

(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
2012年12月13日(13.12.2012)



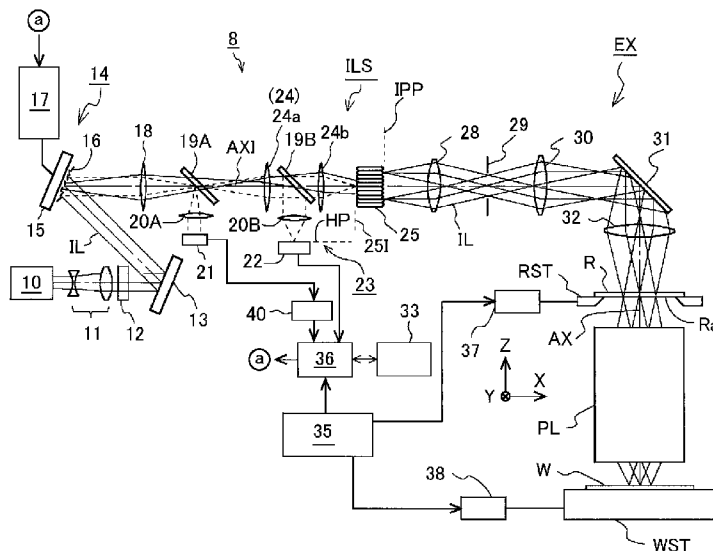
(10) 国際公開番号
WO 2012/169090 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/027 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/077730
 - (22) 国際出願日: 2011年11月30日(30.11.2011)
 - (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:
61/493,759 2011年6月6日(06.06.2011) US
 - (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 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12番1号 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者; および
 - (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 水野 恭志(MIZUNO Yasushi) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目12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2075番2-501 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.
 - (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), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: ILLUMINATION METHOD, ILLUMINATION OPTICAL DEVICE, AND EXPOSURE DEVICE

(54) 発明の名称: 照明方法、照明光学装置、及び露光装置

[図1]



(57) Abstract: This illumination method, which illuminates a reticle surface using illumination light supplied from a light source, includes: setting a drive signal for controlling the angle of reflection of incident light for a plurality of mirror elements of a spatial light modulator; illuminating the reticle surface using illumination light via the plurality of mirror elements; monitoring the integrated energy of the illumination light via an integrator sensor; and correcting the drive signal of the plurality of mirror elements on the basis of the monitoring results of the integrated energy. It is possible to suppress fluctuations in light intensity distribution when illuminating an irradiated surface using the plurality of optical elements that can control the state of incident light.

(57) 要約: 光源から供給される照明光を用いてレチクル面を照明する照明方法は、空間光変調器の複数のミラー要素に対して入射光の反射角を制御するための駆動信号を設定することと、複数のミラー要素を介した照明光でレチクル面

を照明することと、インテグレータセンサを介して照明光の積算エネルギーをモニタすることと、積算エネルギーのモニタ結果に基づいて複数のミラー要素の駆動信号を補正することとを含む。入射する光の状態を制御可能な複数の光学要素を用いて被照射面を照明する場合に、光強度分布の変動を抑制できる。

WO 2012/169090 A1

明 細 書

発明の名称：照明方法、照明光学装置、及び露光装置

技術分野

[0001] 本発明は、被照射面を照明する照明技術、その照明技術を用いる露光技術、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] 例えば半導体素子等の電子デバイス（マイクロデバイス）を製造するためのリソグラフィ工程で使用されるステッパー又はスキャニングステッパー等の露光装置は、レチクル（マスク）を様々な照明条件で、かつ均一な照度分布で照明するために照明光学装置を備えている。従来の照明光学装置は、照明条件に応じて、照明光学系の瞳面（射出瞳と共役な面）での光強度分布を円形領域、輪帯状の領域、又は複数極の領域等で強度が大きくなる分布に設定するために、交換可能な複数の回折光学素子(Diffractive Optical Element)を有する強度分布設定光学系を備えていた。

[0003] 最近では、照明光学系の瞳面上での光強度分布の形状（以下、瞳形状という。）をレチクルのパターンに応じて様々な分布に最適化できるように、傾斜角可変の多数の微小なミラー要素を有する可動マルチミラー方式の空間光変調器(spatial light modulator)を用いる強度分布設定光学系を備えた照明光学装置も提案されている（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：米国特許出願公開第2003/0038225号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来の空間光変調器を有する照明光学装置を使用して露光を継続すると、空間光変調器の多数のミラー要素を介して設定される瞳形状が次第に変動することが分かった。これは、空間光変調器の各ミラー要素の駆動機構の剛性

がこのミラー要素に対する露光用の照明光（露光光）の照射によって変化するためであると考えられる。

本発明は、このような事情に鑑み、入射する光の状態を制御可能な複数の光学要素を用いて被照射面を照明する場合に、光強度分布の変動を抑制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、光源からの光を用いて被照射面を照明する照明方法が提供される。この照明方法は、並列に配置されてそれぞれに入射する光の状態を制御可能な複数の光学要素のその入射する光の状態に対する制御量を設定することと、その複数の光学要素を介したその光源からの光でその被照射面を照明することと、その光源からの光の積算エネルギーをモニタすることと、その積算エネルギーのモニタ結果に基づいてその複数の光学要素のその制御量を補正することと、を含むものである。

[0007] また、第2の態様によれば、光源からの光を用いて被照射面を照明する照明光学装置が提供される。この照明光学装置は、その光源からの光の光路に配置されて、それぞれに入射する光の状態を制御可能な複数の光学要素を有する空間光変調器と、その光源からの光の積算エネルギーをモニタするモニタ装置と、その複数の光学要素のその入射する光の状態に対する制御量を設定するとともに、そのモニタ装置でモニタされるその積算エネルギーに基づいてその制御量を補正する制御系と、を備えるものである。

[0008] また、第3の態様によれば、露光光でパターンを照明し、その露光光でそのパターン及び投影光学系を介して基板を露光する露光装置において、本発明の照明光学装置を備え、その照明光学装置からの光をその露光光として用いる露光装置が提供される。

また、第4の態様によれば、本発明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

[0009] 本発明によれば、複数の光学要素を介して被照射面を照明するときに、光源からの光の積算エネルギーのモニタ結果に基づいて複数の光学要素の制御量を補正している。この際に、その積算エネルギーは間接的にその複数の光学要素の温度情報を表しているため、光学要素の温度が変化した場合にも、その複数の光学要素を介した光の光強度分布の変動を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第1の実施形態の露光装置の概略構成を示す図である。

[図2] (A) は図1中の空間光変調器のミラー要素アレイの一部を示す拡大斜視図、(B) は図2(A)中の一つのミラー要素の駆動機構を示す斜視図である。

[図3]変形例の瞳モニタを示す一部を切り欠いた図である。

[図4] (A) は温度が低いときのミラー要素を示す拡大図、(B) は温度が高いときのミラー要素を示す拡大図、(C) はミラー要素の温度と駆動信号と傾斜角との関係を示す図である。

[図5] (A) はミラー要素の温度が低いときの瞳形状を示す図、(B) はミラー要素の温度が高いときの瞳形状を示す図である。

[図6]積算エネルギーを求める方法の一例を示すフローチャートである。

[図7] (A) は積算エネルギーの変化の一例を示す図、(B) は図7(A)に対応する瞳形状の変化の一例を示す図である。

[図8]ミラー要素の角度補正テーブルの一例を示す図である。

[図9]照明方法を含む露光方法の一例を示すフローチャートである。

[図10]第1の実施形態における制御方法の切り替え順序の一例を示す図である。

[図11]第2の実施形態の照明方法を含む露光方法の一例を示すフローチャートである。

[図12]第2の実施形態における制御方法の切り替え順序の一例を示す図である。

[図13]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

[0011] [第1の実施形態]

本発明の第1の実施形態につき図1～図10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の概略構成を示す。露光装置EXは、一例としてスキャニングステッパー（スキャナー）よりなる走査露光型の露光装置（投影露光装置）である。図1において、露光装置EXは、露光用の照明光（露光光）ILでレチクルR（マスク）のパターン面であるレチクル面Raを照明する照明装置8を備えている。照明装置8は、照明光ILを発生する光源10と、光源10からの照明光ILでレチクル面Raを照明する照明光学系ILSと、照明制御部36と、照明制御部36に接続された記憶装置33とを備えている。さらに、露光装置EXは、レチクルRを移動するレチクルステージRSTと、レチクルRのパターンの像をウエハW（基板）の表面に投影する投影光学系PLと、ウエハWを移動するウエハステージWSTと、装置全体の動作を統括的に制御するコンピュータよりなる主制御系35と、各種制御系等とを備えている。

[0012] 以下、投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を設定し、Z軸に垂直な平面内において図1の紙面に平行な方向にX軸を、図1の紙面に垂直な方向にY軸を設定して説明する。本実施形態では、露光時のレチクルR及びウエハWの走査方向はY軸に平行な方向（Y方向）である。また、X軸、Y軸、及びZ軸に平行な軸の回りの回転方向（傾斜方向）を θ_x 方向、 θ_y 方向、及び θ_z 方向として説明する。

[0013] 光源10としては、一例として波長193nmの直線偏光のレーザ光をパルス発光するArFエキシマレーザ光源が使用されている。なお、光源10として、波長248nmのレーザ光を供給するKrFエキシマレーザ光源、又は固体レーザ光源（YAGレーザ、半導体レーザ等）から出力されるレーザ光の高調波を発生する高調波発生装置等も使用できる。

[0014] 図1において、不図示の電源部によって制御される光源10から発光され

たレーザ光よりなる直線偏光の照明光 1 L は、ビームエキスパンダ 1 1 を含む伝達光学系、偏光方向及び偏光状態を調整するための偏光光学系 1 2、及び光路折り曲げ用のミラー 1 3 を経て、空間光変調器 (S L M : spatial light modulator) 1 4 のそれぞれ直交する 2 軸の回りの傾斜角が可変の多数の微小なミラー要素 1 6 の反射面に所定の小さい入射角で斜めに入射する。空間光変調器 1 4 (以下、 S L M 1 4 という。) は、多数のミラー要素 1 6 のアレイと、各ミラー要素 1 6 を支持して駆動する駆動基板部 1 5 とを有する。各ミラー要素 1 6 の傾斜角は S L M 制御系 1 7 によって制御される。

[0015] 図 2 (A) は、 S L M 1 4 の一部を示す拡大斜視図である。図 2 (A) において、 S L M 1 4 の駆動基板部 1 5 の表面には、ほぼ Y 方向及び Z 方向に一定ピッチで近接して配列された多数のミラー要素 1 6 のアレイが支持されている。

図 2 (B) に示すように、一つのミラー要素 1 6 の駆動機構は、一例としてミラー要素 1 6 を支柱 4 1 を介して支持するヒンジ部材 4 3 と、支持基板 4 4 と、支持基板 4 4 上にヒンジ部材 4 3 を支持する 4 つの支柱部材 4 2 と、支持基板 4 4 上に形成された 4 つの電極 4 5 A、4 5 B、4 5 C、4 5 D とを備えている。この構成例では、ミラー要素 1 6 の裏面と電極 4 5 A ~ 4 5 D との間の電位差を制御して、電極間に作用する静電力を制御することで、ヒンジ部材 4 3 を介して可撓的に支持される支柱 4 1 を揺動及び傾斜させることができる。これによって、支柱 4 1 に固設されたミラー要素 1 6 の反射面の直交する 2 軸の回りの傾斜角を所定の可変範囲内で連続的に制御することができる。

[0016] このような空間光変調器としては、例えば欧州特許公開第 7 7 9 5 3 0 号明細書、米国特許第 6, 9 0 0, 9 1 5 号明細書等が開示されているものを使用可能である。なお、ミラー要素 1 6 はほぼ正方形の平面ミラーであるが、その形状は矩形等の任意の形状であってもよい。

[0017] 図 1 において、 S L M 1 4 は、照明条件に応じて、多数のミラー要素 1 6 を介して後述のフライアイレンズ 2 5 の入射面 2 5 1 に所定の光強度分布を

形成する。一例として、輪帯照明を行う場合には、SLM14は、照明光ILを反射してその入射面251に、輪帯状の領域で強度が大きくなる光強度分布を形成する。また、通常照明時には、円形の領域で強度が大きくなる光強度分布を形成し、2極又は4極照明時には、2箇所又は4箇所の領域で強度が大きくなる光強度分布を形成する。主制御系35が、照明条件の情報を照明制御部36に供給し、これに応じて照明制御部36がSLM制御系17を介してSLM14の動作を制御する。

[0018] SLM14の多数のミラー要素16で反射された照明光ILは、照明光学系ILSの光軸AX1に沿って照明光ILを平行光に変換する入射光学系18に入射する。入射光学系18は、入射面251に形成される光強度分布を入射面251と入射光学系18との間の面に形成する働きをも有する。入射光学系18を通過した照明光ILの一部がビームスプリッター19Aによって反射され、反射（分離）された光束が集光レンズ20Aを介して光電センサよりなるインテグレータセンサ21に入射する。インテグレータセンサ21の検出信号は照明装置8の一部である積算部40に供給され、積算部40は、後述のようにその検出信号を用いて照明光ILの照射エネルギーを積算した積算エネルギーを算出し、必要に応じて算出結果を照明制御部36に出力する。なお、インテグレータセンサ21に照明光ILから分離した光束を供給するためのビームスプリッター19Aは、照明光路上の任意の位置に設置することができる。

[0019] ビームスプリッター19Aを透過した照明光ILは、第1レンズ系24a及び第2レンズ系24bよりなるリレー光学系24を介してフライアイレンズ25の入射面251に入射する。フライアイレンズ25は、多数のレンズエレメントをZ方向及びY方向にほぼ密着するように配置したものであり、フライアイレンズ25の射出面が照明光学系ILSの瞳面（以下、照明瞳面という）IPP（射出瞳と共役な面）となる。フライアイレンズ25の射出面（照明瞳面IPP）には、波面分割によって多数の二次光源（光源像）よりなる面光源が形成される。

[0020] フライアイレンズ25は、多数の光学系を並列に配置したものであるため、入射面251における大局的な光強度分布がそのまま射出面である照明瞳面IPPに伝達される。言い換えると、入射面251に形成される大局的な光強度分布と、二次光源全体の大局的な光強度分布とが高い相関を示す。ここで、入射面251は照明瞳面IPPと等価な面であり、入射面251に形成される照明光ILの任意の光強度分布の形状（光強度が所定レベルとなる輪郭線で囲まれた領域の形状）がそのまま照明瞳面IPPにおける光強度分布の形状である瞳形状となる。なお、フライアイレンズ25の代わりにマイクロレンズアレイを使用してもよい。また、フライアイレンズとして、例えば米国特許第6,913,373号明細書に開示されているシリンドリカルマイクロフライアイレンズを用いてもよい。

[0021] さらに、第1レンズ24aと第2レンズ24bとの間にビームスプリッター19Bが設置され、照明光ILからビームスプリッター19Bで分岐された光束が集光レンズ20Bを介してCCD又はCMOS型の2次元の撮像素子22の受光面に入射する。撮像素子22の受光面が配置されている検出面HPは、集光レンズ20Bによって、フライアイレンズ25の入射面251と共役に設定されている。言い換えると、検出面HPは照明瞳面IPPと等価な面でもある。ビームスプリッター19B、集光レンズ20B、及び撮像素子22を含んで瞳モニタ系23が構成されている。

[0022] 撮像素子22の撮像信号を内部の処理回路で処理することによって、入射面251の光強度分布、ひいては照明瞳面IPPにおける光強度分布の形状（瞳形状）を計測できる。計測された瞳形状の情報は、必要に応じて照明制御部36に供給される。

なお、検出面HPは、入射面251と共役な面の近傍の面でもよい。この近傍の面とは、一例として、その入射面251と共役な面の入射側の屈折力を持つ光学部材（図1では集光レンズ20B）と、射出側の屈折力を持つ光学部材（図1では例えばその共役な面に対して集光レンズ20Bと対称な位置にある仮想的な光学部材）との間の空間に位置する面である。

- [0023] また、照明瞳面 I P P に形成された面光源からの照明光 I L は、第 1 リレーレンズ 2 8、レチクルブラインド（視野絞り） 2 9、第 2 リレーレンズ 3 0、光路折り曲げ用のミラー 3 1、及びコンデンサー光学系 3 2 を介して、レチクル面 R a の照明領域を均一な照度分布で照明する。ビームエキスパンダ 1 1 から S L M 1 4 までの光学部材、入射光学系 1 8、ビームスプリッター 1 9 A、集光レンズ 2 0 A、インテグレータセンサ 2 1、リレー光学系 2 4、瞳モニタ系 2 3、及びフライアイレンズ 2 5 からコンデンサー光学系 3 2 までの光学系を含んで照明光学系 I L S が構成されている。照明光学系 I L S の各光学部材は、不図示のフレームに支持されている。
- [0024] 照明光学系 I L S からの照明光 I L のもとで、レチクル R の照明領域内のパターンは、両側（又はウエハ側に片側）テレセントリックの投影光学系 P L を介して、ウエハ W の一つのショット領域の露光領域に所定の投影倍率（例えば $1/4$ 、 $1/5$ 等）で投影される。照明瞳面 I P P は、投影光学系 P L の瞳面（射出瞳と共役な面）と共役である。ウエハ W は、リシコン等の基材の表面にフォトレジスト（感光材料）を所定の厚さで塗布したものを含む。
- [0025] また、レチクル R はレチクルステージ R S T の上面に吸着保持され、レチクルステージ R S T は、不図示のレチクルベースの上面（X Y 平面に平行な面）に、Y 方向に一定速度で移動可能に、かつ少なくとも X 方向、Y 方向、及び θ_z 方向に移動可能に載置されている。レチクルステージ R S T の 2 次元的位置は不図示のレーザ干渉計によって計測され、この計測情報に基づいて主制御系 3 5 が、リニアモータ等を含む駆動系 3 7 を介してレチクルステージ R S T の位置及び速度を制御する。
- [0026] 一方、ウエハ W はウエハホルダ（不図示）を介してウエハステージ W S T の上面に吸着保持され、ウエハステージ W S T は、不図示のウエハベースの上面（X Y 平面に平行な面）で X 方向、Y 方向に移動可能であるとともに、Y 方向に一定速度で移動可能である。ウエハステージ W S T の 2 次元的位置は不図示のレーザ干渉計によって計測され、この計測情報に基づいて主制

御系35が、リニアモータ等を含む駆動系38を介してウエハステージWSTの位置及び速度を制御する。なお、レチクルR及びウエハWのアライメントを行うためのアライメント系（不図示）も備えられている。

[0027] なお、瞳モニタ系23の代わりに、或いは瞳モニタ系23に加えて、ウエハステージWSTに設けられたモニタ装置を使用してもよい。そのモニタ装置は、一例として、図3に示すように、ウエハステージWSTに固定されたケース60cと、ケース60c内に投影光学系PL側から順に支持された集光レンズ60a及びCCD又はCMOS型の2次元の撮像素子60bとを有する瞳モニタ60である。集光レンズ60aの焦点面に撮像素子60bの受光面が配置されている。瞳モニタ60を投影光学系PLの露光領域内に移動することで、撮像素子60bの受光面と図1の照明瞳面IPPとは共役（ほぼ共役でもよい）になる。この状態で、撮像素子60bの撮像信号を処理することによって、瞳形状を計測できる。計測された瞳形状の情報は図1の照明制御部36に供給される。なお、ウエハステージWSTに固定される瞳モニタ60の代わりに、ウエハステージWST又はレチクルステージRSTに設けられる着脱式の瞳モニタを使用することも可能である。

[0028] 露光装置EXによるウエハWの露光時に、主制御系35は、レチクルRのパターンに応じて照明条件（瞳形状）を選択し、選択した照明条件を照明制御部36に設定する。照明制御部36は、その照明条件に応じてSLM制御系17を介してSLM14の各ミラー要素16の2軸の回りの傾斜角を個別に制御する。続いて、ウエハステージWSTの移動（ステップ移動）によってウエハWが走査開始位置に移動する。その後、光源10の発光を開始して、レチクルRのパターンの投影光学系PLによる像でウエハWを露光しつつ、レチクルステージRST及びウエハステージWSTを介してレチクルR及びウエハWを投影倍率を速度比として同期して移動することで、ウエハWの一つの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。このようにウエハWのステップ移動と走査露光とを繰り返すステップ・アンド・スキャン動作によって、ウエハWの全部のショット領域にレチクルRのパター

ンの像が露光される。ここで、走査方向として図1におけるX方向とすることができ。

[0029] さて、このような露光を継続していくと、SLM14の多数のミラー要素16を介してフライアイレンズ25の入射面251に形成される光強度分布、ひいては照明瞳面IPPに形成される瞳形状が次第に変動することが分かった。この変動の要因につき図4(A)～(C)及び図5(A)、(B)を参照して説明する。

まず、照明瞳面IPPにおける目標とする瞳形状は、図5(A)に示すように内半径 r_1 及び外半径 r_2 の輪帯状の領域51(光強度が所定レベル以上になる領域)であるとする。このとき、露光開始直後のSLM14のあるミラー要素16の直交する2軸のうちの第1軸の回りの傾斜角を θ_{ty1} 、このミラー要素16で反射される照明光ILの反射角を ϕ_1 とする。その後、露光が継続されると、照明光ILの照射エネルギーによってミラー要素16及びその駆動機構の温度が次第に高くなり、その駆動機構(特に図2(B)のヒンジ部材43)の剛性が低下する。そのため、ミラー要素16を駆動するための駆動信号(電圧)が同じであると、図4(B)に示すように、ミラー要素16の傾斜角 θ_{ty2} は θ_{ty1} よりも大きくなり、照明光ILの反射角 ϕ_2 も ϕ_1 より大きくなる。同様に、ミラー要素16の温度の上昇によって、ミラー要素16の直交する2軸のうちの第2軸の回りの傾斜角も次第に大きくなり、反射光の反射角も大きくなる。

[0030] この結果、瞳形状は、図5(B)に示すように内半径 r_{1A} 及び外半径 r_{2A} がそれぞれ前の半径 r_1 及び r_2 よりも大きい輪帯状の領域51Aとなる。従って、露光を継続した場合に、ミラー要素16の駆動信号を同じ値に設定しておく、ミラー要素16及びその駆動機構の温度が上昇して、瞳形状が次第に大きくなることが分かる。

この場合、ミラー要素16の駆動信号DS(電圧(V))と第1軸の回りの傾斜角 θ_{ty} との関係は、ミラー要素16の温度T(以下、ミラー温度Tという。)が上昇する前の初期値 T_a のときには、図4(C)の直線C1の

ようになる。そして、ミラー温度 T が T_b , T_c と上昇するにつれて、駆動信号 DS と傾斜角 θ_{ty} との関係は、直線 C_2 及び C_3 のように傾きが大きくなる。従って、ミラー温度 T が T_a のときに直線 C_1 に沿って駆動信号 DS を DS_1 (傾斜角は θ_{ty1} とする) に設定していたとすると、ミラー温度 T が T_b , T_c に上昇すると、ミラー要素 16 の角度は θ_{ty2} , θ_{ty3} と大きくなる。従って、ミラー要素 16 の傾斜角を最初の傾斜角 θ_{ty1} に維持しておくためには、温度 T_b , T_c のときに直線 C_2 , C_3 に沿って駆動信号 DS をそれぞれ $(DS_1 - \alpha)$ 及び $(DS_1 - \beta)$ ($\beta > \alpha$) に小さくすればよい。即ち、ミラー温度 T が高くなるのに応じて駆動信号 DS を小さくすることによって、ミラー要素 16 の傾斜角の変動を抑制できる。

[0031] また、インテグレータセンサ 21 を介して計測される照明光 I_L の積算エネルギーは、間接的に $SLM14$ の全部のミラー要素 16 の平均的な温度に対応している。そこで、本実施形態では、露光中の瞳形状の変動を抑制するために、露光中に照明光 I_L の積算エネルギーの計測値に基づいて $SLM14$ の各ミラー要素 16 の駆動信号を補正する。

先ず、図 6 のフローチャートを参照して、図 1 の積算部 40 が、インテグレータセンサ 21 の検出信号から照明光 I_L の積算エネルギー E_i を求める方法の一例につき説明する。この際に、積算部 40 中の第 1 演算部では、インテグレータセンサ 21 から出力される検出信号に所定の係数 (例えばウエハ W の表面における照射エネルギーを求めるための係数) を掛けて得られる値を連続的に積算して積算値 ΣP を計算している。

[0032] そして、図 6 のステップ 152 において、積算部 40 中の第 2 演算部は、その第 1 演算部から最新の積算値 ΣP である新積算値 ΣP_{new} を読み込む。この際に、前回の計算時に使用した積算値 ΣP を旧積算値 ΣP_{old} とする。なお、今回が最初の計算である場合には、旧積算値 ΣP_{old} は新積算値 ΣP_{new} に等しい。これ以降の計算は、その第 2 演算部によって行われる。次のステップ 154 において、新積算値 ΣP_{new} と旧積算値 ΣP_{old} との差分 $\Delta 1$ ($= \Sigma P_{new} - \Sigma P_{old}$) を求める。次のステップ 156 において、差分 $\Delta 1$

が予め定められている閾値 Δ_{th} より大きいかどうかを判定する。閾値 Δ_{th} は、例えば照度むらを計測するために小さいパワーで照明光 I_L を発光する場合に、この発光で増加した積算値を無視するために、その発光で増加する積算値よりもわずかに大きく設定されている。

[0033] 差分 $\Delta 1$ が閾値 Δ_{th} より大きいときには、動作はステップ158に移行して、前回の積算エネルギー E_i の計算値 $E_{i\ pre}$ 、計算値 $E_{i\ pre}$ の関数 $f(E_{i\ pre})$ 、及び差分 $\Delta 1$ を用いて、次式から一時的な積算エネルギー $E_{i\ temp}$ を計算する。

$$E_{i\ temp} = E_{i\ pre} + \Delta 1 \times f(E_{i\ pre}) \quad \dots (1)$$

積算エネルギー E_i の飽和値 E_{sat} 及び所定の係数 k_{h1} 、 k_{h2} を用いて、関数 $f(E_{i\ pre})$ は一例として次のように定義されている。

[0034] $f(E_{i\ pre}) = k_{h1} \cdot (E_{sat} - E_{i\ pre})^{k_{h2}} \quad \dots (2)$

次のステップ160において、 $E_{i\ temp}$ と E_{sat} とを比較し、 $E_{i\ temp}$ が E_{sat} より小さいときには、ステップ162に移行して、 $E_{i\ temp}$ を今回の積算エネルギー E_i の計算値とする。また、ステップ160で、 $E_{i\ temp}$ が E_{sat} 以上であるときには、ステップ166に移行して、 $E_{i\ temp}$ の値を E_{sat} とした後、ステップ162に移行する。従って、今回の積算エネルギー E_i の計算値は E_{sat} になる。

[0035] 一方、ステップ156において、差分 $\Delta 1$ が閾値 Δ_{th} 以下のときには、動作はステップ164に移行して、前回の計算値 $E_{i\ pre}$ 及び計算値 $E_{i\ pre}$ の関数 $g(E_{i\ pre})$ を用いて、次式から一時的な積算エネルギー $E_{i\ temp}$ を計算する。

$$E_{i\ temp} = E_{i\ pre} + g(E_{i\ pre}) \quad \dots (3)$$

飽和値 E_{sat} 及び所定の係数 k_{c1} 、 k_{c2} を用いて、一例として関数 $g(E_{i\ pre})$ は次のように定義されている。なお、関数 f 及び g としては、例えば指数関数等を使用することも可能である。

[0036] $g(E_{i\ pre}) = k_{c1} \cdot E_{i\ pre}^{k_{c2}} \quad \dots (4)$

その後、ステップ162に移行して、ステップ164で計算された $E_{i\ temp}$

p を今回の積算エネルギー E_i の計算値とする。

ステップ 152～162の積算エネルギー E_i の計算は、図1の光源10の発光期間及び非発光期間を含む露光装置EXの稼働時間中に一定の時間間隔で継続的に実行される。

[0037] 図7(A)の曲線46は、図6の動作によって一定の時間間隔で計算される積算エネルギー E_i の変化の一例を示す。図7(A)において、横軸は経過時間 t であり、曲線46に沿った一連の計算点47で積算エネルギーが計算される。なお、計算点の間隔は実際の間隔よりも広く示されている。また、照明条件が輪帯照明であるとして、図5(A)の瞳形状(輪帯状の領域51A)の外半径 r_{2A} を瞳形状の半径 i_{NA} とする。このとき、図7(A)の積算エネルギー E_i に対応して、瞳形状の半径 i_{NA} は、図7(B)に示すように変化する。図7(B)において、半径 i_{NA} は、時点 t_1 で照明光ILの発光が始まって積算エネルギー E_i が増加する加熱期間に初期値 $i_{NA t}$ から次第に大きくなる。さらに、時点 t_2 で照明光ILの発光が停止されて冷却期間になると、半径 i_{NA} は、積算エネルギー E_i が減少するのに応じて次第に小さくなる。このように、積算エネルギー E_i の変化量と、瞳形状の半径 i_{NA} の変化量とはほぼ比例関係にある。

[0038] そこで、本実施形態では、例えばウエハの露光開始前に、図8に示すように、積算エネルギー E_i と、瞳形状の半径 i_{NA} を実質的に一定値に維持しておくための、SLM14の全部のミラー要素16の直交する2軸の回りの傾斜角を制御する1組の駆動信号の設定値(これを設定値BNFと呼ぶ。)と、を対応させて配列した角度補正テーブルを作成する。この角度補正テーブルは記憶装置33に記憶される。図8において、一例として、積算エネルギー E_i は、飽和値 E_{sat} から次のレベル E_{th1} までの第1段階 ($E_{th1} < E_i \leq E_{sat}$)、第2段階 ($E_{th2} < E_i \leq E_{th1}$)～第14段階 ($E_{th14} < E_i \leq E_{th13}$)、及び0からレベル E_{th14} までの第15段階 ($0 \leq E_i \leq E_{th14}$)に分かれている。一例として、境界のレベル $E_{th14} \sim E_{th1}$ は、 $0 \sim E_{sat}$ の間に等間隔に設定されている。

[0039] そして、積算エネルギー E_i が第 k 段階 ($k = 1 \sim 15$) の範囲内にあるときに、SLM 14 の全部のミラー要素 16 の傾斜角を制御する駆動信号の設定値 BNF は、それぞれ対応する 1 組の設定値 $BNF(k-1)$ となる。設定値 $BNF(k-1)$ は、例えば積算エネルギー E_i が第 k 段階の中央にあるときに瞳形状を目標とする形状にするための、各ミラー要素 16 に対する 1 組の駆動信号である。なお、積算エネルギー E_i が第 1 段階 ($E_{th1} < E_i \leq E_{sat}$) にあるときの設定値 BNF を BNF_{org} で表している。積算エネルギー E_i が第 k 段階 ($k = 1 \sim 15$) の範囲内にあるときのミラー要素 16 に対する 1 組の駆動信号の設定値 $BNF(k-1)$ は、例えば積算エネルギー E_i の実測値と瞳モニタ系 23 を用いて計測される瞳形状とを対応させることによって求めることができる。図 8 の角度補正テーブルは、照明条件に応じて定まる瞳形状 (例えば円形、輪帯状、2 極状、4 極状等の形状) に対応してそれぞれ個別に作成される。

[0040] 次に、本実施形態の露光装置 EX による照明方法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。この動作の最初の段階で図 8 の角度補正テーブルが作成される。これらの動作は主制御系 35 によって制御される。

まず、図 9 のステップ 102 において、レチクル R が図 1 のレチクルステージ RST にロードされる。次のステップ 104 において、主制御系 35 は、例えば露光データファイルからレチクル R の照明条件の情報を読み出して照明制御部 36 に出力する。照明制御部 36 は、その照明条件に応じて、SLM 制御系 17 に SLM 14 の各ミラー要素 16 の傾斜角の 1 組の初期値を設定する。一例として、照明条件は輪帯照明であるとして、ミラー要素 16 の傾斜角は図 5 (A) の瞳形状に対応させて設定される。SLM 制御系 17 は、その 1 組の傾斜角に応じて、SLM 14 の各ミラー要素 16 の駆動信号を設定する。駆動信号の情報は照明制御部 36 にも供給される。これによって、各ミラー要素 16 の傾斜角 (角度) が照明条件に応じた角度に設定される。

[0041] 次のステップ106において、ウエハステージWSTにウエハがロードされていない状態で、光源10に照明光ILを発光させる（ダミー発光）。次のステップ108で、照明制御部36は、インテグレータセンサ21に接続された積算部40から積算エネルギーE_iを取り込む。このときの積算エネルギーE_iは、図10のサンプリング点F1で取り込まれた値である。なお、図10の横軸は経過時間tであり、図10のサンプリング点D1, D2, …, D6は、照明光ILの発光が停止された状態で積算エネルギーE_iが取り込まれる点である。

[0042] 次のステップ110において、瞳モニタ系23によって入射面251における光強度分布の形状、即ち照明瞳面IPPにおける瞳形状を計測し、計測された瞳形状を照明制御部36で取り込む。なお、ステップ108及び110は実質的に同時に実行されることが好ましい。

次のステップ112において、照明制御部36は、瞳モニタ系23を介して計測された瞳形状を用いて、SLM14の各ミラー要素16の傾斜角を補正する。一例として、ステップ108で取り込まれた積算エネルギーE_iは、図8の角度補正テーブルの第11段階（E_{th11}~E_{th10}）の範囲内であるとする。このとき、瞳形状の半径iNAの計測値は、図7（B）の初期値iNA_tよりも大きくなっている。そこで、照明制御部36は、その瞳形状の半径iNAの計測値をその初期値iNA_tに合わせるように、SLM14の全部のミラー要素16の駆動信号の補正量を計算する。

[0043] 即ち、その瞳形状の半径iNAの計測値から、各ミラー要素16の駆動信号の初期値からの変動量を計算できるため、一例として、各ミラー要素16の駆動信号からその変動量を差し引いた値を、その第11段階の1組の駆動信号の設定値BNF10とする。そして、照明制御部36は、SLM制御系17にその第11段階の駆動信号の設定値BNF10を出力する。これに応じて、各ミラー要素16の傾斜角は、設定値BNF10に応じた角度に補正される。

[0044] 次のステップ114において、照明制御部36は、ステップ112で作成

された第11段階の設定値BNF10に加えて、他の段階の設定値BNF_{org} ~BNF9, BNF11~BNF14を求めることによって、図8の角度補正テーブルを作成する。一例として、各ミラー要素16の傾斜角は積算エネルギーE_iにほぼ比例して変化するものとする。そして、その設定値BNF10を基準として、積算エネルギーE_iがその第11段階以外の第1段階~第10段階、及び第12段階~第15段階になったときに、それぞれ瞳形状の半径iNAを初期値iNA_tに設定するための、各ミラー要素16の1組の駆動信号の設定値BNF_{org} ~BNF9及びBNF11~BNF14を計算する。このようにして作成された図8の角度補正テーブルは、記憶装置33に記憶される。

[0045] この場合、例えばそれまでの露光工程で角度補正テーブルが作成されているときには、ステップ114ではその角度補正テーブルのキャリブレーション（校正）が行われる。

次のステップ116で、ウエハステージWSTに例えば1ロットの先頭のフォトレジストが塗布されたウエハWがロードされる。次のステップ118において、照明制御部36は積算部40から積算エネルギーE_iを取り込む。この積算エネルギーE_iは、図10のサンプリング点B1で取り込まれる値である。この値は例えば図8の第13段階（E_{th13}~E_{th12}）の範囲内であるとする。次のステップ120において、照明制御部36は、ステップ114で作成した角度補正テーブル中で、その第13段階の積算エネルギーE_iに対応する傾斜角の設定値BNF12を読み出し、この設定値BNF12をSLM制御系17に出力する。SLM制御系17は、その設定値BNF12の駆動信号でSLM14の各ミラー要素16を駆動する。これによって、各ミラー要素16の傾斜角は瞳形状の半径iNAが初期値iNA_tに維持されるように設定される。

[0046] この場合、各ミラー要素16の傾斜角を設定するための駆動信号は積算エネルギーE_iの計測値に応じて補正されたことになる。このように、積算エネルギーE_iの計測値が間接的に各ミラー要素16の温度を表しているとみ

なして、積算エネルギー E_i に応じて各ミラー要素 16 の傾斜角を設定する駆動信号を補正することを、各ミラー要素 16 の駆動信号の予測制御と呼ぶ。

[0047] 次のステップ 122 で、光源 10 からの照明光 I_L の発光が開始され、ステップ 124 で、照明光 I_L のもとで、ステップ・アンド・スキャン方式でウエハ W の各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。次に、照明光 I_L の発光が停止され（ステップ 126）、ウエハ W がアンロードされる（ステップ 128）。

次のステップ 130 で、未露光のウエハが残っている場合にはステップ 132 に移行して、積算エネルギー E_i を取り込み、積算エネルギー E_i が飽和値 E_{sat} より小さいかどうかを判定する。積算エネルギー E_i が飽和値 E_{sat} より小さいときには、動作はステップ 116 に移行して、次のウエハがウエハステージ WST にロードされる。次のステップ 118 及び 120 において、図 10 のサンプリング点 B_2 で取り込まれた積算エネルギー E_i を用いて、予測制御によって $SLM14$ の各ミラー要素 16 の駆動信号が図 8 の角度補正テーブルのいずれかの設定値 $BNF(k-1)$ に設定される。そして、ステップ 122 ~ 128 で、ウエハが露光される。この後、図 10 のサンプリング点 B_3 まで、ステップ 116 ~ 128 が繰り返されて次の複数枚のウエハに対する露光が行われる。

[0048] その後、ステップ 132 で、積算エネルギー E_i が飽和値 E_{sat} に達すると、ステップ 134 に移行して、積算エネルギー E_i が飽和値 E_{sat} よりも所定量だけ低下するまで待機する。その後、積算エネルギー E_i が飽和値 E_{sat} より小さくなったときには、動作はステップ 116 に戻り、図 10 のサンプリング点 B_4 で取り込まれた積算エネルギー E_i を用いて、予測制御によって $SLM14$ の各ミラー要素 16 の傾斜角が設定されて、ウエハが露光される。

[0049] 以下、図 10 のサンプリング点 B_5 まで、サンプリング点 B_6 ~ B_7 まで、及びサンプリング点 B_8 ~ B_9 まで、それぞれ取り込まれた積算エネルギー

—E_iに基づいて予測制御によってSLM14の各ミラー要素16の駆動信号（傾斜角）が設定されて、ウエハが露光される。その後、ステップ130において、未露光のウエハがなくなると、1ロットのウエハに対する露光が終了する。そして、積算エネルギーE_iは、図10のサンプリング点D6以降の冷却期間で次第に小さくなる。

[0050] この照明方法を含む露光方法によれば、照明光ILの積算エネルギーE_iがSLM14の各ミラー要素16の平均温度にほぼ対応しているとみなして、その積算エネルギーE_iの計測値に基づいて、瞳形状が目標とする形状（照明条件に応じた形状）に維持されるように、SLM14の各ミラー要素16の駆動信号を補正している。従って、露光を継続して、各ミラー要素16の温度が次第に変化しても、照明瞳面IPPにおける瞳形状が常にほぼ目標とする形状に維持される。このため、常にレチクルRのパターンの像を高精度に1ロットのウエハの各ショット領域に露光できる。

[0051] 上述のように本実施形態の照明装置8は照明光学系ILSを備え、照明装置8は光源10からの照明光ILでレチクル面Raを照明する。また、照明装置8は、照明光ILの光路に配置されて、それぞれに入射する光の反射角を制御可能な複数のミラー要素16を有するSLM14と、照明光ILの積算エネルギーをモニタするインテグレータセンサ21及び積算部40と、複数のミラー要素16の入射光の反射角を設定するための駆動信号（制御量）を設定するとともに、積算部40から取り込まれる積算エネルギーに基づいてその駆動信号を補正する照明制御部36とを備えている。

[0052] また、照明装置8を用いる照明方法は、光源10から供給される照明光ILを用いてレチクル面Raを照明する照明方法である。この照明方法は、空間光変調器14の複数のミラー要素16に対して入射光の反射角を制御するための駆動信号を設定するステップ104と、複数のミラー要素16を介した照明光ILでレチクル面Raを照明するステップ124と、インテグレータセンサ21を介して照明光ILの積算エネルギーをモニタするステップ118と、積算エネルギーのモニタ結果に基づいて複数のミラー要素16の駆

動信号を補正するステップ120と、を含んでいる。

[0053] 本実施形態によれば、複数のミラー要素16を介してレチクル面Raを照明するとき、照明光ILの積算エネルギーのモニタ結果に基づいて複数のミラー要素16の駆動信号を補正している。この際に、その積算エネルギーは間接的にその複数のミラー要素16の温度情報を表しているため、ミラー要素16の温度が変化した場合にも、ミラー要素16の傾斜角をほぼ目標とする傾斜角に維持できる。従って、照明光学系ILSのフライアイレンズ25の入射面251における照明光ILの光強度分布をほぼ一定に維持することができ、この結果、照明瞳面IPPにおける瞳形状の変動を抑制できる。

[0054] また、本実施形態の露光装置EXは、露光用の照明光ILでレチクルRのパターンを照明し、照明光ILでそのパターン及び投影光学系PLを介してウエハWを露光する露光装置において、照明装置8を備え、照明装置8からの照明光を照明光ILとして使用している。この露光装置EXによれば、露光を継続して行っても瞳形状がほぼ目標とする形状に維持されるため、レチクルRのパターンの像を常に高精度にウエハWに露光できる。

[0055] なお、本実施形態では、ステップ110で瞳モニタ系23を用いて瞳形状を計測している。例えばウエハステージWST側に図3の瞳モニタ60が設けられている場合には、ステップ110で瞳モニタ60を用いて瞳形状を計測してもよい。この場合には、照明光学系ILS中の瞳モニタ系23を省略することができる。

なお、ステップ114で角度補正テーブルを作成する際に、瞳モニタ系23（又は瞳モニタ60）で計測される瞳形状を用いることなく、予め空間光変調器単体で求めてあるミラー要素の温度と傾斜角との関係を用いてもよい。

[0056] [第2の実施形態]

次に、本発明の第2の実施形態につき図11及び図12を参照して説明する。本実施形態でも図1の露光装置EXを使用するが、SLM14のミラー要素16の温度変化による瞳形状の変動を抑制するために、主に瞳モニタ系

23で実質的にリアルタイムに計測される瞳形状を用いる点が異なっている。本実施形態の露光装置EXによる照明方法を含む露光方法の一例につき、図11のフローチャートを参照して説明する。なお、図11内で図9のフローチャートに対応するステップには同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。また、図12において、図10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。この動作も主制御系35によって制御される。

[0057] 先ず、図11のステップ102から114が実行されて、図8の角度補正テーブルが作成される。次のステップ116で、ウエハステージWSTに例えば1ロットの先頭のフォトレジストが塗布されたウエハWがロードされる。次のステップ140において、瞳モニタ系23で直前に計測された瞳形状の計測データがあるかどうかを判定する。この段階では、照明光ILの発光が停止されており、その計測データがないため、動作はステップ118に移行する。そして、照明制御部36は積算部40から積算エネルギーE_iを取り込む。この積算エネルギーE_iは、図12のサンプリング点B1で取り込まれる値である。次のステップ120において、照明制御部36は、ステップ114で作成した角度補正テーブル中で、その積算エネルギーE_iに対応する傾斜角の設定値(BNFのいずれか)を読み出し、この設定値をSLM制御系17に出力する。SLM制御系17は、その設定値の駆動信号でSLM14の各ミラー要素16を駆動する。この予測制御によって、各ミラー要素16の駆動信号は、瞳形状の半径iNAを初期値iNA_tに維持するように設定される。

[0058] その後、動作はステップ122に移行して、照明光ILの発光が行われ、次のステップ124でウエハWが露光される。このウエハWの露光とほぼ並行してステップ146において、瞳モニタ系23によって検出面HPにおける光強度分布、ひいては照明瞳面IPPにおける瞳形状が計測される。次に、照明光ILの発光が停止され(ステップ126)、ウエハWがアンロードされる(ステップ128)。

- [0059] 次のステップ130で、未露光のウエハが残っている場合にはステップ132に移行して、積算エネルギー E_i を取り込み、積算エネルギー E_i が飽和値 E_{sat} より小さいかどうかを判定する。積算エネルギー E_i が飽和値 E_{sat} より小さいときには、動作はステップ116に移行して、次のウエハがウエハステージ WST にロードされる。次のステップ140では、直前の瞳形状の計測データがあるため、動作はステップ142に移行する。この段階は図12のサンプリング点 R_1 に対応している。
- [0060] ステップ142において、照明制御部36は、瞳モニタ系23から取り込んだ瞳形状（計測データ）と目標とする瞳形状とを比較し、その相違（例えば光強度の差分の自乗和）が許容範囲内かどうかを判定する。その相違が許容範囲内である場合には、ステップ122に移行して、照明光 IL の発光及びウエハ W の露光等が行われる。一方、ステップ142において、瞳形状（計測データ）と目標とする瞳形状との相違が許容範囲内でない場合には、動作はステップ144に移行して、照明制御部36は、瞳形状が目標とする形状に合致するように、 SLM 制御系17を介して各ミラー要素16の駆動信号を補正して、各ミラー要素16の傾斜角を補正する。このように実質的にリアルタイムで瞳モニタ系23によって計測される瞳形状に基づいて、ミラー要素16の駆動信号を補正することをリアルタイム制御と呼ぶ。その後、動作はステップ122に移行して、照明光 IL の発光及びウエハ W の露光等が行われる。
- [0061] 以下、図12のサンプリング点 R_2 まで、リアルタイム制御によって SLM 14の各ミラー要素16の駆動信号（傾斜角）が設定（補正）されて、ウエハが露光される。また、次の冷却期間後のサンプリング点 B_4 、 B_6 、 B_8 では、インテグレータセンサ21を介して計測される積算エネルギー E_i を用いて予測制御によって、 SLM 14の各ミラー要素16の駆動信号（傾斜角）が設定（補正）されて、ウエハが露光される。
- [0062] また、サンプリング点 B_4 等続くサンプリング点 $R_3 \sim R_4$ 、 $R_5 \sim R_6$ 、 $R_7 \sim R_8$ では、それぞれリアルタイム制御によって SLM 14の各ミ

ラー要素16の駆動信号（傾斜角）が設定（補正）されて、ウエハが露光される。その後、ステップ130において、未露光のウエハがなくなると、1ロットのウエハに対する露光が終了する。

この照明方法を含む露光方法によれば、瞳モニタ系23による瞳形状の直前の計測データがないときには、照明光ILの積算エネルギーE_iに基づいて予測制御によってSLM14の各ミラー要素16の駆動信号を補正している。また、瞳モニタ系23による瞳形状の直前の計測データがあるときには、その計測データに基づいてリアルタイム制御によってSLM14の各ミラー要素16の駆動信号を補正している。従って、露光を継続して、各ミラー要素16の温度が次第に変化しても、照明瞳面IPPにおける瞳形状が常にほぼ目標とする形状に維持される。この結果、常にレチクルRのパターンの像を高精度に1ロットのウエハの各ショット領域に露光できる。

[0063] なお、上記の各実施形態では、入射面251又は照明瞳面IPPにおける光強度分布（光量分布）を設定するために複数のミラー要素16の直交する2軸の回りの傾斜角を制御可能なSLM14が使用されている。しかしながら、SLM14の代わりに、それぞれ反射面の法線方向の位置が制御可能な複数のミラー要素のアレイを有する空間光変調器を使用する場合にも、本発明が適用可能である。このような空間光変調器としては、たとえば米国特許第5,312,513号明細書、並びに米国特許第6,885,493号明細書の図1dに開示される空間光変調器を用いることができる。これらの空間光変調器では、二次元的な高さ分布を形成することで回折面と同様の作用を入射光に与えることができる。なお、上述した二次元的に配列された複数の反射面を持つ空間光変調器を、たとえば米国特許第6,891,655号明細書や、米国特許公開第2005/0095749号明細書の開示に従って変形しても良い。さらに、SLM14の代わりに、例えばそれぞれ入射する光の状態（反射角、屈折角、透過率等）を制御可能な複数の光学要素を備える任意の光変調器を使用する場合にも、本発明が適用可能である。

[0064] また、上記の実施形態ではオプティカルインテグレータとして図1の波面

分割型のインテグレータであるフライアイレンズ25が使用されている。しかしながら、オプティカルインテグレータとしては、内面反射型のオプティカルインテグレータとしてのロッド型インテグレータを用いることもできる。

[0065] また、上述の実施形態において、露光装置の投影光学系は縮小系のみならず等倍及び拡大系のいずれでも良いし、投影光学系は屈折系のみならず、反射系及び反射屈折系のいずれでも良いし、この投影像は倒立像及び正立像のいずれでも良い。

また、例えば国際公開第2001/035168号パンフレットに開示されているように、干渉縞をウエハW上に形成することによって、ウエハW上にライン・アンド・スペースパターンを形成する露光装置（リソグラフィシステム）に適用することができる。

さらに、例えば米国特許第6,611,316号明細書に開示されているように、2つのレチクルパターンを、投影光学系を介してウエハ上で合成し、1回のスキャン露光によってウエハ上の1つのショット領域をほぼ同時に二重露光する露光装置に適用することができる。

[0066] なお、上記実施形態でパターンを形成すべき物体（エネルギービームが照射される露光対象の物体）はウエハに限られるものでなく、ガラスプレート、セラミック基板、フィルム部材、あるいはマスクブランクスなど他の物体でも良い。

また、上記実施形態において、米国特許出願公開第2006/0170901号明細書、米国特許出願公開第2007/0146676号明細書に開示される、いわゆる偏光照明方法を適用することも可能である。

また、上述の実施形態では、露光装置においてマスク（またはウエハ）を照明する照明光学系に対して本発明を適用しているが、これに限定されることなく、マスク（またはウエハ）以外の被照射面を照明する一般的な照明光学系に対して本発明を適用することもできる。

[0067] また、上記の実施形態の露光装置EX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13に示すように、デバイスの機能・性能設計を行うステップ221、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222、デバイスの基材である基板（ウエハ）を製造するステップ223、前述した実施形態の露光装置E X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224、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）225、並びに検査ステップ226等を経て製造される。

[0068] 言い換えると、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E X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。

[0069] このデバイス製造方法によれば、露光装置E Xの瞳形状の変動を防止して、レチクルのパターンの像を常に高精度にウエハに露光できるため、電子デバイスを高精度に製造できる。

なお、本発明は、例えば米国特許出願公開第2007/242247号明細書、又は欧州特許出願公開第1420298号明細書等に開示されている液浸型露光装置にも適用できる。さらに、本発明は、コンデンサー光学系を使用しない照明光学装置にも適用可能である。さらに、本発明は、投影光学系を用いないプロキシミティ方式等の露光装置にも適用することができる。

[0070] 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。

[0071] このように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。また、本願に記載した上記公報、各国際公開パンフレット、米国特許、又は米国特許出願公開明細書における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

また、明細書、特許請求の範囲、図面、及び要約を含む2010年6月6日付け提出の米国特許出願第61/493,759号の全ての開示内容は、そっくりそのまま引用して本願に組み込まれている。

[0072] また、米国特許法第112条（35 U. S. C. § 112）を満足するために必要とされる詳細において本特許出願において説明しかつ例示した「表題」の実施形態の特定の態様は、上述の実施形態の態様のあらゆる上述の目的、及び上述の実施形態の態様により又はその目的のあらゆる他の理由で又はその目的のために解決すべき問題を完全に達成することができるが、請求した内容の上述の実施形態のここで説明した態様は、請求した内容によって広く考察された内容を単に例示しかつ代表することは、当業者によって理解されるものとする。実施形態のここで説明しかつ主張する態様の範囲は、本明細書の教示内容に基づいて当業者に現在明らかであると考えられるか又は明らかになると考えられる他の実施形態を漏れなく包含するものである。本発明の「表題」の範囲は、単独にかつ完全に特許請求の範囲によってのみ限定され、いかなるものも特許請求の範囲の詳細説明を超えるものではない。単数形でのこのような請求項における要素への言及は、解釈において、明示的に説明していない限り、このような要素が「1つ及び1つのみ」であることを意味するように意図しておらず、かつ意味しないものとし、「1つ又はそれよりも多い」を意味する意図とし、かつ意味するものとする。当業者に公知か又は後で公知になる実施形態の上述の態様の要素のいずれかに対する全ての構造的及び機能的均等物は、引用により本明細書に明示的に組み込まれると共に、特許請求の範囲によって包含されるように意図されている。本

明細書及び／又は本出願の請求項に使用され、かつ本明細書及び／又は本出願の請求項に明示的に意味を与えられたあらゆる用語は、このような用語に関するあらゆる辞書上の意味又は他の一般的に使用される意味によらず、その意味を有するものとする。実施形態のいずれかの態様として本明細書で説明した装置又は方法は、それが特許請求の範囲によって包含されるように本出願において開示する実施形態の態様によって解決するように求められる各及び全て問題に対処することを意図しておらず、また必要でもない。本発明の開示内容におけるいかなる要素、構成要素、又は方法段階も、その要素、構成要素、又は方法段階が特許請求の範囲において明示的に詳細に説明されているか否かに関係なく、一般大衆に捧げられることを意図したものではない。特許請求の範囲におけるいかなる請求項の要素も、その要素が「～のための手段」という語句を使用して明示的に列挙されるか又は方法の請求項の場合にはその要素が「作用」ではなく「段階」として列挙されていない限り、「35 U. S. C. § 112」第6項の規定に基づいて解釈されないものとする。

[0073] 米国の特許法（35 U. S. C.）の準拠において、本出願人は、本出願の明細書に添付されたあらゆるそれぞれの請求項、一部の 경우에는 1つの請求項だけにおいて説明した各発明の少なくとも1つの権能付与的かつ作用する実施形態を開示したことが当業者によって理解されるであろう。本出願人は、開示内容の実施形態の態様／特徴／要素、開示内容の実施形態の作用、又は開示内容の実施形態の機能を定義し、及び／又は開示内容の実施形態の態様／特徴／要素のあらゆる他の定義を説明する際に、随時又は本出願を通して、定義的な動詞（例えば、「is」、「are」、「does」、「has」、又は「include」など）、及び／又は他の定義的な動詞（例えば、「生成する」、「引き起こす」、「サンプリングする」、「読み取る」、又は「知らせる」など）、及び／又は動名詞（例えば、「生成すること」、「使用すること」、「取ること」、「保つこと」、「製造すること」、「判断すること」、「測定すること」、又は「計算すること」など）を使用

した。あらゆるこのような定義的語又は語句などが、本明細書で開示する1つ又はそれよりも多くの実施形態のいずれかの態様／特徴／要素、すなわち、あらゆる特徴、要素、システム、サブシステム、処理、又はアルゴリズムの段階、特定の材料などを説明するのに使用されている場合は、常に、本出願人が発明しかつ請求したものに関する本発明の範囲を解釈するために、以下の制限的語句、すなわち、「例示的に」、「例えば」、「一例として」、「例示的に単に」、「例示的にのみ」などの1つ又はそれよりも多く又は全てが先行し、及び／又は語句「することができる」、「する可能性がある」、「かもしれない」、及び「することができるであろう」などのいずれか1つ又はそれよりも多く又は全てを含むと読むべきである。全てのこのような特徴、要素、段階、及び材料などは、たとえ特許法の要件の準拠において本出願人が特許請求した内容の実施形態又はいずれかの実施形態のあらゆるそのような態様／特徴／要素の単一の権能付与的な実施例だけを開示したとしても、1つ又はそれよりも多くの開示した実施形態の単に可能な態様として説明されており、いずれかの実施形態のいずれか1つ又はそれよりも多くの態様／特徴／要素の唯一の可能な実施、及び／又は特許請求した内容の唯一の可能な実施形態として説明していないと考えるべきである。本出願又は本出願の実施において、特許請求の範囲のあらゆる開示する実施形態又はあらゆる特定の発明の開示する実施形態の特定の態様／特徴／要素が、特許請求の範囲の内容又はあらゆるそのような特許請求の範囲に説明されるあらゆる態様／特徴／要素を実行する1つ及び唯一の方法になると本出願人が考えていることを明示的かつ具体的に特に示さない限り、本出願人は、本特許出願の特許請求の範囲の内容のあらゆる開示する実施形態のあらゆる開示した態様／特徴／要素又は実施形態全体のあらゆる説明が、特許請求の範囲の内容又はそのあらゆる態様／特徴／要素を実行するそのような1つ及び唯一の方法であり、従って、特許請求の範囲の内容の他の可能な実施例と共にあらゆるそのように開示した実施例を包含するのに十分に広範囲にわたるものであるあらゆる特許請求の範囲をこのような開示した実施形態のそのよう

な態様／特徴／要素又はそのような開示した実施形態に限定するように解釈されることを意図していない。本出願人は、1つ又は複数の親請求項に説明した特許請求の範囲の内容又は直接又は間接的に従属する請求項のあらゆる態様／特徴／要素、段階のようなあらゆる詳細と共にいずれかの請求項に従属する従属請求項を有するあらゆる請求項は、親請求項の説明事項が、他の実施例と共に従属請求項内に更なる詳細を包含するのに十分に広範囲にわたるものであること、及び更なる詳細が、あらゆるこのような親請求項で請求する態様／特徴／要素を実行し、従って従属請求項の更なる詳細を親請求項に取り込むことによって含むあらゆるこのような親請求項のより幅広い態様／特徴／要素の範囲をいかなる点においても制限するいずれかの従属請求項に説明されるいずれかのこのような態様／特徴／要素の更なる詳細に限られる唯一の方法ではないことを意味するように解釈されるべきであることを具体的、明示的、かつ明解に意図するものである。

符号の説明

[0074] E X…露光装置、 I L S…照明光学系、 R…レチクル、 P L…投影光学系、 W…ウエハ、 I P P…照明瞳面、 8…照明装置、 1 0…光源、 1 4…空間光変調器（ S L M ）、 1 6…ミラー要素、 2 1…インテグレータセンサ、 2 3…瞳モニタ系、 2 5…フライアイレンズ、 3 6…照明制御部

請求の範囲

- [請求項1] 光源からの光を用いて被照射面を照明する照明方法において、
並列に配置されてそれぞれに入射する光の状態を制御可能な複数の光学要素の前記入射する光の状態に対する制御量を設定することと、
前記複数の光学要素を介した前記光源からの光で前記被照射面を照明することと、
前記光源からの光の積算エネルギーをモニタすることと、
前記積算エネルギーのモニタ結果に基づいて前記複数の光学要素の前記制御量を補正することと、
を含む照明方法。
- [請求項2] 前記被照射面とは異なる面又は前記被照射面と共役な面とは異なる面で前記複数の光学要素を通過した光の強度分布を検出することを含み、
前記複数の光学要素の前記制御量を補正することは、前記積算エネルギーのモニタ結果及び前記強度分布の検出結果に基づいて前記制御量を補正することを含む請求項1に記載の照明方法。
- [請求項3] 前記複数の光学要素を通過した光の強度分布を検出することは、
前記複数の光学要素からの光を前記被照射面に導く光学系の射出瞳と共役な面と等価な面又はこの近傍の面で前記複数の光学要素を通過した光の強度分布を検出することを含む請求項2に記載の照明方法。
- [請求項4] 前記積算エネルギーと、前記被照射面とは異なる面又は前記被照射面と共役な面とは異なる面である検出面における前記複数の光学要素を通過した光の強度分布との対応関係を求めることと、
前記対応関係に基づいて前記積算エネルギーと前記複数の光学要素の前記制御量の補正量とを対応させて制御テーブルとして記憶しておくことと、を含み、
前記複数の光学要素の前記制御量を補正するときに前記制御テーブルを用いる請求項1～3のいずれか一項に記載の照明方法。

- [請求項5] 前記被照射面は、基板ステージに保持された基板に転写されるパターンが形成されたパターン形成面であり、
前記対応関係を求めるときに、前記基板ステージ側の前記検出面で前記強度分布を検出する請求項4に記載の照明方法。
- [請求項6] 前記光学要素は入射する光を反射する反射面を有する反射要素であり、
前記光学要素の前記入射する光の状態に対する制御量は、前記反射面の法線方向の位置及び傾斜角の少なくとも一方を設定するための駆動信号である請求項1～5のいずれか一項に記載の照明方法。
- [請求項7] 光源からの光を用いて被照射面を照明する照明光学装置において、
前記光源からの光の光路に配置されて、それぞれに入射する光の状態を制御可能な複数の光学要素を有する空間光変調器と、
前記光源からの光の積算エネルギーをモニタするモニタ装置と、
前記複数の光学要素の前記入射する光の状態に対する制御量を設定するとともに、前記モニタ装置でモニタされる前記積算エネルギーに基づいて前記制御量を補正する制御系と、
を備える照明光学装置。
- [請求項8] 前記被照射面とは異なる面又は前記被照射面と共役な面とは異なる面で前記複数の光学要素を通過した光の強度分布を検出する検出装置を備え、
前記制御系は、前記モニタ装置でモニタされる前記積算エネルギー及び前記検出装置で検出される前記強度分布に基づいて前記制御量を補正する請求項7に記載の照明光学装置。
- [請求項9] 前記検出装置は、前記照明光学装置の射出瞳と共役な面と等価な面又はこの近傍の面で前記複数の光学要素を通過した光の強度分布を検出する請求項8に記載の照明光学装置。
- [請求項10] 前記積算エネルギーと前記複数の光学要素の前記制御量の補正量とを対応させた制御テーブルを記憶する記憶装置を備え、

前記制御系は、前記複数の光学要素の前記制御量を補正するときに前記制御テーブルを用いる請求項 7～9 のいずれか一項に記載の照明光学装置。

[請求項11] 前記被照射面は、基板ステージに保持された基板に転写されるパターンが形成されたパターン形成面であり、

前記検出装置は前記基板ステージに設けられる請求項 8 又は 9 に記載の照明光学装置。

[請求項12] 前記光学要素は入射する光を反射する反射面を有する反射要素であり、

前記光学要素の前記入射する光の状態に対する制御量は、前記反射面の法線方向の位置及び傾斜角の少なくとも一方を設定するための駆動信号である請求項 7～11 のいずれか一項に記載の照明光学装置。

[請求項13] 前記空間光変調器は、前記照明光学装置の照明光路における所定の位置に光強度分布を形成する光学系の一部であり、

前記空間光変調器からの光より前記光強度分布と等価な光強度分布を持つ面光源を形成する面光源形成光学系を備える請求項 7～12 のいずれか一項に記載の照明光学装置。

[請求項14] 露光光でパターンを照明し、前記露光光で前記パターン及び投影光学系を介して基板を露光する露光装置において、

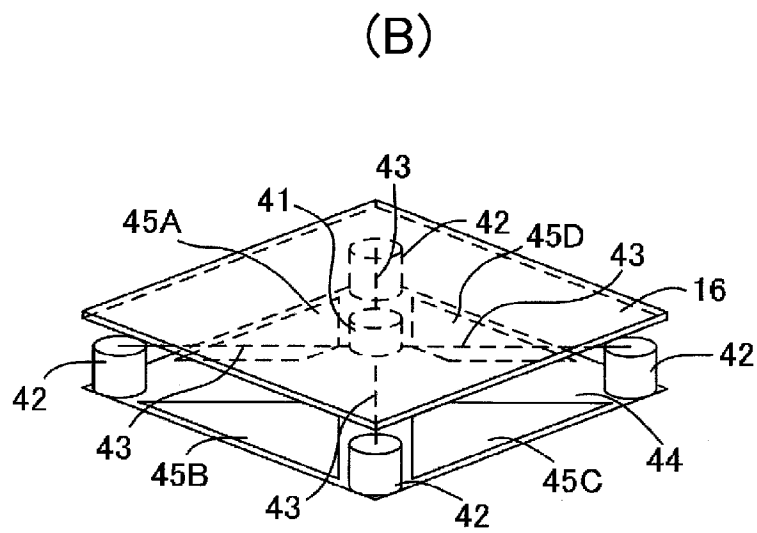
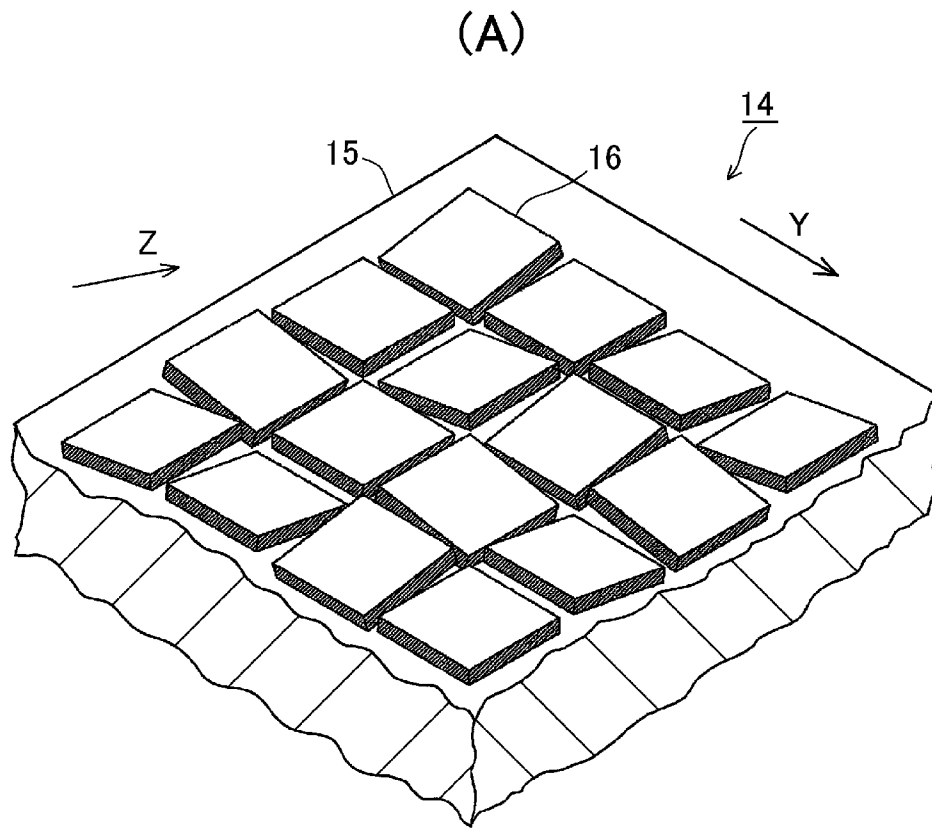
請求項 7～13 のいずれか一項に記載の照明光学装置を備え、

前記照明光学装置からの光を前記露光光として用いる露光装置。

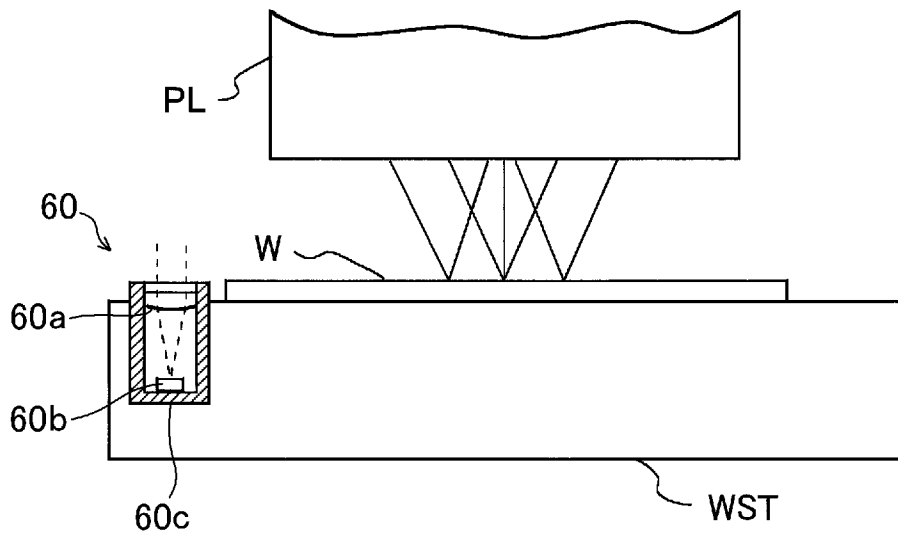
[請求項15] 請求項 14 に記載の露光装置を用いて基板上に感光層のパターンを形成することと、

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。

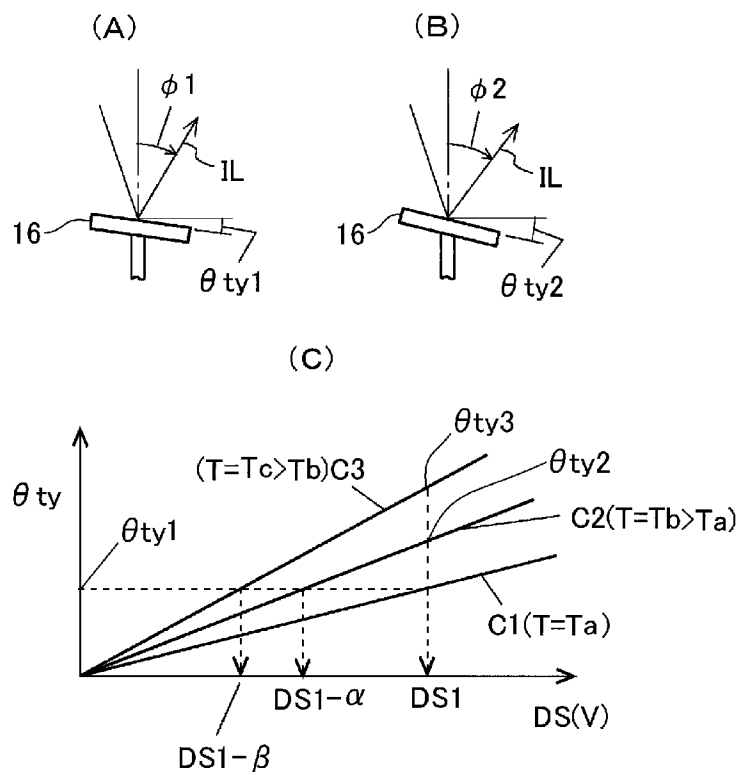
[図2]



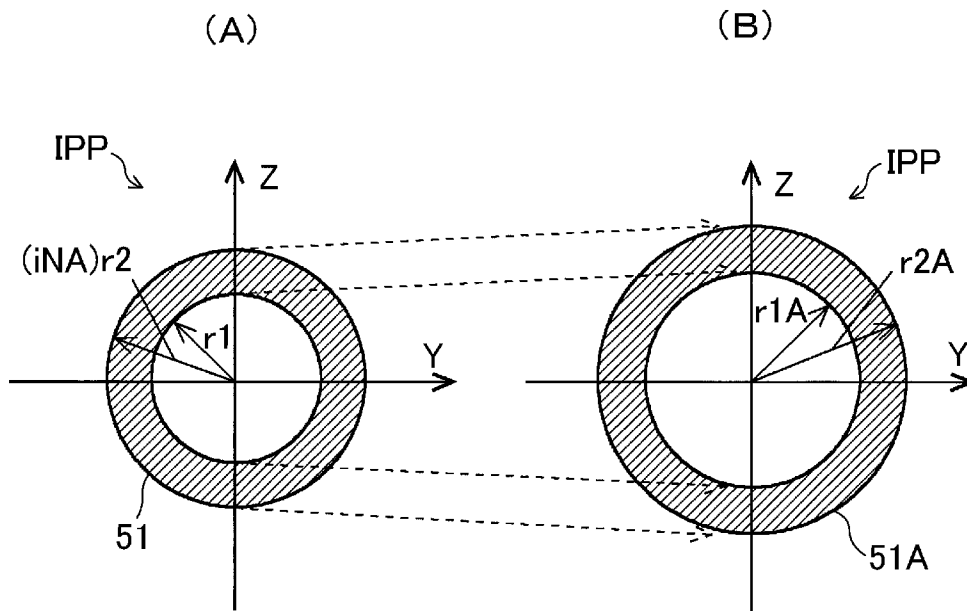
[図3]



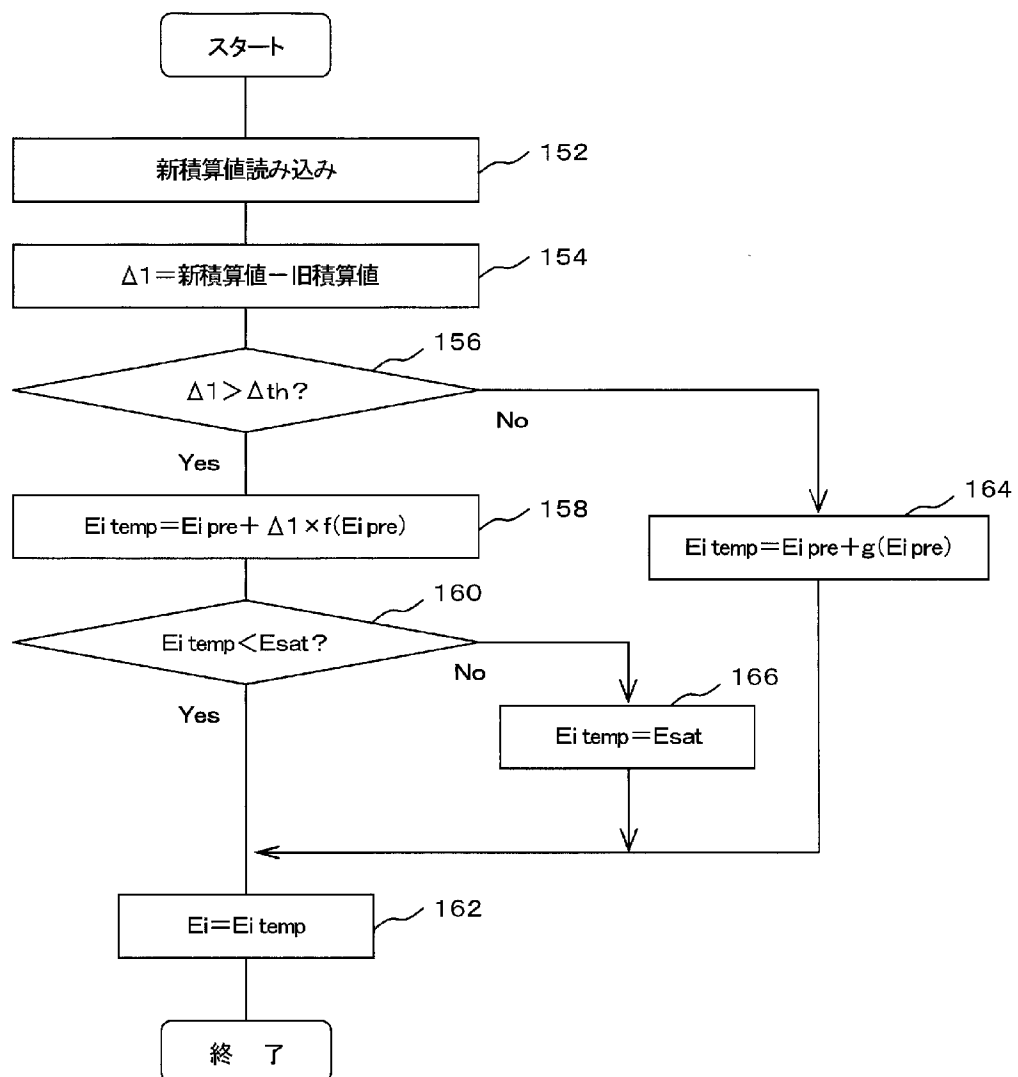
[図4]



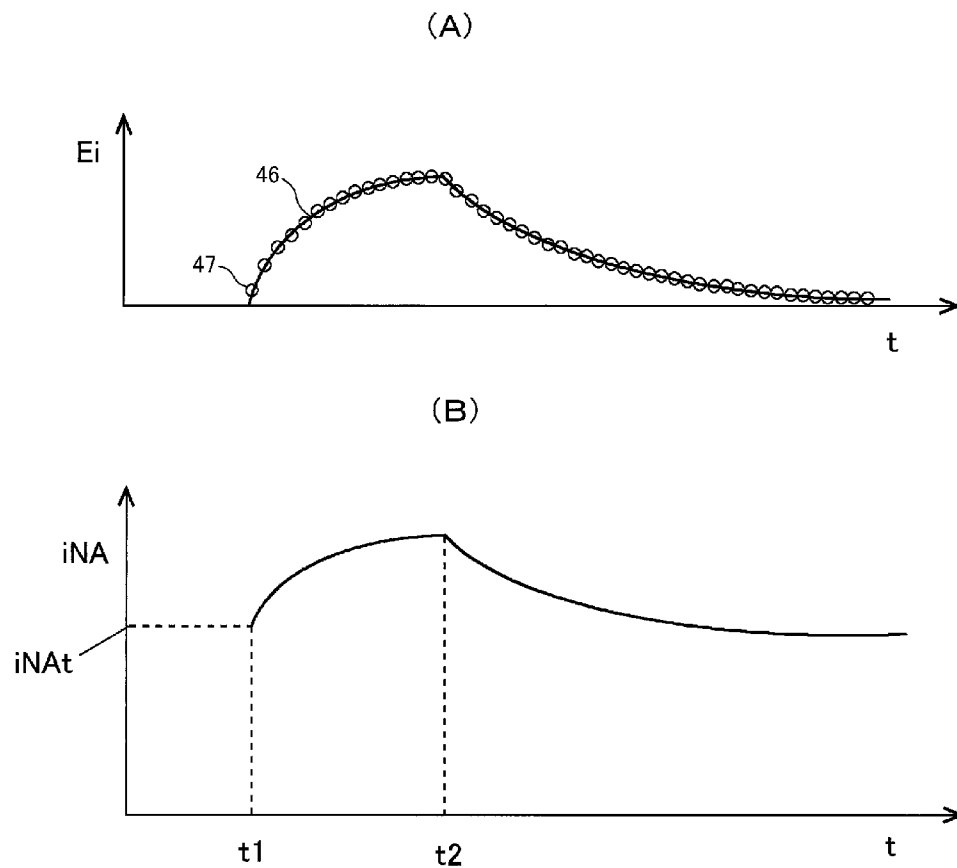
[図5]



[図6]



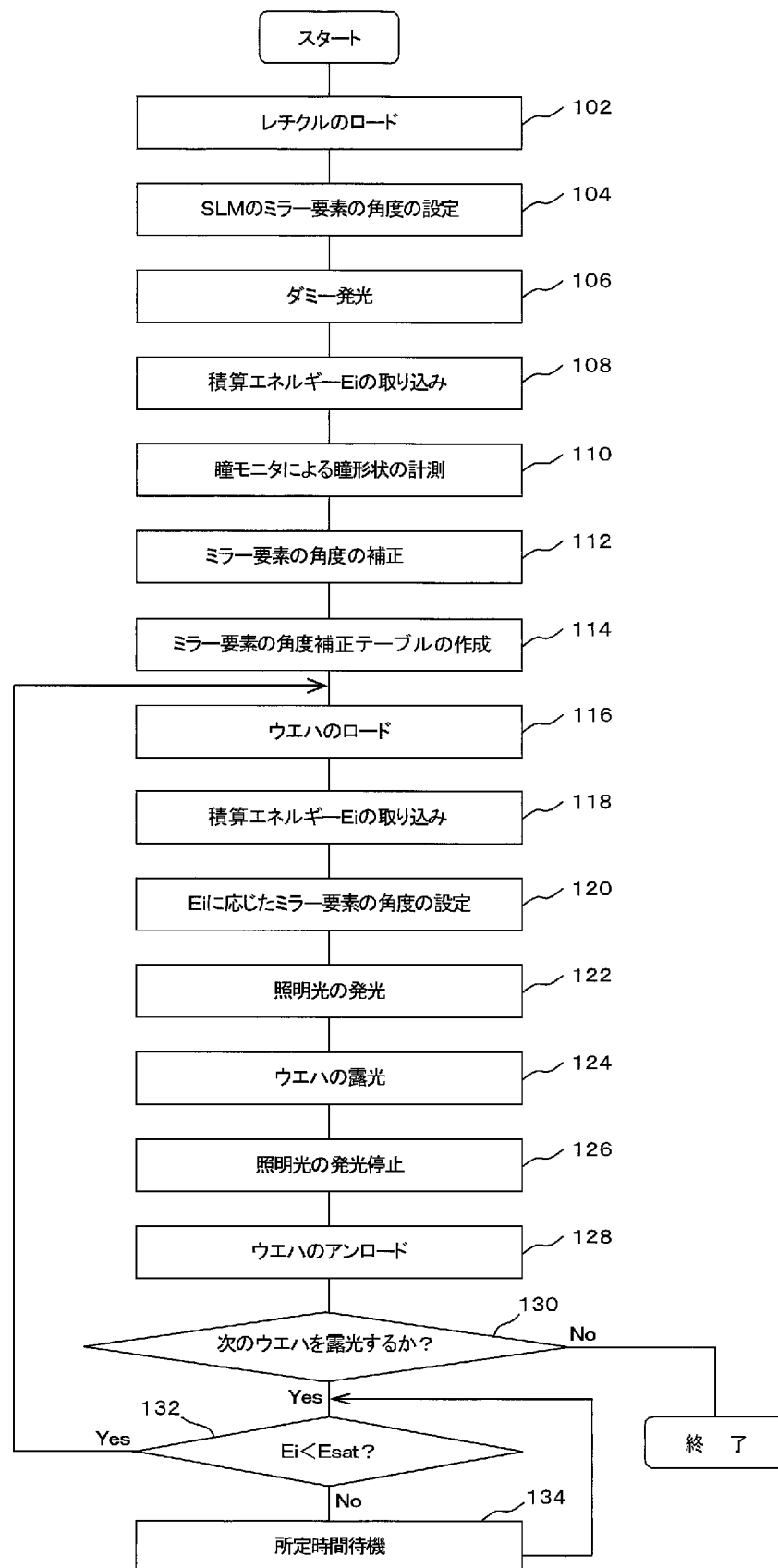
[図7]



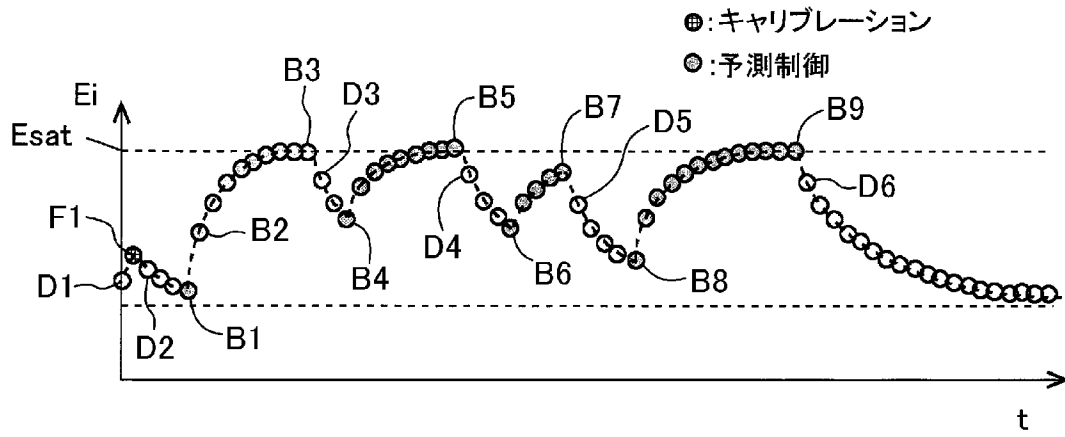
[図8]

	E_i	BNF
	Eth1 ~ Esat	BNForg
	Eth2 ~ Eth1	BNF1
	Eth3 ~ Eth2	BNF2
	Eth4 ~ Eth3	BNF3
	Eth5 ~ Eth4	BNF4
	Eth6 ~ Eth5	BNF5
	Eth7 ~ Eth6	BNF6
	Eth8 ~ Eth7	BNF7
	Eth9 ~ Eth8	BNF8
	Eth10 ~ Eth9	BNF9
F1 →	<u>Eth11 ~ Eth10</u>	<u>BNF10</u>
	Eth12 ~ Eth11	BNF11
B1 →	<u>Eth13 ~ Eth12</u>	<u>BNF12</u>
	Eth14 ~ Eth13	BNF13
	0 ~ Eth14	BNF14

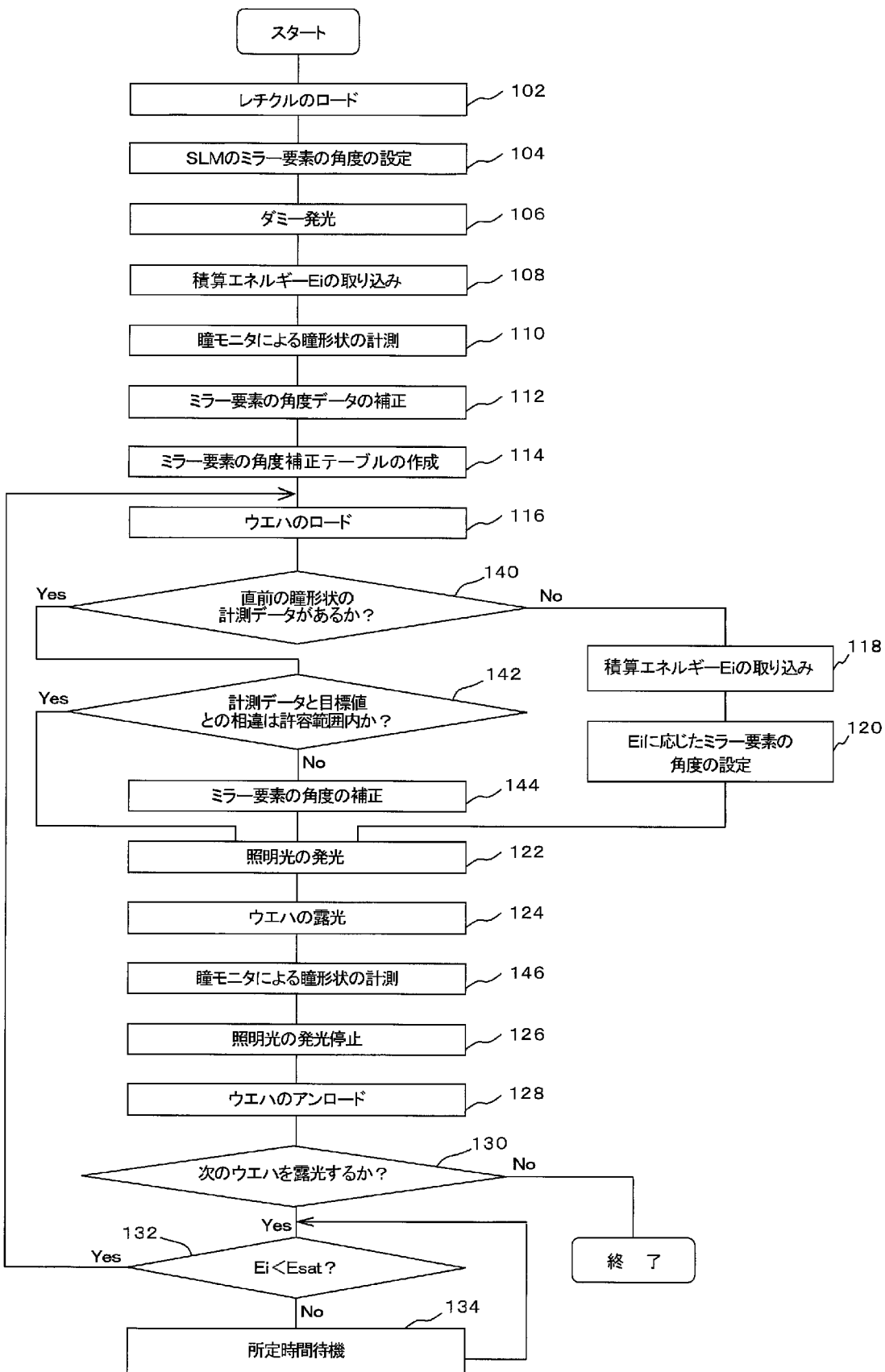
[図9]



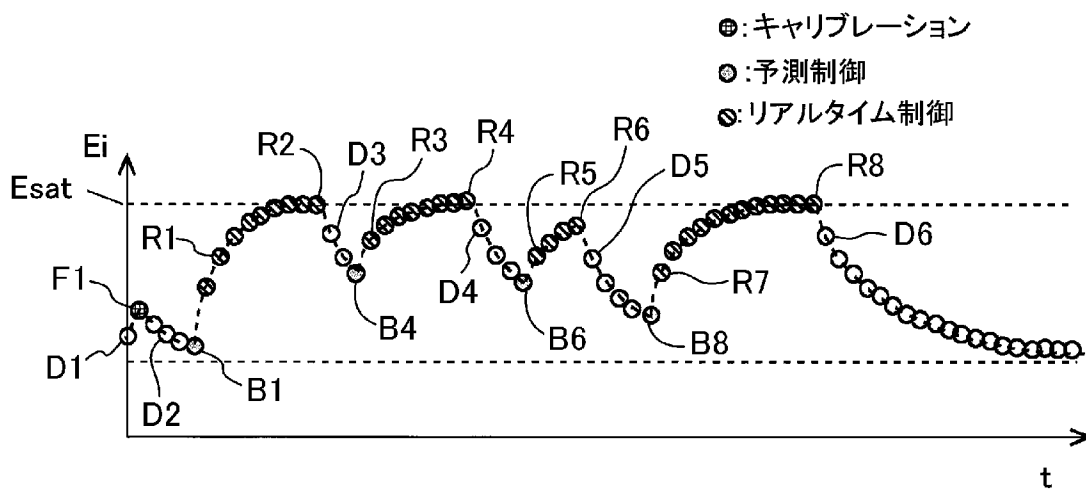
[図10]



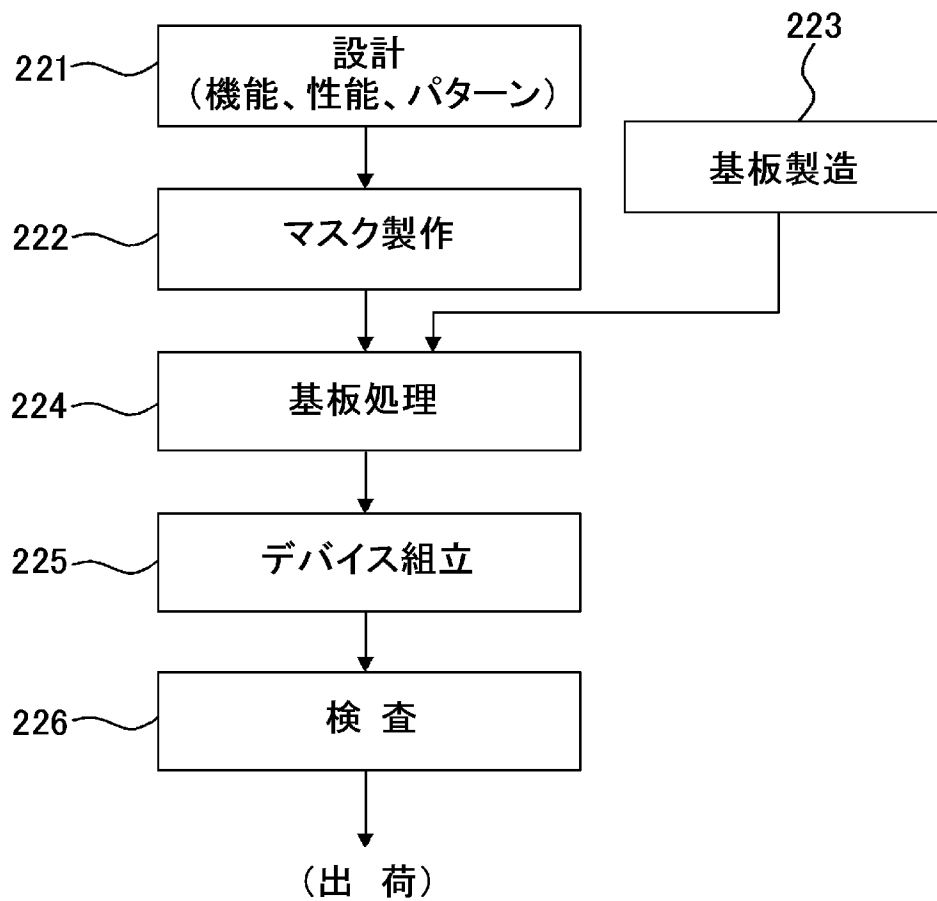
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/077730

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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)

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
A	JP 2010-34553 A (ASML Netherlands B.V.), 12 February 2010 (12.02.2010), entire text; all drawings & US 2010/0020300 A1 & NL 1036861 A & NL 1036861 A1	1-15
A	JP 2009-177176 A (ASML Netherlands B.V.), 06 August 2009 (06.08.2009), entire text; all drawings & US 2009/0201483 A1 & NL 1036407 A & NL 1036407 A1	1-15

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
19 January, 2012 (19.01.12)

Date of mailing of the international search report
31 January, 2012 (31.01.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/077730

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 2008-109132 A (ASML Netherlands B.V.), 08 May 2008 (08.05.2008), entire text; all drawings & US 2008/0117494 A1 & US 2008/0106717 A1 & EP 1914583 A2 & CN 101165533 A & KR 10-2008-0034794 A & SG 142242 A	1-15
A	JP 2005-189403 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 14 July 2005 (14.07.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. 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 (IPC))
 Int.Cl. 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 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2012年
 日本国実用新案登録公報 1996-2012年
 日本国登録実用新案公報 1994-2012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
A	JP 2010-34553 A (エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ.) 2010.02.12, 全文, 全図 & US 2010/0020300 A1 & NL 1036861 A & NL 1036861 A1	1-15
A	JP 2009-177176 A (エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ.) 2009.08.06, 全文, 全図 & US 2009/0201483 A1 & NL 1036407 A & NL 1036407 A1	1-15

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 19.01.2012	国際調査報告の発送日 31.01.2012
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 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) 久保田 創	2M	4457
	電話番号 03-3581-1101 内線 3274		

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
A	JP 2008-109132 A (エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ.) 2008. 05. 08, 全文, 全図 & US 2008/0117494 A1 & US 2008/0106717 A1 & EP 1914583 A2 & CN 101165533 A & KR 10-2008-0034794 A & SG 142242 A	1-15
A	JP 2005-189403 A (富士写真フイルム株式会社) 2005. 07. 14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15