

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3857888号  
(P3857888)

(45) 発行日 平成18年12月13日(2006.12.13)

(24) 登録日 平成18年9月22日(2006.9.22)

(51) Int. Cl.	F I	
GO2B 21/24 (2006.01)	GO2B 21/24	
A61B 19/00 (2006.01)	A61B 19/00	508
GO2B 13/00 (2006.01)	GO2B 13/00	
GO2B 21/02 (2006.01)	GO2B 21/02	Z
GO3B 5/00 (2006.01)	GO3B 5/00	G
請求項の数 6 (全 32 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2001-201069 (P2001-201069)	(73) 特許権者	000000527
(22) 出願日	平成13年7月2日(2001.7.2)		ペンタックス株式会社
(65) 公開番号	特開2002-90650 (P2002-90650A)		東京都板橋区前野町2丁目36番9号
(43) 公開日	平成14年3月27日(2002.3.27)	(74) 代理人	100098235
審査請求日	平成15年7月7日(2003.7.7)		弁理士 金井 英幸
(31) 優先権主張番号	特願2000-209791 (P2000-209791)	(72) 発明者	伊藤 栄一
(32) 優先日	平成12年7月11日(2000.7.11)		東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		光学工業株式会社内
		審査官	山村 浩
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ビデオ式顕微鏡への防振機構の組み込みの決定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の大きさを有する被観察フィールドに存在する物体の像を顕微鏡光学系によって形成して、この像を撮像素子により撮像して矩形のディスプレイ上に表示することによって、前記像を観察者による観察に供するビデオ式顕微鏡へ、前記顕微鏡光学系の全体としての傾斜を測定する第1種センサと、前記顕微鏡光学系の全体としての移動を測定する第2種センサと、前記顕微鏡光学系内を進行する被写体光を所望の方向へ所望の角度で偏向する偏向手段と、前記第1種センサ及び前記第2種センサの測定結果に基づいて前記偏向手段による前記被写体光の偏向の方向及び角度を調節することによって、一定の被観察フィールド内に存在する物体の前記像を同一位置に形成させる制御部とからなる防振機構を、

10

組み込むか否かを決定する方法であって、  
前記顕微鏡光学系の作動距離  $L$  [mm] が前記被観察フィールドの幅  $A_v$  [mm] に対して条件

$$1 / A_v > 1 / (11.46 + 0.011 \times L) \text{ [mm}^{-1}\text{]}$$

を満たす場合にのみ、前記ビデオ式顕微鏡に前記防振機構を組み込むことを決定することを特徴とするビデオ式顕微鏡への防振機構の組み込みの決定方法。

【請求項2】

前記顕微鏡光学系は、前記被観察フィールドに存在する物体の実像を撮像して、この実像をモニタに表示する

ことを特徴とする請求項1記載のビデオ式顕微鏡への防振機構の組み込みの決定方法。

20

## 【請求項 3】

前記顕微鏡光学系は、夫々パワーを有する複数のレンズを含んでおり、  
前記偏向手段は、前記顕微鏡光学系に含まれる一部のレンズのみを、その光軸に直交する面内でシフトすることを特徴とする請求項 1 記載のビデオ式顕微鏡への防振機構の組み込みの決定方法。

## 【請求項 4】

前記顕微鏡光学系は、その光軸を折り曲げる反射鏡を含んでおり、  
前記偏向手段は、前記反射鏡を任意の方向へ任意の角度で傾斜させることを特徴とする請求項 1 記載のビデオ式顕微鏡への防振機構の組み込みの決定方法。

## 【請求項 5】

前記偏向手段は、前記顕微鏡光学系内に挿入された可変頂角プリズムを含むことを特徴とする請求項 1 記載のビデオ式顕微鏡への防振機構の組み込みの決定方法。

## 【請求項 6】

所定の大きさを有する被観察フィールドに存在する物体の像を顕微鏡光学系によって形成して、この像を撮像素子により撮像して矩形のディスプレイ上に表示することによって、前記像を観察者による観察に供するビデオ式顕微鏡へ、前記顕微鏡光学系の全体としての傾斜を測定する第 1 種センサと、前記顕微鏡光学系の全体としての移動を測定する第 2 種センサと、前記顕微鏡光学系内を進行する被写体光を所望の方向へ所望の角度で偏向する偏向手段と、前記第 1 種センサ及び前記第 2 種センサの測定結果に基づいて前記撮像素子をその撮像面を含む面内で移動させることによって、一定の被観察フィールド内に存在する物体の前記顕微鏡光学系による像を、前記撮像素子の撮像面における一定位置にて撮像させる制御部とからなる防振機構を、組み込むか否かを決定する方法であって、  
前記顕微鏡光学系の作動距離  $L$  [mm] が前記被観察フィールドの幅  $A_v$  [mm] に対して条件

$$1 / A_v > 1 / (11.46 + 0.011 \times L) \text{ [mm}^{-1}\text{]}$$

を満たす場合にのみ、前記ビデオ式顕微鏡に前記防振機構を組み込むことを決定することを特徴とするビデオ式顕微鏡への防振機構の組み込みの決定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、架台の先端に保持された状態で使用される顕微鏡に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

例えば、脳神経外科手術のように微細な組織を処置する際には、その組織を肉眼で識別することが困難であるので、光学式又はビデオ式の顕微鏡が使用される。但し、このような場合には、この顕微鏡を使用する観察者は施術中の医師（以下、「主術者」という）であり、その両手はメス等によってふさがれているので、この顕微鏡は、架台によって支えられる必要がある。しかも、被術者の様々な部位を様々な方向から撮影する必要から、この架台は、その先端に顕微鏡を保持するとともに様々な方向に屈曲自在な長尺状のアームを、有していなければならない。

## 【0003】

このようなアームの先端に顕微鏡が保持されると、顕微鏡自身が微動してしまうことが避けられない。但し、従来の顕微鏡の作動距離（即ち、顕微鏡光学系における最も物体側の面からその物体側焦点までの距離）は短く、長くても 300 mm 以上となることはなかった。しかも、物体側焦点において顕微鏡光学系の光軸に直交する面内において顕微鏡光学系を介して観察される範囲（以下、「被観察フィールド」という）は、その縦方向の寸法が 15 mm 程度と、それほど小さくはない。即ち、顕微鏡光学系の全体的倍率はそれほど大きくない。従って、顕微鏡がアームの先端に保持されているために、この顕微鏡が微動したとしても、その微動が観察中の像に与える影響はわずかであって、実用上は問題がなかった。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 4 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

しかしながら、顕微鏡が手術に際して使用される場合には、顕微鏡自体が手術の邪魔となつてはいけなないので、顕微鏡の作動距離は300mm以上に長くなることが望まれる。このようにして作動距離が延ばされてしまうと、顕微鏡自体の微動に伴って、観察者の眼の分解能によって認識できる程度に、被観察フィールドが大きすぎてしまう。同様に、顕微鏡の倍率を上げることも望まれるが、顕微鏡の倍率が上がると、被観察フィールドが狭くなるので、被観察フィールドの大きさに対するズレの比率が上がってしまう。即ち、顕微鏡光学系によるズレの拡大率が大きくなってしまふ。その結果、観察者は像がブレていると認識し、見かけ上の光学性能が大きく低下してしまう。

10

## 【 0 0 0 5 】

本発明は、以上の問題認識に基づいてなされたものであり、その課題は、架台のアームの先端に保持されて使用された場合に観察者の眼に識別可能な程度の像ブレが生じる蓋然性の高い顕微鏡に、像ブレを防ぐための機構を組み込むことを、課題とする。

## 【 0 0 0 6 】

## 【 課題を解決するための手段 】

このような課題の下になされた本発明の第1の態様によるビデオ式顕微鏡への防振機構の組み込みの決定方法は、所定の大きさを有する被観察フィールドに存在する物体の像を顕微鏡光学系によって形成して、この像を撮像素子により撮像して矩形のディスプレイ上に表示することによって、前記像を観察者による観察に供するビデオ式顕微鏡へ、前記顕微鏡光学系の全体としての傾斜を測定する第1種センサと、前記顕微鏡光学系の全体としての移動を測定する第2種センサと、前記顕微鏡光学系内を進行する被写体光を所望の方向へ所望の角度で偏向する偏向手段と、前記第1種センサ及び前記第2種センサの測定結果に基づいて前記偏向手段による前記被写体光の偏向の方向及び角度を調節することによって、一定の被観察フィールド内に存在する物体の前記像を同一位置に形成させる制御部とからなる防振機構を、組み込むか否かを決定する方法であつて、前記顕微鏡光学系の作動距離  $L$  [mm] が前記被観察フィールドの幅  $A_v$  [mm] に対して条件

$$1 / A_v > 1 / (11.46 + 0.011 \times L) \text{ [mm}^{-1}\text{]}$$

を満たす場合にのみ、前記ビデオ式顕微鏡に前記防振機構を組み込むことを決定することを、特徴とする。

20

30

## 【 0 0 0 7 】

この顕微鏡は、その顕微鏡光学系が上記条件を満たしているために、架台のアームの先端に固定された場合には、その顕微鏡光学系を介して被観察フィールドを観察している観察者の眼によって認識できる程度の像のブレを生じてしまう蓋然性が高い。そのため、この顕微鏡には、第1種センサ、第2種センサ、制御部及び偏向手段からなる防振機構が組み込まれている。その結果、この顕微鏡において発生してしまう蓋然性が高かった像のブレは、この防振機構によって確実に打ち消されて、見かけ上の光学性能の劣化が防止される。

## 【 0 0 0 8 】

顕微鏡光学系は、対物光学系によって一旦形成された被観察フィールドの像が接眼レンズを介して観察者によって観察されるいわゆる光学式顕微鏡の光学系であっても良いし、対物光学系によって形成された被観察フィールドの像を撮像し、撮像された像をモニタ上に表示するいわゆるビデオ式顕微鏡の光学系であっても良い。さらに、この顕微鏡光学系は、単眼の光学系であっても良いし、双眼の光学系であっても良い。

40

## 【 0 0 0 9 】

第1センサは、角速度センサであっても良いし、角加速度センサであっても良い。この第1センサとしては、直交する2方向において夫々角度を測定する二つのセンサが用意されていることが望ましい。

## 【 0 0 1 0 】

第2センサは、位置センサであっても良いし、加速度センサであっても良い。この第1セ

50

ンサとしては、直交する2方向において夫々移動を測定する二つのセンサが用意されていることが望ましい。

【0011】

偏向手段は、顕微鏡光学系に含まれ且つそれ自体がパワーを有するレンズをその光軸に直交する方向へシフトさせる機構を含んでいても良いし、顕微鏡光学系内に挿入された反射鏡の傾斜方向及び傾斜角を調整する機構を含んでいても良いし、可変頂角プリズムを含んでいても良い。この偏向手段は、顕微鏡光学系中のどの位置において被写体光を偏向させても良い。

【0012】

また、本発明の第2の態様によるビデオ式顕微鏡への防振機構の組込みの決定方法は、所定の大きさを有する被観察フィールドに存在する物体の像を顕微鏡光学系によって形成して、この像を撮像素子により撮像して矩形のディスプレイ上に表示することによって、前記像を観察者による観察に供するビデオ式顕微鏡へ、前記顕微鏡光学系の全体としての傾斜を測定する第1種センサと、前記顕微鏡光学系の全体としての移動を測定する第2種センサと、前記顕微鏡光学系内を進行する被写体光を所望の方向へ所望の角度で偏向する偏向手段と、前記第1種センサ及び前記第2種センサの測定結果に基づいて前記撮像素子とその撮像面を含む面内で移動させることによって、一定の被観察フィールド内に存在する物体の前記顕微鏡光学系による像を、前記撮像素子の撮像面における一定位置にて撮像させる制御部とからなる防振機構を、組み込むか否かを決定する方法であって、前記顕微鏡光学系の作動距離  $L$  [mm] が前記被観察フィールドの幅  $A_v$  [mm] に対して条件  

$$1 / A_v > 1 / (11.46 + 0.011 \times L) \text{ [mm}^{-1}\text{]}$$
を満たす場合にのみ、前記ビデオ式顕微鏡に前記防振機構を組み込むことを決定することを、特徴とする。

【0013】

この顕微鏡は、その顕微鏡光学系が上記条件を満たしているために、架台のアームの先端に固定された場合には、撮像素子によって撮像された像をモニタ上で観察している観察者の眼によって認識できる程度の像のブレを生じてしまう蓋然性が高い。そのため、この顕微鏡には、第1センサ、第2センサ、制御部及び撮像素子からなる防振機構が組み込まれている。その結果、この顕微鏡において発生してしまう蓋然性が高かった像のブレは、この防振機構によって確実に打ち消されて、見かけ上の光学性能の劣化が防止される。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。

【0015】

以下に説明する各実施形態においては、本発明による防振顕微鏡は、一对の撮影光学系によって被写体のステレオ像を撮像装置の撮像面上に形成し、この撮像装置によって撮像されたステレオ像の映像信号を出力するビデオ型立体顕微鏡（以下、単に「立体顕微鏡」という）として、適用される。そして、この立体顕微鏡は、例えば脳神経外科手術の際に用いられる手術支援システムに組み込まれて使用される。この手術支援システムは、立体顕微鏡によって患者の組織をビデオ撮影して得られた立体映像（ステレオ映像）を、主術者専用の立体視ビューワや他のスタッフ用のモニタ等に表示し、また、録画装置に録画するシステムである。

【0016】

【実施形態1】

（手術支援システムの全体構成）

図1は、本発明の第1の実施形態としての手術支援システムの概略を示すシステム構成図である。この図1に示されるように、手術支援システムは、立体顕微鏡101と、この立体顕微鏡101の背面の上端近傍に取り付けられたハイビジョンCCDカメラ102と、立体顕微鏡101の上面に取り付けられたカウンターウェイト104と、このカウンターウェイト104に開けられた貫通孔を貫通して立体顕微鏡101の内部に導通されたライ

10

20

30

40

50

トガイドファイバ105と、このライトガイドファイバ105を通じて立体顕微鏡101に照明光を導入する光源装置106と、ハイビジョンCCDカメラ102に接続された分配器111と、この分配器111に接続された録画装置115、モニター114及び立体視ビューワ113等から、構成されている。

【0017】

上述した立体顕微鏡101は、その背面に取付られたマウントを介して、架台としての第1スタンド100のフリーアーム100aの先端に、着脱自在に固定されている。このフリーアーム100aは、任意の方向に任意の角度で屈曲自在なヒンジを介して相互に連結された3本のアームから、構成されている。このフリーアーム100aの全長は、1000mmである。立体顕微鏡101は、このフリーアーム100aの先端が届く半径内で、移動自在であるとともに、任意の向きに向くことができる。

10

【0018】

この立体顕微鏡101内の光学構成については後で詳しく説明するが、その概略構成を述べると、図2に示すように、被写体は、単一の光軸を持つ大径のクローズアップ光学系210、及びこのクローズアップ光学系210における互いに異なる箇所を透過した光を夫々収束させる左右一對のズーム光学系220、230からなる対物光学系によって、左右の視野絞り270、271の位置に、夫々、一次像として結像される。これら左右の一次像は、左右一對のリレー光学系240、250によってリレーされてハイビジョンCCDカメラ102内に導入され、ハイビジョンサイズ(縦横のアスペクト比=9:16)の撮像面を有する撮像装置としてのCCD116における左右の各撮像領域(縦横のアスペクト比=9:8)に、夫々二次像として再結像される。

20

【0019】

このような一對の撮影光学系によってCCD116の撮像面上における左右の各撮像領域(撮像面上における基線長の方向において区分された二つの領域)に形成された像は、所定の基線長を隔てた二箇所から夫々撮影した画像を左右に並べたステレオ画像と等価である。そして、このCCD116の出力信号は、画像プロセッサ117によってハイビジョン信号として生成されて、ハイビジョンCCDカメラ102から分配器111へ向けて出力される。

【0020】

なお、この立体顕微鏡101内には、クローズアップ光学系210の物体側焦点位置近傍に存在する被写体を照明する照明光学系300(図6参照)が内蔵されている。そして、この照明光学系300には、光源装置106からライトガイドファイババンドル105を介して照明光が導入される。

30

【0021】

図1に戻り、ハイビジョンCCDカメラ102から入力された被写体のハイビジョン信号は、分配器111によって、主術者用の立体視ビューワ113、その他の手術スタッフ用又は遠隔地に居るアドバイザ用のモニター114、及び、録画装置115へ、夫々供給される。

【0022】

立体視ビューワ113は、第2スタンド112のフリーアーム112aの先端から垂下して取り付けられている。従って、主術者が処置を施し易い姿勢に合わせて、立体視ビューワ113を配置することが可能になっている。この立体視ビューワ113は、ハイビジョンサイズのLCDパネル120を、モニターとして内蔵している。このLCDパネル120に分配器からのハイビジョン信号による映像が表示された場合には、図3の平面図に示すように、LCDパネル120の左半分120bには、CCD116における左側撮像領域にて撮影された映像が表示され、右半分120aには、CCD116における右側撮像領域にて撮影された映像が表示される。立体視ビューワ113内の光路は、LCDパネル120の左右の表示領域の境界線120cに対して垂直に設置された図示せぬ隔壁により、左右に区分けされている。そして、隔壁の左側に置かれた主術者の左目により左半分120bの映像が観察され、隔壁の右側に置かれた主術者の右目により右半分120aの映

40

50

像が観察される。図4(a)は、手術者の側方から見た場合におけるLCDパネル120と目との相対位置を示している。この図4(a)に示されるように、主術者の目122が自然にLCDパネル120を観察できるように、目122は、LCDパネル120から所定距離 $L_{DISP}$  [mm]だけ離れた位置に、図示せぬ覗き穴によって位置決めされる。図4(b)は、立体視ビューワ113のバリエーションを示している。この図4(b)に示されるように、LCDパネル120と目122との間に、この目122の位置を規制するとともにLCDパネル120の虚像120'をLCD120よりも遠方に形成するアイピースレンズ121が配置されても良い。この場合には、接眼レンズ122の直後に置かれる目122から所定距離 $L_{DISP}$  [mm]だけ離れた位置にLCDパネル120の虚像120'が形成されるように、アイピースレンズ121の焦点距離及びLCDパネル120の位置が設定されている。

10

(立体顕微鏡の構成)

次に、上述した立体顕微鏡101(ハイビジョンCCDカメラ102を含む)の具体的な構成を、詳細に説明する。なお、以下の説明をより解り易くするために図5の上下方向が立体顕微鏡101の上下方向であると定義し、図5における左上と右下とを結ぶ方向が立体顕微鏡101の前後方向であると定義する。

【0023】

この立体顕微鏡101のハウジング1は、図5の斜視図に示すように、ハイビジョンCCDカメラ102が取り付けられた背面が扁平であり、且つ、表面(背面の反対側面)の両側縁が面取りされた略角柱形状を有する。そして、その上面の中央に、開口が円形の凹部1aが形成されている。この凹部1aの中心には、ライトガイドファイババンドル105の先端が挿通固定された円筒部材であるガイドパイプ122が挿入される挿入口(図示略)が、形成されている。なお、この挿入口の開口に取り付けられた円環状の部材(ファイバガイド挿入部)123は、挿入口に挿入されたガイドパイプ122を固定するチャックである。

20

<光学構成>

次に、立体顕微鏡101内の光学構成(但し、防振機構については後述する)を、図6乃至図9を参照して説明する。図6は顕微鏡光学系の光学構成を示す斜視図、図7は側面図、図8は正面図、図9は平面図である。

【0024】

立体顕微鏡101内の光学系は、これら各図に示すように、被写体の像を電子的に撮影するための顕微鏡光学系200と、ライトガイドファイババンドル105により光源装置106から導かれた照明光により被写体を照明する照明光学系300とから、構成されている。

30

【0025】

顕微鏡光学系200は、上述したように、左右で共用される一つのクローズアップ光学系210、及び左右一对のズーム光学系220, 230から構成される対物光学系と、この対物光学系により形成された被写体の一次像をリレーして被写体の二次像を形成する左右一对のリレー光学系240, 250と、これらのリレー光学系240, 250からの被写体光を互いに近接させる輻輳寄せプリズム260とを、備えている。

40

【0026】

また、ズーム光学系220, 230による一次像の形成位置には、視野絞り270, 271がそれぞれ配置されており、リレー光学系240, 250には光路を直角に偏向するペンタプリズム272, 273がそれぞれ配置されている。

【0027】

このような構成により、CCDカメラ102内に配置されたCCD116上の隣接した2つの領域に、所定の視差を持つ左右の被写体像を形成することができる。なお、光学系の説明においては、「左右」はCCD116上に投影された際にその撮像面の長手方向に一致する方向、「上下」はCCD116上で左右方向に直交する方向とする。以下、各光学系の構成を順に説明する。

50

## 【0028】

クローズアップ光学系210は、図6、図7、図8に示すように、物体側から順に負の第1レンズ211と正の第2レンズ212とが配列して構成される。第2レンズ212は、光軸方向に移動可能であり、その移動調整により異なる距離の被写体に対して焦点を合わせることができる。すなわち、クローズアップ光学系210は、被写体はその物体側焦点に位置するよう調整され、被写体からの発散光をほぼ平行光に変換するコリメート機能を有する。なお、このクローズアップ光学系210の第1レンズ211の物体側面の頂点から上記物体側焦点までの距離、即ち、作動距離Lは、焦点調整幅を含め、500 $\pm$ 100mmに設定されている。

## 【0029】

クローズアップ光学系210の第1、第2レンズ211、212は、光軸方向から見た平面形状がいずれもDカットされたほぼ半円形状を有し、このカットされた部分に照明光学系300が配置されている。

## 【0030】

一对のズーム光学系220、230は、クローズアップ光学系210からの無限遠結像の被写体光を視野絞り270、271の位置にそれぞれ結像させる。

## 【0031】

一方のズーム光学系220は、図6～図9に示すように、クローズアップ光学系210側から順に、正、負、負、正のパワーをそれぞれ有する第1～第4レンズ群221、222、223、224により構成され、第1、第4レンズ群221、224が固定され、第2、第3レンズ群222、223を光軸方向に移動させてズームを行う。主に第2レンズ群222の移動により倍率を変化させ、第3レンズ群223の移動により焦点位置を一定に保つ。

## 【0032】

他方のズーム光学系230も、上記のズーム光学系220と同一構成であり、第1～第4レンズ群231、232、233、234から構成される。これらのズーム光学系220、230は、図示せぬ駆動機構により連動し、左右の画像の撮影倍率を同時に変化させることができる。

## 【0033】

ズーム光学系220、230の光軸A $\times$ 2、A $\times$ 3は、クローズアップ光学系210の光軸A $\times$ 1に対して平行であり、かつ、ズーム光学系220、230の光軸A $\times$ 2、A $\times$ 3を含む平面が、この平面と平行でクローズアップ光学系210の光軸を含む平面に対し、Dカット部の反対側にだけ離れている。

## 【0034】

なお、クローズアップ光学系210の直径は、ズーム光学系220、230の最大有効径と照明光学系300の最大有効径を内包する円の直径より大きく設定されている。上記のようにズーム光学系220、230の光軸A $\times$ 2、A $\times$ 3をクローズアップ光学系210の光軸A $\times$ 1よりもDカット部から離れた位置に設定することにより、照明光学系300をもクローズアップ光学系の占める径内に収めることができ、全体をコンパクトにまとめることができる。

## 【0035】

視野絞り270、271は、ズーム光学系220、230により形成される一次像の位置に配置されている。視野絞り270、271は、図6に示すように、外形が円形状で左右方向のそれぞれ内側に半円形の開口を有している。各視野絞り270、271は、この開口の直線状のエッジがCCD116上での左右画像の境界線に相当する方向に一致し、それより内側の光束のみを透過させるように配置されている。

## 【0036】

前述のように、本実施形態の立体顕微鏡は、左右の二次像を単一のCCD116上の隣接領域に形成させるため、CCD116上での左右の画像の境界を明確にして画像の重なりを防ぐ必要がある。このため、一次像の位置に視野絞り270、271が配置されている

10

20

30

40

50

。半円開口の直線エッジをいわゆるナイフエッジとして機能させ、それより内側の光束のみを透過させることにより、CCD116上での左右の画像の境界を明確にすることができる。

【0037】

なお、視野絞り270, 271上に形成される一次像は、リレー光学系240, 250により再結像されて二次像となり、一次像と二次像とは上下、左右が反転する。したがって、一次像の位置で左右方向の外側を規定するナイフエッジは、二次像の位置では左右方向の内側、すなわち左右の画像の境界を規定することとなる。

【0038】

リレー光学系240, 250は、上述のようにズーム光学系220, 230により形成された一次像を再結像させる作用を持ち、いずれも3枚の正レンズ群により構成される。

10

【0039】

一方のリレー光学系240は、図6及び図7に示すように、単一の正メニスカスレンズから構成される第1レンズ群241と、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群242と、単一の両凸レンズから構成される第3レンズ群243とから構成されている。このうち第1レンズ群241及び第2レンズ群242は、その全体としての物体側焦点をズーム光学系220による一次像の結像面(視野絞り271と同じ平面)に一致させている。また、第3レンズ群243は、第2レンズ群242から射出された平行光をCCD116の撮像面上に収束させる。そして、第1レンズ群241と第2レンズ群242との間には、光路を直角に偏向するペンタプリズム272が配置され、第2レンズ群242と第3レンズ群243との間には光量調節用の明るさ絞り244が設けられている。

20

【0040】

他方のリレー光学系250も、上記のリレー光学系240と同一構成であり、第1、第2、第3レンズ群251, 252, 253から構成され、第1レンズ群251と第2レンズ群252との間には、ペンタプリズム273が配置され、第2レンズ群252と第3レンズ群253との間には明るさ絞り254が設けられている。

【0041】

視野絞り270, 271を通過した発散光は、リレー光学系240, 250の第1レンズ群241, 251及び第2レンズ群242, 252により再びほぼ平行光に変換され、明るさ絞り244, 254を通過した後、第3レンズ群243, 253により再度結像して二次像を形成する。

30

【0042】

リレー光学系240, 250中にペンタプリズム272, 273を配置することにより、クローズアップ光学系210の光軸方向に沿った顕微鏡光学系200の全長を短くすることができる。

【0043】

リレー光学系240, 250とCCDカメラ102との間に配置された輻輳寄せプリズム260は、それぞれのリレー光学系240, 250からの被写体光の左右の間隔を狭める機能を有する。立体視による立体感を得るためには左右のズーム光学系220, 230、リレー光学系240, 250の間には所定の基線長が必要である。他方、CCD116上の隣接した領域に二次像を形成するためには光軸間の距離を基線長より小さくする必要があるので、輻輳寄せプリズム260により、リレー光学系240, 250の光軸をそれぞれ内側にシフトさせることにより、所定の基線長を確保しつつ同一のCCD116上への結像を可能としている。

40

【0044】

輻輳寄せプリズム260は、図6及び図9に示すように、略五角柱状の形状を有する左右対称な光軸シフトプリズム261, 262を、0.1mm程度の間隙を開けて対向配置することによって、構成されている。

【0045】

光軸シフトプリズム261, 262は、図9に示すように、互いに平行な入射端面と射出

50



端面とを備え、かつ、内側と外側とに互いに平行な第1, 第2反射面を備えている。また、これらの光軸シフトプリズム261, 262は、入射、射出端面や反射面に対して垂直な方向から平面的に見ると、平行四辺形の鋭角の頂角の一方を射出端面に直交する線で切り取って形成された五角形状を有する。

#### 【0046】

リレー光学系240, 250からの被写体光は、各光軸シフトプリズム261, 262の入射端面から入射し、外側の反射面で反射されて左右方向で内側に向けられ、内側の反射面で再び入射時と同じ光軸方向に反射され、射出端面から射出してCCDカメラ102に入射する。この結果、左右の被写体光はその進行方向を変えずに左右の間隔のみが狭められ、同一のCCD116上に二次像を形成する。

10

#### 【0047】

照明光学系300は、被写体に照明光を投影する機能を有し、図6に示すように、ライトガイドファイババンドル105から射出する発散光の発散度合いを調整する照明レンズ310と、照明範囲と撮影範囲とを一致させるための楔プリズム320とから構成されている。照明レンズ310の光軸A×4は、図7に示すようにクローズアップ光学系210の光軸A×1と平行であり、かつ、所定量偏心しているため、このままでは照明範囲の中心と撮影範囲の中心とが一致せず、照明光量が無駄になる。楔プリズム310を設けることにより、上記の不一致を解消でき、照明光量を有効に利用することができる。

(防振の必要性及び防振機構)

次に、上述した基本構成を有する立体顕微鏡101に防振が必要となる条件と、そのような条件を立体顕微鏡101が満たした場合に採用される防振機構の具体的構成とを、説明する。図10は、本実施形態において立体顕微鏡101内に組み込まれた防振機構の概略を示す。この図10に示されるように、立体顕微鏡101は、その内部に、2個一組の角速度センサ1, 同じく2個一組の加速度センサ2, 各角速度センサ1及び加速度センサ2に接続された顕微鏡コントロール部3, 及び、この顕微鏡コントロール部3に接続された防振補正部4を、備えている。

20

#### 【0048】

ここで、図6を用いて、立体顕微鏡101のローカル座標軸を定義する。即ち、図6に示されるように、クローズアップ光学系210の光軸A×1と平行な座標軸を“X軸”と定義し、両ズーム光学系220, 230の光軸A×2, A×3に対して共に直交する座標軸を“Y軸”と定義し、X軸及びY軸に対して共に直交する方向の座標軸を“Z軸”と定義する。更に、X軸を中心として回転を“ローリング”, Y軸を中心として回転を“ピッチング”, Z軸を中心とした回転を“ヨーイング”と、夫々定義する。

30

#### 【0049】

上記各角速度センサ1は、夫々、ピッチング, ヨーイングにおける立体顕微鏡101の回転角を、互いに独立して測定する。即ち、これら各角速度センサ1は、顕微鏡光学系200の全体としての傾斜を測定する第1センサである。また、上記各加速度センサ2は、夫々、Y軸方向、Z軸方向における立体顕微鏡101の移動を、互いに独立して測定する。即ち、これら各加速度センサ2は、顕微鏡光学系200の全体としての移動を測定する第2センサである。なお、ローリングにおける回転を検出する角速度センサ1が備えられていないのは、ローリングに因っても光軸A×1の方向が変わらないために、作動距離Lが長くても、被観察フィールドの移動が僅かに留まるからである。同様に、X軸方向における移動を検出する加速度センサ2が備えられていないのは、その方向の移動があっても光軸A×1の方向が変わらないために、作動距離L如何に拘わらず、被観察フィールドの移動が僅かに留まるからである。

40

#### 【0050】

これら各角速度センサ1及び加速度センサ2から出力された信号は、制御部としての顕微鏡コントロール部3に入力される。この顕微鏡コントロール部3は、各角速度センサ1から出力された信号に基づいて、立体顕微鏡101の傾き(即ち、光軸A×1の傾き)の方向及び角度を算出し、各加速度センサ2から出力された信号に基づいて、この立体顕微鏡

50

101のシフト(即ち、光軸A×1に直交する面内でのシフト)の方向及び量を算出する。そして、顕微鏡コントロール部3は、これらの計算結果、並びに、自己の顕微鏡光学系200の倍率に基づいて、CCD116の撮像面を含む平面内における像の移動方向及び移動量(被観察フィールドの移動方向及び移動量に対応)を算出する。そして、この像の移動方向及び移動量を打ち消して、像が撮像面上で停止するように、防振補正部4を制御するのである。なお、主術者又は他のスタッフが立体顕微鏡101に力を掛けて移動する場合には、第1スタンド100のフリーアーム100aの各間接部に夫々組み込まれたクラッチを解除する必要がある。各クラッチには、その解除及び固定を検出するセンサが設けられており、顕微鏡コントロール部3は、何れかのクラッチのセンサがクラッチの解除を検出すると、防振補正部4の制御を停止(防振を停止)し、全てのクラッチのセンサがクラッチの固定を検出すると、防振補正部4の制御を再開(防振を再開)する。

10

## 【0051】

防振補正部4は、本実施形態においては、クローズアップ光学系210の第2レンズ212を光軸に直交する面内においてシフトさせる偏向手段としての機構であり、この第2レンズ212をY方向、Z方向に夫々シフトさせるアクチュエータを備えている。そして、顕微鏡コントロール部3からの制御に応じて、各アクチュエータを夫々駆動して第2レンズ212をシフトさせることにより、防振補正部4は、制御開始時点において被観察フィールドの中心に位置していた物体からの主光線を偏向して、各ズーム光学系220、230の光軸A×2、A×3と平行な方向へ向ける。これにより、顕微鏡コントロール部3による制御が続く限り、CCD116の撮像面上に結像する被観察フィールドが固定される

20

## 【0052】

ところで、上述したような防振機構は、それ自体が立体顕微鏡の重量増やコスト増の原因となるので、防振の必要性のない立体顕微鏡に組み込むことは望ましくない。そこで、以下に、本実施例による立体顕微鏡101が防振の必要性を有していること(防振の必要性に関する基準)について、説明する。

## 【0053】

先ず、本実施形態による立体顕微鏡101が手術に際して用いられるものである以上、あまりに高倍率であると(即ち、被観察フィールドがあまりに小さいと)、手術の役には立たない。一般的には、メスの刃先の大きさも考慮して、被観察フィールドの大きさは、縦方向に15mm程度の大きさに設定されている。これは、本実施形態のように作動距離Lが500+/-100mmである場合であっても、同じである。

30

## 【0054】

なお、以下、立体視ビューワ113のLCDパネル120の縦幅を $DISP_V$  [mm]、横幅を $DISP_H$  [mm]と表記する。

## 【0055】

また、一般的に、横長サイズ(ハイビジョンサイズ)の画面を見る場合には、最適な観察距離は、画面の縦幅 $DISP_V$  [mm]の4倍である。従って、上述した所定距離 $L_{DISP}$ の最適値(以下、「最適観察距離」という)は、

40

$$L_{DISP} = DISP_V \times 4 \text{ [mm] } \dots\dots (1)$$

である。即ち、上述したサイズのLCDパネル120を観察する場合、LCDパネル120から上記式(1)によって求まる最適観察距離 $L_{DISP}$  [mm]だけ離れた位置に眼を置いて観察することが、自然な観察を可能にするために望ましい。

## 【0056】

また、一般的に、人間の眼の分解能は、視神経の密度等の理由に因り、1分程度の角度であると言われている。但し、実験により、人間の眼は、3分程度の識別はできないことが確認されている。従って、上記最適観察距離 $L_{DISP}$  [mm]だけ離れた位置に配置されているLCDパネル120上での画像の移動量が観察者の眼を中心として3分を超えると

50

観察者によって認識されてしまうので、顕微鏡光学系 200 の見かけ上の光学性能が劣化してしまう。

【0057】

従って、LCDパネル120上での画像の移動量が観察者によって認識されない限り、即ち、画像移動量の許容量  $D_{DISP}$  [mm] は、眼の分解能が約3分であり、最適観察距離が  $L_{DISP}$  [mm] であるとする、

$$D_{DISP} = L_{DISP} \times \tan 3' \text{ [mm]} \\ = 4DISP_V \times \tan 3' \text{ [mm]} \dots\dots (2)$$

である。即ち、LCDパネル120上での画像の移動が  $D_{DISP}$  [mm] の範囲内に留まれば、最適観察距離だけ離れた位置から観察している観察者には認識されず、見かけ上の光学性能が劣化することはない。

10

【0058】

一方、上述したように、第1スタンド100のフリーアーム100aは複数のアームを連結することによって構成されているので、その振幅は比較的大きく、フリーアーム100aの先端における直線振動量  $d$  [mm] を0.04mm以下に抑えることは難しい。全長1000mmのフリーアーム100aの先端の直線振動量  $d$  が0.04mmである場合には、フリーアーム100aの基端が固定されているとすると、この基端を中心とした回転振動角 [秒] は、 [秒] = 0.04 / 1000 = 8秒となる。従って、フリーアーム100aの先端における回転振動角 [秒] を8秒以下に抑える事は、かなり難しい。

【0059】

20

このようにしてフリーアーム100aの先端が振動(直線運動及び回転振動)すると、立体顕微鏡101自体も振動するので、その光軸  $A \times 1$  が振動して被観察フィールドも移動してしまう。その被観察フィールドの移動量  $D$  は、フリーアーム100aの直線振動に因る移動量  $D_{LIN}$  [mm] と回転振動に因る移動量  $D_{ROT}$  [mm] との和として表される。この直線振動に因る移動量  $D_{LIN}$  [mm] は、フリーアーム100aの先端の直線振動量  $d$  [mm] そのものである。また、回転振動に因る移動量  $D_{ROT}$  [mm] は、フリーアーム100aの先端における振動角 [秒] の正接に被観察フィールドまでの距離(作動距離  $L$  [mm]) を乗じた値 ( $L \times \tan$  ) [mm] に一致する。従って、被観察フィールドの移動量  $D$  [mm] は、下記式(3)によって表される。

【0060】

30

$$D = D_{LIN} + D_{ROT} \text{ [mm]} \\ = d + L \times \tan \text{ [mm]} \\ = 0.04 + 0.000039 \times L \text{ [mm]} \dots\dots (3)$$

この式(3)によって定義された被観察フィールドの移動量  $D$  に対応するLCDパネル120上での画像の移動量が、上記式(2)によって定義される許容量  $D_{DISP}$  を越えると、その移動が観察者によって認識されて、見かけ上の光学性能が劣化してしまう。換言すると、図11に示すように、被観察フィールドAの縦幅 ( $A_V$ ) [mm] に対する  $D$  [mm] の比率が、 $DISP_V$  [mm] に対する許容量  $D_{DISP}$  [mm] の比率を越えると、LCDパネル120上での画像の移動が観察者によって認識されて、見かけ上の光学性能が劣化してしまう。従って、下記式(4)が示す条件が満たされた場合に、立体顕微鏡101に防振機構を組み込む必要性が生じるのである。なお、被観察フィールドAにおける「縦」とは、CCD116の撮像面における縦方向、従って、主術者の眼幅方向に直交するLCDパネル120における縦方向に対応する方向を、意味する。

40

【0061】

$$D / A_V > D_{DISP} / DISP_V \dots\dots (4)$$

この式(4)を等式に変更して、上記式(2)を代入すると、

$$D / A_V = 4 \times \tan 3' \\ 1 / A_V = 4 \times \tan 3' / D \text{ [mm}^{-1}\text{]} \dots\dots (5)$$

となる。この式(5)に式(3)を代入すると、

$$1 / A_V = 4 \times \tan 3' / (d + L \times \tan) \text{ [mm}^{-1}\text{]}$$

50

$$= 0.0035 / (0.04 + 0.000039 \times L) \text{ [mm}^{-1}\text{]}$$

$$= 1 / (11.46 + 0.011 \times L) \text{ [mm}^{-1}\text{]} \quad \dots\dots (6)$$

となる。

【0062】

この式(6)から明らかなように、防振が必要となる作動距離  $L$  [mm] 及び被観察フィールドの縦幅  $A_V$  [mm] の組合せの閾値は、 $A_V$  の逆数  $[mm^{-1}]$  に対する  $L$  [mm] の関数として表される。この式(6)に作動距離  $L$  [mm] を100刻みで代入することによって算出された  $1 / A_V$   $[mm^{-1}]$  の値を、下記表1に示す。

【0063】

【表1】

$L$ [mm]	$1 / A_V$ $[mm^{-1}]$
100	0.081
200	0.075
300	0.069
400	0.064
500	0.060
600	0.056
700	0.053
800	0.050
900	0.047
1000	0.045
1100	0.043
1200	0.041
1300	0.039

10

20

この表1に示す計算結果をプロットし、上記式(6)が示す閾値関数を描き、防振が必要な範囲、即ち、上記式(6)を変形させた不等式

$$1 / A_V > 1 / (11.46 + 0.011 \times L) \text{ [mm}^{-1}\text{]} \quad \dots\dots (6')$$

が示す範囲を図示したグラフが、図12である。この図12に示されるように、作動距離  $L$  [mm] が長くなる程、また、被観察フィールドの縦幅  $A_V$  [mm] が短くなる程(顕微鏡光学系200の倍率が高くなる程)、防振の必要性が高まる。逆に、作動距離  $L$  [mm] が短くなる程、また、被観察フィールドの縦幅  $A_V$  [mm] が長くなる程(顕微鏡光学系200の倍率が低くなる程)、防振の必要性が低くなる。

30

【0064】

本実施形態の双眼顕微鏡101は、その作動距離が500mm前後であり、被観察フィールドの縦幅  $A_V$  [mm] が15mm(従って、 $1 / A_V$  0.067  $[mm^{-1}]$ )であるので、上記式(6')を満たし、図12に示すグラフ中における防振が必要な範囲に含まれてしまう。その位置を符号Gにより示す。そのため、本実施形態の双眼顕微鏡101には、上述した防振機構が組み込まれる必要があったのである。

【0065】

なお、従来技術の箇所では例示した従来の顕微鏡(作動距離  $L = 300$ mm, 被観察フィールドの縦幅  $A_V = 15$ mm)は、図12において、符号Hで示す位置に存在する。従って、従来の顕微鏡は、そもそも、防振を行う必要が無かったのである。

40

【0066】

このように、本発明は、観察者によって認識され得る像ブレが生じる合理的条件を調べ、その条件を満たす顕微鏡について防振機構を組み込んだものであるので、防振の必要性が生じている顕微鏡に関して、確実に像ブレを防止することができる。

【0067】

なお、本実施形態の双眼顕微鏡101においては、クローズアップ光学系210の第2レンズ212が防振補正部4によってシフトされているので、防振補正部4がシフトさせる対象レンズが一個のみであり、CCD116の撮像面上における左右の撮像領域の境界線

50

が分離することはない。

【0068】

【実施形態2】

本発明の第2の実施形態による立体顕微鏡102は、上述した第1実施形態による立体顕微鏡101と比較して、防振補正部4がシフトさせる対象レンズを、クローズアップ光学系120の第1レンズ211に変更したものである。

【0069】

図13は、この第2実施形態による立体顕微鏡102の顕微鏡光学系200の側面図であり、図14は、同じく正面図である。これら図13及び図14において、シフトされる対象レンズ(第1レンズ211)は、矢印によって示されている。この第1レンズ211をシフトさせる場合においても、防振補正部4は、制御開始時点において被観察フィールドの中心に位置していた物体からの主光線を偏向して、各ズーム光学系220, 230の光軸A×2, A×3と平行な方向へ向ける。これにより、顕微鏡コントロール部3による制御が続く限り、CCD116の撮像面上に結像する被観察フィールドが固定される。

10

【0070】

本第2実施形態におけるその他の構成及び作用は、上述した第1実施形態のものと全く同じであるので、その説明を省略する。

【0071】

【実施形態3】

本発明の第3の実施形態による立体顕微鏡102は、上述した第1実施形態による立体顕微鏡101と比較して、防振補正部4がシフトさせる対象レンズを、両ズーム光学系220, 230の第1レンズ群221, 231(固定レンズ群)に、変更したものである。

20

【0072】

図15は、この第3実施形態による立体顕微鏡102の顕微鏡光学系200の側面図であり、図16は、同じく正面図である。これら図15及び図16において、シフトされる対象レンズ(第1レンズ群221, 231)は、矢印によって示されている。この第1レンズ群221, 231をシフトさせる場合においても、防振補正部4は、制御開始時点において被観察フィールドの中心に位置していた物体からの主光線の進行方向を偏向して、各ズーム光学系220, 230の光軸A×2, A×3と平行な方向へ向ける。これにより、顕微鏡コントロール部3による制御が続く限り、CCD116の撮像面上に結像する被観察フィールドが固定される。

30

【0073】

本第3実施形態におけるその他の構成及び作用は、上述した第1実施形態のものと全く同じであるので、その説明を省略する。

【0074】

【実施形態4】

本発明の第4の実施形態による立体顕微鏡102は、上述した第1実施形態による立体顕微鏡101と比較して、防振補正部4がシフトさせる対象レンズを、両ズーム光学系220, 230の第4レンズ群224, 234(固定レンズ群)中の最終レンズに、変更したものである。

40

【0075】

図17は、この第4実施形態による立体顕微鏡102の顕微鏡光学系200の側面図であり、図18は、同じく正面図である。これら図17及び図18において、シフトされる対象レンズ(第4レンズ群224, 234中の最終レンズ)は、矢印によって示されている。この第4レンズ群224, 234中の最終レンズをシフトさせる場合においても、防振補正部4は、制御開始時点において被観察フィールドの中心に位置していた物体からの主光線の進行方向を偏向して、各ズーム光学系220, 230の光軸A×2, A×3と平行な方向へ向ける。これにより、顕微鏡コントロール部3による制御が続く限り、CCD116の撮像面上に結像する被観察フィールドが固定される。

【0076】

50

本第4実施形態におけるその他の構成及び作用は、上述した第1実施形態のものと全く同じであるので、その説明を省略する。

【0077】

【実施形態5】

本発明の第5の実施形態による立体顕微鏡102は、上述した第1実施形態による立体顕微鏡101と比較して、防振補正部4がシフトさせる対象レンズを、両リレー光学系240, 250の第2レンズ群242, 252に、変更したものである。

【0078】

図19は、この第5実施形態による立体顕微鏡102の顕微鏡光学系200の側面図であり、図20は、同じく平面図である。これら図19及び図20において、シフトされる対象レンズ(第2レンズ群242, 252)は、矢印によって示されている。この第2レンズ群242, 252をシフトさせる場合においても、防振補正部4は、制御開始時点において被観察フィールドの中心に位置していた物体からの主光線の進行方向を偏向して、各リレー光学系240, 250の光軸A×2, A×3と平行な方向へ向ける。これにより、顕微鏡コントロール部3による制御が続く限り、CCD116の撮像面上に結像する被観察フィールドが固定される。

10

【0079】

本実施形態において防振補正部4によってシフトされるレンズは、両リレー光学系240, 250中の第2レンズ群242, 252であり、レンズ径が小さいが故に質量が小さいので、防振補正部4の負荷が小さくて済む。

20

【0080】

本第5実施形態におけるその他の構成及び作用は、上述した第1実施形態のものと全く同じであるので、その説明を省略する。

【0081】

【実施形態6】

本発明の第6の実施形態による立体顕微鏡102は、上述した第1実施形態による立体顕微鏡101と比較して、防振補正部4がシフトさせる対象レンズを、両リレー光学系240, 250の第3レンズ群243, 253に、変更したものである。

【0082】

図21は、この第6実施形態による立体顕微鏡102の顕微鏡光学系200の側面図であり、図22は、同じく平面図である。これら図21及び図22において、シフトされる対象レンズ(第3レンズ群243, 253)は、矢印によって示されている。この第3レンズ群243, 253をシフトさせる場合においても、防振補正部4は、制御開始時点において被観察フィールドの中心に位置していた物体からの主光線の進行方向を偏向して、各リレー光学系240, 250の光軸A×2, A×3と平行な方向へ向ける。これにより、顕微鏡コントロール部3による制御が続く限り、CCD116の撮像面上に結像する被観察フィールドが固定される。

30

【0083】

本実施形態において防振補正部4によってシフトされるレンズは、両リレー光学系240, 250中の第3レンズ群243, 253であり、レンズ径が小さいが故に質量が小さいので、防振補正部4の負荷が小さくて済む。

40

【0084】

本第6実施形態におけるその他の構成及び作用は、上述した第1実施形態のものと全く同じであるので、その説明を省略する。

【0085】

以上に説明した第1乃至第6実施形態においては、図6乃至図10において図示した顕微鏡光学系200を構成するレンズをシフトさせているが、相互にパワーを打ち消し合う複数のレンズからなる光軸シフト専用光学系を顕微鏡光学系200中に挿入して、この光軸シフト専用光学系を構成する一部のレンズのみをシフトさせても良い。

【0086】

50

## 【実施形態 7】

本発明の第 7 乃至第 10 実施形態は、顕微鏡光学系 200 中に光軸を 90 度曲げる反射鏡を挿入するとともに、この反射鏡の傾斜方向及び傾斜角を防振補正部 4 によって調整することによって、被観察フィールドからの被写体光を光軸と平行な方向へ向けて偏向させる例である。

## 【0087】

先ず、第 7 実施形態は、クローズアップ光学系 210 と両ズーム光学系 220, 230 との間に、クローズアップ光学系 210 の光軸  $A \times 1$  及び両ズーム光学系 220, 230 の光軸  $A \times 2$ ,  $A \times 3$  を 90 度折り曲げる 1 枚の反射鏡 5 を挿入した例である。

## 【0088】

図 23 は、この第 7 実施形態による立体顕微鏡 102 の顕微鏡光学系 200 の側面図であり、図 24 は、同じく平面図である。

## 【0089】

この第 7 実施形態において、防振補正部 4 は、反射鏡 5 の背面における中心の周囲数力所に、反射鏡 5 を押し引き自在に保持するアクチュエータを有している。そして、防振補正部 4 は、各アクチュエータによって反射鏡 5 の背面を適宜押し引きすることにより、この反射鏡 5 を、任意の方向へ任意の角度だけ傾けることができる。防振補正部 4 は、顕微鏡コントロール部 3 からの制御に応じて反射鏡 5 を傾けることによって、制御開始時において被観察フィールドの中心に位置していた物体からの主光線を、各ズーム光学系 220, 230 の光軸  $A \times 2$ ,  $A \times 3$  と平行な方向へ向けて偏向させる。これにより、顕微鏡コントロール部 3 による制御が続く限り、CCD 116 の撮像面上に結像する被観察フィールドが固定される。

## 【0090】

本実施形態においては、反射鏡 5 は 1 枚のみで足りるので、防振補正部 4 の構造が比較的簡単で済む。

## 【0091】

なお、本実施形態において、反射鏡 5 の代わりに、斜面にて入射光を内面反射させて射出する三角プリズムが用いられても良い。

## 【0092】

本第 7 実施形態におけるその他の構成及び作用は、上述した第 1 実施形態のものと全く同じであるので、その説明を省略する。

## 【0093】

## 【実施形態 8】

本発明の第 8 実施形態は、図 6 乃至図 10 において図示したペンタプリズム 272, 273 の代わりに、防振補正部 4 によって傾斜方向及び傾斜角が夫々調整される反射鏡 6, 6 を設置した例である。

## 【0094】

図 25 は、この第 8 実施形態による立体顕微鏡 102 の顕微鏡光学系 200 の側面図であり、図 26 は、同じく平面図である。

## 【0095】

この第 8 実施形態において、防振補正部 4 は、各反射鏡 6, 6 に対応して一対設けられている。そして、各防振補正部 4 は、上記第 7 実施例のものと同一構造を有しており、夫々、対応する反射鏡 6, 6 を、任意の方向へ任意の角度だけ傾けることができる。各防振補正部 4 は、顕微鏡コントロール部 3 からの制御に応じて各反射鏡 6, 6 を夫々傾けることによって、制御開始時において被観察フィールドの中心に位置していた物体からの主光線を、各リレー光学系 240, 250 の光軸  $A \times 2$ ,  $A \times 3$  と平行な方向へ向けて偏向させる。これにより、顕微鏡コントロール部 3 による制御が続く限り、CCD 116 の撮像面上に結像する被観察フィールドが固定される。

## 【0096】

本第 8 実施形態におけるその他の構成及び作用は、上述した第 1 実施形態のものと全く同

10

20

30

40

50

じであるので、その説明を省略する。

【0097】

なお、本第8実施形態において、各反射鏡6, 6の代わりに、斜面にて入射光を内面反射させて射出する三角プリズムが用いられても良い。

【0098】

【実施形態9】

本発明の第9実施形態は、各リレー光学系240, 250における第2レンズ242, 252と第3レンズ243, 253との間に、各リレー光学系240, 250の光軸A×2, A×3を90度折り曲げる反射鏡7を、挿入した例である。

【0099】

図27は、この第9実施形態による立体顕微鏡102の顕微鏡光学系200の側面図であり、図28は、同じく平面図である。

【0100】

この第9実施形態において、防振補正部4は、上記第7実施例のものと同じ構造を有しており、反射鏡7を任意の方向へ任意の角度だけ傾けることができる。防振補正部4は、顕微鏡コントロール部3からの制御に応じて各反射鏡7を傾けることによって、制御開始時において被観察フィールドの中心に位置していた物体からの主光線を、各リレー光学系240, 250の光軸A×2, A×3と平行な方向へ向けて偏向させる。これにより、顕微鏡コントロール部3による制御が続く限り、CCD116の撮像面上に結像する被観察フィールドが固定される。

【0101】

本第9実施形態におけるその他の構成及び作用は、上述した第1実施形態のものと全く同じであるので、その説明を省略する。

【0102】

なお、本第9実施形態において、反射鏡7の代わりに、斜面にて入射光を内面反射させて射出する三角プリズムが用いられても良い。

【0103】

【実施形態10】

本発明の第10実施形態は、各リレー光学系240, 250と輻輳寄せプリズム260との間に、各リレー光学系240, 250の光軸A×2, A×3を90度折り曲げて顕微鏡光学系200全体としてクランク状にする反射鏡8を、挿入した例である。

【0104】

図29は、この第10実施形態による立体顕微鏡102の顕微鏡光学系200の側面図であり、図30は、同じく平面図である。

【0105】

この第10実施形態において、防振補正部4は、上記第7実施例のものと同じ構造を有しており、反射鏡8を任意の方向へ任意の角度だけ傾けることができる。各防振補正部4は、顕微鏡コントロール部3からの制御に応じて反射鏡8を傾けることによって、制御開始時において被観察フィールドの中心に位置していた物体からの主光線を、各リレー光学系240, 250の光軸A×2, A×3と平行な方向へ向けて偏向させる。これにより、顕微鏡コントロール部3による制御が続く限り、CCD116の撮像面上に結像する被観察フィールドが固定される。

【0106】

本第10実施形態におけるその他の構成及び作用は、上述した第1実施形態のものと全く同じであるので、その説明を省略する。

【0107】

なお、本第10実施形態において、反射鏡8の代わりに、斜面にて入射光を内面反射させて射出する三角プリズムが用いられても良い。

【0108】

【実施形態11】

10

20

30

40

50



本発明の第11実施形態は、上記第10実施形態と比較して、反射鏡8によって折り曲げられる光軸A×2, A×3の方向が180度異なる。

【0109】

図31は、この第11実施形態による立体顕微鏡102の顕微鏡光学系200の側面図であり、図32は、同じく平面図である。

【0110】

本第11実施形態におけるその他の構成は、上述した第10実施形態と全く同じであるので、その説明を省略する。

【0111】

なお、本第11実施形態において、反射鏡8の代わりに、斜面にて入射光を内面反射させて射出する三角プリズムが用いられても良い。

【0112】

【実施形態12】

本発明の第12乃至第15の実施形態は、顕微鏡光学系200内に、夫々平面である両端面間の頂角を任意の方向へ向けて任意の角度に調整することによって光路を偏向する可変頂角プリズム(パリアングルプリズム)を挿入した例を、示すものである。

【0113】

先ず、第12実施形態は、クローズアップ光学系210と両ズーム光学系220, 230との間に、両ズーム光学系220, 230へ入射する光を偏向する一個の可変頂角プリズム9を挿入した例である。

【0114】

図33は、この第12実施形態による立体顕微鏡102の顕微鏡光学系200の側面図であり、図34は、同じく正面図である。

【0115】

この第12実施形態において採用される可変頂角プリズム9は、透明な2枚の板ガラスの間を蛇腹等によって密封し、密封された空間内に高屈折率の液体を封入した構造を有している。また、本実施形態において、防振補正部4は、この可変頂角プリズム9における一方の板ガラスの表面における直交する2方向を夫々可変頂角調整方向とし、各可変頂角調整方向において夫々一方の板ガラスに対して他方の板ガラスを傾斜させるアクチュエータを有している。そして、防振補正部4は、各アクチュエータにより、各可変頂角調整方向において他方の板ガラスを一方の板ガラスに対して夫々傾斜させる。これにより、防振補正部4は、可変頂角プリズム9の全体としての頂角の方向及び角度を、任意に調整することができる。防振補正部4は、顕微鏡コントロール部3からの制御に応じて可変頂角プリズム9を調整することによって、制御開始時において被観察フィールドの中心に位置していた物体からの主光線を、各ズーム光学系220, 230の光軸A×2, A×3と平行な方向へ向けて偏向させる。これにより、顕微鏡コントロール部3による制御が続く限り、CCD116の撮像面上に結像する被観察フィールドが固定される。

【0116】

本実施形態においては、可変頂角プリズム9が使用されているので、反射鏡を用いた上記各実施形態と比較して、元々の顕微鏡光学系200の光路を曲げる必要がない。さらに、本実施形態によると、可変頂角プリズム9が一個のみで足りるので、防振補正部4の構造が比較的簡単で済む。

【0117】

本第12実施形態におけるその他の構成及び作用は、上述した第1実施形態のものと全く同じであるので、その説明を省略する。

(変形例)

本第12実施形態において、図35に示すように、各ズーム光学系220, 230に対応させて一對の可変頂角プリズム9', 9'を各ズーム光学系220, 230とクローズアップ光学系210との間に挿入しても良い。このように構成すると、各可変頂角プリズム9', 9'における頂角の調整範囲を、大きくとることが可能になる。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 1 8 】

## 【実施形態 1 3】

本発明の第 1 3 の実施形態は、両ズーム光学系 2 2 0 , 2 3 0 と両視野絞り 2 7 0 , 2 7 1 との間に一個の可変頂角プリズム 1 0 を挿入した例である。

## 【 0 1 1 9 】

図 3 6 は、この第 1 3 実施形態による立体顕微鏡 1 0 2 の顕微鏡光学系 2 0 0 の側面図であり、図 3 7 は、同じく正面図である。

## 【 0 1 2 0 】

この第 1 3 実施形態においても、可変頂角プリズム 1 0 及び防振補正部 4 は、上記第 1 2 実施例のものと同じ構造を有しており、各ズーム光学系 2 2 0 , 2 3 0 から射出された光を任意の方向へ任意の角度で偏向することができる。防振補正部 4 は、顕微鏡コントロール部 3 からの制御に応じて可変頂角プリズム 1 0 を調整することによって、制御開始時において被観察フィールドの中心に位置していた物体からの主光線光を、各リレー光学系 2 4 0 , 2 5 0 の光軸  $A \times 2$  ,  $A \times 3$  と平行な方向へ向けて偏向させる。これにより、顕微鏡コントロール部 3 による制御が続く限り、CCD 1 1 6 の撮像面上に結像する被観察フィールドが固定される。

## 【 0 1 2 1 】

本第 1 3 実施形態におけるその他の構成及び作用は、上述した第 1 実施形態のものと全く同じであるので、その説明を省略する。

(変形例)

本第 1 3 実施形態において、図 3 8 に示すように、各ズーム光学系 2 2 0 , 2 3 0 に対応させて一対の可変頂角プリズム 1 0 ' , 1 0 ' を各ズーム光学系 2 2 0 , 2 3 0 と各視野絞り 2 7 0 , 2 7 1 との間に挿入しても良い。このように構成すると、各可変頂角プリズム 1 0 ' , 1 0 ' における頂角の調整範囲を、大きくとることが可能になる。

## 【 0 1 2 2 】

## 【実施形態 1 4】

本発明の第 1 4 の実施形態は、両リレー光学系 2 4 0 , 2 5 0 の第 2 レンズ群 2 4 2 , 2 5 2 と第 3 レンズ群 2 4 3 , 2 5 3 との間に一個の可変頂角プリズム 1 1 を挿入した例である。

## 【 0 1 2 3 】

図 3 9 は、この第 1 4 実施形態による立体顕微鏡 1 0 2 の顕微鏡光学系 2 0 0 の側面図であり、図 4 0 は、同じく平面図である。

## 【 0 1 2 4 】

この第 1 4 実施形態においても、可変頂角プリズム 1 1 及び防振補正部 4 は、上記第 1 2 実施例のものと同じ構造を有しており、各第 2 レンズ群 2 4 2 , 2 5 2 から射出された光を任意の方向へ任意の角度で偏向することができる。防振補正部 4 は、顕微鏡コントロール部 3 からの制御に応じて可変頂角プリズム 1 1 を調整することによって、制御開始時において被観察フィールドの中心に位置していた物体からの主光線を、各リレー光学系 2 4 0 , 2 5 0 の光軸  $A \times 2$  ,  $A \times 3$  と平行な方向へ向けて偏向させる。これにより、顕微鏡コントロール部 3 による制御が続く限り、CCD 1 1 6 の撮像面上に結像する被観察フィールドが固定される。

## 【 0 1 2 5 】

本第 1 4 実施形態におけるその他の構成及び作用は、上述した第 1 実施形態のものと全く同じであるので、その説明を省略する。

(変形例)

本第 1 4 実施形態において、図 4 1 に示すように、各リレー光学系 2 4 0 , 2 5 0 に対応させて一対の可変頂角プリズム 1 1 ' , 1 1 ' を各リレー光学系 2 4 0 , 2 5 0 の第 2 レンズ群 2 4 2 , 2 5 2 と第 3 レンズ群 2 4 3 , 2 5 3 との間に挿入しても良い。このように構成すると、各可変頂角プリズム 1 1 ' , 1 1 ' における頂角の調整範囲を、大きくとることが可能になる。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 2 6 】

## 【実施形態 1 5】

本発明の第 1 5 の実施形態は、両リレー光学系 2 4 0 , 2 5 0 と輻輳寄せプリズム 2 6 0 との間に一個の可変頂角プリズム 1 2 を挿入した例である。

## 【 0 1 2 7 】

図 4 2 は、この第 1 5 実施形態による立体顕微鏡 1 0 2 の顕微鏡光学系 2 0 0 の側面図であり、図 4 3 は、同じく平面図である。

## 【 0 1 2 8 】

この第 1 5 実施形態においても、可変頂角プリズム 1 2 及び防振補正部 4 は、上記第 1 2 実施例のものと同じ構造を有しており、各リレー光学系 2 4 0 , 2 5 0 から射出された光を任意の方向へ任意の角度で偏向することができる。防振補正部 4 は、顕微鏡コントロール部 3 からの制御に応じて可変頂角プリズム 1 2 を調整することによって、制御開始時において被観察フィールドの中心に位置していた物体からの主光線を、各リレー光学系 2 4 0 , 2 5 0 の光軸  $A \times 2$  ,  $A \times 3$  と平行な方向へ向けて偏向させる。これにより、顕微鏡コントロール部 3 による制御が続く限り、CCD 1 1 6 の撮像面上に結像する被観察フィールドが固定される。

## 【 0 1 2 9 】

本第 1 5 実施形態におけるその他の構成及び作用は、上述した第 1 実施形態のものと全く同じであるので、その説明を省略する。

## (変形例)

本第 1 5 実施形態において、図 4 4 に示すように、各リレー光学系 2 4 0 , 2 5 0 に対応させて一対の可変頂角プリズム 1 2 ' , 1 2 ' を各リレー光学系 2 4 0 , 2 5 0 と輻輳寄せプリズム 2 6 0 との間に挿入しても良い。このように構成すると、各可変頂角プリズム 1 2 ' , 1 2 ' における頂角の調整範囲を、大きくとることが可能になる。

## 【 0 1 3 0 】

## 【実施形態 1 6】

本発明の第 1 6 の実施形態は、ハイビジョン CCD カメラ 1 0 2 内において、撮像素子である CCD 1 1 6 をその撮像面を含む面内で移動させる例を、示すものである。

## 【 0 1 3 1 】

図 4 5 は、この第 1 6 実施形態による立体顕微鏡 1 0 2 の顕微鏡光学系 2 0 0 の側面図であり、図 4 6 は、同じく平面図である。

## 【 0 1 3 2 】

この第 1 6 実施形態において、CCD 1 1 6 は、ハイビジョン CCD カメラ 1 0 2 内において、その撮像面を含む面内で移動可能に支持されている。そして、防振補正部 4 は、この CCD 1 1 6 を、その撮像面を含む平面内で直交する 2 方向へ夫々移動させる 2 組のアクチュエータを有している。そして、防振補正部 4 は、顕微鏡コントロール部 3 からの制御に応じて、各アクチュエータによって CCD 1 1 6 を任意の位置へ移動させることによって、制御開始時における被観察フィールドからの被写体光を、CCD 1 1 6 の受光面における一定位置に入射させる。これにより、顕微鏡コントロール部 3 による制御が続く限り、CCD 1 1 6 の撮像面上に結像する被観察フィールドが固定される。

## 【 0 1 3 3 】

## 【発明の効果】

以上に説明したように、本発明の防振顕微鏡によれば、架台のアームの先端に保持されて使用された場合に観察者の眼に識別可能な程度の像ブレが生じる蓋然性の高い顕微鏡でありながら、像ブレを防ぐことができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施形態によるビデオ型立体顕微鏡を組み込んだ手術支援システムの全体構成を示す概略図

【図 2】 ビデオ型立体顕微鏡内の光学構成の概略を示す光学構成図

【図 3】 LCD パネルの平面図

10

20

30

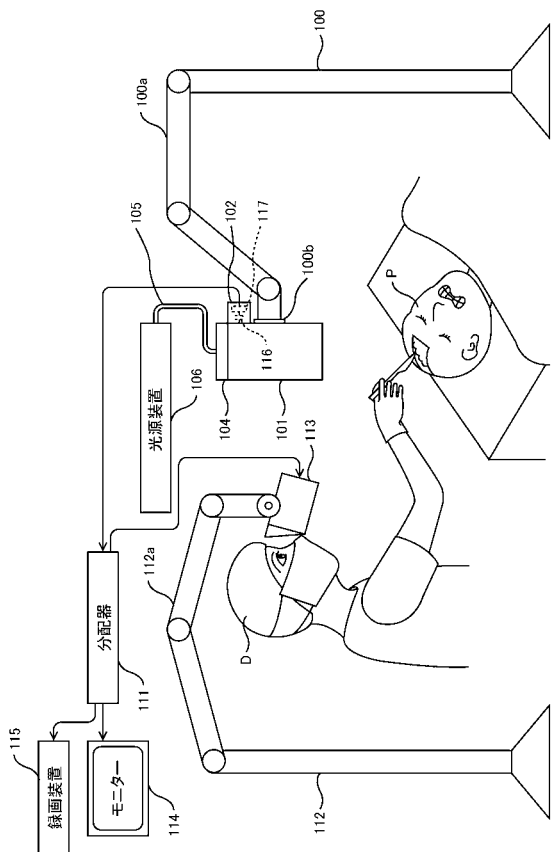
40

50

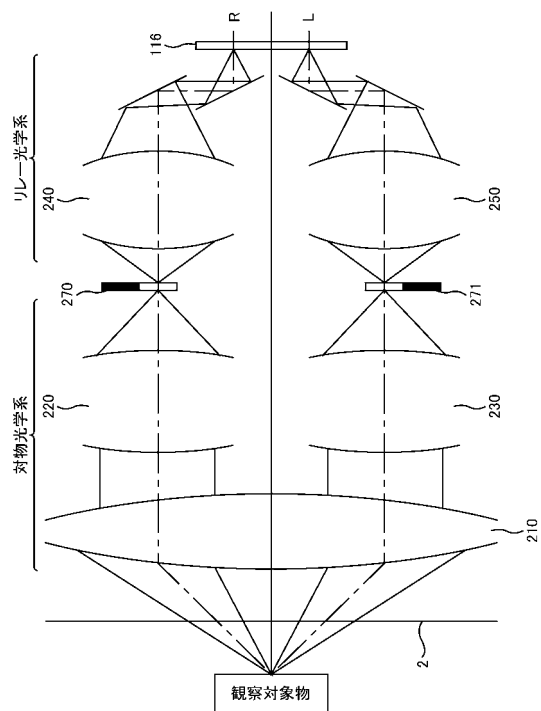
【図4】	立体視ビューワの光学構成図	
【図5】	立体顕微鏡の外観斜視図	
【図6】	顕微鏡光学系の全体構成を示す斜視図	
【図7】	顕微鏡光学系の全体構成を示す側面図	
【図8】	顕微鏡光学系の全体構成を示す正面図	
【図9】	顕微鏡光学系の全体構成を示す平面図	
【図10】	防振機構を示す概略側面図	
【図11】	防振が必要な範囲の説明図	
【図12】	防振が必要な範囲を示すグラフ	
【図13】	第2実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略側面図	10
【図14】	第2実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略正面図	
【図15】	第3実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略側面図	
【図16】	第3実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略正面図	
【図17】	第4実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略側面図	
【図18】	第4実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略正面図	
【図19】	第5実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略側面図	
【図20】	第5実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略平面図	
【図21】	第6実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略側面図	
【図22】	第6実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略平面図	
【図23】	第7実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略側面図	20
【図24】	第7実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略平面図	
【図25】	第8実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略側面図	
【図26】	第8実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略平面図	
【図27】	第9実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略側面図	
【図28】	第9実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略平面図	
【図29】	第10実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略側面図	
【図30】	第10実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略平面図	
【図31】	第11実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略側面図	
【図32】	第11実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略平面図	
【図33】	第12実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略側面図	30
【図34】	第12実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略正面図	
【図35】	第12実施形態の変形例を示す概略正面図	
【図36】	第13実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略側面図	
【図37】	第13実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略正面図	
【図38】	第13実施形態の変形例を示す概略正面図	
【図39】	第14実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略側面図	
【図40】	第14実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略平面図	
【図41】	第14実施形態の変形例を示す概略平面図	
【図42】	第15実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略側面図	
【図43】	第15実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略平面図	40
【図44】	第15実施形態の変形例を示す概略平面図	
【図45】	第16実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略側面図	
【図46】	第16実施形態による立体顕微鏡の光学構成を示す概略平面図	
【符号の説明】		
1	角速度センサ	
2	加速度センサ	
3	顕微鏡制御部	
4	防振補正部	
5 ~ 8	反射鏡	
9 ~ 12	可変頂角プリズム	50

- 101 立体顕微鏡
- 102 ハイビジョンCCDカメラ
- 116 CCD
- 200 撮影光学系
- 210 クローズアップ光学系
- 220, 230 ズーム光学系
- 240, 250 リレー光学系
- 240, 250 リレー光学系
- 260 輻射寄せプリズム

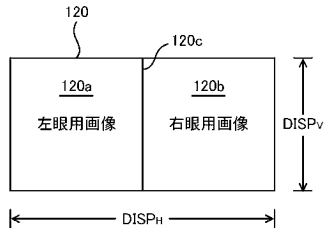
【図1】



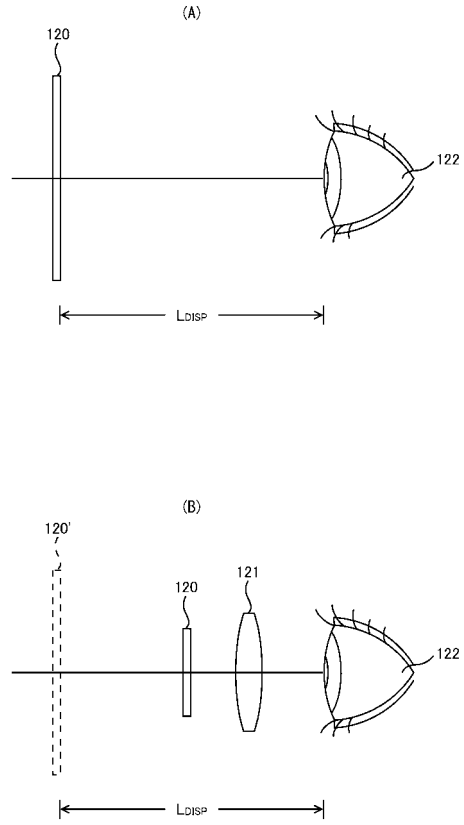
【図2】



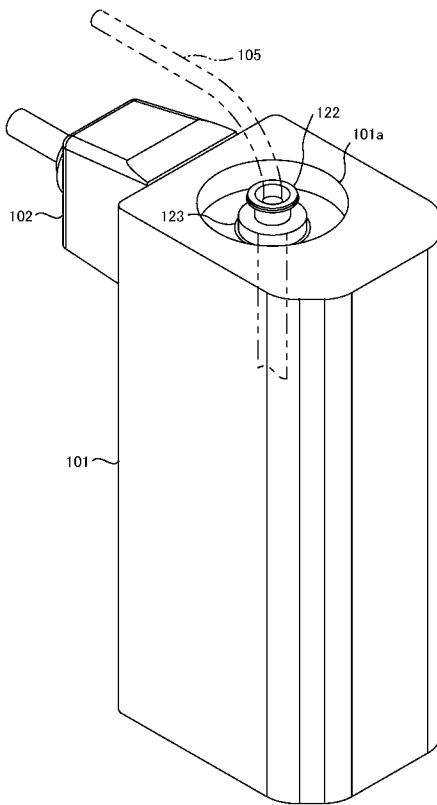
【 図 3 】



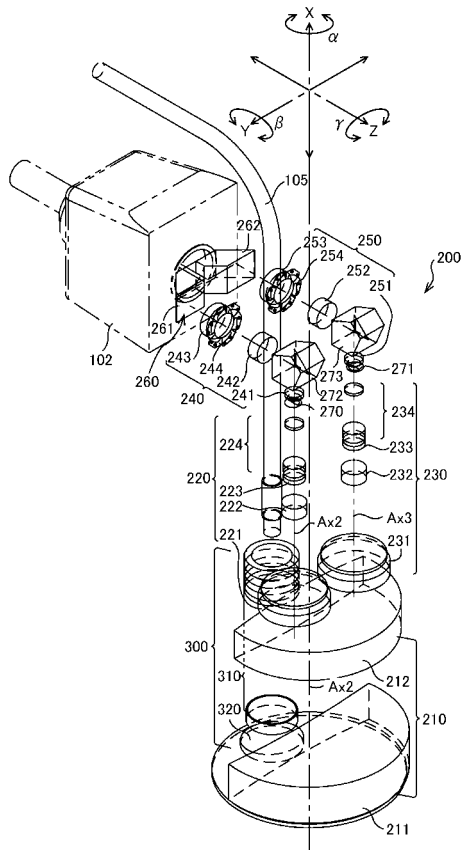
【 図 4 】



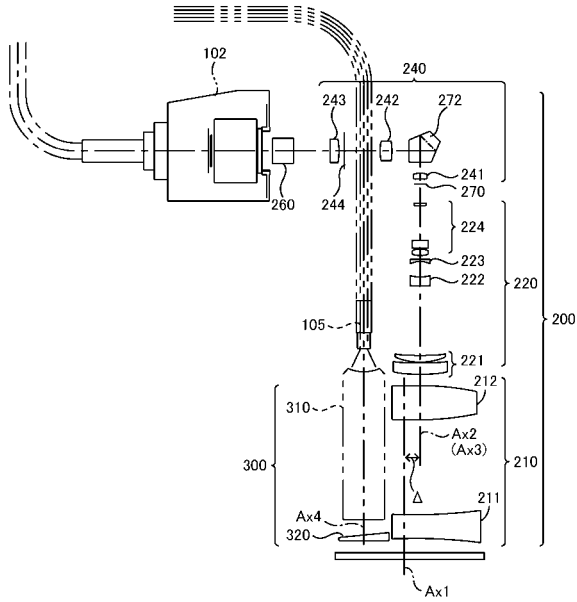
【 図 5 】



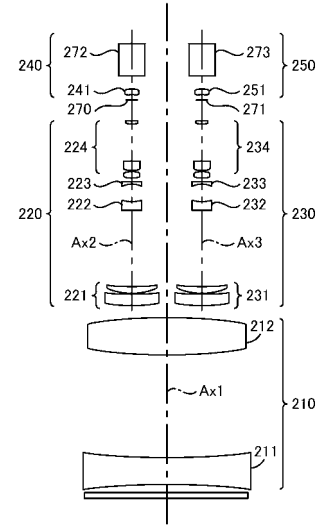
【 図 6 】



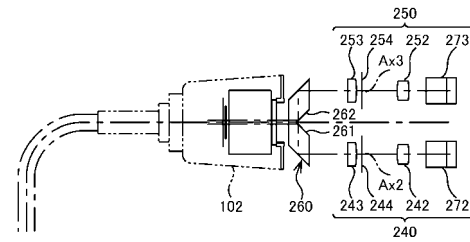
【 図 7 】



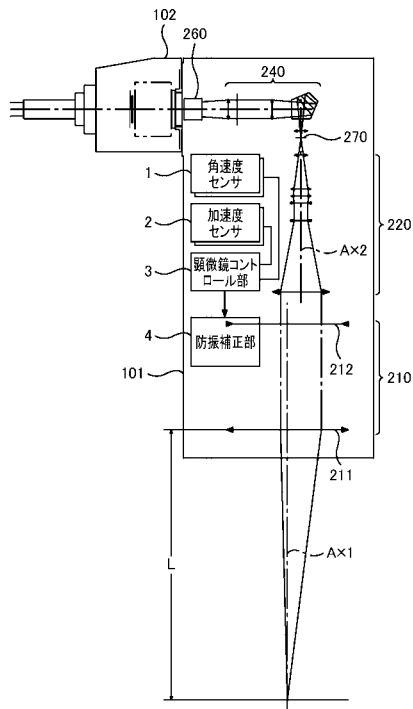
【 図 8 】



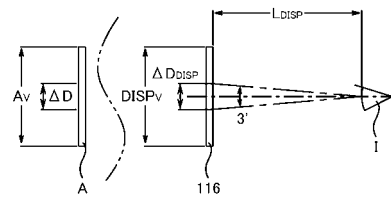
【 図 9 】



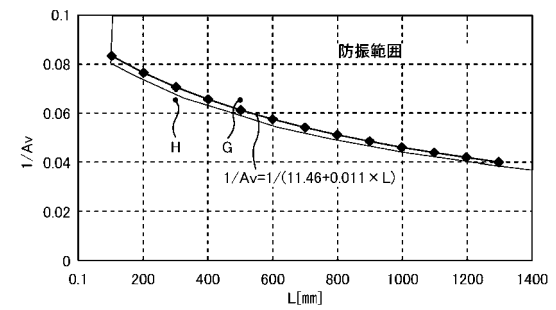
【 図 10 】



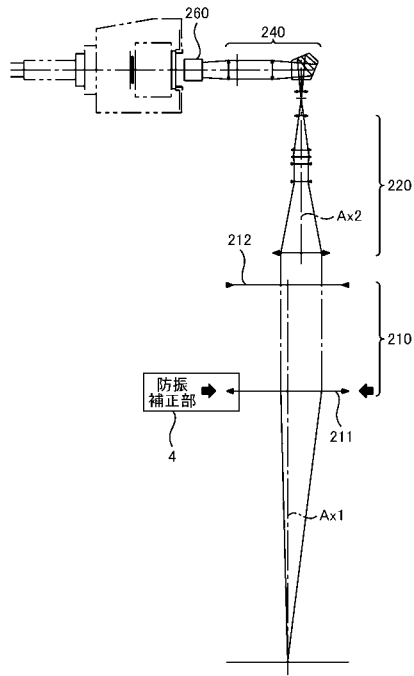
【 図 11 】



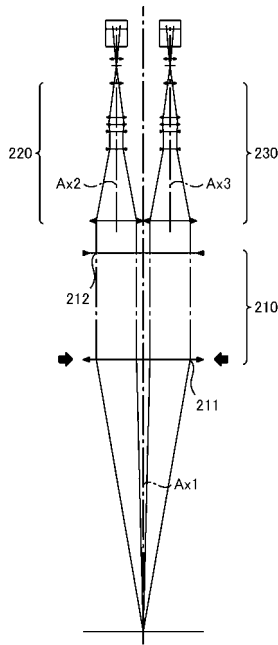
【 図 12 】



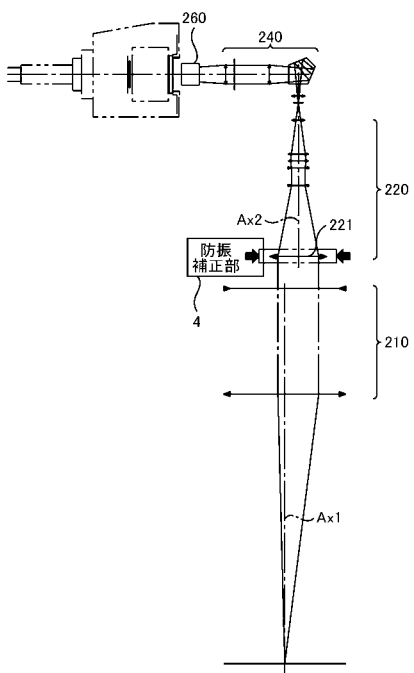
【図 13】



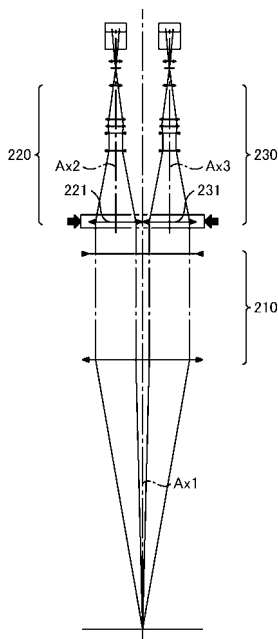
【図 14】



【図 15】

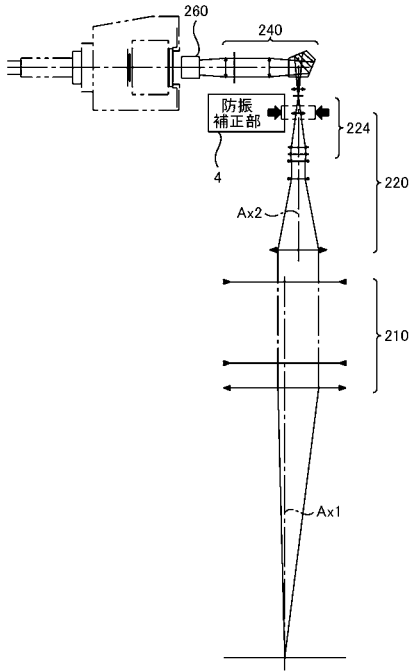


【図 16】

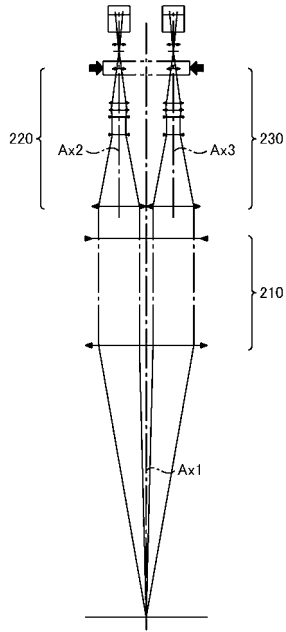




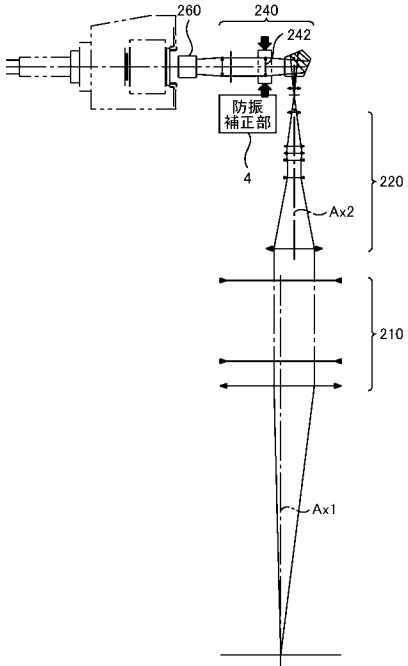
【図 17】



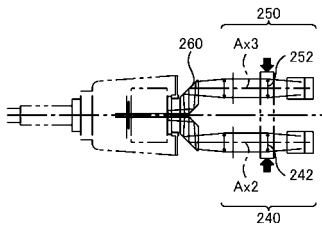
【図 18】



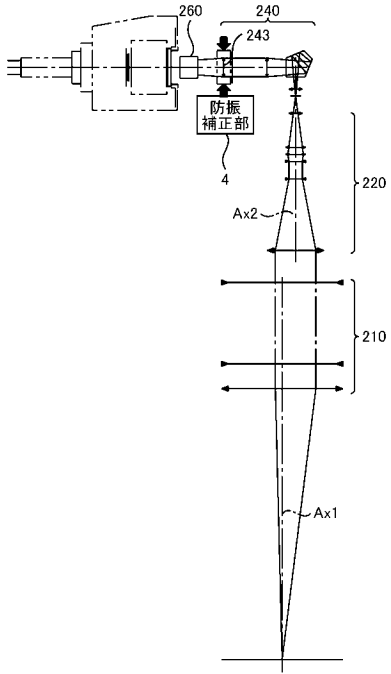
【図 19】



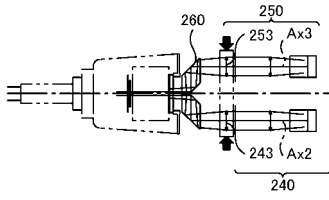
【図 20】



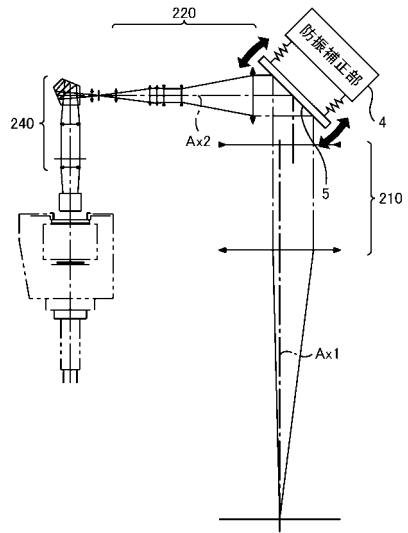
【図 2 1】



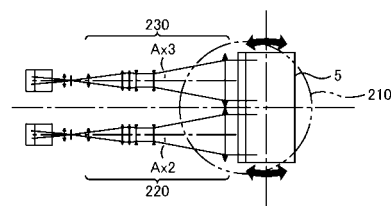
【図 2 2】



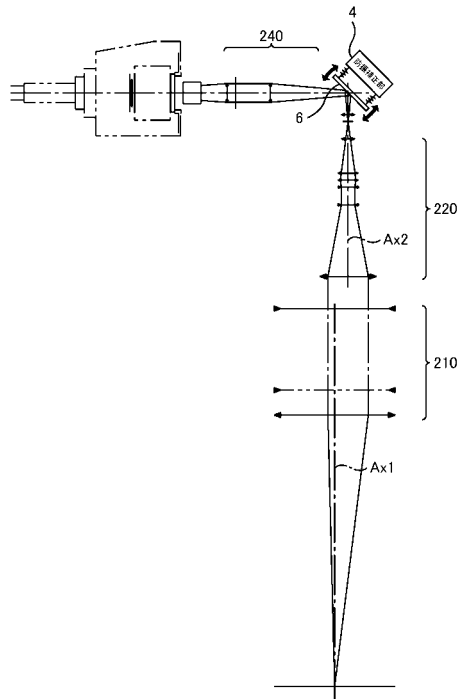
【図 2 3】



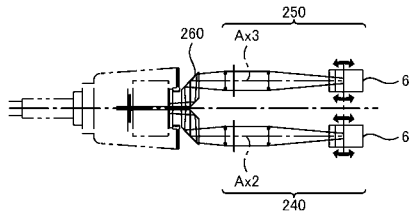
【図 2 4】



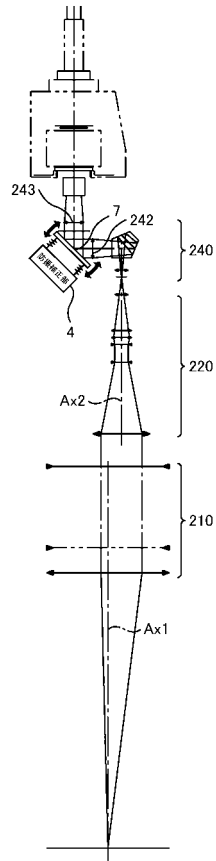
【図 2 5】



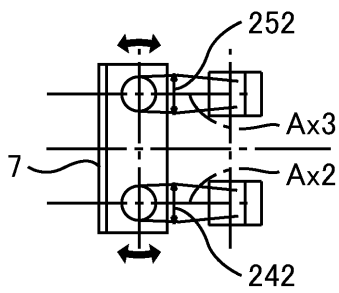
【 図 2 6 】



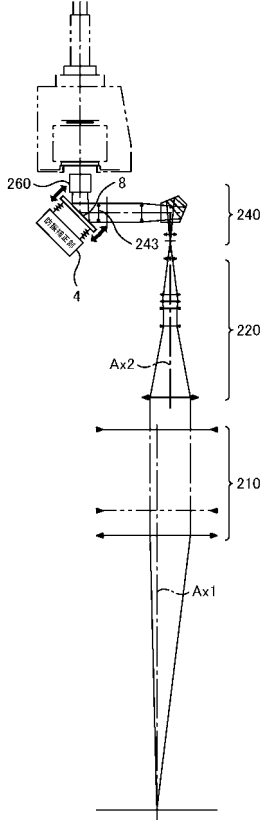
【 図 2 7 】



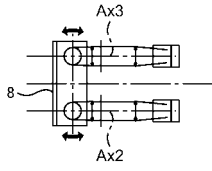
【 図 2 8 】



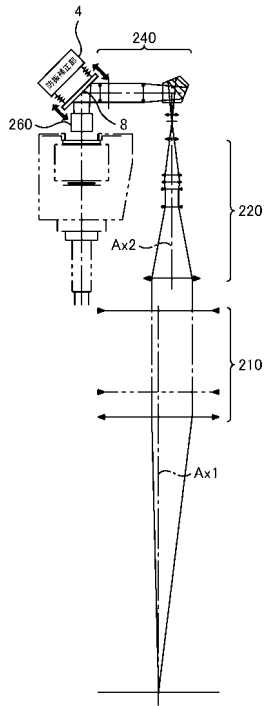
【 図 2 9 】



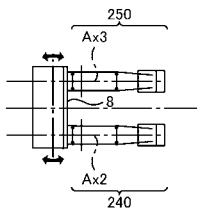
【図30】



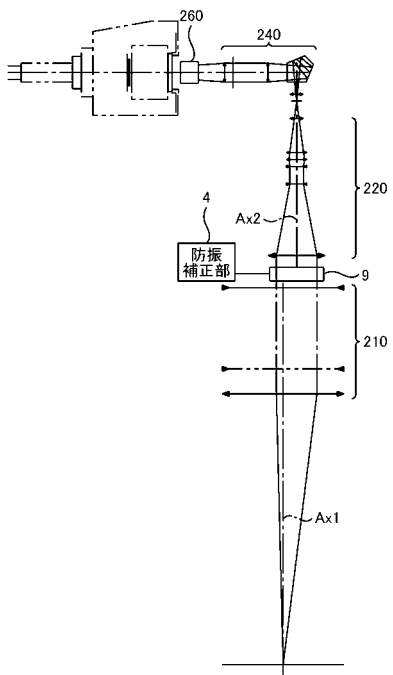
【図31】



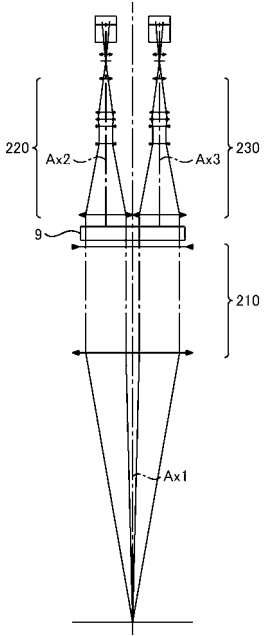
【図32】



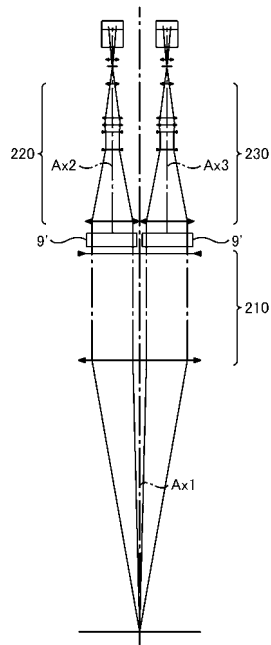
【図33】



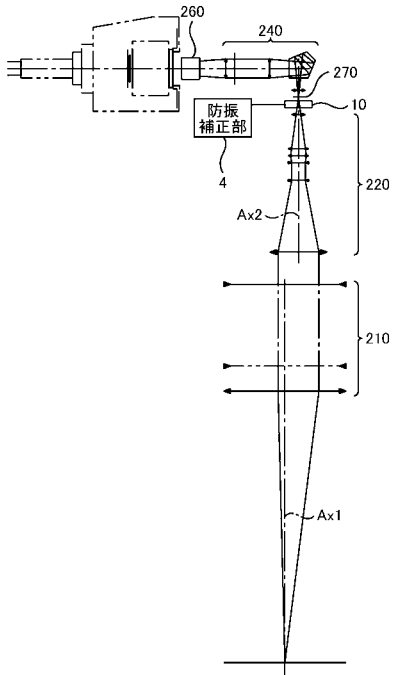
【図 3 4】



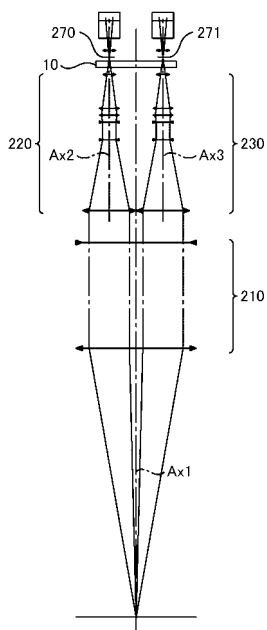
【図 3 5】



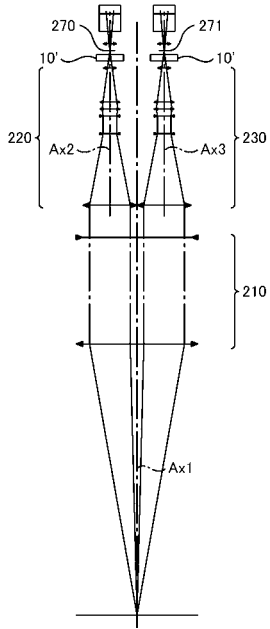
【図 3 6】



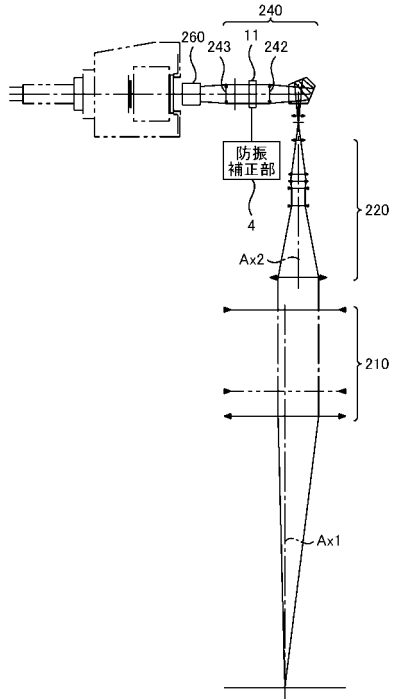
【図 3 7】



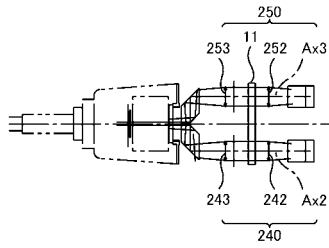
【 図 3 8 】



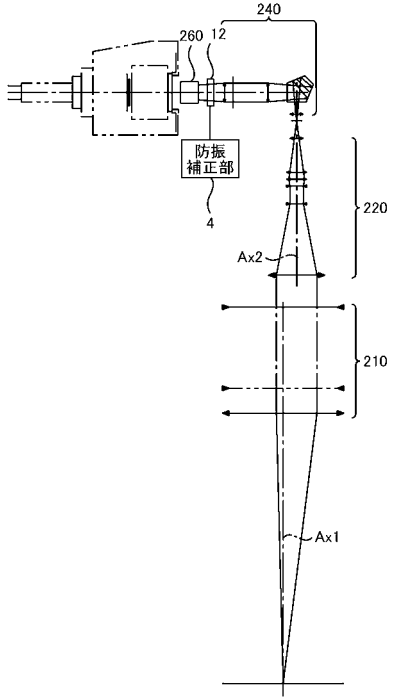
【 図 3 9 】



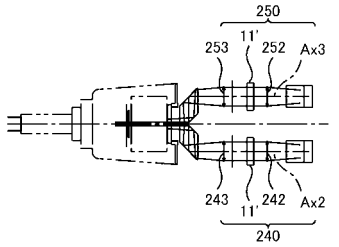
【 図 4 0 】



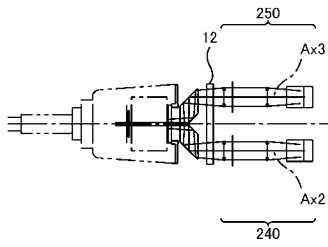
【 図 4 2 】



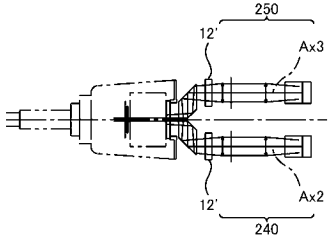
【 図 4 1 】



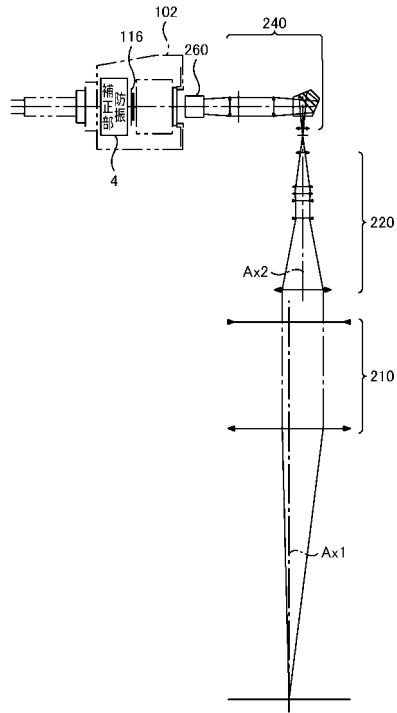
【 図 4 3 】



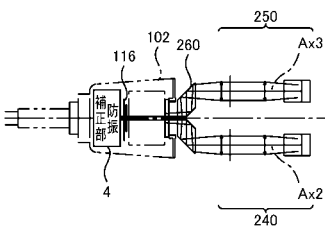
【 図 4 4 】



【 図 4 5 】



【 図 4 6 】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I  
**H 0 4 N 5/232 (2006.01)** G 0 3 B 5/00 H  
G 0 3 B 5/00 J  
H 0 4 N 5/232 Z

(56) 参考文献 特開平 0 8 - 0 0 5 9 2 2 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 1 0 1 9 9 8 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 1 2 5 7 6 8 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 3 0 5 2 7 8 ( J P , A )  
特開平 0 3 - 2 1 0 8 8 4 ( J P , A )

(58) 調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G02B 21/00-21/36

A61B 19/00