

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3647062号

(P3647062)

(45) 発行日 平成17年5月11日(2005.5.11)

(24) 登録日 平成17年2月18日(2005.2.18)

(51) Int. Cl.⁷

G02B 21/18

F I

G02B 21/18

請求項の数 5 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願平6-93427	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成6年5月2日(1994.5.2)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開平7-35986		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(43) 公開日	平成7年2月7日(1995.2.7)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成13年4月27日(2001.4.27)		弁理士 鈴江 武彦
(31) 優先権主張番号	特願平5-114835	(74) 代理人	100091351
(32) 優先日	平成5年5月17日(1993.5.17)		弁理士 河野 哲
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
前置審査		(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 正立型顕微鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

照明光を発生する光源と、
 前記光源で発生させた照明光を試料へ照射する照明光学系と、
 前記試料に対向配置され前記試料から物体光が入射する対物レンズと、
 前記対物レンズを通過した光の光路上に設けられ前記試料の第1次像を形成するため前記対物レンズを通過した光を所定位置に結像させる結像レンズと、
 前記対物レンズと前記第1次像との間の光路上に配置され前記対物レンズを通過した光を互いに異なる3方向以上の方向に分岐する光分岐手段と、
 前記光分岐手段で分岐された光が入射する観察光路と、
 前記光分岐手段で分岐された光が入射する3つ以上の撮影光路と、
 前記観察光路に設けられ前記結像レンズにより前記観察光路内で結像した試料像をリレーするためのリレーレンズ系と、
 前記観察光路に設けられ前記リレーレンズ系でリレーされた前記試料像を観察するための接眼レンズとを具備したことを特徴とする正立型顕微鏡。

【請求項2】

前記リレーレンズ系は瞳変調が可能であることを特徴とする請求項1に記載の正立型顕微鏡。

【請求項3】

前記リレーレンズ系に瞳変調器が着脱可能に設けられていることを特徴とする請求項2

に記載の正立型顕微鏡。

【請求項 4】

前記瞳変調器が、前記観察光路の光軸方向または光軸と垂直方向に位置調節可能なことを特徴とする請求項 3 に記載の正立型顕微鏡。

【請求項 5】

前記光分岐手段から前記撮影光路にそれぞれ入射し互いに等しい像倍率を有することを特徴とする請求項 1 に記載の正立型顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、試料像を接眼レンズで観察し及びスチールカメラ、TVカメラで撮影するための複数の光路を必要とし、また培養細胞等の位相物体試料の像を観察及び撮影するための顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】

接眼レンズを通して行う目視観察と共に、スチールカメラやTVカメラを鏡体に取り付けてそれらカメラで試料の拡大像を撮影できるようにした顕微鏡が知られている。特公平4-30565号公報には、試料の拡大像の光を撮影光路へ導くための光学素子を備えた顕微鏡が開示されている。この顕微鏡は、対物レンズからの光を撮影光路へ導くための第1の光学素子と、対物レンズからの光を観察光路へ導くための第2の光学素子とを備えている。この顕微鏡では、第1の光学素子を光軸に対して直交する方向に三段階に切換えることによって、2方向の撮影光路が選択可能となり、観察光路に加えてTVカメラ又はスチールカメラ等の撮影光路が適宜選択できる。

【0003】

また、特開平3-172816号公報には、第2の光学素子で反射(分岐)された観察光路の途中にビームスプリッタが介挿され、このビームスプリッタにより対物レンズからの光を観察光路のみならず撮影光路へも同時に導く顕微鏡が開示されている。

【0004】

近年、生命科学の研究分野では、高感度撮像デバイスの開発、蛍光試薬の発達等に伴い、微弱蛍光観察、微弱測光等の人間の目では検出できない極微弱光を検出する研究実験が増大している。又、ビデオマイクロスコピという観察手法においては、試料(標本)からの光に変調、例えば微分干渉効果を加え、この変調された像を別途撮像デバイスで検出した映像に画像処理(エンハンス)することによって、動きのある標本の移動量、位置の検出感度の向上を図るようにしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した顕微鏡においてもまだ解消すべき次のような課題があった。

(1) 撮影光路の数が少ない。すなわち、TVカメラと写真を得るためのスチールカメラとの併設による2撮影光路は当然必要であるが、2種類以上のTVカメラの併設及び使い分けができない。

【0006】

例えば、微弱蛍光観察においては、空間分解能の向上を図るためのクルドCCDカメラ、時間分解能の向上を図るためフォトダイオードアレイ、それに、標本の形態記録用に小型CCDカメラとの3種類のTVカメラを設置する必要があるため、少なくとも3つ以上の撮影光路が必要となる。

【0007】

なお、特公平4-30565号公報における倒立顕微鏡においては、第1の光学素子を三段階に切換えることで2方向(手前側と左側)の撮影光路が確保されているが、手前側の撮影光路は35mmのスチールカメラ専用である。したがって、TVカメラは1台しか取付けることができない。

10

20

30

40

50

(2) 各々の撮影光路に形成される像の大きさが正確に一致しない。すなわち、複数のTVカメラで像を撮像した場合、得られた各映像の大きさを正確に把握し、映像の重ね合せや、比較を行うことによって、標本の時間経過に伴う変化や動きを正確に測定する手法が提唱されているが、各像の大きさが不一致の場合、これらの手法を採用できない。

(3) 各撮影光路や観察光路において光量損失が大きく、しかも各撮影光路や各観察光路の光量損失量が一致しない。

【0008】

例えば、一般的な倒立顕微鏡では、観察鏡筒までの光の反射回数は3回もあり、反射に伴う光量ロスと像の劣化は著しい。特に倒立顕微鏡では観察像の向きとして標本を上方から見た方向に一致させる慣例があり、反射回数は奇数回である必要上、観察光路の反射回数

10

【0009】

例えば、特開平3-172816号公報においては、観察光路を1回の反射で観察鏡筒に導き、観察光路の途中にビームスプリッタを挿脱可能にして、TVカメラや写真装置を取付ける付属装置へ光を導びく構成が開示されている。しかし、観察鏡筒内にビームスプリッタによる光路の伸び量を補正するためのプリズムを予め組込んでおく必要があるので、観察光量のロスや像の劣化が生じやすい。

【0010】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、撮影光路として等しい投影倍率を持った3つ以上の光路が確保でき、生命科学等の研究分野においても、有用で種々の研究

20

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明による正立型顕微鏡は、照明光を発生する光源と、前記光源で発生させた照明光を試料へ照射する照明光学系と、前記試料に対向配置され前記試料から物体光が入射する対物レンズと、前記対物レンズを通過した光の光路上に設けられ前記試料の第1次像を形成するため前記対物レンズを通過した光を所定位置に結像させる結像レンズと、前記対物レンズと前記第1次像との間の光路上に配置され前記対物レンズを通過した光を互いに異なる3方向以上の方向に分岐する光分岐手段と、前記光分岐手段で分岐された光が入射する

30

【0016】

【作用】

本発明によれば、互いに異なる3方向以上の撮影光路が得られ、各撮影光路において撮像倍率の等しい試料像が結像される。したがって、スチールカメラやTVカメラ等の画像撮影機器を3台以上取付けることが可能となる。また、上述した3台以上の各画像撮影機器で撮影された同一試料(標本)の大きさが一致するので、各画像を比較対照したり、画像

40

【0020】

【実施例】

以下、本発明の実施例について説明する。

(第1実施例)

図1~図3は、本発明を倒立顕微鏡に適用した実施例を示している。図1は、倒立顕微鏡における各光学系の相互位置関係を示す透視斜視図であり、図2は同顕微鏡を側面から見た透視図であり、図3は同顕微鏡を正面から見た透視図である。

【0021】

この倒立顕微鏡は、鏡体ハウジング1の上端に照明ハウジング2が取付けられ、照明ハウ

50

ジング 2 内に光源 3 が収納されている。光源 3 から出力された光 4 は反射ミラー 5 で進行方向を下方に変更される。下方に曲げられた光 4 は、視野絞り 6 を通過してコンデンサレンズ 7 に入射する。コンデンサレンズ 7 が光 4 をステージ 8 上に載置された試料 9 上に集光する。この試料 9 を通過した光はステージ 8 の下側に配設されたレボルバ 10 に支持された対物レンズ 11 へ入射する。

【 0 0 2 2 】

対物レンズ 11 を通過した光は、光軸に対して 45 度傾斜したダイクロイックミラ を内蔵した蛍光キューブ 12 へ入射される。この蛍光キューブ 12 は、落射照明系 13 の光源 14 から照明光が入射される。

【 0 0 2 3 】

蛍光キューブ 12 の下側には、対物レンズ 11 から入射する光を焦点距離の位置に結像させる結像レンズ 15 が配設されている。図 1 中、符号 29 a ~ 29 d は結像レンズ 15 による試料 9 の第 1 次像が形成される位置を示す。この結像レンズ 15 を通過した光は第 1 の光学素子 16 に入射する。

【 0 0 2 4 】

第 1 の光学素子 16 は、図 1 に示すように、光軸に直交する方向に互いに接して配列された 3 個の半透過プリズム 16 a , 16 b , 16 c で構成されている。各半透過プリズム 16 a ~ 16 c は、それぞれ上方から入射される光を、下方に透過すると共に、それぞれ入射光の光軸と直交しかつ互いに 90°異なる方向に反射する半透過面を有する。

【 0 0 2 5 】

具体的には、半透過プリズム 16 a は上方から入射した光を下方に透過すると共に、当該入射光を第 1 の撮影光路 17 a 方向（左方向）に導く。中央の半透過プリズム 16 b は上方から入射した光を下方に透過すると共に、当該入射光を第 2 の撮影光路 17 b 方向（手前方向）に導く。半透過プリズム 16 c は上方から入射した光を下方に透過すると共に、当該入射光を第 3 の撮影光路 17 c 方向（右方向）に導く。

【 0 0 2 6 】

3 個の半透過プリズム 16 a , 16 b , 16 c は図中点線で示す支持台 18 に移動自在に支持されている。支持台 18 に支持された半透過プリズム 16 a , 16 b , 16 c は、先端が鏡体ハウジング 1 の外壁に露出した位置調整ツマミ 19 によって、その水平位置が A , B , C の 3 段階に移動可能である。位置調整ツマミ 19 を A 位置に停止させると、半透過プリズム 16 a が光 4 の光路上に配置され、光 4 が撮影光路 17 a に導かれて位置 29 a で結像する。位置調整ツマミ 19 を B 位置に停止させると、半透過プリズム 16 b が光路上に配置され、光 4 が撮影光路 17 b に導かれて位置 29 b で結像する。位置調整ツマミ 19 を C 位置に停止させると、半透過プリズム 16 c が光路上に配置され、光 4 が撮影光路 17 c に導かれて位置 29 c で結像する。すなわち、任意の半透過プリズム 16 a , 16 b , 16 c を入射光の光軸位置に選択的に移動できる。その結果、観察者は結像レンズ 15 を通過した光を第 1 ~ 第 3 の撮影光路 17 a ~ 17 c のうちの任意の撮影光路に導くことが可能である。

【 0 0 2 7 】

なお、第 1 の光学素子 16 を構成する各半透過プリズム 16 a ~ 16 c 及び第 2 の光学素子 22 の半透明ミラーの光学特性は任意に変更できる。例えば、反射率を 0 ~ 100% の範囲で ZnS - Ag の薄膜の蒸着により膜厚を選定することで選択できる。

【 0 0 2 8 】

また、研究者の実験目的によって、第 1 , 第 2 の光学素子 16 , 22 に求められる要求仕様は様々であるので、半透過プリズム 16 a ~ 16 c の反射率 / 透過率においても、80 / 20% , 50 / 50% , 100 / 0% , 0 / 100% の種類が考えられる。また、2 波長以上の蛍光を同時測光する場合は、半透過プリズム 16 a ~ 16 c の代わりに短波長光を反射し、長波長光を透過する特性を持ったダイクロイックミラ を用いる。撮影光路 17 a と 17 b、又は撮影光路 17 c と 17 d に TV カメラや測定系素子を配置して同時比較測光することが可能である。さらに、第 2 の光学素子 22 の半透明ミラーとして反射 10

10

20

30

40

50

0%のミラー、つまり全反射ミラーを選択することも可能である。

【0029】

各撮影光路17a~17cに結像される試料9の第1次像の像倍率は、完全に一致するように調整されている。すなわち、対物レンズ11自体が無限遠補正対物レンズであるために有限補正対物レンズに無限遠用の結像レンズを備える必要がなく、また試料9のピント合わせはレボルバ10を動かせば良い。さらに、結像レンズ15が無限遠補正対物レンズに対応した結像レンズであり、結像レンズ15と、各光路の焦点位置29との間にレンズは入っていないので各光路の像倍率は等しい。実施例においては、結像レンズ15の焦点距離 f_0 が180mmで、像倍率は[1x]に設定されている。

【0030】

第1の光学素子16のいずれか1つの半透過プリズム16a~16cを下方に通過した光は第2の光学素子22に入射される。この第2の光学素子22は例えば半透明ミラーで構成されており、入射した光を観察光路23方向に反射すると共に、入射光をそのまま下方の新たな撮影光路17dへ透過させる。

【0031】

この第2の光学素子22は支持台24に移動自在に支持されており、第1の光学素子16と同様に、挿脱レバー25を操作することによって、鏡体ハウジング1の外部へ引出すことが可能である。第2の光学素子22が挿脱レバー25により光路外に引き出されると、光は観察光路23に導かれることなく撮影光路17dへのみ入射する。第2の光学素子22が光路内に挿入されたときには、観察光路23及び撮影光路17dの双方に入射する。

【0032】

第2の光学素子22は、第1の光学素子16と同様に、上記挿脱機構によって観察者が必要に応じて他の光学特性を有した半透明ミラーと交換が可能である。また、変形例として、鏡体ハウジング1の底面から光学素子22を保持する支持台24及び挿脱レバー25の一体物を光路からハネノケ可能に底面に取り付けるようにしてもよい。このハネノケ機構によっても、入射した光を観察光路23方向に反射する場合と下方の新たな撮影光路17dにのみ透過する場合の切換えが可能となる。

【0033】

第2の光学素子22を透過して撮影光路17dに導入された光は前記第1の光学素子16の各撮影光路17a~17cと同一距離の所定位置29で結像する。さらに、この撮影光路17dに結像される試料9の第1次像の像倍率は前記第1の光学素子16の各撮影光路17a~17cの各像倍率と完全に一致することは、結像レンズ15と焦点位置29a~29dとの間にレンズが介在されていないことから明らかである。撮影光路17dの焦点位置29dにTVカメラの撮像面を配置するため、撮影光路17d中には所望のTVカメラのフランジバックに合う図示しないTVカメラ取り付け用マウントが鏡体ハウジング1の外側に取り付け可能となっている。言い換えれば、前記マウントを鏡体ハウジング1の外側に取り付けられる程度の焦点距離を結像レンズは有している。撮影光路17a, 17cの焦点距離29a, 29cについても同様である。

【0034】

但し、第1の光学素子16を透過する側の撮影光路17dの焦点距離29dは第1の光学素子16を取り外し素通しの状態にしても前記マウントが鏡体ハウジング1の外側に取り付け可能な大きさに鏡体ハウジング1が形成されている。

【0035】

第2の光学素子22で反射されて観察光路23に導入された光も所定位置29eで結像する。

この結像位置には撮影領域を確認するためのマスクガラスや、像の大きさを比較するためのスケールガラスを挿入することが可能である。

【0036】

一方、第1の光学素子16で水平方向に反射された光が入射する撮影光学系17bでは、焦点型写真レンズ30a内に第1次結像される。この第1次像は写真レンズ30aで拡大

10

20

30

40

50

されてフィルム面 2 9 に第 2 次結像し、フィルム面 2 9 に試料 9 の像が記録される。

【 0 0 3 7 】

第 2 の光学素子 2 2 の下方、すなわち顕微鏡の裏側にも撮影光路を設け、他の撮影光路の投影倍率と等しくなっているので、さらに多くの TV カメラの装着が可能となる。

【 0 0 3 8 】

第 1 の光学素子 1 6 及び第 2 の光学素子 2 2 を鏡体ハウジング 1 に対して挿脱可能に、かつ簡単に交換できるようにしたので、種々の異なった研究実験や研究者個々の要求仕様に合致する撮影光路を構成することができ、研究実験の多様化や発展性に一台の顕微鏡で対応でき、さらに作業の効率化を図れる。

【 0 0 3 9 】

このように本実施例によれば、第 1 の光学素子 1 6 で反射される撮影光路を、3 光路備えているので 1 光路を写真撮影のための 3 5 mm カメラ光路としても、残りの 2 光路を使って、高感度 TV カメラと、高分解能 TV カメラの組み合わせといった使い方ができ、また、各撮影光路の投影倍率が等しいので、得られる複数の映像を使って標本の大きさ把握、映像の重ね合わせ、比較作業を容易にし微弱蛍光観察、測光という研究実現の使い勝手、作業効率、実験精度の向上が図れる。具体的には、視野内の観察細胞の一部をクールド CCD の中心に合わせて、これにさらにフォトダイオードアレイを合致させると共に、小型 CCD で標本の形態記憶など、同時に 2 光路または観察などと合わせて切替えても良い。

【 0 0 4 0 】

図 4 は、半透過プリズム 1 6 a ~ 1 6 c と支持台 1 8 との関係を示す斜視図である。支持台 1 8 は、アリ溝 1 8 a が水平方向に刻設されており、アリ溝 1 8 a に位置調整ツマミ 1 9 で移動する移動部材 2 0 のアリ 2 0 a が摺動自在に係合している。位置調整ツマミ 1 9 の操作により、移動部材 2 0 はアリ 2 0 a とアリ溝 1 8 a とで水平方向に摺動する。

【 0 0 4 1 】

ストッパーネジ 2 1 ' は、図示するように、アリ溝 1 8 a の端部近傍にネジ込まれている。このストッパーネジ 2 1 ' 頭部の張出し量を調整することによって、反対側の半透過プリズム 1 6 c が光軸位置に入る時の位置決めが行われる。

【 0 0 4 2 】

アリ溝 1 8 a の図示反対側にも同様にストッパーネジが設けられている。このストッパーネジの調整によって、手前側に位置する半透過プリズム 1 6 a が光軸位置に入る時の位置決めが行なわれる。なお、中央の半透過プリズム 1 6 b を光軸位置に位置決めする手法として、図示しないが、公知のクリック機構が用いられている。

【 0 0 4 3 】

移動部材 2 0 はアリ溝 2 0 a , 2 0 b , 2 0 c が上下方向に刻設されており、アリ溝 2 0 a , 2 0 b , 2 0 c に半透過プリズム 1 6 a , 1 6 b , 1 6 c を支持する支持枠 2 1 a , 2 1 b , 2 1 c が挿入されている。なお、アリ溝 2 0 a , 2 0 b , 2 0 c の方向は上下方向だけとは限らず移動部材 2 0 の摺動方向と同じでも何等支障はない。この場合、半透過プリズム 1 6 a ~ 1 6 c の支持枠 2 1 a ~ 2 1 c は、ネジ 2 1 a ~ 2 1 c の先端をアリ溝 2 0 a , 2 0 b , 2 0 c に夫々押圧させることにより固定される。

【 0 0 4 4 】

また、変形例として、位置決めピン若しくは溝とビス等の締結手段を併用し、移動部材 2 0 と支持枠 2 1 を固定しても支障ない。

ストッパーネジ 2 1 ' を緩めて外し、位置調整ツマミ 1 9 を操作することによって、各支持枠 2 1 a ~ 2 1 c を搭載した移動部材 2 0 全体を鏡体ハウジング 1 の外部へ引き出すことが可能である。

【 0 0 4 5 】

図 5 は、図 4 を一点鎖線 A - A に沿って切断して、矢印方向に見た断面図である。観察者は、引出された移動部材 2 0 の半透過プリズム 1 6 a ~ 1 6 c を各支持枠 2 1 a , 2 1 b , 2 1 c 毎に個別に上方に引き抜くことによって、簡単に他の光学特性を有した各半透過

10

20

30

40

50

プリズム16a~16cに交換することが可能である。半透過プリズム16a~16cは、各支持枠21a~21cを固定している各ネジ21a', 21b', 21c'を緩めて上方に引き抜くことにより移動部材20から外される。

【0046】

結像レンズ15を通過した光は位置調整ツマミ19で選択された一つの半透過プリズム16a~16c及び各支持枠21a~21cに形成した貫通孔35a~35cを介して一つの撮影光路17a~17c上の所定位置29a~29bで結像する。

【0047】

観察光路23に導びかれた光は、所定の結像位置29eを通った後、複数の群レンズからなるリレーレンズ系26を介して観察鏡筒27方向へ向かう。前記複数の群レンズは、少なくとも2群以上の構成とし、前群は対物レンズ11の瞳像をリレーする瞳リレーレンズ26cからなり、対物レンズ11の瞳像を位置26bに投影する。この瞳像と共役な位置26bには位相差用位相板や変調コントラスト用変調器のような振幅変調を有する瞳変調器26bが設けられている。この瞳変調器26bは後述する機構にて鏡体ハウジング1の外側より着脱自在に設けられる構成をとっている。前記複数の群レンズの後群26aは対物レンズ11の1次結像位置29eにできた1次像を無限遠に投影する像リレーレンズからなる。この像リレーレンズ26aから出射する光は、平行光になって観察鏡筒27内の結像レンズ27aへ入射する。結像レンズ27aは入射した光を観察鏡筒27内の所定位置29eに結像する。観察者は接眼レンズ27bを介して位置29eに結像された試料9の拡大像を観察することができる。

【0048】

ここで、本実施例の光学系の作用について説明を加える。図6は、図1~図3に示す倒立顕微鏡における透過照明光学系を除く光学系の構成を示している。

試料9の像は対物レンズ11で拡大され、その拡大光束が結像レンズ15及び第1の光学素子16を通り、反射ミラー22に入射して観察光路23へ反射される(同図には不図示であるが一部は透過して撮影光路17dに入射する)。反射ミラー22により観察光路23へ反射された拡大光束は点29eで第1次像を結像する。この第1次像は、瞳リレーレンズ26c、瞳変調器26b及び第1群の像リレーレンズ27aに導かれ、第2群の像リレーレンズ27aで接眼レンズ27bの近傍に結像する。この第2次結像が接眼レンズ27bで観察されるのは上述した通りである。

【0049】

ここで、第1群と第2群の像リレーレンズ26a、27aとの間には、観察鏡筒27の鏡体ハウジング1への取付け面(図中破線で示す)が位置する。それ故第2群の像リレーレンズ27aは観察鏡筒内27内の結像レンズ27aに相当する。

【0050】

結像関係を説明すると、対物レンズ11は無限遠設計となっており、結像レンズ15によって第1次結像され、瞳リレーレンズ26cと像リレーレンズ27aによって接眼レンズ27bの近傍に第2次結像する。対物レンズ11が無限遠設計となっているので、対物レンズ11と結像レンズ15との間は平行光学系となっており、例えば試料9にピントを合わせる時には対物レンズ11を動かしても前記第1次結像の位置は変わらない。したがって、ピント合わせ機構は、対物レンズ11を動かすようにすればよく、対物レンズ11が複数取付けられレボルバ10を上下動させる一般にレボ上下方式と呼ばれている機構をピント合わせ機構として採用できる。

【0051】

また、本実施例では対物レンズ11のレボルバ取付面近傍に存在する対物レンズ11の瞳を、結像レンズ15及び第1の光学素子16を通り反射ミラー22で焼く45°上方に反射して瞳変調器26bに投影している。さらに、コンデンサレンズ7の近傍に対物レンズ11の瞳と共役な位置があり、そこにもう一つの瞳変調器を配置可能に構成している。ここで、リレーレンズ系26内の瞳変調器26bを第1の瞳変調器とし、コンデンサレンズ7近傍に配置される瞳変調器を第2の瞳変調器100とする。

10

20

30

40

50

【0052】

実際には、リレー系に使用した各光学部品の誤差、特に屈折率誤差によって最適な瞳変調器の光軸方向の位置が微妙に変わるため、瞳変調器は光軸方向の微調整ができる構造とするほうが望ましい。そこで、本実施例では瞳変調器を光軸方向の位置調整及び芯合わせを可能に構成した。

【0053】

マイクロウェルプレートやプラスチック三角フラスコ中に培養した生細胞や培養細胞を観察するのに最適な瞳変調器26bを作成すれば、その瞳変調器26bをリレーレンズ系26に挿入するだけで、対物レンズ交換なしで各容器に最適なコントラストが得られる。

【0054】

第1,第2の瞳変調器を備えた光学系によれば、第1の瞳変調器26bに位相板82a,82bを配置し、第2の瞳変調器にリングスリットを配置したことにより、対物レンズ位相差観察が可能になり、位相差専用の対物レンズを使用することなく位相差観察を容易に実施できる。

【0055】

対物レンズ11の倍率やNA、瞳位置、および、観察したい試料9によって、最適な瞳変調器は異なるが、本実施例では瞳変調器の種類を瞳変調スライダ81によって切換え可能に構成しているため、対物レンズ11の種類または試料9の種類に応じて最適な瞳変調器に容易に切り換えることができる。

【0056】

位相差や変調コントラスト顕微鏡(ホフマン法)を用いることができるため、プラスチック製培養容器中の細胞を観察する場合に、容器による偏光性能の劣化に影響を受けない利点がある。

【0057】

位相差や変調コントラスト顕微鏡(ホフマン法)などは、低倍の対物レンズを用いた観察が可能であるが、低倍の対物レンズにノマルスキーを用いた場合、対物レンズの瞳収差によって、視野周辺でリタレーションが発生し、視野内にむらが生じるが、本発明は、ノマルスキー干渉方式を用いない為、視野むらは発生しないという利点がある。また、偏光観察法やノマルスキー観察法で問題になる、像の劣化は、発生しない。

【0058】

図7及び図8は第1の瞳変調器26bの機械的な構成を示している。第1の瞳変調器26bは、リレーレンズ系26内における前記対物レンズ瞳像と共役位置95近傍に瞳変調スライダ81を備え、この瞳変調スライダ81が図示しない係止機構(例えばクリック機構)にて係止するようになっている。瞳変調スライダ81は、全体形状が長方形をなし、その長手方向に3つの開口部を有する。両側の開口部には2種類の対物に対応可能な様に2種類の位相板82a,82bが保持され、中央の開口部は変調をしない場合のために空穴83となっている。対物レンズ11の種類によりそれぞれ対応した位相板82a又は82bを使用する。

【0059】

瞳変調スライダ81の側面に長手方向に沿ってスライダを停止する為のV溝84が設けられている。各V溝84は対応する位相板82a,82b又は空穴83が光軸上に配置されたとき上記係止機構と係合する。位相板82a(82b)は、円筒状の保持枠85に固定されており、その保持枠85の外周が外枠86の内周面にて軸嵌合になっている。保持枠85には、位相板82a(82b)の位相膜87を対物レンズの瞳と共役な位置に調整する為の操作ツマミ88が設けてある。操作ツマミ88は、外枠86の案内溝89を通過して保持枠85の外周に螺合している。この操作ツマミ88を案内溝89に沿って光軸方向に移動させることにより、位相膜87を共役位置95に調整できる。また、操作ツマミ88のツマミ先端部外周に形成したフランジ90を外枠86に押し付けることで、位相板82a(82b)を固定する。

【0060】

10

20

30

40

50

又、位相差観察の場合、コンデンサーレンズ7近傍には照明の変調を行なう為、位相差開口を設けているが、この開口の位置に位相膜87の心を合わせる為、瞳変調スライダ81にプランジャー91と2つの調整ツマミ92を具備している。プランジャー91及び2つの調整ツマミ92の先端の3点が外枠86の外周に当接し、調整ツマミ92を回転することにより位相膜87の心合わせを行なえるようになっている。

【0061】

なお、位相差観察によればシャープな像が得られるが、透明試料の方向性がわからない。ホフマン式変調コントラストでは、試料の方向性が判ると共に、厚い透明試料が観察可能であり、さらに焦点深度が深いことから立体的に見ることができる。また、生態試料はガラスシャーレまたはプラスチックシャーレに入っているが、ホフマン式の場合、ガラスシャーレでは両瞳変調器に偏光板を入れてコントラストのさらなる向上が図られ、プラスチックシャーレでは偏光板を入れずにプラスチックシャーレの偏光歪みから解放可能となる利点がある。

10

【0062】

本実施例では鏡体ハウジング1内に第1の瞳変調器26bを配置したことにより、中間鏡筒のような別体化することなく、対物レンズ外位相差、ホフマン式変調コントラスト等の観察が可能となる。

【0063】

変調コントラスト像は、位相差像と異なり、像のコントラストの方向性を調整するために、瞳変調器を回転させる必要があるが、本実施例ではスライダー方式を採用しているため、顕微鏡本体から簡単に取り外すことができ、該ユニットごと交換できる。

20

【0064】

鏡体ハウジング1内に瞳変調器26bを挿脱自在及び着脱自在に儲けたので、瞳変調部の小形化及び操作性が向上する。

また、観察光路23の像リレーレンズ26aと観察鏡筒27の結像レンズ27aの間が平行光学系になっているので、観察鏡筒27を鏡体ハウジング1に直接取り付けのではなく、図12(a)に示すように光路偏向装置33を介して傾斜角の異なる観察鏡筒34を取り付けるようにすることができる。

【0065】

ここで、光路偏向装置33内の光路偏向プリズム33aは観察鏡筒取り付け面を水平にするためのものであり、観察鏡筒34の先端部に取り付けられたプリズム34bは観察鏡筒傾斜角度を例えば30度にするプリズムである。結像レンズ34aは結像レンズ27aに、接眼レンズ34bは結像レンズ27bにそれぞれ対応している。

30

【0066】

また、図12(a)に示す光路偏向プリズム33bの代わりに図12(b)に示す光路偏向プリズム33bを使用するようにしても良い。図12(b)に示す光路偏向プリズム33bを使用すれば、試料9から接眼レンズ27bのアイポイントまでの距離を短くできる。

【0067】

また、上記平行光学系に、中間鏡筒としてディスカッション鏡筒、変倍鏡筒、フォト鏡筒等を簡単に挿入することが可能である。具体的には、観察鏡筒27は鏡体ハウジング1に対して簡単に取り外しが可能であるので、観察鏡筒27と鏡体ハウジング1との間に上述した各種中間鏡筒を必要に応じて介在させることが可能である。

40

【0068】

図9は、実施例の倒立顕微鏡に、中間鏡筒の一例として、ディスカッション鏡筒28を組合わせて、正面から見た場合の透視図である。

ディスカッション鏡筒28は、主観察者と同時に副観察者が観察するための観察筒であり、観察光路23内の像リレーレンズ26aの上部に取付けられる。そして、このディスカッション鏡筒28は、図示するように、主に、光路分割プリズム28a、リレーレンズ28b、反射プリズム28cとで構成されている。副観察鏡筒27'は観察鏡筒27と同一

50

構造を有している、また、副観察鏡筒側には装置を安定させるための支持脚 3 1 が設けられている。

【 0 0 6 9 】

図 9 では、ディスクッション鏡筒 2 8 は、光路偏向装置 3 3 を介して取り付けられているが、これに限らず顕微鏡本体（鏡体ハウジング 1）に直接取り付けられても何等支障はない。但し、取り付け面が傾いているので、傾いたディスクッション鏡筒 2 8 を支持できるように支持脚 3 1 の鏡筒支持部は交換若しくは対応可能となっている。

【 0 0 7 0 】

観察光路の途中に平行光学系を設け、その位置で鏡体ハウジング 1 と観察鏡筒 2 7 を分離できるので、その間に中間鏡筒としてディスクッション鏡筒や、変倍鏡筒を研究実験の目的に合せて挿入又は 2 段重ねすることができる。その結果、顕微鏡の応用範囲をさらに拡大できる。また、中間鏡筒を平行光学系内に挿入しているので中間鏡筒に特別なレンズを付加する必要がなく、常時品質の高い像が得られる。

10

【 0 0 7 1 】

像リレーレンズを、1 次像を無限遠に投影する為の 1 群 2 6 a と無限遠に投影された像を有限にする 2 群 2 7 a とから構成し、1 群と 2 群の間で鏡体が鏡筒が取り外せる構造としたので、観察専用鏡筒や写真撮影用鏡筒を取付け可能となり、瞳モジュレータで変調した後の像を写真装置に導くことで写真撮影を可能とすることもできる。

【 0 0 7 2 】

なお、結像レンズの焦点距離は、所望の視野数（例えば 2 0 以上）の視野で光学特性及び全体の光学素子配置が可能な範囲であれば、1 8 0 m m に限定されることなく、1 5 0 m m から 2 0 0 m m 程度でも良い。また、無限遠設計対物レンズについて説明したが、有限設計対物レンズでも適用可能である。この場合、有限設計対物レンズ単体での結像位置を延ばすか、又は有限設計対物レンズを取り付けるレボルバ内の転換で不動位置に無限遠用補助レンズを設けて無限遠化すればよい。

20

【 0 0 7 3 】

無限遠設計の対物レンズ 1 1 を用いる為、結像レンズ 1 5 と対物レンズ 1 1 の間隔を 5 0 m m 以上にすることができ、この間隔中に蛍光照明用投光管から落射照明を行う為のダイクロックミラーやノマルスキー用プリズム、偏光観察用偏光板等を挿入することができ、様々な観察法が可能となる。

30

【 0 0 7 4 】

図 1 3 は、図 6 の有限設計の対物レンズ 1 1 a を倒立型顕微鏡に使用した例である。この倒立型顕微鏡は、試料 9 から対物レンズ 1 1 a を通り、凹レンズ 1 1 b で平行光学系となり、結像レンズ 1 5 a で集光されて図中では所定位置 2 9 b , 2 9 e 等（図 1 と同様）に結像する。リレー光学系は図 6 と同様であるが、有限設計の対物レンズ 1 1 a に対応して多少の変更はあるがほぼ同等である。有限設計の場合、観察鏡筒に結像レンズを含まないので、図中の 2 点破線が観察鏡筒の鏡体ハウジングへの取り付け面となり、結像レンズ 2 6 a , 2 7 a または一体の 2 6 a にする以外は、無限遠設計と大差なく構成できる。

（第 2 実施例）

40

次に、本発明の第 2 実施例について説明する。

【 0 0 7 5 】

図 1 0 は、実施例の正立顕微鏡における各光学系の相互位置関係を示す透視斜視図であり、図 1 1 は同実施例顕微鏡を側面から見た透視図である。

鏡体ハウジング 5 1 の下端に取付けられた照明ハウジング 5 2 内に収納された光源 5 3 から出力された光 5 4 は反射ミラー 5 5 で上方に照射方向が偏向され、視野絞り 5 6 を通過してコンデンサレンズ 5 7 でステージ 5 8 上に載置された試料（標本）5 9 上に集光される。この試料（標本）5 9 を透過した光は、ステージ 5 8 の上側に配設されたレボルバ 6 0 に支持された対物レンズ 6 1 へ入射される。対物レンズ 6 1 を通過した拡大画像の光は励起フィルタ 6 2 a , ダイクロイックミラー 6 2 b , 吸収フィルタ 6 2 c を内蔵した蛍光

50

キューブ 6 2 へ入射される。この蛍光キューブ 6 2 には水銀灯、キセノン光源等の落射照明系の光源 6 4 から照明光が入射される。

【 0 0 7 6 】

蛍光キューブ 6 2 の上側には、対物レンズ 6 1 から来た光を焦点位置に結像させる結像レンズ 6 5 が配設されている。この結像レンズ 6 5 を通過した光は第 1 の光学素子 6 6 に入射する。

【 0 0 7 7 】

第 1 の光学素子 6 6 は、図 1 0 に示すように、光軸に直交する方向に互いに接して配列された 3 個の半透過プリズム 6 6 a , 6 6 b , 6 6 c で構成されている。各半透過プリズム 6 6 a ~ 6 6 c は、それぞれ下方から入射した光を上方に透過すると共に、それぞれ前記入射光の光軸と直交し、かつ互いに 9 0 ° 異なる方向に入射光を分岐する。

10

【 0 0 7 8 】

具体的には、半透過プリズム 6 6 a は下方から入射した光を上方に透過すると共に、該入射光を第 1 の撮影光路 6 7 a 方向（左方向）に導き、中央の半透過プリズム 6 6 b は下方から入射した光を上方に透過すると共に、該入射光を第 2 の撮影光路 6 7 b 方向（図 1 1 参照）に導き、さらに半透過プリズム 6 6 c は下方から入射した光を上方に透過すると共に、該入射光を第 3 の撮影光路 6 7 c 方向（右方向）に導く。

【 0 0 7 9 】

また、3 個の半透過プリズム 6 6 a , 6 6 b , 6 6 c は図中点線で示す支持台 6 8 に移動自在に支持されている。この支持台 6 8 に支持された半透過プリズム 6 6 a , 6 6 b , 6 6 c はまとめて先端が光路分割ユニット 6 9 の外壁に露出した位置調整ツマミ 7 0 によって、その水平位置が（ A ） , （ B ） , （ C ） の 3 段階に移動可能である。よって、位置調整ツマミ 7 0 を操作することによって、任意の半透過プリズム 6 6 a , 6 6 b , 6 6 c を入射光の光軸位置に選択的に移動できる。その結果、観察者は結像レンズ 6 5 を通過した光を第 1 ~ 第 3 の撮影光路 6 7 a ~ 6 7 c のうちの任意の撮影光路に導くことが可能である。

20

【 0 0 8 0 】

位置調整ツマミ 7 0 を A にすると半透過プリズム 6 6 a が光軸中に配置され光が撮影光路 6 7 a に導かれて所定位置（ 7 1 a ）で結像する。

他は同様に位置調整ツマミ 7 0 のアルファベットに対応して移動する。半透過プリズム 6 6 a ~ 6 6 c と支持台 6 8 との関係は第 1 実施例の図 4 の構成と同様であり、半透過プリズム 6 6 a ~ 6 6 c を搭載しかつ任意のプリズムを選択的に光路 7 2 内に移動させて移動部材（第 2 実施例では図示しないが図 4 の移動部材 2 0 と同部材）を、光路分割ユニットのハウジング 6 9 の外部へ引き出すことが可能である。又、第 1 実施例と同様に各半透過プリズム 6 6 a ~ 6 6 c は着脱自在であり、他の光学特性を有した半透過プリズムに交換可能である。

30

【 0 0 8 1 】

又、各撮影光路 6 7 a ~ 6 7 c に結像される試料（標本） 5 9 の像倍率は、完全に一致するように調整されている。すなわち、対物レンズ 6 1 自体が無限遠補を対物レンズであるために、有限補正対物レンズに無限遠交換用レンズが不要であり、試料のピント合わせはステージ 5 8 を被かせばよく、また結像レンズ 6 5 が無限遠補を対物レンズに対応した結像レンズであり、結像レンズ 6 5 と各光路の焦点位置 7 1 との間にレンズは入っていないので各光路の像倍率は等しい。本実施例においては、結像レンズ 6 5 の焦点距離 f_B が 1 8 0 mm で、像倍率は [1 x] に設定されている。

40

【 0 0 8 2 】

第 1 の光学素子 6 6 のいずれか 1 つの半透過プリズム 6 6 a ~ 6 6 c を上方に通過した光は第 2 の光学素子 7 3 に入射される。

第 2 の光学素子 7 3 を有する光路分割ユニットのハウジング 7 4 は、本実施例では、一般的に公知である三眼鏡筒であり、光路分割プリズム 7 3 は、眼視する為の観察光路 7 5 と、写真や TV 撮影の為の撮像光路 7 6 へ分光するプリズムであり、分割比の違いによる 3

50

種類のプリズムによって構成される。

【0083】

第2光学素子によって透過/反射された撮像光路76と観察光路75中の光は、第1光学素子66の各撮影光路67a~67cと同一距離の所定位置X(71d, e)で結像する。さらに前記2光路75, 76に結像される試料59の像の像倍率は前記第1の光学素子66の各撮影光路67a~67cの各像倍率と完全に一致することは、結像レンズ65と各光路の焦点位置との間にレンズが介在されていないことから明らかである。

【0084】

撮影光路67a, 67c, 76における3カ所の焦点位置(71a, 71c, 71d)にはTVカメラの撮像面を配置する為、前記3光路(67a, 67c, 76)中には所望のTVカメラのフランジバックに合うTVカメラ取付用マウント(69c, 74d)が、光路分割ユニット69及び三眼鏡筒74の外側に配置されている。なお、撮影光路67a側にも図示しないマウントは存在する。

10

【0085】

第1光学素子66bを光路72中に挿入した場合について、図11に基づき詳述する。前述の対物レンズ61を通過した試料59の拡大画像の光は、結像レンズ65を通過後、第1の光学素子66bの分割比の割合に応じた光量が撮影光路67b側に反射又は三眼鏡筒74側に透過される。透過側について既に記載したので、ここでは撮影光路67b側に反射した光路について記述する。

【0086】

反対側の光路上には、図11に示す如く対物レンズの瞳像をリレーする瞳リレーレンズ群77と、結像レンズ65によって焦点位置71bに結像された(対物レンズ61を通過した試料(標本)59の)1次像をさらにリレーする2次像リレーレンズ群(2群構成)78, 79及び第1光学素子66bにより水平方向に偏向された光を上方に偏向する反射ミラー96が配置されている。

20

【0087】

前述の光路分割ユニットのハウジング69は、結像レンズ65、半透過プリズム66a~66c、瞳リレーレンズ77、2次像リレーレンズ群の一方78及び反射ミラー96の光学素子から構成されている。又、2次像リレーレンズ群78は1次像を無限遠に投影する為の群であり、79は無限遠に投影された像を有限にする群という役割をもち、78と79の間は平行光束となっている。又、95は瞳リレーレンズ77によって投影された対物レンズ61の瞳像と共役な位置である。

30

【0088】

光路分割ユニットのハウジング69には、前記対物レンズ瞳像と共役位置95近傍に図示しない開口と図7, 8に示す瞳変調器と同じ構成の瞳変調器97が設けられている。この瞳変調器97は瞳共役位置95の近傍に設けられた係止機構(例えばクリック機構)により間欠的に固定されるようになっている。瞳変調器のもう一方97aは図11図中のコンデンサレンズ57近傍に配置されている。

【0089】

以上のように構成された本実施例によれば、第1の光学素子66で反射される投影光路を、3光路備えているので1光路を瞳変調のための光路としても、残りの2光路を使って、高感度TVカメラ、高分解TVカメラの組み合わせといった使い方ができ、また、各投影光路の投影倍率が等しいので、得られる複数の映像を使って標本の大きさ把握、映像の重ね合わせ、比較作業を容易にし微弱蛍光観察、測光という研究実現の使い勝手、作業効率、実験精度の向上が図れる。

40

【0090】

位相差や立体視の為の瞳変調変調器97をリレーレンズ光路中に着脱自在にしたことで、明視野と位相差及び蛍光と蛍光位相差などの同時観察が可能になった。

【0091】

極微弱光を検出する場合、試料の位置出しに位相差観察をした後に、蛍光測光することに

50

なるが、同一対物レンズで位相差観察および蛍光測光を可能な為、対物転換による芯ずれしもなく測定精度の向上が図れる。

【0092】

第1光学素子の光路分割ユニットと、瞳変調可能なリレーレンズを中間鏡筒タイプで顕微鏡に対して着脱可能にしたことで、正立顕微鏡におけるシステム性の維持向上が図れる。

【0093】

リレーレンズを2群にし、中間鏡筒(光路分割ユニット69)を像リレーレンズ系の無限遠投影(光束)部分で区切っている為、像リレーレンズの第2群を含む観察もしくは撮影鏡筒をつければユニット分割による心精度が劣化が少なくおさえられ、安価に提供できる。

10

【0094】

対物レンズ直上の観察鏡筒から結像レンズを外し、結像レンズを中間鏡筒内の第1光学素子直下に設けたので、通常の明視野や蛍光検鏡時には中間鏡筒をはずし結像レンズ付きの観察鏡筒を顕微鏡本体に挿着すればよく顕微鏡のシステム性への影響を極力少なくでき、かつ像倍率の等しい複数の撮像光路を設けられる。

【0095】

なお、半透過プリズム66bで反射される側に瞳変調可能なリレーレンズ系を光路分割ユニットのハウジング69から分離し、別々のユニット化し、さらに、その別々のユニットのインターフェースを該光路分割ユニットのハウジング69の両側面についているTVカメラ取付用マウント(69c)と同形状にしておけばリレーレンズ系ユニットを3方向(

20

光路67a, b, c)どこでも装着可能となる。
本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々変形実施可能である。

【0096】

【発明の効果】

以上詳記したように本発明によれば、撮影光路として等しい投影倍率を持った3つ以上の光路が確保でき、生命科学等の研究分野においても、有用で種々の研究要望に対応できる倒立型顕微鏡及び正立型顕微鏡を提供できる。また、顕微鏡の発展性を高めることが出来る。

【図面の簡単な説明】

30

【図1】本発明の第1実施例に係わる倒立顕微鏡の光学系の構造を示す模式図。

【図2】第1実施例を側面から見た光学系を示す透視図。

【図3】第1実施例を正面から見た光学系を示す透視図。

【図4】第1実施例における第1の光学素子の鏡体ハウジングからの挿脱機構の要部を示す斜視図。

【図5】図4に示すA-A線矢示断面図。

【図6】第1実施例の光学系を抜出して示す図。

【図7】第1実施例に備えた瞳変調器の機械構成を示す図。

【図8】図7に示すA-A線矢示断面図。

【図9】第1実施例に組込まれるディスカッション鏡筒を示す透視図。

40

【図10】第2実施例に係わる正立顕微鏡の光学系の構造を示す模式図。

【図11】第2実施例を側面から見た光学系を示す透視図。

【図12】第1実施例に他の観察鏡筒を取り付けた光学系を示す図、及び光路偏向装置の変形例を示す図。

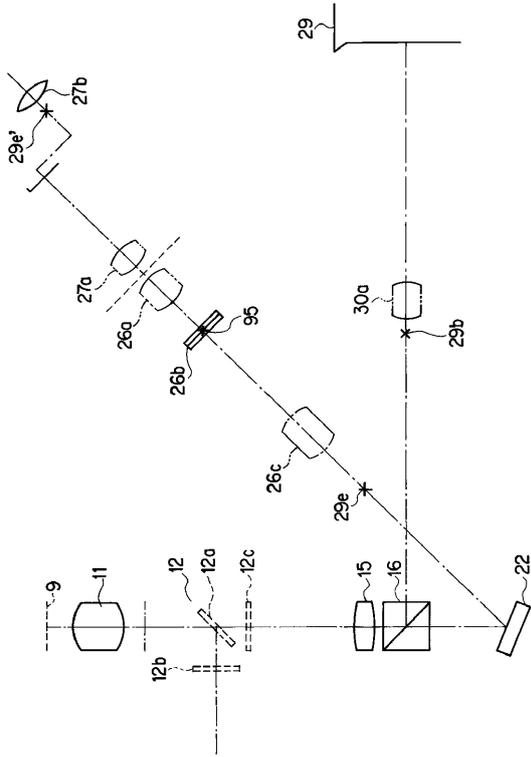
【図13】第1実施例に有限設計光学系を適用した場合を示す図である。

【符号の説明】

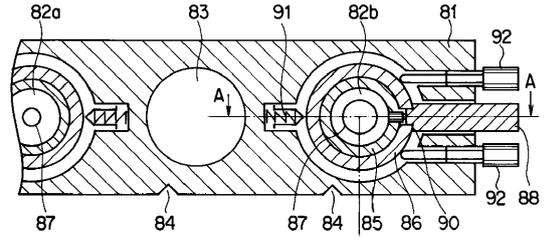
1...鏡体ハウジング、9...試料、11, 61...対物レンズ、15, 65...結像レンズ、16, 66...第1の光学素子、16a~16c...半透過プリズム、17a~17d...撮影光路、22, 73...第2の光学素子、23...観察光路、26b, 97, 100...瞳変調器、27...観察筒体。

50

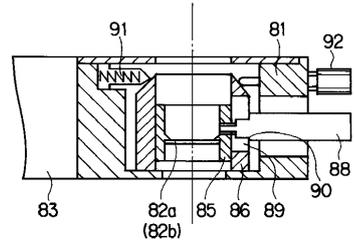
【 図 6 】



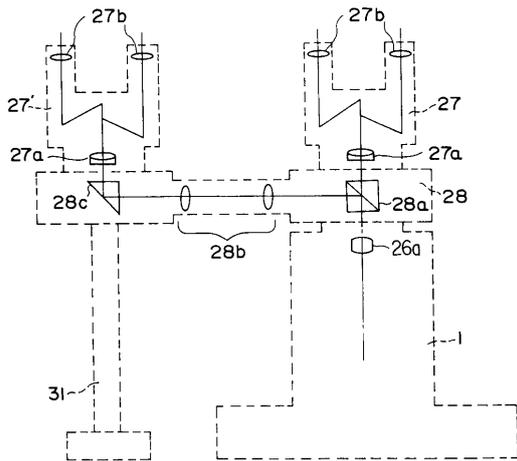
【 図 7 】



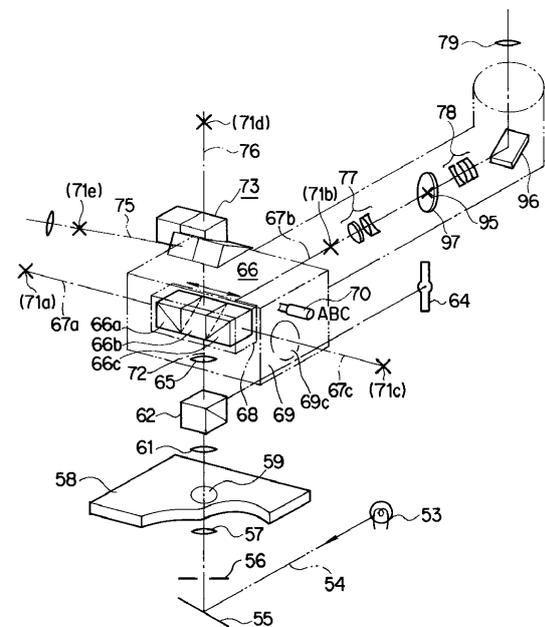
【 図 8 】



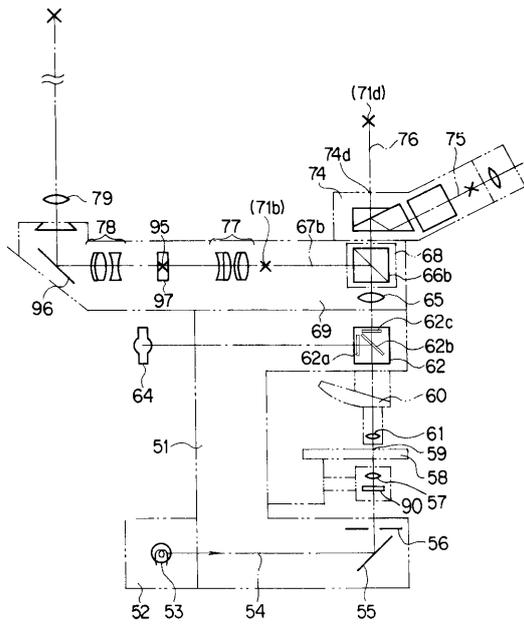
【 図 9 】



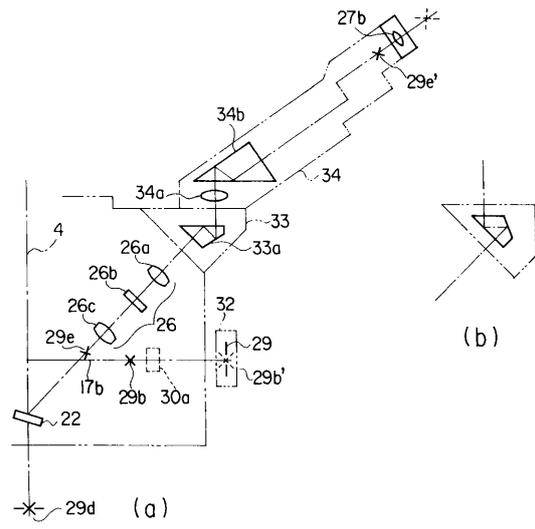
【 図 10 】



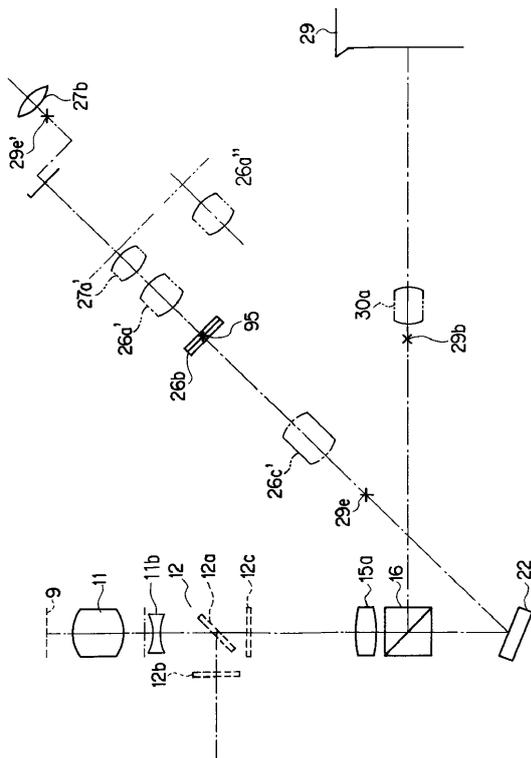
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100092196
弁理士 橋本 良郎
- (72)発明者 遠藤 到
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス光学工業株式会社内
- (72)発明者 河野 芳弘
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス光学工業株式会社内
- (72)発明者 金子 泰
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス光学工業株式会社内
- (72)発明者 梶谷 和男
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス光学工業株式会社内

審査官 里村 利光

- (56)参考文献 特開昭60-053915(JP,A)
特開昭60-263918(JP,A)
特公昭26-004484(JP,B1)
実開昭49-131936(JP,U)
実開昭58-005007(JP,U)
特開昭60-053915(JP,A)
特開昭60-263918(JP,A)
特公昭26-004484(JP,B1)
実開昭49-131936(JP,U)
実開昭58-005007(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G02B19/00-21/00、G02B21/06-21/36