(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3893626号
(P3893626)
(45)発行日　平成19年3月14日(2007.3.14)　(24)登録日　平成18年12月22日(2006.12.22)

(51)Int.Cl.　　F I
H01L 21/027 (2006.01)　　H01L 21/30 516A
G03F 7/20 (2006.01)　　H01L 21/30 514E
　　G03F 7/20 521

請求項の数 44　(全 21 頁)

(21)出願番号　特願平7-9687
(22)出願日　平成7年1月25日(1995.1.25)
(65)公開番号　特開平8-203805
(43)公開日　平成8年8月9日(1996.8.9)
審査請求日　平成13年12月19日(2001.12.19)

(73)特許権者　000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号
(74)代理人　100112427
弁理士　藤本　芳洋
(72)発明者　千葉　洋
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号
株式会社ニコン内
(72)発明者　吉川　俊和
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号
株式会社ニコン内

審査官　新井　重雄

最終頁に続く

(54)【発明の名称】投影光学装置の調整方法、投影光学装置、露光装置及び露光方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

所定の被加工部材を光路中に有する投影光学系におけるランダムな残存ディストーション成分を含む収差成分を計測する第１工程と、

前記第１工程の計測結果に基づいて、前記ランダムな残存ディストーション成分を相殺する如き前記被加工部材の表面形状を算出する第２工程と、

前記被加工部材を前記投影光学系から取り出し、前記第２工程にて算出された表面形状となるように前記被加工部材を加工する第３工程と、

前記第３工程にて加工された前記被加工部材を前記投影光学系の光路中に挿入する第４工程とを有し、

前記投影光学系は、物体側から順に、前群、開口絞り及び後群を有し、

前記被加工部材は、前記前群及び後群のうち小さい開口数の光束が通過する側の群に位置することを特徴とする投影光学装置の調整方法。

【請求項２】

所定の被加工部材を光路中に有する投影光学系におけるランダムな残存ディストーション成分を含む収差成分を計測する第１工程と、

前記第１工程の計測結果に基づいて、前記ランダムな残存ディストーション成分を相殺する如き前記被加工部材の表面形状を算出する第２工程と、

前記被加工部材を前記投影光学系から取り出し、前記第２工程にて算出された表面形状となるように前記被加工部材を加工する第３工程と、

前記第３工程にて加工された前記被加工部材を前記投影光学系の光路中に挿入する第４工程とを有し、
前記投影光学系は、物体側から順に、前群、開口絞り及び後群を有し、
前記被加工部材は、前記前群或いは後群中に位置し、かつ前記開口絞りから最も離れて位置することを特徴とする投影光学装置の調整方法。
【請求項３】
所定の被加工部材を光路中に有する投影光学系における実際の結像位置と理想結像位置とのずれ量を計測する第１工程と、
前記第１工程の計測結果に基づいて、前記ずれ量を相殺する如き前記被加工部材の表面形状を算出する第２工程と、
前記被加工部材を前記投影光学系から取り出し、前記第２工程にて算出された表面形状となるように前記被加工部材を加工する第３工程と、
前記第３工程にて加工された前記被加工部材を前記投影光学系の光路中に挿入する第４工程とを有し、
前記投影光学系は、物体側から順に、前群、開口絞り及び後群を有し、
前記被加工部材は、前記前群及び後群のうち小さい開口数の光束が通過する側の群に位置し、
前記ずれ量は、ランダム成分を含むことを特徴とする投影光学装置の調整方法。
【請求項４】
所定の被加工部材を光路中に有する投影光学系における実際の結像位置と理想結像位置とのずれ量を計測する第１工程と、
前記第１工程の計測結果に基づいて、前記ずれ量を相殺する如き前記被加工部材の表面形状を算出する第２工程と、
前記被加工部材を前記投影光学系から取り出し、前記第２工程にて算出された表面形状となるように前記被加工部材を加工する第３工程と、
前記第３工程にて加工された前記被加工部材を前記投影光学系の光路中に挿入する第４工程とを有し、
前記投影光学系は、物体側から順に、前群、開口絞り及び後群を有し、
前記被加工部材は、前記前群或いは後群中に位置し、かつ前記開口絞りから最も離れて位置し、
前記ずれ量は、ランダム成分を含むことを特徴とする投影光学装置の調整方法。
【請求項５】
前記被加工部材と隣接する光学部材と前記被加工部材との距離をｄとし、前記被加工部材の位置する群の焦点距離をｆとするとき、

$$d/f < 0.07$$

を満足することを特徴とする請求項２または請求項４記載の投影光学装置の調整方法。
【請求項６】
前記被加工部材の屈折力をφとするとき、

$$-0.005 < \phi < 0.005$$

を満足することを特徴とする請求項１乃至請求項５の何れか一項記載の投影光学装置の調整方法。
ただし、前記被加工部材の焦点距離をｆａとするとき、φ＝１／ｆａである。
【請求項７】
所定の被加工部材を光路中に有する投影光学系におけるランダムな残存ディストーション成分を含む収差成分を計測する第１工程と、
前記第１工程の計測結果に基づいて、前記ランダムな残存ディストーション成分を相殺する如き前記被加工部材の表面形状を算出する第２工程と、
前記被加工部材を前記投影光学系から取り出し、前記第２工程にて算出された表面形状となるように前記被加工部材を加工する第３工程と、
前記第３工程にて加工された前記被加工部材を前記投影光学系の光路中に挿入する第４

工程とを有し、
前記被加工部材の屈折力をφとするとき、
－０．００５＜φ＜０．００５
を満足することを特徴とする投影光学装置の調整方法。
ただし、前記被加工部材の焦点距離をｆａとするとき、φ＝１／ｆａである。
【請求項８】
所定の被加工部材を光路中に有する投影光学系における実際の結像位置と理想結像位置とのずれ量を計測する第１工程と、
前記第１工程の計測結果に基づいて、前記ずれ量を相殺する如き前記被加工部材の表面形状を算出する第２工程と、
前記被加工部材を前記投影光学系から取り出し、前記第２工程にて算出された表面形状となるように前記被加工部材を加工する第３工程と、
前記第３工程にて加工された前記被加工部材を前記投影光学系の光路中に挿入する第４工程とを有し、
前記ずれ量は、ランダム成分を含み、
前記被加工部材の屈折力をφとするとき、
－０．００５＜φ＜０．００５
を満足することを特徴とする投影光学装置の調整方法。
ただし、前記被加工部材の焦点距離をｆａとするとき、φ＝１／ｆａである。
【請求項９】
所定の被加工部材を光路中に有する投影光学系におけるランダムな残存ディストーション成分を含む収差成分を計測する第１工程と、
前記第１工程の計測結果に基づいて、前記ランダムな残存ディストーション成分を相殺する如き前記被加工部材の表面形状を算出する第２工程と、
前記被加工部材を前記投影光学系から取り出し、前記第２工程にて算出された表面形状となるように前記被加工部材を加工する第３工程と、
前記第３工程にて加工された前記被加工部材を前記投影光学系の光路中に挿入する第４工程と、
前記第１工程に先立って、前記投影光学系の収差成分のうちの対称的な収差成分の補正を行う第５工程を有する投影光学装置の調整方法。
【請求項１０】
所定の被加工部材を光路中に有する投影光学系におけるランダムな残存ディストーション成分を含む収差成分を計測する第１工程と、
前記第１工程の計測結果に基づいて、前記ランダムな残存ディストーション成分を相殺する如き前記被加工部材の表面形状を算出する第２工程と、
前記被加工部材を前記投影光学系から取り出し、前記第２工程にて算出された表面形状となるように前記被加工部材を加工する第３工程と、
前記第３工程にて加工された前記被加工部材を前記投影光学系の光路中に挿入する第４工程と、
前記第１工程に先立って、前記投影光学系中の光学部材を調整して諸収差を補正する第５工程を有する投影光学装置の調整方法。
【請求項１１】
所定の被加工部材を光路中に有する投影光学系における実際の結像位置と理想結像位置とのずれ量を計測する第１工程と、
前記第１工程の計測結果に基づいて、前記ずれ量を相殺する如き前記被加工部材の表面形状を算出する第２工程と、
前記被加工部材を前記投影光学系から取り出し、前記第２工程にて算出された表面形状となるように前記被加工部材を加工する第３工程と、
前記第３工程にて加工された前記被加工部材を前記投影光学系の光路中に挿入する第４工程と、

前記第１工程に先立って、前記投影光学系の収差成分のうちの対称的な収差成分の補正を行う第５工程を有し、
前記ずれ量は、ランダム成分を含むことを特徴とする投影光学装置の調整方法。
【請求項１２】
所定の被加工部材を光路中に有する投影光学系における実際の結像位置と理想結像位置とのずれ量を計測する第１工程と、
前記第１工程の計測結果に基づいて、前記ずれ量を相殺する如き前記被加工部材の表面形状を算出する第２工程と、
前記被加工部材を前記投影光学系から取り出し、前記第２工程にて算出された表面形状となるように前記被加工部材を加工する第３工程と、
前記第３工程にて加工された前記被加工部材を前記投影光学系の光路中に挿入する第４工程と、
前記第１工程に先立って、前記投影光学系中の光学部材を調整して諸収差を補正する第５工程を有し、
前記ずれ量は、ランダム成分を含むことを特徴とする投影光学装置の調整方法。
【請求項１３】
前記被加工部材は、平行平面板から構成されることを特徴とする請求項１乃至請求項１２の何れか一項記載の投影光学装置の調整方法。
【請求項１４】
前記第１工程における前記被加工部材と、前記第３工程において加工される前記被加工部材とは、別の光学部材であり、前記第１工程における前記被加工部材は測定用ダミー部材であることを特徴とする請求項１乃至請求項１３の何れか一項記載の投影光学装置の調整方法。
【請求項１５】
前記第３工程は、加工された前記被加工部材に反射防止膜を形成する工程を含むことを特徴とする請求項１乃至請求項１４の何れか一項記載の投影光学装置の調整方法。
【請求項１６】
前記第１工程における前記ディストーション成分を含む収差成分または前記ずれ量の計測は、テストパターン露光を用いることを特徴とする請求項１乃至請求項１５の何れか一項記載の投影光学装置の調整方法。
【請求項１７】
前記第２工程は、
前記被加工部材の面上における第１の点での面法線のベクトルを計算する第６工程と、
前記第６工程での計算結果に基づいて、前記投影光学系の光軸と直交する所定方向に関する前記第１の点での接線ベクトルを計算する第７工程と、
前記第１の点から所定方向に所定距離だけ離れた点を第２の点として設定し、前記所定方向に対して前記接線ベクトルがなす角度と所定距離との積を求める第８工程と、
前記第１の点における前記被加工部材が有するべき表面形状の光軸方向の高さに積を加えて、前記第２の点での前記被加工部材の光軸方向の高さを得る第９工程とを有することを特徴とする請求項１乃至請求項１６の何れか一項に記載の投影光学装置の調整方法。
【請求項１８】
前記第１工程における前記ディストーション成分を含む収差成分または前記ずれ量の計測は前記第２物体上の複数点で行われることを特徴とする請求項１乃至請求項１７の何れか一項記載の投影光学装置の調整方法。
【請求項１９】
前記第２工程は、
前記複数点での残存ディストーションを補正するために必要な複数の残存ディストーション補正量を計算、または前記複数点での前記ずれ量を補正するために必要な複数の前記ずれ量の補正量を計測するする第１０工程と、
前記複数の計測点に対応する所定光学面での複数点における残存ディストーション量ま

たは前記ずれ量に必要な局所補正形状を得る第１１工程と、
前記第１１工程で得られた複数の局所補正形状に基づいて、全面の補正形状を得る第１２工程とを有することを特徴とする請求項１８記載の投影光学装置の調整方法。
【請求項２０】
前記第３工程では、前記被加工部材を通過する光束径の大きさを考慮して加工量を決定することを特徴とする請求項１乃至請求項１９の何れか一項記載の投影光学装置の調整方法。
【請求項２１】
前記被加工部材は、前記被加工部材を位置決めするためのマークを有することを特徴とする請求項１乃至請求項２０の何れか一項記載の投影光学装置の調整方法。
【請求項２２】
前記投影光学系は縮小倍率を有することを特徴とする請求項１乃至請求項２１の何れか一項記載の投影光学装置の調整方法。
【請求項２３】
前記投影光学系は実質的に両側テレセントリックであることを特徴とする請求項１乃至請求項２２の何れか一項記載の投影光学装置の調整方法。
【請求項２４】
請求項１乃至請求項２３の何れか一項記載の調整方法に従って調整されることを特徴とする投影光学装置。
【請求項２５】
第１物体の像を第２物体上に投影露光する露光装置において、
請求項２４記載の投影光学装置を備えることを特徴とする露光装置。
【請求項２６】
第１物体の像を第２物体上に投影する投影光学系を備えた露光装置において、
前記投影光学系は、前記第１物体から順に、正屈折力の前群と、開口絞りと、正屈折力の後群とを有し、
前記第１物体から前記第２物体へ至る光路中に前記前群及び後群のうち小さい開口数の光束が通過する側の群に位置する所定の被加工部材が配置され、
該被加工部材は、該被加工部材が前記光路中に配置された状態にて計測されたランダムな残存ディストーション成分を含む収差成分の計測結果に基づいて算出される該ランダムな残存ディストーション成分を相殺する如き表面形状を有するように加工されることを特徴とする露光装置。
【請求項２７】
第１物体の像を第２物体上に投影する投影光学系を備えた露光装置において、
前記投影光学系は、前記第１物体側から順に、正屈折力の前群と、開口絞りと、正屈折力の後群とを有し、
前記第１物体から前記第２物体へ至る光路中にの前記前群或いは後群中に位置し、かつ前記開口絞りから最も離れて位置する所定の被加工部材が配置され、
該被加工部材は、該被加工部材が前記光路中に配置された状態にて計測されたランダムな残存ディストーション成分を含む収差成分の計測結果に基づいて算出される該ランダムな残存ディストーション成分を相殺する如き表面形状を有するように加工されることを特徴とする露光装置。
【請求項２８】
第１物体の像を第２物体上に投影する投影光学系を備えた露光装置において、
前記投影光学系は、前記第１物体から順に、正屈折力の前群と、開口絞りと、正屈折力の後群とを有し、
前記第１物体から前記第２物体へ至る光路中に前記前群及び後群のうち小さい開口数の光束が通過する側の群に位置する所定の被加工部材が配置され、
該被加工部材は、該被加工部材が前記光路中に配置された状態にて計測された実際の結像位置と理想結像位置とのずれ量の計測結果に基づいて算出されるランダム成分を相殺す

る如き表面形状を有するように加工されることを特徴とする露光装置。
【請求項２９】
第１物体の像を第２物体上に投影する投影光学系を備えた露光装置において、
前記投影光学系は、前記第１物体から順に、正屈折力の前群と、開口絞りと、正屈折力の後群とを有し、
前記第１物体から前記第２物体へ至る光路中に前記前群或いは後群中に位置し、かつ前記開口絞りから最も離れて位置する所定の被加工部材が配置され、
該被加工部材は、該被加工部材が前記光路中に配置された状態にて計測された実際の結像位置と理想結像位置とのずれ量の計測結果に基づいて算出されるランダム成分を相殺する如き表面形状を有するように加工されることを特徴とする露光装置。
【請求項３０】
前記被加工部材と隣接する光学部材と前記被加工部材との距離をｄとし、前記被加工部材の位置する群の焦点距離をｆとするとき、
ｄ／ｆ＜０．０７
を満足することを特徴とする請求項２７または請求項２９記載の露光装置。
【請求項３１】
前記被加工部材の屈折力をφとするとき、
－０．００５＜φ＜０．００５
を満足することを特徴とする請求項２６乃至請求項３０の何れか一項記載の露光装置。
ただし、前記被加工部材の焦点距離をｆａとするとき、φ＝１／ｆａである。
【請求項３２】
第１物体の像を第２物体上に投影する投影光学系を備えた露光装置において、
前記投影光学系は、前記第１物体から順に、正屈折力の前群と、開口絞りと、正屈折力の後群とを有し、
前記第１物体から前記第２物体へ至る光路中には、所定の被加工部材が配置され、
該被加工部材は、該被加工部材が前記光路中に配置された状態にて計測されたランダムな残存ディストーション成分を含む収差成分の計測結果に基づいて算出される該ランダムな残存ディストーション成分を相殺する如き表面形状を有するように加工され、
前記被加工部材の屈折力をφとするとき、
－０．００５＜φ＜０．００５
を満足することを特徴とする露光装置。
ただし、前記被加工部材の焦点距離をｆａとするとき、φ＝１／ｆａである。
【請求項３３】
第１物体の像を第２物体上に投影する投影光学系を備えた露光装置において、
前記投影光学系は、前記第１物体から順に、正屈折力の前群と、開口絞りと、正屈折力の後群とを有し、
前記第１物体から前記第２物体へ至る光路中には、所定の被加工部材が配置され、
該被加工部材は、該被加工部材が前記光路中に配置された状態にて計測された実際の結像位置と理想結像位置とのずれ量の計測結果に基づいて算出されるランダム成分を相殺する如き表面形状を有するように加工され、
前記被加工部材の屈折力をφとするとき、
－０．００５＜φ＜０．００５
を満足することを特徴とする露光装置。
ただし、前記被加工部材の焦点距離をｆａとするとき、φ＝１／ｆａである。
【請求項３４】
第１物体の像を第２物体上に投影する投影光学系を備えた露光装置において、
前記投影光学系は、前記第１物体から順に、正屈折力の前群と、開口絞りと、正屈折力の後群とを有し、
前記第１物体から前記第２物体へ至る光路中には、所定の被加工部材が配置され、
該被加工部材は、該被加工部材が前記光路中に配置された状態にて計測されたランダム

な残存ディストーション成分を含む収差成分の計測結果に基づいて算出される該ランダムな残存ディストーション成分を相殺する如き表面形状を有するように加工され、
前記投影光学系の収差成分のうちの対称的な収差成分の補正を行った後に前記残存ディストーション成分を含む収差成分の計測を行うことを特徴とする露光装置。
【請求項３５】
第１物体の像を第２物体上に投影する投影光学系を備えた露光装置において、
前記投影光学系は、前記第１物体から順に、正屈折力の前群と、開口絞りと、正屈折力の後群とを有し、
前記第１物体から前記第２物体へ至る光路中には、所定の被加工部材が配置され、
該被加工部材は、該被加工部材が前記光路中に配置された状態にて計測されたランダムな残存ディストーション成分を含む収差成分の計測結果に基づいて算出される該ランダムな残存ディストーション成分を相殺する如き表面形状を有するように加工され、
前記投影光学系を調整して諸収差を補正した後に前記残存ディストーション成分を含む収差成分の計測を行うことを特徴とする露光装置。
【請求項３６】
第１物体の像を第２物体上に投影する投影光学系を備えた露光装置において、
前記投影光学系は、前記第１物体から順に、正屈折力の前群と、開口絞りと、正屈折力の後群とを有し、
前記第１物体から前記第２物体へ至る光路中には、所定の被加工部材が配置され、
該被加工部材は、該被加工部材が前記光路中に配置された状態にて計測された実際の結像位置と理想結像位置とのずれ量の計測結果に基づいて算出されるランダム成分を相殺する如き表面形状を有するように加工され、
前記投影光学系の収差成分のうちの対称的な収差成分の補正を行った後に前記ずれ量の計測を行うことを特徴とする露光装置。
【請求項３７】
第１物体の像を第２物体上に投影する投影光学系を備えた露光装置において、
前記投影光学系は、前記第１物体から順に、正屈折力の前群と、開口絞りと、正屈折力の後群とを有し、
前記第１物体から前記第２物体へ至る光路中には、所定の被加工部材が配置され、
該被加工部材は、該被加工部材が前記光路中に配置された状態にて計測された実際の結像位置と理想結像位置とのずれ量の計測結果に基づいて算出されるランダム成分を相殺する如き表面形状を有するように加工され、
前記投影光学系を調整して諸収差を補正した後に前記ずれ量の計測を行うことを特徴とする露光装置。
【請求項３８】
前記残存ディストーション成分を含む収差成分または前記ずれ量の計測は前記第２物体上の複数点で行われることを特徴とする請求項２６乃至請求項３７の何れか一項記載の露光装置。
【請求項３９】
前記ランダムな残存ディストーション成分または前記ずれ量の計測は、前記加工される前記被加工部材とは別の光学部材としての測定用ダミー部材を前記第１物体から前記第２物体へ至る光路中に配置された状態で行われることを特徴とする請求項２６乃至請求項３８の何れか一項記載の露光装置。
【請求項４０】
前記加工された前記被加工部材は反射防止膜を含むことを特徴とする請求項２６乃至請求項３９の何れか一項記載の露光装置。
【請求項４１】
前記被加工部材は、前記被加工部材を位置決めするためのマークを有することを特徴とする請求項２６乃至請求項４０の何れか一項記載の露光装置。
【請求項４２】

前記投影光学系は縮小倍率を有することを特徴とする請求項２６乃至請求項４１の何れか一項記載の露光装置。

【請求項４３】

前記投影光学系は実質的に両側テレセントリックであることを特徴とする請求項２６乃至請求項４２の何れか一項記載の露光装置。

【請求項４４】

第１物体上のパターンを第２物体上に投影露光する方法において、

請求項２６乃至請求項４３の何れか一項記載の露光装置を用いて、第１物体のパターン像を第２物体上に形成することを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】

本発明は第１の物体上のパターンを第２の物体上に投影するための投影光学装置の調整方法、この調整方法により調整された投影光学装置、この投影光学装置を備える露光装置及びこの露光装置を用いた露光方法に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

精密な回路パターンを感光材料が塗布された基板（ウェハ、プレート等）上に焼き付ける露光装置に使用する投影光学系には、非常に高い光学性能が要求される。このため、投影光学系に使用される光学部材も究極的な製造精度にて作製される。

【０００３】

さらに、作製された光学部材を合わせて投影光学系として組み上げる際においても、実際に投影光学系の収差を測定しつつ、例えば、各光学部材を保持する鏡筒間のワッシャの厚みを変更することにより各光学部材の間隔を調整する手法や、該光学部材をティルト（光軸垂直方向を軸とする回転）する手法、該光学部材をシフト（光軸垂直方向に沿って移動）する手法などの非常に微妙な調整を行っている。この調整により、光学部材の製造誤差による光学性能の劣化や光学部材の組み込みの際に生じる光学性能の劣化を最小としている。

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来技術の投影光学系においては、上述のような組立調整を行なっても補正しきれないディストーション成分が残存していた。特に基準となる光軸に対して方向性を持たないディストーションのランダム成分（非対称なディストーション）については、従来技術においては有効な補正方法がなく、精密な焼き付け露光装置におけるトータルオーバレイ向上の障害となっていた。

【０００５】

そこで、本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、複雑な組立調整を行うことなく、ディストーションのランダム成分を補正することを目的とする。

【０００６】

【課題を解決するための手段】

上述の目的を達成するために、本発明では、例えば図１（ａ），（ｂ）に示す如く、所定の被加工部材を光路中に有する投影光学系に残存する収差成分のランダム成分または所定の被加工部材を光路中に有する投影光学系における実際の結像位置と理想結像位置とのずれ量等のランダム成分を計測する第１工程と、この残存収差成分のランダム成分またはこのずれ量等のランダム成分を補正する補正面形状を算出する第２工程と、前記第２工程にて算出された結果に基づき前記被加工部材を加工する第３工程と、前記第３工程にて加工された前記被加工部材を前記投影光学系の光路中に挿入する第４工程とを有する調整方法を投影光学装置に施すものである。

【０００７】

なお、本発明において、残存ディストーション成分とは、投影光学系が無収差の理想光学

系である場合の理想結像位置を考えたとき、被加工部材及び投影光学系を介した光束の実際の結像位置と、前記理想結像位置とのずれ量のことを示す。

【０００８】

【作用】

上述の構成の如き本発明においては、投影光学系を構成する光学部材である被加工部材の表面形状を加工しているため、この被加工部材を通過する光束を屈折作用により偏向させることができる。これにより、物体面上の所定の点の結像位置を像面上において光軸垂直方向に偏位させて、投影光学系における残存倍率成分及び残存ディストーション成分を補正することができる。

【０００９】

図２を参照して簡単に説明する。図２(a) は加工前の被加工部材１０がレチクルＲとウェハＷとの間の光路中に配置される様子を示す図であり、図２(a) では投影光学系を図示省略している。図２(a) において、レチクルＲ上の点Ｏからの光束は、被加工部材１０及び図示なき投影光学系を介して、ウェハＷ上に結像する。ここで、図示なき投影光学系がディストーションを有する場合には、レチクルＲ上の点Ｏからの光束は点$Ｐ_1$ 上に集光し、この点$Ｐ_1$ には点Ｏの像が形成される。仮に不図示の投影光学系が理想結像光学系である場合には、レチクルＲ上の点Ｏからの光束は点$Ｐ_0$ 上に集光し、この点$Ｐ_0$ に点Ｏの像を形成する。このとき、ウェハＷ面内における点$Ｐ_0$ と点$Ｐ_1$ とのずれが投影光学系のディストーションに対応する。

【００１０】

本発明では、図２(b) に示す如く、投影光学系の光路中に存在する被加工部材１０の表面形状を、加工前の表面１０ａから表面１０ｂとなるように加工している。これにより、レチクルＲ上の点Ｏからの光束が被加工部材１０の表面１０ｂによる屈折作用を受けるため、ウェハＷ上の点$Ｐ_0$ 上に集光する。これにより、投影光学系のディストーションが補正される。

【００１１】

なお、本発明において、被加工部材による補正の前に、光軸に関して対称的に発生する諸収差を補正しておくことが望ましい。これにより、被加工部材の加工量を少なくすることができ、加工が容易となり、さらに他の収差への影響を防ぐことができる。

また、本発明において、投影光学系は、物体側から順に、前群、開口絞り及び後群を有するように構成されることが好ましく、このとき、被加工部材は、前記前群及び後群のうち小さい開口数の光束が通過する側の群に位置することが好ましい。この構成により、結像のために被加工部材を通過する光束が細くなる位置に被加工部材が設けられることになるため、残存倍率成分及び残存ディストーション成分のコントロールの精度をさらに向上させることが可能である。さらにこの構成によれば、組立調整された投影光学系における他の収差成分への影響を軽減できる。

【００１２】

また、本発明において、被加工部材は、前群或いは後群中に位置し、かつ開口絞りから最も離れて位置するように構成されることが好ましい。この構成により、被加工部材が結像のために被加工部材を通過する光束が細くなる位置に設けられることになるため、残存倍率成分及び残存ディストーション成分の補正精度をさらに向上させることが可能である。さらに、この構成では、被加工部材が投影光学系の最も外側（最も物体側或いは最も像側）に位置することになるため、投影光学系の鏡筒の構成の簡素化を達成することができ、上記第３及び第４工程における被加工部材の挿脱が容易になる利点がある。

【００１３】

また、本発明においては、被加工部材と隣接する光学部材と被加工部材との距離をｄとし、被加工部材の位置する群の焦点距離をｆとするとき、

【００１４】

【数１】

（１）　　ｄ／ｆ＜０．０７

を満足することが好ましい。
この条件式（１）は、被加工部材の好適な配置を規定するものであり、この条件式（１）の上限を超える場合には、投影光学系の作動距離を充分に確保できなくなるため好ましくない。なお、この条件式（１）においては、下限を０．００１とし、０．００１＜ｄ／ｆとすることが好ましい。この下限を超える場合には、被加工部材を保持する保持部材と、この被加工部材と隣接する光学部材を保持する保持部材との干渉を招く恐れがあり、保持部材の設計の自由度が減少するため好ましくない。
【００１５】
また、本発明においては、被加工部材の屈折力をφとするとき、
【００１６】
【数２】
（２）　　－０．００５＜φ＜０．００５
を満足することが好ましい。なお、被加工部材の屈折力φは、被加工部材の焦点距離をｆａとするとき、φ＝１／ｆａで表される。
【００１７】
この条件式（２）は、被加工部材の好適な屈折力φの範囲を規定して、被加工部材の組み込みの容易化を達成するためのものである。ここで、被加工部材が条件式（２）の範囲を超えた屈折力を有する際には、被加工部材の偏心精度が厳しくなり、高精度に被加工部材の位置決め（光軸調整）を行う必要があるため好ましくない。被加工部材の屈折力φがこの条件式（２）の範囲内である場合には、被加工部材の組み込み誤差による収差の影響を少なくすることができ、被加工部材の位置決めの精度を金物精度の程度とすることができる。なお、上述の観点と加工の容易性とを考えると、被加工部材は、屈折力を有しない平行平面板から構成されることが好ましい。
【００１８】
【実施例】
以下、図面を参照して本発明による実施例を詳述する。図３は、本発明の投影光学装置に好適な露光装置の一例を概略的に示す構成図であり、２次元のＸＺ座標系を採用している。
図３において、照明光学装置ＩＳは、例えば365nm(ｉ線),248nm(KrFエキシマレーザ),193nm(ArFエキシマレーザ) 等の露光光によりレチクルステージＲＳ上に載置されたレチクルＲを均一照明する。レチクルＲの下方には、被加工部材としてのディストーション補正板１０と、このディストーション補正板１０を載置する保持部材１１と、所定の縮小倍率を有し実質的に両側テレセントリックな投影対物レンズＰＬとが設けられている。この投影対物レンズＰＬは、レチクルＲ側から順に、正屈折力の前群G_Fと開口絞りＡＳと正屈折力の後群G_Rとを有するものであり、前群G_Fと後群G_Rとの屈折力の比は投影対物レンズＰＬの縮小倍率と対応している。ここで、本実施例では、投影対物レンズＰＬは、ディストーション補正板１０を含めた状態で収差補正がなされるように光学設計されている。従って、照明光学装置ＩＳにより照明されたレチクルＲからの光は、ディストーション補正板１０及び投影対物レンズＰＬを介してウェハステージＷＳ上に載置されたウェハＷ上に達し、ウェハＷにレチクルＲの縮小像を形成する。このウェハステージＷＳはＸＹＺ方向に移動可能に設けられている。なお、本実施例において、ディストーション補正板１０は、例えば石英ガラス等の露光光を透過させる材料からなる平行平面板から構成されている。
【００１９】
また、ディストーション補正板１０が載置される保持部材１１は、例えば図４に示す如く、露光光を通過させるための開口を有し、その一部にディストーション補正板を規制するピン１１ａ～１１ｃが設けられている。従って、ディストーション補正板１０がピン１１ａ～１１ｃに当接することにより、ディストーション補正板１０の位置決めがなされる。
【００２０】
本実施例では、ディストーションのランダム成分の補正に先立って、投影対物レンズＰＬ

の諸収差のうち対称的な成分の補正を行う。まず、レチクルステージＲＳ上に所定のパターンが形成されたテストレチクルTR_1を載置する。このテストレチクルTR_1は、例えば図５に示す如く、複数のマークが設けられたパターン領域PA_1と、このパターン領域PA_1を囲む遮光帯ＬＳＴとを有する。次に、照明光学装置ＩＳの露光光によりテストレチクルTR_1をケーラー照明する。この照明されたテストレチクルTR_1からの光は、ディストーション補正板１０及び投影対物レンズＰＬを介して、レジスト等の感光材料が塗布されたウェハＷに達し、このウェハＷにテストレチクルTR_1のパターン像を形成する。その後、ウェハＷの現像処理を行い、この現像によるレジストパターン像を座標測定機によって計測する。その後、計測されたレジストパターン像の情報に基づいて、光学部材の間隔の調整や、この光学部材のティルト・シフト調整を行い、ディストーションのランダム成分以外の諸収差を補正する。

【００２１】

上述の如きディストーションのランダム成分以外の諸収差の補正動作の後に、ディストーションのランダム成分を補正する。

まず、上述の補正に用いられたテストレチクルTR_1の代わりに、図６に示す如きテストレチクルTR_2をレチクルステージＲＳ上に載置する。このテストレチクルTR_2は、露光光を遮光する遮光帯ＬＳＴで囲まれるパターン領域PA_2内にマトリックス状に配列された、すなわち正方格子の格子点上に配列された複数の十字マーク$M_{0,0}$～$M_{8,8}$を有するものである。なお、テストレチクルTR_1のパターン領域PA_1上に、テストレチクルTR_2の十字マーク$M_{0,0}$～$M_{8,8}$を設ける、すなわちテストレチクルTR_1とテストレチクルTR_2とを共用しても良い。

【００２２】

次に、図３に戻って、レチクルステージＲＳ上のテストレチクルTR_2を照明光学装置ＩＳの露光光により照明する。このテストレチクルTR_2からの光は、ディストーション補正板１０及び投影対物レンズＰＬを介して、レジスト等の感光材料が表面上に塗布されたウェハＷ上の露光領域に達し、このウェハＷにテストレチクルTR_2の複数の十字マーク$M_{0,0}$～$M_{8,8}$の像（潜像）を形成する。その後、露光されたウェハＷの現像処理を行い、露光された複数の十字マーク$M_{0,0}$～$M_{8,8}$像をパターン化する。

【００２３】

ウェハＷ上の露光領域ＥＡ内においてパターンされた複数の十字マークを図７に示す。なお、図７では、投影光学系が理想光学系（無収差の光学系）である場合の結像位置である理想結像位置を破線の交点で表している。図７において、レチクルＲ上の十字マーク$M_{0,0}$の像に対応するものが十字パターン$P_{0,0}$であり、レチクルＲ上の十字マーク$M_{1,0}$の像に対応するものが十字パターン$P_{1,0}$であり、レチクルＲ上の十字マーク$M_{0,1}$の像に対応するものが十字パターン$P_{0,1}$であり、以下の十字マークと十字パターンとは同様に対応している。

【００２４】

その後、ウェハＷ上に形成された複数の十字パターン$P_{0,0}$～$P_{8,8}$のそれぞれのＸＹ座標を座標測定機によって測定する。

本実施例においては、複数の十字パターン$P_{0,0}$～$P_{8,8}$上に集光する複数の十字マーク$M_{0,0}$～$M_{8,8}$からの光束をディストーション補正板１０の表面形状を加工することにより、複数の十字パターン$P_{0,0}$～$P_{8,8}$を理想結像位置に変位させている。以下、具体的なディストーション補正板１０の面形状の算出について説明する。

【００２５】

図３に示した通り、本実施例におけるディストーション補正板１０は、投影対物レンズＰＬとレチクルＲとの間の光路中に配置されている。この位置は、比較的に開口数(N.A.)が細い光束が通過する位置であるため、ディストーション補正板１０による結像位置の変位を行うにあたっては、ディストーション補正板１０の表面形状の変更により変位される光束のうち、代表的に主光線の変位を考えれば良い。

【００２６】

ここで、図７に示す理想結像位置と複数の十字パターン$P_{0,0}$～$P_{8,8}$とのずれ量であるディストーション量をｗとし、複数の十字マーク$M_{0,0}$～$M_{8,8}$からの主光線がディストーション補正板１０を通過する点である主光線通過点におけるディストーション補正板１０の表面の法線の角度変化量をθとするとき、

【００２７】

【数３】

（３）　　$w=\beta\cdot L_R(n-1)\cdot\theta$

が成立する。なお、上記角度変化量θは、加工前の基準状態におけるディストーション補正板１０の表面の法線に対するものであり、βは投影光学系の横倍率、L_RはレチクルＲとディストーション補正板１０の加工される表面との光軸方向に沿った距離、ｎはディストーション補正板１０の屈折率である。また、（３）式において、ディストーション補正板１０の加工される面は、ウェハW側の面であるとしている。

【００２８】

また、ディストーション補正板１０が投影対物レンズＰＬとウェハWとの間の光路中にある場合には、

【００２９】

【数４】

（４）　　$w=L_W(n-1)\cdot\theta$

が成立する。ただし、L_WはウェハWとディストーション補正板１０の加工される表面との光軸方向に沿った距離である。

【００３０】

従って、前述の座標測定機による複数の十字パターン$P_{0,0}$～$P_{8,8}$の座標と、理想結像位置とのずれ量であるディストーション量から、ディストーション補正板１０の表面の主光線通過点における面法線を求められる。

これにより、ディストーション補正板１０の面法線は各主光線通過点においては定まるが、ディストーション補正板１０の表面が連続的につながった形状にならない。従って、本実施例では、（３）式により求められたディストーション補正板１０の主光線通過点における面法線から曲面補完式を用いて連続的な表面形状としている。

【００３１】

ここで、曲面補完式としては種々のものが存在するが、本実施例に用いる曲面補完式としては、面法線が既知であり、この面法線から主光線通過点における面の接線ベクトルを求めることができるため、点の座標とその座標における接線ベクトルとから曲面を補完するクーンズ(Coons)の式によるものが好適である。しかしながら、図８(a)に示すように、例えば点Q_0と点Q_1との隣合う座標における接線ベクトルθ_0,θ_1が共に等しい場合には、補完される曲線（曲面）がうねってしまう問題が生じる。

【００３２】

本実施例において、隣合う主光線通過点を通過する主光線によるディストーション量が等しい場合には、これらの隣合う主光線通過点の間においてもディストーション量を等しくすることが効果的である。ここで、図８(a)に示すように、補完される曲線（曲面）がうねる場合には、隣合う主光線通過点の間におけるディストーションの量と方向とが逐次変化し、ディストーションのランダム成分を補正できないばかりか、測定点の間においてディストーションのランダム成分をさらに発生させてしまう恐れがある。

【００３３】

そこで、本実施例では、隣合う主光線通過点の間においてもディストーション量を等しくするために、図８(b)に示すように、座標Q_0における接線ベクトルθ_0のＺ方向のベクトル成分を、Ｚ方向の高さZ_1として座標Q_0の隣の座標Q_1に加える。これにより、隣合う座標Q_0,Q_1の接線ベクトルが共に等しい場合においても、補完される曲線はこれらの座標Q_0,Q_1間においてほぼ直線となり、これらの座標Q_0,Q_1間を通過する主光線はほぼ等しい角度で屈折する。従って、隣合う主光線通過点を通過する主光線によるディストーション量が等しい場合には、これらの隣合う主光線通過点の間においてもディストー

ション量を等しくすることが可能となる。

【００３４】

次に、図９～図１３を参照して、本実施例における曲面補完の手順を具体的に説明する。なお、図９乃至図１３においては、ＸＹＺ座標系を採用している。

〔ステップ１〕

まず、図９に示す如く、ディストーション補正板１０の被加工面１０ａにＸＹＺ座標をとる。なお、図９においては、図６に示す複数の十字マーク$M_{0,0}$～$M_{8,8}$から図７に示す複数の十字パターン$P_{0,0}$～$P_{8,8}$へ向かう光束の主光線がディストーション補正板１０を通過する主光線通過点$Q_{0,0}$～$Q_{8,8}$を破線の交点で示している。ここで、上述の（３）式にて求められた各主光線通過点$Q_{0,0}$～$Q_{8,8}$における法線ベクトルを$\theta_{i,j}$（但し本実施例では i=0-8,j=0-8すなわち$\theta_{0,0}$～$\theta_{8,8}$）と表し、各主光線通過点$Q_{0,0}$～$Q_{8,8}$におけるＺ方向の高さを$Z_{i,j}$（但し本実施例では i=0-8,j=0-8すなわち$Z_{0,0}$～$Z_{8,8}$）と表す。

〔ステップ２〕

次に、図１０に示す如く、主光線通過点のうちのＹ軸上の端点である主光線通過点$Q_{0,0}$をＺ軸方向の基準として、$Z_{0,0}=0$とする。

〔ステップ３〕

主光線通過点$Q_{0,0}$の法線ベクトル$\theta_{0,0}$に基づいて、Ｙ軸上において主光線通過点$Q_{0,0}$と隣合う座標の主光線通過点$Q_{0,1}$におけるＺ方向の高さ$Z_{0,1}$を以下の（５）式により算出する。

【００３５】

【数５】

（５）　$Z_{0,j}=Z_{0,j-1}+\theta y_{0,j-1}(y_{0,j}-y_{0,j-1})$

但し、$\theta y_{0,j}$：主光線通過点$Q_{0,j}$における法線ベクトル$\theta_{0,j}$のＹ軸方向のベクトル成分、

$y_{0,j}$：主光線通過点$Q_{0,j}$における主光線通過点$Q_{0,0}$を原点に取ったときの座標値のＹ軸方向の成分、

である。

【００３６】

該ステップ３において、主光線通過点$Q_{0,1}$におけるＺ方向の高さ$Z_{0,1}$は、上記（５）式に基づいて、

【００３７】

【数６】

$Z_{0,1}=Z_{0,0}+\theta y_{0,0}(y_{0,1}-y_{0,0})$

より算出される。

〔ステップ４〕

上述の（５）式に基づいて、Ｙ軸上の主光線通過点$Q_{0,2}$～$Q_{0,8}$について、Ｚ方向の高さ$Z_{0,2}$～$Z_{0,8}$を算出する。

〔ステップ５〕

主光線通過点$Q_{0,0}$の法線ベクトル$\theta_{0,0}$に基づいて、Ｘ軸上において主光線通過点$Q_{0,0}$と隣合う座標の主光線通過点$Q_{1,0}$におけるＺ方向の高さ$Z_{1,0}$を以下の（６）式により算出する。

【００３８】

【数７】

（６）　$Z_{i,0}=Z_{i-1,0}+\theta x_{i-1,0}(x_{i,0}-x_{i-1,0})$

但し、$\theta x_{i,0}$：主光線通過点$Q_{i,0}$における法線ベクトル$\theta_{i,0}$のＸ軸方向のベクトル成分、

$x_{i,0}$：主光線通過点$Q_{i,0}$における主光線通過点$Q_{0,0}$を原点にとったときの座標値のＸ軸方向の成分、

である。

【００３９】
該ステップ５において、主光線通過点$Q_{1,0}$におけるＺ方向の高さ$Z_{1,0}$は、上記（６）式に基づいて、
【００４０】
【数８】
$$Z_{1,0} = Z_{0,0} + \theta x_{0,0} (x_{1,0} - x_{0,0})$$
より算出される。
〔ステップ６〕
上述の（６）式に基づいて、Ｘ軸上の主光線通過点$Q_{2,0}$～$Q_{8,0}$について、Ｚ方向の高さ$Z_{2,0}$～$Z_{8,0}$を算出する。
〔ステップ７〕
図１１に示す如く、Ｘ軸とＹ軸とに挟まれる主光線通過点$Q_{1,1}$～$Q_{8,8}$のうち、原点$Q_{0,0}$に近い順からそれぞれＺ方向の高さ$Z_{i,j}$を以下の（７）式に基づいて算出する。
【００４１】
【数９】
$$(7) \quad Z_{i,j} = \{ [Z_{i-1,j} + \theta x_{i-1,J} (x_{i,j} - x_{i-1,j})] + [Z_{i,j-1} + \theta y_{i,J-1} (y_{i,j} - y_{i,j-1})] \} / 2$$
ステップ７においては、まず、原点$Q_{0,0}$に最も近い主光線通過点$Q_{1,1}$におけるＺ方向の高さ$Z_{1,1}$を求める。このとき、主光線通過点$Q_{1,1}$のＺ方向の高さ$Z_{1,1}$は、上記（７）式に基づいて、
【００４２】
【数１０】
$$Z_{1,1} = \{ [Z_{0,1} + \theta x_{0,1} (x_{1,1} - x_{0,1})] + [Z_{1,0} + \theta y_{1,0} (y_{1,1} - y_{1,0})] \} / 2$$
より算出される。
ステップ７では、図１２に示すように、主光線通過点$Q_{1,1}$のＺ方向の高さ$Z_{1,1}$の算出後、主光線通過点$Q_{1,2}$、$Q_{2,1}$、$Q_{2,2}$ ‥‥ $Q_{i,j}$ ‥‥ $Q_{8,8}$のＺ方向の高さ$Z_{1,2}$、$Z_{2,1}$、$Z_{2,2}$ ‥‥ $Z_{i,j}$ ‥‥ $Z_{8,8}$を上記（７）式に基づいて原点$Q_{0,0}$に近い順から算出する。
〔ステップ８〕
上述のステップ１～７で求められた主光線通過点$Q_{0,0}$～$Q_{8,8}$における$Z_{0,0}$～$Z_{8,8}$と、主光線通過点$Q_{0,0}$～$Q_{8,8}$のＸＹ座標と、主光線通過点$Q_{0,0}$～$Q_{8,8}$での面法線ベクトル$\theta_{0,0}$～$\theta_{8,8}$から求められる主光線通過点$Q_{0,0}$～$Q_{8,8}$における接線ベクトルとに基づいて、クーンズ・パッチの手法により曲面を張る。すなわち、クーンズ・パッチの制御点を主光線通過点$Q_{0,0}$～$Q_{8,8}$におけるＸＹＺ座標とし、その接線ベクトルを主光線通過点$Q_{0,0}$～$Q_{8,8}$での面法線ベクトル$\theta_{0,0}$～$\theta_{8,8}$から求められた接線ベクトルとする。
【００４３】
このステップ８におけるクーンズ・パッチによる曲面補完により、例えば図１３に示すような曲面を得ることができる。
なお、上述のステップ１～ステップ８では、ステップ３～ステップ６で求められるＸＹ方向の基準線をＸ軸及びＹ軸上としているが、このＸＹ方向の基準線が光軸を通るように設定しても良い。このときには、上述のステップ６とステップ７との間に以下のステップＡを実行すれば良い。
〔ステップＡ〕
光軸が通過する点でのＺ方向の高さを０とするように、上述のステップ３乃至ステップ６にて算出されたＹ軸上及びＸ軸上の主光線通過点におけるＺ方向の高さにＺ方向のオフセットをのせる。

【００４４】
また、ディストーションの測定点、すなわちテストレチクル上のマークが正方格子の格子点上に配列されていない場合には、各測定点の中間点にあたる正方格子の格子点でのＺ方向の高さ及び面法線ベクトルを内挿する。具体的には、Ｚ方向の高さ及び面法線ベクトルを求めるべき正方格子の格子点を囲むディストーションの測定点におけるＺ方向の高さ及び面法線ベクトルに、ディストーションの測定点から正方格子の格子点までの距離をウエイト化して乗じれば良い。
【００４５】
なお、上述のステップ１～ステップ８においては、ディストーションの測定点の内側の情報のみを使用しているが、より被加工部材としてのディストーション補正板１０の表面形状をより滑らかにするためには、ディストーションの測定点に対応する主光線通過点のうち最も外側（光軸から離れる側）の主光線通過点の外側に格子点をとり、この格子点におけるＺ方向の高さ及び面法線ベクトルを、最も外側の主光線通過点におけるＺ方向の高さ及び面法線ベクトルから外挿すれば良い。
【００４６】
次に、図３に示す投影光学装置からディストーション補正板１０を取り外し、ステップ１～ステップ８により求められたディストーション補正板１０の面形状データに基づいて、取り外されたディストーション補正板１０の表面形状の加工を行う。ここで、本実施例におけるディストーション補正板１０は、ディストーションのランダム成分を補正するために、その表面形状がランダムで不規則にうねった形状となる。従って、本実施例では、図１４に示す如き研磨装置を用いる。なお、図１４においてはＸＺ座標系を採用している。
【００４７】
図１４において、ディストーション補正板１０は、ＸＹ方向に移動可能なステージ２１上に載置されており、その端部がステージ２１上のピン２１ａに当接している。また、ステージ２１をＸＹ方向に沿って移動させる駆動部２２は、制御部２０によって制御されている。駆動部２２によるステージ２１の移動の際においてそのＸＹ方向における位置を検出するために、エンコーダ、干渉計等からなる検出部３０がステージ２１に設けられている。この検出部３０による検出信号は制御部２０へ伝達される。
【００４８】
また、研磨皿２３は、保持部２４を介して回転軸２５の一端に取り付けられており、図中Ｚ方向を軸として回転可能である。この回転軸２５の他端には、制御部２０によって制御されるモータ２６が取り付けられている。回転軸２５を回転自在に支持する軸受２７は、図示なき本体に固設されている支持部２８に対してＺ方向に移動可能に設けられている。この支持部２０には、制御部２０により制御されるモータ２９が取り付けられており、このモータの作用によって軸受２７がＺ方向に沿って移動し、ひいては研磨皿２３がＺ方向に沿って移動する。なお、研磨皿２３を保持する保持部２４には、研磨皿２３とディストーション補正板１０との接触圧を検出するためのセンサ（不図示）が設けられており、このセンサからの出力は制御部２０へ伝達される。
【００４９】
次に、図１４の研磨装置の動作の説明を簡単にすると、まず、上述のステップ１～ステップ８により求められた面形状データを制御部２０へ入力する。その後、制御部２０は、研磨皿２３を回転させつつ、駆動部２２を介してステージ２１をＸＹ方向に沿って移動させる。すなわち、研磨皿２３がディストーション補正板１０の被加工面１０ａをＸＹ方向に沿ってなぞるように移動する。このとき、ディストーション補正板１０の被加工面１０ａにおける研磨量は、該被加工面１０ａと研磨皿２３との接触圧、研磨皿２３の滞留時間で決定される。
【００５０】
その後、図１４の研磨装置により加工されたディストーション補正板１０に対して反射防止膜を蒸着し、図３の投影光学装置の保持部材１１上に加工されたディストーション補正板を載置する。尚、図１４の研磨装置においては、研磨皿２３はＸＹ方向において固定さ

れているが、ステージ２１をＸＹ方向へ移動させる代わりにこの研磨皿２３を移動させても良い。

【００５１】

以上の如き本実施例により、投影光学系を構成する各光学部材の調整のみでは不可能であったディストーションのランダム成分の補正を容易に行うことができる。

なお、上述の実施例においては、ディストーション補正板１０として屈折力を有しない平行平面板を用いているため、ディストーション補正板の偏心精度を緩くすることができる。これにより、図４に示す如き保持部材１１による位置決め、すなわち金物の精度で決まる位置決めであっても十分なる光学性能を達成することが可能である。さらに、ディストーション補正板１０が平行平面板であるため、ディストーション補正板に対する加工が簡単になる利点がある。なお、ディストーション補正板１０として所定の曲率を持つレンズを用いる場合には、上述の理由によりその屈折力は弱い方が望ましい。

【００５２】

また、上述の実施例においては、ディストーション補正板１０を光束の開口数が小さい側であるレチクルＲ側（拡大側）に配置しているため、主光線の変位のみを考慮しているが、ディストーション補正板１０をウェハW側（縮小側）に配置する場合には、ディストーション補正板１０の位置における光束径の大きさによる影響を考慮して、ディストーション補正板１０に対する加工量を決定することが良い。また、さらにディストーション補正の精度を向上させるためには、ディストーション補正板１０をレチクルＲ側に配置する場合であっても、ディストーション補正板１０の位置における光束径に応じて、それに対する加工量を決定することが好ましい。

【００５３】

また、上述の実施例においては、ディストーション補正板１０の部品精度による影響を少なくするために、測定時に光路中に設けられたディストーション補正板１０に対して加工を施しているが、測定時には、加工されるディストーション補正板とは異なるダミー部品を光路中に設けても良い。ただし、この場合、該ダミー部品の部品精度を高めておく必要がある。

【００５４】

そして、上記実施例において、ディストーション補正板１０を投影光学系ＰＬを構成する光学部材のうち最もレチクル側の光学部材としているため、投影光学系ＰＬの光路にディストーション補正板１０を挿脱する作業を容易に行うことができる利点がある。

上述の如き実施例では、ディストーション補正板１０を金物で決まる精度で位置決めしているが、さらに高精度な補正を行うためには、ディストーション補正板１０の一部に所定のマークを設けて、保持部材１１に対する（投影光学系ＰＬに対する）位置を光学的に検出する構成も可能である。このとき、ディストーション補正板１０に設けられるマークは、露光光が通過しない位置であることが望ましい。

【００５５】

【発明の効果】

以上の通り本発明によれば、ディストーションランダム成分を複雑な組立調整を行うことなく補正することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明による投影光学装置の調整方法を示す図であり、図１(a) は各工程の流れを示す図であり、図１(b) は計測されたディストーションから被加工部材の形状を算出する工程を示す図である。

【図２】本発明による調整方法の原理を説明する図であり、図２(a) は調整前の光束の状態を示す図であり、図２(b) は調整後の光束の状態を示す図である。

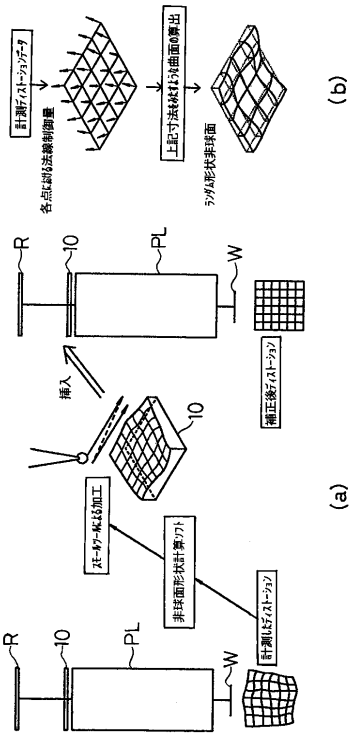
【図３】本発明による実施例の投影光学装置が適用された露光装置の概略を示す図である。

【図４】ディストーション補正板を保持する保持部材の構成を示す図である。

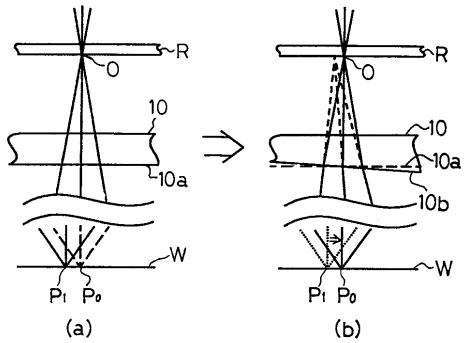
【図５】ディストーション以外の諸収差を測定するために用いられるテストレチクルの構

成を示す平面図である。
【図６】ディストーションを測定するために用いられるテストレチクルの構成を示す平面図である。
【図７】図６のテストレチクルを用いて形成されたウェハ上のパターンの状態を示す図である。
【図８】本実施例による曲面補完式の説明のための図であり、図８(a) は従来の曲面補完式を用いた場合を示し、図８(b) は本実施例による曲面補完式を用いた場合を示す。
【図９】本実施例による曲面補完の手法を示す図である。
【図１０】本実施例による曲面補完の手法を示す図である。
【図１１】本実施例による曲面補完の手法を示す図である。
【図１２】本実施例による曲面補完の手法を示す図である。
【図１３】本実施例による曲面補完の手法を示す図である。
【図１４】ディストーション補正板を加工するための装置の構成を示す図である。
【符号の説明】
Ｒ　　…　レチクル、
Ｗ　　…　ウェハ、
１０　…　ディストーション補正板（被加工部材）、
１１　…　保持部材、
ＰＬ　…　投影光学系、

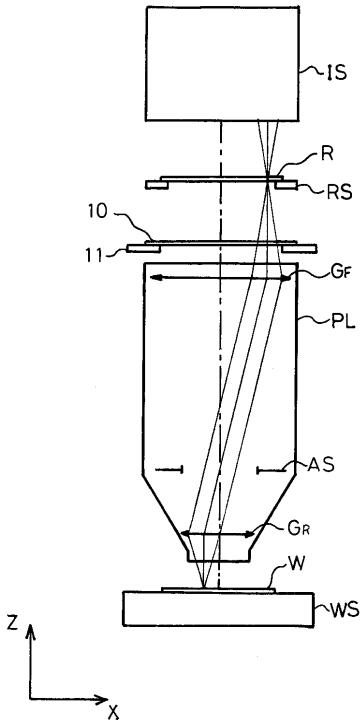
【図１】



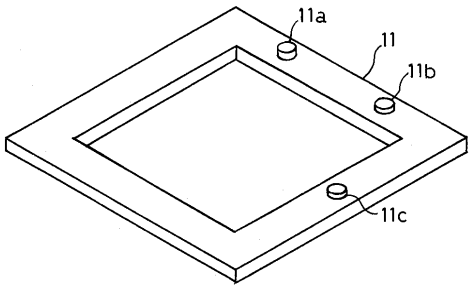
【図２】



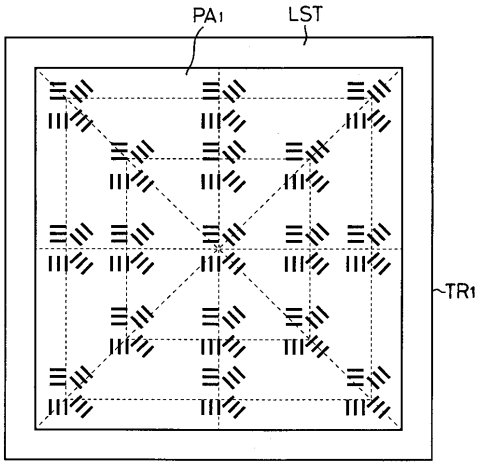
【図３】


IS
R
RS
10
11
GF
PL
AS
GR
W
WS
Z
X

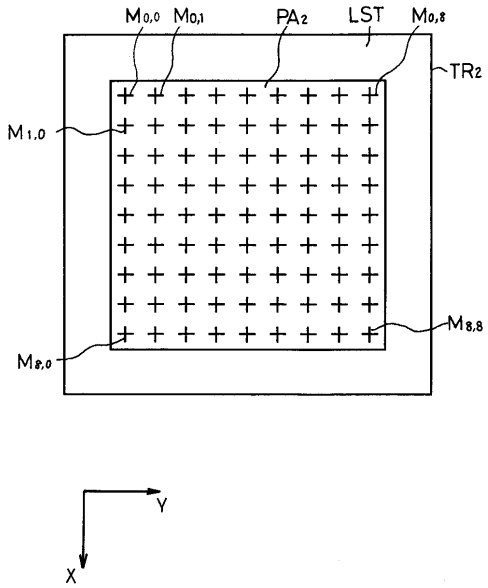
【図４】


11a
11
11b
11c

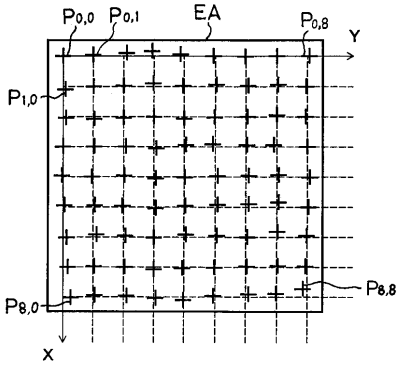
【図５】


PA1
LST
TR1

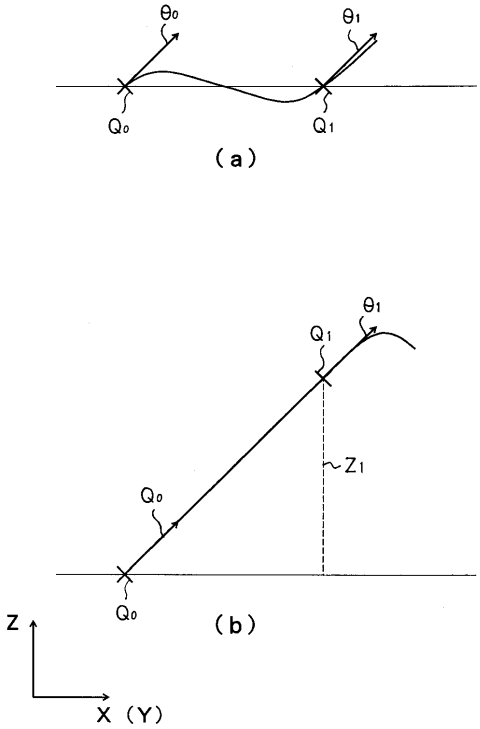
【図６】


M0,0
M0,1
PA2
LST
M0,8
TR2
M1,0
M8,8
M8,0
Y
X

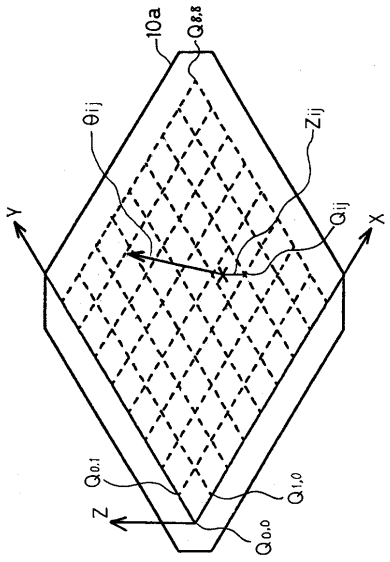
【図７】


P0,0
P0,1
EA
P0,8
Y
P1,0
P8,0
P8,8
X

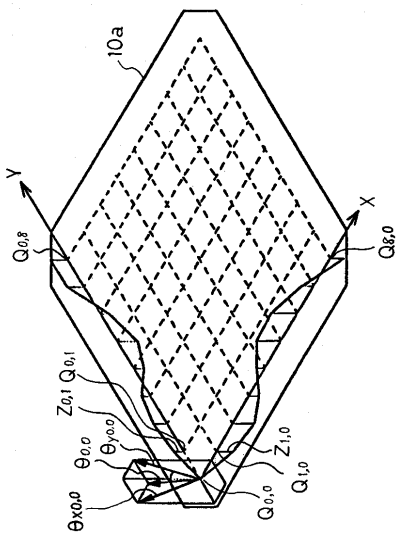
【図８】


θ0
θ1
Q0
Q1
(a)
θ1
Q1
Z1
Q0
Q0
(b)
Z
X (Y)

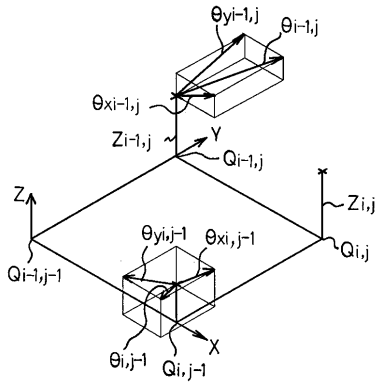
【図９】


10a
Q8,8
θij
Zij
Qij
Y
X
Z
Q0,1
Q1,0
Q0,0

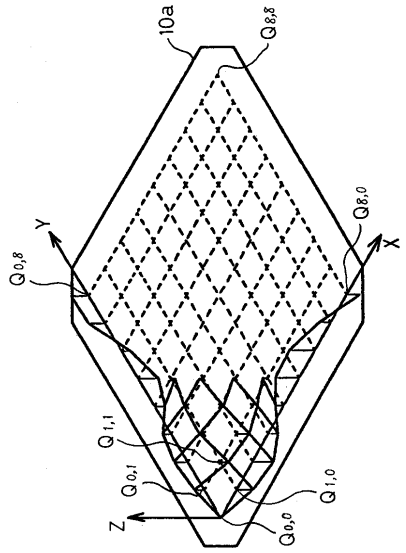
【図１０】


10a
Y
X
Q0,8
Q8,0
Z0,1
Q0,1
θ0,0
θy0,0
θx0,0
Z1,0
Q1,0
Q0,0

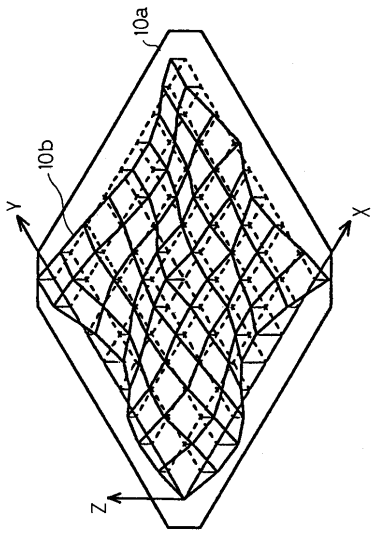
【図１１】



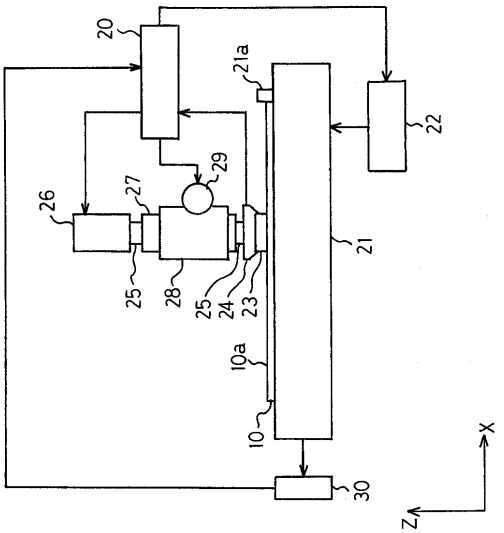
【図１２】



【図１３】



【図１４】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭５９－１４４１２７（ＪＰ，Ａ）
特表２００１－５０９９０４（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－０３５６１９（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２７５４９７（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－１６６７１９（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－０４５８６４（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１８３１９０（ＪＰ，Ａ）

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