

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4704069号
(P4704069)

(45) 発行日 平成23年6月15日(2011.6.15)

(24) 登録日 平成23年3月18日(2011.3.18)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 B 23/26 (2006.01)
A 6 1 B 1/00 (2006.01)G O 2 B 23/26 B
A 6 1 B 1/00 3 O O Y

請求項の数 2 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2005-54645 (P2005-54645)
 (22) 出願日 平成17年2月28日(2005.2.28)
 (65) 公開番号 特開2006-243017 (P2006-243017A)
 (43) 公開日 平成18年9月14日(2006.9.14)
 審査請求日 平成19年11月19日(2007.11.19)

(73) 特許権者 306037311
 富士フイルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100073184
 弁理士 柳田 征史
 (74) 代理人 100090468
 弁理士 佐久間 剛
 (72) 発明者 宮野 俊
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
 番地 フジノン株式会社内
 審査官 下村 一石

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡照明光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

屈折率分布 $n(r)$ が以下の条件式(1)により近似的に表される屈折率分布型レンズを備え、ライトガイドにより導光された照明光を、前記屈折率分布型レンズを介して被観察領域に照射する内視鏡照明光学系であって、

前記屈折率分布型レンズが、以下の条件式(2)および(3)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照明光学系。

$$n(r) = N_0 (1 - (A^2 r^2 / 2)) \dots (1)$$

$$(AR)^2 \leq 0.6 \dots (2)$$

$$\frac{k + 0.35}{AL/\pi} \leq \frac{k + 0.49}{\dots} \dots (3)$$

10

ここで、 N_0 は前記屈折率分布型レンズの光軸上の屈折率、 r は該光軸からの径方向の距離、 R は前記屈折率分布型レンズの有効半径、 L は前記屈折率分布型レンズの光軸方向の長さをそれぞれ示す。また、 A は定数係数であり、 k は非負の整数を示す。

【請求項2】

以下の条件式(3')を満足することを特徴とする請求項1記載の内視鏡照明光学系。

$$\frac{k + 0.36}{AL/\pi} \leq \frac{k + 0.46}{\dots} \dots (3')$$

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被観察領域を照明するために内視鏡装置に搭載される照明光学系に関し、特

20

に、半径方向周辺部から中心部に近づくに従って屈折率が高くなるように構成された屈折率分布型レンズを備えた内視鏡照明光学系に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、内視鏡装置に搭載される照明光学系においては、コアの屈折率が部位によらず一定の光ファイバにより構成されたライトガイドが多用されているが、このタイプのライトガイドには、その配光分布特性が、広角な対物レンズを備えた内視鏡に適合し得ない、すなわち、光軸からの角度が大きい周辺部に出射される光線の強度が、中心部に出射される光線の強度に比べて大きく減衰してしまうという問題がある。

【0003】

10

例えば、コアの屈折率が1.62、クラッドの屈折率が1.48で開口数NAが約0.66となるライトガイドの配光分布（光軸と平行な出射光線の強度を基準（100%）として、光軸に対し各角度で出射される光線の強度の割合を示したもの）を図3に示す。上記開口数NAを、光軸からの角度に換算すると約41.2度となるが、図3に示すように光軸からの角度が大きい出射光線は、角度の小さい光線に比べ、光ファイバの中を通る距離が長いなどの理由により減衰が大きく、光軸からの角度が20度付近であっても配光強度は半減してしまう。

【0004】

内視鏡に使用される対物レンズは画角（視野角）が100度（半画角が50度）を超える広角なものが多く、上述のような配光分布による照明では、周辺視野領域の画像が暗くなってしまうため、十分な観察を行なうことが困難となる。なお、ライトガイドの先端部に凹レンズを配置して、照明角度を広げている照明光学系も知られているが、元々不足がちな周辺部の光量を拡散させるだけであり、中心部に比べ周辺部の光量が少ない点は改善されていない。

20

【0005】

一方、周辺部から中心部に近づくに従って屈折率が高くなる屈折率分布型レンズを備えた、より広角な内視鏡照明光学系の提案もなされている（下記特許文献1参照）。

【0006】

【特許文献1】特開平10-54945号公報

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、単に屈折率分布型レンズを用いただけでは、広い範囲を照明することはできても周辺部の光量が十分に得られないなど、内視鏡に適した配光分布を得ることはできず、好適な配光分布を得るためには、屈折率分布型レンズの屈折率分布や光軸方向の長さ等を適切に設定することが必要であることが分かってきた。

【0008】

本発明はこのような事情に鑑みなされたもので、十分な光量でより広角に照明することが可能な、屈折率分布型レンズを備えた内視鏡照明光学系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】

40

【0009】

上記目的を達成するため本発明の内視鏡照明光学系では、屈折率分布型レンズの屈折率分布や光軸方向の長さ等を適切な範囲に設定するようにしている。

【0010】

すなわち、本発明に係る内視鏡照明光学系は、

屈折率分布 $n(r)$ が以下の条件式(1)により近似的に表される屈折率分布型レンズを備え、ライトガイドにより導光された照明光を、前記屈折率分布型レンズを介して被観察領域に照射する内視鏡照明光学系であって、

前記屈折率分布型レンズが、以下の条件式(2)および(3)を満足するように構成されていることを特徴とするものである。

50

【0011】

$$n(r) = N_0 (1 - (A^2 r^2 / 2)) \quad \dots\dots (1)$$

$$(AR)^2 \quad 0.6 \quad \dots\dots (2)$$

$$0.5k + 0.35 \quad AL/\pi \quad 0.5k + 0.65 \quad \dots\dots (3)$$

ここで、 N_0 は前記屈折率分布型レンズの光軸上の屈折率、 r は該光軸からの径方向の距離、 R は前記屈折率分布型レンズの有効半径、 L は前記屈折率分布型レンズの光軸方向の長さをそれぞれ示す。また、 A は定数係数であり、 k は非負の整数を示す。

【0012】

なお、 r 、 R 、 L の単位は全て同じ（例えば、 r の単位がmmならば、 R 、 L の単位もmm）であり、 A の単位は、 r 、 R 、 L の単位の逆数（例えば、 r 、 R 、 L の単位がmmならば、 A の単位は mm^{-1} ）である。

10

【発明の効果】

【0013】

本発明の内視鏡照明光学系によれば、屈折率分布型レンズが上記条件式（2）および（3）を満足するように構成されていることにより、内視鏡に適した配光分布、すなわち十分な光量でより広角に照明し得る配光分布を得ることが可能となる。

したがって、内視鏡に搭載することにより、視野領域の周辺部においても明るい画像を得ることが容易となり、良好な観察、診断を行なうことが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

20

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。図1は本発明の一実施形態に係る内視鏡照明光学系の概略構成を示す図であり、図2は図1に示す屈折率分布型レンズ2の作用を示す図である。また、図3は図1に示すライトガイド1の配光分布の一例を示すグラフである。

【0015】

図1に示すように本実施形態の内視鏡照明光学系は、照明光を導光するライトガイド1と、該ライトガイド1により導光された照明光を被観察領域に照射する屈折率分布型レンズ2とを備えてなる。上記ライトガイド1は、コアの屈折率が部位によらず一定に形成された、いわゆる階段屈折率型光ファイバを束ねて構成され、その配光分布は、例えば、光ファイバのコアの屈折率を1.62、クラッドの屈折率を1.48として、開口数NAが約0.66となるものの場合、図3に示すようになる。

30

【0016】

一方、上記屈折率分布型レンズ2は、周辺部から中心部に近づくに従って屈折率が高くなるように構成されており、詳しくは、その屈折率分布 $n(r)$ が、課題を解決する手段の欄に示した条件式（1）（以下に再掲する）により、近似的に表されるものである。

$$n(r) = N_0 (1 - (A^2 r^2 / 2)) \quad \dots\dots (1)$$

ここで、 N_0 は光軸X上での屈折率、 r は光軸Xからの径方向の距離、 A は定数係数をそれぞれ示している。

【0017】

この条件式（1）において定数係数 A の値を、0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5と変化させたときの屈折率分布 $n(r)$ を図4および図5に示す。なお、光軸X上での屈折率 N_0 が、図4では $N_0 = 1.5$ の場合を示し、図5では $N_0 = 1.8$ の場合を示している。

40

【0018】

また、この屈折率分布型レンズ2は、図2に示すように、その光軸X方向の長さを L とし、その有効半径を R としたとき、課題を解決する手段の欄に示した条件式（2）および（3）（以下に再掲する）を満足するように構成されている。

$$(AR)^2 \quad 0.6 \quad \dots\dots (2)$$

$$0.5k + 0.35 \quad AL/\pi \quad 0.5k + 0.65 \quad \dots\dots (3)$$

ここで、 k は非負の整数である。

50

【 0 0 1 9 】

このような屈折率分布型レンズ 2 によれば、上記ライトガイド 1 により導光された照明光を被観察領域に対して広角（最も広角に出射される光線の光軸 X に対する角度 θ_{max} （図 2 参照）が 50 度以上）に照射することができるとともに、その配光分布も内視鏡に好適なものとなっている。

【 0 0 2 0 】

なお、屈折率分布が上記条件式（1）を近似的に満足するような屈折率分布型レンズとしては、例えば、日本板硝子株式会社製のセルフロック（登録商標）が知られている。この種の屈折率分布型レンズにおいては、図 6 に示すように、光軸 X と平行にレンズに入射した光線が、周期 $2\pi/A$ の余弦曲線を描くように進行することが知られている（光学技術コンタクト vol. 28 No. 8 参照）。

10

【 0 0 2 1 】

すなわち、屈折率分布型レンズの周辺部に光軸 X と平行に入射した光線は概ね、 $1/4$ 周期で光軸 X を横切り、 $1/2$ 周期で反対側の周辺部を光軸 X と平行に通り、1 周期（ $2\pi/A$ ）後に元の周辺部を光軸 X と平行に通ることになる。

【 0 0 2 2 】

上述した実施形態の屈折率分布型レンズ 2 は、その長さ L が、上記の $1/4$ 周期分に近い長さに設定されている。これにより、図 3 に示すような配光分布を持つ上記ライトガイド 1 から、屈折率分布型レンズ 2 の周辺部に光軸 X と略平行に入射した高強度の光線を、光軸 X に対して大きな角度を持たせて出射させることが可能となっている。

20

【 実施例 】

【 0 0 2 3 】

以下、本発明の内視鏡照明光学系について、実施例を示してさらに具体的に説明する。

以下に示す各実施例による内視鏡照明光学系の構成は、図 1 および図 2 に示す通りであり、上述した実施形態の説明において記した内容は、重複を避けるためその説明を省略する。以下、各実施例について具体的な配光分布のデータをグラフにして示す。

【 0 0 2 4 】

実施例 1、2、3

図 7 は実施例 1～3 の配光分布のグラフ（光軸に対し各角度で出射される光線のうち最も強度の大きい出射光線の強度を基準（100%）として、各角度の出射光線の強度の割合を示したもの）を示している。なお、図 7 において入射配光として示されているグラフは、図 3 に示す、上記ライトガイド 1 の配光分布と基本的に同じものである。このことは、以下に説明する図 9～図 16 についても同様である。

30

【 0 0 2 5 】

実施例 1～3 は、全て、上記条件式（1）における定数係数 $A = 0.5 \text{ (mm}^{-1}\text{)}$ 、光軸 X 上での屈折率 $N_0 = 1.8$ とされた屈折率分布 $n(r)$ の屈折率分布型レンズ 2 を備えている。また、屈折率分布型レンズ 2 の長さ L が、実施例 1 では上記余弦曲線の $3/16$ 周期分の長さに、実施例 2 では同 $4/16$ 周期分の長さに、実施例 3 では同 $5/16$ 周期分の長さに、それぞれ設定されている。また、屈折率分布型レンズ 2 の有効半径 R は、いずれも 1.0 (mm) とされている。

40

【 0 0 2 6 】

実施例 1～3 の屈折率分布型レンズ 2 は、以下のように全て、上記条件式（2）および（3）（ $k = 0$ の場合に対応、このことは以下の実施例 4～15 において同じ）を満たしている。

実施例 1： $(AR)^2 = 0.25$ ， $AL/\pi = 0.375$

実施例 2： $(AR)^2 = 0.25$ ， $AL/\pi = 0.5$

実施例 3： $(AR)^2 = 0.25$ ， $AL/\pi = 0.625$

なお、 AL/π は、1 周期分の長さを $2\pi/A$ として計算した値である。例えば、実施例 1 では、 $L = (3/16) \times (2\pi/A)$ なので、 $AL/\pi = (3/16) \times 2$ となる。

50

【 0 0 2 7 】

図 7 には比較のため、上記条件式 (3) を満たしていない比較例 1 ~ 5 の配光分布のグラフも示してある。図 7 に示すように実施例 1 ~ 3 のものは、いずれも出射角度が 5 0 度付近の光線でも強度が最大強度の 3 0 % 程度以上となっているのに対し、比較例 1 ~ 5 のものでは、これがいずれも 1 5 % 以下となっている。したがって、実施例 1 ~ 3 のものによれば、被観察領域の周辺部においても明るく照明することが可能となっていることが明らかである。

【 0 0 2 8 】

また、図 7 に示すように、実施例 1 ~ 3 のうち出射角度が 5 0 度付近の光線の強度が最も大きいのは、実施例 2 である。一方、出射角度が 6 0 度を越える光線の配光分布は、実施例 1 の方が優れている。このことから、内視鏡用として好適な配光分布を有するのは、上記条件式 (3) における AL/π が 0 . 5 未満となる範囲、例えば、0 . 3 5 以上 0 . 4 9 以下や、0 . 3 6 以上 0 . 4 6 以下の範囲にあるものであるとも考えられる。

10

【 0 0 2 9 】

なお、上記条件式 (3) の上限値 0 . 6 5 および下限値 0 . 3 5 は、実施例 2 の AL/π の値 0 . 5 を中心に、実施例 1、3 の各 AL/π の値 0 . 6 2 5 および 0 . 3 7 5 を共に含むように設定したものである。

【 0 0 3 0 】

また、図 8 は上記 N_0 を 1 . 8、上記 A を 0 . 5 (mm^{-1}) とした場合に、長さ L の変化に応じて出射光の中心部の光量がどの程度変化するかを示すグラフ (入射光の中心部の光量を 1 としたときの光量比を示すもの) である。図 8 に示すように、実施例 1 ~ 3 のものは、出射光の中心部の光量が入射光の中心部の光量の 2 0 % 程度となっていることが明らかである。

20

【 0 0 3 1 】

実施例 4

図 9 は実施例 4 の配光分布のグラフを示している。

この実施例 4 は、上記条件式 (1) における定数係数 $A = 0 . 5$ (mm^{-1})、光軸 X 上での屈折率 $N_0 = 1 . 5$ とされた屈折率分布 $n(r)$ の屈折率分布型レンズ 2 を備えている。また、長さ $L = 2 . 5$ (mm)、有効半径 $R = 1 . 0$ (mm) に設定されている。

【 0 0 3 2 】

この実施例 4 の屈折率分布型レンズ 2 は、以下のように、上記条件式 (2) および (3) を満たしている。なお、 $\pi = 3 . 1 4$ として計算している (このことは、以下の実施例 5 ~ 1 5 において同じ)。

30

実施例 4 : $(AR)^2 = 0 . 2 5$, $AL/\pi = 0 . 3 9 8$

【 0 0 3 3 】

図 9 には比較のため、上記定数係数 A の値のみが実施例 4 と異なる、上記条件式 (3) を満たしていない比較例 6 ~ 8 の配光分布のグラフも示してある。図 9 に示すように実施例 4 のものは、比較例 6 ~ 8 のものに比較して、被観察領域の周辺部においても明るく照明することが可能となっていることが明らかである。

【 0 0 3 4 】

実施例 5、6

図 1 0 は実施例 5、6 の配光分布のグラフを示している。

実施例 5 は、上記条件式 (1) における定数係数 $A = 0 . 4$ (mm^{-1})、光軸 X 上での屈折率 $N_0 = 1 . 5$ とされた屈折率分布 $n(r)$ の屈折率分布型レンズ 2 を備えている。また、長さ $L = 3 . 0$ (mm)、有効半径 $R = 1 . 0$ (mm) に設定されている。

また、実施例 6 は、上記条件式 (1) における定数係数 $A = 0 . 5$ (mm^{-1}) とされている以外は、実施例 5 と同じに設定されている。

40

【 0 0 3 5 】

実施例 5、6 は、以下のように全て、上記条件式 (2) および (3) を満たしている。

実施例 5 : $(AR)^2 = 0 . 1 6$, $AL/\pi = 0 . 3 8 2$

50

実施例 6 : $(AR)^2 = 0.25$, $AL/\pi = 0.478$

【0036】

図 10 には比較のため、上記定数係数 A の値のみが実施例 5、6 と異なる、上記条件式 (3) を満たしていない比較例 9、10 の配光分布のグラフも示してある。図 10 に示すように実施例 5、6 のものは、比較例 9、10 のものに比較して、被観察領域の周辺部においても明るく照明することが可能となっていることが明らかである。

【0037】

実施例 7

図 11 は実施例 7 の配光分布のグラフを示している。

この実施例 7 は、上記条件式 (1) における定数係数 $A = 0.5 \text{ (mm}^{-1}\text{)}$ 、光軸 X 上での屈折率 $N_0 = 1.6$ とされた屈折率分布 $n(r)$ の屈折率分布型レンズ 2 を備えている。また、長さ $L = 2.5 \text{ (mm)}$ 、有効半径 $R = 1.0 \text{ (mm)}$ に設定されている。

【0038】

この実施例 7 は、以下のように、上記条件式 (2) および (3) を満たしている。

実施例 7 : $(AR)^2 = 0.25$, $AL/\pi = 0.398$

【0039】

図 11 には比較のため、上記定数係数 A の値のみが実施例 7 と異なる、上記条件式 (3) を満たしていない比較例 11 ~ 13 の配光分布のグラフも示してある。図 11 に示すように実施例 7 のものは、比較例 11 ~ 13 のものに比較して、被観察領域の周辺部においても明るく照明することが可能となっていることが明らかである。

【0040】

実施例 8、9

図 12 は実施例 8、9 の配光分布のグラフを示している。

実施例 8 は、上記条件式 (1) における定数係数 $A = 0.4 \text{ (mm}^{-1}\text{)}$ 、光軸 X 上での屈折率 $N_0 = 1.6$ とされた屈折率分布 $n(r)$ の屈折率分布型レンズ 2 を備えている。また、長さ $L = 3.0 \text{ (mm)}$ 、有効半径 $R = 1.0 \text{ (mm)}$ に設定されている。

また、実施例 9 は、上記条件式 (1) における定数係数 $A = 0.5 \text{ (mm}^{-1}\text{)}$ とされている以外は、実施例 8 と同じに設定されている。

【0041】

実施例 8、9 は、以下のように全て、上記条件式 (2) および (3) を満たしている。

実施例 8 : $(AR)^2 = 0.16$, $AL/\pi = 0.382$

実施例 9 : $(AR)^2 = 0.25$, $AL/\pi = 0.478$

【0042】

図 12 には比較のため、上記定数係数 A の値のみが実施例 8、9 と異なる、上記条件式 (3) を満たしていない比較例 14、15 の配光分布のグラフも示してある。図 12 に示すように実施例 8、9 のものは、比較例 14、15 のものに比較して、被観察領域の周辺部においても明るく照明することが可能となっていることが明らかである。

【0043】

実施例 10

図 13 は実施例 10 の配光分布のグラフを示している。

この実施例 10 は、上記条件式 (1) における定数係数 $A = 0.5 \text{ (mm}^{-1}\text{)}$ 、光軸 X 上での屈折率 $N_0 = 1.7$ とされた屈折率分布 $n(r)$ の屈折率分布型レンズ 2 を備えている。また、長さ $L = 2.5 \text{ (mm)}$ 、有効半径 $R = 1.0 \text{ (mm)}$ に設定されている。

【0044】

この実施例 10 は、以下のように、上記条件式 (2) および (3) を満たしている。

実施例 10 : $(AR)^2 = 0.25$, $AL/\pi = 0.398$

【0045】

図 13 には比較のため、上記定数係数 A の値のみが実施例 10 と異なる、上記条件式 (3) を満たしていない比較例 16 ~ 18 の配光分布のグラフも示してある。図 13 に示す

ように実施例 10 のものは、比較例 16 ~ 18 のものに比較して、被観察領域の周辺部においても明るく照明することが可能となっていることが明らかである。

【0046】

実施例 11、12

図 14 は実施例 11、12 の配光分布のグラフを示している。

実施例 11 は、上記条件式 (1) における定数係数 $A = 0.4 \text{ (mm}^{-1}\text{)}$ 、光軸 X 上での屈折率 $N_0 = 1.7$ とされた屈折率分布 $n(r)$ の屈折率分布型レンズ 2 を備えている。また、長さ $L = 3.0 \text{ (mm)}$ 、有効半径 $R = 1.0 \text{ (mm)}$ に設定されている。

また、実施例 12 は、上記条件式 (1) における定数係数 $A = 0.5 \text{ (mm}^{-1}\text{)}$ とされている以外は、実施例 11 と同じに設定されている。

10

【0047】

実施例 11、12 は、以下のように全て、上記条件式 (2) および (3) を満たしている。

実施例 11 : $(AR)^2 = 0.16$, $AL/\pi = 0.382$

実施例 12 : $(AR)^2 = 0.25$, $AL/\pi = 0.478$

【0048】

図 14 には比較のため、上記定数係数 A の値のみが実施例 11、12 と異なる、上記条件式 (3) を満たしていない比較例 19、20 の配光分布のグラフも示してある。図 14 に示すように実施例 11、12 のものは、比較例 19、20 のものに比較して、被観察領域の周辺部においても明るく照明することが可能となっていることが明らかである。

20

【0049】

実施例 13

図 15 は実施例 13 の配光分布のグラフを示す図である。

この実施例 13 は、上記条件式 (1) における定数係数 $A = 0.5 \text{ (mm}^{-1}\text{)}$ 、光軸 X 上での屈折率 $N_0 = 1.8$ とされた屈折率分布 $n(r)$ の屈折率分布型レンズ 2 を備えている。また、長さ $L = 2.5 \text{ (mm)}$ 、有効半径 $R = 1.0 \text{ (mm)}$ に設定されている。

【0050】

この実施例 13 は、以下のように、上記条件式 (2) および (3) を満たしている。

実施例 13 : $(AR)^2 = 0.25$, $AL/\pi = 0.398$

30

【0051】

図 15 には比較のため、上記定数係数 A の値のみが実施例 13 と異なる、上記条件式 (3) を満たしていない比較例 21 ~ 23 の配光分布のグラフも示してある。図 15 に示すように実施例 13 のものは、比較例 21 ~ 23 のものに比較して、被観察領域の周辺部においても明るく照明することが可能となっていることが明らかである。

【0052】

実施例 14、15

図 16 は実施例 14、15 の配光分布のグラフを示す図である。

実施例 14 は、上記条件式 (1) における定数係数 $A = 0.4 \text{ (mm}^{-1}\text{)}$ 、光軸 X 上での屈折率 $N_0 = 1.8$ とされた屈折率分布 $n(r)$ の屈折率分布型レンズ 2 を備えている。また、屈折率分布型レンズ 2 の長さ $L = 3.0 \text{ (mm)}$ 、有効半径 $R = 1.0 \text{ (mm)}$ に設定されている。

40

また、実施例 15 は、上記条件式 (1) における定数係数 $A = 0.5 \text{ (mm}^{-1}\text{)}$ とされている以外は、実施例 14 と同じに設定されている。

【0053】

実施例 14、15 は、以下のように全て、上記条件式 (2) および (3) を満たしている。

実施例 14 : $(AR)^2 = 0.16$, $AL/\pi = 0.382$

実施例 15 : $(AR)^2 = 0.25$, $AL/\pi = 0.478$

【0054】

50

図 1 6 には比較のため、上記定数係数 A の値のみが実施例 1 4、1 5 と異なる、上記条件式 (3) を満たしていない比較例 2 4、2 5 の配光分布のグラフも示してある。図 1 6 に示すように実施例 1 4、1 5 のものは、比較例 2 4、2 5 のものに比較して、被観察領域の周辺部においても明るく照明することが可能となっていることが明らかである。

【 0 0 5 5 】

なお、上述した各実施例のものは、屈折率分布型レンズ 2 が、上記条件式 (3) において $k = 0$ の場合に対応しているが、本発明に係る屈折率分布型レンズは、上記条件式 (3) において $k = 0$ の場合に対応するものに限られるものではなく、 $k = 1, 2, 3 \dots$ の任意の整数の場合にそれぞれ対応するものを用いることが可能である。

【図面の簡単な説明】

10

【 0 0 5 6 】

【図 1】本発明の一実施形態に係る内視鏡照明光学系を示す概略図

【図 2】図 1 に示す屈折率分布型レンズの作用を示す図

【図 3】図 1 に示すライトガイドの配光分布の一例を示すグラフ

【図 4】A の値による屈折率分布 $n(r)$ の変化を示すグラフ ($N_0 = 1.5$)

【図 5】A の値による屈折率分布 $n(r)$ の変化を示すグラフ ($N_0 = 1.8$)

【図 6】屈折率分布型レンズの作用を示す図

【図 7】実施例 1 ~ 3、比較例 1 ~ 5 の配光分布を示すグラフ

【図 8】長さ L による出射光の中心部の光量の変化を示すグラフ

【図 9】実施例 4、比較例 6 ~ 8 の配光分布を示すグラフ

20

【図 10】実施例 5、6、比較例 9、10 の配光分布を示すグラフ

【図 11】実施例 7、比較例 11 ~ 13 の配光分布を示すグラフ

【図 12】実施例 8、9、比較例 14、15 の配光分布を示すグラフ

【図 13】実施例 10、比較例 16 ~ 18 の配光分布を示すグラフ

【図 14】実施例 11、12、比較例 19、20 の配光分布を示すグラフ

【図 15】実施例 13、比較例 21 ~ 23 の配光分布を示すグラフ

【図 16】実施例 14、15、比較例 24、25 の配光分布を示すグラフ

【符号の説明】

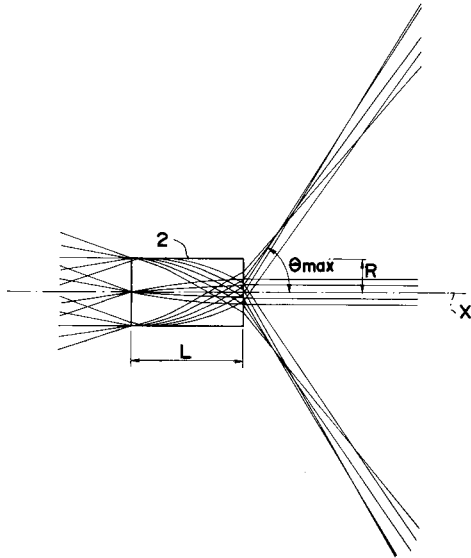
【 0 0 5 7 】

- | | | |
|----------------|---------------------------|----|
| 1 | ライトガイド | 30 |
| 2 | 屈折率分布型レンズ | |
| $2\pi/A$ | 光軸と平行に屈折率分布型レンズに入射した光線の周期 | |
| θ_{max} | 最も広角に出射される光線の光軸に対する角度 | |
| L | (屈折率分布型レンズの光軸方向の) 長さ | |
| R | (屈折率分布型レンズの) 有効半径 | |
| X | 光軸 | |

【図 1】

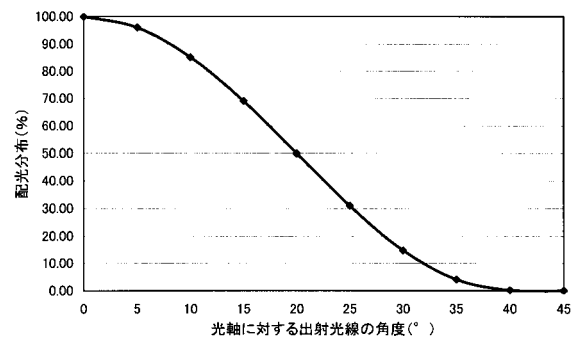


【図 2】

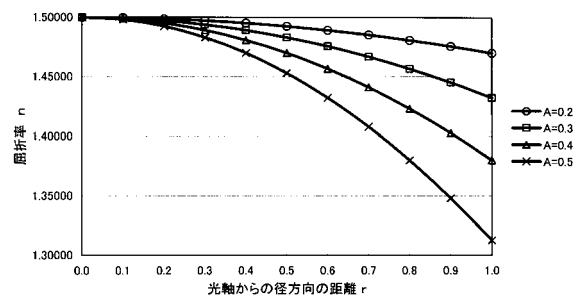


【図 3】

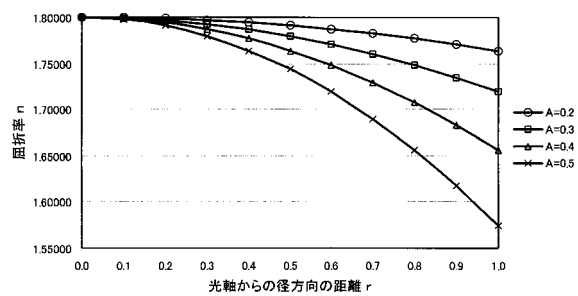
ライトガイドの配光分布



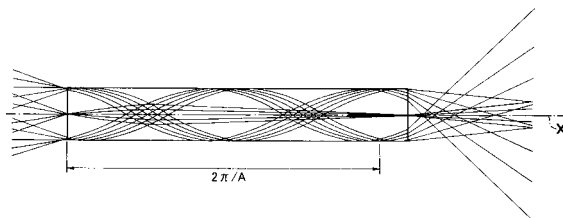
【図 4】

屈折率分布 $n(r)$ ($N_0=1.5$)

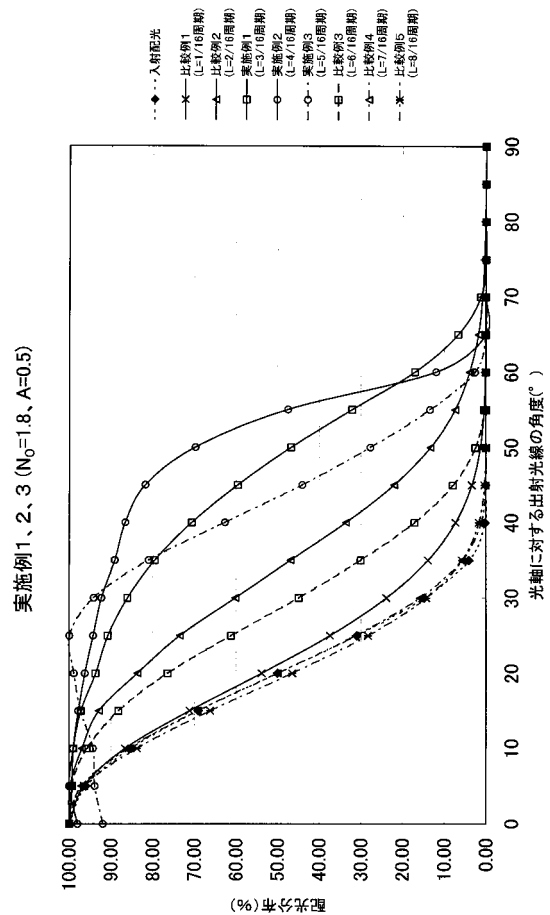
【図 5】

屈折率分布 $n(r)$ ($N_0=1.8$)

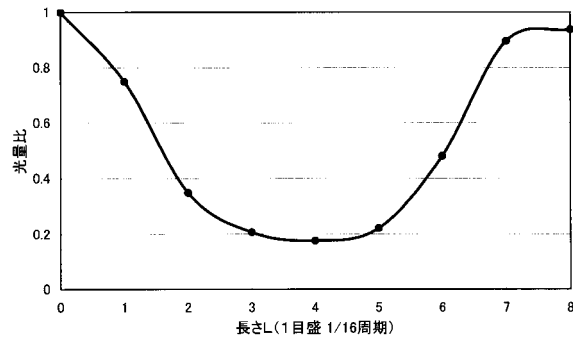
【図 6】



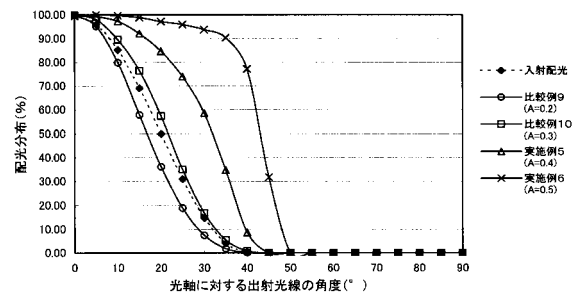
【図 7】



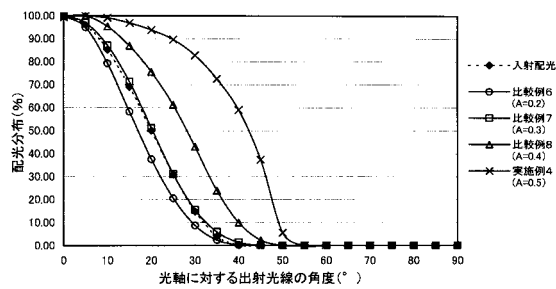
【図 8】

長さL(周期)による中心光量の変化 ($N_0=1.8$, $A=0.5$)

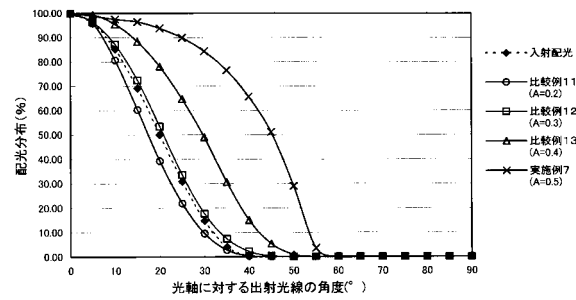
【図 10】

実施例5, 6 ($N_0=1.5$, $L=3.0$)

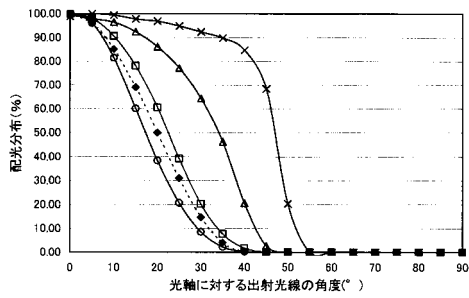
【図 9】

実施例4 ($N_0=1.5$, $L=2.5$)

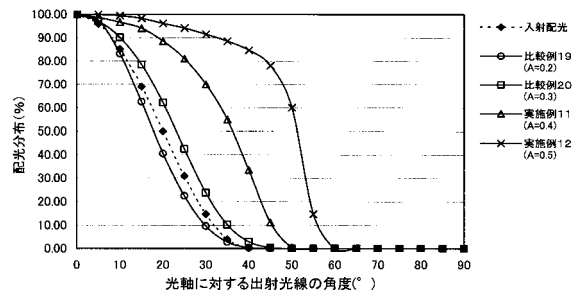
【図 11】

実施例7 ($N_0=1.6$, $L=2.5$)

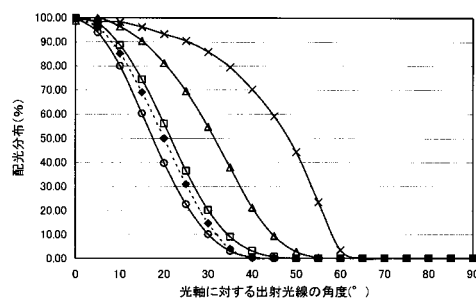
【図 12】

実施例8, 9 ($N_0=1.6$, $L=3.0$)

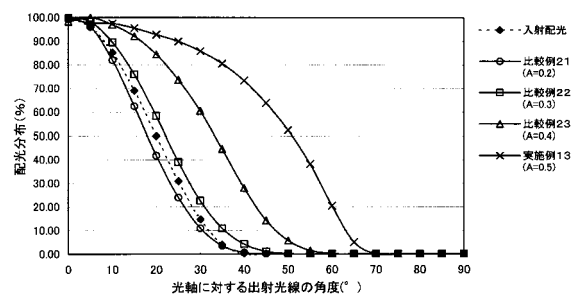
【図 14】

実施例11, 12 ($N_0=1.7$, $L=3.0$)

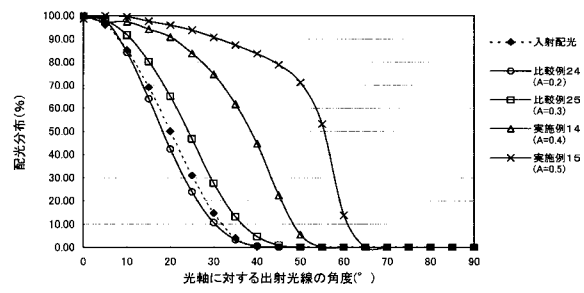
【図 13】

実施例10 ($N_0=1.7$, $L=2.5$)

【図 15】

実施例13 ($N_0=1.8$, $L=2.5$)

【図 16】

実施例14、15 ($N_0=1.8$, $L=3.0$)

フロントページの続き

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

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B 2 3 / 2 4 - 2 3 / 2 6

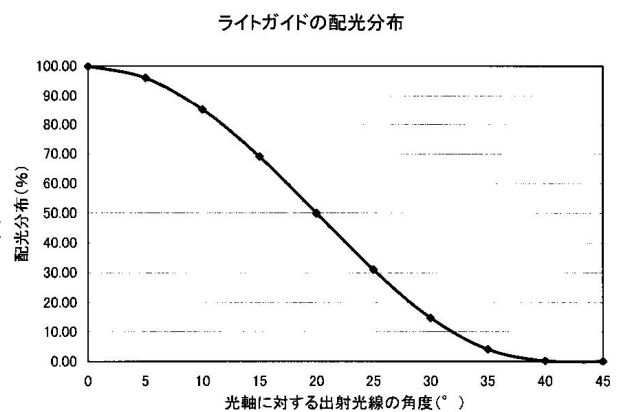
A 6 1 B 1 / 0 0 - 1 / 3 2

专利名称(译)	内视镜照明光学系		
公开(公告)号	JP4704069B2	公开(公告)日	2011-06-15
申请号	JP2005054645	申请日	2005-02-28
[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)	富士公司		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	宫野俊		
发明人	宫野 俊		
IPC分类号	G02B23/26 A61B1/00		
CPC分类号	G02B23/2469		
FI分类号	G02B23/26.B A61B1/00.300.Y A61B1/00.731 A61B1/07.733		
F-TERM分类号	2H040/CA01 2H040/CA11 2H040/CA12 4C061/FF40 4C061/FF47 4C161/FF40 4C161/FF47		
代理人(译)	佐久间刚		
其他公开文献	JP2006243017A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：获得内窥镜的照明光学系统，其能够以足够的光量照射更宽的角度并且配备渐变折射率透镜。解决方案：内窥镜的照明光学系统被构造使得由光导1引导的照明光可以通过渐变折射率透镜2照射到待观察的区域。渐变折射率透镜2满足以下条件表达式(2)和(3)。条件表达式是表达式(2)： $(AR)^2 \leq 0.6$ 并且表达式(3)： $0.5k + 0.35 \leq AL/\pi \leq 0.5k + 0.65$ 。假设R表示渐变折射率透镜的有效半径，L表示渐变折射率透镜的光轴X方向的长度，A表示常数系数，k表示非负整数。Z

【图3】



【图4】