

(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9月19日(19.09.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/189664 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 21/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/009219

(22) 国際出願日: 2023年3月10日(10.03.2023)

(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: 西村 久美子 (NISHIMURA, Kumiko); 〒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). 藤掛 陽輔 (FUJIKAKE, Yosuke); 〒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). 渡邊 隆志 (WATANABE, Takashi); 〒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). 工藤 美実 (KUDO,

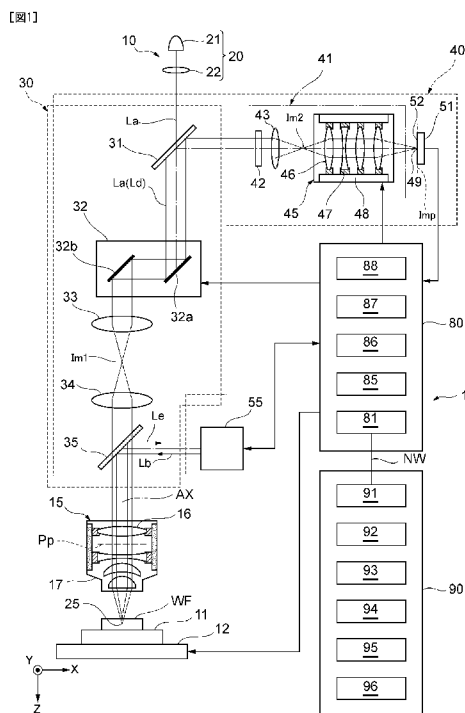
Yoshimi); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 大西 正悟, 外 (OHNISHI, Shogo et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋3-20-3、東池袋SSビル1階 大西国際特許事務所 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, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: OPTICAL DEVICE FOR INSPECTION, DEFECT INSPECTION DEVICE, AND METHOD FOR MANUFACTURING SUBSTRATE

(54) 発明の名称: 検査用光学装置、欠陥検査装置、および基板の製造方法



(57) Abstract: In the present invention, an optical device control unit (80) outputs, to a stage movement unit (12), a control signal (for example, a control signal for autofocus control) for controlling the positional relationship between the position of a substrate (WF) and the condensing position of first irradiation light (La) in the optical axis direction of an objective optical system (15), on the basis of substrate configuration information relating to the configuration of the substrate (WF), a second light reception signal output from a second detector of a surface detection unit (55), and setting information on the condensing position of the first irradiation light (La).

(57) 要約: 光学装置制御部(80)は、基板(WF)の構成に関する基板構成情報と、表面検出ユニット(55)の第2検出器から出力される第2受光信号と、第1照射光(La)の集光位置の設定情報とに基づいて、対物光学系(15)の光軸方向における第1照射光(La)の集光位置と基板(WF)の位置との位置関係を制御する制御信号(例えば、オートフォーカス制御用の制御信号)を、ステージ移動部(12)に出力する。

[続葉有]

(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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

検査用光学装置、欠陥検査装置、および基板の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、検査用光学装置、欠陥検査装置、および基板の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 基板の検査装置には、基板の表面にレーザ光を照射し、当該レーザ光の反射光や散乱光を検出して基板の表面の欠陥を検査するものがある（例えば、特許文献 1 を参照）。基板の欠陥検査においては、基板の表面に限らず、基板の内部の欠陥を検査することが求められつつある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許第 6 7 9 8 5 0 4 号明細書

発明の概要

[0004] 第 1 の本発明に係る検査用光学装置は、基板の欠陥を検査する欠陥検査装置に用いられる検査用光学装置において、前記基板に向けて対物光学系を介して第 1 照射光を照射する第 1 照射光学系と、前記基板に照射された前記第 1 照射光により前記基板の内部で生じる光を、前記対物光学系を介して受光して第 1 受光信号を出力する第 1 受光部と、前記第 1 受光部からの前記第 1 受光信号に基づいて、前記基板の前記内部の情報を生成する処理部と、前記基板に向けて前記対物光学系を介して第 2 照射光を照射する第 2 照射光学系と、前記第 2 照射光が照射された前記基板の表面からの反射光を受光して第 2 受光信号を出力する第 2 受光部と、前記基板の構成に関する基板構成情報と前記第 2 受光信号とに基づいて、前記対物光学系の光軸方向における前記第 1 照射光の集光位置と前記基板の位置との位置関係を制御する制御信号を、前記光軸方向における前記第 1 照射光の集光位置と前記基板の位置との少

なくとも一方を移動させる移動部に出力する制御部とを備える。

[0005] 第2の本発明に係る検査用光学装置は、基板の欠陥を検査する欠陥検査装置に用いられる検査用光学装置において、前記基板に向けて対物光学系を介して光源からの照射光を照射する照射光学系と、前記基板に照射された前記照射光により前記基板の内部で生じる光を、前記対物光学系を介して受光して受光信号を出力する受光部と、前記受光部からの前記受光信号に基づいて、前記基板の前記内部の情報を生成する処理部と、前記対物光学系の光軸方向における前記照射光の集光位置が前記基板の前記内部である場合に、前記基板に向けて前記照射光を照射するように前記光源を制御する制御部とを備える。

[0006] 第3の本発明に係る検査用光学装置は、基板の欠陥を検査する欠陥検査装置に用いられる検査用光学装置において、前記基板に向けて対物光学系を介して光源からの照射光を照射する照射光学系と、前記基板に照射された前記照射光により前記基板の内部で生じる光を、前記対物光学系を介して受光して受光信号を出力する受光部と、前記受光部からの前記受光信号に基づいて、前記基板の前記内部の情報を生成する処理部と、前記対物光学系の光軸方向における前記照射光の集光位置が前記基板の前記内部でない場合に、前記基板に向けた前記照射光の照射を規制するように前記光源を制御する制御部とを備える。

[0007] 第4の本発明に係る検査用光学装置は、基板の欠陥を検査する欠陥検査装置に用いられる検査用光学装置において、前記基板に向けて対物光学系を介して照射光を照射する照射光学系と、前記基板に照射された前記照射光により前記基板の内部で生じる光を、前記対物光学系を介して受光して受光信号を出力する受光部と、前記基板のトポグラフィに関する基板トポグラフィ情報と前記受光部からの前記受光信号とに基づいて、前記基板の前記内部の情報を生成する処理部とを備える。

[0008] 第5の本発明に係る検査用光学装置は、基板の欠陥を検査する欠陥検査装置に用いられる検査用光学装置において、前記基板に向けて対物光学系を介

して第1照射光を照射する照射光学系と、前記基板に照射された前記第1照射光により前記基板の内部で生じる光を、前記対物光学系を介して受光して受光信号を出力する受光部と、前記受光部からの前記受光信号に基づいて、前記基板の前記内部の情報を生成する処理部と、前記基板の表面に第2照射光を照射し、且つ前記基板の前記表面で反射した前記第2照射光を受光して、前記対物光学系の光軸方向または前記光軸方向と平行な方向における前記基板の前記表面の位置を検出する基板表面位置検出部と、前記光軸方向における前記第1照射光の集光位置と前記基板の位置との位置関係を制御する制御信号を、前記光軸方向における前記第1照射光の集光位置と前記基板の位置との少なくとも一方を移動させる移動部に出力する制御部とを備え、前記検査用光学装置は、前記基板の一部の領域である第1領域に前記第1照射光を照射して、前記基板の前記第1領域に照射された前記第1照射光により前記基板の内部で生じる光を前記受光部で受光して、前記第1領域における前記内部の情報を第1情報として生成し、前記基板の前記第1領域とは異なる第2領域に前記第1照射光を照射して、前記基板の前記第2領域に照射された前記第1照射光により前記基板の内部で生じる光を前記受光部で受光して、前記第2領域における前記内部の情報を第2情報として生成し、前記基板表面位置検出部は、前記第1領域に前記第1照射光が照射される第1期間に、前記基板の前記第2領域の表面に前記第2照射光を照射し、且つ前記第2領域の前記表面で反射した前記第2照射光を受光して、前記対物光学系の光軸方向または前記光軸方向と平行な方向における前記第2領域の前記表面の位置を検出し、前記制御部は、前記第2領域の前記表面の位置の検出結果に基づいて、前記第2領域に前記第1照射光が照射される第2期間での、前記光軸方向における前記第1照射光の集光位置と前記基板の位置との位置関係を制御する前記制御信号を生成する。

[0009] 第6の本発明に係る検査用光学装置は、板厚方向に積層された複数の層を有する基板の欠陥を検査する欠陥検査装置に用いられる検査用光学装置において、前記基板に向けて対物光学系を介して第1照射光を照射する照射光学

系と、前記基板に向けて照射された前記第 1 照射光により前記基板の前記複数の層のうち少なくとも 1 つの層の内部で生じる光を、前記対物光学系を介して受光して受光信号を出力する受光部と、前記基板の前記複数の層の界面のうち少なくとも 1 つの界面に第 2 照射光を照射し、且つ前記界面で反射した前記第 2 照射光を受光して、前記対物光学系の光軸方向または前記光軸方向と平行な方向における前記基板の前記界面の位置を検出する基板界面位置検出部と、前記基板の前記界面の位置に関する位置情報と前記受光部からの前記受光信号とに基づいて、前記基板の前記少なくとも 1 つの層の前記内部の情報を生成する処理部とを備える。

[0010] 本発明に係る欠陥検査装置は、基板の欠陥を検査する欠陥検査装置において、上述の検査用光学装置を備え、前記検査用光学装置で生成された前記基板の前記内部の前記情報に基づいて、前記基板の欠陥を検査する。

[0011] 本発明に係る基板の製造方法は、基板を作成することと、上述の欠陥検査装置を用いて、作成された前記基板を検査することを含む。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]第 1 実施形態に係る欠陥検査装置を示す概略構成図である。

[図2]基板の一例を示す断面図である。

[図3]第 1 検出器を示す模式図である。

[図4]第 1 実施形態に係る表面検出ユニットを示す概略構成図である。

[図5]第 2 照射光のスリット開口の像の結像位置が対物光学系の焦点位置と一致する状態を示す模式図である。

[図6]第 2 照射光のスリット開口の像の結像位置が対物光学系の焦点位置から離れる状態を示す模式図である。

[図7]第 2 照射光のスリット開口の像の結像位置が基板の表面に位置する状態を示す模式図である。

[図8]第 1 実施形態において第 1 照射光の集光位置が基板における第 2 層の内部に設定される場合を示す模式図である。

[図9]第 1 実施形態において第 1 照射光の集光位置が基板における第 3 層の内

部に設定される場合を示す模式図である。

[図10]第2実施形態に係る表面検出用偏向部および表面検出ユニットを示す模式図である。

[図11]表面検出用偏向部の表面検出用偏向ミラーが第2回転位置に回転移動する場合を示す模式図である。

[図12]表面検出用偏向部の変形例を示す模式図である。

[図13]第3実施形態に係る欠陥検査装置を示す概略構成図である。

[図14]第3実施形態に係る表面検出ユニットを示す概略構成図である。

[図15]第3実施形態において第1照射光の集光位置が基板における第2層の内部に設定される場合を示す模式図である。

[図16]第4実施形態に係る欠陥検査装置を示す概略構成図である。

[図17]第4実施形態に係る表面検出ユニットを示す概略構成図である。

[図18]第4実施形態において第1照射光の集光位置が基板における第2層の内部に設定される場合を示す模式図である。

[図19]第2受光信号の信号電圧の一例を示すグラフである。

[図20]基板の製造方法を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、実施形態について説明する。以降の説明において、図1の各矢印で示す方向をそれぞれ、X方向、Y方向、Z方向と称することがある。X方向とY方向とZ方向とは、互いに直交する方向である。Z方向は、対物光学系15の光軸AXと平行な方向である。また、X方向の座標位置をX位置と称し、Y方向の座標位置をY位置と称し、Z方向の座標位置をZ位置と称することがある。

[0014] [第1実施形態]

まず、第1実施形態に係る欠陥検査装置1について説明する。図1に示すように、第1実施形態に係る欠陥検査装置1は、検査用光学装置10と、情報処理装置90とを備えている。検査用光学装置10と情報処理装置90とは、ネットワークケーブルNWを介して互いにデータの送受信が可能に構成

されている。検査用光学装置 10 は、走査型顕微鏡とも称される。検査用光学装置 10 は、基板 WF が載置されるステージ 11 と、対物光学系 15 と、第 1 光源ユニット 20 と、第 1 照射光学系 30 と、第 1 受光部 40 と、表面検出ユニット 55 と、光学装置制御部 80 とを備える。

[0015] ステージ 11 は、被検査物である基板 WF を支持する。基板 WF は、一例として図 2 に示すように、板厚方向に積層された複数の層（例えば、5 つの層）を有する板状に形成される。図 2 に示す例において、基板 WF は、基板 WF の表面側から順に、第 1 層 LY1 と、第 2 層 LY2 と、第 3 層 LY3 と、第 4 層 LY4、第 5 層 LY5 とを有する。第 1 層 LY1 の材料として、例えば AlGa_N（窒化アルミニウムガリウム）が用いられる。第 2 層 LY2 の材料として、例えば Ga_N（窒化ガリウム）が用いられる。第 3 層 LY3 の材料として、例えば C-Ga_N が用いられる。第 4 層 LY4 は、バッファ層である。第 5 層 LY5 は、ベース基板の層である。第 5 層 LY5（ベース基板）の材料として、例えば Si（シリコン）を用いて形成される。このような基板 WF は、高電子移動度トランジスタ（High Electron Mobility Transistor; HEMT）等のパワーデバイス（パワー半導体）の製造に用いられる基板であってもよい。なお、第 1 層 LY1 から第 4 層 LY4 の材料は、上述した材料には限定されず、別の材料であってもよい。また、基板 WF の複数の層の数は、5 層には限定されず、5 層未満であってもよく、5 層より多くてもよい。そして、第 5 層 LY5（ベース基板）の材料は、Si に限らず、SiC であってもよく、Ga_N やサファイアであってもよい。以降、少なくとも 1 つの層が Ga_N を用いて形成される基板を Ga_N 基板と称することがある。

[0016] ステージ 11 には、ステージ移動部 12 が設けられる。ステージ移動部 12 は、ステージ 11 を対物光学系 15 の光軸 AX（Z 方向）と垂直な方向、すなわち X 方向および Y 方向に移動させる。ステージ移動部 12 によりステージ 11 を X 方向および Y 方向（対物光学系 15 の光軸 AX と垂直な方向）に移動させることで、対物光学系 15 と対向する基板 WF の観察領域を、X

方向およびY方向（基板WFの断面に沿った方向）に変位させることができる。なお、観察領域とは、対物光学系15を介して後述の偏向部32により走査される基板WFの一部の領域であるものとする。観察領域は、検査用光学装置10の実視野より狭い範囲に設定されてもよく、検査用光学装置10の実視野と同じ範囲に設定されてもよい。

[0017] また、ステージ移動部12は、ステージ11を対物光学系15の光軸AXに沿った方向、すなわちZ方向に移動させることが可能である。ステージ移動部12によりステージ11がZ方向に移動すると、ステージ11に支持された基板WFに対する対物光学系15の相対位置がZ方向に変化し、対物光学系15の焦点位置が基板WFの内部においてZ方向に変化する。対物光学系15の焦点位置を基板WFの内部においてZ方向に変化させることで、基板WFの内部においてZ位置（対物光学系15の光軸AXに沿った方向の位置）が異なる複数の断面の画像を取得することが可能である。以降、対物光学系15の光軸AXに沿った方向を、対物光学系15の光軸方向と称することがある。また、基板WFの内部においてZ位置が異なる複数の断面の画像を、基板WFの内部のZスタック画像と称することがある。

[0018] 対物光学系15は、ステージ11の上方に配置される。対物光学系15は、ステージ11に支持された基板WFと対向する。対物光学系15は、複数枚のレンズ16を用いて構成され、レンズ筐体17に収容されている。なお、図1において、対物光学系15は、一例として4枚のレンズ16を用いて構成されているが、これに限られるものではない。例えば、対物光学系15は、5枚以上のレンズを用いて構成されてもよく、2枚もしくは3枚のレンズを用いて構成されてもよい。また、複数枚のレンズ16のうち少なくとも一部は、レンズ筐体17に設けられた補正環（図示せず）を回転させることにより、対物光学系15の光軸方向に移動可能に構成されてもよい。なお、ステージ移動部12によるステージ11のZ方向への移動に代えて、或いはステージ移動部12によるステージ11のZ方向への移動に加えて、対物光学系15をZ方向（光軸方向）に移動させて対物光学系15の焦点位置を基

板WFの内部においてZ方向に変化させてもよい。

- [0019] 第1光源ユニット20は、第1照射光学系30に向けて第1照射光Laを射出させる。第1光源ユニット20は、第1光源21と、光源用レンズ22とを備える。第1光源21として、例えば、所定の波長域のレーザ光を射出させることが可能なレーザ光源等が用いられる。第1光源21から発せられたレーザ光は、光源用レンズ22により整形されて平行光となり、第1照射光Laとして第1光源ユニット20から射出される。第1光源21は、1ピコ秒未満のパルス幅（例えば、フェムト秒単位のパルス幅）を有するパルス光を射出させるレーザ光源（例えば、フェムト秒レーザを射出させるレーザ光源）であってもよい。第1光源21は、パルス光を射出させるレーザ光源に限らず、連続発振光を射出させるレーザ光源であってもよい。また、第1光源21は、レーザ光源に限らず、LED（Light Emitting Diode）や輝線ランプを用いて構成されてもよい。
- [0020] 第1照射光Laの波長は、基板WFを構成する物質を多光子励起して発光させることが可能な波長域（例えば、700nm～1030nmの波長域）に選択される。例えば、第1照射光Laの波長は、基板WFを構成する物質を2光子励起して発光させることが可能な波長に選択されてもよい。基板WFがGaN基板である場合、第1照射光Laの波長は、700nmに選択されてもよく、1030nmに選択されてもよい。700nmの波長を有するレーザ光でGaNを2光子励起することに関して、文献「Tomoyuki Tanikawa 他, Three-dimensional imaging of threading dislocations in GaN crystals using two-photon excitation photoluminescence, Applied Physics Express, 11, 031004(2018)」に開示されている。1030nmの波長を有するレーザ光でGaNを多光子励起することに関して、文献「Mayuko Tsukakoshi 他, Identification of Burgers vectors of threading dislocations in freestanding GaN substrates via multiphoton-excitation photoluminescence mapping, Applied Physics Express, 14, 055504(2021)」に開示されている。

[0021] 第1照射光学系30は、第1光源ユニット20から射出された第1照射光L_aを、対物光学系15を介して基板WFに向けて照射する。ステージ移動部12によりステージ11をZ方向に移動させることで、対物光学系15から射出される第1照射光L_aが基板WFの内部で集光されるように、ステージ11に支持された基板WFに対する対物光学系15の相対位置が調整される。以降、基板WFの内部において第1照射光L_aが対物光学系15の解像限界程度の大きさに集光される領域を、照射領域25と称することがある。なお、照射領域25の大きさは、例えばレーザ光である第1照射光L_aのビーム幅（例えば、 $1/e^2$ 幅）である。対物光学系15の解像限界は、いわゆるエアリディスクの第1暗環の半径に相当し、第1照射光L_aの波長を λ_1 とし、対物光学系15の開口数（対物光学系15から射出される第1照射光L_aの開き角の正弦）をNAとしたとき、 $0.61 \times \lambda_1 / NA$ で求まる数値である。照射領域25の大きさが、エアリディスクの第1暗環の直径である $1.22 \times \lambda_1 / NA$ より小さい場合に、第1照射光L_aは解像限界まで集光されると称する。

[0022] 第1照射光学系30は、第1光源ユニット20側から順に、第1ダイクロイックミラー31と、偏向部32と、第1リレーレンズ33と、第2リレーレンズ34と、第2ダイクロイックミラー35とを備える。第1ダイクロイックミラー31は、例えば、青色光または青色光よりも短い波長域の光が反射し、青色光よりも長い波長域の光が透過する特性を有する。第1ダイクロイックミラー31は、上述の波長特性に限られるものではなく、多光子励起によって基板WFの内部で生じる光が反射し、第1光源ユニット20から射出された第1照射光L_aが透過する特性を有していればよい。以降、多光子励起によって基板WFの内部で生じる光を検出光L_dと称することがある。

[0023] 偏向部32は、X方向とY方向の2方向において、第1光源ユニット20からの第1照射光L_aで基板WFの内部を走査する。偏向部32には、第1照射光L_aの進行方向を変えることが可能なX方向偏向ミラー32aおよびY方向偏向ミラー32bが設けられている。X方向偏向ミラー32aおよび

Y方向偏向ミラー32bは、ガルバノミラーや、MEMSミラー、レゾナントミラー（共振型ミラー）等を用いて構成される。X方向偏向ミラー32aおよびY方向偏向ミラー32bは、対物光学系15の瞳面Ppの共役面となる位置、または対物光学系15の瞳面Ppの共役面となる位置の近傍に配置される。X方向偏向ミラー32aがY軸を中心とした回転方向（ θ_y 方向）に揺動、或いは回転することにより、第1照射光Laの進行方向がY軸回りの θ_y 方向で変わって、基板WFにおける照射領域25がX方向に移動する。Y方向偏向ミラー32bがX軸を中心とした回転方向（ θ_x 方向）に揺動、或いは回転することにより、第1照射光Laの進行方向がX軸回りの θ_x 方向で変わって、基板WFにおける照射領域25がY方向に移動する。従って、偏向部32は、X方向偏向ミラー32aおよびY方向偏向ミラー32bを揺動、或いは回転させることにより、基板WFにおける照射領域25をX方向とY方向の2方向（XY方向）に移動させ、基板WFの内部を2次元的に走査することができる。

[0024] 第1リレーレンズ33と第2リレーレンズ34との間に、基板WF（物体面）と共役な第1中間像面Im1が形成される。第1リレーレンズ33は、偏向部32からの第1照射光Laを第1中間像面Im1に集光する。なお、第1中間像面Im1を第1共役面Im1と称してもよい。第2リレーレンズ34は、第1リレーレンズ33からの第1照射光Laを平行光にして対物光学系15（第2ダイクロイックミラー35）に導く。また、第2リレーレンズ34は、対物光学系15（第2ダイクロイックミラー35）からの検出光Ldを第1中間像面Im1に集光する。第1リレーレンズ33は、第2リレーレンズ34からの検出光Ldを平行光にして偏向部32に導く。なお、第1リレーレンズ33および第2リレーレンズ34は、1枚のレンズに限らず、複数枚のレンズを用いて構成されてもよい。第1リレーレンズ33は、スキャンレンズとも称される。第2リレーレンズ34は、結像レンズまたは第2対物レンズとも称される。

[0025] 第2ダイクロイックミラー35は、例えば、緑色光の波長域の光が反射し

、緑色光よりも長い波長域の光および緑色光よりも短い波長域の光が透過する特性を有する。第2ダイクロイックミラー35は、上述の波長特性に限られるものではなく、表面検出ユニット55からの第2照射光Lb（および後述の反射光Le）が反射し、第2リレーレンズ34からの第1照射光Laおよび対物光学系15からの検出光Ldが透過する特性を有していればよい。

[0026] 第1受光部40は、第1受光光学系41と、第1検出器51とを備える。第1受光光学系41は、第1照射光Laによる多光子励起によって基板WFの内部（照射領域25）で生じる検出光Ldを、対物光学系15を介して受光し、基板WFの内部の照射領域25の像49を像面ImP上に形成する。第1受光光学系41は、第1照射光学系30の第2ダイクロイックミラー35と、第2リレーレンズ34と、第1リレーレンズ33と、偏向部32と、第1ダイクロイックミラー31とを含む。さらに、第1受光光学系41は、第1ダイクロイックミラー31側（基板WF側）から順に、バリアフィルタ42と、集光レンズ43と、変倍光学系45とを備える。

[0027] バリアフィルタ42は、第1ダイクロイックミラー31からの光のうち所定の波長域の光（具体的には、検出光Ld）が透過する特性を有する。バリアフィルタ42は、例えば、基板WFで反射した第1照射光La、外光、迷光などの少なくとも一部を遮断する。なお、バリアフィルタ42は、バンドパスフィルタとも称される。集光レンズ43と変倍光学系45との間に、基板WF（物体面）と共役な第2中間像面Im2が形成される。集光レンズ43は、バリアフィルタ42を透過した検出光Ldを第2中間像面Im2に集光する。なお、第2中間像面Im2を第2共役面Im2と称してもよい。集光レンズ43は、1枚のレンズに限らず、複数枚のレンズを用いて構成されてもよい。

[0028] 変倍光学系45は、集光レンズ43からの検出光Ldを像面ImPに集光し、基板WFの内部の照射領域25の像49を結像させる。なお、基板WF（物体面）と、第1中間像面Im1と、第2中間像面Im2と、像面ImPとは、互いに共役な面である。変倍光学系45は、複数枚のレンズ46を用

いて構成され、保持枠 47 を介して、カム溝等が形成されたズーム鏡筒 48 に保持されている。電気モータ（図示せず）によりズーム鏡筒 48 を回転させることで、複数枚のレンズ 46 のうち少なくとも一部が（変倍光学系 45 の光軸方向に）移動し、変倍光学系 45 の焦点距離や主点の位置が変化する。これにより、変倍光学系 45 の結像倍率（すなわち、第 1 受光光学系 41 の結像倍率）が変化し、像面 1 m p 上に形成される像 49 の大きさが変化する。

[0029] なお、図 1 において、変倍光学系 45 は、一例として 4 枚のレンズ 46 を用いて構成されているが、これに限られるものではない。例えば、変倍光学系 45 は、5 枚以上のレンズを用いて構成されてもよく、2 枚もしくは 3 枚のレンズを用いて構成されてもよい。また、変倍光学系 45 を設けずに、第 2 中間像面 1 m 2 に第 1 検出器 51 を配置してもよい。

[0030] 第 1 検出器 51 は、例えばアバランシェフォトダイオードアレイを用いて構成される。第 1 検出器 51 には、2 次元方向に並ぶ複数個の検出画素 53 を有する検出面 52 が形成される（図 3 を参照）。一例として、検出面 52 は、縦横に 5 個ずつ並ぶ 25 個の検出画素 53 を有してもよい。第 1 検出器 51 は、検出面 52 が像面 1 m p と重なる位置に配置される。これにより、第 1 検出器 51 の検出面 52 には、変倍光学系 45 からの検出光 L d が集光して基板 W F の内部の照射領域 25 の像 49 が形成される。第 1 検出器 51 は、検出面 52 に形成された基板 W F の内部の照射領域 25 の像 49 を受光して光電変換を行い、基板 W F の内部の照射領域 25 の像 49 の受光信号（検出信号とも称される）を出力する。このとき、第 1 検出器 51 は、複数個の検出画素 53 により基板 W F の内部の照射領域 25 の像 49 を受光して光電変換を行い、基板 W F の内部の照射領域 25 の像 49 の光量に応じた受光信号を出力する。以降、第 1 検出器 51 から出力される受光信号を第 1 受光信号と称することがある。なお、第 1 検出器 51 として、N D D（Non-descanned）型検出器を用いてもよい。

[0031] 表面検出ユニット 55 は、図 4 に示すように、第 2 光源 60 と、第 2 照射

光学系61と、第2受光部70とを備える。さらに、表面検出ユニット55は、第1照射光学系30の第2ダイクロイックミラー35を含む。第2光源60は、第2照射光学系61に向けて第2照射光Lbを射出させる。第2光源60は、例えばLEDを用いて構成される。また、第2光源60は、LEDに限らず、レーザ光源を用いて構成されてもよい。第2照射光Lbの波長は、第2ダイクロイックミラー35で反射可能な波長域（例えば、緑色光の波長域）に選択される。また、第2照射光Lbの波長は、基板WFの表面で反射可能な波長域に選択されてもよく、基板WFの複数の層（第1層LY1から第5層LY5）の界面で反射可能な波長域に選択されてもよい。

[0032] 第2照射光学系61は、第2光源60から射出された第2照射光Lbを、対物光学系15を介して基板WFの表面に向けて照射する。またこのとき、第2照射光学系61は、対物光学系15の光軸AXに対し傾斜する方向から基板WFの表面に向けて第2照射光Lbを照射する。第2照射光学系61は、第2光源60側から順に、第1コレクタレンズ62と、スリット板63と、第2コレクタレンズ64と、第1瞳制限マスク65と、ハーフミラー66と、焦点位置調節レンズ67と、バンドパスフィルタ68とを備える。

[0033] 第1コレクタレンズ62は、第2光源60から射出された第2照射光Lbを集光する。スリット板63は、基板WF（物体面）と共役な位置に配置される。スリット板63の中央部に、スリット開口63aが形成される。スリット開口63aは、長手方向がY方向（第2照射光学系61の光軸方向に対し垂直な方向）に延びる長方形状に開口形成される。なお、スリット開口63aを通過する第2照射光Lbは、断面視長方形の光となる。第2コレクタレンズ64は、スリット開口63aを通過した第2照射光Lbを第1瞳制限マスク65に導く。

[0034] 第1瞳制限マスク65は、第2照射光学系61における瞳の位置に配置され、当該瞳の半分を遮光する。また、第1瞳制限マスク65は、第2照射光Lbの長方形断面における長手方向の中心線を境界とする半分の領域を遮光するように配置される。ハーフミラー66は、第1瞳制限マスク65を通っ

た第2照射光L bの一部を透過させる。また、ハーフミラー66は、基板WFの表面で反射して焦点位置調節レンズ67を透過した第2照射光L bの一部を、第2受光部70（第2受光光学系71）の受光用第2対物レンズ72に向けて反射させる。ハーフミラー66の透過率と反射率の比率は、例えば1：1に設定される。以降、基板WFの表面で反射した第2照射光L bを反射光L eと称することがある。

[0035] 焦点位置調節レンズ67は、凸レンズ67aと凹レンズ67bとを有する。凸レンズ67aおよび凹レンズ67bのうち一方が光軸上に固定され、他方が光軸に沿って移動可能に構成される。また、凸レンズ67aおよび凹レンズ67bの両方が光軸に沿って移動可能に構成されてもよい。以降の説明では、凸レンズ67aが光軸上に固定され、凹レンズ67bが光軸に沿って移動可能に構成される場合について説明する。焦点位置調節レンズ67には、レンズ移動部69が設けられる。レンズ移動部69は、焦点位置調節レンズ67の凹レンズ67bを駆動可能な焦点位置調節レンズ用モータ（図示せず）を有して構成される。レンズ移動部69は、焦点位置調節レンズ67の凹レンズ67bを光軸に沿って移動させる。なお、凸レンズ67aは、複数のレンズで構成されて全体として正パワーを有するレンズ群であってもよく、凹レンズ67bは、複数のレンズで構成されて全体として負パワーを有するレンズ群であってもよい。この場合、レンズ移動部69は、これらレンズ群のうち1以上のレンズを光軸に沿って移動させてもよい。

[0036] なお、倍率の異なる複数種類の焦点位置調節レンズ67が設けられる場合、レンズ移動部69は焦点位置調節レンズ用電動ターレット（図示せず）を有してもよい。この場合、レンズ移動部69の焦点位置調節レンズ用電動ターレットは、例えば検査用光学装置10または情報処理装置90に設けられる焦点位置切り替え操作スイッチ（図示せず）の操作に応じて、複数種類の焦点位置調節レンズ67のうちいずれか一つを選択してハーフミラー66とバンドパスフィルタ68との間の光路上に配置する。

[0037] バンドパスフィルタ68は、焦点位置調節レンズ67と第2ダイクロイッ

クミラー３５との間の光路上に配置される。バンドパスフィルタ６８は、例えば、緑色光の波長域の光（具体的には、第２照射光Ｌｂおよび反射光Ｌｅ）が透過する特性を有する。バンドパスフィルタ６８は、例えば、第２ダイクロイックミラー３５で反射した検出光Ｌｄ、外光、迷光などの少なくとも一部を遮断する。

[0038] 第２受光部７０は、第２受光光学系７１と、第２検出器７８とを備える。第２受光光学系７１は、第２照射光Ｌｂが照射された基板ＷＦの表面からの反射光Ｌｅを、対物光学系１５を介して受光し、第２検出器７８に集光する。第２受光光学系７１は、第２照射光学系６１のバンドパスフィルタ６８と、焦点位置調節レンズ６７と、ハーフミラー６６とを含む。さらに、第２受光光学系７１は、ハーフミラー６６側（基板ＷＦ側）から順に、受光用第２対物レンズ７２と、受光用第１リレーレンズ７３と、第２瞳制限マスク７４と、受光用第２リレーレンズ７５と、シリンドリカルレンズ７６とを備える。

[0039] 受光用第２対物レンズ７２は、ハーフミラー６６で反射した反射光Ｌｅを集光する。受光用第１リレーレンズ７３は、受光用第２対物レンズ７２からの反射光Ｌｅを第２瞳制限マスク７４に導く。第２瞳制限マスク７４は、第２受光光学系７１における瞳の位置に配置され、当該瞳の半分を遮光している。第２瞳制限マスク７４によって遮光される領域は、第１瞳制限マスク６５によって遮光される領域に対応している。これにより、受光用第１リレーレンズ７３からの反射光Ｌｅは第２瞳制限マスク７４を通ることが可能である。受光用第２リレーレンズ７５は、第２瞳制限マスク７４を通った反射光Ｌｅを第２検出器７８の検出面７９に向けて集光する。シリンドリカルレンズ７６は、受光用第２リレーレンズ７５により集光される反射光Ｌｅを長方形断面の長手方向（Ｙ方向）に圧縮し、第２検出器７８の検出面７９にスリット開口６３ａの像を結像させる。

[0040] 第２検出器７８は、例えばラインセンサを用いて構成される。第２検出器７８には、一次元方向（例えば、スリット開口６３ａの像の短手方向である

X方向)に並ぶ複数個の検出画素(図示せず)を有する検出面79が形成される。第2検出器78の検出面79には、第2受光光学系71からの反射光Le(基板WFの表面で反射した第2照射光Lb)が集光してスリット開口63aの像が形成される。第2検出器78は、検出面79に形成されたスリット開口63aの像を受光して光電変換を行い、スリット開口63aの像の受光信号(検出信号とも称される)を出力する。なお、第2検出器78は、2次元イメージセンサを用いて構成されてもよい。以降、第2検出器78から出力される受光信号を第2受光信号と称することがある。

[0041] 光学装置制御部80は、例えばCPU(中央処理装置)等を用いて構成される。光学装置制御部80は、インターフェース部81と、記憶部85と、データ取得部86と、画像処理部87と、演算部88とを備える。光学装置制御部80は、記憶部85に記憶された制御プログラムに基づいて、ステージ移動部12、第1光源ユニット20(第1光源21)、偏向部32、変倍光学系45の電気モータ(図示せず)、表面検出ユニット55(第2光源60、レンズ移動部69)等の作動を制御する。

[0042] インターフェース部81は、ネットワークケーブルNWの一端側と電氣的に接続される。ネットワークケーブルNWの他端側は、情報処理装置90のインターフェース部91と電氣的に接続される。光学装置制御部80のインターフェース部81には、ネットワークケーブルNWを介して情報処理装置90のインターフェース部91から送信された、第1照射光Laの集光位置の設定情報と基板WFの構成に関する情報が入力される。インターフェース部81に入力された、第1照射光Laの集光位置の設定情報と基板WFの構成に関する情報は、記憶部85に記憶される。以降、基板WFの構成に関する情報を基板構成情報と称する。

[0043] 第1照射光Laの集光位置は、基板WFの表面に対してZ方向(対物光学系15の光軸方向)にオフセットした第1照射光Laの集光位置である。第1照射光Laの集光位置の設定情報は、基板WFの内部において検査を行う断面部分のZ位置に応じて設定される。また、第1照射光Laの集光位置は

、基板WFにおける複数の層のうちいずれかの層の内部に設定されてもよい。図2に示す例の場合、第1照射光Laの集光位置は、例えばGaNを用いて形成された第2層LY2の内部に設定されてもよく、例えばC-GaNを用いて形成された第3層LY3の内部に設定されてもよい。

[0044] 基板構成情報は、基板WFにおける複数の層の情報を含む。例えば、基板構成情報は、基板WFにおける複数の層の板厚方向における層厚および当該複数の層の屈折率に関する情報を含んでもよい。図2に示す例の場合、基板構成情報は、基板WFにおける第1層LY1の層厚および屈折率に関する情報と、第2層LY2の層厚および屈折率に関する情報と、第3層LY3の層厚および屈折率に関する情報と、第4層LY4の層厚および屈折率に関する情報と、第5層LY5の層厚および屈折率に関する情報とを含んでもよい。なお、基板WFにおける複数の層の屈折率は、第1照射光Laの波長に対する屈折率である。第1照射光Laが波長幅を有する光である場合、基板WFにおける複数の層の屈折率は、第1照射光Laの中心波長に対する屈折率であってもよい。またこの場合、基板WFにおける複数の層の屈折率は、第1照射光Laの波長幅における1つ以上の波長に対する屈折率であってもよい。なお、基板構成情報は、基板WFにおける複数の層のうち一部の層の情報であってもよい。例えば、複数の層が5層であり、最上層だけ内部の欠陥を検査するような場合には、最上層の屈折率に関する情報を基板構成情報とすることができる。また例えば、複数の層が5層であり、最上層およびその下層の2層だけ内部の欠陥を検査するような場合には、最上層の層厚および屈折率に関する情報、並びにその下層の屈折率に関する情報を基板構成情報とすることができる。

[0045] また、記憶部85には、対物光学系15から基板WFへ向かう第1照射光Laの開き角に関する情報が記憶されてもよい。本実施形態において、第1照射光Laの開き角とは、対物光学系15により集光される第1照射光Laの対物光学系15の光軸AXに対する最大角度である。なお、第1照射光Laの開き角に関する情報を、第1照射光Laの照明開口数に関する情報と称

してもよい。第1照射光L aの開き角に関する情報は、第1照射光L aの開き角の正弦に関する情報であってもよく、対物光学系15の開口数に関する情報であってもよい。

[0046] データ取得部86は、第1検出器51から出力される第1受光信号を取得する。なお、光学装置制御部80は、偏向部32により照射領域25をX方向とY方向の2方向（XY方向）に移動させることによる基板WFの内部での走査と同期して、データ取得部86に第1受光信号を取得させる。画像処理部87は、データ取得部86により取得された、第1検出器51の複数個の検出画素53から出力される第1受光信号に基づいて、基板WFの内部におけるXY方向（基板WFの板厚方向と垂直な方向）の断面の画像データを生成する。また、画像処理部87は、第1検出器51の複数個の検出画素53のうち第1受光信号を出力した検出画素53ごとに、基板WFの断面の中間画像データを生成するようにしてもよい。そして、例えば国際公開第2022/102584号に開示されるように、画像処理部87は、検出画素53ごとに生成した複数の中間画像データを、対応する検出画素53の検出面52（像面I m p）内の位置に応じて位置シフトして加算し、基板WFの断面の画像データを生成するようにしてもよい。

[0047] また、データ取得部86は、第2検出器78から出力される第2受光信号を取得する。光学装置制御部80は、データ取得部86により取得された、第2検出器78から出力される第2受光信号に基づいて、後述するオートフォーカス制御を行う。演算部88は、オートフォーカス制御においてステージ移動部12に出力する制御信号を求める。

[0048] 情報処理装置90は、例えばPC（Personal Computer）等を用いて構成される。情報処理装置90は、インターフェース部91と、入力部92と、表示部93と、入出力制御部94と、記憶部95と、判定部96とを備える。インターフェース部91は、ネットワークケーブルNWの他端側と電氣的に接続される。情報処理装置90のインターフェース部91には、ネットワークケーブルNWを介して検査用光学装置10（光学装置制御部80）のイ

ンターフェース部 81 から送信された、基板 WF の内部の画像データが入力される。インターフェース部 91 に入力された基板 WF の内部の画像データは、記憶部 95 に記憶される。

[0049] 入力部 92 は、ユーザーが操作可能な入力インターフェースである。入力部 92 は、例えば、マウス、キーボード、タッチパッド、トラックボール等のうち少なくとも 1 つを用いて構成される。入力部 92 は、ユーザーによる操作を検出し、その検出結果をユーザーが入力した入力情報として入出力制御部 94 へ出力する。入力部 92 には、前述した第 1 照射光 L_a の集光位置の設定情報が入力されてもよく、前述した基板構成情報（基板 WF における複数の層の板厚方向における層厚および当該複数の層の屈折率に関する情報）が入力されてもよい。

[0050] 表示部 93 は、例えば液晶ディスプレイ等を用いて構成される。入出力制御部 94 は、検査用光学装置 10 の操作に必要な GUI（Graphical User Interface）や、検査用光学装置 10（光学装置制御部 80）から送信された基板 WF の内部の画像、判定部 96 による基板 WF の内部における欠陥の有無の判定結果等を表示部 93 に表示させる。入出力制御部 94 は、例えば入力部 92 から入力された、第 1 照射光 L_a の集光位置の設定情報と基板 WF の構成に関する情報を、インターフェース部 91 から検査用光学装置 10 の光学装置制御部 80 へ送信する。

[0051] 判定部 96 は、記憶部 95 に記憶された基板 WF の内部の画像データに基づいて、基板 WF の内部における欠陥の有無を判定する。なお、基板 WF の内部に欠陥（例えば、結晶欠陥）が有る場合、基板 WF の内部の欠陥部分において第 1 照射光 L_a の照射による多光子励起が生じ難くなるため、基板 WF の内部の画像において欠陥部分が暗くなる。そのため、判定部 96 は、基板 WF の内部の画像において輝度値（階調値）が所定の閾値よりも低い部分を欠陥部分として、基板 WF の内部に欠陥が有るか否かを判定してもよい。判定部 96 による基板 WF の内部における欠陥の有無の判定結果は、記憶部 95 に記憶される。

- [0052] 以上のように構成される欠陥検査装置 1 において、基板 WF の検査を行う際、検査用光学装置 10 のインターフェース部 81 に、情報処理装置 90 のインターフェース部 91 から送信された第 1 照射光 L a の集光位置の設定情報と基板構成情報が入力される。入力された第 1 照射光 L a の集光位置の設定情報と基板構成情報は、光学装置制御部 80 の記憶部 85 に記憶される。光学装置制御部 80 は、第 1 照射光 L a が基板 WF の内部の集光位置で集光されるように、表面検出ユニット 55 のレンズ移動部 69 を制御する。
- [0053] ここで、レンズ移動部 69 により駆動される焦点位置調節レンズ 67 の作用について、図 5 ～図 7 を参照して説明する。なお、図 5 ～図 7 では説明に必要な構成部品のみを図示している。図 5 に示すように、レンズ移動部 69 により焦点位置調節レンズ 67 の凹レンズ 67 b が凸レンズ 67 a に近接する所定の近接位置に移動すると、対物光学系 15 から照射される第 2 照射光 L b のスリット開口 63 a の像の結像位置 P S は、対物光学系 15 の焦点位置 P F と一致する。なおこの場合、第 2 照射光 L b は、焦点位置調節レンズ 67 の前後で平行光となる。この状態で、光学装置制御部 80 が後述するオートフォーカス制御を行うと、対物光学系 15 の焦点位置 P F が基板 WF の表面に位置する。
- [0054] 図 6 に示すように、レンズ移動部 69 により焦点位置調節レンズ 67 の凹レンズ 67 b が凸レンズ 67 a から離れる方向へ移動距離 x だけ移動すると、第 2 照射光 L b のスリット開口 63 a の像の結像位置 P S は、対物光学系 15 の焦点位置 P F から対物光学系 15 に近づく方向（－Z 方向）へ所定の距離（オフセット量 L と称される）だけ移動する。この状態で、光学装置制御部 80 が後述するオートフォーカス制御を行うと、ステージ移動部 12 によりステージ 11 が－Z 方向に移動するとともに基板 WF の表面が－Z 方向に移動し、図 7 に示すように、第 2 照射光 L b のスリット開口 63 a の像の結像位置 P S が基板 WF の表面に位置する。これにより、対物光学系 15 の焦点位置 P F が基板 WF の内部に位置し、対物光学系 15 から射出される第 1 照射光 L a を基板 WF の内部に集光することができる。なお、対物光学

系 1 5 の焦点位置 P F は、第 1 照射光 L a の集光位置であるともいえる。対物光学系 1 5 から照射される第 2 照射光 L b のスリット開口 6 3 a の像の結像位置 P S は、第 2 照射光 L b の集光位置であるともいえる。

[0055] [オートフォーカス制御]

次に、表面検出ユニット 5 5 を利用した光学装置制御部 8 0 によるオートフォーカス制御について説明する。図 4 に示すように、表面検出ユニット 5 5 の第 2 光源 6 0 から射出された第 2 照射光 L b は、第 2 照射光学系 6 1 に入射する。第 2 照射光学系 6 1 に入射した第 2 照射光 L b は、第 1 コレクタレンズ 6 2 により集光されてスリット板 6 3 のスリット開口 6 3 a を通過する。スリット開口 6 3 a を通過した第 2 照射光 L b は、第 2 コレクタレンズ 6 4 を透過して第 1 瞳制限マスク 6 5 を通る。第 1 瞳制限マスク 6 5 を通った第 2 照射光 L b の一部は、ハーフミラー 6 6 を透過して焦点位置調節レンズ 6 7 に入射する。焦点位置調節レンズ 6 7 を透過した第 2 照射光 L b は、バンドパスフィルタ 6 8 を通って第 2 ダイクロイックミラー 3 5 で反射する。第 2 ダイクロイックミラー 3 5 で反射した第 2 照射光 L b は、対物光学系 1 5 により基板 W F に向けて照射されて集光される。

[0056] 対物光学系 1 5 から基板 W F に向けて照射される第 2 照射光 L b は、基板 W F の表面で反射し、再び対物光学系 1 5 に入射する。対物光学系 1 5 に入射した基板 W F の表面からの反射光 L e (第 2 照射光 L b) は、対物光学系 1 5 を透過して第 2 ダイクロイックミラー 3 5 で反射する。第 2 ダイクロイックミラー 3 5 で反射した反射光 L e は、バンドパスフィルタ 6 8 を通って焦点位置調節レンズ 6 7 に入射する。焦点位置調節レンズ 6 7 を透過した反射光 L e の一部は、ハーフミラー 6 6 で反射する。ハーフミラー 6 6 で反射した反射光 L e は、第 2 受光光学系 7 1 の受光用第 2 対物レンズ 7 2 により集光される。受光用第 2 対物レンズ 7 2 により集光された反射光 L e は、受光用第 1 リレーレンズ 7 3 を透過して第 2 瞳制限マスク 7 4 を通る。第 2 瞳制限マスク 7 4 を通った反射光 L e は、受光用第 2 リレーレンズ 7 5 とシリンドリカルレンズ 7 6 とを透過する。シリンドリカルレンズ 7 6 を透過した

反射光 L_e は、集光されて第2検出器78の検出面79に達する。第2検出器78は、検出面79に形成されたスリット開口63aの像を受光して光電変換を行い、第2受光信号を出力する。

[0057] なお、基板WFの表面のZ位置が変化すると、基板WFの表面と対物光学系15との間隔が変化するため、基板WFの表面における第2照射光 L_b の反射位置が変化する。基板WFの表面における第2照射光 L_b の反射位置が変化すると、第2検出器78の検出面79に形成されるスリット開口63aの像の位置が検出面79の延伸方向（スリット開口63aの像の短手方向）に変化する。従って、第2検出器78から出力される第2受光信号に基づいて、対物光学系15の光軸方向における、基板WFの表面に対するスリット開口63aの像の結像位置（第2照射光 L_b の集光位置）を求めることが可能である。また、第2検出器78から出力される第2受光信号に基づいて、対物光学系15の光軸方向または当該光軸方向と平行な方向における、基板WFの表面の位置を求めることも可能である。

[0058] 第2検出器78から出力される第2受光信号は、データ取得部86により取得される。演算部88は、データ取得部86により取得された第2受光信号に基づいて、スリット開口63aの像の結像位置（第2照射光 L_b の集光位置）が基板WFの表面に位置するようにステージ移動部12を制御するオートフォーカス制御用の制御信号を求める。光学装置制御部80は、演算部88で求めたオートフォーカス制御用の制御信号をステージ移動部12に出力し、ステージ移動部12を制御する。また、演算部88は、例えば米国特許第7071451号明細書に開示されるように、第2検出器78の複数個の検出画素（図示せず）からそれぞれ出力される第2受光信号について検出面79に沿って走査した結果に基づいて、オートフォーカス制御用の制御信号を求めてもよい。

[0059] 基板WFにおける複数の層のうちいずれかの層の内部に第1照射光 L_a を集光させる際、基板WFにおける複数の層のうち、第1照射光 L_a の集光位置と基板WFの表面との間に位置する各層において発生する収差を補正する

ために、第1照射光L aの集光位置を調整する必要がある。以降、基板WFにおける複数の層のうち、第1照射光L aの集光位置と基板WFの表面との間に位置する各層において発生する収差をインデックスミスマッチ収差と称することがある。基板WFにおける複数の層のうち、基板WFの表面側から数えてi番目（iは、1以上の整数）の層において発生するインデックスミスマッチ収差 $W_i(kp)$ は、近軸近似が成り立つ範囲において、下記の式（1）で表される。

[0060] [数1]

$$W_i(kp) = \frac{2\pi}{\lambda} \times d_i \times n_i \quad \dots (1)$$

但し、 λ ：第1照射光L aの波長

d_i ：基板WFの表面側から数えてi番目の層の層厚

n_i ：基板WFの表面側から数えてi番目の層の屈折率

[0061] なお、基板WFにおける複数の層のうち、基板WFの表面側から数えてi番目の層は、第1照射光L aの集光位置と基板WFの表面との間に位置する各層でもある。基板WFの表面側から数えてi番目の層の屈折率は、基板構成情報における屈折率と同様に、第1照射光L aの波長に対する屈折率である。 kp は、実空間をフーリエ変換した空間における座標、すなわち瞳座標（波数空間における座標）である。

[0062] 次に、基板WFの表面側から数えてm番目（mは、2以上の整数）の層の界面から深さ $d_{\#m}$ の位置で第1照射光L aが集光される場合について述べる。この場合、第1照射光L aの集光位置と基板WFの表面との間で発生する合計のインデックスミスマッチ収差 $W_M(kp)$ は、下記の式（2）で表される。

[0063] [数2]

$$W_M(kp) = \frac{2\pi}{\lambda} \times \left[\sum_{i=1}^{m-1} d_i \times n_i + d_{\#m} \times n_m \right] \quad \dots (2)$$

但し、 n_m ：基板WFの表面側から数えて m 番目の層の屈折率

[0064] 演算部88は、記憶部85に記憶された基板構成情報、第1照射光Laの集光位置の設定情報、および第1照射光Laの開き角の情報に基づいて、合計のインデックスミスマッチ収差 $W_M(kp)$ を求める。より具体的には、演算部88は、基板WFにおける複数の層の板厚方向における層厚および当該複数の層の屈折率、基板WFにおける複数の層のうちいずれかの層の内部に設定された第1照射光Laの集光位置、および第1照射光Laの開き角に基づいて、合計のインデックスミスマッチ収差 $W_M(kp)$ を演算して求める。そして、演算部88は、 $|W_M(kp) - W_L(kp)|$ の値が最小となるように、第1照射光Laの集光位置に対する第2照射光Lbの集光位置のオフセット量 L を演算して求める。ここで、 $W_L(kp)$ は、第1照射光Laの集光位置が対物光学系15の光軸方向にオフセット量 L だけ移動した場合に発生する収差であり、下記の式(3)で表される。

[0065] [数3]

$$W_L(kp) = \frac{2\pi}{\lambda} \times L \times n_0 \quad \dots (3)$$

但し、 n_0 ：空気の屈折率

[0066] 演算部88は、式(2)および式(3)を用いて、第1照射光Laの集光位置に対する第2照射光Lbの集光位置のオフセット量 L を求め、第1照射光Laの集光位置を調整する。これにより、基板WFの各層において発生するインデックスミスマッチ収差、すなわち基板WFの各層についての合計のインデックスミスマッチ収差を補正することができる。例えば、演算部88は、 $|W_M(kp) - W_L(kp)|$ の式から近似的に求まる下記の式(4)を用いて、オフセット量 L を求めるようにしてもよい。

[0067] [数4]

$$L \simeq \frac{\sum_{i=1}^{m-1} d_i \times n_i + d_m \times n_m}{n_0} \quad \dots (4)$$

[0068] また、演算部 88 は、予め光学シミュレーションにより作成した集光位置調整用データテーブルに基づいて、基板 WF の内部に設定された第 1 照射光 L_a の集光位置（基板 WF の表面からの深さ）からオフセット量 L を求めるようにしてもよい。集光位置調整用データテーブルは、第 1 照射光 L_a の集光位置に対する第 2 照射光 L_b の集光位置のオフセット量 L の変化と、基板 WF の表面または界面からの深さ d の変化との比 m_L に関する情報を含む。以降、この比 m_L を $L-d$ 変化比 m_L と称する。

[0069] $L-d$ 変化比 m_L を求めるには、まず、基板 WF における複数の層の板厚方向における層厚および当該複数の層の屈折率と、第 1 照射光 L_a の集光位置とを設定する。次に、基板 WF における第 1 層 LY_1 の層厚および屈折率、第 1 層 LY_1 の内部に設定された第 1 照射光 L_a の集光位置、および第 1 照射光 L_a の開き角に基づいて、例えば PFS（点像分布関数）のストレール比を算出することにより、第 1 照射光 L_a の集光位置が第 1 層 LY_1 における基板 WF の表面からの深さ d の位置にあるときのオフセット量 L を求める。次に、第 1 層 LY_1 における基板 WF の表面からの複数の深さ d の位置についてオフセット量 L を求めることで、第 1 層 LY_1 における基板 WF の表面からの複数の深さ d に対するオフセット量 L のプロットを作成する。次に、作成したプロットを例えば直線でフィッティングすることにより、第 1 層 LY_1 における $L-d$ 変化比 m_L を求める。

[0070] 次に、基板 WF における第 2 層 LY_2 の層厚および屈折率、第 2 層 LY_2 の内部に設定された第 1 照射光 L_a の集光位置、および第 1 照射光 L_a の開き角に基づいて、例えば PFS（点像分布関数）のストレール比を算出することにより、第 1 照射光 L_a の集光位置が第 2 層 LY_2 における基板 WF の界面からの深さ d の位置にあるときのオフセット量 L を求める。次に、第 2 層 LY_2 における基板 WF の界面からの複数の深さ d の位置についてオフセット量 L を求めることで、第 2 層 LY_2 における基板 WF の界面からの複数の深さ d に対するオフセット量 L のプロットを作成する。次に、作成したプロットを例えば直線でフィッティングすることにより、第 2 層 LY_2 にお

る $L-d$ 変化比 m_L を求める。そして、第2層 $LY2$ の場合と同様にして、第3層 $LY3$ 以降の各層における $L-d$ 変化比 m_L をそれぞれ求める。演算部88は、集光位置調整用データテーブルに含まれる基板 WF の各層における $L-d$ 変化比 m_L と、ユーザーが設定した第1照射光 La の集光位置とから、オフセット量 L を求めることが可能である。

[0071] 光学装置制御部80は、演算部88で求めたオフセット量 L が得られる制御信号を、表面検出ユニット55のレンズ移動部69に出力する。レンズ移動部69は、光学装置制御部80から出力される制御信号に応じて焦点位置調節レンズ67の凹レンズ67bを移動させる。これにより、対物光学系15から照射される第2照射光 Lb の集光位置（第2照射光 Lb のスリット開口63aの像の結像位置）は、対物光学系15から照射される第1照射光 La の集光位置（対物光学系15の焦点位置）からオフセット量 L だけ移動する。この状態で、光学装置制御部80がオートフォーカス制御を行うことにより、対物光学系15から照射される第1照射光 La の集光位置を、基板 WF における複数の層のうちいずれかの層の内部に設定された第1照射光 La の集光位置に合わせることができる。

[0072] [基板 WF における第2層 $LY2$ の検査の例]

図2に示す例において、図8に示すように、第1照射光 La の集光位置が基板 WF における第2層 $LY2$ の内部に設定される場合、演算部88は、 $m=2$ とする $|W_M(kp) - W_L(kp)|$ の値が最小となるように、第1照射光 La の集光位置に対する第2照射光 Lb の集光位置のオフセット量 L を演算して求める。以降、第1照射光 La の集光位置が基板 WF における第2層 $LY2$ の内部に設定される場合のオフセット量 L を、説明の便宜上、オフセット量 $L(LY2)$ と称する場合がある。

[0073] 光学装置制御部80は、演算部88で求めたオフセット量 $L(LY2)$ が得られる制御信号を、表面検出ユニット55のレンズ移動部69に出力する。レンズ移動部69は、光学装置制御部80から出力される制御信号に応じて焦点位置調節レンズ67の凹レンズ67bを移動させる。これにより、対

物光学系 15 から照射される第 2 照射光 L b の集光位置は、対物光学系 15 から照射される第 1 照射光 L a の集光位置からオフセット量 L (LY2) だけ移動する。この状態で、光学装置制御部 80 がオートフォーカス制御を行うことにより、対物光学系 15 から照射される第 1 照射光 L a の集光位置を、基板 WF における第 2 層 LY2 の内部に設定された第 1 照射光 L a の集光位置に合わせることができる。

[0074] 光学装置制御部 80 は、対物光学系 15 の光軸方向 (Z 方向) における第 1 照射光 L a の集光位置が基板 WF の内部に位置する場合に、基板 WF に向けて第 1 照射光 L a を照射するように第 1 光源ユニット 20 (第 1 光源 21) を制御する。一方、光学装置制御部 80 は、第 1 照射光 L a の集光位置が基板 WF の内部に位置しない場合に、基板 WF に向けた第 1 照射光 L a の照射を規制するように第 1 光源ユニット 20 (第 1 光源 21) を制御する。これにより、対物光学系 15 から照射される第 1 照射光 L a が基板 WF の表面に集光されることを防止することができる。そのため、基板 WF の表面部分が昇華もしくは蒸発する事象 (アブレーションとも称される) を抑制することができる。なお、第 1 照射光 L a の集光位置が基板 WF の表面或いは上方に位置する場合であっても基板 WF の表面部分でアブレーションが生じないときには、光学装置制御部 80 は、対物光学系 15 の光軸方向 (Z 方向) における第 1 照射光 L a の集光位置が基板 WF の内部に位置しない場合に基板 WF に向けた第 1 照射光 L a の照射を規制しなくてもよい。

[0075] なお、レンズ移動部 69 により移動する焦点位置調節レンズ 67 の凹レンズ 67 b の移動距離 x は、例えばエンコーダ (図示せず) によって計測される。エンコーダは、凹レンズ 67 b の移動距離 x の計測信号を光学装置制御部 80 に出力する。光学装置制御部 80 の記憶部 85 には、対物光学系 15 の焦点位置に対する、第 2 照射光学系 61 と対物光学系 15 との合成光学系の焦点位置のオフセット量 L と、凹レンズ 67 b の移動距離 x との関係が予め記憶されている。光学装置制御部 80 は、記憶部 85 に記憶されたオフセット量 L と移動距離 x との関係を利用して、エンコーダから出力される凹レ

ンズ67bの移動距離xの計測信号から、対物光学系15の光軸方向（Z方向）における第1照射光Laの集光位置を求める。そして、光学装置制御部80は、求めた第1照射光Laの集光位置が基板WFにおける第2層LY2の内部に位置するか否かを判断する。

[0076] 光学装置制御部80の制御によって第1光源21から発せられたレーザ光は、光源用レンズ22により整形されて平行光となり、第1照射光Laとして第1光源ユニット20から射出される。第1光源ユニット20から射出された第1照射光Laは、第1照射光学系30の第1ダイクロイックミラー31を透過し、偏向部32に入射する。偏向部32に入射した第1照射光Laは、X方向偏向ミラー32aとY方向偏向ミラー32bとにおいてこの順で反射し、第1リレーレンズ33に入射する。第1リレーレンズ33を透過した第1照射光Laは、第1中間像面Im1に集光されて第2リレーレンズ34に入射する。第2リレーレンズ34を透過した第1照射光Laは、平行光となり第2ダイクロイックミラー35を透過する。第2ダイクロイックミラー35を透過した第1照射光Laは、対物光学系15により基板WFに向けて照射され、基板WFにおける第2層LY2の内部に設定された集光位置に集光される。

[0077] 第1照射光Laを基板WFに照射する際、第1照射光学系30の偏向部32は、第1光源ユニット20からの第1照射光Laで基板WFにおける第2層LY2の内部を走査する。偏向部32により、対物光学系15と対向する基板WFの観察領域において第2層LY2の内部を走査した後、光学装置制御部80は、ステージ11をX方向またはY方向に移動させる制御信号をステージ移動部12に出力する。ステージ移動部12によりステージ11をX方向またはY方向に移動させることで、対物光学系15と対向する基板WFの観察領域を、X方向またはY方向に変位させることができる。基板WFの観察領域がX方向またはY方向に変位しても、光学装置制御部80のオートフォーカス制御により、対物光学系15の光軸方向における第1照射光Laの集光位置が第2層LY2の内部に保たれる。

- [0078] 第1照射光L aによる多光子励起によって、基板WFにおける第2層LY 2の内部（照射領域2 5）で生じる検出光L dは、対物光学系1 5に入射する。対物光学系1 5に入射した基板WFからの検出光L dは、対物光学系1 5を透過して平行光となり、第2ダイクロイックミラー3 5を透過する。第2ダイクロイックミラー3 5を透過した検出光L dは、第2リレーレンズ3 4に入射する。第2リレーレンズ3 4を透過した検出光L dは、第1中間像面l m 1に集光されて第1リレーレンズ3 3に入射する。第1リレーレンズ3 3を透過した検出光L dは、平行光となり偏向部3 2に入射する。偏向部3 2に入射した検出光L dは、Y方向偏向ミラー3 2 bとX方向偏向ミラー3 2 aとにおいてこの順で反射し、第1ダイクロイックミラー3 1で反射する。
- [0079] 第1ダイクロイックミラー3 1で反射した検出光L dは、第1受光光学系4 1のバリアフィルタ4 2を通り、集光レンズ4 3に入射する。集光レンズ4 3を透過した検出光L dは、第2中間像面l m 2に集光されて変倍光学系4 5に入射する。変倍光学系4 5を透過した検出光L dは、像面l m p（第1検出器5 1の検出面5 2）に集光され、基板WFにおける第2層LY 2の内部の照射領域2 5の像4 9を結像する。第1検出器5 1は、複数の検出画素5 3により照射領域2 5の像4 9を受光して光電変換を行い、第1受光信号を出力する。
- [0080] 第1検出器5 1から出力される第1受光信号は、データ取得部8 6により取得される。画像処理部8 7は、データ取得部8 6により取得された、第1検出器5 1の複数の検出画素5 3から出力される第1受光信号に基づいて、基板WFの第2層LY 2におけるXY方向（基板WFの板厚方向と垂直な方向）の断面の画像データを生成する。画像処理部8 7で生成された基板WFの第2層LY 2におけるXY方向の断面の画像データは、インターフェース部8 1から情報処理装置9 0に送信される。
- [0081] 情報処理装置9 0のインターフェース部9 1に、検査用光学装置1 0（光学装置制御部8 0）のインターフェース部8 1から送信された、基板WFの

第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データが入力される。インターフェース部91に入力された基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データは、記憶部95に記憶される。判定部96は、記憶部95に記憶された基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データに基づいて、基板WFの第2層LY2における欠陥の有無を判定する。判定部96による基板WFの第2層LY2における欠陥の有無の判定結果は、記憶部95に記憶される。

[0082] [基板WFにおける第3層LY3の検査の例]

また、図9に示すように、第1照射光Laの集光位置が基板WFにおける第3層LY3の内部に設定される場合、演算部88は、 $m=3$ とする $|W_M(kp) - W_L(kp)|$ の値が最小となるように、第1照射光Laの集光位置に対する第2照射光Lbの集光位置のオフセット量Lを演算して求める。以降、第1照射光Laの集光位置が基板WFにおける第3層LY3の内部に設定される場合のオフセット量Lを、説明の便宜上、オフセット量L(LY3)と称する場合がある。なお、 $L(LY3) > L(LY2)$ である。

[0083] 光学装置制御部80は、演算部88で求めたオフセット量L(LY3)が得られる制御信号を、表面検出ユニット55のレンズ移動部69に出力する。レンズ移動部69は、光学装置制御部80から出力される制御信号に応じて焦点位置調節レンズ67の凹レンズ67bを移動させる。これにより、対物光学系15から照射される第2照射光Lbの集光位置は、対物光学系15から照射される第1照射光Laの集光位置からオフセット量L(LY3)だけ移動する。この状態で、光学装置制御部80がオートフォーカス制御を行うことにより、対物光学系15から照射される第1照射光Laの集光位置を、基板WFにおける第3層LY3の内部に設定された第1照射光Laの集光位置に合わせることができる。このように、第1照射光Laの集光位置に対する第2照射光Lbの集光位置のオフセット量Lを変えることにより、対物光学系15から照射される第1照射光Laの集光位置を、基板WFにおける異なる層の内部に設定された第1照射光Laの集光位置に合わせることがで

きる。

[0084] 基板WFにおける第2層LY2の検査の例と同様に、光学装置制御部80は、対物光学系15の光軸方向（Z方向）における第1照射光Laの集光位置が基板WFの内部に位置する場合に、基板WFに向けて第1照射光Laを照射するように第1光源ユニット20（第1光源21）を制御する。一方、光学装置制御部80は、第1照射光Laの集光位置が基板WFの内部に位置しない場合に、基板WFに向けた第1照射光Laの照射を規制するように第1光源ユニット20（第1光源21）を制御する。

[0085] 光学装置制御部80の制御によって第1光源21から発せられたレーザ光は、光源用レンズ22により整形されて平行光となり、第1照射光Laとして第1光源ユニット20から射出される。第1光源ユニット20から射出された第1照射光Laは、基板WFにおける第2層LY2の検査の例と同様に、第1照射光学系30および対物光学系15により基板WFに向けて照射され、基板WFにおける第3層LY3の内部に設定された集光位置に集光される。

[0086] 第1照射光Laを基板WFに照射する際、第1照射光学系30の偏向部32は、第1光源ユニット20からの第1照射光Laで基板WFにおける第3層LY3の内部を走査する。偏向部32により、対物光学系15と対向する基板WFの観察領域において第3層LY3の内部を走査した後、光学装置制御部80は、ステージ11をX方向またはY方向に移動させる制御信号をステージ移動部12に出力する。ステージ移動部12によりステージ11をX方向またはY方向に移動させることで、対物光学系15と対向する基板WFの観察領域を、X方向またはY方向に変位させることができる。基板WFの観察領域がX方向またはY方向に変位しても、光学装置制御部80のオートフォーカス制御により、対物光学系15の光軸方向における第1照射光Laの集光位置が第3層LY3の内部に保たれる。

[0087] 第1照射光Laによる多光子励起によって、基板WFにおける第3層LY3の内部（照射領域25）で生じる検出光Ldは、対物光学系15に入射す

る。対物光学系 15 に入射した基板 WF からの検出光 Ld は、基板 WF における第 2 層 LY2 の検査の例と同様に、第 1 受光光学系 41 により像面 Imp (第 1 検出器 51 の検出面 52) に集光され、基板 WF における第 3 層 LY3 の内部の照射領域 25 の像 49 を結像する。第 1 検出器 51 は、複数の検出画素 53 により照射領域 25 の像 49 を受光して光電変換を行い、第 1 受光信号を出力する。

[0088] 第 1 検出器 51 から出力される第 1 受光信号は、データ取得部 86 により取得される。画像処理部 87 は、データ取得部 86 により取得された、第 1 検出器 51 の複数の検出画素 53 から出力される第 1 受光信号に基づいて、基板 WF の第 3 層 LY3 における XY 方向 (基板 WF の板厚方向と垂直な方向) の断面の画像データを生成する。画像処理部 87 で生成された基板 WF の第 3 層 LY3 における XY 方向の断面の画像データは、インターフェース部 81 から情報処理装置 90 に送信される。

[0089] 情報処理装置 90 のインターフェース部 91 に、検査用光学装置 10 (光学装置制御部 80) のインターフェース部 81 から送信された、基板 WF の第 3 層 LY3 における XY 方向の断面の画像データが入力される。インターフェース部 91 に入力された基板 WF の第 3 層 LY3 における XY 方向の断面の画像データは、記憶部 95 に記憶される。判定部 96 は、記憶部 95 に記憶された基板 WF の第 3 層 LY3 における XY 方向の断面の画像データに基づいて、基板 WF の第 3 層 LY3 における欠陥の有無を判定する。判定部 96 による基板 WF の第 3 層 LY3 における欠陥の有無の判定結果は、記憶部 95 に記憶される。

[0090] [第 1 実施形態の特徴構成]

第 1 実施形態によれば、光学装置制御部 80 は、基板 WF の構成に関する基板構成情報と、第 2 受光部 70 の第 2 検出器 78 から出力される第 2 受光信号と、第 1 照射光 La の集光位置の設定情報とに基づいて、オートフォーカス制御用の制御信号、言い換えると、対物光学系 15 の光軸方向における第 1 照射光 La の集光位置と基板 WF の位置との位置関係を制御する制御信

号を、ステージ移動部 12 に出力する。これにより、第 1 照射光 L a の集光位置の位置精度を高くすることができ、基板 W F の内部の欠陥検査における検査の精度を高くすることが可能になる。

[0091] また、光学装置制御部 80 は、基板構成情報と、第 2 受光部 70 の第 2 検出器 78 から出力される第 2 受光信号と、第 1 照射光 L a の集光位置の設定情報とに基づいて、オートフォーカス制御用の制御信号をステージ移動部 12 に出力してもよい。これにより、第 1 照射光 L a の集光位置の設定情報を利用して、対物光学系 15 から照射される第 1 照射光 L a の集光位置を、基板 W F における複数の層のうちいずれかの層の内部に設定された第 1 照射光 L a の集光位置に合わせることができ、そのため、第 1 照射光 L a の集光位置の位置精度を高くすることができ、基板 W F の内部の欠陥検査における検査の精度を高くすることが可能になる。

[0092] 基板構成情報は、基板 W F の板厚方向に積層された複数の層の情報を含んでもよい。例えば、基板構成情報は、基板 W F における複数の層の板厚方向における層厚および当該複数の層の屈折率に関する情報を含んでもよい。これにより、基板 W F における複数の層のうち、第 1 照射光 L a の集光位置と基板 W F の表面との間に位置する各層において発生する収差（インデックスミスマッチ収差）を補正することが可能になる。

[0093] また、光学装置制御部 80 は、基板 W F における複数の層の板厚方向における層厚および当該複数の層の屈折率に関する情報を含む基板構成情報と、第 2 受光部 70 の第 2 検出器 78 から出力される第 2 受光信号と、第 1 照射光 L a の集光位置の設定情報と、対物光学系 15 から基板 W F へ向かう第 1 照射光 L a の開き角の情報とに基づいて、オートフォーカス制御用の制御信号をステージ移動部 12 に出力してもよい。これにより、対物光学系 15 から照射される第 1 照射光 L a の集光位置を、前述のインデックスミスマッチ収差に応じて補正することで、基板 W F における複数の層のうちいずれかの層の内部に設定された第 1 照射光 L a の集光位置に合わせることができ、そのため、第 1 照射光 L a の集光位置の位置精度を高くすることができ、基

板WFの内部の欠陥検査における検査の精度を高くすることが可能になる。

[0094] また、光学装置制御部80は、前述の式(1)で表されるインデックスミスマッチ収差 $W_i(kp)$ を補正可能な制御信号をステージ移動部12に出力してもよい。光学装置制御部80は、前述の式(2)で表される合計のインデックスミスマッチ収差 $W_M(kp)$ を補正可能な制御信号をステージ移動部12に出力してもよい。これにより、対物光学系15から照射される第1照射光Laの集光位置を、基板WFにおける複数の層のうちいずれかの層の内部に設定された第1照射光Laの集光位置に合わせることができ、そのため、第1照射光Laの集光位置の位置精度を高くすることができ、基板WFの内部の欠陥検査における検査の精度を高くすることが可能になる。

[0095] 光学装置制御部80は、基板構成情報が入力されるインターフェース部81(入力部)と、インターフェース部81に入力された基板構成情報を記憶する記憶部85とを備えてもよい。また、光学装置制御部80は、記憶部85に記憶された基板構成情報を用いてステージ移動部12に出力する制御信号を演算する演算部88を備えてもよい。これにより、ステージ移動部12に出力する制御信号を演算するのに用いられる基板構成情報を、検査用光学装置10の外部から入力することができる。

[0096] 対物光学系15から基板WFに向けて照射される第1照射光Laは、1ピコ秒未満のパルス幅を有するパルス光であってもよい。このような第1照射光Laにより、基板WFの内部で多光子励起を生じさせてもよい。第1受光部40は、基板WFの内部で多光子励起によって生じる光を受光してもよい。これにより、基板WFの内部で生じる光の位置精度を高くことができ、基板WFの内部の欠陥検査における検査の精度を高くすることが可能になる。

[0097] また、検査用光学装置10で生成された基板WFの内部の画像データに基づいて、基板WFの内部における欠陥の有無を判定する判定部96が情報処理装置90に設けられてもよい。上述したように、第1照射光Laの集光位置の位置精度を高くすることで、基板WFの内部の欠陥検査における検査の

精度を高くすることが可能になる。なお、判定部 96 は、検査用光学装置 10 の光学装置制御部 80 に設けられてもよい。

[0098] 上述の第 1 実施形態において、光学装置制御部 80 は、対物光学系 15 の光軸方向における第 1 照射光 L a の集光位置が基板 W F の内部に位置する場合に、基板 W F に向けて第 1 照射光 L a を照射するように第 1 光源ユニット 20（第 1 光源 21）を制御してもよい。また、光学装置制御部 80 は、対物光学系 15 の光軸方向における第 1 照射光 L a の集光位置が基板 W F の内部に位置しない場合に、基板 W F に向けた第 1 照射光 L a の照射を規制するように第 1 光源ユニット 20（第 1 光源 21）を制御してもよい。これにより、対物光学系 15 から照射される第 1 照射光 L a が基板 W F の表面に集光されることを防止することができる。そのため、基板 W F の表面部分が昇華もしくは蒸発する事象（アブレーションとも称される）を抑制することができる。

[0099] 上述の第 1 実施形態において、第 1 照射光 L a の集光位置の設定情報は、基板 W F の内部において対物光学系 15 の光軸方向の位置（Z 位置）が異なる複数の位置を含むものであってもよい。例えば、第 1 照射光 L a の集光位置が、基板 W F における第 2 層 L Y 2 の内部と、基板 W F における第 3 層 L Y 3 の内部に設定されてもよい。この場合、予め設定された複数の第 1 照射光 L a の集光位置について、演算部 88 がオフセット量 L を求め、光学装置制御部 80 は、演算部 88 で求めたオフセット量 L が得られる制御信号を、表面検出ユニット 55 のレンズ移動部 69 に出力してもよい。予め設定された複数の第 1 照射光 L a の集光位置について、光学装置制御部 80 がオートフォーカス制御を行うことにより、対物光学系 15 から照射される第 1 照射光 L a の集光位置を、基板 W F の内部に設定された複数の第 1 照射光 L a の集光位置にそれぞれ合わせることができる。そして、予め設定された複数の第 1 照射光 L a の集光位置について、第 1 照射光学系 30 が第 1 照射光 L a を照射し、第 1 受光部 40 が基板 W F の内部で生じる光（検出光 L d）を受光して第 1 受光信号を出力し、画像処理部 87 が、第 1 受光部 40 からの第

1 受光信号に基づいて、基板WFの内部において対物光学系15の光軸方向の位置（Z位置）が異なる複数の断面の画像データを生成してもよい。これにより、基板WFの内部において対物光学系15の光軸方向の位置（Z位置）が異なる複数の断面の画像、すなわち基板WFの内部のZスタック画像を取得することができる。

[0100] [第2実施形態]

次に、第2実施形態に係る欠陥検査装置について説明する。第2実施形態に係る欠陥検査装置は、表面検出用偏向部をさらに備える他は、第1実施形態に係る欠陥検査装置1と要部が共通の構成である。そのため、第1実施形態と同様の構成については、第1実施形態と同一の符号を付して詳細な説明を省略する。第2実施形態に係る欠陥検査装置では、図10に示すように、第2ダイクロイックミラー35と表面検出ユニット55との間に、表面検出用偏向部150が設けられる。

[0101] 表面検出用偏向部150は、表面検出用偏向ミラー151と、表面検出用第1リレーレンズ155と、表面検出用第2リレーレンズ156とを備える。表面検出用偏向ミラー151は、ガルバノミラーや、MEMSミラー、レゾナントミラー（共振型ミラー）等を用いて構成される。表面検出用偏向ミラー151は、対物光学系15の瞳面Ppの共役面となる位置、または対物光学系15の瞳面Ppの共役面となる位置の近傍に配置される。表面検出用偏向ミラー151は、表面検出ユニット55のバンドパスフィルタ68を通った第2照射光Lbを表面検出用第1リレーレンズ155に向けて反射させる。表面検出用偏向ミラー151は、1軸の回転軸周りに回転可能であってもよく、2軸の回転軸周りに回転可能であってもよい。例えば、表面検出用偏向ミラー151が所定の回転方向に回転移動することにより、第2照射光Lbの進行方向が変わって、基板WFの表面における第2照射光Lbの照射位置がX方向に移動する。

[0102] 表面検出用第1リレーレンズ155は、表面検出用偏向ミラー151で反射した第2照射光Lbを集光する。表面検出用第2リレーレンズ156は、

表面検出用第1リレーレンズ155からの第2照射光Lbを第2ダイクロイックミラー35に導く。また、表面検出用第2リレーレンズ156は、対物光学系15（第2ダイクロイックミラー35）からの反射光Leを集光する。表面検出用第1リレーレンズ155は、表面検出用第2リレーレンズ156からの反射光Leを表面検出用偏向ミラー151に導く。なお、表面検出用第1リレーレンズ155および表面検出用第2リレーレンズ156は、1枚のレンズに限らず、複数枚のレンズを用いて構成されてもよい。

[0103] 第2実施形態に係る欠陥検査装置において、表面検出ユニット55の第2光源60から射出された第2照射光Lbは、第1実施形態と同様に、第2照射光学系61を介して表面検出用偏向部150の表面検出用偏向ミラー151に入射する。表面検出用偏向ミラー151で反射した第2照射光Lbは、表面検出用第1リレーレンズ155により集光される。表面検出用第1リレーレンズ155により集光された第2照射光Lbは、表面検出用第2リレーレンズ156を透過して第2ダイクロイックミラー35で反射する。第2ダイクロイックミラー35で反射した第2照射光Lbは、対物光学系15により基板WFに向けて照射されて集光される。

[0104] 対物光学系15から基板WFに向けて照射される第2照射光Lbは、基板WFの表面で反射し、再び対物光学系15に入射する。対物光学系15に入射した基板WFの表面からの反射光Le（第2照射光Lb）は、対物光学系15を透過して第2ダイクロイックミラー35で反射する。第2ダイクロイックミラー35で反射した反射光Leは、表面検出用偏向部150の表面検出用第2リレーレンズ156により集光される。表面検出用第2リレーレンズ156により集光された反射光Leは、表面検出用第1リレーレンズ155を透過して表面検出用偏向ミラー151で反射する。表面検出用偏向ミラー151で反射した反射光Leは、表面検出ユニット55に入射する。表面検出ユニット55に入射した反射光Leは、第1実施形態と同様に、第2受光光学系71を介して第2検出器78の検出面79に集光される。第2検出器78は、検出面79に形成されたスリット開口63aの像を受光して光電

変換を行い、第2受光信号を出力する。

[0105] 基板WFの検査を行う際、第1実施形態と同様に、第1照射光L aの集光位置の設定情報と基板構成情報は、光学装置制御部80の記憶部85に記憶される。光学装置制御部80は、第1照射光L aが基板WFの内部の集光位置で集光されるように、表面検出ユニット55のレンズ移動部69を制御する。このとき、光学装置制御部80は、表面検出用偏向部150の表面検出用偏向ミラー151に制御信号を出力して、図10に示す第1回転位置に回転移動するように表面検出用偏向ミラー151を制御する。

[0106] 表面検出用偏向ミラー151が第1回転位置に回転移動する場合、対物光学系15から照射される第2照射光L bのスリット開口63 aの像が対物光学系15の光軸AX上で結像する。これにより、レンズ移動部69により焦点位置調節レンズ67の凹レンズ67 bが所定の近接位置に移動すると、第1実施形態と同様に、対物光学系15から照射される第2照射光L bのスリット開口63 aの像の結像位置は、対物光学系15の焦点位置と一致する。従って、表面検出用偏向ミラー151が第1回転位置に回転移動する場合、第1実施形態と同様にして光学装置制御部80がオートフォーカス制御を行うことにより、対物光学系15から照射される第1照射光L aの集光位置を、基板WFにおける複数の層のうちいずれかの層の内部に設定された第1照射光L aの集光位置に合わせることができる。

[0107] [基板WFにおける第2層LY2の検査の例]

図10に示すように、第1照射光L aの集光位置が基板WFにおける第2層LY2の内部に設定される場合、第1実施形態と同様にして光学装置制御部80がオートフォーカス制御を行うことにより、対物光学系15から照射される第1照射光L aの集光位置を、基板WFにおける第2層LY2の内部に設定された第1照射光L aの集光位置に合わせることができる。

[0108] 第1実施形態と同様に、光学装置制御部80は、対物光学系15の光軸方向（Z方向）における第1照射光L aの集光位置が基板WFの内部に位置する場合に、基板WFに向けて第1照射光L aを照射するように第1光源ユニ

ット20（第1光源21）を制御する。一方、光学装置制御部80は、第1照射光Laの集光位置が基板WFの内部に位置しない場合に、基板WFに向けた第1照射光Laの照射を規制するように第1光源ユニット20（第1光源21）を制御する。

[0109] 光学装置制御部80の制御によって第1光源21から発せられたレーザ光は、光源用レンズ22により整形されて平行光となり、第1照射光Laとして第1光源ユニット20から射出される。第1光源ユニット20から射出された第1照射光Laは、第1実施形態と同様に、第1照射光学系30および対物光学系15により基板WFに向けて照射され、基板WFにおける第2層LY2の内部に設定された集光位置に集光される。

[0110] 第1照射光Laによる多光子励起によって、基板WFにおける第2層LY2の内部（照射領域25）で生じる検出光Ldは、対物光学系15に入射する。対物光学系15に入射した基板WFからの検出光Ldは、第1実施形態と同様に、第1受光光学系41により像面Imp（第1検出器51の検出面52）に集光され、基板WFにおける第2層LY2の内部の照射領域25の像49を結像する。第1検出器51は、複数個の検出画素53により照射領域25の像49を受光して光電変換を行い、第1受光信号を出力する。

[0111] 画像処理部87は、第1実施形態と同様に、データ取得部86により取得された、第1検出器51の複数個の検出画素53から出力される第1受光信号に基づいて、基板WFの第2層LY2におけるXY方向（基板WFの板厚方向と垂直な方向）の断面の画像データを生成する。画像処理部87で生成された基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データは、インターフェース部81から情報処理装置90に送信される。情報処理装置90の判定部96は、第1実施形態と同様に、基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データに基づいて、基板WFの第2層LY2における欠陥の有無を判定する。

[0112] 第1照射光Laを基板WFに照射する際、第1照射光学系30の偏向部32は、第1光源ユニット20からの第1照射光Laで基板WFにおける第1

観察領域SC1の内部（第2層LY2）を走査する。基板WFの第1観察領域SC1に第1照射光Laが照射される第1期間において、光学装置制御部80は、表面検出用偏向部150の表面検出用偏向ミラー151に制御信号を出力して、図11に示す第2回転位置に回転移動するように表面検出用偏向ミラー151を制御する。表面検出用偏向ミラー151が第2回転位置に回転移動すると、対物光学系15から照射される第2照射光Lbのスリット開口63aの像の結像位置が、第1観察領域SC1と異なる第2観察領域SC2に向けて対物光学系15の光軸方向と垂直な方向（例えば、X方向）にシフトする。

[0113] 第2観察領域SC2は、基板WFにおける第1観察領域SC1に隣接する領域であってもよく、基板WFにおける第1観察領域SC1の一部と重なる領域であってもよい。また、第2観察領域SC2は、基板WFにおける第1観察領域SC1から離れた領域であってもよい。

[0114] なお、図10に示すように、表面検出用偏向部150の表面検出用偏向ミラー151が第1回転位置に回転移動する場合、対物光学系15から基板WFに向けて照射される第2照射光Lbは、基板WFの第1観察領域SC1の表面で反射し、再び対物光学系15に入射する。対物光学系15に入射した第1観察領域SC1の表面からの反射光Leは、前述したように、第2ダイクロイックミラー35および表面検出用偏向部150を介して表面検出ユニット55に入射する。表面検出ユニット55に入射した、第1観察領域SC1の表面からの反射光Leは、前述したように、第2受光光学系71を介して第2検出器78の検出面79に集光される。第2検出器78は、検出面79に形成されたスリット開口63aの像を受光して光電変換を行い、第1観察領域SC1の表面からの反射光Leの第2受光信号を出力する。

[0115] 前述の第1期間において、図11に示すように、表面検出用偏向部150の表面検出用偏向ミラー151が第2回転位置に回転移動する場合、対物光学系15から基板WFに向けて照射される第2照射光Lbは、基板WFの第2観察領域SC2の表面で反射し、再び対物光学系15に入射する。対物光

学系 15 に入射した第 2 観察領域 SC2 の表面からの反射光 Le も、前述したように、第 2 ダイクロイックミラー 35 および表面検出用偏向部 150 を介して表面検出ユニット 55 に入射する。表面検出ユニット 55 に入射した、第 2 観察領域 SC2 の表面からの反射光 Le は、前述したように、第 2 受光光学系 71 を介して第 2 検出器 78 の検出面 79 に集光される。第 2 検出器 78 は、検出面 79 に形成されたスリット開口 63a の像を受光して光電変換を行い、第 2 観察領域 SC2 の表面からの反射光 Le の第 2 受光信号を出力する。

[0116] 第 1 期間において第 2 検出器 78 から出力される第 2 受光信号は、データ取得部 86 により取得される。演算部 88 は、データ取得部 86 により取得された第 2 受光信号に基づいて、基板 WF の第 2 観察領域 SC2 に第 1 照射光 La が照射される第 2 期間におけるオートフォーカス制御用の制御信号を求める。第 1 照射光学系 30 の偏向部 32 により、基板 WF における第 1 観察領域 SC1 の内部（第 2 層 LY2）を走査した後、光学装置制御部 80 は、ステージ 11 を X 方向または Y 方向に移動させる制御信号および、演算部 88 で求めたオートフォーカス制御用の制御信号をステージ移動部 12 に出力する。これにより、光学装置制御部 80 は、対物光学系 15 が基板 WF の第 2 観察領域 SC2 と対向するようにステージ 11 を X 方向または Y 方向に移動させるとともに、第 1 期間において第 2 検出器 78 から出力された第 2 受光信号に応じてステージ 11 を Z 方向に移動させるようにステージ移動部 12 を制御する。このように、演算部 88 が、第 1 期間において第 2 検出器 78 から出力される第 2 受光信号に基づいて、第 2 期間におけるオートフォーカス制御用の制御信号を求めることで、基板 WF の第 1 観察領域 SC1 に第 1 照射光 La が照射される第 1 期間と、基板 WF の第 2 観察領域 SC2 に第 1 照射光 La が照射される第 2 期間との時間間隔を短くすることができ、基板 WF の検査時間を短くすることができる。

[0117] また、基板 WF の第 2 観察領域 SC2 に第 1 照射光 La が照射される第 2 期間において、表面検出用偏向部 150 の表面検出用偏向ミラー 151 が第

2回転位置に回転移動すると、対物光学系15から照射される第2照射光Lbのスリット開口63aの像の結像位置が、第2観察領域SC2と異なる第3観察領域（図示せず）に向けて対物光学系15の光軸方向と垂直な方向（例えば、X方向）にシフトする。第3観察領域と第2観察領域SC2との位置関係は、第2観察領域SC2と第1観察領域SC1との位置関係と同じである。従って、光学装置制御部80は、基板WFにおける第2観察領域SC2の後に第3観察領域の内部を走査する場合や、第3観察領域の後に第4観察領域（図示せず）の内部を走査する場合にも、第1観察領域SC1の後に第2観察領域SC2の内部を走査する場合と同様に、ステージ移動部12を制御することが可能である。

[0118] [基板WFにおける第3層LY3の検査の例]

第1照射光Laの集光位置が基板WFにおける第3層LY3の内部に設定される場合、基板WFにおける第2層LY2の検査の例と同様に、対物光学系15から照射される第1照射光Laの集光位置を、基板WFにおける第3層LY3の内部に設定された第1照射光Laの集光位置に合わせることができる。そのため、基板WFにおける第3層LY3の検査の例については、詳細な説明を省略する。

[0119] [第2実施形態の特徴構成]

第2実施形態においては、表面検出ユニット55と表面検出用偏向部150とが、基板WFの表面の位置を検出する基板表面位置検出部を構成する。基板WFの第1観察領域SC1に第1照射光Laが照射される第1期間に、第2照射光学系61が基板WFの第2観察領域SC2の表面に対物光学系15を介して第2照射光Lbを照射し、且つ第2受光部70の第2検出器78が第2観察領域SC2の表面で反射した第2照射光Lbを受光して、第2観察領域SC2の表面の位置に応じた第2受光信号を出力する。そして、光学装置制御部80の演算部88は、第2観察領域SC2の表面の位置に応じた第2受光信号に基づいて、第2観察領域SC2に第1照射光Laが照射される第2期間での、オートフォーカス制御用の制御信号、言い換えると、対物

光学系 15 の光軸方向における第 1 照射光 L a の集光位置と基板 W F の位置との位置関係を制御する制御信号を、ステージ移動部 12 に出力する。このようにすれば、第 1 実施形態と同様に、第 1 照射光 L a の集光位置の位置精度を高くすることができ、基板 W F の内部の欠陥検査における検査の精度を高くすることが可能になる。また、演算部 88 が、第 1 期間において第 2 検出器 78 から出力される第 2 受光信号に基づいて、第 2 期間におけるオートフォーカス制御用の制御信号を求めることで、基板 W F の第 1 観察領域 S C 1 に第 1 照射光 L a が照射される第 1 期間と、基板 W F の第 2 観察領域 S C 2 に第 1 照射光 L a が照射される第 2 期間との時間間隔を短くすることができ、基板 W F の検査時間を短くすることができる。

[0120] 第 1 実施形態で述べたように、光学装置制御部 80 は、基板構成情報と、第 2 受光部 70 の第 2 検出器 78 から出力される第 2 受光信号と、第 1 照射光 L a の集光位置の設定情報とに基づいて、オートフォーカス制御用の制御信号をステージ移動部 12 に出力してもよい。これにより、第 1 照射光 L a の集光位置の設定情報を利用して、対物光学系 15 から照射される第 1 照射光 L a の集光位置を、基板 W F における複数の層のうちいずれかの層の内部に設定された第 1 照射光 L a の集光位置に合わせることができる。そのため、第 1 照射光 L a の集光位置の位置精度を高くことができ、基板 W F の内部の欠陥検査における検査の精度を高くすることが可能になる。

[0121] 基板構成情報は、基板 W F の板厚方向に積層された複数の層の情報を含んでもよい。例えば、基板構成情報は、基板 W F における複数の層の板厚方向における層厚および当該複数の層の屈折率に関する情報を含んでもよい。これにより、基板 W F における複数の層のうち、第 1 照射光 L a の集光位置と基板 W F の表面との間に位置する各層において発生する収差（インデックスミスマッチ収差）を補正することが可能になる。

[0122] 光学装置制御部 80 は、基板 W F における複数の層の板厚方向における層厚および当該複数の層の屈折率に関する情報を含む基板構成情報と、第 2 受光部 70 の第 2 検出器 78 から出力される第 2 受光信号と、第 1 照射光 L a

の集光位置の設定情報と、対物光学系 15 から基板 WF へ向かう第 1 照射光 L_a の開き角の情報とに基づいて、オートフォーカス制御用の制御信号をステージ移動部 12 に出力してもよい。これにより、対物光学系 15 から照射される第 1 照射光 L_a の集光位置を、前述のインデックスミスマッチ収差に応じて補正することで、基板 WF における複数の層のうちいずれかの層の内部に設定された第 1 照射光 L_a の集光位置に合わせることができる。そのため、第 1 照射光 L_a の集光位置の位置精度を高くすることができ、基板 WF の内部の欠陥検査における検査の精度を高くすることが可能になる。

[0123] 光学装置制御部 80 は、前述の式 (1) で表されるインデックスミスマッチ収差 $W_i(kp)$ を補正可能な制御信号をステージ移動部 12 に出力してもよい。光学装置制御部 80 は、前述の式 (2) で表される合計のインデックスミスマッチ収差 $W_M(kp)$ を補正可能な制御信号をステージ移動部 12 に出力してもよい。これにより、対物光学系 15 から照射される第 1 照射光 L_a の集光位置を、基板 WF における複数の層のうちいずれかの層の内部に設定された第 1 照射光 L_a の集光位置に合わせることができる。そのため、第 1 照射光 L_a の集光位置の位置精度を高くすることができ、基板 WF の内部の欠陥検査における検査の精度を高くすることが可能になる。

[0124] 光学装置制御部 80 は、基板構成情報が入力されるインターフェース部 81 (入力部) と、インターフェース部 81 に入力された基板構成情報を記憶する記憶部 85 とを備えてもよい。また、光学装置制御部 80 は、記憶部 85 に記憶された基板構成情報を用いてステージ移動部 12 に出力する制御信号を演算する演算部 88 を備えてもよい。これにより、ステージ移動部 12 に出力する制御信号を演算するのに用いられる基板構成情報を、検査用光学装置 10 の外部から入力することができる。

[0125] 対物光学系 15 から基板 WF に向けて照射される第 1 照射光 L_a は、1 ピコ秒未満のパルス幅を有するパルス光であってもよい。このような第 1 照射光 L_a により、基板 WF の内部で多光子励起を生じさせてもよい。第 1 受光部 40 は、基板 WF の内部で多光子励起によって生じる光を受光してもよい。

。これにより、基板WFの内部で生じる光の位置精度を高くすることができ、基板WFの内部の欠陥検査における検査の精度を高くすることが可能になる。

[0126] 検査用光学装置で生成された基板WFの内部の画像データに基づいて、基板WFの内部における欠陥の有無を判定する判定部96が情報処理装置90に設けられてもよい。上述したように、第1照射光Laの集光位置の位置精度を高くすることで、基板WFの内部の欠陥検査における検査の精度を高くすることが可能になる。なお、判定部96は、検査用光学装置の光学装置制御部80に設けられてもよい。

[0127] 光学装置制御部80は、対物光学系15の光軸方向における第1照射光Laの集光位置が基板WFの内部に位置する場合に、基板WFに向けて第1照射光Laを照射するように第1光源ユニット20（第1光源21）を制御してもよい。また、光学装置制御部80は、対物光学系15の光軸方向における第1照射光Laの集光位置が基板WFの内部に位置しない場合に、基板WFに向けた第1照射光Laの照射を規制するように第1光源ユニット20（第1光源21）を制御してもよい。これにより、対物光学系15から照射される第1照射光Laが基板WFの表面に集光されることを防止することができる。そのため、基板WFの表面部分が昇華もしくは蒸発する事象（アブレーションとも称される）を抑制することができる。

[0128] また、第1照射光Laの集光位置の設定情報は、基板WFの内部において対物光学系15の光軸方向の位置（Z位置）が異なる複数の位置を含むものであってもよい。例えば、第1照射光Laの集光位置が、基板WFにおける第2層LY2の内部と、基板WFにおける第3層LY3の内部に設定されてもよい。この場合、予め設定された複数の第1照射光Laの集光位置について、演算部88がオフセット量Lを求め、光学装置制御部80は、演算部88で求めたオフセット量Lが得られる制御信号を、表面検出ユニット55のレンズ移動部69に出力してもよい。予め設定された複数の第1照射光Laの集光位置について、光学装置制御部80がオートフォーカス制御を行うこ

とにより、対物光学系 15 から照射される第 1 照射光 L a の集光位置を、基板 WF の内部に設定された複数の第 1 照射光 L a の集光位置にそれぞれ合わせることができる。そして、予め設定された複数の第 1 照射光 L a の集光位置について、第 1 照射光学系 30 が第 1 照射光 L a を照射し、第 1 受光部 40 が基板 WF の内部で生じる光（検出光 L d）を受光して第 1 受光信号を出力し、画像処理部 87 が、第 1 受光部 40 からの第 1 受光信号に基づいて、基板 WF の内部において対物光学系 15 の光軸方向の位置（Z 位置）が異なる複数の断面の画像データを生成してもよい。これにより、基板 WF の内部において対物光学系 15 の光軸方向の位置（Z 位置）が異なる複数の断面の画像、すなわち基板 WF の内部の Z スタック画像を取得することができる。

[0129] [第 2 実施形態の変形例]

上述の第 2 実施形態において、図 12 に示すように、表面検出用偏向ミラー 151 に代えて、表面検出用偏向ユニット 161 が設けられるようにしてもよい。例えば、変形例に係る表面検出用偏向部 160 は、表面検出用偏向ユニット 161 と、表面検出用第 1 リレーレンズ 155 と、表面検出用第 2 リレーレンズ 156（図 12 において図示せず）とを備えてもよい。表面検出用偏向ユニット 161 は、対物光学系 15 の瞳面 P p の共役面となる位置、または対物光学系 15 の瞳面 P p の共役面となる位置の近傍に配置される。表面検出用偏向ユニット 161 は、ベース部 162 と、回折光学素子 163 と、反射ミラー 164 とを備える。

[0130] ベース部 162 は、回折光学素子 163 と反射ミラー 164 とを保持する。回折光学素子 163 は、例えば反射型の回折格子を用いて構成される。回折光学素子 163 には、表面検出ユニット 55 のバンドパスフィルタ 68 を通った第 2 照射光 L b が入射する。回折光学素子 163 からは、回折光学素子 163 において反射した第 2 照射光 L b と、回折部材において回折した回折光（例えば、+1 回折光）とが、表面検出用第 1 リレーレンズ 155 に向けて射出される。以降、回折光学素子 163 から射出される回折光を、回折による第 2 照射光 L b # と称する。反射ミラー 164 は、表面検出用第 1 リ

レーンズ 155 を透過した基板WF の表面からの光（基板WF の表面で反射した第2 照射光L b および回折による第2 照射光L b #）を、表面検出ユニット55 のバンドパスフィルタ68 に向けて反射させる。

[0131] 第2 実施形態の変形例において、表面検出ユニット55 の第2 光源60 から射出された第2 照射光L b は、第1 実施形態と同様に、第2 照射光学系61 を介して表面検出用偏向ユニット161 の回折光学素子163 に入射する。回折光学素子163 において反射した第2 照射光L b は、表面検出用第1 リレーンズ155 により集光される。表面検出用第1 リレーンズ155 により集光された第2 照射光L b は、表面検出用第2 リレーンズ156 を透過して第2 ダイクロイックミラー35 で反射する。第2 ダイクロイックミラー35 で反射した第2 照射光L b は、対物光学系15 により基板WF の第1 観察領域SC1 に向けて照射されて集光される。

[0132] また、回折光学素子163 から射出された回折による第2 照射光L b # は、表面検出用第1 リレーンズ155 により集光される。表面検出用第1 リレーンズ155 により集光された回折による第2 照射光L b # は、表面検出用第2 リレーンズ156 を透過して第2 ダイクロイックミラー35 で反射する。第2 ダイクロイックミラー35 で反射した回折による第2 照射光L b # は、対物光学系15 により基板WF の第2 観察領域SC2 に向けて照射されて集光される。このように、基板WF の表面には、第2 照射光L b と、回折による第2 照射光L b # とが照射される。

[0133] 基板WF の第1 観察領域SC1 の表面で反射した第2 照射光L b は、再び対物光学系15 に入射する。基板WF の第2 観察領域SC2 の表面で反射した回折による第2 照射光L b # も、再び対物光学系15 に入射する。対物光学系15 に入射した、基板WF の表面からの第2 照射光L b および回折による第2 照射光L b # は、第2 ダイクロイックミラー35 および表面検出用偏向部160 を介して表面検出ユニット55 に入射する。表面検出ユニット55 に入射した、基板WF の表面からの第2 照射光L b および回折による第2 照射光L b # は、第1 実施形態と同様に、第2 受光光学系71 を介して第2

検出器 7 8 の検出面 7 9 に集光される。

[0134] 第 2 検出器 7 8 の検出面 7 9 には、基板 W F の第 1 観察領域 S C 1 の表面で反射した第 2 照射光 L b のスリット開口 6 3 a の像と、基板 W F の第 2 観察領域 S C 2 の表面で反射した回折による第 2 照射光 L b # のスリット開口 6 3 a の像とが別々に形成される。第 2 検出器 7 8 は、第 2 照射光 L b のスリット開口 6 3 a の像と、回折による第 2 照射光 L b # のスリット開口 6 3 a の像とを受光して光電変換を行い、第 2 受光信号を出力する。

[0135] 上述したように、第 2 検出器 7 8 の検出面 7 9 には、基板 W F の第 1 観察領域 S C 1 の表面で反射した第 2 照射光 L b のスリット開口 6 3 a の像と、基板 W F の第 2 観察領域 S C 2 の表面で反射した回折による第 2 照射光 L b # のスリット開口 6 3 a の像とが別々に形成される。従って、演算部 8 8 は、第 2 検出器 7 8 から出力される第 2 受光信号に基づいて、対物光学系 1 5 の光軸方向における、第 1 観察領域 S C 1 の表面に対する第 2 照射光 L b のスリット開口 6 3 a の像の結像位置と、第 2 観察領域 S C 2 の表面に対する回折による第 2 照射光 L b # のスリット開口 6 3 a の像の結像位置とを求めることが可能である。また、演算部 8 8 は、第 2 検出器 7 8 から出力される第 2 受光信号に基づいて、対物光学系 1 5 の光軸方向または当該光軸方向と平行な方向における、第 1 観察領域 S C 1 の表面の位置と、第 2 観察領域 S C 2 の表面の位置とを求めることも可能である。

[0136] これにより、演算部 8 8 が、第 1 期間において第 2 検出器 7 8 から出力される第 2 受光信号に基づいて、対物光学系 1 5 の光軸方向と平行な方向における第 2 観察領域 S C 2 の表面の位置を求め、第 2 期間におけるオートフォーカス制御用の制御信号を求めることで、上述の第 2 実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0137] 上述の変形例において、回折光学素子 1 6 3 に代えて、ベース部 1 6 2 に反射部材と回折光学素子とが設けられるようにしてもよい。反射部材は、表面検出ユニット 5 5 のバンドパスフィルタ 6 8 を通った第 2 照射光 L b を表面検出用第 1 リレーレンズ 1 5 5 に向けて反射させる。回折光学素子は、反

射部材と表面検出用第1リレーレンズ155との間に配置され、反射部材で反射した第2照射光Lbが入射する。回折光学素子からは、回折部材を透過した第2照射光と、回折による第2照射光とが、表面検出用第1リレーレンズ155に向けて射出される。回折光学素子は、ニコルプリズムや、グラン・トムソンプリズム、ロションプリズム、ウォラストンプリズム等の複屈折性プリズムを用いて構成されてもよい。また、回折光学素子は、薄膜プレートや、回転ウェッジプリズム、透過型の回折格子を用いて構成されてもよい。

[0138] [第3実施形態]

次に、第3実施形態に係る欠陥検査装置について説明する。第3実施形態に係る欠陥検査装置は、表面検出ユニットの配置の他は、第1実施形態に係る欠陥検査装置1と要部が共通の構成である。そのため、第1実施形態と同様の構成については、第1実施形態と同一の符号を付して詳細な説明を省略する。図13に示すように、第3実施形態に係る欠陥検査装置201は、検査用光学装置210と、情報処理装置90とを主体に構成される。検査用光学装置210と情報処理装置90とは、ネットワークケーブルNWを介して互いにデータの送受信が可能に構成されている。検査用光学装置210は、基板WFが載置されるステージ11と、対物光学系15と、第1光源ユニット20と、第1照射光学系230と、第1受光部40と、表面検出ユニット255と、光学装置制御部280とを備える。

[0139] 第1照射光学系230は、第1光源ユニット20から射出された第1照射光Laを、対物光学系15を介して基板WFに向けて照射する。第1照射光学系230は、第1光源ユニット20側から順に、第1ダイクロイックミラー31と、第2ダイクロイックミラー235と、偏向部32と、第1リレーレンズ33と、第2リレーレンズ34とを備える。第1ダイクロイックミラー31、偏向部32、第1リレーレンズ33、および第2リレーレンズ34は、第1実施形態の第1ダイクロイックミラー31、偏向部32、第1リレーレンズ33、および第2リレーレンズ34と同様の構成であり、詳細な説

明を省略する。

[0140] 第2ダイクロイックミラー235は、例えば、緑色光の波長域の光が反射し、緑色光よりも長い波長域の光および緑色光よりも短い波長域の光が透過する特性を有する。第2ダイクロイックミラー235は、上述の波長特性に限られるものではなく、表面検出ユニット255からの第2照射光Lb（および後述の反射光Le）が反射し、第1ダイクロイックミラー31からの第1照射光Laおよび偏向部32からの検出光Ldが透過する特性を有していればよい。

[0141] なお、第3実施形態の偏向部32は、X方向とY方向の2方向において、表面検出ユニット255からの第2照射光Lbで基板WFの表面を走査することが可能である。従って、偏向部32は、X方向偏向ミラー32aおよびY方向偏向ミラー32bを揺動、或いは回転させることにより、基板WFにおける第2照射光Lbの照射領域をX方向とY方向の2方向（XY方向）に移動させ、基板WFの表面を2次元的に走査することができる。また、第3実施形態における第1受光部40の第1受光光学系41は、第1照射光学系230の第2リレーレンズ34と、第1リレーレンズ33と、偏向部32と、第2ダイクロイックミラー235と、第1ダイクロイックミラー31とを含む。

[0142] 表面検出ユニット255は、図14に示すように、第2光源60と、第2照射光学系61と、第2受光部70とを備える。さらに、表面検出ユニット255は、第1照射光学系230の第2ダイクロイックミラー235を含む。第2光源60、第2照射光学系61、および第2受光部70は、第1実施形態の第2光源60、第2照射光学系61、および第2受光部70と同様の構成であり、詳細な説明を省略する。なお、第3実施形態の第2照射光学系61は、第2光源60から射出された第2照射光Lbを、偏向部32、第1リレーレンズ33、第2リレーレンズ34、および対物光学系15を介して基板WFの表面に向けて照射する。第3実施形態における第2受光部70の第2受光光学系71は、第2照射光Lbが照射された基板WFの表面からの

反射光 L_e を、対物光学系15、第2リレーレンズ34、第1リレーレンズ33、および偏向部32を介して受光し、第2検出器78に集光する。

[0143] 光学装置制御部280は、第1実施形態の光学装置制御部80と同様に、インターフェース部281と、記憶部285と、データ取得部286と、画像処理部287と、演算部288とを備える。光学装置制御部280は、記憶部285に記憶された制御プログラムに基づいて、ステージ移動部12、第1光源ユニット20（第1光源21）、偏向部32、変倍光学系45の電気モータ（図示せず）、表面検出ユニット255（第2光源60、レンズ移動部69）等の作動を制御する。インターフェース部281、記憶部285、データ取得部286、および画像処理部287は、第1実施形態のインターフェース部81、記憶部85、データ取得部86、および画像処理部87と同様の構成であり、詳細な説明を省略する。

[0144] 演算部288は、データ取得部286により取得された、第2検出器78から出力される第2受光信号に基づいて、対物光学系15の光軸方向または当該光軸方向と平行な方向における、基板WFの表面の位置（Z位置）を求める。また、演算部288は、第1実施形態と同様に、第2検出器78から出力される第2受光信号に基づいて、基板WFの表面に対するスリット開口63aの像の結像位置（第2照射光 L_b の集光位置）を求め、オートフォーカス制御においてステージ移動部12に出力する制御信号を求めてもよい。

[0145] 第3実施形態に係る欠陥検査装置201において、基板WFの検査を行う際、検査用光学装置210のインターフェース部281に、情報処理装置90のインターフェース部91から送信された第1照射光 L_a の集光位置の設定情報と基板構成情報が入力される。入力された第1照射光 L_a の集光位置の設定情報と基板構成情報は、光学装置制御部280の記憶部285に記憶される。光学装置制御部280は、ステージ移動部12に制御信号を出力し、ステージ移動部12により、対物光学系15の光軸方向におけるステージ11の位置を、第1照射光 L_a が基板WFの内部の集光位置で集光される検査位置へ移動させる。

- [0146] 対物光学系 15 の光軸方向におけるステージ 11 の検査位置は、例えば図 15 に示すように、第 1 照射光 L a が基板 W F における第 2 層 L Y 2 の内部の集光位置で集光される位置であってもよい。また、対物光学系 15 の光軸方向におけるステージ 11 の検査位置は、第 1 照射光 L a が基板 W F における第 3 層 L Y 3 の内部の集光位置で集光される位置であってもよい。以降の説明では、一例として、第 1 照射光 L a が基板 W F における第 2 層 L Y 2 の内部の集光位置で集光される場合について述べる。
- [0147] なお、光学装置制御部 280 は、オートフォーカス制御用の制御信号をステージ移動部 12 に出力し、ステージ移動部 12 により、対物光学系 15 の光軸方向におけるステージ 11 の位置を検査位置へ移動させてもよい。この場合、光学装置制御部 280 の演算部 288 は、第 1 実施形態と同様に、第 2 検出器 78 から出力される第 2 受光信号に基づいて、オートフォーカス制御用の制御信号を求めてもよい。
- [0148] 対物光学系 15 の光軸方向におけるステージ 11 の位置が上述の検査位置に位置する状態で、光学装置制御部 280 の演算部 288 は、対物光学系 15 の光軸方向または当該光軸方向と平行な方向における、基板 W F の表面の位置（Z 位置）を求める。このとき、表面検出ユニット 255 の第 2 光源 60 から射出された第 2 照射光 L b は、第 1 実施形態と同様に、第 2 照射光学系 61 を介して第 2 ダイクロイックミラー 235 に入射する。第 2 ダイクロイックミラー 235 で反射した第 2 照射光 L b は、偏向部 32 に入射する。偏向部 32 に入射した第 2 照射光 L b は、X 方向偏向ミラー 32 a と Y 方向偏向ミラー 32 b とにおいてこの順で反射し、第 1 リレーレンズ 33 により集光される。第 1 リレーレンズ 33 により集光された第 2 照射光 L b は、第 2 リレーレンズ 34 を透過する。第 2 リレーレンズ 34 を透過した第 2 照射光 L b は、対物光学系 15 により基板 W F に向けて照射されて集光される。
- [0149] 第 2 照射光 L b を基板 W F に照射する際、偏向部 32 は、表面検出ユニット 255 からの第 2 照射光 L b で基板 W F の表面を走査する。偏向部 32 により、表面検出ユニット 255 からの第 2 照射光 L b で走査する領域は、第

1 光源ユニット 20 からの第 1 照射光 L_a で走査する領域（観察領域）と同じ領域に設定されてもよい。光学装置制御部 280 は、ステージ移動部 12 に制御信号を出力して、対物光学系 15 の光軸方向におけるステージ 11 の位置が上述の検査位置に位置する状態のまま、ステージ 11 を X 方向および Y 方向に移動させることで、基板 WF の全体に亘り第 2 照射光 L_b を照射することができる。

[0150] 対物光学系 15 から基板 WF に向けて照射される第 2 照射光 L_b は、基板 WF の表面で反射し、再び対物光学系 15 に入射する。対物光学系 15 に入射した基板 WF の表面からの反射光 L_e （第 2 照射光 L_b ）は、対物光学系 15 を透過して第 2 リレーレンズ 34 により集光される。第 2 リレーレンズ 34 により集光された反射光 L_e は、第 1 リレーレンズ 33 を透過し、偏向部 32 に入射する。偏向部 32 に入射した反射光 L_e は、Y 方向偏向ミラー 32b と X 方向偏向ミラー 32a とにおいてこの順で反射し、第 2 ダイクロイックミラー 235 で反射する。第 2 ダイクロイックミラー 235 で反射した反射光 L_e は、第 1 実施形態と同様に、表面検出ユニット 255 の第 2 受光光学系 71 を介して第 2 検出器 78 の検出面 79 に集光される。第 2 検出器 78 は、検出面 79 に形成されたスリット開口 63a の像を受光して光電変換を行い、第 2 受光信号を出力する。

[0151] 第 2 検出器 78 から出力される第 2 受光信号は、データ取得部 286 により取得される。演算部 288 は、データ取得部 286 により取得された第 2 受光信号に基づいて、対物光学系 15 の光軸方向または当該光軸方向と平行な方向における、基板 WF の表面の位置（Z 位置）を求める。演算部 288 により求めた基板 WF の表面の位置（Z 位置）に関する位置情報は、記憶部 285 に記憶される。

[0152] 次に、光学装置制御部 280 は、対物光学系 15 の光軸方向におけるステージ 11 の位置が上述の検査位置に位置する状態で、基板 WF に向けて第 1 照射光 L_a を照射するように第 1 光源ユニット 20（第 1 光源 21）を制御する。光学装置制御部 280 の制御によって第 1 光源 21 から発せられたレ

ーザ光は、光源用レンズ22により整形されて平行光となり、第1照射光Laとして第1光源ユニット20から射出される。第1光源ユニット20から射出された第1照射光Laは、第1照射光学系230の第1ダイクロイックミラー31および第2ダイクロイックミラー235を透過し、偏向部32に入射する。偏向部32に入射した第1照射光Laは、X方向偏向ミラー32aとY方向偏向ミラー32bとにおいてこの順で反射し、第1リレーレンズ33に入射する。第1リレーレンズ33を透過した第1照射光Laは、第1中間像面Im1に集光されて第2リレーレンズ34に入射する。第2リレーレンズ34を透過した第1照射光Laは、対物光学系15により基板WFに向けて照射され、基板WFにおける第2層LY2の内部に設定された集光位置に集光される。

[0153] 第1照射光Laを基板WFに照射する際、第1照射光学系230の偏向部32は、第1光源ユニット20からの第1照射光Laで基板WFにおける第2層LY2の内部を走査する。偏向部32により、対物光学系15と対向する基板WFの観察領域において第2層LY2の内部を走査した後、光学装置制御部280は、ステージ11をX方向またはY方向に移動させる制御信号をステージ移動部12に出力する。対物光学系15の光軸方向におけるステージ11の位置が上述の検査位置に位置する状態のまま、ステージ移動部12によりステージ11をX方向またはY方向に移動させることで、対物光学系15と対向する基板WFの観察領域を、X方向またはY方向に変位させる。

[0154] 第1照射光Laによる多光子励起によって、基板WFにおける第2層LY2の内部（照射領域25）で生じる検出光Ldは、対物光学系15に入射する。対物光学系15に入射した基板WFからの検出光Ldは、対物光学系15を透過して平行光となり、第2リレーレンズ34に入射する。第2リレーレンズ34を透過した検出光Ldは、第1中間像面Im1に集光されて第1リレーレンズ33に入射する。第1リレーレンズ33を透過した検出光Ldは、平行光となり偏向部32に入射する。偏向部32に入射した検出光Ld

は、Y方向偏向ミラー32bとX方向偏向ミラー32aとにおいてこの順で反射し、第2ダイクロイックミラー235を透過する。第2ダイクロイックミラー235を透過した検出光Ldは、第1ダイクロイックミラー31で反射する。

[0155] 第1ダイクロイックミラー31で反射した検出光Ldは、第1受光光学系41のバリアフィルタ42を通り、集光レンズ43に入射する。集光レンズ43を透過した検出光Ldは、第2中間像面lm2に集光されて変倍光学系45に入射する。変倍光学系45を透過した検出光Ldは、像面lmp（第1検出器51の検出面52）に集光され、基板WFにおける第2層LY2の内部の照射領域25の像49を結像する。第1検出器51は、複数の検出画素53により照射領域25の像49を受光して光電変換を行い、第1受光信号を出力する。

[0156] 第1検出器51から出力される第1受光信号は、データ取得部286により取得される。画像処理部287は、データ取得部286により取得された、第1検出器51の複数の検出画素53から出力される第1受光信号に基づいて、基板WFの第2層LY2におけるXY方向（基板WFの板厚方向と垂直な方向）の断面の画像データを生成する。このとき、画像処理部287は、記憶部285に記憶された基板WFの表面の位置（Z位置）に関する位置情報を利用して、基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の基板WFの表面からの深さ位置（Z位置）を補正する。これにより、基板WFに湾曲もしくは傾斜が生じていたとしても、基板WFの表面の位置（Z位置）に関する位置情報を利用して画像データを補正することにより、基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データを精度よく生成することができる。画像処理部287で生成された基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データは、インターフェース部281から情報処理装置90に送信される。

[0157] 情報処理装置90のインターフェース部91に、検査用光学装置210（光学装置制御部280）のインターフェース部281から送信された、基板

WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データが入力される。インターフェース部91に入力された基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データは、記憶部95に記憶される。判定部96は、記憶部95に記憶された基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データに基づいて、基板WFの内部における欠陥の有無を判定する。判定部96による基板WFの第2層LY2における欠陥の有無の判定結果は、記憶部95に記憶される。

[0158] [第3実施形態の特徴構成]

第3実施形態によれば、画像処理部287は、対物光学系15の光軸方向または当該光軸方向と平行な方向における、基板WFの表面の位置（Z位置）に関する位置情報と、第1検出器51からの第1受光信号とに基づいて、基板WFの内部におけるXY方向の断面の画像データを生成する。これにより、基板WFに湾曲もしくは傾斜が生じていたとしても、基板WFの表面の位置（Z位置）に関する位置情報を利用して画像データを補正することにより、基板WFの内部におけるXY方向の断面の画像データを精度よく生成することができる。そのため、基板WFの内部の欠陥検査における検査の精度を高くすることが可能になる。

[0159] また、第1照射光学系230は、第1照射光Laの進行方向を変化させて第1照射光Laの集光位置を対物光学系15の光軸AXと垂直な方向に変える偏向部32を有し、偏向部32は、第2照射光学系61が第2照射光Lbを照射するときに、第2照射光Lbの進行方向を変化させて第2照射光Lbの照射領域を対物光学系15の光軸AXと垂直な方向に変えることが可能である。このように、偏向部32を共用化することにより、第2照射光学系61（表面検出ユニット255）の構成を簡略化することができる。

[0160] また、検査用光学装置210で生成された基板WFの内部の画像データに基づいて、基板WFの内部における欠陥の有無を判定する判定部96が情報処理装置90に設けられてもよい。上述したように、基板WFの内部の画像データを精度よく生成することができるため、基板WFの内部の欠陥検査に

おける検査の精度を高くすることが可能になる。なお、判定部 96 は、検査用光学装置 210 の光学装置制御部 280 に設けられてもよい。

[0161] 上述の第3実施形態において、第1照射光 L a の集光位置の設定情報は、基板 W F の内部において対物光学系 15 の光軸方向の位置（Z 位置）が異なる複数の位置を含むものであってもよい。例えば、第1照射光 L a の集光位置が、基板 W F における第2層 L Y 2 の内部と、基板 W F における第3層 L Y 3 の内部に設定されてもよい。この場合、予め設定された複数の第1照射光 L a の集光位置について、第1照射光学系 230 が第1照射光 L a を照射し、第1受光部 40 が基板 W F の内部で生じる光（検出光 L d）を受光して第1受光信号を出力し、画像処理部 287 が、第1受光部 40 からの第1受光信号と、記憶部 285 に記憶された基板 W F の表面の位置（Z 位置）に関する位置情報とに基づいて、基板 W F の内部において対物光学系 15 の光軸方向の位置（Z 位置）が異なる複数の断面の画像データを生成してもよい。これにより、基板 W F の内部において対物光学系 15 の光軸方向の位置（Z 位置）が異なる複数の断面の画像、すなわち基板 W F の内部の Z スタック画像を取得することができる。

[0162] 上述の第3実施形態において、対物光学系 15 の光軸方向または当該光軸方向と平行な方向における、基板 W F の表面の位置（Z 位置）に関する位置情報は、基板 W F の表面の凹凸に関する情報、すなわち基板 W F のトポグラフィに関する情報であるともいえる。以降、基板 W F のトポグラフィに関する情報を、基板トポグラフィ情報と称する。基板トポグラフィ情報は、表面検出ユニット 255 を用いて検出可能な基板 W F の表面の位置（Z 位置）に関する位置情報に限られるものではなく、例えばフィゾー干渉計等の表面形状測定装置を用いて測定可能な基板 W F の表面形状（基板 W F の表面の凹凸形状）に関する情報であってもよい。このように、光学装置制御部 280 は、予め表面形状測定装置を用いて測定された基板 W F の表面形状に関する情報と、第1検出器 51 からの第1受光信号とに基づいて、基板 W F の内部における X Y 方向の断面の画像データを生成してもよい。

[0163] 上述の第3実施形態において、画像処理部287は、デコンボリューションの手法を用いて、第1検出器51からの第1受光信号に基づいて生成される基板WFの内部の画像の再構築を行うようにしてもよい。この場合、画像処理部287は、前述のインデックスミスマッチ収差による第1受光信号の信号減衰を考慮したデコンボリューションを行うようにしてもよい。画像処理部287は、記憶部285に記憶された基板構成情報（例えば、基板WFにおける複数の層の板厚方向における層厚および当該複数の層の屈折率に関する情報）を利用して、インデックスミスマッチ収差を考慮した実効的なPSF（点像分布関数）を求め、より適切なデコンボリューションを行うことで、分解能が向上した基板WFの内部の画像データを生成することが可能になる。なお、デコンボリューションの手法については、例えば、文献「Awoke Negash 他, Numerical approach for reducing out-of-focus light in bright-field fluorescence microscopy and superresolution speckle microscopy, Vol.36, No.12/ December 2019/ Journal of the Optical Society of America A, 2025」や、文献「CLEMENS ROIDER 他, Deconvolution approach for 3D scanning microscopy with helical phase engineering, Vol.24, No.14/ 11 July 2016/ OPTICS EXPRESS, 15456」に開示されている。

[0164] [第4実施形態]

次に、第4実施形態に係る欠陥検査装置について説明する。第4実施形態に係る欠陥検査装置は、表面検出ユニットの配置の他は、第1実施形態に係る欠陥検査装置1と要部が共通の構成である。そのため、第1実施形態と同様の構成については、第1実施形態と同一の符号を付して詳細な説明を省略する。図16に示すように、第4実施形態に係る欠陥検査装置301は、検査用光学装置310と、情報処理装置90とを主体に構成される。検査用光学装置310と情報処理装置90とは、ネットワークケーブルNWを介して互いにデータの送受信が可能に構成されている。検査用光学装置310は、基板WFが載置されるステージ11と、対物光学系15と、第1光源ユニッ

ト20と、第1照射光学系330と、第1受光部40と、表面検出ユニット355と、光学装置制御部380とを備える。

[0165] 第1照射光学系330は、第1光源ユニット20から射出された第1照射光 L_a を、対物光学系15を介して基板WFに向けて照射する。第1照射光学系330は、第1光源ユニット20側から順に、ダイクロイックミラー331と、可動式ミラー335と、偏向部32と、第1リレーレンズ33と、第2リレーレンズ34とを備える。偏向部32、第1リレーレンズ33、および第2リレーレンズ34は、第1実施形態の偏向部32、第1リレーレンズ33、および第2リレーレンズ34と同様の構成であり、詳細な説明を省略する。また、ダイクロイックミラー331は、第1実施形態の第1ダイクロイックミラー31と同様の構成であり、詳細な説明を省略する。

[0166] 可動式ミラー335は、ダイクロイックミラー331と偏向部32との間の光路に位置する反射位置（図16の実線を参照）と、ダイクロイックミラー331と偏向部32との間の光路から離脱した非反射位置（図16の二点鎖線を参照）とに移動可能に構成される。可動式ミラー335が反射位置に位置するとき、可動式ミラー335は表面検出ユニット355からの第2照射光 L_b を偏向部32に向けて反射させる。可動式ミラー335が非反射位置に位置するとき、ダイクロイックミラー331からの第1照射光 L_a は偏向部32に入射し、偏向部32からの検出光 L_d はダイクロイックミラー331に入射する。

[0167] 第4実施形態の偏向部32は、可動式ミラー335が反射位置に位置するとき、X方向とY方向の2方向において、表面検出ユニット355からの第2照射光 L_b で基板WFの表面を走査することが可能である。従って、偏向部32は、X方向偏向ミラー32aおよびY方向偏向ミラー32bを揺動、或いは回転させることにより、基板WFにおける第2照射光 L_b の照射領域をX方向とY方向の2方向（XY方向）に移動させ、基板WFの表面を2次元的に走査することができる。また、第4実施形態の第1受光部40における第1受光光学系41は、第1照射光学系330の第2リレーレンズ34と

、第1リレーレンズ33と、偏向部32と、可動式ミラー335と、ダイクロミックミラー331とを含む。

[0168] 表面検出ユニット355は、図17に示すように、第2光源360と、第2照射光学系61と、第2受光部70とを備える。さらに、表面検出ユニット355は、第1照射光学系330の可動式ミラー335を含む。第2光源360は、第1実施形態の第2光源60と同様に構成される。但し、第2照射光Lbの波長は、第2照射光Lbの一部が基板WFの表面を通過可能な波長域（例えば、赤色光の波長域）に選択される。第2照射光学系61および第2受光部70は、第1実施形態の第2照射光学系61および第2受光部70と同様の構成であり、詳細な説明を省略する。なお、第4実施形態の第2照射光学系61は、第2光源360から射出された第2照射光Lbを、偏向部32、第1リレーレンズ33、第2リレーレンズ34、および対物光学系15を介して基板WFの表面に向けて照射する。第4実施形態における第2受光部70の第2受光光学系71は、基板WFの表面または基板WFの内部の層の界面で反射した第2照射光Lbを、対物光学系15、第2リレーレンズ34、第1リレーレンズ33、および偏向部32を介して受光し、第2検出器78に集光する。第4実施形態の表面検出ユニット355を、基板界面位置検出部と称してもよい。

[0169] 基板WFの内部の層の界面と対物光学系15との間隔は、基板WFの表面と対物光学系15との間隔とは異なる。そのため、第2検出器78の検出面79には、基板WFの表面で反射した第2照射光Lbのスリット開口63aの像と、基板WFの内部の層の界面で反射した第2照射光Lbのスリット開口63aの像とが別々に形成される。第2検出器78は、基板WFの表面で反射した第2照射光Lbのスリット開口63aの像と、基板WFの内部の層の界面で反射した第2照射光Lbのスリット開口63aの像とを受光して光電変換を行い、第2受光信号を出力する。

[0170] 光学装置制御部380は、第1実施形態の光学装置制御部80と同様に、インターフェース部381と、記憶部385と、データ取得部386と、画

像処理部 387 と、演算部 388 とを備える。光学装置制御部 380 は、記憶部 385 に記憶された制御プログラムに基づいて、ステージ移動部 12、第 1 光源ユニット 20（第 1 光源 21）、偏向部 32、変倍光学系 45 の電気モータ（図示せず）、可動式ミラー 335、表面検出ユニット 355（第 2 光源 360、レンズ移動部 69）等の作動を制御する。インターフェース部 381、記憶部 385、データ取得部 386、および画像処理部 387 は、第 1 実施形態のインターフェース部 81、記憶部 85、データ取得部 86、および画像処理部 87 と同様の構成であり、詳細な説明を省略する。

[0171] 演算部 388 は、データ取得部 386 により取得された、第 2 検出器 78 から出力される第 2 受光信号に基づいて、対物光学系 15 の光軸方向または当該光軸方向と平行な方向における、基板 WF の表面の位置（Z 位置）と、基板 WF の内部の層の界面の位置（Z 位置）とを求める。また、演算部 388 は、第 1 実施形態と同様に、第 2 検出器 78 から出力される第 2 受光信号に基づいて、基板 WF の表面に対するスリット開口 63 a の像の結像位置（第 2 照射光 L b の集光位置）を求め、オートフォーカス制御においてステージ移動部 12 に出力する制御信号を求めてもよい。

[0172] 上述したように、第 2 検出器 78 の検出面 79 には、基板 WF の表面で反射した第 2 照射光 L b のスリット開口 63 a の像と、基板 WF の内部の層の界面で反射した第 2 照射光 L b のスリット開口 63 a の像とが別々に形成される。例えば図 19 に示すように、基板 WF の表面で反射した第 2 照射光 L b のスリット開口 63 a の像は、第 2 検出器 78 の検出面 79 における第 1 の位置 K 1 に形成される。第 2 検出器 78 における第 1 の位置 K 1 に対応する各画素から、信号電圧 J 1 を有する第 2 受光信号（図 19 の実線を参照）が出力される。なお、図 19 に示すグラフの横軸は、第 2 検出器 78 の検出面 79 における長手方向の位置 K を示す。図 19 に示すグラフの縦軸は、第 2 受光信号の信号電圧 J を示す。

[0173] 基板 WF における第 1 層 LY 1 と第 2 層 LY 2 との界面で反射した第 2 照射光 L b のスリット開口 63 a の像は、第 2 検出器 78 の検出面 79 にお

る第1の位置K1と異なる第2の位置K2に形成される。第2検出器78における第2の位置K2に対応する各画素から信号電圧J2を有する第2受光信号（図19の一点鎖線を参照）が出力される。基板WFにおける第2層LY2と第3層LY3との界面で反射した第2照射光Lbのスリット開口63aの像は、第2検出器78の検出面79における第1の位置K1および第2の位置K2と異なる第3の位置K3に形成される。第2検出器78における第3の位置K3に対応する各画素から信号電圧J3を有する第2受光信号（図19の二点鎖線を参照）が出力される。なお、第2照射光Lbの一部が基板WFの表面を通過して基板WFの内部に達するため、 $J1 > J2 > J3$ となる。

[0174] 従って、演算部388は、第2検出器78から出力される第2受光信号に基づいて、対物光学系15の光軸方向または当該光軸方向と平行な方向における、基板WFの表面の位置と、基板WFの内部の層の界面の位置とを求めることが可能である。また、演算部388は、第2検出器78から出力される第2受光信号に基づいて、基板WFの表面に対するスリット開口63aの像の結像位置を求めることも可能である。

[0175] 第4実施形態に係る欠陥検査装置301において、基板WFの検査を行う際、検査用光学装置310のインターフェース部381に、情報処理装置90のインターフェース部91から送信された第1照射光Laの集光位置の設定情報と基板構成情報が入力される。入力された第1照射光Laの集光位置の設定情報と基板構成情報は、光学装置制御部380の記憶部385に記憶される。光学装置制御部380は、ステージ移動部12に制御信号を出力し、ステージ移動部12により、対物光学系15の光軸方向におけるステージ11の位置を、第1照射光Laが基板WFの内部の集光位置で集光される検査位置へ移動させる。またこのとき、光学装置制御部380は、可動式ミラー335に制御信号を出力し、可動式ミラー335を前述の反射位置に移動させる。

[0176] 対物光学系15の光軸方向におけるステージ11の検査位置は、例えば図

18に示すように、第1照射光Laが基板WFにおける第2層LY2の内部の集光位置で集光される位置であってもよい。また、対物光学系15の光軸方向におけるステージ11の検査位置は、第1照射光Laが基板WFにおける第3層LY3の内部の集光位置で集光される位置であってもよい。以降の説明では、一例として、第1照射光Laが基板WFにおける第2層LY2の内部の集光位置で集光される場合について述べる。

[0177] なお、光学装置制御部380は、オートフォーカス制御用の制御信号をステージ移動部12に出力し、ステージ移動部12により、対物光学系15の光軸方向におけるステージ11の位置を検査位置へ移動させてもよい。この場合、光学装置制御部380の演算部388は、第1実施形態と同様に、第2検出器78から出力される第2受光信号に基づいて、オートフォーカス制御用の制御信号を求めてもよい。

[0178] 対物光学系15の光軸方向におけるステージ11の位置が上述の検査位置に位置する状態で、光学装置制御部380の演算部388は、対物光学系15の光軸方向または当該光軸方向と平行な方向における、基板WFの表面の位置（Z位置）と、基板WFにおける第1層LY1と第2層LY2との界面の位置（Z位置）とを求める。このとき、表面検出ユニット355の第2光源360から射出された第2照射光Lbは、第1実施形態と同様に、第2照射光学系61を介して可動式ミラー335に入射する。可動式ミラー335で反射した第2照射光Lbは、偏向部32に入射する。偏向部32に入射した第2照射光Lbは、X方向偏向ミラー32aとY方向偏向ミラー32bとにおいてこの順で反射し、第1リレーレンズ33により集光される。第1リレーレンズ33により集光された第2照射光Lbは、第2リレーレンズ34を透過する。第2リレーレンズ34を透過した第2照射光Lbは、対物光学系15により基板WFに向けて照射されて集光される。

[0179] 第2照射光Lbを基板WFに照射する際、偏向部32は、表面検出ユニット255からの第2照射光Lbで基板WFの表面を走査する。偏向部32により、表面検出ユニット255からの第2照射光Lbで走査する領域は、第

1 光源ユニット 20 からの第 1 照射光 L_a で走査する領域（観察領域）と同じ領域に設定されてもよい。光学装置制御部 380 は、ステージ移動部 12 に制御信号を出力して、対物光学系 15 の光軸方向におけるステージ 11 の位置が上述の検査位置に位置する状態のまま、ステージ 11 を X 方向および Y 方向に移動させることで、基板 WF の全体に亘り第 2 照射光 L_b を照射することができる。

[0180] 対物光学系 15 から基板 WF に向けて照射される第 2 照射光 L_b の一部は、基板 WF の表面で反射し、再び対物光学系 15 に入射する。対物光学系 15 から基板 WF に向けて照射される第 2 照射光 L_b の他の一部は、基板 WF の表面を通過して第 1 層 LY_1 と第 2 層 LY_2 との界面で反射し、再び対物光学系 15 に入射する。以降、基板 WF の表面で反射した第 2 照射光 L_b を第 1 反射光 L_{e1} と称し、基板 WF における第 1 層 LY_1 と第 2 層 LY_2 との界面で反射した第 2 照射光 L_b を第 2 反射光 L_{e2} と称することがある。対物光学系 15 に入射した基板 WF からの第 1 反射光 L_{e1} および第 2 反射光 L_{e2} は、対物光学系 15 を透過して第 2 リレーレンズ 34 により集光される。第 2 リレーレンズ 34 により集光された第 1 反射光 L_{e1} および第 2 反射光 L_{e2} は、第 1 リレーレンズ 33 を透過し、偏向部 32 に入射する。偏向部 32 に入射した第 1 反射光 L_{e1} および第 2 反射光 L_{e2} は、Y 方向偏向ミラー 32b と X 方向偏向ミラー 32a とにおいてこの順で反射し、可動式ミラー 335 で反射する。可動式ミラー 335 で反射した第 1 反射光 L_{e1} および第 2 反射光 L_{e2} は、第 1 実施形態と同様に、表面検出ユニット 355 の第 2 受光光学系 71 を介して第 2 検出器 78 の検出面 79 に集光される。第 2 検出器 78 は、検出面 79 に形成された、基板 WF の表面で反射した第 2 照射光 L_b のスリット開口 63a の像と、基板 WF における第 1 層 LY_1 と第 2 層 LY_2 との界面で反射した第 2 照射光 L_b のスリット開口 63a の像を受光して光電変換を行い、第 2 受光信号を出力する。

[0181] 第 2 検出器 78 から出力される第 2 受光信号は、データ取得部 386 により取得される。演算部 388 は、データ取得部 386 により取得された第 2

受光信号に基づいて、対物光学系 15 の光軸方向または当該光軸方向と平行な方向における、基板WFの表面の位置（Z位置）と、基板WFにおける第1層LY1と第2層LY2との界面の位置（Z位置）とを求める。演算部388により求めた、基板WFの表面の位置（Z位置）に関する位置情報と、基板WFにおける第1層LY1と第2層LY2との界面の位置（Z位置）に関する位置情報は、記憶部385に記憶される。

[0182] 次に、光学装置制御部380は、対物光学系15の光軸方向におけるステージ11の位置が上述の検査位置に位置する状態で、基板WFに向けて第1照射光Laを照射するように第1光源ユニット20（第1光源21）を制御する。またこのとき、光学装置制御部380は、可動式ミラー335に制御信号を出力し、可動式ミラー335を前述の非反射位置に移動させる。光学装置制御部380の制御によって第1光源21から発せられたレーザ光は、光源用レンズ22により整形されて平行光となり、第1照射光Laとして第1光源ユニット20から射出される。第1光源ユニット20から射出された第1照射光Laは、第1照射光学系330のダイクロイックミラー331を透過し、偏向部32に入射する。偏向部32に入射した第1照射光Laは、X方向偏向ミラー32aとY方向偏向ミラー32bとにおいてこの順で反射し、第1リレーレンズ33に入射する。第1リレーレンズ33を透過した第1照射光Laは、第1中間像面Im1に集光されて第2リレーレンズ34に入射する。第2リレーレンズ34を透過した第1照射光Laは、対物光学系15により基板WFに向けて照射され、基板WFにおける第2層LY2の内部に設定された集光位置に集光される。

[0183] 第1照射光Laを基板WFに照射する際、第1照射光学系330の偏向部32は、第1光源ユニット20からの第1照射光Laで基板WFにおける第2層LY2の内部を走査する。偏向部32により、対物光学系15と対向する基板WFの観察領域において第2層LY2の内部を走査した後、光学装置制御部380は、ステージ11をX方向またはY方向に移動させる制御信号をステージ移動部12に出力する。対物光学系15の光軸方向におけるステ

ージ 11 の位置が上述の検査位置に位置する状態のまま、ステージ移動部 12 によりステージ 11 を X 方向または Y 方向に移動させることで、対物光学系 15 と対向する基板 WF の観察領域を、X 方向または Y 方向に変位させる。

[0184] 第 1 照射光 L a による多光子励起によって、基板 WF における第 2 層 L Y 2 の内部（照射領域 25）で生じる検出光 L d は、対物光学系 15 に入射する。対物光学系 15 に入射した基板 WF からの検出光 L d は、対物光学系 15 を透過して平行光となり、第 2 リレーレンズ 34 に入射する。第 2 リレーレンズ 34 を透過した検出光 L d は、第 1 中間像面 I m 1 に集光されて第 1 リレーレンズ 33 に入射する。第 1 リレーレンズ 33 を透過した検出光 L d は、平行光となり偏向部 32 に入射する。偏向部 32 に入射した検出光 L d は、Y 方向偏向ミラー 32 b と X 方向偏向ミラー 32 a とにおいてこの順で反射し、ダイクロイックミラー 331 で反射する。

[0185] ダイクロイックミラー 331 で反射した検出光 L d は、第 1 受光光学系 41 のバリアフィルタ 42 を通り、集光レンズ 43 に入射する。集光レンズ 43 を透過した検出光 L d は、第 2 中間像面 I m 2 に集光されて変倍光学系 45 に入射する。変倍光学系 45 を透過した検出光 L d は、像面 I m p（第 1 検出器 51 の検出面 52）に集光され、基板 WF における第 2 層 L Y 2 の内部の照射領域 25 の像 49 を結像する。第 1 検出器 51 は、複数の検出画素 53 により照射領域 25 の像 49 を受光して光電変換を行い、第 1 受光信号を出力する。

[0186] 第 1 検出器 51 から出力される第 1 受光信号は、データ取得部 386 により取得される。画像処理部 387 は、データ取得部 386 により取得された、第 1 検出器 51 の複数の検出画素 53 から出力される第 1 受光信号に基づいて、基板 WF の第 2 層 L Y 2 における X Y 方向（基板 WF の板厚方向と垂直な方向）の断面の画像データを生成する。このとき、画像処理部 387 は、記憶部 385 に記憶された基板 WF の表面の位置（Z 位置）に関する位置情報と、基板 WF における第 1 層 L Y 1 と第 2 層 L Y 2 との界面の位置（

Z位置)に関する位置情報を利用して、基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の基板WFの表面からの深さ位置(Z位置)を補正する。これにより、基板WFに湾曲もしくは傾斜が生じて、さらに基板WFにおける各層の層厚にバラツキが生じていたとしても、基板WFの表面の位置(Z位置)に関する位置情報と、基板WFにおける第1層LY1と第2層LY2との界面の位置(Z位置)に関する位置情報を利用して画像データを補正することにより、基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データを精度よく生成することができる。画像処理部387で生成された基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データは、インターフェース部381から情報処理装置90に送信される。

[0187] 情報処理装置90のインターフェース部91に、検査用光学装置310(光学装置制御部380)のインターフェース部381から送信された、基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データが入力される。インターフェース部91に入力された基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データは、記憶部95に記憶される。判定部96は、記憶部95に記憶された基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データに基づいて、基板WFの第2層LY2における欠陥の有無を判定する。判定部96による基板WFの第2層LY2における欠陥の有無の判定結果は、記憶部95に記憶される。

[0188] [第4実施形態の特徴構成]

第4実施形態によれば、画像処理部387は、基板WFの表面の位置(Z位置)に関する位置情報と、基板WFにおける第1層LY1と第2層LY2との界面の位置(Z位置)に関する位置情報と、第1検出器51からの第1受光信号とに基づいて、基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データを生成する。これにより、基板WFに湾曲もしくは傾斜が生じて、さらに基板WFにおける各層の層厚にバラツキが生じていたとしても、基板WFの表面の位置(Z位置)に関する位置情報と、基板WFにおける第1層LY1と第2層LY2との界面の位置(Z位置)に関する位置情報を利用

して画像データを補正することにより、基板WFの第2層LY2におけるXY方向の断面の画像データを精度よく生成することができる。

[0189] また、画像処理部387は、基板WFの第2層LY2の場合と同様にして、基板WFの表面の位置（Z位置）に関する位置情報と、基板WFにおける第1層LY1と第2層LY2との界面の位置（Z位置）に関する位置情報と、基板WFにおける第2層LY2と第3層LY3との界面の位置（Z位置）に関する位置情報と、第1検出器51からの第1受光信号とに基づいて、基板WFの第3層LY3におけるXY方向の断面の画像データを生成することも可能である。このように、基板WFの複数の層の界面のうち少なくとも1つの界面の位置に関する位置情報と、第1検出器51からの第1受光信号とに基づいて、基板WFの複数の層のうち少なくとも1つの層におけるXY方向の断面の画像データを精度よく生成することができる。そのため、基板WFの内部の欠陥検査における検査の精度を高くすることが可能になる。

[0190] また、第1照射光学系330は、第1照射光Laの進行方向を変化させて第1照射光Laの集光位置を対物光学系15の光軸AXと垂直な方向に変える偏向部32を有し、偏向部32は、第2照射光学系61が第2照射光Lbを照射するときに、第2照射光Lbの進行方向を変化させて第2照射光Lbの照射領域を対物光学系15の光軸AXと垂直な方向に変えることが可能である。このように、偏向部32を共用化することにより、第2照射光学系61（表面検出ユニット355）の構成を簡略化することができる。

[0191] また、検査用光学装置310で生成された基板WFの内部の画像データに基づいて、基板WFの内部における欠陥の有無を判定する判定部96が情報処理装置90に設けられてもよい。上述したように、基板WFの内部の画像データを精度よく生成することができるため、基板WFの内部の欠陥検査における検査の精度を高くすることが可能になる。なお、判定部96は、検査用光学装置310の光学装置制御部380に設けられてもよい。

[0192] 上述の第4実施形態において、第1照射光Laの集光位置の設定情報は、基板WFの内部において対物光学系15の光軸方向の位置（Z位置）が異な

る複数の位置を含むものであってもよい。例えば、第1照射光L aの集光位置が、基板WFにおける第2層LY 2の内部と、基板WFにおける第3層LY 3の内部に設定されてもよい。この場合、予め設定された複数の第1照射光L aの集光位置について、第1照射光学系330が第1照射光L aを照射し、第1受光部40が基板WFの内部で生じる光（検出光L d）を受光して第1受光信号を出力し、画像処理部387が、第1受光部40からの第1受光信号と、記憶部385に記憶された基板WFの複数の層の界面のうち少なくとも1つの界面の位置に関する位置情報とに基づいて、基板WFの内部において対物光学系15の光軸方向の位置（Z位置）が異なる複数の断面の画像データを生成してもよい。これにより、基板WFの内部において対物光学系15の光軸方向の位置（Z位置）が異なる複数の断面の画像、すなわち基板WFの内部のZスタック画像を取得することができる。

[0193] 上述の第4実施形態において、画像処理部387は、第3実施形態と同様に、デコンボリューションの手法を用いて、第1検出器51からの第1受光信号に基づいて生成される基板WFの内部の画像の再構築を行うようにしてもよい。この場合、画像処理部387は、前述のインデックスミスマッチ収差による第1受光信号の信号減衰を考慮したデコンボリューションを行うようにしてもよい。画像処理部387は、記憶部385に記憶された基板構成情報を利用して、インデックスミスマッチ収差を考慮した実効的なPSF（点像分布関数）を求め、より適切なデコンボリューションを行うことで、分解能が向上した基板WFの内部の画像データを生成することが可能になる。

[0194] 上述の第4実施形態において、ダイクロイックミラー331と偏向部32との間の光路に、可動式ミラー335が設けられているが、これに限られるものではない。例えば、可動式ミラー335に代えて、ダイクロイックミラー331と偏向部32との間の光路（前述の反射位置）に、ハーフミラーが設けられるようにしてもよい。

[0195] [基板の製造方法]

次に、基板WFの製造方法について説明する。図20に示すように、まず

、基板WFを作成する（ステップS T 1）。Ga N基板である基板WFは、例えば、文献「Lung-Hsing Hsu 他, Development of GaN HEMTs Fabricated on Silicon, Silicon-on-Insulator, and Engineered Substrates and the Heterogeneous Integration, Micromachines, 2021, 12, 1159」や、文献「Jiaqi He 他, Recent Advances in GaN-Based Power HEMT Devices, Advanced Electronic Materials, 2021, 7, 2001045」に開示された方法を用いて作成される。

[0196] 次に、先のステップS T 1で作成した基板WFの検査を行う（ステップS T 2）。このとき、第1～第4実施形態に係る欠陥検査装置のうちいずれかの欠陥検査装置を用いて、基板WFの内部における欠陥の有無を検査する。なお、第1～第4実施形態に係る欠陥検査装置のうち複数種類の欠陥検査装置を用いて、基板WFの内部における欠陥の有無を検査するようにしてもよい。このように、第1～第4実施形態に係る欠陥検査装置のうち少なくとも1つの欠陥検査装置を用いて、基板WFの内部における欠陥の有無を検査することが可能である。

[0197] そして、先のステップS T 2で行った基板WFの検査結果のフィードバックを行う（ステップS T 3）。このとき、基板WFの検査結果に基づいて、例えば、ステップS T 1で基板WFを作成する際の作成パラメータを変更してもよい。このような基板WFの製造方法によれば、基板WFの内部の欠陥検査における検査の精度を高くすることが可能になる。

[0198] 上述の各実施形態において、ステージ移動部12がステージ11をZ方向（対物光学系15の光軸方向）に移動させることで、基板WFに対する対物光学系15の相対位置をZ方向に変化させているが、これに限られるものではない。例えば、対物光学系15をZ方向に移動させる光学系移動部（図示せず）が設けられてもよい。この場合、ステージ移動部12がステージ11をZ方向に移動させる機能を有さずに、光学系移動部が対物光学系15をZ方向に移動させることで、基板WFに対する対物光学系15の相対位置をZ方向に変化させてもよい。また、ステージ移動部12がステージ11をZ方

向に移動させるとともに、光学系移動部が対物光学系 15 を Z 方向に移動させることで、基板 WF に対する対物光学系 15 の相対位置を Z 方向に変化させるようにしてもよい。このように、対物光学系 15 の光軸方向における第 1 照射光 L a の集光位置と基板 WF の位置との少なくとも一方を移動させるように構成されていてもよい。

[0199] 上述の各実施形態において、第 1 光源ユニット 20 は、検査用光学装置に着脱交換可能に設けられているが、これに限られるものではなく、検査用光学装置と別体に設けられてもよい。

[0200] 上述の各実施形態において、第 2 受光部 70（第 2 受光光学系 71）は、基板 WF の表面で反射した第 2 照射光 L b を、対物光学系 15 を介して受光しているが、これに限られるものではない。例えば、第 2 受光部は、対物光学系 15 の近傍に設けられて、基板 WF の表面で反射した第 2 照射光 L b を、対物光学系 15 を介さずに受光するようにしてもよい。

[0201] 上述の各実施形態において、欠陥検査装置の検査用光学装置に表面検出ユニットが設けられているが、その構成に代えて、或いはその構成に加えて、欠陥検査装置とは異なる装置に表面検出ユニットが設けられてもよい。この場合、欠陥検査装置の外部の表面検出ユニットによって取得された基板 WF の表面形状（トポグラフィ）に関する情報が、欠陥検査装置に送信されてもよい。例えば、基板 WF が基板ホルダに保持された状態で表面形状が予め計測され、基板ホルダごと欠陥検査装置に搬入されるような場合、基板ホルダ上の基準位置に対する基板 WF の Z 方向の高さ分布に関する情報が、欠陥検査装置に送信されてもよい。このとき、欠陥検査装置において基板ホルダ上の基準位置の Z 方向の高さを計測すれば、欠陥検査装置の座標系内での基板 WF の Z 方向の高さ分布を得ることができる。なお、基準位置は、基板ホルダ上に限らず、基板 WF 上に設けられてもよい。

[0202] 上述の各実施形態において、基板構成情報や第 1 照射光 L a の集光位置の設定情報は、光学装置制御部のインターフェース部に入力されるが、これに限られるものではない。例えば、光学装置制御部にユーザーが操作可能な入

力部を接続し、基板構成情報や第1照射光Laの集光位置の設定情報を、当該入力部に入力するようにしてもよい。入力部は、例えば、マウス、キーボード、タッチパッド、トラックボール等のうち少なくとも1つを用いて構成されてもよい。

[0203] 上述の各実施形態において、基板WFの一例として、パワーデバイスの製造に用いられる基板を例示しているが、これに限られるものではない。基板WFは、高周波デバイスの製造に用いられる基板、例えば、SiCを材料とするベース基板の上にGaNを材料とする層が形成される基板であってもよい。基板WFは、LEDの製造に用いられる基板、例えば、サファイアを材料とするベース基板の上にGaNを材料とする層が形成される基板であってもよい。基板WFは、LD (Laser Diode) の製造に用いられる基板、例えば、GaNを材料とするベース基板の上にGaNを材料とする層が形成される基板であってもよい。また、基板WFは、SiCを材料とするベース基板の上にSiCを材料とする層が形成されてもよい。基板WFは、酸化ガリウム (Ga_2O_3) を用いて形成されてもよく、ダイヤモンドを用いて形成されてもよい。

[0204] 上述の各実施形態の構成要件の少なくとも一部は、上述の各実施形態の構成要件の少なくとも他の一部と適宜組み合わせることができる。上述の各実施形態の構成要件のうちの一部が用いられなくてもよい。

[0205] 本発明は、上述した実施形態に限られるものではなく、請求の範囲及び明細書全体から読み取れる発明の要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う検査用光学装置、欠陥検査装置、および基板の製造方法もまた本発明の技術的範囲に含まれるものである。

符号の説明

[0206] 1 欠陥検査装置 (第1実施形態)

10 検査用光学装置

11 ステージ

20 第1光源ユニット

15 対物光学系

30 第1照射光学系

4 0	第 1 受光部		
5 5	表面検出ユニット		
6 0	第 2 光源	6 1	第 2 照射光学系
7 0	第 2 受光部		
8 0	光学装置制御部		
8 1	インターフェース部	8 5	記憶部
8 7	画像処理部	8 8	演算部
9 0	情報処理装置		
9 6	判定部		
1 5 0	表面検出用偏向部（第 2 実施形態）		
1 6 0	表面検出用偏向部（変形例）		
2 0 1	欠陥検査装置（第 3 実施形態）		
2 1 0	検査用光学装置		
2 3 0	第 1 照射光学系		
2 5 5	表面検出ユニット		
2 8 0	光学装置制御部		
2 8 1	インターフェース部	2 8 5	記憶部
2 8 7	画像処理部	2 8 8	演算部
3 0 1	欠陥検査装置（第 4 実施形態）		
3 1 0	検査用光学装置		
3 3 0	第 1 照射光学系		
3 5 5	表面検出ユニット（基板界面位置検出部）		
3 8 0	光学装置制御部		
3 8 1	インターフェース部	3 8 5	記憶部
3 8 7	画像処理部	3 8 8	演算部
W F	基板		

請求の範囲

- [請求項1] 基板の欠陥を検査する欠陥検査装置に用いられる検査用光学装置において、
- 前記基板に向けて対物光学系を介して第1照射光を照射する第1照射光学系と、
- 前記基板に照射された前記第1照射光により前記基板の内部で生じる光を、前記対物光学系を介して受光して第1受光信号を出力する第1受光部と、
- 前記第1受光部からの前記第1受光信号に基づいて、前記基板の前記内部の情報を生成する処理部と、
- 前記基板に向けて前記対物光学系を介して第2照射光を照射する第2照射光学系と、
- 前記第2照射光が照射された前記基板の表面からの反射光を受光して第2受光信号を出力する第2受光部と、
- 前記基板の構成に関する基板構成情報と前記第2受光信号とに基づいて、前記対物光学系の光軸方向における前記第1照射光の集光位置と前記基板の位置との位置関係を制御する制御信号を、前記光軸方向における前記第1照射光の集光位置と前記基板の位置との少なくとも一方を移動させる移動部に出力する制御部とを備える検査用光学装置。
- [請求項2] 前記制御部は、前記基板構成情報と、前記第2受光信号と、前記光軸方向における前記基板の表面に対する前記第1照射光の集光位置の設定情報とに基づいて、前記制御信号を前記移動部に出力する請求項1に記載の検査用光学装置。
- [請求項3] 前記基板構成情報は、前記基板の板厚方向に積層された複数の層の情報を含む請求項1または2に記載の検査用光学装置。
- [請求項4] 前記基板構成情報は、前記複数の層の前記板厚方向における層厚および前記複数の層の屈折率に関する情報を含む請求項3に記載の検査

用光学装置。

[請求項5] 前記制御部は、前記基板構成情報と、前記第2受光信号と、前記光軸方向における前記基板の表面に対する前記第1照射光の集光位置の設定情報と、前記対物光学系から前記基板へ向かう前記第1照射光の開き角の情報とに基づいて、前記制御信号を前記移動部に出力する請求項4に記載の検査用光学装置。

[請求項6] 前記制御部は、次式で表される収差を補正することが可能な前記制御信号を前記移動部に出力する請求項5に記載の検査用光学装置。

[数1]

$$W_i(kp) = \frac{2\pi}{\lambda} \times d_i \times n_i$$

但し、 $W_i(kp)$ ：前記複数の層のうち、前記第1照射光の前記集光位置と前記基板の表面との間に位置する各層において発生する収差

λ ：前記第1照射光の波長

d_i ：前記第1照射光の前記集光位置と前記基板の表面との間に位置する前記各層の層厚

n_i ：前記第1照射光の前記集光位置と前記基板の表面との間に位置する前記各層の屈折率

[請求項7] 前記制御部は、前記基板構成情報が入力される入力部と、前記入力部に入力された前記基板構成情報を記憶する記憶部とを備える請求項1～6のいずれか一項に記載の検査用光学装置。

[請求項8] 前記制御部は、前記基板構成情報を用いて前記移動部に出力する前記制御信号を演算する演算部を備える請求項7に記載の検査用光学装置。

[請求項9] 前記対物光学系から前記基板に向けて照射される前記第1照射光は、1ピコ秒未満のパルス幅を有するパルス光である請求項1～8のいずれか一項に記載の検査用光学装置。

- [請求項10] 前記第1照射光により前記基板の前記内部で多光子励起を生じさせる請求項1～9のいずれか一項に記載の検査用光学装置。
- [請求項11] 前記第1受光部は、前記基板の前記内部で前記多光子励起によって生じる光を受光する請求項10に記載の検査用光学装置。
- [請求項12] 前記第1照射光学系には、光源からの前記第1照射光が供給され、
前記制御部は、前記対物光学系の光軸方向における前記第1照射光の集光位置が前記基板の前記内部である場合に、前記基板に向けて前記第1照射光を照射するように前記光源を制御する請求項1～11のいずれか一項に記載の検査用光学装置。
- [請求項13] 基板の欠陥を検査する欠陥検査装置に用いられる検査用光学装置において、
前記基板に向けて対物光学系を介して光源からの照射光を照射する照射光学系と、
前記基板に照射された前記照射光により前記基板の内部で生じる光を、前記対物光学系を介して受光して受光信号を出力する受光部と、
前記受光部からの前記受光信号に基づいて、前記基板の前記内部の情報を生成する処理部と、
前記対物光学系の光軸方向における前記照射光の集光位置が前記基板の前記内部である場合に、前記基板に向けて前記照射光を照射するように前記光源を制御する制御部とを備える検査用光学装置。
- [請求項14] 前記制御部は、前記対物光学系の光軸方向における前記第1照射光の集光位置が前記基板の前記内部でない場合に、前記基板に向けた前記照射光の照射を規制するように前記光源を制御する請求項13に記載の検査用光学装置。
- [請求項15] 基板の欠陥を検査する欠陥検査装置に用いられる検査用光学装置において、
前記基板に向けて対物光学系を介して光源からの照射光を照射する照射光学系と、

前記基板に照射された前記照明光により前記基板の内部で生じる光を、前記対物光学系を介して受光して受光信号を出力する受光部と、

前記受光部からの前記受光信号に基づいて、前記基板の前記内部の情報を生成する処理部と、

前記対物光学系の光軸方向における前記照射光の集光位置が前記基板の前記内部でない場合に、前記基板に向けた前記照射光の照射を規制するように前記光源を制御する制御部とを備える検査用光学装置。

[請求項16] 基板の欠陥を検査する欠陥検査装置に用いられる検査用光学装置において、

前記基板に向けて対物光学系を介して照射光を照射する照射光学系と、

前記基板に照射された前記照明光により前記基板の内部で生じる光を、前記対物光学系を介して受光して受光信号を出力する受光部と、

前記基板のトポグラフィに関する基板トポグラフィ情報と前記受光部からの前記受光信号とに基づいて、前記基板の前記内部の情報を生成する処理部とを備える検査用光学装置。

[請求項17] 基板の欠陥を検査する欠陥検査装置に用いられる検査用光学装置において、

前記基板に向けて対物光学系を介して第1照射光を照射する照射光学系と、

前記基板に照射された前記第1照射光により前記基板の内部で生じる光を、前記対物光学系を介して受光して受光信号を出力する受光部と、

前記受光部からの前記受光信号に基づいて、前記基板の前記内部の情報を生成する処理部と、

前記基板の表面に第2照射光を照射し、且つ前記基板の前記表面で反射した前記第2照射光を受光して、前記対物光学系の光軸方向または前記光軸方向と平行な方向における前記基板の前記表面の位置を検

出する基板表面位置検出部と、

前記光軸方向における前記第 1 照射光の集光位置と前記基板の位置との位置関係を制御する制御信号を、前記光軸方向における前記第 1 照射光の集光位置と前記基板の位置との少なくとも一方を移動させる移動部に出力する制御部とを備え、

前記検査用光学装置は、

前記基板の一部の領域である第 1 領域に前記第 1 照射光を照射して、前記基板の前記第 1 領域に照射された前記第 1 照射光により前記基板の内部で生じる光を前記受光部で受光して、前記第 1 領域における前記内部の情報を第 1 情報として生成し、

前記基板の前記第 1 領域とは異なる第 2 領域に前記第 1 照射光を照射して、前記基板の前記第 2 領域に照射された前記第 1 照射光により前記基板の内部で生じる光を前記受光部で受光して、前記第 2 領域における前記内部の情報を第 2 情報として生成し、

前記基板表面位置検出部は、前記第 1 領域に前記第 1 照射光が照射される第 1 期間に、前記基板の前記第 2 領域の表面に前記第 2 照射光を照射し、且つ前記第 2 領域の前記表面で反射した前記第 2 照射光を受光して、前記対物光学系の光軸方向または前記光軸方向と平行な方向における前記第 2 領域の前記表面の位置を検出し、

前記制御部は、前記第 2 領域の前記表面の位置の検出結果に基づいて、前記第 2 領域に前記第 1 照射光が照射される第 2 期間での、前記光軸方向における前記第 1 照射光の集光位置と前記基板の位置との位置関係を制御する前記制御信号を生成する検査用光学装置。

[請求項18]

前記照射光学系を第 1 照射光学系とし、前記受光信号を第 1 受光信号とし、前記受光部を第 1 受光部とすると、

前記基板表面位置検出部は、

前記基板の表面に前記対物光学系を介して前記第 2 照射光を照射する第 2 照射光学系と、

前記基板の前記表面で反射した前記第 2 照射光を受光して、前記基板の前記表面の位置に応じた第 2 受光信号を出力する第 2 受光部とを備え、

前記第 1 期間に、前記第 2 照射光学系が前記基板の前記第 2 領域の表面に前記対物光学系を介して前記第 2 照射光を照射し、且つ前記第 2 受光部が前記第 2 領域の前記表面で反射した前記第 2 照射光を受光して、前記第 2 領域の前記表面の位置に応じた前記第 2 受光信号を出力し、

前記制御部は、前記第 2 領域の前記表面の位置に応じた前記第 2 受光信号に基づいて、前記第 2 期間での前記制御信号を生成する請求項 17 に記載の検査用光学装置。

[請求項19]

板厚方向に積層された複数の層を有する基板の欠陥を検査する欠陥検査装置に用いられる検査用光学装置において、

前記基板に向けて対物光学系を介して第 1 照射光を照射する照射光学系と、

前記基板に向けて照射された前記第 1 照射光により前記基板の前記複数の層のうち少なくとも 1 つの層の内部で生じる光を、前記対物光学系を介して受光して受光信号を出力する受光部と、

前記基板の前記複数の層の界面のうち少なくとも 1 つの界面に第 2 照射光を照射し、且つ前記界面で反射した前記第 2 照射光を受光して、前記対物光学系の光軸方向または前記光軸方向と平行な方向における前記基板の前記界面の位置を検出する基板界面位置検出部と、

前記基板の前記界面の位置に関する位置情報と前記受光部からの前記受光信号とに基づいて、前記基板の前記少なくとも 1 つの層の前記内部の情報を生成する処理部とを備える検査用光学装置。

[請求項20]

基板の欠陥を検査する欠陥検査装置において、

請求項 1 ～ 19 のいずれか一項に記載の検査用光学装置を備え、

前記検査用光学装置で生成された前記基板の前記内部の前記情報に

基づいて、前記基板の欠陥を検査する欠陥検査装置。

[請求項21]

基板を作成することと、

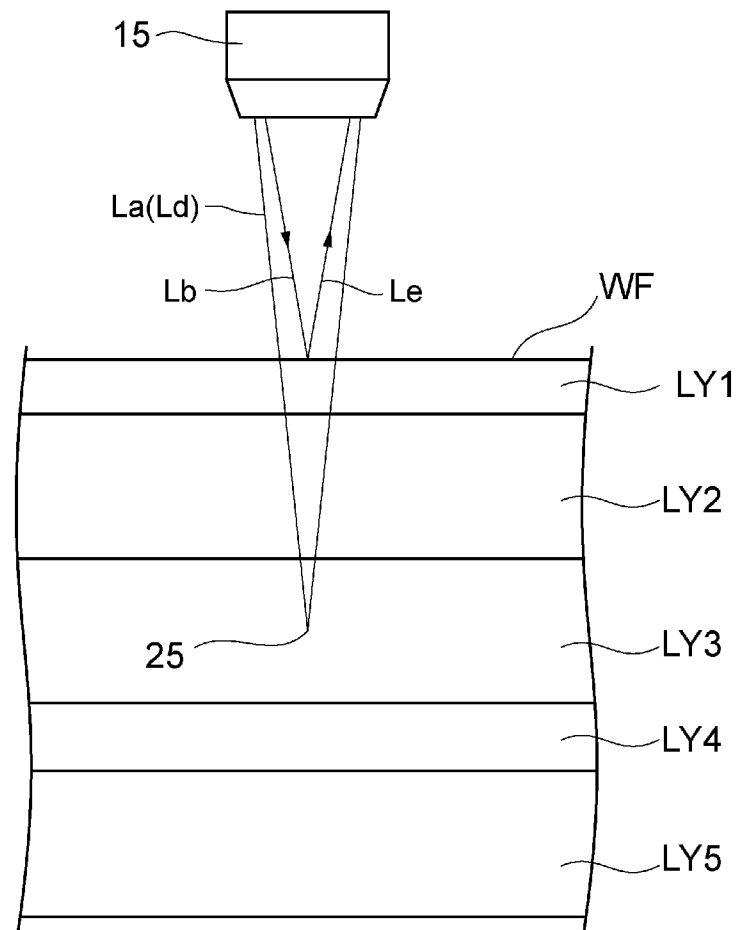
請求項20に記載の欠陥検査装置を用いて、作成された前記基板を検査することを含む基板の製造方法。

[請求項22]

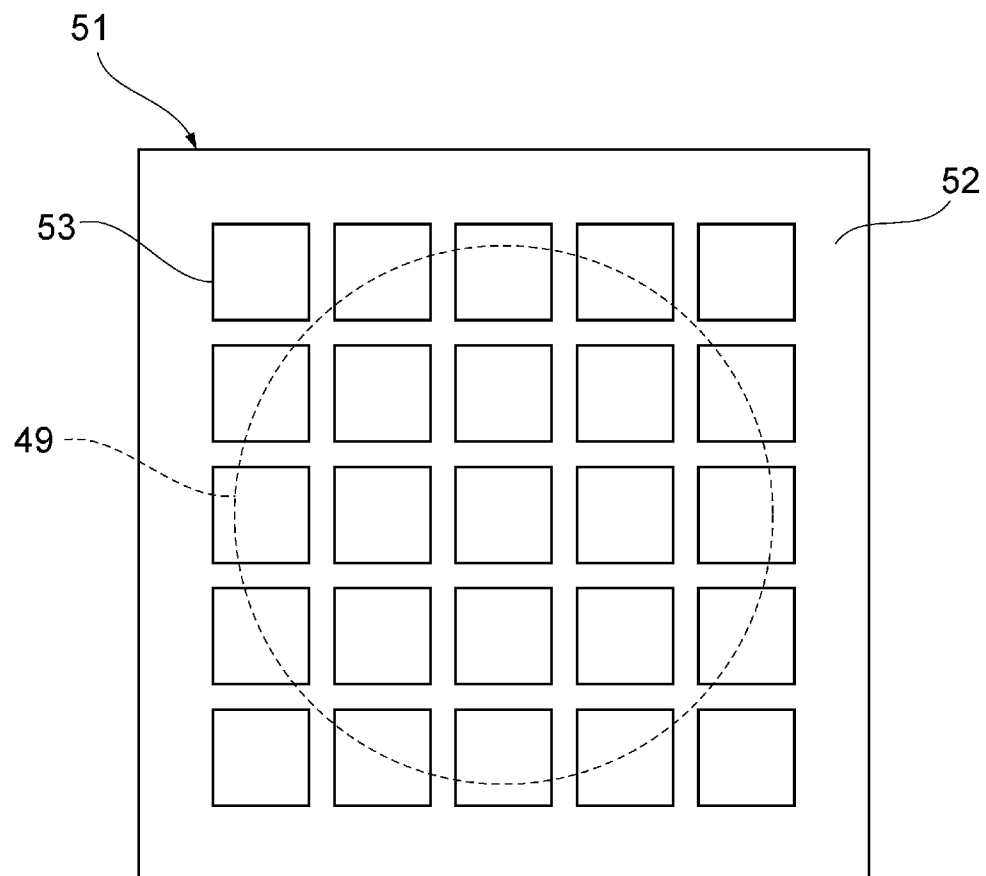
前記基板の検査結果に基づいて、前記基板を作成する際の作成パラメータを変更することを含む請求項21に記載の基板の製造方法。

[illegible]

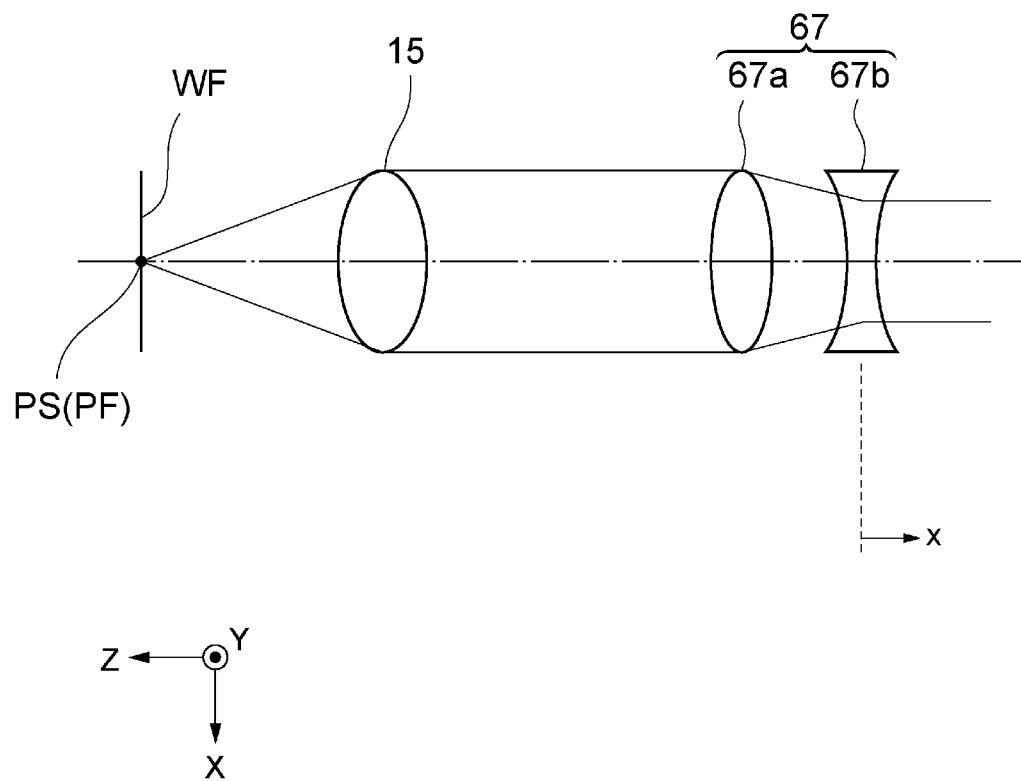
[図2]



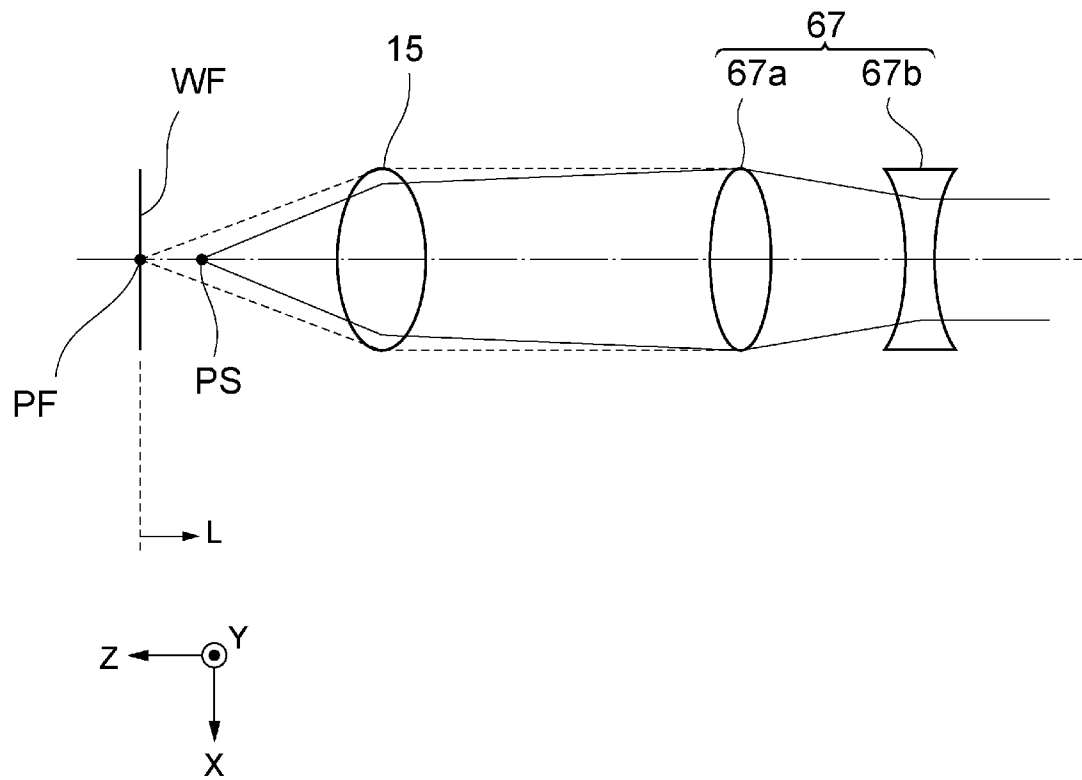
[図3]



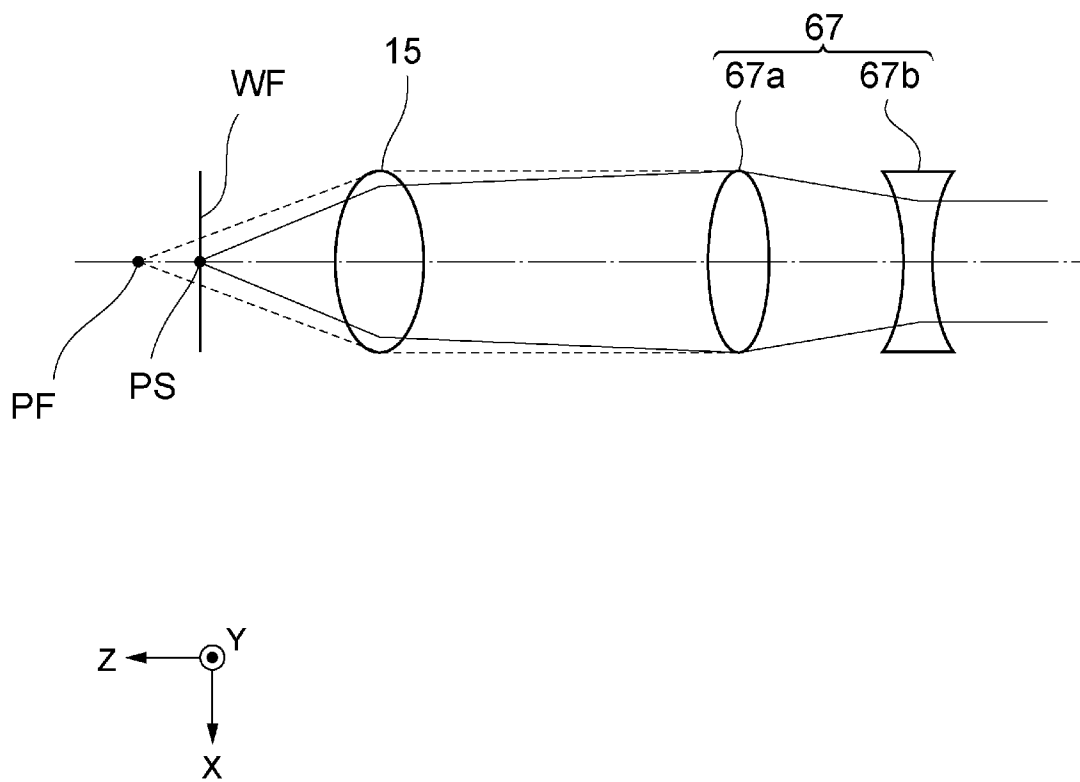
[図5]



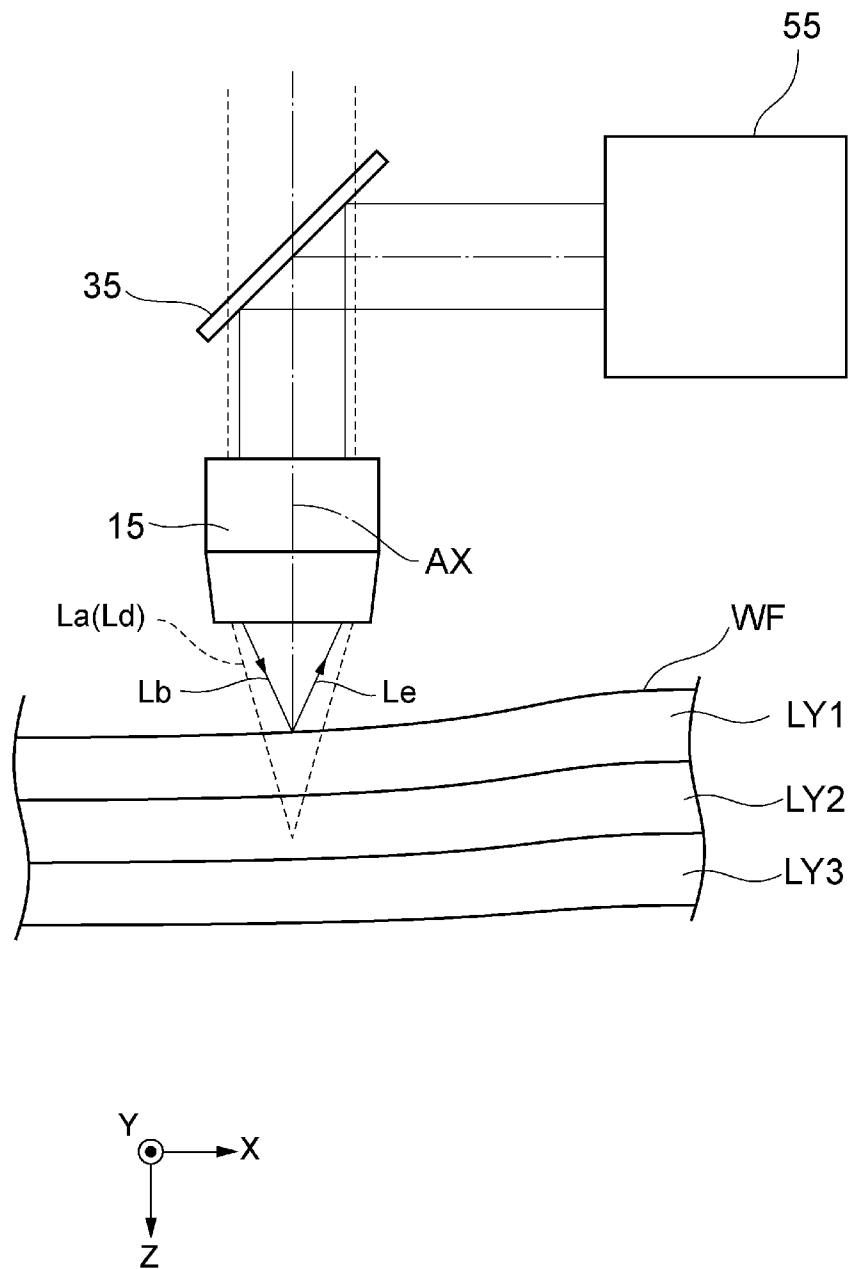
[図6]



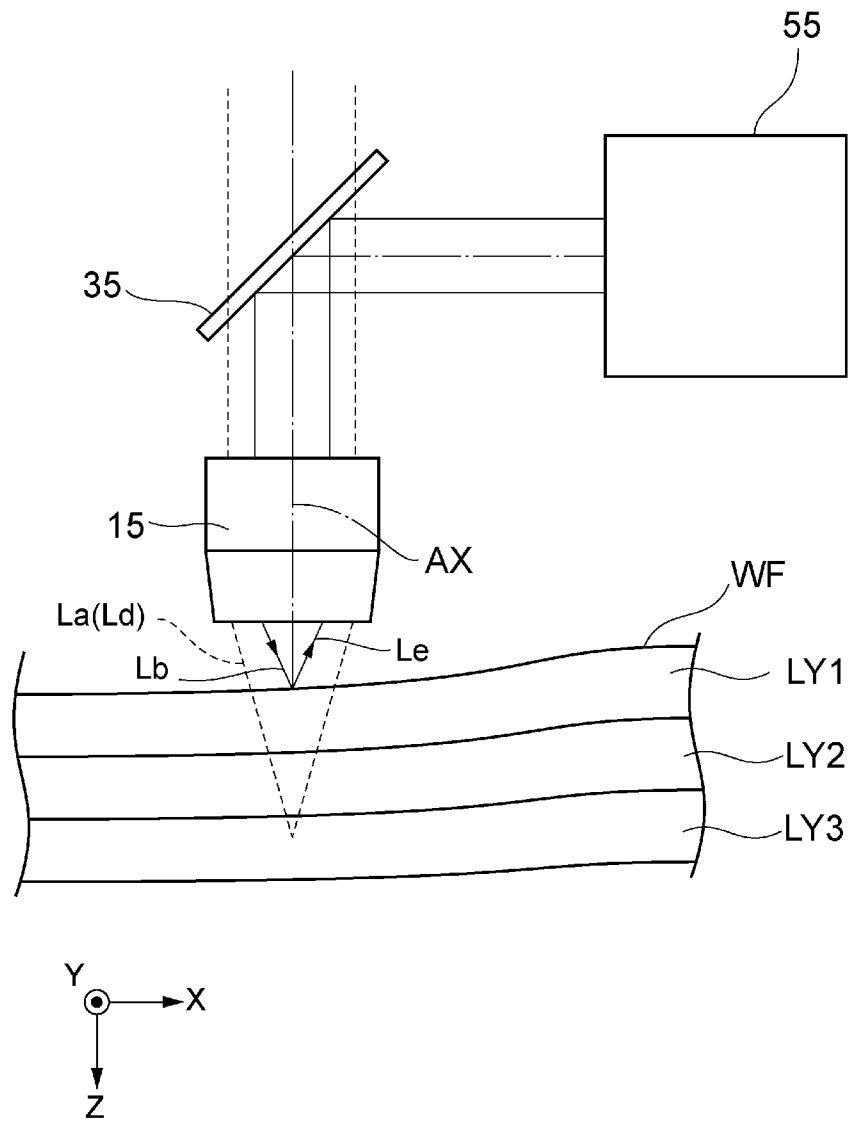
[図7]



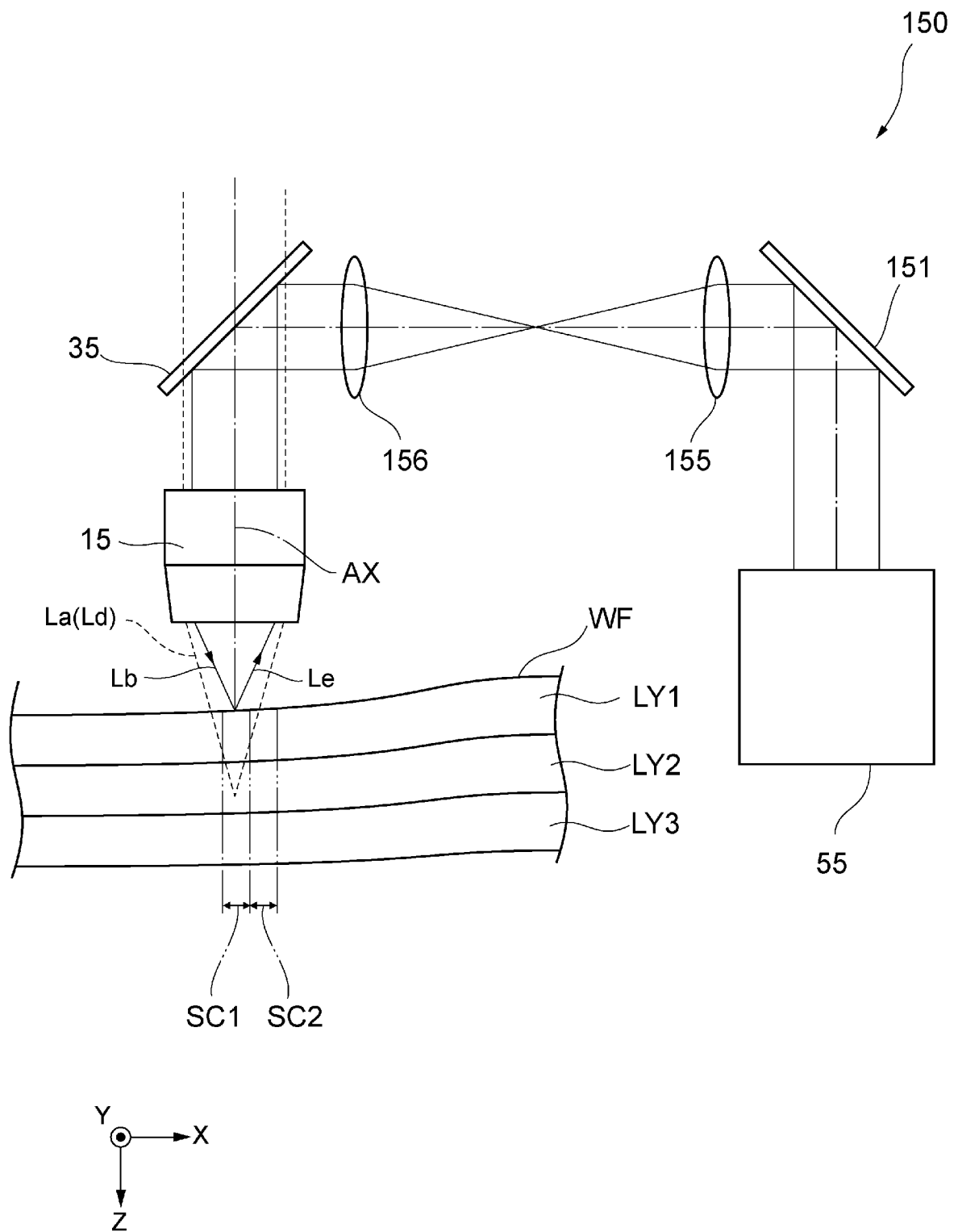
[図8]



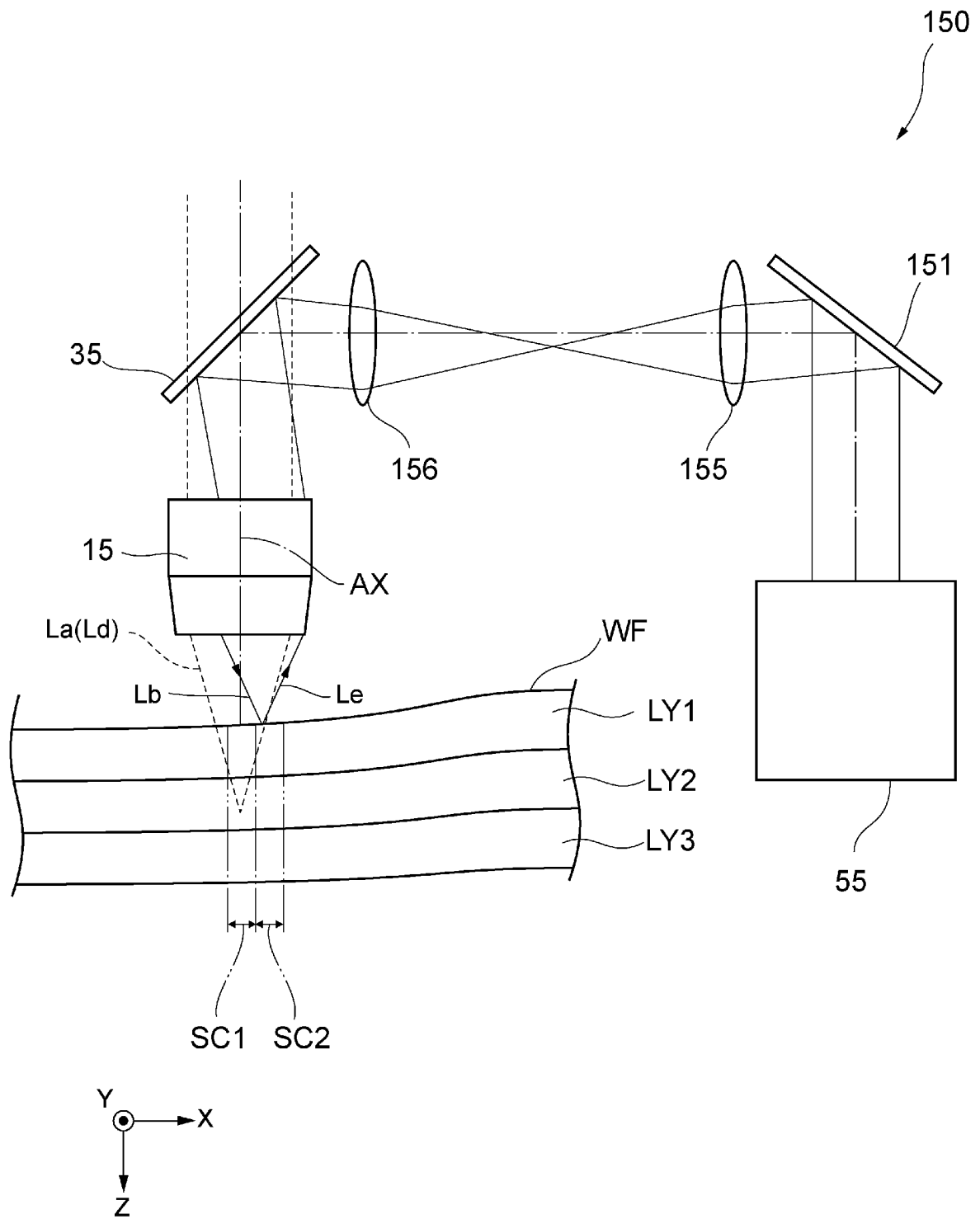
[図9]



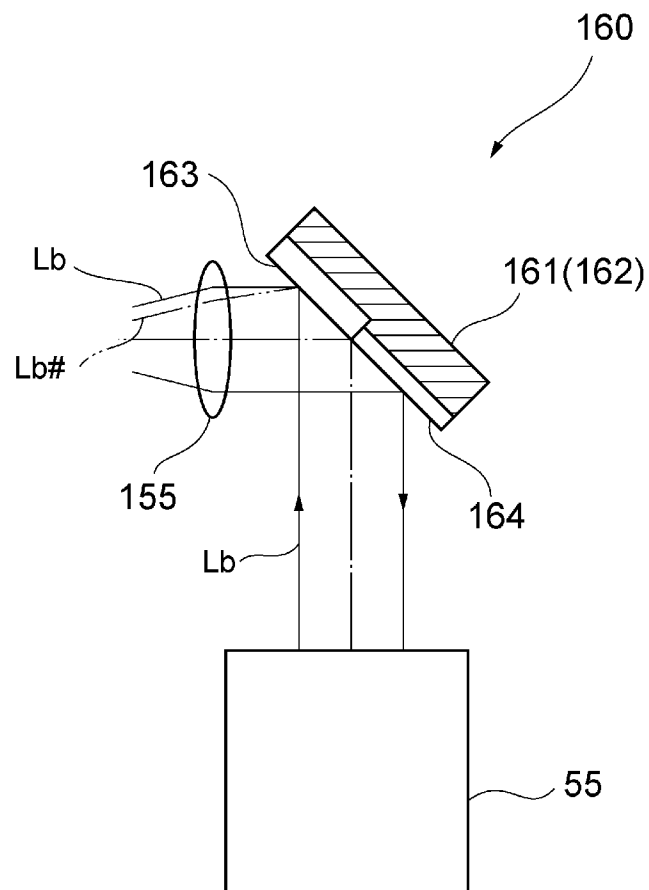
[図10]



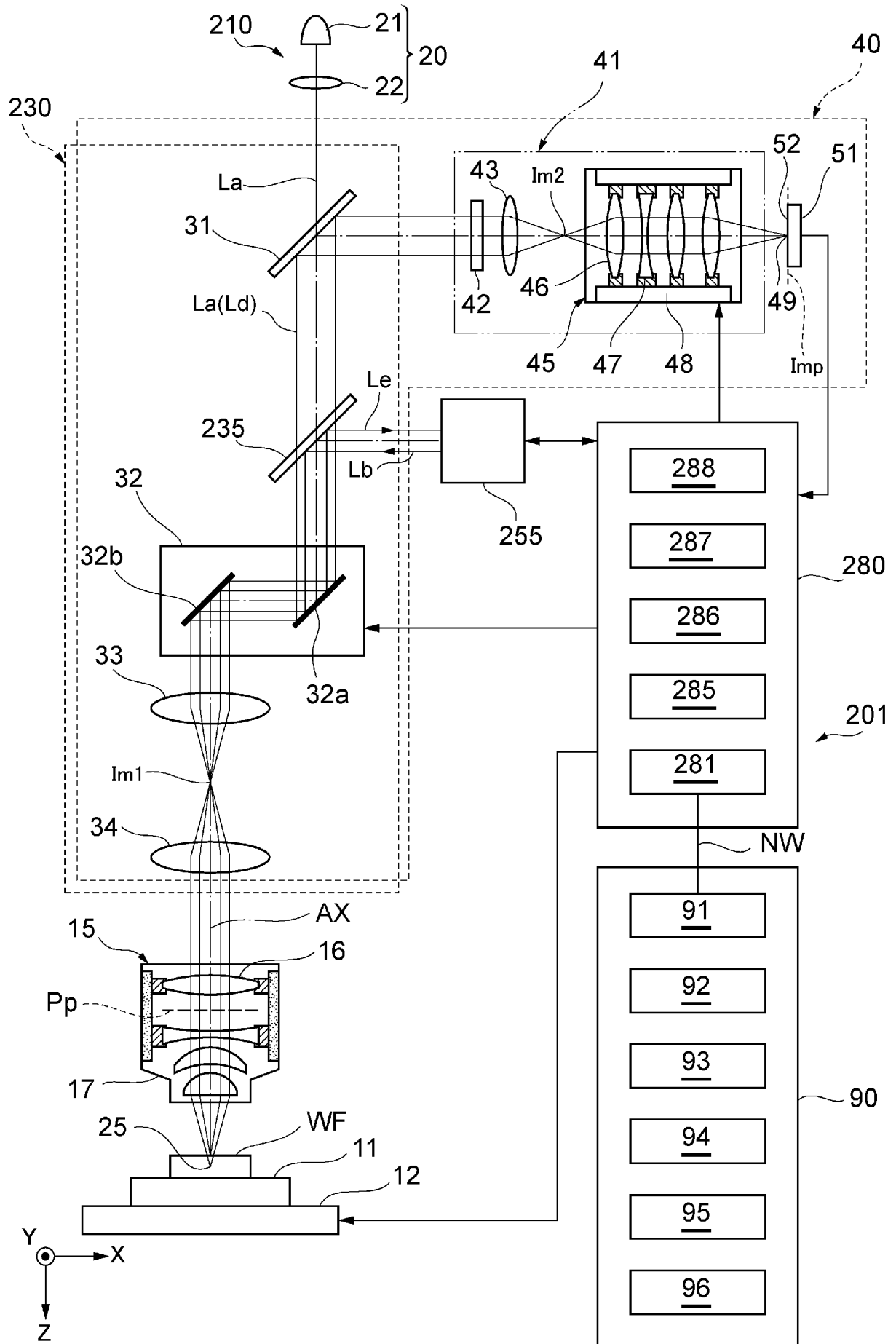
[図11]



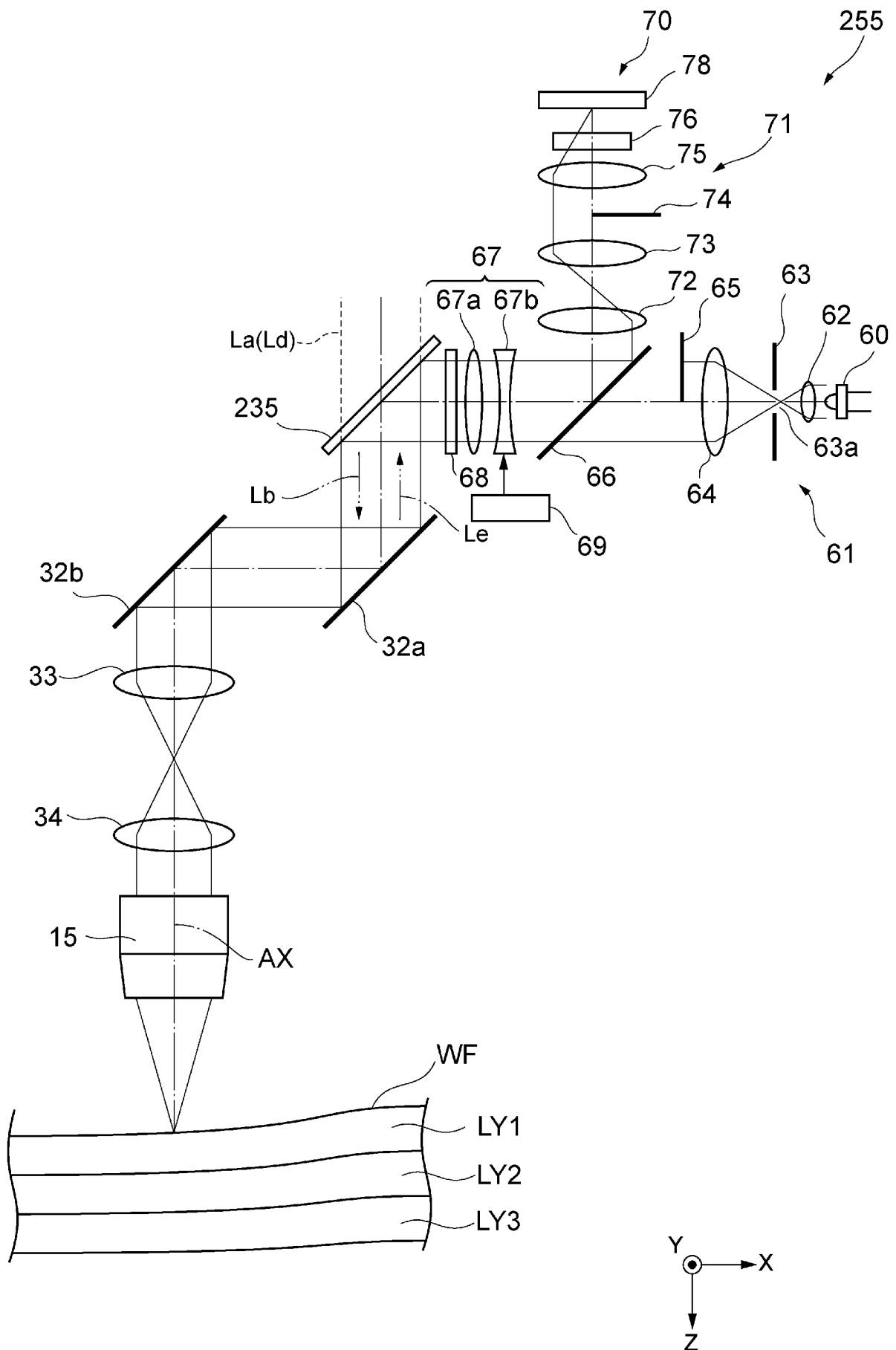
[図12]



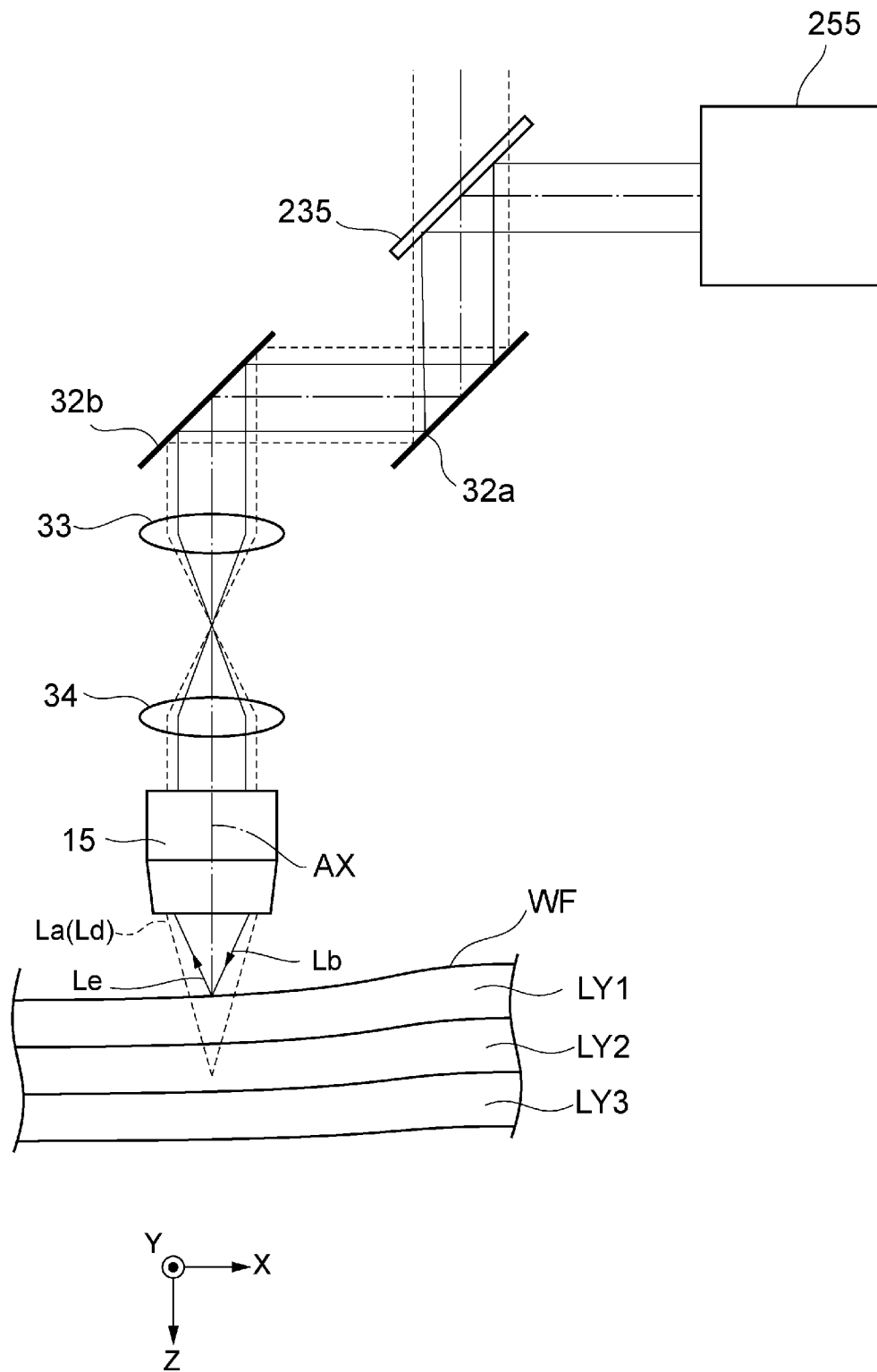
[図13]



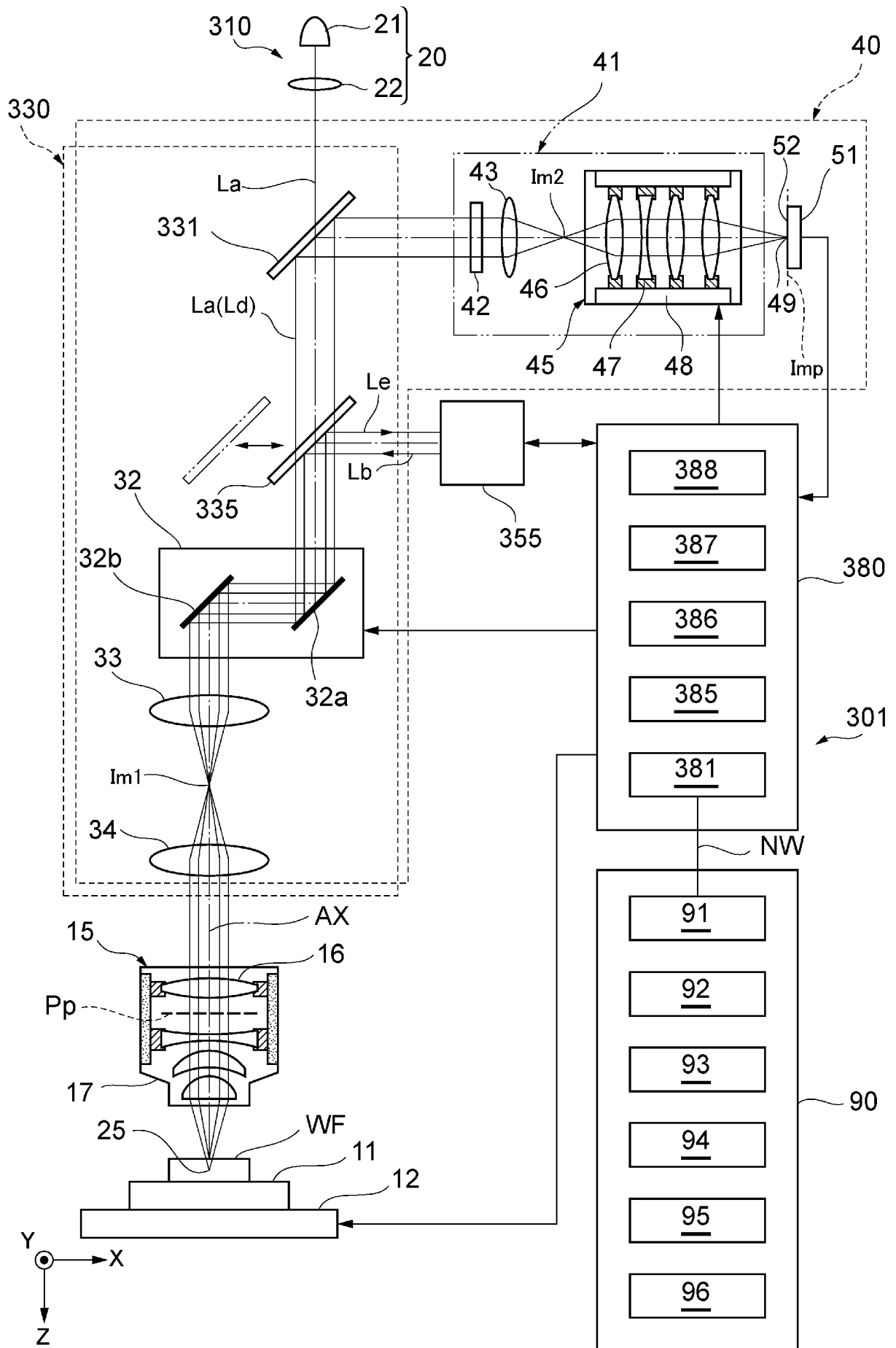
[図14]



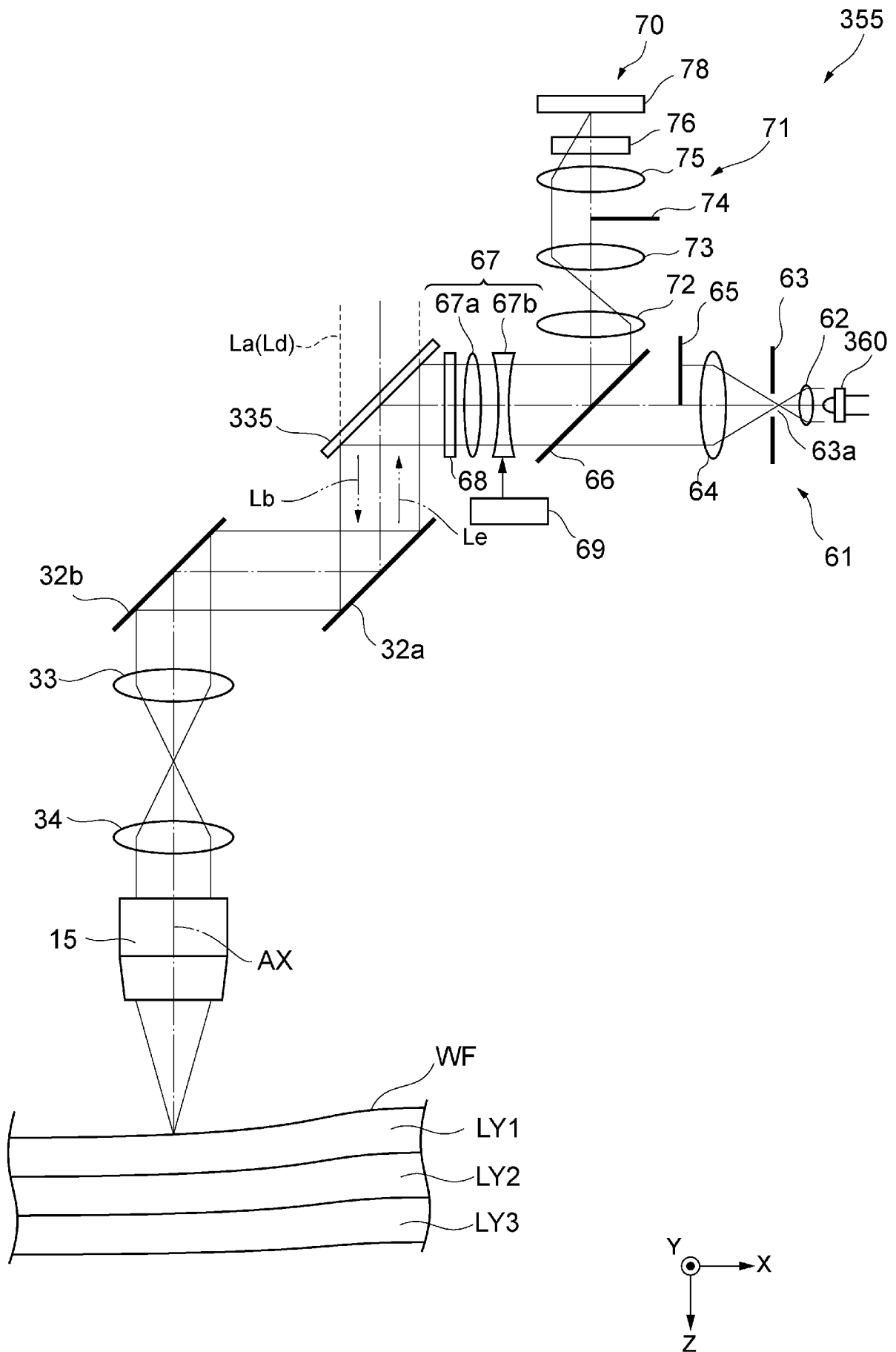
[図15]



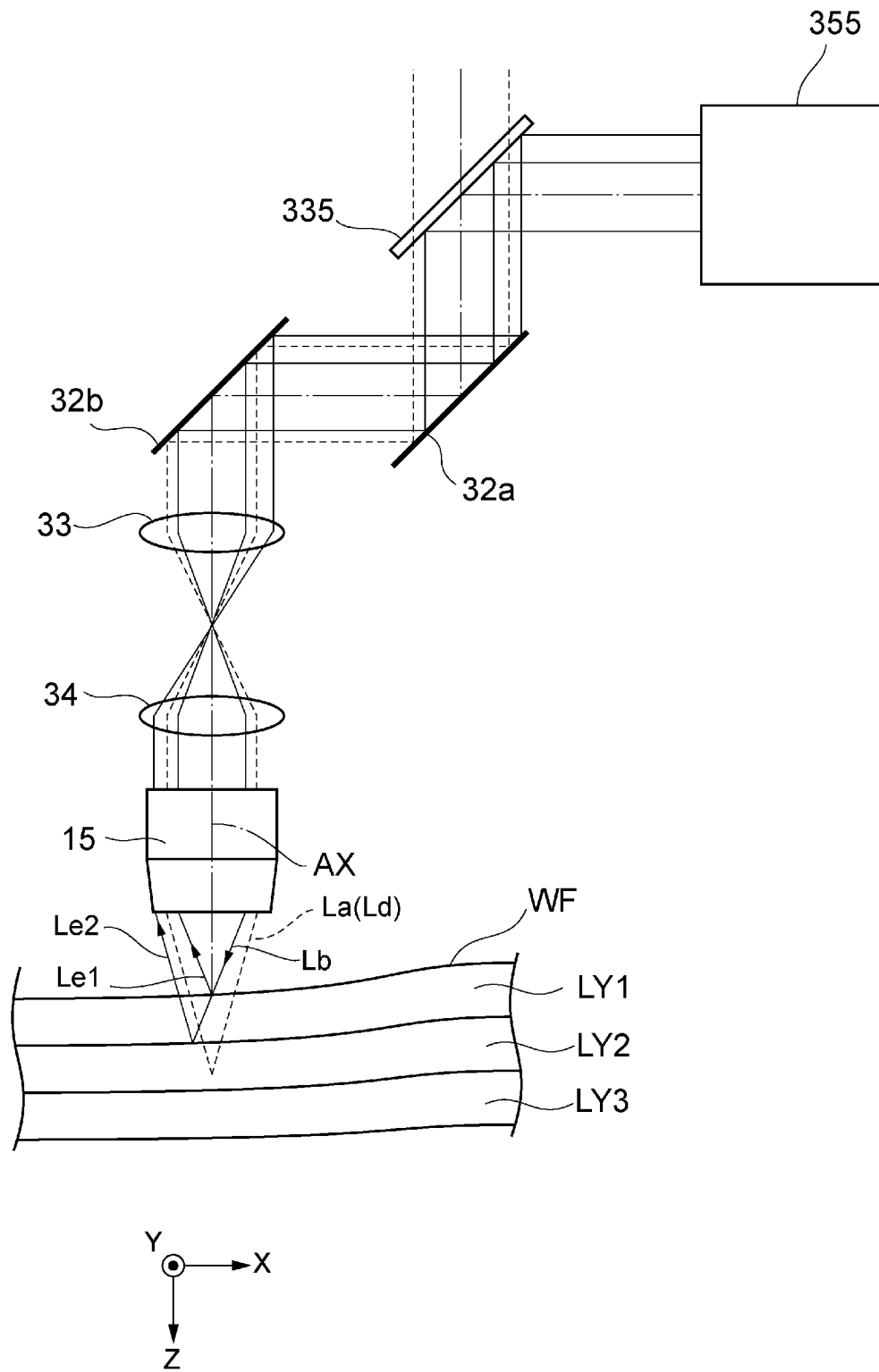
[図16]



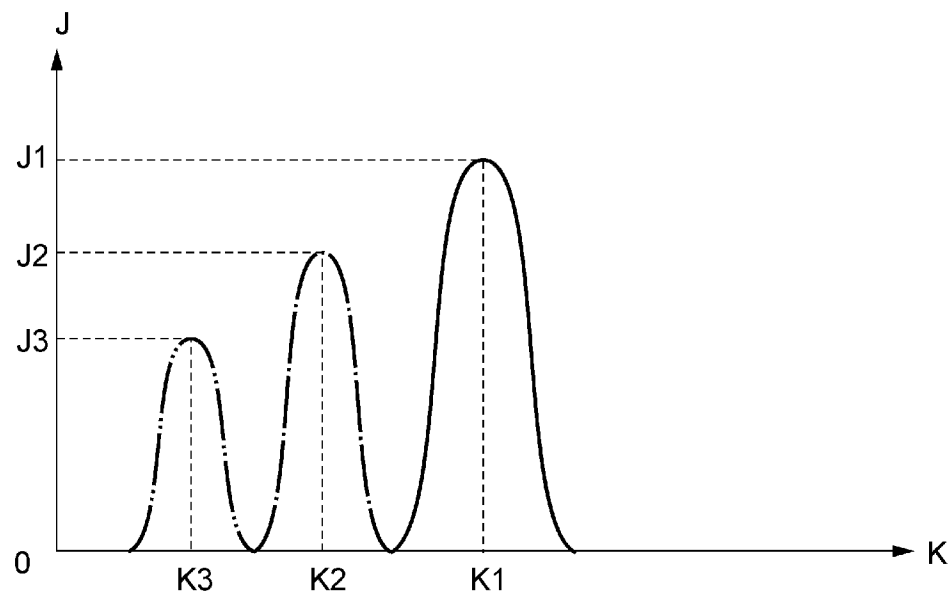
[図17]



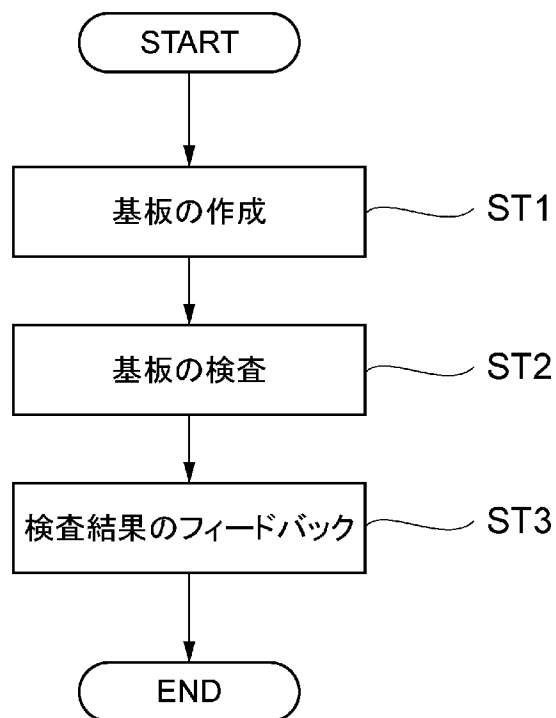
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/009219

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G02B 21/00**(2006.01)i

FI: G02B21/00

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)

G02B21/00

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 2006-184303 A (OLYMPUS CORPORATION) 13 July 2006 (2006-07-13) paragraphs [0001]-[0062], fig. 1-7	1-8, 12-16, 19-22
Y	paragraphs [0001]-[0062], fig. 1-7	9-11, 17-18
Y	JP 2019-208039 A (KLA CORP.) 05 December 2019 (2019-12-05) paragraphs [0018]-[0057]	9-11
Y	JP 2020-189762 A (SCIOCS CO., LTD.) 26 November 2020 (2020-11-26) paragraph [0185]	9-11
Y	JP 2008-261769 A (OLYMPUS CORPORATION) 30 October 2008 (2008-10-30) paragraphs [0026]-[0035]	9-11
Y	US 2019/0004300 A1 (AGILENT TECHNOLOGIES, INC.) 03 January 2019 (2019-01-03) paragraphs [0018]-[0026], fig. 3-5	17-18

☐ 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 April 2023

Date of mailing of the international search report

16 May 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/JP2023/009219

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2006-184303	A	13 July 2006	US 2006/0249651 A1 paragraphs [0002]-[0186] CN 1800836 A TW 200628868 A	
JP	2019-208039	A	05 December 2019	US 2014/0300890 A1 paragraphs [0027]-[0066] WO 2014/165680 A1 TW 201447285 A KR 10-2015-0137123 A	
JP	2020-189762	A	26 November 2020	(Family: none)	
JP	2008-261769	A	30 October 2008	US 2008/0251689 A1 paragraphs [0043]-[0054]	
US	2019/0004300	A1	03 January 2019	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 21/00(2006.01)i FI: G02B21/00										
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）） G02B21/00 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	JP 2006-184303 A（オリンパス株式会社）13.07.2006（2006 - 07 - 13） [0001]-[0062]、図1-7	1-8, 12-16, 19-22								
Y	[0001]-[0062]、図1-7	9-11, 17-18								
Y	JP 2019-208039 A（ケーエルエー コーポレーション）05.12.2019（2019 - 12 - 05） [0018]-[0057]	9-11								
Y	JP 2020-189762 A（株式会社サイオクス）26.11.2020（2020 - 11 - 26） [0185]	9-11								
Y	JP 2008-261769 A（オリンパス株式会社）30.10.2008（2008 - 10 - 30） [0026]-[0035]	9-11								
Y	US 2019/0004300 A1（AGILENT TECHNOLOGIES, INC.）03.01.2019（2019 - 01 - 03） [0018]-[0026]、図3-5	17-18								
☐ 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 28.04.2023		国際調査報告の発送日 16.05.2023								
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） 瀬戸 息吹 2V 5362 電話番号 03-3581-1101 内線 3271								

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/JP2023/009219

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2006-184303	A	13.07.2006	US	2006/0249651	A1	
					[0002]-[0186]		
				CN	1800836	A	
				TW	200628868	A	
JP	2019-208039	A	05.12.2019	US	2014/0300890	A1	
					[0027]-[0066]		
				WO	2014/165680	A1	
				TW	201447285	A	
				KR	10-2015-0137123	A	
JP	2020-189762	A	26.11.2020	(ファミリーなし)			
JP	2008-261769	A	30.10.2008	US	2008/0251689	A1	
					[0043]-[0054]		
US	2019/0004300	A1	03.01.2019	(ファミリーなし)			