

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4066083号
(P4066083)

(45) 発行日 平成20年3月26日 (2008.3.26)

(24) 登録日 平成20年1月18日 (2008.1.18)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 O 3 Z

B O 8 B 7/00 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 O 3 G

B O 8 B 7/00

請求項の数 15 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-27301

(22) 出願日 平成10年2月9日 (1998.2.9)

(65) 公開番号 特開平11-233402

(43) 公開日 平成11年8月27日 (1999.8.27)

審査請求日 平成17年2月8日 (2005.2.8)

(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 100084412

弁理士 永井 冬紀

(72) 発明者 松本 由佳子

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 佐竹 政彦

(56) 参考文献 特開平01-265513 (JP, A)

特開平09-298148 (JP, A)

特開平10-116766 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学素子光洗浄方法および投影露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定のパターンが形成された原版を露光光で照明し、照明された前記パターンの像を感光性基板に投影する光学素子を備えた投影露光装置の光学素子光洗浄方法において、

前記露光光の進行方向と反対の方向から入射する洗浄光で前記光学素子を光洗浄することを特徴とする光学素子光洗浄方法。

【請求項2】

請求項1の光洗浄方法において、前記洗浄光は前記露光光を分岐して生成した光であることを特徴とする光学素子光洗浄方法。

【請求項3】

請求項1の光洗浄方法において、前記洗浄光は露光用光源とは別に設けられた洗浄用光源で生成するようにしたことを特徴とする光学素子光洗浄方法。

【請求項4】

請求項1～3のいずれかに記載の光洗浄方法において、前記光学素子の汚染状態を検出し、その汚染状態に応じて前記洗浄光で前記光学素子の表面を走査することを特徴とする光学素子光洗浄方法。

【請求項5】

所定のパターンが形成された原版を露光光で照明し、照明された前記パターンの像を感光性基板に投影する光学素子を備えた投影露光装置において、

前記露光光の進行方向と反対の方向から洗浄光を前記光学素子に射出する光洗浄光学系

を備えることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 6】

請求項 5 の露光装置において、前記露光用光源から射出されている照明光を前記光洗浄光学系へ前記洗浄光として導くための分岐光学素子を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項 7】

請求項 5 の露光装置において、前記洗浄光を生成するための前記露光用光源とは別の光洗浄用光源を備え、その光洗浄用光源からの光を前記光洗浄光学系に導くようにしたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項 8】

請求項 5 ～ 7 のいずれかに記載の投影露光装置において、前記光学素子の汚染状態を検出する汚染状態検出手段を備え、検出された汚染状態に応じて前記洗浄光学系を制御して前記洗浄光で前記光学素子の表面を走査することを特徴とする投影露光装置。

【請求項 9】

所定のパターンが形成された原版を露光光で照明し、照明された前記パターンの像を感光性基板に投影する投影光学系と、前記投影光学系を通過した前記露光光の照度を検出するセンサを備えるステージとを備えた露光装置に用いられる光洗浄方法において、

前記ステージから射出された洗浄光を前記投影光学系側に向けて照射することを特徴とする光洗浄方法。

【請求項 10】

請求項 9 の光洗浄方法において、前記洗浄光は露光用光源とは別に設けられた洗浄用光源で生成するようにしたことを特徴とする光洗浄方法。

【請求項 11】

請求項 9 または 10 に記載の光洗浄方法において、前記洗浄光は、前記ステージに設けられた開口パターンを介して射出されることを特徴とする光洗浄方法。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の光洗浄方法において、前記投影光学系に前記洗浄光を照射する時、前記ステージの前記開口パターンを前記投影光学系の照射領域内に配置することを特徴とする光洗浄方法。

【請求項 13】

所定のパターンが形成された原版を露光光で照明し、照明された前記パターンの像を感光性基板に投影する投影光学系と、前記投影光学系を通過した前記露光光の照度を検出するセンサを備えるステージとを備えた投影露光装置において、

前記ステージに設けられ、前記投影光学系側に洗浄光を射出する光洗浄光学系を備えることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 14】

請求項 13 の露光装置において、前記洗浄光を生成するための前記露光用光源とは別の光洗浄用光源を備え、その光洗浄用光源からの光を前記光洗浄光学系に導くようにしたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項 15】

請求項 13 または 14 の露光装置において、前記ステージは、前記光洗浄光学系を介した前記洗浄光を射出する開口パターンを有することを特徴とする投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば、LSI等の半導体素子、CCD等の撮像素子、液晶表示素子、あるいは薄膜磁気ヘッド等の半導体素子を製造するための光リソグラフィ工程でマスクもしくはレチクル（以下、レチクルとする）等の原版のパターンをウエハ等の感光性基板に露光するための光学素子光洗浄方法および投影露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体素子の高集積化に伴い、その半導体素子を製造するために重要な光リソグラフィ工程にて使用される投影露光装置も急速な進歩を遂げてきている。投影露光装置に搭載されている投影光学系の解像力は、 $Rayleigh$ の式で良く知られているように、 $R = k \times \lambda / NA$ の関係で表される。ここで、 R は投影光学系の解像力、 λ は露光用の光の波長、 NA は投影光学系の開口数、 k はレジストの解像力の他にプロセスによって決定される定数である。

【0003】

半導体素子の高集積化に対応して投影光学系での必要な解像力を実現するために、上式から分かるように、露光用の光源の短波長化や投影光学系の開口数を大きくする、いわゆる

10

【0004】

特に、最近では、弗化クリプトンエキシマレーザに続く光源として、 193 nm の出力波長を持つ弗化アルゴンエキシマレーザ(ArF エキシマレーザ)が注目されてきている。この弗化アルゴンエキシマレーザを露光用光源とする露光装置が実現できれば、 $0.18\text{ }\mu\text{ m} \sim 0.13\text{ }\mu\text{ m}$ まで及ぶ微細加工が可能となることが期待されており、精力的な研究開発が盛んに行われている。

20

【0005】

この弗化アルゴンエキシマレーザの出力波長(193 nm)の波長域では、透過率、加工性などの観点からレンズとして使用可能な材料は、現段階では合成石英ガラス、弗化カルシウム(蛍石)の2つに限定されているので、この種の露光装置用の光学材料として、十分な透過率と、内部均一性を有する材料の開発が引き続き精力的に行われている。合成石英ガラスでは内部透過率が $0.995/\text{cm}$ 以上、弗化カルシウムでは内部吸収が無視できるレベルにまで到達している。

【0006】

光学材料の表面にコートされる反射防止膜用の材料も弗化クリプトンエキシマレーザの出力波長(248 nm)の波長域のものと比べて選択範囲が非常に狭く、設計上の自由度に大きな制約を受ける。しかしながら、精力的な開発努力によりその問題も克服されつつあり、各レンズ面での損失が 0.005 以下というレベルまで実現されてきている。

30

【0007】**【発明が解決しようとする課題】**

このような KrF エキシマレーザ光の波長よりも短い波長域においては、投影露光装置中の光学系(照明光学系、投影光学系)を構成する光学素子の表面に水分や有機物が付着して光学系の透過率が低下するという問題がある。これは、複数の光学素子に挟まれた空間内の気体、または光学系を支える鏡筒の内壁や接着剤等から発生する水分やハイドロカーボン、有機物が光学系の表面に付着することに起因する。

【0008】

図5は光学系の透過率の時間変化特性を示すもので、レーザ光源からパルスレーザ光を連続して出射させながら、レーザ光源とレチクルとの間の露光光の照度とウエハ上の露光光の照度を所定期間間隔で計測し、その両照度の比である光学系透過率を計測時刻ごとに算出して表したものである。図5から分かるように、レーザ光の照射開始直後から徐々に透過率が上昇してある程度時間が経過するとほぼ飽和状態となる。このような透過率変動は、硝材の内部特性の変動や光学系表面に付着した水分や有機物がレーザの照射により光学系表面から取除かれるために起きる。

40

【0009】

このため、投影露光装置における露光動作中、即ち照明光学系からの露光光でレチクルを照明するとともに、投影光学系によってそのレチクル上のデバイスパターンの少なくとも

50

一部の像を感光性基板上に投影し、ステップアンドリピート方式、又はステップアンドスキャン方式でそのパターン像を順次感光性基板上に転写していくと、照明光学系や投影光学系の透過率が徐々に上昇する。ただし、この透過率の上昇は一時的な洗浄効果であり、露光光の照射により光学素子の表面が活性化された光学系は、その照射を停止すると、却って周囲の水分や有機物を付着し易くする。そこで、露光光の照射（露光動作）を長時間ないし長期に停止する場合は必要に応じて、露光開始前に露光用レーザ光を所定時間照射して光洗浄を行なうことにより透過率をほぼ飽和状態にし、しかる後に露光動作を開始することが考えられるが、所定の透過率まで洗浄するのに時間がかかる。また、露光光と同じ方向から洗浄光を入射すると、洗浄光の入射面に比べて出射面の光洗浄が不十分である。

10

【 0 0 1 0 】

本発明の目的は、光学素子の感光基板側の面を十分に光洗浄するようにした光学素子光洗浄方法および投影露光装置を提供することである。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

実施の形態を示す図 1 ～ 図 4 に対応づけて説明する。

（ 1 ）請求項 1 の発明は、所定のパターンが形成された原版 R を露光光で照明し、照明されたパターンの像を感光性基板 W に投影する光学素子を備えた投影露光装置の光学素子光洗浄方法に適用される。そして、上述した目的は、露光光の進行方向と反対の方向から洗浄光を入射して光学素子を光洗浄することにより達成される。

20

（ 2 ）請求項 2 の発明は、請求項 1 の光洗浄方法において、露光用光源 1 からの露光光を分岐して洗浄光として使用するものである。

（ 3 ）請求項 3 の発明は、請求項 1 の光洗浄方法において、洗浄光を露光用光源 1 とは別に設けられた洗浄用光源 5 1 で生成するようにしたものである。

（ 4 ）請求項 4 の発明は、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の光洗浄方法において、光学素子の汚染状態を検出し、その汚染状態に応じて洗浄光で光学素子の表面を走査するようにしたものである。

（ 5 ）請求項 5 の発明は、所定のパターンが形成された原版 R を露光光で照明し、照明されたパターンの像を感光性基板 W に投影する光学素子を備えた投影露光装置に適用される。そして、露光光の進行方向と反対の方向から洗浄光を光学素子に射出する光洗浄光学系 2 1 を備えることにより、上述の目的は達成される。

30

（ 6 ）請求項 6 の発明は、請求項 5 の露光装置において、露光用光源 1 から射出されている照明光を光洗浄光学系 2 1 へ洗浄光として導くための分岐光学素子 5 を有するものである。

（ 7 ）請求項 7 の発明は、請求項 5 の露光装置において、洗浄光を生成するための露光用光源 1 とは別の光洗浄用光源 5 1 を備え、その光洗浄用光源 5 1 からの光を光洗浄用光学系 2 1 に導くようにしたものである。

（ 8 ）請求項 8 の発明は、請求項 5 ～ 7 のいずれかに記載の投影露光装置において、光学素子の汚染状態を検出する汚染状態検出手段を備え、検出された汚染状態に応じて洗浄光学系 2 1 を制御して洗浄光で光学素子の表面を走査するものである。

40

（ 9 ）請求項 9 の発明による光洗浄方法は、所定のパターンが形成された原版 R を露光光で照明し、照明されたパターンの像を感光性基板 W に投影する投影光学系 P L と、投影光学系 P L を通過した露光光の照度を検出するセンサ 2 4 を備えるステージ W S とを備えた露光装置に用いられる光洗浄方法において、ステージ W S から射出された洗浄光を投影光学系 P L 側に向けて照射することを特徴とする。

（ 1 0 ）請求項 1 0 の発明は、請求項 9 の光洗浄方法において、洗浄光は露光用光源 1 とは別に設けられた洗浄用光源 5 1 で生成するようにしたことを特徴とする。

（ 1 1 ）請求項 1 1 の発明は、請求項 9 または 1 0 に記載の光洗浄方法において、洗浄光は、ステージ W S に設けられた開口パターン 2 2 a を介して射出されることを特徴とする。

50

(12) 請求項12の発明は、請求項11に記載の光洗浄方法において、投影光学系PLに洗浄光を照射する時、ステージWSの開口パターン22aを投影光学系PLの照射領域内に配置することを特徴とする。

(13) 請求項13の発明による投影露光装置は、所定のパターンが形成された原版Rを露光光で照明し、照明されたパターンの像を感光性基板Wに投影する投影光学系PLと、投影光学系PLを通過した露光光の照度を検出するセンサ24を備えるステージWSとを備えた投影露光装置において、ステージWSに設けられ、投影光学系PL側に洗浄光を射出する光洗浄光学系21を備えることを特徴とする。

(14) 請求項14の発明は、請求項13の露光装置において、洗浄光を生成するための露光用光源1とは別の光洗浄用光源51を備え、その光洗浄用光源51からの光を光洗浄用光学系に導くようにしたことを特徴とする。

(15) 請求項15の発明は、請求項13または14の露光装置において、ステージWSは、光洗浄用光学系を介した洗浄光を射出する開口パターン22aを有することを特徴とする。

【0012】

以上の課題を解決するための手段の欄では実施の形態の図を参照して本発明を説明したが、これにより本発明が実施の形態に限定されるものではない。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明による実施の形態について説明する。図1は本発明による投影露光装置の概略的構成を示している。図1に示すように、例えば193nmの出力波長を持つパルス光を発振するArFエキシマレーザ光源1からほぼ平行光束としての射出されたレーザ光は、所定断面形状のレーザ光に整形するビーム整形光学系やビームエキスパンダなどからなるビームマッチングユニット2を通過して可変減光器3に入射する。可変減光器3は、露光量制御ユニット4からの指令に応じてパルスレーザ光の減光率を段階的にもしくは無段階に調節する。減光器3の射出光はビームスプリッタ5に入射し、その透過光は照明光学ユニット6に入射する。なお、照明光学系はチャンバ28に収容され、レーザ光源1はチャンバ28の外に設置されるから、チャンバ28にはレーザ光源1からのレーザ光を通過させる透過窓（不図示）が設けられている。

【0014】

また図1において、照明光学ユニット6には第1フライアイレンズ7が、照明光学ユニット8には第2フライアイレンズが設けられている。第1フライアイレンズ7の射出面近傍には2次光源としての面光源が形成される。第1フライアイレンズ7からの照明光は照明光学ユニット8に入射し、第2フライアイレンズ9の射出面近傍に3次光源としての面光源が形成される。

【0015】

第2フライアイレンズ9によって形成される面光源の位置にはタレット板10が配設されている。石英等の透明基板からなるタレット板10には、値を変更する開口絞りや変形照明用開口絞りが設けられ、投影光学系PLの解像力や焦点深度を向上させるためにいずれか一つが照明光路中の3次光源位置に挿入される。そのため、タレット板10はモータ10Aで回転駆動され、レチクルRのパターンの種類に応じて1つの開口絞りが選択されて照明光学系の光路中に挿入される。モータ10Aは主制御ユニット11からの指令で制御される。

【0016】

第2フライアイレンズ9による3次光源からの光束は、可変開口絞りを通過してビームスプリッタ12で2つの光路に分岐され、反射光はインテグレートセンサ（光電検出器）13に導かれて照明光の照度が検出される。検出された照度に応じた信号は露光量制御ユニット4に入力される。ビームスプリッタ12はその透過率は高いが、反射率は低く設定されている。一方、透過光は第3照明光学ユニット14により集光されて重疊的に照明視野絞りユニット（レチクルブラインド系）15を照明する。この照明視野絞りユニット15

10

20

30

40

50

は第 1 照明光学ユニット 6 中の第 1 フライアイレンズ 7 の入射面および第 2 照明光学ユニット 8 中の第 2 フライアイレンズ 9 の入射面と共役な位置に配置されている。ここで、照明視野絞りユニット 15 上での照明領域は、第 2 フライアイレンズ 9 の各レンズエレメントの断面形状とほぼ相似形状となる。照明視野絞りユニット 15 の視野絞りの大きさは、主制御ユニット 11 からの指令により図示しない駆動機構により露光対象のショット領域に対応した開口に設定され、ウエハ W 上で本来のショット領域以外の領域に照明光が照射されるのを防止する。

【 0 0 1 7 】

照明視野絞りユニット 15 を通過した照明光は第 4 照明光学ユニット 16 を通って反射ミラー 17 で反射された後、複数のレンズ等の屈折性光学素子で構成されるコンデンサ光学系である第 5 照明光学ユニット 18 で集光される。これにより、レチクル R 上に形成された回路パターンがほぼ均一な照度分布で照明される。ここで、照明視野絞りユニット 15 中のレチクルブラインドとレチクル R のパターン面とは、第 4 および第 5 照明光学ユニット 16, 18 に関してほぼ共役に配置されており、ブラインド開口によりレチクル R 上の照明領域が規定される。

【 0 0 1 8 】

そして投影光学系 P L によってウエハ W 上にレチクル R 上の回路パターンの像が形成され、ウエハ W 上に塗布されたレジストが感光して、ウエハ W 上に回路パターン像が転写される。

【 0 0 1 9 】

レチクル R はレチクルホルダを介してレチクルステージ R S に保持固定される。レチクルステージ R S は、図 1 の紙面と直交する面内に沿って 2 次元的に移動するように図示しないベースに設けられている。レチクルステージ R S にはミラーが設置され、レーザ干渉計からのレーザ光がミラーで反射されてレーザ干渉計に入射し、レーザ干渉計によりレチクルステージ R S の位置が計測される。この干渉計とミラーの図示は省略した。この位置情報は主制御ユニット 11 に入力され、この位置情報に基づいて主制御ユニット 11 はレチクルステージ駆動用モータを駆動してレチクル R の位置を制御している。また、レチクルステージ R S にはレチクル照度センサ 31 が設けられ、レチクル R に照射される照明光の照度が計測されて主制御ユニット 11 に入力される。

【 0 0 2 0 】

ウエハ W はウエハホルダを介してウエハステージ W S に保持固定される。ウエハステージ W S は、図 1 の紙面と直交する面内に沿って 2 次元的に移動するように設けられている。ウエハステージ W S にはミラー（図示を省略）が設置され、レーザ干渉計 19 からのレーザ光がミラーで反射されてレーザ干渉計 19 に入射し、レーザ干渉計 19 によりウエハステージ W S の位置が計測される。この位置情報は主制御ユニット 11 に入力され、この位置情報に基づいて主制御ユニット 11 はウエハステージ駆動系 20 を駆動してウエハ W の位置を制御している。ウエハステージ W S 上にはウエハ照度センサ 32 が設けられ、ウエハ W に照射される露光光の照度が検出される。このウエハ照度センサ 32 の検出信号は主制御ユニット 11 に入力される。レチクル照度センサ 31 の出力値をウエハ照度センサ 32 の出力値で除した値が投影光学系 P L の透過率となる。

【 0 0 2 1 】

次に、自動合焦系について図 2 も参照して説明する。自動合焦系は、ウエハステージ W S 上に設けられ、所定の開口パターン 22 a が形成されたフュデューシャルマーク 22 と、このフュデューシャルマーク 22 の開口パターン 22 a に露光光路から分岐された洗浄光を導く逆発光系 21 と、開口パターン 22 a を通過した洗浄光によりレチクルパターン面で形成されたパターン投影像の反射光を受光する光量検出器 24 と、投影光学系 P L の下方に固定されてウエハ W 面の光軸方向の位置を検出する斜入射フォーカスセンサ 26, 27 とを備える。光量検出器 24 と斜入射フォーカスセンサ 27 の検出信号は主制御系 4 に入力される。

【 0 0 2 2 】

逆発光系 2 1 は、露光光路から分岐された洗浄光を通過遮断するシャッタ 3 3 と、光ファイバケーブル 2 3 と、ハーフミラ - 2 5 と、その他の光学系とを備え、ビームスプリッタ 5 から分岐された露光光は光ファイバケーブル 2 3 からハーフミラ - 2 5 を介してフデューシャルマーク 2 2 の開口パターン 2 2 a に導かれる。なお、A r F 光などの短波長光は光ファイバケーブルでの減衰が大きいので、光ファイバケーブル 2 3 に代えてミラーを組合せた光学系を用い、さらに光路を窒素ガスで置換するのが好ましい。

【 0 0 2 3 】

このような自動合焦系は次のようにして、ウエハステージの傾斜角度を調節するとともに、1 ショットごとにウエハ表面にレチクルパターンを合焦させるようにする。ウエハを露光する前にシャッタ 3 3 を開いておく。これにより、露光用光源 1 からパルス光を射出させると、洗浄光がフデューシャルマーク 2 2 に導かれ、開口パターン 2 2 a を通過する逆発光像は投影光学系 P L を通ってレチクル R に達し、レチクルパターン面に投影像が結像される。この投影像がレチクルパターン面で反射する光束は投影光学系 P L を逆に進行してレチクルパターン面の投影光学系 P L に関して共役な面に結像する。開口パターン 2 2 a の面が投影光学系 P L に関してレチクルパターン面と共役な位置関係にあれば、レチクルパターン面での第 1 の投影像はピントがあった境界が明瞭なものとなる。またこの場合、第 1 の投影像の反射光による第 2 の投影像は、開口パターン 2 2 a の面上で結像してピントがあって境界が明瞭となる。第 2 の投影像は第 1 の投影像と同一形状、同一寸法、同一姿勢であるから、第 2 の投影像の光束の全てが開口パターン 2 2 a を通って光量検出器 2 4 に達し、受光量は最大となる。一方、開口パターン 2 2 a の面がレチクルパターン面の共役位置からずれている場合には、開口パターン 2 2 a の面上での第 2 の投影像はピントがずれて境界がボケたものとなる。その結果、第 2 の投影像は開口パターン 2 2 a からはみ出し、光量検出器 2 4 の受光量は低下する。

【 0 0 2 4 】

このような原理を用いて、ウエハステージ W S の複数の位置における Z 軸方向の高さ位置の情報を検出する。すなわち、開口パターン 2 2 a をレチクルパターン面上の複数の位置に順番に位置決めし、各位置において光量検出器 2 4 の出力が最大となるようにする。こうして得られた高さ情報に基づいてウエハステージ W S の傾斜角度が図示しない傾斜角度調節機構によって調整される。傾斜が調整された後、開口パターン 2 2 a を投影光学系 P L の光軸に移動させ、再度、開口パターン 2 2 a の面が合焦位置となるようにウエハステージ W S の Z 軸高さ方向を調節する。そして、この状態で開口パターン 2 2 a の面を斜入射フォーカスセンサ 2 6 , 2 7 で検出し、この検出値、すなわち、フデューシャルマーク 2 2 の面上でのビームスポット高さが原点として記憶される。その後ウエハステージ W S の任意の位置に投影光学系 P L の視野を走査した際には、斜入射フォーカスセンサ 2 6 , 2 7 における反射ビームスポットの高さにより試料の露光面高さが計測され、露光面高さが原点高さとなるように主制御ユニット 1 1 はウエハステージ W S を Z 軸方向に調節しながら露光が行なわれる。

【 0 0 2 5 】

自動合焦系のフデューシャルマーク 2 2 から射出される逆発光はアライメント系としても使用される。図 3 はレチクル R とウエハステージ W S の位置決めのアライメント系を説明する図である。レチクル R には黒パターンであるレチクルマーク R M が形成されている。このレチクルマーク R M は開口パターン 2 2 a の像をレチクルパターン面に投影した投影像と同一形状、同一寸法のパターンである。フデューシャルマーク 2 2 の開口パターン 2 2 a を透過した逆発光光は投影光学系 P L を通ってレチクル R のパターン面に照射される。ウエハステージ W S を移動させて開口パターン 2 2 a からの逆発光光の投影像を走査する。投影像がレチクルマーク R M とちょうど重なり合うと、光量検出器 3 4 の受光量は最小となり光量信号も最小となる。このような手法によりレチクル R とウエハステージ W S を位置合せできる。

【 0 0 2 6 】

また、光量検出器 3 4 に代えて C C D のような撮像素子で開口パターン 2 2 a の投影像と

10

20

30

40

50

レチクルマーク R M の位置関係を撮像し、この画像を画像処理してアライメントするようにしてもよい。

【 0 0 2 7 】

以上に構成される実施の形態の投影露光装置では、酸素による露光光の吸収を防ぐため、照明光学系を酸素の含有率を極めて小さく抑えた窒素ガスなどの不活性ガス雰囲気中に配設する。そのため、照明光学系のチャンバ 2 8 に不活性ガスを配管 2 9 a を介して供給する不活性ガス供給装置と、チャンバ 2 8 から汚染された不活性ガスを配管 2 9 b を介して排出する不活性ガス排出装置とが設けられる。また、投影光学系 P L を構成する複数の光学部材間に形成される複数の空間にも窒素ガスなどの不活性ガスを供給し、汚染された不活性ガスを複数の空間から排出する。そのため、ガス供給装置は配管 3 0 a を介して投影光学系 P L の内部へ乾燥した窒素などの不活性ガスを供給し、排出装置は投影光学系 P L の内部の気体を配管 3 0 b を介して外部へ排出する。なお、不活性ガスとしては窒素に限ることなく、ヘリウム、アルゴン等の気体を用いることも可能である。

10

【 0 0 2 8 】

チャンバ 2 8 や投影光学系 P L の鏡筒の気密性が高い場合には、いったん大気と窒素を完全に置換した後は、その置換を頻繁に行なう必要はない。しかしながら、光路内に介在する硝材、コート材、接着剤、塗料、金属、セラミックなどの各種の物質から発生する水分子やハイドロカーボンなどが光学素子の表面に付着して透過率変動が起こるので、常時窒素ガスをチャンバ内や投影光学系の鏡筒内に流しつつ、ケミカルフィルタや静電フィルタによってチャンバ内や投影光学系の鏡筒内の不純物を除去するのが好ましい。

20

【 0 0 2 9 】

次に本例における動作について説明する。まず、図 1 に示すように、乾燥した窒素等の不活性ガスをガス供給装置から配管 2 9 a , 3 0 a を介してチャンバ 2 8 と投影光学系 P L の鏡筒内部に供給し、完全に充填された後、排出装置によりチャンバ 2 8 と投影光学系 P L の鏡筒内部の気体を配管 2 9 a , 3 0 b を介して外部へ排出する。

【 0 0 3 0 】

なお、上述したように、露光中もガス供給装置と排出装置を常時作動させ、チャンバ 2 8 や投影光学系 P L の鏡筒内の光学素子間の雰囲気常を常に乾燥清浄された状態に保持するのが好ましいが、露光動作に先立ってチャンバ 2 8 や投影光学系 P L の鏡筒のレンズ室などの光学素子間に形成される空間の気体を清浄化した後は、供給装置と排出装置を停止させてもよい。

30

【 0 0 3 1 】

次いで、不図示のレチクルローディング機構により、転写対象となるパターンが描画されたレチクル R をレチクルステージ R S の上に搬送して載置する。このとき、そのレチクル R が所定の位置に設置されるように、不図示のレチクルアライメント系によりそのレチクル R の位置を計測し、その結果にしたがって、不図示のレチクル位置制御回路によってレチクル R の位置を所定の位置に設定する。

【 0 0 3 2 】

レチクル R のパターンが転写されるウエハ W の表面には感光材料であるレジストがあらかじめ塗布されており、その状態で不図示のウエハローディング機構によりウエハ W が搬送されてウエハステージ W S 上に設置される。ウエハ W はウエハステージ W S 上でアライメントされて保持固定される。

40

【 0 0 3 3 】

露光作業を開始する前に、ウエハステージ W S 上に設けた照度センサ 3 2 を投影光学系 P L の光軸上に移動して、インテグレータセンサ 1 3 の計測値 L 1 と照度センサ 3 2 の計測値 L W をサンプリングする。一方、レジスト材の感度特性などに応じてウエハ上での目標照度 T L が設定される。インテグレータセンサ 1 3 は第 1 および第 2 フライアイレンズ 7 , 9 で均一化された露光光の照度に応じた検出信号 L I を出力する。照度センサ 3 2 はウエハステージ W S 上の露光光の照度に応じた検出信号 L W を出力する。インテグレータセンサ 1 3 の検出信号 L I と照度センサ W S の検出信号 L W との比 (センサ 3 2 の出力 L W

50

／センサ１３の出力 $L I$ ）を算出し、この比 $L W / L I$ に所定の係数 $K 1$ を乗じてゲインを演算する。そして露光作業中は、インテグレータセンサ１３の出力信号にゲインが乗じられて推定実照度 $L P R$ が出力される。すなわち、推定実照度 $L P R$ は、露光開始時においてインテグレータセンサ１３の計測値が１００でウエハ上の照度が５０であるとした場合、 $50 / 100$ の比率に所定の係数 $K 1$ を乗じて求めたゲインと、露光中のインテグレータセンサ１３の出力信号とを乗じてウエハ上の照度を推定したものである。そして、推定実照度 $L P R$ が照度目標値 $T L$ になるように、主制御ユニット１１からの指令にしたがって露光量制御ユニット４が光源１への印加電圧（充電電圧）を変更することで、レーザ光源１の出力が調節される。また、露光量制御ユニット４が減光器３の透過率（減光率）を調整してもよいし、あるいは光源１と減光器３の両方を制御してもよい。これにより、光源の劣化に伴う照度の低減が防止される。

10

【００３４】

ウエハステージ $W S$ 上に設置されたウエハ W は第１回目のパターンの転写では、そのウエハ W 上にパターンは存在せず、ウエハステージ $W S$ 上の所定の位置に、例えばウエハ W の外径基準で定められる位置に設置される。その後、ウエハ W 上にパターンが転写される。この転写は、レチクル R 上のパターンの一部を可変視野絞り（レチクルブラインド）１５によって選択的に照明し、レチクルステージ $R S$ によってレチクル R をその可変視野絞り１５によって規定される照明領域に対して相対移動し、それに同期しながらウエハ W をウエハステージ $W S$ によって投影光学系 $P L$ に関してその照明領域と共役な投影領域に対して相対移動する、いわゆる走査型の転写（ステップアンドスキャン方式）である。あるいは、転写したいレチクル R 上のパターン領域の全面を１度に全て照明して転写するステップアンドリピート方式でもよい。

20

【００３５】

ウエハ W に対する第２回目以降のパターンの転写の場合には、少なくともウエハ W 上にはパターンが存在するから、そのあらかじめ転写されたパターンに付設されるマークを不図示のウエハアライメント系により計測することによりウエハ W 上のそのパターンの位置を計測し、その結果にしたがって、ウエハ W 上に先に転写されたパターンに対して、これから転写するパターンが所定の位置関係になるように、レチクルステージ $R S$ やウエハステージ $W S$ の位置を制御する。

【００３６】

このようなパターン露光中、露光光により投影光学系 $P L$ は光洗浄されるが、露光開始前は汚染物質が光学系の表面に付着していて透過率が低い値にあり、また、露光光の照射を停止すると雰囲気中に浮遊している汚染物質が光学系の表面に再付着して透過率が低下する。そのため、露光開始前にいわゆるパルスの空打ちにより光洗浄を行ない、光学系表面から汚染物質を除去して透過率を所定値以上に高めてから露光を開始する。また、この実施の形態では露光開始前に自動合焦系によりウエハステージ $W S$ の傾斜角度を調整するが、このとき、逆発光系２１から照射されるパルス光により投影光学系 $P L$ は光洗浄される。この場合、パルス光は露光光とは逆方向にウエハステージ $W S$ 側から進行するので、露光光により光洗浄される面とは逆の面にパルス光が照射される。したがって、レチクル側からの露光光では除去しきれない投影光学系 $P L$ のウエハ側の面に付着する汚染物質を除去することができる。

30

40

【００３７】

ここで、露光前のパルス空打ちと並行して逆発光系２１からも洗浄光を照射しながらウエハステージ $W S$ を走査すれば、投影光学系 $P L$ のウエハステージ側の面に照射される逆発光系２１からの光でも光洗浄されるので、光洗浄時間が短縮できる。また、逆発光系２１からの洗浄光を使用するので開口絞りの大きさや形状に影響を受けることなく、所定の光洗浄を行なうことができる。

【００３８】

露光中や露光停止中に投影光学系 $P L$ の透過率を演算し、その透過率が所定値以下に低下したときに光洗浄を行なうようにしてもよい。演算結果の透過率が所定値以下の場合には

50

、シャッタ33を開き、ウエハステージWSを移動してフュデューシャルマーク22を投影光学系PLの照射領域内で走査しながら、レーザ光源1からレーザ光を照射する。したがって、投影光学系PLが露光光と逆発光系からの光の双方で光洗浄され、露光光だけで光洗浄する場合に比べて光洗浄効率がよい。

【0039】

投影光学系PLの汚染ムラを測定し、汚染が進んでいる領域を逆発光で狙い打ちして光洗浄することができる。すなわち、ウエハステージWS上の照度センサ32を投影光学系PLの照明領域内で走査することにより、主制御ユニット11において、投影光学系PLの汚染状態を検出する。そして、汚染状態が悪い領域に逆発光系21からの照射光が照射されるようにウエハステージWSを移動させることにより、特定の箇所のみ光洗浄を行なっ

10

【0040】

逆発光系21からの光で投影光学系PLを洗浄する場合、レチクルステージRS上にミラーを設置し、逆発光系21から照射される光をそのミラーで全反射させることにより光洗浄効率を高めることができる。

【0041】

以上では、露光用レーザ光源1の射出光を洗浄用光学系に分岐して洗浄光を生成したが、露光光量が不足する場合には、洗浄用光源を用いるのが好ましい。図4はその場合の投影露光装置の一実施の形態を示す。図4に示すように、洗浄用光源51からの出射光はシャッタ33を介して光ファイバケーブル23に入射される。洗浄用光源51は露光用レーザ光源1と同一のものでよいが、光洗浄効果が期待できればその他の光源でもよく、たとえば、低圧水銀灯を使用できる。

20

【0042】

さらに以上では自動合焦系やアライメント系に使用する逆発光光を用いるようにしたが、この逆発光系とは別にウエハステージWS側から洗浄光を照射する光洗浄専用の光学系を用いてもよい。この場合、照明領域を大きくすることができ、開口パターン22aの走査時間よりも短い時間で洗浄できる。また、図1あるいは図2に示した逆発光系のNAは小さく、洗浄領域も極めて限られ、洗浄できない領域が残ってしまう。そこで、NAを大きくしたり、凹レンズなどにより光束を広げるレンズを用いてもよい。あるいは、微細な回折格子を介して洗浄光を投影光学系PLに入射させて、洗浄領域を広げてよい。

30

【0043】

以上の実施の形態と請求項との対応において、レチクルRが原版を、逆発光系21が洗浄用光学系を、主制御ユニット11が汚染状態検出手段をそれぞれ構成する。

以上のように本実施の形態によれば、

(1) 露光光の進行方向と反対の方向から入射する洗浄光で光学素子を光洗浄するようにしたので、露光光では洗浄し切れない感光基板側の汚れを洗浄することができる。

(2) 洗浄光を露光光を分岐して生成すれば、専用の光源が不要となる、低コスト化を図ることができる。

(3) 洗浄光を露光用光源とは別に設けた洗浄用光源で生成することにより、露光光の光量を落とすことなく大きな光量で洗浄することができる。

40

(4) 露光光の進行方向と反対の方向から入射する洗浄光で光学素子を光洗浄するのと並行して、露光光の進行方向から入射する露光光で光学素子を光洗浄することにより、短時間で所定の透過率まで洗浄することができ、スループットが向上する。

(5) 光学素子の汚染状態を検出し、その汚染状態に応じて洗浄光を走査すれば、局所的な汚染状態を除去することができる。

【0044】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、露光光の進行方向と反対の方向から入射する洗浄光で光学素子を光洗浄するようにしたので、露光光では洗浄し切れない感光基板側の汚れを洗浄することができる。

50

また、ステージから射出された洗浄光を投影光学系側に向けて照射しているので、露光光では洗浄し切れない感光基板側の汚れを洗浄することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による投影露光装置の一実施の形態の概略的構成を示す図

【図 2】図 1 の自動合焦系の詳細図

【図 3】図 2 の自動合焦系の逆発光光を用いるアライメント系を説明する図

【図 4】洗浄用に専用の光源を用いた実施の形態を示す図

【図 5】透過率変動を説明する図

【符号の説明】

1 ArFエキシマレーザ光源

4 露光量制御ユニット

11 主制御ユニット

13 インテグレートセンサ

21 逆発光系

24 光量検出器

31 レチクル照度センサ

32 ウエハ照度センサ

33 シャッタ

51 洗浄用光源

R レチクル

RS レチクルステージ

PL 投影光学系

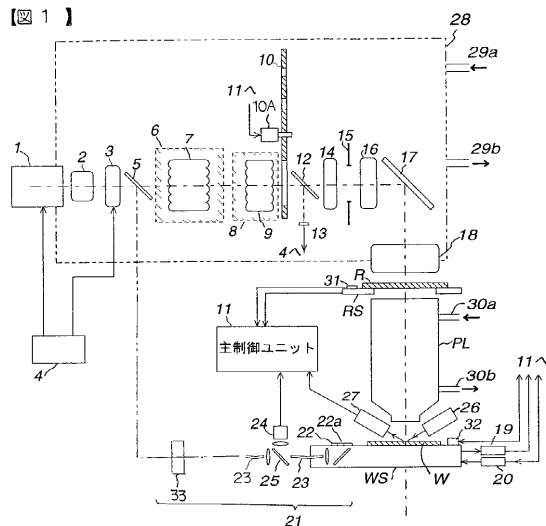
W ウエハ

WS ウエハステージ

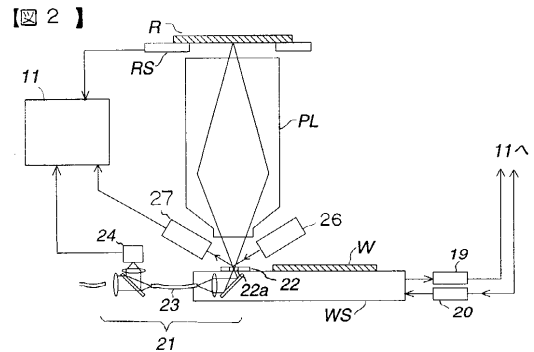
10

20

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/027