

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-121967

(P2005-121967A)

(43) 公開日 平成17年5月12日(2005.5.12)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
<b>G02B 21/04</b>	G02B 21/04	2G059
<b>A61B 1/00</b>	A61B 1/00 300Y	2H040
<b>G01N 21/17</b>	G01N 21/17 620	2H045
<b>G02B 21/00</b>	G02B 21/00	2H052
<b>G02B 23/26</b>	G02B 23/26 B	2H087
審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 18 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2003-357896 (P2003-357896)  
 (22) 出願日 平成15年10月17日 (2003.10.17)

(71) 出願人 000000527  
 ペンタックス株式会社  
 東京都板橋区前野町2丁目36番9号  
 (71) 出願人 500299492  
 オプティスキャン ピーティーワイ リミ  
 テッド  
 オーストラリア国 ヴィクトリア 316  
 8 ノットィング ヒル ノーマンビー  
 ロード 15-17  
 (74) 代理人 100078880  
 弁理士 松岡 修平  
 (72) 発明者 金井 守康  
 東京都板橋区前野町2丁目36番9号 ペ  
 ンタックス株式会社内

最終頁に続く

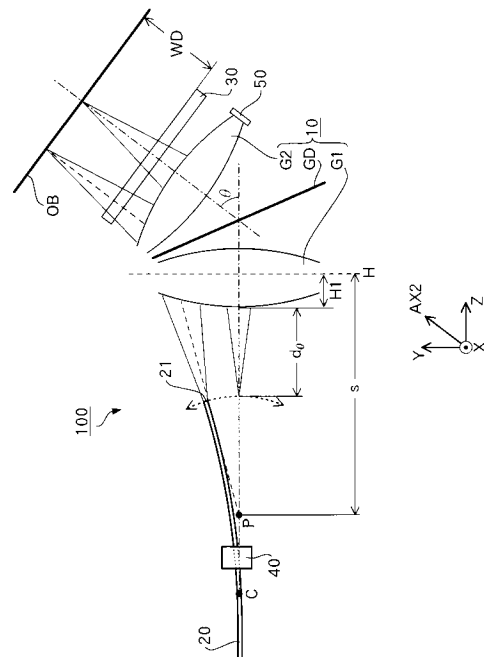
(54) 【発明の名称】 集光光学系、共焦点光学システムおよび走査型共焦点内視鏡

(57) 【要約】

【課題】 点光源を振ることにより光の点像を被検面上で走査する構成を持つ側視型光学系に好適な構成で、さらには諸収差を良好に抑えることができる集光光学系を提供することを目的とする。また本発明は、該集光光学系を備え、小型でありながらも広い走査範囲が確保された共焦点観察用の光学システムを提供すること。

【解決手段】 集光光学系は、共焦点用ピンホールとして機能する点光源を移動させて該点光源からの光束を走査することにより、被検面を観察する走査型共焦点光学システムに搭載される集光光学系であって、点光源側から順に、第1群、少なくとも一つの偏向部材を含む偏向群、正のパワーを持つ第2群、カバーガラスを有し、少なくとも第2群とカバーガラスの間隔を変化させることにより、集光光学系の光軸方向に沿って集光位置を変化させる構成にした。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

共焦点用ピンホールとして機能する点光源を移動させて該点光源からの光束を走査することにより、被検面を観察する走査型共焦点光学システムに搭載される集光光学系であって、

前記点光源側から順に、正のパワーを持つ第 1 群、少なくとも一つの偏向部材を含む偏向群、正のパワーを持つ第 2 群、カバーガラスを有し、

少なくとも前記第 2 群と前記カバーガラスの間隔を変化させることにより、前記集光光学系の光軸方向に沿って集光位置を変化させることを特徴とする集光光学系。

## 【請求項 2】

前記集光光学系は、倍率を  $m$ 、前記被検面側の開口数を  $NA$  とすると、以下の条件式 (1)、

$$0.1 < |m \times NA| < 0.2 \dots (1)$$

を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の集光光学系。

## 【請求項 3】

前記第 1 群は、前記点光源側から順に、

正のパワーを持つ第 1 A 群と、

少なくとも前記カバーガラス側に凹面を向けた、単レンズまたは一組の接合レンズのいずれか一方からなる第 1 B 群と、

一組の接合レンズおよび単レンズを含む正のパワーを持つ第 1 C 群と、

から構成されることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の集光光学系。

## 【請求項 4】

前記点光源から前記集光光学系の第 1 面までの距離を  $d_0$ 、前記第 1 群の合成焦点距離を  $f_1$ 、前記第 1 A 群の焦点距離を  $f_{1A}$  とすると、以下の条件式 (2)、および (3)

$$0.1 < d_0 / f_{1A} < 0.5 \dots (2)$$

$$0.2 < |f_{1A} / f_1| < 0.8 \dots (3)$$

をともに満たすことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の集光光学系。

## 【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の集光光学系において、

前記第 1 A 群は 1 枚の単レンズで構成され、

該第 1 A 群のアッペ数を  $1A$  とすると、以下の条件式 (4)、

$$1A < 30 \dots (4)$$

を満たすことを特徴とする集光光学系。

## 【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の集光光学系において、

前記第 2 群は、一組の正と負の貼り合わせレンズ一枚と、少なくとも一枚の正の単レンズと、を含むことを特徴とする集光光学系。

## 【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の集光光学系において、

前記第 2 群は、3 枚の正の単レンズを含むことを特徴とする集光光学系。

## 【請求項 8】

前記偏向群から射出され前記第 2 群に入射する光束は、ほぼ平行光束であることを特徴とする、請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の集光光学系。

## 【請求項 9】

請求項 8 に記載の集光光学系において、

前記第 1 群と前記第 2 群は、前記第 1 群の合成焦点距離を  $f_1$ 、前記第 2 群の合成焦点距離を  $f_2$ 、とすると以下の条件式 (5)、

$$0.97 < f_2 \times m / f_1 < 1.03 \dots (5)$$

を満たすことを特徴とする集光光学系。

## 【請求項 10】

10

20

30

40

50

前記偏向群は、平面のみで構成される光学部材によって構成されることを特徴とする請求項 9 に記載の集光光学系。

【請求項 11】

請求項 1 から請求項 10 のいずれかに記載の集光光学系において、

前記偏向群は、入射光束が少なくとも一つの面で全反射するように配設されたプリズムを含み、

前記第 1 群の光軸と前記第 2 群の光軸がなす角  $\theta$  は、以下の条件式 (6)、

$$35^\circ < \theta < 105^\circ \cdots (6)$$

を満たすことを特徴とする集光光学系。

【請求項 12】

前記第 1 群と、前記偏向群と、前記カバーガラスとは、前記走査型共焦点光学システム内部に固定されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 11 のいずれかに記載の集光光学系。

10

【請求項 13】

共焦点用ピンホールとして機能する点光源と、

点光源から照射された光束を集光する、請求項 1 から請求項 11 のいずれかに記載の集光光学系と、

前記点光源を少なくとも前記集光光学系の光軸と実質的に直交する面上で移動させることにより、前記光束を走査させる走査手段と、

少なくとも前記第 2 群と前記カバーガラスの間隔を変化させることにより、前記集光光学系の光軸方向に前記集光位置を移動させる集光位置移動手段と、を備えることを特徴とする共焦点光学システム。

20

【請求項 14】

請求項 13 に記載の共焦点光学システムにおいて、

前記実質的に直交する面は、前記集光光学系の光軸上に曲率中心がある曲面であり、

前記集光光学系の全系の合成焦点距離を  $f$ 、移動状態にある前記点光源から照射される光束の主光線と前記集光光学系の光軸とが交わる交点と、前記集光光学系の前側主点との間の距離を  $s$  (但し、被検面に向かう方向を  $+$  とする) とすると、以下の条件式 (7)、

$$0.1 < -f/s < 1.0 \cdots (7)$$

を満たすことを特徴とする共焦点光学システム。

30

【請求項 15】

請求項 14 に記載の共焦点光学システムにおいて、

前記点光源は、発光部と前記集光光学系との間であって前記集光光学系の光軸に沿って配設された一本の光ファイバの射出端であり、

前記走査手段は、前記射出端より光源側を湾曲させることにより、前記点光源を前記曲面上で移動させることを特徴とする共焦点光学システム。

【請求項 16】

請求項 13 から請求項 15 のいずれかに記載の共焦点光学システムを搭載したことを特徴とする走査型共焦点内視鏡。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

この発明は、体腔内の生体組織の断層像を高倍率で観察することができる走査型共焦点内視鏡における側視型の共焦点光学システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、通常の内視鏡光学系によって得られる像よりも高倍率かつ高解像度な像を観察可能な共焦点顕微鏡の光学システムをプローブに採用した共焦点プローブおよび該プローブを用いた走査型共焦点内視鏡が知られている。共焦点プローブは、被検物である体腔内の生体組織にレーザ光を照射して、該生体組織からの反射光もしくは該生体組織の自家蛍光

50

のうち、対物光学系の物体側焦点面における光のみを抽出することを特徴とする。一般的に、プローブは、該プローブの先端面から生体組織に光を照射する直視型と、該プローブの側面から生体組織に光を照射する側視型に分類される。該プローブに使用される光学システムは、直視型か側視型かによって確保すべき光路が異なるため、各型に応じた好適な光学システムを構成する必要がある。

【0003】

側視型の共焦点プローブに使用可能な光学システムは、例えば、以下の特許文献1に開示される。

【特許文献1】特開2000-292703号公報

【0004】

特許文献1に開示される光学システムの構成は、ミラー等の反射面を利用することにより生体組織上で光を走査している。そのため、反射面を配置するためのスペースを確保するために光源と対物レンズ間の距離を長く取ることになり対物レンズを大型化する、または広い走査範囲の確保が困難になるといった問題がある。さらに、配置された場所において、該反射面を所定の方向に駆動させるためのスペースも要求される。

10

【0005】

さらに、特許文献1に開示される光学システムの構成は、光束の集光位置を被検物の深さ方向、換言すれば対物レンズの光軸方向に沿って変化させる機構を有していない。そのため、被検面の位置を高い精度で検出できず、高精細な画像を観察することができないといった問題がある。

20

【0006】

ところで、近年、術者の操作にかかる負担を軽減するなどのために従来ある内視鏡の機能と側視型共焦点プローブの機能を兼ね備えた一体型の走査型共焦点内視鏡（以下、単一体型内視鏡という）なるものが要望されている。一体型内視鏡は、一般的な内視鏡観察（以下、通常観察という）用の光学システムといわゆる共焦点観察用の光学システムをそれぞれ独立して備える必要がある。そのため、各光学システム、特に共焦点観察用の光学システムを小型化して、可撓管を細径化することが最も重要な課題の一つとなる。しかし、該共焦点観察用の光学システムに上記特許文献1に開示される構成を採用すると、可撓管の径や長さが大きくなってしまい不適である。そこで、可撓管の小型化を図りつつも、可能な限り広い範囲を走査可能とするために、下記の特許文献2に開示されるような、点光源を振ることにより光の点像を被検面上で走査する構成を共焦点観察用の光学システムに用いることが考えられる。

30

【0007】

【特許文献2】米国特許第5161053号明細書

【0008】

しかし従来、側視型共焦点内視鏡内の光学システムに上記点光源を振る構成を採用した場合に好適、つまり光量の損失や諸収差を良好に抑えることができる集光光学系について具体的な検討、提案はなされていなかった。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0009】

そこで本発明は上記の事情に鑑み、点光源を振ることにより光の点像を被検面上で走査する構成を持つ側視型の一体型内視鏡に好適な構成で、さらには諸収差を良好に抑えることができる集光光学系を提供することを目的とする。また本発明は、該集光光学系を備え、小型でありながらも広い走査範囲が確保された共焦点観察用の光学システム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】

【0010】

上記課題を解決するため、請求項1に記載の集光光学系は、共焦点用ピンホールとして機能する点光源を移動させて該点光源からの光束を走査することにより、被検面を観察す

50

る走査型共焦点光学システムに搭載される集光光学系であって、点光源側から順に、正のパワーを持つ第1群、少なくとも一つの偏向部材を含む偏向群、正のパワーを持つ第2群、カバーガラスを有し、少なくとも第2群とカバーガラスの間隔を変化させることにより、集光光学系の光軸方向に沿って集光位置を変化させることを特徴とする。

【0011】

上記のように構成することにより、点光源からの光束を可撓管の側面から照射することが可能になる。また、上記構成によれば、カバーガラスを被検面に当てつけることにより、被検物内にできる集光位置と被検面との間に一定の距離を確保することができる。従って、少なくとも第2群を光軸方向に駆動させて第2群とカバーガラスの間隔を変化させることにより、光軸方向（つまり被検物の厚み方向）に沿って集光位置を変化させることができる。

10

【0012】

さらに、請求項2に記載の集光光学系は、倍率を $m$ 、被検面側の開口数を $NA$ とすると、以下の条件式(1)、

$$0.1 < |m \times NA| < 0.2 \dots (1)$$

を満たすことを特徴とする。

【0013】

条件(1)は、点光源を振ることにより得られる走査範囲と被検面側の開口数との関係を規定する条件である。具体的には、条件(1)において、下限を下回ると開口数 $NA$ が低下してしまい、十分な解像力が得られない。また上限を上回ると、開口数が大きくなりすぎて球面収差の補正が困難になってしまうと共に、倍率が小さくなり、十分な走査範囲の確保が困難になる。つまり、請求項4に記載の集光光学系は、限られたスペースしか確保できない可撓管内部で点光源を振ることにより光の点像を被検面上で走査する構成に好適である。

20

【0014】

請求項3に記載の発明によれば、上記集光光学系の第1群は、点光源側から順に、正のパワーを持つ第1A群と、少なくともカバーガラス側に凹面を向けた、単レンズまたは一組の接合レンズのいずれか一方からなる第1B群と、一組の接合レンズおよび単レンズからなる正のパワーを持つ第1C群と、から構成される。なお、本文においては、各光学部材に関する説明をするにあたり、便宜上、特に断りを入れない限り、集光光学系の光路を直線状に展開した状態を想定するものとする。

30

【0015】

詳しくは、第1A群は、正のパワーによって、点光源から照射された発散光束を収束させる。つまり第1群は主としてコンデンサーレンズとしての機能を持つ。また、第1B群が持つ凹面は、主としてペッツパル和を小さく保つことを目的とし、これにより像面湾曲を補正する。つまり該凹面を備えるレンズは、いわゆるフィールドフラットナーとしての機能を有する。ここで第1B群は第1A群を透過することにより収束する傾向にあった光束を再び発散させてしまう。従って第1C群は、第1B群透過後の光束を発散させないように正のパワーを持つ。集光光学系をこのような構成とすることにより、系の全長を短く保つことが可能となる。

40

【0016】

上記構成の集光光学系において、点光源から集光光学系の第1面までの距離を $d_0$ 、第1群の合成焦点距離を $f_1$ 、第1A群の焦点距離を $f_{1A}$ とすると、以下の条件式(2)、および(3)

$$0.1 < d_0 / f_{1A} < 0.5 \dots (2)$$

$$0.2 < |f_{1A} / f_1| < 0.8 \dots (3)$$

をとともに満たすことが好ましい(請求項4)。

【0017】

該点光源は該光束を走査するために移動している。また、点光源から照射された光束は、そもそも発散傾向にある。つまり、点光源から照射される光束は該点光源から離れるほ

50

ど大きく広がって（発散して）いく。本発明に係る集光光学系は、広がりつつある光束を点光源の直後に配置した第1 A群によって集光する。従って、点光源により近い位置に第1 A群を配設すればするほど、レンズの径つまりは集光光学系全体を小型化できる反面、あまりに近づけると移動中の点光源と第1 A群のレンズが接触するおそれがあるため好ましくない。条件(2)は、このような点光源と第1 A群との位置関係および集光光学系の小型化について規定する。条件(2)の上限を超えると小型化が困難となる一方、下限を下回ると点光源と第1 A群とが接触してしまう。

**【0018】**

また、上記のように第1 A群は点光源から照射された発散光束を収束させるために正のパワーを持つ。条件(3)は、系全体のパワーとのバランスを考慮して第1 A群のパワーを適切に設定するための条件である。条件(3)の下限を下回ると、第1 A群のパワーが強くなりすぎて歪曲収差が発生してしまう。条件(3)の上限を超えると、第1 A群のパワーが弱くなりすぎ、構成するレンズの径が大きくなってしまう。

10

**【0019】**

さらに請求項5に記載の発明によれば、第1 A群は1枚の単レンズで構成してもよい。但し第1 A群を一枚の単レンズのみで構成した場合、該第1 A群のアッベ数  $1 A$  が以下の条件式(4)、

$$1 < 30 \cdot \dots (4)$$

を満たすように設計する必要がある。

**【0020】**

集光光学系のレンズ枚数をできるだけ少なくして簡素な構成にするためには、第1 A群として一枚の単レンズを使用すればよい。ここで、第1 C群、第2群の接合レンズ（特に接合面）は、主として軸上色収差を補正する役割を担っているが、倍率の色収差を補正することはできない。条件式(4)は、第1 A群に適切な色収差を持たせ、総合的に軸上及び倍率の色収差を補正する条件である。第1群を一枚の単レンズで構成する場合、条件(4)を満たすようなアッベ数が与えられた単レンズを用いれば、倍率色収差を効果的に抑えることができる。

20

**【0021】**

請求項6に記載の発明によれば、第2群は、一組の正と負の貼り合わせレンズ一枚と、少なくとも一枚の正の単レンズと、を含むことが望ましい。可動群としての機能を有する第2群は、単独で諸収差が補正されていることが望ましい。そこで、貼り合わせレンズを用いることにより、球面収差やコマ収差を補正する。また、該貼り合わせレンズの貼り合わせ面によって軸上色収差の補正も達成される。

30

**【0022】**

なお、第2群は、3枚の正の単レンズを含むことが望ましい（請求項7）。このように、第2群において、正のパワーを複数の単レンズに分割することにより、各レンズを球面レンズで構成したとしても球面収差やコマ収差を小さく抑えることが可能になる。

**【0023】**

ここで、上記の集光光学系は、偏向群から射出され第2群に入射する光束が略平行光束となるように構成することが望ましい（請求項8）。このように、偏向群からの射出光束をほぼ平行光束にすることにより、集光位置を変化させるために第2群を該射出光束の光軸方向に移動させた場合であっても、集光光学系全体の倍率が変化したり、諸収差が劣化したりすることがない。

40

**【0024】**

本発明に係る集光光学系のように光路が系の途中で偏向される光学系では、偏向群の前後の群に関する組み付け精度を高く保つことが非常に難しい。また、該偏向群の個体差（例えば、加工誤差等）による偏芯、詳しくは第1群の軸上光が偏向群の個体差により第2群の光軸外を直進してしまう現象も起こりやすい。組み付け精度誤差を小さく抑え、偏芯による収差を小さく抑えるためには、第2群に入射する光束が略平行光束だけでなく、第1群からの射出光束も略平行光束にする必要がある。そこで、請求項9に記載の集光光学

50

系によれば、第1群の合成焦点距離を  $f_1$ 、第2群の合成焦点距離を  $f_2$ 、とすると、第1群と第2群が以下の条件式(5)、

$$0.97 < f_2 \times m / f_1 < 1.03 \dots (5)$$

を満たすことが望ましい。条件(5)を満たす光学系では、第1群から射出された平行光束がそのまま第2群に入射するように、偏向群を平面のみからなるプリズムやミラーで構成することが望ましい(請求項10)。

【0025】

また、偏向群の占める間隔(空気換算長)が長くなると、光軸に対して一定の角度をなす軸外光束が第2群入射することにより、けられが発生するおそれがある。そこで、請求項11に記載の発明によれば、該偏向群としてミラーよりも空気換算長が短いプリズムを使用する。そして、該プリズムの少なくとも1つの面で入射光束を全反射させることによって光路の偏向を実現する。これにより、偏向の際の光量の損失を最小限に抑えることができ、光の利用効率を高めることができる。

10

【0026】

ここで、第1群の光軸と第2群の光軸がなす角を  $\theta$  とすると、角  $\theta$  が  $60^\circ$  を超える場合、三角プリズムを用いる。例えば、角  $\theta$  が  $90^\circ$  の場合は、直角プリズムを使用すればよい。該直角プリズムを使用する場合、斜面を全反射面として設計すれば空気換算長を短くすることができる。また、角  $\theta$  が  $60^\circ$  以下の場合、2回反射によって偏向を行うプリズム(例えば、光軸を含む断面形状が五角形のプリズム、以下、2回反射プリズムという)等が空気換算長を短くすることができるため好適である。なお、上記の各プリズムは、上述した形状の単一プリズムであってもよいし、複数の多角形プリズムを貼り合わせてもよい。また、2回反射プリズムでは、2面とも全反射させるように配置構成することが設計上困難な場合には、一方の面に金属コート等を施すことも可能である。

20

【0027】

請求項11に記載の条件式(6)、

$$35^\circ < \theta < 105^\circ \dots (6)$$

は、偏向群が全反射条件を満たすための条件である。条件式(6)において、下限を下回ると、2回反射プリズムの全反射条件を満足しない軸外光束によるけられが発生してしまう。また上限を上回ると、三角プリズムの全反射条件を満足しない軸外光束によるけられが発生してしまう。

30

【0028】

なお、より好ましくは、第1群と、偏向群と、カバーガラスとは、走査型共焦点光学システムの内部に固定しておく(請求項12)。つまり、第2群のみが可動状態にすると集光光学系が簡素な構成になり好ましい。

【0029】

請求項13に記載の共焦点光学システムは、共焦点用ピンホールとして機能する点光源と、点光源から照射された光束を集光する、請求項1から請求項11のいずれかに記載の集光光学系と、点光源を少なくとも集光光学系の光軸と実質的に直交する面上で移動させることにより、光束を走査させる走査手段と、少なくとも第2群とカバーガラスの間隔を変化させることにより、集光光学系の光軸方向に集光位置を移動させる集光位置移動手段と、を備えることを特徴とする。

40

【0030】

請求項13に記載の共焦点光学システムによれば、上記の走査手段および集光位置移動手段によって3次元の走査が可能になり、体腔内の生体組織の表面像のみならず断層像まで観察することが可能になる。しかも、該走査手段は従来技術のようにミラーを用いて光束を走査するのではなく、点光源を移動させることにより走査を行うためにシステム全体の小型化が図られる。また、上述した集光光学系を搭載することにより、該走査手段によって移動する点光源から照射される光束を、光量の損失や諸収差を抑えつつ被検面に集光させることができる。これにより、広範囲にわたってより明るく鮮明な画像による観察が可能になる。

50

## 【 0 0 3 1 】

シングルモード光ファイバの射出端を点光源および共焦点ピンホールとして使用する、いわゆるファイバスキヤンタイプの共焦点光学システムでは、集光光学系の光軸方向およびファイバの配設方向（可撓管の長手方向）が略同一直線上にあることが要求される。従って該共焦点光学システムを側視型の一体型内視鏡に利用する場合、上述した集光光学系を用いると極めて好適である。このとき、第1群の光軸がファイバの配設方向と略一致するように上記集光光学系を配設することにより、可撓管を大型化させることなく該集光光学系を該可撓管内に収納することができる。

## 【 0 0 3 2 】

請求項14に記載の共焦点光学システムによれば、上記実質的に直交する面は、集光光学系の光軸上に曲率中心がある曲面であり、集光光学系の全系の合成焦点距離を  $f$ 、移動状態にある点光源から照射される光束の主光線と集光光学系の光軸とが交わる交点と、集光光学系の前側主点との間の距離を  $s$ （但し、被検面に向かう方向を + とする）とすると、以下の条件式（7）、

$$0.1 < -f / s < 1.0 \cdots (7)$$

を満たす。

## 【 0 0 3 3 】

より詳しくは、点光源は、発光部と集光光学系との間であって集光光学系の光軸に沿って配設された一本の光ファイバの射出端であり、走査手段は、射出端近傍を湾曲させることにより、前記点光源を上記の曲面上で移動させる（請求項15）。

## 【 0 0 3 4 】

上記のように、光ファイバの射出端より光源側を湾曲させることにより点光源としてのファイバ射出端面を移動させることにより、一体型内視鏡にも適用できるように可撓管の細径化を維持しつつ広範囲な走査範囲を得るという目的を比較的容易に達成することができる。

## 【 0 0 3 5 】

なお、上記のように光ファイバ射出端より光源側を湾曲させることにより、ファイバ射出端面が描く軌跡は、厳密には平面ではなく曲面となる。しかし、ファイバの湾曲中心から射出端までの距離をファイバの走査幅に対し十分長く取れば、略平面と考えることができる。つまり、実質的には、該曲面は集光光学系の光軸と実質的に直交する面と同一視することが可能である。

## 【 0 0 3 6 】

また、光ファイバの射出端より光源側を湾曲させると、その湾曲の度合いに応じて射出端面が傾く為、照射される光束の主光線と集光光学系の光軸とのなす角度は大きくなる。集光光学系は、射出端面から照射される光束の主光線の延長線と集光光学系の光軸が交わる所定位置に入射瞳位置がくるように配設される。なお、上記所定位置は、ファイバ射出端の  $X$ - $Y$  平面上の位置（ $X$ 、 $Y$ ）が最大、つまり、光軸から最も離れた時の射出端面から照射される光束の主光線を基準に考えると容易に求まる。このように配置することで、ファイバからの射出光束をケラレなく集光光学系に取り込み、視野周辺部まで十分な光量を確保することができる。

## 【 0 0 3 7 】

また、共焦点光学システムにおいて、所定位置に移動したファイバ端面からの光束は被検面で反射した後、必ず所定位置にあるファイバ端面に導かれるようにする必要がある。このように被検面からの反射光を利用した走査を行う場合、より効率良くその反射光を集光光学系に戻す為には光学系の被検面側にテレセン性を持たせることが有効である。近軸的には集光光学系の前側（ファイバー側）焦点位置に入射瞳があればよい。しかし、軸外では、瞳の球面収差が大きくなるため、軸外光束についての入射瞳は近軸計算位置からずれた位置にあるのが一般的である。条件（7）は、軸外光束が瞳の球面収差をもっている場合でも、必要最低限のテレセンを確保する為の条件である。つまり、条件（7）の上限と下限のいずれを超えてもテレセン性が著しく失われてしまい周辺部の光量が著しく低下

10

20

30

40

50

してしまう。

【0038】

上記のような共焦点光学システムを用いることにより、可撓管の細径化を維持することができるため、被検者の負担を軽減できる一体型内視鏡を実現することができる。

【発明の効果】

【0039】

以上のように本発明によれば、点光源を振ることにより三次元の走査を実現する共焦点光学システムを搭載する側視型光学系に好適で、かつ諸収差を良好に抑えた集光光学系が提供される。このような集光光学系を搭載した共焦点光学システムは、側視型であっても大型化することなく、広い走査範囲が確保できる。また、このような共焦点光学システムを用いることで、側視型であっても直視型に近い細径の可撓管を備えた一体型内視鏡を実現することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0040】

以下、この発明に係る集光光学系、および該集光光学系を備える共焦点光学システムの実施形態を説明する。図1は、共焦点光学システム100における集光光学系10近傍の拡大図である。共焦点光学システム100は、体腔内の生体組織OBを高倍率で観察（共焦点観察）するために、側視型光学系を搭載する一体型内視鏡に設けられている。なお、該一体型内視鏡は、生体組織OBを通常観察するための通常観察用光学システム（不図示）も備える。また、一体型内視鏡は、生体組織OBを照明する発光部や各光学システムによって撮像された生体組織OBの画像に所定の画像処理を施す画像処理部等を含むプロセッサ（不図示）に電気的かつ光学的に接続されている。

20

【0041】

共焦点光学システム100は、集光光学系10、シングルモード光ファイバ（以下、単に光ファイバという）20、カバーガラス30、ファイバ端駆動部40、レンズ駆動部50を有する。集光光学系10は、光ファイバ20の射出端21側から順に、第1群G1、偏向群GD、第2群G2を有する。光ファイバ20、ファイバ端駆動部40、第1群G1、偏向群GD、カバーガラス30は、各々、システム100の内部（不図示）に固定されている。第2群G2は、レンズ駆動部50によって、第2群G2の光軸方向に沿ってスライド自在に保持されている。

30

【0042】

なお、図1を含め以下の各図において、光ファイバ20の配設方向（第1群の光軸方向）をZ方向、Z方向と直交し、かつ互いに直交する方向をそれぞれX方向、Y方向とする。つまり、X方向とY方向はZ方向と直交する面（X-Y面）を規定する。また、説明の便宜上、第2群の光軸方向をAX2方向という。

【0043】

光ファイバ20は、プロセッサの発光部と集光光学系10との間に配設される導光手段である。ファイバ端駆動部40は、光ファイバ20の射出端21近傍であって、X-Y面内において互いに直交する方向（つまりX方向とY方向）に変位する二つの圧電素子を備える。つまり、ファイバ端駆動部40は、各圧電素子に電圧を印加することにより、X方向やY方向に射出端21近傍を押圧し、該方向へ移動させる。ファイバ端駆動部40によって射出端21近傍がZ方向と直交する方向に移動すると、射出端21から照射される光束は、該移動に伴って生体組織OBの表面を2次元に走査する。

40

【0044】

また、レンズ駆動部50によって第2群G2がAX2方向に沿って移動することにより、光ファイバ21から照射され、集光光学系10を介した光束の集光位置がAX2方向に若干ずれる。つまり、AX2方向の走査が可能になる。さらに言えば、上記ファイバ端駆動部40およびレンズ駆動部50の作用により、共焦点光学システム100は、生体組織OBに関するX-Y-AX2からなる3次元の画像を得ることができる。

【0045】

50

光ファイバ 20 は、プロセッサの発光部からの光束をシステム 100 内に導き、射出端 21 から照射する。つまり、光ファイバ 20 の射出端 21 は二次的な点光源として機能する。上述したように、ファイバ端駆動部 40 により、射出端 21 は、X - Y 面上を移動する。ここで厳密には、図 1 に示すように、射出端 21 の軌跡は、射出端 21 から照射される光束の主光線の延長線（太破線）と光軸（一点鎖線）の交点 P を曲率中心とする曲面（矢印点線）となる。しかし、射出端 21 の移動量は微量であるため、該曲面は実質的に X - Y 面と略一致すると考えられる。なお、図 1 に示すように、交点 P は、ファイバ端駆動部 40 により移動する光ファイバ 20 の射出端の湾曲中心 C よりも集光光学系 10 側に位置する。集光光学系 10 の第 1 群 G 1 は、交点 P に入射瞳が位置するように配設される。

【0046】

射出端 21 から照射された光束は集光光学系 10、カバーガラス 30 を介して生体組織 OB で集光する。生体組織 OB で反射した光は、カバーガラス 30、集光光学系 10、射出端 21 の順に戻る。換言すれば、共焦点光学システム 100 は、生体組織 OB からの反射光がテレセン性を持つように構成される。そのため、集光光学系 10 と光ファイバ 20 は、集光光学系 10 の前側焦点位置に射出端 21 が位置するように配置される。これにより、近軸的には反射光のテレセン性が確保される。さらに、軸外でも反射光のテレセン性を確保するために、共焦点光学システム 100 は以下の条件（7）を満たす。

$$0.1 < -f/s < 1.0 \dots (7)$$

但し、f は、集光光学系の全系の合成焦点距離を、交点 P と集光光学系 10 の前側主点 H との間の距離を s（但し、被検面である生体組織 OB に向かう方向を + とする）とする。

【0047】

また、光ファイバ 20 のコア径は極めて小さいため、射出端 21 は点光源としてだけでなく絞りとしても機能する。従って、条件（7）を満たすように構成することにより、所定位置にある射出端 21 には、該所定位置にある射出端 21 から照射され、生体組織 OB で射出端 21 と共役な集光点から反射した光のみが入射する。

【0048】

なお、射出端 21 に入射した反射光は、プロセッサに導かれる。そしてプロセッサ内において映像信号に変換される。映像信号がモニタ等に出力されることにより、共焦点光学システムにより得られた高倍率な画像が得られる。

【0049】

上記のような共焦点光学システム 100 に搭載される集光光学系 10 について以下詳説する。図 2 は、集光光学系 10 のレンズ配置を示す図の一例である。

【0050】

集光光学系 10 において、第 1 群 G 1 は、射出端 21 側、つまり図中左側から順に、正のパワーを持つ第 1 A 群と、少なくともカバーガラス 30 側に凹面を向けた単レンズもしくは接合レンズからなる第 1 B 群と、一組の接合レンズと一枚の単レンズからなる第 1 C 群とからなる。

【0051】

第 1 A 群は、複数枚のレンズから構成することも可能である。しかしレンズ枚数を減らしてコストダウンや重量の軽減を図るために、本実施形態の第 1 A 群は、一枚の単レンズから構成される。正のパワーを持つ第 1 A 群は、射出端 21 から照射された発散光束を収束させるコンデンサーレンズとしての機能を持つ。また、該単レンズに倍率色収差補正機能を付与するため、該単レンズは以下の条件（4）を満たすアッペ数 1A が与えられる。

$$1A < 30 \dots (4)$$

【0052】

なお、集光光学系 10 は、射出端 21 から集光光学系 10 の第一面 r 1 までの距離を d0、第 1 A 群の合成焦点距離を f1、第 1 A 群の焦点距離を f1A とすると、以下の条件式（2）、および（3）

10

20

30

40

50

$$0.1 < d_0 / f_{1A} < 0.5 \cdots (2)$$

$$0.2 < |f_{1A} / f_1| < 0.8 \cdots (3)$$

をともに満たすように構成される。

【0053】

条件(2)及び(3)は、集光光学系10の小型化を図るための条件である。条件(2)と条件(3)を共に満たすことにより、集光光学系10は、小型化されながらも歪曲収差をはじめとする諸収差を良好に抑えることができる。

【0054】

第1B群のカバーガラス30側の凹面r4は、像面湾曲を補正するために設けられている。但し、該凹面により、第1B群から射出された光束は発散している。第1C群は、該光束の発散を抑えるために正のパワーが与えられている。なお第1C群の貼り合わせ面r6は軸上色収差を補正する効果を持つ。

10

【0055】

第2群G2は、両凹レンズと両凸レンズの接合レンズ一枚と少なくとも一枚の正の単レンズとを含んでいる。貼り合わせレンズは、全体として負のパワーを持つ。該接合レンズの射出端21側に向けられた強い発散面r16は、球面収差やコマ収差を補正する作用がある。また、該接合レンズの接合面r17は、前述の面r6とともに、軸上色収差の補正に寄与する。このように、本実施形態では、第1群G1及び第2群G2それぞれに軸上色収差補正機能を与えることにより、それぞれの群で軸上色収差を補正している。

【0056】

以上のように、レンズ駆動部50によりスライド自在に保持されている第2群G2は、貼り合わせレンズを用いることにより、群単独で諸収差が抑えられた状態にある。なお、本実施形態の第2群G2は、正のパワーを3枚の単レンズに分割して負担させている。これにより、各レンズにおいて発生する球面収差やコマ収差を小さく抑えている。また、第2群G2のカバーガラス30側の二つの単レンズと貼り合わせレンズは、ちょうどレトロフォーカスの配置構成になっている。これにより、十分なワーキングディスタンスの確保を実現している。

20

【0057】

ここで、第2群G2が移動したことにより、倍率の変動や収差の劣化が起こらないようにする必要がある。

30

【0058】

すなわち、まず第2群が移動することによる収差の劣化等を回避するために、集光光学系10は、偏向群GDから射出され第2群G2に入射する光束が略平行光束であるように構成される。また、偏向群GDの偏芯による影響を小さく抑えるために偏向群GDには平面のみから構成される光学部材を使用する。但し、偏向群GDを平面のみからなる光学部材で構成すると、第2群G2に入射する光束が平行光束であるようにするためには、第1群G1から射出され偏向群GDに入射する光束も平行光束にする必要がある。つまり、集光光学系10において、第1群の合成焦点距離をf1、第2群の合成焦点距離をf2、とすると、第1群と第2群は、以下の条件式(5)を満たすように構成される。

$$0.97 < f_{2 \times m} / f_1 < 1.03 \cdots (5)$$

40

【0059】

条件式(5)を満たす、つまり、第1群G1から射出され偏向群GDに入射する光束および偏向群GDから射出され第2群G2に入射する光束が略平行光束であるように各群を構成すれば、共焦点光学システム100内部において互いの相対的な位置決めが容易になり、組み付け精度を高く維持する必要がない。

【0060】

なお本実施形態の偏向群GDは、ミラーよりも空気換算長が短くてすむプリズムを使用する。そして、入射光束が該プリズムの少なくとも一面において全反射するように該プリズムを配設する。プリズムの全反射を利用することにより、偏向時の光量損失を抑えている。生体組織OBを側視するために光束の光路をどの程度偏向するか、詳しくは第1群G

50

1の光軸と第2群G2の光軸がなす角度を何度にするかによって、使用するプリズムの種類も異なってくる。具体的には、角度が60°以下の場合、2回反射プリズムを用いればよい(実施例1、3参照)。また角度が60°を超える場合、三角プリズムを該プリズムの1面で入射光束が全反射するように配置すればよい(実施例2参照)。

【0061】

なお、集光光学系10では、偏向群GDにおいて入射光束が全反射条件を満たすように、角度を以下の条件式(6)の範囲内に設定している。

$$35^\circ < \theta < 105^\circ \cdots (6)$$

【0062】

また、集光光学系10は、倍率をm、被検面側の開口数をNAとすると、以下の条件式(1)、

$$0.1 < |m \times NA| < 0.2 \cdots (1)$$

を満たすように構成される。条件(1)を満たす集光光学系10は、射出端21から照射される光束を、光量の損失を最小限に抑えつつ収差の発生を抑えて照射し、被検面上に集光させることができる。

【0063】

以下、集光光学系10の具体的な実施例を3例説明する。

【実施例1】

【0064】

図2は、実施例1の集光光学系10のレンズ配置を表す図である。また、表1は実施例1の集光光学系10の具体的な数値構成を表す。

【0065】

【表1】

No.	r	d	n	$\nu$	備考
0		0.900			射出端21
1	5.242	1.064	1.92286	18.9	G1(1A)
2	-4.231	0.128			
3	1.812	0.795	1.51633	64.1	G1(1B)
4	1.228	1.269			
5	-0.991	0.577	1.84666	23.8	G1(1C)
6	244.027	1.218	1.77250	49.6	
7	-2.035	0.128			
8	-73.520	0.833	1.77250	49.6	
9	-5.049	0.256			GD
10	$\infty$	3.165	1.88300	40.8	
11	$\infty$	0.010			
12	$\infty$	0.500	1.88300	40.8	
13	$\infty$	0.200			G2
14	4.564	0.744	1.88300	40.8	
15	13.138	0.397			
16	-3.900	0.513	1.84666	23.8	
17	2.914	1.282	1.74400	44.8	
18	-7.963	0.885			
19	7.987	0.756	1.88300	40.8	
20	-7.987	0.128			
21	2.350	1.231	1.88300	40.8	
22	3.095	1.030			カバー ガラス30
23	$\infty$	0.385	1.51633	64.1	
24	$\infty$	-			

【0066】

表1中、No.は面番号、rはレンズ各面の曲率半径(単位:mm)、dはレンズ厚またはレンズ間隔(単位:mm)、nはd線(588nm)での屈折率、 $\nu$ はd線でのアッ

べ数である。また表 1 中の備考は各面番号が示す光学部材を表す。以下の各表においても同様である。

【 0 0 6 7 】

なお、実施例 1 の集光光学系 1 0 では、角度 を  $60^\circ$  に設定している。従って、偏向群 G D には 2 つのプリズムを用いている。そして、2 回反射させることにより光束の光路を偏向している。

【 実施例 2 】

【 0 0 6 8 】

図 3 は、実施例 2 の集光光学系 1 0 のレンズ配置を表す図である。また、表 2 は実施例 2 の集光光学系 1 0 の具体的数値構成を表す。

10

【 0 0 6 9 】

【 表 2 】

No.	r	d	n	$\nu$	備考
0		0.566			射出端21
1	6.768	0.697	1.92286	18.9	G1(1A)
2	-4.414	0.210			
3	2.554	0.758	1.84666	23.8	G1(1B)
4	-6.519	0.458	1.51633	64.1	
5	1.117	1.236			G1(1C)
6	-0.876	1.047	1.84666	23.8	
7	11.986	1.398	1.77250	49.6	
8	-2.407	0.100			
9	-24.305	0.701	1.77250	49.6	GD
10	-4.439	0.200			
11	$\infty$	2.200	1.88300	40.8	G2
12	$\infty$	0.200			
13	3.560	0.576	1.88300	40.8	
14	10.241	0.306			
15	-3.042	0.400	1.84666	23.8	
16	2.273	1.009	1.74400	44.8	
17	-6.211	0.689			
18	6.231	0.586	1.88300	40.8	
19	-6.231	0.100			
20	1.833	0.956	1.88300	40.8	
21	2.414	0.783			カバー ガラス30
22	$\infty$	0.300	1.51633	64.1	
23	$\infty$	-			

20

30

【 0 0 7 0 】

なお、実施例 2 の集光光学系 1 0 では、角度 を  $90^\circ$  に設定している。従って、偏向群 G D には直角プリズムを用いている。そして、該直角プリズムの斜面で入射光束を全反射させることにより、光路の偏向を実現している。

【 実施例 3 】

40

【 0 0 7 1 】

図 4 は、実施例 3 の集光光学系 1 0 のレンズ配置を表す図である。また、表 3 は実施例 3 の集光光学系 1 0 の具体的数値構成を表す。

【 0 0 7 2 】

【表 3】

No.	r	d	n	$\nu$	備考
0		0.566			射出端21
1	20.605	1.388	1.84666	23.8	G1(1A)
2	-2.371	0.932			
3	-1.377	0.652	1.51633	64.1	G1(1B)
4	2.251	0.539			
5	65.406	0.733	1.77250	49.6	G1(1C)
6	-3.343	0.109			
7	-5.097	0.543	1.84666	23.8	
8	8.772	0.790	1.72000	50.2	
9	-2.449	0.130			
10	$\infty$	3.500	1.88300	40.8	GD
11	$\infty$	0.200			
12	3.402	0.687	1.74950	35.3	G2
13	248.843	0.143			
14	-4.131	0.572	1.84666	23.8	
15	2.789	0.800	1.62230	53.2	
16	-9.924	0.837			
17	11.211	0.722	1.77250	49.6	
18	-4.263	0.046			
19	1.737	0.744	1.88300	40.8	
20	2.696	0.662			
21	$\infty$	0.687	1.51633	64.1	カバー ガラス30
22	$\infty$	-			

10

20

## 【0073】

なお、実施例3の集光光学系10では、角度  $\theta$  を  $45^\circ$  に設定している。従って、偏向群GDには単一の2回反射プリズムを用いている。

## 【0074】

図2～図4に示すように、各実施例1～3において、第1A群は、レンズの構成枚数を減らして軽量化を図るために一枚の単レンズで構成される。また、実施例1、3において第1B群は単レンズで構成されているのに対し、実施例2は接合レンズとして構成することにより、NA約0.5という高NA化に対応している。上記のように第2群G2は、正のパワーを3枚の単レンズに分割して与えている。これにより、第2群G2に球面レンズを使用した場合に発生する球面収差やコマ収差を良好に抑えている。

30

## 【0075】

各実施例1～3の集光光学系10における上記条件(1)～(7)に必要な数値を表したのが表4である。表4において、H1は第1面から前側主点までの距離を示す。表4に示した各数値を条件(1)～(5)に当てはめるときに得られる値を表5に示す。

## 【0076】

【表 4】

	実施例1	実施例2	実施例3
m	-0.438	-0.265	-0.422
NA	0.30	0.50	0.40
f	-2.803	-1.478	-25.286
f1	5.889	7.583	5.07
f2	2.589	2.017	2.141
f1A	2.682	2.984	2.583
d0	0.900	0.566	0.545
$\nu$ 1A	18.9	18.9	23.9
$\theta$	60	90	45
s	3.205	2.546	68.86
H1	-10.105	-7.612	-85.705

10

【表 5】

条件式	実施例1	実施例2	実施例3
(1)	0.131	0.133	0.169
(2)	0.336	0.190	0.211
(3)	0.455	0.394	0.509
(4)	18.9	18.9	23.9
(5)	0.996	0.996	0.999
(6)	60	90	45
(7)	0.875	0.581	0.367

20

## 【0077】

図5から図7は、順に実施例1から実施例3の各集光光学系10において発生する諸収差を表す収差図である。各図中、左から球面収差および軸上色収差を表す収差図、倍率色収差図、非点収差図、歪曲収差図である。なお、球面収差および軸上色収差を表す収差図において、e線は546nm、F線は486nmである。また、非点収差図において、Sはサジタル、Mはメリディオナルである。また、表5に示すように、どの実施例も条件(1)~(7)を全て満たす。よって、図5から図7のそれぞれに示すように、どの実施例の集光光学系10も諸収差が十分に抑えられている。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【0078】

【図1】本発明の実施形態の共焦点光学システムにおける集光光学系近傍の拡大図である。

【図2】実施例1の集光光学系のレンズ配置を表す図である。

【図3】実施例2の集光光学系のレンズ配置を表す図である。

【図4】実施例3の集光光学系のレンズ配置を表す図である。

【図5】実施例1の集光光学系において発生する諸収差を表す収差図である。

【図6】実施例2の集光光学系において発生する諸収差を表す収差図である。

【図7】実施例3の集光光学系において発生する諸収差を表す収差図である。

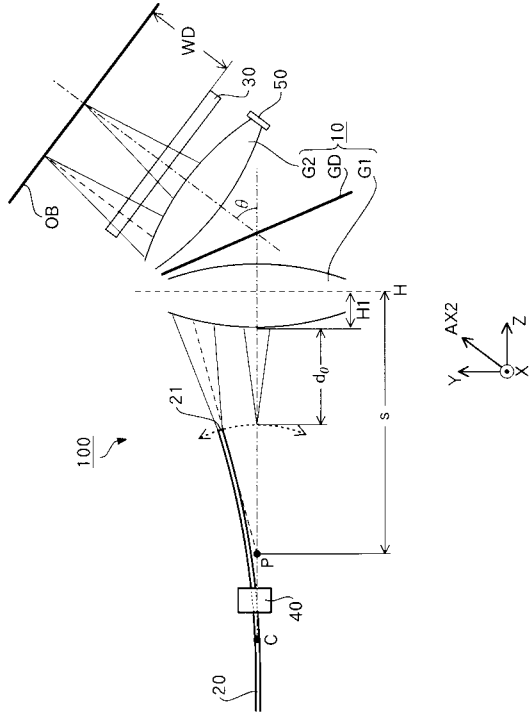
40

## 【符号の説明】

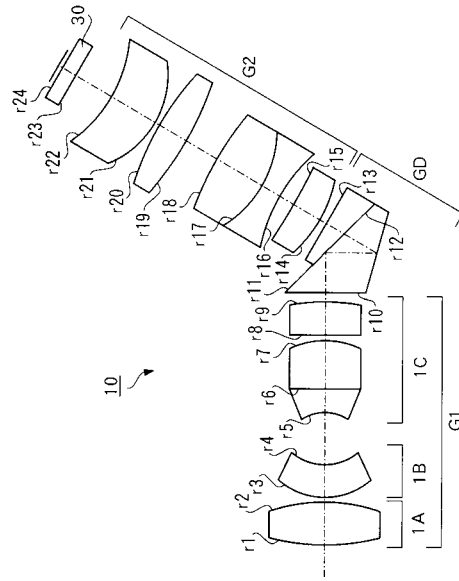
## 【0079】

- 10 集光光学系
- 20 シングルモード光ファイバ
- 21 射出端
- G1 第1群
- G2 第2群
- GD 偏向群
- OB 生体組織

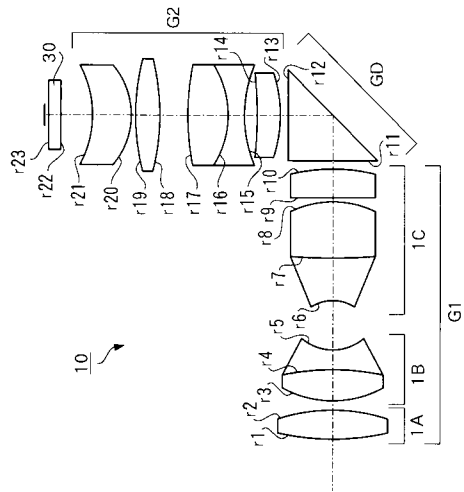
【 図 1 】



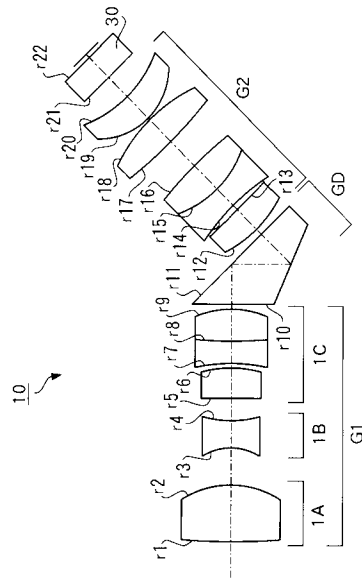
【 図 2 】



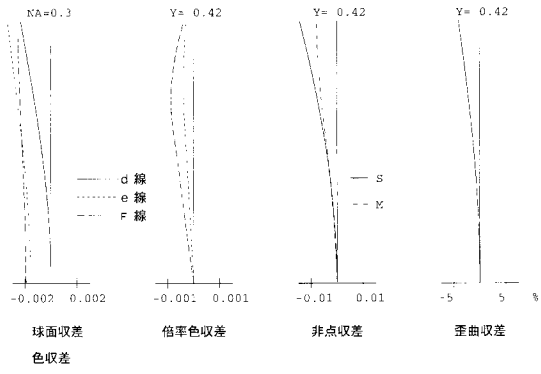
【 図 3 】



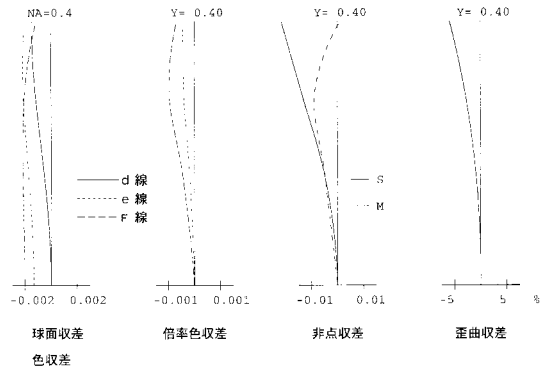
【 図 4 】



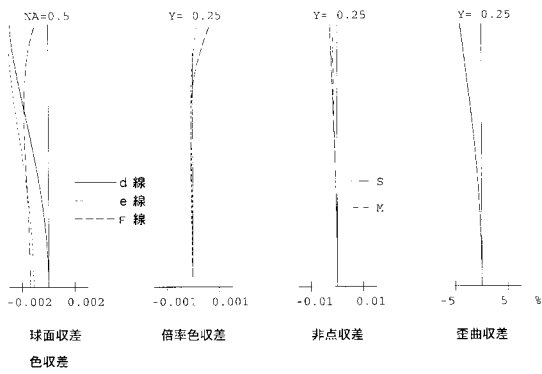
【 図 5 】



【 図 7 】



【 図 6 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup> F I テーマコード(参考)  
G 0 2 B 26/10 G 0 2 B 26/10 1 0 9 4 C 0 6 1

Fターム(参考) 2G059 AA05 BB12 CC16 FF01 GG10 JJ11 JJ12 JJ17 JJ21 JJ30  
MM09  
2H040 CA04 CA07 CA12  
2H045 AE01 AE05 BA13 BA20 DA31  
2H052 AA07 AA08 AB06 AB14 AC15 AC18 AC26 AC30 AF01 AF12  
BA02 BA03  
2H087 KA09 PA08 PA19 PA20 PB10 PB11 QA03 QA07 QA12 QA21  
QA25 QA34 QA41 QA42 QA45 QA46  
4C061 FF40 FF47 PP11

专利名称(译)	聚光光学系统，共聚焦光学系统和扫描共聚焦内窥镜		
公开(公告)号	<a href="#">JP2005121967A</a>	公开(公告)日	2005-05-12
申请号	JP2003357896	申请日	2003-10-17
[标]申请(专利权)人(译)	旭光学工业株式会社 乐观的扫描私人有限公司		
申请(专利权)人(译)	宾得株式会社 乐观的扫描私人有限公司		
[标]发明人	金井守康		
发明人	金井 守康		
IPC分类号	G01N21/17 A61B1/00 G02B21/00 G02B21/04 G02B23/26 G02B26/10		
FI分类号	G02B21/04 A61B1/00.300.Y G01N21/17.620 G02B21/00 G02B23/26.B G02B26/10.109 A61B1/00.525 A61B1/00.715 A61B1/00.731 G02B17/08		
F-TERM分类号	2G059/AA05 2G059/BB12 2G059/CC16 2G059/FF01 2G059/GG10 2G059/JJ11 2G059/JJ12 2G059/JJ17 2G059/JJ21 2G059/JJ30 2G059/MM09 2H040/CA04 2H040/CA07 2H040/CA12 2H045/AE01 2H045/AE05 2H045/BA13 2H045/BA20 2H045/DA31 2H052/AA07 2H052/AA08 2H052/AB06 2H052/AB14 2H052/AC15 2H052/AC18 2H052/AC26 2H052/AC30 2H052/AF01 2H052/AF12 2H052/BA02 2H052/BA03 2H087/KA09 2H087/PA08 2H087/PA19 2H087/PA20 2H087/PB10 2H087/PB11 2H087/QA03 2H087/QA07 2H087/QA12 2H087/QA21 2H087/QA25 2H087/QA34 2H087/QA41 2H087/QA42 2H087/QA45 2H087/QA46 4C061/FF40 4C061/FF47 4C061/PP11 4C161/FF40 4C161/FF47 4C161/PP11		
其他公开文献	JP4475912B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

具有适合于侧视图光学系统的配置的聚光光学系统，该侧视图具有通过摇动点光源在要检查的表面上扫描光的点图像的结构，并且可以很好地抑制各种像差。目的是提供。本发明还提供一种用于共焦观察的光学系统，该光学系统设置有聚光光学系统，并且紧凑但具有宽的扫描范围。聚焦光学系统被安装在扫描共聚焦光学系统上，该扫描共聚焦光学系统用于通过移动用作共聚焦针孔的点光源并扫描来自该点光源的光束来观察待检查的表面。从点光源侧开始，聚光光学系统是第一组，包括至少一个偏转构件的偏转组，具有正屈光力的第二组，盖玻片以及至少第二组。通过改变盖玻片之间的距离，会聚位置沿着会聚光学系统的光轴方向改变。[选型图]图1

