

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2009年5月14日 (14.05.2009)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2009/060745 A1

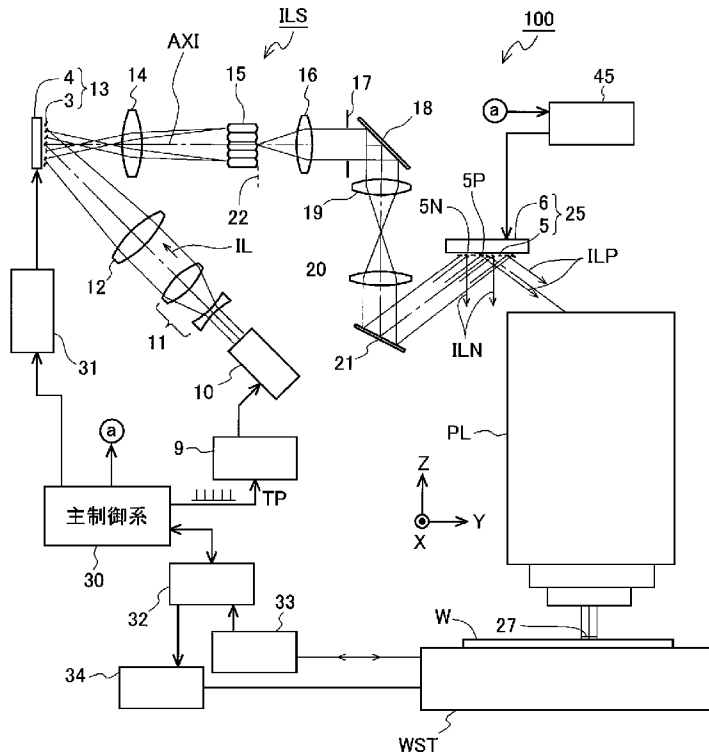
- (51) 国際特許分類: H01L 21/027 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01) 目 2 番 3 号 株式会社ニコン 知的財産本部内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/069455 (74) 代理人: 大森 聡 (OMORI, Satoshi); 〒2140014 神奈川県川崎市多摩区登戸 2 0 7 5 番 2 - 5 0 1 大森特許事務所 Kanagawa (JP).
- (22) 国際出願日: 2008年10月27日 (27.10.2008)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (81) 指定国 (表示のない限り、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, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (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, LS, MW, MZ, NA, SD,
- (30) 優先権データ: 特願2007-289090 2007年11月6日 (06.11.2007) JP
- (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 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 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): 大和 壮一 (OWA, Soichi) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内 3 丁

[ 続葉有 ]

(54) Title: CONTROL DEVICE, EXPOSURE METHOD, AND EXPOSURE DEVICE

(54) 発明の名称: 制御装置、露光方法、及び露光装置

[ 図1 ]



30 MAIN CONTROL SYSTEM

(57) Abstract: Provided is an exposure method which can perform exposure of a master pattern having a plurality of types of patterns with a high throughput while optimizing the illumination conditions. The exposure method performs exposure of a wafer (W) with a pulse-emitted illumination light (IL). The method includes: a first step for introducing light from a first spatial light modulator (13) having a plurality of first mirror elements (3) illuminated by the illumination light (IL) to a second spatial light modulator (25) having a plurality of second mirror elements (5) so as to expose the wafer (W) to the light from the second spatial light modulator (25) and control a modulation state of the second spatial light modulator (25); and a second step for controlling a modulation state of the first spatial light modulator (13) in order to control the intensity distribution of the illumination light (IL) on a predetermined plane between the first spatial light modulator (13) and the second spatial light modulator (25).

[ 続葉有 ]

WO 2009/060745 A1



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 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

---

(57) 要約: 複数種類のパターンが混在するマスクパターンを高いスループットで、かつそれぞれ照明条件を最適化して露光できる露光方法である。パルス発光される照明光 (IL) でウエハ (W) を露光する露光方法であって、照明光 (IL) によって照明される複数の第1のミラー要素 (3) を含む第1の空間光変調器 (13) からの光を複数の第2のミラー要素 (5) を含む第2の空間光変調器 (25) へ導光し、第2の空間光変調器 (25) からの光でウエハ (W) を露光するとともに、第2の空間光変調器 (25) の変調状態を制御する第1工程と、第1の空間光変調器 (13) と第2の空間光変調器 (25) との間の所定面上における照明光 (IL) の強度分布を制御するために、第1の空間光変調器 (13) の変調状態を制御する第2工程と、を有する。

## 明 細 書

制御装置、露光方法、及び露光装置

技術分野

[0001] 本発明は、それぞれ光に空間的な変調を与えることが可能な複数の光学素子の制御技術、その複数の光学素子を用い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] 例えば半導体素子又は液晶表示素子等のデバイス(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中で、所定のパターンを投影光学系を介してウエハ(又はガラスプレート等)の各ショット領域に転写するために、ステッパ等の一括露光型の投影露光装置、又はスキヤニング・ステッパ等の走査露光型の投影露光装置等の露光装置が使用されている。

[0003] 従来の露光装置においては、製造対象のデバイスの複数のレイヤに対して異なる回路パターンを形成するために、各レイヤ毎に、マスクを交換して露光を行っていた。さらに、1つのレイヤの回路パターンに例えば微細度等が異なる2種類の回路パターンが混在している場合には、その2種類の回路パターン用のマスクパターンを異なる2枚のマスクに形成しておき、この2枚のマスクのパターンを順次、照明条件を最適化しながらウエハ上に重ねて露光する二重露光法も使用されていた。このように、デバイス毎、レイヤ毎、及びパターンの種類毎にマスクの交換を行う場合には、露光工程のスループットが低下する。

[0004] そこで、マスクの代わりに、それぞれアレイ状に配列された多数の可動の微小ミラーを備えた2つのミラーデバイスを用いて、2つのミラーデバイスの各微小ミラーの反射光の方向を制御することによって、転写用のパターンに対応する光強度分布を生成するようにした露光装置が提案されている(例えば、特許文献1参照)。この露光装置においては、2つのミラーデバイスを偏光方向が直交する直線偏光で照明し、2つのミラーデバイスからの光束を合成した照明光でウエハを露光することによって、2種類のパターンを同時に露光していた。

特許文献1:特開2006-13518号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来のミラーデバイスを用いる露光装置においては、1回の露光で実質的に2種類のパターンを露光するために、2つのミラーデバイスを異なる偏光状態の照明光で同時に照明する必要があった。そのため、マスクパターンに対応する光強度分布を生成する部分の構成が複雑であり、かつ照明光学系の構成も複雑であるという問題があった。

さらに、2つのミラーデバイスからの光の偏光方向が常に直交している必要があるため、同時に露光できる2種類のパターンは、偏光状態が異なる照明光で照明されるパターンに限られるという制限があった。

[0006] 本発明は、このような事情に鑑み、複数種類のパターンが混在しているパターンを露光する際に、スループットを高めて、かつ複数種類のパターン毎に照明条件を容易に最適化できる露光技術、この露光技術で使用できる制御技術、及びその露光技術を用いるデバイス製造技術を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明による露光方法は、複数のパルス光で物体を露光する露光方法であって、そのパルス光によって照明される第1の光学デバイスからの光を第2の光学デバイスへ導光し、その第2の光学デバイスからの光でその物体を露光するとともに、複数の第2の光学要素を含むその第2の光学デバイスの変換状態を制御する第1工程と、その第1の光学デバイスとその第2の光学デバイスとの間の所定面上におけるそのパルス光の強度分布を制御するために、複数の第1の光学要素を含むその第1の光学デバイスの変換状態を制御する第2工程とを含むものである。

[0008] また、本発明による露光装置は、複数のパルス光で被照射面を照明し、その被照射面を介したその複数のパルス光で物体を露光する露光装置であって、その被照射面よりも上流に配置されて、複数の第1の光学要素を含む第1の光学デバイスを有する照明光学系と、その被照射面又はその近傍に配置されて、複数の第2の光学要素を含む第2の光学デバイスと、その第1の光学デバイスの変換状態またはその第2の

光学デバイスの変換状態を制御する照明制御装置とを備えるものである。

[0009] また、本発明によるデバイス製造方法は、本発明の露光方法を用いて物体を露光する工程と、その露光された物体を処理する工程と、を含むものである。

また、本発明による別のデバイス製造法は、リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、そのリソグラフィ工程において、本発明の露光装置を用いるものである。

[0010] また、本発明による制御装置は、第1の光学デバイス(13)の変換状態と第2の光学デバイス(25)の変換状態とを制御する制御装置であって、光源から射出される複数のパルス光ごとに、その第1の光学デバイス(13)の変換状態又はその第2の光学デバイス(25)の変換状態を制御する主制御部(30)を備えるものである。

### 発明の効果

[0011] 本発明によれば、複数種類のパターンが混在しているマスクパターンを露光する際に、例えば所定数のパルス光毎にその第2の光学デバイスの変換状態を制御して、実質的にその複数種類のパターンに対応した可変の光強度分布を順次生成し、この光強度分布の光で物体を露光することによって、高いスループットでそのマスクパターンを露光できる。

[0012] この露光に際して、その第2の光学デバイスの変換状態またはその物体上に形成すべきパターン(例えば、マスクパターン、マスク又は露光対象のパターンデータ、物体上に形成されるパターン及びパターンデータ、など)に応じて、その第1の光学デバイスの変換状態を制御して、その第2の光学デバイスに入射する光の傾斜角の分布などを制御することによって、複数種類のパターン毎に照明条件を容易に最適化できる。

### 図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の第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]図2(A)は図1の空間光変調器13の一部を示す拡大斜視図、図2(B)は図1のミラー要素3の駆動機構を示す拡大斜視図、図2(C)は凹面のミラー要素を示す拡大斜視図である。

[図3]図3(A)は2極照明時の図1の空間光変調器13のミラー要素3の傾斜角を示す図、図3(B)は図3(A)の二次光源を示す図、図3(C)は通常照明時の空間光変調

器13のミラー要素3の傾斜角を示す図、図3(D)は図3(C)の二次光源を示す図、図3(E)は別の2極の二次光源を示す図、図3(F)は輪帯照明の二次光源を示す図である。

[図4]図4(A)は図1の空間光変調器25の反射面のパターンの一例を示す図、図4(B)は図4(A)のB部の拡大図、図4(C)は空間光変調器25の反射面のパターンの別の例を示す図である。

[図5]図5(A)はマスクパターンMPの一例を示す図、図5(B)は図5(A)の状態よりも被転写領域26Mが移動した状態を示す図、図5(C)は図5(B)の状態よりも被転写領域26Mが移動した状態を示す図である。

[図6]図6(A)は走査露光時のウエハのショット領域を示す図、図6(B)はステップ・アンド・リピート方式で露光する際のウエハのショット領域を示す図である。

[図7]第1の実施形態の露光動作の一例を示すフローチャートである。

[図8]本発明の第2の実施形態の露光装置の概略構成を示す図である。

[図9]本発明の第3の実施形態の露光装置の概略構成を示す図である。

## 符号の説明

[0014] ILS…照明光学系、PL, PLA…投影光学系、W…ウエハ、3, 5…ミラー要素、10…光源、13, 25…空間光変調器、15…フライアイレンズ、30…主制御系、31, 45…変調制御部、51…偏光ビームスプリッタ(PBS)、52…1/4波長板、100, 100A, 100B…露光装置

## 発明を実施するための最良の形態

[0015] [第1の実施形態]

以下、本発明の第1の実施形態につき図1～図7を参照して説明する。

図1は、本実施形態の露光装置100の概略構成を示す図である。図1において、露光装置100は、パルス発光を行う露光用の光源10と、光源10からの露光用の照明光(露光光)ILで被照射面を照明する照明光学系ILSと、その被照射面又はその近傍の面上に二次元のアレイ状に配列されたそれぞれ傾斜角が可変の微小なミラーである多数のミラー要素5を備えた第2の空間光変調器25とを備えている。さらに、露光装置100は、多数のミラー要素5によって生成すべき可変のパターンからの光束に

ほぼ相当する照明光ILを受光して、そのパターンの像をウエハW(感光性基板)上に投影する投影光学系PLと、ウエハWの位置決め及び移動を行うウエハステージWSTと、装置全体の動作を制御するコンピュータよりなる主制御系30と、各種制御系等とを備えている。図1において、ウエハステージWSTのガイド面(不図示)に垂直に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Y軸を、図1の紙面に垂直な方向にX軸をそれぞれ設定する。本実施形態では、露光時にウエハWはY方向(走査方向)に走査される。

[0016] 図1の光源10としては、波長193nmでパルス幅50ns程度のほぼ直線偏光のレーザー光を4~6kHz程度の周波数でパルス発光するArFエキシマレーザー光源が使用されている。なお、光源10として、波長248nmのパルス光を供給するKrFエキシマレーザー光源、波長157nmのパルス光を供給するF<sub>2</sub>レーザー光源、又はパルス点灯される発光ダイオード等も使用可能である。さらに、光源10としては、YAGレーザー又は半導体レーザー等から出力されるレーザー光の高調波を生成する固体パルスレーザー光源や半導体レーザー光をファイバアンプで増幅させた光の高調波を生成する固体パルスレーザー光源も使用できる。固体パルスレーザー光源は、例えば波長193nm(これ以外の種々の波長が可能)でパルス幅1ns程度のレーザー光を1~2MHz程度の周波数でパルス発光可能である。

[0017] 本実施形態においては、光源10には電源制御部9が連結されている。そして、露光装置100の主制御系30が、パルス発光のタイミング及び光量(パルスエネルギー)を指示する発光トリガパルスTPを電源制御部9に供給する。その発光トリガパルスTPに同期して電源制御部9は、指示されたタイミング及び光量で光源10にパルス発光を行わせる。

光源10から射出された断面形状が矩形でほぼ平行光束のパルスレーザー光よりなる照明光ILは、1対の凹レンズ及び凸レンズよりなるビームエキスパンダ11に入射して、その断面形状が所定形状に拡大される。ビームエキスパンダ11から射出された照明光ILは、集光レンズ12によって、第1の空間光変調器13の上面に二次元のアレイ状に配列されたそれぞれ傾斜角が可変の微小なミラーである多数のミラー要素3の反射面を照明する。空間光変調器13は、各ミラー要素3の反射面の直交する2軸の

周りの傾斜角を個別に制御する駆動部4を備えている。空間光変調器13は、各ミラー要素3の反射面の傾斜方向及び傾斜角を個別に制御すること(又は空間光変調器13の変換状態を制御すること)によって、照明光ILをほぼ任意の複数の方向に反射することができる(詳細後述)。また、空間光変調器13は、その遠視野に所望の瞳輝度分布を形成する。主制御系30が照明光ILの所定パルス数(1パルス又は複数パルス)の発光毎に、転写用のパターンに基づいて、変調制御部31に照明条件の情報を供給し、これに応じて変調制御部31が駆動部4に各ミラー要素3の反射面の傾斜方向及び傾斜角の設定情報を供給する。また、主制御系30が転写用のパターンに基づき照明条件の情報を変調制御部31に予め供給しておき、照明光ILのパルス発光に合わせて変調制御部31が駆動部4に各ミラー要素3の反射面の傾斜方向及び傾斜角の設定情報を供給してもよい。この場合、主制御系30は、変調制御部31に発光トリガパルスTPを供給すればよい。

[0018] なお、例えばビームエキスパンダ11と集光レンズ12との間に、例えば照明光ILの偏光方向を変えるための1/2波長板、その照明光ILを円偏光に変換するための1/4波長板、及び所定の直線偏光の光をランダム偏光(非偏光)に変換するための楔型の複屈折性のプリズム等を組み合わせた偏光光学系(不図示)を配置してもよい。この偏光光学系を用いることによって、ウエハWに照射される照明光ILの偏光状態を偏光方向がX方向若しくはY方向の直線偏光、円偏光、又は非偏光等に制御して、いわゆる偏光照明を行うことができる。

[0019] また、照明光学系ILSの光軸AXIに沿って空間光変調器13の反射面(多数のミラー要素3の反射面)、リレー光学系14、及びフライアイレンズ15(オプティカルインテグレータ)が配置されている。そして、空間光変調器13の各ミラー要素3によって反射された照明光ILは、リレー光学系14を介してフライアイレンズ15に入射する。ここでは、リレー光学系14のほぼ前側焦点面に各ミラー要素3の反射面が配置され、リレー光学系14のほぼ後側焦点面にフライアイレンズ15の入射面が配置されているが、必ずしもこの配置に限定されない。リレー光学系14は、各ミラー要素3によって反射された照明光ILを、その光軸AXIに対する角度に応じて定まる、フライアイレンズ15の入射面上のX方向、Z方向の位置を中心とする所定領域に集光する機能を果たして

いる。

[0020] 言い換えると、空間光変調器13に入射した照明光ILは、ミラー要素3を単位として分割され、各ミラー要素3の傾斜方向及び傾斜角に従い、所定方向に所定角度をもって選択的に偏向(反射)される。そして、各ミラー要素3からの反射光は、リレー光学系14によって、その方向と角度とに応じたフライアイレンズ15の入射面上の位置に入射する。

フライアイレンズ15に入射した照明光ILは、多数のレンズエレメントにより二次元的に分割され、各レンズエレメントの後側焦点面にはそれぞれ光源が形成される。こうして、フライアイレンズ15の後側焦点面である照明光学系ILSの瞳面(照明瞳面22)には、フライアイレンズ15への入射光束によって形成される照明領域とほぼ同じ強度分布を有する二次光源、すなわち実質的な面光源からなる二次光源が形成される。本実施形態においては、空間光変調器13の各ミラー要素3の反射面の傾斜方向及び傾斜角を個別に制御することによって、フライアイレンズ15の入射面上の光強度分布、ひいては照明瞳面22における二次光源の強度分布をほぼ任意の分布に制御することが可能である。なお、フライアイレンズ15の代わりに、マイクロレンズアレイ等も使用可能である。

[0021] ここで、本実施形態では、被照射面又はその近傍面に配置される第2の空間光変調器25をケーラー照明しているため、上述の二次光源が形成される面は、投影光学系PLの開口絞り(不図示)と共役な面となり、照明光学系ILSの照明瞳面22と行うことができる。典型的には、照明瞳面22に対して被照射面(第2の空間光変調器25が配置される面又はウェハWが配置される面)が光学的なフーリエ変換面となる。なお、瞳輝度分布とは、照明光学系ILSの照明瞳面22又は該照明瞳面22と共役な面における輝度分布(瞳輝度分布)であるが、フライアイレンズ15による波面分割数が多い場合には、フライアイレンズ15の入射面に形成される大局的な輝度分布と、二次光源全体の大局的な輝度分布(瞳輝度分布)とが高い相関を示すため、フライアイレンズ15の入射面及び該入射面と共役な面における輝度分布においても瞳輝度分布と行うことができる。

[0022] ここで、一例として、空間光変調器とは、所定の光に対して空間的な変調を与えるも

のである。また、本実施形態における空間光変調器の変換状態とは、空間光変調器に光が入射又は射出することによって、その光の振幅、透過率、位相、及び面内分布、などを変えるものをいう。例えば反射型の空間光変調器の場合、各ミラー要素の傾斜方向及び傾斜角、あるいは各ミラー要素の傾斜方向及び傾斜角の分布をいうし、さらには、例えば、後述のような各ミラー要素の駆動電力のオンオフ、又はそのオンオフの分布も含まれる。また、後述するが、空間光変調器には、位相型の空間光変調器、透過型の空間光変調器などもある。

[0023] 図1において、照明瞳面22に形成された二次光源からの照明光ILは、第1リレーレンズ16、視野絞り17、光路折り曲げ用のミラー18、第2リレーレンズ19、及びコンデンサ光学系20を介して、光路を被照射面(設計上の転写用のパターンが配置される面)側に折り曲げるためのミラー21に向かう。ミラー21によって斜め上方に反射された照明光ILは、被照射面又はその近傍に配置された第2の空間光変調器25の多数のミラー要素5の反射面上の照明領域26(図4(A)参照)を均一な照度分布で照明する。ビームエキスパンダ11からコンデンサ光学系20までの光学部材を含んで照明光学系ILSが構成されている。照明光学系ILS、ミラー21、及び空間光変調器25は、不図示のフレームに支持されている。

[0024] 図4(A)は、本実施形態の空間光変調器25の反射面を示す図であり、図4(A)において、空間光変調器25の反射面は、X方向に細長い矩形であり、その反射面には、X方向、Y方向に一定ピッチでほぼ密着するように、ほぼ正方形の多数のミラー要素5が配列されている。即ち、空間光変調器25の反射面において、X方向の*i*番目( $i=1, 2, \dots$ )及びY方向の*j*番目( $j=1, 2, \dots$ )の位置P(*i*, *j*)にそれぞれミラー要素5が配置されている。一例として、空間光変調器25の反射面のX方向の長さ $W$ とY方向(ウエハWの走査方向)の幅との比は4:1であり、X方向のミラー要素5の配列数は数1000である。X方向に細長い矩形の照明領域26は、空間光変調器25の反射面の輪郭の僅かに内側の領域に設定される。なお、空間光変調器25の反射面はほぼ正方形であつてもよい。

[0025] また、本実施形態の空間光変調器25のミラー要素5は、その反射面の傾斜角をXY平面に平行な第1の角度(本実施形態では、駆動電力をオフにした状態)と、X軸

の周りに所定角度回転した第2の角度(本実施形態では、駆動電力をオンにした状態)との間で切り換えることが可能である。空間光変調器25は、各ミラー要素5の反射面の角度を個別に制御する駆動部6を備えている。後述のように、所定パルス数の発光毎に、主制御系30が図1の変調制御部45にウエハW上に露光すべきパターンを供給し、これに応じて変調制御部45が駆動部6に、各ミラー要素5の反射面の設定情報を供給する。以下では、図4(A)のB部の拡大図である図4(B)に示すように、その第1の角度に設定されたミラー要素5をミラー要素5Pと呼び、その第2の角度に設定されたミラー要素5をミラー要素5Nと呼ぶ。このように本実施形態のミラー要素5は、2つの角度の間で切り換えが可能であればよいため、空間光変調器25を大きくして、かつ各ミラー要素5を上記の第1の空間光変調器13のミラー要素3よりもかなり小さくすることが可能である。なお、空間光変調器25の構成例については後述する。

[0026] 図1に戻り、一例として、不図示のコラムに支持された投影光学系PLは、空間光変調器25(物体面)側に非テレセントリックであり、ウエハW(像面)側にテレセントリックの縮小投影光学系である。即ち、投影光学系PLは、空間光変調器25の各ミラー要素5から反射される照明光ILのうちで、Z軸に対して斜めに入射して来る照明光のみを用いて、レジスト(感光材料)が塗布されたウエハW上の露光領域27(図4(A)の照明領域26と共役な領域)に所定のパターンの像を形成する。

[0027] この場合、空間光変調器25において、反射面が上記の第1の角度(駆動電力がオフの状態)に設定されたミラー要素5Pからの反射光は、投影光学系PLに斜めに入射して有効結像光束ILPとなる。一方、反射面が上記の第2の角度に設定されたミラー要素5Nからの反射光ILNは、ほぼ-Z方向に反射されて投影光学系PLには入射しないため、結像には寄与しない。なお、ミラー要素5Nの反射面の角度(第2の角度)は、ミラー要素5Nからの反射光がウエハWに入射しない角度(ウエハW上における結像には寄与しない角度)であればよく、例えばその反射光が投影光学系PL内の開口絞り(不図示)によって遮光される角度であればよい。この結果、多数のミラー要素5は、ミラー要素5Pが反射部に対応し、ミラー要素5Nが非反射部に対応する反射型のマスクパターンとみなすことができる。本実施形態では、ミラー要素5Pとミラー要

素5Nとの間の切り換えは、照明光ILのパルス発光毎に行うことが可能であるため、その反射型のマスクパターンは1つのミラー要素5を単位として、パルス発光毎に任意のパターンに可変である。

[0028] 本実施形態のように物体側に非テレセントリックの投影光学系PLを用いることによって、空間光変調器25の多数のミラー要素5の設置面と、ウエハWが配置される面、すなわちウエハWの露光面(レジストの上面)とをほぼ平行に配置して、かつ空間光変調器25からの反射光を投影光学系PLを介してウエハWに照射できる。また、駆動電力がオフの状態のミラー要素5Pからの反射光が有効結像光束となるため、空間光変調器25の制御が容易である。

[0029] そして、投影光学系PLは、その空間光変調器25によって設定される可変のパターン(又はそのパターンにほぼ相当する光強度分布)の縮小像をウエハW上の露光領域27に形成する。例えば、ミラー要素5の大きさが $20\ \mu\text{m}$ 角程度であれば、投影光学系PLの倍率を $1/200$ 程度にすることによって、ウエハW上に線幅が $100\text{nm}$ の可変のパターンを投影できる。なお、上述のように、ミラー要素5は2つの角度の間で切り換えができればよく一層の小型化が可能であるため、例えばミラー要素5の大きさを数 $\mu\text{m}$ 角程度、投影光学系PLの倍率を $1/50$ 程度にすることによって、ウエハW上に線幅が $50\sim 100\text{nm}$ 程度の可変のパターンを投影することも可能である。

[0030] 図1において、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WST上に吸着保持され、ウエハステージWSTは、不図示のガイド面上でX方向、Y方向にステップ移動を行うとともに、Y方向に一定速度で移動する。ウエハステージWSTのX方向、Y方向の位置、及びZ軸の周りの回転角等はレーザ干渉計33によって形成され、この計測情報がステージ制御系32に供給されている。ステージ制御系32は、主制御系30からの制御情報及びレーザ干渉計33からの計測情報に基づいて、リニアモータ等の駆動系34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、ウエハWのアライメントを行うために、ウエハW上のアライメントマークの位置を検出するアライメント系(不図示)等も備えられている。

[0031] 次に、図1の空間光変調器13及び25の構成につき説明する。

図2(A)は、図1の照明光学系ILS中の空間光変調器13の一部を示す拡大斜視

図である。図2(A)において、空間光変調器13は、X方向、Z方向に一定ピッチでほぼ密着するように配列された多数のミラー要素3と、この多数のミラー要素3の反射面の角度を個別に制御する駆動部4とを含んでいる。X方向、Z方向のミラー要素3の配列数は例えば数1000である。

[0032] 図2(B)に示すように、一例として、ミラー要素3の駆動機構は、ミラー要素3を支持するヒンジ部材37と、ヒンジ部材37に突設された4つの電極35と、支持基板38と、支持基板38上にヒンジ部材37を支持する1対の支柱部材36と、4つの電極35に対向するように支持基板38上に形成された4つの電極39とを備えている。この構成例では、対応する4組の電極35と39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37を揺動及び傾斜させることができる。これによって、ヒンジ部材37に支持されたミラー要素3の反射面の直交する2軸の周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。空間光変調器13のより詳細な構成は、例えば特開2002-353105号公報に開示されている。

[0033] なお、ミラー要素3の駆動機構は本実施形態の構成には限られず、他の任意の機構を使用できる。さらに、ミラー要素3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。ただし、光の利用効率の観点からは、隙間無く配列可能な形状が好ましい。また、隣接するミラー要素3の間隔は必要最小限とすることが好ましい。また、ミラー要素3の形状は例えば $20\ \mu\text{m}$ 角程度であるが、照明条件の細かな変更を可能とするために、ミラー要素3は可能な限り小さいことが好ましい。

[0034] さらに、ミラー要素3の代わりに、図2(C)に示すように、凹面のミラー要素3'又は凸面のミラー要素(不図示)を使用することも可能である。

また、図3(A)及び(C)はそれぞれ図1の空間光変調器13のZ方向に配列された一列の数1000個のミラー要素3から代表的に選択された複数個のミラー要素3A~3Gからの反射光を示している。また、図3(B)及び(D)はそれぞれ図3(A)及び(C)の照明瞳面22における二次光源(斜線を施した部分)の形状を示している。

[0035] 図3(A)に示すように、空間光変調器13の各ミラー要素3A~3Gの2軸の周りの傾斜角(即ち、傾斜方向及び傾斜角)を、その反射光がフライアイレンズ15の入射面に

において、光軸AXIから偏心した2つの領域に集光されるように設定することによって、図3(B)に示すように、Z方向に2極の二次光源23A, 23Bが生成される。この場合、空間光変調器13の他の列のミラー要素3の傾斜方向及び傾斜角も、その反射光が二次光源23A, 23Bのいずれかに対応する領域に集光され、かつ二次光源23A, 23Bの強度が概ね均等になるように設定される(以下、同様)。また、各ミラー要素3の傾斜方向及び傾斜角を制御するのみで、領域B4A, B4Bに示すように、二次光源23A, 23Bの間隔を制御することができる。なお、照明瞳面22におけるZ方向は、空間光変調器25の反射面(転写用のパターンにほぼ相当する光強度分布が生成される面)のY方向に対応している。

[0036] また、図3(C)に示すように、空間光変調器13の各ミラー要素3A~3Gの傾斜方向及び傾斜角を、その反射光がフライアイレンズ15の入射面において光軸AXIを含む領域に集光されるように設定することによって、図3(D)に示すように、通常照明用の円形の二次光源24Aが生成される。この場合にも、各ミラー要素3の傾斜方向及び傾斜角を制御するのみで、領域D4に示すように、二次光源24Aの大きさ( $\sigma$  値)を制御することができる。

[0037] 同様に、各ミラー要素3の反射面の2軸の周りの傾斜角を個別に制御することによって、図3(E)に示すX方向に2極の二次光源23C, 23D、図3(F)に示す輪帯状の二次光源34B、及び4極の二次光源(不図示)等を生成することができる。

また、図1の投影光学系PLの物体面側(マスク用)の空間光変調器25は、空間光変調器13と同様に構成することができる。ただし、空間光変調器25の各ミラー要素5は、上記の第1の角度及び第2の角度に設定できればよいため、ミラー要素5の駆動機構は、空間光変調器13のミラー要素3の駆動機構よりも簡素化が可能である。

[0038] なお、上記の空間光変調器13, 25としては、例えば特表平10-503300号公報及びこれに対応する欧州特許公開第779530号公報、特開2004-78136号公報及びこれに対応する米国特許第6,900,915号公報、特表2006-524349号公報及びこれに対応する米国特許第7,095,546号公報、並びに特開2006-113437号公報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を照明光学系ILSに用いた場合には、空間光変調器の個別の反射面を介したそれ

ぞれの光が所定の角度で強度分布形成光学系(リレー光学系14)に入射し、複数のミラー要素(反射要素)への制御信号に応じた所定の光強度分布を照明瞳面において形成することができる。

[0039] また、空間光変調器13, 25としては、例えば複数のミラー素子が二次元的に配列されてその反射面の高さを個別に制御可能な空間光変調器を用いることもできる。このような空間光変調器としては、例えば特開平6-281869号公報及びこれに対応する米国特許第5, 312, 513号公報、並びに特表2004-520618号公報及びこれに対応する米国特許第6, 885, 493号公報の図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位相型の回折格子と同様の作用を入射光に与えることができる。

[0040] 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、例えば特表2006-513442号公報及びこれに対応する米国特許第6, 891, 655号公報、又は特表2005-524112号公報及びこれに対応する米国特許公開第2005/0095749号公報の開示に従って変形しても良い。

次に、本実施形態の露光装置100による露光動作(主制御系30によって制御される)の一例につき図7のフローチャートを参照して説明する。この場合、一例として、図5(A)に示すマスクパターンMPの縮小像をウエハW上に露光するものとする。マスクパターンMPの情報は主制御系30の記憶部に記憶されている。マスクパターンMPは、X方向に解像限界に近いピッチで配列されたライン・アンド・スペースパターン(以下、L&Sパターンという。)40A~40C、Y方向に解像限界に近いピッチで配列されたL&Sパターン41A~41D、及び比較的粗いピッチで配列されたL&Sパターン42A, 42B, 43を含んでいる。なお、L&Sパターン40A~40C等は拡大して表示されている。また、実際には、マスクパターンMPは、ウエハW上に投影されるパターンと形状が異なる場合がある。

[0041] また、図4(A)の空間光変調器25上の照明領域26に対応する図5(A)のマスクパターンMP上の領域を被転写領域26Mとする。本実施形態では、主制御系30内の画像メモリ内で仮想的に、被転写領域26MをマスクパターンMP上でY方向に一定速度で移動して、被転写領域26M内の時系列的に変化するパターンに対応する光

強度分布を図4(A)の空間光変調器25のミラー要素5によって生成し、その被転写領域26Mの移動に同期して図1のウエハWを対応する走査方向であるY方向に移動する。また、図5(A)のマスクパターンMPの斜線を施した部分(L&Sパターン40A等)は光強度が強い部分を示し、これに対応するように例えば図4(A)、図4(C)の空間光変調器25の斜線を施した部分のミラー要素5Pは光強度が強い部分(その反射光が投影光学系PLを通過する部分)を示している。

[0042] さらに、一例として、図5(A)のL&Sパターン40A~40Cを露光する場合には、図3(E)の二次光源23C, 23Dを用いるX方向の2極照明が望ましく、L&Sパターン41A~41Cを露光する場合には、図3(B)の二次光源23A, 23Bを用いるZ方向(Y方向)の2極照明が望ましく、L&Sパターン42A~43を露光する場合には、図3(D)の二次光源24Aを用いる通常照明が望ましいものとする。

[0043] 先ず、図7のステップ121でウエハW上にレジストを塗布した後、ステップ101でそのウエハWを図1のウエハステージWST上にロードする。図6(A)に示すように、ウエハWの表面は、X方向及びY方向に所定ピッチでそれぞれ図5(A)のマスクパターンMPの縮小像(説明の便宜上、正立像とする)が露光されるショット領域SAに区分されている。次のステップ102において、ウエハWのアライメントを行った後、図6(A)のウエハW上のY方向に一系列に配列されたショット領域SA21, SA22, …に露光を行うために、ウエハWを走査開始位置に位置決めした後、図5(A)のマスクパターンMP上で仮想的に被転写領域26Mの+Y方向への走査を開始し、これに同期してウエハWの+Y方向への一定速度での走査を開始する。なお、図5(A)のショット領域SA21等の中の矢印は、ウエハWに対する露光領域27の相対的な移動方向を示している。

[0044] 次のステップ103において、主制御系30は、図5(A)の被転写領域26M内から転写用パターンとしてL&Sパターン40A~40Cよりなるパターン28Aを選択する。次のステップ104において、主制御系30は変調制御部45を介して、空間光変調器25のミラー要素5の傾斜角を制御して、図4(A)に示すように、そのパターン28Aに対応するミラー要素5P, 5Nの分布を設定する。次のステップ105において、主制御系30は、選択されたパターン28Aに応じた照明条件(ここではX方向の2極照明)を選

択し、ステップ106において、その照明条件に対応させて、図1の変調制御部31を介して空間光変調器13の各ミラー要素3の傾斜方向及び傾斜角を設定して、図3(E)に示す2極の二次光源を設定する。

[0045] 次のステップ107において、主制御系30は、図1の電源制御部9に発光トリガパルスTPを供給することによって、所定パルス数だけ光源10に照明光ILを発光させて、ウエハW上の露光領域27に図4(A)のパターン28Aの像を露光する。その所定パルス数とは、1パルスでもよく、5パルス又は10パルス等の複数パルスでもよい。また、その所定パルス数とは可変であってもよい。なお、ステップ103～106及び以下のステップ108の動作は、例えば照明光ILのパルス発光の1周期内に高速に行われるため、ウエハWの走査露光中に、照明光ILは実質的に連続してパルス発光される。

[0046] 次のステップ108において、図5(A)のマスクパターンMP中で転写が完了していないパターンが残っている場合には、ステップ103に移行して、転写用のパターンの選択を行い、以下、空間光変調器25のミラー要素5の傾斜角の設定、照明条件の選択、選択された照明条件に応じた空間光変調器13のミラー要素3の傾斜方向及び傾斜角の設定、並びに所定パルス数の露光までの動作(ステップ104～107)を繰り返す。なお、ステップ103～107は同じパターン(例えば図5(A)のL&Sパターン40A)に対して複数回繰り返される場合もある。この際に、ウエハWが走査されているため、図1の空間光変調器25によって生成されるそのパターンもY方向にシフトすることになる。そして、最終的に、図5(A)のマスクパターンMP中の各パターン(例えばL&Sパターン40A)毎のウエハWに対する積算露光量が予め設定されているレジスト感度になるように、その所定パルス数が調整される。この際に、パルス光にはパルス毎のエネルギーのばらつきがあるため、平均化効果によって露光量むらを低減させるために、そのレジスト感度を得るための積算パルス数を所定値以上に設定してもよい。

[0047] また、例えば、図5(B)に示すように、被転写領域26Mが移動した場合には、被転写領域26M内にはX方向のL&Sパターン40A～40Cの他にY方向のL&Sパターン41Aも含まれている。この場合には、一例として、転写用のパターン28BとしてL&Sパターン40A～40Cのみを選択し、これに応じて空間光変調器13によって設定す

る照明条件はX方向の2極照明とする。

[0048] 次に図5(C)に示すように、被転写領域26Mが移動したときに、一例として、転写用のパターン28Cとして、Y方向のL&Sパターン41A~41Cのみを選択し、これに応じて空間光変調器25によって図4(C)に示すようにパターン28Cに対応するミラー要素5P, 5Nの分布を設定する。さらに、照明条件をY方向の2極照明とするために、空間光変調器13によって図3(B)の二次光源23A, 23Bを設定する。

[0049] その後、被転写領域26Mが図5(A)の2点鎖線で示す位置29Aに移動したときには、一例として、転写用のパターン28Dとしてその中のY方向のL&Sパターン41B~41Dのみを選択して、次に被転写領域26Mが図5(B)の位置29Bに移動したときには、一例として、転写用のパターン28Eとしてその中の粗いピッチのL&Sパターン42Aのみを選択し、照明条件は例えば通常照明を選択し、空間光変調器13によって図3(D)の円形の二次光源24Aを設定する。その後、被転写領域26Mが図5(C)の位置29Cを通過する際には、粗いピッチのL&Sパターン42A~43のみが転写用のパターンであるため、照明条件は通常照明のままでよい。

[0050] そして、ステップ108において、図5(A)のマスクパターンMP中で未転写のパターンがなくなったときには、図6(A)に示すように、ウエハW上の1つのショット領域SA21への走査露光が完了したため、動作はステップ109に移行して、ウエハW上で未露光のショット領域が残っているかどうかを判定する。この時点では、図6(A)に示すように、ウエハW上のショット領域SA21に隣接するショット領域SA22が未露光であるため、動作はステップ102に戻る。この場合には、ウエハWを同じ方向に走査したまま、図5(A)に示すように、マスクパターンMPの-Y方向の端部に被転写領域26Mを仮想的に移動して、ステップ103~108の動作を繰り返せばよい。なお、ウエハW上の走査方向に隣接するショット領域SA21, SA22の境界部では、図5(C)の位置29D1, 29D2で示すように、被転写領域26MをマスクパターンMPの両端部に設定し、その位置29D1, 29D2内のパターンを合成したパターンを図4(A)の空間光変調器25で生成することによって、ショット領域SA21からSA22にかけて連続的に露光を行うことができる。

[0051] また、ステップ109において、図6(A)のウエハW上のX方向に隣接するショット領

域SA31, SA32を含む列の露光に移行する場合には、ステップ102に移行して、ウエハステージWSTを駆動してウエハWをX方向にステップ移動する。そして、位置27Rの露光領域に対するウエハWの走査方向を-Y方向に逆に設定し、図5(A)において、マスクパターンMP上での被転写領域26Mの仮想的な移動方向を-Y方向にして、ステップ103~108を繰り返せばよい。

[0052] そして、ステップ109において、ウエハW上で未露光のショット領域がなくなったときに、ステップ110においてウエハWのアンロードを行い、次のウエハの露光を行う(ステップ111)。また、露光済みのウエハには、ステップ122において、レジストの現像、現像したウエハの加熱(キュア)、及びエッチング等の回路パターン形成のための処理が施される。ウエハに対して、このような露光及び現像(リソグラフィ工程)と、その処理とを繰り返した後、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)を経ることによって、半導体デバイス等が製造される。

[0053] このように、本実施形態の露光装置100においては、空間光変調器25を用いることによって、同一の被転写領域26M内のパターンであっても、実際にウエハW上に転写するパターンを周期方向及び微細度等によって分類して選択することができ、選択されたパターンに応じて空間光変調器13を用いて照明条件を最適化することができる。従って、種々のパターンが混在する図5(A)のマスクパターンMPを、一回の走査露光によって、その種々のパターン毎に最適な照明条件で露光することができる。従って、空間光変調器25は、ウエハW上に転写(又は形成)すべきパターン、又はそのピッチ及び方向、に応じて空間光変調器25の複数のミラー要素5の傾斜角及び傾斜方向を個別に制御される。さらに、空間光変調器13は、ウエハW上に転写(又は形成)すべきパターン、又はそのピッチ及び方向、に応じて、又は空間光変調器25の変換状態に応じて、空間光変調器13の複数のミラー要素3の傾斜角及び傾斜方向を個別に制御される。この際に、本実施形態では、マスクパターンMP中から転写用のパターンを時系列的に選択しているため、転写用のパターンを例えば照明光の偏光状態に応じて選択する必要はなく、マスクパターンMPに多様なパターンが混在していても対応することができる。

[0054] 本実施形態の作用効果は以下の通りである。

(1)本実施形態の図1の露光装置100による露光方法は、複数のパルス発光される照明光ILでウエハW(物体)を露光する露光方法であって、空間光変調器25の複数のミラー要素5(第2の光学要素としての反射要素)の反射面の状態(ひいては空間光変調器25の変換状態)を個別に制御するステップ104と、所定面上における照明光ILの強度分布を制御するために空間光変調器13の複数のミラー要素3(第1の光学要素としての反射要素)の反射面の状態(ひいては空間光変調器13の変換状態)を制御するステップ106と、照明光ILによって照明される複数のミラー要素3からの光を複数のミラー要素5へ導光し、複数のミラー要素5からの光でウエハWを露光するステップ107とを含んでいる。

[0055] また、図1の露光装置100は、複数のパルス発光される照明光ILで被照射面を照明し、その被照射面又はその近傍の面を介した照明光ILでウエハWを露光する露光装置であって、被照射面よりも上流(照明光ILが入射する方向)に配置されて複数のミラー要素3を含む空間光変調器13(第1の光学デバイス)を有する照明光学系ILSと、その被照射面又はその近傍に配置されて、複数のミラー要素5を含む空間光変調器25(第2の光学デバイス)と、空間光変調器25の変換状態、または空間光変調器13の変換状態を制御する主制御系30及び変調制御部31, 45(照明制御装置)とを備えている。なお、本実施形態における照明制御装置は、主制御系30と変調制御部31, 45とを含む装置であるが、例えば、変調制御部31, 45がそれぞれに主制御系30の機能を有するのであれば、照明制御装置は、変調制御部31, 45を含む装置でもよい。

ここで、ウエハWに入射する光とは、ウエハW上での結像に寄与する光(露光光)、つまり転写用のパターンにほぼ相当する光である。また、ウエハWに入射しない光とは、ウエハW上での結像に寄与しない光(非露光光)であって、例えば、その光を投影光学系PL内に入射させないようにすればよいし、その光を投影光学系PL内の開口絞り(不図示)によって遮光してもよい。

[0056] 本実施形態によれば、複数のミラー要素5の反射面の状態を個別に制御することで、時系列的に複数種類のパターンに対応する光強度分布を生成でき、さらに複数の

ミラー要素3の反射面の状態を個別に制御することで、ミラー要素5に対する照明光学系ILSの照射角の分布(照明条件)を最適化できる。従って、複数種類のパターンが混在するマスクパターンを高いスループットで、かつそれぞれ照明条件を最適化して露光できる。

[0057] (2)また、そのステップ104において、主制御系30及び変調制御部45は、ウエハW上に形成すべきパターンに応じて複数のミラー要素5の反射面の状態(傾斜角)を個別に制御している。さらに、そのステップ104において、主制御系30及び変調制御部45は、ウエハW上に形成すべきパターンのピッチ及び方向に応じて複数のミラー要素5の反射面の状態(例えば、傾斜角)を個別に制御している。また、ステップ106において、主制御系30及び変調制御部31は、空間光変調器25の変換状態に応じて、又はウエハW上に形成すべきパターンに応じて、複数のミラー要素3の反射面の状態(傾斜方向及び傾斜角)を個別に制御している。さらに、ステップ106において、主制御系30及び変調制御部31は、ウエハW上に形成すべきパターンのピッチ及び方向に応じて複数のミラー要素3の反射面の状態(例えば、傾斜方向及び傾斜角)を個別に制御している。

[0058] これによって、マスクパターン(又は空間変調器25の変換状態)またはウエハW上に形成(露光)すべきパターンに応じて照明条件を容易に最適化できる。

また、マスクパターン(又は空間変調器25の変換状態)、又はウエハW上に形成すべきパターンに応じて照明条件を最適化して露光できるので、光量ロスを低減し、良好なパターンを露光することができる。

[0059] (3)また、その所定面は、照明光学系ILSの瞳面(照明瞳面22)であるが、その瞳面の近傍の面であつてもよい。また、その所定面は、照明瞳面22と共役な面、又はその近傍の面であつてもよい。

(4)また、上記の実施形態では、照明光ILが所定パルス数発光される毎に、ステップ104及び106における複数のミラー要素5の反射面の状態の設定、及び複数のミラー要素3における反射面の状態の設定の切り換えを行っている。従って、ウエハW上に露光すべきパターンの切り換え、及び照明条件の最適化を高速に行うことができる。

[0060] 特にその所定パルス数が1パルスであれば、最も高速にパターンの切り換えを行うことができ、この結果、図5(A)のマスクパターンMPに含まれるパターンの種類が極めて多い場合でも、各パターンの照明条件を最適化して、1回の走査露光でそのマスクパターンMPを露光できる。

この結果、複数パルスの照明光ILで露光を行う場合、始めにステップ107において、第1パルス光によって照明される複数のミラー要素3からの光で複数のミラー要素5を照明し、このミラー要素5からの光でウエハWを露光した後、ステップ104、106で複数のミラー要素5及びミラー要素3の少なくとも一方の反射面の状態を変えてから、次のステップ107において、第2パルス光によって照明される複数のミラー要素3からの光で複数のミラー要素5を照明し、このミラー要素5からの光でウエハWを露光することができる。

[0061] (5) 言い換えると、ステップ104は、照明光ILが所定パルス数発光される毎に、図1の空間光変調器25の複数のミラー要素5からの光の個別の状態を第1状態(例えば図4(A)のX方向のL&Sパターンの光強度分布の状態)又は第2状態(例えば図4(C)のY方向のL&Sパターンの光強度分布の状態)に切り換える工程を含む。

これに対応して、ステップ106は、照明光ILが所定パルス数発光される毎に、その第1状態に対応して空間光変調器13の複数のミラー要素3からの光の個別の状態を第3状態(例えば図3(E)のX方向の2極照明の状態)に切り換える工程、又はその第2状態に対応して複数のミラー要素3からの光の個別の状態を第4状態(例えば図3(B)のY方向の2極照明の状態)に切り換える工程を含む。これによって、パターン毎に照明条件を最適化できる。

[0062] (6) また、ステップ107は、空間光変調器25の複数のミラー要素5に対して、ウエハステージWSTによってウエハWを所定方向(走査方向であるY方向)に走査しながらウエハWを露光する工程であり、ステップ104は、ウエハWのY方向への走査に応じて、変化する転写対象のパターンに対応させて、複数のミラー要素5からの光の状態を個別に制御する工程を含む。これによって、マスクパターンMPがその所定方向に長い場合であっても、1回の走査露光でウエハWにそのマスクパターンMPを露光できる。

- [0063] (7)なお、図1の露光装置100において、空間光変調器25によって設定される可変のパターン(光強度分布)を投影光学系PLを介して、ステップ・アンド・リピート方式でウエハW上に露光してもよい。この場合には、ウエハステージWSTは、X方向、Y方向にステップ移動する機能を備えていればよい。また、図6(B)に示すように、ウエハW上の各ショット領域SAは、ショット領域SA21のように、それぞれ図1の露光領域27の大きさに対応する複数の部分ショット領域SB1～SB5に分割される。
- [0064] そして、露光領域27によってショット領域SA21中の部分ショット領域SB1に露光した後、ウエハステージWSTによってウエハWをY方向にステップ移動する動作と、図7のステップ103～107の動作とを繰り返すことによって、他の部分ショット領域SB2～SB5にも露光を行うことができる。さらに、1つの部分ショット領域SB1～SB5への露光中に、例えば図5(A)のマスクパターンMP中のX方向のL&Sパターン40Cと、Y方向のL&Sパターン41A～41Cとのように、種類の異なるパターンをそれぞれ照明条件を最適化して、かつ積算露光量がレジスト感度に達するように所定のパルス数で露光することができる。
- [0065] (8)また、図1の実施形態においては、図7のステップ104は、例えば、空間光変調器25の複数のミラー要素5の各反射面の状態を、この反射面からの反射光がウエハWに入射する状態(第1の角度)と、その反射光がウエハWに入射しない状態(第2の角度)とのいずれかに設定する工程を含み、ステップ106は、空間光変調器13の複数のミラー要素3の各反射面の状態を、2軸の周りの傾斜角が可変範囲内のいずれかの角度になるように設定する工程を含んでいる。
- [0066] 従って、複数のミラー要素5の駆動機構が簡素化できる。また、複数のミラー要素3によって、照明光ILの利用効率を高く維持して、かつ種々の形状の二次光源を容易に生成できる。
- なお、空間光変調器13のミラー要素3は、1軸の周りの反射面の傾斜角が可変範囲内のいずれかの角度になるように設定するのみでもよい。この場合には、照明光ILの利用効率は低下するが、二次光源の生成に使用されないミラー要素3からの光は、フライアイレンズ15に入射させないようにすればよい。
- [0067] (9)また、図1において、空間光変調器25が配置される面(又はミラー要素5の設置

面)と、ウエハWにおける露光面(レジストの上面)とは互いに略平行に配置されている。従って、露光装置の設計、製造が容易である。

(10)なお、上記の実施形態では、照明光ILはエキシマレーザ光源から発光されるパルス光であるが、その代わりに固体レーザ光源から発光されるパルス光を用いてもよい。この固体レーザ光源は、パルス周波数を1~2MHz程度に高められるため、このパルス周波数に同期してミラー要素5及びミラー要素3の反射面の状態を高速に切り換えることによって、より多くの種類のパターンが混在するマスクパターンを1回の露光で短時間にウエハ上に露光できる。

[0068] (11)また、露光装置100は、複数のパルス光(照明光IL)を供給するための光源10(光源部)を備えているため、そのパルス光の発光タイミング等を高精度に制御できる。

(12)また、上記の実施形態のデバイスの製造方法は、上記の実施形態の露光方法を用いてウエハWを露光する工程と、露光されたウエハWを処理する工程(ステップ122)とを含んでいる。

[0069] さらに、そのデバイス製造方法は、リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、そのリソグラフィ工程において、上記の実施形態の露光装置100を用いている。これらのデバイス製造方法によれば、多種類の回路パターンが混在するデバイスを高いスループットで高精度に製造できる。

また、この第1の実施形態は以下のような変更も可能である。

[0070] (13)図1の実施形態においては、複数の第1及び第2の光学要素を含む第1及び第2の光学デバイスとして、複数のミラー要素5(反射要素)を含む空間光変調器25及び複数のミラー要素3(反射要素)を含む空間光変調器13が使用されている。しかしながら、空間光変調器25及び空間光変調器13の少なくとも一方の変調器の代わりに、それぞれ透過光の光量を制御する複数の画素(透過要素)を含む液晶セル、又はそれぞれ通過光の位相を制御する複数の位相要素(可変段差要素等)を含む位相デバイス等を用いることも可能である。

[0071] (14)また、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15に代えて、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。この場合、図1において、リレー光学系14よりも空間光変調器25側に集光光学系を追加して空間光変調器13の反射面の共役面を形成し、この共役面近傍に入射端が位置決めされるようにロッド型インテグレータを配置する。

[0072] また、このロッド型インテグレータの射出端面又は射出端面近傍に配置される照明視野絞りの像を空間光変調器25の反射面上に形成するためのリレー光学系を配置する。この構成の場合、二次光源はリレー光学系14及び集光光学系の瞳面に形成される(二次光源の虚像はロッド型インテグレータの入射端近傍に形成される)。また、ロッド型インテグレータからの光束を空間光変調器25へ導くためのリレー光学系が導光光学系となる。

[0073] [第2の実施形態]

本発明の第2の実施形態につき図8を参照して説明する。

図8は、本実施形態の露光装置100Aの概略構成を示す。図1に対応する部分に同一符号を付した図8において、空間光変調器25の多数のミラー要素5によって生成される可変のパターン(光強度分布)の縮小像をウエハW上に投影する投影光学系PLAは、空間光変調器25(物体面)側及びウエハW(像面)側の両側にテレセントリックである。このため、空間光変調器25は、その中心が投影光学系PLAの光軸AXにほぼ合致するように、投影光学系PLAの上方に配置されている。また、空間光変調器25の多数のミラー要素5の設置面とウエハWの露光面とはほぼ平行である。

[0074] 本実施形態においては、照明光学系ILSからのパルス光としての照明光ILは、ミラー21を介して斜め上方の空間光変調器25の多数のミラー要素5に入射する。そして、反射面がXY平面に平行な第1の角度(駆動電力がオフの状態)に設定されたミラー要素5Pからの反射光ILNは、ウエハW上での結像には寄与しない(例えば、投影光学系PLAに入射しない)。一方、反射面が傾斜した第2の角度(駆動電力がオン状態)に設定されたミラー要素5Nからの反射光は投影光学系PLAに入射する有効結像光束ILPとなって、ウエハWを露光する。この他の構成は第1の実施形態と同様である。

[0075] 本実施形態の露光装置100Aによれば、両側テレセントリックな投影光学系PLAを使用できるとともに、空間光変調器25の設置面(又はミラー要素5の設置面)とウエハ

Wの露光面とをほぼ平行に配置できるため、露光装置の設計、製造が容易である。

[第3の実施形態]

本発明の第3の実施形態につき図9を参照して説明する。

[0076] 図9は、本実施形態の露光装置100Bの概略構成を示す。図1に対応する部分に同一符号を付した図9において、両側テレセントリックの投影光学系PLAの上方に光軸AXに沿って、偏光ビームスプリッタ(以下、PBSと呼ぶ)51、1/4波長板52、及び多数のミラー要素5を含む空間光変調器25が設置されている。また、本実施形態の照明光学系ILSは、図1の照明光学系ILSに対してミラー18が省略されており、照明光ILがそのまま+Y方向にPBS51に向けて照射される点が異なっている。さらに、照明光ILは、PBS51に対してS偏光(偏光方向がビームスプリッタ面における入射面に垂直)の直線偏光である。

[0077] この場合、PBS51に入射した照明光ILは上方に反射された後、1/4波長板52を介して円偏光になって、空間光変調器25の多数のミラー要素5の駆動電力がオフ状態での反射面にほぼ垂直に入射する。そして、反射面が第1の角度(駆動電力がオフの状態)に設定されたミラー要素5Pからの反射光は、有効結像光束ILPとして光軸AXに沿って1/4波長板52に入射してP偏光になって、PBS51を透過して投影光学系PLAに入射して、ウエハWを露光する。一方、反射面が傾斜した第2の角度(駆動電力がオンの状態)に設定されたミラー要素5Nからの反射光ILNは、ウエハW上での結像には寄与しない(例えば、投影光学系PLには入射しない)。この他の構成は第1の実施形態と同様である。

[0078] 本実施形態によれば、第1の実施形態の作用効果に加えて次の作用効果がある。

(1) 図9の露光装置100Bによれば、両側テレセントリックな投影光学系PLAを使用できるとともに、空間光変調器25の設置面(又はミラー要素5の設置面)とウエハWの露光面とをほぼ平行に配置できるため、露光装置の設計、製造が容易である。

(2) また、図7のステップ107に対応する工程(ウエハWに照明光ILを照射する工程)において、図9の照明光学系ILS内の空間光変調器13の複数のミラー要素3(図1参照)からの照明光IL(パルス光)を、空間光変調器25の複数のミラー要素5に略垂直に(駆動電力がオフの状態での反射面に対して略垂直に)入射させている。従

って、光学系の調整が容易である。

[0079] (3)また、照明光学系ILS内の空間光変調器13と空間光変調器25との間に配置されて、その照明光ILを空間光変調器25に略垂直に入射させるためのPBS51(第1光学部材)をさらに備えている。従って、簡単な構成で空間光変調器25に略垂直に照明光ILを入射させることができ、光学系の調整が容易であるとともに、両側テレセントリックの投影光学系を使用できる。また、PBS51の他に1/4波長板52を設けているため、PBS51での光量損失がなく、照明光ILの利用効率が高い。

[0080] なお、照明光ILの利用効率は低下するが、1/4波長板52を省略して、PBS51の代わりに通常のビームスプリッタを用いることも可能である。

なお、本発明は、例えば国際公開第99/49504号パンフレット、国際公開第2004/019128号パンフレットなどに開示される液浸型の露光装置、又は投影光学系を用いないプロキシミティ方式の露光装置等にも適用することができる。

[0081] 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、上記の実施の形態の露光装置は、複数のレンズから構成される照明光学系、投影光学系を露光装置本体に組み込み光学調整をして、多数の機械部品からなるレチクルステージや基板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)をすることにより製造することができる。なお、その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。

また、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、明細書、特許請求の範囲、図面、及び要約を含む2007年11月6日付け提出の日本国特許出願第2007-289090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。

## 請求の範囲

- [1] 複数のパルス光で物体を露光する露光方法であって、  
前記パルス光によって照明される第1の光学デバイスからの光を第2の光学デバイスへ導光し、前記第2の光学デバイスからの光で前記物体を露光するとともに；  
複数の第2の光学要素を含む前記第2の光学デバイスの変換状態を制御する第1工程と；  
前記第1の光学デバイスと前記第2の光学デバイスとの間の所定面上における前記パルス光の強度分布を制御するために、複数の第1の光学要素を含む前記第1の光学デバイスの変換状態を制御する第2工程と；  
を含むことを特徴とする露光方法。
- [2] 前記第1工程は、前記物体上に形成すべきパターンに応じて前記第2の光学デバイスの変換状態を制御する工程を含むことを特徴とする請求項1に記載の露光方法。
- [3] 前記第2工程は、前記第2の光学デバイスの変換状態に応じて前記第1の光学デバイスの変換状態を制御する工程を含むことを特徴とする請求項1または2に記載の露光方法。
- [4] 前記第2工程は、前記物体上に形成すべきパターンに応じて前記第1の光学デバイスの変換状態を制御する工程を含むことを特徴とする請求項1または2に記載の露光方法。
- [5] 前記パルス光が所定パルス数発光される毎に、前記第1工程における前記第2の光学デバイスの変換状態と、前記第2工程における前記第1の光学デバイスの変換状態とを、それぞれ切り換えることを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載の露光方法。
- [6] 前記第1工程は、前記パルス光が所定パルス数発光される毎に、前記第2の光学デバイスの変換状態を第1状態又は第2状態に切り換える工程を含むことを特徴とする請求項1から5のいずれか一項に記載の露光方法。
- [7] 前記第2工程は、前記パルス光が所定パルス数発光される毎に前記第1状態に対応して前記第1の光学デバイスの変換状態を第3状態に切り換える工程と、前記パル

ス光が所定パルス数発光される毎に前記第2状態に対応して前記第1の光学デバイスの変換状態を第4状態に切り換える工程とのうち、少なくとも1つの工程を含むことを特徴とする請求項6に記載の露光方法。

[8] 前記複数のパルス光のうち、第1パルス光によって照明される前記第1の光学デバイスからの光で前記第2の光学デバイスを照明し、該第2の光学デバイスからの光で前記物体を露光する工程と、

前記第1パルス光を用いる場合に対して、前記第1および第2の光学デバイスのそれぞれの変換状態の少なくとも一方を切り換えて、

前記複数のパルス光のうち、第2パルス光によって照明される前記第1の光学デバイスからの光で前記第2の光学デバイスを照明し、該第2の光学デバイスからの光で前記物体を露光する工程と、

を有することを特徴とする請求項1から7のいずれか一項に記載の露光方法。

[9] 前記所定面は、照明瞳面又は該照明瞳面と共役な面であることを特徴とする請求項1から8のいずれか一項に記載の露光方法。

[10] 前記第2の光学デバイスに対して前記物体を所定方向に走査しながら前記物体を露光する工程を含み、

前記第1工程は、前記物体の前記所定方向への走査に応じて、前記第2の光学デバイスの変換状態を制御する工程を含むことを特徴とする請求項1から9のいずれか一項に記載の露光方法。

[11] 前記第2の光学デバイスに対して前記物体をステップ移動して、前記物体を露光する工程を含むことを特徴とする請求項1から9のいずれか一項に記載の露光方法。

[12] 前記第1工程は、前記物体上に形成すべきパターンのピッチおよび方向に応じて前記第2の光学デバイスの変換状態を制御することを特徴とする請求項1から11のいずれか一項に記載の露光方法。

[13] 前記第2工程は、前記物体上に形成すべきパターンのピッチおよび方向に応じて、前記第2の光学デバイスへ入射させる前記パルス光の入射角度および入射方向を前記第1の光学デバイスによって制御する工程を含むことを特徴とする請求項1から12のいずれか一項に記載の露光方法。

- [14] 前記第1の光学デバイスは、前記所定面上における前記パルス光の強度分布を変えることで、前記第2の光学デバイスへ入射させる前記パルス光の入射角度および入射方向を制御することを特徴とする請求項1から13のいずれか一項に記載の露光方法。
- [15] 前記複数の第1および第2の光学要素のうち、少なくとも一方の光学要素は反射要素であることを特徴とする請求項1から14のいずれか一項に記載の露光方法。
- [16] 前記第1工程は、前記複数の第2の光学要素の各反射面の状態を、該反射面からの反射光が前記物体に入射する状態と、前記反射光が前記物体に入射しない状態とのいずれかに設定する工程を含むことを特徴とする請求項15に記載の露光方法。
- [17] 前記第2工程は、前記複数の第1の光学要素の各反射面の状態を、少なくとも一軸の周りの前記反射面の傾斜角が可変範囲内のいずれかの角度になるように設定する工程を含むことを特徴とする請求項15または16に記載の露光方法。
- [18] 前記複数の第1および第2の光学要素のうち、少なくとも一方の光学要素は透過要素であることを特徴とする請求項1から14のいずれか一項に記載の露光方法。
- [19] 前記複数の第1および第2の光学要素のうち、少なくとも一方の光学要素は位相要素であることを特徴とする請求項1から14のいずれか一項に記載の露光方法。
- [20] 前記第1の光学デバイスからの光を、前記第2の光学デバイスに略垂直に入射させる工程を含むことを特徴とする請求項1から19のいずれか一項に記載の露光方法。
- [21] 前記所定面を通過する光を重畳して前記第2の光学デバイスに照射させるオプティカルインテグレータを用いることを特徴とする請求項1から20のいずれか一項に記載の露光方法。
- [22] 前記パルス光は、固体レーザー光源から発光されるパルス光であることを特徴とする請求項1から21のいずれか一項に記載の露光方法。
- [23] 前記第2の光学デバイスからの光を前記物体上に投影する投影光学系を用いることを特徴とする請求項1から22のいずれか一項に記載の露光方法。
- [24] 複数のパルス光で被照射面を照明し、前記被照射面を介した前記複数のパルス光で物体を露光する露光装置であって、  
前記被照射面よりも上流に配置されて、複数の第1の光学要素を含む第1の光学

デバイスを有する照明光学系と;

前記被照射面またはその近傍に配置されて、複数の第2の光学要素を含む第2の光学デバイスと;

前記第1の光学デバイスの変換状態または前記第2の光学デバイスの変換状態を制御する照明制御装置と;

を備えることを特徴とする露光装置。

[25] 前記照明制御装置は、

前記物体上に形成すべきパターンに応じて前記第1の光学デバイスの変換状態を制御することを特徴とする請求項24に記載の露光装置。

[26] 前記照明制御装置は、

前記第1の光学デバイスと前記第2の光学デバイスとの間の所定面上における前記パルス光の強度分布を制御するために、前記第1の光学デバイスの変換状態を制御することを特徴とする請求項24または25に記載の露光装置。

[27] 前記照明制御装置は、

前記第2の光学デバイスの変換状態に応じて前記第1の光学デバイスの変換状態を制御することを特徴とする請求項24から26のいずれか一項に記載の露光装置。

[28] 前記照明制御装置は、

前記物体上に形成すべきパターンに応じて前記第1の光学デバイスの変換状態を制御することを特徴とする請求項24から26のいずれか一項に記載の露光装置。

[29] 前記照明制御装置は、

前記パルス光が所定パルス数発光される毎に、前記第1の光学デバイスの変換状態および前記第2の光学デバイスの変換状態をそれぞれ切り換えることを特徴とする請求項24から28のいずれか一項に記載の露光装置。

[30] 前記所定面は、前記照明光学系の照明瞳面または該照明瞳面と共役な面であることを特徴とする請求項26に記載の露光装置。

[31] 前記第2の光学デバイスに対して前記物体を所定方向に走査するステージ装置を備え、

前記照明制御装置は、

前記ステージ装置による前記物体の前記所定方向への走査に応じて、前記第2の光学デバイスの変換状態を制御することを特徴とする請求項24から30のいずれか一項に記載の露光装置。

[32] 前記第2の光学デバイスに対して前記物体を交差する2方向にステップ移動するステージ装置を備え、

前記照明制御装置は、

前記ステージ装置によって前記物体がステップ移動する毎に、前記第2の光学デバイスから前記物体に向かう光で前記物体を露光することを特徴とする請求項24から30のいずれか一項に記載の露光装置。

[33] 前記照明制御装置は、

前記物体上に形成すべきパターンのピッチおよび方向に応じて、前記第1の光学デバイスの変換状態または前記第2の光学デバイスの変換状態を制御することを特徴とする請求項24から32のいずれか一項に記載の露光装置。

[34] 前記照明制御装置は、

前記物体上に形成すべきパターンのピッチおよび方向に応じて、前記第2の光学デバイスへ入射させる前記パルス光の入射角度および入射方向を制御することを特徴とする請求項24から32のいずれか一項に記載の露光装置。

[35] 前記照明制御装置は、

前記第1の光学デバイスによって前記所定面上における前記パルス光の強度分布を変えることで、前記第2の光学デバイスへ入射させる前記パルス光の入射角度および入射方向を制御することを特徴とする請求項26または30に記載の露光装置。

[36] 前記複数の第1および第2の光学要素のうち、少なくとも一方の光学要素は反射要素であることを特徴とする請求項24から35のいずれか一項に記載の露光装置。

[37] 前記第2の光学デバイスは、前記複数の第2の光学要素の各反射面の状態を、該反射面からの反射光が前記物体に入射する状態と、前記反射光が前記物体に入射しない状態とのいずれかに設定することを特徴とする請求項36に記載の露光装置。

[38] 前記第1の光学デバイスは、前記複数の第2の光学要素の各反射面の状態を、少なくとも一軸の周りの前記反射面の傾斜角が可変範囲内のいずれかの角度になるよ

うに設定することを特徴とする請求項36または37に記載の露光装置。

- [39] 前記複数の第1および第2の光学要素のうち、少なくとも一方の光学要素は透過要素であることを特徴とする請求項24から35のいずれか一項に記載の露光装置。
- [40] 前記複数の第1および第2の光学要素のうち、少なくとも一方の光学要素は位相要素であることを特徴とする請求項24から35のいずれか一項に記載の露光装置。
- [41] 前記第2の光学デバイスにおける前記複数の第2の光学要素を有する面と、前記物体が配置される面とは互いに略平行に配置されることを特徴とする請求項24から40のいずれか一項に記載の露光装置。
- [42] 前記第2の光学デバイスと前記第1の光学デバイスとの間に配置されて、前記パルス光を前記第2の光学デバイスの前記複数の第2の光学要素に対して略垂直に入射させるための第1光学部材をさらに備えることを特徴とする請求項24から41のいずれか一項に記載の露光装置。
- [43] 前記第1光学部材は、偏光ビームスプリッタであることを特徴とする請求項42に記載の露光装置。
- [44] 前記照明光学系は、  
前記パルス光で照明された前記第1の光学デバイスからの光で前記第2の光学デバイスを均一に照明するためのオプティカルインテグレータをさらに有することを特徴とする請求項24から43のいずれか一項に記載の露光装置。
- [45] 前記複数のパルス光を供給する光源部を備えることを特徴とする請求項24から44のいずれか一項に記載の露光装置。
- [46] 前記複数のパルス光を供給する固体レーザー光源を備えることを特徴とする請求項24から44のいずれか一項に記載の露光装置。
- [47] 前記第2の光学デバイスからの光を前記物体上に投影する投影光学系をさらに備えることを特徴とする請求項24から46のいずれか一項に記載の露光装置。
- [48] 請求項1から23のいずれか一項に記載の露光方法を用いて物体を露光する工程と、  
前記露光された物体を処理する工程と、を含むデバイス製造方法。
- [49] リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

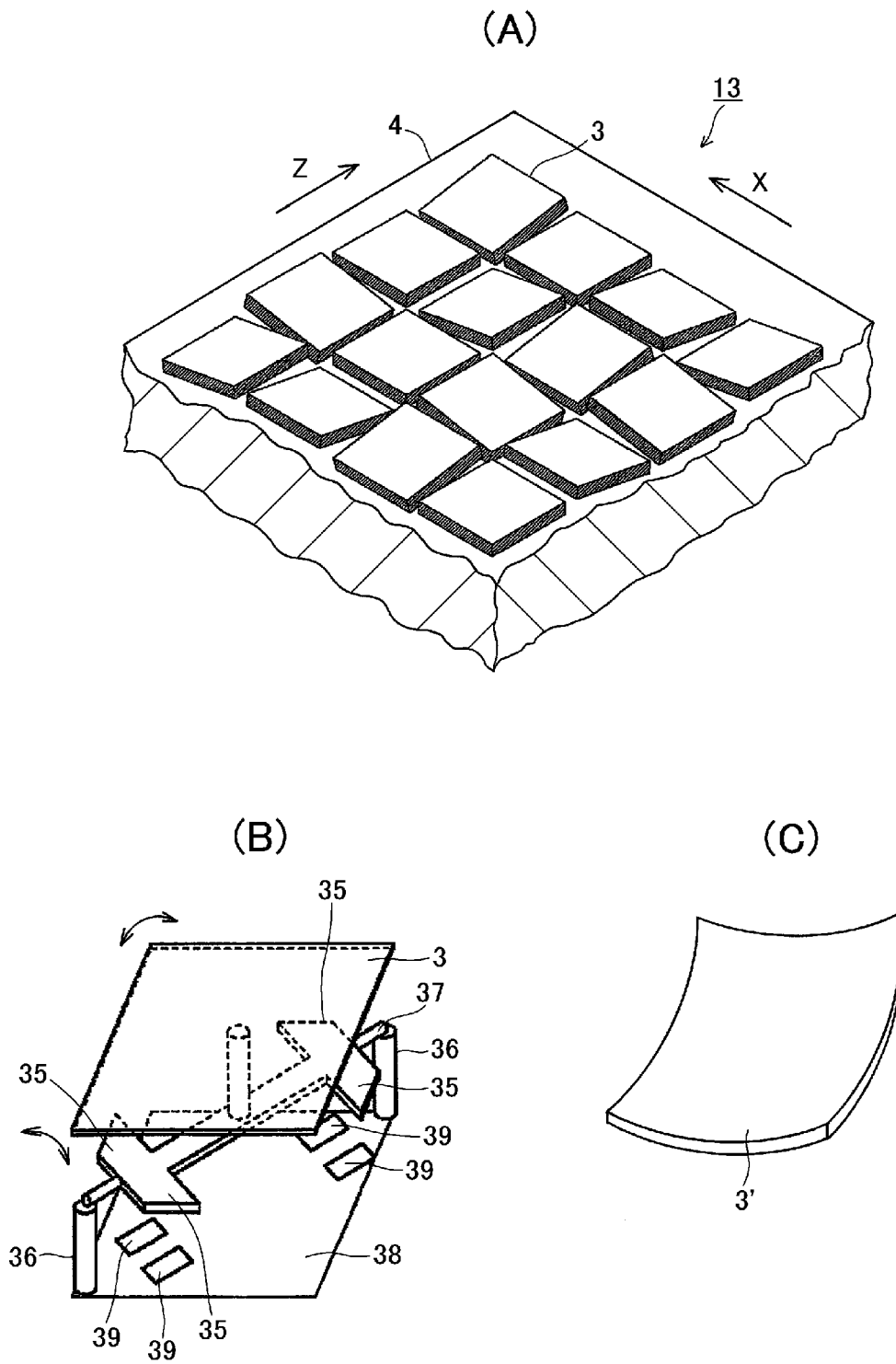
前記リソグラフィ工程において、請求項24から47のいずれか一項に記載の露光装置を用いるデバイス製造方法。

- [50] 第1の光学デバイスの変換状態と第2の光学デバイスの変換状態とを制御する制御装置であって、
- 光源から射出される複数のパルス光ごとに、前記第1の光学デバイスの変換状態又は前記第2の光学デバイスの変換状態を制御する主制御部を備えることを特徴とする制御装置。
- [51] 前記第2の光学デバイスの第2駆動部を制御する第2の変調制御部を備えることを特徴とする請求項50に記載の制御装置。
- [52] 前記主制御部は、転写用のパターンの情報を前記第2の変調制御部へ出力することを特徴とする請求項51に記載の制御装置。
- [53] 前記第2の変調制御部は、前記転写用のパターンの情報に基づいて前記第2駆動部を制御することを特徴とする請求項52に記載の制御装置。
- [54] 前記第1の光学デバイスの第1駆動部を制御する第1の変調制御部を備えることを特徴とする請求項50から53のいずれか一項に記載の制御装置。
- [55] 前記主制御部は、前記転写用のパターンの情報に応じた照明条件の情報を前記第1の変調制御部へ出力することを特徴とする請求項54に記載の制御装置。
- [56] 前記第1の変調制御部は、前記照明条件の情報に基づいて前記第1駆動部を制御することを特徴とする請求項55に記載の制御装置。
- [57] 前記主制御部は、転写用のパターンの情報に応じて前記第1の光学デバイスの変換状態を制御することを特徴とする請求項50から56のいずれか一項に記載の制御装置。
- [58] 前記主制御部は、前記第2の光学デバイスの変換状態に応じて前記第1の光学デバイスの変換状態を制御することを特徴とする請求項50から57のいずれか一項に記載の制御装置。
- [59] 前記主制御部は、所定面上における前記パルス光の強度分布を制御するために、前記第1の光学デバイスの変換状態を制御することを特徴とする請求項50から58のいずれか一項に記載の制御装置。

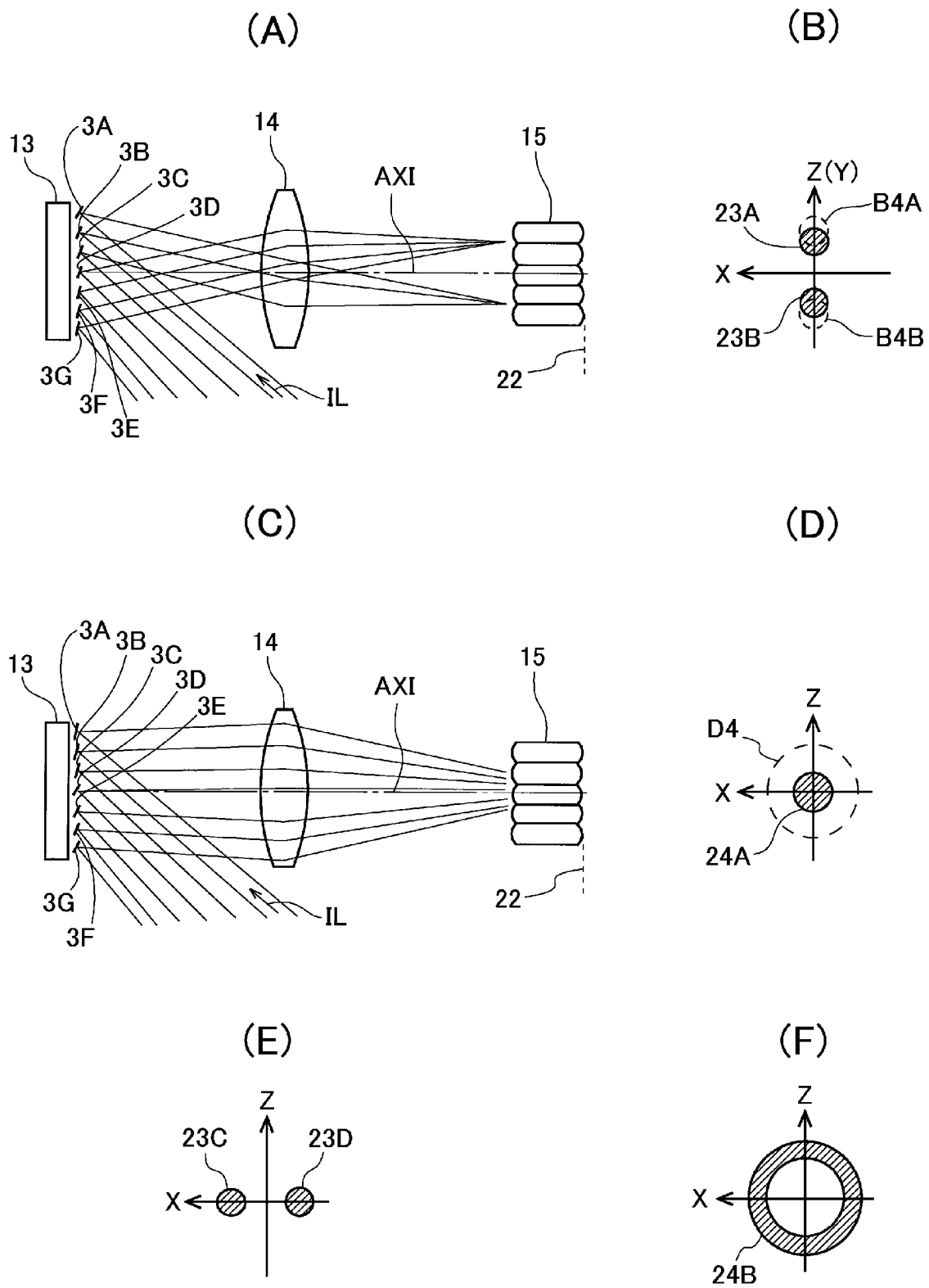
- [60] 第1面に形成されるパターンを第2面上に露光する露光装置であって、請求項50から59の何れか一項に記載の制御装置を備えることを特徴とする露光装置。
- [61] リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、前記リソグラフィ工程において、請求項60に記載の露光装置を用いるデバイス製造方法。



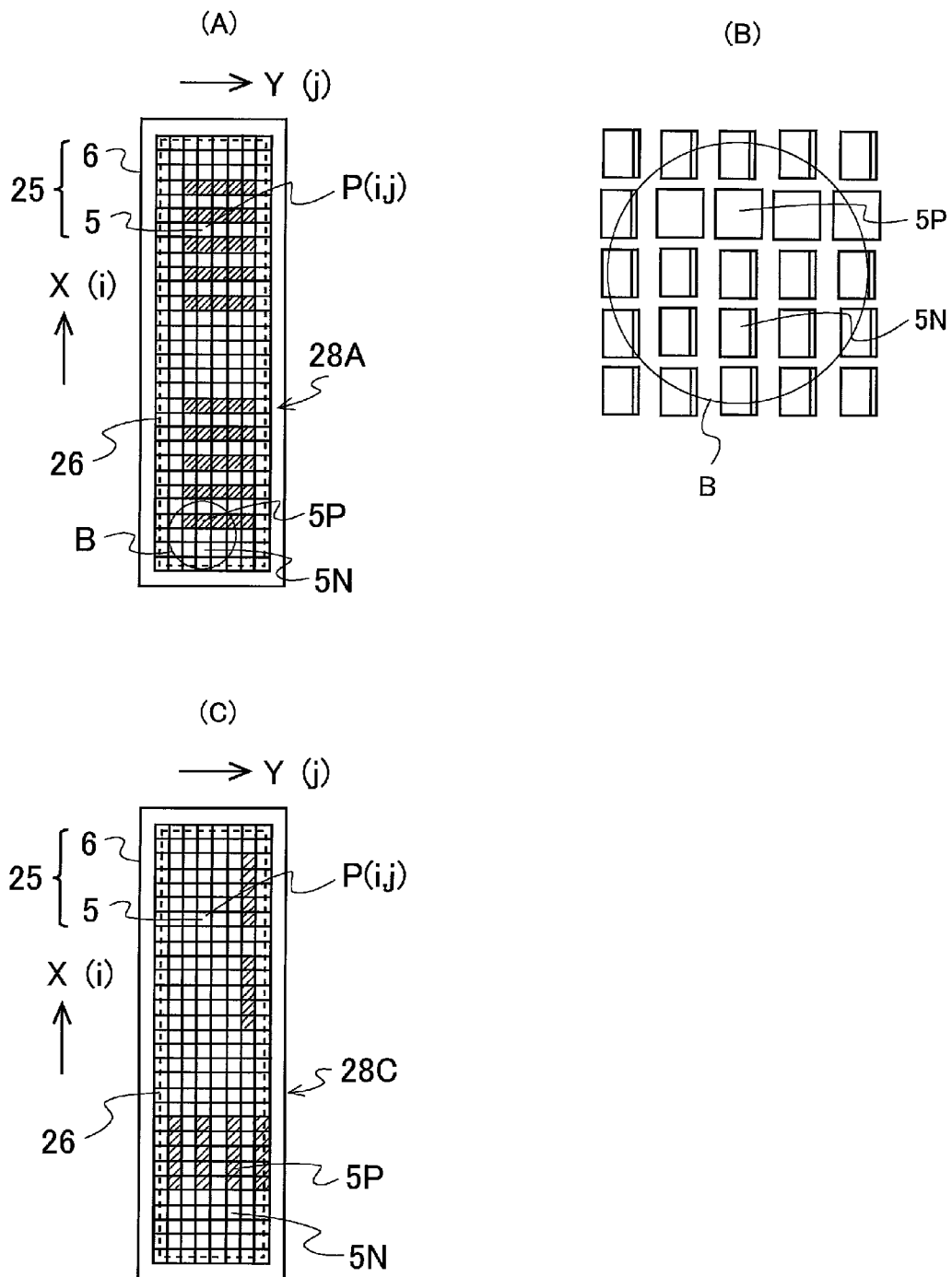
[図2]



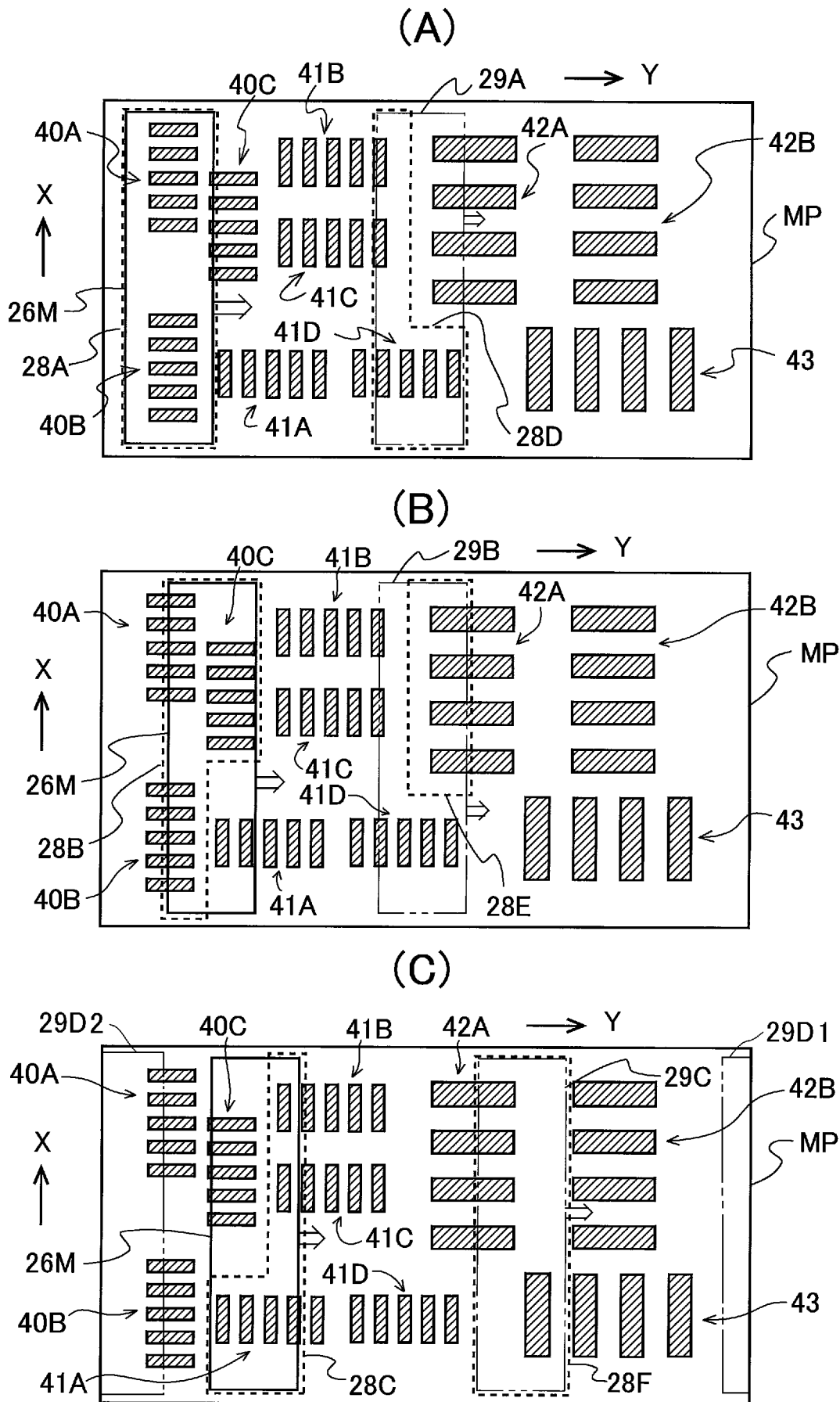
[図3]



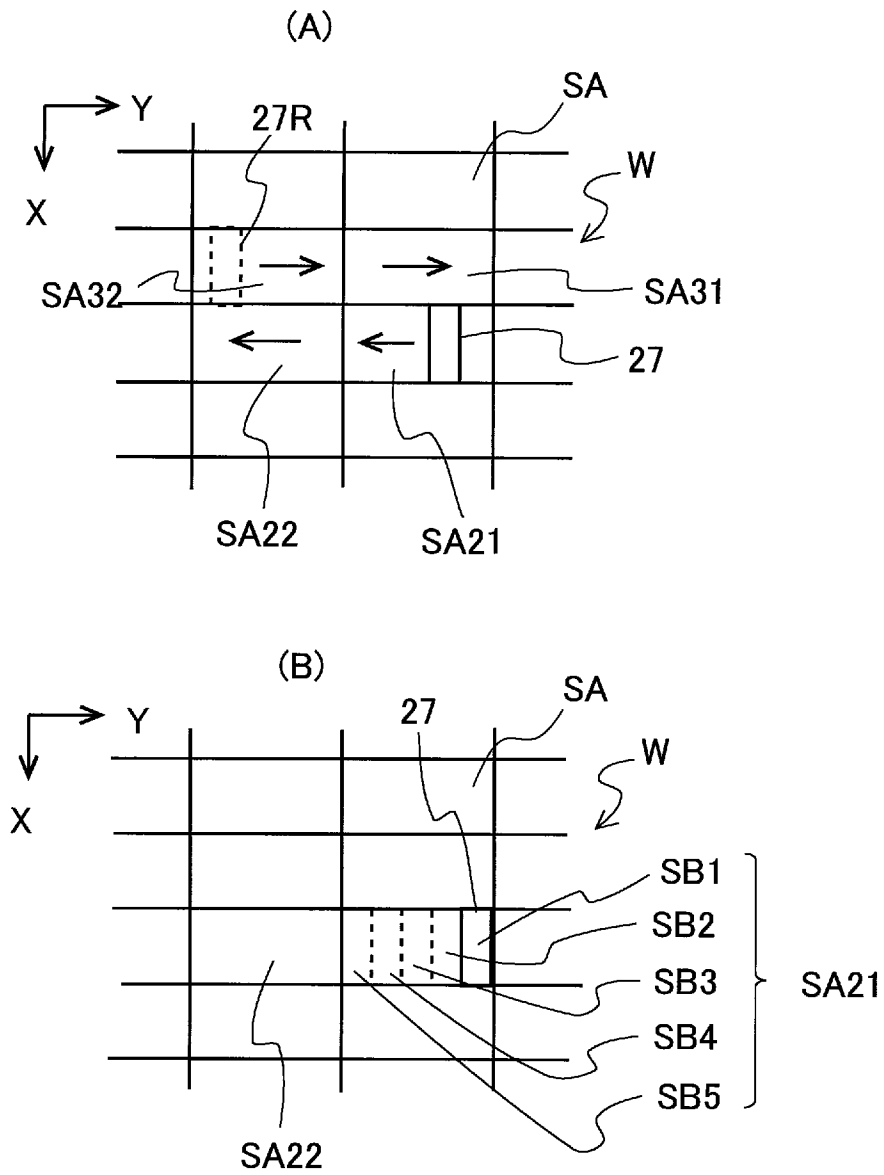
[図4]



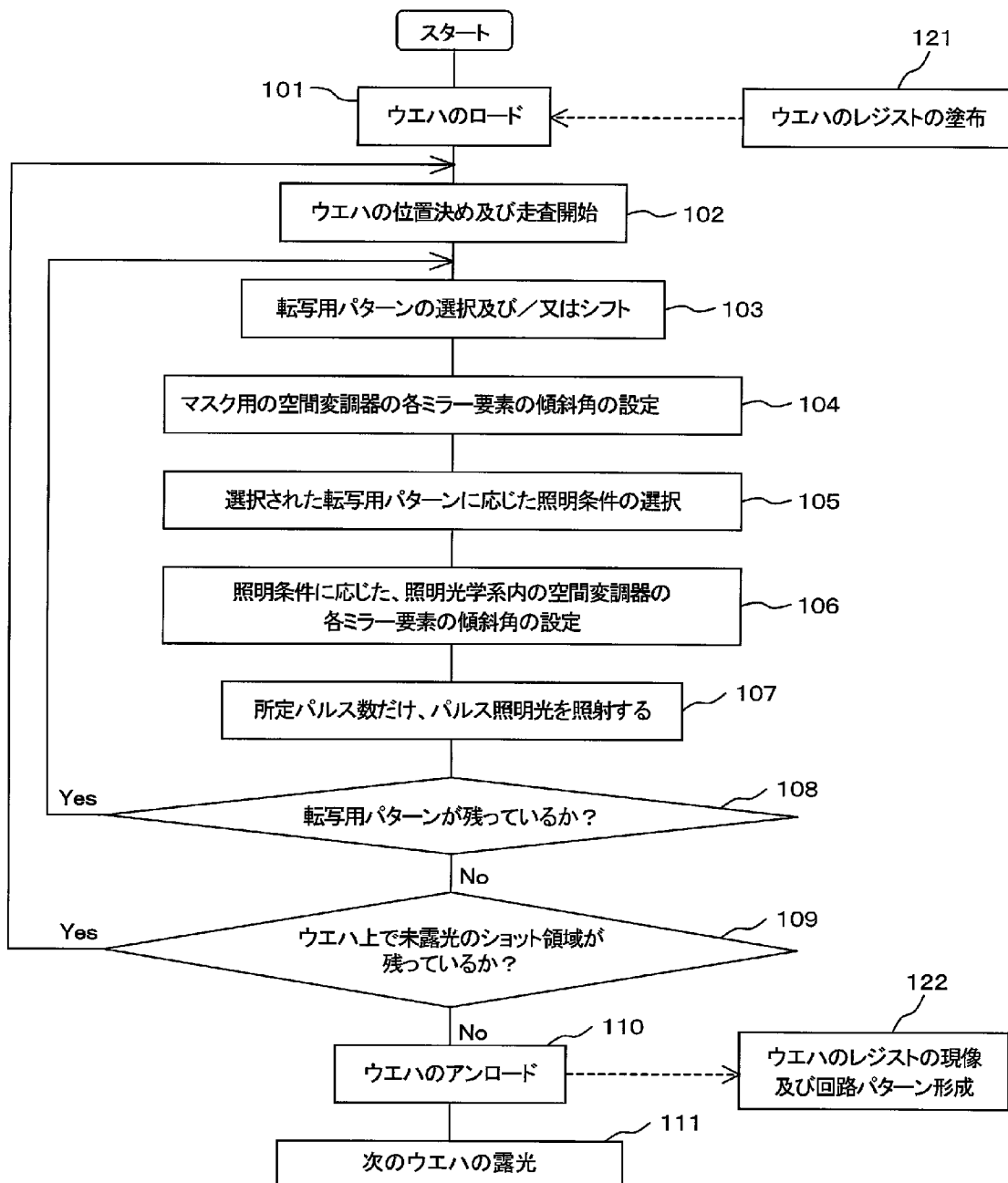
[図5]



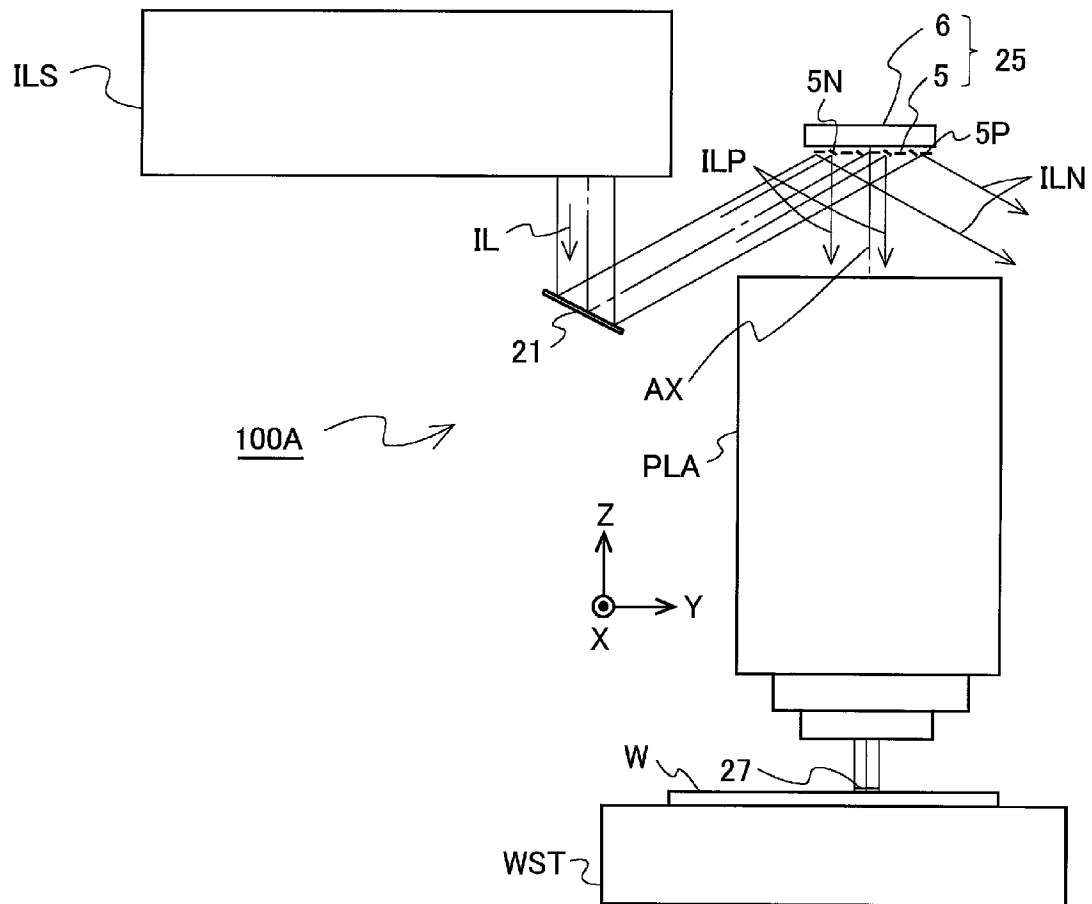
[図6]



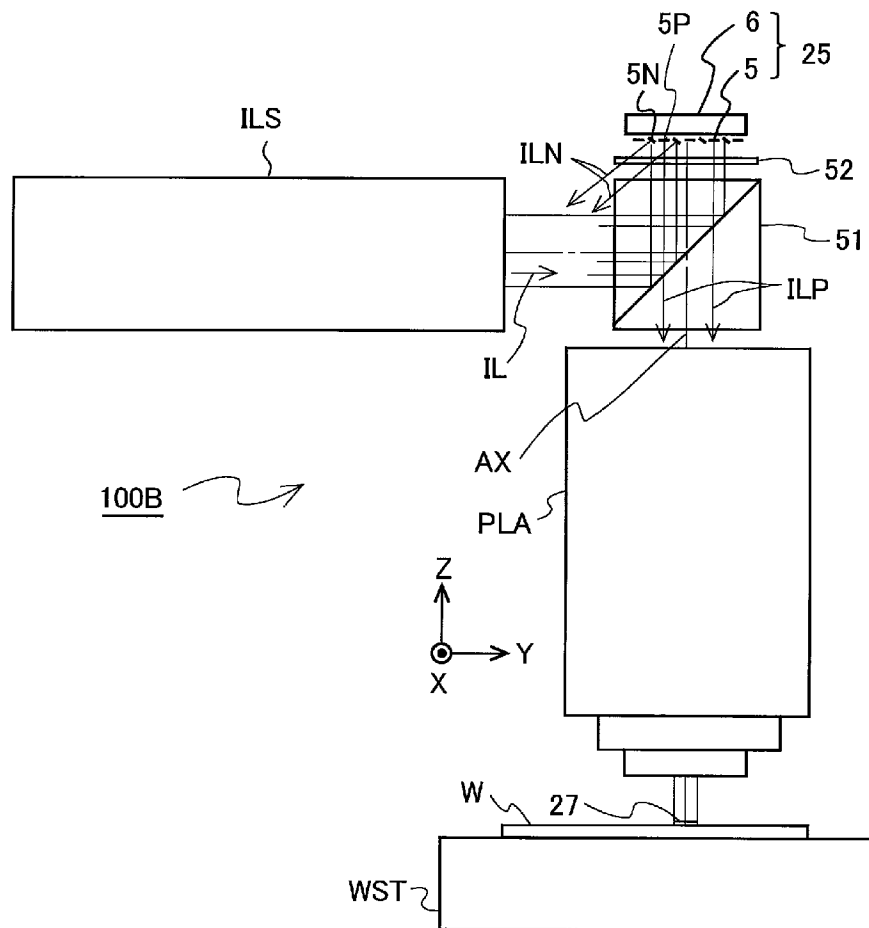
[図7]



[図8]



[図9]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2008/069455

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
H01L21/027(2006.01) i, G03F7/20(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, 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	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

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 10-175328 A (Eastman Kodak Co.), 30 June, 1998 (30.06.98), Full text; all drawings & US 5754305 A & US 5870205 A & US 5754305 A & DE 19752479 A	1, 11-12, 18-20, 22-24, 26, 32-33, 39-41, 45-49
Y A	JP 2006-013518 A (ASML Netherlands B.V.), 12 January, 2006 (12.01.06), Best Mode for carrying out the Invention; all drawings & US 2005/0286035 A1	1-4, 6, 8-28, 30-61 5, 7, 29
Y A	JP 2002-353105 A (Nikon Corp.), 06 December, 2002 (06.12.02), Mode for carrying out the Invention; all drawings (Family: none)	1-4, 6, 8-28, 30-61 5, 7, 29

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 27 November, 2008 (27.11.08)	Date of mailing of the international search report 09 December, 2008 (09.12.08)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

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, G03F7/20 (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, 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 1971-2008年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2008年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2008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 請求の範囲の番号
X	JP 10-175328 A (イーストマン コダック カンパニー) 1998.06.30, 全文, 全図 & US 5754305 A & US 5870205 A & US 5754305 A & DE 19752479 A	1, 11-12, 18-20, 22-24, 26, 32-33, 39-41, 45-49
Y A	JP 2006-013518 A (エイエスエムエル ネザランドズ ベスローテ ン フェンノートシャップ) 2006.01.12, 発明を実施するための最 良の形態, 全図 & US 2005/0286035 A1	1-4, 6, 8-28, 30-61 5, 7, 29

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、一般的な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 27. 11. 2008	国際調査報告の発送日 09. 12. 2008
----------------------------	----------------------------

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) 渡戸 正義	2M	9023
	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 請求の範囲の番号
Y A	JP 2002-353105 A (株式会社ニコン) 2002. 12. 06, 発明の実施の形態, 全図 (ファミリーなし)	1-4, 6, 8-28, 30-61 5, 7, 29