

(19)日本国特許庁（ J P ）

(12) 公 開 特 許 公 報 (A) (11)特許出願公開番号

特開2002 - 182126

(P2002 - 182126A)

(43)公開日 平成14年6月26日(2002.6.26)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード [*] (参考)
G 0 2 B 23/26		G 0 2 B 23/26	B 2 H 0 4 0
A 6 1 B 1/00	300	A 6 1 B 1/00	Y 2 H 0 4 6
G 0 2 B 6/04		G 0 2 B 6/04	E 4 C 0 6 1

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10数)

(21)出願番号 特願2000 - 383577(P2000 - 383577)

(22)出願日 平成12年12月18日(2000.12.18)

(71)出願人 000005430

富士写真光機株式会社

埼玉県さいたま市植竹町1丁目324番地

(72)発明者 宮野 俊

埼玉県大宮市植竹町1丁目324番地 富士写真光機株式会社内

(74)代理人 100109656

弁理士 三反崎 泰司 (外 1 名)

F タ-ム (参考) 2H040 AA02 BA00 BA10 CA12

2H046 AB08 AD02

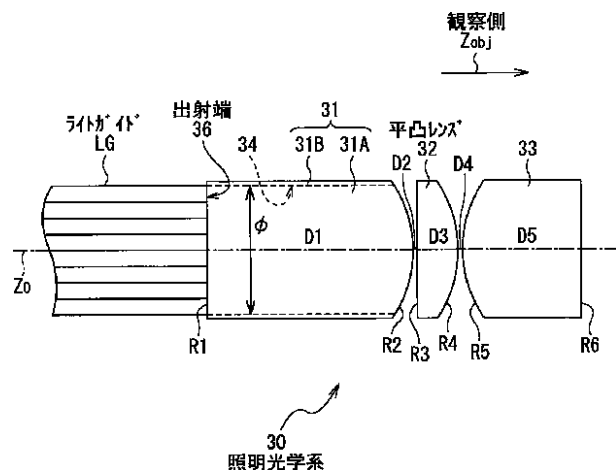
4C061 FF40 JJ06

(54)【発明の名称】 ライトガイド用の照明光学系および内視鏡

(57)【要約】

【課題】 従来に比べて高い製造技術を必要とせずに、優れた配光特性を得ること。

【解決手段】 照明光学系30は、ライトガイドLGの出射端側から順に、全体として平凸形状の光学素子31と、2つの平凸レンズ32、33とを備えている。光学素子31は、入射した光をその屈折率差によってコア31Aとクラッド31Bとの境界面34で全反射させる機能を有している。照明光学系30の各光学要素がすべて平凸形状となっているので、球面加工を行う面が少なく、従来に比べて高い加工技術が必要とされずに製造が容易となる。また、光の反射機能を有する光学素子31が、光学素子31の凸面での全反射が防止されるような条件式を満たすように構成されているので、ライトガイドLGから出射された光の多くが照明光として無駄なく使用される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ライトガイドの出射端側に配設される照明光学系であって、
 ライトガイドの出射端側から順に、
 側面部が光の反射機能を有すると共に、光の出射側が凸レンズの機能を有し、全体として平凸形状に構成された光学素子と、
 平凸形状の第 1 および第 2 の凸レンズとを備え、
 前記光学素子が、

$$r = n\phi / 2 \dots\dots (1)$$

の条件式 (1) を満足するように構成されていることを特徴とするライトガイド用の照明光学系。ただし、

r : 光学素子の凸面の曲率半径 (絶対値)

n : 光学素子の凸レンズ部分の屈折率

ϕ : 光学素子において反射光が通過可能な部分の直径

【請求項 2】 前記光学素子は、
 相対的に高い屈折率を有するコア部材の周囲に、相対的に低い屈折率を有するクラッド部材が配設されていると共に、光の出射側の端面が凸形状に形成された光学部材を含むことを特徴とする請求項 1 記載のライトガイド用の照明光学系。

【請求項 3】 前記光学素子は、側面部において光の反射機能を有する光学部材と、前記光学部材の一端に接着された凸レンズとで構成されていることを特徴とする請求項 1 記載のライトガイド用の照明光学系。

【請求項 4】 観察対象物を照明するための照明手段と、この照明手段によって照明された観察対象物を観察するための観察手段とを備えた内視鏡であって、
 前記照明手段は、ライトガイドと、このライトガイドの出射端側に配設された照明光学系とを有し、
 前記照明光学系は、
 前記ライトガイドの出射端側から順に、
 側面部が光の反射機能を有すると共に、光の出射側が凸レンズの機能を有し、全体として平凸形状に構成された光学素子と、
 平凸形状の第 1 および第 2 の凸レンズとを含み、
 前記光学素子が、

$$r = n\phi / 2 \dots\dots (1)$$

の条件式 (1) を満足するように構成されていることを特徴とする内視鏡。ただし、

r : 光学素子の凸面の曲率半径 (絶対値)

n : 光学素子の凸レンズ部分の屈折率

ϕ : 光学素子において反射光が通過可能な部分の直径

【請求項 5】 前記光学素子は、
 相対的に高い屈折率を有するコア部材の周囲に、相対的に低い屈折率を有するクラッド部材が配設されていると共に、光の出射側の端面が凸形状に形成された光学部材を含んで構成されていることを特徴とする請求項 4 記載の内視鏡。

【請求項 6】 前記光学素子は、側面部において光の反

射機能を有する光学部材と、前記光学部材の一端に接着された凸レンズとで構成されていることを特徴とする請求項 4 記載の内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、照明光を導くために利用されるライトガイド用の照明光学系、およびライトガイドによって導かれた照明光によって観察対象物を照明して観察を行うのに利用される内視鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】内視鏡は、主として、患者の体腔内の観察を行うための医療用のものと水道管などの観察を行うための工業用のものとがある。内視鏡の観察対象となる体腔内などは通常、暗所であるから、その観察を行うためには外部から照明を行う必要がある。内視鏡の照明手段としては、ライトガイドを使用するのが一般的である。ライトガイドは、多数の光学繊維 (光ファイバ) を束ねたものであり、一方の端部 (入射端) から入射された照明用の光を、他方の端部 (出射端) から出射するようになっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、内視鏡においては、照明範囲が大きく、かつ照明の配光分布が視野の中心から周辺までできる限り平坦で照度むらが少ないことが望ましい。そこで、従来より、ライトガイドの出射端にいろいろな光学部材を配置して、照明光を発散させるとともに、配光の均一化を図る努力がなされている。照明光を発散させるためには、凹レンズを用いる方法と、凸レンズを組み合わせる方法とがある。凸レンズを組み合わせる方法では、レンズ系内で一旦照明光を集光させてから発散させる。凸レンズを組み合わせた照明光学系の例は、例えば本出願人による実開平 2 - 140519 号公報に記載されている。この公報には、例えば照明光学系を 3 つの正レンズで構成した例が記載されている。

【0004】また、本出願人は、特開 2000-37345 号公報において、ライトガイドの出射端側から順に、ガラスロッドレンズと 2 つの凸レンズとを配設した構成の照明光学系を提案している。ガラスロッドレンズは、中心部の部材であるコアの周りにコアよりも屈折率の低いクラッドを配設した構成にしている。また、ガラスロッドレンズの光の出射側の面は凸形状にして凸レンズの機能を持たせている。ガラスロッドレンズを配置することにより、ライトガイドの出射端からガラスロッドレンズの周辺部に入射した光が、その屈折率差によって全反射されるため、ライトガイドからの光線が無駄なく使用でき、光量の確保に効果がある。

【0005】ところで、このような構成において、ガラスロッドレンズの凸レンズ部分の屈折率が大きくなり、その凸面の曲率半径が小さくなるほど、ライトガイドが

らの光が凸面で全反射しやすくなる。凸面で全反射しやすい光線は、ガラスロッドレンズの側面近傍（クラッド近傍）を光軸に平行に進む光線である。このような状態では、一部の光が前方に出射されなくなり、出射効率が悪化する。そこで、ガラスロッドレンズの凸レンズ部分の構成は、できるだけ凸面での全反射が生じないような構成にすることが望ましい。また、特開2000-37345号公報記載の照明光学系は、2つの凸レンズのうちの一方のレンズが両凸形状となっている。一方、内視鏡の光学系に使用されるのは小径のレンズであるため、その球面の研磨には非常に高度な加工技術を必要とする。特に、両凸形状のレンズは、高度な加工技術を必要とする。そのため、加工性の点では、照明光学系に両凸形状のレンズを使用しない方が有利である。

【0006】本発明はかかる問題点を鑑みてなされたもので、その目的は、従来に比べて高い製造技術を必要とせず、優れた配光特性を得ることができるライトガイド用の照明光学系および内視鏡を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明によるライトガイド用の照明光学系は、ライトガイドの出射端側から順に、側面部が光の反射機能を有すると共に、光の出射側が凸レンズの機能を有し、全体として平凸形状に構成された光学素子と、平凸形状の第1および第2の凸レンズとを備えたものである。そして、光学素子が、
$$r \sin \phi / 2 \dots\dots (1)$$

の条件式(1)を満足するように構成されたものである。ただし、

r : 光学素子の凸面の曲率半径(絶対値)

n : 光学素子の凸レンズ部分の屈折率

ϕ : 光学素子において反射光が通過可能な部分の直径

【0008】本発明による内視鏡は、観察対象物を照明するための照明手段と、この照明手段によって照明された観察対象物を観察するための観察手段とを備え、照明手段として、ライトガイドと、このライトガイドの出射端側に配設された照明光学系とを有し、照明光学系を、上述の本発明によるライトガイド用の照明光学系で構成したものである。

【0009】ここで、本発明によるライトガイド用の照明光学系および内視鏡において、光学素子は、例えば、相対的に高い屈折率を有するコア部材の周囲に、相対的に低い屈折率を有するクラッド部材が配設されると共に、光の出射側の端面が凸形状に形成された光学部材によって構成されるものである。また、光学素子は、側面部において光の反射機能を有する光学部材と、光学部材の一端に接着された凸レンズとで構成されていても良い。

【0010】本発明によるライトガイド用の照明光学系では、各光学要素がすべて平凸形状となっているので、例えば両凸形状のものに比べて高い加工技術が必要とさ

れない。また、光学素子が、光の反射機能を有し、条件式(1)を満たすように構成されているので、ライトガイドから出射された光の多くが照明光として無駄なく使用される。

【0011】本発明による内視鏡では、本発明によるライトガイド用の照明光学系によって優れた配光特性の照明がなされるので、観察しやすい環境が得られる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0013】図1は、本発明の一実施の形態に係る内視鏡の概略を示している。この内視鏡10は、操作者によって操作される手元操作部11と、この手元操作部11の一端に連設され、観察対象部分に挿入される挿入部12とを備えている。挿入部12は、手元操作部側から順に、軟性部12Aと、アングル部12Bと、先端硬質部12Cとを有している。アングル部12Bは、先端硬質部12Cを所望の方向に向けるためのものであり、手元操作部11の操作に応じて湾曲させることが可能となっている。

【0014】この内視鏡10は、また、手元操作部11の他端に連設された軟性ケーブル13を備えている。軟性ケーブル13には、光伝送用のケーブル14と、像伝送用のケーブル15とが挿通されている。

【0015】光伝送用のケーブル14の内部には、多数の光学繊維を束ねて構成されたライトガイドLG(図1では図示せず)が挿通されている。ライトガイドLGの一端(光の入射端)は、光源装置16に接続され、他端(光の出射端)は、先端硬質部12Cにまで延在している。光源装置16は、図示しないが、光源としてのランプとこのランプからの光をライトガイドLGの入射端に集光するための集光用レンズとを含んで構成されている。像伝送用のケーブル15は、いわゆる電子内視鏡(ビデオ内視鏡)のように観察系がCCD(電荷結合素子)などを用いて像の伝送を電子的に行うものである場合には、電気的な信号線によって構成される。この場合、ケーブル15を構成する信号線の一端は、図示しない信号処理回路に接続され、その信号処理後の映像が図示しないモニタなどに出力される。また、光学式の内視鏡のように像の伝送を光学的に行う場合には、像伝送用のケーブル15は多数の光学繊維を束ねたイメージガイドによって構成される。この場合、イメージガイドの一端は、図示しない接眼光学系に光学的に接続され、イメージガイドによって伝送された光学像が接眼光学系を介して出力される。信号線またはイメージガイドの他端は、先端硬質部12Cにまで延在している。

【0016】図2は、先端硬質部12Cの先端面の構造を示している。先端硬質部12Cの先端には、観察窓21と、一対の照明窓22(22A, 22B)と、処置具導出口23と、ノズル24とが設けられている。処置具

導出口 23 は、鉗子その他の処置具を導出させるためのものである。ノズル 24 は、観察窓 21 に向けて洗浄用の流体を供給するためのものである。

【0017】観察窓 21 は、先端硬質部 12C の先端面において、例えば中央部に配置されている。この観察窓 21 は、観察対象物を観察するためのものであり、内部には観察用の対物光学系が装着されている。対物光学系の結像側には、CCD などの撮像装置またはイメージガイドなどが配置される。ここで、本実施の形態において、観察窓 21 から対物光学系を経て像伝送用のケーブル 15 に至る構成部分が、本発明における「観察手段」の一具体例に対応する。

【0018】一対の照明窓 22 は、例えば、観察窓 21 からほぼ等しい距離だけ離間した位置に配置されている。この照明窓 22 は、観察対象物を照明するためのものであり、内部には照明光学系が装着されている。照明光学系は、ライトガイド LG によって導かれた光源装置 16 からの照明光を発散させる機能を有している。なお、照明窓 22 は、2 つに限らず、1 つのみまたは 3 つ以上設けられていても良い。

【0019】図 3 は、本実施の形態の特徴部分である照明光学系の構成例を示している。図 3 では、光軸 Z_0 を含む単一の平面内における各光学要素の断面を示している。なお、図 3 において、符号 Z_{obj} で示す側が観察側（照明窓側）、すなわち、照明光を照射する側である。図 3 において、符号 R_i は、最も出射端側（ライトガイド LG の出射端側）の面を 1 番目として、観察側に向かうに従い順次増加する i 番目の面の曲率半径を示す。符号 D_i は、 i 番目の面と $i+1$ 番目の面との光軸上の面間隔を示す。

【0020】図 3 に示したように、本実施の形態に係る照明光学系 30 は、ライトガイド LG の出射端側から順に、光学素子 31 と、2 つの平凸レンズ 32、33 とを備えている。

【0021】2 つの平凸レンズ 32、33 は、互いに組レンズの構成をなしている。平凸レンズ 32 は、観察側に凸面を向けている。もう一方の平凸レンズ 33 は、ライトガイド LG の出射端側に凸面を向けている。

【0022】光学素子 31 は、ロッドレンズ状のものであり、中心部の部材であるコア 31A の周りにコア 31A よりも屈折率の低いクラッド 31B を配設した構成となっている。光学素子 31 は、全体として平凸形状に構成されており、ライトガイド側の面 (R_1) が平面形状、観察側の面 (R_2) が凸形状となっている。光学素子 31 は、観察側の面が凸形状となっていることにより、光の出射側が凸レンズの機能を有している。光学素子 31 は、また、ライトガイド LG の出射端 36 から周辺部（側面部）に入射した光を、その屈折率差によってコア 31A とクラッド 31B との境界面 34 で全反射させる機能を有している。これにより、ライトガイド LG

からの光線を照明光として無駄なく使用している。

【0023】ここで、光学素子 31 は、以下の条件式 (1) を満足するように構成されている。

$$r - n\phi / 2 \dots\dots (1)$$

ただし、

r : 光学素子 31 の凸面の曲率半径（絶対値）

n : 光学素子 31 の凸レンズ部分の屈折率

ϕ : 光学素子 31 において反射光が通過可能な部分の直径（コア径）

【0024】光学素子 31 において、凸レンズ部分の屈折率 n が大きくなり、その凸面の曲率半径 r が小さくなるほど、ライトガイド LG からの光が凸面で全反射しやすくなる。凸面で全反射しやすい光線は、光学素子 31 の側面近傍（クラッド近傍）を光軸 Z_0 に平行に進む光線である。このような状態では、一部の光が前方に出射されなくなり、出射効率が悪化する。条件式 (1) を満足することにより、凸面での全反射が防止されるので、出射効率の悪化が防止される。

【0025】なお、図 3 では、単一の光学部材で構成された光学素子 31 によって、光の反射機能と凸レンズとしての機能とを持たせるようにしたが、図 4 に示した照明光学系 40 のように、光の反射機能を持った光学部材 41 と、凸レンズ 42 との 2 つの部品で光学素子 43 を構成しても良い。光学素子 43 は、光学部材 41 における観察側の面と凸レンズ 42 のライトガイド側の面とが接着され、全体として平凸形状に構成されている。この場合、光学部材 41 は、両面が平面であることが加工の点で望ましい。また、凸レンズ 42 は、観察側に凸面を向けた平凸形状であることが加工の点で望ましい。光学部材 41 による反射機能は、光学素子 31 と同様に、コア部材とクラッド部材との屈折率差を利用した全反射によるものであっても良いし、光学部材 41 の周囲をメッキすることによる鏡面反射を利用したものであっても良い。

【0026】以上のような構成の照明光学系 30 では、ライトガイド LG の出射端 36 からの出射光が、レンズ系内で一旦集光させられたあとに発散する。照明光学系 30 を出射後の光線の発散角は、ライトガイド LG の出射端 36 を出射後の光線の発散角よりも大きくなる。また、照明光学系 30 を通過することによって、光線の配光分布が均一化される。照明光学系 30 によって発散され、配光分布が均一化された光が、照明窓 22（図 2）を介して照明光として観察対象物に照明される。照明された観察対象物は、先端硬質部 12C の観察窓 21 から観察される。

【0027】[実施例] 次に、本実施の形態に係る照明光学系 30 の具体的な数値実施例と共に、本実施の形態に係る照明光学系 30 によってもたらされる光学的な作用および効果について説明する。

【0028】本実施例の照明光学系の断面構造は、図 3

に示した照明光学系 30 と同様となっている。

【0029】図5および図6は、それぞれ本実施の形態における第1の具体的な数値実施例（実施例1）および第2の具体的な数値実施例（実施例2）を示している。図5および図6における面番号 S_i は、最も出射端側（ライトガイド LG の出射端側）の面を1番目として、観察側に向かうに従い順次増加する面の番号を示している。屈折率 n_{di} は、d 線（波長 $\lambda_d = 587.6\text{nm}$ ）に対する値を示している。曲率半径 R_i は、図3に示した符号 R_i と同様に、最も出射端側から i 番目のレンズ面の曲率半径を示している。面間隔 D_i についても、図3に示した符号 D_i と同様であり、出射端側から i 番目の面 S_i と $i+1$ 番目の面 S_{i+1} との光軸上の間隔を示す。曲率半径 R_i および面間隔 D_i の値の単位はミリメートル（mm）である。なお、図中、曲率半径 R_i の値が0（ゼロ）の面は、面形状が平面であることを示す。また、図5および図6には、ライトガイド LG の最も出射端側に配置された光学素子 31 のコア径 ϕ の値についても示す。

【0030】実施例1, 2では、光学素子 31 の凸レンズ部分の屈折率が1.62、光学素子 31 のコア径 ϕ が1.55であるから、光学素子 31 における凸面の曲率半径 R_2 の絶対値（=1.426）は、上述の条件式（1）を満たしている。すなわち、

$$R_2 - n\phi/2 = 1.62 \times 1.55/2 - 1.255$$

を満たしている。

【0031】図7は、本実施の形態の照明光学系に対する第1の比較例（比較例1）の照明光学系の構成を示している。図7では、図3に示した照明光学系 30 と実質的に同一の構成部分には同一の符号を付している。また、図8は、この比較例の照明光学系の具体的な数値構成を示している。図8に示した各数値の示す意味は、図5および図6と同様である。この第1の比較例の照明光学系 50 は、図3に示した照明光学系 30 における1番目の平凸レンズ 32 を両凸レンズ 51 の構成としたものである。

【0032】なお、実施例1, 2および比較例1は、視野角 140 度の内視鏡に使用されることを想定して設計されたものである。

【0033】図9は、実施例1, 2および比較例1の各照明光学系についての配光特性（配光分布）を数値で示したものである。また、図10は、図9に示した配光特性を示す数値を、横軸を角度、縦軸を光量比としたグラフ上にプロットしたものである。

【0034】図9において、“角度”は、光軸 Z_0 に対する角度を示す。“入射”の項目で示した数値は、ライトガイド LG の出射端 36 から出射された光の配光、すなわち、各照明光学系に入射する光についての配光を示す。また、各実施例および比較例の項目で示した数値は、“入射”の項目で示した配光状態でライトガイド L

G の出射端 36 から各照明光学系に入射した光が、各照明光学系を通過したあとの状態における配光を示す。各項目について、配光を示す数値は、最も光量の大きい角度での光量を100としたときの各々の角度での光量比の値である。

【0035】なお、ライトガイド LG の出射端 36 からの配光分布は、入射端側の光源の配光による影響も大きい。しかしながら、ライトガイド LG の NA はライトガイド LG のコア、クラッドを構成する媒質の屈折率で決まる。すなわち、ライトガイド LG のコア、クラッドを構成する媒質の屈折率をそれぞれ n_1 , n_2 とすると、 $NA = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} = \sin \theta$ である。 θ は、ライトガイド LG への照明光の入射角である。

【0036】ここで、図9では、ライトガイド LG からの配光分布の角度を比較的狭くした例を示している。より具体的には、ライトガイド LG のコア、クラッドを構成する媒質の屈折率がそれぞれ1.62、1.52で、開口数 $NA = 0.56$ （ $\theta = 34$ 度）を想定したものである。

【0037】一方、ライトガイド LG からの配光分布の角度を比較的広くした例を図11に示す。図11は、図9と同様に、実施例1, 2および比較例1の各照明光学系についての配光特性（配光分布）を数値で示したものである。また、図12は、図11に示した配光特性を示す数値を、横軸を角度、縦軸を光量比としたグラフ上にプロットしたものである。図11における各数値の示す意味は図9と同様である。

【0038】図11では、ライトガイド LG のコア、クラッドを構成する媒質の屈折率がそれぞれ1.66、1.48で、開口数 $NA = 0.76$ （ $\theta = 50$ 度）を想定している。

【0039】これらの図から明らかなように、実施例1, 2の方が比較例1に比べて配光分布の均一化が図られている。さらに、これらの図に示した配光特性から、以下のことがいえる。従来、照明光学系として多く使用されている凹レンズのみで構成された系は、NA の大きいライトガイドに対して配光の均一化を図るのに有利とされてきた。一方、本実施例の照明光学系では、むしろ NA の小さいライトガイド（図9, 10）に対して配光の均一化の効果が大きい。NA の大きいライトガイドでは、一般に高屈折率の部材をコアに使用するが、高屈折率の部材は着色しやすく、透過率の低下をまねきやすい。また、ライトガイドの NA を大きくする場合には、ライトガイドの入射端に入射角度の大きい光線を入射させなければならない。これは、光源の大型化と、光源からの光をライトガイドに入射させるための光源用光学系の大型化とをまねく。本実施例の照明光学系では、NA の小さいライトガイドにおいても十分な配光が得られるので、透過率や光源側の構成の点において有利であり、ライトガイドの低コスト化と光源側の構成の小型化を図ることができる。

【0040】次に、実施例2の照明光学系（図6）において、光学素子31の曲率半径R2が条件式（1）の条件を外れた場合（比較例2）と、光学素子31による側面反射を利用しなかった場合（比較例3）における配光特性を示す（図16および図17）。なお、図16および図17では、実施例2の照明光学系についての配光特性も同時に示す。図16および図17は、ライトガイドLGからの配光分布の角度を比較的狭くした例であり、図9と同様にNA=0.56を想定したものである。

【0041】図13は、本実施の形態の照明光学系に対する第2の比較例（比較例2）の照明光学系の具体的な数値構成を示している。比較例2は、実施例2の構成に対して、光学素子31における凸面の曲率半径R2のみが異なっている。この比較例2の構成では、曲率半径R2の絶対値が1.1であり、上述の条件式（1）を満たしていない。すなわち、

$$R2 \cdot n \phi / 2 = 1.62 \times 1.55 / 2 = 1.255$$

を満たしていない。

【0042】図14は、本実施の形態の照明光学系に対する第3の比較例（比較例3）の照明光学系の構成を示している。図14では、図3に示した照明光学系30と実質的に同一の構成部分には同一の符号を付している。また、図15は、この比較例3の照明光学系の具体的な数値構成を示している。この第3の比較例の照明光学系60は、側面での反射機能を有する光学素子31に代えて、側面での反射機能を有しない光学部材61を備えたものである。その他の構成は、実施例2の構成と同様である。

【0043】図16および図17から明らかなように、実施例2についての配光分布の方が各比較例に比べて配光の均一化が図られている。さらに、図16から明らかなように、曲率半径が条件式（1）を外れた場合（比較例2）と、側面反射を利用しなかった場合（比較例3）との双方において、出射効率が低下している。一方、実施例2では、比較例に対して出射効率の向上が図られている。なお、ここでいう“効率”とは、ライトガイドLGの出射端36から発せられる光量を1とした場合に、照明光学系を通過した光量の値である。ただし、ここでいう“効率”には、照明光学系を構成する各光学部材による光の吸収や各光学部材と空気との境界面での光の反射による光ロスが含まない。

【0044】以上説明したように、本実施の形態によれば、照明光学系30の各光学要素を平凸形状にしたので、例えば両凸形状のレンズを使用する場合に比べて球面加工を行う面が少なくなり、従来に比べて高い加工技術が必要とされずに製造が容易となる。また、光の反射機能を有する光学素子31が、条件式（1）を満たすように構成されているので、光学素子31の凸面での全反射が防止され、ライトガイドLGから出射された光の多くを照明光として無駄なく使用できる。これらにより、*

従来に比べて高い製造技術を必要とせず、優れた配光特性を得ることができる。

【0045】また、本実施の形態の内視鏡によれば、照明光学系によって優れた配光特性の照明がなされるので、観察しやすい環境を得ることができる。

【0046】なお、本発明は、上記実施の形態に限定されず種々の変形実施が可能である。例えば、本発明による照明光学系は、内視鏡に限らず、ライトガイドを用いるものに広く適用可能である。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1ないし3のいずれか1項に記載のライトガイド用の照明光学系、または請求項4ないし6のいずれか1項に記載の内視鏡によれば、側面部が光の反射機能を有すると共に、光の出射側が凸レンズの機能を有した光学素子と、平凸形状の第1および第2の凸レンズとを、ライトガイドの出射端側から順に備え、それぞれを平凸形状で構成したので、例えば両凸形状で構成された従来の照明光学系に比べて高い製造技術が必要とされない。また、光学素子を、光の反射機能を有し、条件式（1）を満たすように構成したので、ライトガイドから出射された光の多くを照明光として無駄なく使用し、出射効率の低下を防止することができる。これらにより、従来に比べて高い製造技術を必要とせず、優れた配光特性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る内視鏡の概略を示す全体構成図である。

【図2】図1に示した内視鏡における挿入部の先端部分の概略構成を示す外観図である。

【図3】本発明の一実施の形態に係るライトガイド用の照明光学系の構成を示す断面図である。

【図4】本発明の一実施の形態に係る照明光学系の他の構成例を示す断面図である。

【図5】本発明の一実施の形態に係る照明光学系の第1の具体的な数値実施例（実施例1）を示す説明図である。

【図6】本発明の一実施の形態に係る照明光学系の第2の具体的な数値実施例（実施例2）を示す説明図である。

【図7】本発明の一実施の形態に係る照明光学系に対する第1の比較例（比較例1）の照明光学系の構成を示す断面図である。

【図8】図7に示した第1の比較例の照明光学系の具体的な数値構成を示す説明図である。

【図9】ライトガイドのNAを0.56とした場合の各実施例および第1の比較例の照明光学系についての配光特性を示す説明図である。

【図10】図9に示した配光特性を示す数値をグラフ化して示す特性図である。

11

【図 1 1】ライトガイドの NA を 0.76 とした場合の各実施例および第 1 の比較例の照明光学系についての配光特性を示す説明図である。

【図 1 2】図 1 1 に示した配光特性を示す数値をグラフ化して示す特性図である。

【図 1 3】本発明の一実施の形態に係る照明光学系に対する第 2 の比較例（比較例 2）の照明光学系の具体的な数値構成を示す説明図である。

【図 1 4】本発明の一実施の形態に係る照明光学系に対する第 3 の比較例（比較例 3）の照明光学系の構成を示す断面図である。

【図 1 5】図 1 4 に示した第 3 の比較例の照明光学系の具体的な数値構成を示す説明図である。 *

12

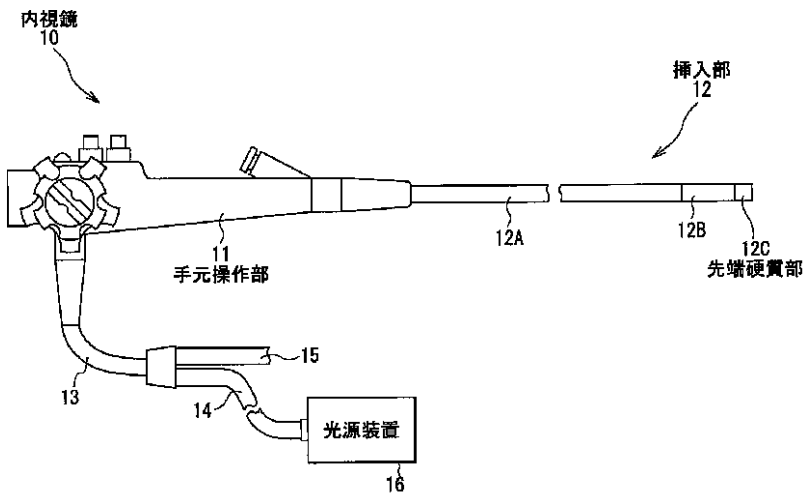
* 【図 1 6】ライトガイドの NA を 0.56 とした場合の第 2 および第 3 の比較例の照明光学系についての配光特性を第 2 の実施例の配光特性と共に示す説明図である。

【図 1 7】図 1 6 に示した配光特性を示す数値をグラフ化して示す特性図である。

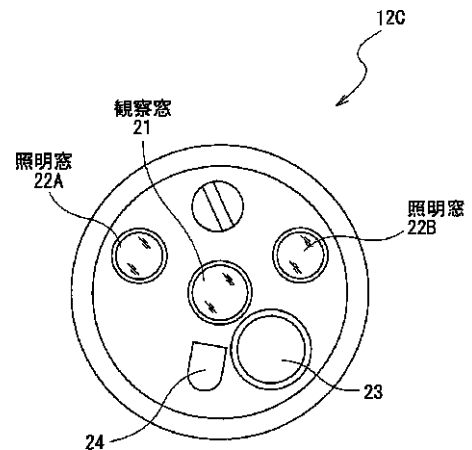
【符号の説明】

L G...ライトガイド、10...内視鏡、11...手元操作部、12...挿入部、12A...軟性部、12B...アングル部、12C...先端硬質部、16...光源装置、21...観察窓、22A、22B...照明窓、30、40...照明光学系、31...光学素子、32、33...平凸レンズ、36...出射端。

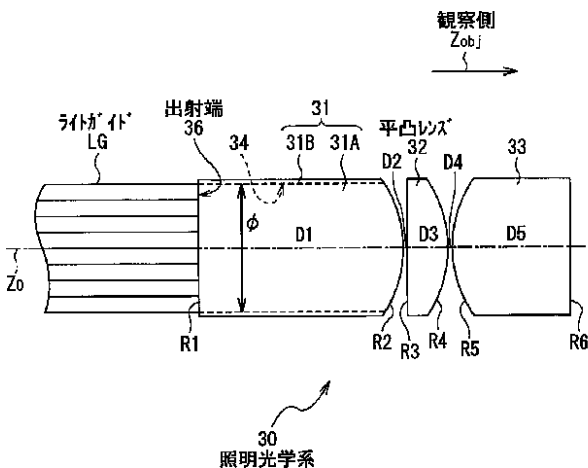
【図 1】



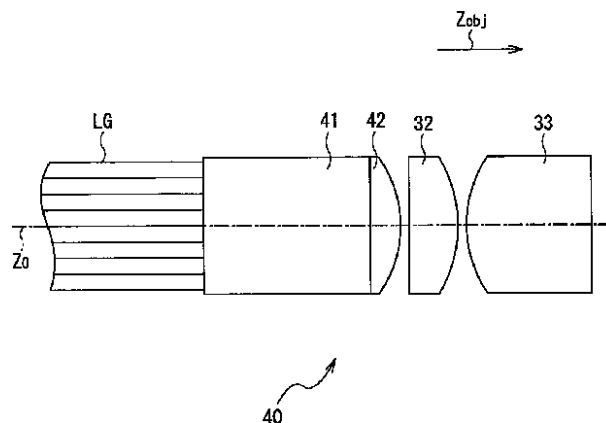
【図 2】



【図 3】



【図 4】



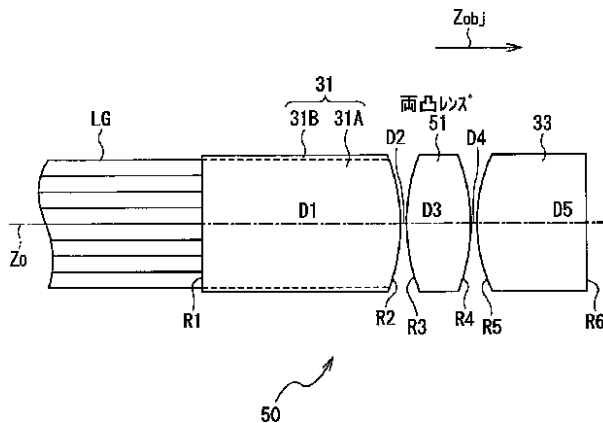
【図5】

実施例1 (コア径φ=1.55)			
Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ni (屈折率)
1	0	2.5	1.62(コア), 1.52(クラッド)
2	-1.426	0.05	
3	0	0.5	1.5592
4	-1.426	0.05	
5	1.426	1.4	1.883
6	0		

【図6】

実施例2 (コア径φ=1.55)			
Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ni (屈折率)
1	0	2.4	1.62(コア), 1.52(クラッド)
2	-1.426	0.1	
3	0	0.6	1.883
4	-1.538	0.1	
5	1.538	1.5	1.883
6	0		

【図7】



【図8】

比較例1 (コア径φ=1.55)			
Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ni (屈折率)
1	0	2.4	1.62(コア), 1.52(クラッド)
2	-2.178	0.08	
3	2.178	0.8	1.883
4	-2.178	0.08	
5	2.178	1.3	1.883
6	0		

【図9】

NA=0.56				
角度(°)	入射	比較例1	実施例1	実施例2
0.00	100.00	100.00	84.96	100.00
5.00	91.84	95.75	89.53	97.49
10.00	70.50	96.78	97.59	90.90
15.00	38.57	90.72	100.00	90.03
20.00	19.10	88.67	97.73	90.60
25.00	8.54	84.56	94.37	86.95
30.00	3.60	81.74	91.16	83.48
35.00	1.57	77.63	86.17	80.01
40.00	0.70	73.33	79.80	75.57
45.00	0.34	68.88	73.10	70.90
50.00	0.20	60.08	65.75	64.64
55.00	0.08	51.99	56.82	57.88
60.00	0.00	43.97	46.47	48.79
65.00	0.00	32.65	34.56	38.94
70.00	0.00	19.63	23.18	27.75
75.00	0.00	8.02	12.76	16.20
80.00	0.00	1.62	5.26	6.72
85.00	0.00	0.00	1.81	2.03
90.00	0.00	0.00	0.00	0.00

【図11】

NA=0.76				
角度(°)	入射	比較例1	実施例1	実施例2
0.00	100.00	99.99	98.51	89.31
5.00	97.93	100.00	100.00	90.68
10.00	95.86	96.52	95.34	94.73
15.00	86.09	93.64	95.32	96.55
20.00	76.96	91.85	93.62	98.00
25.00	64.35	90.01	92.92	98.79
30.00	49.39	88.99	91.20	100.00
35.00	35.05	86.20	87.78	97.27
40.00	20.00	83.68	81.71	90.95
45.00	7.02	77.40	72.57	79.05
50.00	2.07	66.84	61.38	64.99
55.00	0.63	52.59	47.37	50.98
60.00	0.25	38.05	33.38	38.10
65.00	0.13	23.84	20.42	26.88
70.00	0.80	11.95	11.14	16.42
75.00	0.40	4.02	5.27	8.28
80.00	0.00	0.69	1.89	3.13
85.00	0.00	0.00	0.67	0.96
90.00	0.00	0.00	0.00	0.00

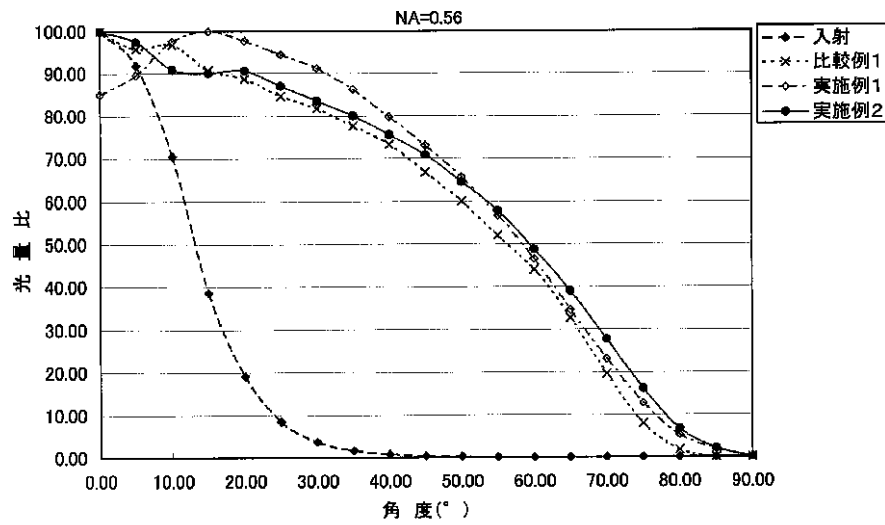
【図13】

比較例2 (コア径φ=1.55)			
Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ni (屈折率)
1	0	2.4	1.62(コア), 1.52(クラッド)
2	-1.1	0.1	
3	0	0.6	1.883
4	-1.538	0.1	
5	1.538	1.5	1.883
6	0		

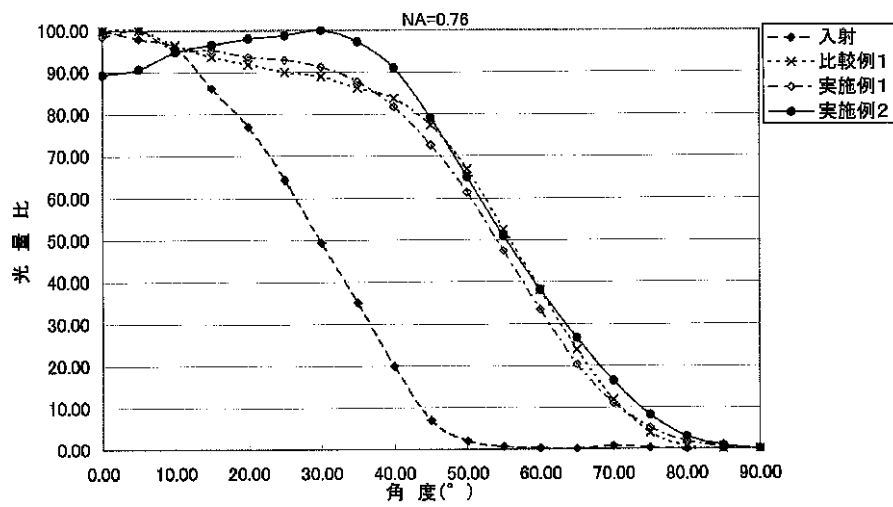
【図15】

比較例3 (コア径φ=1.55)			
Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ni (屈折率)
1	0	2.4	1.62
2	-1.426	0.1	
3	0	0.6	1.883
4	-1.538	0.1	
5	1.538	1.5	1.883
6	0		

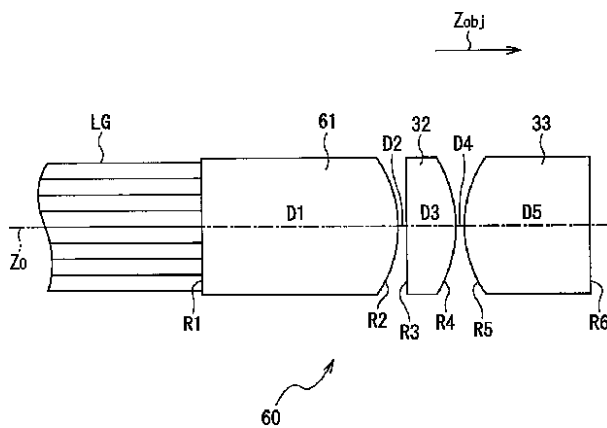
【図10】



【図12】



【図14】

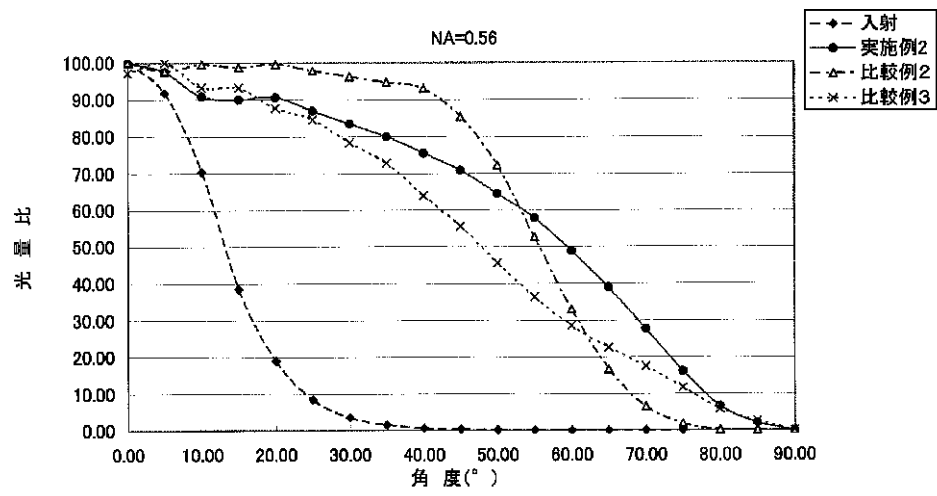


【図16】

NA=0.56

角度(°)	入射	実施例2	比較例2	比較例3
0.00	100.00	100.00	100.00	97.19
5.00	91.84	97.49	97.69	100.00
10.00	70.50	90.90	99.52	93.30
15.00	38.57	90.03	98.75	93.23
20.00	19.10	90.60	99.63	87.69
25.00	8.54	86.95	97.77	84.67
30.00	3.60	83.48	96.27	78.39
35.00	1.57	80.01	94.70	72.93
40.00	0.70	75.57	93.04	64.15
45.00	0.34	70.90	85.41	55.65
50.00	0.20	64.64	72.27	45.61
55.00	0.08	57.88	52.60	36.44
60.00	0.00	48.79	33.07	28.62
65.00	0.00	38.94	16.80	22.65
70.00	0.00	27.75	6.56	17.54
75.00	0.00	16.20	1.87	11.81
80.00	0.00	6.72	0.18	5.88
85.00	0.00	2.03	0.01	2.59
90.00	0.00	0.00	0.00	0.00
効率		0.93	0.75	0.71

【図17】



专利名称(译)	用于光导和内窥镜的照明光学系统		
公开(公告)号	JP2002182126A	公开(公告)日	2002-06-26
申请号	JP2000383577	申请日	2000-12-18
[标]申请(专利权)人(译)	富士写真光机株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士摄影光学有限公司		
[标]发明人	宫野俊		
发明人	宫野 俊		
IPC分类号	G02B23/26 A61B1/00 G02B6/04		
FI分类号	G02B23/26.B A61B1/00.300.Y G02B6/04.E A61B1/00.731 A61B1/07.733		
F-TERM分类号	2H040/AA02 2H040/BA00 2H040/BA10 2H040/CA12 2H046/AB08 2H046/AD02 4C061/FF40 4C061/JJ06 4C161/FF40 4C161/JJ06		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：在不需要比以往更高的制造技术的情况下获得出色的配光特性。照明光学系统30包括从整体上具有平凸形状的光学元件31，以及从光导LG的出射端侧依次排列的两个平凸透镜32和33。光学元件31由于其折射率的差异而具有使入射光在芯31A与包层31B之间的边界面34上全反射的功能。由于照明光学系统30的每个光学元件具有平凸形状，因此减少了在其上执行球形处理的表面的数量，并且在不需要比过去更高的处理技术的情况下便于制造。另外，由于具有光反射功能的光学元件31被配置为满足防止在光学元件31的凸表面上的全反射的条件表达式，所以包括从光导LG发射的大部分光。用作照明灯而无浪费。

