(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6285112号
(P6285112)
(45)発行日　平成30年2月28日(2018.2.28)　(24)登録日　平成30年2月9日(2018.2.9)

(51)Int.Cl.　F I
G02B 21/00 (2006.01)　G02B 21/00

請求項の数 10　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願2013-116914(P2013-116914)
(22)出願日　平成25年6月3日(2013.6.3)
(65)公開番号　特開2014-235332(P2014-235332A)
(43)公開日　平成26年12月15日(2014.12.15)
審査請求日　平成28年5月16日(2016.5.16)

(73)特許権者　000236436
浜松ホトニクス株式会社
静岡県浜松市東区市野町１１２６番地の１
(74)代理人　100088155
弁理士　長谷川　芳樹
(74)代理人　100113435
弁理士　黒木　義樹
(74)代理人　100124291
弁理士　石田　悟
(74)代理人　100124800
弁理士　諏澤　勇司
(72)発明者　常盤　正治
静岡県浜松市東区市野町１１２６番地の１
浜松ホトニクス株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光分割装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
外部からの観察光の結像面での視野範囲を制限するための視野絞りと、
前記視野絞りを通過した観察光を受けて、前記観察光を平行光に変換して出力するコリメータレンズと、
前記コリメータレンズの光軸上に配置されて、前記平行光を透過させて第１の分割光として出力すると共に、前記平行光を反射させて第２の分割光として出力するビームスプリッタと、
前記ビームスプリッタから出力された第２の分割光を反射する反射光学素子と、
前記コリメータレンズの光軸上に配置されて、前記ビームスプリッタから出力された前記第１の分割光を結像することにより第１の光像を出力すると共に、前記ビームスプリッタから前記反射光学素子を経由して出力された前記第２の分割光を結像することにより第２の光像を出力する結像レンズと、
前記結像レンズを前記コリメータレンズの光軸に交差する方向に、前記コリメータレンズに対して移動させる結像レンズ移動機構と、
を備える光分割装置。
【請求項２】
前記結像レンズ移動機構は、
前記コリメータレンズ及び前記結像レンズによる結像倍率がｍであり、前記視野絞りの前記コリメータレンズの光軸に垂直な方向の幅がｗであるとき、前記結像レンズの光軸が前

記コリメータレンズの光軸からｍ×ｗ／２以上ずれるように移動させるように構成されている、
請求項１記載の光分割装置。
【請求項３】
前記結像レンズ移動機構は、
前記結像レンズの光軸が前記コリメータレンズの光軸からｍ×ｗ／２ほどずれるように移動させるように構成されている、
請求項２記載の光分割装置。
【請求項４】
前記視野絞りは、コリメータレンズの光軸に垂直な方向の幅を可変に設定可能なように構成されている、
請求項１～３のいずれか１項に記載の光分割装置。
【請求項５】
前記ビームスプリッタは、ダイクロイックミラーにより構成されている、
請求項１～４のいずれか１項に記載の光分割装置。
【請求項６】
前記結像レンズから出力される前記第１及び第２の光像の結像位置に受光面を有する撮像素子をさらに備え、
前記コリメータレンズ及び前記結像レンズによる結像倍率がｍであり、前記受光面の前記コリメータレンズの光軸に垂直な方向の幅がｗｃであるとき、前記視野絞りの前記コリメータレンズの光軸に垂直な方向の幅ｗが、ｗｃ／（２×ｍ）に設定される、
請求項１～５のいずれか１項に記載の光分割装置。
【請求項７】
前記ビームスプリッタは、前記コリメータレンズの光軸上から離脱可能に構成されており、
前記結像レンズ移動機構は、前記結像レンズを、前記結像レンズの光軸と前記コリメータレンズの光軸とが一致する第１の状態と、前記結像レンズの光軸が前記コリメータレンズの光軸からずれる第２の状態とのいずれか一方の状態になるように、前記結像レンズを移動可能に構成される、
請求項１～６のいずれか１項に記載の光分割装置。
【請求項８】
前記反射光学素子は、前記第２の分割光を前記結像レンズの光軸に対して斜めの方向に沿って前記結像レンズに入射させる、
請求項１～７のいずれか１項に記載の光分割装置。
【請求項９】
前記反射光学素子を経由した第２の分割光をさらに反射する第２の反射光学素子と、
前記コリメータレンズの光軸上に配置されて、前記ビームスプリッタから出力された前記第１の分割光を透過させて出力すると共に、前記第２の反射光学素子を経由した前記第２の分割光を反射して出力する第２のビームスプリッタとをさらに備え、
前記結像レンズは、前記第２のビームスプリッタから出力された前記第１の分割光を結像することにより第１の光像を出力すると共に、前記第２のビームスプリッタから出力された前記第２の分割光を結像することにより第２の光像を出力する、
請求項１～７のいずれか１項に記載の光分割装置。
【請求項１０】
前記結像レンズから出力される前記第１及び第２の光像の結像位置に受光面を有する撮像素子をさらに備え、
前記結像レンズ移動機構は、前記結像レンズを前記撮像素子の前記受光面に対して移動させる、
請求項１～９のいずれか１項に記載の光分割装置。
【発明の詳細な説明】

【技術分野】
【０００１】
本発明は、外部からの光を分割して結像する光分割装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
ライフサイエンス等の技術分野では、試料からの観察光（例えば、蛍光など）を波長に応じて分光し、その結果分光された複数の光像を観察することが行われている。例えば、下記非特許文献１には、１つのカメラを用いたデュアルビューの顕微鏡検査技術が開示され、この技術では顕微鏡本体の外部に取り付けられる光分割アセンブリが使用される。この光分割アセンブリは、顕微鏡によって形成された中間像をカメラに投影する１組のレンズの間に設けられた２つのダイクロイックミラーと、２つのダイクロイックミラーに隣接する２つのミラーとを内蔵している。
【０００３】
このような光分割アセンブリにより、顕微鏡によって形成された観察光を異なる波長成分の２種類の光像として同時に観察させることができる。さらに、上記光分割アセンブリにおいて、ダイクロイックミラーを取り外し、カメラの位置をずらせば従来の単一光像の顕微鏡検査にも使用することができる。
【先行技術文献】
【非特許文献】
【０００４】
【非特許文献１】K. Kinosita, Jr. et al., “DualViewMicroscopy with a Single Camera: Real-Time Imaging of Molecular Orientationsand Calcium”, The Journal of Cell Biology, Volume 115, Number 1, October 1991, pp67-73
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
しかしながら、上記の従来の光分割アセンブリにおいては、２種類の光像を観察するモードから単一の光像を観察するモードに変更したい場合には、光分割アセンブリに固定されるカメラを移動させる必要がある。そのため、比較的重量の大きいカメラの移動により、装置全体のバランスが不安定になりがちであるとともに、カメラの位置調整が困難になる場合があった。
【０００６】
そこで、本発明は、かかる課題に鑑みて為されたものであり、観察モードの変更の際の設定操作を容易にするとともに、装置全体のバランスの安定化が容易な光分割装置を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
上記課題を解決するため、本発明の一実施形態にかかる光分割装置は、外部からの観察光の結像面での視野範囲を制限するための視野絞りと、視野絞りを通過した観察光を受けて、観察光を平行光に変換して出力するコリメータレンズと、コリメータレンズの光軸上に配置されて、平行光を透過させて第１の分割光として出力すると共に、平行光を反射させて第２の分割光として出力するビームスプリッタと、ビームスプリッタから出力された第２の分割光を反射する反射光学素子と、コリメータレンズの光軸上に配置されて、ビームスプリッタから出力された第１の分割光を結像することにより第１の光像を出力すると共に、ビームスプリッタから反射光学素子を経由して出力された第２の分割光を結像することにより第２の光像を出力する結像レンズと、結像レンズをコリメータレンズの光軸に交差する方向に移動させる結像レンズ移動機構と、を備える。
【０００８】
このような光分割装置によれば、視野絞りを通過した観察光がコリメータレンズによって平行光に変換され、その平行光がビームスプリッタによって第１及び第２の分割光に分

割されて出力され、第１の分割光が結像レンズによって結像されて第１の光像として出力されるとともに、第２の分割光が反射光学素子によって反射された後に結像レンズによって結像されて第２の光像として出力される。これにより、観察光を２つの光像として同時に出力することができ、試料の２つの像を同時に観察させることができる。このとき、結像レンズの位置をコリメータレンズの光軸に交差する方向に移動可能に構成されているので、試料の観察光を２つの光像に分割するモードと、試料の観察光を１つの光像として出力するモードとで切り替える際に、結像レンズの位置を変更して光像の受光面における光像の結像位置を調整することができる。その結果、これらのモード切替時の設定作業が容易にされるとともに、モード切替前後における装置全体のバランスを安定化させることができる。

【０００９】

ここで、結像レンズ移動機構は、コリメータレンズ及び結像レンズによる結像倍率がｍであり、視野絞りのコリメータレンズの光軸に垂直な方向の幅がｗであるとき、結像レンズの光軸がコリメータレンズの光軸からｍ×ｗ／２以上ずれるように移動させるように構成されている、ことが好適である。かかる構成を採れば、受光面に結像される第１及び第２の光像がその受光面上で重なり合うことを確実に防止することができる。

【００１０】

また、結像レンズ移動機構は、結像レンズの光軸がコリメータレンズの光軸からｍ×ｗ／２ほどずれるように移動させるように構成されている、ことも好適である。この場合、受光面に結像される第１及び第２の光像が受光面上で近接して配置されるので、試料の２つの光像を受光面を有効活用して効率的に観察することができる。

【００１１】

さらに、視野絞りは、コリメータレンズの光軸に垂直な方向の幅を可変に設定可能なように構成されている、ことも好適である。こうすれば、試料の観察光を２つの光像に分割するモードと、試料の観察光を１つの光像として出力するモードとで切り替えて観察する場合に、受光面を有効活用して効率的に観察することができる。具体的には、２つの光像に分割するモードでは視野絞りの幅を小さくし、１つの光像を出力するモードでは視野絞りの幅を大きくすることで、受光面のより広い範囲を観察に利用することができる。

【００１２】

またさらに、ビームスプリッタは、ダイクロイックミラーにより構成されている、ことも好適である。こうすれば、観察光を２つの異なる波長域の光像として同時に出力することができ、試料の異なる波長域の像を同時に観察させることができる。

【００１３】

さらにまた、結像レンズから出力される第１及び第２の光像の結像位置に受光面を有する撮像素子をさらに備え、コリメータレンズ及び結像レンズによる結像倍率がｍであり、受光面のコリメータレンズの光軸に垂直な方向の幅がｗｃであるとき、視野絞りのコリメータレンズの光軸に垂直な方向の幅ｗが、ｗｃ／（２×ｍ）に設定される、ことも好適である。このような構成によれば、第１及び第２の光像の結像範囲を受光面全体に分離して配置させることができるので、受光面を有効活用してさらに効率的に試料像を観察することができる。

【００１４】

また、ビームスプリッタは、コリメータレンズの光軸上から離脱可能に構成されており、結像レンズ移動機構は、結像レンズを、結像レンズの光軸とコリメータレンズの光軸とが一致する第１の状態と、結像レンズの光軸がコリメータレンズの光軸からずれる第２の状態とのいずれか一方の状態になるように、結像レンズを移動可能に構成させる、ことも好適である。かかる構成を採れば、試料の観察光を２つの光像に分割するモードと、試料の観察光を１つの光像として出力するモードとで切り替えて観察する場合に、受光面に効率的に光像を結像させることができる。具体的には、１つの光像を観察する場合には受光面の中心に光像を結像させ、２つの光像を観察する場合には受光面に２つの光像を分離して結像させることができる。

【００１５】
さらに、本発明の一実施形態においては、反射光学素子を経由した第２の分割光をさらに反射する第２の反射光学素子と、コリメータレンズの光軸上に配置されて、ビームスプリッタから出力された第１の分割光を透過させて出力すると共に、第２の反射光学素子を経由した第２の分割光を反射して出力する第２のビームスプリッタとをさらに備え、結像レンズは、第２のビームスプリッタから出力された第１の分割光を結像することにより第１の光像を出力すると共に、第２のビームスプリッタから出力された第２の分割光を結像することにより第２の光像を出力する、ことでもよい。
【発明の効果】
【００１６】
本発明によれば、観察モードの変更の際の設定操作を容易にするとともに、装置全体のバランスの安定化が容易な光分割装置を提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１７】
【図１】本発明の一実施形態の光分割光学装置１の内部構成を示す透視図である。
【図２】図１の光分割光学装置１における２つの光像の分光状態を示す図である。
【図３】図１の光分割光学装置１によってカメラ装置１０１の受光面１０２ａ上に結像された光像のイメージを示す図である。
【図４】本発明の変形例に係る光分割光学装置１Ａの内部構成を示す透視図である。
【図５】図４の光分割光学装置１Ａにおける２つの光像の分光状態を示す図である。
【図６】本発明の別の変形例に係る光分割光学装置１Ｂの内部構成を示す透視図である。
【図７】図６の光分割光学装置１Ｂにおける２つの光像の分光状態を示す図である。
【図８】本発明の別の変形例に係る光分割光学装置１Ｃの内部構成を示す透視図である。
【図９】図８の光分割光学装置１Ｃにおける２つの光像の分光状態を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００１８】
以下、添付図面を参照しながら本発明による光分割装置の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、各図面は説明用のために作成されたものであり、説明の対象部位を特に強調するように描かれている。そのため、図面における各部材の寸法比率は、必ずしも実際のものとは一致しない。
【００１９】
図１は、本発明の一実施形態の光分割光学装置１の内部構成を示す透視図である。本実施形態による光分割光学装置１は、顕微鏡装置などの外部の観察光形成装置に取り付けられ、観察光形成装置から入力された試料の観察光を波長成分で分割し、光分割光学装置１に取り付けられたカメラ内の撮像素子の受光面上に、分割された２つの波長成分の光像を結像する光学系である。
【００２０】
同図に示すように、光分割光学装置１は、筐体２内に、コリメータレンズ３、結像レンズ４、前段ダイクロイックミラー（ビームスプリッタ）５ａ、後段ダイクロイックミラー（第２のビームスプリッタ）５ｂ、前段ミラー（反射光学素子）６ａ、後段ミラー（第２の反射光学素子）６ｂ、補正レンズ７、及び結像レンズ移動機構８が内蔵されて構成されている。以下、光分割光学装置１の各構成要素の構成について詳細に説明する。
【００２１】
筐体２の一部を構成する円筒部２ａの一端側端面の中心部には、円形状の視野絞り９が設けられている。この視野絞り９は、その内径（幅）が可変に設定できる絞り調整機構１４を有している。そして、コリメータレンズ３は、その光軸$Ｌ_{1}$が円筒部２ａの中心軸、すなわち、視野絞り９の中心軸に一致するように、円筒部２ａの他端側の内部に固定されている。このような構造により、視野絞り９は、光軸$Ｌ_{1}$に対して垂直な方向の幅を可変に設定可能にされる。そして、この筐体２の円筒部２ａの端面が顕微鏡装置に取り付けら

れ、顕微鏡装置で形成された試料の観察光が視野絞り９から光軸Ｌ$_1$に沿って筐体２の内部に入力される。そして、コリメータレンズ３は、視野絞り９を通過した観察光を受けて、その観察光を平行光に変換して筐体２の内部に光軸Ｌ$_1$に沿って出力する。視野絞り９の開口を調整することにより、試料からの観察光の結像面での視野範囲を制限することが可能となる。

【００２２】

筐体２の円筒部２ａの反対側には、円筒部２ａに対して同軸上に位置する円筒部２ｂが一体的に形成されており、この円筒部２ｂの端面の中心部には、円筒部２ａ側から入力された観察光を基に結像された光像を外部に通過させるための円形の窓部１０が設けられている。そして、この筐体２の円筒部２ｂの端面にカメラ装置１０１が取り付けられる。カメラ装置１０１は、撮像素子１０２を内蔵し、その撮像素子１０２の受光面１０２ａが窓部１０に対向し、受光面１０２ａの中心がコリメータレンズ３の光軸Ｌ$_1$上に位置し、かつ、受光面１０２ａが窓部１０から出力される光像の結像位置に一致するように取り付けられる。このような取り付け構造により、顕微鏡装置に対して光分割光学装置１及びカメラ装置１０１が同軸上に配置された状態で、カメラ装置１０１によって光分割光学装置１によって結像された光像を撮像することが可能にされる。

【００２３】

さらに、円筒部２ａ，２ｂの間の筐体２の内部の光軸Ｌ$_1$上には、前段ダイクロイックミラー５ａ及び後段ダイクロイックミラー５ｂが、着脱可能に配置されている。これらのダイクロイックミラー５ａ，５ｂは、一体化されて筐体２内の光軸Ｌ$_1$上から着脱可能に構成されている。なお、ダイクロイックミラー５ａ，５ｂは、後述する前段ミラー６ａ、後段ミラー６ｂ、及び補正レンズ７とも一体化されて着脱可能にされていてもよい。

【００２４】

前段ダイクロイックミラー５ａは、コリメータレンズ３に隣接した位置において、光軸Ｌ$_1$上にその中心が位置し、かつ、その受光面が光軸Ｌ$_1$の直交面に対して４５度傾斜するように配置されている。この前段ダイクロイックミラー５ａは、コリメータレンズ３から出力された平行光のうちの所定の第１波長領域の光（以下、「第１の分割光」と呼ぶ。）を分光して透過させて、第１の分割光を光軸Ｌ$_1$に沿って出力する。同時に、前段ダイクロイックミラー５ａは、平行光のうち第１波長領域と異なる所定の第２波長領域の光（以下、「第２の分割光」と呼ぶ。）を分光して反射して、第２の分割光を光軸Ｌ$_1$に対して垂直な方向（図１の下方向）に出力する。

【００２５】

後段ダイクロイックミラー５ｂは、前段ダイクロイックミラー５ａから窓部１０側に離間した位置において、その中心が光軸Ｌ$_1$上から後段ミラー６ｂ側に所定距離ずれて、かつ、その受光面が光軸Ｌ$_1$の直交面に対して４５度傾斜するように配置されている。後段ダイクロイックミラー５ｂは、前段ダイクロイックミラー５ａと同様な波長透過特性及び波長反射特性を有する光学部材で構成され、前段ダイクロイックミラー５ａを透過した第１の分割光をさらに透過することにより、第１の分割光を光軸Ｌ$_1$に沿って窓部１０に向けて出力する。同時に、後段ダイクロイックミラー５ｂは、前段ダイクロイックミラー５ａで反射された後に前段ミラー６ａ、補正レンズ７、及び後段ミラー６ｂを経由した第２の分割光を反射して、その第２の分割光を光軸Ｌ$_1$に対して傾斜した方向に沿って窓部１０に向けて出力する。

【００２６】

すなわち、これらのダイクロイックミラー５ａ，５ｂは、コリメータレンズ３からの平行光を第１及び第２の分割光に分割するビームスプリッタである。なお、第１及び第２の分割光に分割するビームスプリッタとして、偏光ビームスプリッタを用いてもよい。これにより、偏光成分によって第１及び第２の分割光に分割することが可能となる。また、ビームスプリッタとして、ハーフミラーを採用してもよい。

【００２７】

前段ミラー６ａは、前段ダイクロイックミラー５ａに対して第２の分割光の反射方向に

離間して設けられ、前段ミラー６ａの受光面の角度は、光軸Ｌ$_1$の直交面に対して４５度傾斜するように設定されている。この前段ミラー６ａは、前段ダイクロイックミラー５ａから出力された第２の分割光を光軸Ｌ$_1$に平行な方向に反射する。後段ミラー６ｂは、前段ミラー６ａに対して第２の分割光の反射方向に離間し、後段ダイクロイックミラー５ｂの受光面に向かい合うように設けられ、後段ミラー６ｂの受光面の角度は、光軸Ｌ$_1$の直交面に対して４５＋α度（αは予め設定された角度）だけ傾斜するように設定されている。この後段ミラー６ｂは、前段ミラー６ａを経由した第２の分割光を光軸Ｌ$_1$に交差する方向に沿って後段ダイクロイックミラー５ｂの受光面に向けて反射する。補正レンズ７は、前段ミラー６ａと後段ミラー６ｂとの間に配置され、第２の分割光の倍率補正や色補正を行う機能を有する。

【００２８】

さらに、後段ダイクロイックミラー５ｂと窓部１０との間の光軸Ｌ$_1$上には、結像レンズ移動機構８によって位置調整可能に支持された結像レンズ４が設けられている。この結像レンズ４は、その光軸Ｌ$_2$が光軸Ｌ$_1$に平行になるように支持され、結像レンズ移動機構８によって、光軸Ｌ$_2$が光軸Ｌ$_1$に対して平行な状態を保ったまま光軸Ｌ$_1$に垂直な方向に移動可能に構成されている。詳細には、結像レンズ４は、結像レンズ移動機構８によって、光軸Ｌ$_2$が光軸Ｌ$_1$に一致する第１の状態と、光軸Ｌ$_2$が光軸Ｌ$_1$から所定距離Ａだけずれた第２の状態とに設定可能にされている。このとき、後段ダイクロイックミラー５ｂの中心が結像レンズ４の光軸上に位置する。これにより、ケラレを低減することができる。このような結像レンズ移動機構８としては、結像レンズ４の位置を連続的に調整可能なスライド機構であってもよいし、第１及び第２の状態に対応した位置に二段階で切り替える切替機構であってもよい。結像レンズ４は、結像レンズ移動機構８によって第２の状態に設定された際には、ダイクロイックミラー５ａ，５ｂを経由して観察光から分割された第１及び第２の分割光を受けて、それらの分割光を窓部１０の外部に取り付けられたカメラ装置１０１内の受光面１０２ａ上に分離された第１及び第２の光像として結像させる。一方、結像レンズ４は、結像レンズ移動機構８によって第１の状態に設定され、ダイクロイックミラー５ａ，５ｂが取り外された際には、観察光をコリメータレンズ３のみを経由して受けて、その観察光を窓部１０の外部に取り付けられたカメラ装置１０１内の受光面１０２ａ上に単一の光像として結像させる。

【００２９】

このような構成の光分割光学装置１は、カメラ装置１０１によって観察光を単一の光像で観察する観察モード（以下、「シングルビューモード」と言う。）と、カメラ装置１０１によって観察光を２つの光像に分離して観察する観察モード（以下、「ダブルビューモード」と言う。）との両方に兼用することができる。

【００３０】

次に、図２を参照して、光分割光学装置１のダブルビューモードでの使用時に出力される２つの光像の分離の仕組みについて説明する。

【００３１】

視野絞り９から入力された観察光の光束Ｂ$_1$は、コリメータレンズ３によって平行光にされた後、ダイクロイックミラー５ａ，５ｂにより、その平行光から第１の分割光Ｂ$_2$が分割されて光軸Ｌ$_1$に沿って結像レンズ４に入力される。結像レンズ４はその光軸Ｌ$_2$が光軸Ｌ$_1$から所定距離Ａだけずれているので、結像レンズ４を通過した第１の分割光Ｂ$_2$は、結像レンズ４のずれ量Ａ及びずれ方向に対応して、カメラ装置１０１の受光面１０２ａ上の中心からずれた位置（例えば、図２に示す受光面１０２ａの下半分の位置）に結像される。これは、結像レンズ４に対してその光軸Ｌ$_1$に関して非対称な光が入力されるためである。同時に、コリメータレンズ３から出力された平行光がダイクロイックミラー５ａによって第２の分割光Ｂ$_3$に分割された後、第２の分割光Ｂ$_3$は、ミラー６ａ，６ｂを経由してからダイクロイックミラー５ｂによって反射されて結像レンズ４に入力される。このとき、後段ミラー６ｂの光軸Ｌ$_1$の直交面に対する傾斜角は４５＋α度に設定されており、後段ダイクロイックミラー５ｂの位置は光軸Ｌ$_1$から結像レンズ４と同じ方向にず

れて配置されているので、第２の分割光Ｂ$_3$は、光軸Ｌ$_1$に対して斜めの方向に沿って結像レンズ４に入射する。その結果、結像レンズ４を通過した第２の分割光Ｂ$_3$は、後段ミラー６ｂの傾斜角及び後段ダイクロイックミラー５ｂの位置に対応して、カメラ装置１０１の受光面１０２ａ上の中心から結像レンズ４のずれ方向とは反対方向にずれた位置（例えば、図２に示す受光面１０２ａの上半分の位置）に結像される。これにより、第１及び第２の分割光が結像された第１及び第２の光像を、受光面１０２ａ上で分離して配置させることができる。

【００３２】

ここで、光分割光学装置１において、ダブルビューモードでの使用時の第２の状態での結像レンズ４のずれ量Ａ及び視野絞り９の内径の設定値の好適値について述べる。図３は、光分割光学装置１によってカメラ装置１０１の受光面１０２ａ上に結像された光像のイメージを示す図である。

【００３３】

第２の状態での結像レンズ４のずれ量Ａは、コリメータレンズ３及び結像レンズ４による結像倍率がｍ、視野絞り９の内径（前段ダイクロイックミラー５ａによって平行光が反射される方向（図１の下方向）の幅）がｗと設定されている際には、Ａ≧ｍ×ｗ／２と設定される。言い換えれば、結像レンズ４の光軸Ｌ$_2$が光軸Ｌ$_1$からｍ×ｗ／２以上ずれるように結像レンズ４の位置調整が可能となるように、結像レンズ移動機構８が構成される。この理由は、次の通りである。撮像素子１０２の受光面１０２ａに分光された２つの光像を収めたい場合は、視野絞り９の内径ｗは、受光面１０２ａの光軸Ｌ$_1$に垂直な方向であり、前段ダイクロイックミラー５ａによって平行光が反射される方向（図１の下方向）の幅がｗｃであるときは、１つの光像の幅が受光面１０２ａの幅ｗｃの半分以下となるように、ｗ≦ｗｃ／（２×ｍ）に設定される。そして、２つの光像が受光面１０２ａ上で重なり合わないようにするためには、シングルビューモード時の光像の中心である受光面１０２ａの中心からダブルビューモード時の光像の中心のずれ量を、受光面１０２ａ上で結像される光像の幅の１／２以上に設定することが必要となる。図３（ｂ）には、結像レンズ４のずれ量Ａ及び視野絞り９の内径が上記好適値の範囲に設定された場合の受光面１０２ａ上に結像された光像のイメージを示している。この場合、受光面１０２ａの中心Ｃ$_0$からダブルビューモード時の１つの光像Ｇ$_1$の中心Ｃ$_1$までのずれ量Ａが２つの光像Ｇ$_1$，Ｇ$_2$が重ならない範囲に設定されることになる。ただし、この場合には、２つの光像Ｇ$_1$，Ｇ$_2$が受光面１０２ａの端からはみ出さないように、視野絞り９の内径に対応して結像レンズ４のずれ量Ａが所定値を超えないように設定される。

【００３４】

さらに、受光面１０２ａの受光領域を最大限に利用する場合には、視野絞り９の前段ダイクロイックミラー５ａによって平行光が反射される方向（図１の下方向）の内径ｗは、受光面１０２ａの光軸Ｌ$_1$に垂直な方向であり、前段ダイクロイックミラー５ａによって平行光が反射される方向（図１の下方向）の幅がｗｃであるときは、１つの光像の幅が受光面１０２ａの幅ｗｃの半分となるように、ｗ＝ｗｃ／（２×ｍ）に設定される。それに加えて、第２の状態での結像レンズ４のずれ量Ａは、Ａ＝ｍ×ｗ／２と設定される。言い換えれば、結像レンズ４の光軸Ｌ$_2$が光軸Ｌ$_1$からｍ×ｗ／２ほどずれるように結像レンズ４の位置調整が可能となるように、結像レンズ移動機構８が構成される。図３（ａ）には、結像レンズ４のずれ量Ａ及び視野絞り９の内径が上記好適値の範囲に設定された場合の受光面１０２ａ上に結像された光像のイメージを示している。この場合、受光面１０２ａの中心Ｃ$_0$からダブルビューモード時の光像Ｇ$_1$の中心Ｃ$_1$までのずれ量Ａが、２つの光像Ｇ$_1$，Ｇ$_2$が受光面１０２ａの２分割された範囲で重ならないような値に設定されることになる。

【００３５】

さらに、ダブルビューモードにおいて２つの光像を受光面１０２ａに収めるための後段ミラー６ｂの傾斜角４５＋α度の設定条件について述べる。受光面１０２ａの光軸Ｌ$_1$に垂直な方向の幅をｗｃ、結像レンズ４の焦点距離をｆとすると、角度値αが、下記式；

α＝ａｒｃｔａｎ（ｗｃ／２ｆ）／２
を満たすように、後段ミラー６ｂの傾斜角が設定される。視野絞り９の内径ｗと受光面１０２ａの幅ｗｃとが、下記式；
ｍ×ｗ＝ｗｃ／２
を満たすように設定されている場合には、角度値αは、下記式；
α＝ａｒｃｔａｎ（ｍ×ｗ／２）／２
と設定される。

【００３６】

なお、後段ミラー６ｂの角度値αに対して後段ミラー６ｂで反射された光束は、２×αの角度をもって後段ダイクロイックミラー５ｂで再び反射され結像レンズ４に導かれるが、その光束が結像レンズ４の瞳のほぼ中心を通過するように、後段ミラー６ｂ及び後段ダイクロイックミラー５ｂを配置することが好ましい。このとき、結像レンズ４の瞳との距離や、後段ミラー６ｂと後段ダイクロイックミラー５ｂとの距離等のパラメータを考慮して後段ミラー６ｂと後段ダイクロイックミラー５ｂとが配置される。

【００３７】

以上説明した光分割光学装置１によれば、顕微鏡装置で形成された観察光を波長で分光された２つの光像として同時に出力することができ、試料の２波長の像を同時に観察させることができる。このとき、結像レンズ４の位置をコリメータレンズ３の光軸L_1に交差する方向に移動可能に構成されており、ダイクロイックミラー５ａ，５ｂが光軸L_1上から離脱可能に構成されている。これにより、ダブルビューモードとシングルビューモードとで切り替える際に、結像レンズ４の位置を変更するとともにダイクロイックミラー５ａ，５ｂを着脱して、受光面１０２ａにおける光像の結像位置を調整することができる。具体的には、シングルビューモードでの使用時には受光面１０２ａの中心に１つの光像を結像させ、ダブルビューモードでの使用時には、受光面１０２ａに２つの光像を分離して結像させることができる。その結果、観察モード切替時の設定作業が容易にされるとともに、観察モード切替前後における装置全体のバランスを安定化させることができる。すなわち、顕微鏡装置にカメラ装置１０１とともに光分割光学装置１を取り付ける際に、観察モードに関係なく、筐体２の円筒部２ａ，２ｂ、カメラ装置１０１の軸が同軸上に配置されているので、カメラ装置１０１が傾くことなくその位置が安定化されやすい。また、観察モード切替時に比較的重量の大きいカメラ装置１０１の位置調整が不要であるのでモード切替時の操作も容易である。

【００３８】

ここで、第２の状態における結像レンズ４のずれ量Ａがｍ×ｗ／２以上に設定されるので、受光面１０２ａに結像される２つの光像がその受光面１０２ａ上で重なり合うことを確実に防止することができる。さらには、結像レンズ４のずれ量Ａがｍ×ｗ／２に等しく設定されているときは、受光面１０２ａに結像される２つ光像が受光面１０２ａ上で近接して配置されるので、試料の２つの光像を受光面１０２ａを有効活用して効率的に観察することができる。このとき、視野絞り９の内径ｗがｗｃ／（２×ｍ）に等しくなるようにあわせて設定されることにより、２つの光像の結像範囲を受光面１０２ａ全体に２分割して配置させることができるので、受光面１０２ａを有効活用してさらに効率的に試料像を観察することができる。

【００３９】

さらに、視野絞り９はその内径を可変に設定可能なように構成されているので、ダブルビューモードとシングルビューモードとで切り替えて観察する場合に、受光面１０２ａを有効活用して効率的に観察することができる。具体的には、ダブルビューモードでは視野絞り９の内径を小さくし、シングルビューモードでは視野絞り９の内径を大きくすることで、受光面１０２ａのより広い範囲を観察に利用することができる。

【００４０】

また、２つのダイクロイックミラー５ａ，５ｂは、同一の光学特性を有する光学部材により構成されているので、製造コストを削減することができる。

【００４１】
なお、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではない。
【００４２】
図４は、本発明の変形例に係る光分割光学装置１Ａの内部構成を示す透視図、図５は、図４の光分割光学装置１Ａにおける２つの光像の分光状態を示す図である。この光分割光学装置１Ａでは、後段ミラー６ｂの光軸$Ｌ_1$の直交面からの傾斜角を４５度からα度ずらして設定されるのに代えて、後段ダイクロイックミラー５ｂの光軸$Ｌ_1$の直交面からの傾斜角を４５度からずらして４５－α度に設定されている。このような構造によっても、第２の分割光$Ｂ_3$が光軸$Ｌ_1$に対して斜めの方向に沿って結像レンズ４に入射することができる。その結果、結像レンズ４を通過した第２の分割光$Ｂ_3$は、後段ダイクロイックミラー５ｂの傾斜角及び位置に対応して、カメラ装置１０１の受光面１０２ａ上の中心から結像レンズ４のずれ方向とは反対方向にずれた位置（例えば、図５に示す受光面１０２ａの上半分の位置）に結像される。これにより、第１及び第２の分割光が結像された第１及び第２の光像を、受光面１０２ａ上で分離して配置させることができる。
【００４３】
また、図６は、本発明の別の変形例に係る光分割光学装置１Ｂの内部構成を示す透視図、図７は、図６の光分割光学装置１Ｂにおける２つの光像の分光状態を示す図である。この光分割光学装置１Ａでは、後段ミラー６ｂの光軸$Ｌ_1$の直交面に対する傾斜角の４５度から角度のずれ方向が光分割光学装置１とは逆方向に設定され、その傾斜角が４５－α度に設定される。さらに、光分割光学装置１Ａでは、結像レンズ４が、結像レンズ移動機構８Ｂによって、光軸$Ｌ_2$が光軸$Ｌ_1$から光分割光学装置１とは逆方向に所定距離Ａだけずれた第２の状態に設定可能にされている。このような構造によれば、結像レンズ４を通過した第１の分割光$Ｂ_2$は、結像レンズ４のずれ量Ａ及びずれ方向に対応して、カメラ装置１０１の受光面１０２ａ上の中心からずれた位置（例えば、図７に示す受光面１０２ａの上半分の位置）に結像される。同時に、第２の分割光$Ｂ_3$は、ミラー６ａ，６ｂを経由してからダイクロイックミラー５ｂによって反射されて結像レンズ４に入力される。このとき、後段ミラー６ｂの光軸$Ｌ_1$の直交面に対する傾斜角は４５－α度に設定されており、後段ダイクロイックミラー５ｂの位置は光軸$Ｌ_1$から結像レンズ４と同じ方向にずれて配置されているので、第２の分割光$Ｂ_3$は、光軸$Ｌ_1$に対して斜めの方向に沿って結像レンズ４に入射する。その結果、結像レンズ４を通過した第２の分割光$Ｂ_3$は、後段ミラー６ｂの傾斜角及び後段ダイクロイックミラー５ｂの位置に対応して、カメラ装置１０１の受光面１０２ａ上の中心から結像レンズ４のずれ方向とは反対方向にずれた位置（例えば、図７に示す受光面１０２ａの下半分の位置）に結像される。これにより、第１及び第２の分割光が結像された第１及び第２の光像を、受光面１０２ａ上で分離して配置させることができる。
【００４４】
また、図８は、本発明の別の変形例に係る光分割光学装置１Ｃの内部構成を示す透視図、図９は、図８の光分割光学装置１Ｃにおける２つの光像の分光状態を示す図である。この光分割光学装置１Ｃでは、後段ダイクロイックミラー５ｂ及び後段ミラー６ｂが省かれており、補正レンズ７が前段ダイクロイックミラー５ａと結像レンズ４との間の光軸$Ｌ_1$上に配置されている。また、光分割光学装置１Ｃでは、前段ミラー６ａの光軸$Ｌ_1$の直交面に対する傾斜角が４５＋α度に設定されている。ここで、前段ミラー６ａの傾斜角の４５度からのずれ角α、第２の状態における結像レンズ４の光軸$Ｌ_2$のずれ量Ａは、光分割光学装置１と同一の条件で設定される。このような構造によっても、ダイクロイックミラー５ａを透過した第１の分割光$Ｂ_2$は、結像レンズ４のずれ量Ａ及びずれ方向に対応して、カメラ装置１０１の受光面１０２ａ上の中心からずれた位置（例えば、図９に示す受光面１０２ａの下半分の位置）に結像される。同時に、ダイクロイックミラー５ａ及びミラー６ａによって反射された第２の分割光$Ｂ_3$は、光軸$Ｌ_1$に対して斜めの方向に沿って結像レンズ４に入射される結果、ミラー６ａの傾斜角に対応して、カメラ装置１０１の受光面１０２ａ上の中心から結像レンズ４のずれ方向とは反対方向にずれた位置（例えば、図

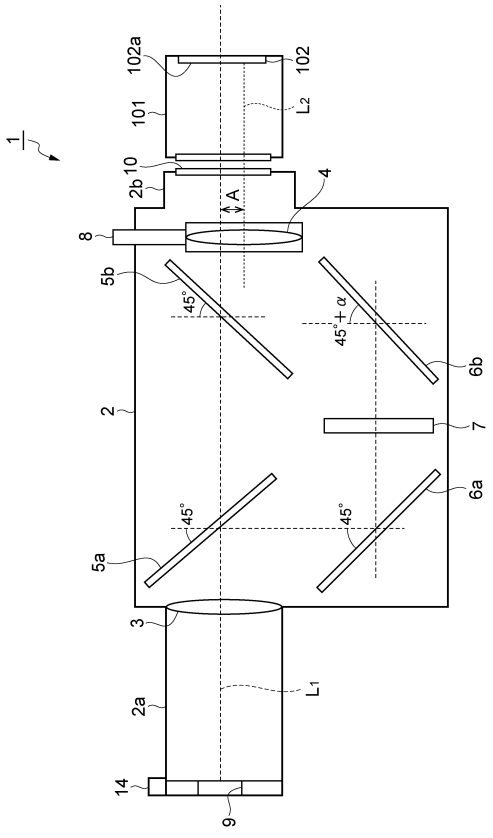
９に示す受光面１０２ａの上半分の位置）に結像される。これにより、第１及び第２の分割光が結像された第１及び第２の光像を、受光面１０２ａ上で分離して配置させることができる。

【符号の説明】

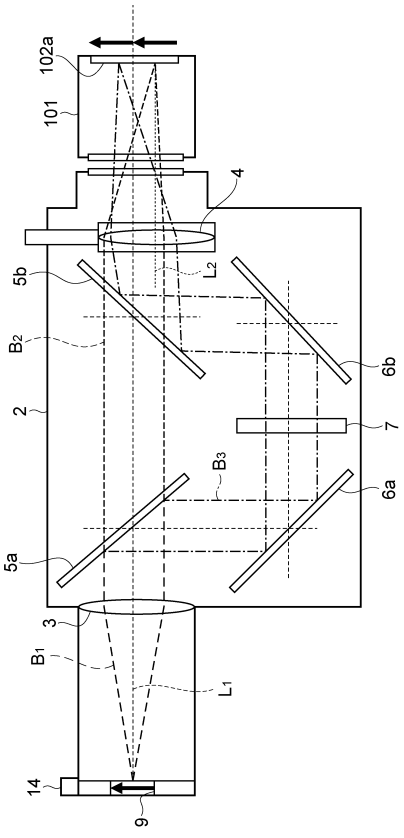
【００４５】

１，１Ａ，１Ｂ，１Ｃ…光分割光学装置、３…コリメータレンズ、４…結像レンズ、５ａ…前段ダイクロイックミラー（ビームスプリッタ）、５ｂ…後段ダイクロイックミラー（第２のビームスプリッタ）、６ａ…前段ミラー（反射光学素子）、６ｂ…後段ミラー（第２の反射光学素子）、７…補正レンズ、８，８Ｂ…結像レンズ移動機構、９…視野絞り、１０１…カメラ装置、１０２…撮像素子、１０２ａ…受光面、$Ｌ_{1}$，$Ｌ_{2}$…光軸。

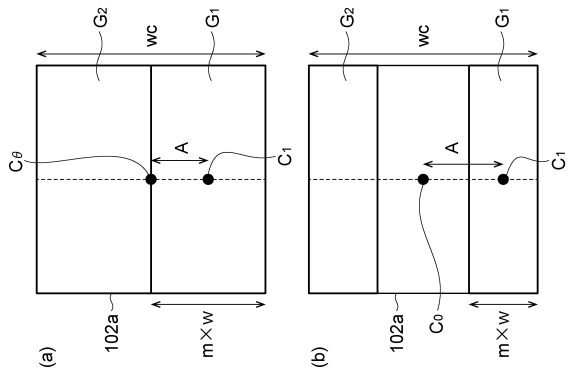
【図１】



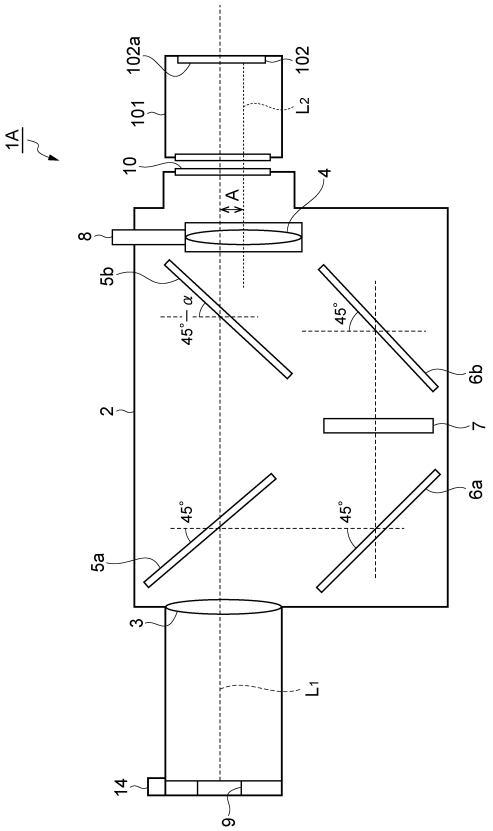
【図２】



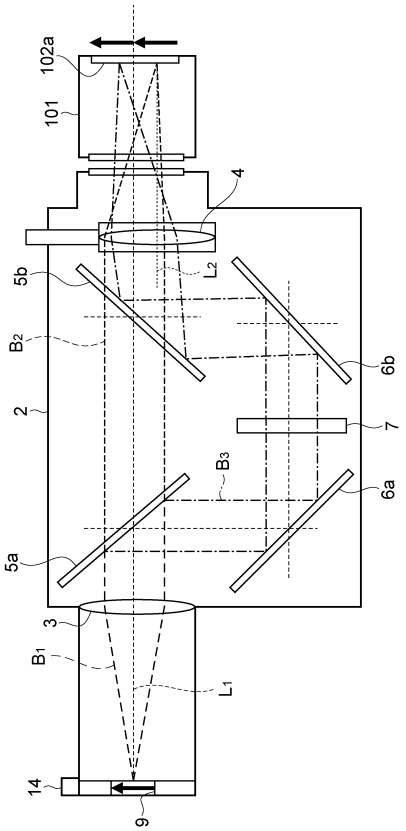
【図３】


G2
wc
G1
Cθ
A
C1
(a)
102a
m×w
(b)
C0

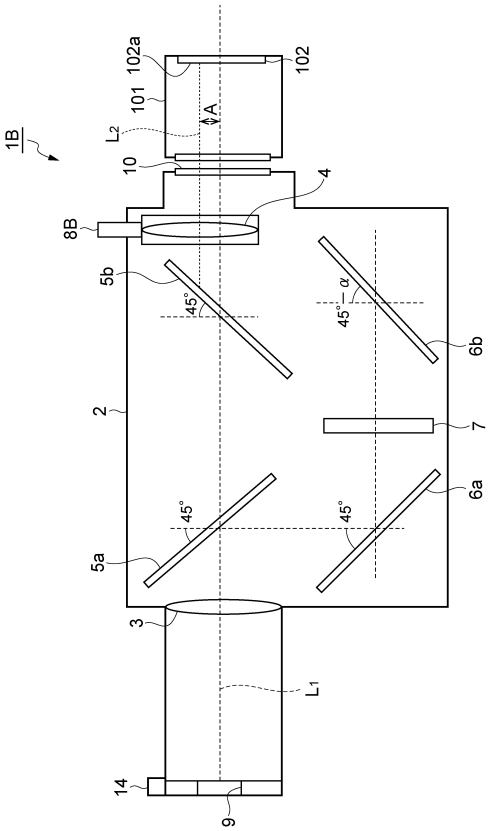
【図４】


1A
102a
102
101
L2
10
A
4
8
5b
45°−α
45°
6b
2
7
6a
5a
3
L1
14
9

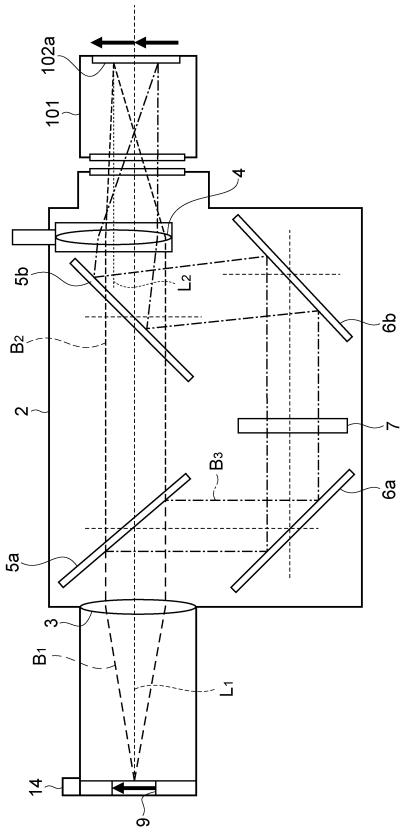
【図５】


102a
101
4
L2
5b
B2
6b
2
7
B3
6a
5a
3
B1
L1
14
9

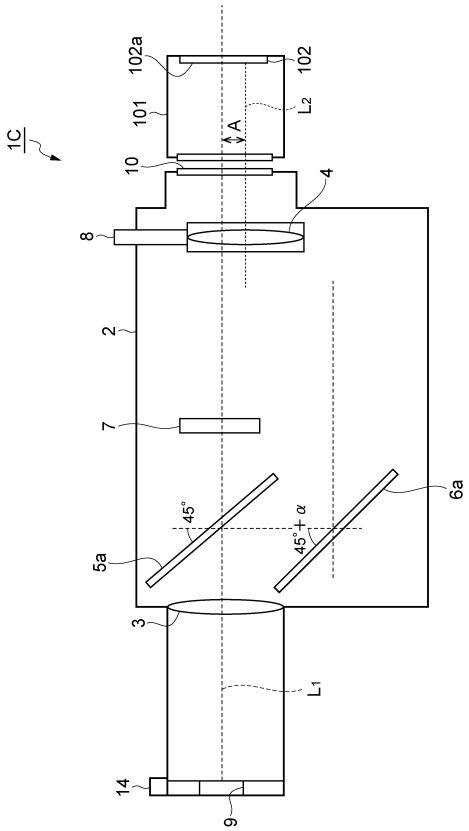
【図６】


1B
102a
102
101
A
L2
10
4
8B
5b
45°
45°−α
6b
2
7
6a
5a
3
L1
14
9

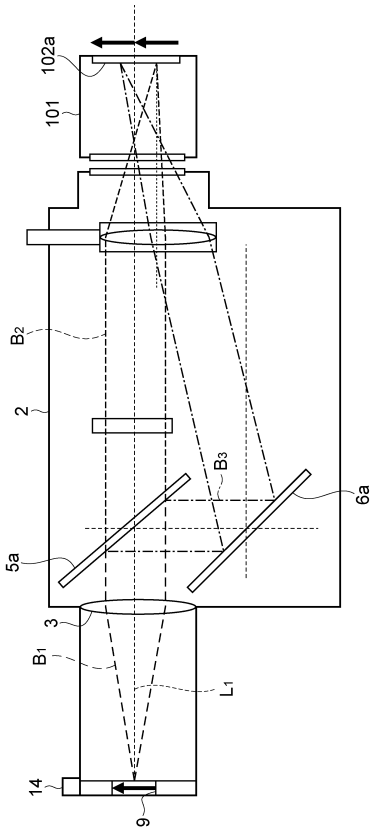
【図７】


102a
101
4
5b
L2
6b
B2
2
7
B3
6a
5a
3
B1
L1
14
9

【図８】


1C
102a
101
102
L2
A
10
4
8
2
7
6a
45°
45°+α
5a
3
L1
14
9

【図９】


102a
101
B2
2
B3
6a
5a
3
B1
L1
14
9

フロントページの続き

(72)発明者　寺田　浩敏
静岡県浜松市東区市野町１１２６番地の１　浜松ホトニクス株式会社内

審査官　越河　勉

(56)参考文献　特開２００５－３２１６５７（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０６８１４４８４（ＵＳ，Ｂ１）
米国特許第０７６６７７６１（ＵＳ，Ｂ１）
米国特許出願公開第２００９／０３１６２５８（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２００５／０２４８８３７（ＵＳ，Ａ１）
特開２０１３－１５６５１０（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－２３５３３３（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１６／０１０３３１１（ＵＳ，Ａ１）
Kazuhiko Kinoshita, Jr. et al., Dual-View Microscopy witha Single Camera: Real-Time Imaging of Molecular Orientations and Calcium , The Journal of Cell Biology , 米国, The Rockefeller University Press, １９９１年１０月, Volume 115, p.67-73

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｇ０２Ｂ　２１／００
Ｇ０２Ｂ　２１／０６－２１／３６