

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6347070号
(P6347070)

(45) 発行日 平成30年6月27日 (2018. 6. 27)

(24) 登録日 平成30年6月8日 (2018. 6. 8)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 J 3/18 (2006.01)
 GO 1 J 3/24 (2006.01)
 GO 1 J 3/36 (2006.01)
 GO 1 N 21/27 (2006.01)

GO 1 J 3/18
 GO 1 J 3/24
 GO 1 J 3/36
 GO 1 N 21/27 Z

請求項の数 12 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2014-114576 (P2014-114576)
 (22) 出願日 平成26年6月3日 (2014. 6. 3)
 (65) 公開番号 特開2015-227858 (P2015-227858A)
 (43) 公開日 平成27年12月17日 (2015. 12. 17)
 審査請求日 平成29年3月14日 (2017. 3. 14)

(73) 特許権者 000001270
 コニカミノルタ株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
 (74) 代理人 100110788
 弁理士 橋 豊
 (72) 発明者 植村 英生
 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ
 ニカミノルタ株式会社内
 審査官 立澤 正樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分光分析装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源と、

前記光源の出射光束を集光して、試料に照射する第一光学系と、

前記試料からの透過光束または反射光束を集光する第二光学系と、

入光面の面積および透過波長帯が相異なる複数の光学フィルタ部であって、前記第二光学系から自身の入光面への入射光束のうち、自身の透過波長帯の光を透過させる複数の光学フィルタ部を、含む光学フィルタと、

各前記光学フィルタ部に対応して設けられ、対応する光学フィルタ部の透過光束の強度を検出する複数の光検出部を含む光検出器と、

前記複数の光検出部で検出された透過波長帯毎の強度を取得し、取得した透過波長帯毎の強度に、各前記光学フィルタ部の面積比に基づき定められる補正係数を乗じるデータ処理手段と、を備え、

前記光学フィルタが無い場合に、前記光源から前記光検出器までの光路上の少なくとも一か所で得られる分光特性、または前記光検出器で得られる分光スペクトルにおいて、前記複数の透過波長帯に含まれる第一透過波長帯の信号強度が第二透過波長帯の信号強度よりも大きい場合、該第一透過波長帯を有する光学フィルタ部の入光面の面積は、該第二透過波長帯を有する光学フィルタ部の入光面の面積よりも小さい、分光分析装置。

【請求項 2】

前記光学フィルタが無い場合における、前記光源から前記光検出器までの光路上の少な

くとも一か所で得られる分光特性、または前記光検出器で得られる分光スペクトルにおいて、前記複数の透過波長帯の信号強度が小さくなる順番で、前記複数の光学フィルタ部の入光面の面積は大きくなる、請求項 1 に記載の分光分析装置。

【請求項 3】

前記分光特性は、前記光源の分光光度特性である、請求項 1 または 2 に記載の分光分析装置。

【請求項 4】

前記分光特性は、前記試料の吸収係数の分光特性である、請求項 1 または 2 に記載の分光分析装置。

【請求項 5】

前記透過波長帯毎に、前記光源の光度と、前記第一光学系の透過率または反射率と、前記第二光学系の透過率または反射率と、前記光検出器の感度との乗算値を求め、求めた乗算値が小さくなる順番に、前記複数の光学フィルタ部の入光面の面積は大きくなる、請求項 1 または 2 に記載の分光分析装置。

【請求項 6】

光源と、

前記光源の出射光束を集光して、試料に照射する第一光学系と、

前記試料からの透過光束または反射光束を集光する第二光学系と、

入光面の面積および透過波長帯が相異なる複数の光学フィルタ部であって、前記第二光学系から自身の入光面への入射光束のうち、自身の透過波長帯の光を透過させる複数の光学フィルタ部を、含む光学フィルタと、

各前記光学フィルタ部に対応して設けられ、対応する光学フィルタ部の透過光束の強度を検出する複数の光検出部を含む光検出器と、

前記複数の光検出部で検出された透過波長帯毎の強度を取得し、取得した透過波長帯毎の強度に、各前記光学フィルタ部の面積比に基づき定められる補正係数を乗じるデータ処理手段と、を備え、

前記光学フィルタは、前記入射光束の複数の透過波長帯に含まれる第一の透過波長帯に対応する第一の光学フィルタ部と、前記入射光束の複数の透過波長帯に含まれる第二の透過波長帯に対応する第二の光学フィルタ部とを含み、

前記第二の透過波長帯は、前記光学フィルタが無い場合において前記光検出器で得られる分光スペクトルの信号強度が前記第一の透過波長帯よりも小さいものであり、

前記第一の光学フィルタ部の入光面の面積は、前記第二の光学フィルタ部の入光面の面積よりも小さい、分光分析装置。

【請求項 7】

前記複数の光学フィルタ部の入光面は、金属または誘電体からなる薄膜の主面を複数に区分したものであり、各前記入光面には、対応する光学フィルタ部の透過波長帯の光を透過するよう、所定の格子間隔で複数の孔が形成される、請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の分光分析装置。

【請求項 8】

前記薄膜の主面全域に前記第二光学系からの出射光束が入光するように、前記光学フィルタ部は配置される、請求項 7 に記載の分光分析装置。

【請求項 9】

前記薄膜は、前記光検出器の受光面上に成膜されている、請求項 7 または 8 に記載の分光分析装置。

【請求項 10】

前記複数の光検出部は、光軸方向に略垂直する二方向であって互いに略直交する二方向に複数の受光素子を配列したエリアセンサに含まれる、請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の分光分析装置。

【請求項 11】

それぞれの前記透過波長帯の強度に乘じられる前記補正係数の比は、それぞれの透過波

10

20

30

40

50

長帯に対応する光学フィルタ部の面積比の逆数の比である、請求項 1 ~ 10 のいずれかに記載の分光分析装置。

【請求項 12】

前記複数の光学フィルタ部の入光面は、金属または誘電体からなる薄膜の主面を複数に区分したものであり、前記薄膜の主面は、互いに略同一の面積を有する多数の微小領域に分割され、前記複数の光学フィルタ部は、前記光学フィルタが無い場合の透過波長帯の信号強度に反比例する個数の微小領域が割り当てられている、請求項 1 ~ 11 に記載の分光分析装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、光を試料に照射して、その透過光・反射光の分光スペクトルを得る分光分析装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、この種の分光分析装置としては、例えば、特許文献 1 に記載のものがある。この分光分析装置は、透過スペクトルが順次異なる複数の微小フィルタを列状に配置してなり、異なる透過波長帯を有するユニットフィルタを複数有する複合型の分光学フィルタと、個々の微小フィルタに光学的に対応した画素を有し、微小フィルタを透過した光を受光する受光素子と、を有する。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2008 - 191097 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

分光学フィルタに、異なる透過波長帯を有する複数のユニットフィルタを設けると、透過波長帯毎で受光素子に届く光子数が減少するので、透過波長帯毎のスペクトルにおける信号雑音比（S/N 比）が劣化する。これに加えて、分光分析装置に含まれる光源および受光素子等には分光特性がある。かかる分光特性により、特定の透過波長帯については、他の透過波長帯よりも光子数が減少し、その結果、S/N 比の劣化が特に大きくなる可能性がある。

30

【0005】

それゆえに、本発明は、特定の透過波長帯の S/N 比の劣化を抑制可能な分光分析装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一局面は、分光分析装置であって、光源と、前記光源の出射光束を集光して、試料に照射する第一光学系と、前記試料からの透過光束または反射光束を集光する第二光学系と、入光面の面積および透過波長帯が相異なる複数の光学フィルタ部であって、前記第二光学系から自身の入光面への入射光束のうち、自身の透過波長帯の光を透過させる複数の光学フィルタ部を、含む光学フィルタと、各前記光学フィルタ部に対応して設けられ、対応する光学フィルタ部の透過光束の強度を検出する複数の光検出部を含む光検出器と、前記複数の光検出部で検出された透過波長帯毎の強度を取得し、取得した透過波長帯毎の強度に、各前記光学フィルタ部の面積比に基づき定められる補正係数を乗じるデータ処理手段と、を備え、前記光学フィルタが無い場合に、前記光源から前記光検出器までの光路上の少なくとも一か所で得られる分光特性、または前記光検出器で得られる分光スペクトルにおいて、前記複数の透過波長帯に含まれる第一透過波長帯の信号強度が第二透過波長帯の信号強度よりも大きい場合、該第一透過波長帯を有する光学フィルタ部の入光面の

40

50

面積は、該第二透過波長帯を有する光学フィルタ部の入光面の面積よりも小さい。

【 0 0 0 7 】

本発明の他の一局面は、分光分析装置であって、光源と、前記光源の出射光束を集光して、試料に照射する第一光学系と、前記試料からの透過光束または反射光束を集光する第二光学系と、入光面の面積および透過波長帯が相異なる複数の光学フィルタ部であって、前記第二光学系から自身の入光面への入射光束のうち、自身の透過波長帯の光を透過させる複数の光学フィルタ部を、含む光学フィルタと、各前記光学フィルタ部に対応して設けられ、対応する光学フィルタ部の透過光束の強度を検出する複数の光検出部を含む光検出器と、前記複数の光検出部で検出された透過波長帯毎の強度を取得し、取得した透過波長帯毎の強度に、各前記光学フィルタ部の面積比に基づき定められる補正係数を乗じるデータ処理手段と、を備え、前記光学フィルタは、前記入射光束の複数の透過波長帯に含まれる第一の透過波長帯に対応する第一の光学フィルタ部と、前記入射光束の複数の透過波長帯に含まれる第二の透過波長帯に対応する第二の光学フィルタ部とを含み、前記第二の透過波長帯は、前記光学フィルタが無い場合において前記光検出器で得られる分光スペクトルの信号強度が前記第一の透過波長帯よりも小さいものであり、前記第一の光学フィルタ部の入光面の面積は、前記第二の光学フィルタ部の入光面の面積よりも小さい。

10

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

上記局面によれば、S/N比の劣化を抑制可能な分光分析装置を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1】一実施形態に係る分光分析装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】一般的な光学フィルタの構成を示す模式図である。

【図 3】図 2 の光学フィルタの分光透過率特性を例示するグラフである。

【図 4】図 1 の光学フィルタの詳細な構成を示す模式図である。

【図 5】図 1 の光検出器の詳細な構成を示す模式図である。

【図 6】図 1 の光学フィルタおよび光検出器の好ましい構成例を示す模式図である。

【図 7】図 4 の各入光面の面積設定のために使用される分光分析装置の構成を示すブロック図である。

30

【図 8】図 7 の分光分析装置で得られる分光スペクトルの一例を示すグラフである。

【図 9】第一変形例に係る光学フィルタの詳細な構成を示す模式図である。

【図 10】図 1 の光源の分光光度特性を例示するグラフである。

【図 11】図 1 の第一光学系等を構成するレンズの分光透過率特性を例示するグラフである。

【図 12】図 1 の第一光学系等を構成するミラーの分光反射率特性を例示するグラフである。

【図 13】図 1 の試料の一例であるヘモグロビンのモル吸収係数の分光特性を例示するグラフである。

40

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

以下、図面を参照して、各実施形態に係る分光分析装置について説明する。

【 0 0 1 1 】

《定義》

まず、いくつかの図面に示される x 軸、y 軸および z 軸を定義する。y 軸は、分光分析装置 1 を伝搬する光束を代表する光線の進行方向（換言すると、光軸方向）を示す。x 軸は、y 軸に略垂直な方向を示す。また、z 軸は、x 軸および y 軸の双方に略垂直な方向を示す。

【 0 0 1 2 】

50

《実施形態》

図 1 において、分光分析装置 1 は、光源 1 1 と、第一光学系 1 2 と、第二光学系 1 4 と、光学フィルタ 1 5 と、光検出器 1 6 と、データ処理装置 1 7 と、を備えている。

【0013】

光源 1 1 は、例えば LED のような点光源であって、例えば白色の光束を出射する。また、光源 1 1 は所定の分光光度特性を有する。分光光度特性とは、出射光束における波長に対する光度の特性である。

【0014】

光源 1 1 に対し光路下流側には、第一光学系 1 2 および試料 1 3 がこの順番で配置される。第一光学系 1 2 は、少なくともレンズを含み、光源 1 1 の出射光束を集光して、試料 1 3 に向けて光束を出射する。なお、第一光学系 1 2 は、レンズに加えてミラーを含んでいても構わない。この場合、第一光学系 1 2 は、光源 1 1 の出射光束を集光および偏向する。

【0015】

第一光学系 1 2 の出射光束は試料 1 3 にて反射または透過する。光路上において試料 1 3 の直ぐ下流側には、第二光学系 1 4 が配置される。第二光学系 1 4 は、少なくともレンズを含み、試料 1 3 からの入射光束を集光して、下流側の光学フィルタ 1 5 に向けて出射する。なお、第二光学系 1 4 もまたミラーをさらに含んでいても構わない。この場合、第二光学系 1 4 は、試料 1 3 からの入射光束を集光および偏向する。

【0016】

ここで、分光分析装置 1 に備わる光学フィルタ 1 5 を詳説する前に、図 2 および図 3 を参照して一般的な光学フィルタ 2 1 について説明する。光学フィルタ 2 1 は、例えばバンドパスフィルタであって、例えばガラス基板 2 2 上に形成されている。この光学フィルタ 2 1 は、金属材料（例えばアルミニウム）からなる厚さ H の薄膜に、光軸方向に貫通する複数の孔が形成されたものである。なお、材料は金属に代えて誘電体材料であっても構わない。また、各孔の直径 D は互いに略同一である。また、各孔と隣接する孔との中心間距離（つまり、格子間隔） T も互いに略同一である。ここで、各孔の直径 D および格子間隔 T は、光学フィルタ 2 1 が透過すべき波長帯に基づき定められる。

【0017】

光学フィルタ 2 1 は下記のように作製される。電子線リソグラフィ等により、図 2 に例示するパターンのマスクが作製される。また、スパッタリング等により、ガラス基板 2 2 上に金属製薄膜が形成される。形成された薄膜表面にフォトレジストが塗布された後、上記マスクを介してフォトレジストが露光され、これによって、フォトレジスト上にパターンが転写される。その後、露光部分が除去されて、図 2 に示す光学フィルタ 2 1 が作製される。以上のような光学フィルタ 2 1 の透過率特性を、図 3 に例示する。

【0018】

再度、図 1 を参照する。光学フィルタ 1 5 は、上記光学フィルタ 2 1 を応用したもので、図 4 に例示するように、光軸方向からの平面視で、例えば矩形状の主面を有する薄膜 3 1 であって、ガラス基板上に製膜された薄膜 3 1 を含む。薄膜 3 1 の主面は複数の入光面 3 2 に区分される。かかる区分により、光学フィルタ 1 5 は、透過波長帯が相異なる複数の光学フィルタ部 3 3 に分割される。図 4 には、四個の入光面 3 2 a ~ 3 2 d（つまり、光学フィルタ部 3 3 a ~ 3 3 d）が例示される。

【0019】

ここで、以下の説明の便宜のため、透過波長帯 1 ~ 透過波長帯 4 を下記の通り例示する。透過波長帯 1 は約 700 nm を、透過波長帯 2 は約 500 nm を、透過波長帯 3 は約 560 nm を、透過波長帯 4 は約 470 nm を含む。また、各透過波長帯 1 ~ 4 は互いに重複しないように予め定められる。薄膜 3 1 の入光面 3 2 a には、透過波長帯 1 の光を透過するように、格子間隔 T_a で配列された複数の貫通孔（図示せず）が形成される。同様に、入光面 3 2 b ~ 3 2 d には、透過波長帯 2 ~ 4 の光を透過するよう、格子間隔 $T_b \sim T_d$ にて配列された複数の貫通孔が形成される。なお、以上のような

10

20

30

40

50

な光学フィルタ15は、上述の製造工程において、入光面32a~32dに格子間隔Ta~Tdの貫通孔を有するマスクを用いることで簡単に作製可能である。

【0020】

また、図4左側に例示するように、薄膜31の主面全域で第二光学系14からの出射光束を受光できるように、光学フィルタ15の光軸方向位置は調整される。第二光学系14の出射光束が入光面32aに入射されると、透過波長帯1の光のみが光学フィルタ部33aを透過する。同様に、入光面32b~32dへの入射光束のうち、透過波長帯2~4が光学フィルタ部33b~33dを透過する。

【0021】

再度、図1を参照する。光検出器16は、光学フィルタ15と光軸方向に近接しかつ相対向するように配置される。この光検出器16は、図5に示すように、エリアセンサ、つまり、光軸方向からの平面視で、x軸およびz軸の二方向にアレイ状(格子状)に配列された複数の受光素子41を有する。なお、図5には、図示の都合上、単一の受光素子に参照符号41が付されている。

10

【0022】

全受光素子41は、複数の光学フィルタ部33と一対一に対応するように、複数のグループ42に分割される。上記のように、光学フィルタ部33a~33dに分割される場合、全受光素子41は、四個のグループ42a~42dに分割される。かかる複数のグループ42に属する受光素子41により、複数の光検出部43が構成される。具体的には、四個の光検出部43a~43dが構成される。光検出部43a~43dは、光学フィルタ部33a~33dを透過した光束が入射されると光電変換を行って、光学フィルタ部33a~33dからの入射光強度に相関する信号強度を有する信号を出力する。

20

【0023】

以上の光検出器16は、所定の分光感度特性を有する。分光感度とは、入射光束の波長に対する光電感度の関係を示す特性である。

【0024】

ところで、図1には、光学フィルタ15および光検出器16が相対向するよう模式的に示されている。しかし、実際には、光学フィルタ15は、図6に示すように、光検出器16の受光面上に、例えばガラス基板を介して製膜されることが好ましい。

【0025】

30

また、図1において、上記光検出器16にはデータ処理装置17が接続される。データ処理装置17は、例えば、パーソナルコンピュータであって、各光検出部43a~43dの出力信号に対し所定のデータ処理を行って、分光スペクトルを求める。具体的には、データ処理装置17は、光検出部43aの出力信号を積算する等して透過波長帯1の信号強度を求め、他の光検出部43b~43dについても同様の処理を行って透過波長帯2~4の信号強度を求める。つまり、データ処理装置17は、波長帯1~4の分光スペクトルを求める。

【0026】

《入光面の面積設定》

次に、本実施形態での入光面32a~32dの面積Aa~Adについて説明する。面積Aa~Adを決定するために、図7に示す分光分析装置1'が使用される。分光分析装置1'は、分光分析装置1と比較すると、試料13として吸光度の分光特性が既知のリフレンスが使用される点と、光学フィルタ15を備えない点とで相違する。それ以外に両分光分析装置1,1'の間に相違点はないので、図7において、図1の構成に相当するものには同一参照符号を付け、それぞれの説明を省略する。

40

【0027】

上記分光分析装置1'を動作させると、データ処理装置17には、光検出器16の出力信号(デジタル信号)が入力される。データ処理装置17は、例えば、入力デジタル信号に対し高速フーリエ変換(FFT)等のデータ処理を行うことで、図8に例示される分光スペクトルを得る。かかる分光スペクトルには、分光分析装置1'の各構成の分光特性の

50

影響が現れる。ここで、説明の便宜のため、図 8 の光スペクトルにおいて、波長帯 1 (約 700 nm 近傍) の信号強度を S_1 とし、波長帯 2 (約 500 nm 近傍) の信号強度を S_2 とし、波長帯 3 (約 560 nm 近傍) の信号強度を S_3 と、波長帯 4 (約 470 nm 近傍) の信号強度を S_4 とする。この場合、 $S_1 \sim S_4$ は、図 8 に示すように、 $S_1 < S_2 < S_3 < S_4$ になっている。

【0028】

また、図 8 に記載の信号強度は、次式 (1) で求められる。

$$\text{信号強度} = \text{量子効率} \times \text{感度} \times \text{入射光子数} \dots (1)$$

今、各受光素子 41 の量子効率および感度が実質同一とみなせるため、信号強度は入射光子数に比例する。したがって、信号強度の小さい波長 (例えば、1) に関しては、光検出器 16 への入射光子数が少ない。それゆえ、分光スペクトルにおいて、信号強度が小さな波長 (例えば、1) の S/N 比は、信号強度が大きな波長のものと比較すると劣化している。

【0029】

また、図 8 には、光学フィルタ部 33 が無い場合の分光スペクトルが示される。しかしながら、本実施形態では、光検出器 16 の上流側に、透過波長帯が相異なる光学フィルタ部 33 が設けられるため、図 7 の構成と比較して、透過波長毎で光検出器 16 への入射光子数はさらに少なくなる。その結果、図 8 において信号強度が小さな波長 (例えば、1) については、 S/N 比がさらに劣化する。

【0030】

本実施形態では、上記のような、信号強度が小さな波長の S/N 比を改善するために、波長帯 1 の信号強度 S_1 が信号強度 $S_1 \sim S_4$ の中で最も小さいことから、光学フィルタ部 33 a の面積 A_a (透過波長帯 1) は、面積 $A_a \sim A_d$ の中で最も大きく設定される。光学フィルタ部 33 b の面積 A_b (透過波長帯 2) は、波長帯 2 の信号強度 S_2 が二番目に小さいことから、面積 $A_a \sim A_d$ の中で二番目に大きく設定される。同様に、光学フィルタ部 33 c の面積 A_c は三番目に大きく、光学フィルタ部 33 d の面積 A_d は最も小さくなるように決定される。また、より好ましくは、面積 $A_a \sim A_d$ は、 $A_a : A_b : A_c : A_d = 1/S_1 : 1/S_2 : 1/S_3 : 1/S_4$ となるように定められる。

【0031】

上記のように面積 $A_a \sim A_d$ が決定されると、光検出器 16 への入射光子数が波長帯 1 ~ 4 の間で平滑化されるため、分光スペクトルにおいて、特定波長の S/N 比が極端に劣化することを抑制することができる。

【0032】

ところで、光検出器 16 への入射光子数を波長帯 1 ~ 4 の間で平滑化すると、 S/N 比の劣化度合いは特定波長帯に集中せずに、多くの波長帯に分散される。この場合、光検出器 16 で得られる信号強度も波長帯 1 ~ 4 の間で平滑化されてしまう。そこで、データ処理装置 17 は、波長帯 1 ~ 4 の信号強度に所定の補正係数 1 ~ 4 を乗算する。ここで、1 ~ 4 は、上記面積比の逆数の比、つまり、 $1 : 2 : 3 : 4 = S_1 : S_2 : S_3 : S_4$ となるように定められる。このようなデータ処理により、ユーザにとって見易い分光スペクトルを提供することが可能となる。

【0033】

《分光分析装置の効果》

以上説明した通り、各光学フィルタ部 33 において、各入光面 32 の面積 $A_a \sim A_d$ は、光学フィルタ 15 が無いと仮定した場合における光検出部 43 の信号強度 $S_1 \sim S_4$ に基づき定められる。具体的には、透過波長帯 1 ~ 4 内の信号強度 $S_1 \sim S_4$ が大きくなる程、面積 $A_a \sim A_d$ が小さくなる。これにより、光検出器 16 への入射光子数が波長帯 1 ~ 4 の間で平滑化されるため、分光スペクトルにおいて、特定波長の S/N 比が極端に劣化することを抑制することができる。

【0034】

特に、 $A_a : A_b : A_c : A_d = 1/S_1 : 1/S_2 : 1/S_3 : 1/S_4$ となるよう

10

20

30

40

50

に面積 $A_a \sim A_d$ を定めると、光検出器 16 への入射フォトン数が波長帯 1 ~ 4 の間でほぼ均等化されるため、分光スペクトルにおいて、各波長帯 1 ~ 4 の S/N 比を揃えることが可能となる。このように S/N 比を揃えることができるため、光検出器 16 における光量積算時間を波長毎帯 1 ~ 4 毎で調整する必要性が少なくなる。

【0035】

また、光学フィルタ 15 は、所定の格子間隔で複数の貫通孔が配列された薄膜 31 になり、異なる透過波長帯 1 ~ 4 を持つ光学フィルタ部 33a ~ 33d を含んでいる。このように、本実施形態では、単一金属材料または誘電体材料に、透過波長帯 1 ~ 4 に対応した適切な格子間隔で貫通孔を形成するだけで良いため、簡単かつ低コストで光学フィルタ 15 を得ることが可能となる。また、この光学フィルタ 15 によれば、透過波長帯の広帯域化も簡単にできる。

10

【0036】

また、光学フィルタ 15 は、薄膜 31 の主面全域で第二光学系 14 からの出射光束を受光できるように配置される。これにより、ある程度であれば、入射光束幅の変動および/または光学フィルタ 15 の位置ずれが生じたとしても、各入光面 32a ~ 32d 全域に、第二光学系 14 からの出射光束を入射させることが可能となる。これにより、入射光束幅の変動等による、光検出部 43a ~ 43d への入射フォトン数の変動を抑えることが可能となる。

【0037】

また、光検出器 16 において、各受光素子は、薄膜 31 の主面を分割した入光面 32a ~ 32d に対応するよう、グループ 42a ~ 42d (つまり、光検出部 43a ~ 43d) に分割され光学的に対応づけられる。かかる光検出部 43a ~ 43d の出力信号をデータ処理することで、データ処理装置 17 は分光スペクトルを求めることが可能になる。

20

【0038】

また、データ処理装置 17 は、上記の通り、光検出部 43a ~ 43d からの出力信号に基づき、透過波長帯 1 ~ 4 毎に信号強度を求め、求めた信号強度に対応する補正係数 1 ~ 4 を乗算する。これにより、ユーザにとって見易い分光スペクトルを提供することが可能となるため、分光分析装置 1 としての汎用性が高まる。

【0039】

また、光学フィルタ 15 は、好ましくは、図 6 に示すように、光検出器 16 の受光面上に製膜されることが好ましい。これにより、光学フィルタ 15 の薄膜 31 と光検出器 16 の受光面との間の光学的距離を最小化でき、光学フィルタ部 33a 以外からの不所望な光束 (つまり、迷光) が光検出部 43a に紛れ込まないようにできる。光検出部 43b ~ 43d についても同様である。これにより、透過波長帯域毎の S/N 比を向上させることが可能となる。

30

【0040】

《付記 1》

以上の実施形態では、好ましい例として、透過波長帯 1 ~ 4 内の信号強度 $S_1 \sim S_4$ が大きくなる程、面積 $A_a \sim A_d$ が小さくなると説明した。しかし、これに限らず、透過波長帯 1 ~ 4 から選ばれた第一透過波長帯の信号強度が、透過波長帯 1 ~ 4 から選ばれた第二透過波長帯の信号強度よりも大きい場合、該第一透過波長帯を有する光学フィルタ部 33 の入光面の面積が、該第二透過波長帯を有する光学フィルタ部 33 の入光面の面積よりも小さくなっていても構わない。この場合であっても、第一透過波長帯および第二透過波長帯の間で、光検出器 16 への入射フォトン数が平滑化されるため、上記のような技術的効果を奏する。

40

【0041】

《第一変形例》

上記実施形態では、薄膜 31 の主面は透過波長帯 1 ~ 4 の数に分割され、光学フィルタ 15 が無い場合の透過波長帯 1 ~ 4 の信号強度に反比例する面積を持つよう入光面 32a ~ 32d が形成されていた。しかし、これに限らず、薄膜 31 の主面は、図 9 に

50

示すように、互いに略同一の面積を有する多数の微小領域 3 4 に分割され、各光学フィルタ部 3 3 a ~ 3 3 d には、光学フィルタ 1 5 が無い場合の透過波長帯 1 ~ 4 の信号強度に反比例する個数の微小領域 3 4 が割り当てられても構わない。なお、図 9 には、図示の都合上、単一の微小領域 3 4 に参照符号 3 4 が付されている。

【 0 0 4 2 】

《第二変形例》

上記実施形態では、各入光面 3 2 の面積 $A_a \sim A_d$ は、光学フィルタ 1 5 が無いと仮定した場合における光検出部 4 3 の信号強度 $S_1 \sim S_4$ に基づき定められていた。しかし、これに限らず、各入光面 3 2 の面積 $A_a \sim A_d$ は、光源 1 1 の分光光度特性（図 1 0 を参照）に基づき定められても構わない。具体的には、図 1 0 の例では、約 4 8 0 nm 近傍の波長帯 1 で発光光度 L_1 は約 0 . 1 8 c d であり、約 4 3 0 nm 近傍の波長帯 2 で発光光度 L_2 は約 1 . 2 c d である。また、約 5 4 0 nm 近傍の波長帯 3 で発光光度 L_3 は約 0 . 6 5 c d であり、約 6 3 0 nm 近傍の波長帯 4 で発光光度 L_4 は約 0 . 3 c d である。この場合、各入光面 3 2 の面積 $A_a \sim A_d$ は、発光光度 $L_1 \sim L_4$ の大きさに反比例するように定められる。

【 0 0 4 3 】

他にも、各入光面 3 2 の面積 $A_a \sim A_d$ は、第一光学系 1 2 および第二光学系 1 4 を構成するレンズの分光透過率 $T_1 \sim T_4$ （図 1 1 を参照）の大きさに反比例するように定められても構わない。さらには、各入光面 3 2 の面積 $A_a \sim A_d$ は、第一光学系 1 2 および第二光学系 1 4 を構成するミラーの分光反射率 $R_1 \sim R_4$ （図 1 2 を参照）の大きさに反比例するように定められても構わない。

【 0 0 4 4 】

他にも、各入光面 3 2 の面積 $A_a \sim A_d$ は、リファレンスとなる試料 1 3 の一例としてのヘモグロビンのモル吸収係数の分光特性（図 1 3 を参照）に基づき定められても構わない。この場合、各入光面 3 2 の面積 $A_a \sim A_d$ は、モル吸収係数 1 ~ 4 の大きさに比例するように定められる。

【 0 0 4 5 】

他にも、各入光面 3 2 の面積 $A_a \sim A_d$ は、下記のような指標に基づき定められても構わない。すなわち、光学フィルタ部 3 3 a ~ 3 3 d の透過波長 1 ~ 4 のそれぞれについて、光源 1 1 の光度（つまり、分光光度）と、第一光学系 1 2 の透過率（つまり、分光透過率）または反射率（つまり、分光反射率）と、第二光学系 1 4 の透過率（つまり、分光透過率）または反射率（つまり、分光反射率）と、光検出器 1 6 の感度（つまり、分光感度）との乗算値が指標 $I_1 \sim I_4$ として求められる。各入光面 3 2 の面積 $A_a \sim A_d$ は、上記のような指標 $I_1 \sim I_4$ の大きさに反比例するように定められる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 4 6 】

本発明に係る分光分析装置は、特定の透過波長帯の S N 比の劣化を抑制可能であり、分光測色計等に好適である。

【符号の説明】

【 0 0 4 7 】

- 1 分光分析装置
- 1 1 光源
- 1 2 第一光学系
- 1 3 試料
- 1 4 第二光学系
- 1 5 光学フィルタ
- 3 1 薄膜
- 3 2 (3 2 a ~ 3 2 d) 入光面
- 3 3 (3 3 a ~ 3 3 d) 光学フィルタ部
- 1 6 光検出器

10

20

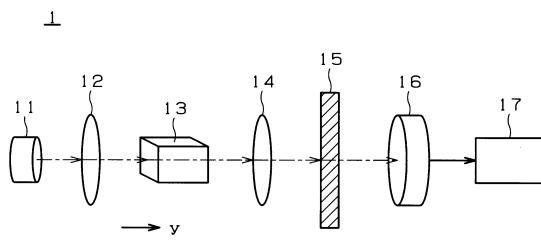
30

40

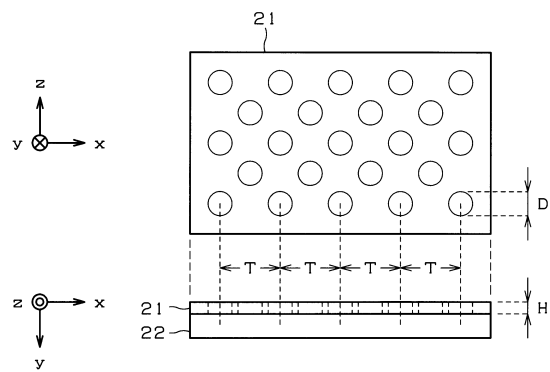
50

4 2 (4 2 a ~ 4 2 d) グループ
 4 3 (4 3 a ~ 4 3 d) 光検出部

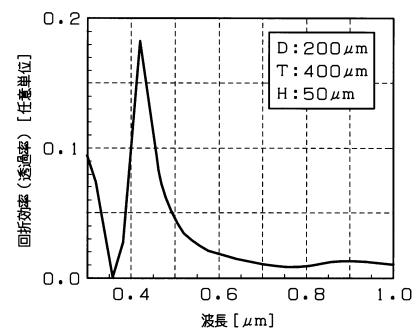
【図 1】



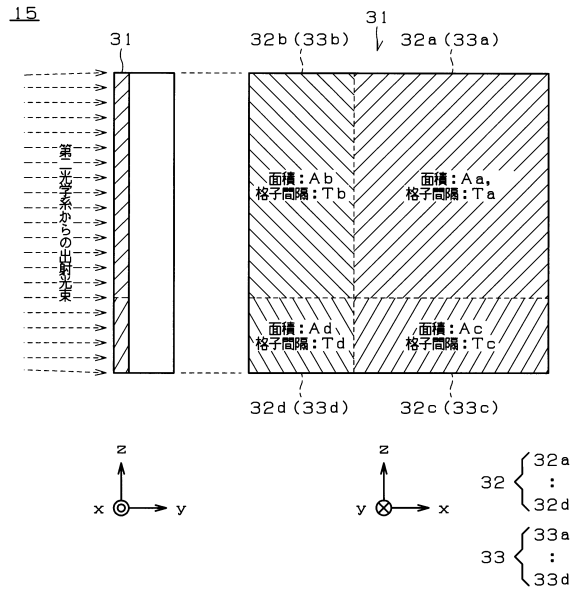
【図 2】



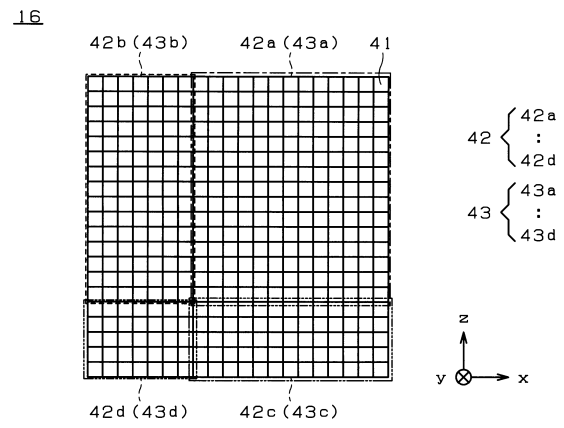
【図 3】



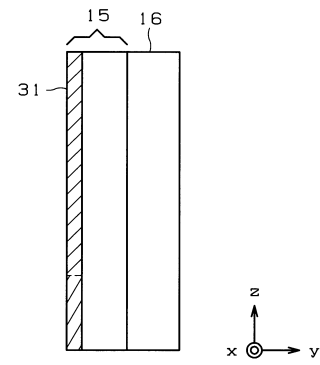
【図 4】



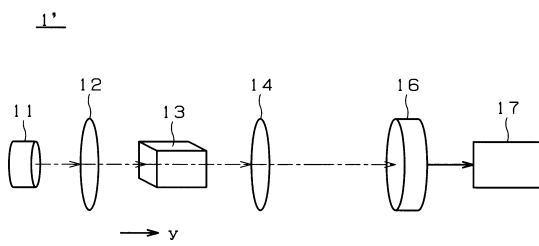
【図 5】



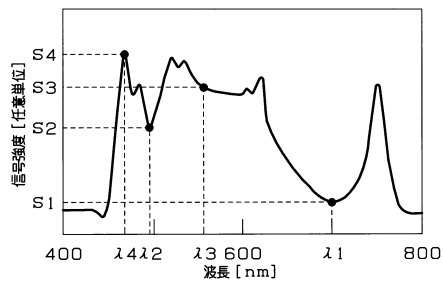
【図 6】



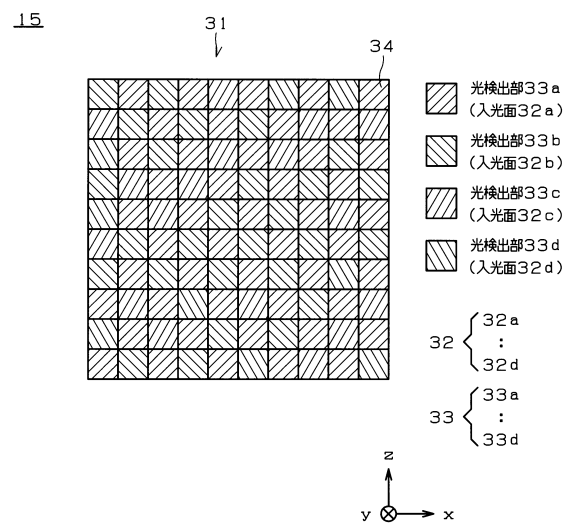
【図 7】



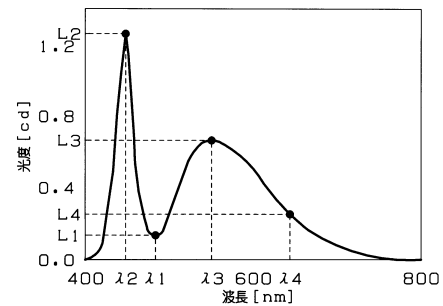
【図 8】



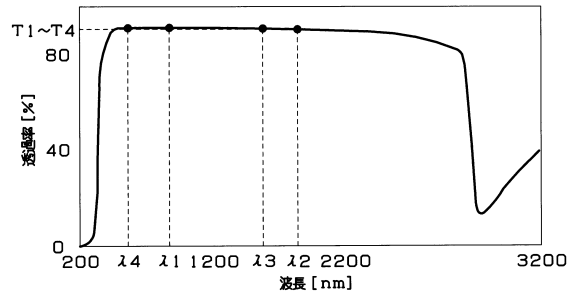
【図 9】



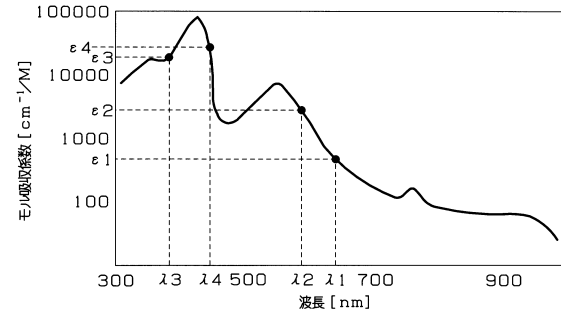
【図 10】



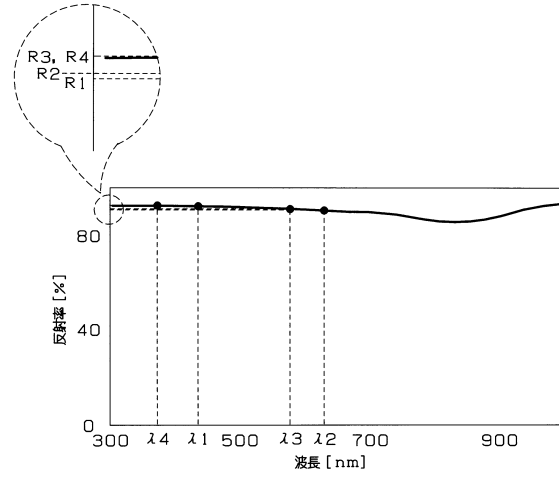
【図 1 1】



【図 1 3】



【図 1 2】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-145177(JP,A)
特開2014-048271(JP,A)
特開2008-191097(JP,A)
特開2008-177191(JP,A)
特表2011-511946(JP,A)
米国特許出願公開第2008/0170143(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J 3/00 - 3/52
G01N 21/00 - 21/01
G01N 21/17 - 21/61