

(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
2024年8月15日(15.08.2024)



(10) 国際公開番号
WO 2024/166268 A1

(51) 国際特許分類:
G03F 7/20 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/004244

(22) 国際出願日: 2023年2月8日(08.02.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 株式会社ニコン (**NIKON CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 渡邊陽司 (**WATANABE, Yoji**); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

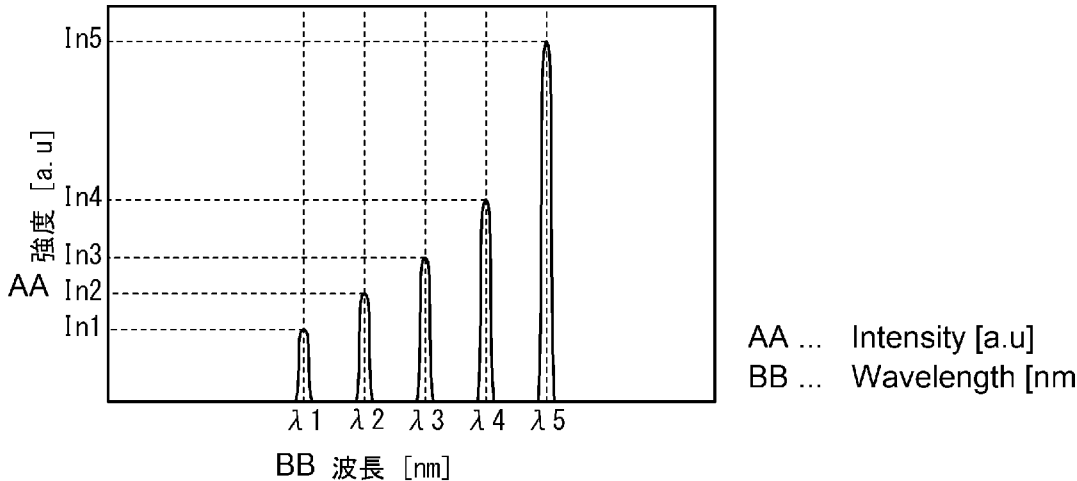
(74) 代理人: 片山修平 (**KATAYAMA, Shuhei**); 〒1040031 東京都中央区京橋1-6-1 三井住友海上テプコビル Tokyo (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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,

(54) **Title:** EXPOSURE METHOD, EXPOSURE APPARATUS, AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 露光方法、露光装置、及びデバイス製造方法

[図7]



(57) **Abstract:** This exposure method comprises: illuminating a first object with exposure light including first exposure light of a first wavelength and second exposure light of a second wavelength different from the first wavelength; and exposing an image of a pattern of the first object on a second object by the exposure light from the first object, the exposing comprising forming a first image of the pattern of the first object by the first exposure light from the first object, and forming a second image of the pattern of the first object by the second exposure light from the first object at a position farther from the surface of the second object than the first object in the traveling direction of the second exposure light. The intensity of the second exposure light with which the second object is irradiated is higher than the intensity of the

[続葉有]

WO 2024/166268 A1

SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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, ME, 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).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

first exposure light with which the second object is irradiated.

(57) 要約: 露光方法は、第1波長の第1露光光と前記第1波長とは異なる第2波長の第2露光光とを含む露光光で第1物体を照明することと、前記第1物体からの前記露光光で前記第1物体のパターンの像を第2物体上に露光することと、を含み、前記露光することは、前記第1物体からの前記第1露光光で前記第1物体のパターンの第1像を形成することと、前記第1物体からの前記第2露光光で前記第1物体のパターンの第2像を、前記第2露光光の進行方向において前記第1像よりも前記第2物体の表面から遠い位置に形成することとを含み、前記第2物体に照射される前記第2露光光の強度は、前記第2物体に照射される前記第1露光光の強度よりも高い。

明 細 書

発明の名称：露光方法、露光装置、及びデバイス製造方法

技術分野

[0001] 露光方法、露光装置、及びデバイス製造方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体素子、液晶表示素子等のマイクロデバイス（電子デバイスなど）の製造におけるリソグラフィ工程において、基板（ガラスプレート又は半導体ウエハ等）上の感光性材料層に、幅に比して深さが大きい（高アスペクト比の）パターン、いわゆる、溝を露光する場合がある（例えば、特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許出願公開第2019/0204756号明細書

発明の概要

[0004] 第1の開示の態様によれば、第1波長の第1露光光と前記第1波長とは異なる第2波長の第2露光光とを含む露光光で第1物体を照明することと、前記第1物体からの前記露光光で前記第1物体のパターンの像を第2物体上に露光することと、を含み、前記露光することは、前記第1物体からの前記第1露光光で前記第1物体のパターンの第1像を形成することと、前記第1物体からの前記第2露光光で前記第1物体のパターンの第2像を、前記第2露光光の進行方向において前記第1像よりも前記第2物体の表面から遠い位置に形成することとを含み、前記第2物体に照射される前記第2露光光の強度は、前記第2物体に照射される前記第1露光光の強度よりも高い、露光方法が提供される。

[0005] 第2の開示の態様によれば、第1波長の第1露光光と前記第1波長とは異なる第2波長の第2露光光とを含む露光光で第1物体を照明することと、前記第1物体からの前記露光光で走査方向に沿って移動する第2物体を露光す

ることと、を含み、前記露光することは、前記第 1 物体からの前記第 1 露光光で前記第 1 物体のパターンの第 1 像を形成することと、前記第 1 物体からの前記第 2 露光光で前記第 1 物体のパターンの第 2 像を、前記第 2 露光光の進行方向において前記第 1 像よりも前記第 2 物体の表面から遠い位置に形成することとを含み、前記第 2 露光光が前記第 2 物体に照射されるタイミングは、前記第 1 露光光が前記第 2 物体に照射されるタイミングと異なる、露光方法が提供される。

[0006] 第 3 の開示の態様によれば、第 1 波長の第 1 露光光と前記第 1 波長とは異なる第 2 波長の第 2 露光光とを含む露光光で第 1 物体を照明する照明光学系と、前記第 1 物体からの前記露光光で前記第 1 物体のパターンの像を第 2 物体上に投影する投影光学系と、を含み、前記投影光学系は、前記第 1 物体からの前記第 1 露光光で前記第 1 物体のパターンの第 1 像を形成し、且つ前記第 1 物体からの前記第 2 露光光で前記第 1 物体のパターンの第 2 像を、前記第 2 露光光の進行方向において前記第 1 像よりも前記第 2 物体の表面から遠い位置に形成し、前記第 2 物体に照射される前記第 2 露光光の強度は、前記第 2 物体に照射される前記第 1 露光光の強度よりも高い、露光装置が提供される。

[0007] 第 4 の開示の態様によれば、第 1 物体のパターンを第 2 物体上に走査露光する露光装置であって、第 1 波長の第 1 露光光と前記第 1 波長とは異なる第 2 波長の第 2 露光光とを含む露光光で第 1 物体を照明する照明光学系と、前記第 1 物体からの前記露光光を走査方向に沿って移動する第 2 物体上に投影する投影光学系と、前記照明光学系に前記露光光を供給する光源を制御する制御装置と、を備え、前記投影光学系は、前記第 1 物体からの前記第 1 露光光で前記第 1 物体のパターンの第 1 像を形成し、且つ前記第 1 物体からの前記第 2 露光光で前記第 1 物体のパターンの第 2 像を、前記第 2 露光光の進行方向において前記第 1 像よりも前記第 2 物体の表面から遠い位置に形成し、前記制御装置は、前記第 2 露光光が前記第 2 物体に照射されるタイミングを、前記第 1 露光光が前記第 2 物体に照射されるタイミングとは異ならせる制

御を行う、露光装置が提供される。

[0008] 第5の開示態様によれば、上記露光方法を用いて前記第2物体の感光性材料層を露光することと、露光された前記感光性材料層を現像することによって生じるパターンをマスクとして前記第2物体の前記感光性材料層よりも内側を加工することと、を含むデバイス製造方法が提供される。

[0009] なお、後述の実施形態の構成を適宜改良しても良く、また、少なくとも一部を他の構成物に代替させても良い。更に、その配置について特に限定のない構成要件は、実施形態で開示した配置に限らず、その機能を達成できる位置に配置することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、実施形態に係る露光装置の概略構成を示す図である。

[図2]図2(A)は、光源ユニットの概略構成を示す図であり、図2(B)は、各固体レーザ光源から射出される光の波長を例示する図である。

[図3]図3は、空間光変調器の一例を示す図である。

[図4]図4は、軸上色収差について説明するための図である。

[図5]図5(A)は、シミュレーションに用いたマスクを示す概略図であり、図5(B)は、シミュレーションに用いた基板とレジストとを示す概略図である。

[図6]図6(A)～図6(E)は、光L1～光L5を同じ強度でレジストに照射したときにレジスト内に形成されるパターン像の強度分布をシミュレーションした結果を示す図である。

[図7]図7は、実施形態における光の波長と強度との関係を示す図である。

[図8]図8は、光L1～L5各々の強度を調整した照明光でマスクを照明したときに、レジスト内に形成されるパターン像の強度分布をシミュレーションした結果を示す図である。

[図9]図9(A)及び図9(B)は、開口数NAが0.4及び0.5の場合について、各 k_2 におけるNILS、均一性、及び波長数をシミュレーションした結果を示す図である。

[図10]図10(A)及び図10(B)は、開口数NAが0.6及び0.7の各場合について、各 k_2 におけるNILS、均一性、及び波長数をシミュレーションした結果を示す図である。

[図11]図11(A)は、開口数NAが0.8の場合について、各 k_2 におけるNILS、均一性、及び波長数をシミュレーションした結果を示す図であり、図11(B)は、開口数NAが1.35の場合について、各 k_2 におけるNILS及び均一性をシミュレーションした結果を示す図である。

[図12]図12は、倍率色収差について説明するための図である。

[図13]図13(A)は、投影光学系の倍率色収差の分布を示す図であり、図13(B)は、スキャン平均後の倍率色収差の分布を示す図である。

[図14]図14(A)及び図14(B)は、スキャン平均後の合成パターン像の強度分布をシミュレーションした結果を示す図であり、図14(A)は、Y軸と直交する面での強度分布であり、図14(B)は、X軸と直交する面での強度分布である。

[図15]図15は、光L1～光L5の射出タイミングを例示する図である。

[図16]図16は、図15に示すように光L1～光L5の射出タイミングをずらすことにより得られる、X軸と直交する断面における合成パターン像の強度をシミュレーションした結果を示す図である。

[図17]図17(A)～図17(C)は、比較例1～比較例3に係る方法によってレジスト内に形成される合成パターン像の強度のシミュレーション結果を示す図であり、図17(D)は、本実施形態に係る方法によってレジスト内に形成される合成パターン像の強度のシミュレーション結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 基板（ガラスプレート又は半導体ウエハ等）上の感光性材料層に、深さ方向に一定の幅を有し、内壁の傾きが小さい高アスペクト比のパターンを形成することが望まれている。

[0012] 以下、本実施形態に係る露光装置100について、図1～図16に基づい

て説明する。

[0013] 図1は、本実施形態に係る露光装置100の概略構成を示す図である。露光装置100は、後述する露光制御部160による制御に応じて照明光（露光光）を変調する空間光変調器（SLM: Spatial Light Modulator）を用いる露光装置である。

[0014] 図1に示すように、露光装置100は、照明系110、パターン生成装置120、投影光学系130、ステージ装置140、アライメント検出系150、及び露光制御部160を備える。露光装置100の説明においては、水平面内において互いに直交する2方向をX方向、Y方向とし、X方向及びY方向に直交する方向をZ方向とする。また、X軸、Y軸、及びZ軸周りの回転（傾斜）方向をそれぞれ θ_x 方向、 θ_y 方向、及び θ_z 方向とする。なお、本実施形態において、X方向が走査方向であるとする。

[0015] 照明系110は、光源ユニット111と、照明光学系112と、反射ミラー113と、を備える。

[0016] 図2（A）は、光源ユニット111の概略構成を示す図である。光源ユニット111は、複数の固体レーザ光源を備える。本実施形態では、光源ユニット111は、第1固体レーザ光源SL S1、第2固体レーザ光源SL S2、第3固体レーザ光源SL S3、第4固体レーザ光源SL S4、及び第5固体レーザ光源SL S5を備える。それぞれの固体レーザ光源SL S1～SL S5は、例えば、DFB半導体レーザ等のレーザ光源から射出されたレーザ光をファイバ光増幅器により増幅し、増幅されたレーザ光を波長変換素子により波長変換する固体型のレーザ装置であってもよい。このような固体型のレーザ装置は、例えば米国特許第7,339,661号、第7,974,320号、第9,153,934号、第9,160,132号等の開示されている。

[0017] 第1固体レーザ光源SL S1は、後述する空間光変調器121を照明する、ピーク波長 λ_1 の照明光（露光光）L1を射出する。第2固体レーザ光源SL S2は、空間光変調器121を照明する、ピーク波長 λ_2 の照明光（露

光光) L 2 を射出する。第3固体レーザ光源 S L S 3 は、空間光変調器 1 2 1 を照明する、ピーク波長 λ_3 の照明光 (露光光) L 3 を射出する。第4固体レーザ光源 S L S 4 は、空間光変調器 1 2 1 を照明する、ピーク波長 λ_4 の照明光 (露光光) L 4 を射出する。第5固体レーザ光源 S L S 5 は、空間光変調器 1 2 1 を照明する、ピーク波長 λ_5 の照明光 (露光光) L 5 を射出する。なお、以後の説明において、照明光 L 1 ~ 照明光 L 5 を、光 L 1 ~ 光 L 5 と記載する。

[0018] 図2 (B) は、第1固体レーザ光源 S L S 1 ~ 第5固体レーザ光源 S L S 5 からそれぞれ射出される光 L 1 ~ 光 L 5 のピーク波長 $\lambda_1 \sim \lambda_5$ を示す図である。図2 (B) に示すように、ピーク波長 $\lambda_1 \sim \lambda_5$ は、離散的であり、本実施形態では、 $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3 < \lambda_4 < \lambda_5$ となっている。なお、図2 (B) では、便宜上、光 L 1 ~ 光 L 5 の強度を同一で示しているが、光 L 1 ~ 光 L 5 の強度については後述する。また、図2 (B) では、隣り合うピーク波長の間隔を一定としているが、これに限られるものではない。隣り合うピーク波長の間隔は不規則でもよい。

[0019] 第1固体レーザ光源 S L S 1 ~ 第5固体レーザ光源 S L S 5 は、露光制御部 1 6 0 からの指示に基づいて、射出する光の強度及び光の射出タイミングを変更する。なお、露光制御部 1 6 0 からの指示をトリガ信号と称してもよい。

[0020] 照明光学系 1 1 2 は、照明条件を変更するための成形光学系、オプティカルインテグレータ、視野絞り、リレーレンズ系 (いずれも不図示) を含む。照明光学系 1 1 2 は、光源ユニット 1 1 1 から射出された光 L 1 ~ L 5 を含む照明光 (露光光) I L を射出する。照明光 I L は、光 L 1 ~ L 5 を含むため、複数のピーク波長を有する光、又は、離散的な波長分布を持つ光といえる。

[0021] パターン生成装置 1 2 0 は、露光制御部 1 6 0 による制御の下、ステージ装置 1 4 0 のステージ 1 4 1 (後述) に載置されたウエハ W に形成するパターンを生成する。なお、本実施形態では、ウエハ W は、基材 6 0 1 と、基材

601上に塗布されたレジスト602（感光性材料層）と、を含むものとする。

[0022] パターン生成装置120は、空間光変調器121と、駆動部122と、を備える。

[0023] 図3は、空間光変調器121の一例を示す図である。図3に示すように、空間光変調器121は、例えばX-Y平面内にマトリックス状（2次元状、アレイ状）に配置された複数のマイクロミラー機構Mを有する。マイクロミラー機構Mの各々は、マイクロミラーM1と、マイクロミラーM1の反射面とは反対側に設けられた駆動機構M2とを有する。駆動機構M2は、マイクロミラーM1をZ方向に延びる軸に沿って移動（上下）させる。

[0024] 駆動部122は、露光制御部160からの制御信号に従って複数のマイクロミラー機構Mの各々の駆動機構M2を駆動し、マイクロミラーM1をオン状態（オン位置）とオフ状態（オフ位置）との間で切り替える。

[0025] ここで、各マイクロミラーM1のサイズが投影光学系130で解像することのできないほど小さなサイズであるため、投影光学系130で解像することのできる大きさの領域の中でマイクロミラーM1が全てオン状態又は全てオフ状態である場合、当該領域に入射する照明系110からの照明光ILの0次回折光IL0は、投影光学系130に入射する。投影光学系130で解像することのできる大きさの領域の中に例えば2×2のマイクロミラーM1が位置していてもよい。一方、照明系110からの照明光（露光光）ILが、オン状態にあるマイクロミラーM1とオフ状態にあるマイクロミラーM1とが交互に位置する領域に入射した場合、この領域で照明光ILが回折され、照明光ILの0次回折光IL0はほぼ消失し、照明光ILの±1次以上の回折光IL1が投影光学系130から外れた非露光光路に至る。パターン生成装置120は、複数のマイクロミラーM1の各々をオン状態及びオフ状態のいずれかに設定することにより、照明光ILにパターンを与える。なお、以後の説明において、オン状態及びオフ状態のいずれかに設定された複数のマイクロミラーM1が配列された面を、空間光変調器121の光変調面と呼

ぶ場合がある。

[0026] なお、空間光変調器 121 は、上述したピストン型に限られるものではなく、例えば、磁気光学空間光変調器（MOSLM: Magneto Optic Spatial Light Modulator）や DMD（デジタルミラーデバイス）等でもよい。また、空間光変調器 121 を、照明光 1L を反射する反射型として説明をしたが、空間光変調器 121 は、照明光 1L を透過する透過型でも良いし、照明光 1L を回折する回折型でも良い。空間光変調器 121 は、照明光 1L を空間的に、且つ、時間的に変調することができればよい。

[0027] 投影光学系 130 は、空間光変調器 121 の光変調面の像を、ステージ 141 に配置されたウエハ W に、投影倍率 β （一例として $\beta = 1/200$ 、 $1/400$ 、 $1/500$ 等）で縮小投影する。即ち、パターン生成装置 120 を介したエネルギービームにより、ウエハ W に露光パターンを形成する。投影光学系 130 は、鏡筒 130s と、鏡筒 130s の内部に所定の位置関係で配置された複数の光学素子（不図示）を有する。

[0028] ステージ装置 140 は、ステージ（基板ステージ）141 と、レーザ干渉計 142 と、ステージ駆動部 143 と、を備える。

[0029] ステージ 141 は、上面中央に設けられたウエハホルダ（不図示）を介してウエハ W を保持する。ステージ 141 は、ステージ駆動部 143 により X 方向、Y 方向及び Z 方向に移動可能であり、且つ Z 方向に延びる軸周りに回転可能である。

[0030] レーザ干渉計 142 はステージ 141 の X 方向及び Y 方向の端面にそれぞれ設けられた反射面に測長ビームを照射することにより、ステージ 141 の X 方向、Y 方向、 θ_z 方向の位置を、例えば 0.5 ~ 1 nm 程度の分解能で常時検出する。

[0031] ステージ駆動部 143 は、露光制御部 160 からの制御信号に従ってステージ 141 を駆動する。

[0032] アライメント検出系 150 は、投影光学系 130 の側面に配置されている。本実施形態では、結像式アライメントセンサがアライメント検出系 150

として用いられている。アライメント検出系150の詳細な構成は、例えば、米国特許第5,637,129号明細書に開示されている。

[0033] アライメント検出系150は、ウエハW上に形成されたストリートラインや位置検出用マークを検出する。アライメント検出系150によるストリートラインや位置検出用マークの検出結果は、露光制御部160に出力される。

[0034] 露光制御部160は、予め決定された露光パターンをウエハW上に形成するように、照明系110、パターン生成装置120、ステージ装置140等の動作を制御し、空間光変調器121の光変調面の像を、投影光学系130を介して、ステージ141に保持されたウエハW上に投影する。

[0035] 照明系110からの照明光Lによって空間光変調器121が照明されると、空間光変調器121のマイクロミラーM1にて反射した照明光L、即ち空間光変調器121によりパターンを与えられた照明光Lが投影光学系130に入射し、該パターンの縮小像（部分倒立像）がステージ141に保持されたウエハW上の投影領域Aに形成される。

[0036] 本実施形態においては、露光制御部160は、ステップアンドスキャン方式で露光を行う。また、露光制御部160は、スキャン露光中に、ステージ141を適切な速度で移動させつつ、これに同期して空間光変調器121で生成したパターンをスクロールさせる（即ち、空間光変調器121が生成するパターンの形状を変化させる）。

[0037] 上記の構成を有する露光装置100として、米国特許第8089616号、米国特許公開第2020/00257205号、または国際公開第2005/081034号に開示された露光装置を用いてもよい。

[0038] 次に、本実施形態に係る露光制御部160が実行する制御について詳細に説明する。本実施形態において、露光制御部160は、光L1～L5の強度制御と射出タイミング制御とを実行する。まず、強度制御について説明する。

[0039] 本実施形態では、互いに異なるピーク波長を有する複数の光を含む照明光

I Lで空間光変調器121を照明し、空間光変調器121によりパターンを与えられた照明光I LがウエハW上に投影される。

[0040] ここで、照明光I Lに含まれる光L 1～L 5は、互いにピーク波長が異なるため、投影光学系130に起因して、図4（A）に示すように、その結像位置（焦点）がZ方向においてずれる軸上色収差が生じる。本実施形態では、光L 1～光L 5の進行方向において、光L 5、光L 4、光L 3、光L 2、及び光L 1の順（光L 5～光L 1の順）に、その結像位置が投影光学系130から遠いものとする。すなわち、光L 1～光L 5の進行方向において、波長 λ 1の光L 1の結像位置が投影光学系130に最も近く、波長 λ 5の光L 5の結像位置が投影光学系130から最も遠いものとする。言い換えると、光L 1～光L 5の進行方向（－Z方向）において、波長 λ 1の光L 1の結像位置がウエハWのレジスト602（感光性材料層）の表面（ウエハWの表面）から最も近い位置となり、波長 λ 5の光L 5の結像位置が、レジスト602の表面から最も遠い位置となる。

[0041] これにより、空間光変調器121からの光L 1～光L 5により空間光変調器121が生成したパターンの像S I 1～S I 5（以後、光L 1～光L 5のパターン像とも記載する）が形成される位置は、光L 1～光L 5の進行方向において、光L 5、光L 4、光L 3、光L 2、及び光L 1の順に、ウエハWのレジスト602の表面から遠い位置となる。なお、投影光学系130の倍率色収差を無視した場合、光L 1～光L 5のパターン像S I 1～S I 5は、図4（A）に示すように、光軸AXと交差する方向において重なる。

[0042] これにより、図4（B）に示すように、5つの光L 1～L 5のパターン像S I 1～S I 5を合成した合成パターン像S I Mは、幅（X方向の長さ）に対する深さ（Z方向の長さ）が大きい像となる。このように、ピーク波長が異なる複数の光L 1～L 5を含む照明光I Lを利用することにより、ウエハWのレジスト602に高アスペクト比のパターン（溝）を形成することができる。

[0043] しかしながら、発明者は、各光L 1～L 5を同じ強度で発光すると、レジ

スト602の減衰係数によって、その結像位置がレジスト602の表面から遠い位置である光ほど、その光のパターン像の強度が弱まることを発見した。この点について、より詳細に説明する。

[0044] 発明者は、同じ強度を有する光L1～L5の各々で図5（A）に示すパターンを有するマスク503を照明した場合に、マスク503を介した光L1～L5が、図5（B）に示す基板501上に塗布されたレジスト502内で形成するパターン像の強度をシミュレーションした。図5（A）に示すように、マスク503は、一辺が200nmの正方形のパターンを有する。図5（A）において、斜線部は光の透過率が0であることを示す。

[0045] シミュレーションにおいて、開口数（NA）は0.8と仮定した。また、基板501の屈折率は1.72であるとし、減衰係数は0.005であるとし、また、基板501は光L1～L5を反射しないものと仮定した。レジスト502の厚みは4μmであり、レジスト502の屈折率は1.72であるとし、減衰係数は0.005であると仮定した。

[0046] 図6（A）～図6（E）は、光L1～光L5を同じ強度とした場合の、レジスト502内での光L1～光L5のパターン像の強度分布をシミュレーションした結果をそれぞれ示す図である。ここで、投影光学系130の軸上色収差によって、光L $n+1$ の集光位置は光L n の集光位置と比べて1160nm程度深い位置にある（ $n=1\sim4$ ）。図6（A）～図6（E）は、レジスト502内での光L1～光L5のパターン像の強度分布を等高線で表しており、等高線上の数字は強度を意味する。なお、等高線上に記載された数値が高いほど、強度が高いことを示す。

[0047] 図6（A）～図6（E）に示すように、レジスト502の減衰係数の影響により、パターン像の形成位置がレジスト502の表面から遠い位置にあるほど、その強度も小さくなる。

[0048] そこで、本実施形態では、光L1～光L5が照明光学系112に入射するときの強度を互いに異ならせる。より具体的には、図7に示すように、光L1～光L5の進行方向において、結像位置がレジスト602の表面から遠い

位置にあるほど、すなわち、光L1～光L5のパターン像の形成位置がレジスト602の表面から遠い位置にあるほど、強度を大きくする。言い換えると、パターン像の形成位置がレジスト602の表面から遠い位置にある光ほど、ウエハWに照射される光の強度を高くする。

[0049] 本実施形態において、光L1～光L5の進行方向において、光L1～光L5のパターン像の形成位置は、光L5～光L1の順に、レジストの表面から遠い位置となる。そこで、光L1の強度を I_{n1} 、光L2の強度を I_{n2} 、光L3の強度を I_{n3} 、光L4の強度を I_{n4} 、光L5の強度を I_{n5} とした場合、 $I_{n1} < I_{n2} < I_{n3} < I_{n4} < I_{n5}$ とする。これにより、ウエハWに照射される光L1～光L5の強度は、光L5～光L1の順に高い。

[0050] 光L1～光L5の強度 I_{n1} ～強度 I_{n5} は、例えば、露光制御部160が第1固体レーザ光源SL S1～第5固体レーザ光源SL S5を制御することによって調整することができる。なお、例えば、第1固体レーザ光源SL S1～第5固体レーザ光源SL S5の設定によって、光L1～光L5の強度 I_{n1} ～強度 I_{n5} を調整してもよい。

[0051] なお、光L1～光L5の強度 I_{n1} ～強度 I_{n5} は、第1固体レーザ光源SL S1～第5固体レーザ光源SL S5の制御又は設定に加えて減光フィルタを用いて調整してもよい。また、第1固体レーザ光源SL S1～第5固体レーザ光源SL S5から射出される光L1～光L5の強度を同一とし、減光フィルタによって照明光学系112に入射するときの強度（ウエハWに照射されるとき強度） I_{n1} ～ I_{n5} が $I_{n1} < I_{n2} < I_{n3} < I_{n4} < I_{n5}$ となるようにしてもよい。

[0052] 図8は、図6（A）～図6（E）の光L1～L5各々の強度を調整した照明光ILでマスク503を照明したときに、レジスト502内に形成される合成パターン像の強度分布をシミュレーションした結果を示す図である。合成パターン像の強度 I_{sum} は、

$$I_{sum} = \sum I_{ni} \cdot I(\lambda_i)$$

により算出した。ここで、 I_{ni} （ $i=1\sim5$ ）は、重み係数であり、 I （

λ_i) は、光 L_i ($i = 1 \sim 5$) の固定レーザ光源射出時の強度である。したがって、 $\ln i \cdot I(\lambda_i)$ は、光 L_i のマスク 503 照明時の強度（又は光 L_i のレジスト 502 照射時の強度）である。図 8 のシミュレーションでは、 $\ln 1 = 0.077$ 、 $\ln 2 = 0.116$ 、 $\ln 3 = 0.164$ 、 $\ln 4 = 0.232$ 、 $\ln 5 = 0.411$ とした。

[0053] 図 8 に示すように、 $\ln 1 < \ln 2 < \ln 3 < \ln 4 < \ln 5$ とすることで、レジスト 502 の深さ方向に強度が均一な合成パターン像が形成されることがわかる。

[0054] 光 $L_1 \sim L_5$ の波長間の間隔 $\Delta\lambda$ は、複数の光各々のパターン像を合成した合成パターン像の X 方向及び Y 方向の N I L S (Normalized Image Log Slope) が高く、合成パターン像の強度の Z 方向のムラが小さく（均一性が高く）、使用する波長数が少なくなるように決定される。波長 λ の光の焦点の位置と、波長 $\lambda + \Delta\lambda$ の光の焦点の位置との差を $\Delta Focus$ とすると、

$$\Delta Focus = k_2 \cdot \lambda / NA^2 = Cz \cdot \Delta\lambda$$

$$\therefore \Delta\lambda = k_2 \cdot \lambda / Cz \cdot NA^2$$

となり、波長間の間隔 $\Delta\lambda$ は k_2 に換算することができる。ここで、 Cz は軸上色収差を表し、 NA は開口数を表し、 λ は、光 $L_1 \sim L_5$ の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_5$ を含む範囲内における代表的な（特定の）波長（例えば、248 nm など）を表す。

[0055] 最適な k_2 を求めるためにシミュレーションを行った。図 9 (A) ~ 図 11 (B) は、開口数 NA が 0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、及び 1.35 の各場合について、各 k_2 における N I L S、均一性、及び波長数をシミュレーションした結果を示す図である。

[0056] 上述したように、合成パターン像の X 方向及び Y 方向の N I L S が高く、合成パターン像の強度の Z 方向のムラが小さく（均一性が高く）、使用する波長数が少ないことが好ましい。したがって、図 9 (A) に示すように、開口数 NA が 0.4 の場合、 k_2 は 1.6 が最適であると考えられる。図 9 (B) に示すように、開口数 NA が 0.6 の場合、 k_2 は 1.4 が最適であると考

えられる。図10(A)に示すように、開口数NAが0.6の場合、 k_2 は1.2が最適であると考えられる。図10(B)に示すように、開口数NAが0.7の場合、 k_2 は1.4が最適であると考えられる。図11(A)に示すように、開口数NAが0.8の場合、 k_2 は1.2が最適であると考えられる。

[0057] このように、開口数NAが1未満の場合、 $k_2 = 1.2 \sim 1.6$ を満足する $\Delta\lambda$ を波長間隔とすることが好ましい。

[0058] また、図11(B)に示すように、開口数NAが1.35の場合、 k_2 を2程度とすることができると考えられる。

[0059] 次に、光L1～L5の射出タイミング制御について説明する。

[0060] 本実施形態では、反射型の空間光変調器121での光路分離のために、投影光学系130は、片側テレセントリック（空間光変調器121側が非テレセントリック）な軸外し光学系となっている。この軸外し光学系の露光領域は、図12に示すように、X方向（走査方向）において、投影光学系130の光軸AX（レンズの中心）からずれた位置に各光の露光領域の中心が位置する。言い換えると、光L1～光L5各々により形成されるパターン像は、投影光学系130の光軸AXから外れた位置に形成される。これにより、X方向において倍率色収差にオフセットが生じる。

[0061] 図13(A)は、投影光学系130の倍率色収差の分布を示す図であり、図13(B)は、+X方向にスキャンを行った場合のスキャン平均後の倍率色収差の分布を示す図である。図13(A)及び図13(B)において、矢印は、倍率色収差を表すベクトルである。倍率色収差を表すベクトルは、 $(a \times x + b, a \times y)$ で表すことができる。ここで、 a は係数、 b はオフセット、 x は、X方向の位置、 y はY方向の位置を表す。

[0062] 図13(A)に示すように、光軸AXから遠い位置ほど、倍率色収差が大きくなる。ここで、例えば、 $y = 0$ では、スキャン平均効果によってY方向の倍率色収差は相殺され0となるが、X方向では、図13(B)に示すように、倍率色収差のオフセット(b)が残ってしまう。

[0063] 図14(A)及び図14(B)は、スキャン平均後にレジスト502内に形成される合成パターン像の強度分布をシミュレーションした結果を示す図であり、図14(A)は、 $y=0$ において、X軸と直交する面での強度分布であり、図14(B)は、Y軸と直交する面での強度分布である。

[0064] 図14(A)に示すように、スキャン平均効果によりX軸と直交する面では倍率色収差の影響を受けないが、図14(B)に示すように、Y軸と直交する面において倍率色収差の影響を受けて、合成パターン像が傾いてしまう。より具体的には、光L1～光L5の進行方向において、光L1～光L5のパターン像の位置がレジスト602から遠い位置にあるほど、パターン像はX方向において光軸AXから外れた位置に形成される。これにより、走査露光によってレジスト502内に形成されたパターンは、傾斜した内壁（断面）を有することになる。

[0065] そこで、本実施形態では、光L1～光L5を射出するタイミングを互いに異ならせる。より具体的には、光L1～光L5の進行方向において、各光L1～L5が形成するパターン像の位置がレジスト602の表面から遠いほど、その射出タイミングを遅くする。

[0066] 図15は、光L1～光L5の射出タイミングを例示する図である。本実施形態では、光L5～光L1の順で、パターン像の形成位置がレジスト602の表面から遠いため、露光制御部160は、光L5の射出タイミングを最も遅くし、光L1の射出タイミングを最も早くするよう、第1固体レーザ光源SL S1～第5固体レーザ光源SL S5からの光L1～光L5の射出タイミングを制御する。これにより、パターン像の形成位置がレジスト602の表面から遠い光ほど、レジスト602への照射タイミングが遅くなる。すなわち、光L1がレジスト602へ照射されるタイミングが最も早く、光L5がレジスト602へ照射されるタイミングが最も遅くなる。ウエハWの走査方向及び走査スピードに合わせて、光L1～光L5がウエハWのレジスト602へ照射されるタイミングを調整する（変更する）ことで、走査方向（+X方向）において略同一の位置に、光L1～光L5のパターン像を形成するこ

とができる。例えば、光 L_1 のパターン像の形成位置と、光 L_2 のパターン像の形成位置とが、走査方向（ $+X$ 方向）において ΔX 異なる場合に、光 L_1 がレジスト602に照射された後、ウエハ W が走査によって ΔX 移動したタイミングで、光 L_2 をレジスト602に照射することによって、光 L_1 のパターン像の形成位置と、光 L_2 のパターン像の形成位置とを、走査方向（ $+X$ 方向）においてウエハ W 上で略一致させることができる。

なお、ウエハ W の走査方向が $-X$ 方向である場合には、パターン像の形成位置がレジスト602の表面から遠い光ほど、レジスト602への照射タイミングを早くすればよい。例えば、上述した米国特許第8089616号に開示されるように、走査方向を逆向きに切替えながらラスタスキャンで走査露光を行う場合には、互いに異なる波長の光を射出する複数の固体レーザー光源 $SLS_1 \sim SLS_5$ への指示（トリガ信号）のタイミングを走査方向に応じて変更してもよい。

[0067] 図16は、図15に示すように光 $L_1 \sim$ 光 L_5 の射出タイミングをずらすことにより得られる、 Y 軸と直交する断面におけるスキャン平均後の合成パターン像の強度をシミュレーションした結果を示す図である。

[0068] 図16に示すように、各光 $L_1 \sim L_5$ が形成するパターン像の位置がレジスト602の表面から遠いほど、その射出タイミング（レジスト602の照射タイミング）を遅くすることによって、倍率色収差のオフセットを補正することができ、 X 方向（走査方向）における合成パターン像の傾きを抑制できる。

[0069] 以上、詳細に説明したように、本実施形態によれば、露光装置100は、互いに異なる波長 $\lambda_1 \sim$ 波長 λ_5 をそれぞれ有する光 $L_1 \sim$ 光 L_5 を含む照明光 I_L で空間光変調器121を照明する照明光学系112と、空間光変調器121からの照明光 I_L で空間光変調器121が生成したパターンの像をウエハ W に投影する投影光学系130と、を含む。投影光学系130は、空間光変調器121からの照明光 $L_1 \sim$ 照明光 L_5 で空間光変調器121が生成したパターンの像をそれぞれ形成し、照明光 $L_1 \sim$ 照明光 L_5 の進行方向

において、照明光L 1～照明光L 5の順に、照明光L 1～照明光L 5のパターン像をウエハWの表面から遠い位置に形成する。また、ウエハWに照射される照明光L 1～照明光L 5の強度は、照明光L 5～照明光L 1の順に高い。

[0070] 照明光L 1～照明光L 5のパターン像が形成される位置は、照明光L 1～L 5の進行方向において、照明光L 1～L 5の順にウエハWの表面から遠い位置となっている。照明光L 1～L 5のパターン像の合成によって、レジスト602の深さ方向に長い合成パターン像を形成することができる。さらに、ウエハWに照射される照明光L 1～照明光L 5の強度は、照明光L 5～照明光L 1の順に高いため、レジスト602の減衰強度に起因して、パターン像が形成される位置がウエハWの表面から遠い位置であるほど強度が低くなってしまうという問題を解消し、レジスト602の深さ方向に均一な強度を有する合成パターン像を形成することができる。これにより、深さ方向に一定の幅を有する高いアスペクト比を有するパターン（溝）をレジスト602に形成することができる。

[0071] この点について、より詳細に説明する。図17（A）～図17（C）は、比較例1～比較例3に係る方法によってレジスト502内に形成される合成パターン像の強度のシミュレーション結果を示す図であり、図17（D）は、本実施形態に係る方法によってレジスト502内に形成される合成パターン像の強度のシミュレーション結果を示す図である。

[0072] より具体的には、図17（A）は、所定のピーク波長を有する1つの光でマスク503を照明し、かつ露光中にウエハWを深さ方向に2.3 μm ほど連続的に動かした場合（比較例1）に、レジスト502内に形成される合成パターン像の強度のシミュレーション結果を示す図である。図17（B）は、異なるピーク波長を有する2つの光でマスク503を照明した場合（比較例2）に、レジスト502内に形成される合成パターン像の強度のシミュレーション結果を示す図である。なお、2つの光は同じ強度でマスク503を照明するものとした。図17（C）は、異なるピーク波長を有する5つの光

でマスク503を照明した場合（比較例3）に、レジスト502内に形成される合成パターン像の強度のシミュレーション結果を示す図である。なお、5つの光は同じ強度でマスク503を照明するものとした。図17（D）は、本実施形態に係る強度制御を行い、異なるピーク波長を有する5つの光でマスク503を照明した場合に、レジスト502内に形成される合成パターン像の強度のシミュレーション結果を示す図である。

[0073] 図17（A）～図17（D）から明らかなように、本実施形態に係る強度制御によって、深さ方向に均一な強度分布を有する合成パターン像を形成することができる。なお、深さ方向の強度の均一性（ 1σ ）は、比較例1（図17（A））において38.8%、比較例2（図17（B））において50.5%、比較例3（図17（C））において23.7%、本実施形態（図17（D））において1.2%であった。

[0074] また、本実施形態において、露光装置100は、照明光学系112に照明光Iを供給する光源ユニット111を制御する露光制御部160を備え、露光制御部160は、照明光L1～L5がウエハWに照射されるタイミングを、照明光L5～照明光L1の順に遅くする制御を行う。

[0075] 投影光学系130の倍率色収差のオフセットに起因して、照明光L1～L5のパターン像が形成される位置は、走査方向（X方向）において、照明光L5～照明光L1の順に投影光学系130の光軸AXから遠い位置となる。そこで、照明光L1～L5がウエハWに照射されるタイミングを、照明光L5～照明光L1の順に遅くすることにより、ウエハWが走査されることで、走査方向において略同一の位置に、照明光L1～照明光L5のパターン像を形成することができ、レジスト602の深さ方向と略平行な高アスペクト比のパターンを形成することができる。

[0076] なお、上記実施形態では、波長が互いに異なる5つの光L1～L5を照明光Iとして用いていたが、これに限られるものではない。照明光Iに含まれる光の数は、2以上であればよい。例えば、波長 λ_1 の光L1と波長 λ_1 とは異なる波長 λ_2 の光L2とを含む照明光Iの場合、投影光学系13

0は、空間光変調器121からの照明光L1で空間光変調器121が生成したパターンの像を形成し、且つ空間光変調器121からの照明光L2で空間光変調器121が生成したパターンの像を、照明光L2の進行方向において照明光L1によるパターンの像よりもウエハWの表面から遠い位置に形成する。このとき、ウエハWに照射される照明光L2の強度を、ウエハWに照射される照明光L1の強度よりも高くすればよい。また、露光制御部160は、照明光L2がウエハWに照射されるタイミングを、照明光L1がウエハWに照射されるタイミングよりも遅くする制御を行えばよい。

[0077] 照明光Lに含まれる光の数は、ウエハWのレジスト602の特性（減衰係数、厚み）及びレジスト602に形成するパターンのアスペクト比等に基づいて決定すればよい。

なお、上記実施形態では、波長が長くなるに従って像形成位置が投影光学系130から離れるような色収差補正がなされた投影光学系130を用いているが、投影光学系の色収差補正状態は、波長が短くなるに従って像形成位置が投影光学系130から離れるような色収差補正状態であってもよいし、特定の波長（例えば波長 λ_3 ）から波長が離れるに従って像形成位置が投影光学系130から離れる、或いは近づくような色収差補正状態であってもよい。同様に、上記実施形態では、波長が長くなるに従って倍率が大きくなるような色収差補正がなされた投影光学系130を用いているが、投影光学系の色収差補正状態は、波長が短くなるに従って倍率が大きくなるような色収差補正状態であってもよいし、特定の波長（例えば波長 λ_3 ）から波長が離れるに従って倍率が大きくなる、或いは小さくなるような色収差補正状態であってもよい。

[0078] また、上記実施形態では、露光制御部160は、強度制御と射出タイミング制御との両方を実行していたが、いずれか一方の制御のみを実行してもよい。

[0079] また、上記実施形態では、投影光学系130が片側テレセントリックな場合を例に、光L1～L5の射出タイミング制御について説明したが、射出タ

イミング制御は、投影光学系 130 が片側テレセントリックな場合だけでなく、スキャン平均後に倍率色収差にオフセットが残る場合であれば適用可能である。

[0080] また、上記実施形態では、露光装置 100 が SLM を用いる露光装置である場合について説明したが、露光装置 100 は、レチクル（フォトリソ）を用いる露光装置であってもよい。この場合、露光装置 100 は、レチクルに形成されたパターンを、ウエハ W のレジスト（感光性材料層）に露光する。

[0081] また、上記実施形態においては、深さ方向に均一な強度分布を有する合成パターン像を形成する場合を示したが、必ずしも均一な強度分布が理想的でない場合もある。その場合、理想的な強度分布となるように、必要な波長の組み合わせと強度を選択してもよい。

[0082] また、上記実施形態においては、合成された強度分布に着目しているが、レジスト 602 の現像後の断面が所望の形状になるように、必要な波長の組み合わせと強度を選択してもよい。

[0083] なお、上記実施形態において、光 L1～L5 の波長間隔は等間隔の方が好ましいが、等間隔でなくてもよい。また、上記実施形態において、光 L1～L5 の射出タイミングは光 L1～L5 の波長間隔が等間隔の場合には等間隔とすることが好ましいが、等間隔でなくてもよい。また、光 L1～L5 の波長間隔が等間隔でない場合には、光 L1～L5 の射出タイミングは等間隔でなくともよい。

[0084] 上述した実施形態は本発明の好適な実施の例である。但し、これに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変形実施可能である。

符号の説明

- [0085] 100 露光装置
111 光源ユニット
112 照明光学系

1 2 1 空間光変調器

1 3 0 投影光学系

A X 光軸

L 1 ～ L 5 光

I L 照明光

W ウエハ

6 0 2 レジスト

請求の範囲

- [請求項1] 第1波長の第1露光光と前記第1波長とは異なる第2波長の第2露光光とを含む露光光で第1物体を照明することと、
前記第1物体からの前記露光光で前記第1物体のパターンの像を第2物体上に露光することと、
を含み、
前記露光することは、前記第1物体からの前記第1露光光で前記第1物体のパターンの第1像を形成することと、前記第1物体からの前記第2露光光で前記第1物体のパターンの第2像を、前記第2露光光の進行方向において前記第1像よりも前記第2物体の表面から遠い位置に形成することとを含み、
前記第2物体に照射される前記第2露光光の強度は、前記第2物体に照射される前記第1露光光の強度よりも高い、
露光方法。
- [請求項2] 前記露光することは、前記第1物体からの前記露光光を前記第2物体に投影する投影光学系によって前記第1及び第2像を形成することを含む、
請求項1に記載の露光方法。
- [請求項3] 前記投影光学系の光軸と交差する方向において、前記第2像は前記第1像と重なっている、
請求項2に記載の露光方法。
- [請求項4] 前記露光光は、前記第1及び第2露光光を含む複数の波長の露光光を含み、
前記複数の波長の前記露光光における隣接する波長間の差 $\Delta\lambda$ は、 k_2 を係数、NAを開口数、 λ を前記複数の波長を含む範囲内の特定の波長としたときに、
$$\Delta\lambda = k_2 \times \lambda / NA^2$$

で表され、 $k_2 = 1.3 \sim 1.6$ である、

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の露光方法。

[請求項5] 前記複数の波長の前記露光光の波長の間隔は等間隔である、請求項 4 に記載の露光方法。

[請求項6] 前記第 2 露光光が前記第 2 物体に照射されるタイミングは、前記第 1 露光光が前記第 2 物体に照射されるタイミングとは異なる、請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の露光方法。

[請求項7] 第 1 波長の第 1 露光光と前記第 1 波長とは異なる第 2 波長の第 2 露光光とを含む露光光で第 1 物体を照明することと、

前記第 1 物体からの前記露光光で走査方向に沿って移動する第 2 物体を露光することと、

を含み、

前記露光することは、前記第 1 物体からの前記第 1 露光光で前記第 1 物体のパターンの第 1 像を形成することと、前記第 1 物体からの前記第 2 露光光で前記第 1 物体のパターンの第 2 像を、前記第 2 露光光の進行方向において前記第 1 像よりも前記第 2 物体の表面から遠い位置に形成することとを含み、

前記第 2 露光光が前記第 2 物体に照射されるタイミングは、前記第 1 露光光が前記第 2 物体に照射されるタイミングとは異なる、露光方法。

[請求項8] 前記露光することは、前記第 1 物体からの前記露光光を前記第 2 物体に投影する投影光学系によって前記第 1 及び第 2 像を形成することを含む、請求項 7 に記載の露光方法。

[請求項9] 前記投影光学系は、前記第 1 物体側が非テレセントリックな光学系である、請求項 8 に記載の露光方法。

[請求項10] 前記第 1 像及び前記第 2 像は、前記投影光学系の光軸から外れた位置に形成される、

請求項 8 または請求項 9 に記載の露光方法。

[請求項11] 前記第 1 物体は、前記パターンが形成されたマスク、又は前記パターンを生成した空間光変調器である、

請求項 1 から請求項 10 のいずれか一項記載の露光方法。

[請求項12] 第 1 波長の第 1 露光光と前記第 1 波長とは異なる第 2 波長の第 2 露光光とを含む第 2 露光光とを含む露光光で第 1 物体を照明する照明光学系と、

前記第 1 物体からの前記露光光で前記第 1 物体のパターンの像を第 2 物体上に投影する投影光学系と、

を含み、

前記投影光学系は、前記第 1 物体からの前記第 1 露光光で前記第 1 物体のパターンの第 1 像を形成し、且つ前記第 1 物体からの前記第 2 露光光で前記第 1 物体のパターンの第 2 像を、前記第 2 露光光の進行方向において前記第 1 像よりも前記第 2 物体の表面から遠い位置に形成し、

前記第 2 物体に照射される前記第 2 露光光の強度は、前記第 2 物体に照射される前記第 1 露光光の強度よりも高い、

露光装置。

[請求項13] 前記照明光学系に前記露光光を供給する光源に、前記第 2 物体に照射される前記第 2 露光光の強度を、前記第 2 物体に照射される前記第 1 露光光の強度よりも高くする制御を行わせる制御装置をさらに備える、

請求項 12 に記載の露光装置。

[請求項14] 第 1 物体のパターンを第 2 物体上に走査露光する露光装置であって、

第 1 波長の第 1 露光光と前記第 1 波長とは異なる第 2 波長の第 2 露光光とを含む露光光で第 1 物体を照明する照明光学系と、

前記第 1 物体からの前記露光光を走査方向に沿って移動する第 2 物

体上に投影する投影光学系と、

前記照明光学系に前記露光光を供給する光源を制御する制御装置と

、

を備え、

前記投影光学系は、前記第 1 物体からの前記第 1 露光光で前記第 1 物体のパターンの第 1 像を形成し、且つ前記第 1 物体からの前記第 2 露光光で前記第 1 物体のパターンの第 2 像を、前記第 2 露光光の進行方向において前記第 1 像よりも前記第 2 物体の表面から遠い位置に形成し、

前記制御装置は、前記第 2 露光光が前記第 2 物体に照射されるタイミングを、前記第 1 露光光が前記第 2 物体に照射されるタイミングとは異ならせる制御を行う、

露光装置。

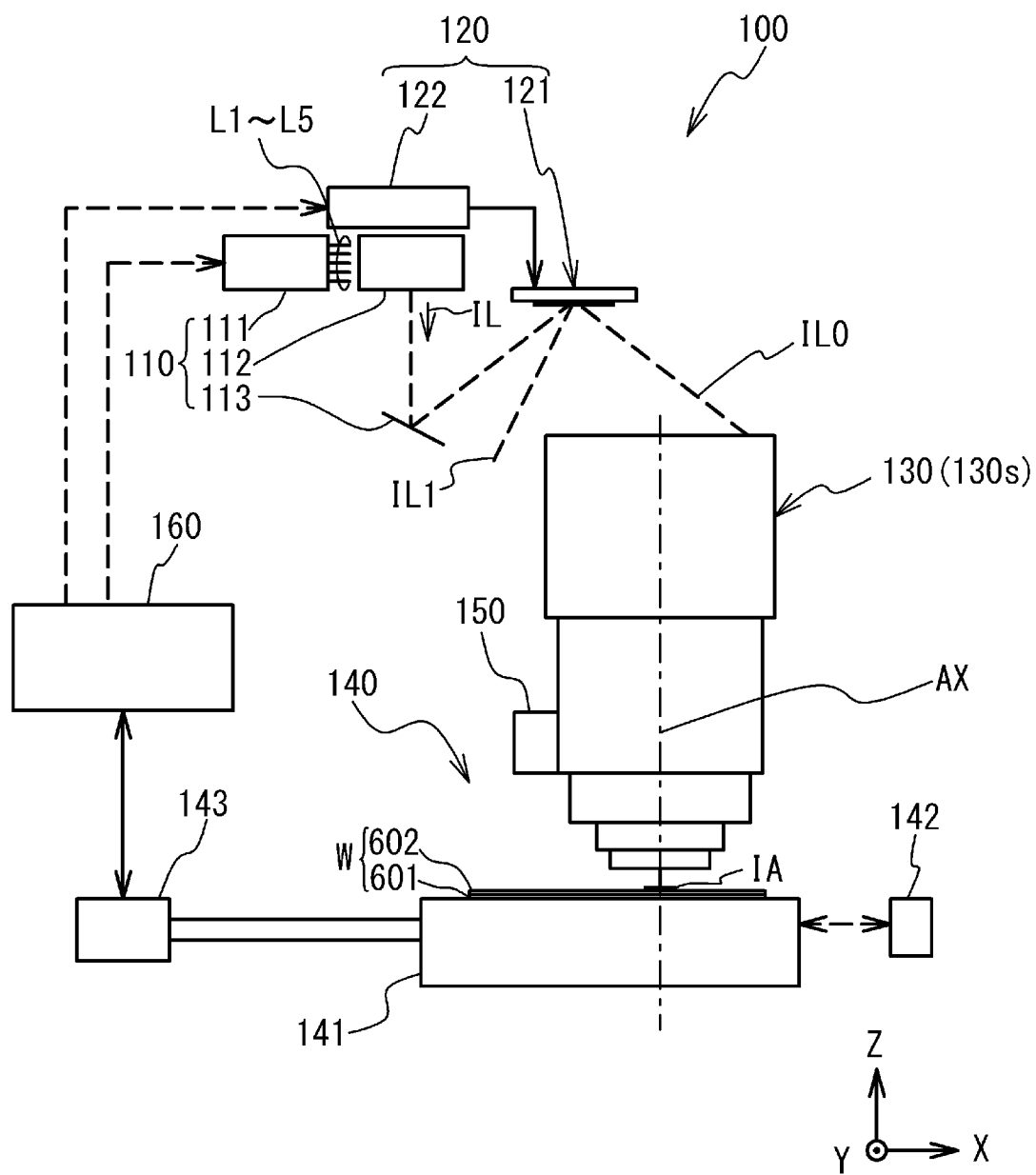
[請求項15]

請求項 1 から請求項 1 1 のいずれか一項に記載の露光方法を用いて前記第 2 物体の感光性材料層を露光することと、

露光された前記感光性材料層を現像することによって生じるパターンをマスクとして前記第 2 物体の前記感光性材料層よりも内側を加工することと、

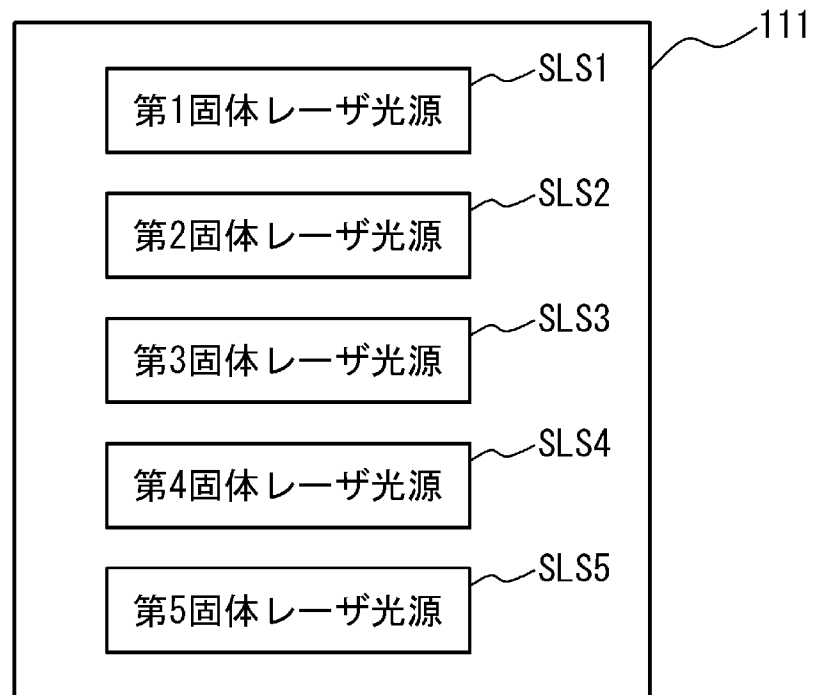
を含むデバイス製造方法。

[図1]

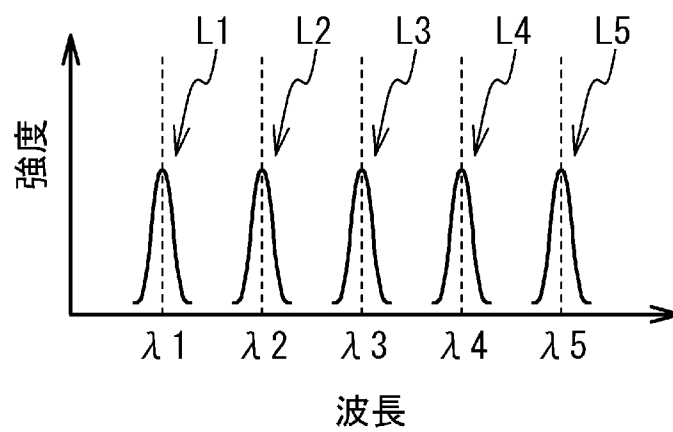


[図2]

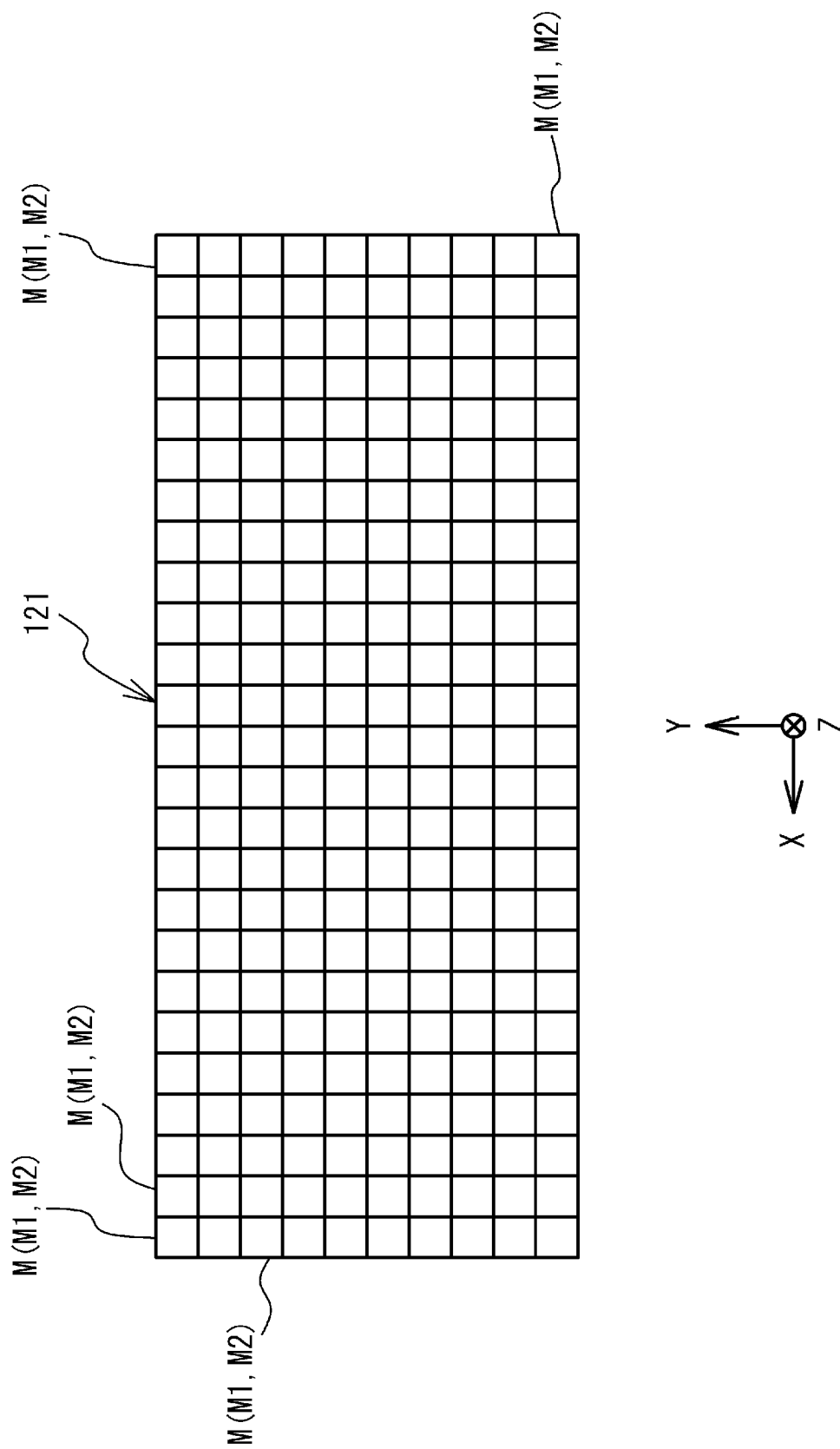
(A)



(B)

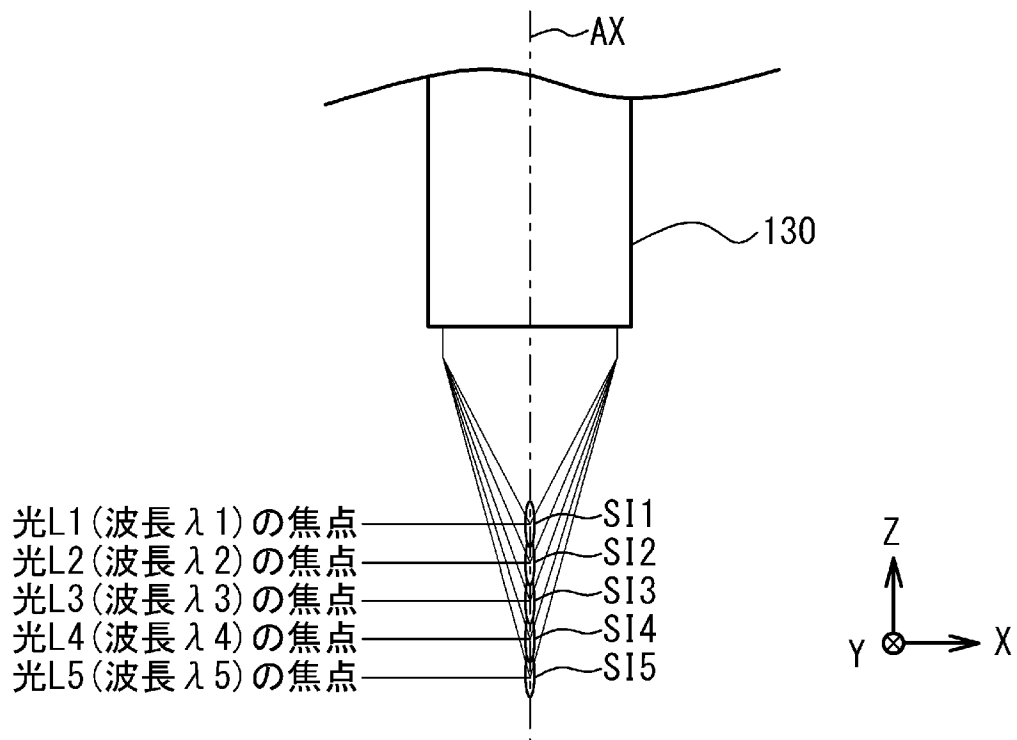


[図3]

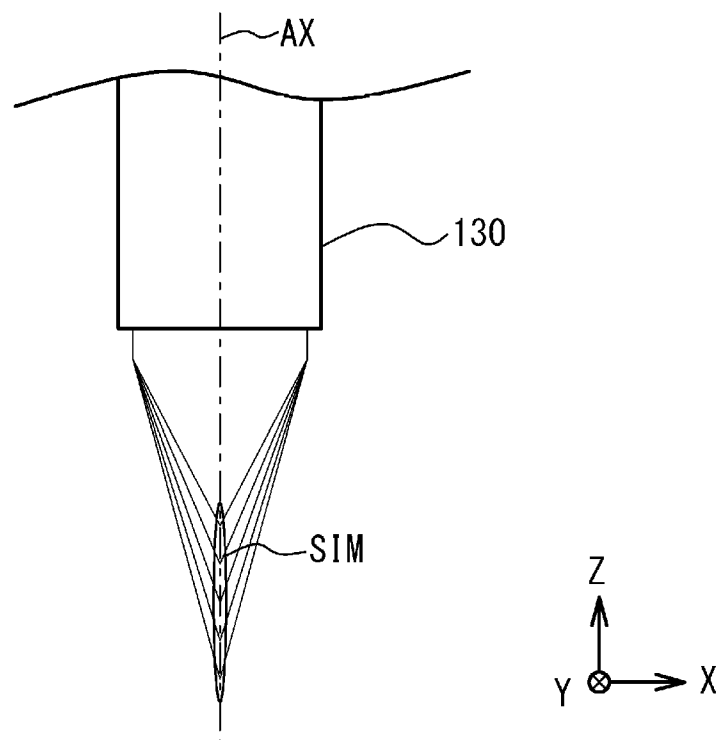


[図4]

(A)

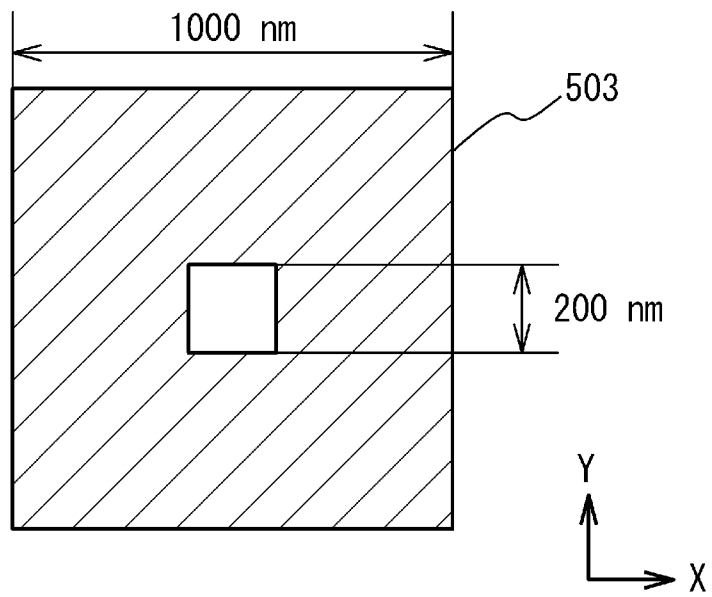


(B)

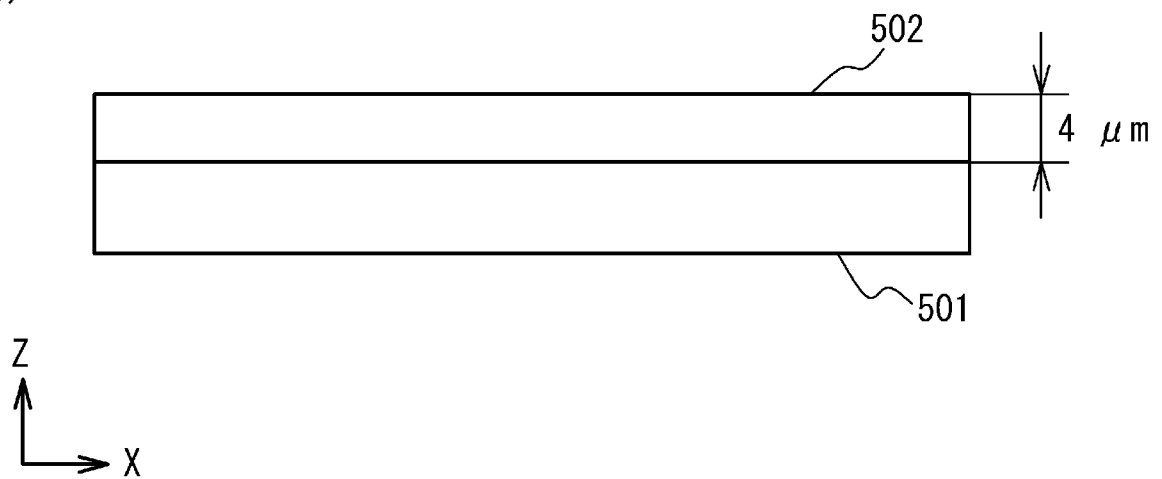


[図5]

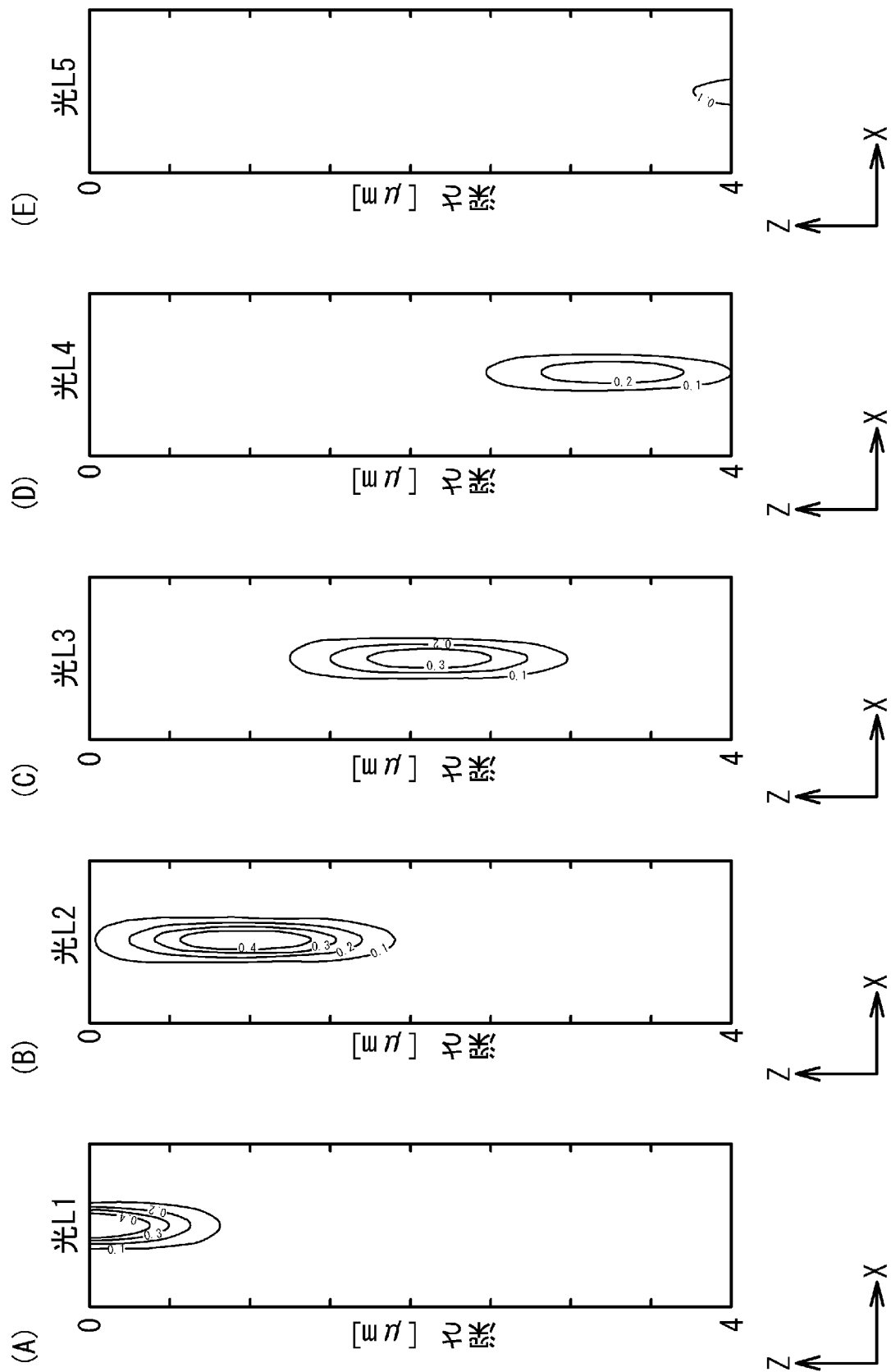
(A)



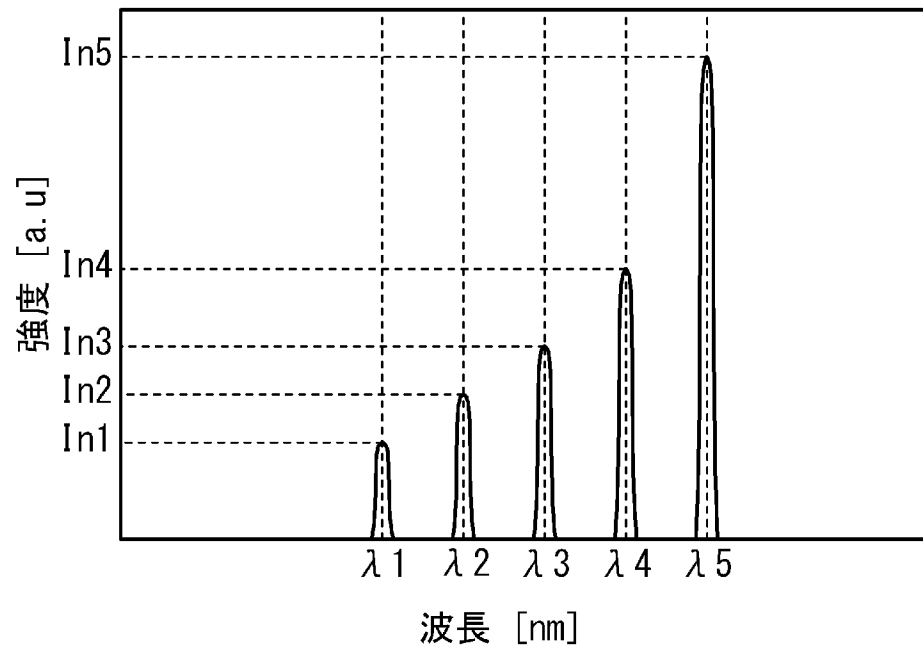
(B)



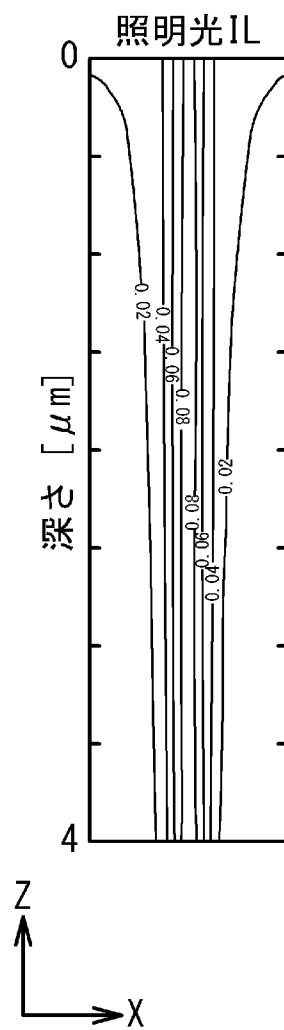
[図6]



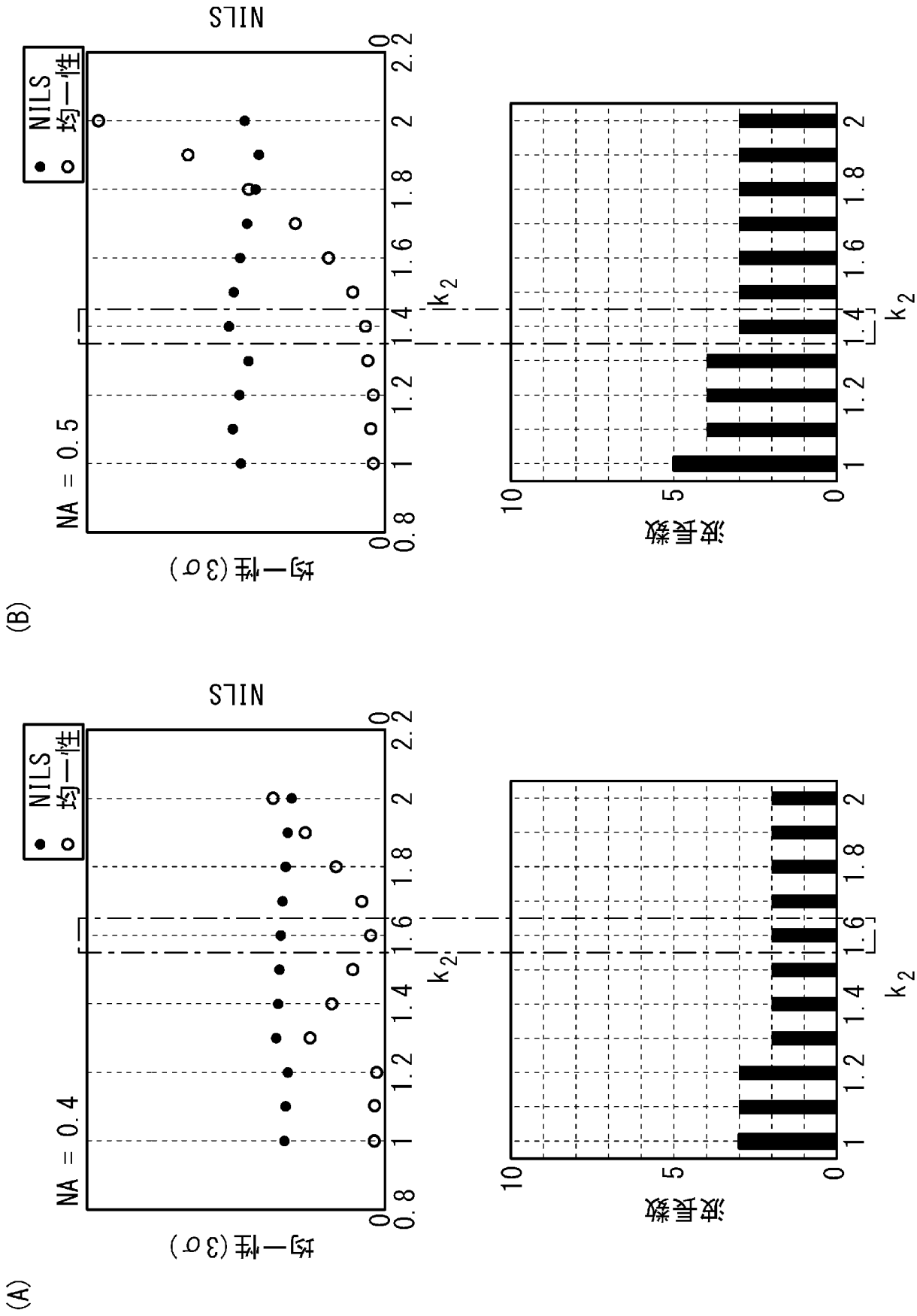
[図7]



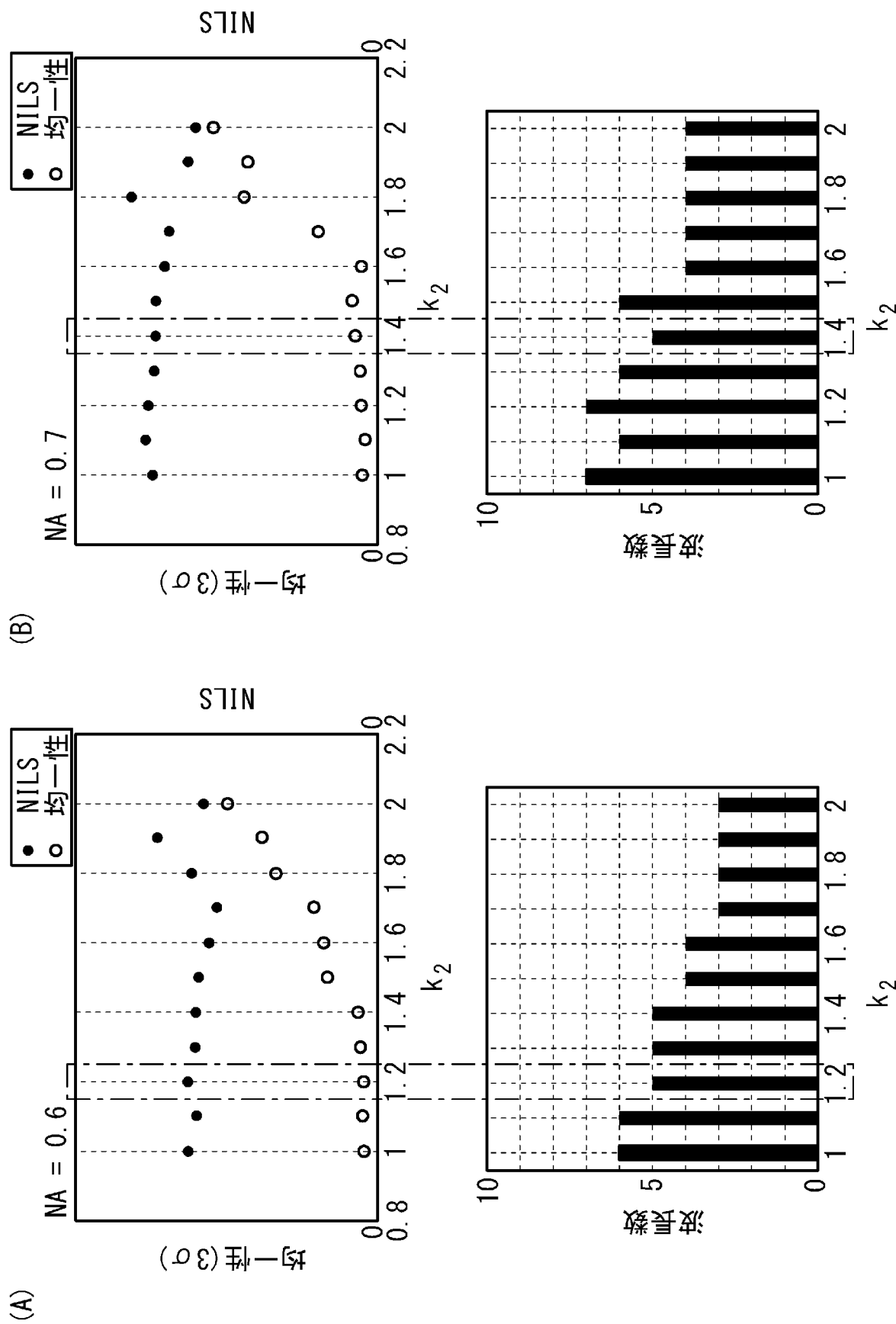
[図8]



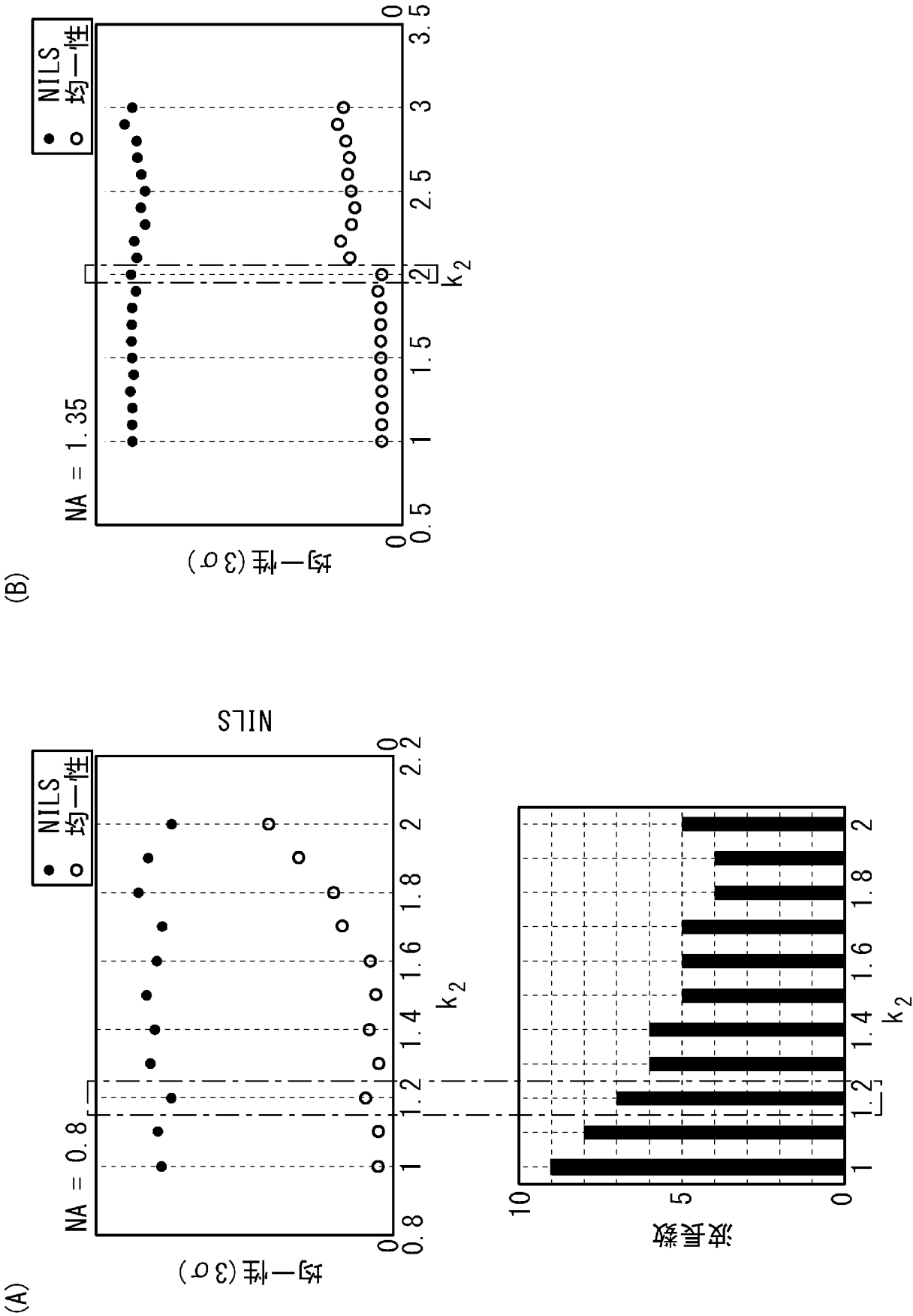
[図9]



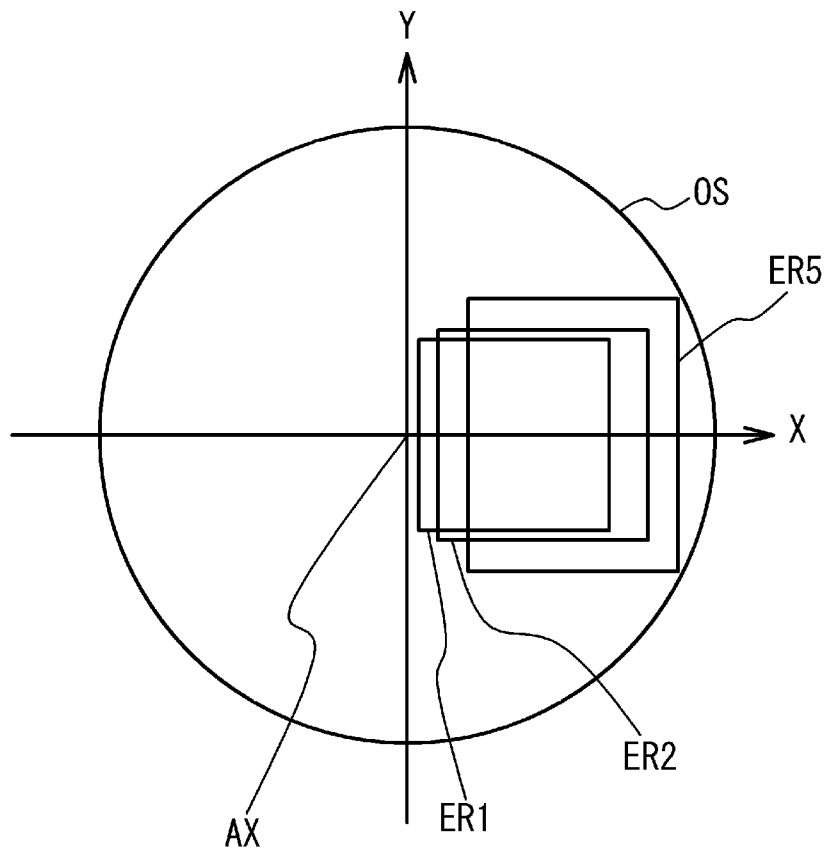
[図10]



[図11]

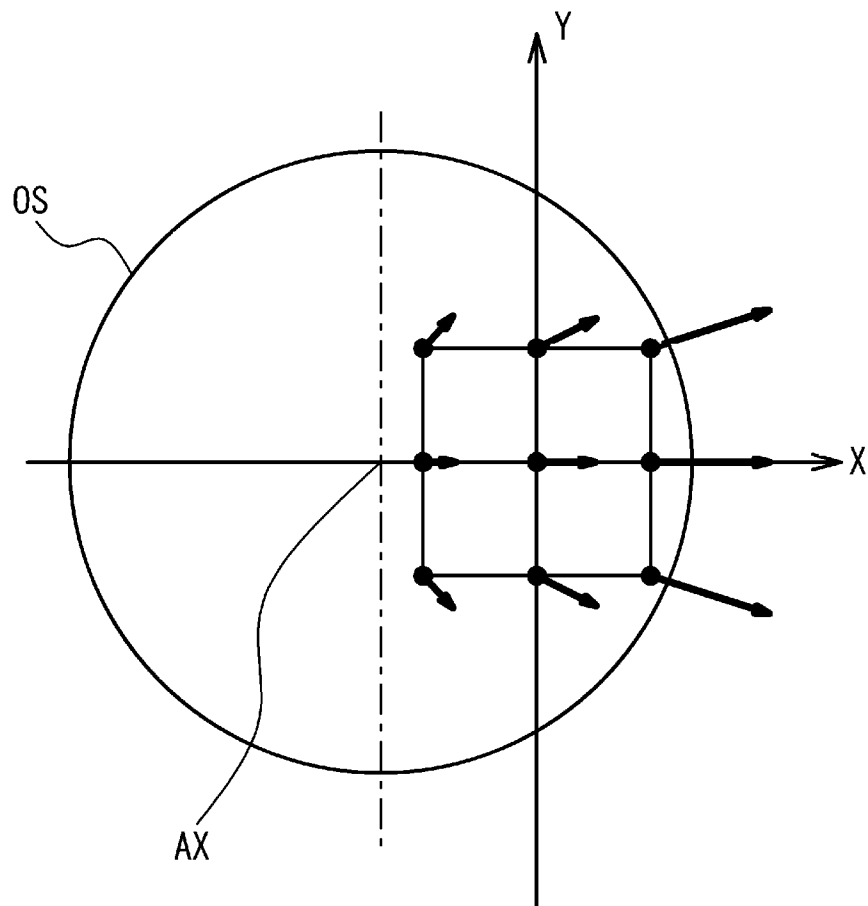


[図12]

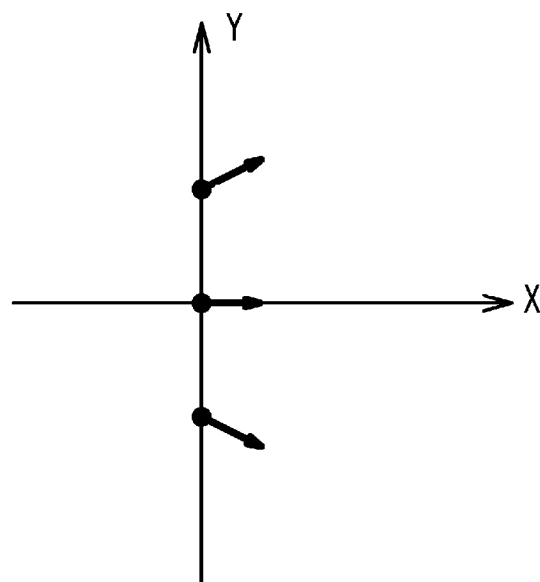


[図13]

(A)

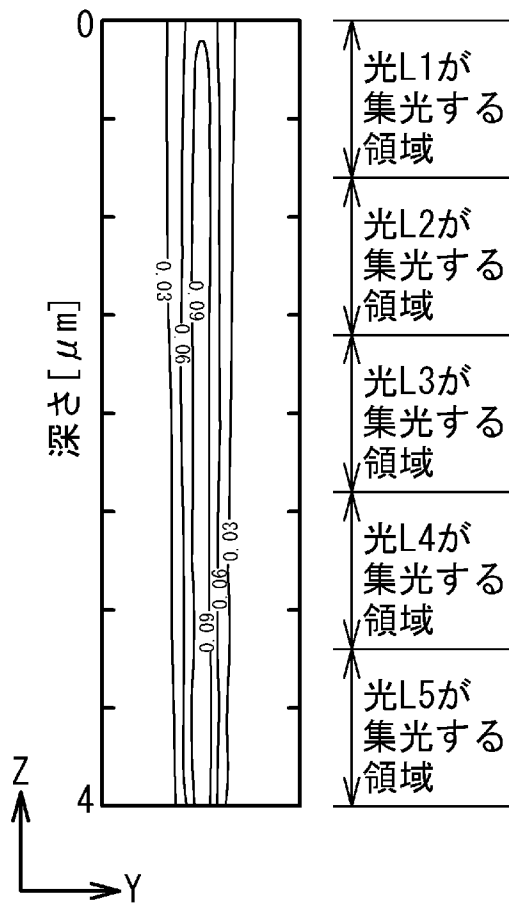


(B)

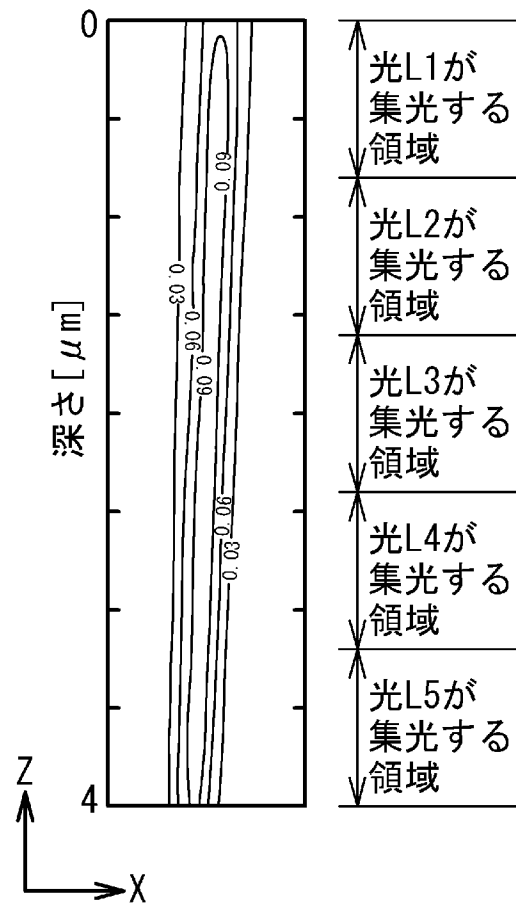


[図14]

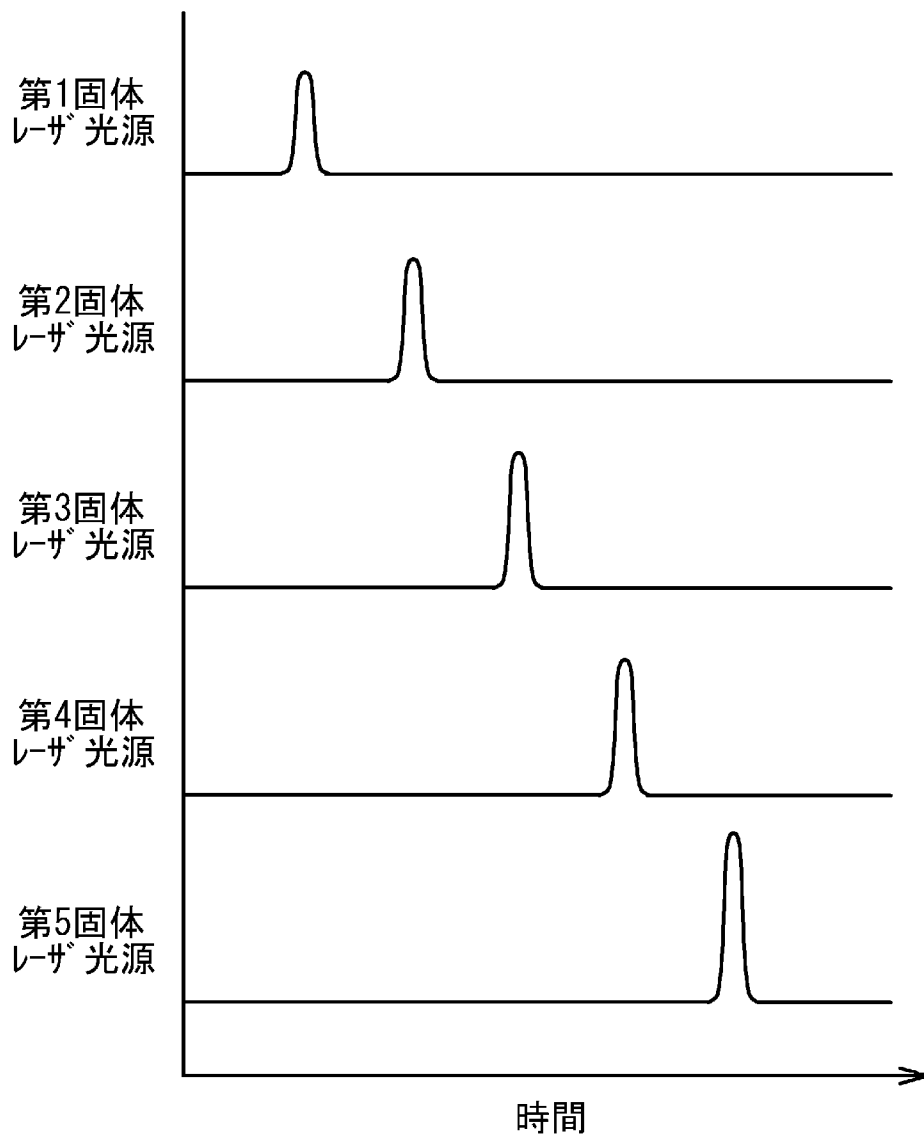
(A)



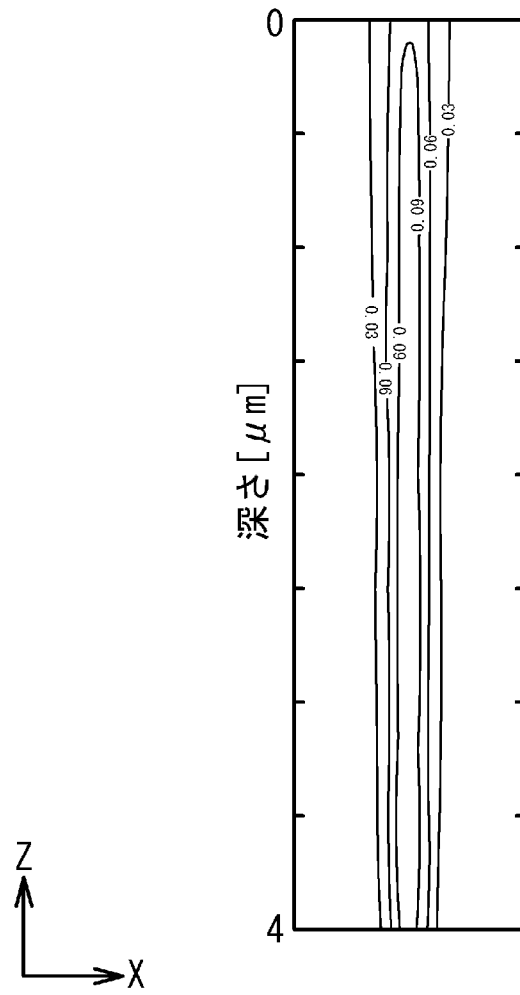
(B)



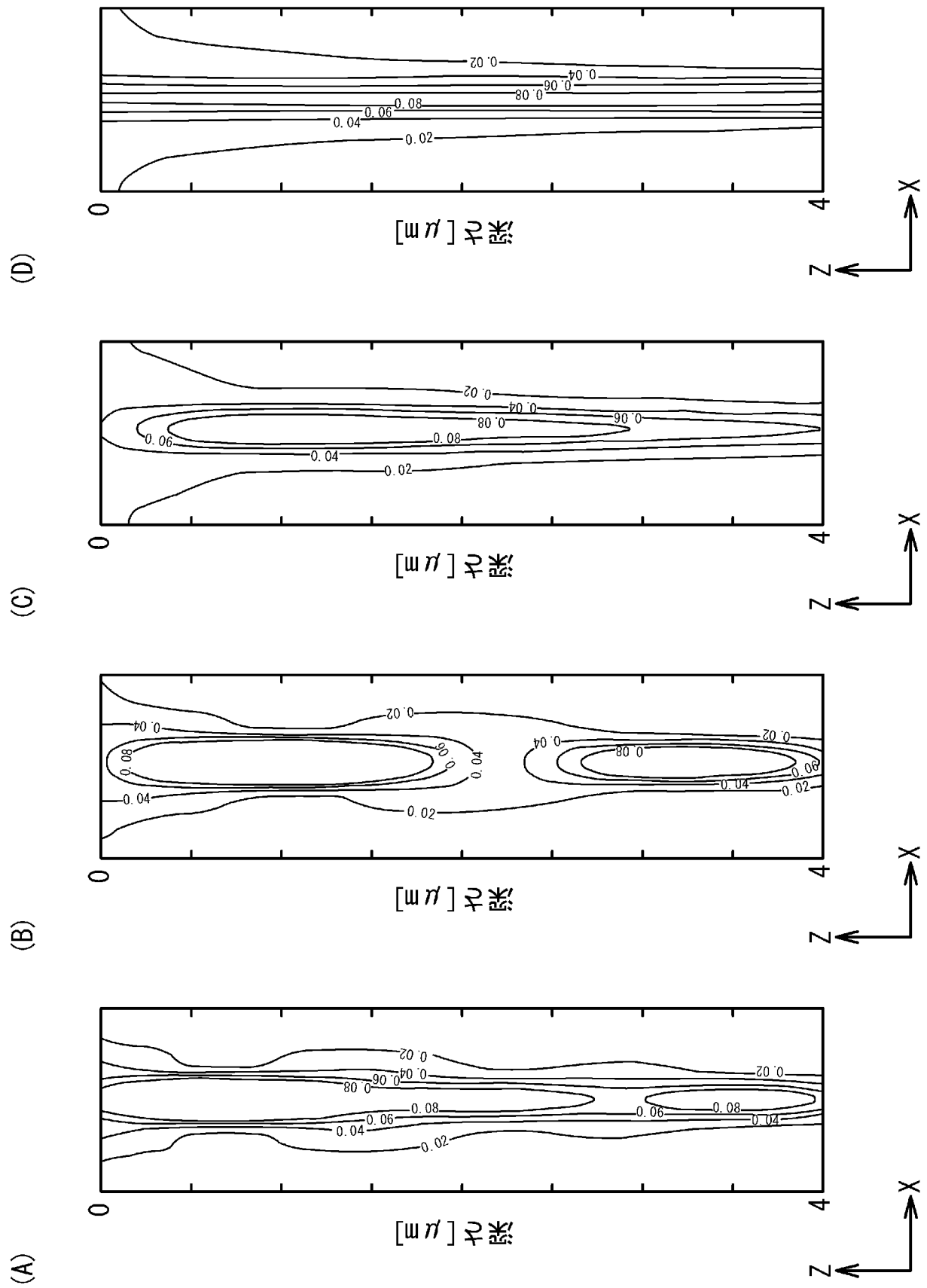
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/004244

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G03F 7/20**(2006.01)i

FI: G03F7/20 505

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)

G03F7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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 2019-530024 A (CARL ZEISS SMT GMBH) 17 October 2019 (2019-10-17) paragraph [0031], fig. 1-4	1-3, 12, 15
Y		13
A		4-11, 14
Y	JP 2010-256428 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) 11 November 2010 (2010-11-11) paragraph [0053]	13
A	WO 2016/194378 A1 (ADTEC ENGINEENG CO., LTD.) 08 December 2016 (2016-12-08) entire text, all drawings	1-15
A	US 2011/0267593 A1 (TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING COMPANY, LTD.) 03 November 2011 (2011-11-03) entire text, all drawings	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

28 February 2023

Date of mailing of the international search report

14 March 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/004244

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2019-530024	A	17 October 2019	US 2019/0204756 A1 paragraph [0082], fig. 1-4 WO 2018/054647 A1 EP 3516456 A1	
JP	2010-256428	A	11 November 2010	CN 101872132 A paragraph [0083] KR 10-2010-0116114 A	
WO	2016/194378	A1	08 December 2016	KR 10-2018-0016471 A entire text, all drawings CN 107850850 A	
US	2011/0267593	A1	03 November 2011	US 2013/0314708 A1 entire text, all drawings	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G03F 7/20(2006.01)i FI: G03F7/20 505										
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）） 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年									
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								
X Y A	JP 2019-530024 A（カール・ツァイス・エスエムティー・ゲーエムベーハー） 17.10.2019（2019 - 10 - 17） 段落0031, 図1-4	1-3, 12, 15 13 4-11, 14								
Y	JP 2010-256428 A（株式会社日立ハイテクノロジーズ） 11.11.2010（2010 - 11 - 11） 段落0053	13								
A	WO 2016/194378 A1（株式会社アドテックエンジニアリング） 08.12.2016（2016 - 12 - 08） 全文・全図	1-15								
A	US 2011/0267593 A1（TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING COMPANY, LTD.,） 03.11.2011（2011 - 11 - 03） 全文・全図	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。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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 </td> <td> “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抵触するものではなく、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 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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抵触するものではなく、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						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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抵触するものではなく、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 28.02.2023	国際調査報告の発送日 14.03.2023									
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 田中 秀直 2G 3409 電話番号 03-3581-1101 内線 3226									

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/004244

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2019-530024	A	17.10.2019	US	2019/0204756	A1	
				段落0082, 図1-4			
				WO	2018/054647	A1	
				EP	3516456	A1	
JP	2010-256428	A	11.11.2010	CN	101872132	A	
				段落0083			
				KR	10-2010-0116114	A	
WO	2016/194378	A1	08.12.2016	KR	10-2018-0016471	A	
				全文・全図			
				CN	107850850	A	
US	2011/0267593	A1	03.11.2011	US	2013/0314708	A1	
				全文・全図			