

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4666908号
(P4666908)

(45) 発行日 平成23年4月6日 (2011.4.6)

(24) 登録日 平成23年1月21日 (2011.1.21)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 L 21/027 (2006.01)

GO 3 F 7/20 (2006.01)

HO 1 L 21/30 5 3 1 A

HO 1 L 21/30 5 1 7

HO 1 L 21/30 5 1 5 D

HO 1 L 21/30 5 1 6 E

GO 3 F 7/20 5 0 3

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2003-414579 (P2003-414579)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成15年12月12日 (2003.12.12)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2005-175255 (P2005-175255A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成17年6月30日 (2005.6.30)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成18年12月11日 (2006.12.11)		弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	官島 義一
			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	渡戸 正義

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置、計測方法及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源からの露光光により原版を照明する照明光学系と、前記照明光学系により照明された前記原版のパターンを基板に投影する投影光学系とを有する露光装置において、前記投影光学系の光学素子を加熱する輻射部材と、

前記輻射部材を用いて前記光学素子の温度を制御する制御手段と、
前記投影光学系の収差又は光軸を計測する計測手段とを有し、
前記制御手段は、前記光学素子が前記露光光により露光されていないときに、露光時の定常状態の温度と同じ温度になるように、前記光学素子へに単位時間あたりの露光時入射光量予測から前記光学素子の温度上昇予測値を算出して前記輻射部材の温度を設定し、前記光学素子の温度が露光時の温度にならない場合に前記光学素子の過去の露光履歴及び温度履歴に基づいて前記輻射部材の設定温度を補正して前記光学素子の温度を制御し、前記計測手段は該制御された前記光学素子を含む前記投影光学系の収差又は光軸を計測することを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

投影光学系の光学素子を駆動する駆動手段と、
前記光学素子の位置を計測する位置計測手段と、
前記投影光学系の収差又は光軸を計測する計測手段の計測結果に基づいて前記光学素子の駆動量を算出する駆動量算出手段とを有し、
前記駆動量算出手段により算出された駆動量及び前記位置計測手段の情報に応じて、前

記駆動手段が前記光学素子を駆動して、前記投影光学系の収差又は光軸を調整することを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】

光源からの露光光により照明される原版のパターンを、基板に投影する投影光学系の収差又は光軸を計測する計測方法において、

輻射部材が前記投影光学系の光学素子を加熱するステップと、

前記輻射部材を用いて前記光学素子の温度を制御する制御ステップと、

前記投影光学系の収差又は光軸を計測する計測ステップとを備え、

前記制御ステップにおいて、前記光学素子が前記露光光により露光されていないときに、露光時の定常状態の温度と同じ温度になるように、前記光学素子へに単位時間あたりの露光時入射光量予測から前記光学素子の温度上昇予測値を算出して前記輻射部材の温度を設定し、前記光学素子の温度が露光時の温度にならない場合に前記光学素子の過去の露光履歴及び温度履歴に基づいて前記輻射部材の設定温度を補正して前記光学素子の温度を制御し、前記計測ステップにおいて、該制御された前記光学素子を含む前記投影光学系の収差又は光軸を計測することを特徴とする計測方法。

10

【請求項 4】

投影光学系の収差又は光軸を調整する調整方法において、

前記投影光学系の光学素子の位置を計測する位置計測ステップと、

請求項 3 に記載の計測方法による計測結果に基づいて、前記光学素子の駆動量を算出する算出ステップと、

20

前記算出ステップにおいて算出された前記駆動量及び前記位置計測ステップにおける計測結果に基づいて前記光学素子を駆動し、前記投影光学系の収差又は光軸を調整するステップとを備えることを特徴とする調整方法。

【請求項 5】

原版のパターンを基板に投影する露光方法において、

光源からの露光光により原版を照明する照明ステップと、

請求項 4 に記載の調整方法によって調整された投影光学系を用いて、前記原版のパターンを前記基板に投影するステップとを備えることを特徴とする露光方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の露光方法を用いて基板を露光する露光ステップと、前記露光ステップにおいて露光された基板を現像するステップとを備えることを特徴とするデバイス製造方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、LSI 等のように微細パターンを有するデバイスの製造工程において用いられる露光装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体製造工程において、レチクルパターンをシリコンウエハ上に投影して転写する投影露光装置として、EUV 光 (Extreme Ultraviolet 極紫外光) である 13 ~ 14 nm 程度の波長の露光光を光源として使用し、真空内をミラー光学系より投影露光する EUV 露光装置が提案されている。

40

【0003】

現在公表されている EUV 露光装置を図 1 および図 11 ~ 図 13 を用いて説明する。図において、1 は光源の発光点となる光源材料をガス化、液化または噴霧ガス化させたポイントに向けてレーザー光を照射して、光源材料原子をプラズマ励起することにより発光させるための励起レーザーで、YAG 固体レーザー等を用いる。

【0004】

2 は露光用光源の光源発光部で、内部は真空に維持された構造を持ち、2A は露光用光

50

源の発光ポイント（以下、光源という）である。2 Cは光源ミラーで、光源2 Aからの全球面光を発光方向に揃え集光反射するために、光源2 Aを中心に半球面状のミラーとして配置される。光源2 Aのポイントには、発光元素として液化Xe、液化Xe噴霧体またはXeガスを不図示のノズルにより噴出させ、かつ、励起レーザー1からの光が照射される。

3は露光装置全体を格納する真空チャンバーで、真空ポンプ4により真空状態を維持することが可能である。5は光源発光部2からの露光光を導入して成形する露光光導入部で、ミラー5 A～5 Dにより構成され、露光光を均質化し、かつ整形する。

【0005】

6はレチクルステージで、レチクルステージ6上の可動部には、露光パターンの反射原版である原版6 Aが搭載されている。7は原版6 Aから反射した露光パターンを縮小投影する縮小投影ミラー光学系であり、原版6 Aにより反射された露光パターンをミラー7 A～7 Eに順次投影反射し最終的に規定の縮小倍率比でウエハ8 A上に縮小投影する。8はウエハステージで、原版6 Aにより反射縮小投影されたパターンを露光するSi基板であるウエハ8 Aを、所定の露光位置に位置決めするために、XYZ方向、XY軸回りのチルト、Z軸回りの回転方向の6軸駆動可能に位置決め制御される。

【0006】

9はレチクルステージ支持体で、レチクルステージ6を装置設置床に対して支持する。10は投影系支持体で、縮小投影ミラー光学系7を装置設置床に対して支持する。11はウエハステージ支持体で、ウエハステージ8を装置設置床に対して支持する。以上のレチクルステージ支持体9と投影系支持体10とウエハステージ支持体11により分離独立して支持された、レチクルステージ6と縮小投影ミラー光学系7間、および縮小投影ミラー光学系7とウエハステージ8間は、相対位置を位置計測し所定の相対位置に連続して維持制御する手段（不図示）が設けられている。

また、レチクルステージ支持体9と投影系支持体10とウエハステージ支持体11には、装置設置床からの振動を絶縁するマウント（不図示）が設けられている。

【0007】

12は装置外部から一旦装置内部に原版6 Aであるレチクルを保管するレチクルストッカーで、保管容器に異なるパターンおよび異なる露光条件に合わせたレチクルが密閉状態で保管されている。13はレチクルストッカー12から使用するレチクルを選択して搬送するレチクルチェンジャーである。14はXYZおよびZ軸周りに回転可能な回転ハンドから成るレチクルアライメントユニットで、レチクルチェンジャー13から原版6 Aを受け取って180度回転することにより、レチクルステージ6端部に設けられたレチクルアライメントスコープ15部分に搬送し、縮小投影ミラー光学系7基準に設けられたアライメントマーク15 A（図11参照）に対して原版6 A上をXYZ軸回転方向に微動してアライメントする。アライメントを終了した原版6 Aはレチクルステージ6上にチャッキングされる。

【0008】

16は装置外部から一旦装置内部にウエハ8 Aを保管するウエハストッカーで、保管容器に複数枚のウエハが保管されている。17はウエハ搬送口ポットで、ウエハストッカー16から露光処理するウエハ8 Aを選定し、ウエハメカプリアライメント温調器18に運ぶ。ウエハメカプリアライメント温調器18では、ウエハの回転方向の送り込み粗調整を行うと同時に、ウエハ温度を露光装置内部温調温度に合わせ込む。19はウエハ送り込みハンドで、ウエハメカプリアライメント温調器18にてアライメントと温調されたウエハ8 Aをウエハステージ8に送り込む。

【0009】

20および21はゲートバルブで、装置外部からレチクルおよびウエハを挿入するゲート開閉機構である。22も同じくゲートバルブで、装置内部でウエハストッカー16およびウエハメカプリアライメント温調器18の空間と露光空間とを隔壁で分離し、ウエハ8 Aを搬入搬出するときのみ開閉する。このように、隔壁で分離することによりウエハ8 A

10

20

30

40

50

の装置外部との搬入搬出の際に、一旦大気開放される容積を最小限にして、速やかに真空平衡状態にすることを可能にしている。

【 0 0 1 0 】

図 1 1 および図 1 2 において、6 B はレチクルチャックスライダー、6 C はレチクル駆動手段、6 F は静電チャック電極、1 4 A はレチクルアライメントハンド、1 4 B はレチクルアライメント静電チャック、3 7 は原版アライメント制御回路である。

【特許文献 1】特開平 5 - 3 4 7 2 3 9 号公報

【特許文献 2】特開平 7 - 2 7 0 3 2 3 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【 0 0 1 1 】

ところで、上記の露光装置では、非露光時から露光動作に移行した際に光源発光部 2 からの露光光を集光する光源ミラー 2 C、集光された露光光を導入成形する露光光導入部のミラー 5 A ~ 5 D、および原版 6 A から反射した露光パターンを縮小投影する縮小投影ミラー光学系のミラー 7 A ~ 7 E は、Mo - Si の多層膜が蒸着あるいはスパッタにより形成され、個々の反射面で光源 2 A からの露光光を反射する。その際、一面あたりの反射率は凡そ 7 0 % 程度で、残りはミラー母材に吸収され熱に変換される。

【 0 0 1 2 】

図 1 3 (1) は、投影系ミラー D および E (図 1 の 7 D および 7 E) の温度変化の一例を示す。非露光時の投影系ミラー温度 T 1 に対して、露光を開始した際に徐々にミラー温度が上昇し、それぞれ温度 T 4 および温度 T 3 まで上昇し安定化する。ここで、露光光反射エリアでは温度が上昇し、結果として熱膨張係数の極めて小さいミラー材料を使用してもミラー周辺部では反射面の変位が発生し、結果として、1 nm 以下程度と、極めて厳しいミラー面形状精度が要求される投影系ミラー 7 A ~ 7 E、照明系ミラー 5 A ~ 5 D および光源ミラー 2 C の精度を補償出来なくなる。

20

このようにミラー面精度が悪化すると、投影系の場合ウエハへの結像性能の悪化および照度低下を招く。さらに照明系の場合マスクへの目標照度低下および照度ムラ悪化を招き、光源ミラーの場合は光源の集光不良等照度悪化を招く結果となる。これらは、総じて露光装置の露光精度およびスループット等の基本性能の劣化につながる

【 0 0 1 3 】

30

また、上記反射ミラーと同じく原版に関しても、同様の問題が発生する。図 1 3 (2) は、原版の温度変化の一例を示す。非露光時の原版温度 T 1 に対して、露光を開始した際に徐々に原版面温度が上昇し、温度 T 2 まで上昇し安定化する。ここで、原版のパターン露光光反射エリアでは温度が上昇し、結果として熱膨張係数の極めて小さい原版ミラー材料を使用しても原版パターン反射面の変位が発生し、結果として、原版パターン歪およびパターン倍率誤差が発生し解像精度を劣化させる問題が発生していた。

本発明は、上述の従来例における問題点を解消することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

上記の課題を解決するため、本発明に係る第 1 の露光装置は、光源からの露光光により原版を照明する照明光学系と、前記照明光学系により照明された前記原版のパターンを基板に投影する投影光学系とを有する露光装置において、前記投影光学系の光学素子を加熱する輻射部材と、前記輻射部材を用いて前記光学素子の温度を制御する制御手段と、前記投影光学系の収差又は光軸を計測する計測手段とを有し、前記制御手段は、前記光学素子が前記露光光により露光されていないときに、露光時の定常状態の温度と同じ温度になるように、前記光学素子へに単位時間あたりの露光時入射光量予測から前記光学素子の温度上昇予測値を算出して前記輻射部材の温度を設定し、前記光学素子の温度が露光時の温度にならない場合に前記光学素子の過去の露光履歴及び温度履歴に基づいて前記輻射部材の設定温度を補正して前記光学素子の温度を制御し、前記計測手段は該制御された前記光学素子を含む前記投影光学系の収差又は光軸を計測することを特徴とする。ここで、光学素

40

50

子は、反射ミラーやレンズ等である。

【 0 0 1 5 】

本発明に係る第2の露光装置は、前記第1の露光装置において、投影光学系の光学素子を駆動する駆動手段と、前記光学素子の位置を計測する位置計測手段と、前記投影光学系の収差又は光軸を計測する計測手段の計測結果に基づいて前記光学素子の駆動量を算出する駆動量算出手段とを有し、前記駆動量算出手段により算出された駆動量及び前記位置計測手段の情報に応じて、前記駆動手段が前記光学素子を駆動して、前記投影光学系の収差又は光軸を調整することを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

本発明に係る計測方法は、光源からの露光光により照明される原版のパターンを、基板に投影する投影光学系の収差又は光軸を計測する計測方法において、輻射部材が前記投影光学系の光学素子を加熱するステップと、前記輻射部材を用いて前記光学素子の温度を制御する制御ステップと、前記投影光学系の収差又は光軸を計測する計測ステップとを備え、前記制御ステップにおいて、前記光学素子が前記露光光により露光されていないときに、露光時の定常状態の温度と同じ温度になるように、前記光学素子へに単位時間あたりの露光時入射光量予測から前記光学素子の温度上昇予測値を算出して前記輻射部材の温度を設定し、前記光学素子の温度が露光時の温度にならない場合に前記光学素子の過去の露光履歴及び温度履歴に基づいて前記輻射部材の設定温度を補正して前記光学素子の温度を制御し、前記計測ステップにおいて、該制御された前記光学素子を含む前記投影光学系の収差又は光軸を計測することを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、露光開始時の光学素子あるいは原版面の過渡的な温度変化を無くし、光学素子あるいは原版面パターンの歪発生を無くし、露光開始時の光学素子の温度変化に伴う収差悪化および原版のパターン歪発生を防ぎ、高精度の露光装置を実現することができる。また、照明光学系や投影光学系の光軸調整時あるいは各光学素子の収差調整時に、光学素子を例えば輻射温調ヒーターでプリヒート温調することで、露光動作時状態での光軸調整あるいは収差調整が可能になり、露光時の収差発生および変化の少ない露光装置を実現する効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 8 】

以下、本発明の実施態様を列举する。

〔実施態様1〕原版面に描かれたパターンを投影光学系を介して基板に投影し、該投影光学系に対し原版と基板の両方、もしくは基板のみをステージ装置により相対的に移動させることにより、原版のパターンを基板に繰り返し露光する露光装置において、投影光学系あるいは投影光学系に露光光を供給する照明光学系あるいは露光光源部に設けられた反射ミラーに対し離間した位置に輻射温調手段を設け、非露光時と露光時の該反射ミラー温度変化に略同期して輻射温調手段の温度を可変とすることを特徴とする露光装置。

〔実施態様2〕原版面に描かれたパターンを投影光学系を介して基板に投影し、該投影光学系に対し原版と基板の両方、もしくは基板のみをステージ装置により相対的に移動させることにより、原版のパターンを基板に繰り返し露光する露光装置において、原版面から離間した位置に輻射温調手段を設け、非露光時と露光時の該原版温度変化に略同期して、輻射温調手段の温度を可変とすることを特徴とする露光装置。

〔実施態様3〕実施態様1または2に示す露光装置で、該輻射温調手段の設定温度を、露光量あるいは露光画角あるいは露光時間あるいはその他の該反射ミラーまたは原版の温度を変える露光条件変数により、可変としたことを特徴とする露光装置。

〔実施態様4〕実施態様2に示す露光装置で、原版ステージの露光光導入部位以外の原版から離間した位置に該輻射温調手段を設け、非露光時に原版ステージにより原版を該輻射手段に対向した位置に移動させ、輻射温調することを特徴とする露光装置。

〔実施態様5〕実施態様4に示す露光装置で、非露光時に原版を該輻射手段に対向した位

10

20

30

40

50

置に移動させ温調する際に、原版ステージを該輻射温調手段に対して略原版面内で移動動作させることを特徴とする露光装置。

【 0 0 1 9 】

[実施態様 6] 原版面に描かれたパターンを投影光学系を介して基板に投影し、該投影光学系に対し原版と基板の両方、もしくは基板のみをステージ装置により相対的に移動させることにより、原版のパターンを基板に繰り返し露光する露光装置において、投影光学系あるいは投影光学系に露光光を供給する照明光学系あるいは露光光源部に設けられた反射ミラーに対して離間した輻射温調手段と、投影光学系あるいは投影光学系に露光光を供給する照明光学系あるいは露光光源部に設けられた反射ミラーの光軸計測手段あるいは波面収差計測手段を設け、非露光時の該光軸調整あるいは該波面収差調整を行う際に、該反射ミラーに対して該輻射温調手段による温調をすることを特徴とする露光装置。

10

[実施態様 7] 実施態様 6 に記載の露光装置で、該輻射温調手段と該光軸計測手段あるいは該波面収差計測手段の計測値から、反射ミラー位置補正駆動手段あるいは反射ミラー形状補正手段の補正駆動量を算出制御することを特徴とする露光装置。

【 0 0 2 0 】

上記の実施態様によれば、露光光源から被露光基板に至る露光光の光路上に位置する反射ミラーあるいは原版への露光光の非入射時に、反射ミラーあるいは原版面を、例えば輻射温調ヒーターでプリヒート温調することで、露光開始時の反射ミラーあるいは原版面の温度変化を抑制し、反射ミラーあるいは原版面パターンの歪発生を抑制し、露光開始時のミラー温度変化に伴う収差悪化および原版のパターン歪発生を抑制することができる。

20

また、投影光学系の光軸調整時あるいは反射ミラー収差調整時に、反射ミラーを例えば輻射温調ヒーターでプリヒート温調することで、露光動作時と均等な状態での光軸調整あるいは収差調整を可能とし、露光開始時のミラー温度変化に伴う収差悪化および原版のパターン歪発生を抑制することができる。

【実施例】

【 0 0 2 1 】

以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

[第 1 の実施例]

図 1 は、本発明の一実施例に係る E U V 露光装置の全体構成を示す概略図である。この露光装置は、上記した従来例に対し、図 2 に示すように、投影系ミラー 7 C に対して離間した位置で輻射温調するミラー温調手段 2 3、投影系ミラー 7 E に対して離間した位置で輻射温調するミラー温調手段 2 4、ミラー 7 C の温度を計測するミラー温度検出手段 2 5、ミラー 7 E の温度を計測するミラー温度検出手段 2 6 およびミラー温度検出手段 2 5、2 6 からの温度計測値に従いミラー温調手段 2 3、2 4 の設定温度を決める温度制御手段を設けたものである。他の部分は上記従来例と同様に構成される。以下、主に上記従来例と異なる部分について説明する。

30

【 0 0 2 2 】

図 2 (1) を参照して、露光装置の非露光時は、露光時にミラー 7 C および 7 E にそれぞれ入射する露光熱量を予測し、そのときの各ミラーの上昇温度に合わせてミラー温調手段 2 3 および 2 4 により、ミラー 7 C および 7 E を反射面側から輻射温調プリヒートする。その際、ミラー温度検知手段 2 5 および 2 6 から、各ミラー自身の温度を検出し、温度制御手段 2 7 により、ミラー温調手段 2 3 および 2 4 の温度制御を行う。

40

【 0 0 2 3 】

図 2 (2) に温度制御の状態を示す。ここで、横軸は非露光状態から露光状態に移行する経過時間を、縦軸は各部位の温度を示す。

それぞれのミラーへの単位時間あたりの露光時入射光量予測から、各ミラーの温度上昇予測値を算出し、非露光時に、ミラー温調手段 2 3 および 2 4 の設定温度を、T 7 および T 6 に設定する。このとき、各ミラーの温度は、それぞれミラー温度検知手段 2 5 により温度 T 5、ミラー温度検出手段 2 6 により温度 T 4 で示される。ミラー 7 C および 7 E の非露光時の温度が露光時の温度 T 5 および T 4 とならないときは、ミラー温度検知手段 2

50

５および２６の計測値温度に基づいて、ミラー温調手段２３および２４の設定温度を、負帰還制御する。または、過去の露光履歴と温度履歴に基づいてミラー温調手段２３および２４の設定温度をＴ７およびＴ６から補正してもよい。

【００２４】

一方、露光時には、光源発光部２からの露光光を導入成形する露光光導入部のミラー５Ａ～５Ｄおよび原版６Ａから反射した露光パターンを縮小投影する縮小投影ミラー光学系において、ミラー７Ａ～７ＥのＭｏ－Ｓｉの多層膜が蒸着あるいはスパッタにより形成された個々の反射面で光源２Ａからの露光光を反射する。その際、ミラー１面当たりの反射率は凡そ７０％程度で残りはミラー母材に吸収され熱に変換され、露光光反射エリアでは温度が上昇する。そこで、本実施例では、非露光時と露光時の温度差が発生しないよう、露光開始と同時にミラー温調手段２３および２４の温度をＴ７およびＴ６から徐々に下降させ、露光時の定常状態ではミラー温調手段２３および２４の温度をミラー温度より下降させることにより、露光光の入射光量による温度上昇とバランスさせ、結果としてミラー温度を一定温度に維持する。

10

【００２５】

本実施例では、このように、非露光時の反射ミラーの温度を露光時と実質同一とすることにより、露光開始時の反射ミラーの過渡的な温度変化を無くし、反射ミラーの歪発生を無くし、露光開始時のミラー温度変化に伴う収差悪化を防ぎ、高精度の露光装置を実現することができる。なお、本実施例は、光源２からウエハ８Ａに至るいずれの反射ミラー２Ｃ、５Ａ～５Ｄおよび７Ａ～７Ｅにも適用可能であり、同様に反射ミラーの歪発生を防止することができる。また、反射ミラーのみでなく、原版（レチクル）６Ａにも適用可能である。この場合、露光開始時の原版の過渡的な温度変化を無くし、原版の歪発生を無くし、露光開始時の原版温度変化に伴う原版のパターン歪発生を防ぎ、高精度の露光装置を実現することができる。

20

【００２６】

[第２の実施例]

第２の実施例を図３に示す。ここでは、露光装置本体上で、縮小投影ミラー光学系７の光軸調整あるいは反射ミラーの収差調整を行う際に、各ミラーの輻射温調を行う例を示す。図３において、ミラー７Ａと７Ｄに対しては、ミラー温調手段２８が離間して設けられている。ミラー７Ｂに対しては、ミラー温調手段３７Ｂが離間して設けられている。ミラー７Ｃに対しては、ミラー温調手段２３が離間して設けられている。ミラー７Ｅに対してはミラー温調手段２４が離間して設けられている。

30

また、各ミラー７Ａ～７Ｅには、それぞれミラー温度検知手段２９Ａ、３７Ａ、２５、２９Ｄおよび２６が設けられ、各ミラー温度検知手段からの温度計測値は、温度制御手段２７に集められる。

【００２７】

縮小投影ミラー光学系７の光軸および収差を計測する手段として、レチクルステージ６の背面から波面計測光供給ファイバー３０により導かれた計測光が、波面計測光源出射口３１から出射される。波面計測光源出射口３１から出射された光は、各ミラー７Ａ～７Ｅに入反射しながら、最終的にウエハステージ８上に設けられた光軸＆波面計測光センサー３２にて受光検出される。

40

３３は光軸＆波面計測受光センサー３２からの信号から光軸および波面収差を演算する波面計測値演算回路、３４は波面計測値演算回路３３にて算出された光軸ずれおよび収差残差からミラー補正駆動量を演算するミラー補正駆動テーブル演算回路、３５はミラー補正駆動テーブル演算回路３４からの補正駆動信号からミラーに対して補正駆動するミラー補正駆動手段で、ミラー支持アクチュエーター（不図示）をＸＹＺ方向に微動させることにより、ミラー面の面内並進シフト方向の補正ならびに微小変位および回転軸倒れの補正を可能にする。３６はミラー補正駆動量を検出するミラー計測手段である。

【００２８】

以上の構成で、縮小投影ミラー光学系７の光軸および収差を調整する際には、温調制御

50

手段 27 に集められたミラー温度検知手段 29A、37A、25、29D および 26 から
の計測値と、各ミラーの露光時の設定温度から、各ミラーのミラー温調手段の設定温度を
算出し、ミラー温調手段 23、24、28、38 の温度を制御することにより、露光時と
同等状態の各ミラー温度に制御可能となる。各ミラー温度が、露光時と同等温度になっ
たことが、温度制御手段 27 により確認された後、レチクルステージ 6 のレチクルチャッ
クスライダー 6B が退避した状態で、図示のように波面計測計測光源供給ファイバー 30
から供給された計測光を、波面評価光源光を出射する波面計測計測光源出射口 31 から
出射して、計測光が投影系ミラー反射面の全面で通して反射し、図に示すようにウエハス
テージ 8 可動部に搭載された光軸 & 波面計測受光センサー 32 にて、反射ミラー全面での
投影系の光軸誤差量および光学波面収差量が計測される。光軸 & 波面計測受光センサー 3
2 にて計測された光軸 & 波面計測値は、波面計測値演算回路 33 にて、光軸および波面収
差補正量が算出される。この光軸および波面収差補正量を元にミラー補正駆動テーブル演
算回路 34 にて、ミラー 7A ~ 7E の各補正駆動方向および駆動量および力印加量が算出
され、ミラー補正駆動制御手段 35 へ目標値として伝達される。同時にミラー 7A ~ 7E
の各位置を計測する手段（不図示）からの情報をミラー計測手段 36 にまとめることによ
りミラー間の相対位置が計測される。

10

【0029】

ミラー補正駆動手段 35 およびミラー計測手段 36 により、各ミラーを目標位置に駆動
した後、再度光軸および波面計測確認を行い、光軸および波面収差が規格値を満たしてい
れば補正終了となり、光軸および波面収差が規格値を満たしていなければ、再度残留波面
収差量を波面計測演算回路で算出して、上記補正を繰り返すことにより目標規格値に追い
込む。

20

上記のように、各ミラー温度を露光時と同等状態で、光軸および収差調整を行うこと
により、露光時の状態で安定した光軸および収差を満たすことができる。すなわち、本実施
例によれば、投影光学系の光軸調整時あるいは反射ミラー収差調整時に、反射ミラーを輻
射温調ヒーターでプリヒート温調することで、露光動作時状態での光軸調整あるいは収差
調整が可能になり、露光時の収差発生および変化の少ない露光装置を実現する効果がある
。

【0030】

[第3の実施例]

本発明の第3の実施例を図4～図7に示す。上記第1および第2の実施例では、投影系
ミラーの非露光時温調に関して本発明を実施したが、本発明は原版に対しても適用可能で
ある。本実施例では、図4(1)に示すように、レチクルステージ6のレチクルアライメ
ントスコープ15の設けられている方向の退避位置に対向する部分に離間して、温調輻射
板38を設ける。

30

【0031】

図4および図5にレチクル交換の流れを示す。

図4を参照して、原版(レチクル)6Aと原版(レチクル)6Dを交換する際、図4(1)
に示すように、レチクルアライメントハンド14上に原版(レチクル)6Dが保持され、原
版(レチクル)6Aを搭載したレチクルチャックスライダー6Bが交換位置に移動する。

40

レチクルアライメントハンド14Aは、レチクルアライメントユニット14により、図
4(1)の状態から図4(2)に示すように、上方へ移動した後、原版(レチクル)6A
をレチクルチャックスライダー6Bのレチクルチャック6Eから受け渡され、下方へ退避
後回転動作を行い、図4(3)に示すように、原版の交換作業が完了する。

【0032】

次に、原版(レチクル)のレチクルステージに対するアライメント作業の説明をする。

図5(1)に示すように、レチクルアライメントハンド14Aに設けられたレチクルア
ライメント静電チャック(不図示)により吸着搬送された、原版(レチクル)6Dのア
ライメント動作を行う。すなわち、原版(レチクル)6Dの位置誤差を、レチクルアライメ

50

ントマーク 15 A との相対位置合わせ誤差からレチクルアライメントスコープ 15 で計測検出して、原版アライメント制御回路 37 により、レチクルアライメントユニット 14 が駆動制御され、レチクルアライメントハンド 14 A により X Y (面内方向) および Z (Z 軸回転方向) にアライメント動作が行われることにより、原版 (レチクル) 6 D のアライメントが行われる。原版 (レチクル) 6 D のアライメントが終了した時点で、レチクルチャックスライダー 6 B のレチクルチャック (静電チャック) 6 E により、原版 (レチクル) 6 D の裏面 (上面) をクーロン力あるいはジョンソンラーベック力により吸着クランプする。

また、原版 (レチクル) 6 D がレチクルチャックスライダー 6 B に吸着クランプされた状態で、原版 (レチクル) 6 D の温度を検知する手段として、レチクルチャックスライダー 6 B 部にレチクル & レチクルチャックスライダー温度検出手段 6 G (図 6 (1) 参照) が設けられている。

【0033】

図 6 および図 7 を用いて温調輻射板 38 を用いた、原版 (レチクル) 6 D に対する非露光時のプリヒート動作を説明する。温調輻射板 38 は、図 6 (1) に示すように、露光光 2 B の入射位置を退避した位置の原版 (レチクル) 6 D に対して対向離間した位置に設けられている。

原版 (レチクル) 6 D を温調輻射板 38 に対向する位置に移動させ、レチクルチャックスライダー 6 B に設けられたレチクル & レチクルチャックスライダー温度検出手段 6 G にて原版 (レチクル) 6 D の温度を計測し、その計測値をレチクル & レチクルチャックスライダー温度検知回路 39 に伝送して補正温度量を算出する。同時に露光制御手段 41 の有する、原版 (レチクル) に入射する露光量情報から原版 (レチクル) への入射熱量情報を予測し、両情報から非露光時の原版 (レチクル) 6 D の温調設定温度をレチクル輻射温調制御手段 40 にて決定し、レチクル輻射温調手段 42 にて温調輻射板 38 の温度を制御する。

温調輻射板 38 から原版 (レチクル) 6 D の露光光入射領域となる有効パターン領域への輻射温調を均一に行うために、レチクルチャックスライダー 6 B を温調輻射板 38 に対して往復移動させる。

【0034】

以上の非露光時の原版 (レチクル) 温調により、図 7 に示すように、非露光時の輻射温調板 38 を温度 T9 を設定温度としてプリヒートすることで、原版 (レチクル) 6 D の温度は T8 の状態となっている。この状態から、露光を開始する時、輻射温調板 38 の設定温度を露光光による原版 (レチクル) 温度上昇に合わせて、下降させる。結果として、輻射温調板 38 からの熱量と露光光からの熱量の合計が、一定値となる制御をすることにより、露光開始後も原版 (レチクル) 6 D の温度は一定値 T8 を維持することが出来る。

結果として、原版 (レチクル) の歪および形状変化が非露光時から露光開始時にかけて過渡的に発生する現象を防ぐことができ、原版 (レチクル) パターンの倍率変動等の発生を防ぐことができる。

【0035】

[第 4 の実施例]

上記した第 3 の実施例では、比較的小型の温調輻射板 38 に対し、原版 (レチクル) を往復移動させて均一温調を行ったが、図 8 (1) に示すように、原版 (レチクル) 退避位置の離間対向位置に、原版 (レチクル) パターン有効面積に対応した比較的大型の温調輻射板 43 を設けることにより、原版 (レチクル) 6 D を静止させながら温調することも可能である。

【0036】

[第 5 の実施例]

上記した第 1 ~ 第 4 の実施例では、ミラー温度およびマスク温度をプリヒートする手段として、輻射温調手段を用いているが、他にミラー温度およびマスク温度を一定に保つ手段として、基板 (ウエハ) が無い非露光時に露光光を空打ちすることにより、ミラー温度

10

20

30

40

50

およびマスク温度を露光時相当にプリヒートすることも可能である。その際には、原版（レチクル）ステージも、露光時と略同一動作を行うことにより、原版（レチクル）のプリヒート温調を行うことが可能となる。

【 0 0 3 7 】

[第 6 の実施例]

次に上記説明した露光装置を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図 9 は微小デバイス（ＩＣやＬＳＩ等の半導体チップ、液晶パネル、ＣＣＤ、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造のフローを示す。ステップ 1（回路設計）ではデバイスのパターン設計を行う。ステップ 2（マスク製作）では設計したパターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ 3（ウエハ製造）ではシリコンやガラス等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ 4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ 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ウエハ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、これが出荷（ステップ 7）される。

【 0 0 3 8 】

図 10 は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ 1 1（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ 1 2（ＣＶＤ）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ 1 3（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 1 4（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ 1 5（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ 1 6（露光）では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ 1 7（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ 1 8（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ 1 9（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施例の生産方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度のデバイスを低コストに製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 9 】

【図 1】本発明の一実施例に係る露光装置の構成を示す図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施例に係る投影系ミラーおよびその温調手段の構成を示す図である。

【図 3】本発明の第 2 の実施例に係る投影系ミラーおよびその温調手段の構成を示す図である。

【図 4】本発明の第 3 の実施例に係るレチクル搬送系、レチクルステージおよびレチクル温調手段の構成を示す図である。

【図 5】図 4 の構成におけるレチクルアライメントの説明図である。

【図 6】図 4 の構成におけるレチクル温調の説明図である。

【図 7】図 4 の構成における輻射温調板およびレチクルの温度変化を説明するグラフである。

【図 8】本発明の第 4 の実施例に係るレチクル温調の説明図である。

【図 9】デバイスの製造プロセスのフローを説明する図である。

【図 10】図 9 におけるウエハプロセスを説明する図である。

【図 11】従来のレチクルアライメント手段の構成を示す図である。

【図 12】図 11 に示したレチクルアライメント手段の動作説明図である。

【図 13】図 11 の構成における投影系ミラーの温度変化を説明する図である。

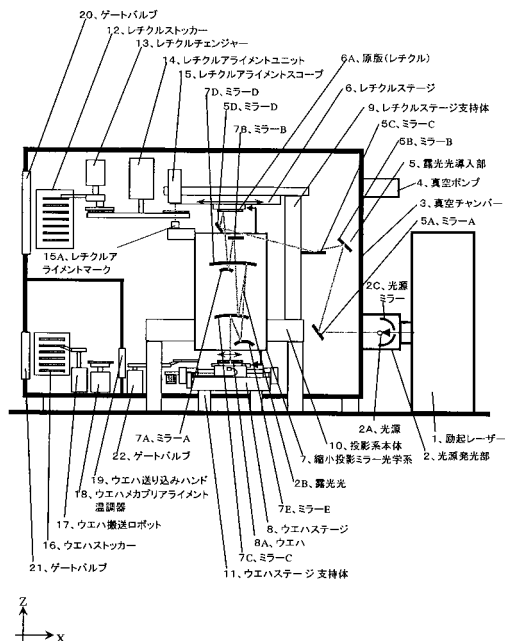
【符号の説明】

【 0 0 4 0 】

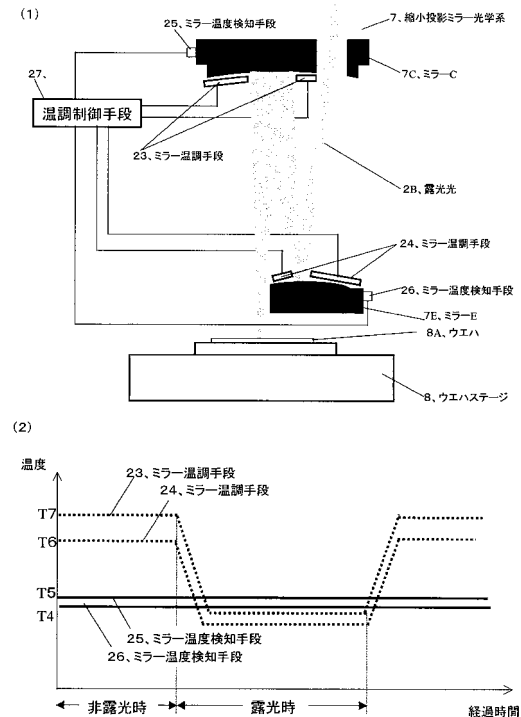
1 : 励起レーザー、2 : 光源発光部、2 B : 露光光、2 C : 光源ミラー、3 : 真空チャンパー、4 : 真空ポンプ、5 : 露光光導入部、5 A ~ 5 D : 照明系ミラー、6 : レチクルステージ、6 A , 6 D : 原版 (レチクル)、6 B : レチクルチャックスライダー、6 C : レチクル駆動手段、6 E : レチクルチャック (静電チャック)、6 F : 静電チャック電極、6 G : レチクル & レチクルチャックスライダー温度検出手段、7 : 縮小投影ミラー光学系、7 A ~ 7 E : 投影系ミラー、8 : ウエハステージ、8 A : ウエハ、9 : レチクルステージ支持体、10 : 投影系支持体、11 : ウエハステージ支持体、12 : レチクルストッカー、13 : レチクルチェンジャー、14 : レチクルアライメントユニット、14 A : レチクルアライメントハンド、15 : レチクルアライメントスコープ、15 A : レチクルアライメントマーク、16 : ウエハストッカー、17 : ウエハ搬送口ロボット、18 : ウエハメカプリアライメント温調器、19 : ウエハ送り込みハンド、20 : ゲートバルブ、21 : ゲートバルブ、22 : ゲートバルブ、23 , 24 , 28 , 37 B : ミラー温調手段、25 , 26 , 29 A , 29 D , 37 A : ミラー温度検知手段、27 : 温調制御手段、30 : 波面計測光源供給光ファイバー、31 : 波面計測光源出射口、32 : 光軸 & 波面計測受光センサー、33 : 波面計測値演算回路、34 : ミラー補正駆動テーブル演算回路、35 : ミラー補正駆動制御手段、36 : ミラー計測手段、37 : 原版アライメント制御回路、38 , 43 : 温調輻射板、39 : レチクル & レチクルチャックスライダー温度検知回路、40 : レチクル輻射温調制御手段、41 : 露光制御手段、42 : レチクル輻射温調手段。

10

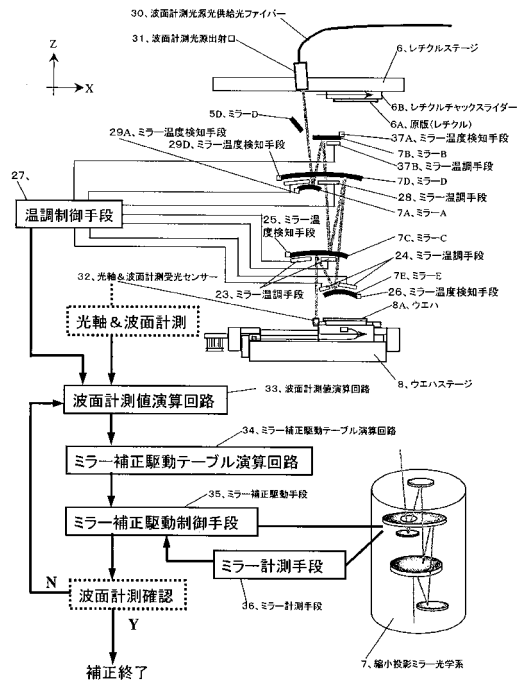
【図 1】



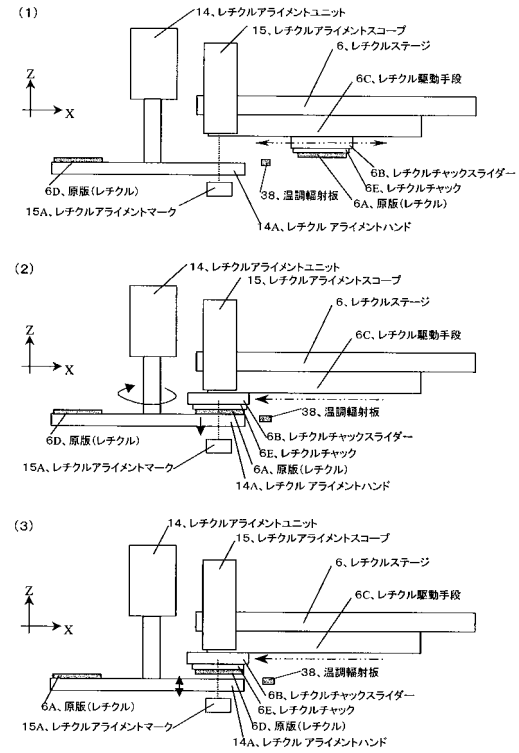
【図 2】



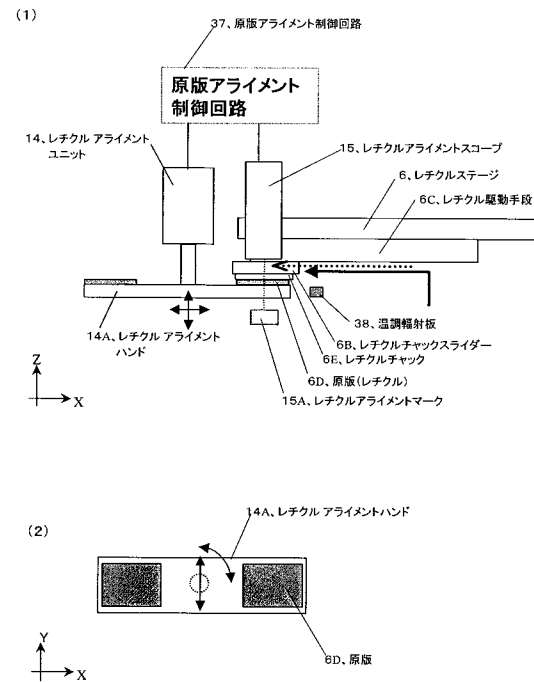
【図 3】



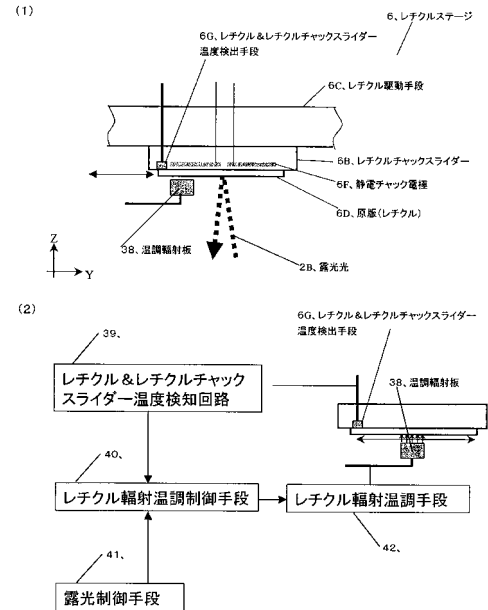
【図 4】



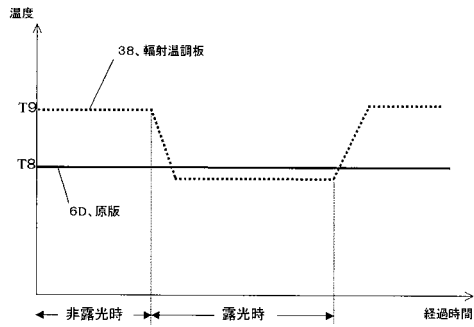
【図 5】



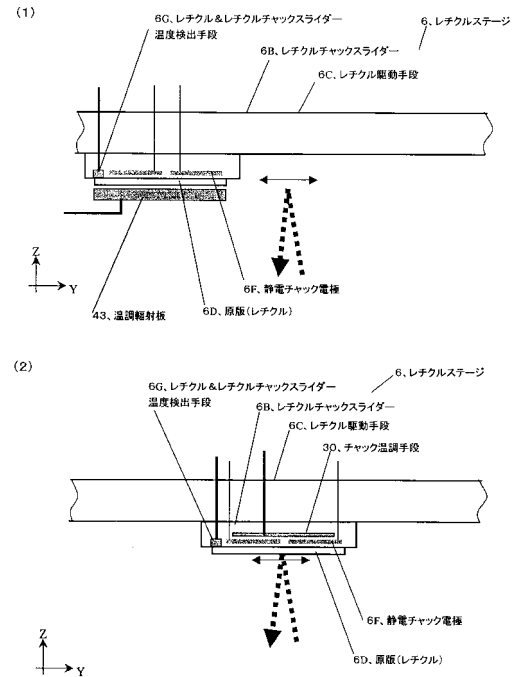
【図 6】



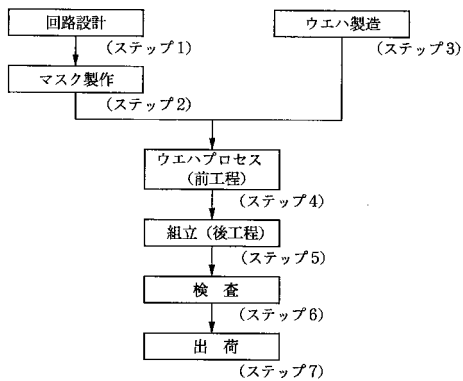
【図 7】



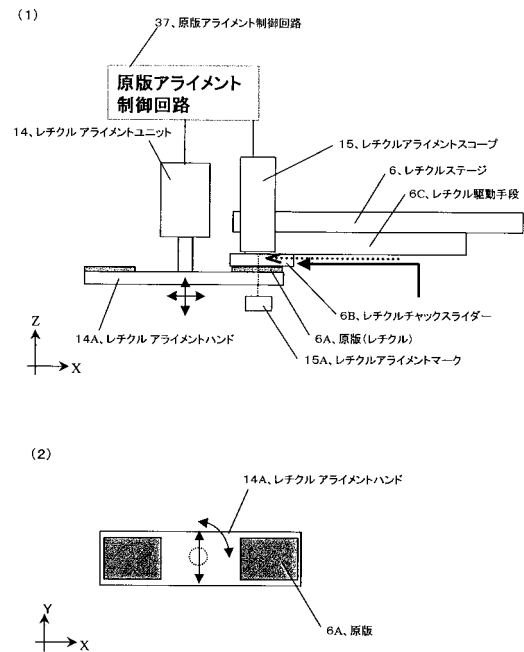
【図 8】



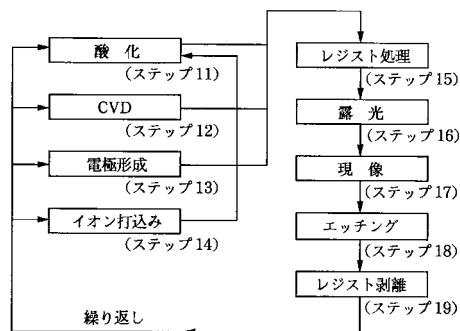
【図 9】



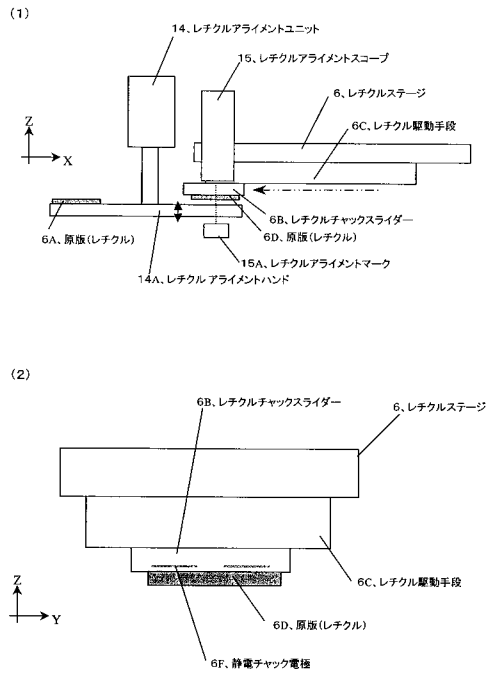
【図 11】



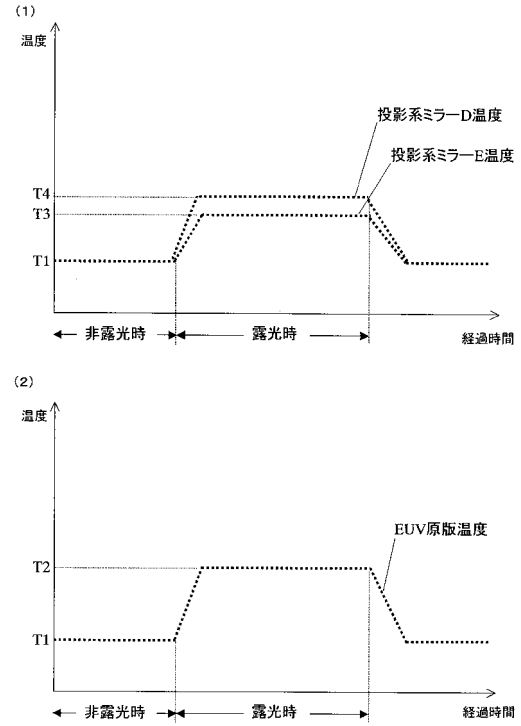
【図 10】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平05-291117(JP,A)
特開平05-190409(JP,A)
特開2002-015997(JP,A)
特開2001-230193(JP,A)
特開2000-286189(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	21/027		
G03F	7/20	-	7/24