

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4029180号  
(P4029180)

(45) 発行日 平成20年1月9日(2008.1.9)

(24) 登録日 平成19年10月26日(2007.10.26)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 1 6 B

G O 3 F 7/20 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 2 5 D

G O 3 F 9/00 (2006.01)

G O 3 F 7/20 5 2 1

G O 3 F 9/00 H

請求項の数 15 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願平8-332844  
 (22) 出願日 平成8年11月28日(1996.11.28)  
 (65) 公開番号 特開平10-163097  
 (43) 公開日 平成10年6月19日(1998.6.19)  
 審査請求日 平成15年11月26日(2003.11.26)

(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 100102901  
 弁理士 立石 篤司  
 (74) 代理人 100099793  
 弁理士 川北 喜十郎  
 (72) 発明者 西 健爾  
 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 岩本 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投影露光装置及び投影露光方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置であって、

感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；

感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可能な第2基板ステージと；

前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上又は前記基板ステージに保持された感応基板上のマークを検出する少なくとも1つのアライメント系と；

前記第1基板ステージ及び第2基板ステージとの間で感応基板の受け渡しを行う搬送システムと；

前記マスクを2枚同時に搭載可能なマスクステージと；

前記第1、第2基板ステージのうちの一方の基板ステージが、該一方の基板ステージ上のマークを前記アライメント系で検出可能な状態における前記搬送システムとの間での感応基板の受け渡し及び前記アライメント系によるマーク検出動作を行う第1シーケンスを行うのと並行して、前記マスクステージと他方の基板ステージとを同期移動させつつ、前記2枚のマスクを使って、露光条件を変えながら前記他方のステージに保持された前記感応基板上の複数のショット領域を二重露光する第2シーケンスを他方のステージで行う制御手段と；を備える投影露光装置。

【請求項2】

前記制御手段は、前記２つの基板ステージ上で並行して行われる第１シーケンスと第２シーケンスとのうち、先にシーケンスが終了した方のステージを待ち状態とした後、両方の動作が終了した時点で、前記他方のステージでの前記第１シーケンスと、前記一方のステージでの第２シーケンスとを、並行して実行する請求項１に記載の投影露光装置。

【請求項３】

前記投影光学系の投影中心と前記アライメント系の検出中心とを通る第１軸の一方側から前記第１基板ステージの前記第１軸方向の位置を計測するための第１測長軸と、前記第１軸方向の他方側から前記第２基板ステージの前記第１軸方向の位置を計測するための第２測長軸と、前記投影光学系の投影中心で前記第１軸と垂直に交差する第３測長軸と、前記アライメント系の検出中心で前記第１軸と垂直に交差する第４測長軸とを備え、これらの測長軸により前記第１基板ステージ及び第２基板ステージの２次元位置をそれぞれ計測する干渉計システムをさらに備え、

10

前記アライメント系は、前記投影光学系を挟んで、前記第１軸方向の一方側と他方側とにそれぞれ配置され、

前記制御手段は、前記第１基板ステージ上又は前記第１基板ステージに保持された感応基板のマークを一方のアライメント系で検出し、前記第２基板ステージ上又は前記第２基板ステージに保持された感応基板のマークを他方のアライメント系で検出する請求項１又は２に記載の投影露光装置。

【請求項４】

前記制御手段は、前記第１基板ステージ及び第２基板ステージのそれぞれに対して、前記アライメント系によるマーク検出時と前記投影光学系による露光時とで前記干渉計システムの第３測長軸と第４測長軸とを切替える請求項３に記載の投影露光装置。

20

【請求項５】

前記第１、第２基板ステージは、干渉計用の反射面をそれぞれ有し、

前記アライメント系を用いて前記第１、第２基板ステージのうち一方のステージ上の感応基板のマーク検出を行うアライメント動作が行われるときに前記一方のステージの前記第１軸方向の位置を計測するための第１測長軸と、前記投影光学系を用いて他方のステージ上の感応基板の露光を行う露光動作が行われるときに前記他方のステージの前記第１軸方向の位置を計測するための第２測長軸と、前記感応基板に対する露光動作が行われている前記他方のステージの前記第１軸方向に垂直な第２軸方向の位置を計測可能に配置され、前記露光動作の終了後、前記他方のステージの反射面から外れる第３測長軸と、前記露光動作と並行して、前記感応基板に対するアライメント動作が行われている前記一方のステージの前記第２軸方向の位置を計測可能に配置され、前記アライメント動作の終了後、前記一方のステージの反射面から外れる第４測長軸とを有する干渉計システムと；

30

前記第１及び第２基板ステージを駆動するためのステージ駆動系と；をさらに備える請求項１に記載の投影露光装置。

【請求項６】

前記ステージ駆動系は、前記第１基板ステージを駆動するための第１駆動系と、前記第２基板ステージを駆動するための第２駆動系とを含み、

前記第１駆動系と第２駆動系とは、一部が共通である請求項５に記載の投影露光装置。

40

【請求項７】

前記ステージ駆動系は、前記第１軸方向に延設された第１モータ部材と、前記第１軸方向に延設され、前記第１モータ部材に対して前記第２軸方向に所定距離離れて配置された第２モータ部材と、前記第１モータ部材に沿って前記第１軸方向に移動可能な第１及び第２移動部材と、前記第２モータ部材に沿って前記第１軸方向に移動可能な第３及び第４移動部材と、前記第２軸方向に延設され、両端に前記第１及び第３移動部材がそれぞれ設けられた第３モータ部材と、前記第２軸方向に延設され、両端に前記第２及び第４移動部材がそれぞれ設けられた第４モータ部材とを有し、

前記第１ステージは、前記第３モータ部材に沿って前記第２軸方向に移動可能に設けられ、前記第１及び第３移動部材を前記第１及び第２モータ部材に沿って移動させることに

50

よって前記第 1 軸方向にも移動可能であり、

前記第 2 ステージは、前記第 4 モータ部材に沿って前記第 2 軸方向に移動可能に設けられ、前記第 2 及び第 4 移動部材を前記第 1 及び第 2 モータ部材に沿って移動させることによって前記第 1 軸方向にも移動可能である請求項 5 に記載の投影露光装置。

【請求項 8】

前記第 1 測長軸は、前記第 1 軸方向の一侧から前記一方の基板ステージの位置を計測するように設定され、前記第 2 測長軸は、前記第 1 軸方向の他側から前記他方のステージの位置を計測するように設定されている請求項 5 ～ 7 のいずれか一項に記載の投影露光装置。

【請求項 9】

前記第 2 軸方向に感応基板を移動しながら該感応基板上の各ショット領域が走査露光される請求項 5 ～ 8 のいずれか一項に記載の投影露光装置。

【請求項 10】

ベース部材をさらに備え、

前記第 1 及び第 2 基板ステージは、前記ベース上でそれぞれ独立に 2 次元方向に移動可能である請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の投影露光装置。

【請求項 11】

前記投影光学系の近傍に配置された第 1 フォーカス / レベリング計測機構と；

前記アライメント系の近傍に配置された第 2 フォーカス / レベリング計測機構と；

をさらに備える請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載の投影露光装置。

【請求項 12】

前記第 1 基板ステージに保持された感応基板と、前記第 2 基板ステージに保持された感応基板が前記投影光学系を介して交互に露光される請求項 1 ～ 11 のいずれ一項に記載の投影露光装置。

【請求項 13】

マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光方法であって、

感応基板を保持して 2 次元平面内をそれぞれ独立に移動可能な 2 つの基板ステージと、前記マスクを 2 枚同時に搭載可能なマスクステージとを用意し；

前記 2 つの基板ステージのうちの一方のステージで、該一方の基板ステージ上のマークをアライメント系で検出可能な状態における感応基板の交換動作及び前記基板ステージ上又は前記基板ステージに保持された感応基板上のマークの前記アライメント系による検出動作を行う第 1 シーケンスを行うのと並行して、前記マスクステージと他方のステージとを同期移動させつつ、前記 2 枚のマスクを使って、露光条件を変えながら前記他方のステージに保持された前記感応基板上の複数のショット領域を二重露光する第 2 シーケンスを他方のステージで行う投影露光方法。

【請求項 14】

前記 2 つの基板ステージ上で並行して行われる第 1 シーケンスと第 2 シーケンスとのうち、先にシーケンスが終了した方のステージを待ち状態とした後、両方の動作が終了した時点で、前記他方のステージでの前記第 1 シーケンスと、前記一方のステージでの第 2 シーケンスとを、並行して実行する請求項 13 に記載の投影露光方法。

【請求項 15】

前記 2 つの基板ステージの一方に保持された感応基板と、前記 2 つのステージの他方に保持された感応基板が前記投影光学系を介して交互に露光される請求項 13 又は 14 に記載の投影露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、投影露光装置及び投影露光方法に係り、更に詳しくはマスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置及び投影露光方

10

20

30

40

50

法に関する。—

【 0 0 0 2 】

【 従来 の 技 術 】

従来より、半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する場合に、種々の露光装置が使用されているが、現在では、フォトマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターン像を、投影光学系を介して表面にフォトレジスト等の感光材が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、適宜「感応基板」と称する）上に転写する投影露光装置が一般的に使用されている。近年では、この投影露光装置として、感応基板を２次元的に移動自在な基板ステージ上に載置し、この基板ステージにより感応基板を歩進（ステッピング）させて、レチクルのパターン像を感応基板上の各ショット領域に順次露光する動作を繰り返す、所謂ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆるステッパー）が主流となっている。

10

【 0 0 0 3 】

最近になって、このステッパー等の静止型露光装置に改良を加えた、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（例えば特開平 7 - 1 7 6 4 6 8 号公報に記載された様な走査型露光装置）も比較的多く用いられるようになってきた。このステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置は、１ ステッパーに比べると大フィールドをより小さな光学系で露光できるため、投影光学系の製造が容易であると併に、大フィールド露光によるショット数の減少により高スループットが期待出来る、２ 投影光学系に対してレチクル及びウエハを相対走査することで平均化効果があり、ディストーションや焦点深度の向上が期待出来る等のメリットがある。さらに、半導体素子の集積度が 1 6 M（メガ）から 6 4 M の D R A M、更に将来的には 2 5 6 M、1 G（ギガ）というように時代とともに高くなるのに伴い、大フィールドが必須になるため、ステッパーに代わってスキャン型投影露光装置が主流になるであろうと言われている。

20

【 0 0 0 4 】

【 発明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

この種の投影露光装置は、主として半導体素子等の量産機として使用されるものであることから、一定時間内にどれだけの枚数のウエハを露光処理できるかという処理能力、すなわちスループットを向上させることが必然的に要請される。

【 0 0 0 5 】

これに関し、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置の場合、大フィールドを露光するには先に述べたように、ウエハ内に露光するショット数が少なくなるのでスループットの向上が見込まれるが、露光はレチクルとウエハとの同期走査による等速移動中に行われることから、その等速移動領域の前後に加減速領域が必要となり、仮にステッパーのショットサイズと同等の大きさのショットを露光する場合には、却ってステッパーよりスループットが落ちる可能性がある。

30

【 0 0 0 6 】

この種の投影露光装置における処理の流れは、大要次のようになっている。

【 0 0 0 7 】

１ まず、ウエハローダを使ってウエハをウエハテーブル上にロードするウエハロード工程が行われる。

40

【 0 0 0 8 】

２ 次に、サーチアライメント機構によりウエハの大まかな位置検出を行うサーチアライメント工程が行われる。このサーチアライメント工程は、具体的には、例えば、ウエハの外形を基準としたり、あるいは、ウエハ上のサーチアライメントマークを検出することにより行われる。

【 0 0 0 9 】

３ 次に、ウエハ上の各ショット領域の位置を正確に求めるファインアライメント工程が行われる。このファインアライメント工程は、一般に E G A（エンハンスド・グローバル・アライメント）方式が用いられ、この方式は、ウエハ内の複数のサンプルショット

50

を選択しておき、当該サンプルショットに付設されたアライメントマーク（ウエハマーク）の位置を順次計測し、この計測結果とショット配列の設計値とに基づいて、いわゆる最小自乗法等による統計演算を行って、ウエハ上の全ショット配列データを求めるものであり（特開昭61-44429号公報等参照）、高スループットで各ショット領域の座標位置を比較的高精度に求めることができる。

#### 【0010】

4 次に、上述したEGA方式等により求めた各ショット領域の座標位置と予め計測したベースライン量とに基づいて露光位置にウエハ上の各ショット領域を順次位置決めしつつ、投影光学系を介してレチクルのパターン像をウエハ上に転写する露光工程が行われる。

10

#### 【0011】

5 次に、露光処理されたウエハテーブル上のウエハをウエハアンロードを使ってウエハアンロードさせるウエハアンロード工程が行われる。このウエハアンロード工程は、露光処理を行うウエハの上記1のウエハロード工程と同時に進行される。すなわち、1と5とによってウエハ交換工程が構成される。

#### 【0012】

このように、従来の投影露光装置では、ウエハ交換 サーチアライメント ファインアライメント 露光 ウエハ交換.....のように、大きく4つの動作が1つのウエハステージを用いて繰り返し行われている。

#### 【0013】

20

また、この種の投影露光装置のスループットTHOR[枚/時間]は、上述したウエハ交換時間をT1、サーチアライメント時間をT2、ファインアライメント時間をT3、露光時間をT4とした場合に、次式(1)のように表すことができる。

#### 【0014】

$$THOR = 3600 / (T1 + T2 + T3 + T4) \dots\dots\dots (1)$$

上記T1～T4の動作は、T1 T2 T3 T4 T1.....のように順次（シーケンシャルに）繰り返し実行される。このため、T1～T4までの個々の要素を高速化すれば分母が小さくなって、スループットTHORを向上させることができる。しかし、上述したT1（ウエハ交換時間）とT2（サーチアライメント時間）は、ウエハ1枚に対して一動作が行われるだけであるから改善の効果は比較的小さい。また、T3（ファインアライメント時間）の場合は、上述したEGA方式を用いる際にショットのサンプリング数を少なくしたり、ショット単体の計測時間を短縮すればスループットを向上させることができるが、逆にアライメント精度を劣化させることになるため、安易にT3を短縮することはできない。

30

#### 【0015】

また、T4（露光時間）は、ウエハ露光時間とショット間のステッピング時間とを含んでいる。例えば、ステップ・アンド・スキャン方式のような走査型投影露光装置の場合は、ウエハ露光時間を短縮させる分だけレチクルとウエハの相対走査速度を上げる必要があるが、同期精度が劣化することから、安易に走査速度を上げることができない。

#### 【0016】

40

また、この種の投影露光装置で上記スループット面の他に、重要な条件としては、1 解像度、2 焦点深度(DOF: Depth of Focus)、3 線幅制御精度が挙げられる。解像度Rは、露光波長を $\lambda$ とし、投影レンズの開口数をN.A.(Numerical Aperture)とすると、 $\lambda / N.A.$ に比例し、焦点深度DOFは $\lambda / (N.A.)^2$ に比例する。

#### 【0017】

このため、解像度Rを向上させる(Rの値を小さくする)には、露光波長 $\lambda$ を小さくするか、あるいは開口数N.A.を大きくする必要がある。特に、最近では半導体素子等の高密度化が進んでおり、デバイスルールが0.2 $\mu m$ L/S(ライン・アンド・スペース)以下となってきたことから、これらのパターンを露光する為には照明光源としてKr

50

Fエキシマレーザを用いている。しかしながら、前述したように半導体素子の集積度は、将来的に更に上がることは必至であり、KrFより短波長な光源を備えた装置の開発が望まれる。このようなより短波長な光源を備えた次世代の装置の候補として、ArFエキシマレーザを光源とした装置、電子線露光装置等が代表的に挙げられるが、ArFエキシマレーザの場合は、酸素のある所では光が殆ど透過せず、高出力が出にくい上、レーザの寿命も短く、装置コストが高いという技術的な課題が山積しており、また、電子線露光装置の場合、光露光装置に比べてスループットが著しく低いという不都合があることから、短波長化を主な観点とした次世代機の開発は思うようにいかないというのが現実である。

【0018】

解像度Rを上げる他の手法としては、開口数 $N.A.$ を大きくすることも考えられるが、 $N.A.$ を大きくすると、投影光学系のDOFが小さくなるというデメリットがある。このDOFは、UDOF (User Depth of Focus: ユーザ側で使用する部分: パターン段差やレジスト厚等)と、装置自身の総合焦点差とに大別することができる。これまでは、UDOFの比率が大きかったため、DOFを大きく取る方向が露光装置開発の主軸であり、このDOFを大きくとる技術として例えば変形照明等が実用化されている。

【0019】

ところで、デバイスを製造するためには、 $L/S$  (ライン・アンド・スペース)、孤立 $L$  (ライン)、孤立 $S$  (スペース)、及び $CH$  (コンタクトホール)等が組み合わさったパターンをウエハ上に形成する必要があるが、上記の $L/S$ 、孤立ライン等のパターン形状毎に最適露光を行うための露光パラメータが異なっている。このため、従来は、ED-TREE (レチクルが異なる $CH$ は除く)という手法を用いて、解像線幅が目標値に対して所定の許容誤差内となり、かつ所定のDOFが得られるような共通の露光パラメータ (コヒーレンスファクタ、 $N.A.$ 、露光制御精度、レチクル描画精度等)を求めて、これを露光装置の仕様とすることが行われている。しかしながら、今後は以下のような技術的な流れがあると考えられている。

【0020】

1 プロセス技術 (ウエハ上平坦化) 向上により、パターン低段差化、レジスト厚減少が進み、UDOFが $1\mu m$ 台  $0.4\mu m$ 以下になる可能性がある。

【0021】

2 露光波長が $g$ 線 ( $436nm$ )  $i$ 線 ( $365nm$ ) KrF ( $248nm$ )と短波長化している。しかし、今後はArF ( $193$ )までの光源しか検討されてなく、その技術的ハードルも高い。その後はEB露光に移行する。

【0022】

3 ステップ・アンド・リピートのような静止露光に代わりステップ・アンド・スキャンのような走査露光がステッパーの主流になる事が予想されている。この技術は、径の小さい投影光学系で大フィールド露光が可能であり (特にスキャン方向)、その分高 $N.A.$ 化を実現し易い。

【0023】

上記のような技術動向を背景にして、限界解像度を向上させる方法として、二重露光法が見直され、この二重露光法をKrF及び将来的にはArF露光装置に用い、 $0.1\mu m L/S$ まで露光しようという試みが検討されている。一般に二重露光法は以下の3つの方法に大別される。

【0024】

(1) 露光パラメータの異なる $L/S$ 、孤立線を別々のレチクルに形成し、各々最適露光条件により同一ウエハ上に二重に露光を行う。

【0025】

(2) 位相シフト法等を導入すると、孤立線より $L/S$ の方が同一DOFにて限界解像度が高い。これを利用することにより、1枚目のレチクルで全てのパターンを $L/S$ で形成し、2枚目のレチクルにて $L/S$ を間引きすることで孤立線を形成する。

【0026】

10

20

30

40

50

(3) 一般に、 $L/S$ より孤立線は、小さな $N.A.$ にて高い解像度を得ることができる(但し、 $DOF$ は小さくなる)。そこで、全てのパターンを孤立線で形成し、1枚目と2枚目のレチクルによってそれぞれ形成した孤立線の組み合わせにより、 $L/S$ を形成する。

【0027】

上記の二重露光法は解像度向上、 $DOF$ 向上の2つの効果がある。

【0028】

しかし、二重露光法は、複数のレチクルを使って露光処理を複数回行う必要があるため、従来の装置に比べて露光時間( $T4$ )が倍以上になり、スループットが大幅に劣化するという不都合があったことから、現実には、二重露光法はあまり真剣に検討されてなく、従来より露光波長の紫外化、変形照明、位相シフトレチクル等により、解像度、焦点深度( $DOF$ )の向上が行われてきた。

【0029】

しかしながら、先に述べた二重露光法を $KrF$ 、 $ArF$ 露光装置に用いると $0.1\mu m L/S$ までの露光が実現することにより、 $256M$ 、 $1G$ の $DRAM$ の量産を目的とする次世代機の開発の有力な選択肢であることは疑いなく、このためのネックとなる二重露光法の課題であるスループットの向上のため新技術の開発が待望されていた。

【0030】

本発明は、かかる事情の下になされたもので、第1の目的は、スループット及び露光精度の向上を図ることが可能な投影露光装置を提供することにある。

【0031】

本発明の第2の目的は、スループット及び露光精度の向上を図ることが可能な投影露光方法を提供することにある。

【0032】

【課題を解決するための手段】

前述した4つの動作、すなわちウエハ交換、サーチアライメント、ファインアライメント、及び露光を少なくとも2つの動作に分けて同時並行処理を行うことができれば、これら4つの動作をシーケンシャルに行う場合に比べて、スループットを向上させることができる。本発明は、この点に注目してなされたもので、以下のような構成を採用する。すなわち、

本発明は、第1の観点からすると、マスク( $R$ )に形成されたパターンの像を投影光学系( $PL$ )を介して感応基板( $W1$ ,  $W2$ )上に投影露光する投影露光装置であって、感応基板( $W1$ )を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージ( $WS1$ )と；感応基板( $W2$ )を保持して前記第1基板ステージ( $WS1$ )と同一平面内を前記第1基板ステージ( $WS1$ )とは独立に移動可能な第2基板ステージ( $WS2$ )と；前記投影光学系( $PL$ )とは別に設けられ、前記基板ステージ( $WS1$ ,  $WS2$ )上又は前記基板ステージ( $WS1$ ,  $WS2$ )に保持された感応基板( $W1$ ,  $W2$ )上のマークを検出する少なくとも1つのアライメント系(例えば24a)と；前記第1基板ステージ及び第2基板ステージとの間で感応基板の受け渡しを行う搬送システム(180~200)と；前記マスクを2枚同時に搭載可能なマスクステージ( $RST$ )と；前記前記第1、第2基板ステージのうちの一方の基板ステージが、該一方の基板ステージ上のマークを前記アライメント系で検出可能な状態における前記搬送システムとの間で感応基板の受け渡し及び前記アライメント系によるマーク検出動作を行う第1シーケンスを行うのと並行して、前記マスクステージと他方の基板ステージとを同期移動させつつ、前記複数枚のマスクを使って、露光条件を変えながら前記他方のステージに保持された前記感応基板上の複数のショット領域を二重露光する第2シーケンスを他方のステージで行う制御手段(90)と；を備える投影露光装置である。

【0033】

これによれば、一方の基板ステージによる第1シーケンスと、他方の基板ステージによる第2シーケンスとの並行処理により、スループットを向上させることができ、しかも第

10

20

30

40

50

2シーケンスでは複数枚のマスクを使って露光条件を変えながら二重露光を行うことから、高解像度とDOF（焦点深度）の向上効果が得られる。

【0036】

本発明の投影露光装置は、前記投影光学系（PL）の投影中心と前記アライメント系（24a）の検出中心とを通る第1軸の一方側から前記第1基板ステージ（WS1）の前記第1軸方向の位置を計測するための第1測長軸（BI1X）と、前記第1軸方向の他方側から前記第2基板ステージ（WS2）の前記第1軸方向の位置を測長するための第2測長軸（BI2X）と、前記投影光学系（PL）の投影中心で前記第1軸と垂直に交差する第3測長軸（BI3Y）と、前記アライメント系（24a）の検出中心で前記第1軸と垂直に交差する第4測長軸（BI4Y）とを備え、これらの測長軸（BI1X～BI4Y）により前記第1基板ステージ及び第2基板ステージ（WS1及びWS2）の2次元位置をそれぞれ計測する干渉計システムをさらに備えていても良い。

10

この場合、アライメント系は、投影光学系とは別に少なくとも1つのアライメント系が設けられれば良いが、2つのアライメント系（24a, 24b）を、投影光学系（PL）を挟んで、第1軸方向の一方側と他方側とにそれぞれ配置するようにしても良い。アライメント系をこのような位置関係で配置した場合は、中央に位置する投影光学系で一方の基板ステージ上の感応基板を露光している間に（露光動作）、他方の基板ステージ上の感応基板をいずれかのアライメント系を使ってマーク検出を行うことができる（アライメント動作）。そして、露光動作とアライメント動作とを切り換える場合は、2つの基板ステージを第1軸方向にずらすだけで、アライメント動作が終了した基板ステージを投影光学系の下に移動させることができるとともに、他方の基板ステージをアライメント系の位置まで移動させることができる。

20

【0037】

この場合、第1基板ステージ及び第2基板ステージ（WS1及びWS2）のそれぞれが投影光学系（PL）による露光動作とアライメント系（例えば24a）によるマーク検出動作とを行えるように、干渉計システム（例えば測長軸BI1X～BI4Y）の計測結果に基づいて第1基板ステージ及び第2基板ステージの移動制御を独立に行う制御手段（90）をさらに有していても良い。これによれば、制御手段は、第1基板ステージ及び第2基板ステージのそれぞれが投影光学系（PL）による露光動作とアライメント系（例えば24a）によるマーク検出動作とを行えるように、干渉計システム（例えば測長軸BI1X～BI4Y）の計測結果に基づいて第1基板ステージ及び第2基板ステージの移動制御を独立に行うことから、いずれの基板ステージ上の感応基板に対しても投影光学系による露光動作とアライメント系によるマーク検出動作とを確実に行うことができる。

30

【0038】

この場合、測長軸BI3YとBI4Yの間隔をあまり大きくとると、第1基板ステージ及び第2基板ステージの移動の際に、測長軸BI3Y、BI4Yが基板ステージから外れる一方、このようにならないようにすると、両ステージの干渉が生ずるので、これら为了避免するため、制御手段（90）は、第1基板ステージ及び第2基板ステージ（WS1及びWS2）のそれぞれに対して、アライメント系（例えば24a）によるマーク検出時と投影光学系（PL）による露光時とで干渉計システム（例えば測長軸BI1X～BI4Y）の第3測長軸（BI3Y）と第4測長軸（BI4Y）とを測長軸から基板ステージが外れても良い様に、切換えるようにすることが望ましい。

40

【0039】

このようにした場合には、第3測長軸（BI3Y）と第4測長軸（BI4Y）との間隔を広くして、両ステージの干渉を防止することができるとともに、第1基板ステージ及び第2基板ステージの移動の際に、測長軸BI3Y、BI4Yが基板ステージから外れた場合に、制御手段によって測長軸の切換えを行うことにより、干渉計システムを使って各処理位置における各基板ステージの2次元位置を正確に計測することができる。

【0043】

本発明の投影露光装置では、例えばアライメント系が投影光学系とは別に2つある場合

50



には、2つのアライメント系(24a, 24b)を、所定方向に沿って前記投影光学系(PL)の両側にそれぞれ配置し、前記制御手段(90)が、第1基板ステージ(WS1)上又は第1基板ステージ(WS1)に保持された感応基板(W1)上のマークを一方のアライメント系(24a)で検出し、第2基板ステージ(WS2)上又は第2基板ステージ(WS2)に保持された感応基板(W2)上のマークを他方のアライメント系(24b)で検出するようにしても良い。

【0044】

このようにした場合には、中央に位置する投影光学系で一方の基板ステージ上の感応基板を露光している間に(露光動作)、他方の基板ステージ上の感応基板を一方のアライメント系を使ってマーク検出を行い(アライメント動作)、露光動作とアライメント動作とを切り換える場合は、2つの基板ステージを前記所定方向に沿って他方のアライメント系の方に移動させるだけで、投影光学系の下にあった一方の基板ステージを他方のアライメント系位置に移動させ、一方のアライメント系位置にあった他方の基板ステージを投影光学系の下まで移動させることを容易に行うことができ、このようにして2つのアライメント系を交互に使用することが可能になる。

10

【0049】

本発明は、第2の観点からすると、マスク(R)に形成されたパターンの像を投影光学系(PL)を介して感応基板(W1, W2)上に投影露光する投影露光方法であって、感応基板(W1, W2)を保持して2次元平面内をそれぞれ独立に移動可能な2つの基板ステージ(WS1, WS2)と、前記マスクを2枚同時に搭載可能なマスクステージとを用意し；前記2つの基板ステージのうちの一方のステージで、該一方の基板ステージ上のマークをアライメント系で検出可能な状態における感応基板の交換動作及び前記基板ステージ上又は前記基板ステージに保持された感応基板上のマークの前記アライメント系による検出動作を行う第1シーケンスを行うのと並行して、前記マスクステージと他方のステージとを同期移動させつつ、前記2枚のマスクを使って、露光条件を変えながら前記他方のステージに保持された前記感応基板上の複数のショット領域を二重露光する第2シーケンスを他方のステージで行う投影露光方法である。

20

【0050】

これによれば、一方の基板ステージによる第1シーケンスと、他方の基板ステージによる第2シーケンスとの並行処理により、スループットを向上させることができ、しかも第2シーケンスでは複数枚のマスクを使って露光条件を変えながら二重露光を行うことから、高解像度とDOF(焦点深度)の向上効果が得られる。

30

【0052】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態を図1ないし図12に基づいて説明する。

【0053】

図1には、一実施形態に係る投影露光装置10の概略構成が示されている。この投影露光装置10は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の投影露光装置である。

【0054】

この投影露光装置10は、ベース盤12上を感応基板としてのウエハW1、W2をそれぞれ保持して独立して2次元方向に移動する第1、第2の基板ステージとしてのウエハステージWS1、WS2を備えたステージ装置、このステージ装置の上方に配置された投影光学系PL、投影光学系PLの上方でマスクとしてのレチクルRを主として所定の走査方向、ここではY軸方向(図1における紙面直交方向)に駆動するレチクル駆動機構、レチクルRを上方から照明する照明系及びこれら各部を制御する制御系等を備えている。

40

【0055】

前記ステージ装置は、ベース盤12上に不図示の空気軸受けを介して浮上支持され、X軸方向(図1における紙面左右方向)及びY軸方向(図1における紙面直交方向)に独立して2次元移動可能な2つのウエハステージWS1、WS2と、これらのウエハステージW

50

S 1、W S 2を駆動するステージ駆動系と、ウエハステージW S 1、W S 2の位置を計測する干渉計システムとを備えている。

【 0 0 5 6 】

これをさらに詳述すると、ウエハステージW S 1、W S 2の底面には不図示のエアパッド（例えば、真空予圧型空気軸受け）が複数ヶ所に設けられており、このエアパッドの空気噴き出し力と真空予圧力とのバランスにより例えば数ミクロンの間隔を保った状態で、ベース盤 1 2 上に浮上支持されている。

【 0 0 5 7 】

ベース盤 1 2 上には、図 3 の平面図に示されるように、X 軸方向に延びる 2 本の X 軸リニアガイド（例えば、いわゆるムービングコイル型のリニアモータの固定側マグネットのよ  
10  
うなもの）1 2 2、1 2 4 が平行に設けられており、これらの X 軸リニアガイド 1 2 2、1 2 4 には、当該各 X 軸リニアガイドに沿って移動可能な各 2 つの移動部材 1 1 4、1 1 8 及び 1 1 6、1 2 0 がそれぞれ取り付けられている。これら 4 つの移動部材 1 1 4、1 1 8、1 1 6、1 2 0 の底面部には、X 軸リニアガイド 1 2 2 又は 1 2 4 を上方及び側方から囲むように不図示の駆動コイルがそれぞれ取り付けられており、これらの駆動コイルと X 軸リニアガイド 1 2 2 又は 1 2 4 とによって、各移動部材 1 1 4、1 1 6、1 1 8、1 2 0 を X 軸方向に駆動するムービングコイル型のリニアモータが、それぞれ構成されている。但し、以下の説明では、便宜上、上記移動部材 1 1 4、1 1 6、1 1 8、1 2 0 を X 軸リニアモータと呼ぶものとする。

【 0 0 5 8 】

この内 2 つの X 軸リニアモータ 1 1 4、1 1 6 は、Y 軸方向に延びる Y 軸リニアガイド（例えば、ムービングマグネット型のリニアモータの固定側コイルのよ  
20  
うなもの）1 1 0 の両端にそれぞれ設けられ、また、残り 2 つの X 軸リニアモータ 1 1 8、1 2 0 は、Y 軸方向に延びる同様の Y 軸リニアガイド 1 1 2 の両端に固定されている。従って、Y 軸リニアガイド 1 1 0 は、X 軸リニアモータ 1 1 4、1 1 6 によって X 軸リニアガイド 1 2 2、1 2 4 に沿って駆動され、また Y 軸リニアガイド 1 1 2 は、X 軸リニアモータ 1 1 8、1 2 0 によって X 軸リニアガイド 1 2 2、1 2 4 に沿って駆動されるようになっている。

【 0 0 5 9 】

一方、ウエハステージ W S 1 の底部には、一方の Y 軸リニアガイド 1 1 0 を上方及び側方から囲む不図示のマグネットが設けられており、このマグネットと Y 軸リニアガイド 1 1  
30  
0 とによってウエハステージ W S 1 を Y 軸方向に駆動するムービングマグネット型のリニアモータが構成されている。また、ウエハステージ W S 2 の底部には、他方の Y 軸リニアガイド 1 1 2 を上方及び側方から囲む不図示のマグネットが設けられており、このマグネットと Y 軸リニアガイド 1 1 2 とによってウエハステージ W S 2 を Y 軸方向に駆動するムービングマグネット型のリニアモータが構成されている。

【 0 0 6 0 】

すなわち、本実施形態では、上述した X 軸リニアガイド 1 2 2、1 2 4、X 軸リニアモータ 1 1 4、1 1 6、1 1 8、1 2 0、Y 軸リニアガイド 1 1 0、1 1 2 及びウエハステージ W S 1、W S 2 底部の不図示のマグネット等によってウエハステージ W S 1、W S 2 を独立して X Y 2 次元駆動するステージ駆動系が構成されている。このステージ駆動系は、  
40  
図 1 のステージ制御装置 3 8 によって制御される。

【 0 0 6 1 】

なお、Y 軸リニアガイド 1 1 0 の両端に設けられた一対の X 軸リニアモータ 1 1 4、1 1 6 のトルクを若干可変する事で、ウエハステージ W S 1 に微少ヨーイングを発生させたり、除去する事も可能である。同様に、Y 軸リニアガイド 1 1 2 の両端に設けられた一対の X 軸リニアモータ 1 1 8、1 2 0 のトルクを若干可変する事で、ウエハステージ W S 2 に微少ヨーイングを発生させたり、除去する事も可能である。

【 0 0 6 2 】

前記ウエハステージ W S 1、W S 2 上には、不図示のウエハホルダを介してウエハ W 1、W 2 が真空吸着等により固定されている。ウエハホルダは、不図示の Z ・ 駆動機構によ  
50

って、X Y 平面に直交する Z 軸方向及び 方向 ( Z 軸回りの回転方向 ) に微小駆動されるようになっている。また、ウエハステージ W S 1、W S 2 の上面には、種々の基準マークが形成された基準マーク板 F M 1、F M 2 がウエハ W 1、W 2 とそれぞれほぼ同じ高さになるように設置されている。これらの基準マーク板 F M 1、F M 2 は、例えば各ウエハステージの基準位置を検出する際に用いられる。

#### 【 0 0 6 3 】

また、ウエハステージ W S 1 の X 軸方向一侧の面 ( 図 1 における左側面 ) 2 0 と Y 軸方向一侧の面 ( 図 1 における紙面奥側の面 ) 2 1 とは、鏡面仕上げがなされた反射面となっており、同様に、ウエハステージ W S 2 の X 軸方向他側の面 ( 図 1 における右側面 ) 2 2 と Y 軸方向の一侧の面 2 3 とは、鏡面仕上げがなされた反射面となっている。これらの反射面に、後述する干渉計システムを構成する各測長軸 ( B I 1 X、B I 2 X 等 ) の干渉計ビームが投射され、その反射光を各干渉計で受光することにより、各反射面の基準位置 ( 一般には投影光学系側面や、アライメント光学系の側面に固定ミラーを配置し、そこを基準面とする ) からの変位を計測し、これにより、ウエハステージ W S 1、W S 2 の 2 次元位置がそれぞれ計測されるようになっている。なお、干渉計システムの測長軸の構成については、後に詳述する。

10

#### 【 0 0 6 4 】

前記投影光学系 P L としては、ここでは、Z 軸方向の共通の光軸を有する複数枚のレンズエレメントから成り、両側テレセントリックで所定の縮小倍率、例えば 1 / 5 を有する屈折光学系が使用されている。このため、ステップ・アンド・スキャン方式の走査露光時におけるウエハステージの走査方向の移動速度は、レチクルステージの移動速度の 1 / 5 となる。

20

#### 【 0 0 6 5 】

この投影光学系 P L の X 軸方向の両側には、図 1 に示されるように、同じ機能を持ったオフアクシス ( off-axis ) 方式のアライメント系 2 4 a、2 4 b が、投影光学系 P L の光軸中心 ( レチクルパターン像の投影中心と一致 ) よりそれぞれ同一距離だけ離れた位置に設置されている。これらのアライメント系 2 4 a、2 4 b は、L S A ( Laser Step Alignment ) 系、F I A ( Focused Image Alignment ) 系、L I A ( Laser Interferometric Alignment ) 系の 3 種類のアライメントセンサを有しており、基準マーク板上の基準マーク及びウエハ上のアライメントマークの X、Y 2 次元方向の位置計測を行うことが可能である。

30

#### 【 0 0 6 6 】

ここで、L S A 系は、レーザ光をマークに照射して、回折・散乱された光を利用してマーク位置を計測する最も汎用性のあるセンサであり、従来から幅広いプロセスウエハに使用される。F I A 系は、ハロゲンランプ等のブロードバンド ( 広帯域 ) 光でマークを照明し、このマーク画像を画像処理することによってマーク位置を計測するセンサであり、アルミ層やウエハ表面の非対称マークに有効に使用される。また、L I A 系は、回折格子状のマークに周波数をわずかに変えたレーザ光を 2 方向から照射し、発生した 2 つの回折光を干渉させて、その位相からマークの位置情報を検出するセンサであり、低段差や表面荒れウエハに有効に使用される。

#### 【 0 0 6 7 】

本実施形態では、これら 3 種類のアライメントセンサを、適宜目的に応じて使い分け、ウエハ上の 3 点の一次元マークの位置を検出してウエハの概略位置計測を行ういわゆるサーチアライメントや、ウエハ上の各ショット領域の正確な位置計測を行うファインアライメント等を行うようになっている。

40

#### 【 0 0 6 8 】

この場合、アライメント系 2 4 a は、ウエハステージ W S 1 上に保持されたウエハ W 1 上のアライメントマーク及び基準マーク板 F M 1 上に形成された基準マークの位置計測等に用いられる。また、アライメント系 2 4 b は、ウエハステージ W S 2 上に保持されたウエハ W 2 上のアライメントマーク及び基準マーク板 F M 2 上に形成された基準マークの位置計測等に用いられる。

50

## 【 0 0 6 9 】

これらのアライメント系 2 4 a、2 4 b を構成する各アライメントセンサからの情報は、アライメント制御装置 8 0 により A / D 変換され、デジタル化された波形信号を演算処理してマーク位置が検出される。この結果が主制御装置 9 0 に送られ、主制御装置 9 0 からその結果に応じてステージ制御装置 3 8 に対し露光時の同期位置補正等が指示されるようになっている。

## 【 0 0 7 0 】

さらに、本実施形態の露光装置 1 0 では、図 1 では図示を省略したが、レチクル R の上方に、図 5 に示されるような、投影光学系 P L を介してレチクル R 上のレチクルマーク（図示省略）と基準マーク板 F M 1、F M 2 上のマークとを同時に観察するための露光波長を用いた T T R（Through The Reticle）アライメント光学系から成る一対のレチクルアライメント顕微鏡 1 4 2、1 4 4 が設けられている。これらのレチクルアライメント顕微鏡 1 4 2、1 4 4 の検出信号は、主制御装置 9 0 に供給されるようになっている。この場合、レチクル R からの検出光をそれぞれレチクルアライメント顕微鏡 1 4 2 及び 1 4 4 に導くための偏向ミラー 1 4 6 及び 1 4 8 が移動自在に配置され、露光シーケンスが開始されると、主制御装置 9 0 からの指令のもとで、不図示のミラー駆動装置により偏向ミラー 1 4 6 及び 1 4 8 が待避される。なお、レチクルアライメント顕微鏡 1 4 2、1 4 4 と同等の構成は、例えば特開平 7 - 1 7 6 4 6 8 号公報等に掲載されているのでここでは詳細な説明については省略する。

## 【 0 0 7 1 】

また、図 1 では図示を省略したが、投影光学系 P L、アライメント系 2 4 a、2 4 b のそれぞれには、図 4 に示されるように、合焦位置を調べるためのオートフォーカス / オートレベリング計測機構（以下、「A F / A L 系」という）1 3 0、1 3 2、1 3 4 が設けられている。この内、A F / A L 系 1 3 2 は、スキャン露光によりレチクル R 上のパターンをウエハ（W 1 又は W 2）上に正確に転写するには、レチクル R 上のパターン形成面とウエハ W の露光面とが投影光学系 P L に関して共役になっている必要があることから、ウエハ W の露光面が投影光学系 P L の像面に焦点深度の範囲内で合致しているかどうか（合焦しているかどうか）を検出するために、設けられているものである。本実施形態では、A F / A L 系 1 3 2 として、いわゆる多点 A F 系が使用されている。

## 【 0 0 7 2 】

ここで、この A F / A L 系 1 3 2 を構成する多点 A F 系の詳細構成について、図 5 及び図 6 に基づいて説明する。

## 【 0 0 7 3 】

この A F / A L 系（多点 A F 系）1 3 2 は、図 5 に示されるように、光ファイバ束 1 5 0、集光レンズ 1 5 2、パターン形成板 1 5 4、レンズ 1 5 6、ミラー 1 5 8 及び照射対物レンズ 1 6 0 から成る照射光学系 1 5 1 と、集光対物レンズ 1 6 2、回転方向振動板 1 6 4、結像レンズ 1 6 6、受光器 1 6 8 から成る集光光学系 1 6 1 とから構成されている。

## 【 0 0 7 4 】

ここで、この A F / A L 系（多点 A F 系）1 3 2 の上記構成各部についてその作用と共に説明する。

## 【 0 0 7 5 】

露光光 E L とは異なるウエハ W 1（又は W 2）上のフォトリジストを感光させない波長の照明光が、図示しない照明光源から光ファイバ束 1 5 0 を介して導かれ、この光ファイバ束 1 5 0 から射出された照明光が、集光レンズ 1 5 2 を経てパターン形成板 1 5 4 を照明する。このパターン形成板 1 5 4 を透過した照明光は、レンズ 1 5 6、ミラー 1 5 8 及び照射対物レンズ 1 6 0 を経てウエハ W の露光面に投影され、ウエハ W 1（又は W 2）の露光面に対してパターン形成板 1 5 4 上のパターンの像が光軸 A X に対して斜めに投影結像される。ウエハ W 1 で反射された照明光は、集光対物レンズ 1 6 2、回転方向振動板 1 6 4 及び結像レンズ 1 6 6 を経て受光器 1 6 8 の受光面に投影され、受光器 1 6 8 の受光面にパターン形成板 1 5 4 上のパターンの像が再結像される。ここで、主制御装置 9 0 は、

加振装置 172 を介して回転方向振動板 164 に所定の振動を与えるとともに、受光器 168 の多数（具体的には、パターン形成板 154 のスリットパターンと同数）の受光素子からの検出信号を信号処理装置 170 に供給する。また、信号処理装置 170 は、各検出信号を加振装置 172 の駆動信号で同期検波して得た多数のフォーカス信号をステージ制御装置 38 を介して主制御装置 90 へ供給する。

【0076】

この場合、パターン形成板 154 には、図 6 に示されるように、例えば  $5 \times 9 = 45$  個の上下方向のスリット状の開口パターン 93 - 11 ~ 93 - 59 が形成されており、これらのスリット状の開口パターンの像がウエハ W の露光面上に X 軸及び Y 軸に対して斜め（ $45^\circ$ ）に投影される。この結果、図 4 に示されるような X 軸及び Y 軸に対して  $45^\circ$  に傾斜したマトリクス配置のスリット像が形成される。なお、図 4 における符号 IF は、照明系により照明されるレチクル上の照明領域と共役なウエハ上の照明フィールドを示す。この図 4 から明らかなように、投影光学系 PL 下の照明フィールド IF より 2 次元的に十分大きいエリアに検出用ビームが照射されている。

10

【0077】

その他の AF / AL 系 130、134 も、この AF / AL 系 132 と同様に構成されている。すなわち、本実施形態では、露光時の焦点検出に用いられる AF / AL 系 132 とほぼ同一の領域をアライメントマークの計測時に用いられる AF / AL 機構 130、134 によっても検出ビームが照射可能な構成となっている。このため、アライメント系 24a、24b によるアライメントセンサの計測時に、露光時と同様の AF / AL 系の計測、制御によるオートフォーカス / オートレベリングを実行しつつアライメントマークの位置計測を行うことにより、高精度なアライメント計測が可能になる。換言すれば、露光時とアライメント時との間で、ステージの姿勢によるオフセット（誤差）が発生しなくなる。

20

【0078】

次に、レチクル駆動機構について、図 1 及び図 2 に基づいて説明する。

【0079】

このレチクル駆動機構は、レチクルベース盤 32 上をレチクル R を保持して X Y の 2 次元方向に移動可能なレチクルステージ RST と、このレチクルステージ RST を駆動する不図示のリニアモータと、このレチクルステージ RST の位置を管理するレチクル干渉計システムとを備えている。

30

【0080】

これを更に詳述すると、レチクルステージ RST には、図 2 に示されるように、2 枚のレチクル R1、R2 がスキャン方向（Y 軸方向）に直列に設置できるようになっており、このレチクルステージ RST は、不図示のエアーベアリング等を介してレチクルベース盤 32 上に浮上支持され、不図示のリニアモータ等から成る駆動機構 30（図 1 参照）により X 軸方向の微小駆動、Y 軸方向の微小回転及び Y 軸方向の走査駆動がなされるようになっている。なお、駆動機構 30 は、前述したステージ装置と同様のリニアモータを駆動源とする機構であるが、図 1 では図示の便宜上及び説明の便宜上から単なるブロックとして示しているものである。このため、レチクルステージ RST 上のレチクル R1、R2 が例えば二重露光の際に選択的に使用され、いずれのレチクルについてもウエハ側と同期スキャンできる様な構成となっている。

40

【0081】

このレチクルステージ RST 上には、X 軸方向の他側の端部に、レチクルステージ RST と同じ素材（例えばセラミック等）から成る平行平板移動鏡 34 が Y 軸方向に延設されており、この移動鏡 34 の X 軸方向の他側の面には鏡面加工により反射面が形成されている。この移動鏡 34 の反射面に向けて測長軸 BI6X で示される干渉計 36 からの干渉計ビームが照射され、その干渉計ではその反射光を受光してウエハステージ側と同様にして基準面に対する相対変位を計測することにより、レチクルステージ RST の位置を計測している。ここで、この測長軸 BI6X を有する干渉計は、実際には独立に計測可能な 2 本の干渉計光軸を有しており、レチクルステージの X 軸方向の位置計測と、ヨーイング量の計

50

測が可能となっている。この測長軸 B I 6 X を有する干渉計の計測値は、ウエハステージ側の測長軸 B I 1 X、B I 2 X を有する干渉計 1 6、1 8 からのウエハステージ W S 1、W S 2 のヨーイング情報や X 位置情報に基づいてレチクルとウエハの相対回転（回転誤差）をキャンセルする方向にレチクルステージ R S T を回転制御したり、X 方向同期制御を行うために用いられる。

#### 【 0 0 8 2 】

一方、レチクルステージ R S T の走査方向（スキャン方向）である Y 軸方向の他側（図 1 における紙面手前側）には、一对のコーナーキューブミラー 3 5、3 7 が設置されている。そして、不図示の一对のダブルパス干渉計から、これらのコーナーキューブミラー 3 5、3 7 に対して図 2 に測長軸 B I 7 Y、B I 8 Y で示される干渉計ビームが照射され、レチクルベース盤 3 2 上の反射面にコーナーキューブミラー 3 5、3 7 より戻され、そこで反射したそれぞれの反射光が同一光路を戻り、それぞれのダブルパス干渉計で受光され、それぞれのコーナーキューブミラー 3 5、3 7 の基準位置（レファレンス位置で前記レチクルベース盤 3 2 上の反射面）からの相対変位が計測される。そして、これらのダブルパス干渉計の計測値が図 1 のステージ制御装置 3 8 に供給され、その平均値に基づいてレチクルステージ R S T の Y 軸方向の位置が計測される。この Y 軸方向位置の情報は、ウエハ側の測長軸 B I 3 Y を有する干渉計の計測値に基づくレチクルステージ R S T とウエハステージ W S 1 又は W S 2 との相対位置の算出、及びこれに基づく走査露光時の走査方向（Y 軸方向）のレチクルとウエハの同期制御に用いられる。

#### 【 0 0 8 3 】

すなわち、本実施形態では、干渉計 3 6 及び測長軸 B I 7 Y、B I 8 Y で示される一对のダブルパス干渉計によってレチクル干渉計システムが構成されている。

#### 【 0 0 8 4 】

次に、ウエハステージ W S T 1、W S T 2 の位置を管理する干渉計システムについて、図 1 ないし図 3 を参照しつつ説明する。

#### 【 0 0 8 5 】

これらの図に示されるように、投影光学系 P L の投影中心とアライメント系 2 4 a、2 4 b のそれぞれの検出中心とを通る第 1 軸（X 軸）に沿ってウエハステージ W S 1 の X 軸方向一側の面には、図 1 の干渉計 1 6 からの第 1 測長軸 B I 1 X で示される干渉計ビームが照射され、同様に、第 1 軸に沿ってウエハステージ W S 2 の X 軸方向の他側の面には、図 1 の干渉計 1 8 からの第 2 測長軸 B I 2 X で示される干渉計ビームが照射されている。そして、干渉計 1 6、1 8 ではこれらの反射光を受光することにより、各反射面の基準位置からの相対変位を計測し、ウエハステージ W S 1、W S 2 の X 軸方向位置を計測するようになっている。ここで、干渉計 1 6、1 8 は、図 2 に示されるように、各 3 本の光軸を有する 3 軸干渉計であり、ウエハステージ W S 1、W S 2 の X 軸方向の計測以外に、チルト計測及び 計測が可能となっている。各光軸の出力値は独立に計測できる様になっている。ここで、ウエハステージ W S 1、W S 2 の 回転を行う不図示の ステージ及び Z 軸方向の微小駆動及び傾斜駆動を行う不図示の Z・レベリングステージは、実際には、反射面の下にあるので、ウエハステージのチルト制御時の駆動量は全て、これらの干渉計 1 6、1 8 によりモニターする事ができる。

#### 【 0 0 8 6 】

なお、第 1 測長軸 B I 1 X、第 2 測長軸 B I 2 X の各干渉計ビームは、ウエハステージ W S 1、W S 2 の移動範囲の全域で常にウエハステージ W S 1、W S 2 に当たるようになり、従って、X 軸方向については、投影光学系 P L を用いた露光時、アライメント系 2 4 a、2 4 b の使用時等いずれのときにもウエハステージ W S 1、W S 2 の位置は、第 1 測長軸 B I 1 X、第 2 測長軸 B I 2 X の計測値に基づいて管理される。

#### 【 0 0 8 7 】

また、図 2 及び図 3 に示されるように、投影光学系 P L の投影中心で第 1 軸（X 軸）と垂直に交差する第 3 測長軸 B I 3 Y を有する干渉計と、アライメント系 2 4 a、2 4 b のそれぞれの検出中心で第 1 軸（X 軸）とそれぞれ垂直に交差する第 4 測長軸としての測長軸

B I 4 Y、B I 5 Yをそれぞれ有する干渉計とが設けられている（但し、図中では測長軸のみが図示されている）。

【 0 0 8 8 】

本実施形態の場合、投影光学系 P L を用いた露光時のウエハステージ W S 1、W S 2 の Y 方向位置計測には、投影光学系の投影中心、すなわち光軸 A X を通過する測長軸 B I 3 Y の干渉計の計測値が用いられ、アライメント系 2 4 a の使用時のウエハステージ W S 1 の Y 方向位置計測には、アライメント系 2 4 a の検出中心、すなわち光軸 S X を通過する測長軸 B I 4 Y の干渉計の計測値が用いられ、アライメント系 2 4 b 使用時のウエハステージ W S 2 の Y 方向位置計測には、アライメント系 2 4 b の検出中心、すなわち光軸 S X を通過する測長軸 B I 5 Y の干渉計の計測値が用いられる。

10

【 0 0 8 9 】

従って、各使用条件により、Y 軸方向の干渉計測長軸がウエハステージ W S 1、W S 2 の反射面より外れる事となるが、少なくとも一つの測長軸、すなわち測長軸 B I 1 X、B I 2 X はそれぞれのウエハステージ W S 1、W S 2 の反射面から外れることがないので、使用する干渉計光軸が反射面上に入った適宜な位置で Y 側の干渉計のリセットを行うことができる。この干渉計のリセット方法については、後に詳述する。

【 0 0 9 0 】

なお、上記 Y 計測用の測長軸 B I 3 Y、B I 4 Y、B I 5 Y の各干渉計は、各 2 本の光軸を有する 2 軸干渉計であり、ウエハステージ W S 1、W S 2 の Y 軸方向の計測以外に、チルト計測が可能となっている。各光軸の出力値は独立に計測できるようになっている

20

【 0 0 9 1 】

本実施形態では、干渉計 1 6、1 8 及び測長軸 B I 3 Y、B I 4 Y、B I 5 Y を有する 3 つの干渉計の合計 5 つの干渉計によって、ウエハステージ W S 1、W S 2 の 2 次元座標位置を管理する干渉計システムが構成されている。

【 0 0 9 2 】

また、本実施形態では、後述するように、ウエハステージ W S 1、W S 2 の内の一方が露光シーケンスを実行している間、他方はウエハ交換、ウエハアライメントシーケンスを実行するが、この際に両ステージの干渉がないように、各干渉計の出力値に基づいて主制御装置 9 0 の指令に応じてステージ制御装置 3 8 により、ウエハステージ W S 1、W S 2 の移動が管理されている。

30

【 0 0 9 3 】

次に、照明系について、図 1 に基づいて説明する。この照明系は、図 1 に示されるように、光源部 4 0、シャッタ 4 2、ミラー 4 4、ビームエキスパンダ 4 6、4 8、第 1 フライアイレンズ 5 0、レンズ 5 2、振動ミラー 5 4、レンズ 5 6、第 2 フライアイレンズ 5 8、レンズ 6 0、固定ブラインド 6 2、可動ブラインド 6 4、リレーレンズ 6 6、6 8 等から構成されている。

【 0 0 9 4 】

ここで、この照明系の上記構成各部についてその作用とともに説明する。

【 0 0 9 5 】

光源である K r F エキシマレーザと減光システム（減光板、開口絞り等）よりなる光源部 4 0 から射出されたレーザ光は、シャッタ 4 2 を透過した後、ミラー 4 4 により偏向されて、ビームエキスパンダ 4 6、4 8 により適当なビーム径に整形され、第 1 フライアイレンズ 5 0 に入射される。この第 1 フライアイレンズ 5 0 に入射された光束は、2 次元的に配列されたフライアイレンズの要素により複数の光束に分割され、レンズ 5 2、振動ミラー 5 4、レンズ 5 6 により再び各光束が異なった角度より第 2 フライアイレンズ 5 8 に入射される。この第 2 フライアイレンズ 5 8 より射出された光束は、レンズ 6 0 により、レチクル R と共役な位置に設置された固定ブラインド 6 2 に達し、ここで所定形状にその断面形状が規定された後、レチクル R の共役面から僅かにデフォーカスされた位置に配置された可動ブラインド 6 4 を通過し、リレーレンズ 6 6、6 8 を経て均一な照明光として、レチクル R 上の上記固定ブラインド 6 2 によって規定された所定形状、ここでは矩

40

50

形スリット状の照明領域 I A ( 図 2 参照 ) を照明する。

【 0 0 9 6 】

次に、制御系について図 1 に基づいて説明する。この制御系は、装置全体を統括的に制御する主制御装置 9 0 を中心に、この主制御装置 9 0 の配下にある露光量制御装置 7 0 及びステージ制御装置 3 8 等から構成されている。

【 0 0 9 7 】

ここで、制御系の上記構成各部の動作を中心に本実施形態に係る投影露光装置 1 0 の露光時の動作について説明する。

【 0 0 9 8 】

露光量制御装置 7 0 は、レチクル R とウエハ ( W 1 又は W 2 ) との同期走査が開始されるのに先立って、シャッタ駆動装置 7 2 に指示してシャッタ駆動部 7 4 を駆動させてシャッタ 4 2 をオープンする。

【 0 0 9 9 】

この後、ステージ制御装置 3 8 により、主制御装置 9 0 の指示に応じてレチクル R とウエハ ( W 1 又は W 2 ) 、すなわちレチクルステージ R S T とウエハステージ ( W S 1 又は W S 2 ) の同期走査 ( スキャン制御 ) が開始される。この同期走査は、前述した干渉計システムの測長軸 B I 3 Y と測長軸 B I 1 X 又は B I 2 X 及びレチクル干渉計システムの測長軸 B I 7 Y 、 B I 8 Y と測長軸 B I 6 X の計測値をモニタしつつ、ステージ制御装置 3 8 によってレチクル駆動部 3 0 及びウエハステージの駆動系を構成する各リニアモータを制御することにより行われる。

【 0 1 0 0 】

そして、両ステージが所定の許容誤差以内に等速度制御された時点で、露光量制御装置 7 0 では、レーザ制御装置 7 6 に指示してパルス発光を開始させる。これにより、照明系からの照明光により、その下面にパターンがクロム蒸着されたレチクル R の前記矩形の照明領域 I A が照明され、その照明領域内のパターンの像が投影光学系 P L により 1 / 5 倍に縮小され、その表面にフォトリジストが塗布されたウエハ ( W 1 又は W 2 ) 上に投影露光される。ここで、図 2 から明らかなように、レチクル上のパターン領域に比べ照明領域 I A の走査方向のスリット幅は狭く、上記のようにレチクル R とウエハ ( W 1 又は W 2 ) とを同期走査することで、パターンの全面の像がウエハ上のショット領域に順次形成される。

【 0 1 0 1 】

ここで、前述したパルス発光の開始と同時に、露光量制御装置 7 0 は、ミラー駆動装置 7 8 に指示して振動ミラー 5 4 を駆動させ、レチクル R 上のパターン領域が完全に照明領域 I A ( 図 2 参照 ) を通過するまで、すなわちパターンの全面の像がウエハ上のショット領域に形成されるまで、連続してこの制御を行うことで 2 つのフライアイレンズ 5 0 、 5 8 で発生する干渉縞のムラ低減を行う。

【 0 1 0 2 】

また、上記の走査露光中にショットエッジ部でのレチクル上の遮光領域よりも外に照明光が漏れないように、レチクル R とウエハ W のスキャンと同期して可動ブラインド 6 4 がブラインド制御装置 3 9 によって駆動制御されており、これらの一連の同期動作がステージ制御装置 3 8 により管理されている。

【 0 1 0 3 】

ところで、上述したレーザ制御装置 7 6 によるパルス発光は、ウエハ W 1 、 W 2 上の任意の点が照明フィールド幅 ( w ) を通過する間に n 回 ( n は正の整数 ) 発光する必要があるため、発振周波数を f とし、ウエハスキャン速度を V とすると、次式 ( 2 ) を満たす必要がある。

【 0 1 0 4 】

$$f / n = V / w \quad \dots\dots\dots ( 2 )$$

また、ウエハ上に照射される 1 パルスの照射エネルギーを P とし、レジスト感度を E とすると、次式 ( 3 ) を満たす必要がある。

10

20

30

40

50



## 【 0 1 0 5 】

$n P = E \dots \dots \dots ( 3 )$

このように、露光量制御装置 7 0 は、照射エネルギー P や発振周波数 f の可変量について全て演算を行い、レーザ制御装置 7 6 に対して指令を出して光源部 4 0 内に設けられた減光システムを制御することによって照射エネルギー P や発振周波数 f を可変させたり、シヤッタ駆動装置 7 2 やミラー駆動装置 7 8 を制御するように構成されている。

## 【 0 1 0 6 】

さらに、主制御装置 9 0 では、例えば、スキャン露光時に同期走査を行うレチクルステージとウエハステージの移動開始位置（同期位置）を補正する場合、各ステージを移動制御するステージ制御装置 3 8 に対して補正量に応じたステージ位置の補正を指示する。

10

## 【 0 1 0 7 】

更に、本実施形態の投影露光装置では、ウエハステージ W S 1 との間でウエハの交換を行う第 1 の搬送システムと、ウエハステージ W S 2 との間でウエハ交換を行う第 2 の搬送システムとが設けられている。

## 【 0 1 0 8 】

第 1 の搬送システムは、図 7 に示されるように、左側のウエハローディング位置にあるウエハステージ W S 1 との間で後述するようにしてウエハ交換を行う。この第 1 の搬送システムは、Y 軸方向に延びる第 1 のローディングガイド 1 8 2、このローディングガイド 1 8 2 に沿って移動する第 1 のスライダ 1 8 6 及び第 2 のスライダ 1 9 0、第 1 のスライダ 1 8 6 に取り付けられた第 1 のアンロードアーム 1 8 4、第 2 のスライダ 1 9 0 に取り付けられた第 1 のロードアーム 1 8 8 等を含んで構成される第 1 のウエハローダと、ウエハステージ W S 1 上に設けられた 3 本の上下動部材から成る第 1 のセンタースタック 1 8 0 とから構成される。

20

## 【 0 1 0 9 】

ここで、この第 1 の搬送システムによるウエハ交換の動作について、簡単に説明する。

## 【 0 1 1 0 】

ここでは、図 7 に示されるように、左側のウエハローディング位置にあるウエハステージ W S 1 上にあるウエハ W 1 ' と第 1 のウエハローダにより搬送されてきたウエハ W 1 とが交換される場合について説明する。

## 【 0 1 1 1 】

まず、主制御装置 9 0 では、ウエハステージ W S 1 上の不図示のウエハホルダのパキュームを不図示のスイッチを介してオフし、ウエハ W 1 ' の吸着を解除する。

30

## 【 0 1 1 2 】

次に、主制御装置 9 0 では、不図示のセンタースタック駆動系を介してセンタースタック 1 8 0 を所定量上昇駆動する。これにより、ウエハ W 1 ' が所定位置まで持ち上げられる。この状態で、主制御装置 9 0 では、不図示のウエハローダ制御装置に第 1 のアンロードアーム 1 8 4 の移動を指示する。これにより、ウエハローダ制御装置により第 1 のスライダ 1 8 6 が駆動制御され、第 1 のアンロードアーム 1 8 4 がローディングガイド 1 8 2 に沿ってウエハステージ W S 1 上まで移動してウエハ W 1 ' の真下に位置する。

## 【 0 1 1 3 】

この状態で、主制御装置 9 0 では、センタースタック 1 8 0 を所定位置まで下降駆動させる。このセンタースタック 1 8 0 の下降の途中で、ウエハ W 1 ' が第 1 のアンロードアーム 1 8 4 に受け渡されるので、主制御装置 9 0 ではウエハローダ制御装置に第 1 のアンロードアーム 1 8 4 のパキューム開始を指示する。これにより、第 1 のアンロードアーム 1 8 4 にウエハ W 1 ' が吸着保持される。

40

## 【 0 1 1 4 】

次に、主制御装置 9 0 では、ウエハローダ制御装置に第 1 のアンロードアーム 1 8 4 の退避と第 1 のロードアーム 1 8 8 の移動開始を指示する。これにより、第 1 のスライダ 1 8 6 と一体的に第 1 のアンロードアーム 1 8 4 が図 7 の - Y 方向に移動を開始すると同時に第 2 のスライダ 1 9 0 がウエハ W 1 を保持した第 1 のロードアーム 1 8 8 と一体的に + Y

50

方向に移動を開始する。そして、第1のロードアーム188がウエハステージWS1の上方に来たとき、ウエハローダ制御装置により第2のスライダ190が停止されるとともに第1のロードアーム188のパキュームが解除される。

【0115】

この状態で、主制御装置90ではセンターアップ180を上昇駆動し、センターアップ180によりウエハW1を下方から持ち上げさせる。次いで、主制御装置90ではウエハローダ制御装置にロードアームの退避を指示する。これにより、第2のスライダ190が第1のロードアーム188と一体的に-Y方向に移動を開始して第1のロードアーム188の退避が行われる。この第1のロードアーム188の退避開始と同時に主制御装置90では、センターアップ180の下降駆動を開始してウエハW1をウエハステージWS1上の不図示のウエハホルダに載置させ、当該ウエハホルダのパキュームをオンにする。これにより、ウエハ交換の一連のシーケンスが終了する。

10

【0116】

第2の搬送システムは、同様に、図8に示されるように、右側のウエハローディング位置にあるウエハステージWS2との間で上述と同様にしてウエハ交換を行う。この第2の搬送システムは、Y軸方向に延びる第2のローディングガイド192、この第2のローディングガイド192に沿って移動する第3のスライダ196及び第4のスライダ200、第3のスライダ196に取り付けられた第2のアンロードアーム194、第4のスライダ200に取り付けられた第2のロードアーム198等を含んで構成される第2のウエハローダと、ウエハステージWS2上に設けられた不図示の第2のセンターアップとから構成される。

20

【0117】

次に、図7及び図8に基づいて、本実施形態の特徴である2つのウエハステージによる並行処理について説明する。

【0118】

図7には、ウエハステージWS2上のウエハW2を投影光学系PLを介して露光動作を行っている間に、左側ローディング位置にて上述の様にウエハステージWS1と第1の搬送システムとの間でウエハの交換が行われている状態の平面図が示されている。この場合、ウエハステージWS1上では、ウエハ交換に引き続いて後述するようにしてアライメント動作が行われる。なお、図7において、露光動作中のウエハステージWS2の位置制御は、干渉計システムの測長軸BI2X、BI3Yの計測値に基づいて行われ、ウエハ交換とアライメント動作が行われるウエハステージWS1の位置制御は、干渉計システムの測長軸BI1X、BI4Yの計測値に基づいて行われる。

30

【0119】

この図7に示される左側のローディング位置ではアライメント系24aの真下にウエハステージWS1の基準マーク板FM1上の基準マークが来るような配置となっている。このため、主制御装置90では、アライメント系24aにより基準マーク板FM1上の基準マークを計測する以前に、干渉計システムの測長軸BI4Yの干渉計のリセットを実施している。

【0120】

上述したウエハ交換、干渉計のリセットに引き続いて、サーチアライメントが行われる。そのウエハ交換後に行われるサーチアライメントとは、ウエハW1の搬送中になされるプリアライメントだけでは位置誤差が大きいため、ウエハステージWS1上で再度行われるプリアライメントのことである。具体的には、ステージWS1上に載置されたウエハW1上に形成された3つのサーチアライメントマーク(図示せず)の位置をアライメント系24aのLSA系のセンサ等を用いて計測し、その計測結果に基づいてウエハW1のX、Y、方向の位置合わせを行う。このサーチアライメントの際の各部の動作は、主制御装置90により制御される。

40

【0121】

このサーチアライメントの終了後、ウエハW1上の各ショット領域の配列をここではEG

50

Aを使って求めるファインアライメントが行われる。具体的には、干渉計システム（測長軸B I 1 X、B I 4 Y）により、ウエハステージW S 1の位置を管理しつつ、設計上のショット配列データ（アライメントマーク位置データ）をもとに、ウエハステージW S 1を順次移動させつつ、ウエハW 1上の所定のサンプルショットのアライメントマーク位置をアライメント系2 4 aのF I A系のセンサ等で計測し、この計測結果とショット配列の設計座標データに基づいて最小自乗法による統計演算により、全てのショット配列データを演算する。なお、このE G Aの際の各部の動作は主制御装置9 0により制御され、上記の演算は主制御装置9 0により行われる。なお、この演算結果は、基準マーク板F M 1の基準マーク位置を基準とする座標系に変換しておくことが望ましい。

【0 1 2 2】

10

本実施形態の場合、前述したように、アライメント系2 4 aによる計測時に、露光時と同じA F / A L系1 3 2（図4参照）の計測、制御によるオートフォーカス／オートレベリングを実行しつつアライメントマークの位置計測が行われ、アライメント時と露光時との間にステージの姿勢によるオフセット（誤差）を生じさせないようにすることができる。

【0 1 2 3】

ウエハステージW S 1側で、上記のウエハ交換、アライメント動作が行われている間に、ウエハステージW S 2側では、図9に示されるような2枚のレチクルR 1、R 2を使い、露光条件を変えながら連続してステップ・アンド・スキャン方式により二重露光が行われる。

【0 1 2 4】

20

具体的には、前述したウエハW 1側と同様に、事前にE G Aによるファインアライメントが行われており、この結果得られたウエハW 2上のショット配列データ（基準マーク板F M 2上の基準マークを基準とする）に基づいて、順次ウエハW 2上のショット領域を投影光学系P Lの光軸下方に移動させた後、各ショット領域の露光の都度、レチクルステージR S TとウエハステージW S 2とを走査方向に同期走査させることにより、スキャン露光が行われる。このようなウエハW 2上の全ショット領域に対する露光がレチクル交換後にも連続して行われる。具体的な二重露光の露光順序としては、図10（A）に示されるように、ウエハW 1の各ショット領域をレチクルR 2（Aパターン）を使ってA 1～A 1 2まで順次スキャン露光を行った後、駆動系3 0を用いてレチクルステージR S Tを走査方向に所定量移動してレチクルR 1（Bパターン）を露光位置に設定した後、図10（B）に示されるB 1～B 1 2の順序でスキャン露光を行う。この時、レチクルR 2とレチクルR 1では露光条件（A F / A L、露光量）や透過率が異なるので、レチクルアライメント時にそれぞれの条件を計測し、その結果に応じて条件の変更を行う必要がある。

30

【0 1 2 5】

このウエハW 2の二重露光中の各部の動作も主制御装置9 0によって制御される。

【0 1 2 6】

上述した図7に示す2つのウエハステージW S 1、W S 2上で並行して行われる露光シーケンスとウエハ交換・アライメントシーケンスとは、先に終了したウエハステージの方が待ち状態となり、両方の動作が終了した時点で図8に示す位置までウエハステージW S 1、W S 2が移動制御される。そして、露光シーケンスが終了したウエハステージW S 2上のウエハW 2は、右側ローディングポジションでウエハ交換がなされ、アライメントシーケンスが終了したウエハステージW S 1上のウエハW 1は、投影光学系P Lの下で露光シーケンスが行われる。

40

【0 1 2 7】

図8に示される右側ローディングポジションでは、左側ローディングポジションと同様にアライメント系2 4 bの下に基準マーク板F M 2上の基準マークが来るように配置されており、前述のウエハ交換動作とアライメントシーケンスとが実行される事となる。勿論、干渉計システムの測長軸B I 5 Yの干渉計のリセット動作は、アライメント系2 4 bによる基準マーク板F M 2上のマーク検出に先立って実行されている。

【0 1 2 8】

50

次に、図 7 の状態から図 8 の状態へ移行する際の、主制御装置 90 による干渉計のリセット動作について説明する。

【0129】

ウエハステージ WS1 は、左側ローディングポジションでアライメントを行った後に、図 8 に示される投影光学系 PL の光軸 AX 中心（投影中心）の真下に基準板 FM1 上の基準マークが来る位置まで移動されるが、この移動の途中で測長軸 BI4Y の干渉計ビームが、ウエハステージ WS1 の反射面 21 に入射されなくなるので、アライメント終了後直ちに図 8 の位置までウエハステージを移動させることは困難である。このため、本実施形態では、次のような工夫をしている。

【0130】

すなわち、先に説明したように、本実施形態では、左側ローディングポジションにウエハステージ WS1 がある場合に、アライメント系 24a の真下に基準マーク板 FM1 が来るように設定されており、この位置で測長軸 BI4Y の干渉計がリセットされているので、この位置までウエハステージ WS1 を一旦戻し、その位置から予めわかっているアライメント系 24a の検出中心と投影光学系 PL の光軸中心（投影中心）との距離（便宜上 BL とする）にもとづいて、干渉計ビームの切れることのない測長軸 BI1X の干渉計 16 の計測値をモニタしつつ、ウエハステージ WS1 を距離 BL だけ X 軸方向右側に移動させる。これにより、図 8 に示される位置までウエハステージ WS1 が移動されることになる。そして、主制御装置 90 では、レチクルアライメント顕微鏡 142、144 の少なくとも一方を用いて、基準マーク板 FM1 上のマークとレチクルマークとの相対位置関係を計測するのにも先立って測長軸 BI3Y の干渉計をリセットする。このリセット動作は、次に使用する測長軸がウエハステージ側面を照射できるようになった時点で実行することができる。

【0131】

このように、干渉計のリセット動作を行っても高精度アライメントが可能な理由は、アライメント系 24a により基準マーク板 FM1 上の基準マークを計測した後、ウエハ W1 上の各ショット領域のアライメントマークを計測することにより、基準マークと、ウエハマークの計測により算出された仮想位置との間隔を同一のセンサにより算出しているためである。この時点で基準マークと露光すべき位置の相対距離が求められていることから、露光前にレチクルアライメント顕微鏡 142、144 により露光位置と基準マーク位置との対応がとれていれば、その値に前記相対距離を加えることにより、Y 軸方向の干渉計の干渉計ビームがウエハステージの移動中に切れて再度リセットを行ったとしても高精度な露光動作を行うことができるのである。

【0132】

なお、アライメント終了位置から図 8 の位置にウエハステージ WS1 が移動する間に、測長軸 BI4Y が切れないような場合には、測長軸 BI1X、BI4Y の計測値をモニタしつつ、アライメント終了後に直ちに、図 8 の位置までウエハステージを直線的に移動させてもよいことは勿論である。この場合、ウエハステージ WS1 の Y 軸と直交する反射面 21 に投影光学系 PL の光軸 AX を通る測長軸 BI3Y がかった時点で干渉計のリセット動作を行うようにしても良い。

【0133】

上記と同様にして、露光終了位置からウエハステージ WS2 を図 8 に示される右側のローディングポジションまで移動させ、測長軸 BI5Y の干渉計のリセット動作を行えば良い。

【0134】

また、図 11 には、ウエハステージ WS1 上に保持されるウエハ W1 上の各ショット領域を順次露光する露光シーケンスのタイミングの一例が示されており、図 12 には、これと並列的に行われるウエハステージ WS2 上に保持されるウエハ W2 上のアライメントシーケンスのタイミングが示されている。本実施形態では、2 つのウエハステージ WS1、WS2 を独立して 2 次元方向に移動させながら、各ウエハステージ上のウエハ W1、W2 に

10

20

30

40

50

対して露光シーケンスとウエハ交換・アライメントシーケンスとを並行して行うことにより、スループットの向上を図っている。

【0135】

ところが、2つのウエハステージを使って2つの動作を同時並行処理する場合は、一方のウエハステージ上で行われる動作が外乱要因として、他方のウエハステージで行われる動作に影響を与える場合がある。また、逆に、一方のウエハステージ上で行われる動作が他方のウエハステージで行われる動作に影響を与えない動作もある。そこで、本実施形態では、並行処理する動作の内、外乱要因となる動作とならない動作とに分けて、外乱要因となる動作同士、あるいは外乱要因とならない動作同士が同時に行われるように、各動作のタイミング調整が図られる。

10

【0136】

例えば、スキャン露光中は、ウエハW1とレチクルRとを等速で同期走査させることから外乱要因とならない上、他からの外乱要因を極力排除する必要がある。このため、一方のウエハステージWS1上でのスキャン露光中は、他方のウエハステージWS2上のウエハW2で行われるアライメントシーケンスにおいて静止状態となるようにタイミング調整がなされる。すなわち、アライメントシーケンスにおけるマーク計測は、ウエハステージWS2をマーク位置で静止させた状態で行われるため、スキャン露光にとって外乱要因とならず、スキャン露光中に並行してマーク計測を行うことができる。これを図11及び図12で見ると、図11においてウエハW1に対し動作番号「1、3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、23」で示されるスキャン露光と、図12においてウエハW2に対し動作番号「1、3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、23」で示される各アライメントマーク位置におけるマーク計測動作が相互に同期して行われていることがわかる。一方、アライメントシーケンスにおいても、スキャン露光中は、等速運動なので外乱とはならず高精度計測が行えることになる。

20

【0137】

また、ウエハ交換時においても同様のことが考えられる。特に、ロードアームからウエハをセンターアップに受け渡す際に生じる振動等は、外乱要因となり得るため、スキャン露光前、あるいは、同期走査が等速度で行われるようになる前後の加減速時（外乱要因となる）に合わせてウエハの受け渡しをするようにしても良い。

【0138】

上述したタイミング調整は、主制御装置90によって行われる。

30

【0139】

以上説明したように、本実施形態の投影露光装置10によると、2枚のウエハをそれぞれ独立に保持する2つのウエハステージを具備し、これら2つのウエハステージをXYZ方向に独立に移動させて、一方のウエハステージでウエハ交換とアライメント動作を実行する間に、他方のウエハステージで露光動作を実行する事とし、両方の動作が終了した時点でお互いの動作を切り換えるようにしたことから、スループットを大幅に向上させることが可能になる。

【0140】

また、上記実施形態によると、投影光学系PLを挟んでマーク検出を行う少なくとも2つのアライメント系を具備しているため、2つのウエハステージを交互にずらすことにより、各アライメント系を交互に使って行われるアライメント動作と露光動作とを並行処理することが可能になる。

40

【0141】

その上、上記実施形態によると、ウエハ交換を行うウエハローダがアライメント系の近辺、特に、各アライメント位置で行えるように配置されているため、ウエハ交換からアライメントシーケンスへの移行がスムーズに行われ、より高いスループットを得ることができる。

【0142】

さらに、上記実施形態によると、上述したような高スループットが得られるため、オフア

50

クシスのアライメント系を投影光学系 P L より大きく離して設置したとしてもスループットの劣化の影響が殆ど無くなる。このため、高 N . A . ( 開口数 ) であって且つ収差の小さい直筒型の光学系を設計して設置することが可能となる。

#### 【 0 1 4 3 】

また、上記実施形態によると、2 本のアライメント系及び投影光学系 P L の各光軸のほぼ中心を計測する干渉計からの干渉計ビームを各光学系毎に有しているため、アライメント時や投影光学系を介してのパターン露光時のいずれの場合にも 2 つのウエハステージ位置をアップ誤差のない状態でそれぞれ正確に計測することができ、2 つのウェハステージを独立して移動させることが可能になる。

#### 【 0 1 4 4 】

さらに、2 つのウェハステージ W S 1、W S 2 が並ぶ方向 ( ここでは X 軸方向 ) に沿って両側から投影光学系 P L の投影中心に向けて設けられた測長軸 B I 1 X、B I 2 X は、常にウェハステージ W S 1、W S 2 に対して照射され、各ウェハステージの X 軸方向位置を計測するため、2 つのウェハステージが互いに干渉しないように移動制御することが可能になる。

#### 【 0 1 4 5 】

その上、上記測長軸 B I 1 X、B I 2 X に対してアライメント系の検出中心や投影光学系 P L の投影中心位置に向けて垂直に交差する方向 ( ここでは Y 軸方向 ) に測長軸 B I 3 Y、B I 4 Y、B I 5 Y が照射されるように干渉計が配置され、ウェハステージを移動させて反射面から測長軸が外れたとしても、干渉計をリセットすることによりウェハステージを正確に位置制御することが可能となる。

#### 【 0 1 4 6 】

そして、2 つのウェハステージ W S 1、W S 2 上には、それぞれ基準マーク板 F M 1、F M 2 が設けられ、その基準マーク板上のマーク位置とウェハ上のマーク位置とを予めアライメント系で計測することによって得られる補正座標系との間隔を、露光前の基準板計測位置に対してそれぞれ加算する事によって、従来の様な投影光学系とアライメント系との間隔を計測するベースライン計測を行うことなくウェハの位置合わせが可能となり、特開平 7 1 7 6 4 4 6 8 号公報に記載されるような大きな基準マーク板の搭載も不要となる。

#### 【 0 1 4 7 】

また、上記実施形態によると、複数枚のレチクル R を使って二重露光を行うことから、高解像度と D O F ( 焦点深度 ) の向上効果が得られる。しかし、この二重露光法は、露光工程を少なくとも 2 度繰り返さなければならぬため、露光時間が長くなって大幅にスループットが低下するが、本実施形態の投影露光装置を用いることにより、スループットが大幅に改善できるため、スループットを低下させることなく高解像度と D O F の向上効果が得られる。例えば、T 1 ( ウエハ交換時間 )、T 2 ( サーチアライメント時間 )、T 3 ( ファインアライメント時間 )、T 4 ( 1 回の露光時間 ) において、8 インチウエハにおける各処理時間を T 1 : 9 秒、T 2 : 9 秒、T 3 : 1 2 秒、T 4 : 2 8 秒とした場合、1 つのウェハステージを使って一連の露光処理が為される従来技術により二重露光が行われると、スループット  $THOR = 3600 / ( T1 + T2 + T3 + T4 * 2 ) = 3600 / ( 30 + 28 * 2 ) = 41$  [ 枚 / 時 ] となり、1 つのウェハステージを使って一重露光法を実施する従来装置のスループット (  $THOR = 3600 / ( T1 + T2 + T3 + T4 ) = 3600 / 58 = 62$  [ 枚 / 時 ] ) と比べてスループットが 66 % までダウンする。ところが、本実施形態の投影露光装置を用いて T 1、T 2、T 3 と T 4 とを並列処理しながら二重露光を行う場合は、露光時間の方が大きいため、スループット  $THOR = 3600 / ( 28 + 28 ) = 64$  [ 枚 / 時 ] となることから、高解像度と D O F の向上効果を維持しつつスループットを改善することが可能となる。また、露光時間が長い分、E G A 点数を増やすことが可能となり、アライメント精度が向上する。

#### 【 0 1 4 8 】

なお、上記実施形態では、本発明が二重露光法を用いてウエハの露光を行う装置に適用された場合について説明したが、同様の技術であるステッチングにも適用できる。更に、

10

20

30

40

50

前述の如く、本発明の装置により、一方のウエハステージ側で2枚のレチクルにて2回露光を行う（二重露光、スティッチング）間に、独立に可動できる他方のウエハステージ側でウエハ交換とウエハアライメントを並行して実施する場合に、従来の一重露光よりも高いスループットが得られるとともに、解像力の大幅な向上が図れるという特に大きな効果があるためである。しかしながら、本発明の適用範囲がこれに限定されるものではなく、一重露光法により露光する場合にも本発明は好適に適用できるものである。例えば、8インチウエハの各処理時間（ $T_1 \sim T_4$ ）が前述と同様であるとする、本発明のように2つのウエハステージを使って一重露光法で露光処理する場合、 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ を1グループとし（計30秒）、 $T_4$ （28秒）と並列処理を行うと、スループットは  $THOR = 3600 / 30 = 120$  [枚/時] となり、1つのウエハステージを使って一重露光法を実施する従来のスループット  $THOR = 62$  [枚/時] に比べてほぼ倍の高スループットを得る事が可能となる。

10

#### 【0149】

また、上記実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式により走査露光を行う場合について説明したが、本発明がこれに限定されるものではなく、ステップ・アンド・リピート方式による静止露光を行う場合及びEB露光装置やX線露光装置、さらにはチップとチップを合成するスティッチング露光時であっても同様に適用できることは勿論である。

#### 【0150】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、スループット及び露光精度の向上を図ることができるという効果がある。

20

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態にかかる投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】2つのウエハステージとレチクルステージと投影光学系とアライメント系の位置関係を示す斜視図である。

【図3】ウエハステージの駆動機構の構成を示す平面図である。

【図4】投影光学系とアライメント系にそれぞれ設けられているAF/AL系を示す図である。

【図5】AF/AL系とTTRアライメント系の構成を示す投影露光装置の概略構成を示す図である。

30

【図6】図5のパターン形成板の形状を示す図である。

【図7】2つのウエハステージを使ってウエハ交換・アライメントシーケンスと露光シーケンスとが行われている状態を示す平面図である。

【図8】図7のウエハ交換・アライメントシーケンスと露光シーケンスとの切り換えを行った状態を示す図である。

【図9】2枚のレチクルを保持する二重露光用のレチクルステージを示す図である。

【図10】(A)は図9のパターンAのレチクルを使ってウエハの露光を行った状態を示す図であり、(B)は図9のパターンBのレチクルを使ってウエハの露光を行った状態を示す図である。

【図11】2つのウエハステージの一方に保持されたウエハ上の各ショット領域毎の露光順序を示す図である。

40

【図12】2つのウエハステージの他方に保持されたウエハ上の各ショット領域毎のマーク検出順序を示す図である。

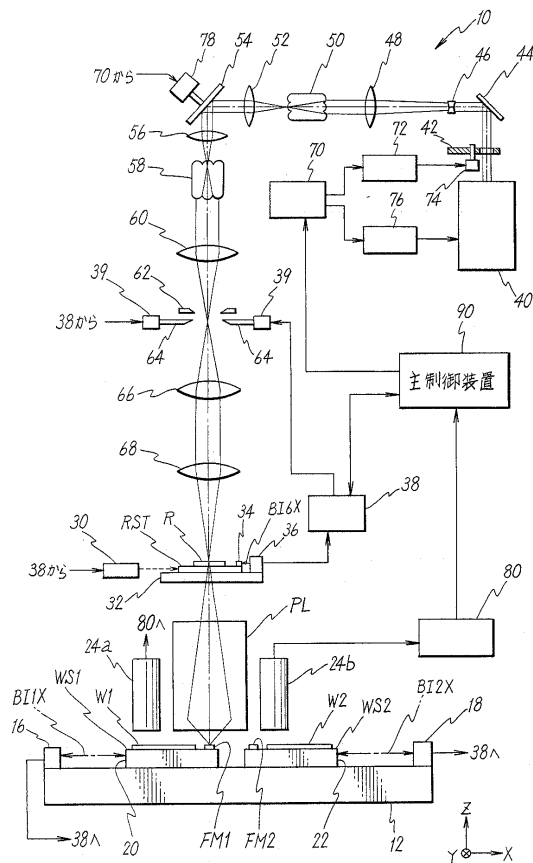
##### 【符号の説明】

- 10 投影露光装置
- 24 a、24 b アライメント系
- 38 ステージ制御手段
- 90 主制御装置
- 180 センターアップ
- 182 第1のローディングガイド

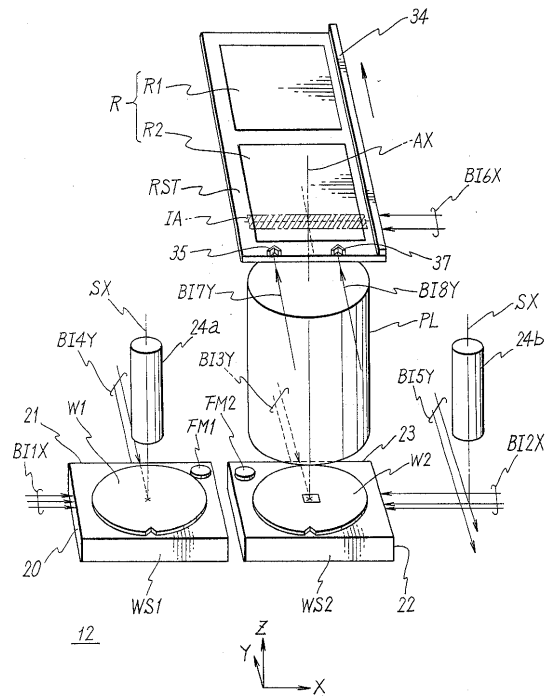
50

- 184 第1のアンロードアーム  
 186 第1のスライダ  
 188 第1のロードアーム  
 190 第2のスライダ  
 192 第2のローディングガイド  
 194 第2のアンロードアーム  
 196 第3のスライダ  
 198 第2のロードアーム  
 200 第4のスライダ  
 W1、W2 ウエハ  
 WS1、WS2 ウエハステージ  
 PL 投影光学系  
 BI1X ~ BI4Y 測長軸  
 RST レチクルステージ  
 R レチクル

【図1】



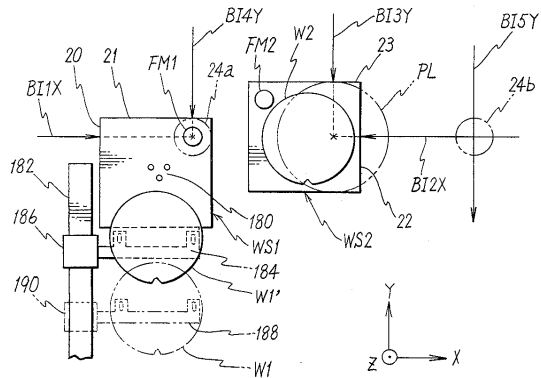
【図2】



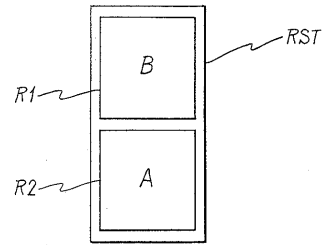




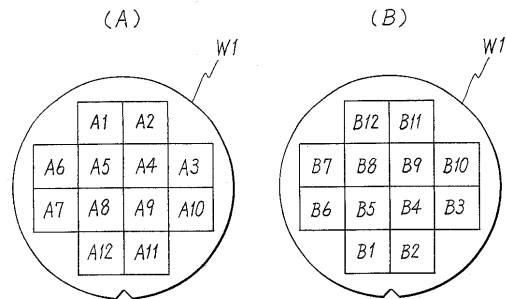
【図 7】



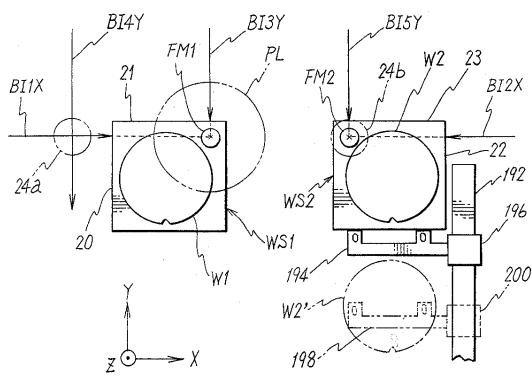
【図 9】



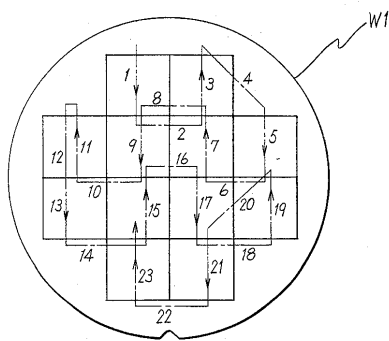
【図 10】



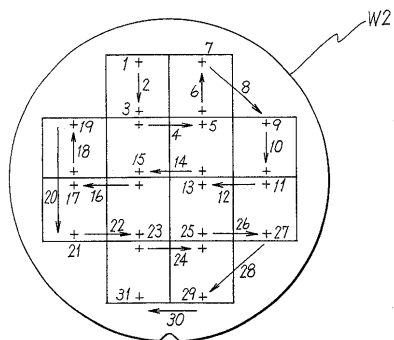
【図 8】



【図 11】



【図 12】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平08-051069(JP,A)  
特開平02-166717(JP,A)  
特開平05-175098(JP,A)  
特開平07-200009(JP,A)  
特開平08-162391(JP,A)  
特開平02-126629(JP,A)  
特開平06-196386(JP,A)  
特開平07-161614(JP,A)  
特開平06-163359(JP,A)  
特開平05-234865(JP,A)  
特開昭63-087725(JP,A)  
特開昭63-261850(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 9/00