

(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2013-182143

(P2013-182143A)

(43) 公開日 平成25年9月12日(2013.9.12)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)
G02B	26/06	(2006.01)	G02B 26/06	2G020
B81B	3/00	(2006.01)	B81B 3/00	2H141
G01J	3/26	(2006.01)	G01J 3/26	3C081

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2012-46256 (P2012-46256)
 (22) 出願日 平成24年3月2日(2012.3.2)

(71) 出願人 000002369
 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 100095728
 弁理士 上柳 雅誉
 (74) 代理人 100107261
 弁理士 須澤 修
 (74) 代理人 100127661
 弁理士 宮坂 一彦
 (72) 発明者 松野 靖史
 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 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

最終頁に続く

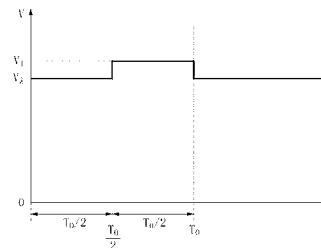
(54) 【発明の名称】 波長可変干渉フィルターの駆動方法、光学モジュール、及び電子機器

(57) 【要約】

【課題】 迅速に目的波長の光を取り出すことができる波長可変干渉フィルターの駆動方法、波長可変干渉フィルターを備えた光学モジュール及び電子機器を提供する。

【解決手段】 波長可変干渉フィルターの駆動方法は、波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧 V を静電アクチュエーターに印加する第一次目的電圧印加ステップと、第一次目的電圧印加ステップの後、目的電圧 V よりも大きい第一電圧 V_1 を静電アクチュエーターに印加する第一電圧印加ステップと、第一電圧印加ステップの後、目的電圧 V を静電アクチュエーターに印加する第二次目的電圧印加ステップと、を実施する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターの駆動方法であって、

前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する第一次目的電圧印加ステップと、

前記第一次目的電圧印加ステップの後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を前記ギャップ変更部に印加する第一電圧印加ステップと、

前記第一電圧印加ステップの後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する第二次目的電圧印加ステップと、

を実施することを特徴とする波長可変干渉フィルターの駆動方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の波長可変干渉フィルターの駆動方法において、

前記第一次目的電圧印加ステップは、電圧印加開始時点から前記第二基板が有する固有振動周期の $1/2$ の間、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加し、

前記第一電圧印加ステップは、前記第一次目的電圧印加ステップにおける電圧印加終了直後から前記第二基板が有する固有振動周期の $1/2$ の間、前記第一電圧を前記ギャップ変更部に印加する

ことを特徴とする波長可変干渉フィルターの駆動方法。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の波長可変干渉フィルターの駆動方法において、

前記第二次目的電圧印加ステップの後、前記第一電圧印加ステップ及び前記第二次目的電圧印加ステップを交互に複数回繰り返して実施する

ことを特徴とする波長可変干渉フィルターの駆動方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の波長可変干渉フィルターの駆動方法において、

前記第一電圧印加ステップの実施回数を重ねる毎に、前記第一電圧印加ステップで前記ギャップ変更部に印加する電圧を前記第一電圧より前記目的電圧に近づける

ことを特徴とする波長可変干渉フィルターの駆動方法。

【請求項 5】

第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターの駆動方法であって、

前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧よりも小さい第二電圧を前記ギャップ変更部に印加する第二電圧印加ステップと、

前記第二電圧印加ステップの後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する目的電圧印加ステップと、

を実施することを特徴とする波長可変干渉フィルターの駆動方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の波長可変干渉フィルターの駆動方法において、

前記第二電圧印加ステップは、電圧印加開始時点から前記第二基板が有する固有振動周期の $1/2$ の間、前記第二電圧を前記ギャップ変更部に印加し、

前記目的電圧印加ステップは、前記第二電圧印加ステップにおける電圧印加終了直後から所定時間の間、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する

ことを特徴とする波長可変干渉フィルターの駆動方法。

10

20

30

40

50

【請求項 7】

第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターの駆動方法であって、

前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧よりも小さい第二電圧を前記ギャップ変更部に印加する第二電圧印加ステップと、

前記第二電圧印加ステップの後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を前記ギャップ変更部に印加する第一電圧印加ステップと、

前記第一電圧印加ステップの後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する目的電圧印加ステップと、

を実施することを特徴とする波長可変干渉フィルターの駆動方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の波長可変干渉フィルターの駆動方法において、

前記第二電圧印加ステップは、電圧印加開始時点から前記第二基板が有する固有振動周期の $1/2$ の間、前記第二電圧を前記ギャップ変更部に印加し、

前記第二電圧印加ステップは、前記第二電圧印加ステップにおける電圧印加終了直後から前記第二基板が有する固有振動周期の $1/2$ の間、前記第一電圧を前記ギャップ変更部に印加する

ことを特徴とする波長可変干渉フィルターの駆動方法。

【請求項 9】

請求項 5 から請求項 8 のいずれかに記載の波長可変干渉フィルターの駆動方法において、

前記目的電圧印加ステップの後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を印加する第一電圧印加ステップ、及び前記目的電圧印加ステップを交互に複数回繰り返して実施することを特徴とする波長可変干渉フィルターの駆動方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の波長可変干渉フィルターの駆動方法において、

前記第一電圧印加ステップの実施回数を重ねる毎に、前記第一電圧印加ステップで前記ギャップ変更部に印加する電圧を前記第一電圧より前記目的電圧に近づける

ことを特徴とする波長可変干渉フィルターの駆動方法。

【請求項 11】

第一基板、前記第一基板にギャップを介して対向して配置された第二基板、及び電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて前記ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部、を備えた波長可変干渉フィルターの駆動方法であって、

前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する第一次目的電圧印加ステップと、

前記第一次目的電圧印加ステップの後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を前記ギャップ変更部に印加する第一電圧印加ステップと、

前記第一電圧印加ステップの後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する第二次目的電圧印加ステップと、

を実施することを特徴とする波長可変干渉フィルターの駆動方法。

【請求項 12】

第一基板、前記第一基板にギャップを介して対向して配置された第二基板、及び電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターの駆動方法であって、

前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧よりも小さい第二電圧を前記ギャップ変更部に印加する第二電圧印加ステップと、

前記第二電圧印加ステップの後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する目的電

10

20

30

40

50

圧印加ステップと、

を実施することを特徴とする波長可変干渉フィルターの駆動方法。

【請求項 1 3】

第一基板、前記第一基板にギャップを介して対向して配置された第二基板、及び電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターの駆動方法であって、

前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧よりも小さい第二電圧を前記ギャップ変更部に印加する第二電圧印加ステップと、

前記第二電圧印加ステップの後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を前記ギャップ変更部に印加する第一電圧印加ステップと、

前記第一電圧印加ステップの後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する目的電圧印加ステップと、

を実施することを特徴とする波長可変干渉フィルターの駆動方法。

【請求項 1 4】

第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターと、

前記ギャップ量変更部に対して電圧を印加する電圧制御部と、

を備え、

前記電圧制御部は、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧を前記ギャップ変更部に印加した後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を前記ギャップ変更部に印加し、その後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する

ことを特徴とする光学モジュール。

【請求項 1 5】

第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターと、

前記ギャップ量変更部に対して電圧を印加する電圧制御部と、

を備え、

前記電圧制御部は、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧よりも小さい第二電圧を前記ギャップ変更部に印加した後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する

ことを特徴とする光学モジュール。

【請求項 1 6】

第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターと、

前記ギャップ量変更部に対して電圧を印加する電圧制御部と、

を備え、

前記電圧制御部は、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧よりも小さい第二電圧を前記ギャップ変更部に印加した後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を前記ギャップ変更部に印加し、その後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する

ことを特徴とする光学モジュール。

10

20

30

40

50

【請求項 17】

請求項 14 から請求項 16 のいずれかに記載の光学モジュールにおいて、
前記第二基板は、前記第一基板に変位可能な可動部と、前記可動部を保持する保持部とを有し、
前記第二反射膜は、前記可動部に配置されている
ことを特徴とする光学モジュール。

【請求項 18】

第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターと、
前記ギャップ量変更部に対して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により取り出された光に基づいて所定の処理を実施する処理部と、
を備え、
前記電圧制御部は、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧を前記ギャップ変更部に印加した後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を前記ギャップ変更部に印加し、その後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する
ことを特徴とする電子機器。

10

20

【請求項 19】

第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターと、
前記ギャップ量変更部に対して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により取り出された光に基づいて所定の処理を実施する処理部と、
を備え、
前記電圧制御部は、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧よりも小さい第二電圧を前記ギャップ変更部に印加した後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する
ことを特徴とする電子機器。

30

【請求項 20】

第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターと、
前記ギャップ量変更部に対して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により取り出された光に基づいて所定の処理を実施する処理部と、
を備え、
前記電圧制御部は、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧よりも小さい第二電圧を前記ギャップ変更部に印加した後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を前記ギャップ変更部に印加し、その後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する
ことを特徴とする電子機器。

40

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、波長可変干渉フィルタを駆動させる駆動方法、その波長可変干渉フィルタを備えた光学モジュール及び電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、互いに対向する一对の反射膜を有し、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に記載の光共振器（波長可変干渉フィルタ）は、表面に凹部が形成された第一基板と、凹部を閉塞する第二基板とを備え、第二基板が凹部内部を閉塞するように接合されている。また、第一基板の凹部の底部、及び第二基板の凹部に対向する面には、互いに対向する反射膜、及び、これらの反射膜の間のギャップ（反射膜間ギャップ）を調整する電極が設けられている。そして、第二基板は、凹部に対向する領域に、可動部とダイヤフラムとが設けられており、ダイヤフラムが撓むことで、可動部が凹部側に進退可能となる。

このような波長可変干渉フィルタでは、電極間に電圧を印加することで、ダイヤフラムを変形させ、可動部をガラス基板に対して進退させることで、反射膜間ギャップを調整することが可能となる。

【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、上記のような波長可変干渉フィルタにより目的波長の光を取り出す場合、目的波長に応じた所定の設定電圧を電極間に印加する。この時、第二基板の可動部には、電圧印加に伴う静電引力と、第二基板のダイヤフラムの復元力とが作用するため、可動部が振動する。

したがって、従来、このような波長可変干渉フィルタを用いた分光測定装置では、可動部の振動が静止して目的波長の光が取り出されるまでに待機する必要があるという課題があった。

また、上記特許文献1のような波長可変干渉フィルタを用いる場合、電極間への電圧を印加した際の応答性を向上させるために、減圧下（真空下）で駆動させることが好ましい。しかしながら、減圧下（真空下）で波長可変干渉フィルタを駆動させると、空気抵抗の影響を抑制することで応答性の向上を図ることができるが、一方で、駆動により発生するダイヤフラムの振動も収束しにくくなるという課題がある。

【0006】

本発明は、迅速に目的波長の光を取り出すことができる波長可変干渉フィルタの駆動方法、波長可変干渉フィルタを備えた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。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の波長可変干渉フィルタの駆動方法は、第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルタの駆動方法であって、前

10

20

30

40

50

記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する第一次目的電圧印加ステップと、前記第一次目的電圧印加ステップの後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を前記ギャップ変更部に印加する第一電圧印加ステップと、前記第一電圧印加ステップの後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する第二次目的電圧印加ステップと、を実施することを特徴とする。

【0008】

本発明では、波長可変干渉フィルターの反射膜間ギャップを目的波長に対応した所定のギャップ量に設定するために、ギャップ変更部に対して目的電圧を印加して駆動させ、その後、第一電圧印加ステップにおいて、目的電圧よりも高い第一電圧を印加し、その後、再び第二次目的電圧印加ステップにおいて目的電圧を印加する。

10

このような駆動方法では、第二基板は、第一目的電圧印加ステップで、ギャップ変更部により加えられる作用力（例えば静電引力等）と、第一基板から離れる方向に作用する復元力とが作用する。このため、第二基板は、目的電圧に対応した目的ギャップ量 A に対応する位置を振動中心として、所定の振幅（ \pm ）で振動し、反射膜間ギャップのギャップ量は、 $A \pm$ の範囲で変動する。

ここで、第二基板が、反射膜間ギャップのギャップ量 $A -$ の位置から $A +$ の位置に変位する際に、第一電圧印加ステップが実施されると、目的電圧よりも大きい第一電圧が印加されることで、第二基板の復元力に抗する作用力が生じる。つまり、第二基板が変位する方向とは逆方向に作用力が作用する。このため、第二基板は、反射膜間ギャップのギャップ量が $A +$ となる位置まで変位せず、振幅が γ_1 （ $<$ ）に減衰される。この後、第二次目的電圧印加ステップを実施することで、再び目的電圧が印加されるが、この際の第二基板の振動は、減衰された振幅 γ_1 となる。

20

以上のように、本発明の波長可変干渉フィルターの駆動方法では、第一電圧印加ステップにより、第二基板の振動を抑制する作用力を作用させることが可能となり、第二基板の振動を減衰させることができる。したがって、波長可変干渉フィルターから、目的波長の光を安定して取り出すことができるまでの時間（安定化時間）を短くすることができる。

また、本発明では、上記のように、復元力に抗する作用力を生じさせて第二基板の振動を収束させるため、減圧下（真空下）であっても、第二基板の振動の収束を早めることができる。すなわち、波長可変干渉フィルターを（減圧下）真空下で駆動させることで、電圧印加時における応答性の向上と、安定化時間の短縮との双方を両立することができる。

30

【0009】

本発明の波長可変干渉フィルターの駆動方法において、前記第一次目的電圧印加ステップは、電圧印加開始時点から前記第二基板が有する固有振動周期の $1/2$ の間、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加し、前記第一電圧印加ステップは、前記第一次目的電圧印加ステップにおける電圧印加終了直後から前記第二基板が有する固有振動周期の $1/2$ の間、前記第一電圧を前記ギャップ変更部に印加することが好ましい。

【0010】

本発明では、第一次目的電圧印加ステップにおいて、まず、電圧の印加開始時点からの経過時間 T が、第二基板の固有振動周期 T_0 の $1/2$ の時間（ $T_0/2$ ）までの間、目的電圧を印加する。この場合、目的ギャップ量（振動中心）を「 A 」、振幅を γ とすると、第二基板は、経過時間 $T = T_0/2$ において、反射膜間ギャップがギャップ量 $A -$ となる位置まで変位する。その後、本発明では、経過時間 $T = T_0/2$ から $T = T_0$ までの間中、第一電圧印加ステップにより第一電圧が印加される。このため、第二基板は、ギャップ量 $A -$ の位置から第一基板から離れる方向に向かって移動する時間中、常に復元力に抗する負方向の作用力を受ける。さらに、経過時間 $T = T_0$ 以降は第二次目的電圧が印加される。このため、第二基板は、第一基板へ近づく方向に向かって移動する時間に合せて、目的ギャップ量 A と釣り合う力を受けることになり、第一電圧による振動の振幅増加を抑制することが可能となる。したがって、第二基板の振動をより効率的に減衰させることができる。これにより、波長可変干渉フィルターに安定化時間をより短縮することができる。

40

50

また、第二基板が最初に第一基板から離れる方向に移動する際に、第一電圧印加ステップが実施されるため、更に波長可変干渉フィルターの安定化時間を短縮させることができる。

【0011】

本発明の波長可変干渉フィルターの駆動方法において、前記第二次目的電圧印加ステップの後、前記第一電圧印加ステップ及び前記第二次目的電圧印加ステップを交互に複数回繰り返して実施することが好ましい。

本発明では、第二基板の振動において、第二基板が第一基板から離れる方向に移動する毎に、第二基板に目的電圧よりも大きい第一電圧に基づいた作用力を作用させることができる。これにより、第二基板の振動がより早く減衰し、波長可変干渉フィルターから目的波長の光を安定して取り出すことができるまでの時間（安定化時間）をより短縮することができる。

【0012】

本発明の波長可変干渉フィルターの駆動方法において、前記第一電圧印加ステップの実施回数を重ねる毎に、前記第一電圧印加ステップで前記ギャップ変更部に印加する電圧を前記第一電圧より前記目的電圧に近づけることが好ましい。

上記発明のように、第一電圧印加ステップと、第二次目的電圧印加ステップとを複数回繰り返すことで、第二基板の振動振幅はより早く減衰される。しかしながら、複数回の第一電圧印加ステップを繰り返した後も第一電圧の電圧値を変化させなかった場合、目的電圧よりも大きい第一電圧により第二基板の振動が増幅されることになる。これに対して、本発明では、前記第一電圧印加ステップの実施回数を重ねる毎に、印加電圧を徐々に目的電圧に近づけるため、上述のような第二基板の振動増幅がなく、波長可変干渉フィルターの安定化時間を短縮させることができる。

【0013】

本発明の波長可変干渉フィルターの駆動方法は、第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターの駆動方法であって、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧よりも小さい第二電圧を前記ギャップ変更部に印加する第二電圧印加ステップと、前記第二電圧印加ステップの後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する目的電圧印加ステップと、を実施することを特徴とする。

【0014】

本発明では、波長可変干渉フィルターの反射膜間ギャップを目的波長に対応した所定のギャップ量 A_2 に設定するために、まず、第二電圧印加ステップでギャップ変更部に対して目的電圧よりも小さい第二電圧を印加して駆動させ、その後、目的電圧印加ステップで目的電圧を印加する。

このような駆動方法では、第二電圧印加ステップで印加された第二電圧により、第二基板が第一基板側に撓む。この時、第二基板は、第二電圧を印加した場合、第二電圧に対応したギャップ量 A_2 を中心としてギャップ量が $A_2 \pm \Delta_2$ の範囲で振動する。ここで、第二電圧は目的電圧よりも小さいため、振幅 Δ_2 は、電圧印加開始時点で目的電圧を印加する場合の振幅よりも小さくなる。すなわち、本発明では、第二基板を駆動させた際の初期振動振幅を小さくできる。

また、第二基板が、反射膜間ギャップのギャップ量 $A_2 - \Delta_2$ の位置から $A_2 + \Delta_2$ の位置に変位する際に、目的電圧印加ステップが実施されると、第二電圧よりも大きい目的電圧が印加されることで、目的電圧に応じた作用力が第二基板に作用する。したがって、第一基板から離れる方向に作用する復元力に抗する作用力により、第二基板は、ギャップ量 $A_2 + \Delta_2$ まで変位せず、振動が減衰される。これにより、本発明の波長可変干渉フィルターの駆動方法においても、安定化時間を短くすることができる。

そして、本発明においても、波長可変干渉フィルターを減圧下（真空下）で駆動させる場合、電圧印加時における応答性の向上と、安定化時間の短縮との両立を図ることができる。

【0015】

本発明の波長可変干渉フィルターの駆動方法において、前記第二電圧印加ステップは、電圧印加開始時点から前記第二基板が有する固有振動周期の1/2の間、前記第二電圧を前記ギャップ変更部に印加し、前記目的電圧印加ステップは、前記第二電圧印加ステップにおける電圧印加終了直後から所定時間の間、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加することが好ましい。

【0016】

本発明では、第二電圧印加ステップにおいて、まず、電圧の印加開始時点からの経過時間 T が、 $T = 0$ から $T = T_0 / 2$ までの間、第二電圧を印加する。これにより、 $T = T_0 / 2$ において、第二基板は、第二電圧に対応した反射膜間ギャップのギャップ量（振動中心）を「 A_2 」、振幅を a_2 として、ギャップ量 $A_2 - a_2$ となる位置まで変位する。この時、第二基板の復元力は、最大となる。したがって、この直後から目的電圧印加ステップを実施することで、目的電圧を印加した際の第二基板の振動振幅をより小さくできる。これにより、波長可変干渉フィルターに安定化時間をより短縮することができる。

また、第二基板が最初に第一基板から離れる方向に移動する際に、目的電圧印加ステップが実施されるため、更に波長可変干渉フィルターの安定化時間を短縮させることができる。

【0017】

本発明の波長可変干渉フィルターの駆動方法は、第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターの駆動方法であって、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧よりも小さい第二電圧を前記ギャップ変更部に印加する第二電圧印加ステップと、前記第二電圧印加ステップの後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を前記ギャップ変更部に印加する第一電圧印加ステップと、前記第一電圧印加ステップの後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する目的電圧印加ステップと、を実施することを特徴とする。

【0018】

本発明では、波長可変干渉フィルターの反射膜間ギャップを目的波長に対応した所定のギャップ量に設定するために、まず、第二電圧印加ステップでギャップ変更部に対して目的電圧よりも小さい第二電圧をギャップ変更部に印加して駆動させた後、第一電圧印加ステップで目的電圧よりも大きい第一電圧をギャップ変更部に印加する。この後、目的電圧印加ステップで、目的電圧をギャップ変更部に印加する。

このような駆動方法では、第二電圧印加ステップの実施により、上述した発明と同様、初期振動振幅を小さくできるので、振動をより早く減衰させることができる。また、第一電圧印加ステップの実施により、第二基板の復元力に抗する作用力を作用させることで、振動振幅を更に減衰させることができる。したがって、本発明では、波長可変干渉フィルターにおける安定化時間をより一層短縮することができる。

そして、本発明においても、波長可変干渉フィルターを減圧下（真空下）で駆動させる場合、電圧印加時における応答性の向上と、安定化時間の短縮との両立を図ることができる。

【0019】

本発明の波長可変干渉フィルターの駆動方法において、前記第二電圧印加ステップは、電圧印加開始時点から前記第二基板が有する固有振動周期の1/2の間、前記第二電圧を前記ギャップ変更部に印加し、前記第二電圧印加ステップは、前記第二電圧印加ステップにおける電圧印加終了直後から前記第二基板が有する固有振動周期の1/2の間、前記第

10

20

30

40

50

一電圧を前記ギャップ変更部に印加することが好ましい。

【0020】

本発明では、第二電圧印加ステップにおいて、まず、電圧の印加開始時点からの経過時間 T が、 $T = 0$ から $T = T_0 / 2$ までの間、第二電圧をギャップ変更部に印加し、その後、 $T = T_0 / 2$ から $T = T_0$ までの間、第一電圧をギャップ変更部に印加する。

経過時間 $T = T_0 / 2$ では、第二基板の復元力が最大となるタイミングとなるため、ギャップ変更部に印加する電圧を第二電圧から第一電圧に切り替えることで、最大復元力に対してより強い作用力で第二基板の振動を減衰させることができる。また、第二基板が第一基板から離れる方向に移動する間中、目的電圧より大きい第一電圧が印加される。さらに、経過時間 $T = T_0$ 以降は、目的電圧が印加される。このため、第二基板は、第一基板へ近づく方向に向かって移動する時間に合せて、目的ギャップ量 A と釣り合う力を受けることになり、第一電圧による振動の振幅増加を抑制することが可能となる。これにより、第二基板の振動をより減衰させることができ、波長可変干渉フィルターの安定化時間をより一層短縮することができる。

10

【0021】

本発明の波長可変干渉フィルターの駆動方法において、前記目的電圧印加ステップの後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を印加する第一電圧印加ステップ、及び前記目的電圧印加ステップを交互に複数回繰り返して実施することが好ましい。

本発明では、第二基板の振動において、第二基板が第一基板から離れる方向に変位する毎に、第二基板に作用する復元力を減衰させることができる。これにより、より早く第二基板の振動を静止させることができる。

20

【0022】

本発明の波長可変干渉フィルターの駆動方法において、前記第一電圧印加ステップの実施回数を重ねる毎に、前記第一電圧印加ステップで前記ギャップ変更部に印加する電圧を前記第一電圧より前記目的電圧に近づけることが好ましい。

上記発明のように、第一電圧印加ステップと、目的電圧印加ステップとを複数回繰り返すことで、第二基板の振動振幅はより早く減衰される。しかしながら、複数回の第一電圧印加ステップを繰り返した後も第一電圧の電圧値を変化させなかった場合、目的電圧よりも大きい第一電圧により第二基板の振動が増幅されることになる。これに対して、本発明では、前記第一電圧印加ステップの実施回数を重ねる毎に、徐々に目的電圧に近づけるため、上述のような第二基板の振動増幅がなく、より迅速に波長可変干渉フィルターの安定化時間を短縮させることができる。

30

【0023】

本発明の波長可変干渉フィルターの駆動方法は、第一基板、前記第一基板にギャップを介して対向して配置された第二基板、及び電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて前記ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部、を備えた波長可変干渉フィルターの駆動方法であって、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する第一次目的電圧印加ステップと、前記第一次目的電圧印加ステップの後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を前記ギャップ変更部に印加する第一電圧印加ステップと、前記第一電圧印加ステップの後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する第二次目的電圧印加ステップと、を実施することを特徴とする。

40

【0024】

本発明では、上記発明と同様に、第一次目的電圧印加ステップの後、第一電圧印加ステップを実施し、その後、第二次目的電圧印加ステップを実施する。

これにより、第一電圧印加ステップにより、第二基板の復元力に抗する作用力を生じさせることで、第二基板の振動を抑制することができ、波長可変干渉フィルターにおける安定化時間を短くすることができる。

そして、本発明においても、波長可変干渉フィルターを減圧下（真空下）で駆動させる場合、電圧印加時における応答性の向上と、安定化時間の短縮との両立を図ることができ

50

る。

【0025】

本発明の波長可変干渉フィルターの駆動方法は、第一基板、前記第一基板にギャップを介して対向して配置された第二基板、及び電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターの駆動方法であって、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧よりも小さい第二電圧を前記ギャップ変更部に印加する第二電圧印加ステップと、前記第二電圧印加ステップの後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する目的電圧印加ステップと、を実施することを特徴とする。

【0026】

本発明では、上記発明と同様に、第二電圧印加ステップを実施した後、目的電圧印加ステップを実施する。

これにより、第二電圧印加ステップにより、第二基板を駆動させた際の初期振動振幅を小さくできる。また、第二電圧印加ステップの後、目的電圧印加ステップが実施されることで、第二基板の復元力に抗する作用力を生じさせることができ、第二基板の振動をさらに抑制することができ、波長可変干渉フィルターにおける安定化時間をより短くすることができる。

そして、本発明においても、波長可変干渉フィルターを減圧下（真空下）で駆動させる場合、電圧印加時における応答性の向上と、安定化時間の短縮との両立を図ることができる。

【0027】

本発明の波長可変干渉フィルターの駆動方法は、第一基板、前記第一基板にギャップを介して対向して配置された第二基板、及び電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターの駆動方法であって、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧よりも小さい第二電圧を前記ギャップ変更部に印加する第二電圧印加ステップと、前記第二電圧印加ステップの後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を前記ギャップ変更部に印加する第一電圧印加ステップと、前記第一電圧印加ステップの後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加する目的電圧印加ステップと、を実施することを特徴とする。

【0028】

本発明では、上記発明と同様に、第二電圧印加ステップを実施した後、第一電圧印加ステップを実施し、その後、目的電圧印加ステップを実施する。

これにより、第二電圧印加ステップの実施により、初期振動振幅が小さくでき、第一電圧印加ステップの実施により、第二基板の復元力に抗する作用力を作用させることができる。したがって、本発明では、波長可変干渉フィルターにおける安定化時間をより一層短縮することができる。

そして、本発明においても、波長可変干渉フィルターを減圧下（真空下）で駆動させる場合、電圧印加時における応答性の向上と、安定化時間の短縮との両立を図ることができる。

【0029】

本発明の光学モジュールは、第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターと、前記ギャップ量変更部に対して電圧を印加する電圧制御部と、を備え、前記電圧制御部は、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧を前記ギャップ変更部に印加した後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を前記ギャップ変更部に印加し、その後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加することを特徴とする。

【0030】

本発明では、電圧制御部により、波長可変干渉フィルターのギャップ変更部に対して、上述の第一次目的電圧印加ステップ、第一電圧印加ステップ、及び第二次目的電圧印加ステップを実施することができる。このため、波長可変干渉フィルターの第二基板に電圧を印加した際の振動をより迅速に静止させることができ、目的波長の光をより迅速に取り出すことができる。

【0031】

本発明の光学モジュールは、第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターと、前記ギャップ量変更部に対して電圧を印加する電圧制御部と、を備え、前記電圧制御部は、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧よりも小さい第二電圧を前記ギャップ変更部に印加した後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加することを特徴とする。

10

【0032】

本発明では、電圧制御部により、波長可変干渉フィルターのギャップ変更部に対して、上述の第二電圧印加ステップ、及び目的電圧印加ステップを実施することができる。このため、波長可変干渉フィルターの第二基板に電圧を印加した際の振動をより迅速に静止させることができ、目的波長の光をより迅速に取り出すことができる。

20

【0033】

本発明の光学モジュールは、第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターと、前記ギャップ量変更部に対して電圧を印加する電圧制御部と、を備え、前記電圧制御部は、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧よりも小さい第二電圧を前記ギャップ変更部に印加した後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を前記ギャップ変更部に印加し、その後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加することを特徴とする。

30

【0034】

本発明では、電圧制御部により、波長可変干渉フィルターのギャップ変更部に対して、上述の第二電圧印加ステップ、第一電圧印加ステップ、及び目的電圧印加ステップを実施することができる。このため、波長可変干渉フィルターの第二基板に電圧を印加した際の振動をより迅速に静止させることができ、目的波長の光をより迅速に取り出すことができる。

【0035】

本発明の光学モジュールでは、前記第二基板は、前記第一基板に変位可能な可動部と、前記可動部を保持する保持部とを有し、前記第二反射膜は、前記可動部に配置されていることが好ましい。

40

本発明では、第二基板は、可動部と保持部とを備え、保持部が変形することで、可動部が第一基板に対して進退する。このような構成では、保持部の変形により可動部が変位するため、可動部が変位した際の可動部の変形を抑制でき、可動部に設けられる第二反射膜の撓みを抑制できる。これにより、第一反射膜及び第二反射膜の平行度を維持することができ、可動部が変位した際の分解能の低下を抑制できる。

【0036】

本発明の電子機器は、第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変

50

更部を備えた波長可変干渉フィルターと、前記ギャップ量変更部に対して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により取り出された光に基づいて所定の処理を実施する処理部と、を備え、前記電圧制御部は、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧を前記ギャップ変更部に印加した後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を前記ギャップ変更部に印加し、その後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加することを特徴とする。

【0037】

本発明では、電圧制御部により、波長可変干渉フィルターのギャップ変更部に対して、上述の第一次目的電圧印加ステップ、第一電圧印加ステップ、及び第二次目的電圧印加ステップを実施することができる。このため、波長可変干渉フィルターの第二基板に電圧を印加した際の振動をより迅速に静止させることができ、目的波長の光をより迅速に取り出すことができる。したがって、取り出された光に基づいた処理部による処理をより迅速に開始することができ、電子機器の処理速度向上を図ることができる。

10

【0038】

本発明の電子機器は、第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターと、前記ギャップ量変更部に対して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により取り出された光に基づいて所定の処理を実施する処理部と、を備え、前記電圧制御部は、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧よりも小さい第二電圧を前記ギャップ変更部に印加した後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加することを特徴とする。

20

【0039】

本発明では、電圧制御部により、波長可変干渉フィルターのギャップ変更部に対して、上述の第二電圧印加ステップ、及び目的電圧印加ステップを実施することができる。このため、波長可変干渉フィルターの第二基板に電圧を印加した際の振動をより迅速に静止させることができ、目的波長の光をより迅速に取り出すことができる。したがって、取り出された光に基づいた処理部による処理をより迅速に開始することができ、電子機器の処理速度向上を図ることができる。

30

【0040】

本発明の電子機器は、第一基板、前記第一基板に対向して配置された第二基板、前記第一基板に設けられた第一反射膜、前記第二基板に設けられ、前記第一反射膜に反射膜間ギャップを介して対向して配置された第二反射膜、及び、電圧印加により前記第二基板を前記第一基板側に撓ませて、前記反射膜間ギャップのギャップ量を変化させるギャップ量変更部を備えた波長可変干渉フィルターと、前記ギャップ量変更部に対して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により取り出された光に基づいて所定の処理を実施する処理部と、を備え、前記電圧制御部は、前記波長可変干渉フィルターにより目的波長の光を取り出すための目的電圧よりも小さい第二電圧を前記ギャップ変更部に印加した後、前記目的電圧よりも大きい第一電圧を前記ギャップ変更部に印加し、その後、前記目的電圧を前記ギャップ変更部に印加することを特徴とする。

40

【0041】

本発明では、電圧制御部により、波長可変干渉フィルターのギャップ変更部に対して、上述の第二電圧印加ステップ、第一電圧印加ステップ、及び目的電圧印加ステップを実施することができる。このため、波長可変干渉フィルターの第二基板に電圧を印加した際の振動をより迅速に静止させることができ、目的波長の光をより迅速に取り出すことができる。したがって、取り出された光に基づいた処理部による処理をより迅速に開始することができ、電子機器の処理速度向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0042】

50

【図 1】本発明に係る第一実施形態の分光測定装置の概略構成を示すブロック図。

【図 2】第一実施形態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 の III - III 線を断面した際の波長可変干渉フィルターの断面図。

【図 4】第一実施形態において、静電アクチュエーターに印加された駆動電圧のパルス波形を示す図。

【図 5】第一実施形態において、静電アクチュエーターに電圧を印加した際に、可動部の振動により変化する反射膜間ギャップのギャップ量を示す図。

【図 6】第一実施形態の制振メカニズムを説明するための図。

【図 7】第二実施形態において、静電アクチュエーターに印加された駆動電圧のパルス波形を示す図。

【図 8】第二実施形態において、静電アクチュエーターに電圧を印加した際に、可動部の振動により変化する反射膜間ギャップのギャップ量を示す図。

【図 9】第二実施形態の制振メカニズムを説明するための図。

【図 10】第二実施形態の制振メカニズムを説明するための図。

【図 11】第三実施形態において、静電アクチュエーターに印加された駆動電圧のパルス波形を示す図。

【図 12】第三実施形態において、静電アクチュエーターに電圧を印加した際に、可動部の振動により変化する反射膜間ギャップのギャップ量を示す図。

【図 13】第一実施形態、第二実施形態、及び第三実施形態における反射膜間ギャップのギャップ量変化の違いを示す図。

【図 14】(A) は、第四実施形態において、静電アクチュエーターに印加された駆動電圧のパルス波形を示す図。(B) は、第四実施形態における反射膜間ギャップのギャップ量変化を示す図。

【図 15】第一電圧印加ステップにおける第一電圧の印加時間と、安定化時間との関係を示す図。

【図 16】本発明の電子機器の一例であるガス検出装置を示す概略図。

【図 17】図 16 のガス検出装置の制御系の構成を示すブロック図。

【図 18】本発明の電子機器の一例である食物分析装置の概略構成を示す図。

【図 19】本発明の電子機器の一例である分光カメラの概略構成を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0043】

[第一実施形態]

以下、本発明に係る第一実施形態を図面に基づいて説明する。

[分光測定装置の構成]

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、測定対象 X で反射され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電子機器である。

この分光測定装置 1 は、図 1 に示すように、波長可変干渉フィルター 5 と、ディテクター 11 (検出部) と、I - V 変換器 12 と、アンプ 13 と、A / D 変換器 14 と、電圧制御部 15 と、制御部 20 と、を備えている。ここで、波長可変干渉フィルター 5 及び電圧制御部 15 により本発明の光学モジュールが構成されている。

【0044】

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

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

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

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

10

20

30

40

50

電圧制御部 15 は、制御部 20 の制御に基づいて、波長可変干渉フィルター 5 の後述する静電アクチュエーター 56 に対して駆動電圧を印加する。なお、電圧制御部 15 による駆動電圧の制御に関する詳細な説明は後述する。

【0045】

[波長可変干渉フィルターの構成]

ここで、分光測定装置 1 に組み込まれる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、波長可変干渉フィルターの概略構成を示す平面図である。図 3 は、図 2 を III-III 線で断面した際の断面図である。

波長可変干渉フィルター 5 は、図 2 に示すように、例えば矩形板状の光学部材である。この波長可変干渉フィルター 5 は、図 3 に示すように、固定基板 51 および可動基板 52 を備えている。これらの固定基板 51 及び可動基板 52 は、それぞれ各種ガラスや水晶等により形成されている。そして、これらの固定基板 51 及び可動基板 52 は、固定基板 51 の第一接合部 513 及び可動基板の第二接合部 523 が、例えばシロキサンを主成分とするプラズマ重合膜などにより構成された接合膜 53 (第一接合膜 531 及び第二接合膜 532) により接合されることで、一体的に構成されている。

また、波長可変干渉フィルター 5 は、図 1 に示すように、内部空間が真空環境 (又は大気圧よりも減圧された環境) に維持された筐体 50 内に収納されて、分光測定装置 1 に組み込まれている。この筐体 50 は、例えば、波長可変干渉フィルター 5 に設けられた後述する固定電極パッド 563P 及び可動電極パッド 564P と接続される内部電極と、内部電極と電氣的に接続され、筐体 50 外部に設けられる外部電極とを備える。これにより、筐体 50 の外部電極を電圧制御部 15 に接続することで、筐体 50 内部を真空 (減圧) に維持した状態で、波長可変干渉フィルターを駆動させることができる。

また、この筐体 50 は、波長可変干渉フィルター 5 の後述する固定反射膜 54 及び可動反射膜 55 に対向する位置に、光透過部 50A を有し、この光透過部 50A を介して波長可変干渉フィルター 5 への入射光の入射、波長可変干渉フィルター 5 を透過した光に射出が可能となる。

【0046】

固定基板 51 には、本発明の第一反射膜を構成する固定反射膜 54 が設けられ、可動基板 52 には、本発明の第二反射膜を構成する可動反射膜 55 が設けられている。これらの固定反射膜 54 および可動反射膜 55 は、反射膜間ギャップ G1 (本発明のギャップ) を介して対向配置されている。そして、波長可変干渉フィルター 5 には、この反射膜間ギャップ G1 のギャップ量を調整 (変更) するのに用いられる静電アクチュエーター 56 が設けられている。この静電アクチュエーター 56 は、本発明におけるギャップ変更部に相当する。この静電アクチュエーター 56 は、固定基板 51 に設けられた固定電極 561 と、可動基板 52 に設けられた可動電極 562 とにより構成されている。これらの固定電極 561, 可動電極 562 は、電極間ギャップ G2 を介して対向する。ここで、これらの電極 561, 562 は、それぞれ固定基板 51 及び可動基板 52 の基板表面に直接設けられる構成であってもよく、他の膜部材を介して設けられる構成であってもよい。ここで、電極間ギャップ G2 のギャップ量は、反射膜間ギャップ G1 のギャップ量より大きい。

また、波長可変干渉フィルター 5 を固定基板 51 (可動基板 52) の基板厚み方向から見た図 2 に示すようなフィルター平面視において、固定基板 51 及び可動基板 52 の平面中心点 O は、固定反射膜 54 及び可動反射膜 55 の中心点と一致し、かつ後述する可動部 521 の中心点と一致する。

なお、以降の説明に当たり、固定基板 51 または可動基板 52 の基板厚み方向から見た平面視、つまり、固定基板 51、接合膜 53、及び可動基板 52 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。

【0047】

(固定基板の構成)

固定基板 51 には、図 3 に示すように、エッチングにより電極配置溝 511 および反射膜設置部 512 が形成されている。この固定基板 51 は、可動基板 52 に対して厚み寸法

が大きく形成されており、固定電極 5 6 1 および可動電極 5 6 2 間に電圧を印加した際の静電引力や、固定電極 5 6 1 の内部応力による固定基板 5 1 の撓みはない。

また、固定基板 5 1 の頂点 C 1 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 の固定基板 5 1 側に、後述する可動電極パッド 5 6 4 P が露出する。

【 0 0 4 8 】

電極配置溝 5 1 1 は、フィルター平面視で、固定基板 5 1 の平面中心点 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、前記平面視において、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、固定電極 5 6 1 が配置される電極設置面 5 1 1 A となる。また、反射膜設置部 5 1 2 の突出先端面は、反射膜設置面 5 1 2 A となる。

また、固定基板 5 1 には、電極配置溝 5 1 1 から、固定基板 5 1 の外周縁の頂点 C 1 , 頂点 C 2 に向かって延出する電極引出溝 5 1 1 B が設けられている。

【 0 0 4 9 】

電極配置溝 5 1 1 の電極設置面 5 1 1 A には、固定電極 5 6 1 が設けられている。より具体的には、固定電極 5 6 1 は、電極設置面 5 1 1 A のうち、後述する可動部 5 2 1 の可動電極 5 6 2 に対向する領域に設けられている。また、固定電極 5 6 1 上に、固定電極 5 6 1 及び可動電極 5 6 2 の間の絶縁性を確保するための絶縁膜が積層される構成としてもよい。

そして、固定基板 5 1 には、固定電極 5 6 1 の外周縁から、頂点 C 2 方向に延出する固定引出電極 5 6 3 が設けられている。この固定引出電極 5 6 3 の延出先端部（固定基板 5 1 の頂点 C 2 に位置する部分）は、電圧制御部 1 5 に接続される固定電極パッド 5 6 3 P を構成する。

なお、本実施形態では、電極設置面 5 1 1 A に 1 つの固定電極 5 6 1 が設けられる構成を示すが、例えば、平面中心点 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 5 0 】

反射膜設置部 5 1 2 は、上述したように、電極配置溝 5 1 1 と同軸上で、電極配置溝 5 1 1 よりも小さい径寸法となる略円柱状に形成され、当該反射膜設置部 5 1 2 の可動基板 5 2 に対向する反射膜設置面 5 1 2 A を備えている。

この反射膜設置部 5 1 2 には、図 3 に示すように、固定反射膜 5 4 が設置されている。この固定反射膜 5 4 としては、例えば Ag 等の金属膜や、Ag 合金等の合金膜を用いることができる。また、例えば高屈折層を TiO_2 、低屈折層を SiO_2 とした誘電体多層膜を用いてもよい。さらに、誘電体多層膜上に金属膜（又は合金膜）を積層した反射膜や、金属膜（又は合金膜）上に誘電体多層膜を積層した反射膜、単層の屈折層（ TiO_2 や SiO_2 等）と金属膜（又は合金膜）とを積層した反射膜などを用いてもよい。

【 0 0 5 1 】

また、固定基板 5 1 の光入射面（固定反射膜 5 4 が設けられない面）には、固定反射膜 5 4 に対応する位置に反射防止膜を形成してもよい。この反射防止膜は、低屈折率膜および高屈折率膜を交互に積層することで形成することができ、固定基板 5 1 の表面での可視光の反射率を低下させ、透過率を増大させる。

【 0 0 5 2 】

そして、固定基板 5 1 の可動基板 5 2 に対向する面のうち、エッチングにより、電極配置溝 5 1 1、反射膜設置部 5 1 2、及び電極引出溝 5 1 1 B が形成されない面は、第一接合部 5 1 3 を構成する。この第一接合部 5 1 3 には、第一接合膜 5 3 1 が設けられ、この第一接合膜 5 3 1 が、可動基板 5 2 に設けられた第二接合膜 5 3 2 に接合されることで、上述したように、固定基板 5 1 及び可動基板 5 2 が接合される。

【 0 0 5 3 】

（可動基板の構成）

可動基板 5 2 は、図 2 に示すようなフィルター平面視において、平面中心点 O を中心とした円形状の可動部 5 2 1 と、可動部 5 2 1 と同軸であり可動部 5 2 1 を保持する保持部

10

20

30

40

50

5 2 2 と、保持部 5 2 2 の外側に設けられた基板外周部 5 2 5 と、を備えている。

また、可動基板 5 2 には、図 2 に示すように、頂点 C 2 に対応して、切欠部 5 2 4 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 5 2 側から見た際に、固定電極パッド 5 6 3 P が露出する。

【 0 0 5 4 】

可動部 5 2 1 は、保持部 5 2 2 よりも厚み寸法が大きく形成され、例えば、本実施形態では、可動基板 5 2 の厚み寸法と同一寸法に形成されている。この可動部 5 2 1 は、フィルター平面視において、少なくとも反射膜設置面 5 1 2 A の外周縁の径寸法よりも大きい径寸法に形成されている。そして、この可動部 5 2 1 には、可動電極 5 6 2 及び可動反射膜 5 5 が設けられている。

10

なお、固定基板 5 1 と同様に、可動部 5 2 1 の固定基板 5 1 とは反対側の面には、反射防止膜が形成されていてもよい。このような反射防止膜は、低屈折率膜および高屈折率膜を交互に積層することで形成することができ、可動基板 5 2 の表面での可視光の反射率を低下させ、透過率を増大させることができる。

【 0 0 5 5 】

可動電極 5 6 2 は、電極間ギャップ G 2 を介して固定電極 5 6 1 に対向し、固定電極 5 6 1 と同一形状となる環状に形成されている。また、可動基板 5 2 には、可動電極 5 6 2 の外周縁から可動基板 5 2 の頂点 C 1 に向かって延出する可動引出電極 5 6 4 を備えている。この可動引出電極 5 6 4 の延出先端部（可動基板 5 2 の頂点 C 1 に位置する部分）は、電圧制御部 1 5 に接続される可動電極パッド 5 6 4 P を構成する。

20

可動反射膜 5 5 は、可動部 5 2 1 の可動面 5 2 1 A の中心部に、固定反射膜 5 4 と反射膜間ギャップ G 1 を介して対向して設けられる。この可動反射膜 5 5 としては、上述した固定反射膜 5 4 と同一の構成の反射膜が用いられる。

なお、本実施形態では、上述したように、電極間ギャップ G 2 のギャップ量が反射膜間ギャップ G 1 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、反射膜間ギャップ G 1 のギャップ量が、電極間ギャップ G 2 のギャップ量よりも大きくなる構成としてもよい。

【 0 0 5 6 】

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、可動部 5 2 1 よりも厚み寸法が小さく形成されている。このような保持部 5 2 2 は、可動部 5 2 1 よりも撓みやすく、僅かな静電引力により、可動部 5 2 1 を固定基板 5 1 側に変位させることが可能となる。この際、可動部 5 2 1 が保持部 5 2 2 よりも厚み寸法が大きく、剛性が大きくなるため、保持部 5 2 2 が静電引力により固定基板 5 1 側に引っ張られた場合でも、可動部 5 2 1 の形状変化が起こらない。したがって、可動部 5 2 1 に設けられた可動反射膜 5 5 の撓みも生じず、固定反射膜 5 4 及び可動反射膜 5 5 を常に平行状態に維持することが可能となる。

30

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、平面中心点 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。

40

【 0 0 5 7 】

基板外周部 5 2 5 は、上述したように、フィルター平面視において保持部 5 2 2 の外側に設けられている。この基板外周部 5 2 5 の固定基板 5 1 に対向する面は、第一接合部 5 1 3 に対向する第二接合部 5 2 3 を備えている。そして、この第二接合部 5 2 3 には、第二接合膜 5 3 2 が設けられ、上述したように、第二接合膜 5 3 2 が第一接合膜 5 3 1 に接合されることで、固定基板 5 1 及び可動基板 5 2 が接合されている。

【 0 0 5 8 】

[制御部の構成]

図 1 に戻り、分光測定装置 1 の制御部 2 0 について、説明する。

制御部 2 0 は、本発明の処理部に相当し、例えば CPU やメモリー等が組み合わされる

50

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、フィルター駆動部 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 は、各種データを記憶する記憶部 30 を備える。この記憶部 30 は、波長可変干渉フィルター 5 の静電アクチュエーター 56 に印加する駆動電圧に対する、当該波長可変干渉フィルター 5 を透過する光の波長の関係を示す V - データを記憶する。

【0059】

フィルター駆動部 21 は、波長可変干渉フィルター 5 により取り出す光の波長を設定するための駆動電圧を設定し、電圧制御部 15 を制御して、当該駆動電圧を波長可変干渉フィルター 5 の静電アクチュエーター 56 に印加する。

10

ここで、フィルター駆動部 21 は、記憶部 30 に記憶された V - データから、測定対象である目的波長に対応した駆動電圧を読み出し、読み出した駆動電圧を静電アクチュエーター 56 に印加する。

【0060】

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。

【0061】

[波長可変干渉フィルターの駆動方法]

20

以上のような波長可変干渉フィルター 5 では、固定電極パッド 563 P 及び可動電極パッド 564 P がそれぞれ電圧制御部 15 に接続されている。したがって、電圧制御部 15 により、固定電極 561 及び可動電極 562 間に電圧が印加されることで、静電引力により可動部 521 が固定基板 51 側に変位する。これにより、反射膜間ギャップ G1 のギャップ量を所定量に変更することが可能となる。

【0062】

ここで、本実施形態では、制御部 20 により、波長可変干渉フィルターから目的波長の光を取り出すための目的電圧が設定され、制御部 20 から電圧制御部 15 に、静電アクチュエーター 56 に目的電圧を印加させる旨の制御信号が入力される。これにより電圧制御部 15 は、以下のような電圧制御により波長可変干渉フィルター 5 の静電アクチュエーター 56 に駆動パルスを出力して駆動させる。

30

図 4 は、本実施形態において、静電アクチュエーター 56 に印加された駆動電圧のパルス波形を示す図である。

図 4 において、電圧 V において、 V_0 は、制御部 20 により設定された目的電圧、 V_1 は、目的電圧よりも大きい第一電圧を示す。また、時間 T において、「0」は、静電アクチュエーター 56 への電圧印加開始タイミングであり、「 T_0 」は、可動基板 52 の可動部 521 が振動した際の固有振動周期である。

また、図 5 は、静電アクチュエーター 56 に電圧を印加した際に、可動部 521 の振動により変化する反射膜間ギャップ G1 のギャップ量を示す図である。図 5 において、破線は、電圧印加開始時点から静電アクチュエーター 56 に目的電圧 V を印加し続けた場合における反射膜間ギャップ G1 のギャップ量変化を示す。また、実線は、本実施形態の駆動方法を用いて静電アクチュエーター 56 に電圧を印加した場合における反射膜間ギャップ G1 のギャップ量変化を示す。

40

【0063】

図 4 に示すように、電圧制御部 15 は、制御部 20 から静電アクチュエーター 56 に目的電圧 V を印加する旨の制御信号が入力されると、まず、第一次目的電圧印加ステップを実施する。第一次目的電圧印加ステップは、電圧印加開始タイミング ($T = 0$) から、可動基板 52 の可動部 521 の振動における固有振動周期 T_0 の $1/2$ までの時間 ($T = T_0/2$) において実施される。

この第一次目的電圧印加ステップでは、電圧制御部 15 は、印加電圧が目的電圧 V で

50

あり、パルス幅が $T_0 / 2$ である駆動パルスを静電アクチュエーター 56 に印加する。

【0064】

次に、図4に示すように、時間 $T = T_0 / 2$ のタイミングで、電圧制御部 15 は、第一電圧印加ステップを実施する。第一電圧印加ステップでは、印加電圧が、目的電圧 V よりも大きい第一電圧 V_1 であり、パルス幅が $T_0 / 2$ である制振パルスを静電アクチュエーター 56 に印加する。

ここで、第一電圧 V_1 は、例えば、可動部 521 の撓み易さ（可動基板 52 の剛性）や、設定する反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量等によって適宜変化するものであり、個々の波長可変干渉フィルター 5 により異なる値となる。例えば、可動基板 52 の剛性が大きい場合は、可動基板 52 の剛性が小さい波長可変干渉フィルター 5 よりも第一電圧 V_1 を大きく設定する。また、反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量が小さくなるほど、静電アクチュエーター 56 により加えられる静電引力（作用力）は大きくなるため、第一電圧 V_1 も目的電圧 V に近づける必要がある。したがって、第一電圧 V_1 としては、波長可変干渉フィルター 5 の製造時又は検査時において、印加する目的電圧 V に対する最適な第一電圧 V_1 を予め測定して、例えば記憶部（図示略）に記憶しておくことが好ましい。なお、制御部 20 に設けられた記憶部 30 に、目的電圧 V に対する第一電圧 V_1 が記憶されている場合、

10

このように記憶部に目的電圧 V に対する第一電圧 V_1 が記憶されている場合、電圧制御部 15 は、第一電圧印加ステップにおいて、設定された目的電圧 V に対する第一電圧 V_1 を読み出すことで、最適な第一電圧 V_1 の制振パルスを静電アクチュエーター 56 に印加させることができる。

20

【0065】

図6は、第一実施形態の制振メカニズムを説明するための図である。

静電アクチュエーター 56 に駆動パルスが印加されると、静電アクチュエーター 56 の静電引力と可動部 521 に作用する復元力とにより、可動部 521 は、反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量が目的ギャップ量 A となる位置を中心に、振幅 A_0 で振動する。ここで、経過時間 T が $T = T_0 / 2$ の状態では、可動部 521 は、図6(A)に示すように、反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量がギャップ変動範囲における最小値 ($A - A_0$) となる位置にあり、第一基板から離れる方向 (X 方向) に向かって復元力 F_x が作用する。ここで、経過時間 T が $T = T_0 / 2$ から $T = T_0$ となるまでの間、第一電圧印加ステップが実施されると、可動部 521 が X 方向に移動する間、目的電圧 V が印加された時よりも大きい静電引力 F_1 が $-X$ 方向に作用する。このため、可動部 521 は、図6(B)に示すように、 $T = T_0$ において、 $A + A_1$ (ただし、 $A_1 < A_0$) の位置まで変位する。つまり、第一電圧印加ステップにより、制振パルスが静電アクチュエーター 56 に印加されることで、可動部 521 の振幅が小さくなり、振動が減衰することになる。

30

【0066】

この後、図4に示すように、時間 $T = T_0$ のタイミングで、電圧制御部 15 は、第二次目的電圧印加ステップを実施する。第二次目的電圧印加ステップでは、印加電圧が目的電圧 V である駆動パルスを静電アクチュエーター 56 に印加し続ける。

これにより、可動部 521 は、反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量が目的ギャップ量 A となる位置を振動中心として振動する。この時、第一電圧印加ステップにより、振動振幅の値が、初期の振幅 A_0 よりも小さい振幅 A_1 に減衰されているので、以降の可動部 521 の振動は、振幅 A_1 の減衰振動となり、振動が静止するまでの時間（安定化時間）が短縮される。

40

【0067】

[第一実施形態の作用効果]

本実施形態の分光測定装置 1 では、電圧制御部 15 による波長可変干渉フィルター 5 の駆動方法において、まず、静電アクチュエーター 56 に目的電圧 V を印加する第一目的電圧印加ステップを実施する。その後、目的電圧 V よりも大きい第一電圧 V_1 を静電アクチュエーター 56 に印加する第一電圧印加ステップを実施する。そして、その後、目

50

的電圧 V を印加する第二次目的電圧印加ステップを実施する。

このような駆動方法では、第一目的電圧印加ステップで印加された目的電圧 V により、可動部 521 が固定基板 51 に最も近接する位置まで変位した後、可動部 521 が固定基板 51 から離れる X 方向に向かって変位する際に、可動部 521 は、目的電圧 V の印加時よりも大きな静電引力を受ける。このため、可動部 521 の振動を減衰させることができ、波長可変干渉フィルター 5 の安定化時間を短縮させることができる。

これにより、波長可変干渉フィルター 5 から目的電圧 V に対応する目的波長の光を迅速に取り出すことができ、分光測定装置 1 による測定対象光の分光測定処理も迅速に開始することができる。

そして、本実施形態では、波長可変干渉フィルター 5 は、内部空間が真空中に維持された筐体 50 内に収納されている。このような筐体 50 内に収納した状態、つまり真空中で波長可変干渉フィルター 5 を駆動させることで、電圧印加時に可動部 521 に空気抵抗による応力が作用しない。したがって、電圧印加時における応答性を向上させることができる。また、通常は、このように真空中に波長可変干渉フィルター 5 を配置することで、可動部 521 に振動が収束しにくくなるが、本発明では、上記のように第一電圧印加ステップを実施することで、可動部 521 に対して振動方向とは反対側に力を作用させることができ、振動を迅速に収束させることができる。したがって、本実施形態では、波長可変干渉フィルター 5 の応答性の向上と、安定化時間の短縮との双方を図ることができる。

【0068】

本実施形態では、第一次目的電圧印加ステップにおいて、電圧値が目的電圧 V であり、パルス幅が $T_0/2$ (可動部 521 の固有振動周期 T_0 の $1/2$) である駆動パルスが入力され、その直後に、第一電圧印加ステップにおいて、電圧値が第一電圧 V_1 であり、パルス幅が $T_0/2$ である制振パルスが入力される。

このため、可動部 521 が固定基板 51 に最も近接した位置から $+X$ 方向に移動する間、可動部 521 は、目的電圧 V よりも大きい第一電圧 V_1 による静電引力 F_1 を受けることになる。したがって、可動部 521 の固定基板 51 から離れる X 方向への変位をより確実に抑えることができ、可動部 521 の振動をより減衰させることができる。

【0069】

[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。

第二実施形態は、上記第一実施形態と同様の構成を有するが、電圧制御部 15 による波長可変干渉フィルター 5 の駆動方法が異なる。したがって、本実施形態における各構成については、第一実施形態と同一の符号を付し、その説明を省略し、以下において、本実施形態における電圧制御部 15 による波長可変干渉フィルター 5 の駆動方法について説明する。

図 7 は、本実施形態において、静電アクチュエーター 56 に印加された駆動電圧のパルス波形を示す図である。

図 7 において、電圧 V において、 V は、制御部 20 により設定された目的電圧、 V_2 は、目的電圧よりも小さい第二電圧を示す。また、時間 T において、「0」は、静電アクチュエーター 56 への電圧印加開始タイミングであり、「 T_0 」は、可動基板 52 の可動部 521 が振動した際の固有振動周期である。

また、図 8 は、静電アクチュエーター 56 に電圧を印加した際に、可動部 521 の振動により変化する反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量を示す図である。図 8 において、破線は、電圧印加開始時点から静電アクチュエーター 56 に目的電圧 V を印加し続けた場合における反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量変化を示す。また、実線は、本実施形態の駆動方法を用いて静電アクチュエーター 56 に電圧を印加した場合における反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量変化を示す。

【0070】

図 7 に示すように、電圧制御部 15 は、制御部 20 から静電アクチュエーター 56 に目的電圧 V を印加する旨の制御信号が入力されると、まず、第二電圧印加ステップを実施

する。第二電圧印加ステップは、電圧印加開始タイミング ($T = 0$) から、可動基板 5 2 の可動部 5 2 1 の振動における固有振動周期 T_0 の $1/2$ までの時間 ($T = T_0/2$) において実施される。

この第二電圧印加ステップでは、電圧制御部 1 5 は、印加電圧が第二電圧 V_2 であり、パルス幅が $T_0/2$ である初期駆動パルスを静電アクチュエーター 5 6 に印加する。

次に、図 7 に示すように、時間 $T = T_0/2$ のタイミングで、電圧制御部 1 5 は、目的電圧印加ステップを実施する。目的電圧印加ステップでは、印加電圧が、目的電圧 V である駆動パルスを静電アクチュエーター 5 6 に印加し続ける。

【0071】

図 9 及び図 10 は、第二実施形態の制振メカニズムを説明するための図である。

10

第二電圧印加ステップが実施されると、図 9 (A) に示すように、静電アクチュエーター 5 6 の静電引力と可動部 5 2 1 に作用する復元力とにより、可動部 5 2 1 は、反射膜間ギャップ G_1 が第二電圧 V_2 に応じたギャップ量 A_2 となる位置を振動中心として振幅 Δ_2 で振動する。したがって、経過時間 T が $T = T_0/2$ の状態では、可動部 5 2 1 は、図 9 (A) に示すように、反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量がギャップ変動範囲における最小値 ($A_2 - \Delta_2$) となる位置にあり、第一基板から離れる方向 (+X 方向) に向かって復元力 F_x が作用する。

【0072】

ここで、目的電圧 V に対応する反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量を目的ギャップ量 A とし、 $A_2 > A > A_2 - \Delta_2$ である場合の可動部 5 2 1 の動作について説明する。

20

経過時間 T が $T = T_0/2$ から $T = T_0$ となるまでの間、目的電圧印加ステップが実施されると、可動部 5 2 1 が X 方向に移動する間、第二電圧 V_2 が印加された時よりも大きい静電引力 F_2 が -X 方向に作用する。このため、可動部 5 2 1 は、図 9 (B) に示すように、 $T = T_0$ において、 $A_2 + \Delta_2$ ($\Delta_2 < \Delta_2$) の位置 (基準位置 X_m) まで変位する。

以降、可動部 5 2 1 は、この基準位置 X_m から固定基板 5 1 側 (-X 方向) に向かって、目的電圧 V に応じた目的ギャップ量 A を振動中心に、振幅 Δ ($= A_2 - \Delta_2 - A$) で振動する。ここで、この振幅 Δ は、反射膜間ギャップ G_1 の初期ギャップ量 (電圧を印加していない状態における反射膜間ギャップ G_1 の最大ギャップ量) に対して十分に小さい。したがって、振幅 Δ は、図 8 に示すように、電圧印加開始時から目的電圧 V を静電アクチュエーター 5 6 に印加し続けた際に発生する振動振幅 Δ_2 に比べて小さくなる。したがって、波長可変干渉フィルター 5 の安定化時間も、電圧印加開始時から目的電圧 V を印加した場合に比べて十分に短い時間となる。

30

【0073】

次に、目的電圧 V に対応する反射膜間ギャップ G_1 の目的ギャップ量 A が、 $A_2 - \Delta_2$ である場合の可動部 5 2 1 の動作について説明する。

この場合においても、図 10 (A) に示すように、経過時間 T が $T = T_0/2$ の状態で、可動部 5 2 1 は、反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量がギャップ変動範囲で最小値 ($A_2 - \Delta_2$) となる位置にあり、第一基板から離れる方向 (X 方向) に向かって復元力 F_x が作用する。

40

一方、目的ギャップ量 A が、 $A_2 - \Delta_2$ である場合、静電アクチュエーター 5 6 に作用する静電引力 F_2 は、復元力 F_x よりも大きくなる。したがって、可動部 5 2 1 は、 $T = T_0/2$ における $A_2 - \Delta_2$ の基準位置 X_{m2} から、固定基板 5 1 側 (-X 方向) に更に向かつて目的電圧 V に応じた目的ギャップ量 A を振動中心に振幅 Δ ($= A_2 - A - \Delta_2$) で振動する。ここで、この振幅 Δ は、図 8 に示すように、反射膜間ギャップ G_1 の初期ギャップ量に対して十分に小さくなる。したがって、可動部 5 2 1 が静止する安定化時間も、電圧印加開始時から目的電圧 V を印加し続けた場合に比べて短縮される。

【0074】

なお、本実施形態では、 $A > A_2 - \Delta_2$ を満たすように、目的電圧 V に対する第二

50

電圧 V_2 が設定されていることが好ましい。

この場合、電圧印加開始時点からの経過時間 T が $T = T_0 / 2$ の状態で、目的電圧 V が静電アクチュエーター 56 に印加されると、静電アクチュエーターによる静電引力と可動部 521 に作用する復元力とが略同値となる。また、この状態において、可動部 521 は、基準位置 X_{m2} に位置するので、可動部 521 の変位速度が 0 である。したがって、復元力と静電引力とがほぼ釣り合った状態が維持されることで、可動部 521 の振動をより抑制することができる。

なお、実際には、第二電圧 V_2 から目的電圧 V まで電圧が立ち上がるまでの遅延や、可動部 521 の残留応力等の影響により、可動部 521 に振動が発生する。したがって、第二電圧 V_2 から目的電圧 V までの電圧立ち上がり時間を考慮し、 $T = T_0 / 2$ となる所定時間前から目的電圧印加ステップを実施してもよく、この場合、可動部 521 の振動をより減衰させることが可能となる。

【0075】

また、本実施形態においても、第二電圧 V_2 は、上記第一実施形態と同様に、個々の波長可変干渉フィルター 5 により変化する可動部 521 の撓み易さ（可動基板 52 の剛性）や、設定する反射膜間ギャップ $G1$ のギャップ量等によって適宜変化するものである。したがって、第二電圧 V_2 としては、波長可変干渉フィルター 5 の製造時又は検査時において、印加する目的電圧 V に対する最適な第二電圧 V_2 を予め測定して、例えば記憶部（図示略）に記憶しておくことが好ましい。なお、制御部 20 に設けられた記憶部 30 に、目的電圧 V に対する第二電圧 V_2 が記憶されていてもよい。

【0076】

[第二実施形態の作用効果]

本実施形態では、電圧制御部 15 による波長可変干渉フィルター 5 の駆動方法において、まず、静電アクチュエーター 56 に第二電圧 V_2 を静電アクチュエーター 56 に印加する第二電圧印加ステップを実施し、その後、目的電圧 V を印加する第二次目的電圧印加ステップを実施する。

これにより、第二電圧印加ステップで印加された第二電圧 V_2 により、可動部 521 は、目的電圧 V が印加された場合よりも小さい振幅の振動が発生する。ここで、反射膜間ギャップ $G1$ の目的ギャップ量 A が第二電圧印加ステップによる可動部 521 の振動範囲内（ $A_2 > A > A_2 - \Delta_2$ ）である場合、可動部 521 が +X 方向に変位する際に、目的電圧印加ステップが実施されると、第二電圧 V_2 より大きな目的電圧 V による静電引力により可動部 521 の振動が減衰される。これにより、波長可変干渉フィルター 5 の安定化時間を短縮させることができる。また、波長可変干渉フィルター 5 の安定化時間が短縮されることで、波長可変干渉フィルター 5 から目的波長の光を迅速に取り出すことができ、分光測定装置 1 による測定対象光の分光測定処理も迅速に開始することができる。

また、第一実施形態と同様に、波長可変干渉フィルター 5 が、内部空間が真空に維持された筐体 50 内に収納されることで、波長可変干渉フィルター 5 の応答性の向上と、安定化時間の短縮との双方を図ることができる。

【0077】

一方、反射膜間ギャップ $G1$ の目的ギャップ量 A が第二電圧印加ステップによる可動部 521 の振動範囲外（ $A < A_2 - \Delta_2$ ）である場合でも、可動部 521 が固定基板 51 側に撓んだ状態から目的電圧 V の印加に伴う振動が発生する。このため、電圧印加開始時点から目的電圧 V を印加する場合に比べて、振動振幅が小さく、可動部 521 の振動をより迅速に減衰させることができる。したがって、波長可変干渉フィルター 5 の安定化時間を短縮させることができる。

これにより、波長可変干渉フィルター 5 から目的波長の光を迅速に取り出すことができ、分光測定装置 1 による測定対象光の分光測定処理も迅速に開始することができる。

【0078】

本実施形態では、第二電圧印加ステップにおいて、電圧値が第二電圧 V_2 であり、パルス幅が $T_0 / 2$ （可動部 521 の固有振動周期 T_0 の $1 / 2$ ）である初期駆動パルスが入

10

20

30

40

50

力され、その直後に、目的電圧印加ステップが実施される。

このため、反射膜間ギャップ G_1 の目的ギャップ量 A が第二電圧印加ステップによる可動部 521 の振動範囲内である場合、可動部 521 が固定基板 51 に最も近接した位置から、最も離れる位置に変位するまでの間、可動部 521 は、目的電圧 V による静電引力 F_2 を受けることになる。したがって、可動部 521 の固定基板 51 から離れる X 方向への変位をより確実に抑えることができ、可動部 521 の振動をより減衰させることができる。

また、反射膜間ギャップ G_1 の目的ギャップ量 A が第二電圧印加ステップによる可動部 521 の振動範囲外である場合、可動部 521 が固定基板 51 に最も近接した位置を基準位置 X_{m_2} として、この基準位置 X_{m_2} から目的電圧 V に応じた可動部 521 の振動が発生する。したがって、目的電圧印加ステップによる発生する振動の初期振幅を十分に小さくできる。これにより、可動部 521 の振動がより減衰させられることになり、波長可変干渉フィルター 5 の安定化時間がより短縮される。

【0079】

また、第二電圧印加ステップにおいて、可動部 521 が最大変位する位置（基準位置 X_{m_2} ）が、反射膜間ギャップ G_1 の目的ギャップ量 A に対応する位置となるように、目的電圧 V に対する第二電圧 V_2 が設定されていることが好ましい。このような電圧設定では、可動部 521 が基準位置 X_{m_2} に位置し、変位速度が 0 となる状態で、可動部 521 を初期状態に戻そうとする復元力と、静電アクチュエーター 56 による静電引力とがほぼ釣り合った状態となる。この場合、電圧印加時の遅延や、可動部 521 の残留応力により、可動部 521 の振動が継続されることも考えられるが、振幅が非常に小さく、より迅速に振動が減衰される。したがって、波長可変干渉フィルター 5 の安定化時間を更に短縮することができる。

【0080】

[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。

第三実施形態は、上記第一実施形態と同様の構成を有するが、電圧制御部 15 による波長可変干渉フィルター 5 の駆動方法が異なる。したがって、本実施形態における各構成については、第一実施形態と同一の符号を付し、その説明を省略し、以下において、本実施形態における電圧制御部 15 による波長可変干渉フィルター 5 の駆動方法について説明する。

図 11 は、本実施形態において、静電アクチュエーター 56 に印加された駆動電圧のパルス波形を示す図である。

図 12 は、静電アクチュエーター 56 に電圧を印加した際に、可動部 521 の振動により変化する反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量を示す図である。図 12 において、破線は、電圧印加開始時点から静電アクチュエーター 56 に目的電圧 V を印加し続けた場合における反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量変化を示す。また、実線は、本実施形態の駆動方法を用いて静電アクチュエーター 56 に電圧を印加した場合における反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量変化を示す。

図 13 は、第一実施形態、第二実施形態、及び第三実施形態における可動部 521 の振動により変化する反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量の違いを示す図である。図 13 において、一点鎖線は第二実施形態における反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量変化、二点鎖線は第一実施形態における反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量変化、破線は電圧印加開始時点から目的電圧のみを印加した場合の反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量変化、実線は第三実施形態における反射膜間ギャップ G_1 のギャップ量変化を示す。

【0081】

図 11 に示すように、電圧制御部 15 は、制御部 20 から静電アクチュエーター 56 に目的電圧 V を印加する旨の制御信号が入力されると、まず、第二電圧印加ステップを実施する。第二電圧印加ステップは、第二実施形態と同様に、電圧印加開始タイミング（ $T = 0$ ）から、可動基板 52 の可動部 521 の振動における固有振動周期 T_0 の $1/2$ まで

10

20

30

40

50

の時間 ($T = T_0 / 2$) において実施される。

この第二電圧印加ステップでは、電圧制御部 15 は、印加電圧が第二電圧 V_2 であり、パルス幅が $T_0 / 2$ である初期駆動パルスを静電アクチュエータ 56 に印加する。

次に、図 11 に示すように、時間 $T = T_0 / 2$ のタイミングで、電圧制御部 15 は、第一電圧印加ステップを実施する。第一電圧印加ステップでは、第一実施形態と同様に、印加電圧が、目的電圧 V よりも大きい第一電圧 V_1 であり、パルス幅が $T_0 / 2$ である制振パルスを静電アクチュエータ 56 に印加する。

この後、図 11 に示すように、時間 $T = T_0$ のタイミングから目的電圧印加ステップを実施する。目的電圧印加ステップでは、第一実施形態の第二次目的電圧印加ステップや、第二実施形態の目的電圧印加ステップと同様に、印加電圧が、目的電圧 V である駆動パルスを静電アクチュエータ 56 に印加し続ける。

このような駆動方法を用いる場合でも、図 12 に示すように、電圧印加開始時点から目的電圧 V を印加する場合に比べて、振動振幅を小さくでき、波長可変干渉フィルタ 5 の安定化時間を短縮できる。

【0082】

つまり、本実施形態では、第二電圧印加ステップを実施することで、第二実施形態と同様の作用により、図 13 に示すように、 $T = 0$ から $T = T_0 / 2$ における可動部 521 の振動振幅を、第二電圧 V_2 より大きい目的電圧 V を印加する場合（例えば、第一実施形態）に比べて小さくできる。

また、第二電圧印加ステップの後、第一電圧印加ステップを実施することで、第一実施形態の第一電圧印加ステップと同様の作用により、図 13 に示すように、目的電圧 V を印加する場合（例えば、第二実施形態）と比べて、 $T = T_0 / 2$ から $T = T_0$ における振動振幅を小さくできる。

したがって、目的電圧印加ステップを実施した際、可動部 521 の振動振幅は、第一実施形態や第二実施形態の駆動方法を用いた場合に比べて更に小さくなっており、これにより、可動部 521 の振動をより迅速に減衰させ、静止させることが可能となる。

【0083】

[第三実施形態の作用効果]

本実施形態では、電圧制御部 15 による波長可変干渉フィルタ 5 の駆動方法において、まず、静電アクチュエータ 56 に第二電圧 V_2 を静電アクチュエータ 56 に印加する第二電圧印加ステップを実施し、その後、目的電圧 V よりも大きい第一電圧 V_1 を静電アクチュエータ 56 に印加する第一電圧印加ステップを実施し、その後、目的電圧 V を印加する目的電圧印加ステップを実施する。

これにより、第二実施形態と同様に、第二電圧印加ステップにより、可動部 521 は、目的電圧 V が印加された場合よりも小さい振動振幅で変位し、その後の第一電圧印加ステップにより、その振動振幅を更に減衰させることができる。したがって、本実施形態では、電圧印加開始時点から目的電圧 V を印加した場合や、第二電圧印加ステップの後に目的電圧印加ステップを実施する場合に比べて、より可動部 521 の振動を減衰させることができ、波長可変干渉フィルタ 5 の安定化時間をより短縮することができる。

また、第一実施形態と同様に、波長可変干渉フィルタ 5 が、内部空間が真空に維持された筐体 50 内に収納されることで、波長可変干渉フィルタ 5 の応答性の向上と、安定化時間の短縮との双方を図ることができる。

【0084】

また、本実施形態では、第二電圧印加ステップにおいて、電圧値が第二電圧 V_2 であり、パルス幅が $T_0 / 2$ （可動部 521 の固有振動周期 T_0 の $1 / 2$ ）である初期駆動パルスが入力され、その直後に、第一次目的電圧印加ステップにおいて、電圧値が目的電圧 V であり、パルス幅が $T_0 / 2$ （可動部 521 の固有振動周期 T_0 の $1 / 2$ ）である駆動パルスが入力される。

このため、可動部 521 が固定基板 51 側に最も変位した位置から、最も離れる位置まで、第一電圧 V_1 による静電引力を可動部 521 に作用させることができ、可動部 521

10

20

30

40

50

の振動をより各確実に減衰させることができる。これにより、波長可変干渉フィルタ－5の安定化時間がより短縮される。

【0085】

[第四実施形態]

次に、本発明の第四実施形態について、図面に基づいて説明する。

第四実施形態は、上記第一実施形態と同様の構成を有するが、電圧制御部15による波長可変干渉フィルタ－5の駆動方法が異なる。したがって、本実施形態における各構成については、第一実施形態と同一の符号を付し、その説明を省略し、以下において、本実施形態における電圧制御部15による波長可変干渉フィルタ－5の駆動方法について説明する。

10

図14(A)は、本実施形態において、静電アクチュエータ－56に印加された駆動電圧のパルス波形を示す図であり、図14(B)は、可動部521の振動により変化する反射膜間ギャップG1のギャップ量を示す図である。

【0086】

図14(A)に示すように、本実施形態では、第一実施形態と同様に、電圧制御部15は、第一次目的電圧印加ステップ、第一電圧印加ステップ、及び第二次目的電圧印加ステップを実施し、その後、第一電圧印加ステップ及び第二次目的電圧印加ステップを複数回繰り返す。

この場合、第二次目的電圧印加ステップでは、電圧制御部15は、印加電圧が目的電圧Vであり、パルス幅が $T_0/2$ である駆動パルスを静電アクチュエータ－56に印加する。すなわち、第一電圧印加ステップ及び第二次目的電圧印加ステップを $T_0/2$ 周期で繰り返す。

20

【0087】

この時、2回目以降の第一電圧印加ステップでは、電圧制御部15は、静電アクチュエータ－56に印加する電圧を第一電圧から徐々に小さくして、目的電圧Vに近づける。例えば、図14(A)に示すように、電圧制御部15は、1回目の第一電圧印加ステップにおいて、電圧値 V_1 の第一電圧を静電アクチュエータ－56に印加し、2回目の第一電圧印加ステップでは、電圧値 V_{11} ($V < V_{11} < V_1$)の第一電圧を印加し、3回目の第一電圧印加ステップでは、電圧値 V_{12} ($V < V_{12} < V_{11}$)の第一電圧を印加する。

30

【0088】

このような駆動方法では、第一電圧の印加により、可動部521の振動が増幅される不都合を回避でき、かつ、図14(B)に示すように、可動部521の振動を各第一電圧印加ステップの制振パルスにより、確実に減衰させることができる。したがって、波長可変干渉フィルタ－5の安定化時間をより短縮させることができる。

【0089】

なお、本実施形態では、第一実施形態における第2次目的電圧印加ステップの後に、第一電圧印加ステップ及び第二次目的電圧印加ステップを複数回繰り返す例を示したが、上述した第二実施形態及び第三実施形態にも適用することができる。

第二実施形態や第三実施形態に適用する場合、電圧制御部15は、目的電圧印加ステップにおける駆動パルスのパルス幅を $T_0/2$ とし、この目的電圧印加ステップの直後、目的電圧Vよりも大きい第一電圧を可動部521の固有振動周期の $1/2$ の間印加する(パルス幅が $T_0/2$ の制振パルスを印加する)。そして、このような目的電圧印加ステップ及び第一電圧印加ステップを複数回繰り返すとともに、第一電圧印加ステップにおいて印加する電圧を第一電圧から徐々に低下させ、目的電圧Vに近づける。

40

これにより、可動部521の振動は、分光測定装置1周期間隔で確実に制振パルスにより減衰され、波長可変干渉フィルタ－5の安定化時間を短縮させることができる。

【0090】

[第四実施形態の作用効果]

本実施形態では、第二次目的電圧印加ステップの後、第一電圧印加ステップと第二次目

50

的電圧印加ステップが交互に実施される。

このため、可動部 5 2 1 の振動において、可動部 5 2 1 が X 方向に変位する度に、振動を抑制する電圧による静電引力が作用し、より迅速に振動を減衰させることができる。

【 0 0 9 1 】

また、第一電圧印加ステップにより印加される電圧は、回数を重ねる毎に第一電圧から目的電圧 V に近づくように小さくされる。これにより、可動部 5 2 1 の振動振幅に応じた適切な電圧が印加されることになり、確実に振動を抑えることができる。

【 0 0 9 2 】

また、第二実施形態や第三実施形態における目的電圧印加ステップの実施後においても同様であり、第一電圧印加ステップと目的電圧印加ステップとを繰り返して実施されることで、同様の効果を得ることができる。

10

【 0 0 9 3 】

[変形例]

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

【 0 0 9 4 】

例えば、上記第一実施形態において、第一電圧印加ステップでは、電圧制御部 1 5 は、電圧印加開始時点からの経過時間 T が $T = T_0 / 2$ から $T = T_0$ の間、静電アクチュエーター 5 6 に第一電圧を印加したが、第一電圧の印加時間としては、これに限定されない。

例えば、可動部 5 2 1 が、固定基板 5 1 から離れる X 方向に移動する際に、第一電圧印加ステップが実施されていれば、印加時間が $T_0 / 2$ よりも短い時間であってもよい。

20

図 1 5 は、第一電圧印加ステップにおける第一電圧の印加時間と、安定化時間との関係を示す図である。なお、図 1 5 は、可動部 5 2 1 の固有振動周期 T_0 が $104 (\mu s)$ である波長可変干渉フィルター 5 を用いた実験結果であり、各実験において、第一電圧印加ステップは、電圧印加開始時点からの経過時間 T が $50 (\mu s)$ ($T_0 / 2$) から実施した。

また、この波長可変干渉フィルター 5 において、電圧印加開始時点から、目的電圧 V のみを印加し続けた場合における安定化時間は、 $24 ms$ であった。図 1 5 に示すように、上記第一実施形態の駆動方法を用いた場合、第一電圧印加ステップの第一電圧の印加時間によらず、安定化時間を短縮される。そして、第一電圧の印加時間が $T_0 / 2$ となる場合に、最も効果が高く安定化時間が最短となる。

30

なお、第二電圧印加ステップにおける第二電圧の印加時間も同様である。すなわち、初期駆動パルスとして、第二電圧が印加される時間としては、可動部 5 2 1 の固有振動周期 T_0 の $1 / 2$ であることが好ましいが、より短い時間であっても、電圧印加開始時点から目的電圧 V を印加した場合に比べて、安定化時間の短縮を図ることができる。

【 0 0 9 5 】

上記各実施形態では、波長可変干渉フィルター 5 のギャップ変更部として、電圧印加により静電引力により反射膜間ギャップ $G 1$ のギャップ量を変動させる静電アクチュエーター 5 6 を例示したが、これに限定されない。

例えば、固定電極 5 6 1 の代わりに、第一誘電コイルを配置し、可動電極 5 6 2 の代わりに第二誘電コイルまたは永久磁石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い。

40

さらに、静電アクチュエーター 5 6 の代わりに圧電アクチュエーターを用いる構成としてもよい。この場合、例えば保持部 5 2 2 に下部電極層、圧電膜、および上部電極層を積層配置させ、下部電極層および上部電極層の間に印加する電圧を入力値として可変させることで、圧電膜を伸縮させて保持部 5 2 2 を撓ませることができる。また、圧電素子を用いたギャップ量の調整では、圧電素子への印加電圧と反射膜間ギャップのギャップ量とが比例関係となるため、より容易に波長可変干渉フィルター 5 を駆動させることができる。

【 0 0 9 6 】

また、本発明の電子機器として、上記第一から第四実施形態では、分光測定装置 1 を例

50

示したが、その他、様々な分野により本発明の波長可変干渉フィルターの駆動方法、光学モジュール、及び電子機器を適用することができる。

例えば、特定物質の存在を検出するための光ベースのシステムとして用いることができる。このようなシステムとしては、例えば、本発明の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。

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。

【0097】

図16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17は、図16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16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（光学モジュール）と、検出された信号を処理し、検出部を制御する制御部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。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17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17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。

【0098】

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。

【0099】

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。

【0100】

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

これらのレイリー散乱光やラマン散乱光は、光学部 135 を通ってフィルター 136 に入射し、フィルター 136 によりレイリー散乱光が分離され、ラマン散乱光が波長可変干渉フィルター 5 に入射する。そして、信号処理部 144 は、電圧制御部 146 に対して制御信号を出力する。これにより、電圧制御部 146 は、上記第一実施形態から第四実施形態のいずれかに示すような駆動方法により、波長可変干渉フィルター 5 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。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迅速に取り出すことができる。

信号処理部 144 は、上記のようにして得られた検出対象となるガス分子に対応したラマン散乱光のスペクトルデータと、ROM に格納されているデータとを比較し、目的のガス分子か否かを判定し、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。

【0101】

なお、上記図 16 及び図 17 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。

【0102】

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。

【0103】

図 18 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 18 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、信号処理部 224 と、記憶部 225 と、を備えている。

【0104】

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

10

20

30

40

50

可変干渉フィルター 5 は電圧制御部 2 2 2 の制御により、波長可変干渉フィルター 5 は、上記第一実施形態から第四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 から迅速に目的とする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 2 1 3 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 2 2 5 に蓄積される。また、信号処理部 2 2 4 は、電圧制御部 2 2 2 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。

【0105】

そして、信号処理部 2 2 4 は、記憶部 2 2 5 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 2 2 5 には、例えば 10
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 2 2 4 は、求めたスペクトルのデータを、記憶部 2 2 5 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 2 2 4 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 2 3 0 に表示させる処理をする。

【0106】

また、図 1 8 において、食物分析装置 2 0 0 の例を示すが、略同様の構成により、上述 20
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。

【0107】

更には、本発明の波長可変干渉フィルター、光学モジュール、電子機器としては、以下 30
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。

【0108】

また、電子機器としては、本発明の波長可変干渉フィルター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 9 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 9 に 40
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 (検出部)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 9 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。

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 50

長の光を透過させることで、所望波長の光の分光画像を撮像することができる。この時、各波長に対して、電圧制御部（図示略）が上記第一実施形態から第四実施形態に示すような本発明の駆動方法により波長可変干渉フィルター5を駆動させることで、迅速に波長可変干渉フィルター5から目的波長の分光画像の画像光を取り出すことができ、分光画像の撮像速度を向上させることができる。

【0109】

更には、本発明の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、本発明の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。

【0110】

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。

【0111】

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

【0112】

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。

【実施例】

【0113】

ここで、一実施例として、可動部521に対して所定目的電圧 V の駆動パルスのみを静電アクチュエーター56に印加した従来の電圧印加ステップを実施した場合と、上記のように第一次目的電圧印加ステップ、第一電圧印加ステップ、及び第二次目的電圧印加ステップを実施した場合における安定化時間を例示する。

（比較例）

電圧印加開始時点から目的電圧を印加し続ける従来の駆動方法を実施した。ここで、反射膜間ギャップ $G1$ のギャップ量を目的ギャップ量 $A = 315$ (nm)に設定するため、目的電圧 $V = 14.7$ (V)の駆動パルスを静電アクチュエーター56に印加し続けた。なお、波長可変干渉フィルター5の可動部521の振動における固有振動周期 T_0 は、 0.1 (ms)であった。

（実施例1）

比較例と同一の波長可変干渉フィルター5に対して、第一実施形態の駆動方法を実施した。

具体的には、第一次目的電圧印加ステップにおいて、目的電圧 $V = 14.7$ (V)、パルス幅 $t = 0.05$ (ms) ($= T_0 / 2$)の駆動パルスを静電アクチュエーター56に印加した。第一次目的電圧印加ステップの直後 ($T = 0.05$ (ms)) から、第一電圧印加ステップを実施し、第一電圧 $V_1 = 17.5$ (V)、パルス幅 $t = 0.05$ (ms)の制振パルスを静電アクチュエーター56に印加した。第一電圧印加ステップの直後 ($T = 0.1$ (ms)) から、第二次目的電圧印加ステップを実施し、目的電圧 $V = 14.7$ (V)の駆動パルスを静電アクチュエーター56に印加し続けた。

10

20

30

40

50

(実施例 2)

比較例と同一の波長可変干渉フィルター 5 に対して、第二実施形態の駆動方法を実施した。

具体的には、第二電圧印加ステップにおいて、第二電圧 $V_2 = 1.1$ (V)、パルス幅 $t = 0.05$ (ms) ($= T_0 / 2$) の初期駆動パルスを静電アクチュエーター 56 に印加した。第二電圧印加ステップの直後 ($T = 0.05$ (ms)) から、目的電圧印加ステップを実施し、目的電圧 $V = 14.7$ (V) の駆動パルスを静電アクチュエーター 56 に印加し続けた。

(実施例 3)

比較例と同一の波長可変干渉フィルター 5 に対して、第三実施形態の駆動方法を実施した。

具体的には、第二電圧印加ステップにおいて、第二電圧 $V_2 = 1.1$ (V)、パルス幅 $t = 0.05$ (ms) ($= T_0 / 2$) の駆動パルスを静電アクチュエーター 56 に印加した。第二電圧印加ステップの直後 ($T = 0.05$ (ms)) から、第一電圧印加ステップを実施し、第一電圧 $V_1 = 1.5$ (V)、パルス幅 $t = 0.05$ (ms) の制振パルスを静電アクチュエーター 56 に印加した。第一電圧印加ステップの直後 ($T = 0.1$ (ms)) から、目的電圧印加ステップを実施し、目的電圧 $V = 14.7$ (V) の駆動パルスを静電アクチュエーター 56 に印加し続けた。

【0114】

(評価方法)

比較例及び各実施例 1, 2, 3 において、電圧印加開始時点から振動が静止するまでの安定化時間を計測した。

以下の表 1 に安定化時間の計測結果を示す。

【0115】

【表 1】

	安定化時間 (ms)
比較例	16.4
実施例 1	7
実施例 2	9
実施例 3	0.1

【0116】

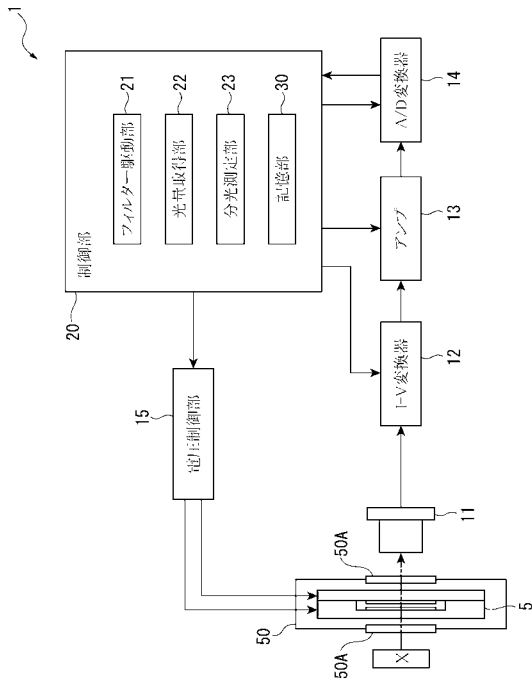
上記表 1 に示すように、実施例 1, 2, 3 において、安定化時間が比較例よりも短縮される結果が得られた。また、実施例 1, 2, 3 を比較すると、実施例 3 においても最も効果が高く、安定化時間は、可動部 521 の固有振動周期 T_0 とほぼ一致することが分かる。

【符号の説明】

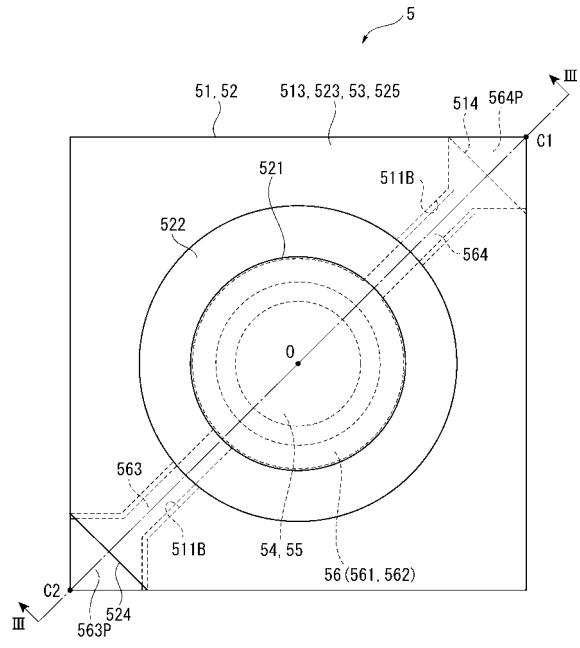
【0117】

1 ... 分光測定装置、5 ... 波長可変干渉フィルター、11 ... ディテクター (検出部)、15 ... 電圧制御部、20 ... 制御部 (処理部)、51 ... 固定基板 (第一基板)、52 ... 可動基板 (第二基板)、54 ... 固定反射膜 (第一反射膜)、55 ... 可動反射膜 (第二反射膜)、56 ... 静電アクチュエーター (ギャップ変更部)、521 ... 可動部、522 ... 保持部、561 ... 固定電極、562 ... 可動電極、G1 ... 反射膜間ギャップ、 T_0 ... 固有振動周期、 V ... 目的電圧、 V_1 ... 第一電圧、 V_2 ... 第二電圧。

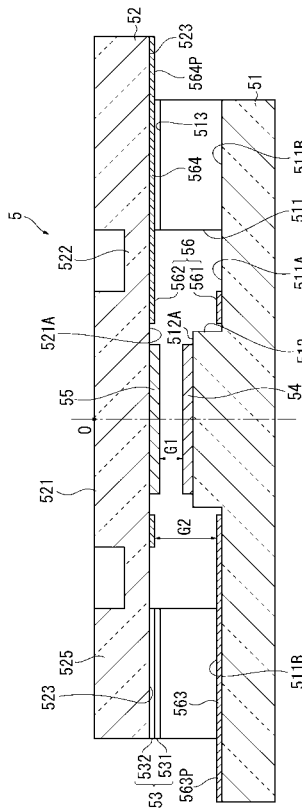
【図 1】



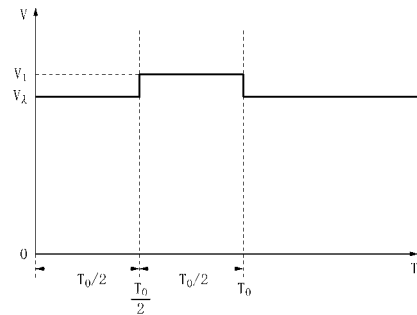
【図 2】



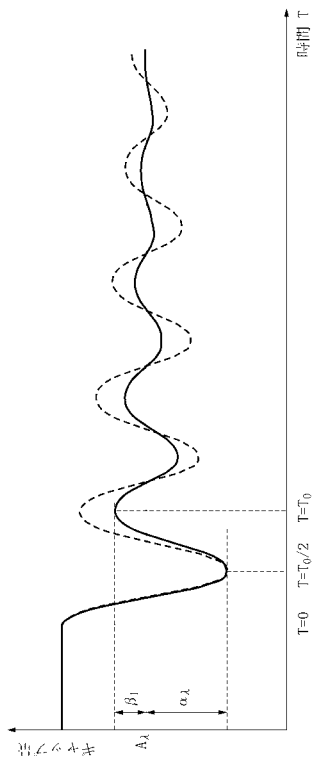
【図 3】



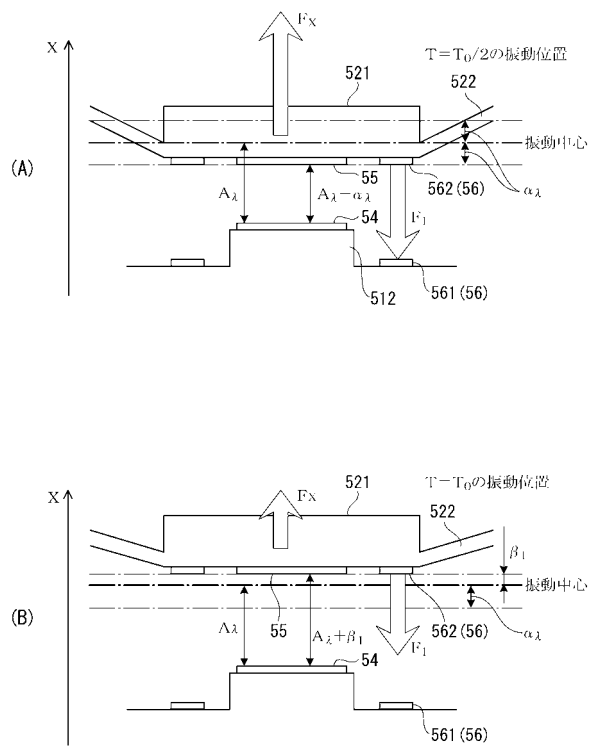
【図 4】



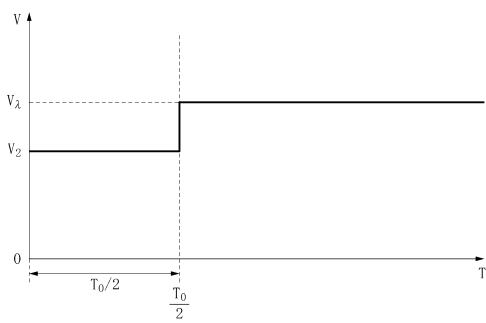
【 図 5 】



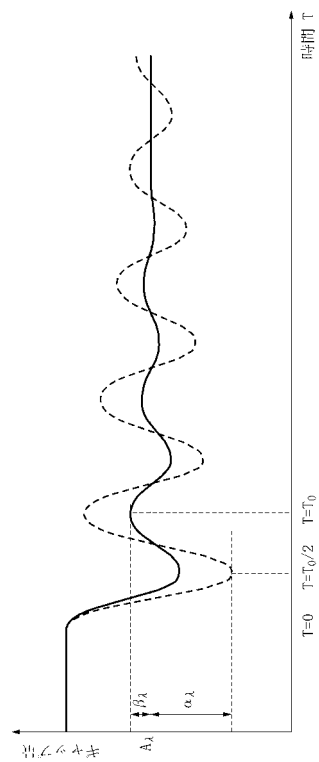
【 図 6 】



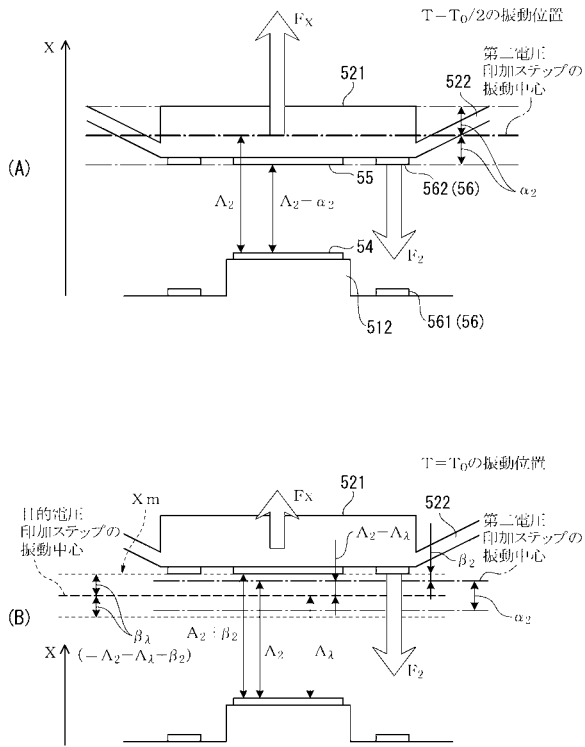
【 図 7 】



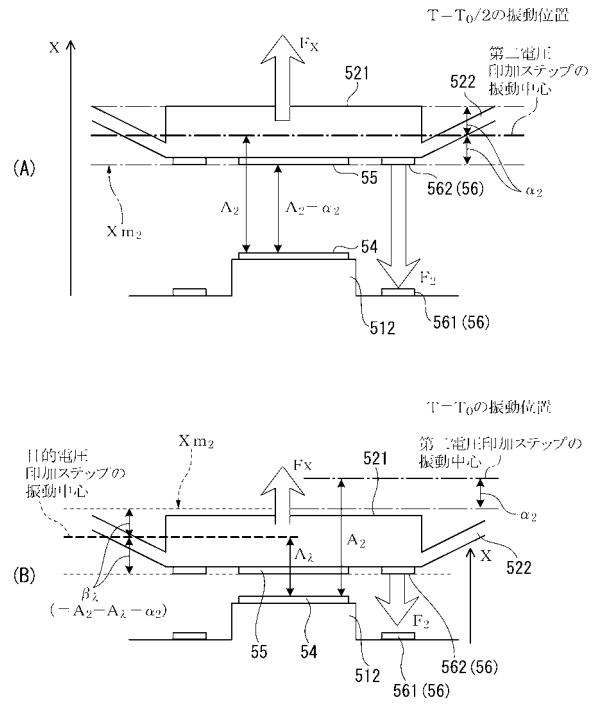
【 図 8 】



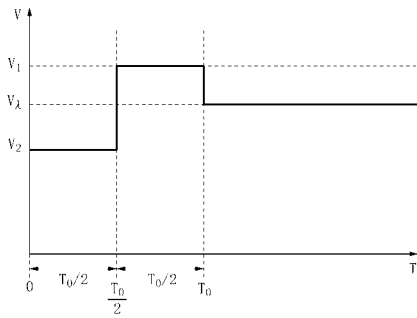
【図 9】



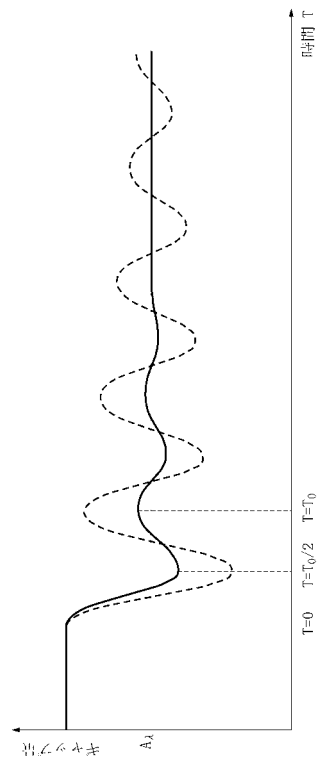
【図 10】



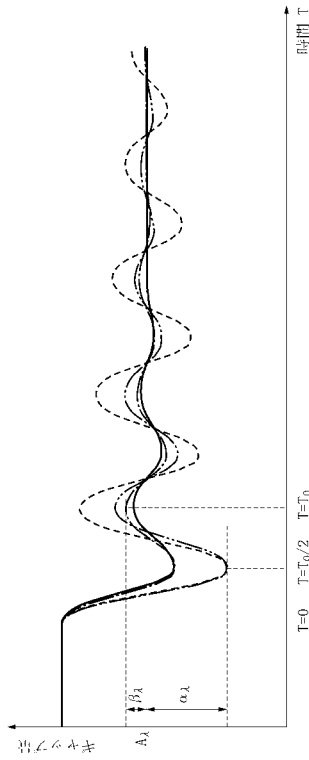
【図 11】



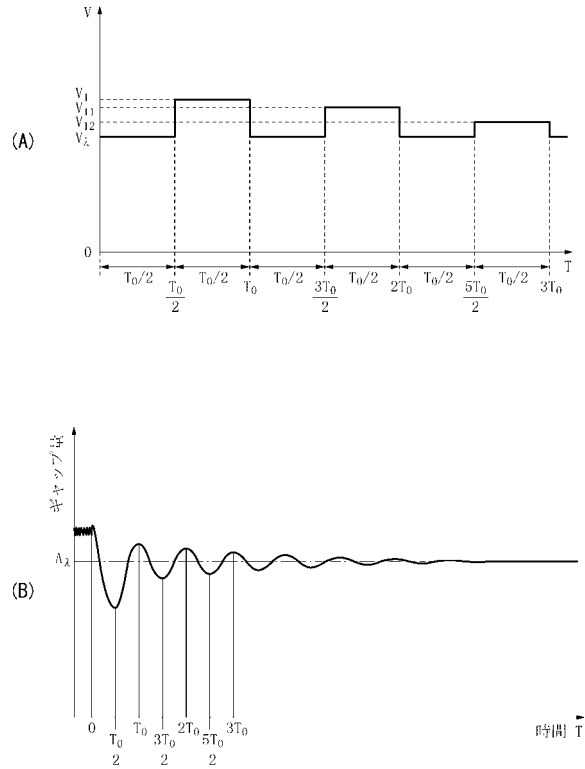
【図 12】



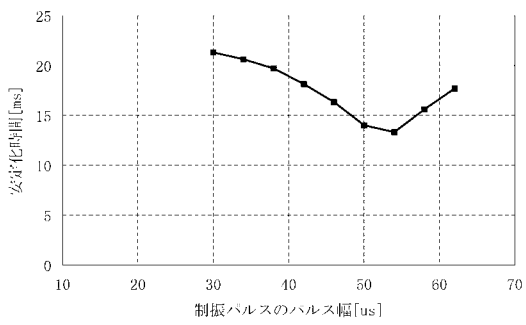
【図 13】



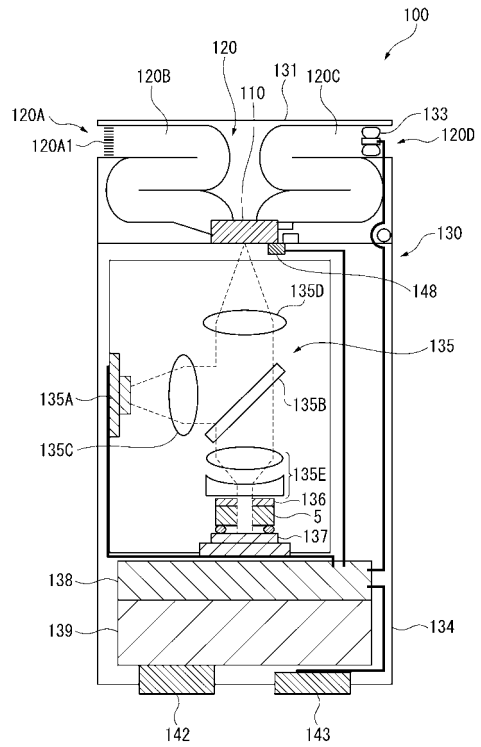
【図 14】



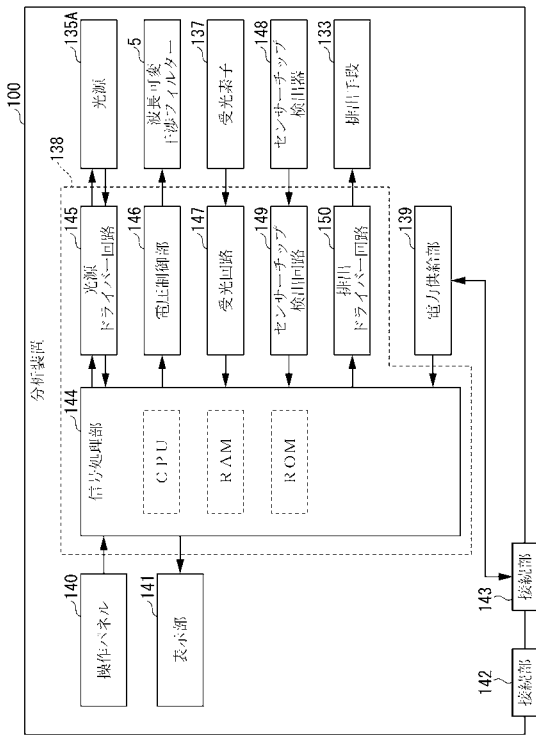
【図 15】



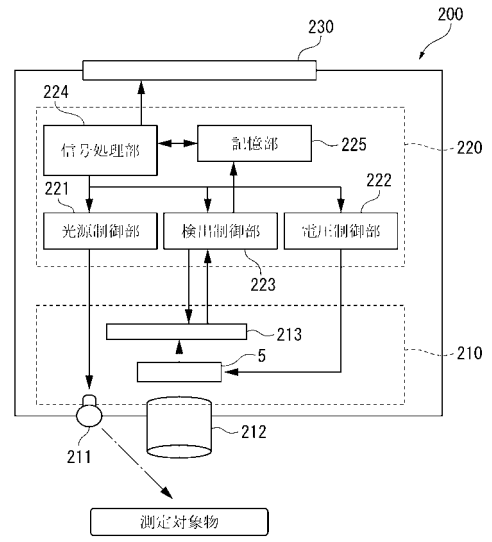
【図 16】



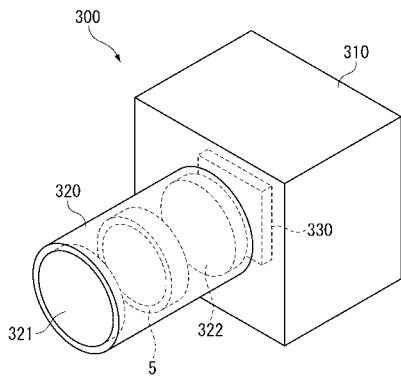
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G020 BA12 CA12 CB06 CC23 CC26 CC56 CD22 CD37 CD51
2H141 MA21 MB28 MC05 MC06 MC09 MD02 MD04 MF01 MG10 MZ15
MZ19 MZ22 MZ27 MZ28 MZ30
3C081 AA13 BA28 BA33 BA45 BA48 BA53 EA08