

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5786672号
(P5786672)

(45) 発行日 平成27年9月30日(2015.9.30)

(24) 登録日 平成27年8月7日(2015.8.7)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 B 26/00 (2006.01)

G O 2 B 26/00

G O 1 J 3/26 (2006.01)

G O 1 J 3/26

G O 1 N 21/27 (2006.01)

G O 1 N 21/27

Z

請求項の数 6 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2011-252374 (P2011-252374)
(22) 出願日 平成23年11月18日(2011.11.18)
(65) 公開番号 特開2013-109055 (P2013-109055A)
(43) 公開日 平成25年6月6日(2013.6.6)
審査請求日 平成26年11月17日(2014.11.17)

(73) 特許権者 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(74) 代理人 110000637
特許業務法人樹之下知的財産事務所
(72) 発明者 舟本 達昭
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 右田 昌士

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分光測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定対象光が入射される入射光学系と、
前記入射光学系を透過した光を、波長に応じて複数の光路に分離する光分離部と、
前記複数の光路のうちの少なくとも1つに設けられ、所定波長の光を透過させる波長選
択部と、

前記複数の光路の各々を通過した光を所定の一方向に向かって射出する光射出部と、
前記光射出部から射出された光を受光する受光部と、
を具備し、

前記波長選択部のうちの少なくとも1つは、

第一基板と、
前記第一基板に対向して配置された第二基板と、
前記第一基板に設けられた第一反射膜と、
前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置さ
れた第二反射膜と、

電圧印加により前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部と、
を備えた波長可変干渉フィルターである
ことを特徴とする分光測定装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の分光測定装置において、

10

20

前記入射光学系は、前記入射光の主光線を前記第一反射膜の面または前記第二反射膜の面に対して直交するように導くテレセントリック光学系であることを特徴とする分光測定装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の分光測定装置において、
前記波長可変干渉フィルターは、前記複数の光路にそれぞれ設けられた
ことを特徴とする分光測定装置。

【請求項 4】

請求項 1 または請求項 2 に記載の分光測定装置において、
前記複数の光路のうち前記波長可変干渉フィルターが設けられない光路には、前記波長 10
選択部として、波長切替部が設けられ、
前記波長切替部は、互いに透過波長域が異なる複数の波長固定型フィルターと、前記複
数の波長固定型フィルターを移動させ、前記光路に配置する波長固定フィルターを切り替
えるフィルター移動部と、を備えた
ことを特徴とする分光測定装置。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の分光測定装置において、
前記光分離部は、長波長域の光と、短波長域の光とを分離する第一ダイクロイックプリズムであり、
前記光射出部は、前記光分離部により分離された前記長波長域の光と、前記短波長域の 20
光とを前記受光部に向かって射出する第二ダイクロイックプリズムである
ことを特徴とする分光測定装置。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の分光測定装置において、
前記複数の光路には、それぞれ、光を通過させる開状態と、光を遮断する閉状態とを切
り替え可能なシャッターが設けられている
ことを特徴とする分光測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、分光測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、透過波長が異なる複数のバンドパスフィルターを切り替えることで、測定対象光から所定波長の光に対応した光量を取得する分光測定装置が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

特許文献 1 に記載の分光画像撮影システムは、入射光の光路上に、互いに異なる透過波長帯域を有する複数のフィルター（波長固定型バンドパスフィルター）が回転体に設けられており、この回転体を回転させて、入射光のうち、透過させる波長を変化させる構成が 40
採られている。

【0004】

ところで、特許文献 1 の分光画像撮影システムでは、透過させる光を、回転体を回転させることで切り替えて測定対象波長を切り替えているが、より細かい測定ピッチ（例えば 10 nm 間隔）となる測定対象波長の光量を測定する場合、測定対象波長毎の多くのフィルターが必要となる。これに対して、単体で、細かい測定ピッチ間隔となる測定対象波長を取り出すことが可能な波長可変干渉フィルターが知られている（例えば、特許文献 2 参照）。

【0005】

この特許文献 2 に記載の光共振器（波長可変干渉フィルター）は、表面に凹部が形成さ 50

れた第一基板と、第二基板とを備え、第二基板が第一基板の凹部内部を閉塞するように接合されている。また、第一基板の凹部の底部、及び第二基板の凹部に対向する面には、互いに対向する高反射膜、及び、これらの反射膜の間のギャップ（反射膜間ギャップ）を調整する電極が設けられている。このような波長可変干渉フィルターでは、電極間に電圧を印加することで、反射膜間ギャップを調整することが可能となり、反射膜間ギャップに応じた測定対象波長の光を取り出すことが可能となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-336657号公報

10

【特許文献2】特開平7-243963号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、上記特許文献2に記載のような波長可変干渉フィルターを用いる場合でも、測定対象となる波長域は限られている。したがって、例えば可視光域及び近赤外域を含む広い波長域に対して光量をそれぞれ測定する場合、特許文献2のような波長可変干渉フィルターを、特許文献1に記載のような、使用するフィルターを切り替え可能な装置に組み込んで、測定を実施する必要がある。

しかしながら、波長可変干渉フィルターは、反射膜間ギャップのギャップ量を調整するために電極に電圧を印加する必要がある、電圧を印加するための配線構成が必要となる。このため、特許文献1に記載の回転体のような駆動機構に、波長可変干渉フィルターを組み入れると、配線構成において断線や接触不良等が発生するおそれがあり、接続信頼性が低下してしまうという課題がある。

20

【0008】

本発明は、波長可変干渉フィルターにおける接続信頼性が大きく、かつ広い波長域に対する分光測定が可能な分光測定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】

【0009】

本発明の分光測定装置は、測定対象光が入射される入射光学系と、前記入射光学系を透過した光を、波長に応じて複数の光路に分離する光分離部と、前記複数の光路のうちの少なくとも1つに設けられ、所定波長の光を透過させる波長選択部と、前記複数の光路の各々を通過した光を所定の一方向に向かって射出する光射出部と、前記光射出部から射出された光を受光する受光部と、を具備し、前記波長選択部のうちの少なくとも1つは、第一基板と、前記第一基板に対向して配置された第二基板と、前記第一基板に設けられた第一反射膜と、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜と、電圧印加により前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部と、を備えた波長可変干渉フィルターであることを特徴とする。

30

【0010】

本発明では、入射光学系に入射される測定対象光は、光分離部により波長域に応じて複数の光路に分離され、各光路内に設けられた波長選択部に入射される。この波長選択部は、入射光のうち所定波長の光、又は所定波長域の光を透過させる。そして、波長選択部を透過した光は光射出部に入射され、光射出部により所定の一方向に向かって射出されて受光部に受光される。

40

また、本発明では、波長選択部のうち少なくとも1つは、波長可変干渉フィルターにより構成されている。この波長可変干渉フィルターは、第一反射膜及び第二反射膜により光を多重干渉させることで所定の波長の光を取り出すことができ、ギャップ変更部に印加する電圧を変化させることで反射膜間ギャップが変動し、取り出される光の波長が変化する。

【0011】

50

このような波長可変干渉フィルターは、ギャップ量変更部に電圧を印加するための配線構成が必要となる。このような配線構成を有する波長可変干渉フィルターを光路内外に移動させる構成にすると、配線構成の断線や接触不良の可能性が増し、接続信頼性が低下してしまう。

これに対して、本発明では、波長可変干渉フィルターが光路内に配設されている構成であるため、配線構成における断線や接触不良等の不都合を回避でき、接続信頼性を大きくすることができる。

また、本発明では、測定対象光を波長域に応じて複数の光路に分離して、各光路内のそれぞれに波長選択部を配置している。このように、光路毎に測定対象波長域を分けることで、上述のように、波長可変干渉フィルターを1つの光路内に固定することができ、かつ

10

分光測定装置において広い波長域に対して分光測定を実施することが可能となる。

以上により、本発明の分光測定装置では、波長可変干渉フィルターにおける接続信頼性を高めることができ、かつ広い波長域に対して分光測定を実施することが可能となる。

【0012】

また、波長可変干渉フィルターは、反射膜間のギャップのギャップ量を変動させて透過波長を選択する。このため、例えば上述した特許文献1の回転体のような駆動機構に波長可変干渉フィルターを組み込むと、駆動機構の駆動による慣性力や振動等により反射膜間ギャップが変動するおそれがある。このような場合、反射膜間ギャップの変動が収まるまでの待機時間を設ける必要があり、測定に要する時間が長くなるという課題もある。さらには、波長可変干渉フィルターの第一反射膜及び第二反射膜が、駆動機構から伝達される振動等により接触することも考えられる。この場合、反射膜が劣化してしまい、波長可変干渉フィルターの分解能が低下してしまうことも考えられる。

20

これに対して、本発明では、波長可変干渉フィルターは、入射光の光路内に固定される構成であるため、駆動機構の駆動や振動の影響を受けず、迅速な分光測定を実施でき、かつ、反射膜同士の接触等による分解能の低下も防止できる。

【0013】

本発明の分光測定装置では、前記入射光学系は、前記入射光の主光線が前記第一反射膜の面または前記第二反射膜の面に対して直交するように導くテレセントリック光学系であることが好ましい。

本発明では、入射光学系として、波長可変干渉フィルターの第一反射膜又は第二反射膜に対して、入射光の主光軸が直交するように、測定対象光を導くテレセントリック光学系が用いられている。このようなテレセントリック光学系から射出された光は、主光線が光軸に対して平行で、波長可変干渉フィルターに対して直交するように導かれる。なお、テレセントリック光学系とは、射出瞳が無限遠にある光学系である。

30

このように、入射光学系としてテレセントリック光学系を用いることで、波長可変干渉フィルターに光を垂直に入射させることができ、波長可変干渉フィルターにおける分解能の低下を抑制できる。

【0014】

本発明の分光測定装置では、前記波長可変干渉フィルターは、前記複数の光路にそれぞれ設けられていることが好ましい。

40

本発明では、各光路の波長選択部は、波長可変干渉フィルターであり、ギャップ変更部の駆動により、透過光を切り替えることができる。このような分光測定装置では、光分離部により分離された各波長域の光に対して、それぞれ1つの波長可変干渉フィルターにより、透過波長を選択することができ、構成の簡略化を図ることができる。また、波長可変干渉フィルターを用いる場合、駆動電圧を調整して反射膜間ギャップを調整することで、例えば10nm間隔等の微小な測定ピッチで透過波長を切り替えることができる。したがって、微小測定ピッチ間隔の分光測定を実施することができ、精細な分光測定を実施することができる。

【0015】

本発明の分光測定装置では、前記複数の光路のうち前記波長可変干渉フィルターが設け

50

られない光路には、前記波長選択部として、波長切替部が設けられ、前記波長切替部は、互いに透過波長域が異なる複数の波長固定型フィルターと、前記複数の波長固定型フィルターを移動させ、前記光路に配置する波長固定フィルターを切り替えるフィルター移動部と、を備えていることが好ましい。

【0016】

本発明では、波長可変干渉フィルターが設けられない光路には、波長選択部として、複数の波長固定型フィルター、及びフィルター移動部を有する波長切替部が設けられる。

この場合、分光測定装置により所定波長域内の光量を取得する場合に、迅速な測定を実施することができる。例えば可視光におけるR（赤色；620～740nm）、G（緑色；500～560nm）、B（青色；450～500nm）の波長域の光量の取得を目的とした分光測定を実施する場合がある。このような場合、波長可変干渉フィルターを用い、RGBの各中心波長に対する光量測定を実施してもよいが、ピーク波長が中心波長域からずれている場合、正確な光量取得ができない場合がある。この場合、反射膜間ギャップを変動させて各波長に対する光量を取得する必要がある。これに対して、例えばR波長域に対して高い透過率を有し、その他の波長域の透過率が低い赤色フィルター、G波長域に対して高い透過率を有し、その他の波長域の透過率が低い緑色フィルター、及びB波長域に対して高い透過率を有し、その他の波長域の透過率が低い青色フィルターを切り替えて用いることで、所定波長域内の光量を迅速に取得することが可能となる。

したがって、本発明のように複数の波長固定型フィルターをフィルター移動部により切り替えて用いることで、上記のような特定の波長域毎の光量測定を実施する場合に対して、迅速な測定を実施することができる。

【0017】

本発明の分光測定装置では、前記光分離部は、長波長域の光と、短波長域の光とを分離する第一ダイクロイックプリズムであり、前記光射出部は、前記光分離部により分離された前記長波長域の光と、前記短波長域の光とを前記受光部に向かって射出する第二ダイクロイックプリズムであることが好ましい。

本発明では、光分離部及び光射出部としてダイクロイックプリズムが用いられる。このようなプリズムを用いる場合、例えばミラー等を用いる場合に比べて、入射光学系から受光部までの光学長を長く設定することができ、設計的に有利となる。

【0018】

本発明の分光測定装置は、前記複数の光路には、それぞれ、光を通過させる開状態と、光を遮断する閉状態とを切り替え可能なシャッターが設けられていることが好ましい。

本発明によれば、各光路においてシャッターが設けられている。このような構成では、例えば、測定対象となる波長の光量を測定する場合に、当該測定対象の波長の光が通過するシャッターを開け（開状態にし）、他の光路のシャッター閉じる（閉状態にする）ことで、測定対象の波長の光のみを受光部で受光することができる。したがって、測定対象波長域における各波長の光の光量をそれぞれ個別に測定することができ、所望波長に対する光量の測定精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明に係る第一実施形態の分光カメラの概略構成を示す図。

【図2】第一実施形態の光路部の構成を示す図。

【図3】第一実施形態のテレセントリック光学系により導かれた光の光路の例を示す図。

【図4】第一実施形態の波長選択部の構成を示す図。

【図5】第一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6】図5をVI-VI線で断面した際の波長可変干渉フィルターの断面図。

【図7】第二実施形態の分光カメラの概略構成を示す図。

【図8】第二実施形態の光路部の構成を示す図。

【図9】第三実施形態の光路部の構成を示す図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 0 】

[第一実施形態]

以下、本発明に係る第一実施形態を図面に基づいて説明する。

[分光測定装置の構成]

図 1 は、本発明に係る第一実施形態の分光カメラの概略構成を示す図である。

分光カメラ 1 は、本発明の分光測定装置に相当し、測定対象 X で反射された測定対象光（画像光）から各波長に対する分光画像を取得する装置である。図 2 は、本実施形態の光路部の概略構成を示す図である。

この分光カメラ 1 は、図 1 に示すように、テレセントリック光学系 1 1（入射光学系）と、光路部 1 2 と、撮像部 1 3（検出部）と、制御部 2 0 と、を備えている。また、光路部 1 2 は、図 2 に示すように、第一ダイクロイックミラー 1 2 1（光分離部）、第一シャッター 1 2 2、第一反射ミラー 1 2 3、第二シャッター 1 2 4、第二反射ミラー 1 2 5、第二ダイクロイックミラー 1 2 6（光射出部）、波長可変干渉フィルター 5（波長選択部）、及び波長切替部 6（波長選択部）を備える。

10

【 0 0 2 1 】

[テレセントリック光学系の構成]

図 3 は、テレセントリック光学系 1 1 により導かれた光の光路の例を示す図である。なお、図 3 では、光路部 1 2 において第一ダイクロイックミラー 1 2 1 により、波長可変干渉フィルター 5 が配置される第一光路 L 1（図 2 参照）に分離された光の光路を示す。また、図 3 では、第一ダイクロイックミラー 1 2 1、第一反射ミラー 1 2 3、第二ダイクロイックミラー 1 2 6 を省略するが、実際には、これらのミラー 1 2 1、1 2 3、1 2 6 により光が反射又は透過されて撮像部 1 3 に至る光路が形成される。

20

【 0 0 2 2 】

テレセントリック光学系 1 1 は、図 3 に示すように、複数のレンズ等の光学部品により構成されている。

テレセントリック光学系 1 1 は、分光カメラ 1 により撮像可能な範囲（画角）から入射された光を、複数のレンズを通して波長可変干渉フィルター 5 に導光する。この時、テレセントリック光学系 1 1 は、主光線が光軸に対して平行となり、かつ、後述する波長可変干渉フィルター 5 の固定反射膜 5 4 及び可動反射膜 5 5 に対して直交するように、入射光を光路部 1 2 及び撮像部 1 3 に導く。

30

【 0 0 2 3 】

なお、ここで述べる直交とは、波長可変干渉フィルター 5 を透過した透過光のピーク波長にずれが生じない程度の角度であればよい。波長可変干渉フィルター 5 から透過された透過光のピーク波長は、入射角度の変動量が大きくなるに従って、大きく変化する。また、波長が大きくなるに従って、ピーク波長の変動量も増大する。したがって、テレセントリック光学系 1 1 のレンズ設計においては、波長可変干渉フィルター 5 により透過させたい波長域に対して、どの程度のピーク波長の変動量を許容できるかにより、適宜設定されればよい。

例えば、1100nm の光を波長可変干渉フィルター 5 に入射させる場合、入射角度が 2.7 度ずれることで、ピーク波長が 1nm 変動してしまう。したがって、1100nm 以下の波長域に対して波長可変干渉フィルター 5 により分光させる際、主光線の入射角度によるピーク波長の変動量を 1nm 以下に抑えたい場合では、テレセントリック光学系 1 1 により導かれる光束の主光線の傾きを 2.7 度以内に抑える必要がある。

40

【 0 0 2 4 】

[光路部及び撮像部の構成]

光路部 1 2 に設けられる第一ダイクロイックミラー 1 2 1 は、本発明の光分離部を構成する。この第一ダイクロイックミラー 1 2 1 は、テレセントリック光学系 1 1 から入射した光を、例えば 750nm を境界として、長波長域（近赤外域）の光（近赤外光）と、短波長域（可視光域）の光（可視光）とに分離する。すなわち、第一ダイクロイックミラー 1 2 1 は、近赤外光を第一光路 L 1 側に反射し、可視光を第二光路 L 2 側に透過する。

50

【 0 0 2 5 】

第一光路 L 1 には、第一シャッター 1 2 2、第一反射ミラー 1 2 3、及び波長可変干渉フィルター 5 が配置される。

第一シャッター 1 2 2 は、制御部 2 0 の制御により駆動され、光を通過させる開状態と光を遮断する閉状態とのいずれかに切り替えられる。すなわち、第一シャッター 1 2 2 は、第一光路 L 1 における近赤外光の通過及び遮断を切り替える。

第一反射ミラー 1 2 3 は、第一ダイクロイックミラー 1 2 1 により反射された近赤外光を波長可変干渉フィルター 5 に向かって反射する。

【 0 0 2 6 】

波長可変干渉フィルター 5 は、本発明の波長選択部の一つであり、透過波長を切り替え可能な光学フィルターである。この波長可変干渉フィルター 5 は、制御部 2 0 に電氣的に接続されており、制御部 2 0 の制御により駆動電圧が変化されることで、透過波長を切り替える。また、この波長可変干渉フィルター 5 は、第一光路 L 1 に対して固定されている。このため、例えば波長可変干渉フィルター 5 が、第一光路 L 1 に対して移動する構成等に比べ、制御部 2 0 との接続部分（配線部分）の配線信頼性が高くなる。

なお、波長可変干渉フィルター 5 の具体的な構成については後述する。

【 0 0 2 7 】

第二光路 L 2 には、第二シャッター 1 2 4、第二反射ミラー 1 2 5、及び波長切替部 6 が配置される。第二シャッター 1 2 4 は、第一シャッター 1 2 2 と同様、制御部 2 0 の制御により駆動され、第二光路 L 2 における可視光の通過及び遮断を切り替える。

第二反射ミラー 1 2 5 は、第一ダイクロイックミラー 1 2 1 を透過した可視光を波長切替部 6 に向かって反射する。

【 0 0 2 8 】

波長切替部 6 は、本発明の波長選択部の一つである。

図 4 は、本実施形態の波長切替部 6 を示す概略図である。

波長切替部 6 は、図 4 に示すように、透過波長域が異なる複数のカラーフィルター 6 1（波長固定フィルター）と、フィルター移動部 6 2 とを備える。なお、本実施形態では、カラーフィルター 6 1 として、赤色波長域（620 ~ 740 nm）を透過させてその他の波長域の光と遮断するカラーフィルター 6 1 R、緑色波長域（500 ~ 560 nm）を透過させてその他の波長域の光と遮断するカラーフィルター 6 1 G、及び、青色波長域（400 ~ 450 nm）を透過させてその他の波長域の光と遮断するカラーフィルター 6 1 B が設けられる。

【 0 0 2 9 】

フィルター移動部 6 2 は、例えば回転中心を中心とした回転板 6 2 1 と、制御部 2 0 の制御により回転板 6 2 1 を所定角度回転させる回転駆動部 6 2 2 を有する。回転板 6 2 1 には、回転中心点 6 2 3 を中心とした仮想円 P の周方向に沿って、光を通過させる光通過孔 6 2 4（6 2 4 R、6 2 4 B、6 2 4 G）が設けられる。そして、図 4 に示すように、各光通過孔 6 2 4（6 2 4 R、6 2 4 B、6 2 4 G）には、それぞれ、カラーフィルター 6 1（6 1 R、6 1 G、6 1 B）が設置される。

【 0 0 3 0 】

このような波長切替部 6 は、3つの光通過孔 6 2 4 のいずれか（3つのカラーフィルター 6 1 のいずれか）が第二光路 L 2 内に配置されるように設置されている。そして、制御部 2 0 の制御により回転駆動部 6 2 2 が駆動されることで、回転板 6 2 1 が回転し、第二光路 L 2 に配置されるカラーフィルター 6 1 が切り替えられる。これにより、第二光路 L 2 から第二ダイクロイックミラー 1 2 6 に射出される光の波長域が変更される。

【 0 0 3 1 】

なお、波長切替部 6 として、図 4 に示すような回転板 6 2 1 を回転させて第二光路 L 2 に配置するカラーフィルター 6 1 を切り替える構成を例示したが、これに限定されない。例えば、透過波長が異なる複数のカラーフィルターと、各カラーフィルターの端部を保持し、各カラーフィルターを第二光路 L 2 の内外に進退移動させるフィルター駆動部を備え

10

20

30

40

50

る構成などとしてもよい。

また、波長固定フィルターとして、カラーフィルターを例示したが、例えば、一对の反射膜により光を多重干渉させて所定波長の光を取り出す、波長固定型干渉フィルター等を用いてもよい。

さらに、波長固定フィルターの数としても3つに限定されず、例えば2つの波長固定フィルターが設けられる構成や、4つ以上波長固定フィルターが設けられる構成などとしてもよい。

【0032】

第二ダイクロイックミラー126は、第一光路L1を通過した赤外光を撮像部13に向かう射出光路L3に透過させ、第二光路L2を通過した可視光を撮像部13に向かう射出光路L3に反射させる。すなわち、第二ダイクロイックミラー126は、第一光路L1を通過した赤外光、及び第二光路L2を通過した可視光を、所定の一方向に向かって射出する。

10

ここで、第一光路L1及び第二光路L2は、光路長が等しく構成されている。また、第一光路L1を通過した赤外光及び第二光路L2を通過した可視光は、第二ダイクロイックミラー126により、同一の射出光路L3上に、光軸が一致する状態で射出される。したがって、撮像部13により撮像される測定対象光（画像光）は、第一光路L1を通過した画像光、及び第二光路L2を通過した画像光で画素位置がずれることがなく、所定画素位置における各波長の光量を精度よく取得することが可能となる。

なお、第一シャッター122及び第二シャッター124が開いている状態では、第一光路L1を通過した画像光、及び第二光路L2を通過した画像光は、第二ダイクロイックミラー126により合成され、近赤外光と可視光の合成画像光が撮像部13により撮像される。

20

【0033】

撮像部13は、第二ダイクロイックミラー126から射出された光（画像光）を撮像（検出）し、分光画像を取得する。

【0034】

[波長可変干渉フィルターの構成]

次に、光路部12の第一光路L1内に固定される波長可変干渉フィルター5について、図面に基づいて説明する。

30

図5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6は、図5のVI-VI'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、図5に示すように、例えば矩形板状の光学部材である。この波長可変干渉フィルター5は、図6に示すように、固定基板51および可動基板52を備えている。これらの固定基板51及び可動基板52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51及び可動基板52は、固定基板51の第一接合部513及び可動基板の第二接合部523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53（第一接合膜531及び第二接合膜532）により接合されることで、一体的に構成されている。

40

【0035】

固定基板51には、本発明の第一反射膜を構成する固定反射膜54が設けられ、可動基板52には、本発明の第二反射膜を構成する可動反射膜55が設けられている。これらの固定反射膜54および可動反射膜55は、反射膜間ギャップG1（本発明のギャップ）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、この反射膜間ギャップG1のギャップ量を調整（変更）するのに用いられる静電アクチュエーター56が設けられている。この静電アクチュエーター56は、本発明におけるギャップ量変更部に相当する。この静電アクチュエーター56は、固定基板51に設けられた固定電極561と、可動基板52に設けられた可動電極562とにより構成されている。これらの固定電極

50

５６１，可動電極５６２は、電極間ギャップＧ２を介して対向する。ここで、これらの電極５６１，５６２は、それぞれ固定基板５１及び可動基板５２の基板表面に直接設けられる構成であってもよく、他の膜部材を介して設けられる構成であってもよい。ここで、電極間ギャップＧ２のギャップ量は、反射膜間ギャップＧ１のギャップ量より大きい。

また、波長可変干渉フィルター５を固定基板５１（可動基板５２）の基板厚み方向から見た図５に示すようなフィルター平面視において、固定基板５１及び可動基板５２の平面中心点Ｏは、固定反射膜５４及び可動反射膜５５の中心点と一致し、かつ後述する可動部５２１の中心点と一致する。

なお、以降の説明に当たり、固定基板５１または可動基板５２の基板厚み方向から見た平面視、つまり、固定基板５１、接合膜５３、及び可動基板５２の積層方向から波長可変干渉フィルター５を見た平面視を、フィルター平面視と称する。

10

【００３６】

（固定基板の構成）

固定基板５１には、エッチングにより電極配置溝５１１および反射膜設置部５１２が形成されている。この固定基板５１は、可動基板５２に対して厚み寸法が大きく形成されており、固定電極５６１および可動電極５６２間に電圧を印加した際の静電引力や、固定電極５６１の内部応力による固定基板５１の撓みはない。

また、固定基板５１の頂点Ｃ１には、切欠部５１４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５１側に、後述する可動電極パッド５６４Ｐが露出する。

【００３７】

20

電極配置溝５１１は、フィルター平面視で、固定基板５１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５１２は、前記平面視において、電極配置溝５１１の中心部から可動基板５２側に突出して形成されている。この電極配置溝５１１の溝底面は、固定電極５６１が配置される電極設置面５１１Ａとなる。また、反射膜設置部５１２の突出先端面は、反射膜設置面５１２Ａとなる。

また、固定基板５１には、電極配置溝５１１から、固定基板５１の外周縁の頂点Ｃ１，頂点Ｃ２に向かって延出する電極引出溝５１１Ｂが設けられている。

【００３８】

電極配置溝５１１の電極設置面５１１Ａには、固定電極５６１が設けられている。より具体的には、固定電極５６１は、電極設置面５１１Ａのうち、後述する可動部５２１の可動電極５６２に対向する領域に設けられている。また、固定電極５６１上に、固定電極５６１及び可動電極５６２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。

30

そして、固定基板５１には、固定電極５６１の外周縁から、頂点Ｃ２方向に延出する固定引出電極５６３が設けられている。この固定引出電極５６３の延出先端部（固定基板５１の頂点Ｃ２に位置する部分）は、制御部２０に接続される固定電極パッド５６３Ｐを構成する。

なお、本実施形態では、電極設置面５１１Ａに１つの固定電極５６１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。

40

【００３９】

反射膜設置部５１２は、上述したように、電極配置溝５１１と同軸上で、電極配置溝５１１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５１２の可動基板５２に対向する反射膜設置面５１２Ａを備えている。

この反射膜設置部５１２には、図６に示すように、固定反射膜５４が設置されている。この固定反射膜５４としては、例えばＡｇ等の金属膜や、Ａｇ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ＴｉＯ_２、低屈折層をＳｉＯ_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（ＴｉＯ_２やＳｉＯ_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。

50

【0040】

また、固定基板51の光入射面（固定反射膜54が設けられない面）には、固定反射膜54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、低屈折率膜およ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51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。

【0041】

そして、固定基板51の可動基板52に対向する面のうち、エッチングにより、電極配置溝511、反射膜設置部512、及び電極引出溝511Bが形成されない面は、第一接合部513を構成する。この第一接合部513には、第一接合膜531が設けられ、この第一接合膜531が、可動基板52に設けられた第二接合膜532に接合されることで、
10

【0042】

（可動基板の構成）

可動基板52は、図5に示すような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521と、可動部521と同軸であり可動部521を保持する保持部522と、保持部522の外側に設けられた基板外周部525と、を備えている。

また、可動基板52には、図5に示すように、頂点C2に対応して、切欠部524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52側から見た際に、固定電極パッド563Pが露出する。

【0043】

可動部521は、保持部522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52の厚み寸法と同一寸法に形成されている。この可動部521は、フィルター平面視において、少なくとも反射膜設置面512A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521には、可動電極562及び可動反射膜55が設けられている。

なお、固定基板51と同様に、可動部521の固定基板51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、低屈折率膜およ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52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。

【0044】

可動電極562は、電極間ギャップG2を介して固定電極561に対向し、固定電極561と同一形状となる環状に形成されている。また、可動基板52には、可動電極562の外周縁から可動基板52の頂点C1に向かって延出する可動引出電極564を備えている。この可動引出電極564の延出先端部（可動基板52の頂点C1に位置する部分）は、制御部20に接続される可動電極パッド564Pを構成する。

可動反射膜55は、可動部521の可動面521Aの中心部に、固定反射膜54と反射膜間ギャップG1を介して対向して設けられる。この可動反射膜55としては、上述した固定反射膜54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、電極間ギャップG2のギャップ量が反射膜間ギャップG1のギャップ量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、反射膜間ギャップG1のギャップ量が、電極間ギャップG2のギャップ量よりも大きくなる構成としてもよい。

【0045】

保持部522は、可動部521の周囲を囲うダイアフラムであり、可動部521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522は、可動部521よりも撓みやすく、僅かな静電引力により、可動部521を固定基板51側に変位させることが可能となる。この際、可動部521が保持部522よりも厚み寸法が大きく、剛性が大きくなるため、保持部522が静電引力により固定基板51側に引っ張られた場合でも、可動部521の形状変化が起こらない。したがって、可動部521に設けられた可動反射膜55
50

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 4 6 】

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

【 0 0 4 7 】

[波長可変干渉フィルターの配置]

以上のような波長可変干渉フィルター 5 では、固定電極パッド 5 6 3 P 及び可動電極パッド 5 6 4 P がそれぞれ制御部 2 0 に接続される。

具体的には、分光カメラ 1 には、第一ダイクロイックミラー 1 2 1、第一シャッター 1 2 2、第一反射ミラー 1 2 3、第二シャッター 1 2 4、第二反射ミラー 1 2 5、第二ダイクロイックミラー 1 2 6、波長可変干渉フィルター 5、及び波長切替部 6 のフィルター移動部 6 2 を固定する光学筐体 (図示略) が設けられている。そして、この光学筐体の第一反射ミラー 1 2 3 及び第二ダイクロイックミラー 1 2 6 の固定位置の間には、波長可変干渉フィルター 5 を固定するフィルター固定部 (図示略) と、制御部 2 0 に接続される端子部 (図示略) が設けられている。そして、波長可変干渉フィルター 5 は、フィルター固定部に固定され、固定電極パッド 5 6 3 P 及び可動電極パッド 5 6 4 P は、端子部に接続される。各電極パッド 5 6 3 P、5 6 4 P と、端子部との接続は、例えば F P C (Flexible printed circuits) や、ワイヤーボンディング等による接続を用いることができる。

20

これにより、波長可変干渉フィルター 5 は、光学筐体の第一光路 L 1 内に固定される。

【 0 0 4 8 】

また、上述したように、テレセントリック光学系 1 1 により、波長可変干渉フィルター 5 に入射する光は、固定反射膜 5 4 や可動反射膜 5 5 の面に対して直交し、かつ主光線が光軸に対して平行となる。したがって、固定反射膜 5 4 や可動反射膜 5 5 の面内の位置 (画素位置) によって入射光の角度が変わることがない。このため、測定対象光 (画像光) の画素位置によらず、反射膜間ギャップ G 1 のギャップ量に基づいた所望の測定対象波長の光を取り出すことができる。これにより、撮像部 1 3 により、測定対象波長に対応した分光画像を撮像することが可能となる。

30

【 0 0 4 9 】

[制御部の構成]

図 1 に戻り、分光カメラ 1 の制御部 2 0 について、説明する。

制御部 2 0 は、例えば C P U やメモリー等が組み合わされることで構成され、分光カメラ 1 の全体動作を制御する。この制御部 2 0 は、図 1 に示すように、シャッター制御部 2 1 と、可視光フィルター切替部 2 2 と、近赤外域可変フィルター駆動部 2 3 と、撮像画像取得部 2 4 と、を備える。

40

また、制御部 2 0 は、各種データを記憶する記憶部 (図示略) を備え、当該記憶部には、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 に印加する駆動電圧に対する、当該波長可変干渉フィルター 5 を透過する光の波長の関係を示す V - λ データが記憶される。

【 0 0 5 0 】

シャッター制御部 2 1 は、第一シャッター 1 2 2 及び第二シャッター 1 2 4 の開閉を制御する。

例えば、分光カメラ 1 により可視光域及び近赤外域の双方の分光画像を取得する場合、シャッター制御部 2 1 は、まず、第一シャッター 1 2 2 を開き、第二シャッター 1 2 4 を

50

閉じる。これにより、近赤外域に対する分光画像の取得が可能となる。そして、近赤外域に対して各波長に対応した分光画像が取得されると、シャッター制御部 2 1 は、第一シャッター 1 2 2 を閉じ、第二シャッター 1 2 4 と開く。これにより、可視光域に対する分光画像の取得が可能となる。

また、可視光域の分光画像及び近赤外域の分光画像のいずれか一方を取得する場合、例えば、分光カメラ 1 の操作者により、近赤外域の分光画像を取得する旨が設定入力された場合、第一シャッター 1 2 2 を開き、第二シャッター 1 2 4 を閉じる。また、シャッター制御部 2 1 は、分光カメラ 1 の操作者により、可視光域の分光画像を取得する旨が設定入力された場合、第一シャッター 1 2 2 を閉じ、第二シャッター 1 2 4 を開く。

また、シャッター制御部 2 1 は、分光カメラ 1 の操作者により、可視光及び近赤外光の合成画像を取得する旨が設定入力された場合、第一シャッター 1 2 2 及び第二シャッター 1 2 4 の双方を開いてもよい。

【 0 0 5 1 】

可視光フィルター切替部 2 2 は、可視光域の分光画像を取得する際に、波長切替部 6 のフィルター移動部 6 2 を駆動させ、第二光路 L 2 に配置するカラーフィルター 6 1 を順次切り替える。

なお、分光カメラ 1 の操作者により、所定波長域の分光画像のみを取得する旨が設定入力された場合、入力された所定波長域に対応したカラーフィルター 6 1 が第二光路 L 2 上に配置される状態に、フィルター移動部 6 2 を駆動させてもよい。

【 0 0 5 2 】

近赤外域可変フィルター駆動部 2 3 は、近赤外域の分光画像を取得する際に、記憶部に記憶される $V - \lambda$ データに基づいて、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 に印加する電圧を順次切り替えて、波長可変干渉フィルター 5 を透過する光の波長を順次切り替える。

なお、分光カメラ 1 の操作者により、所定波長の分光画像のみを取得する旨が設定入力された場合、入力された所定波長に対応した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 5 6 に印加してもよい。

撮像画像取得部 2 4 は、撮像部 1 3 により撮像された撮像画像（分光画像）を取得する。

【 0 0 5 3 】

〔実施形態の作用効果〕

本実施形態の分光カメラ 1 では、テレセントリック光学系 1 1 から入射した測定対象光（画像光）は、光路部 1 2 の第一ダイクロイックミラー 1 2 1 により、第一光路 L 1 に射出される近赤外光と、第二光路 L 2 に射出される可視光とに分離される。そして、第一光路 L 1 内には、固定反射膜 5 4 を有する固定基板 5 1、可動反射膜 5 5 を有する可動基板 5 2、及び電圧印加により反射膜間ギャップ G 1 のギャップ量を変更する静電アクチュエーター 5 6 を備える波長可変干渉フィルター 5 が固定される。

このような構成では、波長可変干渉フィルター 5 が第一光路 L 1 内に固定されているため、静電アクチュエーター 5 6 に電圧を印加するための配線構成の断線や、端子部における接触不良等の問題がなく、接続信頼性を高めることができる。

また、波長可変干渉フィルター 5 を光路内外に移動させる構成とした場合、接続信頼性が低下するだけでなく、波長可変干渉フィルター 5 の移動時に可動部 5 2 1 が振動し、反射膜間ギャップ G 1 のギャップ量の変動が収まるまでの待機時間が必要となったり、固定反射膜 5 4 及び可動反射膜 5 5 が接触したりすることが考えられる。これに対して、本実施形態では、波長可変干渉フィルター 5 が、第一光路 L 1 内に固定される構成であるため、上記のような待機時間がなく、反射膜同士の接触に伴う分解能低下も防止できる。

さらに、第一ダイクロイックミラー 1 2 1 により、赤外光と可視光とに分離する構成であるため、赤外光に対する分光画像、可視光に対する分光画像をそれぞれ撮像部 1 3 により撮像することができ、広い波長域に対する分光画像の取得が可能となる。

【 0 0 5 4 】

本実施形態では、入射光学系としてテレセントリック光学系 11 が用いられ、このテレセントリック光学系 11 は、波長可変干渉フィルター 5 の固定反射膜 54 及び可動反射膜 55 の面に対して直交し、かつ主光軸が平行となるように、測定対象光（画像光）を導く。

このため、波長可変干渉フィルター 5 において測定対象光の透過位置によって異なる波長の光が透過される等の不都合がなく、撮像部 13 により所望波長に対応した分光画像を精度よく撮像することができる。

【0055】

本実施形態では、可視光が通過する第二光路 L2 には、波長選択部として、波長切替部 6 が設けられている。この波長切替部 6 は、RGB に対応したカラーフィルター 61（61R, 61G, 61B）と、当該カラーフィルター 61 が配置される光通過孔 624（624R, 624G, 624B）を有する回転板 621、及び回転板 621 を回転させる回転駆動部 622 により構成されるフィルター移動部 62 とを備える。

10

このため、フィルター移動部 62 を駆動させて、第二光路 L2 上に配置されるカラーフィルター 61 を切り替えることで、可視光からカラーフィルター 61 に対応した波長域の光を取り出すことができる。

このような波長切替部 6 を用いることで、所定の波長域内の光を取り出した分光画像、すなわち、画像光のうち赤色成分のみを取り出した分光画像、緑色成分のみを取り出した分光画像、及び青色成分のみを取り出した分光画像をそれぞれ取得することができる。

【0056】

20

また、光路部 12 には、第一シャッター 122 及び第二シャッター 124 が設けられている。このため、赤外光及び可視光のいずれかを選択して撮像部に導くことができ、所望波長に対応した分光画像を取得することができる。

【0057】

本実施形態では、第一光路 L1 及び第二光路 L2 は、光路長が等しく構成され、かつ、第一光路 L1 を通過した赤外光、及び第二光路 L2 を通過した可視光は、第二ダイクロイックミラー 126 により、同一の射出光路 L3 上に、光軸が一致する状態で射出される。

このため、第一光路 L1 を通過した画像光の撮像画像、及び第二光路 L2 を通過した画像光の撮像画像において、画素位置を一致させることができる。このため、例えば、分光画像同士を比較する際に、画素ずれ等が発生せず、精度よく、画像比較等の処理を実施できる。

30

【0058】

[第二実施形態]

次に本発明の第二実施形態について、以下に説明する。

上記第一実施形態では、第二光路 L2 には、波長選択部として波長切替部 6 が配置される構成を例示した。これに対して、第二実施形態では、可視光が射出される第二光路においても波長可変干渉フィルターが配置される点で上記第一実施形態と相違する。

図 7 は、第二実施形態の分光カメラの概略構成を示す図である。図 8 は、第二実施形態の光路部の概略構成を示す図である。なお、第一実施形態と同様の構成については、同一符号を付し、その説明を省略又は簡略化する。

40

【0059】

図 7 に示すように、本実施形態の分光カメラ 1A は、テレセントリック光学系 11 と、光路部 12A と、撮像部 13 と、制御部 20 とを備える。

また、本実施形態の光路部 12A は、図 8 に示すように、可視光の光路である第二光路 L2 内に、可視光域可変干渉フィルター 5A が固定される。

この可視光域可変干渉フィルター 5A は、可視光域において透過波長を順次切り替える構成であるため、波長可変干渉フィルター 5 よりも反射膜間ギャップ G1 の初期値が小さく設定されている。その他の構成については、波長可変干渉フィルター 5 と同様である。

【0060】

制御部 20 は、可視光域可変フィルター駆動部 25 を備える。また、制御部 20 の記憶

50

部には、波長可変干渉フィルター 5 を駆動させるための V - λ データの他、可視光域可変干渉フィルター 5 A を駆動させるための V - λ データが別途記憶されている。

【 0 0 6 1 】

可視光域可変フィルター駆動部 2 5 は、近赤外域可変フィルター駆動部 2 3 と略同様の処理を実施する。

すなわち、可視光域可変フィルター駆動部 2 5 は、可視光域の分光画像を取得する際に、記憶部に記憶される可視光域可変干渉フィルター 5 A に対応した V - λ データを参照し、可視光域可変干渉フィルター 5 A の静電アクチュエーター 5 6 に印加する電圧を順次切り替えて、透過する光の波長を順次切り替える。

【 0 0 6 2 】

[本実施形態の作用効果]

本実施形態では、上記第一実施形態と同様、波長可変干渉フィルター 5 が第一光路 L 1 内に固定され、可視光域可変干渉フィルター 5 A が第二光路 L 2 に固定される。このため、波長可変干渉フィルター 5 や可視光域可変干渉フィルター 5 A と、制御部 2 0 との配線構成において、断線や接触不良等の問題がなく、接続信頼性を向上させることができる。

【 0 0 6 3 】

また、複数のカラーフィルターやカラーフィルターを切り替える波長切替部を光路内に配置する場合、配置スペースを確保するために、装置が大型化したり、分光カメラの構成が複雑化したりする。これに対して、波長可変干渉フィルター 5、可視光域可変干渉フィルター 5 A は、単体で複数波長の光を取り出すことができるため、構成の簡略化を図ることができる。

また、波長可変干渉フィルター 5 及び可視光域可変干渉フィルター 5 A では、静電アクチュエーター 5 6 に印加する電圧を制御することで、測定ピッチを細かく設定することができる。

【 0 0 6 4 】

[第三実施形態]

次に、本発明の第三実施形態について以下に説明する。

上述した第一実施形態及び第二実施形態では、光分離部として、第一ダイクロイックミラー 1 2 1 を用い、光射出部として、第二ダイクロイックミラー 1 2 6 を用いた。これに対して、第三実施形態では、これらの光分離部及び光射出部として、ダイクロイックプリズムを用いる点で、上記第一及び第二実施形態と相違する。

【 0 0 6 5 】

図 9 は、第三実施形態の分光カメラにおける光路部の構成を示す図である。なお、本実施形態では、第二実施形態と同様、第二光路 L 2 に可視光域可変干渉フィルター 5 A が設けられる例を示すが、第一実施形態のように、第二光路 L 2 には波長切替部 6 が設けられる構成などとしてもよい。

本実施形態の光路部 1 2 B は、図 9 に示すように、光分離部である第一ダイクロイックプリズム 1 2 1 A、第一シャッター 1 2 2、第一プリズム 1 2 3 A、第二シャッター 1 2 4、第二プリズム 1 2 5 A、光射出部である第二ダイクロイックプリズム 1 2 6 A、波長可変干渉フィルター 5、及び可視光域可変干渉フィルター 5 A を備える。

第一ダイクロイックプリズム 1 2 1 A、第一プリズム 1 2 3 A、第二プリズム 1 2 5 A、及び第二ダイクロイックプリズム 1 2 6 A は、それぞれ、第一ダイクロイックミラー 1 2 1、第一反射ミラー 1 2 3、第二反射ミラー 1 2 5、及び第二ダイクロイックミラー 1 2 6 と同様の機能を有する。

すなわち、第一ダイクロイックプリズム 1 2 1 A は、測定対象光のうち、近赤外光を第一光路 L 1 に反射させ、可視光を第二光路 L 2 に透過させる。第一プリズム 1 2 3 A は、第一ダイクロイックプリズム 1 2 1 A からの近赤外光を波長可変干渉フィルター 5 に反射させる。第二プリズム 1 2 5 A は、第一ダイクロイックプリズム 1 2 1 A からの可視光を可視光域可変干渉フィルター 5 A に反射させる。そして、第二ダイクロイックプリズム 1 2 6 A は、第一光路 L 1 からの赤外光を射出光路 L 3 に透過させ、第二光路 L 2 からの可

10

20

30

40

50

視光を射出光路 L 3 に反射させる。

【 0 0 6 6 】

[本実施形態の作用効果]

本実施形態では、光分離部として第一ダイクロイックプリズム 1 2 1 A が用いられ、光射出部として第二ダイクロイックプリズム 1 2 6 A が用いられる。また、第一光路 L 1 には第一プリズム 1 2 3 A が設けられ、第二光路 L 2 には第二プリズム 1 2 5 A が設けられる。

このようなプリズムは、空気よりも屈折率が大きいため、プリズム内に光を通過させることで、テレセントリック光学系 1 1 から撮像部 1 3 までの光学長を長くすることができる。したがって、各光学部材の配置スペースを十分に確保でき、光路部 1 2 B の設計において有利となる。

10

【 0 0 6 7 】

[変形例]

なお、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。

【 0 0 6 8 】

例えば、上記第一実施形態において、入射光学系としてテレセントリック光学系 1 1 を用いる例を示したが、これに限られない。上述した分光カメラ 1 , 1 A では、測定対象 X の画像を撮像するため、テレセントリック光学系 1 1 を用いることが最適である。一方で、例えば、測定対象の狭い範囲に対する分光スペクトルを測定する場合など、画像として処理する必要性がない場合では、波長可変干渉フィルター 5 や、可視光域可変干渉フィルター 5 A に対して入射光を垂直に入射させることができればよい。この場合、例えば、コリメータレンズ等を用いて、入射光を平行光としてもよい。

20

【 0 0 6 9 】

また、光分離部として、単体の第一ダイクロイックミラー 1 2 1、単体の第一ダイクロイックプリズム 1 2 1 A を用いる例を示したが、例えば複数のダイクロイックミラーや複数のダイクロイックプリズムを用い、更に光を分離させる構成などとしてもよい。例えば、可視光を、さらにダイクロイックプリズム等により赤色光、緑色光、及び青色光に分離させる構成などとしてもよく、測定対象光を、近赤外光、可視光、及び紫外光に分離する構成などとしてもよい。

30

【 0 0 7 0 】

上記第一から第三実施形態では、近赤外光を反射させ、可視光を透過させる第一ダイクロイックミラー 1 2 1 及び第一ダイクロイックプリズム 1 2 1 A、近赤外光を透過させ、可視光を反射させる第二ダイクロイックミラー 1 2 6 及び第二ダイクロイックプリズム 1 2 6 A を例示したが、これに限らない。例えば、光分離部として、近赤外光を第二光路 L 2 に透過させ、可視光を第一光路 L 1 に反射させる第一ダイクロイックプリズム等を用いてもよい。同様に、光射出部として、近赤外光を反射させ、可視光を透過させる第二ダイクロイックプリズム等を用いてもよい。

【 0 0 7 1 】

上記第一から第三実施形態では、第一ダイクロイックミラー 1 2 1 (第一ダイクロイックプリズム 1 2 1 A) と第一反射ミラー 1 2 3 (第一プリズム 1 2 3 A) との間に第一シャッター 1 2 2 を設ける構成としたが、第一シャッター 1 2 2 が設けられる位置としては、第一光路 L 1 内に配置される構成であれば、配置位置は特に限定されない。波長可変干渉フィルター 5 においても同様に、第一光路 L 1 内に固定される構成であれば、配置位置は特に限定されない。例えば、第一ダイクロイックミラー 1 2 1 と第一反射ミラー 1 2 3 の間に波長可変干渉フィルター 5 が配置され、第一反射ミラー 1 2 3 と第二ダイクロイックミラー 1 2 6 との間に第一シャッター 1 2 2 が配置される構成などとしてもよい。

40

第二シャッター 1 2 4 や、可視光域可変干渉フィルター 5 A、波長切替部 6 においても同様であり、第二光路 L 2 内に配置される構成であれば配置位置は特に限定されない。

【 0 0 7 2 】

50

各光路 L 1 , L 2 に波長選択部である波長可変干渉フィルター 5 又は可視光域可変干渉フィルター 5 A、又は波長切替部 6 が配置される例を示したが、これに限定されない。例えば、上述した変形例のように、光分離部により赤外光、緑色光、及び青色光をそれぞれ分離する場合等では、赤外光の光路、緑色光の光路、及び青色光の光路には波長選択部が配置されず、近赤外光の光路のみに波長可変干渉フィルター 5 が配置される構成などとしてもよい。

【 0 0 7 3 】

上記各実施形態では、波長可変干渉フィルター 5 のギャップ量変更部として、電圧印加により静電引力により反射膜間ギャップ G 1 のギャップ量を変動させる静電アクチュエーター 5 6 を例示したが、これに限定されない。

10

例えば、固定電極 5 6 1 の代わりに、第一誘電コイルを配置し、可動電極 5 6 2 の代わりに第二誘電コイルまたは永久磁石を配置した誘電アクチュエーターを用いる構成としてもよい。

さらに、静電アクチュエーター 5 6 の代わりに圧電アクチュエーターを用いる構成としてもよい。この場合、例えば保持部 5 2 2 に下部電極層、圧電膜、および上部電極層を積層配置させ、下部電極層および上部電極層の間に印加する電圧を入力値として可変させることで、圧電膜を伸縮させて保持部 5 2 2 を撓ませることができる。

【 0 0 7 4 】

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他の構造等に適宜変更できる。

20

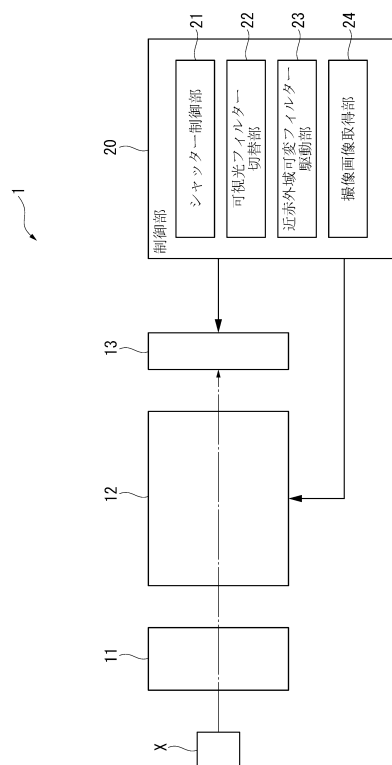
【 符号の説明 】

【 0 0 7 5 】

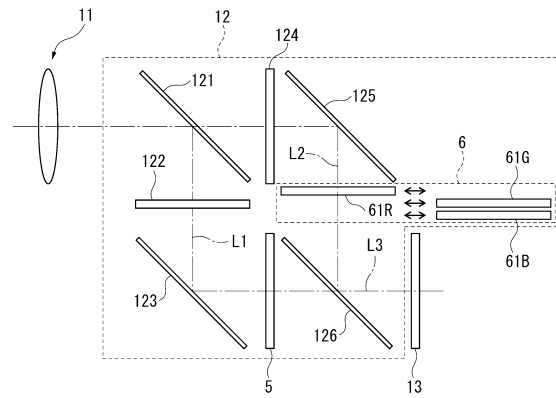
1 , 1 A ... 分光カメラ、 5 ... 波長可変干渉フィルター（波長選択部）、 5 A ... 可視光域可変干渉フィルター（波長可変干渉フィルター、波長選択部）、 6 ... 波長切替部（波長選択部）、 1 1 ... テレセントリック光学系（入射光学系）、 1 3 ... 撮像部（受光部）、 5 1 ... 固定基板（第一基板）、 5 2 ... 可動基板（第二基板）、 5 4 ... 固定反射膜（第一反射膜）、 5 5 ... 可動反射膜（第二反射膜）、 5 6 ... 静電アクチュエーター（ギャップ量変更部）、 6 1 ... カラーフィルター（波長固定フィルター）、 6 2 ... フィルター移動部、 1 2 2 ... 第一シャッター、 1 2 4 ... 第二シャッター、 5 6 1 ... 固定電極、 5 6 2 ... 可動電極、 G 1 ... 反射膜間ギャップ、 L 1 ... 第一光路、 L 2 ... 第二光路、 L 3 ... 射出光路、 X ... 測定対象。

30

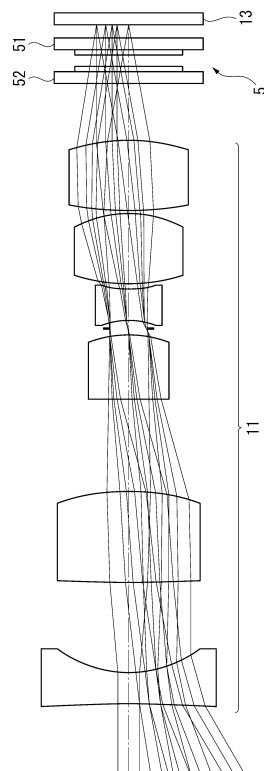
【図 1】



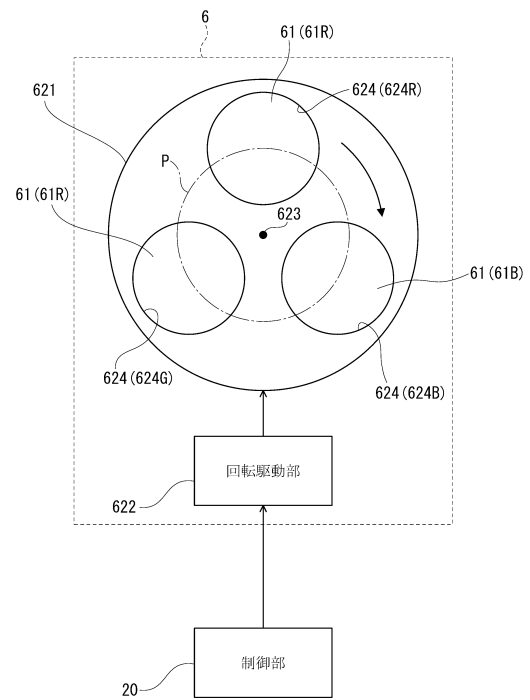
【図 2】



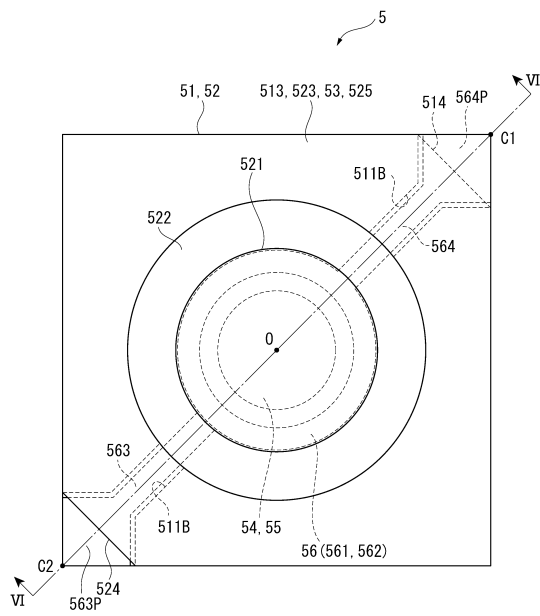
【図 3】



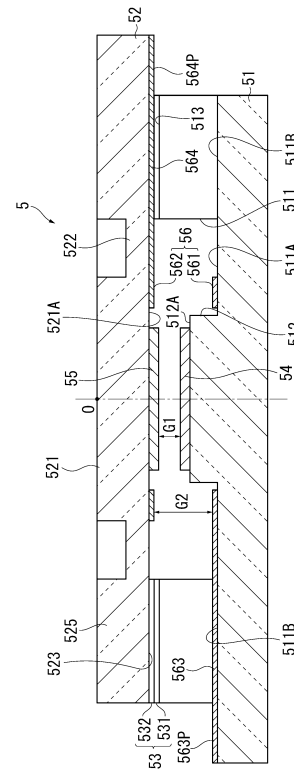
【図 4】



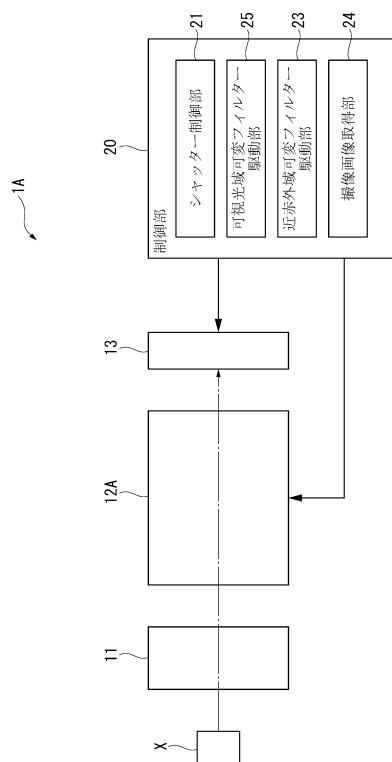
【図 5】



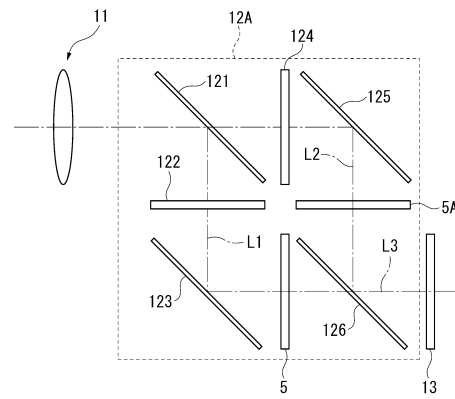
【図 6】



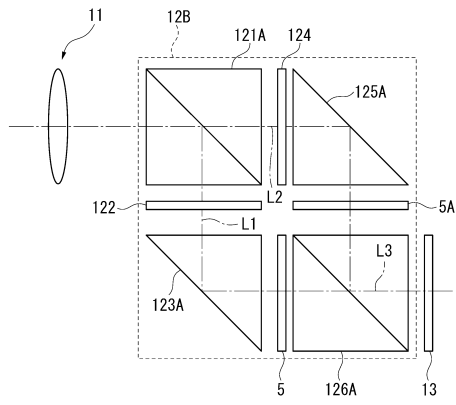
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-249808(JP,A)
特開平10-170444(JP,A)
国際公開第2012/176616(WO,A1)
欧州特許出願公開第1995576(EP,A1)
特開2003-240638(JP,A)
特開2009-244498(JP,A)
特表2011-515675(JP,A)
特開2001-311662(JP,A)
特開2011-150108(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	26/00	-	26/08
G01J	3/00	-	4/04
G01J	7/00	-	9/04
G01N	21/00	-	21/01
G01N	21/17	-	21/61