

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4827481号  
(P4827481)

(45) 発行日 平成23年11月30日(2011.11.30)

(24) 登録日 平成23年9月22日(2011.9.22)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>A 6 1 B</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 B 1/00 3 0 0 Y
<b>A 6 1 B</b>	<b>1/04</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 B 1/04 3 7 2
<b>G 0 2 B</b>	<b>23/24</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 2 B 23/24 B
<b>G 0 2 B</b>	<b>23/26</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 2 B 23/26 C
<b>G 0 2 B</b>	<b>13/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 2 B 13/00

請求項の数 5 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2005-288299 (P2005-288299)  
 (22) 出願日 平成17年9月30日(2005.9.30)  
 (65) 公開番号 特開2007-97652 (P2007-97652A)  
 (43) 公開日 平成19年4月19日(2007.4.19)  
 審査請求日 平成20年7月30日(2008.7.30)

(73) 特許権者 304050923  
 オリンパスメディカルシステムズ株式会社  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号  
 (74) 代理人 100118913  
 弁理士 上田 邦生  
 (74) 代理人 100112737  
 弁理士 藤田 考晴  
 (72) 発明者 鶴澤 勉  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパスメディカルシステムズ株式会社内  
 (72) 発明者 中村 信一  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパスメディカルシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被写体の像を結像する結像光学系と撮像素子を有する内視鏡において、複屈折性を持ち、常光線と異常光線とで異なる屈折率をもつ結晶からなる結晶光学素子を前記結像光学系の光路に配置し、前記結像光学系の光軸方向に2重焦点が形成され、以下の条件式を満足することを特徴とする内視鏡。

$$2 \quad z / (Fno \times P) \quad 9 \cdot \cdot \cdot (1)$$

但し、

z : 画面中心における光軸方向の焦点位置のズレ量

Fno : 結像光学系の有効Fナンバー

P : 撮像素子の画素ピッチであり、以下の様に定義する。

$$P = (PH \times PV)^{1/2}$$

PH : 撮像素子の水平方向画素ピッチ

PV : 撮像素子の垂直方向画素ピッチ

【請求項 2】

以下の条件式を満足する請求項 1 の内視鏡。

$$0 \quad y / P \quad 7 \cdot \cdot \cdot (2)$$

但し、

y : 画面中心における光軸に垂直な方向の焦点位置のズレ量

P : 撮像素子の画素ピッチであり、以下の様に定義する。

$$P = (PH \times PV)^{1/2}$$

PH：撮像素子の水平方向画素ピッチ

PV：撮像素子の垂直方向画素ピッチ

【請求項3】

以下の条件式を満足する請求項1の内視鏡。

$$0^\circ \leq \theta \leq 10^\circ \dots (3)$$

$$0^\circ \leq \theta \leq \theta_{ih-max} \leq 20^\circ \dots (4)$$

但し、

θ：結晶光学素子の光学軸と、結像光学系の光軸とのなす角度

ih-max：結像光学系の最大像高における主光線と、結像光学系の光軸とのなす角度であり、結晶光学素子入射面での値である。 10

【請求項4】

以下の条件式を満足する請求項1の内視鏡。

$$0.5 \leq t/f \leq 2 \dots (5)$$

但し、

t：結晶光学素子の厚さであり、結像光学系の光軸方向の寸法である。

f：結像光学系の焦点距離

【請求項5】

被写体の像を結像する結像光学系と撮像素子を有する内視鏡において、複屈折性を持ち、常光線と異常光線とで異なる屈折率をもつ結晶からなる結晶光学素子を前記結像光学系の光路に配置し、前記結像光学系の光軸方向に2重焦点が形成され、以下の条件式を満足することを特徴とする内視鏡。 20

$$2 \leq z / (Fno \times P) \leq 9 \dots (1)$$

$$0 \leq y / P \leq 7 \dots (2)$$

$$0^\circ \leq \theta \leq 10^\circ \dots (3)$$

$$0^\circ \leq \theta \leq \theta_{ih-max} \leq 20^\circ \dots (4)$$

$$0.5 \leq t/f \leq 2 \dots (5)$$

但し、

z：画面中心における光軸方向の焦点位置のズレ量

Fno：結像光学系の有効Fナンバー 30

P：撮像素子の画素ピッチであり、以下の様に定義する。

$$P = (PH \times PV)^{1/2}$$

PH：撮像素子の水平方向画素ピッチ

PV：撮像素子の垂直方向画素ピッチ

y：画面中心における光軸に垂直な方向の焦点位置のズレ量

θ：結晶光学素子の光学軸と、結像光学系の光軸とのなす角度

ih-max：結像光学系の最大像高における主光線と、結像光学系の光軸とのなす角度であり、結晶光学素子入射面での値である。

t：結晶光学素子の厚さであり、結像光学系の光軸方向の寸法である。

f：結像光学系の焦点距離 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は内視鏡に関し、特に通常の内視鏡より被写界深度を拡大した内視鏡に関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に、明るい結像光学系を実現するには大きな開口を持つことが必要である。ところが、開口が大きくなると被写界深度が浅くなる。一般的に、光学機器においては「明るさ」と「深い被写界深度」はトレードオフの関係にある。「明るさ」と「深い被写界深度」の両立の二ーズは各種の光学機器で存在しており、内視鏡においても同様である。 50

## 【0003】

なお、深度に関する用語について本発明では以下の様に用いる。

## 【0004】

深度を表す言葉として被写界深度と焦点深度があり、その関係は次の通りである。被写界深度は深度を被写界（物体）側で表したものであり、焦点深度とは深度を像側で表したものであり、1対1で対応している。つまり被写界深度を拡大することは焦点深度を拡大することと等価である。よって本発明では用語として「被写界深度」を用いる。

## 【0005】

被写界深度を拡大した例として、たとえば特許文献1に開示されるように、ビデオマイクロスコープに結晶光学素子である水晶を用い、2重焦点光学系としたものがある。

10

## 【0006】

また、内視鏡の例としては、たとえば特許文献2に開示されるように、結像光学系中に瞳変調素子を配置したものがある。

【特許文献1】特開平11-127382号公報

【特許文献2】特開2000-5127号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

内視鏡において被写界深度を拡大する際、以下の2点が重要である。

## 【0008】

20

第1の点として、内視鏡の結像光学系は極めて小型であり、それを実現するために、深度拡大のため用いる光学素子を含んだ結像光学系の構成が簡易あり、製造組み立てが容易であることである。第2の点として、その結像光学系のパラメーターが内視鏡に対して最適であることである。焦点位置の変化量やFナンバー等のパラメーターの設定が不適切の場合、実質的に被写界深度が拡大しなかったり、あるいは像がぼけてしまい、高い解像力が得られないことになる。

## 【0009】

第1の点に関し、特許文献1は水晶を材料として光学系に用いている。水晶はモアレ防止のための光学フィルタとして一般的に用いられているものであり、製造組み立てに問題はない。特許文献2は瞳変調素子の形状が回転非対称であり、素子の製造誤差、光学系の組み立て時の位置決めに関して制約が多い。また素子形状が原因の回転非対称なボケを生じるため、画像処理による画質改善法も複雑となる。

30

## 【0010】

第2の点に関し、特許文献1は深度拡大の概念は開示されているが、内視鏡で実施するために必要な条件は提示されていない。そのため内視鏡にはそのまま適用できない。特許文献2は概念だけでなく実施するために必要な条件の提示はあるが、それは瞳変調素子を使った場合のみ適用できるものであり、その他の光学系では使用できない。

## 【0011】

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、被写界深度を拡大した内視鏡であって、簡易な構成で、かつ最適なパラメーターを設定した内視鏡を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

## 【0012】

上記課題を解決するため、本発明の内視鏡は、

(1) 被写体の像を結像する結像光学系と撮像素子を有する内視鏡において、複屈折性を持ち、常光線と異常光線とで異なる屈折率をもつ結晶からなる結晶光学素子を前記結像光学系の光路に配置し、前記結像光学系の光軸方向に2重焦点が形成され、以下の条件式を満足することを特徴とする。

## 【0013】

$$2 \quad z / (Fno \times P) \quad 9 \quad \dots (1)$$

50

但し、

$z$  : 画面中心における光軸方向の焦点位置のズレ量

$Fno$  : 結像光学系の有効Fナンバー

$P$  : 撮像素子の画素ピッチであり、以下の様に定義する。

【 0 0 1 4 】

$$P = (PH \times PV)^{1/2}$$

$PH$  : 撮像素子の水平方向画素ピッチ

$PV$  : 撮像素子の垂直方向画素ピッチ

図1、図2は本発明の概念図である。

【 0 0 1 5 】

図1(a)は内視鏡の側面図である。内視鏡1は、ライドガイドファイバー2、照明レンズ3からなる照明光学系、および結像光学系4、結晶光学素子5、撮像素子6からなる撮像光学系を含んでいる。

【 0 0 1 6 】

不図示の光源装置からの光はライドガイドファイバー2、照明レンズ3を介して被写体7を照明する。被写体で反射された光は結像光学系4で撮像素子6の受光面に結像される。結像光学系の光路中には両面が平面のフィルター形状をした結晶光学素子5が配置されている。結晶光学素子とは、複屈折性を持ち、常光線と異常光線とで異なる屈折率をもつ結晶のことである。

【 0 0 1 7 】

図1(b)は内視鏡先端部の正面図である。結像光学系4、照明レンズ3、鉗子口8が配置されている。

【 0 0 1 8 】

図2は結像光学系4の結像位置付近の拡大図である。

【 0 0 1 9 】

結像光学系4の光路中に配置された結晶光学素子5の作用により、結像光学系4の光軸9方向に2重焦点 $F1, F2$ を形成している。2つの焦点 $F1, F2$ の光軸方向のズレ量は  $z$  である。撮像素子は $F1$ と $F2$ の中間付近に配置する。

【 0 0 2 0 】

ここで、2重焦点を形成する場合、内視鏡システムに対して最適なパラメーターを設定することが望ましい。具体的には条件式(1)を満足するとよい。

【 0 0 2 1 】

条件式(1)は内視鏡システムに対して結像光学系の最適な基本パラメーターを設定したものであり、2重焦点のズレ量を、結像光学系の有効Fナンバー、撮像素子の画素ピッチに対して規定している。ここで画面中心とは、撮像素子の撮像面を結像光学系の光軸が通る位置である。以下同じ定義で用いる。

【 0 0 2 2 】

図3は2重焦点 $F1, F2$ とその中間 $Fm$ での光束の広がりを幾何光学的に表現したものである。結像光学系は無収差レンズ、開口は円形であると仮定する。

【 0 0 2 3 】

焦点 $F1$ では光束 $R1$ が結像し、焦点 $F2$ では光束 $R2$ が結像している。焦点 $F1$ での光束の広がりは、デルタ関数状の光束 $R1$ と円筒状の広がりを持つ光束 $R2$ が足し合わされている。光束 $R2$ の直径 $D_{F1\_R2}$ は  $z / Fno$ で表される。

【 0 0 2 4 】

一方、焦点 $F2$ での光束の広がりは、デルタ関数状の光束 $R2$ と円筒状の広がりを持つ光束 $R1$ とが足し合わされている。光束 $R1$ の直径 $D_{F2\_R1}$ は  $z / Fno$ で表される。

【 0 0 2 5 】

また、中間位置 $Fm$ では円筒状の広がりを持つ光束 $R1$ と、同じく円筒状の広がりを持つ光束 $R2$ とが足し合わされている。光束 $R1$ の直径 $D_{Fm\_R1}$ と光束 $R2$ の直径 $D_{Fm\_R2}$ は等しく、  $z / Fno / 2$ で表される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 6 】

撮像素子の画素ピッチに対して、これら結像光学系の結像位置での光束の広がりが適切な範囲にあると、解像力を損なうことなく、被写界深度を拡大することができる。撮像素子の画素Pの2倍より細かい周波数の情報はサンプリングの定理から伝達することができない。さらに情報の入力部である結像光学系から出力部であるTVモニターなどの表示系までの周波数伝達特性を考慮すると、内視鏡システム全体では、画素Pの3倍程度の周波数が実力の解像力になる。

## 【 0 0 2 7 】

条件式(1)の値が上限の9をとる場合、中間位置Fmでは画素Pの4.5倍の広がりとなる。これは上記実力解像力の2/3程度である。内視鏡の被写体である体腔は高い周波数成分が少い。そのため条件式(1)の上限9の範囲内であれば解像力上は問題なく、深度拡大の効果が大きく好ましい。なお、F1,F2ではデルタ関数状の成分と直径が9画素の円筒状の成分からなる。デルタ関数状の成分があるため解像力は十分である。

10

## 【 0 0 2 8 】

また条件式(1)の値が下限の2をとる場合、中間位置Fmでは画素Pの1倍の広がりとなる。解像力としては十分である。ただし、深度拡大の効果が小さくなる。下限の範囲内であれば、像をぼかすことなく、被写界深度を拡大することができる。

## 【 0 0 2 9 】

条件式(1)の下限2を超えると、2重焦点の効果が小さくなり実質的に被写界深度が拡大しない。また条件式(1)の上限9を超えると、2重焦点の効果が大きくなりすぎ、2重焦点の中間位置Fmで像がぼけてしまい高い解像力が得られない。

20

## 【 0 0 3 0 】

なお、撮像素子の画素ピッチは図4に示す通りである。図4(a)は電子撮像素子の画素配列を示したものである。画素10が水平方向、垂直方向に整列している。

## 【 0 0 3 1 】

水平方向画素ピッチPHと垂直方向方向画素ピッチPVが異なることがあるため以下の様に相乗平均で定義する。

## 【 0 0 3 2 】

$$P = (PH \times PV)^{1/2}$$

PH：撮像素子の水平方向画素ピッチ

PV：撮像素子の垂直方向画素ピッチ

30

近年、画素配列を45度回転させた撮像素子もあるが、その場合でもピッチが異なる2方向の相乗平均を用いればよい。

## 【 0 0 3 3 】

なお、ファイバースコープのファイバー束も一種の撮像素子である。図4(b)はファイバー繊維11が六方配列している様子である。ファイバースコープの場合、Pはファイバーの繊維間距離である。

## 【 0 0 3 4 】

また、本発明の内視鏡は、

(2) 前記(1)項において、以下の条件式を満足することを特徴とする。

40

## 【 0 0 3 5 】

$$0 \leq y/P \leq 7 \dots (2)$$

但し、

y：画面中心における光軸に垂直な方向の焦点位置のズレ量

P：撮像素子の画素ピッチであり、以下の様に定義する。

## 【 0 0 3 6 】

$$P = (PH \times PV)^{1/2}$$

PH：撮像素子の水平方向画素ピッチ

PV：撮像素子の垂直方向画素ピッチ

結晶光学素子は、結晶の光学軸の方向によっては結像光学系の光軸とは垂直方向に像を

50

分離する作用を持つ。その場合の分離量についても適切なパラメータを設定することが望ましい。

【0037】

図5は結晶光学素子の光学軸12と、結像光学系の光軸9のなす角度、画面中心における光軸に垂直な方向の焦点位置のズレ量  $y$  を示している。座標は結像光学系の光軸をz方向、結晶の光学軸はyz平面内にあるとし、z軸に対して傾いている。

【0038】

光軸上の光線のうち常光線は結晶光学素子を通過した後も光軸上を進みF1で結像する。一方、光軸上の光線のうち異常光線は結晶光学素子で屈折され、y方向に  $y$  ずれてF2に結像する。このため画像が画面方向にズレて重なる。ここで画面方向とは結像光学系の光軸に垂直な方向のことである。以下同じ定義で用いる。

【0039】

条件式(2)を満足することで像の画面方向のズレを規制し、画質の劣化を防止することができる。条件式(2)の範囲であれば像の画面方向のズレによる画質劣化は問題なく、一方、撮像素子上に結像する高周波成分を抑制でき、モアレ防止の効果もあり好ましい。

【0040】

条件式(2)の上限7を超えると像の画面方向のズレが大きくなり、画質が劣化して好ましくない。 $y$ は0以上の値を持つために条件式(2)の下限0を超えることは無く、0であっても画面方向のズレ量がない場合であり、なんら問題ない。

【0041】

また、本発明の内視鏡は、

(3) 前記(1)項において、以下の条件式を満足することを特徴とする。

【0042】

$$0^\circ \leq \theta \leq 10^\circ \quad \dots (3)$$

$$0^\circ \leq \theta \leq \theta_{ih-max} \leq 20^\circ \quad \dots (4)$$

但し、

$\theta$  : 結晶光学素子の光学軸と、結像光学系の光軸とのなす角度

$\theta_{ih-max}$  : 結像光学系の最大像高における主光線と、結像光学系の光軸とのなす角度であり、結晶光学素子入射面での値である。

【0043】

条件式(3)は図5で示した画面中心部における像の画面方向のズレに関するものであり、結晶光学素子の光学軸の方向を規定したものである。

【0044】

条件式(3)の範囲内であれば画面中心部において像の画面方向のズレが発生しにくくなる。

【0045】

条件式(3)の上限 $10^\circ$ を超えると像の画面方向のズレが大きくなりやすく、好ましくない。結晶光学素子の光学軸と、結像光学系の光軸が平行の時は $\theta$ は $0^\circ$ であり最小値となる。よって条件式(3)の下限 $0^\circ$ を超えることはなく、 $0^\circ$ であっても、画面方向のズレ量がない場合であり、なんら問題ない。

【0046】

条件式(4)は画面周辺部における像の画面方向のズレに関するものである。画面周辺部においては、条件式(3)を満足した上で条件式(4)を満足することが望ましい。

【0047】

図6は画面周辺の結像光学系の主光線と光軸とのなす角度を示したものである。

【0048】

結像光学系において画面周辺の主光線は、光軸方向の位置によって光軸となす角度は変化する。たとえば像側にテレセントリックな場合、光学系の最終面から像面までの位置では画面周辺の主光線は光軸と平行であるが、最終面より物体側では一般的に平行ではない

10

20

30

40

50

。このため画面周辺部における像の画面方向のズレを良好な範囲に保つためには結晶光学素子の配置場所が重要であり、結晶光学素子の入射面での画面周辺の主光線と結像光学系の光軸とのなす角度が小さい位置に配置することが望ましい。そこで、結晶光学素子の入射面における、結像光学系の最大像高に対応する主光線13と、結像光学系の光軸9のなす角度  $i_h\text{-max}$ を規定した。

【0049】

条件式(3)および条件式(4)の範囲であれば画面周辺部において像の画面方向のズレが発生しにくくなる。条件式(3)を満足しても条件式(4)の上限 $20^\circ$ を超えると像の画面方向のズレが大きくなりやすく、好ましくない。

【0050】

結像光学系の最大像高における主光線と、結像光学系の光軸が平行の時は  $0^\circ$ であり最小値となる。よって条件式(4)の下限 $0^\circ$ を超えることは無く、 $0^\circ$ の時は画面中心と画面周辺部とで画面方向のズレ量に差がない場合であり、条件式(3)を満足している場合、なんら問題ない。

【0051】

また、上記条件式(4)を満足すればよく、必ずしもテレセントリックである必要はない。

【0052】

また、本発明の内視鏡は、

(4) 前記(1)項において、以下の条件式を満足することを特徴とする。

【0053】

$$0.5 < t/f < 2 \quad \dots (5)$$

但し、

t: 結晶光学素子の厚さであり、結像光学系の光軸方向の寸法である。

f: 結像光学系の焦点距離

条件式(5)は結晶光学素子の製造条件に関するものである。内視鏡の様な小型の光学系に用いる場合、光学素子の加工性、組み立て性、対衝撃性は重要である。条件式(5)を満足することで結像光学系を小型に保ったまま、加工性、組み立て性を確保できる。

【0054】

条件式(5)の下限0.5を超えると結晶光学素子の強度が低くなり、加工、組み立ての際に結晶光学素子が破損しやすくなる。条件式(5)の上限2を超えると結像光学系の光路内に結晶光学素子を配置するのが困難となるか、あるいは結像光学系が大型化しやすくなる。

【0055】

また、本発明の内視鏡は、

(5) 被写体の像を結像する結像光学系と撮像素子を有する内視鏡において、複屈折性を持ち、常光線と異常光線とで異なる屈折率をもつ結晶からなる結晶光学素子を前記結像光学系の光路に配置し、前記結像光学系の光軸方向に2重焦点が形成され、以下の条件式を満足することを特徴とする。

【0056】

$$2 < z / (Fno \times P) < 9 \quad \dots (1)$$

$$0 < y / P < 7 \quad \dots (2)$$

$$0^\circ < \theta < 10^\circ \quad \dots (3)$$

$$0^\circ < i_h\text{-max} < 20^\circ \quad \dots (4)$$

$$0.5 < t / f < 2 \quad \dots (5)$$

但し、

z: 画面中心における光軸方向の焦点位置のズレ量

Fno: 結像光学系の有効Fナンバー

P: 撮像素子の画素ピッチであり、以下の様に定義する。

【0057】

10

20

30

40

50

$$P = (PH \times PV)^{1/2}$$

PH：撮像素子の水平方向画素ピッチ

PV：撮像素子の垂直方向画素ピッチ

y：画面中心における光軸に垂直な方向の焦点位置のズレ量

：結晶光学素子の光学軸と、結像光学系の光軸とのなす角度

ih-max：結像光学系の最大像高における主光線と、結像光学系の光軸とのなす角度であり、結晶光学素子入射面での値である。

t：結晶光学素子の厚さであり、結像光学系の光軸方向の寸法である。

f：結像光学系の焦点距離

上記の条件式(1)～(5)を全て満足すると、なお好ましい。

10

#### 【発明の効果】

#### 【0058】

本発明によれば、被写界深度を拡大した内視鏡であって、簡易な構成で、かつ最適なパラメータを設定した内視鏡を提供することができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0059】

各実施例における条件式の値および条件式要素の値は表1に、仕様は表2に記載する。

#### 【0060】

なお、2重焦点の計算は光学設計ソフトZEMAX(ZEMAX Development Corporation製)で行った。

20

#### 【0061】

各実施例とも、結像光学系の光軸をz方向、像高方向をy方向とし、結晶軸は紙面に平行である。

#### 【0062】

また、紙面に垂直に振動する偏光をS偏光とし、結晶光学素子に対しては常光線として作用する。紙面に平行に振動する偏光をP偏光とし、結晶光学素子に対しては異常光線として作用する。

#### 【0063】

以下に示す数値データ中、INFは無限大を表す。また、屈折率はd線に対する値である。

30

#### 【0064】

また、レンズ断面図中、記号#は結晶光学素子、矢印は結晶光学素子の光軸、記号\*は赤外カットフィルター、記号\$はCCDカバーガラス、記号¥はCCDチップ封止ガラス、ASは明るさ絞り、FSはフレアー絞りをそれぞれ示す。

#### (実施例1)

光学系の数値データを以下に示す。

面番号 (物体)	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
	INF	17.3913		
1	INF	0.3304	1.88300	40.76
2	0.9226	0.4957		
3	INF	0.0522		
4	INF	0.0870		
5	INF	0.5391	1.51400	75.00
6	INF	0.0261		
7	INF	0.3739		
8	1.9061	0.3478	1.81600	46.62
9	0.8496	0.8696	1.58913	61.14
10	-1.4270	0.0261		
11	(絞り)	0.3739		

40

50

12	INF	0.0261			
13	INF	0.4348	1.58913	61.14	
14	2.6104	0.2174			
15	INF	0.0261			
16	INF	1.8609			
17	INF	-0.0696			
18	5.6748	1.7391	1.69680	55.53	
19	-2.1209	0.3913	1.92286	18.90	
20	-3.7000	-0.3043			
21	INF	0.9478			10
22	INF	0.0261			
23	INF	1.7391	(表2に記載)		
24	INF	0.0261			
25	INF	0.7565			
26	INF	0.0261			
27	INF	1.3043	1.51633	64.14	
28	INF	0.0087	1.51000	63.00	
29	INF	1.0696	1.50600	60.00	
30	INF	0.0166			
(像面)	INF				20

第3,4,7,12,15,16,17,21,22,25,26面：フレア絞り

第11面：明るさ絞り

第5面：赤外カットフィルター（C5000）

第23面：結晶光学素子（ルチル（ $TiO_2$ ））

第27面：CCDカバーガラス（封止ガラスに接着）

第29面：CCDの封止ガラス

本実施例は、結晶光学素子としてルチル（ $TiO_2$ ）を用いた。ルチルは屈折率が高くまた屈折率差も大きく、2重焦点用の光学素子に適している。

【0065】

結晶光軸の方向はz軸に一致している。

【0066】

図7にレンズ断面図と常光線の光路を示す。異常光線の光路との差はほとんど判別できないため、zに関しては収差図（図8）および表1に示す。

【0067】

図8に、常光線の像位置F1と異常光線の像位置F2とzとそれぞれの像面湾曲収差を示す。

(実施例2)

光学系の数値データを以下に示す。

面番号 (物体)	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
1	INF	17.3913		
2	INF	0.3304	1.88300	40.76
3	0.9226	0.4957		
4	INF	0.0522		
5	INF	0.0870		
6	INF	1.3043	(表2に記載)	
7	INF	0.0261		
7	INF	0.2313		

10

20

30

40

50

8	1.9061	0.3478	1.81600	46.62	
9	0.8496	0.8696	1.58913	61.14	
10	-1.4270	0.0261			
11	( 絞り )	0.3739			
12	INF	0.0261			
13	INF	0.4348	1.58913	61.14	
14	2.6104	0.2174			
15	INF	0.0261			
16	INF	1.8609			
17	INF	-0.0696			10
18	5.6748	1.7391	1.69680	55.53	
19	-2.1209	0.3913	1.92286	18.90	
20	-3.7000	-0.3043			
21	INF	1.0480			
22	INF	0.0261			
23	INF	0.5391	1.51400	75.00	
24	INF	0.0261			
25	INF	0.7565			
26	INF	0.0261			
27	INF	1.3043	1.51633	64.14	20
28	INF	0.0087	1.51000	63.00	
29	INF	1.0696	1.50600	60.00	
30	INF	0.0219			
( 像面 )	INF				

第3,4,7,12,15,16,17,21,22,25,26面：フレア絞り

第11面：明るさ絞り

第5面：結晶光学素子（ニオブ酸リチウム（LiNbO<sub>3</sub>））

第23面：赤外カットフィルター（C5000）

第27面：CCDカバーガラス（封止ガラスに接着）

第29面：CCDの封止ガラス

30

本実施例は、結晶光学素子としてニオブ酸リチウム（LiNbO<sub>3</sub>）を用いた。ニオブ酸リチウムは屈折率が高くまた屈折率差も大きく、2重焦点用の光学素子に適している。

【 0 0 6 8 】

結晶光軸の方向 = 5°である。 = 5°にすることで撮像素子上に結像する高周波成分を抑制でき、モアレ防止の効果がある。

【 0 0 6 9 】

図9にレンズ断面図と常光線の光路を示す。異常光線の光路との差はほとんど判別できないため、zに関しては収差図（図10）および表1に示す。

40

【 0 0 7 0 】

図10に、常光線の像位置F1と異常光線の像位置F2と zとそれぞれの像面湾曲収差を示す。

( 実施例 3 )

光学系の数値データを以下に示す。

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
( 物体 )	INF	1.0000		
1	INF	1.7391	( 表2に記載 )	
2	INF	0.1739		

50

3	INF	0.3304	1.88300	40.76	
4	0.9226	0.4957			
5	INF	0.0522			
6	INF	0.0870			
7	INF	0.5391	1.51400	75.00	
8	INF	0.0261			
9	INF	0.3739			
10	1.9061	0.3478	1.81600	46.62	
11	0.8496	0.8696	1.58913	61.14	
12	-1.4270	0.0261			10
13	( 絞り )	1.8609			
14	INF	0.0261			
15	INF	0.4348	1.58913	61.14	
16	2.6104	0.2174			
17	INF	0.0261			
18	INF	0.3739			
19	INF	-0.0696			
20	5.6748	1.7391	1.69680	55.53	
21	-2.1209	0.3913	1.92286	18.90	
22	-3.7000	-0.3043			20
23	INF	1.3826			
24	INF	0.0261			
25	INF	0.3478	1.52287	59.89	
26	INF	0.0261			
27	INF	0.7565			
28	INF	0.0261			
29	INF	1.3043	1.51633	64.14	
30	INF	0.0087	1.51000	63.00	
31	INF	1.0696	1.50600	60.00	
32	INF	0.1229			30
( 像面 )	INF				

第5,6,9,14,17,18,19,23,24,27,28面：フレア絞り

第13面：明るさ絞り

第1面：結晶光学素子（二酸化テルル（ $\text{TeO}_2$ ））

第7面：赤外カットフィルター（C5000）

第29面：CCDカバーガラス（封止ガラスに接着）

第31面：CCDの封止ガラス

結晶光学素子として二酸化テルル（ $\text{TeO}_2$ ）を用いた。二酸化テルル（ $\text{TeO}_2$ ）は屈折率が高くまた屈折率差も大きく、2重焦点用の光学素子に適している。 40

【 0 0 7 1 】

結晶光軸の方向はz軸に一致している。

【 0 0 7 2 】

図11にレンズ断面図と常光線の光路を示す。異常光線の光路との差はほとんど判別できないため、zに関しては収差図（図12）および表1に示す。

【 0 0 7 3 】

図12に、常光線の像位置F1と異常光線の像位置F2とzとそれぞれの像面湾曲収差を示す。

【 0 0 7 4 】

【表 1】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3
条件式(1)	$2 \leq \Delta z / (Fno \times P) \leq 9$	5.11	7.96
条件式(2)	$0 \leq \Delta y / P \leq 7$	0.000	6.000
条件式(3)	$0^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$	0°	5°
条件式(4)	$0^\circ \leq \phi_{ih-max} \leq 20^\circ$	1.1°	14.7°
条件式(5)	$0.5 \leq t/f \leq 2$	0.97	0.75
条件式要素	$\Delta z$	0.129	0.122
	Fno	6.317	6.128
	P	0.0040	0.0025
	$\Delta y$	0	0.015
	$\theta$	0°	5°
	$\phi_{ih-max}$	1.1°	14.7°
	t	1.7391	1.3043
f	1.7838	1.736	
			2.13
			0.000
			0°
			40°
			0.84
			0.067
			7.864
			0.0040
			0
			0°
			40°
			1.7391
			2.06

【 0 0 7 5 】

10

20

30

【表 2】

	実施例1	実施例2	実施例3
像高(H)	1.603	1.603	1.603
画角(2 $\omega$ )	131°	137°	80°
物体距離	17.391	17.391	1
結像光学系 材質	ルチル(TiO <sub>2</sub> )	ニオブ酸リチウム (LiNbO <sub>3</sub> )	二酸化テールルル(TeO <sub>2</sub> )
常光線の屈折率(no)	2.616	2.30016	2.27493
異常光線の屈折率(ne)	2.913	2.21454	2.43045
アッベ数( $\nu_d$ )	10	18.7	16.2

10

20

30

上記の他に、本発明は以下のように構成することができる。

## 【0076】

40

(1) 2重焦点形成時に画像処理を行い、コントラストを改善するとよい。本発明では前述の通り、解像力は確保できるのでコントラストが不足した場合はコントラストを強調する画像処理を行うのが好ましい。

## 【0077】

(2) 結像光学系は、焦点距離が変化するズーム光学系、あるいは被写体距離を変更できるフォーカス機能を持つ光学系に適用することもできる。たとえば高倍にフォーカスした際の深度不足を改善することができる。

## 【0078】

(3) 被写界深度を拡大する作用を用い、結像光学系の明るさを向上することもできる。すなわち結像光学系のFナンバーを小さくしても、被写界深度拡大作用により被写界

50

深度を確保できる。

【0079】

(4) 各実施例では結晶光学素子は両面が平面のフィルター形状をしているが、それに限らず、レンズ形状でもよい。

【0080】

(5) 結晶光学素子として、イットリウムバナデート( $YVO_4$ )、方解石( $CaCO_3$ )、バリウムポーレイト( $BBO$ )などの材質を用いてもよい。

【0081】

(6) 各実施例で使用した結晶光学素子は屈折率が高く、非点収差、像面湾曲、歪曲等の収差補正に適している。

10

【0082】

(7) 各実施例で使用した結晶光学素子はアッペ数が小さく、色収差補正に適している。

【0083】

(8) 各実施例で使用した結晶光学素子は屈折率が高い。このため高屈折材質用反射防止コートをするのが好ましい。

【0084】

(9) 照明光をP偏光、S偏光に切り替えて照明すると、偏光方向によりピント位置を変化することができる。

【0085】

20

(10) 本発明の内視鏡の形態はファイバースコープ、電子内視鏡、硬性内視鏡の他にカプセル形状をしたカプセル内視鏡などを含み、内視鏡であれば形態は問わない。

【0086】

(11) 上記実施例の長さの単位はmmであるが、各々係数倍したものでもよい。

【図面の簡単な説明】

【0087】

【図1】本発明の内視鏡の概念図である。

【図2】図1の部分拡大図である。

【図3】2重焦点とその中間での光束の広がりを示す図である。

【図4】撮像素子の画素ピッチを示す図である。

30

【図5】光軸に垂直な方向の焦点位置のズレ量を示す図である。

【図6】画面周辺の主光線と光軸とのなす角度を示す図である。

【図7】実施例1のレンズ断面図である。

【図8】実施例1の像位置と像面湾曲収差を示す図である。

【図9】実施例2のレンズ断面図である。

【図10】実施例2の像位置と像面湾曲収差を示す図である。

【図11】実施例3のレンズ断面図である。

【図12】実施例3の像位置と像面湾曲収差を示す図である。

【符号の説明】

【0088】

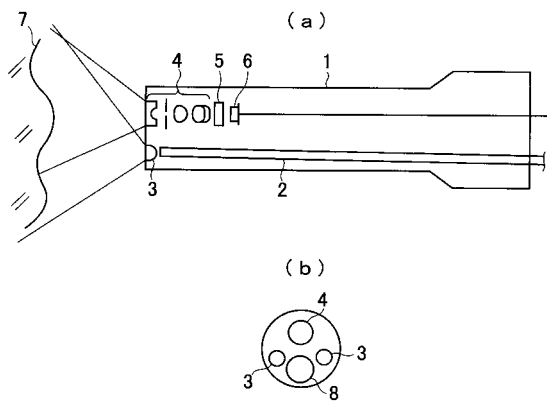
40

- |    |             |
|----|-------------|
| 1  | 内視鏡         |
| 2  | ライトガイドファイバー |
| 3  | 照明レンズ       |
| 4  | 結像光学系       |
| 5  | 結晶光学素子      |
| 6  | 撮像素子        |
| 7  | 被写体         |
| 8  | 鉗子口         |
| 9  | 結像光学系の光軸    |
| 10 | 電子撮像素子の画素   |

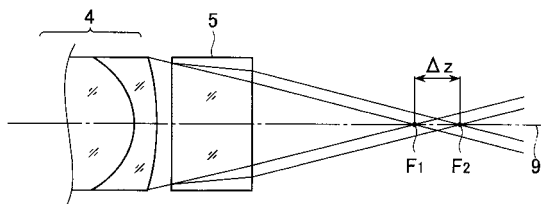
50

- 1 1            ファイバー繊維
- 1 2            結晶光学素子の光学軸
- 1 3            結像光学系の最大像高における主光線

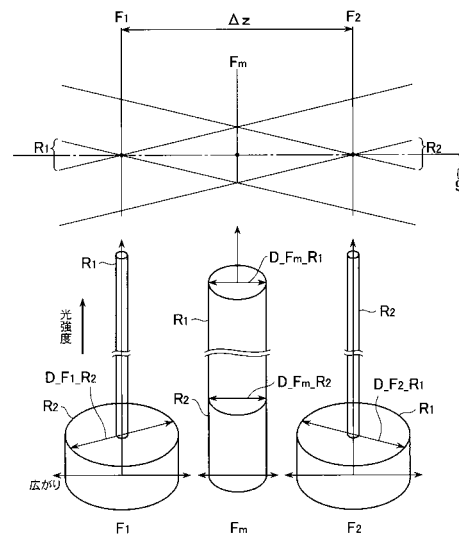
【図1】



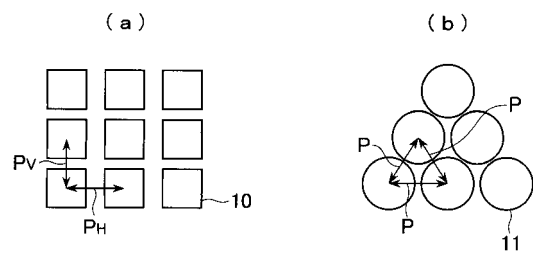
【図2】



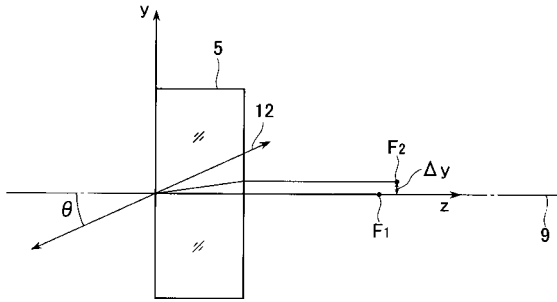
【図3】



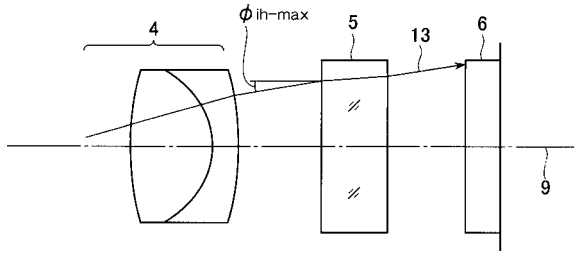
【図4】



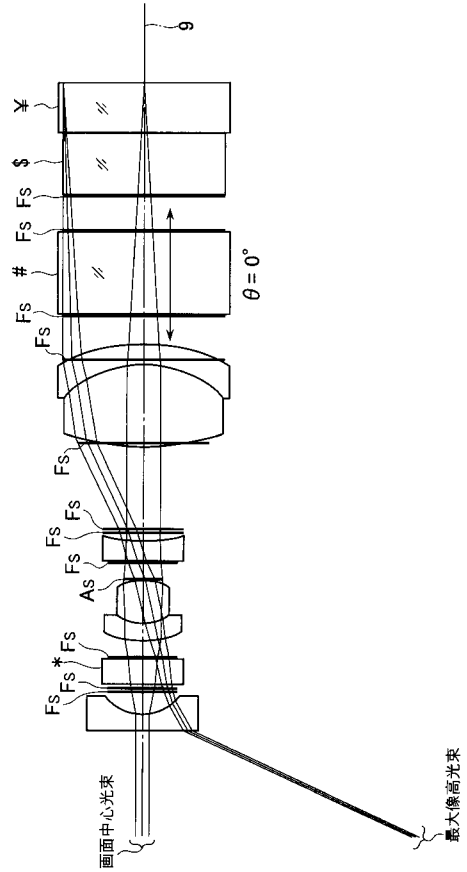
【図5】



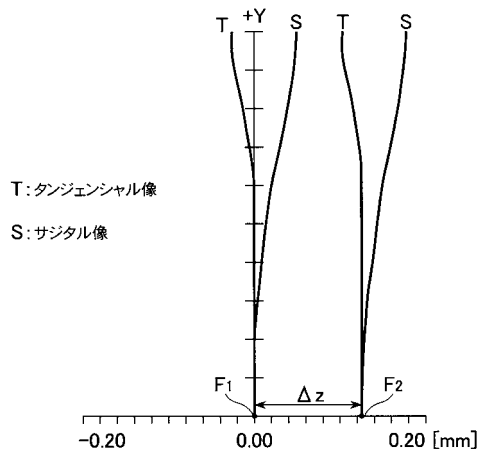
【図6】



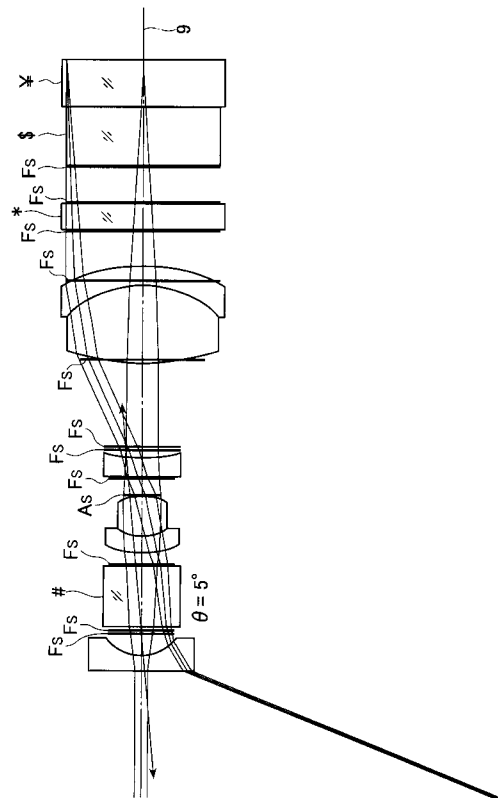
【図7】



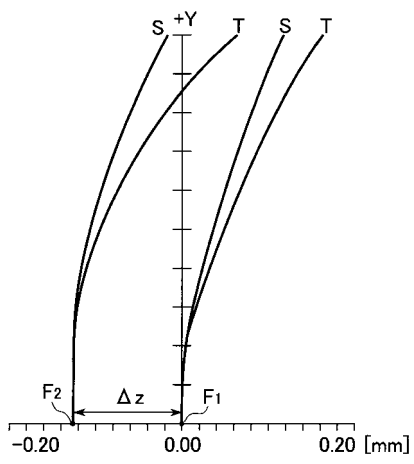
【図8】



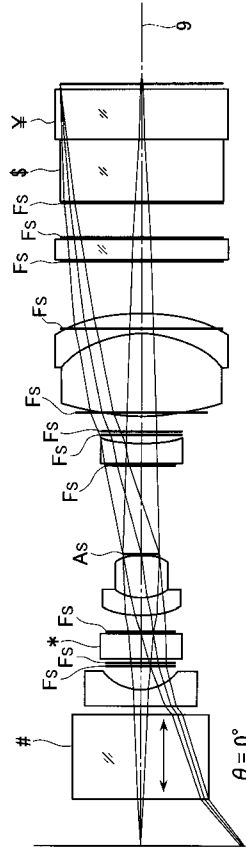
【図9】



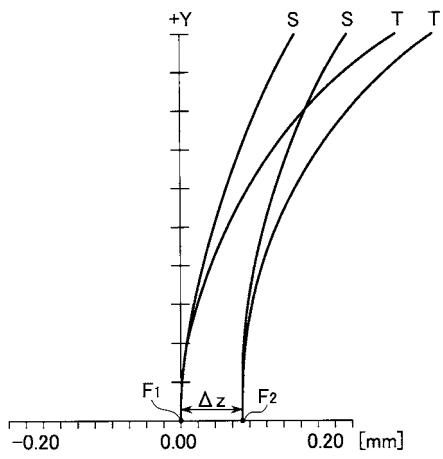
【図 10】



【図 11】



【図 12】



---

フロントページの続き

(72)発明者 菅 武志

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパスメディカルシステムズ株式会社内

(72)発明者 加藤 貴之

福島県会津若松市門田町大字飯寺字村西500番地 会津オリンパス株式会社内

審査官 安田 明央

(56)参考文献 特開2002-301022(JP,A)

特開平11-183809(JP,A)

特開平10-073758(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 1/00 - 1/32

G02B 13/00

G02B 23/24 - 23/26

专利名称(译)	内视镜		
公开(公告)号	<a href="#">JP4827481B2</a>	公开(公告)日	2011-11-30
申请号	JP2005288299	申请日	2005-09-30
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
[标]发明人	鵜澤 勉 中村 信一 菅 武志 加藤 貴之		
发明人	鵜澤 勉 中村 信一 菅 武志 加藤 貴之		
IPC分类号	A61B1/00 A61B1/04 G02B23/24 G02B23/26 G02B13/00		
FI分类号	A61B1/00.300.Y A61B1/04.372 G02B23/24.B G02B23/26.C G02B13/00 A61B1/00.731 A61B1/05		
F-TERM分类号	2H040/CA22 2H040/CA23 2H040/GA02 2H087/KA10 2H087/LA01 2H087/PA04 2H087/PA19 2H087/PB06 2H087/QA01 2H087/QA07 2H087/QA18 2H087/QA22 2H087/QA25 2H087/QA37 2H087/QA41 2H087/QA46 2H087/RA42 2H087/RA43 2H087/UA02 4C061/FF40 4C061/LL02 4C061/NN01 4C061/PP11 4C161/DD07 4C161/FF40 4C161/LL02 4C161/NN01 4C161/PP11		
代理人(译)	上田邦夫 藤田 考晴		
其他公开文献	JP2007097652A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

#### 摘要(译)

要解决的问题：提供具有扩大的景深和简单结构并保持最佳参数的内窥镜。  
 ŽSOLUTION：在具有用于形成摄影对象的图像的成像光学系统4和图像拾取元件的内窥镜中，在成像光学系统的光路上布置晶体光学元件5，形成双焦点F1，F2。成像光学系统的光轴θ方向，并且满足以下条件表达式。 $2 \leq \Delta z / (Fno \times P) \leq 9$  (1)。这里，Δz：在屏幕中心处的光轴方向上的焦点位置的偏差量，Fno：成像光学系统的有效F数，P：图像拾取元件的像素间距。Ž

	实施例1	实施例2	实施例3
条件式(1)	$2 \leq \Delta z / (Fno \times P) \leq 9$	5.11	7.96
条件式(2)	$0 \leq \Delta y / P \leq 7$	0.000	6.000
条件式(3)	$0^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$	0°	5°
条件式(4)	$0^\circ \leq \phi_{th-max} \leq 20^\circ$	1.1°	14.7°
条件式(5)	$0.3 \leq f / t \leq 2$	0.97	0.75
条件式(像素)	Δz	0.129	0.122
	Fno	6.377	6.128
	P	0.0040	0.0025
	Δy	0	0.015
	θ	0°	5°
	φ <sub>th-max</sub>	1.1°	14.7°
	t	1.7991	1.3049
	f	1.7838	1.736