

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6295654号
(P6295654)

(45) 発行日 平成30年3月20日(2018.3.20)

(24) 登録日 平成30年3月2日(2018.3.2)

(51) Int.Cl.	F 1	
HO4N 5/243	(2006.01)	HO4N 5/243
GO6T 5/00	(2006.01)	GO6T 5/00 720
HO4N 5/225	(2006.01)	HO4N 5/225 600
HO4N 5/238	(2006.01)	HO4N 5/238
HO4N 5/232	(2006.01)	HO4N 5/232 290

請求項の数 10 (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2013-268713 (P2013-268713)	(73) 特許権者 000002369
(22) 出願日	平成25年12月26日(2013.12.26)	セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-126333 (P2015-126333A)	東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成27年7月6日(2015.7.6)	(74) 代理人 100116665
審査請求日	平成28年12月6日(2016.12.6)	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 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 大西 宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カメラ、及び画像処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮像対象に対して光を照射する光源部と、
前記撮像対象からの光を撮像して画像を取得する撮像部と、
基準物に光を照射した際に前記撮像部で得られる基準光量に対する、前記画像の各画素における光量の比が所定値以上となる異常画素、及び前記所定値未満となる正常画素を検出する画素検出部と、

前記画像の前記異常画素から所定距離範囲内に位置する前記正常画素の光量に基づいて光量補正値を算出し、前記異常画素の光量を前記光量補正値に置き換える光量補正部と、
を備え、

前記光量補正部は、任意の一画素が前記異常画素である場合、当該異常画素から一方向に隣接する画素が異常か否かを判定し、正常と検出されるまで、前記一方向に画素が異常か否かの判定を続け、画素が正常と検出されると、当該正常画素を除外し、除外した当該正常画素に隣接する正常な画素の光量を正常値として抽出することで、前記光量補正値を算出することを特徴とするカメラ。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のカメラにおいて、
前記撮像対象からの光を分光して所定の波長の光を選択する分光素子を備え、
前記撮像部は、前記分光素子により選択された波長の光を撮像して画像を取得することを特徴とするカメラ。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載のカメラにおいて、

前記光量補正部は、前記画素の x 軸方向と、 y 軸方向とのそれぞれに対して、前記多項式近似により前記 x 軸方向の光量補正值と前記 y 軸方向の光量補正值とを算出し、当該 x 軸方向の光量補正值と当該 y 軸方向の光量補正值との平均値を前記光量補正值に置き換えることを特徴とするカメラ。

【請求項 4】

請求項 1 または請求項 2 に記載のカメラにおいて、

前記光量補正值の最大値に基づいて、画像データの階調補正を行う階調補正部を備えていることを特徴とするカメラ。

10

【請求項 5】

請求項 1 または請求項 2 に記載のカメラにおいて、

前記画素検出部は、前記各画素の光量と当該各画素に隣接する画素の光量との差が所定値以上となる異常画素を検出することを特徴とするカメラ。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載のカメラにおいて、

前記画素が異常画素であるか正常画素であるか判断する前記所定値を設定する入力部を備えていることを特徴とするカメラ。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載のカメラにおいて、

前記異常画素の光量を補正する前記正常画素の位置する範囲を定める前記所定距離を設定する入力部を備えていることを特徴とするカメラ。

20

【請求項 8】

請求項 2 に記載のカメラにおいて、

前記分光素子は、選択する前記波長を変更可能であることを特徴とするカメラ。

【請求項 9】

請求項 2 または請求項 8 のいずれかに記載のカメラにおいて、

前記分光素子は、波長可変型ファブリーペローエタロンであることを特徴とするカメラ。

。

【請求項 10】

撮像対象に対して光を照射する光源部、前記撮像対象からの光を撮像して画像を取得する撮像部を備えたカメラにおける画像処理方法であって、

基準物に光を照射した際に前記撮像部で得られる基準光量に対する、前記画像の各画素における光量の比が所定値以上となる異常画素、及び前記所定値未満となる正常画素を検出する画素検出ステップと、

前記画像の異常画素を中心とした所定距離範囲内において、前記正常画素の光量に基づいて、前記異常画素の光量補正值を算出し、当該異常画素の光量を前記光量補正值に置き換える光量補正ステップと、を実施し、

前記光量補正ステップは、前記所定距離範囲内に位置する前記正常画素の光量に基づいて、多項式近似によって行うものであり、

30

任意の一画素が前記異常画素である場合、当該異常画素から一方向に隣接する画素が異常か否かを判定し、正常と検出されるまで、前記一方向に画素が異常か否かの判定を続け、画素が正常と検出されると、当該正常画素を除外し、除外した当該正常画素に隣接する正常な画素の光量を正常値として抽出することで、前記光量補正值を算出することを特徴とする画像処理方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、カメラ、及び画像処理方法に関する。

【背景技術】

50

【0002】

従来、撮像対象に対して光を照射し、撮像対象で反射された光を撮像して撮像画像を得る装置が知られている（例えば、特許文献1参照）。

特許文献1に記載の撮像装置（分光カメラ）は、対象物からの光をファブリーペロー干渉フィルターに入射させ、当該ファブリーペロー干渉フィルターを透過した光をイメージセンサーで受光して分光画像を取得している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2009-33222号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、特許文献1に記載のように、ファブリーペロー干渉フィルターを用いた分光カメラでは、小型化軽量化が可能であるというメリットがある。一方、近赤外域の分光画像を十分な光量で取得するためには、撮像装置本体に近赤外線光源を設ける必要がある。しかしながら、上記のように小型の分光カメラに対してこのような光源を設けると、光源と撮像レンズとの距離が近くなり、撮像対象の表面で正反射された光が撮像レンズに入射して、分光画像の一部に輝度異常が発生するという課題がある。

【0005】

20

本発明は、撮像対象の表面で光源からの光が正反射された場合でも、精度の高い画像が取得可能なカメラ、及び画像処理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】

本発明の一態様のカメラは、撮像対象に対して光を照射する光源部と、前記撮像対象からの光を撮像して画像を取得する撮像部と、基準物に光を照射した際に前記撮像部で得られる基準光量に対する、前記画像の各画素における光量の比が所定値以上となる異常画素、及び前記所定値未満となる正常画素を検出する画素検出部と、前記画像の前記異常画素から所定距離範囲内に位置する前記正常画素の光量に基づいて光量補正値を算出し、前記異常画素の光量を前記光量補正値に置き換える光量補正部と、を備え、前記光量補正部は、前記所定距離範囲内に位置する前記正常画素の光量に基づいて、多項式近似により前記光量補正値を算出することを特徴とする。

30

上記の本発明に係るカメラは、撮像対象に対して光を照射する光源部と、前記撮像対象で反射された光を撮像して画像を取得する撮像部と、基準物に光を照射した際に得られる基準光量に対する、前記画像の各画素における光量の比が所定値以上となる異常画素、及び前記所定値未満となる正常画素を検出する画素検出部と、前記画像の前記異常画素から所定距離範囲内に位置する前記正常画素の光量に基づいて光量補正値を算出し、前記異常画素の光量を前記光量補正値に置き換える光量補正部と、を備え、前記光量補正部は、前記所定距離範囲内に位置する前記正常画素の光量に基づいて、多項式近似により前記光量補正値を算出することを特徴とする。

40

【0007】

ここで、本発明における基準物とは例えば基準白色板等であり、表面が完全拡散面、または完全拡散面に近い面となるものである。完全拡散面に対して光を照射した際、反射光の光量を基準光量とすると、撮像された画像における各画素の光量の基準光量に対する比は、完全拡散面を基準とした反射率比となる。撮像対象の表面で正反射が起こっている部分は、完全拡散面での反射率を超えるため、反射率比は「1」を超える値となる。これにより、画素検出部は、正反射部位に対応した異常画素と、拡散反射部位に対応した正常画素とを検出することができる。

なお、基準光量としては、完全拡散面に対する反射光量に限定されるものではなく、例えば基準物の表面において一部吸収等があってもよい。この場合には、反射率は100%

50

以下の有限の値（例えば9.9%）となる。このような基準物からの反射光量を基準光量とする場合には、画素検出部は、反射率比が1以下の所定の値（例えば0.99）を超える場合に、正反射に対応する異常画素であるとして検出することができる。

【0008】

本発明では、画素検出部により画像における異常画素及び正常画素を検出し、光量補正部は、異常画素の周囲の画素の正常画素の光量に基づいて光量補正值を算出し、その光量補正值で異常画素の光量を置き換える。この光量補正部は、所定距離範囲内に位置する正常画素の光量に基づいて、多項式近似により光量補正值を算出する。これにより、異常画素の光量を適切な光量に置き換えることができ、正反射部位に対応した異常な光量を示す画素が存在しない画像を取得することができる。

10

【0009】

本発明のカメラにおいて、前記撮像対象で反射された光を分光して所定の波長の光を選択する分光素子を備え、前記撮像部は、前記分光素子により選択された波長の光を撮像して画像を取得することが好ましい。

本発明では、取得する画像として、分光素子のより分光された所定波長の光を撮像した分光画像を取得する。このような構成では、分光画像における正反射部位に対応する異常画素の光量を正常画素の光量に基づいて算出された光量補正值に補正でき、精度の高い分光画像を取得できる。

【0010】

本発明のカメラにおいて、前記光量補正部は、前記画素のx軸方向と、y軸方向とのそれぞれに対して、前記多項式近似により前記x軸方向の光量補正值と前記y軸方向の光量補正值とを算出し、当該x軸方向の光量補正值と当該y軸方向の光量補正值との平均値を前記光量補正值に置き換えることが好ましい。

20

本発明では、x方向の多項式近似、y方向の多項式近似の平均を探るので、例えばx方向のみに比べて、精度向上を図れる。

【0011】

本発明のカメラは、光量補正值の最大値に基づいて、画像データの階調補正を行う階調補正部を備えていることが好ましい。

ここで、正反射部位は、撮像素子における飽和露光に対した値であり、受光可能な光量の上限値となる。一方、多項式近似を用いて光量を算出した場合、上限値を超えた値が算出される場合がある。この際、上記上限値を最大階調とした画像表示を行うと、精度の高い表示が行えない。

30

これに対して、本発明では、算出された光量補正值の最大値に基づいて最大階調を求ることで、最適な光量に基づいた精度の高い画像を表示できる。

【0012】

本発明のカメラにおいて、前記画素検出部は、前記各画素の光量と当該各画素に隣接する画素の光量との差が所定値以上となる異常画素を検出することが好ましい。

本発明では、各画素の光量と当該各画素に隣接する画素の光量との差が所定値以上となる異常画素を検出する。このため、予め定められた所定値以上である画素の光量を全て異常値として検出するよりも、画素領域内で、光量の変化量が高い画素を除外することができ、より適切な光量で異常画素の光量を補正できる可能性が高くなる。

40

【0013】

本発明のカメラにおいて、前記画素が異常画素であるか正常画素であるか判断する前記所定値を設定する入力部を備えていることが好ましい。

本発明では、前記所定値を設定する入力部を備えており、例えばユーザー操作により前記所定値を設定することができる。また、取得した画像に対して異常画素の個数が所定の上限値以上となった場合に、自動的に前記所定値を変更（例えば低減）する構成などとしてもよい。

このような構成では、例えば撮像された画像において異常画素が多すぎて正常画素に基づいた光量補正の精度が低下する場合等において、異常画素の検出感度を低下させること

50

で、より適切な光量補正を実施することが可能となる。

【0014】

本発明のカメラにおいて、前記異常画素の光量を補正する前記正常画素の位置する範囲を定める前記所定距離を設定する入力部を備えていることが好ましい。

本発明では、前記所定距離を設定する入力部を備えており、例えばユーザー操作により前記所定距離を設定することができる。また、取得した画像の異常画素の周囲に位置する他の異常画素の画素数や、光量が大きく変化するエッジ部の位置等に応じて前記所定距離を自動で変更可能な構成としてもよい。

このような構成では、例えば、ユーザー操作により設定された所定距離を用いる場合、ユーザーが画像を確認した上で、異常画素の少ない領域（前記所定距離）を設定することができる。また、例えば異常画素の周囲の画素数に応じて自動的に設定する場合、異常画素の個数が多い場合では、前記所定距離を大きくすることで、光量補正值を算出するための領域に多くの正常画素が含まれるように設定することができ、異常画素の光量を精度よく正常光量に補正することができる。また、この場合、異常画素の画素数が少ない場合、前記所定距離を小さくすることで、検出された異常画素により近い距離にある正常画素に基づいて光量補正值を算出することができるので、精度の高い光量補正值の算出が可能となる。

さらに、例えば、エッジ検出等を行った上で、エッジ部を含まないように前記所定距離を設定してもよく、この場合、光量変化が大きくなるエッジ部の光量が、光量補正值算出用の正常画素の光量として含まれないことで、精度の高い光量補正值の算出が可能となる。

【0015】

本発明のカメラにおいて、前記分光素子は、選択する前記波長を変更可能であることが好ましい。

本発明では、分光素子により分光する光の波長を変更することができるため、複数の波長に対応した分光画像を取得することができる。各分光画像における正反射部位に対応した異常画素の光量を光量補正值により置き換えることで、各波長に対する高精度な分光画像を取得することができる。

【0016】

本発明のカメラにおいて、前記分光素子は、波長可変型ファブリーペローエタロンであることが好ましい。

本発明では、分光素子として波長可変型ファブリーペローエタロンを用いている。波長可変型ファブリーペローエタロンは、一対の反射膜を対向配置させるだけの簡単な構成で構成することができ、反射膜間のギャップ寸法を変更することで容易に分光波長を変化させることができる。したがって、このような波長可変型ファブリーペローエタロンを用いることで、例えばAOTF（音響光学チューナブルフィルター）やLCTF（液晶チューナブルフィルター）等のような大型の分光素子を用いる場合に比べて、分光カメラの小型化及び薄型化を図ることができる。

【0017】

本発明の画像処理方法は、撮像対象に対して光を照射する光源部、前記撮像対象で反射された光を撮像して画像を取得する撮像部を備えたカメラにおける画像処理方法であって、基準物に光を照射した際に得られる基準光量に対する、前記画像の各画素における光量の比が所定値以上となる異常画素、及び前記所定値未満となる正常画素を検出する画素検出ステップと、前記画像の異常画素を中心とした所定の画素領域において、前記正常画素の光量に基づいて、前記異常画素の光量補正值を算出し、当該異常画素の光量を前記光量補正值に置き換える光量補正ステップと、を実施し、前記光量補正ステップは、前記所定距離範囲内に位置する前記正常画素の光量に基づいて、多項式近似により前記光量補正值を算出することを特徴とする。

【0018】

本発明では、画素検出ステップで、撮像された画像における異常画素及び正常画素を検

10

20

30

40

50

出し、光量補正ステップで、異常画素の周囲の画素の正常画素の光量に基づいて光量補正值を算出し、その光量補正值で異常画素の光量を置き換える。また、この光量補正ステップは、所定距離範囲内に位置する正常画素の光量に基づいて、多項式近似により光量補正值を算出する。これにより、上記発明と同様に、異常画素の光量を適切の光量に置き換えることができ、正反射部位に対応した異常な光量を示す画素が存在しない画像を取得することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明に係る本実施形態の分光分析装置の概略構成を示す図。

【図2】本実施形態の分光分析装置の概略構成を示すプロック図。 10

【図3】本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4】図3のIV-IV線を断面した断面図。

【図5】本実施形態の分光分析装置における分光画像取得処理を示すフローチャート。

【図6】本実施形態の分光分析装置における分光画像取得処理を示すフローチャート。

【図7】本実施形態の分光分析装置における光量補正処理を示すフローチャート。

【図8】本実施形態において取得された分光画像の一例を示す図。

【図9】本実施形態において光量補正された分光画像の一例を示す図。

【図10】本実施形態の光量補正処理における異常値の多項式近似の一例を示す図。

【図11】本実施形態の階調補正処理の多項式近似の一例を示す図。

【図12】本実施形態の変形例の階調補正処理の多項式近似の一例を示す図。 20

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明に係る一実施形態の分光分析装置（カメラ）について、図面に基づいて説明する。

（分光分析装置の概略構成）

図1は、本実施形態の分光分析装置の概略構成を示す概略図である。図2は、分光分析装置の概略構成を示すプロック図である。

分光分析装置10は、本発明のカメラであり、撮像対象の複数波長に対する分光画像を撮像し、これらの分光画像に基づいて、各画素における赤外波長域（分光画像の対象波長域）のスペクトルを分析し、分析したスペクトルから撮像対象の成分を分析する装置である。 30

本実施形態の分光分析装置10は、図1に示すように、筐体11と、撮像モジュール12と、ディスプレイ13と、操作部14（図2参照）と、制御部15と、を備えている。

【0021】

（撮像モジュールの構成）

撮像モジュール12は、光入射部121（入射光学系）と、光源部122と、波長可変干渉フィルター5（分光素子）と、入射光を受光する撮像部123と、制御基板124とを備えている。

【0022】

（光入射部の構成）

光入射部121は、図1に示すように、複数のレンズにより構成されている。この光入射部121は、複数のレンズにより、視野角が所定角度以下に制限されており、視野角内の検査対象物の像を、撮像部123に結像する。また、これらの複数のレンズの内の一部は、例えばユーザーにより操作部14が操作されることで、レンズ間隔を調整することができるとなり、これにより、取得する画像の拡大縮小が可能となる。本実施形態では、光入射部121を構成するこれらのレンズとして、テレセントリックレンズを用いることが好み。このようなテレセントリックレンズでは、入射光の光軸を主光線に対して平行な方向に揃えることができ、後述する波長可変干渉フィルター5の固定反射膜54や可動反射膜55に対して垂直に入射させることができ、また、光入射部121を構成するレンズとしてテレセントリックレンズを用いる場合、テレセントリックレンズの焦点位置 40

に絞りが設けられる。この絞りは、制御部 15 により絞り径が制御されることで、波長可変干渉フィルター 5 への入射角を制御することが可能となる。なお、レンズ群や絞り等によって制限する入射光の入射角度は、レンズ設計等により異なるが、光学軸から 20 度以下に制限されることが好ましい。

【0023】

(光源部の構成)

光源部 122 は、図 1 及び図 2 に示すように、撮像対象に向かって光を照射する。光源部 122 としては、LED やレーザー光源等が用いられる。このような LED やレーザー光源が用いられることで、光源部 122 の小型化、省電力化を図ることができる。

【0024】

(波長可変干渉フィルターの構成)

図 3 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 4 は、図 3 の IV - I 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、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ー 5 は、例えば矩形板状の光学部材であり、厚み寸法が例えば 500 μm 程度に形成される固定基板 51 と、厚み寸法が例えば 200 μm 程度に形成される可動基板 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。

【0025】

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ー 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ー 56 が設けられている。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 561, 可動電極 562 は、ギャップ G2 を介して対向する。ここで、これらの固定電極 561, 可動電極 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、ギャップ G2 は、ギャップ G1 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 3 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。

【0026】

(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 及び反射膜設置部 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 及び可動電極 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。

【0027】

10

20

30

40

50

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。

【0028】

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。

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、制御基板 124 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。

【0029】

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 4 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 TiO₂、低屈折層を SiO₂ 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（TiO₂ や SiO₂ 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。

【0030】

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 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。

【0031】

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、上述したように、固定基板 51 及び可動基板 52 が接合される。

【0032】

（可動基板の構成）

可動基板 52 は、図 3 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 3 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。

【0033】

10

20

30

40

50

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 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。

【0034】

10

可動電極 562 は、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、制御基板 124 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、ギャップ G2 がギャップ G1 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 G1 の寸法が、ギャップ G2 の寸法よりも大きくなる構成としてもよい。

20

【0035】

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できとなる。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 の撓みも生じず、固定反射膜 54 及び可動反射膜 55 を常に平行状態に維持することができる。

30

なお、本実施形態では、ダイアフラム状の保持部 522 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。

【0036】

基板外周部 525 は、上述したように、フィルター平面視において保持部 522 の外側に設けられている。この基板外周部 525 の固定基板 51 に対向する面は、第一接合部 513 に対向する第二接合部 523 を備えている。そして、この第二接合部 523 には、第二接合膜 532 が設けられ、上述したように、第二接合膜 532 が第一接合膜 531 に接合されることで、固定基板 51 及び可動基板 52 が接合されている。

40

【0037】

（撮像部の構成）

撮像部 123 は、例えば CCD や CMOS 等のイメージセンサー等を用いることができる。撮像部 123 は、各画素に対応した光電素子を有し、各光電素子で受光された光量を各画素の光量とした分光画像（画像信号）を制御部 15 に出力する。

【0038】

（制御基板の構成）

制御基板 124 は、撮像モジュール 12 の動作を制御する回路基板であり、光入射部 121、光源部 122、波長可変干渉フィルター 5、及び撮像部 123 等に接続される。そして、制御基板 124 は、制御部 15 から入力される制御信号に基づいて、各構成の動作

50

を制御する。例えば、ユーザーによりズーム操作が行われると、制御基板 124 は、光入射部 121 の所定のレンズを移動させたり、絞りの絞り径を変化させたりする。また、成分分析のために撮像対象の分光画像の撮像を実施する旨の操作が行われると、制御部 15 からの制御信号に基づいて、光源部 122 の点灯及び消灯を制御する。さらに、制御基板 124 は、制御部 15 からの制御信号に基づいた所定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 に印加し、撮像部 123 で撮像された分光画像を制御部 15 に出力する。

【0039】

(ディスプレイの構成)

ディスプレイ 13 は、筐体 11 の表示窓に面して設けられる。ディスプレイ 13 としては、画像を表示可能な構成であればいかなるものであってもよく、例えば液晶パネルや有機ELパネルなどを例示できる。

また、本実施形態のディスプレイ 13 は、タッチパネルを兼ねており、操作部 14 の一つとしても機能する。

【0040】

(操作部の構成)

操作部 14 は、上述のように、筐体 11 に設けられるシャッターボタンや、ディスプレイ 13 に設けられるタッチパネル等により構成される。ユーザーにより入力操作が行われると、操作部 14 は、入力操作に応じた操作信号を制御部 15 に出力する。なお、操作部 14 としては、上記の構成に限らず、例えば、タッチパネルに代えて、複数の操作ボタン等が設けられる構成などとしてもよい。

【0041】

(制御部の構成)

制御部 15 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、分光分析装置 10 の全体動作を制御する。この制御部 15 は、図 2 に示すように、記憶部 16 及び演算部 17 を備える。

【0042】

記憶部 16 は、分光分析装置 10 の全体動作を制御するためのOSや、各種機能を実現するためのプログラムや、各種データが記憶される。また、記憶部 16 には、取得した分光画像、成分分析結果等を一時記憶する一時記憶領域を備える。

そして、記憶部 16 には、各種データとしては、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-データが記憶される。

また、記憶部 16 には、分析対象の各成分に対する吸光スペクトルから抽出された特徴量(特定波長における吸光度)と、成分含有率との相関を示す相関データ(例えば検量線)が記憶される。

【0043】

演算部 17 は、記憶部 16 に記憶されたプログラムを読み込むことで各種処理を実行され、光源制御手段 171、モジュール制御手段 172、画素検出手段 173(画素検出部)、光量補正手段 174(光量補正部)、階調補正手段 175(階調補正部)、成分分析手段 176、及び表示制御手段 177 として機能する。

【0044】

光源制御手段 171 は、光源部 122 の駆動を切り替える。

モジュール制御手段 172 は、V-データを参照して、静電アクチュエーター 56 を制御し、波長可変干渉フィルター 5 を透過する光の波長を切り替える。また、撮像部 123 を制御し、分光画像を撮像させる。

【0045】

画素検出手段 173 は、取得した各分光画像の各画素の光量に基づいて、光源部 122 からの光が撮像対象の表面で正反射された部分に対応した異常画素、及び異常画素以外の正常画素を検出する。

10

20

30

40

50

光量補正手段 174 は、各分光画像における異常画素の光量を補正する。

階調補正手段 175 は、光量補正手段 174 により補正された光量補正值の最大値に基づいて、画像データの階調補正を行う。

【0046】

成分分析手段 176 は、異常画素の光量が補正された分光画像に基づいて、各画素の分光スペクトルを算出する。また、算出した各画素の分光スペクトルと、記憶部 16 に記憶された相関データに基づいて、撮像対象の成分分析を実施する。

表示制御手段 177 は、モジュール制御手段 172 により撮像モジュール 12 が制御され、撮像画像が取得されると、その取得された撮像画像をディスプレイ 13 に表示させる。また、成分分析手段 176 により算出された成分分析結果をディスプレイ 13 に表示させる。10

なお、演算部 17 による具体的な処理については、後述する。

【0047】

(分光分析装置の動作)

次に、上述したような分光分析装置 10 による動作について、図面に基づいて以下に説明する。

本実施形態の分光分析装置 10 により成分分析を実施する場合、まず、吸光度を算出するための基準受光量を取得する初期処理を実施する。この初期処理では、例えば MgO₂ 等、表面が完全拡散反射面表面となる基準校正板（基準物）に対して撮像が行われることで実施され、各波長における受光量（基準光量）I₀ が測定される。具体的には、演算部 17 は、モジュール制御手段 172 により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、所定の近赤外波長域（例えば 700 nm ~ 1500 nm）に対して、例えば 10 nm 間隔で透過波長を切り替えさせる。そして、各波長に対する受光量を撮像部 123 で検出し、記憶部 16 に記憶する。20

ここで、演算部 17 は、基準校正板の 1 点のみの受光量を基準光量としてもよく、各分光画像のうち、基準校正板の画素範囲を特定し、特定した画素範囲内の所定個数の画素又は全画素における受光量の平均値を算出してもよい。

【0048】

次に、分光分析装置 10 を用いた分光分析処理における分光画像取得処理（画像処理方法）について、説明する。本実施形態では、分光分析装置 10 では、赤外域における例えば 10 nm 波長間隔となる分析用分光画像を取得した後、成分分析手段 176 により、各分析用分光画像における各画素の分光スペクトルを解析し、解析した分光スペクトルから成分に対応した吸光スペクトルを分析することで、撮像対象に含まれる成分含有率等を分析する。以下において、成分分析に先立って実施される分析用分光画像を取得する処理（分光画像処理方法）について説明する。30

図 5 から図 7 は、分光分析装置 10 による分光画像取得処理のフローチャートである。

図 5 に示すように、分光画像取得処理では、まず、光源制御手段 171 は、光源部 122 を制御して、撮像対象に対して光を照射させる（ステップ S1）。また、モジュール制御手段 172 は、記憶部 16 に記憶された V - データを参照して、目標波長に対応した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ー 56 に印加する旨の制御信号を制御基板 124 に出力する（ステップ S2）。これにより、波長可変干渉フィルター 5 の反射膜 54, 55 間のギャップ寸法が変更され、波長可変干渉フィルター 5 から目標波長の光が透過可能な状態となる。40

このステップ S1, S2 により、撮像対象からの反射光が光入射部 121 から波長可変干渉フィルター 5 に入射され、波長可変干渉フィルター 5 において、反射膜 54, 55 間のギャップ G1 の寸法に応じた所定波長の光が、撮像部 123 側に透過する。透過した光は撮像部 123 に受光され、分光画像 P_k が撮像される（ステップ S3）。撮像された分光画像 P_k は、制御部 15 に出力され、記憶部 16 に記憶される。

ここで、以下の説明において、撮像された分光画像 P_k の画像サイズを x_{max} × y_{max} とし、分光画像 P_k の画素 (x, y) の光量を d(x, y) として示す。50

図8は、取得された分光画像の一例を示す図である。

光源部122からの光の一部は、撮像対象の表面の一部において正反射されて光入射部121に入射される。したがって、図8に示すように、分光画像には、光量(輝度)が基準光量 I_0 よりも大きい画素が存在する。

【0049】

この後、モジュール制御手段172は、他に未取得の分光画像があるか否かを判定する(ステップS4)。ステップS4において、未取得の分光画像がある場合、ステップS2に戻り、分光画像の取得処理を継続する。なお、取得する分光画像の目標波長(ステップS1において設定する駆動電圧に対する波長)としては、例えば、分光分析装置10により分析処理を実施する成分により設定されてもよく、測定者により適宜設定されてもよい。例えば、分光分析装置により食品の脂質、糖質、タンパク質、及び水分の成分量及びカロリーを検出する場合、少なくとも脂質、糖質、タンパク質、及び水分に対する特徴量が得られる波長が目標波長として設定され、ステップS4において、これらの目標波長の分光画像が取得されたか否かを判定すればよい。

なお、所定波長間隔(例えば10nm間隔)の分光画像を順次取得してもよい。

以上により、目標波長 k ($k = 1, 2, 3, \dots, K_{max}$)に対応した各分光画像 P_k が取得される。

【0050】

ステップS4において、全目標波長の分光画像 P_k が取得されたと判定されると、分光画像の異常画素補正処理が実施される。

この処理では、まず、画素検出手段173は、分光画像を選択するため設定変数 k を初期化($k = 1$)する(ステップS5)。

そして、画素検出手段173は、分光画像 P_k を選択し(ステップS6)、さらに、検出対象の画素位置を設定するための設定変数 i, j を初期化($i = 1, j = 1$)する(ステップS7)。

この後、分光画像 P_k の画素(i, j)の光量 $d(i, j)$ の、基準光量 I_0 に対する比(反射率比)を算出し、当該反射率比が1以下となるか否かを判定する(ステップS8)。つまり、光量 $d(i, j)$ が基準光量 I_0 以下となるか否かを判定する。なお、波長Aの第一分光画像の反射率比を算出する場合は、波長Aに対する基準光量 I_0 を用いる。

【0051】

ステップS8において、 $d(i, j) / I_0 < 1$ である場合、当該画素(i, j)は正反射部位に対応した画素でない「正常画素」と判定し、当該画素(i, j)に対するフラグデータ $f(i, j)$ に「1」を入力する(ステップS9)。

一方、ステップS8において、 $d(i, j) / I_0 > 1$ である場合、当該画素(i, j)は正反射部位に対応した画素である「異常画素」と判定し、当該画素(i, j)に対するフラグデータ $f(i, j)$ に「0」を入力する(ステップS10)。

そして、ステップS9又はステップS10の後、画素検出手段173は、設定変数 i に「1」を加算し(ステップS11: $i = i + 1$)、設定変数 i により示される画像のx座標が、画像サイズ内であるか否か($i < x_{max}$)を判定する(ステップS12)。

ステップS12において、「Yes」と判定されると、ステップS8に戻る。

一方、ステップS12において、「No」と判定されると、画素検出手段173は、設定変数 i を初期化($i = 1$)し、設定変数 j に「1」を加算し(ステップS13: $j = j + 1$)、設定変数 j により示される画像のy座標が、画像サイズ内であるか否か($j < y_{max}$)を判定する(ステップS14)。

ステップS14において、「Yes」と判定されると、ステップS8に戻る。

【0052】

一方、ステップS14において、「No」と判定されると、図6に示すように、光量補正手段174は、ステップS7と同様、設定変数 i, j を初期化($i = 1, j = 1$)する(ステップS15)。次に、光量補正手段174は、画素(i, j)に対してフラグデータ

10

20

30

40

50

タ $f(i, j)$ が「1」か否かを判定する（ステップ S16）。つまり、画素 (i, j) が正常画素であるか否かを判定する。

ステップ S16において、「No」と判定された場合、つまり画素 (i, j) が異常画素である場合、光量補正処理（ステップ S100）を実施する。

【0053】

図 10 は、本実施形態の光量補正処理における異常値の多項式近似の一例を示す図であり、図 8 に示す分光画像の画素 (i, j) を含む直線 A1 上の画素を模式的に示している。図 11 は、本実施形態の光量補正処理における異常値の多項式近似の一例を示す図であり、図 8 に示す分光画像の画素 (i, j) を含む直線 B1 上の画素を模式的に示している。

10

このステップ S100 の光量補正処理では、図 7 に示すような処理を実施する。

まず、光量補正手段 174 は、図 8 に示す画素 (i, j) が異常画素である場合、当該画素 (i, j) の x 方向の正常値を抽出する（ステップ S101）。具体的には、光量補正手段 174 は、画素 (i, j) が異常画素である場合、隣接する画素 $(i-1, j)$ ($i+1, j$) が異常画素であるか否かを判定する。隣接画素が異常画素である場合、さらにその隣に隣接する画素 $(i-2, j)$ ($i+2, j$) が異常画素であるか否かを判定する。以上により、光量補正手段 174 は、隣接する異常画素の範囲を検出する。

また、正反射により異常画素と検出された画素と隣接する画素は、例えば、光量が正常である場合でも、正反射の影響を受けている可能性が高い。したがって、光量補正手段 174 は、所定距離範囲内における異常画素に隣接する正常画素を除外し、除外した正常画素に隣接した正常画素の光量を正常値として抽出する。

20

【0054】

例えば、光量補正手段 174 は、画素 (i, j) から画素 $(i+4, j)$ が異常画素であると判定した場合、画素 (i, j) の前側（ x 方向にマイナス側）の隣接画素 $(i-1, j)$ を除外し、さらにこの画素 $(i-1, j)$ に隣接する正常画素 $(i-2, j)$ 、及び正常画素 $(i-2, j)$ に隣接する正常画素 $(i-3, j)$ の光量を正常値として取得する。そして、光量補正手段 174 は、画素 $(i+4, j)$ の後側（ x 方向にプラス側）の隣接画素 $(i+5, j)$ を除外し、さらにこの画素 $(i+5, j)$ に隣接する正常画素 $(i+6, j)$ 、及び正常画素 $(i+6, j)$ に隣接する正常画素 $(i+7, j)$ の光量を正常値として取得する。

30

【0055】

そして、光量補正手段 174 は、ステップ S101 で取得した正常値から多項式 $d(x, y) = b_1 + b_2 x + b_3 x^2 + b_4 x^3$ の係数 b_1, b_2, b_3, b_4 を演算する（ステップ S102）。

具体的には、光量補正手段 174 は、ステップ S101 で取得した各正常画素 $(i-2, j), (i-3, j), (i+6, j), (i+7, j)$ の画素座標及び光量 $d(i-2, j), d(i-3, j), d(i+6, j), d(i+7, j)$ を上記多項式に代入し、係数 b_1, b_2, b_3, b_4 を算出する。

なお、本実施形態では、異常画素の前後 2 画素の正常値を抽出して、4 項の多項式の係数を算出する例を示すが、これに限定されない。例えば 5 項以上の項を含む多項式を用いてもよく、この場合、取得する正常値を項数に合わせて増加させればよい。

40

【0056】

このようにして、ステップ S102 により演算された係数 b_1, b_2, b_3, b_4 を用いて、光量補正手段 174 は、異常画素と判定された画素 $(i, j), (i+1, j), (i+2, j), (i+3, j), (i+4, j), (i+5, j)$ を正常画素 $d(x, y) = b_1 + b_2 x + b_3 x^2 + b_4 x^3$ の光量補正值として一時的に記憶部 16 に記憶させる（S103）。具体的には、光量補正手段 174 は、異常画素と判定された画素の光量を、図 10 に示すように、多項式近似により示された曲線 U1 上に位置する画素の光量補正值（図 10 の破線部分）に一時的に置き換える。

【0057】

50

次に、光量補正手段174は、 x 方向の正常値の検出と同様に、画素(i, j)の y 方向の正常値を抽出する(ステップS104)。具体的には、光量補正手段174は、画素(i, j)が異常画素である場合、隣接する画素($i, j+1$)($i, j-1$)が異常画素であるか否かを判定する。隣接画素が異常画素である場合、さらにその隣に隣接する画素($i, j+2$)($i, j-2$)が異常画素であるか否かを判定する。以上により、光量補正手段174は、隣接する異常画素の範囲を検出する。

また、前述したように、正反射により異常画素と検出された画素と隣接する画素は、例えば、光量が正常である場合でも、正反射の影響を受けている可能性が高い。したがって、光量補正手段174は、所定距離範囲内における異常画素に隣接する正常画素を除外し、除外した正常画素に隣接した正常画素の光量を正常値として抽出する。

【0058】

例えば、光量補正手段174は、画素(i, j)から画素($i, j-4$)が異常画素であると判定した場合、画素(i, j)の上側(y 方向にプラス側)の隣接画素($i, j+1$)を除外し、さらにこの画素($i, j+1$)に隣接する正常画素($i, j+2$)、及び正常画素($i, j+2$)に隣接する正常画素($i, j+3$)の光量を正常値として取得する。そして、光量補正手段174は、画素($i, j-4$)の下側(y 方向にマイナス側)の隣接画素($i, j-5$)を除外し、さらにこの画素($i, j-5$)に隣接する正常画素($i, j-6$)、及び正常画素($i, j-6$)に隣接する正常画素($i, j-7$)の光量を正常値として取得する。

【0059】

そして、光量補正手段174は、ステップS104で取得した正常値から多項式 $d(x, y) = a_1 + a_2 y + a_3 y^2 + a_4 y^3$ の係数 a_1, a_2, a_3, a_4 を演算する(ステップS105)。

具体的には、光量補正手段174は、ステップS104で取得した各正常画素($i, j+2$)、($i, j+3$)、($i, j-6$)、($i, j-7$)の画素座標及び光量 $d(i, j+2)$ 、 $d(i, j+3)$ 、 $d(i, j-6)$ 、 $d(i, j-7)$ を上記多項式に代入し、係数 a_1, a_2, a_3, a_4 を算出する。

【0060】

このようにして、ステップS105により演算された係数 a_1, a_2, a_3, a_4 を用いて、光量補正手段174は、異常画素と判定された画素(i, j)、($i, j-1$)、($i, j-2$)、($i, j-3$)、($i, j-4$)、($i, j-5$)を正常画素 $d(x, y) = a_1 + a_2 y + a_3 y^2 + a_4 y^3$ を光量補正值として一時的に記憶部16に記憶させる(S106)。具体的には、光量補正手段174は、異常画素と判定された画素の光量を、図11に示すように、多項式近似により示された曲線U2上に位置する画素の光量補正值(図11の破線部分)に一時的に置き換える。

【0061】

そして、光量補正手段174は、前述したステップS103及びステップS106により求められた光量補正值、すなわち、多項式近似により x 軸方向(横方向)の光量補正值と y 軸方向(縦方向)の光量補正值との平均値を算出し、これらの光量補正值の平均値を光量補正值に置き換える(S107)。

図9は、光量補正された分光画像の一例を示す図である。以上のステップS100の光量補正処理により、図8に示すような正反射部位に対応した異常画素(i, j)が、図9に示すような正常な光量に置き換えられる。

【0062】

正反射部位に対する光量は、受光素子の飽和露光量に対応した上限値に到達しているため、上記光量補正手段174による補正前の光量は一定となる。通常、上限値に対する光量を最大階調数(例えば8ビットでは255)として、画像データの各画素の階調が記録される。

これに対して、本実施形態では、上述のように多項式近似により異常画素と判定された各画素の光量を算出することで、異常画素の光量が、上記上限値を超える場合がある。こ

10

20

30

40

50

の場合、階調補正手段 175 は、算出された各異常画素のうちの最大光量に基づいて各画素の階調を補正する。具体的には、階調補正手段 175 は、図 11 に示すように、算出された各異常画素のうちの最大光量に基づいて、最大階調数を拡大する。例えば、補正前に 8 ビット (256 階調) で記録されていた画像データを、9 ビット (512 階調) 等に拡大する。

これにより、補正した光量を正確に反映させた画像データを取得でき、画像データを表示させる際にも正確な階調により高精度な画像を表示させることができる。

【0063】

図 6 に戻り、上記のようなステップ S100 の後、及びステップ S16 において「Yes」と判定された場合、光量補正手段 174 は、設定変数 i に「1」を加算し (ステップ S17 : $i = i + 1$)、設定変数 i により示される画像の x 座標が、画像サイズ内であるか否か ($i < x_{max}$) を判定する (ステップ S18)。

ステップ S18 において、「Yes」と判定されると、ステップ S16 に戻る。

一方、ステップ S18 において、「No」と判定されると、光量補正手段 174 は、設定変数 i を初期化 ($i = 1$) に戻し、設定変数 j に「1」を加算し (ステップ S19 : $j = j + 1$)、設定変数 j により示される画像の y 座標が、画像サイズ内であるか否か ($j < y_{max}$) を判定する (ステップ S20)。

ステップ S20 において、「Yes」と判定されると、ステップ S16 に戻る。

また、ステップ S20 において、「No」と判定されると、各異常画素の光量が光量補正値に置き換えられた分光画像 P_k を取得し、記憶部 16 に記憶する。

その後、分光画像を選択するための設定変数 k に「1」を加算し (ステップ S21 : $k = k + 1$)、 $k < K_{max}$ であるか否かを判定する (ステップ S22)。ステップ S22 において、「Yes」と判定された場合は、ステップ S6 に戻る。一方、ステップ S22 において、「No」と判定された場合は、各目標波長 k ($k = 1, 2, 3 \dots K_{max}$) に対して異常画素の光量が補正された分光画像が取得されたことになるため、分光画像取得処理を終了させる。

【0064】

(本実施形態の作用効果)

本実施形態の分光分析装置 10 では、光源部 122 から撮像対象に光を照射し、反射光を波長可変干渉フィルター 5 に入射させて、反射膜 54, 55 のギャップ G1 の寸法に応じた波長の光を透過させ、その光を撮像部 123 で撮像して分光画像を取得する。画素検出手段 173 は、撮像された分光画像の各画素の光量と、基準光量との比である反射率比を算出し、反射率比が 1 より大きい画素を異常画素、反射率比が 1 以下となる画素を正常画素として検出する。この光量補正手段 174 は、異常画素を含む所定距離範囲内 (例えば、上記直線 A1 上) に位置する正常画素の光量に基づいて、多項式近似により光量補正値を算出する。そして、光量補正手段 174 は、異常画素の光量を多項式近似により算出した光量補正値に置き換える。

このため、光源部 122 からの光が撮像対象の表面で正反射し、分光画像において、輝度異常となった場合でも、その異常画素の光量を正常画素の光量に基づいた適切な光量に置き換えることができ、異常画素が存在しない分光画像を取得することができる。

したがって、このような分光画像に基づいて分光測定を実施することで、光量が基準光量よりも高い異常画素が含まれないため、各波長の分光画像から各画素における分光スペクトルを精度よく算出することができ、これにより、精度よく撮像対象の成分分析を実施することができる。

【0065】

また、光量補正手段 174 は、多項式近似により算出された x 軸方向 (上記直線 A1 上) の光量補正値と、多項式近似により算出された y 軸方向 (上記直線 B1 上) の光量補正値との平均値を光量補正値とするため、例えば x 軸方向のみの光量補正値により光量を補正するのに比べて、精度向上を図れる。さらに、異常画素の光量が不明である場合でも、多項式近似により算出された光量補正値の平均値に置き換えることで、当該画素の光量を

10

20

30

40

50

実際の光量に近い値に置き換えることができ、精度の高い分光画像を取得することができる。また、 x 軸方向及び y 軸方向の両方向の光量補正值の平均値を光量補正值とするので、正常画素における光量のばらつきを抑え、より精度の高い光量補正值を算出することができる。

【0066】

[その他の実施形態]

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。

例えば、上記各実施形態では、分光分析装置 10 の例を示したが、撮像対象の成分分析等を実施しない通常の分光カメラに対しても本発明を適用することができる。 10

【0067】

また、上記実施形態では、分光画像を取得する分光カメラを備えた分光分析装置 10 を例示したが、これに限定されず、例えばカラー画像等を撮像する通常のカメラにおいても本発明を適用することができる。この場合でも、上記各実施形態と同様に、撮像された画像（例えば RGB カラーフィルターを介して撮像されたカラー画像における RGB の各モノクロ画像）の各画素の光量と、基準光量とに基づいて、各画素の反射率比を算出し、当該反射率比が所定値を超える場合に異常画素をし、所定値以下である場合に正常画素として検出し、異常画素の光量を正常画素の光量に基づいて補正する。

【0068】

また、上記実施形態では、階調補正手段 175 は、最大階調数を拡大することで多項式により求められた光量に反映させた画像データを取得した。これに対して、階調補正手段 175 は、図 12 の破線 U3 に示すように、階調値を圧縮することで、多項式により求められた光量に反映させた画像データを取得してもよい。 20

具体的には、階調補正手段 175 は、算出された各異常画素のうちの最大光量に対する階調を 255 として、各画素の階調を補正する。この場合、画像データのビット数が変化しないため、画像データのデータサイズの増大を抑制できる。

【0069】

また、上記実施形態において、 x 方向の光量補正值及び y 方向の光量補正值を算出することとしたが、例えば、いずれかの方向の光量補正值を算出することとしてもよい。すなわち、ステップ S101 ~ S103 もしくはステップ S104 ~ S106 のいずれかを実行すればよい。これによれば、 x 方向および y 方向のいずれかの光量補正值を求めるのみで、異常画素を正常画素に置き換えられるので、より迅速に異常画素が存在しない分光画像を提供することができる。 30

【0070】

さらに、上記実施形態において、 x 方向の光量補正值及び y 方向の光量補正值を算出することとしたが、これに加えて、斜め方向（例えば、 x 方向及び y 方向から 45° 傾斜した方向）の光量補正值を算出することとしてもよい。これによれば、さらに精度の高い異常画素が存在しない分光画像を提供することができる。なお、斜め方向の光量補正值のみを算出することとしてもよい。

【0071】

また、上記実施形態において、ステップ S101 及びステップ S104 において、正常画素の取得に際し、前側及び後側のそれぞれ 2 つの正常画素及び上側及び下側のそれぞれ 2 つの正常画素を取得することとしたが、これに限られない。例えば、前側及び後側のそれぞれ 3 つ以上の正常画素及び上側及び下側のそれぞれの 3 つ以上の正常画素を取得することとしてもよい。これによれば、多項式近似による光量補正值がさらに正確な値となるので、極めて精度の高い異常画素が存在しない分光画像を提供することができる。 40

【0072】

上記実施形態において、画素検出手段 173 は、各画素の光量と各画素に隣接する画素の光量との差が所定値以上となる異常画素を検出するようにしてよい。これによれば、各画素の光量と当該各画素に隣接する画素の光量との差が所定値以上となる異常画素を検 50

出するので、予め定められた所定値以上である画素の光量を全て異常値として検出するよりも、隣接する画素との変化量が高い画素を異常画素として検出できるので、画素領域内で、光量の変化量が高い画素を除外することができ、より適切な光量で異常画素の光量を補正できる可能性が高くなる。

【0073】

上記実施形態において、反射率比 ($d(i, j) / I_0$) が予め設定された所定値 (1) 以下であるか否かを判定する例を示したが、これに限定されない。例えばユーザーの操作部 14 の操作により入力された所定値を、正常画素であるか異常画素であるかを判定するための値として設定する入力部を備える構成としてもよい。

この場合、例えば取得した画像における各画素に対する反射率比が全体的に高い場合等、正常な光量補正が実施できない状況において、適宜閾値となる前記所定値を変更することで、異常画素の検出感度を下げることができ、正反射部位が少ない画像に近付けることができる。

また、入力部としては、ユーザー操作に基づいた値を取得する構成に限られず、例えば、取得した画像における異常画素の画素数が所定の上限値を超えた場合に、正常画素であるか異常画素であるかを判定するための前記所定値を低下させる等の処理を実施してもよい。この場合でも、上記と同様の効果が得られる。

【0074】

上記実施形態において、光量補正手段 174 は、異常画素 (i, j) に対する画素領域を設定した際に、当該画素領域内に含まれる異常画素の数が所定の第一閾値以上である場合、若しくは、異常画素の画素数に対する正常画素の画素数の割合が所定の第二閾値よりも低い場合に、アラートにより異常を知らせる処理（例えばディスプレイへの表示、音声による報知）をしてもよい。また、再測定（再撮像）を行い、分光画像を再度取得しなおしてもよい。

【0075】

さらには、光量補正手段 174 は、画素領域内において、隣接する正常画素間で光量が大きく変動するエッジ部が存在するか否かを判定してもよい。そして、エッジ部があると判定した場合、さらに、エッジ部の画素に対する異常画素 (i, j) の方向を検出し、エッジ部を跨がないように、画素領域を設定してもよい。この場合、エッジ部等で光量が大きく変動する領域を除外でき、正確な光量補正值を算出することができる。

【0076】

上記実施形態において、波長可変干渉フィルター 5 がパッケージ内に収納された状態で分光分析装置 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ー 5 の静電アクチュエーター 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。

【0077】

上記実施形態において、完全拡散反射面を有する基準校正板に対して光を照射し、その受光量を基準光量 I_0 とし、画素検出手段 173 は、この基準光量 I_0 に基づいて反射率比を算出した。これに対して、例えば表面で一部光を吸収し、完全拡散反射とはならない基準校正板等を用いてもよい。この場合、画素検出手段 173 は、反射率比が 1 よりも小さい所定値以下であるか否かを判定することで、異常画素であるか否かを判断できる。

【0078】

波長可変干渉フィルター 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ー 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。

更に、静電アクチュエーター 56 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 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

10

20

30

40

50

、圧電膜を伸縮させて保持部 522 を撓ませることができる。

【0079】

また、上記実施形態では、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 が互い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ー 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ーを用いてもよい。

10

また、分光素子として、例えば AOTF (Acousto Optic Tunable Filter) や LCTF (Liquid Crystal Tunable Filter) が用いられてもよい。ただし、この場合、分光カメラ (分光分析装置 10) の小型化が困難になる可能性もあるため、ファブリーペローエタロンを用いることが好ましい。

【0080】

さらに、上記実施形態では、反射膜 54, 55 間のギャップ G1 を変更することで、透過波長を変更可能な波長可変干渉フィルター 5 を例示したがこれに限定されない。例えば、波長固定側の干渉フィルター (ファブリーペローエタロン) であってもよい。この場合、干渉フィルターの反射膜間のギャップに応じた特定波長の分光画像において、異常画素の光量を適切に補正することができる。

20

【0081】

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。

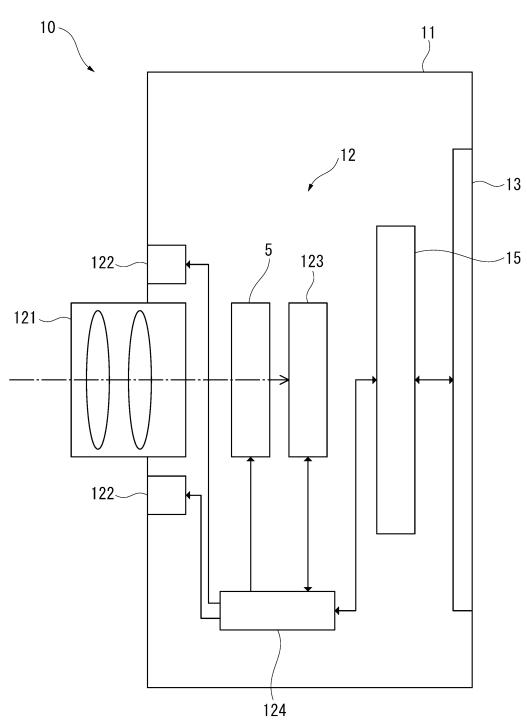
【符号の説明】

【0082】

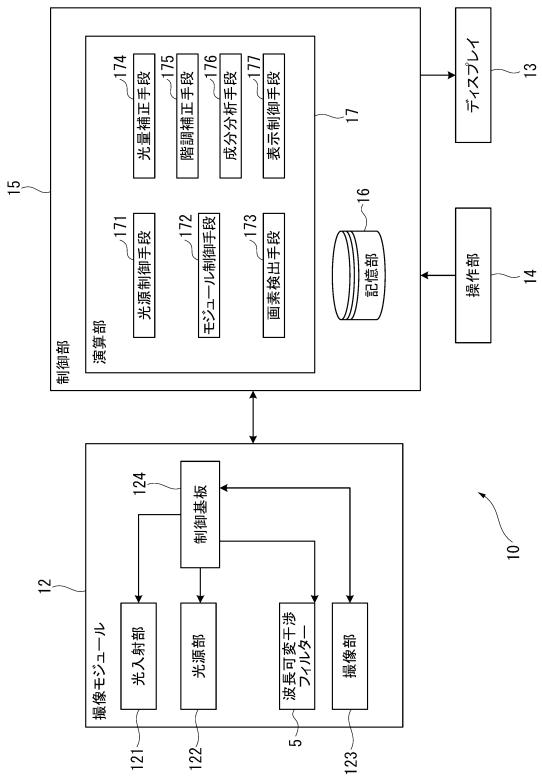
5 ... 波長可変干渉フィルター、10 ... 分光分析装置、12 ... 撮像モジュール、13 ... ディスプレイ、15 ... 制御部、54 ... 固定反射膜、55 ... 可動反射膜、56 ... 静電アクチュエーター、121 ... 光入射部、122 ... 光源部、123 ... 撮像部、124 ... 制御基板、171 ... 光源制御手段、172 ... モジュール制御手段、173 ... 画素検出手段、174 ... 光量補正手段 (光量補正部)、175 ... 階調補正手段 (階調補正部)、P_k ... 分光画像。

30

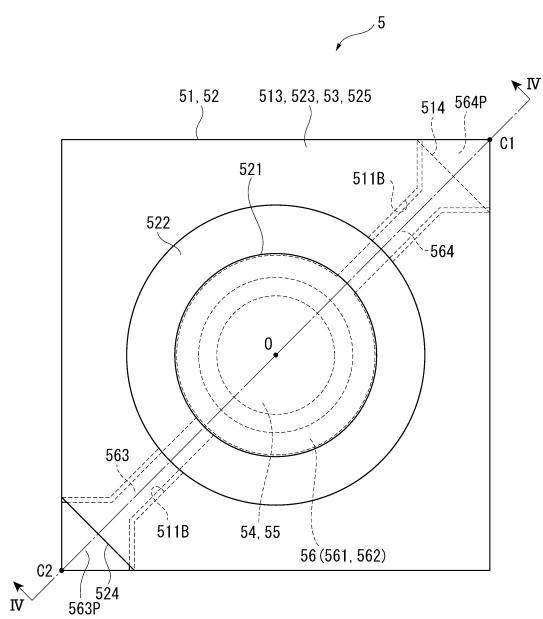
【 図 1 】



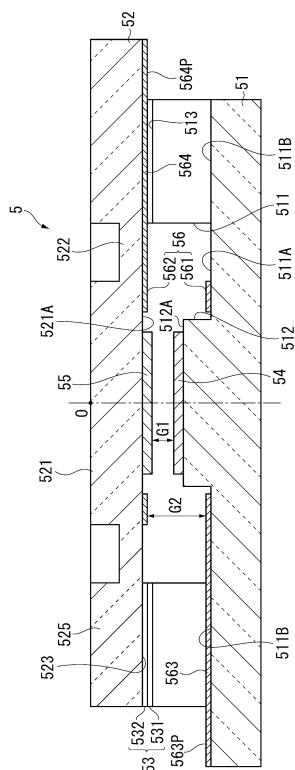
【 図 2 】



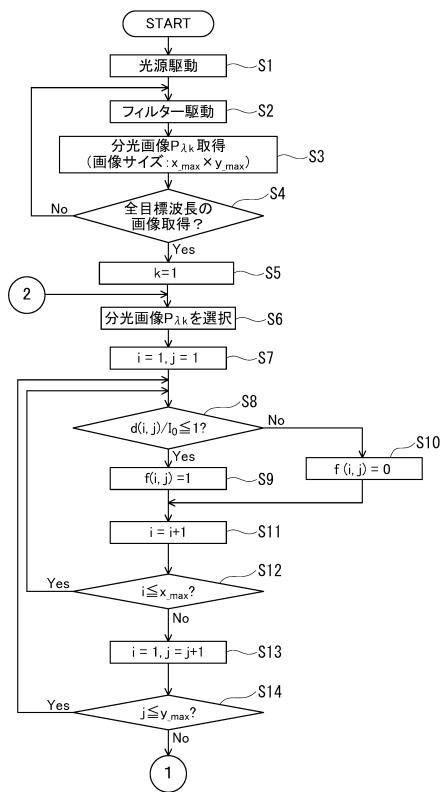
【 四 3 】



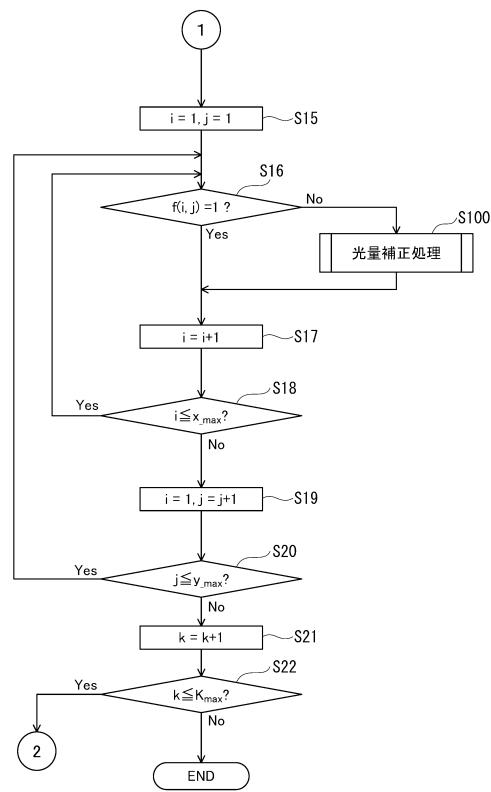
【図4】



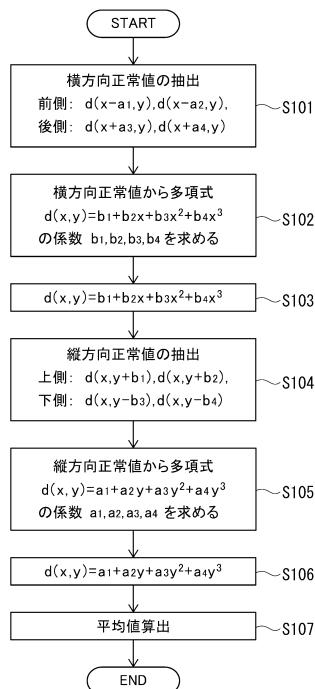
【図5】



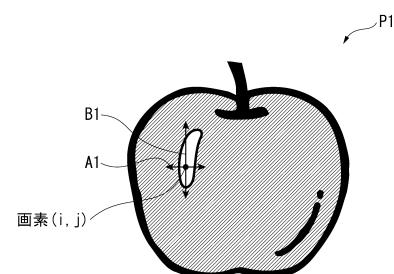
【図6】



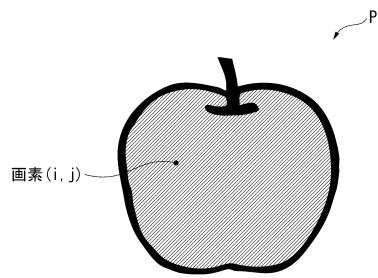
【図7】



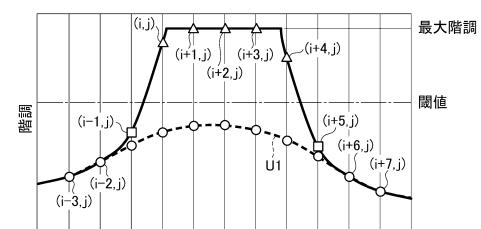
【図8】



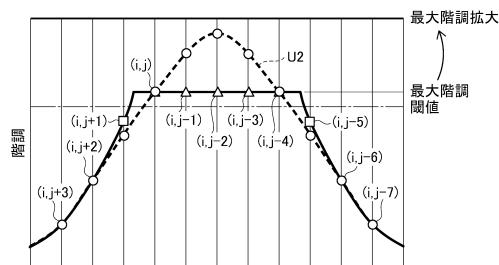
【図 9】



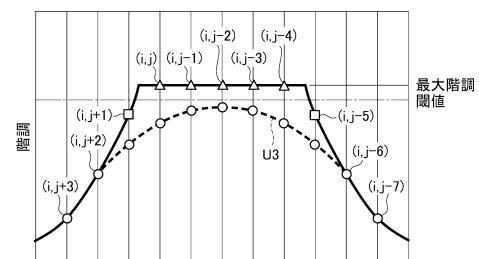
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 3 B 7/08 (2014.01) G 0 3 B 7/08
G 0 3 B 15/05 (2006.01) G 0 3 B 15/05

(56)参考文献 特開2008-304466 (JP, A)
特開2011-234245 (JP, A)
国際公開第2011/061940 (WO, A1)
特開2001-061156 (JP, A)
特開平11-353306 (JP, A)
特開2013-218194 (JP, A)
特開平10-042201 (JP, A)
国際公開第2013/154105 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 4 N 5 / 2 2 2 - 5 / 2 5 7
G 0 3 B 7 / 0 0 - 7 / 3 0
G 0 3 B 1 5 / 0 4 - 1 5 / 0 5
G 0 6 T 1 / 0 0 - 1 / 4 0
G 0 6 T 3 / 0 0 - 5 / 5 0
G 0 6 T 9 / 0 0 - 9 / 4 0