

(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2005-181580
(P2005-181580A)

(43) 公開日 平成17年7月7日(2005.7.7)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO2B 26/02	GO2B 26/02	B 2H041
GO2B 26/08	GO2B 26/08	E 5K102
HO4B 10/02	HO4B 9/00	T
HO4J 14/00	HO4B 9/00	E
HO4J 14/02		

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2003-420569 (P2003-420569)
(22) 出願日 平成15年12月18日 (2003.12.18)

(71) 出願人 000000376
オリンパス株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(74) 代理人 100058479
弁理士 鈴江 武彦
(74) 代理人 100091351
弁理士 河野 哲
(74) 代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
(74) 代理人 100100952
弁理士 風間 鉄也
(72) 発明者 中野 淳一
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
オリンパス株式会社内

最終頁に続く

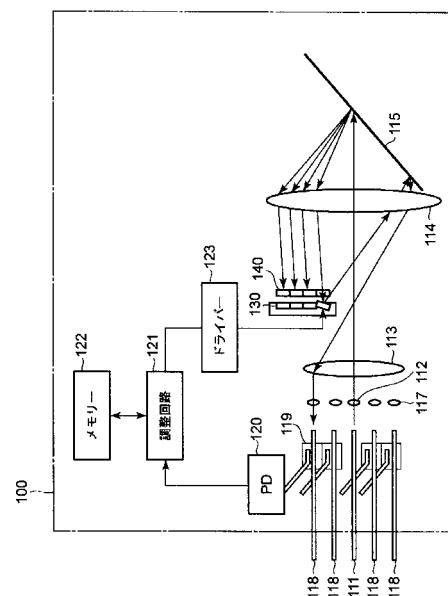
(54) 【発明の名称】 光スイッチ装置とそのキャリブレーション方法

(57) 【要約】

【課題】 長期にわたり安定に動作する光スイッチ装置を提供する。

【解決手段】 光スイッチ装置100は、波長多重された信号光が入力される一本の入力光ファイバー111と、光を出力する複数本の出力光ファイバー118と、入力光ファイバー111からの光ビームを波長成分ごとに異なる方向に偏向するグレーティング115と、波長成分ごとの光ビームを出力光ファイバー118の一つに方向付ける複数の可動ミラー130と、対応する可動ミラー130への光結合を適宜遮断するシャッター140と、出力光ファイバー118に入射した光の一部を分岐するタップ119と、タップ119で分岐された光を受光するモニターPD120と、可動ミラー130の制御値を出力する調整回路121と、制御値を記憶しておくメモリ122と、制御値に基づいて可動ミラー130を駆動するドライバー123とを有している。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

波長多重された光が入力される少なくとも一本の入力光ファイバーと、
 少なくとも一本の出力光ファイバーと、
 入力光ファイバーからの波長多重された光ビームを波長ごとに分波する分波手段と、
 分波手段からの光ビームを出力光ファイバーに対して波長ごとに方向付けるための複数の可動ミラーと、
 分波手段から出力光ファイバーへの光結合を適宜遮断する出力光遮断手段と、
 出力光ファイバーに入射した光ビームの一部を分岐し出力する光分岐手段と、
 光分岐手段で分岐された光ビームを受光する受光手段と、
 可動ミラーと出力光ファイバーに対応して可動ミラーの制御値を記憶しておくメモリーと、
 受光手段出力に基づいてメモリーの内容を適宜更新する調整手段とを有している、光スイッチ装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、調整手段は、出力光遮断手段が遮断していない光ビームに対応する可動ミラーについてメモリーの内容を更新する、光スイッチ装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、調整手段は、受光手段出力が最大となる制御値でメモリーを更新する、光スイッチ装置。

20

【請求項 4】

請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか一つにおいて、制御値は、可動ミラーの駆動信号値である、光スイッチ装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか一つにおいて、可動ミラーの角度を検出する角度検出手段を有し、制御値は、可動ミラーの角度目標値であり、角度検出手段の出力が所定の角度目標値と一致するように制御するミラー角度制御手段とを有している、光スイッチ装置。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか一つにおいて、可動ミラーの角度を検出する角度検出手段を有し、制御値は、角度検出手段の出力のオフセットを補正する角度補正值であり、角度検出手段の出力に角度補正值を加えて出力するオフセット調整手段と、オフセット調整手段の出力が所定の角度目標値と一致するように制御するミラー角度制御手段とを有している、光スイッチ装置。

30

【請求項 7】

請求項 1 ~ 請求項 6 のいずれか一つにおいて、出力光遮断手段は、光ビームが出力光ファイバーに入射しないよう可動ミラーを制御することにより光ビームの遮断を行なう、光スイッチ装置。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 請求項 6 のいずれか一つにおいて、出力光遮断手段は、分波手段から出力光ファイバーへ向かう光ビームを適宜遮断する遮光部と、遮光部の位置を変化させるための駆動部とから構成されている、光スイッチ装置。

40

【請求項 9】

波長多重された光が入力される少なくとも一本の入力光ファイバーと、少なくとも一本の出力光ファイバーと、入力光ファイバーからの波長多重された光ビームを波長ごとに分波する分波手段と、分波手段からの光ビームを出力光ファイバーに対して波長ごとに方向付けるための複数の可動ミラーとを有する光スイッチ装置のキャリブレーション方法であり、
 複数の可動ミラーの中から一つの可動ミラーを選択するステップと、
 出力光ファイバーの中から一つの出力光ファイバーを選択するステップと、
 選択された可動ミラーに対応する光ビーム以外の、選択された出力光ファイバーへの光

50

結合を遮断するステップと、

選択された出力光ファイバーに対応する受光手段の出力がほぼ最大となるように選択された可動ミラーの制御値を調整するステップと、

調整後の制御値を、選択された可動ミラーと選択された出力光ファイバーに対応させて記憶しておくステップとを有している、キャリブレーション方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光信号の接続を変更するための光スイッチ装置に関し、特に、可動ミラーによる光ビームの偏向を利用し、波長単位で光接続を切り換え可能な光スイッチ装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

米国特許出願公開2002/0196520A1号は、波長多重通信の光スイッチ装置として、入力光ファイバーと出力光ファイバーとの間の光接続を波長ごとに切り換え可能な光スイッチ装置を開示している。この光スイッチ装置は、入力光ファイバーと出力光ファイバーの数の組み合わせに応じて、MUX（合波器）、DEMUX（分波器）、光スイッチに適用可能である。

【0003】

この光スイッチ装置では、具体的には、入力光ファイバーからの光ビームは、平行光ビームに変えられ、グレーティングで波長ごとに分波される。波長ごとに分波された複数の光ビームは、それぞれ、レンズによって収束光ビームに変えられ、対応するMEMSミラーに入射する。MEMSミラーで反射された反射光ビームは、それぞれ、入力光ビームとは別の経路を辿り、入力光ファイバーとは別の位置にある出力光ファイバーに結合される。反射光ビームが結合される出力光ファイバーは、MEMSミラーの角度によって決まる。つまり、MEMSミラーの角度を変えることによって、反射光ビームの結合先の出力光ファイバーを切り換えることができる。

20

【特許文献1】米国特許出願公開2002/0196520A1号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0004】

出力先の光ファイバーに入力光ファイバーからの光を低損失で結合させるには、MEMSミラーの精密な角度制御が必要である。前述の光スイッチ装置は、この点について特に考慮されていない。つまり、経時的なMEMSミラーの特性変化や温度・湿度の変化に伴うMEMSミラーの特性変動によって光軸ずれが発生し、使用中に光損失が変動する、増大するといった恐れがある。

【0005】

すなわち、前述の光スイッチ装置においては、可動ミラーの特性変動の影響で長期的な安定動作を得られないという不具合がある。

【0006】

40

本発明は、このような実状を考慮して成されたものであり、その目的は、長期にわたり安定に動作する光スイッチ装置とそのキャリブレーション方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、ひとつには、光スイッチ装置であり、波長多重された光が入力される少なくとも一本の入力光ファイバーと、少なくとも一本の出力光ファイバーと、入力光ファイバーからの波長多重された光ビームを波長ごとに分波する分波手段と、分波手段からの光ビームを出力光ファイバーに対して波長ごとに方向付けるための複数の可動ミラーと、分波手段から出力光ファイバーへの光結合を適宜遮断する出力光遮断手段と、出力光ファイバーに入射した光ビームの一部を分岐し出力する光分岐手段と、光分岐手段で分岐された光

50

ビームを受光する受光手段と、可動ミラーと出力光ファイバーに対応して可動ミラーの制御値を記憶しておくメモリーと、受光手段出力に基づいてメモリーの内容を適宜更新する調整手段とを有している。

【0008】

本発明は、ひとつには、波長多重された光が入力される少なくとも一本の入力光ファイバーと、少なくとも一本の出力光ファイバーと、入力光ファイバーからの波長多重された光ビームを波長ごとに分波する分波手段と、分波手段からの光ビームを出力光ファイバーに対して波長ごとに方向付けるための複数の可動ミラーとを有する光スイッチ装置のキャリブレーション方法であり、複数の可動ミラーの中から一つの可動ミラーを選択するステップと、出力光ファイバーの中から一つの出力光ファイバーを選択するステップと、選択された可動ミラーに対応する光ビーム以外の、選択された出力光ファイバーへの光結合を遮断するステップと、選択された出力光ファイバーに対応する受光手段の出力がほぼ最大となるように選択された可動ミラーの制御値を調整するステップと、調整後の制御値を、選択された可動ミラーと選択された出力光ファイバーに対応させて記憶しておくステップとを有している。

10

【発明の効果】**【0009】**

本発明によれば、長期にわたり安定に動作する光スイッチ装置とそのキャリブレーション方法が提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0010】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。

【0011】**第一実施形態**

本実施形態は、波長多重された信号光を波長ごとに切り換える光スイッチ装置に向けられている。図1は、本発明の第一実施形態の光スイッチ装置の構成を示している。

【0012】

図1に示されるように、本実施形態の光スイッチ装置100は、波長多重された信号光（複数の波長成分を含む光）が入力される一本の入力光ファイバー111と、光を出力する複数本の出力光ファイバー118と、入力光ファイバー111から射出される発散光ビームを平行光ビームに変えるコリメートレンズ112と、出力光ファイバー118に方向付けられた平行光ビームを収束光ビームに変える出力光ファイバー118と同数の収束レンズ117とを有している。

30

【0013】

光スイッチ装置100はさらに、コリメートレンズ112からの平行光ビームを収束光ビームに変える凸レンズ113と、凸レンズ113からの一旦収束した後の発散光ビームを平行光ビームに変える凸レンズ114と、凸レンズ114からの平行光ビームを波長成分ごとに異なる方向に偏向するグレーティング115とを有している。

【0014】

グレーティング115は、入射する波長多重された光を波長ごとに分波する分波手段を構成している。グレーティング115で偏向された平行光ビームは、凸レンズ114に入射して、収束光ビームに変えられる。

40

【0015】

光スイッチ装置100はさらに、複数の可動ミラー130と、可動ミラー130と同数のシャッター140とを有している。可動ミラー130の個数は、信号光中の多重されている波長の種類に対応している。シャッター140は、それぞれ、可動ミラー130の光ビームの入射側の近くに配置されている。可動ミラー130は、それぞれ、これに入射する凸レンズ114からの収束光ビームを出力光ファイバー118の一つに方向付ける。シャッター140は、それぞれ、対応する可動ミラー130への光結合を適宜遮断する。

【0016】

50

図2は、図1に示された可動ミラー130の斜視図である。複数の可動ミラー130は、一列に整列している。一つの可動ミラー130は、一つのミラー133を有している。ミラー133は、一直線上に延びる二本のヒンジ132を介して、可動ミラー130の列に沿って両側に延びている二本のフレーム131に接続されている。ヒンジ132は、比較的容易に捻れ変形可能であり、ミラー133がヒンジ132を軸として所定の角度範囲で向きを変えることを可能にしている。

【0017】

ミラー133の裏面には一つのGND電極134が設けられている。可動ミラー130はさらに、ミラー133のGND電極134に対向している二つの駆動電極136を有している。駆動電極136は、ミラー133の裏面側に配置された電極基板135に設けら

10

【0018】

このような可動ミラー130では、GND電極134と駆動電極136の間に電圧を印加することにより発生する静電力によって、ミラー133の向きが変えられる。

【0019】

このような静電駆動可能な可動ミラーは、MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術を用いて作製可能であり、例えば特開2001-174724号公報や国際公開第01/61400A2号でも紹介されているので、その詳細な説明はここでは割愛する。

【0020】

図3は、図1に示されたシャッター140を示している。一つのシャッター140は、光を遮るための平板状の遮光部141と、遮光部141を支持する梁部142と、梁部142を片持ち支持している固定部143とを有している。遮光部141は、梁部142の自由端に接合されており、梁部142に対してほぼ直交して延びている。梁部142は、比較的柔らかく、弾性的に撓み変形し得る。遮光部141は、梁部142の撓み変形に伴って、図3の上下方向に移動する。

20

【0021】

シャッター140はさらに、梁部142の上方に間隔を置いて配置されたマグネット144と、梁部142に設けられた駆動線145と、駆動線145に電流を供給するためのパッド146とを有している。マグネット144と駆動線145は、梁部を撓み変形させて遮光部を移動させる駆動手段を構成している。

30

【0022】

駆動線145に電流を供給すると、駆動線145を流れる電流とマグネット144によって形成される磁界との相互作用により引き起こされる電磁力により、梁部142が図3の上方に撓み変形し、遮光部141は上方に移動される。また、駆動線145への電流の供給を停止すると、梁部142の撓み変形がなくなり、遮光部141は元の位置に戻る。つまり、シャッター140は、電気信号すなわち電流により駆動され、電気信号すなわち電流を制御することにより、遮光部141を図3の上下に移動させることができる。このようなシャッター140のうち、遮光部141と梁部142と駆動線145とパッド146は、MEMS技術により、容易に一体的に製造することができる。

40

【0023】

図4は、可動ミラー130とシャッター140の斜視図である。図4に示されるように、可動ミラー130のミラー133とシャッター140の遮光部141は同じピッチで並んでいる。梁部142が撓み変形していない状態においては、遮光部141はミラー133のちょうど前方に位置している。

【0024】

シャッター140は、電気信号の非供給状態では、梁部142が撓み変形を起こさず、遮光部141はミラー133のちょうど前方に位置する「閉状態」をとる。この状態では、ミラー133にほぼ正面から向かう光ビームはその手前に位置する遮光部141で遮られる。また、電気信号の供給状態では、梁部142が撓み変形を起こし、遮光部141が

50

上方に移動されてミラー 133 の前方から外れた「開状態」をとる。この状態では、ミラー 133 にほぼ正面から向かう光ビームは、遮光部 141 で遮られることなく、ミラー 133 に入射し得る。つまり、ミラー 133 への光ビームの入射が許される。

【0025】

図 4 において、可動ミラー 130 やシャッター 140 を駆動するための配線（外部からの給電線）は図示されていないが、機械的な干渉を避けるため、配線は、可動ミラー 130 に関しては図の下方から接続され、シャッター 140 に関しては図の上方から接続されるとよい。

【0026】

図 1 に示されるように、光スイッチ装置 100 はさらに、出力光ファイバー 118 に入射した光の一部を分岐し出力する光分岐手段としてのタップ 119 と、タップ 119 で分岐された光を受光する受光手段としてのモニター PD（フォトダイオード）120 と、可動ミラー 130 を駆動する駆動信号値（制御値）を出力する調整回路 121 と、可動ミラー 130 の偏向角に対応する駆動信号値を記憶しておくためのメモリー 122 と、調整回路 121 から与えられる駆動信号値に基づいて可動ミラー 130 を駆動するためのドライバー 123 とを有している。調整回路 121 は、メモリー 122 に記憶されている駆動信号値を適宜更新する。

10

【0027】

駆動信号値は、例えば駆動電圧値であり、以下では駆動電圧値として話を進める。しかし、駆動信号値は、駆動電圧値に限定されるものではなく、駆動電流値であってもよい。

20

【0028】

タップ 119 は一本の出力光ファイバー 118 に一つずつ設けられている。それぞれのタップ 119 からは光ファイバーが延びている。図 1 では代表的に一つのモニター PD 120 だけしか示されていないが、それぞれのタップ 119 から延びている光ファイバーに対して一つのモニター PD 120 が設けられている。対応するタップ 119 とモニター PD 120 は光ファイバーを介して光学的に結合されている。

【0029】

光スイッチ装置 100 において、入力光ファイバー 111 には、波長多重された信号光すなわち複数の波長成分を含む光が入力される。入力光ファイバー 111 から射出される発散光ビームはコリメートレンズ 112 によって平行光ビームに変えられる。コリメートレンズ 112 からの平行光ビームは凸レンズ 113 によって収束光ビームに変えられる。この収束光ビームは、一旦収束した後、発散光ビームとなる。この発散光ビームは凸レンズ 114 によって平行光ビームに変えられ、グレーティング 115 に入射する。グレーティング 115 に入射した光ビームは、グレーティング 115 の回折作用により波長成分ごとに異なる方向に偏向され、複数の波長成分の光ビームに分割される。別の言い方をすれば、グレーティング 115 に入射した光は波長ごとに分波される。

30

【0030】

一つの波長成分の光ビームは、凸レンズ 114 によって、収束光ビームに変えられるとともに、一つの可動ミラー 130 に方向付けられる。この可動ミラー 130 に対応するシャッター 140 が開状態であれば、その可動ミラー 130 に方向付けられた収束光ビームは、可動ミラー 130 の近くで収束し、可動ミラー 130 で反射される。

40

【0031】

可動ミラー 130 は、その向き（法線方向）が一本の軸周りに所定範囲内で変更可能である。つまり、可動ミラー 130 は所定の角度範囲で一本の軸周りに回転し得る。可動ミラー 130 の向きはドライバー 123 によって制御される。これにより、可動ミラー 130 で反射された光ビームの方向を調整することが可能である。その結果、可動ミラー 130 で反射された光ビームを、複数本の出力光ファイバー 118 の一つに方向付けることができる。

【0032】

可動ミラー 130 で反射された光ビームは、凸レンズ 114 によって平行光ビームに変

50

えられる。この平行光ビームは、グレーティング 1 1 5 で偏向された後、凸レンズ 1 1 4 によって収束光ビームに変えられる。この収束光ビームは、一旦収束した後、発散光ビームとなり、凸レンズ 1 1 3 によって平行光ビームに変えられる。この平行光ビームは、可動ミラー 1 3 0 の向きが適切に調整された状態では、収束レンズ 1 1 7 によって収束光ビームに変えられ、出力光ファイバー 1 1 8 の一つ、例えば図 1 において一番上に位置する出力光ファイバー 1 1 8 に入射する。出力光ファイバー 1 1 8 に入射した光は、出力光ファイバー 1 1 8 から出力される。

【 0 0 3 3 】

可動ミラー 1 3 0 で反射された光ビームが入射する出力光ファイバー 1 1 8 は、その可動ミラー 1 3 0 の向き（振れ角）に依存している。つまり、可動ミラー 1 3 0 で反射された光ビームが入る出力光ファイバー 1 1 8 は、その可動ミラー 1 3 0 の向きを変更することにより、選択的に切り換えられ得る。

10

【 0 0 3 4 】

このような光スイッチ装置の動作は、例えば、米国特許出願公開 2 0 0 2 / 0 1 9 6 5 2 0 A 1 号明細書に記載されているものと同様であるので、これ以上の詳しい説明はここでは割愛する。

【 0 0 3 5 】

続いて、可動ミラー 1 3 0 の制御値（駆動電圧値）のキャリブレーション動作について図 5 のフローに沿って説明する。ここでは、図 1 における一番下の可動ミラー 1 3 0 と一番上の出力光ファイバー 1 1 8 との組み合わせにおけるキャリブレーションについて説明

20

【 0 0 3 6 】

(S 1 0 1) キャリブレーション動作は、可動ミラー 1 3 0 と出力光ファイバー 1 1 8 の組に対して行なう。このため、まず、キャリブレーション対象の可動ミラー 1 3 0 と出力光ファイバー 1 1 8 を選択し決定する。

【 0 0 3 7 】

(S 1 0 2) 次に、選択された一番上の出力光ファイバー 1 1 8 に対して現時点で光ビームを送り出している一番下の可動ミラー 1 3 0 に対応する一番下のシャッター 1 4 0 を閉状態とする。

【 0 0 3 8 】

(S 1 0 3) 続いて、選択された一番下の可動ミラー 1 3 0 に対応するシャッター 1 4 0 のみ、開状態とする。

30

【 0 0 3 9 】

S 1 0 2 と S 1 0 3 のステップにより、選択された一番下の可動ミラー 1 3 0 に対応する光ビーム以外の、選択された出力光ファイバー 1 1 8 へ達している光ビームが遮断される。

【 0 0 4 0 】

(S 1 0 4) 続いて、調整回路 1 2 1 が、選択された一番下の可動ミラー 1 3 0 で反射される光ビームを、選択された一番上の出力光ファイバー 1 1 8 に方向付けるために必要な駆動電圧値（制御値）を、メモリー 1 2 2 から読み出してドライバー 1 2 3 に出力する。

40

【 0 0 4 1 】

これにより、可動ミラー 1 3 0 からの光ビームは、およそ一番上の出力光ファイバー 1 1 8 に方向付けられる。前回のキャリブレーションを行なったからの環境変化と特性変化が少なければ、光はほぼ完全に一番上の出力光ファイバー 1 1 8 に入射する。

【 0 0 4 2 】

(S 1 0 5) 次に、この状態から調整回路 1 2 1 は、駆動電圧値（制御値）を微調整し、タップ 1 1 9 とモニター P D 1 2 0 を介してモニターしている光量が最大となるようにする。

【 0 0 4 3 】

50

すなわち、S 1 0 4 と S 1 0 5 のステップにより、選択された出力光ファイバー 1 1 8 に対応したモニター P D 1 2 0 の出力が最大となるように、選択された可動ミラーの制御値が調整される。

【 0 0 4 4 】

(S 1 0 6) 続いて、調整回路 1 2 1 は、S 1 0 5 で得られた光量最大となる（光損失が最小となる）駆動電圧値をメモリー 1 2 2 に書き込む。つまり、S 1 0 4 で読み出したメモリー 1 2 2 に記憶されている駆動電圧値を上書きして変更する。

【 0 0 4 5 】

(S 1 0 7) 最後に、S 1 0 2 で閉状態としたシャッター 1 4 0 を、再び全て開状態とする。これで可動ミラー 1 3 0 と出力光ファイバー 1 1 8 の一つの組に対するキャリブレーション動作が終了する。

10

【 0 0 4 6 】

これらのステップを、可動ミラーと出力光ファイバーのすべての組について順次行なうことにより、可動ミラーの駆動電圧値（制御値）を最適な状態に長期にわたって保ちつづけることが可能となる。

【 0 0 4 7 】

これまでに説明したように、本実施形態によれば、波長ごとに（可動ミラーごとに）出力光ファイバー 1 1 8 への光結合を適宜遮断できるシャッター 1 4 0 を設け、さらに、出力光ファイバー 1 1 8 に入射した光の一部をタップ 1 1 9 で取り出してモニター P D 1 2 0 でモニターする構成としたため、可動ミラー 1 3 0 ごとに最適な駆動電圧値（制御値）を随時キャリブレーションすることが可能となる。これにより、環境変化や可動ミラーの特性変動があっても、長期にわたって光損失の少ない、安定した動作が可能な光スイッチ装置を実現することができる。

20

【 0 0 4 8 】

第二実施形態

本実施形態は、別の光スイッチ装置に向けられている。第一実施形態は可動ミラーの駆動電圧に対してキャリブレーションを行なったが、本実施形態は、可動ミラーをフィードバック制御し、その角度目標値のキャリブレーションを行なうものである。

【 0 0 4 9 】

図 6 は、本発明の第二実施形態の光スイッチ装置の構成を示している。図 6 において、図 1 に示された部材と同一の参照符号で指示された部材は同様の部材であり、その詳しい説明は省略する。

30

【 0 0 5 0 】

図 6 に示されるように、本実施形態の光スイッチ装置 2 0 0 は、図 1 における調整回路 1 2 1 とメモリー 1 2 2 とドライバー 1 2 3 に代えて、調整回路 2 2 1 とメモリー 2 2 2 とフィードバック制御回路 2 2 3 とを有している。さらに、光スイッチ装置 2 0 0 は、可動ミラー 1 3 0 と同数の角度センサー 2 2 4 を有している。そのほかの構成は第一実施形態と同様である。

【 0 0 5 1 】

角度センサー 2 2 4 は、一つの可動ミラー 1 3 0 に対して一つずつ設けられており、対応する可動ミラー 1 3 0 の角度を検出する。つまり、角度センサー 2 2 4 は、信号光中の波長の種類に対応している。

40

【 0 0 5 2 】

メモリー 2 2 2 は、可動ミラー 1 3 0 の偏向角の角度目標値（制御値）を記憶している。調整回路 2 2 1 は、メモリー 2 2 2 から角度目標値を読み出して調整した後、メモリー 2 2 2 に記憶されている角度目標値を更新する。フィードバック制御回路 2 2 3 は、角度センサー 2 2 4 の出力と調整回路 2 2 1 から与えられる角度目標値とに基づいて可動ミラー 1 3 0 の偏向角をフィードバック制御する。つまり、フィードバック制御回路 2 2 3 は、角度センサー 2 2 4 の出力が所定の角度目標値と一致するように制御するミラー角度制御手段を構成している。

50

【0053】

図7は、図6に示されたフィードバック制御回路223を示している。図7に示されるように、フィードバック制御回路223は、減算器231と、位相補償回路232と、ドライバ233とから構成されている。

【0054】

本実施形態の基本的な光スイッチとしての動作は第一実施形態と同様であるので、詳細な説明は割愛する。第一実施形態と異なるのは角度センサー224やフィードバック制御回路223の動作であるので、この点について説明する。

【0055】

角度センサー224は、対応する可動ミラー130の角度をリアルタイムに検出する。角度センサー224で検出された角度値は、フィードバック制御回路223へ送られる。フィードバック制御回路223では、まず、調整回路221から送られてくる角度目標値から検出された角度値を減算器231で減算し、角度誤差信号を求める。角度誤差信号はフィードバック動作を安定化させるための位相補償回路232とドライバ233を介して増幅されつつ、可動ミラー130を駆動する。ここで、角度誤差を減少させるような極性で可動ミラー130の駆動が行なわれる。可動ミラー130を駆動した結果は再び角度センサー224で検出され減算器231へと戻ってくるので、角度誤差を減少させる動作が常に行なわれる。これによって可動ミラー130の角度を角度目標値と一致させようとする、フィードバック系が構成される。

10

【0056】

なお、角度センサー224としては、種々の構成が考えられるが、可動ミラー130が多数の小型のミラーをアレイ状に有していることを考慮すると、小型化や集積化に有利な構成が望ましい。例えば、図2において、ヒンジ132に歪ゲージを設けてヒンジ132の捻れ量からミラー133の角度を検出する構成などが考えられる。

20

【0057】

一般に知られているように、角度センサー224によるフィードバック制御を行なうことにより、外部からの振動等で可動ミラー130の姿勢が乱されてもそれを瞬時に補正する動作が行なわれる。このため、種々の外乱に対する耐性を高めることができる。また、可動ミラー130の特性変動があっても、角度センサー224が正しく角度検出を行なっている限りは、可動ミラー130の角度は角度目標値と一致するよう制御されるため、可動ミラーの特性変動に対する耐性を高めることもできる。

30

【0058】

しかし一般には角度センサーにも特性変動が若干あり、フィードバック制御を行なってもその誤差は残ってしまうため、角度センサー出力値の補正を行なうことが望ましい。以下、その方法について図8のフローに沿って説明する。ここでは、第一実施形態と同じく、一番下の可動ミラー130と一番上の出力光ファイバ118との組み合わせにおけるキャリブレーションについて説明する。

【0059】

(S201) まず、キャリブレーション動作は可動ミラーと出力光ファイバの組に対して行なうので、キャリブレーション対象の可動ミラー130と出力光ファイバ118を選択し決定する。

40

【0060】

(S202) 続いて、選択された一番上の出力光ファイバ118に対して現時点で光を送り出している可動ミラー130に対応するシャッター140を閉状態とする。

【0061】

(S203) 次に、選択された一番下の可動ミラー130に対応するシャッター140のみ、開状態とする。

【0062】

S202とS203のステップにより、選択された一番下の可動ミラー130に対応する光ビーム以外の、選択された一番上の出力光ファイバ118へ達している光ビームが

50

遮断される。

【0063】

(S204) 続いて、調整回路221は、選択された一番下の可動ミラー130で反射される光ビームを、選択された一番上の出力光ファイバー118に方向付けるために必要な角度目標値(制御値)を、メモリー222から読み出してフィードバック制御回路223に出力する。

【0064】

これにより、一番下の可動ミラー130からの光ビームは、およそ一番上の出力光ファイバー118に方向付けられる。

【0065】

(S205) 次に、この状態から調整回路221は、角度目標値を微調整し、タップ119とモニターPD120を介してモニターしている光量が最大となるようにする。

【0066】

すなわち、S204とS205のステップにより、選択された出力光ファイバー118に対応したモニターPD120の出力が最大となるように、選択された可動ミラー130の制御値が調整される。

【0067】

(S206) 続いて、調整回路221は、S205で得られた光量最大となる(光損失が最小となる)角度目標値をメモリー222に書き込む。つまり、S204で読み出したメモリー222に記憶されている角度目標値を上書きして変更する。

【0068】

(S207) 最後に、S202で閉状態としたシャッター140を、再び全て開状態とする。これで可動ミラー130と出力光ファイバー118の一つの組に対するキャリブレーション動作が終了する。

【0069】

以上説明したように本実施形態によれば、可動ミラーの角度を検出する角度センサーとそれを用いた角度フィードバック制御系を設けたため、種々の外乱に対して耐性の高い光スイッチ装置を実現でき、また、角度センサーの出力値が変動しても随時キャリブレーションすることが可能となる。

【0070】

このため、環境変化や可動ミラーや角度センサーの特性変動、振動・衝撃等の外乱があっても、安定した動作が可能な光スイッチ装置を実現することができる。

【0071】

第三実施形態

本実施形態は、別の光スイッチ装置に向けられている。第二実施形態では角度制御の目標値を制御値として考えて目標値の補正によるキャリブレーションを行なったが、本実施形態では、検出値すなわち角度センサー出力に対して補正を行なってキャリブレーションを行なう。

【0072】

図9は、本発明の第三実施形態の光スイッチ装置の構成を示している。図9において、図6に示された部材と同一の参照符号で指示された部材は同様の部材であり、その詳しい説明は省略する。

【0073】

図9に示されるように、本実施形態の光スイッチ装置300は、図6における調整回路221とメモリー222とフィードバック制御回路223に代えて、調整回路321とメモリー322とフィードバック制御回路323とメモリー325とを有している。そのほかの構成は第二実施形態と同様である。

【0074】

メモリー325は、可動ミラー130の偏向角の角度目標値を記憶している。メモリー322は、角度センサー224の出力のオフセットを補正する角度補正值(制御値)を記

10

20

30

40

50

憶している。調整回路321は、メモリー322から角度補正值を読み出して調整した後、メモリー322に記憶されている角度補正值を更新する。フィードバック制御回路323は、角度センサー224の出力と調整回路321から与えられる角度補正值とメモリー325に記憶されている角度目標値とに基づいて可動ミラー130の偏向角をフィードバック制御する。

【0075】

図10は、図9に示されたフィードバック制御回路323を示している。図10に示されるように、本実施形態のフィードバック制御回路323は、加算器331と、減算器332と、位相補償回路333と、ドライバー334とから構成されている。

【0076】

加算器331は、角度センサー224の出力に、角度センサー224の出力のオフセットを補正する角度補正值を加えて出力するオフセット調整手段を構成している。減算器332と位相補償回路333とドライバー334は、加算器331の出力が所定の角度目標値と一致するように制御するミラー角度制御手段を構成している。

【0077】

図11は、本実施形態におけるキャリブレーション動作のフローを示している。以下、図11に沿って本実施形態のキャリブレーション動作について説明する。

【0078】

(S301) まず、キャリブレーション対象の可動ミラー130と出力光ファイバー118を選択し決定する。

【0079】

(S302) 続いて、選択された出力光ファイバー118に対して現時点で光を送り出している可動ミラー130に対応するシャッター140を閉状態とする。

【0080】

(S303) 次に、選択された可動ミラー130に対応するシャッター140のみ、開状態とする。

【0081】

S302とS303のステップにより、選択された可動ミラー130に対応する光ビーム以外の、選択された出力光ファイバー118へ達している光ビームが遮断される。

【0082】

(S304) 続いて、調整回路321は、角度センサー224の出力のオフセットを補正するための角度補正值(制御値)をメモリー322から読み出してフィードバック制御回路323に出力する。また、フィードバック制御回路323は、選択された可動ミラー130で反射される光ビームを選択された出力光ファイバー118に方向付けるために必要な角度目標値をメモリー325から読み出す。

【0083】

これにより、選択された可動ミラー130からの光ビームは、選択された出力光ファイバー118に方向付けられる。

【0084】

(S305) 次に、この状態から調整回路321は、角度補正值を微調整し、タップ119とモニターPD120を介してモニターしている光量が最大となるようにする。

【0085】

すなわち、S304とS305のステップにより、選択された出力光ファイバー118に対応したモニターPD120の出力が最大となるように、選択された可動ミラー130の制御値が調整される。

【0086】

(S306) 続いて、調整回路321は、S305で得られた光量最大となる(光損失が最小となる)角度補正值をメモリー322に書き込む。つまり、S304で読み出したメモリー325に記憶されている角度補正值を上書きして変更する。

【0087】

10

20

30

40

50

(S307) 最後に、S302で閉状態としたシャッター140を、再び全て開状態とする。これで可動ミラー130と出力光ファイバー118の一つの組に対するキャリブレーション動作が終了する。

【0088】

本実施形態では、特性変動の主要因が角度センサーのオフセット変動である場合には、そのオフセットを直接補正できるため補正の考え方を単純化することができる。

【0089】

第二実施形態では、角度目標値だけをメモリーに記憶しておき、角度目標値(制御値)に対してキャリブレーションを行なっている。これに対して、本実施形態では、角度目標値と角度補正值とをメモリーに記憶しておき、角度補正值(制御値)に対してキャリブレーションを行なっている。このため、本実施形態では、角度目標値と角度補正值とをメモリーに記憶しておく必要がある。そのぶん、本実施形態は、第二実施形態と比べて、回路規模が大きくなり動作が複雑になる。

10

【0090】

以上のように本実施形態によれば、第二実施形態と同様に、可動ミラーの角度を検出する角度センサーとそれを用いた角度フィードバック制御系を設けたため種々の外乱に対して耐性の高い光スイッチ装置を実現でき、また、角度センサーの出力値が変動しても随時キャリブレーションすることが可能となる。

【0091】

このため環境変化や可動ミラーや角度センサーの特性変動、振動・衝撃等の外乱があっても、安定した動作が可能な光スイッチ装置を実現することができる。

20

【0092】

これまで、図面を参照しながら本発明の実施形態を述べたが、本発明は、これらの実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において様々な変形や変更が施されてもよい。

【0093】

上述した実施形態では、出力光遮光手段としてシャッターを用いた場合について説明したが、出力光遮光手段としては出力光ファイバーへと光が結合しないようにすればよい。例えばシャッターの代わりに、可動ミラーを大きく偏向させてしまうことによって出力光ファイバーに光が結合しないようにしてもよい。

30

【0094】

この場合はシャッターデバイスを設ける必要がなくなるが、可動ミラーにより大きな偏向角を得られるものが必要になったり、場合によっては大きく偏向させた光が光スイッチ装置内で迷光となったりする可能性もあるため、シャッターなどを用いて確実に光の遮断を行なう方が望ましい。

【0095】

もちろん、シャッターを用いる場合にも、実施形態で説明した以外の構成で同様の効果を得られるものを用いることが可能であり、例えば電気光学効果を利用したシャッターを用いることも可能である。また、上述した実施形態ではシャッター(遮光部)をミラーの直前に配置しているが、光が波長ごとに分波されている領域であればミラーと離れた位置に設けてもよい。

40

【0096】

また、実施形態では、キャリブレーション対象の波長の光だけがキャリブレーション対象の出力光ファイバーに入射するように出力光遮断手段による制御を行なったが、受光手段でモニターしている光量の増減が正しく検出できればキャリブレーション動作は可能となるため、少量であれば他波長の光がキャリブレーション対象の出力光ファイバーに入射している状態であっても構わない。

【0097】

また、キャリブレーション動作をモニター光量が最大となるように行なうのではなく、予め決めておいた値となるように、あるいは予め決めておいた閾値以上となるように制御

50

してもよい。

【0098】

また、実施形態では、一入力対四出力（光ファイバー本数）の光スイッチ装置について説明したが、入力光ファイバーと出力光ファイバーの本数は適宜変更されてよい。

【0099】

また一般的に言われる光スイッチとは少し異なったものになるが、出力光ファイバーが一本で、可動ミラーの角度を制御することにより出力光ファイバーへのカップリング光量を波長ごとに変化させるゲインイコライザのようなものにも適用することもできる。またこの場合は、入力光ファイバーと出力光ファイバーに同一のものをを用い、外部にサーキュレーターを設けて入力光と出力光を分離することもできる。

10

【0100】

まとめ

本発明は、ひとつには、光スイッチ装置に向けられており、以下の各項に列記する光スイッチ装置を含んでいる。

【0101】

1. 本発明の光スイッチ装置は、
波長多重された光が入力される少なくとも一本の入力光ファイバーと、
少なくとも一本の出力光ファイバーと、
入力光ファイバーからの波長多重された光ビームを波長ごとに分波する分波手段と、
分波手段からの光ビームを出力光ファイバーに対して波長ごとに方向付けるための複数の可動ミラーと、
分波手段から出力光ファイバーへの光結合を適宜遮断する出力光遮断手段と、
出力光ファイバーに入射した光ビームの一部を分岐し出力する光分岐手段と、
光分岐手段で分岐された光ビームを受光する受光手段と、
可動ミラーと出力光ファイバーに対応して可動ミラーの制御値を記憶しておくメモリーと、
受光手段出力に基づいてメモリーの内容を適宜更新する調整手段とを有している。

20

【0102】

この光スイッチ装置においては、出力光ファイバーに対する最適な可動ミラー制御値を随時更新することができる。このため、経時変化や環境変化により可動ミラー特性が変動しても、常に最適な制御値で可動ミラーを駆動することができる。これにより、光損失の変動が発生しなくなり、長期的に安定した動作を行なうことが可能となる。

30

【0103】

2. 本発明の別の光スイッチ装置は、第1項の光スイッチ装置において、調整手段は、出力光遮断手段が遮断していない光ビームに対応する可動ミラーについてメモリーの内容を更新する。

【0104】

この光スイッチ装置においては、制御値の更新を行なう対象の可動ミラーに対応する光ビームについては遮光を行わず、その他の可動ミラーに対応する光ビームについては適宜遮光することにより、出力光ファイバーに一つの可動ミラーだけからの光が入射する状態にできる。これにより、他波長の光の影響を受けずに制御値の更新を行なえる。このため、より正確に最適制御値を得ることができ、動作のさらなる安定化が可能となる。

40

【0105】

3. 本発明の別の光スイッチ装置は、第1項または第2項の光スイッチ装置において、調整手段は、受光手段出力が最大となる制御値でメモリーを更新する。

【0106】

この光スイッチ装置においては、可動ミラーの制御値を、光損失が最小となるように保つことが可能となる。

【0107】

4. 本発明の別の光スイッチ装置は、第1項～第3項の光スイッチ装置において、制

50

御値が、可動ミラーの駆動信号値（駆動電圧値あるいは駆動電流値）である。

【0108】

この光スイッチ装置においては、可動ミラーの駆動信号（電圧、電流）を直接制御するため、制御回路の構成を単純化できる。つまり、単純な制御回路であっても、長期的に安定動作可能な光スイッチ装置を実現できる。

【0109】

5. 本発明の別の光スイッチ装置は、第1項～第3項の光スイッチ装置において、可動ミラーの角度を検出する角度検出手段を有し、制御値は、可動ミラーの角度目標値であり、角度検出手段の出力が所定の角度目標値と一致するように制御するミラー角度制御手段とを有している。

10

【0110】

6. 本発明の別の光スイッチ装置は、第1項～第3項の光スイッチ装置において、可動ミラーの角度を検出する角度検出手段を有し、制御値は、角度検出手段の出力のオフセットを補正する角度補正值であり、角度検出手段の出力に角度補正值を加えて出力するオフセット調整手段と、オフセット調整手段の出力が所定の角度目標値と一致するように制御するミラー角度制御手段とを有している。

【0111】

第5項と第6項の光スイッチ装置においては、角度検出を行なって角度フィードバック制御を行なうことにより、振動・衝撃への耐性を高めることができる。また角度目標値あるいは角度検出値のオフセットを適宜最適に調整できるため、角度センサーやフィードバック制御回路に必要な精度を緩めることができ、振動・衝撃への耐性が高く、長期的に安定動作可能な光スイッチ装置を比較的安価に実現できる。

20

【0112】

第5項の光スイッチ装置は、オフセット調整手段を持たないため、第6項の光スイッチ装置に比べて回路構成が簡単で済む。第6項の光スイッチ装置は、角度センサーの誤差を実際に補正しているので、第5項の光スイッチ装置に比べて補正の考え方を単純化できる。

【0113】

7. 本発明の別の光スイッチ装置は、第1項～第6項の光スイッチ装置において、出力光遮断手段は、光ビームが出力光ファイバーに入射しないよう可動ミラーを制御することにより光ビームの遮断を行なう。

30

【0114】

この光スイッチ装置においては、光スイッチ装置に本来必要な可動ミラーのみを使って光の遮断を行なえるため、光スイッチ装置の構造を複雑化することなく、長期的に安定動作可能な光スイッチ装置を実現できる。

【0115】

8. 本発明の別の光スイッチ装置は、第1項～第6項の光スイッチ装置において、出力光遮断手段は、分波手段から出力光ファイバーへ向かう光ビームを適宜遮断する遮光部と、遮光部の位置を変化させるための駆動部とから構成されている。

【0116】

この光スイッチ装置においては、駆動可能な遮光部によって光の遮断を行なえるため、制御値の更新を行なわない可動ミラーについて角度を変更する必要がなくなり、制御値更新時の制御を簡略化することができる。

40

【0117】

本発明は、ひとつには、光スイッチ装置のキャリブレーション方法に向けられており、以下に記すキャリブレーション方法を含んでいる。

【0118】

9. 本発明は、波長多重された光が入力される少なくとも一本の入力光ファイバーと、少なくとも一本の出力光ファイバーと、入力光ファイバーからの波長多重された光ビームを波長ごとに分波する分波手段と、分波手段からの光ビームを出力光ファイバーに対し

50

て波長ごとに方向付けるための複数の可動ミラーとを有する光スイッチ装置のキャリブレーション方法であり、複数の可動ミラーの中から一つの可動ミラーを選択するステップと、出力光ファイバーの中から一つの出力光ファイバーを選択するステップと、選択された可動ミラーに対応する光ビーム以外の、選択された出力光ファイバーへの光結合を遮断するステップと、選択された出力光ファイバーに対応する受光手段の出力がほぼ最大となるように選択された可動ミラーの制御値を調整するステップと、調整後の制御値を、選択された可動ミラーと選択された出力光ファイバーに対応させて記憶しておくステップとを有している。

【0119】

このキャリブレーション方法においては、出力光ファイバーに対する最適な可動ミラー制御値を随時更新することができる。このため、経時変化や環境変化により可動ミラー特性が変動しても、常に最適な制御値で可動ミラーを駆動することができる。これにより、光損失の変動が発生しなくなり、長期的に安定した動作を行なうことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0120】

【図1】本発明の第一実施形態の光スイッチ装置の構成を示している。

【図2】図1に示された可動ミラー単体の斜視図である。

【図3】図1に示されたシャッター単体の斜視図である。

【図4】図1に示された可動ミラーとシャッターの斜視図である。

【図5】図1に示された光スイッチ装置におけるキャリブレーション動作のフローを示している。

【図6】本発明の第二実施形態の光スイッチ装置の構成を示している。

【図7】図6に示されたフィードバック制御回路の構成を示している。

【図8】図6に示された光スイッチ装置におけるキャリブレーション動作のフローを示している。

【図9】本発明の第三実施形態の光スイッチ装置の構成を示している。

【図10】図9に示されたフィードバック制御回路の構成を示している。

【図11】図9に示された光スイッチ装置におけるキャリブレーション動作のフローを示している。

【符号の説明】

【0121】

100 ... 光スイッチ装置、111 ... 入力光ファイバー、112 ... コリメートレンズ、113 ... 凸レンズ、114 ... 凸レンズ、115 ... グレーティング、117 ... 収束レンズ、118 ... 出力光ファイバー、119 ... タップ、120 ... モニターPD、121 ... 調整回路、122 ... メモリー、123 ... ドライバー、130 ... 可動ミラー、131 ... フレーム、132 ... ヒンジ、133 ... ミラー、134 ... GND電極、135 ... 電極基板、136 ... 駆動電極、140 ... シャッター、141 ... 遮光部、142 ... 梁部、143 ... 固定部、144 ... マグネット、145 ... 駆動線、146 ... パッド、200 ... 光スイッチ装置、221 ... 調整回路、222 ... メモリー、223 ... フィードバック制御回路、224 ... 角度センサー、231 ... 減算器、232 ... 位相補償回路、233 ... ドライバー、300 ... 光スイッチ装置、321 ... 調整回路、322 ... メモリー、323 ... フィードバック制御回路、325 ... メモリー、331 ... 加算器、332 ... 減算器、333 ... 位相補償回路、334 ... ドライバー。

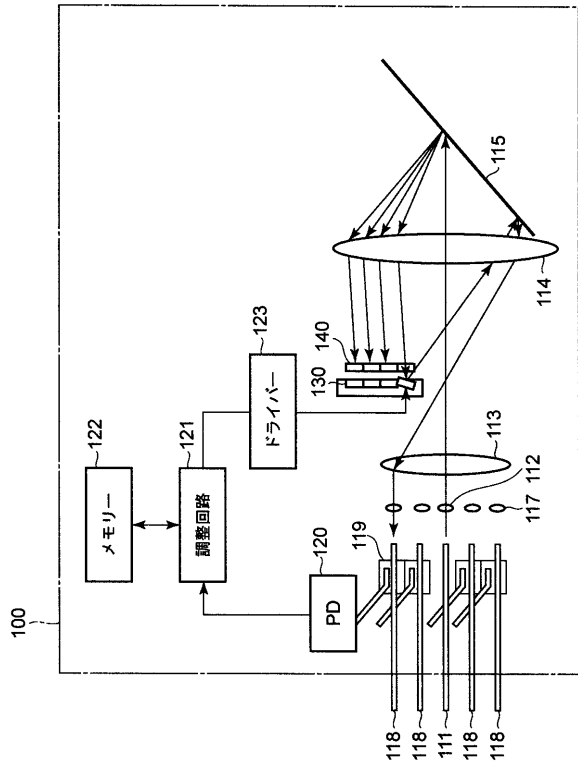
10

20

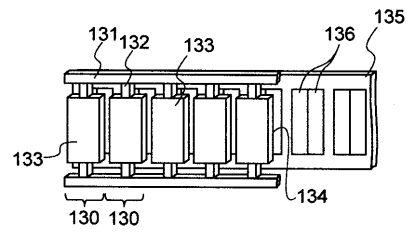
30

40

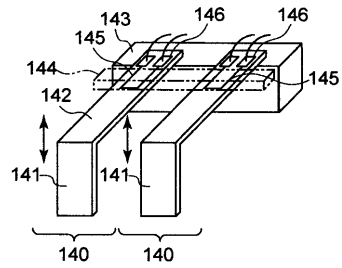
【図1】



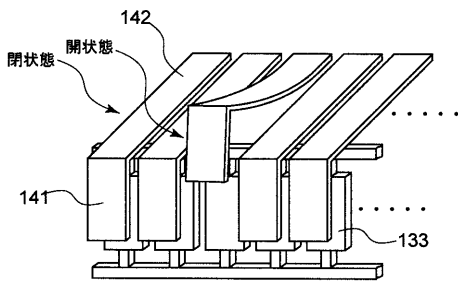
【図2】



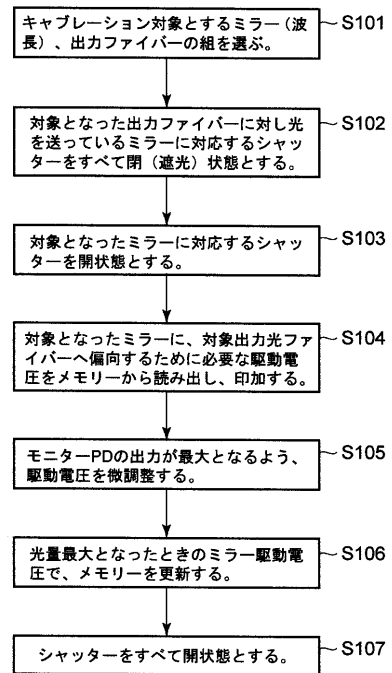
【図3】



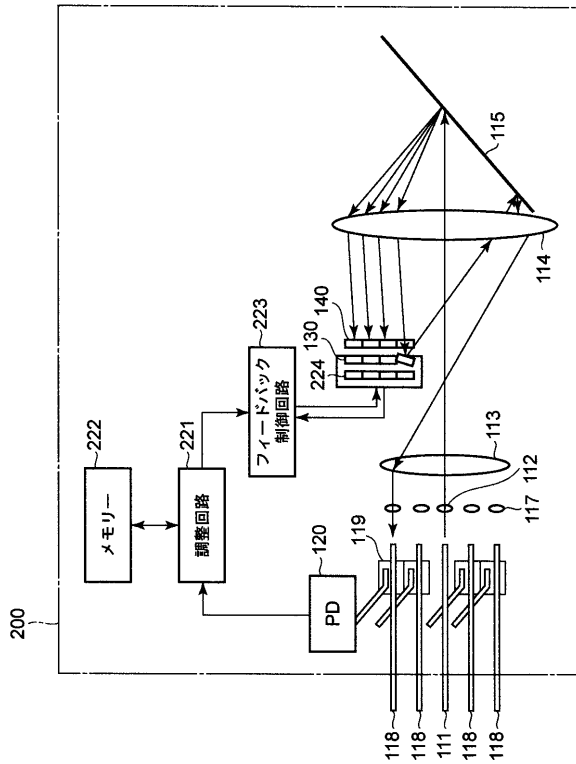
【図4】



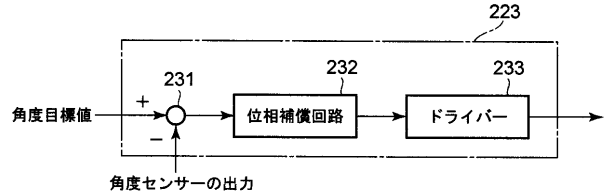
【図5】



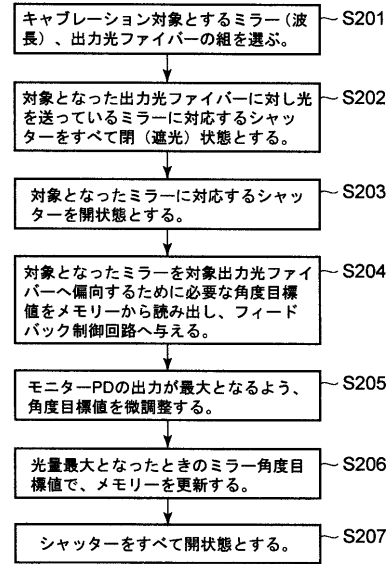
【 図 6 】



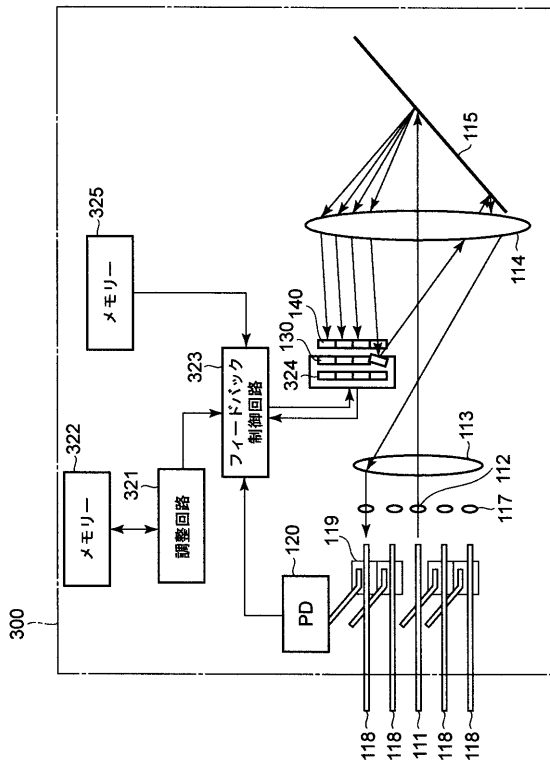
【 図 7 】



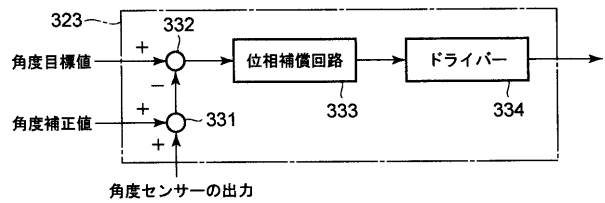
【 図 8 】



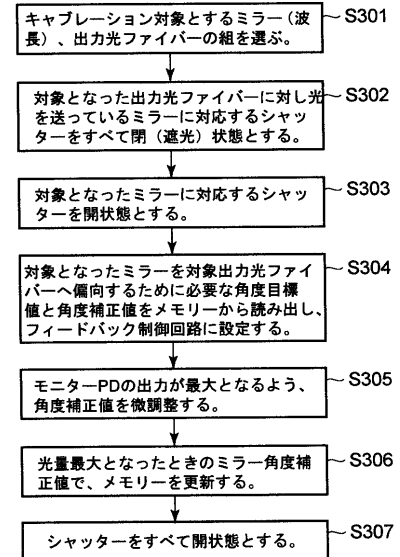
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H041 AA04 AA14 AB02 AB14 AC04 AC06 AZ01 AZ05
5K102 AA13 AD01 MA03 MB11 MC02 MD01 MD03 MD07 MH04 MH14
MH22 PD14 PH32 RD28