

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5563933号
(P5563933)

(45) 発行日 平成26年7月30日(2014.7.30)

(24) 登録日 平成26年6月20日(2014.6.20)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 1/00 (2006.01)
G 0 2 B 23/26 (2006.01)A 6 1 B 1/00 3 0 0 U
G 0 2 B 23/26 B

請求項の数 11 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2010-194726 (P2010-194726)
 (22) 出願日 平成22年8月31日(2010.8.31)
 (65) 公開番号 特開2012-50590 (P2012-50590A)
 (43) 公開日 平成24年3月15日(2012.3.15)
 審査請求日 平成25年8月2日(2013.8.2)

(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 笠松 直史
 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地
 富士フイルム株式会社内
 (72) 発明者 吉田 光治
 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地
 富士フイルム株式会社内

審査官 増渕 俊仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡用ライトガイドおよびそれを備えた内視鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

照明光を被観察部へ導光する内視鏡用ライトガイドにおいて、
 光ファイバと、

該光ファイバを伝搬する伝搬モード光が出射する前記光ファイバの出射端近傍において、
 前記伝搬モード光を側面放射せしめて放射モード光とし、該放射モード光を前記照明光
 として利用することを可能にした放射モード誘起手段とを備え、

前記放射モード誘起手段が、前記出射端近傍の前記光ファイバの所定部分に形成された
 テーパ部であって、該テーパ部のコアが前記出射端に向かって先細りとなるテーパ形状を
 有する前記テーパ部であり、

前記テーパ部が、前記伝搬モード光の前記テーパ部への入射角度を θ_0 、前記光ファイ
 バについての臨界角を θ_c としたとき、下記式(1)を満たす入射角 θ_0 を有する伝搬モ
 ード光を、側面放射せしめて放射モード光とするように構成されたものであることを特徴
 とする内視鏡用ライトガイド。

$$\theta_0 / \theta_c > 0.2 \dots \dots (1)$$

【請求項2】

前記テーパ部が、前記テーパ部の光軸方向の長さを L 、前記伝搬モード光が前記テー
 パ部に入射してから側面放射するまでに伝搬した光軸方向の長さを L_0 としたとき、下記式
 (2)を満たすように構成されたものであることを特徴とする請求項1に記載の内視鏡用
 ライトガイド。

10

20

$$L_p < L / 2 \cdots \cdots (2)$$

【請求項 3】

前記テーパ部の光軸方向の長さが、1～20mmであり、

前記テーパ部のテーパ角が、0.5～5度であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の内視鏡用ライトガイド。

【請求項 4】

照明光を被観察部へ導光する内視鏡用ライトガイドにおいて、

光ファイバと、

該光ファイバを伝搬する伝搬モード光が出射する前記光ファイバの出射端近傍において、前記伝搬モード光を側面放射せしめて放射モード光とし、該放射モード光を前記照明光として利用することを可能にした放射モード誘起手段とを備え、

前記放射モード誘起手段が、前記出射端近傍の前記光ファイバの所定部分に形成されたテーパ部であって、該テーパ部のコアが前記出射端に向かって先細りとなるテーパ形状を有する前記テーパ部であり、

前記テーパ部が、前記テーパ部の光軸方向の長さを L 、前記伝搬モード光が前記テーパ部に入射してから側面放射するまでに伝搬した光軸方向の長さを L_p としたとき、下記式 (2) を満たすように構成されたものであることを特徴とする内視鏡用ライトガイド。

$$L_p < L / 2 \cdots \cdots (2)$$

【請求項 5】

前記テーパ部の光軸方向の長さが、1～20mmであり、

前記テーパ部のテーパ角が、0.5～5度であることを特徴とする請求項 4 に記載の内視鏡用ライトガイド。

【請求項 6】

照明光を被観察部へ導光する内視鏡用ライトガイドにおいて、

光ファイバと、

該光ファイバを伝搬する伝搬モード光が出射する前記光ファイバの出射端近傍において、前記伝搬モード光を側面放射せしめて放射モード光とし、該放射モード光を前記照明光として利用することを可能にした放射モード誘起手段とを備え、

前記放射モード誘起手段が、前記出射端近傍の前記光ファイバの所定部分に形成されたテーパ部であって、該テーパ部のコアが前記出射端に向かって先細りとなるテーパ形状を有する前記テーパ部であり、

前記テーパ部の光軸方向の長さが、1～20mmであり、

前記テーパ部のテーパ角が、0.5～5度であることを特徴とする内視鏡用ライトガイド。

【請求項 7】

照明光を被観察部へ導光する内視鏡用ライトガイドにおいて、

光ファイバと、

該光ファイバを伝搬する伝搬モード光が出射する前記光ファイバの出射端近傍において、前記伝搬モード光を側面放射せしめて放射モード光とし、該放射モード光を前記照明光として利用することを可能にした放射モード誘起手段とを備え、

前記放射モード誘起手段が、前記出射端近傍の前記光ファイバの側面を押圧してマイクロベンディングを生じせしめる押圧端子を有する押圧部材であることを特徴とする内視鏡用ライトガイド。

【請求項 8】

前記押圧部材が、複数の前記押圧端子を有するものであり、

前記複数の押圧端子が、前記光ファイバの光軸に垂直な方向から眺めた際に、前記光軸方向に沿ってずれた位置を押圧するように配され、かつ前記光軸方向から眺めた際に、前記光ファイバに内接する正奇数角形の頂点の位置から前記光ファイバを押圧するように配されたものであることを特徴とする請求項 7 に記載の内視鏡用ライトガイド。

【請求項 9】

照明光を被観察部へ導光する内視鏡用ライトガイドにおいて、
光ファイバと、

該光ファイバを伝搬する伝搬モード光が出射する前記光ファイバの出射端近傍において、
前記伝搬モード光を側面放射せしめて放射モード光とし、該放射モード光を前記照明光
として利用することを可能にした放射モード誘起手段とを備え、

前記放射モード誘起手段が、前記放射モード光を前記伝搬モード光の進行方向に導光す
るための反射部材を備え、

前記反射部材が、円筒状または先太り型切頂円錐筒状の反射面であって、前記テーパ部
の周囲を覆う反射面を有するものであることを特徴とする内視鏡用ライトガイド。

【請求項 10】

照明光を被観察部へ導光する内視鏡用ライトガイドにおいて、
光ファイバと、

該光ファイバを伝搬する伝搬モード光が出射する前記光ファイバの出射端近傍において、
前記伝搬モード光を側面放射せしめて放射モード光とし、該放射モード光を前記照明光
として利用することを可能にした放射モード誘起手段とを備え、

前記放射モード誘起手段が、前記出射端近傍の前記光ファイバの所定部分に形成された
テーパ部であって、該テーパ部のコアが前記出射端に向かって先細りとなるテーパ形状を
有する前記テーパ部であり、

前記放射モード誘起手段が、前記テーパ部の側面を被覆する被覆部材であって、前記テ
ーパ部の最も外側を構成する材料の屈折率と同程度の屈折率を有する材料から構成された
被覆部材を備えたことを特徴とする内視鏡用ライトガイド。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 いずれか 1 項に記載の内視鏡用ライトガイドと、

該内視鏡用ライトガイドの入射側に接続された、前記照明光を生じせしめる光源と、

前記内視鏡用ライトガイドによって導光された前記照明光の照射に起因して前記被観察
部から生じた光を受光し、前記被観察部の像を撮像する撮像部とを備えたことを特徴とす
る内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、体腔内に挿入され、照明光を導光して被観察部に照射する内視鏡用ライトガ
イドおよびそれを備えた内視鏡に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、体腔内の組織を観察する内視鏡システムが広く知られており、例えば白色光の照
射によって体腔内の被観察部を撮像して可視画像を得、この可視画像をモニタ画面上に表
示する内視鏡システムが広く実用化されている。

【0003】

上記内視鏡システムでは、通常は、ランプ光源からの白色光を照明光として、体腔内に
導光するための内視鏡用ライトガイドが使用されている。また、より機能的な照明（たと
えば、特定の波長での照明により、患部を際立たせることなど）の実現や、高輝度白色照
明・発熱抑制・細径化のため、照明光を発生する光源としてレーザ光源が接続されたもの
の開発が進んでいる（特許文献 1）。

【0004】

特許文献 1 には、ライトガイド先端部に蛍光体を配置し、ライトガイドを導光してきた
励起レーザ光が、この蛍光体を励起することで白色光を生成するものである。この場合、
蛍光体の大きさは、 $4\text{ }\mu\text{m}$ （励起波長のおよそ 10 倍）～ $20\text{ }\mu\text{m}$ 程度であり、白色光を
出す機能に加え、前方散乱を主体的に起こすことにより蛍光を空間的に均一に混合するこ
とで、ムラを低減する効果も付与している。つまり、蛍光体は散乱をベースとした拡散板
の役割も担っている。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

また一般的には、レーザ光源から放出されたレーザ光は、たとえ小さな放出量であってもパワー密度が高く、人体に有害となる場合がある。したがって、レーザ光源を照明光源とする場合、術場の安全の観点から、レーザ光の安全基準のクラスを出来る限り低いレベルに下げることが好ましい。

【 0 0 0 6 】

一方、内視鏡用ライトガイドに使用される光ファイバは、操作性、耐久性および小型化等の観点から細径化が進んでいる。このような場合、細径化された光ファイバをそのまま使用することは、上記のようなレーザ光の安全基準の観点から危険である。したがって出射光の発光面積の大きさや拡がり角を出来るだけ大きくすることが望まれている。

10

【 0 0 0 7 】

上記のとおり、レーザ光を照明光とする内視鏡用ライトガイドにおいて、照明の空間的分布が出来る限り均一であること、出射光の発光面積の大きさと拡がり角が大きいことが求められている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 5 - 3 2 8 9 2 1 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

20

【 0 0 0 9 】

しかしながら、特許文献 1 のような方法では、ある程度までは発光面積を大きくすることは可能であるが、その範囲には限度があるという問題がある。具体的には、照明光の拡がり角と光ファイバ出射端における発光面積との積が保存されるというエタンドュの保存則に基づいて、照明光の拡がり角と上記発光面積とはトレードオフの関係にあるため、拡がり角を任意に大きくすることはできない。一方、内視鏡用ライトガイドの小型化の要請から、光ファイバの出射端（ 1 次光源 ）と拡散板との距離を任意に確保することができない。それゆえ、必然的に、拡散板上に形成される 2 次光源の発光面積の拡大も制限されてしまう。このような場合には、同時に拡散板のごく一部のみを利用するに留まり、結果的に、照射エリアの大きさも制限されてしまう。

30

【 0 0 1 0 】

本発明は上記問題に鑑みてなされたものであり、内視鏡用ライトガイドおよびそれを備えた内視鏡において、細径化された光ファイバを用いても、発光面積の大きな 2 次光源を形成することが可能で、レーザ光の安全基準のクラスを下げることを可能な内視鏡用ライトガイドおよびそれを備えた内視鏡を提供することを目的とするものである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 1 】

上記課題を解決するために、本発明に係る内視鏡用ライトガイドは、
照明光を被観察部へ導光する内視鏡用ライトガイドにおいて、
光ファイバと、

40

光ファイバを伝搬する伝搬モード光が出射する光ファイバの出射端近傍において、伝搬モード光を側面放射せしめて放射モード光とし、放射モード光を照明光として利用することを可能にした放射モード誘起手段とを備えることを特徴とするものである。

【 0 0 1 2 】

さらに、本発明に係る内視鏡用ライトガイドにおいて、放射モード誘起手段は、出射端近傍の光ファイバの所定部分に形成されたテーパ部であって、このテーパ部のコアが出射端に向かって先細りとなるテーパ形状を有するテーパ部とすることができる。

【 0 0 1 3 】

この場合、テーパ部は、伝搬モード光のテーパ部への入射角を θ_0 、光ファイバについての臨界角を θ_c としたとき、下記式（ 1 ）を満たす入射角 θ_0 を有する伝搬モード光を

50

、側面放射せしめて放射モード光とするように構成されたものであることが好ましい。

$$\theta_0 / \theta_c > 0.2 \cdots \cdots (1)$$

【0014】

本明細書において、伝搬モード光のテーパ部への「入射角」とは、伝搬モード光の進行方向とテーパ部の入射端の端面の法線との成す鋭角を意味し、テーパ部の入射端の端面における伝搬モード光の伝搬角ということもできる。ここで、「テーパ部の入射端」とは、光ファイバのコア径がテーパ形状への変化を開始する点（コア径が減少を開始する点）における光ファイバの光軸に垂直な断面を考えた場合のテーパ部の端部を意味する。

【0015】

また、テーパ部は、テーパ部の光軸方向の長さを L 、伝搬モード光がテーパ部に入射してから側面放射するまでに伝搬した光軸方向の長さを L_p としたとき、下記式(2)を満たすように構成されたものであることが好ましい。

$$L_p < L / 2 \cdots \cdots (2)$$

【0016】

本明細書において、テーパ部の「光軸方向の長さ」とは、テーパ部の入射端の端面とテーパ部の出射端の端面（つまり、光ファイバの出射端の端面）との距離を意味する。

【0017】

「伝搬モード光がテーパ部に入射してから側面放射するまでに伝搬した光軸方向の長さ」とは、テーパ部の入射端の端面と、伝搬モード光が放射モード光へと変換された点（コア-クラッド界面において全反射条件が満たされなくなった点）における光ファイバの光軸に垂直な仮想の断面との距離を意味する。

【0018】

さらに、テーパ部の光軸方向の長さは、1～20mmであり、テーパ部のテーパ角は、0.5～5度であることが好ましい。

【0019】

本明細書において、「テーパ角」とは、テーパ部の側面の母線と光ファイバの光軸とが成す鋭角を意味する。

【0020】

一方、放射モード誘起手段は、出射端近傍の光ファイバの側面を押圧してマイクロベンディングを生じせしめる押圧端子を有する押圧部材とすることができる。

【0021】

この場合、押圧部材は、複数の押圧端子を有するものであり、

複数の押圧端子は、光ファイバの光軸に垂直な方向から眺めた際に、光軸方向に沿ってずれた位置を押圧するように配され、かつ光軸方向から眺めた際に、光ファイバに内接する正奇数角形の頂点の位置から光ファイバを押圧するように配されたものであることが好ましい。

【0022】

さらに、放射モード誘起手段は、放射モード光を伝搬モード光の進行方向に導光するための反射部材を備えることが好ましい。

【0023】

この場合、反射部材は、円筒状または先太り型切頂円錐筒状の反射面であって、テーパ部の周囲を覆う反射面を有するものであることが好ましい。

【0024】

また、放射モード誘起手段は、テーパ部の側面を被覆する被覆部材であって、テーパ部の最も外側を構成する材料の屈折率と同程度の屈折率を有する材料から構成された被覆部材を備えることが好ましい。

【0025】

本明細書において、被覆部材の屈折率がテーパ部の最も外側を構成する材料の屈折率と「同程度」とであるとは、被覆部材とテーパ部の最も外側を構成する材料との界面において、コアから漏れ出た光の反射を低減するように、被覆部材の屈折率が、当該材料の屈折率

10

20

30

40

50

に等しいまたは近いことを意味する。

【 0 0 2 6 】

そして、本発明に係る内視鏡は、
上記に記載の内視鏡用ライトガイドと、
内視鏡用ライトガイドの入射側に接続された、照明光を生じせしめる光源と、
内視鏡用ライトガイドによって導光された照明光の照射に起因して被観察部から生じた光を受光し、被観察部の像を撮像する撮像部とを備えたことを特徴とするものである。

【 0 0 2 7 】

本明細書において、「照明光の照射に起因して被観察部から生じた光」とは、例えば白色光を照明光として可視画像を撮像する場合には、白色光の反射光を意味し、例えば励起光を照明光として蛍光画像を撮像する場合には、励起光に対応した蛍光を意味する。

10

【発明の効果】

【 0 0 2 8 】

本発明に係る内視鏡用ライトガイドおよびそれを備えた内視鏡は、照明光を被観察部へ導光する内視鏡用ライトガイドにおいて、特に、光ファイバを伝搬する伝搬モード光が出射する光ファイバの出射端近傍において、伝搬モード光を側面放射せしめて放射モード光とし、放射モード光を照明光として利用することを可能にした放射モード誘起手段を備えるから、光ファイバの出射端以外の部分からもレーザ光を取り出すことが可能となるため、細径化された光ファイバを用いても、発光面積の大きな2次光源を形成することが可能となる。これにより、内視鏡用ライトガイドおよびそれを備えた内視鏡において、細径化された光ファイバを用いても、レーザ光の安全基準のクラスを下げる事が可能となる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 9 】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る内視鏡用ライトガイドを備えた内視鏡システムの概略構成を示す外観図である。

【図2】硬質挿入部の構成を示す概略図である。

【図3】硬質挿入部の内部構成を示す概略断面図である。

【図4】(a)は、非テーパ化光ファイバの出射端からビームが出射する様子を示す概略断面図である。(b)は、一般的なテーパ化光ファイバの出射端からビームが出射する様子を示す概略断面図である。(c)は、本発明に係るライトガイドに使用されるテーパ化光ファイバの出射端近傍からビームが出射する様子を示す概略断面図である。

30

【図5】所定のテーパ角のテーパ部中を伝搬する伝搬モード光の様子を示す概略断面図である。

【図6】反射部材の設計例を示す概略斜視図である。

【図7】放射モード光が反射部材の反射面によって反射され前方に集光される様子を示す概念図である。

【図8】(a)は、図6aに示す反射部材にテーパ部が挿入され、その後樹脂が充填されて形成された放射モード誘起手段の形態を示す概略図である。(b)は、図6cに示す反射部材にテーパ部が挿入され、その後樹脂が充填されて形成された放射モード誘起手段の形態を示す概略図である。

40

【図9】撮像ユニットの構成を示す概略図である。

【図10】画像処理装置および光源装置の構成を示す概略図である。

【図11】(a)は、押圧部材が装着された様子を光ファイバの光軸方向に垂直な方向から眺めた際の様子を示す概略図である。(b)は、押圧部材が装着された様子を光ファイバの光軸方向から眺めた際の様子を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 0 】

以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明するが、本発明はこれに限られるものではない。なお、視認しやすくするため、図面中の各構成要素の縮尺等は実際のものとは適宜異ならせてある。

50

【 0 0 3 1 】

「内視鏡用ライトガイドおよびそれを備えた内視鏡の第 1 の実施形態」

第 1 の実施形態の内視鏡用ライトガイドまたはそれを備えた内視鏡は、図 1 に示すような内視鏡に使用される。図 1 は、本実施形態に係る内視鏡用ライトガイド（以下、単にライトガイドという。）または内視鏡（硬性鏡）を備えた内視鏡（硬性鏡）システムの概略構成を示す外観図である。

【 0 0 3 2 】

（硬性鏡システム）

本実施形態の硬性鏡システム 1 は、図 1 に示すように、白色の照明光および／または励起光を出射する光源装置 2 と、光源装置 2 から出射された照明光および／または励起光を導光して被観察部に照射するとともに、照明光の照射により被観察部から反射された反射光に基づく可視像、および／または励起光の照射により被観察部から発せられた蛍光に基づく蛍光像を撮像する硬性鏡 10 と、硬性鏡 10 によって撮像された可視像および／または蛍光像の信号に所定の処理を施して可視画像および／または蛍光画像を生成する画像処理装置 3 と、画像処理装置 3 において生成された表示制御信号に基づいて被観察部の可視画像および／または蛍光画像を表示するモニタ 4 とを備えている。

10

【 0 0 3 3 】

（硬性鏡）

硬性鏡 10 は、図 1 に示すように、腹腔内に挿入される硬質挿入部 30 と、硬質挿入部 30 によって導光された被観察部の可視像および蛍光像を撮像する撮像ユニット 20 とを備えている。また、硬性鏡 10 は、図 2 に示すように、硬質挿入部 30 と撮像ユニット 20 とが着脱可能に接続されている。

20

【 0 0 3 4 】

（硬質挿入部）

硬質挿入部 30 は、ライトガイドや撮像光学系を収容するための挿入部材 30 b、および撮像ユニット 20 との接続に使用される接続部材 30 a、並びに、光源装置 2 から発生した光を導光する光ケーブル LC を接続するためのケーブル接続口 30 c を備えている。

【 0 0 3 5 】

接続部材 30 a は、硬質挿入部 30（挿入部材 30 b）の一端側 30 X に設けられており、たとえば撮像ユニット 20 側に形成された開口 20 a に嵌め合わされることにより、撮像ユニット 20 と硬質挿入部 30 とが着脱可能に接続される。

30

【 0 0 3 6 】

また、挿入部材 30 b の側面にはケーブル接続口 30 c が設けられており、このケーブル接続口 30 c に光ケーブル LC が機械的に接続される。これにより、光源装置 2 と硬質挿入部 30 とが光ケーブル LC を介して光学的に接続されることになる。

【 0 0 3 7 】

また、挿入部材 30 b は、腹腔内の撮影を行う際に腹腔内に挿入されるものであって、硬質な材料から形成され、たとえば、直径略 10 mm の円筒形状を有している。図 3 は、挿入部材 30 b の内部の構成、すなわち硬質挿入部 30 の全体構成を示す概略断面図である。挿入部材 30 b 内には、図 3 に示すように、光源装置 2 から出射された照明光および／または励起光を導光して被観察部に照射するマルチモード光ファイバを備えたライトガイド LG と、可視像と蛍光像を結像する対物レンズ 12 と、対物レンズ 12 によって結像された可視像および／または蛍光像を導光するためのレンズ群 13 とが設置されている。これにより、他端側 30 Y（図 2）から入射された被観察部の可視像および蛍光像は対物レンズ 12 およびレンズ群 13 を介して一端側 30 X の撮像ユニット 20 側に導光される。

40

【 0 0 3 8 】

（ライトガイド）

ここで、挿入部材 30 b 内に設けられたライトガイド LG の構成について詳細に説明する。ライトガイド LG は、図 3 に示すように、光ファイバ 11 a と、光ファイバの出射端

50

近傍の周囲を覆う反射面を備える円筒状の反射部材 1 1 b と、光ファイバ 1 1 a の出射端部と反射部材 1 1 b との間を充填するように設けられた被覆部材 1 1 c と、光ファイバ 1 1 a を固定する固定部材 1 1 d とを備えている。

【 0 0 3 9 】

(光ファイバ)

光ファイバ 1 1 a は、コア C とその周囲に形成されたクラッド K とから構成されるものである。光源装置 2 から出射された照明光および / または励起光が、光ファイバ 1 1 a の一端から入射され、光ファイバ 1 1 a 内を導光し、他端から出射することにより、被観察部まで導光される。光ファイバの種類や材料は特に限定されないが、半導体レーザは一般的に、出力パワーが大きい場合、空間マルチモード発振動作しているため、高い結合効率を得るという観点から、光ファイバ 1 1 a はマルチモード光ファイバであることが好ましい。

10

【 0 0 4 0 】

そして、光ファイバ 1 1 a の出射端近傍の所定部分は、その出射端に向かって先細りとなるようなテーパ形状で形成されている。このテーパ形状となっている光ファイバ 1 1 a の当該所定部分が、光ファイバのテーパ部 T となり、本発明における放射モード誘起手段を構成している。上記テーパ部 T は、光ファイバ 1 1 a の一部を加熱し、その加熱部分を延伸加工することによってテーパ形状に形成されている。すなわち、光ファイバ 1 1 a のテーパ部 T におけるコア径とクラッド径との比率が、テーパ化していない部分の比率と同じになるように形成されている。本発明に係るライトガイドにおいて、テーパ部 T の光軸方向の長さ (テーパ長) は、1 ~ 2 0 m m であることが好ましく、2 ~ 5 m m であることがより好ましい。ここで、下限の「1 m m」は、短いテーパ、すなわち、テーパ角の急なテーパであれば、側面放射に至る伝搬距離は短く出来るが、余り短いテーパは作製上困難であり、作製可能な最小の長さが 1 m m 程度であることに基づく。一方、上限の「2 0 m m」は、長いテーパの場合、全反射を維持したままテーパを抜けてしまう成分が多くなり、このような成分を現実的に許容できる最大の長さが 2 0 m m 程度であることに基づく。テーパ部のテーパ角は、作製上の限界等も考慮し、0 . 5 ~ 5 度であることが好ましく、1 ~ 4 度であることがより好ましい。なお、上記のような延伸加工によりテーパ部 T を形成する場合には、テーパ長およびテーパ角は、延伸加工におけるテーパ部 T のテーパ率によってほぼ決まるため、このテーパ率を適宜設定しながら延伸加工を行うことによって、上記の所望の範囲のテーパ長およびテーパ角を得ることができる。ここで、「テーパ率」とは、{ (テーパ部の入射端におけるコア径) / (テーパ部の出射端におけるコア径) } × 1 0 0 % を意味する。テーパ率は、5 0 % 未満であることが望ましい。

20

30

【 0 0 4 1 】

(テーパ化光ファイバの作用)

ここで、一般的なテーパ化光ファイバの作用を、非テーパ化光ファイバの作用と比較しながら説明し、さらに本発明に係るライトガイド L G に使用されるテーパ化光ファイバの作用をこれらと比較しながら説明する。

【 0 0 4 2 】

図 4 a は非テーパ化光ファイバの作用を示す概略図であり、図 4 b は一般的なテーパ化光ファイバの作用を示す概略図であり、図 4 c は本発明に係るライトガイド L G に使用されるテーパ化光ファイバの作用を示す概略図である。

40

【 0 0 4 3 】

まず、一般的に、光ファイバの出射端の開口数は、下記式 (3) で表わされる。なお、下記式 (3) における θ は、図 4 a に示す θ であり、光ファイバから出射される光の拡がり角の半角である。 n_1 および n_2 は、それぞれコアおよびクラッドの屈折率である。

【 数 1 】

$$NA = \sin \theta = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \cdots \cdots (3)$$

50

【 0 0 4 4 】

一方、一般的に、光ファイバにおいては、出射端におけるコア径と伝搬モード光の拡がり半角 θ との積が一定である関係がある。したがって、図 4 b に示すようなテーパ化光ファイバについても、コア径が出射端に向けて連続的に減少するテーパ部の任意の断面において、下記式 (4) の関係が成り立つことになる。

【 数 2 】

$$\text{ビームのコア径}(z) \times \theta(z) = \text{一定} \cdots \cdots (4)$$

ここで、 z はテーパ部 T の任意の断面位置を示す変数である。

10

【 0 0 4 5 】

よって、図 4 b の場合の出射端におけるコア径が図 4 a の場合に比べて小さい分、図 4 b に示す光ファイバのテーパ部 T の出射端における拡がり半角 θ' は、図 4 a に示す光ファイバの出射端における拡がり半角 θ に対して大きくなる。

【 0 0 4 6 】

そして、本発明に係るライトガイド LG に使用されるテーパ化光ファイバの作用を説明する。本発明に係るテーパ化光ファイバ 1 1 a は、出射端近傍にテーパ部 T を有するという点では図 4 b の場合と同様であるが、当該テーパ部 T のテーパ角に関する点で大きく異なる。図 4 b の場合は、上記式 (4) の関係を利用して、単に出射端のコアから出射される伝搬モード光の拡がり角を拡大したに過ぎない。つまり、図 4 b の場合は、伝搬モード光がテーパ部 T の出射端 (光ファイバの出射端) から放射されることを前提としている。しかしながら、本願発明に係るテーパ化光ファイバ 1 1 a は、テーパ角をさらに大きくすることにより、テーパ部 T に入射した伝搬モード光がテーパ部 T の側面から放射して放射モード光へと変換されるように構成されている。これにより、図 4 c に示すように、光ファイバの出射端以外の部分からもレーザ光を取り出すことが可能となる。

20

【 0 0 4 7 】

このような側面放射が生じる理由は以下の通りである。テーパ部 T に入射した伝搬モード光は、テーパ部 T におけるコア - クラッド界面で全反射を繰り返しながらテーパ部 T のコア C を伝搬していく。この際、全反射する度にテーパ角の分だけ伝搬角が増加していくため、上記界面への入射角も増加していく。この結果、臨界角を超えた入射角を有しながら上記界面へ入射した伝搬モード光 L 1 は、その位置の界面で全反射することができなくなり放射モード L 2 へと変換される。なお、単にテーパ角を一般的なテーパ化光ファイバのものよりも大きくしたからと言って、必ずしも上記のような側面放射が生じるわけではない。伝搬モード光 L 1 が側面放射するか否かは、テーパ角の他、特にテーパ長、使用する光の波長および伝搬モード光 L 1 の伝搬角等に影響される。したがって、本実施形態のように、放射モード誘起手段を光ファイバのテーパ部 T とする場合には、使用する光の波長および伝搬モード光 L 1 の伝搬角等を考慮して、テーパ部 T の設計を行う必要がある。

30

【 0 0 4 8 】

このテーパ部 T の設計において、テーパ部 T は、伝搬モード光のテーパ部 T への入射角を θ_0 、光ファイバについての臨界角を θ_c としたとき、上記式 (1) を満たす入射角 θ_0 を有する伝搬モード光を、側面放射せしめて放射モード光とするように構成されたものであることが好ましい。これにより、光ファイバを伝搬する光のエネルギーの大部分 (一般的なテーパ部への入射角 θ_0 を考慮するとおよそ 7 0 % 以上) を側面放射させることが可能となる。

40

【 0 0 4 9 】

(側面放射の判断方法)

伝搬モード光 L 1 が側面放射するか否かについての具体的な判断は、テーパ長を L 、ある伝搬角 θ_0 を有する伝搬モード光 L 1 がテーパ部 T に入射してから側面放射するまでに伝搬した光軸方向の長さを L_p としたとき、下記式 (5) を満たすか否かによって判断する。下記式 (5) を満たす場合には、当該伝搬モード光 L 1 が側面放射して、放射モード

50

光 L_2 となる。

$$L_p < L \cdots \cdots (5)$$

【0050】

以下、上記式(5)について詳細に説明する。

図5は、テーパ角 α のテーパ部T中を伝搬する伝搬モード光 L_1 の様子を示す概略断面図である。ただし、便宜上コアのみを表示し、クラッドの表示は省略している。テーパ部のコアは、座標 $P_1(0, a)$ 、 $P_2(L, b)$ 、 $P_3(L, -b)$ および $P_4(0, -a)$ で囲まれた部分である。

【0051】

所定の伝搬角 θ_0 を有する伝搬モード光 L_1 が、テーパ部Tの入射端のうち点 $(0, Y_0)$ からテーパ部Tのコアに入射した場合、伝搬モード光 L_1 はコア側面で全反射しながらテーパ部Tの出射端に向かって伝搬する。図5の $Q_1(X_1, Y_1)$ で1回全反射した後の伝搬角 θ_1 は、反射面への入射角が伝搬角にテーパ角を加えた角度になり、反射後の伝搬角は反射面での反射角にテーパ角を加えた角度になるので下記式(6)で求められる。

$$|\theta_1| = |\theta_0| + 2\alpha \cdots \cdots (6)$$

【0052】

また、 n 回全反射した後の伝搬角 θ_n は、反射するコア側面が交互に入れ代わるので下記式(7)で求められる。

$$\theta_n = (-1)^n \cdot (|\theta_0| + 2\alpha n) \cdots \cdots (7)$$

【0053】

従って、伝搬角がテーパ部Tのコア側面における臨界角 θ_c を越えない全反射可能な最大の回数 N は、下記式(8)で求められる。ここで、 INT は括弧内の演算結果の小数点以下を切り捨てて整数化を行う演算子である。

$$N = INT((\theta_c - \theta_0) / 2\alpha) \cdots \cdots (8)$$

【0054】

また、臨界角 θ_c は、テーパ部Tのコアの屈折率を n_1 、クラッドの屈折率を n_2 とすると全反射におけるスネルの法則より、下記式(9)のように定義できる。

$$\theta_c = \cos^{-1}(n_2 / n_1) \cdots \cdots (9)$$

【0055】

また、テーパ部Tの出射端に向かう伝搬モード光 L_1 が、あるコア側面で反射しその次のコア側面で反射するまでに、 X 方向に伝搬する距離、即ち、全反射が生じうる点 Q_{j-1} (以下、反射点 Q のようにいう。)と当該反射点の次の反射点 Q_j との間の距離の X 成分の長さ $L_{j-1, j}$ を下記式(10)のようにする。ここで、 j は、反射点 Q への到達回数を表し、0以上の整数である。 j の最大値は、全反射回数の最大値 N に1を足した数となる。また、 $j=0$ は、テーパ部Tの入射端における位置を表し、 X 軸の原点($X_0=0$)とする。反射点 Q_{N+1} は、厳密には全反射を生じる点ではないが、便宜上反射点と呼ぶ。

$$L_{0, 1} = X_1 - X_0 = X_1$$

$$L_{1, 2} = X_2 - X_1$$

...

$$L_{j-1, j} = X_j - X_{j-1}$$

...

$$L_{N-1, N} = X_N - X_{N-1}$$

$$L_{N, N+1} = X_{N+1} - X_N \cdots \cdots (10)$$

【0056】

この場合には、 $N+1$ 回目の反射点 Q_{N+1} に到達するまでに、伝搬モード光 L_1 がテーパ部Tのコアを伝搬した距離の X 方向成分の長さ $L_p(N+1)$ は、下記式(11)で表される。ここで、 $L_p(j)$ は j 回目の反射点 Q_j に到達するまでに、伝搬モード光 L_1 がテーパ部Tのコアを伝搬した距離の X 方向成分の長さを表し、 Z_j は、 j 回目の反射

10

20

30

40

50

点 Q_j におけるテーパ部の幅（Y 軸方向の長さ）を表す。

【数 3】

$$\begin{aligned}
 L_p(N+1) &= L_{0,1} + L_{1,2} + L_{2,3} + \cdots + L_{j-1,j} + \cdots + L_{N,N+1} \\
 &= \frac{Z_0}{|\tan \theta_0| + \tan \alpha} + \frac{Z_1}{|\tan \theta_1| + \tan \alpha} + \frac{Z_2}{|\tan \theta_2| + \tan \alpha} + \cdots + \frac{Z_{j-1}}{|\tan \theta_{j-1}| + \tan \alpha} + \cdots + \frac{Z_N}{|\tan \theta_N| + \tan \alpha} \\
 &= \frac{a - Y_0}{|\tan \theta_0| + \tan \alpha} + \frac{2a - 2L_{0,1} \cdot \tan \alpha}{|\tan \theta_1| + \tan \alpha} + \frac{2a - 2(L_{0,1} + L_{1,2}) \cdot \tan \alpha}{|\tan \theta_2| + \tan \alpha} + \cdots + \frac{2a - 2 \sum_{i=1}^{j-1} L_{i-1,i} \cdot \tan \alpha}{|\tan \theta_{j-1}| + \tan \alpha} \\
 &\quad + \cdots + \frac{2a - 2 \sum_{i=1}^N L_{i-1,i} \cdot \tan \alpha}{|\tan \theta_N| + \tan \alpha} \quad \cdots \cdots (11)
 \end{aligned}$$

【0057】

上記式 (11) は、 $j-1$ 回目の反射点 Q_{j-1} におけるテーパ部 T の幅 Z_{j-1} と、 j 回目の反射点 Q_j におけるテーパ部 T の幅 Z_j との関係を考えると求めることができる。すなわち、 $j-1$ 回目の反射点 Q_{j-1} におけるテーパ部 T の幅 Z_{j-1} は、反射点 Q_{j-1} および反射点 Q_j 間の距離の X 成分の長さ $L_{j-1,j}$ を用いて下記式 (12) のように表される。

【数 4】

$$Z_{j-1} = L_{j-1,j} \cdot |\tan \theta_{j-1}| + L_{j-1,j} \cdot \tan \alpha \quad \cdots \cdots (12)$$

【0058】

一方、 Z_{j-1} は、 $j-1$ 回目の反射点 Q_{j-1} に到達するまでに、伝搬モード光 L_1 がテーパ部 T のコアを伝搬した距離の X 方向成分の長さ $L_p(j-1)$ を用いて下記式 (13) のように表される。

【数 5】

$$Z_{j-1} = 2a - 2 \sum_{i=1}^{j-1} L_{i-1,i} \cdot \tan \alpha \quad \cdots \cdots (13)$$

【0059】

上記式 (12) および式 (13) より、一般的に $L_{j-1,j}$ は下記式 (14) のように表されることから、上記式 (11) のうち第 2 項から最終項が得られる。

【数 6】

$$L_{j-1,j} = \frac{2a - 2 \sum_{i=1}^{j-1} L_{i-1,i} \cdot \tan \alpha}{|\tan \theta_{j-1}| + \tan \alpha} \quad \cdots \cdots (14)$$

【0060】

上記式 (11) の L_p は、初期値 Z_0 を求めることにより、帰納的に求めることができる。 $j=0$ の点をテーパ部 T の入射端とし、さらにこの点におけるテーパ部 T の幅を、テーパ部 T の入射端におけるコア径とすると、 Z_0 は下記式 (15) のように表すことがで

10

20

30

40

50

きる。したがって、上記式(11)の第1項も求めることができ、 L_p を求めることができる。

$$Z_0 = a - Y_0 \cdots \cdots (15)$$

【0061】

以上のように、本実施形態のようなテーパ部Tを放射モード誘起手段とする場合には、実際に使用する光源や光ファイバ等を考慮しながら、上記式(11)により求まる L_p の値が上記式(5)を満たすように適宜テーパ部Tの設計を行うことが可能である。これにより、光ファイバのテーパ部Tにおいて、伝搬モード光L1の側面放射を生じせしめることが可能となる。また、 L_p は、より大きな発光面積を形成する観点から、上記式(2)を満たすように設定することが好ましい。このようにすることで、伝搬モード光L1がテーパ部Tの長さLの中間地点に到達する前に放射モード光L2を生成することができ、前方に対する発光面積を稼ぐことができる。以上が、本発明に係るテーパ化光ファイバ11aの作用の説明である。

【0062】

(側面放射するまでに伝搬した光軸方向の長さ L_p の実際の計算例)

以下には、実際の光ファイバに即した計算例を示す。使用する光ファイバは、例としてファイバコア径が $230\mu\text{m}$ 、開口数NAが0.23のマルチモード光ファイバである。この光ファイバは、延伸加工されて、テーパ長が5mm、端面におけるコア径が $40\mu\text{m}$ の先細りのテーパ部を有するとする。このとき、テーパ角 α はおよそ 1.08 度である。上記のような光ファイバのテーパ部の入射端面の中心(つまり、上記式(15)の $Y_0 = 0$)から、 $\theta_o / \theta_c = 0.4$ の条件を満たす伝搬角を成して光が入射した場合、全反射可能な最大の回数Nは2と計算できる。つまり、この光は、 $N + 1 = 3$ 回目の反射点では、全反射条件を満たさず、放射モードとなる。このときの伝搬長 $L_p(3)$ ($j = 1 \sim 3$ の差分距離 $L_{j-1, j}$ の和)は、下記の表1からおおよそ 3.67mm となる。すなわち、この光は、5mmのテーパ部Tを伝搬しきる前に側面から放射されることが分かる。

【0063】

10

20

【表 1】

反射点への 到達回数 j	反射回数 n	伝搬角 θ_n	導波路幅 Z_j μm	j回目の反射点における X方向の差分距離 $L_{j-1,j}$ μm	j回目の反射点に 到達するまでの 伝搬距離 $L_p(j)$ μm
0	0	0.06133	115.0000	-	-
1	1	-0.09933	175.6488	1430.123	1430.123
2	2	0.13733	119.3935	1480.224	2910.348
3	-	-	90.5300	759.473	3669.821

10

20

30

【0064】

上記の計算例は、あくまでも一例であり、他の計算例も当然あり得る。しかしながら、使用する光ファイバや光の伝搬角の条件が変わったとしても、上記の計算例のような手順により、上記式(11)により求まる L_p の値が上記式(5)を満たすように適宜テーパ部Tの設計を行うことが可能である。

40

【0065】

(反射部材)

反射部材11bは、放射モード光L2を前方(伝搬モード光L1の進行方向)へと集光するため反射面を有する部材である。これにより、放射モード光L2を効率よく照明光として利用することが可能となる。反射部材11bの形状は特に限定されないが、例えば、外側の側面も内側の側面も円筒状である形状60a(図6a)、外側の側面も内側の側面も先太り型の切頂円錐筒状である形状60b(図6b)、および外側の側面は円筒状で内側の側面は先太り型の切頂円錐筒状である形状60c等を採用することができる。照明光の照度分布の調整が容易であるという観点から、図6bおよびcのように、先太り型の切頂円錐筒状の反射面S2とすることが好ましい。そして、このような場合には、反射面の

50

テーパ角（反射面の母線と光ファイバの光軸とが成す鋭角）は $2 \sim 3^\circ$ 程度が好ましい。反射部材 11b の材料は、特に制限されず、例えば金や銀等の金属並びにガラス等を採用することができ、ガラス等の反射特性が低い材料を採用する場合には内側の側面に金属をコーティングすればよい。金属のコーティングは蒸着やメッキ等を実施することができる。また、例えば図 6a のような反射部材としてはいわゆるフェルルールを用いることができる。

【0066】

反射部材 11b の光ファイバの光軸に沿った方向の長さは、テーパ長程度であれば、特に限定されない。光ファイバ 11a を反射部材 11b へ固定する方法は、特に限定されず、反射部材 11b 内部に固定部材を設けたり、反射部材 11b 内に光ファイバ 11a を挿入した後、樹脂や接着剤を流し込んだりする方法を用いることができる。後者の場合には、樹脂や接着剤は後述する被覆部材としても機能するものを用いることが好ましい。図 3 の反射部材 11b は、図 6a に相当する円筒形状の部材 60a でありその内側に反射面（図示省略）を有している。

【0067】

図 7 は、放射モード光 L2 が反射部材 11b の反射面によって反射され前方に集光される様子を示す概念図である。図 7 では、便宜上反射部材 11b の反射面の形状のみを表示している。図 7a は、円筒状の反射面 S1 が配置された場合を示す。これは、図 6a の反射部材 60a を光ファイバ 11a のテーパ部 T に装着した場合に相当する。一方、図 7b は、切頂円錐筒状の反射面 S2 が配置された場合を示す。これは、図 6b の反射部材 60b または図 6c の反射部材 60c を光ファイバ 11a のテーパ部 T に装着した場合に相当する。図 7 に示すように、反射部材は、特に出射端から離れた位置で側面放射した放射モード光 L2 を照明が必要な部分に集光する際に有用である。なお、図 7 では、光ファイバ 11a の出射端の前方に拡散板 62 が設けられている。このような実施形態は、さらに拡がり角を拡大する観点から好ましい。これらの形状は反射部材 11b を固定する場所等を考慮し適宜選択することができる。

【0068】

（被覆部材）

被覆部材 11c は、テーパ化光ファイバ 11a のテーパ部 T の周囲に設けられており、クラッドの屈折率と同程度の屈折率を有する材料からなる部材である。被覆部材 11c の屈折率は、効率よく側面放射させるために、クラッドの屈折率に対してその差が $\pm 0.5\%$ 以内の範囲であることが好ましく、 $\pm 0.4\%$ 以内の範囲であることがより好ましい。この範囲は、シングルモードの比屈折率差が $0.2 \sim 0.3\%$ 、マルチモードでは 1% 程度であることに基づく。被覆部材 11c は、放射モード光 L2 がクラッドモードを形成することを防止する機能を果たす。これにより、放射モード光 L2 を効率よく光ファイバの外側へ側面放射させることが可能となる。被覆部材 11c は、例えば UV 硬化樹脂や熱硬化樹脂等の樹脂を用いることができる。特に、一般的な光ファイバのクラッドの屈折率が $1.45 \sim 1.46$ 程度であることを考慮すると、被覆部材 11c の材料として、屈折率が $1.44 \sim 1.47$ である材料が好ましい。より具体的には被覆部材 11c の材料として、例えば、屈折率を 1.45 から 1.50 程度まで調整可能である紫外線硬化型接着剤（エポキシ系）などを用いることが好ましい。また、被覆部材 11c の表面が空气中に露出する場合には、当該被覆部材 11c の内部で伝搬モードが形成されないように、その表面にマイクロレベル以上の表面粗さや歪みを形成することが好ましい。被覆部材 11c は、必ずしもテーパ部 T の側面すべてを被覆する必要はないが、放射モード光 L2 の照度分布をテーパ部の周囲にわたって均一にする観点から、光軸を中心とする周方向に対して均一にテーパ部の側面を被覆することが好ましい。

【0069】

図 8a は、図 6a に示す反射部材 60a にテーパ部 T が挿入され、その後樹脂がテーパ部 T と反射部材 60a との間に充填されて形成された放射モード誘起手段の形態を示す概略図である。図 8b は、図 6c に示す反射部材 60c にテーパ部 T が挿入され、その後樹

10

20

30

40

50

脂がテーパ部 T と反射部材 60 c との間に充填されて形成された放射モード誘起手段の形態を示す概略図である。このような形態を採用することは、被覆部材 11 c が、テーパ部 T と反射部材とを固定する機能も果たすことから好ましい。

【0070】

(撮像ユニット)

図9は、撮像ユニット20の概略構成を示す図である。撮像ユニット20は、硬質挿入部30内のレンズ群13により結像された被観察部の蛍光像を撮像して被観察部の蛍光画像信号を生成する第1の撮像系と、硬質挿入部30内のレンズ群13により結像された被観察部の可視像を撮像して可視画像信号を生成する第2の撮像系とを備えている。これらの撮像系は、可視像を反射するとともに、蛍光像を透過する分光特性を有するダイクロイックプリズム21によって、互いに直交する2つの光軸に分けられている。

10

【0071】

第1の撮像系は、硬質挿入部30から射出され、ダイクロイックプリズム21を透過した励起光をカットする励起光カットフィルタ22と、硬質挿入部30から射出され、ダイクロイックプリズム21および励起光カットフィルタ22を透過した蛍光像L4を結像する第1結像光学系23と、第1結像光学系23により結像された蛍光像L4を撮像する高感度撮像素子24とを備えている。

【0072】

第2の撮像系は、硬質挿入部30から射出され、ダイクロイックプリズム21を反射した可視像L3を結像する第2結像光学系25と、第2結像光学系25により結像された可視像L3を撮像する撮像素子26を備えている。

20

【0073】

高感度撮像素子24は、蛍光像L4の波長帯域の光を高感度に検出し、蛍光画像信号に変換して出力するものである。高感度撮像素子24はモノクロの撮像素子である。

【0074】

撮像素子26は、可視像の波長帯域の光を検出し、可視画像信号に変換して出力するものである。撮像素子26の撮像面には、3原色の赤(R)、緑(G)および青(B)、またはシアン(C)、マゼンダ(M)およびイエロー(Y)のカラーフィルタがベイヤー配列またはハニカム配列で設けられている。

【0075】

30

また、撮像ユニット20は、撮像制御ユニット27を備えている。撮像制御ユニット27は、高感度撮像素子24から出力された蛍光画像信号および撮像素子26から出力された可視画像信号に対し、CDS/AGC(相関二重サンプリング/自動利得制御)処理やA/D変換処理を施し、ケーブル5(図1参照)を介して画像処理装置3に出力するものである。

【0076】

(画像処理装置)

図10は、光源装置2および画像処理装置3の概略構成を示す図である。

【0077】

画像処理装置3は、図10に示すように、可視画像入力コントローラ31、蛍光画像入力コントローラ32、画像処理部33、メモリ34、ビデオ出力部35、操作部36、TG(タイミングジェネレータ)37、および制御部38を備えている。

40

【0078】

可視画像入力コントローラ31および蛍光画像入力コントローラ32は、所定容量のラインバッファを備えており、撮像ユニット20の撮像制御ユニット27から出力された1フレーム毎の可視画像信号および蛍光画像信号をそれぞれ一時的に記憶するものである。そして、可視画像入力コントローラ31に記憶された可視画像信号および蛍光画像入力コントローラ32に記憶された蛍光画像信号はバスを介してメモリ34に格納される。

【0079】

画像処理部33は、メモリ34から読み出された1フレーム毎の可視画像信号および蛍

50

光画像信号が入力され、これらの画像信号に所定の画像処理を施し、バスに出力するものである。

【 0 0 8 0 】

ビデオ出力部 3 5 は、画像処理部 3 3 から出力された可視画像信号および蛍光画像信号がバスを介して入力され、所定の処理を施して表示制御信号を生成し、その表示制御信号をモニタ 4 に出力するものである。

【 0 0 8 1 】

操作部 3 6 は、種々の操作指示や制御パラメータなどの操作者による入力を受け付けるものである。また、T G 3 7 は、撮像ユニット 2 0 の高感度撮像素子 2 4、撮像素子 2 6 および後述する光源装置 2 の L D ドライバ 4 5 を駆動するための駆動パルス信号を出力するものである。

10

【 0 0 8 2 】

制御部 3 8 は、システム全体を制御するものである。

【 0 0 8 3 】

光源装置 2 は、約 4 0 0 ~ 7 0 0 n m の広帯域の波長からなる可視光（白色光）L 1 を射出する可視光源 4 0 と、可視光源 4 0 から射出された可視光 L 1 を集光する集光レンズ 4 2 と、集光レンズ 4 2 によって集光された可視光 L 1 を透過するとともに、後述する励起光 L 2 を反射し、可視光 L 1 および励起光 L 2 とを光ケーブル L C の入射端に入射させるダイクロイックミラー 4 3 とを備えている。なお、可視光源 4 0 としては、たとえばキセノンランプが用いられる。また、可視光源 4 0 と集光レンズ 4 2 との間には、絞り 4 1 が設けられており、A L C（Automatic light control）からの制御信号に基づいてその絞り量が制御される。

20

【 0 0 8 4 】

（光源装置）

また、光源装置 2 は、蛍光色素である I C G（インドシアニンググリーン）を励起して蛍光を発生させる 7 5 0 ~ 8 0 0 n m の近赤外光を励起光 L 2 として射出する L D 光源 4 4 と、L D 光源 4 4 を駆動する L D ドライバ 4 5 と、L D 光源 4 4 から射出された励起光 L 2 を集光する集光レンズ 4 6 と、集光レンズ 4 6 によって集光された励起光 L 2 をダイクロイックミラー 4 3 に向けて反射するミラー 4 7 とを備えている。

【 0 0 8 5 】

30

また、本実施形態においては、励起光 L 2 として、上述したような波長帯域の光を用いるようにしたが、上記波長帯域の光に限定されず、被検者に投入される蛍光色素の種類もしくは自家蛍光させる生体組織の種類によって適宜決定される。

【 0 0 8 6 】

以上のように、本実施形態に係る内視鏡用ライトガイドおよびそれを備えた内視鏡は、照明光を被観察部へ導光する内視鏡用ライトガイドにおいて、特に、光ファイバを伝搬する伝搬モード光 L 1 が出射する光ファイバの出射端近傍において、伝搬モード光 L 1 を側面放射せしめて放射モード光 L 2 とし、放射モード光 L 2 を照明光として利用することを可能にした放射モード誘起手段を備えるから、光ファイバの出射端以外の部分からもレーザ光を取り出すことが可能となるため、細径化された光ファイバを用いても、発光面積の大きな 2 次光源を形成することが可能となる。これにより、内視鏡用ライトガイドおよびそれを備えた内視鏡において、細径化された光ファイバを用いても、レーザ光の安全基準のクラスを下げるということが可能となる。

40

【 0 0 8 7 】

（内視鏡用ライトガイドの設計変更）

上記説明では、本発明の内視鏡用ライトガイドを硬性鏡に適用した場合について説明したが、本発明はこれに限らず、軟性鏡に適用することも可能である。

【 0 0 8 8 】

「内視鏡用ライトガイドおよびそれを備えた内視鏡の第 2 の実施形態」

第 2 の実施形態の内視鏡用ライトガイドおよびそれを備えた内視鏡について説明する。

50

なお、本実施形態の内視鏡用ライトガイドおよびそれを備えた内視鏡は、前述した第１の実施形態とほぼ同様の構成であるが、放射モード誘起手段が、出射端近傍の光ファイバの側面を押圧してマイクロベンディングを生じせしめる押圧部材６４である点で第１の実施形態と異なる。したがって、その他の第１の実施形態と同様の構成要素についての詳細な説明は、特に必要のない限り省略する。

【００８９】

図１１は、本実施形態に係る放射モード誘起手段である押圧部材が光ファイバに装着された様子を示す概略図である。図１１ａは、押圧部材６４が装着された様子を光ファイバの光軸方向に垂直な方向から眺めた際の様子を示す概略図であり、図１１ｂは、押圧部材６４が装着された様子を光ファイバの光軸方向から眺めた様子を示す概略図である。

10

【００９０】

本実施形態のように、光ファイバを部分的に押圧した場合にはマイクロベンディング損失が発生し、その結果放射モード光Ｌ２が生じることになる。このような場合、図１１に示すように、押圧部材６４は、複数の押圧端子であり、複数の押圧端子６４は、光ファイバの光軸に垂直な方向から眺めた際に、光軸方向に沿ってずれた位置を押圧するように配され、かつ光軸方向から眺めた際に、光ファイバに内接する正奇数角形の頂点の位置から光ファイバを押圧するように配されたものであることが好ましい。これにより、図１１ｂに示すように、押圧端子６４が、他の押圧端子６４に起因して発生した放射モード光Ｌ２の障害物とならず、効率よく放射モード光Ｌ２を照明光として利用することが可能となる。例えば、図１１では、押圧端子６４は、光ファイバの光軸方向から眺めた際に、光ファイバに内接する正五角形の頂点を押圧するように配置されている。正奇数角形における角数は、多い方がより放射モード光Ｌ２の照度分布を均一にすることが可能となる。押圧部材６４によって、加える圧力は、光ファイバのコアが数μm歪む程度の小さな圧力でよい。また、前述した反射部材が押圧端子を有するような構成としてもよい。

20

【００９１】

以上のように、本実施形態に係る内視鏡用ライトガイドおよびそれを備えた内視鏡も、照明光を被観察部へ導光する内視鏡用ライトガイドにおいて、特に、光ファイバを伝搬する伝搬モード光Ｌ１が出射する光ファイバの出射端近傍において、伝搬モード光Ｌ１を側面放射せしめて放射モード光Ｌ２とし、放射モード光Ｌ２を照明光として利用することを可能にした放射モード誘起手段を備えるから、第１の実施形態と同様の効果を奏する。

30

【符号の説明】

【００９２】

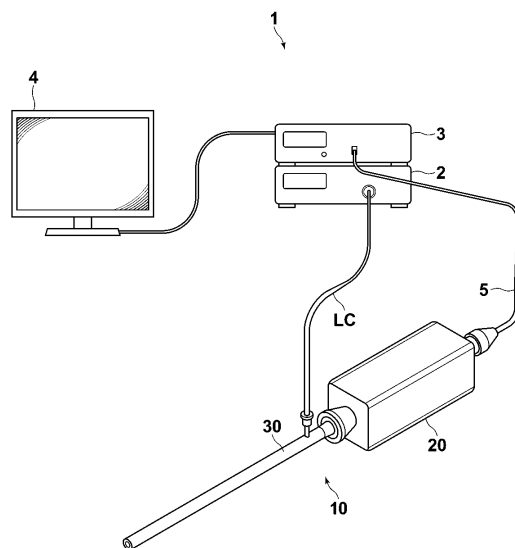
- １ 硬性鏡システム
- ２ 光源装置
- ３ 画像処理装置
- ４ モニタ
- ５ ケーブル
- １０ 硬性鏡
- １１ ａ 光ファイバ
- １１ ｂ、６０ ａ～ｃ 反射部材
- １１ ｃ 被覆部材
- １１ ｄ 固定部材
- １２ 対物レンズ
- １３ レンズ群
- ２０ 撮像ユニット
- ２１ ダイクロイックプリズム
- ２２ 励起光カットフィルタ
- ３０ 硬質挿入部
- ３０ ａ 接続部材
- ３０ ｂ 挿入部材

40

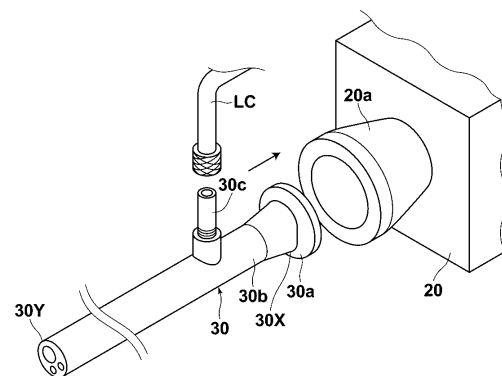
50

3 3	画像処理部
3 6	操作部
3 8	制御部
4 0	可視光源
6 2	拡散板
6 4	押圧部材（押圧端子）
C	光ファイバのコア
K	光ファイバのクラッド
L 1	伝搬モード光
L 2	放射モード光
L C	光ケーブル
L G	ライトガイド
S 1	円筒状の反射面
S 2	切頂円錐筒状の反射面
T	テーパ部

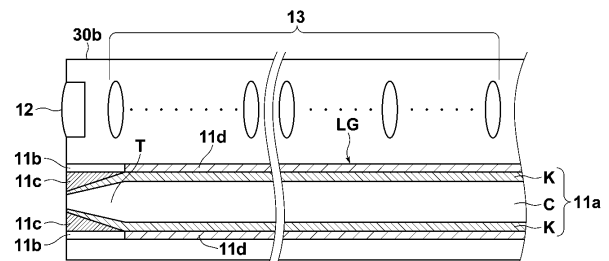
【図 1】



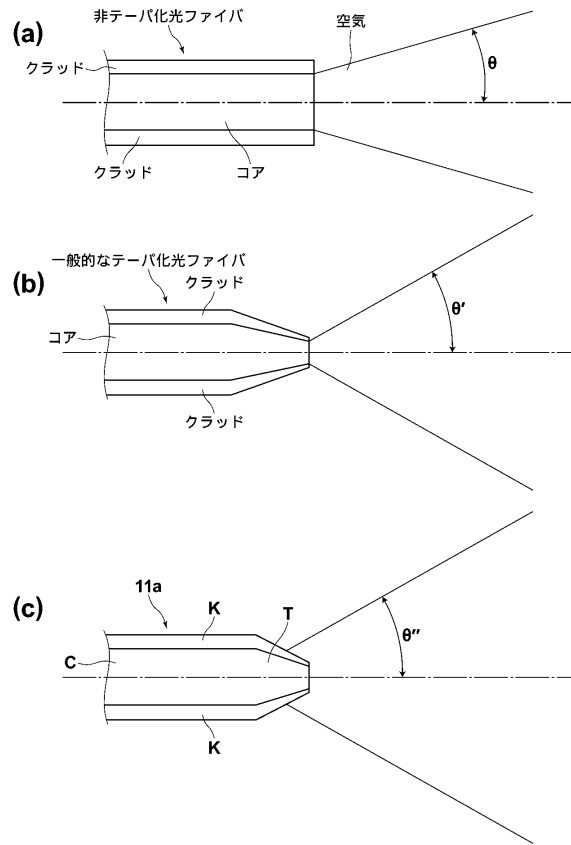
【図 2】



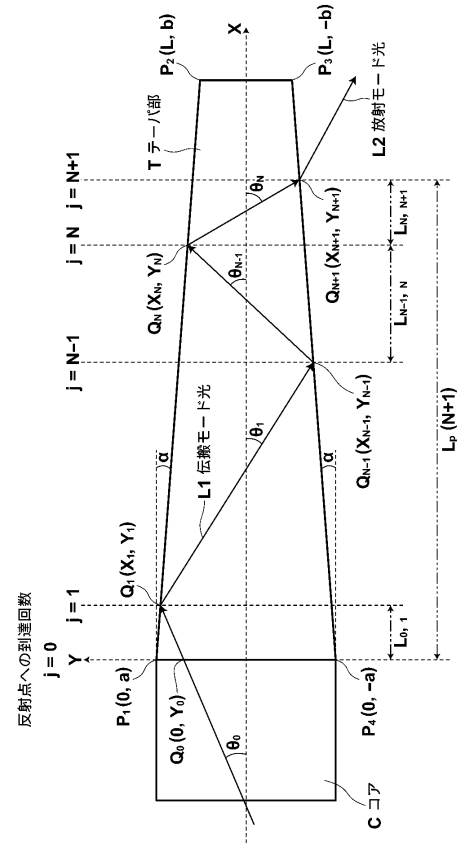
【図 3】



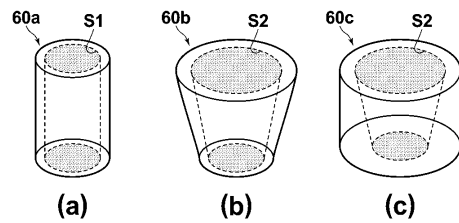
【図 4】



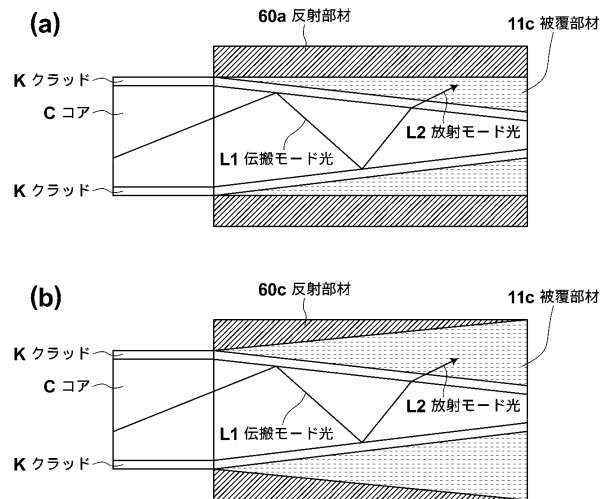
【図 5】



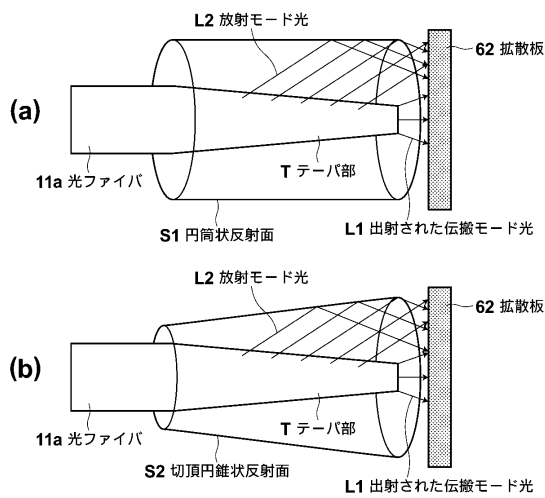
【図 6】



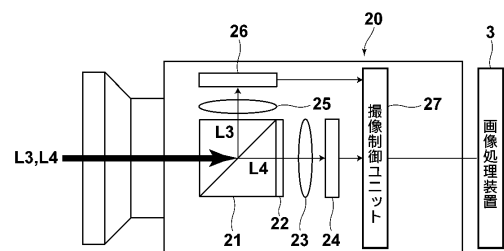
【図 8】



【図 7】



【図 9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 0 - 1 8 6 1 0 0 (J P , A)
国際公開第 9 8 / 0 3 5 6 0 7 (W O , A 1)
特開平 0 2 - 1 8 6 3 0 4 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 3 5 8 4 5 9 (J P , A)
特開平 1 0 - 0 6 2 6 4 3 (J P , A)
特表平 1 0 - 5 0 1 3 3 9 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 1 4 7 7 4 1 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 0 2 4 0 0 0 (J P , A)
特表 2 0 0 8 - 5 1 1 8 7 2 (J P , A)
特開昭 6 2 - 2 8 7 2 1 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

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

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

专利名称(译)	用于内窥镜的光导和具有该光导的内窥镜		
公开(公告)号	JP5563933B2	公开(公告)日	2014-07-30
申请号	JP2010194726	申请日	2010-08-31
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	笠松直史 吉田光治		
发明人	笠松 直史 吉田 光治		
IPC分类号	A61B1/00 G02B23/26		
CPC分类号	A61B1/07 A61B1/00105 A61B1/0017 A61B1/0638		
FI分类号	A61B1/00.300.U G02B23/26.B A61B1/00.732 A61B1/07.732		
F-TERM分类号	2H040/BA12 2H040/CA11 2H040/CA12 2H040/DA12 4C061/AA24 4C061/BB01 4C061/BB08 4C061/DD01 4C061/FF35 4C061/FF40 4C061/FF46 4C061/FF47 4C061/GG01 4C061/JJ11 4C061/LL01 4C061/LL08 4C061/MM01 4C061/MM05 4C061/PP07 4C061/PP08 4C061/PP11 4C061/QQ02 4C061/QQ04 4C161/AA24 4C161/BB01 4C161/BB08 4C161/DD01 4C161/FF35 4C161/FF40 4C161/FF46 4C161/FF47 4C161/GG01 4C161/JJ11 4C161/LL01 4C161/LL08 4C161/MM01 4C161/MM05 4C161/PP07 4C161/PP08 4C161/PP11 4C161/QQ02 4C161/QQ04		
代理人(译)	佐久间刚		
其他公开文献	JP2012050590A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：为了为内窥镜和配备有内窥镜的内窥镜提供光导，即使使用变薄的光纤也可以形成具有大发光面积的二次光源，可以降低标准等级。 解决方案：在用于将照明光引导到观察部分的内窥镜光导中，使传播模式光L1在光纤11a和光纤11a的发射端附近侧向发射，以形成辐射模式光L2和辐射模式诱导装置（T，64）使得可以使用辐射模式光L2作为照明光。 点域

