光処理を行う露光工程における前記投影光学系の光学特性の変化を予測する予測工程と、
前記露光工程の前に、前記予測工程の予測結果に基づいて前記投影光学系に対し光を照射し前記光学特性の調整を行う調整工程と、
前記調整工程の後に実施する前記露光工程と、を有し、
前記調整工程は、前記予測工程で予測した前記光学特性の変化に基づいて、前記光学特性が前記露光工程において前記光学特性の調整を行わなくとも所定範囲内となるよう、前記露光工程を開始するときの前記光学特性を正又は負の値に調整すること、
を特徴とする露光方法。
【請求項２】
前記予測工程における前記光学特性の変化の予測は、前記露光工程における光学特性の変化を予測するための情報である第１情報と前記露光工程の前に前記光学特性を計測した情報である第２情報とに基づいて行われることを特徴とする請求項１に記載の露光方法。
【請求項３】
前記光学特性の変化を示す要素は、前記光学特性の単位時間当たりの変化量と前記露光処理中の前記光学特性の最大変化量との一方又は両方を含むことを特徴とする請求項１に記載の露光方法。
【請求項４】
前記調整工程において、前記露光処理中の前記光学特性の平均値が小さくなるよう前記光学特性を調整することを特徴とする請求項１に記載の露光方法。
【請求項５】
前記所定範囲は前記露光処理の条件毎に設定されることを特徴とする請求項１に記載の露光方法。
【請求項６】
前記調整工程において、前記予測工程で予測した前記光学特性の変化における傾きの符号とは異なる符号側に、前記露光工程を開始するときの前記光学特性を調整することを特徴とする請求項１に記載の露光方法。
【請求項７】
前記光学特性とは、前記投影光学系における非点収差であることを特徴とする請求項１に記載の露光方法。
【請求項８】
前記第１情報は前記予測工程において用いる予測式に含まれる第１係数の情報を含むことを特徴とする請求項２に記載の露光方法。
【請求項９】
前記第１係数は収差飽和量を示す値であることを特徴とする請求項８に記載の露光方法。
【請求項１０】
前記調整工程において、前記光学特性の単位時間当たりの変化量を示す第２係数に基づいて決定された時間で前記光を照射することにより前記光学特性の調整を行うことを特徴とする請求項１に記載の露光方法。
【請求項１１】
前記調整工程における前記光の照射では、前記投影光学系を照明し、前記基板を照明しないことを特徴とする請求項１に記載の露光方法。
【請求項１２】
前記調整工程はパターンが形成された原版が前記光により照明されない位置にあるときに行われることを特徴とする請求項１に記載の露光方法。
【請求項１３】
前記予測工程の予測結果が、前記光学特性が前記所定範囲内となることを示す場合は前

記調整工程を行わないことを特徴とする請求項１に記載の露光方法。
【請求項１４】
前記第１情報は前記露光処理の条件と紐づけられて記憶され、前記条件と同一の条件において前記露光処理を行う場合に、前記第１情報を用いて前記光学特性の予測を行うことを特徴とする請求項２に記載の露光方法。
【請求項１５】
前記調整工程において、前記予測工程の予測結果に応じて、前記光を照射するときの照明光学系の瞳面における光強度分布を切り替えることを特徴とする請求項１に記載の露光方法。
【請求項１６】
光を投影する投影光学系と、
前記投影光学系を介して基板の露光処理を行うときの光学特性を、前記投影光学系に対して光を照射することにより調整するよう制御する制御部と、を有し、
前記制御部は、前記投影光学系の前記光学特性の変化を予測し、予測結果に基づいて前記光学特性が前記露光処理において前記光学特性の調整を行わなくとも所定範囲内となるよう、前記露光処理を開始するときの前記光学特性を正又は負の値に調整するよう制御すること、
を特徴とする露光装置。
【請求項１７】
請求項１～１５のうちいずれか１項に記載の露光方法を用いて光学特性を調整し、基板の露光を行う露光工程と、
前記露光工程の露光により前記基板上のパターンが形成された感光材料の現像を行う現像工程と、
前記現像工程で現像された前記基板から物品を製造する製造工程と、
を有することを特徴とする物品の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、露光方法、露光装置及び物品の製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
半導体デバイスや液晶表示デバイスなどの製造工程において、原版を照明光学系により照明し、投影光学系を介して原版のパターンを基板に投影し基板を露光する露光装置が用いられる。ここで、投影光学系が露光光を吸収したことにより熱が発生すると、収差が生じ、この収差は露光処理の結果に影響を及ぼす。
【０００３】
特許文献１には、露光処理による収差を予測し、予測結果に基づいて次の露光処理を実行するか否かを決定する方法が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２０１４－１０３３４３号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
ここで、生産性の観点から考慮すると、収差が発生した場合には収差を補正し迅速に次の露光処理を実施することが好ましい。また、１つのロットに対し露光処理を行っている間にも収差は変化するため、ロットの途中で収差が大きくなった場合に解像性能が低下し、所望の品質を満たさない場合がある。
【０００６】

そこで、本発明は、収差の影響を低減した状態で露光処理を行うことができる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】

【０００７】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての露光方法は、投影光学系を介して基板の露光処理を行う露光工程における前記投影光学系の光学特性の変化を予測する予測工程と、前記露光工程の前に、前記予測工程の予測結果に基づいて前記投影光学系に対し光を照射し前記光学特性の調整を行う調整工程と、前記調整工程の後に実施する前記露光工程と、を有し、前記調整工程は、前記予測工程で予測した前記光学特性の変化に基づいて、前記光学特性が前記露光工程において前記光学特性の調整を行わなくとも所定範囲内となるよう、前記露光工程を開始するときの前記光学特性を正又は負の値に調整すること、を特徴とする。

【０００８】

本発明の更なる目的又はその他の側面は、以下、図面を参照して説明される実施形態によって明らかにされるであろう。

【発明の効果】

【０００９】

本発明によれば、収差の影響を低減した状態で露光処理を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】第１実施形態における露光装置の構成を示す概略図である。

【図２】基板ステージがＺ方向に駆動したときの、フォーカスと光量の関係を示す図である。

【図３】レチクル側マークのラインアンドスペースの模式図である

【図４】第１実施形態における非点収差を予測するための予測式に用いられる収差飽和量を記憶するフローチャートである。

【図５】第１実施形態における収差予測結果である。

【図６】第１実施形態におけるダミー照射に用いる照明光学系の瞳面における光強度分布の一例である。

【図７】第１実施形態における非点収差を補正するためのダミー照射を実施するときのフローチャートである。

【図８】第１実施形態における非点収差の調整の例である。

【図９】第２実施形態における物品の製造方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

以下に、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。尚、以下の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。実施形態には複数の特徴が記載されているが、これらの複数の特徴の全てが発明に必須のものとは限らず、また、複数の特徴は任意に組み合わせられてもよい。さらに、図面においては、同一若しくは同様の構成に同一の参照番号を付し、重複した説明は省略する。

【００１２】

また、本明細書および図面では、基本的に、鉛直方向をＺ軸とし、鉛直方向に対し垂直な水平面をＸＹ平面とし、各軸が相互に直交するＸＹＺ座標系によって方向が示されている。ただし、各図面にＸＹＺ座標系を記載している場合はその座標系を優先する。

【００１３】

以下、各実施形態において、具体的な構成を説明する。

【００１４】

＜第１実施形態＞

図１は、本実施形態における露光装置１００の構成を示す概略図である。光源１０１から発された光は、照明光学系１０２に入射し、回折光学素子１０３は照明光学系１０２の

瞳面における光強度分布（以下、有効光源分布とも記載）を形成し、レチクル１０４面上に照射される。レチクル１０４は、例えば石英ガラスの表面に転写されるべきパターン（例えば回路パターン）がクロムで形成されている原版である。レチクル１０４に描画されているパターンに照射された光はレチクル１０４で回折され投影光学系１０７に入射し、投影光学系１０７内に配置されている開口絞り１０８により光量が調整され、基板１１０に到達し、レチクル１０４上のパターンが縮小投影される。ここで、基板１１０は、例えば単結晶シリコンであり、表面上に感光材料（レジスト）が塗布されている。また、制御部１２０は露光装置１００内の各部の制御を行う。記憶部１３０は制御部１２０から得た情報を記憶する。

【００１５】

レチクル１０４はレチクルステージ１０６に保持され、レチクルステージ１０６は＋Ｙ方向にスキャン駆動する。基板１１０を保持している基板ステージ１１１は、－Ｙ方向にスキャン駆動し、該当ショット領域の露光が終了すると次のショット領域を露光するためにステップ駆動する。

【００１６】

レチクルステージ１０６には、レチクル１０４とは別のレチクル基準プレート１０５が構成され、レチクル基準プレート１０５には、空中像を計測するためのレチクル側マークが設けられている。レチクル側マークは、周期的に配列されたラインアンドスペースのパターンである。更に、基板ステージ１１１上には、検出プレート１１２が配置されており、検出プレート１１２上には、空中像を計測するための基板側マーク（不図示）が設けられている。基板側マークは、レチクル側マークと同じ周期で配列されたラインアンドスペースのパターンである。更に、検出プレート１１２の下には光検出器１１５が配置されている。

【００１７】

レチクル側マーク及び基板側マークに設けられたラインアンドスペースのパターンのうちの光を遮光する部分は例えばクロムにより構成され、光を透過させる部分はガラスにより構成されている。レチクルステージ１０６は、光源１０１から出射された光が照明光学系１０２を介してレチクル基準プレート１０５上のレチクル側マークに照射されるように、Ｙ方向に駆動する。レチクル基準プレート１０５のレチクル側マークを通過した光は、投影光学系１０７を介して、検出プレート１１２上の基板側マークに到達する。到達した光は、検出プレート１１２上の基板側マークを通過して、光検出器１１５に到達する。

【００１８】

次に、非点収差（光学特性）を計測する計測方法である空中像計測について説明する。光源１０１から出射された光は、照明光学系１０２を介して、レチクル基準プレート１０５を照射し、レチクル側マークを、投影光学系１０７を介して基板側マーク上に縮小投影する。縮小投影された状態で基板ステージ１１１を光軸方向であるＺ方向に駆動させると、投影光学系１０７のベストフォーカス位置において、レチクル側マークの縮小投影された像は、基板側マークと重なる。そして、光検出器１１５で受光される光量は最大となる。ベストフォーカス位置から離れると、検出プレート１１２上の基板側マークでは、縮小投影されたレチクル側マークの像のコントラストが低下しぼけていくため、光検出器１１５で受光される光量は低下する。

【００１９】

図２は、基板ステージ１１１がＺ方向に駆動したときの、フォーカスと光量の関係を示す図である。図２の例は、レチクル側マークを基板側マーク上に縮小投影した状態で、ベストフォーカス位置を挟んで、基板ステージ１１１がＺ方向に駆動した場合の例であり、横軸にフォーカス、縦軸に光検出器１１５により検出した光量を示している。これにより示されるフォーカスと光量の関係は、上側に凸形状を有するカーブ形状であり、このカーブ形状のピーク位置がベストフォーカス位置である。なお、本実施形態では、レチクル側マークと基板側マークとを通過した光を光検出器１１５により検出し、その結果からベストフォーカス位置を求める例を示したが、ベストフォーカス位置を求める方法はこの例に

限定されない。

【００２０】

図３はレチクル側マーク１１３のラインアンドスペースの模式図である。なお、基板側マークも同様の構成である。レチクル側マーク１１３と基板側マークは、非点収差の計測のためにＸ方向とＹ方向のラインアンドスペースがそれぞれ設けられている。レチクル側マーク１１３のＸ方向とＹ方向のラインアンドスペースを基板側マークに縮小投影した状態で、なおかつＸ方向とＹ方向との両方におけるベストフォーカス位置を挟んだ（含む）領域において、基板ステージ１１１はＺ方向に駆動する。これにより、図２に示すようなフォーカスと光量の関係を、Ｘ方向とＹ方向とのそれぞれのラインアンドスペースにおいて取得できる。取得したＸ方向とＹ方向のラインアンドスペースにおけるフォーカスと光量の関係に基づいて、光量が最大となる位置（ピーク位置）からＸ方向とＹ方向におけるベストフォーカス位置をそれぞれ求める。そして、求めたＸ方向におけるベストフォーカス位置とＹ方向におけるベストフォーカス位置との差分を求めることで、非点収差を求めることができる。

【００２１】

図４は、本実施形態における非点収差を予測するための予測式（予測モデル）に用いられる収差飽和量Ｐ（第１係数）を記憶するフローチャートである。本実施形態はこの露光処理を実施する露光工程における光学特性の変化を予測するための収差飽和量Ｐ（第１係数）を含む情報である第１情報を予め取得する。

【００２２】

まず、露光処理用の有効光源分布により非点収差計測を行い（Ｓ１１０）、事前計測対象の基板のうちの露光処理を行っていないＮ枚目基板の露光処理を行う（Ｓ１２０）。ここで、事前計測対象の基板とは収差飽和量Ｐを求めるために用いられる基板であり、例えば１ロットに含まれる基板である。なお、収差飽和量Ｐは露光処理条件における固有の値である。次に、制御部１２０は事前計測対象の基板すべてを露光処理したか否か、を判定し（Ｓ１３０）、事前計測対象の基板すべてを露光処理していなければステップＳ１１０に戻る。事前計測対象の基板すべてを露光処理していれば、露光処理用の有効光源分布により非点収差計測を行い（Ｓ１４０）、制御部１２０が予測式に用いられる収差飽和量Ｐを求める（Ｓ１５０）。そして、記憶部１３０が露光処理条件と収差飽和量Ｐとを紐づけて記憶し（Ｓ１６０）、終了する。なお、本実施形態では事前計測対象の基板（例えば１ロットに含まれる２５枚の基板）のすべての基板に対して、光学特性（非点収差）の計測を行う例を示した。しかし、取得した情報量が十分である場合は、事前計測対象の基板すべてに対して光学特性（非点収差）の計測を行わなくともよい。例えば、ステップＳ１３０にて事前計測対象の基板すべてを露光処理したと判定された場合、ステップＳ１４０を行わずにステップＳ１５０に進んでもよい。

【００２３】

ステップＳ１５０で求める非点収差を予測するための予測式に用いられる収差飽和量Ｐは、非点収差計測の結果を式（１）、式（２）、式（３）で表される予測式にフィッティングさせることで、求められる。求めた収差飽和量Ｐと式（１）、式（２）、式（３）の予測式と露光処理前の非点収差の計測結果（第２情報）とに基づいて、実際に露光処理を行うときの非点収差の発生量を予測することができる。

【００２４】

【数１】

$$\Phi_N = \Phi_{1N} + \Phi_{2N} + \Phi_{3N} \quad \cdots \text{式（１）}$$

$$\Phi_{mN} = P_m \times \alpha_N - (P_m \times \alpha_N - \Phi_{mN-1}) \times \exp\left(-\frac{T_N}{K_m}\right) \quad \cdots \text{式（２）}$$

$$\alpha_N = \frac{R \times D \times A \times Num_N}{T_N} \quad \cdots \text{式（３）}$$

【００２５】
ここで、Φはモデル化された非点収差の予測発生量、添え字のＮは非点収差を計測したタイミングを表す。なお、本実施形態では、３つの時定数（Ｋ）を用いる。添え字のｍはモデル番号を示し、ｍ＝１を長期の時定数モデル、ｍ＝２を中期の時定数モデル、ｍ＝３を短期の時定数モデルとする。なお、本実施形態では３つの時定数モデルを用いて、３つの収差飽和量Ｐを求めるが、時定数モデルは２以上であればよい。αは露光負荷を示し、露光条件によって値が異なる。露光負荷αは式（３）に示すようにレチクル透過率Ｒ、露光量Ｄ、ショットサイズＡ、非点収差計測と非点収差計測の間のショット数Ｎｕｍ、非点収差計測と非点収差計測の間の時間Ｔで求めることができる。また、露光負荷αの演算は、レジスト反射率等の他のパラメータを用いてもよい。

【００２６】
図５は、本実施形態における収差予測結果であり、横軸が時間を表し、縦軸が非点収差量を表す。そして、白い点がステップＳ１１０、ステップＳ１４０で計測した非点収差の計測値であり、実線が予測式により発生する収差を予測した結果である。制御部１２０は、予め実施可能性のある露光処理条件において、ステップＳ１１０、ステップＳ１４０において非点収差を計測し、計測結果と式（１）、式（２）、式（３）から収差飽和量Ｐを求める。そして記憶部１３０は、制御部１２０が求めた収差飽和量Ｐと露光処理条件とを紐づけて記憶する。そして、制御部１２０は記憶部１３０が記憶している露光処理条件と同じ条件の露光処理を行うときに、記憶部１３０が記憶している情報に基づいて露光処理中に発生する収差発生量を予測する。具体的には、記憶部１３０に露光処理条件と紐づけられて記憶されている収差飽和量Ｐと式（１）、式（２）、式（３）と露光処理前に計測した非点収差の計測結果とを用いて露光処理中に発生する収差発生量を予測する。

【００２７】
次に非点収差を補正するためのダミー照射について説明する。図６は、本実施形態におけるダミー照射に用いる照明光学系１０２の瞳面における光強度分布（有効光源分布）の一例である。光源１０１から出射された光は、照明光学系１０２内にある回折光学素子１０３により図６（ａ）又は図６（ｂ）に示すような有効光源分布に形成される。図６の点線は、σ＝１を表し、白色で示された領域が光強度をもつ。

【００２８】
形成された有効光源分布の光は、照明光学系１０２を介して、レチクル１０４を介さずに投影光学系１０７に入射させられる。このとき、投影光学系１０７内の瞳付近に構成されている開口絞り１０８を絞ることで、投影光学系１０７に入射した光は開口絞り１０８を照明し、基板１１０上に光が到達しない。投影光学系１０７に入射した光が、投影光学系１０７を構成しているレンズ群に入射するとレンズの硝材吸収及び反射防止膜の膜吸収によってレンズが加熱されてレンズの屈折率が変化し、波面収差が発生する。例えば、図６（ａ）のような有効光源分布を回折光学素子１０３で形成し、投影光学系１０７に入射させると、発生する投影光学系１０７の波面収差は有効光源分布に応じた分布となる。つまり、所望の非点収差の符号となるように回折光学素子１０３を切り替えて有効光源分布を選択し、ダミー照射を行うことで、非点収差の符号を制御することが可能となる。また、ダミー照射の時間を調整することで、所望の非点収差の量を得ることができる。なお、本実施形態では波面収差の２θ成分によりダミー照射を行う例を示したが、３θ成分や４θ成分でもよく、特に限定しない。

【００２９】
ここで、ダミー照射を行う時間の決定方法について説明する。まず、投影光学系１０７にダミー照射を行った時間と投影光学系１０７の非点収差の変化量の関係の情報を予め取得する。次に、取得した情報に基づいて単位時間当たりの投影光学系１０７の非点収差の変化量を示す比例係数（Ｃｏｅｆ）を求める。なお、比例係数（Ｃｏｅｆ）は第２係数である。そして、式（４）によりダミー照射を行う時間（照射時間）を決定する。なお、Ｔはダミー照射を行う時間、ＡＳは投影光学系１０７の非点収差を所望の非点収差に調整するときの変化させる非点収差量である。

Ｔ＝Ｃｏｅｆ×ＡＳ・・・式（４）

【００３０】

なお、本実施形態では、ダミー照射を行う時間を調整することで非点収差を変化させる量を調整したが、ダミー照射を行う時間の代わりにダミー照射量を用いてもよい。

【００３１】

図７は、本実施形態における非点収差を補正するためのダミー照射を実施するときのフローチャートである。まず、制御部１２０は非点収差計測を行うか否か、を判定する（Ｓ２１０）。ここで、非点収差計測を行うタイミングはユーザーが自由に設定してよく、ロットの最初に行うよう設定してもよいし、特定のレチクルを露光する前に行うよう設定してもよい。非点収差計測を行わない場合は、露光処理を行い（Ｓ２７０）、終了する。非点収差計測を行う場合は、露光処理用の有効光源分布により非点収差を計測する（Ｓ２２０）。そして、制御部１２０は、非点収差を計測した結果と記憶部１３０に記憶された露光処理条件と紐づいて記憶されている収差飽和量Ｐとに基づいて、非点収差は対象基板を処理中に許容範囲外（所定範囲外）となるか、否かを判定する（Ｓ２３０、予測工程）。ステップＳ２３０の判定は式（１）、式（２）、式（３）を用いて行われる。ここで、記憶部１３０は収差飽和量Ｐ（第１係数）を含む第１情報と紐づけられて記憶されている露光処理条件を複数記憶している。そして、制御部１２０は記憶部１３０が記憶している露光処理条件のうちから、非点収差を計測したときの露光処理条件と同一の露光処理条件を選択し、選択した露光処理条件と紐づけられている収差飽和量Ｐを用いて非点収差の変化の予測を行う。

【００３２】

なお、対象基板とは、次に非点収差計測を行うまでに処理する基板のことであり、例えば、ユーザーがロットの最初に非点収差計測を行うように設定している場合は、ロット内の全ての基板のことである。許容範囲（所定範囲）は、収差の影響と露光処理に求める精度とに基づいて、露光処理条件毎にユーザーが予め設定する。

【００３３】

非点収差が対象基板を処理中に許容範囲外とならない場合は、調整工程を行わず、露光処理を行い（Ｓ２７０、露光工程）、終了する。非点収差が対象基板を処理中に許容範囲外となる場合は、制御部１２０は、式（１）、式（２）、式（３）により求められる予測式から非点収差は対象基板を処理中に正方向に変化するか、否かを判定する（Ｓ２４０）。非点収差が正方向に変化する場合は、レチクル１０４を退避させて、露光処理開始時の非点収差が許容範囲内のうちの負側となるようにダミー照射を行う（Ｓ２５０、調整工程）。非点収差が負方向に変化する場合は、レチクル１０４を退避させて、露光処理開始時の非点収差が許容範囲内のうちの正側となるようにダミー照射を行う（Ｓ２６０、調整工程）。ステップＳ２５０とステップＳ２６０のダミー照射で用いる有効光源分布は、ダミー照射により非点収差が所望の符号となるよう切り替える。ステップＳ２５０とステップＳ２６０のダミー照射により変化させる非点収差（光学特性）の変化量は、対象基板（例えば、１ロット）を処理中に非点収差が許容範囲外とならないよう決定される。そして、決定された光学特性の変化量により露光工程を開始するときの光学特性を調整する。つまり、対象基板の露光工程において非点収差の調整を行わなくとも非点収差が許容範囲内（所定範囲内）となるよう、非点収差を調整する。具体的には、露光工程を開始するときの光学特性（非点収差）を正又は負の値に調整する。これは、最適な光学特性の値からずれた値に光学特性を調整することと同義である。また、光学特性自体を調整するのではなく、光学特性が最適となる条件（例えば、光学特性が最適となる基板ステージ１１１の位置など）を、光学特性が最適とならない条件に調整する形態をとってもよい。

【００３４】

また、好ましくは対象基板を処理中に非点収差が許容範囲外とならないうちで、対象基板（例えば、１ロット）の露光中の非点収差の値が平均的に０に近くなるよう調整すればよい。そして、ステップＳ２５０、ステップＳ２６０の調整工程の後に、退避させていたレチクル１０４を露光処理が実施可能な位置に配置し、露光処理用の有効光源分布となる

よう回折光学素子１０３を切り替えて露光処理を行い（Ｓ２７０、露光工程）、終了する。

【００３５】

本実施形態では、非点収差が対象基板を処理中に許容範囲外となるか否か、について判定し、ダミー照射実施の要否を決定した。しかし、許容範囲（所定範囲）でなく閾値を設け、非点収差計測結果と閾値との比較によりダミー照射の要否を決定する形態をとってもよい。

【００３６】

図８は本実施形態における非点収差の調整の例である。図８の例では１ロット内に含まれる２５枚の基板を対象基板とし、非点収差の許容範囲を一点鎖線の上限と下限で表しているように－３０（ｎｍ）～＋４０（ｎｍ）とする。そして、非点収差の調整を行わない場合の非点収差の変化を点線で示している。非点収差の調整を行わない場合、１３枚目の基板を処理するときには非点収差が許容範囲外となっている。この場合、１３枚目以降の基板の露光処理結果は非点収差の影響を大きく受ける。本実施形態では、非点収差の計測結果と予め求めた収差飽和量Ｐと式（１）、式（２）、式（３）とに基づいて、対象基板を処理するときの非点収差（光学特性）の変化を求め、調整すべき非点収差の量を求める。具体的には、非点収差の時間的な変化方向（傾き方向）と対象基板（例えば１ロット）を処理中の収差変化量（最大変化量）とを求め、調整すべき非点収差の量を求める。ここで、本実施形態における非点収差（光学特性）の変化は、対象基板（１ロットに含まれる基板）を処理する間に変化すると予想される非点収差の最大変化量と非点収差の傾き方向との要素から成る非点収差の単位時間当たりの変化量（傾き）と同義である。また、本実施形態では、非点収差の時間的な変化方向（傾き方向）と対象基板（例えば１ロット）を処理中の収差変化量（最大変化量）とに基づいて非点収差を調整する例を示した。しかし、非点収差の最大変化量のみ基づいて非点収差を調整してもよい。つまり、本実施形態における非点収差（光学特性）の変化を示す要素は、光学特性の単位時間当たりの変化量と露光処理中の光学特性の最大変化量との一方又は両方を含む。

【００３７】

例えば、図８においては、非点収差の計測結果と予め求めた収差飽和量Ｐと式（１）、式（２）、式（３）から非点収差の変化の傾き方向は＋方向であり、対象基板（例えば１ロット）を処理中の収差変化量（最大変化量）は＋６０（ｎｍ）であると予測できる。そのため、制御部１２０は非点収差が＋６０（ｎｍ）変化したとしても、許容範囲外とならないようダミー照射により非点収差を調整する。図８の例では非点収差の傾き方向（＋方向）とは異なる方向（－方向）に非点収差を調整し、その調整量は露光工程において非点収差の調整を行わなくとも非点収差が許容範囲内となるよう、露光開始時の非点収差が－３０（ｎｍ）となるよう調整する。換言すれば、調整工程において、予測工程で予測した光学特性の変化における傾きの符号とは異なる符号側に露光工程を開始するときの光学特性（非点収差）を調整する。この調整により、対象基板の処理中における非点収差は許容範囲内となり、露光処理結果に収差が及ぼす影響を低減することができる。なお、本実施形態では非点収差を許容範囲のうちの下限に合わせて－３０（ｎｍ）に調整する例を示したが、露光工程において非点収差が許容範囲内となるように調整すればよいため、図８の例であれば－２０（ｎｍ）に調整してもよい。

【００３８】

また、露光処理（露光工程）中における非点収差は、許容範囲内のうちでも０に近い値で推移することが好ましい。したがって、非点収差の調整は、好ましくは露光処理中の非点収差の値の平均値が小さくなるよう行う。例えば、本実施形態であれば、非点収差を－２５（ｎｍ）となるよう調整することで、露光工程における非点収差の平均値を小さくすることができる。なお、本実施形態では非点収差を調整する例を説明したが、投影光学系に光を照射することにより変化する光学特性であればよく、調整する光学特性は非点収差に限定しない。例えば、本実施形態により調整する光学特性は、球面収差、コマ収差、像面湾曲、歪曲収差（ディストーション）等でもよい。

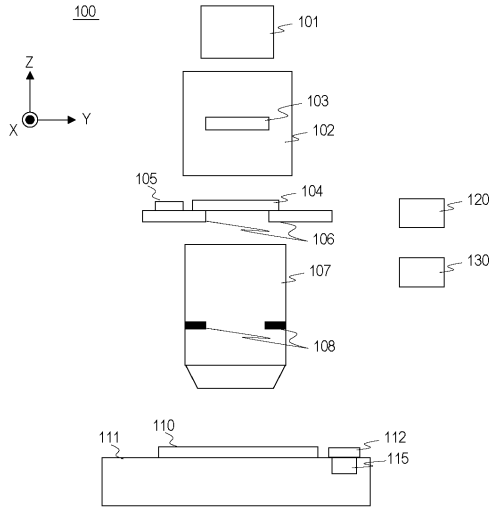
【００３９】
本実施形態によれば、予め取得した収差飽和量Ｐと非点収差の計測結果を予測式に適応することで、露光処理中に発生する収差発生量を予測することができ、この予測結果をもとにダミー照射を行うことで非点収差を調整することができる。これにより、対象基板（例えば、１ロット）の露光処理中に非点収差の調整を行わなくともユーザーが定めた許容範囲内の非点収差の状態で露光処理を行うことができ、非点収差による露光処理結果への影響を低減することができる。
【００４０】
＜第２実施形態＞
本実施形態は、第１実施形態に記載の露光装置（露光方法）を用いて物品を製造することを特徴とする。
【００４１】
図９は本実施形態における物品の製造方法のフローチャートである。第１実施形態に記載の露光装置（露光方法）を用いて光学特性（非点収差）を調整し、基板の露光を行う露光工程（Ｓ３１０）を行う。そして、露光工程の露光により基板上のパターンが形成された感光材料の現像を行う現像工程（Ｓ３２０）を行い、現像工程で現像された基板から物品を製造する製造工程（Ｓ３３０）を行う。
【００４２】
この製造方法で製造する物品は、例えば、半導体ＩＣ素子、液晶表示素子、カラーフィルタ、ＭＥＭＳ等である。
【００４３】
露光工程は、例えば、感光材料が塗布された基板（シリコン基板、ガラスプレート等）を露光装置（リソグラフィ装置）により露光することで、基板にパターンを形成する。
【００４４】
製造工程は、例えば、現像工程にて現像された基板に対するエッチング及びレジスト剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージングの実施が含まれる。本製造方法によれば、従来よりも高品位の物品を製造することができる。
【００４５】
本明細書の開示は、以下の露光方法、露光装置及び物品の製造方法を含む。
【００４６】
［項目１］
投影光学系を介して基板の露光処理を行う露光工程における前記投影光学系の光学特性の変化を予測する予測工程と、
前記露光工程の前に、前記予測工程の予測結果に基づいて前記投影光学系に対し光を照射し前記光学特性の調整を行う調整工程と、
前記調整工程の後に実施する前記露光工程と、を有し、
前記調整工程は、前記予測工程で予測した前記光学特性の変化に基づいて、前記光学特性が前記露光工程において前記光学特性の調整を行わなくとも所定範囲内となるよう、前記露光工程を開始するときの前記光学特性を正又は負の値に調整すること、
を特徴とする露光方法。
【００４７】
［項目２］
前記予測工程における前記光学特性の変化の予測は、前記露光工程における光学特性の変化を予測するための情報である第１情報と前記露光工程の前に前記光学特性を計測した情報である第２情報とに基づいて行われることを特徴とする項目１に記載の露光方法。
【００４８】
［項目３］
前記光学特性の変化を示す要素は、前記光学特性の単位時間当たりの変化量と前記露光処理中の前記光学特性の最大変化量との一方又は両方を含むことを特徴とする項目１～２のうちいずれか１項に記載の露光方法。

【００４９】
［項目４］
前記調整工程において、前記露光処理中の前記光学特性の平均値が小さくなるよう前記光学特性を調整することを特徴とする項目１～３のうちいずれか１項に記載の露光方法。
【００５０】
［項目５］
前記所定範囲は前記露光処理の条件毎に設定されることを特徴とする項目１～４のうちいずれか１項に記載の露光方法。
【００５１】
［項目６］
前記調整工程において、前記予測工程で予測した前記光学特性の変化における傾きの符号とは異なる符号側に、前記露光工程を開始するときの前記光学特性を調整することを特徴とする項目１～５のうちいずれか１項に記載の露光方法。
【００５２】
［項目７］
前記光学特性とは、前記投影光学系における非点収差であることを特徴とする項目１～６のうちいずれか１項に記載の露光方法。
【００５３】
［項目８］
前記露光工程における光学特性の変化を予測するための情報である第１情報は前記予測工程において用いる予測式に含まれる第１係数の情報を含むことを特徴とする項目２～７のうちいずれか１項に記載の露光方法。
【００５４】
［項目９］
前記第１係数は収差飽和量を示す値であることを特徴とする項目８に記載の露光方法。
【００５５】
［項目１０］
前記調整工程において、前記光学特性の単位時間当たりの変化量を示す第２係数に基づいて決定された時間で前記光を照射することにより前記光学特性の調整を行うことを特徴とする項目１～９のうちいずれか１項に記載の露光方法。
【００５６】
［項目１１］
前記調整工程における前記光の照射では、前記投影光学系を照明し、前記基板を照明しないことを特徴とする項目１～１０のうちいずれか１項に記載の露光方法。
【００５７】
［項目１２］
前記調整工程はパターンが形成された原版が前記光により照明されない位置にあるときに行われることを特徴とする項目１～１１のうちいずれか１項に記載の露光方法。
【００５８】
［項目１３］
前記予測工程の予測結果が、前記光学特性が前記所定範囲内となることを示す場合は前記調整工程を行わないことを特徴とする項目１～１２のうちいずれか１項に記載の露光方法。
【００５９】
［項目１４］
前記露光工程における光学特性の変化を予測するための情報である第１情報は前記露光処理の条件と紐づけられて記憶され、前記条件と同一の条件において前記露光処理を行う場合に、前記第１情報を用いて前記光学特性の予測を行うことを特徴とする項目２～１３のうちいずれか１項に記載の露光方法。
【００６０】

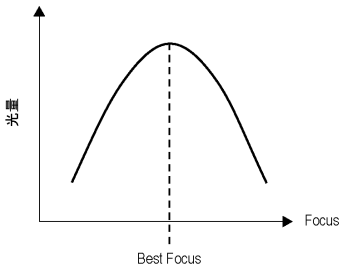
［項目１５］
前記調整工程において、前記予測工程の予測結果に応じて、前記光を照射するときの照明光学系の瞳面における光強度分布を切り替えることを特徴とする項目１～１４のうちいずれか１項に記載の露光方法。
【００６１】
［項目１６］
光を投影する投影光学系と、
前記投影光学系を介して基板の露光処理を行うときの光学特性を、前記投影光学系に対して光を照射することにより調整するよう制御する制御部と、を有し、
前記制御部は、前記投影光学系の前記光学特性の変化を予測し、予測結果に基づいて前記光学特性が前記露光処理において前記光学特性の調整を行わなくとも所定範囲内となるよう、前記露光処理を開始するときの前記光学特性を正又は負の値に調整するよう制御すること、
を特徴とする露光装置。
【００６２】
［項目１７］
項目１～１５のうちいずれか１項に記載の露光方法を用いて光学特性を調整し、基板の露光を行う露光工程と、
前記露光工程の露光により前記基板上のパターンが形成された感光材料の現像を行う現像工程と、
前記現像工程で現像された前記基板から物品を製造する製造工程と、
を有することを特徴とする物品の製造方法。
【００６３】
発明は上記実施形態に制限されるものではなく、発明の精神及び範囲から離脱することなく、様々な変更及び変形が可能である。従って、発明の範囲を公にするために請求項を添付する。

【図面】

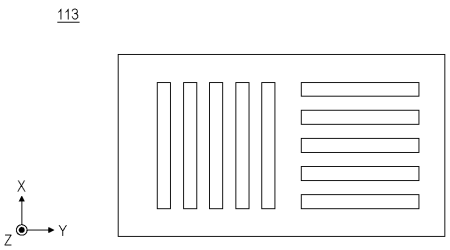
【図１】


100
101
Z
X
Y
103
102
105
104
120
106
130
107
108
111
110
112
115

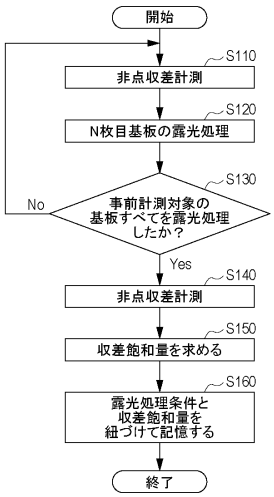
【図２】


光量
Focus
Best Focus

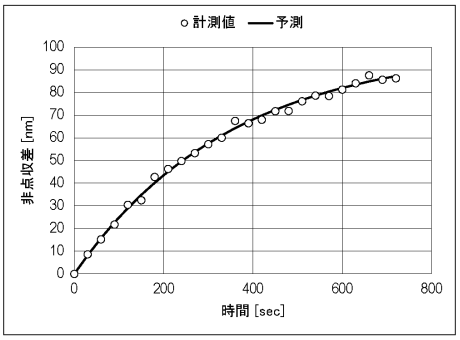
【図３】


113
X
Z
Y

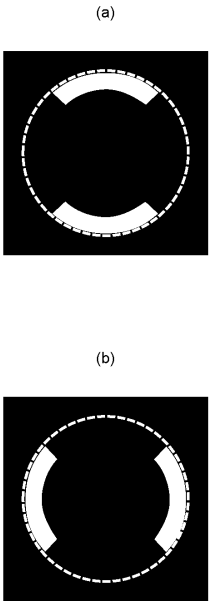
【図４】


開始
S110
非点収差計測
S120
N枚目基板の露光処理
S130
No
事前計測対象の
基板すべてを露光処理
したか？
Yes
S140
非点収差計測
S150
収差飽和量を求める
S160
露光処理条件と
収差飽和量を
紐づけて記憶する
終了

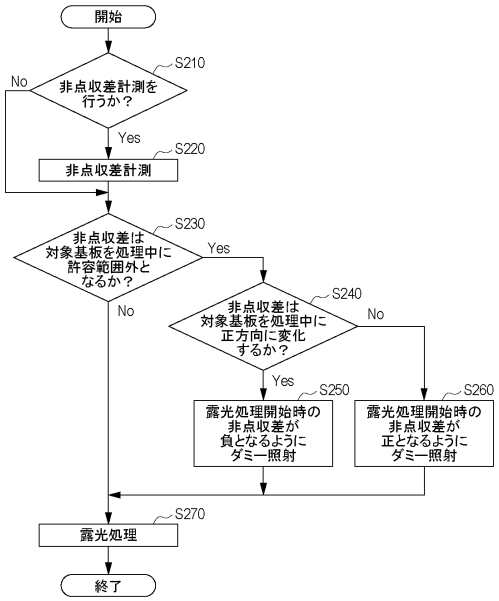
【図５】


○計測値 ―予測
非点収差 [nm]
時間 [sec]
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
0
200
400
600
800

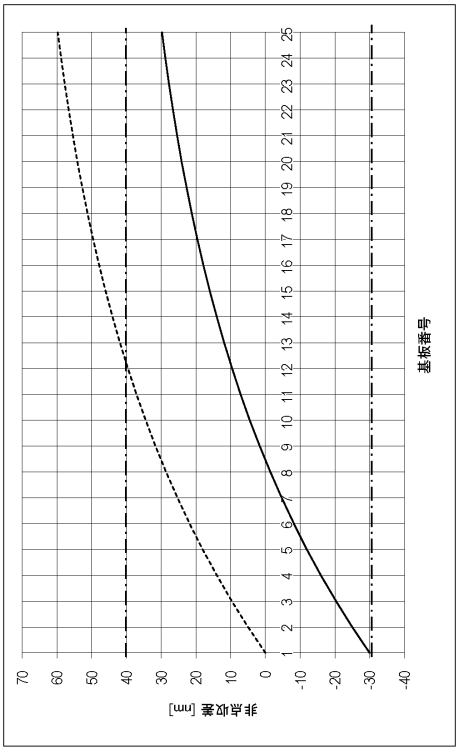
【図６】


(a)
(b)

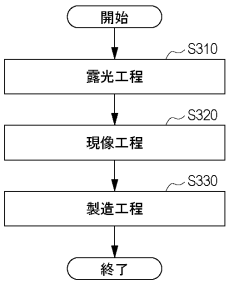
【図７】


開始
S210
非点収差計測を行うか？
No
Yes
S220
非点収差計測
S230
非点収差は対象基板を処理中に許容範囲外となるか？
Yes
No
S240
非点収差は対象基板を処理中に正方向に変化するか？
No
Yes
S250
露光処理開始時の非点収差が負となるようにダミー照射
S260
露光処理開始時の非点収差が正となるようにダミー照射
S270
露光処理
終了

【図８】


基板番号
非点収差 [nm]
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40

【図９】



フロントページの続き

ヤノン株式会社内
(72)発明者　茂泉　純
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

Ｆターム（参考）　2H151　AA10 BA52 DA30 DB01
2H197　AA05 BA11 CB16 CC16 CD12 CD13 DA02 DB10 DB23 DC02
DC16 HA03 HA05 HA08 HA10