

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6107186号  
(P6107186)

(45) 発行日 平成29年4月5日(2017.4.5)

(24) 登録日 平成29年3月17日(2017.3.17)

(51) Int.Cl.

G02B 26/00 (2006.01)  
G01J 3/26 (2006.01)

F 1

G02B 26/00  
G01J 3/26

請求項の数 11 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2013-20168 (P2013-20168)
(22) 出願日	平成25年2月5日 (2013.2.5)
(65) 公開番号	特開2014-153389 (P2014-153389A)
(43) 公開日	平成26年8月25日 (2014.8.25)
審査請求日	平成28年2月2日 (2016.2.2)

(73) 特許権者	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(74) 代理人	100116665 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	佐野 朗 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 右田 昌士

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光学モジュール、電子機器、及び分光カメラ

## (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する第二反射膜と、

前記第一反射膜及び前記第二反射膜を厚み方向から見て、前記第一反射膜と前記第二反射膜との間で光が干渉する光干渉領域の外に設けられ、電圧印加によりそれぞれ独立して駆動可能な複数の部分駆動部を有する第一駆動手段と、

前記第一反射膜と前記第二反射膜との間のギャップ寸法を変化させる第二駆動手段と、

前記複数の部分駆動部の各々に第一駆動電圧を印加し、前記第二駆動手段に第二駆動電圧を印加する電圧制御部と、

前記ギャップ寸法を検出するギャップ検出手段と、

を備え、

前記第一駆動電圧は、前記ギャップ寸法を変化させた際の前記第一反射膜と前記第二反射膜との平行度に応じて前記部分駆動部毎に印加され、

前記電圧制御部は、前記第一駆動手段に前記第一駆動電圧を印加することで、前記ギャップ寸法を所定量駆動させた後、前記ギャップ検出手段により検出されたギャップ量に応じたフィードバック電圧を前記第二駆動手段に印加することを特徴とする光学モジュール。

## 【請求項 2】

請求項1に記載の光学モジュールにおいて、

10

20

前記ギャップ検出手段は、前記第一反射膜と前記第二反射膜との間の静電容量を検出することでギャップ寸法を検出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 から請求項 2 のいずれかに記載の光学モジュールにおいて、  
前記第一駆動手段は、3つ以上の部分駆動部を有し、

前記電圧制御部は、2種類の電圧波形の前記第一駆動電圧のいずれかを各部分駆動部に印加することを特徴とする光学モジュール。

**【請求項 4】**

請求項 3 に記載の光学モジュールにおいて、

前記 2 種類の電圧波形の前記第一駆動電圧のうちの 1 つは、基準電位波形であることを 10 特徴とする光学モジュール。

**【請求項 5】**

請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の光学モジュールにおいて、

前記第一駆動手段は、3つ以上の部分駆動部を有し、

前記電圧制御部は、3種類の電圧波形の前記第一駆動電圧のいずれかを各部分駆動部に印加し、

3種類の電圧波形の前記第一駆動電圧のうちの 1 つは、基準電位波形であることを特徴とする光学モジュール。

**【請求項 6】**

請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の光学モジュールにおいて、

前記第一駆動手段及び前記第二駆動手段は、静電アクチュエーターであることを特徴とする光学モジュール。 20

**【請求項 7】**

請求項 1 に記載の光学モジュールにおいて、

前記第一駆動手段は、前記第一反射膜と前記第二反射膜との平行度を制御し、前記第二駆動手段は、前記ギャップ寸法を変化させる

ことを特徴とする光学モジュール。

**【請求項 8】**

請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の光学モジュールにおいて、

前記第一駆動手段は、前記第二駆動手段の外側に設けられることを特徴とする光学モジ 30 ュール。

**【請求項 9】**

請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の光学モジュールにおいて、

前記複数の部分駆動部の各々は、前記平面図において、前記第一反射膜の中心点及び前記第二反射膜の中心点を中心とした仮想円の円周に沿う円弧状に、かつ、前記仮想円の円周上において等角度間隔に設けられることを特徴とする光学モジュール。

**【請求項 10】**

請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載の光学モジュールと、

前記光学モジュール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。 40

**【請求項 11】**

請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載の光学モジュールと、

前記光学モジュールを制御する制御部と、

を備えたことを特徴とする分光カメラ。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、光学モジュール、電子機器、及び分光カメラに関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

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を変化させることで、測定対象の光から所定波長の光を取り出す波長可変干渉フィルターが知られている（例えば、特許文献1参照）。

### 【0003】

特許文献1に記載の波長可変干渉フィルター（光共振器）は、互いに対向する第一基板及び第二基板と、各基板にそれぞれ配置されて反射膜間ギャップを介して互いに対向する反射膜と、各基板にそれぞれ配置されて互いに対向する電極とを備えている。また可動させる側の基板にはダイヤフラムが設けられる。

このような波長可変干渉フィルターでは、電極間に電圧を印加することで、第二基板をダイヤフラムで変形させ、反射膜間ギャップを調整することが可能となる。

10

### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0004】

【特許文献1】特開平7-243963号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

ところで、上記特許文献1の波長可変干渉フィルターでは、ダイヤフラムを備えた構成であるため、反射膜間ギャップの制御時にはダイヤフラムの厚みの不均一さによって各反射膜の平行性が悪化してしまい、結果として、分解能が悪化するという課題があった。

20

#### 【0006】

本発明は、高分解能を有する光学モジュール、電子機器、及び分光カメラ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】

#### 【0007】

本発明の一態様の光学モジュールは、第一反射膜と、前記第一反射膜に対向する第二反射膜と、前記第一反射膜及び前記第二反射膜を厚み方向から見て、前記第一反射膜と前記第二反射膜との間で光が干渉する光干渉領域の外に設けられ、電圧印加によりそれぞれ独立して駆動可能な複数の部分駆動部を有する第一駆動手段と、前記第一反射膜と前記第二反射膜との間のギャップ寸法を変化させる第二駆動手段と、前記複数の部分駆動部の各々に第一駆動電圧を印加し、前記第二駆動手段に第二駆動電圧を印加する電圧制御部と、前記ギャップ寸法を検出するギャップ検出手段と、を備え、前記第一駆動電圧は、前記ギャップ寸法を変化させた際の前記第一反射膜と前記第二反射膜との平行度に応じて前記部分駆動部毎に印加され、前記電圧制御部は、前記第一駆動手段に前記第一駆動電圧を印加することで、前記ギャップ寸法を所定量駆動させた後、前記ギャップ検出手段により検出されたギャップ量に応じたフィードバック電圧を前記第二駆動手段に印加することを特徴とする。

30

上記の本発明に係る光学モジュールは、第一反射膜と、前記第一反射膜に対向する第二反射膜と、前記第一反射膜及び前記第二反射膜を厚み方向から見て、前記第一反射膜と前記第二反射膜との間で光が干渉する光干渉領域の外に設けられ、電圧印加によりそれぞれ独立して駆動可能な複数の部分駆動部を有する第一駆動手段と、前記第一反射膜と前記第二反射膜との間のギャップ寸法を変化させる第二駆動手段と、前記複数の部分駆動部の各々に第一駆動電圧を印加し、前記第二駆動手段に第二駆動電圧を印加する電圧制御部と、を備え、前記第一駆動電圧は、前記ギャップ寸法を変化させた際の前記第一反射膜と前記第二反射膜との平行度に応じて前記部分駆動部毎に印加されることを特徴とする。

40

上記の本発明に係る光学モジュールは、入射光の一部を反射し一部を透過する第一反射膜と、前記第一反射膜にギャップを介して対向し、入射光の一部を反射し一部を透過する第二反射膜と、前記第一反射膜及び前記第二反射膜を厚み方向から見た平面視において、前記第一反射膜及び前記第二反射膜から形成された光干渉領域の外に設けられ、電圧印加によりそれぞれ独立して駆動可能な複数の部分駆動部を有する第一駆動手段と、前記第一

50

反射膜及び前記第二反射膜の間のギャップ寸法を変化させる第二駆動手段と、前記部分駆動部に第一駆動電圧を印加し、前記第二駆動手段に第二駆動電圧を印加する電圧制御部と、を備え、前記電圧制御部は、前記ギャップ寸法を変更した際の前記第一反射膜及び前記第二反射膜の平行度に応じて前記部分駆動部毎に設定された第一駆動電圧を印加することを特徴とする。

#### 【 0 0 0 8 】

本発明では、電圧制御部は、部分駆動部毎に設定された第一駆動電圧を印加する。この第一駆動電圧は、ギャップ寸法を変更した際の第一反射膜及び第二反射膜の平行度に応じて設定された電圧である。このような電圧を印加することで各部分駆動部に対してそれ異なる応力が作用し、第一反射膜及び第二反射膜を平行に保つように制御する。これにより、波長可変干渉フィルターにおける各基板の厚みの不均一さなどに起因する各反射膜の平行性の悪化を改善することができる。これにより、各反射膜が高い平行性を保った状態で反射膜間ギャップを変化させることができが可能になり、分解能の高い、即ち半値幅の狭い光を取り出すことができる。また、各反射膜が高い平行性を保った状態で反射膜間ギャップを制御できるため、面分光を行った際の波長精度も高くなる。

#### 【 0 0 0 9 】

本発明の光学モジュールは、前記ギャップ寸法を検出するギャップ検出手段を備え、前記電圧制御部は、前記第一駆動手段に前記第一駆動電圧を印加することで、前記ギャップ寸法を所定量駆動させた後、前記ギャップ検出手段により検出されたギャップ量に応じたフィードバック電圧を前記第二駆動手段に印加することが好ましい。

本発明では、第一駆動手段を用いて所定量ギャップ寸法を駆動させた後、検出されたギャップ寸法に基づいて、前記第二駆動手段に印加するフィードバック電圧を設定して印加する。

つまり、本発明では、目標のギャップ寸法に対し、第一駆動手段により目標ギャップ寸法近傍まで変位させ、残りのギャップ寸法をギャップ検出部により検出されるギャップ寸法に基づいて、第二駆動手段を用いて微調整する。

このような構成では、第二駆動手段の第二駆動電圧は目標ギャップ寸法近傍のみでギャップ寸法に基づき設定されるため、第二駆動手段が発生する応力の大きさの範囲は小さくてよく、第二駆動手段は、印加する第二駆動電圧に対する発生応力の感度を低減させることができる。これにより、フィードバック制御時におけるギャップ寸法の微調整をより精度よく実施することができる。また、第二駆動手段におけるゲインを一定に固定したまま、広いギャップ範囲に対して高精度なギャップ寸法の微調整を実施することができるのと、第二駆動手段にゲインを可変させる構成等が不要となり、構成の簡略化を図ることができる。

さらに、第二駆動手段のみによりギャップ寸法を変更した場合、変更したギャップ寸法に応じて第一反射膜及び第二反射膜の平行性が悪化するおそれがあるが、本発明では、第一駆動手段により目標ギャップ寸法近傍まで変位させてるので、目標ギャップ寸法に設定した際にも、第一反射膜及び第二反射膜が高い平行性を保っている。これにより、目標ギャップ寸法によらず、高い分解能を実現することができる。

#### 【 0 0 1 0 】

本発明の光学モジュールは、前記ギャップ検出手段は、前記第一反射膜及び前記第二反射膜の間の静電容量を検出することでギャップ寸法を検出することが好ましい。

本発明では、ギャップ検出手段が第一反射膜及び第二反射膜の間の静電容量の検出により行われる。このような構成では、光干渉領域を形成する第一反射膜及び第二反射膜が、ギャップ検出手段を兼ねるため、ギャップ検出手段のための電極を別途設ける必要がないため、構成の簡略化を図れ、波長可変干渉フィルターの小型化、薄型化を図れる。

#### 【 0 0 1 1 】

本発明の光学モジュールは、前記第一駆動手段は、3つ以上の部分駆動部を有し、前記

10

20

30

40

50

電圧制御部は、2種類の電圧波形の前記第一駆動電圧のいずれかを各部分駆動部に印加することが好ましい。

本発明では、2種類の電圧波形の第一駆動電圧を各部分駆動部に印加することにより制御する。このような構成では、例えば、部分駆動部が3つの場合では、2つに大きな第一駆動電圧をかけ、残る1つに小さな第一駆動電圧をかければ、可動部側の反射膜の傾きを変化させることができる。なお、小さな第一駆動電圧をかける電極をどれにするかは、出荷前の検査によって実際の可動部側の反射膜の傾き方向を確認して選択し、その傾き量によってそれぞれの第一駆動電圧を設定すればよい。このように、2種類の電圧波形の第一駆動電圧により制御するので、電圧制御部に用いられる制御系（駆動回路等）の構成を簡略化できる。

10

#### 【0012】

本発明の光学モジュールは、2種類の電圧波形の前記第一駆動電圧のうちの1つは、基準電位波形であることが好ましい。

本発明では、2種類の電圧波形の第一駆動電圧のうちの1つが基準電位波形（GND電位）、即ち非駆動波形である。このような構成では、実質的に1種類の電圧波形の第一駆動電圧により制御することになり、電圧制御部に用いられる制御系（駆動回路等）が1つであるため、より構成の簡略化を図れる。更に、制御系（駆動回路等）が複数ある場合に生じるような機械的、電気的な干渉がない。

#### 【0013】

本発明の光学モジュールは、前記第一駆動手段は、3つ以上の部分駆動部を有し、前記電圧制御部は、3種類の電圧波形の前記第一駆動電圧のいずれかを各部分駆動部に印加し、3種類の電圧波形の前記第一駆動電圧のうちの1つは、基準電位波形であることが好ましい。

20

本発明では、3種類の電圧波形の第一駆動電圧のうちの1つが基準電位波形、即ち非駆動波形である。このような構成では、実質的に2種類の電圧波形の第一駆動電圧により制御することになり、電圧制御部に用いられる制御系（駆動回路等）が2つであるため、より精度よく、各反射膜の平行性の悪化を改善することができる。例えば、部分駆動部が5つの場合では、1つに非駆動電圧、1つに小さな第一駆動電圧、残る3つに大きな第一駆動電圧にするなどの構成にすることができる。これにより、波長可変干渉フィルターにより高精度に所望波長の光を取り出すことができる。また、2種類の電圧波形の第一駆動電圧により制御するので、電圧制御部に用いられる制御系（駆動回路等）の数を少なく抑えることができる。

30

#### 【0014】

本発明の光学モジュールは、前記第一駆動手段及び前記第二駆動手段は、静電アクチュエーターであることが好ましい。

本発明では、第一駆動手段及び第二駆動手段が静電アクチュエーターにより形成されている。このような構成では、電極間を対向して配置するだけでよく、構成の簡略化を図れ、光学モジュールの小型化、薄型化を図れる。また、電極間に印加する電圧を変更するだけで、容易に反射膜間ギャップを変更することができ、反射膜間ギャップのギャップ制御も容易に実施できる。

40

#### 【0015】

本発明の光学モジュールは、前記第一駆動手段は、前記第一反射膜及び前記第二反射膜の平行度を制御し、前記第二駆動手段は、前記ギャップ寸法を変化させることが好ましい。

本発明では、第一駆動手段により反射膜間の平行度を制御させ、第二駆動手段によりギャップ寸法を変化させる。このような構成では、分解能の高い、即ち半値幅の狭い光を取り出すことができる。また、各反射膜が高い平行性を保った状態で反射膜間ギャップを制御できるため、面分光を行った際の波長精度も高くなる。

#### 【0016】

本発明の光学モジュールは、前記第一駆動手段は、前記平面視において、前記第二駆動

50

手段の外側に設けられていることが好ましい。

本発明では、第一駆動手段を、第二駆動手段の外側に設けることで、第二駆動手段の内側に設けた構成に比べて、反射膜間の平行度を変化させるための調整範囲を大きくとることができるために、各反射膜の平行性の悪化をより精度よく改善することができる。

#### 【0017】

本発明の光学モジュールは、前記第一駆動手段の前記複数の部分駆動部は、前記平面視において、前記第一反射膜の中心点及び前記第二反射膜の中心点を中心とした仮想円の円周に沿う円弧状に、かつ、前記仮想円の円周上において等角度間隔に設けられることが好ましい。

本発明では、複数の部分駆動部を、等角度間隔に設けることで、中心点に対してバランスよく静電引力を作用させることができる。これにより、光干渉領域のうちのどの位置の平行度が悪化した場合でも、その平行度が悪化した位置に応じて適切な第一駆動電圧を印加することで、平行度の悪化を改善させることができる。10

#### 【0018】

本発明の電子機器は、入射光の一部を反射し一部を透過する第一反射膜と、前記第一反射膜にギャップを介して対向し、入射光の一部を反射し一部を透過する第二反射膜と、前記第一反射膜及び前記第二反射膜を厚み方向から見た平面視において、前記第一反射膜及び前記第二反射膜から形成された光干渉領域の外に設けられ、電圧印加によりそれぞれ独立して駆動可能な複数の部分駆動部を有する第一駆動手段と、前記第一反射膜及び前記第二反射膜の間のギャップ寸法を変化させる第二駆動手段と、前記部分駆動部に第一駆動電圧を印加し、前記第二駆動手段に第二駆動電圧を印加する電圧制御部と、を備えた光学モジュールと、前記光学モジュールを制御する制御部と、を備え、前記電圧制御部は、前記第二駆動手段により前記ギャップ寸法を変更した際の前記第一反射膜及び前記第二反射膜の平行度に応じて前記部分駆動部毎に設定された第一駆動電圧を印加することを特徴とする。20

#### 【0019】

本発明では、上述した発明と同様に、波長可変干渉フィルターにおける各基板の厚みの不均一さなどに起因する各反射膜の平行性の悪化を改善することができる。これにより、各反射膜が高い平行性を保った状態で反射膜間ギャップを変化させることが可能になり、分解能の高い、即ち半値幅の狭い光を取り出すことができる。また、各反射膜が高い平行性を保った状態で反射膜間ギャップを制御できるため、面分光を行った際の波長精度も高くなる。30

#### 【0020】

本発明の分光カメラは、入射光の一部を反射し一部を透過する第一反射膜と、前記第一反射膜にギャップを介して対向し、入射光の一部を反射し一部を透過する第二反射膜と、前記第一反射膜及び前記第二反射膜を厚み方向から見た平面視において、前記第一反射膜及び前記第二反射膜から形成された光干渉領域の外に設けられ、電圧印加によりそれぞれ独立して駆動可能な複数の部分駆動部を有する第一駆動手段と、前記第一反射膜及び前記第二反射膜の間のギャップ寸法を変化させる第二駆動手段と、前記部分駆動部に第一駆動電圧を印加し、前記第二駆動手段に第二駆動電圧を印加する電圧制御部と、前記第一反射膜及び前記第二反射膜の間に入射した光が干渉して選択された波長の光を受光して分光画像を取得する撮像部と、を備えた光学モジュールと、前記光学モジュールを制御する制御部と、を備え、前記電圧制御部は、前記第二駆動手段により前記ギャップ寸法を変更した際の前記第一反射膜及び前記第二反射膜の平行度に応じて前記部分駆動部毎に設定された第一駆動電圧を印加することを特徴とする。40

#### 【0021】

本発明では、上述した発明と同様に、波長可変干渉フィルターにおける各基板の厚みの不均一さなどに起因する各反射膜の平行性の悪化を改善することができる。これにより、各反射膜が高い平行性を保った状態で反射膜間ギャップを変化させることが可能になり、反射膜面内での透過光の波長のばらつきを抑制できるため、面分光を行った際の波長精度50

も高くなり、精度の高い分光画像を撮像することができる。また、各反射膜が高い平行性を保った状態で反射膜間ギャップを制御できるため、分解能の高い、即ち半値幅の狭い光を取り出すことができる。

**【図面の簡単な説明】**

**【0022】**

【図1】本発明に係る第一実施形態の分光カメラ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断面図。

【図3】本実施形態の波長可変干渉フィルター5における電極構成を示す図。

【図4】光学モジュールにおける電圧制御部の概略構成を示すブロック図。

【図5】図2の波長可変干渉フィルターのギャップを変化させた際の断面図。

【図6】従来構成の波長可変干渉フィルターのギャップを変化させた際の断面図。

【図7】電圧を印加する際の電圧波形例を示す図であり、(A)は、各第二部分アクチュエーターのうちの一部に印加する第一駆動電圧の電圧波形の一例を示す図、(B)は残りの第二部分アクチュエーターに印加する第一駆動電圧の電圧波形の一例を示す図、(C)は第一静電アクチュエーターに印加するフィードバック電圧の電圧波形の一例を示す図である。

【図8】第三実施形態の波長可変干渉フィルターの電極配置図であり、(A)は、5つの部分駆動部を設けた配置図、(B)は6つの部分駆動部を設けた配置図、(C)は二重円環形状で、それぞれ3つの部分駆動部を設けた配置図である。

【図9】本発明の波長可変干渉フィルターを備えた分光測色装置(電子機器)を示す概略図。

【図10】本発明の波長可変干渉フィルターを備えたガス検出装置(電子機器)を示す概略図。

【図11】図10のガス検出装置の制御系の構成を示すブロック図。

【図12】本発明の波長可変干渉フィルターを備えた食物分析装置(電子機器)の概略構成を示す図。

**【発明を実施するための形態】**

**【0023】**

**[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。

**[分光カメラ1の構成]**

図1は、本発明に係る第一実施形態の分光カメラの概略構成を示すブロック図である。

分光カメラ1は、本発明の電子機器であり、測定対象Xの分光画像を撮像する装置である。

そして、この分光カメラ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を制御する制御部20と、を備えている。また、図示は省略するが、分光カメラ1には、その他、ユーザーにより操作されることで操作信号を制御部20に出力する操作部が設けられる。また、測定対象Xに光を照射する光源、撮像された分光画像を表示させる表示部、分光画像を他の機器に送信するインターフェイス等が設けられていてよい。

**【0024】**

光学モジュール10は、測定対象Xの画像光を導光して撮像部12に結像させるレンズ群11、波長可変干渉フィルター5、撮像部12、及び電圧制御部15を備えている。

撮像部12は、波長可変干渉フィルター5を透過した光(画像光)を受光し、撮像画像(分光画像)を制御部20に出力する。

**【0025】**

**[波長可変干渉フィルターの構成]**

光学モジュール10の波長可変干渉フィルター5について、以下説明する。

図2は、第一実施形態の波長可変干渉フィルターの断面図である。

波長可変干渉フィルター5は、例えば矩形板状の光学部材であり、図2に示すように、第一基板を構成する固定基板51及び第二基板を構成する可動基板52を備えている。こ

10

20

30

40

50

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 の第一接合部 5 1 3 及び可動基板 5 2 の第二接合部 5 2 3 が、例えばシリコ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。

#### 【0026】

図 3 は、本実施形態の波長可変干渉フィルター 5 における電極構成を示す図である。

固定基板 5 1 には、本発明の第一反射膜を構成する固定反射膜 5 4 1 が設けられ、可動基板 5 2 には、本発明の第二反射膜を構成する可動反射膜 5 4 2 が設けられている。これらの固定反射膜 5 4 1 及び可動反射膜 5 4 2 は、反射膜間ギャップ G 1 を介して対向配置されている。10

また、固定基板 5 1 には、第一電極 5 5 1 及び第二電極 5 6 1 が設けられ、可動基板 5 2 には、第三電極 5 5 2 及び第四電極 5 6 2 が設けられている。これらの第一電極 5 5 1 及び第三電極 5 5 2 は、電極間ギャップ G 2 を介して対向配置されている。また、第二電極 5 6 1 及び第四電極 5 6 2 は、電極間ギャップ G 2 を介して対向配置されている。

ここで、固定反射膜 5 4 1 及び可動反射膜 5 4 2 は導電性を有している。また、第一電極 5 5 1 及び第三電極 5 5 2 により本発明の第二駆動手段を構成する第一静電アクチュエーター 5 5 が構成される。さらに、第二電極 5 6 1 及び第四電極 5 6 2 により本発明の第一駆動手段を構成する第二静電アクチュエーター 5 6 が構成される。

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 、接合膜 5 3 、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 1 の中心点及び可動反射膜 5 4 2 の中心点は、一致し、平面視におけるこれらの反射膜の中心点をフィルター中心点 O と称し、これらの反射膜の中心点を通る直線を中心軸と称する。20

#### 【0027】

##### (固定基板の構成)

固定基板 5 1 は、可動基板 5 2 に対して厚み寸法が大きく形成されており、各静電アクチュエーター 5 5 , 5 6 による静電引力や、固定基板 5 1 上に形成される膜部材（例えば固定反射膜 5 4 1 等）の内部応力による固定基板 5 1 の撓みはない。30

この固定基板 5 1 は、図 2 に示すように、例えばエッティング等により形成された電極配置溝 5 1 1 及び反射膜設置部 5 1 2 を備える。

#### 【0028】

電極配置溝 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。反射膜設置部 5 1 2 は、フィルター平面視において、電極配置溝 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。この電極配置溝 5 1 1 の溝底面は、第一静電アクチュエーター 5 5 の第一電極 5 5 1 及び第二静電アクチュエーター 5 6 の第二電極 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、固定基板 5 1 には、電極配置溝 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（図示略）が設けられている。40

#### 【0029】

電極配置溝 5 1 1 の電極設置面 5 1 1 A には、第一静電アクチュエーター 5 5 を構成する第一電極 5 5 1 が設けられている。第一電極 5 5 1 としては、導電性を有する電極であれば、いかなる電極材料を用いてもよく、例えば、ITO (Indium Tin Oxide) や、Ti / Au 積層電極、Cr / Au 積層電極等を用いることができる。

この第一電極 5 5 1 は、電極設置面 5 1 1 A のうち、後述する可動部 5 2 1 に対向する領域に設けられている。第一電極 5 5 1 は、円弧状（略 C 字状）に形成されている。また、第一電極 5 5 1 上に、第三電極 5 5 2 と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。50

そして、固定基板 51 には、図 3 に示すように、第一電極 551 の外周縁には、第一引出電極 553 が接続されている。この第一引出電極 553 は、電極引出溝に沿って配置され、固定基板 51 の外周部に設けられた第一端子取出部（図示略）上まで延出する。そして、第一引出電極 553 の延出先端部は、例えば FPC (Flexible Printed Circuits) やリード線などにより電圧制御部 15 の後述する第二駆動回路 153（図 4 参照）に接続されている。

#### 【0030】

また、電極配置溝 511 の電極設置面 511A には、第二静電アクチュエーター 56 を構成する第二電極 561 が設けられている。第二電極 561 としては、導電性を有する電極であれば、いかなる電極材料を用いてもよく、例えば、ITOや、TiW/Au 積層電極、Cr/Au 積層電極等を用いることができる。10

この第二電極 561 は、フィルター平面視で、第一電極 551 の外側に形成され、電極設置面 511A のうち、後述する可動部 521 に対向する領域に設けられている。第二電極 561 は、第一電極 551 の外側に、フィルター中心点 O を中心とした仮想円 P の円周に沿う円弧状の複数の第二部分電極 561A, 561B, 561C により構成されている。。

本実施形態では、フィルター平面視において、各第二部分電極 561A, 561B, 561C は同一形状に形成される。また、第二部分電極 561A, 561B, 561C は、それぞれが仮想円 P の円周上において等角度間隔（120 度間隔）となるように設けられる。また、第二電極 561 上に、第四電極 562 と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。20

そして、固定基板 51 には、図 3 に示すように、各第二部分電極 561A, 561B, 561C の一端部から第一端子取出部に向かって延出する第二引出電極 563 がそれぞれ設けられている。第二引出電極 563 は、各第二部分電極 561A, 561B, 561C に対応する第二部分引出電極 563A, 563B, 563C により構成されている。これらの第二部分引出電極 563A, 563B, 563C は、図示略の電極引出溝に沿って配置され、第一端子取出部で、例えば FPC (Flexible Printed Circuits) やリード線などにより電圧制御部 15 の後述する第一駆動回路 151 に接続されている。

#### 【0031】

反射膜設置部 512 は、上述したように、電極配置溝 511 と同軸上で、電極配置溝 511 よりも小さい径寸法となる略円柱状に形成され、当該反射膜設置部 512 の可動基板 52 に対向する反射膜設置面 512A を備えている。30

この反射膜設置部 512 には、図 2 及び図 3 に示すように、固定反射膜 541 が設置されている。この固定反射膜 541 としては、例えば Ag 等の金属膜や、Ag 合金等、導電性の合金膜を用いることができる。特に、可視光域から近赤外光域に亘る広い波長帯域に対して高い反射特性を有する Ag 合金膜を用いることがより好ましい。

#### 【0032】

なお、固定反射膜 541 として、例えば高屈折層を TiO<sub>2</sub>、低屈折層を SiO<sub>2</sub> とした誘電体多層膜を用いてもよい。

固定反射膜 541 として誘電体多層膜を用いる場合には、当該誘電体多層膜の最下層に導電性膜を積層する。また、誘電体多層膜の最上層（表層）に導電性膜を積層する構成としてもよい。このような構成では、誘電体多層膜に導電性がない場合であっても、導電性膜により、固定反射膜 541 に導電性を持たせることができる。40

ここで、上記誘電体多層膜を用いた構成とする場合、導電性膜として、誘電体多層膜の第一層（最も固定基板 51 側に配置される層）、及び固定基板 51 に対して密着性が良好な導電性素材を用いることが好ましい。また、誘電体多層膜の最上層（表層）に導電性膜を積層する構成を用いる場合、導電性膜として、誘電体多層膜の最上層（最も可動基板 52 側に配置される層）に対して密着性が良好な導電性素材を用いることが好ましい。このような導電性膜としては、ITO 膜等が挙げられる。

なお、導電性膜として測定対象波長域に対して高反射率特性を有する、例えば Ag 合金50

等の反射膜を用いてもよい。この場合、導電性膜により、波長可変干渉フィルター5の測定対象波長域を広げることができ、広い波長帯域に対して所望の目的波長の光を取り出すことが可能となり、かつ、誘電体多層膜により、高分解能で目的波長の光を取り出すことが可能となる。この場合、導電性膜と反射膜設置部512との間、導電性膜と誘電体多層膜との間に、密着性を向上させるために透明接着層を更に介在させてもよい。

#### 【0033】

そして、固定基板51には、図3に示すように、固定反射膜541の外周縁に接続され、第一電極551のC字開口部を通り、第一端子取出部に向かって延出する固定側引出電極543が設けられている。この固定側引出電極543は、固定反射膜541の形成時に、同時に成膜されることで形成されていてもよい。また、第一電極551や第二電極561などと同一の材料で固定側引出電極543を形成し、この固定側引出電極543に固定反射膜541を接続することで、反射膜厚に依存せずに配線膜厚や電気抵抗を設計することができるため好ましい。10

また、固定反射膜541が誘電体多層膜及び導電性膜の積層体により構成されている場合では、固定側引出電極543は、導電性膜と同時に形成され、導電性膜に接続される。

この固定側引出電極543の延出先端部は、第一端子取出部上に配置され、例えば、FPCやリード線などにより電圧制御部15に接続されている。なお、詳細は後述するが、固定側引出電極543は、電圧制御部15のギャップ検出器152に接続される。

#### 【0034】

また、固定基板51の光入射面（固定反射膜541が設けられない面）には、固定反射膜541に対応する位置に反射防止膜を形成してもよい。この反射防止膜は、低屈折率膜及び高屈折率膜を交互に積層することで形成することができ、固定基板51の表面での可視光の反射率を低下させ、透過率を増大させる。20

#### 【0035】

そして、固定基板51の可動基板52に対向する面のうち、電極配置溝511、反射膜設置部512、及び図示略の電極引出溝が形成されない面は、第一接合部513を構成する。この第一接合部513は、接合膜53により、可動基板52の第二接合部523に接合される。

#### 【0036】

##### （可動基板の構成）

可動基板52は、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、保持部522の外側に設けられた基板外周部525と、を備えている。30

#### 【0037】

可動部521は、保持部522よりも厚み寸法が大きく形成され、例えば、本実施形態では、可動基板52の厚み寸法と同一寸法に形成されている。この可動部521は、フィルター平面視において、少なくとも反射膜設置面512Aの外周縁の径寸法よりも大きい径寸法に形成されている。そして、この可動部521の固定基板51とは反対側の面には、反射防止膜が形成されていてもよい。

#### 【0038】

第三電極552は、フィルター平面視において、可動反射膜542の外周側に設けられ、第一電極551に対して電極間ギャップG2を介して対向配置されている。第三電極552としては、導電性を有する電極であれば、いかなる電極材料を用いてもよく、例えば、ITOや、TiW/Au積層電極、Cr/Au積層電極等を用いることができる。

この第三電極552は、図3に示すように、円弧状（略C字状）に形成されている。なお、図3では、第三電極552のC字開口部が、フィルター平面視において第一電極551と重なる位置に設けられる例を示したが、第一電極551のC字開口部と、フィルター中心点Oに対して点対称となる位置に設けられる構成としてもよく、この場合、第一静電アクチュエーター55における静電引力F2のバランスをより均一にできる。また、第一電極551と同様に、第三電極552上に絶縁膜が積層される構成としてもよい。4050

ここで、フィルター平面視において、第三電極 552 と第一電極 551 とが重なる円弧領域により、第一静電アクチュエーター 55 が構成されている。この第一静電アクチュエーター 55 は、フィルター平面視において、フィルター中心点 O に対して互いに略点対称となる形状及び配置となる。したがって、第一静電アクチュエーター 55 に電圧を印加した際に発生する静電引力 F2 も、フィルター中心点 O に対して点対称となる位置に作用し、バランスよく可動部 521 を固定基板 51 側に変位させることが可能となる。この第一静電アクチュエーター 55 が第二駆動手段を構成する。

#### 【0039】

また、可動基板 52 には、第三電極 552 の外周縁から、可動基板 52 の外周部に設けられた第二端子取出部（図示略）に向かって延出する第三引出電極 554 が設けられている。この第三引出電極 554 の延出先端部は、例えば FPC やリード線等により電圧制御部 15 の後述する第二駆動回路 153 に接続されている。なお、図 3 では、第三引出電極 554 と、第一引出電極 553 とを重ねて表示しているが、実際には、互いに重なり合わないように配置されている。

#### 【0040】

また、第四電極 562 は、フィルター平面視において、第三電極 552 の外側に形成され、第二電極 561 に対して電極間ギャップ G2 を介して対向配置されている。第四電極 562 としては、導電性を有する電極であれば、いかなる電極材料を用いてもよく、例えば、ITO や、TiW/Au 積層電極、Cr/Au 積層電極等を用いることができる。

この第四電極 562 は、第三電極 552 の外側に、フィルター中心点 O を中心とした仮想円 P の円周に沿う円弧状の複数の第四部分電極 562A, 562B, 562C により構成されている。そして、第二部分電極 561A 及び第四部分電極 562A は、部分駆動部である第二部分静電アクチュエーター 56A を構成し、第二部分電極 561B 及び第四部分電極 562B は第二部分静電アクチュエーター 56B を構成し、第二部分電極 561C 及び第四部分電極 562C は第二部分静電アクチュエーター 56C を構成する。

本実施形態では、フィルター平面視において、各第四部分電極 562A, 562B, 562C は同一形状に形成される。また、第四部分電極 562A, 562B, 562C は、それぞれが仮想円 P の円周上において等角度間隔（120 度間隔）となるように設けられる。また、第四電極 562 上に、第二電極 561 と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。

ここで、フィルター平面視において、第四電極 562 と第二電極 561 とが重なる円弧領域により、第二静電アクチュエーター 56 が構成されている。この第二静電アクチュエーター 56 が第一駆動手段を構成する。

そして、可動基板 52 には、各第四部分電極 562A, 562B, 562C の外周縁から第二端子取出部に向かって延出する第四引出電極 564 がそれぞれ設けられている。第四引出電極 564 は、各第四部分電極 562A, 562B, 562C に対応する第四部分引出電極 564A, 564B, 564C により構成されている。この第四引出電極 564 は、図示略の電極引出溝に沿って配置され、第二端子取出部上まで延出する。そして、第四引出電極 564 の延出先端部は、例えば FPC (Flexible Printed Circuits) やリード線などにより電圧制御部 15 の後述する第一駆動回路 151 に接続されている。なお、図 3 では、第四引出電極 564 と、第二引出電極 563 とを重ねて表示しているが、実際には、互いに重なり合わないように配置されている。

#### 【0041】

可動反射膜 542 は、可動部 521 の可動面 521A の中心部に、固定反射膜 541 と反射膜間ギャップ G1 を介して対向して設けられる。この可動反射膜 542 としては、上述した固定反射膜 541 と同一の構成の反射膜が用いられる。本実施形態では、第一電極 551 及び第二電極 561 が電極設置面 511A 上に設けられ、固定反射膜 541 が電極設置面 511A よりも可動基板 52 側に位置する反射膜設置面 512A に設けられる構成となるので、反射膜間ギャップ G1 は、電極間ギャップ G2 よりも小さくなる。

また、可動基板 52 には、可動反射膜 542 の外周縁に接続され、第三電極 552 の C

10

20

30

40

50

字開口部を通り、第二端子取出部に向かって延出する可動側引出電極 544 が設けられている。この可動側引出電極 544 は、可動反射膜 542 の形成時に、同時に成膜される。

また、可動反射膜 542 として、誘電体多層膜及び導電性膜の積層体により構成される場合では、可動側引出電極 544 は、導電性膜と同時に形成され、この導電性膜に接続される。

そして、この可動側引出電極 544 の延出先端部は、第二端子取出部上に配置され、それぞれ例えば FPC やリード線等により電圧制御部 15 に接続されている。なお、詳細は後述するが、可動側引出電極 544 は、電圧制御部 15 のギャップ検出器 152 に接続される。なお、図 3 では、可動側引出電極 544 と、固定側引出電極 543 とを重ねて表示しているが、実際には、互いに重なり合わないように配置されている。10

#### 【 0042 】

なお、本実施形態では、図 2 に示すように、電極間ギャップ G2 のギャップ量が反射膜間ギャップ G1 のギャップ量よりも大きい例を示すがこれに限定されない。例えば、測定対象光として赤外光や遠赤外光を対象とする場合等、測定対象光の波長域によっては、反射膜間ギャップ G1 のギャップ量が、電極間ギャップ G2 のギャップ量よりも大きくなる構成としてもよい。

#### 【 0043 】

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となる。この際、可動部 521 が保持部 522 よりも厚み寸法が大きく、剛性が大きくなるため、保持部 522 が静電引力により固定基板 51 側に引っ張られた場合でも、可動部 521 の形状変化が起こらない。したがって、可動部 521 に設けられた可動反射膜 542 の撓みも生じず、固定反射膜 541 及び可動反射膜 542 を平行状態にすることが可能となる。20

なお、本実施形態では、ダイヤフラム状の保持部 522 を例示するが、これに限定されず、例えば、フィルター中心点〇を中心として、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。

#### 【 0044 】

基板外周部 525 は、上述したように、フィルター平面視において保持部 522 の外側に設けられている。この基板外周部 525 の固定基板 51 に対向する面には、第一接合部 513 に対向する第二接合部 523 が設けられ、接合膜 53 を介して第一接合部 513 に接合される。30

#### 【 0045 】

##### [ 電圧制御部の構成 ]

図 4 は、光学モジュール 10 における電圧制御部 15 の概略構成を示すブロック図である。

電圧制御部 15 は、図 4 に示すように、第一駆動回路 151 ( 第一駆動電圧印加手段 ) と、ギャップ検出器 152 ( ギャップ検出手段 ) と、第二駆動回路 153 ( 第二駆動電圧印加手段 ) と、マイコン ( マイクロコントローラー ) 154 とを備えて構成されている。40

第一駆動回路 151 は、波長可変干渉フィルター 5 の第二引出電極 563 及び第四引出電極 564 に接続され、第二静電アクチュエーター 56 に対して第一駆動電圧を印加する。具体的には、第一駆動回路 151 は、所定 Bit 数を有する D/A 変換器により構成され、マイコン 154 から入力されたバイアス信号に基づいて、第二静電アクチュエーター 56 に電圧を印加する。第一駆動回路 151 と、第二引出電極 563 及び第四引出電極 564 との接続には、ワイヤーボンディングが用いられる。

#### 【 0046 】

ギャップ検出器 152 は、波長可変干渉フィルター 5 の固定側引出電極 543 及び可動側引出電極 544 に接続され、反射膜間ギャップ G1 のギャップ量に応じた検出信号を取得する。また、ギャップ検出器 152 は、取得した検出信号を第二駆動回路 153 に出力50

する。ギャップ検出器 152 と、固定側引出電極 543 及び可動側引出電極 544 との接続には、ワイヤーボンディングが用いられる。

第二駆動回路 153 は、波長可変干渉フィルター 5 の第一引出電極 553 及び第三引出電極 554 に接続され、第一静電アクチュエーター 55 に対して第二駆動電圧（フィードバック電圧）を印加する。この際、第二駆動回路 153 は、ギャップ検出器 152 から入力される検出信号と、マイコン 154 から入力される目標値（目標検出信号）とが同値となるように、第一静電アクチュエーター 55 に対して第二駆動電圧（フィードバック電圧）を印加する。第二駆動回路 153 と、第一引出電極 553 及び第三引出電極 554 との接続には、ワイヤーボンディングが用いられる。

また、本実施形態の第二駆動回路 153 は、固定ゲインを有するアナログ制御器により構成され、電圧可変範囲が所定幅に設定されている。このようなアナログ制御器は、例えば可変ゲインを有するアナログ制御器よりも簡素なシステム構成で組み込むことができ、低コスト化を図ることができる。ここで、アナログ制御器として、例えば P I 制御器や P I D 制御器などを用いることができる。また、その他の制御器を用いてもよい。

#### 【0047】

マイコン 154 は、制御部 20、第一駆動回路 151、ギャップ検出器 152、及び第二駆動回路 153 に接続されている。また、マイコン 154 は、メモリー等により構成される記憶手段（図示略）を備えている。この記憶手段には、例えば反射膜間ギャップ G1 のギャップ量に対する、ギャップ検出器 152 で検出される検出信号（電圧信号）であるギャップ相関データ、制御部 20 から入力された波長指令に対して、第二静電アクチュエーター 56 の各第二部分静電アクチュエーター 56A, 56B, 56C に印加する第一駆動電圧を記憶した V - データが記憶されている。この V - データについての詳細な説明は後述する。

そして、マイコン 154 は、制御部 20 から入力される制御信号に基づいて、第一駆動回路 151、ギャップ検出器 152、及び第二駆動回路 153 を制御し、波長可変干渉フィルター 5 から目的波長の光を透過させる。

なお、電圧制御部 15 による波長可変干渉フィルター 5 の第二駆動電圧の制御についての詳細な説明は後述する。

#### 【0048】

##### 〔制御部の構成〕

図 1 に戻り、分光カメラ 1 の制御部 20 について、説明する。

制御部 20 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、分光カメラ 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、分光画像取得部 22 と、画像出力部 23 と、記憶部 24 と、を備えている。

#### 【0049】

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、設定した目的波長を波長可変干渉フィルター 5 から取り出す旨の波長指令（制御信号）を電圧制御部 15 に出力する。

分光画像取得部 22 は、撮像部 12 により撮像された撮像画像を取得し、記憶部 24 に記憶する。

画像出力部 23 は、撮像された分光画像を例えば図示略の表示部に表示させたり、分光カメラ 1 と通信可能に接続された外部機器に送信したりする。

記憶部 24 は、撮像された分光画像を記憶する。また、記憶部 24 は、分光カメラ 1 を制御するための各種データや各種プログラムを記憶する。

#### 【0050】

##### 〔波長可変干渉フィルターの光学特性〕

次に、上記のような分光カメラ 1 における波長可変干渉フィルター 5 の光学特性について、図面に基づいて説明する。

図 5 は、本発明の波長可変干渉フィルター 5 の反射膜間ギャップ G1 を変化させた状態

10

20

30

40

50

を示す断面図であり、図6は、従来構成の波長可変干渉フィルター905の反射膜間ギャップG3を変化させた状態を示す断面図である。

一般に、図6に示すような従来構成の波長可変干渉フィルター905では、固定基板951に設けられた固定反射膜953、及び可動基板952に設けられた可動反射膜954の反射膜間ギャップG3を設定するために、第一電極955及び第二電極956間に電圧を印加する。これにより、静電引力Fにより可動基板952が固定基板951側に撓む。すなわち、反射膜間ギャップG3を狭める方向に可動基板952を撓ませる。

#### 【0051】

このとき、第一電極955及び第二電極956間に電圧を印加すると、可動部921が傾きながら撓み、固定反射膜953に対する可動反射膜954の平行度が悪化する場合がある。10

このように、対向する反射膜同士の平行度を悪化させる要因としては、可動部921や可動反射膜954が、製造時において既に傾いていることや、駆動時に保持部922の厚みや剛性の不均一性により傾きが生じることが挙げられる。

#### 【0052】

このように、対向する反射膜953、954同士の平行度が悪化すると、反射膜面内ではギャップにはらつきが存在し、それによって、透過スペクトルにはらつきが生じる。こうした場合、例えば、反射膜の透過光を全て一括で受光する（面分光された光を受光する）場合、その透過スペクトルはブロードになり、波長分解能が低いフィルター特性となる。また、反射膜の透過光を撮像部12によって複数の画素で分割して受光する場合、画素によって透過スペクトルのピーク波長にはらつきが生じ、適正な分光画像を取得できないという課題がある。20

#### 【0053】

これに対して、本実施形態の波長可変干渉フィルター5では、固定反射膜541と可動反射膜542と平行度を維持するための第二静電アクチュエーター56が設けられ、この第二静電アクチュエーター56は、独立して駆動可能な第二部分静電アクチュエーター56A、56B、56Cを有している。そして、光学モジュール10の電圧制御部15によって、第二部分静電アクチュエーター56A、56B、56C毎に設定された第一駆動電圧が印加され、固定反射膜541と可動反射膜542との平行度を良好に保つことができる。以下、傾き制御をしつつ反射膜間ギャップG1の寸法を変化させる光モジュールの駆動方法について詳述する。30

#### 【0054】

##### [光学モジュールの駆動方法]

先ず、光学モジュール10に組み込む際の波長可変干渉フィルター5と電圧制御部15との接続の仕方や、どの第二部分静電アクチュエーターにどの電圧波形を割り当てるかを決定する。具体的には、光学モジュール10に組み込む前の、製造直後の波長可変干渉フィルター5に対して、全ての第一駆動電極に一様の駆動電圧を与えたときの可動反射膜542の傾きを計測する。この計測値により、可動反射膜542の傾き方向や傾き量が求まるので、この傾き方向及び傾き量に基づいて、各第二部分静電アクチュエーター56A、56B、56Cのそれぞれに対して印加する第一駆動電圧も決定しておく。40

#### 【0055】

ここで、本実施形態では、分光カメラ1により、予め設定された複数の目標波長の分光画像を取得する。また、本実施形態の波長可変干渉フィルター5では、第二静電アクチュエーター56の静電引力F1により、反射膜間ギャップを上記目標波長に対応した目標ギャップ寸法近傍まで変位させ、その後、第一静電アクチュエーター55により目標ギャップ寸法に精度よく合わせ込む。したがって、第二静電アクチュエーター56を用いて反射膜ギャップを目標ギャップ寸法の近傍まで変位させた際に、反射膜541、542が平行となるように、各第二部分静電アクチュエーター56A、56B、56Cに対する上記第一駆動電圧が決定される。また、複数の目標波長に対してそれぞれ上記のような第一駆動電圧が決定される。これらの第二部分静電アクチュエーター56A、56B、56Cに対50

してそれぞれ設定された第一駆動電圧は、目標波長と対応づけられてマイコン 154 の記憶手段に V - データとして記憶される。

#### 【0056】

次に、実際に、分光カメラ 1 により各波長に対する分光画像を撮像するためには、まず、制御部 20 は、波長設定部 21 により波長可変干渉フィルター 5 を透過させる光の目的波長を設定する（目的波長設定ステップ）。そして、波長設定部 21 は、設定した目的波長の光を透過させる旨の制御信号を電圧制御部 15 に出力する。

#### 【0057】

電圧制御部 15 のマイコン 154 は、制御部 20 から制御信号が入力されると、V - データに基づいて、目的波長に対応した第一駆動電圧を取得する（第一駆動電圧取得ステップ）。

10

図 7 は、各アクチュエーターに電圧を印加する際の電圧波形例を示す図であり、(A) は、第二部分静電アクチュエーター 56A, 56B に印加する第一駆動電圧の電圧波形の一例を示す図、(B) は第二部分静電アクチュエーター 56C に印加する第一駆動電圧の電圧波形の一例を示す波形図、(C) は第一静電アクチュエーター 55 に印加する第二駆動電圧の電圧波形の一例を示す図である。

図 7 では、ギャップを 3 段階に変化させることで、透過帯域を 3 段階に走査させる例である。この図 7 では 3 段階の例を挙げているが、より多段階の場合も同様に設定し、駆動することができる。上述したように、この 3 段階の過程で常に反射膜同士の平行度が保たれるように、固定駆動電圧は事前に定められている。

20

#### 【0058】

マイコン 154 は、第一駆動電圧算出ステップにより算出された第一駆動電圧に基づいた傾き制御信号を第一駆動回路 151 に出力する。

本実施形態では 2 種類の電圧波形の第一駆動電圧を各部分駆動部に印加する。これにより第一駆動回路 151 は、算出された第一駆動電圧を、第二静電アクチュエーター 56 に対して印加する（第一駆動電圧印加ステップ）。このステップにより、固定反射膜 541 及び可動反射膜 542 間に、第一駆動電圧に基づいた静電引力 F1 が作用し、固定反射膜 541 及び可動反射膜 542 間の平行度が改善されるとともに、可動部 521 が固定基板 51 側に変位する。

#### 【0059】

30

この後、第二駆動回路 153 によりフィードバック制御を実施する。

フィードバック制御では、マイコン 154 は、ギャップ検出器 152 から静電容量検出用の高周波電圧信号を固定反射膜 541、可動反射膜 542 間に印加させる。ここで、この静電容量検出用の電圧信号としては、静電容量検出用信号による静電引力の変動を抑制するために、第一駆動電圧に比べて十分に高周波となる電圧を用いる。

これにより、固定反射膜 541 及び可動反射膜 542 の静電容量に応じた検出信号がギャップ検出器 152 に入力される（反射膜間ギャップ検出ステップ）。なお、ギャップ検出器 152 としては、例えばカップリングコンデンサーなどを用いた回路により、静電容量検出用の電圧信号を検出信号として取得する。ここで、この検出信号は、反射膜間ギャップ G1 のギャップ量に基づいた信号となる。したがって、ギャップ検出器 152 が検出信号を取得することは、ギャップ検出器 152 が反射膜間ギャップ G1 のギャップ量を検出することを意味する。

40

また、ギャップ検出器 152 は、入力された検出信号を、第二駆動回路 153 に出力する。

#### 【0060】

一方、マイコン 154 は、制御部 20 からの制御信号が入力されると、目的波長に対応する目標ギャップ量を算出し、記憶手段に記憶されたギャップ相関データから、目標ギャップ量に対応した検出信号（目標検出信号）を取得して、第二駆動回路 153 に出力する。

そして、第二駆動回路 153 は、マイコン 154 から入力される目標検出信号と、ギャ

50

ップ検出器 152 から入力される検出信号との偏差を算出し（偏差算出ステップ）、偏差が「0」であるか否かを判定する（偏差判定ステップ）。

この偏差判定ステップにおいて、偏差が「0」ではないと判定された場合に、第二駆動回路 153 は、偏差に応じて第二駆動電圧を設定し、第一静電アクチュエーター 55 に対して設定した第二駆動電圧を印加する（第二駆動電圧印加ステップ）。

#### 【0061】

この第二駆動電圧印加ステップでは、第二駆動回路 153 は、マイコン 154 から入力された目標値信号とギャップ検出器 152 から出力される信号の偏差に基づいて、偏差が0となるように第一静電アクチュエーター 55 に印加する第二駆動電圧を設定する。この時、本実施形態では、第一静電アクチュエーター 55 の感度が略一定になるように、第二静電アクチュエーター 56 に第一駆動電圧が印加されている。したがって、可動部 521 の変位量（電極間ギャップ G2 の変化量）によらず、低い感度で第一静電アクチュエーター 55 を駆動させることが可能となる。10

#### 【0062】

そして、第二駆動電圧印加ステップの後、ギャップ検出ステップの処理に戻る。すなわち電圧制御部 15 は、偏差判定ステップにおいて偏差が「0」と判定されるまで、ギャップ検出ステップから第二駆動電圧印加ステップの処理を繰り返し実施する。

また、偏差判定ステップにおいて、偏差が「0」であると判定されると、分光カメラ 1 の制御部 20 の分光画像取得部 22 は、波長可変干渉フィルター 5 を透過した光を撮像部 12 で撮像された分光画像をキャプチャーし、記憶部 24 に記憶する（撮像ステップ）。これにより、制御部 20 の波長設定部 21 により設定された目的波長の分光画像を撮像することが可能となる。20

なお、上記において、1つの波長の光を波長可変干渉フィルター 5 から取り出し、その光量を検出する処理について、説明したが、例えば測定対象光に含まれる所定波長域内の各波長に対する光量から測定対象光の分光スペクトルを測定する場合、設定する波長を順次変更して、各ステップを繰り返せばよい。

#### 【0063】

##### [本実施形態の作用効果]

本実施形態では、電圧制御部 15 は、部分駆動部ごとに設定された第一駆動電圧を印加する。このような電圧を印加することで各部分駆動部に対してそれぞれ異なる応力が作用し、固定反射膜 541 及び可動反射膜 542 を平行に保つように制御する。これにより、波長可変干渉フィルター 5 における各基板を構成する保持部 522 の厚みの不均一さなどに起因する各反射膜 541, 542 の平行性の悪化を改善することができる。これにより、各反射膜 541, 542 が高い平行性を保った状態で反射膜間ギャップ G1 を変化させることができ、分解能の高い、即ち半値幅の狭い光を取り出すことができる。30

また、各反射膜 541, 542 が高い平行性を保った状態で反射膜間ギャップ G1 を制御できるため、面分光を行った際の波長精度も高くなる。このため、分光カメラ 1 において、所定の目的波長の分光画像を撮像する際に、撮像部 12 の各画素で同一波長の光を受光することができ、精度の高い分光画像を取得することができる。

#### 【0064】

本実施形態では、第一駆動手段を用いて所定量ギャップ寸法を駆動させた後、検出されたギャップ寸法に基づいて、前記第二駆動手段に印加するフィードバック電圧を設定して印加する。40

つまり、本発明では、目標のギャップ寸法に対し、第一駆動手段により目標ギャップ寸法近傍まで変位させ、残りのギャップ寸法をギャップ検出部により検出されるギャップ寸法に基づいて、第二駆動手段を用いて微調整する。

このような構成では、第二駆動手段の第二駆動電圧は目標ギャップ寸法近傍のみでギャップ寸法に基づき設定されるため、第二駆動手段が発生する応力の大きさの範囲は小さくてよく、第二駆動手段は、印加する第二駆動電圧に対する発生応力の感度を低減させることができる。50

これにより、フィードバック制御時におけるギャップ寸法の微調整をより精度よく実施することができる。また、第二駆動手段におけるゲインを一定に固定したまま、広いギャップ範囲に対して高精度なギャップ寸法の微調整を実施することができるので、第二駆動手段にゲインを可変させる構成等が不要となり、構成の簡略化を図ることができる。

さらに、第二駆動手段のみによりギャップ寸法を変更した場合、変更したギャップ寸法に応じて第一反射膜及び第二反射膜の平行性が悪化するおそれがあるが、本発明では、第一駆動手段により目標ギャップ寸法近傍まで変位させてるので、目標ギャップ寸法に設定した際にも、第一反射膜及び第二反射膜が高い平行性を保っている。これにより、目標ギャップ寸法によらず、高い分解能を実現することができる。

#### 【0065】

10

本実施形態では、ギャップ検出手段が第一反射膜及び第二反射膜の間の静電容量の検出により行われる。このような構成では、光干渉領域を形成する第一反射膜及び第二反射膜が、ギャップ検出手段を兼ねるため、ギャップ検出手段のための電極を別途設ける必要がないため、構成の簡略化を図れ、波長可変干渉フィルターの小型化、薄型化を図れる。

#### 【0066】

本実施形態では、2種類の電圧波形の第一駆動電圧を各部分駆動部に印加することにより制御する。このような構成では、例えば、部分駆動部が3つの場合では、2つに大きな第一駆動電圧をかけ、残る1つに小さな第一駆動電圧をかければ、可動部側の反射膜の傾きを変化させることができる。なお、小さな第一駆動電圧をかける電極をどれにするかは、出荷前の検査によって実際の可動部側の反射膜の傾き方向を確認して選択し、その傾き量によってそれぞれの第一駆動電圧を設定すればよい。このように、2種類の電圧波形の第一駆動電圧により制御するので、電圧制御部に用いられる制御系（電圧制御用の回路等）の構成を簡略化できる。

20

#### 【0067】

本実施形態では、第一駆動手段及び第二駆動手段が静電アクチュエーターにより形成されている。このような構成では、電極間を対向して配置するだけでよく、構成の簡略化を図れ、光学モジュールの小型化、薄型化を図れる。また、電極間に印加する電圧を変更するだけで、容易に反射膜間ギャップを変更することができ、反射膜間ギャップのギャップ制御も容易に実施できる。

#### 【0068】

30

本実施形態では、第一駆動手段は、平面視において、第二駆動手段の外側に設けられている。このような構成では、第一駆動手段を、第二駆動手段の内側に設けた構成に比べて、反射膜間の平行度を変化させるための調整範囲を大きくとることができるので、各反射膜の平行性の悪化をより精度よく改善することができる。

#### 【0069】

本実施形態では、複数の部分駆動部は、平面視において、仮想円Pの円周に沿う円弧状に、かつ、仮想円Pの円周上において等角度間隔に設けられている。このような構成では、複数の部分駆動部を、等角度間隔に設けることで、中心点Pに対してバランスよく静電引力を作用させることができる。これにより、光干渉領域のうちのどの位置の平行度が悪化した場合でも、その平行度が悪化した位置に応じて適切な第一駆動電圧を印加することで、平行度の悪化を改善させることができる。

40

#### 【0070】

#### [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。

上記第一実施形態では、2種類の電圧波形の第一駆動電圧を各部分駆動部に印加するようになしたが、2種類の電圧波形の第一駆動電圧のうちの一つを基準電位波形（GND電位）とする点で相違する。

本実施形態では、第一駆動回路151において、1つの駆動回路が設けられるだけよい。例えば、第二部分静電アクチュエーター56A, 56B, 56Cのうち、第二部分静電アクチュエーター56A, 56Bを駆動させ、第二部分静電アクチュエーター56Cを

50

非駆動にする場合、第二部分静電アクチュエーター 56A, 56B を設定された第一駆動電圧の波形を印加する駆動回路に接続する。一方、第二部分静電アクチュエーター 56C は、例えば GND 回路に接続すればよい。

このような本実施形態では、第一駆動回路 151 の駆動回路の構成を 1 つにすることができるので、電圧制御部 15 の構成の簡略化を図れ、光学モジュール 10 の小型化、製造コストの低減を図ることができる。更に、制御系（駆動回路等）が複数ある場合に生じるような機械的、電気的な干渉がない。

なお、本実施形態のように第二部分静電アクチュエーター 56A, 56B, 56C の中に非駆動のものを含める場合、上記第一実施形態のような、目標のギャップ寸法に対し第一駆動手段により目標ギャップ寸法近傍まで変位させるという駆動方法は行わず、第一駆動手段は傾きのみを制御するように駆動する方法が好ましい。10

この場合、第一駆動手段に第一駆動電圧を印加して、可動反射膜と固定反射膜との傾きを制御することで平行度を改善し、静電アクチュエーター 56 に電圧を印加して、ギャップ寸法を変更することが好ましい。

#### 【0071】

#### [第三実施形態]

次に、本発明に係る第三実施形態について、以下説明する。

上記第一実施形態では、2種類の電圧波形の第一駆動電圧を各部分駆動部に印加するようになしたが、第三実施形態では、3種類の電圧波形の第一駆動電圧を各部分駆動部に印加する点で上記第一実施形態と相違する。20

本実施形態では、例えば、第二部分静電アクチュエーター 56A に図 7(A) の電圧波形の第一駆動電圧を印加し、第二部分静電アクチュエーター 56B に図 7(B) の電圧波形の第一駆動電圧を印加し、第二部分静電アクチュエーター 56C を、第二実施形態における第二部分静電アクチュエーター 56C と同様、基準電位波形、即ち非駆動波形とする。

また、第一駆動手段を構成する第二電極 561 及び第四電極 562 の構成及び配置パターンを、120 度間隔で等角度間に 3 つの第二部分電極 561A, 561B, 561C 及び第四部分電極 562A, 562B, 562C を有する構成としたが、上記第一実施形態の構成及び配置パターンに限定されるわけではなく、様々な構成や配置パターンを採用することができる。その一例を図 8 に示す。図 8(A) は、72 度間隔で等角度間に 5 つの第二部分電極及び第四部分電極を有する構成である。また、図 8(B) は、60 度間隔で等角度間に 6 つの第二部分電極及び第四部分電極を有する構成である。さらに、図 8(C) は、第二部分電極及び第四部分電極を二重円環形状とし、それぞれの円環形状について、120 度間隔で等角度間に 3 つの第二部分電極及び第四部分電極を有する構成である。30

#### 【0072】

本実施形態では、3種類の電圧波形の第一駆動電圧のうちの 1 つが基準電位波形、即ち非駆動波形である。このような構成では、実質的に 2 種類の電圧波形の第一駆動電圧により制御することになり、第一駆動手段に用いられる制御系（駆動回路）が 2 つであるため、より精度よく、各反射膜の平行性の悪化を改善することができる。例えば、部分駆動部が 5 つの場合では、1 つに非駆動電圧、1 つに小さな第一駆動電圧、残る 3 つに大きな第一駆動電圧にするなどの構成にすることができる。これにより、波長可変干渉フィルターにより高精度に所望波長の光を取り出すことができる。また、2種類の電圧波形の第一駆動電圧により制御するので、電圧制御部に用いられる制御系（駆動回路等）の数を少なく抑えることができる。40

なお、本実施形態のように各部分駆動部の中に非駆動のものを含める場合、上記第一実施形態のような、目標のギャップ寸法に対し第一駆動手段により目標ギャップ寸法近傍まで変位させるという駆動方法は行わず、第一駆動手段は傾きのみを制御するように駆動する方法が好ましい。

#### 【0073】

10

20

30

40

50

**[ その他の実施形態 ]**

なお、本発明は前述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれるものである。

例えば上記各実施形態では、図7に示すような、120度間隔で3つの第二部分静電アクチュエーター56A, 56B, 56Cが配置される例を示したが、これに限定されない。

図8は、本発明における部分駆動部の配置例を示す図である。ここで、図8(A)は、72度間隔で等角度間に5つの第二部分静電アクチュエーター56A, 56B, 56C, 56D, 56Eを有する構成である。また、図8(B)は、60度間隔で等角度間に6つの第二部分静電アクチュエーター56A, 56B, 56C, 56D, 56E, 56Fを有する構成である。さらに、図8(C)は、部分駆動部を二重円環形状に配置した例であり、それぞれの円環形状について、径内側に第二部分静電アクチュエーター56A, 56B, 56Cを配置し、径外側に第二部分静電アクチュエーター56D, 56E, 56Fを、それぞれ120度間隔で等角度間に配置した構成の例である。  
10

図8に示すように、より多くの部分駆動部を設けることにより、反射膜541, 542の平行性をより高度に制御することができ、反射膜間ギャップG1のギャップ寸法を変化させた際の分解能の低下をより確実に抑制できる。

**【 0074 】**

また、第三実施形態において、各第二部分静電アクチュエーター56A, 56B, 56Cに印加する第一駆動電圧を、3つの電圧波形のうちのいずれかに設定し、そのうち1つ(第二部分静電アクチュエーター56C)を非駆動波形(GND電位)にする例を示したが、第二部分静電アクチュエーター56Cも、第二部分静電アクチュエーター56A, 56Bと異なる駆動波形で駆動させる構成としてもよい。  
20

さらに、図8に示すように、4つ以上の第二部分静電アクチュエーターが設けられる構成では、第一駆動回路151にそれぞれ異なる4つ以上の電圧波形を出力可能な制御系を組み込む必要が生じるが、より細かい傾き制御が可能となり、より精度よく反射膜541, 542の平行性を維持することができる。

**【 0075 】**

本発明の第一駆動手段として第二静電アクチュエーター56を例示し、第二駆動手段として第一静電アクチュエーター55を例示したが、静電アクチュエーター以外の駆動系により構成されていてもよい。  
30

例えば、第一駆動手段及び第二駆動手段として、電極の代わりに、誘電コイルを配置した誘電アクチュエーターを用いる構成としてもよく、圧電アクチュエーターを用いる構成としてもよい。

**【 0076 】**

また、固定反射膜541及び可動反射膜542を静電容量検出量の電極とする例を示したが、これに限定されない。反射膜541, 542とは別に、別途静電容量検出用の電極を設ける構成としてもよい。この場合、反射膜541, 542の近傍に当該静電容量検出用の電極を配置することで、反射膜間ギャップのギャップ寸法に対応した検出信号を出力できる。  
40

**【 0077 】**

上記実施形態では、第一駆動手段である第二静電アクチュエーター56を、反射膜541, 542の傾き制御に加え、反射膜間ギャップG1のギャップ寸法を変更するためにも用いる例を示したが、例えば、第二静電アクチュエーター56が反射膜541, 542の傾き制御のみを行い、第一静電アクチュエーター55のみにより反射膜間ギャップG1のギャップ寸法を変更する構成としてもよい。

また、上記実施形態では、第一駆動手段である第二静電アクチュエーター56を、反射膜541, 542に対して、第一静電アクチュエーター55よりも遠い位置、即ち外側に配置した例を示したが、第一駆動手段である第二静電アクチュエーター56を、第一静電アクチュエーター55よりも内側に配置する構成としてもよい。  
50

## 【0078】

また、上記実施形態では、可動基板52にダイヤフラム等により構成された保持部522が設けられる例を示したが、保持部522が設けられない構成としてもよい。この場合でも、可動基板52の基板厚みの不均一性、可動基板52に設けられた可動反射膜542や各種電極、接合膜による膜応力等、その他の外圧等によって、反射膜間ギャップG1のギャップ寸法の変更時に、反射膜541, 542の平行性が悪化する場合がある。このような構成に対して、本発明の第一駆動手段、及び電圧制御部を設ける構成とすることで、上述した実施形態と同様に、反射膜541, 542の平行性を向上させることができ、分解能の低下を抑制することができる。

## 【0079】

また、本発明の電子機器として、上記各実施形態では、分光カメラ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。

## 【0080】

例えば、図9に示すように、本発明の電子機器を、色測定や分光測定を実施する分光測色装置に適用することもできる。

図9は、波長可変干渉フィルターを備えた分光測色装置400の一例を示すブロック図である。

この分光測色装置400は、図9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、分光測色装置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、この分光測色装置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。

## 【0081】

光源装置410は、光源411、複数のレンズ412（図9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を備える分光測色装置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。

## 【0082】

測色センサー420は、図9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撮像部12と、波長可変干渉フィルター5の第一静電アクチュエーター55、第二静電アクチュエーター56への印加電圧を制御する電圧制御部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、分光した光を撮像部12にて受光する。

## 【0083】

制御装置430は、分光測色装置400の全体動作を制御する。

この制御装置430としては、例えば汎用パソコンコンピューターや、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9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。

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

10

20

30

40

50

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の電圧制御部15は、制御信号に基づいて、第一静電アクチュエーター55、第二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、撮像部12により検出された受光量から、検査対象Aの色度を分析する。

#### 【0084】

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ー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、呼気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。10

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。

#### 【0085】

図10は、波長可変干渉フィルターを備えたガス検出装置の一例を示す概略図である。

図11は、図10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10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(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138、電力を供給する電力供給部139等から構成されている。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。20

また、図11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を備えてよい。30

更に、ガス検出装置100の制御部138は、図11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を制御するための電圧制御部146、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。

#### 【0086】

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148が設けられており、このセンサーチップ検出器148でセンサーチップ110の有無が検出される。信号処理部144は、センサーチップ検出器148からの検出信号を検出すると、センサーチップ110が装着された状態であると判断し、表示部141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。40

#### 【0087】

そして、例えば利用者により操作パネル140が操作され、操作パネル140から検出処理を開始する旨の指示信号が信号処理部144へ出力されると、まず、信号処理部144は、光源ドライバー回路145に光源作動の信号を出力して光源135Aを作動させる。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50

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。

#### 【0088】

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。10

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、上記第一実施形態と同様にして波長可変干渉フィルター 5 の各静電アクチュエーター 55、56 を稼働させ、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。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。20

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、目的のガス分子か否かを判定し、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。

#### 【0089】

なお、上記図 10 及び図 11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。30

#### 【0090】

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。

#### 【0091】

図 12 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 12 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ー 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4050

号処理部 224(処理制御部)と、記憶部 225 と、を備えている。

**【0092】**

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ー 5 に入射する。波長可変干渉フィルター 5 は電圧制御部 222 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、電圧制御部 222 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。10

**【0093】**

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、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。20

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。

**【0094】**

また、図 12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。30

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。

**【0095】**

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。

**【0096】**

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。

**【0097】**

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。50

## 【0098】

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に、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。

## 【0099】

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。

10

## 【符号の説明】

## 【0100】

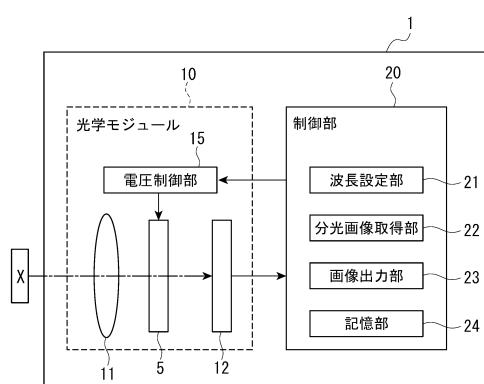
1...分光カメラ、5...波長可変干渉フィルター、10...光学モジュール、11...レンズ群、12...撮像部、15...電圧制御部、20...制御部、21...波長設定部、22...分光画像取得部、23...画像出力部、24...記憶部、51...固定基板、52...可動基板、53...接合膜、55...第一静電アクチュエーター、56...第二静電アクチュエーター、100...ガス検出装置、110...センサーチップ、120...流路、130...本体部、131...センサー部カバー、133...排出手段、134...筐体、135...光学部、136...フィルター、137...受光素子、138...制御部、139...電力供給部、140...操作パネル、141...表示部、142...接続部、143...接続部、144...信号処理部、145...光源ドライバー回路、146...電圧制御部、147...受光回路、148...センサーチップ検出器、149...センサーチップ検出回路、150...排出ドライバー回路、151...第一駆動回路、152...ギャップ検出器、153...第二駆動回路、154...マイコン、200...食物分析装置、210...検出器、211...光源、212...撮像レンズ、213...撮像部、220...制御部、221...光源制御部、222...電圧制御部、223...検出制御部、224...信号処理部、225...記憶部、230...表示部、400...分光測色装置、410...光源装置、411...光源、412...レンズ、420...測色センサー、430...制御装置、431...光源制御部、432...測色センサー制御部、433...測色処理部、511...電極配置溝、512...反射膜設置部、513...第一接合部、521...可動部、522...保持部、523...第二接合部、525...基板外周部、541...固定反射膜、542...可動反射膜、543...固定側引出電極、544...可動側引出電極、551...第一電極、552...第三電極、553...第一引出電極、554...第三引出電極、561...第二電極、562...第四電極、563...第二引出電極、564...第四引出電極、905...波長可変干渉フィルター、921...可動部、922...保持部、951...固定基板、952...可動基板、953...固定反射膜、954...可動反射膜、120A...吸引口、120A1...除塵フィルター、120B...吸引流路、120C...排出流路、120D...排出口、135A...光源、135B...ビームスプリッター、135C...レンズ、135D...レンズ、135E...レンズ、511A...電極設置面、512A...反射膜設置面、521A...可動面、561A...第二部分電極、561B...第二部分電極、561C...第二部分電極、562A...第四部分電極、562B...第四部分電極、562C...第四部分電極、563A...第二部分引出電極、564A...第四部分引出電極、A...検査対象、F...静電引力、F1...静電引力、F2...静電引力、G1...反射膜間ギャップ、G2...電極間ギャップ、G3...反射膜間ギャップ、O...フィルター中心点、P...仮想円、X...測定対象。

20

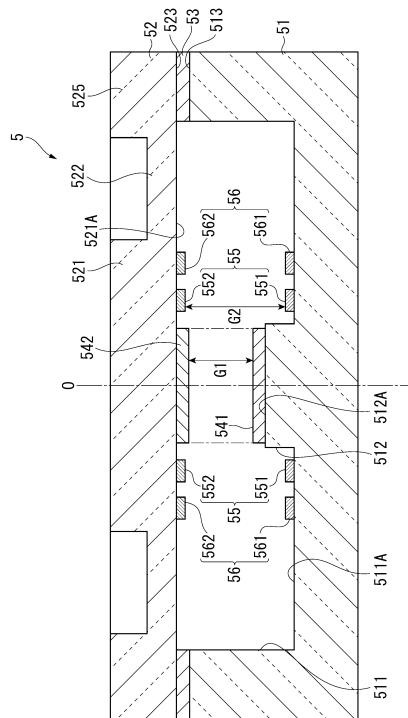
30

40

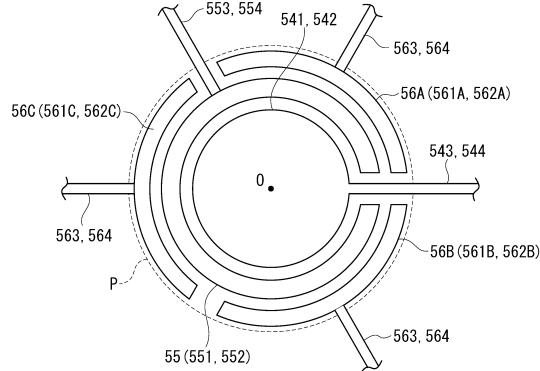
【図1】



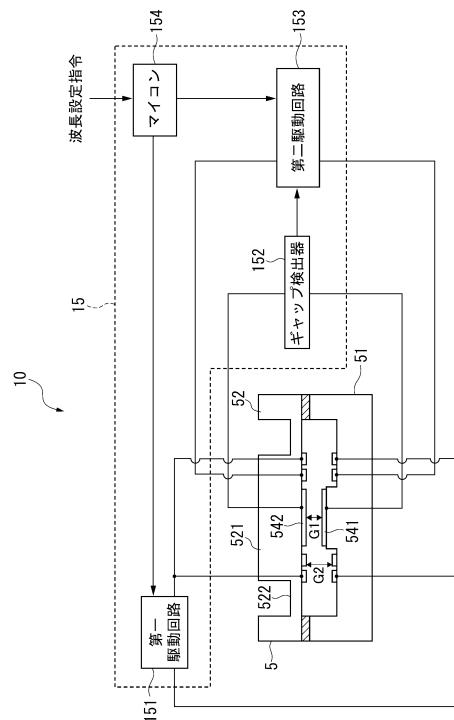
【 四 2 】



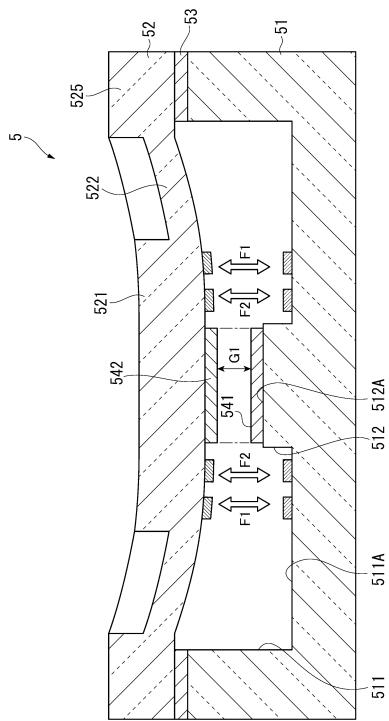
【 図 3 】



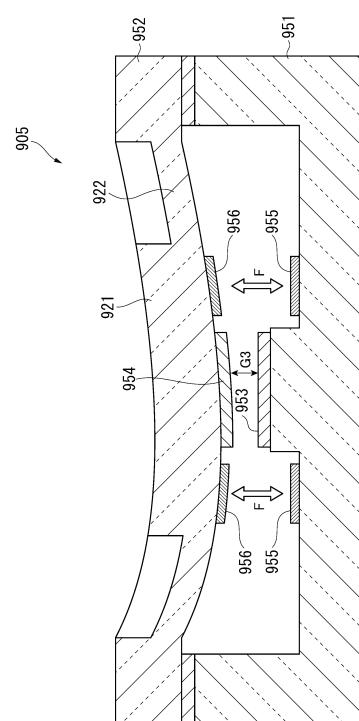
【 四 4 】



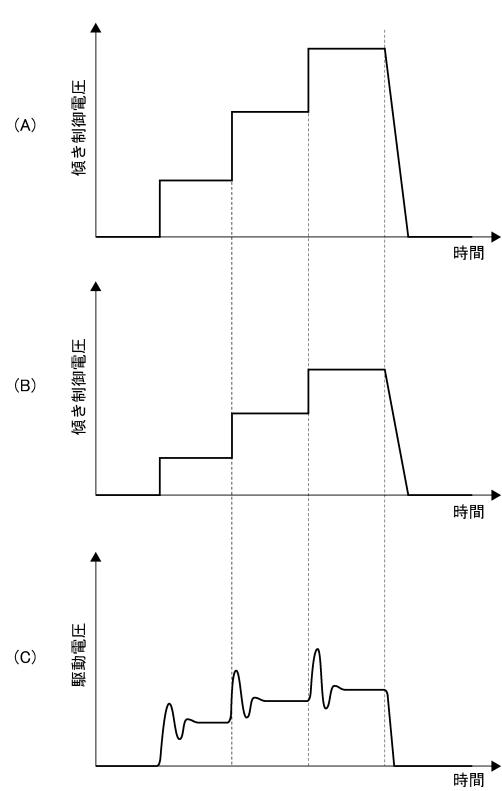
【図5】



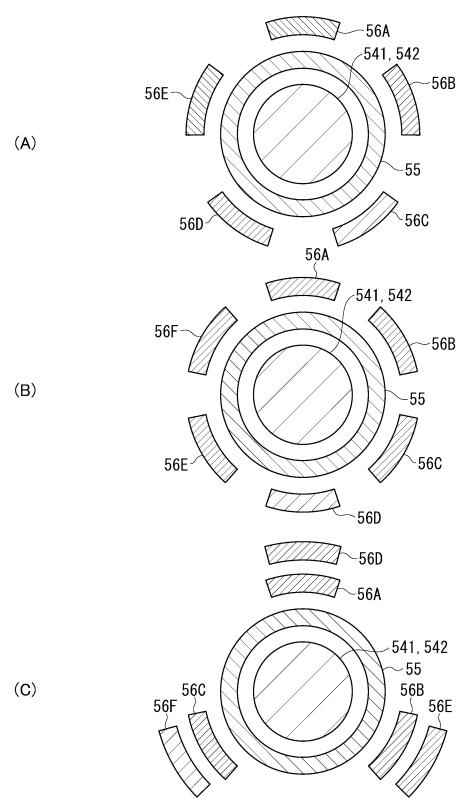
【図6】



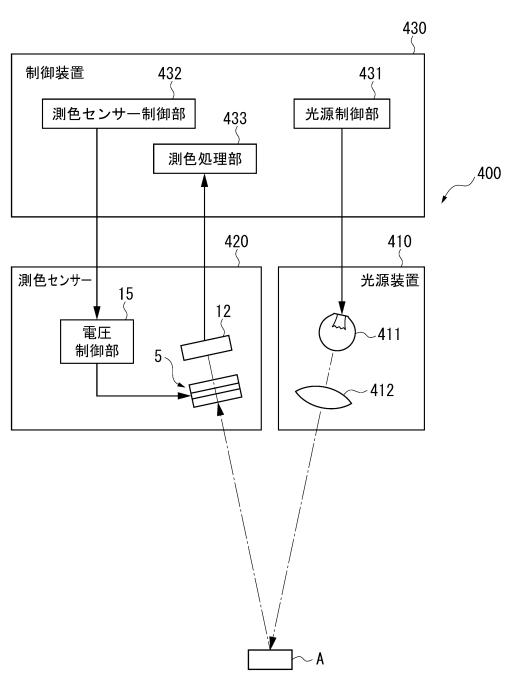
【図7】



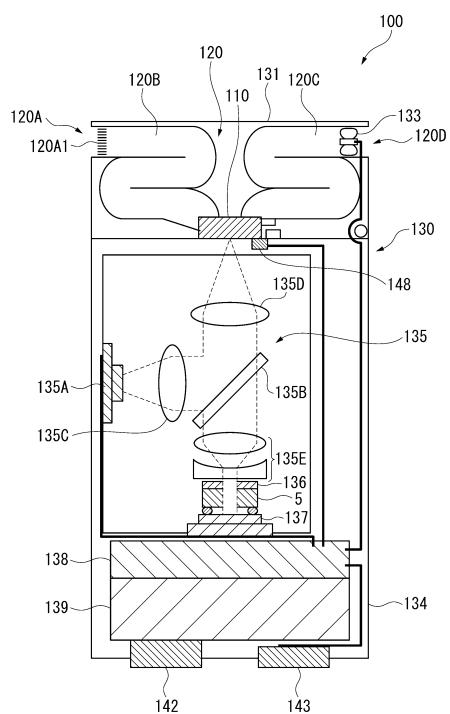
【図8】



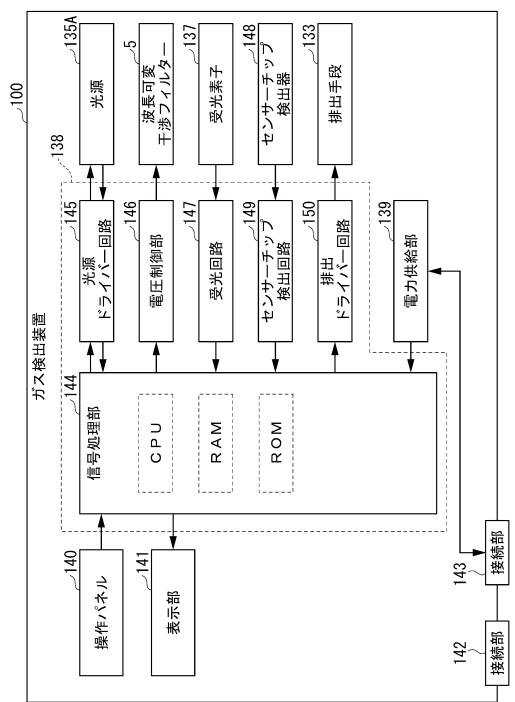
【図9】



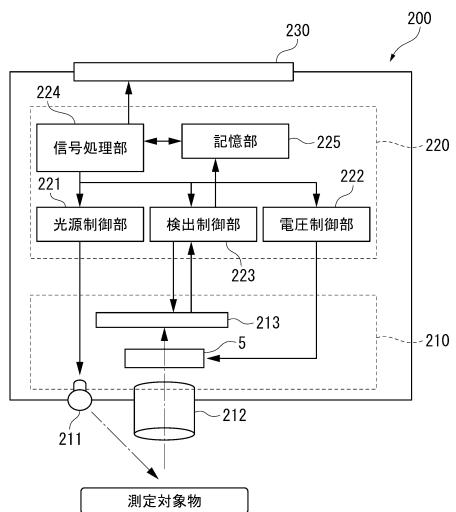
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-219483(JP,A)  
国際公開第02/086582(WO,A1)  
特開2002-277758(JP,A)  
特開平01-094312(JP,A)  
特開2008-183350(JP,A)  
特開2011-191554(JP,A)  
米国特許出願公開第2003/0123125(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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