

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-108440

(P2012-108440A)

(43) 公開日 平成24年6月7日(2012.6.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 2 B 5/28 (2006.01)	G O 2 B 5/28	2 G O 2 O
G O 1 J 3/26 (2006.01)	G O 1 J 3/26	2 H O 4 8
G O 2 B 26/00 (2006.01)	G O 2 B 26/00	2 H 1 4 1
G O 1 J 3/46 (2006.01)	G O 1 J 3/46	Z

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2010-259044 (P2010-259044)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	平成22年11月19日 (2010.11.19)		セイコーエプソン株式会社
			東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
		(74) 代理人	110000637
			特許業務法人樹之下知的財産事務所
		(72) 発明者	漆谷 多二男
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		Fターム(参考)	2G020 AA03 AA04 AA08 BA12 CD03
			CD12 CD22 DA05 DA12 DA32
			2H048 GA07 GA13 GA32 GA43 GA61
			2H141 MA22 MA29 MB28 MC06 MD02
			MD04 ME01 ME24 ME25 MG10
			MZ17 MZ28

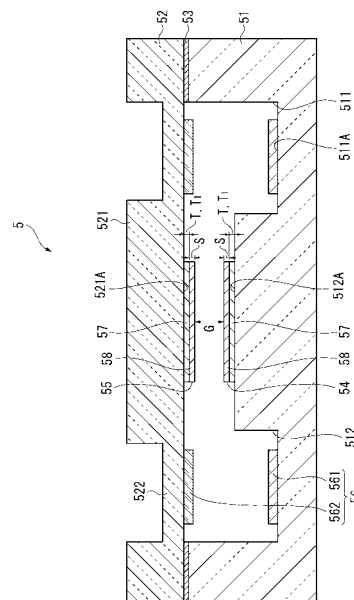
(54) 【発明の名称】 干渉フィルター、光モジュール、及び光分析装置

(57) 【要約】

【課題】長波長域においても分解能を向上できる干渉フィルター、光モジュール、及び光分析装置を提供すること。

【解決手段】固定ミラー54と、固定ミラー54とギャップGを介して対向配置される可動ミラー55とを備える。固定ミラー54は、1層のTiO₂膜57と、1層のAg合金膜58とが積層されて形成される。また、可動ミラー55は、1層のTiO₂膜57と、1層のAg合金膜58とが積層されて形成される。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 反射膜と、
 前記第 1 反射膜とギャップを介して対向配置される第 2 反射膜とを備え、
 前記第 1 反射膜は、1 層の透明膜と、1 層の金属膜とが積層されて形成され、
 前記第 2 反射膜は、1 層の透明膜と、1 層の金属膜とが積層されて形成された
 ことを特徴とする干渉フィルター。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の干渉フィルターにおいて、
 第 1 基板と、
 前記第 1 基板に対向する第 2 基板とを備え、
 前記第 1 反射膜は、前記第 1 基板の前記第 2 基板に対向する面に設けられ、前記第 1 基
 板側から順に 1 層の前記透明膜と、1 層の前記金属膜とが積層されて形成され、
 前記第 2 反射膜は、前記第 2 基板に設けられ、前記第 1 反射膜と所定のギャップを介し
 て対向し、前記第 2 基板側から順に 1 層の前記透明膜と、1 層の前記金属膜とが積層され
 て形成された
 ことを特徴とする干渉フィルター。

10

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の干渉フィルターにおいて、
 前記金属膜は、銀 (A g) を主成分とする A g 合金膜である
 ことを特徴とする干渉フィルター。

20

【請求項 4】

請求項 3 に記載の干渉フィルターにおいて、
 前記 A g 合金膜の膜厚寸法は、30 nm 以上 60 nm 以下である
 ことを特徴とする干渉フィルター。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の干渉フィルターにおいて、
 前記透明膜は、二酸化チタン (T i O₂) 膜である
 ことを特徴とする干渉フィルター。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の干渉フィルターにおいて
 前記透明膜の膜厚寸法を T とし、当該干渉フィルターを透過させる測定光の波長である
 測定波長を λ とし、前記透明膜の前記測定波長における屈折率を r とし、
 前記透明膜の膜厚寸法 T は、次式 (1) を満たし、

30

【数 1】

$$T = \frac{\lambda}{4r} \quad \dots (1)$$

前記透明膜の膜厚寸法 T₁ は、0.85 T ≤ T₁ ≤ 1.25 T の範囲内に設定される
 ことを特徴とする干渉フィルター。

40

【請求項 7】

請求項 2 から請求項 6 のいずれかに記載の干渉フィルターにおいて、
 前記第 1 基板及び第 2 基板は、前記透明膜の屈折率とは異なる屈折率を有するガラスで
 形成される
 ことを特徴とする干渉フィルター。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の干渉フィルターと、
 前記干渉フィルターを透過した検査対象光を受光する受光部とを備える
 ことを特徴とする光モジュール。

【請求項 9】

50

請求項 8 に記載の光モジュールと、

前記光モジュールの前記受光部により受光された光に基づいて、前記検査対象光の光特性を分析する分析処理部とを備える

ことを特徴とする光分析装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、干渉フィルタ、この干渉フィルタを備える光モジュール、及びこの光モジュールを備える光分析装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

従来、一对の基板の互いに対向する面に、それぞれ反射膜としてのミラー（一对のミラー）が所定のギャップを介して対向配置された干渉フィルタが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

この特許文献 1 の干渉フィルタでは、入射光を一对のミラー間で光を多重干渉させ、多重干渉により互いに強め合った特定波長の光のみを透過させる。

ところで、ミラーには、高い反射特性、及び透過性を有する材料が求められるため、純銀（Ag）や Ag の合金が有力な候補といえる。このため、例えば、特許文献 1 では、Ag に炭素（C）を添加した Ag-C 合金がミラーに用いられている。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2009-251105 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 のように、ミラーに Ag-C 合金を用いた場合には、近赤外光の長波長域の光を吸収し易くなる。このため、近赤外光では長波長域のミラーを透過する光の検出光量が短波長域に比べて低下し、干渉フィルタの分解能が低下するという課題がある。

30

【0005】

本発明の目的は、長波長域においても分解能を向上できる干渉フィルタ、光モジュール、及び光分析装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の干渉フィルタは、第 1 反射膜と、前記第 1 反射膜とギャップを介して対向配置される第 2 反射膜とを備え、前記第 1 反射膜は、1 層の透明膜と、1 層の金属膜とが積層されて形成され、前記第 2 反射膜は、1 層の透明膜と、1 層の金属膜とが積層されて形成されたことを特徴とする。

【0007】

40

本発明によれば、各反射膜は、それぞれ、1 層の透明膜と、1 層の金属膜とが積層されて形成される。このような構成では、例えば、金属膜のみで形成される構成や、誘電多層膜の上に金属膜を設ける構成に比べて、金属膜による特定波長の吸光性を抑えることができ、透過光の光量低下や干渉フィルタの分解能の低下を抑制できる。これにより、近赤外光の長波長域の光の透過光量が低下することがなく、干渉フィルタの分解能を向上できる。

【0008】

本発明の干渉フィルタでは、第 1 基板と、前記第 1 基板に対向する第 2 基板とを備え、前記第 1 反射膜は、前記第 1 基板の前記第 2 基板に対向する面に設けられ、前記第 1 基板側から順に 1 層の前記透明膜と、1 層の前記金属膜とが積層されて形成され、前記第 2

50

反射膜は、前記第 2 基板に設けられ、前記第 1 反射膜と所定のギャップを介して対向し、前記第 2 基板側から順に 1 層の前記透明膜と、1 層の前記金属膜とが積層されて形成されたことが好ましい。

【0009】

本発明によれば、前述の効果を奏する他、各反射膜は、それぞれ、基板側から順に、1 層の透明膜と、1 層の金属膜とが積層されて形成されるので、反射膜を基板に直接成膜して形成することができる。これにより、反射膜を基板に対して安定して成膜でき、撓み等を抑制できる。

【0010】

本発明の干渉フィルターでは、前記金属膜は、銀 (Ag) を主成分とする Ag 合金膜であることが好ましい。

10

【0011】

本発明によれば、金属膜は Ag 合金膜により構成される。干渉フィルターとして、高分解能、高透過率を実現する必要があるため、この条件を満たす素材として、反射特性及び透過特性に優れた Ag 膜を用いることが好ましい。一方、Ag 膜は、環境温度や、製造プロセスにおいて劣化しやすい。これに対して、Ag 合金膜を用いることで、環境温度や製造プロセスでの劣化も抑えられ、かつ高分解能、高透過率を実現することができる。

【0012】

本発明の干渉フィルターでは、前記 Ag 合金膜の膜厚寸法は、30 nm 以上 60 nm 以下であることが好ましい。

20

【0013】

本発明によれば、Ag 合金膜の膜厚寸法が 30 nm 以上 60 nm 以下であるので、Ag 合金膜に入射する光の透過率が低下することなく、十分な透過性を維持できる。

つまり、Ag 合金膜の膜厚寸法が 30 nm 未満であると、厚さが薄すぎて Ag 合金膜の反射率が低下する。また、Ag 合金膜をスパッタリング法で成膜する場合、厚さが薄いため、スパッタリング速度が速くなって、厚さのコントロールが難しくなり、製造安定性の低下を招くおそれもある。一方、Ag 合金膜の膜厚寸法が 60 nm を超えると、透過率が低下するため、十分な透過光量を得ることができない。これに対して、Ag 合金膜の膜厚寸法を 30 nm 以上 60 nm 以下とすることで、反射特性と、透過特性のバランスを良好に保つことができ、分解能が向上し、かつ透過光量をも十分に得ることができる。

30

【0014】

本発明の干渉フィルターでは、前記透明膜は、二酸化チタン (TiO₂) 膜であることが好ましい。

【0015】

本発明によれば、透明膜には、屈折率の高い TiO₂ 膜が用いられている。このため、所望の半値幅が変動してしまうことを抑制できる。これにより、光の透過率を高めることができ、干渉フィルターの分解能をより向上できる。

【0016】

本発明の干渉フィルターでは、前記透明膜の膜厚寸法を T とし、当該干渉フィルターを透過させる測定光の波長である測定波長を λ とし、前記透明膜の前記測定波長における屈折率を r とし、

40

前記透明膜の膜厚寸法 T は、次式 (1) を満たし、前記透明膜の膜厚寸法 T₁ は、0.85 T ≤ T₁ ≤ 1.25 T の範囲内に設定されることが好ましい。

【0017】

【数 1】

$$T = \frac{\lambda}{4r} \quad \dots (1)$$

【0018】

ここで、測定波長とは、反射膜間のギャップが可変しない干渉フィルターにおいて、これらの反射膜間で多重干渉させて透過させたい光の波長である。また、反射膜間のギャッ

50

プを可変させる波長可変干渉フィルターでは、前記測定波長は、ギャップの可変により測定可能な波長域における中心波長である。

【0019】

本発明によれば、透明膜は上述の式(1)を満たす膜厚寸法 T に形成されている。このため、所望の測定波長に対して高反射特性を示し、半値幅をより小さくできる。例えば、所定の波長域において所望の半値幅で一定にすることができる。これにより、長波長域における透過率の低下を抑制でき、干渉フィルターの分解能を向上できる。

また、透明膜の膜厚寸法 T_1 は、上述の範囲内に設定される。ここで、膜厚寸法 T_1 が、 $0.85T$ より小さい場合、及び $1.25T$ より大きい場合、干渉フィルターを透過した透過光のピーク波長における半値幅が、誘電多層膜上に金属膜を設ける構成に比べて大きくなり、分解能が低下する。これに対して、上記範囲内では、誘電多層膜上に金属膜を設ける構成に比べて、半値幅が小さくなり、分解能を向上させることができる。従って、透明膜の膜厚寸法 T_1 がこのような範囲内に設定されるので、例えば、所定の波長域における最低光量を大きくでき、かつ、半値幅の変化量を小さくできる。従って、近赤外光の長波長域のミラーを透過する光の検出光量が短波長域に比べて低下することなく、干渉フィルターの分解能を向上できる。

【0020】

本発明の干渉フィルターでは、前記第1基板及び第2基板は、前記透明膜の屈折率とは異なる屈折率を有するガラスで形成されることが好ましい。

【0021】

本発明によれば、各基板は透明膜の屈折率とは異なる屈折率を有するガラスで形成されるので、光の透過率が低下することなく、高透過率を実現できる。

【0022】

本発明の光モジュールは、上述の干渉フィルターと、前記干渉フィルターを透過した検査対象光を受光する受光部とを備えることを特徴とする。

【0023】

本発明によれば、光モジュールは、上述した分解能の向上した干渉フィルターを備えるので、所望波長の光の光量を正確に検出できる。

【0024】

本発明の光分析装置は、上述の光モジュールと、前記光モジュールの前記受光部により受光された光に基づいて、前記検査対象光の光特性を分析する分析処理部とを備えることを特徴とする。

【0025】

本発明によれば、光分析装置は、上述した干渉フィルターを有する光モジュールを備えるので、精度の高い光量の測定を実施でき、この測定結果に基づいて光分析処理を実施することで、正確な分光特性を測定できる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明に係る一実施形態の測色装置の概略構成を示すブロック図。

【図2】前記実施形態のエタロンの概略構成を示す断面図

【図3】本発明に係る実施例における波長域と光量との関係を示すグラフ。

【図4】本発明に係る実施例における波長域と半値幅との関係を示すグラフ。

【図5】本発明に係る実施例における TiO_2 膜の膜厚変動と最低光量との関係を示すグラフ。

【図6】本発明に係る実施例における TiO_2 膜の膜厚変動と半値幅変化量との関係を示すグラフ。

【発明を実施するための形態】

【0027】

本発明の一実施形態を図面に基づいて説明する。

〔1. 測色装置の概略構成〕

図 1 は、本実施形態の測色装置 1（光分析装置）の概略構成を示すブロック図である。

測色装置 1 は、図 1 に示すように、被検査対象 A に光を射出する光源装置 2 と、測色センサー 3（光モジュール）と、測色装置 1 の全体動作を制御する制御装置 4 とを備える。そして、この測色装置 1 は、光源装置 2 から射出される光を被検査対象 A にて反射させ、反射された検査対象光を測色センサー 3 にて受光し、測色センサー 3 から出力される検出信号に基づいて、検査対象光の色度、すなわち被検査対象 A の色を分析して測定する装置である。

【0028】

〔2. 光源装置の構成〕

光源装置 2 は、光源 2 1、複数のレンズ 2 2（図 1 には 1 つのみ記載）を備え、被検査対象 A に対して白色光を射出する。また、複数のレンズ 2 2 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 2 は、光源 2 1 から射出された白色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被検査対象 A に向かって射出する。なお、本実施形態では、光源装置 2 を備える測色装置 1 を例示するが、例えば被検査対象 A が液晶パネルなどの発光部材である場合、光源装置 2 が設けられない構成としてもよい。

【0029】

〔3. 測色センサーの構成〕

測色センサー 3 は、図 1 に示すように、エタロン 5（干渉フィルター）と、エタロン 5 を透過する光を受光する受光素子 3 1（受光部）と、エタロン 5 で透過させる光の波長を可変する電圧制御部 6 とを備える。また、測色センサー 3 は、エタロン 5 に対向する位置に、被検査対象 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 3 は、エタロン 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、測定波長である所定波長の光のみを分光し、分光した光を受光素子 3 1 にて受光する。

受光素子 3 1 は、複数の光電交換素子により構成されており、受光量に応じた電気信号を生成する。そして、受光素子 3 1 は、制御装置 4 に接続されており、生成した電気信号を受光信号として制御装置 4 に出力する。

【0030】

（3-1. エタロンの構成）

図 2 は、本実施形態におけるエタロン 5 の概略構成を示す断面図である。

エタロン 5 は、例えば、平面視略正形状の板状の光学部材であり、一辺が例えば 10 mm に形成されている。このエタロン 5 は、図 2 に示すように、第 1 基板 5 1 と、第 2 基板 5 2 とを備える。そして、これらの基板 5 1、5 2 は、例えば、プラズマ重合膜を用いたシロキサン接合などにより接合層 5 3 を介して互いに接合されて一体的に構成される。

ここで、第 1 基板 5 1 及び第 2 基板 5 2 は、後述する透明膜である TiO_2 膜 5 7 の屈折率 r とは異なる屈折率を有する材料で形成される。具体的には、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などが例示できる。

【0031】

また、第 1 基板 5 1 と、第 2 基板 5 2 との間には、固定ミラー 5 4（第 1 反射膜）及び可動ミラー 5 5（第 2 反射膜）が設けられる。ここで、固定ミラー 5 4 は、第 1 基板 5 1 における第 2 基板 5 2 に対向する面に固定され、可動ミラー 5 5 は、第 2 基板 5 2 における第 1 基板 5 1 に対向する面に固定されている。また、これらの固定ミラー 5 4 及び可動ミラー 5 5 は、ギャップ G を介して対向配置されている。

さらに、第 1 基板 5 1 と第 2 基板 5 2 との間には、固定ミラー 5 4 及び可動ミラー 5 5 の間のギャップ G の寸法を調整するための静電アクチュエーター 5 6 が設けられている。

【0032】

静電アクチュエーター 5 6 は、第 1 基板 5 1 側に設けられる第 1 電極 5 6 1、及び第 2 基板 5 2 側に設けられる第 2 電極 5 6 2 を有し、これらの電極は対向して配置される。第

10

20

30

40

50

1 電極 5 6 1 及び第 2 電極 5 6 2 は、それぞれ図示しない電極引出部を介して電圧制御部 6（図 1 参照）に接続されている。

そして、電圧制御部 6 から出力される電圧により、第 1 電極 5 6 1 及び第 2 電極 5 6 2 の間に静電引力が働き、ギャップ G の寸法が調整され、当該ギャップ G に応じて、エタロン 5 を透過する光の透過波長が決定される。すなわち、静電アクチュエーター 5 6 によりギャップ G を適宜調整することで、エタロン 5 を透過する光が決定されて、エタロン 5 を透過した光が受光素子 3 1 で受光される。

次に、固定ミラー 5 4 及び可動ミラー 5 5 について説明し、エタロン 5 の詳細な構成については、後述する。

【0033】

10

（3-1-1. 固定ミラー及び可動ミラーの構成）

固定ミラー 5 4 及び可動ミラー 5 5 は、各基板 5 1, 5 2 の基板側から順に、1 層の二酸化チタン（ TiO_2 ）膜 5 7（透明膜）、及び 1 層の銀（Ag）合金膜 5 8（金属膜）が積層される 2 層構造にそれぞれ形成される。また、図示を省略したが、Ag 合金膜 5 8 の上には、保護膜として、ケイ素（Si）の酸化膜が覆われている。なお、本実施形態では、保護膜として、ケイ素（Si）の酸化膜を用いたが、アルミニウム（Al）の酸化膜や、マグネシウム（Mg）のフッ化膜などを用いることができる。

【0034】

TiO_2 膜 5 7 の膜厚寸法 T は、以下の式（1）の関係を満たす。そして、膜厚寸法 T_1 は、 $0.85T \leq T_1 \leq 1.25T$ の範囲内に設定される。

20

【0035】

【数 2】

$$T = \frac{\lambda}{4r} \cdots (1)$$

【0036】

λ は、エタロン 5 の波長変化域の中心波長であり、 r は、 TiO_2 膜 5 7 の屈折率である。なお、本実施形態では、波長可変型のエタロン 5 を例示するが、例えば、ギャップ寸法が可変させる構成を有さない、波長固定型のエタロンでは、ギャップ寸法に応じた透過光の波長を測定波長 λ とすればよい。

【0037】

30

なお、本実施形態では、本発明の透明膜として、 TiO_2 膜 5 7 を用いたが、第 1 基板 5 1 や第 2 基板 5 2 よりも屈折率が高い膜を使用すればよく、例えばタンタル（Ta）の酸化膜や、ニオブ（Nb）の酸化膜を用いることができる。この中でも、最も屈折率が高く、かつ可視光域の光に対して、良透過特性を示す TiO_2 膜が好ましい。

【0038】

Ag 合金膜 5 8 の膜厚寸法 S は、30 nm 以上、60 nm 以下に形成される。

これは、エタロン 5 において、固定ミラー 5 4 及び可動ミラー 5 5 の反射率及び透過率のバランスが重要であるためである。

【0039】

つまり、固定ミラー 5 4 及び可動ミラー 5 5 を形成する Ag 合金膜 5 8 の膜厚寸法 S を大きくすることで高い反射率を得ることができるものの、透過率が低下するためエタロン 5 としての検出感度の点で問題となる。

40

特に、Ag 合金膜 5 8 の膜厚寸法 S が 30 nm 未満であると、膜厚寸法 S が小さすぎて Ag 合金膜 5 8 の反射率が低く、さらに、プロセス加工や経時変化による反射率低下も大きくなる。また、Ag 合金膜 5 8 をスパッタリング法で成膜する場合、Ag 合金膜 5 8 のスパッタリング速度が速いため、膜厚のコントロールが難しくなり、製造安定性の低下を招くおそれもある。

一方、固定ミラー 5 4 及び可動ミラー 5 5 を形成する Ag 合金膜 5 8 の膜厚寸法 S を小さくすることで、高い透過率を得ることができるものの、反射率が低下してしまうため、エタロン 5 としての分光性能が低下してしまう。

50

特に、A g 合金膜 5 8 の膜厚寸法 S が 6 0 n m を超えると、光透過率が低下し、エタロン 5 の固定ミラー 5 4 及び可動ミラー 5 5 としての機能も低下する。

このような観点から、固定ミラー 5 4、及び可動ミラー 5 5 を形成する A g 合金膜 5 8 の膜厚寸法 S は、3 0 n m 以上、6 0 n m 以下に設定することが好ましく、この範囲内で、透過波長の半値幅が所望の値となるように適宜設定される。

【0040】

・銀 (A g)、サマリウム (S m)、及び銅 (C u) を含有する A g - S m - C u 合金膜

・銀 (A g)、及び炭素 (C) を含有する A g - C 合金膜

・銀 (A g)、パラジウム (P d)、及び銅 (C u) を含有する A g - P d - C u 合金膜 10

・銀 (A g)、ビスマス (B i)、及びネオジム (N d) を含有する A g - B i - N d 合金膜

・銀 (A g)、ガリウム (G a)、及び銅 (C u) を含有する A g - G a - C u 合金膜

・銀 (A g)、及び金 (A u) を含有する A g - A u 合金膜

・銀 (A g)、インジウム (I n)、及びスズ (S n) を含有する A g - I n - S n 合金膜

・銀 (A g)、及び銅 (C u) を含有する A g - C u 合金膜

【0041】

また、A g 以外を用いた金属膜であってもよく、例えば、純金 (A u) 膜、金 (A u) を含有する合金膜、純銅 (C u) 膜、銅 (C u) を含有する合金膜を用いてもよい。ただし、可視光域を測定対象波長域とする場合、A g 膜が最も透過特性、反射特性に優れている。 20

【0042】

(3-1-2. 第1基板の構成)

第1基板 5 1 は、厚みが例えば 5 0 0 μ m のガラス基材をエッチングにより加工することで形成される。この第1基板 5 1 には、図 2 に示すように、電極形成溝 5 1 1 及びミラー固定部 5 1 2 がエッチングにより形成される。

電極形成溝 5 1 1 は、ミラー固定部 5 1 2 の外周縁から、電極形成溝 5 1 1 の内周壁面までの間に、リング状の電極固定面 5 1 1 A が形成される。この電極固定面 5 1 1 A には、上述した第1電極 5 6 1 がリング状に形成される。 30

ミラー固定部 5 1 2 は、上述したように、電極形成溝 5 1 1 と同軸で、かつ電極形成溝 5 1 1 よりも小さい径寸法となる円柱状に形成される。そして、ミラー固定部 5 1 2 の第2基板 5 2 に対向するミラー固定面 5 1 2 A が、電極固定面 5 1 1 A よりも第2基板 5 2 に近接して形成される。このミラー固定面 5 1 2 A には、上述した固定ミラー 5 4 が形成される。

【0043】

(3-1-3. 第2基板の構成)

第2基板 5 2 は、例えば厚み寸法が 2 0 0 μ m のガラス基材をエッチングにより加工することで形成される。 40

具体的には、第2基板 5 2 には、基板厚み方向に見る平面視（以下、エタロン平面視）で、基板中心点を中心とした円形の可動部 5 2 1 と、可動部 5 2 1 と同軸であり、エタロン平面視で円環状に形成されて可動部 5 2 1 を第2基板 5 2 の厚み方向に移動可能に保持する連結保持部 5 2 2 とを備える。

可動部 5 2 1 は、連結保持部 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、第1基板 5 2 の厚み寸法と同一寸法である 2 0 0 μ m に形成されている。また、可動部 5 2 1 の第1基板 5 1 に対向する側の可動面 5 2 1 A には、上述した可動ミラー 5 5 が形成される。

連結保持部 5 2 2 は、可動部 5 2 1 の周囲を囲うダイヤフラムであり、例えば厚み寸法が 5 0 μ m に形成されている。この連結保持部 5 2 2 の第1基板 5 1 に対向する面には、 50

上述した第 2 電極 5 6 2 がリング状に形成される。

【0044】

〔3-2. 電圧制御部の構成〕

電圧制御部 6 は、制御装置 4 からの入力される制御信号に基づいて、静電アクチュエーター 5 6 の第 1 電極 5 6 1 及び第 2 電極 5 6 2 に印加する電圧を制御する。

【0045】

〔4. 制御装置の構成〕

制御装置 4 は、測色装置 1 の全体動作を制御する。この制御装置 4 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 4 は、図 1 に示すように、光源制御部 4 1、測色センサー制御部 4 2、及び測色処理部 4 3（分析処理部）などを備えて構成されている。

【0046】

光源制御部 4 1 は、光源装置 2 に接続されている。そして、光源制御部 4 1 は、例えば利用者の設定入力に基づいて、光源装置 2 に所定の制御信号を出力し、光源装置 2 から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 4 2 は、測色センサー 3 に接続されている。そして、測色センサー制御部 4 2 は、例えば利用者の設定入力に基づいて、測色センサー 3 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制御信号を測色センサー 3 に出力する。これにより、測色センサー 3 の電圧制御部 6 は、制御信号に基づいて、利用者が所望する光の波長のみを透過させるよう、静電アクチュエーター 5 6 への印加電圧を設定する。

測色処理部 4 3 は、測色センサー制御部 4 2 を制御して、エタロン 5 のミラー間ギャップを変動させて、エタロン 5 を透過する光の波長を変化させる。また、測色処理部 4 3 は、受光素子 3 1 から入力される受光信号に基づいて、エタロン 5 を透過した光の光量を取得する。そして、測色処理部 4 3 は、上記により得られた各波長の光の受光量に基づいて、被検査対象 A により反射された光の色度を算出する。

【0047】

〔5. 本実施形態の作用効果〕

本実施形態によれば、各ミラー 5 4、5 5 は、それぞれ、基板側から順に、1 層の TiO_2 膜 5 7 と、1 層の Ag 合金膜 5 8 とが積層されて形成される。このような構成では、例えば、基板上に金属膜のみが形成される構成や、基板上に誘電多層膜を形成し、その上に金属膜を設ける構成に比べて、金属膜による特定波長の吸光性を抑えることができ、透過光の光量低下やエタロン 5 の分解能の低下を抑制できる。これにより、近赤外光の長波長域の光の透過光量が低下することがなく、エタロン 5 の分解能を向上できる。

【0048】

また、金属膜は Ag 合金膜 5 8 により構成される。エタロン 5 として、高分解能、高透過率を実現する必要があるため、この条件を満たす素材として、反射特性及び透過特性に優れた Ag 膜を用いることが好ましい。一方、Ag 膜は、環境温度や、製造プロセスにおいて劣化しやすい。これに対して、Ag 合金膜 5 8 を用いることで、環境温度や製造プロセスでの劣化も抑えられ、かつ高分解能、高透過率を実現することができる。

さらに、Ag 合金膜 5 8 の膜厚寸法 S が 30 nm 以上 60 nm 以下であるので、Ag 合金膜 5 8 に入射する光の透過率が低下することなく、十分な透過性を維持できる。

【0049】

また、透明膜には、屈折率の高い TiO_2 膜 5 7 が用いられている。このため、所望の半値幅が変動してしまうことを抑制できる。これにより、光の透過率を高めることができ、エタロン 5 の分解能をより向上できる。

さらに、 TiO_2 膜 5 7 は上述の式 (1) を満たす膜厚寸法 T に形成されている。このため、所定の波長可変域において所望の半値幅で一定にすることができる。これにより、長波長域における透過率の低下を抑制でき、エタロン 5 の分解能を向上できる。

また、 TiO_2 膜57の膜厚寸法 T_1 は、上述した $0.85T \leq T_1 \leq 1.25T$ の範囲内に設定される。ここで、膜厚寸法 T_1 が、 $0.85T$ より小さい場合、及び $1.25T$ より大きい場合、エタロン5を透過した透過光のピーク波長における半値幅が、誘電多層膜上に金属膜を設ける構成に比べて大きくなり、分解能が低下する。これに対して、上記範囲内では、誘電多層膜上に金属膜を設ける構成に比べて、半値幅が小さくなり、分解能を向上させることができる。従って、 TiO_2 膜57の膜厚寸法 T_1 がこのような範囲内に設定されるので、例えば、所定の波長可変域における最低光量を大きくでき、かつ、半値幅の変化量を小さくできる。従って、近赤外光の長波長域のミラー54、55を透過する光の検出光量が短波長域に比べて低下することなく、エタロン5の分解能を向上できる。

10

【0050】

各基板51、52は、 TiO_2 膜57の屈折率とは異なる屈折率を有するガラスで形成されるので、光の透過率が低下することなく、高透過率を実現できる。

なお、本実施形態では、第1基板の固定ミラーおよび第2基板に設けられる可動ミラーの両者を TiO_2 膜とAg合金膜とを積層した構成としたが、どちらか一方のミラーを TiO_2 膜とAg合金膜とを積層した構成としてもよく、従来に比べて干渉フィルターの分解能を向上できる。

【0051】

[実施形態の変形]

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。

20

前記実施形態では、エタロン5を本発明に係る干渉フィルターとして説明したが、これに限られない。ミラー間のギャップの大きさを変化させない干渉フィルターに対しても、上記金属膜及び透明膜で形成される一対のミラーを適用できる。

【0052】

前記実施形態では、静電アクチュエーター56により、ミラー間ギャップGを調整可能なエタロン5の構成を例示したが、例えば、電磁コイルと永久磁石とを有する電磁アクチュエーターや、電圧印加により伸縮可能な圧電素子を設ける構成としてもよい。

前記実施形態において、各基板51、52は、接合層53により接合されるとしたが、これに限られない。例えば、接合層53が形成されず、各基板51、52の接合面を活性化し、活性化された接合面を重ね合わせて加圧することにより接合する、いわゆる常温活性化接合により接合させる構成などとしてもよく、いかなる接合方法を用いてもよい。

30

前記実施形態では、第2基板52の厚み寸法を例えば $200\mu m$ としたが、第1基板51と同じ $500\mu m$ としてもよい。この場合には、可動部521の厚み寸法も $500\mu m$ となって厚くなるため、可動ミラー55の撓みを抑制でき、各ミラー54、55をより平行に維持できる。

【0053】

前記実施形態では、本発明の光モジュールとして、測色センサー3を例示し、光分析装置として、測色センサー3を備えた測色装置1を例示したが、これに限定されるものではない。例えば、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モジュールとして用いてもよく、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光分析装置としてもよい。さらに、光分析装置は、このような光モジュールを備えた分光カメラ、分光分析器などであってもよい。

40

また、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、光モジュールに設けられたエタロン5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モジュールを備えた光分析装置により、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。

【実施例】

50

【0054】

〔1. 波長域における光量の変化、及び半値幅の変化の評価〕

（実施例1）

波長可変域を600nm～1100nmとし、固定ミラー54及び可動ミラー55における透明膜をTiO₂膜、金属膜をAgSmCu合金膜としたエタロン5を製造した（ギャップ変化可能量200～460nm）。

エタロン5において、上述の式（1）を用いて、TiO₂膜57の膜厚寸法Tを92nmに設定した。また、ピーク波長の半値幅を10nmとするため、AgSmCuの膜厚寸法Sを51nmとした。

【0055】

（比較例1）

基板側にAg-Sm-Cu合金膜の単膜を形成したエタロンを製造した。この際、ピーク波長の半値幅を10nmとするため、Ag-Sm-Cu合金膜の膜厚寸法を46.5nmとした。

【0056】

（比較例2）

基板側からTiO₂膜及び二酸化ケイ素（SiO₂）膜の積層体、及び前記積層体の上にAg-Sm-Cu合金膜を順に形成したエタロンを製造した。この際、ピーク波長の半値幅を10nmとするため、TiO₂膜の膜厚寸法を46nmとし、SiO₂膜の膜厚寸法を73nmとし、Ag-Sm-Cu合金膜の膜厚寸法を49nmとした。

【0057】

（評価）

実施例1、比較例1、比較例2の各エタロンに対して、対象波長域の強度が等しい光源から射出された光を入射させ、各エタロンにおけるギャップ寸法を可変させた。

これにより、波長可変域（600nm～1100nm）における光量の変化（図3に示すグラフ）、および上記波長域における半値幅の変化（図4に示すグラフ）を得た。

【0058】

図3に示すように、実施例1では、比較例1、2に比べて、近赤外光の長波長域での光量の低下が少ないことが確認できた。具体的に、実施例1は、波長1100nmにおいて、比較例1及び比較例2の約1.8倍の光量となることが確認できた。また、比較例1、2では、波長により透過光量の比率が大きく変化するが、実施例1では、各波長に対して均一な透過率が得られることが確認できた。

【0059】

図4に示すように、実施例1では、他の比較例1、2に比べて、波長域内において、所望の半値幅である10nmでほぼ一定となることが分かった。一方、比較例1では、波長約800nmにおいて、半値幅10nmとなるものの、特に、波長600nmで半値幅が14nmとなるなど、波長域内において、半値幅の変化が大きいことが分かった。また、比較例2では、半値幅10nmに対して、比較例1と比べると、半値幅の変化は大きくないが、実施例1と比べると、半値幅の変化が大きく、波長依存性が強いことが確認できた。これに対して実施例1では、全波長域において、半値幅が均一となり、波長依存性の分解能の低下がないことが確認できた。

【0060】

以上のように、実施例1では、近赤外光の長波長域での光量の低下が少なく、所望の半値幅10nmに対して全波長域で均一となることが分かった。また、実施例1では、Ag-Sm-Cu合金膜の膜厚寸法Sを51nmとし、比較例1及び比較例2の金属膜に比べて膜厚寸法を大きくしたが、近赤外光の長波長域の光の透過光量が低下することがなく、波長域内で半値幅を一定に維持でき、分解能を向上できることが分かった。

【0061】

〔2. TiO₂膜の膜厚寸法Tの変化に対する最低光量の変化、及び半値幅の変化量の評価〕

10

20

30

40

50

次に、上記実施例 1 のエタロン 5 において、 TiO_2 膜 57 の膜厚寸法 T を変化させたエタロン 5 を 6 点（実施例 1 から実施例 6）用意した。

【0062】

（実施例 2）

TiO_2 膜 57 の膜厚寸法 T_1 を 73.6 nm ($0.8 T$) とした。

（実施例 3）

TiO_2 膜 57 の膜厚寸法 T_1 を 82.8 nm ($0.9 T$) とした。

（実施例 4）

TiO_2 膜 57 の膜厚寸法 T_1 を 101.2 nm ($1.1 T$) とした。

（実施例 5）

TiO_2 膜 57 の膜厚寸法 T_1 を 110.4 nm ($1.2 T$) とした。

（実施例 6）

TiO_2 膜 57 の膜厚寸法 T_1 を 119.6 nm ($1.3 T$) とした。

【0063】

（評価）

上記実施例 1～6、比較例 1，2 に対して、透過波長を $600 \sim 1100 \text{ nm}$ の間で変化させた場合の最低光量を検出した。その結果を図 5 のグラフに示す。

また、実施例 1～6、比較例 1，2 に対して、透過波長を $600 \sim 1100 \text{ nm}$ の間で変化させた場合の半値幅の変化量を検出した。その結果を図 6 のグラフに示す。

なお、図 5、図 6 の比較例 1，2 のグラフは実施例との比較の意味で掲載したが、このデータはそれぞれの典型的な水準を示すもので、 TiO_2 膜厚が変化したときの値を示してはいない。

【0064】

図 5 に示すように、比較例 1 の最低透過光量は、最低光量が 100 となり、比較例 2 の最低透過光量は、最低光量が約 110 となった。

これに対して、実施例 1～6 では、いずれも、比較例 1，2 を上回ることが確認できた。

【0065】

図 6 に示すように、比較例 1 での半値幅の最大変化量は、約 5 nm となり、比較例 2 での半値幅の最大変化量は、約 1.6 nm となった。

これに対して、実施例 2，6 (TiO_2 の膜厚寸法 T_1 が T の -15% ($0.85 T$) より小さい場合、 $+25\%$ ($1.25 T$) より大きい場合) において、半値幅の最大変化量が比較例 1 よりも下回ったものの、比較例 2 よりも上回った。一方、実施例 1，3～5 (TiO_2 の膜厚寸法 T_1 が T の -15% 以上 $+25\%$ 以下の場合) において、半値幅の最大変化量が比較例 1，2 よりも下回った。

以上から、半値幅の最大変化量が比較例 1 及び比較例 2 よりも下回る条件は、 TiO_2 膜の膜厚寸法 T_1 が $0.85 T \leq T_1 \leq 1.25 T$ であることが分かった。

【0066】

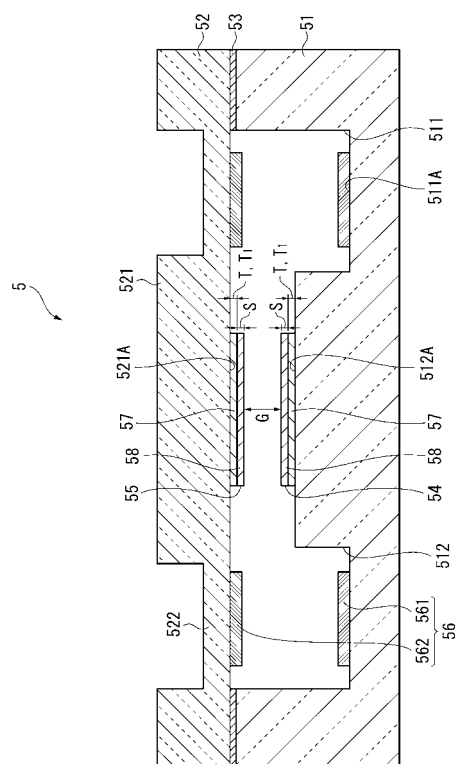
以上のように、 TiO_2 膜の膜厚寸法 T_1 を $0.85 T \leq T_1 \leq 1.25 T$ の範囲内に設定した場合での最低光量は、上述したように、比較例 1，2 における最低光量を上回っている。このため、 TiO_2 膜の膜厚寸法 T_1 を $0.85 T \leq T_1 \leq 1.25 T$ に設定すれば、最低光量を比較例 1，2 よりも大きくでき、かつ、半値幅の最大変化量を比較例 1，2 よりも小さくできることが分かった。

【符号の説明】

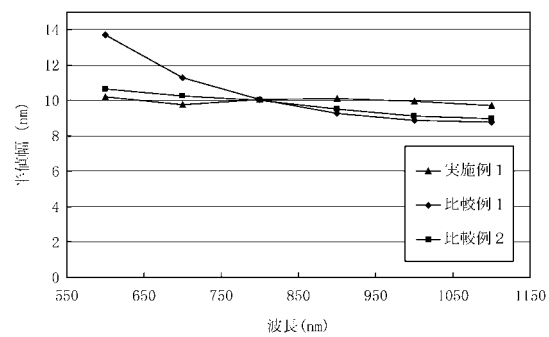
【0067】

1…測色装置（光分析装置）、3…測色センサー（光モジュール）、5…エタロン（干渉フィルター）、31…受光素子（受光部）、43…測色処理部（分析処理部）、51…第 1 基板、52…第 2 基板、54…固定ミラー（第 1 反射膜）、55…可動ミラー（第 2 反射膜）、57… TiO_2 膜（透明膜）、58…Ag 合金膜（金属膜）、G…ギャップ、 T ， T_1 …膜厚寸法。

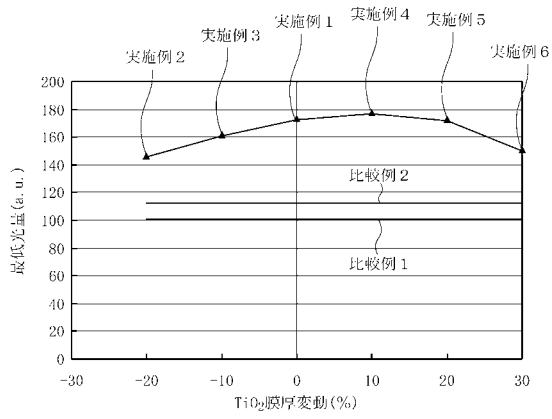
【図 2】



【图 4】



【図 5】



【図 6】

