

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6543884号
(P6543884)

(45) 発行日 令和1年7月17日 (2019.7.17)

(24) 登録日 令和1年6月28日 (2019.6.28)

(51) Int. Cl. F I
GO 2 B 26/00 (2006.01) GO 2 B 26/00
GO 1 J 3/26 (2006.01) GO 1 J 3/26

請求項の数 12 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2014-12125 (P2014-12125)
 (22) 出願日 平成26年1月27日 (2014.1.27)
 (65) 公開番号 特開2015-141210 (P2015-141210A)
 (43) 公開日 平成27年8月3日 (2015.8.3)
 審査請求日 平成29年1月24日 (2017.1.24)

前置審査

(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 100194102
 弁理士 磯部 光宏
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (74) 代理人 100216253
 弁理士 松岡 宏紀
 (72) 発明者 廣久保 望
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アクチュエーター制御装置、光学モジュール、電子機器、及びアクチュエーター制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

波長可変干渉フィルターの第1反射膜と前記波長可変干渉フィルターの第2反射膜との間のギャップ寸法を検出する検出手段と、

検出された前記ギャップ寸法に応じて、前記波長可変干渉フィルターのアクチュエーターに印加する駆動電圧を制御するフィードバックループと、

前記フィードバックループにおけるゲインを設定するゲイン設定手段と、
 を含み、

前記ゲインは、検出された前記ギャップ寸法に基づく前記アクチュエーターの駆動特性に応じており、

前記ゲイン設定手段は、前記アクチュエーターに対して前記駆動電圧を印加していない初期状態での前記ギャップ寸法に基づいて前記ゲインを設定することを特徴とするアクチュエーター制御装置。

【請求項2】

波長可変干渉フィルターの第1反射膜と前記波長可変干渉フィルターの第2反射膜との間のギャップ寸法を検出する検出手段と、

検出された前記ギャップ寸法に応じて、前記波長可変干渉フィルターのアクチュエーターに印加する駆動電圧を制御するフィードバックループと、

前記フィードバックループにおけるゲインを設定するゲイン設定手段と、
 を含み、

10

20

前記ゲインは、検出された前記ギャップ寸法に基づく前記アクチュエーターの駆動特性に応じており、

前記ゲイン設定手段は、前記駆動電圧、及び当該駆動電圧を印加した際に前記検出手段により検出された前記ギャップ寸法の組み合わせを複数組取得し、これらの組み合わせに基づいて前記ゲインを設定することを特徴とするアクチュエーター制御装置。

【請求項 3】

波長可変干渉フィルターの第 1 反射膜と前記波長可変干渉フィルターの第 2 反射膜との間のギャップ寸法を検出する検出手段と、

検出された前記ギャップ寸法に応じて、前記波長可変干渉フィルターのアクチュエーターに印加する駆動電圧を制御するフィードバックループと、

前記フィードバックループにおけるゲインを設定するゲイン設定手段と、
を含み、

前記ゲインは、検出された前記ギャップ寸法に基づく前記アクチュエーターの駆動特性に応じており、

前記フィードバックループは、前記検出手段により検出された前記ギャップ寸法と、前記ギャップ寸法の目標値と、に基づいて前記駆動電圧を制御する制御器を有し、

前記ゲイン設定手段は、前記制御器のゲインを設定することを特徴とするアクチュエーター制御装置。

【請求項 4】

波長可変干渉フィルターの第 1 反射膜と前記波長可変干渉フィルターの第 2 反射膜との間のギャップ寸法を検出する検出手段と、

検出された前記ギャップ寸法に応じて、前記波長可変干渉フィルターのアクチュエーターに印加する駆動電圧を制御するフィードバックループと、

前記フィードバックループにおけるゲインを設定するゲイン設定手段と、
を含み、

前記ゲインは、検出された前記ギャップ寸法に基づく前記アクチュエーターの駆動特性に応じており、

前記フィードバックループは、第 1 アクチュエーターに対して所定のバイアス電圧を印加するバイアス電圧印加手段と、前記検出手段により検出された前記ギャップ寸法、及び前記ギャップ寸法の目標値に基づいて第 2 アクチュエーターに印加する駆動電圧を制御する制御器と、

を備え、

前記ゲイン設定手段は、前記バイアス電圧印加手段におけるバイアス電圧を設定することを特徴とするアクチュエーター制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載のアクチュエーター制御装置において、

第 1 部材と、

前記第 2 部材に対向する第 2 部材と、を備え、

前記アクチュエーターは、前記第 1 部材に設けられた前記第 1 電極と、前記第 2 部材に設けられ、前記第 1 電極に対向する第 2 電極と、を備え、

前記検出手段は、前記第 1 部材と前記第 2 部材と、の間のギャップ寸法を検出することを特徴とするアクチュエーター制御装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載のアクチュエーター制御装置において、

前記ゲイン設定手段は、前記駆動電圧、及び当該駆動電圧を印加した際に前記検出手段により検出された前記ギャップ寸法の組み合わせを複数組取得し、これらの組み合わせに基づいて前記ゲインを設定することを特徴とするアクチュエーター制御装置。

【請求項 7】

請求項 1 または 2 のいずれかに記載のアクチュエーター制御装置において、

前記フィードバックループは、前記検出手段により検出された前記ギャップ寸法と、前

10

20

30

40

50

記ギャップ寸法の目標値と、に基づいて前記駆動電圧を制御する制御器を有し、

前記ゲイン設定手段は、前記制御器のゲインを設定することを特徴とするアクチュエーター制御装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のアクチュエーター制御装置において、

前記フィードバックループは、第 1 アクチュエーターに対して所定のバイアス電圧を印加するバイアス電圧印加手段と、前記検出手段により検出された前記ギャップ寸法、及び前記ギャップ寸法の目標値に基づいて第 2 アクチュエーターに印加する駆動電圧を制御する制御器と、

を備え、

10

前記ゲイン設定手段は、前記バイアス電圧印加手段におけるバイアス電圧を設定することを特徴とするアクチュエーター制御装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載のアクチュエーター制御装置を具備したことを特徴とする光学モジュール。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載のアクチュエーター制御装置と、

所定の処理を実施する処理部と、

を具備したことを特徴とする電子機器。

20

【請求項 11】

波長可変干渉フィルターの第 1 反射膜と前記波長可変干渉フィルターの第 2 反射膜との間のギャップ寸法を検出し、

検出された前記ギャップ寸法に基づいて、前記波長可変干渉フィルターのアクチュエーターの駆動特性を取得し、

前記駆動特性に基づいて、検出された前記ギャップ寸法に応じて、前記アクチュエーターに印加する駆動電圧を制御するフィードバックループにおけるゲインを設定するアクチュエーター制御方法において、

前記ゲインは、前記アクチュエーターに対して前記駆動電圧を印加していない初期状態での前記ギャップ寸法に基づいて設定されることを特徴とするアクチュエーター制御装置

30

【請求項 12】

波長可変干渉フィルターの第 1 反射膜と前記波長可変干渉フィルターの第 2 反射膜との間のギャップ寸法を検出する検出手段と、

検出された前記ギャップ寸法に応じて、前記波長可変干渉フィルターのアクチュエーターに印加する駆動電圧を制御するフィードバック制御部と、

前記フィードバック制御部におけるゲインを設定するゲイン設定手段と、
を含み、

前記ゲインは、検出された前記ギャップ寸法に基づく前記アクチュエーターの駆動特性に応じており、

前記ゲイン設定手段は、前記アクチュエーターに対して前記駆動電圧を印加していない初期状態での前記ギャップ寸法に基づいて前記ゲインを設定することを特徴とするアクチュエーター制御装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アクチュエーター制御装置、光学モジュール、電子機器、及びアクチュエーター制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、互いに対向する一対の基板と、各基板にそれぞれ配置されて互いに対向する反射

50

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、を備えた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では、各基板に、それぞれ、互いに対向する静電容量モニタ用電極と、互いに対向する静電力印加用電極（静電アクチュエーター）とを配置している。このような波長可変干渉フィルターでは、制御回路により静電アクチュエーターに電圧を印加させることで、反射膜間のギャップ量（間隔寸法）が変化する。また、静電容量モニタ用電極の電位を静電容量検出回路で検出し、検出された静電容量に基づいて、制御回路から静電アクチュエーターに印加する電圧を微調整（フィードバック制御）することで、反射膜間ギャップのギャップ量を所望の目的値に設定することができる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開平１－９４３１２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に記載のような静電アクチュエーターでは、温度変化等の環境的要因や経時変化等により、所定の駆動電圧を印加した際の駆動量が変化（駆動特性が変化）する場合がある。例えば、静電アクチュエーターの初期ギャップが変動した場合、電圧を印加した際の駆動量が変化してしまうため、駆動特性も変化してしまう。このように、駆動特性が変化すると、静電アクチュエーターの駆動回路においても最適なゲインを再設定するためのゲイン制御が必要となる。

20

しかしながら、上述した特許文献１に記載のような従来の固定ゲインを用いたフィードバック回路では、最適なゲイン制御が実施できず、例えば、静電アクチュエーターを目標値に設定するまでの時間が長くなったり、異常発振が発生したりする等、最適なフィードバック制御を実施することが困難であるという課題があった。

【０００６】

本発明は、駆動特性の変化が生じても最適なフィードバック制御が可能なアクチュエーター制御装置、光学モジュール、電子機器、及びアクチュエーター制御方法を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本発明の一態様のアクチュエーター制御装置は、波長可変干渉フィルターの第１反射膜と前記波長可変干渉フィルターの第２反射膜との間のギャップ寸法を検出する検出手段と、検出された前記ギャップ寸法に応じて、前記波長可変干渉フィルターのアクチュエーターに印加する駆動電圧を制御するフィードバックループと、前記フィードバックループにおけるゲインを設定するゲイン設定手段と、を含み、前記ゲインは、検出された前記ギャップ寸法に基づく前記アクチュエーターの駆動特性に応じており、前記ゲイン設定手段は、前記アクチュエーターに対して前記駆動電圧を印加していない初期状態での前記ギャップ寸法に基づいて前記ゲインを設定することを特徴とする。

40

上記の本発明に係るアクチュエーター制御装置は、波長可変干渉フィルターの第１反射膜と前記波長可変干渉フィルターの第２反射膜との間のギャップ寸法を検出する検出手段と、検出された前記ギャップ寸法に応じて、前記波長可変干渉フィルターのアクチュエーターに印加する駆動電圧を制御するフィードバックループと、を含み、前記フィードバックループにおけるゲインは、検出された前記ギャップ寸法に基づく前記アクチュエーターの駆動特性に応じていることを特徴とする。

上記の本発明に係るアクチュエーター制御装置は、アクチュエーターの駆動量を検出する検出手段と、検出された前記駆動量に応じて、前記アクチュエーターに印加する駆動電

50

圧を制御するフィードバックループと、を含み、前記フィードバックループにおけるゲインは、検出された前記駆動量に基づく前記アクチュエーターの駆動特性に応じていることを特徴とする。

上記の本発明に係るアクチュエーター制御装置は、駆動電圧の印加により駆動するアクチュエーターと、前記アクチュエーターの駆動量を検出する検出手段と、前記検出手段により検出された前記駆動量に応じて、前記アクチュエーターに印加する駆動電圧を制御するフィードバックループと、前記検出手段により検出される前記駆動量に基づく前記アクチュエーターの駆動特性に応じて、前記フィードバックループにおけるゲインを設定するゲイン設定手段と、を具備したことを特徴とする。

【0008】

10

本発明では、検出手段により検出されるアクチュエーターの駆動量に基づいて当該アクチュエーターの駆動特性を判定し、フィードバックループのゲインを駆動特性に応じて設定する。つまり、環境変化や経年変化によってアクチュエーターの駆動特性が変化した場合でも、判定された駆動測定に基づいてフィードバックループのゲインが再設定される。したがって、変化した駆動特性に応じた最適なゲインでアクチュエーターを駆動させることができる。これにより、不適切なゲインによる異常発振や、アクチュエーターの駆動量を目標駆動量に設定するまでの時間が長引く等の不都合が抑制され、最適なアクチュエーターのフィードバック制御を実施することができる。

【0009】

本発明のアクチュエーター制御装置において、第一部材と、前記第一部材に対向する第二部材と、を備え、前記アクチュエーターは、前記第一部材に設けられた第一電極と、前記第二部材に設けられ、前記第一電極に対向する第二電極とを備えた静電アクチュエーターであり、前記検出手段は、前記駆動量として、前記第一部材及び前記第二部材の間のギャップ寸法を検出することが好ましい。

20

【0010】

本発明では、アクチュエーターは、互いに対向する第一電極及び第二電極を備えた静電アクチュエーターであり、電極間に駆動電圧を印加することで第一部材及び第二部材のギャップ寸法を変化させる。このような静電アクチュエーターは、駆動電圧に対する第一部材及び第二部材のギャップ寸法が非線形で変化するため、上述したような環境変化や経年変化により駆動特性が変化すると、固定ゲインでは、最適なフィードバック制御ができない。これに対して、本発明では、上述した発明と同様、アクチュエーターの駆動特性が変化した場合でも、最適なゲインが設定されることで、最適なフィードバック制御を実施することができ、第一部材及び第二部材のギャップ寸法を所望の寸法に迅速に設定することが可能となる。

30

【0011】

本発明のアクチュエーター制御装置において、前記ゲイン設定手段は、前記アクチュエーターに対して駆動電圧を印加していない初期状態での前記駆動量に基づいて前記ゲインを設定することが好ましい。

なお、上述のように、アクチュエーターを静電アクチュエーターとして、第一部材及び第二部材のギャップ寸法を検出して駆動量とする場合では、第一部材及び第二部材の初期ギャップ寸法を初期駆動量とすることができる。

40

アクチュエーターに駆動特性（駆動電圧に対する駆動量を示した曲線）は、ほぼ同形状となり、初期状態での駆動量が測定できれば、駆動特性を予測することができる。したがって、本発明では、上記のように初期状態での駆動量を検出手段により検出することで、アクチュエーターの駆動特性を容易に判定することができ、当該駆動特性から、フィードバックループにおけるゲインを容易に設定することができる。

【0012】

本発明のアクチュエーター制御装置において、前記ゲイン設定手段は、前記アクチュエーターに対して印加する駆動電圧、及び当該駆動電圧を印加した際に前記検出手段により検出された前記駆動量の組み合わせを複数組取得し、これらの組み合わせに基づいて前記

50

ゲインを設定することが好ましい。

【0013】

本発明では、アクチュエーターに印加する駆動電圧と、当該駆動電圧を印加した際の駆動量との組み合わせ（測定点）を複数取得する。この場合、複数の要因に基づいてアクチュエーターの駆動特性が変化した場合でも、精度よくアクチュエーターの駆動特性を求めることができる。したがって、このような駆動特性に基づいてゲインを再設定することで、アクチュエーターに駆動特性の変化に対してより適したゲインを設定することができる。

【0014】

本発明のアクチュエーター制御装置において、前記フィードバックループは、前記検出手段により検出された前記駆動量と、前記アクチュエーターの駆動量の目標値とに基づいて前記アクチュエーターに印加する駆動電圧を制御する制御器を有し、前記ゲイン設定手段は、前記制御器のゲインを設定することが好ましい。

10

本発明では、フィードバックループにおいて、アクチュエーターに対してフィードバック電圧を印加する制御器のゲインを設定する。このように制御器のゲインを、駆動特性に応じて変更することで、フィードバック制御時における感度の調整を適切に行え、制御状態を良好に維持できる。

【0015】

本発明のアクチュエーター制御装置において、前記アクチュエーターは、互いに独立して駆動可能な第一アクチュエーター及び第二アクチュエーターを有し、前記フィードバックループは、前記第一アクチュエーターに対して所定のバイアス電圧を印加するバイアス電圧印加手段と、前記検出手段により検出された前記駆動量、及び前記アクチュエーターの駆動量の目標値に基づいて前記第二アクチュエーターに印加する駆動電圧を制御する制御器と、を備え、前記ゲイン設定手段は、前記バイアス電圧印加手段におけるバイアス電圧を設定することが好ましい。

20

【0016】

本発明では、アクチュエーターが、第一アクチュエーター及び第二アクチュエーターにより構成され、第一アクチュエーターにはバイアス電圧が印加され、第二アクチュエーターにはフィードバック電圧が印加される。このようなアクチュエーターでは、バイアス電圧の印加により第一アクチュエーターを粗動駆動させ、検出手段により検出された駆動量に基づいたフィードバック電圧により第二アクチュエーターを微動駆動させることで、アクチュエーターの駆動量を精度よく制御することができる。

30

この際、微動駆動させる第二アクチュエーターを制御するフィードバック電圧印加手段でのゲインを変動させ、例えば感度を高くすると、フィードバック制御が困難となる。これに対して、本発明では、バイアス電圧印加手段におけるバイアス電圧を再設定する。このように、バイアス電圧を再設定することで、第二アクチュエーターの感度が変わり、結果としてフィードバックループ全体のゲインを最適値に設定することができる。また、本発明では、フィードバック印加手段における感度を一定に保つこともでき、最適なフィードバック制御を実施することが可能となる。

【0017】

40

本発明の光学モジュールは、互いに対向する一対の反射膜と、駆動電圧の印加により、前記一対の反射膜間のギャップ寸法を変化させるアクチュエーターと、前記一対の反射膜間のギャップ寸法を検出する検出手段と、前記検出手段により検出された前記ギャップ寸法に応じて、前記アクチュエーターに印加する駆動電圧を制御するフィードバックループと、前記検出手段により検出される前記ギャップ寸法に基づく前記アクチュエーターの駆動特性に応じて、前記フィードバックループにおけるゲインを設定するゲイン設定手段と、を具備したことを特徴とする。

【0018】

本発明は、互いに対向する一対の反射膜を備え、反射膜間のギャップ寸法をアクチュエーターにより変化させることができる。すなわち、本発明の光学モジュールは、波長可変

50

型ファブリーペローエタロンをアクチュエーター駆動によりフィードバック制御する。

このような光学モジュールでは、反射膜間のギャップ寸法を検出手段により検出し、その検出結果に基づいてアクチュエーターをフィードバック制御することで、所望の波長の光を精度よくファブリーペローエタロンから出射させることができる。

この際、上述した発明と同様、アクチュエーターの駆動特性が変動した場合でも、フィードバックループのゲインを最適な値に設定することができるため、フィードバック制御により、迅速に反射膜間のギャップ寸法を所望値に合わせ、所望波長の光を波長可変型ファブリーペローエタロンから出射させることができる。

【 0 0 1 9 】

本発明の電子機器は、駆動電圧の印加により駆動するアクチュエーターと、前記アクチュエーターの駆動量を検出する検出手段と、前記検出手段により検出された前記駆動量に応じて、前記アクチュエーターに印加する駆動電圧を制御するフィードバックループと、前記検出手段により検出される前記駆動量に基づく前記アクチュエーターの駆動特性に応じて、前記フィードバックループにおけるゲインを設定するゲイン設定手段と、前記アクチュエーターの駆動により所定の処理を実施する処理部と、を具備したことを特徴とする。

10

【 0 0 2 0 】

本発明では、上述したように、最適なアクチュエーターのフィードバック制御を実施でき、異常発振を抑制し、迅速に所望の目標駆動量にアクチュエーターを駆動させることができる。したがって、電子機器の処理部における処理も迅速に開始することができ、処理精度を向上させることができる。

20

【 0 0 2 1 】

本発明のアクチュエーター制御方法は、駆動電圧の印加により駆動するアクチュエーター、及び前記アクチュエーターの駆動量を検出する検出手段と、前記検出手段により検出された前記駆動量に応じて、前記アクチュエーターに印加する駆動電圧を制御するフィードバックループと、を備えたアクチュエーター制御装置のアクチュエーター制御方法であって、前記アクチュエーター制御方法は、前記検出手段により検出される前記駆動量に基づいて、前記アクチュエーターの駆動特性を取得し、取得した前記駆動特性に基づいて、前記フィードバックループにおけるゲインを設定し、設定した前記ゲインで前記駆動電圧を前記アクチュエーターに印加することを特徴とする。

30

【 0 0 2 2 】

本発明では、上述した発明と同様、環境変化や経年変化によってアクチュエーターの駆動特性が変化した場合でも、変化した駆動特性に応じた最適なゲインでアクチュエーターを駆動させることができる。これにより、不適切なゲインによる異常発振や、アクチュエーターの駆動量を目標値に設定するまでの時間が長引く等の不都合が抑制され、最適なアクチュエーターのフィードバック制御を実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 3 】

【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】第一実施形態の光学モジュールの概略構成を示す図。

40

【図 3】第一実施形態の波長可変干渉フィルターの平面図。

【図 4】第一実施形態の電圧制御部におけるクロズドループシステムの概念図。

【図 5】静電アクチュエーターの駆動特性データの一例を示す図。

【図 6】第一実施形態の波長可変干渉フィルターの駆動方法（アクチュエーター制御方法）を示すフローチャート。

【図 7】第二実施形態の駆動特性データの取得方法を説明するための図。

【図 8】第三実施形態の光学モジュールの概略構成を示す図。

【図 9】第三実施形態の波長可変干渉フィルターの平面図。

【図 10】第三実施形態の電圧制御部におけるクロズドループシステムの概念図。

【図 11】第三実施形態における波長可変干渉フィルターの駆動方法（アクチュエーター

50

制御方法)を示すフローチャート。

【図12】本発明の電子機器の一例である測色装置を示す概略図。

【図13】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14】図13のガス検出装置の制御系の構成を示すブロック図。

【図15】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16】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】

【0024】

[第一実施形態]

以下、本発明に係る第一実施形態の分光測定装置について、図面に基づいて説明する。

10

[分光測定装置の構成]

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

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

この分光測定装置1は、図1に示すように、光学モジュール10と、ディテクター11(検出部)と、I-V変換器12と、アンプ13と、A/D変換器14と、制御部20と、を備えている。また、光学モジュール10は、波長可変干渉フィルター5と、電圧制御部15とを備えて構成されている。

20

【0025】

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

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

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

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

30

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を駆動させ、波長可変干渉フィルター5から所定の目的波長の光を透過させる。

【0026】

[光学モジュールの構成]

次に、光学モジュール10の構成について、以下に説明する。

図2は、光学モジュール10の概略構成を示すブロック図である。

光学モジュール10は、上記のように、波長可変干渉フィルター5と、電圧制御部15とを備えて構成される。

【0027】

40

[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3は、波長可変干渉フィルター5の概略構成を示す平面図である。

波長可変干渉フィルター5は、図2及び図3に示すように、例えば矩形板状の光学部材であり、固定基板51(第一部材)および可動基板52(第二部材)を備えている。これらの固定基板51及び可動基板52は、例えば各種ガラスや水晶等の絶縁性素材により形成され、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(図2参照)により接合されることで、一体的に構成されている。

【0028】

固定基板51には、本発明の一对の反射膜の一方を構成する固定反射膜54が設けられ

50

、可動基板 5 2 には、本発明の一对の反射膜の他方を構成する可動反射膜 5 5 が設けられている。これらの固定反射膜 5 4 および可動反射膜 5 5 は、ギャップ G 1 (図 2 参照) を介して対向配置されている。

また、固定基板 5 1 には、固定電極 5 6 1 が設けられ、可動基板 5 2 には、可動電極 5 6 2 が設けられている。これらの固定電極 5 6 1 及び可動電極 5 6 2 は、所定のギャップを介して対向配置されている。これらの固定電極 5 6 1 及び可動電極 5 6 2 は、本発明のアクチュエーターの一例である静電アクチュエーター 5 6 を構成する。

なお、以降の説明に当たり、固定基板 5 1 または可動基板 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 の中心点及び可動反射膜 5 5 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。

【 0 0 2 9 】

(固定基板の構成)

固定基板 5 1 は、図 2 に示すように、例えばエッチング等により形成された電極配置溝 5 1 1 および反射膜設置部 5 1 2 を備える。また、固定基板 5 1 の一端側 (図 3 における辺 C 1 - C 2) は、可動基板 5 2 の基板端縁 (図 3 における辺 C 5 - C 6) よりも外側に突出しており、第一端子取出部 5 1 4 を構成している。

【 0 0 3 0 】

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 の溝底面には、静電アクチュエーター 5 6 の固定電極 5 6 1 が設けられている。また、反射膜設置部 5 1 2 の突出先端面は、固定反射膜 5 4 が設けられている。

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。

【 0 0 3 1 】

固定電極 5 6 1 は、例えば円弧状 (略 C 字状) に形成されており、図 3 に示すように、辺 C 1 - C 2 に近接する一部に C 字開口部が設けられる。また、固定電極 5 6 1 上に、可動電極 5 6 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。

そして、固定電極 5 6 1 は、電極引出溝に沿って第一端子取出部 5 1 4 まで延出する固定引出電極 5 6 3 を備えている。この固定引出電極 5 6 3 の延出先端部は、例えば F P C (Flexible printed circuits) やリード線等により電圧制御部 1 5 に接続されている。

【 0 0 3 2 】

反射膜設置部 5 1 2 の突出先端面に設けられる固定反射膜 5 4 は、例えば A g 等の金属膜や、A g 合金等、導電性を有する反射膜素材により構成される。なお、固定反射膜 5 4 として、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。固定反射膜 5 4 として誘電体多層膜を用いる場合では、当該誘電体多層膜の最下層又は最上層 (表層) に導電性膜を積層することで導電性を持たせる。この導電性膜として広波長域に対して高反射率特性を有する、例えば A g 合金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。また、導電性膜と反射膜設置部 5 1 2 との間や、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。

【 0 0 3 3 】

そして、固定基板 5 1 には、図 3 に示すように、固定反射膜 5 4 の外周縁に接続され、固定電極 5 6 1 の C 字開口部を通り、第一端子取出部 5 1 4 に向かって延出する第一ミラー電極 5 4 1 が設けられている。この第一ミラー電極 5 4 1 は、固定反射膜 5 4 の形成時

10

20

30

40

50

に、同時に成膜されることで形成されている。

そして、第一ミラー電極 5 4 1 は、第一端子取出部 5 1 4 上で電圧制御部 1 5 に接続される。

【 0 0 3 4 】

固定基板 5 1 のうち、電極配置溝 5 1 1、反射膜設置部 5 1 2、及び電極引出溝が形成されない領域は、接合膜 5 3 により、可動基板 5 2 に接合される。

【 0 0 3 5 】

(可動基板の構成)

可動基板 5 2 は、図 3 に示すような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 5 2 1 と、可動部 5 2 1 と同軸であり可動部 5 2 1 を保持する保持部 5 2 2 と、保持部 5 2 2 の外側に設けられた基板外周部 5 2 5 と、を備えている。

10

また、可動基板 5 2 には、図 3 に示すように、一端側 (図 3 における辺 C 7 - C 8) は、固定基板 5 1 の基板端縁 (図 3 における辺 C 3 - C 4) よりも外側に突出しており、第二端子取出部 5 2 4 を構成している。

【 0 0 3 6 】

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部 5 1 2 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 の固定基板 5 1 に対向する可動面には、可動反射膜 5 5、及び可動電極 5 6 2 が設けられている。

20

【 0 0 3 7 】

可動電極 5 6 2 は、フィルター平面視において、可動反射膜 5 5 の外周側に設けられ、固定電極 5 6 1 に対してギャップを介して対向配置されている。この可動電極 5 6 2 は、円弧状 (略 C 字状) に形成されており、図 3 に示すように、辺 C 7 - C 8 に近接する一部に C 字開口部が設けられている。また、固定電極 5 6 1 と同様に、可動電極 5 6 2 上に絶縁膜が積層される構成としてもよい。

ここで、図 3 に示すように、フィルター平面視において、可動電極 5 6 2 と固定電極 5 6 1 とが重なる円弧領域 (図 3 において右上がり斜線部で示される領域) により、静電アクチュエーター 5 6 が構成されている。この静電アクチュエーター 5 6 は、図 3 に示すように、フィルター平面視において、フィルター中心点 O に対して互いに点対称となる形状及び配置となる。したがって、静電アクチュエーター 5 6 に電圧を印加した際に発生する静電引力も、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 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。

30

【 0 0 3 8 】

また、図 3 に示すように、可動電極 5 6 2 は、第二端子取出部 5 2 4 に向かって延出する可動引出電極 5 6 4 が設けられている。この可動引出電極 5 6 4 は、固定基板 5 1 に設けられた電極引出溝に対向する位置に沿って配置される。また、可動引出電極 5 6 4 の延出先端部は、例えば F P C やリード線等により電圧制御部 1 5 に接続されている。

【 0 0 3 9 】

可動反射膜 5 5 は、可動部 5 2 1 の可動面の中心部に、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、反射膜 5 4、5 5 間のギャップ G 1 は、電極 5 6 1、5 6 2 間のギャップよりも小さくなる。

40

また、可動基板 5 2 には、図 3 に示すように、可動反射膜 5 5 の外周縁に接続され、可動電極 5 6 2 の C 字開口部を通り、第二端子取出部 5 2 4 に向かって延出する第二ミラー電極 5 5 1 が設けられている。

また、可動反射膜 5 5 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、第二ミラー電極 5 5 1 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、この第二ミラー電極 5 5 1 は、第二端子取出部 5 2 4 上において例えば F P C

50

やリード線等により電圧制御部 15 に接続されている。

【0040】

なお、本実施形態では、図 3 に示すように、電極 561, 562 間のギャップ G2 がギャップ G1 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を対象とする場合等、測定対象波長域によっては、ギャップ G1 が、電極 561, 562 間のギャップ G2 よりも大きくなる構成としてもよい。

【0041】

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 の形状変化が抑制される。したがって、可動部 521 に設けられた可動反射膜 55 の撓みも発生しにくく、固定反射膜 54 及び可動反射膜 55 を常に平行状態に維持することが可能となる。

10

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 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。

【0042】

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 の外側に設けられる。基板外周部 525 の固定基板 51 に対向する面は、接合膜 53 を介して固定基板 51 に接合される。

20

【0043】

[電圧制御部の構成]

電圧制御部 15 は、図 2 に示すように、ギャップ検出器 151 (本発明における検出手段) と、フィードバック制御部 152 と、マイコン (マイクロコントローラ) 16 とを備えて構成されている。

図 4 は、電圧制御部 15 を用いたフィードバックループの概念図である。

電圧制御部 15 は、図 4 に示すように、波長可変干渉フィルター 5 の静電アクチュエータ 56、ギャップ検出器 151、フィードバック制御部 152 により、クローズドループシステム 15L (フィードバックループ) を構成する。そして、本実施形態では、マイコン 16 は、静電アクチュエータ 56 の駆動特性に基づいて、このクローズドループシステム 15L のゲインを設定することで、フィードバック制御時の制御状態を好適に維持する。

30

以下、電圧制御部 15 の構成について、詳細に説明する。

【0044】

ギャップ検出器 151 は、波長可変干渉フィルター 5 の第一ミラー電極 541 及び第二ミラー電極 551 に接続されている。このギャップ検出器 151 は、静電アクチュエータ 56 の駆動により変動する、反射膜 54, 55 間のギャップ G1 の寸法を検出し、検出信号を出力する。ここで、ギャップ G1 のギャップ寸法を検出することで、静電アクチュエータ 56 の駆動量も容易に算出できるものであり、ギャップ検出器 151 は、本発明の検出手段として機能する。

40

具体的には、ギャップ検出器 151 は、図示略の C - V 変換回路を有し、反射膜 54, 55 間の静電容量を電圧値 (検出信号) に変換する。このような C - V 変換回路としては、例えば、スイッチト・キャパシタ回路等が挙げられる。

そして、ギャップ検出器 151 は、検出信号をフィードバック制御部 152 及びマイコン 16 に出力する。

なお、ギャップ検出器 151 は、検出信号としては、アナログ信号を出力してもよく、デジタル信号を出力してもよい。デジタル信号を出力する場合、C - V 変換回路からの検出信号 (アナログ信号) を A D C (Analog to Digital Converter) に入力し、デジタル

50

値に変換する。

【 0 0 4 5 】

フィードバック制御部 1 5 2 は、本発明の制御器に相当し、波長可変干渉フィルター 5 の固定引出電極 5 6 3 及び可動引出電極 5 6 4 に接続されている。そして、フィードバック制御部 1 5 2 は、マイコンから入力されたギャップ G 1 を所定の目標値に設定する旨の指令信号に基づき、静電アクチュエーター 5 6 に対して駆動電圧を印加する。

また、フィードバック制御部 1 5 2 は、ギャップ検出器 1 5 1 からの検出信号と、マイコン 1 6 から入力された指令信号との偏差が所定閾値以下となるように、静電アクチュエーター 5 6 に対する駆動電圧を増減して制御する。すなわち、フィードバック制御部 1 5 2 は、検出信号及び指令信号に基づいて、フィードバック制御を実施する。

10

【 0 0 4 6 】

また、フィードバック制御部 1 5 2 は、マイコン 1 6 の制御によりゲインを変更することが可能となる。フィードバック制御部 1 5 2 のゲインを変更することで、クローズドループシステム全体のゲインが調整される。

具体的には、フィードバック制御部 1 5 2 として、アナログ方式の制御器が用いられる場合、制御器に複数のゲインのうちのいずれかを設定可能なゲイン設定回路を設ける。そして、マイコン 1 6 からの制御信号により、ゲイン設定回路のゲインを所定のゲインに設定する。

また、フィードバック制御部 1 5 2 として、デジタル方式の制御器が用いられる場合、マイコンの信号に基づき、制御ゲインのパラメーター（レジスタ値）を書き換えることで、所定のゲインに設定することが可能となる。

20

【 0 0 4 7 】

マイコン 1 6 は、メモリー 1 6 1 を備え、例えばギャップ検出器 1 5 1 で検出される検出信号（電圧信号）とギャップ G 1 の寸法との関係（ギャップ相関データ）が記憶されている。なお、ギャップ相関データとして、検出信号に対するギャップ G 2 の寸法が記録されている。また、各駆動特性データに対して最適なゲインが関連付けられて記憶されている。

また、メモリー 1 6 1 には、静電アクチュエーター 5 6 に印加する駆動電圧に対する、ギャップ G 2 （アクチュエーターギャップ）の寸法を示す静電アクチュエーター 5 6 の駆動特性データが記録されている。また、各駆動特性データに対して最適なゲインが関連付けられて記憶されている。

30

図 5 は、駆動特性データの一例を示す図である。

本実施形態では、図 5 に示すように、静電アクチュエーター 5 6 に対して駆動電圧を印加していない初期状態におけるギャップ G 2 の寸法（初期ギャップ寸法）がそれぞれ異なる、複数の駆動特性データが記録されている。

【 0 0 4 8 】

また、マイコン 1 6 は、図 2 に示すように、目標指令手段 1 6 2 、特性取得手段 1 6 3 、及びゲイン設定手段 1 6 4 として機能する。

目標指令手段 1 6 2 は、制御部 2 0 から波長設定指令が入力されると、目標波長に対応するギャップ G 1 の寸法（目標値）を算出し、目標信号としてフィードバック制御部 1 5 2 に出力する。

40

特性取得手段 1 6 3 は、ギャップ検出器 1 5 1 から入力された検出信号に基づいて、静電アクチュエーター 5 6 の駆動特性を取得する。

ゲイン設定手段 1 6 4 は、特性取得手段 1 6 3 により取得された駆動特性に基づいて、フィードバック制御部 1 5 2 のゲインを設定する。

【 0 0 4 9 】

[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ことで構成され、分光測定装置 1 の全体動作を制御する。この制御部 2 0 は、図 1 に示すように、波長設定部 2 1 と、光量取得部 2 2 と、分光測定部 2 3 と、記憶部 3 0 を備えて

50

いる。

記憶部 30 には、分光測定装置 1 を制御するための各種プログラムや、各種データ（例えば目標波長に対する駆動電圧を示した V - データ等）が記録されている。

【0050】

波長設定部 21 は、波長可変干渉フィルタ 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 5 から取り出す旨の制御信号を電圧制御部 15 に出力する。

光量取得部 22 は、ディテクタ 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 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。

【0051】

[波長可変干渉フィルタの駆動方法]

図 6 は、分光測定装置 1 の分光測定処理における波長可変干渉フィルタの駆動方法（アクチュエータ制御方法）を示すフローチャートである。

分光測定装置 1 により測定対象光に含まれる各波長の光の強度を取得するためには、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 5 を透過させる光の波長（目的波長）を設定する。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波長設定指令を電圧制御部 15 に出力する（ステップ S1）。

【0052】

次に、マイコン 16 の特性取得手段 163 は、初期状態におけるギャップ検出器 151 から入力される検出信号に基づいて、静電アクチュエータ 56 の駆動特性データを取得する（ステップ S2）。

具体的には、特性取得手段 163 は、ギャップ検出器 151 から入力された検出信号に基づき、反射膜 54、55 間のギャップ G1 の初期ギャップ寸法を取得し、ギャップ G1 の初期ギャップから、電極 561、562 間のギャップ G2 の初期値（初期ギャップ寸法）を算出する。そして、特性取得手段 163 は、メモリーに記憶された複数の駆動特性データから、算出したギャップ G2 の初期ギャップ寸法に対応した駆動特性データを取得する。

【0053】

次に、ゲイン設定手段 164 は、取得した駆動特性データに対して、最適なゲインを取得する（ステップ S3）。

本実施形態では、各駆動特性データに対して関連付けられた最適ゲインを読み込む。

なお、駆動特性データに対してゲインが関連付けられる例を示したが、例えば、メモリー 161 に、ギャップ G2 の初期ギャップ寸法に対するゲインの関係を示したテーブルデータを記憶しておいてもよい。

また、ゲイン設定手段 164 は、基準となる駆動特性データ（基準特性データ）に対する基準ゲインが設定されている場合、ステップ S2 において取得した駆動特性データと、基準特性データとに基づいて、ゲインを算出する等の処理をしてもよい。

例えば図 5 において、曲線 A の駆動特性データを基準データに対してその基準ゲイン G_c が設定されており、ステップ S2 において、曲線 B の駆動特性データが取得された場合、ゲイン設定手段 164 は、各駆動特性データの感度比を算出する。

例えば、曲線 A の基準データでは、アクチュエータギャップ G2 を G に設定する際、フィードバック制御における感度は、 R （ m/V ）であり、駆動特性が曲線 B に変化し、ギャップ G2 を G に設定する際のフィードバック制御における感度が、 R' （ m/V ）に変化する。この場合、ゲイン設定手段 164 は、基準ゲイン G_c の (R'/R) 倍のゲインを設定する。これにより、フィードバック制御時の感度変化が抑制され、異常発振や、目標値までの設定時間の増加等の不都合を抑制できる。

【0054】

この後、ゲイン設定手段 164 は、ステップ S3 で取得したゲインを設定する旨の制御

10

20

30

40

50

信号をフィードバック制御部 152 に出力してゲインを設定する（ステップ S4）。

【0055】

この後、目標指令手段 162 は、ステップ S1 において入力された波長設定指令に含まれる目標波長に基づいて、静電アクチュエーター 56 のギャップ G2 の目標値を示す目標信号をフィードバック制御部 152 に出力する。これにより、フィードバック制御部 152 は、フィードバック制御を実施する（ステップ S5）。

すなわち、フィードバック制御部 152 は、ギャップ検出器 151 から入力される検出信号と目標信号との偏差が 0 に近づくように、静電アクチュエーター 56 に印加する駆動電圧を制御する。

【0056】

このステップ S5 により、波長可変干渉フィルター 5 のギャップ G1 の寸法が、ステップ S1 にて設定された目標波長に対応した寸法となり、波長可変干渉フィルター 5 から目標波長を中心とした光が出射される。これにより、ディテクター 11 に目標波長の光が受光され、制御部 20 の光量取得部 22 は、ディテクター 11 から入力された光量検出信号に基づいて、目標波長の光の光量を取得する（ステップ S6）。

【0057】

〔第一実施形態の作用効果〕

本実施形態では、特性取得手段 163 は、ギャップ検出器 151 からの検出信号に基づいて、静電アクチュエーター 56 の駆動特性を測定し、ゲイン設定手段 164 は、測定された駆動特性に対応したフィードバック制御におけるゲインを設定する。

このため、静電アクチュエーター 56 の駆動特性が、例えば環境変化や経年劣化等により変動した場合でも、変動した駆動特性に対応した最適なゲインを設定することができる。これにより、フィードバック制御時において、静電アクチュエーター 56 が異常発振したり、目標波長の光の出力に過剰に時間を要したりする不都合を回避でき、最適なフィードバック制御を行うことができる。

このような最適なフィードバック制御を実施することで、光学モジュール 10 においても、より迅速に目標波長の光の光量を取得することができ、分光測定装置 1 における分光測定処理もより迅速に実施することができる。

【0058】

本実施形態では、特性取得手段 163 は、静電アクチュエーター 56 に対して駆動電圧を印加していない初期状態におけるギャップ G2 の初期ギャップ寸法を取得し、その初期ギャップ寸法に対応した駆動特性データを読み出す。

波長可変干渉フィルター 5 の保持部 522 等のバネ係数が一定と見なせる場合等では、ギャップ G2 の初期ギャップ寸法から行動特性を予測することができる。また、本実施形態のように、メモリー 161 に予め複数の駆動特性データを記憶しておくことで、初期ギャップ寸法に対する駆動特性データをより迅速に取得することができる。これにより、より迅速にゲイン設定を行え、フィードバック制御もより迅速に開始することができる。

【0059】

〔第二実施形態〕

次に、本発明の第二実施形態について図面に基づいて説明する。

上述した第一実施形態では、ステップ S2 において、特性取得手段 163 は、ギャップ G2 の初期ギャップ寸法から静電アクチュエーター 56 の駆動特性を取得した。これに対して、第二実施形態が、複数の測定点に基づいて、静電アクチュエーター 56 の駆動特性を取得する点で、上記第一実施形態と相違する。

なお、以降の説明にあたり、既に説明した構成については同符号を付し、その説明を省略、または簡略化する。

【0060】

図 7 は、第二実施形態の駆動特性データの取得方法を説明するための図である。

本実施形態では、特性取得手段 163 は、上述したステップ S2 において、静電アクチュエーター 56 に印加した駆動電圧に対する、当該駆動電圧を印加した際のギャップ検出

10

20

30

40

50

器からの検出信号に基づくギャップ G 2 の寸法（測定点 c）を、駆動電圧を変えて複数取得する。

そして、特性取得手段 1 6 3 は、これらの取得した複数の測定点 c に基づいて、例えば多項式近似等により駆動特性の曲線データ C を得る。

【 0 0 6 1 】

本実施形態では、複数の測定点 c に基づいた駆動特性データを得る。この場合、例えば、波長可変干渉フィルタ 5 の保持部 5 2 2 のバネ係数等のより多くのパラメータに基づいた駆動特性の変化を測定することができる。このような多くのパラメータの変化に対応した駆動特性データを得ることで、静電アクチュエータ 5 6 のフィードバック制御時の制御ゲインをより精度よく設定することができ、安定したフィードバック制御を実施することができる。

10

【 0 0 6 2 】

[第三実施形態]

次に、本発明の第三実施形態について、図面に基づいて説明する。

上述した第一及び第二実施形態では、1つの静電アクチュエータ 5 6 を用いて、反射膜 5 4 , 5 5 間のギャップ G 1 を所望の値に制御する光学モジュール 1 0 を例示した。

これに対して、第三実施形態では、静電アクチュエータは、それぞれ独立して駆動可能な第一アクチュエータ及び第二アクチュエータを備え、これらの第一及び第二アクチュエータにより、ギャップ G 1 の寸法を制御する点で上記第一及び第二実施形態と相違する。

20

図 8 は、第三実施形態の光学モジュールの概略構成を示す図である。図 9 は、波長可変干渉フィルタの平面図である。

【 0 0 6 3 】

[波長可変干渉フィルタの構成]

本実施形態の波長可変干渉フィルタ 5 A は、上記第一及び第二実施形態に対して電極構成が異なる。本実施形態の波長可変干渉フィルタ 5 A は、フィルタ平面視において、反射膜 5 4 , 5 5 の外側に、2重電極構造の電極が設けられる。

具体的には、図 8 及び図 9 に示すように、本実施形態の波長可変干渉フィルタ 5 A の静電アクチュエータは、第一静電アクチュエータ 5 6 A、及び第二静電アクチュエータ 5 6 B により構成されている。

30

第一静電アクチュエータ 5 6 A は、固定基板 5 1 に設けられた第一固定電極 5 6 1 A と、可動基板 5 2 に設けられた第一可動電極 5 6 2 A により構成されている。

第一固定電極 5 6 1 A には、第一固定引出電極 5 6 3 A が接続され、また、第一可動電極 5 6 2 A には第一可動引出電極 5 6 4 A が接続されており、これらの引出電極 5 6 3 A , 5 6 4 A は、それぞれ電圧制御部 1 5 A に接続される。

【 0 0 6 4 】

第二静電アクチュエータ 5 6 B は、第一静電アクチュエータ 5 6 A の外側に設けられ、固定基板 5 1 に設けられた第二固定電極 5 6 1 B と、可動基板 5 2 に設けられた第二可動電極 5 6 2 B により構成されている。

第二固定電極 5 6 1 B には、第二固定引出電極 5 6 3 B が接続され、また、第二可動電極 5 6 2 B には第二可動引出電極 5 6 4 B が接続されており、これらの引出電極 5 6 3 B , 5 6 4 B は、それぞれ電圧制御部 1 5 A に接続される。

40

【 0 0 6 5 】

[電圧制御部の構成]

図 1 0 は、本実施形態のフィードバックループ（クローズドループシステム）の概念図である。

本実施形態の電圧制御部 1 5 A のクローズドループシステム 1 5 L では、第一実施形態の電圧制御部 1 5 に対してさらに、バイアス駆動部 1 5 3（本発明のバイアス電圧印加手段）が設けられる。

第一静電アクチュエータ 5 6 A の各引出電極 5 6 3 A , 5 6 4 A は、このバイアス駆

50

動部 1 5 3 に接続されている。

また、第二静電アクチュエーター 5 6 B の各引出電極 5 6 3 B、5 6 4 B は、フィードバック制御部 1 5 2 A に接続される。

【 0 0 6 6 】

バイアス駆動部 1 5 3 は、第一静電アクチュエーター 5 6 A に対してバイアス電圧を印加する。具体的には、バイアス駆動部 1 5 3 は、マイコン 1 6 A から入力されたバイアス信号に基づいて、第一静電アクチュエーター 5 6 A に電圧を印加する。

【 0 0 6 7 】

フィードバック制御部 1 5 2 は、第二静電アクチュエーター 5 6 B に対してフィードバック電圧を印加する。この際、フィードバック制御部 1 5 2 は、ギャップ検出器 1 5 1 から入力される検出信号と、マイコン 1 6 A から入力される目標信号とが同値となるように、第二静電アクチュエーター 5 6 B に対してフィードバック電圧を印加する。

なお、本実施形態では、フィードバック制御部 1 5 2 のゲインは固定ゲインとなり、一定に保たれる。

【 0 0 6 8 】

マイコン 1 6 A は、メモリー 1 6 1 を有し、第一実施形態と同様、ギャップ相関データや、駆動特性データ、各駆動特性データに対応した設定ゲイン等が記録されている。

また、マイコン 1 6 A は、目標指令手段 1 6 2、特性取得手段 1 6 3、及びバイアス指令手段 1 6 5 として機能する。

バイアス指令手段 1 6 5 は、制御部 2 0 から入力される波長設定指令に基づいて、バイアス駆動部 1 5 3 に、バイアス電圧の印加を指令するバイアス指令を出力する。

【 0 0 6 9 】

[波長可変干渉フィルターの駆動方法]

図 1 1 は、波長可変干渉フィルターの駆動方法（アクチュエーター制御方法）を示すフローチャートである。

分光測定装置 1 により測定対象光に含まれる各波長の光の強度を取得するためには、まず、第一実施形態と同様、ステップ S 1 の処理により、制御部 2 0 から電圧制御部 1 5 に波長設定指令が出力される。また、マイコン 1 6 A は、波長設定指令を受けると、目標波長に対応したギャップ G 1 の目標値（目標信号）を算出する。

【 0 0 7 0 】

この後、ステップ S 2 と同様、特性取得手段 1 6 3 は、初期状態におけるギャップ検出器 1 5 1 から入力される検出信号を取得し、反射膜 5 4、5 5 間のギャップ G 1 の初期ギャップ寸法を取得する。なお、第二実施形態と同様、複数の測定点 c を取得し、駆動特性を求めてもよい。この場合、バイアス駆動部 1 5 3 からバイアス電圧を印加した際のギャップ G 2 の寸法を取得し、測定点 c とする。

【 0 0 7 1 】

次に、バイアス指令手段 1 6 5 は、取得した駆動特性データに応じた最適なバイアス電圧を取得する（ステップ S 1 1）。

具体的には、バイアス指令手段 1 6 5 は、ギャップ G 1 の目標値に対応したバイアス電圧を算出する。

すなわち、本実施形態では、フィードバック制御において、第二静電アクチュエーター 5 6 B への電圧印加時の感度（印加電圧に対するギャップ変位量（ m/V ））が一定となるように、バイアス電圧を設定する。

ここで、第二静電アクチュエーター 5 6 B への電圧印加時の感度 R_c （ m/V ）は、次式（1）により表される。

【 0 0 7 2 】

10

20

30

40

【数 1】

$$R_c = \frac{\{2k\epsilon S_c d(d_{\max} - d)^2 - \epsilon^2 S_c S_b V_b^2\}^{1/2}}{k(d_{\max} - d)(d_{\max} - 3d)} \quad \dots(1)$$

【0073】

式(1)において、 V_b は、第一静電アクチュエーター56Aに印加するバイアス電圧、 k は、可動基板52(保持部522)のバネ係数、 ϵ は、固定基板51及び可動基板52間(電極間ギャップG2)の誘電率、 S_b は、第一静電アクチュエーター56Aの有効面積(第一固定電極561A及び第一可動電極562Aが、フィルター平面視で重なり合う領域の面積)、 S_c は、第二静電アクチュエーター56Bの有効面積、 d_{\max} は電極間ギャップG2の初期ギャップ量、 d は、目的波長の光を透過させるための可動部521の目標変位量(電極間ギャップG2のギャップ変位量)である。

10

【0074】

本実施形態では、フィードバック制御時において、第二静電アクチュエーター56Bへの電圧印加時の感度が一定になるようにバイアス電圧 V_b を印加する。すなわち、上記式(1)において、 V_c は、一定値であり、フィードバック制御部152Aを構成する制御器における固定ゲインに応じた、予め設定された値が用いられる。また、制御部20から、目的波長を指定する波長設定指令が入力されれば、マイコン16Aは、波長可変干渉フィルター5Aから目的波長の光を取り出すために必要なギャップG1の目標値を算出することができ、当該目標値から、可動部521を変位させるべき量(目標変位量 d)を算出することができる。

20

上記式(1)を、 V_b について解くと、次式(2)を導き出すことができる。

【0075】

【数 2】

$$V_b = \left[\frac{k}{\epsilon S_b} \left\{ 2d(d_{\max} - d)^2 - \frac{kR_c^2(d_{\max} - d)^2(d_{\max} - 3d)^2}{\epsilon S_c} \right\} \right]^{1/2} \quad \dots(2)$$

【0076】

バイアス指令手段165は、上述した式(2)に基づいて、第二静電アクチュエーター56Bへの電圧印加時の感度が一定となるバイアス電圧を算出し、当該バイアス電圧を第一静電アクチュエーター56Aに印加させる旨のバイアス指令をバイアス駆動部153に出力する。これにより、バイアス駆動部153から、第一静電アクチュエーター56Aにバイアス電圧が印加される(ステップS12)。

30

すなわち、本実施形態では、フィードバック制御部152のゲインを固定し、バイアス指令手段165により静電アクチュエーター56の駆動特性に応じた最適なバイアス電圧を設定することで、第二静電アクチュエーター56Bの電圧印加時の感度を調整し、クローズドループシステム15L全体におけるゲインを最適化する。したがって、本実施形態では、バイアス指令手段165が本発明におけるゲイン設定手段として機能する。

40

この後、ステップS5のフィードバック制御、及びステップS6の光量取得を実施する。

【0077】

本実施形態では、静電アクチュエーター56が、バイアス駆動部153によりバイアス電圧が印加される第一静電アクチュエーター56A、及びフィードバック制御部152Aによりフィードバック電圧が印加される第二静電アクチュエーター56Bにより構成される。そして、バイアス指令手段165は、特性取得手段163により取得された静電アクチュエーター56の駆動特性に基づいて、バイアス駆動部153におけるバイアス電圧を再設定する。

このため、本実施形態においても上記実施形態と同様、アクチュエーターの駆動特性が

50

変動した場合でも、変動した特性に応じてバイアス駆動部のバイアス電圧を最適値に設定し、第二静電アクチュエーター５６Ｂによるフィードバック制御時の感度が一定になるように、クローズドループシステム１５Ｌ全体におけるゲインを制御することができる。これにより、最適なフィードバック制御を実施することが可能となる。

【００７８】

[その他の実施形態]

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

【００７９】

例えば、本発明において、アクチュエーターとして、波長可変干渉フィルター５，５ＡにおけるギャップＧ１の寸法を変化させる静電アクチュエーターを例示したが、これに限定されない。アクチュエーターとしては、例えば、圧電アクチュエーターや、誘電コイルアクチュエーター等、他のアクチュエーターを用いたフィードバックループを対象としてもよい。特に、駆動電圧に対して駆動量が非線形に変動するアクチュエーターの場合、駆動特性の変動により、フィードバック制御時に最適なゲインが設定されていないと、上述したように、異常発振等、正常な駆動が妨げられるおそれがある。本発明は、このような駆動特性が非線形に変動するアクチュエーターに有効であり、最適なゲインを設定することで、最適な制御状態を維持したフィードバック制御を実施することができる。

【００８０】

上記実施形態では、反射膜５４，５５を容量検出量の電極として利用したが、これに限定されない。例えば、反射膜５４，５５とは別に固定基板５１及び可動基板５２に、互いに対向する容量検出用電極を設けてもよい。

また、反射膜５４，５５を駆動用電極として用いてもよい。例えば、第三実施形態において、反射膜５４，５５を第二静電アクチュエーター又は第一静電アクチュエーターとして機能させてもよい。

【００８１】

また、駆動量の検出手段として、上述のような静電容量検出電極を用いる構成に限られず、例えば、歪ゲージ等により、可動基板５２（保持部５２２）の湾曲状態を検出して、反射膜間ギャップＧ１のギャップ量を検出する構成としてもよく、外部にギャップ量を検出するための光センサーを設ける構成などとしてもよい。

【００８２】

また、上記各実施形態では、式（２）に基づいて、バイアス駆動部１５３に印加するバイアス電圧を設定したが、これに限定されない。例えば、反射膜５４，５５間のギャップＧ１の目標値に対するバイアス電圧がテーブルデータに記憶され、記憶手段に記憶される構成としてもよい。この場合、マイコン１６は、式（２）に基づいたバイアス電圧の算出を実施せず、テーブルデータから目標ギャップ量に対するバイアス電圧を読み出せばよい。

また、バイアス電圧としては、バイアス駆動部１５３を単独駆動させて反射膜間ギャップＧ１を目標ギャップ量に設定するための駆動電圧よりも小さい電圧が用いられていればよい。このようなバイアス電圧が印加されることで、フィードバック制御部１５２による第二静電アクチュエーター５６Ｂの制御において、バイアス電圧が印加されない場合に比べて感度を低減させることができ、フィードバック制御の精度を向上させることができる。

【００８３】

上記第三実施形態において、バイアス電圧が印加される第一静電アクチュエーター５６Ａは、フィードバック電圧が印加される第二静電アクチュエーター５６Ｂの外周側に配置される例を示したが、これに限定されない。例えば、第一静電アクチュエーター５６Ａが、反射膜５４，５５の外周側で、第二静電アクチュエーター５６Ｂの内周側に設けられ、第二静電アクチュエーター５６Ｂが第一静電アクチュエーター５６Ａの外周側に設けられる構成などとしてもよい。

【 0 0 8 4 】

また、本発明の電子機器として、上記各実施形態では、分光測定装置 1 を例示したが、その他、様々な分野により本発明の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。

【 0 0 8 5 】

例えば、図 1 2 に示すように、本発明の電子機器を、色を測定するための測色装置に適用することもできる。

図 1 2 は、波長可変干渉フィルターを備えた測色装置 4 0 0 の一例を示すブロック図である。

この測色装置 4 0 0 は、図 1 2 に示すように、検査対象 A に光を射出する光源装置 4 1 0 と、測色センサー 4 2 0 (光学モジュール)と、測色装置 4 0 0 の全体動作を制御する制御装置 4 3 0 (処理部)とを備える。そして、この測色装置 4 0 0 は、光源装置 4 1 0 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 4 2 0 にて受光し、測色センサー 4 2 0 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。

【 0 0 8 6 】

光源装置 4 1 0、光源 4 1 1、複数のレンズ 4 1 2 (図 1 2 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 4 1 2 には、コリメーターレンズが含まれてもよく、この場合、光源装置 4 1 0 は、光源 4 1 1 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 4 1 0 を備える測色装置 4 0 0 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 4 1 0 が設けられない構成としてもよい。

【 0 0 8 7 】

測色センサー 4 2 0 は、図 1 2 に示すように、波長可変干渉フィルター 5 と、波長可変干渉フィルター 5 を透過する光を受光するディテクター 1 1 と、波長可変干渉フィルター 5 で透過させる光の波長を可変する電圧制御部 1 5 とを備える。また、測色センサー 4 2 0 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 3 は、波長可変干渉フィルター 5 により、入射光学レンズから入射した検査対象光のうち、所定波長の光を分光し、分光した光をディテクター 1 1 にて受光する。なお、波長可変干渉フィルター 5 に代えて、波長可変干渉フィルター 5 A が配置されてもよい。

【 0 0 8 8 】

制御装置 4 3 0 は、測色装置 4 0 0 の全体動作を制御する。

この制御装置 4 3 0 としては、例えば汎用パーソナルコンピューターや、携帯情報端末、その他、測色専用コンピューターなどを用いることができる。そして、制御装置 4 3 0 は、図 1 2 に示すように、光源制御部 4 3 1、測色センサー制御部 4 3 2、および測色処理部 4 3 3などを備えて構成されている。

光源制御部 4 3 1 は、光源装置 4 1 0 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 4 1 0 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 4 3 2 は、測色センサー 4 2 0 に接続され、例えば利用者の設定入力に基づいて、測色センサー 4 2 0 にて受光させる光の波長を設定し、この波長の光の受光量を検出する旨の制御信号を測色センサー 4 2 0 に出力する。これにより、測色センサー 4 2 0 の電圧制御部 1 5 は、制御信号に基づいて、静電アクチュエーター 5 6 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 4 3 3 は、ディテクター 1 1 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。

【 0 0 8 9 】

また、本発明の電子機器の他の例として、特定物質の存在を検出するための光ベースの

10

20

30

40

50

システムが挙げられる。このようなシステムとしては、例えば、本発明の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。

【0090】

図13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14は、図13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13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14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14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。

【0091】

次に、上記のようなガス検出装置100の動作について、以下に説明する。

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

【0092】

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。

【0093】

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

これらのレイリー散乱光やラマン散乱光は、光学部 135 を通ってフィルター 136 に入射し、フィルター 136 によりレイリー散乱光が分離され、ラマン散乱光が波長可変干渉フィルター 5 に入射する。そして、信号処理部 144 は、電圧制御部 146 に対して制御信号を出力する。これにより、電圧制御部 146 は、上記第一実施形態に示すように、ギャップ検出器 151、フィードバック制御部 152、及びマイコン 16 により構成され、第一実施形態と同様の駆動方法により、波長可変干渉フィルター 5 を駆動させ、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。なお、第三実施形態の電圧制御部 15A と同様の構成としてもよい。

10

この後、分光した光が受光素子 137 で受光されると、受光量に応じた受光信号が受光回路 147 を介して信号処理部 144 に出力される。この場合、波長可変干渉フィルター 5 から目的とするラマン散乱光を精度よく取り出すことができる。

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

【0094】

20

なお、上記図 13 及び図 14 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。

【0095】

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。

30

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。

【0096】

図 15 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 15 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。

40

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（分析部）と、記憶部 225 と、を備えている。

【0097】

この食物分析装置 200 は、システムを駆動させると、光源制御部 221 により光源 211 が制御されて、光源 211 から測定対象物に光が照射される。そして、測定対象物で反射された光は、撮像レンズ 212 を通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、波長可変干渉フィルター 5 は、

50

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５から精度よく目的波長の光を取り出すことができる。そして、取り出された光は、例えばＣＣＤカメラ等により構成される撮像部２１３で撮像される。また、撮像された光は分光画像として、記憶部２２５に蓄積される。また、信号処理部２２４は、電圧制御部２２２を制御して波長可変干渉フィルタ５に印加する電圧値を変化させ、各波長に対する分光画像を取得する。

【００９８】

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

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

【００９９】

また、図１５において、食物分析装置２００の例を示すが、略同様の構成により、上述したようなその他の情報の非侵襲的測定装置としても利用することができる。例えば、血液等の体液成分の測定、分析等、生体成分を分析する生体分析装置として用いることができる。このような生体分析装置としては、例えば血液等の体液成分を測定する装置として、エチルアルコールを検知する装置とすれば、運転者の飲酒状態を検出する酒気帯び運転防止装置として用いることができる。また、このような生体分析装置を備えた電子内視鏡システムとしても用いることができる。

更に、鉱物の成分分析を実施する鉱物分析装置としても用いることができる。

【０１００】

更に、本発明の波長可変干渉フィルタ、光学モジュール、電子機器としては、以下のような装置に適用することができる。

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

【０１０１】

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

図１６は、分光カメラの概略構成を示す模式図である。分光カメラ３００は、図１６に示すように、カメラ本体３１０と、撮像レンズユニット３２０と、撮像部３３０（検出部）とを備えている。

カメラ本体３１０は、利用者により把持、操作される部分である。

撮像レンズユニット３２０は、カメラ本体３１０に設けられ、入射した画像光を撮像部３３０に導光する。また、この撮像レンズユニット３２０は、図１６に示すように、対物レンズ３２１、結像レンズ３２２、及びこれらのレンズ間に設けられた波長可変干渉フィルタ５を備えて構成されている。

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

このような分光カメラ３００では、波長可変干渉フィルタ５により撮像対象となる波長の光を透過させることで、所望波長の光の分光画像を撮像することができる。この時、

10

20

30

40

50

各波長に対して、電圧制御部（図示略）が上記第一実施形態に示すような本発明の駆動方法により波長可変干渉フィルター５を駆動させることで、精度よく目的波長の分光画像の画像光を取り出すことができる。

【０１０２】

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。

10

【０１０３】

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。

【０１０４】

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。

20

【０１０５】

さらに、上述した実施形態では、基板間に設けられた静電アクチュエーター５６のギャップ寸法から駆動特性を取得し、静電アクチュエーター５６のフィードバック制御におけるゲインを設定する例を示したが、これに限定されない。

例えば、電圧印加により、駆動電圧に対して駆動量が非線形に変化するアクチュエーター駆動装置のフィードバック制御に利用することができ、このようなアクチュエーターとして例えば、 piezoelectric アクチュエーター等が挙げられる。具体的には、piezoelectric アクチュエーターに駆動電圧を印加することで、ミラーを駆動電圧に応じた角度だけ姿勢を変更させるミラーデバイス等にも適用できる。この場合、所定の駆動電圧を印加した際のpiezoelectric アクチュエーターの駆動量（駆動角度等）を検出することで、piezoelectric アクチュエーターの駆動特性を取得し、取得した駆動特性に基づいてpiezoelectric アクチュエーターの駆動をフィードバック制御する構成等が挙げられる。

30

【０１０６】

その他、本発明の実施の際の具体的な構造は、本発明の目的を達成できる範囲で他の構造等に適宜変更できる。

【符号の説明】

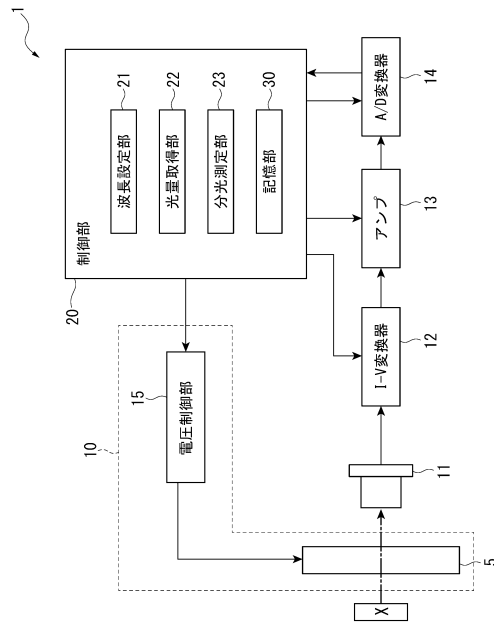
【０１０７】

１…分光測定装置、３…測色センサー、５，５Ａ…波長可変干渉フィルター、１０…光学モジュール、１５，１５Ａ…電圧制御部、１５Ｌ…クローズドループシステム（フィードバックループ）、１６，１６Ａ…マイコン、５１…固定基板、５２…可動基板、５４…固定反射膜、５５…可動反射膜、５６…静電アクチュエーター、５６Ａ…第一静電アクチュエーター、５６Ｂ…第二静電アクチュエーター、１００…ガス検出装置、１４６…電圧制御部、１５１…ギャップ検出器（検出手段）、１５２，１５２Ａ…フィードバック制御部（制御器）、１５３…バイアス駆動部（バイアス電圧印加手段）、１６２…目標指令手段、１６３…特性取得手段、１６４，１６４Ａ…ゲイン設定手段、１６５…バイアス指令手段、２００…食物分析装置、２２２…電圧制御部、２２３…検出制御部、３００…分光カメラ、４００…測色装置。

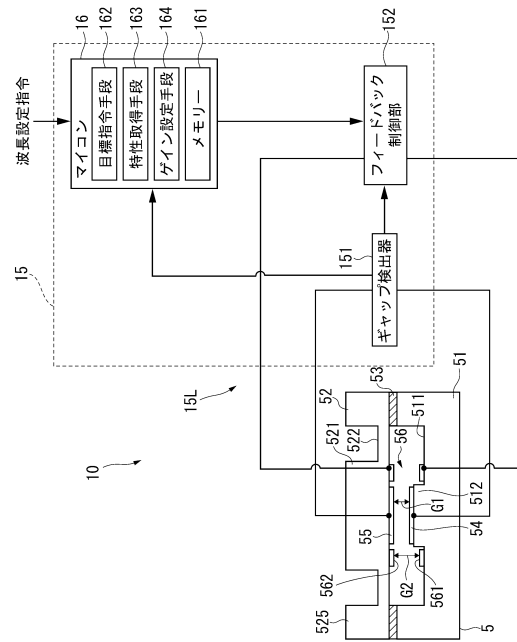
40

50

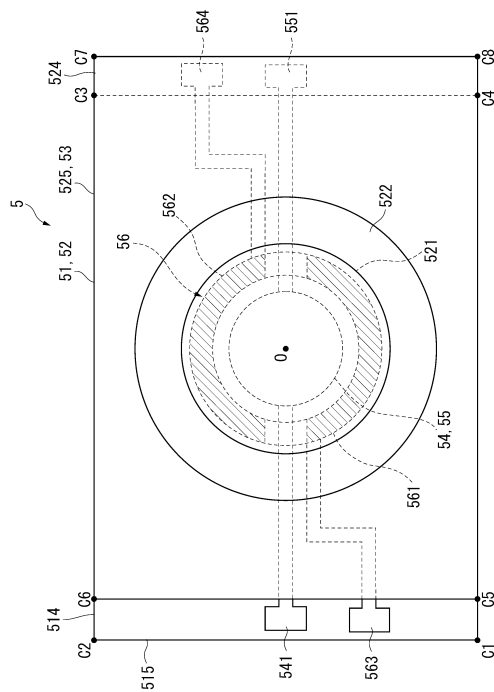
【 図 1 】



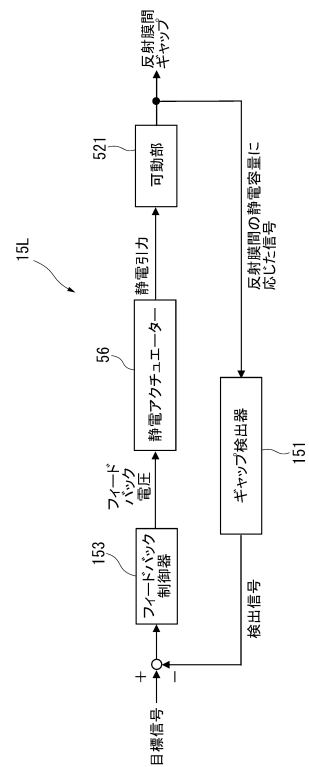
【 図 2 】



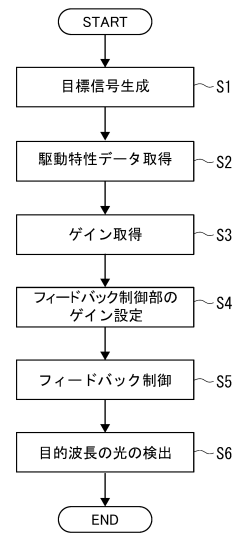
【 図 3 】



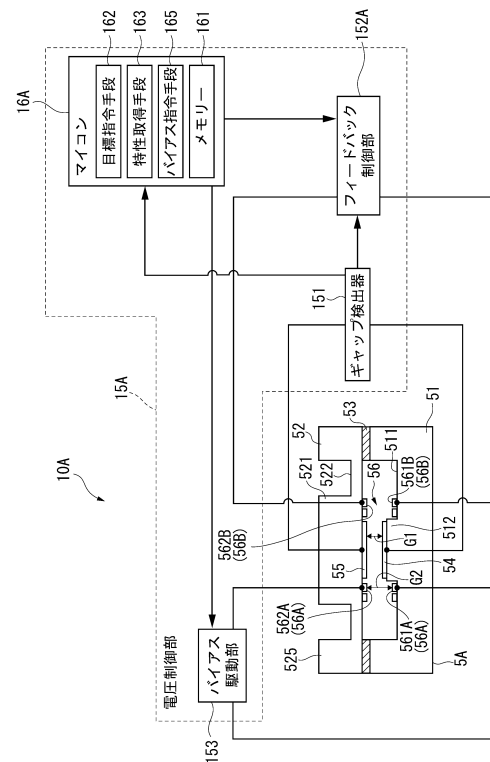
【 図 4 】



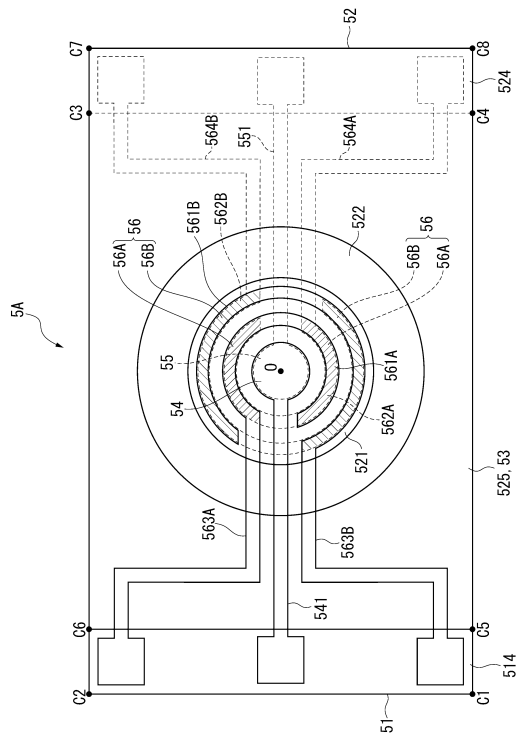
【 図 6 】



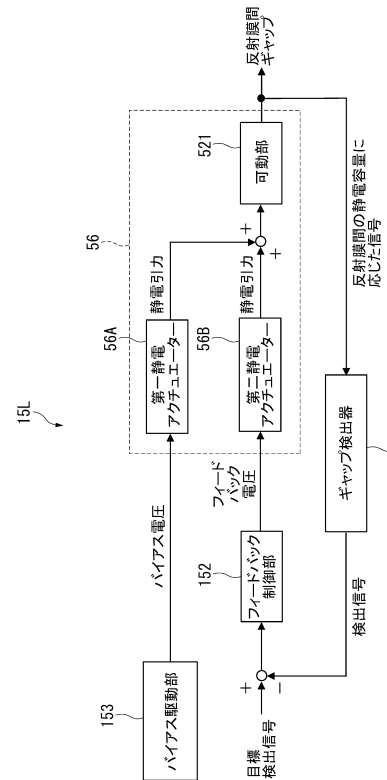
【 図 8 】



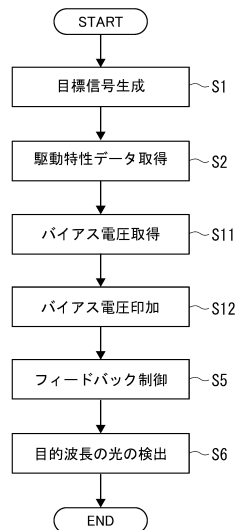
【 図 9 】



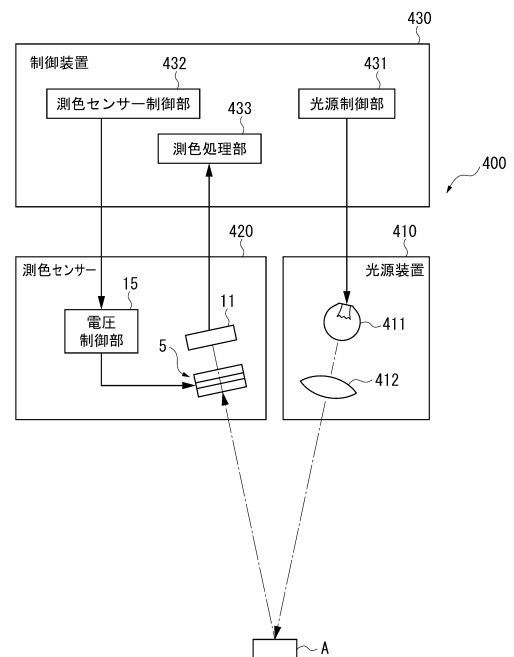
【 図 1 0 】



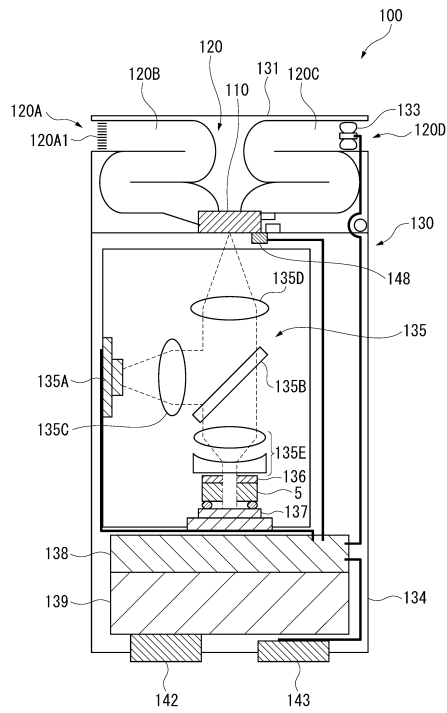
【 図 1 1 】



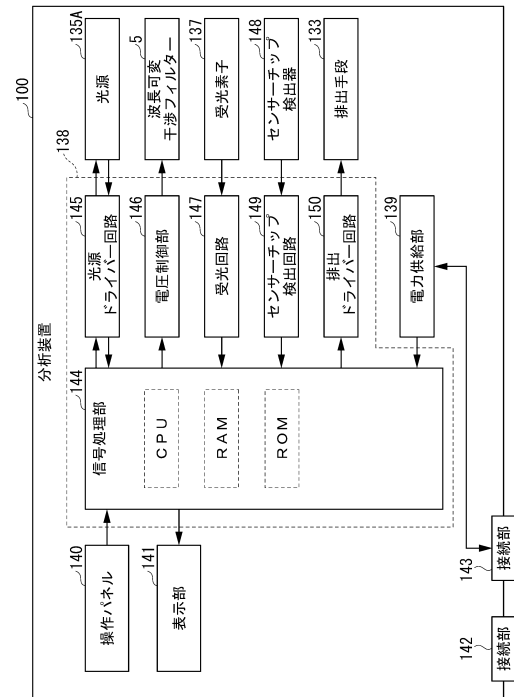
【 図 1 2 】



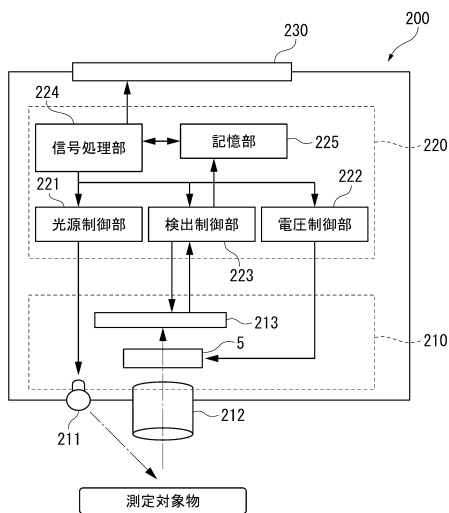
【図 13】



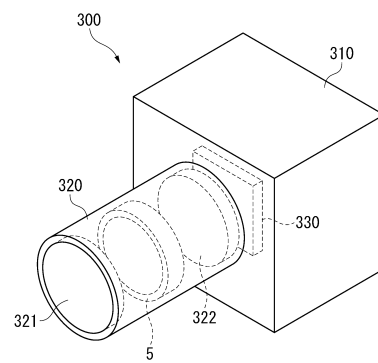
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

審査官 右田 昌士

- (56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 2 3 8 7 5 5 (J P , A)
特開平 1 1 - 1 3 6 9 7 4 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 2 5 8 3 8 5 (J P , A)
特開昭 5 9 - 1 7 0 9 1 2 (J P , A)
欧州特許出願公開第 2 6 8 7 8 3 2 (E P , A 1)
特開昭 6 0 - 0 8 8 2 6 4 (J P , A)
特開平 0 4 - 0 0 8 1 8 6 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 0 8 8 6 0 1 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 0 8 0 0 2 7 (U S , A 1)
特開 2 0 1 4 - 0 2 1 2 6 4 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 3 1 1 8 5 6 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 2 1 1 8 9 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B 2 6 / 0 0 - 2 6 / 0 8
G 0 1 J 3 / 2 6