

(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
2014年6月19日(19.06.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/091993 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 21/17 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/082644
- (22) 国際出願日: 2013年12月4日(04.12.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-272290 2012年12月13日(13.12.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社トプコン(KABUSHIKI KAISHA TOPCON) [JP/JP]; 〒1748580 東京都板橋区蓮沼町7番1号 Tokyo (JP). 国立大学法人電気通信大学(THE UNIVERSITY OF ELECTRO-COMMUNICATIONS) [JP/JP]; 〒1828585 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 関根 明彦(SEKINE, Akihiko); 〒1748580 東京都板橋区蓮沼町7番1号 株式会社トプコン内 Tokyo (JP). 渡邊 恵理子(WATANABE,

Eriko); 〒1828585 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人三澤特許事務所(MISAWA PATENT OFFICE, P.C.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿7丁目15番8号 日販ビル Tokyo (JP).

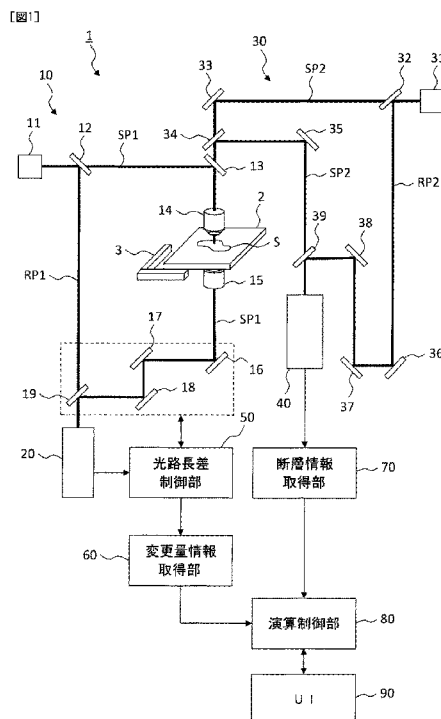
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL PROPERTY MEASUREMENT DEVICE AND OPTICAL PROPERTY MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称: 光学特性計測装置および光学特性計測方法



50... LIGHT PATH LENGTH DIFFERENCE CONTROL UNIT
60... CHANGE AMOUNT INFORMATION ACQUISITION UNIT
70... TOMOGRAPHIC INFORMATION ACQUISITION UNIT
80... ARITHMETIC AND CONTROL UNIT

(57) Abstract: In order to detect the abnormality of a sample with high accuracy, a first interference optical system of an optical property measurement device of an embodiment scans a sample with first signal light passing through a first sample light path, generates first interference light by causing the first signal light that has passed through the first sample light path and first reference light that has passed through a first reference light path to interfere with each other, and detects the first interference light. A light path length difference control unit changes the light path length difference between the first sample light path and the first reference light path on the basis of the detection result of the first interference light. A change amount information acquisition unit acquires change amount information indicating the amount of change of the light path length difference. A second interference optical system scans the sample with second signal light passing through a second sample light path, generates second interference light by causing the second signal light that has passed through the second sample light path and second reference light that has passed through a second reference light path to interfere with each other, and detects the second interference light. A tomographic information acquisition unit acquires tomographic information relating to the sample on the basis of the detection result of the second interference light. A refractive index distribution acquisition unit acquires the refractive index distribution of the sample on the basis of the change amount information and the tomographic information.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/091993 A1



MZ, NA, RW, SD, SL, 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, 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))

試料の異常の検出を高い確度で行う。実施形態の光学特性計測装置の第 1 干渉光学系は、第 1 試料光路を通過する第 1 信号光で試料をスキャンし、第 1 試料光路を経由した第 1 信号光と第 1 参照光路を経由した第 1 参照光とを干渉させて第 1 干渉光を生成して検出する。光路長差制御部は、第 1 干渉光の検出結果に基づいて第 1 試料光路と第 1 参照光路との光路長差を変更する。変更量情報取得部は、光路長差の変更量を示す変更量情報を取得する。第 2 干渉光学系は、第 2 試料光路を通過する第 2 信号光で試料をスキャンし、第 2 試料光路を経由した第 2 信号光と第 2 参照光路を経由した第 2 参照光とを干渉させて第 2 干渉光を生成して検出する。断層情報取得部は、第 2 干渉光の検出結果に基づいて試料の断層情報を取得する。屈折率分布取得部は、変更量情報と断層情報とに基づいて試料の屈折率分布を取得する。

明 細 書

発明の名称：光学特性計測装置および光学特性計測方法

技術分野

[0001] この発明の実施形態は、光学特性計測装置および光学特性計測方法に関する。

背景技術

[0002] 細胞シートを用いた治療が近年広がりを見せている。特に、患者自身の細胞から形成された細胞シートを移植する治療法が確立されつつある。この治療法は、患者から採取された細胞から幹細胞を抽出し、心筋や角膜上皮／内皮細胞を培養して細胞シートを形成するものである。

[0003] 細胞シートは、移植に適した状態に形成される必要がある。たとえば角膜用の細胞シートにおいては、細胞が正しく重層化し、欠損等のない必要がある。そのための検査は培養後に行われる。角膜は透明であるから、通常の顕微鏡では観察できない。よって、位相差顕微鏡により位相コントラストを画像化することで、細胞シートの異常の有無を検出している。

[0004] 位相差顕微鏡による検査は簡便であるが、位相コントラストによるパターンのむらとして光路長差の存在やその分布は観察できても、実際にどの程度の光路長差が存在するかは把握できない。

[0005] また、高密度光メモリの分野や光通信・情報処理分野では、屈折率変調量や屈折率差を把握する目的から、体積位相型ホログラフィックグレーティング (Volume Phase holographic (VPH) Grating) などの屈折率変調型デバイスや、屈折率差を利用した光導波路型デバイスへの関心が高まっている。その一例として、特許文献1に示す位相差計測技術が知られている。近年、この技術を用いることで、癌細胞と正常細胞とを定量化された指標で識別できる可能性が示されている。

[0006] 一方、生体組織の内部構造を可視化する方法として、オプティカルコヒーレンストモグラフィ (Optical Coherence Tomogr

a p h y、O C T）技術がある（たとえば特許文献2、特許文献3参照）。また、この技術を高解像度化して単離細胞の内部も観察可能とした高解像度オプティカルコヒーレンストモグラフィ顕微鏡（O C M）も報告されている。このようなO C T技術は、細胞シートの積層状態を把握する手法として利用できる。つまり、O C T技術を用いることで、積層化した細胞集合体の断面形状を細胞レベルの分解能で観察することができ、たとえば角膜上皮シートの積層状態（基底細胞層／翼細胞層／扁平上皮細胞層）を確認することが可能である。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2008-304456号公報

特許文献2：特開2003-543号公報

特許文献3：特開2007-101365号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 細胞シートの内部構造と位相差との関係が不明である場合、従来の位相差計測技術では、細胞シートの一部の位相差が相対的に大きく計測されたとしても、それがシートの厚みの相違によるものか、或いは細胞の異常によるものか（つまり屈折率の相違によるものか）判別することは困難であった。よって、位相差の計測結果を正しく解釈するには、細胞シートの構造の把握が一つの条件となっている。

[0009] しかし、細胞シートの構造は細胞レベルの寸法で変化しており、シート構造の確認には十分高い分解能を必要とする。つまり、異常細胞の有無や特定には、位相差および形態（構造）の双方について細胞レベルの空間分解能で計測を行うことが必要である。

[0010] 一方、O C Mでの検査においては、細胞シートの屈折率分布を仮定して光軸方向の長さを定義しており、この仮定が崩れるような異常細胞（癌細胞等

）については形態を正確に取得できないという問題があった。

[0011] この発明の目的は、試料の異常の検出を高い確度で行うことが可能な技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] 請求項 1 に記載の発明は、第 1 光源から出力された光の光路を第 1 試料光路と第 1 参照光路とに分割し、前記第 1 試料光路を通過する第 1 信号光で試料の所定領域をスキャンし、前記第 1 試料光路を経由した第 1 信号光と前記第 1 参照光路を経由した第 1 参照光とを干渉させて第 1 干渉光を生成し、生成された第 1 干渉光を検出する第 1 干渉光学系と、第 1 干渉光の検出結果に基づいて、前記第 1 試料光路と前記第 1 参照光路との間の光路長差を変更する光路長差制御部と、前記光路長差制御部による光路長差の変更量を示す変更量情報を取得する変更量情報取得部と、第 2 光源から出力された光の光路を第 2 試料光路と第 2 参照光路とに分割し、前記第 2 試料光路を通過する第 2 信号光で前記所定領域をスキャンし、前記第 2 試料光路を経由した第 2 信号光と前記第 2 参照光路を経由した第 2 参照光とを干渉させて第 2 干渉光を生成し、生成された第 2 干渉光を検出する第 2 干渉光学系と、第 2 干渉光の検出結果に基づいて前記所定領域の断層情報を取得する断層情報取得部と、前記変更量情報取得部により取得された変更量情報と、前記断層情報取得部により取得された断層情報とに基づいて、前記所定領域における屈折率分布を取得する屈折率分布取得部とを有する光学特性計測装置である。

また、請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の光学特性計測装置であって、前記屈折率分布取得部は、前記スキャンにより計測が行われる前記所定領域内の各計測点について、前記変更量情報に基づいて、当該計測点における前記試料の厚み方向の光学的距離を算出し、前記断層情報に基づいて、当該計測点における前記試料の厚み方向の空間的距離を算出し、前記光学的距離を前記空間的距離で除算することにより、当該計測点における前記試料の屈折率を取得することを特徴とする。

また、請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 または請求項 2 に記載の光学特

性計測装置であって、前記第 1 試料光路と前記第 2 試料光路とを合成する合成部材と、前記合成部材と前記試料との間に設けられた対物レンズとを有し、前記第 1 干渉光学系は、前記対物レンズを介して第 1 信号光を前記試料に照射し、前記第 2 干渉光学系は、前記対物レンズを介して第 2 信号光を前記試料に照射することを特徴とする。

また、請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 ～請求項 3 のいずれか一項に記載の光学特性計測装置であって、前記試料が載置される載置部と、前記第 1 試料光路の光軸および前記第 2 試料光路の光軸に対して実質的に直交する方向に前記載置部を移動させることで前記スキャンを行う駆動部とを有することを特徴とする。

また、請求項 5 に記載の発明は、請求項 1 ～請求項 3 のいずれか一項に記載の光学特性計測装置であって、前記第 2 試料光路に設けられ、前記試料に向かう第 2 信号光を偏向することで前記スキャンを行う偏向光学系を有することを特徴とする。

また、請求項 6 に記載の発明は、請求項 1 ～請求項 5 のいずれか一項に記載の光学特性計測装置であって、前記第 2 光源は波長掃引光源であり、前記断層情報取得部は、前記波長掃引光源による波長の掃引に伴い前記第 2 干渉光学系により得られた第 2 干渉光の検出結果に基づいて前記断層情報を取得することを特徴とする。

また、請求項 7 に記載の発明は、請求項 1 ～請求項 5 のいずれか一項に記載の光学特性計測装置であって、前記第 2 光源は広帯域光源であり、前記第 2 干渉光学系は、第 2 干渉光のスペクトルを検出する分光器を含み、前記断層情報取得部は、前記分光器によるスペクトルの検出結果に基づいて前記断層情報を取得することを特徴とする。

また、請求項 8 に記載の発明は、請求項 1 ～請求項 5 のいずれか一項に記載の光学特性計測装置であって、前記第 2 光源は広帯域光源であり、前記第 2 干渉光学系は、前記第 2 参照光路の光路長を変調する光路長変調部を含み、前記断層情報取得部は、前記光路長の変調に伴い前記第 2 干渉光学系によ

り得られた第2干渉光の検出結果に基づいて前記断層情報を取得することを特徴とする。

また、請求項9に記載の発明は、請求項1～請求項8のいずれか一項に記載の光学特性計測装置であって、前記第2干渉光学系は、前記第2参照光路の光路長を変更する光路長変更部を含むことを特徴とする。

また、請求項10に記載の発明は、請求項1～請求項9のいずれか一項に記載の光学特性計測装置であって、前記第1光源および前記第2光源は同一光源であり、前記第1干渉光学系および前記第2干渉光学系は、前記同一光源から出力された光を前記第1試料光路と前記第1参照光路と前記第2試料光路と前記第2参照光路とに分割する分割光学系を含むことを特徴とする。

また、請求項11に記載の発明は、請求項1～請求項10のいずれか一項に記載の光学特性計測装置であって、前記第2光源から出力された光の光路を2分割する分割部材を有し、前記第2干渉光学系は、前記分割部材により分割された一方の光路を前記第2試料光路と前記第2参照光路とに分割し、前記分割部材により分割された他方の光路を第3試料光路と第3参照光路とに分割し、前記第3試料光路を通過する第3信号光で前記第2信号光とは反対の方向から前記所定領域をスキャンし、前記第3試料光路を経由した第3信号光と前記第3参照光路を経由した第3参照光とを干渉させて第3干渉光を生成し、生成された第3干渉光を検出する第3干渉光学系を有し、前記断層情報取得部は、第3干渉光の検出結果に基づいて前記所定領域の他の断層情報を取得し、前記屈折率分布取得部は、前記変更量情報と前記断層情報と前記他の断層情報とに基づいて、前記屈折率分布を取得することを特徴とする。

また、請求項12に記載の発明は、請求項11に記載の光学特性計測装置であって、前記屈折率分布取得部は、前記断層情報取得部により取得された前記断層情報および前記他の断層情報に基づいて前記所定領域における厚み分布を取得する厚み分布取得部を含み、前記変更量情報と前記厚み分布とに基づいて前記屈折率分布を取得することを特徴とする。

また、請求項 1 3 に記載の発明は、請求項 1 ～請求項 1 2 のいずれか一項に記載の光学特性計測装置であって、前記光路長差制御部は、前記第 1 干渉光学系により検出される前記第 1 干渉光の強度が所定値となるように前記光路長差の変更を行うことを特徴とする。

また、請求項 1 4 に記載の発明は、第 1 光源から出力された光を第 1 信号光と第 1 参照光とに分割し、第 1 信号光で試料の所定領域をスキャンし、前記試料を経由した第 1 信号光と第 1 参照光とを干渉させて第 1 干渉光を生成し、生成された第 1 干渉光を検出する第 1 検出ステップと、第 1 干渉光の検出結果に基づいて、第 1 信号光の光路と第 1 参照光の光路との間の光路長差を変更する光路長差制御ステップと、前記光路長差制御ステップによる光路長差の変更量を示す変更量情報を取得する変更量情報取得ステップと、第 2 光源から出力された光を第 2 信号光と第 2 参照光とに分割し、第 2 信号光で前記所定領域をスキャンし、前記試料を経由した第 2 信号光と第 2 参照光とを干渉させて第 2 干渉光を生成し、生成された第 2 干渉光を検出する第 2 検出ステップと、第 2 干渉光の検出結果に基づいて前記所定領域の断層情報を取得する断層情報取得ステップと、前記変更量情報取得ステップで取得された変更量情報と、前記断層情報取得ステップで取得された断層情報とに基づいて、前記所定領域における屈折率分布を取得する屈折率分布取得ステップを含む光学特性計測方法である。

発明の効果

[0013] この発明によれば、試料の異常の検出を高い確度で行うことが可能である。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]実施形態に係る光学特性計測装置の構成の一例を表す概略図である。

[図2]実施形態に係る光学特性計測装置が実行する処理の一例を説明するための概略図である。

[図3]実施形態に係る光学特性計測装置が実行する処理の一例を説明するための概略図である。

[図4]実施形態に係る光学特性計測装置の構成の一例を表す概略図である。

[図5]実施形態に係る光学特性計測装置の構成の一例を表す概略図である。

[図6]実施形態に係る光学特性計測装置の構成の一例を表す概略図である。

[図7]実施形態に係る光学特性計測装置の構成の一例を表す概略図である。

発明を実施するための形態

[0015] 光学特性計測装置および光学特性計測方法の実施形態の一例について、図面を参照しながら詳細に説明する。実施形態は、層構造を有する任意の試料の光学特性を取得するために用いられる。試料の例としては、前述した細胞シートだけでなく、光導波路構造を有する光波長多重フィルタなどがある。

[0016] 実施形態は、特許文献1等を示す位相差計測技術と、特許文献2等を示すOCT技術とを組み合わせることにより、試料の異常検出の確度向上を図るものである。なお、この明細書に記載された文献の記載内容を、以下の実施形態の内容として適宜援用することが可能である。

[0017] (位相差計測技術の概要)

実施形態に用いられる位相差計測技術の概要を説明する。計測される位相差は、低屈折率領域を通過した光と、高屈折率領域を通過した光との位相差である。低屈折率領域の屈折率を n_L 、高屈折率領域の屈折率を n_H 、試料の厚みを t 、光の波長を λ とすると、位相差 $\Delta\phi$ は次式で得られる： $\Delta\phi = 2\pi t (n_H - n_L) / \lambda$ 。ここで、高屈折率領域を通過する光の光路長（光学的距離）を位相差 $\Delta\phi$ に相当する分だけ変更すれば、双方の光の間の位相差が0となる。よって、光路長の変更量を検出することで、位相差 $\Delta\phi$ を取得することができる。さらに、試料の厚み t が既知であれば、上記式に基づいて屈折率差 $\Delta n = n_H - n_L$ が得られる。

[0018] この位相差計測技術は、この原理を利用して、光路長が一定の光路（第1参照光路）を経由する光（第1参照光）と、試料の光学特性が光路長に影響を与える光路（第1試料光路）を経由する光（第1信号光）との干渉光を検出することにより、試料の光学特性を示す情報を取得するものである。この情報としては、第1参照光（第1参照光路）を基準とした光路長差の分布、

位相差の分布、屈折率差の分布などがある（これら分布は等価である）。

[0019] （ＯＣＴ技術の概要）

実施形態に用いられるＯＣＴ技術の概要を説明する。ＯＣＴは、試料を経由した信号光（第２信号光）を参照光（第２参照光）と干渉させて得られる干渉光を検出することで、第２信号光が経由した試料の部位の断層情報を取得する光計測技術である。実施形態において適用可能なＯＣＴの方式は任意である。ＯＣＴの方式には、スウェプトソース方式、スペクトラルドメイン方式、タイムドメイン方式などがある。

[0020] スウェプトソース方式では、波長掃引光源を用いて出力光の波長を高速で掃引しつつ各計測点（Ａライン）を計測し、それにより得られる一連の干渉光を検出する。そして、この検出結果に信号処理を施すことで、Ａラインの断層情報が取得される。この断層情報は、Ａラインにおける反射強度分布を示す。複数のＡラインについて取得された断層情報を配列させることにより、２次元または３次元の断層情報（断層像データ）が形成される。

[0021] スペクトラルドメイン方式では、スーパーluminescent diode（ＳＬＤ）などの広帯域光源と、分光器とが用いられる。広帯域光源から出力された広帯域光はＡラインに照射され、Ａラインの様々な深度からの反射光の混合光を分光器で検出する。それにより得られたスペクトルに信号処理を施すことで、Ａラインにおける反射強度分布を示す断層情報が取得される。複数のＡラインについて取得された断層情報を配列させることにより、２次元または３次元の断層情報（断層像データ）が形成される。

[0022] タイムドメイン方式では、広帯域光源と、第２参照光の光路（第２参照光路）の光路長を変調する光路長変調部とが用いられる。光路長変調部は、たとえば、第２参照光路に設けられたミラーと、このミラーを光軸方向に移動させる駆動機構（圧電素子など）とを含む。この方式では、第２参照光路の光路長を変調して干渉深度を変化させつつＡラインの一点一点を広帯域光で計測し、その反射強度を検出する。それにより得られた複数の反射強度情報を深度方向に配列させることで、Ａラインの断層情報が得られる。さらに、

複数のAラインについて取得された断層情報を配列させることにより、2次元または3次元の断層情報（断層像データ）が形成される。

[0023] 〈第1の実施形態〉

図1に示す光学特性計測装置1は、第1干渉光学系10と、第2干渉光学系30とを有する。第1干渉光学系10は位相差計測に用いられ、第2干渉光学系30はOCT計測に用いられる。

[0024] なお、図1には、主として、第1干渉光学系10の光路と第2干渉光学系30の光路との組み合わせ形態が示されており、幾つかの光学部材は省略されている。たとえば、第1干渉光学系10には、図示しない波長板やレンズが設けられている。また、第2干渉光学系30には、図示しないアッテネータや偏波コントローラ、レンズなどが設けられている。また、第1干渉光学系10や第2干渉光学系30は、光ファイバを用いたファイバ光学系として構成されていてもよい。

[0025] 光学特性計測装置1は、ステージ2に載置された試料Sの光学特性を計測する。なお、試料Sはステージ2に直接に載置されていてもよいし、試料Sが格納されたケースがステージ2に載置されていてもよい。後者の例として、細胞シートが格納されたペトリ皿をステージ2に載置することができる。

[0026] 駆動部3は、第1試料光路SP1の光軸に対して実質的に直交する方向にステージ2を移動させる。この実施形態の駆動部3は、第1試料光路SP1の光軸に対して実質的に直交する面内の任意方向に移動させることができる。それにより、試料Sと第1信号光とを相対的に2次元的に移動させることができる。

[0027] この実施形態では、第1干渉光学系10と第2干渉光学系30とが対物レンズ14を共有しているので、駆動部3は、第1試料光路SP1の光軸および第2試料光路SP2の光軸に対して実質的に直交する方向にステージ2を移動させるように構成されている。このような構成により、試料Sの所定領域を第1信号光および第2信号光でスキャンすることができる。なお、駆動部3は、第1試料光路SP1等の光軸方向にもステージ2を移動可能とされ

ていてもよい。

[0028] 駆動部 3 は、たとえば、ステージ 2 の移動可能方向に沿うレールと、ステージ 2 を移動させるための駆動力を出力するアクチュエータとを含む。駆動部 3 は、演算制御部 80 による制御を受けて動作する。

[0029] (第 1 干渉光学系 10)

第 1 干渉光学系 10 の機能について説明する。第 1 干渉光学系 10 は、第 1 光源 11 から出力された光の光路を、第 1 試料光路 SP1 と、第 1 参照光路 RP1 とに分割する。続いて、第 1 干渉光学系 10 は、第 1 試料光路 SP1 を通過する第 1 信号光により、試料 S の所定領域をスキャンする。さらに、第 1 干渉光学系 10 は、第 1 試料光路 SP1 を経由した第 1 信号光と、第 1 参照光路 RP1 を経由した第 1 参照光とを干渉させて、第 1 干渉光を生成する。そして、第 1 干渉光学系 10 は、生成された第 1 干渉光を検出する。このような機能を実現するための構成例を以下に説明する。

[0030] 第 1 光源 11 としては、たとえば、コヒーレントなレーザ光源が用いられる。第 1 光源 11 から出力された光の光路は、ビームスプリッタ 12 により第 1 試料光路 SP1 と第 1 参照光路 RP1 とに分割される。ビームスプリッタ 12 は、たとえばハーフミラーである。

[0031] ビームスプリッタ 12 を透過して第 1 試料光路 SP1 に導かれた光 (第 1 信号光) は、たとえばダイクロイックミラーからなるビームスプリッタ 13 により反射される。さらに、第 1 信号光は、対物レンズ 14 を介して試料 S に照射される。試料 S およびステージ 2 を透過した第 1 信号光は、対物レンズ 15 を経由し、さらに反射ミラー 16、17 および 18 を経由してビームスプリッタ 19 に到達する。ビームスプリッタ 19 は、たとえばハーフミラーである。

[0032] 一方、ビームスプリッタ 12 により反射された光 (第 1 参照光) は、第 1 参照光路 RP1 を介してビームスプリッタ 19 に到達する。

[0033] 第 1 試料光路 SP1 を経由した第 1 信号光と、第 1 参照光路 RP1 を経由した第 1 参照光は、ビームスプリッタ 19 によって干渉する。それにより得

られる干渉光（第1干渉光）は、第1検出部20によって検出される。第1検出部20は、第1干渉光の強度を示す検出信号を出力する。第1検出部20としては、たとえば、アバランシェフォトダイオード、光電子増倍管、フォトダイオード、CCDイメージセンサ、CMOSイメージセンサなどが用いられる。

[0034]（光路長差制御部50）

光路長差制御部50は、第1検出部20による第1干渉光の検出結果に基づいて、第1試料光路SP1と第1参照光路RP1との間の光路長差を変更する。光路長差制御部50は、反射ミラー16、17および18、並びにビームスプリッタ19を一体的に移動させることにより、第1試料光路SP1の光路長を変更する。以下、光路長差制御部50により移動される反射ミラー16、17および18、並びにビームスプリッタ19をまとめて「移動対象」と呼ぶことがある。光路長差制御部50は、第1検出部20からの検出信号を処理する信号処理機能（電子回路、プロセッサ等）と、この信号処理機能による処理結果に基づいて移動対象を移動させる機能（アクチュエータ等）とを有する。

[0035] この実施形態では、第1試料光路SP1の光路長を変更することで光路長差を変更しているが、第1参照光路RP1の光路長を変更する構成や、双方の光路長を変更する構成を適用することも可能である。

[0036] 光路長差制御部50は、第1検出部20により検出される第1干渉光の強度が所定値となるように光路長差の変更を行う。そのために、光路長差制御部50は、特許文献1と同様のフィードバック制御を実行する。このフィードバック制御は次のように実行される。光路長差制御部50は、第1検出部20からの検出信号と所定の定電圧との差分を取得し、ローパスフィルタを介して移動対象を一体的に移動させる。その場合、光路長差制御部50は、差分回路、ローパスフィルタおよび駆動機構を有する。駆動機構としては、たとえば圧電素子が用いられる。このフィードバック制御は、第1信号光と第1参照光との位相差が常に所定量になるように行われる。このようなフィ

ードバック制御を行うことにより、第1信号光による試料Sのスキャンにおいて、試料Sを介する第1試料光路SP1の光路長が実質的に一定となる。

[0037] (変更量情報取得部60)

変更量情報取得部60は、光路長差制御部50による光路長差の変更量を示す変更量情報を取得する。変更量情報は、光路長差の変更量自体には限られず、それと等価な情報であればよい。この実施形態では、変更量情報取得部60は、第1試料光路SP1の光路長の変更量を示す変更量情報を取得するようになっている。光路長差制御部50が上記構成を有する場合、変更量情報取得部60は、第1試料光路SP1の光路長の変更量を示す変更量情報として、光路長差制御部50の圧電素子に対する印加電圧を検出する。

[0038] 変更量情報取得部60による変更量情報の取得は、第1信号光による試料Sのスキャン、および、光路長差制御部50によるフィードバック制御と並行して実行される。この統合的な制御は演算制御部80により行われる。それにより、変更量情報取得部60は、光路長差の変更量の時系列変化を示す変更量情報を取得する。変更量情報は、演算制御部80に送られる。圧電素子に対する印加電圧を検出する上記例の場合、変更量情報には、この印加電圧のスキャンに伴う時系列変化、つまりスキャンされた複数の計測点に対応する印加電圧の値が含まれる。

[0039] (第2干渉光学系30)

第2干渉光学系30の機能について説明する。第2干渉光学系30は、第2光源31から出力された光の光路を、第2試料光路SP2と、第2参照光路RP2とに分割する。続いて、第2干渉光学系30は、第2試料光路SP2を通過する第2信号光により、試料Sの所定領域をスキャンする。さらに、第2干渉光学系30は、第2試料光路SP2を経由した第2信号光と、第2参照光路RP2を経由した第2参照光とを干渉させて、第2干渉光を生成する。そして、第2干渉光学系30は、生成された第2干渉光を検出する。このような機能を実現するための構成例を以下に説明する。

[0040] 第2光源31としては、OCTの方式に応じた光源が用いられる。たとえ

ば、スウェプトソース方式の場合には波長掃引光源が用いられ、スペクトラルドメイン方式やタイムドメイン方式の場合には広帯域光源が用いられる。第2光源31から出力された光の光路は、ビームスプリッタ32により第2試料光路SP2と第2参照光路RP2とに分割される。ビームスプリッタ32は、たとえばハーフミラーである。

[0041] ビームスプリッタ32を透過して第2試料光路SP2に導かれた光（第2信号光）は、反射ミラー33により反射され、ビームスプリッタ34を透過し、ビームスプリッタ13を透過する。ここで、ビームスプリッタ13は、第1光源11の出力波長を反射し、かつ第2光源31の出力波長を透過させるダイクロイックミラーである。このビームスプリッタ13により、第1試料光路SP1と第2試料光路SP2とが合成される。

[0042] さらに、第2信号光は、対物レンズ14を介して試料Sに照射される。第2信号光は、試料Sの様々な深度にて散乱・反射される。試料Sによる第2信号光の後方散乱光（同じく第2信号光と呼ぶ）は、対物レンズ14を經由し、ビームスプリッタ13を透過し、ビームスプリッタ34に反射され、反射ミラー35に反射され、ビームスプリッタ39に到達する。ビームスプリッタ32からビームスプリッタ39までの当該経路が第2試料光路SP2に相当する。

[0043] 一方、ビームスプリッタ32により反射された光（第2参照光）は、第2参照光路RP2に配置された反射ミラー36、37および38を介してビームスプリッタ39に到達する。なお、OCTの原理にしたがい、第2試料光路SP2の光路長と第2参照光路RP2の光路長とがほぼ同じになるように、第2干渉光学系30は設計される。

[0044] 第2試料光路SP2を經由した第2信号光と、第2参照光路RP2を經由した第2参照光は、ビームスプリッタ39によって干渉する。それにより得られる干渉光（第2干渉光）は、第2検出部40によって検出される。第2検出部40は、OCT方式に応じた構成を有する。たとえばスウェプトソース方式やタイムドメイン方式ではフォトディテクタやバランスドフォトディ

テクタが用いられ、スペクトラルドメイン方式では分光器が用いられる。

[0045] (断層情報取得部 70)

断層情報取得部 70 は、第 2 検出部 40 による第 2 干渉光の検出結果に基づいて、試料 S の所定領域の断層情報を取得する。試料 S の所定領域とは、第 2 信号光によってスキャンされた試料 S の領域である。断層情報取得部 70 は、OCT 方式に応じた前述の処理を実行することで、第 2 干渉光の検出結果から断層情報を生成する。断層情報は、演算制御部 80 に送られる。

[0046] (演算制御部 80)

演算制御部 80 は、各種の演算処理や制御処理を実行する。たとえば、演算制御部 80 は、光学特性計測装置 1 の各部を制御する。また、演算制御部 80 は、屈折率分布取得部としての機能を有し、以下に説明する演算処理を実行する。

[0047] 演算制御部 80 は、変更量情報取得部 60 により取得された変更量情報と、断層情報取得部 70 により取得された断層情報とに基づいて、試料 S の所定領域における屈折率分布を取得する。試料 S の所定領域とは、位相差計測でスキャンされた領域と、OCT 計測でスキャンされた領域との共通領域の全体または一部である。この実施形態では、たとえば、位相差計測と OCT 計測で同じ領域をスキャンすることができる。このスキャンは、同時にまたは異なるタイミングで実行される。

[0048] 屈折率分布を取得する処理の例を説明する。演算制御部 80 は、第 1 信号光および第 2 信号光の双方のスキャンが行われた試料 S の各計測点について、以下の処理を実行する。なお、この実施形態では、ステージ 2 の移動により双方のスキャンが実行されるので、双方の計測における計測点の対応付けを自然に行うことが可能である。すなわち、双方のスキャンを同時に行う場合には、実質的に同時に検出された第 1 干渉光および第 2 干渉光が同一の計測点 (A ライン) の情報を含むものであるから、これら干渉光に基づく変更量情報および断層情報を対応付けることができる。また、双方のスキャンが異なるタイミングで行われる場合には、双方のスキャンにおいてステージ 2

の位置情報と取得された情報（変更量情報、断層情報）とを関連付けておき、位置情報が（実質的に）同一である変更量情報と断層情報とを対応付けることができる。

[0049] 演算制御部 80 は、双方のスキンの各計測点について、次の 3 段階の処理を行う。

（１）変更量情報取得部 60 により取得された変更量情報に基づいて、各計測点における試料 S の厚み方向の光学的距離情報を算出する。

（２）断層情報取得部 70 により取得された断層情報に基づいて、各計測点における試料 S の厚み方向の空間的距離情報を算出する。

（３）（１）で算出された光学的距離情報を、（２）で算出された空間的距離情報で除算することにより、各計測点における試料 S の屈折率を取得する。

[0050] 第 1 段階の処理について説明する。変更量情報には、前述のように、光路長差の変更量の時系列変化を示す情報が含まれる。たとえば、上記例のように圧電素子に対する印加電圧を検出する場合、変更量情報には、この印加電圧のスキランに伴う時系列変化、つまり複数の計測点に対応する印加電圧の値が含まれる。演算制御部 80 は、各計測点に対応する印加電圧の値を、光路長の値に変換する。この処理は、あらかじめ取得された圧電素子の特性（印加電圧と変位との関係）に基づいて、各計測点の印加電圧に対応する変位を求めることにより実行される。求められた変位は、その計測点における試料 S の厚み方向の光学的距離を示す情報である。この情報が光学的距離情報として用いられる。なお、光学的距離とは、空間的距離に媒質の屈折率を乗算して得られる距離である。

[0051] 第 2 段階の処理について説明する。第 2 段階の処理は、以下に説明する原理に基づく演算を含む。断層情報は、各測定点における反射強度分布（A ラインプロファイル）を示す。A ラインプロファイルの例を図 2 に示す。横軸は深度を示し、縦軸は信号強度（つまり反射強度）を示す。横軸において、所定の基準深度を 0 としている。基準深度は、試料 S よりも上方（対物レン

ズ14側)に設定される。Aラインプロファイルのピーク $\alpha 1$ は試料Sの上面に相当し、ピーク $\alpha 2$ は下面に相当する。ピーク $\alpha 1$ とピーク $\alpha 2$ との間の範囲が試料Sにおける反射強度分布に相当する。

[0052] 基準深度と試料Sの上面(ピーク $\alpha 1$)との間の空間には、空気や水などの媒質が存在する。この媒質の屈折率は既知である。よって、基準深度と試料Sの上面との間の空間的距離 L_u を求めることが可能である。

[0053] また、基準深度と試料Sの下面(ピーク $\alpha 2$)との間の空間的距離 L_b は既知であるとする。たとえば試料Sがステージ2に直接に載置されている場合、試料Sの下面とステージ2の上面とが接しているので、基準深度とステージ2の上面との間の空間的距離、つまり基準深度と試料Sの下面との間の空間的距離 L_b を事前に取得することが可能である。また、試料Sがケースに格納されている場合、試料Sはケースの載置面上に配置される。よって、基準深度とステージ2の上面との間の空間的距離と、ケースの下端面と載置面との間の空間的距離とに基づいて、基準深度とケースの載置面との間の空間的距離、つまり基準深度と試料Sの下面との間の空間的距離 L_b を事前に取得することが可能である。

[0054] このように、基準深度と試料Sの上面との間の空間的距離 L_u と、基準深度と試料Sの下面との間の空間的距離 L_b が既知であるから、空間的距離 L_b から空間的距離 L_u を減算することで、この計測点における試料Sの厚み方向の空間的距離 L_c が得られる： $L_c = L_b - L_u$ 。この空間的距離 L_c は、この計測点における試料Sの厚みを示す。

[0055] 以上のようにして、複数の計測点に対応する複数の空間的距離 L_c (厚み)が得られる。光学的距離についても同様である。複数の計測点には、スキャンに応じた順序が付されている。その順序に応じて複数の計測点を符号 $P(i)$ ($i = 1 \sim N$)で示す。複数の計測点 $P(i)$ に対応するAラインプロファイル(空間的距離)と光路長差変更量 A (光学的距離)との関係を図3に示す。

[0056] 計測点 $P(i)$ ($i = 2 \sim N$)における光路長差変更量 $A(i)$ は、計測

点 $P(i-1)$ から計測点 $P(i)$ へのスキンの移行に対応する光路長差の変更量を示す。一方、計測点 $P(i-1)$ から計測点 $P(i)$ へのスキンの移行に対応する空間的距離は、計測点 $P(i)$ における空間的距離 $L_b(i)$ と、計測点 $P(i-1)$ における空間的距離 $L_b(i-1)$ との差分 $\Delta L_b(i)$ である： $\Delta L_b(i) = L_b(i) - L_b(i-1)$ 。光学的距離情報は、複数の計測点 $P(i)$ に対応する複数の光路長差変更量 $A(i)$ を含む。空間的距離情報は、複数の計測点 $P(i)$ に対応する複数の差分空間的距離 $\Delta L_b(i)$ を含む。

[0057] 第3段階の処理について説明する。演算制御部80は、第1段階の処理で算出された光学的距離情報を、第2段階で算出された空間的距離情報で除算することにより、各計測点 $P(i)$ における試料Sの屈折率を取得する。具体的には、演算制御部80は、各計測点 $P(i)$ について、光路長差変更量 $A(i)$ を差分空間的距離 $\Delta L_b(i)$ で除算することにより、この計測点 $P(i)$ における試料Sの屈折率 $n(i)$ を求める。それにより、複数の計測点 $P(i)$ における屈折率分布 $n(i)$ 、つまりスキャンされた領域における屈折率分布 $n(i)$ が得られる。

[0058] 演算制御部80は、このようにして得られた情報に基づいて、試料Sの異常の検出を行う。この異常検出処理は、光路長差変更量 $A(i)$ 、空間的距離 $L_b(i)$ 、差分空間的距離 $\Delta L_b(i)$ 、屈折率分布 $n(i)$ などに基づいて実行される。すなわち、この異常検出処理は、試料Sの内部構造を示す情報と、光学特性を示す情報とに基づいて実行される。

[0059] 具体例として、演算制御部80は、まず、あらかじめ設定された閾値に基づいて、屈折率 $n(i)$ が異常値を示す計測点 $P(i)$ を特定する。次に、演算制御部80は、各計測点 $P(i)$ について、構造的な特徴（形態的な特徴）が存在するか判定する。構造的な特徴の例として次のものがある：空間的距離 $L_b(i)$ が異常であるか（つまり厚みが異常であるか）；差分空間的距離 $\Delta L_b(i)$ 、 $\Delta L_b(i+1)$ 等が異常であるか（つまり厚みが急激に変化していないか）；OCT画像から検出できる異常があるか（特定層

の厚みや形状に異常があるかなど)。そして、演算制御部 80 は、屈折率 n (i) から特定された異常と、構造的な特徴とに基づいて、試料 S の異常部位を特定する。

[0060] (ユーザインターフェイス 90)

ユーザインターフェイス 90 は、図示しない表示部および操作部を有する。表示部は、演算制御部 80 による制御を受けて各種情報を表示する。表示される情報としては、上記異常判定の結果、位相差計測や OCT 計測により取得された情報、OCT 計測により取得された情報に基づく断層像、試料 S に関する情報などがある。操作部は、光学特性計測装置 1 の操作、各種情報の入力などに用いられる。

[0061] (作用・効果)

光学特性計測装置 1 の作用および効果について説明する。

[0062] 光学特性計測装置 1 は、第 1 干渉光学系 10 と、光路長差制御部 50 と、変更量情報取得部 60 と、第 2 干渉光学系 30 と、断層情報取得部 70 と、演算制御部 80 とを有する。第 1 干渉光学系 10、光路長差制御部 50 および変更量情報取得部 60 は、試料 S の位相差計測を行う。第 2 干渉光学系 30 および断層情報取得部 70 は、試料 S の OCT 計測を行う。

[0063] 第 1 干渉光学系 10 は次の作用を有する：第 1 光源 11 から出力された光の光路を、第 1 試料光路 SP1 と第 1 参照光路とに分割する；第 1 試料光路 SP1 を通過する第 1 信号光で、試料 S の所定領域をスキャンする；第 1 試料光路 SP1 を経由した第 1 信号光と、第 1 参照光路 RP1 を経由した第 1 参照光とを干渉させて、第 1 干渉光を生成する；生成された第 1 干渉光を検出する。

[0064] 光路長差制御部 50 は、第 1 干渉光学系 10 により得られた第 1 干渉光の検出結果に基づいて、第 1 試料光路 SP1 と第 1 参照光路 RP1 との間の光路長差を変更する。

[0065] 変更量情報取得部 60 は、光路長差制御部 50 による光路長差の変更量を示す変更量情報を取得する。

- [0066] 第2干渉光学系30は次の作用を有する；第2光源31から出力された光の光路を、第2試料光路SP2と第2参照光路RP2とに分割する；第2試料光路SP2を通過する第2信号光で、試料Sの所定領域をスキャンする；第2試料光路SP2を経由した第2信号光と、第2参照光路RP2を経由した第2参照光とを干渉させて、第2干渉光を生成する；生成された第2干渉光を検出する。
- [0067] 断層情報取得部70は、第2干渉光学系30により得られた第2干渉光の検出結果に基づいて、試料Sの所定領域の断層情報を取得する。
- [0068] 演算制御部80は、変更量情報取得部60により取得された変更量情報と、断層情報取得部70により取得された断層情報とに基づいて、試料Sの所定領域における屈折率分布を取得する。この処理を行う演算制御部80は「屈折率分布取得部」に相当する。
- [0069] この実施形態において、屈折率分布取得部としての演算制御部80は、次の処理を実行するように構成されている。第1信号光および第2信号光のスキャンにより計測が行われる各計測点について、演算制御部80は、変更量情報取得部60により取得された変更量情報に基づき、この計測点における試料Sの厚み方向の光学的距離を算出する。さらに、演算制御部80は、断層情報取得部70により取得された断層情報に基づき、この計測点における試料Sの厚み方向の空間的距離を算出する。さらに、演算制御部80は、上記光学的距離を上記空間的距離で除算することにより、この計測点における試料Sの屈折率を取得する。
- [0070] この実施形態において、第1干渉光学系10および第2干渉光学系30は、次のように構成されている。第1試料光路SP1と第2試料光路SP2は、合成部材（ビームスプリッタ13）によって合成される。さらに、合成部材（ビームスプリッタ13）と試料Sとの間には、対物レンズ14が設けられる。そして、第1干渉光学系10は、対物レンズ14を介して第1信号光を試料Sに照射し、第2干渉光学系30は、対物レンズ14を介して第2信号光を試料Sに照射するように構成される。すなわち、第1干渉光学系10

と第2干渉光学系30は、対物レンズ14を共有していてもよい。

[0071] この実施形態の光学特性計測装置1は、載置部（ステージ2）と、駆動部3とを有する。載置部（ステージ2）には試料Sが載置される。駆動部3は、第1試料光路SP1の光軸および第2試料光路SP2の光軸に対して実質的に直交する方向に載置部（ステージ2）を移動させることにより、第1信号光および第2信号光で試料Sをスキャンする。

[0072] この実施形態において、OCT計測の方式は任意である。スウェプトソース方式の場合、第2光源31は波長掃引光源であり、断層情報取得部70は、波長掃引光源による波長の掃引に伴い第2干渉光学系30により得られた第2干渉光の検出結果に基づいて断層情報を取得する。スペクトルドメイン方式の場合、第2光源31は広帯域光源であり、第2干渉光学系30は、第2干渉光のスペクトルを検出する分光器（第2検出部40）を含み、断層情報取得部70は、分光器（第2検出部40）によるスペクトルの検出結果に基づいて断層情報を取得する。タイムドメイン方式の場合、第2光源31は広帯域光源であり、第2干渉光学系30は、第2参照光路RP2の光路長を変調する光路長変調部を含み、断層情報取得部70は、第2参照光路RP2の光路長の変調に伴い第2干渉光学系30により得られた第2干渉光の検出結果に基づいて断層情報を取得する。光路長変調部は、たとえば、反射ミラー36、37を一体的に移動させる圧電素子を含む。この圧電素子に対する電圧印加は演算制御部80が行う。

[0073] このような光学特性計測装置1によれば、試料Sの光学特性計測（屈折率計測、位相差分布計測）および構造計測（OCT計測）の双方の結果に基づいて、試料Sの異常検出を高い確度で行うことができる。たとえば試料Sが細胞シートである場合、従来の位相差計測技術では、検出された異常が、細胞の変異に起因する光学特性の異常によるものか、或いは試料Sの構造（厚みの変化など）によるものか判別できなかったが、この実施形態によればこの判別を行うことが可能である。

[0074] 〈第2の実施形態〉

図4に示す光学特性計測装置100は、第1の実施形態と同様の第1干渉光学系10および第2干渉光学系30を有する。第1の実施形態との相違は、第2干渉光学系30にガルバノスキャナ41が設けられていることである。なお、光路長差制御部50、変更量情報取得部60、断層情報取得部70、演算制御部80およびユーザインターフェイス90については、第1の実施形態と同様であるから、詳細な説明は省略する。

[0075] ガルバノスキャナ41は、第2試料光路SP2に設けられ、試料Sに向かう第2信号光を偏向することで試料Sのスキャンを行う。ガルバノスキャナ41は偏向光学系の一例である。ガルバノスキャナ41は、1つまたは2つの反射ミラーと、各反射ミラーの向きを変更する駆動機構とを含む。駆動機構は、演算制御部80の制御を受けて動作する。

[0076] 第1干渉光学系10による位相差計測のスキャンは、駆動部3によるステージ2の移動によって実行され、第2干渉光学系30によるOCT計測のスキャンは、ガルバノスキャナ41によって実行される。つまり、この実施形態では、2つの計測のスキャンが独立に実行される。

[0077] この実施形態の光学特性計測装置100によれば、第1の実施形態と同様に、試料Sの光学特性計測および構造計測の双方の結果に基づいて、試料Sの異常検出を高い確度で行うことが可能である。

[0078] 偏向光学系はガルバノスキャナには限定されない。たとえばポリゴンミラー等の光学デバイスを偏向光学系として用いることができる。

[0079] 第1干渉光学系10に偏向光学系を設けることも可能である。この偏向光学系は、第1試料光路SP1に設けられ、試料Sに向かう第1信号光を偏向することで試料Sのスキャンを行う。第1干渉光学系10と第2干渉光学系30の双方に偏向光学系が設けられる場合、ステージ2を移動させるための駆動部3は不要である。また、第1信号光および／または第2信号光のスキャンを、駆動部3と偏向光学系の双方を連動制御して行うように構成することも可能である。

[0080] 〈第3の実施形態〉

図5に示す光学特性計測装置200は、第1の実施形態と同様の第1干渉光学系10および第2干渉光学系30を有する。第1の実施形態との相違は、第2参照光路RP2の光路長を変更する光路長変更部が第2干渉光学系30に設けられていることである。なお、光路長差制御部50、変更量情報取得部60、断層情報取得部70、演算制御部80およびユーザインターフェイス90については、第1の実施形態と同様であるから、詳細な説明は省略する。

[0081] 光路長変更部は、たとえば、反射ミラー37および38を、図5に示す両側矢印が示す方向に移動させる駆動機構91を含んで構成される。駆動機構91は、演算制御部80の制御を受けて動作する。駆動機構91は、図2を参照しつつ説明した基準深度を変更するために用いられる。

[0082] 細胞シートのように試料Sの厚みが不定である場合、基準深度を変更する必要があることがある。OCT計測においては、第2参照光路RP2の光路長と一致する第2試料光路SP2の光路長の位置において、干渉感度が最大となる。よって、OCT計測を高感度で行うには、試料Sの厚みに応じて第2試料光路SP2と第2参照光路RP2との光路長差を調整する必要がある。この実施形態では、第2参照光路RP2の光路長を変更することで、この光路長差を変更する。なお、第2試料光路SP2の光路長を変更可能な構成や、双方の光路長を変更可能な構成を適用することも可能である。

[0083] この実施形態の光学特性計測装置200によれば、試料Sの厚みにかかわらず試料Sの異常検出を高い確度で行うことが可能である。

[0084] 〈第4の実施形態〉

上記の実施形態では、位相差計測用の光源（第1光源11）とOCT計測用の光源（第2光源31）とが別々に設けられている。この実施形態では、共通の光源を用いて位相差計測とOCT計測を行う構成について説明する。この共通の光源としては、波長掃引光源が用いられる。位相差計測においては波長掃引を行わずに所定波長の光が用いられ、OCT計測においては波長掃引が行われる。

[0085] 図6に示す光学特性計測装置300は、第1干渉光学系310および第2干渉光学系330を有する。なお、第1干渉光学系310と第2干渉光学系330は、一部の光学部材を共有している。また、光路長差制御部50、変更量情報取得部60、断層情報取得部70、演算制御部80およびユーザーインターフェイス90については、第1の実施形態と同様であるから、詳細な説明は省略する。

[0086] 第1干渉光学系310について説明する。第1光源としての光源311から出力された光の光路は、ビームスプリッタ312により第1試料光路SP1と第1参照光路RP1とに分割される。ビームスプリッタ312は、たとえばハーフミラーである。

[0087] ビームスプリッタ12により反射されて第1試料光路SP1に導かれた光（第1信号光）は、たとえばハーフミラーからなるビームスプリッタ313を透過し、対物レンズ314を介して試料Sに照射される。試料Sおよびステージ2を透過した第1信号光は、対物レンズ315を経由し、さらに反射ミラー316、317および318を経由してビームスプリッタ320に到達する。ビームスプリッタ320は、たとえばハーフミラーである。また、反射ミラー316、317および318、並びにビームスプリッタ320は、光路長差制御部50によって一体的に移動される。

[0088] 一方、ビームスプリッタ312を透過した光（第1参照光）は、たとえばハーフミラーからなるビームスプリッタ319により反射され、第1参照光路RP1を介してビームスプリッタ320に到達する。

[0089] 第1試料光路SP1を経由した第1信号光と、第1参照光路RP1を経由した第1参照光は、ビームスプリッタ320によって干渉する。それにより得られる干渉光（第1干渉光）は、第1検出部321によって検出される。第1検出部321は、第1干渉光の強度を示す検出信号を出力する。

[0090] 第2干渉光学系330について説明する。第2光源としての光源311から出力された光の光路は、ビームスプリッタ312により第2試料光路SP2と第2参照光路RP2とに分割される。

- [0091] ビームスプリッタ 3 1 2 により反射されて第 2 試料光路 S P 2 に導かれた光（第 2 信号光）は、ビームスプリッタ 3 1 3 を透過し、対物レンズ 3 1 4 を介して試料 S に照射される。試料 S による第 2 信号光の後方散乱光（同じく第 2 信号光と呼ぶ）は、対物レンズ 3 1 4 を経由し、ビームスプリッタ 3 1 3 に反射され、反射ミラー 3 3 1 に反射され、ビームスプリッタ 3 3 6 に到達する。
- [0092] 一方、ビームスプリッタ 3 1 2 を透過した光（第 2 参照光）は、第 2 参照光路 R P 2 を介してビームスプリッタ 3 3 6 に到達する。つまり、第 2 参照光は、ビームスプリッタ 3 1 9 を透過し、反射ミラー 3 3 2、3 3 3、3 3 4 および 3 3 5 に反射されて、ビームスプリッタ 3 3 6 に到達する。
- [0093] 第 2 試料光路 S P 2 を経由した第 2 信号光と、第 2 参照光路 R P 2 を経由した第 2 参照光は、ビームスプリッタ 3 3 6 によって干渉する。それにより得られる干渉光（第 2 干渉光）は、O C T 方式に応じた構成を有する第 2 検出部 3 3 7 によって検出される。
- [0094] この実施形態の光学特性計測装置 3 0 0 において、第 1 光源および前記第 2 光源は同一光源 3 1 1 である。そして、光学特性計測装置 3 0 0 の第 1 干渉光学系 3 1 0 および第 2 干渉光学系 3 3 0 は、同一光源 3 1 1 から出力された光を第 1 試料光路 S P 1 と第 1 参照光路 R P 1 と第 2 試料光路 S P 2 と第 2 参照光路 R P 2 とに分割する分割光学系を含む。この分割光学系は、ビームスプリッタ 3 1 2 および 3 1 9 を含む。
- [0095] このような構成によれば、単一の光源で双方の計測を行うことができるので、光学系の単純化を図りつつ試料 S の異常検出を高い確度で行うことが可能である。
- [0096] なお、O C T 計測の方式に応じて次のような構成を適用することが可能である。スペクトラルドメイン方式やタイムドメイン方式の場合、低コヒーレントな広帯域光源が用いられるので、第 2 試料光路 S P 2 と第 2 参照光路 R P 2 の光路長が実質的に一致する位置でのみ干渉信号が得られる。よって、第 3 の実施形態で説明した光路長変更部（図示省略）を用いて第 2 試料光路

S P 2 と第 2 参照光路 R P 2 の光路長を一致させる処理を、計測前に行うように構成できる。

[0097] また、スウェプトソース方式の場合、可干渉距離が長い波長掃引光源を用いるので、第 1 光源と第 2 光源の共用化は容易である。しかし、固定波長で行われる位相差計測と、波長を掃引しつつ行われる O C T 計測とを、同一光源で同時に行うことは困難である。したがって、位相差計測と O C T 計測とを時分割で行うといった制御が必要である。この制御は、たとえば、一の計測点について固定波長での位相差計測と掃引波長での O C T 計測とを行う動作と、ステージ 2 を移動させて計測点を切り替える動作とを交互に繰り返すように制御を行うことが可能である。また、複数の計測点について位相差計測（または O C T 計測）を行った後に、これら計測点について O C T 計測（または位相差計測）を行うように制御するようにしてもよい。

[0098] 〈第 5 の実施形態〉

この実施形態では、試料 S の上下両方向から O C T 計測を行うよう構成された光学特性計測装置 4 0 0 について説明する。

[0099] 図 7 に示す光学特性計測装置 4 0 0 は、第 1 干渉光学系 4 1 0 と、第 2 干渉光学系 4 3 0 と、第 3 干渉光学系 4 5 0 とを有する。

[0100] 第 1 干渉光学系 4 1 0 について説明する。第 1 干渉光学系 4 1 0 は位相差計測に用いられる。第 1 光源 4 1 1 から出力された光の光路は、ビームスプリッタ 4 1 2 により第 1 試料光路 S P 1 と第 1 参照光路 R P 1 とに分割される。ビームスプリッタ 4 1 2 は、たとえばハーフミラーである。

[0101] ビームスプリッタ 4 1 2 を透過して第 1 試料光路 S P 1 に導かれた光（第 1 信号光）は、たとえばダイクロイックミラーからなるビームスプリッタ 4 1 3 により反射される。さらに、第 1 信号光は、対物レンズ 4 1 4 を介して試料 S に照射される。試料 S およびステージ 2 を透過した第 1 信号光は、対物レンズ 4 1 5 を経由し、ビームスプリッタ 4 1 6 を透過し、ビームスプリッタ 4 1 7 に到達する。ビームスプリッタ 4 1 6 および 4 1 7 は、たとえばダイクロイックミラーである。第 1 信号光は、ビームスプリッタ 4 1 7 に反

射され、反射ミラー４１８および４１９を経由してビームスプリッタ４２０に到達する。ビームスプリッタ４２０は、たとえばハーフミラーである。光路長差制御部５０は、ビームスプリッタ４１７、反射ミラー４１８および４１９、並びにビームスプリッタ４２０を一体的に移動させることにより、第１試料光路ＳＰ１の光路長を変更する。

[0102] 一方、ビームスプリッタ４１２により反射された光（第１参照光）は、第１参照光路ＲＰ１を介してビームスプリッタ４２０に到達する。

[0103] 第１試料光路ＳＰ１を経由した第１信号光と、第１参照光路ＲＰ１を経由した第１参照光は、ビームスプリッタ４２０によって干渉する。それにより得られる干渉光（第１干渉光）は、第１検出部４２１によって検出される。第１検出部４２１は、第１干渉光の強度を示す検出信号を出力する。

[0104] 第２干渉光学系４３０について説明する。第２干渉光学系４３０は、試料Ｓの上方（対物レンズ４１４側）からのＯＣＴ計測に用いられる。第２光源４３１から出力された光の光路は、ビームスプリッタ４３２により２分割される。ビームスプリッタ４３２は、たとえばハーフミラーである。なお、試料Ｓの上方からのＯＣＴ計測には、ビームスプリッタ４３２を透過した光が用いられる。一方、試料Ｓの下方からのＯＣＴ計測には、ビームスプリッタ４３２に反射された光が用いられる。

[0105] ビームスプリッタ４３２を透過した光は、ビームスプリッタ４３３により第２試料光路ＳＰ２と第２参照光路ＲＰ２とに分割される。ビームスプリッタ４３３は、たとえばハーフミラーである。

[0106] ビームスプリッタ４３３を透過して第２試料光路ＳＰ２に導かれた光（第２信号光）は、反射ミラー４３４により反射され、ビームスプリッタ４３５を透過し、ビームスプリッタ４１３を透過する。さらに、第２信号光は、対物レンズ４１４を介して試料Ｓに照射される。試料Ｓによる第２信号光の後方散乱光（同じく第２信号光と呼ぶ）は、対物レンズ４１４を経由し、ビームスプリッタ４１３を透過し、ビームスプリッタ４３５に反射され、反射ミラー４３６に反射され、ビームスプリッタ４４０に到達する。

- [0107] 一方、ビームスプリッタ433により反射された光（第2参照光）は、第2参照光路RP2に配置された反射ミラー437、438および439を介してビームスプリッタ440に到達する。
- [0108] 第2試料光路SP2を経由した第2信号光と、第2参照光路RP2を経由した第2参照光は、ビームスプリッタ440によって干渉する。それにより得られる干渉光（第2干渉光）は、第2検出部441によって検出される。第2検出部441は、OCT方式に応じた構成を有する。
- [0109] 第3干渉光学系450について説明する。第3干渉光学系450は、試料Sの下方（対物レンズ415側）からのOCT計測に用いられる。第2光源431から出力されてビームスプリッタ432に反射された光の光路は、ビームスプリッタ451により第3試料光路SP3と第3参照光路RP3とに分割される。ビームスプリッタ451は、たとえばハーフミラーである。
- [0110] ビームスプリッタ451に反射されて第3試料光路SP3に導かれた光（第3信号光）は、反射ミラー452により反射され、ビームスプリッタ417および413を透過する。さらに、第3信号光は、対物レンズ415を介して試料Sに照射される。試料Sによる第3信号光の後方散乱光（同じく第3信号光と呼ぶ）は、対物レンズ415を経由し、ビームスプリッタ416に反射され、反射ミラー453に反射され、ビームスプリッタ457に到達する。
- [0111] 一方、ビームスプリッタ451を透過した光（第3参照光）は、第3参照光路RP3に配置された反射ミラー454、455および456を介してビームスプリッタ457に到達する。
- [0112] 第3試料光路SP3を経由した第3信号光と、第3参照光路RP3を経由した第3参照光は、ビームスプリッタ457によって干渉する。それにより得られる干渉光（第3干渉光）は、第3検出部458によって検出される。第3検出部458は、第2検出部441と同様の構成を有する。
- [0113] この実施形態の断層情報取得部70は、第2検出部441による第2干渉光の検出結果に基づいて、試料Sの所定領域の断層情報（第1断層情報）を

取得し、かつ、第3検出部458による第3干渉光の検出結果に基づいて、当該所定領域の断層情報（第2断層情報）を取得する。

[0114] この実施形態の演算制御部80（屈折率分布取得部）は、変更量情報取得部60により取得された変更量情報と、断層情報取得部70により取得された第1断層情報および第2断層情報とに基づいて、試料Sの所定領域における屈折率分布を取得する。また、演算制御部80は、取得された各種情報に基づいて試料の異常検出を行なう。

[0115] 試料Sの上下両方向からOCT計測を行なうことにより、演算制御部80は、次のような処理を行なうことが可能である。前述のように、演算制御部80は、第1断層情報に基づいて、試料Sの上面の位置を求めることができる。この処理の例を以下に説明する。

[0116] 試料Sの上面側の基準深度（第1基準深度）と、下面側の基準深度（第2基準深度）とはあらかじめ設定されているものとする。なお、第2基準深度は、試料Sの下面よりも下方に設定される。また、対物レンズ414と対物レンズ415との間の距離は、あらかじめ設定されている。第1基準深度は、たとえば対物レンズ414からの距離として、或いはステージ2に対する位置として設定される。第2基準深度についても同様に、たとえば対物レンズ415からの距離として、或いはステージ2に対する位置として設定される。

[0117] 演算制御部80は、第1断層情報に基づき、各計測点（各Aライン）について、あらかじめ設定された第1基準深度に対する試料Sの上面の位置を求める。この処理は、たとえば、対物レンズ414と第1基準深度との間の距離と、図2に示す空間的距離 L_u とに基づいて行なうことができる。これにより、複数の計測点における試料Sの上面の位置が得られる。同様に、演算制御部80は、第2断層情報に基づいて、複数の計測点における試料Sの下面の位置を求める。

[0118] 対物レンズ414と対物レンズ415は同軸に配置されている。また、試料Sの上下両方向からのOCT計測は同時に実行可能である。よって、第1

断層情報における複数の計測点と、第2断層情報における複数の計測点とを、一対一に対応付けることが可能である。演算制御部80は、対応する計測点における試料Sの上面位置および下面位置に基づいて、そのAラインにおける試料Sの厚みを求めることができる。それにより、OCT計測が行われた領域における試料Sの厚み分布が得られる。この処理を実行する演算制御部80は「厚み分布取得部」に相当する。演算制御部80は、変更量情報取得部60により取得された変更量情報（試料Sの光学特性を示す）と、試料Sの厚み分布（試料Sの形態・構造を示す）とに基づいて、試料Sの屈折率分布を取得することができる。

[0119] 以上のように、この実施形態の光学特性計測装置400は、次のような構成を有する。光学特性計測装置400は、第2光源431から出力された光の光路を2分割するビームスプリッタ432（分割部材）を有する。

[0120] 第2干渉光学系430は、ビームスプリッタ432により分割された一方の光路を、第2試料光路SP2と第2参照光路RP3とに分割する。

[0121] 他方の光路は、第3干渉光学系450に寄与する。第3干渉光学系450は、ビームスプリッタ432により分割された他方の光路を、第3試料光路SP3と第3参照光路RP3とに分割する。さらに、第3干渉光学系450は、第3試料光路SP3を通過する第3信号光で、第2信号光とは反対の方向から試料Sをスキャンする。そして、第3干渉光学系450は、第3試料光路SP3を経由した第3信号光と、第3参照光路RP3を経由した第3参照光とを干渉させて第3干渉光を生成し、これを検出する。

[0122] 断層情報取得部70は、第2干渉光の検出結果に基づいて試料Sの所定領域の断層情報を取得し、かつ、第3干渉光の検出結果に基づいて当該所定領域の他の断層情報を取得する。演算制御部80（屈折率分布取得部）は、光路長差制御部50により取得された変更量情報と、断層情報取得部70により取得された2つの断層情報とに基づいて、当該所定領域における屈折率分布を取得する。

[0123] なお、屈折率分布取得部としての演算制御部80は、厚み分布取得部を含

んでいてよい。厚み分布取得部は、断層情報取得部 70 により取得された 2 つの断層情報に基づいて、試料 S の所定領域における厚み分布を取得する。さらに、演算制御部 80 は、変更量情報と厚み分布とに基づいて屈折率分布を取得する。

[0124] このような実施形態によれば、試料 S の上面位置および下面位置、並びに試料 S の厚みを高い確度で取得することができるので、試料 S の異常検出を高い確度で行うことが可能である。

[0125] また、ステージ 2 が上下に揺動するなどして試料 S の位置が変動した場合であっても、試料 S の異常検出を高確度で行うことができる。

[0126] また、たとえば試料 S が厚い場合には、一方からの OCT 計測では試料 S の上面から下面までの断層情報が得られず、よって試料 S の厚みを算出できない。しかし、この実施形態によれば、厚い試料 S の計測を行なう場合であっても、試料 S の厚みを求めることが可能である。

[0127] 〈光学特性計測方法〉

上記実施形態に係る光学特性計測装置により、以下に説明する光学特性計測方法が実現される。

[0128] 実施形態に係る光学特性計測方法は、第 1 検出ステップと、光路長差制御ステップと、変更量情報取得ステップと、第 2 検出ステップと、断層情報取得ステップと、屈折率分布取得ステップとを含む。

[0129] 第 1 検出ステップは、第 1 光源から出力された光を第 1 信号光と第 1 参照光とに分割し、第 1 信号光で試料の所定領域をスキャンし、試料を経由した第 1 信号光と第 1 参照光とを干渉させて第 1 干渉光を生成し、生成された第 1 干渉光を検出することにより実行される。

[0130] 光路長差制御ステップは、第 1 検出ステップによる第 1 干渉光の検出結果に基づいて、第 1 信号光の光路と第 1 参照光の光路との間の光路長差を変更することにより実行される。

[0131] 変更量情報取得ステップは、光路長差制御ステップによる光路長差の変更量を示す変更量情報を取得することにより実行される。

[0132] 第2検出ステップは、第2光源から出力された光を第2信号光と第2参照光とに分割し、第2信号光で試料の所定領域をスキャンし、試料を経由した第2信号光と第2参照光とを干渉させて第2干渉光を生成し、生成された第2干渉光を検出することにより実行される。

[0133] 断層情報取得ステップは、第2検出ステップによる第2干渉光の検出結果に基づいて、試料の所定領域の断層情報を取得する。

[0134] 屈折率分布取得ステップは、変更量情報取得ステップで取得された変更量情報と、断層情報取得ステップで取得された断層情報とに基づいて、試料の所定領域における屈折率分布を取得する。

[0135] この光学特性計測方法によれば、試料の光学特性計測および構造計測の双方の結果に基づいて、試料の異常検出を高い確度で行うことができる。

[0136] 実施形態に係る光学特性計測方法は、上記実施形態で説明した任意の処理を実行するように構成されていてよい。たとえば、次の事項を光学特性計測方法に適用することができる：

- ・ 屈折率分布取得ステップにおける屈折率分布の取得方法；
- ・ ステージおよび駆動部による試料のスキャン方法；
- ・ ガルバノスキャナによる試料のスキャン方法；
- ・ 第2干渉光学系および断層情報取得部に適用されるOCT方式；
- ・ OCT計測において参照光路（第2参照光路）の光路長を変更する方法；
- ・ 光路長差制御ステップにおける処理方法；
- ・ 第1光源と第2光源とを同一光源にする場合の計測方法；
- ・ 試料の上下両方向からOCT計測を行なう方法。

[0137] 〈変形例〉

以上に説明した構成は、この発明を好適に実施するための一例に過ぎない。よって、この発明の要旨の範囲内における任意の変形（省略、置換、付加等）を適宜に施すことが可能である。

[0138] 上記実施形態で説明した構成を任意に組み合わせることが可能である。

[0139] 光路長差制御部50、変更量情報取得部60、断層情報取得部70および

演算制御部 80 は、プロセッサおよびコンピュータプログラムにより、またはハードウェア回路によって実現される。前者の場合、上記の実施形態を実現するためのコンピュータプログラムを、コンピュータによって読み取り可能な任意の記録媒体に記憶させることができる。この記録媒体としては、たとえば、半導体メモリ、光ディスク、光磁気ディスク（CD-ROM/DVD-RAM/DVD-ROM/MO等）、磁気記憶媒体（ハードディスク/フロッピー（登録商標）ディスク/ZIP等）などを用いることが可能である。

[0140] また、インターネットやLAN等のネットワークを通じてこのコンピュータプログラムを送受信することも可能である。

符号の説明

[0141] 1、100、200、300、400 光学特性計測装置

2 ステージ

3 駆動部

10、310、410 第1干渉光学系

14、15 対物レンズ

30、330、430 第2干渉光学系

41 ガルバノスキャナ

50 光路長差制御部

60 変更量情報取得部

70 断層情報取得部

80 演算制御部

90 ユーザーインターフェイス

450 第3干渉光学系

SP1 第1試料光路

RP1 第1参照光路

SP2 第2試料光路

RP2 第2参照光路

S P 3 第3 試料光路

R P 3 第3 参照光路

S 試料

請求の範囲

[請求項1]

第1光源から出力された光の光路を第1試料光路と第1参照光路とに分割し、前記第1試料光路を通過する第1信号光で試料の所定領域をスキャンし、前記第1試料光路を経由した第1信号光と前記第1参照光路を経由した第1参照光とを干渉させて第1干渉光を生成し、生成された第1干渉光を検出する第1干渉光学系と、

第1干渉光の検出結果に基づいて、前記第1試料光路と前記第1参照光路との間の光路長差を変更する光路長差制御部と、

前記光路長差制御部による光路長差の変更量を示す変更量情報を取得する変更量情報取得部と、

第2光源から出力された光の光路を第2試料光路と第2参照光路とに分割し、前記第2試料光路を通過する第2信号光で前記所定領域をスキャンし、前記第2試料光路を経由した第2信号光と前記第2参照光路を経由した第2参照光とを干渉させて第2干渉光を生成し、生成された第2干渉光を検出する第2干渉光学系と、

第2干渉光の検出結果に基づいて前記所定領域の断層情報を取得する断層情報取得部と、

前記変更量情報取得部により取得された変更量情報と、前記断層情報取得部により取得された断層情報とに基づいて、前記所定領域における屈折率分布を取得する屈折率分布取得部と

を有する光学特性計測装置。

[請求項2]

前記屈折率分布取得部は、前記スキャンにより計測が行われる前記所定領域内の各計測点について、

前記変更量情報に基づいて、当該計測点における前記試料の厚み方向の光学的距離を算出し、

前記断層情報に基づいて、当該計測点における前記試料の厚み方向の空間的距離を算出し、

前記光学的距離を前記空間的距離で除算することにより、当該計測

点における前記試料の屈折率を取得する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光学特性計測装置。

[請求項3] 前記第 1 試料光路と前記第 2 試料光路とを合成する合成部材と、
前記合成部材と前記試料との間に設けられた対物レンズと
を有し、

前記第 1 干渉光学系は、前記対物レンズを介して第 1 信号光を前記
試料に照射し、

前記第 2 干渉光学系は、前記対物レンズを介して第 2 信号光を前記
試料に照射する

ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の光学特性計測装
置。

[請求項4] 前記試料が載置される載置部と、

前記第 1 試料光路の光軸および前記第 2 試料光路の光軸に対して実
質的に直交する方向に前記載置部を移動させることで前記スキャンを
行う駆動部と

を有する

ことを特徴とする請求項 1 ～請求項 3 のいずれか一項に記載の光学
特性計測装置。

[請求項5] 前記第 2 試料光路に設けられ、前記試料に向かう第 2 信号光を偏向
することで前記スキャンを行う偏向光学系を有する

ことを特徴とする請求項 1 ～請求項 3 のいずれか一項に記載の光学
特性計測装置。

[請求項6] 前記第 2 光源は波長掃引光源であり、

前記断層情報取得部は、前記波長掃引光源による波長の掃引に伴い
前記第 2 干渉光学系により得られた第 2 干渉光の検出結果に基づいて
前記断層情報を取得する

ことを特徴とする請求項 1 ～請求項 5 のいずれか一項に記載の光学
特性計測装置。

- [請求項7] 前記第2光源は広帯域光源であり、
前記第2干渉光学系は、第2干渉光のスペクトルを検出する分光器を含み、
前記断層情報取得部は、前記分光器によるスペクトルの検出結果に基づいて前記断層情報を取得することを特徴とする請求項1～請求項5のいずれか一項に記載の光学特性計測装置。
- [請求項8] 前記第2光源は広帯域光源であり、
前記第2干渉光学系は、前記第2参照光路の光路長を変調する光路長変調部を含み、
前記断層情報取得部は、前記光路長の変調に伴い前記第2干渉光学系により得られた第2干渉光の検出結果に基づいて前記断層情報を取得することを特徴とする請求項1～請求項5のいずれか一項に記載の光学特性計測装置。
- [請求項9] 前記第2干渉光学系は、前記第2参照光路の光路長を変更する光路長変更部を含む
ことを特徴とする請求項1～請求項8のいずれか一項に記載の光学特性計測装置。
- [請求項10] 前記第1光源および前記第2光源は同一光源であり、
前記第1干渉光学系および前記第2干渉光学系は、前記同一光源から出力された光を前記第1試料光路と前記第1参照光路と前記第2試料光路と前記第2参照光路とに分割する分割光学系を含む
ことを特徴とする請求項1～請求項9のいずれか一項に記載の光学特性計測装置。
- [請求項11] 前記第2光源から出力された光の光路を2分割する分割部材を有し、
前記第2干渉光学系は、前記分割部材により分割された一方の光路

を前記第2試料光路と前記第2参照光路とに分割し、

前記分割部材により分割された他方の光路を第3試料光路と第3参照光路とに分割し、前記第3試料光路を通過する第3信号光で前記第2信号光とは反対の方向から前記所定領域をスキャンし、前記第3試料光路を経由した第3信号光と前記第3参照光路を経由した第3参照光とを干渉させて第3干渉光を生成し、生成された第3干渉光を検出する第3干渉光学系を有し、

前記断層情報取得部は、第3干渉光の検出結果に基づいて前記所定領域の他の断層情報を取得し、

前記屈折率分布取得部は、前記変更量情報と前記断層情報と前記他の断層情報とに基づいて、前記屈折率分布を取得する

ことを特徴とする請求項1～請求項10のいずれか一項に記載の光学特性計測装置。

[請求項12]

前記屈折率分布取得部は、

前記断層情報取得部により取得された前記断層情報および前記他の断層情報に基づいて前記所定領域における厚み分布を取得する厚み分布取得部を含み、

前記変更量情報と前記厚み分布とに基づいて前記屈折率分布を取得する

ことを特徴とする請求項11に記載の光学特性計測装置。

[請求項13]

前記光路長差制御部は、前記第1干渉光学系により検出される前記第1干渉光の強度が所定値となるように前記光路長差の変更を行う

ことを特徴とする請求項1～請求項12のいずれか一項に記載の光学特性計測装置。

[請求項14]

第1光源から出力された光を第1信号光と第1参照光とに分割し、第1信号光で試料の所定領域をスキャンし、前記試料を経由した第1信号光と第1参照光とを干渉させて第1干渉光を生成し、生成された第1干渉光を検出する第1検出ステップと、

第1干渉光の検出結果に基づいて、第1信号光の光路と第1参照光の光路との間の光路長差を変更する光路長差制御ステップと、

前記光路長差制御ステップによる光路長差の変更量を示す変更量情報を取得する変更量情報取得ステップと、

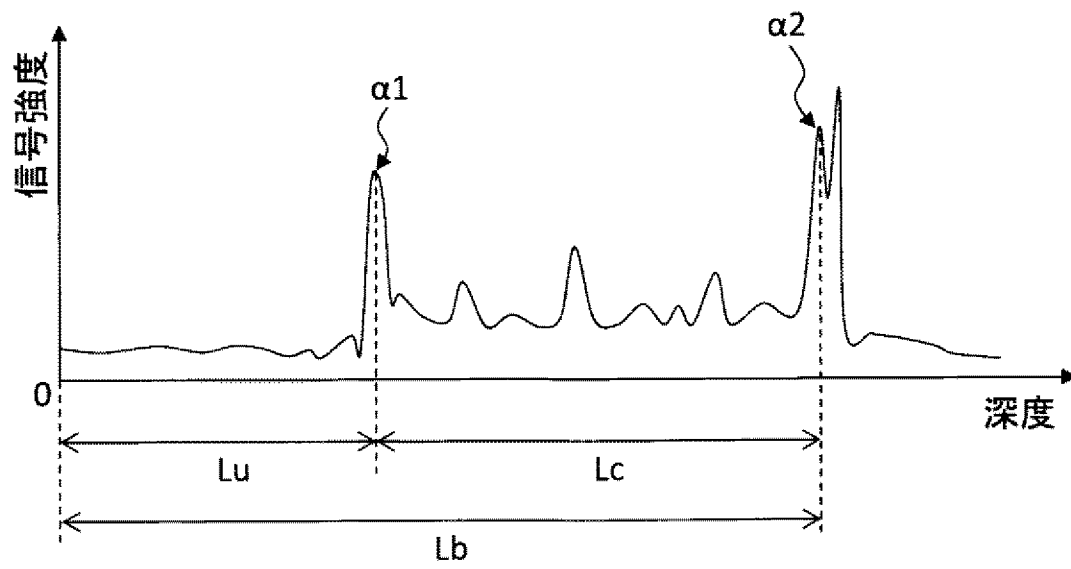
第2光源から出力された光を第2信号光と第2参照光とに分割し、第2信号光で前記所定領域をスキャンし、前記試料を経由した第2信号光と第2参照光とを干渉させて第2干渉光を生成し、生成された第2干渉光を検出する第2検出ステップと、

第2干渉光の検出結果に基づいて前記所定領域の断層情報を取得する断層情報取得ステップと、

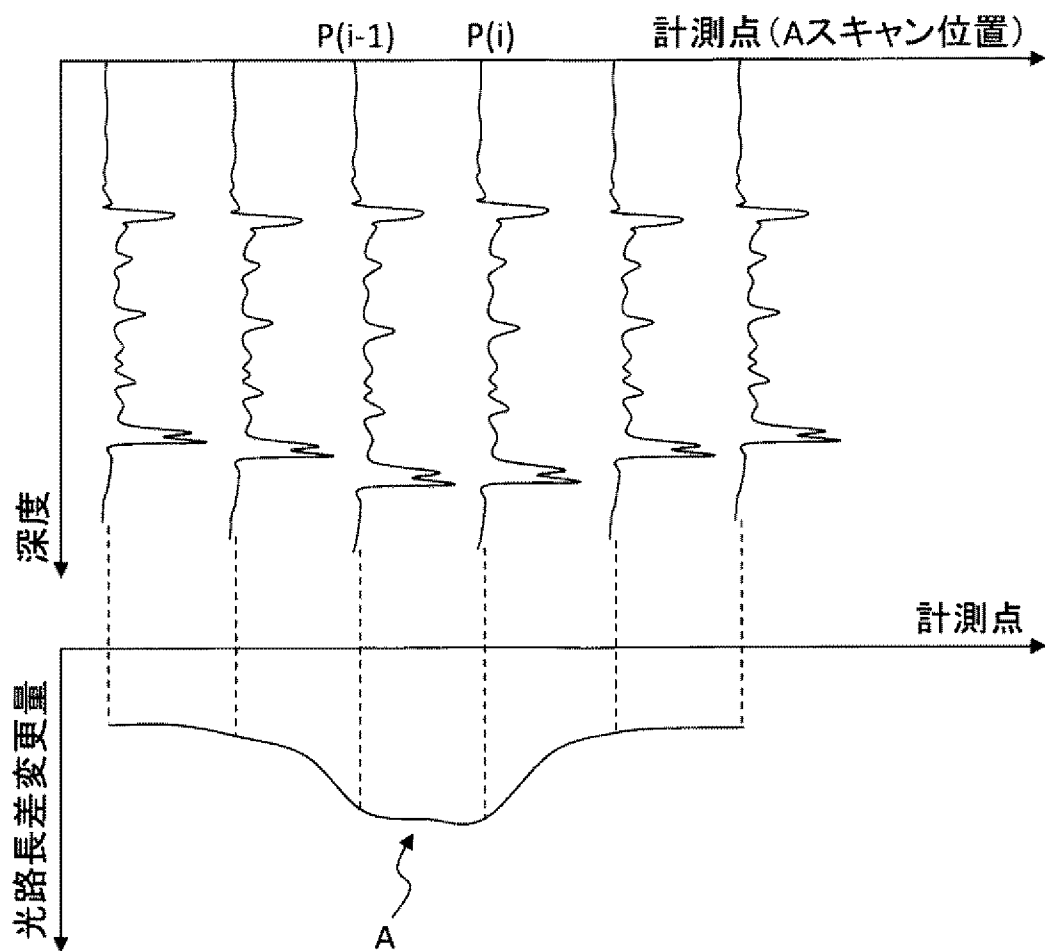
前記変更量情報取得ステップで取得された変更量情報と、前記断層情報取得ステップで取得された断層情報とに基づいて、前記所定領域における屈折率分布を取得する屈折率分布取得ステップと

を含む光学特性計測方法。

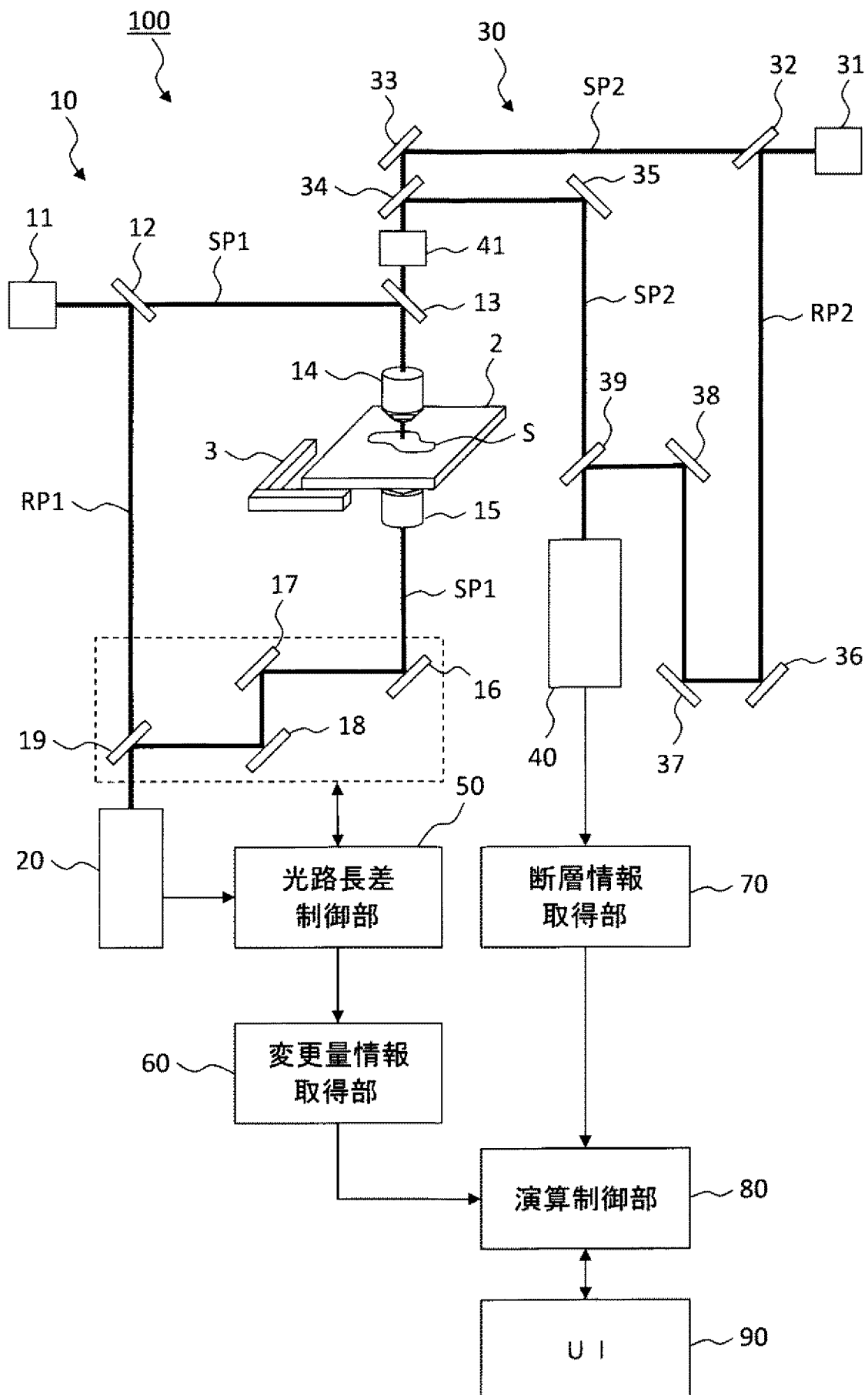
[図2]



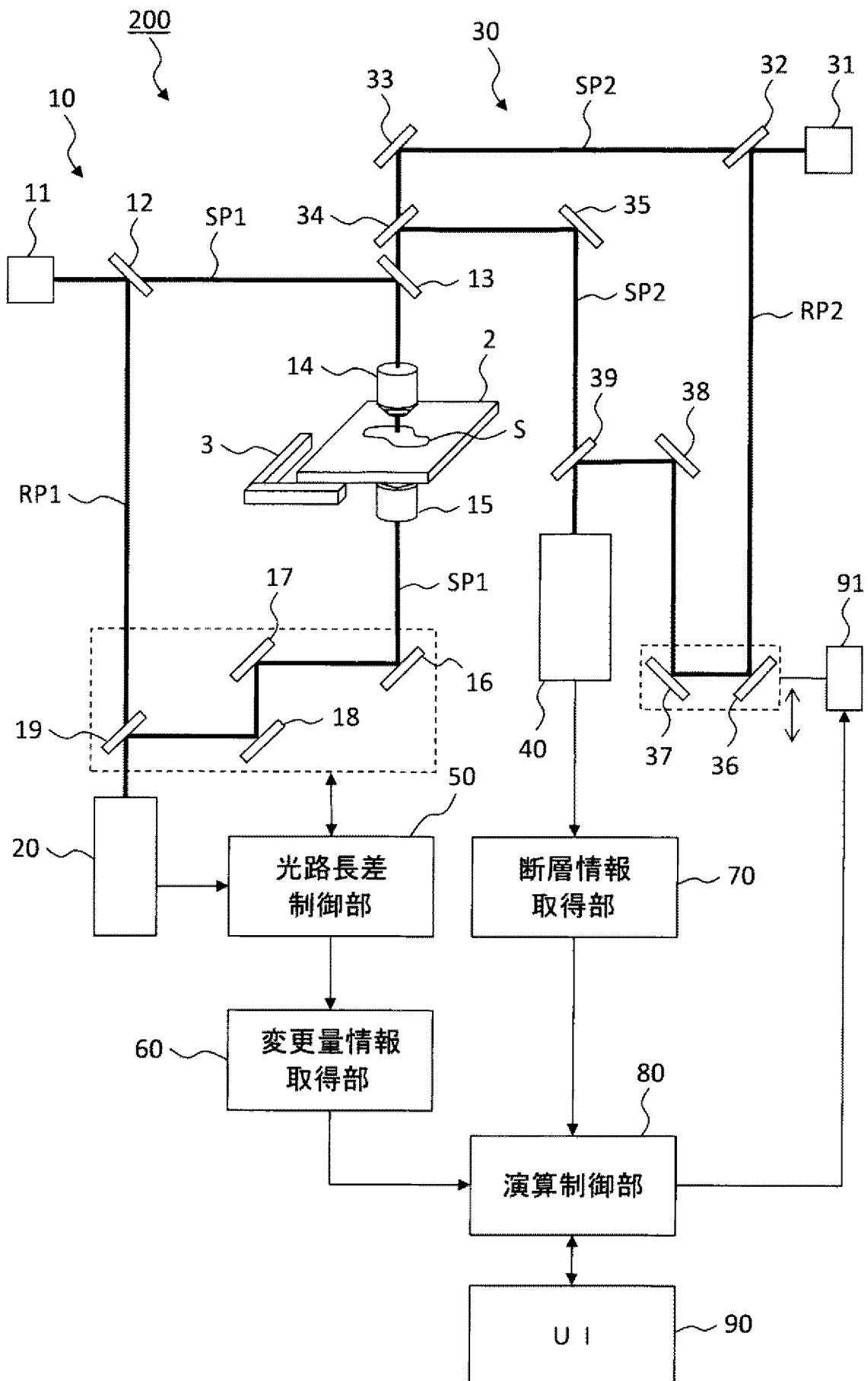
[図3]



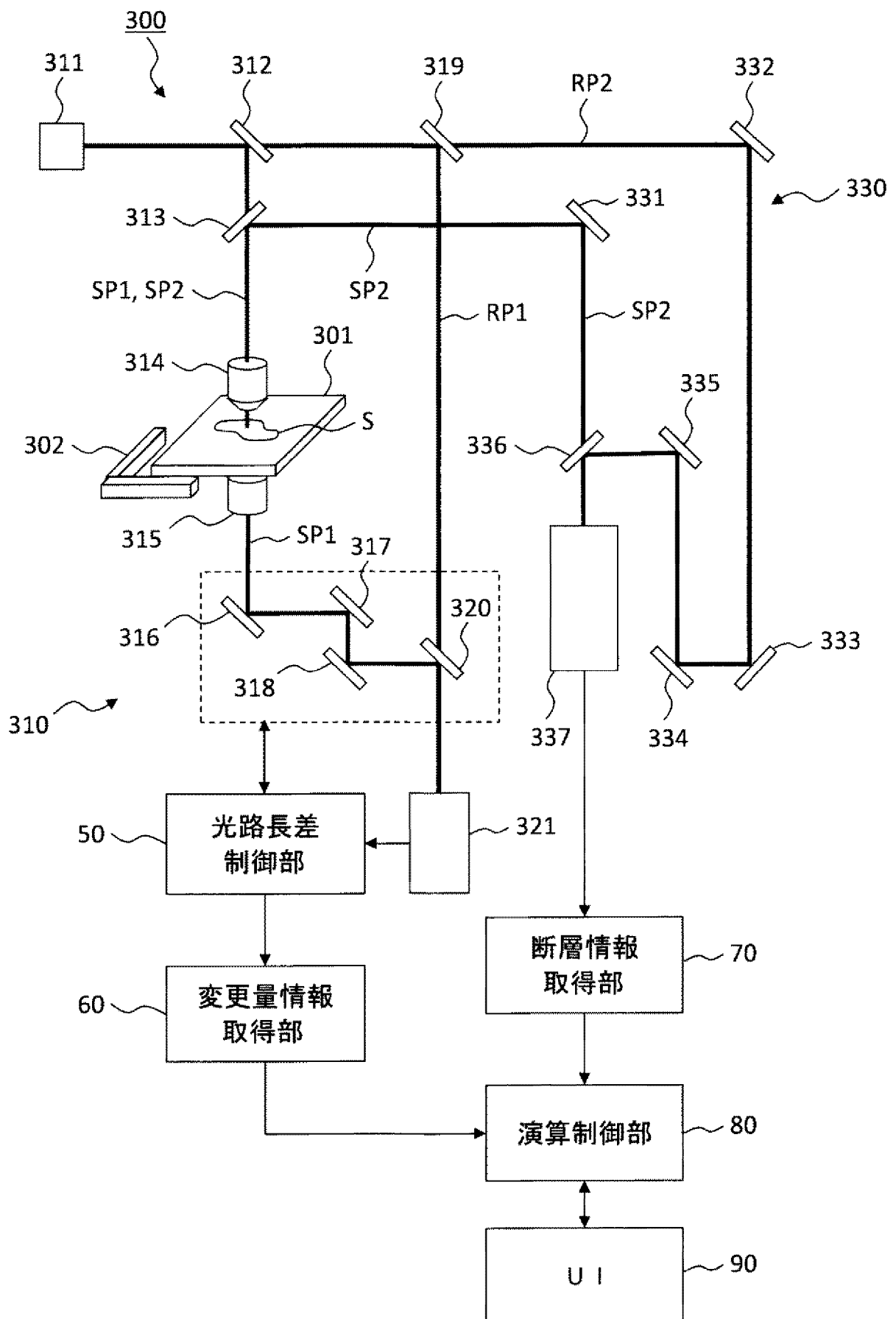
[図4]



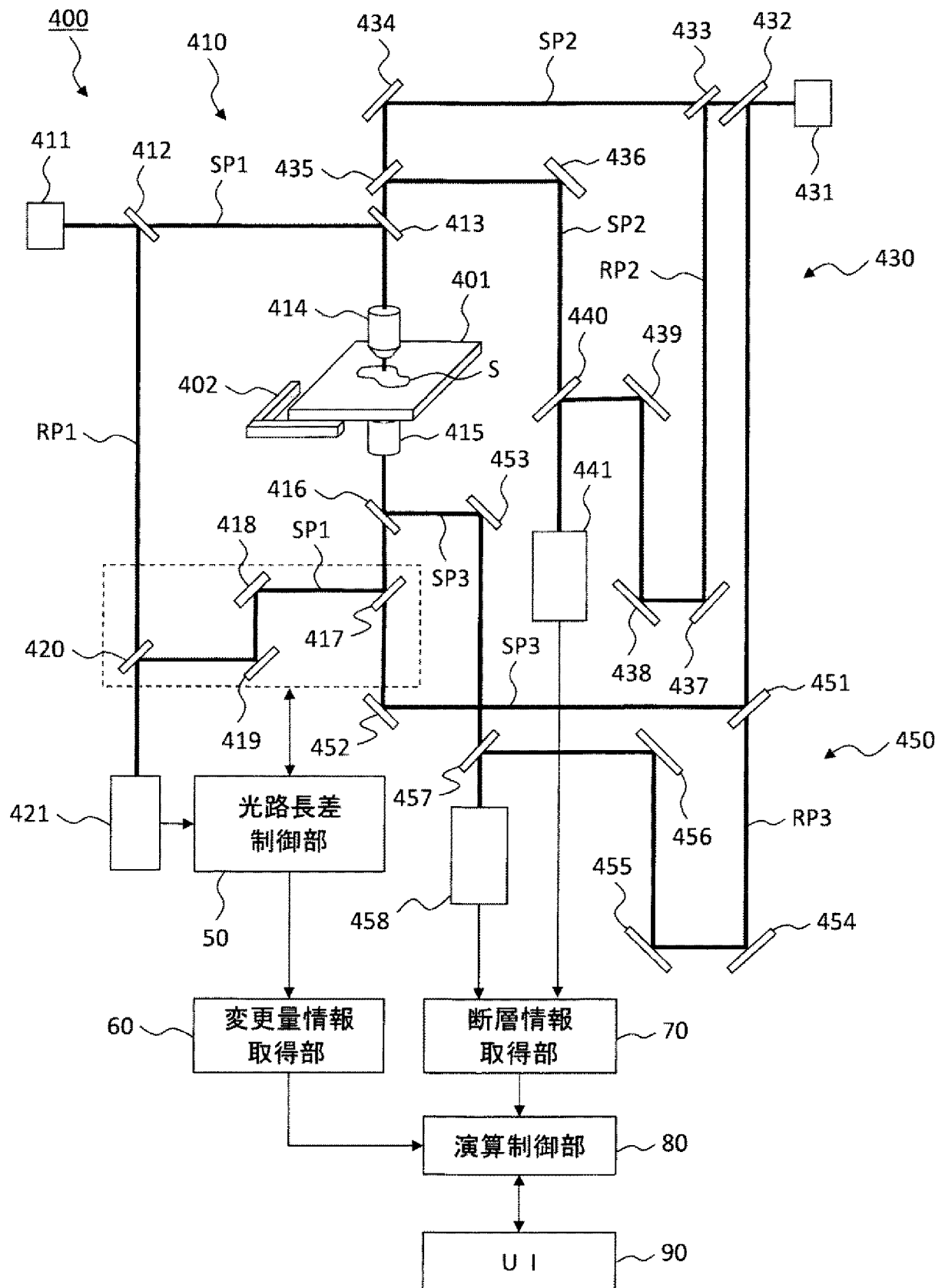
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/082644

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N21/17(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N21/00-G01N21/01, G01J7/00-G01J9/04, A61B9/00-A61B10/06, A61B1/00-A61B1/32, G01N21/17-G01N21/61, G01B11/00-G01B11/30, A61B3/00-A61B3/16, G02B19/00-G02B21/00, G01J3/00-G01J4/04, G01B9/00-G01B9/10, A61B5/00,

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-264787 A (Topcon Corp.), 12 November 2009 (12.11.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2001-212086 A (Japan Science and Technology Corp.), 07 August 2001 (07.08.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2010-19636 A (Canon Inc.), 28 January 2010 (28.01.2010), entire text; all drawings & US 2010/0007894 A1 & EP 2144034 A1	1-14

☐ 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
24 February, 2014 (24.02.14)

Date of mailing of the international search report
11 March, 2014 (11.03.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/082644

Continuation of B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (International Patent Classification (IPC))

G02B21/06-G02B21/36

Minimum documentation searched (classification system followed by
classification symbols)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N21/17(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N21/00-G01N21/01, G01J 7/00-G01J 9/04, A61B 9/00-A61B10/06, A61B 1/00-A61B 1/32
 G01N21/17-G01N21/61, G01B11/00-G01B11/30, A61B 3/00-A61B 3/16, G02B19/00-G02B21/00,
 G01J 3/00-G01J 4/04, G01B 9/00-G01B 9/10, A61B 5/00 , G02B21/06-G02B21/36

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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 4 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）

JSTPlus(JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-264787 A (株式会社トプコン) 2009. 11. 12, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2001-212086 A (科学技術振興事業団) 2001. 08. 07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2010-19636 A (キヤノン株式会社) 2010. 01. 28, 全文, 全図 & US 2010/0007894 A1 & EP 2144034 A1	1-14

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 4 . 0 2 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 1 . 0 3 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

比嘉 翔一

2 W

4 0 0 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2