

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 4 月 3 日(03.04.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/051121 A1

- (51) 国際特許分類:
G03F 1/86 (2012.01) H01L 21/027 (2006.01)
G01N 23/225 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/076426
- (22) 国際出願日: 2013 年 9 月 27 日(27.09.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-216096 2012 年 9 月 28 日(28.09.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 村上 勝彦(MURAKAMI Katsuhiko); 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号 株式会社ニコン 知的財産本部内 Tokyo (JP). 太田 和哉(OTA Kazuya); 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号 株式会社ニ

コン 知的財産本部内 Tokyo (JP). 井上 次郎(INOUE Jiro); 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号 株式会社ニコン 知的財産本部内 Tokyo (JP). 近藤 洋行(KONDO Hiroyuki); 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号 株式会社ニコン 知的財産本部内 Tokyo (JP). 押野 哲也(OSHINO Tetsuya); 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号 株式会社ニコン 知的財産本部内 Tokyo (JP). 梅本 高明(UMEMOTO Takaaki); 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号 株式会社ニコン 知的財産本部内 Tokyo (JP).

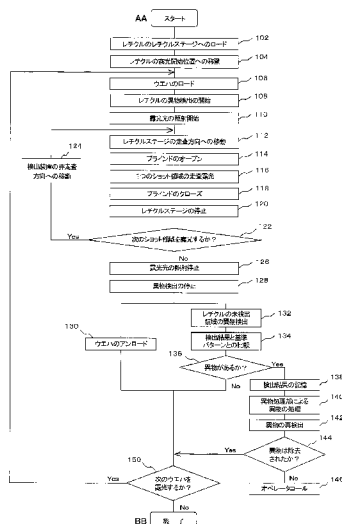
(74) 代理人: 大森 聡(OMORI Satoshi); 〒2140014 神奈川県川崎市多摩区登戸 2 0 7 5 番 2 - 5 0 1 大森特許事務所 Kanagawa (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,

[続葉有]

(54) Title: LIGHT-EXPOSURE METHOD AND DEVICE, AND DEVICE PRODUCTION METHOD

(54) 発明の名称 : 露光方法及び装置、並びにデバイス製造方法



(57) Abstract: A light-exposure method in which a wafer in a vacuum environment is exposed to light using exposure light comprising extreme ultraviolet (EUV) light is provided with: a step in which exposure light is used to subject a wafer to scanning light exposure via a projection optical system and one portion of a pattern of a reticle supported on a reticle stage; a step in which a pattern surface of the reticle is irradiated, at a position separated in the scanning direction from an exposure-light-irradiated area of the reticle, with an electron beam; and a step in which detection results of secondary electrons generated from the pattern surface are used to examine the pattern surface. As a result, the imprinting, on a material body, of foreign matter deposition on a mask can be inhibited in cases when exposure light such as EUV light is used.

(57) 要約: 真空環境で EUV 光よりなる露光光を用いてウエハを露光する露光方法であって、露光光でレチクルステージに保持されたレチクルのパターンの一部及び投影光学系を介してウエハを走査露光するステップと、レチクルに対する露光光の照明領域に対して走査方向に離れた位置でレチクルのパターン面に電子ビームを照射するステップと、そのパターン面から発生する二次電子の検出結果を用いてそのパターン面の検査を行うステップとを有する。極端紫外光のような露光光を用いる場合に、マスクに付着している異物が物体に転写されるのを抑制できる。

- 102 LOAD RETICLE ONTO RETICLE STAGE
104 MOVE RETICLE INTO LIGHT-EXPOSURE START POSITION
106 LOAD WAFER
108 START RETICLE FOREIGN MATTER DETECTION
110 START EXPOSURE-LIGHT IRRADIATION
112 MOVE RETICLE STAGE IN SCANNING DIRECTION
114 OPEN BLIND
116 PERFORMING SCANNING LIGHT EXPOSURE ON ONE SHOT AREA
118 CLOSE BLIND
120 STOP RETICLE STAGE
122 HAS NEXT SHOT AREA BEEN EXPOSED TO LIGHT?
124 MOVE DETECTION DEVICE IN NON-SCANNING DIRECTION
126 STOP EXPOSURE-LIGHT IRRADIATION
128 STOP FOREIGN MATTER DETECTION
130 UNLOAD WAFER
132 DETECT FOREIGN MATTER IN YET-TO-BE-DETECTED AREAS OF RETICLE
134 COMPARE DETECTION RESULT WITH REFERENCE PATTERN
136 FOREIGN MATTER PRESENT?
138 STORE DETECTION RESULT
140 PERFORM FOREIGN-MATTER TREATMENT USING FOREIGN-MATTER-TREATMENT UNIT
142 RE-DETECT FOREIGN MATTER
144 FOREIGN MATTER REMOVED?
146 CALL OPERATOR
BB: END



IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

シア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラ

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：露光方法及び装置、並びにデバイス製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、真空環境下でエネルギービームを用いて投影系を介して物体を露光する露光技術、及びこの露光技術を用いるデバイス製造技術に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイス等の各種電子デバイス（マイクロデバイス）を製造するためのフォトリソグラフィ工程で、露光光として波長が100nm程度以下の極端紫外光（Extreme Ultraviolet Light:以下、EUV光という）を用いる露光装置（以下、EUV露光装置という。）が使用されつつある。EUV光は通常の光学材料及び気体によって吸収されるため、EUV露光装置が備えるマスクとしてのレチクル及び主な光学部材はほぼ反射部材であり、露光本体部は真空チャンバ内に収容されている。

[0003] また、従来の波長が193nm程度以上の露光光を用いる露光装置（光露光機）では、レチクルのパターン面に塵等が付着し、この塵等の像が露光対象に転写されるのを防止するために、搬送中及び露光中のレチクルのパターン面は矩形の枠状の部材を介して張設された薄い保護膜（いわゆるペリクル）に覆われている。ところが、EUV光は保護膜で吸収されるため、EUV露光装置では、搬送中及び露光中のレチクルのパターン面には保護膜が設けられていない。そして、EUV露光装置において、レチクルは、レチクルカセットと露光本体部との間を搬送されている期間では個別にレチクルカセットに収容され、露光本体部にロードされる直前にレチクルカセットから取り出されていた（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2006／051896号パンフレット

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] E U V 露光装置では、露光中のレチクルのパターン面には保護膜が設けられていないため、例えばレチクルステージにロードされたレチクルのパターン面に異物が付着しているか、又はレチクルステージに保持されているレチクルのパターン面に露光中に異物が付着すると、これらの異物の像が露光対象物に転写される恐れがある。

本発明は、このような事情に鑑み、E U V 光のような光学部材及び気体で吸収されやすい露光光及びマスクを介して物体を露光する際に、マスクのパターン面に付着している異物がその物体に転写されるのを抑制可能とすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の第1の態様によれば、真空環境でエネルギービームによりマスクのパターンを照明し、そのエネルギービームでそのパターン及び投影系を介して物体を露光する露光方法において、そのエネルギービームでマスクステージに保持されたマスクのパターンの一部及びその投影系を介してその物体を露光しつつ、そのマスクステージの走査方向への移動によるそのマスクの移動とその物体の対応する方向への移動とを同期して行うことと、第1の位置で、そのマスクのパターン面に第1電子ビーム源から第1電子ビームを照射することと、そのマスクのパターン面からその第1電子ビームの照射によって発生する第1発生エネルギーを検出し、該検出結果を用いてそのマスクのそのパターン面の検査を行うことと、を含む露光方法が提供される。

[0007] また、第2の態様によれば、真空環境でエネルギービームによりマスクのパターンを照明し、そのエネルギービームでそのパターン及び投影系を介して物体を露光する露光方法において、走査方向に移動可能に配置されたマスクステージのその走査方向に離れた位置に第1マスク及び第2マスクを保持し、そのエネルギービームでその第2マスクのパターンの一部及びその投影系を介してその物体を露光しつつ、そのマスクステージのその走査方向への移動によるその第2マスクの移動とその物体の対応する方向への移動とを同

期して行うことと、その物体を露光するために、そのマスクステージによってその第2マスクがその走査方向に移動しているときに、第1の位置で、そのマスクステージに保持されたその第1マスクのパターン面に第1電子ビーム源から第1電子ビームを照射することと、その第1マスクのパターン面からその第1電子ビームの照射によって発生する第1発生エネルギーを検出し、該検出結果を用いてその第1マスクのそのパターン面の検査を行うことと、を含む露光方法が提供される。

[0008] また、第3の態様によれば、真空環境でエネルギービームによりマスクのパターンを照明し、そのエネルギービームでそのパターン及び投影系を介して物体を露光する露光装置において、マスクを保持して走査方向に移動可能に配置されたマスクステージと、そのエネルギービームでそのマスクステージに保持されたそのマスクのパターンの一部及びその投影系を介してその物体を露光しつつ、そのマスクステージのその走査方向への移動によるそのマスクの移動とその物体の対応する方向への移動とを同期して行う制御部と、第1の位置で、そのマスクのパターン面に第1電子ビームを照射する第1電子ビーム源と、そのマスクのそのパターン面からその第1電子ビームの照射によって発生する第1発生エネルギーを検出する第1検出部と、その第1検出部の検出結果を用いてそのマスクのそのパターン面の検査を行う検査部と、を備える露光装置が提供される。

[0009] また、第4の態様によれば、真空環境でエネルギービームによりマスクのパターンを照明し、そのエネルギービームでそのパターン及び投影系を介して物体を露光する露光装置において、第1マスク及び第2マスクを走査方向に離れた位置に保持してその走査方向に移動可能に配置されたマスクステージと、その物体を露光するために、そのエネルギービームでそのマスクステージに保持されたその第2マスクのパターンの一部及びその投影系を介してその物体を露光しつつ、そのマスクステージのその走査方向への移動によるその第2マスクの移動とその物体の対応する方向への移動とを同期して行う制御部と、その物体を露光するために、そのマスクステージによりその第2

マスクがその走査方向に移動しているときに、第１の位置で、そのマスクステージに保持されたその第１マスクのパターン面に第１電子ビームを照射する第１電子ビーム源と、その第１マスクのパターン面からその第１電子ビームの照射によって発生する第１発生エネルギーを検出する第１検出部と、その第１検出部の検出結果を用いてその第１マスクのそのパターン面の検査を行う検査部と、を含む露光装置が提供される。

[0010] また、第５の態様によれば、第１若しくは第２の態様の露光方法又は第３若しくは第４の態様の露光装置を用いて基板上に感光層のパターンを形成することと、そのパターンが形成されたその基板を処理することと、を含むデバイス製造方法が提供される。

発明の効果

[0011] 本発明の態様によれば、エネルギービームがＥＵＶ光のように光学部材及び気体で吸収されやすい露光光である場合に、そのエネルギービーム及びマスクを介して物体を露光する際に、マスクのパターン面に付着している異物がその物体に転写されるのを抑制可能である。

図面の簡単な説明

[0012] [図１]本発明の第１の実施形態に係る露光装置の概略構成を示す断面図である。

[図２]（Ａ）は図１中の異物の検出装置を示す拡大斜視図、（Ｂ）は検出装置の別の構成例を示す拡大斜視図である。

[図３]（Ａ）は検出装置とレチクルとの相対移動機構を示す平面図、（Ｂ）、（Ｃ）、（Ｄ）、及び（Ｅ）は、図３（Ａ）の状態から検出領域とレチクルとが次第に相対移動する状態を示す平面図である。

[図４]第１の実施形態に係る露光方法を示すフローチャートである。

[図５]（Ａ）は第１変形例の検出装置を示す図、（Ｂ）は図５（Ａ）中の電子光学系ユニットを示す拡大断面図、（Ｃ）は図５（Ａ）の検出装置の相対移動機構を示す平面図、（Ｄ）はその検出装置の検出点の相対移動の軌跡を示す平面図である。

[図6] (A) は第2変形例の2つの検出装置の配置を示す平面図、(B) 及び (C) はそれぞれ図6 (A) の第1 及び第2の検出装置とレチクルとが相対移動している状態を示す図、(D) はレチクルのパターン領域内で2つの検出装置によって検査される領域を示す図である。

[図7] (A) は第2の実施形態のレチクルステージ系及び異物の検出装置を示す平面図、(B) は第1のレチクルの露光時に第2のレチクルの検査を行う状態を示す図である。

[図8] (A) は、第2の実施形態において、第2のレチクルの露光を開始する状態を示す図、(B) は第1のレチクルの検査を行う状態を示す図である。

[図9] 第2の実施形態に係る露光方法を示すフローチャートである。

[図10] 電子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。

発明を実施するための形態

[0013] [第1の実施形態]

本発明の第1の実施形態につき図1～図4を参照して説明する。

図1は、本実施形態に係る露光装置EXの要部の構成を概略的に示す断面図である。露光装置EXは、露光光（露光用の照明光又は露光ビーム）ELとして波長が100nm程度以下で3～50nm程度の範囲内で例えば11nm又は13nm等のEUV光（Extreme Ultraviolet Light）を用いるEUV露光装置である。図1において、露光装置EXは、露光光ELをパルス発生するレーザプラズマ光源10、露光光ELでレチクルR（マスク）のパターン面Ra（ここでは下面）の照明領域27Rを照明する照明光学系ILS、レチクルRを保持して移動するレチクルステージRST、及びレチクルRの照明領域27R内のパターンの像をレジスト（感光材料）が塗布された半導体ウエハ（以下、単にウエハという。）Wの表面に投影する投影光学系POを備えている。さらに、露光装置EXは、パターン面Raに電子ビームEB1を照射してパターン面Raの異物を検出可能な後述の検出装置52、検出された異物の処理を行う後述の異物処理部36、ウエハWを保持して移動するウエハステージWST、及び装置全体の動作を統括的に制御するコンピ

ュータを含む主制御装置 31 等を備えている。

[0014] 本実施形態では、露光光 E L として E U V 光が使用されているため、照明光学系 I L S 及び投影光学系 P O は、特定のフィルタ等（不図示）を除いて複数のミラー等の反射光学部材より構成され、レチクル R も反射型である。その反射光学部材は、例えば、低熱膨張ガラス（又は石英あるいは高耐熱性の金属等）よりなる部材の表面を所定の曲面又は平面に高精度に加工した後、その表面に例えばモリブデン（M o）とシリコン（S i）との多層膜（E U V 光の反射膜）を形成して反射面としたものである。なお、その多層膜は、ルテニウム（R u）、ロジウム（R h）等の物質と、S i、ベリリウム（B e）、4 ホウ化炭素（B₄C）等の物質とを組み合わせた他の多層膜でもよい。また、レチクル R は例えば低熱膨張ガラスの基板の表面に多層膜を形成して反射面（反射膜）とした後、その反射面の矩形又は正方形のパターン領域 P A に、タンタル（T a）、ニッケル（N i）、又はクロム（C r）等の E U V 光を吸収する材料よりなる吸収層によって転写用のパターンを形成したものである。

[0015] また、E U V 光の気体による吸収を防止するため、露光装置 E X のレーザープラズマ光源 10、レチクルステージ R S T、投影光学系 P O、及びウエハステージ W S T を含む露光本体部は、全体として箱状の真空チャンバ 1 内に收容され、真空チャンバ 1 内の空間を真空排気するための大型の真空ポンプ 32 が備えられている。さらに、真空チャンバ 1 内に露光光 E L の光路上の真空度をより高めるためにサブチャンバを設けてもよい。一例として、真空チャンバ 1 内の気圧は 10^{-5} P a 程度、真空チャンバ 1 内で投影光学系 P O を收容するサブチャンバ（不図示）内の気圧は $10^{-5} \sim 10^{-6}$ P a 程度である。真空チャンバ 1 内はこのように高真空であるため、真空チャンバ 1 内では電子ビームもかなりの距離を減衰することなく到達可能である。

[0016] また、真空チャンバ 1 には、露光に使用されるレチクルの受け渡しを行う例えば多関節型の搬送ロボット 4 が設置されたロボットチャンバ 2 が、例えばシャッタ 3 で開閉される搬送口 1 a を介して連結されている。ロボットチ

チャンバ2には、ロードロック室（不図示）を介して、複数のレチクルを保管するレチクルライブラリが設置されたレチクル保管室（不図示）が連結されている。ロボットチャンバ2内は真空チャンバ1内と同じく真空環境であり、レチクル保管室の内部は大気圧環境であり、ロードロック室で大気圧環境と真空環境との切り換えが行われる。露光に使用されるレチクルは、一例として、レチクルライブラリからロボットチャンバ2までは通気性のある小型の箱状のレチクルポッド内に收容されて搬送され、ロボットチャンバ2内でそのレチクルポッドから取り出されたレチクルが、搬送ロボット4によって真空チャンバ1内のレチクルステージRSTにロードされる。

[0017] 以下、図1において、ウエハステージWSTが載置される面（真空チャンバ1の底面）の法線方向にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面（本実施形態ではほぼ水平面に平行な面）内で図1の紙面に垂直にX軸を、図1の紙面に平行にY軸を取って説明する。本実施形態では、レチクルRに対する露光光ELの照明領域27Rは、図3（A）に示すように、X方向（非走査方向）に細長い円弧状であり、通常の露光時には、レチクルR及びウエハWは投影光学系POに対してY方向（走査方向）に同期して走査される。

[0018] まず、レーザプラズマ光源10は、高出力のレーザ光源（不図示）と、このレーザ光源から真空チャンバ1の窓部材15を介して供給されるレーザ光を集光する集光レンズ12と、すず（Sn）等のターゲット液滴（droplet）を噴出するノズル14と、回転楕円面状の反射面を持つ集光ミラー13とを備えた、ドロプレットターゲット方式の光源である。レーザプラズマ光源10から例えば数kHzの周波数でパルス発光された露光光ELは、集光ミラー13の第2焦点に集光する。その第2焦点に集光した露光光ELは、凹面ミラー（コリメータ光学系）21を介してほぼ平行光束となり、それぞれ複数のミラーよりなる第1フライアイ光学系22及び第2フライアイ光学系23（オプティカルインテグレータ）で順次反射される。

[0019] 図1において、第2フライアイ光学系23の反射面の近傍の実質的に面光源が形成される面（照明光学系ILSの瞳面）又はこの近傍の位置に、照明

条件を通常照明、輪帯照明、2極照明、又は4極照明等に切り換える可変開口絞り（不図示）が配置されている。第2フライアイ光学系23で反射された露光光ELは、曲面ミラー24及び凹面ミラー25よりなるコンデンサ光学系を介して、レチクルRのパターン面Raの円弧状の照明領域27Rを下方から平均的に小さい入射角で均一な照度分布で照明する。凹面ミラー21、フライアイ光学系22、23、曲面ミラー24、及び凹面ミラー25を含んで照明光学系ILSが構成されている。なお、照明光学系ILSは図1の構成には限定されず、他の種々の構成が可能である。

[0020] また、照明領域27Rの形状を実質的に規定するために、照明領域27Rに入射する露光光ELの外側（-Y方向）のエッジ部を遮光するブラインドと、照明領域27Rで反射された露光光ELの外側（+Y方向）のエッジ部を遮光するブラインドと、照明領域27RのX方向の位置及び幅を規定する1対のブラインド（不図示）とを含むレチクルブラインド（可変視野絞り）26が設けられている。走査露光時のレチクルブラインド26のY方向の開閉動作は、主制御装置31の制御のもとにあるステージ制御部33によって制御される。

[0021] 次に、レチクルRは、レチクルステージRSTの底面（下面）にレチクルホルダとしての静電チャックRHを介して吸着保持され、レチクルステージRSTは、真空チャンバ1内の天井部に配置されたレチクルベースRBのXY平面に平行なガイド面（下面）に沿って、例えば磁気浮上型2次元リニアアクチュエータよりなる駆動系によって所定のギャップを隔てて保持されている。レチクルRのパターン面Raは、導通機構50によって、レチクルステージRSTの接地部（不図示）に接続され、この接地部が例えば可撓性を持つ信号ライン（不図示）を介して真空チャンバ1外で接地されている。このようにレチクルRのパターン面Raは接地されているため、後述のようにパターン面Raに電子ビームEB1が照射された場合でも、パターン面Raでの電荷の蓄積が防止される。なお、パターン面Raに電子ビームEB1が照射される場合、パターン面Raをアノードとみなすことも可能である。

[0022] レチクルステージRSTのX方向、Y方向の位置、及びZ軸の回り（ θ_z 方向）の傾斜角等はレーザ干渉計（不図示）によって計測され、レチクルステージRST（レチクルR）の複数の位置でのZ位置は、例えばレチクルブラインド26の開口を通してパターン面Raに斜めに検出光を照射する斜入射方式のオートフォーカスセンサ（不図示）によって計測されている。ステージ制御部33は、そのレーザ干渉計及びオートフォーカスセンサの計測値並びに主制御装置31からの制御情報に基づいて、上記の駆動系を制御して、レチクルステージRSTをレチクルベースRBのガイド面に沿ってY方向に所定の可動範囲内で駆動するとともに、X方向及び θ_z 方向等にもある程度の範囲で駆動可能である。なお、レチクルステージRSTを覆うように真空チャンバ1内にパーティション（不図示）を設けてもよい。レチクルRのZ位置の変化に伴う投影像のデフォーカス量は、例えばウエハステージWST側でウエハWのZ位置を制御することで補正してもよい。

[0023] レチクルRの照明領域27Rで反射された露光光ELが、物体面（第1面）のパターンの縮小像を像面（第2面）に形成する投影光学系POに向かう。投影光学系POは、一例として、6枚のミラーM1～M6を不図示の鏡筒で保持することによって構成され、物体面（パターン面Ra）側に非テレセントリックで、像面（ウエハWの表面）側にほぼテレセントリックの反射光学系であり、投影倍率 β は $1/4$ 倍等の縮小倍率である。このように投影光学系POは物体面側に非テレセントリックであるため、投影光学系POの上方（レチクルステージRSTに対向する部分）に、照明領域27Rに近接して検出装置52を容易に設置可能である。レチクルRの照明領域27Rで反射された露光光ELが、投影光学系POを介してウエハWの一つのショット領域（ダイ）の露光領域27W（照明領域27Rと光学的に共役な領域）に、レチクルRのパターン領域PA内のパターンの一部の縮小像を形成する。

[0024] 投影光学系POにおいて、レチクルRからの露光光ELは、第1のミラーM1で上方（+Z方向）に反射され、続いて第2のミラーM2で下方に反射された後、第3のミラーM3で上方に反射され、第4のミラーM4で下方に

反射される。次に第5のミラーM5で上方に反射された露光光ELは、第6のミラーM6で下方に反射されて、ウエハWの表面にレチクルRのパターンの一部の像を形成する。一例として、投影光学系POは、ミラーM1～M6の光軸が共通に光軸AXと重なる共軸光学系であり、ミラーM2の反射面の近傍の瞳面又はこの近傍に開口絞り（不図示）が配置されている。なお、投影光学系POは共軸光学系でなくともよく、その構成は任意である。

[0025] また、ウエハWは、静電チャック（不図示）を介してウエハステージWST上に吸着保持されている。ウエハステージWSTは、XY平面に沿って配置されたガイド面上に配置されている。ウエハステージWSTは、レーザ干渉計（不図示）の計測値及び主制御装置31の制御情報に基づいて、ステージ制御部33により例えば磁気浮上型2次元リニアアクチュエータよりなる駆動系（不図示）を介してX方向及びY方向に所定の可動範囲で駆動され、必要に応じてθz方向等にも駆動される。ウエハステージWSTには、必要に応じてウエハWのZ位置等を補正するためのZ・レベリングステージ（不図示）も設けられる。

[0026] 露光の際に、ウエハWのレジストから生じる気体が投影光学系PLのミラーM1～M6に悪影響を与えないように、ウエハWを移動するウエハステージWSTはパーティション7の内部に配置されている。パーティション7には露光光ELを通過させる開口が形成され、パーティション7内の空間は、別の真空ポンプ（不図示）により真空排気されている。また、露光装置EXは、レチクルR及びウエハWのアライメントマークの位置をそれぞれ検出するためのレチクル及びウエハのアライメント系（不図示）を備えている。

[0027] ウエハW露光時の基本的な動作として、ウエハステージWSTのX方向、Y方向への移動（ステップ移動）により、ウエハWの一つのショット領域が走査開始位置に移動する。そして、照明光学系ILSから露光光ELが照明領域27Rに照射され、レチクルRの照明領域27R内のパターンの投影光学系POによる像でウエハWの当該ショット領域の露光領域27Wを露光しつつ、ステージ制御部33がレチクルステージRST及びウエハステージW

S Tを同期駆動して、レチクルR及びウエハWを投影光学系P Oに対して投影倍率に応じた速度比でY方向に同期して移動することで、当該ショット領域にレチクルRのパターンの像が走査露光される。そして、ステップ・アンド・スキャン方式でそのステップ移動と走査露光とを繰り返すことで、ウエハWの複数のショット領域に対して順次レチクルRのパターン領域P A内のパターンの像が露光される。

[0028] 次に、本実施形態の異物の検出装置5 2及び異物処理部3 6につき詳細に説明する。本実施形態のように露光光E LがE U V光である場合、E U V光は、従来の光露光機においてレチクルのパターン面を保護するために設けられている保護膜（ペリクル）でも吸収されてしまう。そこで、本実施形態において、レチクルRのパターン面R aを覆う保護膜は設けられていない。この結果、例えばロボットチャンバ2から真空チャンバ1内に搬送されて来たレチクルRのパターン面R aには微小な塵等の異物が付着している恐れがある。さらに、レチクルRのパターンの像を例えば1 ロットのウエハに露光している過程で、例えばレーザプラズマ光源1 0又はウエハのレジスト等から発生した微小な異物がパターン面R aに付着する恐れもある。

[0029] レチクルのパターン面に所定間隔を隔てて保護膜がある場合、その保護膜に微小な異物が付着していても、その像はウエハWの表面（ウエハ面）ではデフォーカスして実質的に問題にはならない。ところが、パターン面のパターン領域に直接付着した異物の像はそのままウエハ面に転写されてしまう。このため、保護膜が設けられていないレチクルのパターン領域に、転写されるパターンに影響するような大きさの異物が付着した場合、レチクルからのその異物を除去するか、レチクルを専用の洗浄機（不図示）で洗浄するか、又はレチクルを交換することが好ましい。

[0030] 本実施形態の露光装置E XでウエハWに露光する回路パターンの最小線幅を例えば2 0 n mとすると、最小線幅の例えば数分の1 程度までの大きさの像となる異物は排除することが好ましい。一例として、投影光学系P Oの投影倍率 β を $1/4$ 、ウエハ面での検出すべき異物の像の最小幅を2 0 n mの

1/4 とすると、レチクル R のパターン面 R a において検出すべき異物の最小の幅 $d_{\min}$ は、次のように 20 nm となる。

$$[0031] \quad d_{\min} = 20 \times (1/4) \times (1/\beta) = 20 \text{ (nm)} \quad \cdots (1)$$

通常の例えば可視光を検出光とする光学顕微鏡では、その解像度は線幅に換算して 100 nm 程度より粗いため、EUV 露光装置で用いられるレチクルの異物検出にはそのような光学顕微鏡は使用できない。そこで、本実施形態では、EUV 露光装置用のレチクル R の異物検出を行うために、検出ビームとして電子ビーム EB1 を使用する検出装置 52 を使用する。検出装置 52 は、真空チャンバ 1 内のレチクル R が移動する領域の直下で、一例としてレチクルブラインド 26（照明領域 27 R）に対して走査方向（Y 方向）に離れた位置で、かつできるだけ照明領域 27 R に近い位置 P1 に配置されている。本実施形態では、位置 P1 は照明領域 27 R に対して +Y 方向に離れた位置にあるが、照明領域 27 R に対して位置 P1 とほぼ対称に -Y 方向に離れた位置 P2 に検出装置 52 を配置してもよい。なお、以下ではレチクル R のパターン面 R a のパターン領域 PA 内の異物を検出する場合につき説明するが、パターン領域 PA 以外の領域でも同様に異物検出を行うことが可能である。

ここまではレチクルのパターン面に異物が付着した場合について説明したが、レチクルのパターン面の反対側の裏面に異物が付着すると別の問題を生じる。レチクルの裏面に異物が付着したまま静電チャックでレチクルを保持すると、異物はレチクルと静電チャックの間に挟まれる。静電チャックの剛性はレチクルの剛性よりも高いので、挟まれた異物によってレチクルが変形し、レチクルのパターン面が局所的に突出する。反射型のレチクルを使用する EUV 露光装置の投影系は物体側（レチクル側）が非テレセントリックなので、パターン面の高さが局所的に変化すると、像側ではパターンの局所的なシフトが生じてしまう。この問題に対処するために、本実施形態の露光装置 EX では、レチクルの裏面を検査して異物を除去するための検出装置 252 と異物処理部 236 を備えている。

[0032] 図2 (A) に示すように、検出装置52は、電子ビームEB1を発生する電子銃52a、発生した電子ビームEB1を平行ビームに変換して被検面（ここではレチクルRのパターン領域PA）の例えばX方向に細長い長方形の検出領域53に照射する集束系52b、検出領域53から発生する二次電子SB1を集束して拡大像を形成する結像系52c、及びその拡大像を撮像する2次元の撮像素子52dを有する。このように検出装置52は写像投影型の電子顕微鏡方式の異物の検出装置である。撮像素子52dの検出信号から検出領域53内で発生する二次電子の検出信号の分布を計測できる。

[0033] 図3 (A) ~ (E) は、それぞれ図1のレチクルR及び検出装置52をレチクルベースRB側から見た平面図である。なお、レチクルステージRST、静電チャックRH、及びレチクルRは2点鎖線で表されている。図3 (A) に示すように、検出装置52をレチクルステージRST（レチクルR）に対してX方向（非走査方向）に移動するための移動装置54が設けられている。一例として、移動装置54は、X軸に平行なガイド部54c、ガイド部54cの両端部を保持する保持部54a、54b、及びガイド部54cに沿って検出装置52をX方向に駆動するスライド部54dを有する。スライド部54dにはガイド部54cに対するX方向の位置を計測するエンコーダ及び駆動モータが組み込まれ、そのエンコーダの計測値に基づいて主制御装置31がその駆動モータを駆動することで、検出装置52をX方向に移動できる。レチクルRはレチクルステージRSTによって検出装置52に対して走査方向SD（Y方向）に相対移動可能である。検出装置52のX方向への移動と、レチクルステージRSTのY方向への移動とを組み合わせることで、レチクルRを用いた走査露光中にレチクルRのパターン領域PAの少なくとも一部を検出装置52の検出領域53で走査できる。

[0034] 図1の信号処理部34には、移動装置54によって移動された検出装置52のX方向の位置の情報も供給されている。信号処理部34内の演算部は、検出装置52から供給される二次電子の検出信号（撮像信号）、レチクルステージRSTの座標の情報、及び検出装置52のX方向の位置の情報をを用い

て、レチクルRのパターン領域PA内の二次電子の検出信号の分布（二次電子像）を求めることができる。一例として、レチクルRのパターン領域PA内の異物が無い状態でのパターンから発生する二次電子の検出信号の分布（以下、基準パターンという。）の情報が、予め信号処理部34内の記憶部に記憶されている。信号処理部34内の判定部では、そのレチクルRのパターン領域PA内の二次電子の検出信号の分布とその基準パターンとを比較してパターン領域PA内の異物の分布及びその大きさを求める。

[0035] なお、検出装置52の代わりに、図2（B）に示すように、走査型電子顕微鏡（SEM）方式の異物の検出装置52Aを使用してもよい。

図2（B）において、検出装置52Aは、電子ビームEB1を発生する電子銃52Aa、発生した電子ビームEB1を被検面（パターン領域PA）に集束させる集束系52Ab、集束された電子ビームEB1を被検面の微小な例えば正方形の検出領域53A内で2次元的に高速に走査する走査系52Ac、及び電子ビームEB1の照射により被検面から発生した二次電子SB1を検出する検出部52Adを有する。検出部52dの検出信号を図1の信号処理部34と同様の信号処理部で処理することで、検出領域53A内で発生する二次電子の検出信号の分布（二次電子像）を検出できる。

[0036] 図1において、一例として検出装置52に対して照明領域27Rと反対側の+Y方向に近接した位置に異物処理部36が配置されている。異物処理部36は、一例として検出装置52によって検出されたレチクルRのパターン面Raの異物に対して、例えばYAGレーザ等のパルスレーザ光を照射してその異物を除去する。また、検出装置52用の移動装置54と同様の、異物処理部36をX方向に移動する移動装置（不図示）も設けられている。主制御装置31によって制御される制御部35が、その移動装置を駆動して異物処理部36のX方向の位置を制御するとともに、異物処理部36のレーザ照射を制御する。なお、異物処理部36としては、それ以外に例えばMEMS（Microelectromechanical Systems：微小電気機械システム）技術等で製造可能な微小なピンセット機構を用いて異物を除去する装置、又は静電吸着で異物

を除去する装置、レチクルにガスや微粒子などを吹き付けて、異物を除去する装置等を使用できる。

[0037] 次に、本実施形態の露光装置E XによるレチクルRの異物検出動作を含む露光方法の一例につき図4のフローチャートを参照して説明する。この動作は主制御装置31によって制御される。まず、図4のステップ102において、レチクルがロードされていない状態のレチクルステージRSTを可動範囲内で最も+Y方向の搬送口1aの手前のレチクルのローディング位置A2（保持位置）に移動する。本実施形態では、ローディング位置A2はレチクルのアンローディング位置でもあるが、位置A2とアンローディング位置とが異なってもよい。また、ローディング位置A2は、ある目標位置の近傍の位置を含んでいる。

[0038] この動作と並行して、ロボットチャンバ2内でレチクルポッド（不図示）から取り出したレチクルRを搬送ロボット4の上端の位置A1で保持する。そして、搬送ロボット4によって搬送口1aを通してレチクルRをレチクルステージRSTの静電チャックRHの直下に移動し、静電チャックRHでレチクルRを保持し、導通機構50によってレチクルRのパターン面Raを接地する。そして、レチクルステージRSTを駆動してレチクルRのパターン領域PAの一部を照明領域27Rに移動して、レチクルRのアライメントを行う。その後、図3（B）に示すように、レチクルRのパターン領域PAが照明領域27Rの例えば+Y方向の手前の露光開始位置（1回目の走査開始位置）に来るように、レチクルRを移動する（ステップ104）。この段階では、露光光ELは照射されていない。また、レチクルブラインド26はY方向に閉じている。

ここで、一例として、搬送ロボット4を使ってレチクルRをロボットチャンバ2から静電チャックRHまで移動する途中の位置P3に設置された検出装置252で、レチクルRの裏面の異物の有無を検査する。検出装置252は、図3に示したものと同様に、レチクルの搬送方向に対して直交する方向に移動可能となっており、レチクルRの裏面の全体を検査することができる。

。仮に異物が見つかった場合は、異物処理部 2 3 6 により異物を除去する。その後、異物の付着していた箇所を再度検査して異物が除去されたことを確認しても良い。除去できない異物が残ってしまった場合は、主制御装置 3 1 は一例としてオペレータコールを行い、レチクル R の除去されていない異物の大きさ及び位置の情報をオペレータに伝える。異物の付いたレチクルは、取り出して洗浄したり別のレチクルと交換する。なお、図 1 ではロボットチャンバ 2 内に検出装置 2 5 2 と異物処理部 2 3 6 を設置したが、これらの片方または両方を真空チャンバ 1 内に設置しても良い。また、レチクル R の裏面に許容される異物の寸法は、レチクル R の表面（パターン面）に許容される異物の寸法よりも大きいので（例えば直径 1 0 ミクロン以下）、検出装置 2 5 2 には電子ビームを用いた装置以外に、光の散乱を検出する装置、光学顕微鏡装置、又は光の干渉を検出する装置等を使用することもできる。

[0039] そして、ウエハステージ W S T に 1 ロットの先頭のレジストの塗布された未露光のウエハ W をロードし、ウエハ W のアライメントを行う（ステップ 1 0 6）。この動作とほぼ並行して、移動装置 5 4 によって検出装置 5 2 の検出領域 5 3 の X 方向の位置をパターン領域 P A の + X 方向の端部の位置に移動する。検出領域 5 3 の X 方向（非走査方向）の幅を d とする。そして、検出装置 5 2 から検出領域 5 3 への電子ビーム E B 1 の照射を開始し、検出領域 5 3 内のパターンから発生する二次電子 S B 1 の検出（検出領域 5 3 の二次電子像の撮像）を開始する（ステップ 1 0 8）。二次電子 S B 1 の検出信号（撮像信号）は、検出領域 5 3 とパターン領域 P A との相対位置の情報とともに信号処理部 3 4 の記憶装置に順次記憶される。このように異物の検出を継続している状態で、照明光学系 I L S から露光光 E L の照射を開始し（ステップ 1 1 0）、レチクルステージ R S T（レチクル R）の矢印 A 4 で示す走査方向（ここでは - Y 方向）への移動を開始する（ステップ 1 1 2）。このとき、検出領域 5 3 はパターン領域 P A に対して矢印 A 5 で示す + Y 方向に相対移動する（図 3（B）参照）。

[0040] その後、レチクルブラインド 2 6 を Y 方向に開き（ステップ 1 1 4）、ウ

エハステージWSTをレチクルステージRSTと同期して対応する方向に駆動することによって、レチクルRのパターン領域PA内のパターンの像をウエハWの一つのショット領域に走査露光する（ステップ116）。そして、レチクルブラインド26を閉じ（ステップ118）、レチクルステージRSTを停止する（ステップ120）。その後、ウエハWの次のショット領域を露光するかどうかを判定し（ステップ122）、次のショット領域を露光する場合には、異物の検出を継続した状態でステップ124に移行し、図3（C）に示すように、移動装置54によって検出装置52（検出領域53）を－X方向に、検出領域53の幅dだけ移動する。この際に、ウエハステージWST側ではウエハWのX方向及び／又はY方向へのステップ移動が行われている。

[0041] その後、動作はステップ112に戻り、レチクルステージRST（レチクルR）が矢印A6で示す＋Y方向への移動を開始し、ステップ114～120において、ウエハWの次のショット領域にレチクルRのパターン領域PAのパターンの像が走査露光される。このとき、検出領域53はパターン領域PAに対して矢印A7で示す－Y方向に相対移動する（図3（C）参照）。その後、ウエハWの次のショット領域を露光する毎に、異物の検出を継続した状態で、ステップ124（検出領域53のX方向への移動）及びステップ112～120（レチクルRのY方向への移動）が繰り返される。

[0042] この場合、レチクルステージRSTの走査方向を反転するためにレチクルステージRSTが一時停止した（往復移動の折り返し点にある）ときにも、検出装置52による異物検出は継続されている。ただし、図3（C）に示すように、レチクルステージRSTがほぼ一時停止しており、かつ検出領域53がパターン領域PAから外れている期間では、検出装置52による異物検出を一時停止してもよい。そして、ステップ122でウエハWの露光が終了した場合には、ステップ126に移行して、照明光学系ILSからの露光光ELの照射を停止し、検出装置52から検出領域53への電子ビームEB1の照射を停止して、異物検出を停止する（ステップ128）。

- [0043] 本実施形態では、照明領域 27R に対して検出領域 53 の位置が Y 方向にずれている。このため、図 3 (D) の相対的な軌跡 56A で示すように、これまでのウエハ W の走査露光時に、レチクル R のパターン領域 PA のうち +Y 方向の例えば 2/3 程度の部分（以下、検査済み領域という。）PA2 を検出領域 53 が相対移動（走査）している。なお、例えば 1 枚のウエハの露光中に、検出領域 53 によるレチクル R の検査済み領域 PA2 の全面の走査が完了していない場合には、複数枚のウエハの露光中に検出領域 53 による検査済み領域 PA2 の全面の走査を完了すればよい。
- [0044] これに対して、たとえ何枚のウエハを露光しても、レチクル R のパターン領域 PA のうち残りの 1/3 程度の部分（以下、未検出領域という）PA1 には、検出領域 53 が到達しないため、このままでは未検出領域 PA1 では異物検出が行われない。そこで、この後のステップ 130 の動作と実質的に並行してステップ 132～146 の動作が実行される。すなわち、ステップ 130 では露光済みのウエハ W のアンロードが行われ、その後動作はステップ 150 に移行する。
- [0045] 一方、ステップ 132 では、図 3 (E) に示すように、レチクルステージ RST を +Y 方向に駆動し、移動装置 54 で検出装置 52 を +X 方向に移動して、レチクル R の未検出領域 PA1 の端部に検出領域 53 を設定する。そして、検出装置 52 から検出領域 53 への電子ビーム EB1 の照射を開始し、検出領域 53 内のパターンから発生する二次電子 SB1 の検出信号（撮像信号）の検出を開始する。この状態で、検出領域 53 が未検出領域 PA1 を Y 方向に横切るようにレチクルステージ RST を Y 方向に移動することと、検出装置 52 を幅 d だけ X 方向に移動することとを繰り返して、相対的な軌跡 56B で示すように、未検出領域 PA1 の全面で検出領域 53 を相対移動する。この後、検出装置 52 による異物検出を停止する。
- [0046] なお、ウエハのアンロードから次のウエハのロードまでの時間に未検出領域 PA1 の全面を検出領域 53 で走査できない場合には、複数回のウエハのアンロードから次のウエハのロードまでの時間に、未検出領域 PA1 の全面

を検出領域 5 3 で走査してもよい。未検出領域 P A 1 の全面の走査が終了した後、信号処理部 3 4 内の演算部では、信号処理部 3 4 内の記憶部に記憶されている二次電子 S B 1 の検出信号及び検出領域 5 3 とレチクル R のパターン領域 P A との相対位置の情報を用いて、パターン領域 P A の全面（未検出領域 P A 1 及び検査済み領域 P A 2）の二次電子の検出信号の分布を求める。

[0047] 次に、信号処理部 3 4 内の判定部は、二次電子の検出信号の分布と、予め記憶されている基準パターンとを比較し、一例として、検出信号の分布と基準パターンとの差分が予め定められているノイズレベルよりも大きい部分の大きさ及び位置を求める（ステップ 1 3 4）。さらにその判定部は、一例として、その差分がノイズレベルよりも大きい部分のうちでその大きさが上記の最小の幅 d_{min} 以上の部分を異物とみなし、この異物がある場合にはそのパターン領域 P A 内での位置を特定する。異物が無い場合には、異物が無いとの情報が主制御装置 3 1 に供給され、異物がある場合には、その異物の大きさ及び位置の情報が主制御装置 3 1 に供給される（ステップ 1 3 6）。なお、異物があるかどうかを判定する別の方法として、検出された二次電子の検出信号の分布と、予め記憶されている基準パターンとの差分の分布のうち、差分の値が例えば実験的に定められている基準値を超えた部分を異物とみなしてもよい。

[0048] レチクル R のパターン領域 P A 内で異物が検出されなかった場合には、動作はステップ 1 5 0 に移行する。一方、ステップ 1 3 6 において、レチクル R のパターン領域 P A 内で異物が検出された場合、動作はステップ 1 3 8 に移行し、主制御装置 3 1 は信号処理部 3 4 から供給された異物の大きさ及び位置の情報を内部の記憶装置に記憶する。本実施形態では、主制御装置 3 1 は、さらに異物処理部 3 6 によってその異物を処理させる（ステップ 1 4 0）。すなわち、レチクルステージ R S T 及び異物処理部 3 6 の移動装置（不図示）を駆動して、異物処理部 3 6 のパルスレーザ光の照射領域に、レチクル R のパターン領域 P A 内の異物が検出された部分を移動し、その部分に異

物処理部 36 からパルスレーザ光を照射する。この異物処理動作は検出された全部の異物について実行される。その後、パターン領域 PA 内で異物の除去処理が行われた位置を検出装置 52 の検出領域 53 に順次移動し、異物の再検出を行う（ステップ 142）。そして、ステップ 136 で異物があると判定された部分の異物が除去されたかどうかを判定し（ステップ 144）、異物が除去された場合にはステップ 150 に移行する。

[0049] 一方、ステップ 144 で異物が除去されていなかった場合、主制御装置 31 は一例としてオペレータコールを行い、レチクル R の除去されていない異物の大きさ及び位置の情報をオペレータに伝える。この後、例えばレチクル R をレチクル保管室（不図示）等に戻してレチクル R の洗浄を行い、洗浄後のレチクル R がレチクルステージ RST にロードされ、ステップ 104 以降の異物検査及び露光が行われる。なお、別の方法として、異物が残存していると判定されたレチクル R を同じパターンが形成された別のレチクルに交換し、ステップ 104 以降の異物検査及び露光を交換後のレチクルに対して実行してもよい。

[0050] そして、ステップ 150 において、次のウエハの露光を行う場合には、ステップ 106 に移行して、レチクル R の異物検出とウエハの露光とが並行に実行される。次のウエハの露光終了後にレチクル R に異物が検出された場合にも、ステップ 138～146 の異物処理が行われる。

この露光方法によれば、ウエハの露光中及びウエハの交換中に並行して、検出装置 52 を用いてレチクル R のパターン領域 PA に異物があるかどうかを検査（判定）している。そして、異物がある場合には異物処理を行い、異物が除去されていない場合には、そのレチクル R を用いる露光を停止しているため、露光工程の途中等でレチクル R のパターン面 Ra に異物が付着したときに、それ以降のウエハに不要なパターンが露光されることを防止できる。従って、最終的に製造される半導体デバイス等の歩留まりを向上できるとともに、不要なパターンが露光されたウエハに対して次工程以降の処理を行う割合を低減できる。

[0051] 上述のように本実施形態の露光装置E Xは、真空環境でE U V光よりなる露光光E L（エネルギービーム）でレチクルRのパターン及び投影光学系P Oを介してウエハWを露光する露光装置である。そして、露光装置E Xは、レチクルRを保持して走査方向（Y方向）に移動可能に配置されたレチクルステージR S Tと、露光光E LでレチクルステージR S Tに保持されたレチクルRのパターンの一部及び投影光学系P Oを介してウエハWを露光しつつ、レチクルステージR S Tの走査方向への移動によるレチクルRの移動とウエハWの対応する方向への移動とを同期して行うステージ制御部3 3と、レチクルRに対する照明領域2 7 Rに対して走査方向に離れた位置P 1で、レチクルRのパターン面R aに電子ビームE B 1を照射する電子銃5 2 a及びパターン面R aから発生する二次電子S B 1（第1発生エネルギー）を検出する撮像素子5 2 dを含む検出装置5 2と、検出装置5 2の検出結果を用いてパターン面R aの異物の有無及び／又は異物の分布等の検査を行う信号処理部3 4（検査部）と、を備えている。

[0052] また、露光装置E Xによる露光方法は、露光光E LでレチクルステージR S Tに保持されたレチクルRのパターンの一部及び投影光学系P Oを介してウエハWを露光しつつ、レチクルステージR S Tの走査方向（Y方向）への移動によるレチクルRの移動とウエハWの対応する方向への移動とを同期して行うステップ1 1 6と、照明領域2 7 Rに対して走査方向に離れた位置P 1で、レチクルRのパターン面R aに検出装置5 2から電子ビームE B 1を照射するステップ1 0 8と、パターン面R aから発生する二次電子S B 1を検出し、この検出結果を用いてパターン面R aの異物の有無等の検査を行うステップ1 3 4， 1 3 6と、を有する。

[0053] 本実施形態によれば、E U V光のような光学部材及び気体で吸収されやすい露光光E Lを用いて、保護膜の無いレチクルRを介してウエハWを露光する場合に、真空環境で透過可能であり、かつE U V光と同等の解像度を持つ電子ビームE B 1を用いてレチクルRのパターン面に付着している異物を検出している。従って、保護膜の無いレチクルRを使用する場合、例えば露光

中にレチクルRのパターン面に異物が検出されたときには、異物の除去、レチクルRの洗浄、又はレチクルRの交換等を行うことによって、それ以降に露光されるウエハに不要なパターンが露光されるのを防止できる。

[0054] また、本実施形態では、レチクルRのパターン領域PAに異物が検出された場合に、異物処理部36によってその異物の除去処理を行っているため、その異物が除去された場合にはレチクルRを用いて露光を行うことができる。なお、パターン領域PAに異物が検出された場合、オンボディでの異物処理を行うことなく、レチクルRの洗浄又はレチクルRの別のレチクルとの交換等を行うようにしてもよい。この場合には異物処理部36は設ける必要がない。

[0055] なお、本実施形態では、レチクルRに対する照明領域27Rに対して走査方向に離れた位置P1で、レチクルRのパターン面Raに電子ビームEB1を照射する電子銃52a及びパターン面Raから発生する二次電子SB1（第1発生エネルギー）を検出している。この他に、その位置P1を照明領域27Rの内部（照明領域27Rの境界部を含む）に設定してもよい。この場合には、例えば露光中にレチクルのパターン面に付着する異物を検出できる。

また、本実施形態において、例えば露光装置のメンテナンス中にレチクルステージRSTに保持されたレチクルRの異物検査を行うようにしてもよい。

また、本実施形態では、各ウエハの露光中に常時レチクルRの異物検出を行っているが、例えば所定の複数枚のウエハの露光を行った後、次のウエハの露光時にレチクルRの異物検出を行うようにしてもよい。

[0056] また、本実施形態では、ウエハWの走査露光中にレチクルRのパターン領域PAに未検出領域PA1が残存するために、ウエハのアンロード中（又は交換中）に未検出領域PA1の異物検出を行っている。これにより、パターン領域PAの全面で異物検出を行うことができる。なお、例えば照明領域27Rと検出領域53とのY方向の間隔を狭くすることができ、ウエハWの走

査露光中に未検出領域 P A 1 が残存しない場合には、ステップ 1 3 2（未検出領域 P A 1 の異物検出）は省略できる。

[0057] また、本実施形態において、検出装置 5 2（又は 5 2 A）を X 方向（非走査方向）に複数個配置し、これら複数の検出装置 5 2（又は 5 2 A）を用いて並行してレチクル R の異物検査を行うようにしてもよい。これによって、異物検査時間を短縮できる。

次に、上記の実施形態の第 1 変形例につき図 5（A）～（D）を参照して説明する。なお、図 5（A）、（C）、（D）において、図 3（A）～（E）に対応する部分には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

[0058] 図 5（A）は、この第 1 変形例においてレチクル R のパターン面の異物検査を行う検出装置 5 2 B、及び検出装置 5 2 B をレチクル R に対して X 方向（非走査方向）に移動する移動装置 5 4 A を示す。図 5（A）において、検出装置 5 2 B は、平板状の基板 5 9、及び基板 5 9 のレチクル R のパターン面 R a に対向する表面に、X 方向に周期 p 1 で固定された複数の検出ユニット 5 8 を有する。複数の検出ユニット 5 8 は、ほぼレチクル R のパターン領域 P A の X 方向の幅の全面を覆うことが可能なように配列されている。

[0059] 検出ユニット 5 8 は、図 5（B）の拡大図で示すように、電子ビーム E B 1 を発生するエミッタ部 5 8 b、エミッタ部 5 8 b から射出された電子ビーム E B 1 をアノードとして作用する被検面（ここではレチクル R のパターン領域 P A）の検出点 5 8 a に集束する複数段の輪帯状のゲート電極 5 8 c、及び検出点 5 8 a から発生する二次電子 S B 1 を検出する輪帯状の検出電極 5 8 d を有する。また、複数段のゲート電極 5 8 c に電圧を印加する電源部 5 8 e 及び検出ユニット 5 8 毎に検出電極 5 8 d の電流を増幅する増幅部 5 8 f が設けられており、増幅部 5 8 f で得られる検出信号が信号処理部（不図示）に供給される。検出ユニット 5 8 の高さは例えば 1 mm 程度より小さくでき、検出ユニット 5 8 から被検面までのワーキングディスタンス（WD）は例えば 1 mm 程度より小さくできる。このような複数の小型の電子顕微鏡を並列に配置した構成の検出装置 5 2 B は、例えば MEMS 技術を用いて

製造できる。

[0060] また、図5（A）において、移動装置54Aは、X軸に平行なガイド部54Aa、及びガイド部54Aaに沿って検出装置52BをX方向に幅p1以上の可動範囲60A（図5（C）参照）内で駆動するスライド部54Abを有する。スライド部54Abにはエンコーダが組み込まれている。

この変形例の検出装置52B及び移動装置54Aを用いて、露光中にレチクルRのパターン領域PAの異物を検出する場合、図5（C）に示すように、全部の検出ユニット58からパターン領域PAの対応する検出点58aに電子ビームEB1を照射し、検出点58aからの二次電子SB1を検出する。この状態で、レチクルステージRSTによって照明領域27Rに対してレチクルRを矢印A4で示す-Y方向に走査する動作と、図5（D）に示すように、移動装置54Aによって検出点58a程度の幅 Δp （配列ピッチp1よりもかなり小さい幅）分だけ検出装置52BをX方向に移動する動作と、照明領域27Rに対してレチクルRを矢印A6で示す+Y方向に走査する動作とを繰り返す。

[0061] この動作によって、複数の検出点58aの相対的な移動の軌跡56Cで示すように、レチクルRのパターン領域PAのほぼ2/3程度の領域（検査済み領域）を複数の検出点58aで効率的に走査できる。この場合、検出装置52BのX方向への移動量が配列ピッチp1になる時点で、その検査済み領域の全面の異物検出が完了している。さらに、例えばウエハの交換中にパターン領域PAの未検出領域を複数の検出点58aで走査し、パターン領域PAの全面で得られる検出信号を処理することによって、パターン領域PAから発生する二次電子の検出信号の分布を求め、異物検査を行うことができる。なお、この変形例においても、照明領域27Rと検出点58aとのY方向の間隔を狭くして、未検出領域が残存しない場合には、ウエハの交換中の異物検査を省略できる。

[0062] 次に、上記の実施形態では、異物の検出装置52（又は52A、52B）は照明領域27Rに対して一方のエッジ部の方向に配置されている。これに

対して、図6（A）～（D）の第2変形例で示すように、照明領域27Rに対して+Y方向の第1の位置P1に第1の検出装置52を配置し、照明領域27Rに対してY方向に位置P1とほぼ対称な第2の位置P2に第2の検出装置52Cを配置してもよい。検出装置52Cは、検出装置52と同様にX方向に細長い検出領域53Cに電子ビームEB2を照射し、検出領域53Cから発生する二次電子SB2（第2発生エネルギー）の像を撮像する写像投影型の異物の検出装置である。検出装置52、52Cの二次電子の検出信号は信号処理装置（不図示）に供給されている。また、検出装置52をX方向に移動する移動装置54と同様に、検出装置52CをX方向に移動する移動装置54Cが設けられている。さらに、例えば検出装置52に近接して異物処理部36が配置されているが、異物処理部36は検出装置52Cに近接して配置してもよい。

[0063] この変形例で、露光中にレチクルRのパターン領域PAの異物を検出するために、図6（B）に示すように、照明領域27Rに対してレチクルRを矢印A4で示す-Y方向に走査する前半部では、パターン領域PAの+Y方向の部分が第1の検出装置52の検出領域53で走査される。そして、その走査の後半部では、パターン領域PAの-Y方向の部分が第2の検出装置52Cの検出領域53Cで走査され、移動装置54、54Cによって検出装置52、52Cが検出領域53の幅分だけ-X方向に移動される。

[0064] その後、図6（C）に示すように、照明領域27Rに対してレチクルRを矢印A6で示す+Y方向に走査する前半部では、パターン領域PAの-Y方向の部分が検出領域53Cで走査され、その走査の後半部では、パターン領域PAの+Y方向の部分が検出領域53で走査される。このような動作を繰り返すことで、図6（D）の相対的な軌跡56Aで示すように、レチクルRのパターン領域PAの+Y方向のほぼ2／3程度の検査済み領域PA2が検出領域53で走査される。これと並行して、位置P3にあるパターン領域PA内の相対的な軌跡56Dで示すように、パターン領域PAの-Y方向のほぼ2／3程度の検査済み領域PA3が検出領域53Cで走査される。2つの

検査済み領域 P A 2, P A 3 を合わせた領域はパターン領域 P A の全面を覆っている。従って、走査露光中に 2 つの検出装置 5 2, 5 2 C から得られる検出信号を取り込むことによって、レチクル R のパターン領域 P A の全面の異物検出を効率的に行うことができる。

[0065] なお、検出装置 5 2, 5 2 C として、上述の検出装置 5 2 A 又は 5 2 B を使用することもできる。

また、上記の実施形態及びその変形例ではレチクル R のパターン面から発生する二次電子を検出しているが、検出対象は任意である。例えばレチクル R のパターン面に電子ビームを照射したときに、そのパターン面から発生する反射電子、散乱電子、X 線（例えば特性 X 線）、又は蛍光等（X 線以外の波長域の光を含む）を検出し、この検出信号から異物の有無、異物の組成、及び／又は大きさ等を検査してもよい。

[0066] また、異物の検出装置 5 2 等の代わりに、被検面に電子ビームを照射して被検面から発生する X 線からエネルギー分散 X 線分光法 (energy dispersive X-ray spectrometry: EDS 又は EDX) を用いて、被検面のパーティクルの組成を検査・分析する検査装置を使用してもよい。

さらに、異物の検出装置 5 2 等の代わりに、被検面から発生する X 線から波長分散 X 線分光法 (wavelength dispersive X-ray spectrometry: WDS 又は WDX) を用いて被検面のパーティクルの組成を検査・分析する検査装置を使用してもよい。

[0067] また、上記の実施形態では、ステップ 1 3 4, 1 3 6 でレチクル R に異物が検出された場合、ステップ 1 4 0 ~ 1 4 6 でその異物の処理を行っている。別の方法として、レチクル R に異物が検出された場合には、単にステップ 1 3 8 でパターン領域 P A 内でのその異物の位置（又はさらにその大きさ）を信号処理部 3 4 内の記憶部に記憶しておいてもよい。この場合、例えば 1 枚又は所定の複数枚のウエハの露光後に、再度、レチクル R の異物検査を行い、前回検出された位置で再び異物が検出されたときに、露光動作を停止して、レチクル R の洗浄又は交換等を行うようにしてもよい。

[0068] [第2の実施形態]

第2の実施形態につき図7(A)～図9を参照して説明する。本実施形態は2つのレチクルがいわゆるタンデム配置されたレチクルステージを用いる点が第1の実施形態と異なっている。以下、図7(A)～図8(B)において、図3(A)～(E)及び図6(A)に対応する部分には同一又は類似の符号を付してその詳細な説明を簡略化又は省略する。

[0069] 図7(A)は、本実施形態のEUV光を露光光として用いる露光装置EXAのレチクルステージ及び異物の検出装置を示す。露光装置EXAは、図1の真空チャンバ1と同様の真空チャンバ（不図示）の天井部に配置されたY方向（走査方向）に細長いレチクルベースRBAを備えている。図7(A)～図8(B)は、レチクルベースRBA側からレチクルステージ等を見た平面図である。なお、レチクルベースRBA及びレチクルステージ等は2点鎖線で表されている。

[0070] 図7(A)において、露光装置EXAは、レチクルベースRBAのガイド面（下面）に例えば磁気浮上型アクチュエータによって所定間隔を隔てて支持され、かつY方向に図1のレチクルステージRSTの2倍程度の可動範囲で駆動可能で、レチクルステージRSTに比べてY方向の長さがほぼ2倍のレチクルステージRSTAを備えている。レチクルステージRSTAはレチクルベースRBAに対してX方向及び θz 方向にもある程度の範囲で駆動可能である。レチクルステージRSTAの下面にそれぞれ静電チャックRHA, RHBを介してY方向に隣接して第1及び第2のレチクルRA, RBが吸着保持されている。レチクルステージRSTAには、レチクルRA, RBを接地する導通機構（不図示）が設けられている。一例として、レチクルRA, RBのパターン領域PAA, PABに形成されているパターン（符号A, Bで表されている）は互いに異なっている。

[0071] また、露光装置EXAは、図1の照明光学系ILSと同様に、EUV光よりなる露光光で照明領域27Rを照明する照明光学系（不図示）を備えている。本実施形態では、照明領域27RのX方向の中心と、レチクルステージ

R S T Aに保持されたレチクルR A， R BのX方向の中心とはX方向の位置がほぼ同じである。

露光装置E X Aは、照明領域2 7 Rに対して+ Y方向及び- Y方向にほぼ対称な位置P 4及びP 5に配置され、被検面の検出領域5 3， 5 3 Cに電子ビームを照射して異物検出を行う第1及び第2の検出装置5 2， 5 2 C、及び検出装置5 2， 5 2 CをX方向に移動する第1及び第2の移動装置5 4 D， 5 4 Eを備えている。露光装置E X Aのこれ以外の構成は図1の第1の実施形態の露光装置E Xと同様であり、照明領域2 7 R内のパターンの投影光学系P O（不図示）による像がウエハステージW S T（不図示）に保持されたウエハW（不図示）に走査露光される。

[0072] 本実施形態の露光装置E X AによるレチクルR A， R Bの異物検出動作を含む露光方法の一例につき、図9のフローチャートを参照して説明する。一例として、ウエハに対してレチクルR A， R Bのパターンの像を二重露光する場合につき説明する。まず、図9のステップ1 6 0において、レチクルステージR S T Aを例えばY方向の可動範囲内で+ Y方向の端部のローディング位置（不図示）に移動して、不図示の搬送ロボットによって静電チャックR H A， R H Bを介してレチクルR A， R Bをロードする。その後、レチクルR A， R Bのアライメントを行う。そして、ウエハ（不図示）の各ショット領域にレチクルR A， R Bのパターンの順に二重露光を行う場合、図7（A）に示すように、レチクルステージR S T Aを- Y方向に駆動して、照明領域2 7 Rに対して- Y方向側の露光開始位置に第1のレチクルR Aのパターン領域P A Aを移動する（ステップ1 6 2）。この状態では、検出装置5 2の検出領域5 3が第2のレチクルR Bのパターン領域P A Bに対して+ Y方向側に位置している。

[0073] この後、ステップ1 6 4， 1 6 6のレチクルR Aを用いたウエハの露光動作と、ステップ1 6 8～1 7 4のレチクルR Bの異物検出動作とが並行に実行される。すなわち、ステップ1 6 4でウエハステージ（不図示）にレジストが塗布された未露光のウエハ（不図示）がロードされ、ステップ1 6 6で

、照明領域 27 R に露光光が照射され、レチクルステージ R S T A を駆動して、照明領域 27 R に対してレチクル R A を図 7 (A) に示す +Y 方向及び図 7 (B) に示す -Y 方向に交互に移動して、ウエハステージを介してウエハの露光対象のショット領域を対応する方向に同期して移動することで、ウエハの各ショット領域にレチクル R A のパターンの像が走査露光される。

[0074] 一方、ステップ 168 では、検出装置 52 から検出領域 53 に電子ビームを照射して、二次電子を検出しながら、検出領域 53 がレチクル R B のパターン領域 P A B を Y 方向に一度走査する毎に、移動装置 54 D によって検出装置 52 を検出領域 53 の X 方向の幅分だけ X 方向に移動する動作が繰り返される。これによって、図 7 (B) の相対的な移動の軌跡 56 E で示すように、レチクル R B のパターン領域 P A B の全面が検出領域 53 で走査されて、パターン領域 P A B の全面で異物検出を行うことができる。その後のステップ 170 及び 172 では、図 4 のステップ 134, 136 と同様に、パターン領域 P A B の異物の有無及び異物の分布等が判定される。異物があつた場合には、ステップ 174 で、図 4 のステップ 138 ~ 146 と同様の異物処理（異物除去、洗浄又は交換等）が行われる。

[0075] レチクル R B のパターン領域 P A B に異物が検出されなかった場合には、動作はステップ 176 に移行し、図 8 (A) に示すように、レチクルステージ R S T A の駆動によりレチクル R B のパターン領域 P A B が照明領域 27 R の手前の露光開始位置に移動する。そして、ステップ 178 で、照明領域 27 R に露光光が照射され、レチクルステージ R S T A を駆動して、照明領域 27 R に対してレチクル R B を図 8 (A) に示す +Y 方向及び図 8 (B) に示す -Y 方向に交互に移動して、ウエハステージを介してウエハの露光対象のショット領域を対応する方向に同期して移動することで、ウエハの各ショット領域にレチクル R B のパターンの像が二重露光される。露光済みのウエハはアンロードされて次の現像等の工程に移行し（ステップ 180）、動作はステップ 190 に移行する。

[0076] また、ステップ 178, 180 と並行にステップ 182 ~ 188 の動作が

実行される。ステップ178では、検出装置52Cから検出領域53Cに電子ビームを照射して、二次電子を検出しながら、検出領域53CがレチクルRAのパターン領域PAAをY方向に一度走査する毎に、移動装置54Eによって検出装置52Cを検出領域53CのX方向の幅分だけX方向に移動する動作が繰り返される。これによって、図8(B)の相対的な移動の軌跡56Fで示すように、レチクルRAのパターン領域PAAの全面が検出領域53Cで走査されて、パターン領域PAAの全面で異物検出を行うことができる。その後のステップ184～188では、ステップ170～174と同様に、パターン領域PAAの異物の有無及び異物の分布等が判定され、異物があった場合には異物処理が行われる。レチクルRAのパターン領域PAAに異物がなかった場合には、ステップ190に移行して、次のウエハに対する露光(ステップ162～188と同様の動作)が行われる。

[0077] この実施形態の露光方法によれば、レチクルRA、RBがタンデム配置されたレチクルステージRSTAを用いる露光装置EXAにおいて、一方のレチクルRA(又はRB)のパターンの像をウエハに露光しているときに、他方の待機中のレチクルRB(又はRA)のパターン領域の異物検査を行っている。従って、例えばレチクルRBのパターン領域PABに異物が検出された場合には、このレチクルRBの異物除去、洗浄又は交換等を行うことによって、ウエハに不要なパターンが露光されることを防止できる。さらに、例えばレチクルRBを用いた露光中にレチクルRAのパターン領域PAAに異物が検出された場合には、このレチクルRAの異物除去、洗浄又は交換等を行うことによって、その後のウエハに対する不要なパターンの露光を防止でき、最終的に製造される半導体デバイス等の歩留まりを高く維持できる。

[0078] なお、本実施形態では第1及び第2のレチクルRA、RBを用いてウエハに二重露光を行っている。しかしながら、必ずしも二重露光を行う必要はなく、例えばレチクルRA、RBを用いてウエハの異なるレイヤに対する露光を行うようにしてもよい。

また、本実施形態においても、検出装置52、52Cとして、図2(B)

の検出装置 5 2 A 又は図 5 (A) の検出装置 5 2 B 等の任意の検出装置を使用できる。

また、本実施形態においても、レチクル R のパターン面で異物を検出する位置を露光光 (EUV 光) の照明領域 2 7 R 内に設定してもよい。この場合には、例えば露光中にレチクルのパターン面に付着する異物を検出できる。

[0079] また、本発明は、いわゆるツインレチクルステージを用いる露光装置にも適用できる。

また、上記の実施形態の露光装置 EX、EXA 又は露光方法を用いて半導体デバイス等の電子デバイス (マイクロデバイス) を製造する場合、この電子デバイスは、図 10 に示すように、デバイスの機能・性能設計を行うステップ 2 2 1、この設計ステップに基づいたマスク (レチクル) を製作するステップ 2 2 2、デバイスの基材である基板 (ウエハ) を製造するステップ 2 2 3、前述した実施形態の露光装置又は露光方法によりマスクのパターンを基板に露光する工程、露光した基板を現像する工程、現像した基板の加熱 (キュア) 及びエッチング工程などを含む基板処理ステップ 2 2 4、デバイス組み立てステップ (ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程などの加工プロセスを含む) 2 2 5、並びに検査ステップ 2 2 6 等を経て製造される。

[0080] 言い替えると、上記のデバイスの製造方法は、上記の実施形態の露光装置又は露光方法を用いて、マスクのパターンを介して基板 (ウエハ W) を露光する工程と、その露光された基板を処理する工程 (即ち、基板のレジストを現像し、そのマスクのパターンに対応するマスク層をその基板の表面に形成する現像工程、及びそのマスク層を介してその基板の表面を加工 (加熱及びエッチング等) する加工工程) と、を含んでいる。

[0081] このデバイス製造方法によれば、レチクルの異物の像がウエハ W に露光されるのを抑制できるため、レチクルのパターンを高精度に露光でき、製造される電子デバイスの歩留まりを向上できる。

また、本発明は、半導体デバイスの製造プロセスへの適用に限定されるこ

となく、例えば、液晶表示素子、プラズマディスプレイ等の製造プロセスや、撮像素子（CMOS型、CCD等）、マイクロマシーン、MEMS (Microelectromechanical Systems：微小電気機械システム)、薄膜磁気ヘッド、及びDNAチップ等の各種デバイス（電子デバイス）の製造プロセスにも広く適用できる。

[0082] なお、上記の実施形態では、露光光としてレーザプラズマ光源で発生したX線（EUV光）を使用しているが、露光光としては例えば放電プラズマ光源やシンクロトロン放射光(Synchrotron Radiation)よりなるX線を使用することもできる。

また、上記の実施形態では露光光としてEUV光を用い、6枚のミラーのみから成るオール反射の投影光学系を用いる場合について説明したが、これは一例である。例えば、4枚等のミラーのみから成る投影光学系を備えた露光装置は勿論、光源に波長100～160nmのVUV光源、例えばAr₂レーザ（波長126nm）を用い、4～8枚等のミラーを有する投影光学系を備えた露光装置などにも本発明を適用することができる。

[0083] また、本発明は、マスクを用いる走査露光型の電子ビーム露光装置において、マスクの異物検査を行う場合にも適用できる。

なお、本発明は上述の実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

符号の説明

[0084] EX, EXA…露光装置、ILS…照明光学系、RST, RSTA…レチクルステージ、R, RA, RB…レチクル、PA, PAA, PAB…パターン領域、PO…投影光学系、W…ウエハ、1…真空チャンバ、10…レーザプラズマ光源、27R…照明領域、31…主制御装置、34…信号処理部、36…異物処理部、52, 52A, 52B…異物の検出装置、54, 54A…移動装置

請求の範囲

- [請求項1] 真空環境でエネルギービームによりマスクのパターンを照明し、前記エネルギービームで前記パターン及び投影系を介して物体を露光する露光方法において、
- 前記エネルギービームでマスクステージに保持されたマスクのパターンの一部及び前記投影系を介して前記物体を露光しつつ、前記マスクステージの走査方向への移動による前記マスクの移動と前記物体の対応する方向への移動とを同期して行うことと、
- 第1の位置で、前記マスクのパターン面に第1電子ビーム源から第1電子ビームを照射することと、
- 前記マスクのパターン面から前記第1電子ビームの照射によって発生する第1発生エネルギーを検出し、該検出結果を用いて前記マスクの前記パターン面の検査を行うことと、を含む露光方法。
- [請求項2] 前記第1の位置は、前記マスクに対する前記エネルギービームの照明領域の内部に設定される請求項1に記載の露光方法。
- [請求項3] 前記第1の位置は、前記マスクに対する前記エネルギービームの照明領域に対して前記走査方向に離れた位置にある請求項1に記載の露光方法。
- [請求項4] 前記パターン面の検査を行うことは、前記パターン面に付着している異物を検査することを含む請求項1～3のいずれか一項に記載の露光方法。
- [請求項5] 前記パターン面に前記第1電子ビームを照射することは、前記マスクが前記マスクステージに保持された状態で行われる請求項1～4のいずれか一項に記載の露光方法。
- [請求項6] 前記マスクのパターン領域が前記照明領域を前記走査方向に通過したときに、前記マスクステージの移動方向を逆方向に折り返すことと、
- 前記第1電子ビーム源を前記第1電子ビームの照射領域の幅分だけ

前記走査方向に交差する方向に移動することと、
を含む請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の露光方法。

[請求項7] 前記照明領域に関して前記走査方向に前記第 1 の位置とは異なる第 2 の位置で、前記第 1 マスクのパターン面に第 2 電子ビーム源から第 2 電子ビームを照射することと、

前記パターン面から前記第 2 電子ビームの照射によって発生する第 2 発生エネルギーを検出し、該検出結果を用いて前記マスクの前記パターン面の検査を行うことと、

を含む請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の露光方法。

[請求項8] 前記投影系は物体面側に非テレセントリックであり、

前記第 1 の位置又は前記第 2 の位置が前記投影系の上方に位置する請求項 7 に記載の露光方法。

[請求項9] 前記物体を露光するために、前記マスクステージによって前記マスクが前記走査方向に移動している期間内に、前記マスクのパターン領域内に前記第 1 電子ビームが照射されない残存領域があるときに、

前記物体の交換中に、前記マスクステージを前記走査方向に前記第 1 の位置の方向に移動し、前記マスクの前記残存領域に前記第 1 電子ビームを照射して前記残存領域の検査を行うことを含む請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の露光方法。

[請求項10] 前記マスクの前記パターン面の検査によって異物が検出されたときに、前記異物を除去することを含む請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の露光方法。

[請求項11] 前記マスクの前記パターン面の裏面に電子ビームを照射することと、

前記マスクの前記裏面から前記電子ビームの照射によって発生する発生エネルギーを検出し、該検出結果を用いて前記マスクの前記裏面の検査を行うことと、

を含む請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載の露光方法。

[請求項12] 前記マスクの前記裏面の検査は、前記マスクが前記マスクステージに載置される前に行われる請求項 1 1 に記載の露光方法。

[請求項13] 真空環境でエネルギービームによりマスクのパターンを照明し、前記エネルギービームで前記パターン及び投影系を介して物体を露光する露光方法において、

走査方向に移動可能に配置されたマスクステージの前記走査方向に離れた位置に第 1 マスク及び第 2 マスクを保持し、前記エネルギービームで前記第 2 マスクのパターンの一部及び前記投影系を介して前記物体を露光しつつ、前記マスクステージの前記走査方向への移動による前記第 2 マスクの移動と前記物体の対応する方向への移動とを同期して行うことと、

前記物体を露光するために、前記マスクステージによって前記第 2 マスクが前記走査方向に移動しているときに、第 1 の位置で、前記マスクステージに保持された前記第 1 マスクのパターン面に第 1 電子ビーム源から第 1 電子ビームを照射することと、

前記第 1 マスクのパターン面から前記第 1 電子ビームの照射によって発生する第 1 発生エネルギーを検出し、該検出結果を用いて前記第 1 マスクの前記パターン面の検査を行うことと、
を含む露光方法。

[請求項14] 前記第 1 の位置は、前記マスクに対する前記エネルギービームの照明領域の内部に設定される請求項 1 3 に記載の露光方法。

[請求項15] 前記第 1 の位置は、前記マスクに対する前記エネルギービームの照明領域に対して前記走査方向に離れた位置にある請求項 1 3 に記載の露光方法。

[請求項16] 前記第 2 マスクのパターン領域が前記照明領域を前記走査方向に通過して、前記マスクステージの移動方向を逆方向に折り返すときに、

前記第 1 電子ビーム源を前記第 1 電子ビームの照射領域の幅分だけ前記走査方向に交差する方向に移動することを含む請求項 1 3 ～ 1 5

のいずれか一項に記載の露光方法。

[請求項17]

前記エネルギービームで前記第1マスクのパターンの一部及び前記投影系を介して前記物体を露光しつつ、前記マスクステージの前記走査方向への移動による前記第1マスクの移動と前記物体の対応する方向への移動とを同期して行うことと、

前記物体を露光するために、前記マスクステージによって前記第1マスクが前記走査方向に移動しているときに、前記照明領域に関して前記走査方向に前記第1の位置とほぼ対称な第2の位置で、前記マスクステージに保持された前記第2マスクのパターン面に第2電子ビーム源から第2電子ビームを照射することと、

前記第2マスクのパターン面から前記第2電子ビームの照射によって発生する第2発生エネルギーを検出し、該検出結果を用いて前記第2マスクの前記パターン面の検査を行うことと、

をさらに含む請求項13～16のいずれか一項に記載の露光方法。

[請求項18]

前記第1マスクの前記パターン面の検査によって異物が検出されたときに、前記異物を除去することを含む請求項13～17のいずれか一項に記載の露光方法。

[請求項19]

前記エネルギービームはEUV光である請求項1～18のいずれか一項に記載の露光方法。

[請求項20]

前記第1発生エネルギーは電子ビーム及びX線の少なくとも一方を含む請求項1～19のいずれか一項に記載の露光方法。

[請求項21]

真空環境でエネルギービームによりマスクのパターンを照明し、前記エネルギービームで前記パターン及び投影系を介して物体を露光する露光装置において、

マスクを保持して走査方向に移動可能に配置されたマスクステージと、

前記エネルギービームで前記マスクステージに保持された前記マスクのパターンの一部及び前記投影系を介して前記物体を露光しつつ、

前記マスクステージの前記走査方向への移動による前記マスクの移動と前記物体の対応する方向への移動とを同期して行う制御部と、

第 1 の位置で、前記マスクのパターン面に第 1 電子ビームを照射する第 1 電子ビーム源と、

前記マスクの前記パターン面から前記第 1 電子ビームの照射によって発生する第 1 発生エネルギーを検出する第 1 検出部と、

前記第 1 検出部の検出結果を用いて前記マスクの前記パターン面の検査を行う検査部と、

を備える露光装置。

[請求項22] 前記第 1 の位置は、前記マスクに対する前記エネルギービームの照明領域の内部に設定される請求項 2 1 に記載の露光装置。

[請求項23] 前記第 1 の位置は、前記マスクに対する前記エネルギービームの照明領域に対して前記走査方向に離れた位置にある請求項 2 1 に記載の露光装置。

[請求項24] 前記検査部は、前記マスクの前記パターン面に付着している異物を検査する請求項 2 1 ～ 2 3 のいずれか一項に記載の露光装置。

[請求項25] 前記第 1 電子ビーム源は、前記マスクが前記マスクステージに保持された状態で前記パターン面に前記第 1 電子ビームを照射する請求項 2 1 ～ 2 4 のいずれか一項に記載の露光装置。

[請求項26] 前記マスクのパターン領域が前記照明領域を前記走査方向に通過して、前記制御部が、前記マスクステージの移動方向を逆方向に折り返すときに、前記第 1 電子ビーム源を前記第 1 電子ビームの照射領域の幅分だけ前記走査方向に交差する方向に移動する移動装置を備える請求項 2 1 ～ 2 5 のいずれか一項に記載の露光装置。

[請求項27] 前記照明領域に関して前記走査方向に前記第 1 の位置とほぼ対称な第 2 の位置で、前記マスクのパターン面に第 2 電子ビームを照射する第 2 電子ビーム源と、

前記パターン面から前記第 2 電子ビームの照射によって発生する第

2 発生エネルギーを検出する第 2 検出部と、を備え、

前記検査部は、前記第 1 検出部及び第 2 検出部の検出結果を用いて前記マスクの前記パターン面の検査を行う請求項 2 1 ～ 2 6 のいずれか一項に記載の露光装置。

[請求項28] 前記投影系は物体面側に非テレセントリックであり、

前記第 1 の位置又は前記第 2 の位置が前記投影系の上方に位置する請求項 2 7 に記載の露光装置。

[請求項29] 前記マスクの前記パターン面の検査によって異物が検出されたときに、前記異物を除去する異物処理装置を備える請求項 2 1 ～ 2 8 のいずれか一項に記載の露光装置。

[請求項30] 前記マスクの前記パターン面の裏面に電子ビームを照射する裏面用の電子ビーム源と、

前記マスクの前記裏面から前記電子ビームの照射によって発生する発生エネルギーを検出し、該検出結果を用いて前記マスクの前記裏面の検査を行う裏面検査部と、

を備える請求項 2 1 ～ 2 9 のいずれか一項に記載の露光装置。

[請求項31] 前記裏面用の電子ビーム源及び前記裏面検査部による前記マスクの前記裏面の検査は、前記マスクが前記マスクステージに載置される前に行われる請求項 3 0 に記載の露光装置。

[請求項32] 真空環境でエネルギービームによりマスクのパターンを照明し、前記エネルギービームで前記パターン及び投影系を介して物体を露光する露光装置において、

第 1 マスク及び第 2 マスクを走査方向に離れた位置に保持して前記走査方向に移動可能に配置されたマスクステージと、

前記物体を露光するために、前記エネルギービームで前記マスクステージに保持された前記第 2 マスクのパターンの一部及び前記投影系を介して前記物体を露光しつつ、前記マスクステージの前記走査方向への移動による前記第 2 マスクの移動と前記物体の対応する方向への

移動とを同期して行う制御部と、

前記物体を露光するために、前記マスクステージにより前記第 2 マスクが前記走査方向に移動しているときに、第 1 の位置で、前記マスクステージに保持された前記第 1 マスクのパターン面に第 1 電子ビームを照射する第 1 電子ビーム源と、

前記第 1 マスクのパターン面から前記第 1 電子ビームの照射によって発生する第 1 発生エネルギーを検出する第 1 検出部と、

前記第 1 検出部の検出結果を用いて前記第 1 マスクの前記パターン面の検査を行う検査部と、

を含む露光装置。

[請求項33] 前記第 1 の位置は、前記マスクに対する前記エネルギービームの照明領域の内部に設定される請求項 3 2 に記載の露光装置。

[請求項34] 前記第 1 の位置は、前記マスクに対する前記エネルギービームの照明領域に対して前記走査方向に離れた位置にある請求項 3 2 に記載の露光装置。

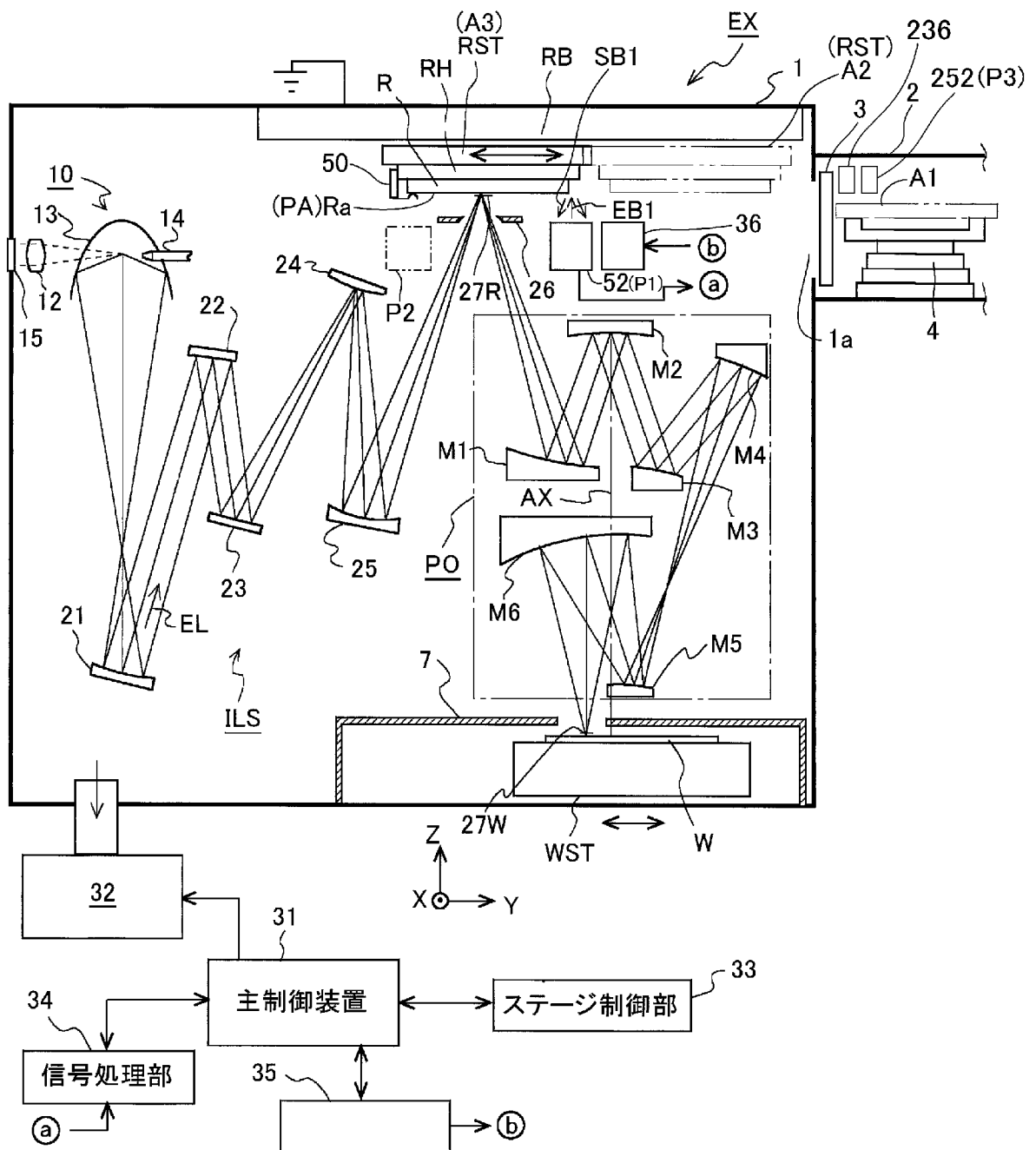
[請求項35] 前記第 2 マスクのパターン領域が前記照明領域を前記走査方向に通過して、前記制御部が、前記マスクステージの移動方向を逆方向に折り返すときに、前記第 1 電子ビーム源を前記第 1 電子ビームの照射領域の幅分だけ前記走査方向に交差する方向に移動する移動装置を備える請求項 3 2 ～ 3 4 のいずれか一項に記載の露光装置。

[請求項36] 前記照明領域に関して前記走査方向に前記第 1 の位置とほぼ対称な第 2 の位置で、前記第 2 マスクのパターン面に第 2 電子ビームを照射する第 2 電子ビーム源と、

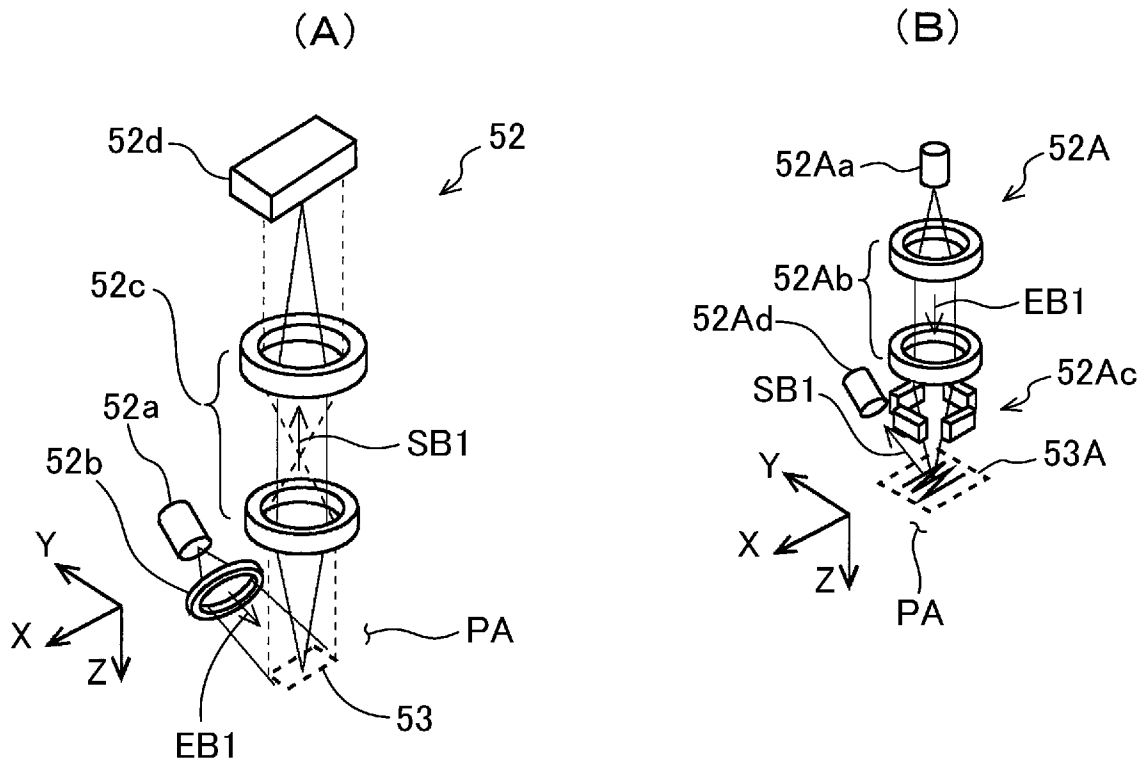
前記第 2 マスクのパターン面から前記第 2 電子ビームの照射によって発生する第 2 発生エネルギーを検出する第 2 検出部と、を備え、

前記検査部は、前記第 2 検出部の検出結果を用いて前記第 2 マスクの前記パターン面の検査を行う請求項 3 2 ～ 3 5 のいずれか一項に記載の露光装置。

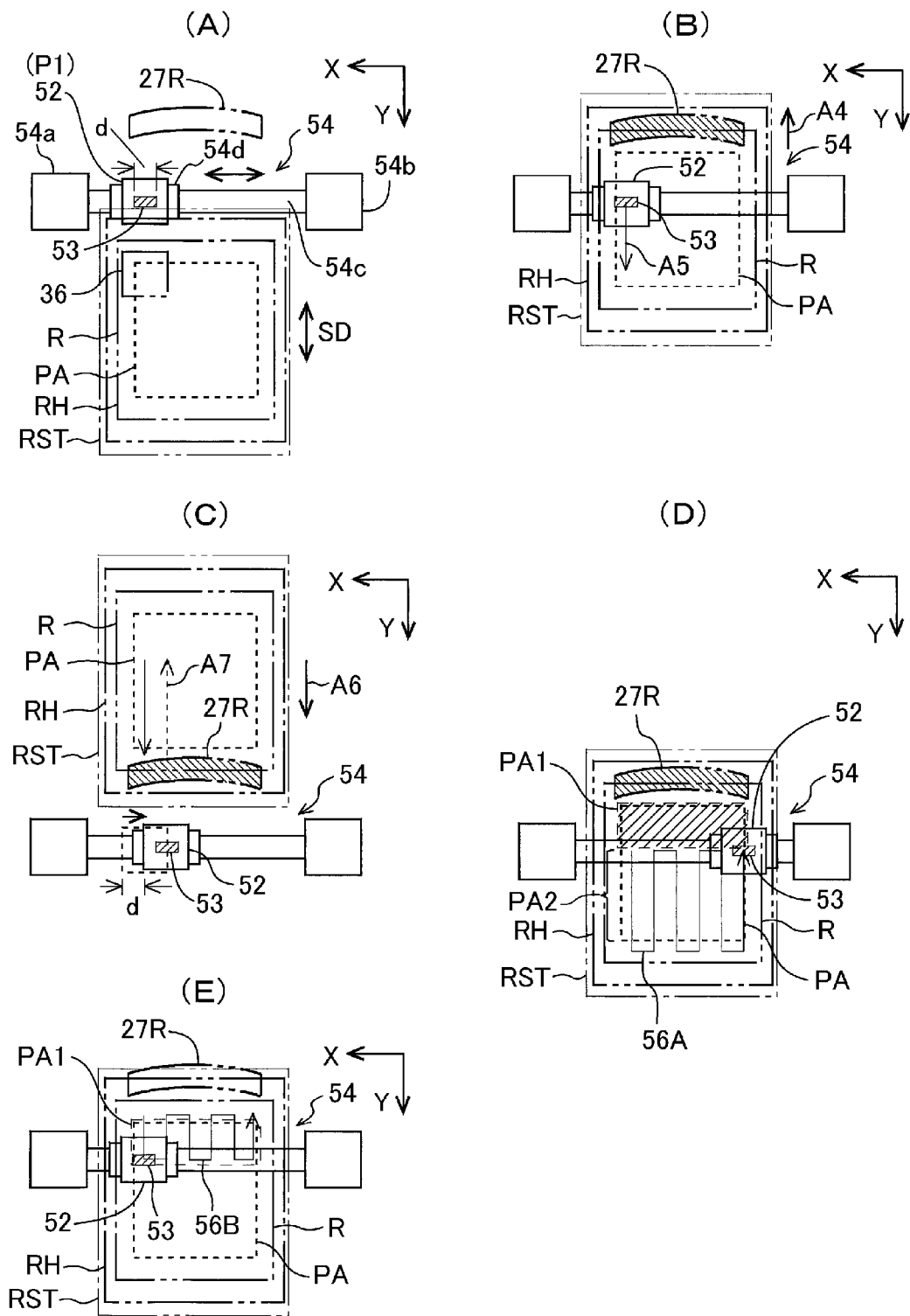
- [請求項37] 前記第1マスクの前記パターン面の検査によって異物が検出されたときに、前記異物を除去する異物処理装置を備える請求項32～36のいずれか一項に記載の露光装置。
- [請求項38] 前記エネルギービームはEUV光である請求項21～37のいずれか一項に記載の露光装置。
- [請求項39] 前記第1発生エネルギーは電子ビーム及びX線の少なくとも一方を含む請求項21～38のいずれか一項に記載の露光装置。
- [請求項40] 請求項1～20のいずれか一項に記載の露光方法を用いて基板上に感光層のパターンを形成することと、
前記パターンが形成された前記基板を処理することと、
を含むデバイス製造方法。
- [請求項41] 請求項21～39のいずれか一項に記載の露光装置を用いて基板上に感光層のパターンを形成することと、
前記パターンが形成された前記基板を処理することと、
を含むデバイス製造方法。



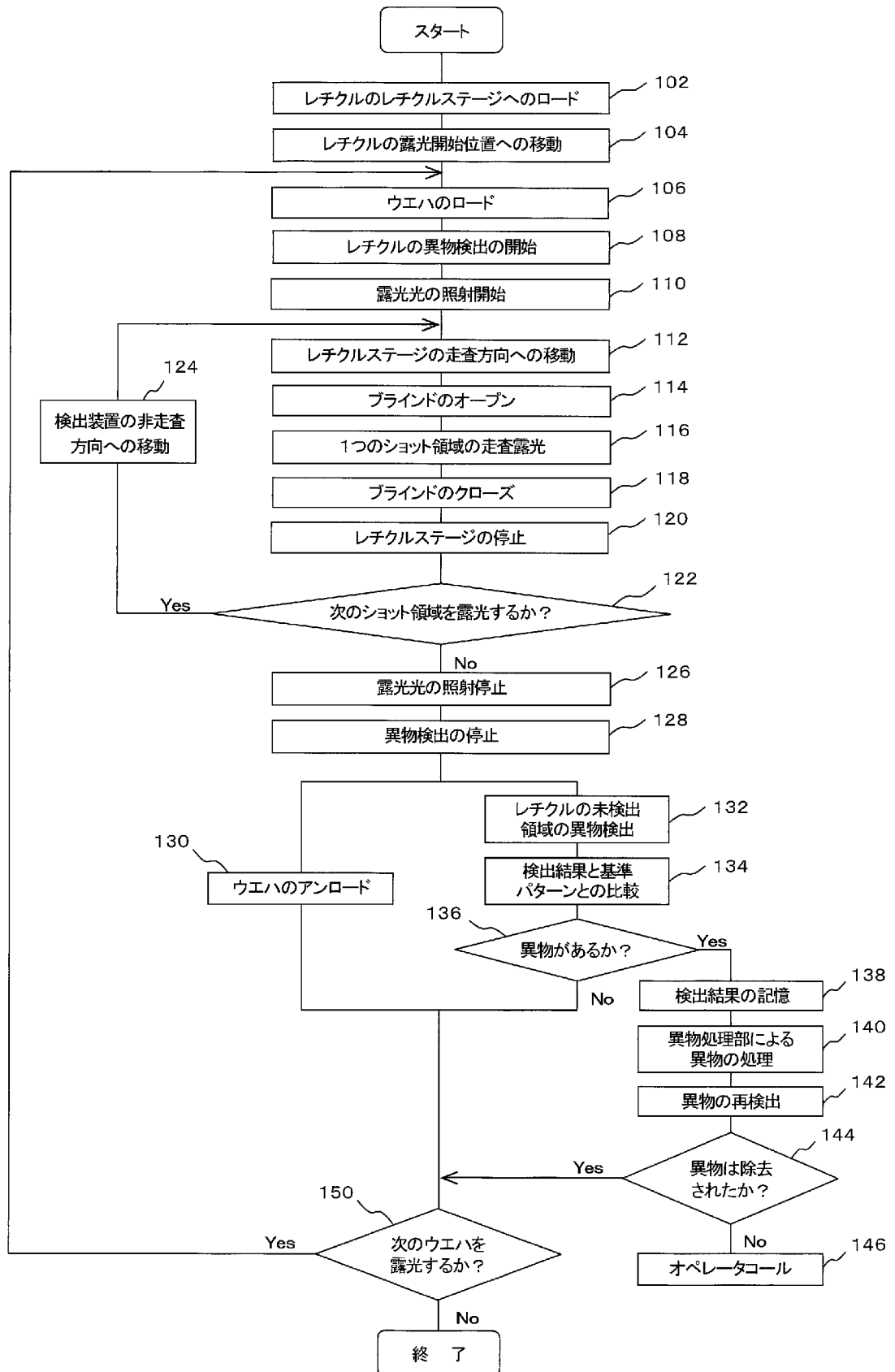
[図2]



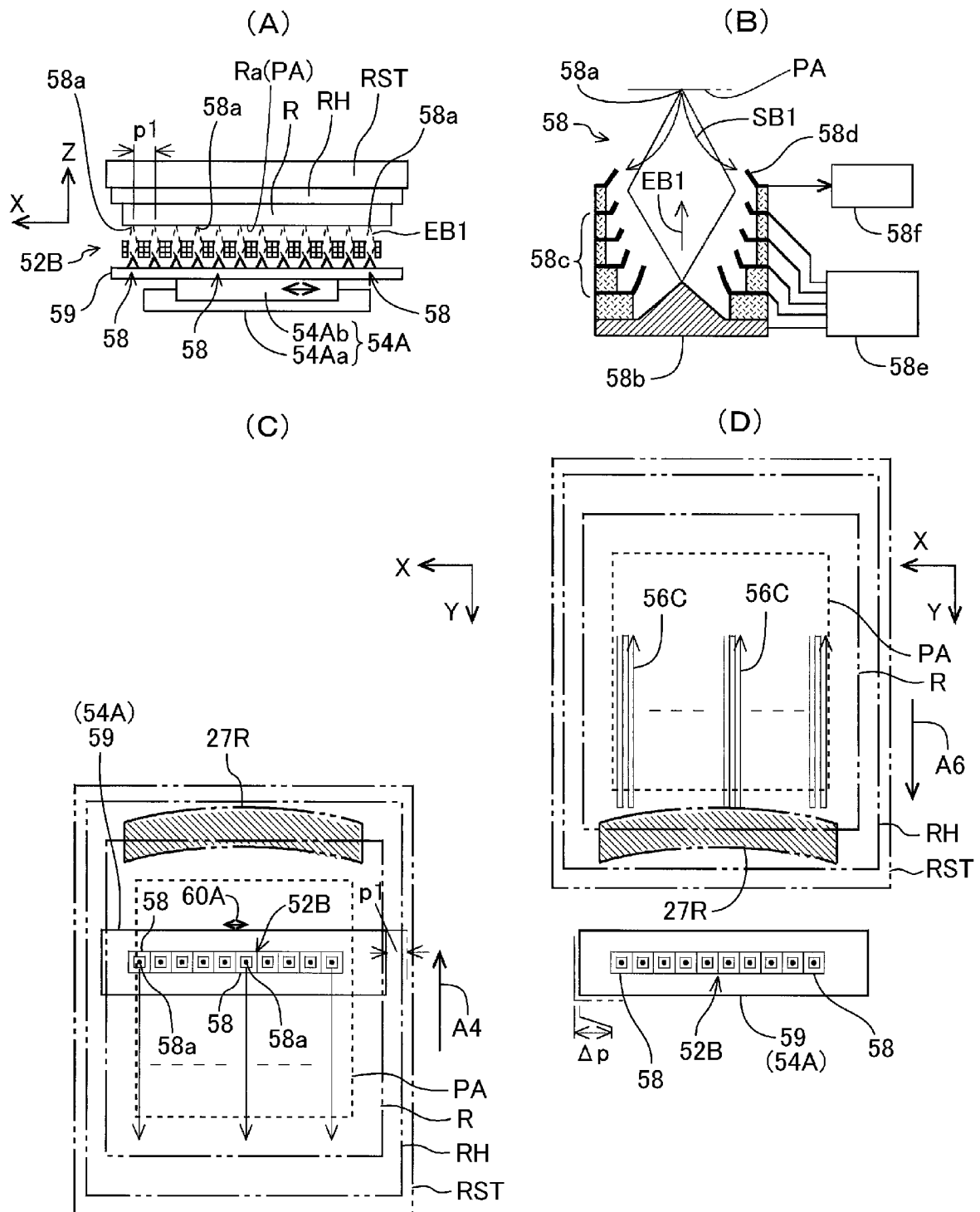
[図3]



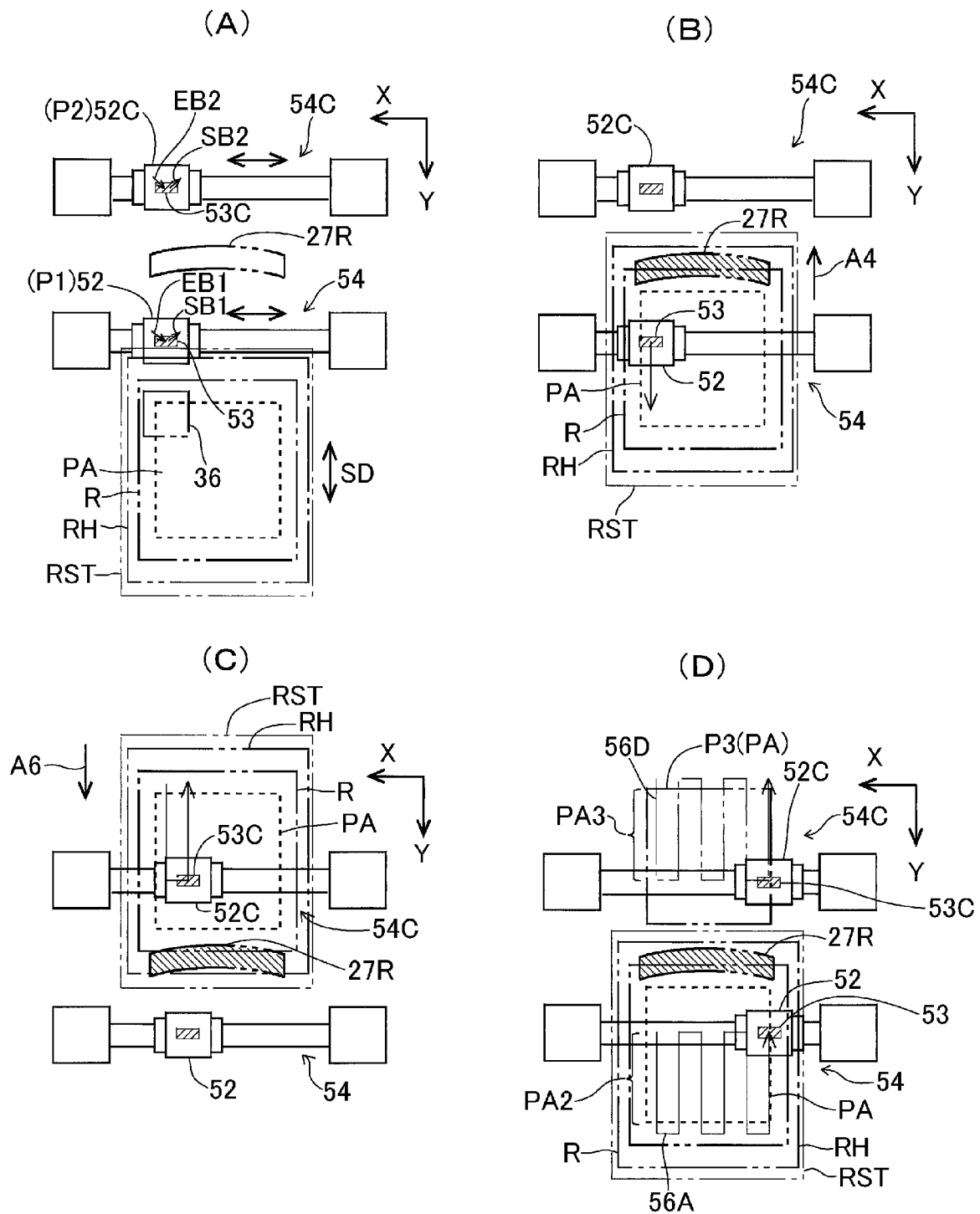
[図4]



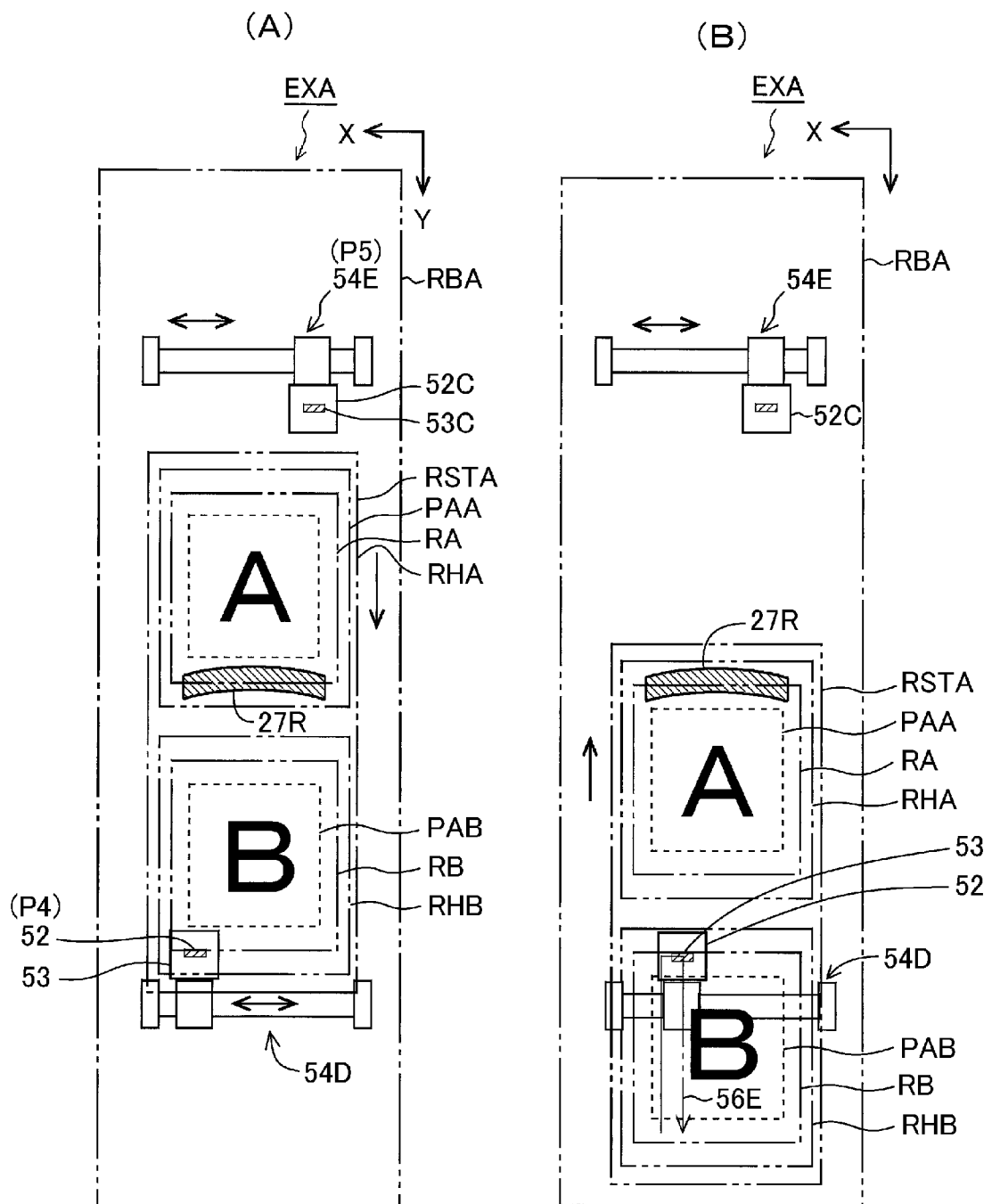
[図5]



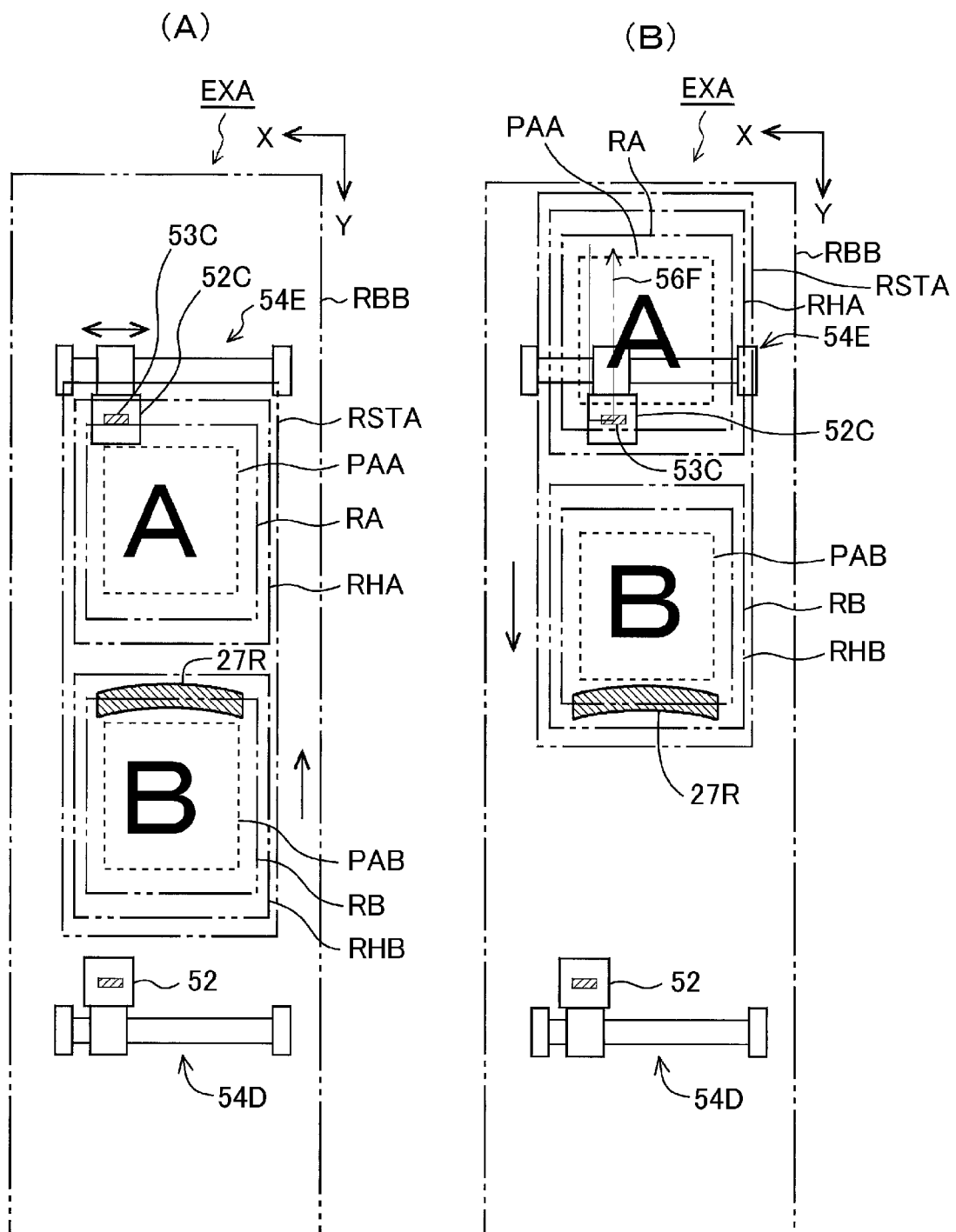
[図6]



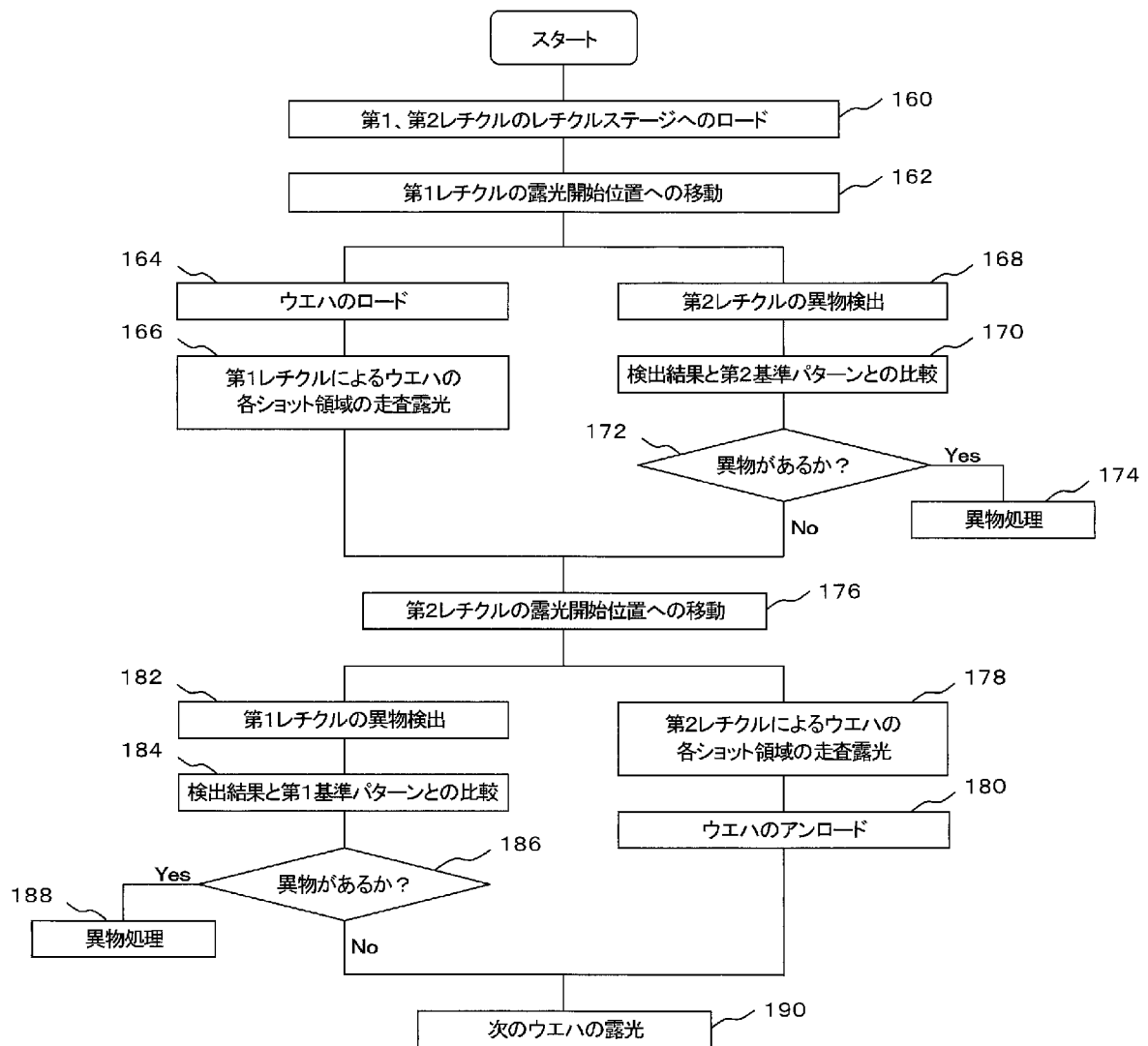
[図7]



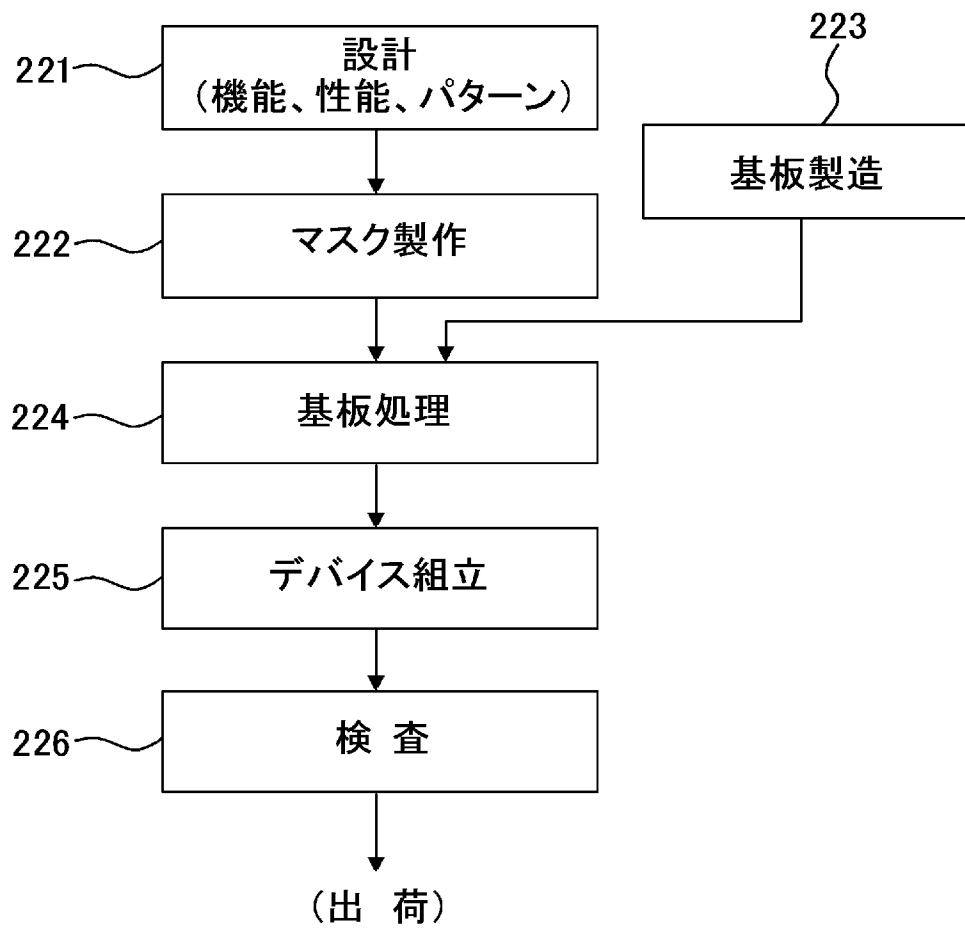
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/076426

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03F1/86(2012.01)i, G01N23/225(2006.01)i, H01L21/027(2006.01)i

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)

G03F1/86, G01N23/225, H01L21/027

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
Y A	JP 2010-145993 A (ASML Holding N.V.), 01 July 2010 (01.07.2010), claims; paragraphs [0048] to [0055], [0064]; fig. 1 to 9 & US 2010/0149505 A1 & NL 2003678 A	1-6, 10-12, 19-26, 29-31, 38-41 7-9, 13-18, 27, 28, 32-37
Y A	JP 2000-346817 A (Nikon Corp.), 15 December 2000 (15.12.2000), paragraphs [0008], [0009], [0037] to [0039], 0083; fig. 1 & US 6545272 B1	1-6, 10-12, 19-26, 29-31, 38-41 7-9, 13-18, 27, 28, 32-37
Y	JP 2007-194069 A (ASML Netherlands B.V.), 02 August 2007 (02.08.2007), paragraphs [0035] to [0040]; fig. 1 to 6 (Family: none)	11, 12, 30, 31

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ 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
12 December, 2013 (12.12.13)

Date of mailing of the international search report
24 December, 2013 (24.12.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/076426

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-333729 A (ASML Netherlands B.V.), 27 December 2007 (27.12.2007), entire text; all drawings & US 2007/0258086 A1	1-41
A	JP 2011-129908 A (ASML Netherlands B.V.), 30 June 2011 (30.06.2011), entire text; all drawings & US 2011/0170083 A1 & NL 2005463 A	1-41
A	JP 2010-506424 A (ASML Netherlands B.V.), 25 February 2010 (25.02.2010), entire text; all drawings & JP 5081247 B & US 2008/0083885 A1 & US 2009/0173360 A1 & WO 2008/044925 A2 & KR 10-2009-0057433 A & CN 101523293 A & TW 200827939 A	1-41
A	JP 2008-147337 A (Canon Inc.), 26 June 2008 (26.06.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-41
A	JP 2008-147314 A (Canon Inc.), 26 June 2008 (26.06.2008), entire text; all drawings & US 2009/0020137 A1	1-41
A	JP 2006-120895 A (Canon Inc.), 11 May 2006 (11.05.2006), entire text; all drawings & US 2006/0086371 A1	1-41

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G03F1/86(2012.01)i, G01N23/225(2006.01)i, H01L21/027(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. G03F1/86, G01N23/225, H01L21/027

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使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 請求項の番号
Y A	JP 2010-145993 A（エーエスエムエル ホールディング エヌ. ブイ.）2010.07.01, 特許請求の範囲, 段落 0 0 4 8 - 0 0 5 5, 0 0 6 4, 図 1 - 9 & US 2010/0149505 A1 & NL 2003678 A	1-6, 10-12, 19 -26, 29-31, 38 -41 7-9, 13-18, 27 , 28, 32-37

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ 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

1 2 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 4 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

新井 重雄

2 M

8 6 0 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 4

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 請求項の番号
Y A	JP 2000-346817 A (株式会社ニコン) 2000.12.15, 段落 0 0 0 8 , 0 0 0 9 , 0 0 3 7 - 0 0 3 9 , 0 0 8 3 , 図 1 & US 6545272 B1	1-6, 10-12, 19 -26, 29-31, 38 -41 7-9, 13-18, 27 , 28, 32-37
Y	JP 2007-194069 A (エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ.) 2007.08.02, 段落 0 0 3 5 - 0 0 4 0 , 図 1 - 6 , (ファミリーなし)	11, 12, 30, 31
A	JP 2007-333729 A (エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ.) 2007.12.27, 全文全図 & US 2007/0258086 A1	1-41
A	JP 2011-129908 A (エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ.) 2011.06.30, 全文全図 & US 2011/0170083 A1 & NL 2005463 A	1-41
A	JP 2010-506424 A (エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ.) 2010.02.25, 全文全図 & JP 5081247 B & US 2008/0083885 A1 & US 2009/0173360 A1 & WO 2008/044925 A2 & KR 10-2009-0057433 A & CN 101523293 A & TW 200827939 A	1-41
A	JP 2008-147337 A (キヤノン株式会社) 2008.06.26, 全文全図 (フ ァミリーなし)	1-41
A	JP 2008-147314 A (キヤノン株式会社) 2008.06.26, 全文全図 & US 2009/0020137 A1	1-41
A	JP 2006-120895 A (キヤノン株式会社) 2006.05.11, 全文全図 & US 2006/0086371 A1	1-41