

(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6月27日(27.06.2024)



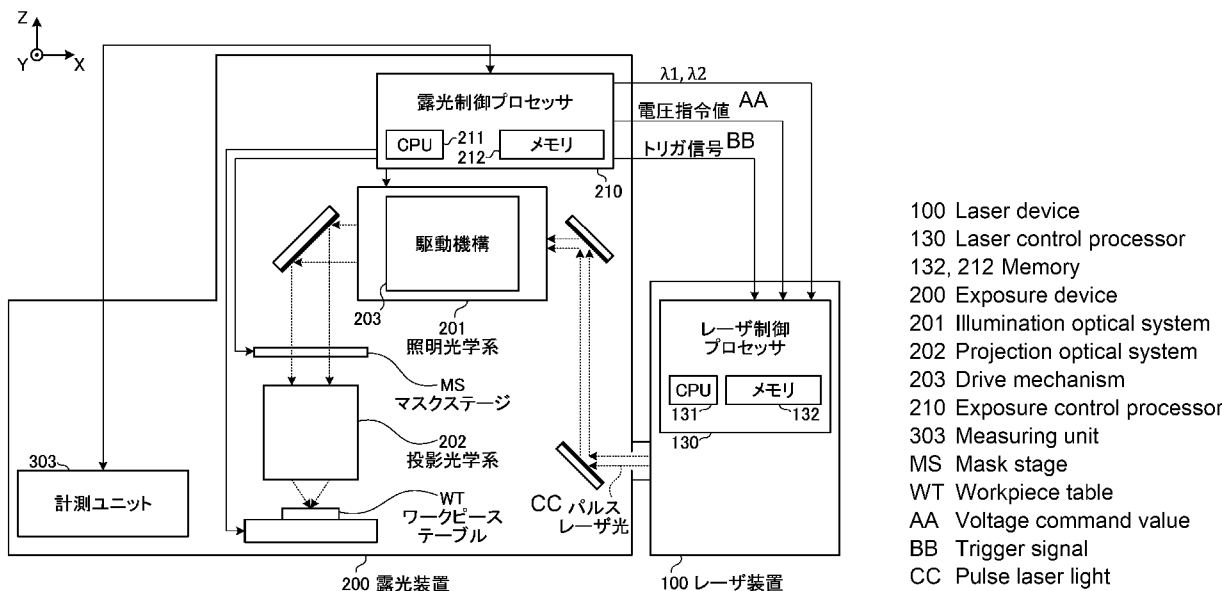
(10) 国際公開番号

WO 2024/134780 A1

- (51) 国際特許分類:
G03F 7/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/046927
- (22) 国際出願日: 2022年12月20日(20.12.2022)
- (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: ギガフォトン株式会社(GIGAPHOTON INC.) [JP/JP]; 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 Tochigi (JP).
- (72) 発明者: 藤井 光一(FUJII Koichi); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).
- (74) 代理人: 保坂 延寿(HOSAKA Nobuhisa); 〒1010025 東京都千代田区神田佐久間町3
- (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, 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,

(54) Title: EXPOSURE SYSTEM AND METHOD FOR MANUFACTURING ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称: 露光システム、及び電子デバイスの製造方法



(57) Abstract: An exposure system comprising an illumination optical system which illuminates a photomask with a pulse laser light including a plurality of center wavelengths and a projection optical system which illuminates a photosensitive substrate with the pulse laser light having passed through the photomask to project an image of the photomask. The position of a first pupil, which is a pupil of the illumination optical system, is shifted from a reference position that has a conjugate relationship with a second pupil, which is a pupil of the projection optical system, toward a direction for reducing, by a magnification telecentric error, a deviation of an image formation position due to transverse chromatic aberration on the photosensitive substrate.

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))

(57) 要約：露光システムは、複数の中心波長が含まれるパルスレーザー光をフォトマスクに照明する照明光学系と、フォトマスクを通過したパルスレーザー光を感光基板に照明して、フォトマスクの像を投影する投影光学系と、を備え、照明光学系の瞳である第1瞳の位置は、投影光学系の瞳である第2瞳と共役関係となる基準位置から、感光基板上の横色収差による結像位置のずれを倍率テレセントリック誤差により低減する方向にシフトしている。

明 細 書

発明の名称：露光システム、及び電子デバイスの製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、露光システム、及び電子デバイスの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体露光装置においては、半導体集積回路の微細化及び高集積化につれて、解像力の向上が要請されている。このため、露光用光源から放出される光の短波長化が進められている。例えば、露光用のガスレーザ装置としては、波長約248nmのレーザ光を出力するKrFエキシマレーザ装置、ならびに波長約193nmのレーザ光を出力するArFエキシマレーザ装置が用いられる。

[0003] KrFエキシマレーザ装置及びArFエキシマレーザ装置の自然発振光のスペクトル線幅は、350～400nmと広い。そのため、KrF及びArFレーザ光のような紫外線を透過させる材料で投影レンズを構成すると、色収差が発生してしまう場合がある。その結果、解像力が低下し得る。そこで、ガスレーザ装置から出力されるレーザ光のスペクトル線幅を、色収差が無視できる程度となるまで狭帯域化する必要がある。そのため、ガスレーザ装置のレーザ共振器内には、スペクトル線幅を狭帯域化するために、狭帯域化素子（エタロンやグレーティング等）を含む狭帯域化モジュール（Line Narrowing Module：LNM）が備えられる場合がある。スペクトル線幅が狭帯域化されるガスレーザ装置を狭帯域化レーザ装置という。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2021/110343号

概要

[0005] 本開示の1つの観点において、露光システムは、複数の中心波長が含まれるパルスレーザ光をフォトマスクに照明する照明光学系と、フォトマスクを

通過したパルスレーザー光を感光基板に照明して、フォトマスクの像を投影する投影光学系と、を備え、照明光学系の瞳である第1瞳の位置は、投影光学系の瞳である第2瞳と共役関係となる基準位置から、感光基板上の横色収差による結像位置のずれを倍率テレセントリック誤差により低減する方向にシフトしている。

[0006] 本開示の1つの観点において、電子デバイスの製造方法は、複数の中心波長が含まれるパルスレーザー光をフォトマスクに照明する照明光学系と、フォトマスクを通過したパルスレーザー光を感光基板に照明して、フォトマスクの像を投影する投影光学系と、を備え、照明光学系の瞳である第1瞳の位置は、投影光学系の瞳である第2瞳と共役関係となる基準位置から、感光基板上の横色収差による結像位置のずれを倍率テレセントリック誤差により低減する方向にシフトしている露光システムを用いて、電子デバイスを製造するために、感光基板上にパルスレーザー光を露光することを含む。

図面の簡単な説明

[0007] 本開示のいくつかの実施形態を、単なる例として、添付の図面を参照して以下に説明する。

[図1]図1は、比較例における露光システムの構成を概略的に示す。

[図2]図2は、レーザー装置の構成を概略的に示す。

[図3]図3は、周期的な波長変化を示すグラフである。

[図4]図4は、複数の中心波長が含まれるパルスレーザー光の積算スペクトルを示す。

[図5]図5は、露光装置によって露光される感光基板を示す。

[図6]図6は、パルスレーザー光のビーム断面の位置に対して感光基板のスキャンフィールドの位置が変化する様子を説明する図である。

[図7]図7は、パルスレーザー光のビーム断面の位置に対して感光基板のスキャンフィールドの位置が変化する様子を説明する図である。

[図8]図8は、パルスレーザー光のビーム断面の位置に対して感光基板のスキャンフィールドの位置が変化する様子を説明する図である。

[図9]図9は、露光装置に含まれる投影光学系の模式図である。

[図10]図10は、図9に示される投影光学系によって感光基板に形成される像が変形する様子を示す。

[図11]図11は、照明光学系の一部と、両側テレセントリックな投影光学系と、を含む光学系の模式図である。

[図12]図12は、図11に示される光学系において照明光学系の瞳が光軸の方向にシフトした場合の主光線の変化を示す。

[図13]図13は、図12に示される光学系によって感光基板に形成される像が変化する様子を説明する図である。

[図14]図14は、図12に示される光学系によって感光基板に形成される像が変化する様子を説明する図である。

[図15]図15は、図12に示される光学系によって感光基板に形成される像が変化する様子を説明する図である。

[図16]図16は、図11に示される光学系において照明光学系の瞳が図12とは逆方向にシフトした場合の主光線の変化を示す。

[図17]図17は、図16に示される光学系によって感光基板に形成される像が変化する様子を説明する図である。

[図18]図18は、図16に示される光学系によって感光基板に形成される像が変化する様子を説明する図である。

[図19]図19は、図16に示される光学系によって感光基板に形成される像が変化する様子を説明する図である。

[図20]図20は、縦色収差及び横色収差が発生しているときにワークピーステーブルに入射するパルスレーザー光のマージナル光線の一部を示す模式図である。

[図21]図21は、図20に示されるパルスレーザー光の各波長の光の結像領域を模式的に示す。

[図22]図22は、図20及び図21に示されるパルスレーザー光で露光された感光基板を現像した場合のレジストプロファイルを示す断面図である。

[図23]図23は、図20及び図21に示されるパルスレーザー光でスキャン露光された感光基板における像のずれを示す。

[図24]図24は、倍率テレセントリック誤差が発生しているときにワークピーステーブルに入射するパルスレーザー光の主光線の一部を示す模式図である。

[図25]図25は、図24に示されるパルスレーザー光の各波長の光の結像領域を模式的に示す。

[図26]図26は、図24に示されるパルスレーザー光において横色収差を考慮したときの各波長の光の結像領域を模式的に示す。

[図27]図27は、図24と逆方向の倍率テレセントリック誤差が発生しているときにワークピーステーブルに入射するパルスレーザー光の主光線の一部を示す模式図である。

[図28]図28は、図27に示されるパルスレーザー光の各波長の光の結像領域を模式的に示す。

[図29]図29は、図27に示されるパルスレーザー光において横色収差を考慮したときの各波長の光の結像領域を模式的に示す。

[図30]図30は、第1の実施形態における露光システムの構成を概略的に示す。

[図31]図31は、瞳の位置を移動可能な照明光学系の第1の例を概念的に示す。

[図32]図32は、瞳の位置を移動可能な照明光学系の第2の例を概念的に示す。

[図33]図33は、瞳の位置を移動可能な照明光学系の第3の例を概念的に示す。

[図34]図34は、第1の実施形態において倍率ディストーションを補正する処理を示すフローチャートである。

[図35]図35は、第2の実施形態における露光システムの構成を概略的に示す。

[図36]図36は、第2の実施形態において補正テーブルを作成する処理を示すフローチャートである。

[図37]図37は、不揮発メモリに記憶される補正テーブルの一例を示す。

[図38]図38は、第2の実施形態において倍率ディストーションを補正する処理を示すフローチャートである。

[図39]図39は、第3の実施形態における露光システムの構成を概略的に示す。

[図40]図40は、第3の実施形態において倍率ディストーションを補正する処理を示すフローチャートである。

実施形態

[0008] <内容>

1. 比較例

1. 1 露光装置200

1. 1. 1 構成

1. 1. 2 動作

1. 2 レーザ装置100

1. 2. 1 構成

1. 2. 2 動作

1. 3 狭帯域化モジュール14

1. 3. 1 構成

1. 3. 2 動作

1. 4 周期的な波長変化及び積算スペクトル

1. 5 スキャン露光

1. 6 倍率ディストーション

1. 7 色収差

1. 8 倍率色収差

1. 9 倍率テレセントリック誤差

1. 10 比較例の課題

2. 照明光学系201の瞳IPの位置をずらした露光システム
 - 2.1 原理
 - 2.2 構成
 - 2.3 動作（倍率ディストーションの補正）
 - 2.4 作用
3. スペクトルパラメータに基づいて照明光学系201の瞳IPの位置を決定する露光システム
 - 3.1 構成
 - 3.2 動作
 - 3.2.1 補正テーブルの作成
 - 3.2.2 倍率ディストーションの補正
 - 3.3 作用
4. 露光装置200と別体の計測ユニット303bを含む露光システム
 - 4.1 構成
 - 4.2 動作（倍率ディストーションの補正）
 - 4.3 作用
5. その他

[0009] 以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。以下に説明される実施形態は、本開示のいくつかの例を示すものであって、本開示の内容を限定するものではない。また、各実施形態で説明される構成及び動作の全てが本開示の構成及び動作として必須であるとは限らない。なお、同一の構成要素には同一の参照符号を付して、重複する説明を省略する。

[0010] 1. 比較例

図1は、比較例における露光システムの構成を概略的に示す。本開示の比較例とは、出願人のみによって知られていると出願人が認識している形態であって、出願人が自認している公知例ではない。図1に、互いに垂直なX軸、Y軸、及びZ軸が示されている。露光システムは、レーザ装置100と、

露光装置 200 と、を含む。図 1 においてはレーザ装置 100 が簡略化して示されている。

[0011] レーザ装置 100 は、レーザ制御プロセッサ 130 を含む。レーザ制御プロセッサ 130 は、制御プログラムが記憶されたメモリ 132 と、制御プログラムを実行する CPU (central processing unit) 131 と、を含む処理装置である。レーザ制御プロセッサ 130 は本開示に含まれる各種処理を実行するために特別に構成又はプログラムされている。レーザ装置 100 は、パルスレーザ光を露光装置 200 に向けて出力するように構成されている。

[0012] 1. 1 露光装置 200

1. 1. 1 構成

図 1 に示されるように、露光装置 200 は、照明光学系 201 と、投影光学系 202 と、露光制御プロセッサ 210 と、を含む。照明光学系 201 は、レーザ装置 100 から入射したパルスレーザ光を、マスクステージ MS 上に配置された図示しないフォトマスクに照明する。

[0013] 投影光学系 202 は、フォトマスクを通過したパルスレーザ光を、ワークピーステーブル WT 上に配置された図示しないワークピースに照明して、フォトマスクの像を投影する。ワークピースはレジスト膜が塗布された半導体ウエハ等の感光基板である。

[0014] 露光制御プロセッサ 210 は、制御プログラムが記憶されたメモリ 212 と、制御プログラムを実行する CPU 211 と、を含む処理装置である。露光制御プロセッサ 210 は本開示におけるプロセッサに相当する。露光制御プロセッサ 210 は本開示に含まれる各種処理を実行するために特別に構成又はプログラムされている。露光制御プロセッサ 210 は、露光装置 200 の制御を統括するとともに、レーザ制御プロセッサ 130 との間で各種パラメータ及び各種信号を送受信する。

[0015] 1. 1. 2 動作

露光制御プロセッサ 210 は、目標短波長 λ_1 及び目標長波長 λ_2 と電圧指令値とを含む各種パラメータと、トリガ信号と、をレーザ制御プロセッサ

130に送信する。レーザ制御プロセッサ130は、これらのパラメータ及び信号に従ってレーザ装置100を制御する。目標短波長 λ_1 は本開示における第1の波長に相当し、目標長波長 λ_2 は本開示における第2の波長に相当する。

[0016] 露光制御プロセッサ210は、マスクステージMSとワークピーステーブルWTとを同期して互いに逆方向に平行移動させる。これにより、フォトマスクのマスクパターンを反映したパルスレーザ光でワークピースが露光される。

[0017] 以上のようなフォトリソグラフィによって感光基板にマスクパターンが転写される。その後、複数の工程を経ることで電子デバイスを製造することができる。

[0018] 1. 2 レーザ装置100

1. 2. 1 構成

図2は、レーザ装置100の構成を概略的に示す。図2においては、露光装置200が簡略化して示されている。レーザ装置100は、レーザ制御プロセッサ130の他に、レーザチャンバ10と、パルスパワーモジュール（PPM）13と、狭帯域化モジュール14と、出力結合ミラー15と、モニタモジュール17と、を含む。狭帯域化モジュール14及び出力結合ミラー15は光共振器を構成する。

[0019] レーザチャンバ10は、光共振器の光路に配置されている。レーザチャンバ10にはウインドウ10a及び10bが設けられている。レーザチャンバ10は、放電電極11a及びこれと対をなす図示しない放電電極を内部に備えている。レーザチャンバ10には、例えばレアガスとしてアルゴンガス又はクリプトンガス、ハロゲンガスとしてフッ素ガス、バッファガスとしてネオンガス等を含むレーザガスが封入される。

[0020] パルスパワーモジュール13は、図示しないスイッチを含むとともに、図示しない充電器に接続されている。

[0021] 狭帯域化モジュール14は、プリズム41～43と、グレーティング53

と、ミラー63と、を含む。狭帯域化モジュール14の詳細については後述する。

[0022] 出力結合ミラー15は、部分反射ミラーで構成されている。出力結合ミラー15から出力されたパルスレーザ光の光路に、パルスレーザ光の一部を高い透過率で透過させ、他の一部を反射するビームスプリッタ16が配置されている。ビームスプリッタ16によって反射されたパルスレーザ光の光路に、モニタモジュール17が配置されている。

[0023] 1. 2. 2 動作

レーザ制御プロセッサ130は、露光制御プロセッサ210から目標短波長 λ_1 及び目標長波長 λ_2 と、電圧指令値と、を含む各種パラメータを取得する。レーザ制御プロセッサ130は、目標短波長 λ_1 及び目標長波長 λ_2 に基づいて狭帯域化モジュール14に制御信号を送信する。

[0024] レーザ制御プロセッサ130は、露光制御プロセッサ210からトリガ信号を受信する。レーザ制御プロセッサ130は、トリガ信号に基づく発振トリガ信号をパルスパワーモジュール13に送信する。パルスパワーモジュール13に含まれるスイッチは、レーザ制御プロセッサ130から発振トリガ信号を受信するとオン状態となる。パルスパワーモジュール13は、スイッチがオン状態となると、充電器に充電された電気エネルギーからパルス状の高電圧を生成し、この高電圧を放電電極11aに印加する。

[0025] 放電電極11aに高電圧が印加されると、放電電極11a及び図示しない放電電極の間の放電空間に放電が起こる。この放電のエネルギーにより、レーザチャンバ10内のレーザガスが励起されて高エネルギー準位に移行する。励起されたレーザガスが、その後、低エネルギー準位に移行するとき、そのエネルギー準位差に応じた波長の光を放出する。

[0026] レーザチャンバ10内で発生した光は、ウインドウ10a及び10bを介してレーザチャンバ10の外部に出射する。ウインドウ10aから出射した光は、狭帯域化モジュール14に入射する。狭帯域化モジュール14に入射した光のうちの所望波長付近の光が、狭帯域化モジュール14によって折り

返されてレーザチャンバ10に戻される。

[0027] 出力結合ミラー15は、ウインドウ10bから出射した光のうちの一部を透過させて出力し、他の一部を反射してレーザチャンバ10に戻す。

[0028] このようにして、レーザチャンバ10から出射した光は、狭帯域化モジュール14と出力結合ミラー15との間で往復する。この光は、レーザチャンバ10内の放電空間を通過する度に増幅される。また、この光は、狭帯域化モジュール14によって折り返される度に狭帯域化され、狭帯域化モジュール14による選択波長の範囲の一部を中心波長とした急峻な波長分布を有する光となる。こうしてレーザ発振し狭帯域化された光が、出力結合ミラー15からパルスレーザ光として出力される。

[0029] モニタモジュール17は、パルスレーザ光の中心波長を計測し、計測波長をレーザ制御プロセッサ130に送信する。レーザ制御プロセッサ130は、計測波長に基づいて狭帯域化モジュール14をフィードバック制御する。ビームスプリッタ16を透過したパルスレーザ光は、露光装置200へ入射する。

[0030] 1. 3 狭帯域化モジュール14

1. 3. 1 構成

プリズム41～43は、ウインドウ10aから出射した光ビームの光路にこれらの番号の小さい方から順に配置されている。プリズム43は、回転ステージ143によって図2の紙面に垂直な軸周りに回転可能となっている。

[0031] ミラー63は、プリズム41～43を透過した光ビームの光路に配置されている。ミラー63は、回転ステージ163によって図2の紙面に垂直な軸周りに回転可能となっている。グレーティング53は、ミラー63によって反射された光ビームの光路に配置されている。

[0032] 1. 3. 2 動作

ウインドウ10aから出射した光ビームは、プリズム41～43の各々によって、図2の紙面に平行な面内でビーム幅を拡大させられる。プリズム41～43を透過した光ビームは、ミラー63によって反射されてグレーティ

ング53に入射する。

[0033] グレーティング53に入射した光ビームは、グレーティング53の複数の溝によって反射されるとともに、光の波長に応じた方向に回折させられる。グレーティング53は、ミラー63からグレーティング53に入射する光ビームの入射角と、所望波長の回折光の回折角と、が一致するようにリトロ配置とされる。

[0034] ミラー63及びプリズム41～43は、グレーティング53から戻された光ビームのビーム幅を図2の紙面に平行な面内で縮小させるとともに、その光ビームを、ウインドウ10aを介してレーザチャンバ10の内部に戻す。

[0035] レーザ制御プロセッサ130は、図示しないドライバを介して回転ステージ143及び163を制御する。回転ステージ143及び163の回転角度に応じて、グレーティング53に入射する光ビームの入射角が変化し、狭帯域化モジュール14によって選択される波長が変化する。

[0036] レーザ制御プロセッサ130は、露光制御プロセッサ210から受信した目標短波長 λ_1 及び目標長波長 λ_2 に基づいて、ミラー63の姿勢が複数のパルスごとに周期的に変化するように、回転ステージ163を制御する。これにより、パルスレーザ光の中心波長が複数のパルスごとに目標短波長 λ_1 と目標長波長 λ_2 との間で周期的に変化する。このように、レーザ装置100は複数の中心波長が含まれるパルスレーザ光を出力する。

[0037] 露光装置200における焦点距離は、パルスレーザ光の波長に依存する。複数波長でレーザ発振して露光装置200に入射したパルスレーザ光は、パルスレーザ光の光路軸の方向において複数の異なる位置で結像することができるので、実質的に焦点深度を大きくすることができる。例えば、膜厚の大きいレジスト膜を露光する場合でも、レジスト膜の厚み方向での結像性能を維持し得る。あるいは、現像されたレジスト膜の断面形状を示すレジストプロファイルを調整し得る。

[0038] 1. 4 周期的な波長変化及び積算スペクトル

図3は、周期的な波長変化を示すグラフである。図3において、横軸は時

間 t を示し、縦軸は波長 λ を示す。図 3 に示される小円の各々は、パルスレーザー光が出力されるときに時間 t と、そのときの中心波長と、を示す。

[0039] 図 3 に示される例では、目標短波長 λ_1 と目標長波長 λ_2 との間で、中心波長が周期的に変化する。波長変化の 1 周期分のパルス数を N とし、パルスレーザー光の繰返し周波数を F とする。波長変化の周期 T は以下の式で与えられる。

$$T = N / F$$

[0040] 図 4 は、複数の中心波長が含まれるパルスレーザー光の積算スペクトルを示す。図 4 に示される積算スペクトルは、図 3 に示される波長変化の 1 周期分の積算スペクトルに相当する。図 4 において、横軸は波長 λ を示し、縦軸は光強度 I を示す。破線は 1 パルスごとのパルスレーザー光のスペクトルを示し、それぞれの中心波長はピーク波長に一致する。図 3 に示されるように目標短波長 λ_1 と目標長波長 λ_2 との間で多段階に中心波長を変化させることにより、図 4 に示される積算スペクトルは目標短波長 λ_1 と目標長波長 λ_2 との間でほぼ均一な光強度 I を有するフラットトップ状となり得る。

[0041] 1. 5 スキャン露光

図 5 は、露光装置 200 によって露光される感光基板を示す。感光基板は、例えば、ほぼ円板形を有する単結晶シリコンの板である。感光基板の露光は、スキャンフィールド SF 1、SF 2 等の区画ごとに行われる。スキャンフィールド SF 1、SF 2 の各々は、感光基板に形成される多数の半導体チップのうちいくつかの半導体チップが形成される領域であって、1 枚のフォトマスクのマスクパターンが 1 回のスキャンで転写される領域に相当する。符号 SF 1、SF 2 に含まれる数字は露光順を示す。露光順を特定せずに説明する場合は数字を付さず単に SF と表記する。

[0042] まず、1 つめのスキャンフィールド SF 1 にパルスレーザー光が照射されるように感光基板が移動されて、1 つめのスキャンフィールド SF 1 が露光される。次に、2 つめのスキャンフィールド SF 2 にパルスレーザー光が照射されるように感光基板が移動されて、2 つめのスキャンフィールド SF 2 が露

光される。その他のスキャンフィールドS Fも順次露光され、最後のスキャンフィールドS F k m a xが露光されるとその感光基板の露光が終了する。

[0043] 図6～図8は、パルスレーザ光のビーム断面Bの位置に対して感光基板のスキャンフィールドS Fの位置が変化する様子を示す。スキャンフィールドS Fの位置が変化する方向をY軸方向とし、Y軸方向に垂直な方向をX軸方向とする。

[0044] 1つのスキャンフィールドS Fを露光するときはパルスレーザ光が所定の繰り返し周波数で連続して出力される。パルスレーザ光を所定の繰り返し周波数で連続して出力することをバースト出力という。1つのスキャンフィールドS Fから他のスキャンフィールドS Fに露光位置を移動させるときはパルスレーザ光の出力を休止する。従って、1つの感光基板を露光するために、バースト出力が複数回にわたって繰り返される。

[0045] スキャンフィールドS FのX軸方向の幅は、ワークピーステーブルW T（図1参照）の位置におけるパルスレーザ光のビーム断面BのX軸方向の幅に相当する。スキャンフィールドS FのY軸方向の幅は、ワークピーステーブルW Tの位置におけるパルスレーザ光のビーム断面BのY軸方向の幅Wより大きい。

[0046] パルスレーザ光によりスキャンフィールドS Fの各々をY軸方向にスキャンして露光する手順は、図6、図7、図8の順で行われる。まず、図6に示されるように、ビーム断面Bの-Y方向の端B y -の位置に対してスキャンフィールドS Fの+Y方向の端S F y +が-Y方向に所定距離離れて位置するようにワークピーステーブルW Tが位置決めされる。そして、ビーム断面Bの-Y方向の端B y -の位置に対してスキャンフィールドS Fの+Y方向の端S F y +が一致するまでに速度V yとなるように、ワークピーステーブルW Tが+Y方向に加速される。図7に示されるように、ビーム断面Bの位置に対してスキャンフィールドS Fの位置が速度V yで等速直線運動するようにワークピーステーブルW Tを+Y方向に移動しながら、スキャンフィールドS Fが露光される。図8に示されるように、ビーム断面Bの+Y方向の

端 B_{y+} の位置をスキャンフィールド SF の $-Y$ 方向の端 SF_{y-} が通過するまでワークピーステーブル WT が移動されたら、スキャンフィールド SF のスキャンが終了する。

[0047] このように、ビーム断面 B の位置に対してスキャンフィールド SF が移動しながら露光が行われる。スキャンフィールド SF を基準にすると、パルスレーザ光によって $-Y$ 方向にスキャンするということもできる。

[0048] パルスレーザ光のビーム断面 B の幅 W に相当する距離をスキャンフィールド SF が速度 V_y で移動するための所要時間 T_s は、以下の通りである。

$$T_s = W / V_y$$

スキャンフィールド SF のうちの任意の 1 箇所照射されるパルスレーザ光の照射パルス数 N_s は、所要時間 T_s において生成されるパルスレーザ光のパルス数と同一であり、以下の通りである。

$$N_s = F \cdot T_s$$

[0049] スキャンフィールド SF のうちの任意の 1 箇所照射されるパルスレーザ光の照射パルス数 N_s は、波長変化の 1 周期分のパルス数 N の倍数であることが望ましい。これにより、スキャンフィールド SF のどの部分においても、同じ積算スペクトルを有する照射パルス数 N_s のパルスレーザ光が照射されることになる。これにより、照射位置による露光結果のばらつきが少なく、高品質の電子デバイスを製造することができる。

[0050] 1. 6 倍率ディストーション

露光装置 200 は、フォトマスクのパターンを規定の縮小倍率、例えば $1/4$ の大きさに感光基板に転写する。しかし、感光基板に転写されたパターンの大きさが、期待されたサイズよりも大きかったり、小さかったりすることがある。この現象は、感光基板の面内の各点の本来あるべき位置からのずれとして見ることができ、このずれは光軸からの距離に応じて変わるため、倍率ディストーションという。

[0051] フォトリソグラフィにおいて、露光装置 200 の設計や露光時の光学系の設定によって、倍率ディストーションによる拡大又は縮小のうちのいずれが

生じるかが変わり、あるいは拡大又は縮小の程度が変わる。電子デバイスを製造する際には異なる露光装置 200 や異なる設定により複数回の露光が行われるため、倍率ディストーションは複数のレイヤー間の重ね合わせ誤差の原因になる。

[0052] 1. 7 色収差

図 9 は、露光装置 200 に含まれる投影光学系 202 の模式図である。図 9 には、マスクステージ MS に配置されたフォトマスクから、ワークピーステーブル WT に配置された感光基板に至る目標短波長 λ_1 及び目標長波長 λ_2 の光のマージナル光線が示されている。目標短波長 λ_1 に関しては、フォトマスクの位置が感光基板の位置と共役の関係にあり、フォトマスクのパターンが感光基板に転写される。

[0053] 露光装置 200 の光学系はある決まった設計波長、例えば目標短波長 λ_1 において、収差が最小になるように設計される。しかし、設計波長と異なる波長、例えば目標長波長 λ_2 の光が用いられた場合、屈折角度の波長依存性によって、設計波長の光が用いられた場合とは光の進行方向が異なる。この差分を色収差という。

[0054] 色収差は、光軸 AX の方向と光軸 AX に垂直な方向との両方に像をシフトさせる効果がある。像を光軸 AX の方向にシフトさせる色収差成分を縦色収差といい、像を光軸 AX に垂直な方向にシフトさせる色収差成分を横色収差という。図 9 には、縦色収差を Δz で示し、横色収差を Δx で示している。

[0055] 1. 8 倍率色収差

図 10 は、図 9 に示される投影光学系 202 によって感光基板に形成される像が変形する様子を示す。破線は目標短波長 λ_1 による像を示し、実線は目標長波長 λ_2 による像を示す。横色収差 Δx は、物点又は像点の光軸 AX からの距離に応じて変わることがあり、倍率ディストーションを引き起こすことがある。横色収差 Δx によって引き起こされる倍率ディストーションを倍率色収差という。

[0056] 複数の中心波長が含まれる光で露光を行う場合、設計波長と異なる波長が

存在するため、倍率色収差が発生する。

[0057] 1. 9 倍率テレセントリック誤差

結像光学系の物体側又は像側において、主光線が光軸 $A X$ と平行である場合、物体側又は像側にテレセントリックであるという。近代の露光装置の投影光学系は、物体側、すなわちフォトマスク側と、像側、すなわち感光基板側と、の両方がテレセントリックであり、この場合を両側テレセントリックであるという。

[0058] 両側テレセントリックな光学系には、例えば感光基板又はフォトマスクが光軸 $A X$ の方向に移動することが倍率ディストーションの原因にはならないというメリットがある。図9に示される投影光学系202において、フォトマスクの位置と感光基板の位置とは共役の関係にある。図9に示される投影光学系202は、波長 λ_1 の光に対しては両側テレセントリックであるが、波長 λ_2 の光に対しては両側テレセントリックではないことがある。

[0059] 図11～図19を参照しながら倍率テレセントリック誤差について説明する。図11は、照明光学系201の一部と、両側テレセントリックな投影光学系202と、を含む光学系の模式図である。図11において、フォトマスクの位置と感光基板の位置とは共役の関係にある。さらに、照明光学系201の瞳 $I P$ は、投影光学系202の瞳 $P P$ の共役点 $C P$ に位置している。図11は、倍率テレセントリック誤差のない理想的な状態を示している。この場合、感光基板が光軸 $A X$ の方向に上下動しても、像の大きさは変わらない。

[0060] 図12は、図11に示される光学系において照明光学系201の瞳 $I P$ が光軸 $A X$ の方向にシフトした場合の主光線の変化を示す。照明光学系201の瞳 $I P$ は、投影光学系202の瞳 $P P$ との共役点 $C P$ から、パルスレーザー光の光軸 $A X$ に沿って矢印 $D 1$ 方向にシフトしている。その結果、主光線が理想的な状態 $I D$ から実際の状態 $R E$ に変化し、感光基板に対する入射角度が非垂直となる。このとき、感光基板が光軸 $A X$ の方向に移動すると、像の大きさが変わる。照明光学系201の瞳 $I P$ は本開示における第1瞳に相当

し、投影光学系 202 の瞳 P P は本開示における第 2 瞳に相当し、共役点 C P の位置は本開示における基準位置に相当する。

[0061] 図 13～図 15 は、図 12 に示される光学系によって感光基板に形成される像が変化する様子を示す。Z 方向の位置 Z 0 は投影光学系 202 のベストフォーカス位置であり、位置 Z 0 においては瞳 I P がシフトする前後で感光基板に形成される像は変化しない。しかし、位置 Z 0 から Z 方向にずれた位置 Z 0 + では、理想的な状態 I D から実際の状態 R E に像が変化して小さくなり、反対に Z 0 から -Z 方向にずれた位置 Z 0 - では像が大きくなる。

[0062] 図 16 は、図 11 に示される光学系において照明光学系 201 の瞳 I P が図 12 とは逆方向にシフトした場合の主光線の変化を示す。照明光学系 201 の瞳 I P は、投影光学系 202 の瞳 P P との共役点 C P から、パルスレーザー光の光軸 A X に沿って矢印 D 2 方向にシフトしている。

[0063] 図 17～図 19 は、図 16 に示される光学系によって感光基板に形成される像が変化する様子を示す。図 14 と同様に、位置 Z 0 においては瞳 I P がシフトする前後で感光基板に形成される像は変形しない。しかし、位置 Z 0 から Z 方向にずれた位置 Z 0 + では、理想的な状態 I D から実際の状態 R E に像が変化して大きくなり、反対に Z 0 から -Z 方向にずれた位置 Z 0 - では像が小さくなる。

[0064] 図 12～図 19 に示されるように、感光基板をベストフォーカス位置からずらしたときに発生する像の拡大又は縮小による誤差を倍率テレセントリック誤差という。主光線の進行方向は照明光学系 201 の瞳 I P の位置で制御できるため、倍率テレセントリック誤差の大きさは制御することが可能である。

[0065] 1. 10 比較例の課題

図 20 は、縦色収差 Δz 及び横色収差 Δx が発生しているときにワークピーステーブル W T に入射するパルスレーザー光のマージナル光線の一部を示す模式図である。図 20 は、図 9 の一部を抜き出したものに相当する。図 20 は、目標短波長 $\lambda 1$ のマージナル光線と目標長波長 $\lambda 2$ のマージナル光線と

を含み、それぞれのマージナル光線の先端部が、それぞれの波長のベストフォーカス位置を示す。

[0066] 図21は、図20に示されるパルスレーザー光の各波長の光の結像領域を模式的に示す。パルスレーザー光によって生成される像は、ベストフォーカス位置からずれても突然消失するのではなく、ある程度の大きさの結像領域内で徐々にコントラストが低下し、結像領域から外れると結像しなくなる。結像領域は明確な境界線を有するわけではないが便宜的に楕円形で示されている。縦色収差 Δz により、例えば、目標短波長 λ_1 よりも目標長波長 λ_2 の方が $-Z$ 方向にずれた位置に結像する。一方、横色収差 Δx は光軸 AX を中心として互いに反対方向に生じ、例えば、目標短波長 λ_1 よりも目標長波長 λ_2 の方が光軸 AX を中心として外側にずれた位置に結像する。

[0067] 図22は、図20及び図21に示されるパルスレーザー光で露光された感光基板を現像した場合のレジストプロファイルを示す断面図である。感光基板は、半導体基板 SUB の表面に成膜されたレジスト膜 R を含む。図20及び図21に示されるパルスレーザー光が縦色収差 Δz を有するため、厚みの大きいレジスト膜 R であっても、レジスト膜 R の厚み方向の全体にわたって良好な結像性能が得られる。しかしながら、パルスレーザー光の光軸 AX から離れた領域では横色収差 Δx が生じ、目標短波長 λ_1 と目標長波長 λ_2 とで X 方向の結像位置が異なる。このため、レジスト膜 R が除去された部分の両側の壁面の傾斜角度が非対称となることがある。

[0068] 図23は、図20及び図21に示されるパルスレーザー光でスキャン露光された感光基板における像のずれを示す。図23に示されるように、目標短波長 λ_1 と目標長波長 λ_2 とで X 方向の結像位置が異なり、特に光軸 AX から X 方向及び $-X$ 方向に離れた端部ではそのずれが顕著となる。このため、厚みの小さいレジスト膜 R であっても、横色収差 Δx により像がずれ、あるいはぼやけることがある。なお、図6～図8を参照しながら説明したスキャン露光においてはパルスレーザー光を照射しながら Y 方向に感光基板を移動させるので、 Y 方向の横色収差は平均化される。

[0069] 国際公開第2021/110343号においては、フォトマスク内の位置に応じて予めパターンをずらしたり、補助パターン（sub-resolution assist feature：SRAF）を挿入したりすることが開示されている。しかしながら、そのようなフォトマスクは特定のスペクトルパラメータで最適化されており、同じパターンの露光であってもスペクトルパラメータが変わる場合は別のフォトマスクを設計及び製作しなければならない。また、フォトマスク内の露光しようとするパターンの周囲に、補助パターンを配置するために十分な領域がない場合がある。また、補助パターンの寸法には製作上の下限があり、補助パターンの寸法が大きすぎると補助パターンの効果が過剰になる場合がある。

[0070] 以下に説明する実施形態は、倍率テレセントリック誤差 δx を発生させることで、複数波長を用いて露光する場合の横色収差 Δx を相殺して、倍率色収差を抑制することに関連している。

[0071] 2. 照明光学系201の瞳IPの位置をずらした露光システム

2.1 原理

図24は、倍率テレセントリック誤差が発生しているときにワークピーステーブルWTに入射するパルスレーザ光の主光線の一部を示す模式図である。図24は、図12の一部を抜き出したものに相当する。説明の便宜のため、横色収差は発生していないか、きわめてわずかであると仮定する。この場合、目標短波長 λ_1 の主光線と目標長波長 λ_2 の主光線とは共通である。

[0072] 図25は、図24に示されるパルスレーザ光の各波長の光の結像領域を模式的に示す。縦色収差 Δz により、例えば、目標短波長 λ_1 よりも目標長波長 λ_2 の方が $-Z$ 方向にずれた位置に結像する。一方、横色収差は発生していないか、きわめてわずかであると仮定した場合であっても、照明光学系201の瞳IPのずれによって主光線の感光基板に対する入射角度が非垂直となった場合には、目標短波長 λ_1 と目標長波長 λ_2 の間には、縦色収差 Δz と入射角度とによって定まる倍率テレセントリック誤差 δx が発生する。

[0073] 図26は、図24に示されるパルスレーザ光において横色収差 Δx を考慮

したときの各波長の光の結像領域を模式的に示す。図26に示される結像領域は、図21に示される横色収差 Δx と図25に示される倍率テレセントリック誤差 δx とを加算したものに相当する。図26においては、横色収差 Δx と倍率テレセントリック誤差 δx とが同じ方向に作用して、大きな倍率ディストーション $\Delta x + \delta x$ が発生している。

[0074] 図27は、図24と逆方向の倍率テレセントリック誤差 $-\delta x$ が発生しているときにワークピーステーブルWTに入射するパルスレーザ光の主光線の一部を示す模式図である。図27は、図16の一部を抜き出したものに相当する。説明の便宜のため、横色収差は発生していないか、きわめてわずかであると仮定した場合、目標短波長 λ_1 の主光線と目標長波長 λ_2 の主光線とは共通である。

[0075] 図28は、図27に示されるパルスレーザ光の各波長の光の結像領域を模式的に示す。縦色収差 Δz により、例えば、目標短波長 λ_1 よりも目標長波長 λ_2 の方が $-Z$ 方向にずれた位置に結像する。一方、横色収差は発生していないか、きわめてわずかであると仮定した場合であっても、照明光学系201の瞳IPのずれによって主光線の感光基板に対する入射角度が非垂直となった場合には、目標短波長 λ_1 と目標長波長 λ_2 との間には、縦色収差 Δz と入射角度とによって定まる倍率テレセントリック誤差 $-\delta x$ が発生する。図25と図28とでは、照明光学系201の瞳IPのずれの方向が異なるため、図25における倍率テレセントリック誤差 δx と、図28における倍率テレセントリック誤差 $-\delta x$ とは逆方向に生じる。

[0076] 図29は、図27に示されるパルスレーザ光において横色収差 Δx を考慮したときの各波長の光の結像領域を模式的に示す。図29に示される結像領域は、図21に示される横色収差 Δx と図28に示される倍率テレセントリック誤差 $-\delta x$ とを加算したものに相当する。図29に示されるように、横色収差 Δx と倍率テレセントリック誤差 $-\delta x$ とを逆の方向に作用させることで互いに相殺し、感光基板上の横色収差 Δx による結像位置のずれを倍率テレセントリック誤差 $-\delta x$ により低減することができる。これにより、倍

率ディストーションが小さくなる。

[0077] 2. 2 構成

図30は、第1の実施形態における露光システムの構成を概略的に示す。第1の実施形態において、露光装置200は計測ユニット303を含み、照明光学系201は駆動機構203を含む。

[0078] 計測ユニット303は、露光が行われた感光基板を搭載するステージと、感光基板の露光状態を観察するセンサと、を含む。計測ユニット303は、露光制御プロセッサ210の制御によりステージを駆動し、感光基板に形成されたパターンをセンサによって計測し、このパターンから倍率ディストーションを計測する。計測ユニット303は本開示における計測センサに相当する。

[0079] 駆動機構203は、照明光学系201の瞳IPの位置を調整するために、照明光学系201に含まれる少なくとも一つの光学素子を駆動するアクチュエータを含む。駆動機構203は、図12及び図16を参照しながら説明したように、照明光学系201の瞳IPの位置を、パルスレーザ光の光軸AXに沿って投影光学系202の瞳PPとの共役点CPから瞳PPに近づく矢印D1方向と、瞳PPから遠ざかる矢印D2方向と、の両方に調整可能に構成されている。駆動機構203は、露光制御プロセッサ210の制御により動作する。

[0080] 図31は、瞳IPの位置を移動可能な照明光学系201の第1の例を概念的に示す。照明光学系201は、ビーム成形／均一化光学系204と、メカニカルアパーチャ205と、瞳位置調整光学系206aと、を含む。

[0081] ビーム成形／均一化光学系204は、例えば、ほぼ長方形のビーム断面を有しガウス分布状の光強度分布を有するパルスレーザ光を、所望のビーム断面及び均一な光強度分布に成形及び均一化する光学系である。

[0082] メカニカルアパーチャ205は、機械式の絞りであり、瞳IPの付近に配置される。メカニカルアパーチャ205は本開示における機械式絞りに相当する。

- [0083] 瞳位置調整光学系 206 a は、瞳 I P から出射した光をフォトマスクに照射する光学系である。瞳位置調整光学系 206 a に含まれる光学素子の少なくとも 1 つを駆動機構 203 によって移動させることにより、瞳 I P の位置が光軸 A X の方向に移動する。
- [0084] 図 3 2 は、瞳 I P の位置を移動可能な照明光学系 201 の第 2 の例を概念的に示す。照明光学系 201 は、ビーム成形／均一化光学系 204 と、回折光学素子 207 と、瞳位置調整光学系 206 b と、を含む。
- [0085] 回折光学素子 207 は、表面に多数の凹凸を有し、透過する光を複数の回折光ビームに分岐させる光学素子である。回折光学素子 207 の表面の凹凸は、回折光ビームをそれぞれ所望の方向に出射するように設計される。回折光学素子 207 から出射した回折光ビームは瞳位置調整光学系 206 b に入射する。
- [0086] 瞳位置調整光学系 206 b は、回折光ビームを瞳 I P に集光する。瞳位置調整光学系 206 b に含まれる光学素子の少なくとも 1 つを駆動機構 203 によって移動させることにより、集光位置、すなわち瞳 I P の位置が、光軸 A X の方向に移動する。
- [0087] 図 3 3 は、瞳 I P の位置を移動可能な照明光学系 201 の第 3 の例を概念的に示す。照明光学系 201 は、ビーム成形／均一化光学系 204 と、マイクロミラーアレイ 208 と、ミラー 209 と、瞳位置調整光学系 206 c と、を含む。
- [0088] マイクロミラーアレイ 208 は、それぞれの傾きが調整可能な多数のミラーを含み、マイクロミラーアレイ 208 に入射した光を複数の反射光ビームに分岐させる光学素子である。マイクロミラーアレイ 208 に含まれるミラーの傾きは、反射光ビームをそれぞれ所望の方向に出射するように調整される。マイクロミラーアレイ 208 から出射した反射光ビームはミラー 209 を介して瞳位置調整光学系 206 c に入射する。
- [0089] 瞳位置調整光学系 206 c は、反射光ビームを瞳 I P に集光する。瞳位置調整光学系 206 c に含まれる光学素子の少なくとも 1 つを駆動機構 203

によって移動させることにより、集光位置、すなわち瞳 I P の位置が、光軸 AX の方向に移動する。

[0090] 2. 3 動作（倍率ディストーションの補正）

図 34 は、第 1 の実施形態において倍率ディストーションを補正する処理を示すフローチャートである。露光制御プロセッサ 210 は、計測ユニット 303 によって計測された倍率ディストーションに基づいて、以下のように横色収差 Δx による結像位置のずれを低減するように駆動機構 203 を制御することで、倍率ディストーションの補正を行う。

[0091] S101 において、露光制御プロセッサ 210 は、フォトマスクを露光装置 200 のマスクステージ MS にセットするよう、図示しない搬送装置を制御する。

[0092] S103 において、露光制御プロセッサ 210 は、複数の中心波長を含むパルスレーザ光のスペクトルパラメータを設定する。スペクトルパラメータは、例えば、目標短波長 λ_1 及び目標長波長 λ_2 を含む。あるいは、スペクトルパラメータは、目標短波長 λ_1 及び目標長波長 λ_2 の波長差を含んでもよい。スペクトルパラメータはさらに波長変化の 1 周期分のパルス数 N を含んでもよい。

[0093] S104 において、露光制御プロセッサ 210 は、照明光学系 201 の瞳 I P の位置を特定するカウンタ j の値を初期値 1 に設定する。

[0094] S105 において、露光制御プロセッサ 210 は、照明光学系 201 の瞳 I P の位置が j 番目の値となるよう駆動機構 203 を制御する。

[0095] S106 において、露光制御プロセッサ 210 は、S103 で設定されたスペクトルパラメータに従ってレーザ発振するよう、レーザ制御プロセッサ 130 に各種パラメータ及び信号を送信する。また、露光制御プロセッサ 210 は、複数の中心波長を含むパルスレーザ光によるフォトマスクの像が感光基板に転写され、感光基板が露光されるように、マスクステージ MS 及びワークピーステーブル WT を制御する。ここで露光される感光基板は、半導体デバイスを製造するための感光基板とは別の、計測用の感光基板でもよい。

- 。
- [0096] S107において、露光制御プロセッサ210は、露光された感光基板に形成されたパターンから倍率ディストーションを計測するよう計測ユニット303を制御する。
- [0097] S108において、露光制御プロセッサ210は、倍率ディストーションが閾値以下であるか否かを判定する。倍率ディストーションが閾値を超えている場合（S108：NO）、露光制御プロセッサ210はS109に処理を進める。倍率ディストーションが閾値以下である場合（S108：YES）、露光制御プロセッサ210はS110に処理を進める。
- [0098] S109において、露光制御プロセッサ210は、カウンタjの値に1を加算してjを更新し、その後S105に処理を戻す。カウンタjの値に上限値を設けておき、jが上限値に達したら露光制御プロセッサ210が本フローチャートの処理を終了するようにしてもよい。
- [0099] S110において、露光制御プロセッサ210は、照明光学系201の瞳IPの位置を、倍率ディストーションが閾値以下となったj番目の値に決定する。
- [0100] S111において、露光制御プロセッサ210は、半導体デバイスを製造するための感光基板をワークピーステーブルWTに配置し、露光を開始し、本フローチャートの処理を終了する。
- [0101] 2.4 作用
- 第1の実施形態によれば、露光システムは、目標短波長 λ_1 及び目標長波長 λ_2 が含まれるパルスレーザ光をフォトマスクに照明する照明光学系201と、フォトマスクを通過したパルスレーザ光を感光基板に照明して、フォトマスクの像を投影する投影光学系202と、を備える。照明光学系201の瞳IPの位置は、投影光学系202の瞳PPの共役点CPから、感光基板上の横色収差 Δx による結像位置のずれを倍率テレセントリック誤差 $-\delta x$ により低減する矢印D2方向にシフトしている。
- [0102] これによれば、照明光学系201の瞳IPの位置がシフトすることで、横

色収差 Δx による結像位置のずれを倍率テレセントリック誤差 $-\delta x$ により低減できるので、厚膜のレジスト膜でも精度よく加工できる。また、フォトマスクの設計によって結像位置のずれを低減する場合と比べて、フォトマスクの設計の自由度が高い。さらに、目標短波長 λ_1 及び目標長波長 λ_2 の波長差を変更する場合に、その波長差に応じてフォトマスクを別途設計し直す必要がなく、共通のフォトマスクを使用できる。

[0103] 第1の実施形態によれば、瞳I Pの位置は、瞳P Pの共役点C Pからパルスレーザ光の光軸A Xに沿ってシフトしている。

[0104] これによれば、瞳I Pを光軸A Xの方向にシフトさせることで、感光基板に入射するパルスレーザ光の光軸A Xの変化を抑制しつつ、倍率テレセントリック誤差 $-\delta x$ を発生させることができる。

[0105] 第1の実施形態によれば、露光システムは、瞳I Pの位置を調整する駆動機構203と、横色収差 Δx による結像位置のずれを低減するように駆動機構203を制御する露光制御プロセッサ210と、を備える。

[0106] これによれば、駆動機構203で瞳I Pの位置を調整できるので、目標短波長 λ_1 及び目標長波長 λ_2 の波長差などのスペクトルパラメータが変わった場合でも倍率ディストーションを抑制し得る。

[0107] 第1の実施形態によれば、駆動機構203は、瞳I Pの位置をパルスレーザ光の光軸A Xに沿って瞳P Pの共役点C Pから瞳P Pに近づく矢印D1方向と瞳P Pから遠ざかる矢印D2方向との両方に調整可能に構成されている。

[0108] これによれば、倍率ディストーションを抑制するための瞳I Pの移動方向が、瞳P Pに近づく矢印D1方向である場合も、瞳P Pから遠ざかる矢印D2方向である場合も、適切な移動方向を選択できる。

[0109] 第1の実施形態によれば、露光システムは、感光基板への投影によって形成されたパターンを計測する計測ユニット303を備え、露光制御プロセッサ210は、計測ユニット303の計測結果に基づいて駆動機構203を制御する。

[0110] これによれば、計測ユニット303の計測結果に基づいて精度よく倍率ディストーションを抑制し得る。

[0111] 第1の実施形態によれば、計測ユニット303は、感光基板への投影によって形成されたパターンの倍率ディストーションを計測し、露光制御プロセッサ210は、倍率ディストーションに基づいて駆動機構203を制御する。

[0112] これによれば、倍率ディストーションを低減するように瞳IPの位置を調整することができる。

[0113] その他の点については、第1の実施形態は比較例と同様である。

[0114] 3. スペクトルパラメータに基づいて照明光学系201の瞳IPの位置を決定する露光システム

3.1 構成

図35は、第2の実施形態における露光システムの構成を概略的に示す。第2の実施形態において、露光装置200は不揮発メモリ213を含む。不揮発メモリ213は、スペクトルパラメータと照明光学系201の瞳IPの位置とを対応付けた補正テーブル213a（図37参照）を記憶している。不揮発メモリ213は、露光制御プロセッサ210からアクセス可能である。

[0115] 3.2 動作

3.2.1 補正テーブルの作成

図36は、第2の実施形態において補正テーブル213aを作成する処理を示すフローチャートである。露光制御プロセッサ210は、以下のようにして補正テーブル213aを作成する。

[0116] S101において、露光制御プロセッサ210は、フォトマスクを露光装置200のマスクステージMSにセットするよう、図示しない搬送装置を制御する。この点は第1の実施形態の倍率ディストーションの補正に含まれる処理と同様である。

[0117] S102aにおいて、露光制御プロセッサ210は、スペクトルパラメー

タを特定するカウンタ i の値を初期値 1 に設定する。

[0118] S 1 0 3 a において、露光制御プロセッサ 2 1 0 は、スペクトルパラメータを i 番目の値に設定する。

[0119] S 1 0 4 から S 1 0 9 までの処理は第 1 の実施形態の倍率ディストーションの補正に含まれる処理と同様であり、露光制御プロセッサ 2 1 0 は与えられたスペクトルパラメータに対して倍率ディストーションが閾値以下となる瞳 I P の位置を探索する。倍率ディストーションが閾値以下となった場合 (S 1 0 8 : Y E S) 、露光制御プロセッサ 2 1 0 は S 1 1 2 a に処理を進める。

[0120] S 1 1 2 a において、露光制御プロセッサ 2 1 0 は、計測ユニット 3 0 3 による倍率ディストーションの計測結果に基づいて、 i 番目のスペクトルパラメータと、倍率ディストーションが閾値以下となる照明光学系 2 0 1 の瞳 I P の j 番目の位置との対応関係を不揮発メモリ 2 1 3 の補正テーブル 2 1 3 a に記憶させる。

[0121] S 1 1 3 a において、露光制御プロセッサ 2 1 0 は、カウンタ i の値が最大値 i_{max} に達したか否かを判定する。カウンタ i の値が最大値 i_{max} に達した場合 (S 1 1 3 a : Y E S) 、露光制御プロセッサ 2 1 0 は本フローチャートの処理を終了する。カウンタ i の値が最大値 i_{max} 未満である場合 (S 1 1 3 a : N O) 、露光制御プロセッサ 2 1 0 は S 1 1 4 a に処理を進める。

[0122] S 1 1 4 a において、露光制御プロセッサ 2 1 0 は、カウンタ i の値に 1 を加算して i を更新し、その後 S 1 0 3 a に処理を戻す。

[0123] 図 3 7 は、不揮発メモリ 2 1 3 に記憶される補正テーブル 2 1 3 a の一例を示す。補正テーブル 2 1 3 a は、カウンタ i の値 1 ~ i_{max} に対応して、スペクトルパラメータ S 1 ~ S i_{max} と、倍率ディストーションが閾値以下となるような照明光学系 2 0 1 の瞳 I P の位置 P 1 ~ P i_{max} とを記憶したデータテーブルである。瞳 I P の位置 P 1 ~ P i_{max} は本開示における制御パラメータに相当する。フォトマスクごとに異なる補正テーブル 2

13aが作成されてもよい。

[0124] 3. 2. 2 倍率ディストーションの補正

図38は、第2の実施形態において倍率ディストーションを補正する処理を示すフローチャートである。露光制御プロセッサ210は、以下のようにしてパルスレーザ光のスペクトルパラメータに基づいて駆動機構203を制御する。フォトマスクはすでにマスクステージMSにセットされているものとする。

[0125] S103において、露光制御プロセッサ210は、パルスレーザ光のスペクトルパラメータを設定する。この点は第1の実施形態と同様である。

[0126] S110aにおいて、露光制御プロセッサ210は、設定されたスペクトルパラメータに対応する照明光学系201の瞳IPの位置を補正テーブル213aから読み出された値に設定し、駆動機構203を制御する。

[0127] S111において、露光制御プロセッサ210は、感光基板をワークピーステーブルWTに配置し、露光を開始し、本フローチャートの処理を終了する。

[0128] その他の点については、第2の実施形態は第1の実施形態と同様である。

[0129] 3. 3 作用

第2の実施形態によれば、露光制御プロセッサ210は、目標短波長 λ_1 及び目標長波長 λ_2 の波長差と瞳IPの位置 $P_1 \sim P_{imax}$ とを対応付けた補正テーブル213aにアクセス可能であり、補正テーブル213aから波長差に対応する瞳IPの位置を読み出して駆動機構203を制御する。

[0130] これによれば、目標短波長 λ_1 及び目標長波長 λ_2 の波長差に基づいて、補正テーブル213aから瞳IPの位置を読み出せるので、駆動機構203の制御を迅速に行うことができる。

[0131] 第2の実施形態によれば、露光制御プロセッサ210は、パルスレーザ光のスペクトルパラメータに基づいて駆動機構203を制御する。例えば、補正テーブル213aを用いる場合に限らず、スペクトルパラメータと駆動機構203の制御パラメータとの関数を用いて駆動機構203を制御してもよ

い。これによれば、スペクトルパラメータに基づいて制御するので、駆動機構203の制御のための工程を簡略化し得る。

[0132] 第2の実施形態によれば、露光制御プロセッサ210は、スペクトルパラメータ $S_1 \sim S_{i \max}$ と瞳IPの位置 $P_1 \sim P_{i \max}$ とを対応付けた補正テーブル213aにアクセス可能であり、補正テーブル213aからスペクトルパラメータに対応する瞳IPの位置を読み出して駆動機構203を制御する。

[0133] これによれば、スペクトルパラメータ $S_1 \sim S_{i \max}$ に基づいて、補正テーブル213aから瞳IPの位置を読み出せるので、駆動機構203の制御を迅速に行うことができる。

[0134] 第2の実施形態によれば、露光システムは、感光基板への投影によって形成されたパターンを計測する計測ユニット303を備え、露光制御プロセッサ210は、計測ユニット303の計測結果に基づいてスペクトルパラメータ $S_1 \sim S_{i \max}$ と瞳IPの位置 $P_1 \sim P_{i \max}$ との対応関係を補正テーブル213aに記憶させる。

[0135] これによれば、計測結果に基づいて、瞳IPの位置を調整するための信頼性の高い補正テーブル213aを作成できる。

[0136] 第2の実施形態によれば、計測ユニット303は、感光基板への投影によって形成されたパターンの倍率ディストーションを計測し、露光制御プロセッサ210は、スペクトルパラメータ $S_1 \sim S_{i \max}$ の各々について、倍率ディストーションが閾値以下となる瞳IPの位置 $P_1 \sim P_{i \max}$ との対応関係を補正テーブル213aに記憶させる。

[0137] これによれば、倍率ディストーションの計測結果に基づいて、倍率ディストーションを軽減するための信頼性の高い補正テーブル213aを作成できる。

[0138] 4. 露光装置200と別体の計測ユニット303bを含む露光システム

4. 1 構成

図39は、第3の実施形態における露光システムの構成を概略的に示す。

第3の実施形態において、露光システムは露光装置200とは別の現像装置300を含む。現像装置300は、ウエハ移動ユニット301と、処理ユニット302と、計測ユニット303bと、現像制御プロセッサ310と、を含む。

[0139] ウエハ移動ユニット301は、露光装置200との間での感光基板の受け渡し、及び現像装置300の内部での感光基板の移動を行う装置である。

[0140] 処理ユニット302は、感光基板へのレジスト膜の塗布、露光装置200の内部で露光された感光基板の露光後ベーク（PEB）、現像液の供給、洗浄、乾燥、現像後ベーク（PDB）等を行う装置である。

[0141] 計測ユニット303bは、露光及び現像により感光基板に形成されたパターンを計測する装置である。計測ユニット303bは、レジストプロファイルを計測する断面検査SEMでもよいし、重ね合わせ誤差を計測するパターン位置計測装置でもよいし、レジスト膜の平面形状から倍率ディストーションを計測する装置でもよい。計測ユニット303bは本開示における計測センサに相当する。計測ユニット303bは、現像装置300とは別に設けられてもよい。

[0142] 現像制御プロセッサ310は、制御プログラムが記憶されたメモリ312と、制御プログラムを実行するCPU311と、を含む処理装置である。現像制御プロセッサ310は本開示に含まれる各種処理を実行するために特別に構成又はプログラムされている。

[0143] 露光装置200は第1の実施形態において説明した計測ユニット303を含まなくてもよい。

[0144] 4. 2 動作（倍率ディストーションの補正）

図40は、第3の実施形態において倍率ディストーションを補正する処理を示すフローチャートである。以下のように、現像制御プロセッサ310は感光基板の現像と計測を行い、露光制御プロセッサ210は計測結果に基づいて横色収差 Δx による結像位置のずれを低減するように駆動機構203を制御することで、倍率ディストーションの補正を行う。

- [0145] S101～S105の処理は、第1の実施形態と同様である。S106bにおいて、露光制御プロセッサ210が感光基板を露光するよう露光装置200を制御するだけでなく、露光された感光基板が現像装置300によって現像されるように、現像制御プロセッサ310が現像装置300を制御する。
- [0146] S107bにおいて、現像制御プロセッサ310は、露光及び現像された感光基板のレジストプロファイル、重ね合わせ誤差、あるいは倍率ディストーションを計測するよう計測ユニット303bを制御する。レジストプロファイルは、例えばレジスト膜の壁面の傾斜角度が非対称であるほど大きな値として計測される。
- [0147] S108bにおいて、露光制御プロセッサ210は、現像制御プロセッサ310から計測ユニット303bによって計測されたレジストプロファイル、重ね合わせ誤差、あるいは倍率ディストーションの計測結果を受信し、計測結果が閾値以下であるか否かを判定する。計測結果が閾値を超えている場合（S108b：NO）、露光制御プロセッサ210はS109に処理を進める。計測結果が閾値以下である場合（S108b：YES）、露光制御プロセッサ210はS110に処理を進める。S109、S110、及びS111の処理は、第1の実施形態と同様である。
- [0148] その他の点については、第3の実施形態は第1の実施形態と同様である。あるいは、第2の実施形態と同様に露光装置200が不揮発メモリ213を含む構成において、露光システムが露光装置200と別体の計測ユニット303bを含んでいてもよい。
- [0149] 4.3 作用
- 第3の実施形態によれば、露光システムは、感光基板への投影及び現像によって形成されたパターンを計測する計測ユニット303bを備え、露光制御プロセッサ210は、計測ユニット303bの計測結果に基づいて駆動機構203を制御する。
- [0150] これによれば、現像されたパターンを計測し、計測結果に基づいて駆動機

構203を制御することで、製品の品質をより向上できる。

[0151] 第3の実施形態によれば、計測ユニット303bは、感光基板のレジストプロファイルを計測し、露光制御プロセッサ210は、レジストプロファイルの非対称性に基づいて駆動機構203を制御する。

[0152] これによれば、現像された感光基板のレジストプロファイルの非対称性に基づいて駆動機構203を制御するので、レジストプロファイルの非対称性を低減して製品を製造し得る。

[0153] 第3の実施形態によれば、計測ユニット303bは、複数回の投影及び現像によって形成された複数のレイヤー間の重ね合わせ誤差を計測し、露光制御プロセッサ210は、重ね合わせ誤差に基づいて駆動機構203を制御する。

[0154] これによれば、現像された感光基板の重ね合わせ誤差に基づいて駆動機構203を制御するので、重ね合わせ誤差の小さい製品を製造し得る。

[0155] 第3の実施形態によれば、計測ユニット303bは、感光基板に含まれるレジスト膜の平面形状から倍率ディストーションを計測し、露光制御プロセッサ210は、倍率ディストーションに基づいて駆動機構203を制御する。

[0156] これによれば、現像された感光基板のレジスト膜の平面形状から計測した倍率ディストーションに基づいて駆動機構203を制御するので、倍率ディストーションの小さい製品を製造し得る。

[0157] 5. その他

上記の説明は、制限ではなく単なる例示を意図している。従って、特許請求の範囲を逸脱することなく本開示の実施形態に変更を加えることができることは、当業者には明らかである。また、本開示の実施形態を組み合わせで使用することも当業者には明らかである。

[0158] 本明細書及び特許請求の範囲全体で使用される用語は、明記が無い限り「限定的でない」用語と解釈されるべきである。たとえば、「含む」又は「含まれる」という用語は、「含まれるものとして記載されたものに限定されな

い」と解釈されるべきである。「有する」という用語は、「有するものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。また、不定冠詞「1つの」は、「少なくとも1つ」又は「1又はそれ以上」を意味すると解釈されるべきである。また、「A、B及びCの少なくとも1つ」という用語は、「A」「B」「C」「A+B」「A+C」「B+C」又は「A+B+C」と解釈されるべきである。さらに、それらと「A」「B」「C」以外のものとの組み合わせも含むと解釈されるべきである。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の中心波長が含まれるパルスレーザー光をフォトマスクに照明する照明光学系と、
前記フォトマスクを通過した前記パルスレーザー光を感光基板に照明して、前記フォトマスクの像を投影する投影光学系と、
を備え、
前記照明光学系の瞳である第1瞳の位置は、前記投影光学系の瞳である第2瞳と共役関係となる基準位置から、前記感光基板上の横色収差による結像位置のずれを倍率テレセントリック誤差により低減する方向にシフトしている、
露光システム。
- [請求項2] 請求項1に記載の露光システムであって、
前記第1瞳の位置は、前記基準位置から前記パルスレーザー光の光軸に沿ってシフトしている、
露光システム。
- [請求項3] 請求項1に記載の露光システムであって、
前記第1瞳の位置を調整する駆動機構と、
前記ずれを低減するように前記駆動機構を制御するプロセッサと、
をさらに備える、露光システム。
- [請求項4] 請求項3に記載の露光システムであって、
前記駆動機構は、前記第1瞳の位置を前記パルスレーザー光の光軸に沿って前記基準位置から前記第2瞳に近づく方向と前記第2瞳から遠ざかる方向との両方に調整可能に構成された、
露光システム。
- [請求項5] 請求項3に記載の露光システムであって、
前記照明光学系は、前記第1瞳の付近に配置された機械式絞りと、
前記駆動機構によって駆動される瞳位置調整光学系と、を含む、
露光システム。

- [請求項6] 請求項3に記載の露光システムであって、
前記照明光学系は、回折光学素子と、前記回折光学素子を通過した前記パルスレーザ光を集光する瞳位置調整光学系と、を含む、
露光システム。
- [請求項7] 請求項3に記載の露光システムであって、
前記照明光学系は、マイクロミラーアレイと、前記マイクロミラーアレイによって反射された前記パルスレーザ光を集光する瞳位置調整光学系と、を含む、
露光システム。
- [請求項8] 請求項3に記載の露光システムであって、
前記感光基板への投影によって形成されたパターンを計測する計測センサをさらに備え、
前記プロセッサは、前記計測センサの計測結果に基づいて前記駆動機構を制御する、
露光システム。
- [請求項9] 請求項8に記載の露光システムであって、
前記計測センサは、前記感光基板への投影によって形成された前記パターンの倍率ディストーションを計測し、
前記プロセッサは、前記倍率ディストーションに基づいて前記駆動機構を制御する、
露光システム。
- [請求項10] 請求項3に記載の露光システムであって、
前記複数の中心波長は第1の波長と第2の波長を含み、
前記プロセッサは、前記第1の波長と前記第2の波長との波長差と前記駆動機構の制御パラメータとを対応付けたデータテーブルにアクセス可能であり、前記データテーブルから前記波長差に対応する前記制御パラメータを読み出して前記駆動機構を制御する、
露光システム。

- [請求項11] 請求項3に記載の露光システムであって、
前記プロセッサは、前記パルスレーザ光のスペクトルパラメータに基づいて前記駆動機構を制御する、
露光システム。
- [請求項12] 請求項11に記載の露光システムであって、
前記プロセッサは、前記スペクトルパラメータと前記駆動機構の制御パラメータとを対応付けたデータテーブルにアクセス可能であり、
前記データテーブルから前記スペクトルパラメータに対応する前記制御パラメータを読み出して前記駆動機構を制御する、
露光システム。
- [請求項13] 請求項12に記載の露光システムであって、
前記感光基板への投影によって形成されたパターンを計測する計測センサをさらに備え、
前記プロセッサは、前記計測センサの計測結果に基づいて前記スペクトルパラメータと前記制御パラメータとの対応関係を前記データテーブルに記憶させる、
露光システム。
- [請求項14] 請求項13に記載の露光システムであって、
前記計測センサは、前記感光基板への投影によって形成された前記パターンの倍率ディストーションを計測し、
前記プロセッサは、前記スペクトルパラメータの複数の値の各々について、前記倍率ディストーションが閾値以下となる前記制御パラメータとの前記対応関係を前記データテーブルに記憶させる、
露光システム。
- [請求項15] 請求項13に記載の露光システムであって、
前記計測センサは、前記感光基板への投影及び現像によって形成された前記パターンを計測する、
露光システム。

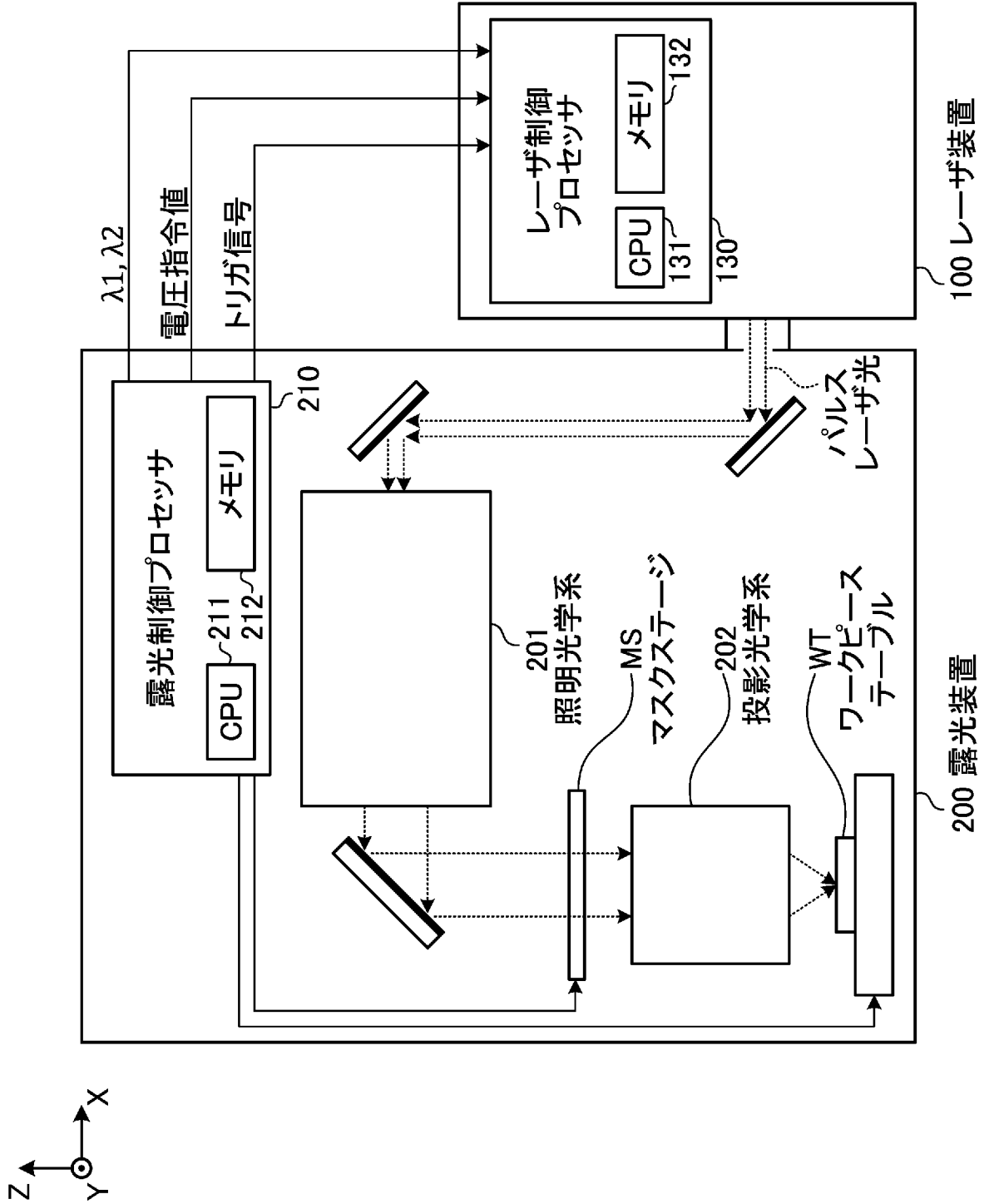
- [請求項16] 請求項3に記載の露光システムであって、
前記感光基板への投影及び現像によって形成されたパターンを計測する計測センサをさらに備え、
前記プロセッサは、前記計測センサの計測結果に基づいて前記駆動機構を制御する、
露光システム。
- [請求項17] 請求項16に記載の露光システムであって、
前記計測センサは、前記感光基板のレジストプロファイルを計測し、
、
前記プロセッサは、前記レジストプロファイルの非対称性に基づいて前記駆動機構を制御する、
露光システム。
- [請求項18] 請求項16に記載の露光システムであって、
前記計測センサは、複数回の投影及び現像によって形成された複数のレイヤー間の重ね合わせ誤差を計測し、
前記プロセッサは、前記重ね合わせ誤差に基づいて前記駆動機構を制御する、
露光システム。
- [請求項19] 請求項16に記載の露光システムであって、
前記計測センサは、前記感光基板に含まれるレジスト膜の平面形状から倍率ディストーションを計測し、
前記プロセッサは、前記倍率ディストーションに基づいて前記駆動機構を制御する、
露光システム。
- [請求項20] 電子デバイスの製造方法であって、
複数の中心波長が含まれるパルスレーザ光をフォトマスクに照明する照明光学系と、
前記フォトマスクを通過した前記パルスレーザ光を感光基板に照明

して、前記フォトマスクの像を投影する投影光学系と、
を備え、

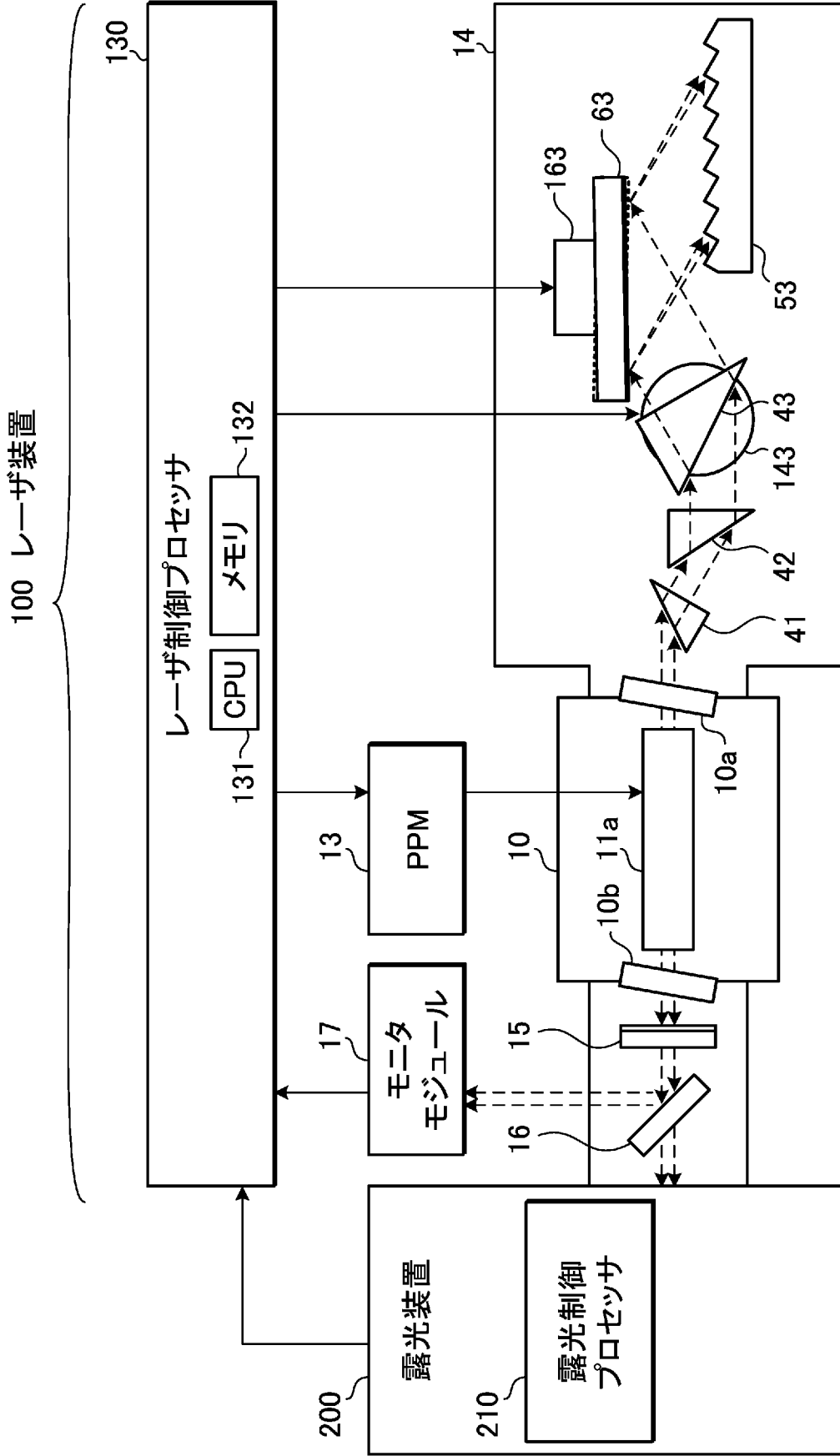
前記照明光学系の瞳である第1瞳の位置は、前記投影光学系の瞳である第2瞳と共役関係となる基準位置から、前記感光基板上の横色収差による結像位置のずれを倍率テレセントリック誤差により低減する方向にシフトしている露光システムを用いて、

前記電子デバイスを製造するために、前記感光基板の上に前記パルスレーザ光を露光することを含む電子デバイスの製造方法。

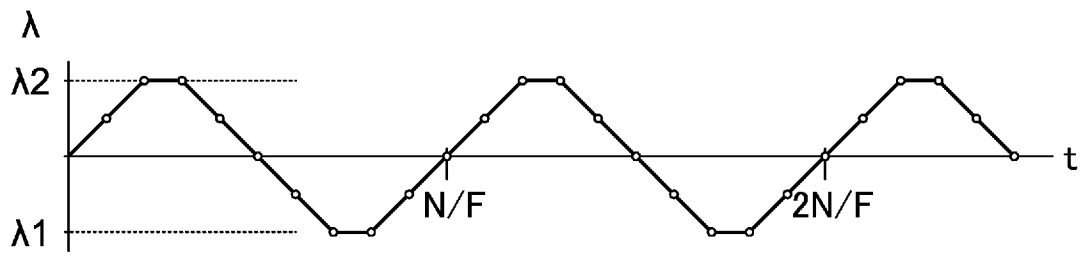
[図1]



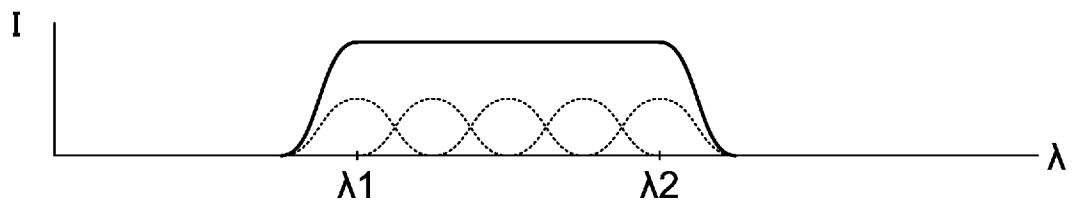
[図2]



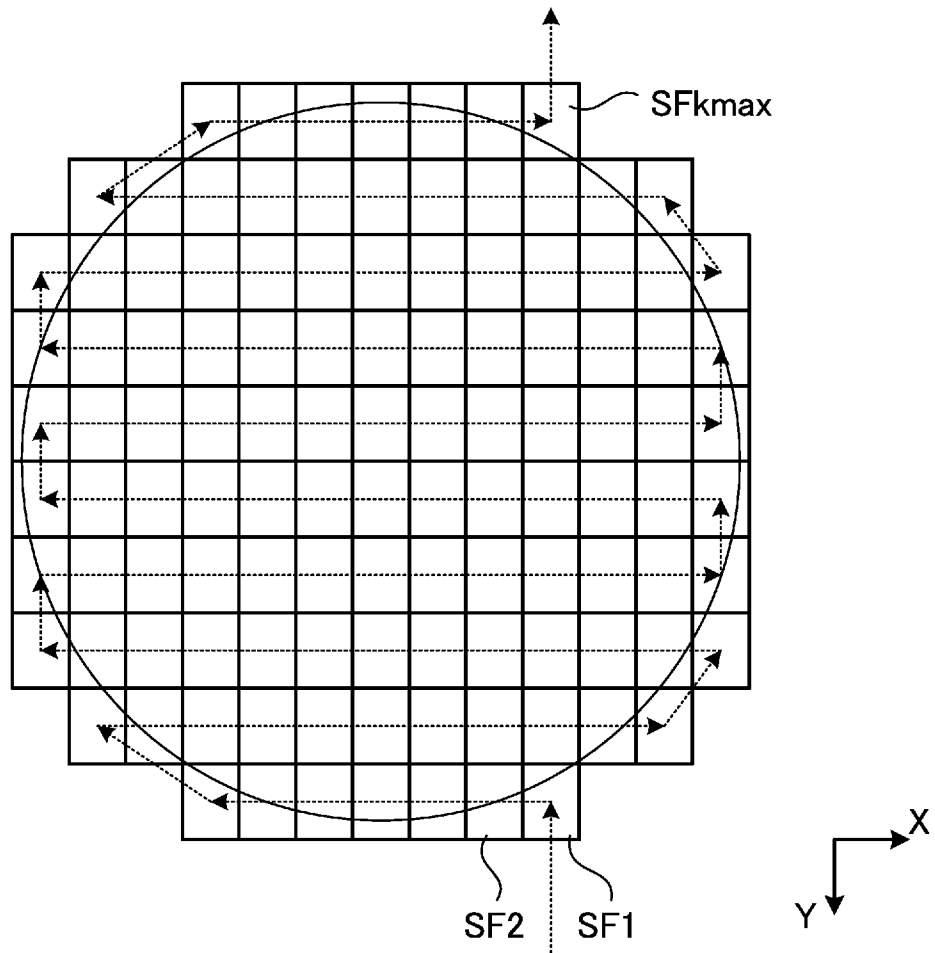
[図3]



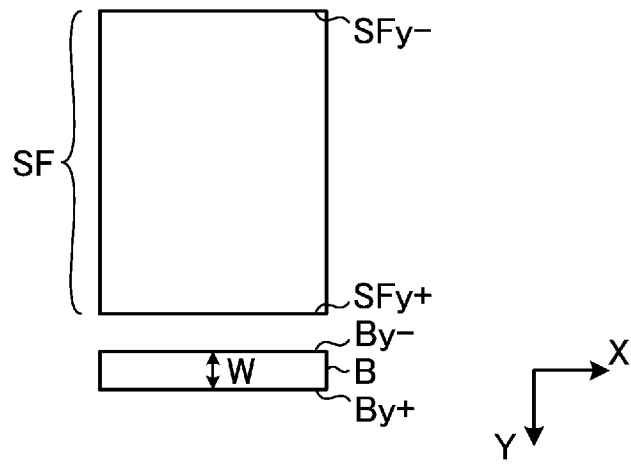
[図4]



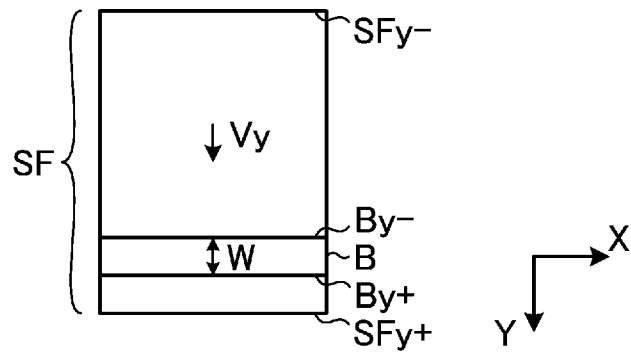
[図5]



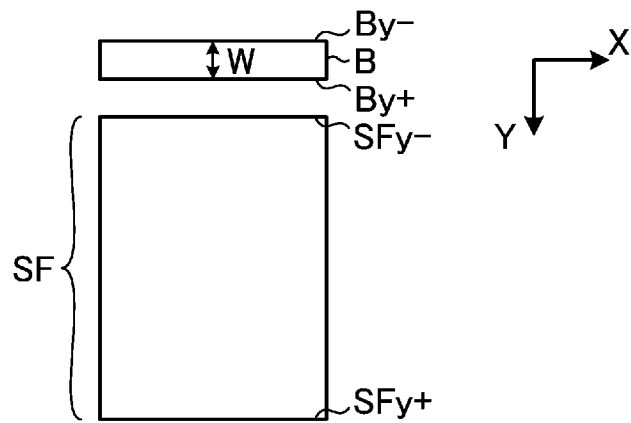
[図6]



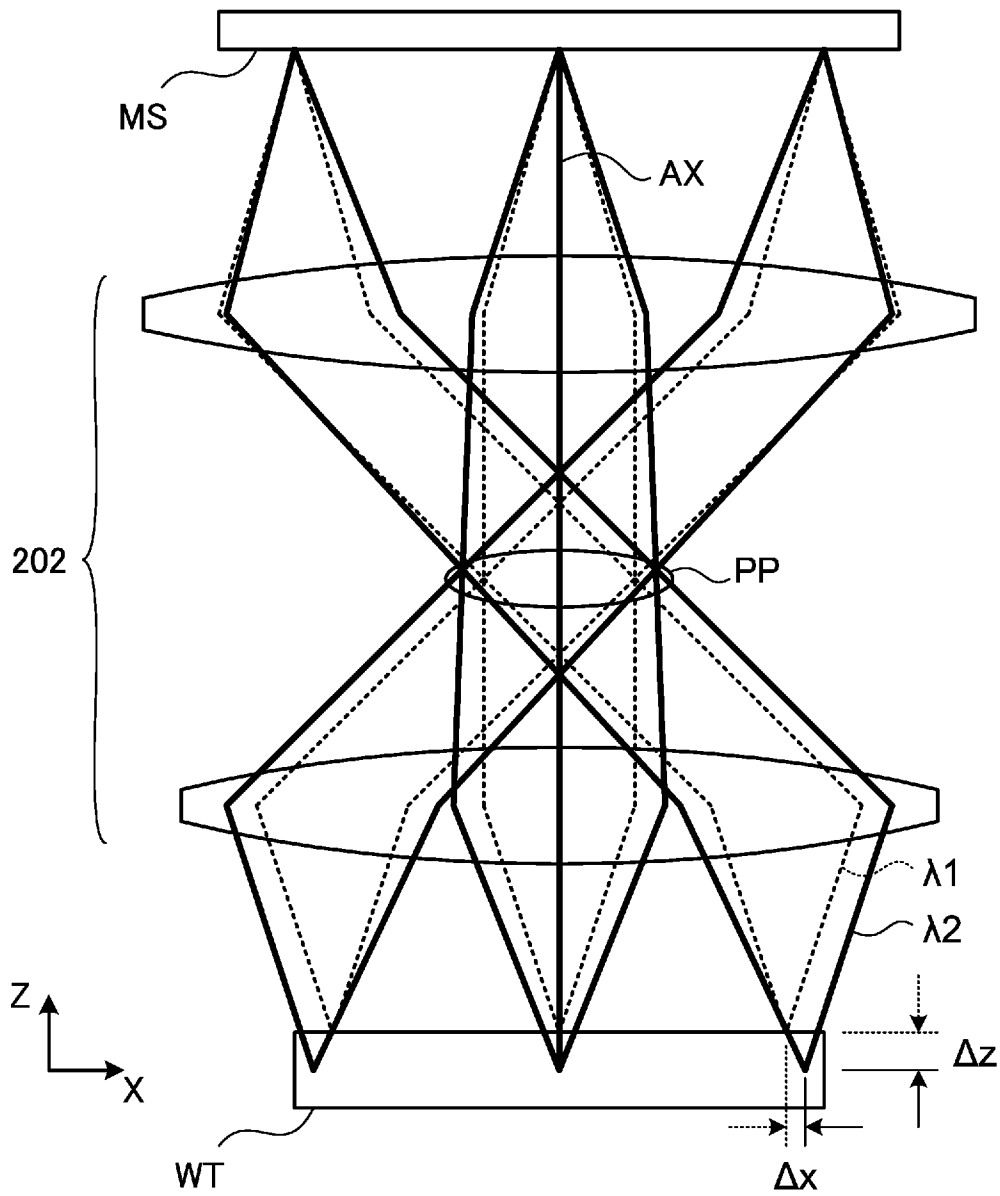
[図7]



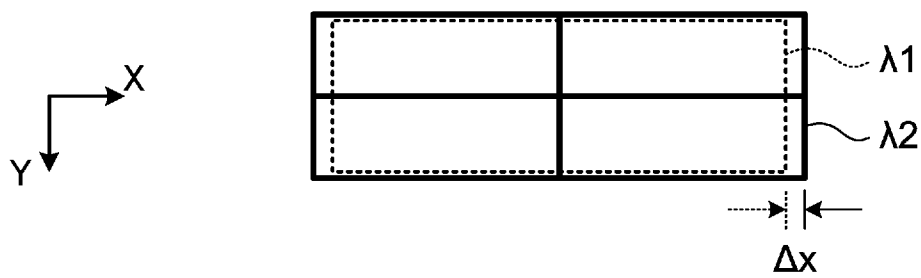
[図8]



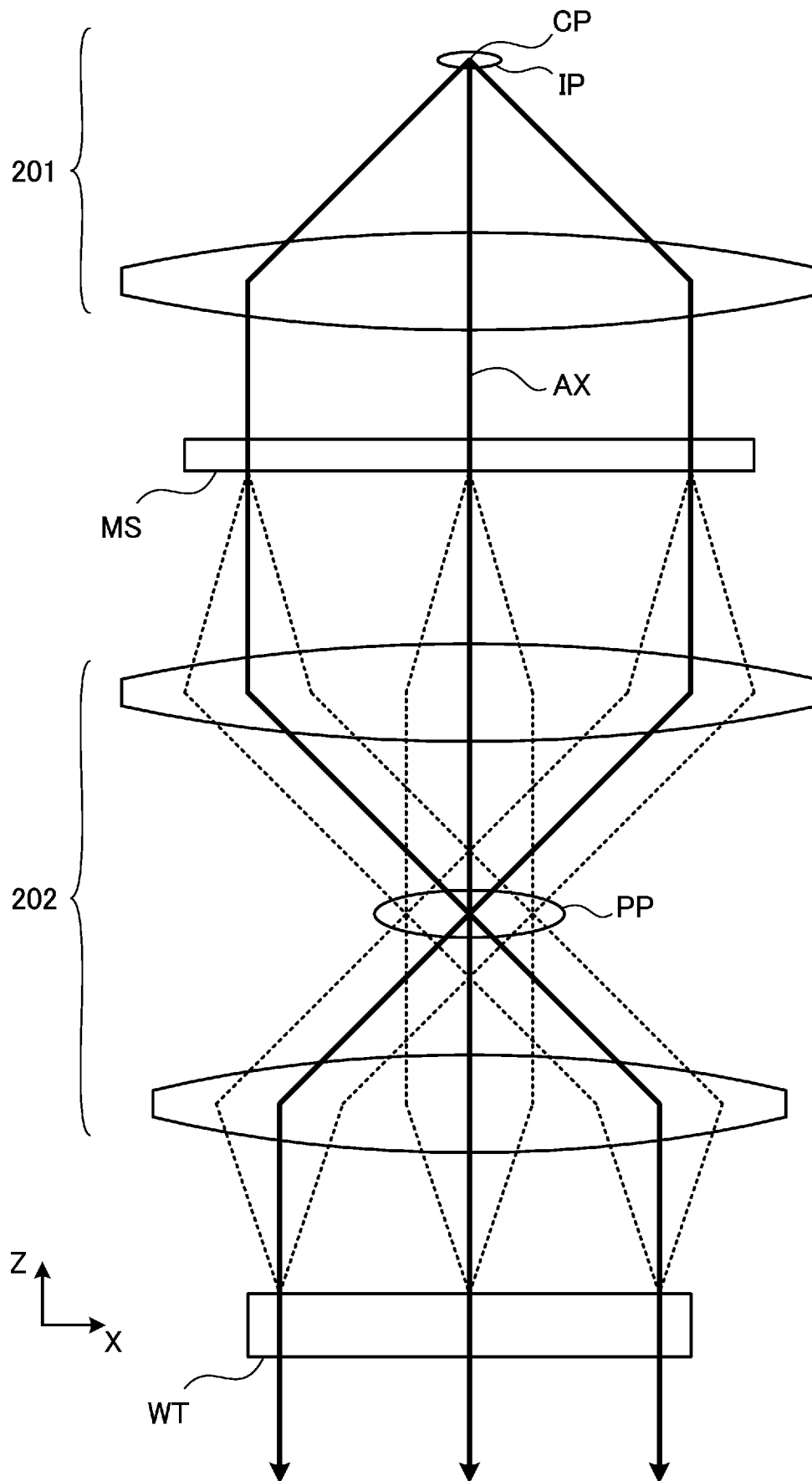
[図9]



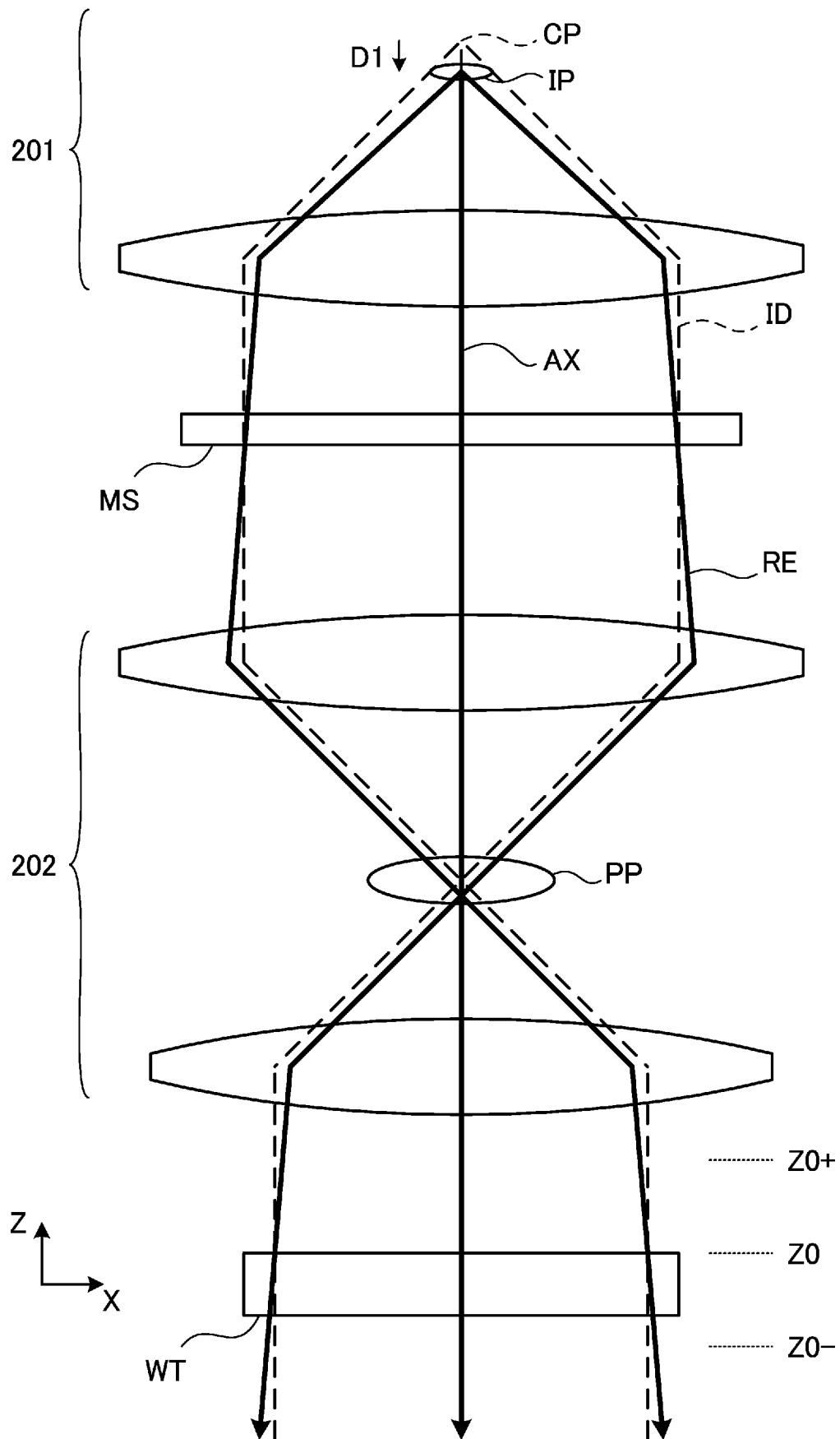
[図10]



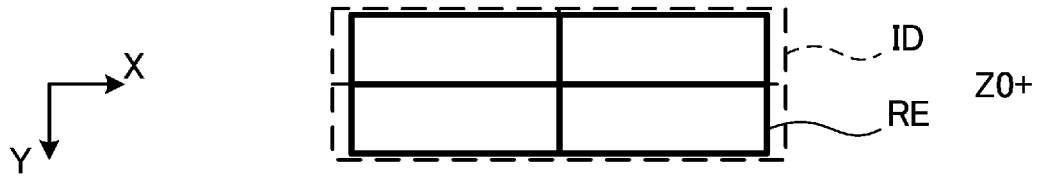
[図11]



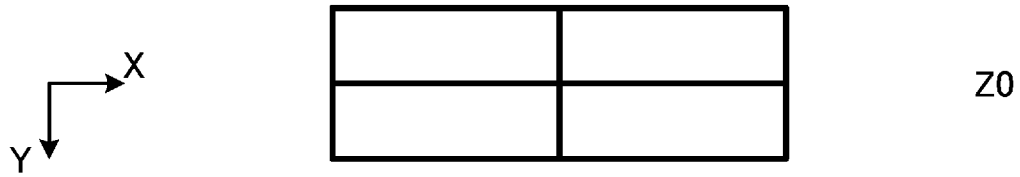
[図12]



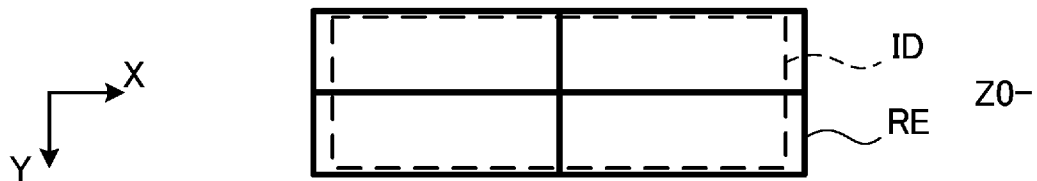
[図13]



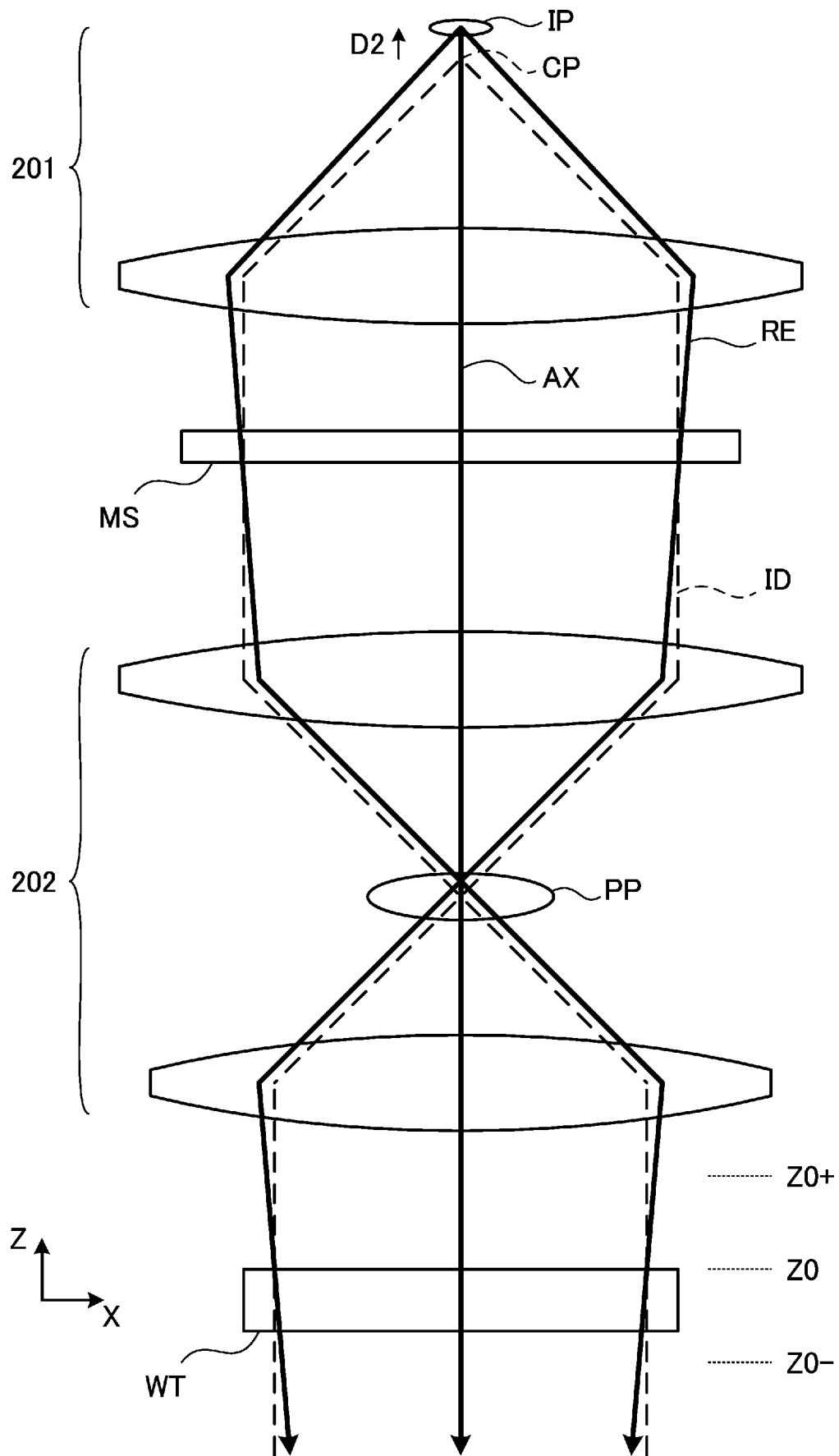
[図14]



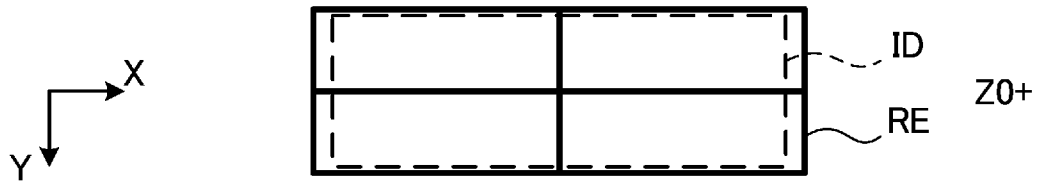
[図15]



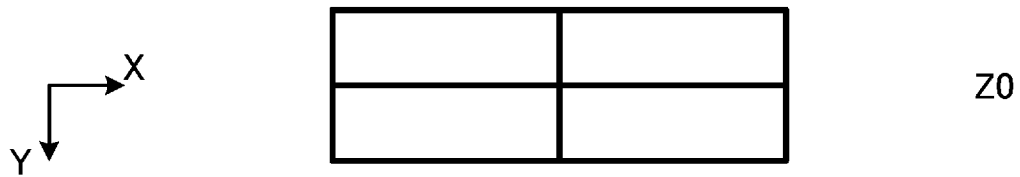
[図16]



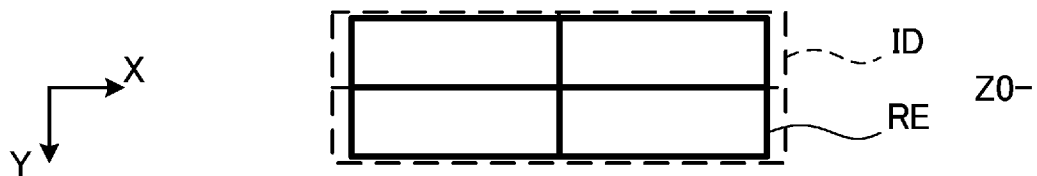
[図17]



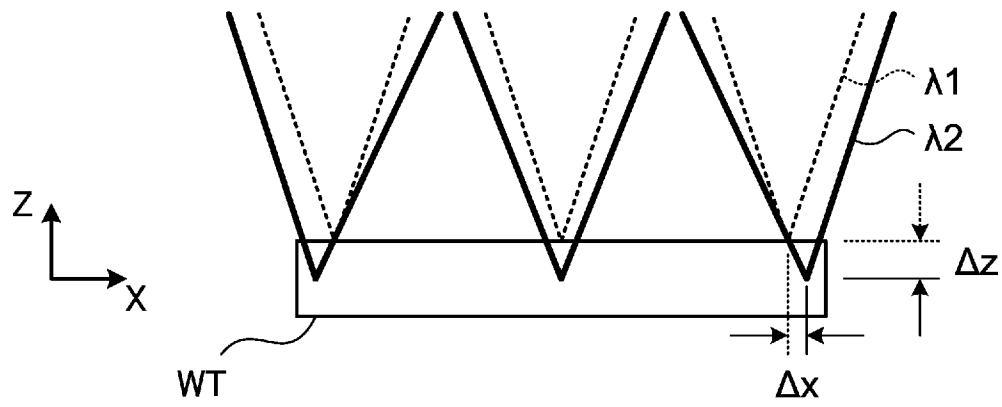
[図18]



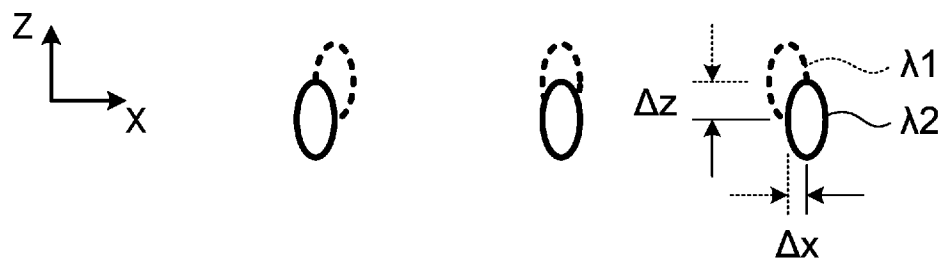
[図19]



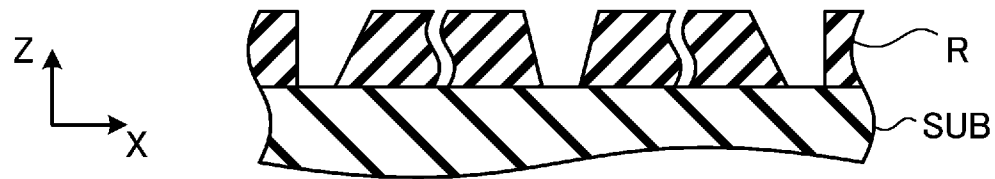
[図20]



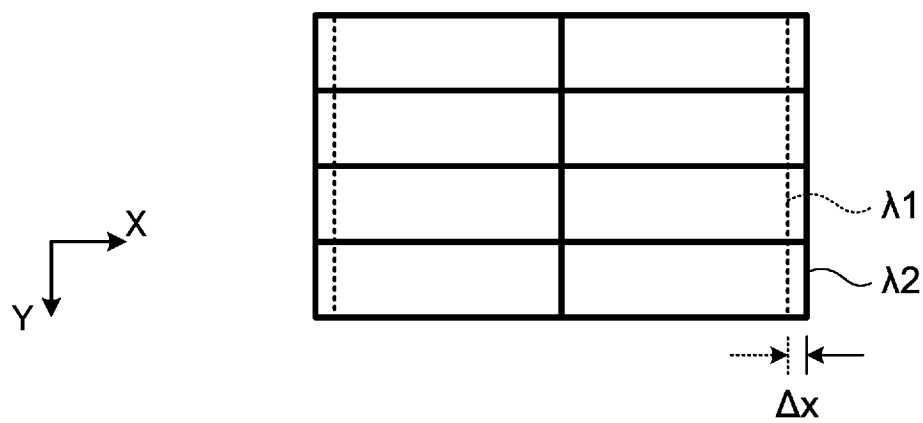
[図21]



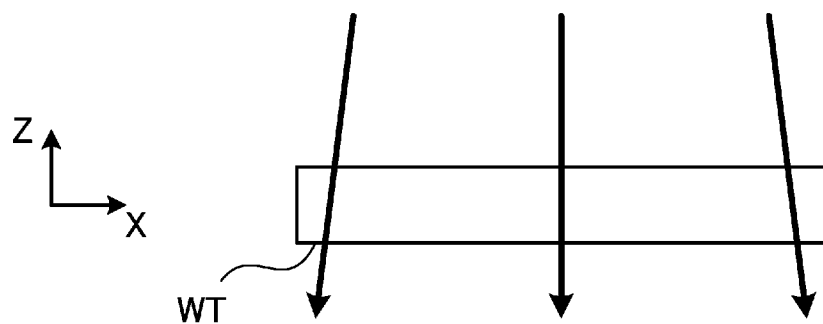
[図22]



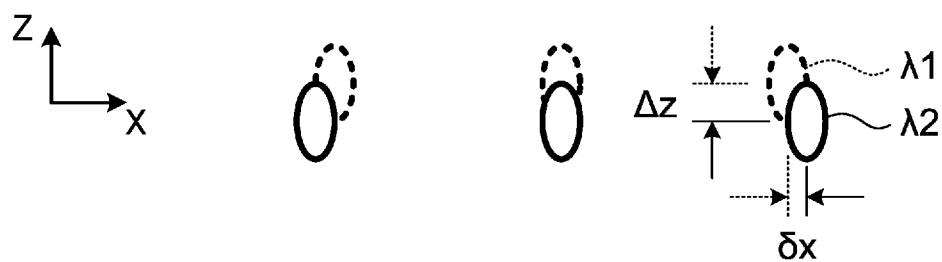
[図23]



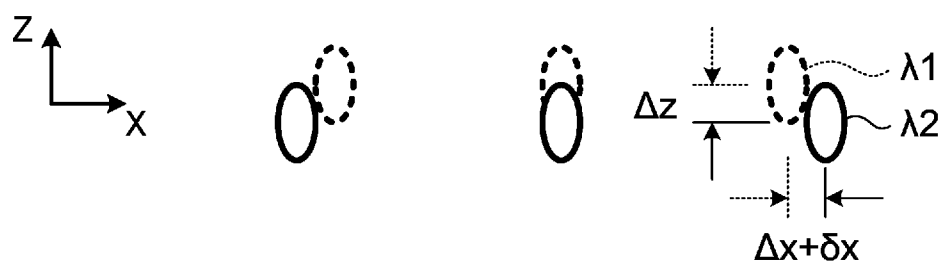
[図24]



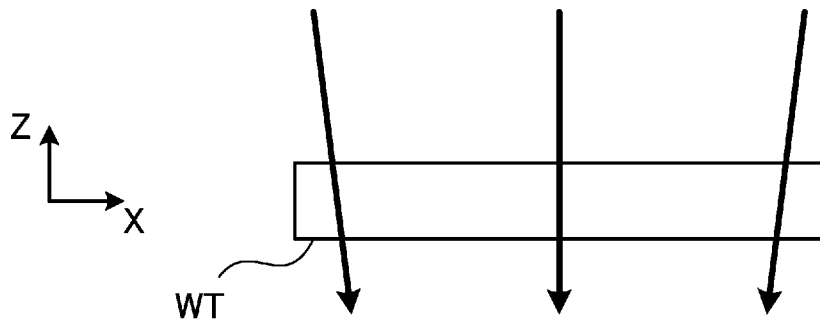
[図25]



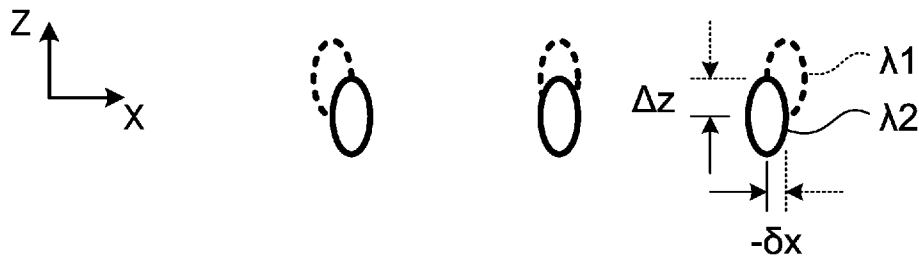
[図26]



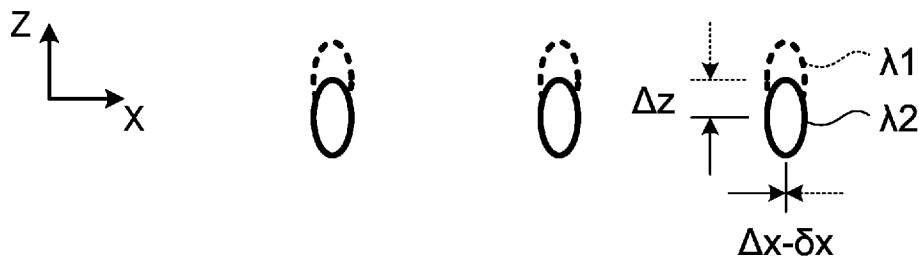
[図27]



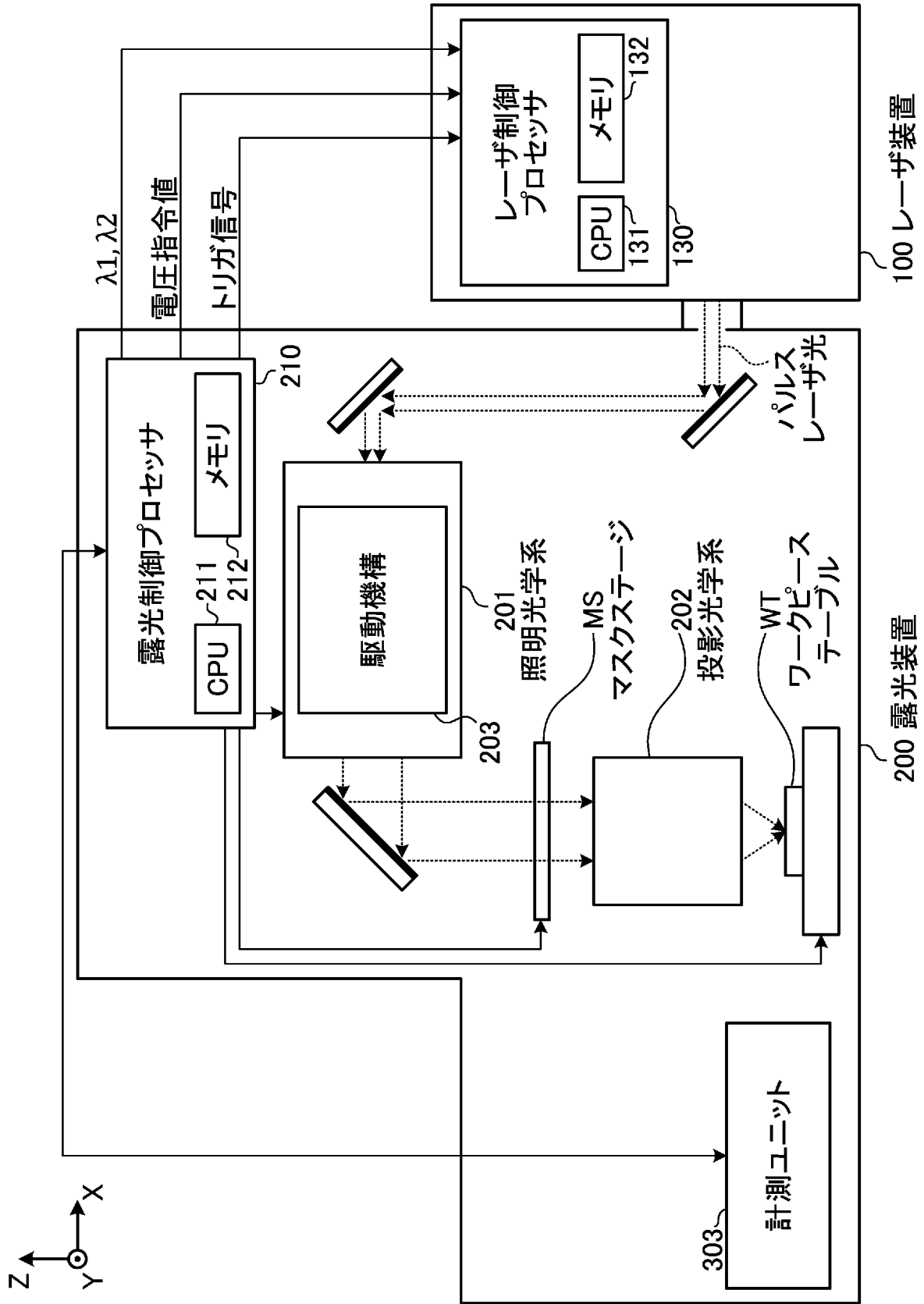
[図28]



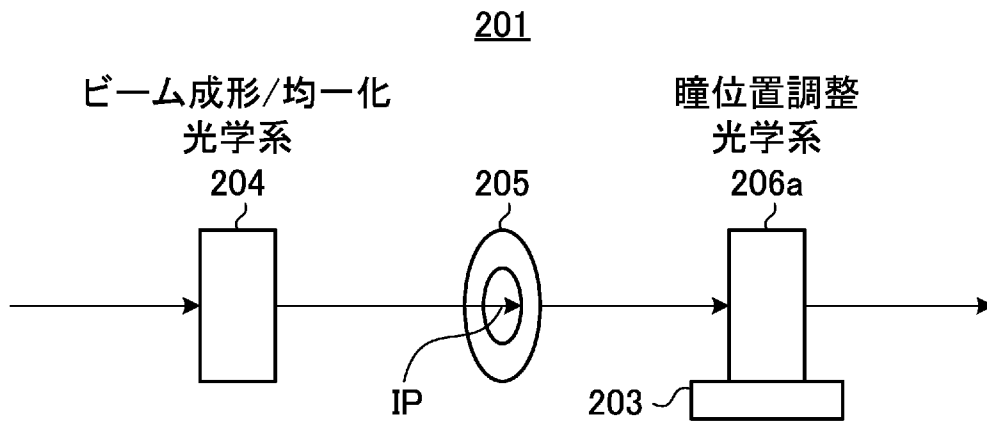
[図29]



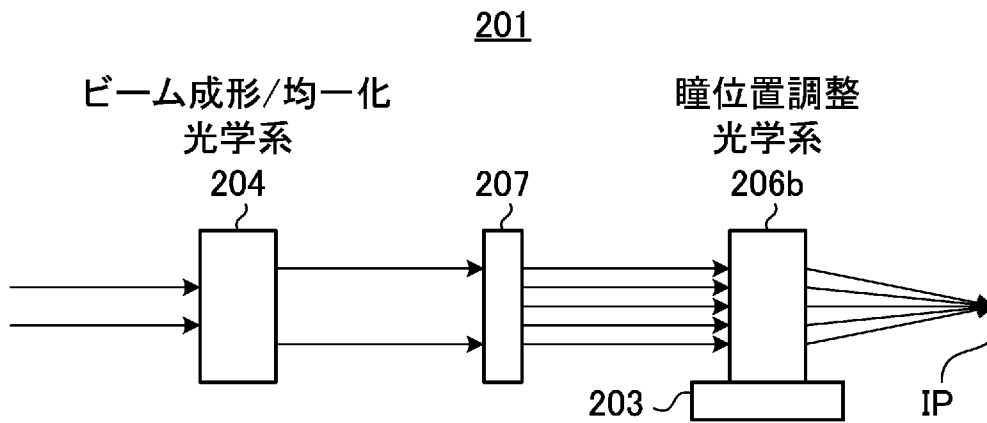
[図30]



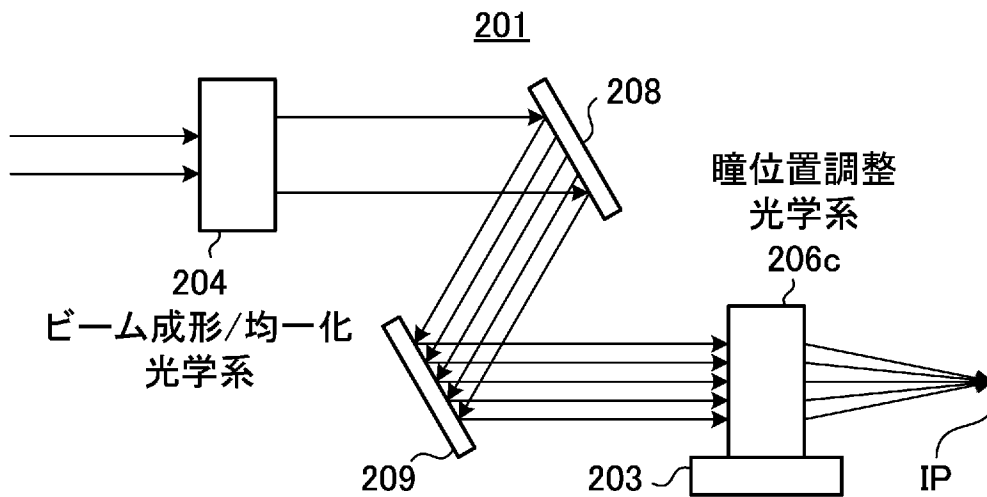
[図31]



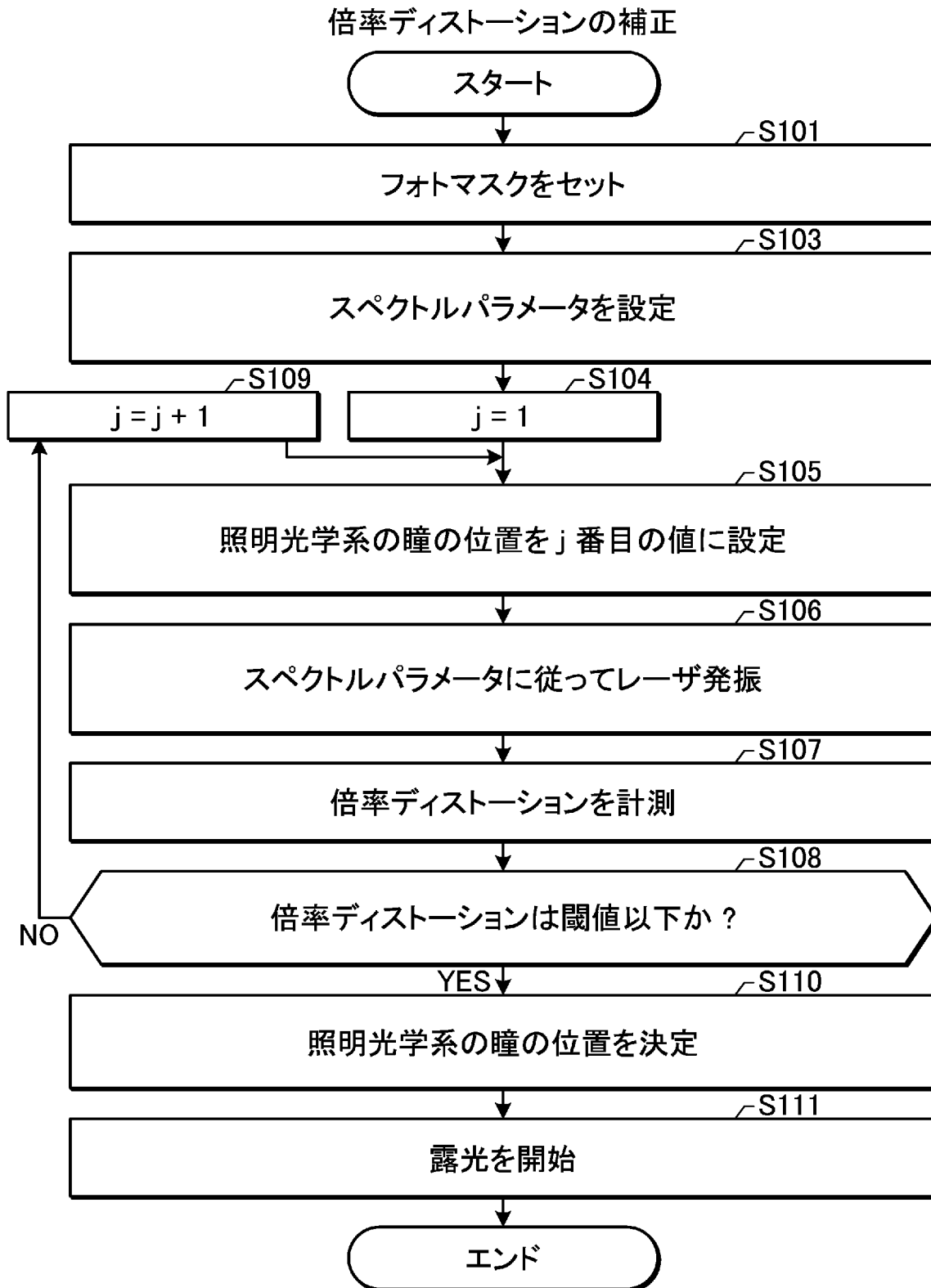
[図32]



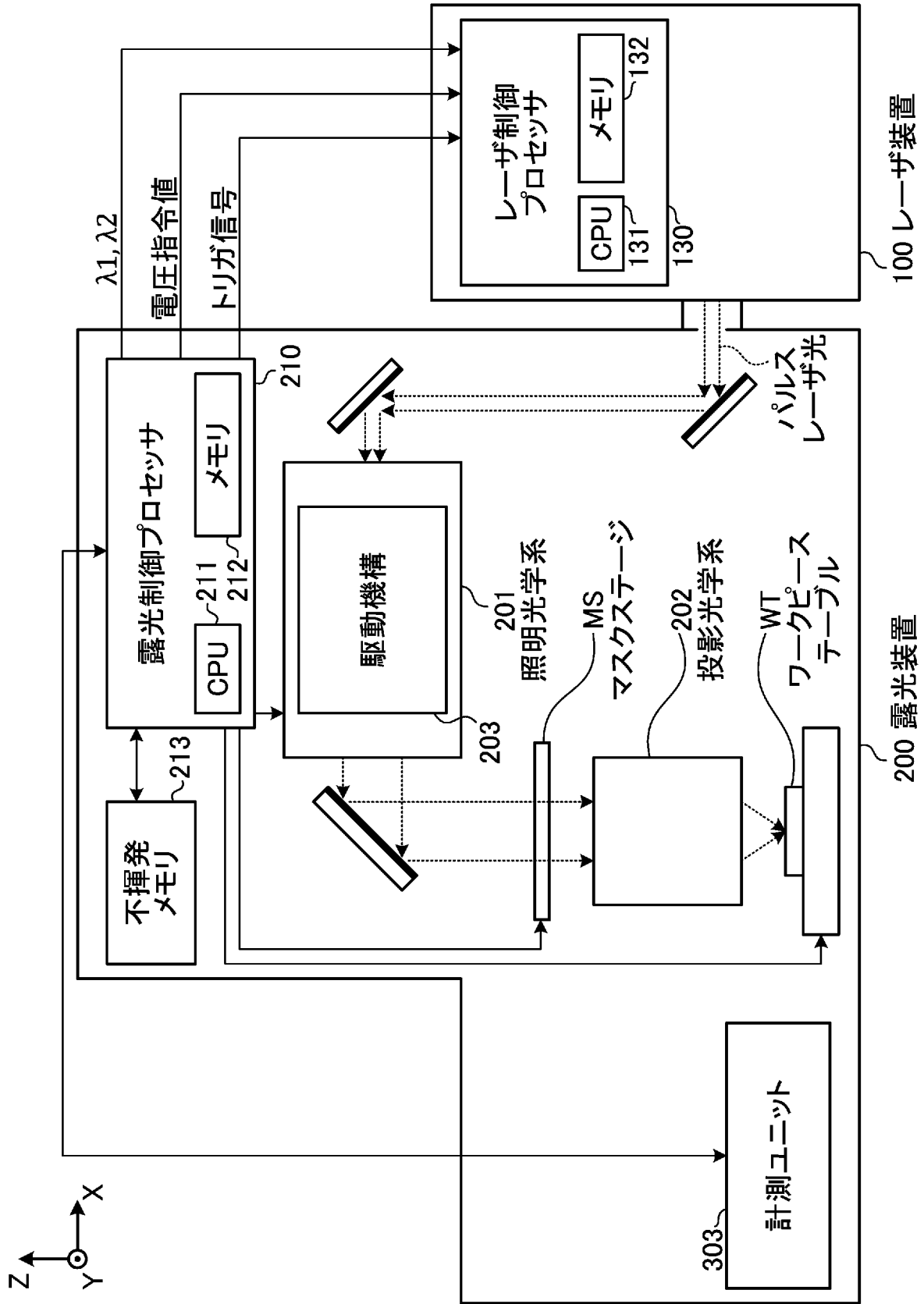
[図33]



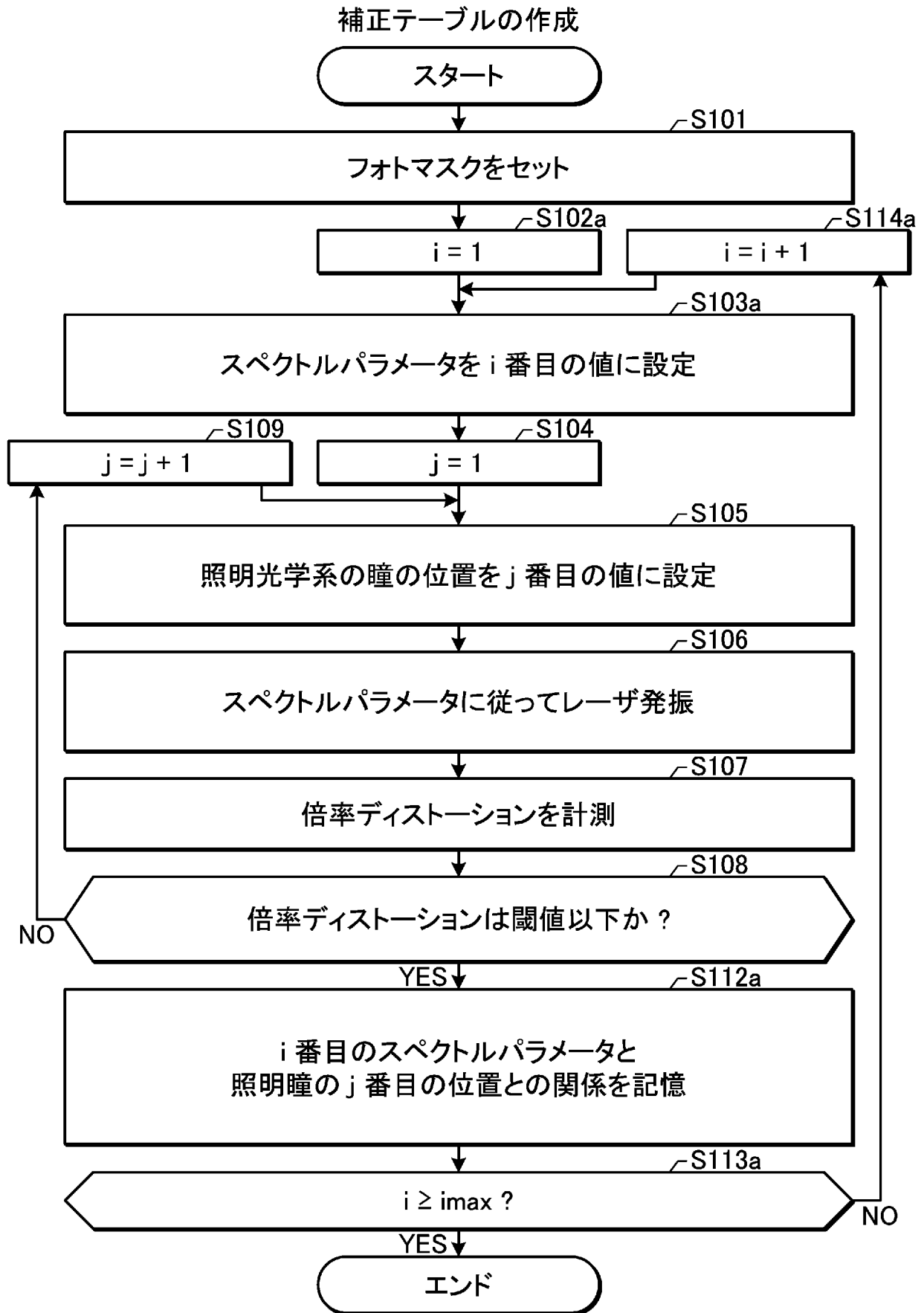
[図34]



[図35]



[図36]

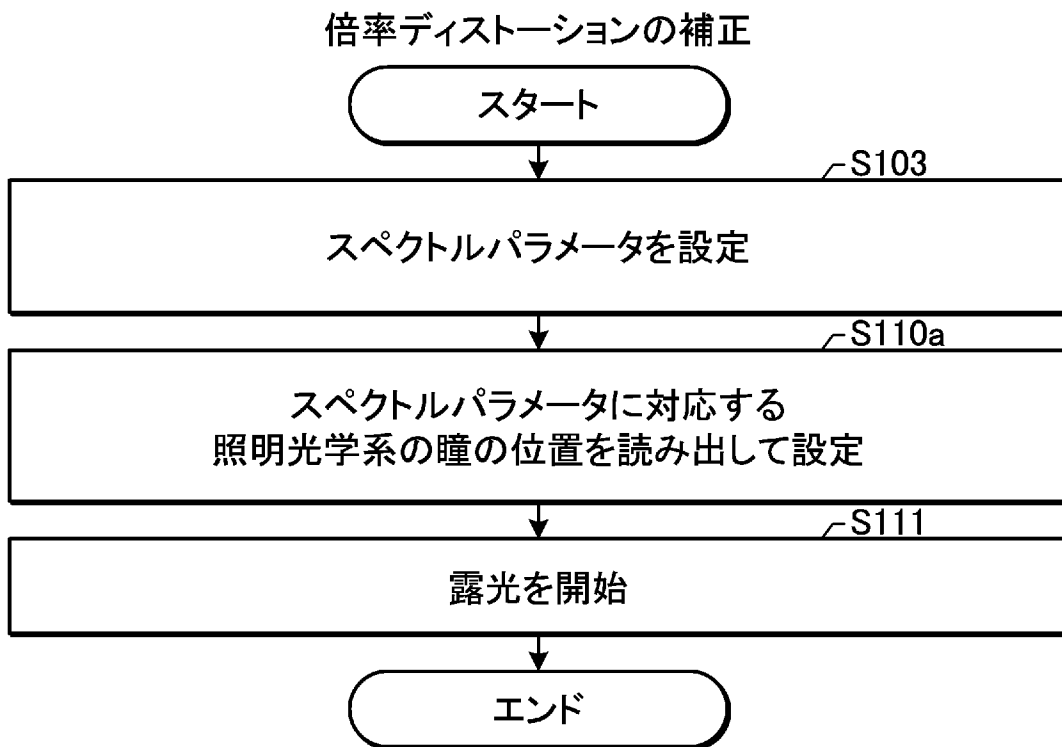


[図37]

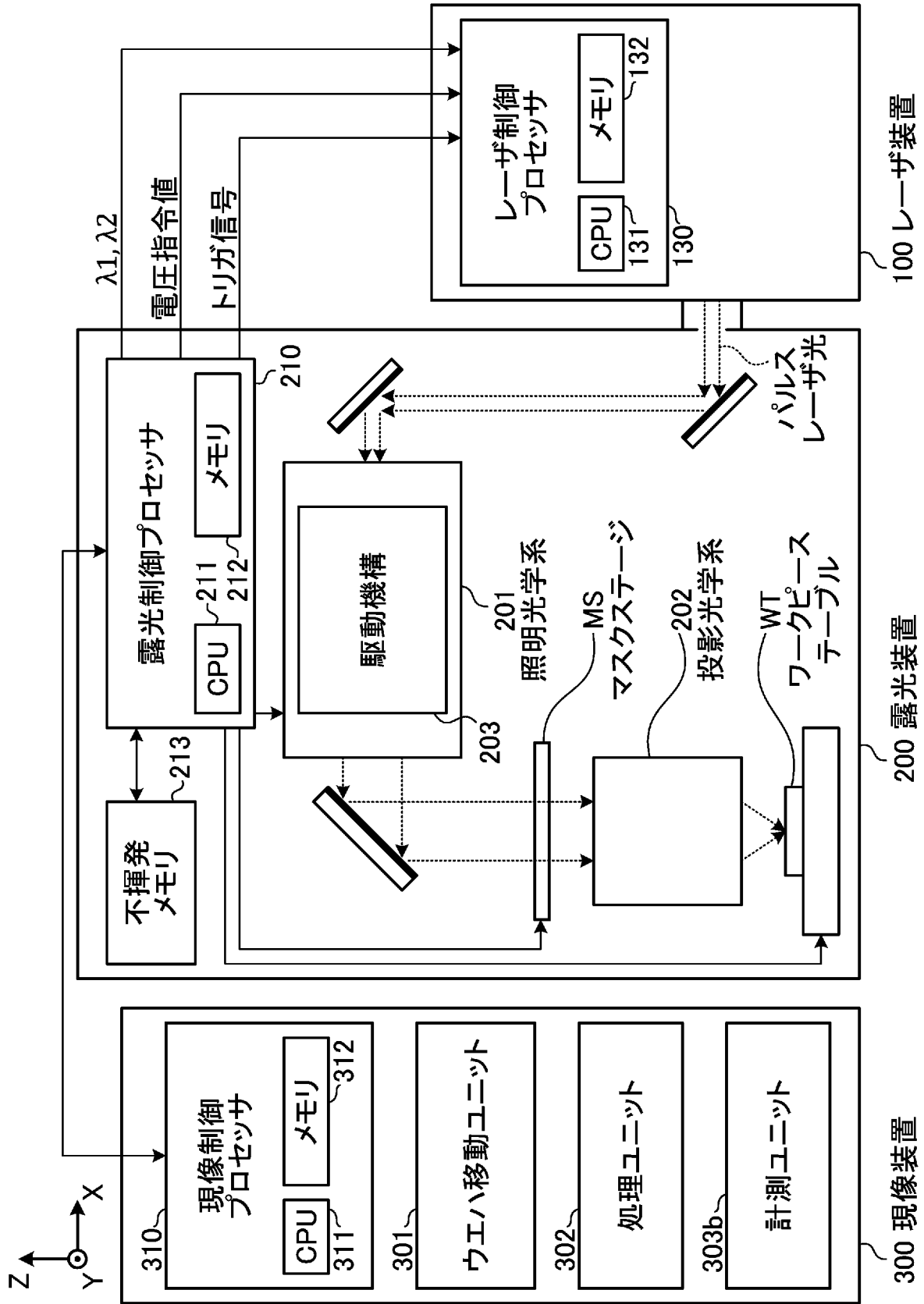
213a

i	1	2	...	imax
スペクトルパラメータ	S1	S2	...	Simax
照明光学系の瞳の位置	P1	P2	...	Pimax

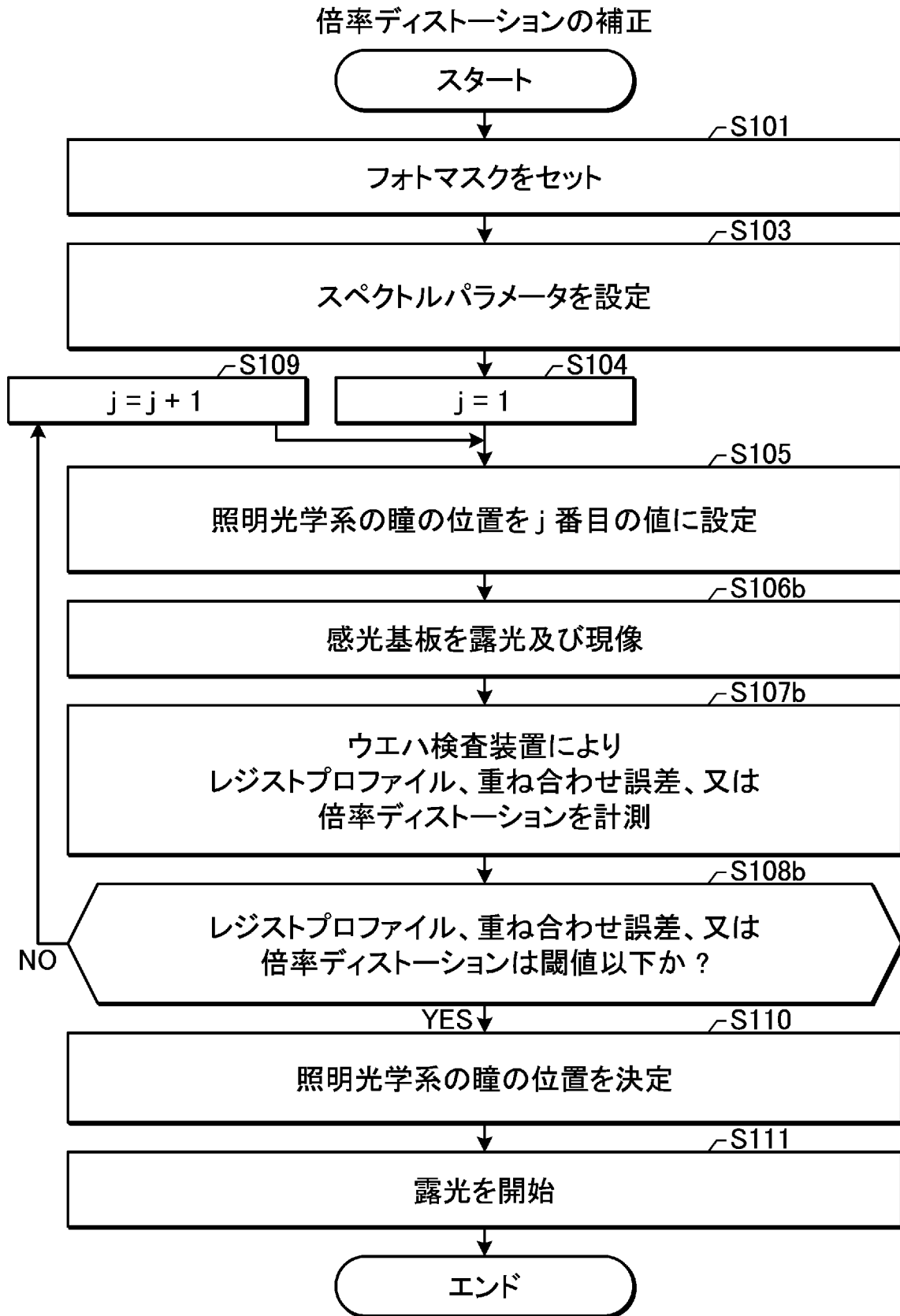
[図38]



[図39]



[図40]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/046927

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G03F 7/20(2006.01)i FI: G03F7/20 501		
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 Y A	JP 2002-222757 A (CANON KABUSHIKI KAISHA) 09 August 2002 (2002-08-09) paragraphs [0013]-[0020], [0028]-[0070], fig. 1-18	1-5, 10-12, 20 6-9, 13, 15-16 14, 17-19
Y	JP 2020-21084 A (CANON KABUSHIKI KAISHA) 06 February 2020 (2020-02-06) paragraphs [0012]-[0025], fig. 1	6
Y	JP 2019-139142 A (PMT KK) 22 August 2019 (2019-08-22) paragraph [0040], fig. 1	7
Y	JP 2002-313691 A (SONY CORPORATION) 25 October 2002 (2002-10-25) paragraphs [0003]-[0004]	8-9, 13, 15-16
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 25 January 2023		Date of mailing of the international search report 07 February 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/JP2022/046927

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2002-222757	A 09 August 2002	(Family: none)	
JP 2020-21084	A 06 February 2020	(Family: none)	
JP 2019-139142	A 22 August 2019	(Family: none)	
JP 2002-313691	A 25 October 2002	(Family: none)	

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: G03F7/20 501		
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 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		
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
X Y A	JP 2002-222757 A (キヤノン株式会社) 09.08.2002 (2002 - 08 - 09) 段落0013-0020, 0028-0070, 図1-18	1-5, 10-12, 20 6-9, 13, 15-16 14, 17-19
Y	JP 2020-21084 A (キヤノン株式会社) 06.02.2020 (2020 - 02 - 06) 段落0012-0025, 図1	6
Y	JP 2019-139142 A (株式会社ピーエムティー) 22.08.2019 (2019 - 08 - 22) 段落0040, 図1	7
Y	JP 2002-313691 A (ソニー株式会社) 25.10.2002 (2002 - 10 - 25) 段落0003-0004	8-9, 13, 15-16
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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	国際調査報告の発送日	
25.01.2023	07.02.2023	
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/JP2022/046927

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2002-222757 A	09.08.2002	(ファミリーなし)	
JP 2020-21084 A	06.02.2020	(ファミリーなし)	
JP 2019-139142 A	22.08.2019	(ファミリーなし)	
JP 2002-313691 A	25.10.2002	(ファミリーなし)	