

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5987573号
(P5987573)

(45) 発行日 平成28年9月7日 (2016.9.7)

(24) 登録日 平成28年8月19日 (2016.8.19)

(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
B 8 1 B 3/00 (2006.01) B 8 1 B 3/00

請求項の数 13 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2012-200218 (P2012-200218)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成24年9月12日 (2012.9.12)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-56073 (P2014-56073A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成26年3月27日 (2014.3.27)	(74) 代理人	100164633
審査請求日	平成27年9月4日 (2015.9.4)		弁理士 西田 圭介
		(74) 代理人	100179475
			弁理士 仲井 智至
		(74) 代理人	100116665
			弁理士 渡辺 和昭
		(72) 発明者	松下 友紀
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72) 発明者	廣久保 望
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学モジュール、電子機器、及び駆動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第一反射膜と、
 前記第一反射膜に対向して配置される第二反射膜と、
 前記第一反射膜と前記第二反射膜との間のギャップの大きさを变化させるギャップ変更部と、
 前記ギャップ変更部を制御するギャップ制御部と、
 を備え、
 前記ギャップ制御部は、測定対象波長と、2以上の波長域についてそれぞれ設定されたスペクトルの次数と、に基づいて前記ギャップ変更部を制御することを特徴とする光学モジュール。

10

【請求項2】

請求項1に記載の光学モジュールにおいて、
 前記ギャップ変更部は、電圧が印加されることで前記ギャップの大きさを変更し、
 前記ギャップ制御部は、測定対象波長に対する前記ギャップ変更部に印加する電圧を、
 前記測定対象波長毎に記録したV - データを記憶する記憶部を備え、
 前記V - データは、前記測定対象波長と、当該測定対象波長の光を前記設定された次数のピーク波長として取り出すための前記ギャップに対応する電圧と、を関連付けたデータであり、

前記ギャップ制御部は、前記V - データから前記測定対象波長に対応する前記電圧を

20

前記ギャップ変更部に印加することを特徴とする光学モジュール。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の光学モジュールにおいて、

前記ギャップ変更部は、電圧が印加されることで前記ギャップの大きさを変更し、

前記ギャップ制御部は、測定対象波長に対する前記ギャップ変更部に印加する電圧を、前記測定対象波長毎に記録した V - データを記憶する記憶部を備え、

前記 V - データは、前記測定対象波長と、当該測定対象波長の光を各次数のピーク波長として取り出すための前記ギャップに対応する電圧との関係であり、

前記ギャップ制御部は、前記測定対象波長に対応する次数を選択し、前記選択した次数に対応した前記電圧を前記ギャップ変更部に印加することを特徴とする光学モジュール。

10

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の光学モジュールにおいて、

測定波長域は、第一波長域と、前記第一波長域より波長が長い波長域である第二波長域とを含み、

前記第一波長域に属する前記測定対象波長に対して設定された前記次数は、前記第二波長域に属する前記測定対象波長に対して設定された前記次数よりも高いことを特徴とする光学モジュール。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の光学モジュールにおいて、

前記第二波長域における最長波長の光を取り出すための前記ギャップは、前記第一波長域における最短波長の光を取り出すための前記ギャップよりも大きいことを特徴とする光学モジュール。

20

【請求項 6】

請求項 4 または請求項 5 に記載の光学モジュールにおいて、

前記ギャップ制御部は、前記測定波長域に含まれる複数の前記測定対象波長に対する前記ギャップをそれぞれ取得し、前記ギャップの最大値から、前記ギャップが減少する方向に、順次、前記取得した前記ギャップに変更することを特徴とする光学モジュール。

【請求項 7】

第一反射膜と、

前記第一反射膜に対向して配置される第二反射膜と、

前記第一反射膜と前記第二反射膜との間のギャップの大きさを変化させるギャップ変更部と、

前記ギャップ変更部を制御するギャップ制御部と、

前記第一反射膜及び前記第二反射膜により取り出された光に基づいて、所定の処理を実施する処理制御部と、

を備え、

前記ギャップ制御部は、測定対象波長と、2 以上の波長域についてそれぞれ設定されたスペクトルの次数と、に基づいて前記ギャップ変更部を制御することを特徴とする電子機器。

30

【請求項 8】

請求項 7 に記載の電子機器において、

前記第一反射膜及び前記第二反射膜により取り出された光を検出する検出部を備え、

前記処理制御部は、前記検出部により検出される各測定対象波長の光の光量に基づいた計測スペクトルに、当該計測スペクトルを分光スペクトルに変換する変換行列を作用させて、前記第一反射膜及び前記第二反射膜に入射する測定光の分光スペクトルを推定することを特徴とする電子機器。

40

【請求項 9】

第一反射膜と、

前記第一反射膜に対向して配置される第二反射膜と、

前記第一反射膜と前記第二反射膜との間のギャップの大きさを変化させるギャップ変更

50

部と、を備えた波長可変干渉フィルターの駆動方法であって、

当該駆動方法は、

測定対象波長と、2以上の波長域についてそれぞれ設定されたスペクトルの次数と、に基づいて前記ギャップ変更部を制御することを特徴とする駆動方法。

【請求項10】

第一反射膜と、

前記第一反射膜に対向して配置される第二反射膜と、

前記第一反射膜と前記第二反射膜との間のギャップの大きさを变化させるギャップ変更部と、

を備え、

前記ギャップ変更部は、測定対象波長と、第一波長域のスペクトルの次数 m (m は自然数)と、第二波長域のスペクトルの次数 n (n は m と異なる自然数)と、に基づいて制御されることを特徴とする光学モジュール。

【請求項11】

請求項10に記載の光学モジュールにおいて、

前記第一波長域は、前記第二波長域より波長が短く、

$m = n + 1$ の関係を満たすことを特徴とする光学モジュール。

【請求項12】

第一反射膜と、

前記第一反射膜に対向して配置される第二反射膜と、

前記第一反射膜と前記第二反射膜との間のギャップの大きさを变化させるギャップ変更部と、

を備えた波長可変干渉フィルターを含み、

前記波長可変干渉フィルターは、前記ギャップ変更部が駆動されることにより第一波長域及び第二波長域の光を透過し、

前記ギャップ変更部は、測定対象波長と、前記第一波長域のスペクトルの次数 m (m は自然数)と、前記第二波長域のスペクトルの次数 n (n は m と異なる自然数)と、に基づいて制御されることを特徴とする光学モジュール。

【請求項13】

請求項12に記載の光学モジュールにおいて、

前記第一波長域の光は、前記第二波長域の光より波長が短く、 $m = n + 1$ であることを特徴とする光学モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、波長可変干渉フィルターを備える光学モジュール、電子機器、及び駆動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、波長可変干渉フィルターを用いてスペクトルを測定する装置が知られている(例えば、特許文献1参照)。

この特許文献1に記載の装置は、反射膜が設けられた基板を互いに対向させ、基板間に圧電素子を設けられたファブリーペロー干渉部(波長可変干渉フィルター)と、圧電素子に対して電圧を印加する制御回路とを備えた可変干渉装置(光学モジュール)である。この光学モジュールでは、圧電素子に電圧を印加することで基板間の間隔を变化させて、波長可変干渉フィルターを透過する光の波長を变化させている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平1-94312号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、上述した特許文献1では、測定対象波長域において、波長可変干渉フィルターのピーク波長の次数 m を同じ値($m = 1$)にして、各波長の光を取り出している。

しかしながら、次数 m を低次に固定した場合、測定対象となる波長によっては、反射膜間のギャップが小さくなりすぎるという課題がある。例えば、波長可変干渉フィルターの2次ピークにより目的波長400nmの光を取り出す場合では、反射膜間のギャップを340nmに設定すればよいが、1次ピークにより目的波長400nmの光を取り出すには、反射膜間のギャップを140nmまで狭める必要がる。この場合、例えば反射膜間に目的のギャップ以上のサイズの異物等が存在すると、反射膜間に異物が挟まり、波長可変干渉フィルターが動作不良を起こし、目的波長の光を取り出せないという課題がある。

10

【0005】

本発明は、異物による動作不良を抑制でき、かつギャップ制御の精度の向上を図れる光学モジュール、電子機器、及び駆動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】

本発明の光学モジュールは、入射した光の一部を透過し一部を反射する第一反射膜と、前記第一反射膜に対向して配置され、入射した光の一部を透過し一部を反射する第二反射膜と、前記第一反射膜及び前記第二反射膜の間のギャップの大きさを変化させるギャップ変更部と、前記ギャップ変更部を制御するギャップ制御部と、を備え、前記ギャップ制御部は、測定対象波長と、2以上の波長域についてそれぞれ設定されたスペクトルの次数と、に基づいて前記ギャップ変更部を制御することを特徴とする。

20

【0007】

本発明では、第一反射膜及び第二反射膜により取り出される光のうち、測定対象波長に応じた次数のピーク波長の光を取得する。つまり、互いに対向する第一反射膜及び第二反射膜により構成されるファブリーペローエタロンに対して光を入射させると、下記式(1)に基づいた所定波長の光が取り出される。

【0008】

[数1]

$$m = 2nd \cos \theta \quad \dots (1)$$

30

【0009】

上記式(1)において、 λ は取り出される光の波長、 θ は入射光の入射角、 n は第一反射膜及び第二反射膜の間の媒体の屈折率、 d は第一反射膜及び第二反射膜の距離(ギャップ)、 m は次数であり、本発明のスペクトルの次数に相当する。なお、実際には、第一反射膜や第二反射膜の膜厚や光学特性、これらの第一反射膜及び第二反射膜を支持する基板等の要因により、第一反射膜及び第二反射膜により取り出される光の波長 λ は、式(1)から若干ずれる場合がある。

式(1)に示すように、第一反射膜及び第二反射膜により取り出される光は、次数 m ($m = 1, 2, 3, 4, \dots$)に対応した複数のピーク波長を有するスペクトルとなる。

40

ここで、本発明では、ギャップ制御部は、2以上の波長域毎にそれぞれ設定された次数 m に基づいて、第一反射膜及び第二反射膜のギャップ(すなわち式(1)における d)を設定する。

例えば、波長域400nm~600nmに対して次数 $m = 2$ が設定され、波長域620nm~700nmに対して次数 $m = 1$ が設定されている場合、ギャップ制御部は、測定対象波長として400nmの光を取り出す場合には、ギャップ変更部を制御して、2次ピーク波長により400nmの光を取り出すことが可能なギャップ $d = 340$ nmに制御する。また、ギャップ制御部は、測定対象波長として700nmの光を取り出す場合、ギャップ変更部を制御して、1次ピーク波長により700nmの光を取り出すことが可能なギャップ $d = 296$ nmに制御する。

50

【 0 0 1 0 】

このような本発明では、測定対象波長に応じた次数のピーク波長で、当該測定対象波長の光を取り出すため、例えば、短波長の光を取り出す場合には、次数を高く設定して高次ピーク波長により当該短波長の光を取り出すことで、第一反射膜及び第二反射膜の間のギャップを大きくすることができ、反射膜間に異物が挟まり、所望の波長の光が取り出されなくなる不都合を低減できる。

【 0 0 1 1 】

一方、次数を高次に固定してしまうと、測定対象波長域に対する反射膜間のギャップ変化量が大きくなる。例えば、波長可変干渉フィルターの1次ピークにより400nm～700nmの測定対象波長域の各波長の光を順次取り出す場合、反射膜間のギャップを140nm～295nmの間で変化させればよい。これに対して、波長可変干渉フィルターの2次ピークにより上記測定対象波長域の各波長の光を順次取り出す場合、反射膜間のギャップを340nm～645nmの間で変化させる必要があり、1次ピークを用いる場合に比べて、約2倍の駆動量となる。このように、ギャップの駆動量が増大すると、ギャップ変更部によるギャップ制御が困難になり、ギャップ制御の精度が低下し、例えば取り出された光に基づいてスペクトル分析等の測定をする場合では、測定精度も低下してしまうという課題がある。

これに対して、本発明では、低次ピーク波長により光を取り出す際、異物の挟まるリスクが低い場合では、次数 m を低く設定することができる。したがって、例えば高次の次数のみを用いる場合に比べて、ギャップ変更部によるギャップの駆動量増大を抑えることができ、ギャップ変更部によるギャップ制御の精度を向上させることができる。

以上に示したように、本発明では、ギャップが過剰に小さくなることによる動作不良、及び高次ピーク波長を用いた場合のギャップ変更部におけるギャップ制御の精度低下の双方を改善することができる。

【 0 0 1 2 】

本発明の光学モジュールでは、前記ギャップ変更部は、電圧が印加されることで前記ギャップの大きさを変更し、前記ギャップ制御部は、測定対象波長に対する前記ギャップ変更部に印加する電圧を、前記測定対象波長毎に記録した $V -$ データを記憶する記憶部を備え、前記 $V -$ データは、前記測定対象波長と、当該測定対象波長の光を前記設定された次数のピーク波長として取り出すための前記ギャップに対応する電圧と、を関連付けたデータであり、前記ギャップ制御部は、前記 $V -$ データから前記測定対象波長に対応する前記電圧を前記ギャップ変更部に印加することが好ましい。

本発明では、ギャップ制御部は、 $V -$ データに基づいて、測定対象波長に対する電圧をギャップ変更部に印加すればよく、構成及び処理の簡略化を図ることができる。

【 0 0 1 3 】

本発明の光学モジュールでは、前記ギャップ変更部は、電圧が印加されることで前記ギャップの大きさを変更し、前記ギャップ制御部は、測定対象波長に対する前記ギャップ変更部に印加する電圧を、前記測定対象波長毎に記録した $V -$ データを記憶する記憶部を備え、前記 $V -$ データは、前記測定対象波長と、当該測定対象波長の光を各次数のピーク波長として取り出すための前記ギャップに対応する電圧との関係であり、前記ギャップ制御部は、前記測定対象波長に対応する次数を選択し、前記選択した次数に対応した前記電圧を前記ギャップ変更部に印加することが好ましい。

本発明では、ギャップ制御部が、測定対象波長に応じて次数を選択する。したがって、 $V -$ データとしては、各測定対象波長に対する電圧値が、当該測定対象波長の各ピーク波長毎に記録されているデータを用いる。この場合、ギャップ制御部により、測定対象波長を取り出すピーク波長を選択することができる。したがって、例えば所定の測定対象波長に対して初期設定として1次ピーク波長により取り出すように設定されている場合でも、当該測定対象波長を取り出す次数を2次ピーク波長に変更することもできる。この場合、例えば、所定の測定対象波長に対応してギャップを制御した際に、反射膜間に異物が挟まった場合に、より高次ピーク波長により当該測定対象波長を取り出すように制御するこ

10

20

30

40

50

ともできる。また、ギャップ間隔が小さくなりすぎて、ギャップ制御が困難となった場合に高次ピーク波長を用いることもでき、これにより、ギャップ制御の精度を向上させることができる。

【0014】

本発明の光学モジュールでは、測定波長域は、第一波長域と、前記第一波長域より波長が長い波長域である第二波長域とを含み、前記第一波長域に属する前記測定対象波長に対して設定された前記次数は、前記第二波長域に属する前記測定対象波長に対して設定された前記次数よりも高いことが好ましい。

つまり、本発明では、短波長側の第一波長域に属する測定対象波長を取り出す場合には、高次ピーク波長により当該測定対象波長を取り出すようにギャップを制御し、長波長側の第二波長域に属する測定対象波長を取り出す場合には、低次ピーク波長により当該測定対象波長を取り出すようにギャップを制御する。このように、短波長域において、高い次数が用いられることで、ギャップの最小値を大きくできる。すなわち、上記発明と同様、ギャップが過剰に小さくなって異物等が挟まるリスクを低減できる。更に、長波長域において、低い次数が選択されることで、ギャップ変更部におけるギャップ駆動量を小さくでき、ギャップ制御の精度向上を図れる。

【0015】

本発明の光学モジュールでは、前記第二波長域における最長波長の光を取り出すための前記ギャップは、前記第一波長域における最短波長の光を取り出すための前記ギャップよりも大きいことが好ましい。

本発明では、第二波長域の光を取り出すためのギャップの最大値は、第一波長域の光を取り出すためのギャップの最小値よりも大きい。この場合、第一波長域の各波長を取り出すためにギャップを変化させる範囲（ギャップ駆動範囲）と、第二波長の各波長を取り出すためのギャップ駆動範囲との少なくとも一部が重なり合う。これにより、ギャップ駆動量を更に低減でき、ギャップ制御の精度をより向上させることができ、測定精度を更に向上させることができる。

例えば、測定波長域 400 nm ~ 700 nm を 20 nm ピッチで測定対象波長の光を取り出し、第一波長域を 400 nm ~ 600 nm、第二波長域を 620 nm ~ 700 nm とし、第一波長域に対して 3 次ピーク波長（次数 $m = 3$ ）に対応したギャップを設定し、第二波長域に対して 2 次ピーク波長（次数 $m = 2$ ）に対応したギャップを設定する場合を例示する。この場合、第一波長域の各波長を、3 次ピーク波長として取り出すためには、ギャップ駆動範囲は、540 nm ~ 845 nm に設定することになる。また、第二波長域の各波長を、2 次ピーク波長として取り出すためには、ギャップ駆動範囲は、565 nm ~ 646 nm となる。したがって、この場合では、第二波長域の各波長を 2 次ピーク波長として取り出すためのギャップ駆動範囲は、第一波長域の各波長を 3 次ピーク波長として取り出すためのギャップ駆動範囲内に含まれることになる。したがって、第一波長域の各波長を取り出すためのギャップ駆動範囲内で、第二波長域の各波長の光も同時に取り出すことができ、第二波長域に対応したギャップ駆動量を別途設定する必要がなく、ギャップ駆動量を小さくできる。

【0016】

本発明の光学モジュールでは、前記ギャップ制御部は、前記測定波長域に含まれる複数の前記測定対象波長に対する前記ギャップをそれぞれ取得し、前記ギャップの最大値から、前記ギャップが減少する方向に、順次、前記取得した前記ギャップに変更することが好ましい。

第一波長域の各波長の光を取り出した後、第二波長域の各波長の光を取り出す場合、初期ギャップから、第一波長域の最短波長に対応するギャップまで変化させた後、再び、第二波長域の最長波長に対応するギャップまで変化させ、その後、第二波長域の最短波長に対応するギャップまで変化させる駆動が必要となり、ギャップ変更部による総駆動量が増大する。第一波長域の最短波長に対応するギャップまで変化させた後、第二波長域の最短波長に対応するギャップから最長波長に対応するギャップまで順次ギャップを変化させる

ことも考えられるが、この場合でも、ギャップ変更部の総駆動量が増大する。

これに対して、本発明では、初期ギャップから、ギャップを狭める方向に順次ギャップを切り替えて変更するため、ギャップ変更部を1ストローク分の駆動で（初期ギャップから所定の最小ギャップまで駆動させる間に）、測定波長域の各測定対象波長の光を取り出すことができ、ギャップ変更部における総駆動量を低減できる。

【0017】

本発明の電子機器は、入射した光の一部を透過し一部を反射する第一反射膜と、前記第一反射膜に対向して配置され、入射した光の一部を透過し一部を反射する第二反射膜と、前記第一反射膜及び前記第二反射膜の間のギャップの大きさを变化させるギャップ変更部と、前記ギャップ変更部を制御するギャップ制御部と、前記第一反射膜及び前記第二反射膜により取り出された光に基づいて、所定の処理を実施する処理制御部と、を備え、前記ギャップ制御部は、測定対象波長と、2以上の波長域についてそれぞれ設定されたスペクトルの次数と、に基づいて前記ギャップ変更部を制御することを特徴とする。

10

【0018】

本発明では、上述した発明と同様、第一反射膜及び第二反射膜の間に異物が挟まることによる動作不良を抑制でき、これにより、電子機器における動作不良も抑制できる。

また、ギャップ制御の精度向上を図れるので、精度の高いギャップ制御により、所望の測定対象波長の光を取り出すことができるので、処理制御部において、精度の高い処理を実施できる。例えば、処理制御部において、第一反射膜及び第二反射膜により取り出された光のスペクトル分析を実施する場合には、当該処理制御部は、精度の高いギャップ制御により取り出された所望の測定対象波長の光を取得することで、精度の高いスペクトル分析処理を実施できる。

20

【0019】

本発明の電子機器では、前記第一反射膜及び前記第二反射膜により取り出された光を検出する検出部を備え、前記処理制御部は、前記検出部により検出される各測定対象波長の光の光量に基づいた計測スペクトルに、当該計測スペクトルを分光スペクトルに変換する変換行列を作用させて、前記第一反射膜及び前記第二反射膜に入射する測定光の分光スペクトルを推定することが好ましい。

本発明では、処理制御部は、測定波長域内の複数の測定対象波長の光量を検出し、これらの測定対象波長に変換行列を作用させることで、分光スペクトルを推定するスペクトル推定を実施する。このようなスペクトル推定では、例えば第一反射膜及び第二反射膜により取り出された光に、測定対象波長以外のピーク波長が含まれる場合や、第一反射膜及び第二反射膜により取り出される測定対象波長の光の半値幅が大きい場合でも、精度の高い分光スペクトルを求めることができる。

30

【0020】

本発明の駆動方法は、入射した光の一部を透過し一部を反射する第一反射膜と、前記第一反射膜に対向して配置され、入射した光の一部を透過し一部を反射する第二反射膜と、前記第一反射膜及び前記第二反射膜の間のギャップの大きさを变化させるギャップ変更部と、を備えた波長可変干渉フィルターの駆動方法であって、当該駆動方法は、測定対象波長と、2以上の波長域についてそれぞれ設定されたスペクトルの次数と、に基づいて前記ギャップ変更部を制御することを特徴とする。

40

【0021】

本発明では、第一反射膜及び第二反射膜と、これらの第一反射膜及び第二反射膜の間のギャップを変更するギャップ変更部とを備えた波長可変干渉フィルターを駆動させる際に、測定対象波長に応じて設定された次数に基づいて、設定された次数のピーク波長で当該測定対象波長の光が取り出されるようにギャップ変更部を制御する。

このため、測定対象波長が短波長であり、第一反射膜及び第二反射膜のギャップを小さくする必要がある場合でも、高い次数が設定されていれば、ギャップが過剰に狭められて異物等が挟まるリスクを低減でき、波長可変干渉フィルターの動作不良を抑制できる。

また、高い次数のみにより測定対象波長を取り出す場合では、ギャップ駆動量が大きく

50

なり、ギャップ変更部によるギャップ制御の精度が悪化する。これに対して、本発明では、上記のような第一反射膜及び第二反射膜の間に異物が挟まるリスクがない測定対象波長に対しては、低次の次数が設定されていることで、ギャップ変更部によるギャップ制御の精度を向上させることができる。

【0022】

本発明の光学モジュールは、入射した光の一部を透過し一部を反射する第一反射膜と、前記第一反射膜に対向して配置され、入射した光の一部を透過し一部を反射する第二反射膜と、前記第一反射膜及び前記第二反射膜の間のギャップの大きさを変化させるギャップ変更部と、を備え、 m 、 n を異なる自然数としたとき、第一波長域の光を検出するときは m 次のピーク波長を用いて検出し、前記第一波長域とは異なる第二波長域の光を検出するときは n 次のピーク波長を用いて検出することを特徴とする。

10

【0023】

本発明では、第一波長域に属する測定対象波長の光を検出する際には、次数 m のピーク波長で当該測定対象波長の光を検出し、第二波長域に属する測定対象波長の光を検出する際には、次数 n のピーク波長で当該測定対象波長の光を検出する。

このため、上記発明と同様に、反射膜間の大きさが小さくなって異物が挟まる不都合を回避でき、かつ、測定波長域の各測定対象波長を検出するためのギャップ変更部の駆動量も小さくできる。

【0024】

本発明の光学モジュールでは、前記第一波長域は、前記第二波長域より波長が短く、 $m = n + 1$ の関係を満たすことが好ましい。

20

本発明では、反射膜間の大きさが小さくなり、異物が挟まる可能性が高くなる第一波長域の光を検出する際に、第二波長域に対する次数 n よりも1だけ大きい次数 m を用いる。これにより、効果的に異物が挟まる不都合を回避できる。また、次数 m を次数 n から2以上大きくする場合に比べて、ギャップ変更部の駆動量を小さくでき、測定精度の低下を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明に係る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】第一実施形態における波長可変干渉フィルターの概略構成を示す断面図。

30

【図3】第一実施形態における波長可変干渉フィルターの透過率特性の一例を示す図。

【図4】第一実施形態における分光測定装置の分光測定処理を示すフローチャート

【図5】測定波長域の各測定対象波長の光を1次ピーク波長、及び2次ピーク波長の光として取り出した際の反射膜間ギャップの大きさを示す図。

【図6】測定波長域の各測定対象波長の光を2次ピーク波長、及び3次ピーク波長の光として取り出した際の反射膜間ギャップの大きさを示す図。

【図7】本発明に係る第二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8】本発明の電子機器の一例である測色装置を示すブロック図。

【図9】本発明の電子機器の一例であるガス検出装置を示す概略図。

【図10】図9のガス検出装置の制御系の構成を示すブロック図。

40

【図11】本発明の電子機器の一例である食物分析装置の概略構成を示す図。

【図12】本発明の電子機器の一例である分光カメラの概略構成を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0026】

〔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1の構成〕

図1は、本発明に係る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である。

。

分光測定装置1は、本発明の電子機器であり、測定対象Xで反射された測定対象光に基

50

づいて、測定対象光の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。

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、ディテクター11と、I-V変換器12と、アンプ13と、A/D変換器14と、制御部20と、を備えている。

【0027】

ディテクター11は、光学モジュール10の波長可変干渉フィルター5を透過した光を受光し、受光した光の光強度に応じた検出信号（電流）を出力する。

I-V変換器12は、ディテクター11から入力された検出信号を電圧値に変換し、アンプ13に出力する。

アンプ13は、I-V変換器12から入力された検出信号に応じた電圧（検出電圧）を増幅する。

A/D変換器14は、アンプ13から入力された検出電圧（アナログ信号）をデジタル信号に変換し、制御部20に出力する。

【0028】

[光学モジュール10の構成]

次に、光学モジュール10の構成について、以下に説明する。

光学モジュール10は、図1に示すように、波長可変干渉フィルター5と、ギャップ制御部15とを備えて構成される。

【0029】

（波長可変干渉フィルター5の構成）

図2は、波長可変干渉フィルター5の概略構成を示す断面図である。

本実施形態の波長可変干渉フィルター5は、いわゆる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、図2に示すように、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、それぞれ例えば各種ガラスや、水晶、シリコン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により接合されることで、一体的に構成されている。

【0030】

固定基板51には、固定反射膜54（第一反射膜）が設けられ、可動基板52には、可動反射膜55（第二反射膜）が設けられており、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（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の大きさ（反射膜54，55間の距離，隙間寸法）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、電極間ギャップを介して対向し、静電アクチュエーター56（ギャップ変更部）として機能する。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。なお、図2では、電極間ギャップの隙間寸法が、反射膜間ギャップG1の隙間寸法より大きい例を示すが、電極間ギャップが反射膜間ギャップG1よりも小さくなる構成などとしてもよい。

【0031】

以下、波長可変干渉フィルター5の構成についてより詳細に説明する。

固定基板51には、エッチングにより電極設置溝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、静電アクチュエーター56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。

【 0 0 3 2 】

電極設置溝 5 1 1 は、例えば、固定基板 5 1 の平面中心点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、電極設置溝 5 1 1 の中心から可動基板 5 2 側に突出して形成されている。この電極設置溝 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、図示は省略するが、固定基板 5 1 には、電極設置溝 5 1 1 から、固定基板 5 1 の外周縁に向かって延出する電極引出溝が設けられており、電極設置溝 5 1 1 に設けられた固定電極 5 6 1 の引出電極が設けられている。

【 0 0 3 3 】

電極設置溝 5 1 1 の電極設置面 5 1 1 A には、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。また、固定電極 5 6 1 には、固定引出電極が接続されており、この固定引出電極は、上述した電極引出溝から固定基板 5 1 の外周部に引き出され、ギャップ制御部 1 5 に接続されている。

【 0 0 3 4 】

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 5 】

反射膜設置部 5 1 2 は、上述したように、電極設置溝 5 1 1 と同軸上で、電極設置溝 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、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 6 】

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 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 7 】

可動基板 5 2 は、平面中心点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。

【 0 0 3 8 】

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 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。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 9 】

可動電極 5 6 2 は、電極間ギャップを介して固定電極 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。また、図示は省略するが、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 の外周縁に向かって延出する可動引出電極が設けられている。この可動引出電極は、固定引出電極と同様に、ギャップ制御部 1 5 に接続される。

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 と反射膜間ギャップ 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。

【 0 0 4 0 】

10

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。

20

【 0 0 4 1 】

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、第二接合部 5 2 3 は、接合膜 5 3 により第一接合部 5 1 3 に接合されている。

【 0 0 4 2 】

(ギャップ制御部 1 5 の構成)

ギャップ制御部 1 5 は、図 1 に示すように、記憶部 1 6 と、電圧制御部 1 7 と、を備えている。

30

記憶部 1 6 は、例えば R O M や R A M 等の半導体メモリーにより構成されている。この記憶部 1 6 には、波長可変干渉フィルター 5 により取り出す光の波長 (測定対象波長) と、静電アクチュエーター 5 6 に印加する電圧との関係を示す V - データが記憶される。

ここで、表 1 に、波長可変干渉フィルター 5 を透過する光の波長と、反射膜間ギャップ G 1 との関係を示す。なお、ここでは、固定反射膜 5 4 は A g 合金を用いた場合を想定している。また、表 2 に、本実施形態における測定対象波長と、当該測定対象波長の光を取り出すための反射膜間ギャップ G 1 との関係の一例を示す。

【 0 0 4 3 】

【表 1】

波長 (nm)	反射膜間ギャップ (nm)			
	1 次ピーク	2 次ピーク	3 次ピーク	4 次ピーク
400	139.3	340.1	540.2	740.5
420	151.0	361.2	571.3	781.3
440	161.9	381.9	602.0	821.9
460	172.5	402.5	632.4	862.3
480	183.1	423.0	662.9	903.0
500	193.6	443.6	693.5	943.5
520	204.0	464.0	723.9	984.0
540	214.3	484.3	754.3	1024.3
560	224.6	504.5	784.5	1064.5
580	234.8	524.7	814.7	1104.7
600	245.1	545.0	845.1	1144.9
620	255.4	565.3	875.3	1185.3
640	265.6	585.5	905.5	1225.4
660	275.8	605.7	935.7	1265.6
680	285.9	625.9	965.9	1305.9
700	296.1	646.0	996.1	1346.1
最大ギャップ	296.1	646.0	996.1	1346.1
最小ギャップ	139.3	340.1	540.2	740.5
駆動量	156.9	306.0	455.9	605.6

【 0 0 4 4 】

【表 2】

測定対象波長 (nm)	反射膜間ギャップ (nm)	電圧 (V)	次数
400	340.1	23.0	2
420	361.2	20.1	
440	381.9	16.5	
460	402.5	12.1	
480	423.0	7.0	
500	193.6	31.7	1
520	204.0	31.4	
540	214.3	31.1	
560	224.6	30.8	
580	234.8	30.4	
600	245.1	30.0	
620	255.4	29.6	
640	265.6	29.1	
660	275.8	28.6	
680	285.9	28.0	
700	296.1	27.3	

【 0 0 4 5 】

本実施形態では、V - データとして、表 2 に示すように、波長 400 nm ~ 480 nm (第一波長域) に対して 2 次ピーク波長に対応した反射膜間ギャップ G 1 の隙間寸法 340.1 nm ~ 423.0 nm を設定するための電圧値が記録され、波長 500 nm ~ 700 nm (第二波長域) に対して 1 次ピーク波長に対応した反射膜間ギャップ G 1 の隙間寸法 193.6 nm ~ 296.1 nm を設定するための電圧値が記録されている。

なお、本実施形態では、測定対象波長に対する電圧を V - データに記録する例を示したが、これに限定されず、測定対象波長に対して、電圧及び反射膜間ギャップ G 1 が関連

10

20

30

40

50

付けられたデータが用いられてもよい。さらに、表 2 に示すような測定対象波長に対する反射膜間ギャップ G 1 との関係を示す V - データと、反射膜間ギャップ G 1 に対する電圧を示す V - G データとが記録されてもよい。

【 0 0 4 6 】

電圧制御部 1 7 は、制御部 2 0、記憶部 1 6 及び波長可変干渉フィルタ 5 の静電アクチュエータ 5 6 に接続され、制御部 2 0 からの指令に基づいて静電アクチュエータ 5 6 に印加する電圧を変化させ、反射膜間ギャップ G 1 を制御する。

具体的には、電圧制御部 1 7 は、制御部 2 0 から測定対象波長を指定する指令が入力されると、記憶部 1 6 の V - データから指定された測定対象波長に対応する電圧値を取得し、波長可変干渉フィルタ 5 の静電アクチュエータ 5 6 に電圧を印加する。これにより、上記表 2 に示すように、静電アクチュエータ 5 6 により、測定対象波長に対する反射膜間ギャップ G 1 の隙間寸法が設定される。

【 0 0 4 7 】

[制御部 2 0 の構成]

図 1 に戻り、分光測定装置 1 の制御部 2 0 について、説明する。

制御部 2 0 は、本発明の処理部に相当し、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、分光測定装置 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、フィルタ駆動部 2 1 と、光量取得部 2 2 と、分光測定部 2 3 と、を備えている。

【 0 0 4 8 】

フィルタ駆動部 2 1 は、光学モジュール 1 0 のギャップ制御部 1 5 に対して、所定の測定波長域の光を所定の測定ピッチで波長可変干渉フィルタ 5 を透過させる旨の指令信号を出力する。

光量取得部 2 2 は、A / D 変換器 1 4 から入力される信号（電圧）に基づいて、ディテクタ 1 1 にて受光された光の光量（光強度）を取得する。

【 0 0 4 9 】

分光測定部 2 3 は、光量取得部 2 2 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。

図 3 は、表 2 に対応した V - データに基づいて波長可変干渉フィルタ 5 を駆動させる場合の、当該波長可変干渉フィルタ 5 の透過率特性を示す図である。

表 2 に対応した V - データに基づいて波長可変干渉フィルタ 5 を駆動させた場合では、上述のように、4 0 0 n m ~ 4 8 0 n m 第一波長域に対して 2 次ピーク波長により測定対象波長の光を透過させ、5 0 0 n m ~ 7 0 0 n m 第二波長域に対して 1 次ピーク波長により測定対象波長の光を透過させる。この場合、図 3 に示すように、第二波長域の測定対象波長の光を取り出す際に、第一波長域の光が同時に透過することはない。

しかしながら、高次のピーク波長を用いて測定対象波長を取り出す場合、測定対象波長とは異なるピーク波長の光が同時に取り出され、その分、ノイズ成分が含まれることになる。

例えば、第一波長域に対して 3 次ピーク波長により測定対象波長の光を透過させ、第二波長域に対して 2 次ピーク波長により測定対象波長の光を透過させる場合では、表 1 に示すように、例えば波長 4 0 0 n m の光を 3 次ピーク波長として取り出す際に、波長 6 0 0 n m 近傍の光が 2 次ピーク波長として同時に取り出される。同様に、第二波長域の測定対象波長を取り出す場合でも、3 次ピーク波長として第一波長域の光が取り出されてしまう。

したがって、分光測定部 2 3 は、測定対象 X により反射された光の分光スペクトルを得るために、光量取得部 2 2 により得られた複数の測定対象波長に対する光量から、分光スペクトルを推定するスペクトル推定処理を実施する。また、光量取得部 2 2 により取得される光量は、厳密には測定対象波長の光のみの光量ではなく、測定対象波長を中心とした所定波長幅の光も含まれる。このため、表 2 に示すような V - データに基づいて波長可変干渉フィルタ 5 から光を取り出した場合でも、分光測定部 2 3 によりスペクトル推定

10

20

30

40

50

処理を実施することが好ましい。

【 0 0 5 0 】

以下に、分光測定部 2 3 におけるスペクトル推定処理の一例を説明する。

分光測定部 2 3 は、以下に示す式 (2) のように、光量取得部 2 2 により得られた計測スペクトル (各測定対象波長に対する光量) D に対して、例えばメモリー等の記憶手段 (図示略) に記憶された推定行列 M s (変換行列) を作用させることで、測定対象光 (測定対象 X により反射された光) の分光スペクトル S を推定する。

なお、推定行列 M s は、分光測定装置 1 により、正確な分光スペクトル S₀ が予め測定されている基準光を計測し、この計測により得られた計測スペクトル D₀ と、正確な分光スペクトル S₀ とから、算出される。

【 0 0 5 1 】

【 数 2 】

$$S^t = M_s \cdot D^t \quad \dots (2)$$

【 0 0 5 2 】

上記式 (2) において、「 t 」は、転置ベクトルを示している。式 (2) において、分光スペクトル S 及び計測スペクトル D は、「行ベクトル」で示されることから、これらの転置ベクトルは「列ベクトル」となる。

上記式 (2) を、各要素を明示した状態で示すと、式 (3) のようになる。

【 0 0 5 3 】

【 数 3 】

$$\begin{pmatrix} s1 \\ s2 \\ s3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ s59 \\ s60 \\ s61 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m1 \cdot 1 & m1 \cdot 2 & m1 \cdot 3 & \cdot & \cdot & \cdot & m1 \cdot 16 \\ m2 \cdot 1 & m2 \cdot 2 & m2 \cdot 3 & \cdot & \cdot & \cdot & m2 \cdot 16 \\ m3 \cdot 1 & m3 \cdot 2 & m3 \cdot 3 & \cdot & \cdot & \cdot & m3 \cdot 16 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ m59 \cdot 1 & m59 \cdot 2 & m59 \cdot 3 & \cdot & \cdot & \cdot & m59 \cdot 16 \\ m60 \cdot 1 & m60 \cdot 2 & m60 \cdot 3 & \cdot & \cdot & \cdot & m60 \cdot 16 \\ m61 \cdot 1 & m61 \cdot 2 & m61 \cdot 3 & \cdot & \cdot & \cdot & m61 \cdot 16 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d1 \\ d2 \\ d3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ d14 \\ d15 \\ d16 \end{pmatrix} \quad \dots (3)$$

【 0 0 5 4 】

上記式 (3) において、計測スペクトル D は、分光測定装置 1 において計測する測定対象波長の数 (バンド数) に相当する数の要素により構成される。表 2 に示す例では、測定波長域 (4 0 0 n m ~ 7 0 0 n m) を 2 0 n m ピッチで測定することから、上記式 (3) では、d 1 ~ d 1 6 の 1 6 個の要素から構成される。なお、これらの d 1 ~ d 1 6 の要素は、それぞれ、各測定対象波長に対する光量取得部 2 2 により取得される光量となる。

また、分光スペクトル S は、推定しようとする波長の数 (スペクトル点数) に相当する個数の要素から構成される。例えば、上記式 (3) では、4 0 0 n m ~ 7 0 0 n m の対象波長域を 5 n m ピッチの波長で分光スペクトル S を推定するべく、分光スペクトル S が行ベクトルの要素が 6 1 個に構成されている。

したがって、計測スペクトル D から分光スペクトル S を推定するための推定行列 M s は、式 (3) に示すように、6 1 行 × 1 6 列の行列となる。

ここで、計測スペクトル D の要素が 1 6 個であるのに対し、分光スペクトル S の要素が 6 1 個であるので、一組の計測スペクトル D 及び分光スペクトル S だけでは、6 1 行 × 1 6 列の推定行列 M s を決定することができない。したがって、この推定行列 M s は、複数のサンプル光 (予め分光スペクトル S₀ が計測されている基準光) を分光測定装置 1 によ

10

20

30

40

50

り計測することで決定される。

【 0 0 5 5 】

このような推定行列 M_s は、次のように決定する。つまり、予め分光スペクトル S が計測されている複数のサンプル光（基準光）を分光測定装置 1 で測定して各サンプル光に対する計測スペクトル D_0 を取得する。

ここで、分光スペクトル S がスペクトル点数 k （式（3）の場合では、61個）の要素を有するとし、サンプル数 n のサンプル光を測定する場合、分光スペクトル S_0 は、次式（4）のように行列 S^t の形で表すことができる。また、計測スペクトル D_0 は、バンド数 b （式（3）の場合では、16）の要素を持ち、サンプル数 n のサンプル光に対してそれぞれ計測結果が得られる。したがって、計測スペクトル D_0 は、次式（5）のように行列 D^t の形で表すことができる。

【 0 0 5 6 】

【数 4】

$$S_{nk}^t = \begin{pmatrix} s1 \cdot 1 & s1 \cdot 2 & s1 \cdot 3 & \cdot & \cdot & \cdot & s1 \cdot n \\ s2 \cdot 1 & s2 \cdot 2 & s2 \cdot 3 & \cdot & \cdot & \cdot & s2 \cdot n \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ s60 \cdot 1 & s60 \cdot 2 & s60 \cdot 3 & & & & s60 \cdot n \\ s61 \cdot 1 & s61 \cdot 2 & s61 \cdot 3 & \cdot & \cdot & \cdot & s61 \cdot n \end{pmatrix} \quad \dots (4)$$

$$D_{nb}^t = \begin{pmatrix} d1 \cdot 1 & d1 \cdot 2 & d1 \cdot 3 & \cdot & \cdot & \cdot & d1 \cdot n \\ d2 \cdot 1 & d2 \cdot 2 & d2 \cdot 3 & \cdot & \cdot & \cdot & d2 \cdot n \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ d15 \cdot 1 & d15 \cdot 2 & d15 \cdot 3 & & & & d15 \cdot n \\ d16 \cdot 1 & d16 \cdot 2 & d16 \cdot 3 & \cdot & \cdot & \cdot & d16 \cdot n \end{pmatrix} \quad \dots (5)$$

【 0 0 5 7 】

そして、行列 S^t と、行列 D^t 及び推定行列 M_s の内積（ $M_s \cdot D^t$ ）との偏差を表す評価関数 $F(M_s) = |S^t - M_s \cdot D^t|^2$ を設定し、この評価関数 $F(M_s)$ が最小となるように推定行列 M_s を決定する。すなわち、評価関数 $F(M_s)$ を推定行列 M_s で偏微分した値が 0 となるため、推定行列 M_s は、下記式（6）により決定することができる。

【 0 0 5 8 】

【数 5】

$$M_s = (D^t \cdot D)^{-1} \cdot D^t \cdot S \quad \dots (6)$$

【 0 0 5 9 】

なお、上記では、基準光であるサンプル光の分光スペクトル S_0 に誤差がないものとしたが、サンプル光の分光スペクトル S_0 の誤差を考慮した推定行列 M_s を決定してもよい。つまり、サンプル光の分光スペクトル S_0 は、マルチ分光測色計等の計測器を用いて測定されるが、当該計測器では、数 nm 程度の極めて狭い波長範囲の光を取り出して分光スペクトル S_0 を測定する。このように極めて狭い波長範囲を取り出す場合、光量が小さく、S/N 比が低くなるため、誤差が重畳しやすくなる。このような場合では、主成分分析法

10

20

30

40

50

を用いると、行列 S_{nk} は、主成分数を j 、主成分値を a 、主成分ベクトルを v として、
「 $S_{nk} = a_{nj} \cdot v_{jk}$ 」として表すことができ、サンプル光の誤差を考慮した推定行列 M_s を算出することもできる。

【0060】

なお、上記のスペクトル推定処理に限定されず、その他の推定処理を実施してもよい。

例えば、表 2 のように、波長可変干渉フィルタ 5 を透過した光に複数のピーク波長が含まれない場合では、従来のスペクトル推定を用いることができる。すなわち、波長可変干渉フィルタ 5 における分光感度特性（各測定対象波長に対する透過率特性）を予め検査して、メモリー（図示略）等の記憶手段に記憶しておき、当該分光感度特性と、取得した光量（計測光量）に基づいて分光スペクトルを推定することができる。

10

また、分光測定部 23 のスペクトル推定処理の方法としては、上述のような 2 つの方法に限られず、例えばウィナー推定法等を用いてもよい。

【0061】

〔分光測定装置 1 による分光測定処理〕

図 4 は、分光測定装置 1 の分光測定処理を示すフローチャートである。

分光測定装置 1 により測定対象光の分光スペクトルを測定するためには、まず、制御部 20 のフィルタ駆動部 21 は、光学モジュール 10 に対して波長可変干渉フィルタ 5 を駆動させて、所定の測定波長域（例えば 400 nm ~ 700 nm）に対して、所定の測定ピッチ（例えば 20 nm）で光を透過させる旨の指令信号を出力する（ステップ S1）。

20

【0062】

ギャップ制御部 15 の電圧制御部 17 は、制御部 20 から指令信号が入力されると、記憶部 16 の V - データから各測定対象波長に対応する電圧値を読み込む（ステップ S2）。そして、電圧制御部 17 は、読み込んだ電圧値を小さい順にソートし（ステップ S3）、順次、波長可変干渉フィルタ 5 の静電アクチュエータ 56 に電圧を印加する（ステップ S4）。これにより、波長可変干渉フィルタ 5 の反射膜間ギャップ G1 が初期ギャップから、隙間寸法が小さくなる方向に順次切り替えられ、各測定対象波長の光が順次透過される。したがって、表 2 のように、第一波長域に対して 2 次ピーク波長により測定対象波長の光を取り出し、第二波長域に対して 1 次ピーク波長により測定対象波長を取り出す場合、まず、第一波長域の 600 nm の光が 2 次ピーク波長として透過され、20 nm ピッチで透過波長が短くなる。そして、400 nm の光が 2 次ピーク波長として透過された後、第二波長域の 700 nm の光が 1 次ピーク波長として透過される。そして、620 nm の光が 1 次ピーク波長として透過されるまで、20 nm ピッチで透過波長が短くなる。

30

なお、光量取得部 22 は、波長可変干渉フィルタ 5 を透過してディテクタ 11 に受光された光の光量を順次取得し、メモリー等の記憶手段に記憶する。

【0063】

この後、ギャップ制御部 15 は、ステップ S2 で読み込んだ全ての電圧が印加されたか否かを判定する（ステップ S5）。ステップ S5 において、「No」と判定された場合、つまり、印加する電圧が残っている場合、ステップ S4 に戻り、当該電圧を静電アクチュエータ 56 に印加して、対応する測定対象波長の光を透過させる。

40

一方、ステップ S5 において「Yes」と判定された場合、ギャップ制御部 15 は、波長可変干渉フィルタ 5 の駆動を終了させる（ステップ S6）。

この後、分光測定部 23 は、記憶手段に記憶された光量（計測スペクトル D）と、推定行列 M_s を用いて、スペクトル推定を実施する（ステップ S7）。

【0064】

〔波長可変干渉フィルタ 5 を駆動させた際の反射膜間ギャップ〕

次に、上記のような分光測定処理において、波長可変干渉フィルタ 5 を駆動させた場合の、反射膜間ギャップ G1 の距離について説明する。

図 5 は、測定波長域の各測定対象波長の光を 1 次ピーク波長、及び 2 次ピーク波長の光

50

として取り出した際の反射膜間ギャップの大きさを示す図である。

表 2 に対応した V - データを用いる場合、400 nm ~ 480 nm の第一波長域に対して、次数 $m = 2$ である 2 次ピーク波長により測定対象波長の光を取り出し、500 nm ~ 700 nm の第二波長域に対して、次数 $m = 1$ である 1 次ピーク波長により測定対象波長の光を取り出す。この場合、図 3 に示すような透過率特性に基づいて、測定対象波長の光が透過される。

【0065】

つまり、第二波長域よりも短波長である第一波長域に対して、第二波長域よりも高次の 2 次ピーク波長を用いて測定対象波長の光を透過させることで、例えば、1 次ピーク波長のみを用いて測定波長域 (400 nm ~ 700 nm) の各測定対象波長の光を透過させる場合に比べて、反射膜間ギャップ G 1 の最小値 (波長 400 nm に対するギャップ) を大きくすることができる。

10

これにより、固定反射膜 54 及び可動反射膜 55 の反射膜間ギャップ G 1 が過剰に小さくなることなく、これらの固定反射膜 54 及び可動反射膜 55 の間に異物が挟まるリスクを低減することができる。

【0066】

また、第一波長域よりも長波長である第二波長域に対して、第一波長域よりも低次の 1 次ピーク波長を用いて測定対象波長の光を透過させる。この場合、第二波長域に対するギャップ駆動量を低減させることができる。

すなわち、上述のように、固定反射膜 54 及び可動反射膜 55 の間に異物が挟まるリスクを低減するために、2 次ピーク波長のみを用いて測定波長域の各測定対象波長の光を透過させる場合、表 1 及び図 5 に示すように、静電アクチュエーター 56 によるギャップ駆動範囲 G_{m2} は、340.1 nm ~ 646.0 nm となり、全ての測定対象波長の光を順次取り出すために可動部 521 を 306.0 nm 駆動させる必要がある。

20

これに対して、本実施形態では、静電アクチュエーター 56 によるギャップ駆動範囲 $G_{m'}$ は、第一波長域に対するギャップ駆動範囲 G_{m2}' である 340.1 nm ~ 423.0 nm、及び第二波長域に対するギャップ駆動範囲 G_{m1}' である 193.6 nm ~ 296.1 nm となる。この場合、全ての測定対象波長の光を順次取り出すために可動部 521 を駆動させる量 (ギャップ駆動量) 229.4 nm であり、2 次ピーク波長のみを用いる場合のギャップ駆動量 (306.0 nm) に比べて駆動量を小さくできる。

30

一般に、静電アクチュエーター 56 を用いた反射膜間ギャップ G 1 の調整では、可動基板 52 の復元力に反して可動部 521 を変位させる必要があり、駆動量が大きいとその分復元力も大きくなり、ギャップ制御が困難となる。これに対して、上記のように、ギャップ駆動量が小さくなることで、ギャップ制御が容易となり、これに伴って反射膜間ギャップ G 1 を精度よく所望の値に調整することが可能となる。また、ギャップ駆動量が大い場合では、駆動に要する電力も増大するが、ギャップ駆動量が減少することで、駆動に要する電力も低減できる。

【0067】

[次数の設定]

上記の例では、表 2 に示すように、第一波長域の光を 2 次ピーク波長として透過させ、第二波長域の光を 1 次ピーク波長として透過させる例を示したが、他の次数を設定することも可能である。

40

例えば、以下の表 3 に示すように、第一波長域の光を 3 次ピーク波長として透過させ、第二波長域の光を 2 次ピーク波長として透過させてもよい。

【0068】

【表 3】

測定対象波長 (nm)	反射膜間ギャップ (nm)	次数
400	540.2	3
420	571.3	
440	602.0	
460	632.4	
480	662.9	
500	443.6	2
520	464.0	
540	484.3	
560	504.5	
580	524.7	
600	545.0	
620	565.3	
640	585.5	
660	605.7	
680	625.9	
700	646.0	

10

【0069】

20

表3のように、第一波長域に対して3次ピーク波長を用いて測定対象波長の光を透過させ、第二波長域に対して2次ピーク波長を用いる場合、反射膜間ギャップG1の最小値は、443.6nmとなる。2次ピーク波長のみを用いて測定波長域の各測定対象波長の光を透過させる場合、反射膜間ギャップG1の最小値は340.1nmとなるため、反射膜間ギャップG1の最小値をより大きくできる。したがって、反射膜間ギャップG1を狭めた際に、固定反射膜54及び可動反射膜55の間に異物が挟まるリスクをより低減できる。

【0070】

図6は、測定波長域の各測定対象波長の光を2次ピーク波長、及び3次ピーク波長の光として取り出した際の反射膜間ギャップの大きさを示す図である。

30

3次ピーク波長のみで測定対象波長の光を透過させる場合、表1及び図6に示すように、測定対象波長700nmに対応する反射膜間ギャップG1の隙間寸法996.1nmから、測定対象波長400nmに対応する反射膜間ギャップG1の隙間寸法540.2nmまでのギャップ駆動範囲 G_{m3} だけ駆動させる必要があり、静電アクチュエーター56によるギャップ駆動量は、455.9nmとなる。

これに対して、第一波長域に対して3次ピーク波長を用いて測定対象波長の光を透過させ、第二波長域に対して2次ピーク波長を用いる場合、表1、表3、及び図6に示すように、第二波長域に属する測定対象波長のうちの最長波長に対応した反射膜間ギャップG1の大きさ(第二波長域における最大ギャップ)が、第一波長域に属する測定対象波長のうちの最短波長に対応した反射膜間ギャップG1の大きさ(第一波長域における最小ギャップ)よりも大きくなる。この場合、第一波長域のギャップ駆動範囲 G_{m3} の一部と、第二波長域のギャップ駆動範囲 G_{m2} の一部とが重なり合う。したがって、第一波長域のギャップ駆動範囲 G_{m3} の一部の範囲で、第二波長域の一部の範囲の測定対象波長の光量をも取得することができる。このような場合、静電アクチュエーター56によるギャップ駆動範囲 G_m は443.6nm~662.9nmとなり、ギャップ駆動量は219.3nmとなるので、3次ピーク波長のみを用いて各測定対象波長の光量を取得する場合のギャップ駆動量(455.9nm)に比べて、小さくなる。

40

なお、このような場合では、第一波長域内の3次ピーク波長の光と、第二波長域内の2次ピーク波長の光とが同時に透過されることになる。このような場合でも、本実施形態で

50

は、分光測定部 23 によりスペクトル推定処理を実施することで、測定対象波長以外の光をカットした精度の高い分光スペクトル S を推定することができる。

【0071】

なお、表 3 では、第二波長域のギャップ駆動範囲 G_{m2} の一部の範囲と、第一波長域のギャップ駆動範囲 G_{m3} の一部の範囲とが重なる例を示したが、例えば、第二波長域のギャップ駆動範囲 G_{m2} 全体が第一波長域のギャップ駆動範囲 G_{m3} に含まれるように、第一波長域と第二波長域との範囲、及び各波長域に対する次数が設定されていてもよい。この場合でも、上記と同様に、重なり合ったギャップ駆動範囲において、第一波長域に属する測定対象波長の光と、第二波長域に属する測定対象波長の光との双方を透過させることが可能となり、ギャップ駆動量を効果的に低減させることができる。

10

【0072】

また、表 2、表 3 に示す例に限られず、他の次数を採用してもよく、測定波長域を例えば 3 つ以上の波長域に分類し、これらの各波長域に対してそれぞれ次数を異ならせてもよい。例えば、400 nm ~ 500 nm の波長域に対して 3 次ピーク波長により測定対象波長の光を透過させ、520 nm ~ 600 nm の波長域に対して 2 次ピーク波長により測定対象波長の光を透過させ、620 nm ~ 700 nm の波長域に対して 1 次ピーク波長により測定対象波長の光を透過させるように、V - データが設定されていてもよい。

【0073】

[第一実施形態の作用効果]

本実施形態では、波長可変干渉フィルター 5 は、固定反射膜 54、可動反射膜 55、及びこれらの反射膜 54、55 間の反射膜間ギャップ G1 を変更する静電アクチュエーター 56 を備える。そして、ギャップ制御部 15 は、反射膜間ギャップ G1 を、第一波長域及び第二波長域に対してそれぞれ設定された次数のピーク波長で、測定対象波長の光を透過させる隙間寸法に制御する。すなわち、本実施形態では、測定波長域の各測定対象波長の光に対して、低次ピーク波長として透過させる測定対象波長、高次ピーク波長として透過させる測定対象波長が設定されている。

20

このような構成では、次数が高い高次ピーク波長を用いて測定対象波長の光を透過させることで、次数が低い低次ピーク波長を用いて測定対象波長の光を透過させる場合に比べて、反射膜間ギャップ G1 を大きくできる。このため、異物が反射膜 54、55 に挟まるリスクを低減でき、これによる動作不良の発生を抑制できる。また、測定対象波長によっては十分に反射膜間ギャップ G1 が大きく、異物が反射膜 54、55 に挟まる可能性が低い場合があり、このような場合まで、高次のピーク波長を用いると、静電アクチュエーター 56 の制御が困難となる。これに対して、本実施形態では、このような測定対象波長に対しては、低次ピーク波長を用いて測定対象波長の光を透過させるので、例えば、高次ピーク波長のみを用いて測定波長域の各測定対象波長の光を透過させる場合に比べ、静電アクチュエーター 56 によるギャップ駆動量を低減でき、ギャップ制御の精度を向上させることができる。

30

【0074】

本実施形態では、測定対象波長に対する電圧を記録した V - データが記憶部 16 に記憶されている。そして、この V - データでは、測定対象波長に対して予め次数が設定されており、その次数に対応するピーク波長により当該測定対象波長を透過させるための電圧が当該測定対象波長に対応付けられて記録されている。

40

このため、ギャップ制御部 15 は、測定対象波長に対応する電圧値を V - データから読み込み、当該電圧値に対応した電圧を静電アクチュエーター 56 に印加するだけで、反射膜間ギャップ G1 の大きさを測定対象波長に応じて設定された次数に対応する大きさに制御することができる。

【0075】

本実施形態では、ギャップ制御部 15 は、測定波長域の短波長側である第一波長域（例えば 400 nm ~ 480 nm）に属する測定対象波長の光を 2 次ピーク波長として透過させ、長波長側である第二波長域（例えば 500 nm ~ 700 nm）に属する測定対象波長

50

の光を１次ピーク波長として透過させる。

このため、反射膜間ギャップＧ１の隙間寸法がより小さくなる短波長側において、隙間寸法を増大させることができるので、反射膜５４，５５間での異物の挟まりを効果的に抑制できる。更に、長波長域において、２次ピーク波長を用いることで、静電アクチュエーター５６によりギャップ駆動量を低減でき、ギャップ制御における制御の向上を図ることができる。

【００７６】

本実施形態では、表３に示すように、第二波長域に属する測定対象波長の最長波長に対する反射膜間ギャップＧ１の隙間寸法が、第一波長域に属する測定対象波長の最短波長に対する反射膜間ギャップＧ１の隙間寸法よりも大きく設定されていてもよい。

10

このような場合では、第一波長域に対するギャップ駆動範囲のうちの少なくとも一部と、第二波長域に対するギャップ駆動範囲の少なくとも一部とが重なり合う。例えば、上記表３に示すように、第一波長域の測定対象波長の光を３次ピーク波長として透過させ、第二波長域の測定対象波長の光を２次ピーク波長として透過させる場合では、第二波長域に対するギャップ駆動範囲の一部（５４５．０ｎｍ～６４６．０ｎｍ）が、第一波長域に対するギャップ駆動範囲（５４０．２ｎｍ～６６２．９ｎｍ）に重なる。

したがって、重なり合った駆動範囲において、第一波長域の測定対象波長と、第二波長域の測定対象波長との双方を透過させることが可能となり、静電アクチュエーター５６のギャップ駆動量をさらに低減させることができる。例えば、上記表１に示すように、３次ピーク波長のみにより各測定対象波長の光を透過させる場合では、表１に示すように、測定対象波長７００ｎｍに対応する９９６．１ｎｍから、測定対象波長４００ｎｍに対応する５４０．２ｎｍまで、４５５．９ｎｍ駆動させる必要がある。これに対して、本実施形態では、表３に示すように、測定対象波長４８０ｎｍに対応する６６２．９ｎｍから、測定対象波長５００ｎｍに対応する４４３．６ｎｍまで２１９．３ｎｍ駆動させる間に、各測定対象波長の光も透過させることができる。

20

【００７７】

本実施形態では、ギャップ制御部１５の電圧制御部１７は、ステップＳ２において、各測定対象波長に対する電圧値を読み込んだ後、ステップＳ３において、読み込んだ電圧値を小さい順にソートし、ソート順に電圧を順次、静電アクチュエーター５６に印加する。

このため、反射膜間ギャップＧ１は、初期ギャップから順次隙間寸法が小さくなる方向に狭められ、可動部５２１を１ストローク駆動させることで、各測定対象波長に対する光量を取得することができる。

30

【００７８】

そして、本実施形態の分光測定装置１では、分光測定部２３は、得られた複数の測定対象波長に対する光量に基づいた計測スペクトルＤに対して、推定行列Ｍｓを作用させることで、測定対象Ｘにより反射された測定光の分光スペクトルＳを推算する。

このような推定行列Ｍｓは、分光スペクトルＳ_０が既知である基準光（サンプル光）を分光測定装置１により測定した計測スペクトルＤ_０と、分光スペクトルＳ_０とに基づいて、計測スペクトルＤ_０及び推定行列Ｍｓの内積と、分光スペクトルＳ_０との偏差が最小となるように、設定される行列である。したがって、波長可変干渉フィルター５を透過する光に、測定対象波長の光以外のノイズ成分（例えば他のピーク波長の光）が含まれる場合であっても、計測スペクトルＤに対して推定行列Ｍｓを作用させることで、精度の高い分光スペクトルＳを推算することができる。

40

【００７９】

[第二実施形態]

次に、本発明に係る第二実施形態について、以下説明する。

上述した第一実施形態では、ギャップ制御部１５は、測定対象波長に応じて、用いるピーク波長の次数が異なるようにＶ－データを設定し、このＶ－データに基づいて測定対象波長に対応する電圧を静電アクチュエーター５６に印加した。これに対して、本実施形態では、ギャップ制御部は、測定対象波長に応じて次数を選択し、選択した次数に対応

50

した反射膜間ギャップ G 1 に設定するように静電アクチュエーター 5 6 を制御する点で、上記第一実施形態と相違する。

【 0 0 8 0 】

図 7 は、第二実施形態の分光測定装置 1 A の概略構成を示すブロック図である。

図 7 に示すように、本実施形態の分光測定装置 1 A の光学モジュール 1 0 A は、波長可変干渉フィルタ 5 と、ギャップ制御部 1 5 A とを備えている。また、ギャップ制御部 1 5 A は、記憶部 1 6 と、電圧制御部 1 7 と、次数選択部 1 8 と、を備えている。

ここで、本実施形態の記憶部 1 6 には、波長可変干渉フィルタ 5 から各測定対象波長の光を、各次数のピーク波長で透過させる際のギャップに対応する電圧を示す V - データが記憶されている。つまり、上述した表 1 の反射膜間ギャップ G 1 の各隙間寸法に対する電圧が記録される。例えば測定対象波長 1 に対して、1 次ピーク波長として当該測定対象波長 1 の光を取り出すための電圧、2 次ピーク波長として当該測定対象波長 1 の光を取り出す電圧、3 次ピーク波長として当該測定対象波長 1 の光を取り出す電圧、4 次ピーク波長として当該測定対象波長 1 の光を取り出す電圧等が記録される。

【 0 0 8 1 】

次数選択部 1 8 は、測定対象波長に対応した次数を選択する。

そして、電圧制御部 1 7 は、測定対象波長、及び次数選択部 1 8 により選択された次数に対応する電圧値を、記憶部 1 6 に記憶される V - データから読み出し、読み出した電圧値に対応した電圧を静電アクチュエーター 5 6 に印加する。

【 0 0 8 2 】

[次数選択部 1 8 による次数選択処理]

本実施形態では、上述のように、次数選択部 1 8 により、波長域毎の次数を選択することができる。

ここで、次数選択部 1 8 により選択される次数としては、各測定対象波長によって予め設定されていてもよく、例えば、測定者により適宜設定可能としてもよい。また、波長可変干渉フィルタ 5 が設置される環境等の条件（例えば気圧や温度等）に応じて設定されるものであってもよい。

測定者により設定される場合には、例えば、図示略の操作部の入力操作に基づいて次数を取得する。

また、環境等の条件として、周囲の気圧や温度等を条件とする場合、分光測定装置 1 A は、気圧計や温度計等の環境計測装置を備える構成とする。そして、環境計測装置により計測される値が、例えば、予め設定された閾値を超える場合に、初期値として設定された次数を「1」増加させるなどの処理をしてもよい。

【 0 0 8 3 】

更に、次数選択部 1 8 は、波長可変干渉フィルタ 5 の製造時のばらつきに応じて、次数を選択する。

すなわち、波長可変干渉フィルタ 5 において、静電アクチュエーター 5 6 に電圧を印加していない初期状態における反射膜間ギャップ G 1 の初期寸法は、製造上のばらつきを有する。このため、従来、測定を開始する測定開始寸法は、製造時における初期寸法のばらつきを考慮した上で、初期寸法よりも小さくなるように設定する必要があった。つまり、初期寸法が測定開始寸法よりも大きい場合では、まず、反射膜間ギャップ G 1 が測定開始寸法となるまで、静電アクチュエーター 5 6 に電圧を印加して可動部 5 2 1 を変位させる必要があり、駆動量が大きくなるという課題があった。また、初期寸法が測定開始寸法よりも小さい場合では、静電アクチュエーター 5 6 により反射膜間ギャップ G 1 を広げることができないため、測定開始寸法に対応した測定対象波長の測定を実施することができないという課題があった

これに対して、本実施形態では、次数選択部 1 8 は、製造時における初期寸法に応じて、測定開始波長を選択する。これにより、測定対象波長に対して適切な次数を選択することで、初期寸法によらず、当該測定対象波長の光を取り出すことができ、また、駆動量の増大を抑制することも可能となる。

【 0 0 8 4 】

以下、具体例を用いて、波長可変干渉フィルタ 5 の製造時に生じる初期寸法のばらつきに対応した次数選択部 18 による次数選択方法について説明する。

下記に示す表 4 は、上述した第一実施形態の分光測定装置 1 において、初期寸法を 450 nm、430 nm、410 nm に設定した場合、波長域 400 nm ~ 700 nm の測定が実施可能であるか否か、又、実施可能である場合でのギャップ駆動量を示す表である。

【 0 0 8 5 】

【表 4】

初期寸法	測定可否	ギャップ駆動量
450 nm	可能	256.4 nm
430 nm	可能	236.4 nm
410 nm	不可能	—

10

【 0 0 8 6 】

表 2 に対応した V - データを用いる場合では、測定開始寸法は、測定対象波長 480 nm に対応した 423.0 nm となる。したがって、表 4 に示すように、初期寸法が 410 nm である場合では、測定対象波長 480 nm の光を 2 次ピーク波長として取り出せず、測定が実施できない。また、初期ギャップ 450 nm の場合では、まず、反射膜間ギャップ G1 を初期寸法から測定開始寸法である 423.0 nm まで駆動させた後、各測定対象波長に対応した隙間寸法に変化させる必要があるため、その分、ギャップ駆動量が増大する。

20

【 0 0 8 7 】

表 5 は、本実施形態において、初期寸法が 450 nm、430 nm、410 nm に設定されている場合における、波長域 400 nm ~ 700 nm の測定が実施可能であるか否か、又、実施可能である場合でのギャップ駆動量を示す表である。また、表 6 は、初期寸法が 450 nm である場合に、次数選択部 18 により選択される次数を示す表であり、表 7 は、初期寸法が 430 nm である場合に、次数選択部 18 により選択される次数を示す表であり、表 8 は、初期寸法が 410 nm である場合に、次数選択部 18 により選択される次数を示す表である。

【 0 0 8 8 】

30

【表 5】

初期寸法	測定可否	ギャップ駆動量
450 nm	可能	246.0 nm
430 nm	可能	236.4 nm
410 nm	可能	226.9 nm

【 0 0 8 9 】

【表 6】

測定対象波長 (nm)	反射膜間ギャップ (nm)	次数
400	340.1	2
420	361.2	
440	381.9	
460	402.5	
480	423.0	
500	443.6	
520	204.0	1
540	214.3	
560	224.6	
580	234.8	
600	245.1	
620	255.4	
640	265.6	
660	275.8	
680	285.9	
700	296.1	

10

【 0 0 9 0 】

20

【表 7】

測定対象波長 (nm)	反射膜間ギャップ (nm)	次数
400	340.1	2
420	361.2	
440	381.9	
460	402.5	
480	423.0	
500	193.6	1
520	204.0	
540	214.3	
560	224.6	
580	234.8	
600	245.1	
620	255.4	
640	265.6	
660	275.8	
680	285.9	
700	296.1	

30

【 0 0 9 1 】

40

【表 8】

測定対象波長 (nm)	反射膜間ギャップ (nm)	次数
400	340.1	2
420	361.2	
440	381.9	
460	402.5	
480	183.1	1
500	193.6	
520	204.0	
540	214.3	
560	224.6	
580	234.8	
600	245.1	
620	255.4	
640	265.6	
660	275.8	
680	285.9	
700	296.1	

10

【0092】

20

本実施形態において、反射膜間ギャップ G 1 の初期寸法が 430 nm である場合では、表 7 に示すように、次数選択部 18 は、400 nm から 480 nm までを第一波長域と設定して次数「2」を選択し、500 nm から 700 nm までを第二波長域と設定して次数「1」を選択する。つまり、表 2 と同様の次数が選択されることになる。この場合は、第一実施形態と同様のギャップ駆動量となる。

【0093】

一方、本実施形態において初期寸法が 450 nm である場合、次数選択部 18 は、表 6 に示すように、400 nm から 500 nm までを第一波長域と設定して次数「2」を選択し、520 nm から 700 nm までを第二波長域と設定して次数「1」を選択する。つまり、第一波長域 (400 nm ~ 500 nm) 内の測定対象波長の光を 2 次ピーク波長として取出し、第二波長域 (520 nm ~ 700 nm) 内の測定対象波長の光を 1 次ピーク波長として取り出す。この場合、表 2 のパターンとは異なり、測定対象波長 500 nm の光が 2 次ピーク波長として取り出されることになる。

30

上述した第一実施形態の分光測定装置 1 では、初期寸法が 450 nm である場合、まず、測定開始寸法の 423.0 nm まで、27.0 nm 分だけ駆動させる必要が生じるが、本実施形態では、反射膜間ギャップ G 1 を、初期寸法である 450 nm から、測定対象波長 500 nm に対応した 443.6 nm まで、6.4 nm だけ駆動させた後、各測定対象波長に対応する寸法に変化させればよい。したがって、表 5 に示すように、ギャップ駆動量は、246.0 nm となり、第一実施形態の分光測定装置 1 を用いた場合のギャップ駆動量 (256.4 nm) に比べて小さくなる。

40

【0094】

また、第一実施形態の分光測定装置 1 では、反射膜間ギャップ G 1 の初期寸法が 410 nm の場合、測定対象波長 480 nm の光を取り出すことができず、測定を実施することができない。これに対して、本実施形態では、初期寸法が 410 nm の場合、表 8 に示すように、次数選択部 18 は、400 nm から 460 nm までを第一波長域と設定して次数「2」を選択し、480 nm から 700 nm までを第二波長域と設定して次数「1」を選択する。これにより、初期寸法が 410 nm である場合でも、400 nm ~ 700 nm の測定波長域の各測定対象波長の光を取り出すことができる。また、この場合、ギャップ駆動量は 226.9 nm となる。

【0095】

50

以上に示すように、本実施形態では、次数選択部 18 により次数を選択することで、測定開始ギャップにマージンを持たせることができる。したがって、波長可変干渉フィルター 5 の製造時において、初期寸法にばらつきが生じた場合でも、その初期寸法に応じて最適な次数を選択することで、所定の測定波長域内の各測定対象波長の光を適切に取り出すことができる。また、ギャップ駆動量を小さくすることができ、静電アクチュエーター 56 によるギャップ制御の精度を向上させることができる。

【0096】

[分光測定装置 1A による分光測定処理]

本実施形態の分光測定装置 1A は、上述した第一実施形態と略同様の方法により分光測定動作を実施する。

10

ここで、本実施形態では、図 3 のステップ S2 において、ギャップ制御部 15A の次数選択部 18 は、波長域毎の次数を選択する。

この次数の選択では、上記のような条件により次数を選択することができる。

例えば、初期寸法に応じて、第一波長域及び第二波長域を設定し、これらの第一波長域及び第二波長域に対してそれぞれ次数を選択する。この場合、初期寸法を検出するために、例えば、固定基板 51 及び可動基板 52 の間に、静電容量検出用電極を設ける構成などとしてもよい。

また、上述したように、測定者の操作等に応じて、選択する次数を変更してもよい。この場合、次数選択部 18 は、操作部の入力操作に応じて、自由に測定に用いる次数を選択することができ、例えば、第一波長域に対して次数 $m = 3$ を選択し、第二波長域に対して次数 $m = 2$ を選択することも可能となる。その他、波長可変干渉フィルター 5 の設置環境等を検出するセンサーが設けられている場合では、次数選択部 18 は、これらのセンターにより検出された環境に応じて、次数を選択してもよい。

20

この後、電圧制御部 17 は、各測定対象波長に対して、次数選択部 18 により選択された次数に対応する電圧を V - データから読み込む。

以降の処理については、上記第一実施形態と同様に、ステップ S3 からステップ S7 の処理を実施する。

【0097】

[第二実施形態の作用効果]

本実施形態では、ギャップ制御部 15A は、次数選択部 18 及び電圧制御部 17 を備え、次数選択部 18 は、測定対象波長に応じた次数を選択し、電圧制御部 17 は、選択された次数に応じた電圧を静電アクチュエーター 56 に印加する。

30

この場合でも、上述した第一実施形態と同様に、波長可変干渉フィルター 5 において、測定対象波長に応じて適切な次数のピーク波長により光を透過させることができる。すなわち、反射膜間ギャップ G1 の隙間寸法が小さくなり、反射膜 54, 55 の間に異物が挟まってしまうリスク等を低減でき、かつ、高次のピーク波長のみを用いて全測定対象波長を透過させる場合に比べて、静電アクチュエーター 56 によるギャップ制御の精度を向上させることができる。

【0098】

また、本実施形態では、V - データに、各測定対象波長の光を各ピーク波長で透過させる際の電圧が記憶され、次数選択部 18 により次数を選択することができるので、測定中においても、次数を適宜変更することも可能となる。

40

例えば、第一波長域に対して 1 次ピーク波長を用いて測定を実施し、例えば反射膜 54, 55 間に異物が挟まる等の不都合が生じた場合に、当該第一波長域に対する次数を 2 次に変更するといった動作を行うこともできる。

そして、次数選択部 18 は、上述したように、反射膜間ギャップ G1 の初期寸法に応じて、適切な波長域（第一波長域及び第二波長域）を設定し各波長域に対して次数を選択する。これにより、製造時において、波長可変干渉フィルター 5 の初期寸法にばらつきが生じた場合でも、測定波長域（例えば 400 nm ~ 700 nm）内の各測定対象波長の光を適切に取り出すことができる。また、ギャップ駆動量を小さくすることができるため、静

50

電アクチュエーター 5 6 によるギャップ制御の精度を向上させることができる。

【 0 0 9 9 】

更に、本実施形態では、各測定対象波長に対して、それぞれ複数の回数により光量測定を実施することが可能となる。

この場合、例えば、1 回目の測定において、第一波長域に対して 2 次ピーク波長を用いた光量測定、第二波長域に対して 1 次ピーク波長を用いた光量測定を実施し、これらの光量（計測スペクトル）に基づいた分光スペクトルの推算を行う。この後、2 回目の測定において、第一波長域に対して 3 次ピーク波長を用いた光量測定、第二波長域に対して 2 次ピーク波長を用いた光量測定を実施し、これらの光量（計測スペクトル）に基づいた分光スペクトルの推算を行う。そして、1 回目に推算された分光スペクトルと、2 回目に推算された分光スペクトルに基づいて、例えばその平均を採ることで、測定対象の分光スペクトルとする処理を実施してもよい。

10

【 0 1 0 0 】

[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。

【 0 1 0 1 】

例えば、上記第一及び第二実施形態において、測定波長域を 4 0 0 n m ~ 7 0 0 n m とし、第一波長域を 4 0 0 n m ~ 6 0 0 n m、第二波長域を 6 2 0 n m ~ 7 0 0 n m としたが、これに限定されない。例えば、第一波長域を 4 0 0 n m ~ 4 8 0 n m とし、第二波長域を 5 0 0 n m ~ 7 0 0 n m としてもよく、第一波長域及び第二波長域の範囲は適宜設定することができる。高次ピーク波長により測定対象波長の光を取り出す短波長側（第一波長域）を狭くすることで、ギャップ駆動範囲をより小さくでき、静電アクチュエーター 5 6 によるギャップ駆動量も減少するため、ギャップ制御の精度を向上できる。逆に、高次のピーク波長で測定対象波長の光を取り出す第一波長域を広く設定することで、反射膜 5 4 , 5 5 間における異物の挟まりや、それによる不都合をより効果的に防ぐことができる。

20

また、測定波長域としても、より広範囲を対象としてもよく、より狭い範囲を対象としてもよい。

【 0 1 0 2 】

上記第一及び第二実施形態では、ステップ S 2 において、各測定対象波長に対応する電圧を取得した後、ステップ S 3 において、その電圧を小さい順にソートし、順次静電アクチュエーター 5 6 に印加するが、これに限定されない。例えば、ステップ S 2 において、測定対象波長に対する電圧を読み込んだ順に、つまり測定対象波長順に電圧を印加する処理をしてもよい。

30

【 0 1 0 3 】

上記実施形態では、本発明のギャップ変更部として、固定電極 5 6 1 及び可動電極 5 6 2 により構成され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。

例えば、ギャップ変更部としては、固定基板に設けられる第一誘電コイルと、可動基板に設けられる第二誘電コイルまたは永久磁石とにより構成される誘電アクチュエーターを用いる構成としてもよい。

40

更に、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、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 5 2 2 を撓ませることができる。

さらには、電圧印加により反射膜間ギャップ G 1 の大きさ（隙間寸法）を変化させる構成に限られず、例えば、固定基板 5 1 及び可動基板 5 2 の間の空気圧を変化させることで、反射膜間ギャップ G 1 の大きさを調整する構成なども例示できる。この場合、V - データの代わりに、測定対象波長に対する空気圧が記録されたデータ等を用いることができる。すなわち、反射膜間ギャップ G 1 の大きさを変化させる構成としては、いかなる構成

50

としてもよい。そして、記憶部 16 には、測定対象波長に対して、当該測定対象波長を所定次数のピーク波長として取り出すためのギャップを設定するためのパラメーター（例えばギャップ変更部が電圧駆動である場合が電圧値、ギャップ変更部が空気圧駆動の場合は気圧等）が記録されていればよい。

【0104】

また、本発明の電子機器として、上記各実施形態では、分光測定装置 1 を例示したが、その他、様々な分野により本発明の光学モジュール、及び電子機器を適用することができる。

【0105】

例えば、図 8 に示すように、本発明の電子機器を、色を測定するための測色装置に適用することもできる。

10

図 8 は、波長可変干渉フィルターを備えた測色装置 400 の一例を示すブロック図である。

この測色装置 400 は、図 8 に示すように、検査対象 A に光を射出する光源装置 410 と、測色センサー 420（光学モジュール）と、測色装置 400 の全体動作を制御する制御装置 430（処理部）とを備える。そして、この測色装置 400 は、光源装置 410 から射出される光を検査対象 A にて反射させ、反射された検査対象光を測色センサー 420 にて受光し、測色センサー 420 から出力される検出信号に基づいて、検査対象光の色度、すなわち検査対象 A の色を分析して測定する装置である。

【0106】

20

光源装置 410、光源 411、複数のレンズ 412（図 8 には 1 つのみ記載）を備え、検査対象 A に対して例えば基準光（例えば、白色光）を射出する。また、複数のレンズ 412 には、コリメーターレンズが含まれてもよく、この場合、光源装置 410 は、光源 411 から射出された基準光をコリメーターレンズにより平行光とし、図示しない投射レンズから検査対象 A に向かって射出する。なお、本実施形態では、光源装置 410 を備える測色装置 400 を例示するが、例えば検査対象 A が液晶パネルなどの発光部材である場合、光源装置 410 が設けられない構成としてもよい。

【0107】

測色センサー 420 は、図 8 に示すように、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 を透過する光を受光するディテクター 11 と、波長可変干渉フィルター 5 の静電アクチュエーター 56 への印加電圧を制御するギャップ制御部 15 とを備える。また、測色センサー 420 は、波長可変干渉フィルター 5 に対向する位置に、検査対象 A で反射された反射光（検査対象光）を、内部に導光する図示しない入射光学レンズを備えている。そして、この測色センサー 420 は、波長可変干渉フィルター 5 により、入射光学レンズから入射した検査対象光のうち、所定波長の光を分光し、分光した光をディテクター 11 にて受光する。

30

【0108】

制御装置 430 は、測色装置 400 の全体動作を制御する。

この制御装置 430 としては、例えば汎用パーソナルコンピューターや、携帯情報端末、その他、測色専用コンピューターなどを用いることができる。そして、制御装置 430 は、図 8 に示すように、光源制御部 431、測色センサー制御部 432、および測色処理部 433などを備えて構成されている。

40

光源制御部 431 は、光源装置 410 に接続され、例えば利用者の設定入力に基づいて、光源装置 410 に所定の制御信号を出力して、所定の明るさの白色光を射出させる。

測色センサー制御部 432 は、測色センサー 420 に接続され、例えば利用者の設定入力に基づいて、測色センサー 420 にて受光させる光の波長を設定し、この波長の光の受光量を検出する旨の指令信号を測色センサー 420 に出力する。これにより、測色センサー 420 のギャップ制御部 15 は、制御信号に基づいて、静電アクチュエーター 56 に電圧を印加し、波長可変干渉フィルター 5 を駆動させる。

測色処理部 433 は、本発明の処理制御部であり、ディテクター 11 により検出された

50

受光量から、検査対象 A の色度を分析する。また、測色処理部 4 3 3 は、上記第一及び第二実施形態と同様、ディテクター 1 1 により得られた光量を計測スペクトル D として、推定行列 M s を用いて分光スペクトル S を推算することで検査対象 A の色度を分析してもよい。

【 0 1 0 9 】

また、本発明の電子機器の他の例として、特定物質の存在を検出するための光ベースのシステムが挙げられる。このようなシステムとしては、例えば、波長可変干渉フィルタを用いた分光計測方式を採用して特定ガスを高感度検出する車載用ガス漏れ検出器や、呼吸検査用の光音響希ガス検出器等のガス検出装置を例示できる。

このようなガス検出装置の一例を以下に図面に基づいて説明する。

10

【 0 1 1 0 】

図 9 は、波長可変干渉フィルタを備えたガス検出装置の一例を示す概略図である。

図 1 0 は、図 9 のガス検出装置の制御系の構成を示すブロック図である。

このガス検出装置 1 0 0 は、図 9 に示すように、センサーチップ 1 1 0 と、吸引口 1 2 0 A、吸引流路 1 2 0 B、排出流路 1 2 0 C、及び排出口 1 2 0 D を備えた流路 1 2 0 と、本体部 1 3 0 と、を備えて構成されている。

本体部 1 3 0 は、流路 1 2 0 を着脱可能な開口を有するセンサー部カバー 1 3 1、排出手段 1 3 3、筐体 1 3 4、光学部 1 3 5、フィルタ 1 3 6、波長可変干渉フィルタ 5、及び受光素子 1 3 7（検出部）等を含む検出装置と、検出された信号を処理し、検出部を制御する制御部 1 3 8、電力を供給する電力供給部 1 3 9 等から構成されている。また、光学部 1 3 5 は、光を射出する光源 1 3 5 A と、光源 1 3 5 A から入射された光をセンサーチップ 1 1 0 側に反射し、センサーチップ側から入射された光を受光素子 1 3 7 側に透過するビームスプリッター 1 3 5 B と、レンズ 1 3 5 C、1 3 5 D、1 3 5 E と、により構成されている。

20

また、図 1 0 に示すように、ガス検出装置 1 0 0 の表面には、操作パネル 1 4 0、表示部 1 4 1、外部とのインターフェイスのための接続部 1 4 2、電力供給部 1 3 9 が設けられている。電力供給部 1 3 9 が二次電池の場合には、充電のための接続部 1 4 3 を備えてもよい。

更に、ガス検出装置 1 0 0 の制御部 1 3 8 は、図 1 0 に示すように、C P U 等により構成された信号処理部 1 4 4、光源 1 3 5 A を制御するための光源ドライバー回路 1 4 5、波長可変干渉フィルタ 5 を制御するための電圧制御部 1 4 6、受光素子 1 3 7 からの信号を受信する受光回路 1 4 7、センサーチップ 1 1 0 のコードを読み取り、センサーチップ 1 1 0 の有無を検出するセンサーチップ検出器 1 4 8 からの信号を受信するセンサーチップ検出回路 1 4 9、及び排出手段 1 3 3 を制御する排出ドライバー回路 1 5 0 などを備えている。また、ガス検出装置 1 0 0 には、V - データを記憶する記憶部（図示略）を備える。なお、電圧制御部 1 4 6 及び信号処理部 1 4 4 の R A M、R O M 等の記憶部によりギャップ制御部が構成され、電圧制御部 1 4 6 は、記憶部に記憶される V - データに基づいて、波長可変干渉フィルタ 5 の静電アクチュエーター 5 6 に印加する電圧を制御する。

30

【 0 1 1 1 】

次に、上記のようなガス検出装置 1 0 0 の動作について、以下に説明する。

40

本体部 1 3 0 の上部のセンサー部カバー 1 3 1 の内部には、センサーチップ検出器 1 4 8 が設けられており、このセンサーチップ検出器 1 4 8 でセンサーチップ 1 1 0 の有無が検出される。信号処理部 1 4 4 は、センサーチップ検出器 1 4 8 からの検出信号を検出すると、センサーチップ 1 1 0 が装着された状態であると判断し、表示部 1 4 1 へ検出動作を実施可能な旨を表示させる表示信号を出す。

【 0 1 1 2 】

そして、例えば利用者により操作パネル 1 4 0 が操作され、操作パネル 1 4 0 から検出処理を開始する旨の指示信号が信号処理部 1 4 4 へ出力されると、まず、信号処理部 1 4 4 は、光源ドライバー回路 1 4 5 に光源作動の信号を出力して光源 1 3 5 A を作動させる

50

。光源 135A が駆動されると、光源 135A から単一波長で直線偏光の安定したレーザー光が射出される。また、光源 135A には、温度センサーや光量センサーが内蔵されており、その情報が信号処理部 144 へ出力される。そして、信号処理部 144 は、光源 135A から入力された温度や光量に基づいて、光源 135A が安定動作していると判断すると、排出ドライバー回路 150 を制御して排出手段 133 を作動させる。これにより、検出すべき標的物質（ガス分子）を含んだ気体試料が、吸引口 120A から、吸引流路 120B、センサーチップ 110 内、排出流路 120C、排出口 120D へと誘導される。なお、吸引口 120A には、除塵フィルター 120A1 が設けられ、比較的大きい粉塵や一部の水蒸気などが除去される。

【0113】

また、センサーチップ 110 は、金属ナノ構造体が複数組み込まれ、局在表面プラズモン共鳴を利用したセンサーである。このようなセンサーチップ 110 では、レーザー光により金属ナノ構造体間で増強電場が形成され、この増強電場内にガス分子が入り込むと、分子振動の情報を含んだラマン散乱光、及びレイリー散乱光が発生する。

これらのレイリー散乱光やラマン散乱光は、光学部 135 を通ってフィルター 136 に入射し、フィルター 136 によりレイリー散乱光が分離され、ラマン散乱光が波長可変干渉フィルター 5 に入射する。そして、信号処理部 144 は、電圧制御部 146 に対して制御信号を出力する。これにより、電圧制御部 146 は、上記第一実施形態に示すように、記憶部から測定対象波長に対応する電圧値を読み込み、その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、検出対象となるガス分子に対応したラマン散乱光を波長可変干渉フィルター 5 で分光させる。この後、分光した光が受光素子 137 で受光されると、受光量に応じた受光信号が受光回路 147 を介して信号処理部 144 に出力される。この場合、波長可変干渉フィルター 5 から目的とするラマン散乱光を精度よく取り出すことができる。

信号処理部 144 は、上記のようにして得られた検出対象となるガス分子に対応したラマン散乱光のスペクトルデータと、ROM に格納されているデータとを比較し、目的のガス分子が否かを判定し、物質の特定をする。また、信号処理部 144 は、表示部 141 にその結果情報を表示させたり、接続部 142 から外部へ出力したりする。

【0114】

なお、上記図 9 及び図 10 において、ラマン散乱光を波長可変干渉フィルター 5 により分光して分光されたラマン散乱光からガス検出を行うガス検出装置 100 を例示したが、ガス検出装置として、ガス固有の吸光度を検出することでガス種別を特定するガス検出装置として用いてもよい。この場合、センサー内部にガスを流入させ、入射光のうちガスにて吸収された光を検出するガスセンサーを本発明の光学モジュールとして用いる。そして、このようなガスセンサーによりセンサー内に流入されたガスを分析、判別するガス検出装置を本発明の電子機器とする。このような構成でも、波長可変干渉フィルターを用いてガスの成分を検出することができる。

【0115】

また、特定物質の存在を検出するためのシステムとして、上記のようなガスの検出に限られず、近赤外線分光による糖類の非侵襲的測定装置や、食物や生体、鉱物等の情報の非侵襲的測定装置等の、物質成分分析装置を例示できる。

以下に、上記物質成分分析装置の一例として、食物分析装置を説明する。

【0116】

図 11 は、波長可変干渉フィルター 5 を利用した電子機器の一例である食物分析装置の概略構成を示す図である。

この食物分析装置 200 は、図 11 に示すように、検出器 210（光学モジュール）と、制御部 220 と、表示部 230 と、を備えている。検出器 210 は、光を射出する光源 211 と、測定対象物からの光が導入される撮像レンズ 212 と、撮像レンズ 212 から導入された光を分光する波長可変干渉フィルター 5 と、分光された光を検出する撮像部 213（検出部）と、を備えている。

また、制御部 220 は、光源 211 の点灯・消灯制御、点灯時の明るさ制御を実施する光源制御部 221 と、波長可変干渉フィルタ 5 を制御する電圧制御部 222 と、撮像部 213 を制御し、撮像部 213 で撮像された分光画像を取得する検出制御部 223 と、信号処理部 224 (処理制御部) と、記憶部 225 と、を備えている。なお、電圧制御部 222 及び記憶部 225 により、本発明のギャップ制御部が構成される。

【0117】

この食物分析装置 200 は、システムを駆動させると、光源制御部 221 により光源 211 が制御されて、光源 211 から測定対象物に光が照射される。そして、測定対象物で反射された光は、撮像レンズ 212 を通って波長可変干渉フィルタ 5 に入射する。波長可変干渉フィルタ 5 は電圧制御部 222 の制御により、波長可変干渉フィルタ 5 は、
10 上記第一実施形態または第二実施形態に示すような駆動方法で駆動される。これにより、波長可変干渉フィルタ 5 から精度よく目的波長の光を取り出すことができる。そして、取り出された光は、例えば CCD カメラ等により構成される撮像部 213 で撮像される。また、撮像された光は分光画像として、記憶部 225 に蓄積される。また、信号処理部 224 は、電圧制御部 222 を制御して波長可変干渉フィルタ 5 に印加する電圧値を変化させ、各波長に対する分光画像を取得する。

【0118】

そして、信号処理部 224 は、記憶部 225 に蓄積された各画像における各画素のデータを演算処理し、各画素におけるスペクトルを求める。また、記憶部 225 には、例えば
20 スペクトルに対する食物の成分に関する情報が記憶されており、信号処理部 224 は、求めたスペクトルのデータを、記憶部 225 に記憶された食物に関する情報を基に分析し、検出対象に含まれる食物成分、及びその含有量を求める。また、得られた食物成分及び含有量から、食物カロリーや鮮度等をも算出することができる。更に、画像内のスペクトル分布を分析することで、検査対象の食物の中で鮮度が低下している部分の抽出等をも実施することができる。更には、食物内に含まれる異物等の検出をも実施することができる。

そして、信号処理部 224 は、上述のようにして得られた検査対象の食物の成分や含有量、カロリーや鮮度等の情報を表示部 230 に表示させる処理をする。

【0119】

また、図 11 において、食物分析装置 200 の例を示すが、略同様の構成により、上述したようなその他の情報の非侵襲的測定装置としても利用することができる。例えば、血液等の体液成分の測定、分析等、生体成分を分析する生体分析装置として用いることができる。このような生体分析装置としては、例えば血液等の体液成分を測定する装置として、エチルアルコールを検知する装置とすれば、運転者の飲酒状態を検出する酒気帯び運転防止装置として用いることができる。また、このような生体分析装置を備えた電子内視鏡システムとしても用いることができる。

更には、鉱物の成分分析を実施する鉱物分析装置としても用いることができる。

【0120】

更には、本発明の光学モジュール、電子機器としては、以下のような装置に適用することができる。

例えば、各波長の光の強度を経時的に変化させることで、各波長の光でデータを伝送させることも可能であり、この場合、光学モジュールに設けられた波長可変干渉フィルタにより特定波長の光を分光し、受光部で受光させることで、特定波長の光により伝送されるデータを抽出することができ、このようなデータ抽出用光学モジュールを備えた電子機器により、各波長の光のデータを処理することで、光通信を実施することもできる。

【0121】

また、電子機器としては、波長可変干渉フィルタにより光を分光することで、分光画像を撮像する分光カメラ、分光分析機などにも適用できる。このような分光カメラの一例として、波長可変干渉フィルタを内蔵した赤外線カメラが挙げられる。

図 12 は、分光カメラの概略構成を示す模式図である。分光カメラ 300 は、図 12 に示すように、カメラ本体 310 と、撮像レンズユニット 320 と、撮像部 330 (検出部
50

）とを備えている。

カメラ本体 310 は、利用者により把持、操作される部分である。

撮像レンズユニット 320 は、カメラ本体 310 に設けられ、入射した画像光を撮像部 330 に導光する。また、この撮像レンズユニット 320 は、図 12 に示すように、対物レンズ 321、結像レンズ 322、及びこれらのレンズ間に設けられた波長可変干渉フィルター 5 を備えて構成されている。

撮像部 330 は、受光素子により構成され、撮像レンズユニット 320 により導光された画像光を撮像する。

このような分光カメラ 300 では、波長可変干渉フィルター 5 により撮像対象となる波長の光を透過させることで、所望波長の光の分光画像を撮像することができる。この時、各波長に対して、ギャップ制御部（図示略）が上記第一実施形態に示すような本発明の駆動方法により波長可変干渉フィルター 5 を駆動させることで、精度よく目的波長の分光画像の画像光を取り出すことができる。

10

【0122】

更には、波長可変干渉フィルターをバンドパスフィルターとして用いてもよく、例えば、発光素子が射出する所定波長域の光のうち、所定の波長を中心とした狭帯域の光のみを波長可変干渉フィルターで分光して透過させる光学式レーザー装置としても用いることができる。

また、波長可変干渉フィルターを生体認証装置として用いてもよく、例えば、近赤外領域や可視領域の光を用いた、血管や指紋、網膜、虹彩などの認証装置にも適用できる。

20

【0123】

更には、光学モジュール及び電子機器を、濃度検出装置として用いることができる。この場合、波長可変干渉フィルターにより、物質から射出された赤外エネルギー（赤外光）を分光して分析し、サンプル中の被検体濃度を測定する。

【0124】

上記に示すように、本発明の光学モジュール、及び電子機器は、入射光から所定の光を分光するいかなる装置にも適用することができる。そして、波長可変干渉フィルターは、上述のように、1 デバイスで複数の波長を分光させることができるため、複数の波長のスペクトルの測定、複数の成分に対する検出を精度よく実施することができる。したがって、複数デバイスにより所望の波長を取り出す従来の装置に比べて、光学モジュールや電子機器の小型化を促進でき、例えば、携帯用や車載用の光学デバイスとして好適に用いることができる。

30

【0125】

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。

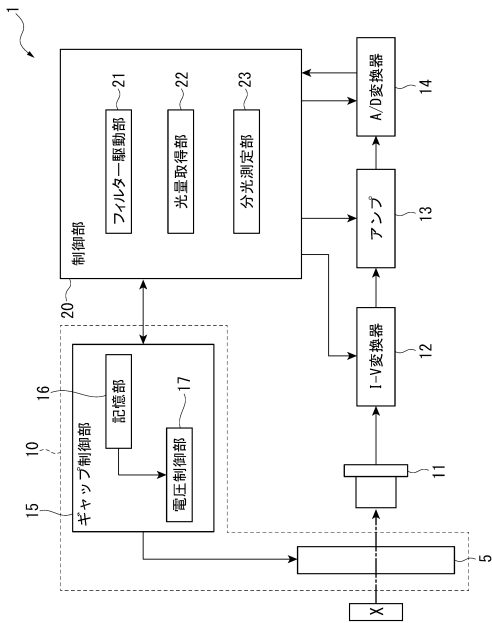
【符号の説明】

【0126】

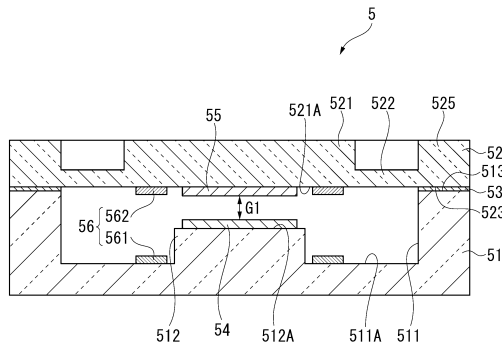
1, 1A ... 分光測定装置（電子機器）、10, 10A ... 光学モジュール、11 ... ディテクター、15, 15A ... ギャップ制御部、16, 225 ... 記憶部、17, 146, 222 ... 電圧制御部、18 ... 次数選択部、20 ... 制御部、23 ... 分光測定部（処理制御部）、5 ... 波長可変干渉フィルター、51 ... 固定基板、52 ... 可動基板、54 ... 固定反射膜（第一反射膜）、55 ... 可動反射膜（第二反射膜）、56 ... 静電アクチュエーター（ギャップ変更部）、100 ... ガス検出装置（電子機器）、144, 224 ... 信号処理部（処理制御部）、200 ... 食物分析装置（電子機器）、300 ... 分光カメラ（電子機器）、400 ... 測色装置（電子機器）、521 ... 可動部、561 ... 固定電極、562 ... 可動電極、G1 ... 反射膜間ギャップ。

40

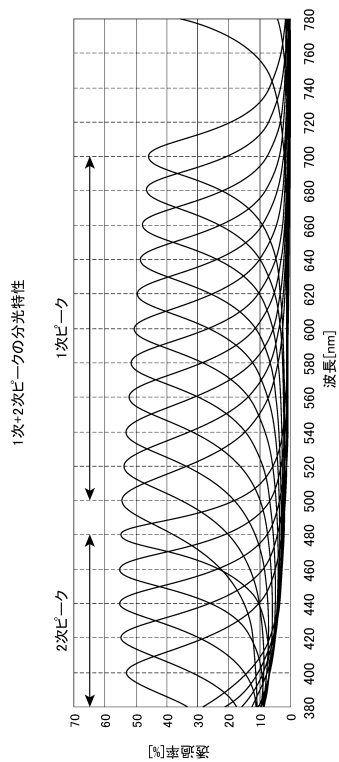
【図 1】



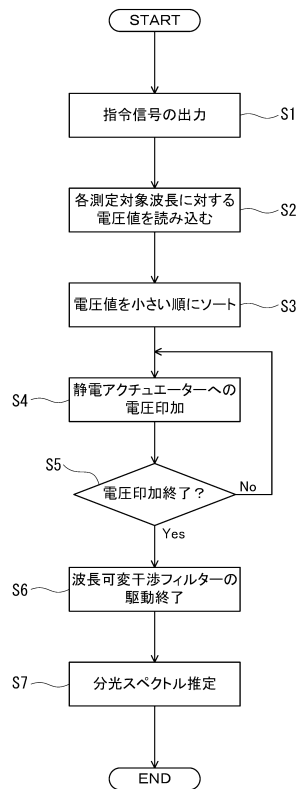
【図 2】



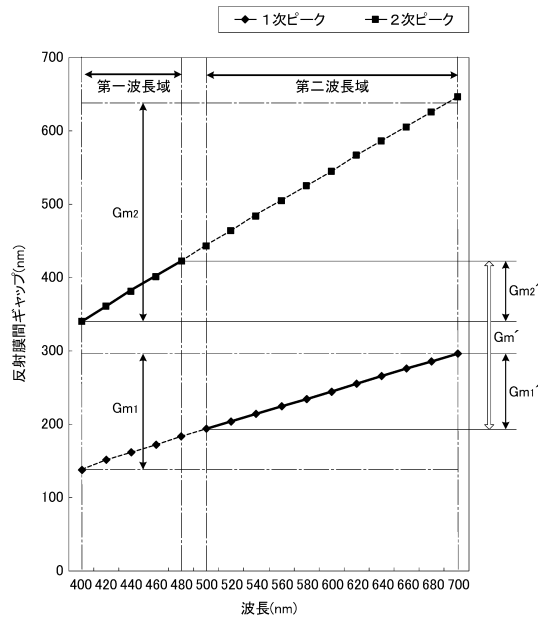
【図 3】



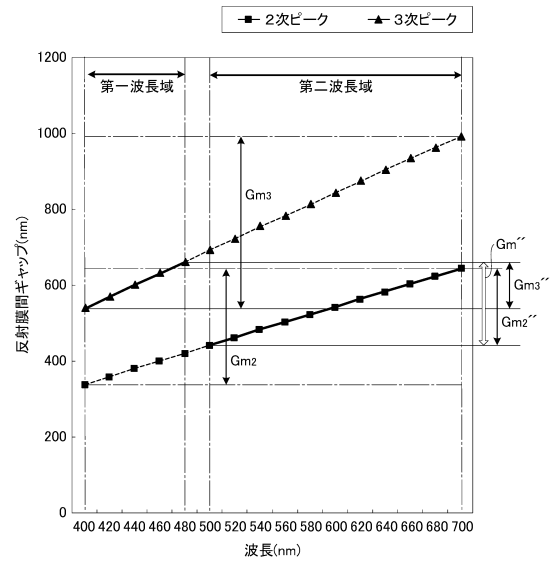
【図 4】



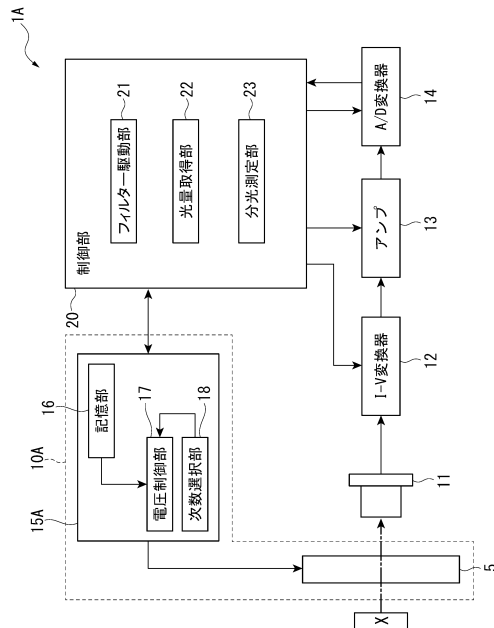
【図 5】



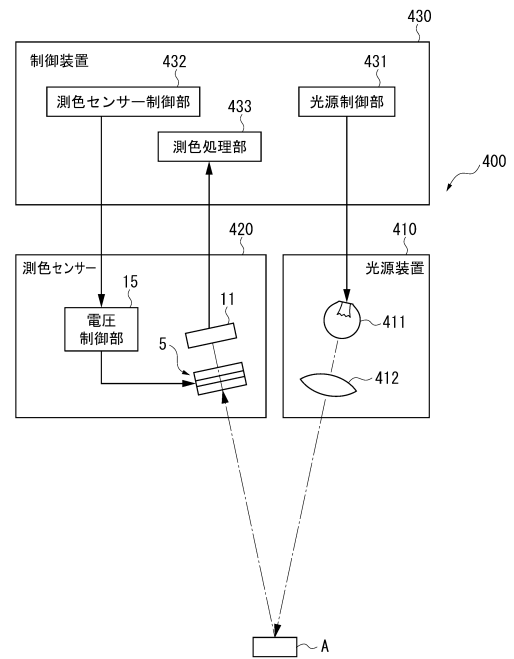
【図 6】



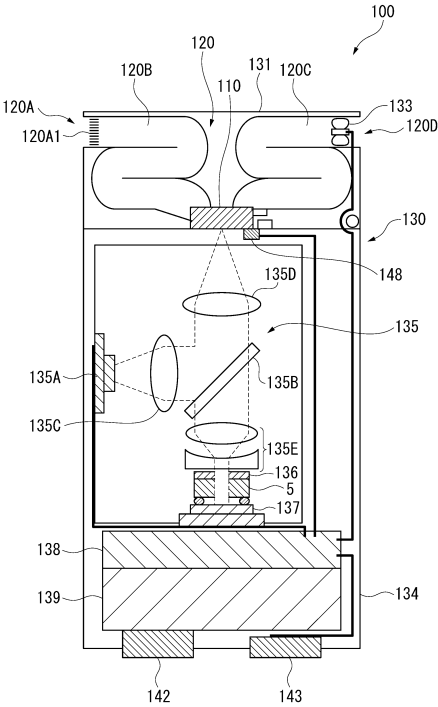
【図 7】



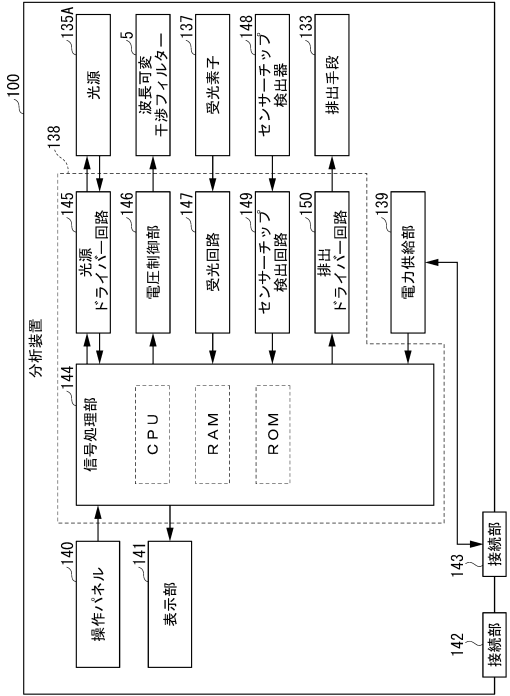
【図 8】



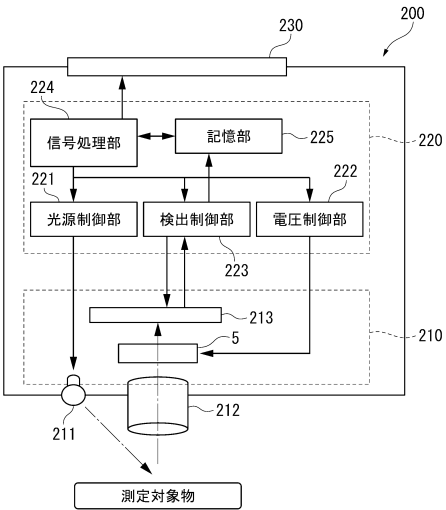
【図 9】



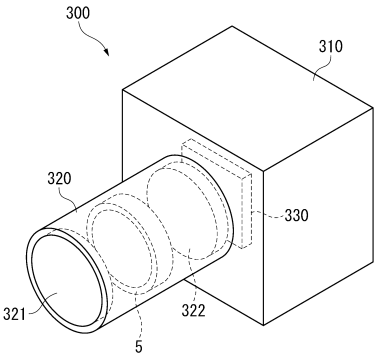
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

審査官 右田 昌士

- (56)参考文献 特表2009-523248(JP,A)
特開2012-127917(JP,A)
特開2012-163664(JP,A)
特開2010-256324(JP,A)
特開2006-177954(JP,A)
米国特許出願公開第2008/0100827(US,A1)
米国特許出願公開第2007/0183781(US,A1)
米国特許出願公開第2010/245832(US,A1)
特開2012-127862(JP,A)
特開2012-112777(JP,A)
特開2012-113133(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	26/00	-	26/08
B81B	3/00		
G01J	3/00	-	3/52