

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6337467号
(P6337467)

(45) 発行日 平成30年6月6日 (2018.6.6)

(24) 登録日 平成30年5月18日 (2018.5.18)

(51) Int. Cl.	F I
G O 1 J 3/26 (2006.01)	G O 1 J 3/26
G O 2 B 26/00 (2006.01)	G O 2 B 26/00
B 8 1 B 3/00 (2006.01)	B 8 1 B 3/00

請求項の数 6 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2013-270761 (P2013-270761)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成25年12月27日 (2013.12.27)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-125083 (P2015-125083A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成27年7月6日 (2015.7.6)	(74) 代理人	100116665
審査請求日	平成28年12月7日 (2016.12.7)		弁理士 渡辺 和昭
前置審査		(74) 代理人	100164633
			弁理士 西田 圭介
		(74) 代理人	100179475
			弁理士 仲井 智至
		(72) 発明者	趙 丹俊
			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	多津田 哲男
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学モジュール、電子機器、及び光学モジュールの駆動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入射光から所定の波長の光を選択し、かつ出射する出射光の波長を変更可能な分光素子と、

前記出射光の露光により電荷を蓄積する画素を有し、受光期間において前記画素に電荷を蓄積し、前記受光期間の後の非受光期間において蓄積された前記電荷に応じた検出信号を出力する受光処理を、複数の前記画素により構成された画素ブロック毎に所定時間遅延させて実施し、1フレームを構成するローリングシャッター方式の撮像素子と、

前記分光素子において、前記出射光の波長変更駆動を制御する分光制御手段と、を備え、

前記分光制御手段は、前記1フレームにおける、最後に前記受光処理が実施される最終画素ブロックの前記受光期間の終了タイミングで、前記分光素子に前記波長変更駆動を開始させ、

第1のフレームに続く第2のフレームにおける、最初に前記受光処理が実施される第1画素ブロックの前記非受光期間の終了タイミングは、前記第1のフレームにおける、前記最終画素ブロックの前記受光期間の終了と共に開始される前記波長変更駆動の終了タイミングから、前記波長変更駆動に要する波長変更駆動期間のうち最長の前記波長変更駆動期間が経過したタイミングであり、

前記第1のフレームにおける前記最終画素ブロックの前記受光期間の終了と共に前記波長変更駆動が開始され、前記波長変更駆動期間の終了と共に前記第2フレームの第1画素

ブロックの受光期間の開始となる

ことを特徴とする光学モジュール。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の光学モジュールにおいて、

前記最長の波長変更駆動期間は、前記波長変更駆動の波長変更量が所定量以下である各波長変更駆動のうちの最長の波長変更駆動期間である

ことを特徴とする光学モジュール。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の光学モジュールにおいて、

前記分光制御手段は、前記分光素子を制御して、前記出射光の波長を、第 1 波長と前記第 1 波長よりも短い第 2 波長との間の複数の波長について、前記所定量以下の間隔で、大きい順又は小さい順に順次変更するステップ駆動を実施する

ことを特徴とする光学モジュール。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の光学モジュールにおいて、

前記分光素子における前記出射光の波長の変動量が所定の閾値以内となる安定化タイミングを検出する安定化検出部と、

前記 1 フレームにおける、最後に前記受光処理が実施される最終画素ブロックの前記受光期間の終了と共に前記波長変更駆動が開始された、前記分光素子の前記安定化タイミングで、最初に前記受光処理が実施される第 1 画素ブロックの前記電荷の蓄積を開始させる撮像素子制御手段と、を備えている

ことを特徴とする光学モジュール。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の光学モジュールと、

前記光学モジュールを制御する制御部と、を具備する

ことを特徴とする電子機器。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の光学モジュールの駆動方法であって、

前記 1 フレームにおいて、前記画素ブロック毎に所定時間遅延させて前記画素に電荷を蓄積させ、

前記 1 フレームにおける、最後に前記受光処理が実施される最終画素ブロックの前記受光期間の終了タイミングで、前記分光素子に前記出射光の波長変更駆動を開始させる

ことを特徴とする光学モジュールの駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学モジュール、電子機器、及び光学モジュールの駆動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、入射光から所定波長の光を取り出すことができ、取り出す波長を変更可能な分光素子と、分光素子によって取り出された光を受光する撮像素子と、を備え、撮像素子の受光量を検出することで分光測定を行う電子機器としての分光測定装置が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

特許文献 1 には、遮光期間及び露光期間を交互に繰り返す撮像素子と、対向する光学基板間の面間隔を変更可能に構成された分光素子と、当該面間隔を制御する面間隔制御部と、を備える分光画像装置（分光測定装置）が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開2013-17507号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1では、面間隔制御部は、制御信号の出力タイミングに対して、分光素子の変更動作の開始タイミング及び終了タイミングが遅延することを考慮して制御信号を出力し、撮像素子の所定の遮光期間の終了タイミングに変更動作を終了させるようにしている。

しかしながら、特許文献1では、所定の遮光期間の長さが、変更動作の所要時間に関わらず変更動作よりも十分に長く設定されている。このため、遮光期間が始まってから変更動作が始まるまでの時間の分だけ測定時間が長くなる。

10

【0006】

また、特許文献1では、複数の画素行を備え、各画素行を異なるタイミングで駆動し、検出信号を出力するローリングシャッター方式の撮像素子を用いた場合については考慮されていない。すなわち、ローリングシャッター方式では、各画素行で駆動タイミングが異なり、同時に2つのフレームに係る露光量を検出するタイミングが存在する。

つまり、最初に第1フレームの受光処理を実施した画素行は、その後、すぐに、第1フレームに続く、第2フレームの受光処理の実施を開始する。この際、まだ第1フレームの受光処理を実施している画素行が存在する。

【0007】

従って、受光素子の駆動タイミングを考慮せずに、分光素子を駆動すると、上述のように同時に2つのフレームに係る露光量を検出するタイミング分光素子を駆動してしまう場合がある。この場合、第1フレーム及び第2フレームのいずれも、分光素子の設定波長が全画素行で同一の波長に設定された状態で露光量を検出できず、精度の高い分光画像を取得できない非有効なフレームとなる。なお、非有効な第2フレームの次の第3フレームは、分光素子の駆動が完了した後に開始され、有効なフレームとなる。このように、受光素子の駆動タイミングを考慮せずに、分光素子を駆動すると、非有効な第1フレーム及び第2フレームが2フレーム連続し、測定時間が長くなるおそれがある。

20

【0008】

本発明は、測定時間を短縮可能な光学モジュール、電子機器、及び光学モジュールの駆動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】

【0009】

本発明の一態様の光学モジュールは、出射光の波長の変更が可能な分光素子と、前記出射光に露光されるローリングシャッター方式の撮像素子と、前記波長の変更を制御する分光制御手段と、を含み、前記撮像素子は、受光期間において電荷を蓄積する画素を有し、前記受光期間の後の非受光期間において前記画素に蓄積された前記電荷に応じた検出信号を出力し、前記分光制御手段は、1フレーム分の前記検出信号のうち最後に出力される検出信号に対応する第1画素における前記受光期間が終了したとき、前記波長の変更を開始させることを特徴とする。

上記の本発明に係る光学モジュールは、入射光から所定の波長の光を選択し、かつ出射する出射光の波長を変更可能な分光素子と、前記出射光の露光により電荷を蓄積する画素を有し、受光期間において前記画素に電荷を蓄積し、前記受光期間の後の非受光期間において蓄積された前記電荷に応じた検出信号を出力する受光処理を、複数の前記画素により構成された画素ブロック毎に所定時間遅延させて実施し、1フレームを構成するローリングシャッター方式の撮像素子と、前記分光素子において、前記出射光の波長変更駆動を制御する分光制御手段と、を備え、前記分光制御手段は、前記1フレームにおける、最後に前記受光処理が実施される最終画素ブロックの前記受光期間の終了タイミングで、前記分光素子に前記波長変更駆動を開始させることを特徴とする。

40

【0010】

本発明では、ローリングシャッター方式の撮像素子に対して、1フレーム画像に対して

50

、最終画素ブロックの受光期間の終了タイミングで、分光素子の波長変更駆動が開始される。

すなわち、撮像素子は、露光量に応じた電荷を蓄積する受光期間と、蓄積電荷を出力し、リセットする非受光期間とを1つとした受光処理を、画素毎に実施するが、この際、画素ブロック毎で、この受光処理のタイミングを所定時間ずつ遅延させて実施するローリングシャッター方式を採用している。そして、光学モジュールでは、1フレームの画像を撮像する際の、最終画素ブロックの受光期間が終了したタイミング（すなわち、非受光期間の開始タイミングであり、検出信号の出力タイミング）で、分光素子の波長変更駆動が開始される。

このような本発明では、分光素子が所定波長を出射するように設定された状態で全画素ブロックについて受光期間が終了した、適正な露光量を取得可能な有効なフレームの、最終画素ブロックの受光期間終了時に波長変更駆動を実施させることができる。これにより、有効なフレームの最終画素ブロックの受光期間が終了してから、波長変更駆動が終了するまでの時間、すなわち波長変更に必要な時間を短くすることができ、測定時間の短縮を図ることができる。

【0011】

ところで、ローリングシャッター方式において、電荷転送に要する時間（電荷転送時間）及び各画素行間の受光期間の遅延量は、通常、受光期間の長さや駆動時間に対して短い。非受光期間が電荷転送時間程度である場合、或るフレームの最終画素ブロックの受光期間の終了タイミングで波長変更駆動が開始された際、次のフレームにおける第1画素ブロックの受光期間が既に開始されている。

例えば、ローリングシャッター方式の撮像素子が複数のフレームに亘って駆動される場合（以下、フレームA、フレームB、及びフレームCの順に取得されるとし、フレームAは有効なフレームとする）、有効なフレームAの最終画素ブロックの受光期間が終了した時点で波長変更駆動が開始されても、フレームBは非有効なフレームとなる。

ここで、撮像素子の受光期間及び非受光期間の開始及び終了タイミングを考慮せずに分光素子の波長変更駆動を開始させると、有効なフレームAの最終画素ブロックの受光期間が終了してから波長変更駆動が開始されるまでの間に不要な時間が発生する場合がある。この場合、フレームAの最終画素ブロックの受光期間が終了してから波長変更駆動が終了するまでの時間が長くなり、非有効なフレームが2フレーム連続するという不具合が生じやすくなる。すなわち、フレームB及びフレームCのそれぞれに対する受光処理が実施されているタイミングで、分光素子が駆動されると、フレームB及びフレームCの両方が非有効なフレームとなる。

一方、本発明では、フレームAの最終画素ブロックの受光期間が終了してから波長変更駆動が終了するまでの時間を短くできるので、フレームCの第1画素ブロックの受光期間の開始前に波長変更駆動が終了せず、フレームB及びフレームCの両方が非有効なフレームとなる不具合の発生を抑制できる。すなわち、非有効なフレームが2フレーム連続することを抑制でき、測定時間の短縮を図ることができる。

【0012】

なお、本発明における駆動時間とは、分光素子を駆動させて、所定の波長の出射光が安定（波長変動量が所定閾値以内となる状態）して出射されるまでの時間を指す。例えば、分光素子として、一对の反射膜のギャップを変動させて所定波長の出射光を得る波長可変型ファブリーペローエタロンを用いる場合では、反射膜間のギャップが変動し始めてから、反射膜間のギャップの変動量が所定の閾値以内となるまでの時間である。

【0013】

本発明の光学モジュールにおいて、第1のフレームに続く第2のフレームにおける、最初に前記受光処理が実施される第1画素ブロックの前記非受光期間の終了タイミングは、前記第1のフレームにおける、前記最終画素ブロックの前記受光期間の終了と共に開始される前記波長変更駆動の終了タイミング以降であることが好ましい。

【0014】

本発明では、第1のフレームに続く第2のフレームにおいて、第1画素ブロックの受光期間に続く非受光期間の終了タイミングは、第1のフレームの最終画素ブロックの受光期間終了タイミングに開始された波長変更駆動の終了タイミング以降である。

すなわち、有効なフレームAの最終画素ブロックの受光期間が終了したタイミングで波長変更駆動が開始される。そして、この波長変更駆動の終了タイミング以降にフレームCの第1画素ブロックの受光期間が開始されるように、受光期間、非受光期間及び波長変更駆動のタイミングが設定されている。

これにより、非有効なフレームBを挟み、フレームA及びフレームCを有効なフレームとすることができる。この場合、上述のように連続する2以上のフレームが非有効なフレームとなることがなく、より確実に測定時間の短縮を図ることができる。

10

また、分光素子から出射させる出射光をどの波長に変更した場合でも、有効なフレームと非有効なフレームとが交互に生じるように、撮像素子及び分光素子を駆動させることができる。このため、有効なフレームと非有効なフレームとを判定する必要がなく、処理負荷を抑制できる。

また、有効なフレームの受光期間中に波長変更駆動が実施されることがなく、測定精度の低下をより確実に抑制できる。

【0015】

本発明の光学モジュールにおいて、前記第2のフレームにおける、前記第1画素ブロックの前記非受光期間の終了タイミングは、前記第1のフレームにおける、前記最終画素ブロックの前記受光期間の終了タイミングから、前記波長変更駆動に要する駆動時間のうち最長の前記駆動時間が経過したタイミングであることが好ましい。

20

【0016】

本発明では、第2のフレームにおける第1画素ブロックの非受光期間の終了タイミングは、第1のフレームにおける、最終画素ブロックの受光期間の終了タイミングから、波長変更駆動に要する駆動時間のうち最長の駆動時間が経過したタイミングに設定されている。

すなわち、有効なフレームAの最終画素ブロックの受光期間が終了したタイミングから、波長変更駆動の駆動時間のうち最長の駆動時間が経過したタイミングで、フレームCの第1画素ブロックの受光期間が開始される。この場合、有効なフレームAの最終画素ブロックの受光期間が終了したタイミングから、次の有効なフレームであるフレームCの開始までの時間を、駆動時間の最長の駆動時間とすることにより、より一層の測定時間の短縮を図ることができる。

30

【0017】

本発明の光学モジュールにおいて、前記最長の駆動時間は、前記波長変更駆動の波長変更量が所定量以下である各波長変更駆動のうちの最長の駆動時間であることが好ましい。

【0018】

本発明では、第2のフレームにおける第1画素ブロックの非受光期間の終了タイミングは、第1のフレームにおける、最終画素ブロックの受光期間の終了タイミングから、波長変更量が所定量以下である波長変更駆動に要する駆動時間のうち最長の駆動時間が経過したタイミングに設定されている。

40

すなわち、有効なフレームAの最終画素ブロックの受光期間が終了したタイミングから、所定量以下の駆動量に対応する波長変更駆動の駆動時間のうち最長の駆動時間が経過したタイミングで、フレームCの第1画素ブロックの受光期間が開始される。従って、複数波長について波長を変更する際の波長の変更量が所定の量を超える際の駆動時間を、フレームCの第1画素ブロックの受光期間の開始タイミングの設定対象に含めない。このため、駆動時間が、所定時間を超える駆動時間を最長の駆動時間に設定しないようにでき、1フレームを取得するための所要時間の短縮を図ることができる。

【0019】

本発明の光学モジュールにおいて、前記分光制御手段は、前記分光素子を制御して、前記出射光の波長を、第1波長と前記第1波長よりも短い第2波長との間の複数の波長につ

50

いて、前記所定量以下の間隔で、大きい順又は小さい順に順次変更するステップ駆動を実施することが好ましい。

【 0 0 2 0 】

本発明では、第 1 波長から第 2 波長の間において、所定量以下の間隔で波長を変更するように分光素子をステップ駆動させる。

すなわち、有効なフレーム A の最終画素ブロックの受光期間が終了したタイミングから、ステップ駆動の各駆動時間のうち最長の駆動時間が経過したタイミングで、フレーム C の第 1 画素ブロックの受光期間が開始される。このような構成では、ステップ駆動における最初の波長から、最後の波長に戻す際の駆動時間（初期化時間とも称する）は、最長駆動時間として設定されない。この初期化時間は、通常、ステップ駆動における上記各駆動時間よりも長い。このため、初期化時間を最長駆動時間として設定しないことで、1 フレームを取得するための所要時間の短縮を図ることができる。

10

【 0 0 2 1 】

本発明の光学モジュールにおいて、前記分光素子における前記出射光の波長の変動量が所定の閾値以内となる安定化タイミングを検出する安定化検出部と、前記 1 フレームにおける、最後に前記受光処理が実施される最終画素ブロックの前記受光期間の終了と共に前記波長変更駆動が開始された、前記分光素子の前記安定化タイミングで、最初に前記受光処理が実施される第 1 画素ブロックの前記電荷の蓄積を開始させる撮像素子制御手段と、を備えていることが好ましい。

【 0 0 2 2 】

20

本発明では、分光素子が安定化された安定化タイミングで、第 1 画素ブロックの電荷の蓄積を開始させる。

このような構成では、有効なフレームの最終画素ブロックの受光期間の終了と共に波長変更駆動が開始される。そして、分光素子の安定化が検出されるまでは、次のフレームの受光期間が開始されず、安定化が検出されると、次のフレームの第 1 画素ブロックの電荷の蓄積が開始される。これにより、有効なフレーム間において、画素ブロック毎に発生する非受光期間の長さを、波長変更駆動時間に応じた長さとしてすることができ、かつ、非有効なフレームが発生することがない。

従って、1 フレームを取得するための所要時間を最適化でき、更なる測定時間の短縮を図ることができる。

30

また、撮像素子において、所定波長以外の光が受光されることをより確実に抑制でき、測定精度の低下をより確実に抑制できる。

【 0 0 2 3 】

本発明の電子機器は、入射光から所定の波長の光を選択し、かつ出射する出射光の波長を変更可能な分光素子、前記出射光の露光により電荷を蓄積する画素を有し、受光期間において前記画素に電荷を蓄積し、前記受光期間の後の非受光期間において蓄積された前記電荷に応じた検出信号を出力する受光処理を、複数の前記画素により構成された画素ブロック毎に所定時間遅延させて実施し、1 フレームを構成するローリングシャッター方式の撮像素子、及び、前記分光素子において、前記出射光の波長変更駆動を制御する分光制御手段、を備え、前記分光制御手段は、前記 1 フレームにおける、最後に前記受光処理が実施される最終画素ブロックの前記受光期間の終了タイミングで、前記分光素子に前記波長変更駆動を開始させる光学モジュールと、前記光学モジュールを制御する制御部と、を具備することを特徴とする。

40

【 0 0 2 4 】

本発明では、光学モジュールに係る発明と同様に、ローリングシャッター方式の撮像素子に対して、1 フレーム画像に対して、最終画素ブロックの受光期間の終了タイミングで分光素子の波長変更駆動が開始される。

これにより、上記光学モジュールに係る発明と同様に、非有効なフレームが 2 フレーム連続することを抑制でき、測定時間の短縮を図ることができる。

また、上記光学モジュールに係る発明と同様に、有効なフレームの受光期間が終了した

50

タイミングで、波長変更駆動を実施するため、当該フレームの受光期間が終了してから波長変更駆動が開始されるまでの間に不要な時間が設けられず、測定時間を短縮することができる。

【 0 0 2 5 】

本発明の光学モジュールの駆動方法は、入射光から所定の波長の光を選択し、かつ出射する出射光の波長を変更可能な分光素子と、前記出射光の露光により電荷を蓄積する画素を有し、受光期間において前記画素に電荷を蓄積し、前記受光期間の後の非受光期間において蓄積された前記電荷に応じた検出信号を出力する受光処理を、複数の前記画素により構成された画素ブロック毎に所定時間遅延させて実施し、1フレームを構成するローリングシャッター方式の撮像素子と、を備える光学モジュールの駆動方法であって、前記1フ

10

【 0 0 2 6 】

本発明では、光学モジュールに係る発明と同様に、ローリングシャッター方式の撮像素子に対して、1フレーム画像に対して、最終画素ブロックの受光期間の終了タイミングで分光素子の波長変更駆動が開始される。

これにより、上記光学モジュールに係る発明と同様に、非有効なフレームが2フレーム連続することを抑制でき、測定時間の短縮を図ることができる。

20

また、上記光学モジュールに係る発明と同様に、有効なフレームの受光期間が終了したタイミングで、波長変更駆動を実施するため、当該フレームの受光期間が終了してから波長変更駆動が開始されるまでの間に不要な時間が設けられず、測定時間を短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 7 】

【図1】第一実施形態の分光測定装置の概略構成を示すブロック図。

【図2】波長可変干渉フィルターの概略構成を示す図。

【図3】波長可変干渉フィルター及び撮像素子の駆動タイミングを示す図。

【図4】分光測定装置の分光測定処理の一例を示すフローチャート。

30

【図5】比較例の波長可変干渉フィルター及び撮像素子の駆動タイミングを示す図。

【図6】波長可変干渉フィルターの駆動パターンの一例を示す図。

【図7】第二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8】波長可変干渉フィルターの概略構成を示す図。

【図9】波長可変干渉フィルター及び撮像素子の駆動タイミングを示す図。

【図10】分光測定装置の分光測定処理の一例を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 8 】

[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。

40

[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取得する分光測定を実施する装置である。分光測定装置1は、図1に示すように、分光モジュール10と、制御部20と、を備えている。分光モジュール10は、本発明の分光素子に相当する波長可変干渉フィルター5と、撮像素子11と、検出信号処理部12と、電圧制御部13と、を少なくとも備えて構成されている。

この分光測定装置1では、制御部20による指令信号に応じて波長可変干渉フィルター5が駆動され、当該指令信号に応じた波長の光が波長可変干渉フィルター5から出射され

50

る。分光測定装置 1 は、波長可変干渉フィルター 5 から出射された光を撮像素子 11 で受光し、受光した光の光強度に応じた検出信号を出力する。この際、本実施形態では、分光測定装置 1 は、波長可変干渉フィルター 5 及び撮像素子 11 の駆動タイミングをそれぞれ設定し、駆動する。

なお、本実施形態では、測定対象 X で反射した測定対象光を測定する例を示すが、測定対象 X として、例えば液晶パネル等の発光体を用いる場合、当該発光体から発光された光を測定対象光としてもよい。

【0029】

[分光モジュールの構成]

以下、分光モジュール 10 の各部の構成について説明する。

10

[波長可変干渉フィルターの構成]

波長可変干渉フィルター 5 は、例えば四角形板状の光学部材であり、図 2 に示すように、固定基板 51、可動基板 52、一对の反射膜 541、542、静電アクチュエーター 55 を備えている。

波長可変干渉フィルター 5 は、電圧制御部 13 から静電アクチュエーター 55 に駆動電圧が印加されることで、一对の反射膜 541、542 間のギャップ G1 の寸法を制御し、当該ギャップ G1 の寸法に応じた波長の光を干渉光として取り出すことができる。

【0030】

波長可変干渉フィルター 5 では、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。固定基板 51 の第一接合部 513 及び可動基板 52 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 により接合されることで、一体的に構成されている。

20

【0031】

固定基板 51 には、固定反射膜 541 が設けられ、可動基板 52 には、可動反射膜 542 が設けられている。固定反射膜 541 及び可動反射膜 542 は、反射膜間ギャップ G1 を介して対向配置されている。反射膜間ギャップ G1 のギャップ量は、固定反射膜 541 及び可動反射膜 542 の表面間の距離に相当する。

【0032】

(固定基板の構成)

固定基板 51 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 511 及び反射膜設置部 512 を備える。

30

電極配置溝 511 は、フィルター平面視で、固定基板 51 の外周部を除く位置に設けられた溝である。電極配置溝 511 の溝底面は、静電アクチュエーター 55 を構成する電極が配置される電極設置面 511A となる。

この電極設置面 511A には、静電アクチュエーター 55 を構成する固定電極 551 が設けられている。固定電極 551 は、反射膜設置部 512 の外周側に設けられている。

なお、図 2 では、図示を省略しているが、固定基板 51 には、電極配置溝 511 に連続し、基板の外周部に向かう電極引出溝が設けられている。そして、固定電極 551 は、電極配置溝 511 及び電極引出溝に設けられ、基板外周部で外部に露出する接続電極を備えている。この接続電極の露出部分は、接地されている。

40

【0033】

反射膜設置部 512 は、電極配置溝 511 の中心部から可動基板 52 側に突出して形成されている。反射膜設置部 512 の突出先端面は反射膜設置面 512A となり、固定反射膜 541 が設置されている。

この固定反射膜 541 としては、例えば Ag 等の金属膜や、Ag 合金等、導電性の合金膜を用いることができる。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く、この場合、誘電体多層膜の最下層又は表層に導電性の金属合金膜が形成されていることが好ましい。

【0034】

また、固定基板 51 の光入射面（固定反射膜 541 が設けられない面）には、固定反射

50

膜 5 4 1 に対応する位置に反射防止膜を形成してもよい。この反射防止膜は、低屈折率膜及び高屈折率膜を交互に積層することで形成することができ、固定基板 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 3 5 】

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、電極配置溝 5 1 1、及び反射膜設置部 5 1 2 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 は、接合膜 5 3 により、可動基板 5 2 の第二接合部 5 2 3 に接合される。

【 0 0 3 6 】

(可動基板の構成)

可動基板 5 2 は、その中心部分に例えば円形状の可動部 5 2 1 と、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 4 と、を備えている。

10

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 の固定基板 5 1 に対向する可動面 5 2 1 A には、可動反射膜 5 4 2、可動電極 5 5 2 が設けられている。

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。

【 0 0 3 7 】

可動反射膜 5 4 2 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 1 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 4 2 としては、上述した固定反射膜 5 4 1 と同一の構成の反射膜が用いられる。

20

また、可動面 5 2 1 A には、静電アクチュエーター 5 5 を構成する可動電極 5 5 2 が設けられている。可動電極 5 5 2 は、可動反射膜 5 4 2 の外周側に設けられている。

可動電極 5 5 2 は、基板厚み方向から見た平面視において、それぞれ固定電極 5 5 1 に対して電極間ギャップ G 2 を介して対向配置されている。

静電アクチュエーター 5 5 は、固定電極 5 5 1 を備える。なお、静電アクチュエーター 5 5 の詳細については後述する。

【 0 0 3 8 】

なお、図 2 では、図示を省略しているが、可動電極 5 5 2 は、それぞれ外周縁の一部から、固定基板 5 1 に形成された上述の可動電極引出溝に対向する位置に沿って配置され、基板外周部で外部に露出する接続電極を備えている。この接続電極の露出部分は、例えば F P C (Flexible printed circuits) やリード線等により電圧制御部 1 3 に接続されている。

30

【 0 0 3 9 】

保持部 5 2 2 は、可動部 5 2 1 の周囲を囲うダイアフラムであり、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。なお、本実施形態では、ダイアフラム状の保持部 5 2 2 を例示するが、これに限定されず、例えば、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。

40

【 0 0 4 0 】

基板外周部 5 2 4 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 4 の固定基板 5 1 に対向する面には、第一接合部 5 1 3 に対向する第二接合部 5 2 3 が設けられ、接合膜 5 3 を介して第一接合部 5 1 3 に接合される。

【 0 0 4 1 】

[撮像素子、検出信号処理部、及び電圧制御部の構成]

図 1 に戻り、分光モジュール 1 0 が備える撮像素子 1 1、検出信号処理部 1 2、及び電圧制御部 1 3 について説明する。

50

撮像素子 1 1 は、2 次元平面上にアレイ状に配列された複数の画素を有している。撮像素子 1 1 は、複数の画素のそれぞれで、露光量に応じて電荷を蓄積する受光期間と、この蓄積電荷を転送させることで、蓄積電荷に応じた検出信号を出力する非受光期間と、を 1 つとした受光処理を実施する。出力された検出信号は、検出信号処理部 1 2 に入力される。このような撮像素子 1 1 としては、例えば C M O S や C C D 等の各種イメージセンサである。

【 0 0 4 2 】

ここで、本実施形態では、撮像素子 1 1 は、複数の画素行（例えば、Line 1 ~ Line n の n 行であり、各画素行がそれぞれ本発明の画素ブロックに相当）が一方向に配列されている。この撮像素子 1 1 は、ローリングシャッター方式を採用している。すなわち、撮像素子 1 1 は、画素行毎に所定時間遅延させて、露光量に応じた電荷を所定の受光時間だけ蓄積し、蓄積電荷を転送（すなわち検出信号を出力）し、蓄積電荷をリセットする受光処理を実施する。すなわち、撮像素子 1 1 は、受光時間に対応する受光期間と、電荷をリセットする非受光期間とを含む 1 フレーム分の受光処理を、第 1 画素行（Line 1）から最終画素行（Line n）まで所定時間遅延させながら実施する。

なお、非受光期間に行われる蓄積電荷の転送には所定時間（以下、電荷転送時間とも称する）を要する。この電荷転送時間は、例えば μ 秒オーダーの時間であり、後に詳述する受光期間や、波長可変干渉フィルタ 5 の駆動時間に対して無視できるほど小さい。

【 0 0 4 3 】

検出信号処理部 1 2 は、入力された検出信号（アナログ信号）を増幅したのち、デジタル信号に変換して制御部 2 0 に出力する。検出信号処理部 1 2 は、検出信号を増幅するアンプや、アナログ信号をデジタル信号に変換する A / D 変換器等により構成される。

電圧制御部 1 3 は、制御部 2 0 の制御に基づいて、波長可変干渉フィルタ 5 の静電アクチュエータ 5 5 に対して駆動電圧を印加する。これにより、静電アクチュエータ 5 5 の固定電極 5 5 1 及び可動電極 5 5 2 間で静電引力が発生し、可動部 5 2 1 が固定基板 5 1 側に変位する。

【 0 0 4 4 】

[制御部の構成]

次に、制御部 2 0 について説明する。

制御部 2 0 は、例えば C P U やメモリー等が組み合わされることで構成され、分光測定装置 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、フィルタ駆動部 2 1 と、受光制御部 2 2 と、最長駆動時間取得部 2 3、タイミング取得部 2 4 と、光量取得部 2 5 と、分光測定部 2 6 と、記憶部 2 7 と、を備えている。記憶部 2 7 は、波長可変干渉フィルタ 5 を透過させる光の波長と、当該波長に対応して静電アクチュエータ 5 5 に印加する駆動電圧との関係を示す V - データが記憶されている。

【 0 0 4 5 】

なお、受光制御部 2 2、最長駆動時間取得部 2 3、及びタイミング取得部 2 4 は、本発明の撮像素子制御手段に相当する。また、電圧制御部 1 3 及びフィルタ駆動部 2 1 は、本発明の分光制御手段に相当する。すなわち、波長可変干渉フィルタ 5、撮像素子 1 1、電圧制御部 1 3、フィルタ駆動部 2 1、受光制御部 2 2、最長駆動時間取得部 2 3、及びタイミング取得部 2 4 は、本発明の光学モジュールに相当する。

【 0 0 4 6 】

フィルタ駆動部 2 1 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、V - データに基づいて、設定した目的波長に対応する駆動電圧を静電アクチュエータ 5 5 に印加させる旨の指令信号を電圧制御部 1 3 に出力する。

なお、フィルタ駆動部 2 1 は、後に詳述するが、撮像素子 1 1 が連続駆動される際の有効なフレーム（Valid Frame）において、複数の画素行のうちの最終画素行（Line n）の受光期間の終了タイミングに合わせて波長可変干渉フィルタ 5 を駆動開始させる（図 3 参照）。

【 0 0 4 7 】

受光制御部 22 は、撮像素子 11 に所定の受光時間だけ測定光の露光量に応じた電荷を蓄積させ、露光量に基づく検出信号を出力させる受光処理を実施させる。また、受光制御部 22 は、撮像素子 11 に、予め設定された受光時間だけ電荷を蓄積させる。そして、受光制御部 22 は、所定の受光時間が経過した後、電荷の蓄積を行わない所定の非受光時間の間で撮像素子 11 に蓄積電荷の転送（電荷転送）を実施させる。

ここで、図 3 は、本実施形態における、波長可変干渉フィルター 5 及び撮像素子 11 のそれぞれの駆動タイミングの関係を示す図である。

受光制御部 22 は、図 3 に示すように、受光期間（受光時間に対応）と非受光期間（非受光時間に対応し、電荷転送時間を含む）と含む 1 フレームに係る受光処理を、撮像素子 11 の各画素行（Line 1 ~ Line n）について、所定時間遅延させながら実施する。また、受光制御部 22 は、各画素行（Line 1 ~ Line n）について、受光期間と非受光期間とを交互に繰り返すように撮像素子 11 を制御する。

なお、受光時間と非受光時間とを合わせた所定時間が、各画素行における 1 フレーム分に対応する露光量を検出するのに要する時間であり、以下、フレーム所要時間とも称する。

【0048】

最長駆動時間取得部 23 は、波長可変干渉フィルター 5 と撮像素子 11 とが同期して連続して画像を撮像する際に、予め設定された測定パターンに基づいて、波長可変干渉フィルター 5 の駆動に要する最長駆動時間を取得する。

分光測定装置 1 では、分光測定を実施する際に、測定パターンとして、複数の測定対象波長及び当該測定対象波長の測定順が予め設定される。この測定パターンに基づいた複数の測定対象波長を測定するために、フィルター駆動部 21 は、各測定対象波長に対応する指令信号を、順次、電圧制御部 13 に出力し、波長可変干渉フィルター 5 のギャップ寸法を順次変化させる。

ここで、波長可変干渉フィルター 5 のギャップ寸法が変更されるのに要する駆動時間は、ギャップ変動量や、ギャップの変動方法等に応じて異なる。例えば、ギャップ変動量が大きければ、駆動時間が長くなり、逆に、小さければ、駆動時間が短くなる。また、例えば、ギャップ寸法を大きくする時よりも、ギャップ寸法を小さくする時の方が、駆動時間が長くなる。

また、例えば、ギャップ寸法を徐々に狭める又は広めるように変更させながら受光処理を行うステップ駆動を行う場合の各駆動時間と、例えば最終波長に対応するギャップ寸法から初期波長に対応するギャップ寸法に戻す場合の駆動時間とでは、後者の駆動時間が長くなる。

測定対象波長や測定順等を示す測定パターンは、測定開始時に、ユーザーによって指定される。具体的には、分光測定装置 1 は、ユーザーが図示しない操作部を操作することにより、記憶部 27 に予め記憶された複数の測定パターンから選択可能に構成されてもよいし、測定パターンを設定可能に構成されてもよい。

【0049】

なお、測定パターンが選択可能に構成されている場合、測定パターンに応じた最長駆動時間を予め記憶部 27 に記憶しておき、最長駆動時間取得部 23 は、測定パターンに応じた最長駆動時間を取得する。

また、ギャップ寸法の変動量と、駆動時間との関係を示すデータ等を予め記憶部 27 に記憶しておき、最長駆動時間取得部 23 は、これらデータ等を用いて最長駆動時間を取得する。

【0050】

タイミング取得部 24 は、最長駆動時間取得部 23 によって取得された最長駆動時間に基づいて、各画素行の受光期間と非受光期間とを設定する。

ここで、波長可変干渉フィルター 5 のギャップ寸法が設定値で安定した状態で、各画素行の露光量が取得されたフレームを有効フレーム（Valid Frame）と称する。また、波長可変干渉フィルター 5 のギャップ寸法が変動した状態で、露光量が取得された各画素行を

10

20

30

40

50

含むフレームを非有効フレーム (Invalid Frame) と称する。

タイミング取得部 24 は、上述のように、有効フレームに続く非有効フレームにおける第 1 画素行 Line 1 の非受光期間の終了タイミングが、上記有効フレームにおける最終画素行 Line n の受光期間終了タイミングから最長駆動時間が経過したタイミングとなるように、撮像素子 11 の駆動タイミングを取得し、設定する。ここで、タイミング取得部 24 は、波長可変干渉フィルタ 5 と撮像素子 11 とが上記タイミングで駆動されるように、撮像素子 11 の受光時間及び非受光時間を取得する。

本実施形態では、図 3 に示すように、撮像素子 11 が連続駆動される際の有効フレーム (例えば、図 3 のフレーム m、本発明の第 1 のフレームに相当) の最終画素行 (Line n) の受光期間の終了タイミングに合わせて波長可変干渉フィルタ 5 が駆動開始される。そして、当該有効フレームに続く非有効フレーム (例えば、図 3 のフレーム m + 1、本発明の第 2 のフレームに相当) の第 1 画素行 (Line 1) の非受光期間の終了前 (当該非有効フレームに続く有効フレームの受光期間の開始前) に、上記波長変更駆動が終了している。このようにして、非有効フレームに続くフレームの第 1 画素行 (Line 1) の受光期間の開始前に波長変更駆動が終了され、当該非有効フレームに続くフレームが有効フレームとなる。

【0051】

なお、タイミング取得部 24 は、上述のように、第 1 画素行 (Line 1) における、有効フレームに続く非有効フレームの終了タイミングが、上記有効フレームにおいて最終画素行 (Line n) の受光期間終了タイミングから最長駆動時間が経過したタイミングよりも長くなるように、撮像素子 11 の駆動タイミングを設定してもよい。この場合、最長駆動時間の経過タイミングから所定の時間経過後に、有効フレームに続く非有効フレームの第 1 画素行 (Line 1) の終了タイミングとなるように、各タイミングを設定することが好ましく、このような場合も本発明に含まれる。上記所定の範囲は、波長可変干渉フィルタ 5 の仕様や測定パターン等に応じて、予測された駆動時間の許容誤差よりも大きければよい。これにより、より確実に、波長可変干渉フィルタ 5 が安定した状態で、非有効フレームに続く有効フレーム (例えば図 3 のフレーム m, m + 2) の第 1 画素行 (Line 1) の受光期間を開始させることができる。

【0052】

光量取得部 25 は、撮像素子 11 から画素行毎に出力された検出信号を、検出信号処理部 12 を介して取得する。光量取得部 25 は、取得した信号に基づいて、波長可変干渉フィルタ 5 を透過した測定波長の光の光量を取得する。

分光測定部 26 は、光量取得部 25 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。

【0053】

[分光測定装置の動作]

次に、上述したような分光測定装置 1 の動作について、図面に基づいて以下に説明する。

図 4 は、分光測定システムの動作の一例を示すフローチャートである。

まず、分光測定装置 1 では、ユーザー操作によって、測定パターンが設定される。

測定パターンが設定されると、最長駆動時間取得部 23 は、設定された測定パターンに基づいて、最長駆動時間を取得する (ステップ S 1)。

【0054】

次に、タイミング取得部 24 は、最長駆動時間取得部 23 によって取得された最長駆動時間に基づいて、波長可変干渉フィルタ 5 と撮像素子 11 との駆動タイミングを取得する (ステップ S 2)。

タイミング取得部 24 は、有効フレームに続く非有効フレームにおける第 1 画素行 (Line 1) の終了タイミングが、上記有効フレームにおける最終画素行 (Line n) の受光期間終了タイミングから最長駆動時間が経過したタイミングとなるように (図 3 参照)、撮像素子 11 の受光時間及び非受光時間を取得する。そして、タイミング取得部 24 は、撮像

素子 11 が連続的に駆動される際の、撮像素子 11 の駆動開始タイミングに対する各画素行の受光期間及び非受光期間（駆動パターン）を設定する。

【 0055 】

次に、波長可変干渉フィルタ 5 と撮像素子 11 との駆動が開始される（ステップ S3）。すなわち、フィルタ駆動部 21 は、測定パターンに基づいて、目的波長に対応する駆動電圧を静電アクチュエータ 55 に印加させる旨の指令信号を電圧制御部 13 に出力し、波長可変干渉フィルタ 5 の駆動を開始させる。ここでは、最初の測定波長に対応する駆動電圧が静電アクチュエータ 55 に印加される。なお、分光測定装置 1 では、駆動開始直後に蓄積されている電荷をリセットする。

【 0056 】

次に、受光制御部 22 は、タイミング取得部 24 により設定された駆動パターンに基づいて撮像素子 11 に受光処理を実施させる（ステップ S4）。

受光制御部 22 は、撮像素子 11 の各画素行（Line1～Line n）で所定時間遅延させて受光処理を実施させる。有効フレームにおける受光処理が開始されたタイミングでは、波長可変干渉フィルタ 5 の波長変更駆動は終了しており（図 3 参照）、波長可変干渉フィルタ 5 が目標波長に対応するギャップ寸法に設定されている。

なお、受光制御部 22 は、撮像素子 11 の各画素行（Line1～Line n）のそれぞれについて、受光期間に続く非受光期間において電荷転送処理を実施させる。

【 0057 】

次に、フィルタ駆動部 21 は、測定終了か否かを判断する（ステップ S5）。フィルタ駆動部 21 は、有効フレームが終了する前に次の測定波長に変更する必要があるか否か、すなわち今回の測定で測定終了か否かを判断する。

測定終了の判定は、例えば、設定された測定パターンに基づいて、全測定波長に対する測定が終了したか否かで行う。また、ユーザー操作等による測定終了の指示を受信している場合も測定終了と判定してもよい。

【 0058 】

ステップ S5 において、測定終了ではないと判断された場合、ステップ S3 に戻り、有効フレームの最終画素行（Line n）の受光期間の終了タイミングにおいて、フィルタ駆動部 21 が波長可変干渉フィルタ 5 を駆動開始させる。

なお、受光制御部 22 は、撮像素子 11 に、最終画素行（Line n）における電荷転送処理を実施させる。

【 0059 】

一方、ステップ S5 で測定終了と判断した場合、受光制御部 22 は、有効フレームの最終画素行（Line n）の受光期間の終了タイミングにおいて、撮像素子 11 に最終画素行（Line n）の電荷転送処理を実施させる。そして、フィルタ駆動部 21 は、波長可変干渉フィルタ 5 の駆動を終了させる。また、受光制御部 22 は、撮像素子 11 の駆動を終了させる。

【 0060 】

なお、ステップ S3～ステップ S5 を繰り返す間、撮像素子 11 からは、各フレームの各画素行（Line1～Line n）に対応する検出信号が順次出力される。光量取得部 25 は、撮像素子 11 から出力された検出信号を、検出信号処理部 12 を介して取得する。そして、光量取得部 25 は、設定された駆動パターンに基づいて有効フレームに対応する検出信号を、露光量を示す検出信号として記憶部 27 に記憶する。

【 0061 】

次に、光量取得部 25 は、取得した有効フレームにおける検出信号に基づいて、波長可変干渉フィルタ 5 を透過した測定波長の光の光量を取得する（ステップ S6）。

そして、分光測定部 26 は、光量取得部 25 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（ステップ S7）。

以上のようにして、分光測定装置 1 は、設定された測定パターンに基づいて、測定対象 X のスペクトル特性を取得する。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 2 】

なお、図 4 では、測定パターンに基づいて測定を実施して、有効フレームの露光量に対応する検出信号を取得しておき、測定終了後に、光量を取得する場合を例示した。分光測定装置 1 では、これ以外でも、例えば、有効フレームに対応する検出信号を取得する度に、光量を取得してもよい。

【 0 0 6 3 】

[第一実施形態の作用効果]

分光測定装置 1 では、撮像素子 1 1 は、複数の画素行 (Line 1 ~ Line n) を備え、ローリングシャッター方式で、露光量に応じて蓄積された電荷に応じた検出信号を画素行毎に順に出力する。そして、有効フレームの最終画素行 (Line n) の受光期間が終了した時点で、波長可変干渉フィルター 5 の波長変更駆動が開始される。

10

これにより、分光測定装置 1 では、非有効フレームが 2 以上続くという不都合を抑制できる。

【 0 0 6 4 】

ここで、図 5 は、撮像素子 1 1 の有効フレームの最終画素行の受光期間の終了タイミングではないタイミングで波長可変干渉フィルター 5 の波長変更駆動を開始する場合の波長可変干渉フィルター 5 及び撮像素子 1 1 の駆動タイミングの一例を示す図である。このような場合、連続する 2 つのフレームにおいて適正に露光量を検出できないおそれがある。

すなわち、図 5 に示す例のように、2 つのフレーム k 、 $k + 1$ のそれぞれに関する受光処理が同時に実施されている期間に、波長変更駆動が開始されると、これら 2 つのフレーム k 、 $k + 1$ が非有効フレームとなる。

20

【 0 0 6 5 】

これに対して、本実施形態では、フレーム m の最終画素行 (Line n) の受光期間終了時に、波長可変干渉フィルター 5 に波長変更駆動を実施させるため、フレーム m の最終画素行 (Line n) の受光期間が終了してから波長変更駆動が終了するまでの時間を短くすることができる。このため、波長変更駆動が終了する前にフレーム $m + 2$ の第 1 画素行 (Line 1) の受光期間が開始されて、フレーム $m + 2$ が非有効なフレームとなることを抑制できる。すなわち、2 つの連続するフレーム $m + 1$ 、 $m + 2$ が非有効フレームとなることを抑制できる。

また、有効なフレームの受光期間が終了したタイミングで、波長変更駆動を実施するため、受光期間が終了してから波長変更駆動が開始されるまでの間に不要な時間が設けられず、測定時間を短縮することができる。

30

【 0 0 6 6 】

より具体的には、分光測定装置 1 では、上述のように有効フレーム m の最終画素行 (Line n) の受光期間終了から、次のフレーム $m + 1$ の第 1 画素行 Line 1 の非受光期間が終了するまでの時間を、波長変更駆動の最長駆動時間以上とする。

これにより、フレーム $m + 1$ の第 1 画素行 (Line 1) の非受光期間が終了するまでに波長変更駆動を終了させることができる。従って、非有効フレーム $m + 1$ を挟み、フレーム m 及びフレーム $m + 2$ を有効フレームとすることができる。上述のように連続する 2 以上のフレームが非有効なフレームとなることがなく、より確実に測定時間の短縮を図ることができる。

40

【 0 0 6 7 】

また、分光測定装置 1 は、最長駆動時間に基づいて波長可変干渉フィルター 5 及び撮像素子 1 1 の駆動タイミングを設定している。

これにより、波長可変干渉フィルター 5 の設定波長をどの波長に変更した場合でも、有効なフレームと非有効なフレームとが交互に生じるように、波長可変干渉フィルター 5 及び撮像素子 1 1 を駆動させることができる。このため、有効フレームの受光期間中に波長変更駆動が実施されることがなく、測定精度の低下をより確実に抑制できる。

また、波長可変干渉フィルター 5 及び撮像素子 1 1 の駆動開始タイミングを予め同期さえすれば、駆動パターンに基づいてそれぞれを個別に駆動するだけで、有効なフレームと

50

非有効なフレームとが交互に発生することができる。従って、波長可変干渉フィルター 5 及び撮像素子 11 の駆動タイミングを容易に合わせることができる。さらに、制御部 20 が容易に有効フレームを判定できるので、制御部 20 の処理負荷の増大を抑制できる。

【0068】

[第一実施形態の変形例]

第一実施形態では、駆動パターンにおける全駆動時間のうちの最長駆動時間に基づいて駆動パターンを設定する構成について例示した。これに対して本変形例では、波長可変干渉フィルター 5 のギャップ寸法（選択波長）を、順次、増大又は減少させるステップ駆動を繰り返し実施する際のステップ駆動に係る駆動時間から最長駆動時間を取得する。

【0069】

図 6 は、波長可変干渉フィルター 5 のギャップ寸法を複数の値に設定し、各ギャップ寸法で測定する際に、ギャップ寸法を小さくする方、又は大きくする方に段階的に変更する場合（以下、ステップ駆動とも称する）の時間と変動量とを模式的に示すグラフである。図 6 には、異なる 5 つのギャップ寸法に設定しながら測定を行う場合の一例を示している。なお、駆動時間と変動量とは厳密には非線形の関係を有するが、図 6 では、簡単のため線形の関係を有するものとして説明する。また、図 6 では、実際の測定では確保されるブラーク時間は省略され、ギャップ寸法が変動しない部分は、受光時間 t_0 としている。

【0070】

図 6 に示す測定パターンでは、初期ギャップに対する変動量を徐々に増大させながら、5 つのギャップ寸法で測定している。図 6 では、4 回の駆動に対応する駆動時間を、駆動順にそれぞれ $t_1 \sim t_4$ としている。

図 6 に示す例では、4 回の駆動のうち 3 回目の駆動における変動量が最大であり、駆動時間 $t_1 \sim t_4$ のうち、駆動時間 t_3 が最長となる。また、ステップ駆動の最後のギャップ寸法（変動量が最大であり、最終ギャップとも称する）から最初のギャップ寸法（変動量が最小であり、第 1 ギャップとも称する）に戻す際、上記 4 回の駆動分の変動量をまとめて変動させる。このため、最終ギャップから第 1 ギャップに戻す際の駆動時間 t_5 は、上記駆動時間 $t_1 \sim t_4$ よりも長くなっている。

【0071】

このようなステップ駆動を行う測定パターンが設定されている場合、最長駆動時間取得部 23 は、最終ギャップから第 1 ギャップに戻す駆動時間については、最長駆動時間の判定には含めず、ステップ駆動の各駆動時間から最長駆動時間を取得する。

具体的には、本変形例では、4 回の駆動のうち各駆動時間 $t_1 \sim t_4$ のうちの最長である駆動時間 t_3 を最長であると判定し、最長駆動時間を取得する。この際、最終ギャップから第 1 ギャップに戻す駆動時間 t_5 については、最長駆動時間の判定対象に含めない。

【0072】

ここで、初期化時間は、通常、ステップ駆動における上記各駆動時間よりも長い。このため、初期化時間を最長駆動時間としないことで、1 フレームの所要時間の短縮を図ることができる。

例えば、受光期間を短く設定することができる場合、最長駆動時間を短くすることにより、フレーム所要時間を短くすることができる。なお、非受光期間は例えば電荷転送時間とすることで、さらにフレーム所要時間を短くすることができる。

【0073】

図 6 に示す例では、分光測定装置 1 は、ステップ駆動する際に、最終ギャップから第 1 ギャップに戻す駆動時間 t_5 については最長駆動時間の判定対象とせず、ステップ駆動の各駆動時間 $t_1 \sim t_4$ を判定対象とし、最長駆動時間が t_3 に設定される。そして、最終ギャップから第 1 ギャップに戻す際は、駆動時間 t_5 に対応する波長変更駆動が 2 フレームに亘り実施され、非有効フレームが 2 フレーム連続することになる。

ここで、図 6 に示す例では、最長駆動時間を t_3 に設定した場合、最長駆動時間を t_5 に設定した場合よりも、1 回のステップ駆動毎で $(t_5 - t_3)$ だけ測定時間を短縮でき、4 回分のステップ駆動において $(t_5 - t_3) \times 4$ だけ所要時間を短縮できる。この 4

10

20

30

40

50

回分のステップ駆動で短縮された $(t_5 - t_3) \times 4$ が、フレーム所要時間よりも長ければ、最長駆動時間を t_5 に設定した場合よりも 5 回の測定の所要時間が短くなる。すなわち、 $(t_5 - t_3) \times 4$ が、フレーム所要時間よりも長ければ、最終ギャップから第 1 ギャップに戻す際に非有効フレームが 2 フレーム連続しても、最長駆動時間を t_5 に設定して連続的にステップ駆動を行って測定を実施した場合よりも、測定時間の短縮を図ることができる。

【0074】

なお、ステップ駆動における最長の駆動時間 t_k 及び最終ギャップから第 1 ギャップに戻す駆動の駆動時間 t_r の差と、ステップ駆動の回数 N との積 $(t_r - t_k) \times N$ が、駆動時間 t_k を最長駆動時間とした際のフレーム所要時間よりも大きい場合、最長駆動時間を t_k に設定し、一方、小さい場合、最長駆動時間を t_r に設定するようにしてもよい。

10

【0075】

また、最長駆動時間取得部 23 は、非有効フレームにおける第 1 画素行 (Line 1) の終了タイミングは、波長変更量が所定量以下である波長変更駆動の各駆動時間のうちの最長の駆動時間が、有効フレームにおける最終画素行 Line n の受光期間終了タイミングから経過したタイミングに設定してもよい。すなわち、複数波長について波長を変更する際の、波長の変更量が所定量を超える際の駆動時間は最長駆動時間とせず、波長の変更量が所定量以下に対応する、所定時間以内の駆動時間から最長駆動時間を取得するように、最長駆動時間取得部 23 を構成してもよい。この場合、駆動時間が、所定時間を超える駆動時間を最長駆動時間に設定しないようにでき、1 フレームの所要時間の短縮を図ることができる。

20

ここで、所定の波長の変更量としては、例えば、上記ステップ駆動以外のパターンで複数の測定波長について連続して測定する際に、最初の測定波長から最後の測定波長まで測定波長を変更する際の各変更量の最大値である。この変更量の最大値は、今回の測定における駆動パターンから取得してもよいし、予め設定された全駆動パターンに対して設定してもよい。

【0076】

[第二実施形態]

以下、本発明に係る第二実施形態を図面に基づいて説明する。

上記第一実施形態では、分光測定装置 1 は、最長駆動時間に基づいて駆動パターンを設定し、取得した駆動パターンで波長可変干渉フィルター及び撮像素子を駆動した。第二実施形態では、波長可変干渉フィルター 5 を駆動させた後、目標波長に対応するギャップ寸法に安定化したことを検出し、検出したタイミングに応じて撮像素子に受光処理を実施させる。

30

第二実施形態では、第一実施形態の最長駆動時間を取得する構成に替えて、波長可変干渉フィルター 5 の安定化を検出する構成を備える点以外は、第一実施形態と同様の構成を有する。以下の説明では、第一実施形態と同様の構成については、同一の符号を付してその説明は省略または簡略化する。

【0077】

[分光測定装置の構成]

40

図 7 は、第二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。

図 8 は、第二実施形態の波長可変干渉フィルター 5 の概略構成を示す断面図である。

分光測定装置 1 A は、図 7 に示すように、分光モジュール 10 A と、制御部 20 A と、を備えている。

[分光モジュールの構成]

分光モジュール 10 A は、波長可変干渉フィルター 5 と、撮像素子 11 と、検出信号処理部 12 と、電圧制御部 13 と、安定化検出部 14 と、を少なくとも備えて構成されている。

安定化検出部 14 は、波長可変干渉フィルター 5 のギャップ寸法の変動が治まり、ギャップ寸法が設定値に設定されたことを検出する。この安定化検出部 14 は、容量検出部 1

50

4 1 と、安定信号出力部 1 4 2 と、を備える。

容量検出部 1 4 1 は、図 8 に示すように、各反射膜 5 4 1 , 5 4 2 に接続されている。容量検出部 1 4 1 は、各反射膜 5 4 1 , 5 4 2 間のギャップ G 1 の寸法に応じた静電容量を検出する。容量検出部 1 4 1 は、C / V 変換器 (Capacitance to Voltage Converter) 等を備え、検出した静電容量に対応する検出信号を出力する。

安定信号出力部 1 4 2 は、容量検出部 1 4 1 からの検出信号に基づいて、静電容量が所定値に対して所定の閾値以内の値となり、ギャップ寸法が設定値に対して所定の閾値以内の値に設定されると、安定化したことを検出して安定化信号を出力する。この所定の閾値は、所望の分光精度を得るために必要なギャップ寸法の誤差の範囲として設定できる。

図 9 は、第二実施形態における、波長可変干渉フィルター 5 及び撮像素子 1 1 のそれぞれの駆動タイミングの関係を示す図である。

10

安定信号出力部 1 4 2 は、例えば図 9 に示すように、波長可変干渉フィルター 5 のギャップ寸法が設定値で安定していない場合は L o w、安定している場合は H i g h となる信号を安定信号として出力する。

【 0 0 7 8 】

[制御部の構成]

制御部 2 0 A は、フィルター駆動部 2 1 と、受光制御部 2 2 と、光量取得部 2 5 と、分光測定部 2 6 と、記憶部 2 7 と、を備えている。

受光制御部 2 2 は、安定化検出部 1 4 からの安定化信号を示す安定信号 (H i g h) を受信すると、撮像素子 1 1 の受光期間を開始させる。

20

なお、本発明の撮像素子制御手段は、安定化検出部 1 4 を少なくとも含み構成され、さらに、受光制御部 2 2 を含み構成される。

【 0 0 7 9 】

[分光測定装置の動作]

次に、上述したような分光測定装置 1 の動作について、図面に基づいて以下に説明する。

図 1 0 は、分光測定システムの動作の一例を示すフローチャートである。

まず、分光測定装置 1 A では、第一実施形態同様に、ユーザー操作によって、測定パターンが設定される。

測定パターンが設定されると、フィルター駆動部 2 1 は、測定パターンに基づいて、目的波長に対応する駆動電圧を静電アクチュエーター 5 5 に印加させる旨の指令信号を電圧制御部 1 3 に出力し、波長可変干渉フィルター 5 の駆動を開始させる。同時に、受光制御部 2 2 は、撮像素子 1 1 に電荷転送を実施させ、検出信号を出力させる (ステップ S 1 1)。なお、分光測定装置 1 A では、第一実施形態同様に、駆動開始直後に転送される電荷は、検出値としては参照せずに消去される。

30

【 0 0 8 0 】

次に、安定化検出部 1 4 が、波長可変干渉フィルター 5 のギャップ寸法が設定値に安定したことを検出する (ステップ S 1 2)。

波長可変干渉フィルター 5 の駆動が開始され、波長可変干渉フィルター 5 のギャップ寸法が設定値となり、ギャップ寸法が安定すると、安定信号出力部 1 4 2 から出力されている安定信号が L o w から H i g h に変わる。このようにして、安定化検出部 1 4 は、安定化の検出を示す H i g h の安定信号を出力する。

40

ここで、受光制御部 2 2 は、安定化の検出を示していない L o w の安定信号を受信している間は、電荷を蓄積させない非受光期間を継続させる。すなわち、受光制御部 2 2 は、図 9 に示すように、電荷転送時間が終了した後、非受光期間が終了するまでの間、電荷の蓄積が行われないブランク時間となるように撮像素子 1 1 を制御する。

【 0 0 8 1 】

受光制御部 2 2 は、安定化の検出を示す H i g h の安定信号を安定化検出部 1 4 から受信すると、撮像素子 1 1 に受光処理を開始させる (ステップ S 1 3)。受光制御部 2 2 は、撮像素子 1 1 の各画素行 (Line 1 ~ Line n) に所定時間遅延させて、受光処理を実施さ

50

せる。

そして、最終画素行 (Line n) の受光期間が終了し (ステップ S 1 4)、現在の設定波長についての測定で測定終了ではない場合 (ステップ S 1 5 ; No)、再度、ステップ S 1 1 に戻り、ステップ S 1 1 ~ S 1 5 を繰り返す。なお、この間、受光制御部 2 2 は、撮像素子 1 1 の各画素行 (Line 1 ~ Line n) のそれぞれについて、受光期間に続く非受光期間で電荷転送処理を実施させる。

【 0 0 8 2 】

一方、現在の設定波長についての測定で測定終了の場合 (ステップ S 1 5 ; Yes)、第一実施形態と同様に、光量取得部 2 5 は、取得した信号に基づいて、波長可変干渉フィルタ 5 を透過した測定波長の光の光量を取得する (ステップ S 1 6)。

そして、分光測定部 2 6 は、光量取得部 2 5 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 (ステップ S 1 7)。

以上のようにして、分光測定装置 1 は、設定された測定パターンに基づいて、測定対象 X のスペクトル特性を取得する。

【 0 0 8 3 】

[第二実施形態の作用効果]

分光測定装置 1 A では、波長可変干渉フィルタ 5 が安定化したことを検出したタイミングで撮像素子 1 1 の受光期間を開始させる。これにより、波長可変干渉フィルタ 5 のギャップ寸法が安定化したタイミング、すなわち安定化した波長の出射光が分光素子から出力されたタイミングで受光期間を開始させることができる。従って、各フレームの所要時間を最適化でき、所要時間の短縮を図ることができる。

また、波長可変干渉フィルタ 5 が安定して所定波長の光を出射可能な状態となったタイミングで、撮像素子 1 1 に露光を開始させることができる。従って、所定波長以外の光が撮像素子 1 1 に受光されることをより確実に抑制でき、測定精度の低下をより確実に抑制できる。

このような構成では、有効フレームの最終画素行 (Line n) の受光期間の終了と共に波長変更駆動が開始される。そして、波長可変干渉フィルタ 5 の安定化が検出されるまでは、次のフレームの受光期間が開始されず、安定化が検出されると、次のフレームの第 1 画素行 (Line 1) の電荷の蓄積が開始される。これにより、有効なフレーム間において、画素行毎に発生する非受光期間 (非受光時間) の長さを、駆動時間に応じた長さとするることができる。また、安定化が検出されたタイミングで、次のフレームの第 1 画素行 (Line 1) の電荷の蓄積が開始されるので、非有効なフレームが発生することがない。従って、1 フレームを取得するための所要時間を最適化でき、測定時間の短縮を図ることができる。また、撮像素子 1 1 において、所定波長以外の光が受光されることをより確実に抑制でき、測定精度の低下をより確実に抑制できる。

【 0 0 8 4 】

[実施形態の変形]

本発明は上述の各実施形態及び変形例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。

上記第一実施形態では、電荷転送時間程度の非受光期間を設ける構成を例示したが、本発明はこれに限定されず、電荷転送時間に加えて電荷の蓄積を行わないブランク時間を適宜設けてもよい。この場合、例えば、受光時間が短い場合でも波長変更駆動を行ってもよい時間を長く設定することができる。また、受光時間の長さを変更できない場合でも、最長駆動時間に応じて、最適な駆動タイミングを設定することができる。

【 0 0 8 5 】

上記第一実施形態では、有効なフレームと非有効なフレームとが交互に設定されている構成を例示したが、本発明はこれに限定されず、非有効フレームに相当する期間を非受光期間としてもよい。なお、この場合、第一実施形態における非有効なフレームに相当する期間を非受光期間とするために、撮像素子 1 1 をフレーム毎に制御する必要がある。これに対して、上記第一実施形態では、電荷転送時間を非受光期間とし、この非受光期間と受

光期間とを１フレームとして、撮像素子１１を連続駆動すればよい。このため、撮像素子１１の制御を容易とすることができる。

【００８６】

上記第一実施形態では、最長駆動時間を取得し、最長駆動時間に基づいて波長可変干渉フィルター５及び撮像素子１１の駆動タイミングを取得する構成を例示したが、本発明はこれに限定されず、最長駆動時間を取得しなくてもよい。

例えば、駆動パターンに応じて予め駆動タイミング（受光期間及び非受光期間等）を設定しておく、設定された駆動パターンに基づいて波長可変干渉フィルター５及び撮像素子１１を駆動してもよい。

【００８７】

上記各実施形態では、分光測定装置１，分光測定装置１Ａの例を示したが、測定対象の成分分析等を実施する分析装置に適用することができる。

また、上記各実施形態では、分光測定装置１，分光測定装置１Ａとして、測定結果に基づいて分光スペクトルを取得する構成を例示したが、本発明はこれに限定されず、分光画像を取得する分光カメラ等にも本発明を適用することができる。すなわち、各波長の各画素について検出信号を選択し、選択された各画素の検出信号に基づいて各波長の分光画像を取得するように構成してもよい。また、取得した分光画像に基づいて測色処理を行ってもよい。このような構成でも、各画素について適性露光の範囲の露光量に対応する検出信号が選択されるので、高精度の分光画像を取得でき、高精度の測色を実施できる。

【００８８】

上記各実施形態において、波長可変干渉フィルター５がパッケージ内に収納された状態で１０に組み込まれる構成などとしてもよい。この場合、パッケージ内を真空密閉することで、波長可変干渉フィルター５の静電アクチュエーター５５に電圧を印加した際の駆動応答性を向上させることができる。

【００８９】

上記各実施形態において、波長可変干渉フィルター５は、電圧印加により反射膜５４１，５４２間のギャップ寸法を変動させる静電アクチュエーター５５を備える構成としたが、これに限定されない。

例えば、固定電極５５１の代わりに、第一誘電コイルを配置し、可動電極５５２の代わりに第二誘電コイル又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。

さらに、静電アクチュエーター５５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５２２に下部電極層、圧電膜、及び上部電極層を積層配置させ、下部電極層及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５２２を撓ませることができる。

【００９０】

上記各実施形態において、ファブリーペローエタロンとして、固定基板５１及び可動基板５２が互いに対向する状態で接合され、固定基板５１に固定反射膜５４１が設けられ、可動基板５２に可動反射膜５４２が設けられる波長可変干渉フィルター５を例示したが、これに限らない。

例えば、固定基板５１及び可動基板５２が接合されておらず、これらの基板間に圧電素子等の反射膜間ギャップを変更するギャップ変更部が設けられる構成などとしてもよい。

また、２つ基板により構成される構成に限られない。例えば、１つの基板上に犠牲層を介して２つの反射膜を積層し、犠牲層をエッチング等により除去してギャップを形成した波長可変干渉フィルターを用いてもよい。

【００９１】

上記各実施形態では、分光素子として、波長可変干渉フィルター５を例示したが、本発明はこれに限定されず、例えばＡＯＴＦ（Acousto Optic Tunable Filter）やＬＣＴＦ（Liquid Crystal Tunable Filter）が用いられてもよい。ただし、装置の小型化の観点から上記各実施形態のようにファブリーペローフィルターを用いることが好ましい。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 2 】

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上記各実施形態及び変形例を適宜組み合わせることによって構成してもよく、また他の構造などに適宜変更してもよい。

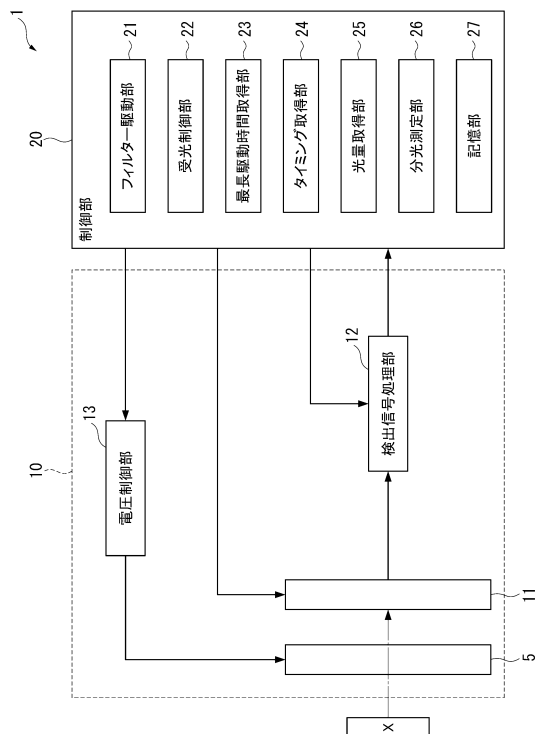
【 符号の説明 】

【 0 0 9 3 】

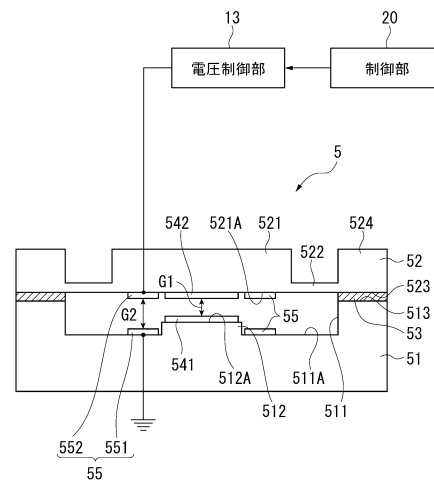
1, 1 A ... 分光測定装置、5 ... 波長可変干渉フィルター、10, 10 A ... 分光モジュール、11 ... 撮像素子、13 ... 電圧制御部、14 ... 安定化検出部、20, 20 A ... 制御部、21 ... フィルター駆動部、22 ... 受光制御部、23 ... 最長駆動時間取得部、24 ... タイミング取得部、25 ... 光量取得部、26 ... 分光測定部、27 ... 記憶部。

10

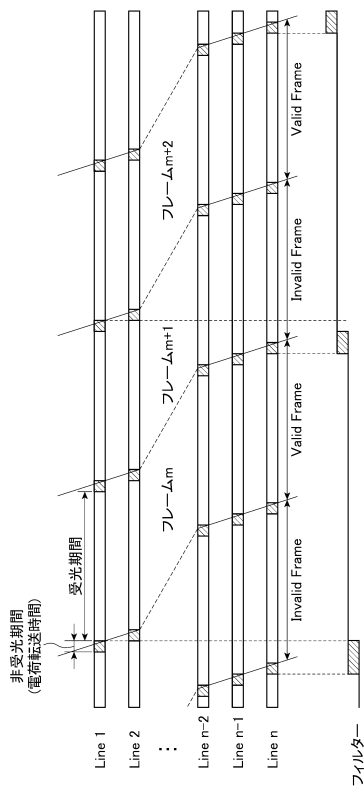
【 図 1 】



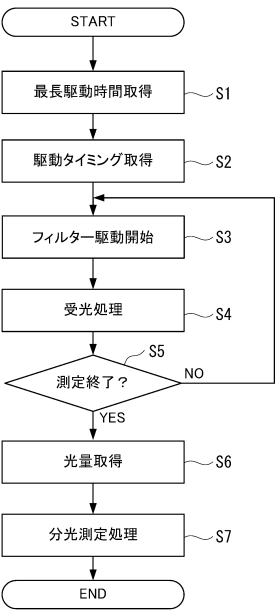
【 図 2 】



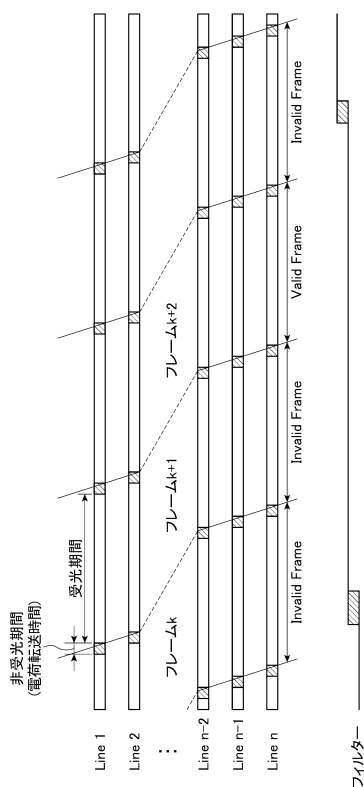
【図 3】



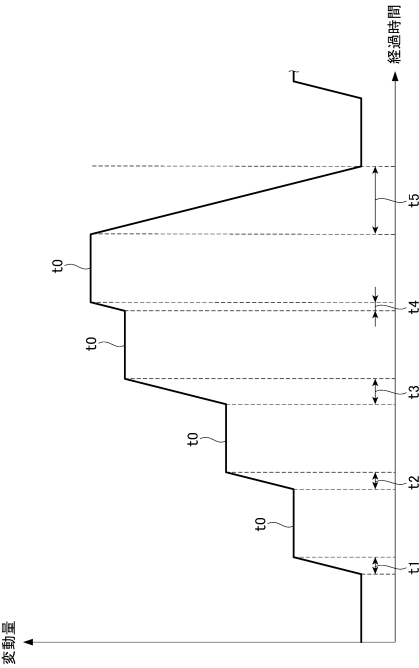
【図 4】



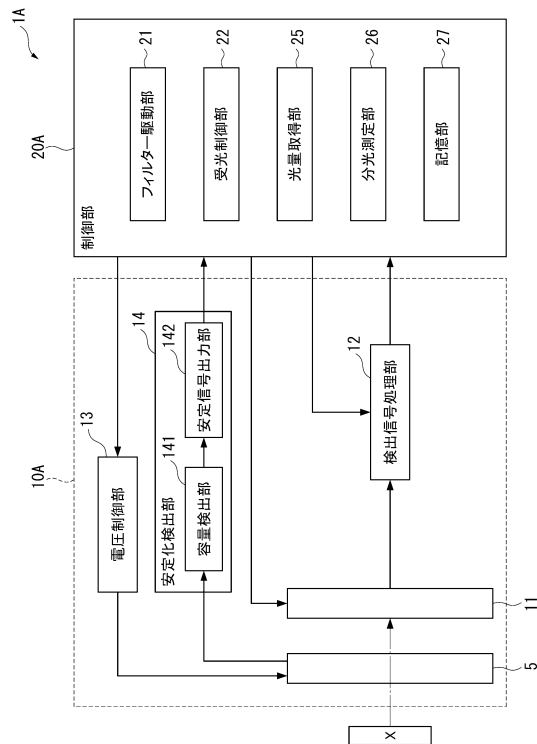
【図 5】



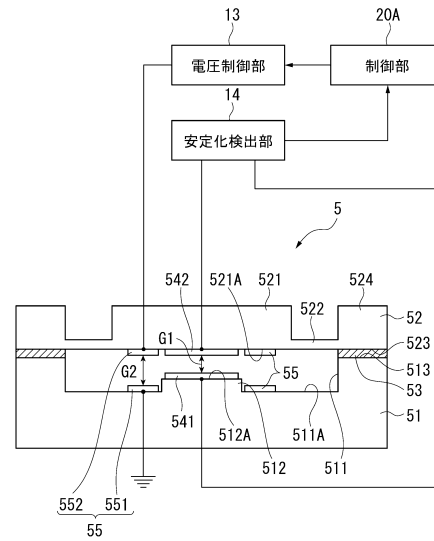
【図 6】



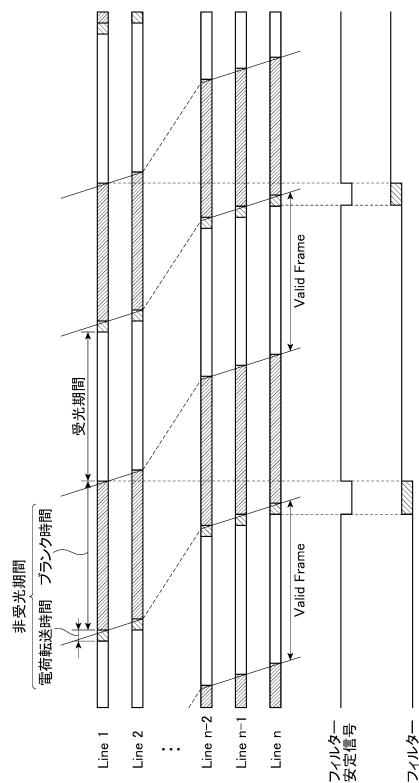
【図 7】



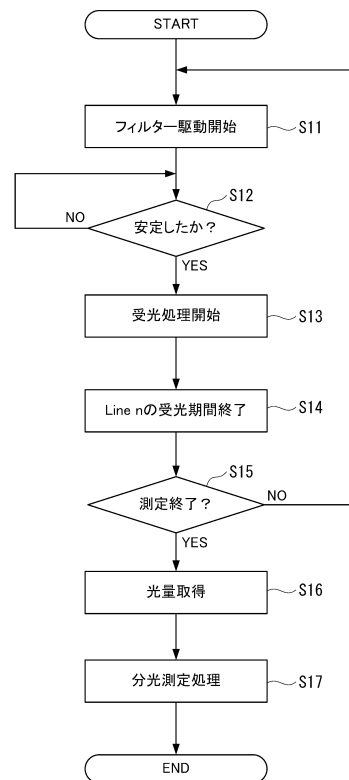
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 荒崎 真一

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 塚本 丈二

(56)参考文献 国際公開第2013/146311(WO, A1)

特開2013-017507(JP, A)

米国特許出願公開第2010/0245832(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J 3/00 - 3/52

G02B 26/00

B81B 3/00