

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6264810号  
(P6264810)

(45) 発行日 平成30年1月24日 (2018. 1. 24)

(24) 登録日 平成30年1月5日 (2018. 1. 5)

(51) Int. Cl. F I

|         |       |            |         |       |
|---------|-------|------------|---------|-------|
| G O 2 B | 26/00 | (2006. 01) | G O 2 B | 26/00 |
| G O 2 B | 5/28  | (2006. 01) | G O 2 B | 5/28  |
| G O 2 B | 1/11  | (2015. 01) | G O 2 B | 1/11  |
| B 8 1 B | 3/00  | (2006. 01) | B 8 1 B | 3/00  |

請求項の数 12 (全 30 頁)

|           |                              |           |                               |
|-----------|------------------------------|-----------|-------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2013-201047 (P2013-201047) | (73) 特許権者 | 000002369                     |
| (22) 出願日  | 平成25年9月27日 (2013. 9. 27)     |           | セイコーエプソン株式会社                  |
| (65) 公開番号 | 特開2015-68886 (P2015-68886A)  |           | 東京都新宿区新宿四丁目 1 番 6 号           |
| (43) 公開日  | 平成27年4月13日 (2015. 4. 13)     | (74) 代理人  | 100116665                     |
| 審査請求日     | 平成28年9月14日 (2016. 9. 14)     |           | 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  | 新東 晋                          |
|           |                              |           | 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  | 佐野 朋                          |
|           |                              |           | 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】 干渉フィルター、光学フィルターデバイス、光学モジュール、及び電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、

前記基板の一方の面に設けられ、複数層を含む第一反射膜と、

前記基板に対向する第二反射膜と、

前記第一反射膜の上に設けられた電極と、

前記基板に対向し、前記第二反射膜が設けられた第2の基板と、

を備え、

前記第一反射膜は、前記第二反射膜に対向する第一領域を含み、さらに前記第一領域から前記基板の外周縁に亘る領域に設けられ、

前記第二反射膜は、複数層を含み、前記第2の基板の前記第一反射膜に対向する第二領域を含み、さらに前記第二領域から前記第2の基板の外周縁に亘る領域に設けられ、

前記第二反射膜の上に第2の電極が設けら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、

前記電極は、前記基板を前記第一反射膜が設けられた面の法線方向から見て、前記第一領域と重なる透光性のミラー電極と、前記ミラー電極の外周縁から前記第一反射膜における前記第一領域の外の所定の位置に亘って設けられたミラー接続電極と、を備えたことを特徴とする干渉フィルター。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の干渉フィルタにおいて、

前記基板の前記第一反射膜が設けられる面とは反対側の他方の面の、当該面の法線方向から見て前記第一反射膜と重なる領域に、前記第一反射膜の膜応力を相殺する応力相殺膜が設けられていることを特徴とする干渉フィルタ。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の干渉フィルタにおいて、

前記応力相殺膜は、反射防止膜であることを特徴とする干渉フィルタ。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の干渉フィルタにおいて、

前記第二領域は、所定のギャップを介して前記第一反射膜に対向し、

前記第 2 の電極は、前記第 2 の基板を前記第二反射膜が設けられた面の法線方向から見て、前記第二領域と重なる透光性の第 2 のミラー電極と、前記第 2 のミラー電極の外周縁から前記第二反射膜における前記第二領域の外の所定の位置に亘って設けられた第 2 のミラー接続電極と、を備えたことを特徴とする干渉フィルタ。

【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において、

前記電極は、前記基板を前記第一反射膜が設けられた面の法線方向から見て、前記第一領域の外側に設けられた第一駆動電極と、前記第一駆動電極の外周縁から前記第一反射膜における前記第一領域の外の所定の位置に亘って設けられた第一駆動接続電極と、を含み、

前記第 2 の電極は、前記第 2 の基板を前記第二反射膜が設けられた面の法線方向から見て、前記第二領域の外側に設けられた第二駆動電極と、前記第二駆動電極の外周縁から前記第二反射膜における前記第二領域外の所定の位置に亘って設けられた第二駆動接続電極と、を含むことを特徴とする干渉フィルタ。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の干渉フィルタにおいて、

前記第 2 の基板の前記基板とは反対側の面に、当該面の法線方向から見て前記第二反射膜と重なる領域に、前記第 2 の反射膜の膜応力を相殺する第 2 の応力相殺膜が設けられていることを特徴とする干渉フィルタ。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の干渉フィルタにおいて、

前記第 2 の応力相殺膜は、反射防止膜であることを特徴とする干渉フィルタ。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の干渉フィルタにおいて、

前記第一反射膜及び前記第二反射膜は、誘電体多層膜を含むことを特徴とする干渉フィルタ。

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載の干渉フィルタと、

前記干渉フィルタを収容する筐体と、  
を備えたことを特徴とする光学フィルタデバイス。

【請求項 11】

請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載の干渉フィルタと、

前記干渉フィルタから出射された光を受光する受光部と、  
を備えたことを特徴とする光学モジュール。

【請求項 12】

請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載の干渉フィルタと、

前記干渉フィルタを制御する制御部と、  
を備えたことを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 1 】

本発明は、干渉フィルター、光学フィルターデバイス、光学モジュール、及び電子機器に関する。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

従来、互いに対向する一対の反射膜を有し、この反射膜間の距離（ギャップ寸法）を変化させることで、測定対象の光から所定波長の光を選択して射出させる干渉フィルターが知られている（特許文献 1 参照）。

この特許文献 1 に記載の干渉フィルターでは、2 枚の光学基板の相対する面に一対の反射膜を設け、各光学基板の反射膜の外側に容量電極を設けている。

10

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 2 - 2 7 7 7 5 8 号公報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 4 】

ところで、特許文献 1 に記載の干渉フィルターでは、反射膜として、金属膜と誘電体多層膜とを例示している。ここで、反射膜として誘電体多層膜を用いる場合、通常、光学基板にリフトオフパターンを形成した後、誘電体多層膜を形成し、リフトオフを実施することで、光学基板の所定位置に反射膜を形成する。

20

しかしながら、このようなリフトオフにより誘電体多層膜を形成する場合、リフトオフパターンの形成工程、及びリフトオフ工程を実施する必要がある分、製造効率が低下するという課題がある。また、リフトオフにより形成された誘電体多層膜の側面（端面）は、光学基板に対応する上面に対して直角となる。この場合、例えば、反射膜に電極を設け、その電極の引出線を光学基板の外周部まで形成する場合、誘電体多層膜の端面において、引出線が断線するリスクも生じる。

## 【 0 0 0 5 】

本発明は、製造効率性の向上を図り、かつ、断線のリスクを低減可能な干渉フィルター、光学フィルターデバイス、光学モジュール、及び電子機器を提供することを目的とする。

30

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 6 】

本発明の一態様の干渉フィルターは、基板と、前記基板の一方の面に設けられ、複数層を含む第一反射膜と、前記基板に対向する第二反射膜と、前記第一反射膜の上に設けられた電極と、前記基板に対向し、前記第二反射膜が設けられた第 2 の基板と、を備え、前記第一反射膜は、前記第二反射膜に対向する第一領域を含み、さらに前記第一領域から前記基板の外周縁に亘る領域に設けられ、前記第二反射膜は、複数層を含み、前記第 2 の基板の前記第一反射膜に対向する第二領域を含み、さらに前記第二領域から前記第 2 の基板の外周縁に亘る領域に設けられ、前記第二反射膜の上に第 2 の電極が設けられたことを特徴とする。

40

上記の本発明に係る干渉フィルターは、基板と、前記基板の一方の面に設けられ、複数層を含む第一反射膜と、前記基板に対向する第二反射膜と、前記第一反射膜の上に設けられた電極と、を備え、前記第一反射膜は、前記第二反射膜に対向する第一領域を含み、さらに前記第一領域から前記基板の外周縁に亘る領域に設けられていることを特徴とする。

上記の本発明に係る干渉フィルターは、基板と、前記基板の一方の面に設けられ、複数層からなる第一反射膜と、前記基板に対向する第二反射膜と、前記第一反射膜の上に設けられた電極と、を備え、前記第一反射膜は、前記第二反射膜に対向する領域を含み、かつ当該領域から前記基板の外周縁に亘る領域に設けられていることを特徴とする。

50

## 【0007】

本発明では、第一反射膜は、第二反射膜に対向する領域を含み、基板の外周縁までに亘って設けられている。すなわち、基板の一方の面全体に複数層からなる第一反射膜が設けられており、その第一反射膜の上に電極が設けられている。このような構成では、所定位置に第一反射膜を形成する場合に比べて、第一反射膜の形成工程の簡略化を図ることができる。すなわち、基板の所定位置に対して、誘電体多層膜を含む反射膜を設ける場合、反射膜の形成位置に対してリフトオフパターンを形成した後、誘電体多層膜の反射膜を形成し、その後、リフトオフを実施して不要部分を除去するといった工程が必要となる。これに対して、本発明では、リフトオフパターンの形成や、リフトオフ工程が不要となり、製造効率性が向上する。

10

また、上記のようにリフトオフにより形成した反射膜の最表面に電極を配置し、その電極に電気信号を付与するための接続電極を基板外周まで形成する場合、誘電体多層膜の端面に接続電極又は電極を形成する必要があるため、断線のリスクが高くなる。これに対して、本発明では、第一反射膜上に電極を配置しており、第一反射膜の端面に電極や接続電極を這わせる必要がないため、上記のような断線のリスクがない。また、基板が例えばエッチング等の加工処理されることで、基板表面に凹凸（段差等によるエッジや急斜面）が生じている場合でも、その基板表面に複数層からなる第一反射膜を形成すると、第一反射膜の表面は緩やかな曲面状の斜面となる。したがって、この第一反射膜上に電極を形成すれば、上述した断線等のリスクを抑制することができる。

20

## 【0008】

本発明の干渉フィルターにおいて、前記第一反射膜は、所定のギャップを介して前記第二反射膜に対向する第一領域を備え、前記電極は、前記基板を前記第一反射膜が設けられた面の法線方向から見た平面視において、前記第一領域と重なる透光性のミラー電極と、前記ミラー電極の外周縁から前記第一反射膜における前記第一領域外の所定の位置に亘って設けられたミラー接続電極と、を備えたことを特徴とする。

本発明では、電極は、第一反射膜のうち、第二反射膜が重なる第一領域に設けられるミラー電極と、このミラー電極に対して配線接続を行うためのミラー接続電極とを備えている。このような構成では、ミラー接続電極を基準電位回路（例えばグラウンド回路等）に接続することで、第一反射膜の第一領域における帯電を防止することができる。

30

## 【0009】

本発明の干渉フィルターにおいて、前記基板の前記第一反射膜が設けられる面とは反対側の他方の面で、当該面の法線方向から見た平面視において前記第一反射膜と重なる領域に、前記第一反射膜の膜応力を相殺する応力相殺膜が設けられていることが好ましい。

本発明では、上述したように、基板の一方の面全体に複数層からなる第一反射膜が設けられるため、この第一反射膜の膜応力も増大する。これに対して、本発明では、基板の反対側の面において平面視において第一反射膜と重なる領域、つまり基板の第一反射膜が設けられる面とは反対側の面全体に、この第一反射膜の膜応力を相殺する応力相殺膜が設けられている。このため、第一反射膜の膜応力による基板の撓みを抑制でき、第一反射膜の撓みによる干渉フィルターの分光特性の低下を抑制できる。

40

## 【0010】

本発明の干渉フィルターにおいて、前記応力相殺膜は、反射防止膜であることが好ましい。

本発明では、応力相殺膜は反射防止膜を構成する。このため、干渉フィルターに入射する光、又は干渉フィルターから出射する光の反射や減衰を抑制でき、干渉フィルターから出射される光の光量減衰を抑えることができる。

## 【0011】

本発明の干渉フィルターにおいて、前記基板に対向し、前記第二反射膜が設けられた第2の基板を備え、前記第二反射膜は、複数層からなり、前記第2の基板の前記第一反射膜に対向する領域を含み、かつ当該領域から前記第2の基板の外周縁に亘る領域に設けられ

50

、前記第二反射膜の上に第２の電極が設けられていることが好ましい。

本発明では、基板に対向する第２の基板を有し、当該第２の基板の第一反射膜が設けられた基板（第２の基板との混同を避けるために第１の基板と称する場合がある）に対向する面全体に第二反射膜が設けられている。このため、上述した発明と同様、第二反射膜の表面も滑らかな表面となり、この第二反射膜上に第２の電極を設ける場合でも、当該第２の電極の断線のリスクを抑制できる。また、多層膜からなる第二反射膜の形成において、リフトオフパターンの形成工程やリフトオフ工程を不要にできるので、製造効率性の向上も図れる。

#### 【００１２】

本発明の干渉フィルターにおいて、前記第二反射膜は、所定のギャップを介して前記第一反射膜に対向する第二領域を備え、前記第２の電極は、前記第２の基板を前記第二反射膜が設けられた面の法線方向から見た平面視において、前記第二領域と重なる透光性の第２のミラー電極と、前記第２のミラー電極の外周縁から前記第二反射膜における前記第二領域外の所定の位置に亘って設けられた第２のミラー接続電極と、を備えたことが好ましい。

10

本発明では、第２の電極は、第二反射膜のうち、第一反射膜が重なる第二領域に設けられる第２のミラー電極と、この第２のミラー電極に対して配線接続を行うための第２のミラー接続電極とを備えている。このような構成では、第２のミラー接続電極を基準電位回路（例えばグラウンド回路等）に接続することで、第二反射膜の第二領域における帯電を防止することができる。

20

また、第一反射膜にミラー電極及びミラー接続電極（第２のミラー電極及び第２のミラー接続電極との混同を避けるため第１のミラー電極及び第１のミラー接続電極と称する場合がある）が設けられている場合、第１のミラー接続電極と第２のミラー電極とを接続する構成としてもよく、この場合、第一反射膜の第一領域と、第二反射膜の第二領域との間のクーロン力の発生を抑制することができる。さらに、この場合、第１のミラー電極と第２のミラー電極との間の静電容量を検出することで、反射膜間のギャップ寸法の検出が可能となる。

#### 【００１３】

本発明の干渉フィルターにおいて、前記第二反射膜は、所定のギャップを介して前記第一反射膜に対向する第二領域を備え、前記第２の電極は、前記第２の基板を前記第二反射膜が設けられた面の法線方向から見た平面視において、前記第二領域と重なる透光性の第２のミラー電極と、前記第２のミラー電極の外周縁から前記第二反射膜における前記第二領域外の所定の位置に亘って設けられた第２のミラー接続電極と、を備えたことが好ましい。

30

本発明では、第一反射膜上で、かつ、第一領域の外に第一駆動電極が設けられ、第二反射膜上で、かつ第二領域の外に第一駆動電極に対向する第二駆動電極が設けられている。このような構成では、第一駆動電極及び第二駆動電極間に駆動電圧を印加することで、第一反射膜（第一領域）及び第二反射膜（第二領域）間のギャップ寸法を印加電圧に応じて変更することができる。

#### 【００１４】

40

本発明の干渉フィルターにおいて、前記第一反射膜は、所定のギャップを介して前記第二反射膜に対向する第一領域を備え、前記第二反射膜は、前記所定のギャップを介して前記第一領域に対向する第二領域を備え、前記電極は、前記基板を前記第一反射膜が設けられた面の法線方向から見た平面視において、前記第一領域の外側に設けられた第一駆動電極と、前記第一駆動電極の外周縁から前記第一反射膜における前記第一領域外の所定の位置に亘って設けられた第一駆動接続電極と、を備え、前記第２の電極は、前記第２の基板を前記第二反射膜が設けられた面の法線方向から見た平面視において、前記第二領域の外側に設けられた第二駆動電極と、前記第二駆動電極の外周縁から前記第二反射膜における前記第二領域外の所定の位置に亘って設けられた第二駆動接続電極と、を備えたことが好ましい。

50

本発明では、第一駆動電極及び第二駆動電極間に電圧を印加することで、静電引力により第一反射膜の第一領域と、第二反射膜の第二領域とのギャップ寸法を変更することができる。これにより、所望の波長の光を干渉フィルターから出射させることができる。

【0015】

本発明の干渉フィルターにおいて、前記第2の基板の前記基板とは反対側の面で、当該面の法線方向から見た平面視において前記第二反射膜と重なる領域に、前記第2の反射膜の膜応力を相殺する第2の応力相殺膜が設けられていることが好ましい。

本発明では、第2の基板に第二反射膜の膜応力を相殺する第2の応力相殺膜が設けられている。このため、上記発明と同様、第2の基板が、第二反射膜の膜応力により撓む不都合を抑制できる。

10

【0016】

本発明の干渉フィルターにおいて、前記第2の応力相殺膜は、反射防止膜であることが好ましい。

本発明では、第2の応力相殺膜が反射防止膜であるため、上記発明と同様、干渉フィルターへの入射光や干渉フィルターからの出射光の反射を抑制でき、光量減衰を抑制できる。

【0017】

本発明の干渉フィルターにおいて、前記第一反射膜及び前記第二反射膜は、誘電体多層膜を含むことが好ましい。

本発明では、第一反射膜や第二反射膜として誘電体多層膜が含まれる。このような誘電体多層膜では、所定の波長域に対して高反射率を有するため、当該波長域に対して干渉フィルターから高分解能な光を出射させることができる。

20

【0018】

本発明の光学フィルターデバイスは、基板、前記基板の一方の面に設けられ、複数層からなる第一反射膜、前記基板に対向する第二反射膜、前記第一反射膜の上に設けられた電極と、を備え、前記第一反射膜が、前記第二反射膜に対向する領域を含み、かつ当該領域から前記基板の外周縁に亘る領域に設けられている干渉フィルターと、前記干渉フィルターを収容する筐体と、を備えたことを特徴とする。

本発明では、第一反射膜が複数層からなり基板の一方の面全体に設けられ、その表面に電極が設けられている。このため、複数層の第一反射膜を基板の一方の面の一部に設ける場合に比べて、例えばリフトオフ等の工程を不要にでき、製造効率性が向上する。また、リフトオフ等により基板の一部に第一反射膜を設ける場合には、当該第一反射膜の外周縁を跨ぐように電極を形成する際、段差により断線のリスクが増大するが、本発明では、第一反射膜が基板の一方の面全体に設けられているため、段差がなく、断線のリスクを回避でき、配線信頼性の向上を図れる。

30

さらに、干渉フィルターが筐体内に収納されているため、例えば反射膜への異物の付着等を抑制でき、衝撃等から干渉フィルターを保護することができる。

【0019】

本発明の光学モジュールは、基板、前記基板の一方の面に設けられ、複数層からなる第一反射膜、前記基板に対向する第二反射膜、前記第一反射膜の上に設けられた電極と、を備え、前記第一反射膜が、前記第二反射膜に対向する領域を含み、かつ当該領域から前記基板の外周縁に亘る領域に設けられている干渉フィルターと、前記干渉フィルターから出射された光を受光する受光部と、を備えたことを特徴とする。

40

本発明では、上記発明と同様の構成により、干渉フィルターの製造効率の向上及び、配線信頼性の向上を図れる。したがって、当該干渉フィルターを有する光学モジュールにおいても、配線信頼性の向上を図れる。

【0020】

本発明の電子機器は、基板、前記基板の一方の面に設けられ、複数層からなる第一反射膜、前記基板に対向する第二反射膜、前記第一反射膜の上に設けられた電極と、を備え、前記第一反射膜が、前記第二反射膜に対向する領域を含み、かつ当該領域から前記基板の

50

外周縁に亘る領域に設けられている干渉フィルターと、前記干渉フィルターを制御する制御部と、を備えたことを特徴とする。

本発明では、上記発明と同様の構成により、干渉フィルターの製造効率の向上及び、配線信頼性の向上を図れる。したがって、当該干渉フィルターを有する電子機器においても、配線信頼性の向上を図れる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【図 1】第一実施形態の分光測定装置の概略構成を示すブロック図。

【図 2】第一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 3】図 2 における A - A 線における断面図。

10

【図 4】第一実施形態の波長可変干渉フィルターの固定基板の概略構成を示す平面図。

【図 5】第一実施形態の波長可変干渉フィルターの可動基板の概略構成を示す平面図。

【図 6】第一実施形態の固定基板形成工程の各状態を示す概略図。

【図 7】第一実施形態の可動基板形成工程の各状態を示す概略図。

【図 8】第二実施形態の波長可変干渉フィルターの概略構成を示す断面図。

【図 9】第二実施形態の変形例の波長可変干渉フィルターの概略構成を示す断面図。

【図 10】第三実施形態の光学フィルターデバイスの概略構成を示す断面図。

【図 11】本発明の電子機器の他の一例である測色装置の概略構成を示すブロック図。

【図 12】本発明の電子機器の他の一例であるガス検出装置の概略図。

【図 13】図 12 のガス検出装置の制御系を示すブロック図。

20

【図 14】本発明の電子機器の他の一例である食物分析装置の概略構成を示すブロック図。

。

【図 15】本発明の電子機器の他の一例である分光カメラの概略構成を示す模式図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

[ 第一実施形態 ]

以下、本発明に係る第一実施形態について、図面に基づいて説明する。

[ 分光測定装置の構成 ]

図 1 は、本発明に係る分光測定装置の概略構成を示すブロック図である。

分光測定装置 1 は、本発明の電子機器の一例であり、測定対象 X で反射した測定対象光における各波長の光強度を分析し、分光スペクトルを測定する装置である。なお、本実施形態では、測定対象 X で反射した測定対象光を測定する例を示すが、測定対象 X として、例えば液晶パネル等の発光体を用いる場合、当該発光体から発光された光を測定対象光としてもよい。

30

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

【 0 0 2 3 】

[ 光学モジュールの構成 ]

光学モジュール 10 は、波長可変干渉フィルター 5 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、駆動制御部 15 とを備える。

40

この光学モジュール 10 は、測定対象 X で反射された測定対象光を、入射光学系（図示略）を通して、波長可変干渉フィルター 5 に導き、波長可変干渉フィルター 5 を透過した光をディテクター 11（受光部）で受光する。そして、ディテクター 11 から出力された検出信号は、I - V 変換器 12、アンプ 13、及び A / D 変換器 14 を介して制御部 20 に出力される。

【 0 0 2 4 】

[ 波長可変干渉フィルターの構成 ]

次に、光学モジュール 10 に組み込まれる波長可変干渉フィルター 5 について説明する。

。

図 2 は、波長可変干渉フィルター 5 の概略構成を示す平面図である。図 3 は、図 2 にお

50

ける A - A 線で波長可変干渉フィルター 5 を切断した断面図である。

波長可変干渉フィルター 5 は、図 2 及び図 3 に示すように、本発明の第 1 の基板である固定基板 5 1、及び本発明の第 2 の基板である可動基板 5 2 を備えている。これらの固定基板 5 1 及び可動基板 5 2 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、無アルカリガラス等の各種ガラスや、水晶等により形成されている。そして、固定基板 5 1 及び可動基板 5 2 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 5 3 により接合されることで、一体的に構成されている。

#### 【 0 0 2 5 】

固定基板 5 1 の可動基板 5 2 に対向する面には、本発明の第一反射膜を構成する固定反射膜 5 4 が設けられ、可動基板 5 2 の固定基板 5 1 に対向する面には、本発明の第二反射膜を構成する可動反射膜 5 5 が設けられている。また、固定反射膜 5 4 の所定の第一領域 5 4 A と、可動反射膜 5 5 の所定の第二領域 5 5 A とは、ギャップ G 1 を介して対向する。

そして、波長可変干渉フィルター 5 は、ギャップ G 1 のギャップ寸法を調整（変更）する静電アクチュエーター 5 6 を備えている。この静電アクチュエーター 5 6 は、固定基板 5 1 側に設けられた第一駆動電極 5 6 1 と、可動基板 5 2 側に設けられた第二駆動電極 5 6 2 とにより構成される。

なお、以降の説明に当たり、固定基板 5 1 又は可動基板 5 2 の基板厚み方向から見た平面視、つまり、固定基板 5 1 及び可動基板 5 2 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。また、本実施形態では、フィルター平面視において、固定反射膜 5 4 の第一領域 5 4 A の中心点及び可動反射膜 5 5 の第二領域 5 5 A の中心点は、一致し、平面視におけるこれらの中心点を O で示す。

#### 【 0 0 2 6 】

##### （固定基板の構成）

図 4 は、固定基板 5 1 を可動基板 5 2 側から見た平面視である。

固定基板 5 1 は、図 3 及び図 4 に示すように、例えばエッチング等により形成された第一溝 5 1 1 及び中央突出部 5 1 2 を備える。

第一溝 5 1 1 は、フィルター平面視で、固定基板 5 1 のフィルター中心点 O を中心とした環状に形成されている。中央突出部 5 1 2 は、フィルター平面視において、第一溝 5 1 1 の中心部から可動基板 5 2 側に突出して形成されている。本実施形態では、フィルター平面視において、中央突出部 5 1 2 の中心点は、フィルター中心点 O と一致し、中央突出部 5 1 2 の突出先端面は円形に構成されている。

また、固定基板 5 1 には、固定基板 5 1 の各頂点 C 1 , C 2 , C 3 , C 4（図 2、図 4 参照）に向かって延出する第二溝 5 1 1 A が設けられている。これらの第二溝 5 1 1 A の底面は、第一溝 5 1 1 の底面と同一平面となる。

さらに、固定基板 5 1 の頂点 C 1 及び頂点 C 2 には、切欠部 5 1 4 が形成されており、波長可変干渉フィルター 5 を固定基板 5 1 側から見た際に、後述する第二駆動電極パッド 5 6 2 P 及び第二ミラー電極パッド 5 7 2 P が露出される。

#### 【 0 0 2 7 】

固定基板 5 1 の可動基板 5 2 に対向する面全体には、図 3、図 4 に示すように、固定反射膜 5 4 が設けられている。この固定反射膜 5 4 は、高屈折率層と低屈折率層とを交互に積層した誘電体多層膜により構成されている。誘電体多層膜としては、例えば、高屈折率層を  $TiO_2$ 、低屈折率層を  $SiO_2$  とした積層体が例示できる。

なお、本実施形態では、固定反射膜 5 4 として、誘電体多層膜の例を示すがこれに限定されず、例えば、誘電体多層膜と、金属膜や合金膜との積層体であってもよく、誘電体膜と金属膜や合金膜との積層体などであってもよい。なお、表面が金属層や合金層である場合、後述する第一駆動電極 5 6 1、第一駆動接続電極 5 6 1 A、第一ミラー電極 5 7 1、第一ミラー接続電極 5 7 1 A との間で電氣的に絶縁されるよう、別途透光性の絶縁膜を設ける構成とすることが好ましい。



また、本実施形態では、固定反射膜 5 4 のうち、中央突出部 5 1 2 の突出先端面の領域は、上述した第一領域 5 4 A であり、可動反射膜 5 5 の第二領域 5 5 A に対してギャップ G 1 を介して対向する。

【 0 0 2 8 】

そして、この固定反射膜 5 4 の表面には、本発明の電極である第一駆動電極 5 6 1、第一駆動接続電極 5 6 1 A、第一ミラー電極（本発明のミラー電極；第 1 のミラー電極）5 7 1、第一ミラー接続電極 5 7 1 A（本発明のミラー接続電極；第 1 のミラー接続電極）が設けられている。

第一駆動電極 5 6 1 は、静電アクチュエーター 5 6 の一方の電極を構成する。この第一駆動電極 5 6 1 は、固定反射膜 5 4 において、第一領域 5 4 A の外で、フィルター平面視で第一溝 5 1 1 と重なる領域内に設けられている。第一駆動電極 5 6 1 は、固定反射膜 5 4 上に直接設けられてもよく、固定反射膜 5 4 の上に他の薄膜（層）を設け、その上に設置してもよい。

【 0 0 2 9 】

この第一駆動電極 5 6 1 は、フィルター中心点 O を中心とした C 字円弧状に形成され、頂点 C 4 に近接する一部に C 字開口部が設けられる。また、第一駆動電極 5 6 1 の外周縁には第一駆動接続電極 5 6 1 A が連続する。この第一駆動接続電極 5 6 1 A は、第一駆動電極 5 6 1 の頂点 C 3 側の外周縁から、固定反射膜 5 4 上の頂点 C 3 の位置に亘って設けられている。そして、第一駆動接続電極 5 6 1 A の頂点 C 3 に位置する部分は第一駆動電極パッド 5 6 1 P を構成し、駆動制御部 1 5 に電氣的に接続される。

このような第一駆動電極 5 6 1 及び第一駆動接続電極 5 6 1 A を形成する材料としては、例えば、Au 等の金属や、Cr / Au 等の金属積層体等が挙げられる。なお、ITO（Indium Tin Oxide）等の透光性の金属酸化膜により構成されてもよい。この場合、第一駆動電極パッド 5 6 1 P において、金属酸化膜上に別途 Au 等の金属膜を形成することで、配線接続時の接触抵抗を低減できる。

なお、本実施形態では、第一領域 5 4 A を囲う一重の第一駆動電極 5 6 1 が設けられる構成を示すが、例えば、フィルター中心点 O を中心とした同心円となる 2 つの電極が設けられる構成（二重電極構成）などとしてもよい。

【 0 0 3 0 】

第一ミラー電極 5 7 1 は、固定反射膜 5 4 の第一領域 5 4 A を覆って設けられている。本実施形態では、第一ミラー電極 5 7 1 は、図 3、図 4 に示すように、フィルター平面視において、中央突出部 5 1 2 から第一溝 5 1 1 の一部を覆うように設けられている。

この第一ミラー電極 5 7 1 は、分光測定装置 1 により測定を実施する波長域に対して透光性を有する導電性の金属酸化物により構成されており、例えば、インジウム系酸化物である酸化インジウムガリウム（InGaO）、酸化インジウムスズ（Snドープ酸化インジウム：ITO）、Ceドープ酸化インジウム（ICO）、フッ素ドープ酸化インジウム（IFO）、スズ系酸化物であるアンチモンドープ酸化スズ（ATO）、フッ素ドープ酸化スズ（FTO）、酸化スズ（SnO<sub>2</sub>）、亜鉛系酸化物である Alドープ酸化亜鉛（AZO）、Gaドープ酸化亜鉛（GZO）、フッ素ドープ酸化亜鉛（FZO）、酸化亜鉛（ZnO）、等が用いられる。また、インジウム系酸化物と亜鉛系酸化物からなるインジウム亜鉛酸化物（IZO：登録商標）を用いてもよい。

本実施形態では、フィルター平面視において、固定反射膜 5 4 の第一領域 5 4 A 及び可動反射膜 5 5 の第二領域 5 5 A が重なる干渉領域 AR 1 において、反射膜 5 4、5 5 間で多重干渉させ、強め合った所定波長の光を出射させる。したがって、フィルター平面視において、これらの第一領域 5 4 A 及び第二領域 5 5 A と重なる領域に設けられる第一ミラー電極 5 7 1 は、光の吸収や反射等の発生を抑制すべく、第一駆動電極 5 6 1 や第一駆動接続電極 5 6 1 A、第一ミラー接続電極 5 7 1 A と比べて、厚み寸法が小さく形成されている。

【 0 0 3 1 】

第一ミラー接続電極 5 7 1 A は、第一ミラー電極 5 7 1 の外周部に接続されている。具

10

20

30

40

50

体的には、図3、図4に示すように、第一ミラー接続電極571Aは、フィルター平面視において第一ミラー電極571の第一溝511の一部と重なる部分において、当該第一ミラー電極571の上面に乗り上げるように設けられている。この際、上述したように、第一ミラー接続電極571Aが第一ミラー電極571よりも厚み寸法が大きいいため、乗り上げ時に断線等が発生することはない。また、第一ミラー接続電極571Aの厚み寸法を大きくすることで、当該第一ミラー接続電極571Aにおける電気抵抗の増大を抑制することができる。なお、本実施形態では、第一ミラー接続電極571Aが第一ミラー電極571上に乗り上げるように設けられる例を示すが、これに限定されず、例えば、第一ミラー電極571が第一ミラー接続電極571A上に乗り上げるように設けられる構成などとしてもよい。

10

そして、この第一ミラー接続電極571Aは、第一駆動電極561の頂点C4側に設けられたC字開口部の間を通り、固定反射膜54の頂点C4の位置まで延出する。第一ミラー接続電極571Aの頂点C4に位置する端部は、第一ミラー電極パッド571Pを構成し、駆動制御部15に電氣的に接続される。

このような第一ミラー接続電極571Aとしては、例えば、第一駆動電極561や第一駆動接続電極561Aと同様、Au等の金属膜や、Cu/Au等の金属積層体等により構成することができる。第一駆動電極561や第一駆動接続電極561Aと同一素材により構成する場合、これらの第一駆動電極561、第一駆動接続電極561A、及び第一ミラー接続電極571Aを同一工程において同時に形成することが可能となる。

#### 【0032】

20

本実施形態では、固定基板51は、第一溝511や中央突出部512等の凹凸を有するため、これらの境界において、急斜面やエッジが形成されることがある。しかしながら、上記のように、複数層である誘電体多層膜により構成された固定反射膜54を固定基板51の可動基板52に対向する面全体に形成することで、当該誘電体多層膜がこれらの段差を覆うように積層されるため、図3に示すように、急斜面やエッジが緩やかな傾斜面となる。したがって、固定反射膜54上に設けられる各電極561、561A、571、571Aは、緩やかな傾斜面又は平坦面に形成されることになり、断線等が防止される。

#### 【0033】

また、固定反射膜54のうち、フィルター平面視において、第一溝511、中央突出部512、及び第二溝511Aと重ならない領域は、可動基板52に設けられた可動反射膜55に接合される第一接合領域541となる。そして、この第一接合領域541が、後述する可動反射膜55における第二接合領域551と、接合膜53により接合されることで、固定基板51及び可動基板52が一体的に構成される。

30

#### 【0034】

(可動基板の構成)

図5は、可動基板52を固定基板51側から見た平面視である。

可動基板52は、図2、図3、及び図5に示すように、フィルター平面視においてフィルター中心点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とを備えている。また、可動基板52の頂点C3及び頂点C4には、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、第一駆動電極パッド561P及び第一ミラー電極パッド571Pが露出される。

40

#### 【0035】

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、少なくとも第一駆動電極561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。

保持部522は、可動部521の周囲を囲うダイヤフラムであり、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可能

50

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、可動部 5 2 1 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 の形状変化をある程度抑制できる。

なお、本実施形態では、ダイヤフラム状の保持部 5 2 2 を例示するが、これに限定されず、例えば、可動部 5 2 1 のフィルター中心点 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】

そして、可動基板 5 2 の固定基板 5 1 に対向する面全体には、図 3 及び図 5 に示すように、可動反射膜 5 5 が設けられている。

可動反射膜 5 5 において、固定反射膜 5 4 の第一領域 5 4 A に対向する第二領域 5 5 A は、所定のギャップ G 1 を介して第一領域 5 4 A に対向する。この可動反射膜 5 5 は、固定反射膜 5 4 と同様、誘電体多層膜により構成されている。また、可動反射膜 5 5 は、固定反射膜 5 4 と同様、誘電体多層膜の構成に限定されず、例えば、誘電体多層膜と、金属膜や合金膜との積層体であってもよく、誘電体膜と金属膜や合金膜との積層体などであってもよい。なお、表面に金属膜や合金膜が設けられる場合、さらにその表層を覆うように透光性の絶縁膜を設けることが好ましい。

#### 【0037】

可動反射膜 5 5 の固定基板 5 1 に対向する面には、第二駆動電極 5 6 2、第二駆動接続電極 5 6 2 A、第二ミラー電極 5 7 2 (第 2 のミラー電極)、第二ミラー接続電極 5 7 2 A (第 2 のミラー接続電極) が設けられている。

第二駆動電極 5 6 2 は、第一駆動電極 5 6 1 に対向し、当該第一駆動電極 5 6 1 とともに静電アクチュエーター 5 6 を構成する。この第二駆動電極 5 6 2 は、フィルター中心点 O を中心とした C 字円弧状に形成され、頂点 C 1 に近接する一部に C 字開口部が設けられる。

第二駆動接続電極 5 6 2 A は、第二駆動電極 5 6 2 の外周縁に連続し、頂点 C 2 に対応した第二溝 5 1 1 A に対向する領域を通して、可動反射膜 5 5 上の頂点 C 2 まで延出する。この第二駆動接続電極 5 6 2 A の頂点 C 2 に位置する部分は第二駆動電極パッド 5 6 2 P を構成し、駆動制御部 1 5 に電氣的に接続される。

第二駆動電極 5 6 2 及び第二駆動接続電極 5 6 2 A としては、第一駆動電極 5 6 1 と同じ電極材料により構成することができ、例えば、Au 等の金属や、Cr / Au 等の金属積層体等が挙げられる。なお、ITO (Indium Tin Oxide) 等の透光性の金属酸化膜により構成されてもよい。この場合、第二駆動電極パッド 5 6 2 P において、金属酸化膜上に別途 Au 等の金属膜を形成することで、配線接続時の接触抵抗を低減できる。

#### 【0038】

第二ミラー電極 5 7 2 は、可動反射膜 5 5 の第二領域 5 5 A を覆って設けられている。

この第二ミラー電極 5 7 2 は、分光測定装置 1 により測定を実施する波長域に対して透光性を有する導電性の金属酸化物により構成されており、例えば、インジウム系酸化物である酸化インジウムガリウム (InGaO)、酸化インジウムスズ (Sn ドープ酸化インジウム: ITO)、Ce ドープ酸化インジウム (ICO)、フッ素ドープ酸化インジウム (IFO)、スズ系酸化物であるアンチモンドープ酸化スズ (ATO)、フッ素ドープ酸化スズ (FTO)、酸化スズ (SnO<sub>2</sub>)、亜鉛系酸化物である Al ドープ酸化亜鉛 (AZO)、Ga ドープ酸化亜鉛 (GZO)、フッ素ドープ酸化亜鉛 (FZO)、酸化亜鉛 (ZnO)、等が用いられる。また、インジウム系酸化物と亜鉛系酸化物からなるインジウム亜鉛酸化物 (IZO: 登録商標) を用いてもよい。

第二ミラー電極 5 7 2 は、第二駆動電極 5 6 2 や第二駆動接続電極 5 6 2 A、第二ミラー接続電極 5 7 2 A と比べて、厚み寸法が小さく形成されている。

#### 【0039】

第二ミラー接続電極 5 7 2 A は、第二ミラー電極 5 7 2 の外周部に接続され、当該第二ミラー電極 5 7 2 の上面に乗り上げるように設けられている。この際、上述したように、第二ミラー接続電極 5 7 2 A が第二ミラー電極 5 7 2 よりも厚み寸法が大きいため、乗り

上げ時に断線等が発生することはない。

この第二ミラー接続電極 5 7 2 A は、第二駆動電極 5 6 2 の頂点 C 1 側に設けられた C 字開口部の間から、頂点 C 1 に対応した第二溝 5 1 1 A に対向する領域を通り、可動反射膜 5 5 の頂点 C 1 の位置まで延出する。第二ミラー接続電極 5 7 2 A の頂点 C 1 に位置する端部は、第二ミラー電極パッド 5 7 2 P を構成し、駆動制御部 1 5 に電氣的に接続される。

第二ミラー接続電極 5 7 2 A としては、第一ミラー接続電極 5 7 1 A と同様、例えば、第二駆動電極 5 6 2 や第二駆動接続電極 5 6 2 A と同様、A u 等の金属膜や、C u / A u 等の金属積層体等により構成することができる。

【 0 0 4 0 】

10

なお、本実施形態では、図 3 に示すように、静電アクチュエーター 5 6 を構成する第一駆動電極 5 6 1 及び第二駆動電極 5 6 2 間のギャップは、反射膜 5 4 , 5 5 間のギャップ G 1 よりも大きい、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、電極 5 6 1 , 5 6 2 間のギャップが、ギャップ G 1 よりも小さくなる構成としてもよい。

【 0 0 4 1 】

また、フィルター平面視において、可動反射膜 5 5 のうち、固定反射膜 5 4 の第一接合領域 5 4 1 と重なり合う領域は、第二接合領域 5 5 1 となり、当該第二接合領域 5 5 1 は、上述したように、接合膜 5 3 により第一接合領域 5 4 1 に接合される。

【 0 0 4 2 】

20

[ 光学モジュールのディテクター、I - V 変換器、アンプ、A / D 変換器の構成 ]

次に、図 1 に戻り、光学モジュール 1 0 について説明する。

ディテクター 1 1 は、波長可変干渉フィルター 5 を透過した光を受光 ( 検出 ) し、受光量に基づいた検出信号を I - V 変換器 1 2 に出力する。

I - V 変換器 1 2 は、ディテクター 1 1 から入力された検出信号を電圧値に変換し、アンプ 1 3 に出力する。

アンプ 1 3 は、I - V 変換器 1 2 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 1 4 は、アンプ 1 3 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 2 0 に出力する。

30

【 0 0 4 3 】

[ 駆動制御部の構成 ]

駆動制御部 1 5 は、制御部 2 0 の制御に基づいて、波長可変干渉フィルター 5 の静電アクチュエーター 5 6 に対して駆動電圧を印加する。これにより、静電アクチュエーター 5 6 の第一駆動電極 5 6 1 及び第二駆動電極 5 6 2 間で静電引力が発生し、可動部 5 2 1 が固定基板 5 1 側に変位する。

また、本実施形態では、駆動制御部 1 5 は、第一ミラー電極パッド 5 7 1 P 及び第二ミラー電極パッド 5 7 2 P を電氣的に導通させ、所定の基準電位 ( 例えばグラウンド電位 ) を設定する。これにより、第一ミラー電極 5 7 1 及び第二ミラー電極 5 7 2 が同電位となる。したがって、第一ミラー電極 5 7 1 及び第二ミラー電極 5 7 2 の間、つまり、波長可変干渉フィルター 5 において、干渉領域 A R 1 ( フィルター平面視において、第一領域 5 4 A 及び第二領域 5 5 A が重なる領域 ) でのクーロン力の発生を回避でき、ギャップ G 1 の寸法を所望値に精度よく設定することが可能となる。また、第一ミラー電極 5 7 1 及び第二ミラー電極 5 7 2 の電荷を第一ミラー電極パッド 5 7 1 P や第二ミラー電極パッド 5 7 2 P から逃がすことができるため、帯電による不都合も回避可能となる。

40

なお、第一ミラー電極 5 7 1 及び第二ミラー電極 5 7 2 の間に、静電アクチュエーター 5 6 の駆動に影響を与えない程度の高周波電圧を印加し、第一領域 5 4 A 及び第二領域 5 5 A 間の静電容量を検出可能な構成などとしてもよい。

【 0 0 4 4 】

[ 制御部の構成 ]

50

次に、分光測定装置 1 の制御部 20 について説明する。

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

#### 【0045】

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

10

光量取得部 22 は、ディテクター 11 により取得された光量に基づいて、波長可変干渉フィルター 5 を透過した目的波長の光の光量を取得する。

分光測定部 23 は、光量取得部 22 により取得された光量に基づいて、測定対象光のスペクトル特性を測定する。

#### 【0046】

##### [ 波長可変干渉フィルターの製造方法 ]

次に、上述したような波長可変干渉フィルター 5 の製造方法について、図面に基づいて説明する。

波長可変干渉フィルター 5 の製造では、まず、固定基板 51 を形成するための第一ガラス基板 M1 ( 図 6 参照 )、及び可動基板 52 を形成するための第二ガラス基板 M2 ( 図 7 参照 ) を用意し、固定基板形成工程、及び可動基板形成工程を実施する。この後、基板接合工程を実施し、固定基板形成工程により加工された第一ガラス基板 M1 と、可動基板形成工程により加工された第二ガラス基板 M2 とを接合する。更に、切断工程を実施し、第一ガラス基板 M1 及び第二ガラス基板 M2 を個片化して波長可変干渉フィルター 5 を形成する。

20

以下、各工程について、図面に基づいて説明する。

#### 【0047】

##### ( 固定基板形成工程 )

図 6 は、固定基板形成工程における第一ガラス基板 M1 の状態を示す図である。

固定基板形成工程では、まず、固定基板 51 の製造素材である第一ガラス基板 M1 の両面を、表面粗さ Ra が 1 nm 以下となるまで精密研磨し、例えば 500 μm の厚み寸法にする。

30

#### 【0048】

次に、図 6 ( A ) に示すように、第一ガラス基板 M1 の基板表面をエッチングにより加工する。

具体的には、フォトリソグラフィ法によりパターンニングされたレジストパターンをマスクに用いて、第一ガラス基板 M1 に対して、例えばフッ酸系 ( BHF 等 ) を用いたウエットエッチングを繰り返し施す。まず、第一溝 511、中央突出部 512、及び第二溝 511A ( 図 6 では省略する ) の形成位置を、中央突出部 512 の突出先端面の位置までエッチングする。この後、第一溝 511 及び第二溝 511A を、所望の深さ位置までエッチングする。

40

#### 【0049】

次に、図 6 ( B ) に示すように、第一ガラス基板 M1 のうち、第一溝 511、中央突出部 512、及び第二溝 511A を形成した面全体に、固定反射膜 54 を形成する。

固定反射膜 54 の形成では、固定反射膜 54 を構成する誘電体多層膜の各誘電体膜を、例えばスパッタリング法や蒸着法等により順次積層形成する。

この際、第一ガラス基板 M1 に、ウエットエッチング等によって、急斜面やエッジを有する段差が存在する場合でも、誘電体多層膜の形成時に各誘電体層が積層されることで、段差部の傾斜が緩やかになる。したがって、誘電体多層膜に構成された固定反射膜 54 の最表面の上に、各電極 561、561A、571、571A を形成する際に段差部分で破

50

断することがない。

【 0 0 5 0 】

この後、第一ガラス基板 M 1 に第一ミラー電極 5 7 1 を構成する電極材料（例えば、ITO 等の金属酸化物）を、蒸着法やスパッタリング法を用いて成膜する。そして、第一ガラス基板 M 1 にレジストを塗布し、フォトリソグラフィ法を用いて第一ミラー電極 5 7 1 の形状に合わせてレジストをパターニングする。この後、ウエットエッチングにより、第一ミラー電極 5 7 1 をパターニングし、レジストを除去する。

次に、第一ガラス基板 M 1 に第一駆動電極 5 6 1、第一駆動接続電極 5 6 1 A（図 6 では図示略）、及び第一ミラー接続電極 5 7 1 A（図 6 では図示略）を形成する電極材料（例えば Au 等の金属膜や、Cr / Au 等の金属積層体）を、蒸着法やスパッタリング法を用いて成膜する。そして、第一ガラス基板 M 1 にレジストを塗布し、フォトリソグラフィ法を用いて第一駆動電極 5 6 1、第一駆動接続電極 5 6 1 A、及び第一ミラー接続電極の形状に合わせてレジストをパターニングする。そして、ウエットエッチングにより、第一駆動電極 5 6 1、第一駆動接続電極 5 6 1 A、及び第一ミラー接続電極 5 7 1 A をパターニングした後、レジストを除去する。

以上により、図 6（C）に示すように、固定反射膜 5 4、第一駆動電極 5 6 1、第一駆動接続電極 5 6 1 A、第一ミラー電極 5 7 1、第一ミラー接続電極 5 7 1 A が設けられた固定基板 5 1 が複数アレイ状に配置された第一ガラス基板 M 1 が形成される。

【 0 0 5 1 】

（可動基板形成工程）

図 7 は、可動基板形成工程における第二ガラス基板 M 2 の状態を示す図である。

可動基板形成工程では、まず、可動基板 5 2 の製造素材である第二ガラス基板 M 2 の両面を、表面粗さ R a が 1 nm 以下となるまで精密研磨し、例えば 5 0 0 μ m の厚み寸法にする。

【 0 0 5 2 】

そして、第二ガラス基板 M 2 の表面に Cr / Au 層を形成し、この Cr / Au 層をエッチングマスクとし、例えばフッ酸系（BHF 等）を用いて、保持部 5 2 2 に相当する領域をエッチングする。この後、エッチングマスクとして使用した Cr / Au 層を除去することで図 7（A）に示すように、可動基板 5 2 の基板形状が形成される。

【 0 0 5 3 】

次に、図 7（B）に示すように、可動反射膜 5 5 を形成する。この可動反射膜 5 5 の形成も、固定反射膜 5 4 と同様の方法により形成することができ、可動反射膜 5 5 を形成する誘電体多層膜の各誘電体膜を順次スパッタリング法又は蒸着法等により成膜する。

【 0 0 5 4 】

この後、第二ガラス基板 M 2 に第二ミラー電極 5 7 2 を形成する。第二ミラー電極 5 7 2 の形成では、第一ミラー電極 5 7 1 の形成と同様の工程で行い、第二ミラー電極 5 7 2 を構成する電極材料を、蒸着法やスパッタリング法を用いて成膜した後、レジストを塗布し、フォトリソグラフィ法を用いて第二ミラー電極 5 7 2 の形状に合わせてレジストをパターニングする。そして、ウエットエッチングを実施して第二ミラー電極 5 7 2 をパターニングし、レジストを除去する。

次に、第二ガラス基板 M 2 に第二駆動電極 5 6 2、第二駆動接続電極 5 6 2 A（図 7 では図示略）、及び第二ミラー接続電極 5 7 2 A（図 7 では図示略）を形成する電極材料を、蒸着法やスパッタリング法を用いて成膜する。そして、第二ガラス基板 M 2 にレジストを塗布し、フォトリソグラフィ法を用いてレジストをパターニングし、ウエットエッチングにより、第二駆動電極 5 6 2、第二駆動接続電極 5 6 2 A、及び第二ミラー接続電極 5 7 2 A を形成し、レジストを除去する。

以上により、図 7（C）に示すように、可動反射膜 5 5、第二駆動電極 5 6 2、第二駆動接続電極 5 6 2 A、第二ミラー電極 5 7 2、第二ミラー接続電極 5 7 2 A が設けられた可動基板 5 2 が複数アレイ状に配置された第二ガラス基板 M 2 が形成される。

【 0 0 5 5 】

### (基板接合工程)

次に、基板接合工程及び切断工程について説明する。

基板接合工程では、まず、第一ガラス基板 M 1 の固定反射膜 5 4 における第一接合領域 5 4 1 と、第二ガラス基板 M 2 の可動反射膜 5 5 における第二接合領域 5 5 1 とに、ポリオルガノシロキサンを主成分としたプラズマ重合膜を、例えばプラズマ C V D 法等により成膜する。

そして、第一ガラス基板 M 1 及び第二ガラス基板 M 2 の各プラズマ重合膜に対して活性化エネルギーを付与するために、 $O_2$  プラズマ処理又は UV 処理を行う。 $O_2$  プラズマ処理の場合は、 $O_2$  流量  $1.8 \times 10^{-3} (m^3/h)$ 、圧力 27 Pa、RF パワー 200 W の条件で 30 秒間実施する。また、UV 処理の場合は、UV 光源としてエキシマ UV (波長 172 nm) を用いて 3 分間処理する。

10

プラズマ重合膜に活性化エネルギーを付与した後、これらの第一ガラス基板 M 1 及び第二ガラス基板 M 2 のアライメント調整を行い、プラズマ重合膜を介して第一ガラス基板 M 1 及び第二ガラス基板 M 2 を重ね合わせ、接合部分に例えば 98 (N) の荷重を 10 分間かける。これにより、第一ガラス基板 M 1 及び第二ガラス基板 M 2 同士が接合される。

### 【0056】

### (切断工程)

次に、切断工程について説明する。

切断工程では、固定基板 5 1 及び可動基板 5 2 をチップ単位で切り出し、図 2 及び図 3 に示すような波長可変干渉フィルター 5 を形成する。第一ガラス基板 M 1 及び第二ガラス基板 M 2 の切断には、例えばスクライブブレイクやレーザー切断等を利用することができる。

20

### 【0057】

### [第一実施形態の作用効果]

本実施形態では、固定基板 5 1 の可動基板 5 2 に対向する面全体に誘電体多層膜からなる固定反射膜 5 4 が設けられ、この固定反射膜 5 4 上に第一駆動電極 5 6 1、第一駆動接続電極 5 6 1 A、第一ミラー電極 5 7 1、及び第一ミラー接続電極 5 7 1 A が設けられている。同様に、可動基板 5 2 の固定基板 5 1 に対向する面全体に誘電体多層膜からなる可動反射膜 5 5 が設けられ、この可動反射膜 5 5 上に第二駆動電極 5 6 2、第二駆動接続電極 5 6 2 A、第二ミラー電極 5 7 2、及び第二ミラー接続電極 5 7 2 A が設けられている。

30

このような構成では、固定反射膜 5 4 を形成する際に、リフトオフパターンの形成工程や、リフトオフ工程が不要となり、製造効率性を向上させることができる。可動反射膜 5 5 においても同様であり、製造効率性の向上を図れる。

### 【0058】

また、固定基板 5 1 には、第一溝 5 1 1 や中央突出部 5 1 2 が設けられ、これらの第一溝 5 1 1 や中央突出部 5 1 2 との境界部分に急斜面やエッジや段差等ができる場合でも、これらを覆うように誘電体多層膜の固定反射膜 5 4 が設けられる。この場合、急斜面やエッジや段差上を誘電体多層膜の複数層の誘電体膜が覆うことで、急斜面やエッジ、段差等が滑らかな傾斜面となる。したがって、フィルター平面視において、中央突出部 5 1 2 から第一溝 5 1 1 と重なる位置に第一ミラー電極 5 7 1 を形成する際に、平坦面又は緩やかな傾斜面上に第一ミラー電極 5 7 1 が配置されることになり、第一ミラー電極 5 7 1 の破断等を抑制でき、配線信頼性を高めることができる。

40

なお、本実施形態では、中央突出部 5 1 2 から第一溝 5 1 1 の一部に亘る第一ミラー電極 5 7 1 を形成する例を示したが、例えば、中央突出部 5 1 2 の突出先端面と重なる領域のみに第一ミラー電極 5 7 1 を配置してもよい。この場合、第一ミラー接続電極 5 7 1 A が中央突出部 5 1 2 から第一溝 5 1 1、第二溝 5 1 1 A に亘って設けられることになる。この場合でも、上記のように、固定基板 5 1 の一方の面全体に固定反射膜 5 4 が設けられるので、第一溝 5 1 1 及び中央突出部 5 1 2 の間に段差等がある場合でも緩やかな傾斜面となり、第一ミラー接続電極の断線を抑制でき、配線信頼性を高めることができる。

50

## 【 0 0 5 9 】

さらに、固定基板 5 1 や可動基板 5 2 の一部（例えば、フィルター平面視において、中央突出部 5 1 2 の突出先端面と重なる位置）に固定反射膜 5 4 や可動反射膜 5 5 を設ける場合には、その端面（基板厚み方向に沿う面）が基板に対して略直交する面となる。この場合、反射膜上にミラー電極を形成し、その外周縁からミラー接続電極を引き出す構成とすると、反射膜の端面でミラー電極やミラー接続電極が断線するリスクが高くなる。これに対して、本実施形態では、上述のように各反射膜 5 4 , 5 5 の端面にミラー電極 5 7 1 , 5 7 2 やミラー接続電極 5 7 1 A , 5 7 2 A が配置されることがないため、この点からも各ミラー電極 5 7 1 , 5 7 2 や各ミラー接続電極 5 7 1 A , 5 7 2 A の断線を回避でき、より配線接続の信頼性を高めることができる。

10

## 【 0 0 6 0 】

本実施形態では、干渉領域 A R 1 において、互いに対向する第一ミラー電極 5 7 1 及び第二ミラー電極 5 7 2 を有する。このため、これらのミラー電極 5 7 1 , 5 7 2 を駆動制御部 1 5 において、グラウンド回路等に接続することで、第一ミラー電極 5 7 1 や第二ミラー電極 5 7 2 の帯電を抑制できる。また、第一ミラー電極 5 7 1 及び第二ミラー電極 5 7 2 が同電位となり、クーロン力の発生を抑制でき、静電アクチュエーター 5 6 による駆動制御を高精度に実施できる。

また、本実施形態では、第一ミラー電極 5 7 1 及び第二ミラー電極 5 7 2 を帯電防止用の電極として使用する例を示したが、これに限定されず、上述したように、静電容量検出量の電極としても用いることができる。この場合、ミラー電極 5 7 1 , 5 7 2 間の静電容量を検出することで、第一領域 5 4 A 及び第二領域 5 5 A のギャップ G 1 の寸法を算出することができる。したがって、検出されたギャップ G 1 の寸法に基づいて、ギャップ G 1 の寸法を制御することで、ギャップ G 1 を所望の寸法に設定することができ、所望の波長の光を波長可変干渉フィルター 5 から出射させることができる。

20

## 【 0 0 6 1 】

本実施形態では、第一駆動電極 5 6 1 及び第一駆動接続電極 5 6 1 A が固定反射膜 5 4 上に設けられている。また、第二駆動電極 5 6 2 及び第二駆動接続電極 5 6 2 A が可動反射膜 5 5 上に設けられている。このため、これらの駆動電極 5 6 1 , 5 6 2 及び駆動接続電極 5 6 1 A , 5 6 2 A においても、表面が平坦面若しくは緩やかな傾斜面となる反射膜 5 4 , 5 5 上に設けられることになり、断線等のリスクを低減できる。

30

また、第一駆動電極 5 6 1 及び第二駆動電極 5 6 2 間に電圧を印加することで、反射膜 5 4 , 5 5 間のギャップ G 1 の寸法を変更することができ、所望波長の光を波長可変干渉フィルター 5 から出射させることができる。

## 【 0 0 6 2 】

本実施形態では、固定反射膜 5 4 及び可動反射膜 5 5 は、誘電体多層膜を含む複数層により構成されている。このような誘電体多層膜は、所定波長域に対して、高い反射率を有するので、波長可変干渉フィルター 5 においても、鋭いピークの光を出射させることができる。すなわち、波長可変干渉フィルター 5 から出射される光は、半値幅が小さい光となり、分解能の向上を図れる。したがって、このような波長可変干渉フィルター 5 を用いた光学モジュール 1 0 では、所望波長の光のより正確な光量を検出することができ、分光測定装置 1 における分光測定処理の精度も高めることができる。

40

## 【 0 0 6 3 】

## 〔 第二実施形態 〕

次に、本発明の第二実施形態について、図面に基づいて説明する。

上記第一実施形態では、固定基板 5 1 の可動基板 5 2 に対向する面全体に固定反射膜 5 4 を設け、可動基板 5 2 の固定基板 5 1 に対向する面全体に可動反射膜 5 5 を設ける構成とした。しかしながら、これらの反射膜 5 4 , 5 5 が、基板 5 1 , 5 2 に与える膜応力の影響が大きくなり、基板 5 1 , 5 2 に撓みが生じる場合がある。これに対して、第二実施形態では、各基板 5 1 , 5 2 において、上記のような膜応力を低減する応力相殺膜を設ける点で、上記第一実施形態と相違する。

50



## 【 0 0 6 4 】

図 8 は、本実施形態の波長可変干渉フィルタ 5 の概略構成を示す断面図である。なお、既に説明した構成については、同符号を付し、その説明を省略する。

図 8 に示すように、本実施形態の波長可変干渉フィルタ 5 では、固定基板 5 1 の可動基板 5 2 とは反対側の面の全体に、応力相殺膜 5 8 1 が設けられている。

また、可動基板 5 2 においても同様に、固定基板 5 1 とは反対側の面全体に、応力相殺膜 5 8 2 ( 本発明の第 2 の応力相殺膜 ) が設けられている。

## 【 0 0 6 5 】

具体的には、応力相殺膜 5 8 1 は、固定反射膜 5 4 と略同じ膜応力を有し、当該膜応力の方向が同じ方向となる応力を付与する。

誘電体多層膜により構成される固定反射膜 5 4 は、各誘電体膜の種類や膜厚、成膜方法等に応じてそれぞれ膜応力や応力が作用する方向が変化し、これらの合力が固定反射膜 5 4 の膜応力となる。従って、応力相殺膜 5 8 1 は、固定反射膜 5 4 の各誘電体膜の種類や膜厚、成膜方法等に応じて適宜選択される。

例えば、固定反射膜 5 4 が固定基板 5 1 に対して所定の引張応力を与えるものである場合、応力相殺膜 5 8 1 も略同様の大きさの引張応力を固定基板 5 1 に与えるものを用いる。これにより、固定基板 5 1 は、固定反射膜 5 4 が設けられる側が引っ張られることで可動基板 5 2 側に凸となるように撓む膜応力を受けるが、応力相殺膜 5 8 1 が設けられる側も引っ張られることで、その応力を打ち消すように作用し、固定基板 5 1 の撓みを抑制できる。

応力相殺膜 5 8 2 も同様であり、可動反射膜 5 5 の各誘電体膜の種類や膜厚、成膜方法等に応じて適宜選択される。

また、応力相殺膜 5 8 1 , 5 8 2 としては、例えば  $MgF_2$  等の反射防止膜を用いることが好ましい。このような反射防止膜を用いることで、波長可変干渉フィルタ 5 に入射する光や、波長可変干渉フィルタ 5 から出射する光の基板表面における反射を抑制し、ディテクタ 1 1 にて受光される光の光量損失を抑制できる。

## 【 0 0 6 6 】

## [ 第二実施形態の作用効果 ]

本実施形態では、固定基板 5 1 の固定反射膜 5 4 が設けられる面とは反対側の面に、固定反射膜 5 4 の膜応力を相殺する応力相殺膜 5 8 1 が設けられている。このため、固定基板 5 1 の撓みを抑制でき、干渉領域 A R 1 ( 第一領域 5 4 A ) における固定反射膜 5 4 の撓みも抑制できる。同様に、可動基板 5 2 の可動反射膜 5 5 が設けられる面とは反対側の面に、可動反射膜 5 5 の膜応力を相殺する応力相殺膜 5 8 2 が設けられている。このため、可動基板 5 2 の撓みを抑制でき、干渉領域 A R 1 ( 第二領域 5 5 A ) における可動反射膜 5 5 の撓みも抑制できる。したがって、波長可変干渉フィルタ 5 における分解能の低下をより抑制できる。

## 【 0 0 6 7 】

また、応力相殺膜 5 8 1 , 5 8 2 として反射防止膜を用いることで、波長可変干渉フィルタ 5 への入射光や、波長可変干渉フィルタ 5 からの出射光の反射を抑制することができる。これにより、光学モジュール 1 0 においてディテクタ 1 1 で受光する光の光量を増加させることができ、分光測定装置 1 においても分光測定精度を向上させることができる。

## 【 0 0 6 8 】

## [ 第二実施形態の変形例 ]

上記第二実施形態において、図 8 では、単層の応力相殺膜 5 8 1 , 5 8 2 を例示したが、これに限定されない。図 9 は、第二実施形態の変形例を示す波長可変干渉フィルタ 5 の断面図である。

図 9 に示すように、応力相殺膜 5 8 1 A , 5 8 2 A は、複数の誘電体膜を積層した多層膜により構成されていてもよい。

すなわち、誘電体多層膜は、各膜層の膜厚により、固定反射膜 5 4 や可動反射膜 5 5 の

10

20

30

40

50

ように反射膜として機能させることもでき、反射防止層としても機能させることができる。

本例では、これを利用し、応力相殺膜 581A, 582A として、誘電体多層膜による反射防止層を形成する。この際、応力相殺膜 581A、582A として、反射膜 54, 55 を構成する誘電体多層膜の各誘電体膜と同じ材料を用い、同じ成膜方法により形成する。例えば、反射膜 54, 55 を、高屈折率層を  $TiO_2$ 、低屈折率層を  $SiO_2$  により構成した場合、応力相殺膜 581A, 582A も高屈折率層を  $TiO_2$ 、低屈折率層を  $SiO_2$  により構成する。また、反射膜 54, 55 と、応力相殺膜 581A, 582A とで、高屈折率層のトータル膜厚、低屈折率層のトータル膜厚を同じにすることがより好ましい。この場合、反射膜 54, 55 の膜応力と、応力相殺膜 581A, 582A の膜応力とが釣り合い、各基板 51, 52 の膜応力による撓みをより確実に低減できる。

10

【0069】

〔第三実施形態〕

次に、本発明の第三実施形態について、図面に基づいて説明する。

上記第一実施形態の分光測定装置 1 では、光学モジュール 10 に対して、波長可変干渉フィルター 5 が直接設けられる構成とした。しかしながら、光学モジュールとしては、複雑な構成を有するものもあり、特に小型化の光学モジュールに対して、波長可変干渉フィルター 5 を直接設けることが困難な場合がある。本実施形態では、そのような光学モジュールに対しても、波長可変干渉フィルター 5 を容易に設置可能にする光学フィルターデバイスについて、以下に説明する。

20

【0070】

図 10 は、本発明の第二実施形態に係る光学フィルターデバイスの概略構成を示す断面図である。

図 10 に示すように、光学フィルターデバイス 600 は、筐体 610 と、筐体 610 の内部に収納される波長可変干渉フィルター 5 を備えている。

筐体 610 は、図 10 に示すように、ベース 620 と、リッド 630 と、を備えている。これらのベース 620 及びリッド 630 が接合されることで、内部に収容空間が形成され、この収容空間内に波長可変干渉フィルター 5 が収納される。

【0071】

(ベースの構成)

30

ベース 620 は、例えばセラミック等により構成されている。このベース 620 は、台座部 621 と、側壁部 622 と、を備える。

台座部 621 は、フィルター平面視において例えば矩形状の外形を有する平板状に構成されており、この台座部 621 の外周部から筒状の側壁部 622 がリッド 630 に向かって立ち上がる。

【0072】

台座部 621 は、厚み方向に貫通する開口部 623 を備えている。この開口部 623 は、台座部 621 に波長可変干渉フィルター 5 を収容した状態で、台座部 621 を厚み方向から見た平面視において、反射膜 54, 55 と重なる領域を含むように設けられている。

また、台座部 621 のリッド 630 とは反対側の面(ベース外側面 621B)には、開口部 623 を覆うガラス部材 627 が接合されている。台座部 621 とガラス部材 627 との接合は、例えば、ガラス原料を高温で熔解し、急冷したガラスのかけらであるガラスフリット(低融点ガラス)を用いた低融点ガラス接合、エポキシ樹脂等による接着などを利用できる。本実施形態では、収容空間内が減圧下に維持された状態で気密に維持する。したがって、台座部 621 及びガラス部材 627 は、低融点ガラス接合を用いて接合されることが好ましい。

40

【0073】

また、台座部 621 のリッド 630 に対向する内面(ベース内側面 621A)には、波長可変干渉フィルター 5 の各電極パッド 561P, 562P, 571P, 572P に接続される内側端子部 624 が設けられている。内側端子部 624 と、各電極パッド 561P

50

、562P、571P、572Pとは、例えばワイヤーボンディングにより、Au等のワイヤーを用いて接続される。なお、本実施形態では、ワイヤーボンディングを例示するが、例えば、FPC(Flexible Printed Circuits)等を用いてもよい。

また、台座部621は、内側端子部624が設けられる位置に、貫通孔625が形成されている。内側端子部624は、貫通孔625を介して、台座部621のベース外側面621Bに設けられた外側端子部626に接続されている。

#### 【0074】

側壁部622は、台座部621の縁部から立ち上がり、ベース内側面621Aに載置された波長可変干渉フィルタ5の周囲を覆っている。側壁部622のリッド630に対向する面(端面622A)は、例えばベース内側面621Aに平行な平坦面となる。

10

#### 【0075】

そして、ベース620には、例えば接着剤等の固定材を用いて、波長可変干渉フィルタ5が固定される。この際、波長可変干渉フィルタ5は、台座部621に対して固定されていてもよく、側壁部622に対して固定されていてもよい。固定材を設ける位置としては、複数個所であってもよいが、固定材の応力が波長可変干渉フィルタ5に伝達するのを抑制するべく、1か所で波長可変干渉フィルタ5を固定することが好ましい。

#### 【0076】

##### (リッドの構成)

リッド630は、平面視において矩形状の外形を有する透明部材であり、例えばガラス等により構成される。

20

リッド630は、図10に示すように、ベース620の側壁部622に接合されている。この接合方法としては、例えば、低融点ガラスを用いた接合等が例示できる。

#### 【0077】

##### [第三実施形態の作用効果]

上述したような本実施形態の光学フィルタデバイス600では、筐体610により波長可変干渉フィルタ5が保護されているため、外的要因による波長可変干渉フィルタ5の破損を防止できる。

#### 【0078】

##### [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变形、改良等は本発明に含まれるものである。

30

上記実施形態では、固定反射膜54や可動反射膜55が誘電体多層膜により構成される構成としたが、上述したように、誘電体膜と金属膜や合金膜との積層体、誘電体多層膜と金属膜や合金膜との積層体などの構成を例示できる。

#### 【0079】

上記実施形態では、第一基板である固定基板51上に第一反射膜である固定反射膜54が設けられ、第2の基板である可動基板52上に第二反射膜である可動反射膜55が設けられる構成を例示したが、これに限定されない。例えば、第2の基板が設けられない構成としてもよい。この場合、例えば、第一ガラス基板M1に固定反射膜54及び各電極561、561A、571、571Aを形成した後、さらに犠牲層を形成し、犠牲層を覆うように第二駆動電極562、第二駆動接続電極562A、第二ミラー電極572、第二ミラー接続電極572A、及び可動反射膜55を形成する。その後、犠牲層をエッチング等により除去する。当該構成では、第2の基板が設けられない構成となり、波長可変干渉フィルタを薄型化することができる。

40

#### 【0080】

上記実施形態では、ミラー電極571、572と、ミラー接続電極571A、572Aとをそれぞれ異なる材料により構成する例を示したが、これに限定されない。例えば、ミラー電極571、572と、ミラー接続電極571A、572Aとを同一材料により同時に形成してもよい。ミラー電極571、572として、ITO等の金属酸化物を用いる場合、ミラー電極パッド571P、572P上に金属膜を設け、配線接続時の接触抵抗を低

50

減させることが好ましい。

【0081】

また、各電極561、562、561A、562A、571、572、571A、571A上に絶縁膜を設けてもよい。絶縁膜を設けることで、各電極の劣化を抑制でき、互いに対向する電極間での放電等を防止できる。

【0082】

また、固定基板51において、固定反射膜54の中央突出部512から第一溝511の一部に亘って第一ミラー電極571を設けたが、これに限定されず、固定反射膜54の第一領域54Aのみに第一ミラー電極571を設ける構成などとしてもよい。

【0083】

上記実施形態では、静電アクチュエーター56により、反射膜54、55間のギャップ寸法を変更可能な構成としたが、これに限定されない。例えば、波長固定側のファブリーペローエタロンに対しても、本発明を適用することができる。

波長固定型の干渉フィルターでは、上記実施形態のような可動部521や保持部522が設けられず、固定基板51と可動基板52との間隔が一定に維持される。このような場合でも、固定反射膜54や可動反射膜55の帯電を除去することで、反射膜間の距離を一定に保つことができる。

【0084】

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。

【0085】

例えば、図11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。

図11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11に示すように、測定対象X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測定対象Xにて反射させ、反射された検査対象光を測色センサー420にて受光させ、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、すなわち測定対象Xの色を分析して測定する装置である。

【0086】

光源装置410、光源411、複数のレンズ412（図11には1つのみ記載）を備え、測定対象X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測定対象X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、例えば測定対象X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。

【0087】

測色センサー420は、本発明の光学モジュールであり、図11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で透過させる光の波長を可変する駆動制御部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、測定対象X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。なお、波長可変干渉フィルター5の代わりに光学フィルターデバイス600が設けられる構成としてもよい。

【0088】

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や、携帯情報端末、その他、測色専用コンピュータなどを用いることができる。そして、制御装置 430 は、図 11 に示すように、光源制御部 431、測色センサー制御部 432、及び測色処理部 433などを備えて構成されている。

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制御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 の駆動制御部 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、ディテクター 11 により検出された受光量から、測定対象 X の色度を分析する。

#### 【0089】

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、本発明の光学モジュール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。

#### 【0090】

図 12 は、本発明の光学モジュールを備えたガス検出装置の一例を示す概略図である。

図 13 は、図 12 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 100 は、図 12 に示すように、センサーチップ 110 と、吸引口 120A、吸引流路 120B、排出流路 120C、及び排出口 120D を備えた流路 120 と、本体部 130 と、を備えて構成されている。

本体部 130 は、流路 120 を着脱可能な開口を有するセンサー部カバー 131、排出手段 133、筐体 134、光学部 135、フィルター 136、波長可変干渉フィルター 5、及び受光素子 137（受光部）等を含む検出装置（光学モジュール）と、受光素子 137 で受光された光に応じて出力された信号の処理や検出装置や光源部の制御を実施する制御部 138（処理部）、電力を供給する電力供給部 139 等から構成されている。なお、波長可変干渉フィルター 5 の代わりに光学フィルターデバイス 600 が設けられる構成としてもよい。また、光学部 135 は、光を射出する光源 135A と、光源 135A から入射された光をセンサーチップ 110 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 137 側に透過するビームスプリッター 135B と、レンズ 135C、135D、135E と、により構成されている。

また、図 13 に示すように、ガス検出装置 100 の表面には、操作パネル 140、表示部 141、外部とのインターフェイスのための接続部 142、電力供給部 139 が設けられている。電力供給部 139 が二次電池の場合には、充電のための接続部 143 を備えてもよい。

更に、ガス検出装置 100 の制御部 138 は、図 13 に示すように、CPU 等により構成された信号処理部 144、光源 135A を制御するための光源ドライバー回路 145、波長可変干渉フィルター 5 を制御するための駆動制御部 15、受光素子 137 からの信号を受信する受光回路 147、センサーチップ 110 のコードを読み取り、センサーチップ 110 の有無を検出するセンサーチップ検出器 148 からの信号を受信するセンサーチップ検出回路 149、及び排出手段 133 を制御する排出ドライバー回路 150などを備えている。

#### 【0091】

次に、上記のようなガス検出装置 100 の動作について、以下に説明する。

本体部 130 の上部のセンサー部カバー 131 の内部には、センサーチップ検出器 14

10

20

30

40

50

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 0 9 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。光源 1 3 5 A が駆動されると、光源 1 3 5 A 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 1 3 5 A 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 1 4 4 へ出力される。そして、信号処理部 1 4 4 は、光源 1 3 5 A から入力された温度や光量に基づいて、光源 1 3 5 A が安定動作していると判断すると、排出ドライバー回路 1 5 0 を制御して排出手段 1 3 3 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 1 2 0 A から、吸引流路 1 2 0 B、センサーチップ 1 1 0 内、排出流路 1 2 0 C、排出口 1 2 0 D へと誘導される。なお、吸引口 1 2 0 A には、除塵フィルター 1 2 0 A 1 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。

【 0 0 9 3 】

また、センサーチップ 1 1 0 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 1 1 0 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 1 3 5 を通ってフィルター 1 3 6 に入射し、フィルター 1 3 6 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 1 4 4 は、駆動制御部 1 5 に対して制御信号を出力する。これにより、駆動制御部 1 5 は、上記第一実施形態と同様にして波長可変干渉フィルター 5 の静電アクチュエーター 5 6 を駆動させ、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。その後、分光した光が受光素子 1 3 7 で受光されると、受光量に応じた受光信号が受光回路 1 4 7 を介して信号処理部 1 4 4 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 1 4 4 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 1 4 4 は、表示部 1 4 1 にその結果情報を表示させたり、接続部 1 4 2 から外部へ出力したりする。

【 0 0 9 4 】

なお、上記図 1 2 及び図 1 3 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 1 0 0 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。

【 0 0 9 5 】

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。

【 0 0 9 6 】

図１４は、本発明の光学モジュール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１４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（受光部）と、を備えている。なお、波長可変干渉フィルター５の代わりに光学フィルターデバイス６００が設けられる構成としてもよい。

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ー５を制御する駆動制御部１５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と、記憶部２２５と、を備えている。

#### 【００９７】

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を通して波長可変干渉フィルター５に入射する。波長可変干渉フィルター５は駆動制御部１５の制御により、上記第一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ー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、駆動制御部１５を制御して波長可変干渉フィルター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。

#### 【００９８】

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。

#### 【００９９】

また、図１４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。

#### 【０１００】

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ー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。

## 【 0 1 0 1 】

また、電子機器としては、本発明の光学モジュール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ーを内蔵した赤外線カメラが挙げられる。

図 1 5 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 3 0 0 は、図 1 5 に示すように、カメラ本体 3 1 0 と、撮像レンズユニット 3 2 0 と、撮像部 3 3 0 とを備えている。

カメラ本体 3 1 0 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 3 2 0 は、カメラ本体 3 1 0 に設けられ、入射した画像光を撮像部 3 3 0 に導光する。また、この撮像レンズユニット 3 2 0 は、図 1 5 に示すように、対物レンズ 3 2 1、結像レンズ 3 2 2、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。なお、波長可変干渉フィルター 5 の代わりに光学フィルターデバイス 6 0 0 が設けられる構成としてもよい。

撮像部 3 3 0 は、受光素子により構成され、撮像レンズユニット 3 2 0 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 3 0 0 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。

## 【 0 1 0 2 】

更には、本発明の光学モジュール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、本発明の光学モジュール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。

## 【 0 1 0 3 】

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。

## 【 0 1 0 4 】

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、本発明の光学モジュールは、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。

## 【 0 1 0 5 】

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 】

## 【 0 1 0 6 】

1 ... 分光測定装置、5 ... 波長可変干渉フィルター、1 0 ... 光学モジュール、1 1 ... ディテクター（受光部）、1 5 ... 駆動制御部、2 0 ... 制御部、5 1 ... 固定基板、5 2 ... 可動基板、5 4 ... 固定反射膜、5 4 A ... 第一領域、5 5 ... 可動反射膜、5 5 A ... 第二領域、5 6 ... 静電アクチュエーター、1 0 0 ... ガス検出装置、1 3 7 ... 受光素子、1 3 8 ... 制御部、2 0 0 ... 食物分析装置、2 1 0 ... 検出器、2 2 0 ... 制御部、3 0 0 ... 分光カメラ、3 3 0 ... 撮像部、4 0 0 ... 測色装置、4 2 0 ... 測色センサー、4 3 0 ... 制御装置、5 6 1 ... 第一駆動電極、5 6 2 ... 第二駆動電極、5 7 1 ... 第一ミラー電極、5 7 1 A ... 第一ミラー接続電極、5 7 2 ... 第二ミラー電極、5 7 2 A ... 第二ミラー接続電極、5 8 1、5 8 1 A、5 8 2、5 8 2 A ... 応力相殺膜、6 0 0 ... 光学フィルターデバイス、6 1 0 ... 筐体、6 2 0

10

20

30

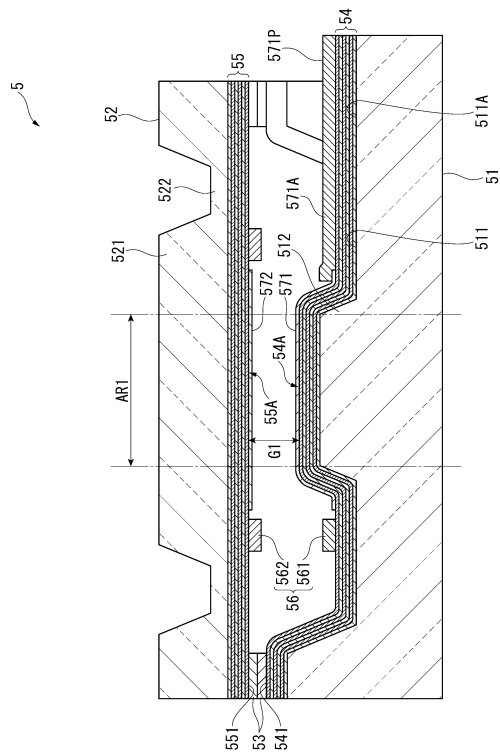
40

50

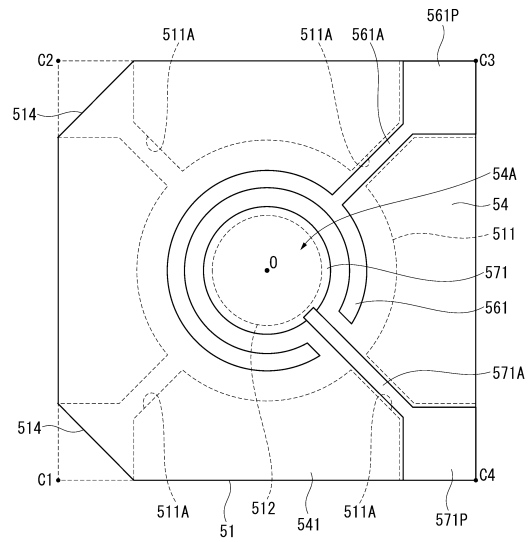




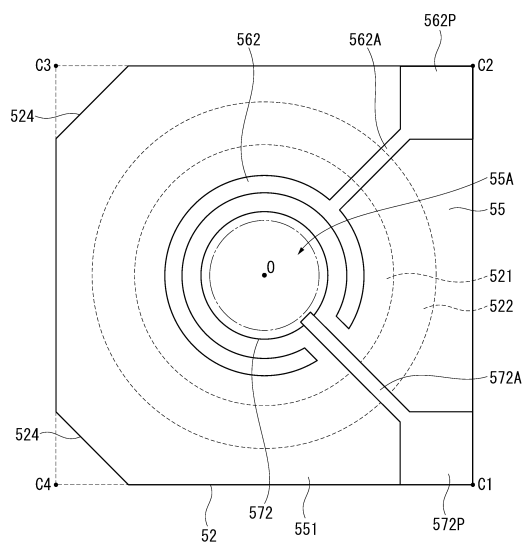
【 図 3 】



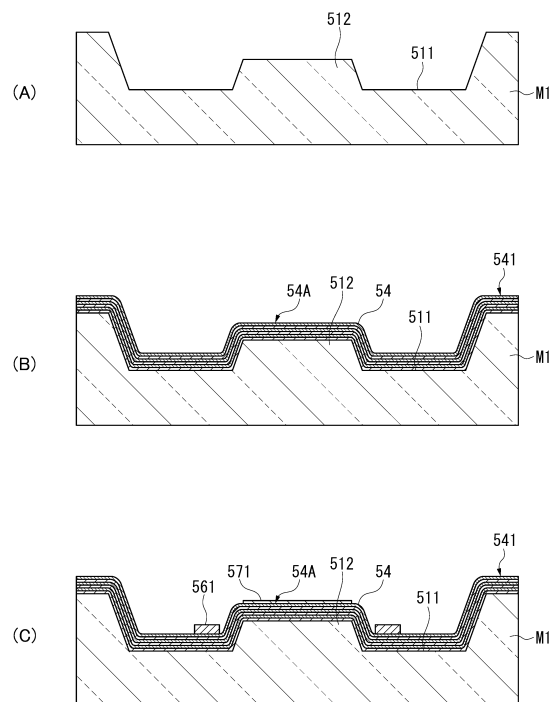
【圖 4】



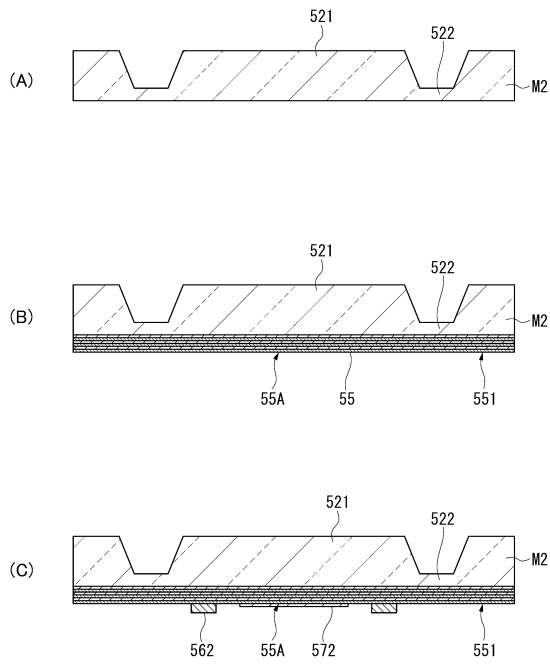
【 図 5 】



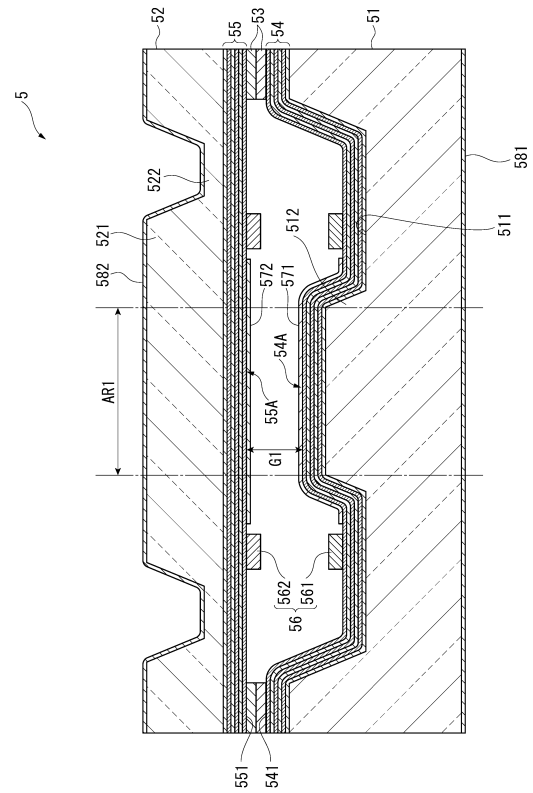
【 図 6 】



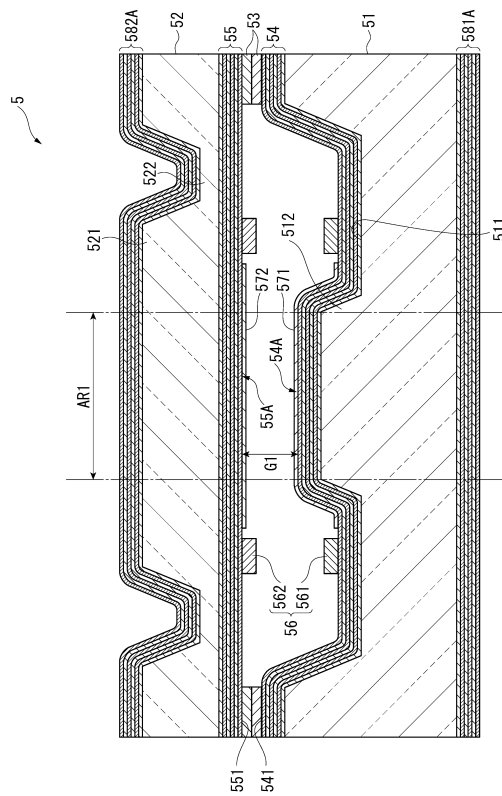
【圖 7】



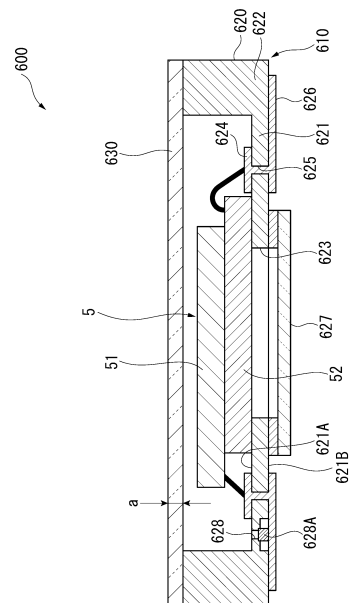
【圖 8】



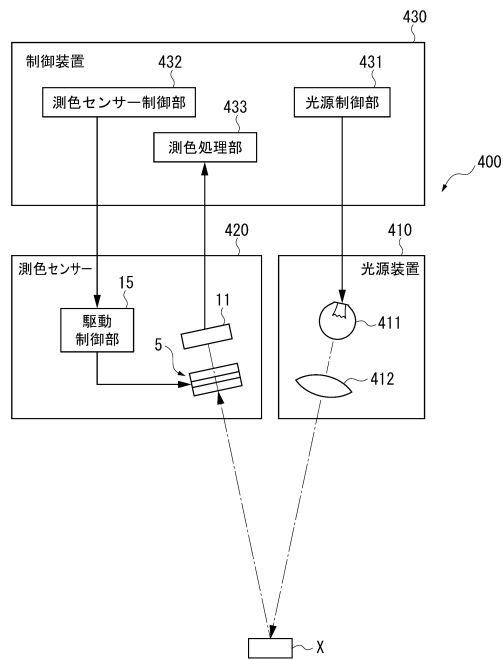
【 図 9 】



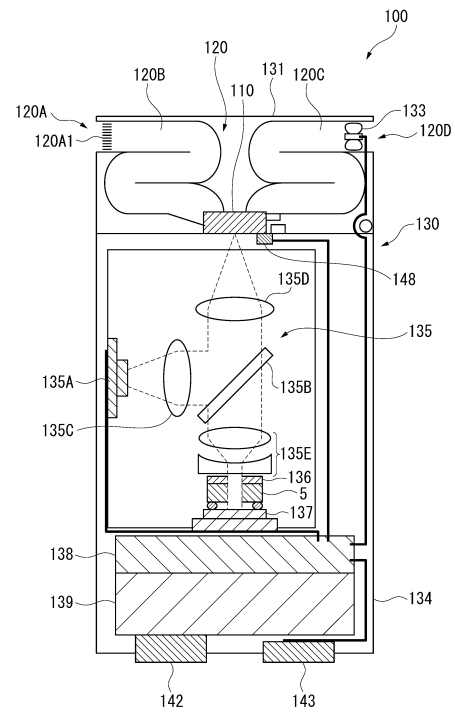
【 図 1 0 】



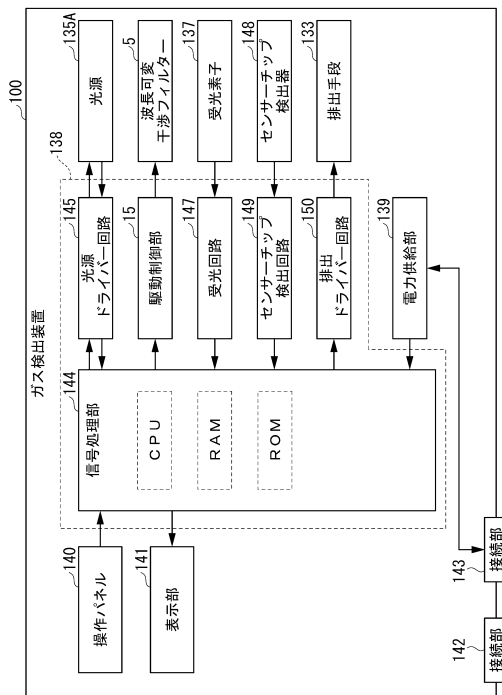
【図 1 1】



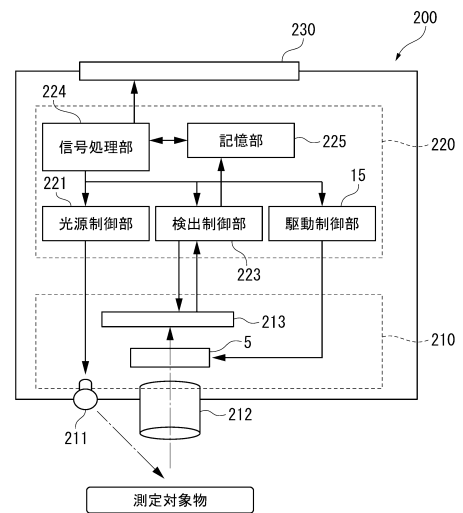
【図 1 2】



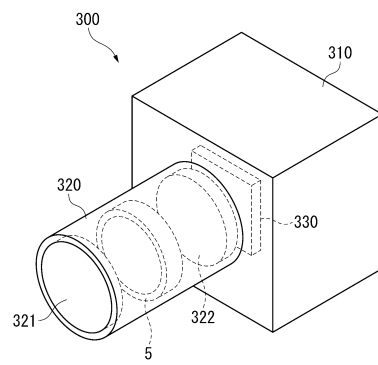
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



---

フロントページの続き

審査官 山本 貴一

- (56)参考文献 米国特許第06813291(US, B1)  
特開2008-197362(JP, A)  
国際公開第2013/028599(WO, A1)  
特開2002-287047(JP, A)  
特開2007-241017(JP, A)  
特開2006-349775(JP, A)  
特開2012-220765(JP, A)  
特開2012-103604(JP, A)  
特開2012-108220(JP, A)  
特開昭58-217901(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G02B 5/28, 26/00  
B81B 3/00