

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02005/096354

発行日 平成20年2月21日(2008.2.21)

(43) 国際公開日 平成17年10月13日(2005.10.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/027 (2006.01)	H01L 21/30 526A	5F046
G03F 7/207 (2006.01)	H01L 21/30 518	
	G03F 7/207 H	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 38 頁)

出願番号	特願2006-511725 (P2006-511725)	(71) 出願人	000004112 株式会社ニコン
(21) 国際出願番号	PCT/JP2005/006071		東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(22) 国際出願日	平成17年3月30日(2005.3.30)	(74) 代理人	100102901 弁理士 立石 篤司
(31) 優先権主張番号	特願2004-99530 (P2004-99530)	(72) 発明者	馬込 伸貴 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
(32) 優先日	平成16年3月30日(2004.3.30)	(72) 発明者	水谷 英夫 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
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	日高 康弘 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、露光方法及びデバイス製造方法、並びに面形状検出装置

(57) 【要約】

サブルーチン201及びステップ205において、投影光学系PLの最良結像面及び多点AF系のオフセット成分を較正情報として検出する。ステップ215でのアライメント系ALGによるウエハアライメントマークの計測中に、多点AF系により、ウエハの露光対象面の面形状に関する情報(Zマップ)を検出し、ステップ219では、走査露光中におけるウエハステージのXYの位置指令プロファイルとともに、オートフォーカス・レベリング制御に関する位置指令(Z, x, y)に関するZ位置指令プロファイルを作成し、ステップ221においてその位置指令に基づいてオープン制御を行いつつ、走査露光を行う。

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

投影光学系を介して物体を露光する露光装置であって、

前記投影光学系の光軸方向及びその光軸に直交する平面内の 2 次元方向を含む少なくとも 3 自由度方向に、前記物体を保持して移動可能で、前記物体の前記光軸方向に関する位置を調整可能なステージと；

前記光軸方向に関する前記ステージの位置情報を検出する第 1 位置検出装置と；

前記光軸に直交する平面内における前記ステージの位置情報を検出する第 2 位置検出装置と；

前記露光に先立って、前記ステージに保持された前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出する面形状検出系と；

前記物体に対する露光を行う際に、前記面形状検出系の検出結果と前記第 1 及び第 2 位置検出装置の検出結果とに基づいて前記ステージを駆動することにより、前記物体の露光対象面の面位置を調整する調整装置と；を備える露光装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の露光装置において、

前記投影光学系のベストフォーカス位置を計測する計測装置をさらに備え、

前記調整装置は、前記計測装置の計測結果を基準として、前記物体の露光対象面の面位置を調整することを特徴とする露光装置。

20

【請求項 3】

請求項 2 に記載の露光装置において、

前記計測装置は、前記ステージに設けられ前記投影光学系の光軸に直交する平面内に配置された所定の計測用パターンを介して前記投影光学系によって形成される空間像を計測する空間像計測器を有し、該空間像計測器を用いて、有効露光フィールド内の少なくとも 1 箇所での前記光軸方向に関する前記ステージの位置の変化に対する前記空間像の変化を計測し、その計測結果に基づいて前記投影光学系のベストフォーカス位置を計測することを特徴とする露光装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の露光装置において、

前記物体上に形成されたアライメントマークを検出するためのオフアクシスのアライメント系をさらに備え、

前記面形状検出系は、前記アライメント系により前記アライメントマークが検出される際に、前記物体の露光対象面の前記光軸方向に関する位置を検出する焦点位置検出系を有し、該焦点位置検出系の検出結果と、前記焦点位置検出系により前記露光対象面の前記光軸方向に関する位置が検出される際の前記第 2 位置検出装置の検出結果とに基づいて、前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出することを特徴とする露光装置。

30

【請求項 5】

請求項 4 に記載の露光装置において、

前記焦点位置検出系は、前記物体上の複数の計測点に計測光を照射し、その反射光を検出することによって前記各計測点における前記光軸方向に関する前記物体の露光対象面の位置をそれぞれ検出可能な多点焦点位置検出系であることを特徴とする露光装置。

40

【請求項 6】

請求項 5 に記載の露光装置において、

前記面形状検出系は、前記計測点間の検出原点ずれを検出し、その検出結果を考慮して、前記物体の露光対象面の面形状を検出することを特徴とする露光装置。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の露光装置において、

前記面形状検出系は、前記ステージの移動によりそのステージに保持された前記物体が横切る帯状の領域に照明光を照射する照射系と、前記帯状の領域を前記物体が横切る際のその物体の露光対象面からの前記照明光の反射光を受光する受光系とを含み、前記受光系

50

における反射光の受光位置の基準位置からの位置ずれ量に基づいて、前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出することを特徴とする露光装置。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の露光装置において、

前記面形状検出系は、干渉計を有し、該干渉計を用いて、前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出することを特徴とする露光装置。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の露光装置において、

前記干渉計は、その光波が前記物体の露光対象面に対し斜入射する斜入射干渉計であることを特徴とする露光装置。

10

【請求項 10】

請求項 1 に記載の露光装置において、

前記調整装置は、前記面形状検出系により前記物体の露光対象面の面形状に関する情報が検出される際に、前記第 1 位置検出装置によって検出された前記光軸方向に関する前記ステージの位置情報を考慮して、前記物体に対する露光を行う際に、前記物体の露光対象面の面位置を調整することを特徴とする露光装置。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の露光装置において、

前記面形状検出系は、前記物体の露光対象面の面形状に関する情報とともに、その露光対象面と前記ステージの基準面との前記光軸方向に関する相対位置に関する情報を検出することを特徴とする露光装置。

20

【請求項 12】

請求項 11 に記載の露光装置において、

前記投影光学系を介して前記光軸方向に関する前記ステージの位置を検出可能な検出機構をさらに備え、

前記調整装置は、前記露光に先立って、前記検出機構の検出結果と、前記相対位置に関する情報と、前記物体の露光対象面の面形状に関する情報とに基づいて、前記光軸方向に関する前記物体の露光対象面の面位置を特定することを特徴とする露光装置。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の露光装置において、

前記調整装置は、前記検出機構の検出基準と前記投影光学系のベストフォーカス位置との差を検出し、その検出結果を考慮して、前記物体の露光対象面の面位置を調整することを特徴とする露光装置。

30

【請求項 14】

請求項 1 に記載の露光装置において、

前記物体の露光対象面の面位置に関する情報の検出を、前記面形状検出系と前記物体との間に液体を満たさない状態で行い、

前記露光を、前記投影光学系と前記物体との間に液体を満たした状態で行うことを特徴とする露光装置。

【請求項 15】

請求項 1 ~ 14 のいずれか一項に記載の露光装置を用いて、物体上にデバイスパターンを転写するリソグラフィ工程を含むデバイス製造方法。

40

【請求項 16】

投影光学系を介して物体を露光する露光方法であって、

露光に先立って、前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の露光対象面の面形状に関する情報とともに前記光軸方向に関する前記物体の基準位置に関する情報を検出する検出工程と；

前記検出結果に基づいて、前記物体の露光対象面の面位置を調整しつつ露光を行う露光工程と；を含む露光方法。

【請求項 17】

50

請求項 16 に記載の露光方法において、
前記露光工程に先立って、
前記投影光学系のベストフォーカス位置を計測するベストフォーカス計測工程をさらに
含み、

前記露光工程では、

前記投影光学系のベストフォーカス位置を基準として、前記物体の露光対象面の面位置
を調整することを特徴とする露光方法。

【請求項 18】

請求項 16 に記載の露光方法において、

前記検出工程に先立って、

前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の露光対象面の面形状に関する情報とともに
前記光軸方向に関する前記物体の基準位置に関する情報を検出する検出系の較正を行う
較正工程をさらに含む露光方法。

【請求項 19】

請求項 16 に記載の露光方法において、

前記検出工程を、前記物体上に形成されたアライメントマークの検出中に行うことを特
徴とする露光方法。

【請求項 20】

請求項 16 に記載の露光方法において、

前記検出工程では、

前記光軸方向に関する前記物体の基準位置に関する情報として、前記露光対象面の面形
状に関する情報が検出される際の前記物体を保持するステージの前記光軸方向に関する位
置情報を検出することを特徴とする露光方法。

【請求項 21】

請求項 16 に記載の露光方法において、

前記検出工程では、

前記光軸方向に関する前記物体の基準位置に関する情報として、前記物体を保持するステ
ージの基準面と前記露光対象面との前記光軸方向に関する相対位置に関する情報を検出す
ることを特徴とする露光方法。

【請求項 22】

請求項 21 に記載の露光方法において、

前記露光工程に先立って、

前記投影光学系を介して、前記ステージの基準面の前記光軸方向に関する位置を検出す
る基準面位置検出工程をさらに含み、

前記露光工程では、

前記基準面位置検出工程の検出結果と、前記相対位置に関する情報と、前記物体の露光
対象面の面形状に関する情報とに基づいて、前記光軸方向に関する前記物体の露光対象面
の面位置を特定することを特徴とする露光方法。

【請求項 23】

請求項 22 に記載の露光方法において、

前記基準面位置検出工程に先立って、

前記物体の露光対象面の面位置の基準位置と、前記投影光学系のベストフォーカス位置
とを較正情報として検出する較正情報検出工程をさらに含み、

前記露光工程では、前記較正情報を考慮して、前記物体の露光対象面の面位置を調整す
ることを特徴とする露光方法。

【請求項 24】

請求項 16 に記載の露光方法において、

前記露光工程では、前記投影光学系と前記物体との間に液体を満たした状態で前記物体
に対する露光を行うことを特徴とする露光方法。

【請求項 25】

10

20

30

40

50

請求項 16 ~ 24 のいずれか一項に記載の露光方法を用いて、物体上にデバイスパターンを転写するリソグラフィ工程を含むデバイス製造方法。

【請求項 26】

物体を保持可能で、所定の方向に移動可能なステージと；

前記ステージの移動によりそのステージに保持された前記物体が横切る帯状の領域に照明光を照射する照射系と；

前記帯状の領域を前記物体が横切る際のその物体の露光対象面からの前記照明光の反射光を受光する受光系と；

前記受光系における反射光の受光位置の基準位置からの位置ずれ量に基づいて、前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出する検出装置と；を備える面形状検出装置。

10

【請求項 27】

露光対象の物体を保持可能で、所定の方向に移動可能なステージと；

前記ステージの移動によりそのステージに保持された前記物体が横切る帯状の領域に照明光を照射する照射系と、前記帯状の領域を前記物体が横切る際のその物体の露光対象面からの前記照明光の反射光を受光する受光系とを有し、前記受光系の出力に基づいて、前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出する検出装置と；

前記帯状領域を前記物体が横切るように前記ステージを制御するとともに、前記帯状領域を前記物体が一度横切ることによって得られる、前記物体の露光対象面のほぼ全域の面形状の情報に基づいて、前記物体の露光対象面の面位置調整を行う制御装置と；を備える露光装置。

20

【請求項 28】

請求項 27 に記載の露光装置において、

前記物体上に露光光を照射するための光学系と；

前記物体と前記光学系との間の空間を液体で満たす液浸機構とをさらに備え、

前記検出装置は、前記液浸機構により前記物体と前記光学系との間の空間を液体で満たす前に、前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出することを特徴とする露光装置。

【請求項 29】

請求項 28 に記載の露光装置において、

前記物体上のアライメントマークを検出するアライメント系をさらに備え、

30

前記アライメント系は、前記液浸機構により前記物体と前記光学系との間の空間を液体で満たす前に、前記物体上のアライメントマークを検出することを特徴とする請求項 28 に記載の露光装置。

【請求項 30】

請求項 29 に記載の露光装置において、

前記検出装置は、前記アライメント系による前記アライメントマークの検出後に、前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出することを特徴とする露光装置。

【請求項 31】

請求項 29 に記載の露光装置において、

前記検出装置は、前記アライメント系による前記アライメントマークの検出前に、前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出することを特徴とする露光装置。

40

【請求項 32】

請求項 27 ~ 31 のいずれか一項に記載の露光装置を用いて、物体上にデバイスパターンを形成するリソグラフィ工程を含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光装置、露光方法及びデバイス製造方法、並びに面形状検出装置に係り、さらに詳しくは、投影光学系を介して物体を露光する露光装置及び露光方法、及び前記露光装置又は露光方法を用いるデバイス製造方法、並びに前記物体の露光対象面の面形状に

50

関する情報を検出する面形状検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、半導体素子（集積回路）、液晶表示素子等の電子デバイスを製造するリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターンの像を、投影光学系を介して、レジスト（感光剤）が塗布されたウエハ又はガラスプレート等感光性の基板（以下、「基板」又は「ウエハ」と呼ぶ）上の各ショット領域に転写する投影露光装置が使用されている。この種の投影露光装置としては、従来、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）が多用されていたが、最近ではレチクルとウエハとを同期走査しつつ露光を行うステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（いわゆるスキャニング・ステッパ）も注目されている。

10

【0003】

この種の露光装置を用いて露光を行う際には、デフォーカスに起因する露光不良の発生を極力抑制するために、投影光学系の光軸方向に関する基板の位置を、焦点位置検出系（フォーカス検出系）により検出し、その検出結果に基づいて、基板上の露光領域（露光光が照明される領域）を投影光学系の最良結像面の焦点深度の範囲内に位置させる、いわゆるオートフォーカス・レベリング制御を行っている。通常、このような焦点位置検出系としては、斜入射方式の多点焦点位置検出系（以下、「多点AF系」と呼ぶ）が採用されている（例えば、特許文献1、特許文献2等参照）。

【0004】

しかしながら、上記投影露光装置においては、投影光学系の開口数（NA）が大きければ大きいほど解像度が向上するため、最近では、投影光学系に用いられるレンズ、特に投影光学系を構成する最も像面側のレンズの口径が大きくなってきており、このレンズの大口径化に伴って該レンズと基板との間隔（いわゆるワーキングディスタンス）が狭くなり、この結果、上記多点AF系を配置することが困難になってきている。

20

【0005】

【特許文献1】特開平6-283403号公報

【特許文献2】米国特許第5,448,332号明細書

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

30

【0006】

本発明は、上記事情の下になされたもので、第1の観点からすると、投影光学系を介して物体を露光する露光装置であって、前記投影光学系の光軸方向及びその光軸に直交する平面内の2次元方向を含む少なくとも3自由度方向に、前記物体を保持して移動可能で、前記物体の前記光軸方向に関する位置を調整可能なステージと；前記光軸方向に関する前記ステージの位置情報を検出する第1位置検出装置と；前記光軸に直交する平面内における前記ステージの位置情報を検出する第2位置検出装置と；前記露光に先立って、前記ステージに保持された前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出する面形状検出系と；前記物体に対する露光を行う際に、前記面形状検出系の検出結果と前記第1及び第2位置検出装置の検出結果とに基づいて前記ステージを駆動することにより、前記物体の露光対象面の面位置を調整する調整装置と；を備える露光装置である。

40

【0007】

これによれば、露光に先立って、ステージに保持された物体の露光対象面の面形状に関する情報を面形状検出系により検出しておき、物体に対する露光を行う際には、調整装置により、面形状検出系により検出された露光対象面の面形状に関する情報（面形状検出系の検出結果）と第1及び第2位置検出装置の検出結果とに基づいてステージ上の物体の面位置が調整される。従って、露光の際に、投影光学系の光軸方向に関する物体の位置を、焦点位置検出系により検出せずとも、露光中の物体上の露光領域（露光光が照明される領域）を投影光学系の最良結像面の焦点深度の範囲内に位置させることができる。

【0008】

50

本発明は、第2の観点からすると、投影光学系を介して物体を露光する露光方法であって、露光に先立って、前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の露光対象面の面形状に関する情報とともに前記光軸方向に関する前記物体の基準位置に関する情報を検出する検出工程と；前記検出結果に基づいて、前記物体の露光対象面の面位置を調整しつつ露光を行う露光工程と；を含む露光方法である。

【0009】

これによれば、露光に先立って投影光学系の光軸方向に関する物体の露光対象面の面形状に関する情報とともに光軸方向に関する物体の基準位置に関する情報を検出しておき、露光の際に、その露光対象面の面形状に関する情報及び光軸方向に関する物体の基準位置に関する情報に基づいてステージ上の物体の面位置を調整する。従って、投影光学系の光軸方向に関する物体の位置を、焦点位置検出系により検出せずとも、露光中の物体上の露光領域（露光光が照明される領域）を投影光学系の最良結像面の焦点深度の範囲内に位置させることができる。

10

【0010】

本発明は、第3の観点からすると、物体を保持可能で、所定の方向に移動可能なステージと；前記ステージの移動によりそのステージに保持された前記物体が横切る帯状の領域に照明光を照射する照射系と；前記帯状の領域を前記物体が横切る際のその物体の露光対象面からの前記照明光の反射光を受光する受光系と；前記受光系における反射光の受光位置の基準位置からの位置ずれ量に基づいて、前記物体の面形状に関する情報を検出する検出装置と；を備える面形状検出装置である。

20

【0011】

これによれば、移動中の物体が横切る帯状の領域に対し照射される照射光が物体面で反射することによって生じる反射光を受光して、その受光位置の基準位置からの位置ずれ量に基づいて物体の面形状を非接触に検出することができる。

【0012】

また本発明は、第4の観点からすると、露光対象の物体を保持可能で、所定の方向に移動可能なステージと；前記ステージの移動によりそのステージに保持された前記物体が横切る帯状の領域に照明光を照射する照射系と、前記帯状の領域を前記物体が横切る際のその物体の露光対象面からの前記照明光の反射光を受光する受光系とを有し、前記受光系の出力に基づいて、前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出する検出装置と；前記帯状領域を前記物体が横切るように前記ステージを制御するとともに、前記帯状領域を前記物体が一度横切ることによって得られる、前記物体の露光対象面のほぼ全域の面形状の情報に基づいて、前記物体の露光対象面の面位置調整を行う制御装置と；を備える露光装置である。

30

【0013】

これによれば、物体の移動中に物体の露光対象面のほぼ全域の面形状に関する情報を短時間に取得することができる。

【0014】

また、リソグラフィ工程において、本発明の露光装置を用いて、物体上にデバイスパターンを転写することにより、より高集積度のマイクロデバイスを生産性良く製造することができる。従って、本発明は、更に別の観点からすると、本発明の露光装置を用いるリソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であるとも言える。同様に、リソグラフィ工程において、本発明の露光方法を用いて、物体上にデバイスパターンを転写することにより、より高集積度のマイクロデバイスを生産性良く製造することができる。従って、本発明は更に別の観点からすると、本発明の露光方法を用いるリソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であるとも言える。

40

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の一実施形態に係る露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】ウエハステージを示す斜視図である。

50

【図 3】空間像計測装置を用いてレチクル上の計測マークの空間像を計測しているときの様子を示す図である。

【図 4】多点 A F 系を用いてウエハの露光対象面の面形状を計測しているときの様子を示す図である。

【図 5】多点 A F 系の計測点であるスリット像の配置と計測領域との位置関係を示す図である。

【図 6】図 1 の一方の R A 検出系 1 2 A の近傍を拡大して示す図である。

【図 7】図 1 の露光装置の制御系の主要な構成を示すブロック図である。

【図 8 (A)】投影光学系の光軸上のベストフォーカス位置を原点とする座標系と、多点 A F 系の計測領域の中心を原点とする座標系とを示す図である。

【図 8 (B)】露光領域内におけるベストフォーカス位置の計測点を示す図である。

【図 8 (C)】多点 A F 系における各計測点でのオフセット成分の一例を示す図である。

【図 9】本発明の一実施形態の露光装置における露光動作の際の主制御装置の処理アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 1 0】投影光学系のベストフォーカス位置検出のサブルーチンの処理手順を示すフローチャートである。

【図 1 1 (A)】露光対象のウエハ W の一例を示す上面図である。

【図 1 1 (B)】図 1 1 (A) のウエハ W の A - A ' 断面に関する Z マップより得られたウエハの面形状を示す連続値関数の一例を示す図である。

【図 1 2 (A)】他の面形状検出装置の構成の一例を示す斜視図である。

【図 1 2 (B)】図 1 2 (A) の面形状検出装置の近傍を示す上面図である。

【図 1 2 (C)】照射領域 S L を示す拡大図である。

【図 1 3】ウエハの露光対象面の面形状を検出するための干渉計システムの概略的な構成を示す図である。

【図 1 4】本発明に係るデバイス製造方法の実施形態を説明するためのフローチャートである。

【図 1 5】図 1 4 のステップ 8 0 4 の詳細を示すフローチャートである。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 6 】

本発明の一実施形態を図 1 ~ 図 1 1 (B) に基づいて説明する。図 1 には、本発明の一実施形態に係る露光装置 1 0 0 の概略構成が示されている。この露光装置 1 0 0 は、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（スキャニング・ステッパ（スキャナとも呼ばれる））である。

【 0 0 1 7 】

この露光装置 1 0 0 は、光源及び照明光学系（後述する可動レチクルブラインド等）を含み、エネルギービームとしての照明光（露光光）I L によりレチクル R を照明する照明系 1 0、レチクル R を保持するレチクルステージ R S T、投影ユニット P U、ウエハ W が載置されるウエハステージ W S T、前記レチクルステージ R S T 及び前記投影ユニット P U などが搭載されたボディ（図 1 ではその一部を図示）及びこれらの制御系等を備えている。

【 0 0 1 8 】

前記照明系 1 0 は、例えば特開 2 0 0 1 - 3 1 3 2 5 0 号公報及びこれに対応する米国特許出願公開第 2 0 0 3 / 0 0 2 5 8 9 0 号明細書などに開示されるように、光源、オプティカルインテグレート等を含む照度均一化光学系、照明系開口絞り、ビームスプリッタ、リレーレンズ、可変 N D フィルタ、レチクルブラインド（固定レチクルブラインド及び可動レチクルブラインド）等（いずれも不図示）を含んで構成されている。この照明系 1 0 では、主制御装置 2 0 の制御の下、回路パターン等が描かれたレチクル R 上で X 軸方向（図 1 における紙面内左右方向）に細長く伸びるスリット状の照明領域（レチクルブラインドで規定された領域）を照明光 I L によりほぼ均一な照度で照明する。ここで、照明光 I L としては、一例として A r F エキシマレーザ光（波長 1 9 3 n m）が用いられている

10

20

30

40

50

。また、オプティカルインテグレータとしては、フライアイレンズ、ロッドインテグレータ（内面反射型インテグレータ）あるいは回折光学素子などを用いることができる。なお、照明系 10 を、例えば特開平 6 - 3 4 9 7 0 1 号公報及びこれに対応する米国特許第 5 , 5 3 4 , 9 7 0 号などに開示されるような照明系と同様に構成しても良い。本国際出願で指定した指定国（又は選択した選択国）の国内法令が許す限りにおいて、上記各公報及び対応する米国特許出願公開明細書又は米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

【 0 0 1 9 】

前記レチクルステージ R S T は、不図示のレチクルベース上に、その底面に設けられた不図示のエアベアリングなどによって例えば数 μm 程度のクリアランスを介して浮上支持されている。このレチクルステージ R S T 上には、レチクル R が、例えば真空吸着（又は静電吸着）により固定されている。レチクルステージ R S T は、ここでは、リニアモータ等を含むレチクルステージ駆動部 R S C（図 1 では不図示、図 7 参照）により、後述する投影光学系 P L の光軸 A X に垂直な X Y 平面内で 2 次元的に（X 軸方向、Y 軸方向及び X Y 平面に直交する Z 軸回りの回転方向（Z 方向）に）微小駆動可能であるとともに、不図示のレチクルベース上を所定の走査方向（ここでは、図 1 における紙面直交方向である Y 軸方向とする）に指定された走査速度で駆動可能となっている。

10

【 0 0 2 0 】

レチクルステージ R S T のステージ移動面内の位置は、レチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）16 によって移動鏡 15 を介して例えば 0 . 5 ~ 1 nm 程度の分解能で常時検出されている。この場合、後述する投影ユニット P U を構成する鏡筒 40 の側面に固定された固定鏡 14 を基準として位置計測が行われる。実際には、レチクルステージ R S T 上には Y 軸方向に直交する反射面を有する Y 移動鏡と X 軸方向に直交する反射面を有する X 移動鏡とが設けられ、これらの移動鏡に対応してレチクル Y 干渉計とレチクル X 干渉計とが設けられ、更にこれに対応して X 軸方向位置計測用の固定鏡と Y 軸方向位置計測用の固定鏡とが設けられているが、図 1 ではこれらが代表的に移動鏡 15、レチクル干渉計 16、固定鏡 14 として示されている。レチクル Y 干渉計とレチクル X 干渉計の一方、例えばレチクル Y 干渉計は測長軸が 2 軸の干渉計であり、このレチクル Y 干渉計の計測値に基づきレチクルステージ R S T の Y 位置に加え Z 方向の回転も計測できるようになっている。なお、例えば、レチクルステージ R S T の端面を鏡面加工して反射面（移動鏡 15 の反射面に相当）を形成しても良い。また、レチクルステージ R S T の走査方向（本実施形態では Y 軸方向）の位置検出に用いられる X 軸方向に延びた反射面の代わりに、少なくとも 1 つのコーナキューブ型ミラー（例えばレトロリフレクタ）を用いても良い。

20

30

【 0 0 2 1 】

レチクル干渉計 16 の計測値は、主制御装置 20 に送られている。主制御装置 20 は、レチクル干渉計 16 の計測値に基づいてレチクルステージ駆動部 R S C（図 7 参照）を介してレチクルステージ R S T を駆動制御する。

【 0 0 2 2 】

前記投影ユニット P U は、レチクルステージ R S T の図 1 における下方でボディの一部を構成する鏡筒定盤 38 にフランジ F L G 1 を介して支持されている。この投影ユニット P U は、円筒状でその外周部の下端部近傍にフランジ F L G 1 が設けられた鏡筒 40 と、該鏡筒 40 に保持された複数の光学素子から成る投影光学系 P L とによって構成されている。

40

【 0 0 2 3 】

前記投影光学系 P L としては、例えば Z 軸方向の共通の光軸 A X を有する複数のレンズ（レンズエレメント）から成る屈折光学系が用いられている。この投影光学系 P L は、例えば両側テレセントリックな光学系で所定の投影倍率（例えば 1 / 4 倍又は 1 / 5 倍）を有する縮小光学系である。このため、照明系 10 からの照明光 I L によってレチクル R が照明されると、このレチクル R を通過した照明光 I L により、投影光学系 P L を介してそ

50

の照明領域（照明光 I L の照射領域）内のレチクル R の例えば回路パターンの縮小像（回路パターンの一部の縮小像）が、表面にレジスト（感光剤）が塗布されたウエハ W 上に形成される。

【 0 0 2 4 】

本実施形態の露光装置 1 0 0 では、液浸法を適用した露光が行われるため、開口数 N A が増大することに伴いレチクル側の開口が大きくなる。このため、レンズのみで構成する屈折光学系においては、ベッツヴァルの条件を満足することが困難となり、投影光学系が大型化する傾向にある。かかる投影光学系の大型化を避けるために、ミラーとレンズとを含んで構成される反射屈折系（カタディ・オプトリック系）を用いても良い。

【 0 0 2 5 】

また、露光装置 1 0 0 では、投影光学系 P L を構成する最も像面側（ウエハ W 側）のレンズ（以下、「先端レンズ」という）9 1 の近傍には、液体給排システム 1 3 2 を構成する液体供給ノズル 5 1 A と、液体回収ノズル 5 1 B とが設けられている。液体供給ノズル 5 1 A と、液体回収ノズル 5 1 B は、鏡筒定盤 3 8 に保持されており、その先端が、後述するウエハステージ W S T と対向するように配置されている。

【 0 0 2 6 】

前記液体供給ノズル 5 1 A には、その一端が液体供給装置 1 3 1 A（図 1 では不図示、図 7 参照）に接続された不図示の供給管の他端が接続されており、前記液体回収ノズル 5 1 B には、その一端が液体回収装置 1 3 1 B（図 1 では不図示、図 7 参照）に接続された不図示の回収管の他端が接続されている。

【 0 0 2 7 】

前記液体供給装置 1 3 1 A は、液体のタンク、加圧ポンプ及び温度制御装置並びに供給管に対する液体の供給・停止を制御するためのバルブ等を含んで構成されている。バルブとしては、例えば液体の供給・停止のみならず、流量の調整も可能となるように流量制御弁を用いることが望ましい。前記温度制御装置は、液体タンク内の液体の温度を、露光装置本体が収納されているチャンバ（不図示）内の温度と同程度の温度に調整する。

【 0 0 2 8 】

なお、液体を供給するためのタンク、加圧ポンプ、温度制御装置、バルブなどは、その全てを露光装置 1 0 0 で備えている必要はなく、少なくとも一部を露光装置 1 0 0 が設置される工場などの設備で代替することもできる。

【 0 0 2 9 】

前記液体回収装置 1 3 1 B は、液体のタンク及び吸引ポンプ並びに回収管を介した液体の回収・停止を制御するためのバルブ等を含んで構成されている。バルブとしては、前述した液体供給装置 1 3 1 A 側のバルブに対応して流量制御弁を用いることが望ましい。

【 0 0 3 0 】

なお、液体を回収するためのタンク、吸引ポンプ、バルブなどは、その全てを露光装置 1 0 0 で備えている必要はなく、少なくとも一部を露光装置 1 0 0 が設置される工場などの設備で代替することもできる。

【 0 0 3 1 】

上記の液体としては、ここでは、A r F エキシマレーザ光（波長 1 9 3 n m の光）が透過する超純水（以下、特に必要な場合を除いて、単に「水」と記述する）を用いるものとする。超純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、ウエハ上のフォトレジストや光学レンズ等に対する悪影響がないという利点がある。また、超純水は環境に対する悪影響がないうえ、不純物の含有量が極めて少ないため、ウエハ W の表面及び先端レンズ 9 1 の表面をも洗浄する作用も期待できる。

【 0 0 3 2 】

A r F エキシマレーザ光に対する水の屈折率 n は、ほぼ 1 . 4 4 である。この水の中では、照明光 I L の波長は、 $1 9 3 \text{ nm} \times 1 / n = \text{約 } 1 3 4 \text{ nm}$ に短波長化される。

【 0 0 3 3 】

前記液体供給装置 1 3 1 A 及び液体回収装置 1 3 1 B は、それぞれコントローラを具備

10

20

30

40

50

しており、それぞれのコントローラは、主制御装置 20 によって制御されるようになっている（図 7 参照）。液体供給装置 131A のコントローラは、主制御装置 20 からの指示に応じ、供給管に接続されたバルブを所定開度で開き、液体供給ノズル 51A を介して先端レンズ 91 とウエハ W との間に水を供給する。また、このとき、液体回収装置 131B のコントローラは、主制御装置 20 からの指示に応じ、回収管に接続されたバルブを所定開度で開き、液体回収ノズル 51B を介して先端レンズ 91 とウエハ W との間から液体回収装置 131B（液体のタンク）の内部に水を回収する。このとき、主制御装置 20 は、先端レンズ 91 とウエハ W との間に液体供給ノズル 51A から供給される水の量と、液体回収ノズル 51B を介して回収される水の量とが常に等しくなるように、液体供給装置 131A のコントローラ、液体回収装置 131B のコントローラに対して指令を与える。そのため、先端レンズ 91 とウエハ W との間には常に一定量の水 Lq （図 1 参照）が保持される。この場合、先端レンズ 91 とウエハ W との間に保持された水 Lq は、常に入れ替わっている。

10

【0034】

上記の説明から明らかなように、本実施形態の液体給排システム 132 は、上記液体供給装置 131A、液体回収装置 131B、供給管、回収管、液体供給ノズル 51A 及び液体回収ノズル 51B 等を含んで構成された、局所液浸の液体給排システムである。

【0035】

なお、上記の説明では、その説明を簡単にするため、液体供給ノズルと液体回収ノズルとがそれぞれ 1 つずつ設けられているものとしたが、これに限らず、例えば、国際公開第 99/49504 号パンフレットに開示されるように、ノズルを多数有する構成を採用することとしても良い。要は、投影光学系 PL を構成する最下端の光学部材（先端レンズ）91 とウエハ W との間に液体を供給することができるのであれば、その構成はいかなるものであっても良い。

20

【0036】

前記ウエハステージ WST は、図 1 に示されるように、投影ユニット PU の下方に水平に配置されたステージベース BS の上面に、その底面に設けられた複数のエアベアリングを介して非接触で浮上支持されている。このウエハステージ WST 上に、ウエハホルダ 70 を介してウエハ W が真空吸着（又は静電吸着）によって固定されている。前記ステージベース BS の +Z 側の面（上面）は、その平坦度が非常に高くなるように加工されており、この面がウエハステージ WST の移動基準面であるガイド面となっている。

30

【0037】

前記ウエハステージ WST は、投影光学系 PL の図 1 における下方で、リニアモータ（あるいは平面モータ）などのアクチュエータを含むウエハステージ駆動部 WSC（図 1 では不図示、図 7 参照）によって上記ガイド面に沿って XY 面内（z 含む）で駆動され、Z 軸方向、x 方向（X 軸回りの回転方向）、y 方向（Y 軸回りの回転方向）の 3 自由度方向に微小駆動される。

【0038】

前記ウエハホルダ 70 は、図 2 に示されるように、板状の本体部 70A と、該本体部 70A の上面に固定されその中央にウエハ W の直径より $0.1 \sim 1$ mm 程度直径が大きな円形開口が形成された補助プレート 72 とを備えている。この補助プレート 72 の円形開口内部の領域には、多数のピンが配置されており、その多数のピンによってウエハ W が支持された状態で真空吸着されている。この場合、ウエハ W が真空吸着された状態では、そのウエハ W の表面と補助プレート 72 の表面との高さがほぼ同一の高さとなるように設定されている。

40

【0039】

また、補助プレート 72 には、その一部に矩形状の開口が形成され、その開口内に基準マーク板 FM が嵌め込まれている。基準マーク板 FM はその表面が、補助プレート 72 と同一面とされている。この基準マーク板 FM の表面には、少なくとも一対のレチクルアライメント用の第 1 基準マーク WM_1 、 WM_2 （図 2 では不図示、図 6 参照）と、これらの第

50

1 基準マーク WM_1 , WM_2 に対して既知の位置関係にあるオフアクシスアライメント系のベースライン計測用の第 2 基準マーク（不図示）などが形成されている。

【0040】

図 1 に戻り、前記ウエハステージ WST の XY 面内に関する位置情報は、ウエハステージ WST の上部に固定された移動鏡 17 XY に測長ビームを照射するウエハレーザ干渉計（以下、「ウエハ干渉計」という）18 によって、例えば 0.5 ~ 1 nm 程度の分解能で常時検出されている。このウエハ干渉計 18 は、鏡筒定盤 38 に吊り下げ状態で固定されており、投影ユニット PU を構成する鏡筒 40 の側面に固定された固定鏡 29 XY の反射面を基準とする移動鏡 17 XY の反射面の位置情報をウエハステージ WST の XY 平面内の位置情報として計測する。

10

【0041】

実際には、ウエハステージ WST 上には、図 2 に示されるように、実際には、走査方向である Y 軸方向に直交する反射面を有する Y 移動鏡 17 Y と非走査方向である X 軸方向に直交する反射面を有する X 移動鏡 17 X とが設けられ、これに対応してレーザ干渉計及び固定鏡も、 X 軸方向位置計測用と Y 軸方向位置計測用のものがそれぞれ設けられているが、図 1 ではこれらが代表的に移動鏡 17 XY 、ウエハ干渉計 18、固定鏡 29 XY として図示されている。なお、例えば、ウエハステージ WST の端面を鏡面加工して反射面（移動鏡 17 XY の反射面に相当）を形成しても良い。また、ウエハ干渉計 18 のうち、 X 軸方向位置計測用のレーザ干渉計及び Y 軸方向位置計測用のレーザ干渉計は、ともに測長軸を複数有する多軸干渉計であり、ウエハステージ WST の X 、 Y 位置の他、回転（ヨーイング（ z 方向の回転）、ピッチング（ x 方向の回転）、ローリング（ y 方向の回転）も計測可能となっている。

20

【0042】

また、図 1、図 2 に示されるように、ウエハステージ WST の $-X$ 側の端部には 45° 傾いてウエハステージ WST に設置される反射鏡 17 Z が設置されており、ウエハ干渉計 18 は、この反射鏡 17 Z に対しても X 軸に平行な測長ビームを照射している。反射鏡 17 Z において $+Z$ 側に反射されたビームは、鏡筒定盤 38 の $-Z$ 側面に設置された X 軸方向に延びる固定鏡 29 Z によって $-Z$ 側に反射し、反射鏡 17 Z で再び反射されてウエハ干渉計 18 に戻る。ウエハ干渉計 18 では、この戻り光束と、上述した X 軸方向位置計測用の測長ビームの戻り光束とを干渉させて、投影光学系 PL の光軸 AX の方向（ Z 軸方向）に関するウエハステージ WST の位置情報、すなわちウエハステージ WST の Z 位置も、 XY の検出精度と同レベルの検出精度で検出している。

30

【0043】

本実施形態では、投影光学系 PL の直下の位置と後述するアライメント系 ALG の直下の位置と、ウエハ W のロード位置との間を往来する間でも、ウエハ干渉計 18 がウエハステージ WST の Z 位置を常にモニタできるように、固定鏡 29 Z の X 軸方向の長さが規定されている。これにより、ウエハステージ WST の XY 位置に関わらず、ウエハステージ WST の絶対 Z 位置を常に同一のウエハ干渉計 18 によって検出することができる。

【0044】

Z 位置を含む上述したウエハステージ WST の位置情報（又は速度情報）は主制御装置 20 に送られている。主制御装置 20 は、ウエハステージ WST の位置情報（又は速度情報）に基づいて、ウエハステージ駆動部 WSC （図 1 では不図示、図 7 参照）を介してウエハステージ WST の XY 面内及び Z 位置を含む 6 自由度方向の位置を制御する。

40

【0045】

また、露光装置 100 は、投影光学系 PL を介した空間像を計測する空間像計測装置を備えている。図 3 に示されるように、ウエハステージ WST の内部には、この空間像計測装置 59 を構成する光学系の一部が配置されている。この空間像計測装置 59 は、ウエハステージ WST 上に設けられたステージ側構成部分、すなわちスリット板 90、送光レンズ 87 と、ウエハステージ WST の外部に設けられたステージ外構成部分、すなわち受光レンズ 89、光電変換素子から成る光センサ及び該光センサからの光電変換信号の信号処

50

理回路 5 2 (図 1、図 7 参照) 等を含んで構成されている。

【 0 0 4 6 】

スリット板 9 0 は、図 3 に示されるように、ウエハステージ W S T の上面に設けられた上部が開口した突設部分 5 8 に設けられ、該突設部分 5 8 の開口を塞ぐ状態で上方から固定され、かつその上面が、ウエハホルダ 7 0 に真空吸着されたウエハ W とほぼ同一面に位置するような状態で、ウエハステージ W S T に固定されている。このスリット板 9 0 は、は照明光 I L の透過性の良いガラス (合成石英、あるいは蛍石など) から成り、その上方には遮光膜が形成され、その遮光膜には図 2 に示されるように X 軸方向及び Y 軸方向にそれぞれ延びる所定幅の 2 つのスリット状の計測用パターン 2 2 X , 2 2 Y が形成されている。以下では、この計測用パターン 2 2 X , 2 2 Y を総称してスリット 2 2 と記述するとともに、便宜上スリット板 9 0 にスリット 2 2 が形成されているものとして説明を行う。ここで、スリット板 9 0 の表面は、非常に平坦度が高く設定され、このスリット板 9 0 は、いわゆる基準平面板をも兼ねている。

10

【 0 0 4 7 】

この空間像計測装置 5 9 によるレチクル R に形成された計測マークの投影光学系 P L を介しての投影像 (空間像) の計測は、いわゆるスリットスキャン方式によって行われる。このスリットスキャン方式の空間像計測では、計測マークの投影光学系 P L を介した投影像 (空間像) に対してスリット板 9 0 のスリット 2 2 を走査 (スキャン) し、その走査中にスリットを透過した照明光 I L がウエハステージ W S T の内部の光学系を経て張出部 5 7 上に設けられた送光レンズ 8 7 によりウエハステージ W S T の外部に導き出される。そして、そのウエハステージ W S T の外部に導き出された光は、鏡筒定盤 3 8 (図 1 参照) に固定されたケース 9 2 に取り付けられた送光レンズ 8 7 に比べて大径 (スリットスキャン中送光レンズ 8 7 からの光を必ず入射できる程度) な受光レンズ 8 9 に入射する。この入射光はこの受光レンズ 8 9 を介してケース 9 2 内にスリット 2 2 と共役な位置に取り付けられた光電変換素子 (受光素子)、例えばフォト・マルチプライヤ・チューブ (P M T) などの光センサによって受光される。該光センサからその受光量に応じた光電変換信号 (光量信号) P は増幅器、A / D コンバータ (例えば 1 6 ビットの分解能のもの) などを含んで構成された信号処理回路 5 2 を介して主制御装置 2 0 に出力される。主制御装置 2 0 は、受光した光センサからの光電変換信号に基づいて、投影像 (空間像) の光強度を検出する。

20

30

【 0 0 4 8 】

なお、上記空間像計測に際しては、先端レンズ 9 1 とウエハ W との間と同様に、先端レンズ 9 1 とスリット板 9 0 との間にも、主制御装置 2 0 からの指示に応じた液体供給装置 1 3 1 A 及び液体回収装置 1 3 1 B のコントローラの制御により、一定量の水 L q (図 3 参照) が保持されるようになっている。

【 0 0 4 9 】

図 3 には、空間像計測装置 5 9 を用いて、レチクル R の代わりにレチクルステージ R S T 上に保持されたレチクル R 1 に形成された計測マークの空間像が計測されている最中の状態が示されている。レチクル R 1 には、所定の箇所に Y 軸方向に周期性を有する L / S パターンから成る計測マーク P M が形成されているものとする。また、空間像の計測に当たり、主制御装置 2 0 により、照明系 1 0 を構成する可動レチクルブラインド 1 2 が不図示のブラインド駆動装置を介して駆動され、レチクル R の照明光 I L の照明領域が計測マーク P M に対応する部分のみに規定されているものとする。この状態で、照明光 I L がレチクル R 1 に照射されると、図 3 に示されるように、計測マーク P M によって回折、散乱した光 (照明光 I L) は投影光学系 P L により屈折され、投影光学系 P L の像面に計測マーク P M の空間像 (投影像) が形成される。

40

【 0 0 5 0 】

この空間像が形成された状態で、主制御装置 2 0 により、ウエハステージ駆動部 W S C (図 7 参照) を介してウエハステージ W S T が Y 軸方向に駆動されると、スリット 2 2 が空間像に対して Y 軸方向に沿って走査される。すると、この走査中にスリット 2 2 を通過

50

する光（照明光 I L）が空間像計測装置 5 9 の光センサで受光され、その光電変換信号 P が信号処理回路 5 2 を介して主制御装置 2 0 に供給される。主制御装置 2 0 では、光電変換信号 P に基づいて空間像に対応する光強度分布を計測することができる。ただし、この空間像計測の際に得られる光電変換信号（光強度信号）P は、スリット 2 2 に依存する関数と空間像に対応する光強度分布のコンボリューションとなるため、その空間像に対応する信号を得るためには、例えば信号処理回路 5 2 等で、そのスリット 2 2 に依存する関数に関するデコンボリューションを行う必要がある。

【 0 0 5 1 】

図 1 に戻り、投影ユニット P U の + X 側には、オフアクシスのアライメント系 A L G が、鏡筒定盤 3 8 上にフランジ F L G 2 を介して支持されている。このアライメント系 A L G としては、例えば、ウエハ W 上のレジストを感光させないブロードバンドな検出光束を対象マークに照射し、その対象マークからの反射光により受光面に結像された対象マークの像と不図示の指標の像とを撮像素子（C C D）等を用いて撮像し、それらの撮像信号を出力する画像処理方式の F I A（Field Image Alignment）系のアライメントセンサが用いられている。このアライメント系 A L G の撮像結果は、主制御装置 2 0 に送られる。

10

【 0 0 5 2 】

また、露光装置 1 0 0 では、そのアライメント系 A L G を挟むようにして、照射系 6 0 A と、受光系 6 0 B とから成る多点焦点位置検出系（以下、適宜「多点 A F 系」と呼ぶ）が設けられている。照射系 6 0 A は、主制御装置 2 0 によってオンオフが制御される光源を有し、アライメント系 A L G の直下にウエハ W がある場合、そのウエハ W 面に向けてスリット（又はピンホール）の像を形成するための複数の結像光束を、光軸 A X に対して斜め方向より照射する。受光系 6 0 B は、それらの結像光束のウエハ W 表面での反射光束を受光する。すなわち、この多点 A F 系は、光軸 A X 方向（Z 軸方向）に関するウエハ W の位置及び X Y 面に対する傾斜を検出する斜入射方式の焦点位置検出系である。本実施形態の多点 A F 系（6 0 A , 6 0 B）としては、例えば特開平 6 - 2 8 3 4 0 3 号公報及びこれに対応する米国特許第 5 , 4 4 8 , 3 3 2 号などに開示されているものと同様の構成のものが用いられるが、本実施形態では、この多点 A F 系が、投影光学系 P L の近傍（さらには投影光学系の光軸を中心として）に配置されているのではなく、アライメント系 A L G の近傍に設けられている。なお、本国際出願で指定した指定国（又は選択した選択国）の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び対応する米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

20

30

【 0 0 5 3 】

照射系 6 0 A 内には、例えば照明光源と、一例として 8 行 8 列のマトリクス状配列で 6 4 個のスリット状の開口パターンが形成されたパターン板と、照射光学系などが設けられている。また、受光系 6 0 B 内には、一例として 8 行 8 列のマトリクス状の配列で合計 6 4 個のスリットが形成された受光用スリット板と、該スリット板の各スリットに対向して 8 行 8 列のマトリクス状配列で配置された 6 4 個のフォトダイオード等の受光素子から成るセンサとしてのフォーカスセンサと、回転方向振動板と、受光光学系などが設けられている。

40

【 0 0 5 4 】

この多点 A F 系（6 0 A , 6 0 B）の各部の作用について簡単に説明すると、主制御装置 2 0 からの指示の下、照射系 6 0 A 内の照明光源からの照明光によりパターン板が照明されると、例えば図 4 に示されるように、パターン板の各開口パターンを透過した結像光束が照射光学系を介してウエハ W 表面に照射され、ウエハ W 表面に 8 行 8 列のマトリクス状配列で 8 × 8、合計 6 4 個の X 軸、Y 軸に対して 4 5 度傾斜したスリット状の開口パターンの像（スリット像） $S_{11} \sim S_{88}$ が形成される（図 5 参照）。すると、スリット像 $S_{11} \sim S_{88}$ それぞれの結像光束のウエハ W 表面からの反射光が受光光学系を介して受光用スリット板の各スリット上にそれぞれ再結像され、それらのスリット像の光束がフォーカスセンサによって個別に受光される。この場合、それらのスリット像の光束は、回転方向振動板により振動されているので、受光用スリット板上では再結像された各像（以下、適宜「反

50

射スリット像」と呼ぶ)の位置が各スリットの長手方向と交差する方向に振動する。各フォーカスセンサの検出信号は図1の信号処理装置56により前記回転振動周波数の信号で同期検波される。そして、この信号処理装置56により、同期検波して得られた64点の焦点ずれ信号(デフォーカス信号)、例えばSカーブ信号が主制御装置20に供給されるようになっている。

【0055】

このSカーブ信号は、受光用スリット板のスリット中心とウエハWからの反射スリット像の振動中心とが一致したときに零レベルとなり、ウエハWがその状態から上方に変位しているときは正のレベル、ウエハWが下方に変位しているときは負のレベルになる信号である。従って、Sカーブ信号にオフセットが加えられていない状態では、主制御装置20

10

【0056】

なお、以下では、図5に示されるスリット像 $S_{11} \sim S_{88}$ が形成され、結像面からのZ位置が検出されるウエハW上の場所を、特に、計測点 $S_{11} \sim S_{88}$ と呼ぶこととする。図5に示されるように、隣接するスリット像の中心間隔は、X軸方向およびY軸方向とも例えば10mmで規定されている。現在では、プロセスウエハの表面は、CMPプロセス等により平坦度が増しており、グローバルな面形状さえ検出することができれば良いので、この程度の間隔で十分である。また、各計測点のX軸方向及びY軸方向の長さは、例えば5mmで規定されている。この場合、全てのスリット像 $S_{11} \sim S_{88}$ がカバーする領域の面積

20

【0057】

図1に戻り、レチクルRの上方に、レチクルR上の一对のレチクルアライメントマーク(RAマーク)と基準マーク板FM上の対応する一对の第1基準マーク、例えば WM_1 、 WM_2 の投影光学系PLを介した像とを同時に観察するための露光波長を用いたTTR(Through

The Reticle)方式のアライメント系から成る一对のレチクルアライメント検出系(以下、便宜上「RA検出系」と呼ぶ)12A、12Bが配置されている。これらのRA検出系12A、12Bの検出信号は、不図示のアライメント制御装置を介して、主制御装置20に供給されるようになっている。

30

【0058】

ここで、図1及びこの図1におけるRA検出系12Aを拡大して詳細に示す図6に基づいて、RA検出系12A、12Bについて更に詳述する。前記一方のRA検出系12Aは、図1に示されるように、可動部33Aと、固定部32Aとの2部分を含んで構成されている。この内、可動部33Aは、図6に示されるように、プリズム28Aと、該プリズム28Aの下方に45°で斜設されたビームスプリッタ30Aと、これらを所定の位置関係で保持するハウジングとを備えている。この可動部33Aは、X軸方向に移動自在に配置

40

【0059】

前記プリズム28Aは、図6の計測位置にあるときに、照明光ILをレチクルR上のRAマーク(例えば RM_1)に導くためのものである。RAマークは、パターン領域PAの外側に設けられており、この部分は通常は照明する必要の無い部分であるため、本実施形態では、照明光ILの一部の光束(以下、この光束を便宜上「 IL_1 」と呼ぶ)を導くようにしたものである。プリズム28Aにより導かれた光束 IL_1 はビームスプリッタ30

50

Aを介してRAマーク（例えば RM_1 ）を照明する。ビームスプリッタ30Aは、レチクルR側からの検出光束（光束 IL_1 の反射光束）を、固定部32Aに導くためのものである。

【0060】

前記固定部32Aは、結像光学系35、該結像光学系35内に配設された合焦状態調整用レンズ39を駆動する駆動装置41及び撮像素子（CCD）42等を含んで構成されている。

【0061】

前記結像光学系35としては、ここでは、内部に配設された合焦状態調整用レンズ39を駆動することにより、焦点距離を変更することができる光学系、すなわち、いわゆる内
10
焦式の光学系が用いられている。このため、本実施形態では、主制御装置20が、例えば撮像素子42における画像信号を処理してRAマーク（例えば RM_1 ）や、基準マーク板FM上の第1基準マーク（例えば WM_1 ）の投影像に対応する光強度信号のコントラストを求め、該コントラストがピークとなるように、前述の合焦状態調整用レンズ39を駆動装置41を介して光軸方向に駆動することにより、結像光学系35の焦点をレチクルRのパターン面と撮像素子42の受光面とに合わせることができる。すなわち、結像光学系35の合焦動作を行うことができる。

【0062】

他方のRA検出系12Bは、図1及び図6に示されるように、可動部33Bと、固定部32Bとを備え、可動部33Bは、プリズム28B及びビームスプリッタ30Bを備え、
20
上記RA検出系12Aと左右対称ではあるが、同様に構成されている（照明光 IL_2 と、レチクルR上のRAマーク RM_2 と、第1基準マーク WM_2 との関係も同様である）。このように、RA検出系12Bの構成が他方のRA検出系12Aと同様であるので、以下、結像光学系、合焦状態調整用レンズ、駆動装置及び撮像素子の符号については、RA検出系12Aと同一の符号を用いるものとする。なお、RA検出系（12A、12B）を用いた例えばレチクルアライメントの際にも、先端レンズ91と基準マーク板FMとの間に、主制御装置20からの指示に応じた液体供給装置131A及び液体回収装置131Bのコントローラの制御により、一定量の水 Lq （図3参照）が保持されるようになっている。

【0063】

図1に戻り、制御系は、主制御装置20を中心として構成される。主制御装置20は、
30
CPU（中央演算処理装置）、ROM（リード・オンリ・メモリ）、RAM（ランダム・アクセス・メモリ）等の内部メモリから成るいわゆるマイクロコンピュータ（又はワークステーション）を含んで構成され、露光動作が的確に行われるように、例えばレチクルRとウエハWの同期走査、ウエハWのステップング、露光タイミング等を統括して制御する。

【0064】

次に、本実施形態の露光装置100における一連の露光動作について詳細に説明する。上述したように、本実施形態の露光装置100においては、上記特開平6-349701号公報などに開示された露光装置とは異なり、多点AF系（60A、60B）の計測領域MAが投影光学系PLの光軸上にはなくオフ軸のアライメント系ALGの検出視野
40
に対応する位置に設定されている。すなわち、本実施形態の露光装置100では、多点AF系の計測点面が光軸AX上にないため、多点AF系を用いた走査露光中にリアルタイムにウエハWの面位置を検出しつつオートフォーカス・レベリング制御を行うことができない。そこで、本実施形態の露光装置100では、ファインアライメントでのウエハアライメントマークの検出の際に、多点AF系（60A、60B）を用いて、ウエハWの露光対象面の面形状に関する情報も検出し、走査露光中においては、この前もって検出されたウエハWの露光対象面の面形状に関する情報を用いて、走査露光中のウエハWのオートフォーカス・レベリング制御を行う。

【0065】

多点AF系（60A、60B）により、前もって検出されたウエハWの露光対象面の面

10

20

30

40

50

形状に関する情報を用いて、露光中のウエハWのオートフォーカス・レベリング制御を行う場合には、それらの情報を検出する検出系に関するキャリブレーションを精度良く行う必要がある。ここでは、このキャリブレーションにおいて検出すべき情報について説明する。

【0066】

図8(A)には、投影光学系PLの光軸をZ軸とし、投影光学系PLの光軸AX上のベストフォーカス位置を原点とするXYZ座標系と、多点AF系(60A, 60B)の計測領域MAの中心を原点とし、X軸, Y軸, Z軸にそれぞれ平行なX'軸, Y'軸, Z'軸から成るX'Y'Z'座標系とが示されている。前提として、Z'軸は、アライメント系ALGの検出視野の中心軸BXと一致しているものとする。図8(A)に示されるように、本実施形態では、両座標系の原点は当然に一致してはいない。また、投影光学系PLの光軸AX上のベストフォーカス位置と、多点AF系(60A, 60B)の検出原点のZ位置にもずれ(Z)が当然に存在する。

10

【0067】

また、図8(B)に示されるように、投影光学系PLのベストフォーカス位置は、投影光学系PLの収差等の影響により、有効露光フィールドである露光領域(露光領域IAとする)内の各箇所では微妙に異なる。すなわち、投影光学系PLの光軸AX上のベストフォーカス位置を原点としても、露光領域IA内の他の箇所では、投影光学系PLのベストフォーカス位置が必ずしもZ=0の平面内にあるとは限らない。そこで、本実施形態では、露光領域IA内に図8(B)に示されるX軸方向に例えば3.5mm間隔で、Y軸方向に例えば4mm間隔で配置された各計測点P₁₁~P₃₇について空間像計測装置59などを用いてそれぞれベストフォーカス位置を計測し、複数の計測点P₁₁~P₃₇のベストフォーカス位置で形成される最良結像面を求める。実際の走査露光では、このベストフォーカス面にウエハWの露光対象面を焦点深度内の範囲内で一致させるように、オープンなオートフォーカス・レベリング制御を行う。

20

【0068】

また、多点AF系(60A, 60B)においては、計測点S₁₁~S₈₈でのそれぞれのZ位置を複数のフォーカスセンサで独立して検出するので、各計測点のZ位置の検出原点には必ずずれが生じている。全てのフォーカスセンサのこの検出原点のずれを機械的にゼロとするのは困難である。そこで、本実施形態では、この検出原点のずれを、各計測点のオフセット成分として出力する。図8(C)には、各計測点S₁₁~S₈₈でのオフセット成分D₁₁~D₈₈の一例が模式的に示されている。このようなオフセット成分は、多点AF系(60A, 60B)で検出されたウエハWの露光対象面の面形状に関する情報の誤差となるので、実際の面形状の検出に先立って、このオフセット成分D₁₁~D₈₈を較正情報として検出しておく必要がある。

30

【0069】

すなわち、本実施形態では、露光に先立って投影光学系PLの最良結像面と、多点AF系(60A, 60B)の複数の計測点の検出原点によって形成される計測領域MAとのキャリブレーションを行う必要がある。

【0070】

図9には、1枚のウエハに対し、露光を行う際の主制御装置20の処理アルゴリズムを示すフローチャートが示されている。図9に示されるように、まず、サブルーチン201では、投影光学系PLのベストフォーカス位置の検出を行う。すなわち、このサブルーチン201では、図10に示されるように、まず、ステップ301において、不図示のレチクルロードにより、レチクルステージRST上にレチクルR1をロードする。このレチクルR1は、図8(B)に示される露光領域IAの複数の計測点P₁₁~P₃₇に対応する箇所に、計測マークPM(図3参照、ここではそれぞれ計測マークPM_{ij}(i=1~3, j=1~7)とする)が形成されたレチクルであるものとする。

40

【0071】

次のステップ303では、レチクルR1上の中心に位置する中心マーク(図8(B)に

50

示される計測点 P_{24} に対応する計測マーク PM_{24} が、投影光学系 PL の光軸上に一致するようにレチクルステージ RST を位置決めする。次のステップ 304 では、液体給排システム 132 による水 Lq の給排水を開始する。これにより、先端レンズ 91 とスリット板 90 との間には水 Lq が満たされるようになる。次いで、ステップ 305 では、計測マークの行番号を示すカウンタ i の値（以下、「カウンタ値 i 」とする）を 1 に初期化し、次のステップ 307 では、計測マークの列番号を示すカウンタ j の値（以下、「カウンタ値 j 」とする）を 1 に初期化する。そして、ステップ 307 では、計測マーク PM_{ij} の部分にのみ照明光 IL が照射されるように、照明系 10 を構成する可動レチクルブラインド 12 を駆動制御して照明領域を規定する。

【0072】

次のステップ 311 では、スリット板 90 が、計測マーク PM_{ij} （ここでは、計測マーク PM_{11} ）の空間像をスリットスキャンが可能な走査開始位置に移動するようにウエハステージ駆動部 WSC を介してウエハステージ WST を駆動する。次のステップ 313 では、照明光 IL をレチクル $R1$ に照射して、スリットスキャン方式により空間像計測装置 59 を用いて計測マーク PM_{ij} （ここでは、計測マーク PM_{11} ）の空間像計測を、ウエハステージ WST の Z 位置を所定ステップピッチでずらしながら繰り返し行う。この各 Z 位置の空間像計測の際には、ウエハ干渉計 18 によって計測されるウエハステージ WST の Z 位置に基づいて、ウエハステージ駆動部 WSC を介してウエハステージ WST の Z 位置が制御されている。また、スリット板 90 の傾き、すなわちウエハステージ WST の投影光学系 PL の光軸 AX に直交する XY 平面に対する傾斜は、前述のように、ウエハ干渉計 18、より正確にはウエハステージ WST のピッチング、ローリングをそれぞれ検出する測長軸を有する一対の Y 干渉計（ピッチング干渉計として機能する）、 X 干渉計（ローリング干渉計として機能する）の計測値に基づいて、所望の一定角度となるように（例えばピッチング、ローリングがともに零となるように）制御されている。そして、次のステップ 315 では、その空間像の計測結果に基づいて得られた計測マーク PM_{ij} の空間像に関するコントラストカーブがピーク値を示す Z 位置 Z_{ij} を算出し、その位置 Z_{ij} を評価点 P_{ij} におけるベストフォーカス位置として内部メモリに記憶する。

【0073】

なお、ウエハステージ WST の Z 位置を変更した場合には、先端レンズ 91 とウエハ W との間隔も変わるため、液体給排システム 132 により、その間に保持される水 Lq の量も適宜変更される。

【0074】

次のステップ 317 では、カウンタ値 j を 1 インクリメントする（ $j \rightarrow j + 1$ ）。そして、次のステップ 319 では、カウンタ値 j が 7 を超えているか否かを判断する。ここでは、カウンタ値 j が 2 であるので、判断は否定され、ステップ 309 に戻る。

【0075】

以降、カウンタ値 j が 7 を越え、ステップ 319 において判断が肯定されるまで、ステップ 309 ステップ 311 ステップ 313 ステップ 315 ステップ 317 ステップ 319 の処理、判断が繰り返し実行され、計測点 $P_{12} \sim P_{17}$ における計測マーク $PM_{12} \sim PM_{17}$ の空間像計測が複数の Z 位置で行われ、各計測点におけるベストフォーカス位置 $Z_{11} \sim Z_{17}$ が検出され、内部メモリに格納される。

【0076】

カウンタ値 j が 7 となり、ステップ 319 における判断が肯定されると、ステップ 321 に進む。ステップ 321 ではカウンタ値 i が 1 だけインクリメントされる（ $i \rightarrow i + 1$ ）。次のステップ 323 では、カウンタ値 i が 3 を超えたか否かが判断される。ここでは、カウンタ値 $i = 2$ なので、判断は否定され、ステップ 307 に戻る。

【0077】

以降、カウンタ値 $i = 4$ となってステップ 323 での判断が肯定されるまで、ステップ 307 ステップ 309 ステップ 311 ステップ 313 ステップ 315 ステップ 317 ステップ 319 の処理、判断が繰り返し実行され、計測点 $P_{21} \sim P_{27}$ における計

10

20

30

40

50

測マーク $PM_{21} \sim PM_{27}$ の空間像計測が複数の Z 位置で行われ、各計測点におけるベストフォーカス位置 $Z_{21} \sim Z_{27}$ が検出されて内部メモリに格納される。そして、さらにもう 1 回、ステップ 307 ステップ 309 ステップ 311 ステップ 313 ステップ 315 ステップ 317 ステップ 319 の処理、判断が繰り返し実行され、計測点 $P_{31} \sim P_{37}$ における計測マーク $PM_{31} \sim PM_{37}$ の空間像計測が複数の Z 位置で行われ、各計測点におけるベストフォーカス位置 $Z_{31} \sim Z_{37}$ が検出され、内部メモリに格納される。

【0078】

カウンタ値 i が 4 になると、ステップ 323 での判断が肯定され、ステップ 325 に進む。ステップ 325 では、上述のようにして得られた各ベストフォーカス位置 Z_{11} 、 Z_{12} 、...、 Z_{37} に基づいて、所定の統計的処理を行うことにより、投影光学系 PL の像面の近似平面（及び像面形状）を算出する。このとき、この像面形状とは別に像面湾曲を算出することも可能である。投影光学系 PL の像面、すなわち最良結像面は、光軸からの距離が異なる無数の点（すなわち、いわゆる像の高さが異なる無数の点）におけるベストフォーカス位置の集合から成る面であるから、このような手法により、像面形状及びその近似平面を容易にかつ正確に求めることができる。

10

【0079】

次のステップ 327 では、RA 検出系 12A、12B の焦点合わせをする。まず、図 6 に示されるように、ウエハステージ WST 上の基準マーク板 FM の第 1 基準マーク WM_1 、 WM_2 が、RA 検出系 12A、12B の検出視野に入るように、ウエハステージ WST 上を投影光学系 PL の直下に移動させる。このとき、ウエハステージ WST は、基準マーク板 FM が、投影光学系 PL の最良結像面に位置するようにオートフォーカス・レベリング制御されているものとする。なお、ウエハステージ WST の上面は、ウエハ W を含み、ほぼ完全な平面となっているため、この移動の際には、液体給排システム 132 により水の給排を停止させる必要はない。

20

【0080】

さらに、図 6 に示される RA 検出系 12A、12B の可動部 33A、33B を、不図示の駆動装置を介してレチクル R1 上に移動させ、レチクル R1 及び投影光学系 PL を介して、ウエハステージ WST 上の基準マーク板 FM に形成された一対の第 1 基準マーク WM_1 、 WM_2 を照明光 IL_1 、 IL_2 により照明する。これにより、それら第 1 基準マーク WM_1 、 WM_2 部分からの反射光束が投影光学系 PL を介してレチクル R1 のパターン領域 PA を挟む X 軸方向の両側の位置に戻り、レチクル R1 のパターン面に第 1 基準マーク WM_1 、 WM_2 の投影像が結像される。なお、このとき、レチクル R1 上の RA マークは、いずれも RA 検出系 12A、12B の視野外、視野内のいずれにあっても良い。これは RA マーク、第 1 基準マーク WM_1 、 WM_2 とともに既知の構造であり、信号処理の過程で容易に判別可能であることによる。そして、RA 検出系 12A、12B を構成するそれぞれの結像光学系 35 内の合焦状態調整用レンズ 39 を駆動装置 41 を介してその光軸方向に沿って所定範囲内で所定ピッチであるいは連続的に駆動する。そして、この駆動中に RA 検出系（12A、12B）から出力される検出信号、すなわち第 1 基準マーク WM_1 、 WM_2 の像強度（光強度）信号をモニタし、そのモニタ結果に基づいてそれぞれの結像光学系 35 が合焦状態となる位置を見つけ、その位置に合焦状態調整用レンズ 39 の光軸方向位置を設定して、RA 検出系 12A、12B を構成するそれぞれの結像光学系 35 を合焦させる。上記の合焦状態の判断は、一例として光強度信号のコントラストがピークとなる位置を見つけ、その位置を合焦位置とすることによって行うことができる。勿論、この他の手法によって、合焦状態を判断しても良い。これにより、RA 検出系（12A、12B）のベストフォーカス位置は、投影光学系 PL の最良結像面に一致するようになる。

30

40

【0081】

次のステップ 329 では、液体給排システム 132 により水の給排を停止される。これにより、先端レンズ 91 の下方の水が除去される。ステップ 329 が終了すると、図 9 のステップ 203 に進む。

【0082】

50

次のステップ203では、前述の如く基準平面板を兼ねるスリット板90がアライメント系ALGの下方(すなわち多点AF系の計測領域MA)に位置するように、ウエハステージ駆動部WSCを介してウエハステージWSTを移動させる。このとき、スリット板90の傾き、すなわちウエハステージWSTの投影光学系PLの光軸AXに直交するXY平面に対する傾斜は、ウエハ干渉計18、より正確には、ウエハステージWSTのピッチング、ローリングをそれぞれ検出する測長軸を有する一対のY干渉計(ピッチング干渉計として機能する)、X干渉計(ローリング干渉計として機能する)の計測値に基づいて、所望の一定角度となるように(例えばピッチング、ローリングがともに零となるように)制御されている。さらに、主制御装置20は、多点AF系(60A, 60B)により計測される計測点 $S_{11} \sim S_{88}$ (この場合スリット板90上の各計測点)の計測結果が1つでも計測範囲からはずれ、飽和することのないような位置に、ウエハステージWSTのZ位置を調整する。

10

【0083】

次のステップ205では、このときの各計測点 $S_{11} \sim S_{88}$ の計測結果を取得し、この計測結果を図8(C)で示されるような計測点 $S_{11} \sim S_{88}$ のオフセット成分 $D_{11} \sim D_{88}$ として内部メモリに格納するとともに、このときのウエハステージWSTのZ位置を併せて内部メモリに格納する。

【0084】

なお、ここで、ウエハステージWSTのZ位置を調整しても、計測結果が飽和する計測点がない場合には、多点AF系(60A, 60B)を構成する調整部材、例えば平行平板ガラスの回転量を調整するようにしても良い。

20

【0085】

次のステップ207では、レチクル交換を行う。これにより、レチクルステージRSTに保持されたレチクルR1が不図示のレチクルアンロードによりアンロードされ、実際の露光に用いられるレチクルRが不図示のレチクルロードによりロードされる。

【0086】

次のステップ209では、レチクルアライメント系(12A, 12B)及び基準マーク板FM等を用いて、通常のスキャニング・ステップと同様の手順で、レチクルアライメント及びベースライン計測などの準備作業を行う。なお、準備作業のうち、レチクルアライメントにおいては、液体給排システム132により先端レンズ91と基準マーク板FMとの間に水Lqが供給された状態で行う。レチクルアライメント後は水の給排を停止させる。

30

【0087】

次のステップ211では、ウエハステージWSTをローディング位置に移動させ、不図示のウエハロードによりウエハステージWST上にウエハWをロードする。次のステップ213では、サーチアライメントを行う。このサーチアライメントに関しては、例えば特開平2-272305号公報及びこれに対応する米国特許第5,151,750号などに詳細に開示されている方法と同様な方法が用いられる。本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び対応する米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

40

【0088】

次のステップ215では、ウエハステージWSTをアライメント系ALGの直下に移動させ、ウエハステージWST上のウエハWに対してウエハアライメント(ファインアライメント)を行う。ここでは、一例として、例えば特開昭61-44429号公報及びこれに対応する米国特許第4,780,617号などに詳細に開示されるEGA(エンハンスト・グローバル・アライメント)方式のウエハアライメントを行うものとする。なお、本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び対応米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

【0089】

このウエハアライメントでは、図11(A)に実線枠で示されるウエハW上の各ショッ

50

ト領域 S A のうち、例えば図中になし地模様を付して示されるような 14 個のショット領域 S A をサンプルショット領域として選択するものとする。ここでは、サンプルショット領域に付設されたウエハアライメントマークをアライメント系 A L G により検出して、そのマークの X Y 平面内の位置情報を検出し、その検出結果からウエハ W 上のショット領域の配列座標を後述するステップ 2 1 7 で算出する。

【 0 0 9 0 】

なお、このウエハアライメントでは、ウエハステージ W S T を X Y 平面内に移動させて、各サンプルショット領域に付設されたウエハアライメントマークをアライメント系 A L G の検出視野に順次移動させたうえで、そのウエハアライメントマークを検出している。言い換えれば、全サンプルショット領域に付設されたウエハアライメントマークを検出する際には、アライメント系 A L G の検出視野が所定の経路で 14 個のサンプルショットを順次移動するようになる。図 1 1 (A) では、アライメント系 A L G の検出視野が各サンプルショット領域の中心を捉えているときの多点 A F 系の計測領域 M A が点線枠で示されている。このように、アライメント系 A L G の検出視野が所定の経路で 14 個のサンプルショットを順次移動すると、多点 A F 系 (6 0 A , 6 0 B) の計測領域 M A がウエハ W のほぼ全面を網羅するようになる。

10

【 0 0 9 1 】

そこで、ステップ 2 1 5 においては、アライメント系 A L G によりサンプルショット領域に付設されたウエハアライメントマークを検出するとともに、多点 A F 系 (6 0 A , 6 0 B) により、ウエハ W の表面の Z 位置 (面位置) 計測も合わせて行う。すなわち、アライメント A L G の検出視野が各サンプルショット付近に移動する毎に、図 1 1 の点線枠で示されるような多点 A F 系の計測領域内の計測点 $S_{11} \sim S_{88}$ の Z 位置が計測される。これにより、ほぼ全域のウエハ W の露光対象面の Z 位置が得られるようになる。また、この多点 A F 系 (6 0 A , 6 0 B) の計測点 $S_{11} \sim S_{88}$ における Z 位置の計測の際には、そのときのウエハステージ W S T の X Y 平面内位置及び Z 位置も、ウエハ干渉計 1 8 の計測により取得しておく。このときの Z 位置と、投影光学系 P L の原点 P_{24} におけるベストフォーカス位置との差が図 8 (A) に示される Z となる。

20

【 0 0 9 2 】

なお、多点 A F 系 (6 0 A , 6 0 B) の計測点 $S_{11} \sim S_{88}$ の検出原点は、前述のようにずれがあるため、各計測点における Z 位置の計測値から上記ステップ 2 0 5 で求めたオフセット成分 $D_{11} \sim D_{88}$ をキャンセルしておく必要がある。

30

【 0 0 9 3 】

このように、ステップ 2 1 5 におけるウエハアライメントでは、ウエハアライメントマークの計測とともに、多点 A F 系 (6 0 A , 6 0 B) によりウエハ W の露光対象面の Z 位置が計測される。この Z 位置と、その Z 位置が計測されたときのウエハ干渉計 1 8 の計測値 (ウエハステージ W S T の X Y 平面内の位置情報及び Z 軸方向の位置情報) から、ウエハ W の露光対象面の面形状に関する情報を取得することができる。以下では、この情報を Z マップと呼び、この Z マップを取得する処理を Z マッピングと呼ぶものとする。なお、この Z マップは、X Y 平面に関し離散的なデータであるので、所定の補間演算又は統計演算等により、ウエハ W の露光対象面の面形状に関する情報を表す連続値関数を作成するようにしても良い。図 1 1 (B) には、図 1 1 (A) の A - A ' 断面における Z マップに基づいて作成された連続値関数の一例が示されている。図中の Z a は、この Z マップにおけるウエハ W の露光対象面の平均 Z 位置を示している。

40

【 0 0 9 4 】

次のステップ 2 1 7 では、上記ステップ 2 1 5 で検出された E G A 方式のウエハアライメントの結果に基づいてウエハ W 上のショット領域の配列座標を計算する。そして、次のステップ 2 1 9 では、この配列座標と、Z マップと、上記ステップ 2 0 9 におけるベースライン計測結果に基づいて、走査露光中のウエハステージ W S T の X Y Z 座標系の 6 自由度の位置指令プロファイルを作成する。このとき、上記ステップ 2 1 5 で作成された Z マップに基づいてオートフォーカス・レベリング制御に寄与する位置指令プロファイルを作

50

成する際には、図8(A)に示されるようなZ軸とZ'軸とのずれZを考慮する必要があることは勿論である。

【0095】

次のステップ221では、ウエハWの複数のショット領域に対する走査露光を行う。具体的には、上記ステップ219で作成したウエハステージWSTのXYZ座標系の6自由度の位置指令プロファイルに基づいて、第1番目のショット領域(ファーストショット)の露光のための加速開始位置にウエハW(ウエハステージWST)を移動させ、これと同時に、レチクルR(レチクルステージRST)を加速開始位置へ移動させる。そして、液体給排システム132により先端レンズ91とウエハWとの間に対し水Lqの給排を開始する。そして、上記ステップ219で作成された位置指令プロファイルに基づいて、ウエハW(ウエハステージWST)とレチクルR(レチクルステージRST)とのY軸方向の相対走査(同期移動)を開始し、ウエハW上のファーストショットに対して走査露光を行う。これにより、レチクルRの回路パターンが投影光学系PLを介してウエハW上のファーストショットに対して逐次転写される。

10

【0096】

上記の走査露光中、ウエハWの表面上の露光領域IAが投影光学系PLの最良結像面とを実質的に一致させる(結像面の焦点深度の範囲内に収まる)ようにするために、ウエハ干渉計18で計測されるウエハステージWSTのXY平面位置及びZ位置と、ステップ215において検出されたZマップとに基づいて、ウエハステージ駆動部WSCを介してウエハステージWSTをZ軸方向、x方向、z方向に駆動し、ウエハWに対するオープンループのフォーカス・レベリング制御が実現される。

20

【0097】

そして、ファーストショットに対する走査露光動作が終了すると、主制御装置20は、ウエハW上の第2番目のショット領域(セカンドショット)の露光のための加速開始位置にウエハWが位置するようにウエハステージWSTを移動させる。このとき、完全交互スキャン方式が採用されているので、レチクルステージRSTは、前ショット領域に対する走査露光のための一連の動作が終了した時点で次ショット領域に対する露光を行うための加速開始位置に移動している。

【0098】

主制御装置20は、その後レチクルステージRSTとウエハステージWSTの相対走査を開始し、前述と同様の走査露光を行い、レチクルRのパターンを投影光学系PLを介してウエハW上のセカンドショットに逐次転写し、その転写中、前述と同様のウエハWに対するオープンループのフォーカス・レベリング制御を実行する。

30

【0099】

以後、上記と同様のウエハステージWSTの移動(ショット間ステップ動作)及び走査露光が繰り返し行われ、ウエハW上の第3ショット領域以降のショット領域に対して、レチクルRのパターンがそれぞれ転写される。

【0100】

このようにしてウエハW上の全てのショット領域に対する走査露光が終了した後、液体給排システム132による水Lqの給排が停止され、ステップ223において、ウエハステージWSTをアンロード位置に移動させ、ウエハWを不図示のウエハアンローダによりアンロードする。ステップ223終了後は、処理を終了する。

40

【0101】

なお、本実施形態では、投影光学系PLのベストフォーカス位置を検出してから、多点AF系(60A, 60B)のオフセット成分を検出したが、これは逆であっても良い。また、サーチアライメントは行わなくても良い。また、ファインアライメントにおける、サンプルショット数は14個には限らず、例えば8個でも良い。この場合には、アライメント系ALGのアライメントマークの検出に関わらず、図11(A)に示されるような領域MAでのウエハWの面位置検出を行うようにする。

【0102】

50

また、ウエハWがベアウエハである場合には、ステップ213のサーチアライメント及びステップ215のファインアライメント（さらにはステップ217の配列座標計算）は行われませんが、多点AF系によるウエハWの面位置検出は行う必要がある。

【0103】

これまでの説明から明らかなように、本実施形態の露光装置100では、ウエハステージWSTによってステージの少なくとも一部が構成され、ウエハ干渉計18によって、第1位置検出装置及び第2位置検出装置の少なくとも一部が構成される。また、多点AF系（60A, 60B）及び主制御装置20の一部を含んで面形状検出系が構成され、主制御装置20の一部を含んで調整装置が構成されている。また、主制御装置20の一部を含んで計測装置が構成されている。また、多点AF系（60A, 60B）を含んで焦点位置検出系が構成されている。また、RA検出系（12A, 12B）を含んで検出機構が構成されている。

10

【0104】

すなわち、主制御装置20のCPUが行う、ステップ215（図9）の処理によって面形状検出系の一部の機能が実現され、ステップ205、ステップ221（図9）等の処理によって調整装置の機能が実現され、サブルーチン201（図9、図10）の処理によって計測装置の機能が実現されている。また、本実施形態では、主制御装置20の機能を、1つのCPUで実現したが、複数のCPUで実現しても良い。

【0105】

以上詳細に説明したように、本実施形態の露光装置100によれば、投影露光に先立って、ウエハステージWSTに保持されたウエハWの露光対象面の面形状に関する情報（Zマップ）を面形状検出系（多点AF系（60A, 60B）, 主制御装置20の一部）により検出しておき、投影露光が行われる際には、その面形状検出系により検出された露光対象面の面形状に関する情報（Zマップ）などに基づいて主制御装置20によりウエハステージWST上のウエハWの面位置を調整するので、投影露光の際に、投影光学系PLの光軸AXの方向に関するウエハWの位置を、リアルタイムに検出せずとも、走査露光中のウエハW上の露光領域IAを投影光学系PLの最良結像面の焦点深度の範囲内に位置させることができ、大開口数の投影光学系の下での高精度な露光を実現することができる。

20

【0106】

また、本実施形態では、主制御装置20は、投影光学系PLのベストフォーカス位置を計測して最良結像面を検出し、その最良結像面を基準として、ウエハWの露光対象面の面位置を調整するが、投影光学系PLの最良結像面がXY平面にほぼ平行であることが保障されていれば、投影光学系PLの最良結像面を求める必要はなく、有効露光フィールド内のいずれか1つ（例えば光軸上）の計測点におけるベストフォーカス位置を求めるだけでも良い。また、計測点 $P_{11} \sim P_{37}$ の間隔及び計測点数は、上記実施形態のものには限られない。

30

【0107】

また、本実施形態では、投影光学系PLのベストフォーカス位置を空間像計測装置59による空間像計測により求めたが、これには限られず、ベストフォーカス位置の検出方法はどのようなものであっても良い。例えば、複数のZ位置で実際にウエハWに対する所定パターンの焼付けを行い、その焼付け結果が最も良好であったZ位置をベストフォーカス位置として決定するようにしても良い。この場合には、露光装置が空間像計測装置を備える必要はない。

40

【0108】

また、上記実施形態では、多点AF系（60A, 60B）の計測領域MAの中心が、アライメント系ALGの検出視野の中心と一致するようにしたが、必ずしもその必要はない。アライメント系ALGによるウエハアライメントマークの検出と、多点AF系（60A, 60B）によるウエハWの面位置の検出とを同時に行わない場合には、両者を別々に配置するようにしても良い。ただし、両者を上記実施形態のように配置すれば、ウエハアライメントマークの検出と、ウエハWの面位置の検出とを同時に行えるので、スルーブット

50

的に有利である。

【0109】

また、上記実施形態では、多点AF系(60A, 60B)の計測点の数は $8 \times 8 = 64$ 点であったが、これには限られないことは勿論である。また、計測領域MAの大きさや、各計測点のサイズや向きも上記実施形態のものには限定されない。例えばこの計測点の間隔を、投影光学系PLのベストフォーカス位置の計測点の間隔(X: 4mm、Y: 3.5mm)と同じにしても良い。また、上記実施形態では、ウエハWの面位置を検出する検出系が多点AF系(60A, 60B)であったが、その必要はない。例えば、ウエハWの1点のみのZ位置を検出する検出系であっても良い。この場合には、その検出系のオフセット成分というものは観念できないので、上記ステップ205におけるようなオフセット成分を検出する必要はなく、図8(A)に示されるようなZだけを検出すれば良い。

10

【0110】

また、上記実施形態では、多点AF系(60A, 60B)を用いてウエハWの露光対象面の面形状に関する情報(Zマップ)を検出する際に、そのときのウエハステージWSTのZ位置をウエハ干渉計18によって計測し、その計測結果に基づいて面形状が検出されたウエハWの面を、投影光学系PLの最良結像面とに焦点深度の範囲内で一致させるようにした。このように、図1に示される露光装置100のように、投影光学系PLの下方からアライメント系ALGの下方までの広いXY平面に平行な領域を網羅するZ干渉計を備えていれば、ウエハステージWSTがどのような位置にあっても、そのZ位置は常に同一ウエハ干渉計18によって検出され、そのZ位置を絶対Z位置として用いることができる。

20

【0111】

しかしながら、露光装置の構成は、上記実施形態のものには限られない。例えば図1に示されるようなウエハ干渉計18を備えておらず、例えば投影光学系PLの下方にあるウエハステージWSTのZ位置を計測する干渉計と、アライメント系ALGの下方にあるウエハステージWSTのZ位置を計測する干渉計とが、それぞれ独立した干渉計である露光装置やZ位置を計測する干渉計を備えていない露光装置では、アライメント位置にあるウエハWの露光対象面の面形状を検出したときのZ位置を、露光時には参照することができなくなる。

【0112】

このような場合には、RA検出系(12A, 12B)を用いてZ位置の位置合わせを行うようにしても良い。以下では、その位置合わせの方法について説明する。

30

【0113】

例えば、上記ステップ215におけるZマッピングの際に、ウエハWの露光対象面の面形状とともに、基準マーク板FMの面位置も多点AF系(60A, 60B)を使って計測し、内部メモリに記憶しておく。そして、ウエハステージWST上のウエハWに対し露光を行うため、ウエハステージWSTを投影光学系PLの下方に移動させた場合に、RA検出系(12A, 12B)により、基準マーク板FM上の第1基準マーク WM_1 , WM_2 を検出させる。主制御装置20は、ウエハステージWSTをZ軸方向に駆動して、RA検出系(12A, 12B)によって、第1基準マークに対応する光強度信号のコントラストがピークとなるZ位置を見つける。このとき、RA検出系(12A, 12B)では、上記ステップ327における合焦動作がすでに行われており、基準マーク板FMの表面位置が、投影光学系PLの最良結像面に合致するように設定されているものとすれば、この位置が投影光学系のベストフォーカス位置に対応していることになる。したがって、このようにすれば、基準マーク板FMの面位置とウエハWの露光対象面の面位置との相対位置関係から、現在のウエハWの露光対象面のZ位置を把握することができるので、上記実施形態と同様に、走査露光中に、ウエハWの露光対象面と投影光学系PLの最良結像面とを焦点深度の範囲内で一致させることができるようになる。

40

【0114】

なお、上記実施形態のように、投影光学系PLの最良結像面(ベストフォーカス位置)

50

と、R A 検出系 (1 2 A , 1 2 B) のベストフォーカス位置などを必ずしも一致させる必要はない。両者の Z 軸方向のずれが既知であれば良い。R A 検出系 (1 2 A , 1 2 B) により基準マーク板 F M を検出させることにより、R A 検出系 (1 2 A , 1 2 B) のベストフォーカス位置に基準マーク板 F M を位置させることができれば、その時点での基準マーク板 F M と投影光学系 P L の最良結像面との相対位置関係がわかるので、投影光学系 P L の最良結像面とウエハ W の露光対象面とを焦点深度の範囲内で、一致させることは可能だからである。したがって、上記実施形態のように R A 検出系には必ずしも合焦装置が備えられている必要はない。

【 0 1 1 5 】

ただし、この場合には、投影光学系 P L の最良結像面と、R A 検出系のベストフォーカス位置との位置関係のキャリブレーションを予め行っておく必要がある。投影光学系 P L の最良結像面については、上記実施形態と同様の方法で求めることができる。一方、R A 検出系のベストフォーカス位置については、やはり基準マーク板 F M 上の第 1 基準マークの検出結果の Z 軸方向に関するコントラストカーブなどから求めることができる。

10

【 0 1 1 6 】

以上述べたように、ウエハ W の露光対象面の面形状を検出する際には、ウエハ W の面の絶対 Z 位置を求めるだけでも良いが、ウエハステージ W S T 上の基準面に対するウエハ W の面の相対 Z 位置を求めるだけでも、投影光学系 P L の最良結像面にウエハ W の露光面を一致させることができる。

【 0 1 1 7 】

なお、基準マーク板 F M の Z 位置の検出には、必ずしも R A 検出系を用いる必要はない。要は、基準マーク板 F M の表面と投影光学系 P L の最良結像面との関係が求められればよく、投影光学系 P L を介して基準マーク板 F M の面位置を検出可能な別の検出系を用いても良いし、投影光学系 P L を介さずに、例えば水なしで静電容量センサなど非光学的な検出系を用いて基準マーク板 F M の面位置を検出できるようにしても良い。また、基準マーク板 F M を使わずに、別途基準平面をウエハステージ W S T 上に配置して使用するようにしても良い。

20

【 0 1 1 8 】

また、上記実施形態では、特開平 6 - 2 8 3 4 0 3 号公報に開示された多点 A F 系と同様の構成を有し、アライメント系 A L G の検出視野中心と中心が一致する計測領域を有する多点 A F 系 (6 0 A , 6 0 B) を用いてウエハ W の露光対象面の面形状に関する情報を検出したが、これには限られない。例えば図 1 2 (A)、図 1 2 (B) に示されるような面形状検出装置を用いても良い。図 1 2 (A) に示されるように、この面形状検出装置は、ウエハステージ W S T 上のウエハ W に対し、少なくともウエハ W の直径より長いライン状のビームを斜入射させる照射系 7 5 A と、照射系 7 5 A により照射されたビームの反射光を受光する例えば 1 次元 C C D センサなどの受光系 7 5 B を含んで構成されている。図 1 2 (B) に示されるように、この照射系 7 5 A と受光系 7 5 B とは、投影光学系 P L とアライメント系 A L G との間に、そのライン状の照射領域 S L が位置するように配置されている。

30

【 0 1 1 9 】

照射系 7 5 A から照射されるライン状のビームは、実際には、互いに平行な複数の点状 (またはスリット状) レーザ光が、一方向に並ぶことによって形成されたビームであり、この照射領域 S L は、図 1 2 (C) に示されるように、実際には、複数の点状のビームの照射領域 $S_1 \sim S_n$ の集合となっている。したがって、上記実施形態の多点 A F 系 (6 0 A , 6 0 B) の各計測点での Z 位置の検出原理と同じ原理で、この照射領域 $S_1 \sim S_n$ を計測点 $S_1 \sim S_n$ とし、受光系 7 5 B における反射光の受光位置の基準位置からの位置ずれ量を計測すれば、計測点 $S_1 \sim S_n$ のそれぞれのウエハ W の Z 位置を検出することができる。

40

【 0 1 2 0 】

受光系 7 5 B での計測結果は、主制御装置 2 0 に送られている。主制御装置 2 0 では、この計測結果、すなわち受光系 7 5 B における反射光の受光位置の基準位置からの位置ず

50

れ量に基づいて、ウエハWの露光対象面の面形状に関する情報を検出する。

【0121】

照射領域SLを図12(B)に示されるように、計測点 $S_1 \sim S_n$ の列を、X軸およびY軸と交差するように配置したのは、例えばアライメント系ALGによるウエハアライメントマークの計測を終了した後に露光を行うため、ウエハステージWSTが、アライメント系ALGの下方(点線で示される位置)から投影光学系PLの下方(実線で示される位置)に移動する際に、ウエハステージWST上のウエハWが、この照射領域SLを通過するようになっているためである。この配置により、アライメントと露光との間にウエハステージWSTが移動する間に、この照射領域SLに対し、ウエハWが相対走査されるようになる。したがって、この相対走査の間(ウエハWが、照射領域SLを通過している間)、計測点 $S_1 \sim S_n$ の計測結果を所定のサンプリング間隔で検出していけば、その検出結果がウエハWの露光対象面全体の面形状を検出することができる。このように、アライメント位置(アライメント系ALGでウエハW上のアライメントマークの検出が行われる計測位置)から露光位置(投影光学系PLを使ってウエハ(基板)Wの露光が行われる露光位置)までウエハステージWSTを移動させる間にウエハWの面形状を検出すれば、スループットを低下させることなく、ウエハWの露光対象面の面形状を検出することができるようになる。もちろん、アライメント位置から露光位置へのウエハステージWSTを移動させる間に限らず、例えば次に露光されるウエハWをウエハステージWST上に搭載するウエハローディング位置から上記アライメント位置へウエハステージWSTを移動する間に、すなわちアライメント系ALGによるウエハW上のアライメントマークの検出を行う前に、ウエハWの露光対象面の面形状を検出するようにしても良い。

10

20

【0122】

なお、計測点 $S_1 \sim S_n$ の列の配置は、上述の例に限られず、X軸またはY軸と平行に配置しても良い。また、計測点 $S_1 \sim S_n$ を用いたウエハWの面形状の計測は、ウエハアライメントマークの計測動作とウエハ露光動作との間に限らず、例えばウエハアライメントマークの計測前に行うようにしても良い。要は、ウエハWの露光前に、照射領域SLに対してウエハWが相対走査されれば良い。

【0123】

また、図13に示されるような構成を有する面形状検出装置を備えるようにしても良い。図13に示される面形状検出装置は、斜入射する照明光を出射する不図示の光源と、該光源とウエハステージWST上のウエハWとの間に挿入された半透明参照面を有する平行平板96と、受光装置95とを含んで構成されている。光源から照射され平行平板96に入射する照明光の光束の大きさは、少なくともウエハWの面積よりも十分に大きくなるように設定されている。図13に示されるように、実線で示される入射光の一部は、平行平板96を通過してウエハWの露光対象面に至り、その面で反射され、平行平板96に再度入射する。再度入射した反射光は、その入射位置の半透明参照面で反射した点線で示される入射光と重なり、2次元CCDカメラ等の受光装置95においてそれらの干渉縞が形成されるようになる。したがって、その干渉縞の検出結果から、ウエハWの露光対象面の面形状を検出することができる。通常フィゾー干渉計においては、被検反射物体に対する入射光波の入射角を垂直に規定しているが、図13に示されるような干渉計による面形状検出装置にあっては、入射光波がウエハWの露光対象面に対し斜入射するように設定されている。このようにすれば、ウエハW上に形成された回路パターン等の影響を軽減することができるとともに、縞感度を向上させることもできるようになる。

30

40

【0124】

もっとも、ウエハWの露光対象面の面形状を測定するための干渉計の構成は図13に示されるようなものには限られない。上述のような入射光波が被検面に対して垂直に入射するフィゾー干渉計やトワイマン-グリーン干渉計のようなものであっても良い。また、特開平4-221704号公報や特開2001-4336号公報に開示されるような斜入射干渉計であっても良い。

【0125】

50

なお、図 1 3 に示されるような面形状検出装置の配置は自由であり、例えば、ウエハのローディング位置近傍であっても良いし、図 1 2 (B) に示される面形状検出装置と同じような配置であっても良い。

【 0 1 2 6 】

また、上記実施形態では、ウエハステージ W S T に設けられた Z 位置計測用の移動鏡は、- X 端に設けられた移動鏡 1 7 Z のみであったが、これに限らず、移動鏡 1 7 Z のような移動鏡をウエハステージ W S T の + X 端にも設け、+ X 側からも測長ビームを当て、両側の Z 位置の計測結果（例えばそれらの平均）から、ウエハステージ W S T の Z 位置を求めるとしても良い。このようにすれば、ウエハステージ W S T のローリングによらず、ウエハステージ W S T の Z 位置を精度良く計測することが可能となる。

10

【 0 1 2 7 】

また、Z 軸方向に関する移動鏡としては、図 1 等に示されるような移動鏡 1 7 Z のような移動鏡には限られず、例えば、X 軸に平行な測長ビームが必ず Z 軸に平行なビームとなるように反射させるプリズムを Z 位置計測用の移動鏡として用いるようにしても良い。

【 0 1 2 8 】

また、上記実施形態では、ウエハステージ W S T の X Y 平面内の位置及び Z 位置を計測可能なウエハ干渉計 1 8 を用いたが、X Y 平面内の位置を計測可能な干渉計と、Z 位置を計測可能な干渉計を別々に備えるようにしても良いことは勿論である。

【 0 1 2 9 】

また、Z 位置計測用の移動鏡は、ウエハステージ W S T の側面に設けられている必要はなく、X Y 位置計測用の移動鏡と一体となっても良い。また、ウエハステージ W S T の底面に移動鏡を設け、ウエハステージ W S T の - Z 側から測長ビームを当て、ウエハステージ W S T の Z 位置を計測するようにしても良い。

20

【 0 1 3 0 】

なお、上記実施形態では、液体として超純水（水）を用いるものとしたが、本発明がこれに限定されないことは勿論である。液体としては、化学的に安定で、照明光 I L の透過率が高く安全な液体、例えばフッ素系不活性液体を使用しても良い。このフッ素系不活性液体としては、例えばフロリナート（米国スリーエム社の商品名）が使用できる。このフッ素系不活性液体は冷却効果の点でも優れている。また、液体として、照明光 I L に対する透過性があるだけ屈折率が高く、また、投影光学系やウエハ表面に塗布されているフォトレジストに対して安定なもの（例えばセダー油等）を使用することもできる。また、F₂ レーザを光源とする場合は、フロンブリンオイルを選択すれば良い。

30

【 0 1 3 1 】

また、上記実施形態で、回収された液体を再利用するようにしても良く、この場合は回収された液体から不純物を除去するフィルタを液体回収装置、又は回収管等に設けておくことが望ましい。

【 0 1 3 2 】

なお、上記実施形態では、投影光学系 P L の最も像面側の光学素子が先端レンズ 9 1 であるものとしたが、その光学素子は、レンズに限られるものではなく、投影光学系 P L の光学特性、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整に用いる光学プレート（平行平板等）であっても良いし、単なるカバーガラスであっても良い。投影光学系 P L の最も像面側の光学素子（上記実施形態では先端レンズ 9 1）は、照明光 I L の照射によってレジストから発生する飛散粒子又は液体中の不純物の付着等に起因して液体（上記実施形態では水）に接触してその表面が汚れることがある。このため、その光学素子は、鏡筒 4 0 の最下部に着脱（交換）自在に固定することとし、定期的に交換することとしても良い。

40

【 0 1 3 3 】

このような場合、液体に接触する光学素子がレンズであると、その交換部品のコストが高く、かつ交換に要する時間が長くなってしまい、メンテナンスコスト（ランニングコスト）の上昇やスループットの低下を招く。そこで、液体と接触する光学素子を、例えば先端レンズ 9 1 よりも安価な平行平板とするようにしても良い。

50

【 0 1 3 4 】

また、上記実施形態において、液体（水）を流す範囲はレチクルのパターン像の投影領域（照明光 I L の照射領域）の全域を覆うように設定されていれば良く、その大きさは任意で良いが、流速、流量等を制御する上で、照射領域よりも少し大きくしてその範囲をできる限り小さくしておくことが望ましい。

【 0 1 3 5 】

なお、複数のレンズから構成される投影光学系、投影ユニット P U を露光装置本体に組み込み、更に、投影ユニット P U に液体給排ユニット 1 3 2 を取り付ける。その後、光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより、上記実施形態の露光装置を製造することができる。なお、露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

10

【 0 1 3 6 】

また、上記実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式等の走査型露光装置に本発明が適用された場合について説明したが、本発明の適用範囲がこれに限定されないことは勿論である。すなわちステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置にも本発明は好適に適用できる。また、ショット領域とショット領域とを合成するステップ・アンド・ステッチ方式の縮小投影露光装置における露光にも本発明を好適に適用することができる。また、ウエハステージを 2 基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、液浸法を用いない露光装置にも本発明を適用することができるのは勿論である。

20

【 0 1 3 7 】

露光装置の用途としては半導体製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを転写する液晶用の露光装置や、有機 E L、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（C C D 等）、マイクロマシン及び D N A チップなどを製造するための露光装置にも広く適用できる。また、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、E U V 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エ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。

【 0 1 3 8 】

また、上記実施形態の露光装置の光源は、A r F エキシマレーザ光源に限らず、K r F エキシマレーザ光源、F₂レーザ光源などのパルスレーザ光源や、g 線（波長 4 3 6 n m）、i 線（波長 3 6 5 n m）などの輝線を発する超高圧水銀ランプなどを用いることも可能である。また、D F B 半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム（又はエルビウムとイッテルビウムの両方）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。また、投影光学系の倍率は縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでも良い。

30

【 0 1 3 9 】

また、上記実施形態では、露光装置の照明光 I L としては波長 1 0 0 n m 以上の光に限らず、波長 1 0 0 n m 未満の光を用いても良いことはいうまでもない。例えば、近年、7 0 n m 以下のパターンを露光するために、S O R やプラズマレーザを光源として、軟 X 線領域（例えば 5 ~ 1 5 n m の波長域）の E U V（Extreme Ultraviolet）光を発生させるとともに、その露光波長（例えば 1 3 . 5 n m）の下で設計されたオール反射縮小光学系、及び反射型マスクを用いた E U V 露光装置の開発が行われている。この装置においては、円弧照明を用いてマスクとウエハを同期走査してスキャン露光する構成が考えられる。

40

【 0 1 4 0 】

また、電子線又はイオンビームなどの荷電粒子線を用いる露光装置にも、本発明は適用できる。なお、電子線露光装置は、ペンシルビーム方式、可変成形ビーム方式、セルブプロジェクト方式、ブランキング・アパーチャ・アレイ方式、及びマスク投影方式のいずれであっても良い。例えば、電子線を用いる露光装置では、電磁レンズを備えた光学系が

50

用いられるが、この光学系が露光光学系を構成し、この露光光学系の鏡筒などを含ん露光光学系ユニットが構成される。

【 0 1 4 1 】

《デバイス製造方法》

次に、上述した露光装置 1 0 0 をリソグラフィ工程で使用したデバイスの製造方法の実施形態について説明する。

【 0 1 4 2 】

図 1 4 には、デバイス（IC や L S I 等の半導体チップ、液晶パネル、C C D、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造例のフローチャートが示されている。図 1 4 に示されるように、まず、ステップ 8 0 1（設計ステップ）において、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 8 0 2（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を製作する。一方、ステップ 8 0 3（ウエハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

10

【 0 1 4 3 】

次に、ステップ 8 0 4（ウエハ処理ステップ）において、ステップ 8 0 1～ステップ 8 0 3 で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ 8 0 5（デバイス組立てステップ）において、ステップ 8 0 4 で処理されたウエハを用いてデバイス組立てを行う。このステップ 8 0 5 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。

20

【 0 1 4 4 】

最後に、ステップ 8 0 6（検査ステップ）において、ステップ 8 0 5 で作成されたデバイスの動作確認テスト、耐久テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

【 0 1 4 5 】

図 1 5 には、半導体デバイスにおける、上記ステップ 8 0 4 の詳細なフロー例が示されている。図 1 5 において、ステップ 8 1 1（酸化ステップ）においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ 8 1 2（C V Dステップ）においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ 8 1 3（電極形成ステップ）においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 8 1 4（イオン打ち込みステップ）においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ 8 1 1～ステップ 8 1 4 それぞれは、ウエ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。

30

【 0 1 4 6 】

ウエ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 8 1 5（レジスト形成ステップ）において、上記実施形態に示されるように、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ 8 1 6（露光ステップ）において、上記実施形態の露光装置 1 0 0 を用いてマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ 8 1 7（現像ステップ）においては、露光されたウエハを現像し、ステップ 8 1 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 8 1 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。

40

【 0 1 4 7 】

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、ウエハ上に階層的に回路パターンが形成される。

【 0 1 4 8 】

以上説明した本実施形態のデバイス製造方法を用いれば、露光工程（ステップ 8 1 6）において上記実施形態の露光装置 1 0 0 及び露光方法が用いられるので、高精度な露光を実現することができる。この結果、高集積度のデバイスの生産性（歩留まりを含む）を向

50

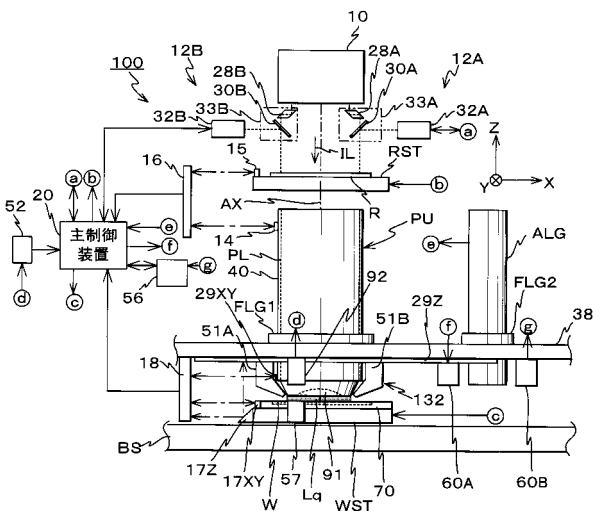
上させることが可能になる。

【産業上の利用可能性】

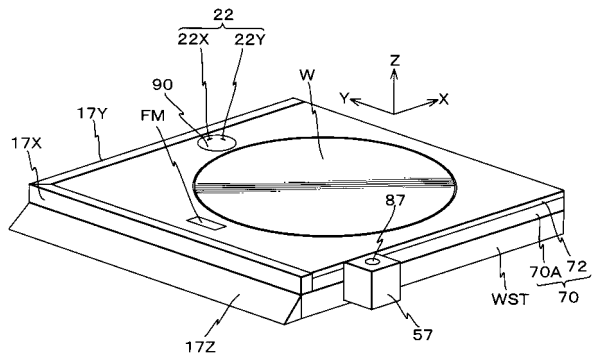
【0149】

以上説明したように、本発明の露光装置及び露光方法は、半導体素子、液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程に適しており、本発明のデバイス製造方法は、マイクロデバイスの生産に適している。また、本発明の面形状検出装置は、被露光基板の面形状の検出に適している。

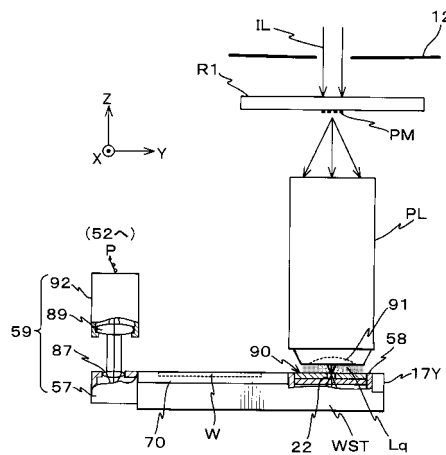
【図1】



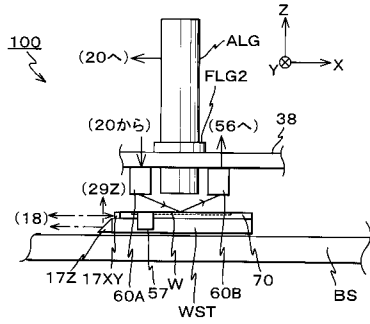
【図2】



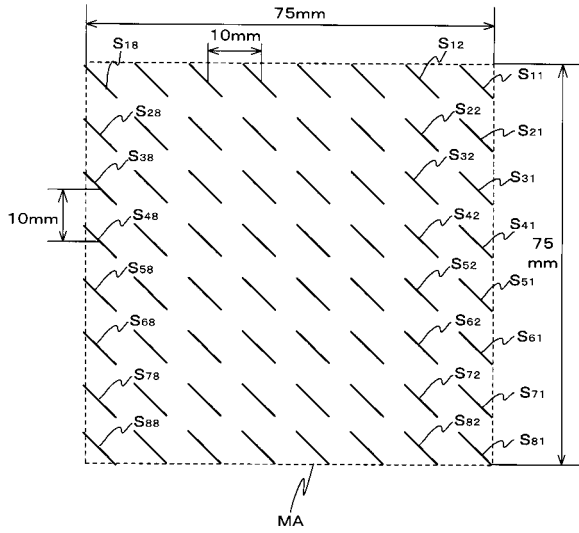
【図3】



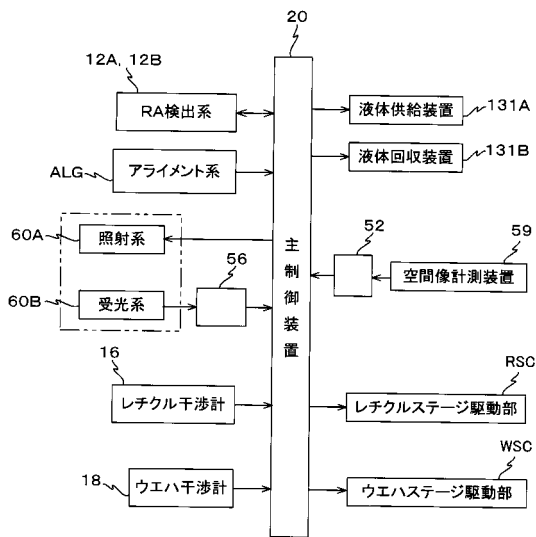
【 図 4 】



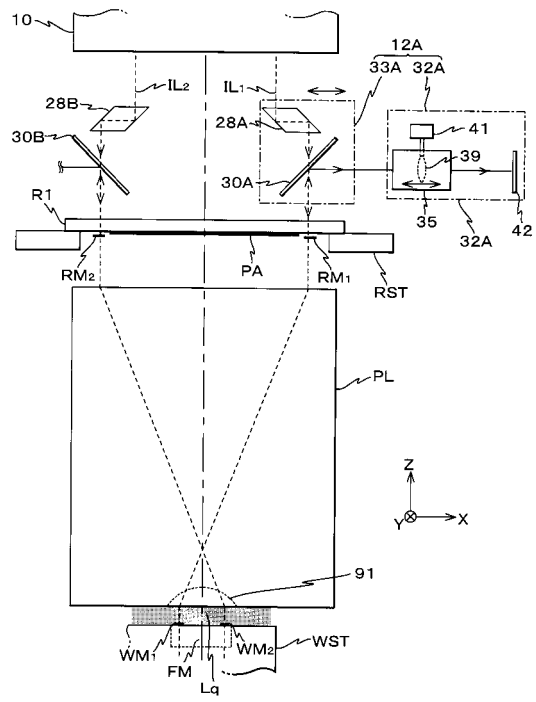
【 図 5 】



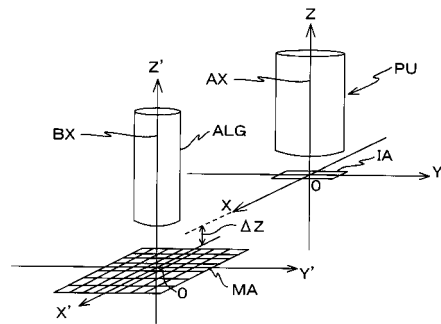
【 図 7 】



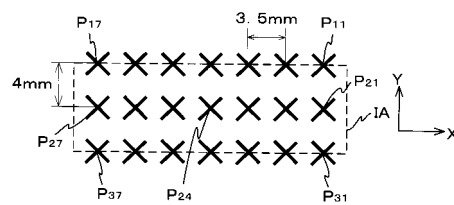
【 図 6 】



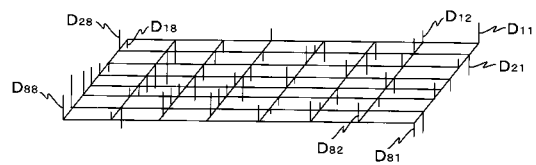
【 図 8 (A) 】



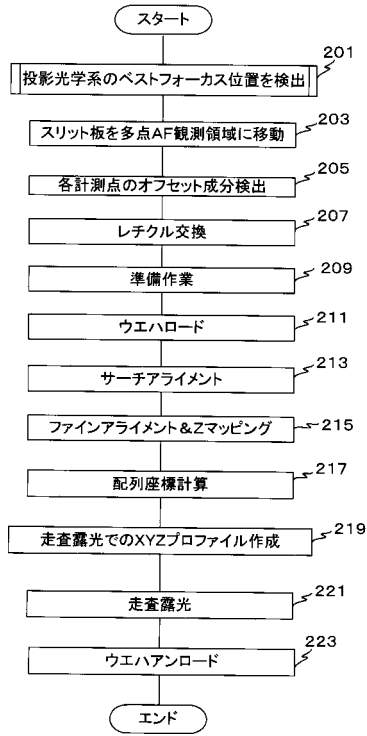
【 図 8 (B) 】



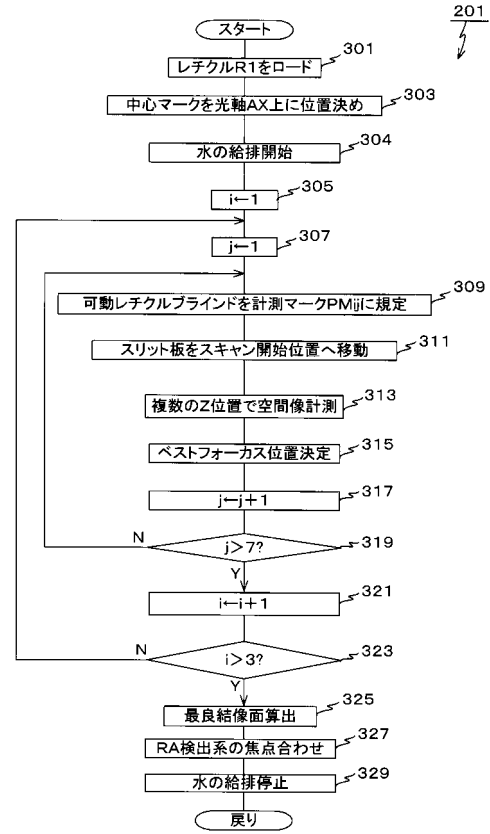
【 図 8 (C) 】



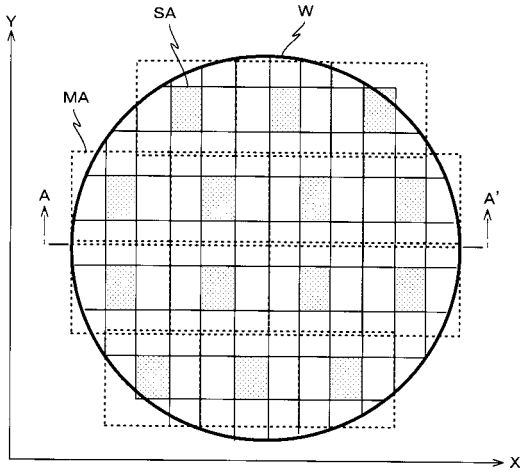
【 図 9 】



【 図 1 0 】



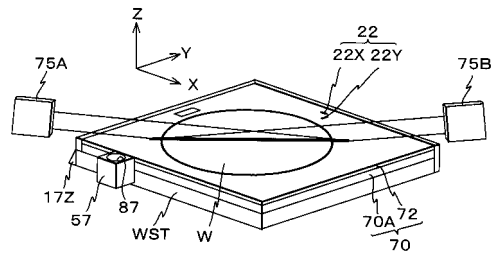
【 図 1 1 (A) 】



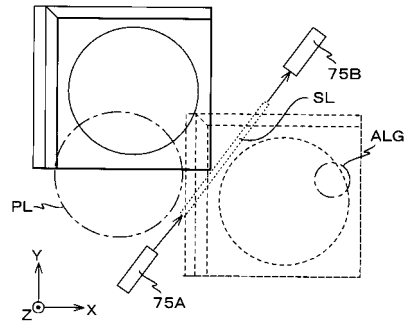
【 図 1 1 (B) 】



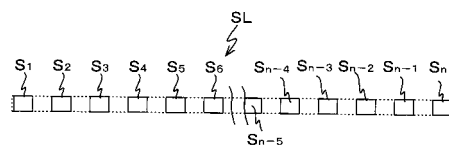
【 図 1 2 (A) 】



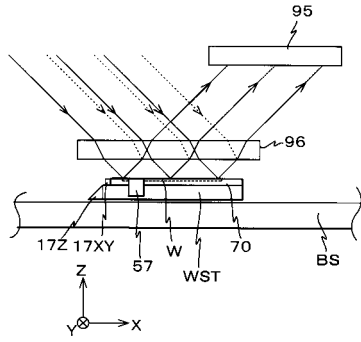
【 図 1 2 (B) 】



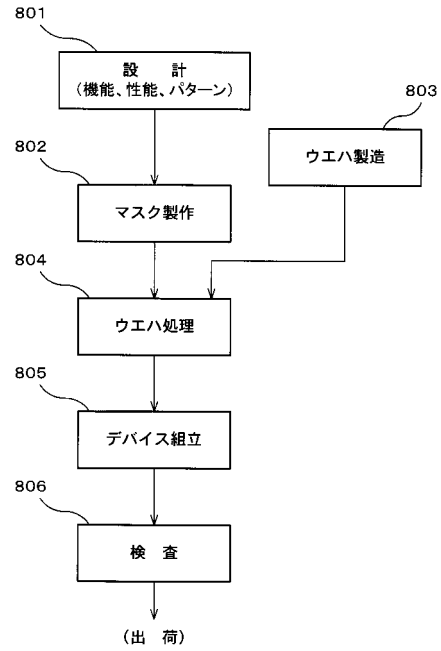
【 図 1 2 (C) 】



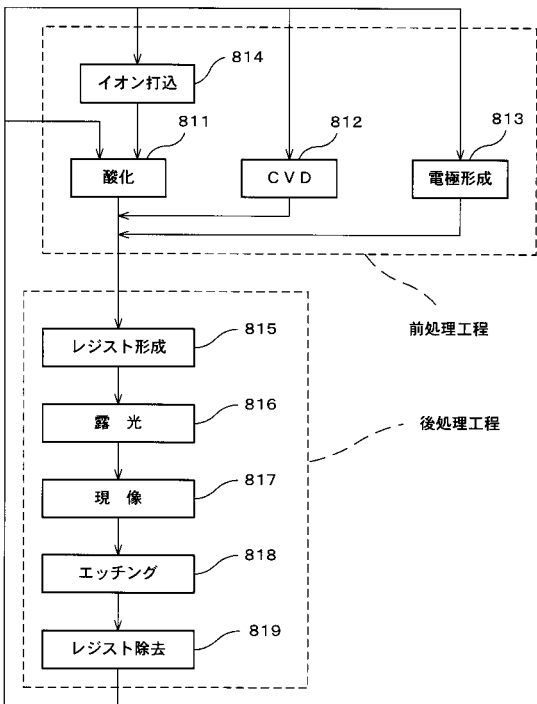
【図13】



【図14】



【図15】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2005/006071
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ H01L21/027, G03F7/20 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl ⁷ H01L21/027, G03F7/20 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2004-071851 A (Canon Inc.), 04 March, 2004 (04.03.04), Page 1, Claims; Par. Nos. [0033] to [0034]; Fig. 1	1, 2, 10-13, 15, 16, 18, 20-23, 25-27, 32
Y	(Family: none)	3-9, 14, 17, 19, 24, 28-31
X	JP 2001-223157 A (Canon Inc.), 17 August, 2001 (17.08.01), Page 1, Claims; Par. Nos. [0056] to [0065]; Figs. 1, 2	1, 2, 10-13, 15, 16, 18, 20-23, 25-27, 32
Y	& US 2002/0039178 A1	3-9, 14, 17, 19, 24, 28-31
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 21 June, 2005 (21.06.05)		Date of mailing of the international search report 05 July, 2005 (05.07.05)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/006071

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-203763 A (Nikon Corp.), 19 July, 2002 (19.07.02), Par. Nos. [0049] to [0064]; Figs. 1, 2 (Family: none)	3, 17
Y	JP 10-214783 A (Nikon Corp.), 11 August, 1998 (11.08.98), Par. Nos. [0079] to [0085], [0134]; Figs. 1, 2, 4 & WO 98/024115 A & EP 951054 A1 & AU 5067898 A	4-6, 19
X Y	JP 9-210629 A (Canon Inc.), 12 August, 1997 (12.08.97), Full text; all drawings & US 5834767 A1	26, 27, 32 7-9, 28-31
A	JP 2004-048009 A (ASML Netherlands B.V.), 12 February, 2004 (12.02.04), Par. No. [0017] & US 2004/0051856 A1 & EP 1380897 A1	14, 24, 28-31
A	JP 2004-086193 A (Nikon Corp.), 18 March, 2004 (18.03.04), Par. No. [0216] (Family: none)	14, 24, 28-31

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2005/006071	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl.7 H01L21/027, G03F7/20			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl.7 H01L21/027, G03F7/20			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2005年 日本国実用新案登録公報 1996-2005年 日本国登録実用新案公報 1994-2005年			
国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
X	JP 2004-071851 A (キヤノン株式会社) 2004. 03. 04 第1ページ、特許請求の範囲、[0033]-[0034]、図1 (ファミリーなし)	1, 2, 10-13, 15, 16, 18, 20- 23, 25-27, 32	
Y		3-9, 14, 17, 19, 24, 28-31	
X	JP 2001-223157 A (キヤノン株式会社) 2001. 08. 17 第1ページ、特許請求の範囲、[0056]-[0065]、図1, 2 & US 2002/0039178 A1	1, 2, 10-13, 15, 16, 18, 20- 23, 25-27, 32	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。	
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 21. 06. 2005		国際調査報告の発送日 05. 7. 2005	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 岩本 勉	2M 9355
		電話番号 03-3581-1101 内線 3274	

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2005/006071

C (続き) - 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y		3-9, 14, 17, 19, 24, 28-31
Y	JP 2002-203763 A (株式会社ニコン) 2002.07.19 [0049]-[0064]、図 1, 2 (ファミリーなし)	3, 17
Y	JP 10-214783 A (株式会社ニコン) 1998.08.11 [0079]-[0085]、[0134]、図 1, 2, 4 & WO 98/024115 A & EP 951054 A1 & AU 5067898 A	4-6, 19
X	JP 9-210629 A (キヤノン株式会社) 1997.08.12	26, 27, 32
Y	全文、全図 & US 5834767 A1	7-9, 28-31
A	JP 2004-048009 A (ASML Netherlands B.V.) 2004.02.12 [0017] & US 2004/0051856 A1 & EP 1380897 A1	14, 24, 28-31
A	JP 2004-086193 A (株式会社ニコン) 2004.03.18 [0216] (ファミリーなし)	14, 24, 28-31

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

Fターム(参考) 5F046 BA05 CC03 CC05 CC16 DA05 DA14

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。