

(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
2018年1月25日(25.01.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/016010 A1

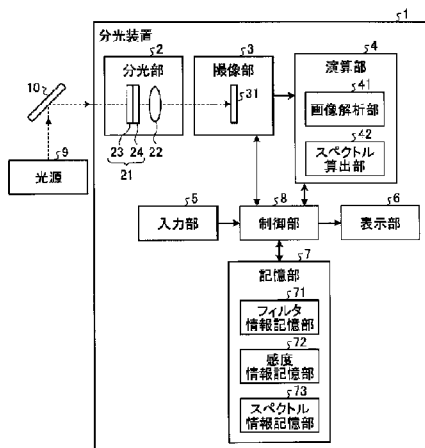
- (51) 国際特許分類:
G01J 3/51 (2006.01) G01J 3/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/071185
- (22) 国際出願日: 2016年7月19日(19.07.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 堀江 卓二 (HORIE, Takuji); 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 三井 正法 (MITSUI, Masanori); 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 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, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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.

(54) Title: SPECTROSCOPIC UNIT AND SPECTROSCOPIC DEVICE

(54) 発明の名称: 分光ユニットおよび分光装置



- 1 Spectroscopic device
2 Spectroscopic unit
3 Imaging unit
4 Computation unit
5 Input unit
6 Display unit
7 Storage unit
8 Control unit
9 Light source
21 Image analysis unit
22 Spectrum calculation unit
23 Filter information storage unit
71 Sensitivity information storage unit
72 Spectrum information storage unit
73

(57) Abstract: The spectroscopic unit according to the present invention is provided with: a planar first filter in which the transmission center wavelength of light continuously varies along a pre-set direction; and a planar second filter in which the transmission center wavelength of light continuously varies along a pre-set direction, at least a portion of the continuously varying transmission center wavelength being in common with the transmission center wavelength of the first filter, the second filter being arranged along the thickness direction thereof in a condition in which the thickness direction thereof is aligned with that of the first filter, and the direction of variation of the transmission center wavelength of the second filter intersecting with the direction of variation of the transmission center wavelength of the first filter at a projection surface orthogonal to the thickness direction.

(57) 要約: 分光ユニットは、光の透過中心波長が予め設定された方向に沿って連続的に変化する平板状の第1フィルタと、光の透過中心波長が予め設定された方向に沿って連続的に変化する平板状の第2フィルタであって、該連続的に変化する透過中心波長の少なくとも一部が第1フィルタの透過中心波長と共通であり、第1フィルタと厚さ方向が揃った状態で該厚さ方向に沿って並んでおり、透過中心波長の変化方向が厚さ方向と直交する投影面で第1フィルタの透過中心波長の変化方向と交差する第2フィルタと、備える。

(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, MZ, NA, RW, 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, 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：分光ユニットおよび分光装置

技術分野

[0001] 本発明は、入射した光を分光する分光ユニットおよび分光装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、所定方向に沿って透過波長が異なるように形成された波長選択フィルタ（リニアバリアブルフィルタ）を用いた分光測定装置が知られている。例えば、特許文献１には、透過光の透過波長が所定方向に沿って第１波長から第１波長より長い第２波長まで連続的に変化する第１フィルタ（リニアバリアブルフィルタ）と、光源と第１フィルタとの間に配置され、第１フィルタを透過する透過光の強度が第１波長から第２波長までの区間において略同一となるように、光源からの光の強度を波長ごとに調節する第２フィルタ（フラット化フィルタ）と、を備えた分光測定装置が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開２０１３－２５３８０７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記特許文献１に記載の技術において、フラット化フィルタは、輝線を含む光のように、波長に応じて強度が大きく異なる光を透過する場合に、十分なフラット特性を得ることが難しい。十分なフラット特性を得られない状況下では、波長選択フィルタを透過する光の強度が波長により異なってしまうため、強度が弱い波長帯における信号ノイズが大きくなり、分光感度を正確に測定することができない。

[0005] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、波長に応じて強度が大きく異なる光に対しても分光感度を正確に測定することができる分光ユニットおよび分光装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る分光ユニットは、光の透過中心波長が予め設定された方向に沿って連続的に変化する平板状の第1フィルタと、光の透過中心波長が予め設定された方向に沿って連続的に変化する平板状の第2フィルタであって、該連続的に変化する透過中心波長の少なくとも一部が前記第1フィルタの透過中心波長と共通であり、前記第1フィルタと厚さ方向が揃った態様で該厚さ方向に沿って並んでおり、透過中心波長の変化方向が前記厚さ方向と直交する投影面で前記第1フィルタの透過中心波長の変化方向と交差する第2フィルタと、備えたことを特徴とする。
- [0007] 本発明に係る分光ユニットは、上記発明において、前記厚さ方向に沿って前記第1および第2フィルタよりも光が入射する位置に近い側に設けられ、入射した光を拡散して均一化する拡散光学系をさらに備えたことを特徴とする。
- [0008] 本発明に係る分光ユニットは、上記発明において、前記第1フィルタの透過中心波長の変化方向と前記第2フィルタの透過中心波長の変化方向との前記投影面における交差角度は可変であることを特徴とする。
- [0009] 本発明に係る分光装置は、上記に記載の分光ユニットと、前記分光ユニットを透過した光を撮像することによって撮像信号を生成する撮像部と、前記撮像信号に対して画素の位置と透過特性との対応に基づいた演算を行う演算部と、を備えたことを特徴とする。
- [0010] 本発明に係る分光装置は、上記発明において、前記演算部は、前記演算部は、前記撮像信号から所定の画素の信号を抽出する画像解析部と、前記画像解析部が抽出した各画素の信号および各画素の位置に応じた透過波長帯域に基づいて前記撮像信号のスペクトルを算出するスペクトル算出部と、を有することを特徴とする。
- [0011] 本発明に係る分光装置は、上記発明において、前記画像解析部は、前記投影面における前記第1および第2フィルタの中心を通過するとともに、前記

第1および第2フィルタの透過波長帯域が一致する位置を前記投影面に投影したときの位置を通過する直線上の点に対応する画素の信号を抽出することを特徴とする。

[0012] 本発明に係る分光装置は、上記発明において、前記画像解析部は、抽出した画素の信号の中に飽和した信号値を有するものがある場合、該飽和した信号値を、該飽和した信号を出力する画素の近傍に位置する画素であって前記投影面上で対応する点が前記直線上に位置しない画素が出力する不飽和の信号値に置換することを特徴とする。

[0013] 本発明に係る分光装置は、上記発明において、前記画像解析部は、前記不飽和の信号の帯域幅を前記直線上に位置する点に対応する画素が出力する信号の帯域幅と一致させる補正を行い、前記スペクトル算出部は、補正後の前記不飽和の信号値を用いて前記スペクトルを算出することを特徴とする。

[0014] 本発明に係る分光装置は、上記発明において、前記第1および第2フィルタのいずれか一方を、前記第1および第2フィルタの中心を通過するとともに前記直線と直交する中心軸の周りに所定の角度だけ回転駆動するフィルタ駆動部と、前記フィルタ駆動部を制御する制御部と、をさらに備え、前記画像解析部は、前記撮像信号で透過パターンを形成する画素の中で前記直線と垂直な方向の縁端に位置する縁端画素の信号値の最大値を算出して基準値と比較し、前記制御部は、前記画像解析部が比較した結果、前記最大値が前記基準値より大きい場合、前記フィルタ駆動部に前記第1および第2フィルタのいずれか一方を前記所定の角度だけ回転駆動させることを特徴とする。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、波長に応じて強度が大きく異なる光に対しても分光感度を正確に測定することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図1は、本発明の実施の形態1に係る分光装置の構成を示すブロック図である。

[図2]図2は、本発明の実施の形態1に係る分光装置が備えるリニアバリアブ

ルフィルタの特性を模式的に示す図である。

[図3]図3は、本発明の実施の形態1に係る分光装置が備えるリニアバリアブルフィルタの代表的な位置における光の透過率を模式的に示す図である。

[図4]図4は、本発明の実施の形態1に係る分光装置が備えるフィルタ部の構成を模式的に示す図である。

[図5]図5は、図4に示す点Pにおいて透過する光のスペクトルを模式的に示す図である。

[図6]図6は、図4に示す点Qにおいて透過する光のスペクトルを模式的に示す図である。

[図7]図7は、図4に示す点Rにおいて透過する光のスペクトルを模式的に示す図である。

[図8]図8は、本発明の実施の形態2に係る分光装置である顕微鏡システムの構成を示すブロック図である。

[図9]図9は、本発明の実施の形態2に係る分光ユニットが備える拡散光学系の構成を示す図である。

[図10]図10は、本発明の実施の形態2に係る分光装置である顕微鏡システムを用いて蛍光観察を行う場合の作用を説明するための図である。

[図11]図11は、本発明の実施の形態2の変形例において、染色した標本を明視野観察した場合にスペクトル算出部が算出したスペクトルの概要を説明する図である。

[図12]図12は、本発明の実施の形態3に係る分光装置である撮像装置の構成を示すブロック図である。

[図13]図13は、本発明の実施の形態4に係る分光装置の構成を示すブロック図である。

[図14]図14は、本発明の実施の形態4に係る分光装置が行う交差角度決定処理の概要を示すフローチャートである。

[図15]図15は、本発明の実施の形態4に係る分光装置が、2つのリニアバリアブルフィルタの交差角度が 90° の場合に取得した透過パターンにおけ

る画素の信号値の分布例を模式的に示す図である。

[図16]図16は、本発明の実施の形態4に係る分光装置が、2つのリニアバリابلフィルタの交差角度が鋭角である場合に取得した透過パターンにおける画素の信号値の分布例を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、添付図面を参照して、本発明を実施するための形態（以下、「実施の形態」という）を説明する。

[0018] （実施の形態1）

図1は、本発明の実施の形態1に係る分光装置の構成を示すブロック図である。同図に示す分光装置1は、光源の分光特性を検出する装置である。分光装置1は、分光ユニットである分光部2と、分光部2によって結像された光を撮像して撮像信号を生成する撮像部3と、撮像部3が生成した撮像信号に対して演算を行う演算部4と、分光装置1を操作する指示信号を含む各種信号の入力を受け付ける入力部5と、光源の分光特性に関する情報を含む各種情報を表示する表示部6と、各種情報を記憶する記憶部7と、分光装置1の動作を統括して制御する制御部8とを備える。

[0019] 分光部2は、フィルタ部21と、結像光学系22とを有する。フィルタ部21は、光の透過中心波長が予め設定された方向に沿って連続的に変化する平板状のリニアバリابلフィルタ（以下、LVFという）23、24が、厚さ方向が揃った態様で該厚さ方向に沿って並んでいる。LVF23とLVF24とは、厚さ方向と直交する投影面で、各LVFを透過する中心波長（以下、透過中心波長という）の変化方向が交差している。LVF23とLVF24は、主面が同じ正形状をなしており、厚さ方向に沿って互いの中心が一致するように配置されている。本実施の形態1において、LVF23とLVF24は、光を透過する特性が同じであるとする。なお、LVF23とLVF24は、光を透過する特性が同じでなくてもよく、各々の透過波長帯域の少なくとも一部が共通であればよい。また、LVF23とLVF24は、厚さ方向に接触した状態で重ねて配置してもよいし、離間して配置しても

よい。ただし、離間して配置する場合には、LVF23とLVF24との間に別の構成要素は何も設けない。LVF23およびLVF24は、一方が第1フィルタであり、他方が第2フィルタである。

[0020] 図2は、LVF23の特性を模式的に示す図であり、フィルタ内の位置とその位置で最も透過率が高い透過中心波長との関係を示す図である。図2の左右方向で左から右に向かう方向であってLVF23の対向する2辺と平行な方向をx軸方向として、LVF23の左端の位置を $x=0$ 、右端の位置を $x=x_{\max}$ とする。LVF23は、x軸方向の位置が $x=0$ から $x=x_{\max}$ に変化するにつれて、各位置における透過中心波長 λ が連続的にかつ線形に増加する(図2の直線Lを参照)。例えば、左端 $x=0$ における透過中心波長 $\lambda_{\min}$ は380nmであり、右端 $x=x_{\max}$ における透過中心波長 $\lambda_{\max}$ は710nmである。図2では、 $x=x_n$ ($n=1\sim4$; $0<x_n<x_{\max}$) における透過中心波長を λ_n としている。なお、図2においてLVF23に記載された4本の縦線は、透過する波長帯域が同じである位置を結んだ仮想的な線である。したがって、4本の縦線は、透過中心波長が変化する方向すなわち図2のx軸方向と直交している。

[0021] 図3は、LVF23の代表的な位置における光の透過率を模式的に示す図である。図3では、 $x=0$ 、 x_n ($n=1\sim4$)、 $x_{\max}$ をそれぞれ透過する光の透過率を模式的に示している。例えば、 $x=0$ を透過する光のスペクトル $S_{\min}$ は、透過中心波長 $\lambda_{\min}$ を有する。同様に、 $x=x_n$ を透過する光のスペクトル S_n は、透過中心波長 λ_n を有し、 $x=x_{\max}$ を透過する光のスペクトル $S_{\max}$ は、透過中心波長 $\lambda_{\max}$ を有する。図3からも明らかなように、LVF23の各位置における透過光のスペクトルは、透過中心波長における透過率がほぼ均一であるとともに、帯域幅もほぼ均一である。

[0022] 図4は、フィルタ部21の構成を模式的に示す図であり、LVF23およびLVF24の厚さ方向と直交する投影面で見たときのLVF23とLVF24の位置関係を模式的に示す図である。なお、図4では、図2の縦線と同様に、透過する波長帯域が同じである位置を結んだ仮想的な直線を記載して

いる。LVF23とLVF24の中心を一致させ、LVF24がLVF23に対して各LVFの中心軸であって紙面と直交する中心軸に対して反時計回りに角度 θ だけ回転した状態を示している。以下、この角度 θ のことを交差角度という。交差角度 θ は任意に設定することが可能である。また、交差角度 θ を手動または自動によって変更可能とすることも可能である。例えば、交差角度 θ が 90° である場合、LVF23、24の対角線上において同一の透過特性が重なりあう。この場合、フィルタ部21は、 $0^\circ < \theta \leq 90^\circ$ の中で最も多くの透過特性の組み合わせを実現することができる。その一方で、交差角度 θ が 90° である場合には、狭帯域における透過光の光量は少なく、信号レベルが低くなる。

[0023] 図4に示す点Pは、LVF23とLVF24の中心であって透過中心波長がともに λ_p である点である。図4に示す点Qは、LVF23の透過中心波長が λ_p である一方、LVF24の透過中心波長が λ_q ($< \lambda_p$) である点である。図4に示す点Rは、LVF23の透過中心波長が λ_p である一方、LVF24の透過中心波長が λ_r ($< \lambda_q$) である点である。

[0024] フィルタ部21の各位置の透過特性は、LVF23の透過特性とLVF24の透過特性との共通波長領域における積となる。図5は、図4に示す点Pにおいて透過する光のスペクトルを模式的に示す図である。図5に示すスペクトル S_p は透過中心波長が λ_p であり、LVF23の点Pにおける透過特性を与えるスペクトル S_{1p} と、LVF24の点Pにおける透過特性を与えるスペクトル S_{2p} との積によって得られる透過特性である。この場合、スペクトル S_{1p} とスペクトル S_{2p} は一致する。スペクトル S_p の透過波長帯域 $\Delta\lambda_{pp}$ は、スペクトル S_{1p} 、 S_{2p} の透過波長帯域とほぼ同じである。図4において点Pを通過する直線L1は、LVF23とLVF24の透過中心波長が等しい点の集合である。直線L1上の各点における透過光のスペクトルは、透過波長帯域が互いに異なるものの、図5に示すスペクトル S_p と同様の透過率分布を有する。

[0025] 図6は、図4に示す点Qにおいて透過する光のスペクトルを模式的に示す図である。図6に示すスペクトル S_q は、LVF23の点Qにおける透過特性

を与えるスペクトル S_{1Q} と、L V F 2 4 の点 Q における透過特性を与えるスペクトル S_{2Q} との積によって得られる透過特性である。スペクトル S_Q の透過中心波長は $(\lambda_P + \lambda_Q) / 2$ であり、透過波長帯域 $\Delta \lambda_{PQ}$ は図 5 に示すスペクトル S_P の透過波長帯域 $\Delta \lambda_{PP}$ よりも狭い。また、透過中心波長 $(\lambda_P + \lambda_Q) / 2$ における透過率は、スペクトル S_P の透過中心波長 λ_P における透過率よりも小さい。図 4 において点 Q を通過する直線 L 2 は、L V F 2 3 と L V F 2 4 の透過中心波長の差が $\lambda_P - \lambda_Q$ である点の集合である。直線 L 2 上の各点における透過光のスペクトルは、透過波長帯域が互いに異なるものの、図 6 に示すスペクトル S_Q と同様の透過率分布を有する。

[0026] 図 7 は、図 4 に示す点 R において通過する光のスペクトルを模式的に示す図である。図 7 に示すスペクトル S_R は、L V F 2 3 の点 R における透過特性を与えるスペクトル S_{1R} と、L V F 2 4 の点 R における透過特性を与えるスペクトル S_{2R} との積によって得られる透過特性である。スペクトル S_R の透過中心波長は $(\lambda_P + \lambda_R) / 2$ であり、透過波長帯域 $\Delta \lambda_{PR}$ は図 6 に示す透過波長帯域 $\Delta \lambda_{PQ}$ よりも狭い。また、透過中心波長 $(\lambda_P + \lambda_R) / 2$ における透過率は、スペクトル S_Q の透過中心波長 λ_Q における透過率よりも小さい。図 4 において点 R を通過する直線 L 3 は、L V F 2 3 と L V F 2 4 の透過中心波長の差が $\lambda_P - \lambda_R$ である点の集合である。直線 L 3 上の各点における透過光のスペクトルは、透過波長帯域が互いに異なるものの、図 7 に示すスペクトル S_R と同様の透過率分布を有する。

[0027] フィルタ部 2 1 においては、同じ点における L V F 2 3 の透過中心波長と L V F 2 4 の透過中心波長との差の絶対値が大きい位置ほど、透過中心波長における透過率および透過波長帯域は小さくなる。このため、図 4 に示す直線 L 1 からの距離が遠い点ほど、透過波長帯域が狭くかつ透過光量が小さい。なお、L V F 2 3 の透過波長帯域と L V F 2 4 の透過波長帯域が重なりを有しない位置では、フィルタ部 2 1 全体としての透過率がゼロとなる。フィルタ部 2 1 の各位置における透過光のスペクトルに関する情報を含む透過特性は、記憶部 7 が有するフィルタ情報記憶部 7 1 に予め記憶されている。

[0028] 以上説明した構成を有するフィルタ部 21 によれば、光の入射位置に応じて異なるスペクトルを有する透過光を得ることができ、同一平面上で様々な透過特性を実現することができる。また、1つのLVFの各点における透過波長帯域が広い場合であっても、2つのLVFを重ね合わせることによって狭い透過波長帯域を有する透過光を得ることができる。このようなフィルタ部 21 を設けることにより、光源 9 が輝線を含み波長ごとの強度が大きく異なる光を発する場合であっても、透過光を選択的に使用することによって各波長の信号強度を均一にすることができる。

[0029] 撮像部 3 は、フィルタ部 21 を透過し、結像光学系 22 が結像した光を撮像する。撮像部 3 は、結像した光を光電変換することによって撮像信号を生成して出力する撮像素子 31 を有する。撮像素子 31 は、CCD (Charge Coupled Device) またはCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等のイメージセンサを用いて構成される。撮像素子 31 は、フィルタ部 21 の透過パターンを示す画像を撮像し、該画像に対応する撮像信号を生成する。

[0030] 演算部 4 は、撮像部 3 が出力した撮像信号を解析する画像解析部 41 と、画像解析部 41 の解析結果に基づいて撮像信号のスペクトルを算出するスペクトル算出部 42 とを有する。

[0031] 画像解析部 41 は、記憶部 7 のフィルタ情報記憶部 71 が記憶するフィルタ情報および記憶部 7 の感度情報記憶部 72 が記憶する撮像素子 31 の感度情報を参照し、撮像部 3 が生成した撮像信号から所定の画素の信号を抽出する。画像解析部 41 は、LVF 23 および LVF 24 の厚さ方向と直交する投影面における LVF 23 および LVF 24 の中心 (図 4 の点 P) を通過するとともに、LVF 23 および LVF 24 の透過波長帯域が一致する位置を投影面に投影したときの位置を通過する直線上の点に対応する画素の信号を抽出する。以下、この直線を中心線という。例えば、図 4 に示す場合、直線 L1 が中心線である。

[0032] 画像解析部 41 が抽出した信号の中に飽和する信号値を有するものがあつ

た場合、画像解析部41は、飽和する信号値を出力する画素（飽和画素）の近傍に位置する画素であって投影面上で対応する点が中心線上に位置しない画素が出力する不飽和の信号値により、飽和画素の信号値を置換する。このとき、画像解析部41は、飽和画素からの距離が最も近い画素から順に探索していき、最初に見つかった不飽和の信号値によって飽和画素の信号値を置換する。不飽和の信号は、画像解析部41が最初に抽出する画素の信号よりも狭帯域である。そこで、画像解析部41は、置換された信号の帯域幅を、最初に抽出する画素の信号の帯域幅と一致させる補正を行う。なお、信号値を置換させた後も、その信号を出力した画素の位置は置換前の位置とする。

[0033] なお、フィルタ情報記憶部71が各LVF23、24の透過特性に関する情報を個別に記憶しておき、画像解析部41がLVF23とLVF24との交差角度に応じて画素ごとの特性を算出するようにしてもよい。

[0034] スペクトル算出部42は、画像解析部41が抽出した各画素の信号および各画素の位置に応じた透過波長帯域等の透過特性に基づいて撮像信号のスペクトルを算出する。スペクトル算出部42は、記憶部7が記憶するフィルタ部21の各位置におけるスペクトルの透過中心波長、フィルタ部21のフィルタ特性、および撮像部3の感度特性等の各種情報を参照することにより、波長ごとの相対強度を算出し、分光感度を示すスペクトルを算出して出力する。

[0035] 演算部4は、例えばCPU（Central Processing Unit）等の汎用プロセッサまたはASIC（Application Specific Integrated Circuit）もしくはFPGA（Field Programmable Gate Array）等の特定の機能を実行する専用の集積回路等を用いて構成され、記憶部7が記憶する各種プログラムを読み込むことによって各種演算処理を実行する。

[0036] 入力部5は、キーボード、各種ボタン、各種スイッチ等の入力デバイスや、マウスや表示部6の表示画面上に設けられるタッチパネル等のポインティングデバイスを含み、これらのデバイスに対して外部からなされる操作に応じた信号の入力を受け付けて制御部8に入力する。

- [0037] 表示部 6 は、液晶または有機 E L (Electro Luminescence) 等からなる表示パネルを用いて構成され、スペクトル算出部 4 2 による算出結果を含む各種情報を表示する。
- [0038] 記憶部 7 は、L V F 2 3、2 4 に関する情報を記憶するフィルタ情報記憶部 7 1 と、撮像素子 3 1 の感度情報を記憶する感度情報記憶部 7 2 と、分光装置 1 が算出した光源 9 のスペクトル情報を記憶するスペクトル情報記憶部 7 3 とを有する。
- [0039] フィルタ情報記憶部 7 1 は、フィルタ部 2 1 における各位置における透過光のスペクトルを含む透過特性を記憶する。L V F 2 3 と L V F 2 4 の交差角度を変更可能な場合、フィルタ情報記憶部 7 1 は、交差角度の値に応じた各位置の透過特性を記憶する。
- [0040] 記憶部 7 は、撮像部 3 が取得した撮像信号や、演算部 4 および制御部 8 がそれぞれ実行する複数のプログラムおよび各種設定情報も記憶する。なお、プログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に書き込んで記憶させてもよい。プログラムの記憶部 7 または記録媒体への書き込みは、コンピュータまたは記録媒体を製品として出荷する際に行ってもよいし、通信ネットワークを介したダウンロードにより行ってもよい。
- [0041] 記憶部 7 は、R A M (Random Access Memory) 等の揮発性メモリおよび R O M (Read Only Memory) 等の不揮発性メモリを用いて構成される。なお、外部から装着可能なメモリカード等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体を用いて記憶部 7 を構成してもよい。
- [0042] 制御部 8 は、C P U 等の汎用プロセッサまたは A S I C もしくは F P G A 等の特定の機能を実行する専用の集積回路等を用いて構成される。なお、制御部 8 と演算部 4 を同じ汎用プロセッサまたは集積回路によって構成することも可能である。
- [0043] 以上の構成を有する分光装置 1 を用いて所望の光源 9 の分光特性を検出する際には、光源 9 が発した光を、均等拡散反射面を有する白色板 1 0 に照射し、白色板 1 0 によって空間的に均一なスペクトルを有する光にして分光装

置 1 へ入射する。分光装置 1 では、分光部 2 のフィルタ部 2 1 が光源 9 からの光を場所ごとに異なる透過特性で透過した後、撮像部 3 が透過光を撮像して撮像信号を生成し、演算部 4 がその撮像信号のうち適切な領域の撮像信号を抽出して光源 9 のスペクトル（分光感度の特性）を算出する。光源 9 スペクトルの算出結果は、表示部 6 に表示される。

[0044] 以上説明した本発明の実施の形態 1 によれば、2 つの平板状の L V F における透過中心波長の変化方向が、厚さ方向と直交する投影面で交差しているため、フィルタ部の入射位置ごとに異なる透過特性によって光を透過させることができ、波長に応じて強度が大きく異なる光に対しても分光感度を正確に測定することができる。

[0045] また、本実施の形態 1 によれば、フィルタ部の入射位置ごとに異なる透過特性によって光を透過させた後、その透過光を撮像した撮像信号から抽出した信号の画素の位置と透過特性との対応に基づいて撮像信号のスペクトルを算出するため、入射した光が波長に応じて強度が大きく異なる光であっても、その分光感度の特性を正確に取得することができる。

[0046] また、本実施の形態 1 によれば、投影面上で中心線上に位置する点に対応する画素が出力した信号値を用いてスペクトルを算出する際、信号値が飽和した画素がある場合、飽和した信号値を、該信号値を出力する飽和画素の近傍に位置する画素であって投影面上で対応する点が中心線に含まれない画素が出力する不飽和の狭帯域の信号値に置換してスペクトルを算出するため、入射した光が輝線のような成分を有する場合であっても分光感度の特性を正確に取得することができる。

[0047] 上述した特許文献 1 に記載の技術において、フラット化フィルタはフラット化の対象とする光源の特性を反映したものでなければ効果を発揮しないため、本実施の形態 1 のように、様々な光源の分光感度の特性を検出する用途には適さない。この点に関し、本実施の形態 1 は、フラット化フィルタを使用していないため、様々な光源の分光感度の特性を検出するのに好適である。

[0048] 加えて、上述した特許文献１に記載の技術のようにＬＶＦを１つだけ使用する場合、狭帯域の透過特性を実現することは技術的にも難しい。この点に関し、本実施の形態１では、２つのＬＶＦの厚さ方向を揃えて、厚さ方向に沿って２つのＬＶＦを並べて配置することにより、狭帯域の透過特性を容易に実現することができる。したがって、本実施の形態１によれば、狭帯域の信号値を利用することにより、急峻なピークを有するスペクトルを算出することも可能となる。

[0049] （実施の形態２）

図８は、本発明の実施の形態２に係る分光装置である顕微鏡システムの構成を示すブロック図である。同図に示す顕微鏡システム１００は、顕微鏡装置１０１と、制御装置１０２と、入力装置１０３と、表示装置１０４とを備える。このうち、入力装置１０３および表示装置１０４は、実施の形態１で説明した入力部５および表示部６とそれぞれ同様の機能を有する。本実施の形態２において、実施の形態１で説明した構成要素と同様の機能を有する構成要素には、実施の形態１と同じ符号を付して説明する。

[0050] 顕微鏡装置１０１は、ステージ１１１、対物光学系１１２、結像光学系１１３、顕微鏡撮像部１１４、落射照明光源１１５、落射照明光学系１１６、蛍光キューブ１１７、透過照明光源１１８、透過照明光学系１１９、およびミラー１２０を有し、ステージ１１１に載置された標本ＳＭＰを観察するための装置である。

[0051] 対物光学系１１２は、ステージ１１１の標本ＳＭＰを載置する面と対向して配置される。対物光学系１１２は、互いに交換可能な複数の対物レンズを含み、拡大倍率を変更可能である。対物光学系１１２を通過した光は結像光学系１１３によって結像され、顕微鏡撮像部１１４へ入射する。結像光学系１１３は複数のレンズを用いて構成され、ズーム倍率を変更可能である。顕微鏡撮像部１１４は、受光した光を光電変換して画像信号を生成する撮像素子を有する。顕微鏡撮像部１１４は、生成した画像信号を制御装置１０２へ出力する。なお、対物光学系１１２と結像光学系１１３との間の観察光路上

で光をさらに分岐させ、分岐させた光路上に接眼レンズを設けてユーザが直接観察できる構成としてもよい。

[0052] 落射照明光学系 116 は、落射照明光源 115 が出射した落射照明光を集光して観察光路へ導く種々の光学部材（フィルタユニット、シャッタ、視野絞り、開口絞り等）を含む。透過照明光学系 119 は、透過照明光源 118 が出射した透過照明光を集光し、ミラー 120 へ導く種々の光学部材（コレクタレンズ、フィルタユニット、視野絞り、シャッタ、開口絞り等）を含む。透過照明光学系 119 を通過した光は、ミラー 120 によって反射された後、観察光路上を伝播する。

[0053] 蛍光キューブ 117 は、落射照明光源 115 が出射して落射照明光学系 116 を通過した光のうち、特定の波長帯域の光（励起光）を選択的に透過させる励起フィルタ 117a と、励起フィルタ 117a によって選択された励起光を反射するとともに、標本 SMP が発生した蛍光を透過させるダイクロイックミラー 117b と、標本 SMP の方向から入射する光のうち蛍光のみを選択的に透過させる吸収フィルタ 117c とをキューブ状に組み合わせる。蛍光キューブ 117 は蛍光観察を行う場合に観察光路上に挿入した状態となる。これに対して明視野観察を行う場合、蛍光キューブ 117 は観察光路から退避した状態となる。

[0054] 顕微鏡装置 101 は、さらに分光部 2A と、撮像部 3A と、標本 SMP からの光を反射して分光部 2A に導くミラー 121 とを有する。ミラー 121 は、蛍光キューブ 117 と結像光学系 113 との間の観察光路上に挿抜自在に設けられる。ミラー 121 を観察光路に対して挿抜する機構は、手動でも電動でもよい。図 8 では、ミラー 121 が挿入された状態を示している。ミラー 121 は、観察光路に挿入された状態で、対物光学系 112 を通過した光を反射して分光部 2A へ入射させる。

[0055] 本実施の形態 2 に係る分光ユニットである分光部 2A は、光の入射側から順に結像光学系 25、拡散光学系 26、フィルタ部 21 および結像光学系 22 を有する。

[0056] 図9は、拡散光学系26の構成を示す図である。拡散光学系26は、入射した光を拡散して均一化する光学系である。拡散光学系26は、結像光学系25によって結像される像が形成される位置に配置される視野絞り261と、視野絞り261を通過した光束を拡散する拡散板262と、拡散した光束を均一化する光束均一化光学素子263と、を含む。

[0057] 拡散板262は、例えば、平板ガラスの片面を砂面に処理した材料や、ガラス内に光拡散物質を分散させた材料を用いて構成される。

[0058] 光束均一化光学素子263は、ガラスやプラスチック等を用いて形成された光透過性の部材からなり、入射面263aから入射した光束の少なくとも一部を側面263bで1または複数回反射させながら出射面263cに導光して出射させる。光束均一化光学素子263は、入射側から出射側へ向けて幅が広がった形状をなしており、出射面263cの面積は入射面263aの面積より大きい。また、光束均一化光学素子263の側面263bは、入射面263aから出射面263cにかけて、傾斜角度が次第に緩やかになる曲面をなす。なお、側面263bは曲面である必要はなく、平面によって構成してもよい。また、光束均一化光学素子263の光軸と直交する断面は、矩形でもよいし円形でもよいし、入射面263aが円形をなす一方、出射面263cが矩形をなしてもよい。

[0059] 以上の構成を有する拡散光学系26は、撮像素子31に照射される光束の照度分布を均一化することにより、スペクトルの測定精度を確保することができる。なお、拡散光学系26のより詳細な構成は、例えば特開2013-29322号公報に開示されている。

[0060] 撮像部3Aは、撮像部3と同様に撮像素子31を有し、フィルタ部21の透過パターンを示す画像に対応する撮像信号を生成して制御装置102へ出力する。

[0061] なお、以上の説明において、ミラー121、分光部2Aおよび撮像部3Aを単独の構成として説明したが、これらを一つのユニットとして構成してもよい。また、分光部2Aおよび撮像部3Aを一つのユニットとして構成して

もよい。

[0062] つぎに、制御装置 102 の構成を説明する。制御装置 102 は、演算部 4A と、記憶部 7A と、制御部 8A とを有する。

[0063] 演算部 4A は、画像解析部 41 とスペクトル算出部 42 とを有する。スペクトル算出部 42 は、撮像信号に含まれる狭帯域の信号のピーク位置から蛍光のスペクトルの個数すなわち蛍光成分の個数を算出するとともに、その狭帯域の信号を出力する画素の位置と透過波長帯域との対応に基づいて蛍光のスペクトルを算出する。演算部 4A は、顕微鏡撮像部 114 が生成した画像信号に対して、オプティカルブラック減算処理、ホワイトバランス調整処理、カラーマトリクス演算処理、 γ 補正処理、色再現処理およびエッジ強調処理等を含む画像処理を行う。

[0064] 図 10 は、顕微鏡システム 100 を用いて蛍光観察を行う場合の作用を説明するための図である。顕微鏡システム 100 を用いて蛍光観察を行う場合、顕微鏡装置 101 では、落射照明光源 115 を点灯し、蛍光キューブ 117 を観察光路上に挿入する一方、透過照明光源 118 の電源をオフにする。この場合において、例えば、蛍光キューブ 117 の吸収フィルタ 117c が緑色 (G) の波長帯域の蛍光成分を透過するフィルタである場合、図 10 に示す感度曲線 G における波長帯域の光が透過する。この場合、標本 SMP が図 10 に示す 2 つのスペクトル S1、S2 の蛍光を発したとする。このような現象は、例えば標本 SMP に少なくとも 2 つの蛍光物質が存在し、その 2 つの蛍光物質の波長が近接している場合に生じ得る。この場合、顕微鏡撮像部 114、2 つのスペクトル S1、S2 の成分を含む画像を撮像することとなる。その結果、顕微鏡システム 100 では、顕微鏡撮像部 114 が撮像した画像から、本来検出したい蛍光 (スペクトル S1、S2 のいずれか一方) のみを検出することができない。

[0065] この問題を解決するために、本実施の形態 2 では、顕微鏡撮像部 114 が撮像を行う前に、ミラー 121 を観察光路に挿入し、分光部 2A および撮像部 3A を用いて標本 SMP が発する光のスペクトルを測定する。測定の結果

、図10に示すスペクトルS1、S2のように、波長帯域が近接する2つの蛍光成分の存在を検出した場合、ユーザはこの2つの蛍光成分を分離して所望の蛍光成分のみを抽出することができる吸収フィルタ117cに交換する。これにより、顕微鏡撮像部114は所望の蛍光成分のみが写った蛍光画像を撮像することが可能となる。

[0066] なお、本実施の形態2において、算出されたスペクトルデータを顕微鏡撮像部114が撮影した画像のホワイトバランス(WB)の調整を行う際に利用してもよい。これにより、ホワイトバランスの調整を高精度に行うことができる。

[0067] 以上説明した本発明の実施の形態2によれば、実施の形態1と同様、波長に応じて強度が大きく異なる光に対しても分光感度を正確に測定および取得することができ、狭帯域の信号値を利用することにより、急峻なピークを有するスペクトルを算出することもできる。

[0068] また、本実施の形態2によれば、標本が発する蛍光を予め測定することにより、適切な吸収フィルタを用いて所望の蛍光成分のみを含む観察画像を取得することが可能になる。

[0069] (変形例)

本実施の形態2の変形例では、顕微鏡システム100を用いて染色標本の明視野観察を行う。この場合、顕微鏡装置101では、落射照明光源115の電源をオフにし、蛍光キューブ117を観察光路から退避させるとともに、透過照明光源118を点灯する。ここで、明視野観察用の標本の染色としては、例えばヘマトキシリン及びエオシンの2つの色素を用いるヘマトキシリン・エオシン染色(HE染色)や、パパニコロウ染色(Pap染色)等の非蛍光染色を挙げることができる。

[0070] 図11は、顕微鏡装置101において、染色した標本を明視野観察した場合に、分光部2Aが透過して撮像部3Aが生成した撮像信号からスペクトル算出部42が算出したスペクトルの概要を説明する図である。図11に示す3本の曲線C、C1およびC2のうち、曲線Cは、色均質化処理を行う際の

基準となるスペクトルを示している。これに対し、曲線C 1 およびC 2 は、異なる施設または技師が同じ染色による標本を作成したときに算出したスペクトルを示している。図 1 1 に示すように、染色標本は、染色ごと、施設ごと、技師ごとに色素の特性が異なることがある。

[0071] 本変形例では、分光部 2 A を用いて分光した光を撮像部 3 A が撮像して染色標本ごとのスペクトルを算出するため、基準となるスペクトルとの差（特性変化）を正確に推定することができる。その結果、顕微鏡撮像部 1 1 4 が明視野観察の染色標本を撮像した際の色均質化処理の精度を向上させることができる。

[0072] 特に、本変形例では、狭帯域の透過スペクトルを用いて染色標本全体のスペクトルを算出するため、従来の多バンドセンサ（トリトン）による測定のように、透過波長帯域が広くバンド間の透過波長帯域の重なりが多い手法と比較して、高精度でスペクトルを算出することができる。

[0073] （実施の形態 3）

図 1 2 は、本発明の実施の形態 3 に係る分光装置である撮像装置の構成を示すブロック図である。同図に示す撮像装置 2 0 0 は、本体部 2 0 1 と、本体部 2 0 1 に着脱可能な分光部 2 B とを備える。本実施の形態 3 においても、実施の形態 1 で説明した構成要素と同様の機能を有する構成要素には、実施の形態 1 と同じ符号を付して説明する。

[0074] 本実施の形態 3 に係る分光ユニットである分光部 2 B は、被写体と対向する前面側（光の入射側）から順に対物光学系 2 7、結像光学系 2 5、拡散光学系 2 6、フィルタ部 2 1 および結像光学系 2 2 を有する。分光部 2 B は、点状の領域から集光した光を拡散してフィルタ部 2 1 に入射する。この意味で、分光部 2 B は、実施の形態 2 で説明した分光部 2 A に対物光学系を加えた構成に相当している。分光部 2 B は、通常撮影用のレンズユニットの代わりに本体部 2 0 1 に装着される。

[0075] 本体部 2 0 1 は、撮像部 3 B、演算部 4 B、入力部 5 B、表示部 6 B、記憶部 7 B、および制御部 8 B を有する。

- [0076] 撮像部 3 B は、撮像素子 3 1 を有する。撮像素子 3 1 は、分光部 2 B のフィルタ部 2 1 の透過パターンを示す画像に対応する撮像信号を生成する。
- [0077] 演算部 4 B は、画像解析部 4 1 とスペクトル算出部 4 2 とを有する。演算部 4 B は、撮像部 3 B が生成した撮像信号に対して各種画像処理を施す機能も有する。具体的には、演算部 4 B は、実施の形態 2 で説明した演算部 4 A と同様、画像信号に対して、オプティカルブラック減算処理、ホワイトバランス調整処理、カラーマトリクス演算処理、 γ 補正処理、色再現処理およびエッジ強調処理等を含む画像処理を行う。
- [0078] 記憶部 7 B は、フィルタ情報記憶部 7 1、感度情報記憶部 7 2 およびスペクトル情報記憶部 7 3 を有する。また、記憶部 7 B は、撮像部 3 B が撮像し、演算部 4 B によって画像処理が施された画像のデータを記憶する。
- [0079] 本実施の形態 3 において、算出されたスペクトルデータを撮像部 3 B が撮影した画像のホワイトバランスの調整を行う際に利用することにより、輝線などのある光源などを撮影した場合であっても、ホワイトバランスの調整を高精度に行うことができる。
- [0080] 以上説明した本発明の実施の形態 3 によれば、実施の形態 1 と同様、波長に応じて強度が大きく異なる光に対しても分光感度を正確に測定および取得することができ、狭帯域の信号値を利用することにより、急峻なピークを有するスペクトルを算出することもできる。
- [0081] また、本実施の形態 3 に係る分光装置は、通常の撮像装置の本体部に分光部 2 B を装着させるとともに、演算部 4 B の機能を実現させるためのソフトウェアをダウンロードすれば実現可能であるため、簡単に高精度な分光感度の測定を行うことができる。
- [0082] なお、撮像装置 2 0 0 を塗板の色や光源のスペクトルなどの検査装置として適用する場合、演算部 4 B がフィルタ部 2 1 の特性に基づいて得られる基準の透過パターンと撮像部 3 B が撮像した画像における透過パターンとの間のマッチングをとることによって検査および判定を行うようにしてもよい。
- [0083] (実施の形態 4)

本発明の実施の形態４は、２つのＬＶＦ２３、２４の交差角度を最適な角度に設定する機能を有する。図１３は、本実施の形態４に係る分光装置の構成を示すブロック図である。同図に示す分光装置１Ａは、実施の形態１で説明した分光装置１と同様の構成に加えて、ＬＶＦ２４を厚さ方向と平行な中心軸の周りに回転させるフィルタ駆動部１１を有する。フィルタ駆動部１１は、例えばＬＶＦ２４を回転させるアクチュエータを用いて構成され、制御部８の制御のもとでＬＶＦ２４を回転させることにより、実施の形態１で図４を参照して説明した投影面におけるＬＶＦ２３との交差角度を変更する。

[0084] 演算部４の画像解析部４１は、撮像信号で透過パターンを形成する画素の中で投影面において中心線と垂直な方向の縁端に位置する縁端画素の信号値をすべて抽出し、抽出した縁端画素の信号値の最大値を算出し、この最大値と所定の基準値とを比較する。ここで基準値は、決められた露光条件に対して基準値以上の画素が最大となるように設定するのが好ましい。このような基準値を、例えば画素の飽和信号値の１０％程度に設定することができる。また、撮像信号のノイズレベルを考慮し、そのノイズレベルを上回るような値に基準値を設定することも可能である。

[0085] フィルタ駆動部１１は、画像解析部４１の判定結果に基づいて、縁端画素の信号値の最大値が基準値以下である場合には、制御部８の制御のもとでＬＶＦ２４を所定角度だけ回転駆動する。この所定角度は、例えば０．１°～３０°程度であり、１°～５°程度であればより好ましい。

[0086] 図１４は、分光装置１Ａが行う交差角度決定処理の概要を示すフローチャートである。まず、フィルタ駆動部１１は、ＬＶＦ２３とＬＶＦ２４の交差角度が９０°となるようにＬＶＦ２４を回転駆動する（ステップＳ１）。

[0087] 続いて、画像解析部４１は撮像部３から撮像信号を取得し（ステップＳ２）、透過パターンを形成する画素の中で中心線と垂直な方向の縁端に位置する縁端画素の信号値をすべて抽出する（ステップＳ３）。

[0088] この後、画像解析部４１は、抽出した縁端画素の信号値の最大値を算出する（ステップＳ４）。

- [0089] 続いて、画像解析部41は、算出した最大値が所定の基準値以下であるかを判定する（ステップS5）。判定の結果、最大値が基準値以下である場合（ステップS5：Yes）、制御部8はフィルタ駆動部11に対して制御信号を出力し、フィルタ駆動部11にLVF24を所定角度だけ回転駆動させる（ステップS6）。具体的には、フィルタ駆動部11は、図4に示す投影面上でLVF24を時計回りに所定角度だけ回転させる。
- [0090] ステップS6における回転の後の交差角度 θ が 0° 以下である場合（ステップS7：Yes）、制御部8は、フィルタ駆動部11に制御信号を出力し、LVF24を回転駆動させて予め設定された交差角度 θ_0 とする（ステップS8）。この交差角度 θ_0 は、例えば 1° であるが、これは一例に過ぎない。一方、ステップS6における回転の後の交差角度 θ が 0° より大きい場合（ステップS7：No）、分光装置1AはステップS2に戻る。
- [0091] ステップS5において、最大値が基準値より大きい場合（ステップS5：No）、分光装置1Aは処理を終了する。これにより、LVF23とLVF24の交差角度が決定する。
- [0092] 図15は、LVF23とLVF24の交差角度が 90° である場合に、分光装置1Aが特定の光源9の光から取得した透過パターンにおける画素の信号値の分布例を模式的に示す図である。図15では、分光装置1Aの入射側から見たときの信号値の分布例を示している。図15に示す場合、透過パターンが存在する透過画素領域Bは、中心線Mに対して対称な形状をなしている。また、中心線Mと直交する方向に延びた部分画素領域B_m（ $m=1\sim5$ ）は、中心線Mを通過する画素の信号値が最も高く、中心線Mから遠ざかるにつれて信号値が低くなっている。図15では、信号値の違いをパターンにより模式的に表現している。
- [0093] 図15に示す場合、部分画素領域B_mの中心線Mに垂直な方向の縁端に位置する縁端画素の信号値はすべて同じ（黒で記載）である。以下、この縁端画素の信号値が基準値に等しいものとする。このような信号を取得した場合、画像解析部41がステップS4で算出する縁端画素の信号値の最大値は基

準値と等しい。したがって、画像解析部41は、最大値が基準値以下であると判定し（ステップS5：Yes）、フィルタ駆動部11はLVF24を所定角度だけ回転駆動する（ステップS6）。上述したように、LVF24の1回当たりの回転角度は $0.1^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 程度であるため、回転後の交差角度は 0° 以下とはならない。したがって、この後、分光装置1Aは、ステップS2に戻って撮像信号を取得する。

[0094] 図16は、LVF23とLVF24の交差角度が鋭角（ $< 90^{\circ}$ ）である場合に、分光装置1Aが図15と同じ光源9の光から取得した透過パターンにおける画素の信号値の分布例を模式的に示す図であり、図15と同じ光源9からの光の透過パターンを取得した場合の信号値の分布例を模式的に示す図である。図16においても、図15と同様に、分光装置1Aの入射側から見たときの信号値の分布例を示している。図16は、図15に示す状態（交差角度 $\theta = 90^{\circ}$ の状態）からLVF24の回転を1または複数回行った後の状態を示している。

[0095] 図16に示す透過画素領域B'は、図15に示す場合と同様に、中心線M'に対して対称な形状をなしている。中心線M'と垂直な方向に延びた部分画素領域Bm'（ $m = 1 \sim 5$ ）は、中心線M'を通過する画素の信号値が最も高く、中心線M'から遠ざかるにつれて信号値が低くなっている。透過画素領域B'は、図15に示す透過画素領域Bよりも広がっており、抽出された画素数が多い。5つの部分画素領域Bm'のうち、部分画素領域B3'では、縁端画素の信号値が基準値よりも大きい（網線で表示）。したがって、図16に示す場合、画像解析部41がステップS4で算出する縁端画素の信号値の最大値は基準値よりも大きくなる。したがって、画像解析部41は、最大値が基準値より大きいと判定する（ステップS5：No）。この場合、分光装置1Aは、LVF23とLVF24の交差角度決定処理を終了する。

[0096] なお、交差角度決定処理における交差角度の初期値は $\theta = 90^{\circ}$ でなくてもよい。例えば交差角度 θ の初期値を 0° として、交差角度を徐々に大きくしていくようにしてもよいし、予め設定した初期値から開始して所定の規則

にしたがって交差角度を増減させるようにもよい。

[0097] 以上説明した本発明の実施の形態4によれば、実施の形態1と同様、波長に応じて強度が大きく異なる光に対しても分光感度を正確に測定および取得することができ、狭帯域の信号値を利用することにより、急峻なピークを有するスペクトルを算出することもできる。

[0098] また、本実施の形態4によれば、2つのLVFフィルタの一方を駆動させることによって最適な交差角度を設定することができるため、より高精度なスペクトルの算出を行うことができる。

[0099] また、本実施の形態4によれば、交差角度を最適化することにより、飽和した信号値を有する画素を他の画素で置換する際の候補が増えるため、ノイズを低減する際の精度を一段と向上させることができる。

[0100] なお、本実施の形態4において、フィルタ駆動部11を設ける代わりに、LVF24を操作者に手動で回転させる機構を設けてもよい。この場合には、操作者が手動で所定角度回転させることができる機構を設けるか、または操作者が交差角度の値を確認できるようなスケールを設けておくのが望ましい。

[0101] また、本実施の形態4において、フィルタ駆動部11がLVF23を回転駆動するようにしてもよいし、LVF23とLVF24をともに回転駆動するようにしてもよい。

[0102] (その他の実施の形態)

ここまで、本発明を実施するための形態を説明してきたが、本発明は上述した4つの実施の形態によってのみ限定されるべきものではない。例えば、実施の形態2、3において、実施の形態4で説明したフィルタ駆動部を追加し、2つのLVFの投影面上における交差角度を変更可能としてもよい。この場合には、実施の形態4と同様に、撮像信号の画素ごとの信号値を用いて最適な交差角度を決定すればよい。

[0103] また、2つのLVFの表面のなす形状や厚さは同じでなくてもよく、例えば回転駆動させる方のLVFの形状を相対的に小さくしたり厚さを薄くした

りしてもよい。

[0104] また、フィルタ部を構成するL V Fは2つである必要はなく、複数のL V Fを用いてフィルタ部を構成してもよい。この場合には、複数のL V Fの厚さ方向を揃え、該厚さ方向に沿って複数のL V Fを並べて配置すればよい。また、この場合にも隣接する2つのL V Fを接触した状態で重ねて配置してもよいし、離間して配置してもよい。後者の場合には、隣接する2つのL V Fの間に他の構成要素を何も設けない。

[0105] このように、本発明は、ここでは記載していない様々な実施の形態を含むものである。請求の範囲によって特定される技術的思想の範囲内で種々の設計変更等を行うことが可能である。

符号の説明

- [0106] 1、1 A 分光装置
2、2 A、2 B 分光部
3、3 A、3 B 撮像部
4、4 A、4 B 演算部
5、5 B 入力部
6、6 B 表示部
7、7 A、7 B 記憶部
8、8 A、8 B 制御部
9 光源
10 白色版
11 フィルタ駆動部
21 フィルタ部
23、24 L V F
25 結像光学系
26 拡散光学系
27 対物光学系
31 撮像素子

- 4 1 画像解析部
- 4 2 スペクトル算出部
- 7 1 フィルタ情報記憶部
- 7 2 感度情報記憶部
- 7 3 スペクトル情報記憶部
- 1 0 0 顕微鏡システム
- 1 0 1 顕微鏡装置
- 1 0 2 制御装置
- 1 0 3 入力装置
- 1 0 4 表示装置
- 1 2 0、1 2 1 ミラー
- 2 0 0 撮像装置
- 2 0 1 本体部
- 2 6 1 視野絞り
- 2 6 2 拡散板
- 2 6 3 光束均一化光学素子
- B、B' 透過画素領域
- B 1 ～ B 5、B 1' ～ B 5' 部分画素領域
- M、M' 中心線

請求の範囲

- [請求項1] 光の透過中心波長が予め設定された方向に沿って連続的に変化する平板状の第1フィルタと、
- 光の透過中心波長が予め設定された方向に沿って連続的に変化する平板状の第2フィルタであって、該連続的に変化する透過中心波長の少なくとも一部が前記第1フィルタの透過中心波長と共通であり、前記第1フィルタと厚さ方向が揃った態様で該厚さ方向に沿って並んでおり、透過中心波長の変化方向が前記厚さ方向と直交する投影面で前記第1フィルタの透過中心波長の変化方向と交差する第2フィルタと、
- 備えたことを特徴とする分光ユニット。
- [請求項2] 前記厚さ方向に沿って前記第1および第2フィルタよりも光が入射する位置に近い側に設けられ、入射した光を拡散して均一化する拡散光学系をさらに備えたことを特徴とする請求項1に記載の分光ユニット。
- [請求項3] 前記第1フィルタの透過中心波長の変化方向と前記第2フィルタの透過中心波長の変化方向との前記投影面における交差角度は可変であることを特徴とする請求項1または2に記載の分光ユニット。
- [請求項4] 請求項1～3のいずれか一項に記載の分光ユニットと、
- 前記分光ユニットを透過した光を撮像することによって撮像信号を生成する撮像部と、
- 前記撮像信号に対して画素の位置と透過特性との対応に基づいた演算を行う演算部と、
- を備えたことを特徴とする分光装置。
- [請求項5] 前記演算部は、
- 前記撮像信号から所定の画素の信号を抽出する画像解析部と、
- 前記画像解析部が抽出した各画素の信号および各画素の位置に応じた透過波長帯域に基づいて前記撮像信号のスペクトルを算出するスペ

クトル算出部と、

を有することを特徴とする請求項 4 に記載の分光装置。

[請求項6]

前記画像解析部は、

前記投影面における前記第 1 および第 2 フィルタの中心を通過するとともに、前記第 1 および第 2 フィルタの透過波長帯域が一致する位置を前記投影面に投影したときの位置を通過する直線上の点に対応する画素の信号を抽出することを特徴とする請求項 5 に記載の分光装置。

[請求項7]

前記画像解析部は、

抽出した画素の信号の中に飽和した信号値を有するものがある場合、該飽和した信号値を、該飽和した信号を出力する画素の近傍に位置する画素であって前記投影面上で対応する点が前記直線上に位置しない画素が出力する不飽和の信号値に置換することを特徴とする請求項 6 に記載の分光装置。

[請求項8]

前記画像解析部は、

前記不飽和の信号の帯域幅を前記直線上に位置する点に対応する画素が出力する信号の帯域幅と一致させる補正を行い、

前記スペクトル算出部は、

補正後の前記不飽和の信号値を用いて前記スペクトルを算出することを特徴とする請求項 7 に記載の分光装置。

[請求項9]

前記第 1 および第 2 フィルタのいずれか一方を、前記第 1 および第 2 フィルタの中心を通過するとともに前記直線と直交する中心軸の周りに所定の角度だけ回転駆動するフィルタ駆動部と、

前記フィルタ駆動部を制御する制御部と、

をさらに備え、

前記画像解析部は、

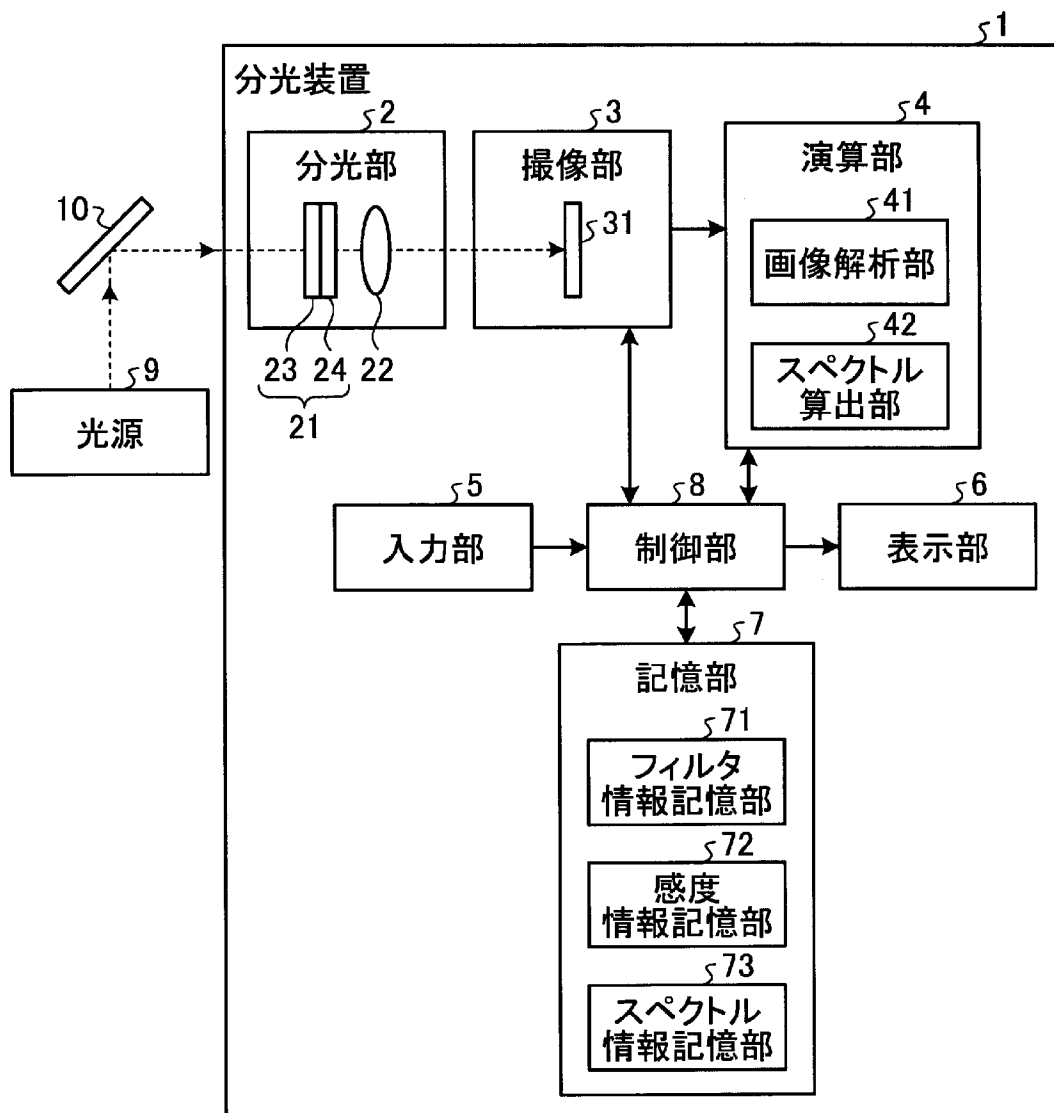
前記撮像信号で透過パターンを形成する画素の中で前記直線と垂直な方向の縁端に位置する縁端画素の信号値の最大値を算出して基準値

と比較し、

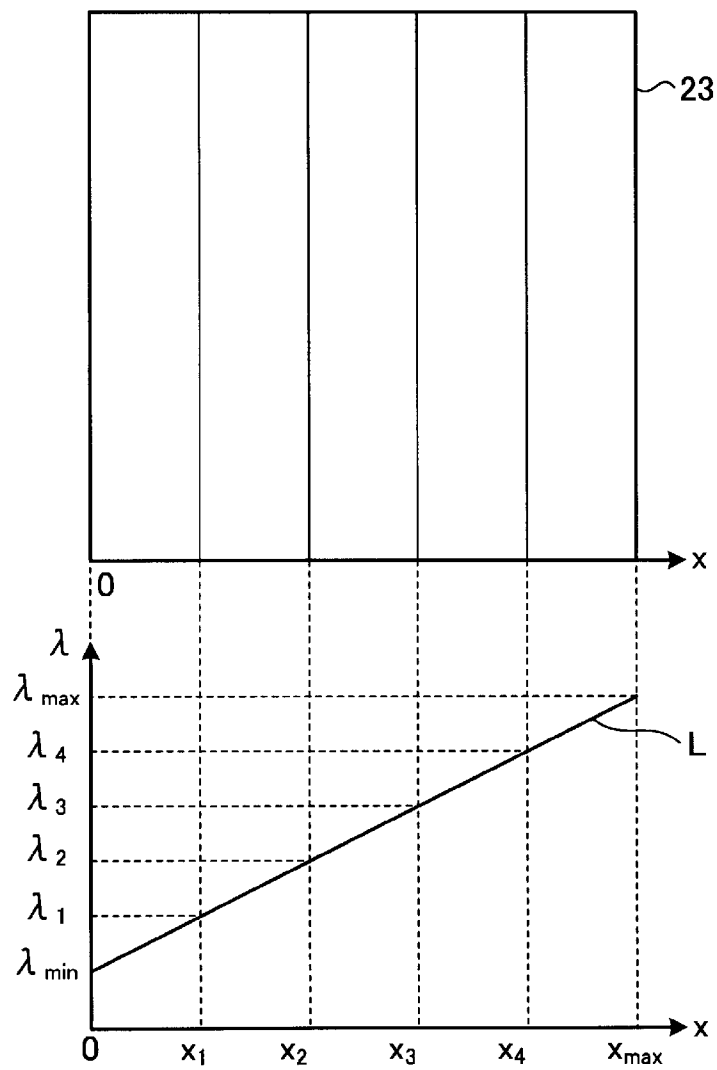
前記制御部は、

前記画像解析部が比較した結果、前記最大値が前記基準値より大きい場合、前記フィルタ駆動部に前記第1および第2フィルタのいずれか一方を前記所定の角度だけ回転駆動させることを特徴とする請求項6～8のいずれか一項に記載の分光装置。

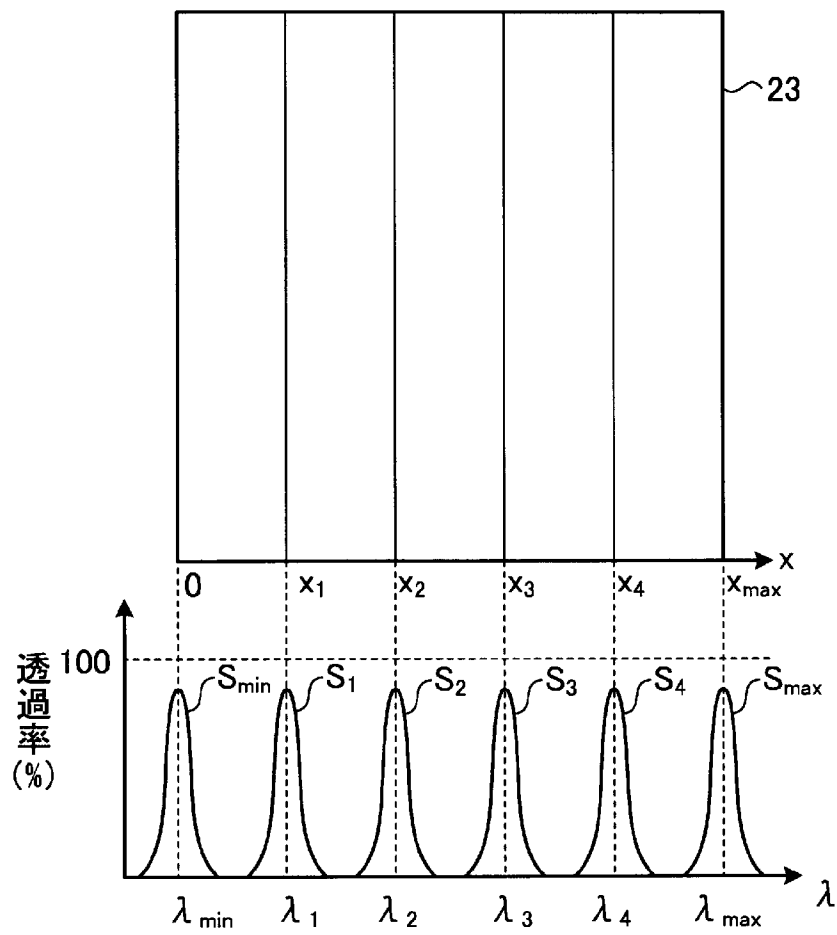
[図1]



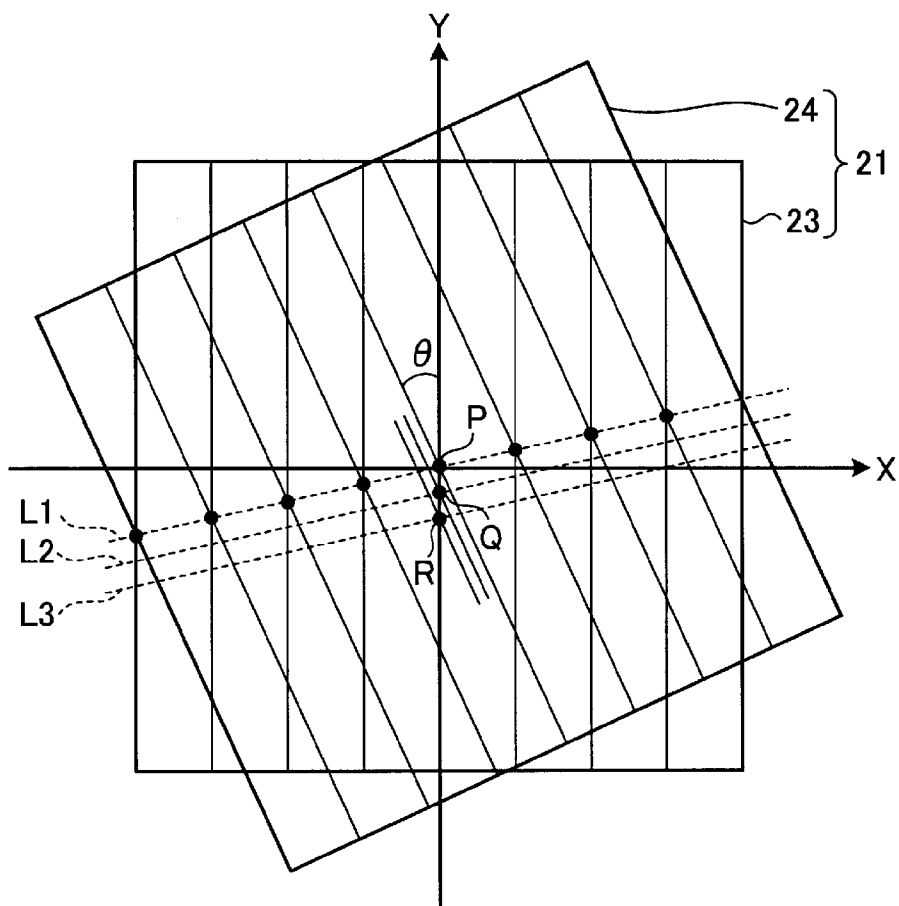
[図2]



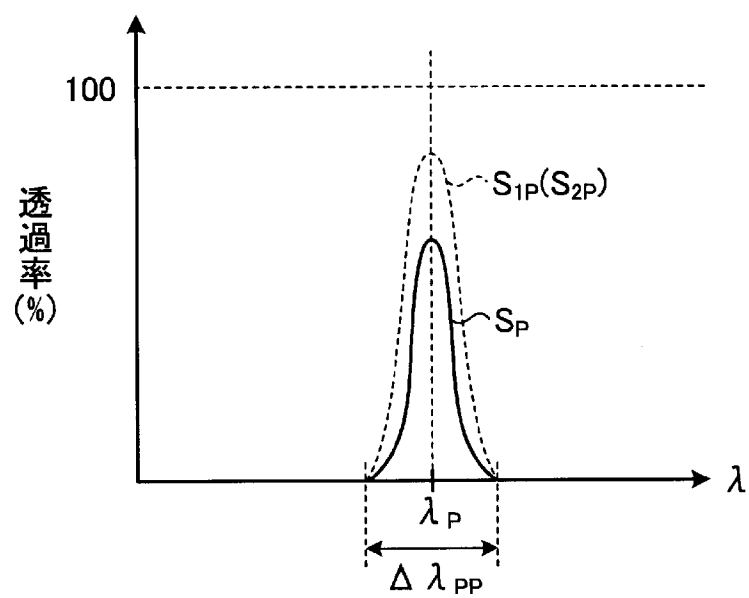
[図3]



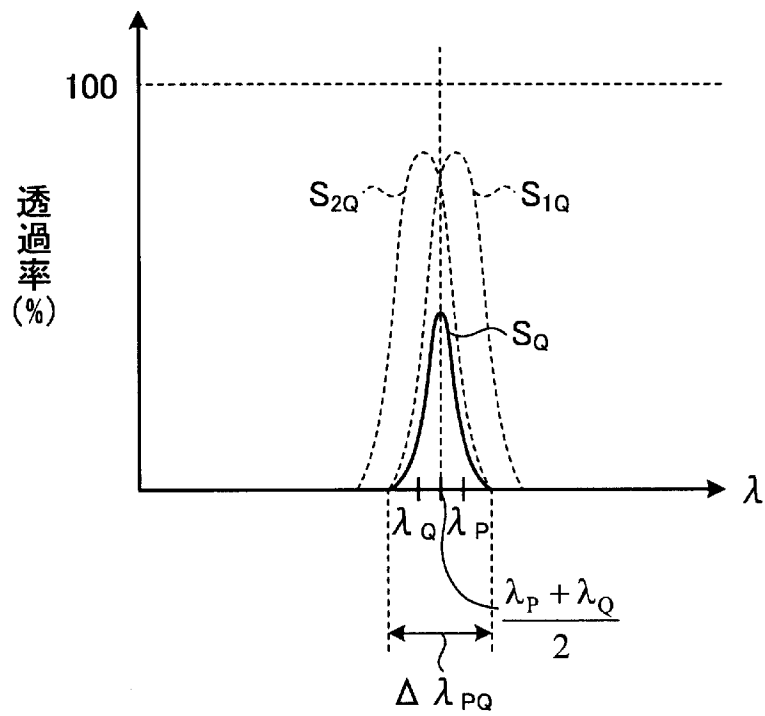
[図4]



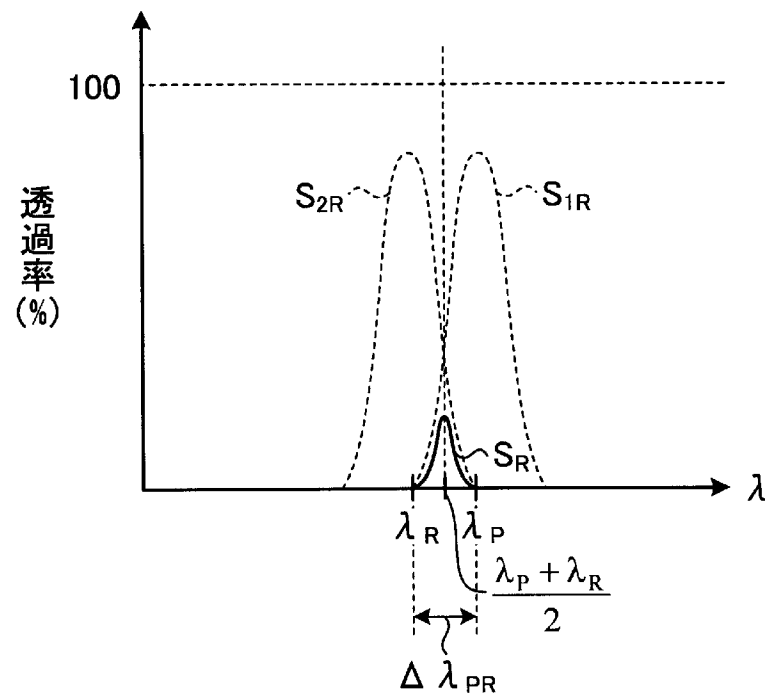
[図5]



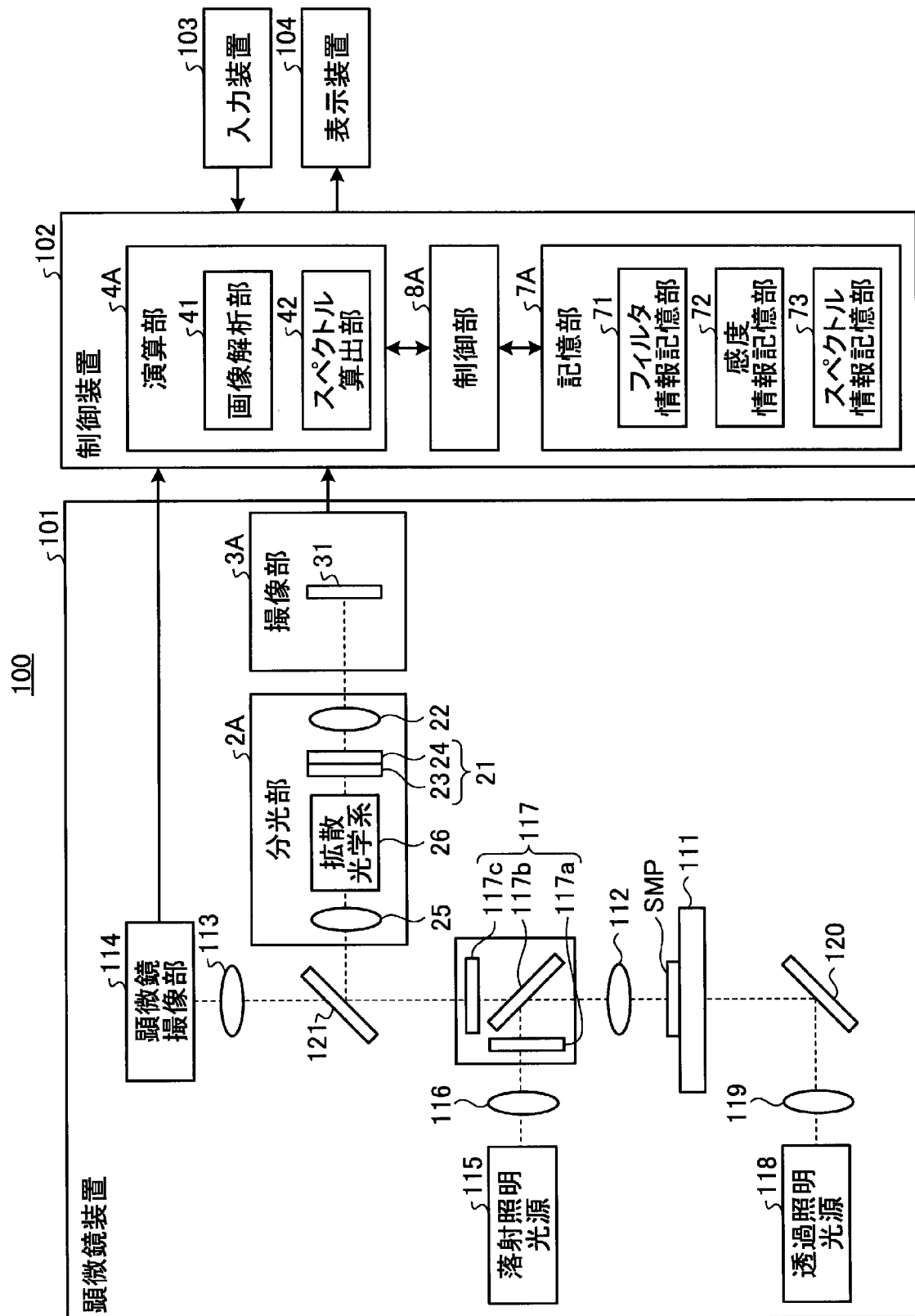
[図6]



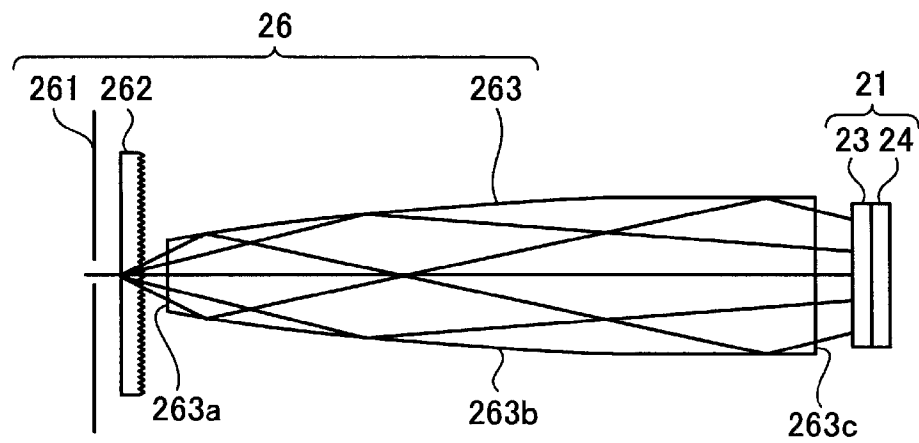
[図7]



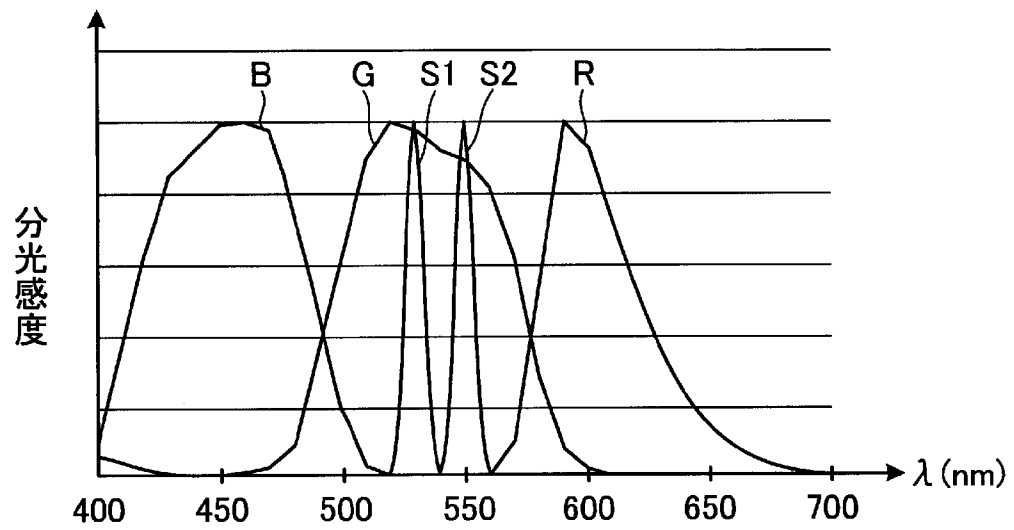
[図8]



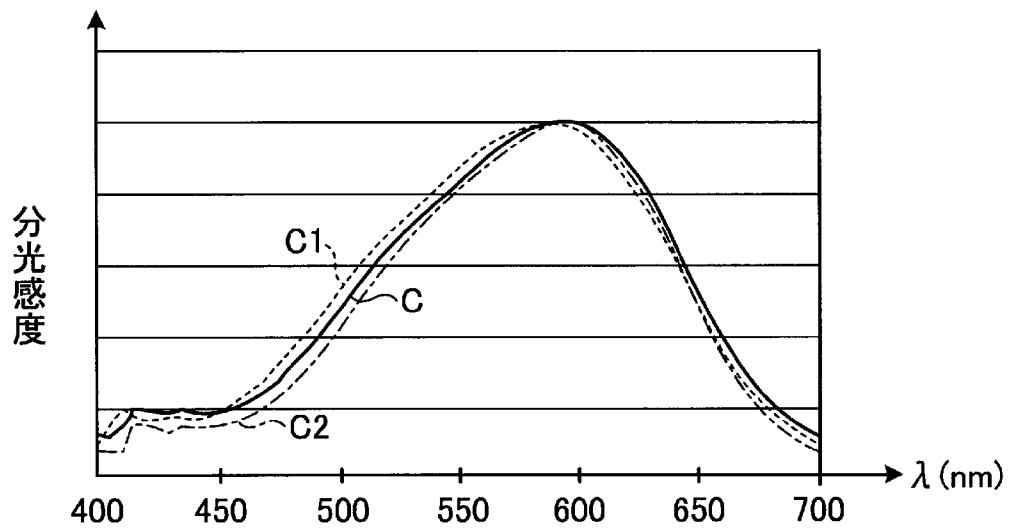
[図9]



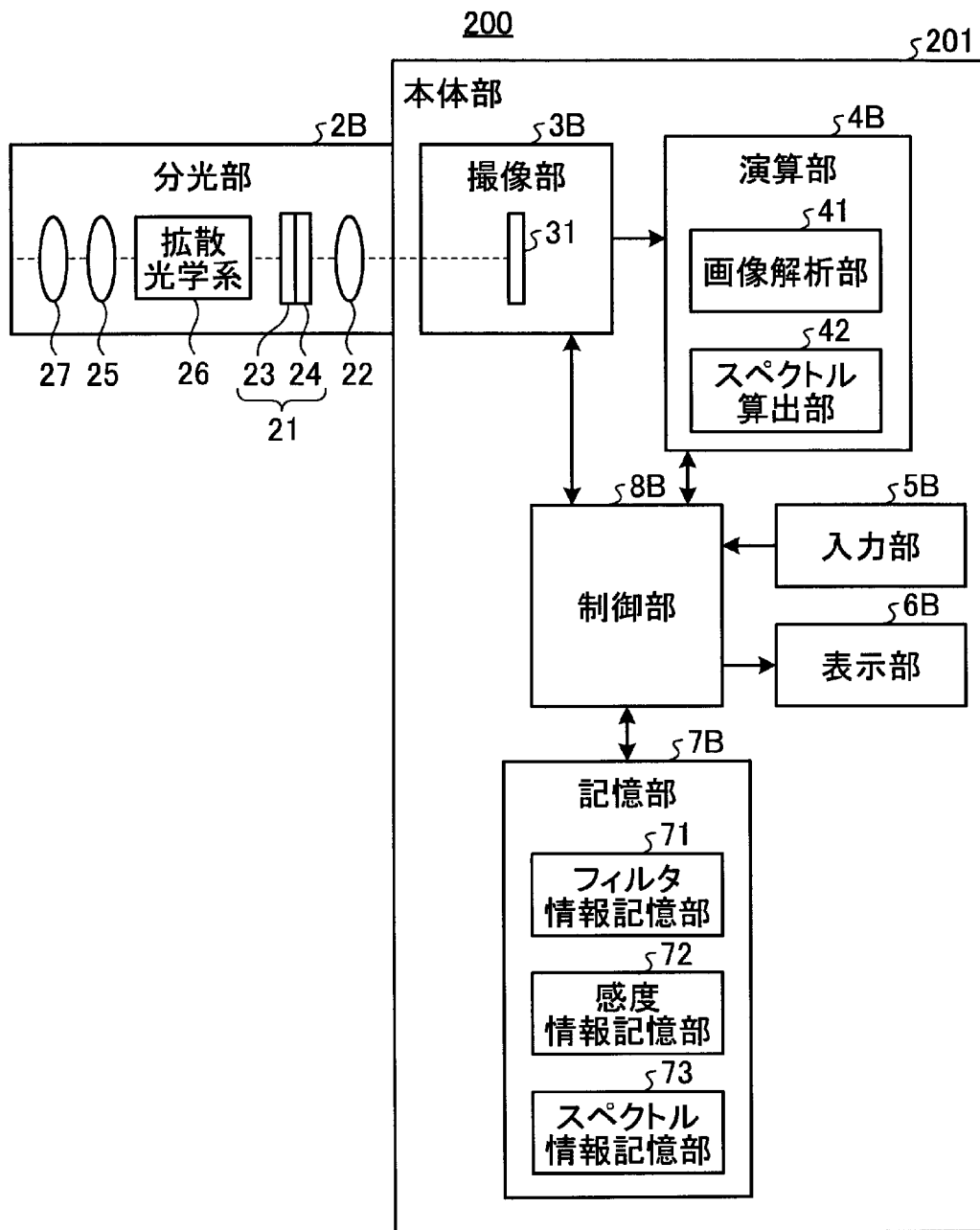
[図10]



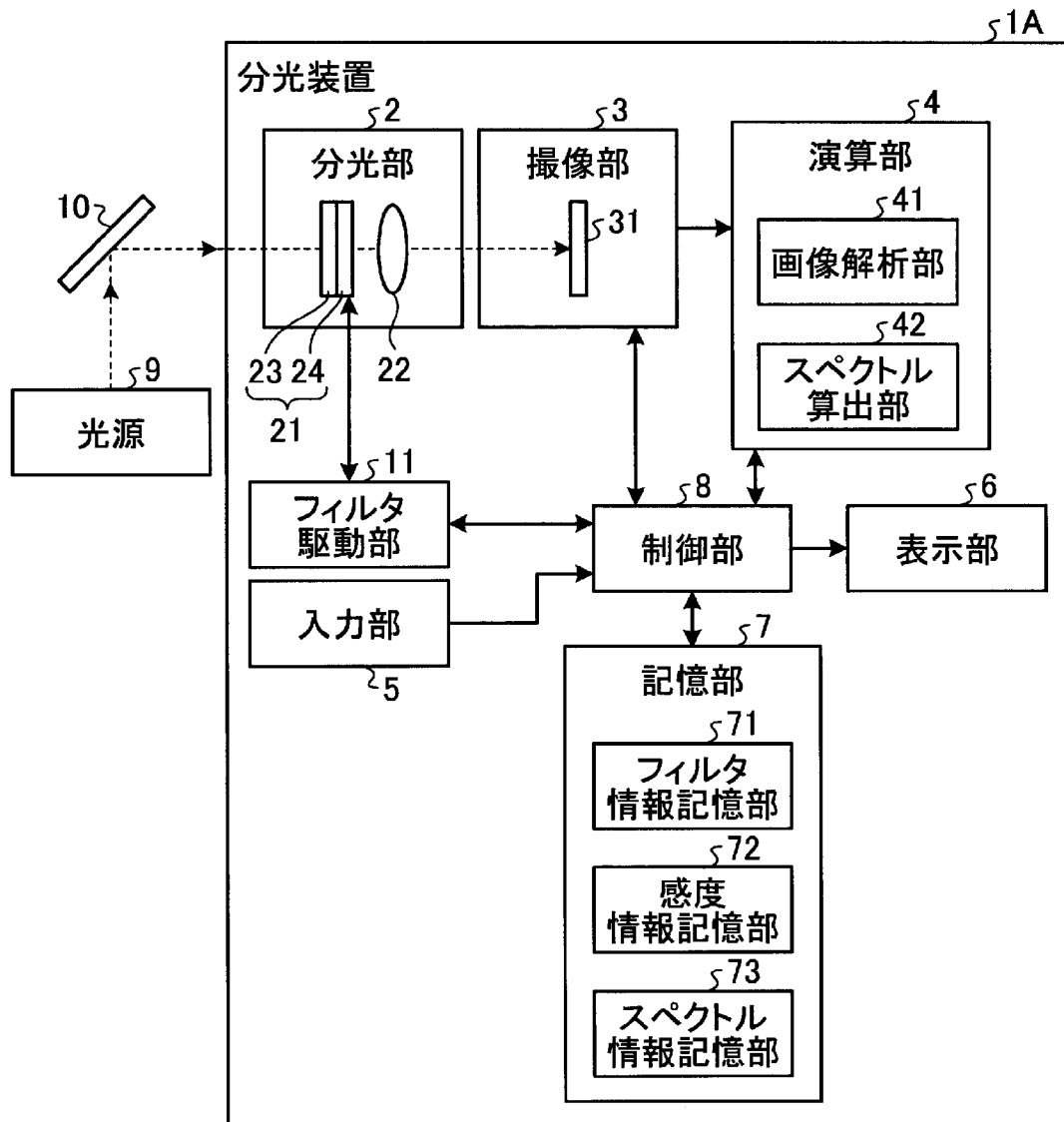
[図11]



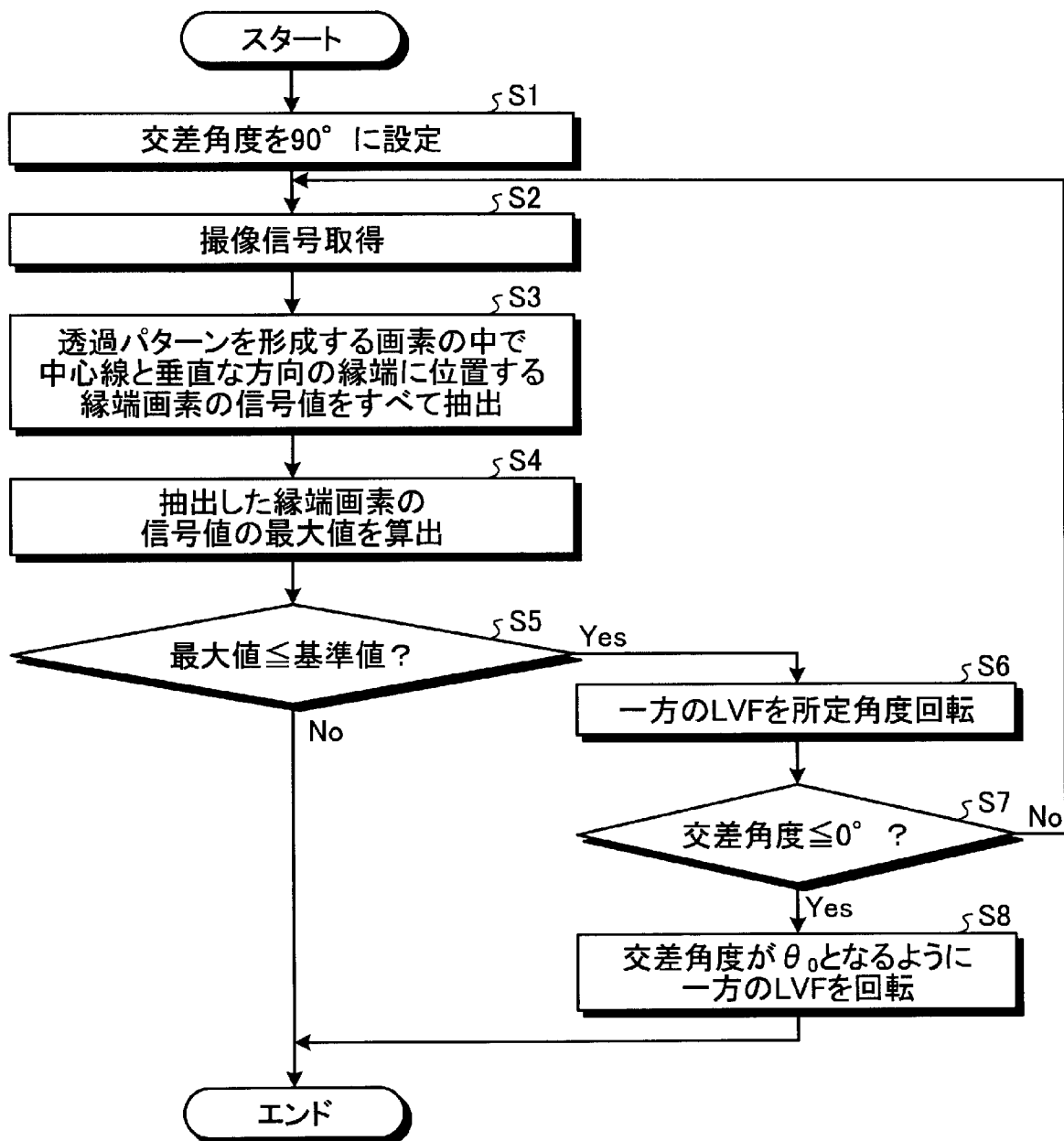
[図12]



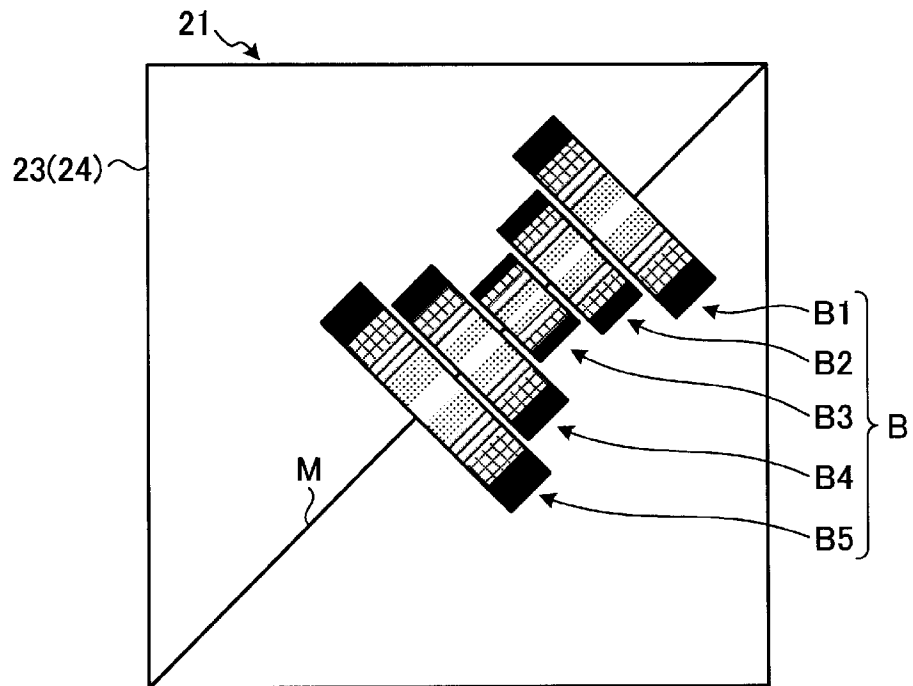
[図13]



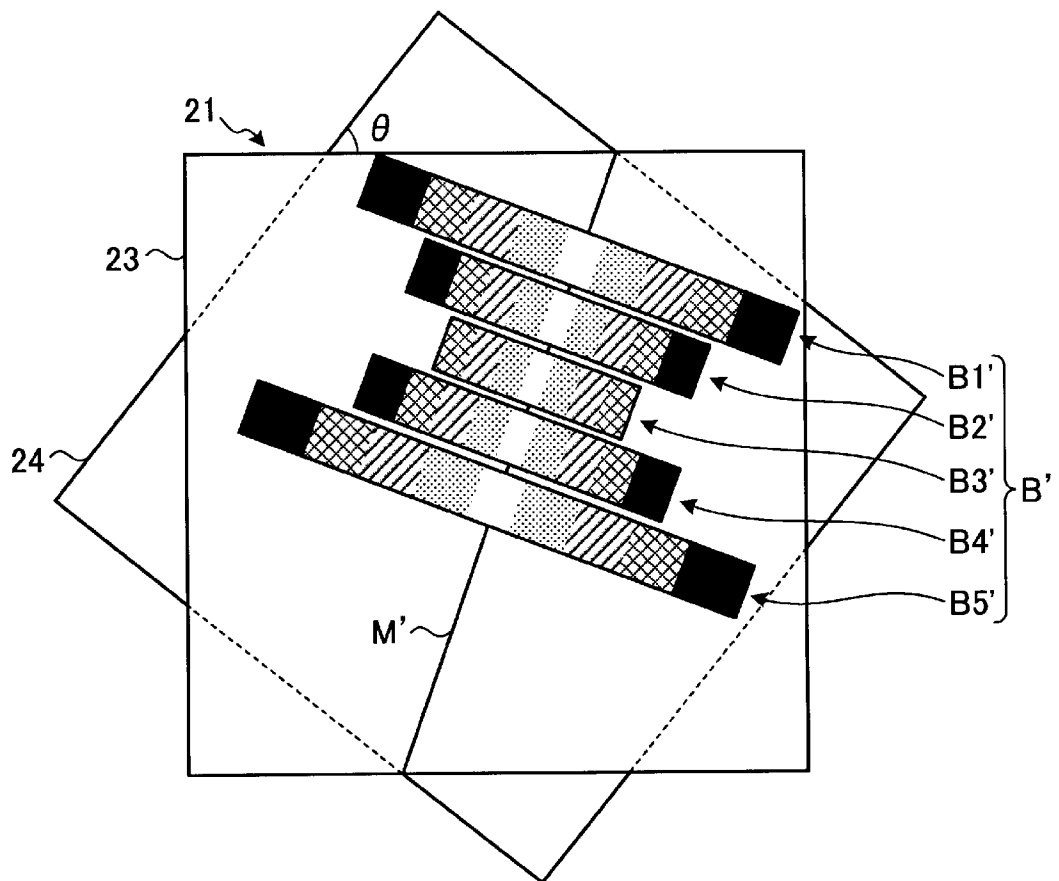
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/071185

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01J3/51(2006.01)i, G01J3/26(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)

G01J3/00-3/52

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 2002/0140935 A1 (CARTER, Christopher Frederick), 03 October 2002 (03.10.2002), paragraphs [0023] to [0036]; fig. 1 to 7 & GB 2344166 A	1 2-9
Y	JP 2013-029322 A (Olympus Corp.), 07 February 2013 (07.02.2013), paragraphs [0035] to [0038]; fig. 2 to 4 & US 2013/0027696 A1 paragraphs [0052] to [0055]; fig. 2 to 5	2-9

☒ 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
03 October 2016 (03.10.16)

Date of mailing of the international search report
11 October 2016 (11.10.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/071185

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-527516 A (Verity Instruments, Inc.), 27 September 2007 (27.09.2007), paragraphs [0026], [0029] to [0035] & US 2005/0001914 A1 paragraphs [0041], [0045] to [0052] & WO 2005/012954 A2 & EP 1654866 A2 & KR 10-2006-0030888 A & CN 1817027 A	7-9
A	US 2004/0032584 A1 (Tokuyuki HONDA), 19 February 2004 (19.02.2004), (Family: none)	2-9
A	JP 2011-253078 A (Nikon Corp.), 15 December 2011 (15.12.2011), (Family: none)	1-9
A	WO 2015/087594 A1 (Konica Minolta, Inc.), 18 June 2015 (18.06.2015), & JP 5835529 B & CN 105814417 A	1-9
A	US 5703357 A (SHIH, Ishiang), 30 December 1997 (30.12.1997), & CA 2107062 A1	1-9
A	US 5784507 A (Holm-Kennedy, James W.), 21 July 1998 (21.07.1998), (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01J3/51(2006.01)i, G01J3/26(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01J3/00-3/52

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	US 2002/0140935 A1 (CARTER, Christopher Frederick) 2002.10.03, [0023] - [0036], Figure 1 - Figure 7 & GB	1
Y	2344166 A	2-9
Y	JP 2013-029322 A (オリンパス株式会社) 2013.02.07, [0035] - [0038]、図2 - 図4 & US 2013/0027696 A1 [0052] - [0055]、図2 - 図5	2-9

☒ 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

03.10.2016

国際調査報告の発送日

11.10.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

横尾 雅一

2W

3716

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2007-527516 A (ヴェリティー インストルメンツ, インコーポレイテッド) 2007.09.27, [0026]、[0029] – [0035] & US 2005/0001914 A1 [0041]、[0045] – [0052] & WO 2005/012954 A2 & EP 1654866 A2 & KR 10-2006-0030888 A & CN 1817027 A	7-9
A	US 2004/0032584 A1 (HONDA, Tokuyuki) 2004.02.19, (ファミリーなし)	2-9
A	JP 2011-253078 A (株式会社ニコン) 2011.12.15, (ファミリーなし)	1-9
A	WO 2015/087594 A1 (コニカミノルタ株式会社) 2015.06.18, & JP 5835529 B & CN 105814417 A	1-9
A	US 5703357 A (SHIH, Ishiang) 1997.12.30, & CA 2107062 A1	1-9
A	US 5784507 A (Holm-Kennedy, James W.) 1998.07.21, (ファミリーなし)	1-9