

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B1)

(11) 特許番号

特許第6281028号
(P6281028)

(45) 発行日 平成30年2月14日 (2018. 2. 14)

(24) 登録日 平成30年1月26日 (2018. 1. 26)

(51) Int. Cl.

F 1

A 6 1 B 1/07 (2006. 01)

A 6 1 B 1/07 7 3 3

A 6 1 B 1/00 (2006. 01)

A 6 1 B 1/00 7 1 5

A 6 1 B 1/06 (2006. 01)

A 6 1 B 1/06 5 3 1

G O 2 B 23/26 (2006. 01)

G O 2 B 23/26 B

G O 2 B 13/04 (2006. 01)

G O 2 B 13/04 D

請求項の数 5 (全 39 頁)

(21) 出願番号 特願2017-554915 (P2017-554915)
 (86) (22) 出願日 平成29年5月22日 (2017. 5. 22)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2017/019028
 審査請求日 平成29年10月19日 (2017. 10. 19)
 (31) 優先権主張番号 特願2016-120712 (P2016-120712)
 (32) 優先日 平成28年6月17日 (2016. 6. 17)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都八王子市石川町2951番地
 (74) 代理人 100123962
 弁理士 斎藤 圭介
 (74) 代理人 100120204
 弁理士 平山 巖
 (72) 発明者 五十嵐 勉
 東京都八王子市石川町2951番地 オリ
 ンパス株式会社内

審査官 安田 明央

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】

透明樹脂部材と、照明光を出射する照明部材と、を備え、
 前記透明樹脂部材は、
 撮像部材が配置される貫通孔と、
 前記照明部材が配置される非貫通孔と、
 前記非貫通孔によって当該透明樹脂部材の内部に形成される内部光学面と、
 前記内部光学面を介して前記透明樹脂部材に入射される前記照明光が物体に向かって出
 射される外面と、を有し、

前記外面は、前記照明光が通過する曲面領域を有し、
 前記曲面領域は、前記貫通孔との境界を有し、
 前記曲面領域では、前記曲面領域の各点の前記境界からの変位が、物体から離れる方向
 に発生しており、

前記貫通孔の中心軸を含む平面で定義される断面内での前記曲面領域の形状は、前記曲
 面領域内の各点における傾斜角が、前記中心軸から離れるにつれて連続的かつ単調に増加
 する形状になっており、

以下の条件式 (1)、(2) を満足することを特徴とする内視鏡照明光学系。

$$0.02 < Z_{iax} / D_s < 0.08 \quad (1)$$

$$10^\circ < A_{iax} < 35^\circ \quad (2)$$

ここで、

10

20

Z_{iax}は、前記境界を基準にして、所定の位置までの距離を前記中心軸に沿って測ったときの距離、

前記所定の位置は、前記内部光学面の重心を通り、且つ、前記中心軸と平行な軸が前記曲面領域と交差する位置、

距離の正負は、前記境界が前記所定の位置よりも物体側に位置する場合を正とし、

D_sは、前記透明樹脂部材の最大外径、

A_{iax}は、前記中心軸と前記所定の位置を含む平面で定義される断面内での前記曲面領域の形状における、前記所定の位置での傾斜角、

前記傾斜角は、断面形状における接線と前記中心軸に垂直な軸とのなす角、である。

10

【請求項 2】

前記非貫通孔を複数有し、

少なくとも 2 つの前記非貫通孔は、前記中心軸を含む平面で定義される断面の少なくとも一つに対して鏡像対称となるように形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の内視鏡照明光学系。

【請求項 3】

前記曲面領域の形状は、前記中心軸付近に対称軸を有する軸対称な形状で、前記対称軸からの距離を変数とする関数式で定義可能であり、

以下の条件式 (3)、(4) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の内視鏡照明光学系。

20

$$0.15 < Z[L] / Z[D_s/2] < 0.55 \quad (3)$$

$$0.4 < A[L] / A[D_s/2] < 0.8 \quad (4)$$

ここで、

Z[r] は、前記対称軸から距離 r だけ離れた前記曲面領域上の点における変位を表す関数、

前記変位は、前記境界を基準にして、前記曲面領域上の点までの距離を前記中心軸に沿って測ったときの距離、

A[r] は、前記対称軸から距離 r だけ離れた前記曲面領域上の点における Z[r] の微係数に基づく傾斜角を表す関数、

L は、前記対称軸から前記内部光学面の重心までの距離、

30

D_sは、前記透明樹脂部材の最大外径、

である。

【請求項 4】

前記曲面領域は、前記中心軸付近に対称軸を有する球面もしくは非球面であり、

以下の条件式 (5) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の内視鏡照明光学系。

$$0.55 < R_{oax} / D_s < 2 \quad (5)$$

ここで、

R_{oax}は、前記球面中心部における曲率半径絶対値、又は前記非球面中心部における曲率半径絶対値、

D_sは、前記透明樹脂部材の最大外径、

40

である。

【請求項 5】

前記照明部材は、ライトガイド又は発光体であることを特徴とする請求項 1 に記載の内視鏡照明光学系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内視鏡照明光学系に関する。

【背景技術】

【0002】

50

例えば、泌尿器系臓器を対象とする内視鏡として、泌尿器用内視鏡がある。泌尿器用内視鏡では、尿道内への挿入を容易にするために、外径は7mm以下であることが好ましい。このように、泌尿器用内視鏡の外径は、胃や大腸検診等で広く知られる消化管内視鏡よりも細径である。また、泌尿器系臓器は、通常は尿で満たされている。そのため、泌尿器用内視鏡に用いられる対物光学系では、水中観察を想定した光学設計が行われる。

【0003】

例えば特許文献1には、内視鏡による水中観察に関する記載がある。泌尿器系臓器を内視鏡観察する場合、観察空間を満たしている媒質は、水を主成分とする灌流液や尿である。特許文献1では、それら媒質の屈折率を水の屈折率と同等とみなして差し支えないことが示されている。

10

【0004】

更に特許文献1では、水中観察時の画角（以下、「水中画角」という）が、空气中観察時の画角（以下、「空气中画角」という）に対して狭角化されることが挙げられている。特許文献1では、空气中画角と水中画角の関係が以下のように示されている。

空气中画角	180°	160°	140°	120°
水中画角	97.2°	95.3°	89.7°	81.0°

【0005】

上記の空气中画角と水中画角は、水のd線における屈折率を1.333、内視鏡対物光学系の最も物体側のレンズを平面として算出している。

【0006】

20

泌尿器用内視鏡の一つに、膀胱用内視鏡がある。膀胱用内視鏡では、膀胱内面全域の病変を探索するために、術者は内視鏡の先端湾曲操作、挿入部挿脱、挿入部振りの組合せ操作を行う。水中画角が広いと、これらの操作頻度を少なくすることができる。

【0007】

しかしながら、上記のように、空气中画角が120°の膀胱用内視鏡であっても、実用時は水中画角が81°に狭まる。水中画角が狭いと、術者が行う操作の頻度を増加させることとなる。そのため、膀胱内面全域の病変探索を効率良く行うことが困難になる。

【0008】

このような理由から、水中観察を行う内視鏡では、水中画角の広角化が望まれている。水中画角を広角化する際には、照明光学系において、その水中画角に対応した配光を確保

30

【0009】

膀胱用内視鏡では、尿道経路で挿入可能な細い外径を維持しつつ、灌流や処置を行うチャンネルを確保することが必須となる。このため、膀胱用内視鏡では、狭い内視鏡先端空間に、様々な機能を持つ構成を実装可能であることが必須である。更に、挿入性を向上させるためには、挿入部の先端形状は、先細であることが望ましい。

【0010】

従来の内視鏡照明光学系として、特許文献1～特許文献6に開示された内視鏡照明光学系が知られている。これらの内視鏡照明光学系では、水中観察を想定した設計が行われているか、又は、挿入部の先端形状に特徴を備えている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】国際公開第2015/015996号

【特許文献2】国際公開第2010/113550号

【特許文献3】特開2013-188375号公報

【特許文献4】特開2009-207529号公報

【特許文献5】特開2007-325794号公報

【特許文献6】特開2006-072098号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

特許文献1の内視鏡照明光学系では、配光ムラが生じ易い。また、挿入部の先端形状が十分に先細になっているとは言えないので、挿入性が高いと言い難い。

【0013】

特許文献2～特許文献6の内視鏡照明光学系では、照明レンズを含む内視鏡先端形状に工夫が施されている。しかしながら、これらの内視鏡照明光学系では、水中における配光が十分に広いと言い難い。

【0014】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、挿入性の改善と配光ムラの低減を実現できる内視鏡照明光学系を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0015】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係る内視鏡照明光学系は、

透明樹脂部材と、照明光を出射する照明部材と、を備え、

透明樹脂部材は、

撮像部材が配置される貫通孔と、

照明部材が配置される非貫通孔と、

非貫通孔によって透明樹脂部材の内部に形成される内部光学面と、

20

内部光学面を介して透明樹脂部材に入射される照明光が物体に向かって出射される外面と、を有し、

外面は、照明光が通過する曲面領域を有し、

曲面領域は、貫通孔との境界を有し、

曲面領域では、曲面領域の各点の前記境界からの変位が、物体から離れる方向に発生しており、

貫通孔の中心軸を含む平面で定義される断面内での曲面領域の形状は、曲面領域内の各点における傾斜角が、中心軸から離れるにつれて連続的かつ単調に増加する形状になっており、

以下の条件式(1)、(2)を満足することを特徴とする内視鏡照明光学系。

30

$$0.02 < Z_{iax} / D_s < 0.08 \quad (1)$$

$$10^\circ < A_{iax} < 35^\circ \quad (2)$$

ここで、

Z_{iax} は、境界を基準にして、所定の位置までの距離を前記中心軸に沿って測ったときの距離、

所定の位置は、内部光学面の重心を通り、且つ、中心軸と平行な軸が曲面領域と交差する位置、

距離の正負は、境界が所定の位置よりも物体側に位置する場合を正とし、

D_s は、透明樹脂部材の最大外径、

A_{iax} は、中心軸と所定の位置を含む平面で定義される断面内での曲面領域の形状における、所定の位置での傾斜角、

40

傾斜角は、断面形状における接線と前記中心軸に垂直な軸とのなす角、である。

【発明の効果】

【0016】

本発明は、挿入性の改善と配光ムラの低減を実現できる内視鏡照明光学系を提供できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0017】

50

- 【図 1】本実施形態に係る内視鏡照明光学系の構成概略図である。
 【図 2】透明樹脂部材の断面形状を示す図である。
 【図 3】透明樹脂部材を示す図である。
 【図 4】実施例 1 に係る内視鏡照明光学系の構成概略図である。
 【図 5】ライトガイドから出射する光の配光特性を示す図である。
 【図 6】実施例 1 に係る内視鏡照明光学系における照明光を示す図である。
 【図 7】実施例 1 の水中における配光特性を示すグラフである。
 【図 8】実施例 2 に係る内視鏡照明光学系の構成概略図である。
 【図 9】実施例 2 に係る内視鏡照明光学系における照明光を示す図である。
 【図 10】実施例 2 の水中における配光特性を示すグラフである。
 【図 11】実施例 3 に係る内視鏡照明光学系の構成概略図である。
 【図 12】実施例 3 に係る内視鏡照明光学系における照明光を示す図である。
 【図 13】実施例 3 の水中における配光特性を示すグラフである。
 【図 14】実施例 4 に係る内視鏡照明光学系の構成概略図である。
 【図 15】実施例 4 に係る内視鏡照明光学系における照明光を示す図である。
 【図 16】実施例 4 の水中における配光特性を示すグラフである。
 【図 17】比較例に係る内視鏡照明光学系の構成概略図である。
 【図 18】比較例に係る内視鏡照明光学系における照明光を示す図である。
 【図 19】比較例の水中における配光特性を示すグラフである。
 【図 20】比較例の配光グラフである。
 【図 21】比較例の配光グラフである。
 【図 22】対物光学系のレンズ断面図と光路を示す図である。
 【図 23】撮像範囲を示す図である。
 【発明を実施するための形態】

10

20

【0018】

以下に、実施形態に係る内視鏡照明光学系を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態により、この発明が限定されるものではない。

【0019】

本実施形態に係る内視鏡照明光学系は、透明樹脂部材と、照明光を出射する照明部材と、を有し、透明樹脂部材は、撮像部材が配置される貫通孔と、照明部材が配置される非貫通孔と、内部光学面と、を有し、内部光学面は、非貫通孔によって透明樹脂部材の内部に形成され、照明光は、内部光学面を介して透明樹脂部材に入射すると共に、透明樹脂部材の外面から物体に向かって出射し、照明部材は、ライトガイド又は発光体であり、透明樹脂部材の外面は、照明光が通過する曲面領域を有し、曲面領域は、領域内に形成された貫通孔との境界を有し、曲面領域では、曲面領域の各点の境界からの変位が、物体から離れる方向に発生しており、貫通孔の中心軸を含む平面で定義される断面内での曲面領域の形状は、曲面領域内の各点における傾斜角が、中心軸から離れるにつれて連続的かつ単調に増加する形状になっており、以下の条件式（1）、（2）を満足することを特徴とする。

30

$$0.02 < Z_{iax} / D_s < 0.08 \quad (1)$$

$$10^\circ < A_{iax} < 35^\circ \quad (2)$$

40

ここで、

Z_{iax} は、境界を基準にして、所定の位置までの距離を中心軸に沿って測ったときの距離、

所定の位置は、内部光学面の重心を通り、且つ、中心軸と平行な軸が曲面領域と交差する位置、

距離の正負は、境界が所定の位置よりも物体側に位置する場合を正とし、

D_s は、透明樹脂部材の最大外径、

A_{iax} は、中心軸と所定の位置を含む平面で定義される断面内での曲面領域の形状における、所定の位置での傾斜角、

傾斜角は、断面形状における接線と中心軸に垂直な軸とのなす角、

50

である。

【0020】

図1は、本実施形態に係る内視鏡照明光学系の構成概略図である。図1(a)は上面図、図1(b)は正面図、図1(c)は側面図である。

【0021】

図1(a)では、被写体(物体)は、透明樹脂部材1の下側に位置し、図1(c)では、被写体(物体)は、透明樹脂部材1の左側に位置している。よって、以下の説明では、被写体が位置する側を「物体側」とし、被写体の像が位置する側を「像側」とする。また、被写体が位置する空間を「物体空間」という。

【0022】

また、以下の説明では、上下、左右を用いている。上下は、図1(b)における紙面内の上下、左右は、図1(b)における紙面内の左右を意味している。

【0023】

内視鏡照明光学系10は、透明樹脂部材1と、照明部材2と、を有する。内視鏡照明光学系10は、例えば、内視鏡の挿入部の先端に配置される。

【0024】

透明樹脂部材1には、非貫通孔3と、貫通孔4と、が形成されている。非貫通孔3は、照明部材2を配置するための孔である。貫通孔4は、撮像部材5を配置するための孔である。

【0025】

非貫通孔3では、孔が透明樹脂部材1の外表面6まで到達していない。透明樹脂部材1の内部では、照明部材2に対向する位置に、内部光学面7が形成されている。内部光学面7の形状は、像側に向かって凹になっている。また、外表面6には、内部光学面7に対向する位置に、曲面領域8が位置している。

【0026】

照明部材2を出射した照明光は、内部光学面7を介して透明樹脂部材1の内部に入射する。照明光は、内部光学面7にて屈折作用又は散乱作用を受けた後に、曲面領域8から物体空間に出射し、被写体を照明する。

【0027】

照明部材2には、例えば、ライトガイドが用いられる。ライトガイドを、発光ダイオードのような発光体に置き換えても良い。発光ダイオードのなかには、完全拡散に近い配光特性を有するものがある。このような発光ダイオードを用いる場合は、内部光学面7の形状を、像側に向かって凹ではなく、像側に向かって凸にするか、又は平面にしても良い。このように、内部光学面7では、内部光学面7と組合せるライトガイドや発光体に合せて面形状を変えて、配光特性が最適化されるようにすれば良い。

【0028】

内部光学面7の形状が、3D-CADソフトウェアでモデリング可能な形状であれば、内部光学面7は光学設計が可能である。よって、内部光学面7は、単一の数式で定義される面や、屈折面に限定されない。また、軸対称性の有無にこだわる必要も無い。

【0029】

このようなことから、内部光学面7は、粗面、拡散面、周期性を有する面でも良い。拡散面としては、例えば、ホログラフィック拡散面がある。周期性を有する面としては、例えば、マイクロレンズアレーやフレネル面等がある。

【0030】

内部光学面7が上述のような面であっても、曲面領域8が満足すべき望ましい条件に変わりはない。曲面領域8が満足すべき望ましい条件については、後述する。

【0031】

透明樹脂部材1には、2つの非貫通孔3と1つの貫通孔4が形成されている。2つの非貫通孔3は、貫通孔4を挟むように、貫通孔4の左側と右側に形成されている。この場合、2つの照明部材2によって、撮像部材5の撮像領域に対して、左右方向から照明光が照

10

20

30

40

50

射される。

【0032】

内視鏡照明光学系10では、内部光学面7と照明部材2との組合せが、2組用いられている。しかしながら、組み合わせの数は、1組だけ、もしくは、3組以上でも良い。また、複数の内部光学面7が存在する場合は、各々の内部光学面7と対向する位置における曲面領域8が、後述する望ましい条件を満足していれば良い。

【0033】

外面6は、曲面領域8を有する。照明光は、曲面領域8を通過して、物体に照射される。曲面領域8内には、貫通孔4が形成されている。貫通孔4の開口部4aは平面になっている。このように、曲面領域8には、平面が含まれている。

10

【0034】

曲面領域8全体の形状の特徴について説明する。曲面領域8内の平面は、曲面領域8に貫通孔4が形成されることで生じる。曲面領域8全体の本来の形状、すなわち、貫通孔4が形成される前の曲面領域8全体の形状は、二点鎖線で示されるように、物体側に凸の曲面である。

【0035】

上述のように、曲面領域8には、貫通孔4によって開口部4aが形成されている。曲面領域8は、開口部4aとの境界9を有する。曲面領域8では、曲面領域8の各点の境界からの変位が、物体から離れる方向に発生している。言い換えると、境界9を含む平面を基準面とすると、曲面領域8の各点の基準面からの変位は像側に向かって発生している。

20

【0036】

曲面領域8の断面形状の特徴について説明する。図2は、透明樹脂部材の断面形状を示す図である。図2(a)は、図1(b)におけるA-A間の断面形状を示し、図2(b)は、図1(b)におけるB-B間の断面形状を示している。

【0037】

貫通孔4の中心軸AXoを含む平面で定義される断面（以下「所定の断面」という）は、無数に存在する。図2(a)に示す断面形状は、無数に存在する断面のうちの1つの断面における形状である。

【0038】

曲面領域8の形状の特徴は、傾斜角で表すことができる。傾斜角は、断面形状における接線と中心軸AXoに垂直な軸とのなす角である。断面形状における接線とは、曲面領域8の断面形状を表す線上の任意の1点における接線のことである。

30

【0039】

所定の断面内での曲面領域8の形状は、2点鎖線で示すように曲線である。この曲線から分かるように、所定の断面内での曲面領域8の形状では、曲面領域8内の各点における傾斜角が、中心軸AXoから離れるにつれて連続的かつ単調に増加している。

【0040】

曲面領域8の形状の特徴は、変位で表すことができる。上述のように、曲面領域8全体では、曲面領域8の各点の境界9からの変位が、物体から離れる方向に発生している。よって、所定の断面内での曲面領域8の形状においても、断面形状を表す線上の各点の境界からの変位が、物体から離れる方向に発生している。また、変位量は、断面形状を表す線上の点の位置が中心軸AXoから離れるにつれて、連続的かつ単調に増加している。

40

【0041】

図2(b)に示す断面形状は、中心軸AXoを含まない断面における形状である。よって、図2(b)に示す断面形状は、所定の断面における形状ではない。しかしながら、曲面領域8全体では、曲面領域8の各点の境界からの変位が、物体から離れる方向に発生している。図2(b)に示すように、所定の断面以外の断面においても、曲面領域8内の各点における傾斜角が、中心軸AXoから離れるにつれて連続的かつ単調に増加している。また、変位量も、断面形状を表す線上の点の位置が中心軸AXoから離れるにつれて、連続的かつ単調に増加している。

50

【0042】

透明樹脂部材1は、内視鏡の挿入部先端に設けられている。また、貫通孔4には、撮像部材5が配置される。よって、挿入部や撮像部材5を用いて、透明樹脂部材1の特徴を説明することができる。

【0043】

境界9は、曲面領域8における撮像部材5との境界になる。また、挿入部の一端には透明樹脂部材1が設けられ、他端には操作部が設けられている。操作部が配置されている側を、挿入部手元側という。

【0044】

曲面領域全体の特徴は、次のとおりである。曲面領域は、撮像部材との境界付近から挿入部外周に向かって、挿入部手元側に変位する形状である。

10

【0045】

曲面領域の断面形状の特徴は、次のとおりである。撮像部材の中心軸を通る平面で定義される断面内の形状に関し、少なくとも中心軸から内部光学面に向かう方位において、撮像部材の中心軸から外周に向かうに従って変位と傾斜角が連続的かつ単調増加する。

【0046】

曲面領域は、撮像部材との境界付近から挿入部外周に向かって挿入部手元側に変位し、かつ、撮像部材の中心軸から内部光学面に向かう方位において、撮像部材の中心軸から外周に向かうに従って変位と傾斜角が連続的かつ単調増加する形状となる。

【0047】

20

図1(a)や図1(c)に示すように、物体空間側から見た外径断面において、曲面領域8は内部光学面7を十分に覆うだけでなく、透明樹脂部材1の外面6側の非常に広い範囲を占めている。これにより、曲面領域8の全面を、光学有効範囲とみなして光学設計できる。また、曲面領域8は、変位と傾斜角が連続的かつ単調増加する形状である。そのため、その範囲内で屈折の不連続性が生じづらく、配光ムラの発生を抑制できる。

【0048】

曲面領域8は、撮像部材5を物体空間側に突出させた先細り形状と言えるので、内視鏡としての挿入性改善に寄与する。例えば、膀胱用内視鏡の場合には、尿道への挿入性が向上する。曲面領域8の形状は、光学的な作用のみならず、挿入性向上を目的としたスムーズな先細り形状の実現にも寄与できる。

30

【0049】

内部光学面7は、照明部材2から出射する光を拡散させて角度分布を広げる作用を有している。よって、内部光学面7が、照明系全体の配光特性をほぼ定めることとなる。内部光学面7には、従来から知られる各種形状の光学屈折面や散乱面を用いることができる。但し、射出成形用の金型製造や射出成形では、転写性や離型性等が重要になる。転写性や離型性等を考慮すると、内部光学面7は屈折面タイプが望ましい。

【0050】

また、屈折面が正の屈折力を有する凸面形状の場合、屈折面での集光作用や結像作用に伴い、様々な課題が生じ易い。課題としては、例えば、生体に対する熱的安全性、透明樹脂実装時の樹脂熱的変性、ライトガイド端面の網目の投影によるムラ発生等がある。従って、内部光学面7では、屈折面が負の屈折力を有する凹面形状を用いる。内部光学面7がいかなる面であっても、屈折力と拡散性を高めるには、透明樹脂部材1の屈折率は高い方が望ましい。

40

【0051】

例えば、透明樹脂部材1の外周付近の形状や撮像部材5付近の形状は、非光学的制約で定まる形状になっている。透明樹脂部材1の外径断面内では、照明部材2の位置と内部光学面7の位置は、非光学的制約で定まる形状から離れているのが望ましい。また、照明部材2の位置と内部光学面7の位置は、撮像部材5に対して適度な距離を保つのが望ましい。

【0052】

50

曲面領域 8 は、撮像部材 5 から離れるほど挿入部手元側に後退する。そのため、内部光学面 7 の位置での樹脂肉厚を同条件で確保しようとする、照明部材 2 と内部光学面 7 も、挿入部手元側に後退することとなる。

【0053】

照明部材 2 と内部光学面 7 が挿入部手元側に後退し過ぎると、非光学的制約で定まる部分、例えば、撮像部材 5 や外周部等に到達する光が増加する。また、照明部材 2 と内部光学面 7 が撮像部材 5 に近づきすぎると、撮像部材 5 方向の光が撮像部材 5 で遮光されてしまう。よって、透明樹脂部材 1 の外径断面内において、照明部材 2 と内部光学面 7 は、透明樹脂部材 1 の上下中心付近で撮像部材 5 の境界部と外周の中間付近に位置することが望ましい。

10

【0054】

曲面領域 8 の形状については、特に数式定義や軸対称性にこだわるものではない。曲面領域 8 の形状は、3D-CAD ソフトウェアでモデリング可能な形状で、上述の曲面領域 8 に関する望ましい条件を満足していれば良い。

【0055】

このような特徴的な形状を曲面領域が備えることにより、本実施形態に係る内視鏡照明光学系では、配光角が広い場合であっても、配光ムラの発生を抑制できる。

【0056】

配光ムラを発生させる要因は、二つある。一つ目の要因として、照明光における光線の屈折角（以下、「屈折角」という）が不連続的に変化する部分が、透明樹脂部材の外面に形成されていることが挙げられる。透明樹脂部材がこのような部分を有していると、この部分で屈折角が不連続的に変化する。

20

【0057】

このような部分は、照明光が透過する領域の一部に、明瞭な光学有効範囲が設けられることで生じる。この光学有効範囲は、ライトガイドと対向する位置に設けられる。光学有効範囲とそれ以外の領域（以下、「非有効範囲」という）とでは、面形状や面の法線の向きが大きく異なる。そのため、光学有効範囲と非有効範囲とでは、屈折角が大きく異なる。その結果、光学有効範囲と非有効範囲との境界で、屈折角が不連続的に変化する。

【0058】

照明範囲を均一な明るさで照明するためには、様々な角度で物体に向かう光線が照明光に含まれていることが好ましい。しかしながら、屈折角が不連続的に変化する部分では、特定の角度の光線が抜け落ちるか、又は、特定の角度の光線が多く発生する。その結果、照明範囲の一部に暗部又明部が発生し、これが配光ムラとして現れる。

30

【0059】

上述のように、本実施形態に係る内視鏡照明光学系の特徴は、曲面領域 8 の形状にある。曲面領域 8 では、領域全体が滑らかな形状を有している。すなわち、曲面領域 8 では、内部光学面 7（照明部材 2）と対向する位置、及びこの位置の近傍に明瞭な光学有効範囲は形成されていない。よって、曲面領域 8 は、光学有効範囲と非有効範囲との境界を持たない。すなわち、曲面領域 8 には、屈折角が不連続的に変化する部分が存在しない。そのため、配光角が広い場合であっても、配光ムラの発生を抑制できる。

40

【0060】

また、透明樹脂部材 1 の外周付近の形状や撮像部材 5 付近の形状は、非光学的制約で定まる形状になっている。このような形状を持つ場所では、光学的な制御、例えば、屈折角の制御が難しい。本実施形態に係る内視鏡照明光学系では、非光学的制約で定まる部分まで曲面領域 8 を延長できる。よって、光学的な連続性を確保しづらいそれらの境界を、非貫通孔 3 の軸から遠ざけることができる。

【0061】

照明部材 2 を大きな角度で出射した照明光は、透明樹脂部材 1 の外面 6 側では、非貫通孔 3 の軸から離れた場所に到達する。この場所に到達した照明光は、照明範囲に向かう。ここで、この場所は、曲面領域 8 に含まれていないので、光線の屈折が最適化されてい

50

い。そのため、この場所では、特定の角度の光線が抜け落ち易くなるか、又は、特定の角度の光線が多く発生し易くなる。

【0062】

しかしながら、この場所に到達した照明光の光強度は弱い。よって、この場所に到達した照明光で、特定の角度の光線の欠落や、特定の角度の光線の多発が生じて、正常な照明光、すなわち、曲面領域8を通過した照明光に対する影響は非常に小さいものになる。このように、照明部材2を大きな角度で出射した照明光は、配光ムラの要因とはなりづらい。よって、本実施形態に係る内視鏡照明光学系によれば、配光ムラ発生要因を抑制できる。

【0063】

配光ムラの大小は、配光角の広狭とトレードオフ関係にある。照明部材2から出射した光が外面6を通過する場所は、配光角を広角にすればするほど、非貫通孔3の軸から離れた場所になる。そのため、非光学的制約で定まる形状によって形成される境界部の影響を受け易くなる。よって、空気中よりも更に広角となる水中での広角配光を実現する際には、曲面領域8の形状のような特徴的な工夫が、照明光学系に施されていないと、水中観察に適応可能な広い配光角の確保と配光ムラの抑制との両立が困難となる。

【0064】

二つ目の要因として、屈折角が特定の角度に集中することが挙げられる。これは、例えば、屈折角が一定となる部分が、広い範囲にわたって透明樹脂部材の外面に形成されていることで生じる。特定の角度の光線が増えると、特定の角度における光の強度が高まる。そうすると、他の角度における光の強度が相対的に低下する。その結果、照明範囲の一部に暗部又明部が発生し、これが配光ムラとして現れる。

【0065】

本実施形態に係る内視鏡照明光学系では、曲面領域8において、傾斜角を連続的に変化させている。このようにすることで、光の屈折角を連続的に変化させることができる。そのため、特定の角度における光の強度が高くない。よって、配光ムラを抑制できる。

【0066】

曲面領域8と内部光学面7の形状定義式について説明する。曲面領域8の形状と内部光学面7の形状は、軸対称な形状でも非軸対称な形状でも良い。

【0067】

また、光学面の形状が3D-CADソフトウェアでモデリング可能な形状であれば、実際の光学設計において光学系の設計が可能である。よって、曲面領域8と内部光学面7の形状定義式については、定義式が単一の数式で表されていることにこだわる必要は無い。例えば、スプライン定義を用いて、曲面領域8と内部光学面7の形状を定義しても良い。

【0068】

但し、ここでは、説明を簡易化するため、曲面領域8と内部光学面7の両方を軸対称な面形状とし、かつ、面の形状が単一の数式で定義可能なものとする。数式で定義する軸対称な面形状としては、球面と非球面のいずれでも良い。ここでは、球面と非球面の両方に適用可能な定義式を用いる。面のローカル座標として光軸方向をZ軸、Z軸に垂直な軸をS軸とした場合、S-Z断面内の軸対称非球面定義式を数式(A)に示す。

【0069】

【数1】

$$Z'(S) = \frac{S^2/R}{1 + \sqrt{1 - (1 + K) * S^2/R^2}} \quad (A)$$

ここで、

Sは、Z軸からの距離、

Z'(S)は、Sの関数として求まるZ座標、

Rは、S-Z断面内での球面項の中心曲率半径、

10

20

30

40

50

Kは、S-Z断面内の2次曲面特性を定める係数、である。

【0070】

数式(A)では、 $S=0$ の際に $Z'=0$ となるので、 Z' の原点は数式で定義される面とZ軸の交点になる。内部光学面7はこの数式のみで定義可能である。

【0071】

曲面領域8に関しては、Z軸の原点のとり方に工夫が必要である。曲面領域8は中心軸AXo上に曲率中心を有する球面である。貫通孔4の内側には、曲面領域8の物理的な面が存在しない。図2(a)に示すように、二点鎖線で示す曲面領域8(球面)とZ軸(中心軸AXo)との交点Pcは、開口部4aよりも物体空間側に飛び出た位置にある。

10

【0072】

交点Pcは、曲面領域8の物体側端を表している。また、開口部4aの位置は、撮像部材5の先端面の位置を表している。以下では、曲面領域8の物体側端と、撮像部材5の先端面を用いて説明する。

【0073】

上述のように、曲面領域8の物体側端は、撮像部材5の先端面よりも物体空間側に位置している。そこで、撮像部材5の先端面と曲面領域8の物体側端を合わせ、撮像部材5の先端面を曲面領域8のZ座標における原点とする。上述の条件式(1)や後述の条件式(3)では、撮像部材5の先端面を基準としたZ座標を用いている。Z座標の原点シフトは、数式(A)にて撮像部材5の半径をSとして求めた Z' を減算すればよい。

20

【0074】

撮像部材5の先端面を基準としたZ座標を、数式(B)を用いて算出できる。

【数2】

$$Z(S) = Z'(S) - Z'(Sic) \quad (B)$$

ここで、

$Z(S)$ は、Sの関数として求まる撮像部材の先端面を基準としたZ座標、

Sic は、撮像部材の先端面の半径、

$Z'(Sic)$ は、撮像部材の半径位置での Z'

30

である。

【0075】

数式(A)において、 $K=0$ とすることで、曲面領域8は球面となる。また、 $K \neq 0$ とすることで、曲面領域8の面として、二次曲面型の非球面を定義できる。このように、数式(A)は、球面と非球面の両方を表現できる。

【0076】

通常非球面定義式では、偶数次多項式項が用いられる。数式(A)においては、説明を簡易化するため、偶数次多項式項は省略している。但し、偶数次多項式項を含めた形状で定義しても問題は無い。

【0077】

40

数式(A)を用いて曲面領域8を設計する場合は、RとKのパラメータを変動させて、先細り形状と照明光学特性の最適化を行う。曲面領域8のZ軸オフセット値となる数式(B)の $Z'(Sic)$ は、Rの値の変更やKの値の変更に伴って変化する。よって、 $Z'(Sic)$ は、Rの値の変更やKの値の変更と同期させる。照明光学特性は、例えば、中心照度や配光特性で決まる。よって、照明光学特性を最適化することで、配光特性も最適にすることができる。

【0078】

曲面領域8が球面の場合は、Rの値が小さいほど先細り傾向が強まるので、挿入性が向上する。但し、これに伴い、内部光学面7も像側に移動する。そうすると、撮像部材5に照明光が当たりやすくなる。この場合、配光特性に悪影響が生じるので、Rの値の設定で、

50

先細り形状と照明光学特性について適度なバランスをとる必要がある。

【0079】

曲面領域8が非球面の場合は、大きめのRを維持したまま、 $K > 0$ （S軸方向を長軸とする楕円形状）にする。このようにすることで、内部光学面7をさほど左側に移動させずに、曲面領域8の外周側において変位を増大させることができる。これにより、先細り形状と照明光学特性の最適化において、自由度を高めることができる。

【0080】

数式（A）により内部光学面7を設計する場合は、RとKを変化させて、照明光学特性の最適化を行う。内部光学面7が球面の場合は、Rの値が小さいほど配光が向上するが、中心照度も低下する。よって、Rの値の設定で、照明光学特性の最適化、例えば、配光特性と中心照度について適度なバランスをとる必要がある。

10

【0081】

内部光学面7が非球面の場合は、中心照度を維持したまま、Kの値を変化させることで、広角側での照度分布を制御することが可能となる。 $K < 0$ にすることで、内部光学面7の周辺部での曲率が小さくなる。その結果、広角側での照度分布を向上させることができる。

【0082】

本実施形態に係る内視鏡照明光学系は、上述の条件式（1）、（2）を満足する。

【0083】

条件式（1）の Z_{iax} と D_s について、図3を用いて説明する。図3は、透明樹脂部材を示す図である。図3（a）は、正面図、図3（b）は、図3（a）におけるC-C間の断面形状を示す図である。

20

【0084】

透明樹脂部材1には、非貫通孔3と貫通孔4とが形成されている。曲面領域8には、貫通孔4により開口部4aが形成されている。これにより、曲面領域8には、開口部4aとの境界9が形成される。

【0085】

Z_{iax} は、曲面領域8における貫通孔4の境界9を基準にして、所定の位置までの距離を中心軸AXoに沿って測ったときの距離である。所定の位置は、内部光学面7の重心を通り、且つ、中心軸AXoと平行な軸AXiが曲面領域8と交差する位置P1である。距離の正負は、境界9が所定の位置よりも物体側に位置する場合を正とする。

30

【0086】

図3（a）に示すように、 D_s は、透明樹脂部材1の最大外径である。

【0087】

貫通孔4には、撮像部材5が配置される。この場合、境界9を含む面PLiは、撮像部材5の先端面に置き換えることができる。よって、撮像部材5の先端面を、 Z_{iax} を求めるときの基準にすることができる。また、透明樹脂部材1は、内視鏡の挿入部の先端に設けられている。中心軸AXoや軸AXiは、挿入部の軸に置き換えることができる。よって、 Z_{iax} は、以下のように、撮像部材5や挿入部の軸を用いて定義することができる。

【0088】

条件式（1）は、曲面領域の適切な変位を示すものである。内部光学面に対向する位置での曲面領域の軸方向変位を示すパラメータとして Z_{iax} を定義した。 Z_{iax} の定義における内部光学面の重心は、内部光学面が円形の場合はその中心軸と一致する。よって、 Z_{iax} は、曲面領域の内部光学面重心に対向する位置での挿入部軸方向変位であって、内部光学面の中心軸上での撮像部材先端面基準での変位である。

40

【0089】

透明樹脂部材の最大外径 D_s は、内視鏡挿入部寸法の基準としてふさわしい。 Z_{iax} は長さの次元を有するため、透明樹脂部材の最大外径 D_s で規格化した。

【0090】

条件式（1）の下限値を下回ると、 Z_{iax} の値が小さくなり過ぎてしまう。この場合、

50

透明樹脂部材において、先細り傾向が不足する。そのため、挿入性が低下する。

【0091】

照明光の一部は、内部光学面を透過後に、貫通孔の開口部周辺や、外面の外周部周辺に到達する。このような場所では、光学的に屈折角を制御することが難しい。条件式(1)の上限値を上回ると、 Z_{iax} の値が大きくなり過ぎてしまう。この場合、内部光学面の位置が、貫通孔の開口部から遠ざかる。そうすると、貫通孔の開口部周辺や、外面の外周部周辺に到達する照明光が増加する。その結果、配光ムラが増大する。

【0092】

内部光学面の位置の変化は、内視鏡の挿入部を基準として表すこともできる。内視鏡の挿入部の一端には透明樹脂部材が設けられ、他端には操作部が設けられている。操作部が配置されている側を、挿入部手元側という。条件式(1)の上限値を上回ると、内部光学面の位置が、挿入部手元側に後退し過ぎることとなる。

10

【0093】

条件式(1)の好ましい下限値は0.03である。また、条件式(1)の好ましい上限値は0.07である。 Z_{iax}/D_s の値が0.03から0.07までの範囲内であれば、先細り傾向の不足や、内部光学面の後退による光学的な悪影響は生じない。

【0094】

条件式(2)の A_{iax} について説明する。傾斜角は、断面形状における接線と中心軸 AX_o に垂直な軸とのなす角である。図3(b)に示すように、面 PL_i は、中心軸 AX_o に垂直な軸を含んでいる。よって、傾斜角は、断面形状における接線と面 PL_i とのなす角といえることができる。

20

【0095】

A_{iax} について説明する。 A_{iax} は、所定の位置での傾斜角である。この場合の断面は、図3(a)においてC-Cで示すように、中心軸 AX_o と所定の位置(位置P1)とを含む断面になる。更に、曲面領域8の断面形状を示す点のうち、位置P1における傾斜角になる。

【0096】

貫通孔4には、撮像部材5が配置される。この場合、中心軸 AX_o は撮像部材5の中心軸に置き換えることができる。よって、 A_{iax} は、以下のように、撮像部材5の中心軸を用いて定義することができる。

30

【0097】

条件式(2)は、曲面領域の適切な傾斜角を示すものである。内部光学面に対向する位置での曲面領域の軸方向変位を示すパラメータとして A_{iax} を定義した。条件式(1)の Z_{iax} と同様に、内部光学面の重心は、内部光学面が円形の場合はその中心軸と一致する。よって、 A_{iax} は、撮像部材の中心軸を通る平面で定義される断面内の形状における、曲面領域の内部光学面重心に対向する位置での傾斜角であって、内部光学面の中心軸上での傾斜角である。

【0098】

A_{iax} は、外面において内部光学面に対向する位置での傾斜角である。そのため、光学的な屈折作用にも強く影響し、かつ、先細り傾向にも影響する。

40

【0099】

条件式(2)の下限値を下回ると、傾斜角が小さくなり過ぎてしまう。この場合、透明樹脂部材(挿入部)における先細り傾向が不足するので、挿入性が悪化する。

【0100】

透明樹脂部材内には、複数の部材が配置される。複数の部材の各々の位置は、機能や作用等を考慮して決まる。他の部材の位置との関係から、内部光学面は、透明樹脂部材の外径中心よりも外周側に近い場所に位置する。この場合、所定の位置は、透明樹脂部材の外周に近い位置になる。

【0101】

条件式(2)の下限値を下回るとは、所定の位置における接線が、中心軸とほぼ垂直

50

になることを意味する。これは、曲面領域において外周近傍に位置する領域では、面の法線が中心軸に対して並行に近いことを意味する。言い換えると、この領域は、円柱の端面に近い面になっていることになる。曲面領域に対する円柱の端面の占める割合が多い場合、透明樹脂部材の形状が先細になっているとは言い難い。よって、そのような形状では挿入性が悪化する。

【0102】

条件式(2)の上限値を上回ると、傾斜角が大きくなり過ぎるので、内部光学面の位置が、貫通孔の開口部から遠ざかる。あるいは、内部光学面の位置が、挿入部手元側に後退し過ぎることとなる。この場合、曲面領域での照明光に対する屈折作用が大きくなり過ぎる。

10

【0103】

二つの非貫通孔が貫通孔を挟むように形成されている場合、貫通孔の両側から照明が行われる。この場合、一方の側から照射された照明光と、他方の側から照射された照明光とが重なる領域(以下、「重複領域」という)が生じる。曲面領域での照明光に対する屈折作用が大きくなり過ぎると、重複領域が減少する。その結果、重複領域の境界付近での配光ムラが発生し易くなる。

【0104】

条件式(2)の好ましい下限値は 16° である。また、条件式(2)の好ましい上限値は 32° である。 A_{iax} の値が 16° から 32° の範囲内であれば、先細り傾向の不足や、配光ムラや配光不足が生じない。

20

【0105】

以上のように、本実施形態に係る内視鏡照明光学系によれば、挿入性の改善と配光ムラの低減とを実現することができる。

【0106】

本実施形態に係る内視鏡照明光学系は、非貫通孔を複数有し、少なくとも2つの非貫通孔は、中心軸を含む平面で定義される断面の少なくとも一つに対して鏡像対称となるように形成されていることが望ましい。

【0107】

このようにすることで、配光の対称性が得られる。膀胱用内視鏡では、膀胱が被写体になる。膀胱は、左右対称に近い形状を持つ臓器である。よって、膀胱内の広角観察においては、膀胱の左側の内壁と右側の内壁が、各々、画像の左端付近と右端付近に捉えられているような観察が想定される。膀胱の左側の内壁から右側の内壁までを明瞭に観察できるためには、撮像範囲が均一に照明されていることが望ましい。

30

【0108】

このような広角観察では、撮像範囲のアスペクト比は、横長のアスペクト比になる。すなわち、上下方向(垂直方向)の幅に比べて、左右方向(水平方向)の幅が広がる。このような撮像範囲を1つの方向から照明することは可能である。しかしながら、複数の方向から照明することで、より均一な照明が可能になる。

【0109】

このようなことから、本実施形態に係る内視鏡照明光学系は、非貫通孔を複数有する。これにより、透明樹脂部材に複数の照明部材を配置することができる。この場合、複数の方向から照明が行えるので、より均一な照明が可能になる。

40

【0110】

また、少なくとも2つの非貫通孔は、中心軸を含む平面で定義される断面の少なくとも一つに対して鏡像対称となるように形成されている。このようにすることで、撮像範囲に対して略対称な位置から、照明光を照射することができる。よって、より均一な照明が可能になる。

【0111】

非貫通孔の数が奇数の場合、例えば、非貫通孔が3つの場合、2つの非貫通孔を鏡像対称となるように形成する。残り一つの貫通孔は、2つの貫通孔から略等距離の位置に形成

50

すれば良い。例えば、図1 (b) では、A-Aで示す直線上に形成すれば良い。更に、貫通孔の近傍に、非貫通孔を形成すれば良い。

【0112】

本実施形態に係る内視鏡照明光学系では、曲面領域の形状は、中心軸付近に対称軸を有する軸対称な形状で、対称軸からの距離を変数とする関数式で定義可能であり、以下の条件式(3)、(4)を満足することが望ましい。

$$0.15 < Z[L] / Z[D_s/2] < 0.55 \quad (3)$$

$$0.4 < A[L] / A[D_s/2] < 0.8 \quad (4)$$

ここで、

Z[r] は、対称軸から距離 r だけ離れた曲面領域上の点における変位を表す関数、
変位は、境界を基準にして、曲面領域上の点までの距離を中心軸に沿って測ったときの距離、

A[r] は、対称軸から距離 r だけ離れた曲面領域上の点における Z[r] の微係数に基づく傾斜角を表す関数、

L は、対称軸から内部光学面の重心までの距離、

D_s は、透明樹脂部材の最大外径、
である。

【0113】

本実施形態に係る内視鏡照明光学系では、曲面領域の形状は、中心軸付近に対称軸を有する軸対称な形状である。そこで、対称軸からの距離を基準にして、曲面領域上の点における変位や傾斜角を求めることができる。

【0114】

Z[r] は変位を表す関数で、距離を変数としている。Z[r] は、対称軸から距離 r だけ離れた曲面領域上の点における変位を表している。変位は、境界を基準にして、曲面領域上の点までの距離を中心軸に沿って測ったときの距離である。

【0115】

A[r] は、傾斜角を表す関数で、距離を変数としている。A[r] は、対称軸から距離 r だけ離れた曲面領域上の点における Z[r] の微係数に基づく傾斜角を表している。

【0116】

上述のように、撮像部材5の先端面を、変位や傾斜角を求める際の基準にすることができる。中心軸AXoは、挿入部の軸に置き換えることができる。よって、Z[r] や A[r] は、以下のように、撮像部材5や挿入部の軸を用いて定義することができる。

【0117】

Z[r] は、曲面領域対称軸からの距離 r における挿入部軸方向変位であって、撮像部材先端面基準での変位である。A[r] は、曲面領域対称軸からの距離 r における Z[r] の微係数に基づく傾斜角であって、撮像部先端面基準での傾斜角である。

【0118】

条件式(3)は、曲面領域が軸対称な関数式で定義された場合の変位傾向を、2つの変位値を基に規定するものである。条件式(1)で定義したZ_{iax}は、面形状が数式で定義されるか否かに依存せずに定まる値であった。

【0119】

これに対して、条件式(3)におけるZ[L] や Z[D_s/2] は、例えば数式(A)の形で面形状が定義された場合に、数式(B)のSを、L又はD_s/2に置き換えることで算出可能である。また、数式(A)を別の軸対称な関数式に置き換えた際にも算出可能である。

【0120】

Z[L] は、条件式(1)のZ_{iax}を関数式に置き換えたものに相当する。Z[L] は、関数Z[r]の変数rに、Lを代入したものである。Lは、対称軸から内部光学面の重心までの距離である。よって、Z[L] は、曲面領域において内部光学面と対向する場所の変位、又はその付近の変位を表している。そのため、Z[L] の値は、光学特性への影

10

20

30

40

50

響が大きい。

【0121】

$Z[D_s/2]$ は、関数 $Z[r]$ の変数 r に、 $D_s/2$ を代入したものである。 $D_s/2$ は、透明樹脂部材の最大半径である。よって、 $Z[D_s/2]$ は、曲面領域において透明樹脂部材の最大半径の位置での変位を示している。

【0122】

別の言い方をすると、 $Z[D_s/2]$ は、透明樹脂部材の最大半径を数式 (B) の S として入力した際の曲面領域の軸方向変位である。 $Z[D_s/2]$ は、撮像部材の中心軸と透明樹脂部材の外径中心を仮に一致させた場合の変位に相当する。曲面領域における変位は、外周側に向かって変化する。 $Z[D_s/2]$ は、外周側に向かって形状が変化するときの変位度合を示すパラメータとなる。

10

【0123】

条件式 (3) の $Z[L]/Z[D_s/2]$ は、外周側に向けての変位で規格化した、光学的影響が大きい変位の比率を示すものとなる。よって、 $Z[L]/Z[D_s/2]$ は、曲面領域における形状変化の傾向を最適化するためのひとつの指針となる。

【0124】

$Z[L]/Z[D_s/2]$ の値が相対的に小さい場合、曲面領域の形状は、内部光学面と対向する場所から外周側に向けて急峻に変位する形状になる。そのため、先細り傾向は弱まる。また、 $Z[L]/Z[D_s/2]$ の値が相対的に大きい場合、曲面領域の形状は、内部光学面と対向する場所から撮像部材側で急峻に変位する形状になる。そのため、先細り傾向は強まる。

20

【0125】

条件式 (3) の下限値を下回ると、曲面領域において、内部光学面に対向する場所から外周側に向けての変位の変化が、急峻になり過ぎる。この場合、先細り傾向が不足するので、挿入性が悪化する。更に、内部光学面に対向する場所から外周側に向けて形状が急峻に変化すると、その付近での屈折力の変化が大きくなる。そのため、配光ムラを生じ易くなる。

【0126】

条件式 (3) の上限値を上回ると、内部光学面に対向する場所から撮像部材側に向けて形状が急峻に変化する。この場合、その付近での屈折力の変化が大きくなる。そのため、配光ムラを生じ易くなる。

30

【0127】

条件式 (3) の好ましい下限値は 0.25 である。また、条件式 (3) の好ましい上限値は 0.4 である。 $Z[L]/Z[D_s/2]$ の値が 0.25 から 0.4 までの範囲内であれば、内部光学面に対向する場所から外周側、又は、内部光学面に対向する場所から撮像部材側のいずれに対しても、形状の急峻な変化の発生を、より抑制することができる。その結果、配光ムラを生じるような過度な屈折力の変化の発生も抑制することができる。

【0128】

条件式 (4) は、曲面領域が軸対称な関数式で定義された場合の傾斜角の変化傾向を、2つの傾斜角値を基に規定するものである。条件式 (2) で定義した A_{iax} は、面形状が数式で定義されるか否かに依存せずに定まる値であった。

40

【0129】

これに対して、条件式 (4) における $A[L]$ や $A[D_s/2]$ は、例えば数式 (A) の形で面形状が定義された場合に、数式 (A) を微分して、 S を L もしくは $D_s/2$ に置き換えることで算出可能である。また、数式 (A) を別の軸対称な関数式に置き換えた際にも算出可能である。

【0130】

$A[L]$ は、条件式 (2) の A_{iax} を関数式に置き換えたものに相当する。 $A[L]$ は、関数 $A[r]$ の変数 r に、 L を代入したものである。よって、 $A[L]$ は、曲面領域において内部光学面の対向する場所の傾斜角、またはその付近の傾斜角を表している。その

50

ため、 $A[L]$ の値は、光学特性への影響が大きい。

【0131】

$A[D_s/2]$ は、関数 $A[r]$ の変数 r に、 $D_s/2$ を代入したものである。 $D_s/2$ は、透明樹脂部材の最大半径である。よって $A[D_s/2]$ は、透明樹脂部材の最大半径に相当する位置における曲面領域の傾斜角を表している。 $A[D_s/2]$ は、撮像部材の中心軸と透明樹脂部材の外径中心を仮に一致させた場合の傾斜角に相当する。曲面領域における傾斜角は、外周側に向かって変化する。よって、 $A[D_s/2]$ は、外周側に向かって傾斜角が変化する時の傾斜傾向を示すパラメータとなる。

【0132】

条件式(4)の $A[L]/A[D_s/2]$ は、外周側に向けての傾斜角で規格化した、光学的影響が大きい傾斜角の比率を示すものとなる。よって、条件式(3)と同様に、 $A[L]/A[D_s/2]$ は、曲面領域における形状変化の傾向を最適化するためのもうひとつの指針となる。

【0133】

条件式(3)の場合と同様に、 $A[L]/A[D_s/2]$ の値が相対的に小さい場合、曲面領域の形状は、内部光学面と対向する場所から外周側に向けて急峻に変位形状になる。そのため、先細り傾向は弱まる。また、 $A[L]/A[D_s/2]$ の値が相対的に大きい場合、曲面領域の形状は、内部光学面と対向する場所から撮像部材側で急峻に変位する形状になる。そのため、先細り傾向は強まる。

【0134】

条件式(4)の下限値を下回ると、曲面領域において、内部光学面に対向する場所から外周側に向けての傾斜角の変化が、急峻になり過ぎる。この場合、先細り傾向が不足するので、挿入性が悪化する。

【0135】

更に、内部光学面から外周側に向けて傾斜角が急峻に変化すると、その付近での屈折力の変化が大きくなる。そのため、配光ムラを生じ易くなる。

【0136】

条件式(4)の上限値を上回ると、内部光学面に対向する場所から撮像部材側に向けて傾斜角が急峻に変化する。この場合、その付近での屈折力の変化が大きくなる。そのため、配光ムラを生じ易くなる。

【0137】

条件式(4)の好ましい下限値は0.5である。また、条件式(4)の好ましい上限値は0.75である。範囲内で更に望ましい $A[L]/A[D_s/2]$ の値が0.5から0.75までの範囲内であれば、内部光学面に対向する場所から外周側、又は、内部光学面に対向する場所から撮像部材側のいずれに対しても、傾斜角の急峻な変化の発生を、より抑制することができる。その結果、配光ムラを生じるような過度な屈折力の変化の発生も抑制することができる。

【0138】

本実施形態に係る内視鏡照明光学系では、曲面領域は、中心軸付近に対称軸を有する球面もしくは非球面であり、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$0.55 < Ro_{ax}/D_s < 2 \quad (5)$$

ここで、

Ro_{ax} は、球面中心部における曲率半径絶対値、又は非球面中心部における曲率半径絶対値、

D_s は、透明樹脂部材の最大外径、である。

【0139】

曲面領域は、球面又は非球面であることが望ましい。球面と非球面は、どちらも中心軸付近に対称軸を有することが望ましい。条件式(5)は、曲面領域の形状として、球面又は非球面を用いた際の望ましい曲率半径絶対値を規定するものである。

【0140】

Roaxは長さの次元を有するため、条件式(1)の場合と同様に、透明樹脂部材の最大外径Dsで規格化した。

【0141】

曲面領域の形状に関しては、光学的に重要な位置での変位と傾斜角の望ましい条件を、条件式(1)や条件式(2)で規定した。また、曲面領域の形状が軸対称で、かつ関数定義可能であるという前提で、条件式(3)、条件式(4)では、曲面領域における変位と傾斜角の変化傾向に関する望ましい条件を規定した。

【0142】

条件式(5)は、曲面領域の形状が、球面又は非球面に限定される場合に好ましい条件式である。球面又は非球面において、中心曲率半径は基本となるパラメータである。Roaxは、変位や傾斜角、及び、それらの変化傾向をまとめて規定するのに最適なパラメータである。

10

【0143】

Roax/Dsの値が相対的に小さい場合、曲面領域が強い凸形状となる。この場合、先細り傾向が強まるので挿入性は向上する。但し、曲面領域における正の屈折力が大きくなるので、配光角が狭められてしまうという光学的な悪影響が生じる。更に、内部光学面の位置が、貫通孔の開口部から遠ざかる。そうすると、貫通孔の開口部周辺や、外面の外周部周辺に到達する照明光が増加する。その結果、配光ムラが増大する。

【0144】

20

別の言い方をすると、照明部材と内部光学面が挿入部手元側に後退するので、撮像部材や外周部等に到達する光が増加する。

【0145】

また、Roax/Dsの値が相対的に大きい場合、先細り傾向が弱まる。この場合、挿入性が悪化する。

【0146】

条件式(5)の下限値を下回ると、配光角が狭められてしまうという光学的な悪影響が生じる。更に、内部光学面の位置が、貫通孔の開口部から遠ざかる。そうすると、貫通孔の開口部周辺や、外面の外周部周辺に到達する照明光が増加する。その結果、配光ムラが増大する。

30

【0147】

別の言い方をすると、照明部材と内部光学面が挿入部手元側に後退し過ぎるので、撮像部材や外周部等に到達する光が増加する。撮像部材や外周部では、光学的に屈折性を制御することが難しい。

【0148】

条件式(5)の上限値を上回ると、先細り傾向が弱くなり過ぎてしまう。この場合、挿入性が悪化する。

【0149】

条件式(5)の好ましい下限値は0.6である。また、条件式(5)の好ましい上限値は1.2である。Roax/Dsの値が0.6から1.2の範囲内であれば、先細り傾向と光学特性を、良好にバランスさせることができる。

40

【0150】

ここで、本実施形態に係る内視鏡照明光学系の望ましい構成を以下にまとめる。

【0151】

本実施形態に係る内視鏡照明光学系の構成は、挿入部先端に撮像部材を保持する機能と照明光学機能を有する透明樹脂部材を有し、透明樹脂部材は、内面側に照明光を透明樹脂部材に入射させる内部光学面を有し、内部光学面に対向する位置に、照明光を出射するライトガイドもしくは発光体を有し、透明樹脂部材の外面には、内部光学面経由の照明光を物体空間に出射させる曲面領域を有し、

50

曲面領域は撮像部材との境界付近から挿入部外周に向かって挿入部手元側に変位する形状であり、

撮像部材の中心軸を通る平面で定義される断面内の形状に関し、少なくとも中心軸から内部光学面に向かう方位において、撮像部材の中心軸から外周に向かうに従って変位と傾斜角が連続的かつ単調増加し、条件式(1)～(2)を満足する構成が望ましい。

内部光学面、ライトガイド又は発光体、及び曲面領域は、撮像部材の中心軸を通る平面で定義される断面の少なくとも一つに対して鏡像対称であるのが望ましい。

曲面領域の挿入部軸方向変位は、撮像部材の中心軸付近に対称軸を有する軸対称な形状で、対称軸から距離を変数とする関数式で定義可能とし、条件式(3)～(4)を満足する構成が望ましい。

更に、曲面領域は、撮像部材の中心軸付近に対称軸を有する球面もしくは非球面である場合は、条件式(5)を満足するのが望ましい。

【0152】

以下に、内視鏡照明光学系の実施例を、図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

【0153】

実施例1に係る内視鏡照明光学系と、比較例に係る内視鏡照明光学系と、を対比させながら説明する。図4は、実施例1に係る内視鏡照明光学系の構成概略図である。図4(a)は上面図、図4(b)は正面図、図4(c)は側面図である。図17は、比較例に係る内視鏡照明光学系の構成概略図である。図17(a)は上面図、図17(b)は正面図、図17(c)は側面図である。上述の内視鏡照明光学系10と同じ構成については、詳細な説明を省略する。

【0154】

実施例1について説明する。内視鏡照明光学系100は、内視鏡の挿入部の先端に配置される。内視鏡照明光学系100は、透明樹脂部材101と、照明部材102と、を有する。

【0155】

中心軸AXoと直交する断面における透明樹脂部材101の形状は、略円形である。透明樹脂部材101には、非貫通孔103と、貫通孔104と、が形成されている。非貫通孔103は、照明部材102を配置するための孔である。貫通孔104は、撮像部材105を配置するための孔である。

【0156】

非貫通孔103では、孔が透明樹脂部材101の外表面106まで到達していない。透明樹脂部材101の内部では、照明部材102に対向する位置に、内部光学面107が形成されている。内部光学面107の形状は、像側に向かって凹になっている。また、外表面106には、内部光学面107に対向する位置に、曲面領域108が位置している。

【0157】

撮像部材105は、観察機能を有する。撮像部材105は、固体撮像素子109と対物光学系(不図示)とを有する。固体撮像素子109は、撮像面を有する。図4(b)には、撮像面における撮像有効範囲110が長方形で示されている。対物光学系は、撮像面上に被写体像を形成する。図4(b)において、上下方向(垂直方向)は、画像の垂直方向に対応し、左右方向(水平方向)は、画像の水平方向に対応する。固体撮像素子109は、水平方向に横長なアスペクト比を持つ画像の信号を出力する。

【0158】

透明樹脂部材101内には、チャンネル開口部111が形成されている。一般的に、チャンネルは、処置具を挿入する経路として知られている。泌尿器用内視鏡では、尿等の濁った液が観察の障害となる。そのため、濁った液を、透明性の高い生理食塩水等と置き換える必要がある。この置き換えを灌流と言い、この灌流にもチャンネルが使用される。

【0159】

チャンネル開口部111の直径は、灌流能力と処置能力の両方を左右するため、非常に

10

20

30

40

50

重要である。膀胱用内視鏡では、6.5 mm程度の内視鏡外径に対して、2 mm以上のチャンネル径（直径）が必要である。

【0160】

透明樹脂部材101の直径内では、固体撮像素子109とチャンネル開口部111が、断面積の大きい構造物である。固体撮像素子109とチャンネル開口部111を上下方向に配置すると、照明部材102を配置できるのは、左右方向の空間に限られてしまう。

【0161】

照明部材102としてライトガイドを用いる場合、透明樹脂部材101の内部には、先端が2つに分岐したライトガイドを配置する。透明樹脂部材101内において、これら2本のライトガイドは撮像部材105とチャンネル開口部111の軸を結んだ線に対して、左右対称に配置可能である。

10

【0162】

透明樹脂部材101の外径断面内では、照明部材102と内部光学面107の位置は、非光学的な制約で形状が定まる部分、例えば、チャンネル開口部111、撮像部材105及び外周部から離れているのが望ましい。また、照明部材102と内部光学面107の位置は、撮像部材105に対して適度な距離を保つのが望ましい。

【0163】

照明部材102と内部光学面107が挿入部手元側に後退し過ぎると、光学的に屈折性を制御し難い部分、例えば、撮像部材105、チャンネル開口部111及び外周部等に到達する光が増加する。また、照明部材102と内部光学面107が撮像部材105に近づきすぎると、撮像部材105方向の光が撮像部材105で遮光されてしまう。よって、撮像部材105とチャンネル開口部111の外径断面内位置において、照明部材102と内部光学面107は、透明樹脂部材101の上下中心付近で撮像部材105の境界部と外周の中間付近に位置することが望ましい。

20

【0164】

図4(a)、(c)における、「R5.0」は、曲面領域108が、曲率半径が5.0 mmの球面であることを表している。球面は、撮像部材105の中心軸AXo上に曲率中心を有している。球面は、撮像部材105の外周付近で接するように曲率中心の位置を定めている。

【0165】

曲面領域108は、撮像部材105との境界付近から挿入部外周に向かって挿入部手元側に変位し、かつ、撮像部材105の中心軸AXoから内部光学面107に向かう方位において、撮像部材105の中心軸AXoから外周に向かうに従って変位と傾斜角が連続的かつ単調増加する形状になっている。

30

【0166】

更に、内視鏡照明光学系100は、条件式(1)、(2)を満足する。よって、内視鏡照明光学系100では、挿入性の改善と配光ムラの低減を実現できる。

【0167】

水中観察では、物体空間は水で満たされる。そのため、曲面領域108から物体空間に出射する光の屈折は、透明樹脂部材101と水の屈折率差に応じて定まる。透明樹脂部材101の素材としては、可視域の透過率と屈折率が共に高く、かつ、各種耐久性の高い素材を用いる。このような素材としては、ポリサルホン系樹脂（代表的な屈折率1.635）、又は、ポリフェニルサルホン系樹脂（代表的な屈折率1.675）がある。

40

【0168】

これらの素材では、水（屈折率1.333）より屈折率が高いため、曲面領域108と水との間で屈折が生じる。曲面領域108は、物体側に凸状の球面を有するため、水中観察時にも正の屈折力を有する。このように、曲面領域108は、集光型の屈折作用を有する。よって、曲面領域108は、照明光を拡散させて配光を広げる作用を有していない。

【0169】

比較例について説明する。内視鏡照明光学系500は、透明樹脂部材501と、照明部

50

材 5 0 2 と、を有する。透明樹脂部材 5 0 1 には、非貫通孔 5 0 3 と、貫通孔 5 0 4 と、が形成されている。貫通孔 5 0 3 には、照明部材 5 0 2 が配置され、貫通孔 5 0 4 には、撮像部材 5 0 5 が配置される。

【0170】

撮像部材 5 0 5 は、固体撮像素子 5 0 9 を有する。固体撮像素子 5 0 9 は、撮像面を有する。図 1 7 (b) には、撮像面における撮像有効範囲 5 1 0 が長方形で示されている。

【0171】

透明樹脂部材 5 0 1 の内部には、内部光学面 5 0 7 が形成されている。また、透明樹脂部材 5 0 1 には、チャンネル開口部 5 1 1 が形成されている。また、外面 5 0 6 は、傾斜平面部 5 1 2 と、非光学形状部 5 1 3 と、を有する。

10

【0172】

比較例では、透明樹脂部材 5 0 1 の外面 5 0 6 形状とそれに依存する内部光学面 5 0 7 の挿入部軸方向位置とを除くと、内視鏡照明光学系の構成は実施例 1 と同じである。内部光学面 5 0 7 の形状と照明部材 5 0 2 が同一であるため、外面で屈折する前の照明光の配光特性は、比較例と実施例 1 ~ 4 とで同一である。

【0173】

上述のように、実施例 1 では、透明樹脂部材 1 0 1 の外面 1 0 6 は、曲面領域 1 0 8 を有する。曲面領域 1 0 8 は、撮像部材 1 0 5 との境界付近から挿入部外周に向かって挿入部手元側に変位し、かつ、撮像部材 1 0 5 の中心軸 A X o から内部光学面 1 0 7 に向かう方位において、撮像部材 1 0 5 の中心軸 A X o から外周に向かうに従って変位と傾斜角が連続的かつ単調増加する形状になっている。そして、条件式 (1)、(2) を満足する。

20

【0174】

また、曲面領域 1 0 8 は、曲率半径が 5 . 0 mm の球面である。曲面領域 1 0 8 では、曲率半径が 5 . 0 mm の球面がほぼ先端外面を占めている。透明樹脂部材 1 0 1 の形状は、先細りした滑らかな形状なので、挿入性が良い。

【0175】

そのため、実施例 1 では、挿入性の改善と配光ムラの低減を実現できる。

【0176】

これに対して、比較例では、透明樹脂部材 5 0 1 の外面 5 0 6 は、傾斜平面部 5 1 2 と非光学形状部 5 1 3 とに分離している。傾斜平面部 5 1 2 は、撮像部材 5 0 5 の中心側に向かって 1 5 ° 傾斜している。よって、透明樹脂部材 5 0 1 は、わずかながらではあるが先細り形状になっている。

30

【0177】

傾斜平面部 5 1 2 は、外面 5 0 6 側での光学有効範囲と位置付けられる。この異型有効範囲を、傾斜した平面として光学設計ソフトでモデリングすることで、異型有効範囲について簡易的な光学設計が可能である。しかし、比較例はこの外面 5 0 6 の形状に起因して、配光ムラが生じ易い欠陥を有する。

【0178】

配光ムラの原因は、内部光学面 5 0 7 に比較的近い位置に、非光学形状部 5 1 3 が無視し得ない面積で存在し、かつ、傾斜平面部 5 1 2 と非光学形状部 5 1 3 での屈折に関する不連続性が高いためである。

40

【0179】

更に、比較例の透明樹脂部材 5 0 1 の形状は、先細りしているとは言い難く、かつ、形状が角張っている。そのため、実施例 1 の透明樹脂部材 1 0 1 を用いた場合よりも挿入性が劣る。

【0180】

物体空間における照明光の様子について説明する。実施例 1 と比較例のいずれにおいても、ライトガイドから出射する光の配光特性は同じである。図 5 は、ライトガイドから出射する光の配光特性を示す図である。

【0181】

50

図 5 に示す配光特性を持つ光は、シミュレーションの光源データとして用いられる。ライトガイドからは配光角が 80° 程度の光が出射する想定である。後述の実施例 2 ～ 4 においても、図 5 に示す配光特性を有するライトガイドが用いられている。

【0182】

図 6 は、実施例 1 に係る内視鏡照明光学系における照明光を示す図である。図 6 (a) は、水平方向における光線の拡散を示す光線図、図 6 (b) は、垂直方向における光線の拡散を示す光線図である。図 7 は、実施例 1 の水中における配光特性を示すグラフである。

【0183】

図 18 は、比較例に係る内視鏡照明光学系における照明光を示す図である。図 18 (a) は、水平方向における光線の拡散を示す光線図、図 18 (b) は、垂直方向における光線の拡散を示す光線図である。図 19 は、比較例の水中における配光特性を示すグラフである。

10

【0184】

実施例 1 の光線図と比較例の光線図では、水中に出射する光線の様子が示されている。また、配光グラフにおいて、横軸は水中における角度、縦軸は相対強度、実線は水平方向の配光特性を示し、破線は垂直方向の配光特性を示している。また、配光特性は、水中の FarField 角度分布を、モンテカルロ法によるシミュレーションで求めたもので、 0° 方向を 1 に規格化している。後述の実施例 2 ～ 4 についても同様である。

【0185】

20

図 6 (a)、(b) の光線図によれば、実施例 1 では、水中の物体空間側に向けて、水平方向と垂直方向で、共に、ほぼ満遍なく光が拡散している。図 6 (a)、(b) はモンテカルロ法で多数の光線を追跡した結果の中から、表示上黒潰れしない少数の光線を選択したものである。従って、図 6 (a)、(b) の光線密度の粗密は、強度分布の強弱や配光ムラを表現するものではない。

【0186】

一方、比較例について、実施例 1 における光線の拡散と比較しても、格別の差異は見当たらない。すなわち、図 18 (a)、(b) に示す光線図からだけでは、実施例 1 との差は明確にならない。但し、図 19 に示す水中における配光グラフでは、非光学形状部 513 による配光ムラへの悪影響が顕著に見られる。そのため、配光グラフを用いて説明する。

30

【0187】

図 7 の配光グラフによれば、実施例 1 では、 $\pm 90^\circ$ の範囲で、相対強度はなだらかに変化している。相対強度は、水平方向と垂直方向の両方で、なだらかに変化している。また、水平方向における相対強度と垂直方向における相対強度との差は、各角度において大きくない。

【0188】

一方、図 19 の配光グラフによれば、比較例では、水平方向の $+45^\circ$ 付近において肩が生じている。この肩の部分では、 60° から 45° にかけて滑らかに増加していた相対強度が、 45° から 30° にかけては、相対強度の増加が僅かになっている。これは、この角度方向に強度の高い光を集める傾向があることを表している。

40

【0189】

また、水平方向における相対強度と垂直方向における相対強度との差は、 $\pm 45^\circ$ 付近において大きくなっている。 $\pm 45^\circ$ 付近では、水平方向における相対強度が、垂直方向における相対強度よりも大きい。

【0190】

図 20 も、比較例の配光グラフである。図 20 では、非光学形状部 513 を遮光し、傾斜平面部 512 のみで照明を行っている。図 20 に示す配光グラフから、傾斜平面部 512 から出射した光が、どの角度に、どの程度の強度で照明範囲に向かったかが明らかとなる。図 20 に示す配光グラフでは、水平方向における $+45^\circ$ 付近において肩は生じてい

50

ない。また、水平方向における相対強度と垂直方向における相対強度との差は、 $\pm 45^\circ$ 付近で大きくなっていない。

【0191】

図21も、比較例の配光グラフである。図21では、傾斜平面部512を遮光し、非光学形状部513だけで照明を行っている。図21に示す配光グラフから、非光学形状部513から出射した光が、どの角度に、どの程度の強度で照明範囲に向かったかが明らかとなる。

【0192】

図21に示す配光グラフでは、水平方向の $\pm 45^\circ$ 付近で相対強度が大きくなっている。相対強度のピークは $\pm 45^\circ$ で生じる。このピークにおける相対強度は、図19に示す配光グラフにおける 0° 方向の相対強度の20%であることがわかる。 $\pm 45^\circ$ 付近で相対強度を持つ光が、図19に示す配光グラフにおいて、水平方向の $\pm 45^\circ$ 付近で肩を生じさせた光と考えられる。

【0193】

このように、非光学形状部513から出射する光は、不要光とみなせる光である。この光が、配光ムラを形成したと考えられる。

【0194】

配光グラフを、実施例1と比較例とで比較すると、実施例1の配光グラフでは、比較例の配光グラフに見られたような肩は無い。よって、実施例1に係る内視鏡照明光学系では、実害となる配光ムラは生じない。

【0195】

また、図20に示すように、非光学形状部513を遮光すると、配光ムラを消失させることができる。ただし、この場合、配光グラフから分かるように、水平方向における配光角は、実施例1に比べて狭くなる。このように、実施例1に係る内視鏡照明光学系では、水平方向において 45° 以上の配光角が確保できている。よって、この点で、実施例1に係る内視鏡照明光学系の方が優れている。この理由は、曲面領域108が、配光ムラを生じない滑らかな形状で、かつ、光学有効範囲を拡大できるためである。

【0196】

図7に示す配光グラフでは、 $\pm 40^\circ$ 以内でリップルが見られる。このリップルは、モンテカルロ法の光線本数に依存する誤差である。よって、このリップルは、配光ムラを形成するものではない。

【0197】

比較例では、傾斜平面部512が光学有効範囲に相当する。比較例では、傾斜平面部512と非光学形状部513が分離した形状になっている。そのため、その不連続性に伴って配光ムラが発生することが避けられない。

【0198】

非光学形状部513が遮光できれば配光ムラが抑制できることは、シミュレーション上では明らかである。しかし、内視鏡先端部に要求されるサイズの範囲内で、透明樹脂部材において、遮光部材を加えた多段階の複合成形を行うことは現実的ではない。透明樹脂部材の価値は、それ自身が一つの透明素材で一体成形できることにより、枠機能と光学機能を複合した小型かつ複雑な形状でも製造可能なことにある。

【0199】

比較例において、透明樹脂部材501の外表面506側の形状を変更せずに、配光ムラを低減する方法としては、内部光学面507の工夫により、非光学形状部513を透過して配光ムラを生じる不要光を減少させることが考えられる。

【0200】

具体的には、内部光学面507における発散作用を弱める。このようにすると、傾斜平面部512を透過する光の比率が増加するので、非光学形状部513を透過する光の比率が相対的に減少する。但し、この方法では配光角が狭くなるため、水中での広角観察に対応した十分な配光角を実現できない。よって、水中での広角観察に必要な配光の確保と配

10

20

30

40

50

光ムラの回避を両立できるためには、実施例 1 において曲面領域 108 で示したように、外面 106 の形状を工夫することが必須である。

【0201】

実施例 2 に係る内視鏡照明光学系について説明する。図 8 は、実施例 2 に係る内視鏡照明光学系の構成概略図である。図 8 (a) は上面図、図 8 (b) は正面図、図 8 (c) は側面図である。図 9 は、実施例 2 に係る内視鏡照明光学系における照明光を示す図である。図 9 (a) は、水平方向における光線の拡散を示す光線図、図 9 (b) は、垂直方向における光線の拡散を示す光線図である。図 10 は、実施例 2 の水中における配光特性を示すグラフである。これら全ての図は、実施例 1 と同じ条件で作成している。

【0202】

内視鏡照明光学系 200 は、内視鏡の挿入部の先端に配置されている。内視鏡照明光学系 200 は、透明樹脂部材 201 と、照明部材 202 と、を有する。

【0203】

透明樹脂部材 201 には、非貫通孔 203 と、貫通孔 204 と、が形成されている。非貫通孔 203 は、照明部材 202 を配置するための孔である。貫通孔 204 は、撮像部材 205 を配置するための孔である。

【0204】

非貫通孔 203 では、孔が透明樹脂部材 201 の外面 206 まで到達していない。透明樹脂部材 201 の内部では、照明部材 202 に対向する位置に、内部光学面 207 が形成されている。内部光学面 207 の形状は、像側に向かって凹になっている。また、外面 206 には、内部光学面 207 に対向する位置に、曲面領域 208 が位置している。

【0205】

撮像部材 205 は、固体撮像素子 209 と対物光学系とを有する。図 8 (b) には、撮像面における撮像有効範囲 210 が長方形で示されている。透明樹脂部材 201 内には、チャンネル開口部 211 が形成されている。

【0206】

図 8 (a)、(c) における、「R7.1」は、曲面領域 208 が、曲率半径が 7.1 mm の球面であることを表している。球面は、撮像部材 205 の中心軸 AXo 上に曲率中心を有している。球面は、撮像部材 205 の外周付近で接するように曲率中心の位置を定めている。

【0207】

曲面領域 208 は、撮像部材 205 との境界付近から挿入部外周に向かって挿入部手元側に変位し、かつ、撮像部材 205 の中心軸 AXo から内部光学面 207 に向かう方位において、撮像部材 205 の中心軸 AXo から外周に向かうに従って変位と傾斜角が連続的かつ単調増加する形状になっている。

【0208】

図 8 (a)、(c) に示す通り、曲率半径が 7.1 mm の球面が、先端外面の多くを占めている。但し、実施例 2 における球面は、実施例 1 における球面と比較して、曲率半径が大きい。そのため、曲面領域 208 は、照明光が届かないチャンネル開口部 211 側の外周付近で、別の曲面に分離している。このようにして、外面 206 が、先細りした滑らかな形状になるよう補正している。

【0209】

実施例 2 における透明樹脂部材 201 は、実施例 1 における透明樹脂部材 101 よりも先細り傾向は劣る。しかしながら、比較例における透明樹脂部材 501 よりも、先細り形状としては優れている。

【0210】

図 9 (a)、(b) の光線図によれば、実施例 2 では、水中の物体空間側に向けて、水平方向と垂直方向で、共に、ほぼ満遍なく光が拡散している。図 10 に示す配光グラフによれば、比較例の配光グラフに見られたような肩は無い。よって、実施例 2 に係る内視鏡照明光学系では、実害となる配光ムラは生じない。

【0211】

また、図19に示す比較例における配光グラフと比較すると、実施例2に係る内視鏡照明光学系では、水平方向において45°以上の配光角が確保できている。よって、この点で、実施例2に係る内視鏡照明光学系の方が優れている。

【0212】

実施例3に係る内視鏡照明光学系について説明する。図11は、実施例3に係る内視鏡照明光学系の構成概略図である。図11(a)は上面図、図11(b)は正面図、図11(c)は側面図である。図12は、実施例3に係る内視鏡照明光学系における照明光を示す図である。図12(a)は、水平方向における光線の拡散を示す光線図、図12(b)は、垂直方向における光線の拡散を示す光線図である。図13は、実施例3の水中における配光特性を示すグラフである。これら全ての図は他の実施例と同条件で作成している。

10

【0213】

内視鏡照明光学系300は、内視鏡の挿入部の先端に配置されている。内視鏡照明光学系300は、透明樹脂部材301と、照明部材302と、を有する。

【0214】

透明樹脂部材301には、非貫通孔303と、貫通孔304と、が形成されている。非貫通孔303は、照明部材302を配置するための孔である。貫通孔304は、撮像部材305を配置するための孔である。

【0215】

非貫通孔303では、孔が透明樹脂部材301の外表面306まで到達していない。透明樹脂部材301の内部では、照明部材302に対向する位置に、内部光学面307が形成されている。内部光学面307の形状は、像側に向かって凹になっている。また、外表面306には、内部光学面307に対向する位置に、曲面領域308が位置している。

20

【0216】

撮像部材305は、固体撮像素子309と対物光学系とを有する。図11(b)には、撮像面における撮像有効範囲310が長方形で示されている。透明樹脂部材301内には、チャンネル開口部311が形成されている。

【0217】

図11(a)、(c)における、「R4.35」は、曲面領域308が、曲率半径が4.35mmの球面であることを表している。球面は、撮像部材305の中心軸AXo上に曲率中心を有している。球面は、撮像部材305の外周付近で接するように曲率中心の位置を定めている。

30

【0218】

曲面領域308は、撮像部材305との境界付近から挿入部外周に向かって挿入部手元側に変位し、かつ、撮像部材305の中心軸AXoから内部光学面307に向かう方位において、撮像部材305の中心軸AXoから外周に向かうに従って変位と傾斜角が連続的かつ単調増加する形状になっている。

【0219】

図11(a)、(c)に示す通り、曲率半径が4.35mmの球面が、先端外面の多くを占めている。実施例3における球面は、実施例1における球面と比較して、曲率半径が小さい。よって、実施例3における透明樹脂部材301は、実施例1における透明樹脂部材101よりも先細りした滑らかな形状になっている。実施例3における透明樹脂部材301は、挿入性に優れている。

40

【0220】

図12(a)、(b)の光線図によれば、実施例3では、水中の物体空間側に向けて、水平方向と垂直方向で、共に、ほぼ満遍なく光が拡散している。図13に示す配光グラフによれば、比較例の配光グラフに見られたような肩は無い。よって、実施例3に係る内視鏡照明光学系では、実害となる配光ムラは生じない。

【0221】

また、図19に示す比較例における配光グラフと比較すると、実施例3に係る内視鏡照

50

明光学系では、水平方向において 45° 以上の配光角が確保できている。よって、この点で、実施例3に係る内視鏡照明光学系の方が優れている。

【0222】

実施例4に係る内視鏡照明光学系について説明する。図14は、実施例4に係る内視鏡照明光学系の構成概略図である。図14(a)は上面図、図14(b)は正面図、図14(c)は側面図である。図15は、実施例4に係る内視鏡照明光学系における照明光を示す図である。図15(a)は、水平方向における光線の拡散を示す光線図、図15(b)は、垂直方向における光線の拡散を示す光線図である。図16は、実施例4の水中における配光特性を示すグラフである。これら全ての図は他の実施例と同条件で作成している。

【0223】

内視鏡照明光学系400は、内視鏡の挿入部の先端に位置する。内視鏡照明光学系400は、透明樹脂部材401と、照明部材402と、を有する。

【0224】

透明樹脂部材401には、非貫通孔403と、貫通孔404と、が形成されている。非貫通孔403は、照明部材402を配置するための孔である。貫通孔404は、撮像部材405を配置するための孔である。

【0225】

非貫通孔403では、孔が透明樹脂部材401の外面406まで到達していない。透明樹脂部材401の内部では、照明部材402に対向する位置に、内部光学面407が形成されている。内部光学面407の形状は、像側に向かって凹になっている。また、外面406には、内部光学面407に対向する位置に、曲面領域408が位置している。

【0226】

撮像部材405は、固体撮像素子409と対物光学系とを有する。図14(b)には、撮像面における撮像有効範囲410が長方形で示されている。透明樹脂部材401内には、チャンネル開口部411が形成されている。

【0227】

実施例4では、曲面領域408は軸対称非球面である。曲面領域408は、数式(A)のパラメータにおいて、 $R = 5.0\text{ mm}$ 、 $K = 0.37$ で定義される非球面である。Kの値が正であるため、曲面領域408は、外周に近づくに従い、曲率半径が 5.0 mm の基準球面よりも変位が増大する形状になっている。

【0228】

曲面領域408は、撮像部材405との境界付近から挿入部外周に向かって挿入部手元側に変位し、かつ、撮像部材405の中心軸AXoから内部光学面407に向かう方位において、撮像部材405の中心軸AXoから外周に向かうに従って変位と傾斜角が連続的かつ単調増加する形状になっている。

【0229】

図14(a)、(b)に示す通り、非球面が先端外面の多くを占めている。実施例4における非球面は、実施例1における球面と比較して、中心軸AXoに沿う方向の変位が大きい。よって、実施例4における透明樹脂部材401は、同じ中心曲率半径の実施例1における透明樹脂部材101よりも先細りした滑らかな形状になっている。実施例4における透明樹脂部材401は、挿入性に優れている。

【0230】

図15(a)、(b)の光線図によれば、実施例4では、水中の物体空間側に向けて、水平方向と垂直方向で、共に、ほぼ満遍なく光が拡散している。図16に示す配光グラフによれば、比較例の配光グラフに見られたような肩は無い。よって、実施例4に係る内視鏡照明光学系では、実害となる配光ムラは生じない。

【0231】

また、図19に示す比較例における配光グラフと比較すると、実施例4に係る内視鏡照明光学系では、水平方向において 45° 以上の配光角が確保できている。よって、この点で、実施例4に係る内視鏡照明光学系の方が優れている。

【0232】

実施例4における配光特性は、実施例1～3とほぼ同等である。よって、実施例4では、非球面の自由度を有効活用して、光学的な弊害を生じさせずに、挿入性改善を実現している。

【0233】

以上のように、実施例1～4は、夫々、異なる構成を有する。しかしながら、実施例1～4は、夫々、条件式(1)、(2)を満足している。条件式(1)、(2)は、曲面領域の形状の定義方法に依存しない基本要件として好適である。

【0234】

また、全ての実施例は、曲面領域が軸対称な関数式で定義された場合の条件式(3)、(4)を満足している。条件式(3)、(4)は、軸対称な関数式を用いて最適設計を行う際の要件として好適である。

10

【0235】

更に、全ての実施例は、曲面領域が球面もしくは軸対称非球面で定義された場合の条件式(5)も満足している。条件式(5)は、曲面領域の曲率半径を適切に設定する条件として実用的である。

【0236】

各実施例における条件式の値を以下に掲げる。

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
(1)Z _{iax} /D _s	0.053	0.036	0.062	0.054
(2)A _{iax} (=A[L])	26.1°	18.0°	30.3°	27.1°
(3)Z[L]/Z[D _s /2]	0.331	0.346	0.319	0.317
(4)A[L]/A[D _s /2]	0.643	0.661	0.627	0.602
(5)Ro _{ax} /D _s	0.769	1.092	0.669	0.769

20

【0237】

各実施例におけるパラメータの値を以下に掲げる。

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
Z _{iax} (=Z[L])	0.343mm	0.233mm	0.404mm	0.353mm
D _s	6.5mm	6.5mm	6.5mm	6.5mm
A _{iax} (=A[L])	26.1°	18.0°	30.3°	27.1°
Z[D _s /2]	1.035mm	0.672mm	1.268mm	1.115mm
A[D _s /2]	40.5°	27.2°	48.3°	45.0°
Ro _{ax}	5mm	7.1mm	4.35mm	5mm

30

【0238】

本発明の各実施例について説明する。比較例の説明で述べた通り、透明樹脂部材の外形状とそれに依存する内部光学面の挿入部軸方向位置を除いて、各実施例と比較例は同構成である。また、内部光学面の形状とライトガイドが同一であるため、外面で屈折する以前の配光特性は各実施例と比較例は同一である。曲面領域は、実施例1～3が球面であり、実施例4が軸対称非球面である。

【0239】

40

全ての実施例では、対物光学系における視野（水中水平画角が118.7°、水中垂直画角が76.3°）の少し内側の範囲を、照明範囲として想定している。全ての実施例では、水中にて以下の配光特性が得られるように設計している。配光特性では、中心における照度に対する照度比を用いている。

画面水平方向の水中57°方向における照度比： 20%以上。

画面垂直方向の水中36°方向における照度比： 60%以上。

【0240】

各実施例の配光特性と比較例の配光特性を、以下に示す。各数値は、照度比を%で表している。実施例1の中心における照度を100%としている。水平方向の値は、角度57°方向における値である。垂直方向の値は、角度36°方向における値である。

50

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	比較例
中心	100.0	99.0	108.2	103.5	99.4
水平方向	23.9	24.7	22.7	23.1	25.7
垂直方向	71.0	72.0	71.7	75.0	66.6

【0241】

上記に示す通り、全ての実施例は、目標とする高い配光を実現している。また、中心における照度比は、全実施例で約100%になっている。よって、中心においても、照度は全実施例でほぼ同等になっている。このように、照明光学系に求められる効率性については、各実施例で大きな差異は無い。比較例の配光特性でも、中心における照度比に関しては、各実施例とほぼ同等である。ただし、上述のように、配光ムラに関しては、比較例と各実施例とで大きな差が生じている。

10

【0242】

各実施例と比較例は、透明樹脂部材やチャンネル開口部等に関して、仕様が共通する部分がある。共通仕様を表1に示す。XY座標系については、次のように定義する。透明樹脂部材における最大外径の中心を、XY座標の原点とする。外径断面における上方向をY軸の正とし、左方向をX軸の正とする。外径断面は、透明樹脂部材を物体空間側から見たときの断面である。

【表1】

透明樹脂部材		素材	ポリサルホン樹脂
		d線に対する屈折率	1. 6 3 5
チャンネル開口部		最大外径(Ds)	6. 5 mm
		中心軸の×Y座標	(0 mm、 1. 6 4 mm)
撮像部材		内径	2. 1 mm
		中心軸の×Y座標	(0 mm、 - 1. 0 1 mm)
ライトガイド		最大外径	2. 5 5 mm
	ライトガイド1	中心軸の×Y座標	(- 1. 9 5 mm、 0 mm)
	ライトガイド2	中心軸の×Y座標	(1. 9 5 mm、 0 mm)
	ライトガイド1、 2 共通	発光面の形状	円形
内部光学面		発光面の外径	1 mm
	内部光学面 1	中心軸の×Y座標	(- 1. 9 5 mm、 0 mm)
	内部光学面 2	中心軸の×Y座標	(1. 9 5 mm、 0 mm)
	内部光学面 1、 2 共通	外周形状	円形
		有効径	1. 0 6 mm
		凹面の深さ	0. 5 mm
		凹面の形状	非球面
		パラメータの値)	R = 0. 4 5 6 mm、 K = - 0. 3
	凹面部の肉厚*	0. 2 5 mm	

20

30

*ライトガイドの中心軸上における凹面と外面の距離

【0243】

各実施例と比較例について、透明樹脂部材の光学有効範囲に関する仕様を、表2に示す。Rは曲率半径、Kは2次曲面特性を定める係数。θは傾斜角である。傾斜は、撮像部中心に向かって生じている。Φは直径、YUは上端、YLは下端、XLは左端、XRは右端である。

【0244】

比較例は、2つの光学有効範囲を有する。2つの光学有効範囲は、左右対称に設けられている。外径寸法は、一方の光学有効範囲における寸法である。X1は撮像側端、XRは外周側端である。

40

【表 2】

	透明樹脂部材の光学有効範囲				
	種別	面形状	形状寸法	外周形状	外周寸法
実施例 1	曲面領域	球面	$R = 5.0 \text{ mm}$	略円形	$\Phi = 5.9 \text{ mm}$
実施例 2	曲面領域	球面	$R = 7.1 \text{ mm}$		$YU = 1.88 \text{ mm}$ $YL = -2.74 \text{ mm}$ $XL = -2.88 \text{ mm}$ $XR = 2.88 \text{ mm}$
実施例 3	曲面領域	球面	$R = 4.35 \text{ mm}$	略円形	$\Phi = 6.12 \text{ mm}$
実施例 4	曲面領域	非球面	$R = 5.0 \text{ mm}$ $K = 0.37$	略円形	$\Phi = 6.12 \text{ mm}$
比較例	傾斜平面部	平面	$\theta = 15^\circ$		$YU = 1.15 \text{ mm}$ $YL = -1.85 \text{ mm}$ $X1 = 1.16 \text{ mm}$ $X2 = 2.91 \text{ mm}$

10

【0245】

対物光学系の実施例について説明する。この対物光学系は、例えば、実施例 1～4 の撮像部材に用いられる。図 22 は、対物光学系のレンズ断面図と光路を示す図である。図 22 (a) は、対物光学系の水中におけるレンズ断面図と光路を示している。図 22 (b) は、対物光学系の空気中におけるレンズ断面図と光路を示している。

20

【0246】

対物光学系は、物体側から順に、物体側が平面である平凹負レンズ L1 と、物体側が平面である平凹負レンズ L2 と、平行平板 F1 と、物体側が平面である平凸正レンズ L3 と、両凹負レンズ L4 と、両凸正レンズ L5 と、両凸正レンズ L6 と、負メニスカスレンズ L7 と、カバーガラス CG と、からなる。ここで、両凹負レンズ L4 と両凸正レンズ L5 は接合されている。両凸正レンズ L6 と負メニスカスレンズ L7 は接合されている。

【0247】

明るさ絞り S は、平凸正レンズ L3 の物体側面に配置されている。

30

【0248】

以下に、対物光学系の数値データを示す。記号は、 r は各レンズ面の曲率半径、 d は各レンズ面間の間隔、 nd は各レンズの d 線の屈折率、 vd は各レンズのアッペ数、 Fno は F ナンバー、また、焦点距離は d 線における値である。STO は、明るさ絞り、IP は像面である。

【0249】

数値実施例

単位 mm

面データ

40

面番号	r	d	nd	vd
1	∞	0.25	1.76820	71.79
2	0.639	0.27		
3	∞	0.25	2.00330	28.27
4	1.961	0.11		
5	∞	0.30	1.52134	74.98
6	∞	0.03		
7	∞ (STO)	0.87	2.00330	28.27
8	-1.243	0.05		
9	-9.813	0.30	2.00330	28.27

50

10	1.717	0.86	1.72916	54.68
11	-1.345	0.05		
12	2.838	0.87	1.48749	70.23
13	-1.108	0.30	1.92286	18.90
14	-2.439	0.28		
15	∞	1.10	1.51633	64.14
16	∞ (IP)			

各種データ

焦点距離 (mm)	0.56
F n o .	4.153
水中物体距離 (mm)	9
最大レンズ外径 (mm)	2.2

10

水中観察時の像高と画角

	像高(mm)	画角(°)
対角	0.751	129.4
水平	0.706	118.7
垂直	0.482	76.3

【0250】

20

図22(a)におけるIwは、水中観察状態での対角方向の最大像高で、Iwの値は0.751mmである。この像高は、固体撮像素子の有効撮像エリアに一致させることを想定した像高である。このように像高を設定することで、水中観察状態において固体撮像素子の有効撮像エリア全体を使用する。この際の水中画角は129.4°であり、水中観察としては非常に広角であり、水中にある被写体を固体撮像素子の有効撮像エリア全てを使用して観察できる。

【0251】

これに対して、図22(b)におけるIaは、空气中最大像高に相当する像高である。対物光学系の最も物体側に位置するレンズ面が平面であることから、空气中観察状態では、空气中画角180°の光線までしかレンズに入射できない。最も物体側に位置する平面とほぼ平行に入射した主光線は、像面上ではIwより低い位置に到達する。そのため、空气中最大像高に相当するIaの値は、0.5995mmとなる。これにより、空气中観察状態における画像は、固体撮像素子の有効撮像エリアを部分的に使用した画像となるが、水中観察用途の内視鏡においては実用上問題無い。

30

【0252】

図23は撮像範囲を示す図である。図23(a)は、水中観察時の撮像範囲を示す図である。図23(b)は、空气中観察の撮像範囲を示す図である。図23(a)、(b)は上述したように空气中観察状態での有効撮像エリアが水中観察状態よりも狭くなることを示した図である。

【0253】

40

図23(a)は、水中観察状態での固体撮像素子上の撮像エリアを示している。八角形の電氣的視野マスクを用いることで、斜線を付した八角マスクMK内の有効撮像エリアを全て活用できることを示している。八角マスクMK内での最大像高がIwである。

【0254】

図23(b)は、空气中観察状態での固体撮像素子上の撮像エリアを示している。斜線を付した半径Iaの円CRC内が空气中観察状態での撮像エリアとなり、八角マスクMKと円CRCで挟まれた斜線の無い領域は、被写体像が結像されない光学的無効領域となる。

【0255】

このような対物光学系によれば、最も物体側が平面の状態でも水中状態での広角観察が

50

可能である。更に、物体側が平面であると、照明光学系からの直接光入射に起因するフレアに対して特殊な構成を必要とせず、照明光学系の構成に余計な制約を生じない。そのため、物体側が平面であることが好ましい。

【0256】

対物光学系内でレンズ外径が最大になるのは、物体側端のレンズである。このレンズの外径（直径）は、2.2 mmである。膀胱用内視鏡では、内径が2.2 mmのチャンネルが必要となる。レンズの外径が、2.2 mmであれば、チャンネルや湾曲機構と合わせても、先端部外径φ7 mm未満の膀胱用内視鏡を実現できる。

【0257】

上述の対物光学系は、例えば、実施例1の内視鏡照明光学系に用いることができる。実施例1の内視鏡照明光学系は、条件式(1)、(2)を満足している。A_{1ax}の値が上限値の35°以上となる場合、その位置から撮像部材方位で物体空間に出射可能な光線の撮像部材中心軸に対する最大角は55°である。上述の対物光学系では、水平方向の水中半画角が59.4°である。よって、前記最大角度55°の照明光は、対物光学系の水平端付近の視野内側に照射される。

【0258】

視野の右側端を例にすると、右側の内部光学面から出射する照明光は、視野の右側端に問題なく到達する。一方、左側の内部光学面から出射する照明光は、視野の右側端まで到達しない。この場合、視野の右側端より少し内側に照度の境界が形成される。この境界で照度に変化する。この変化が、配光ムラとして視認される。

【0259】

左側からの照明による照明領域と、右側からの照明による照明領域との重なりによって、境界部が生じることがある。この境界部が水平視野内に入ることは、物体距離が短い場合によく生じることである。境界部は、照明領域に向かう照明光における各光線の角度（以下、「角度特性」という）、照明部材の位置、撮像部材の位置等で決まる。但し、角度特性だけで境界部が定まってしまう場合は、あらゆる物体距離で配光ムラとして視認されるため望ましくない。

【0260】

実施例1は、内部光学面と照明部材の組合せを2つ有している。実施例1では、これらが左右対称に配置されている。しかしながら、内部光学面と照明部材の組合せが一つしかない場合は、単純に画像の特定部分に照明光が到達し得なくなる。そのため、1つの組み合わせだけで照明を行うよりも、複数の組み合わせで照明を行う方が好ましいといえる。

【0261】

各実施例によれば、挿入性の改善と配光ムラの低減を実現できる内視鏡照明光学系を提供できる。

【0262】

挿入部の外径が細くなると、照明部材と撮像部材との距離が短くなる。挿入部にチャンネル開口部が設けられている場合、照明部材と撮像部材との距離が更に短くなる。また、水中における観察画角の広角化に対応して配光角を広角化すると、撮像部材の近傍やチャンネル開口部の近傍を照明光が通過するようになる。

【0263】

本実施形態に係る内視鏡照明光学系では、外面の多くの領域が曲面領域で占められている。よって、挿入部の外径が細くなった場合や配光角が広角になった場合であっても、高い挿入性を確保しつつ、配光ムラの低減を実現できる。その結果、広角な細径内視鏡への実装も容易にすることができる。

【産業上の利用可能性】

【0264】

以上のように、本発明は、挿入性の改善と配光ムラの低減を実現できる内視鏡照明光学系に適している。

【符号の説明】

【0265】

1、101、201、301、401、501 透明樹脂部材

2、102、202、302、402、502 照明部材

3、103、203、303、403、503 非貫通孔

4、104、204、304、404、504 貫通孔

4a 開口部

5、105、205、305、405、505 撮像部材

6、106、206、306、406、506 外面

7、107、207、307、407、507 内部光学面

8、108、208、308、408 曲面領域

10

9 境界

10、100、200、300、400、500 内視鏡照明光学系

109、209、309、409、509 固体撮像素子

110、210、310、410、510 撮像有効範囲

111、211、311、411、511 チャンネル開口部

512 傾斜平面部

513 非光学形状部

AXo 中心軸

AXi 中心軸AXoと平行な軸

Pc 曲面領域とZ軸との交点

20

P1 軸AXiが曲面領域8と交差する位置

PLi 境界9を含む面

AX 光軸

L1、L2、L3、L4、L5、L6、L7 レンズ

F 平行平板

CG カバーガラス

Ia 最大像高（空气中）

Iw 最大像高（水中）

MK 八角マスク

CRC 半径Iaの円

30

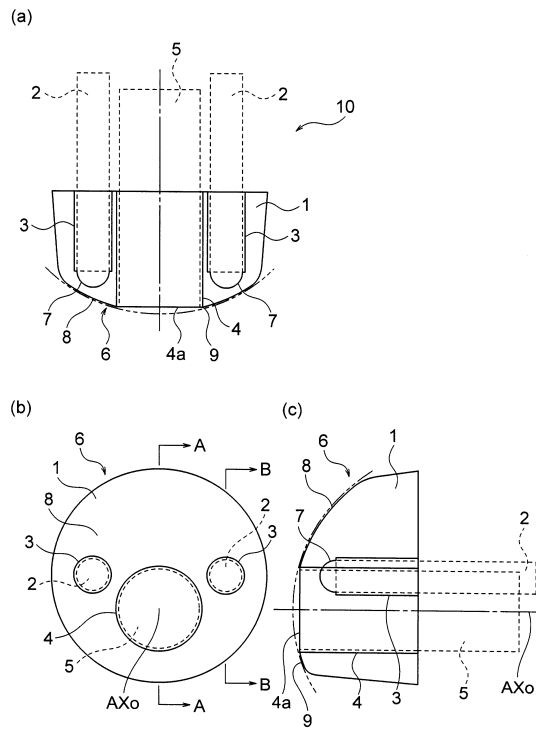
【要約】

挿入性の改善と配光ムラの低減を実現できる内視鏡照明光学系を提供すること。

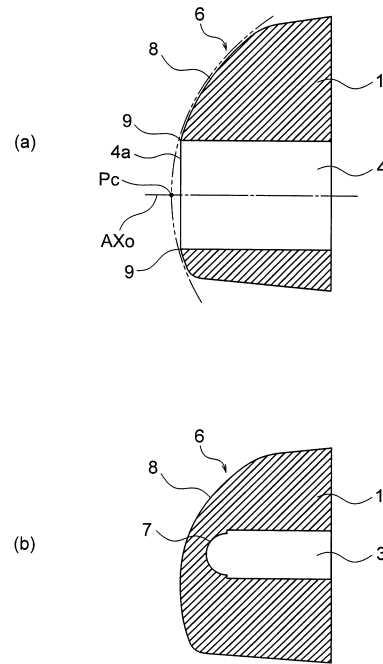
照明光学系10は、透明樹脂部材1と、照明光を出射する照明部材2と、を有し、透明樹脂部材1は、撮像部材5が配置される貫通孔4と、照明部材2が配置される非貫通孔3と、内部光学面7と、を有し、照明光は、内部光学面7を介して透明樹脂部材1に入射すると共に、透明樹脂部材1の外面6から物体に向かって出射し、透明樹脂部材1の外面6は、照明光が通過する曲面領域8を有し、曲面領域8は、領域内に形成された貫通孔4との境界を有し、曲面領域8では、曲面領域8の各点の境界からの変位が、物体から離れる方向に発生しており、貫通孔4の中心軸を含む平面で定義される断面内での曲面領域8の形状は、曲面領域8内の各点における傾斜角が、中心軸から離れるにつれて連続的かつ単調に増加する形状になっており、条件式（1）、（2）を満足する。

40

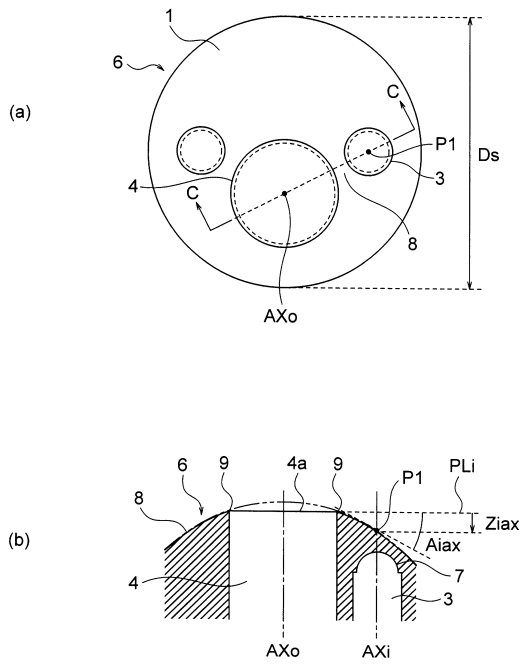
【図 1】



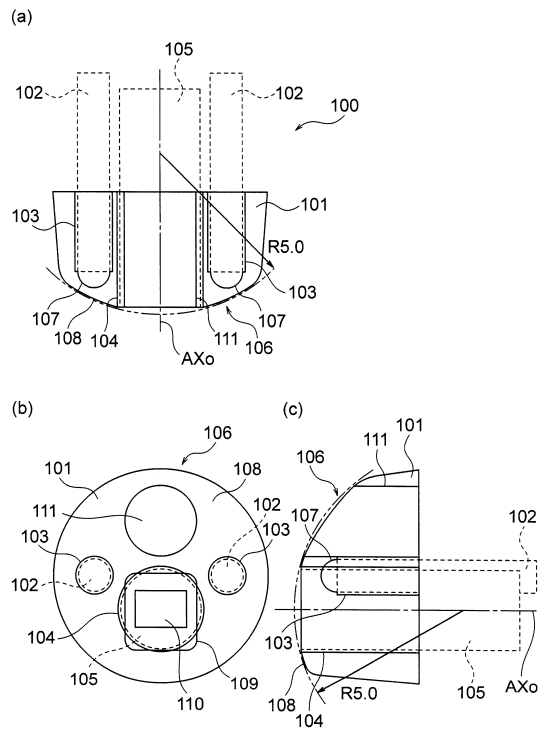
【図 2】



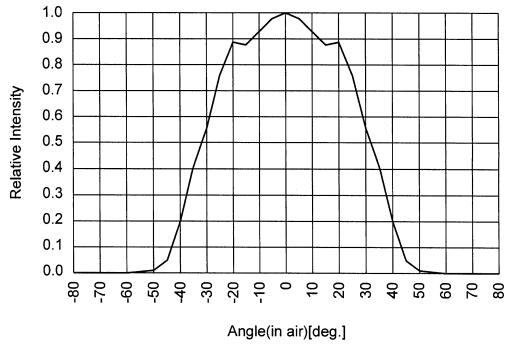
【図 3】



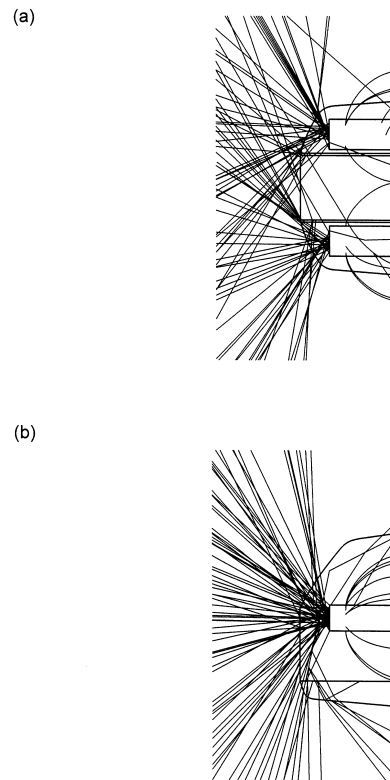
【図 4】



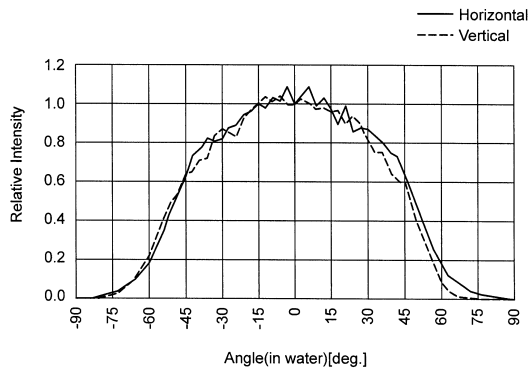
【図 5】



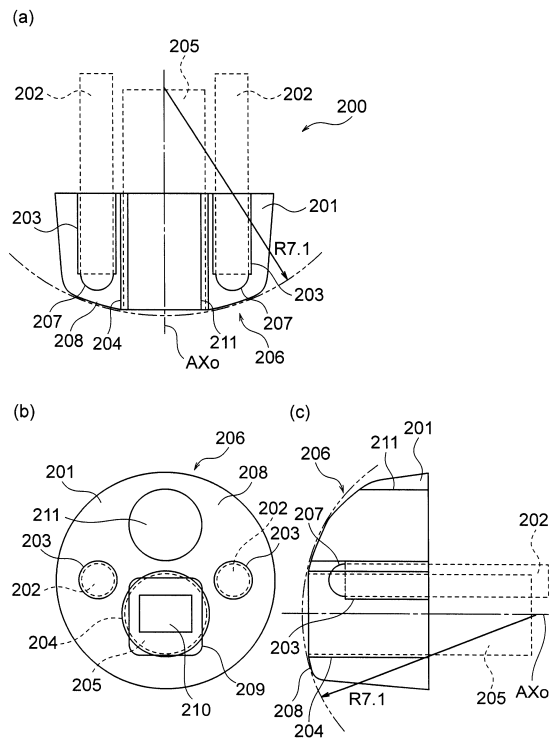
【図 6】



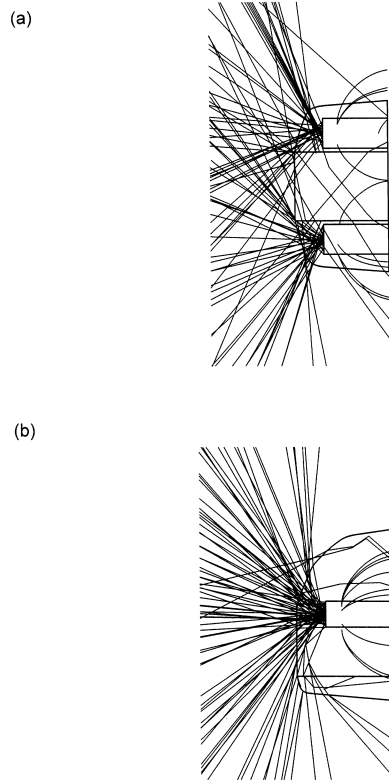
【図 7】



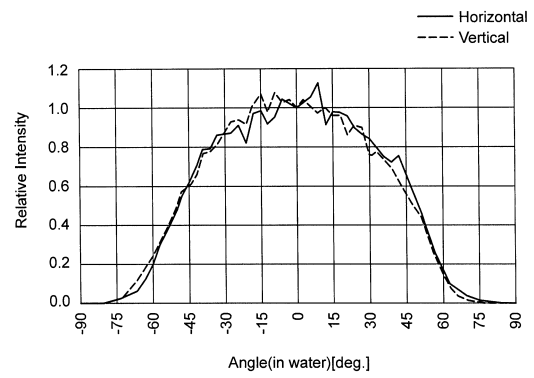
【図 8】



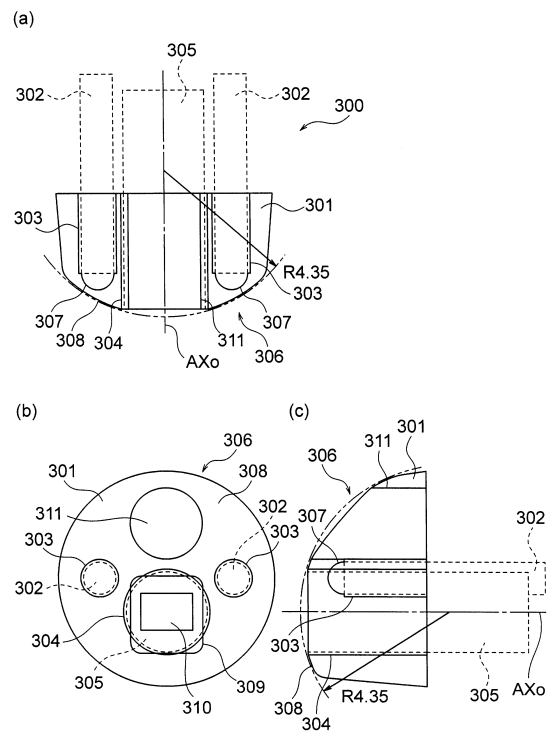
【図 9】



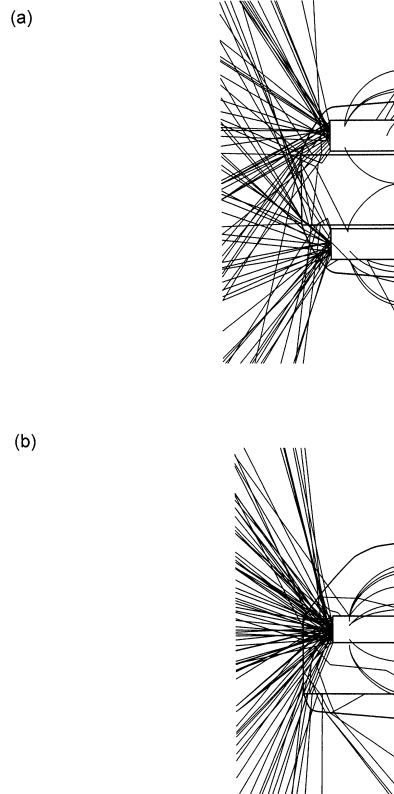
【図 10】



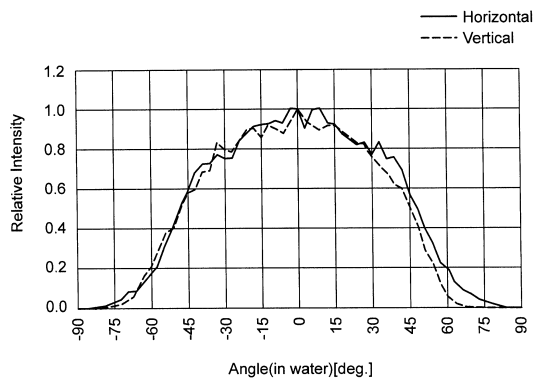
【図 11】



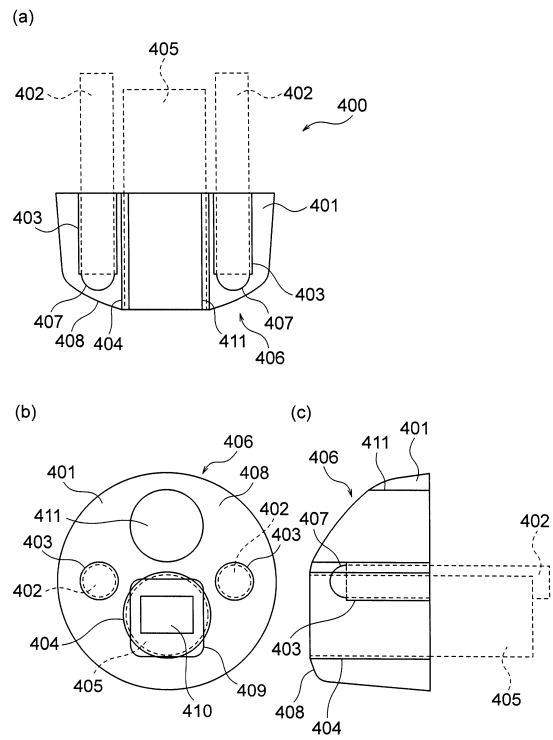
【図 12】



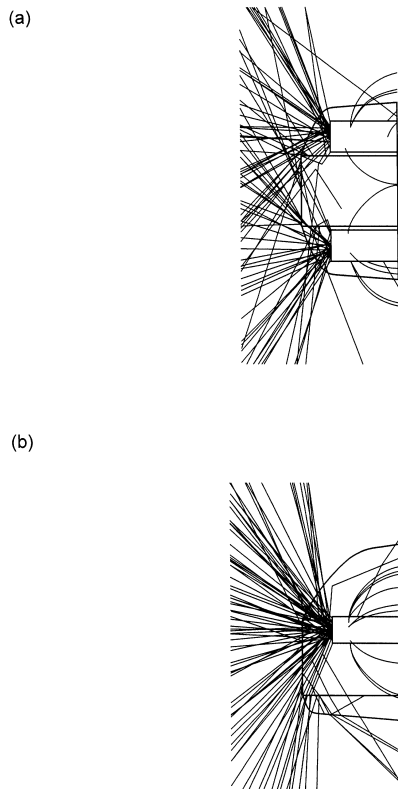
【図 13】



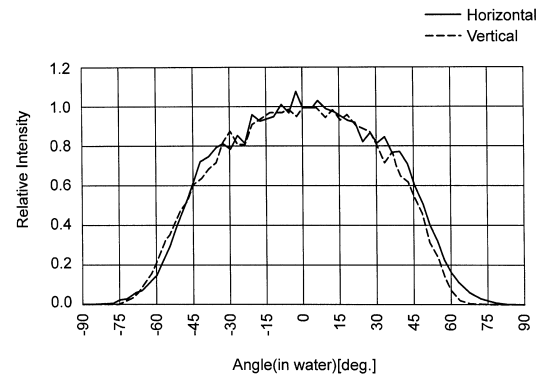
【図 14】



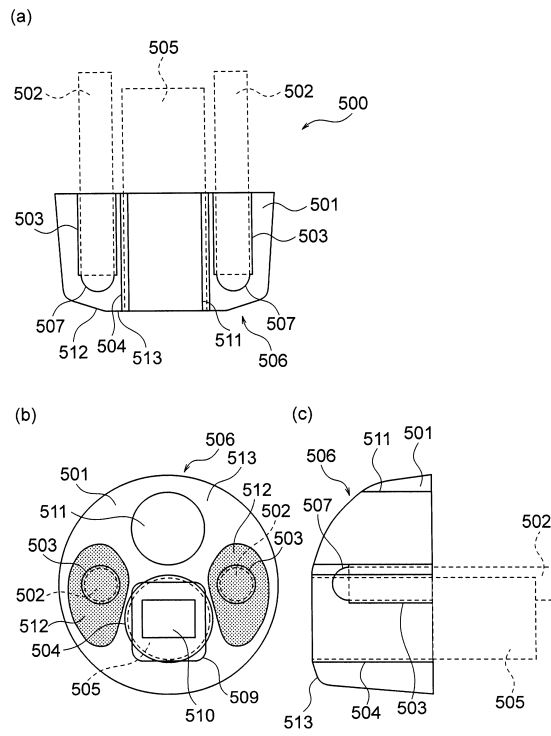
【図 15】



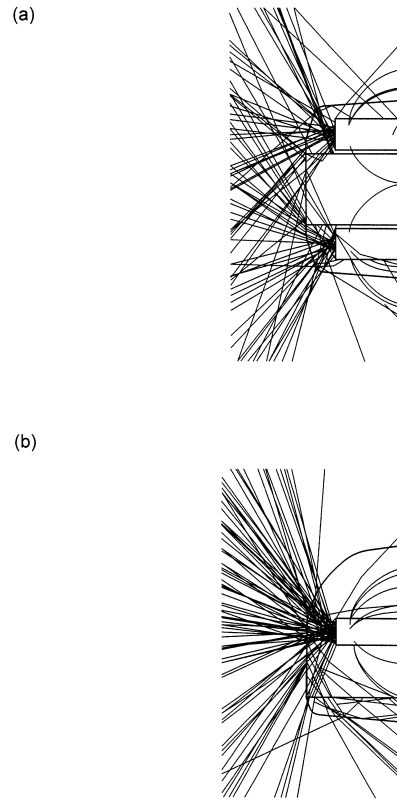
【図 16】



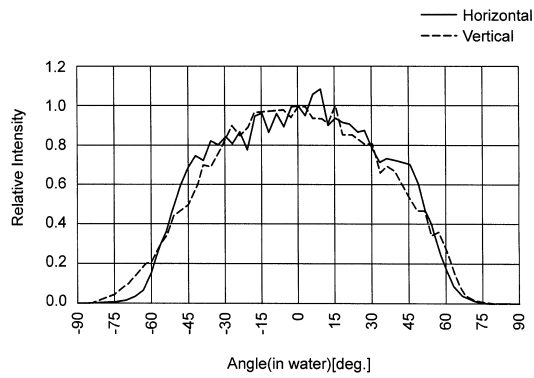
【図 17】



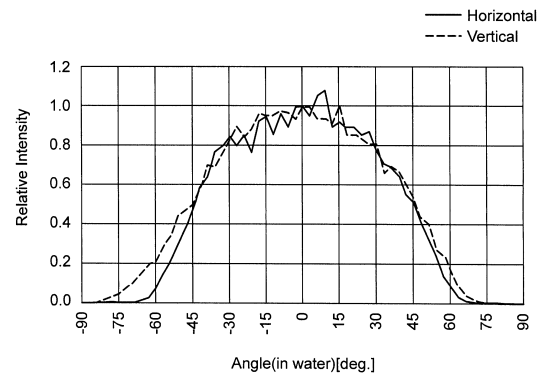
【図 18】



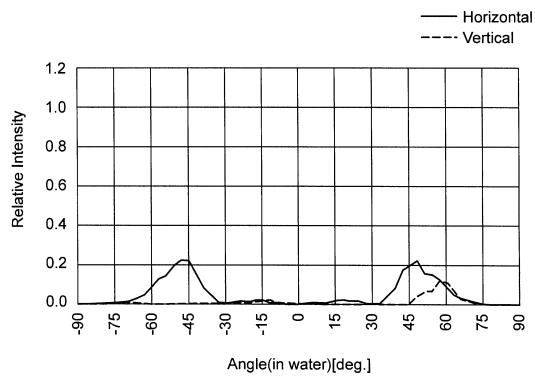
【図 19】



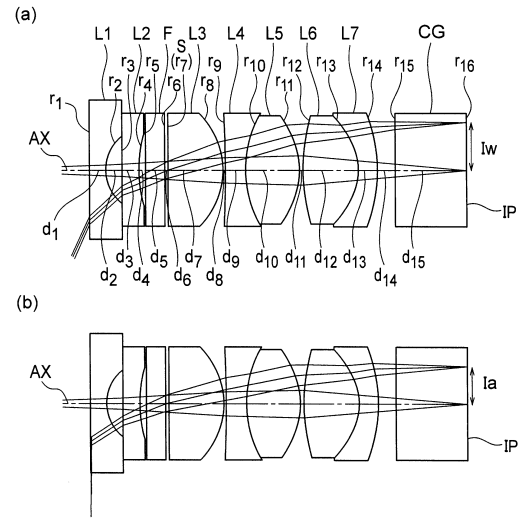
【図 20】



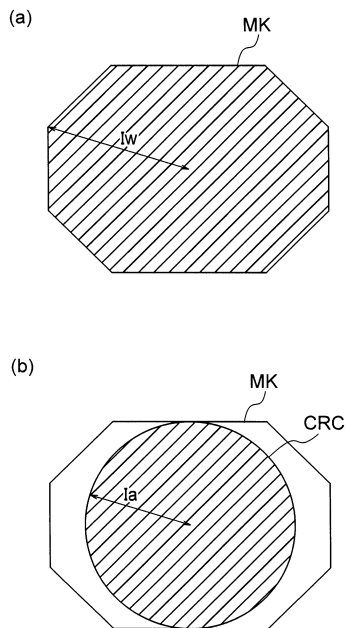
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2015-36050 (JP, A)
国際公開第2010/113550 (WO, A1)
特開2009-207529 (JP, A)
国際公開第2015/005112 (WO, A1)
特開2013-188375 (JP, A)
特開2007-325794 (JP, A)
特開平10-123435 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 1/00-1/32
G02B 23/24-23/26

专利名称(译)	内视镜照明光学系		
公开(公告)号	JP6281028B1	公开(公告)日	2018-02-14
申请号	JP2017554915	申请日	2017-05-22
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	五十嵐勉		
发明人	五十嵐 勉		
IPC分类号	A61B1/07 A61B1/00 A61B1/06 G02B23/26 G02B13/04		
CPC分类号	A61B1/00096 A61B1/00188 A61B1/07 A61B1/307 G02B23/243 G02B23/2469 A61B1/0669 A61B1/0676 G02B13/04		
FI分类号	A61B1/07.733 A61B1/00.715 A61B1/06.531 G02B23/26.B G02B13/04.D		
代理人(译)	斋藤圭介 平山岩		
优先权	2016120712 2016-06-17 JP		
其他公开文献	JPWO2017217188A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供一种内窥镜照明光学系统，其能够提高插入性并减少不均匀的光分布。照明光学系统10包括透明树脂构件1和射出照明光的照明构件2，透明树脂构件1具有贯通孔4，在贯通孔4中配置有摄像构件5，并配置有照明构件2。设置非通孔3和内部光学表面7，并且照明光通过内部光学表面7进入透明树脂构件1，并且从透明树脂构件1的外表面6朝着物体发射。透明树脂构件1的外表面6具有使照明光穿过的曲面区域8，曲面区域8与形成在该区域中的通孔4边界，并且曲面区域8具有曲面。从区域8的每个点的边界的位移发生在远离物体的方向上，并且在由包括通孔4的中心轴线的平面限定的横截面中的曲面区域8的形状在曲面区域8内。每个点处的倾斜角具有随着距中心轴的距离而连续且单调增加的形状，并且满足条件表达式(1)和(2)。

(19) 日本国特許庁 (JP)	(12) 特 許 公 報 (B1)	(11) 特許番号 特許第6281028号 (P6281028)
(45) 発行日 平成30年2月14日 (2018. 2. 14)	(24) 登録日 平成30年1月26日 (2018. 1. 26)	
(51) Int. Cl.	F I	
A 6 1 B 1/07 (2006. 01)	A 6 1 B 1/07 7 3 3	
A 6 1 B 1/00 (2006. 01)	A 6 1 B 1/00 7 1 5	
A 6 1 B 1/06 (2006. 01)	A 6 1 B 1/06 5 3 1	
G 0 2 B 23/26 (2006. 01)	G 0 2 B 23/26 B	
G 0 2 B 13/04 (2006. 01)	G 0 2 B 13/04 D	
請求項の数 5 (全 39 頁)		
(21) 出願番号 特願2017-554915 (P2017-554915)	(73) 特許権者 000000376	
(86) (22) 出願日 平成29年5月22日 (2017. 5. 22)	オリンパス株式会社	
(86) 国際出願番号 PCT/JP2017/019028	東京都八王子市石川町2 9 5 1 番地	
審査請求日 平成29年10月19日 (2017. 10. 19)	(74) 代理人 100123962	
(31) 優先権主張番号 特願2016-120712 (P2016-120712)	弁理士 斎藤 圭介	
(32) 優先日 平成28年6月17日 (2016. 6. 17)	(74) 代理人 100120204	
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)	弁理士 平山 巖	
早期審査対象出願	(72) 発明者 五十嵐 勉	
	東京都八王子市石川町2 9 5 1 番地 オリ ンパス株式会社内	
	審査官 安田 明央	
	最終頁に続く	
(54) 【発明の名称】 内視鏡照明光学系		