(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2012-128156
(P2012-128156A)
(43)公開日　平成24年7月5日(2012.7.5)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G02B 21/00	(2006.01)	G02B 21/00		2H052

審査請求 有　請求項の数 3　OL　（全 10 頁）

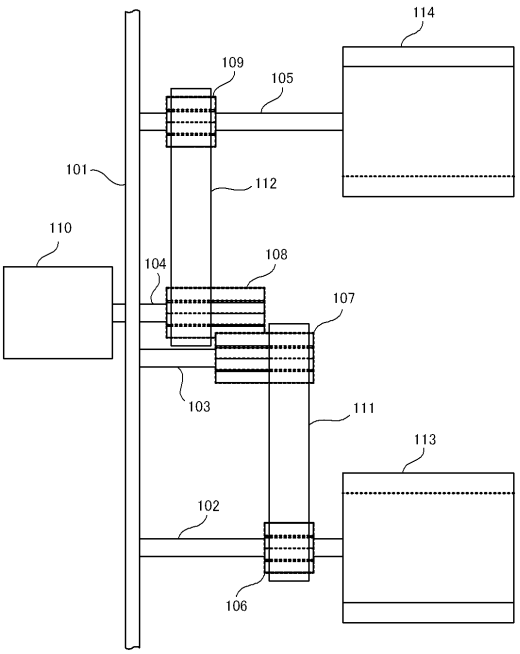
(21)出願番号　特願2010-279100 (P2010-279100)
(22)出願日　平成22年12月15日 (2010.12.15)

(71)出願人　000006507
横河電機株式会社
東京都武蔵野市中町２丁目９番３２号
(72)発明者　伊賀　光博
東京都武蔵野市中町２丁目９番３２号　横河電機株式会社内

Fターム(参考)　2H052 AA09　AB01　AB29　AD34

(54)【発明の名称】光軸ズレ補正装置

(57)【要約】
【課題】比較的簡単な構成で、光軸のズレを補正できる光軸ズレ補正装置を提供する。
【解決手段】光学系に設けられた光学フィルタに起因する光軸のズレを補正する光軸ズレ補正装置であって、
厚みと屈折率が前記光学フィルタの厚みと屈折率と等しい補正用光学基板と、
これら光学フィルタと補正用光学基板を、光軸に対して互いに異なる方向に等しい傾き角度で回転するように駆動する回転駆動機構、とで構成されたことを特徴とするもの。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
光学系に設けられた光学フィルタに起因する光軸のズレを補正する光軸ズレ補正装置であって、
厚みと屈折率が前記光学フィルタの厚みと屈折率とに等しい補正用光学基板と、
これら光学フィルタと補正用光学基板を、光軸に対して互いに異なる方向に等しい傾き角度で回転するように駆動する回転駆動機構、
とで構成されたことを特徴とする光軸ズレ補正装置。
【請求項２】
前記回転駆動機構は、前記光学フィルタと補正用光学基板を、共通の回転動力源で回転駆動することを特徴とする請求項１記載の光軸ズレ補正装置。
【請求項３】
前記回転駆動機構は、前記光学フィルタと補正用光学基板を、それぞれ個別の回転動力源で回転駆動することを特徴とする請求項１記載の光軸ズレ補正装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、光軸ズレ補正装置に関し、詳しくは、光学系における光軸のズレを補正する機構に関するものである。
【０００２】
従来から、無限遠観察光学系を有する光学顕微鏡を用いて標本を観察するのにあたり、観察対象となる標本に応じて、光学系に所定の光学部品を挿入したり抜き出すことが行われている。
【０００３】
図８は、特許文献１に記載されている無限遠観察光学系を有する光学顕微鏡の構成説明図である。図８において、蛍光色素観察を行うのにあたり、無限遠観察光学系に、ダイクロイックミラー１０６０および吸収フィルタ６２が組み込まれた蛍光キューブ５６が挿入される。この結果、無限遠観察光学系に光軸ズレ（芯ズレ）が発生し、高精度の観察が行えなくなることがある。
【０００４】
そこで、特許文献１では、図９に示すように、平凹レンズ６８と平凸レンズ７０の凹凸面が所定の間隙を保って対向配置されるとともにこれらレンズがそれらの凹凸面の曲率に沿って相対的に移動可能な状態で保持されるように構成された光軸ズレ補正用の芯補正ユニット６６を用い、図８の蛍光キューブ５６に設けている。
【０００５】
このような構成において、ミラーやフィルターの挿入によって生じる光軸ズレの量に応じて蛍光キューブ５６の平凹レンズ６８と平凸レンズ７０との相対的な位置関係を調整することにより、光軸ズレを補正できる。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００６】
特許文献１には、無限遠観察光路中での光学部品の切換挿脱に伴う光軸のブレを防止することにより、高精度に標本の多重観察が行える光学顕微鏡が開示されている。
【０００７】
【特許文献１】特開２００４－１０６９６８５号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
しかし、図９のような構成の芯補正ユニット６６は、本来の光軸を「偏向」させて傾けるものであり、光の入射角度を変化させながら顕微観察するような光学系では、その角度

を変化させるたびに煩雑な調整が必要となる。
【０００９】
また、角度変調型の可変バンドパスフィルタを含む光学系で芯補正ユニット６６を使用するのにあたり、平凹レンズ６８と平凸レンズ７０との相対的な位置関係を連続的に可変させることは困難である。
【００１０】
本発明は、このような課題を解決するものであり、その目的は、比較的簡単な構成で、光軸のズレを補正できる光軸ズレ補正装置を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【００１１】
このような課題を達成するために、本発明のうち請求項１記載の発明は、
光学系に設けられた光学フィルタに起因する光軸のズレを補正する光軸ズレ補正装置であって、
厚みと屈折率が前記光学フィルタの厚みと屈折率とに等しい補正用光学基板と、
これら光学フィルタと補正用光学基板を、光軸に対して互いに異なる方向に等しい傾き角度で回転するように駆動する回転駆動機構、
とで構成されたことを特徴とする。
【００１２】
請求項２記載の発明は、請求項１記載の光軸ズレ補正装置において、
前記回転駆動機構は、前記光学フィルタと補正用光学基板を、共通の回転動力源で回転駆動することを特徴とする。
【００１３】
請求項３記載の発明は、請求項１記載の光軸ズレ補正装置において、
前記回転駆動機構は、前記光学フィルタと補正用光学基板を、それぞれ個別の回転動力源で回転駆動することを特徴とする。
【発明の効果】
【００１４】
これらにより、比較的簡単な構成で、光軸のズレを補正できる。
【図面の簡単な説明】
【００１５】
【図１】本発明の一実施例を示す側面構成図である。
【図２】図１の上面構成図である。
【図３】図２の光学素子である光学フィルタ１１３と補正用光学基板１１４に着目した光路説明図である。
【図４】本発明の他の実施例を示す構成説明図である。
【図５】本発明に基づく光軸ズレ補正装置を用いた分光装置の構成説明図である。
【図６】図５の構成により分光される波長領域の説明図である。
【図７】図５の構成により分光される他の波長領域の説明図である。
【図８】無限遠観察光学系を有する光学顕微鏡の構成説明図である。
【図９】図８で用いられる芯補正ユニットの構成説明図である。
【発明を実施するための最良の形態】
【００１６】
以下、本発明について、図面を用いて詳細に説明する。図１は本発明の一実施例を示す側面構成図、図２は図１の上面構成図である。図１および図２において、支持板１０１には、たとえば図示しないベアリングを介して、円滑に回転するように４本のシャフト１０２～１０５が取り付けられている。これらシャフト１０２～１０５には、それぞれプーリー１０６～１０９が固定されている。
【００１７】
シャフト１０４には回転動力源１１０（たとえばモータ）が連結され、プーリー１０６とプーリー１０７はベルト１１１を介して連結され、プーリー１０８とプーリー１０９は

ベルト１１２を介して連結され、プーリー１０７とプーリー１０８は互いの外周が直接接触するように連結されている。

【００１８】

シャフト１０２には光学フィルタ１１３が取り付けられ、シャフト１０５には補正用光学基板１１４が取り付けられている。

【００１９】

このような構成において、回転動力源１１０の回転は、シャフト１０４→プーリー１０８→ベルト１１２→プーリー１０９→シャフト１０５の伝達系を介して補正用光学基板１１４に伝達されて補正用光学基板１１４を回転させるとともに、シャフト１０４→プーリー１０８→プーリー１０７→ベルト１１１→プーリー１０６→シャフト１０２の伝達系を介して光学フィルタ１１３に伝達されて光学フィルタ１１３を回転させる。ここで、プーリー１０７とプーリー１０８は、図２に示すように、互いの外周が直接接触するように連結されているので、互いに逆方向に回転する。

【００２０】

図３は、図２の光学素子である光学フィルタ１１３と補正用光学基板１１４に着目した光路説明図である。図３において、光学フィルタ１１３は、直進方向の光軸ＯＡａに対する直交位置から反時計方向に角度θ回転した傾き角度で配置されている。これに対し、補正用光学基板１１４は、直進方向の光軸ＯＡａの延長線に対する直交位置から時計方向に角度θ回転した傾き角度で配置されている。

【００２１】

光は、光軸ＯＡａに沿って光学フィルタ１１３の表面１１３ａに到達し、光学フィルタ１１３に入射される。光学フィルタ１１３に入射された光は、スネルの法則にしたがって光学フィルタ１１３の内部で屈折率ｎに応じて屈折して透過し、光学フィルタ１１３の裏面１１３ｂに到達する。

【００２２】

光学フィルタ１１３の裏面１１３ｂに到達した光は、スネルの法則にしたがって再び屈折して光軸ＯＡａと平行な光軸ＯＡｂに沿って進行し、補正用光学基板１１４の表面１１４ａへ到達して補正用光学基板１１４に入射される。このとき、光軸ＯＡｂは、光軸ＯＡａの延長線上にあるべき本来の光軸ＯＡｃに対して距離Ｓだけの光軸のズレを生じる。この距離Ｓの光軸のズレは、光学フィルタ１１３の傾き角度θと厚みｄと屈折率ｎの関数で表すことができる。

【００２３】

補正用光学基板１１４の表面１１４ａに入射された光は、スネルの法則にしたがって補正用光学基板１１４の内部で屈折率ｎに応じて光学フィルタ１１３の透過に起因する距離Ｓの光軸のズレを打ち消す方向に屈折して透過し、補正用光学基板１１４の裏面１１４ｂに到達する。

【００２４】

補正用光学基板１１４の裏面１１４ｂに到達した光は、スネルの法則にしたがって再び屈折して光軸ＯＡａの延長線上の本来の光軸ＯＡｄに沿って進行する。

【００２５】

すなわち、補正用光学基板１１４の屈折率ｎと厚みｄを光学フィルタ１１３の屈折率ｎと厚みｄと同一にし、光軸ＯＡａに対する光学フィルタ１１３の反時計方向の傾き角度θとその延長線上の本来の光軸ＯＡｄに対する補正用光学基板１１４の時計方向の傾き角度θが常に等しくなるように光学フィルタ１１３と補正用光学基板１１４を連動して回転駆動することにより、光学フィルタ１１３の透過に起因する距離Ｓの光軸のズレを打ち消して、補正用光学基板１１４の裏面１１４ｂから出射される光を光学フィルタ１１３の表面１１３ａから入射される光軸ＯＡａの延長線上の本来の光軸ＯＡｄと一致させることができる。

【００２６】

これにより、従来のような煩雑な校正作業を行うことなく、光軸ズレのない光学フィル

タが実現できる。
【００２７】
たとえば、角度変調型の可変波長光学フィルタであったとしても、連続測定が可能になる。光入射角度を変えながらリアルタイムに測定を行いたい場合、光入射角度を変えることに伴い光軸ズレが発生するが、本発明を適用することにより光軸ズレを自動的に補正することができるため、間断なく連続測定が行える。
【００２８】
なお、図１の実施例では、回転動力源１１０をシャフト１０４に連結する例を示しているが、回転動力源１１０を連結するシャフトは１０４に限るものではなく、他のシャフト１０２、１０３、または１０５であってもよい。
【００２９】
図４は、本発明の他の実施例を示す構成説明図である。図４において、光学フィルタ１１３が取り付けられたシャフト１０２には回転動力源１１５が連結され、補正用光学基板１１４が取り付けられたシャフト１０５には回転動力源１１６が連結されている。
【００３０】
これら回転動力源１１５および回転動力源１１６は、光学フィルタ１１３と補正用光学基板１１４が、図３と同様にそれぞれ所定の方向に等しい角度で連動して回転することにより光軸ズレを補正するように、適切に回転駆動制御される。
【００３１】
図５は、本発明に基づく光軸ズレ補正装置を用いた分光装置の構成説明図である。図５において、光源２０１の出力光は、光照射レンズ光学系２０２を介して、試料である測定対象２０３に照射される。測定対象２０３の照射にあたっては、光源２０４のように光軸から外れた位置から照射してもよい。
【００３２】
なお、これら光源２０１と２０４は少なくともいずれか一つがあればよく、これら光源２０１と２０４はレーザのような単一波長光源でもよいし、広領域波長光源でもよい。
【００３３】
測定対象２０３からの光は対物レンズ光学系２０５により拡大され、エッジフィルタ２０６によりある波長を境に、その短波長領域あるいは長波長領域に限定された光が透過する。
【００３４】
エッジフィルタ２０６の出力光は、可変バンドパスフィルタ２０７を通過することによって分光される。可変バンドパスフィルタ２０７で分光された出力光は、ノッチフィルタ２０８→偏光フィルタ２０９→光軸調整光学系２１０→結像光学系２１１よりなる光学経路を経て、２次元アレイ光検出器２１２に入射される。
【００３５】
可変バンドパスフィルタ２０７としては、光干渉型や光入射角度チューニング型などを用いることができる。
【００３６】
ノッチフィルタ２０８は必須ではないが、光源２０１または２０４が単一波長光源である場合にはあったほうがよい。
【００３７】
光軸調整光学系２１０としては、前述のような本発明に基づく光軸ズレ補正装置を用いる。
【００３８】
２次元アレイ光検出器２１２は、ＣＭＯＳイメージセンサやＣＣＤイメージセンサなどを用いることができる。
【００３９】
これらエッジフィルタ２０６、可変バンドパスフィルタ２０７、ノッチフィルタ２０８、偏光フィルタ２０９、光軸調整光学系２１０、結像光学系２１１および２次元アレイ光

検出器２１２は制御装置２１３と接続されている。

【００４０】

エッジフィルタ２０６、ノッチフィルタ２０８および偏光フィルタ２０９は、制御装置２１３により、必要に応じて光軸上への出し入れが制御される。そして、可変バンドパスフィルタ２０７、光軸調整光学系２１０、結像光学系２１１および２次元アレイ光検出器２１２は、制御装置２１３により、分光される波長領域と撮像するタイミングが所望の条件になるように制御される。

【００４１】

図５の動作を、図６および図７を用いて説明する。図６はエッジフィルタ２０６と可変バンドパスフィルタ２０７により分光される波長領域の説明図であり、横軸は波長λを表し、縦軸は透過率Ｔを表している。

【００４２】

図６において、Ｃ１に示すようなスペクトルの波長領域ｔ０からｔ１を分光するものとする。実線ａはエッジフィルタ２０６の光透過領域を示し、波長領域Ｌｅ以下の短波長領域の光を透過させることを意味している。

【００４３】

破線ｂと一点鎖線ｃは、可変バンドパスフィルタ２０７の透過領域を示している。透過領域を変調することにより、波長範囲Ｖｔ０＝ Ｖｔ０Ｙ－Ｖｔ０Ｘの領域を透過させる破線ｂの状態と、波長範囲Ｖｔ１＝Ｖｔ１Ｙ－Ｖｔ１Ｘの領域を透過させる一点鎖線ｃの状態を生成する。なお、図６では、実線ａと破線ｂと一点鎖線ｃはそれぞれの透過率が異なるように描画されているが、説明の便宜上であって、特段の意味はない。

【００４４】

今、破線ｂの状態をとった場合、透過する波長領域は、長波長側がエッジフィルタ２０６の透過領域と可変バンドパスフィルタ２０７の透過領域からなるため、Ｒｔ０＝Ｖｔ０Ｘ－Ｌｅになる。まず、このときの光量を測定し、この光量をＥ＿Ｒｔ０とする。

【００４５】

次に、一点鎖線ｃの状態をとった場合の光量を測定する。この場合、透過する波長領域はＲｔ１＝Ｖｔ１Ｘ－Ｌｅであり、この光量をＥ＿Ｒｔ１とする。

【００４６】

実線ａと一点鎖線ｃの状態における光量、Ｅ＿Ｒｔ０とＥ＿Ｒｔ１は、制御装置２１３が有する記憶機能により保持されている。

【００４７】

制御装置２１３は、光量Ｅ＿Ｒｔ０からＥ＿Ｒｔ１を減ずる計算処理を行い、差分光量Ｅ＿Ｒｔ(０－１)＝Ｅ＿Ｒｔ０－Ｅ＿Ｒｔ１を算出する。

【００４８】

ここで、Ｅ＿Ｒｔ(０－１)は、波長領域Ｒｔ０ｔ１＝Ｖｔ０Ｘ－Ｖｔ１Ｘでの光量を意味している。つまり、スペクトルＣ１に対し、この波長領域での分光出力が得られたことになる。なお、上記の「光量を測定する」とは、２次元アレイ光検出器２１２による平面撮像を意味している。これにより、制御装置２１３は、２次元アレイ光検出器２１２における各素子（ピクセル）それぞれの測定光量を記憶して減算処理を行い、各素子それぞれから分光結果を出力をする。

【００４９】

続いて、Ｃ１スペクトルの異なる領域の分光を行う。

【００５０】

図７は、可変バンドパスフィルタ２０７の光透過領域を変調し、さらに長波長側の領域を透過させるように制御した状態を示す波長領域の説明図であり、横軸は波長λを表し、縦軸は透過率Ｔを表している。

【００５１】

図７において、スペクトルＣ１の波長領域ｔ１からｔ２を分光するものとする。実線ａはエッジフィルタ２０６の光透過領域を示している。破線ｃは可変バンドパスフィルタ２

０７の透過領域を示していて、このときの光量Ｅ＿Ｒｔ１は制御装置２１３により記憶されている。二点鎖線ｄは、可変バンドパスフィルタ２０７を制御し、さらに長波長領域Ｖｔ２＝Ｖｔ２Ｙ－Ｖｔ２Ｘの光を透過するように変調された新たな状態である。

【００５２】

このような状態において、図６と同様な計算処理を行う。この場合、正味の光透過領域は、Ｒｔ１ｔ２＝Ｒｔ１－Ｒｔ２＝(Ｌｅ－Ｖｔ１Ｘ）－(Ｌｅ－Ｖｔ２Ｘ)となる。

【００５３】

そして、このときの透過光量は、Ｅ＿Ｒｔ(１－２)＝Ｅ＿Ｒｔ１－Ｅ＿Ｒｔ２として算出される。

【００５４】

以上により、スペクトルＣ１に対し、長波長側での分光出力が得られたことになる。

【００５５】

これら図６および図７で説明した処理動作を連続的に繰り返して実行することにより、スペクトルＣ１の全波長領域に対する分光処理が行える。

【００５６】

図５の構成によれば、エッジフィルタ２０６と可変バンドパスフィルタ２０７とが各１点の少ない光学部品点数で、小型で安価な分光装置を構成できる。

【００５７】

また、このように構成される分光装置と２次元アレイ光検出器２１２を用いることで２次元（ＸＹ）平面の分光を時間遅れなく行うことができ、ある測定時刻に対して同じ波長領域を分光できる。

【００５８】

そして、２次元アレイ光検出器２１２の撮像速度に基づき、高速の分光が行える。

【００５９】

さらに、可変バンドパスフィルタ２０７の透過領域の制御精度がそのまま波長分解能となることから、高い波長分解能が得られる。

【００６０】

なお、図６および図７の説明では、エッジパスフィルタ２０６として短波長領域を光透過するように構成されたショートパスフィルタを使用すると仮定して説明したが、長波長領域を光透過するロングパスフィルタを使用するものであってもよい。

【００６１】

また、図５に示すように偏光フィルタ２０９を用いることにより、偏光依存性を持ったスペクトルの分光も行える。

【００６２】

また、図５に示すような偏光フィルタ２０９を用いることにより、偏光の方向を制御しながら分光を行うこともできる。

【００６３】

また、図５に示す結像光学系２１１を共焦点光学系として構成することにより、測定対象２０３の深さ方向をも測定できる。

【００６４】

さらに、このように構成される分光装置を顕微鏡に用いることにより、上記の優れた分光特性を有する顕微鏡が実現できる。そして、図５に示す結像光学系２１１を共焦点光学系として構成することにより、測定対象２０３の深さ方向をも測定できる共焦点顕微鏡が実現できる。

【００６５】

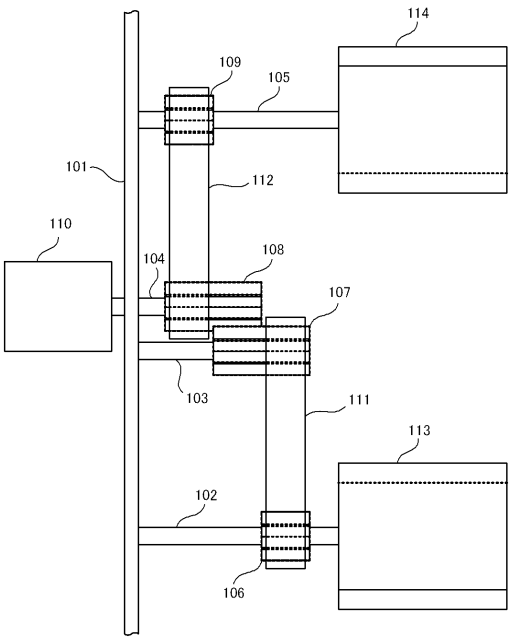
以上説明したように、本発明によれば、比較的簡単な構成で、光軸のズレを補正できる光軸ズレ補正装置が実現でき、分光装置や顕微鏡など、各種光学装置における光軸ズレの補正に好適である。

【符号の説明】

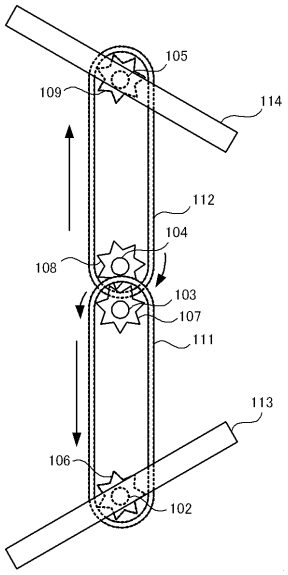
【００６６】

１０１　支持板
１０２～１０５　シャフト
１０６～１０９　プーリー
４　光フィルタ
５－１０６　受光素子
１０６～１０９　処理部
１１０、１１５、１１６　回転動力源
１１１、１１２　ベルト
１１３　光学フィルタ
１１４　補正用光学基板
２１０　光軸調整機構

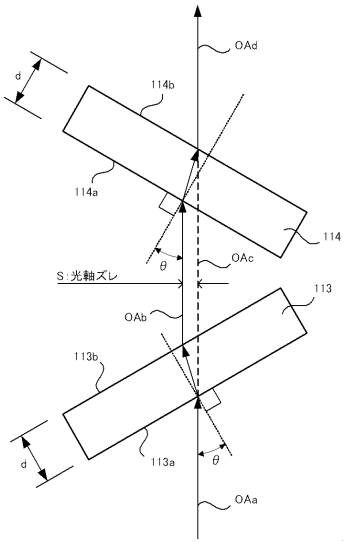
【図１】



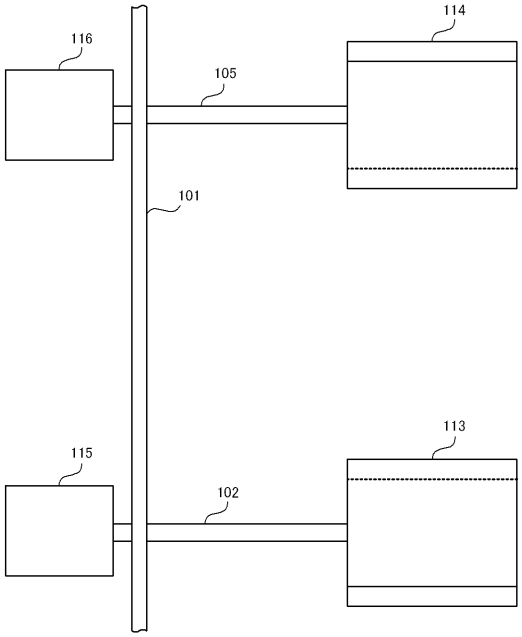
【図２】



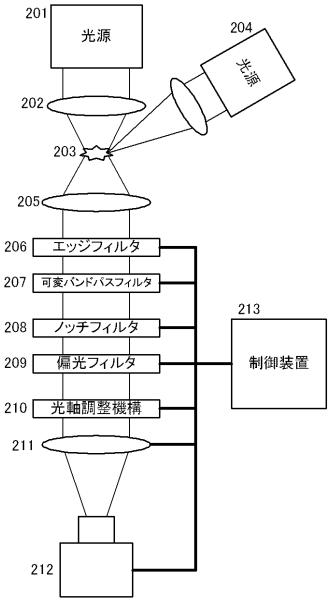
【図３】


OAd
d
114b
114a
114
θ
OAc
S：光軸ズレ
113
OAb
113b
d
113a
θ
OAa

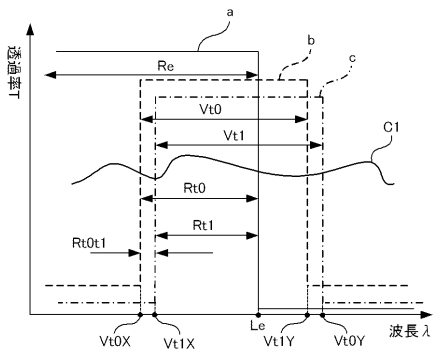
【図４】


116
114
105
101
115
113
102

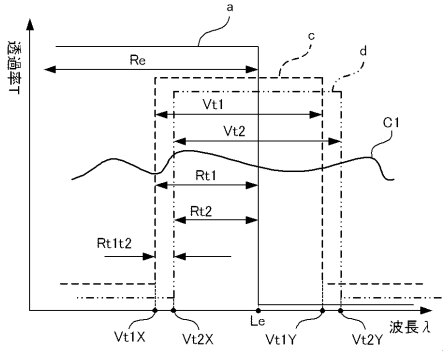
【図５】


201
光源
204
光源
202
203
205
206
エッジフィルタ
207
可変バンドパスフィルタ
208
ノッチフィルタ
209
偏光フィルタ
210
光軸調整機構
211
212
213
制御装置

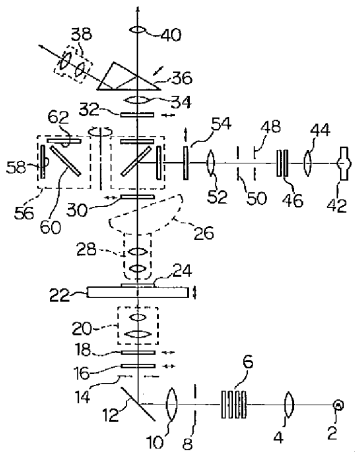
【図６】


a
b
c
透過率T
Re
Vt0
Vt1
C1
Rt0
Rt1
Rt0t1
Vt0X
Vt1X
Le
Vt1Y
Vt0Y
波長λ

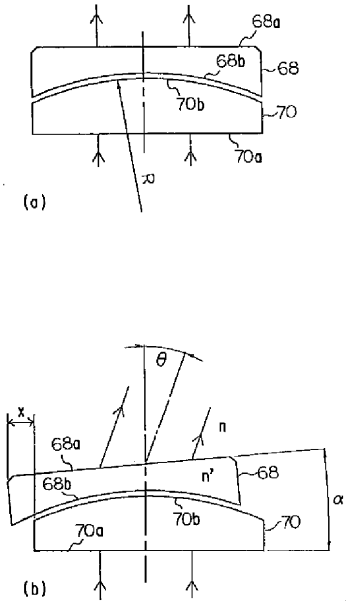
【図７】


a
c
d
透過率T
Re
Vt1
Vt2
C1
Rt1
Rt2
Rt1t2
Vt1X
Vt2X
Le
Vt1Y
Vt2Y
波長λ

【図８】


38
40
36
34
32
62
54
48
44
58
52
50
46
42
56
60
30
26
28
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2

【図９】


68a
68b
68
70b
70
70a
α
(a)
θ
x
n
68a
n'
68
68b
70b
70
70a
α
(b)