

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-81957

(P2010-81957A)

(43) 公開日 平成22年4月15日(2010.4.15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 0 0 Y	2 H 0 4 0
A 6 1 B 1/06 (2006.01)	A 6 1 B 1/06 A	4 C 0 6 1
G 0 2 B 23/26 (2006.01)	G 0 2 B 23/26 B	

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2008-250968 (P2008-250968)
 (22) 出願日 平成20年9月29日 (2008. 9. 29)

(71) 出願人 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
 (74) 代理人 100123962
 弁理士 斎藤 圭介
 (72) 発明者 福井 良恵
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内
 (72) 発明者 伊藤 毅
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内
 Fターム(参考) 2H040 BA09 CA04 CA07 CA11
 4C061 BB01 FF40 FF46 NN01 QQ02
 QQ09 RR04

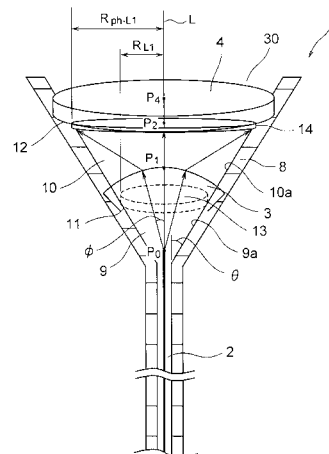
(54) 【発明の名称】 光源装置

(57) 【要約】

【課題】 励起光を導光するライトガイド射出端部 P o と凹レンズなどの光発散手段と波長変換部材との距離や、光発散手段と波長変換部材の有効領域の範囲を最適化することで、励起光の利用効率が高く、かつ、照明光射出部を小型化できるような内視鏡にも使用可能な光源装置を提案すること。

【解決手段】 励起光を射出する光源と、光源 1 と光学的に接続され、励起光を導光する光ファイバーと、光ファイバー射出端部 P o と光学的に接続され、射出端部 P o から射出された励起光を受光し、それとは異なる波長領域の光を射出する波長変換部材とを有する光源装置において、光ファイバー射出端部 P o と波長変換部材との間の、励起光の光路上に配置された発散手段と、光ファイバー射出端部 P o と発散手段と波長変換部材 4 とを保持するための保持部材と、を有することを特徴とする。

【選択図】 図 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

励起光を射出する光源と、

前記光源と光学的に接続され、前記励起光を導光する光ファイバーと、

前記光ファイバー射出端部と光学的に接続され、前記射出端部から射出された前記励起光を受光し、前記励起光とは異なる波長領域の光を射出する波長変換部材とを有する光源装置において、

前記光ファイバー射出端部と前記波長変換部材との間の、前記励起光の光路上に配置された発散手段と、

前記光ファイバー射出端部と前記発散手段と前記波長変換部材とを保持するための保持部材と、を有することを特徴とする光源装置。

10

【請求項 2】

前記発散手段は、前記波長変換部材の有効な波長変換領域の大きさに対し、前記光ファイバーから射出された前記励起光が前記波長変換部材上に形成するビームスポットが、略等しいか小さくなるように、前記ビームスポットを広げる機能を有することを特徴とする請求項 1 に記載の光源装置。

【請求項 3】

前記発散手段は負の屈折力を有して導光する光学部材を少なくとも含んでいることを特徴とする請求項 2 に記載の光源装置。

【請求項 4】

前記発散手段は板状部材上に複数形成された光発散光学素子であることを特徴とする請求項 2 に記載の光源装置。

20

【請求項 5】

前記板状部材上に形成された前記光発散光学素子は、前記板状部材表面に形成された凹凸面であることを特徴とする請求項 4 に記載の光源装置。

【請求項 6】

前記凹凸面の高さの差は 100 ミクロン以下であることを特徴とする請求項 5 に記載の光源装置。

【請求項 7】

前記凹凸面はガラスまたは樹脂であり、前記板状部材上にインプリント法によって形成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の光源装置。

30

【請求項 8】

前記凹凸面は、凸部と凹部との高さの差や、ある凸部と隣接する凸部との距離を調整する必要があり、前記凸部と隣接する凸部との距離が 100 ミクロン以下の範囲でランダムに形成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の光源装置。

【請求項 9】

前記光発散光学素子は、前記板状部材の表面に複数形成された凹レンズであることを特徴とする請求項 4 に記載の光源装置。

【請求項 10】

前記発散手段の有効領域は、前記励起光が前記発散手段上に形成するビームスポットに比べ、それより大きいか、略等しくなるように構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の光源装置。

40

【請求項 11】

前記保持部材の内面の、前記光ファイバー射出端部と前記波長変換部材との間の領域は、前記励起光の主軸に対して、前記光ファイバー射出端部側より前記波長変換部材側が広がったテーパー角を有する円錐構造を有しており、前記テーパー角は、前記保持部材の前記励起光の主軸を含む平面による断面における、前記励起光の主軸と前記保持部材の内面のなす角により定義されることを特徴とする請求項 1 に記載の光源装置。

【請求項 12】

前記保持部材の内面の円錐構造は、

50

前記光ファイバー射出端部 P o と前記発散手段との間の第一のテーパ角 と、
前記発散手段と前記波長変換部材との間の第二のテーパ角 と、は互いに異なっていることを特徴とする請求項 1 1 に記載の光源装置。

【請求項 1 3】

前記第一のテーパ角 に対し、前記第二のテーパ角 が大きいことを特徴とする請求項 1 2 に記載の光源装置。

【請求項 1 4】

前記第一のテーパ角を とすると、前記第一のテーパ角 は前記光ファイバー射出端部から射出される前記励起光の射出角 に対し、略等しいか大きくなるように構成されており、

10

前記光ファイバー射出端部から射出される前記励起光の射出角 は、前記光ファイバーの開口数 NA を用いて $\sin^{-1} NA$ として定義され、

$\sin^{-1} NA$ の関係を有することを特徴とする請求項 1 3 に記載の光源装置。

【請求項 1 5】

前記光ファイバー射出端部 P o と前記波長変換部材との間の前記保持部材の内面は、反射面であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 1 4 のいずれか一項に記載の光源装置。

【請求項 1 6】

前記発散手段で発散された前記励起光を、平行光に変更して前記波長変換部材に照射する光学手段を、前記波長変換部材と前記発散手段との間に有することを特徴とする請求項 1 に記載の光源装置。

20

【請求項 1 7】

前記光学手段は少なくともひとつの凸レンズを含むことを特徴とする請求項 1 6 に記載の光源装置。

【請求項 1 8】

前記保持部材は、前記発散手段と前記波長変換部材の少なくとも一つを固定するための固定部を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の光源装置。

【請求項 1 9】

前記波長変換部材の有効な波長変換領域の大きさは、前記発散手段から発散された励起光が前記波長変換部材上に形成するビームスポットに対して、略等しいか、それより大きく構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の光源装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、LED、SLD、LD等の固体発光素子を用いた光源装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、内視鏡用光源装置として、キセノンランプ、ハロゲンランプあるいはメタルハライド等の光源装置が用いられている。しかし、このようなキセノンランプ等の光源装置は大型かつ高価であり、内視鏡先端での照明光射出部までの導光効率が低い。

40

【0003】

このような問題に対して、例えば特許文献 1 に従来の内視鏡用光源装置が提案されている。図 1 4 は、従来の内視鏡用光源装置 5 0 0 の要部の断面構成を示す図である。従来の内視鏡用光源装置 5 0 0 は、被検体に挿入される内視鏡挿入部 5 0 2 (保持部材)と、内視鏡挿入部に設けられた蛍光体 5 0 9 と、蛍光体 5 0 9 a、5 0 9 b、5 0 9 c にレーザー光を照射するためのレーザー光源とを有し、レーザー光源から射出されたレーザー光を励起光として蛍光体 5 0 9 が発する別波長の光を被検対象に照射することにより、被検対象の観察領域に十分な光量の照明を効率よく当てることのできる小型で、低価格な内視鏡用光源装置である。

【0004】

50

【特許文献1】特開2006-296499号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1においては、励起光を導光するライトガイド524の射出端部P0と凹レンズ534などの発散手段と波長変換部材との位置関係や、凹レンズ534などの光発散手段や波長変換部材の有効領域の範囲が最適化されていない。そのため、波長変換部材の変換効率や、励起光の利用効率が高められておらず、十分な高効率を実現できていない。

【0006】

また、保持部材502がテーパ面を有していないため、これに伴い、レンズや蛍光体や光受け取り基板を配置した筐体内部のキャビティが大きくなり、照明光の射出部が大型化してしまう。

【0007】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、本発明の目的は励起光を導光するライトガイド射出端部P0と凹レンズ534などの光発散手段と波長変換部材との距離や、光発散手段と波長変換部材の有効領域の範囲を最適化することで、励起光の利用効率が高く、かつ、照明光射出部を小型化できるような内視鏡にも使用可能な光源装置を提案することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明によれば、励起光を射出する光源と、光源と光学的に接続され、励起光を導光する光ファイバーと、光ファイバー射出端部と光学的に接続され、射出端部から射出された励起光を受光し、励起光とは異なる波長領域の光を射出する波長変換部材とを有する光源装置において、光ファイバー射出端部と波長変換部材との間の、励起光の光路上に配置された発散手段と、光ファイバー射出端部と発散手段と波長変換部材とを保持するための保持部材と、を有することを特徴とする光源装置を提供できる。

【0009】

また、本発明の好ましい態様によれば、発散手段は、波長変換部材の有効な波長変換領域の大きさに対し、光ファイバーから射出された励起光が波長変換部材上に形成するビームスポットが、略等しいか小さくなるように、ビームスポットを広げる機能を有することが望ましい。

【0010】

また、本発明の好ましい態様によれば、発散手段は負の屈折力を有して導光する光学部材を少なくとも含んでいることが望ましい。

【0011】

また、本発明の好ましい態様によれば、発散手段は板状部材上に複数形成された光発散光学素子であることが望ましい。

【0012】

また、本発明の好ましい態様によれば、板状部材上に形成された光発散光学素子は、板状部材表面に形成された凹凸面であることが望ましい。

【0013】

また、本発明の好ましい態様によれば、凹凸面の高さの差は100ミクロン以下であることが望ましい。

【0014】

また、本発明の好ましい態様によれば、凹凸面はガラスまたは樹脂であり、板状部材上にインプリント法によって形成されていることが望ましい。

【0015】

また、本発明の好ましい態様によれば、凹凸面は、凸部と凹部との高さの差や、ある凸

10

20

30

40

50

部と隣接する凸部との距離を調整する必要がある、凸部と隣接する凸部との距離が100ミクロン以下の範囲でランダムに形成されていることが望ましい。

【0016】

また、本発明の好ましい態様によれば、光発散光学素子、板状部材の表面に複数形成された凹レンズであることが望ましい。

【0017】

また、本発明の好ましい態様によれば、発散手段の有効領域は、励起光が発散手段上に形成するビームスポットに比べ、それより大きいか、略等しくなるように構成されていることが望ましい。

【0018】

また、本発明の好ましい態様によれば、保持部材の内面の、光ファイバー射出端部と波長変換部材との間の領域は、励起光の主軸に対して、光ファイバー射出端部側より波長変換部材側が広がったテーパ角を有する円錐構造を有しており、テーパ角は、保持部材の励起光の主軸を含む平面による断面における、励起光の主軸と保持部材の内面のなす角により定義されることが望ましい。

10

【0019】

また、本発明の好ましい態様によれば、保持部材の内面の円錐構造は、光ファイバー射出端部Poと発散手段との間の第一のテーパ角と、発散手段と波長変換部材との間の第二のテーパ角と、は互いに異なっていることが望ましい。

【0020】

また、本発明の好ましい態様によれば、第一のテーパ角に対し、第二のテーパ角が大きいことが望ましい。

20

【0021】

また、本発明の好ましい態様によれば、第一のテーパ角を θ_1 とすると、第一のテーパ角 θ_1 は光ファイバー射出端部から射出される励起光の射出角 θ_1 に対し、略等しいか大きくなるように構成されており、光ファイバー射出端部から射出される励起光の射出角 θ_1 は、光ファイバーの開口数NAを用いて $\sin^{-1} NA$ として定義され、 $\theta_1 \approx \sin^{-1} NA$ の関係性を有することが望ましい。

【0022】

また、本発明の好ましい態様によれば、光ファイバー射出端部Poと波長変換部材との間の保持部材の内面は、反射面であることが望ましい。

30

【0023】

また、本発明の好ましい態様によれば、発散手段で発散された励起光を、平行光に変更して波長変換部材に照射する光学手段を、波長変換部材と発散手段との間に有することが望ましい。

【0024】

また、本発明の好ましい態様によれば、光学手段は少なくともひとつの凸レンズを含むことが望ましい。

【0025】

また、本発明の好ましい態様によれば、保持部材は、発散手段と波長変換部材の少なくとも一つを固定するための固定部を有していることが望ましい。

40

【0026】

また、本発明の好ましい態様によれば、波長変換部材の有効な波長変換領域の大きさは、発散手段から発散された励起光が波長変換部材上に形成するビームスポットに対して、略等しいか、それより大きく構成されていることが望ましい。

【発明の効果】

【0027】

本発明にかかる半導体光源装置は、励起光を導光するライトガイド射出端部Poと凹レンズなどの光発散手段と波長変換部材との距離や、光発散手段と波長変換部材の有効領域の範囲とを最適化しているので、励起光の利用効率を高くできるとともに、装置全体を小

50

型化できるという効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下に、本発明にかかる光源装置の実施形態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。

【0029】

(第一の実施形態)

本発明の第一の実施形態に係る内視鏡に用いることが可能な半導体光源装置について図1及び図2を参照しながら説明する。図1は内視鏡に用いることが可能な半導体光源装置の全体構成を示す図であり、図2は、半導体光源装置の要部構成を示す図である。

10

【0030】

図1に示すように本実施形態の半導体光源装置は、光ファイバー2と、光ファイバー2の一端部に連結された先端ユニット部7と、光ファイバー2の他端部に連結された操作部5と、操作部5及び光ファイバー2内に配設されたライトガイドへ励起光を供給する光源1と、先端ユニット部7を介して得られた情報を信号処理するプロセッサ装置21と、プロセッサ装置21で生成された映像信号に基づき内視鏡画像を表示するモニタ36と、を備える。

【0031】

また、図2に示すように本実施形態の半導体光源装置は、光源1と、光源1から射出される励起光を導く光ファイバー2と、先端ユニット部7と、により構成され、先端ユニット部7は、波長変換部材4と、励起光を波長変換部材4上に広げる凹レンズ3と、光ファイバー2と凹レンズ3と波長変換部材4とを保持する保持部材5と、を有する。

20

【0032】

光源1は波長変換部材4を励起するための半導体レーザーである。本実施形態では、半導体レーザーの励起波長は450nmであり、最大500mWの出力を有する青色半導体レーザーを用いている。

【0033】

光ファイバー2はレンズ6を介して光源1と光学的に接続されている。光ファイバー2は、光ファイバー2の開口数NAが0.4、コア径は50 μ mで、クラッド径は125mmのマルチモードファイバーを用いることが可能である。

30

【0034】

波長変換部材4は蛍光体を樹脂に混合して固めたものである。ここでの蛍光体とはエネルギー準位において外的要因により電子が基底準位から励起準位へ励起され、再び基底準位に戻る時に光と熱を発する材料である。本実施形態ではその中でも分散型の粉末蛍光体を用いている。粉末蛍光体には、一例として、YAG:Ceのような、450nmの励起波長で効率よく540nmの主ピークで発光する一般的な蛍光体を利用できる。

【0035】

樹脂は、屈折率が1.4のメチルタイプの短波長の光にも耐えうるシリコン樹脂を用いることが可能である。

【0036】

40

次に、図3乃至図5を用いて先端ユニット部7について説明する。図3は、図2の先端ユニット部7の断面構成を示す図であり、図4は、射出端部Po、凹レンズ3、及び波長変換部材4の位置関係を示す図であり、図5は、各凹レンズ3、波長変換部材4での励起光のビームスポットを示した図である。

【0037】

図3に示されるように、保持部材8の内部であるキャビティ30に、光ファイバー2と凹レンズ3と波長変換部材4と凹レンズ固定部11と波長変換部材固定部12とが所定の位置に配置されている。キャビティ30は、第一のキャビティ9及び第二のキャビティ10を有する。

【0038】

50

保持部材 8 の光ファイバー 2 と凹レンズ 3 の間の内部空間である第一のキャビティ 9 は、光ファイバー 2 の配置される側から凹レンズ 3 の配置される側に向かって拡がるような第一のテーパ面 9 a を有している。

【 0 0 3 9 】

第一のテーパ面 9 a には、励起光源 1 からの励起光を効率よく反射する反射面が形成されている。

【 0 0 4 0 】

また、凹レンズ 3 と波長変換部材 4 の間の内部空間である第二のキャビティ 10 は、凹レンズ 3 の配置される側から波長変換部材 4 の配置される側に向かって拡がるような第二のテーパ面 10 a を有している。保持部材 8 内の第一のキャビティ 9 と第二のキャビティ 10 の側面（第一のテーパ面 9 a、第二のテーパ面 10 a）は、同様のテーパ角を有している。

10

【 0 0 4 1 】

第一のテーパ面 9 a には、凹レンズ 3 を通過した励起光や波長変換部材 4 により波長変換された波長変換光を効率よく反射する反射面が形成されている。

【 0 0 4 2 】

光ファイバー 2 から射出した励起光の射出角 θ は、光ファイバー 2 の開口数 (NA) に基づいて計算することができる。すなわち、式 (1) により求めることができる。

$$\sin^{-1}(\text{NA}) \cdots (1)$$

【 0 0 4 3 】

第一のキャビティ 9 の側面の第一のテーパ面 9 a は、式 (1) で計算された励起光の射出角 θ と略等しいか、それより大きいテーパ角を有しており、光ファイバー 2 の射出端部 P o から射出した励起光が直接第一のテーパ面 9 a に照射されないように構成されている。

20

【 0 0 4 4 】

凹レンズ 3 はその外径が略円形に形成されており、保持部材 8 の内部の第一のキャビティ 9 と第二のキャビティ 10 の間に配置されている。凹レンズ 3 は設置された状態で、取り付け保持される部分を除く領域を凹レンズ 3 の有効領域 13 としている。凹レンズ 3 の有効領域 13 は凹レンズ 3 の外径より小さな円形と想定して構成されている。よってキャビティ 30 内の凹レンズ 3 の有効領域 13 の半径を R_{L1} 、光ファイバー 2 と凹レンズ 3 との間の距離を a とすると、式 (2) に示すような関係とすることで、凹レンズ 3 の有効領域 13 に効率的に励起光を照射することが可能となる。

30

$$R_{L1} = a \times \tan \theta \cdots (2)$$

【 0 0 4 5 】

すなわち、図 5 に示すように凹レンズ 3 の有効領域 13 は、発散手段上に形成する励起光のビームスポット 28 と比べて、略等しいか、大きくなるように構成されている。

【 0 0 4 6 】

例えば、ファイバーの開口数 $\text{NA} = 0.4$ のとき、式 (1) より光ファイバー 2 から射出した励起光の射出角 θ は 23.6 (°) であり、光ファイバー 2 と凹レンズ 3 の間の距離 a を 1 (mm) としたとき、式 (2) より凹レンズ 3 の有効領域の半径 R_{L1} は 0.44 (mm) 以上となる。ここでは、半径 R_{L1} は 0.44 (mm) が良いが、励起光のビームスポット径より凹レンズ 3 の有効領域 13 が大きければ、励起光を効率よく利用できる。

40

【 0 0 4 7 】

波長変換部材 4 は、その外径が略円形に形成されており、保持部材 8 内に配置されている。波長変換部材 4 の波長変換特性は、その製造上の課題等から、外周部の波長変換特性が中央部近傍のそれと比較して低くなってしまうことがある。このため、波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 14 を、その外形よりやや小さな半径 R_{ph-L1} の円形と想定して構成されている。なお、一般には外周部の特性劣化はそれほど大きくないため、本実施形態では、波長変換部材 4 の保持部材 8 への取り付け部分を除く領域を有効な波長変換領

50

域 14 としている。

【0048】

波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 14 の半径を $R_{p h - L 1}$ 、凹レンズ 3 の焦点距離を f 、光ファイバー 2 の射出端部 $P o$ と凹レンズ 3 の間の距離を a 、凹レンズ 3 と波長変換部材 4 の間の距離を d 、光ファイバー 2 から射出された励起光の射出角を θ とする。このとき、以下の式 (3) を満足する関係となるように構成する。これにより、凹レンズ 3 により広げられた励起光を効率的に波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 14 に照射することが可能となる。

$$R_{p h - L 1} = \tan \{ f a + d (f + a) \} / \theta \quad \dots (3)$$

【0049】

すなわち、波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 14 は、発散手段 (波長変換部材 4) 上に形成される励起光のビームスポット 29 と比べて、略等しいか、大きくなるように構成されている。

【0050】

例えば、凹レンズ 3 の焦点距離 f を 0.5 (mm)、光ファイバー射出端部 $P o$ と凹レンズ 3 の間の距離 a を 1 (mm)、凹レンズ 3 と波長変換部材 4 の間の距離 d を 1 (mm)、光ファイバー 2 から射出された励起光の射出角 θ を 23.6 (°) としたとき、式 (3) より波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 14 の半径 $R_{p h - L 1}$ は、1.75 (mm) 以上である。

【0051】

なお、凹レンズ 3 を保持部材 8 へ固定するための凹レンズ固定部 11 と波長変換部材 4 を保持部材 8 へ固定するための波長変換部材固定部 12 は、波長変換部材 4 の先端部の方向から見たとき、円錐状の保持部材 8 の内面にフィットするような円形状の溝または、小さい板状部材が等間隔に取り付けられた固定部である。

【0052】

凹レンズ 3 の有効領域 13 は、式 (2) で凹レンズ 3 上の励起光のビームスポット 28 に対して、等しいほうが良いが、励起光のロスが無い点でそれより大きくても良い。波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 14 の半径 $R_{L 1 - p h}$ も同様に式 (3) で波長変換領域 14 上の励起光のビームスポット 29 に対して、等しいほうが良いが、励起光のロスが無い点でそれより大きくても良い。

【0053】

本実施形態に係る半導体光源装置の動作について図 1 から図 5 を参照しながら説明する。

光源 1 から射出された励起光は、レンズ 6 を介して光ファイバー 2 に光学的に結合され、光ファイバー 2 のコア内を光ファイバーの開口数である NA に従って導光する。光ファイバー 2 の射出端部 $P o$ から射出された励起光は、開口数である NA に従った角度で射出され、凹レンズ 3 へ進行する。その後、励起光は凹レンズ 3 により発散され、凹レンズ 3 を通過した励起光は波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 14 に向かって照射される。

【0054】

図 3 に示すように、光ファイバー 2 の射出端部 $P o$ から射出された励起光は、光ファイバー 2 の NA に従って拡げられて進行する。保持部材 (筐体) 8 のテーパ角 θ は、光ファイバー 2 の NA から計算された射出角 θ_0 より大きなテーパ角となっているため、励起光は基本的には第一のテーパ面 9a に照射されること無く凹レンズ 3 に向かって進行する。しかしながら、光ファイバー 2 の湾曲状態や、取り付け状態等により光ファイバー 2 の射出端部 $P o$ からは光ファイバー 2 の NA により算出される射出角より大きな角度で射出される場合がある。このような光は保持部材 8 のキャビティ側面 (第一のテーパ面 9a) に照射されるが、キャビティ側面は反射面となっているため、ここで反射され、波長変換部材 4 に照射される。結果として、光ファイバー 2 の湾曲状態や取り付け状態による励起光のロスを最小限とすることが可能となっている。

【0055】

10

20

30

40

50

図5に示すように、凹レンズ3により発散された励起光が波長変換部材4上に形成するビームスポット29が、有効な波長変換領域14と略等しいエリアに照射される。つまり、波長変換部材4の有効領域の半径を R_{ph} 、波長変換部材4上のビームスポット29の半径を R_{ph-B} とすると、 $R_{ph} \approx R_{ph-B}$ であると良い。

【0056】

励起光の一部は波長変換部材4に吸収、波長変換されて、波長変換光となる。波長変換光の一部は波長変換部材4の励起光が照射された面の反対側から照明光として射出され、また別の一部は励起光が照射された面から保持部材8の第二のキャビティ10内に射出される。第二のキャビティ10内に射出されて波長変換した波長変換光は、保持部材8の第二のキャビティ10内の側面の反射面で反射されることで、一部は波長変換部材4を通過して射出端部P0より射出される。

10

【0057】

また、波長変換部材4に照射された励起光の別の一部は、波長変換部材4により反射、散乱されて保持部材8の第二のキャビティ10内に照射される。第二のキャビティ10内に射出された励起光は、キャビティ側面(第二のテーパ面10a)の反射面で反射され、一部は波長変換部材4に再び照射される。従って、波長変換部材4により反射、散乱された励起光を再利用することが可能となる。

【0058】

図3において、P0を光ファイバー2の射出端部の点、P1を凹レンズ3の中心点、P2を波長変換領域14のキャビティ側(射出端部P0側)の中心点、P4を波長変換部材4の射出側の中心点としている。図3の構成図のP0、P1、P2、P4の点は励起光の主軸L上に位置しており、図4の各点と対応している。図4に示すようにP0点に位置する光ファイバー2の射出端部P0から射出された励起光は、第一のキャビティ9内で光ファイバー2の開口数であるNAに従った角度の範囲を有して射出され、凹レンズ3の有効領域13へ進行する。その後、励起光は凹レンズ3内で屈折され、凹レンズ3のP1点を通じた励起光は第二のキャビティ10内を進行し、波長変換部材4の有効な波長変換領域14に向かって発散する。一部の励起光は主軸L上を直進し、波長変換部材4の有効な波長変換領域14の中心であるP2に照射される。

20

【0059】

上記のように光ファイバー2と波長変換部材4の間に凹レンズ3を介して構成することで、光ファイバー2の射出端部P0と蛍光体のユニット4の距離を短くすることが出来、波長変換部材4の有効な波長変換領域14へ励起光を発散して照射することが可能である。

30

【0060】

ここで、光ファイバー2の射出端部P0と波長変換部材4との間に発散手段を介さずに、近接させて配置すると、波長変換部材4に照射される単位面積当たりの励起光の強度が大きくなるため、局所的に温度が上昇する。この結果、蛍光体の所与の波長変換特性や耐久性が低減すること、樹脂材料が劣化することも考えられる。

【0061】

特に、樹脂は温度が上昇することで光透過率が低下することがある。

40

【0062】

これに対して、本実施形態では、励起光の発散手段として、光ファイバー2の射出端部P0と波長変換部材4の間に、励起光のスポット径を波長変換部材4の有効な波長変換領域14に拡げるための凹レンズ3を設けているため、このような課題を回避することができる。

【0063】

さらに、樹脂の耐熱特性や蛍光体の温度特性などから、凹レンズ3と波長変換部材4の大きさと、光ファイバー2の射出端部P0と凹レンズ3と波長変換部材4との位置関係すなわち間隔を本実施形態の指針に沿って設定することで、様々な樹脂、蛍光体を効率的に使用することが可能となる。また、凹レンズ3と波長変換部材4の大きさを上記の通り設

50

定することで、励起光を有効に利用できない領域を省き、効率的な半導体光源装置を実現することが可能となる。

【0064】

なお、本実施形態では、光ファイバー2から射出した励起光が波長変換部材4上に形成するビームスポット29の径と波長変換部材4の有効な波長変換領域14の径とが略等しくなるように構成したが、必ずしも略等しくする必要は無い。波長変換部材4上のビームスポット29の径が有効な波長変換領域14の径と略等しいか、それより小さければ、励起光を効率的に利用していると言える。

【0065】

一方、上述した波長変換部材4の温度上昇を考慮すると、波長変換部材4上の励起光のビームスポット29の径を非常に小さくすることは困難である。このため、ビームスポット29の径に比べ波長変換部材4の有効な波長変換領域14の径を十分大きくすると、先端ユニット部7が大きくなってしまう。本実施形態の構成では、波長変換部材4の有効な波長変換領域14の面積 S_{ph} と、波長変換部材4上に形成される励起光ビームスポットの面積 S_s の比 S_s / S_{ph} が、0.25から1の間であれば、励起光の利用効率を十分高く、かつ先端ユニット部7を小型に構成することが可能となる。

10

【0066】

さらに、本実施形態では、保持部材8のキャビティ内面を反射面としているため、反射面に直接的、間接的に照射される励起光や波長変換光の一部を再利用することが可能となり、結果として明るい照明光を射出することが可能となる。

20

【0067】

上記のように構成した筐体内部8のテーパ角より励起光の射出角が急角度であると、励起光は第1のテーパ面9a及び第2のテーパ面10aに照射されてしまうが、それを防ぐことで励起光のロスを低減することが出来る。

【0068】

光ファイバー2の射出端部Po、凹レンズ3、波長変換部材4の位置やサイズのパラメータを凹レンズ3の焦点距離の関係式(2)と(3)より、一つのパラメータを決定することで簡便に構成することが可能である。

【0069】

(第一の実施形態の変形例)

30

本発明の第一の実施形態の変形例の半導体光源装置について図6及び図7を参照しながら説明する。図6は、先端ユニット部7の断面構成を示す図であり、図7は、各凹レンズ3、凸レンズ15、波長変換部材4での励起光のビームスポットを示した図である。まず本変形例の構成について説明を行う。

【0070】

図6において、第一の実施形態の構造図である図3に示された部材と同一の参照符号で示された部材は同様の部材であり、その詳しい説明は省略する。保持部材8の内部すなわちキャビティ30内に、光ファイバー2と、凹レンズ3と、凸レンズ15と、波長変換部材4と、凹レンズの固定部11と、凸レンズの固定部26と、波長変換部材固定部12と、が所定の位置に配置されている。図3で示した第一の実施形態の構造と異なるのは、保持部材8の内部に、凸レンズ15を凹レンズ3と組み合わせたことである。凸レンズ15は凹レンズ3と波長変換部材4の間の領域に配置されている。キャビティ30は、第一のキャビティ9、第二のキャビティ25、及び第三のキャビティ17を有する。

40

【0071】

第一のキャビティ9の側面の第一のテーパ面9aは、励起光の射出角と略等しいか、それより大きなテーパ角を有しており、光ファイバー2の射出端部Poから射出した励起光が直接第一のテーパ面9aに照射されないように構成されている。第一のテーパ面9aには、励起光源1からの励起光を効率よく反射する反射面が形成されている。

【0072】

また、凹レンズ3と凸レンズ15の間の内部空間である第二のキャビティ25は、凹レ

50

レンズ3の配置される側から凸レンズ15の配置される側に向かって拡がるような第二のテーパ面25aを有している。第2のテーパ面25aには、凹レンズ3を通過して発散した励起光及び凹レンズ3面で全反射した励起光を効率よく反射する反射面が形成されている。

【0073】

凸レンズ15と波長変換部材4との間の内部空間である第三のキャビティ17は、凸レンズ15の配置される側から波長変換部材4の配置される側に向かって拡がるような第三のテーパ面17aを有している。

第三のテーパ面17aには、凸レンズ15を通過した励起光や波長変換部材4により波長変換された波長変換光を効率よく反射する反射面が形成されている。保持部材8内の第一のキャビティ9と第二のキャビティ25の側面(第二のテーパ面25a)と第三のキャビティ17の側面(第三のテーパ面17a)は同様のテーパ角を有している。

【0074】

凸レンズ15はその外径が略円形に形成されており、保持部材8の内部の第三のキャビティ25と第二のキャビティ17の間に配置されている。凸レンズ15は設置された状態で、取り付け保持される部分を除く領域を凸レンズ3の有効領域16としている。凸レンズ15の有効領域16は凸レンズ15の外径より小さな円形と想定して構成されている。よって図7に示すようにキャビティ10内の凸レンズ15の有効領域16の半径を R_{L2} とすると、凸レンズ15の大きさは、凸レンズ15上のビームスポット30の径と略等しくなるか大きくなるように構成されている。つまり、凸レンズ15の有効領域の半径を R_L 、凸レンズ15上のビームスポット30の半径を R_{B-L2} とすると、 $R_{L2} = R_{B-L2}$ であると良い。

【0075】

波長変換部材4の有効な波長変換領域14は、凹レンズ3で発散した光を平行光にする凸レンズ15の有効領域16と略等しいが、それより大きくなるように構成されている。

【0076】

凸レンズ固定部26は、波長変換部材4の先端部の方向から見たとき、円錐状の保持部材8の内面にフィットするような円形状の溝または、小さい板状部材が等間隔に取り付けられた固定部である。

【0077】

凸レンズ15の有効領域16の半径 R_{L2} は凹レンズ3の径の大きさと等しいほうが良いが、励起光のロスが無い点でそれより大きくても良い。

【0078】

本実施形態の動作について図6及び図7を参照しながら説明する。

光ファイバ2の射出端部Poから射出された励起光は、光ファイバ2のNAに従って拡がりながら進行する。保持部材(筐体)8のテーパ角は、光ファイバ2のNAから計算された射出角より大きくなっているため、励起光は基本的には第一のテーパ面9aに照射されること無く凹レンズ3に向かって進行する。凹レンズ3により発散された励起光の一部は凸レンズ15に入射し、励起光は凸レンズ15内で屈折して、波長変換部材4の有効な波長変換領域14に励起光が平行に照射される。図7に示すように波長変換部材4上に形成する励起光のビームスポット29が、有効な波長変換領域14と略等しいかそれより小さいエリアに照射される。

【0079】

励起光の一部は波長変換部材4に吸収、波長変換されて、波長変換光となる。波長変換光の一部は波長変換部材4の励起光が照射された面の反対側から照明光として射出され、また別の一部は励起光が照射された面から保持部材8の第三のキャビティ17内に射出される。第三のキャビティ17内に射出されて波長変換した波長変換光は、保持部材8の第三のキャビティ17内の側面(第三のテーパ面17a)の反射面で反射されることで、一部は波長変換部材4を通過して射出端部Poより射出される。

【0080】

10

20

30

40

50

また、波長変換部材 4 に照射された励起光の一部は、波長変換部材 4 により反射、散乱されて保持部材 8 の第三のキャビティ 17 内に照射される。第三のキャビティ 17 内に射出された励起光は、キャビティ側面（第二のテーパ面 17a）の反射面で反射され、一部は波長変換部材 4 に再び照射される。従って、波長変換部材 4 により反射、散乱された励起光を再利用することが可能となる。

【0081】

上記のように構成することで、凸レンズ 15 を通過した平行光は、波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 14 に第一の実施形態よりも均一のパワー密度で照射することが可能であるので、射出光の色むらを低減することが出来る。

【0082】

さらに、本変形例では、保持部材 8 内の第三のキャビティ 17 内で平行光に変換することで、励起光の第三のテーパ面 17a での反射を低減することができる。反射を防ぐことで励起光のロスを低減し、効率よく波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 14 に照射することができる。

加えて、保持部材内の面をテーパ面とすることで、照明光射出部を小型化した内視鏡にも使用可能な光源を得ることができる。

【0083】

（第二の実施形態）

第二の実施形態に係る半導体光源装置について図 8 を参照しながら説明する。図 8 は、第二の実施形態に係る半導体光源装置の先端ユニット部 7 の断面構成を示す図である。本実施形態は、光ファイバー 2 の射出端部 P 側に設けられた先端ユニット部 7 の保持部材 19 が図 8 のように構成されている点で、第一の実施形態とは異なっている。

【0084】

なお、図 8 において、第一の実施形態の図 3 で示した部材と同一の参照符号で指示された部材は同様の部材であり、その詳しい説明は省略する。

【0085】

保持部材 19 の内部すなわちキャビティ 30 に、光ファイバー 2 と、凹レンズ 3 と、波長変換部材 4 と、凹レンズ 3 の固定部 11 と、波長変換部材 4 の固定部 12 と、が所定の位置に配置されている。図 8 に示す保持部材は第一のテーパ角 と、それより大きい第二のテーパ角 と、を有する、二つの異なるテーパ角を有するテーパ型保持部材 19 で構成されている。キャビティ 30 は、第一のキャビティ 9 及び第二のキャビティ 18 を有する。

【0086】

保持部材 19 の光ファイバー 2 と凹レンズ 3 の間の内部空間である第一のキャビティ 9 は、光ファイバー 2 の配置される側から凹レンズ 3 の配置される側に向かって拡がるような、第一のテーパ角 を有している。第一のテーパ面 9a には、励起光源 1 からの励起光を効率よく反射する反射面が形成されている。

【0087】

また、凹レンズ 3 と波長変換部材 4 の間の内部空間である第二のキャビティ 18 は、凹レンズ 3 の配置される側から波長変換部材 4 の配置される側に向かって拡がるような第二のテーパ角 を有している。第二のテーパ面 18a は凹レンズ 3 を通過した励起光や波長変換部材 4 により波長変換された波長変換光を効率よく反射する反射面が形成されている。

【0088】

光ファイバー 2 から射出した励起光の射出角 は、光ファイバー 2 の開口数である NA から計算することができる。すなわち、上述した式（1）により求めることができる。

$$\sin^{-1}(NA) \cdots (1)$$

【0089】

第一のキャビティ 9 の側面（第一のテーパ面 9a）の第一のテーパ角 は、励起光の射出角 と略等しいか、それより大きなテーパ角を有しており、光ファイバー 2 の射出

10

20

30

40

50

端部 P o から射出した励起光が直接第一のテーパ面 9 a に照射されないように構成されている。

【 0 0 9 0 】

凹レンズ 3 はその外径が略円形に形成されており、保持部材 1 9 の内部の第一のキャビティ 9 と第二のキャビティ 1 8 の間に配置されている。凹レンズ 3 は設置された状態で、取り付け保持される部分を除く領域を凹レンズ 3 の有効領域 1 3 としている。凹レンズ 3 の有効領域 1 3 の径は、凹レンズの外径より小さな円形と想定して構成されている。したがって、キャビティ 3 0 内の凹レンズ 3 の有効領域の半径を R_{L1} 、光ファイバー 2 と凹レンズ 3 との間の距離を a とすると、上述した式 (2) を満足する関係となるように構成することで、凹レンズ 3 により拡げられた励起光を効率的に凹レンズ 3 の有効領域 1 3 に照射することが可能となる。

$$R_{L1} = a \times \tan \theta \quad \dots (2)$$

【 0 0 9 1 】

第二のキャビティ 1 8 の側面 (テーパ面 1 8 a) の第二のテーパ角 θ_2 は、凹レンズ 3 を通過した励起光の発散角と略等しいか、それより大きなテーパ角を有しており、発散した励起光が直接第二のテーパ面 1 8 a に照射されないように構成されている。

【 0 0 9 2 】

波長変換部材 4 は、その外径が略円形に形成されており、保持部材 1 9 内のキャビティ 3 0 に配置されている。波長変換部材 4 の波長変換特性は、その製造上の課題等から、外周部の波長変換特性が中央部近傍のそれと比較して低くなってしまうことがある。このため、波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 1 4 を、その外形よりやや小さな半径 R_{ph-L1} の円形と想定して構成されている。なお、一般には外周部の特性劣化はそれほど大きくないため、本実施形態では、波長変換部材 4 の保持部材 1 9 への取り付け部を除く領域を有効な波長変換領域 1 4 としている。

【 0 0 9 3 】

波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 1 4 の径は、凹レンズ 3 を通過して発散した蛍光ユニット 4 上の励起光のビームスポット 2 9 の径と比べて、略等しいか、大きくなるように構成されている。つまり、波長変換部材 4 の有効領域の半径を R_{ph} 、波長変換部材 4 上のビームスポット 2 9 の半径を R_{ph-B} とすると、 $R_{ph} > R_{ph-B}$ であると良い。

【 0 0 9 4 】

本実施形態の動作について図 4、図 8 を参照しながら説明する。

光ファイバー 2 の射出端部 P o から射出された励起光は、光ファイバー 2 の NA に従って拡がりながら進行する。光ファイバー 2 の射出端部 P o と凹レンズ 3 の間の保持部材 1 9 の第一のキャビティ 9 の側面の第一のテーパ角 θ_1 は、光ファイバー 2 の NA から計算された射出角 θ_{out} より大きなテーパ角となっているため、励起光は基本的には第一のテーパ面 9 a に照射されることなく凹レンズ 3 に向かって進行する。

【 0 0 9 5 】

ここで、光ファイバー 2 の湾曲状態や、取り付け状態等により光ファイバー 2 の射出端部 P o からは光ファイバー 2 の NA により算出される射出角 θ_{out} より大きな角度で射出される場合がある。本実施形態では、このような光は第一のキャビティ 9 の側面 (第一のテーパ面 9 a) に照射される。第一のキャビティ 9 の側面は反射面となっている。このため、ここで反射され、凹レンズ 3 の方向に照射される。結果として、このような光ファイバー 2 の湾曲状態や取り付け状態による励起光のロスを最小限とすることが可能となっている。

【 0 0 9 6 】

凹レンズ 3 により発散された励起光は、波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 1 4 と略等しいか、それより小さいエリアに照射される。励起光の一部は波長変換部材 4 に吸収、波長変換されて、波長変換光となる。波長変換光の一部は波長変換部材 4 の励起光が照射された面の反対側から照明光として射出され、また別の一部は励起光が照射された面から保持部材 1 9 の第二のキャビティ 1 8 内に射出される。第二のキャビティ 1 8 内に射出さ

10

20

30

40

50

れて波長変換した波長変換光は、第二のキャビティ 18 の側面（第二のテーパ面 18 a）の反射面で反射されることで、一部は波長変換部材 4 を通過して射出端部 P_4 より射出される。

【0097】

また、波長変換部材 4 に照射された励起光の一部は、波長変換部材 4 により反射、散乱されて保持部材 19 の第二のキャビティ 18 内に照射される。第一の実施形態に比べて第二のキャビティ 18 内の第二のテーパ角 θ が、励起光を直接反射しないように、大きく構成されている。このため、第二のキャビティ 18 内に射出された励起光は、第二のキャビティ 18 の側面の反射面で反射され、一部は波長変換部材 4 に第二のキャビティ 18 内に第一の実施形態に比べて平行光に近い光の進行で再び照射される。

10

【0098】

図 8 において、 P_0 を光ファイバー 2 の射出端部の点、 P_1 を凹レンズ 3 の中心点、 P_2 を波長変換部材 4 の円形の波長変換領域 14 の中心点としている。図 8 の構成図の P_0 、 P_1 、 P_2 、 P_4 の点は励起光の主軸 L 上に位置しており、図 4 の各点と対応している。図 4 に示すように、 P_0 点に位置する光ファイバー射出端部 P_0 から射出された励起光は、第一のキャビティ 9 内で光ファイバー 2 の開口数である NA に従った射出角度 θ の範囲を有して射出され、凹レンズ 3 の有効領域 13 へ進行する。その後、励起光は凹レンズ 3 内で屈折され、凹レンズ 3 の P_1 点を通じた励起光は第二のキャビティ 18 内を進行し、波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 14 に向かって発散する。一部の励起光は主軸 L 上を直進し、波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 14 の中心である P_2 に照射される。

20

【0099】

上記のように構成することで第一の実施形態の波長変換部材 4 上の波長変換領域 14 のビームスポット 29（図 5 参照）よりも多くの光を取り出すことができる。このため、さらに広い面積で波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 14 に励起光を照射することが可能となる。また、第一の実施形態よりも凹レンズ 3 と波長変換部材 4 の間の第二のキャビティ 18 の第二のテーパ角 θ が大きいと反射面で反射された励起光の損失を防ぐことが可能である。さらに、第二のテーパ角 θ が大きいと波長変換部材 4 の波長変換領域 14 で波長変換された光が、第二のテーパ面（反射面）18 a で反射され、その分の光を再利用することが可能となる。

30

【0100】

（第三の実施形態）

第三の実施形態の半導体光源装置について図 9 乃至図 12 を参照しながら説明する。図 9 は第三の実施形態の先端ユニット部 7 の断面構成を示す図、図 10 は板状部材 20 の凹凸面 22 の構造を示す斜視図であり、図 10 は、板状部材 20 の凹凸面 22 の構成を示す拡大斜視図であり、図 11 は、板状部材 20 の断面構成を示す図であり、図 12 は、板状部材 20 及び波長変換部材 4 での励起光のビームスポットを示す図である。

【0101】

本実施形態は、光ファイバー射出端部 P_0 側に設けられた先端ユニット部 7 が、図 9 のように構成されている点で、第一、第二の実施形態とは異なっている。なお、図 9 において、図 3 で示した第一の実施形態の部材と同一の参照符号で指示された部材は同様の部材であり、その詳しい説明は省略する。

40

【0102】

図 9 の板状部材 20 は、図 10 及び図 11 に示すようなレンズの効果をもち、極小の凹凸が表面に形成されたような構造のパターンがランダムに配置されている。凹凸面 22 の凹凸の大きさが極小であるため、板状部材 20 の表面の極小の凹レンズ 22 の焦点距離 P_3 は、同様に極小である。従って、波長変換部材 4 に照射されるレーザー範囲は、広くすることが可能で、照射強度を均一にすることが可能である。

【0103】

例えば、図 11 に示すように、凹凸面 22 は、凹部 22 a 及び凸部 22 b の組から形成

50

される。凸部 22b と凹部 22a との高さの差を $10\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ とするとき、焦点距離 P_3 もマイクロレベルになる。このため、凸部 22b でもマイクロ凹レンズアレイのような屈折作用で発散効果をもつ。ここで、下方から進んできた励起光の入射角度は平行光とした例を示しているが、実際のレーザーの励起光の射出角は平行光以外の角度を持った光も含まれるので、平行光以外の角度を持った光の発散角度については後に記載する。

【0104】

また、本実施形態では、樹脂状の材料から形成された、 $0.3\ \text{mm}$ 程度の薄いフィルム状の板状部材 20 を使用する。さらに、板状部材 20 は、短波長の光に耐えうる、樹脂またはガラス等の透過率の高い材料が用いられる。透過率は、 85% から 90% であり、拡散板と違ってレーザー光の光強度のエネルギーロスが小さい。板状部材 20 は、その外径が略円形に形成されており、保持部材 19 内に配置されている。板状部材 20 の有効領域 21 は、板状部材 20 の外径よりやや小さな半径 R_D の円形と想定して構成されている。なお、本実施形態では、保持部材 19 へ取り付け保持される部分を除く領域を板状部材 20 の有効領域 21 としている。

10

【0105】

板状部材 20 において励起光を発散させる領域が板状部材 20 の有効領域 21 であるとする、板状部材 20 の有効領域は、光ファイバー 2 の射出端部 P_0 と板状部材 20 の間の距離と光ファイバー 2 の開口数を用いた関係式により導くことが可能であり、以下の式 (4) に示す。

【0106】

板状部材 20 は、励起光を効率よく照射部に照射させるために板状部材 20 の有効領域 21 の円形領域と等しいか、それより大きい領域となるように構成されている。

20

【0107】

これを計算式で示すと、光ファイバー 2 の射出端部 P_0 から板状部材 20 までの距離を a 、光ファイバーの開口数を NA 、光源から射出された励起光の射出角 $\theta = \sin^{-1} NA$ とし、板状部材 20 上のビームスポット 31 の半径を R_D としたときに、以下の式 (4) を満足する関係となるように構成する。これにより、励起光を効率的に板状部材 20 の有効領域 21 に照射することが可能となる。

$$R_D \geq a / \tan \theta \quad \dots (4)$$

【0108】

例えば、光ファイバー 2 の $NA = 0.4$ とし、光ファイバー 2 の射出端部 P_0 から板状部材 20 までの距離を $1\ \text{mm}$ とした場合、板状部材 20 の有効領域の半径 R_D は、約 $2.3\ \text{mm}$ 以上となる。ここでは、 R_D は $2.3\ \text{mm}$ が良いが、板状部材 20 上の励起光のビームスポット 31 より板状部材 20 の有効領域 21 が大きければ、励起光を効率よく利用しているといえる。

30

【0109】

板状部材 20 を通過して発散された励起光を効率よく波長変換部材 4 上に照射される領域が、波長変換部材 4 の有効領域 14 であるとする、板状部材 20 を通過した波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 14 は、板状部材 20 と波長変換部材 4 との間の距離と、板状部材 20 の有効領域 21 と、励起光の発散光の板状部材 20 の発散角 θ とを用いた関係を有する。

40

【0110】

有効な波長変換領域 14 は波長変換部材 4 上の励起光のビームスポット 32 と等しいか、それより大きい領域となるように構成されている。つまり、波長変換部材 4 の有効領域の半径を R_{ph} 、波長変換部材 4 上のビームスポット 32 の半径を R_{ph-B} とすると、 $R_{ph} \geq R_{ph-B}$ であると良い。

【0111】

板状部材 20 と波長変換部材 4 との間の距離を d 、板状部材 20 の半径 R_D を、光源から射出された励起光の射出角を $\theta = \sin^{-1} NA$ 、板状部材 20 の発散角を θ' 、励起光の射出角を広げるための板状部材 20 を通過した励起光の発散光が波長変換部材 4 に照射

50

される分に対応する、発散した発散角を $\theta = (\theta_x^2 + \theta_y^2)^{1/2}$ 、波長変換部材 4 の有効領域 1 4 の半径を R_{ph-D} とする。ここで、板状部材 2 0 の発散角 θ は、励起光が平行光で入射した場合の、励起光の主軸上の発散光の最大の明るさに対して半値となる発散方向と、励起光の主軸とが成す角度である。また、発散角 θ は、板状部材 2 0 に励起光が射出角 θ_0 で入射した場合の、励起光の主軸上の発散光の最大の明るさに対して半値となる発散方向と、励起光の主軸とが成す角度である。

【 0 1 1 2 】

光ファイバー 2 の NA の範囲内の角度で射出された励起光のビームスポットが板状部材 2 0 に入射したとき、板状部材 2 0 の発散角 θ を有し、最終的に発散した距離に位置する波長変換部材 4 上の照射部のビームスポットと有効な波長変換領域 1 4 の大きさの関係式を式 (5) に示す。以下の関係となるように構成することで、板状部材 2 0 により拡げられた励起光を、効率的に波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 1 4 に照射することが可能となる。

$$R_{ph-D} \geq R_D + d \times \tan \theta \quad \dots (5)$$

【 0 1 1 3 】

図 1 2 を参照すると、例えば、光ファイバー 2 の NA = 0 . 4 、光ファイバー 2 の射出端部 P o から板状部材 2 0 までの距離 d を 1 mm 、板状部材の有効領域 R_D を 2 . 3 mm 、板状部材 2 0 の発散角 θ を 2 0 ° とした場合、板状部材 2 0 の有効領域の半径 R_{ph-D} は約 2 . 9 mm 以上となる。ここでは、2 . 9 mm が良いが、波長変換部材 4 上の励起光のビームスポット 3 2 の半径 R_{ph-B} より波長変換部材 4 の有効領域 1 4 の半径 R_{ph-D} が大きければ、励起光を効率よく利用しているといえる。

【 0 1 1 4 】

板状部材 2 0 の有効領域 2 1 の半径 R_D は、式 (4) において励起光のビームスポットの半径 R_{B-D1} と等しいほうが良いが、励起光のロスが無い点でそれより大きくても良い。

【 0 1 1 5 】

波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 1 4 の半径 R_{ph-D} は、式 (5) において波長変換領域 1 4 上の励起光のビームスポット 3 2 と等しいほうが良いが、励起光のロスが無い点でそれより大きくても良い。

【 0 1 1 6 】

凹凸面 2 2 は、例えばガラス、樹脂等透明な基板の上に樹脂等を塗布し、あらかじめ形成された型を押し当て、UV 光により硬化し、パターン転写を行うナノインプリンティングなどの方法によって形成することが可能である。また、ゾルゲルを用いてパターンを成型する方法もある。このとき、所望の発散角 θ を実現するために、凹凸面 2 2 の凹部 2 2 a と凸部 2 2 b の高さの差や、ある凸部 2 2 b と隣接する凸部 2 2 b との距離を所定の範囲に調節する。具体的には、本実施形態の場合、発散角 θ は 2 0 ° 程度に設定したため、高さの差、隣接する凸部 2 2 b 間の距離はおおよそ 5 0 μ m 以下の範囲でランダムに設定することで実現できる。ここで、あまり高さの差が大きくなったり、隣接する凸部 2 2 b 間の距離が大きくなると、安定した発散角 θ が得られなくなるため、いずれも 1 0 0 μ m 以下程度とするのが望ましい。

【 0 1 1 7 】

本実施形態の板状部材は、発散効果をもつ光学素子であればこれに限ったものではなく、図 1 3 に示すように、凹レンズ 3 3 が板状部材 2 0 の表面に複数形成されていてもよい。図 1 3 は、板状部材 2 0 の変形例を示す図である。

【 0 1 1 8 】

本実施形態の動作について図 9 乃至図 1 2 を参照しながら説明する。

光ファイバー 2 の射出端部 P o から射出された励起光は、光ファイバー 2 の NA に従って拡がりながら進行する。光ファイバー 2 の射出端部 P o と凹レンズ 3 の間の保持部材 1 9 の第一のキャビティ 9 の側面 (第一のテーパ面 9 a) の第一のテーパ角 θ_1 は、光ファイバー 2 の NA から計算された射出角 θ_0 より大きな第一のテーパ角 θ_1 となっているた

10

20

30

40

50

め、励起光は基本的には第一のテーパ面 9 a に照射されること無く板状部材 2 0 に向かって進行する。

【0119】

ここで、光ファイバー 2 の湾曲状態や、取り付け状態等により光ファイバー 2 の射出端部 P o からは光ファイバー 2 の NA により算出される射出角 より大きな角度で射出される場合がある。このような光はキャビティ 9 の側面（第一のテーパ面 9 a ）に照射される。第一のキャビティ 9 の側面は反射面となっているため、ここで反射され、板状部材 2 0 の方向に照射される。結果として、このような光ファイバー 2 の湾曲状態や取り付け状態による励起光のロスを最小限とすることが可能となっている。

【0120】

板状部材 2 0 により発散された励起光は、波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 1 4 と略等しいエリアに照射される。

【0121】

図 1 1 に示すように、板状部材 2 0 の表面の凹凸面 2 2 は極小の焦点距離を有するゆえ、第一、第二の実施形態よりも幅広く励起光を波長変換部材 4 上に発散させることが可能である。凹凸面 2 2 は製造時に凸部 2 2 b （凹部 2 2 a ）の山の高さ（谷の深さ）のレンジを調整することができ、波長変換部材 4 上の有効な波長領域 1 4 にちょうど良く励起光を照射するように設定することができる。よって例えば、円形拡散は 0 . 2 5 ° から 4 0 ° まで自由に設計することができ、その拡散角度に対応する山の高さを低くすることで平行凹レンズのように広がり角を持って励起光を発散させることができる。

【0122】

図 1 1 に示すように、下から照射された励起光が板状部材 2 0 の凹凸面 2 2 に入射して屈折し、凹部 2 2 a では発散方向に励起光が進行し、凸部 2 2 b では焦点距離 P₃ を越えたところで発散方向に進行する。

【0123】

励起光の一部は波長変換部材 4 に吸収、波長変換されて、波長変換光となる。波長変換光の一部は波長変換部材 4 の励起光が照射された面の反対側から照明光として射出され、また別の一部は励起光が照射された面から保持部材 1 9 の第二のキャビティ 1 8 内に射出される。第二のキャビティ 1 8 内に射出されて波長変換した波長変換光は、キャビティ 1 8 の側面（第二のテーパ面 1 8 a ）の反射面で反射されることで、一部は板状部材 2 0 を通過して射出端部 P o より射出される。

【0124】

また、波長変換部材 4 に照射された励起光の一部は、波長変換部材 4 により反射、散乱されて保持部材 1 9 の第二のキャビティ 1 8 内に照射される。第一の実施形態に比べて第二のキャビティ 1 8 内の第二のテーパ角 が、励起光を直接反射しないように、大きく構成されているため、第二のキャビティ 1 8 内に射出された励起光は、キャビティ側面（第二のテーパ面 1 8 a ）の反射面で反射され、一部は波長変換部材 4 にキャビティ 1 8 内に第一の実施形態に比べて平行光に近い光の進行で再び照射される。

【0125】

上記のように構成することで照射部分を広げることができ、励起光の吸収を低減させて熱の影響が集中するのを防ぐことが可能である。

【0126】

第一の実施形態、第二の実施形態と大きく異なるのは、以下に述べる板状部材 2 0 の光学的特性である。

【0127】

極小の凹凸面 2 2 の凸部 2 2 b （凹部 2 2 a ）の山の高さ（谷の深さ）のレンジを励起光の発散角を数（°）から 4 5 （°）近くまで可変可能である。このため、極小の凹凸面 2 2 がパターン化されているため発散効果を調整することができる。

【0128】

また、凹レンズ 3 のみの構造に比べて、板状部材 2 0 の表面の面積を広げることが可能

10

20

30

40

50

であるので励起光の発散効果を上げることが可能である。また、凹凸面 22 の各レンズ効果のある場所ごとに励起光が配光される。このため、均一に励起光を波長変換部材 4 の有効な波長変換領域 14 に発散させることができる。ガウシアンビームのような強度分布の違いを低減でき、均一な光を取り出すことが出来るので色むらの低減が可能となる。

【0129】

さらに、板状部材 20 は非常に高い透過率をもつので、光強度のロスが少ない明るい発光を得ることが可能となる。また、板状部材 20 を樹脂状の材料にすると、フィルム状程の薄いものに形成できる。さらに図 11 に示すように凹凸面 22 の高さの差が 10 ミクロンから 100 ミクロンサイズのために、焦点距離 P_3 が 10 ミクロンから 100 ミクロンサイズであるため、板状部材 20 と波長変換部材 4 の距離が短くとも、第一、第二の実施形態のような凹レンズの発散効果よりも大きくなる。これにより、保持部材 19 内の構造を小型かつ、より簡便にすることが可能である。

10

【0130】

また、第一、第二の実施形態のようにレンズを配置するよりも、板状部材 20 を固定するだけで、主軸をあわせることが可能であるので、軸合わせの工程を省くことができる。

なお、本実施形態では、励起光の全てを蛍光に波長変換する例を示したが、これに限定するものではない。すなわち、励起光の一部を波長変換し、残りの励起光の一部については波長変換部材 4 を透過させることで、励起光と蛍光の混合光を照明光として用いることも可能である。この構成によると、例えば、黄色い蛍光と青色の励起光を組み合わせると擬似白色を作り出すことができる。またこのとき、射出端から射出される蛍光の広がり角は、保持部材 8 のテーパ面によって制限される。よって、この蛍光の射出角と励起光の射出角を略等しくするように板状部材 20 の発散角を選択することで、射出端から射出される蛍光と励起光の混合光は略等しい領域に照射される。その結果、励起光と蛍光の色むらを低減することが可能である。

20

【図面の簡単な説明】

【0131】

【図 1】内視鏡に用いることが可能な半導体光源装置の全体構成を示す図である。

【図 2】半導体光源装置の要部構成を示す図である。

【図 3】図 2 の先端ユニット部の断面構成を示す図である。

【図 4】射出端部、凹レンズ、及び波長変換部材の位置関係を示す図である。

30

【図 5】各凹レンズ及び波長変換部材での励起光のビームスポットを示す図である。

【図 6】先端ユニット部の断面構成を示す図である。

【図 7】各凹レンズ、凸レンズ、波長変換部材での励起光のビームスポットを示す図である。

【図 8】第二の実施形態に係る半導体光源装置の先端ユニット部 7 の断面構成を示す図である。

【図 9】第三の実施形態の先端ユニット部 7 の断面構成を示す図である。

【図 10】板状部材の凹凸面の構成を示す拡大斜視図である。

【図 11】板状部材の凹凸面の断面構成を示す図である。

【図 12】板状部材及び波長変換部材での励起光のビームスポットを示す図である。

40

【図 13】板状部材の変形例を示す図である。

【図 14】従来の内視鏡用光源装置の要部の断面構成を示す図である。

【符号の説明】

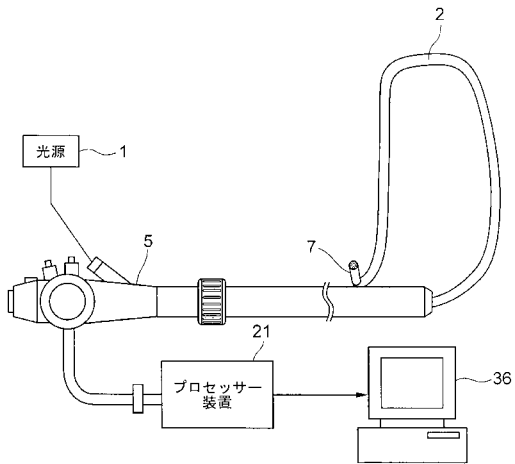
【0132】

- 1 光源
- 2 光ファイバー
- 3、33 凹レンズ（発散手段）
- 4 波長変換部材
- 8、19 保持部材
- 7 先端ユニット部

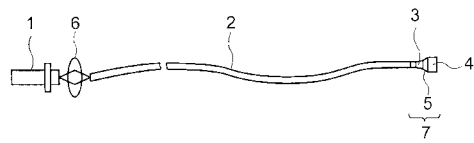
50

- 20 板状部材
- 22 凹凸面（発散手段）
- 29、32 ビームスポット
- 30 キャビティ
- Po 射出端部
 - 第一のテーパ角
 - 第二のテーパ角
 - 射出角

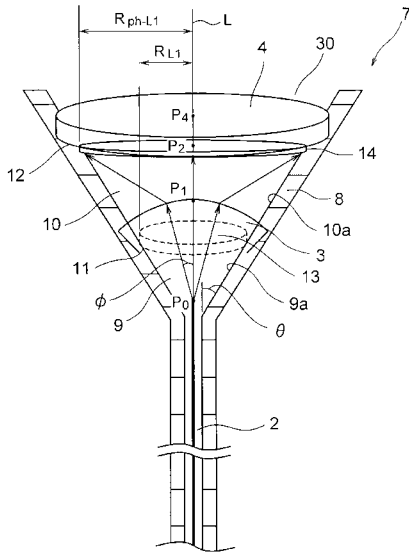
【図1】



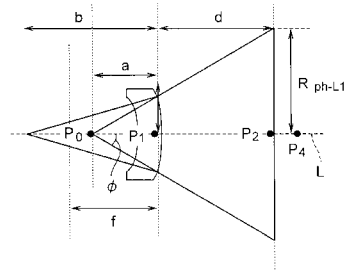
【図2】



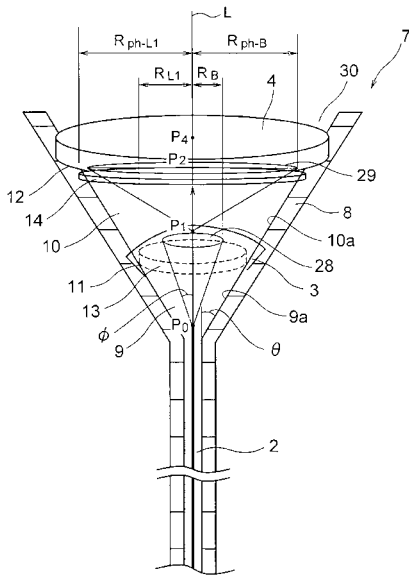
【 図 3 】



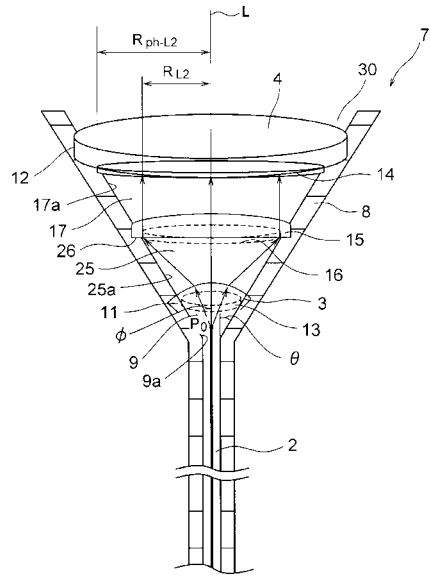
【 図 4 】



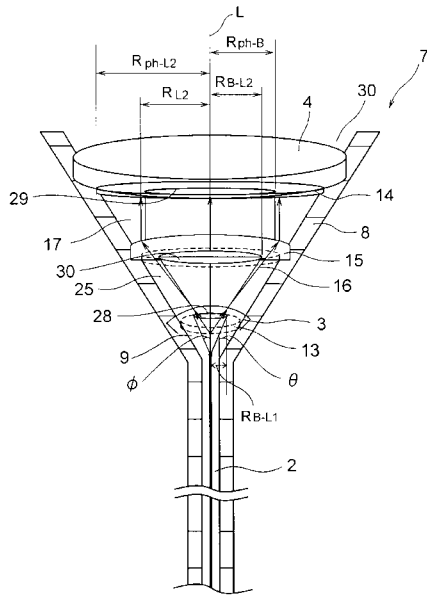
【 図 5 】



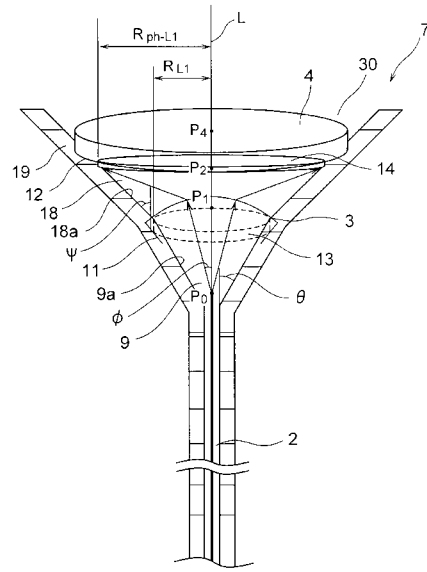
【 図 6 】



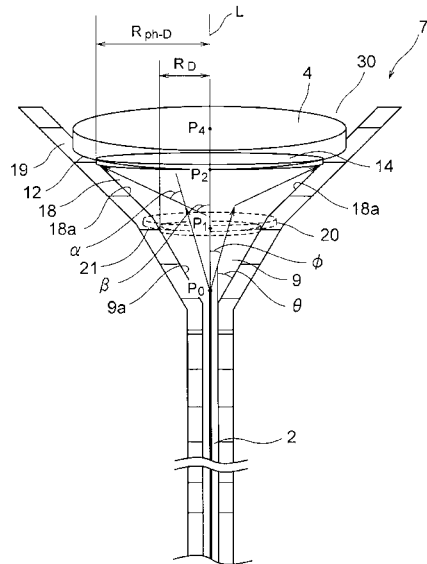
【 図 7 】



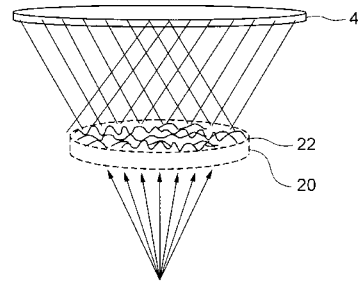
【 図 8 】



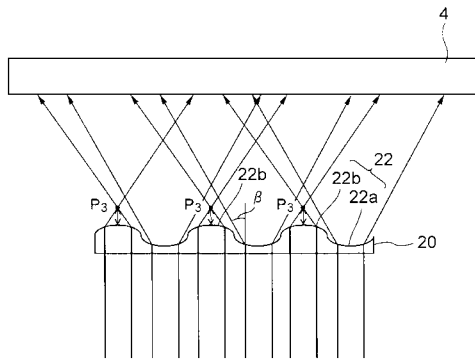
【 図 9 】



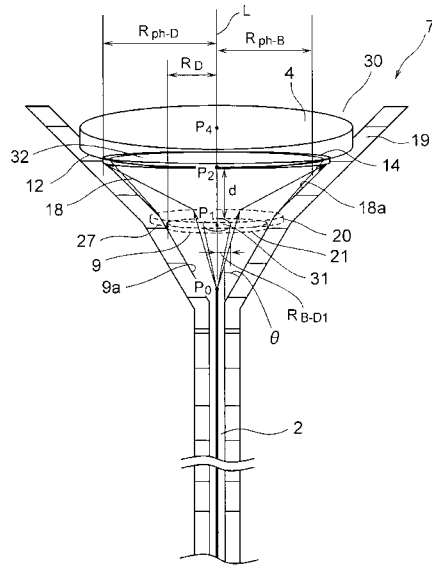
【 図 10 】



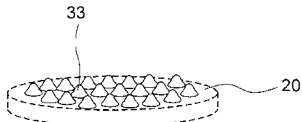
【 図 1 1 】



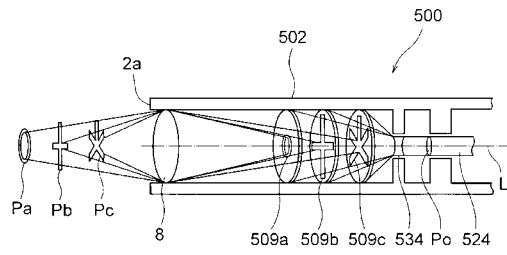
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



专利名称(译)	光源装置		
公开(公告)号	JP2010081957A	公开(公告)日	2010-04-15
申请号	JP2008250968	申请日	2008-09-29
[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		
[标]发明人	福井良惠 伊藤毅		
发明人	福井 良惠 伊藤 毅		
IPC分类号	A61B1/00 A61B1/06 G02B23/26		
CPC分类号	A61B1/07 A61B1/00096 A61B1/0653 G02B6/0003 G02B6/32 G02B6/3624 G02B23/243 G02B23/2469		
FI分类号	A61B1/00.300.Y A61B1/06.A G02B23/26.B A61B1/00.731 A61B1/07.730 A61B1/07.733 A61B1/07.734		
F-TERM分类号	2H040/BA09 2H040/CA04 2H040/CA07 2H040/CA11 4C061/BB01 4C061/FF40 4C061/FF46 4C061/NN01 4C061/QQ02 4C061/QQ09 4C061/RR04 4C161/BB01 4C161/FF40 4C161/FF46 4C161/NN01 4C161/QQ02 4C161/QQ09 4C161/RR04		
代理人(译)	斋藤圭介		
其他公开文献	JP2010081957A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种光源装置，其通过优化光漫射装置和波长转换构件之间的距离来显示激发光的高使用效率，所述波长转换构件例如是用于引导激发光的光导的输出端Po和凹透镜和光漫射装置和波长转换构件的有效区域的范围，并且用于这样的内窥镜，其中照明光输出部分的尺寸减小。ZSOLUTION：在包括用于输出激发光的光源的光源装置中，光学连接到光源1并引导激发光的光纤，以及光学连接到输出端Po的波长转换构件。光纤接收从输出端Po输出的激发光，并输出与激发光不同的波长区域的光，设置在光学输出端Po之间的激发光的光路上的漫射装置光纤和波长转换构件，以及用于保持光纤的输出端Po的保持构件，漫射装置和波长转换构件4被包括在内。Z

