(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3689949号

(P3689949)

(45)発行日　平成17年8月31日(2005.8.31)　(24)登録日　平成17年6月24日(2005.6.24)

(51)Int.Cl.[7]	F I	
G03F 1/14	G03F	1/14 Z
H01L 21/027	H01L	21/30 502P
	H01L	21/30 515F
	H01L	21/30 525Z
	H01L	21/30 528

請求項の数 10　(全 26 頁)

(21)出願番号　特願平7-330542
(22)出願日　平成7年12月19日(1995.12.19)
(65)公開番号　特開平9-171246
(43)公開日　平成9年6月30日(1997.6.30)
審査請求日　平成14年12月16日(2002.12.16)

(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
(72)発明者　柿崎　幸雄
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　木内　徹
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　天野　今朝芳
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　馬立　稔和
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
最終頁に続く

(54)【発明の名称】投影露光装置、及び該投影露光装置を用いたパターン形成方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

回路パターンが形成されたマスク基板を露光用の照明光で照射する照明系と、該照明光の照射によって前記マスク基板の回路パターンの像を感光基板上に投影する投影光学系と、前記感光基板を保持して前記投影光学系の視野に対して２次元移動させる２次元移動ステージとを備えた投影露光装置において、

前記回路パターンの形成された前記マスク基板の主面が前記投影光学系の物体面と一致するように前記マスク基板を保持するために、前記マスク基板の周辺の複数部分と当接する複数の載置部を有し、該複数の載置部の上で前記主面に沿った前記マスク基板の自由な膨張を許容して前記マスク基板を支持するマスクステージと；前記マスク基板の主面とほぼ平行な面内で移動するように前記マスクステージを保持するコラム構造体と；前記マスク基板の端面の少なくとも一部に形成された反射部分に測長用のビームを投射し、該反射部分で反射されたビームを受光することによって前記マスク基板の端面の反射部分の位置変化に関する情報を計測する干渉計と；該干渉計で計測された情報に基づいて前記マスクステージを前記コラム構造体に対して移動させる駆動手段とを備えたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項２】

前記マスクステージは、前記複数の載置部上に支持された前記マスク基板を前記主面に沿った方向に緩く付勢する付勢部材を有し、前記マスク基板は前記複数の載置部上に自重のみで載置されることを特徴とする請求項１に記載の投影露光装置。

【請求項３】
前記複数の載置部のうち、前記測長用ビームが投射される前記マスク基板の端面の反射部分からの距離が短い少なくとも１つの載置部を除く残りの１つ又は複数の載置部に設けられ、前記マスク基板を該残りの載置部に減圧吸着するための吸着ポートを備えたことを特徴とする請求項１に記載の投影露光装置。
【請求項４】
回路パターンが形成されたマスク基板を露光用の照明光で照射する照明系と、該照明光の照射によって前記マスク基板の回路パターンの像を感光基板上に投影する投影光学系と、前記感光基板を保持して前記投影光学系の視野に対して２次元移動させる２次元移動ステージとを備えた投影露光装置において、
前記回路パターンの形成された前記マスク基板の主面が前記投影光学系の物体面と一致するように前記マスク基板を保持するために、前記マスク基板の周辺の複数部分と当接する複数の載置部を有し、該複数の載置部の上で前記主面に沿った前記マスク基板の微小移動を許容して前記マスク基板を支持するマスクステージと；該マスクステージを前記投影光学系と一体に支持するコラム構造体と；前記マスク基板の端面の少なくとも一部に形成された反射部分に測長用のビームを投射し、該反射部分で反射されたビームを受光することによって前記マスク基板の端面の反射部分の位置変化に関する情報を計測する干渉計と；該干渉計で計測された情報に基づいて前記マスク基板を前記マスクステージ上で微小移動させる駆動手段とを備えたことを特徴とする投影露光装置。
【請求項５】
マスク基板に形成されたパターン領域に露光用のエネルギー線の照射と非照射とを繰り返すことで該パターン領域内のパターン像を結像投影系を介して感応基板上の複数のショット領域の各々に順次露光することによって、該感応基板に回路パターンを形成する方法において、
前記マスク基板の自由な膨張を許容するように前記マスク基板を前記結像投影系の物体面側に設置する段階と；前記マスク基板の端面に形成された反射部分へ測長用ビームを照射し、該反射部分から反射されたビームを受光する段階と；前記マスク基板により１枚の感応基板を露光している間、もしくは複数枚の感応基板を順次露光している間に生じる前記マスク基板の初期状態からの膨張量を前記受光したビームによって検出する段階と；前記感応基板上のショット領域に露光されるべき前記パターン像の状態の前記マスク基板の膨張による微小変化を補正するために、前記検出された膨張量に応じて前記結像投影系の結像特性を調整する段階とを含むことを特徴とする回路パターン形成方法。
【請求項６】
前記マスク基板の設置段階は前記マスク基板の自由な膨張を拘束しないように前記結像投影系の物体面側に配置されたマスクステージ上に前記マスク基板を接触支持する工程を含み、前記膨張量の検出段階は膨張による前記マスク基板の端面の微小位置変化を光学的に計測する工程を含むことを特徴とする請求項５に記載の方法。
【請求項７】
前記マスクステージに設けられ、所定の方向に延びた移動鏡と、前記移動鏡に測長用のビームを投射することによって前記マスクステージの前記所定の方向に垂直な方向における位置変化に関する情報を計測するマスクステージ干渉計と、
をさらに有することを特徴とする請求項１～３の何れか一項に記載の投影露光装置。
【請求項８】
回路パターンが形成されたマスク基板を露光用の照明光で照射する照明系と、該照明光の照射によって前記マスク基板の回路パターンの像を感光基板上に投影する投影光学系と、前記感光基板を保持して前記投影光学系の視野に対して２次元移動させる２次元移動ステージとを備えた投影露光装置において、
前記回路パターンの形成された前記マスク基板の主面が前記投影光学系の物体面と一致するように前記マスク基板を保持するために、前記マスク基板の周辺の複数部分と当接する複数の載置部を有するマスクステージと；前記マスク基板の主面とほぼ平行な面内で移動

するように前記マスクステージを保持するコラム構造体と；前記マスク基板の端面の少なくとも一部に形成された反射部分に測長用のビームを投射し、該反射部分で反射されたビームを受光することによって前記マスク基板の端面の反射部分の位置変化に関する情報を計測するマスク基板干渉計と；前記マスクステージに設けられ、所定の方向に延びた移動鏡と；前記移動鏡に測長用のビームを投射し、該移動鏡で反射されたビームを受光することによって前記マスクステージの前記所定の方向に垂直な方向における位置変化に関する情報を計測するマスクステージ干渉計と；前記マスク基板干渉計及び前記マスクステージ干渉計で計測された情報に基づいて前記マスクステージを前記コラム構造体に対して移動させる駆動手段とを備えたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項９】

前記マスク基板干渉計は、前記マスクの初期状態からの回転変化量を求めることを特徴とする請求項８に記載の投影露光装置。

【請求項１０】

前記投影露光装置は、前記マスクステージと前記２次元移動ステージとを走査方向に相対移動させながら前記マスク基板の回路パターンの像を前記感光基板上に投影するステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置であり、

前記移動鏡が延びる所定方向は、前記走査方向と平行であることを特徴とする請求項７～９のいずれか一項に記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の技術分野】

本発明は、半導体デバイスや液晶表示素子等を製造する際のリソグラフィ工程で使用されるマスク基板と、そのマスク基板を使って半導体ウェハやガラスプレート等の感光基板上に回路パターンを転写する投影露光装置に関し、さらにそのような露光装置を用いて感応基板上に回路パターンを形成する方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】

超ＬＳＩの半導体デバイスや液晶表示デバイスの製造現場においては、それらのデバイスの回路パターンをレジストが塗布された半導体ウェハやガラスプレート等の感光基板上に露光転写するリソグラフィ工程を実施することが不可欠である。このリソグラフィ工程では、マスク基板（レチクル）に形成された回路パターンの像を縮小投影光学系または等倍投影光学系を介して感光基板上に投影露光する装置、いわゆるステッパーが主力装置として使用されている。その種のステッパーは良く知られているように、感光基板上のショット領域にレチクルの回路パターンの投影像が露光される度に、別のショット領域に対する露光のために感光基板を保持する２次元移動ステージを一定量だけ移動させることを繰り返すステップ・アンド・リピート方式で使用される。

【０００３】

また近年、より高い解像力と広い露光フィールドとを同時に確保するために、ショット露光時にはレチクルと感光基板とを投影光学系の視野に対して相対的に１次元走査し、非露光時には感光基板のみをステップ移動させるステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置も実用化されている（1989年、SPIE Vol.1088 の"Optical/Laser MicrolithographyII"の第424頁～433頁）。

【０００４】

これらの投影露光装置においては、回路パターンが形成されたレチクルの主面が投影光学系の物体面と正確に合致して位置するように、レチクルが装置内のレチクルステージ上に真空吸着によって固定支持される。そして装着されたレチクルのパターン領域（通常は矩形）を露光用の照明光で照射することによって、そのパターン領域に形成されたパターンの像が投影光学系を介して投影される。通常のレチクルは、石英板の主面に蒸着された遮光性物質（クロム）の層を回路パターンの形状にエッチングして作られているが、位相シフトレチクルのうちのある種のものは、石英板の主面に形成された透過性物質によるシフ

ター層を回路パターンの形状に応じてエッチングして作られる。
【０００５】
このようなレチクルは、デバイスの集積度の向上やデバイスサイズの大型化に伴って４インチ、５インチと大きくなり、現在では６インチレチクルが標準的に使われるようになった。また、等倍投影光学系を使って走査方式で回路パターンを露光する液晶デバイス用の露光装置では、マスクと感光基板（ガラスプレート）とが同寸法となり、大きいものでは４０×４０ｃｍ以上の大型マスクを使用することもある。
【０００６】
ところで、半導体デバイスの製造現場においては、現在６４Ｍ・Ｄ－ＲＡＭの量産が開始されつつあり、試作レベルにおいては２５６Ｍ・Ｄ－ＲＡＭの量産化への研究開発、１Ｇ・Ｄ－ＲＡＭの試作研究が勢力的に行われている。このような２５６Ｍメモリや１Ｇメモリのデバイス量産には、依然として紫外光源を用いた投影露光装置が使われるものと予測されている。
【０００７】
一方で、そのようなデバイスを製造するための投影露光装置に要求される各種の機能の精度バジェットは益々厳しくなり、特に投影光学系に要求される結像精度と、レチクルと感光基板（ウェハ）とのアライメント精度にはほとんど限界的な要求が課せられる。このため、投影光学系の結像性能を理想的なものに近づけるような設計手法と製造手法とが必要になり、またアライメント精度を高めるための各種センサーの開発、改良が必要となる。
【０００８】
【発明が解決すべき課題】
以上のようにして投影露光装置側での各種の性能が向上したとしても、１つの問題としてレチクル（マスク基板）に照明光が照射され続けることによる熱的なエネルギー蓄積の問題が残る。このような熱蓄積は、レチクルに形成された回路パターンの材質や透過率によって変化し、特に回路パターンが遮光性物質の層で形成され、照明される領域内に占める遮光部の総面積の割合が多くなるに従って熱蓄積が増大する。
【０００９】
このため、レチクルの温度が上昇して微小量ではあるがレチクルが膨張することになる。レチクルの４隅はレチクルステージ上の真空吸着部に吸着固定されているため、その膨張によってレチクルは物理的に歪むことになり、レチクルの主面の平坦性が損なわれることになる。このようにレチクルの平坦性が損なわれると、例え投影光学系の結像特性が理想的であっても、投影されたパターン像には歪曲収差、像面湾曲、像面傾斜等の誤差が発生してしまう。従ってこの誤差の大小が感光基板上に転写される回路パターンの最終的な像性能を左右することになる。
【００１０】
特に問題となるのは、レチクルの熱蓄積と熱放出が感光基板の露光シーケンスや照明条件の変更に依存して微妙に変化すること、そして何よりも問題となるのは、回路パターンの全く異なるレチクルに交換されることがあるためにレチクル毎に熱蓄積、熱放出の傾向が異なることである。このことは同一の投影露光装置を使っているにもかかわらず、露光すべき回路パターンの違いによって感光基板上に転写される像質が変化してしまうことを意味する。
【００１１】
さらに同一のレチクルであっても、露光装置に装着した直後の状態と連続的に露光作業を実行している間の状態とでは、熱蓄積の影響が全く異なるために転写されたパターン像の像質が徐々に劣化することになる。
そこで本発明は、上記のようなレチクル（マスク基板）の微小膨張によって生じる投影像の劣化を低減させた投影露光装置を得ることを目的とする。さらに本発明は、レチクルの微小膨張以外にレチクルステージ上でのレチクルの微小位置ずれによって生じるアライメント精度、重ね合せ精度の劣化も精密に補正できる投影露光装置を提供することを目的としている。さらに本発明は、そのような投影露光装置に装着するのに好敵な改良されたマ

スク基板を提供することを目的とする。さらに本発明は、感光基板上に転写されるマスク基板の回路パターンの転写像（矩形のパターン領域の全体）がマスク基板の膨張によって微小にサイズ変化することを防止した回路パターンの形成方法を提供することを目的とする。

【００１２】

【課題を達成するための手段】

上記課題を解決するために、本願の発明は、実施の形態の図１～１２に対応づけした以下の構成を採用している。なお、本発明をわかりやすく説明するために一実施例を表す図面の符号に対応つけて説明したが、本発明が実施例に限定されるものでないことは言うまでもない。

【００１３】

本願の第１発明は、回路パターンが形成されたマスク基板（Ｒ）を露光用の照明光で照射する照明系（ＩＬ）と、照明光の照射によってマスク基板の回路パターンの像を感光基板（Ｗ）上に投影する投影光学系（ＰＬ）と、感光基板を保持して投影光学系の視野に対して２次元移動させる２次元移動ステージ（ＷＳＴ）とを備えた投影露光装置に適用される。

【００１４】

そして第１発明では、回路パターンの形成されたマスク基板（Ｒ）の主面が投影光学系の物体面と一致するようにマスク基板を保持するために、マスク基板の周辺の複数部分と当接する複数の載置部（１０Ａ～１０Ｄ）を有し、その複数の載置部の上で主面に沿ったマスク基板の自由な膨張を許容してマスク基板を支持するマスクステージ（ＲＳＴ，ＲＳＴ’）と、マスク基板の主面とほぼ平行な面内で移動するようにマスクステージを保持するコラム構造体（ＣＬ１）と、マスク基板の端面の少なくとも一部に形成された反射部分（ＳＸ、ＳＹ、Ｓθ）に測長用のビーム（ＢＭｒｘ、ＢＭｒｙ、ＢＭｒθ）を投射し、その反射部分で反射されたビームを受光することによってマスク基板の端面の反射部分の位置変化に関する情報を計測する干渉計（ＩＦＲＸ、ＩＦＲＹ、ＩＦＲθ）と、そしてこの干渉計で計測された情報に基づいてマスクステージをコラム構造体に対して移動させる駆動手段（１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃ）とを設けた。

【００１５】

さらに本願の第２発明は第１発明と同様の投影露光装置に適用される。そして第２発明では、回路パターンの形成されたマスク基板（Ｒ）の主面が投影光学系（ＰＬ）の物体面と一致するようにマスク基板を保持するために、マスク基板の周辺の複数部分と当接する複数の載置部（１０Ａ～１０Ｄ）を有し、その複数の載置部の上で主面に沿ったマスク基板の微小移動を許容してマスク基板を支持するマスクステージ（ＲＳＴ，ＲＳＴ’）ＷＳＴ）と、このマスクステージを投影光学系に対して一体に支持するコラム構造体（ＣＬ１）と、マスク基板の端面の少なくとも一部に形成された反射部分（ＳＸ、ＳＹ、Ｓθ）に測長用のビーム（ＢＭｒｘ、ＢＭｒｙ、ＢＭｒθ）を投射し、その反射部分で反射されたビームを受光することによってマスク基板の端面の反射部分の位置変化に関する情報を計測する干渉計（ＩＦＲＸ、ＩＦＲＹ、ＩＦＲθ）と、そしてその干渉計で計測された情報に基づいてマスク基板をマスクステージ上で微小移動させる駆動手段（１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃ）とを設けた。

【００１６】

また本願の第３発明は、マスク基板（レチクルＲ）に形成されたパターン領域（ＰＡ）に露光用のエネルギー線の照射と非照射とを繰り返すことでパターン領域（ＰＡ）内のパターン像を結像投影系（ＰＬ）を介して感応基板（ウェハＷ）上の複数のショット領域の各々に順次露光することによって、感応基板に複数個の回路パターンを形成する方法に適用される。

【００１７】

そして第３発明においては、マスク基板（Ｒ）の自由な膨張を許容するようにマスク基板を結像投影系（ＰＬ）の物体面側に設置する段階と、マスク基板（Ｒ）の端面（３９Ａ～

３９Ｄ）に形成された反射部分（ＳＸ、ＳＹ、Ｓθ、ＳＴ、ＳＳ）へ測長用ビーム（ＢＭｒｘ、ＢＭｒｙ、ＢＭｒθ）を照射し、該反射部分から反射されたビームを受光する段階と、マスク基板（Ｒ）により１枚の感応基板（Ｗ）を露光している間、もしくは複数枚の感応基板（Ｗ）を順次露光している間に生じるマスク基板（Ｒ）の初期状態からの膨張量を受光したビームによって検出する段階（レチクル端面を利用した干渉計システムによる計測動作）と、感応基板（Ｗ）上のショット領域に露光されるべきパターン像の状態のマスク基板（Ｒ）の膨張による微小変化を補正するために、検出された膨張量に応じて結像投影系（ＰＬ）の結像特性を調整する段階（投影光学系を構成する光学レンズ群のうちの一部の移動や、レンズ間の空気間隔内の気体圧力の調整等）とを実行するようにした。

また、本願の第４発明においては、回路パターンが形成されたマスク基板（Ｒ）を露光用の照明光で照射する照明系（ＩＬ）と、照明光の照射によってマスク基板の回路パターンの像を感光基板（Ｗ）上に投影する投影光学系（ＰＬ）と、感光基板を保持して投影光学系の視野に対して２次元移動させる２次元移動ステージと（ＷＳＴ）を備えた投影露光装置に適用される。

そして第４発明では、回路パターンの形成されたマスク基板の主面が前記投影光学系の物体面と一致するようにマスク基板を保持するために、マスク基板の周辺の複数部分と当接する複数の載置部を有するマスクステージ（ＲＳＴ、ＲＳＴ’）と、マスク基板の主面とほぼ平行な面内で移動するようにマスクステージを保持するコラム構造体（ＣＬ１）と、マスク基板の端面の少なくとも一部に形成された反射部分（ＣＭ１、ＣＭ２）に測長用のビーム（ＢＭｒθ、ＢＭｒｙ）を投射し、反射部分で反射されたビームを受光することによってマスク基板の端面の反射部分の位置変化に関する情報を計測するマスク基板干渉計（ＩＦＲθ、ＩＦＲＹ）と、マスクステージに設けられ、所定の方向に延びた移動鏡（２０３）と、移動鏡に測長用のビーム（ＢＭｒｘ）を投射し、移動鏡で反射されたビームを受光することによってマスクステージの所定の方向に垂直な方向における位置変化に関する情報を計測するマスクステージ干渉計（ＩＦＲｘ）と、マスク基板干渉計及びマスクステージ干渉計で計測された情報に基づいてマスクステージをコラム構造体に対して移動させる駆動手段（２００Ａ、２００Ｂ）とを設けた。

【００１８】

【発明の実施の形態】

本発明においては、マスク基板（レチクルＲ）の端面部の少なくとも一部に鏡面を形成し、その鏡面に対して干渉計の測長用ビームを投射してマスク基板の位置変化を計測するとともに、マスク基板を真空吸着等によってマスクステージ上にリジッドに固定せずに自由な膨張を許容するように支持したので、マスク基板の微小膨張による投影像の歪み等の像質を大幅に低減させることができると同時に、マスク基板の微小膨張による回路パターン像の位置ずれを随時正確に計測することが可能となる。

【００１９】

また本発明によると、マスク基板の端面位置を干渉計によって直接計測し、その計測値に応答してマスク基板を駆動するようにしたので、従来の装置のようにマスクステージに固定された移動鏡が不要になるといった利点もある。さらに、そのような従来の装置ではマスクステージ上に保持されたマスク基板が露光装置に作用する振動等によって微小位置ずれを起こした場合は、その位置ずれが全く把握されていなかったために、露光時のアライメント誤差、重ね合わせ誤差を悪化させていた。

【００２０】

ところが、本発明ではマスクステージは単にマスク基板を緩い摩擦力、または主面方向の緩い付勢力で支えるだけでよく、マスクステージ上でのマスク基板の微小位置ずれは本質的に全くアライメント誤差、重ね合わせ誤差の要因とならないといった利点がある。このため、マスク基板が微小膨張してマスクステージ上で微小位置変化しても、そのことによる投影像の劣化が皆無となるので、２５６Ｍメモリ、１Ｇメモリ等の線幅が０．２５μｍ以下のデバイスを精度よく、歩留まりよく量産することが可能となる。

【００２１】

そこで、本発明の第１の実施形態としての投影露光装置の構成を図１、図２、図３を参照して説明する。図１は、ステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置の全体構成を模式的に示した図である。図１において、照明光学系ＩＬは露光用の照明光を均一な照度分布でレチクルＲの回路パターン領域に照射する。レチクルＲはレチクルステージＲＳＴ上の４ヶ所に突出して形成された載置部（当接部）１０上に載置されるが、ここでは４ヶ所の載置部１０のうち特定の１ヶ所または２ヶ所の載置部１０のみが減圧吸着によりレチクルＲを保持する。

【００２２】

アライメント系２０Ａ、２０Ｂは、レチクルＲの周辺の２ヶ所に形成されたレチクルアライメント用のマークを光電検出し、レチクルＲを照明光学系ＩＬまたは投影光学系ＰＬの光軸ＡＸに対して所定の精度で位置決めするために使用される。その位置決めは、レチクルステージＲＳＴを光軸ＡＸと垂直なＸＹ平面内で並進移動させるとともにＸＹ平面内で微小回転させる駆動系１２によって行われる。

【００２３】

さらにレチクルステージＲＳＴは、装置本体のコラム構造体の一部を構成するレチクルステージベース構造体ＣＬ１上に移動可能に保持され、駆動系１２のモータ等もベース構造体ＣＬ１上に取り付けられる。そして本発明で特徴となるレチクル用干渉計システムＩＦＲのビーム干渉部分（ビームスプリッタ等）もベース構造体ＣＬ１に取り付けられる。その干渉計システムＩＦＲは、レチクルＲの端面の一部に形成された鏡面部分に測長用ビームＢＭｒを垂直に投射し、その反射ビームを受光してレチクルＲの位置変化を計測する。

【００２４】

一方、レチクルＲの回路パターンの像は、レチクルステージＲＳＴの直下に配置された投影光学系ＰＬを介して感光基板としてのウェハＷ上に１／４または１／５の縮小倍率で結像投影される。その投影光学系ＰＬの鏡筒はコラム構造体の一部を構成するレンズベース構造体ＣＬ３に固定され、このレンズベース構造体ＣＬ３は複数本の支柱構造体ＣＬ２を介してレチクルベース構造体ＣＬ１を支持している。

【００２５】

尚、図１に示したレチクル用干渉計システムＩＦＲでは測長用ビームＢＭｒの反射ビームが投影光学系ＰＬの上部に固定された参照鏡ＦＲｒで反射してきた参照ビームと干渉するような構成とするが、参照鏡をレチクルベース構造体ＣＬ１側に固定した構成の干渉計システムや参照鏡自体を内蔵した干渉計システムであってもよい。

【００２６】

さてレンズベース構造体ＣＬ３は、ウェハＷを載置してＸＹ平面に沿って２次元移動するウェハステージＷＳＴが搭載されるウェハベース構造体ＣＬ４上に取り付けられる。このウェハステージＷＳＴには、投影光学系ＰＬの結像面にウェハＷの表面が一致するようにウェハＷを真空吸着するウェハホルダと、このウェハホルダをＺ方向（光軸ＡＸ方向）に微小移動させるとともに微小傾斜させるレベリングテーブルとが設けられている。

【００２７】

そしてウェハステージＷＳＴのＸＹ平面内での移動座標位置とヨーイングによる微小回転量とは、ウェハ用干渉計システムＩＦＷによって計測される。この干渉計システムＩＦＷは、レーザ光源ＬＳからのレーザビームをウェハステージＷＳＴのレベリングテーブルに固定された移動鏡ＭＲｗと、投影光学系ＰＬの最下部に固定された固定鏡ＦＲｗとに投射し、各鏡ＭＲｗ、ＦＲｗからの反射ビームを干渉させてウェハステージＷＳＴの座標位置と微小回転量（ヨーイング量）とを計測する。

【００２８】

またウェハステージＷＳＴのレベリングテーブル上には、各種のアライメント系やフォーカスセンサー、レベリングセンサーのキャリブレーションとベースライン計測（レチクルＲのパターン中心の投影点と各アライメント系の検出中心との位置関係の計測）とに使われる基準板ＦＭも取付けられている。この基準板ＦＭの表面には、露光波長の照明光のもとでレチクルＲのマークとともにアライメント系２０Ａ、２０Ｂで検出可能な基準マーク

も形成されている。

【００２９】

尚、基準板ＦＭを使ったベースライン計測法については、例えば特開平４－４５５１２号公報、特開平５－２１３１４号公報に開示されており、また基準板ＦＭを使ったフォーカスキャリブレーション法については例えば特公平６－１６４８３号公報に開示されているので、ここではその詳細な説明は省略する。

図２は、図１中のレチクルステージＲＳＴ付近の様子を示した斜視図であり、ここではレチクルＲが投影光学系ＰＬの光軸ＡＸに対して正しく位置合わせされているものとして示してある。レチクルステージＲＳＴの中央には、レチクルＲの矩形状に形成されたパターン領域ＰＡと、このパターン領域ＰＡを挟んでＸ方向の両側に形成された２つのマークＭ１、Ｍ２との投影光路を遮蔽しないような開口１１が形成されている。その開口１１の周辺の４ヶ所には、載置部１０Ａ、１０Ｂ、１０Ｃ、１０Ｄ（ただし１０Ｃ、１０Ｄは図２中ではレチクルＲの影になっている）が所定の高さで形成され、それによってレチクルＲの裏面（パターンの形成される主面）の４隅付近が支持される。

【００３０】

図１に示したレチクルステージＲＳＴの駆動系１２は、具体的には図２のように３つの駆動ユニット１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃで構成される。駆動ユニット１２ＡはステージＲＳＴをＸ方向に微動させ、２つの駆動ユニット１２Ｂ、１２Ｃは互いに協同してステージＲＳＴをＹ方向に微動させるとともに微小回転させる。これらの駆動ユニット１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃはレチクルステージ ＲＳＴの対応する部分を直線的に押圧するアクチュエータとして構成され、レチクルステージＲＳＴのいくつかの部分の各々とレチクルベース構造体ＣＬ１との間にはレチクルステージＲＳＴを各アクチュエータの方向に付勢するバネ１３が設けられている。

【００３１】

さて、図２に示されるようにレチクルＲの互いに直交した２辺の各端面部の表面には、レチクル用干渉計システムＩＦＲからの測長ビームを受けるための反射部ＳＸ、ＳＹ、Ｓθが形成されている。これらの反射部はレチクルＲの端面を研磨した後にアルミやクロム等の反射性金属物質、あるいは測長ビームの波長に対して高い反射率を有する誘電体薄膜を蒸着して作られる。この反射部ＳＸ、ＳＹ、Ｓθは、図２ではレチクルＲの各端面の一部分のみに形成されているが、Ｘ方向に伸びた１つの端面の全体とＹ方向に伸びた１つの端面の全体とを反射面にしてもよい。

【００３２】

そして図１に示したレチクル用干渉計システムＩＦＲは、具体的には図２のように、測長ビームＢＭｒｘを反射部ＳＸに向けてＸ方向に投射する反射ミラーＢＲ１を含むＸ方向干渉計ＩＦＲＸ、測長ビームＢＭｒｙを反射部ＳＹに向けてＹ方向に投射する反射ミラーＢＲ２を含むＹ方向干渉計ＩＦＲＹ、及び測長ビームＢＭｒθを反射部Ｓθに向けてＹ方向に投射する反射ミラーＢＲ３を含むＹ方向干渉計ＩＦＲθで構成される。

【００３３】

ここで、反射部ＳＸに達する測長ビームＢＭｒｘは投影光学系ＰＬの光軸ＡＸに垂直に向かうように配置され、反射部ＳＹに達する測長ビームＢＭｒｙと反射部Ｓθに達する測長ビームＢＭｒθとは、Ｘ方向に所定の間隔を保って平行に配置されている。従って、干渉計ＩＦＲＸの測長値によってレチクルＲのＸ方向の位置変化が計測され、２つの干渉計ＩＦＲＹ、ＩＦＲθの各測長値の平均を演算することによってレチクルＲのＹ方向の位置変化が計測され、そして２つの干渉計ＩＦＲＹ、ＩＦＲθの各測長値の差を演算することによってレチクルＲの回転（θ）方向の位置変化が計測される。

【００３４】

そして干渉計ＩＦＲＸ、ＩＦＲＹ、ＩＦＲθの計測分解能は、レチクルＲの線膨張係数、レチクルＲの想定される温度変化範囲、レチクルＲのサイズ（ここでは６インチ）に依存して決まる膨張量が検知できる程度に設定される。さらに各干渉計の測長ビームＢＭｒｘ、ＢＭｒｙ、ＢＭｒθの断面はレチクルＲの各端面の反射部上で見ると、端面の延びる方

向に偏平された楕円状またはスリット状に整形されている。また投影光学系ＰＬの上部に固定された基準鏡ＦＲｒに投射される各基準ビームの断面も、各測長ビームの断面形状と同じ方向に偏平した楕円状またはスリット状に整形されている。

【００３５】

このように測長ビームと基準ビームの各断面を楕円状またはスリット状にするのは、レチクルＲのＸＹ平面内での微小回転によって各測長ビームのレチクル端面での反射ビームの進行方向が微小に偏向されることによる干渉状態からの逸脱を、レチクルＲのある回転範囲内で防止するためである。

図３は、図２に示したレチクルステージＲＳＴの上面部の平面図を表したものであり、レチクルＲを４ヶ所で支持する載置部１０Ａ、１０Ｂ、１０Ｃ、１０Ｄは、パターン領域ＰＡとマークＭ１、Ｍ２の投影光路を遮蔽しないような開口１１の４隅に設けられている。このうち、レチクル用干渉計システムの各測長ビームＢＭｒｘ、ＢＭｒｙ、ＢＭｒθで照射されるレチクルＲの反射部ＳＸ、ＳＹ、Ｓθのいずれからも離れている載置部１０Ｃの吸着面（当接面）は、他の３つの載置部１０Ａ、１０Ｂ、１０Ｄの吸着面に比べて大きく形成され、減圧吸着時の吸着力を高めてある。

【００３６】

また図３に示すように、レチクルステージＲＳＴの周辺には各載置部１０Ａ、１０Ｂ、１０Ｃ、１０Ｄの吸着面を減圧源（真空源）に接続するためのポート部１５Ａ、１５Ｂ、１５Ｃ、１５Ｄが設けられている。従って各ポート部１５Ａ～１５Ｄに所定の減圧を供給することで、レチクルＲの４隅をステージＲＳＴに強固に吸着保持することも可能である。しかしながら本実施形態では、少なくとも複数枚のウェハＷを連続的に露光処理している間、載置部１０Ｃのみがレチクルを強力に減圧吸着し、他の載置部は単にレチクルＲを自重で支持するように吸着が解除される。

【００３７】

このように載置部１０Ｃのみでレチクルを強力に減圧吸着すると、レチクルＲの温度変化による膨張は載置部１０Ｃを基点として２つの端面に形成された反射部ＳＸ、ＳＹ、Ｓθの方向に自由に発生することになり、膨張に伴ってレチクルＲに生じる応力が防止され、ほぼＸＹ平面に沿った線膨張になる。このため、レチクルＲの自由な膨張量に応じて各反射部ＳＸ、ＳＹ、ＳθはＸ方向、Ｙ方向にそれぞれ微小変位し、その各微小変位は測長ビームＢＭｒｘ、ＢＭｒｙ、ＢＭｒθを介してレチクル用干渉計システムＩＦＲＸ、ＩＦＲＹ、ＩＦＲθで計測される。

【００３８】

ところで、レチクルＲは載置部１０Ｃによる強固な吸着力に抗してステージＲＳＴに対して微小にずれる場合も有り得る。その場合、レチクル用干渉計システムＩＦＲＸ、ＩＦＲＹ、ＩＦＲθはそのずれ量とレチクルＲの膨張量とを含んだ計測値を出力することになる。このため、レチクル用干渉計システムＩＦＲＸ、ＩＦＲＹ、ＩＦＲθから得られる各計測値のみに基づいて、レチクルＲの中心点ＣＣの初期状態からの位置ずれ量（Ｘ、Ｙ方向の変位）や微小回転量を算出しただけでは、その位置ずれ量や回転量がレチクルＲの膨張によるものなのか、レチクルＲがステージＲＳＴ上でずれたものなのか、あるいはその両者の原因によるものなのかが正確に判別できない。

【００３９】

従って、レチクル用干渉計システムからの計測値のみに基づいて算出された位置ずれ量、回転量の値はそのままでは信頼性に乏しく、それに基づいて直ちにレチクルステージＲＳＴの駆動ユニット１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃをフィードバック制御することはできない。

そこで、レチクルＲの中心点ＣＣの初期位置からの変位誤差やレチクルＲの回転誤差を正確に特定するために、本実施形態においてはレチクルＲの温度を高分解能で計測する温度測定システムを設けるようにした。その温度測定システムとして熱電対タイプのセンサーを用いる場合は、レチクルＲのパターン領域ＰＡやマークＭ１、Ｍ２の形成領域を避けた複数ヶ所にセンサーを接触させる機構を設ける必要がある。また非接触方式のサーモセンサー（ＩＲ－ＣＣＤカメラ等）を用いる場合は、図１に示した照明光学系ＩＬ内のコンデ

ンサーレンズ系を通してレチクルＲのほぼ全面の温度変化（及び温度分布）を検出する光学系を設ける必要がある。

【００４０】

そして予め求められているレチクルＲの透明平板（石英板）の線膨張係数と、計測されたレチクルＲの基準温度（例えばレチクル製造時の設定温度）からの変化量と、載置部１０Ｃによるレチクル上の支持点と各反射部ＳＸ、ＳＹ、Ｓθとの距離関係とに基づいて、レチクルＲの膨張成分のみによる各反射部ＳＸ、ＳＹ、Ｓθの位置変化量Δｍｘ、Δｍｙ、Δｍθを予測計算し、その計算結果に基づいてレチクルＲの中心点ＣＣの膨張成分のみによる位置変位量（ΔＸｔ，ΔＹｔ）やレチクル回転量ΔＲｔを決定する。

【００４１】

次に、レチクル用干渉計システムＩＦＲＸ、ＩＦＲＹ、ＩＦＲθで実測される各反射部ＳＸ、ＳＹ、Ｓθの初期位置からの変化量ΔＦｘ、ΔＦｙ、ΔＦθを読み取り、予測計算された変化量Δｍｘ、Δｍｙ、Δｍθとの差分ΔＭｘ、ΔＭｙ、ΔＭθを以下のように算出する。

ΔＭｘ＝ΔＦｘ－Δｍｘ　（Ｘ方向成分）

ΔＭｙ＝ΔＦｙ－Δｍｙ　（Ｙ方向成分）

ΔＭθ＝ΔＦθ－Δｍθ　（Ｙ方向成分）

こうして算出された偏差分ΔＭｘ、ΔＭｙ、ΔＭθの各々が許容範囲内で零に近似される場合は、レチクルＲはステージＲＳＴ上で位置ずれを起こしていないことになり、膨張成分のみによって予測計算された位置変位量（ΔＸｔ，ΔＹｔ）やレチクル回転量ΔＲｔが補正されるように、レチクルステージＲＳＴの各駆動ユニット１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃをフィードバック制御すればよい。

【００４２】

一方、算出された偏差分ΔＭｘ、ΔＭｙ、ΔＭθの各々が許容範囲以上の固有値を持つ場合は、その偏差分ΔＭｘ、ΔＭｙ、ΔＭθの各々がレチクルＲの位置ずれによって生じたことを表す。そこで、偏差分ΔＭｘ、ΔＭｙ、ΔＭθに基づいてレチクルＲの位置ずれによる中心点ＣＣの位置変位量（ΔＸｓ，ΔＹｓ）やレチクル回転量ΔＲｓを以下のように決定する。ただし、Ｌｋは図３に示すようにレチクル用干渉計の２つの測長ビームＢＭｒｙ、ＢＭｒＲθのＸ方向の間隔である。

【００４３】

ΔＸｓ＝ΔＭｘ

ΔＹｓ＝（ΔＭｙ＋ΔＭθ）／２

ΔＲｓ＝（ΔＭｙ－ΔＭθ）／Ｌｋ

さらに、先に求めた膨張成分のみによる位置変位量（ΔＸｔ，ΔＹｔ）やレチクル回転量ΔＲｔと、レチクルＲの位置ずれ成分のみによる位置変位量（ΔＸｓ，ΔＹｓ）やレチクル回転量ΔＲｓとを加算して、最終的に補正すべきレチクルＲの中心点ＣＣの位置ずれ量（ΔＸｓ＋ΔＸｔ，ΔＹｓ＋ΔＹｔ）と回転量（ΔＲｓ＋ΔＲｔ）とを決定する。そして決定された中心点ＣＣの位置ずれ量とレチクルＲの回転量とが補正されるように、レチクルステージＲＳＴの各駆動ユニット１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃが干渉計ＩＦＲＸ、ＩＦＲＹ、ＩＦＲθの各計測値に基づいてフィードバック制御される。

【００４４】

図４は、以上のような各種の計算と制御を実行するための制御系の模式的な構成を示す。図４において、先の図２、図３中の部材と同一の部材に関しては同じ符号を付けてある。まず、図４に示すようにレチクル用干渉計システムＩＦＲＸ、ＩＦＲＹ、ＩＦＲθの各々には、各測長ビームの反射部ＳＸ、ＳＹ、Ｓθでの反射ビームと参照ビームの参照鏡での反射ビームとの干渉ビームを光電検出するためのレシーバー２１Ｘ、２１Ｙ、２１θが設けられている。

【００４５】

レシーバー２１Ｘ、２１Ｙ、２１θの各々からの信号はカウンタ回路ユニット２２Ｘ、２２Ｙ、２２θに入力して、各反射部ＳＸ、ＳＹ、Ｓθの計測方向の位置や位置変化に応じ

たデジタル値をリアルタイムに出力する。これらのデジタル値は、先に説明した各種の計算や制御を実行する中央演算処理回路（ＣＰＵ）２４に入力される。ＣＰＵ２４は先の説明のようにして決定されるレチクルＲの中心点ＣＣの位置ずれ誤差や回転誤差を算出し、その誤差を補正するための制御情報をインターフェイス回路２６に出力する。このインターフェイス回路２６は、３つの駆動ユニット１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃの各モータを駆動するサーボ回路２８Ａ、２８Ｂ、２８Ｃに最適な制御指令値を出力する。

【００４６】

そして図４の制御系には、レチクルＲ上の複数の位置の温度変化を接触式で計測する温度センサー３０Ａ、３０Ｂが設けられ、そのセンサー３０Ａ、３０Ｂからの信号は温度測定回路３１Ａ、３１Ｂによってデジタル値に変換された後、ＣＰＵ２４に入力される。ＣＰＵ２４は、その温度情報に基づいて予めメモリ内に記憶されているレチクルＲの線膨張係数とレチクルＲ上の各反射部ＳＸ、ＳＹ、Ｓθの位置関係を表す情報とを読み出して、各反射部ＳＸ、ＳＹ、Ｓθの計測方向の膨張による位置変化量Δｍｘ、Δｍｙ、Δｍθを予測計算する。

【００４７】

尚、以上の実施形態ではレチクルＲをレチクルステージＲＳＴ上の１ヶ所の載置部１０Ｃのみで吸着するとしたが、これは必ずしも必須のことではなく、レチクルＲの自由な膨張を妨げない範囲であれば、他の３つの載置部１０Ａ、１０Ｂ、１０Ｄを緩く減圧吸着するようにしてもよい。さらに４ヶ所の載置部１０Ａ、１０Ｂ、１０Ｃ、１０Ｄの全てをレチクルＲの自由な膨張を妨げない範囲で一律に緩く減圧吸着するように制御してもよい。

【００４８】

以上のように本実施形態によれば、レチクルＲを支持するレチクルステージＲＳＴは、レチクルＲを隅の１ヶ所の載置部１０Ｃで吸着固定するか、緩く減圧吸着するので、レチクルＲは温度変化によって自由に膨張することが可能となり、レチクルＲに不要な応力を発生させることがなく、レチクルＲのパターン面の変形が防止されることになる。このため、露光処理が連続して行われる間に投影像の質が徐々に劣化することが防止される。

【００４９】

次に、本発明の第２の実施形態について図５を参照して説明する。図５は、図１に示されたレチクルステージＲＳＴの構造上の変形例を示す斜視図であり、レチクルＲの４隅は図３と同様な４ヶ所の載置部１０Ａ、１０Ｂ、１０Ｃ、１０Ｄの上に支持される。しかしながら本実施形態では、各載置部がレチクルＲを単に自重で支えるだけで、減圧吸着は全く行われないか緩く行われる。

【００５０】

そして本実施形態では、レチクルＲが各載置部上に支持された状態でレチクルＲの４辺の各端面を弱く押圧する可動押圧部材３６Ａ、３６Ｂ、３６Ｃ、３６Ｄ、３６ＥがステージＲＳＴの周辺に配置されている。この可動押圧部材３６Ａ～３６Ｅは、レチクルＲが載置部１０Ａ～１０Ｄ上に搬送されてくるときは図５中の可動押圧部材３６Ｅのように外側に開いた状態に設定される。そしてレチクルＲが機械的なプリアライメントの精度（例えば±１ｍｍ以下）で載置部１０Ａ～１０Ｄ上に載置されると、５つの可動押圧部材３６Ａ～３６Ｅは垂直に起立して対応するレチクルＲの端面をレチクル中心ＣＣの方向に押圧する。

【００５１】

これによってレチクルＲは、ステージＲＳＴ上で正確に位置決めされる。このときレチクルＲの回転方向の位置決め精度は、レチクル用干渉計システムの各測長ビームＢＭｒｘ、ＢＭｒｙ、ＢＭｒθが対応するレチクル端面の反射部ＳＸ、ＳＹ、Ｓθで正確に垂直に反射されて干渉計測が確実にできる程度に設定されている。

【００５２】

こうしてレチクルＲの位置決めが完了すると、各可動押圧部材３６Ａ～３６Ｅのレチクル端面と対向する部分に設けられた弾性当接部３７Ａ、３７Ｂ、３７Ｃ、３７Ｄ、３７Ｅの各々がレチクル端面と緩く接触するように、各可動押圧部材３６Ａ～３６Ｅはわずかに外

側に開いた状態で静止される。この状態で、レチクルＲは正確に位置決めされるとともに、その後にレチクルＲに膨張が生じた場合はレチクルＲの端面が弾性当接部３７Ａ～３７Ｅをわずかに外側に変形させることになる。

【００５３】

以上のようにしてレチクルＲがステージＲＳＴ上にセットされると、図４中に示したカウンタ回路ユニット２２Ｘ、２２Ｙ、２２θを初期値にリセットし、ＣＰＵ２４、インターフェイス回路２６、サーボ回路２８Ａ、２８Ｂ、２８Ｃによって直ちに駆動ユニット１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃの制御を開始する。それから、先の図１中に示したウェハステージＷＳＴ上の基準板ＦＭの基準マークを投影光学系ＰＬの視野内に位置付け、アライメント系２０Ａ、２０Ｂによってレチクル上のマークＭ１、Ｍ２と基準板ＦＭの基準マークとを同時に検出して相対的な位置ずれ誤差量と回転誤差量とを計測し、それらの誤差が補正されるようにＣＰＵ２４に指令を与える。

【００５４】

これによってレチクルステージＲＳＴが微小移動され、レチクルＲのマークＭ１、Ｍ２の各々と基準板ＦＭの基準マークとの精密なアライメントが達成された状態で駆動ユニット１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃが停止し、ＣＰＵ２４はその時の各カウンタ回路ユニット２２Ｘ、２２Ｙ、２２θの計測値を読み取って、初期値として記憶する。この初期値はレチクルＲの膨張前の各反射部ＳＸ、ＳＹ、Ｓθの位置を表すことになる。

【００５５】

次に、本発明の第３の実施形態について図６を参照して説明する。この実施形態では、４辺の各端面に反射部が一様に形成されたレチクルＲを用いるとともに、レチクルＲの温度変化による膨張量を専用の干渉計システムによって直接計測する構成とした。その干渉計システムは、レチクルＲの互いに平行な辺と辺との間の距離、即ちレチクルＲのＸ方向、またはＹ方向の寸法変化を直接計測するように構成される。

【００５６】

膨張量計測用の干渉計システムの１つは、レーザビームＢ０を２つのビームＢｘ、Ｂｙに分割するビームスプリッタＢＳ１と、ビームＢｙをＹ方向に反射するミラーＭＲａと、そのミラーＭＲａからのビームＢｙを入射してレチクルＲのＸ方向に伸びた端面へ向かう透過ビームと上方のミラーＭＲ２へ向かうビームとに分割するとともに、干渉部を構成するビームスプリッタＢＳａと、ミラーＭＲ２からレチクルＲの主面と平行にＹ方向に進むビームＢＴｙをレチクルＲの反対側で受けてレチクルＲの端面３９Ａに向けて垂直に反射させるコーナーミラーＭＲ４と、端面３９Ａで反射してコーナーミラーＭＲ４、ミラーＭＲ２を介してビームスプリッタＢＳａに戻った反射ビームと、ビームスプリッタＢＳａ側のレチクルＲの端面で反射してビームスプリッタＢＳａに戻った反射ビームとの干渉ビームを受光するレシーバー４０Ｙとで構成される。

【００５７】

レシーバー４０Ｙで計測される情報は、レチクルＲのＹ方向の寸法変化に応じたものとなる。一方、膨張量計測用の干渉計システムのもう１つも同様に構成され、ビームＢｘはミラーＭＲｂ、ビームスプリッタＢＳｂを介してレチクルＲのＹ方向に伸びた端面に入射するとともに、ミラーＭＲ１、コーナーミラーＭＲ３を介してレチクルＲの反対側の端面３９Ｂに入射し、ビームスプリッタＢＳｂで干渉した各端面からの反射ビームはレシーバー４０Ｘで受光される。従ってレシーバー４０Ｘで計測される情報は、レチクルＲのＸ方向の寸法変化に応じたものとなる。

【００５８】

以上のような干渉計システムにおいて、ビームスプリッタＢＳ１、ミラーＭＲａ、ＭＲｂ、ＭＲ１～ＭＲ４、干渉部としてのビームスプリッタＢＳａ、ＢＳｂ、及びレシーバー４０Ｘ、４０Ｙは、基本的には図３や図５に示したレチクルステージＲＳＴ上に構築される。ただし、干渉部としてのビームスプリッタＢＳａ、ＢＳｂに入射するビームＢｘ、Ｂｙを単一モード光ファイバーで導き、ビームスプリッタＢＳａ、ＢＳｂからの各干渉ビームを光ファイバーで導くようにした場合は、ミラーＭＲａ、ＭＲｂ、ＭＲ１～ＭＲ４、ビー

ムスプリッタＢＳａ、ＢＳｂをレチクルステージＲＳＴ上に取付け、その他のレシーバー４０Ｘ、４０Ｙ等の部材は図１中のレチクルベース構造体ＣＬ１上に取り付けることができる。

【００５９】

また図６に示されたレチクルＲは、先に説明した図３や図５のようなレチクルステージＲＳＴの載置部１０Ａ～１０Ｄ上に、自由な膨張が拘束されないように支持される。そして、図１中のアライメント系２０Ａ、２０Ｂと基準板ＦＭとを使ってレチクルＲがステージＲＳＴ上に位置決めされた後に、レシーバー４０Ｘ、４０Ｙからの各計測情報をデジタル値に変換するカウンタ回路をリセットして計数を開始する。

【００６０】

その後、レチクルＲに膨張が生じなければカウンタ回路の計数値は変化しないが、膨張が生じるとカウンタ回路の計数値はリセット時の値から変化するので、その変化値を読み取ればレチクルＲのＸ方向とＹ方向の各膨張量が直ちにわかる。従って、その読み取った変化値に基づいて、レチクルＲの中心点ＣＣの膨張成分による位置ずれを精密に算出することが可能となる。

【００６１】

さらに、図１に示された投影露光装置に、投影光学系ＰＬのみを介してウェハＷ上のマークを検出するＴＴＬアライメント系や投影光学系ＰＬの外部に固定されてウェハＷのマークを検出するオフアクシス方式のウェハアライメント系が設けられている場合（例えば特開平５－２１３１４号公報）は、レチクルＲが装着された後にＴＴＬアライメント系やオフアクシスアライメント系の各々のマーク検出中心点とレチクルＲの中心ＣＣの投影点との相対間隔（ベースライン）をウェハステージＷＳＴ上の基準板ＦＭを使って精密に計測する動作が必要となる。

【００６２】

そのベースライン計測の動作は、１枚のレチクルＲを露光装置に装着した直後だけでなく、連続して露光処理を実行する間の適当な時期毎に行われることがある。その場合は、ベースライン計測の動作のときに各レシーバー４０Ｘ、４０Ｙを介してカウンタ回路で計数されている値をＣＰＵで読み取って初期値として記憶する。あるいはベースライン計測の動作のときに各レシーバー４０Ｘ、４０Ｙと接続されるカウンタ回路をリセットし直すようにしてもよい。

【００６３】

以上の図６に示した膨張量計測用の干渉計システムによれば、レチクルＲのＸ方向の膨張量とＹ方向の膨張量とが直接計測されるため、干渉計システムＩＦＲＸ、ＩＦＲＹ、ＩＦＲθの各測長ビームＢＭｒｘ、ＢＭｒｙ、ＢＭｒθが照射される各端面３９Ａ、３９Ｂからレチクルの中心ＣＣまでの距離変化を精密に計測することができる。従って、レチクルＲの中心ＣＣの投影点の位置変化をリアルタイムに精密に決定できるので、露光時のレチクルＲとウェハＷとのアライメント精度を精密に管理することが可能となる。

【００６４】

次に、本発明の第４の実施形態について図７を参照して説明する。本実施形態では先の各実施形態と異なり、図７に示されたレチクルステージＲＳＴ’は図１中のレチクルコラム構造体ＣＬ１上に固定されるか、レチクル交換のときだけ露光位置と受け渡し位置との間を往復するように構成される。そして、レチクルＲはステージＲＳＴ’の４ヶ所の載置部１０Ａ、１０Ｂ、１０Ｃ、１０Ｄ上に載置され、３つの直線アクチュエータ（ピエゾ素子、小型リニアモータ、ボイスコイル型モータ等）５０Ａ、５０Ｂ、５０Ｃがレチクルの対応する端面を直接押圧することでレチクルＲを位置決めする。また本実施形態では４辺の全ての端面を研磨して反射部を形成したレチクルＲを使うものとする。

【００６５】

レチクルＲが機械的にプリアライメントされて載置部１０Ａ～１０Ｄ上に載置されると、アクチュエータ５０Ａの押圧子５２Ａがレチクルの端面３９Ａに向けてＸ方向に移動され、アクチュエータ５０Ｂ、５０Ｃの各押圧子５２Ｂ、５２Ｃがレチクルの端面３９Ｂ

に向けてＹ方向に移動される。この押圧子５２Ａ、５２Ｂ、５２Ｃの各々のレチクルＲの端面との接触部分には、摩擦係数をできるだけ小さくするような鋼球や合成樹脂のチップが設けられている。

【００６６】

そして２つの端面３９Ａ、３９Ｂが各押圧子５２Ａ、５２Ｂ、５２Ｃで押圧されると、レチクルＲはＸ、Ｙ方向に微動して反対側の端面３９Ｃ、３９Ｄが弾性当接子５４Ａ、５４Ｂ、５４Ｃに当接する。この弾性当接子５４Ａは、レチクルＲの端面３９Ｄの中央部に点接触するとともに、所定の範囲（例えば数ｍｍ）でＹ方向に弾性的に変位するように構成され、弾性当接子５４Ｂ、５４Ｃは、レチクルＲの端面３９Ｃの両側部分に点接触するとともに、所定の範囲（例えば数ｍｍ）でＸ方向に弾性的に変位するように構成される。これらの弾性当接子５４Ａ、５４Ｂ、５４Ｃの弾性力は、レチクルＲの自由な膨張を妨げない程度に設定されている。

【００６７】

こうして各アクチュエータ５０Ａ、５０Ｂ、５０Ｃの駆動によってレチクルＲがＸ、Ｙ方向に微動され、各弾性当接子５４Ａ、５４Ｂ、５４Ｃがそれらのストロークの中間程度まで弾性変位した時点で、レチクルＲは機械的にほぼ正確にアライメントされたことになる。続いて図１中に示したアライメント系２０Ａ、２０ＢとウェハステージＷＳＴ上の基準板ＦＭのマークとを使って、レチクルＲのマークＭ１、Ｍ２が基準板ＦＭに対してより精密にアライメントされるように、各アクチュエータ５０Ａ、５０Ｂ、５０Ｃを微小駆動し、レチクルＲの中心ＣＣをウェハステージＷＳＴ側の座標系に対して精密にアライメントする。

【００６８】

本実施形態の場合も、レチクルＲの膨張量に関する情報が図４のような温度計測法や図６のような干渉計システムによる直接計測法によって同様に与えられ、膨張によるレチクルＲの中心ＣＣの変位とレチクルＲの回転誤差とが、レチクルＲの載置部１０Ａ～１０Ｄに対するＸＹ方向の位置ずれや回転ずれとともに補正される。尚、この補正のうちＸ、Ｙ方向の補正はレチクル側のアクチュエータ５０Ａ、５０Ｂ、５０Ｃだけでなく、ウェハステージＷＳＴで行ってもよい。

【００６９】

以上のように本実施形態では、レチクルＲの端面に直接駆動力を作用させるように構成したので、レチクル用干渉計システムＩＦＲＸ、ＩＦＲＹ、ＩＦＲθの各測長ビームＢＭｒｘ、ＢＭｒｙ、ＢＭｒθによる計測面と、複数のアクチュエータの駆動点を含む面とがほぼ一致し、載置部１０Ａ～１０Ｄとレチクルとの間のすべりの影響を受けることもなくサーボ制御系の制御精度が向上する。

【００７０】

次に、本発明の第５の実施形態について図８を参照して説明する。図８はレチクルＲの膨張量を直接計測するためのファイバー干渉計システムの変形例を示し、この実施形態では、少なくとも１辺の端面に誘電体薄膜による光分割部が形成されたレチクルＲが使われる。また図８において、先の各実施形態の部材と同じ機能の部材には同一の符号を付けてある。

【００７１】

図８に示すように、レチクルＲはレチクルステージＲＳＴの４つの載置部１０Ａ～１０Ｄ上に支持されるが、ここでは第１の実施形態と同様にいずれか１つの載置部がレチクルＲを減圧吸着している。そのレチクルＲの端面のうち、レチクル用干渉計システムＩＦＲＹ、ＩＦＲθの各測長ビームＢＭｒｙ、ＢＭｒθが投射される端面３９Ａには反射部ＳＹ、Ｓθとともに反射部ＳＴが形成されている。この反射部ＳＴは平面研磨された端面３９Ａの表面に形成されているが、ここでは裏面反射鏡として使われる。従って、端面３９Ａの全面に反射層を蒸着してしまっても構わない。

【００７２】

さて、レチクルＲの端面３９Ａと反対側の端面３９Ｃには、誘電体薄膜による部分反射部

ＳＳが形成され、この部分反射部ＳＳから膨張量計測用の測長ビームＢＭｔがレチクルＲの内部に主面と平行に入射される。この測長ビームＢＭｔは、レーザ光源からの直線偏光のビームＢ０を入射する単一モードの光ファイバー６０と、この光ファイバー６０の射出端をレチクルステージＲＳＴに対して固定する支持金具６２と、レチクルステージＲＳＴに固定されて干渉部として機能するビームスプリッタ６４とを介して、レチクルＲの端面３９Ｃの部分反射部ＳＳにほぼ垂直に投射される。尚、図８には図示していないが、ビームスプリッタ６４と端面３９Ｃとの間には１／４波長板が配置されている。

【００７３】

従って、部分反射部ＳＳに投射されるビームは円偏光となり、その部分反射部ＳＳで反射された一部のビームは１／４波長板によって元のビームＢ０と直交した直線偏光となってビームスプリッタ６４に戻り、ここで反射されて受光用の光ファイバー６６に入射してレシーバー（光電検出素子）まで導かれる。一方、部分反射部ＳＳを透過した一部のビームは測長ビームＢＭｔとなって反対側の端面３９Ａの反射部ＳＴに垂直に達し、ここで反射されたビームは測長ビームＢＭｔと同じ光路を戻り、部分反射部ＳＳ、１／４波長板を介してビームスプリッタ６４に戻る。その反射ビームはビームスプリッタ６４で反射されて光ファイバー６６に入射する。

【００７４】

このため、部分反射部ＳＳからの反射ビームと端面３９Ａの反射部ＳＴからの反射ビームとは互いに干渉し合い干渉ビームＢＦとなってレシーバーに受光される。これによってレシーバーは、レチクルＲの端面３９Ｃの部分反射部ＳＳと端面３９Ａの反射部ＳＴとの間のＹ方向の間隔変化を１／１００μｍ以下の分解能で計測する。すなわち、ビームスプリッタ６４とレシーバーとで構成される干渉計システムは、レチクルＲのＹ方向の膨張量を直接計測する。

【００７５】

本実施形態の場合、レチクルＲの端面３９Ｃには部分反射部ＳＳとなる薄膜層（多層膜）を望ましくは反射率３３％、透過率６７％で形成する必要がある。また図８の構成において、ビームスプリッタ６４に入射されるビームＢ０は光ファイバー６０から供給されるので、光ファイバー６０の射出端のＮ．Ａ．（開口数）はできるだけ小さくしてビームＢＭｔの平行度を維持することが望ましい。さらにビームＢ０は光ファイバー６０を使うことなく、レチクルベース構造体ＣＬ１（図１参照）側に固定された反射鏡を介してビームスプリッタ６４に入射するようにしてもよい。

【００７６】

次に、本発明の第６の実施形態による投影露光装置について図９を参照して説明する。図９において、レチクルステージＲＳＴ上には図８で示した膨張量計測用の干渉計システムを構成するビームスプリッタ６４が固定され、端面３９Ａの反射部ＳＴと端面３９Ｃの部分反射部ＳＳとの各々で反射されたビームが光ファイバー６６を通してレシーバー６８で受光される。カウンタ回路やＣＰＵを含む処理ユニット８０はレシーバー６８からの信号を入力して、レチクルＲの初期状態からの膨張量をリアルタイムに算出する。本実施形態では、計測された膨張量のデータを使って、レチクルＲの膨張で生じる回路パターン像のウェハW上での微小な寸法誤差（倍率誤差となって表れる）を補正するようにした。

【００７７】

そのために、投影光学系ＰＬのテレセントリック部に配置されたフィールドレンズＧ１を光軸ＡＸ方向に平行移動させたり、傾斜移動させたりするような構造とし、それらの移動を行う複数のピエゾ素子７０Ａ、７０Ｂを設ける。そして駆動制御回路７２によって各ピエゾ素子７０Ａ、７０Ｂの駆動量を制御することで、投影光学系ＰＬの結像倍率や歪曲収差を微小変化させるようにする。

【００７８】

あるいは、投影光学系ＰＬ内の適当な空気間隔（空気レンズ）７３を密封して、その内圧を圧力制御系７４で調整することで、投影光学系ＰＬの結像倍率を微小変化させるようにする。さらにフィールドレンズＧ１の位置調整、空気レンズ７３の内圧調整によって副次

的に生じる最良結像面の光軸ＡＸ方向の位置変化を補正するために、ウェハＷの表面に斜めに結像光を投射してその反射光ＦＬを受光してウェハＷの光軸方向の位置を検出する検出系７５と、検出されたウェハＷの位置に基づいてウェハＷを吸着するホルダーＷＨをＺ方向に変位させる複数のアクチュエータ７７と、それらのアクチュエータ７７を駆動する駆動制御系７６とで構成される斜入射オートフォーカス系を設ける。

【００７９】

以上の構成において、処理ユニット８０は算出されたレチクルＲの初期状態からの膨張量に基づいて、レチクルＲ上の回路パターン領域が中心ＣＣを基点としてどれぐらいの比率（ｐｐｍ）で拡大または縮小されているかを決定し、その比率に対応した補正が行われるような補正情報を、駆動制御回路７２か圧力制御系７４の少なくとも一方に出力する。これに応答してフィールドレンズＧ１の位置補正または空気レンズ７３の内圧補正が実行され、投影像のウェハＷ上での寸法誤差が補正される。

【００８０】

尚、フィールドレンズＧ１の位置制御用の駆動制御回路７２、空気レンズ７３の内圧制御用の圧力制御系７４、あるいは斜入射オートフォーカス系として機能する駆動制御系７６は、例えば特開昭６０－７８４５４号公報や特開昭６２－２２９８３８号公報に開示されているように、投影光学系ＰＬの大気圧変化による結像特性の変動、露光時の照明エネルギーの一部吸収による結像特性の変動、またはレチクルを照明する照明光学系からの照明光の状態変化に応じた結像特性の変動を補正するための機能も備えている。

【００８１】

従って本実施形態のように、レチクルＲの初期状態からの膨張量を干渉計システムによって時々刻々直接計測するようにすれば、レチクルＲの膨張による見かけ上の倍率変化分もリアルタイムに補正することが可能となり、投影露光装置の結像光路（レチクルパターンからウェハ面まで）で生じる各種の結像誤差の全てに対する補正が可能となる。

【００８２】

ところで、以上の各実施形態ではレチクル（マスク基板）の熱蓄積による膨張を計測して、その膨張に伴って生じるアライメント位置や投影倍率等を補正することを主目的にしたが、レチクルステージＲＳＴ上に載置されたレチクルＲに向けて、精密に温度制御された空気を所定の流速で送風するダクトを配置し、レチクルＲの熱蓄積による温度上昇を十分に低減できる場合は、レチクルＲの温度を計測する温度センサーや膨張量を直接計測する干渉計システム等を省略することも可能である。

【００８３】

ただしその場合でも、レチクルＲの端面に形成された反射部（鏡面部）を使ってレチクルＲのＸ、Ｙ、θ方向の各変位量を干渉計システムＩＦＲＸ、ＩＦＲＹ、ＩＦＲθで計測し、その計測情報に基づいてレチクルＲを微小移動させることが望ましい。それは、実際に位置決めすべき物体はレチクルＲであり、従来のように微小移動用のレチクルステージＲＳＴに干渉計用の反射鏡を固定した方式では、レチクルステージＲＳＴ上に搭載されたレチクルＲの微小なすべり（位置ずれ）が全く検知できないからである。

【００８４】

ところで、本発明の各実施形態で使用されるレチクルＲ（マスク基板）では、その端面の少なくとも一部が鏡面研磨され、そこに反射性物質による反射層が蒸着によって形成されている。このような反射層の形成は、レチクルＲの母材となる石英基板の上に回路パターンを描画する前の段階で行なうのが望ましい。

通常のレチクルＲの製造工程では、母材となる石英基板（６インチで５ｍｍの厚み）の両面の平行度が許容値以内になるように光学研磨を行なった後に、研磨された石英基板の片面全面に低反射クロムを蒸着し、さらにその上に電子ビーム露光（ＥＢ露光）用のレジストを塗布する。そしてレジストの塗布された石英基板をＥＢ露光装置の試料ステージ上にプリアライメントされた状態で載置し、回路パターンやマークパターン等の描画を開始している。

【００８５】

露光された石英基板は、現像処理によってクロム層上に残ったレジスト像の部分をマスキングとしてエッチングされる。このエッチングによって、回路パターンのうちの透明となるべきクロム層の部分が除去されてレチクルＲとなる。従ってレチクルＲの端面に反射部や部分反射部を形成するためには、このような製造工程において、母材としての石英基板を研磨する段階で４つの端面の全てを併せて研磨しておき、石英基板の母材の全面にクロム層を蒸着する段階で、４辺の各端面の全て又はいくつかにクロム層（又は誘電体多層膜）を併せて蒸着しておけばよい。

【００８６】

そして、作成された石英基板上のレジストにＥＢ露光を行う装置の試料ステージ上には、石英基板の直交する２辺の端面（例えば図６、図８中の３９Ａ、３９Ｂ）と当接して石英基板を位置決めする基準ピン等を設け、この基準ピンに対して位置決めした状態で石英基板を試料ステージ上に載置してＥＢ露光を行う。この場合、描画される回路パターンやアライメントマークは石英基板の２つの端面を基準として配置されることになる。

【００８７】

このため、回路パターンの配置は２つの端面から正確に規定されることになり、完成したレチクルＲ上のパターン配置の基準が先の各実施形態で説明した投影露光装置のレチクル用干渉計システムによる計測点と一致することになる。従って基準が一致することによって、レチクルＲ上のパターンの描画誤差（配置誤差）によるウェハＷとの重ね合せ精度の低下も抑えることが可能となる。

【００８８】

またＥＢ露光装置の試料ステージの周縁部には、レーザ干渉計による測長システムのための移動鏡が固定されている。そこで、ＥＢ露光装置の試料ステージ周辺の構成を図１０のように改良した第７の実施形態について説明する。

図１０に示すように、試料ステージ９０上に載置される石英基板ＱＰの端面３９Ａ、３９Ｂの各々に測長ビームＢｅｘ、Ｂｅｙを投射する干渉計ＥＩＸ、ＥＩＹを設け、この干渉計ＥＩＸ、ＥＩＹの計測結果に応答して石英基板ＱＰの各端面３９Ａ、３９Ｂの反射面を基準とした試料ステージ９０の移動制御を行なうのが望ましい。

【００８９】

ただし、石英基板ＱＰの端面３９Ａ、３９Ｂはその延設方向に関する平坦度がそれ程良くないのが一般的である。そこで、試料ステージ９０の位置制御は試料ステージ９０上に固定された従来と同様の移動鏡ＭＲｗｘ、ＭＲｗｙを使った干渉計システムＳＩＸ、ＳＩＹによって行い、それとは別に設けた干渉計ＥＩＸ、ＥＩＹは各端面３９Ａ、３９Ｂの平坦度を計測するために使う。

【００９０】

尚、図１０においてＡＸ’はＥＢ露光装置の電子レンズ系の光軸であり、ＰＢＦは描画用の電子ビーム（又は荷電粒子ビーム）であり、ＳＡはビームＰＢＦの偏向によって描画可能な１つのショット範囲である。

この際、試料ステージ９０を干渉計システムＳＩＸ、ＳＩＹからの各座標値に基づいて例えばＸ方向に直線移動させ、その移動中に干渉計ＥＩＹで計測される端面３９Ａの計測値を逐次サンプリングすることで、端面３９Ａの平坦度とＸ軸との平行度とが求められる。端面３９Ｂの平坦度と平行度についても、試料ステージ９０を干渉計システムＳＩＸ、ＳＩＹからの各座標値に基づいてＹ方向に直線移動させつつ、干渉計ＥＩＸの計測値を逐次読み取ることで求められる。

【００９１】

そして、実際にパターンを描画する際には、求められた各端面３９Ａ、３９Ｂの平坦度と平行度との誤差分で生じる描画位置の誤差を、試料ステージ９０の送り位置や描画ビームＰＢＦの偏向位置の修正により微小補正すればよい。このようにすると、レチクルＲの端面３９Ａ、３９Ｂを基準にして回路パターンが精密に配置された状態で描画される。

【００９２】

次に、本発明の第８の実施形態について図１１を参照して説明する。図１１はレチクルＲ

を４ヶ所の載置部１０Ａ～１０Ｄ上で支持するレチクルステージＲＳＴ、そのレチクルステージＲＳＴをレチクルベース構造体ＣＬ１上でＸ、Ｙ、θ方向に移動させる駆動ユニット１２Ａ～１２Ｃ、及びレチクルＲのＸＹ方向の位置を直接計測するレチクル用干渉系システムの配置を示す平面図である。

【００９３】

本実施形態においては、２つ角部を斜め４５°に切り落として研磨された端面１０３Ａ、１０３Ｂを有するレチクルＲを用いる。さらに、このレチクルＲの残りの２つの角部１０５Ａ、１０５Ｂの各々を規定する互いにＸＹ方向に延びた端面には、反射層が形成される。そして本実施形態の干渉系システムは、レチクルＲの２つの角部１０５Ａ、１０５Ｂの各々の４５°方向の位置変化成分を計測することによって、レチクルＲのＸ、Ｙ方向の変位とθ方向の回転とを計測するように構成される。

【００９４】

まず第１の干渉系システムにおいて、測長用のレーザビームＬＢａはＸＹ座標系に対して４５°方向からレチクルベース構造体ＣＬ１上に固定されたビームスプリッタ１００Ａに入射する。ビームＬＢａのうちビームスプリッタ１００Ａで部分反射されたビームは、レチクルベース構造体ＣＬ１上に固定された基準ミラー１０１Ａに垂直入射し、ここで正規反射されたビームはビームスプリッタ１００Ａとガラスブロック（直方体）１０２Ａとを透過する。

【００９５】

一方、ビームＬＢａのうちビームスプリッタ１００Ａを透過したビームは、レチクルＲの斜め４５°の端面１０３Ａからレチクル内に平行に入射され、対向する角部１０５Ａ近傍の直交した２つの端面に形成された反射層で裏面反射されて、再び斜め４５°の端面１０３Ａから射出してガラスブロック１０２Ａの全反射面１０６Ａに達する。そして全反射面１０６Ａで反射されたビームは元の光路に沿って逆進して端面１０３Ａから射出し、ビームスプリッタ１００Ａで反射されてガラスブロック１０２Ａを透過して、基準ミラー１０１Ａからの反射ビームと合成されて干渉ビームＩＢａとなる。

【００９６】

この干渉ビームＩＢａは第１の干渉系システムのレシーバーで光電検出され、その信号は後段のカウンタ回路に接続されている。この第１の干渉系システムは、ガラスブロック１０２Ａの全反射面１０６Ａに対するレチクルＲの角部１０５Ａ（頂点）の斜め４５°方向の位置変化を計測することになる。

第２の干渉系システムも全く同様に構成され、測長用のビームビームＬＢｂはビームスプリッタ１００Ｂで２つに分割され、その一方のビームは基準ミラー１０１Ｂで正規反射されて、ビームスプリッタ１００Ｂとガラスブロック１０２Ｂとを透過する。ビームスプリッタ１００Ｂで分割された他方のビームは、レチクルＲの斜め４５°の端面１０３Ｂからレチクル内に平行に入射し、対向する角部１０５Ｂ近傍の直交した２つの端面に形成された反射層で反射されて、再び斜め４５°の端面１０３Ｂから射出してガラスブロック１０２Ｂの全反射面１０６Ｂに達する。

【００９７】

そして全反射面１０６Ｂで反射されたビームは元の光路に沿って逆進して端面１０３Ｂから射出し、ビームスプリッタ１００Ｂで反射されてガラスブロック１０２Ｂを透過して、基準ミラー１０１Ｂからの反射ビームと合成されて干渉ビームＩＢｂとなって、レシーバーに受光される。この第２の干渉系システムは、ガラスブロック１０２Ｂの全反射面１０６Ｂに対するレチクルＲの角部１０５Ｂの斜め４５°方向の位置変化を計測することになる。

【００９８】

以上のように構成された第１、第２の干渉系システムを用いると、レチクルＲの２つの角部１０５Ａ、１０５Ｂが一種のコーナーミラーとして働くため、レチクルＲをＸＹ平面内で回転させても、各ガラスブロック１０２Ａ、１０２Ｂの全反射面１０６Ａ、１０６Ｂからビームスプリッタ１００Ａ、１００Ｂに戻ってくる反射ビームの位置がずれないと言っ

た利点がある。

【００９９】

また以上の第１、第２の干渉系システムの場合、レチクルＲの２つの角部１０５Ａ、１０５Ｂの各々の４５°方向の位置変化を計測することになるので、Ｘ方向とＹ方向の各変位量を知るためには座標変換の演算が必要となる。しかしながら、レチクルＲが比較的大きく（例えば２°～３°程度）回転した状態でレチクルステージＲＳＴ上に載置されたときでも、その状態からレチクルＲの端面を利用した干渉系システムを正常に機能させることが可能となる。

【０１００】

このため、レチクルＲをレチクルステージＲＳＴ上に載置する前の機械的なプリアライメント精度が緩和され、高速なプリアライメントが可能となるから、レチクルＲの交換時間を短縮できると言った効果が得られる。

次に、本発明の第９の実施形態について図１２を参照して説明する。図１２はステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に好適なレチクルベース構造体ＣＬ１とレチクルステージＲＳＴとの構成を示す斜視図である。ステップ・アンド・スキャン方式の場合、レチクルＲは図１２のようなレチクルステージＲＳＴ上に載置され、レチクルステージＲＳＴはレチクルＲの寸法（例えば６インチ）に対応したストロークでベース構造体ＣＬ１上をＹ方向に１次元移動するように構成される。

【０１０１】

その移動は、レチクルステージＲＳＴの両側にＹ方向に伸びて配置されたリニアモータユニット２００Ａ、２００Ｂによって行われる。このリニアモータユニット２００Ａ、２００Ｂの各々は全体的にカバーで覆われ、モータコイルの発熱で温められた各モータユニット２００Ａ、２００Ｂ内の空気は極力外部に流出しないように排気ダクト２０１Ａ、２０１Ｂによって強制的に排気される。

【０１０２】

また、レチクルステージＲＳＴのＸ方向の一端にはＹ方向に延びた移動鏡２０３が固定され、この移動鏡２０３にはベース構造体ＣＬ１に固定されたＸ方向計測用のレチクル干渉計ＩＦＲＸからの３本の測長ビームＢＭｒｘが垂直に投射される。その干渉計ＩＦＲＸはレチクルステージＲＳＴのＸ方向（非走査方向）の微小位置変化と微小回転誤差とを計測する。尚、リニアモータユニット２００Ｂのカバーの測長ビームＢＭｒｘの直下部分には、複数のメッシュ状開口部２００Ｃ、２００Ｄが設けられ、排気ダクト２０１Ｂによって測長ビームＢＭｒｘの周囲の空気が各開口部２００Ｃ、２００Ｄへ吸引されるような流れを作る。これによって、モータユニット２００Ｂのカバーが温まることによって生じる測長ビームＢＭｒｘの光路揺らぎが防止される。

【０１０３】

レチクルＲはステージＲＳＴ上の４ヶ所の載置部１０Ａ～１０Ｄ上に載置される（載置部１０Ｃはレチクルの影になっているため図１２では省略）。しかしながら本実施形態においては、レチクルＲが走査露光時のステージＲＳＴの加減速によってＹ方向（走査方向）にずれることを防止するために、レチクルＲの対角部分に位置する端面をＹ方向に緩い付勢力で押圧するように載置部１０Ｂと１０Ｄの一部には突出部分が形成されている。また、本実施形態では載置部１０Ａ～１０Ｄの全てが緩い減圧吸着力でレチクルＲを保持するか、あるいは載置部１０Ｂと１０Ｄのいずれか一方のみが強い減圧吸着力でレチクルＲを保持するように構成される。

【０１０４】

さらにレチクルＲのＸ方向に延びた１辺の２ヶ所には、レチクルＲの主面内で正確に９０°で加工されたノッチコーナー部ＣＭ１、ＣＭ２が形成されている。そしてコーナー部ＣＭ１、ＣＭ２の各々の斜面は光学研磨され、その表面には反射層が蒸着される。従って、コーナー部ＣＭ１、ＣＭ２は一種のコーナーミラーとして作用し、ベース構造体ＣＬ１に固定されたＹ方向計測用のレチクル干渉計ＩＦＲＹ、ＩＦＲθの各々からの測長ビームＢＭｒｙ、ＢＭｒθを反射する。これらの測長ビームＢＭｒｙ、ＢＭｒθは、それぞれコー

ナー部ＣＭ１、ＣＭ２の一方の斜面に入射して他方の斜面から入射光路と平行に干渉計ＩＦＲＹ、ＩＦＲθへ戻る。これによって各干渉計ＩＦＲＹ、ＩＦＲθは２ヶ所のコーナー部ＣＭ１、ＣＭ２の各々の頂点のＹ方向の位置を計測する。

【０１０５】

このように本実施形態では、レチクルＲの１辺にコーナー部ＣＭ１、ＣＭ２を形成するようにしたので、レチクルＲの回転によって生じる測長ビームＢＭｒｙ、ＢＭｒθの各反射ビームの角度変化が防止され、各干渉計ＩＦＲＹ、ＩＦＲθでの干渉状態がレチクルＲのある回転範囲内で許容されるといった利点がある。このような利点を享受するために、干渉計ＩＦＲＹ、ＩＦＲθの各測長ビームＢＭｒｙ、ＢＭｒθのＸ方向の間隔Ｌｋと、レチクルＲに形成されるコーナー部ＣＭ１、ＣＭ２のＸ方向の間隔とを一致させておく必要がある。このことは場合によっては装置製造メーカー毎に専用レチクルを用意しなければならないことを意味するが、そのようなレチクル用の石英板の規格を決めてしまえば、露光装置製造メーカー側ではそれに容易に対応可能である。

【０１０６】

ところで、図１２に示したステージＲＳＴはエアベアリングを介してベース構造体ＣＬ１上に支持され、リニアモータユニット２００Ａ、２００Ｂによって非接触で移動される。また２つの干渉計ＩＦＲＹ、ＩＦＲθの各々で計測されるコーナー部ＣＭ１、ＣＭ２の各Ｙ方向の位置座標をＹｃ１、Ｙｃ２とすると、レチクルＲの初期状態からの回転変化量Δθｃは、（Ｙｃ１－Ｙｃ２）／Ｌｋの計算によって求められ、走査露光時のレチクルＲのＹ方向の座標位置Ｙｒは、（Ｙｃ１＋Ｙｃ２）／２の計算によって求められる。

【０１０７】

この座標位置Ｙｒに基づいて、リニアモータユニット２００Ａ、２００Ｂを同一の推力で制御することでレチクルステージＲＳＴをＹ方向に所定の速度で移動させ、計測された回転変化量Δθｃが常に一定値（例えば零）、あるいは固有の傾向で変化する値になるように、リニアモータユニット２００Ａ、２００Ｂの推力に差を与えることでレチクルステージＲＳＴを微小回転させればよい。尚、図１２においてＡＸは投影光学系ＰＬの光軸であり、光軸ＡＸを中心としたＸ方向に延びた長方形の領域ＬＥは走査露光時の照明光の照射領域である。

【０１０８】

以上の実施形態によれば、レチクルＲはほぼ対角位置にある載置部１０Ｂ、１０Ｄの突出部分によってＹ方向の変位を規制されているので、レチクルＲの膨張による影響は図１２中でレチクルＲの時計回りの微小回転となって現れる。しかしながら、本実施形態ではレチクルＲの端部にコーナーミラー部ＣＭ１、ＣＭ２を形成したので、レチクルＲの膨張成分と載置部１０Ａ～１０Ｄ上でのずれ成分とで生じるレチクルＲの総合的な回転変化を比較的大きな範囲に渡って正確に計測することが可能となる。

【０１０９】

従って、レチクルＲとウェハＷとを投影光学系の結像倍率と等しい速度比でＹ方向に相対移動させ、ウェハＷのショット領域上に照明光ＬＥで照射されたレチクルＲのパターン領域の部分の像を走査露光する際、その相対速度比を正確な結像倍率の値からレチクルＲの膨張量に対応した量だけ微小調整することによって、投影されたパターン領域の全体像の走査方向のサイズ（倍率）を調整することができる。

【０１１０】

また投影されたパターン領域の全体像の非走査方向（Ｘ方向）に関するサイズ調整は、先の図９で説明したようにレチクルＲの膨張量に応じて投影光学系ＰＬ自体の結像倍率を微小変化させることで対応すればよい。さらに本実施形態は、投影光学系が等倍の結像倍率を有し、マスク基板と感光基板とを共通のキャリッジ上に保持して等倍の投影光学系に対して１次元走査することで大型の液晶表示デバイスを製造する露光装置、例えば特開平７－５７９８６号公報に開示されているようなマルチレンズ方式の投影露光装置にも全く同様に適用できる。

【０１１１】

また本実施形態では、特にレチクルＲの膨張量を計測するための温度センサーやレチクル寸法計測用の干渉計等を設けていないが、必要によっては先の各実施形態のように膨張量を間接的または直接的に計測する測定系を設けてもよい。

【０１１２】

【発明の効果】

以上のように本発明のマスク基板によると、その上に描画される回路パターンや各種アライメントマークをマスク基板の端面を基準として正確に配置させることが可能となり、そのマスク基板を使って感光基板上にパターンを転写する投影露光装置側での位置基準の管理が容易になると言った利点がある。さらに本発明の投影露光装置によれば、マスクステージ上のマスク基板を自由な膨張を許容するように保持したため、マスク基板が照明エネルギーの一部を吸収して膨張しても、マスク基板をたわませることがなくなり、投影露光の際にパターン投影像の質を劣化させるディストーションや像面湾曲等の発生が防止される。同時に、そのようなマスクステージ上に保持された状態でマスク基板の端面位置を計測する手段を設け、この計測手段の計測結果に基づいてマスク基板を移動させるようにしたので、マスク基板がマスクステージ上で微小にずれたとしても、そのずれとは無関係にマスク基板を所望の目標位置に精密に位置決めすることができる。

【０１１３】さらに本発明によれば、投影露光中に生じるマスク基板の膨張を精密に計測することが可能となるので、膨張によって生じるアライメント誤差、重ね合せ誤差、投影像の倍率誤差等をリアルタイムに補正することができる。

さらに本発明の投影露光装置によれば、レチクルステージ上でのレチクルの微小位置ずれによって生じるアライメント精度、重ね合せ精度の劣化も精密に補正できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明の実施形態として好適な投影露光装置の全体的な構成を模式的に示す図。

【図２】　本発明の第１の実施形態によるレチクルステージの構成と干渉計システムの配置を示す斜視図。

【図３】　図２に示されたレチクルステージの構成を示す平面図。

【図４】　本発明の第１の実施形態によるレチクルステージの制御系の構成を示すブロック図。

【図５】　本発明の第２の実施形態によるレチクルステージの構成を示す斜視図。

【図６】　本発明の第３の実施形態によるレチクルステージの構成を示す斜視図。

【図７】　本発明の第４の実施形態によるレチクルステージの構成を示す斜視図。

【図８】　本発明の第５の実施形態による膨張量計測用の干渉計システムの構成を示す平面図。

【図９】　本発明の第６の実施形態による投影露光装置の模式的な構成を示す図。

【図１０】　本発明の第７の実施形態によるレチクル製造方法が実施されるＥＢ露光装置の試料ステージの構成を模式的に示す斜視図。

【図１１】　本発明の第８の実施形態によるレチクル用干渉計システムの構成を示す平面図。

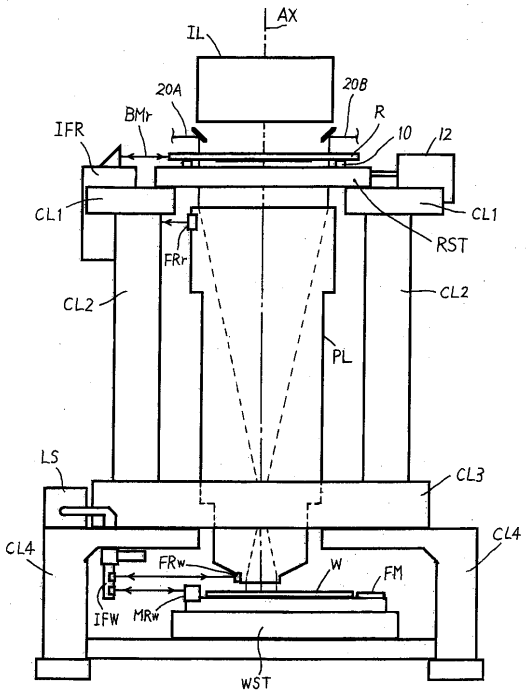
【図１２】　本発明の第９の実施形態による投影露光装置のレチクルステージＲＳＴの構造を示す斜視図。

【主要部の符号の説明】

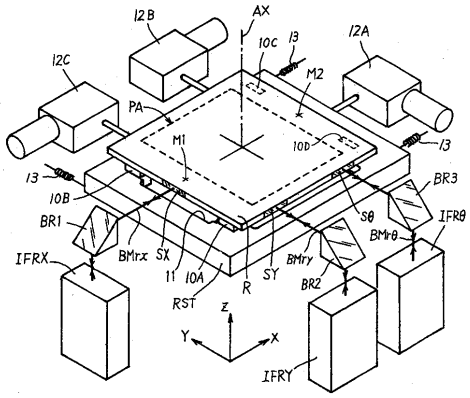
Ｒ　・・・レチクル
Ｗ　・・・ウェハ
ＰＬ　・・・投影光学系
ＲＳＴ　・・・レチクルステージ
ＷＳＴ　・・・ウェハステージ
ＣＬ１、ＣＬ２、ＣＬ３、ＣＬ４　・・・コラム構造体
ＳＸ、ＳＹ、Ｓθ　・・・レチクル端面の反射部
ＩＦＲＸ、ＩＦＲＹ、ＩＦＲθ　・・・レチクル用干渉計システム

１０、１０Ａ、１０Ｂ、１０Ｃ、１０Ｄ　・・・載置部
１２、１２Ａ、１２Ｂ、１２Ｃ　・・・レチクル駆動系

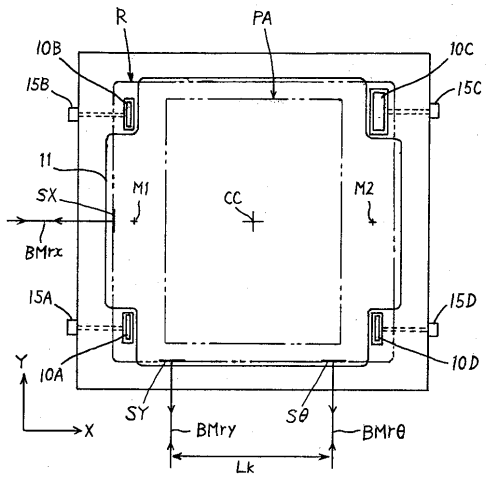
【図１】



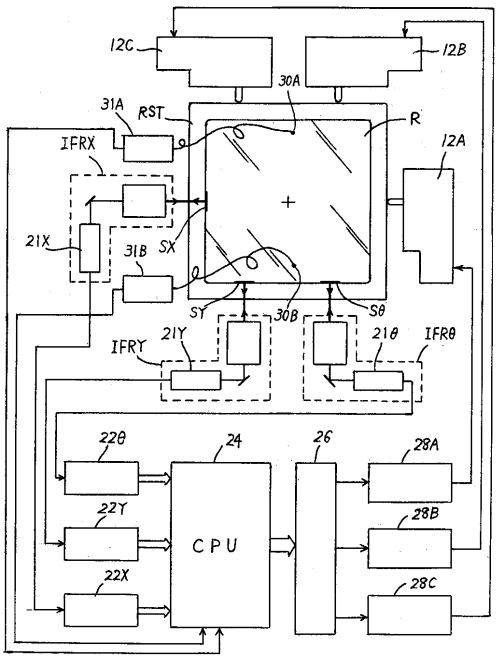
【図２】



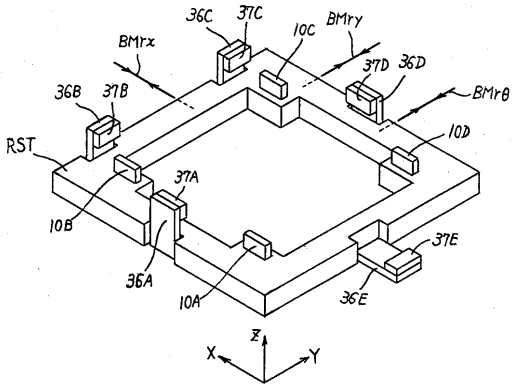
【図３】


R
PA
10B
10C
15B
15C
11
M1
CC
M2
SX
BMrx
15A
15D
Y
10A
10D
X
SY
BMry
Sθ
BMrθ
Lk

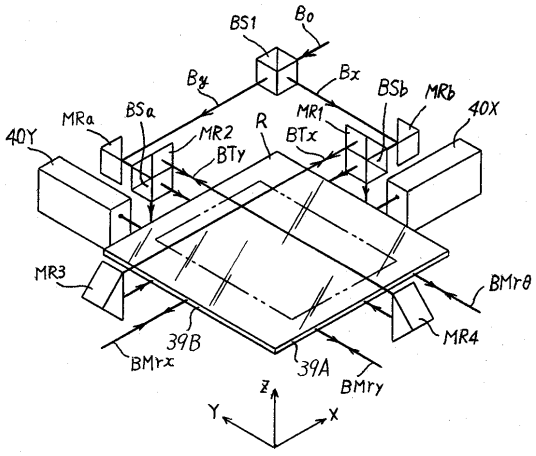
【図４】


12C
12B
30A
31A
RST
R
12A
IFRX
21X
31B
SX
SY
30B
Sθ
IFRY
21Y
21θ
IFRθ
22θ
24
26
28A
22Y
CPU
28B
22X
28C

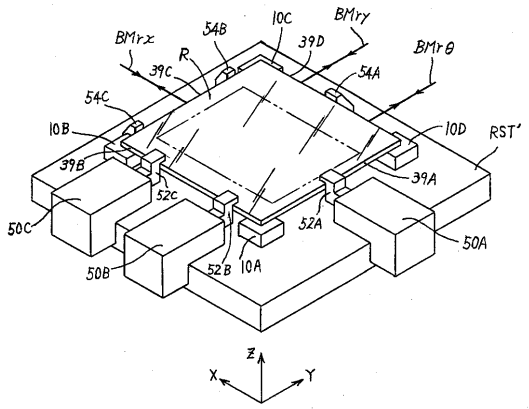
【図５】


36C
37C
10C
BMry
BMrx
37D
36D
BMrθ
36B
37B
RST
10D
37A
10B
37E
36A
10A
36E
Z
X
Y

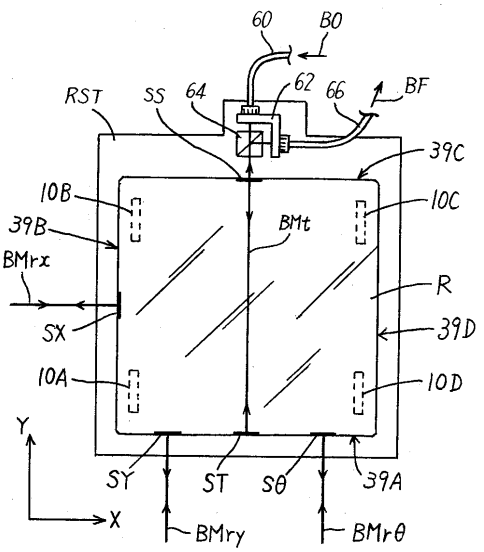
【図６】


BS1
Bo
By
Bx
BSb
MRb
40X
MRa
BSa
MR2
R
MR1
BTx
40Y
BTy
MR3
BMrθ
MR4
39B
39A
BMrx
BMry
Z
Y
X

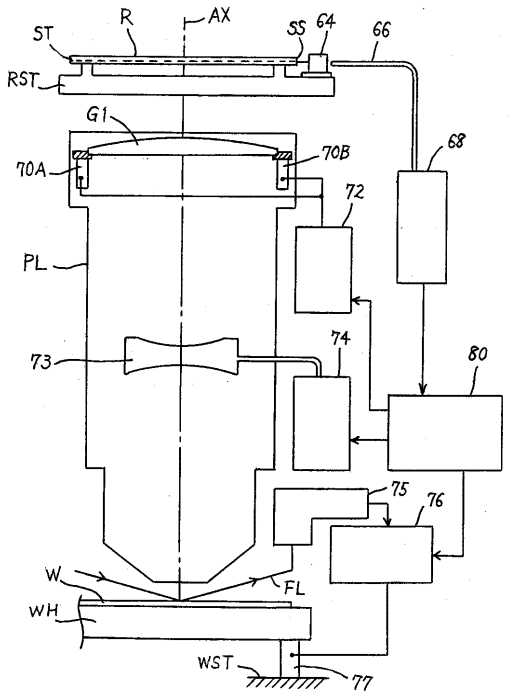
【図７】


BMrx
54B
10C
BMry
39D
R
39C
BMrθ
54A
54C
10B
10D
RST'
39B
39A
52C
52A
50C
50A
52B
10A
50B
Z
X
Y

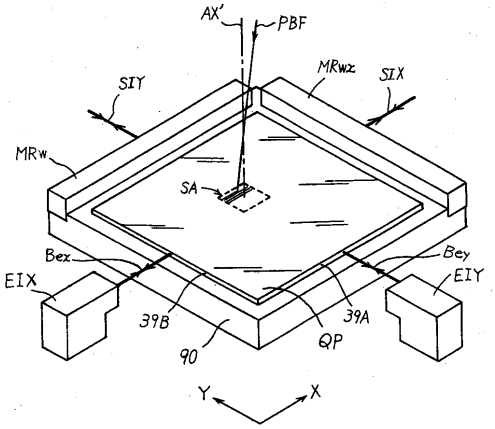
【図８】


60
BO
RST
SS
64
62
66
BF
39C
10B
10C
39B
BMt
BMrx
R
SX
39D
10A
10D
Y
SY
ST
Sθ
39A
X
BMry
BMrθ

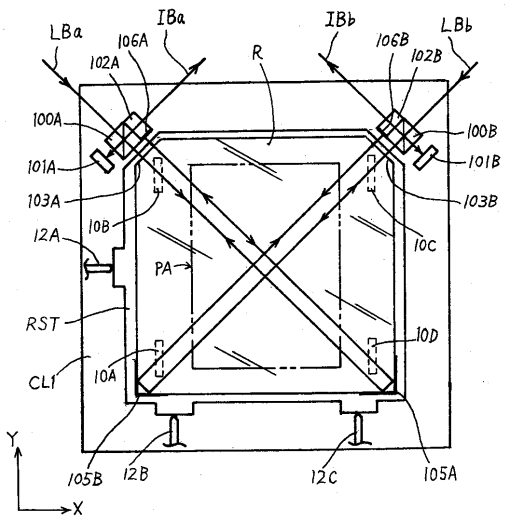
【図９】


ST
R
AX
SS
64
66
RST
G1
70A
70B
68
72
PL
73
74
80
75
76
W
FL
WH
WST
77

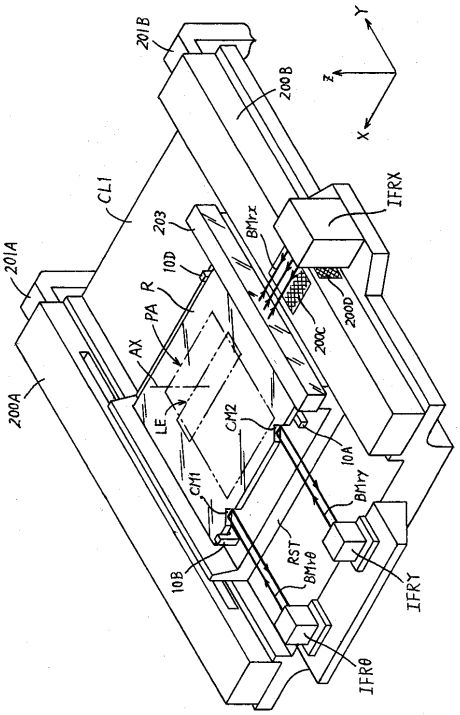
【図１０】


AX'
PBF
SIY
MRwx
SIX
MRw
SA
Bex
Bey
EIX
EIY
39B
39A
90
QP
Y
X

【図１１】


LBa
IBa
IBb
LBb
106A
102A
R
106B
102B
100A
100B
101A
101B
103A
103B
10B
10C
12A
PA
RST
10D
CL1
10A
105B
12B
12C
105A
Y
X

【図１２】


201B
200B
Y
Z
X
CL1
IFRX
203
BMrx
201A
10D
R
PA
AX
200D
200C
200A
LE
CM2
10A
CM1
BMry
RST
BMrθ
10B
IFRY
IFRθ

フロントページの続き

審査官　多田　達也

(56)参考文献　特開平０３－２５５４４５（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－３３５３５２（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－１９２３１７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
H01L 21/027
G03F 1/00 - 1/16