

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6255992号
(P6255992)

(45) 発行日 平成30年1月10日 (2018. 1. 10)

(24) 登録日 平成29年12月15日 (2017. 12. 15)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 J 3/26 (2006. 01)

G O 1 J 3/26

G O 1 J 3/36 (2006. 01)

G O 1 J 3/36

請求項の数 13 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2013-270763 (P2013-270763)
 (22) 出願日 平成25年12月27日 (2013. 12. 27)
 (65) 公開番号 特開2015-125085 (P2015-125085A)
 (43) 公開日 平成27年7月6日 (2015. 7. 6)
 審査請求日 平成28年12月7日 (2016. 12. 7)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (74) 代理人 100164633
 弁理士 西田 圭介
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (72) 発明者 佐野 朗
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
 ーエプソン株式会社内
 (72) 発明者 長手 隆
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
 ーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分光測定システム、分光モジュール、及び、位置ズレ検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画像を撮像する撮像素子を備える撮像装置と、
 分光モジュールと、
 を備え、

前記分光モジュールは、
 入射光を分光する分光部と、
 前記分光部を保持する装着部と、

を備え、

前記撮像装置は、

前記撮像装置によって撮像された撮像画像のうち、前記分光部に対して所定の角度範囲
 で入射した光に対応する画像領域を特定する領域特定部と、
 前記画像領域について分析処理を行う分析処理部と、
 を備え、

前記装着部は、前記撮像装置に脱着自在であり、前記撮像装置に装着したとき、前記撮
 像装置へ入射する光の光路上に前記分光部を配置させることを特徴とする分光測定シス
 テム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の分光測定システムにおいて、
 前記装着部は、

10

20

前記撮像装置に装着したときに前記光の光軸に対して前記分光部を位置決めすることを特徴とする分光測定システム。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の分光測定システムにおいて、
前記分光部を位置決めする位置決め部をさらに備え、
前記位置決め部は、
前記分光部を保持する分光保持部と、
前記分光保持部に設けられ、前記分光保持部から前記撮像装置に向かって突出し、突出方向の先端面が前記撮像装置に当接する当接部と、
前記分光保持部を前記撮像装置側に付勢する付勢部と、
を備えていることを特徴とする分光測定システム。

10

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の分光測定システムにおいて、
前記装着部は、
前記分光部が設けられ、前記撮像装置の光入射側の面に沿って配置される基部と、
前記基部に連続し、前記撮像装置に装着したときに前記撮像装置へ入射する光の光軸に沿う前記撮像装置の側面を覆う側壁部と、
を備え、
前記側壁部の内面には、前記光軸に交差する方向に突出し、前記装着時に前記側面に当接する凸部が複数設けられていることを特徴とする分光測定システム。

20

【請求項 5】

請求項 4 に記載の分光測定システムにおいて、
前記装着部は、
前記分光部の位置を、前記撮像素子の前記光路上に配置される配置位置と、前記光路上から退避される退避位置と、に変更する位置変更部を備えていることを特徴とする分光測定システム。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の分光測定システムにおいて、
前記装着部は、
前記分光部が設けられ、前記撮像装置の光入射側の面に沿って配置される基部と、
前記基部に設けられ、前記装着時に前記入射光の光軸に交差する方向から前記撮像装置を挟持する挟持部と、
を備えていることを特徴とする分光測定システム。

30

【請求項 7】

請求項 6 に記載の分光測定システムにおいて、
前記挟持部は、
前記光軸に沿う前記撮像装置の側面のうちの一方に接触する第 1 接触部と、
前記側面のうちの他方に接触する第 2 接触部と、
前記光軸に交差する方向において、前記第 1 接触部及び前記第 2 接触部の間の距離を変更自在に前記第 1 接触部と前記第 2 接触部とを連結し、前記第 1 接触部と前記第 2 接触部との間で前記基部を移動可能にする連結部と、
を備え、

40

前記装着時に、前記光軸に交差する方向から前記第 1 接触部と前記第 2 接触部とを前記撮像装置に接触させて挟持することを特徴とする分光測定システム。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の分光測定システムにおいて、
前記分光モジュールは、
リファレンス板と、
前記リファレンス板が前記撮像装置への入射光の光路上に配置された配置位置と、前記配置位置から退避させた退避位置との間を移動させる移動機構と、

50

を備えていることを特徴とする分光測定システム。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の分光測定システムにおいて、
前記分光モジュールは、
複数の分光部と、
前記複数の分光部の各々の位置を変更する変更部と、
前記複数の分光部の各々を保持し、前記撮像装置に装着したときに前記光の光軸に対して前記複数の分光部のうちの少なくとも 1 つを位置決めする位置決め部と、
を備え、

前記複数の分光部のうちの 1 つにおいて分光された分光光の波長は、前記複数の分光部のうちの他の 1 つにおいて分光された分光光の波長と異なることを特徴とする分光測定システム。

10

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載の分光測定システムにおいて、
前記分光部は、ファブリーペローエタロンであることを特徴とする分光測定システム。

【請求項 11】

請求項 1 から請求項 10 のいずれかに記載の分光測定システムにおいて、
前記撮像装置に対する前記分光部の位置ズレを検出する位置ズレ検出部を備えていることを特徴とする分光測定システム。

【請求項 12】

20

請求項 1 から請求項 11 のいずれかに記載の測定システムにおいて、
画像を表示させる表示部と、
前記撮像装置によって取得されたリアルタイム画像を前記表示部に表示させる表示制御部と、
を備え、

前記表示制御部は、前記分析処理の対象となる領域であり、前記画像領域に少なくとも含まれる分析領域の範囲を、前記リアルタイム画像に重ねて表示させることを特徴とする分光測定システム。

【請求項 13】

請求項 1 から請求項 12 のいずれかに記載の分光測定システムにおいて実行される位置ズレ検出方法であって、
前記撮像装置に画像を撮像させて、撮像画像を取得する手順と、
前記撮像画像における前記分光モジュールの一部を検出することで位置ズレを検出する手順と、
を実行することを特徴とする位置ズレ検出方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、分光測定システム、分光モジュール、及び、位置ズレ検出方法に関する。

【背景技術】

40

【0002】

従来、分光素子によって分光された光を撮像素子で受光し、受光量を取得することで分光測定を行う分光測定装置が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

特許文献 1 に記載の分光計（分光測定装置）は、一対の光学素子に対向配置され、上記光学素子間の間隔を変化させることによって光の透過特性を可変できる干渉計（波長可変干渉フィルター）と、検出器（撮像素子）とを一体的に備えている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】米国特許第 8 1 3 0 3 8 0 号明細書

50

【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に記載されたような従来の分光測定装置は、分光素子と撮像素子とが一体的に装置に組み込まれている。このため、分光測定に特化した分光測定装置として予め設計し、製造することができる。従って、このような分光測定装置では、一般に、測定精度の向上を図り易い。

しかしながら、高精度の測定を可能に製造された分光測定装置は、通常、高価である。また、このような分光測定装置は、分光測定に特化されているため、分光測定以外の用途（例えば、分光を行わない状態での撮像）には適しておらず、汎用性が低い場合がある。このように、従来の分光測定装置は、汎用性が低いものである場合があり、一般に普及させることが困難であった。

【0005】

本発明は、汎用性を向上させることができる、分光測定システム、分光モジュール、及び、位置ズレ検出方法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】

本発明の一態様の分光測定システムは、画像を撮像する撮像素子を備える撮像装置と、分光モジュールと、を含み、前記分光モジュールは、入射光を分光する分光部と、前記分光部を保持する装着部と、を含み、前記装着部は、前記撮像装置に脱着自在であり、前記撮像装置に装着したとき、前記撮像装置へ入射する光の光路上に前記分光部を配置させることを特徴とする。

上記の本発明に係る分光測定システムは、画像を撮像する撮像素子を備える撮像装置と、入射光から所定の波長の光を選択して出射させ、かつ出射させる出射光の波長を変更可能な分光部、及び前記分光部を保持し、前記撮像装置に着脱自在に設けられ、前記撮像装置への装着時に、前記撮像素子への入射光の光路上に前記分光部を配置させる装着部を備えた分光モジュールと、を具備していることを特徴とする。

【0007】

本発明の分光測定システムでは、分光モジュールは、撮像装置に対して着脱自在に構成されている。

このような構成では、分光モジュールと撮像装置とを別体とすることができる。撮像装置としては、デジタルカメラやスマートフォン等の一般的に普及している撮像機能を有する装置を用いることができる。従って、汎用性の高い分光測定システムを提供することができる。

【0008】

本発明の分光測定システムにおいて、前記装着部は、前記分光部を保持し、前記装着時に前記入射光の光軸に対して前記分光部を位置決めする位置決め部を備えていることが好ましい。

【0009】

本発明では、分光モジュールを撮像装置に装着した際に、位置決め部によって入射光の光軸に対し分光部を位置決めできる。ここで、位置決め部は、光軸に対する分光部の角度や、光軸と交差する方向における位置を決める。

入射光軸に対する分光部の位置や角度に、許容される範囲を超えてズレが生じると、分光測定の精度が低下するおそれがある。例えば、分光部としてファブリーペローエタロンを用いる場合では、入射光の角度が変化すると選択波長が変化する。また、光軸と交差する方向に位置ズレが生じると、ファブリーペローエタロンとして機能する有効領域外に光が入射するおそれがある。このように、分光部の位置や角度が変化して所望の精度で分光測定を実施できないおそれがある。これに対して、本発明では、位置決めを実施することにより、上記不具合の発生を抑制できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 0 】

本発明の分光測定システムにおいて、前記位置決め部は、前記分光部を保持する分光保持部と、前記分光保持部に設けられ、前記分光保持部から前記撮像装置に向かって突出し、突出方向の先端面が前記撮像装置に当接する当接部と、前記分光保持部を前記撮像装置側に付勢する付勢部と、を備えていることが好ましい。

【 0 0 1 1 】

本発明では、付勢部によって分光保持部が付勢され、分光保持部に設けられた当接部が撮像装置に当接する。これにより、分光保持部に保持された分光部が位置決めされる。このような構成では、撮像装置に分光モジュールを装着するだけで、煩雑な設定操作を行わなくとも分光部を位置決めすることができる。また、当接部を設けた分光保持部を、付勢部によって撮像装置側に向かって付勢するという簡単な構成で、分光部を位置決めできる。

10

【 0 0 1 2 】

本発明の分光測定システムにおいて、前記装着部は、前記分光部が設けられ、前記撮像装置の光入射側の面に沿って配置される基部と、前記基部に連続し、前記装着時に前記入射光の光軸に沿う前記撮像装置の側面を覆う側壁部と、を備え、前記側壁部の内面には、前記光軸に交差する方向に突出し、前記装着時に前記側面に当接する凸部が複数設けられていることが好ましい。

【 0 0 1 3 】

本発明では、装着部は、内面に凸部が複数設けられた側壁部によって撮像装置の側面を覆った状態で撮像装置に装着される。このとき、装着部は、凸部を撮像装置の側面に当接させた状態で撮像装置に装着される。

20

このような構成では、凸部の先端と撮像装置の側面とが当接し、光軸に交差する方向における撮像装置と装着部との相対位置が固定される。この凸部の先端の位置を適切に設定することにより、撮像装置と、装着部との位置を設定することができる。この際、先端の位置を設定すればよいので、交差方向における位置をより適切に設定できる。

【 0 0 1 4 】

本発明の分光測定システムにおいて、前記装着部は、前記分光部の位置を、前記撮像素子の前記光路上に配置させる配置位置と、前記光路上から退避される退避位置とで変更する位置変更部を備えていることが好ましい。

30

【 0 0 1 5 】

本発明では、装着部は、配置位置と退避位置との間で位置決め部の位置を変更する。

このような構成では、分光測定を実施する際は、位置決め部を配置位置に移動させておき、一方、分光測定を実施せずに通常の画像を撮像する際は、退避位置に移動させることができる。このため、分光モジュールを取り外さなくても、通常の画像を撮像することができる。従って、分光画像を撮像する場合と、通常の画像を撮像する場合との両方の用途で使用する場合における、利便性を向上させることができる。

【 0 0 1 6 】

本発明の分光測定システムにおいて、前記装着部は、前記分光部が設けられ、前記撮像装置の光入射側の面に沿って配置される基部と、前記基部に設けられ、前記装着時に前記入射光の光軸に交差する方向から前記撮像装置を挟持する挟持部と、を備えていることが好ましい。

40

【 0 0 1 7 】

本発明では、挟持部が撮像装置を挟持することで、分光モジュールが撮像装置に装着される。このような構成では、挟持部で撮像装置を挟持するという簡単な操作で、分光モジュールを撮像装置に取り付けることができる。このため、撮像装置に対する分光モジュールの着脱を容易とすることができ、利便性を向上できる。

【 0 0 1 8 】

本発明の分光測定システムにおいて、前記挟持部は、前記光軸に沿う前記撮像装置の側面のうち、互いに対向する各側面の一方に接触する第1接触部と、前記各側面の他方に接

50

触する第2接触部と、前記光軸に交差する方向において、前記第1接触部及び前記第2接触部の各接触部の間の距離を変更自在に前記各接触部を連結し、前記各接触部間で前記基部が移動可能に設けられた連結部と、を備え、前記装着時に、前記光軸に交差する方向から前記各接触部を前記撮像装置に接触させて挟持することが好ましい。

【0019】

本発明では、一对の接触部が、連結部によって、挟持方向の距離を変更可能に連結されている。さらに、基部が、連結部に沿って移動可能に構成されている。

このような構成では、複数の幅寸法の撮像装置に対して、分光モジュールを装着することができる。また、撮像装置の受光素子の位置に応じて基部を移動させることができ、撮像素子の光路上に分光素子の位置を設定することができる。従って、幅寸法や撮像素子の位置が異なる複数の撮像装置に対しても装着可能なように分光モジュールを構成でき、汎用性の高い分光測定システムを提供できる。

また、分光測定を実施する際は、入射光の光路上に基部を移動させておき、一方、分光測定を実施せずに通常の画像を撮像する際は、光路上から退避させることができる。このため、分光モジュールを取り外さなくても、通常の画像を撮像することができる。従って、分光画像を撮像する場合と、通常の画像を撮像する場合との両方の用途で使用する場合における利便性を向上させることができる。

【0020】

本発明の分光測定システムにおいて、前記分光モジュールは、リファレンス板と、前記リファレンス板が前記撮像装置への入射光の光路上に配置された配置位置、及び前記配置位置から退避させた退避位置の間で移動させる移動機構と、を備えていることが好ましい。

【0021】

本発明では、分光モジュールは、リファレンス板と、リファレンス板を配置位置と退避位置との間で移動させる移動機構とを備えている。

このような構成では、リファレンス板を撮像してリファレンスを取得する際に、撮像装置に対してリファレンス板を所定の位置（配置位置）に適切に配置することができる。これにより、リファレンスの取得を適切に行うことができ、分光測定の精度を向上させることができる。特に、分光モジュールを任意の撮像装置に対して装着して分光測定システムを構成する本発明では、撮像装置が有する色データや、撮像部の性能等の撮像装置の仕様に応じて、分光測定システムの校正をより適切に行うことができる。

【0022】

本発明の分光測定システムにおいて、前記分光モジュールは、選択する前記所定の波長が異なる複数の分光部と、前記撮像装置への入射光の光路上に配置された前記分光部を変更する変更部と、前記分光部を保持し、前記装着時に前記入射光の光軸に対して前記分光部を位置決めする位置決め部と、を備え、前記複数の分光部のそれぞれに対して前記位置決め部が設けられていることが好ましい。

【0023】

本発明では、光路上に配置された分光部を変更部によって変更する。また、複数の分光部のそれぞれに対して位置決め部が設けられている。

このような構成では、特性が異なる分光部を複数配置し、必要に応じて使用する分光部を選択することができる。例えば、各分光部の選択可能な波長域がそれぞれ、近赤外域、可視光域、紫外域等の場合、広い帯域で分光画像を取得できる。これにより、分光測定システムが測定可能な波長範囲を拡大させることができる。

また、分光部が変更された場合でも、その都度、上述の位置決めが行われるので、分光部の変更による測定精度の低下を抑制できる。

【0024】

本発明の分光測定システムにおいて、前記分光部は、ファブリーペローエタロンであることが好ましい。

【0025】

本発明では、分光部として、ファブリーペローエタロンを用いる。

これにより、一対の反射面間の寸法を順次変更することで、複数の波長の光を短時間で取り出すことができ、測定に要する時間の短縮を図ることができる。また、ファブリーペローエタロンは、例えばA O T F (Acousto-Optic Tunable Filter)やL C T F (Liquid Crystal Tunable Filter)等を用いる場合に比べて、小型化が可能であり、分光測定システムの小型化を図ることができる。

【0026】

本発明の分光測定システムにおいて、前記撮像装置に対する前記分光部の位置ズレを検出する位置ズレ検出部を備えていることが好ましい。

【0027】

本発明では、分光部の位置ズレを検出する位置ズレ検出部を備え、分光モジュールを撮像装置に装着した際の位置ズレを検出する。これにより、位置ズレが発生した状態で分光測定が実施されることを抑制できる。

【0028】

本発明の分光測定システムにおいて、前記位置ズレ検出部は、前記撮像装置によって撮像された撮像画像に基づいて、前記撮像画像における前記分光モジュールの一部を検出することで、前記位置ズレを検出することが好ましい。

【0029】

本発明では、位置ズレ検出部は、撮像された画像に分光モジュールの一部が映りこんでいる場合に、当該分光モジュールの一部を検出する。これにより、撮像装置の入射光の光軸に交差する方向における分光部の位置ズレを検出することができる。

【0030】

本発明の分光測定システムにおいて、前記撮像装置によって撮像された撮像画像のうち、前記分光部に対して所定の角度範囲で入射した光に対応する画像領域を特定する領域特定部と、前記画像領域について分析処理を行う分析処理部と、を備えていることが好ましい。

【0031】

ここで、所定角度範囲とは、分光部に入射した光に対応する撮像画像の画像領域を用いて分析処理を実施した場合、分析精度が許容範囲となるような角度範囲である。

本発明では、撮像画像のうち、分光部に対して所定の角度範囲で入射した光に対応する画像領域を特定し、当該画像領域について分析処理を行う。所定の角度範囲を超えた角度で分光部に光が入射すると、分光部の出射光が所望の波長とならない等の不具合が発生する場合がある。例えば、分光部として用いることができるファブリーペローエタロンでは、入射光の角度によって出射光の波長が変化することが知られている。このため、設定波長に対する出射光の波長の誤差が、許容値を超えるような角度範囲で入射した入射光の画像領域を含めて分析処理を実施すると、所望の分析精度を維持できないおそれがある。

本発明では、分析処理の対象を、分光部に対して所定の角度範囲で入射した光による画像領域とすることができる。このため、分析精度の低下を抑制できる。

【0032】

本発明の分光測定システムにおいて、画像を表示させる表示部と、前記撮像画像を前記表示部に表示させる表示制御部と、を備え、前記表示制御部は、前記分析処理の対象となる領域であり、前記画像領域に少なくとも含まれる分析領域の範囲を、前記撮像画像に重ねて表示させることが好ましい。

【0033】

本発明では、分析処理の対象となる分析領域の範囲を、撮像画像に重ねて表示部に表示させる。このため、表示部に表示された画像を参照しながら、撮像装置の撮像方向を調整することができ、測定対象を分析領域に収めるように撮像方向を容易に調整することができる。

【0034】

本発明の分光モジュールは、入射光から所定の波長の光を選択して出射させ、かつ出射

10

20

30

40

50

させる出射光の波長を変更可能な分光部と、前記分光部を保持し、画像を撮像する撮像素子を備える撮像装置に着脱自在に装着され、前記撮像装置への装着時に前記撮像装置への入射光の光路に前記分光部を配置可能な装着部と、を備えていることを特徴とする。

【0035】

本発明の分光モジュールは、撮像素子に着脱自在に構成されている。

このような構成では、分光モジュールと撮像装置とを別体とすることができる。撮像装置としては、デジタルカメラやスマートフォン等の一般的に普及している撮像機能を有する装置を用いることができる。従って、汎用性の高い分光測定システムを構成するための分光モジュールを提供できる。

【0036】

本発明の位置ズレ検出方法は、画像を撮像する撮像素子を備える撮像装置と、入射光から所定の波長の光を選択して出射させ、かつ出射させる出射光の波長を変更可能な分光部、及び前記分光部を保持し、前記撮像装置に着脱自在に装着され、前記撮像装置への装着時に、前記撮像装置への入射光の光路に前記分光部を配置可能な装着部、を備えている分光モジュールと、を具備し、前記撮像装置及び前記分光モジュールを制御する制御部が、前記撮像装置及び前記分光モジュールの少なくともいずれかに設けられている分光測定システムにおいて実行される位置ズレ検出方法であって、前記撮像装置に画像を撮像させて、撮像画像を取得する手順と、前記撮像画像における前記分光モジュールの一部を検出することで位置ズレを検出する手順と、を実行することを特徴とする。

【0037】

本発明では、分光測定システムは、撮像された画像に分光モジュールの一部が映りこんでいる場合に、当該分光モジュールの一部を検出する。これにより、撮像装置の入射光の光軸に交差する方向における分光部の位置ズレを検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】第一実施形態の分光測定システムの概略構成を示すブロック図。

【図2】上記実施形態の分光測定システムを模式的に示す正面図。

【図3】上記実施形態の分光測定システムを模式的に示す背面図。

【図4】上記実施形態の波長可変干渉フィルターの概略構成を示す平面図。

【図5】上記実施形態の波長可変干渉フィルターの概略構成を示す断面図。

【図6】上記実施形態の分光測定システムを模式的に示す断面図。

【図7】上記実施形態の分光測定システムを模式的に示す断面図。

【図8】上記実施形態の位置決め部の周辺を模式的に示す断面図。

【図9】上記実施形態における分光測定処理の一例を示すフローチャート。

【図10】第二実施形態の分光測定システムを模式的に示す背面図。

【図11】第三実施形態の分光測定システムを模式的に示す側面図。

【図12】上記実施形態の分光測定システムを模式的に示す上面図。

【図13】上記実施形態の一変形例を模式的に示す側面図。

【図14】第四実施形態の分光測定システムを模式的に示す背面図。

【図15】第五実施形態の分光測定システムの要部を模式的に示す図。

【図16】上記実施形態の表示部における表示画面の一例を示す図。

【図17】分光測定システムの一変形例を示す背面図。

【図18】分光測定システムの一変形例を模式的に示す断面図。

【発明を実施するための形態】

【0039】

[第一実施形態]

以下、本発明に係る第一実施形態について、図面に基づいて説明する。

[分光測定システムの構成]

図1は、本発明に係る分光測定システムの概略構成を模式的に示すブロック図である。

図2は、分光測定システムの概略構成を示す正面図である。また、図3は、分光測定シ

10

20

30

40

50

ステムの概略構成を示す背面図である。

分光測定システム 1 は、図 1 に示すように、分光モジュール 2 と、撮像装置 3 とを備えている。分光モジュール 2 は、撮像装置 3 に対して着脱自在に装着されるように構成されている。本実施形態において、撮像装置 3 は、撮像機能を備えた携帯端末装置の 1 つであるスマートフォンを例示している。なお、本発明の撮像装置としては、スマートフォンに限定されず、デジタルカメラやタブレット P C (Personal Computer) 等の撮像機能を有する各種装置を用いることができる。

【 0 0 4 0 】

分光測定システム 1 は、図 2、図 3 に示すように、撮像装置 3 に対して分光モジュール 2 が装着された状態で使用される。すなわち、分光測定システム 1 は、撮像対象 X (図 2 参照) で反射した光から分光モジュール 2 で選択された波長の光を撮像装置 3 で撮像して分光画像を取得する。そして、分光測定システム 1 は、分光画像に基づいて、例えば成分分析等の分析処理を実施するシステムである。なお、本実施形態では、撮像対象 X で反射した光を測定する例を示すが、撮像対象 X として、例えば液晶パネル等の発光体を用いる場合、当該発光体から発光された光を測定対象光としてもよい。

【 0 0 4 1 】

[分光モジュールの構成]

図 1、図 2、及び図 3 の少なくともいずれかに示すように、分光モジュール 2 は、回路基板 4 と、波長可変干渉フィルター 5 と、光源部 6 と、通信部 7 と、装着部 8 と、を備えている。

波長可変干渉フィルター 5 は、波長可変型のファブリーペローエタロンである。

装着部 8 は、回路基板 4、波長可変干渉フィルター 5、光源部 6、及び通信部 7 を保持し、分光モジュール 2 に装着される。

分光モジュール 2 は、撮像装置 3 に装着された際 (以下、単に装着時とも称する) に、撮像装置 3 の後述する撮像部 3 1 に入射する入射光の光路上に波長可変干渉フィルター 5 を配置する。そして、分光モジュール 2 は、波長可変干渉フィルター 5 を透過した所定波長の光を撮像部 3 1 に入射させる。また、分光モジュール 2 では、撮像装置 3 と通信可能に構成され、撮像装置 3 からの制御信号に基づいて、波長可変干渉フィルター 5 が制御される。以下、分光モジュール 2 の各部の構成について説明する。

【 0 0 4 2 】

[波長可変干渉フィルターの構成]

図 4 は、波長可変干渉フィルターの概略構成を示す平面図である。図 5 は、図 4 の V - V 線を断面した際の波長可変干渉フィルターの断面図である。

波長可変干渉フィルター 5 は、例えば矩形板状の光学部材であり、固定基板 5 1 と可動基板 5 2 とを備えている。これらの固定基板 5 1 及び可動基板 5 2 は、それぞれ例えば、ソーダガラス、結晶性ガラス、石英ガラス、鉛ガラス、カリウムガラス、ホウケイ酸ガラス、無アルカリガラスなどの各種ガラスや、水晶などにより形成されている。そして、これらの固定基板 5 1 及び可動基板 5 2 は、固定基板 5 1 の第一接合部 5 1 3 及び可動基板の第二接合部 5 2 3 が、例えばシロキサンを主成分とするプラズマ重合膜などにより構成された接合膜 5 3 (第一接合膜 5 3 1 及び第二接合膜 5 3 2) により接合されることで、一体的に構成されている。

【 0 0 4 3 】

固定基板 5 1 には、固定反射膜 5 4 が設けられ、可動基板 5 2 には、可動反射膜 5 5 が設けられている。これらの固定反射膜 5 4 及び可動反射膜 5 5 は、ギャップ G 1 を介して対向配置されている。そして、波長可変干渉フィルター 5 には、このギャップ G 1 の寸法を調整 (変更) するのに用いられる静電アクチュエーター 5 6 が設けられている。

また、波長可変干渉フィルター 5 を固定基板 5 1 (可動基板 5 2) の基板厚み方向から見た図 4 に示すような平面視 (以降、フィルター平面視と称する) において、固定基板 5 1 及び可動基板 5 2 の平面中心点 O は、固定反射膜 5 4 及び可動反射膜 5 5 の中心点と一致し、かつ後述する可動部 5 2 1 の中心点と一致するものとする。

【 0 0 4 4 】

(固定基板の構成)

固定基板 5 1 には、エッチングにより電極配置溝 5 1 1 及び反射膜設置部 5 1 2 が形成されている。この固定基板 5 1 は、可動基板 5 2 に対して厚み寸法が大きく形成されており、固定電極 5 6 1 及び可動電極 5 6 2 間に電圧を印加した際の静電引力や、固定電極 5 6 1 の内部応力による固定基板 5 1 の撓みはない。

また、固定基板 5 1 の頂点 C 1 には、切欠部 5 1 4 が形成されており、波長可変干渉フィルター 5 の固定基板 5 1 側に、後述する可動電極パッド 5 6 4 P が露出する。

【 0 0 4 5 】

電極配置溝 5 1 1 は、フィルター平面視で、固定基板 5 1 の平面中心点 O を中心とした環状に形成されている。反射膜設置部 5 1 2 は、前記平面視において、電極配置溝 5 1 1 の中心部から可動基板 5 2 側に突出して形成されている。この電極配置溝 5 1 1 の溝底面は、固定電極 5 6 1 が配置される電極設置面 5 1 1 A となる。また、反射膜設置部 5 1 2 の突出先端面は、反射膜設置面 5 1 2 A となる。

また、固定基板 5 1 には、電極配置溝 5 1 1 から、固定基板 5 1 の外周縁の頂点 C 1 , 頂点 C 2 に向かって延出する電極引出溝 5 1 1 B が設けられている。

【 0 0 4 6 】

電極配置溝 5 1 1 の電極設置面 5 1 1 A には、静電アクチュエーター 5 6 を構成する固定電極 5 6 1 が設けられている。より具体的には、固定電極 5 6 1 は、電極設置面 5 1 1 A のうち、後述する可動部 5 2 1 の可動電極 5 6 2 に対向する領域に設けられている。また、固定電極 5 6 1 上に、固定電極 5 6 1 及び可動電極 5 6 2 の間の絶縁性を確保するための絶縁膜が積層される構成としてもよい。

そして、固定基板 5 1 には、固定電極 5 6 1 の外周縁から、頂点 C 2 方向に延出する固定引出電極 5 6 3 が設けられている。この固定引出電極 5 6 3 の延出先端部 (固定基板 5 1 の頂点 C 2 に位置する部分) は、電圧制御部 1 5 に接続される固定電極パッド 5 6 3 P を構成する。

なお、本実施形態では、電極設置面 5 1 1 A に 1 つの固定電極 5 6 1 が設けられる構成を示すが、例えば、平面中心点 O を中心とした同心円となる 2 つの電極が設けられる構成 (二重電極構成) などとしてもよい。

【 0 0 4 7 】

反射膜設置部 5 1 2 は、上述したように、電極配置溝 5 1 1 と同軸上で、電極配置溝 5 1 1 よりも小さい径寸法となる略円柱状に形成され、当該反射膜設置部 5 1 2 の可動基板 5 2 に対向する反射膜設置面 5 1 2 A を備えている。

この反射膜設置部 5 1 2 には、図 5 に示すように、固定反射膜 5 4 が設置されている。この固定反射膜 5 4 としては、例えば A g 等の金属膜や、A g 合金等の合金膜を用いることができる。また、例えば高屈折層を T i O ₂、低屈折層を S i O ₂ とした誘電体多層膜を用いてもよい。さらに、誘電体多層膜上に金属膜 (又は合金膜) を積層した反射膜や、金属膜 (又は合金膜) 上に誘電体多層膜を積層した反射膜、単層の屈折層 (T i O ₂ や S i O ₂ 等) と金属膜 (又は合金膜) とを積層した反射膜などを用いてもよい。

【 0 0 4 8 】

また、固定基板 5 1 の光入射面 (固定反射膜 5 4 が設けられない面) には、固定反射膜 5 4 に対応する位置に反射防止膜を形成してもよい。この反射防止膜は、低屈折率膜及び高屈折率膜を交互に積層することで形成することができ、固定基板 5 1 の表面での可視光の反射率を低下させ、透過率を増大させる。

【 0 0 4 9 】

そして、固定基板 5 1 の可動基板 5 2 に対向する面のうち、エッチングにより、電極配置溝 5 1 1、反射膜設置部 5 1 2、及び電極引出溝 5 1 1 B が形成されない面は、第一接合部 5 1 3 を構成する。この第一接合部 5 1 3 には、第一接合膜 5 3 1 が設けられ、この第一接合膜 5 3 1 が、可動基板 5 2 に設けられた第二接合膜 5 3 2 に接合されることで、上述したように、固定基板 5 1 及び可動基板 5 2 が接合される。

【 0 0 5 0 】

(可動基板の構成)

可動基板 5 2 は、図 4 に示すフィルター平面視において、平面中心点 O を中心とした円形状の可動部 5 2 1 と、可動部 5 2 1 と同軸であり可動部 5 2 1 を保持する保持部 5 2 2 と、保持部 5 2 2 の外側に設けられた基板外周部 5 2 5 と、を備えている。

また、可動基板 5 2 には、図 4 に示すように、頂点 C 2 に対応して、切欠部 5 2 4 が形成されており、波長可変干渉フィルター 5 を可動基板 5 2 側から見た際に、固定電極パッド 5 6 3 P が露出する。

【 0 0 5 1 】

可動部 5 2 1 は、保持部 5 2 2 よりも厚み寸法が大きく形成され、例えば、本実施形態では、可動基板 5 2 の厚み寸法と同一寸法に形成されている。この可動部 5 2 1 は、フィルター平面視において、少なくとも反射膜設置面 5 1 2 A の外周縁の径寸法よりも大きい径寸法に形成されている。そして、この可動部 5 2 1 には、可動電極 5 6 2 及び可動反射膜 5 5 が設けられている。

なお、固定基板 5 1 と同様に、可動部 5 2 1 の固定基板 5 1 とは反対側の面には、反射防止膜が形成されていてもよい。このような反射防止膜は、低屈折率膜及び高屈折率膜を交互に積層することで形成することができ、可動基板 5 2 の表面での可視光の反射率を低下させ、透過率を増大させることができる。

【 0 0 5 2 】

可動電極 5 6 2 は、ギャップ G 2 を介して固定電極 5 6 1 に対向し、固定電極 5 6 1 と同一形状となる環状に形成されている。この可動電極 5 6 2 は、固定電極 5 6 1 とともに静電アクチュエーター 5 6 を構成する。また、可動基板 5 2 には、可動電極 5 6 2 の外周縁から可動基板 5 2 の頂点 C 1 に向かって延出する可動引出電極 5 6 4 を備えている。この可動引出電極 5 6 4 の延出先端部（可動基板 5 2 の頂点 C 1 に位置する部分）は、電圧制御部 1 5 に接続される可動電極パッド 5 6 4 P を構成する。

可動反射膜 5 5 は、可動部 5 2 1 の可動面 5 2 1 A の中心部に、固定反射膜 5 4 とギャップ G 1 を介して対向して設けられる。この可動反射膜 5 5 としては、上述した固定反射膜 5 4 と同一の構成の反射膜が用いられる。

なお、本実施形態では、上述したように、ギャップ G 2 がギャップ G 1 の寸法よりも大きい例を示すがこれに限定されない。例えば、測定対象光として赤外線や遠赤外線を用いる場合等、測定対象光の波長域によっては、ギャップ G 1 の寸法が、ギャップ G 2 の寸法よりも大きくなる構成としてもよい。

【 0 0 5 3 】

保持部 5 2 2 は、可動部 5 2 1 の周囲を囲うダイアフラムであり、可動部 5 2 1 よりも厚み寸法が小さく形成されている。このような保持部 5 2 2 は、可動部 5 2 1 よりも撓みやすく、僅かな静電引力により、可動部 5 2 1 を固定基板 5 1 側に変位させることが可能となる。この際、可動部 5 2 1 が保持部 5 2 2 よりも厚み寸法が大きく、剛性が大きくなるため、保持部 5 2 2 が静電引力により固定基板 5 1 側に引っ張られた場合でも、可動部 5 2 1 の形状変化が起こらない。従って、可動部 5 2 1 に設けられた可動反射膜 5 5 の撓みも生じず、固定反射膜 5 4 及び可動反射膜 5 5 を常に平行状態に維持することが可能となる。

なお、本実施形態では、ダイアフラム状の保持部 5 2 2 を例示するが、これに限定されず、例えば、平面中心点 O を中心として、等角度間隔で配置された梁状の保持部が設けられる構成などとしてもよい。

【 0 0 5 4 】

基板外周部 5 2 5 は、上述したように、フィルター平面視において保持部 5 2 2 の外側に設けられている。この基板外周部 5 2 5 の固定基板 5 1 に対向する面は、第一接合部 5 1 3 に対向する第二接合部 5 2 3 を備えている。そして、この第二接合部 5 2 3 には、第二接合膜 5 3 2 が設けられ、上述したように、第二接合膜 5 3 2 が第一接合膜 5 3 1 に接合されることで、固定基板 5 1 及び可動基板 5 2 が接合されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 5 】

〔 光源部及び通信部の構成 〕

光源部 6 は、撮像対象 X に向かって照明光を照射する。光源部 6 は、図 3 に示すように、装着部 8 の背面側（後述する背面部 8 1）の、波長可変干渉フィルター 5 を保持する後述する位置決め部 9 の周辺に設けられている。光源部 6 は、例えば、ハロゲンランプや L E D 光源等の光源を備え構成されている。なお、光源部 6 は、白色光源や、例えば赤外光等の所定波長の光を照射可能な光源であり、ハロゲンランプや L E D 光源等の光源を備え構成されている。なお、光源部 6 が赤外波長域の光を照射可能な場合、撮像装置 3 が赤外波長域の光を照射する光源を備えていなくても、赤外波長域の分光測定を実施できる。

【 0 0 5 6 】

通信部 7 は、撮像装置 3 との間での通信、例えば、制御部 3 7 からの指令信号を受信したり、分光モジュールからの各種信号を制御部 3 7 に送信する。通信部 7 は、図 1 に示すように、撮像装置 3 の後述する通信部 3 4 との間で有線通信により通信を行うための通信手段である。

なお、通信部 7 としては、撮像装置 3 との間で有線通信を行う構成に限定されず、W i - F i （登録商標）や B l u e t o o t h （登録商標）や赤外線通信等の各種無線通信により撮像装置 3 との間で通信を行う構成を採用してもよい。また、有線通信又は無線通信により、L A N やインターネットを介して、撮像装置 3 との間で通信を行う構成を採用してもよい。

【 0 0 5 7 】

〔 回路基板の構成 〕

回路基板 4 は、装着部 8 の内部に配置され、フィルター駆動部 4 1 及び光源駆動部 4 2 が設けられている。回路基板 4 は、各種回路や、C P U、R O M、R A M 等で例示されるような具体的なハードウェアが設けられている。すなわち、回路基板 4 は、これらハードウェアによりフィルター駆動部 4 1 及び光源駆動部 4 2 としての機能を実現させる、本発明の制御部に相当する。

【 0 0 5 8 】

フィルター駆動部 4 1 は、波長可変干渉フィルター 5 に駆動電圧を印加する駆動回路である。フィルター駆動部 4 1 は、後述する撮像装置 3 の制御部 3 7 からの制御信号に基づいて、波長可変干渉フィルター 5 の静電アクチュエーター 5 6 に対して駆動電圧を印加する。これにより、静電アクチュエーター 5 6 の固定電極 5 6 1 及び可動電極 5 6 2 間で静電引力が発生し、可動部 5 2 1 が固定基板 5 1 側に変位する。

光源駆動部 4 2 は、後述する撮像装置 3 の制御部 3 7 からの制御信号に基づいて、光源部 6 に駆動電圧を印加する。

【 0 0 5 9 】

〔 装着部の構成 〕

装着部 8 は、撮像装置 3 に着脱自在に装着される。装着部 8 は、撮像装置 3 に対して波長可変干渉フィルター 5 の位置決めを行う位置決め部 9 を備えている。

図 6 は、図 3 の V I - V I 線における分光測定システム 1 の断面を模式的に示す断面図である。

装着部 8 は、図 6 に示すように、装着時に、撮像装置 3 の撮像部 3 1 が設けられた光入射側の面である背面 3 0 1 に沿って配置される背面部 8 1 と、背面部 8 1 の周囲に連続し、装着時に、撮像部 3 1 の入射光の光軸 L に沿う撮像装置 3 の側面 3 0 2 を覆う側壁部 8 2 と、を備えている。

【 0 0 6 0 】

背面部 8 1 は、本発明の基部に相当し、光軸 L 方向に見た際に略矩形状であり、同様に略矩形状の撮像装置 3 の背面 3 0 1 よりも大きい。背面部 8 1 は、内部に回路基板 4 を保持している。また、背面部 8 1 は、後に詳述するが、光軸 L に沿った位置に位置決め部 9 を収納している。背面部 8 1 の撮像装置 3 側の面である内面 8 1 1 は、撮像装置 3 の背面 3 0 1 の形状に略一致する。本実施形態では、内面 8 1 1 は、平面であるが、例えば、撮

10

20

30

40

50

像装置 3 の背面 3 0 1 が曲面等である場合、背面 3 0 1 に応じて曲面形状であってもよい。背面部 8 1 の略矩形状の周囲には、撮像装置 3 の側面 3 0 2 に沿う側壁部 8 2 が連続している。

【 0 0 6 1 】

側壁部 8 2 は、撮像装置 3 の側面 3 0 2 に沿って撮像装置 3 の周囲を囲っている。側壁部 8 2 の光軸 L 方向における背面部 8 1 とは反対側の端部は、光軸 L 方向と交差する方向（以下、単に交差方向とも称する）に、内側に向かって屈曲した鉤部 8 2 1 が設けられている。鉤部 8 2 1 には、光軸 L 方向に見て、撮像装置 3 の背面 3 0 1 に対向する表面 3 0 3 の外周よりも小さい寸法を有する開口 8 2 1 A が形成されている。換言すると、鉤部 8 2 1 は、表面 3 0 3 の外周を覆っている。また、光軸 L 方向において、鉤部 8 2 1 と背面部 8 1 とは対向している。すなわち、鉤部 8 2 1 の光軸 L に交差する内面 8 2 1 B と、背面部 8 1 の内面 8 1 1 とは対向している。背面部 8 1 の内面 8 1 1 と、鉤部 8 2 1 の内面 8 2 1 B との間の距離 d 1 は、光軸 L 方向における撮像装置 3 の寸法と略一致している。

すなわち、撮像装置 3 は、厚み方向において、背面部 8 1 と鉤部 8 2 1 との間で挟持され、固定されている。

【 0 0 6 2 】

図 7 は、図 6 の VII - VII 線における分光測定システム 1 の断面を模式的に示す断面図である。

側壁部 8 2 の内面 8 2 2 には、図 7 に示すように、複数の凸部 8 2 3 が設けられている。本実施形態では、内面 8 1 1 に直交する方向において、2 つの凸部 8 2 3 が対向するように設けられている。また、撮像装置 3 の各側面 3 0 2 に対して 2 つの凸部 8 2 3 がそれぞれ設けられている。すなわち、内面 8 1 1 に直交する方向に対向する分光測定システム 1 組の凸部 8 2 3 が、撮像装置 3 の周囲を覆うように、4 組設けられている。図 7 に示すように、対向する凸部 8 2 3 間の距離 d 2 , d 3 は、それぞれ、対向する方向における撮像装置 3 の寸法と略一致している。

すなわち、撮像装置 3 は、光軸 L に交差する面方向において、4 組の凸部 8 2 3 のそれぞれによって挟持され、固定されている。

側壁部 8 2 には、通信部 7 が設けられ、後述する撮像装置 3 の通信部 3 4 と接続される。

【 0 0 6 3 】

図 8 は、分光測定システム 1 における位置決め部 9 周辺の断面の概略構成を示す断面図である。

背面部 8 1 は、図 8 に示すように、光軸 L の通過位置に、位置決め部 9 の後述する筐体 9 1 を収納する収納部 8 3 を有する。

収納部 8 3 は、光軸 L の通過位置において、光軸 L 方向に沿って貫通する貫通口 8 3 1 と、交差方向に貫通口 8 3 1 に形成された溝部 8 3 2 と、溝部 8 3 2 から交差方向に突出する突出部 8 3 3 と、を備えている。貫通口 8 3 1 は、光軸 L 方向の両端部で開口し、内部に筐体 9 1 を収納する。溝部 8 3 2 は、筐体 9 1 から交差方向に突出する後述するフランジ部 9 1 3 が挿入される。突出部 8 3 3 とフランジ部 9 1 3 との間には、後述する位置決め部 9 の付勢部 9 3 が配置される。

【 0 0 6 4 】

[位置決め部の構成]

位置決め部 9 は、図 8 に示すように、波長可変干渉フィルター 5 を保持した状態で、背面部 8 1 の内部の光軸 L が通過する位置に収納されている。

位置決め部 9 は、波長可変干渉フィルター 5 を保持する筐体 9 1 と、筐体 9 1 に設けられ、装着時に撮像装置 3 の背面 3 0 1 に当接して光軸 L に対して波長可変干渉フィルター 5 を位置決めする当接部 9 2 と、装着時における撮像装置 3 側に向かって筐体 9 1 を付勢する付勢部 9 3 と、を備えている。

【 0 0 6 5 】

筐体 9 1 は、本発明の分光保持部に相当し、波長可変干渉フィルター 5 を内部に収納し

10

20

30

40

50

た状態で保持している。筐体 9 1 の光軸 L 方向における光入射側の面には、開口 9 1 1 が、反対側の面には、開口 9 1 2 が形成されている。撮像装置 3 への入射光は、貫通口 8 3 1 内部に配置された筐体 9 1 の開口 9 1 1 を通過した後、波長可変干渉フィルター 5 に入射する。波長可変干渉フィルター 5 から出射された光は、開口 9 1 2 を通過した後、背面 3 0 1 に設けられた窓部 3 0 4 を通過して撮像部 3 1 に入射する。すなわち、開口 9 1 1 は、波長可変干渉フィルター 5 への入射光を制限するアパーチャーとして機能する。また、開口 9 1 2 は、波長可変干渉フィルター 5 の出射光を制限するアパーチャーとして機能する。なお、開口 9 1 1 , 9 1 2 を覆うように、透明な窓部材を筐体 9 1 に接着し、筐体 9 1 が気密封止される構成としてもよい。この場合、筐体 9 1 内を減圧状態（例えば真空）にすることで、内部に収納される波長可変干渉フィルター 5 の応答性を向上させることができる。

10

【0066】

筐体 9 1 の光軸 L 方向に沿う側面 9 1 A には、交差方向に突出するフランジ部 9 1 3 が設けられている。フランジ部 9 1 3 は、光軸 L 方向における突出部 8 3 3 よりも撮像装置 3 側の位置で、溝部 8 3 2 に挿入されている。本実施形態では、フランジ部 9 1 3 は、交差方向における対向する位置に、筐体 9 1 に設けられた一对の板状部材である。

なお、フランジ部 9 1 3 は、光軸 L 方向に沿った各側面 9 1 A のうち対向する各側面 9 1 A にそれぞれ設けられてもよいし、全側面 9 1 A にそれぞれ設けられてもよいし、側面 9 1 A の全周に亘って一体的に設けられてもよい。

【0067】

20

筐体 9 1 の撮像装置 3 側の面は、開口 9 1 2 の周囲を覆い、光軸 L 方向において撮像装置 3 側に向かって突出する当接部 9 2 が設けられている。当接部 9 2 の突出方向（すなわち、光軸 L 方向）の先端面 9 2 1 は、交差方向に沿った面である。

光軸 L 方向に対向する、開口 9 1 1 と突出部 8 3 3 との間には付勢部 9 3 が配置されている。付勢部 9 3 は、突出部 8 3 3 に対してフランジ部 9 1 3（すなわち筐体 9 1）を、光軸 L 方向に、撮像装置 3 に向かって付勢する。なお、本実施形態では、付勢部 9 3 として、コイルばねを例示するが、これに限定されない。付勢部 9 3 として、例えば、板ばね等を用いる構成としてもよい。

【0068】

筐体 9 1 の内部に収容された波長可変干渉フィルター 5 の各電極パッド 5 6 3 P , 5 6 4 P は、図示しない引出配線により筐体 9 1 の外部端子に接続されている。この外部端子は、FPC（Flexible Printed Circuits）等の可撓性を有する配線により、回路基板 4 から引き出された配線に接続されている。なお、筐体 9 1 の外部端子は、FPC 等により接続される以外にも、例えば、付勢部 9 3 として例示したコイルばねや板ばね等が接触することで、上記回路基板 4 から引き出された配線に接続されてもよい。

30

【0069】

上述のように構成された位置決め部 9 では、筐体 9 1 は、付勢部 9 3 によって撮像装置 3 側に付勢される。

分光モジュール 2 が分光測定システム 1 に装着されていない非装着時において、フランジ部 9 1 3 が、溝部 8 3 2 の撮像装置 3 側の内面 8 3 2 A に当接した状態で、付勢部 9 3 に押圧される。ここで、貫通口 8 3 1 の撮像装置 3 側（光出射側）の開口 8 3 1 A は、交差方向において、筐体 9 1 の寸法よりも大きい内径寸法を有する。フランジ部 9 1 3 が内面 8 3 2 A に当接した際に、開口 8 3 1 A の内側に筐体 9 1 が位置している。また、先端面 9 2 1 は、開口 8 3 1 A の光軸 L 方向における光出射側に突出している。

40

一方、装着時には、図 8 に示すように、先端面 9 2 1 は、撮像装置 3 の背面 3 0 1 に当接し、光軸 L に対して波長可変干渉フィルター 5 の角度や、光軸 L 方向における位置を位置決めする。すなわち、装着時には、筐体 9 1 は、先端面 9 2 1 を介して撮像装置 3 の背面 3 0 1 に、付勢部 9 3 の付勢方向とは逆方向に押し返す。筐体 9 1 は、非装着時に対して、撮像装置 3 とは反対方向に移動され、固定される。

このようにして、波長可変干渉フィルター 5 は、光軸 L に対して所定の角度、本実施形

50

態では直交するように配置される。

【 0 0 7 0 】

なお、撮像装置 3 に分光モジュール 2 を装着するために、装着部 8 の一部は開閉自在に構成されている。例えば、4 つの側壁部 8 2 のうち、通信部 7 が設けられた側壁部 8 2 に対向する側壁部 8 2 を、着脱自在に構成する。そして、装着する際に、着脱自在に構成した側壁部 8 2 を取り外し、撮像装置 3 を分光モジュール 2 に挿入するとともに、通信部 7 と後述する撮像装置 3 の通信部 3 4 とを接続した後に、取り外した側壁部 8 2 を装着する。このようにして、撮像装置 3 に分光モジュール 2 を装着する。

【 0 0 7 1 】

[撮像装置の構成]

撮像装置 3 は、装着時に、分光モジュール 2 によって分光された光を撮像する。また、撮像装置 3 は、装着時に、撮像装置 3 と通信可能に構成され、撮像装置 3 を制御する。

撮像装置 3 は、図 1 に示すように、撮像部 3 1 と、光源部 3 2 と、表示部 3 3 と、通信部 3 4 と、操作部 3 5 と、記憶部 3 6 と、制御部 3 7 と、を備える。

【 0 0 7 2 】

撮像部 3 1 は、光学系 3 1 1 及び撮像素子 3 1 2 を備え、撮像対象 X (図 2 参照) を撮像する。光学系 3 1 1 は、制御部 3 7 の制御に応じて、撮像対象 X からの光を撮像素子 3 1 2 に合焦させる。光学系 3 1 1 は、レンズや、当該レンズによる合焦位置を調整する調整装置等を備える。撮像素子 3 1 2 は、光学系 3 1 1 によって合焦された光を受光して受光量に応じた検出信号を出力する。

【 0 0 7 3 】

光源部 3 2 は、撮像対象 X に向かって照明光を照射する。光源部 3 2 は、例えば、白色光を照射する L E D 光源である。なお、L E D 光源に限定されず、ハロゲンランプ等の白色光を照射可能な各種光源でもよい。また、光源部 3 2 は、白色光源以外にも、例えば、赤外光等の所定波長の光を照射可能な光源を備えていてもよい。

表示部 3 3 は、液晶ディスプレイや有機 E L ディスプレイ等の各種表示装置である。表示部 3 3 は、図 2 に示すように、撮像装置 3 の表面 3 0 3 側に設けられ、各種の画像を表示する。

【 0 0 7 4 】

通信部 3 4 は、分光モジュール 2 との間で通信を行う。通信部 3 4 は、例えば、制御部 3 7 からの制御信号を分光モジュール 2 に送信したり、分光モジュール 2 からの各種信号を受信する。通信部 3 4 は、図 1 に示すように、分光モジュール 2 との間で有線通信により通信を行うための通信手段である。通信部 3 4 は、L A N 等を介した有線通信や、W i - F i や B l u e t o o t h や赤外線通信等の各種無線通信により、分光モジュール 2 との間で通信を行う構成でもよい。また、有線通信又は無線通信により、L A N やインターネットを介して、分光モジュール 2 との間や、サーバー等の外部機器との間で通信を行う通信手段でもよい。この場合、サーバー等の外部機器から各種アプリケーションやデータ等を取得してもよい。

【 0 0 7 5 】

操作部 3 5 は、例えば、表示部 3 3 の表面に設けられたタッチパネルや、ボタン等であり、ユーザーによる入力操作を受け付ける。

記憶部 3 6 は、R O M や R A M 等の各種記憶装置により構成され、分光モジュール 2 及び撮像装置 3 の制御に必要な各種データやプログラム等を記憶する。当該データは、例えば、静電アクチュエーター 5 6 に印加する駆動電圧に対する透過光の波長を示す相関データ V - データ等である。また、記憶部 3 6 は、制御部 3 7 の各機能を実現させるためのアプリケーションやプログラム等が記憶されている。

【 0 0 7 6 】

[制御部の構成]

制御部 3 7 は、例えば C P U やメモリー等の具体的なハードウェア、及び記憶部 3 6 に記憶されたプログラム等のソフトウェアの協働によって実現される機能部として、光源制

10

20

30

40

50

御部 371 と、表示制御部 372 と、撮像制御部 373 と、位置ズレ検出部 374 と、フィルター制御部 375 と、光量取得部 376 と、分光画像取得部 377 と、領域特定部 378 と、対象検出部 379 と、対象設定部 380 と、分析処理部 381 と、を備える。

制御部 37 は、分光モジュール 2 及び撮像装置 3 の制御を行う。すなわち、制御部 37 は、分光モジュール 2 が備える波長可変干渉フィルター 5 の静電アクチュエーター 56 を制御して、波長可変干渉フィルター 5 の測定対象波長を制御する。また、制御部 37 は、波長可変干渉フィルター 5 を透過した光を撮像部 31 に撮像させ、分光画像を取得させ、取得された分光画像に基づく分析処理を行う。

【0077】

光源制御部 371 は、操作部 35 により検出されたユーザーの操作指示に基づいて、光源制御部 371 の点灯、消灯を制御する。

表示制御部 372 は、表示部 33 に画像を表示させる。表示部 33 の表示画像としては、例えば、既に取得された分光画像や、分析処理の処理結果や、分光測定システム 1 を操作するための操作画面や、分光測定システム 1 の動作状況をユーザーに通知するための各種通知画像（エラー通知画像や測定終了通知画像等）等である。また、表示画像としては、例えば、分光画像を取得する際に、撮像対象を選択する際に、撮像部 31 によって撮像されたリアルタイム画像である（図 2 参照）。

図 2 には、撮像対象 X を選択するために、撮像部 31 によって撮像されたリアルタイム画像が表示部 33 に表示されている状態を図示している。表示制御部 372 は、後に詳述するが、分析処理部 381 によって分析処理が実行される領域を示すフレーム F を、リアルタイム画像に重ねて表示部 33 に表示させる。

【0078】

撮像制御部 373 は、光学系 311 による合焦位置を調整するオートフォーカス処理を行う。また、撮像制御部 373 は、撮像素子 312 を駆動させて、受光量に応じた検出信号を出力させる。撮像制御部 373 は、例えば、上記フレーム F 内の領域に含まれる撮像対象 X（図 2 参照）に対して合焦させるように、光学系 311 の合焦位置を調整するオートフォーカス処理を実施する。

【0079】

位置ズレ検出部 374 は、位置決め部 9 の位置ズレ、すなわち、撮像装置 3 に分光モジュール 2 が装着された状態で、光軸 L と交差する交差方向における波長可変干渉フィルター 5 のズレを検出する。位置ズレ検出部 374 は、例えば、取得された分光画像や、リアルタイム画像において、分光モジュール 2 の一部（例えば装着部 8 や位置決め部 9）が映りこんでいることを検出した場合に、波長可変干渉フィルター 5 の位置ズレを検出する。より具体的には、例えば、筐体 91 の各開口 911、開口 912 の輪郭（図 8 参照）が、分光画像や、リアルタイム画像に映りこんでいることを検出することで、交差方向における波長可変干渉フィルター 5 のズレを検出する。

【0080】

フィルター制御部 375 は、記憶部 36 に記憶されている V - データに基づいて、測定波長に対応する駆動電圧の電圧値（入力値）を取得し、取得した電圧値を波長可変干渉フィルター 5 の静電アクチュエーター 56 に印加させるために指令信号を出力する。また、フィルター制御部 375 は、記憶部 36 に記憶されている各種データに基づいて、測定波長の変更タイミングの検出、測定波長の変更、測定波長の変更に応じた駆動電圧の変更、及び測定終了の判断等を行い、当該判断に基づいて指令信号を出力する。

光量取得部 376 は、撮像素子 312 から出力された検出信号を取得し、当該検出信号において、波長可変干渉フィルター 5 を透過した測定波長の光の光量を各画素位置について取得する。

分光画像取得部 377 は、光量測定データに基づいて、分光画像を取得し、記憶部 36 に記憶する。なお、分光画像取得部 377 は、分光画像を取得する際に、測定波長と、記憶部 36 に記憶されている色データと測定波長とに基づいて、分光画像を生成する。

【0081】

領域特定部 378 は、分光画像において、図 2 に示すフレーム F に対応する領域、すなわち画素位置を検出する。

対象検出部 379 は、分光画像や、リアルタイム画像に映りこんでいる対象を識別し、対象を検出する。また、対象検出部 379 は、予め設定された所定の撮像対象 X が映りこんでいる場合、これを検出する。

例えば、図 2 では、撮像対象 X の一例としてのリンゴが映りこんでいる。対象検出部 379 は、画像に映りこんだ対象をそれぞれ識別する。そして、図 2 に示すようにリンゴが撮像対象 X として設定されている場合、リンゴが映りこんでいることを検出する。なお、本実施形態では、対象検出部 379 による対象の検出は、領域特定部 378 によって検出されたフレーム F に対応する領域において実施される。

対象の検出は、例えば、画像におけるエッジを検出し、対象の形状を特定することで対象を識別する（例えば、果物の種類や、食品の名称等、対象の種類を識別する）。なお、対象の検出は、その他、公知の各種方法を制限なく用いることができる。

【0082】

対象設定部 380 は、分析処理部 381 による分析処理を実施する対象を設定する。対象設定部 380 は、例えば、対象検出部 379 によって検出された対象を、以後の分析対象として設定するか否かをユーザーに設定することで、分析対象を設定する。また、対象設定部 380 は、ユーザーによって予め設定させることで分析対象を設定する。

分析処理部 381 は、領域特定部 378 によって検出された領域について、対象設定部 380 で設定された分析対象について分析処理を行う。分析処理としては、例えば、分光スペクトルの算出処理や、算出した分光スペクトルに基づく撮像対象 X の成分分析処理等である。なお、対象設定部 380 により分析対象が設定されていないに関わらず、対象の設定が必要な場合は、対象検出部 379 によって検出された対象の全てに対して分析処理を実施してもよい。

【0083】

[分光測定システムの動作]

次に、上述したような分光測定システム 1 による動作について、図面に基いて以下に説明する。

図 9 は、分光測定システムの動作の一例を示すフローチャートである。

まず、上述のように、撮像装置 3 に分光モジュール 2 を装着する。撮像装置 3 に分光モジュール 2 が装着されると、筐体 91 によって撮像装置 3 の光軸 L に対して波長可変干渉フィルター 5 が位置決めされる。

そして、撮像装置 3 に予めインストールされている分光測定システム 1 を制御する専用のアプリケーションが起動されると、分光モジュール 2 と撮像装置 3 との間で通信可能な状態となり、分光測定が可能なスタンバイ状態となる。

【0084】

スタンバイ状態において、リアルタイム画像表示の指示を受けると、分光測定システム 1 は、図 9 に示すように、リアルタイム画像を取得し表示する（ステップ S1）。

具体的には、例えば、R（例えば 610 ~ 760 nm）、G（例えば 500 ~ 560 nm）、B（例えば 435 ~ 480 nm）の各色のそれぞれの波長領域において予め設定された所定波長、すなわち、R、G、B の各色に対応する 3 つの所定波長（3 バンド）で分光画像を取得する。これには、フィルター駆動部 41 は、フィルター制御部 375 からの指令信号に基づいて、3 つの所定波長に対応する駆動電圧を順次静電アクチュエーター 56 に印加する。これにより、3 つの所定波長の光が、順次、波長可変干渉フィルター 5 を透過し、撮像部 31 によって検出（撮像）されることで、これらの波長に対応した分光画像が順次取得される。表示制御部 372 は、R、G、B の各色に対応する分光画像を合成してリアルタイム画像を生成する。そして、表示制御部 372 は、生成したリアルタイム画像に、分析処理を実施する領域を示すフレーム F を重ねたリアルタイム画像を表示部 33 に表示させる（図 2 参照）。

【0085】

次に、リアルタイム画像に基づいて、位置ズレ検出部 374 が、撮像装置 3 に対する波長可変干渉フィルター 5 の位置ズレを検出する（ステップ S 2）。具体的には、位置ズレ検出部 374 は、上述のように、取得された分光画像や、リアルタイム画像において、分光モジュール 2 の通信部 7（例えば、各開口 911，開口 912 の輪郭）が映りこんでいるか否かにより、位置決め部 9 の位置ズレを検出する。

位置ズレ検出部 374 によって位置決め部 9 の位置ズレが検出された場合（ステップ S 2；Yes）、表示制御部 372 は位置ズレが検出されたことを通知するための、ズレ検出通知画像を表示部 33 に表示させる（ステップ S 3）。なお、ステップ S 1 では、取得したリアルタイム画像を表示させているが、取得したリアルタイム画像をステップ S 3 で位置ズレを検出するのに用いるだけで、表示させなくてもよい。

10

【0086】

一方、位置ズレ検出部 374 によって位置決め部 9 の位置ズレが検出されなければ（ステップ S 2；No）、図示しない白色基準板を測定して白色校正を実施する（ステップ S 4）。

白色校正が終了したら、ステップ S 1 と同様に、リアルタイム画像を取得し表示する（ステップ S 5）。

その後、分光測定システム 1 は、分光測定開始の指示を受けるまで（ステップ S 6；No）、リアルタイム画像を表示させる（ステップ S 5）。

【0087】

分光測定システム 1 は、分光測定開始の指示を受け付けると（ステップ S 6；Yes）、分光画像を取得する（ステップ S 7）。

20

なお、分光測定開始の指示は、例えば、ユーザー操作によって実施される。このユーザー操作は、例えば、リアルタイム画像に重ねて表示されたフレーム F 内に撮像対象 X が含まれるように（図 2 参照）、分光測定システム 1 の撮像方向が調整された状態で、操作部 35 を用いてユーザーが分光測定開始の指示を入力する。

【0088】

分光測定開始の指示を受けると、フィルター制御部 375 は、記憶部 36 から V - データを読み込み、測定波長に対応する駆動電圧を波長可変干渉フィルター 5 の静電アクチュエーター 56 に印加させる指令信号を、分光モジュール 2 のフィルター駆動部 41 に出力する。フィルター駆動部 41 は、指令信号に基づく電圧を波長可変干渉フィルター 5 に印加して、波長可変干渉フィルター 5 を透過する光の波長（測定波長）を設定する。また、撮像制御部 373 は、撮像素子 312 を駆動させて、波長可変干渉フィルター 5 を透過した各波長の光を撮像する。分光測定システム 1 は、静電アクチュエーター 56 に印加する電圧を順次切り替え、波長可変干渉フィルター 5 を透過する光の波長を所定間隔（例えば 10 nm）で切り替える度に、各波長の分光画像を取得する。なお、分光画像は、撮像装置 3 に予め記憶されている色データに基づいて生成される。このように撮像装置 3 に記憶された色データを用いることにより、分光モジュール 2 は、色データを保持している必要がなく、構成を簡略化できる。

30

【0089】

次に、領域特定部 378 は、分光画像において、撮像対象 X が撮像されたフレーム F に対応する領域、すなわち分光画像における画素位置を検出する（ステップ S 8）。

40

次に、対象検出部 379 は、検出された領域において、分光画像に映りこんでいる対象を識別し、撮像対象 X を検出する（ステップ S 9）。具体的には、図 2 に示すように、撮像対象 X としてリングを撮像した場合、対象検出部 379 は、撮像対象 X がリングであることを検出する。

次に、対象設定部 380 は、領域特定部 378 によって検出された領域について、各種分析処理を実施する。分析処理としては、例えば、撮像対象 X であるリングの成分分析処理を実施する。

【0090】

次に、対象設定部 380 は、分析処理部 381 による分析処理を実施する対象を設定す

50

る（ステップS10）。例えば、対象設定部380は、対象検出部379によって検出された対象を、分析対象とするか否かをユーザーに選択させる。また、例えば、対象検出部379によって検出された対象が複数存在する場合、対象設定部380は、いずれを分析対象とするかを選択させる。また、対象設定部380は、対象検出部379によって検出された対象を、以後の分析対象として設定するか否かをユーザーに設定させる。より、具体的には、対象設定部380の指示に応じて、表示制御部372が分析対象を選択させるための設定表示を表示部33に表示させる。そして、対象設定部380は、ユーザーによって選択された対象を分析対象として設定する。

なお、対象設定部380によって、予め、分析対象が設定されている場合等で、新たに分析対象を設定する必要がない場合は、当該ステップS10を省略してもよい。

10

【0091】

分析処理部381は、領域特定部378によって検出された領域について、対象設定部380で設定された分析対象について分析処理を行う（ステップS11）。

なお、対象設定部380により分析対象が設定されていないに関わらず、対象の設定が必要な場合は、対象検出部379によって検出された対象の全てに対して分析処理を実施してもよい。

そして、制御部37は、測定が終了かを判定する（ステップS12）。測定終了ではない場合（ステップS12；No）、ステップS5に戻り、以降の処理を実施する。測定終了の場合（ステップS12；Yes）、制御部37は、専用のアプリケーションを終了させる。

20

【0092】

〔第一実施形態の作用効果〕

本実施形態の分光測定システム1では、分光モジュール2は、撮像装置3に対して着脱自在に構成されている。

このような構成では、分光モジュール2と撮像装置3とを別体とすることができる。撮像装置3としては、デジタルカメラやスマートフォン等の一般的に普及している撮像機能を有する装置に対しても着脱可能に構成できる。従って、分光測定システム1としての汎用性を向上できる。

【0093】

分光モジュール2の装着部8では、装着時に、位置決め部9によって波長可変干渉フィルター5を光軸Lに対して位置決めできる。

30

ここで、入射光軸に対する分光部の位置、距離、及び角度に、許容される範囲を超えてズレが生じると、分光測定の精度が低下するおそれがある。例えば、波長可変干渉フィルター5では、入射光の角度が変化すると選択波長が変化する。また、光軸と交差する方向に位置ズレが生じると、波長可変干渉フィルター5はエタロン素子として機能する有効領域外に光が入射するおそれがある。このように、撮像装置3に対する波長可変干渉フィルター5の位置や、波長可変干渉フィルター5への入射光の角度が変化することにより、所望の精度で分光測定を実施できないという不具合の発生するおそれがある。

本実施形態では、位置決め部9は、光軸Lに対する波長可変干渉フィルター5の角度や、光軸Lと交差する方向における位置や、光軸L方向における撮像装置3に対する距離を決めることができる。より具体的には、付勢部93によって筐体91が付勢され、筐体91に設けられた当接部92が撮像装置3に当接する。これにより、筐体91に保持された波長可変干渉フィルター5が位置決めされる。これにより、分光測定の精度を向上させることができる。

40

また、当接部92を設けた筐体91を、付勢部93によって撮像装置3側に向かって付勢するという簡単な構成で、波長可変干渉フィルター5を位置決めできる。

また、撮像装置3に分光モジュール2を装着するだけで、煩雑な設定操作を行わなくとも波長可変干渉フィルター5を位置決めすることができる。

【0094】

装着部8は、内面822に凸部823が複数設けられた側壁部82によって撮像装置3

50

の側面 302 を覆った状態で撮像装置 3 に装着される。このとき、装着部 8 は、凸部 823 を撮像装置 3 の側面 302 に当接させた状態で、撮像装置 3 に装着される。

このような構成では、凸部 823 の先端と撮像装置 3 の側面 302 とが当接し、交差方向における撮像装置 3 と装着部 8 との相対位置が固定される。この凸部 823 の先端の位置を適切に設定することにより、撮像装置 3 と、装着部 8 との位置を設定することができる。この際、先端の位置を設定すればよいので、交差方向における位置をより適切に設定できる。

【0095】

また、本実施形態では、分光素子の一例として、ファブリーペローエタロンである波長可変干渉フィルター 5 を用いている。これにより、一对の反射面間の寸法を順次変更することで、複数の波長の光を短時間で取り出すことができ、測定に要する時間の短縮を図ることができる。また、ファブリーペローエタロンは、例えば AOTF (Acousto-Optic Tunable Filter) や LCTF (Liquid Crystal Tunable Filter) 等を用いる場合に比べて、小型化が可能であり、分光測定システム 1 及び分光モジュール 2 の小型化を図ることができる。

【0096】

制御部 37 は、波長可変干渉フィルター 5 の位置ズレを検出する位置ズレ検出部 374 を備え、分光モジュール 2 を撮像装置 3 に装着した際の位置ズレを検出する。これにより、位置ズレが発生した状態で分光測定が実施されることを抑制できる。

特に本実施形態では、位置ズレ検出部 374 は、撮像装置 3 によって撮像された撮像画像に分光モジュール 2 の一部が映りこんでいる場合に、当該分光モジュール 2 の一部を検出する。これにより、交差方向における分光モジュール 2、すなわち波長可変干渉フィルター 5 の位置ズレを検出することができる。

【0097】

[第二実施形態]

次に、本発明に係る第二実施形態について、図面に基づいて説明する。

上記第一実施形態では、分光モジュール 2 は、撮像装置 3 の全体の背面 301 及び側面 302 の全面を覆う筐体状の装着部 8 を備えている構成を例示した。これに対して、第二実施形態では、分光モジュールは、撮像装置を両側から挟持し、波長可変干渉フィルター 5 を保持する位置決め部 9 の配置位置を挟持方向に変更可能に構成されている。

なお、以下の説明では、第一実施形態と同様の構成については、同一の符号を付し、説明を省略又は簡略化する。

【0098】

図 10 は、第二実施形態に係る分光測定システム 1A の概略構成を示す図である。

分光測定システム 1A は、図 10 に示すように、分光モジュール 2A と、撮像装置 3 と、を備えている。分光モジュール 2A は、図示しない回路基板 4、波長可変干渉フィルター 5、及び光源部 6 と、通信部 7 と、装着部 8A と、を備えている。

装着部 8A は、装着時に、交差方向に撮像装置 3 の側面 302 を挟持する挟持部 84 と、位置決め部 9 が設けられた基部 85 と、を備えている。

【0099】

挟持部 84 は、交差方向に対向する一对の側面 302 の一方に接触する第 1 接触部 841 と、他方に接触する第 2 接触部 842 と、交差方向における各接触部 841、842 間の距離を変更自在に、各接触部 841、842 を連結する連結部 843 と、を備えている。

なお、本実施形態では、第 1 接触部 841 に、回路基板 4 が設けられている。また、第 1 接触部 841 と通信部 7 とがケーブル 71 によって接続されている。

【0100】

連結部 843 は、挟持部 84 の挟持方向を長手方向とする矩形状の外形を有する。連結部 843 は、挟持方向に沿って、互いに平行な一对のレール部 843A を有し、レール部 843A の両端は、挟持方向と直交する方向に連結されている。

この連結部 8 4 3 の挟持方向の一端は、第 1 接触部 8 4 1 に固定されている。一对のレール部 8 4 3 A 間には第 2 接触部 8 4 2 が係合されており、第 2 接触部 8 4 2 は連結部 8 4 3 に沿って挟持方向に移動可能となっている。

基部 8 5 は、一对のレール部 8 4 3 A 間に係合されており、連結部 8 4 3 に沿って挟持方向に移動可能となっている。なお、基部 8 5 は、上述の収納部 8 3 を備え、位置決め部 9 を収納している。

【 0 1 0 1 】

このように構成された装着部 8 A では、撮像装置 3 の背面 3 0 1 側に連結部 8 4 3 を接触させ、かつ、一方の側面 3 0 2 に第 1 接触部 8 4 1 を接触させた状態で、第 2 接触部 8 4 2 を連結部 8 4 3 に沿って移動させて、他方の側面 3 0 2 に第 2 接触部 8 4 2 を接触させる。これにより、挟持部 8 4 が、交差方向に撮像装置 3 を挟持する。その後、撮像装置 3 の背面 3 0 1 に設けられた窓部 3 0 4 の位置に、位置決め部 9 の開口 9 1 2 が一致するように、連結部 8 4 3 に沿って基部 8 5 を移動させる。すなわち、光軸 L 上に波長可変干渉フィルター 5 が配置される配置位置に基部 8 5 を移動させる。このようにして、装着部 8 A が撮像装置 3 に装着される。なお、分光測定システム 1 A では、基部 8 5 を配置位置から退避させる（退避位置に移動させる）ことで、通常の画像を撮像可能な状態に変更可能である。

【 0 1 0 2 】

[第二実施形態の作用効果]

挟持部 8 4 が撮像装置 3 を挟持することで、分光モジュール 2 が撮像装置 3 に装着される。このような構成では、挟持部 8 4 で撮像装置 3 を挟持するという簡単な操作で、分光モジュール 2 を撮像装置 3 に取り付けることができる。このため、撮像装置 3 に対する分光モジュール 2 の着脱を容易とすることができ、利便性を向上できる。

【 0 1 0 3 】

また、各接触部 8 4 1 , 8 4 2 が、連結部 8 4 3 によって、挟持方向の距離を変更可能に連結されている。さらに、基部 8 5 が、連結部 8 4 3 に沿って移動可能に構成されている。

このような構成では、複数の幅寸法の撮像装置 3 に対して、分光モジュール 2 を装着することができる。また、撮像装置 3 の撮像素子 3 1 2 の位置に応じて基部 8 5 を移動させることができ、撮像素子 3 1 2 の光路上に波長可変干渉フィルター 5 の位置を設定することができる。従って、幅寸法や撮像素子 3 1 2 の位置が異なる複数の撮像装置 3 に対しても分光モジュール 2 を装着可能に構成でき、汎用性の高い分光モジュール 2 及び分光測定システム 1 を提供できる。

また、分光測定を実施する際は、入射光の光路上の配置位置に基部 8 5 を移動させておき、一方、分光測定を実施せずに通常の画像を撮像する際は、光路上から退避させる退避位置に移動させることができる。このため、分光モジュール 2 A を取り外さなくても、通常の画像を撮像することができる。従って、分光画像を撮像する場合と、通常の画像を撮像する場合との両方の用途で使用する場合における利便性を向上させることができる。

【 0 1 0 4 】

[第三実施形態]

次に、本発明に係る第三実施形態について、図面に基づいて説明する。

上記第一実施形態では、図示しない白色基準板を用いて白色校正を行う構成を例示した。これに対して、第三実施形態では、分光モジュールは、撮像位置に対して白色基準板を配置する配置位置と、退避させる退避位置との間で、当該白色基準板を移動させる白色基準配置部を備えている。

【 0 1 0 5 】

図 1 1 は、第三実施形態に係る分光測定システム 1 B の側面の概略構成を示す側面図である。

図 1 2、第三実施形態に係る分光測定システム 1 B の図 1 1 に示す側面と直交する上面の概略構成を示す上面図である。

分光測定システム 1 B は、図 1 1 及び図 1 2 に示すように、分光モジュール 2 B が、白色基準配置部 8 6 を備える点以外は、第一実施形態の分光測定システム 1 と略同様に構成される。

白色基準配置部 8 6 は、背面部 8 1 に対向する白色基準板 8 6 1 と、白色基準板 8 6 1 の交差方向における一对の側面にそれぞれ固定され、白色基準板 8 6 1 を保持する一对の保持部 8 6 2 と、を備えている。なお、白色基準板 8 6 1 は、本発明のリファレンス板に相当する。

保持部 8 6 2 は、撮像装置 3 の側面 3 0 2 に沿って配置されている。保持部 8 6 2 の側面 3 0 2 側の面には、側面 3 0 2 に向かって突出し、側面 3 0 2 に設けられた案内溝 8 2 4 に挿入される挿入部 8 6 3 が設けられている。案内溝 8 2 4 は、側面 3 0 2 の長手方向（図 1 1 の上下方向）に沿って設けられている。

【 0 1 0 6 】

このように構成された白色基準配置部 8 6 は、光軸 L 上に白色基準板 8 6 1 を配置する配置位置と、退避させる退避位置（図 1 1 の二点鎖線で示す位置）との間で、白色基準板 8 6 1 を移動させる。

本実施形態の分光測定システム 1 B では、配置位置に白色基準板 8 6 1 が配置された状態で、白色基準板 8 6 1 の分光測定を実施し、白色校正を実施する。

【 0 1 0 7 】

[第三実施形態の作用効果]

分光モジュール 2 B は、白色基準板 8 6 1 を配置位置と退避位置との間で移動させる白色基準配置部 8 6 を備えている。

このような構成では、白色基準板 8 6 1 を撮像してリファレンスを取得する際に、撮像装置 3 に対して白色基準板 8 6 1 を所定の位置（配置位置）に適切に配置することができる。これにより、リファレンスの取得を適切に行うことができ、分光測定の精度を向上させることができる。特に、分光モジュール 2 B を任意の撮像装置に対して装着して分光測定システム 1 B を構成する場合でも、撮像装置 3 が有する色データや、撮像部 3 1 の性能（特性）等の撮像装置 3 の仕様に応じて、分光測定システム 1 B の校正をより適切に行うことができる。

【 0 1 0 8 】

[第三実施形態の変形]

上記第三実施形態では、案内溝 8 2 4 に係合された保持部 8 6 2 を、案内溝 8 2 4 に沿って移動させる。これにより、保持部 8 6 2 に保持された白色基準板 8 6 1 が、配置位置と退避位置との間で、背面部 8 1 に沿って移動されるように構成されていた。第三実施形態の構成に限定されず、配置位置と退避位置との間で、白色基準板を移動可能な構成であればよく、例えば、図 1 3 に示し、後述するような構成が例示できる。

図 1 3 は、第三実施形態の一変形例に係る分光測定システムの側面の概略構成を示す側面図である。

図 1 3 に示す変形例では、白色基準配置部 8 6 A は、白色基準板 8 6 1 と、白色基準板 8 6 1 の一对の側面のそれぞれに係合され、白色基準板 8 6 1 を保持する保持部 8 6 4 と、を備えている。

白色基準板 8 6 1 は、一对の側面のそれぞれに 2 つの保持部 8 6 4、すなわち 4 つの保持部 8 6 4 によって、側面 3 0 2 に対して保持されている。

保持部 8 6 4 の白色基準板 8 6 1 側の端部は、白色基準板 8 6 1 の側面に交差方向に設けられた孔に摺動自在に挿入されている。また、保持部 8 6 4 の側面 3 0 2 側の端部も同様に、側面 3 0 2 に交差方向に設けられた孔に摺動自在に挿入されている。

このように構成された白色基準配置部 8 6 A では、保持部 8 6 4 の回転に応じて、白色基準板 8 6 1 が配置位置と退避位置（図 1 3 の二点鎖線で示す位置）との間で移動する。

【 0 1 0 9 】

[第四実施形態]

上記第一実施形態では、1 つの波長可変干渉フィルター 5 を備える分光モジュール 2 に

10

20

30

40

50

について例示した。これに対して、本実施形態では、複数の波長可変干渉フィルタを備えている。

図14は、第四実施形態に係る分光測定システム1Cの概略構成を示す背面図である。

図14に示すように、分光モジュール2Cは、複数の波長可変干渉フィルタ5A, 5B, 5Cと、分光測定実施にこれら複数の5A, 5B, 5Cのいずれかを光軸L上に配置するとともに、必要に応じて使用する波長可変干渉フィルタを変更する変更部10と、を備える。

変更部10は、各波長可変干渉フィルタ5A, 5B, 5Cを保持して光軸Lと直交する面内で回転する回転部101と、回転部101の回転軸102と、を備えている。

各波長可変干渉フィルタ5A, 5B, 5Cは、回転軸102を中心とし、光軸Lの通過位置を通る円周上にそれぞれ位置するように、回転部101に保持される。また、回転部101には、各波長可変干渉フィルタ5A, 5B, 5Cが設けられた円周上に開口部101Aが設けられている。なお、回転部101には、各波長可変干渉フィルタ5A, 5B, 5Cのそれぞれに対して、位置決め部9及び収納部83が設けられている。

このように構成された分光測定システム1Cでは、例えば図14の矢印で示すように、光軸Lと直交する面内において回転部101が回転し、各波長可変干渉フィルタ5A, 5B, 5Cと、開口部101Aとのいずれかを光軸L上にセットする。

なお、本実施形態では、各波長可変干渉フィルタ5A, 5B, 5Cは、例えば、それぞれ選択可能な波長域が異なる（例えば、近赤外域、可視光域、紫外域等）。

【0110】

[第四実施形態の作用効果]

本発明では、各波長可変干渉フィルタ5A, 5B, 5Cが配置された101を回転させることで、光路上に配置する波長可変干渉フィルタを変更する。また、各波長可変干渉フィルタ5A, 5B, 5Cのそれぞれに対して位置決め部9が設けられている。

このような構成では、波長範囲が異なる複数の波長可変干渉フィルタから、使用する波長可変干渉フィルタを必要に応じて選択することができる。これにより、分光測定システム1Bにおいて測定可能な波長範囲を拡大させることができる。

また、波長可変干渉フィルタが変更された場合でも、その都度、上述の位置決めが行われるので、波長可変干渉フィルタの変更による測定精度の低下を抑制できる。

【0111】

[第五実施形態]

波長可変干渉フィルタ5の入射光の入射角に応じて出射光の波長が変化することが知られている。従って、撮像素子312の全画角に対応する領域を分析対象とした場合、領域に応じて、受光した光の波長が異なるおそれがあり、分析結果に影響を及ぼすおそれがある。

本実施形態では、波長可変干渉フィルタ5に対して所定角度範囲で入射する入射光による分光画像の画像領域を分析対象とする。これにより、分析対象とする領域内において、受光した光の波長が異なることによる分析精度の低下を抑制する。

【0112】

図15は、波長可変干渉フィルタ5及び撮像部31と、測定対象との位置関係を模式的に示す図である。

分光モジュール2が撮像装置3に装着され、波長可変干渉フィルタ5と撮像素子312との相対的な位置が決まると、撮像素子312によって分光画像を取得可能な角度範囲、すなわち画角 θ も決まる。

【0113】

画角 θ は、波長可変干渉フィルタ5の干渉光を出射可能な有効領域の面積、撮像素子312の受光面の面積、及び、波長可変干渉フィルタ5と撮像素子312との距離を用いて算出することができる。

なお、画角 θ は、撮像装置3に対して、予め設定されてもよいし、算出されてもよい。例えば、分光モジュール2が撮像装置3に装着された際に、波長可変干渉フィルタ5

10

20

30

40

50

と撮像素子 312 との距離を取得し、当該距離を用いて画角 θ_i を算出する。

【0114】

一方、波長可変干渉フィルタ 5 への入射光の入射角の許容角度範囲である許容角 θ_c は、波長可変干渉フィルタ 5 の仕様や、測定精度等に応じて設定される。この許容角 θ_c は、撮像部 31 の光学系 311 の光軸 L を中心とする角度範囲である。許容角 θ_c は、測定精度等に応じて変更してもよい。

この波長可変干渉フィルタ 5 に対して許容角 θ_c の範囲に含まれる対象 X1 からの光は、波長可変干渉フィルタ 5 の設定波長に対して、所望の測定精度範囲に応じた所定範囲に含まれる波長を有する。

【0115】

図 16 は、波長可変干渉フィルタ 5 に対して、図 15 に示す位置関係で配置された撮像部 31 によって撮像された撮像画像に基づいて、表示部 33 に表示された表示画像の一例を模式的に示す図である。

図 16 に示す画像は、撮像装置 3 の光学軸を中心として画角 θ_i の範囲が撮像された画像である。図 16 には、許容角 θ_c に対応する仮想領域 V を一点鎖線で示す。この仮想領域 V は、画角 θ_i に対応する撮像画像のうち、許容角 θ_c の範囲の入射光に対応する画像領域である。本実施形態では、この仮想領域 V について分析処理を実施する。

【0116】

本実施形態では、領域特定部 378 は、上述の分析処理が実行される領域を示すフレーム F を、仮想領域 V に収まるように設定する。すなわち、領域特定部 378 は、画角 θ_i 及び許容角 θ_c から仮想領域 V を取得する。そして、分光測定システムは、仮想領域 V に基づいてフレーム F を設定し、リアルタイム画像（撮像画像）に重ねてフレーム F を表示部 33 に表示させる（図 16 参照）。領域特定部 378 は、上述のように、分光画像において、図 2 に示すフレーム F に対応する領域、すなわち画素位置を検出する。なお、フレーム F は、円形の仮想領域 V に内接する矩形状のものを例示しているが、仮想領域 V に含まれる形状であれば任意の形状でよい。

【0117】

ユーザーは、表示部 33 に表示されたリアルタイム画像を参照しながら、フレーム F に対象 X1 が収まるように、撮像装置 3 の撮像方向を調整する（図 16 参照）。フレーム F に収められた対象 X1 は、分析対象に設定される。なお、フレーム F に収められなかった対象 X2、X3 は、分析対象に設定されない。

【0118】

[第五実施形態の作用効果]

分光測定システムでは、撮像画像のうち、波長可変干渉フィルタ 5 に対して許容角 θ_c の範囲で入射した光に対応する画像領域である仮想領域 V を特定し、この仮想領域 V に含まれる領域について分析処理を行う。

波長可変干渉フィルタ 5 では、入射光の角度によって出射光の波長が変化することが知られている。このため、設定波長に対する出射光の波長の誤差が、許容値を超えるような角度で入射した入射光の画像領域を含めて分析処理を実施すると、所望の分析精度を維持できないおそれがある。

本実施形態では、分析処理の対象を、許容角 θ_c の範囲で入射した光による画像領域とすることができる。このため、分析精度の低下を抑制できる。特に、波長可変干渉フィルタ 5 を分光素子として使用する場合、許容の角度範囲で入射する入射光に制限できるため、出射光の波長の偏差を小さくすることができ、測定精度の低下をより効果的に抑制できる。

【0119】

また、本実施形態では、分析処理の対象となる分析領域を示すフレーム F を、リアルタイム画像（撮像画像）に重ねて表示部 33 に表示させる。このため、表示部 33 に表示された画像を参照しながら撮像装置 3 の撮像方向を調整でき、測定対象を分析領域に収めるように撮像方向の調整を容易に行うことができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 0 】

[実施形態の変形]

本発明は前述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれるものである。

例えば、上記第一実施形態において、図 1 7 に示すように、上記第二実施形態と同様に、位置決め部を移動可能に構成してもよい。図 1 7 では、位置決め部 9 A が側面 3 0 2 に沿った長手方向と直交する方向に移動可能に構成されている。上記長手方向と直交する方向に沿う側面 3 0 2 には、位置決め部 9 A を移動させるためのつまみ 9 4 が設けられている。位置決め部 9 A の筐体 9 1 とつまみ 9 4 とが連続している。

このような構成では、分光測定を実施する際は、光軸 L 上に位置決め部 9 A を配置し、分光測定を実施せずに通常の画像を撮像する際は、光軸 L から位置決め部 9 A を退避させることができる。このため、撮像装置 3 から分光モジュールを取り外さなくても、通常の画像を撮像することができる。分光画像を撮像する場合と、通常の画像を撮像する場合との両方の用途で使用する場合における利便性を向上させることができる。

なお、図 1 7 では、波長可変干渉フィルター 5 の位置を、ユーザーが手動で変更可能な構成を例示したが、モーターやガイドレール等の駆動機構を備え、制御部の制御により位置変更可能に構成してもよい。

【 0 1 2 1 】

上記各実施形態では、位置ズレ検出部 3 7 4 により、撮像画像における分光モジュールの映りこみを検出することで、位置ズレを検出する構成を例示したが、本発明はこれに限定されない。

図 1 8 は、位置ズレを検出可能な分光測定システムの一変形例の概略構成を示す断面図である。なお、本変形例では、第一実施形態と基本的に同様の構成については、同一の符号を付し、説明を省略する。

図 1 8 に示すように、撮像素子 3 1 2 の傾きや位置を検出するための複数の距離センサー 8 7 が設けられている。距離センサー 8 7 は、装着時におけるフランジ部 9 1 3 の撮像装置 3 側の面に対向するように、収納部 8 3 の溝部 8 3 2 に設けられている。図 1 8 では、交差方向において一対設ける例を示すが、3 以上でもよいし、1 つでもよい。3 以上設けることで、筐体 9 1 の傾き、すなわち波長可変干渉フィルター 5 の傾きを検出できる。

【 0 1 2 2 】

上記各実施形態では、光軸 L に対する波長可変干渉フィルター 5 の傾きが所定量以上の場合、ズレ検出通知画像を表示して、エラーを通知するとしたが、さらに傾きに対する補正を行ってもよい。例えば、波長可変干渉フィルター 5 の傾きに応じて、選択される波長が変化することが知られている。従って、傾きに応じて V - データを変更することで、駆動パラメータを変更してもよい。この場合、V - データは予め実験等により取得しておき、傾きに応じて選択すればよい。

また、光軸 L に対する撮像素子 3 1 2 の傾斜角 θ を検出し、V - データを更新してもよい。つまり、 $m = 2 d \cos \theta$ (但し、m は整数) に当てはめて、目標波長 λ_0 に対して最適なギャップ間隔 d に対する駆動電圧を補正してもよい。

また、傾きや距離を調整する調整機構を設けておき、検出結果に基づいて、手動又は自動で傾きや距離を調整可能に構成してもよい。

【 0 1 2 3 】

上記各実施形態では、撮像装置 3 が備える制御部 3 7 が、分光測定システムの全体の動作を制御する構成を例示したが、本発明はこれに限定されない。例えば、分光モジュールが、分光測定システムの全体の動作を制御する制御部を備える構成でもよい。また、分光モジュールと撮像装置とがそれぞれ制御部を備え、上述の制御部 3 7 に例示される本発明に係る各機能部の一部を分光モジュールが備える制御部が実現し、他の一部を撮像装置が備える制御部が実現する構成でもよい。

【 0 1 2 4 】

上記各実施形態では、波長可変干渉フィルター 5 が、本発明の分光保持部としての筐体

10

20

30

40

50

9 1によって、その内部に収納された状態で保持されている構成を例示したが、本発明はこれに限定されない。例えば、保持部としては、波長可変干渉フィルター 5 を収納する構成以外でも、保持部としての板状の部材に波長可変干渉フィルター 5 が固定され、保持されている構成でもよい。この場合、当接部等の他の部材が、板状の保持部に設けられている。

【 0 1 2 5 】

上記各実施形態では、分光部として、波長可変干渉フィルター 5 を例示したが、本発明はこれに限定されず、例えば A O T F (Acousto Optic Tunable Filter) や L C T F (Liquid Crystal Tunable Filter) が用いられてもよい。ただし、装置の小型化の観点から上記各実施形態のようにファブリーペローフィルターを用いることが好ましい。

10

また、分光部として、選択波長を変更可能な波長可変干渉フィルター 5 を例示したが、本発明はこれに限定されず、所定波長の光のみを選択的に取り出せるファブリーペローフィルターや、各種カラーフィルターを用いてもよい。

【 0 1 2 6 】

上記第五実施形態では、分光部として上記波長可変干渉フィルター 5 を採用した構成を例示したが、本発明はこれに限定されない。すなわち、分光部として上記波長可変干渉フィルター 5 以外の構成を採用した場合でも、分光部の構成に応じて許容角 の範囲は異なるものの、入射角が許容角 の範囲外である場合に所望の精度の測定結果を取得できないおそれがある。上記第五実施形態では、上記波長可変干渉フィルター 5 以外の分光部の構成を採用した場合でも、分光部の構成に応じて許容角 を設定することで、測定精度の低下を抑制できる。

20

【 0 1 2 7 】

その他、本発明の実施の際の具体的な構造は、本発明の目的を達成できる範囲で上記各実施形態及び変形例を適宜組み合わせることで構成してもよく、また他の構造などに適宜変更してもよい。

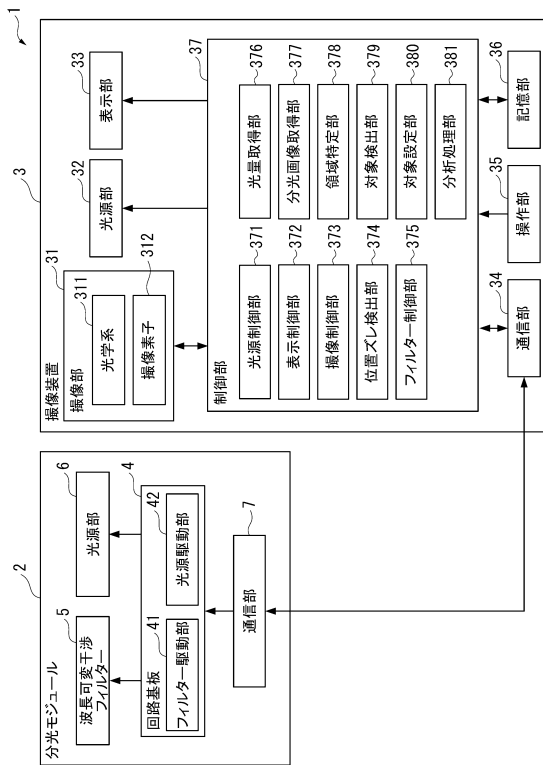
【 符号の説明 】

【 0 1 2 8 】

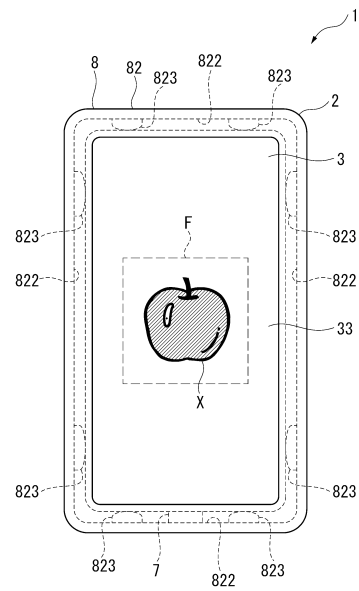
1 , 1 A , 1 B , 1 C ... 分光測定システム、 2 , 2 A , 2 B , 2 C ... 分光モジュール、 3 ... 撮像装置、 5 , 5 A , 5 B , 5 C ... 波長可変干渉フィルター、 7 ... 通信部、 8 , 8 A ... 装着部、 9 , 9 A ... 位置決め部、 1 0 ... 変更部、 3 7 ... 制御部、 8 1 ... 背面部、 8 2 ... 側壁部、 8 3 ... 収納部、 8 4 ... 挟持部、 8 5 ... 基部、 8 6 , 8 6 A ... 白色基準配置部、 9 1 ... 筐体、 9 2 ... 当接部、 9 3 ... 付勢部、 9 4 ... つまみ、 3 0 1 ... 背面、 3 0 2 ... 側面、 3 0 3 ... 表面、 3 1 2 ... 撮像素子、 3 7 4 ... 位置ズレ検出部、 3 7 5 ... フィルター制御部、 3 7 8 ... 領域特定部、 3 8 1 ... 分析処理部、 8 2 2 ... 内面、 8 2 3 ... 凸部、 8 2 4 ... 案内溝、 8 4 1 ... 第 1 接触部、 8 4 2 ... 第 2 接触部、 8 4 3 ... 連結部、 8 6 1 ... 白色基準板、 8 6 2 ... 保持部、 8 6 3 ... 挿入部、 8 6 4 ... 保持部、 9 2 1 ... 先端面。

30

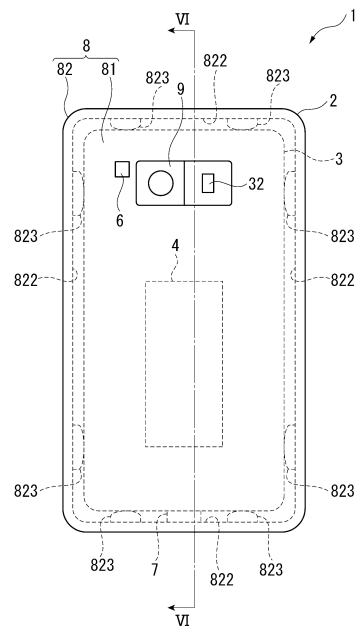
【 図 1 】



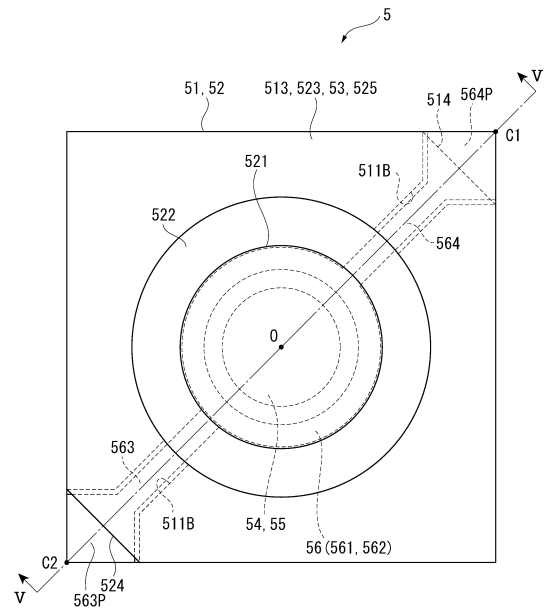
【 図 2 】



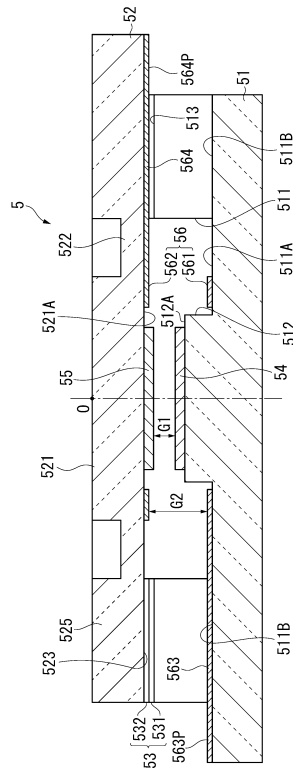
【 図 3 】



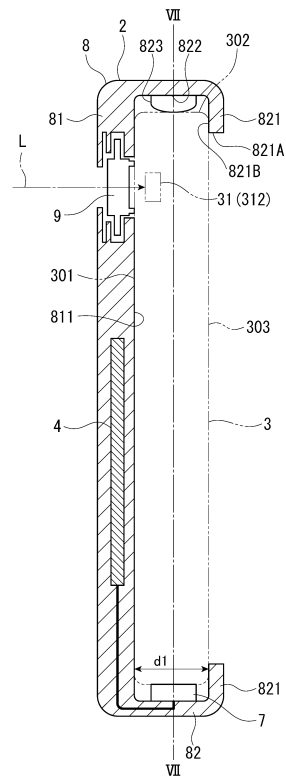
【 図 4 】



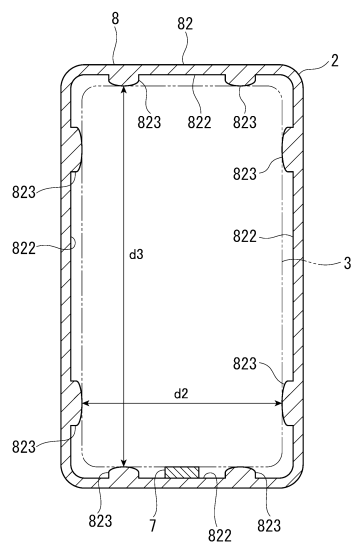
【 図 5 】



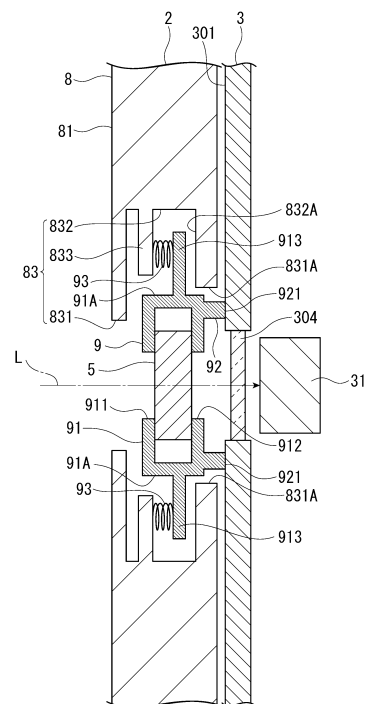
【 図 6 】



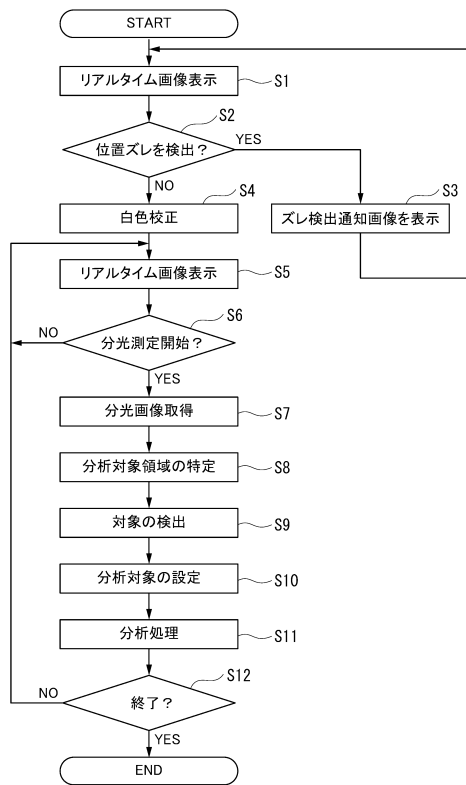
【 図 7 】



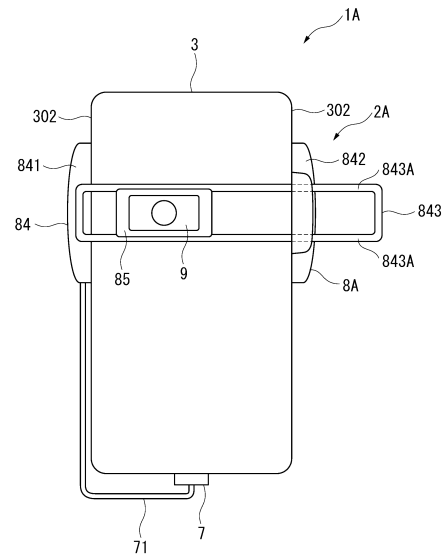
【 図 8 】



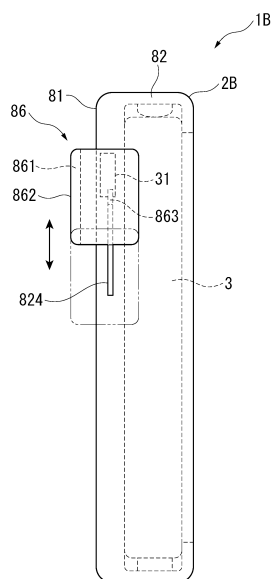
【図 9】



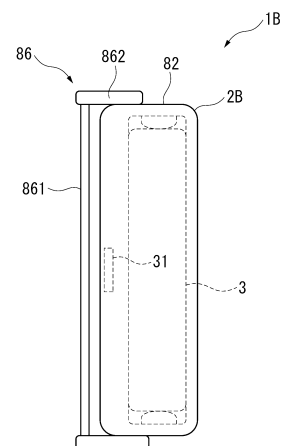
【図 10】



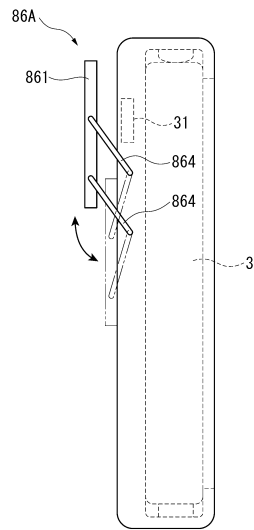
【図 11】



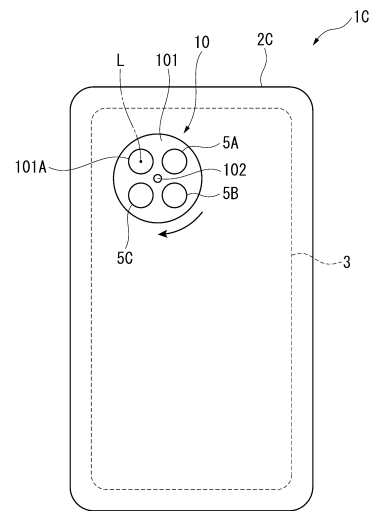
【図 12】



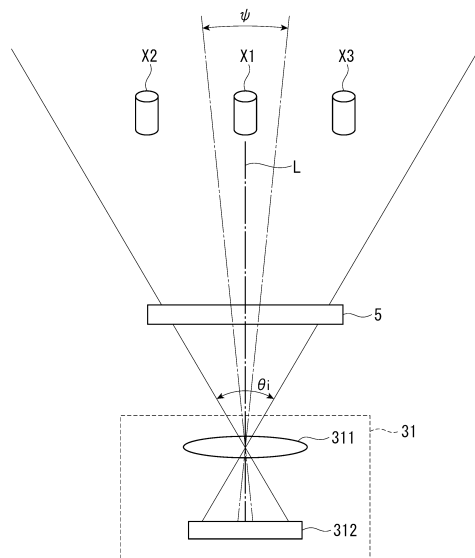
【図 13】



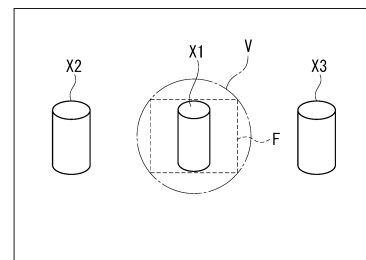
【図 14】



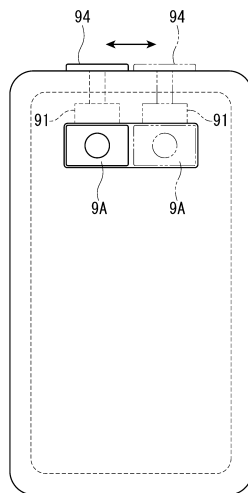
【図 15】



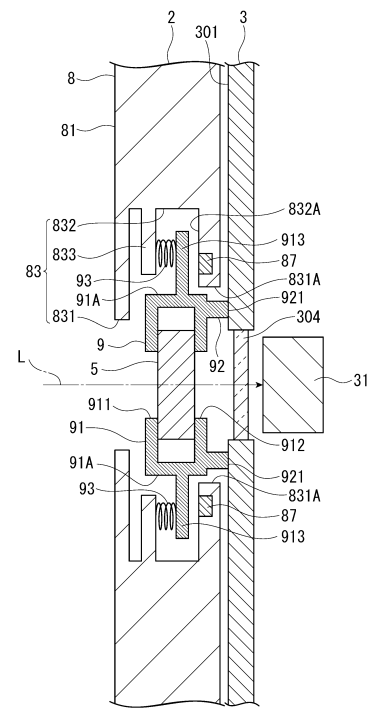
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

- (72)発明者 櫻井 和 徳
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
- (72)発明者 廣久保 望
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 塚本 丈二

- (56)参考文献 特表2011-521237(JP,A)
特開2006-303955(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0320340(US,A1)
特開平04-125429(JP,A)
登録実用新案第3185803(JP,U)
特開2001-221686(JP,A)
特開2013-181912(JP,A)
特開2005-341175(JP,A)
特開2011-017827(JP,A)
米国特許第05172146(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J 3/00 - 3/52
G02B 6/35
G02B 26/00 - 26/08