

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4466300号
(P4466300)

(45) 発行日 平成22年5月26日 (2010. 5. 26)

(24) 登録日 平成22年3月5日 (2010. 3. 5)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006. 01)

G O 3 F 7/20 (2006. 01)

H O 1 L 21/30 5 1 6 C

H O 1 L 21/30 5 1 4 E

H O 1 L 21/30 5 1 5 D

G O 3 F 7/20 5 2 1

請求項の数 58 (全 41 頁)

(21) 出願番号 特願2004-284218 (P2004-284218)
 (22) 出願日 平成16年9月29日 (2004. 9. 29)
 (65) 公開番号 特開2005-268744 (P2005-268744A)
 (43) 公開日 平成17年9月29日 (2005. 9. 29)
 審査請求日 平成19年9月27日 (2007. 9. 27)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-338420 (P2003-338420)
 (32) 優先日 平成15年9月29日 (2003. 9. 29)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2004-42931 (P2004-42931)
 (32) 優先日 平成16年2月19日 (2004. 2. 19)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100108578
 弁理士 高橋 詔男
 (74) 代理人 100101465
 弁理士 青山 正和
 (74) 代理人 100107836
 弁理士 西 和哉
 (72) 発明者 西永 壽
 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】 露光装置及び露光方法並びにデバイス製造方法、計測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

照明系からの露光光を、投影光学系と液体とを介して基板上に照射することによって前記基板を露光する露光装置において、

前記投影光学系の像面側に配置された光透過部を介して、前記投影光学系を通過した露光光を受光する受光器を有する計測手段を備え、

前記投影光学系と前記光透過部との間に液体がない状態で、前記計測手段の受光器で前記投影光学系を通過した露光光を受光することを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

前記計測手段の受光器で、前記光透過部及び前記投影光学系を通過した露光光を受光する際に、前記投影光学系の端面に入射する露光光の入射角は、該端面から投影光学系と前記光透過部との間の空間へ該露光光が出射するように調整されていることを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 3】

前記投影光学系に露光光を導く照明系を更に備え、前記露光光束の角度調整は、前記照明系内の、前記投影光学系の瞳面と共役な面内における前記露光光の光束分布を調整することによって行われることを特徴とする請求項 2 記載の露光装置。

【請求項 4】

前記露光光束の角度調整は、前記照明系のコヒーレンスファクタ を調整することによって行われることを特徴とする請求項 2 又は請求項 3 記載の露光装置。

10

20

【請求項 5】

前記投影光学系の開口数 NA は 1 以上であって、前記照明系のコヒーレンスファクタは $0.05 \sim 0.50$ であることを特徴とする請求項 4 記載の露光装置。

【請求項 6】

前記計測手段は、前記光透過部からの光を受光器に入射させるための光学部材を有し、
前記光学部材は、前記光透過部からの光が気体中を通過しないように前記光透過部の近傍に配置されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 の何れか一項に記載の露光装置。

【請求項 7】

前記計測手段は、板状部材を有し、
前記板状部材の一方面が前記投影光学系に対向するように配置され、他方面の一部に前記光透過部が形成されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 の何れか一項に記載の露光装置。

【請求項 8】

照明系からの露光光を、投影光学系を介して基板上に照射することによって前記基板を露光する露光装置において、

前記投影光学系の像面側に配置され、前記投影光学系と対向する平坦部と、該平坦部に形成され、前記投影光学系からの露光光が入射する光透過部とを有し、該光透過部からの光を受光器に入射させるための集光部材を有する計測手段を備え、

前記投影光学系からの露光光が気体中を通過せずに前記集光部材に入射するように、前記集光部材は、前記光透過部と前記受光器との間に配置されていることを特徴とする露光装置。

【請求項 9】

前記投影光学系を通過した露光光は、液体を介して、前記計測手段の光透過部に入射することを特徴とする請求項 8 記載の露光装置。

【請求項 10】

前記平坦部には、前記光透過部を除いた部分に遮光部が形成されている請求項 8 又は 9 記載の露光装置。

【請求項 11】

前記集光部材は、上部が平坦な凸部を有し、
前記光透過部は、前記凸部の平坦な上部を含む請求項 10 記載の露光装置。

【請求項 12】

前記凸部の高さは、前記遮光部の厚みとほぼ同じである請求項 11 記載の露光装置。

【請求項 13】

前記計測手段は、前記光透過部を有する板状部材を有し、前記集光部材は前記板状部材に密接していることを特徴とする請求項 8 ～ 12 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 14】

前記板状部材は、一方面が前記投影光学系に対向するように配置され、他方面の一部に前記光透過部が形成され、さらにその他方面に前記集光部材が密接していることを特徴とする請求項 13 記載の露光装置。

【請求項 15】

照明系からの露光光を、投影光学系を介して基板上に照射することによって前記基板を露光する露光装置において、

前記投影光学系の像面側に配置され、前記投影光学系からの露光光が入射する光透過部を有する板状部材と、該光透過部からの光を受光器に入射させるための集光部材とを有する計測手段を備え、

前記板状部材は、一方面が前記投影光学系に対向するように配置され、他方面の一部に前記光透過部が配置され、さらにその他方面に前記集光部材が密接している露光装置。

【請求項 16】

前記投影光学系を通過した露光光は、液体を介して、前記計測手段の光透過部に入射す

10

20

30

40

50

る請求項 15 記載の露光装置。

【請求項 17】

照明系からの露光光を、投影光学系と液体とを介して基板上に照射することによって前記基板を露光する露光装置において、

前記投影光学系の像面側に配置され、前記投影光学系からの露光光が液体を介して入射する光透過部と、該光透過部からの光を拡散させて受光器に入射させるための拡散部材を含む光学系とを有する計測手段を備え、

前記光透過部からの光が気体中を通過せずに前記光学系に入射するように、前記光学系は、前記光透過部と前記受光器との間に配置されていることを特徴とする露光装置。

【請求項 18】

前記拡散部材は、前記光透過部からの光を射出する面を有し、その面に前記光透過部からの光を拡散させる凹凸が形成されている請求項 17 記載の露光装置。

【請求項 19】

投影光学系と液体を介して露光光で基板を露光する露光装置であって、

前記投影光学系の像面側に配置されかつ前記投影光学系と前記液体を介して前記露光光が入射する光透過部と、受光器と、前記光透過部からの光を前記受光器に入射させる光学部材と、を有する計測装置を備え、

前記光学部材は、前記光透過部からの光を平行光とし、前記受光器は、その平行光を検出する露光装置。

【請求項 20】

前記光学部材は、前記光透過部が形成される平坦部を有する請求項 19 記載の露光装置。

【請求項 21】

前記平坦部には、前記光透過部を除いた部分に遮光部が形成されている請求項 20 記載の露光装置。

【請求項 22】

投影光学系と液体を介して露光光で基板を露光する露光装置であって、

前記投影光学系の像面側に配置されかつ前記投影光学系と前記液体を介して前記露光光が入射する光透過部と、受光器と、前記光透過部が形成される平坦部を有し、前記光透過部からの光を前記受光器に入射させる光学部材と、を有する計測装置を備え、

前記光学部材は、前記光透過部からの光の射出面に所定の光学加工が施され、前記受光器は、前記射出面で偏向される光を検出する露光装置。

【請求項 23】

投影光学系と液体を介して露光光で基板を露光する露光装置であって、

前記投影光学系の像面側に配置されかつ前記投影光学系と前記液体を介して前記露光光が入射する光透過部と、受光器と、前記光透過部からの光を前記受光器に入射させる光学部材と、を有する計測装置を備え、

前記光学部材は、前記光透過部が形成される平坦部を有する露光装置。

【請求項 24】

前記平坦部には、前記光透過部を除いた部分に遮光部が形成されている請求項 23 記載の露光装置。

【請求項 25】

前記投影光学系の開口数 NA は 1 以上である請求項 1 ~ 24 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 26】

前記受光器による検出結果に基づいて前記投影光学系の結像特性、あるいは前記露光光の照射量情報を計測する請求項 1 ~ 25 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 27】

前記投影光学系の像面側で移動可能なステージを更に備え、

前記光透過部は、前記ステージに配置される請求項 1 ~ 26 のいずれか一項記載の露光

10

20

30

40

50

装置。

【請求項 28】

前記光透過部はその表面が前記ステージ表面とほぼ面一となるように設けられる請求項 27 記載の露光装置。

【請求項 29】

前記ステージは、前記基板を保持可能である請求項 27 又は 28 記載の露光装置。

【請求項 30】

請求項 1 から請求項 29 の何れか一項に記載の露光装置を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 31】

投影光学系と液体とを介して露光光で基板を露光する露光方法であって、
前記投影光学系の光射出端の側に、前記露光光を計測する計測装置を設置する設置ステップと、
前記投影光学系の光射出端側の光路空間に前記液体を介在させずに前記計測装置で前記露光光を計測する計測ステップと、
前記計測結果に基づいて、前記光路空間に前記液体を介在させて前記基板を露光する露光ステップとを含み、
前記投影光学系の光射出端と前記光路空間との界面に入射する前記露光光の入射角が、前記計測ステップと前記露光ステップとで異なることを特徴とする露光方法。

【請求項 32】

投影光学系と液体とを介して露光光で基板を露光する露光方法であって、
前記投影光学系の像面側に光透過部が形成された板状部材を配置することと、
前記投影光学系と前記液体とを介して前記露光光を前記光透過部に照射することと、
前記光透過部からの光を、光学部材を介して受光器で検出することと、を含み、
前記板状部材は、一方面が前記投影光学系に対向するように配置され、他方面の一部に前記光透過部が配置され、さらにその他方面に前記集光部材が密接している露光方法。

【請求項 33】

投影光学系と液体とを介して露光光で基板を露光する露光方法であって、
前記投影光学系の像面側に光透過部を配置することと、
前記投影光学系と前記液体とを介して前記露光光を前記光透過部に照射することと、
前記光透過部からの光を、その光を拡散させる拡散部材を含む光学系を介して受光器で検出することと、を含む露光方法。

【請求項 34】

前記拡散部材は、前記光透過部からの光を射出する面を有し、その面に前記光透過部からの光を拡散させる凹凸が形成されている請求項 33 記載の露光方法。

【請求項 35】

投影光学系と液体とを介して露光光で基板を露光する露光方法であって、
前記投影光学系の像面側に光透過部を配置することと、
前記投影光学系と前記液体とを介して前記露光光を前記光透過部に照射することと、
前記光透過部からの光を光学部材で平行光とすることと、
前記平行光を受光器で検出することと、を含む露光方法。

【請求項 36】

前記光学部材は、前記光透過部が形成される平坦部を有する請求項 35 記載の露光方法。

【請求項 37】

前記平坦部には、前記光透過部を除いた部分に遮光部が形成されている請求項 36 記載の露光方法。

【請求項 38】

投影光学系と液体とを介して露光光で基板を露光する露光方法であって、
前記投影光学系の像面側に光透過部を配置することと、

前記投影光学系と前記液体とを介して前記露光光を前記光透過部に照射することと、
前記光透過部からの光を、前記光透過部が形成される平坦部を有し、所定の光学加工が
射出面に施される光学部材で偏向することと、
前記偏向された光を受光器で検出することと、を含む露光方法。

【請求項 39】

投影光学系と液体とを介して露光光で基板を露光する露光方法であって、
前記投影光学系の像面側に光透過部を配置することと、
前記投影光学系と前記液体とを介して前記露光光を前記光透過部に照射することと、
前記光透過部からの光を、前記光透過部が形成される平坦部を有する光学部材を介して
受光器で検出することと、を含む露光方法。

10

【請求項 40】

前記光学部材は、前記光透過部から入射した光を前記受光器に入射させるための集光部材を含む請求項 39 記載の露光方法。

【請求項 41】

前記平坦部には、前記光透過部を除いた部分に遮光部が形成されている請求項 39 又は 40 記載の露光方法。

【請求項 42】

前記投影光学系の開口数 NA は 1 以上である請求項 31 ~ 41 のいずれか一項記載の露光方法。

【請求項 43】

前記受光器による検出結果に基づいて前記投影光学系の結像特性、あるいは前記露光光の照射量情報を計測する請求項 31 ~ 42 のいずれか一項記載の露光方法。

20

【請求項 44】

前記光透過部が設けられるステージによって前記投影光学系の像面側に前記光透過部を配置する請求項 31 ~ 43 のいずれか一項記載の露光方法。

【請求項 45】

前記光透過部はその表面が前記ステージ表面とほぼ面一である請求項 44 記載の露光方法。

【請求項 46】

前記露光時、前記基板は前記ステージで保持される請求項 44 又は 45 に記載の露光方法。

30

【請求項 47】

請求項 31 から請求項 46 の何れか一項に記載の露光方法を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 48】

投影光学系と液体とを介して基板を露光する露光装置で使用され、前記投影光学系からの露光光を受光する計測装置であって、

前記投影光学系の像面側に配置された光透過部を介して、前記投影光学系を通過した露光光を受光する受光器を備え、

前記投影光学系と前記光透過部との間に液体がない状態で、前記受光器で前記投影光学系を通過した露光光を受光する計測装置。

40

【請求項 49】

投影光学系を介して基板を露光する露光装置で使用され、前記投影光学系からの露光光を受光する計測装置であって、

前記投影光学系の像面側に配置され、前記投影光学系と対向する平坦部と、該平坦部に形成され、前記投影光学系からの露光光が液体を介して入射する光透過部とを有し、該光透過部からの光を受光器に入射させるための集光部材を備え、

前記投影光学系からの露光光が気体中を通過せずに前記集光部材に入射するように、前記集光部材は、前記光透過部と前記受光器との間に配置されている計測装置。

【請求項 50】

50

前記平坦部には、前記光透過部を除いた部分に遮光部が形成されている請求項 4 9 記載の計測装置。

【請求項 5 1】

投影光学系を介して基板を露光する露光装置で使用され、前記投影光学系からの露光光を受光する計測装置であって、

前記投影光学系の像面側に配置され、前記投影光学系からの露光光が入射する光透過部を有する板状部材と、

該光透過部からの光を受光器に入射させるための集光部材とを備え、

前記板状部材は、一方面が前記投影光学系に対向するように配置され、他方面の一部に前記光透過部が配置され、さらにその他方面に前記集光部材が密接している計測装置。

10

【請求項 5 2】

投影光学系と液体とを介して基板を露光する露光装置で使用され、前記投影光学系からの露光光を受光する計測装置であって、

前記投影光学系の像面側に配置され、前記投影光学系からの露光光が液体を介して入射する光透過部と、

該光透過部からの光を拡散させて受光器に入射させるための拡散部材を含む光学系とを備え、

前記光透過部からの光が気体中を通過せずに前記光学系に入射するように、前記光学系は、前記光透過部と前記受光器との間に配置されている計測装置。

20

【請求項 5 3】

前記拡散部材は、前記光透過部からの光を射出する面を有し、その面に前記光透過部からの光を拡散させる凹凸が形成されている請求項 5 2 記載の計測装置。

【請求項 5 4】

投影光学系と液体とを介して基板を露光する露光装置で使用され、前記投影光学系からの露光光を受光する計測装置であって、

前記投影光学系の像面側に配置されかつ前記投影光学系と前記液体を介して前記露光光が入射する光透過部と、

受光器と、

前記光透過部からの光を前記受光器に入射させる光学部材と、を備え、

前記光学部材は、前記光透過部からの光を平行光とし、前記受光器は、その平行光を検出する計測装置。

30

【請求項 5 5】

投影光学系と液体とを介して基板を露光する露光装置で使用され、前記投影光学系からの露光光を受光する計測装置であって、

前記投影光学系の像面側に配置されかつ前記投影光学系と前記液体を介して前記露光光が入射する光透過部と、

受光器と、

前記光透過部が形成される平坦部を有し、前記光透過部からの光を前記受光器に入射させる光学部材と、を備え、

前記光学部材は、前記光透過部からの光の射出面に所定の光学加工が施され、前記受光器は、前記射出面で偏向される光を検出する計測装置。

40

【請求項 5 6】

投影光学系と液体とを介して基板を露光する露光装置で使用され、前記投影光学系からの露光光を受光する計測装置であって、

前記投影光学系の像面側に配置されかつ前記投影光学系と前記液体を介して前記露光光が入射する光透過部と、

受光器と、

前記光透過部からの光を前記受光器に入射させる光学部材と、を備え、

前記光学部材は、前記光透過部が形成される平坦部を有する計測装置。

【請求項 5 7】

50

前記光学部材は、前記光透過部からの光を前記受光器に入射させるための集光部材を含む請求項 5 6 記載の計測装置。

【請求項 5 8】

前記平坦部には、前記光透過部を除いた部分に遮光部が形成されている請求項 5 6 又は 5 7 記載の計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マスクに形成されたパターンを基板上に露光転写する露光装置及び露光方法並びにデバイス製造方法、計測装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

半導体素子、液晶表示素子、撮像装置（CCD（charge Coupled Device）等）、薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスの製造工程の 1 つとして通常設けられるフォトリソグラフィ工程では、露光対象としての基板（フォトリソグラフィが塗布された半導体ウェハ又はガラスプレート）にマスク又はレチクル（以下、これらを総称するときは、マスクという）に形成されたパターンの縮小像を投影露光する露光装置が用いられる。近年においては、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（所謂、ステッパ）又はステップ・アンド・スキャン方式の露光装置が多用されている。

20

【0003】

上記のステッパは、基板を二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基板を歩進（ステッピング）させて、マスクのパターンの縮小像を基板上の各ショット領域に一括露光する動作を順次繰り返す露光装置である。また、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置は、スリット状のパルス露光光をマスクに照射している状態で、マスクを載置したマスクステージと基板を載置した基板ステージとを投影光学系に対して互いに同期移動させつつマスクに形成されたパターンの一部を基板のショット領域に逐次転写し、1 つのショット領域に対するパターンの転写が終了すると基板をステッピングさせて他のショット領域にパターンの転写を行う露光装置である。

【0004】

30

また、これらの露光装置は投影光学系を介して露光光を受光する複数の光センサ（受光部）を有しており、これらの光センサの出力に基づいて、各種の機械的調整や光学的調整を行ったり、各種の動作条件を決定して、実際に基板の露光を行うときの露光動作が最適化されている。例えば、投影光学系を通過した露光光の照度むら（光量分布）を計測したり、積算光量むらを計測するための照度むらセンサや、投影光学系を通過した露光光の照射量（光量）を計測する照射量センサが基板ステージ上に設けられている。

【0005】

また、近年においては、デバイスに形成するパターンの微細化に伴い、露光装置の解像度の向上が図られている。解像度向上のために投影光学系と基板との間に気体よりも屈折率の高い液体を充満させて投影光学系の開口数を大きくして解像度を向上させる液浸式の露光装置が案出されている。上記の照度むらセンサについては、例えば以下の特許文献 1 を、照射量センサについては、例えば以下の特許文献 2 を、液浸式の露光装置については、例えば以下の特許文献 3 を参照されたい。

40

【特許文献 1】特開平 08 - 316133 号公報

【特許文献 2】国際公開第 01 / 008205 号パンフレット

【特許文献 3】国際公開第 99 / 49504 号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述の光センサ（受光部）は、投影光学系の像面側に配置される光透過部を有しており

50

、その光透過部を介して光を受光しているため、液浸法の採用等によって投影光学系の開口数が増大し、露光光の入射角（最外の光線と光軸とがなす角度）が大きくなると、光透過部から射出される光の拡がりも大きくなり、良好に受光することができない虞がある。

【 0 0 0 7 】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、投影光学系の開口数が増大しても、各種計測が精度良く実行可能であり、特に液浸式の露光法を採用した場合にも各種の計測を良好に行うことができる露光装置及び露光方法並びにデバイス製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上記の課題を解決するため、本発明に係る実施形態に対応付けした以下の構成を採用している。但し、各要素に付した括弧付き符号はその要素の例示に過ぎず、各要素を限定するものではない。

本発明の第1の観点による露光装置は、照明系（IS）からの露光光を、投影光学系（PL）と液体（w）とを介して基板（W）上に照射することによって前記基板を露光する露光装置（EX）において、前記投影光学系の像面側に配置された光透過部（31、32）を介して、前記投影光学系を通過した露光光を受光する受光器（36、37）を有する計測手段（27）を備え、前記投影光学系と前記光透過部との間に液体がない状態で、前記計測手段の受光器で前記投影光学系を通過した露光光を受光することを特徴としている。

この発明によると、投影光学系の像面側に液体が供給されていない状態で、投影光学系を通過した露光光が投影光学系の像面側に配置された光透過部を介して計測手段の受光器で受光される。

本発明の第2の観点による露光装置は、照明系（IS）からの露光光を、投影光学系（PL）を介して基板（W）上に照射することによって前記基板を露光する露光装置（EX）において、前記投影光学系の像面側に配置され、前記投影光学系からの露光光が入射する光透過部（31、44、56）と、該光透過部からの光を受光器に入射させるための集光部材（41、45、52、57、62、71）とを有する計測手段（40、50、60、70）を備え、前記投影光学系からの露光光が気体中を通過せずに前記集光部材に入射するように、前記集光部材は、前記光透過部と前記受光器との間に配置されていることを特徴としている。

この発明によると、投影光学系からの露光光のうち、光透過部を透過した光は気体中を通過せずに集光部材に入射して集光される。尚、光透過部から集光部材に気体を通過しないように光を導くには、種々の方法があるが、光透過部と集光部材を接合しても良く、或いは、気体以外の媒質であって光透過性の媒質、例えば、液体、超臨界流体、ペースト、固体を光透過部と集光部材との間に、例えば薄膜状に介在させても良い。

本発明の第3の観点による露光装置は、投影光学系（PL）と液体（w）とを介して露光光を基板（W）上に照射することによって前記基板を露光する露光装置（EX）において、前記投影光学系に対向するように一方向が配置され、他方面の一部に光透過部（56）が形成された板状部材（51）と、前記光透過部からの光を受光する受光器（53）とを有する計測手段（50）を備え、前記計測手段の受光器による露光光の受光は、前記投影光学系と前記板状部材との間の液体（w）を介して行われることを特徴としている。

この発明によると、投影光学系からの露光光は液体を介して板状部材に入射し、板状部材に入射した光のうち光透過部を通過した光が計測手段が備える受光器に受光される。それゆえ、液浸露光の状態で露光光を計測することができる。

本発明の第4の観点による露光装置は、照明系（IS）からの露光光を、投影光学系（PL）と液体（w）とを介して基板（W）上に照射することによって前記基板を露光する露光装置（EX）において、前記投影光学系の像面側に配置され、前記投影光学系からの露光光が液体を介して入射する光透過部（31、32、44、56）と、該光透過部からの光を受光器（36、37）に入射させるための光学系（41、45、52、57、62

10

20

30

40

50

、 7 1、 8 1、 8 6、 9 1、 1 0 1、 1 1 1) とを有する計測手段 (4 0、 5 0、 6 0、 7 0、 8 0、 8 5、 9 0、 1 0 0、 1 1 0) を備え、前記光透過部からの光が気体中を通過せずに前記光学系に入射するように、前記光学系は、前記光透過部に近接して配置されていることを特徴としている。

この発明によると、投影光学系からの露光光のうち、光透過部を透過した光は計測手段に設けられた光学系によって気体中を通過しないよう導かれて受光器に入射する。それゆえ、受光器は光透過部を透過した光を効率良く受光できる。光透過部から光学系に気体を通過しないように光を導くには、前述のように気体以外の媒質を介在させてもよい。なお、光学系は一つの光学部材であってもよいし、複数の光学部材から構成されていてもよい。

10

本発明の第 5 の観点による露光装置は、投影光学系と液体を介して露光光で基板を露光する露光装置であって、前記投影光学系の像面側に配置されかつ前記投影光学系と前記液体を介して前記露光光が入射する光透過部と、受光器と、前記光透過部からの光を前記受光器に入射させる光学部材と、を有する計測装置を備え、前記光学部材は、前記光透過部からの光を拡散または回折し、前記受光器は、その拡散または回折された光を検出することを特徴としている。

本発明の第 6 の観点による露光装置は、投影光学系と液体を介して露光光で基板を露光する露光装置であって、前記投影光学系の像面側に配置されかつ前記投影光学系と前記液体を介して前記露光光が入射する光透過部と、受光器と、前記光透過部からの光を前記受光器に入射させる光学部材と、を有する計測装置を備え、前記光学部材は、前記光透過部からの光を内部で反射し、前記受光器は、その反射された光を検出することを特徴としている。

20

本発明の第 7 の観点による露光装置は、投影光学系と液体を介して露光光で基板を露光する露光装置であって、前記投影光学系の像面側に配置されかつ前記投影光学系と前記液体を介して前記露光光が入射する光透過部と、受光器と、前記光透過部からの光を前記受光器に入射させる光学部材と、を有する計測装置を備え、前記光学部材は、前記光透過部からの光を平行光とし、前記受光器は、その平行光を検出することを特徴としている。

本発明の第 8 の観点による露光装置は、投影光学系と液体を介して露光光で基板を露光する露光装置であって、前記投影光学系の像面側に配置されかつ前記投影光学系と前記液体を介して前記露光光が入射する光透過部と、受光器と、前記光透過部からの光を前記受光器に入射させる光学部材と、を有する計測装置を備え、前記光学部材は、前記光透過部からの光の射出面に所定の光学加工が施され、前記受光器は、前記射出面で偏向される光を検出することを特徴としている。

30

本発明の第 9 の観点による露光装置は、投影光学系と液体を介して露光光で基板を露光する露光装置であって、前記投影光学系の像面側に配置されかつ前記投影光学系と前記液体を介して前記露光光が入射する光透過部と、受光器と、前記光透過部からの光を前記受光器に入射させる光学部材と、を有する計測装置を備え、前記光学部材は、前記光透過部が形成される、あるいは前記光透過部と接して設けられることを特徴としている。

本発明の第 1 0 の観点による露光装置は、投影光学系と液体を介して露光光で基板を露光する露光装置であって、前記投影光学系の像面側に配置されかつ前記投影光学系と前記液体を介して前記露光光が入射する光透過部と、受光器と、前記光透過部からの光を前記受光器に入射させる光学部材と、を有する計測装置を備え、前記光学部材と前記受光器との間に液体が満たされることを特徴としている。

40

本発明の第 1 1 の観点による露光装置は、投影光学系と液体を介して露光光で基板を露光する露光装置であって、前記投影光学系の像面側に配置されかつ前記投影光学系と前記液体を介して前記露光光が入射する光透過部と、受光器と、前記光透過部からの光を前記受光器に入射させる光学部材と、を有する計測装置を備え、前記受光器は前記光学部材に接して設けられることを特徴としている。

本発明の第 1 の観点によるデバイス製造方法は、上記の何れかの露光装置を用いることを特徴としている。

50

本発明の第1の観点による露光方法は、投影光学系（PL）と液体とを介して露光光で基板（W）を露光する露光方法であって、前記投影光学系の光射出端の側に、前記露光光を計測する計測装置（27）を設置する設置ステップと、前記投影光学系の光射出端側の光路空間に前記液体を介在させずに前記計測装置で前記露光光を計測する計測ステップ（S14、S15）と、前記計測結果に基づいて、前記光路空間に前記液体を介在させて前記基板を露光する露光ステップ（S19）とを含み、前記投影光学系の光射出端と前記光路空間との界面に入射する前記露光光の入射角が、前記計測ステップと前記露光ステップとで異なることを特徴としている。

この方法によると、計測ステップにおける前記投影光学系の光射出端と前記光路空間との界面に入射する露光光の入射角を、前記露光ステップにおける入射角より小さく調整することによって投影光学系と計測装置との間の光路空間に液体に存在していなくても計測装置は良好に露光光を受光することができ、その受光した光で結像状態や露光光の調整を実行することができる。

10

本発明の第2の観点による露光方法は、投影光学系（PL）を介して露光光で基板（W）を露光する露光方法であって、前記投影光学系から射出された前記露光光を気体を通過させずに受光器で受光する計測ステップと、前記投影光学系と液体とを介して前記基板上に前記露光光を照射することによって前記基板を露光する露光ステップとを含むことを特徴としている。

この方法によれば、露光光を気体中を通過せずに受光素子に送ることができるため、投影光学系の開口数が大きくなっても、投影光学系を通過した露光光を良好に受光することができる。

20

本発明の第3の観点による露光方法は、投影光学系と液体とを介して露光光で基板を露光する露光方法であって、前記投影光学系の像面側に光透過部を配置することと、前記投影光学系と前記液体とを介して前記露光光を前記光透過部に照射することと、前記光透過部からの光を、光学部材を介して受光器で検出することと、を含み、前記露光光は気体を通ることなく前記透過部から前記光学部材に入射することを特徴としている。

本発明の第4の観点による露光方法は、投影光学系と液体とを介して露光光で基板を露光する露光方法であって、前記投影光学系の像面側に光透過部を配置することと、前記投影光学系と前記液体とを介して前記露光光を前記光透過部に照射することと、前記光透過部からの光を光学部材で拡散または回折することと、前記拡散または回折された光を受光器で検出することと、を含むことを特徴としている。

30

本発明の第5の観点による露光方法は、投影光学系と液体とを介して露光光で基板を露光する露光方法であって、前記投影光学系の像面側に光透過部を配置することと、前記投影光学系と前記液体とを介して前記露光光を前記光透過部に照射することと、前記光透過部からの光を光学部材の内部で反射することと、前記反射された光を受光器で検出することと、を含むことを特徴としている。

本発明の第6の観点による露光方法は、投影光学系と液体とを介して露光光で基板を露光する露光方法であって、前記投影光学系の像面側に光透過部を配置することと、前記投影光学系と前記液体とを介して前記露光光を前記光透過部に照射することと、前記光透過部からの光を光学部材で平行光とすることと、前記平行光を受光器で検出することと、を含むことを特徴としている。

40

本発明の第7の観点による露光方法は、投影光学系と液体とを介して露光光で基板を露光する露光方法であって、前記投影光学系の像面側に光透過部を配置することと、前記投影光学系と前記液体とを介して前記露光光を前記光透過部に照射することと、前記光透過部からの光を、所定の光学加工が射出面に施される光学部材で偏向することと、前記偏向された光を受光器で検出することと、を含むことを特徴としている。

本発明の第8の観点による露光方法は、投影光学系と液体とを介して露光光で基板を露光する露光方法であって、前記投影光学系の像面側に光透過部を配置することと、前記投影光学系と前記液体とを介して前記露光光を前記光透過部に照射することと、前記光透過部からの光を、前記光透過部が形成される、あるいは前記光透過部と接して設けられる光

50

学部材を介して受光器で検出することと、を含むことを特徴としている。

本発明の第9の観点による露光方法は、投影光学系と液体とを介して露光光で基板を露光する露光方法であって、前記投影光学系の像面側に光透過部を配置することと、前記投影光学系と前記液体とを介して前記露光光を前記光透過部に照射することと、前記光透過部からの光を、光学部材を介して受光器で検出することと、を含み、前記光学部材と前記受光器との間が液体で満たされることを特徴としている。

本発明の第10の観点による露光方法は、投影光学系と液体とを介して露光光で基板を露光する露光方法であって、前記投影光学系の像面側に光透過部を配置することと、前記投影光学系と前記液体とを介して前記露光光を前記光透過部に照射することと、前記光透過部からの光を、光学部材を介して受光器で検出することと、を含み、前記受光器は、前記光学部材に接して設けられることを特徴としている。

10

本発明の第2の観点によるデバイス製造方法は、上記の何れかの露光方法を用いることを特徴としている。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、像面側に液体が供給されることで所期の性能を有する液浸用の投影光学系を介した露光光を、投影光学系の像面側に液体を供給しない状態で受光するようにしたので、水の状態の影響を受けることなく精度良く計測することができるという効果がある。

例えば、投影光学系の端面に入射する露光光束の角度（最外の光線と光軸とがなす角度）を調整（小さく）することで液体が無い状態でも投影光学系を通過した露光光を受光することができる。

20

また、本発明によれば、投影光学系の開口数の増大により大きな入射角を有する露光光が光透過部に入射しても光透過部を通過した露光光を確実に受光することができるという効果がある。

更に、本発明によれば、投影光学系と対向する一方面を平坦化でき、その板状部材の一方面への泡の付着や投影光学系と板状部材との間の液体の乱れ等を防止することができる。

また更に、本発明によれば、計測結果に応じて最適化した条件の下でマスクのパターンを基板上に露光転写することで、マスクに形成された微細なパターンを基板上に精確に転写することができる。この結果、高集積度のデバイスを歩留まり良く生産することができるという効果がある。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、図面を参照して本発明に係る実施形態による露光装置及び露光方法並びにデバイス製造方法について詳細に説明するが、本発明はこれに限定されない。

【0011】

〔第1実施形態〕

図1は、本発明の第1実施形態による露光装置の概略構成を示す図である。尚、図1に示す露光装置EXは、投影光学系PLとウェハWとの間の液体（純水）wを介して露光を行う液浸式の露光装置であって、半導体素子の回路パターンDPが形成されたレチクルRを用い、ステップ・アンド・リピート方式により、上記回路パターンDPの像をウェハWに転写する露光装置である。

40

【0012】

尚、以下の説明においては、図中に示したXYZ直交座標系を設定し、このXYZ直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係について説明する。XYZ直交座標系は、X軸及びY軸がウェハWに対して平行となるよう設定され、Z軸がウェハWに対して直交する方向に設定されている。図中のXYZ座標系は、実際にはXY平面が水平面に平行な面に設定され、Z軸が鉛直上方向に設定される。

【0013】

50

図 1 に示す露光装置 E X は、露光光を供給するための光源 1 として、 193 nm (ArF) の波長の光を供給する ArF エキシマレーザ光源を備えている。光源 1 から射出されたほぼ平行光束は、ビーム整形光学系 2 を介して所定断面の光束に整形された後、干渉性低減部 3 に入射する。干渉性低減部 3 は、被照射面であるレチクル R 上 (ひいてはウェハ W 上) での干渉パターンの発生を低減する機能を有する。

【0014】

干渉性低減部 3 の詳細については、例えば特開昭 59 - 226317 号公報に開示されている。干渉性低減部 3 からの光束は、第 1 フライアイレンズ (第 1 オプティカルインテグレート) 4 を介して、その後側焦点面に多数の光源を形成する。これらの多数の光源からの光は振動ミラー 5 で偏向された後、リレー光学系 6 を介して第 2 フライアイレンズ (第 2 オプティカルインテグレート) 7 を重畳的に照明し、これにより第 2 フライアイレンズ 7 の後側焦点面には多数の光源からなる二次光源が形成される。

【0015】

第 2 フライアイレンズ 7 の射出面 C J、即ち照明光学系 (照明系) I S の瞳面 (投影光学系 P L の瞳面と光学的に共役な面) には開口絞り板 8 が、駆動モータ 8 f によって回転自在に配置されている。図 2 は、開口絞り板 8 の一例を示す正面図である。図 2 に示す通り、開口絞り板 8 は回転軸 O の周りで回転自在に構成された円板からなり、通常照明用の円形の開口絞り 8 a、輪帯照明用の開口絞り 8 b、4 極変形照明 (4 極照明) 用の開口絞り 8 c、小さいコヒーレンスファクタ (小) 用の小円形の開口絞り 8 d、及び露光光の照度むら又は光量等を計測する時に用いられる可変の開口絞り 8 e が周方向に沿って形成されている。尚、図 2 中に示した破線の大きな円は通常照明用の円形の開口絞り 8 a の大きさを表しており、開口絞り 8 b ~ 8 e との大きさの比較のため図示している。

【0016】

また、コヒーレンスファクタ (照明系の) は、投影光学系 P L のレチクル R 側の開口数 NA_r と照明系光学系 I S の開口数 NA_i との比で、以下のように定義される。

$$= NA_i / NA_r$$

また、投影光学系 P L の開口数 NA は、通常ウェハ W 側の開口数 NA_w を示し、レチクル側の開口数 NA_r は、投影光学系 P L の倍率 M より、 $NA_r = NA_w / M$ として求められる。

【0017】

上記開口絞り 8 e は、開口の大きさが可変に形成されており、例えば $0.05 \sim 0.50$ の範囲で 値を可変することができる。この開口絞り 8 e は、投影光学系 P L の像面側の液体 w なしで、照度むらや光量の計測を行う際に、投影光学系 P L の像面側に向かう露光光の開き角 (最外の光線と光軸とがなす角度) を調整 (小さく) するためのものである。つまり、本実施形態の露光装置は、投影光学系 P L とウェハ W との間の液体 w を介して露光処理を行う液浸式の露光装置であるため、投影光学系 P L の像面側に液体 w がいないと、例えば通常照明に用いる開き角の大きな露光光は、投影光学系 P L の像面側の先端部分で一部の光が全反射して投影光学系 P L を通過することができない。上記開口絞り 8 e は、投影光学系 P L の像面側に向かう露光光の開き角を調整して、投影光学系 P L での全反射を防止するために設けられる。尚、図 2 においては、本発明の特徴を明確化するため、開口絞り 8 d とは別途に開口絞り 8 e を開口絞り板 8 に設けた構成を図示しているが、開口絞り 8 d のコヒーレンスファクタも $0.25 \sim 0.35$ 程度に設定されるので、計測の際に開口絞り 8 d を使うようにして、開口絞り 8 e を省略した構成であっても良い。その場合、開口絞り 8 d の開口を可変にしても良い。

【0018】

図 1 に戻り、開口絞り板 8 の回転軸 O は駆動モータ 8 f の回転軸に接続されており、駆動モータ 8 f を駆動して開口絞り板 8 を回転軸 O の周りで回転させることにより、第 2 フライアイレンズ 7 の射出面 C J に配置する開口絞りを切り替えることができる。第 2 フライアイレンズ 7 の射出面 C J に配置される開口絞りに応じて、第 2 フライアイレンズ 7 の射出面 C J における露光光の強度分布 (光束分布) が変更される。駆動モータ 8 f の駆動

は露光装置 E X の全体の動作を統括制御する主制御系 2 0 が制御する。

【 0 0 1 9 】

第 2 フライアイレンズ 7 によって形成された二次光源からの光束のうちの開口絞り板 8 に形成された開口絞り 8 a ~ 8 d の何れか 1 つを通過した露光光は、コンデンサ光学系 1 0 及び折り曲げミラー 1 1 を介して、下側面に所定の回路パターン D P が形成されたレチクル R を重畳的に均一照明する。これにより、レチクル R の照明領域内のパターンの像が両側テレセントリックな投影光学系 P L を介して所定の投影倍率（ は例えば 1 / 4 又は 1 / 5 等）で、投影光学系 P L の像面に配置された基板としてのウェハ W 上の露光領域（投影領域）に投影される。ウェハ W は例えば半導体（シリコン等）又は S O I（silicon on insulator）等の円板状の基板である。尚、以上説明したビーム整形光学系 2 ~ 折り曲げミラー 1 1 は、照明光学系（照明系）I S を構成している。

10

【 0 0 2 0 】

投影光学系 P L は、レンズ等の複数の光学素子からなる。本実施形態では、露光光として真空紫外域の A r F エキシマレーザ光源の光を用いているため、投影光学系 P L を構成する光学素子の硝材としては、例えば合成石英又は蛍石（フッ化カルシウム：C a F₂）が用いられる。投影光学系 P L が備える光学素子の一部は、投影光学系 P L の光軸 A X 方向（Z 方向）に移動可能且つ X 軸に平行な軸又は Y 軸に平行な軸の周りでチルト可能に構成されており、これらの光学素子は後述するレンズコントローラ部 1 4 によって制御される。この投影光学系 P L は像面側に液体 w が供給されている状態で、入射光束が像面側に結像する液浸式の投影光学系であり、開口数（N . A .）は 1 以上（例えば、1 . 0 3 ~ 1 . 3 0）に設定されている。尚、本実施形態の投影光学系 P L は、ジオプトリック系（屈折系）であるが、カタジオプトリック系（反射屈折系）や反射系も使用できることはいうまでもない。

20

【 0 0 2 1 】

レチクル R は、レチクルホルダ（不図示）を介して、レチクルステージ 1 3 に載置されている。尚、レチクルステージ 1 3 は、主制御系 2 0 からの指令に基づき、レチクルステージ制御部（不図示）によって駆動される。このとき、レチクルステージ 1 3 の移動は、レチクル干渉計（不図示）とレチクルステージ 1 3 に設けられた移動鏡（不図示）とにより計測され、その計測結果は主制御系 2 0 に出力される。

【 0 0 2 2 】

投影光学系 P L には、温度や気圧を計測するとともに、温度、気圧等の環境変化に応じて投影光学系 P L の結像特性等の光学特性を一定に制御するレンズコントローラ部 1 4 が設けられている。このレンズコントローラ部 1 4 は計測した温度や気圧を主制御系 2 0 へ出力し、主制御系 2 0 はレンズコントローラ部 1 4 から出力された温度及び気圧並びに後述する露光光センサ 2 7 の計測結果に基づいて、レンズコントローラ部 1 4 を介して投影光学系 P L の結像光学系等の光学特性を制御する。

30

【 0 0 2 3 】

ウェハ W は、ウェハステージ 1 5 内に内蔵されたウェハホルダ 1 6 に真空チャックされている。尚、ウェハ W はウェハホルダ 1 6 上に保持されたときに、その上面がウェハステージ 1 5 の上面と一致するように、ウェハホルダ 1 6 の高さ位置が設定されている。ウェハステージ 1 5 は、図中 X 軸方向及び Y 軸方向にそれぞれ移動可能な一対の X ステージ及び Y ステージを重ね合わせたものであり、X Y 平面内での位置が調整自在になっている。

40

【 0 0 2 4 】

また、図示は省略しているが、ウェハステージ 1 5 は、Z 軸方向にウェハ W を移動させる Z ステージ、ウェハ W を X Y 平面内で微小回転させるステージ、及び Z 軸に対する角度を変化させて X Y 平面に対するウェハ W の傾きを調整するステージ等から構成される。このように、ウェハステージ 1 5 は、X 軸方向の移動機能、Y 軸方向の移動機能、Z 軸方向の移動機能、Z 軸周りの回転機能、X 軸周りのチルト機能、及び Y 軸周りのチルト機能を有する。

【 0 0 2 5 】

50

ウェハステージ 15 の上面の一端には移動鏡 17 が取り付けられており、移動鏡 17 の鏡面に対向した位置にレーザ干渉計 18 が配置されている。尚、図 1 では図示を簡略化しているが、移動鏡 17 は X 軸に垂直な反射面を有する移動鏡及び Y 軸に垂直な反射面を有する移動鏡より構成されている。また、レーザ干渉計 18 は、X 軸に沿って移動鏡 17 にレーザビームを照射する 2 個の X 軸用のレーザ干渉計及び Y 軸に沿って移動鏡 17 にレーザビームを照射する Y 軸用のレーザ干渉計より構成され、X 軸用の 1 個のレーザ干渉計及び Y 軸用の 1 個のレーザ干渉計により、ウェハステージ 15 の X 座標及び Y 座標が計測される。

【 0 0 2 6 】

また、X 軸用の 2 個のレーザ干渉計の計測値の差により、ウェハステージ 15 の X Y 平面内における回転角が計測される。レーザ干渉計 18 により計測された X 座標、Y 座標、及び回転角の情報はステージ位置情報として主制御系 20 に供給される。主制御系 20 は供給されたステージ位置情報をモニターしつつ、制御信号をステージ駆動系 19 へ出力し、ウェハステージ 15 の位置決め動作をナノメートルオーダーで制御する。尚、移動鏡 17 の替わりに、ウェハステージ 15 の側面に反射面を設けてもよい。このようにすることで、ウェハステージ 15 の上面をほぼ全面に渡ってほぼ面一とすることができる。

【 0 0 2 7 】

また、図 1 に示す露光装置 E X は、投影光学系 P L の像面側に液体 w を供給するとともに、供給した液体 w を回収するために、液体供給装置 21 と液体回収装置 22 とを備える。液体供給装置 21 は、液体 w を収容するタンク、加圧ポンプ等を備えて構成される。この液体供給装置 21 には供給管 23 の一端部が接続されており、供給管 23 の他端部には供給ノズル 24 が接続されている。これら供給管 23 及び供給ノズル 24 を介して液体 w が供給される。尚、本実施形態においては、露光光として A r F レーザ光を用いているので、液体 w としては純水を用いている。尚、液体供給装置 21 のタンク、加圧ポンプ等は、必ずしも露光装置 E X が備えている必要はなく、それらの少なくとも一部を露光装置 E X が設置される工場等の設備で代用することもできる。

【 0 0 2 8 】

液体回収装置 22 は、吸引ポンプ、回収した液体 w を収容するタンク等を備える。液体回収装置 22 には回収管 25 の一端部が接続され、回収管 25 の他端部には回収ノズル 26 が接続されている。投影光学系 P L の像面側に供給された液体 w は、回収ノズル 26 及び回収管 25 を介して液体回収装置 22 に回収される。これら液体供給装置 21 及び液体回収装置 22 は、主制御系 20 により制御される。

【 0 0 2 9 】

つまり、投影光学系 P L の像面側の空間に液体 w を供給する際に、主制御系 20 は液体供給装置 21 及び液体回収装置 22 のそれぞれに対して制御信号を出力して、単位時間当たりの液体 w の供給量及び回収量を制御する。かかる制御により、液体 w は投影光学系 P L の像面側に必要十分な量だけ供給される。尚、図 2 に示す例では、液体 w をウェハステージ 15 の上方に設けられた回収ノズル 26、回収管 25、吸引ポンプ等を用いて回収しているが、これに限定されるものではない。例えば、ウェハステージ 15 の上面の周囲に液体 w の回収部（排出口）を設けてもよいし、これと上記液体回収装置 22 とを併用しても良い。

【 0 0 3 0 】

また、前述したウェハステージ 15 上には、投影光学系 P L を介してウェハステージ 15 上に照射される露光光の照度むら（光量むら）又は積算光量むら、及び光量（照射量）を計測する露光光センサ 27 が設けられている。図 3 は、露光光センサ 27 の構成の一例を示す図であって、（ a ）は斜視図であり、（ b ）は（ a ）中の A - A 線断面矢視図である。図 3（ a ）に示す通り、露光光センサ 27 は略直方体形状のシャーシ 30 を備える。シャーシ 30 は熱伝導率の高い金属、例えばアルミによって形成される筐体であって、その上面 33 には光透過部としてのピンホール 31 及び開口 32 が形成されている。

【 0 0 3 1 】

10

20

30

40

50

シャーシ 30 の上面 33 に形成されたピンホール 31 は、投影光学系 PL を介して照射される露光光 IL の照度むら又は積算光量むらを計測するために設けられ、その径は十数～数十 μm 程度である。また、シャーシ 30 の上面 33 に形成された開口 32 は、露光領域（投影光学系 PL の投影領域）と同程度の大きさに設定されている。この開口 32 には、例えば Cr（クロム）が一面に蒸着され、入射光を減光する ND フィルタ 34 が設けられている。また、図 3（b）に示すように、シャーシ 30 内部に照度むらセンサ 36 及び照射量センサ 37 が設けられている。照度むらセンサ 36 及び照射量センサ 37 は、何れも PIN フォトダイオード等の受光素子を備えており、これらの受光面に入射する露光光の光量が検出される。また、図 3（a）において、35 は照度むらセンサ 36 及び照射量センサ 37（図 3（b）参照）に設けられた受光素子の検出信号を露光光センサ 27 の外部に取り出す配線である。

10

【0032】

照度むらセンサ 36 は、受光面の面積がピンホール 31 を介した露光光を受光できる程度に設定され、照射量センサ 37 は、受光面の面積が開口 32 に設けられた ND フィルタ 34 を透過した露光光を受光できる程度に設定されている。照度むらセンサ 36 及び照射量センサ 37 の各々に設けられる受光素子は、その受光面に ArF レーザ光に対する AR コートが施されており、各々は支持部材を介して電気基板 38 に取り付けられる。

【0033】

電気基板 38 には配線 35 が接続されており、この配線 35 を介して照度むらセンサ 36 及び照射量センサ 37 が備える受光素子の検出信号を外部に取り出すよう構成されている。尚、照度むらセンサ 36 及び照射量センサ 37 の各々に設けられる受光素子としては、例えば光起電力効果、ショットキー効果、光電磁効果、光導電効果、光電子放出効果、焦電効果等を利用した光変換素子の何れであっても良い。尚、露光光センサ 27 は、その内部に受光素子を設けた構成ではなく、内部には露光光を受光する受光系のみを設け、光ファイバやミラー等を用いて受光系で受光した光をシャーシ 30 外に導いて光電子増倍管等の光電検出装置を用いて光電変換する構成であっても良い。

20

【0034】

露光光センサ 27 に設けられたピンホール 31 を露光領域内に配置し、露光光を露光領域に照射すると、照射された露光光の内のピンホール 31 を通過した露光光のみが照度むらセンサ 36 に設けられた受光素子で検出される。露光領域に露光光が照射されている状態で、ピンホール 31 を移動させつつ露光光を検出すると、露光領域内における露光光の照度むらや積算光量むらを計測することができる。また、露光光センサ 27 に設けられた開口 32 を露光領域に配置した状態で露光領域に露光光を照射すると、ND フィルタ 34 で減光された露光光が照射量センサ 37 が備える受光素子で検出される。ND フィルタ 34 の減光率は、既知であるため、この減光率と照射量センサ 37 が備える受光素子の検出結果とに基づいて、露光領域に照射される露光光の光量を計測することができる。

30

【0035】

以上説明した露光光センサ 27 の検出信号は主制御系 20 に供給されている。尚、照度むら及び光量の測定は、例えば定期的（ロット単位のウェハ W を処理する度、レチクル R を交換する度）に実行される。主制御系 20 は、露光光センサ 27 の照度むらセンサ 36 を使って計測された照度むらや積算光量むらに基づいて、そのむらが小さくなるように光源 1 から射出される露光光の強度を変更したり、投影光学系 PL の像面側に照射される露光光の照度分布を制御する。また、主制御系 20 は、露光光センサ 27 の光量センサ 37 を使って計測された露光光の光量に基づいて、露光光の入射に起因する投影光学系 PL の光学特性の変動を補償するための制御パラメータを求め、ウェハ W の露光時には、この制御パラメータを用い、レンズコントローラ部 14 を介して投影光学系 PL の光学特性を制御する。尚、投影光学系 PL の像面側に照射される露光光の照度分布の調整は、例えば特開平 10 - 189427 号公報、特開 2002 - 100561 号公報、特開 2000 - 315648 号公報に開示されているような手法を適用することができる。

40

【0036】

50

以上、本発明の第1実施形態による露光装置EXの構成について説明したが、次に上記構成における露光装置EXの動作について説明する。図4は、本発明の第1実施形態による露光装置の露光処理開始時における動作例を示すフローチャートである。図4に示すフローチャートは、例えば1ロット分のウェハWを露光処理する際に実行される。開始時点においては、レチクルRがレチクルステージ13上に保持されておらず、またウェハWがウェハホルダ16上に保持されおらず、更に投影光学系PLの像面側に液体wが供給されていない。

【0037】

この状態において、まず主制御系20は、駆動モータ8fを駆動して開口絞り板8に形成された開口絞り8a~8eのうちの、極小値を有する極小円形の開口絞り8eを第2
10
フライアイレンズ7の射出面CJに配置する(ステップS11)。開口絞り8eの配置が完了すると、主制御系20は、レーザ干渉計18の計測結果をモニターしつつステージ駆動系1に対して制御信号を出力し、露光光センサ27のシャース30に形成された開口32(NDフィルタ34)が露光領域に配置されるようウェハステージ15を移動させる。

【0038】

ウェハステージ15の移動によって露光光センサ27の配置が完了すると、主制御系20は光源1に対して制御信号を出力して光源1を発光させる。光源1の発光により光源1から射出されたほぼ平行光束は、ビーム整形光学系2を介して所定断面の光束に整形され、干渉性低減部3、第1フライアイレンズ4、振動ミラー5、及びリレー光学系6を順に介して第2フライアイレンズ7に入射し、これにより第2フライアイレンズ7の射出面C
20
Jに多数の二次光源が形成される。

【0039】

これらの二次光源からの光束のうち、第2フライアイレンズ7の射出面CJに配置された開口絞り8eを通過した露光光は、コンデンサ光学系10を通過し、折り曲げミラー11で偏向される。ここではレチクルステージ13上にレチクルRは保持されていないため、折り曲げミラー11で偏向された露光光は、レチクルRを介さずに投影光学系PLに直接入射する。

【0040】

ここで、投影光学系PLは高解像度を実現するために開口数NAが大きく設計されており、投影光学系PLの像面側に液体wが供給されている状態では、投影光学系PLの像面
30
側に向かう露光光の開き角が大きくても、像面側にパターン像が結像できる。しかしながら、ここでは投影光学系PLの像面側に液体wが供給されていないため、仮に第2フライアイレンズ7の射出面CJに比較的値の大きな開口絞り8aが配置されていると、最外の光線を含む露光光の一部は、投影光学系PLの先端部分で全反射して投影光学系PLを通過することができない。

【0041】

本実施形態では、ステップS11において、極小値(例えば、0.25)を有する開口絞り8eを第2フライアイレンズ7の射出面CJに配置することで、投影光学系PLの像面側に向かう露光光の開き角を調整している(開き角を小さくしている)ため、投影光学系PLに入射した露光光は投影光学系Pを通過することができる。投影光学系PLを通過した露光光は、露光領域に配置されたNDフィルタ34に入射し、所定量だけ減光されて照射量センサ37に設けられた受光素子で検出される。この検出信号は主制御系20に出力され、NDフィルタ34の減光率を用いて露光領域に照射される露光光の光量が算出される。これよりレチクルステージ13上にレチクルRが保持されていない状態で露光領域に照射される露光光の光量が計測される(ステップS12)。

【0042】

次に、主制御系20は光源1の発光を停止させた後で、不図示のレチクルローダ系に制御信号を出力して不図示のレチクルライブラリから所定のレチクルRを搬出させ、このレチクルRをレチクルステージ13上に保持させる(ステップS13)。レチクルステージ13上にレチクルRが保持されると、主制御系20は光源1を再度発光させて、レチクル
50

Rを介した露光光の光量を照射量センサ37を用いて計測する(ステップS14)。これによって、レチクルRがレチクルステージ13上に保持されている場合に露光領域に照射される露光光の光量と、保持されていない場合に露光領域に照射される露光光の光量との差を求めることができ、その差に基づいて、レチクルRの透過率(投影光学系PLへの入射光量)を求めることができる。

【0043】

次に、主制御系20は、不図示のレチクルローダ系に制御信号を出力してレチクルステージ13から搬出して待機させるとともに、レーザ干渉計18の計測結果をモニターしつつステージ駆動系1に対して制御信号を出力し、露光光センサ27のシャース30に形成されたピンホール31が露光領域内の所定位置に配置されるようウェハステージ15を移動させる。ウェハステージ15の移動によって露光光センサ27の配置が完了すると、主制御系20は光源1に対して制御信号を出力して光源1を発光させ、ウェハステージ15を移動させながら照度むらセンサ36を用いて露光領域に照射される露光光の照度むらを計測する(ステップS15)。

【0044】

以上の処理が終了すると、主制御系20は、ステップS14、S15の計測結果に基づいて、光源1に制御信号を出力して露光光の強度や強度分布を変更し、又はレンズコントローラ部14を介して投影光学系PLの光学性能を調整するためのパラメータを変更する(ステップS16)。次に、主制御系20は、不図示のレチクルローダに制御信号を出力してレチクルステージ13上にレチクルRを保持させるとともに駆動モータ8fを駆動して第2フライアイレンズ7の射出面CJに配置する開口絞り8eを、ウェハWを露光するための開口絞り8a~8dの何れかに変更する。例えば、輪帯照明を行う場合には、開口絞り8bを第2フライアイレンズ7の射出面CJに配置する(ステップS17)。

【0045】

次に、主制御系20は、不図示のウェハローダ系に制御信号を出力して、ウェハWを露光装置EXの不図示のチャンバ内に搬送させてウェハホルダ16上に保持させる。ウェハWがウェハホルダ16上に保持されると、主制御系20は液体供給装置21及び液体回収装置22に対して制御信号を出力する。これによって、投影光学系PLの像面側の空間に液体wが供給され(ステップS18)、レチクルRに形成されたパターンを投影光学系PL及び液体wを介してウェハW上に転写する露光処理が行われる(ステップS19)。この露光処理は、1ロット分のウェハW全てに対して行われる。以上説明した図4に示す処理は、新たなロットに対する露光処理を行う度に行われる。また、1ロット分のウェハWの露光中は、ステップS16で求めた制御パラメータを使って投影光学系PLへの露光光の照射量に応じた投影光学系PLの光学性能の調整が行われる。

【0046】

尚、図4に示すフローチャートにおいては、説明の便宜のため、液体wなしに極小値を有する開口絞り8eが第2フライアイレンズ7の射出面CJに配置された状態で、照射量センサ37を用いた光量の計測(ステップS14)と、照度むらセンサ36を用いた照度むらの計測(ステップS15)とを連続して行う場合を例に挙げて説明したが、どちらか一方の計測を、投影光学系PLの像面側の液体wを介して行うようにしてもよい。特に、実際の露光条件と異なる条件(極小値0.25の条件)では、正確な照度むらを計測できない場合もあるので、照度むらセンサ36に液浸対応を施して、例えばピンホール31に対して防水処理を施して、投影光学系PLの像面側に液体wが供給されている状態(つまり、ステップS18とステップS19との間)でステップS15の計測を行うようにしても良い。

【0047】

また、上述の実施形態においては、照射量センサ37を用いた光量計測を行った後に、照度むらセンサ36による照度むら計測を行っているが、レチクルRの搬出、搬入の工程がスループットを低下させることになるので、照度むらセンサ36による照度むら計測を行った後に、照射量モニタ37による光量計測を行う方が好ましい。また、照度むらセン

10

20

30

40

50

サ 3 6 を用いた照度むら計測の際に、露光光の光路上からレチクル R を退避させていたが、パターンが形成されていないレチクル（計測用の素ガラス）を配置しても良い。

【 0 0 4 8 】

また、上記実施形態では、第 2 フライアイレンズ 7 の射出面 C J に配置する開口絞りを
変えることによって、コヒーレンスファクタ（照明系の ）を変更し、投影光学系 P L の
像面側に向かう露光光の開き角を調整していたが、露光光の開き角の調整は、これに制限
されず種々の方法を用いることができる。例えば、第 2 フライアイレンズ 7 の前段（光源
1 側）にズーム光学系を配置し、第 2 フライアイレンズ 7 に入射する光束の分布を変更し
て、第 2 フライアイレンズ 7 の射出面 C J における露光光の光束分布を変更することで調
整しても良い。また、上述の実施形態においては、コヒーレンスファクタ（照明系の ）
値を 0 . 2 5 に設定したが、これに限るものでなく、液体 w の屈折率及び投影光学系 P L
の開口数を考慮して、投影光学系 P L の像面側に液体 w が無い状態でも投影光学系 P L の
先端面で露光光の一部に全反射が起きないように設定してやればよい。

10

【 0 0 4 9 】

また、上述の実施形態においては、投影光学系 P L の像面側に液体 w が無い状態で照度
むらセンサ 3 6 による計測や照射量センサ 3 7 による計測を行うようにしているが、露光
光の開き角を調整したとしても、投影光学系 P L の像面側に液体 w がある状態と液体 w が
ない状態とでは、投影光学系 P L の下面での反射率が異なる場合がある。その場合には、
例えば所定の反射率を有する反射板を投影光学系 P L の像面側に配置した状態で露光光を
照射し、例えば特開 2 0 0 1 - 1 4 4 0 0 4 号公報に開示されているような反射量モニタ
を使って、液体 w がある状態と液体 w が無い状態とで投影光学系 P L から戻ってくる光量
をそれぞれ計測する。そして、その差を補正情報として保持しておき、照度むらセンサ 3
6 や照射量モニタ 3 7 の液体 w 無しでの計測結果をその補正情報を用いて補正するよう
にすればよい。

20

【 0 0 5 0 】

尚、第 1 実施形態においては、照度むらセンサ 3 6 や照射量センサ 3 7 を液体 w なしで
計測する場合について説明したが、後述する空間像計測装置や波面収差計測装置等の各種
計測装置に液体 w なしでの計測を適用することもできる。この場合、投影光学系 P L の像
面側の空間に液体 w に相当する光学（ガラス）部材を配置しても良い。このような光学部
材を配置することによって、液体 w なしでも、投影光学系 P L の像面側の空間を液体 w で
満たしている場合に近い条件で計測を行なうことができる。尚、波面収差計測装置は、例
えば米国特許 6 , 6 5 0 , 3 9 9 や米国特許公開 2 0 0 4 / 0 0 9 0 6 0 6 に開示されて
いる。以上のように、第 1 実施形態においては、液浸法の採用によって投影光学系の開口
数が増大しても、投影光学系 P L に入射した露光光を各種センサの光透過部を介して良好
に受光できる。また、液体 w を介さずに露光光を受光しているので、液体 w の状態（温度
変化、ゆらぎ、透過率変化等）の影響を受けずに、各種センサの計測を行なうことがで
きる。

30

【 0 0 5 1 】

〔 第 2 実施形態 〕

次に、本発明の第 2 実施形態による露光装置について説明する。本実施形態の露光装置
の全体構成は図 1 に示す露光装置とほぼ同様の構成であるが、露光光センサ 2 7 の構成が
相違する。尚、第 1 実施形態においては、露光光センサ 2 7 は、投影光学系 P L の像面側
に液体 w なしに計測動作（露光光の受光）を行ったが、以下の説明においては、露光光セ
ンサ 2 7 は投影光学系 P L の像面側の液体 w を介して計測動作を行う。また、図 3 に示す
通り、第 1 実施形態で説明した露光光センサ 2 7 は照度むらセンサ 3 6 と照射量センサ 3
7 とを備えているが、以下では説明の簡単のため、主として露光光センサ 2 7 に設けられ
る照度むらセンサについて説明する。

40

【 0 0 5 2 】

図 5 は、本発明の第 2 実施形態による露光装置に設けられる照度むらセンサの概略構成
を示す図であって、（ a ）は断面図であり、（ b ）は照度むらセンサに設けられる平凸レ

50

レンズの斜視図である。図5(a)に示す通り、本実施形態の露光装置に設けられる照度むらセンサ40は、平凸レンズ41と受光素子42とを含んで構成される。

【0053】

図5(a),(b)に示す通り、平凸レンズ41は平坦部41aと所定の曲率を有する曲面部41bが形成された光学レンズである。本実施形態は、第1実施形態と同様に露光光として真空紫外域のArFエキシマレーザ光源の光が用いられるため、平凸レンズ41の硝材としては、例えば合成石英又は蛍石が用いられる。平凸レンズ41の平坦部41aには、中央部を除いた全面にCr(クロム)等の金属を蒸着して遮光部43が形成されている。平坦部41aの中央部にはCr(クロム)等の金属が蒸着されておらず、これにより十数~数十μm程度の径を有する光透過部44が形成されている。

10

【0054】

かかる構成の平凸レンズ41は、遮光部43が形成された平坦部41aを投影光学系PLに向けて、且つ上面(遮光部43の上面)がウェハステージ15の上面15aと一致するようにウェハステージ15に取り付けられる。また、受光素子42は受光面42aを平凸レンズ41の曲面部41bに向け、且つ受光面42aのほぼ中心が平凸レンズ41の光軸上に配置されるようウェハステージ15に取り付けられる。この受光素子42は受光面42aにArFレーザ光に対するARコートが施されている。

【0055】

尚、ここでは、説明の便宜上、平凸レンズ41及び受光素子42がウェハステージ15に取り付けられているとしているが、これらを図3に示すシャーシ30と同様のシャーシ内に取り付け、シャーシをウェハステージ15上に設けることが好適である。かかる構成の場合には、平凸レンズ41の上面(遮光部43の上面)がシャーシの上面と一致するように平凸レンズ41がシャーシに取り付けられ、且つシャーシの上面がウェハステージ15の上面15aと一致するようにシャーシがウェハステージ15に取り付けられる。

20

【0056】

平凸レンズ41がウェハステージ15に取り付けられる場合、及び図3に示すシャーシ30と同様のシャーシに取り付けられる何れの場合であっても、ウェハステージ15上の液体wが照度むらセンサ40内に浸入しないように、シール材等によって防水(防液)対策が施されている。従って、図5(a)に示す通り、投影光学系PLの下方(-Z方向)に照度むらセンサ40が配置されているときに、投影光学系PLとウェハステージ15との間に液体wが供給されても、液体wが照度むらセンサ40内に浸入することはない。

30

【0057】

このため、本実施形態の照度むらセンサ40を用いた露光光の照度むら又は積算光量むらの計測は、照明光学系ISの照明条件をウェハWに対する露光処理を行うときに設定される照明条件に設定し、投影光学系PLとウェハステージ15の上面15a(平凸レンズ41)との間に液体wを供給した状態で行うことができる。液体wが投影光学系PLとウェハステージ15の上面15aとの間に供給されている状態においては、投影光学系PLに入射した露光光は、投影光学系PLの先端部において全反射されずに投影光学系PLを通過して液体wに入射する。

【0058】

40

図5(a)に示す通り、液体wに入射した露光光のうち遮光部43に入射した露光光は遮光され、ピンホール状の光透過部44に入射した露光光のみが平坦部41aから平凸レンズ41内に入射する。ここで、平凸レンズ41の屈折率は、液体wの屈折率と同程度又は液体wの屈折率よりも高いため、光透過部44に入射する露光光の入射角が大きくても光透過部44に入射した露光光は、光透過部44内に露出している平凸レンズ41の平坦部41aで全反射することなく、平凸レンズ41内に入射する。また、平凸レンズ41に入射した露光光は、平凸レンズ41に形成された曲面部41bによって集光された後で受光面42aに入射して受光素子42で受光される。

【0059】

このように、本実施形態においては、平凸レンズ41の平坦部41aに遮光部43及び

50

光透過部 4 4 を形成して、光透過部 4 4 を通過した露光光を気体中を通過させずに直接屈折率の高い平凸レンズ 4 1 に入射させている。このため、大きな入射角を有する露光光が光透過部 4 4 に入射しても、全反射されることなく平凸レンズ 4 1 内に取り込むことができる。また、平凸レンズ 4 1 に入射した露光光を曲面部 4 1 b で集光して受光素子 4 2 の受光面 4 2 a に導いているため、光透過部 4 4 に入射した露光光が大きな入射角を有していても受光素子 4 2 で受光することができる。

【 0 0 6 0 】

尚、図 5 に示す照度むらセンサ 4 0 は、平凸レンズ 4 1 の平坦部 4 1 a 上に中心部を除いて Cr (クロム) 等の金属を蒸着して遮光部 4 3 及び光透過部 4 4 を形成している。このため、図 5 (a) に示す通り、光透過部 4 4 が凹部として形成されてしまう。投影光学系 PL に供給される液体 w は液体供給装置 2 1 及び液体回収装置 2 2 によって常時循環させる場合には、光透過部 4 4 の存在によって液体 w の流れが乱される可能性が考えられる。また、平凸レンズ 4 1 上に液体 w の供給を開始したときに、光透過部 4 4 に気泡が残ってしまう虞もある。次に説明する図 6 に示した照度むらセンサは、この点で本実施形態を改善している。

【 0 0 6 1 】

図 6 は、本発明の第 2 実施形態による露光装置に設けられる照度むらセンサの変形例を示す図であって、(a) は断面図であり、(b) は照度むらセンサに設けられる平凸レンズの斜視図である。図 6 に示す照度むらセンサ 4 0 は、図 5 に示す照度むらセンサ 4 0 に設けられる平凸レンズ 4 1 に代えて平凸レンズ 4 5 を備える点が相違する。図 6 に示す通り、平凸レンズ 4 5 は、平凸レンズ 4 1 に形成された平坦部 4 1 a 及び曲面部 4 1 b と同様に平坦部 4 5 a 及び曲面部 4 5 b が形成されている。しかしながら、平坦部 4 5 a が全面に亘って平坦ではなく、上部が平坦な凸部 4 6 が平坦部 4 5 a の中央付近に形成されている点が異なる。

【 0 0 6 2 】

平坦部 4 5 a 上には、凸部 4 6 を除いて Cr (クロム) 等の金属を蒸着して遮光部 4 3 が形成されており、平坦部 4 5 a の中央部に形成された凸部 4 6 の高さは遮光部 4 3 の厚みとほぼ同じに設定されている。つまり、図 6 に示す照度センサ 4 0 においては、光透過部 4 4 として凸部 4 6 が形成されている。このため、図 6 に示す通り、投影光学系 PL の下方 (- Z 方向) に照度むらセンサ 4 0 が配置された状態で、投影光学系 PL とウェハステージ 1 5 (平凸レンズ 4 5) との間に液体 w が供給されても、光透過部 4 4 内に液体 w が流入することはない。液体 w の流れが乱されることはない。また、光透過部 4 4 に気泡が残ることもない。よって、図 6 に示す構成の照度むらセンサ 4 0 を用いることで、より確度の高い計測を行うことができる。

【 0 0 6 3 】

尚、第 2 実施形態においては、凸部 4 6 は、平凸レンズ 4 5 と一体的に形成されているが、別々に形成してもよい。また、凸部 4 6 と平凸レンズ 4 5 とを異なる物質で形成するようにしてもよい。この場合、凸部 4 6 を形成する物質は、露光光を透過できる物質であって、平凸レンズ 4 5 の材料の屈折率と同程度、若しくは液体 w の屈折率よりも高く、かつ平凸レンズ 4 5 の材料の屈折率よりも低いものを用いることができる。

【 0 0 6 4 】

〔 第 3 実施形態 〕

次に、本発明の第 3 実施形態による露光装置について説明する。上述した第 2 実施形態と同様に、本実施形態の露光装置の全体構成は図 1 に示す露光装置とほぼ同様の構成であるが、露光光センサ 2 7 の構成が相違する。尚、本実施形態においても主として露光光センサ 2 7 に設けられる照度むらセンサについて説明する。

【 0 0 6 5 】

図 7 は、本発明の第 3 実施形態による露光装置に設けられる照度むらセンサの概略構成を示す図であって、(a) は断面図であり、(b) は照度むらセンサに設けられる開口板及び平凸レンズの斜視図である。図 7 (a) に示す通り、本実施形態の露光装置に設けら

れる照度むらセンサ 50 は、上板 51、平凸レンズ 52、及び受光素子 53 を含んで構成される。

【0066】

図 7 (a)、(b) に示す通り、上板 51 は、真空紫外域の ArF エキシマレーザ光源の光に対して高い透過率を有する合成石英又は蛍石からなる平行平板 54 を備えている。この平行平板 54 の一方の面には、中央部を除いた全面に Cr (クロム) 等の金属を蒸着して遮光部 55 が形成されており、Cr (クロム) 等の金属が蒸着されていない中央部が円形の光透過部 56 となっている。また、平凸レンズ 52 は図 5 に示す平凸レンズ 41 と同様に、平坦部 52a と所定の曲率を有する曲面部 52b が形成された合成石英又は蛍石からなる光学レンズである。

10

【0067】

上板 51 は、遮光部 55 が形成された面を下側にしてウェハステージ 15 の上面 15a に当接させて取り付けられている。また、平凸レンズ 52 は、平坦部 52a を投影光学系 PL に向けて上板 51 の遮光部 55 に当接させて (密接させて) 取り付けられている。また、受光素子 53 は図 5 に示す受光素子 42 と同様のものであり、受光面 53a を平凸レンズ 52 の曲面部 52b に向け、且つ受光面 53a のほぼ中心が平凸レンズ 53 の光軸上に配置されるようウェハステージ 15 に取り付けられる。

【0068】

尚、第 2 実施形態と同様に、上板 51、平凸レンズ 52、及び受光素子 53 を図 3 に示すシャーシ 30 と同様のシャーシ内に取り付け、シャーシをウェハステージ 15 上に設けるようにしても良い。かかる構成の場合には、シャーシ上に遮光部 55 を当接させて上板 51 が取り付けられ、シャーシの上面がウェハステージ 15 の上面 15a と一致するようにシャーシがウェハステージ 15 に取り付けられる。上板 51 は、ウェハステージ 15 の上面又はシャーシの上面との間において、シール材等によって防水対策が施されている。

20

【0069】

かかる構成の照度むらセンサ 50 において、上板 51 は液体 w が照度むらセンサ 30 内に浸入するのを防止する役目を果たす。本実施形態の照度むらセンサ 50 を用いても、照明光学系 IS の照明条件をウェハ W に対する露光処理を行うときに設定される照明条件に設定し、投影光学系 PL とウェハステージ 15 の上面 15a との間に液体 w を供給した状態で照明むら等の計測を行うことができる。

30

【0070】

投影光学系 PL とウェハステージ 15 の上面 15a との間に液体 w が供給されている状態において、投影光学系 PL に入射した露光光は、投影光学系 PL の先端部において全反射されずに投影光学系 PL を通過して液体 w に入射する。上板 51 に設けられる平行平板 54 の屈折率は液体 w の屈折率と同程度又は液体 w の屈折率よりも高いために、液体を w 介した露光光は上板 51 に入射し、上板 51 に形成された光透過部 56 からの光が平凸レンズ 52 に入射する。平凸レンズ 52 に入射した露光光は、平凸レンズ 52 に形成された曲面部 52b によって集光されて受光面 53a に導かれ、受光素子 53 で受光される。

【0071】

尚、本実施形態においては、平凸レンズ 52 の平坦部 52a を上板 51 の遮光部 55 が形成された面に当接させているため、気体中を通過せずに平凸レンズ 52 で光透過部 56 からの光を受光素子 53 に導くことができる。また、図 7 において、平行平板 54 の一方の面に形成された遮光部 (膜) の厚みのために、光透過部 56 において平行平板 54 の下面と平凸レンズ 52 の上面との間に空間が形成されてしまう場合には、その光透過部 56 の空間に気体以外の媒質であって光透過性の媒質、例えば、液体、超臨界流体、ペースト、固体を光透過部と集光部材との間に、例えば薄膜状に介在させても良い。或いは、露光光を透過する接着剤を、平行平板 54 と平凸レンズ 52 との接合に使用して、その接着剤を光透過部 56 の空間に介在させてもできる。この場合、光透過部 56 に介在する物質の露光光に対する屈折率は、平凸レンズ 52 及び平行平板 54 の屈折率と同程度であることが望ましい。更に、平凸レンズ 52 に代えて図 8 に示す平凸レンズ 57 を設けても

40

50

良い。図 8 は、本発明の第 3 実施形態による露光装置に設けられる照度むらセンサが備える平凸レンズの他の例を示す斜視図である。図 8 に示す平凸レンズ 5 7 は、図 7 に示す平凸レンズ 5 2 と同様に平坦部 5 7 a 及び曲面部 5 7 b が形成されているが、平坦部 5 7 a が全面に亘って平坦ではなく、上部が平坦な凸部 5 8 が平坦部 5 7 a の中央付近に形成されている点異なる。

【 0 0 7 2 】

この凸部 5 8 の高さは、上板 5 1 に形成された遮光部 5 5 の厚みとほぼ同じに設定され、その径は上板 5 1 に形成された光透過部 5 6 の径とほぼ同じに設定される。かかる構成の平凸レンズ 5 7 の平坦部 5 7 a を上板 5 1 の遮光部 5 5 が形成された面に当接させると、凸部 5 8 が上板 5 1 に形成された光透過部 5 6 に嵌合する。これによって、上板 5 1 の平行平板 5 4 に入射した露光光のうちの光透過部 5 6 に入射する露光光は、凸部 5 8 の上面から平凸レンズ 5 7 に入射して光透過部 5 6 を通過する。尚、図 8 において、凸部 5 8 は、平凸レンズ 5 7 と一体的に形成されているが、別々に形成してもよい。また、凸部 5 8 と平凸レンズ 5 7 とを異なる物質で形成するようにしてもよい。この場合、凸部 5 8 を形成する物質は、露光光を透過できる物質であって、平行平板 5 4 の材料及び平凸レンズ 5 7 の材料の露光光に対する屈折率と同程度であることが望ましい。また、本実施形態においては、平行平板 5 4 の底面側に遮光部 5 5 を形成して平凸レンズ 5 2 (5 7) を当接させる構成であるが、平凸レンズ 5 2 (5 7) の平坦部 5 2 a (5 7 a) に遮光部 5 5 を形成して平行平板 5 4 を当接させても良い。

【 0 0 7 3 】

〔 第 4 実施形態 〕

次に、本発明の第 4 実施形態による露光装置について説明する。上述した第 2 , 第 3 実施形態と同様に、本実施形態の露光装置の全体構成は図 1 に示す露光装置とほぼ同様の構成であるが、露光光センサ 2 7 の構成が相違する。尚、本実施形態においても主として露光光センサ 2 7 に設けられる照度むらセンサについて説明する。図 9 は、本発明の第 4 実施形態による露光装置に設けられる照度むらセンサの概略構成を示す断面図である。図 9 に示す通り、本実施形態の露光装置に設けられる照度むらセンサ 6 0 は、平行平板 6 1 、平凸レンズ 6 2 、及び受光素子 6 3 を含んで構成される。

【 0 0 7 4 】

平行平板 6 1 は、真空紫外域の A r F エキシマレーザ光源の光に対して高い透過率を有する合成石英又は蛍石からなり、図 3 に示すシャーシ 3 0 に形成されたピンホール 3 1 を覆うようにシャーシ 3 0 の上面 3 3 に取り付けられている。この平行平板 6 1 は、投影光学系 P L の像面側に供給される液体 w がピンホール 3 1 を介して照度むらセンサ 6 0 内に浸入しないよう、シャーシ 3 0 の上面 3 3 との間においてシール材等によって防水対策が施されている。

【 0 0 7 5 】

平凸レンズ 6 2 は、その径がピンホール 3 1 の径と同程度又は僅かに小さく設定された合成石英又は蛍石からなる光学レンズである。この平凸レンズ 6 2 は、平坦部が平行平板 6 1 に張り合わされてピンホール 3 1 の内部に配置される。また、受光素子 6 3 は図 5 に示す受光素子 4 2 と同様のものであり、受光面 6 3 a を平凸レンズ 6 2 の曲面部に向け、且つ受光面 6 3 a のほぼ中心が平凸レンズ 6 2 の光軸上に配置されるようシャーシ 3 0 内部に取り付けられる。尚、受光素子 4 2 の受光面 6 3 a の面積は入射する露光光の光束の幅に応じて適宜変更しても良い。

【 0 0 7 6 】

本実施形態の照度むらセンサ 6 0 においても、照明光学系 I S の照明条件をウェハ W に対する露光処理を行うときに設定される照明条件に設定し、投影光学系 P L とシャーシ 3 0 の上面 3 3 との間に液体 w を供給した状態で照明むら等の計測を行うことができる。投影光学系 P L とシャーシ 3 0 の上面 3 3 との間に液体 w が供給されている状態において、投影光学系 P L に入射した露光光は、投影光学系 P L の先端部において全反射されずに投影光学系 P L を通過して液体 w に入射する。

【0077】

平行平板61及び平凸レンズ62の屈折率は液体wの屈折率と同程度又は液体wの屈折率よりも高いため、液体をw介して平行平板61に入射した露光光のうちピンホール31に向かう露光光は、平凸レンズ62に入射して集光され、受光面63aに導かれて受光素子63で受光される。このように、本実施形態においても、投影光学系PLから液体wに入射した露光光が平凸レンズ62から射出されるまでは気体中を通過しない。このため、大きな入射角を有する露光光がピンホール31に入射しても、全反射されることなく平凸レンズ62内に取り込むことができ、更には受光素子63で受光することができる。尚、平凸レンズ62の周囲からの液体wの浸入が防止できる場合には、平行平板61はなくても良い。

10

【0078】

また、図9に示す例では、平凸レンズ62をピンホール31内に配置し、シャーシ30上に取り付けられた平行平板61に貼り付けるようにしていた。しかしながら、平凸レンズ62の径はピンホール31と同程度の十数～数十 μm 程度であるため、平凸レンズ62の取り扱いが困難なことがある。かかる場合には、平行平板61上に平凸レンズ62と同様の凸レンズを一体的に形成し、この凸レンズがピンホール31内に配置されるよう平行平板61をシャーシ30上に取り付けるのが好適である。尚、シャーシ30の上板の厚さが極めて薄い場合には、シャーシ30の下面に大きな平凸レンズを配置しても良い。この場合も、図7(a)と同様に、ピンホール31からの光を受光素子に集めることができる。

20

【0079】

〔第5実施形態〕

次に、本発明の第5実施形態による露光装置について説明する。上述した第2～第4実施形態と同様に、本実施形態の露光装置の全体構成は図1に示す露光装置とほぼ同様の構成であるが、露光光センサ27の構成が相違する。尚、本実施形態においても主として露光光センサ27に設けられる照度むらセンサについて説明する。図10は、本発明の第5実施形態による露光装置に設けられる照度むらセンサの概略構成を示す断面図である。図10に示す通り、本実施形態の露光装置に設けられる照度むらセンサ70は、平凸レンズ71及び受光素子72を含んで構成される。

【0080】

30

平凸レンズ71は、真空紫外域のArFエキシマレーザー光源の光に対して高い透過率を有する合成石英又は蛍石からなり、その径は図3に示すシャーシ30に形成されたピンホール31の径よりも大に設定されている。この平凸レンズ71はピンホール31の形成位置において平坦部71aがシャーシ30の内側に張り合わされている。これにより、ピンホール31が平凸レンズ71によってふさがれた状態になり、ピンホール31を介した液体wの照度むらセンサ70内への浸入を防止することができる。尚、平凸レンズ71をシャーシ30の内側に張り合わせるときに、シール材等によって防水対策することが好ましい。

【0081】

また、受光素子72は図5に示す受光素子42と同様のものであり、受光面72aを平凸レンズ72の曲面部71bに向け、且つ受光面72aのほぼ中心が平凸レンズ71の光軸上に配置されるようシャーシ30内部に取り付けられる。本実施形態の照度むらセンサ70においても、照明光学系ISの照明条件をウェハWに対する露光処理を行うときに設定される照明条件に設定し、投影光学系PLとシャーシ30の上面33との間に液体wを供給した状態で照明むら等の計測を行うことができる。

40

【0082】

投影光学系PLとシャーシ30の上面33との間に液体wが供給されている状態において、投影光学系PLに入射した露光光は、投影光学系PLの先端部において全反射されずに投影光学系PLを通過して液体wに入射する。平凸レンズ71の屈折率は液体wの屈折率と同程度又は液体wの屈折率よりも高いため、液体wに入射した露光光のうち、ピンホ

50

ール 3 1 に入射した露光光は、平凸レンズ 7 1 に入射して集光され、受光面 7 2 a に導かれて受光素子 7 2 で受光される。

【 0 0 8 3 】

このように、本実施形態においては、投影光学系 P L から液体 w に入射した露光光のうち、ピンホール 3 1 を通過した露光光は気体中を通過せずに直接屈折率の高い平凸レンズ 7 1 に入射する。このため、大きな入射角を有する露光光がピンホール 3 1 に入射しても、全反射されることなく平凸レンズ 7 1 内に取り込むことができ、更には受光素子 7 2 で受光することができる。

【 0 0 8 4 】

尚、本実施形態では、第 2 実施形態と同様に、ピンホール 3 1 の存在によって液体 w の流れが乱され、更には渦流の発生により液体 w が沸騰して液体 w 内に気泡が生ずる可能性が考えられる。これらを防止するために、平凸レンズ 7 1 として図 8 に示す平凸レンズ 5 7 を用い、平坦部 5 7 a に形成された凸部 5 8 がピンホール 3 1 に嵌合するよう平凸レンズ 5 7 をシャーシ 3 0 の内側に貼り付けることができる。或いは、ピンホール 3 1 に、露光光を透過する物質を介在させてもよい。

【 0 0 8 5 】

以上説明した第 2 ～ 第 5 実施形態においては平凸レンズ 4 1 , 4 5 , 5 2 , 5 7 , 6 2 , 7 1 と受光素子 4 2 , 5 3 , 6 3 , 7 2 とを離間させて配置した場合を例に挙げて説明したが、酸素等による露光光の吸収を極力避けるために、平凸レンズ 4 1 , 4 5 , 5 2 , 5 7 , 6 2 , 7 1 と受光素子 4 2 , 5 3 , 6 3 , 7 2 とを接触させても良い。また、上記実施形態では、集光部材として平凸レンズ 4 1 , 4 5 , 5 2 , 5 7 , 6 2 , 7 1 を例に挙げて説明したが、これ以外に D O E (回折光学素子) 、小レンズアレイ、フレネルレンズ、反射ミラー等を用いることができる。

【 0 0 8 6 】

〔 第 6 実施形態 〕

次に、本発明の第 6 実施形態による露光装置について説明する。本実施形態の露光装置も全体構成は図 1 に示す露光装置とほぼ同様の構成であるが、露光光センサ 2 7 の構成が相違する。尚、本実施形態の露光装置が備える露光光センサ 2 7 は、上述した第 2 ～ 第 5 実施形態と同様に、投影光学系 P L の像面側の液体 w を介して計測動作を行うものである。但し、本実施形態においては、主として露光光センサ 2 7 に設けられる照射量センサについて説明する。

【 0 0 8 7 】

図 1 1 は、本発明の第 6 実施形態による露光装置に設けられる照射量センサの概略構成を示す図である。図 1 1 (a) に示す通り、本実施形態の露光装置に設けられる照射量センサ 8 0 は、集光板 8 1 及び受光素子 8 2 を含んで構成される。集光板 8 1 は、真空紫外域の A r F エキシマレーザ光源の光に対して高い透過率を有する合成石英又は蛍石からなり、図 1 1 (a) , (b) に示す通り、その一面 (液体 w と接触しない面) 8 1 a にマイクロレンズアレイ 8 3 が形成されている。

【 0 0 8 8 】

マイクロレンズアレイ 8 3 は、例えば直交する 2 方向に配列された円形状の正屈折力を有する多数の微小レンズからなる光学素子である。尚、図 1 1 に示すマイクロレンズアレイ 8 3 はあくまでも例示であり、微小レンズの形状は円形状に限らず正方形状であってもよく、その配列は直交する 2 方向への配列に限らず稠密配列であっても良い。マイクロレンズアレイ 8 3 は、例えば平行平面ガラス板の一面にエッチング処理を施して微小レンズ群を形成することによって構成されている。

【 0 0 8 9 】

集光板 8 1 は、マイクロレンズアレイ 8 3 が形成された面 8 1 a と対向する平坦な面 8 1 b を投影光学系 P L 側 (+ Z 方向) に向けて、且つ面 8 1 b が図 3 に示すシャーシ 3 0 の上面 3 3 と一致するように、シャーシ 3 0 に形成された開口 3 2 内に設けられている。尚、本実施形態では図 3 に示す N D フィルタ 3 4 は設けられていない。尚、マイクロレン

ズアレイ 8 3 を N D フィルタ 3 4 に貼り付けた構成、又はマイクロレンズアレイ 8 3 と受光素子 8 2 との間に N D フィルタを設けた構成としても良い。集光板 8 1 とシャーシ 3 0 との間は、投影光学系 P L の像面側に供給される液体 w がシャーシ 3 0 内に浸入しないようシール材等によって防水対策が施されている。

【 0 0 9 0 】

また、受光素子 8 2 は受光面 8 2 a を集光板 8 1 に向け、且つ受光面 8 2 a のほぼ中心が集光板 8 1 の中央部のほぼ中心の真下（ - Z 方向）に位置するように配置されている。この受光素子 8 2 は、集光板 8 1 で集光された光束の多くが受光面 8 2 a で受光されるよう、集光板 8 1 に近接して取り付けられている。尚、受光素子 8 2 の受光面 8 2 a には、A r F レーザ光に対する A R コートが施されている。

10

【 0 0 9 1 】

本実施形態の照射量センサ 8 0 を用いて露光領域に照射される露光光の光量を計測する場合には、第 1 実施形態の照射量センサ 3 7 での計測とは異なり、照明光学系 I S の照明条件をウェハ W に対する露光処理を行うときに設定される照明条件に設定し、投影光学系 P L とシャーシ 3 0 の上面 3 3 との間に液体 w を供給した状態で行うことができる。投影光学系 P L とシャーシ 3 0 の上面 3 3 との間に液体 w が供給されている状態において、投影光学系 P L に入射した露光光は、投影光学系 P L の先端部において最外の光線も全反射されずに投影光学系 P L を通過して液体 w に入射する。

【 0 0 9 2 】

集光板 8 1 の屈折率は液体 w の屈折率と同程度又は液体 w の屈折率よりも高いため、液体 w に入射した露光光は集光板 8 1 に入射する。露光光の波面は集光板 8 1 の面 8 1 a に形成されたマイクロレンズアレイ 8 3 をなす多数の微小レンズにより二次元的に分割されるとともに微小レンズの屈折作用によって集束され、その後で分割された波面の各々は受光素子 8 2 の受光面 8 2 a に入射して受光される。

20

【 0 0 9 3 】

このように、本実施形態においても、投影光学系 P L から液体 w に入射した露光光が集光板 8 1 から射出されるまでは気体中を通過しない。このため、大きな入射角を有する露光光が集光板 8 1 に入射しても全反射されることなく集光板 8 1 内に取り込むことができ受光素子 8 2 で受光することができる。また、照射量センサは、開口 3 2 の面積が大きいため、前述した第 2、第 3、第 5 実施形態で説明した平凸レンズ 4 1, 5 2, 7 1 のような単レンズを開口 3 2 に設けて入射した光を集光する構成にすると、照射量センサが大型化してしまい、図 1 に示すウェハステージ 1 5 に搭載する上で不具合が生ずる。本実施形態では、このような単レンズを用いずにマイクロレンズアレイ 8 3 を用いることで、照射量センサ 8 0 を小型・軽量にすることができる。

30

【 0 0 9 4 】

尚、以上の説明では、集光板 8 1 の一面 8 1 a にマイクロレンズアレイ 8 3 が形成されている場合について説明したが、両面（面 8 1 a, 8 1 b）にマイクロアレイレンズが形成されている集光板を用いても良い。また、マイクロレンズアレイに代えてフライアイレンズを用いることもできる。また、集光板 8 1 の一面 8 1 a にのみマイクロレンズアレイ 8 3 が形成されている場合には、図 1 2 に示す通り、集光板 8 1 の投影光学系 P L に向く面 8 1 b に、マイクロレンズアレイ 8 3 をなす多数の微小レンズ各々に対応させて開口 8 4 を形成したものをを用いても良い。図 1 2 は、マイクロレンズアレイに対する開口が形成された集光板の構成例を示す斜視図である。

40

【 0 0 9 5 】

図 1 2 に示す開口 8 4 は、例えば面 8 1 b の全面に C r（クロム）等の金属を蒸着し、微小レンズの各々に対応する箇所をエッチングすることで形成される。開口 8 4 は、各々の微小レンズに入射する光束の量を制限する絞りの働きをするため、N D フィルタと同様の機能を持たせることができる。本実施形態では、照明光学系 I S の照明条件をウェハ W に対する露光処理を行うときに設定される照明条件に設定しているため、集光板 8 1 及び受光素子 8 2 の保護の観点から、開口 8 4 を形成するのが望ましい。尚、本実施形態では

50

露光光センサ 27 に設けられる照射量センサ 80 について説明したが、例えば図 5 に示す平凸レンズ 41 に替えてマイクロレンズアレイが形成された集光板を用いることで照度むらセンサに適用することも可能である。

【0096】

〔第 7 実施形態〕

次に、本発明の第 7 実施形態による露光装置について説明する。本実施形態の露光装置の全体構成は図 1 に示す露光装置とほぼ同様の構成であるが、露光光センサ 27 の構成が相違する。尚、本実施形態の露光装置が備える露光光センサ 27 は、上述した第 2 ~ 第 5 実施形態と同様に、投影光学系 PL の像面側の液体 w を介して計測動作を行うものである。但し、本実施形態においては、主として露光光センサ 27 に設けられる照射量センサに

10

【0097】

図 13 は、本発明の第 7 実施形態による露光装置に設けられる照射量センサの概略構成を示す図である。図 13 に示す通り、本実施形態の露光装置に設けられる照射量センサ 85 は、拡散板 86 及び受光素子 87 を含んで構成され、拡散板 86 がシャーシ 30 に形成された開口 32 内に設けられている。拡散板 86 は合成石英又は蛍石から構成され、微細な凹凸が形成された面 86a と平坦な面 86b とを有し、面 86b を投影光学系 PL 側 (+Z 方向) に向けて、且つ面 86b が図 3 に示すシャーシ 30 の上面 33 と一致するように開口 32 内に設けられている。尚、拡散板 86 とシャーシ 30 との間はシール材等によって防水対策が施されている。受光素子 87 は、受光面 87a を拡散板 86 に向け、且つ受光面 87a のほぼ中心が拡散板 86 の中央部のほぼ中心の真下 (-Z 方向) に位置するように配置されている。また、受光素子 87 は受光面 87a を拡散板 86 に近接させた状態に配置されている。この受光素子 87 の受光面 87a には AR フレーザ光に対する AR コートが施されている。

20

【0098】

本実施形態の照射量センサ 85 を用いて露光領域に照射される露光光の光量を計測する場合には、第 6 実施形態と同様に、照明光学系 IS の照明条件をウェハ W に対する露光処理を行うときに設定される照明条件に設定し、投影光学系 PL とシャーシ 30 の上面 33 との間に液体 w を供給した状態で行う。この状態において、投影光学系 PL に露光光が入射すると、露光光は投影光学系 PL の先端部において最外の光線も全反射されずに投影光学系 PL を通過して液体 w に入射し、更には屈折率が液体 w と同程度又は液体 w よりも高い拡散板 86 に入射する。拡散板 86 に入射した露光光は、拡散板 86 から射出される際に微細な凹凸が形成された面 86a で拡散され、その後に受光素子 87 の受光面 87a に入射して受光される。

30

【0099】

このように、本実施形態においても、投影光学系 PL から液体 w に入射した露光光は拡散板 86 から射出されるまでは気体中を通過していないため、大きな入射角を有する露光光が拡散板 86 に入射しても全反射されることはない。また、露光光が拡散板 86 から射出されるときに拡散される。これらにより、大きな入射角を有する露光光をより多く受光素子 87 で受光することができる。また、第 6 実施形態と同様に、照射量センサ 85 の小型化を図ることができる。

40

【0100】

尚、以上の説明では、一面 86a のみに微細な凹凸が形成された拡散板 86 を用いる場合を例に挙げて説明したが、両面 (86a, 86b) に微細な凹凸が形成された拡散板 86 を用いても良い。また、上記の拡散板 86 に代えて入射した露光光を回折作用により回折させて受光素子に入射させる DOE (回折光学素子) が形成された回折板を用いてもよい。ここで、DOE は、入射角が小さな光束に対しては回折角が小さく、入射角が大きな光束に対しては回折が大きくなるよう設計するのが望ましい。回折板を用いる場合には、DOE が片面のみに形成されたものを用いても良く、両面に形成されたものを用いても良い。また、上述の拡散板及び回折板は、照度むらセンサに適用することもできる。

50

【 0 1 0 1 】

〔 第 8 実施形態 〕

次に、本発明の第 8 実施形態による露光装置について説明する。本実施形態の露光装置の全体構成は図 1 に示す露光装置とほぼ同様の構成であるが、露光光センサ 27 の構成が相違する。尚、本実施形態の露光装置が備える露光光センサ 27 は、上述した第 2 ～ 第 5 実施形態と同様に、投影光学系 P L の像面側の液体 w を介して計測動作を行うものである。但し、本実施形態においては、主として露光光センサ 27 に設けられる照射量センサについて説明する。

【 0 1 0 2 】

図 1 4 は、本発明の第 8 実施形態による露光装置に設けられる照射量センサの概略構成を示す図である。図 1 4 に示す通り、本実施形態の露光装置に設けられる照射量センサ 90 は、蛍光板 91 及び受光素子 92 を含んで構成される。蛍光板 91 は上面を一致させてシャーシ 30 に形成された開口 32 内に設けられており、入射する露光光によって励起され、露光光とは異なる波長の蛍光又は燐光を発するものである。つまり、蛍光板 91 は、真空紫外域の波長を有する露光光を、例えば可視領域の光に波長変換するものである。蛍光板 91 は、例えば、露光光を吸収してそれよりも長波長の蛍光又は燐光を発する有機色素材を含有する光透過板や、有機色素を表面にコーティングした光透過板を用いることができる。この場合、受光素子は蛍光波長の感度に応じて適宜選択することができる。

【 0 1 0 3 】

尚、蛍光板 91 とシャーシ 30 との間はシール材等によって防水対策が施されている。受光素子 92 は、露光光の波長とは異なる波長領域（例えば、可視領域）を受光する特性を有している。この受光素子 92 は、受光面 92 a のほぼ中心が蛍光板 91 の中央部のほぼ中心の真下（- Z 方向）に位置し、且つ蛍光板 91 に近接した位置に配置されている。受光素子 92 の受光面 92 a には蛍光及び燐光を含む可視領域の光に対する A R コートが施されている。

【 0 1 0 4 】

本実施形態の照射量センサ 90 を用いて露光領域に照射される露光光の光量を計測する場合には、第 6 , 第 7 実施形態と同様に、照明光学系 I S の照明条件をウェハ W に対する露光処理を行うときに設定される照明条件に設定し、投影光学系 P L とシャーシ 30 の上面 33 との間に液体 w を供給した状態で行う。露光光の光量を計測する前に、予め蛍光板 91 に入射する光量と、蛍光板 91 から波長変換されて射出される光の光量との関係を求めておく。

【 0 1 0 5 】

照明光学系 I S の照明条件が露光時の照明条件に設定されている状態において、投影光学系 P L に露光光が入射すると、露光光は投影光学系 P L の先端部において全反射されずに投影光学系 P L を通過して液体 w を介して蛍光板 91 に入射する。露光光が蛍光板 91 に入射すると、その光量の一部又は全部が蛍光板 91 によって吸収され、吸収した光量に応じた光量を有する蛍光又は燐光が発せられる。この蛍光又は燐光は、露光光の波長とは異なる波長を有し、露光光の入射角に依存しない方向に蛍光板 91 から射出され、その後受光素子 92 の受光面 92 a に入射して受光される。

【 0 1 0 6 】

このように、本実施形態においても、投影光学系 P L から液体 w に入射した露光光は蛍光板 91 から射出されるまでは気体中を通過していないため、大きな入射角を有する露光光が蛍光板 91 に入射しても全反射されることはない。また、入射角の大きな露光光が入射しても、その露光光は異なる波長を有する蛍光又は燐光に変換されて入射角とは異なる方向にも射出されるため、受光素子 92 での受光が容易になる。また、第 6 , 第 7 実施形態と同様に、照射量センサ 90 の小型化を図ることができる。

【 0 1 0 7 】

尚、蛍光板 91 に入射した露光光の全てが異なる波長の蛍光又は燐光に変換されない場合には、露光光の一部が蛍光板 91 を透過して受光素子 92 に入射する。上述した通り、

10

20

30

40

50

受光素子 92 の受光特性は、露光光とは異なる波長領域の光を受光する特性であるため、露光光が受光素子 92 に入射してもさほど問題はない。しかしながら、蛍光板 91 を透過した露光光が受光素子 92 に入射することによって、例えば発熱等による計測誤差が生ずる場合には、蛍光板 91 と受光素子 92 との間に、蛍光板 91 で生じた蛍光又は燐光が含まれる波長領域の光は透過させ、露光光が含まれる波長領域の光は遮光するフィルタを設けるのが好ましい。

【0108】

〔第9実施形態〕

次に、本発明の第9実施形態による露光装置について説明する。本実施形態の露光装置の全体構成は図1に示す露光装置とほぼ同様の構成であるが、露光光センサ27の構成が相違する。尚、本実施形態の露光装置が備える露光光センサ27は、上述した第2～第5実施形態と同様に、投影光学系PLの像面側の液体wを介して計測動作を行うものであって、主に露光光センサ27に設けられる照度むらセンサについて説明する。

【0109】

図15は、本発明の第9実施形態による露光装置に設けられる照度むらセンサの概略構成を示す図である。図15(a)に示す通り、本実施形態の露光装置に設けられる照度むらセンサ100は、導波部材101と受光素子102とを含んで構成される。導波部材101は、図3に示すシャシ30に形成されたピンホール31の径よりも大きな径を有する円柱状であり、その中心軸とピンホール31の中心位置とをほぼ一致させて、ピンホール31の下方(-Z方向)に一端101aを当接させた状態で配置されている。

【0110】

この導波部材101は、合成石英又は蛍石から構成されており、一端101aから内部に入射した露光光を外周(空気との境界)で全反射させつつ導波して他端101bから射出するものである。導波部材101として、例えばオプティカルインテグレータの一種であるロッドインテグレータ又は光ファイバを用いることができる。尚、導波部材101がシャシ30に当接する部分は、シール材等によって防水対策が施されている。受光素子102は露光光を含む波長領域の光を受光する特性を有し、その受光面102aを導波部材101の他端101bに当接させた状態で配置されている。受光素子102の受光面102aにはARフレイザ光に対するARコートが施されている。

【0111】

ここで、受光素子102aの受光面102aを導波部材101の他端101bに当接させるのは、他端101bから射出される射出角の大きな露光光を受光素子102の受光面102aに入射させて受光するためである。つまり、導波部材101の他端101bからは種々の角度を有する露光光が射出されるため、導波部材101の他端101bと受光素子102の受光面102aとが離間している状態では、拡がりながら射出された露光光の全てを受光面102aに入射させることができず、特に射出角の大きな露光光を受光することができないからである。

【0112】

本実施形態の照度むらセンサ100を用いて露光領域に照射される露光光の光量を計測する場合には、第6～第8実施形態と同様に、照明光学系ISの照明条件をウェハWに対する露光処理を行うときに設定される照明条件に設定し、投影光学系PLとシャシ30の上面33との間に液体wを供給した状態で行う。この状態において、投影光学系PLに露光光が入射すると、露光光は投影光学系PLの先端部において全反射されずに投影光学系PLを通過して液体w及びピンホール31を介して一端101aから導波部材101内に入射する。導波部材101に入射した露光光は導波部材101の外周で反射しながら導波部材101内を進行し、導波部材101の他端101bに当接した状態で配置されている受光素子で102で受光される。

【0113】

このように、本実施形態においては、投影光学系PLから液体wに入射し、ピンホール31を通過した露光光は気体中を通過せずに導波部材101に入射する。このため、大き

な入射角を有する露光光を含め露光領域に照射された露光光の多くを受光することができる。尚、以上の説明では、導波部材 101 と空気との屈折率差を利用して露光光を外周で全反射させつつ導波する場合について説明したが、外周に対する露光光の入射角が小さいと露光光が外周から外部に射出されてしまうことがある。このため、導波部材 101 の外周に Cr (クロム) 等の金属を蒸着することが望ましい。

【0114】

また、照度むらセンサ 100 の構成上、導波部材 101 と受光部材 102 とを離間させて配置せざるを得ない場合も考えられる。かかる場合には、図 15 (b) に示す通り、他端 101b の形状を曲面形状 (レンズ形状) として導波部材 101 内を進行した露光光の射出角を極力小さくすることが望ましい。更に、上記実施形態では円柱状の導波部材 101 について説明したが、その形状は四角柱、その他の形状のものを用いることができる。

10

【0115】

〔第 10 実施形態〕

次に、本発明の第 10 実施形態による露光装置について説明する。本実施形態の露光装置の全体構成は図 1 に示す露光装置とほぼ同様の構成であるが、露光光センサ 27 の構成が相違する。尚、本実施形態の露光装置が備える露光光センサ 27 は、上述した第 2 ~ 第 5 実施形態と同様に、投影光学系 PL の像面側の液体 w を介して計測動作を行うものであって、主に露光光センサ 27 に設けられる照度むらセンサについて説明する。

【0116】

図 16 は、本発明の第 10 実施形態による露光装置に設けられる照度むらセンサの概略構成を示す図である。図 16 に示す通り、本実施形態の露光装置に設けられる照度むらセンサ 110 は、オプティカルインテグレータの一種である積分球 111 と受光素子 112 とを含んで構成される。積分球 111 は、合成石英又は蛍石から構成されており、その一部を平坦に切り欠いて入射部 111a 及び射出部 111b が形成されている。

20

【0117】

入射部 111a は、その径が図 3 に示すシャーシ 30 に形成されたピンホール 31 の径よりも大きな径に設定されている。積分球 111 は、入射部 111a の中心位置とピンホール 31 の中心位置とをほぼ一致させて、ピンホール 31 の周囲部と入射部 111a の外周部とを当接させた状態でピンホール 31 の下方 (- Z 方向) に配置されている。尚、入射部 111a がシャーシ 30 に当接する部分は、シール材等によって防水対策が施されている。

30

【0118】

射出部 111b は入射部 111a に対して所定の位置に所定の大きさの径に形成される。射出部 111b の形成位置は、例えば入射部 111a の中心を通り入射部 111a に垂直な直線と、射出部 111b の中心を通り射出部 111b に垂直な直線とが直交する位置である。また、図 16 に示す例では、射出部 111b には、射出角が大きな露光光を反射して受光素子 112 に導くためのガイド部 111c が設けられている。

【0119】

受光素子 112 は露光光を含む波長領域の光を受光する特性を有し、その受光面 112a を射出部 111b に向けた状態で配置されている。受光素子 112 の受光面 112a には ArF レーザ光に対する AR コートが施されている。尚、ここでは、積分球 111 の射出部 111b にガイド部 111c を設けて積分球 111 と受光素子 112 とを離間して配置した構成について説明するが、ガイド部 111c を省略して受光素子 112 の受光面 112a を積分球 111 の射出部 111b に当接させた構成であっても良い。

40

【0120】

本実施形態の照度むらセンサ 110 を用いて露光領域に照射される露光光の光量を計測する場合には、前述した第 6 ~ 第 9 実施形態と同様に、照明光学系 IS の照明条件をウェハ W に対する露光処理を行うときに設定される照明条件に設定し、投影光学系 PL とシャーシ 30 の上面 33 との間に液体 w を供給した状態で行う。この状態において、投影光学系 PL に露光光が入射すると、露光光は投影光学系 PL の先端部において全反射されずに

50

投影光学系 P L を通過して液体 w 及びピンホール 3 1 を介して気体中を通過することなく入射端 1 1 1 a から積分球 1 1 1 内に入射する。積分球 1 1 1 に入射した露光光は積分球 1 1 1 の外周で多重反射し、最終的には射出端 1 1 1 b から射出される。射出端 1 1 1 b から射出された露光光のうち射出角の小さなものは直接受光面 1 1 2 a に入射し、射出角が大きなものはガイド部 1 1 1 c で反射された後に受光面 1 1 2 に入射して受光される。

【 0 1 2 1 】

このように、本実施形態においても、投影光学系 P L から液体 w に入射し、ピンホール 3 1 を通過した露光光は、気体中を通過せずに積分球 1 1 1 に入射する。このため、大きな入射角を有する露光光が入射端 1 1 1 a に入射しても全反射されることなく、最終的に受光素子 1 1 2 で受光することができる。尚、前述した第 9 実施形態と同様に、入射部 1 1 a 及び射出部 1 1 1 b を除いた積分球 1 1 1 全体に C r (クロム) 等の金属を蒸着することが望ましい。

【 0 1 2 2 】

〔その他の実施形態〕

また、上記第 2 ～ 第 5 実施形態では、露光光を集光する集光部材として 1 つの平凸レンズ 4 1 , 4 5 , 5 2 , 5 7 , 6 2 , 7 1 を備える場合を例に挙げて説明し、上記第 6 ～ 第 1 0 実施形態では露光光を受光素子に入射させるための光学系として、集光板 8 1、拡散板 8 6、蛍光板 9 1、導波部材 1 0 1、及び積分球 1 1 1 を含む構成について説明した。しかしながら、平凸レンズ 4 1 , 4 5 , 5 2 , 5 7 , 6 2 , 7 1 と受光素子との間、並びに、集光板 8 1、拡散板 8 6、蛍光板 9 1、導波部材 1 0 1、及び積分球 1 1 1 と受光素子との間に複数のレンズを設けて露光光等を受光素子に導く構成が望ましい。

【 0 1 2 3 】

図 1 7 は、第 2 実施形態による露光装置が備える照度むらセンサ 4 0 の変形例を示す図である。図 1 7 に示す例では、平凸レンズ 4 1 からの露光光、特に入射角の大きな露光光をより簡単に平行光に変換するために、平凸レンズ 4 1 と受光素子 4 2 との間に 2 つのレンズ 1 2 1 , 1 2 2 が設けられている。平凸レンズ 4 1 と受光素子 4 2 との間にレンズ 1 2 1 , 1 2 2 を設けることによって平行光に変換された露光光を受光素子 4 2 に導いている。このようなレンズを第 3 ～ 第 1 0 実施形態にも用いることができる。尚、レンズの数は任意の数でよい。

【 0 1 2 4 】

また、上述した第 2 ～ 第 1 0 実施形態においては、照明光学系 I S の照明条件をウェハ W に対する露光処理を行うときに設定される照明条件に設定し、投影光学系 P L の像面側に液体 w を供給した状態で照度むらを計測する場合を例に挙げて説明した。しかしながら、これらの実施形態においても第 1 実施形態と同様に、投影光学系 P L の像面側に液体 w が供給されていない状態で、極小 を有する開口絞り 8 e を第 2 フライアイレンズ 7 の射出面 C J に配置して射出面 C J における露光光の光束分布を調整することで、露光光の開き角の調整を行ってむらや光量等を計測することができる。

【 0 1 2 5 】

また、図 1 に示した露光装置においては、照度むらセンサと照射量モニタとを一つのシャーシ 3 0 内に設けているが、別々にウェハステージ 1 5 上に配置するようにしても良い。また、液体 w の回収を容易とするために、露光光センサ 2 7 の液体と接触する面（上面）が撥水性になっている場合には、露光光（紫外線）の照射によって、その撥水性が劣化する虞がある。従って、液体 w と接触する面が撥水性のセンサを使って計測を行う場合には、例えば特開 2 0 0 1 - 1 4 4 0 4 4 号に開示されているような複数の N D フィルタを備えたエネルギー（光量）調整器を使って、露光光の光量を最大光量の 5 0 % 以下、望ましくは 2 0 % 以下に減衰させるとよい。

【 0 1 2 6 】

尚、上述の実施形態においては、照度むらや積算光量むらを計測するための照度むらセンサや、投影光学系 P L の像面側に照射される露光光の光量（照射量）を計測するための照射量センサについて説明したが、本発明は、米国特許 6 , 6 5 0 , 3 9 9 に開示されて

10

20

30

40

50

いる波面収差を計測するためのセンサや特開2002-14005号公報に開示されている結像特性等を計測するための空間像計測センサや特開平11-238680号公報や国際公開第02/063664号パンフレットに開示されているような基板ステージに対して着脱可能なセンサ等にも本発明は適用でき、投影光学系の開口数が多い場合でも投影光学系を通過した露光光を受光でき、各種の計測を所望の精度で実行することができる。

【0127】

また、上記実施形態においては、光源1として、ArFエキシマレーザ光源を使用しているため、液体wとして純水を用いている。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、ウェハW上のフォトリソストや光学素子（レンズ）等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有率が極めて低いため、ウェハW表面、及び投影光学系PLの先端面に設けられている光学素子の表面を洗浄する作用も期待できる。また、工場の純水はそのレベル（純水度）が低いことも考えられるので、その場合には露光装置自身が超純水化機構を持つようにしても良い。

10

【0128】

波長が193nm程度の露光光に対する純水（水）の屈折率nはほぼ1.44とされており、露光光の光源としてArFエキシマレーザ光（波長193nm）を用いた場合、ウェハW上では1/n、即ち約134nmに短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空気中に比べて約n倍、即ち約1.44倍に拡大されるため、空気中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系PLの開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

20

【0129】

尚、液浸露光に用いる光源1としてKrFエキシマレーザ光源やF₂レーザ光源を用いることもできる。F₂レーザ光源を用いる場合、液浸露光用の液体としてはF₂レーザ光を透過可能な例えばフッ素系オイルや過フッ化ポリエーテル（PFPE）等のフッ素系の液体を用いればよい。また、その他にも、露光光に対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系PLやウェハW表面に塗布されているフォトリソストに対して安定なもの（例えばセダー油）を用いることも可能である。また、上述の液浸法を適用した露光装置は、投影光学系PLの終端光学部材の射出側の光路空間を液体（純水）で満たしてウェハWを露光する構成になっているが、国際公開第2004/019128号に開示されているように、投影光学系の終端光学部材の入射側の光路空間も液体（純水）で満たすようにしてもよい。この場合、投影光学系PLが1.0以上の大きな開口数を有していても、終端光学部材として無屈折力の平行平板や屈折力の非常に小さいレンズを採用することができる。

30

【0130】

尚、液浸法を用いた場合には、投影光学系の開口数NAが0.9～1.7になることもある。このように投影光学系の開口数NAが大きくなる場合には、従来から露光光として用いられているランダム偏光光では偏光効果によって結像特性が悪化することもあるので、偏光照明を用いるのが望ましい。その場合、マスク（レチクル）のライン・アンド・スペースパターンのラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明を行い、マスク（レチクル）のパターンからは、S偏光成分（ラインパターンの長手方向に沿った偏光方向成分）の回折光が多く射出されるようにするとよい。

40

【0131】

投影光学系と基板表面に塗布されたレジストとの間が液体で満たされている場合、投影光学系と基板表面に塗布されたレジストとの間が空気（気体）で満たされている場合に比べて、コントラストの向上に寄与するS偏光成分の回折光のレジスト表面での透過率が高くなるため、投影光学系の開口数NAが1.0を超えるような場合でも高い結像性能を得ることができる。また、位相シフトマスクや特開平6-188169号公報に開示されているようなラインパターンの長手方向に合わせた斜入射照明法（特に、ダイポール照明法）等を適宜組み合わせるとより効果的である。

50

【0132】

また、マスク（レチクル）のラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明（S偏光照明）だけでなく、特開平6-53120号公報に開示されているように、光軸を中心とした円の接線（周）方向に直線偏光する偏光照明法と斜入射照明法との組み合わせも効果的である。特に、マスク（レチクル）のパターンが所定の一方方向に延びるラインパターンだけでなく、複数の異なる方向に延びるラインパターンが混在する場合には、同じく特開平6-53120号公報に開示されているように、光軸を中心とした円の接線方向に直線偏光する偏光照明法と輪帯照明法とを併用することによって、投影光学系の開口数NAが大きい場合でも高い結像性能を得ることができる。

【0133】

10

また、上述の実施形態においては、投影光学系PLとウェハWとの間を局所的に液体で満たす液浸露光装置を採用しているが、特開平6-124873号公報に開示されているような露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置や、特開平10-303114号公報に開示されているようなステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中に基板を保持する液浸露光装置にも本発明を適用可能である。

【0134】

また、本発明は、特開平10-163099号公報、特開平10-214783号公報、特表2000-505958号公報等を開示されているように、ウェハ等の被処理基板を別々に載置してXY方向に独立に移動可能な2つのステージを備えたツインステージ型の露光装置にも適用できる。また、本発明は、特開平11-135400号に開示されているように、ウェハ等の被処理基板を保持して移動可能な露光ステージと、各種の計測部材やセンサを備えた計測ステージとを備えた露光装置にも適用することができる。この場合、上述の各実施形態で説明した複数のセンサ（計測装置）のうちの少なくとも一部を計測ステージに搭載することができる。

20

【0135】

また更に、上記実施形態では露光光源1として、ArFエキシマレーザー光源の場合を例に挙げて説明したが、これ以外に露光光源1としては、例えばg線（波長436nm）、i線（波長365nm）を射出する超高圧水銀ランプ、又はKrFエキシマレーザー（波長248nm）、F₂レーザー（波長157nm）、Kr₂レーザー（波長146nm）、YAGレーザーの高周波発生装置、若しくは半導体レーザーの高周波発生装置を用いることができる。

30

【0136】

更に、光源としてDFB半導体レーザー又はファイバーレーザーから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザー光を、例えばエルビウム（又はエルビウムとイットリビウムの両方）がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。例えば、単一波長レーザーの発振波長を1.51～1.59μmの範囲内とすると、発生波長が189～199nmの範囲内である8倍高調波、又は発生波長が151～159nmの範囲内である10倍高調波が出力される。

【0137】

また、発振波長を1.03～1.12μmの範囲内とすると、発生波長が147～160nmの範囲内である7倍高調波が出力され、特に発振波長を1.099～1.106μmの範囲内とすると、発生波長が157～158μmの範囲内の7倍高調波、即ちF₂レーザー光とほぼ同一波長となる紫外光が得られる。この場合、単一波長発振レーザーとしては例えばイットリビウム・ドープ・ファイバーレーザーを用いることができる。

40

【0138】

また、上記実施形態では上記照明光学系IS内に設けられる光学素子の硝材、投影光学系PLを構成する屈折部材の硝材、平凸レンズ41, 45, 52, 57, 62, 71等の硝材としては蛍石（フッ化カルシウム：CaF₂）を用いる場合を例に挙げて説明した。しかしながら、これらは、露光光の波長に応じて、フッ化マグネシウム（MgF₂）等のフッ化物結晶又はこれらの混晶、又フッ素や水素等の物質をドープした石英硝子等の真空

50

紫外光を透過する光学材料から選択される。尚、所定の物質をドーブした石英硝子は、露光光の波長が150nm程度より短くなると透過率が低下するため、波長が150nm程度以下の真空紫外光を露光光として用いる場合には、光学素子の光学材料としては、蛍石（フッ化カルシウム）、フッ化マグネシウム等のフッ化物結晶又はこれらの混晶が使用される。

【0139】

また、上記実施形態では、ステップ・アンド・リピート方式の露光装置を例に挙げて説明したが、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置にも本発明を適用することができる。更に、本発明は半導体素子の製造に用いられる露光装置だけではなく、液晶表示素子（LCD）等を含むディスプレイの製造に用いられてデバイスパターンをガラスプレート上へ転写する露光装置、薄膜磁気ヘッドの製造に用いられてデバイスパターンをセラミックウェハ上へ転写する露光装置、及びCCD等の撮像素子の製造に用いられる露光装置等にも適用することができる。更には、光露光装置、EUV露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウェハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。ここで、DUV（遠紫外）光やVUV（真空紫外）光などを用いる露光装置では一般的に透過型レチクルが用いられ、レチクル基板としては石英ガラス、フッ素がドーブされた石英ガラス、蛍石、フッ化マグネシウム、又は水晶などが用いられる。また、プロキシミティ方式のX線露光装置、又は電子線露光装置などでは透過型マスク（ステンシルマスク、メンブレンマスク）が用いられ、マスク基板としてはシリコンウェハなどが用いられる。なお、このような露光装置は、WO99/34255号、WO99/50712号、WO99/66370号、特開平11-194479号、特開2000-12453号、特開2000-29202号等に関示されている。

【0140】

次に、本発明の実施形態による露光装置及び露光方法をリソグラフィ工程で使用したマイクロデバイスの製造方法の実施形態について説明する。図18は、マイクロデバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造工程の一例を示すフローチャートである。図18に示すように、まず、ステップS20（設計ステップ）において、マイクロデバイスの機能・性能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップS21（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスク（レチクル）を製作する。一方、ステップS22（ウェハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウェハを製造する。

【0141】

次に、ステップS23（ウェハ処理ステップ）において、ステップS20～ステップS22で用意したマスクとウェハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウェハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップS24（デバイス組立ステップ）において、ステップS23で処理されたウェハを用いてデバイス組立を行う。このステップS24には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。最後に、ステップS25（検査ステップ）において、ステップS24で作製されたマイクロデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にマイクロデバイスが完成し、これが出荷される。

【0142】

図19は、半導体デバイスの場合における、図18のステップS23の詳細なフローの一例を示す図である。図19において、ステップS31（酸化ステップ）においてはウェハの表面を酸化させる。ステップS32（CVDステップ）においてはウェハ表面に絶縁膜を形成する。ステップS33（電極形成ステップ）においてはウェハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップS34（イオン打込みステップ）においてはウェハにイオンを打ち込む。以上のステップS31～ステップS34のそれぞれは、ウェハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

【 0 1 4 3 】

ウェハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ S 3 5 (レジスト形成ステップ)において、ウェハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ S 3 6 (露光ステップ)において、上で説明したリソグラフィシステム (露光装置) 及び露光方法によってマスクの回路パターンをウェハに転写する。次に、ステップ S 3 7 (現像ステップ)においては露光されたウェハを現像し、ステップ S 3 8 (エッチングステップ)において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ S 3 9 (レジスト除去ステップ)において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウェハ上に多重に回路パターンが形成される。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 1 4 4 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態による露光装置の概略構成を示す図である。

【図 2】開口絞り板 8 の一例を示す正面図である。

【図 3】露光光センサ 2 7 の構成の一例を示す図である。

【図 4】本発明の第 1 実施形態による露光装置の露光処理開始時における動作例を示すフローチャートである。

【図 5】本発明の第 2 実施形態による露光装置に設けられる照度むらセンサの概略構成を示す図である。

20

【図 6】本発明の第 2 実施形態による露光装置に設けられる照度むらセンサの変形例を示す図である。

【図 7】本発明の第 3 実施形態による露光装置に設けられる照度むらセンサの概略構成を示す図である。

【図 8】本発明の第 3 実施形態による露光装置に設けられる照度むらセンサが備える平凸レンズの他の例を示す斜視図である。

【図 9】本発明の第 4 実施形態による露光装置に設けられる照度むらセンサの概略構成を示す断面図である。

【図 10】本発明の第 5 実施形態による露光装置に設けられる照度むらセンサの概略構成を示す断面図である。

30

【図 11】本発明の第 6 実施形態による露光装置に設けられる照射量センサの概略構成を示す図である。

【図 12】マイクロレンズアレイに対する開口が形成された集光板の構成例を示す斜視図である。

【図 13】本発明の第 7 実施形態による露光装置に設けられる照射量センサの概略構成を示す図である。

【図 14】本発明の第 8 実施形態による露光装置に設けられる照射量センサの概略構成を示す図である。

【図 15】本発明の第 9 実施形態による露光装置に設けられる照度むらセンサの概略構成を示す図である。

40

【図 16】本発明の第 10 実施形態による露光装置に設けられる照度むらセンサの概略構成を示す図である。

【図 17】第 2 実施形態による露光装置が備える照度むらセンサ 40 の変形例を示す図である。

【図 18】マイクロデバイスの製造工程の一例を示すフローチャートである。

【図 19】半導体デバイスの場合における、図 18 のステップ S 2 3 の詳細なフローの一例を示す図である。

【符号の説明】

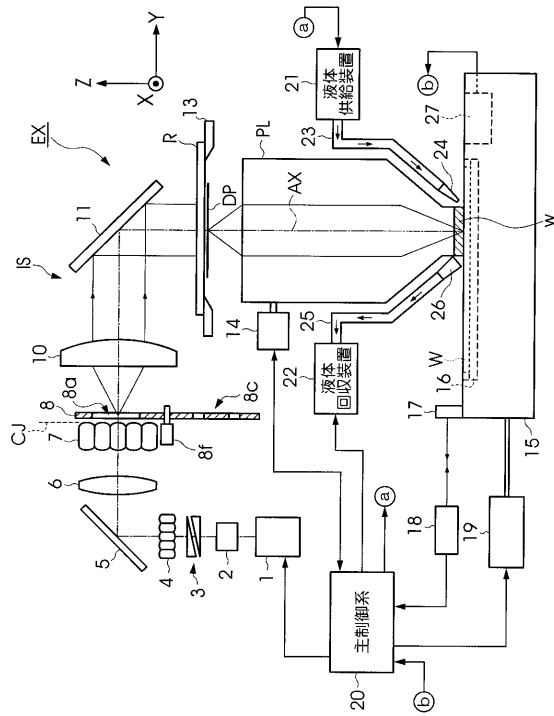
【 0 1 4 5 】

2 7 露光光センサ (計測手段)

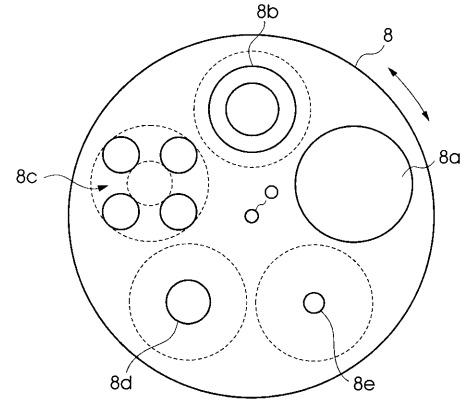
50

3 1	ピンホール（光透過部）	
3 2	開口（光透過部）	
3 4	N D フィルタ（光透過部）	
3 6	照度むらセンサ（受光器）	
3 7	照射量センサ（受光器）	
4 0	照度むらセンサ（計測手段）	
4 1	平凸レンズ（集光部材、光学部材）	
4 4	光透過部	
4 5	平凸レンズ（集光部材、光学部材）	
4 5 a	平坦部	10
5 0	照度むらセンサ（計測手段）	
5 1	開口板（板状部材）	
5 2	平凸レンズ（集光部材、光学部材）	
5 3	受光素子	
5 6	光透過部	
5 7	平凸レンズ（集光部材、光学部材）	
6 0	照度むらセンサ（計測手段）	
6 2	平凸レンズ（集光部材、光学部材）	
7 0	照度むらセンサ（計測手段）	
7 1	平凸レンズ（集光部材、光学部材）	20
8 0	照射量センサ（計測手段）	
8 1	集光板（光学系、集光部材、光学部材）	
8 2	受光素子	
8 3	マイクロレンズアレイ（波面分割素子、マイクロレンズアレイ素子）	
8 5	照射量センサ（計測手段）	
8 6	拡散板（光学系、拡散部材、光学部材）	
8 7	受光素子	
9 0	照射量センサ（計測手段）	
9 1	蛍光板（光学系、波長変換手段）	
9 2	受光素子	30
1 0 0	照度むらセンサ（計測手段）	
1 0 1	導波部材（光学系）	
1 0 2	受光素子	
1 1 0	照度むらセンサ（計測手段）	
1 1 1	積分球（光学系、導波部材）	
1 1 2	受光素子	
1 2 1	レンズ（光学素子）	
1 2 2	レンズ（光学素子）	
E X	露光装置	
I S	照明光学系（照明系）	40
P L	投影光学系	
W	ウェハ（基板）	
w	液体	

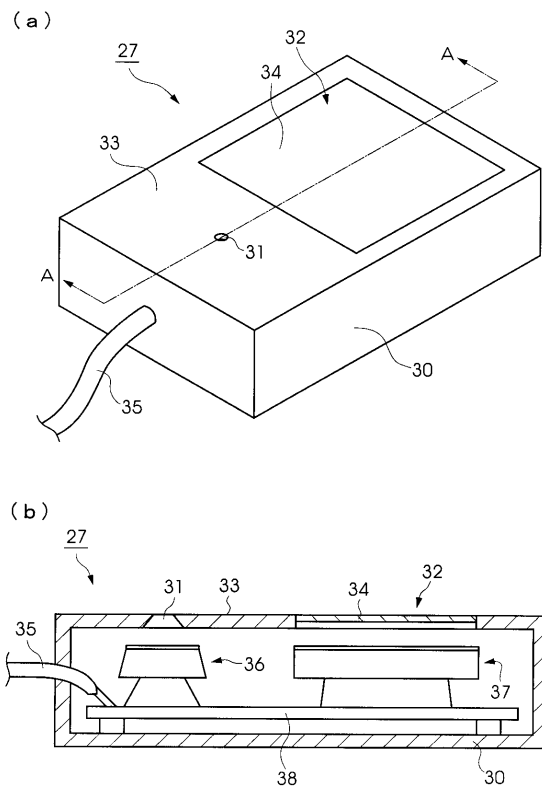
【図 1】



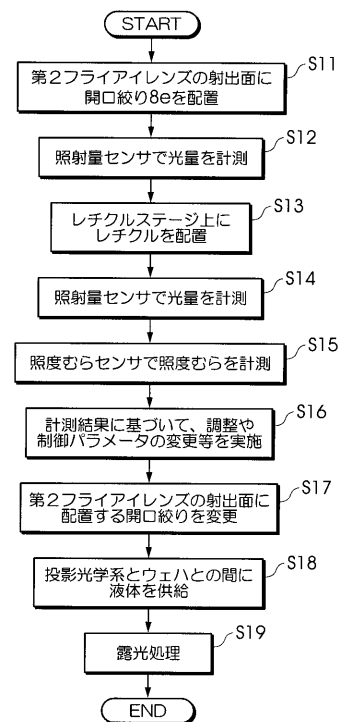
【図 2】



【図 3】

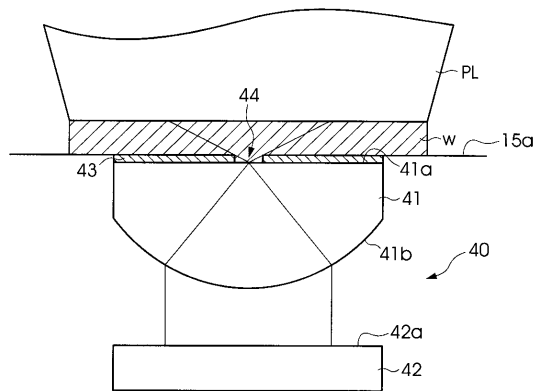


【図 4】

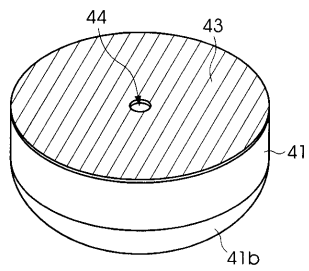


【図 5】

(a)

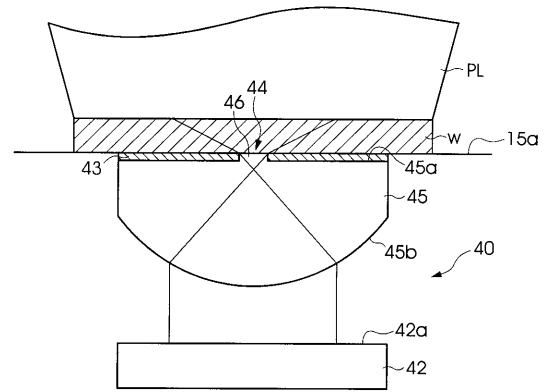


(b)

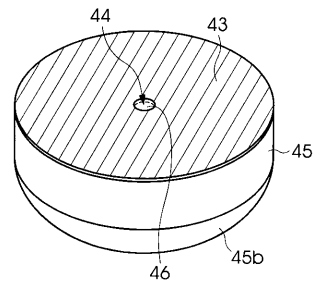


【図 6】

(a)

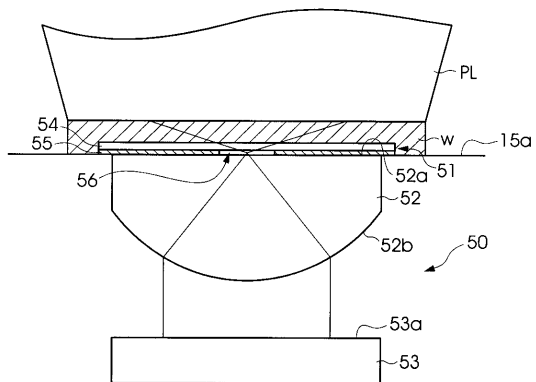


(b)

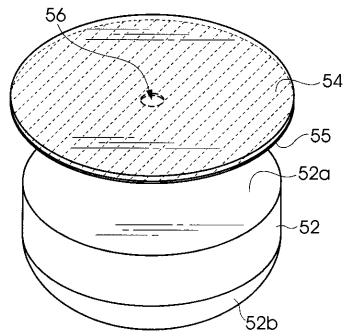


【図 7】

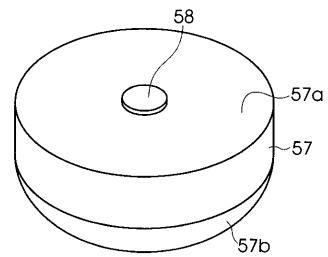
(a)



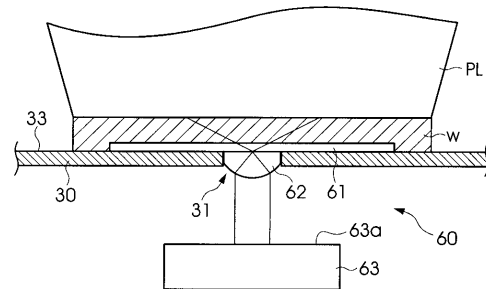
(b)



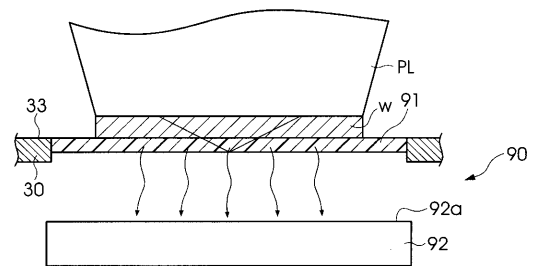
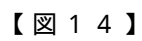
【図 8】



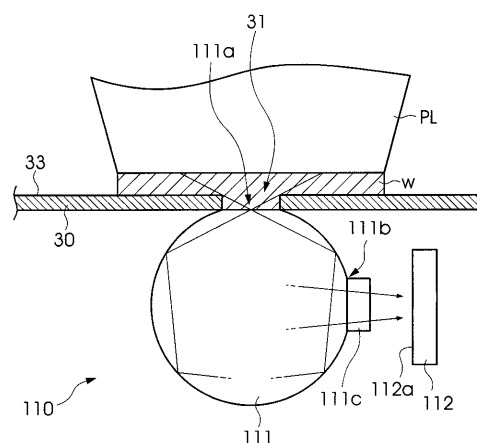
【図 9】



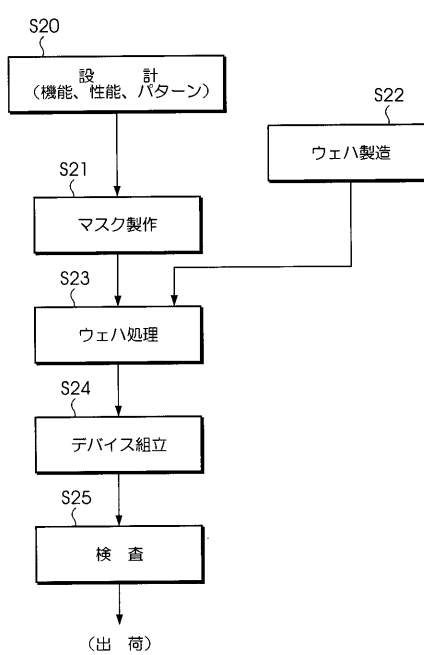
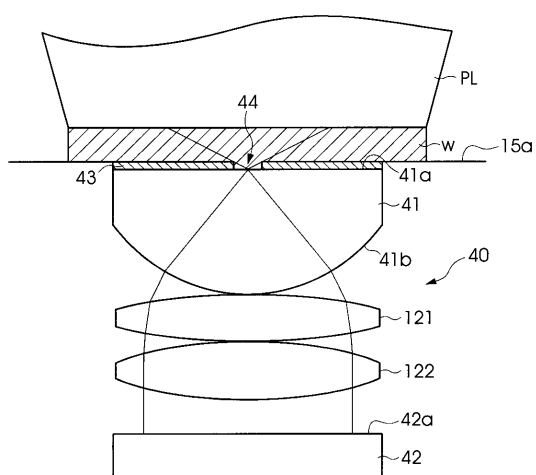
【 図 1 1 】



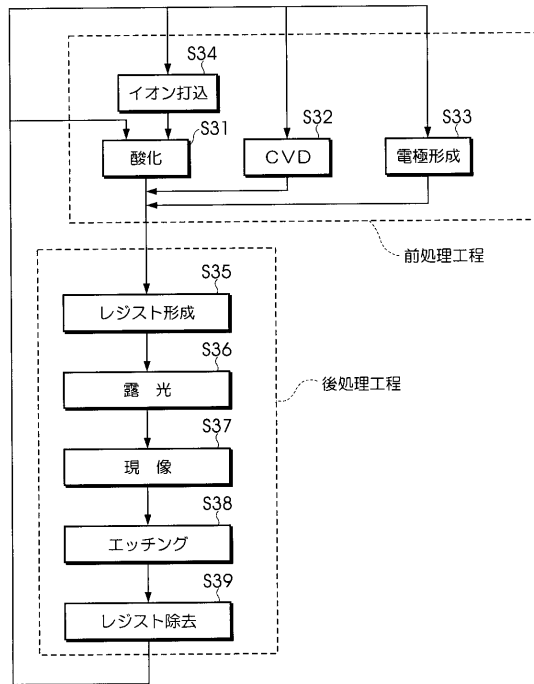
【 図 1 6 】

[illegible]

【 圖 1 8 】



【図 19】



フロントページの続き

- (72)発明者 引間 郁雄
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 豊田 光紀
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 水野 恭志
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 北 尚憲
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 谷津 修
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

審査官 新井 重雄

- (56)参考文献 特開2005-079587(JP,A)
特開2007-527611(JP,A)
特開2005-093948(JP,A)
特開2004-301825(JP,A)

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