

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6074246号
(P6074246)

(45) 発行日 平成29年2月1日(2017.2.1)

(24) 登録日 平成29年1月13日(2017.1.13)

(51) Int.Cl.

F I

GO 2 B 13/00 (2006.01)

GO 2 B 23/26 (2006.01)

A 6 1 B 1/00 (2006.01)

GO 2 B 13/00

GO 2 B 23/26 B

GO 2 B 23/26 C

A 6 1 B 1/00 3 0 0 Y

請求項の数 10 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2012-269986 (P2012-269986)	(73) 特許権者	000113263
(22) 出願日	平成24年12月11日(2012.12.11)		H O Y A 株式会社
(65) 公開番号	特開2014-115495 (P2014-115495A)		東京都新宿区西新宿六丁目10番1号
(43) 公開日	平成26年6月26日(2014.6.26)	(74) 代理人	100078880
審査請求日	平成27年11月9日(2015.11.9)		弁理士 松岡 修平
		(74) 代理人	100169856
			弁理士 尾山 栄啓
		(72) 発明者	那須 幸子
			東京都新宿区中落合2丁目7番5号 H O Y A 株式会社内
		審査官	殿岡 雅仁

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】

所定の面上を移動する点光源より射出される光を集光させる集光光学系を備える内視鏡であって、

前記集光光学系は、

前記点光源側から順に、

正のパワーを持つ第1群、

正のパワーを持つ第2群、

からなり、

前記第1群と前記第2群との間の軸上光は略平行光であり、

前記第1群は、

前記点光源側から順に、

前記点光源側に凹面を向けた第1₁のメニスカスレンズ、

前記光が集光される被検面側に凸面を向けた第1₁の正レンズ、

前記点光源側に凸面を向けた第2₁の正レンズ、

前記被検面側に凹面を向けた、負レンズと正レンズからなる第1₁の接合レンズ、

からなり、

前記第2群は、

前記点光源側から順に、

前記点光源側に凹面を向けた、負レンズと正レンズからなる第1₂の接合レンズ、

10

20

第 1₂ の正レンズ、

前記被検面側に凹面を向けた第 1₂ のメニスカスレンズ、

からなり、

前記第 1₁ のメニスカスレンズの前記点光源側の面の曲率半径を r_{11} と定義し、該第 1₁ のメニスカスレンズの前記被検面側の面の曲率半径を r_{21} と定義し、前記第 1₂ のメニスカスレンズの前記点光源側の面の曲率半径を r_{12} と定義し、該第 1₂ のメニスカスレンズの前記被検面側の面の曲率半径を r_{22} と定義した場合に、次の条件式

$$-0.4 < SF_1 < 0.0$$

$$-0.6 < SF_2 < -0.1$$

但し、

$$SF_1 : (r_{11} - r_{21}) / (r_{11} + r_{21})$$

$$SF_2 : (r_{12} - r_{22}) / (r_{12} + r_{22})$$

を満たす、

内視鏡。

【請求項 2】

所定の面上を移動する点光源より射出される光を集光させる集光光学系を備える内視鏡であって、

前記集光光学系は、

前記点光源側から順に、

正のパワーを持つ第 1 群、

正のパワーを持つ第 2 群、

からなり、

前記第 1 群と前記第 2 群との間の軸上光は略平行光であり、

前記第 1 群は、

前記点光源側から順に、

前記点光源側に凹面を向けた第 1₁ のメニスカスレンズ、

前記光が集光される被検面側に凸面を向けた第 1₁ の正レンズ、

負レンズと正レンズからなる第 1₁ の接合レンズ、

前記被検面側に凹面を向けた第 2₁ のメニスカスレンズ、

からなり、

前記第 2 群は、

前記点光源側から順に、

前記点光源側に凹面を向けた、負レンズと正レンズからなる第 1₂ の接合レンズ、

第 1₂ の正レンズ、

前記被検面側に凹面を向けた第 1₂ のメニスカスレンズ、

からなり、

前記第 1₁ のメニスカスレンズの前記点光源側の面の曲率半径を r_{11} と定義し、該第 1₁ のメニスカスレンズの前記被検面側の面の曲率半径を r_{21} と定義し、前記第 1₂ のメニスカスレンズの前記点光源側の面の曲率半径を r_{12} と定義し、該第 1₂ のメニスカスレンズの前記被検面側の面の曲率半径を r_{22} と定義した場合に、次の条件式

$$-0.4 < SF_1 < 0.0$$

$$-0.6 < SF_2 < -0.1$$

但し、

$$SF_1 : (r_{11} - r_{21}) / (r_{11} + r_{21})$$

$$SF_2 : (r_{12} - r_{22}) / (r_{12} + r_{22})$$

を満たす、

内視鏡。

【請求項 3】

前記第 1 群を構成するレンズのうち最も負のパワーの強いレンズの焦点距離を f_{1n} と定義し、該第 1 群の焦点距離を f_1 と定義した場合に、次の条件式

10

20

30

40

50

$$-4.5 \leq f_{1n} / f_1 \leq -0.5$$

を満たす、

請求項 1 又は請求項 2 に記載の内視鏡。

【請求項 4】

前記第 2 群を構成するレンズのうち最も負のパワーの強いレンズの焦点距離を f_{2n} と定義し、該第 2 群の焦点距離を f_2 と定義した場合に、次の条件式

$$-0.9 \leq f_{2n} / f_2 \leq -0.5$$

を満たす、

請求項 1 から請求項 3 の何れか一項に記載の内視鏡。

【請求項 5】

前記第 1 群を構成するレンズのうち最も正のパワーの強いレンズの焦点距離を f_{1p} と定義し、該第 1 群の焦点距離を f_1 と定義した場合に、次の条件式

$$1.0 \leq f_{1p} / f_1 \leq 4.0$$

を満たす、

請求項 1 から請求項 4 の何れか一項に記載の内視鏡。

【請求項 6】

前記第 2 群を構成するレンズのうち最も正のパワーの強いレンズの焦点距離を f_{2p} と定義し、該第 2 群の焦点距離を f_2 と定義した場合に、次の条件式

$$0.5 \leq f_{2p} / f_2 \leq 3.0$$

を満たす、

請求項 1 から請求項 5 の何れか一項に記載の内視鏡。

【請求項 7】

前記第 1₁ のメニスカスレンズの焦点距離を f_{1m} と定義し、前記第 1 群の焦点距離を f_1 と定義した場合に、次の条件式

$$5.0 \leq |f_{1m} / f_1| \leq 20.0$$

を満たす、

請求項 1 から請求項 6 の何れか一項に記載の内視鏡。

【請求項 8】

前記第 1₂ のメニスカスレンズの焦点距離を f_{2m} と定義し、前記第 2 群の焦点距離を f_2 と定義した場合に、次の条件式

$$1.5 \leq |f_{2m} / f_2| \leq 4.5$$

を満たす、

請求項 1 から請求項 7 の何れか一項に記載の内視鏡。

【請求項 9】

前記第 1 群を構成するレンズのレンズ面のうち最も被検面側に配置される面と、前記第 2 群を構成するレンズのレンズ面のうち最も点光源側に配置される面とが互いに向き合う一対の凹面であり、該凹面を持つ少なくとも一方が負レンズであり、

前記一対の凹面のうち、前記被検面側に向く凹面の曲率半径を r_{31} と定義し、該曲率半径 r_{31} を持つ凹面と向き合う凹面の曲率半径を r_{32} と定義した場合に、次の条件式

$$-0.2 < SF_3 < 0.0$$

但し、

$$SF_3 : (r_{31} + r_{32}) / (r_{31} - r_{32})$$

を満たす、

請求項 1 から請求項 8 の何れか一項に記載の内視鏡。

【請求項 10】

前記曲率半径 r_{31} の凹面を持つレンズ、前記曲率半径 r_{32} の凹面を持つレンズは、夫々が符号の異なるパワーを持つレンズと接合されることにより、一対の正負の接合レンズを構成する、

請求項 9 に記載の内視鏡。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、所定の面上を移動する点光源より射出される光を集光させる集光光学系、及び該集光光学系を備える観察器具に関する。

【背景技術】

【0002】

生体組織等の被写体を観察するための観察器具として、所定の走査光により被写体（被検面）を走査してその像を得ることが可能なものが知られている。この種の観察器具の具体的構成が、例えば特許文献1に記載されている。

【0003】

特許文献1に記載の観察器具は、共焦点顕微鏡の原理を応用して設計された共焦点プローブであり、内視鏡の先端部内に組み込まれている。共焦点プローブは、プローブ内に配置された光ファイバを振ることにより光ファイバの射出端（点光源）を光軸と実質直交する所定の面上で周期的に移動させながら、点光源より射出された光（励起光）の点像を集光光学系を介して被検面上で走査する。以下、所定の面上を移動する点光源より射出される光を被検面上で走査する集光光学系を「走査用集光光学系」と記す。共焦点プローブは、励起光により励起された被検面から発せられる蛍光を取り込み、所定の画像生成装置に伝送する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2005-80769号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に例示される、この種の走査用集光光学系には、観察器具を体腔内へ挿入している間の患者の負担を軽減するため、より一層の小型化が求められている。また、体腔内の被写体を広い視野で観察するため、より一層の広画角化も求められている。しかし、走査用集光光学系において、より一層の小型化及び広画角化の両立を試みると、像面湾曲をはじめ、諸収差の発生を抑えるのが難しかった。そこで、本発明者は、鋭意検討を重ね、小型化及び広画角化を両立させつつも像面湾曲を含む諸収差の発生を抑えるのに好適な集光光学系を見出すことができ、本発明を完成させるに至った。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一形態に係る集光光学系は、所定の面上を移動する点光源より射出される光を集光させる走査用集光光学系であり、点光源側から順に、正のパワーを持つ第1群、正のパワーを持つ第2群を有する。第1群と第2群との間の軸上光は略平行光である。第1群は、点光源側から順に、点光源側に凹面を向けた第1₁のメニスカスレンズ、被検面側に凸面を向けた第1₁の正レンズ、点光源側に凸面を向けた第2₁の正レンズ、被検面側に凹面を向けた、負レンズと正レンズからなる第1₁の接合レンズを有する。第2群は、点光源側から順に、点光源側に凹面を向けた、負レンズと正レンズからなる第1₂の接合レンズ、第1₂の正レンズ、被検面側に凹面を向けた第1₂のメニスカスレンズを有する。当該集光光学系は、第1₁のメニスカスレンズの点光源側の面の曲率半径を r_{11} と定義し、第1₁のメニスカスレンズの被検面側の面の曲率半径を r_{21} と定義し、第1₂のメニスカスレンズの点光源側の面の曲率半径を r_{12} と定義し、第1₂のメニスカスレンズの被検面側の面の曲率半径を r_{22} と定義した場合に、次の条件式

$$-0.4 < SF_1 < 0.0$$

$$-0.6 < SF_2 < -0.1$$

但し、

$$SF_1 : (r_{11} - r_{21}) / (r_{11} + r_{21})$$

10

20

30

40

50

$$SF_2 : (r_{12} - r_{22}) / (r_{12} + r_{22})$$

を満たす。

【0007】

本発明の一形態に係る集光光学系は、所定の面上を移動する点光源より射出される光を集光させる走査用集光光学系であり、点光源側から順に、正のパワーを持つ第1群、正のパワーを持つ第2群を有する。第1群と第2群との間の軸上光は略平行光である。第1群は、点光源側から順に、点光源側に凹面を向けた第1₁のメニスカスレンズ、被検面側に凸面を向けた第1₁の正レンズ、負レンズと正レンズからなる第1₁の接合レンズ、被検面側に凹面を向けた第2₁のメニスカスレンズを有する。第2群は、点光源側から順に、点光源側に凹面を向けた、負レンズと正レンズからなる第1₂の接合レンズ、第1₂の正レンズ、被検面側に凹面を向けた第1₂のメニスカスレンズを有する。当該集光光学系は、次の条件式

$$-0.4 < SF_1 < 0.0$$

$$-0.6 < SF_2 < -0.1$$

但し、

$$SF_1 : (r_{11} - r_{21}) / (r_{11} + r_{21})$$

$$SF_2 : (r_{12} - r_{22}) / (r_{12} + r_{22})$$

を満たす。

【0008】

本発明の一形態及び別の形態によれば、集光光学系の小型化及び広画角化を両立させた場合も像面湾曲（及びコマ収差、非点収差、球面収差、色収差等の諸収差）の発生を抑えることができると共に、点光源より射出された射出光を効率的に取り込むことができ、かつ励起光を被検面に効率的に照射し、照射された被検面からの蛍光を効率的に取り込むことができる。

【0009】

また、上記集光光学系は、第1群を構成するレンズのうち最も負のパワーの強いレンズの焦点距離を f_{1n} と定義し、第1群の焦点距離を f_1 と定義した場合に、次の条件式

$$-4.5 < f_{1n} / f_1 < -0.5$$

を満たす構成としてもよい。

【0010】

また、上記集光光学系は、第2群を構成するレンズのうち最も負のパワーの強いレンズの焦点距離を f_{2n} と定義し、第2群の焦点距離を f_2 と定義した場合に、次の条件式

$$-0.9 < f_{2n} / f_2 < -0.5$$

を満たす構成としてもよい。

【0011】

また、上記集光光学系は、第1群を構成するレンズのうち最も正のパワーの強いレンズの焦点距離を f_{1p} と定義した場合に、次の条件式

$$1.0 < f_{1p} / f_1 < 4.0$$

を満たす構成としてもよい。

【0012】

また、上記集光光学系は、第2群を構成するレンズのうち最も正のパワーの強いレンズの焦点距離を f_{2p} と定義した場合に、次の条件式

$$0.5 < f_{2p} / f_2 < 3.0$$

を満たす構成としてもよい。

【0013】

また、上記集光光学系は、第1₁のメニスカスレンズの焦点距離を f_{1m} と定義した場合に、次の条件式

$$5.0 > |f_{1m} / f_1| > 2.0$$

を満たす構成としてもよい。

【0014】

また、上記集光光学系は、第 1₂ のメニスカスレンズの焦点距離を f_{2m} と定義した場合に、次の条件式

$$1.5 \leq |f_{2m} / f_2| \leq 4.5$$

を満たす構成としてもよい。

【0015】

また、上記集光光学系は、第 1 群を構成するレンズのレンズ面のうち最も被検面側に配置される面と、第 2 群を構成するレンズのレンズ面のうち最も点光源側に配置される面とが互いに向き合う一対の凹面であり、この凹面を持つ少なくとも一方が負レンズであり、一対の凹面のうち、被検面側に向く凹面の曲率半径を r_{31} と定義し、曲率半径 r_{31} を持つ凹面と向き合う凹面の曲率半径を r_{32} と定義した場合に、次の条件式

$$-0.2 < SF_3 < 0.0$$

但し、

$$SF_3 : (r_{31} + r_{32}) / (r_{31} - r_{32})$$

を満たす構成としてもよい。

【0016】

また、曲率半径 r_{31} の凹面を持つレンズ、曲率半径 r_{32} の凹面を持つレンズは、夫々が符号の異なるパワーを持つレンズと接合されることにより、一対の正負の接合レンズを構成するものとしてもよい。

【0017】

また、本発明の一形態に係る観察器具は、上記集光光学系が先端部内に組み込まれたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0018】

本発明の一形態及び別の形態によれば、小型化及び広画角化を両立させつつ像面湾曲を含む諸収差の発生を抑えるのに好適な集光光学系、及び該集光光学系を備えた観察器具が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図 1】本発明の実施形態の一体型内視鏡の先端部の内部構成を示す側断面図である。

【図 2】本発明の実施形態の一体型内視鏡が備える共焦点光学システムにおける走査用集光光学系近傍の拡大図である。

【図 3】本発明の実施形態（実施例 1）の走査用集光光学系及びその後段の光学部品の配置を示す断面図である。

【図 4】本発明の実施例 1 の走査用集光光学系の各種収差図である。

【図 5】本発明の実施例 2 の走査用集光光学系及びその後段の光学部品の配置を示す断面図である。

【図 6】本発明の実施例 2 の走査用集光光学系の各種収差図である。

【図 7】本発明の実施例 3 の走査用集光光学系及びその後段の光学部品の配置を示す断面図である。

【図 8】本発明の実施例 3 の走査用集光光学系の各種収差図である。

【図 9】本発明の実施例 4 の走査用集光光学系及びその後段の光学部品の配置を示す断面図である。

【図 10】本発明の実施例 4 の走査用集光光学系の各種収差図である。

【図 11】本発明の実施例 5 の走査用集光光学系及びその後段の光学部品の配置を示す断面図である。

【図 12】本発明の実施例 5 の走査用集光光学系の各種収差図である。

【図 13】本発明の実施例 6 の走査用集光光学系及びその後段の光学部品の配置を示す断面図である。

【図 14】本発明の実施例 6 の走査用集光光学系の各種収差図である。

【図 15】本発明の実施例 7 の走査用集光光学系及びその後段の光学部品の配置を示す断

10

20

30

40

50

面図である。

【図１６】本発明の実施例７の走査用集光光学系の各種収差図である。

【図１７】本発明の実施例８の走査用集光光学系及びその後段の光学部品の配置を示す断面図である。

【図１８】本発明の実施例８の走査用集光光学系の各種収差図である。

【図１９】比較例１の走査用集光光学系及びその後段の光学部品の配置を示す断面図である。

【図２０】比較例１の走査用集光光学系の各種収差図である。

【発明を実施するための形態】

【００２０】

10

以下、図面を参照して、本発明の実施形態に係る走査用集光光学系を備える一体型内視鏡について説明する。

【００２１】

図１は、本実施形態の一体型内視鏡３００の先端部の内部構成を示す側断面図である。図１に示されるように、一体型内視鏡３００の先端部内には、被写体（体腔内の生体組織４００）を高倍率で観察（共焦点観察）するための共焦点光学システム１００、及び生体組織４００を通常観察するための通常観察用光学システム２００が組み込まれている。なお、一体型内視鏡３００は、図示省略されたプロセッサに接続されている。プロセッサは、各光学システムに対応する光源ユニット、及び各光学システムにより撮像された生体組織４００の撮像信号を処理する画像処理ユニットを備えている。これらのユニットは周知であるため、その具体的構成の説明は省略する。また、各図においては、共焦点光学システム１００の走査用集光光学系１０の光軸方向をＺ方向と定義し、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方向と定義する。つまり、Ｘ方向とＹ方向はＺ方向と直交する面（ＸＹ平面）を規定する。

20

【００２２】

通常観察用光学システム２００は、光源ユニットが持つ光源（例えばキセノンランプ）からの光を生体組織４００へ照射する照明光学系や、照射された生体組織４００を撮像する固体撮像素子等を備えている。

【００２３】

共焦点光学システム１００は、走査用集光光学系１０、シングルモード光ファイバ（以下、単に「光ファイバ」と記す。）２０、圧電素子３０Ａ及び３０Ｂ（二軸アクチュエータ）、形状記憶合金４０、カバーガラス８０を備えている。走査用集光光学系１０及び光ファイバ２０は、円筒状の枠体５０内に保持されている。枠体５０は、該枠体５０の径よりも若干大きめの径を持つ円筒状の金属パイプ６０内にスライド可能に保持されている。

30

【００２４】

光ファイバ２０は、光源ユニットより入射したレーザ光（励起光）を伝送し、伝送された励起光を一体型内視鏡３００の先端部内（共焦点光学システム１００内）に配された射出端２１より射出する。光ファイバ２０の射出端２１は、共焦点光学システム１００の二次的な点光源として機能する。点光源である射出端２１の二次元方向（ＸＹの各方向）における位置は、圧電素子３０Ａ及び３０Ｂの動作に応じて周期的に変化する。具体的には、プロセッサがドライブ信号を生成し、射出端２１付近の光ファイバ２０の外周面に接着固定された圧電素子３０Ａ及び３０Ｂを駆動制御する。圧電素子３０Ａ及び３０Ｂは、ドライブ信号に応じた逆圧電効果によりＸＹの各方向に変形して、射出端２１付近を、ＸＹ平面に近似する面（以下、「ＸＹ近似面」と記し、詳しくは後述する。）上で変位させる。射出端２１は、ＸＹ近似面上において所定の走査軌跡を描くようにフレームレートに従って周期的に移動する。この種の二次元走査には、例えば、中心軸ＡＸを中心としたスパイラル走査、走査範囲の水平方向を往復走査するラスタスキャン方式、走査範囲を正弦波的に走査するリサージュスキャン方式など、種々の方式を適用することができる。

40

【００２５】

枠体５０の外壁面５１と金属パイプ６０の内壁面６１との間には、形状記憶合金４０及

50

び圧縮コイルバネ 70 が取り付けられている。外壁面 51、内壁面 61 は共に、Z 方向に対して略直交する（つまり、XY 平面上にある）。形状記憶合金 40 は、常温下で外力が加えられると変形することができ、変形された状態で一定温度以上に加熱されると、記憶している状態に復元する。より具体的には、形状記憶合金 40 は、加熱されることにより Z 方向に収縮する。一方、圧縮コイルバネ 70 は、自然長から圧縮された状態で外壁面 51 と内壁面 61 との間に取り付けられている。つまり、圧縮コイルバネ 70 は、金属パイプ 60 内にて枠体 50 をカバーガラス 80 側へ付勢している。

【0026】

形状記憶合金 40 は、通電により加熱されると、圧縮コイルバネ 70 の張力に抗して収縮する。枠体 50 は、形状記憶合金 40 の収縮に伴い、金属パイプ 60 内にて内視鏡先端部後方に（カバーガラス 80 から離れる方向に）スライドする。これにより、点光源である射出端 21 より射出されて走査用集光光学系 10 を介した光束の集光位置が Z 方向にシフトする。つまり、Z 方向に走査される。二軸アクチュエータ（圧電素子 30A 及び 30B）による点光源の XY 近似面上の周期的な運動と、形状記憶合金 40 及び圧縮コイルバネ 70 の作用による点光源の Z 方向の進退とを併せることにより、被写体に対する三次元走査が可能となる。

【0027】

光ファイバ 20 の射出端 21 は、走査用集光光学系 10 の物体側焦点位置（言い換えると、走査用集光光学系 10 の像側焦点位置と光学的に共役な位置）に配置されているため、共焦点ピンホールとして機能する。射出端 21 には、励起光により励起された被写体の散乱成分（蛍光）のうち射出端 21 と光学的に共役な集光点からの蛍光のみが入射される。蛍光は、光ファイバ 20 により伝送されて、プロセッサに備えられた共焦点画像生成用の画像ユニット（不図示）に入光する。当該ユニットによる処理により、生体組織 400 の 3 次元画像が得られる。

【0028】

図 2 は、共焦点光学システム 100 における走査用集光光学系 10 近傍の拡大図である。図 2 に示されるように、点光源である射出端 21 が移動する XY 近似面は、射出端 21 より射出される光束の主光線の延長線（破線）と光軸（一点鎖線）AX との交点 P を曲率中心とする曲面（矢印点線）となる。XY 近似面は、XY 平面に対して光ファイバ 20 の基端側に湾曲している。XY 平面に対する XY 近似面の湾曲量は、光軸 AX から離れるほど増加する。なお、図 2 に示されるように、交点 P は、光ファイバ 20 の湾曲中心 C よりも走査用集光光学系 10 側に位置する。走査用集光光学系 10 は、交点 P に入射瞳が位置するように配置される。

【0029】

走査用集光光学系において広画角化を達成するためには、点光源である光ファイバの射出端の移動範囲を大きく設定すると共に、広範囲に移動する点光源からの射出光を取り込むために有効光束径を大きく設計する必要がある。しかし、点光源の移動範囲を広げるほど XY 平面に対する XY 近似面（物体面）の湾曲量が大きくなるため、集光光学系が潜在的に持つアンダー方向の像面湾曲に、アンダー方向の像面湾曲が更に付加されてしまう。また、走査用集光光学系は、被写体を高倍率で観察するため、例えば像側 NA と物体側 NA とが等しい等倍光学系（若しくはそれ以上の倍率の光学系）であることが好ましい。しかし、等倍光学系の場合、XY 平面に対する XY 近似面の湾曲量がそのまま像側での湾曲量として現れる。このように、走査用集光光学系には、XY 平面に対する XY 近似面の湾曲量に起因して像面湾曲が大きく発生する虞があり、周辺解像度の低下を避けることが難しかった。そこで、本発明者は、鋭意検討を重ね、小型化及び広画角化を両立させつつも、上記のように大きく発生し得る像面湾曲（及びその他の諸収差）を抑えるのに好適な走査用集光光学系 10 を見出した。

【0030】

図 3 は、本発明の実施例 1（詳しくは後述）の走査用集光光学系 10 及びその後段の光学部品（カバーガラス 80）の配置を示す断面図である。ここでは、図 3 を利用して、本

10

20

30

40

50

発明の実施形態の走査用集光光学系 10 について詳説する。なお、図 3 をはじめとする走査用集光光学系 10 の各構成図は、図中左側が物体側（点光源である射出端 21 側）であり、図中右側が像側（被検面側）である。

【0031】

図 3 に示されるように、走査用集光光学系 10 は、点光源側から順に、第 1 群 G 1、第 2 群 G 2 を少なくとも有している。各群 G 1、G 2 を構成する各光学レンズは、走査用集光光学系 10 の光軸 AX を中心とした回転対称形状を有している。第 2 群 G 2 より被検面側には、カバーガラス 80 が配置されている。カバーガラス 80 は球面収差を補正するため、適切な厚みに設計されている。なお、上記において「少なくとも有している」としたのは、本発明の技術的思想の範囲において、別の光学素子を追加する構成例もあり得るからである。例えば、本発明に係る走査用集光光学系に対して光学性能に実質的に寄与しない平行平板を追加する構成例や、本発明に係る走査用集光光学系の構成及び効果を維持しつつ別の光学素子を付加する構成例が想定される。第 1 群 G 1、第 2 群 G 2 の説明においても、同様の理由で「少なくとも有している」と表現している。

10

【0032】

第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 との間の軸上光は、光軸 AX に対して略平行な光（略平行光）となっている。第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 との間を略平行光とすることにより、群毎の光学性能を、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 とを組み立てる前段階で例えば干渉計による干渉縞観測を通じて独立に評価することができる。また、各群の評価結果に基づいて適切な群同士を組み合わせる上で、例えば本出願人による特許第 4320184 号公報に記載されているように、1つのレンズを調芯レンズとし、これを調芯治具で調芯することにより、両群を組み立てた状態での誤差を効率的に低減することができる。

20

【0033】

また、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 との間を略平行光とすることにより、群間隔の変化に伴う倍率の変化が実質的に無い（被検面側の NA が実質変化しない）。そのため、例えば第 2 群 G 2 だけを光軸方向に移動させることにより、走査用集光光学系 10 による観察深さ（生体組織 400 の深さ方向の観察位置）を変えることができる。

【0034】

図 3 に示されるように、第 1 群 G 1 は、正のパワーを持つレンズ群であり、点光源側から順に、点光源側に凹面を向けたメニスカスレンズ L 1、被検面側に凸面を向けた正レンズ L 2、点光源側に凸面を向けた正レンズ L 3、被検面側に凹面を向けた負レンズ L 4 と正レンズ L 5 からなる接合レンズ CL 1 を少なくとも有している。

30

【0035】

また、第 1 群 G 1 は、正のパワーを持つレンズ群であり、点光源側から順に、点光源側に凹面を向けたメニスカスレンズ、被検面側に凸面を向けた正レンズ、負レンズと正レンズからなる接合レンズ、被検面側に凹面を向けたメニスカスレンズを少なくとも有する構成としてもよい（後述の実施例 2 参照）。

【0036】

第 1 群 G 1 において、正レンズは球面収差の補正に寄与し、接合レンズは色収差の補正に寄与する。

40

【0037】

図 3 に示されるように、第 2 群 G 2 は、正のパワーを持つレンズ群であり、点光源側から順に、点光源側に凹面を向けた負レンズ L 6 と正レンズ L 7 からなる接合レンズ CL 2、正レンズ L 8、被検面側に凹面を向けたメニスカスレンズ L 9 を少なくとも有している。

【0038】

第 2 群 G 2 においても、正レンズは球面収差の補正に寄与し、接合レンズは色収差の補正に寄与する。

【0039】

走査用集光光学系 10 は、最も点光源側に配置される面（メニスカスレンズ L 1 の点光

50

源側の面)、最も被検面側に配置される面(メニスカスレンズL9の被検面側の面)を共に凹面とすることで、走査用集光光学系10における入射出時のコマ収差及び非点収差の発生を抑えている。

【0040】

ここで、メニスカスレンズL1の点光源側の面の曲率半径を r_{11} と定義し、メニスカスレンズL1の被検面側の面の曲率半径を r_{21} と定義し、メニスカスレンズL9の点光源側の面の曲率半径を r_{12} と定義し、メニスカスレンズL9の被検面側の面の曲率半径を r_{22} と定義した場合、走査用集光光学系10は、次の条件式(1)及び(2)

$$-0.4 < SF_1 < 0.0 \cdots (1)$$

$$-0.6 < SF_2 < -0.1 \cdots (2)$$

10

但し、

$$SF_1 : (r_{11} - r_{21}) / (r_{11} + r_{21})$$

$$SF_2 : (r_{12} - r_{22}) / (r_{12} + r_{22})$$

を満たす。

【0041】

条件式(1)に規定される SF_1 の上限を上回ると、メニスカスレンズL1のパワーが強くなりすぎることにより、コマ収差及び非点収差が大きく発生し、補正が困難となる。また、第1群G1の正のパワーが強くなりすぎることにより、像面湾曲の補正に必要な負のパワーを確保することが難しい(補正不足になりやすい)。一方、条件式(1)に規定される SF_1 の下限を下回る場合もメニスカスレンズL1のパワーが強くなりすぎることにより、コマ収差及び非点収差が大きく発生し、補正が困難となる。また、第1群G1の負のパワーが強くなりすぎることにより、軸外色収差が大きく発生し、補正が困難となる。更に、軸外光の入射高が大きくなり、走査用集光光学系10の細径化設計に不利である。換言すると、径の細い一体型内視鏡300の先端部内への走査用集光光学系10の組み込みが難しくなる。

20

【0042】

条件式(2)に規定される SF_2 の上限を上回ると、メニスカスレンズL9のパワーが弱くなりすぎることにより、被検面に対する励起光の入射角度、及びメニスカスレンズL9への戻り光(被検面にて発生する自家蛍光)の入射角度が大きくなり、励起光による被検面への照射効率及び蛍光の取込効率が低下し得る。一方、条件式(2)に規定される SF_2 の下限を下回ると、第2群G2内の正レンズのパワーが強くなりすぎることにより、コマ収差及び非点収差が大きく発生し、補正が困難となる。また、軸外光の射出高が大きくなり、走査用集光光学系10の細径化設計に不利である。換言すると、径の細い一体型内視鏡300の先端部内への走査用集光光学系10の組み込みが難しくなる。

30

【0043】

条件式(1)、(2)が同時に満たされることにより、走査用集光光学系10の小型化及び広画角化を両立させた場合も像面湾曲(及びコマ収差、非点収差、球面収差、色収差等の諸収差)の発生を抑えることができると共に、点光源より射出された射出光を効率的に取り込むことができ、かつ励起光を被検面に効率的に照射し、照射された被検面からの蛍光を効率的に取り込むことができる。附言するに、条件式(1)、(2)が同時に満たされることにより、共焦点光学システム100のように、物体面(XY近似面)が湾曲する場合であっても像面湾曲を抑えることができる。また、走査用集光光学系10を、径の細い一体型内視鏡300の先端部内への組み込みに適した寸法に抑えて設計することができる。

40

【0044】

また、走査用集光光学系10は、例えば、第1群G1を構成するレンズのうち最も負のパワーの強いレンズの焦点距離を f_{1n} と定義し、第1群G1の焦点距離を f_1 と定義した場合に、次の条件式(3)

$$-4.5 < f_{1n} / f_1 < -0.5 \cdots (3)$$

を更に満たす。

50

【 0 0 4 5 】

条件式 (3) に規定される f_{1n} / f_1 の下限を下回ると、像面湾曲の補正に必要な負のパワーを確保することが難しい (補正不足になりやすい) 。一方、条件式 (3) に規定される f_{1n} / f_1 の上限を上回ると、負のパワーの増加に伴い、レンズ面の曲率を大きくすることとなり、加工が難しくなる。また、負のパワーが強すぎることにより、感度 (組立誤差等に応じた収差の変化) が高くなるため、例えば歩留まりが低下する等の問題が生じる。

【 0 0 4 6 】

条件式 (3) が満たされることにより、共焦点光学システム 1 0 0 のように、物体面 (X Y 近似面) が湾曲する場合であっても像面湾曲が抑えられる。また、レンズ面の曲率を過度に大きく設定する必要がないため、加工に配慮してレンズ面を設計することができる。また、感度を抑え、組立誤差等に対する許容度を高くすることができるため、例えば歩留まりの低下が抑えられる。

10

【 0 0 4 7 】

また、走査用集光光学系 1 0 は、例えば、第 2 群 G 2 を構成するレンズのうち最も負のパワーの強いレンズの焦点距離を f_{2n} と定義し、第 2 群 G 2 の焦点距離を f_2 と定義した場合に、次の条件式 (4)

$$-0.9 \leq f_{2n} / f_2 \leq -0.5 \cdots (4)$$

を更に満たす。

【 0 0 4 8 】

条件式 (4) に規定される f_{2n} / f_2 の下限を下回ると、像面湾曲の補正に必要な負のパワーを確保することが難しい (補正不足になりやすい) 。一方、条件式 (4) に規定される f_{2n} / f_2 の上限を上回ると、負のパワーの増加に伴い、レンズ面の曲率を大きくすることとなり、加工が難しくなる。また、負のパワーが強すぎることにより、感度が高くなるため、例えば歩留まりが低下する等の問題が生じる。

20

【 0 0 4 9 】

条件式 (4) が満たされることにより、共焦点光学システム 1 0 0 のように、物体面 (X Y 近似面) が湾曲する場合であっても像面湾曲が抑えられる。また、レンズ面の曲率を過度に大きく設定する必要がないため、加工に配慮してレンズ面を設計することができる。また、感度を抑え、組立誤差等に対する許容度を高くすることができるため、例えば歩留まりの低下が抑えられる。

30

【 0 0 5 0 】

また、走査用集光光学系 1 0 は、例えば、第 1 群 G 1 を構成するレンズのうち最も正のパワーの強いレンズの焦点距離を f_{1p} と定義した場合に、次の条件式 (5)

$$1.0 \leq f_{1p} / f_1 \leq 4.0 \cdots (5)$$

を更に満たす。

【 0 0 5 1 】

条件式 (5) に規定される f_{1p} / f_1 の上限を上回ると、正のパワーが弱くなることにより第 1 群 G 1 の各面における収差の変化が緩やかになる (すなわち感度が低くなる) が、その代償として、走査用集光光学系 1 0 の全長が長くなると共に像面湾曲も補正不足となる。一方、条件式 (5) に規定される f_{1p} / f_1 の下限を下回ると、走査用集光光学系 1 0 の全長を短くすることができるが、その代償として、球面収差及びコマ収差が大きくなり、補正が困難となる。また、第 1 群 G 1 の各面における収差の変化が大きくなる (すなわち感度が高くなる) ため、組立誤差等により収差が発生しやすくなる。

40

【 0 0 5 2 】

条件式 (5) が満たされることにより、走査用集光光学系 1 0 全系における像面湾曲を補正しつつ、第 1 群 G 1 内の球面収差及びコマ収差が抑えられる。また、走査用集光光学系 1 0 の全長を抑えることができると共に感度も抑えられる。

【 0 0 5 3 】

また、走査用集光光学系 1 0 は、例えば、第 2 群 G 2 を構成するレンズのうち最も正の

50

パワーの強いレンズの焦点距離を f_{2p} と定義した場合に、次の条件式 (6)

$$0.5 \leq f_{2p} / f_2 \leq 3.0 \quad \dots (6)$$

を更に満たす。

【0054】

条件式 (6) に規定される f_{2p} / f_2 の上限を上回ると、正のパワーが弱くなることにより第2群G2の各面における収差の変化が緩やかになる（すなわち感度が低くなる）が、その代償として、走査用集光光学系10の全長が長くなると共に像面湾曲も補正不足となる。一方、条件式 (6) に規定される f_{2p} / f_2 の下限を下回ると、走査用集光光学系10の全長を短くすることができるが、その代償として、球面収差及びコマ収差が大きくなり、補正が困難となる。また、第2群G2の各面における収差の変化が大きくなる（すなわち感度が高くなる）ため、組立誤差等により収差が発生しやすくなる。

10

【0055】

条件式 (6) が満たされることにより、走査用集光光学系10全系における像面湾曲を補正しつつ、第2群G2内の球面収差及びコマ収差が抑えられる。また、走査用集光光学系10の全長を抑えることができると共に感度も抑えられる。

【0056】

また、走査用集光光学系10は、例えば、メニスカスレンズL1の焦点距離を f_{1m} と定義した場合に、次の条件式 (7)

$$5.0 \leq |f_{1m} / f_1| \leq 20.0 \quad \dots (7)$$

を更に満たす。

20

【0057】

条件式 (7) に規定される $|f_{1m} / f_1|$ の上限を上回ると、メニスカスレンズL1のパワーが弱くなることにより第1群G1の各面における収差の変化が緩やかになる（すなわち感度が低くなる）が、その代償として、走査用集光光学系10の全長が長くなる。一方、条件式 (7) に規定される $|f_{1m} / f_1|$ の下限を下回ると、メニスカスレンズL1のパワーが強くなることにより走査用集光光学系10の全長を短くすることができるが、その代償として、球面収差及び非点収差が大きくなり、補正が困難となる。また、第1群G1の各面における収差の変化が大きくなる（すなわち感度が高くなる）ため、組立誤差等により収差が発生しやすくなる。

【0058】

30

条件式 (7) が満たされることにより、走査用集光光学系10全系における像面湾曲を補正しつつ、第1群G1内の球面収差及び非点収差が抑えられる。また、走査用集光光学系10の全長を抑えることができると共に感度も抑えられる。

【0059】

また、走査用集光光学系10は、例えば、メニスカスレンズL9の焦点距離を f_{2m} と定義した場合に、次の条件式 (8)

$$1.5 \leq |f_{2m} / f_2| \leq 4.5 \quad \dots (8)$$

を更に満たす。

【0060】

条件式 (8) に規定される $|f_{2m} / f_2|$ の上限を上回ると、メニスカスレンズL9のパワーが弱くなることにより、被検面に対する励起光の入射角度が緩やかとなって、カバーガラス80と被検面との距離（図2に示される作動距離WD）を確保することができるが、その代償として、走査用集光光学系10の全長が長くなる。一方、条件式 (8) に規定される $|f_{2m} / f_2|$ の下限を下回ると、メニスカスレンズL9のパワーが強くなりすぎて、作動距離を確保することが困難となったり、径方向に大きくなる。

40

【0061】

条件式 (8) が満たされることにより、作動距離を確保しつつ走査用集光光学系10の全長が抑えられる。

【0062】

また、走査用集光光学系10は、強い負のパワーを全系内に分割して配置せず、負のパ

50

ワーを局所的に強めて光束を一旦絞る配置とすることで、湾曲する物体面（XY近似面）上で点光源を移動させることによって発生する像面湾曲の補正に有利になる。一例として、強い負のパワーを持つレンズを第1群G1と第2群G2との境付近に並べて配置することにより、上記堺付近で負のパワーが局所的に強まって光束が一旦絞られて、上記像面湾曲が補正される。ここでいう強い負のパワーを持つレンズは、例えば、e線に対する屈折率を n_{ne} と定義した場合に、次の条件式（9）

$$n_{ne} = 1.85 \cdots (9)$$

を満たすレンズである。高屈折率材を用いると、負レンズの曲率を抑えつつ強い負のパワーを得ることができるため、曲率に依存して発生する諸収差が抑えられる。

【0063】

また、走査用集光光学系10は、第1群G1のうち最も被検面側に配置される面（図3においては正レンズL5の被検面側の面）と、第2群G2のうち最も点光源側に配置される面（図3においては負レンズL6の点光源側の面）とが互いに向き合う一対の凹面となっており、一対の凹面のうち、被検面側に向く凹面の曲率半径を r_{31} と定義し、曲率半径 r_{31} を持つ凹面と向き合う（点光源側に向く）凹面の曲率半径を r_{32} と定義した場合に、次の条件式（10）

$$-0.2 < SF_3 < 0.0 \cdots (10)$$

但し、

$$SF_3 : (r_{31} + r_{32}) / (r_{31} - r_{32})$$

を更に満たす。このようなレンズ配置において条件式（10）が満たされることにより、凹面を向かい合わせて配置したことによるコマ収差の補正作用に加えて、ペッツパールの和を小さく又は負に維持することができ、物体面（XY近似面）が湾曲する場合であっても像面湾曲を抑えることができる。

【0064】

条件式（10）に規定される SF_3 の上限を上回ると、点光源側に向く凹面の曲率半径 r_{32} が小さくなることにより、コマ収差の補正が困難になると共に被検面側に凹面に向けたレンズの負のパワーが大きくなりすぎて、像面湾曲の補正が困難になる。一方、条件式（10）に規定される SF_3 の下限を下回ると、被検面側に向く凹面の曲率半径 r_{31} が小さくなることにより、像面湾曲の補正には有利となるが、その代償として、コマ収差の補正が困難になる。

【0065】

また、例えば、凹面が向き合う一対のレンズの夫々を符号の異なるパワーを持つレンズとの接合レンズとすることにより、色収差の補正に有利となる。図3に示されるように、本実施形態では、色収差を補正するため、凹面が向き合う一対の正レンズL5、負レンズL6を夫々、負レンズL4、正レンズL7と接合し、接合レンズCL1、CL2としている。

【0066】

次に、これまで説明した走査用集光光学系10の具体的数値実施例を8例説明し、各数値実施例1～8と比較する比較例を1例説明する。各数値実施例1～8の走査用集光光学系10及び比較例1の走査用集光光学系は、図1に示されるように、一体型内視鏡300の先端部内に配置されている。

【実施例1】

【0067】

上述したように、本発明の実施例1の走査用集光光学系10の構成は、図3に示される通りである。

【0068】

本実施例1の走査用集光光学系10（及びその後段に配置されたカバーガラス80）の具体的数値構成（設計値）は、表1に示される。表1に示される面番号NOは、絞りに対応する面番号1を除き、図3中の面符号 r_n （ n は自然数）に対応する。表1において、 R （単位：mm）は光学部材の各面の曲率半径を、 D （単位：mm）は光軸AX上の光学

10

20

30

40

50

部材厚又は光学部材間隔を、 $N(E)$ は e 線（波長 546 nm）の屈折率を、 ND は d 線（波長 588 nm）の屈折率を、 vd は d 線のアッペ数を、それぞれ示す。また、本実施例 1 の走査用集光光学系 10 は、 NA （被検面側開口数）が 0.30、像高が 0.05 mm、バックフォーカス BF が 0.17 mm である。なお、各実施例では等倍光学系を想定するため、被検面側開口数は、物体面側開口数と等しい。

【0069】

【表 1】

NO	R	D	N(E)	VD	ND
1 絞	INFINITY	1.040			
2	-0.299	0.564	1.77621	49.6	1.77250
3	-0.614	0.020			
4	-17.677	0.217	1.77621	49.6	1.77250
5	-1.307	0.020			
6	2.012	0.196	1.77621	49.6	1.77250
7	-5.173	0.024			
8	0.822	0.172	1.85504	23.8	1.84666
9	0.435	0.328	1.77621	49.6	1.77250
10	0.560	0.464			
11	-0.585	0.122	1.85504	23.8	1.84666
12	0.371	0.738	1.77621	49.6	1.77250
13	-0.909	0.165			
14	1.147	0.363	1.77621	49.6	1.77250
15	-7.151	0.125			
16	0.591	0.234	1.77621	49.6	1.77250
17	0.801	0.121			
18	INFINITY	0.283	1.51825	64.1	1.51633
19	INFINITY	-			

【0070】

図 4 (a) ~ (d) は、本実施例 1 の走査用集光光学系 10 の各種収差図である。具体的には、図 4 (a) は、 e 線（546 nm）、 d 線（588 nm）、 F 線（486 nm）での球面収差及び軸上色収差を示す。図 4 (b) は、 e 線、 d 線、 F 線での倍率色収差を示す。図 4 (a)、(b) 中、実線は e 線での収差を、点線は d 線での収差を、一点鎖線は F 線での収差を、それぞれ示す。図 4 (c) は、非点収差を示す。図 4 (c) 中、実線はサジタル成分を、点線はメリディオナル成分を、それぞれ示す。図 4 (d) は、歪曲収差を示す。図 4 (a) ~ (c) の各図の縦軸は像高を、横軸は収差量を、それぞれ示す。図 4 (d) の縦軸は像高を、横軸は歪曲率を、それぞれ示す。なお、本実施例 1 の各表又は各図面についての説明は、以降の各数値実施例又は比較例で提示される各表又は各図面においても適用する。

【実施例 2】

【0071】

図 5 は、本発明の実施例 2 の走査用集光光学系 10 及びその後段の光学部品（カバーガラス 80）の配置を示す断面図である。図 5 に示されるように、本実施例 2 の走査用集光光学系 10 は、第 1 群 $G1$ の構成が本実施例 1 と異なる。具体的には、本実施例 2 の第 1 群 $G1$ は、点光源側から順に、点光源側に凹面を向けたメニスカスレンズ $L1$ 、被検面側に凸面を向けた正レンズ $L2$ 、正レンズ $L11$ と負レンズ $L12$ からなる接合レンズ $CL3$ 、被検面側に凹面を向けたメニスカスレンズ $L13$ を少なくとも有する。図 6 (a) ~ (d) は、本実施例 2 の走査用集光光学系 10 の各種収差（球面収差、軸上色収差、倍率色収差、非点収差、歪曲収差）図である。表 2 は、本実施例 2 の走査用集光光学系 10 を含む各光学部品の具体的数値構成を示す。また、本実施例 2 の走査用集光光学系 10 は、

NA（被検面側開口数）が 0.30、像高が 0.12 mm、バックフォーカス BF が 0.17 mm である。

【0072】

【表 2】

NO	R	D	N(E)	VD	ND
1 絞	INFINITY	1.083			
2	-0.316	0.532	1.77621	49.6	1.77250
3	-0.608	0.021			
4	-10.181	0.218	1.77621	49.6	1.77250
5	-1.278	0.021			
6	1.183	0.124	1.85504	23.8	1.84666
7	0.665	0.332	1.77621	49.6	1.77250
8	-15.550	0.021			
9	0.434	0.219	1.80811	46.6	1.80400
10	0.291	0.468			
11	-0.404	0.124	1.85504	23.8	1.84666
12	0.588	0.252	1.77621	49.6	1.77250
13	-0.543	0.563			
14	1.547	0.234	1.77621	49.6	1.77250
15	-2.219	0.032			
16	0.589	0.245	1.77621	49.6	1.77250
17	0.876	0.124			
18	INFINITY	0.290	1.51825	64.1	1.51633
19	INFINITY	-			

10

20

【実施例 3】

【0073】

図 7 は、本発明の実施例 3 の走査用集光光学系 10 及びその後段の光学部品（カバーガラス 80）の配置を示す断面図である。図 7 に示されるように、本実施例 3 の走査用集光光学系 10 は、本実施例 1 と同様のレンズ配置となっている。図 8（a）～（d）は、本実施例 3 の走査用集光光学系 10 の各種収差（球面収差、軸上色収差、倍率色収差、非点収差、歪曲収差）図である。表 3 は、本実施例 3 の走査用集光光学系 10 を含む各光学部品の具体的数値構成を示す。また、本実施例 3 の走査用集光光学系 10 は、NA（被検面側開口数）が 0.30、像高が 0.13 mm、バックフォーカス BF が 0.14 mm である。

30

【0074】

【表 3】

NO	R	D	N(E)	VD	ND	
1 絞	INFINITY	1.319				
2	-0.724	0.542	1.88814	40.8	1.88300	
3	-0.825	0.191				
4	11.743	0.240	1.77621	49.6	1.77250	
5	-1.930	0.023				
6	1.353	0.262	1.77621	49.6	1.77250	
7	-44.036	0.023				
8	0.647	0.318	1.77621	49.6	1.77250	10
9	-7.716	0.136	1.85504	23.8	1.84666	
10	0.330	0.414				
11	-0.443	0.136	1.85504	23.8	1.84666	
12	0.737	0.601	1.77621	49.6	1.77250	
13	-0.833	0.023				
14	2.432	0.404	1.77621	49.6	1.77250	
15	-2.642	0.023				
16	0.811	0.531	1.77621	49.6	1.77250	
17	1.620	0.177				
18	INFINITY	0.316	1.51825	64.1	1.51633	20
19	INFINITY	-				

【実施例 4】

【0075】

図 9 は、本発明の実施例 4 の走査用集光光学系 10 及びその後段の光学部品（カバーガラス 80）の配置を示す断面図である。図 9 に示されるように、本実施例 4 の走査用集光光学系 10 は、本実施例 1 と同様のレンズ配置となっている。図 10（a）～（d）は、本実施例 4 の走査用集光光学系 10 の各種収差（球面収差、軸上色収差、倍率色収差、非点収差、歪曲収差）図である。表 4 は、本実施例 4 の走査用集光光学系 10 を含む各光学部品の具体的数値構成を示す。また、本実施例 4 の走査用集光光学系 10 は、NA（被検面側開口数）が 0.40、像高が 0.12 mm、バックフォーカス BF が 0.12 mm である。

【0076】

【表 4】

NO	R	D	N(E)	VD	ND	
1 絞	INFINITY	1.064				
2	-0.365	0.539	1.88814	40.8	1.88300	
3	-0.667	0.062				
4	21.931	0.247	1.77621	49.6	1.77250	
5	-1.288	0.379				
6	1.333	0.223	1.77621	49.6	1.77250	
7	-24.535	0.019				
8	0.580	0.284	1.73234	54.7	1.72916	10
9	-30.588	0.116	1.85504	23.8	1.84666	
10	0.321	0.371				
11	-0.386	0.116	1.85504	23.8	1.84666	
12	0.526	0.425	1.77621	49.6	1.77250	
13	-0.699	0.020				
14	2.674	0.240	1.88814	40.8	1.88300	
15	-1.730	0.019				
16	0.654	0.315	1.80811	46.6	1.80400	
17	2.152	0.148				
18	INFINITY	0.270	1.51825	64.1	1.51633	20
19	INFINITY	-				

【実施例 5】

【0077】

図 11 は、本発明の実施例 5 の走査用集光光学系 10 及びその後段の光学部品（カバーガラス 80）の配置を示す断面図である。図 11 に示されるように、本実施例 5 の走査用集光光学系 10 は、本実施例 1 と同様のレンズ配置となっている。但し、本実施例 5 においては、本実施例 1 の正レンズ L2 及び L3 が 3 つのレンズ L31 ~ L33 に分けられている。また、本実施例 1 の正レンズ L8 が 2 つのレンズ L41、42 に分けられている。図 12（a）～（d）は、本実施例 5 の走査用集光光学系 10 の各種収差（球面収差、軸上色収差、倍率色収差、非点収差、歪曲収差）図である。表 5 は、本実施例 5 の走査用集光光学系 10 を含む各光学部品の具体的数値構成を示す。また、本実施例 5 の走査用集光光学系 10 は、NA（被検面側開口数）が 0.30、像高が 0.14 mm、バックフォーカス BF が 0.14 mm である。

【0078】

【表 5】

NO	R	D	N(E)	VD	ND
1 絞	INFINITY	1.236			
2	-0.581	0.616	1.88814	40.8	1.88300
3	-0.722	0.269			
4	-3.154	0.330	1.77621	49.6	1.77250
5	-2.732	0.188			
6	12.724	0.235	1.77621	49.6	1.77250
7	-4.114	0.023			
8	1.612	0.275	1.77621	49.6	1.77250
9	8.340	0.042			
10	0.710	0.348	1.88814	40.8	1.88300
11	2.207	0.146	1.93430	18.9	1.92286
12	0.387	0.825			
13	-0.480	0.135	1.85504	23.8	1.84666
14	8.889	0.283	1.77621	49.6	1.77250
15	-0.779	0.023			
16	-4.119	0.241	1.88814	40.8	1.88300
17	-1.232	0.023			
18	3.506	0.209	1.77621	49.6	1.77250
19	-202.240	0.023			
20	0.660	0.374	1.77621	49.6	1.77250
21	0.889	0.216			
22	INFINITY	0.315	1.51825	64.1	1.51633
23	INFINITY	-			

10

20

【実施例 6】

【0079】

図 13 は、本発明の実施例 6 の走査用集光光学系 10 及びその後段の光学部品（カバーガラス 80）の配置を示す断面図である。図 13 に示されるように、本実施例 6 の走査用集光光学系 10 は、本実施例 1 と同様のレンズ配置となっている。図 14（a）～（d）は、本実施例 6 の走査用集光光学系 10 の各種収差（球面収差、軸上色収差、倍率色収差、非点収差、歪曲収差）図である。表 6 は、本実施例 6 の走査用集光光学系 10 を含む各光学部品の具体的数値構成を示す。また、本実施例 6 の走査用集光光学系 10 は、NA（被検面側開口数）が 0.30、像高が 0.13 mm、バックフォーカス BF が 0.08 mm である。

30

【0080】

【表 6】

NO	R	D	N(E)	VD	ND	
1 絞	INFINITY	1.099				
2	-0.359	0.645	1.88815	40.8	1.88300	
3	-0.710	0.021				
4	13.492	0.285	1.77621	49.6	1.77250	
5	-1.559	0.733				
6	1.474	0.281	1.77621	49.6	1.77250	
7	62.850	0.021				
8	0.621	0.314	1.73234	54.7	1.72916	10
9	-10.194	0.130	1.85505	23.8	1.84666	
10	0.366	0.509				
11	-0.476	0.126	1.85505	23.8	1.84666	
12	1.542	0.285	1.77621	49.6	1.77250	
13	-0.698	0.168				
14	1.757	0.251	1.88815	40.8	1.88300	
15	-2.661	0.021				
16	0.640	0.264	1.88815	40.8	1.88300	
17	0.949	0.232				
18	INFINITY	0.293	1.51825	64.1	1.51633	20
19	INFINITY	-				

【実施例 7】

【0081】

図15は、本発明の実施例7の走査用集光光学系10及びその後段の光学部品（カバーガラス80）の配置を示す断面図である。図15に示されるように、本実施例7の走査用集光光学系10は、本実施例1と同様のレンズ配置となっている。図16（a）～（d）は、本実施例7の走査用集光光学系10の各種収差（球面収差、軸上色収差、倍率色収差、非点収差、歪曲収差）図である。表7は、本実施例7の走査用集光光学系10を含む各光学部品の具体的数値構成を示す。また、本実施例7の走査用集光光学系10は、NA（被検面側開口数）が0.30、像高が0.13mm、バックフォーカスBFが0.19mmである。

【0082】

【表 7】

NO	R	D	N(E)	VD	ND	
1絞	INFINITY	1.222				
2	-0.424	0.605	1.88814	40.8	1.88300	
3	-0.749	0.039				
4	23.090	0.288	1.77621	49.6	1.77250	
5	-1.440	0.241				
6	1.522	0.268	1.77621	49.6	1.77250	
7	-34.170	0.022				
8	0.661	0.338	1.73234	54.7	1.72916	10
9	-4.311	0.131	1.85504	23.8	1.84666	
10	0.364	0.481				
11	-0.486	0.134	1.85504	23.8	1.84666	
12	0.978	0.409	1.77621	49.6	1.77250	
13	-0.781	0.022				
14	2.398	0.459	1.83945	42.7	1.83481	
15	-1.917	0.022				
16	0.650	0.256	1.88814	40.8	1.88300	
17	1.133	0.131				
18	INFINITY	0.307	1.51825	64.1	1.51633	20
19	INFINITY	-				

【実施例 8】

【0083】

図 17 は、本発明の実施例 8 の走査用集光光学系 10 及びその後段の光学部品（カバーガラス 80）の配置を示す断面図である。図 17 に示されるように、本実施例 8 の走査用集光光学系 10 は、本実施例 1 と同様のレンズ配置となっている。図 18（a）～（d）は、本実施例 8 の走査用集光光学系 10 の各種収差（球面収差、軸上色収差、倍率色収差、非点収差、歪曲収差）図である。表 8 は、本実施例 8 の走査用集光光学系 10 を含む各光学部品の具体的数値構成を示す。また、本実施例 8 の走査用集光光学系 10 は、NA（被検面側開口数）が 0.30、像高が 0.12 mm、バックフォーカス BF が 0.08 mm である。

【0084】

【表 8】

NO	R	D	N(E)	VD	ND	
1絞	INFINITY	1.090				
2	-0.374	0.596	1.88815	40.8	1.88300	
3	-0.695	0.062				
4	26.560	0.257	1.77621	49.6	1.77250	
5	-1.412	0.518				
6	1.412	0.248	1.77621	49.6	1.77250	
7	-26.560	0.021				
8	0.601	0.315	1.73234	54.7	1.72916	10
9	-4.682	0.124	1.85505	23.8	1.84666	
10	0.342	0.480				
11	-0.454	0.124	1.85505	23.8	1.84666	
12	1.100	0.360	1.77621	49.6	1.77250	
13	-0.750	0.025				
14	2.071	0.244	1.88815	40.8	1.88300	
15	-2.071	0.025				
16	0.644	0.290	1.88815	40.8	1.88300	
17	1.061	0.214				
18	INFINITY	0.290	1.51825	64.1	1.51633	20
19	INFINITY	-				

【0085】

(比較例1)

図19は、比較例1の走査用集光光学系及びその後段の光学部品（カバーガラス80）の配置を示す断面図である。比較例1の走査用集光光学系は、本実施例1と同様のレンズ配置となっている。図20（a）～（d）は、比較例1の走査用集光光学系の各種収差（球面収差、軸上色収差、倍率色収差、非点収差、歪曲収差）図である。表9は、比較例1の走査用集光光学系を含む各光学部品の具体的数値構成を示す。また、比較例1の走査用集光光学系は、NA（被検面側開口数）が0.30、像高が0.12mm、バックフォーカスBFが0.17mmである。

【0086】

【表 9】

NO	R	D	N(E)	VD	ND	
1 絞	INFINITY	1.126				
2	-0.363	0.453	1.88814	40.8	1.88300	
3	-0.583	0.160				
4	20.134	0.230	1.77621	49.6	1.77250	
5	-1.414	0.064				
6	1.290	0.242	1.77621	49.6	1.77250	
7	-22.823	0.047				
8	0.620	0.276	1.77621	49.6	1.77250	10
9	-5.284	0.122	1.93430	18.9	1.92286	
10	0.371	0.445				
11	-0.504	0.122	1.85504	23.8	1.84666	
12	0.421	0.512	1.77621	49.6	1.77250	
13	-0.793	0.142				
14	1.516	0.143	1.80811	46.6	1.80400	
15	-2.083	0.020				
16	0.601	0.302	1.77621	49.6	1.77250	
17	0.686	0.122				
18	INFINITY	0.286	1.51825	64.1	1.51633	20
19	INFINITY	-				

(比較検証)

表 10 は、本実施例 1 ~ 8 及び比較例 1 の各例において、条件式 (1) ~ (10) のそれぞれを適用したときに算出される値の一覧表である。なお、表 10 中、各条件式の各値の右隣に記載された符号は、当該条件式を主として規定するレンズを示す。条件式 (1) 及び (7) を主として規定するレンズは、全系のうち最も点光源側に配置されるレンズ (例えばメニスカスレンズ L1) である。条件式 (2) 及び (8) を主として規定するレンズは、全系のうち最も被検面側に配置されるレンズ (例えばメニスカスレンズ L12) である。条件式 (3) を主として規定するレンズは、第 1 群 G1 を構成するレンズのうち最も負のパワーの強いレンズ (例えば負レンズ L4) である。条件式 (4) を主として規定するレンズは、第 2 群 G2 を構成するレンズのうち最も負のパワーの強いレンズ (例えば負レンズ L6) である。条件式 (5) を主として規定するレンズは、第 1 群 G1 を構成するレンズのうち最も正のパワーの強いレンズ (例えば正レンズ L5) である。条件式 (6) を主として規定するレンズは、第 2 群 G2 を構成するレンズのうち最も正のパワーの強いレンズ (例えば正レンズ L8) である。なお、条件式 (9) については、当該条件式を満たす負レンズの符号が記載されている。

【0087】

【表 10】

	実施例 1	レンズ	実施例 2	レンズ	実施例 3	レンズ	実施例 4	レンズ	実施例 5	レンズ
条件式(1)	-0.35	L1	-0.32	L1	-0.07	L1	-0.29	L1	-0.11	L1
条件式(2)	-0.15	L9	-0.20	L9	-0.33	L9	-0.53	L9	-0.15	L9
条件式(3)	-2.94	L4	-4.24	L11	-0.72	L5	-0.78	L5	-0.83	L5
条件式(4)	-0.54	L6	-0.56	L6	-0.61	L6	-0.64	L6	-0.85	L6
条件式(5)	2.53	L5	1.76	L12	1.54	L4	1.64	L4	1.70	L4
条件式(6)	0.98	L7	0.85	L7	1.19	L7	1.19	L7	1.50	L7
条件式(7)	7.46	L1	8.84	L1	8.62	L1	11.85	L1	5.07	L1
条件式(8)	4.21	L9	3.58	L9	3.21	L9	2.78	L9	3.09	L9
条件式(9)	1.77621 1.85504 1.85504	L1 L4 L6	1.77621 1.85504 1.80811 1.85504	L1 L11 L13 L6	1.85504 1.85504	L5 L6	1.88814 1.85504 1.85504	L1 L5 L6	1.93429 1.85504	L5 L6
条件式(10)	-0.02		-0.16		-0.15		-0.09		-0.11	
	実施例 6	レンズ	実施例 7	レンズ	実施例 8	レンズ	比較例 1	レンズ		
条件式(1)	-0.33	L1	-0.28	L1	-0.30	L1	-0.23	L1		
条件式(2)	-0.19	L9	-0.27	L9	-0.24	L9	-0.07	L9		
条件式(3)	-0.79	L5	-0.76	L5	-0.77	L5	-0.80	L5		
条件式(4)	-0.80	L6	-0.75	L6	-0.76	L6	-0.55	L6		
条件式(5)	1.56	L4	1.59	L4	1.56	L4	1.59	L4		
条件式(6)	1.27	L7	1.29	L7	1.31	L7	0.94	L7		
条件式(7)	11.62	L1	17.46	L1	15.05	L1	75.19	L1		
条件式(8)	3.05	L9	2.84	L9	2.91	L9	5.33	L9		
条件式(9)	1.88814 1.85505 1.85505	L1 L5 L6	1.88814 1.85504 1.85504	L1 L5 L6	1.88815 1.85505 1.85505	L1 L5 L6	1.88814 1.93430 1.85504	L1 L5 L6		
条件式(10)	-0.13		-0.14		-0.14		-0.15			

10

20

【0088】

表 10 に示されるように、比較例 1 の走査用集光光学系は、条件式(2)を満たさない。そのため、比較例 1 の走査用集光光学系は、図 20 に示されるように、球面収差、軸上色収差及び倍率色収差が抑えられていない。すなわち、小型化及び広画角化の両立及び像面湾曲の補正を試みた結果、少なくとも一部の光学性能を犠牲にせざるを得ない。

30

【0089】

これに対して、本実施例 1～8 の走査用集光光学系 10 は、表 10 に示されるように、条件式(1)、(2)を同時に満たすことにより、小型化及び広画角化を両立させた場合も像面湾曲及び諸収差の発生が抑えられている。また、点光源からの射出光を効率的に取り込むことができ、かつ励起光を被検面に効率的に照射し、照射された被検面からの自家蛍光を効率的に取り込むことができる。

【0090】

また、本実施例 1～8 の走査用集光光学系 10 は、条件式(1)及び(2)以外の他の条件式も更に満たす。従って、本実施例 1～8 の走査用集光光学系 10 では、条件式(1)及び(2)を満たすことによる効果のみならず、他の条件式を満たすことによる効果も奏される。

40

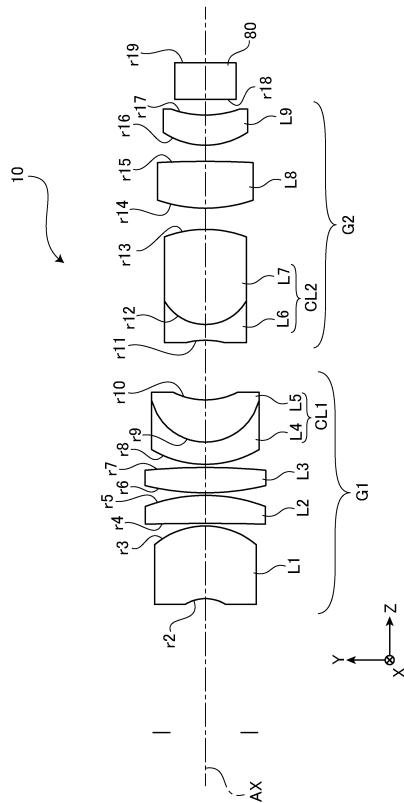
【0091】

以上が本発明の例示的な実施形態の説明である。本発明の実施形態は、上記に説明したものに限定されず、本発明の技術的思想の範囲において様々な変形が可能である。例えば明細書中に例示的に明示される実施例等又は自明な実施例等を適宜組み合わせた内容も本願の実施形態に含まれる。

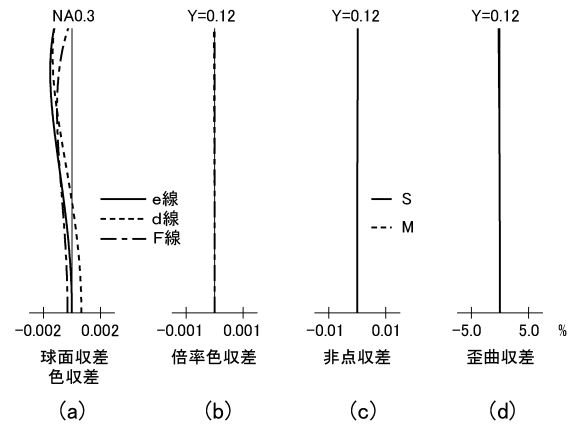
【符号の説明】

50

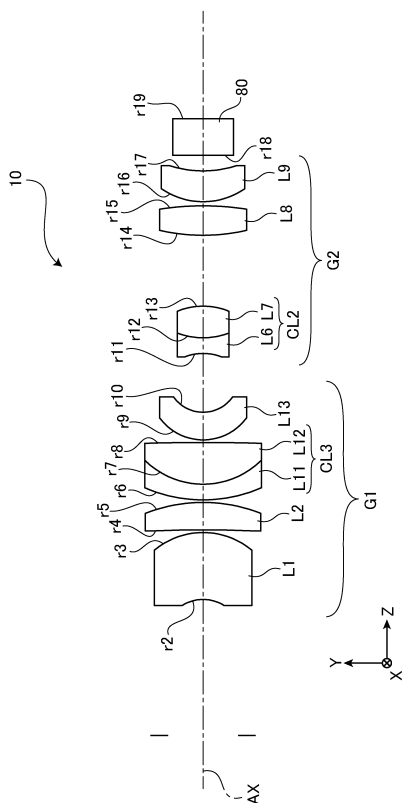
【図 3】



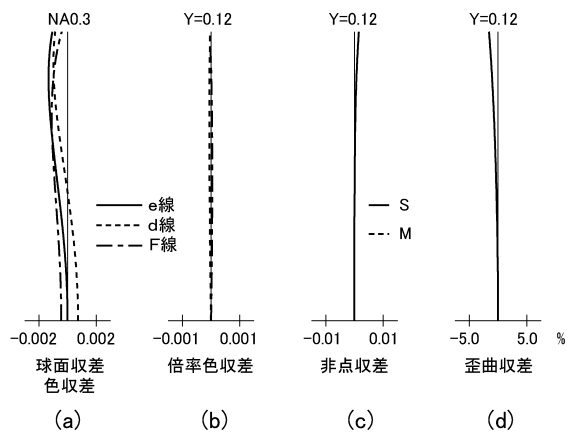
【図 4】



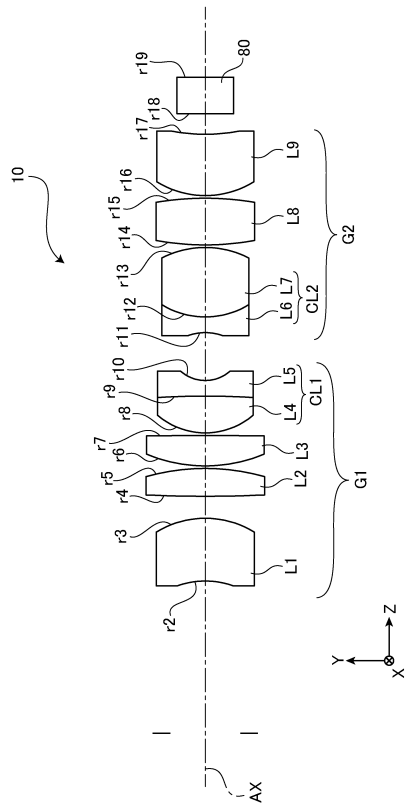
【図 5】



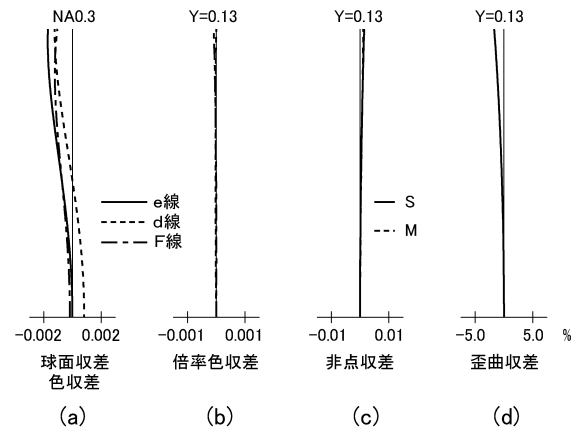
【図 6】



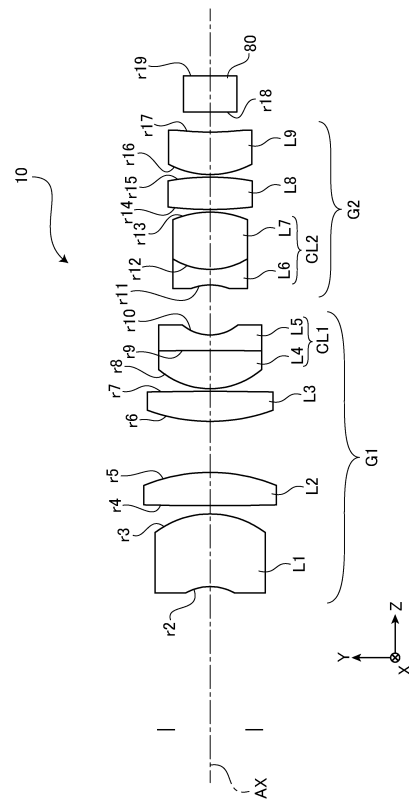
【図 7】



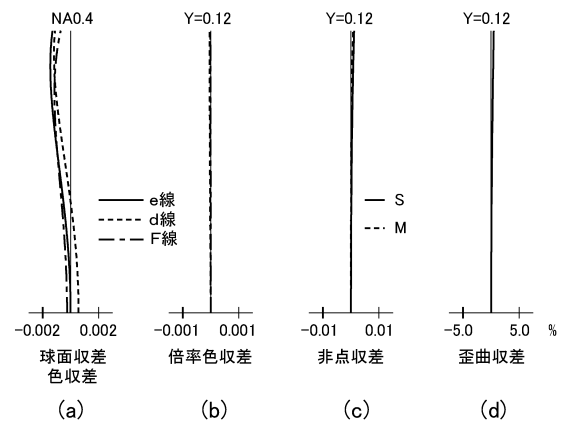
【図 8】



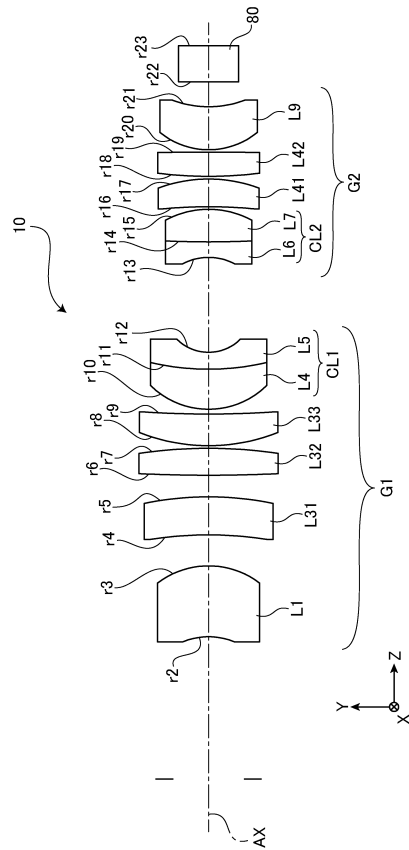
【図 9】



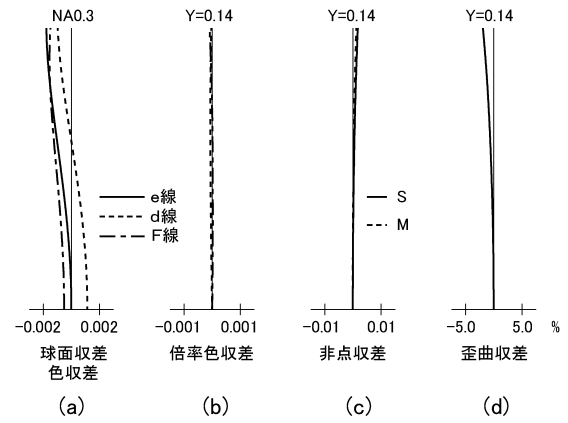
【図 10】



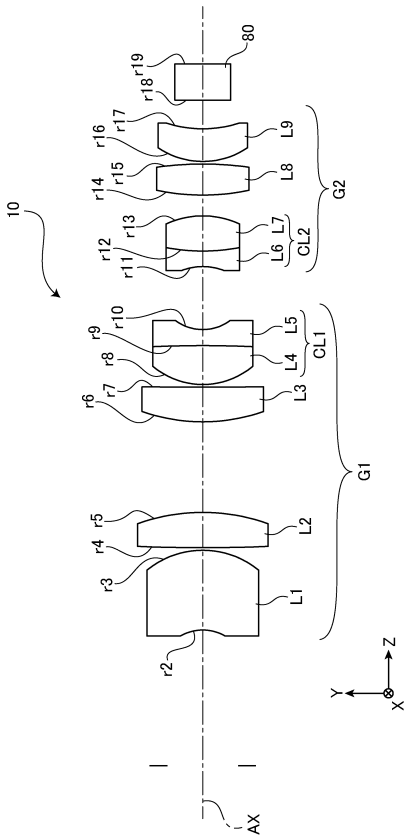
【図 1 1】



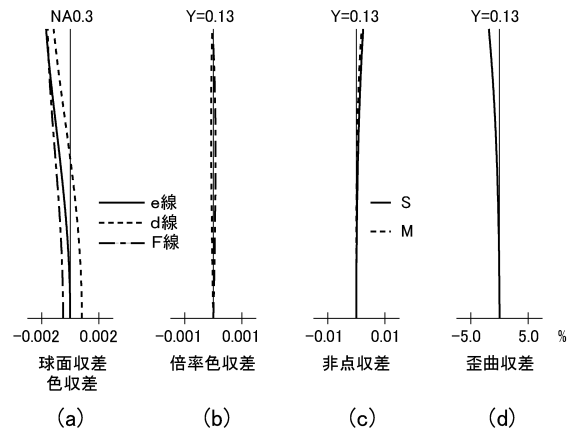
【図 1 2】



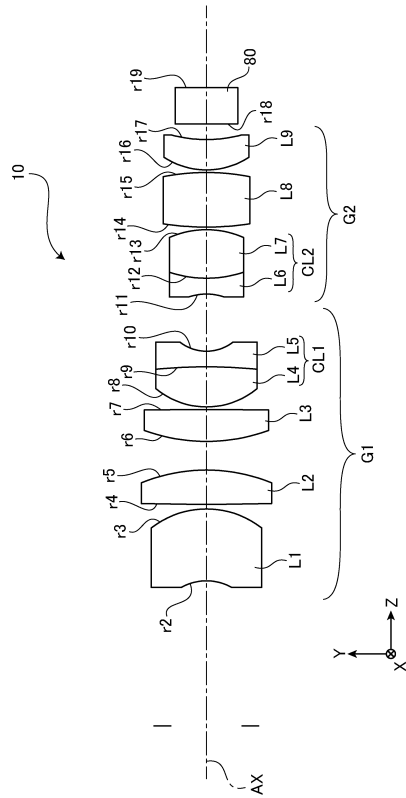
【図 1 3】



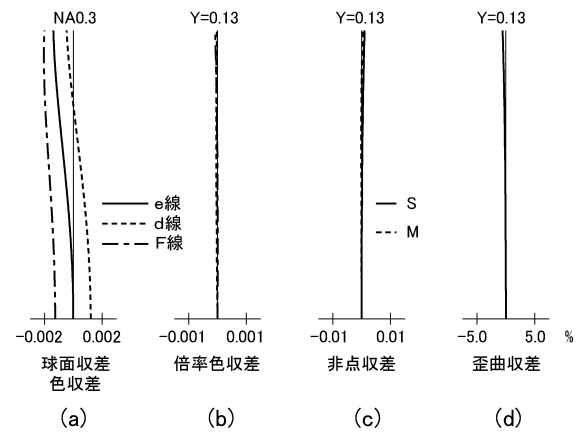
【図 1 4】



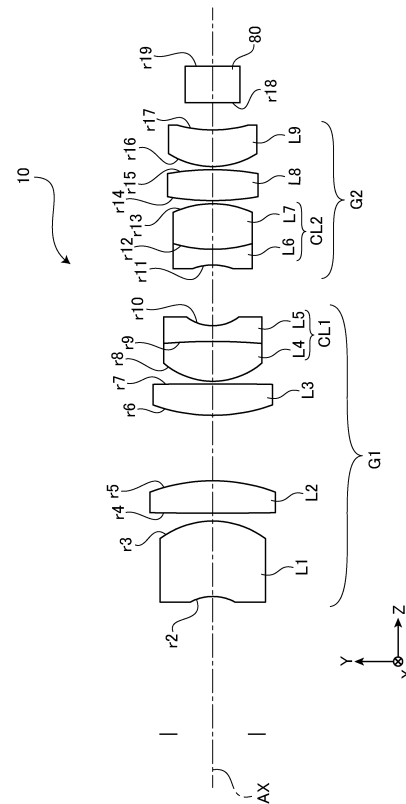
【図 15】



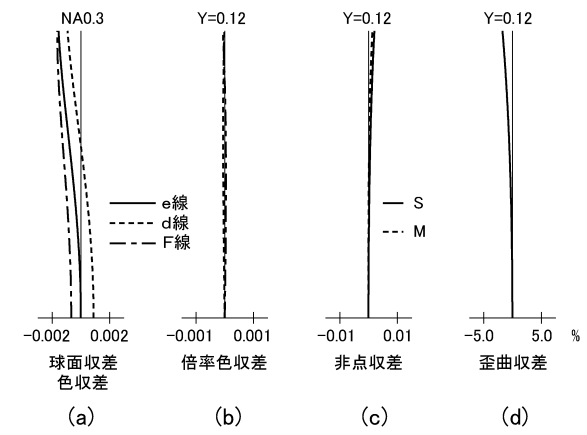
【図 16】



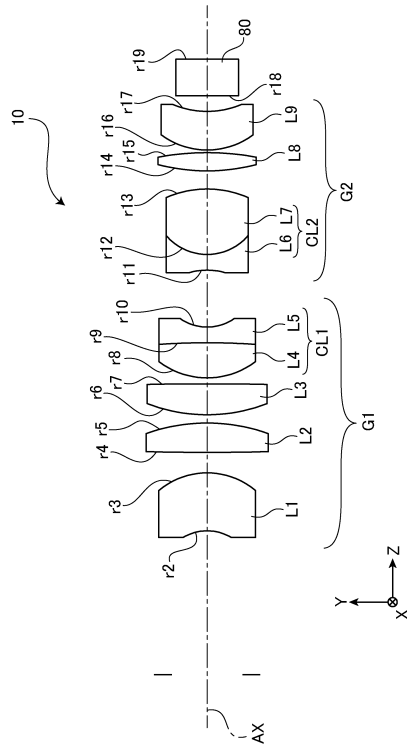
【図 17】



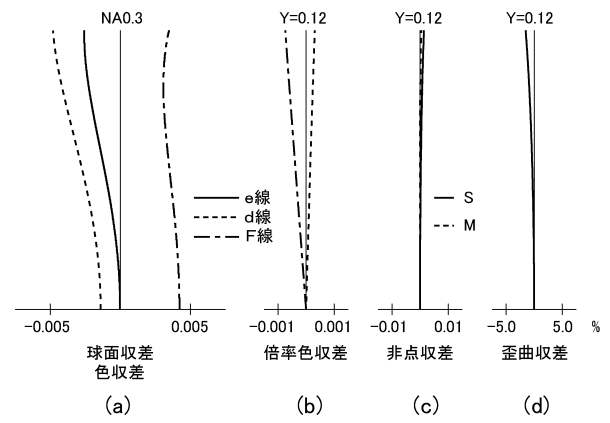
【図 18】



【図 19】



【図 20】



フロントページの続き

(56)参考文献 特表2009-536366(JP,A)
特表2005-512747(JP,A)
特開平09-325265(JP,A)
特開昭47-045742(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 0 2 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 0 2 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4

专利名称(译)	内视镜		
公开(公告)号	JP6074246B2	公开(公告)日	2017-02-01
申请号	JP2012269986	申请日	2012-12-11
[标]申请(专利权)人(译)	保谷股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	HOYA株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	HOYA株式会社		
[标]发明人	那須幸子		
发明人	那須 幸子		
IPC分类号	G02B13/00 G02B23/26 A61B1/00		
FI分类号	G02B13/00 G02B23/26.B G02B23/26.C A61B1/00.300.Y A61B1/00.525 A61B1/00.731 A61B1/07.733		
F-TERM分类号	2H040/BA02 2H040/CA12 2H040/CA23 2H087/KA10 2H087/LA22 2H087/PA07 2H087/PA09 2H087/PA19 2H087/PB09 2H087/PB11 2H087/QA03 2H087/QA06 2H087/QA17 2H087/QA21 2H087/QA25 2H087/QA26 2H087/QA32 2H087/QA41 2H087/QA45 2H087/RA37 2H087/RA42 4C161/BB02 4C161/CC07 4C161/HH51 4C161/LL10 4C161/NN01 4C161/PP11 4C161/PP12 4C161/QQ09 4C161/RR06		
代理人(译)	尾山荣启		
审查员(译)	正人Tonooka		
其他公开文献	JP2014115495A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

发明内容要解决的问题：提供一种提供紧凑性和宽视角以及包括场曲率的最小化像差的光收集光学系统。解决方案：光收集光学系统具有透镜配置，包括具有正光焦度的第一组，从点光源侧起依次布置的具有正光焦度的第二组。第一组包括从点光源侧起的顺序；在所述点光源侧具有凹面的弯月形透镜；正透镜，在观察对象侧具有凸面；在所述点光源侧具有凸面的正透镜；以及在观察对象侧具有凹面并且包括负透镜和正透镜的胶合透镜。第二组包括从点光源侧起的顺序；粘合透镜，在点光源侧具有凹面，并且包括负透镜和正透镜；正透镜；以及在观察对象侧具有凹面的弯月透镜。每组的弯月形透镜的表面形状满足预定条件。

(19) 日本国特許庁 (JP)		(12) 特 許 公 報 (B2)		(11) 特許番号 特許第6074246号 (P6074246)	
(45) 発行日 平成29年2月1日 (2017. 2. 1)		(24) 登録日 平成29年1月13日 (2017. 1. 13)			
(51) Int. Cl.		F 1			
G 0 2 B 13/00 (2006. 01)		G 0 2 B 13/00			
G 0 2 B 23/26 (2006. 01)		G 0 2 B 23/26		B	
A 6 1 B 1/00 (2006. 01)		G 0 2 B 23/26		C	
		A 6 1 B 1/00		3 0 0 Y	
請求項の数 10 (全 30 頁)					
(21) 出願番号	特願2012-269986 (P2012-269986)	(73) 特許権者	000113263		
(22) 出願日	平成24年12月11日 (2012.12.11)	H O Y A 株式会社			
(65) 公開番号	特開2014-115495 (P2014-115495A)	東京都新宿区西新宿六丁目10番1号			
(43) 公開日	平成26年6月26日 (2014. 6. 26)	(74) 代理人	100078880		
審査請求日	平成27年11月9日 (2015. 11. 9)	弁理士 松岡 修平			
		(74) 代理人	100168856		
		弁理士 尾山 栄啓			
		(72) 発明者	那須 幸子		
		東京都新宿区中落合2丁目7番5号 H O Y A 株式会社内			
		審査官	殿岡 雅仁		
最終頁に続く					
(54) 【発明の名称】 内視鏡					

(54) 【発明の名称】 内视镜