

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-99074

(P2015-99074A)

(43) 公開日 平成27年5月28日(2015.5.28)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)	
G O 1 J	3/26	(2006.01)	G O 1 J	3/26	2 G O 2 O
G O 1 J	3/50	(2006.01)	G O 1 J	3/50	2 G O 5 9
G O 1 N	21/27	(2006.01)	G O 1 N	21/27	A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2013-238593 (P2013-238593)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	平成25年11月19日 (2013.11.19)		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	100095728
			弁理士 上柳 雅誉
		(74) 代理人	100116665
			弁理士 渡辺 和昭
		(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	牧垣 奉宏
			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

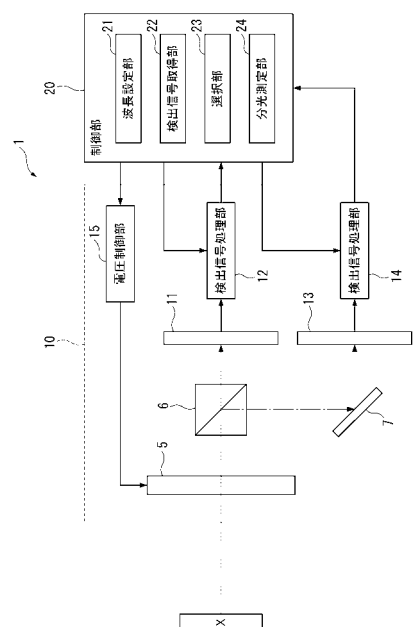
(54) 【発明の名称】 分光測定装置及び分光測定方法

(57) 【要約】

【課題】測定可能な光量幅を容易に拡大可能な分光測定装置及び分光測定方法を提供する。

【解決手段】分光測定装置1は、入射光から所定の波長の光を選択して出射させ、かつ出射させる光の波長を変更可能な波長可変干渉フィルター5と、波長可変干渉フィルター5から出射された出射光を、複数の光に分割する光分割素子6と、光分割素子6によって分割された複数の分割光のそれぞれに対して設けられ、互いに感度が異なる第1受光素子11及び第2受光素子13と、を備えている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

入射光から所定の波長の光を選択して出射させ、かつ出射させる光の波長を変更可能な分光素子と、

前記分光素子から出射された出射光を、複数の光に分割する光分割素子と、

前記光分割素子によって分割された前記複数の分割光のそれぞれに対して設けられ、互いに感度が異なる複数の受光素子と、を備えている

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

前記受光素子は、露光量に応じた検出信号を出力し、

当該分光測定装置は、

前記複数の受光素子からの検出信号を取得する検出信号取得部と、

前記複数の受光素子によって取得された複数の前記検出信号のうち、各検出信号を出力した前記受光素子の適正露光の露光量の範囲に対応した信号レベルで出力された検出信号を選択する選択部と、を備えている

ことを特徴とする分光測定装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の分光測定装置において、

前記受光素子は、光を受光する複数の画素を有し、画素毎に前記検出信号を出力し、

20

前記選択部は、前記複数の受光素子間の対応する画素によって出力された前記複数の検出信号から、当該画素に対応する検出信号を選択する

ことを特徴とする分光測定装置。

【請求項 4】

請求項 2 又は請求項 3 に記載の分光測定装置において、

前記選択部は、前記所定の波長において、複数の前記検出信号のうち、各検出信号を出力した前記受光素子の適正露光の露光量の範囲に対応し、かつ、最も大きい信号レベルで出力された検出信号を選択する

ことを特徴とする分光測定装置。

【請求項 5】

30

請求項 3 に記載の分光測定装置において、

前記複数の受光素子は、解像度がそれぞれ異なり、かつ、感度が高くなるほど、解像度が低くなり、

前記選択部は、前記所定の波長において、同一の測定位置に対して取得された複数の前記検出信号のうち、各検出信号を出力した前記受光素子の適正露光の露光量の範囲に対応し、かつ、最も解像度が高い前記受光素子から出力された検出信号を選択する

ことを特徴とする分光測定装置。

【請求項 6】

請求項 2 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、

40

光源と、

前記光源の各波長に対する出力値を取得する光源特性取得部と、を備え、

前記選択部は、前記分光素子から出射される光の波長に対する前記光源の出力値に応じて検出信号を選択する

ことを特徴とする分光測定装置。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の分光測定装置において、

前記分光素子は、ファブリーペローフィルタである

ことを特徴とする分光測定装置。

【請求項 8】

入射光から所定の波長の光を選択して出射させ、かつ出射させる光の波長を変更可能な

50

分光素子と、前記分光素子から出射された出射光を、複数の光に分割する光分割素子と、前記光分割素子によって分割された前記複数の分割光のそれぞれに対して設けられ、互いに感度が異なる複数の受光素子と、を備えている分光測定装置における分光測定方法であって、

前記分光測定装置は、

前記分光素子により波長を順次切り替えて、各波長において前記複数の受光素子からの検出信号を取得し、

前記複数の受光素子によって取得された複数の前記検出信号のうち、各検出信号を出力した前記受光素子の適正露光の露光量の範囲に対応した信号レベルで出力された検出信号を選択する

10

ことを特徴とする分光測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は分光測定装置及び分光測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、分光素子によって分光された光を受光素子で受光し、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には、分光素子としてそれぞれ異なる帯域を持つ複数のバンドパスフィルターを備え、測定対象と撮像素子との間にバンドパスフィルターを順次配置した際に透過する測定光をそれぞれ撮像素子で受光し、対象物の反射分光スペクトル（分光スペクトル）を取得する撮像装置が記載されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2007-127657号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

30

ところで、特許文献1に記載の撮像装置では、設定された測定対象に対して、撮像素子の適正露光の範囲の露光量を得るために、各測定波長に対して露光時間を設定している。すなわち、撮像素子のダイナミックレンジに対して適正露光の露光量を得るために、複数のバンドパスフィルターのそれぞれについて上記測定対象に対する予備露光を行い、当該予備露光の結果に基づいて、各バンドパスフィルターに対応する各波長について、適正露光となる露光時間を取得している。そして、取得した露光時間で測定対象の撮像を行なっている。すなわち、特許文献1では、撮像素子のダイナミックレンジに対して、各測定波長における露光時間を設定することで、測定可能な光量幅を拡大させている。

【0005】

このように、引用文献1に記載の撮像装置では、測定光の光量変動幅に対応するためには、上述のように露光時間の設定を行わなければならなかった。また、測定対象や測定環境が変わると、その都度、露光時間を設定しなければならず、露光時間の設定処理に時間を要するうえ、設定処理による処理負荷の増大や、操作の煩雑化という課題があった。

40

【0006】

これに対して、ダイナミックレンジが広い1つの受光素子を用いて、測定光の光量変動幅に対応することで、上記課題を解決することが考えられる。しかしながら、通常、分光測定装置では、測定光が分光素子を通過する際にその光量が大幅に減少するため、高精度の分光測定を行うためには、より高感度の受光素子を使用する必要がある。このような、ダイナミックレンジが広く、かつ、高感度の受光素子は、高価であったり、製造そのものが困難であったりするため、測定可能な光量幅の拡大は困難であった。

50

【 0 0 0 7 】

本発明は、測定可能な光量幅を容易に拡大可能な分光測定装置及び分光測定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 】**【 0 0 0 8 】**

本発明の分光測定装置は、入射光から所定の波長の光を選択して出射させ、かつ出射させる光の波長を変更可能な分光素子と、前記分光素子から出射された出射光を、複数の光に分割する光分割素子と、前記光分割素子によって分割された前記複数の分割光のそれぞれに対して設けられ、互いに感度が異なる複数の受光素子と、を備えていることを特徴とする。

10

【 0 0 0 9 】

本発明の分光測定装置は、感度が異なる複数の受光素子を備え、光分割素子による各分割光を上記複数の受光素子のいずれかで受光させ、複数の検出信号を取得する。

このような構成では、測定位置に応じて測定対象からの測定光の光量の変動したり、測定波長に応じて出射光の光量の変動したりする等により、受光素子に入射する分割光の光量の変動するような場合でも、小さい光量に対して高感度の受光素子から検出信号を選択し、大きい光量に対して低感度の受光素子からの検出信号を選択することで、測定光の光量の変動幅に対して、適正露光の露光量の範囲で露光可能な受光素子を少なくとも１つ設けることが容易となる。

これにより、測定可能な測定光の光量幅を拡大させるために、ダイナミックレンジが広く、かつ、高感度の受光素子を用いたり、受光素子のダイナミックレンジに対して露光時間を詳細に設定するために予備露光を行ったりすることなく、測定可能な測定光の光量幅を容易に拡大できる。

20

ここで、適正露光の露光量の範囲とは、受光素子のダイナミックレンジに対して、露光量が露光過多、及び露光不足とならず、階調変化を適正に測定可能な露光量の範囲であり、以下、適性露光範囲とも称する。

また、測定対象や測定環境が変化した場合でも、必ず予備露光を行う必要がないので、測定時間の短縮を図ることができる。

【 0 0 1 0 】

本発明の分光測定装置において、前記受光素子は、露光量に応じた検出信号を出力し、当該分光測定装置は、前記複数の受光素子からの検出信号を取得する検出信号取得部と、前記複数の受光素子によって取得された複数の前記検出信号のうち、各検出信号を出力した前記受光素子の適正露光の露光量の範囲に対応した信号レベルで出力された検出信号を選択する選択部と、を備えていることが好ましい。

30

【 0 0 1 1 】

本発明では、所定の波長において、複数の受光素子で取得された複数の検出信号のうち、これら検出信号を出力した受光素子の適正露光範囲に対応する信号レベルで検出された検出信号のいずれかを選択する。

これにより、適正露光範囲に対応する信号レベルの検出信号に基づく分光測定結果を得ることができる。このため、測定可能な測定光の光量幅を拡大させるとともに、高精度の分光測定を実施することができる。

40

【 0 0 1 2 】

本発明の分光測定装置において、前記受光素子は、光を受光する複数の画素を有し、画素毎に前記検出信号を出力し、前記選択部は、前記複数の受光素子間の対応する画素によって出力された前記複数の検出信号から、当該画素に対応する検出信号を選択することが好ましい。

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、分光測定装置は、複数の画素を有する受光素子により各波長の光を受光し、各画素について露光量に対応した検出信号を取得する。

複数画素を有する１つの受光素子により測定光を受光し、例えば分光画像を取得する場合

50

合、画像内において、所定波長に対する反射率が高い部位に対応した画素では、信号レベルが大きくなり、反射率が低い部位に対応した画素では、信号レベルが小さくなる。このような場合、例えば、反射率が高い部位に対して飽和露光量を超えない露光時間を設定すると、反射率が低い部位に対応した画素では、十分な露光量を取得できない。したがって、反射率が低い部分に対応した画素では、露光量とノイズ成分との差が小さく、検出信号においてもノイズ成分の含有率が高くなって精度の高い分光画像を取得できない。

逆に、反射率が低い部位に対して適正露光の範囲の露光量となるように露光時間を設定すると、反射率が高い部位に対応した画素では、露光過多となるおそれがあり、精度の高い分光画像を取得できない。

これに対して、本発明では、上述のように画素毎に検出信号を選択するため、反射率が低い部位に対応した画素においても、ノイズ成分を低減した（ＳＮ比が高い）測定を実施できる。また、上述のように、画素毎に適正露光範囲の上限に対応する最大信号レベルを超えない検出信号を選択するので、露光過多により正確な受光量を取得できない画素の発生を抑制できる。以上から、精度の高い分光測定を実施できる。

【００１４】

本発明の分光測定装置において、前記選択部は、前記所定の波長において、複数の前記検出信号のうち、各検出信号を出力した前記受光素子の適正露光の露光量の範囲に対応し、かつ、最も大きい信号レベルで出力された検出信号を選択することが好ましい。

【００１５】

本発明では、分光測定装置は、所定の波長において、同一の測定位置に対して取得された複数の検出信号のうち、最大信号レベルを超えず、かつ信号レベルが最も大きい検出信号を選択する。

これにより、異なる感度を有する複数の受光素子のうち、露光量が飽和レベルに到達していない、最も感度が高い受光素子からの検出信号を選択することができる。したがって、露光過多の抑制及び露光不足によるノイズの低減をより確実に図ることができ、より一層高精度の分光測定を実施することができる。

【００１６】

本発明の分光測定装置において、前記複数の受光素子は、解像度がそれぞれ異なり、かつ、感度が高くなるほど、解像度が低くなり、前記選択部は、前記所定の波長において、同一の測定位置に対して取得された複数の前記検出信号のうち、各検出信号を出力した前記受光素子の適正露光の露光量の範囲に対応し、かつ、最も解像度が高い前記受光素子から出力された検出信号を選択することが好ましい。

【００１７】

本発明では、分光測定装置は、互いに解像度が異なり、同一の測定位置からの測定光に基づく分割光を受光した複数の受光素子間において、対応する画素のそれぞれから検出信号を出力する。そして、これら検出信号のうち、各検出信号を出力した受光素子の適正露光範囲に対応する信号レベルであり、かつ、最も解像度が高い受光素子からの検出信号を、対応する画素の検出信号として選択する。

これにより、適正露光範囲に対応し、かつ、より高解像度の受光素子からの検出信号を分光測定結果として選択することができ、測定光の光量に応じて露光時間を変更したり、そのために露光時間を設定するための予備露光を実行したりすることなく、より解像度が高い測定結果を容易に取得することができる。また、上述のように予備露光を行う必要がないので、上記解像度が高い測定結果を取得する際の測定時間を短縮できる。

【００１８】

本発明の分光測定装置において、光源と、前記光源の各波長に対する出力値を取得する光源特性取得部と、を備え、前記選択部は、前記分光素子から出射される光の波長に対する前記光源の出力値に応じて検出信号を選択することが好ましい。

【００１９】

本発明では、分光測定装置は、光源の各波長に対する出力値、すなわち光量値を示す光源特性を取得する。この光源特性により、各波長における分光素子の出射光の光量や分割

10

20

30

40

50

光の光量の上限値を予測することができる。すなわち、各波長における、分割光の光量の上限値の大小は、光源の出力値の大小に対応する。したがって、分光測定装置は、例えば、光源の出力値が大きい場合は、低感度の受光素子による検出信号を選択し、出力値が小さい場合は、高感度の受光素子による検出信号を選択する。また、受光感度が波長領域（例えば、赤外領域、可視領域、及び紫外領域等）によって異なる受光素子を複数備える場合、測定波長に応じて最適な受光感度を有する受光素子からの検出信号を選択する。このように、光源の特性や、測定波長に応じて、適切な検出信号を選択することができる。また、光源を有することにより、測定対象に照射される光の光量変動を抑制でき、測定光の変動を抑制できる。これにより、より高精度の測定を実施できる。

【0020】

本発明の分光測定装置において、前記分光素子は、ファブリーペローフィルタであることが好ましい。

本発明では、分光素子としてファブリーペローフィルタを用いることにより、測定対象波長の間隔を例えば10nm等の微細な間隔で測定を行うことができる。したがって、制御可能な測定対象波長の間隔が大きな場合と比べて、測定対象波長域に対して多くの測定波長（例えば数十の測定波長）で測定を実施できる。この場合、測定対象に対して複数の測定波長で上述の予備露光を行ったり、測定対象が変更される度に予備露光を行ったりすると、数個程度の波長で測定する場合と比べて、予備露光に費やされる時間が長くなる。したがって、本発明のように予備露光を行う必要がない構成では、ファブリーペローフィルタを使用する場合に、より一層の測定時間の短縮を図ることができる。

【0021】

本発明の分光測定方法は、入射光から所定の波長の光を選択して出射させ、かつ出射させる光の波長を変更可能な分光素子と、前記分光素子から出射された出射光を、複数の光に分割する光分割素子と、前記光分割素子によって分割された前記複数の分割光のそれぞれに対して設けられ、互いに感度が異なる複数の受光素子と、を備えている分光測定装置における分光測定方法であって、前記分光測定装置は、前記分光素子により波長を順次切り替えて、各波長において前記複数の受光素子からの検出信号を取得し、前記複数の受光素子によって取得された複数の前記検出信号のうち、各検出信号を出力した前記受光素子の適正露光の露光量の範囲に対応した信号レベルで出力された検出信号を選択することを特徴とする。

【0022】

本発明によれば、感度が異なる複数の受光素子のそれぞれに対応する複数の検出信号を取得し、各検出信号を検出した受光素子の適正露光範囲に対応する信号レベルで検出された検出信号を選択する。

これにより、上記本発明に係る分光測定装置と同様に、測定可能な測定光の光量幅（ダイナミックレンジ）を拡大させることができる。このため、ダイナミックレンジが広く、かつ、高感度の受光素子を用いたり、撮像素子のダイナミックレンジに対して露光時間を詳細に設定したりすることなく、測定可能な測定光の光量幅を容易に拡大できる。

また、測定対象や測定環境が変化した場合でも、必ず予備露光を行う必要がないので、測定時間の短縮を図ることができる。

また、これにより、適正露光範囲に対応する信号レベルの検出信号を、各測定波長における各測定位置に対する分光測定結果とすることができ、上記ダイナミックレンジを拡大させることができるとともに、高精度の分光測定を実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】第一実施形態の分光測定装置の概略構成を示すブロック図。

【図2】上記実施形態の波長可変干渉フィルタの概略構成を示す平面図。

【図3】上記実施形態の波長可変干渉フィルタの概略構成を示す断面図。

【図4】露光時間と検出信号との関係の一例を示すグラフ。

【図5】上記実施形態の分光測定処理を示すフローチャート。

【図 6】測定波長と検出信号との関係の一例を示すグラフ。

【図 7】第二実施形態の分光測定装置が備える受光素子の概略構成を示す図。

【図 8】露光時間と検出信号との関係の一例を示すグラフ。

【図 9】分光画像の一例を示す図。

【図 10】第三実施形態の分光測定装置の概略構成を示すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0024】

[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。

[分光測定装置の構成]

図 1 は、本発明に係る分光測定装置の概略構成を示すブロック図である。

分光測定装置 1 は、測定対象 X で反射した測定対象光における各波長の光強度を分析し、分光スペクトルを測定する装置である。なお、本実施形態では、測定対象 X で反射した測定対象光を測定する例を示すが、測定対象 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。

そして、この分光測定装置 1 は、図 1 に示すように、光学モジュール 10 と、光学モジュール 10 を制御しかつ、当該光学モジュール 10 から出力された信号を処理する制御部 20 と、を備えている。

【0025】

[光学モジュールの構成]

光学モジュール 10 は、波長可変干渉フィルタ 5 と、光分割素子 6 と、ミラー 7 と、第 1 受光素子 11 と、第 2 受光素子 13 と、各受光素子 11, 13 のそれぞれに対して設けられた検出信号処理部 12, 14 と、電圧制御部 15 と、を備える。

この光学モジュール 10 は、測定対象 X で反射された測定対象光を、入射光学系（図示略）を通して、波長可変干渉フィルタ 5 に導き、波長可変干渉フィルタ 5 を透過した光を、光分割素子 6 で略同一光量の二つの分割光に分割し、一方の分割光を第 1 受光素子 11 で受光し、他方の分割光を第 2 受光素子 13 で受光する。そして、第 1 受光素子 11 から出力された検出信号は検出信号処理部 12 を介して、第 2 受光素子 13 から出力された検出信号は検出信号処理部 14 を介して制御部 20 に入力される。

【0026】

[波長可変干渉フィルタの構成]

図 2 は、波長可変干渉フィルタの概略構成を示す平面図である。図 3 は、図 2 の I-I' - I-I' 線を断面した際の波長可変干渉フィルタの断面図である。

波長可変干渉フィルタ 5 は、波長可変型のファブリーペローエタロンである。この波長可変干渉フィルタ 5 は、例えば矩形板状の光学部材であり、固定基板 51 と可動基板 52 とを備えている。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。

【0027】

固定基板 51 には、固定反射膜 54 が設けられ、可動基板 52 には、可動反射膜 55 が設けられている。これらの固定反射膜 54 及び可動反射膜 55 は、ギャップ G1 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 5 には、このギャップ G1 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 56 が設けられている。

また、波長可変干渉フィルタ 5 を固定基板 51（可動基板 52）の基板厚み方向から見た図 2 に示すような平面視（以降、フィルタ平面視と称する）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

10

20

30

40

50

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 2 8 】

(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 2 9 】

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 3 0 】

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 3 1 】

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 3 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 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。

【 0 0 3 2 】

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 3 3 】

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、

10

20

30

40

50

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 3 4 】

(可動基板の構成)

可動基板 5 2 は、図 2 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 2 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 3 5 】

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 3 6 】

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 3 7 】

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。したがって、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 3 8 】

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

10

20

30

40

50

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。

【 0 0 3 9 】

〔 光分割素子及びミラーの構成 〕

次に、図 1 に戻り、光学モジュール 1 0 の他の構成について説明する。

光分割素子 6 は、波長可変干渉フィルタ 5 を透過した光を略同一の光量の二つの分割光に分割するビームスプリッターである。なお、光分割素子 6 として、例えば、s 偏光及び p 偏光のうち、一方の偏光成分を透過させ、他方の偏光成分を反射する偏光ビームスプリッターでもよい。また、入射光の一部は透過させ、他を反射するハーフミラー等が例示される。この光分割素子 6 は、波長可変干渉フィルタ 5 を透過し第 1 受光素子 1 1 に向かう光の光路上に配置される。光分割素子 6 を透過した分割光は、第 1 受光素子 1 1 で受光される。

10

ミラー 7 は、光分割素子 6 の反射面で反射された分割光を、第 2 受光素子 1 3 に向けて反射する。

【 0 0 4 0 】

〔 受光素子、検出信号処理部、及び電圧制御部の構成 〕

第 1 受光素子 1 1 は、波長可変干渉フィルタ 5 を透過し、光分割素子 6 で分割された分割光を複数の画素のそれぞれで受光（検出）し、画素毎に受光量に基づいた検出信号（第 1 検出信号）を検出信号処理部 1 2 に出力する。つまり、第 1 受光素子 1 1 は、光が露光されると、その露光量に応じた検出信号を画素毎に出力する。

第 2 受光素子 1 3 は、同様に、波長可変干渉フィルタ 5 を透過し、光分割素子 6 で分割された分割光を画素毎に受光し、受光量に基づいた検出信号（第 2 検出信号）を画素毎に検出信号処理部 1 4 に出力する。

20

各受光素子 1 1 , 1 3 は、それぞれ異なる感度を有し、第 1 受光素子 1 1 は、第 2 受光素子 1 3 よりも低感度の受光素子である。各受光素子 1 1 , 1 3 は感度が相対的に異なるので、以下、第 1 受光素子 1 1 を低感度の受光素子、第 2 受光素子 1 3 を高感度の受光素子とも表現する。

【 0 0 4 1 】

ここで、分光測定装置 1 は、分光測定を行う前に、各受光素子 1 1 , 1 3 の少なくともいずれかが各受光素子 1 1 , 1 3 における適正露光の範囲で露光されるように、すなわち、実際の分光測定処理を実施する照明環境下における分割光の光量に対して、露光時間を設定することが好ましい。波長可変干渉フィルタ 5 からの出射光の一部である分割光の光量は、測定光の光量に対応し、この測定光の光量は照明光の光量に対応する。したがって、照明環境が変化した場合、これに応じて分割光の光量も変化するため、照明環境に対して露光時間を設定することにより、より高精度の分光測定を実施することができる。なお、露光時間は、予め設定されているものを使用してもよい。

30

【 0 0 4 2 】

なお、各受光素子 1 1 , 1 3 は、それぞれ、適正露光範囲に応じて、測定可能な測定光の光量幅として所定の光量幅を有する。各受光素子 1 1 , 1 3 のそれぞれにおける、上記所定の光量幅は、少なくとも一部が重複している。これにより、分光測定装置 1 では、これら受光素子 1 1 , 1 3 により連続した 1 つの所定の光量幅の範囲にある測定光の光量を適切に検出できる。

40

より具体的には、高感度の第 2 受光素子 1 3 の適正露光範囲の最大値に対応する測定光の光量が、低感度の第 1 受光素子 1 1 の適正露光範囲の最小値に対応する測定光の光量以上となるように、各受光素子 1 1 , 1 3 の適正露光範囲や露光時間が設定されている。これにより、露光時間で露光された際に、第 1 受光素子 1 1 及び第 2 受光素子 1 3 のいずれかの受光素子によって適正露光範囲に対応する検出信号が出力される。

【 0 0 4 3 】

露光時間の設定は、例えば、所定波長域の各波長に対して、所定の第一規定値（例えば 9 9 % ）以上の反射率を有する高反射基準物及び、上記所定波長域に各波長に対して所定の第二規定値（例えば 1 % ）以下の反射率を有する低反射基準物を測定対象として、分光

50

測定を実施する。例えば、可視光域に対する分光測定を実施する場合、高反射基準物として、白色基準板等を用いることができ、低反射基準物として、黑色基準板等を用いることができる。

【0044】

図4は、各受光素子11, 13のそれぞれの一つの画素における、露光時間と検出信号の信号レベル(画素出力;電圧)との関係の一例を模式的に示すグラフであり、図4(A)は、低感度の第1受光素子11に関し、図4(B)は、高感度の第2受光素子13に関する上記関係を示している。なお、図4(A)における検出信号A及び図4(B)における検出信号Cは、白色基準板を測定した際の測定結果であり、図4(A)における検出信号B及び図4(B)における検出信号Dは、黑色基準板を測定した際の測定結果である。

10

【0045】

図4に示すように、測定対象の反射率が高い場合では、反射率が低い場合と比べて、露光時間に対して検出信号の信号レベルが増大する割合が大きい。逆に、測定対象の反射率が低い場合、反射率が高い場合と比べて、露光時間に対して検出信号の信号レベルが増大する割合が小さい。露光時間が長すぎると、低感度の第1受光素子11における検出信号レベルが第1受光素子11の適正露光波範囲の上限値に到達してしまうおそれがあり、高反射率の測定対象に関する検出信号を適正に取得できないおそれがある。また、露光時間が短すぎると、第2受光素子13における検出信号レベルが第2受光素子13の適正露光範囲の下限値に到達しないおそれがある。この場合、検出信号の信号レベルも小さく、例えば外光等によるノイズ成分が多くなり、S/N比が悪化する。

20

したがって、本実施形態では、少なくとも、分割光の光量が比較的大きい場合は低感度の第1受光素子11の適正露光範囲で、かつ、分割光の光量が比較的小さい場合は高感度の第2受光素子13の適正露光範囲で露光可能なように、露光時間を設定する。

【0046】

具体的には、図4(A)に示すように、低感度の第1受光素子11において、白色基準板からの反射光を測定した際に、各波長において、第1受光素子11の一画素から出力される検出信号Aの信号レベル V_{H1} が、当該第1受光素子11の飽和露光量に対応した最大信号レベル V_{max1} 未満となり、かつ、適正露光の下限値に対応した下限信号レベル V_{min1} 以上となるように、露光時間 T_c を設定する。なお、露光時間 T_c で、黑色基準板からの反射光を第1受光素子11で受光した場合の検出信号の信号レベル V_{L1} は、信号レベル V_{H1} よりも小さくなる。

30

一方、図4(B)に示すように、高感度の第2受光素子13において黑色基準板からの反射光を受光し、露光時間 T_c が経過した際に、各波長に対する第2受光素子13の一画素から出力される検出信号Dが第2受光素子13の飽和露光量に対応する最大信号レベル V_{max2} 未満で、かつ、適正露光の下限値に対応した下限信号レベル V_{min2} 以上となるように、露光時間 T_c を設定する。なお、露光時間 T_c で、白色基準板からの反射光を測定した場合、第2受光素子13からの検出信号の信号レベルは、第2受光素子13の最大信号レベル V_{max2} に到達している。

以上のように、本実施形態では、白色基準板を測定した際に、第1受光素子11からの検出信号が、第1受光素子11における最大信号レベル V_{max1} 未満で、かつ、黑色基準板を測定した際に、第2受光素子13からの検出信号が下限信号レベル V_{min2} 以上となるように露光時間 T_c を設定する。

40

【0047】

上記露光時間は、主に外光や照明光の照度に依存する。したがって、分光測定装置1では、実際に分光測定を行う照明環境下において、所定の基準物(例えば白色基準板や黑色基準板等)に対して実施された分光測定の結果に基づいて、各露光時間の設定を行ってもよい。なお、照明光の照度と、上記各露光時間とを対応づけたテーブルを、予めメモリーに記憶しておき、照明光の照度と当該テーブルに基づいて露光時間を設定してもよい。設定された露光時間についての情報は、メモリーに記憶される。

【0048】

50

検出信号処理部 12, 14 は、入力された検出信号（アナログ信号）を増幅したのち、デジタル信号に変換して制御部 20 に出力する。検出信号処理部 12, 14 は、検出信号を増幅するアンプや、アナログ信号をデジタル信号に変換する A/D 変換器等により構成される。

電圧制御部 15 は、制御部 20 の制御に基づいて、波長可変干渉フィルタ 5 の静電アクチュエータ 56 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 56 の固定電極 561 及び可動電極 562 間で静電引力が発生し、可動部 521 が固定基板 51 側に変位する。

【0049】

[制御部の構成]

次に、分光測定装置 1 の制御部 20 について説明する。

制御部 20 は、例えば CPU やメモリー等が組み合わされることで構成され、分光測定装置 1 の全体動作を制御する。この制御部 20 は、図 1 に示すように、波長設定部 21 と、検出信号取得部 22 と、選択部 23 と、分光測定部 24 と、を備えている。また、制御部 20 のメモリーには、波長可変干渉フィルタ 5 を透過させる光の波長と、当該波長に対応して静電アクチュエータ 56 に印加する駆動電圧との関係を示す V - データが記憶されている。

【0050】

波長設定部 21 は、波長可変干渉フィルタ 5 により取り出す光の目的波長を設定し、V - データに基づいて、設定した目的波長に対応する駆動電圧を静電アクチュエータ 56 に印加させる旨の指令信号を電圧制御部 15 に出力する。

検出信号取得部 22 は、露光時間 T_c が経過したタイミングで各受光素子 11, 13 からの検出信号を取得し、波長可変干渉フィルタ 5 を透過した目的波長の光の分割光に対応する検出信号を取得する。

選択部 23 は、各受光素子 11, 13 の各画素に対応する検出信号から、各受光素子 11, 13 のそれぞれの飽和露光量に対応した最大信号レベル V_{max} 未満である検出信号（第 1 検出信号及び第 2 検出信号）から、信号レベルが大きい一方の検出信号を画素毎に選択する。

分光測定部 24 は、検出信号取得部 22 により取得された光量に基づいて、測定対象光のスペクトル特性を測定する。

【0051】

[分光測定処理]

次に、上述したような分光測定装置 1 による分光測定処理について、図面に基づいて以下に説明する。

図 5 は、分光測定装置 1 による分光測定処理のフローチャートである。

分光測定処理では、波長設定部 21 は、測定開始の指示を受けると、図 6 に示すように、メモリーに記憶された V - データから、測定対象波長域の所定の測定波長に対する駆動電圧を読み出し、当該駆動電圧を静電アクチュエータ 56 に印加する旨の指令信号を電圧制御部 15 に出力する。これにより、静電アクチュエータ 56 に駆動電圧が印加され、ギャップ G1 が、測定波長に対応した寸法に設定される（ステップ S1）。

【0052】

ステップ S1 により、ギャップ G1 が測定波長に対応した寸法に設定されると、波長可変干渉フィルタ 5 から測定波長の光が透過され、光分割素子 6 で分割された各分割光が各受光素子 11, 13 に入射する。ここで、検出信号取得部 22 は、測定光の検出を開始する指令信号に基づいて、各受光素子 11, 13 による測定光の検出を開始する（ステップ S2）。

【0053】

検出信号取得部 22 は、分光測定が開始されてから露光時間 T_c が経過すると、第 1 受光素子 11 の各画素における検出信号（第 1 検出信号）、及び第 2 受光素子 13 の各画素における検出信号（第 2 検出信号）を取得する。そして、検出信号取得部 22 は、取得し

10

20

30

40

50

た画素毎の第 1 検出信号と、その画素位置（アドレスデータ）と、波長可変干渉フィルタ 5 から出射された光の波長（測定波長）と、を関連付けた第 1 受光データをメモリに記憶する。また、検出信号取得部 22 は、第 2 検出信号に対しても同様に、画素位置と、測定波長と、を関連付けた第 2 受光データをメモリに記憶する（ステップ S 3）。

【0054】

この後、制御部 20 は、測定対象波長域において、全ての測定波長の光の光量が取得されたか否かを判断する（ステップ S 4）。

ステップ S 4 において、分光測定を行っていない測定波長がある場合（「No」と判定された場合）、ステップ S 1 に戻り、測定波長を変更して光量測定を継続する。以上のように、測定対象波長域内の各波長を順次切り替えて測定を実施することで、各波長のそれぞれに対して、第 1 受光データ、及び第 2 受光データが取得される。

なお、測定波長としては、例えば測定者により予め設定された波長であってもよく、所定波長間隔（例えば 10 nm 間隔）となる波長であってもよい。

【0055】

ステップ S 4 において、全ての測定波長の分光測定が行われたと判定された場合、選択部 23 は、各波長の各画素についての測定結果として、第 1 受光データ及び第 2 受光データのいずれか 1 つを選択する（ステップ S 5）。選択部 23 は、各波長の各画素について、第 1 検出信号及び第 2 検出信号のうち、適正露光範囲に対応する信号レベルである検出信号の 1 つを選択する。特に本実施形態では、低感度の第 1 受光素子 11 からの第 1 検出信号と、高感度の第 2 受光素子 13 からの第 2 検出信号との 2 つの検出信号のうち、各検出信号を出力した受光素子の飽和露光量に対応した最大信号レベル未満であり、かつ、信号レベルが大きい方の検出信号を含む受光データを選択する。

言い換えると、検出信号が大きい第 2 受光素子 13 により取得された分光画像において、光量が最大信号レベルに対応する光量を超える画素（光量異常画素）を検出する。そして、第 1 受光素子 11 により取得された分光画像の前記光量異常画素に対応する画素の光量を検出し、その光量を感度比に応じて補正した補正光量に置き換える。

【0056】

図 6 は、第 1 受光素子 11 を構成する複数の画素のうちの所定の 1 画素における、測定波長と、検出信号の信号レベルとの関係の一例を示すグラフである。図 6 に示すように、第 1 検出信号 V_1 は、低感度の第 1 受光素子 11 による検出信号であり、高感度の第 2 受光素子 13 による第 2 検出信号 V_2 よりも小さい信号レベルとなる。また、第 1 検出信号 V_1 は、上述のように、飽和露光量を超えない露光時間 T_c に対応した検出信号となるため、測定対象波長域の各波長に対して、最大信号レベル V_{max1} 未満の信号レベルとなる。また、第 2 検出信号 V_2 は、上述のように、最適露光範囲の下限を下回らない露光時間 T_c に対応した検出信号となるため、下限信号レベル V_{min2} 以上の信号レベルとなる。

高感度の第 2 受光素子 13 による第 2 検出信号 V_2 が最大信号レベル V_{max2} 未満の場合、すなわち、図 6 に示す区間 L の波長域では、露光量が大きい第 2 検出信号 V_2 に対応した第 2 受光データが選択される。

また、第 2 検出信号 V_2 が最大信号レベル V_{max2} に達している場合、すなわち、図 6 に示す区間 M の波長域では、第 1 受光素子 11 の最大信号レベル V_{max1} 未満の第 1 検出信号 V_1 に対応した第 1 受光データが選択される。

選択部 23 は、各波長及び各画素について、上述のように受光データの選択を行う。これにより、各波長及び各画素について、適正露光範囲の露光量により取得された受光データが選択される。

【0057】

次に、分光測定部 24 は、選択された受光データを用いて、分光スペクトルを取得する（ステップ S 6）。

本実施形態において、第 1 検出信号 V_1 と第 2 検出信号 V_2 とは、感度が異なる受光素子による検出信号のため、信号レベルと露光量とがそれぞれ異なっている。このため、検出信号を感度に応じて補正する必要がある。ここで、各検出信号が取得される際の露光時

10

20

30

40

50

間が同一の場合は、感度に比例して信号レベルも増大する。

例えば、分光測定部 24 は、第 1 検出信号 V_1 の信号レベルに対して、補正係数（例えば、第 2 受光素子の感度 / 第 1 受光素子の感度）を掛ける（図 6 の区間 M における破線で示す信号レベルを参照）。一方、第 2 検出信号 V_2 の信号レベルは、そのまま、光量に対応した値となる。これにより、区間 M における第 1 検出信号に対応する光量を、区間 L と同じ第 2 検出信号に対応する光量として算出することができる。なお、上述のように算出した光量に対応する値に対して、さらに、所定のゲインを掛ける等の処理を実施してもよい。

そして、分光測定部 24 は、各波長について算出した光量を用いて、測定対象の分光スペクトルを算出する。

【0058】

なお、分光測定部 24 は、第 2 検出信号 V_2 の信号レベルに対して、補正係数（例えば、第 1 受光素子の感度 / 第 2 受光素子の感度）を掛けて、第 2 検出信号 V_2 の信号レベルを第 1 検出信号 V_1 の信号レベルに合わせるように構成してもよい。また、分光測定部 24 は、各検出信号に対応する受光素子の感度で割って、各受光素子の間で比較可能な信号レベルを算出するように構成してもよい。

【0059】

[第一実施形態の作用効果]

本実施形態では、感度が異なる各受光素子 11, 13 を備え、光分割素子 6 による分割光を各受光素子 11, 13 のそれぞれで受光させ、低感度の第 1 受光素子 11 による第 1 検出信号 V_1 と、高感度の第 2 受光素子 13 による第 2 検出信号 V_2 とを取得する。

このような構成では、測定波長や測定対象に応じて分割光の光量の変動する場合でも、光量が多い分割光は低感度の第 1 受光素子 11、光量が少ない分割光は低感度の第 2 受光素子 13 で検出することができる。したがって、測定光の光量の変動幅に対して、適正露光範囲で露光可能な受光素子を少なくとも 1 つ設けることが容易となる。

これにより、測定可能な測定光の光量幅を拡大させるために、ダイナミックレンジが広く、かつ、高感度の受光素子を用いたりする必要がない。また、例えば、受光素子のダイナミックレンジに対して最適露光範囲の露光量となる露光時間を各測定波長において設定するために、予備露光を行ったりする必要がない。したがって、測定可能な測定光の光量幅を容易に拡大できる。また、予備露光を行う必要がないので、測定時間の短縮を図ることができる。

【0060】

本実施形態では、選択部 23 は、各測定波長における、対応する画素の第 1 検出信号 V_1 及び第 2 検出信号 V_2 のうち、適正露光範囲の露光量に対応する信号レベルで検出された検出信号を選択する。これにより、異なる感度を有する各受光素子 11, 13 のそれぞれに対応する適正露光範囲を測定可能な露光範囲とすることができ、測定可能な測定光の光量幅（ダイナミックレンジ）を拡大させることができる。また、ダイナミックレンジが拡大されたうえに、適正露光範囲に対応する信号レベルの検出信号を分光測定結果とすることができ、より高精度の分光測定を実施することができる。

特に本実施形態では、選択部 23 は、第 1 検出信号 V_1 及び第 2 検出信号 V_2 のうち、最大信号レベル未満で、かつ、最も大きい検出信号を選択する。これにより、複数の波長に対して飽和露光量を超えない、最大露光量に対応した検出信号を選択することができる。これにより、ノイズの低減を図り、より高精度の分光測定を図ることができる。

また、複数の波長に対して、飽和露光量を超えず、かつ、適正露光の範囲の露光量を得るために、測定対象毎に各波長に対する適正な露光時間を設定する予備露光を行う必要がない。このため、測定時間を短縮することができる。

また、予備露光を行う必要がないので、測定対象を変更しながら連続的に測定を行う場合においてさらに測定時間を短縮することができる。

【0061】

本実施形態では、各受光素子 11, 13 は、複数の画素のそれぞれで検出信号を出力す

10

20

30

40

50

る。選択部 23 は、各受光素子 11, 13 のうち対応する画素について、低感度の第 1 受光素子 11 で取得された第 1 検出信号 V_1 と、高感度の第 2 受光素子 13 で取得された第 2 検出信号 V_2 とのうち、信号レベルが最大信号レベル未満の各検出信号 V_1, V_2 のいずれかを選択する。

ここで、複数画素を有する受光素子により受光する場合、測定波長に対する反射率が高い部位に対応した画素では、信号レベルが大きくなり、反射率が低い部位に対応した画素では、信号レベルが小さくなる。このような場合、例えば、予備露光等により各波長に対応した露光時間を設定する際に、反射率が高い部位に対応して飽和露光量を超えないように露光時間が設定されると、反射率が低い部位に対応した画素では、十分な露光量を取得できない場合がある。この場合、反射率が低い部分に対応した画素では、取得した露光量とノイズ成分との差が小さく、検出信号においてもノイズ成分の含有率が高くなって精度の高い分光測定を実施できない。

一方、反射率が低い部位の露光量を適正露光の範囲で行うのに十分な露光時間が設定されると、反射率が高い部位に対応した画素では、露光過多となるおそれがあり、精度の高い分光測定を実施できない。

これに対して、本実施形態では、上述のように画素毎に検出信号を選択するため、反射率が低い部位に対応した画素においても、ノイズ成分を低減した (S/N 比が高い) 測定を実施できる。また、上述のように、画素毎に最大信号レベル未満の検出信号を選択するので、露光過多により正確な受光量を取得できない画素の発生を抑制できる。

以上のような構成では、撮像画像のうち、ユーザーにより指定された所定の 1 画素の分光測定 (色測定) を実施したい場合等において、画素毎に精度の高い分光測定を実施できる。

【0062】

本実施形態では、低感度の第 1 受光素子 11 により、可視領域の反射率が高い基準物である白色基準物に対する各波長の露光量を取得した際に、各波長に対応する各検出信号が、最大信号レベル V_{max1} 未満の露光時間 T_c を設定する。

これにより、低感度の第 1 受光素子 11 の第 1 検出信号 V_1 として、各波長に対して飽和露光量に対応する最大信号レベル V_{max1} 未満の検出信号を取得できる。したがって、反射率が大きい波長域領域を含む測定対象を測定する場合でも、予備露光を行って、露光時間を設定することなく、測定対象波長域の各波長に対して露光過多となることがない露光量に対応する検出信号を少なくとも 1 つ取得することができる。

【0063】

また、本実施形態では、高感度の第 2 受光素子 13 により、可視領域において反射率が低い基準物である黑色基準物に対する各波長の露光量を取得した際に、各波長に対応する各検出信号が、下限信号レベル V_{min2} 以上となる露光時間 T_c を設定する。

これにより、高感度の第 2 受光素子 13 の第 2 検出信号 V_2 として、各波長に対して適正露光の範囲の下限値に対応する下限信号レベルを下回らない検出信号を少なくとも 1 つ取得できる。

また、上述の露光時間 T_c に対応する第 1 検出信号 V_1 及び第 2 検出信号 V_2 を取得することにより、適正露光範囲に対応する検出信号を少なくとも 1 つ取得することができる。これにより、反射率が大きい測定対象や、反射率が小さい測定対象を連続して測定する場合でも、第 1 検出信号 V_1 及び第 2 検出信号 V_2 の少なくともいずれかを適正露光範囲に対応する検出信号として取得できる。したがって、測定対象が変わる度に、各波長に対して予備露光を行って予め露光時間を設定することなく、適正露光範囲の露光量を取得することができ、測定精度を維持しつつ、測定時間を短縮できる。

【0064】

本実施形態では、測定対象 X の反射光から所定波長の光を出射する分光素子として、ファブリーペローフィルタである波長可変干渉フィルタ 5 を用いている。

分光素子として波長可変干渉フィルタ 5 を用いることにより、測定対象波長の間隔を例えば 10 nm 等の微細な間隔で測定を行うことができる。このため、制御可能な測定対

10

20

30

40

50

象波長の間隔が大きい場合と比べて、測定対象波長域に対して多くの測定波長（例えば数十の測定波長）で測定を実施できる。この場合、測定対象に対して複数の測定波長で上述の予備露光を行ったり、測定対象が変更される度に予備露光を行ったりすると、数個程度の波長について測定する場合と比べて、予備露光に費やされる時間が長くなる。したがって、本実施形態のように予備露光を行う必要がない構成に波長可変干渉フィルター 5 を採用することにより、一層の測定時間の短縮を図ることができる。

【 0 0 6 5 】

[第二実施形態]

以下、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。

第二実施形態の分光測定装置では、受光素子として、解像度が異なる二つの受光素子を備える点で第一実施形態と相違している。それ以外の点では、基本的に第一実施形態と同様であるので、その詳細な説明を省略し、相違点について重点的に説明する。

図 7 は、本発明に係る第二実施形態の各受光素子 1 1 A , 1 3 A の受光面を模式的に示す図である。図 7 (A) は第 1 受光素子 1 1 A を、図 7 (B) は第 2 受光素子 1 3 A を模式的に示している。

第 1 受光素子 1 1 A の受光面は、図 7 (A) に示すように、複数の画素 P_1 により構成されている。また、第 2 受光素子 1 3 A の受光面は、図 7 (B) に示すように、複数の画素 P_2 により構成されている。また、図 7 (A) の太線で囲まれた第 1 受光素子 1 1 A の 4 つの画素 P_{1a} , P_{1b} , P_{1c} , P_{1d} は、図 7 (B) に示す、第 2 受光素子 1 3 A の画素 P_{2a} に対応する画素である。このように、第 2 受光素子 1 3 A を構成する 1 つの画素 P_2 は、第 1 受光素子 1 1 A を構成する 1 つの画素 P_1 よりも面積が大きい（図 7 では一例として 4 倍の面積である）。すなわち、第 1 受光素子 1 1 A は、第 2 受光素子 1 3 A よりも解像度が高い。以下、各受光素子 1 1 A , 1 3 A を、それぞれ高解像度の第 1 受光素子 1 1 A、低解像度の第 2 受光素子 1 3 A と表現する。

【 0 0 6 6 】

なお、本実施形態では、各受光素子 1 1 A , 1 3 A は単位面積あたりの受光感度が同一であるものとする。この場合、各受光素子 1 1 A , 1 3 A の各画素 P_1 , P_2 の感度は、その面積に比例し、面積が小さい画素 P_1 より、面積が大きい画素 P_2 の方が感度が高い。すなわち、各受光素子 1 1 A , 1 3 A の 1 画素あたりの感度を比較すると、高解像度の第 1 受光素子 1 1 A が低く（低感度）、低解像度の第 2 受光素子 1 3 A の方が高い（高感度）。

【 0 0 6 7 】

[分光測定処理]

このような第 1 受光素子 1 1 A 及び第 2 受光素子 1 3 A を備える第二実施形態の分光測定装置による分光測定処理は、取得した受光データを選択する処理を除き、基本的に第一実施形態の分光測定装置 1 と同様である。

第二実施形態の分光測定装置では、図 5 に示す第一実施形態の分光測定装置 1 による分光測定処理のステップ S 5 の受光データの選択処理において、第一実施形態の分光測定装置 1 と同様に、各波長の各画素についての測定結果として、第 1 受光データ及び第 2 受光データのうち、検出信号が飽和露光範囲に対応する信号レベルである受光データ（両方の場合はいずれか一方）を選択する。

この際、本実施形態では、選択部 2 3 は、各波長において、高解像度かつ低感度の受光素子 1 1 A の第 1 検出信号が、適正露光範囲の下限信号レベル V_{min1} 以上の信号レベルである場合は第 1 受光素子 1 1 A に対応する第 1 受光データを選択し、下限信号レベル V_{min1} 未満である場合は第 2 受光素子 1 3 A に対応する第 2 受光データを選択する。

言い換えると、解像度が大きい第 1 受光素子 1 1 により取得された分光画像において、光量が下限信号レベルを下回る画素（光量不足画素）を検出する。そして、第 2 受光素子 1 3 により取得された分光画像の前記光量不足画素に対応する画素の光量を検出し、その光量を感度比に応じて補正した補正光量に置き換える。

【 0 0 6 8 】

なお、本実施形態においても各受光素子 1 1 A , 1 3 A は、それぞれ、適正露光範囲に
 応じて、測定可能な測定光の光量幅として所定の光量幅を有し、各受光素子 1 1 A , 1 3
 A のそれぞれの所定の光量幅は、少なくとも一部が重複している。これにより、連続した
 1 つの所定の光量幅の範囲にある測定光の光量を適切に検出できる。

【 0 0 6 9 】

図 8 は、各受光素子 1 1 A , 1 3 A を構成する複数の画素のうち、同一の測定位置に対
 応する所定の 1 画素における、測定波長と、検出信号の信号レベルとの関係の一例を示す
 グラフである。図 7 に示す第 1 検出信号 V_1 は、高解像度かつ低感度の第 1 受光素子 1 1
 A による検出信号であり、低解像度かつ高感度の第 2 受光素子 1 3 A による第 2 検出信号
 V_2 よりも小さい信号レベルとなる。また、第 1 検出信号 V_1 は、上述のように、飽和露
 光量を超えない露光時間 T_c に対応した検出信号となるため、測定対象波長域の各波長に
 対して、最大信号レベル V_{max1} 未満の信号レベルとなる。また、第 2 検出信号 V_2 は、上
 述のように、最適露光範囲の下限を下回らない露光時間 T_c に対応した検出信号となるた
 め、下限信号レベル V_{min2} 以上の信号レベルとなる。

高解像度の第 1 受光素子 1 1 A による第 1 検出信号 V_1 が下限信号レベル V_{min1} 以上の
 場合、すなわち、図 8 に示す区間 K の波長域では、解像度が大きい第 1 受光素子 1 1 A に
 よって検出された第 1 検出信号 V_1 に対応した第 1 受光データが選択される。

また、第 1 検出信号 V_1 が下限信号レベル V_{min1} 未満の場合、すなわち、図 8 に示す区
 間 J の波長域では、光量不足画素として判定され、低解像度かつ高感度の第 2 受光素子 1
 3 A によって検出された第 2 検出信号 V_2 に対応した第 2 受光データが選択される。

この際、選択された第 2 受光データに対応する画素 P_2 の領域に含まれる、第 1 受光素
 子 1 1 A の画素 P_1 の全てが第 2 受光データに置換される。例えば、図 7 (A) において
 、高解像度の第 1 受光素子 1 1 A の画素 P_{1a} における検出信号が下限信号レベル V_{min1} 未
 満である場合、画素 P_{1b} , P_{1c} , P_{1d} における検出信号が下限信号レベル V_{min1} 以上であ
 っても、これら画素 P_{1b} , P_{1c} , P_{1d} についても、低解像度の第 2 受光素子 1 3 A の対応す
 る画素 P_{2a} の第 2 受光データが選択される。

【 0 0 7 0 】

なお、第 1 受光素子 1 1 A の 4 つの画素 P_{1a} , P_{1b} , P_{1c} , P_{1d} を一組とし、これら 4
 つの画素のうち、光量不足画素となる画素数に応じて処理を変更してもよい。例えば、第
 1 受光素子 1 1 A の 4 つの画素のうち所定個数（例えば 3 つ）以上が光量不足画素である
 場合に、第 2 受光素子 1 3 A の画素 P_{2a} の光量に基づいて、第 1 受光素子 1 1 A の 1 画素
 分の補正光量を算出し、置き換える。一方、所定個数（例えば 2 つ）未満の場合では、第
 1 受光素子 1 1 A のうちの適正露光範囲の露光量を得た画素の光量平均値を算出し、当該
 光量平均値を光量不足画素の光量として採用してもよい。

【 0 0 7 1 】

上述のように、選択部 2 3 は、各波長において、各画素の受光データを選択し、各波長
 における分光測定結果を取得する。

図 9 は、分光測定結果としての分光画像の一例を模式的に示す図である。

図 9 の太線で囲まれた領域 A_{r1} は、高解像度の第 1 受光素子 1 1 A による第 1 受光デ
 ータが選択された領域であり、それ以外の領域 A_{r2} は、低解像度の第 2 受光素子 1 3 A
 による第 2 受光データが選択された領域である。このように、第 1 受光素子 1 1 A の適正
 露光範囲に対応する信号レベルで検出されることで第 1 受光データが選択可能な領域 A_{r1}
 では、高解像度の第 1 受光素子 1 1 A による受光データが選択される。

【 0 0 7 2 】

[第二実施形態の作用効果]

本実施形態では、各受光素子 1 1 A , 1 3 A は、1 画素あたりの感度がそれぞれ異なる
 。これにより、同一の測定対象からの測定光に対して、各受光素子 1 1 A 、 1 3 A のそれ
 ぞれの感度に応じた検出信号を同時に取得する。そして、選択部 2 3 は、これら検出信号
 のうち、各検出信号を出力した受光素子の適正露光範囲に対応する信号レベルであり、か
 つ、最も解像度が高い受光素子からの検出信号を、対応する画素の検出信号として選択す

る。

これにより、適正露光範囲でより解像度が高い検出信号を分光測定結果として選択することができ、測定光の光量に応じて露光時間を変更したり、そのために露光時間を設定するための予備露光を実行したりすることなく、より解像度が高い分光測定結果を容易に取得することができる。また、上述のように予備露光を行う必要がないので、高解像度の分光測定結果を取得する際の測定時間を短縮することができる。

【 0 0 7 3 】

[第三実施形態]

以下、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。

第三実施形態の分光測定装置は、測定対象を照明する光源を備え、光源の各波長に対する出力値を示す光源特性を取得し、当該光源特性に基づいて検出信号を選択する点で第一実施形態と相違している。それ以外の点は、基本的に第一実施形態と同様であるので、その詳細な説明を省略し、相違点について重点的に説明する。

図 1 0 は、本発明に係る第三実施形態の分光測定装置 1 A を示すブロック図である。

分光測定装置 1 A は、図 1 0 に示すように、光学モジュール 1 0 A 及び制御部 2 0 A を備える。

【 0 0 7 4 】

光学モジュール 1 0 A は、測定対象 X に対して光を出射する光源 8 を備えている。それ以外の点では、第一実施形態の分光測定装置 1 と同様に構成される。

また、制御部 2 0 A は、光源特性取得部 2 5 を備える。この光源特性取得部 2 5 は、光源 8 から出射された照明光の光量値の特性として、照明光における各波長に対する出力値（光量値）を示す光源特性を取得する。なお、光源特性取得部 2 5 は、光源 8 について予め測定され、メモリーに記憶されている光源特性を読み出すことにより取得してもよい。また、実際に光源 8 から光を例えば白色基準等に照射した際の、反射光の分光測定結果から取得してもよい。

【 0 0 7 5 】

本実施形態では、制御部 2 0 A の選択部 2 3 は、各受光素子 1 1 , 1 3 の各画素に対応する検出信号から選択する検出信号が、各受光素子 1 1 , 1 3 のそれぞれの適正露光範囲に対応した信号レベルとなるように、光源 8 の光源特性に基づいて検出信号を選択する。

例えば、選択部 2 3 は、測定対象となる波長に対する照明光の出力値が、所定の閾値以上である場合に、低感度の第 1 受光素子 1 1 からの検出信号を選択し、閾値未満である場合に、高感度の第 2 受光素子 1 3 からの検出信号を選択する。

【 0 0 7 6 】

[第三実施形態の作用効果]

本実施形態の分光測定装置 1 A は、光源 8 の光源特性により、各波長における波長可変干渉フィルタ 5 からの出射光の光量や、分割光の光量の上限値を予測することができる。すなわち、各波長における、分割光の光量の上限値の大小は、光源 8 の出力値の大小に対応する。したがって、分光測定装置 1 A は、例えば、光源 8 の出力値が大きい場合は、低感度の第 1 受光素子 1 1 による第 1 検出信号を選択し、出力値が小さい場合は、高感度の第 2 受光素子 1 3 による第 2 検出信号を選択する。このように、光源 8 の特性に応じて、適切な検出信号を選択することができる。

【 0 0 7 7 】

なお、本実施形態において、可視光域以外の波長域（例えば赤外領域、紫外領域等）に発光波長域を有する光源に対して、可視光域に高い受光感度を有する受光素子と、上記可視光域以外の波長域に対して高い感度を有する受光素子とを組み合わせ用いてもよい。例えば、光源 8 として可視光域から赤外波長域までの光を出射可能な構成とし、第 1 受光素子 1 1 を赤外波長域に対して感度が高く、可視光域に対して感度が低い受光素子とし、第 2 受光素子 1 3 を可視光域に対して感度が高く、赤外波長域に対して受光素子としてもよい。この場合、測定対象となる波長が赤外波長であり、当該赤外波長に対する光源 8 からの出力値が大きい場合、選択部 2 3 は、第 2 受光素子 1 3 からの検出信号を選択し、当

該赤外波長に対する光源 8 からの出力値が小さい場合、選択部 23 は、第 1 受光素子 11 からの検出信号を選択する。同様に、測定対象となる波長が可視波長であり、当該可視波長に対する光源 8 からの出力値が大きい場合、選択部は、第 1 受光素子 11 からの検出信号を選択し、当該可視波長に対する光源 8 からの出力値が小さい場合、選択部 23 は、第 2 受光素子 13 からの検出信号を選択する。

このような構成により、光源の発光波長域（光源特性）に応じて、最適な受光感度を有する受光素子からの検出信号を選択することができる。

【0078】

〔実施形態の変形〕

なお、本発明は上述の各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、及び各実施形態を適宜組み合わせる等によって得られる構成は本発明に含まれるものである。

例えば、上記各実施形態では、分光測定装置として、測定結果に基づいて分光スペクトルを取得する構成を例示したが、本発明はこれに限定されず、測定対象の成分分析等を実施する分析装置や、分光画像を取得する分光カメラ等にも本発明を適用することができる。分光カメラに適用する場合、各波長の各画素について検出信号を選択し、選択された各画素の検出信号に基づいて各波長の分光画像を取得するように構成してもよい。また、取得した分光画像に基づいて測色処理を行ってもよい。このような構成でも、測定対象からの測定光に対するダイナミックレンジを拡大させることができる。

【0079】

上記各実施形態では、測定対象波長域として可視領域を例示したが、本発明はこれに限定されず、例えば、赤外領域等、任意の波長域を測定対象波長域としてもよい。

なお、上記各実施形態では、露光時間を設定するために可視領域に対して反射率が高い白基準板、及び反射率が低い黒基準板を用いたが、可視領域以外の波長域が測定対象波長域に含まれる場合、測定対象波長域に対して反射率が高い高反射率基準、及び反射率が低い低反射率基準を用いればよい。

【0080】

上記各実施形態では、2つの感度が異なる受光素子を用いて、感度に応じた検出信号を取得する構成としたが本発明はこれに限定されない。

例えば、感度が互いに異なる3つ以上の受光素子を用いる構成としてもよい。このように、より多くの受光感度に対応する受光素子を用いることにより、測定可能な光強度のダイナミックレンジを拡大することができる。その結果、高い反射率を有する測定対象や低い反射率を有する測定対象に対して、高精度の分光測定をより確実に実施できる。

また、この場合、複数の受光素子からの検出信号のうち、受光素子の適正露光範囲に対応する信号レベルの検出信号のいずれかを選択すればよい。さらに、検出信号を選択する際に、最も大きい信号レベルの検出信号を選択してもよいし、最も解像度が高い受光素子からの検出信号を選択してもよい。

【0081】

上記各実施形態では、光分割素子は、測定光を略同一の光量の分割光に分割するとしたが、本発明はこれに限定されず、異なる光量の分割光に分割してもよい。このような構成では、複数の受光素子のそれぞれに対して、異なる光量の分割光が入射される場合がある。

このような場合でも、分割光の光量比に応じて受光素子の強度を予め設定することにより、各受光素子からの検出信号に対して、上記各実施形態と同様の処理を実施することができる。

【0082】

上記第二実施形態では、各受光素子間において単位面積あたりの感度が同一で、1画素あたりの面積を異ならせることで、高解像度の受光素子ほど低感度であ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、受光素子間で単位面積あたりの感度が異なる構成としてもよい。すなわち、高感度かつ高解像度の受光素子と、低感度かつ低解像度の

10

20

30

40

50

受光素子を備える構成を採用してもよい。このような場合でも、測定光の光量の変動に対してダイナミックレンジを拡大することができる。

【0083】

上記第二実施形態では、高解像度かつ低感度の第1受光素子11Aの第1検出信号が適性露光範囲の下限信号レベル V_{min1} 未満である場合に、対応する画素を、低解像度かつ高感度の第2受光素子13Aの第2検出信号に置換する構成としたが、本発明はこれに限定されない。例えば、低解像度かつ高感度の第2受光素子13Aの第2検出信号が最大信号レベル V_{max2} に達している場合に、高解像度かつ低感度の第1受光素子11Aの第1検出信号に置換する構成としてもよい。

【0084】

上記各実施形態を適宜組み合わせてもよい。例えば、第一実施形態及び第二実施形態を適宜組み合わせ、解像度が同一で、かつ、1画素あたりの感度が異なる複数の受光素子の組を、異なる複数の解像度について複数組採用する構成としてもよい。この場合、適正露光範囲で複数の解像度に係る検出信号を選択可能となる。この際、例えば、必要な測定精度に応じて選択する解像度を変更してもよい。

また、例えば、第一実施形態及び第二実施形態に対して第三実施形態の光源を備える構成を組み合わせてもよい。

【0085】

上記各実施形態において、波長可変干渉フィルタ5がパッケージ内に収納された状態で光学モジュール10に組み込まれる構成などとしてもよい。この場合、パッケージ内を真空密閉することで、波長可変干渉フィルタ5の静電アクチュエータ56に電圧を印加した際の駆動応答性を向上させることができる。

【0086】

上記各実施形態において、波長可変干渉フィルタ5は、電圧印加により反射膜54、55間のギャップ寸法を変動させる静電アクチュエータ56を備える構成としたが、これに限定されない。

例えば、固定電極561の代わりに、第一誘電コイルを配置し、可動電極562の代わりに第二誘電コイル又は永久磁石を配置した誘電アクチュエータを用いる構成としてもよい。

更に、静電アクチュエータ56の代わりに圧電アクチュエータを用いる構成としてもよい。この場合、例えば保持部522に下部電極層、圧電膜、及び上部電極層を積層配置させ、下部電極層及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522を撓ませることができる。

【0087】

上記各実施形態において、ファブリーペローエタロンとして、固定基板51及び可動基板52が互に対向する状態で接合され、固定基板51に固定反射膜54が設けられ、可動基板52に可動反射膜55が設けられる波長可変干渉フィルタ5を例示したが、これに限らない。

例えば、固定基板51及び可動基板52が接合されておらず、これらの基板間に圧電素子等の反射膜間ギャップを変更するギャップ変更部が設けられる構成などとしてもよい。

また、2つ基板により構成される構成に限られない。例えば、1つの基板上に犠牲層を介して2つの反射膜を積層し、犠牲層をエッチング等により除去してギャップを形成した波長可変干渉フィルタを用いてもよい。

また、分光素子として、例えばAOTF (Acousto Optic Tunable Filter) やLC TF (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を用いることが好ましい。

【符号の説明】

【0088】

1, 1A ... 分光測定装置、5 ... 波長可変干渉フィルタ、8 ... 光源、11, 11A ... 第1受光素子、13, 13A ... 第2受光素子、22 ... 検出信号取得部、23 ... 選択部、25

10

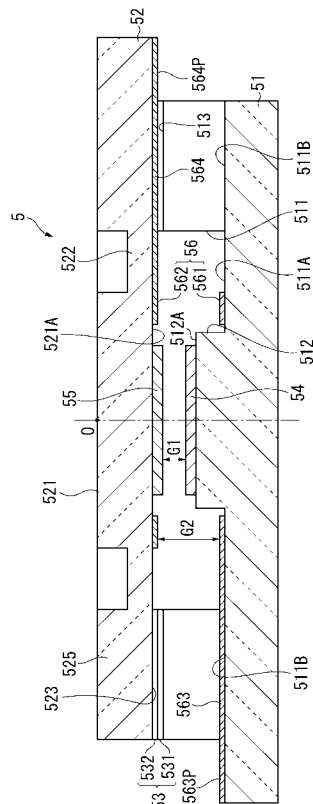
20

30

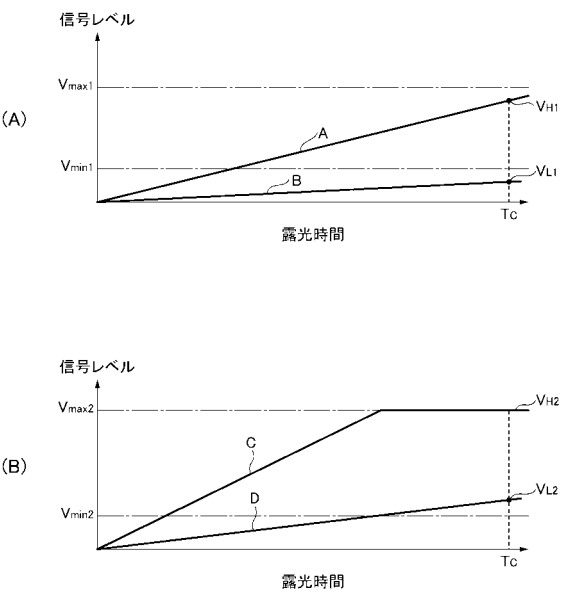
40

50

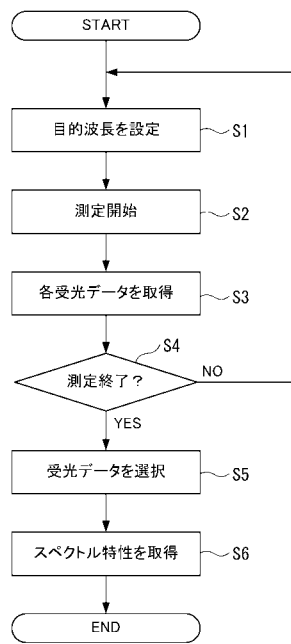
【図 3】



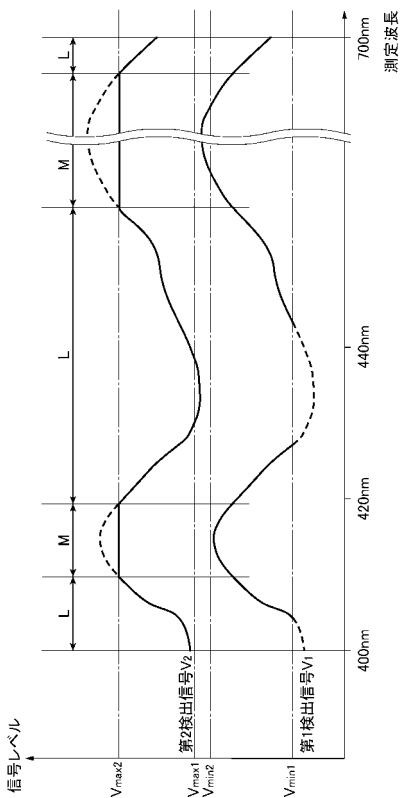
【図 4】



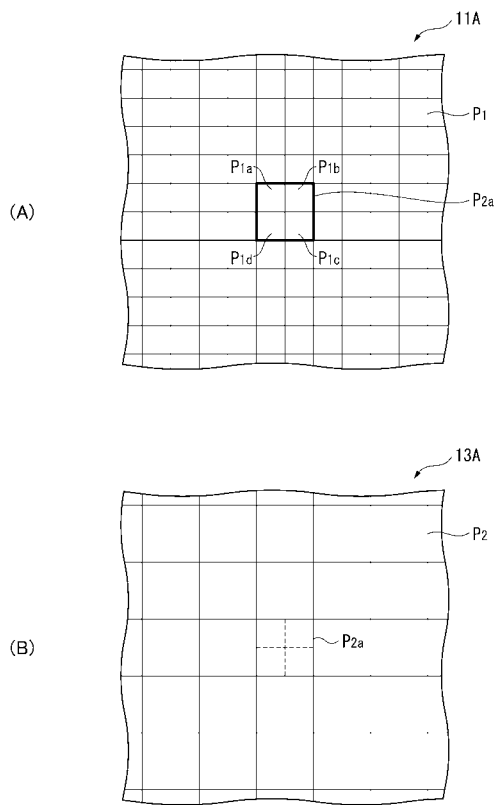
【図 5】



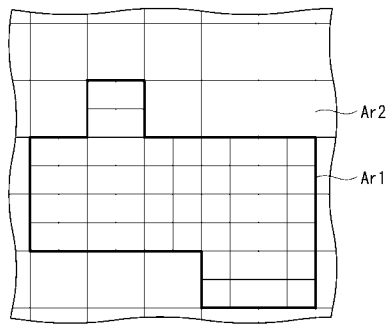
【図 6】



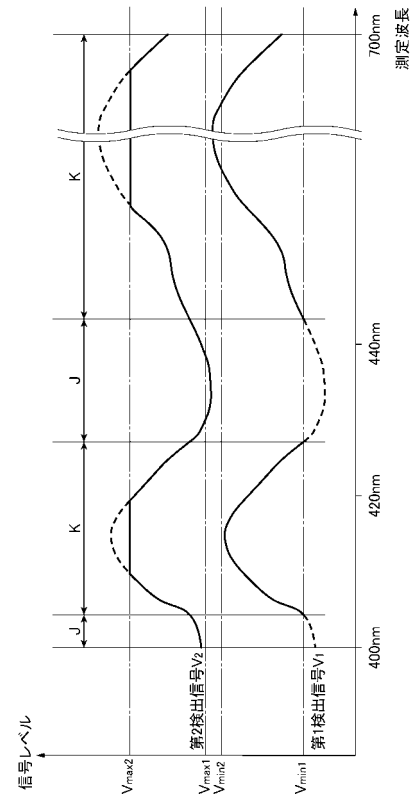
【図 7】



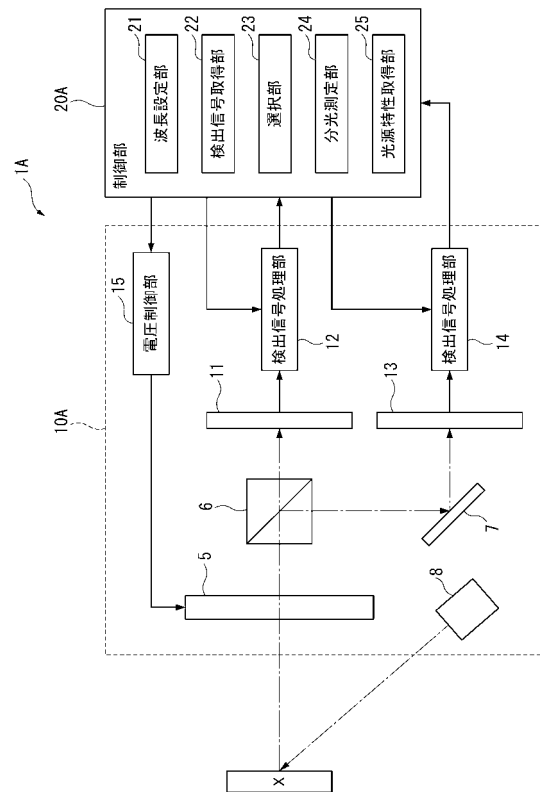
【図 9】



【図 8】



【図 10】



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

Fターム(参考) 2G020 AA04 AA08 BA03 CC23 CC26 CC47 CC63 DA12

2G059 AA01 EE12 FF01 HH02 JJ03 JJ22 KK04 MM18