

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7620949号  
(P7620949)

(45)発行日 令和7年1月24日(2025.1.24)

(24)登録日 令和7年1月16日(2025.1.16)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 1 S 3/10 (2006.01) H 0 1 S 3/10 D

請求項の数 10 (全18頁)

(21)出願番号	特願2023-520853(P2023-520853)	(73)特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府門真市元町2番6号
(86)(22)出願日	令和4年3月10日(2022.3.10)	(74)代理人	110002527 弁理士法人北斗特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/010526	(72)発明者	佐藤 利彦 大阪府門真市大字門真1006番地 パ ナソニック株式会社内
(87)国際公開番号	WO2022/239436	(72)発明者	七井 識成 大阪府門真市大字門真1006番地 パ ナソニック株式会社内
(87)国際公開日	令和4年11月17日(2022.11.17)	(72)発明者	溝上 陽介 大阪府門真市大字門真1006番地 パ ナソニック株式会社内
審査請求日	令和5年11月1日(2023.11.1)	審査官	高椋 健司
(31)優先権主張番号	特願2021-82735(P2021-82735)		
(32)優先日	令和3年5月14日(2021.5.14)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 照明システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

光入射部と、光出射部と、前記光入射部と前記光出射部との間に設けられており、励起光によって励起され前記励起光よりも長波長の自然放射光を発生可能であり、かつ、自然放射増幅光によって励起可能な波長変換要素を含む波長変換部と、を有する波長変換ファイバと、

前記励起光を出射する第1光源部と、

前記励起光あるいは前記自然放射増幅光によって励起された前記波長変換要素から誘導放射光を発生させるためのシード光を出射する第2光源部と、

前記第1光源部から出射された前記励起光と前記第2光源部から出射された前記シード光とを前記光入射部へ入射させる光学系と、

前記光出射部から出射された光を集光する出射レンズと、

前記波長変換ファイバの側面を囲んでいる可撓性の保護管と、を備え、

前記出射レンズは、前記保護管の内側に配置されている、

照明システム。

【請求項2】

前記光学系は、

前記第1光源部から出射された前記励起光を集光する第1集光レンズと、

前記第2光源部から出射された前記シード光を集光する第2集光レンズと、を含む、

請求項1に記載の照明システム。

## 【請求項 3】

前記光学系は、

前記第 1 集光レンズ及び前記第 2 集光レンズと前記波長変換ファイバの前記光入射部との間に設けられており、前記第 1 集光レンズにより集光された前記励起光と前記第 2 集光レンズにより集光された前記シード光とを合波して前記光入射部へ入射させる光合波部を更に含む、

請求項 2 に記載の照明システム。

## 【請求項 4】

光入射部と、光出射部と、前記光入射部と前記光出射部との間に設けられており、励起光によって励起され前記励起光よりも長波長の自然放出光を発生可能であり、かつ、自然放射増幅光によって励起可能な波長変換要素を含む波長変換部と、を有する波長変換ファイバと、

10

前記励起光を出射する第 1 光源部と、

前記励起光あるいは前記自然放射増幅光によって励起された前記波長変換要素から誘導放出光を発生させるためのシード光を出射する第 2 光源部と、

前記第 1 光源部から出射された前記励起光と前記第 2 光源部から出射された前記シード光とを前記光入射部へ入射させる光学系と、

前記光出射部から出射された光を集光する出射レンズと、

前記波長変換ファイバの前記光出射部と前記出射レンズとの間に設けられており、前記光出射部から出射された光を伝搬して前記出射レンズへ向けて出射させる光ファイバと、

20

前記光ファイバの側面を囲んでいる可撓性の保護管と、を備え、

前記出射レンズは、前記保護管の内側に配置されている、

照明システム。

## 【請求項 5】

前記波長変換ファイバは、前記波長変換部を複数有し、

前記複数の波長変換部それぞれに含まれる前記波長変換要素が互いに異なる、

請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の照明システム。

## 【請求項 6】

前記第 1 光源部は、レーザ光源を含む、

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の照明システム。

30

## 【請求項 7】

前記第 2 光源部を複数備え、

前記複数の第 2 光源部は、複数の前記シード光を出力し、

前記複数の第 2 光源部から出力される前記複数のシード光は、互いに異なる波長を有する、

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の照明システム。

## 【請求項 8】

前記第 2 光源部は、レーザ光源を含む、

請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の照明システム。

## 【請求項 9】

前記波長変換要素は、Pr、Tb、Ho、Dy、Er、Eu、Nd及びMnの群から選択される 1 以上の元素を含む、

請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の照明システム。

40

## 【請求項 10】

前記光出射部から出射される光の波長は、350 nm以上750 nm以下の波長域にある、

請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の照明システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

【0001】

50

本開示は、一般に、照明システムに関し、より詳細には、励起光を利用する照明システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、ケースと、投影レンズと、光源装置と、を備える照明器具が提案されている（特許文献1）。特許文献1に記載された光源装置は、固体光源と、光伝送ファイバと、を備える。光伝送ファイバは、第1端面及び第2端面を有し、固体光源から出射された励起光が第1端面から導入される。光伝送ファイバは、波長変換コアと、導光コアと、クラッドと、を有する。波長変換コアは、励起光を吸収して電子の反転分布状態を生成すると共に可視光領域の波長変換光を放出する波長変換材料を含む。導光コアは、波長変換コアの周囲を被覆し、波長変換光を第1端面側から第2端面側に伝送する。クラッドは、導光コアの周囲を被覆する。

10

【0003】

光伝送ファイバは、導光コアを伝搬する波長変換光により誘導放出が生じ、固体光源から出射された励起光及び誘導放出により増幅された波長変換光が第2端面から出射するように構成されている。

【0004】

特許文献1に記載された照明器具では、波長変換光の強度を高めることが難しかった。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0005】

【文献】特開2018-195627号公報

【発明の概要】

【0006】

本開示の目的は、励起光とは異なる波長の光の強度を高めることが可能な照明システムを提供することにある。

【0007】

本開示に係る一態様の照明システムは、波長変換ファイバと、第1光源部と、第2光源部と、光学系と、出射レンズと、保護管と、を備える。前記波長変換ファイバは、光入射部と、光出射部と、波長変換要素を含む波長変換部と、を有する。前記波長変換部は、前記光入射部と前記光出射部との間に設けられている。前記波長変換要素は、励起光によって励起され前記励起光よりも長波長の自然放出光を発生可能であり、かつ、自然放射増幅光によって励起可能である。前記第1光源部は、前記励起光を出射する。前記第2光源部は、前記励起光あるいは前記自然放射増幅光によって励起された前記波長変換要素から誘導放出光を発生させるためのシード光を出射する。前記光学系は、前記第1光源部から出射された前記励起光と前記第2光源部から出射された前記シード光とを前記光入射部へ入射させる。前記出射レンズは、前記光出射部から出射された光を集光する。前記保護管は、前記波長変換ファイバの側面を囲んでいる。前記保護管は、可撓性を有する。前記出射レンズは、前記保護管の内側に配置されている。

30

本開示に係る一態様の照明システムは、波長変換ファイバと、第1光源部と、第2光源部と、光学系と、出射レンズと、光ファイバと、保護管と、を備える。前記波長変換ファイバは、光入射部と、光出射部と、波長変換要素を含む波長変換部と、を有する。前記波長変換部は、前記光入射部と前記光出射部との間に設けられている。前記波長変換要素は、励起光によって励起され前記励起光よりも長波長の自然放出光を発生可能であり、かつ、自然放射増幅光によって励起可能である。前記第1光源部は、前記励起光を出射する。前記第2光源部は、前記励起光あるいは前記自然放射増幅光によって励起された前記波長変換要素から誘導放出光を発生させるためのシード光を出射する。前記光学系は、前記第1光源部から出射された前記励起光と前記第2光源部から出射された前記シード光とを前記光入射部へ入射させる。前記出射レンズは、前記光出射部から出射された光を集光する。前記光ファイバは、前記波長変換ファイバの前記光出射部と前記出射レンズとの間に設

40

50

けられており、前記光出射部から出射された光を伝搬して前記出射レンズへ向けて出射させる。前記保護管は、前記光ファイバの側面を囲んでいる。前記保護管は、可撓性を有する。前記出射レンズは、前記保護管の内側に配置されている。

#### 【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1Aは、実施形態1に係る照明システムの構成図である。図1Bは、同上の照明システムの一部の断面図である。

【図2】図2は、同上の照明システムにおける波長変換ファイバの断面図である。

【図3】図3A～3Cは、同上の照明システムの動作原理の説明図である。

【図4】図4は、実施形態2に係る照明システムの構成図である。

【図5】図5Aは、実施形態3に係る照明システムの構成図である。図5Bは、同上の照明システムの一部の断面図である。

【図6】図6Aは、実施形態4に係る照明システムの構成図である。図6Bは、同上の照明システムの一部の断面図である。

#### 【発明を実施するための形態】

【0009】

下記の実施形態1～4等において説明する各図は、模式的な図であり、図中の各構成要素の大きさや厚さそれぞれの比が、必ずしも実際の寸法比を反映しているとは限らない。

【0010】

(実施形態1)

以下では、実施形態1に係る照明システム1について図1A～3Cに基づいて説明する。

【0011】

(1) 概要

照明システム1は、図1A、1B及び2に示すように、波長変換要素(元素)を含む波長変換部23を有する波長変換ファイバ2に、波長変換要素を励起するための励起光P1と、励起光P1によって励起された波長変換要素から誘導放出光P3(図3C参照)を発生させるためのシード光P2と、を入射させる。波長変換ファイバ2からは、励起光P1と誘導放出光P3とを含む光が出射される。図3A～3Cは、照明システム1の動作原理の説明図である。図3A、3B及び3Cの縦軸は、電子エネルギーである。また、図3Aの上向きの矢印は、励起光P1の吸収を示している。また、図3Cの下向きの矢印は、自然放出光あるいは誘導放出光P3に関する遷移を示している。照明システム1では、波長変換ファイバ2に入射した励起光P1によって、波長変換要素の基底準位E0(複数のエネルギー準位を含む)にあった電子e<sup>-</sup>が励起準位E2に励起される。そして、励起準位E2の電子e<sup>-</sup>が励起準位E2よりもエネルギーの低い準安定準位E1に遷移する。その後、例えば準安定準位E1と基底準位E0の複数のエネルギー準位のうち上位のエネルギー準位(以下、第2エネルギー準位ともいう)とのエネルギー差に相当する波長のシード光P2(P22)によって準安定準位E1の電子e<sup>-</sup>が第2エネルギー準位に遷移するときに、誘導放出光P3(P32)が発生する。また、準安定準位E1と基底準位E0の複数のエネルギー準位のうち第2エネルギー準位よりも低い第1エネルギー準位とのエネルギー差に相当する波長のシード光P2(P21)によって準安定準位E1の電子e<sup>-</sup>が第1エネルギー準位に遷移するときに、誘導放出光P3(P31)が発生する。

【0012】

(2) 照明システムの構成

照明システム1は、図1Aに示すように、波長変換ファイバ2と、第1光源部11と、2つの第2光源部12と、光学系6と、出射レンズ7と、を備える。第1光源部11は、励起光P1を出射する。2つの第2光源部12は、励起光P1によって励起された波長変換要素から誘導放出光P3(図3C参照)を発生させるためのシード光P2(以下、外部シード光P2ともいう)を出射する。また、照明システム1は、可撓性の保護管9を更に備える。保護管9は、波長変換ファイバ2の側面を囲んでいる。

【0013】

10

20

30

40

50

照明システム 1 は、例えば、人の体腔内や中腔器官の内部の観察、検体採取、治療等を目的とした医療用の内視鏡において人体内部を照明する用途に用いられる。つまり、照明システム 1 は、一例として、内視鏡用照明システムである。この場合、照明システム 1 では、第 1 光源部 1 1 と第 2 光源部 1 2 と光学系 6 とを収容している筐体は、人の体外に位置する。照明システム 1 を内視鏡に適用した場合、内視鏡において人の体内に挿入される挿入部は、例えば、波長変換ファイバ 2 と出射レンズ 7 と保護管 9 とを含み、撮像素子（例えば、CCDカメラ）、ノズル、処置具（例えば、鉗子等）を更に含む。

【0014】

(2.1) 波長変換ファイバ

波長変換ファイバ 2 は、コア 3 に波長変換要素を含んでいる光ファイバである。波長変換ファイバ 2 は、図 2 に示すように、コア 3 と、クラッド 4 と、被覆部 5 と、を有する。クラッド 4 は、コア 3 の外周面（側面）を覆っている。被覆部 5 は、クラッド 4 の外周面（側面）を覆っている。コア 3 に関し、光軸方向に直交する断面形状は、円形状である。クラッド 4 は、コア 3 と同軸状に配置されている。

10

【0015】

コア 3 は、第 1 端面と、コア 3 の長さ方向において第 1 端面とは反対側の第 2 端面と、を有する。コア 3 は、透光性材料と、波長変換要素と、を含む。コア 3 における波長変換要素の濃度は、コア 3 の全長に亘って略均一であってもよいし、均一でなくてもよい。コア 3 の屈折率は、コア 3 の主成分である上述の透光性材料の屈折率と略同じである。

【0016】

透光性材料は、例えば、フッ化物、酸化物、又は窒化物のいずれかである。フッ化物は、例えば、フッ化物ガラスである。酸化物は、例えば、酸化ケイ素、石英等である。

20

【0017】

波長変換要素は、希土類元素である。ここにおいて、波長変換要素は、例えば、Pr、Tb、Ho、Dy、Er、Eu、Nd 及び Mn の群から選択される元素を含む。波長変換要素は、希土類元素のイオンとしてコア 3 に含有されており、例えば、Pr のイオン ( $Pr^{3+}$ )、Tb のイオン ( $Tb^{3+}$ ) として含有されている。波長変換要素は、励起光 P 1 によって励起されるか、あるいは自身とは別の波長変換要素から発せられた自然放出光を内部シード光として増幅された光、即ち自然放射増幅光 (ASE) によって励起されてもよい。このような励起を介して、波長変換要素は、波長変換要素の元素特有の ASE を放出し、併せて外部シード光 P 2 の波長と同じ波長の誘導放出光を発生し、これらを合わせて誘導放出光 P 3 として放出する。ASE 及び外部シード光 P 2 の波長は、励起光 P 1 の波長（例えば、440 ~ 450 nm）よりも長波長である。シード光 P 2 の波長については、「(2.3) 第 2 光源部」の欄で説明する。

30

【0018】

$Pr^{3+}$  はシアン ~ 赤色の範囲で ASE あるいはシード光の増幅光を放出できる波長変換要素である。誘導放出光の強度は、内部シード光（自然放出光）及び外部シード光の強さに依存する。コア 3 が  $Pr^{3+}$  と  $Tb^{3+}$  とを含有している場合、 $Tb^{3+}$  は、 $Pr^{3+}$  からの ASE を吸収して励起され、 $Tb^{3+}$  特有の波長の ASE を発生することもできる。

【0019】

クラッド 4 の屈折率は、コア 3 の屈折率よりも小さい。クラッド 4 は、コア 3 の含有している波長変換要素を含まない。

40

【0020】

被覆部 5 の材料は、例えば、樹脂である。被覆部 5 の外径は、1 mm 以下であるのが好ましい。

【0021】

波長変換ファイバ 2 は、光入射部 2 1 と、光出射部 2 2 と、波長変換部 2 3 と、を有する。

【0022】

光入射部 2 1 は、励起光 P 1 が入射する部分であり、例えば、コア 3 の第 1 端面を含む

50

。光出射部 2 2 は、励起光 P 1 と、ASE を含む誘導放出光 P 3 と、を含む光が出射するコア 3 の第 2 端面を含む。

【0023】

光入射部 2 1 は、波長変換ファイバ 2 の外部から光入射部 2 1 に入射する励起光 P 1 の反射を低減する反射低減部を含んでいてもよい。反射低減部は、例えば、コア 3 の第 1 端面を覆うアンチリフレクションコートであってもよい。

【0024】

波長変換部 2 3 は、光入射部 2 1 と光出射部 2 2 との間に設けられている。波長変換部 2 3 は、励起光 P 1 によって励起され励起光 P 1 よりも長波長の光を放射する波長変換要素を含む。波長変換要素は、励起光 P 1 を吸収して励起光 P 1 よりも長波長の自然放出光又はシード光 P 2 を誘導放出によって増幅することができる元素である。つまり、波長変換要素は、励起光 P 1 によって励起され励起光 P 1 よりも長波長の自然放出光を発生可能であり、かつ、自然放射増幅光によって励起可能である。

10

【0025】

コア 3 の直径は、例えば、 $25\ \mu\text{m}$  以上  $500\ \mu\text{m}$  以下である。波長変換部 2 3 の長さについては、波長変換部 2 3 における波長変換要素の濃度が低いほど長いほうが好ましい。波長変換ファイバ 2 の開口数は、例えば、0.22 である。波長変換部 2 3 における波長変換要素の濃度は、コア 3 における波長変換要素の濃度である。

【0026】

(2.2) 第 1 光源部

第 1 光源部 1 1 は、波長変換ファイバ 2 の波長変換部 2 3 に含まれる波長変換要素を励起するための励起光 P 1 を出射する。第 1 光源部 1 1 から出射された励起光 P 1 は、光学系 6 を介して波長変換ファイバ 2 の光入射部 2 1 へ入射される。波長変換要素をより効率的に励起する観点から、励起光 P 1 の波長は、 $350\ \text{nm}$  以上  $500\ \text{nm}$  以下であるのが好ましい。

20

【0027】

第 1 光源部 1 1 は、例えば、レーザ光源を含む。レーザ光源は、レーザ光を出射する。第 1 光源部 1 1 から出射された励起光 P 1 (レーザ光源から出射したレーザ光) は、光学系 6 を介して光入射部 2 1 へ入射される。レーザ光源は、例えば、青色のレーザ光を出射する半導体レーザである。この場合、励起光 P 1 の波長は、例えば、 $440\ \text{nm}$  以上  $450\ \text{nm}$  以下である。

30

【0028】

(2.3) 第 2 光源部

第 2 光源部 1 2 は、シード光 P 2 を出射する。第 2 光源部 1 2 から出射されたシード光 P 2 は、光学系 6 を介して波長変換ファイバ 2 の光入射部 2 1 へ入射される。

【0029】

照明システム 1 は、複数 (例えば、2 つ) の第 2 光源部 1 2 を備える。2 つの第 2 光源部 1 2 は、例えば、互いに波長の異なる一の波長のシード光 P 2 を出射する。以下では、説明の便宜上、2 つの第 2 光源部 1 2 のうち 1 つの第 2 光源部 1 2 を第 2 光源部 1 2 1 と称し、残りの 1 つの第 2 光源部 1 2 を第 2 光源部 1 2 2 と称することもある。第 2 光源部 1 2 1 は、例えば、緑色の光を出射する半導体レーザである。また、第 2 光源部 1 2 2 は、例えば、赤色の光を出射する半導体レーザである。波長変換部 2 3 の波長変換要素が  $\text{Pr}^{3+}$  を含む場合、緑色のシード光 P 2 1 の波長は、例えば約  $520\ \text{nm}$  であり、赤色のシード光 P 2 2 の波長は、例えば約  $640\ \text{nm}$  であるのが好ましい。各第 2 光源部 1 2 は、準単色光を放射する光源である。ここにおいて、準単色光とは、狭い波長範囲 (例えば、 $10\ \text{nm}$ ) に含まれる光である。照明システム 1 における第 2 光源部 1 2 の数は、2 つに限らず、3 つ以上でもよいし、1 つでもよい。照明システム 1 は、第 2 光源部 1 2 を 3 つ備える場合、3 つの第 2 光源部 1 2 として、緑色の光を出射する半導体レーザと、赤色の光を出射する半導体レーザと、オレンジ色の光を出射する半導体レーザと、を備えていてもよい。オレンジ色のシード光の波長は、例えば約  $600\ \text{nm}$  であるのが好ましい。

40

50

## 【 0 0 3 0 】

第2光源部121から出射した光は、シード光P2(P21)として、光学系6を介して波長変換ファイバ2の光入射部21に入射される。また、第2光源部122から出射した光は、シード光P2(P22)として、光学系6を介して波長変換ファイバ2の光入射部21に入射される。

## 【 0 0 3 1 】

## ( 2 . 4 ) 光学系

光学系6は、第1光源部11から出射された励起光P1と第2光源部121から出射されたシード光P2(P21)と第2光源部122から出射されたシード光P2(P22)とを光入射部21へ入射させる。光学系6は、励起光P1及び各シード光P2を波長変換ファイバ2の光入射部21へ入射するための光結合部を構成している。

10

## 【 0 0 3 2 】

光学系6は、第1集光レンズ61と2つの第2集光レンズ62と、を含む。第1集光レンズ61は、第1光源部11から出射された励起光P1を集光する。2つの第2集光レンズ62は、2つの第2光源部12に一対一に対応しており、対応する第2光源部12から出射されたシード光P2を集光する。以下では、説明の便宜上、第2光源部121に対応する第2集光レンズ62を第2集光レンズ621と称し、第2光源部122に対応する第2集光レンズ62を第2集光レンズ622と称することもある。

## 【 0 0 3 3 】

第1集光レンズ61は、第1光源部11と波長変換ファイバ2の光入射部21との間に配置されており、第1光源部11から出射された励起光P1を光入射部21へ集光する。第1集光レンズ61は、例えば、両凸レンズであるが、これに限らず、例えば、フレネルレンズであってもよい。

20

## 【 0 0 3 4 】

第2集光レンズ621は、第2光源部121と波長変換ファイバ2の光入射部21との間に配置されており、第2光源部121から出射されたシード光P21を光入射部21へ集光する。第2集光レンズ621は、例えば、両凸レンズであるが、これに限らず、例えば、フレネルレンズであってもよい。

## 【 0 0 3 5 】

第2集光レンズ622は、第2光源部122と波長変換ファイバ2の光入射部21との間に配置されており、第2光源部122から出射されたシード光P22を光入射部21へ集光する。第2集光レンズ622は、例えば、両凸レンズであるが、これに限らず、例えば、フレネルレンズであってもよい。

30

## 【 0 0 3 6 】

光学系6は、第1光源部11と第1集光レンズ61との間に配置されて第1光源部11からの励起光P1をコリメートする第1コリメートレンズを含んでいてもよい。また、光学系6は、第2光源部121と第2集光レンズ621との間に配置されて第2光源部121からのシード光P21をコリメートする第2コリメートレンズを含んでいてもよい。また、光学系6は、第2光源部122と第2集光レンズ622との間に配置されて第2光源部122からのシード光P22をコリメートする第2コリメートレンズを含んでいてもよい。

40

## 【 0 0 3 7 】

## ( 2 . 5 ) 出射レンズ

出射レンズ7は、光出射部22から出射された光を集光する。つまり、出射レンズ7は、波長変換ファイバ2からの光を出射させる。出射レンズ7は、対物レンズを構成する。出射レンズ7は、例えば、両凸レンズである。出射レンズ7は、保護管9に保持されている。出射レンズ7は、保護管9の内側に配置されており、波長変換ファイバ2の光出射部22に対向している。

## 【 0 0 3 8 】

## ( 2 . 6 ) 保護管

50

保護管 9 は、波長変換ファイバ 2 を保護する。保護管 9 の材料は、例えば、金属である。保護管 9 は、可撓性を有する。保護管 9 は、第 1 端 9 1 及び第 2 端 9 2 を有する。保護管 9 では、保護管 9 の第 1 端 9 1 が波長変換ファイバ 2 の光入射部 2 1 を囲み、保護管 9 の第 2 端 9 2 が波長変換ファイバ 2 の光出射部 2 2 及び出射レンズ 7 を囲んでいる。

【 0 0 3 9 】

( 2 . 7 ) その他の構成要素

照明システム 1 は、第 1 光源部 1 1 及び 2 つの第 2 光源部 1 2 を収納する筐体を備えている。

【 0 0 4 0 】

また、照明システム 1 は、調整部 1 5 を更に備える。調整部 1 5 は、少なくとも一の波長のシード光 P 2 の強度を調整する。実施形態 1 に係る照明システム 1 では、調整部 1 5 は、励起光 P 1 の強度と複数のシード光 P 2 1 , P 2 2 それぞれの強度と、を調整する。調整部 1 5 は、第 1 光源部 1 1 を駆動する第 1 駆動回路と、複数の第 2 光源部 1 2 に対応し対応する第 2 光源部 1 2 を駆動する複数の第 2 駆動回路と、第 1 駆動回路及び複数の第 2 駆動回路を個別に制御する制御回路と、を含む。調整部 1 5 では、制御回路が第 1 駆動回路及び複数の第 2 駆動回路を個別に制御することにより、波長変換ファイバ 2 ( の光出射部 2 2 ) から出射される光の色度を調整可能となる。要するに、照明システム 1 は、調整部 1 5 を備えることにより、調色が可能となる。これにより、照明システム 1 は、出射レンズ 7 から出射される光の調色が可能となる。調整部 1 5 は、上述の筐体に収納されているが、これに限らず、筐体に収納されていなくてもよい。第 1 駆動回路及び複数の第 2 駆動回路には、例えば、第 1 電源回路から電源電圧が供給される。また、制御回路には、例えば、第 2 電源回路から電源電圧が供給される。第 1 電源回路及び第 2 電源回路は、照明システム 1 の構成要素に含まれないが、これに限らず、含まれてもよい。

【 0 0 4 1 】

( 3 ) 照明システムの動作

照明システム 1 では、第 1 光源部 1 1 から励起光 P 1 を出射させ、かつ、第 2 光源部 1 2 からシード光 P 2 を出射させる。これにより、照明システム 1 では、励起光 P 1 及びシード光 P 2 を波長変換ファイバ 2 の光入射部 2 1 に入射させる。光入射部 2 1 に入射した励起光 P 1 の一部は、光出射部 2 2 から出射される。照明システム 1 では、波長変換ファイバ 2 の光出射部 2 2 から出射される光は、励起光 P 1 と、波長変換要素から発生する波長約 4 8 0 n m の A S E と、シード光 P 2 の波長と同じ波長の誘導放出光 P 3 と、の混色光である。2 種類のシード光 P 2 1 , P 2 2 に対応し互いに波長の異なる 2 種類の誘導放出光 P 3 1 , P 3 2 は、例えば、それぞれ、緑色光、赤色光である。この場合、波長変換ファイバ 2 の光出射部 2 2 から出射される光 ( 混色光 ) は、例えば、白色光である。なお、図 3 C において下側の誘導放出光 P 3 ( P 3 1 ) が、緑色光であり、上側の誘導放出光 P 3 ( P 3 2 ) が赤色光である。

【 0 0 4 2 】

波長変換ファイバ 2 では、自然放出光とシード光 P 2 により誘導放出が生じるので、光入射部 2 1 に入射した励起光 P 1 と、誘導放出により増幅された誘導放出光 P 3 とが光出射部 2 2 から出射する。波長変換ファイバ 2 の光出射部 2 2 から出射される光のうちシード光 P 2 1 の波長と同じ波長の誘導放出光 P 3 の強度は、第 2 光源部 1 2 1 から光入射部 2 1 に入射させるシード光 P 2 1 の強度よりも大きい。また、波長変換ファイバ 2 の光出射部 2 2 から出射される光のうちシード光 P 2 2 の波長と同じ波長の誘導放出光 P 3 の強度は、第 2 光源部 1 2 2 から光入射部 2 1 に入射させるシード光 P 2 2 の強度よりも大きい。波長変換ファイバ 2 の光出射部 2 2 から出射される混色光は、インコヒーレント光である。照明システム 1 では、A S E の波長とシード光 P 2 の波長とに応じて、出射レンズ 7 から出射される光の色度、色温度、演色性等が決まる。なお、照明システム 1 の動作は、レーザ発振するファイバレーザの動作とは異なる。

【 0 0 4 3 】

照明システム 1 は、発熱源となる波長変換要素が波長変換ファイバ 2 のコア 3 に分散さ

れているので、使用時の温度上昇を抑制できる。

【 0 0 4 4 】

また、照明システム 1 では、調整部 1 5 が、励起光 P 1 の強度と、複数のシード光 P 2 それぞれの強度と、を調整するが、これに限らず、調整部 1 5 は、少なくとも一の波長のシード光 P 2 の強度を調整するように構成されていてもよい。

【 0 0 4 5 】

( 4 ) まとめ

実施形態 1 に係る照明システム 1 は、波長変換ファイバ 2 と、第 1 光源部 1 1 と、2 つの第 2 光源部 1 2 1、1 2 2 と、光学系 6 と、出射レンズ 7 と、を備える。波長変換ファイバ 2 は、光入射部 2 1 と、光出射部 2 2 と、波長変換要素を含む波長変換部 2 3 と、を有する。波長変換部 2 3 は、光入射部 2 1 と光出射部 2 2 との間に設けられている。波長変換要素は、励起光 P 1 によって励起され励起光 P 1 よりも長波長の自然放射光を発生可能であり、かつ、自然放射増幅光によって励起可能である。第 1 光源部 1 1 は、励起光 P 1 を出射する。第 2 光源部 1 2 1、1 2 2 は、励起光 P 1 あるいは自然放射増幅光によって励起された波長変換要素から誘導放射光 P 3 1、P 3 2 を発生させるためのシード光 P 2 1、P 2 2 を出射する。光学系 6 は、第 1 光源部 1 1 から出射された励起光 P 1 と 2 つの第 2 光源部 1 2 1、1 2 2 それぞれから出射されたシード光 P 2 1、P 2 2 とを光入射部 2 1 へ入射させる。出射レンズ 7 は、波長変換ファイバ 2 の光出射部 2 2 から出射された光を集光する。

【 0 0 4 6 】

実施形態 1 に係る照明システム 1 では、励起光 P 1 とは異なる波長の光（誘導放射光 P 3）の強度を高めることが可能となる。

【 0 0 4 7 】

また、実施形態 1 に係る照明システム 1 は、光学系 6 が第 1 集光レンズ 6 1 と第 2 集光レンズ 6 2 1 と第 2 集光レンズ 6 2 1 とを含むので、互いに波長の異なる励起光 P 1、シード光 P 2 1 及びシード光 P 2 2 それぞれを効率良く入射させることが可能となり、光出力の高出力化を図ることが可能となる。

【 0 0 4 8 】

また、実施形態 1 に係る照明システム 1 は、複数の波長のシード光 P 2 それぞれの強度を調整する調整部 1 5 を更に備えるので、出射レンズ 7 から出射される光の色度を調整可能となる。

【 0 0 4 9 】

また、実施形態 1 に係る照明システム 1 は、波長変換部 2 3 が波長変換要素として  $P r^{3+}$  を含有しており、シアン色の ASE を放出するのみならず、複数波長のシード光 P 2 を光入射部 2 1 に入射させるので、緑色の誘導放射光、赤色の誘導放射光それぞれの強度を高めることができる。これにより、実施形態 1 に係る照明システム 1 は、出射レンズ 7 から出射される光の演色性を向上させることが可能となる。また、実施形態 1 に係る照明システム 1 は、波長変換部 2 3 が 2 種類の波長変換要素として  $P r^{3+}$  と  $T b^{3+}$  とを含有しているので、出射レンズ 7 から出射される光の演色性を更に向上させることが可能となる。

【 0 0 5 0 】

照明システム 1 は、出射レンズ 7 から可視光と近赤外光とを出射させるように、励起光 P 1 の波長と波長変換要素との組み合わせが決められていてもよい。ここにおいて、近赤外光の波長は、例えば、700 nm 以上 750 nm 以下である。これにより、実施形態 1 に係る照明システム 1 は、例えば、ICG (Indocyanine Green) 蛍光観察を行う内視鏡における照明システムとして好適に用いることが可能となる。また、照明システム 1 は、可視光と紫外光と近赤外光とを出射させるように、励起光 P 1 の波長と波長変換要素との組み合わせが決められていてもよい。ここにおいて、紫外光の波長は、例えば、350 nm 以上 380 nm 以下である。これにより、実施形態 1 に係る照明システム 1 は、例えば、照明システム 1 の出射レンズ 7 から出射される紫外光を、内視鏡における治療用の紫

10

20

30

40

50

外光とし利用することも可能となる。

【0051】

ところで、内視鏡の分野においては、内視鏡により撮影される映像の高解像度化が進み、ハイビジョンあるいはハイビジョンよりも高解像度の映像が得られるまで開発が進んでいる。一方、内視鏡の分野においては、生体の吸収特性や散乱特性の違いから、観察に用いる光の波長を変化させると得られる情報が大きく変化することが知られている。しかし、複数の波長の光を出射可能な照明システムを構成するためには、複数の波長ごとに光源と蛍光体とを含む光源ユニットを用意するか、フィルタ等が必要となり、照明システムの高コスト化、大型化、高重量化が問題となる。また、光源と、光ファイバと、蛍光体デバイスと、を備えるレーザー照明装置では、蛍光体デバイスによる変換光の配光がランバース

10

【0052】

これに対し、実施形態1に係る照明システム1は、調整部15を備えることにより、複数のシード光P2それぞれの出力を調整できるので、例えば、紫外～近赤外の調色が可能となる。これにより、実施形態1に係る照明システム1は、光源数やフィルタ等の光学部材を削減できるので、低コスト化、小型化、軽量化を図ることが可能となる。

【0053】

さらに、実施形態1に係る照明システム1では、波長変換ファイバ2のコア径は、例えば1 $\mu$ m～500 $\mu$ mで設計可能である。よって、照明システム1では、波長変換ファイバ2から出射される光は、レーザー照明装置における蛍光体デバイスから出射される光と比べて配光角が小さい。そのため、照明システム1は、例えば、波長変換ファイバ2から出射される光を光ファイバに対し、効率的に導光できる。よって、照明システム1を適用した内視鏡では、内視鏡の細径化と光出力の高出力化の両立が可能となる。

20

【0054】

(実施形態2)

以下、実施形態2に係る照明システム1aについて、図4に基づいて説明する。実施形態2に係る照明システム1aに関し、実施形態1に係る照明システム1と同様の構成要素には同一の符号を付して説明を省略する。

【0055】

実施形態2に係る照明システム1aは、実施形態1に係る照明システム1における光学系6の代わりに、光学系6aを備える点で、実施形態1に係る照明システム1と相違する。

30

【0056】

光学系6aは、第1集光レンズ61と、2つの第2集光レンズ62と、を含み、光合波部63を更に含む。光合波部63は、第1集光レンズ61及び2つの第2集光レンズ621、622と波長変換ファイバ2の光入射部21との間に設けられている。光合波部63は、第1集光レンズ61により集光された励起光P1と第2集光レンズ621により集光されたシード光P21と第2集光レンズ622により集光されたシード光P22とを合波して波長変換ファイバ2の光入射部21へ入射させる。

【0057】

光合波部63は、コンバイナ(多波長コンバイナ)であり、第1集光レンズ61に対向している第1入射部631と、第2集光レンズ621に対向している第2入射部632と、第2集光レンズ622に対向している第2入射部633と、波長変換ファイバ2の光入射部21に対向している出射部634と、を有する。光合波部63は、コンバイナに限らず、例えば、光ファイバ型カプラ、導波路型カプラ等であってもよい。

40

【0058】

実施形態2に係る照明システム1aは、実施形態1に係る照明システム1と比べて、励起光P1及び各シード光P21、P22を波長変換ファイバ2の光入射部21に対して更に効率的に入射させることが可能となり、光出力の高出力化を図れる。

【0059】

50

(実施形態3)

以下、実施形態3に係る照明システム1bについて、図5A及び5Bに基づいて説明する。実施形態3に係る照明システム1bに関し、実施形態2に係る照明システム1aと同様の構成要素には同一の符号を付して説明を省略する。

【0060】

実施形態3に係る照明システム1bは、光ファイバ8を備えている点で、実施形態2に係る照明システム1aと相違する。また、実施形態3に係る照明システム1bは、実施形態2に係る照明システム1aにおける保護管9を備えておらず、光ファイバ8を保護する保護管19を備えている点で、実施形態2に係る照明システム1aと相違する。

【0061】

光ファイバ8は、波長変換ファイバ2の光出射部22と出射レンズ7との間に設けられている。光ファイバ8は、波長変換ファイバ2の光出射部22から出射された光を伝搬して出射レンズ7へ向けて出射させる。光ファイバ8は、波長変換ファイバ2の波長変換部23を有していない。言い換えれば、光ファイバ8は、波長変換要素を含んでおらず、波長変換機能を有していない。光ファイバ8は、波長変換ファイバ2からの光が入射されるように波長変換ファイバ2に直接つながっている。光ファイバ8は、波長変換ファイバ2に結合されている。光ファイバ8は、光入射部81及び光出射部82を有する。光ファイバ8では、光ファイバ8の光入射部81が波長変換ファイバ2の光出射部22に融着されている。光ファイバ8では、光ファイバ8の光出射部82が出射レンズ7に対向している。光ファイバ8のコアの直径は、波長変換ファイバ2のコア3(図2参照)の直径以上であるのが好ましく、一例として、波長変換ファイバ2の直径と略同じである。照明システム1bでは、光ファイバ8のコアの屈折率と波長変換ファイバ2のコア3の屈折率との差が小さいのが好ましい。

【0062】

実施形態3に係る照明システム1bでは、出射レンズ7は、保護管19に保持されている。出射レンズ7は、保護管19の内側に配置されており、光ファイバ8の光出射部82に対向している。

【0063】

保護管19は、光ファイバ8を保護する。保護管19の材料は、例えば、金属である。保護管19は、可撓性を有する。保護管19は、第1端191及び第2端192を有する。保護管19は、光ファイバ8の側面83を囲んでいる。保護管19では、保護管19の第1端191が光ファイバ8の光入射部81を囲み、保護管19の第2端192が光ファイバ8の光出射部82及び出射レンズ7を囲んでいる。

【0064】

実施形態3に係る照明システム1bは、実施形態2に係る照明システム1aと同様、波長変換要素を含む波長変換部23(図2参照)と、第1光源部11と、2つの第2光源部12と、出射レンズ7と、を備える。これにより、実施形態3に係る照明システム1bでは、励起光P1とは異なる波長の光(誘導放光P3)の強度を高めることが可能となる。

【0065】

また、実施形態3に係る照明システム1bは、波長変換ファイバ2の光出射部22と出射レンズ7との間に設けられている光ファイバ8を備えるので、波長変換ファイバ2の光入射部21から出射レンズ7までの距離を長くする場合に低コスト化を図ることが可能となる。

【0066】

また、実施形態3に係る照明システム1bは、波長変換ファイバ2の光出射部22と出射レンズ7との間に設けられている光ファイバ8を備えるので、例えば、内視鏡用照明システムとして用いる場合に、波長変換ファイバ2を体外に位置させ、光ファイバ8と出射レンズ7と保護管19とを含むファイバスコープが人の体内に挿入されるようにできる。これにより、照明システム1bは、人の体内に挿入されるファイバスコープの温度上昇を抑制することが可能となる。

10

20

30

40

50

## 【0067】

(実施形態4)

以下、実施形態4に係る照明システム1cについて、図6A及び6Bに基づいて説明する。実施形態4に係る照明システム1cに関し、実施形態3に係る照明システム1bと同様の構成要素には同一の符号を付して説明を省略する。

## 【0068】

実施形態4に係る照明システム1cは、図6Bに示すように、実施形態3に係る照明システム1bにおける波長変換ファイバ2の代わりに、波長変換ファイバ2cを備え、波長変換ファイバ2cが波長変換部23を複数(例えば、2つ)有する点で、実施形態3に係る照明システム1bと相違する。波長変換ファイバ2cは、波長変換ファイバ2と同様、

10

## 【0069】

波長変換ファイバ2cでは、複数(2つ)の波長変換部23それぞれに含まれる波長変換要素が互いに異なる。複数の波長変換部23は、コア3の光軸方向に並ぶ。以下では、説明の便宜上、2つの波長変換部23に関し、波長変換ファイバ2cの光入射部21と波長変換ファイバ2cの光出射部22とのうち光入射部21側の波長変換部23を第1波長変換部231と称し、光出射部22側の波長変換部23を第2波長変換部232と称することもある。

## 【0070】

第1波長変換部231は、波長変換要素として、例えばPrを含んでいる。第2波長変換部232は、波長変換要素として、例えば、Tbを含んでいる。第1波長変換部231の波長変換要素と第2波長変換部232の波長変換要素との組み合わせは、Pr、Tb、Ho、Dy、Er、Eu、Nd及びMnの群から選択される2つの元素の組み合わせであれば、PrとTbとの組み合わせに限らない。第1波長変換部231の長さ

20

## 【0071】

と第2波長変換部232の長さとは、互いに同じであるが、これに限らず、互いに異なってもよい。実施形態4に係る照明システム1cは、波長変換要素を含む波長変換部23と、第1光源部11と、2つの第2光源部12と、光学系6と、出射レンズ7と、を備える。これにより、実施形態4に係る照明システム1cは、実施形態3に係る照明システム1bと同様、

30

## 【0072】

励起光P1とは異なる波長の光(誘導放出光P3)の強度を高めることが可能となる。また、実施形態4に係る照明システム1cは、複数(2つ)の波長変換部23それぞれに含まれる波長変換要素が互いに異なるので、演色性を向上させることが可能となる。

## 【0073】

(その他の変形例)

上記の実施形態1~4は、本開示の様々な実施形態の一つに過ぎない。上記の実施形態1~4は、本開示の目的を達成できれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。

## 【0074】

例えば、照明システム1、1a、1b、1cの用途は、医療用の内視鏡に限らず、例えば、工業用の内視鏡における照明用途、表示用途、イルミネーションの用途であってもよい。照明システム1、1a、1b、1cは、施設に適用してもよいし、移動体に適用してもよい。施設は、例えば、倉庫、空港、戸建て住宅、集合住宅、オフィスビル、店舗、美術館、ホテル、工場等である。移動体は、例えば、自動車、自転車、電車、飛行機、船舶、ドローン等である。

40

## 【0075】

第1光源部11に含まれるレーザ光源は、青色のレーザ光を出射する半導体レーザに限らず、例えば、紫色のレーザ光を出射する半導体レーザであってもよい。また、第1光源部11は、半導体レーザに限らず、例えば、LED(Light Emitting Diode)光源と光学系とを含む構成であってもよい。

## 【0076】

50

第2光源部121は、緑色の光を出射する半導体レーザに限らず、例えば、緑色の光を出射するLEDであってもよい。また、第2光源部122は、赤色の光を出射する半導体レーザに限らず、例えば、赤色の光を出射するLEDであってもよい。

【0077】

また、第1光源部11及び複数の第2光源部12と波長変換ファイバ2の光入射部21との相対的な位置関係は、実施形態1～3での位置関係に限定されない。例えば、照明システム1では、第1光源部11及び複数の第2光源部12と波長変換ファイバ2の光入射部21との間に光源系としてクロスダイクロックプリズムを配置することで、第1光源部11及び複数の第2光源部12と波長変換ファイバ2の光入射部21との相対的な位置関係を変えてもよい。同様に、第1光源部11及び複数の第2光源部12と波長変換ファイバ2cの光入射部21との相対的な位置関係は、実施形態4での位置関係に限定されない。光学系6は、第1集光レンズ61と第2集光レンズ621と第2集光レンズ622とを別々に備える場合に限らず、励起光P1及び複数のシード光P2を集光する1つの集光レンズであってもよい。

10

【0078】

また、照明システム1、1a、1bは、1つの波長変換ファイバ2に対して複数の第2光源部12を備えているが、これに限らず、1つの波長変換ファイバ2に対して少なくとも1つの第2光源部12を備えていればよい。また、照明システム1cは、1つの波長変換ファイバ2cに対して複数の第2光源部12を備えているが、これに限らず、1つの波長変換ファイバ2cに対して少なくとも1つの第2光源部12を備えていればよい。

20

【0079】

(態様)

以上説明した実施形態1～4等から、本明細書には以下の態様が開示されている。

【0080】

第1の態様に係る照明システム(1; 1a; 1b; 1c)は、波長変換ファイバ(2; 2c)と、第1光源部(11)と、第2光源部(12)と、光学系(6; 6a)と、出射レンズ(7)と、を備える。波長変換ファイバ(2; 2c)は、光入射部(21)と、光出射部(22)と、波長変換要素を含む波長変換部(23)と、を有する。波長変換部(23)は、光入射部(21)と光出射部(22)との間に設けられている。波長変換要素は、励起光(P1)によって励起され励起光(P1)よりも長波長の自然放射増幅光を発生可能であり、かつ、自然放射増幅光によって励起可能である。第1光源部(11)は、励起光(P1)を出射する。第2光源部(12)は、励起光(P1)あるいは自然放射増幅光によって励起された波長変換要素から誘導放出光(P3)を発生させるためのシード光(P2)を出射する。光学系(6; 6a)は、第1光源部(11)から出射された励起光(P1)と第2光源部(12)から出射されたシード光(P2)とを光入射部(21)へ入射させる。出射レンズ(7)は、光出射部(22)から出射された光を集光する。

30

【0081】

第1の態様に係る照明システム(1; 1a; 1b; 1c)では、励起光(P1)とは異なる波長の光(誘導放出光P3)の強度を高めることが可能となる。

【0082】

第2の態様に係る照明システム(1; 1a; 1b; 1c)では、第1の態様において、光学系(6; 6a)は、第1集光レンズ(61)と、第2集光レンズ(62)と、を含む。第1集光レンズ(61)は、第1光源部(11)から出射された励起光(P1)を集光する。第2集光レンズ(62)は、第2光源部(12)から出射されたシード光(P2)を集光する。

40

【0083】

第2の態様に係る照明システム(1; 1a; 1b; 1c)では、励起光(P1)及びシード光(P2)を波長変換ファイバ(2; 2c)の光入射部(21)に対してより効率的に入射させることが可能となり、光出力の高出力化を図れる。

【0084】

50

第3の態様に係る照明システム(1a; 1b; 1c)では、第2の態様において、光学系(6a)は、光合波部(63)を更に含む。光合波部(63)は、第1集光レンズ(61)及び第2集光レンズ(62)と波長変換ファイバ(2; 2c)の光入射部(21)との間に設けられている。光合波部(63)は、第1集光レンズ(61)により集光された励起光(P1)と第2集光レンズ(62)により集光されたシード光(P2)とを合波して光入射部(21)へ入射させる。

【0085】

第3の態様に係る照明システム(1a; 1b; 1c)では、励起光(P1)及びシード光(P2)を波長変換ファイバ(2; 2c)の光入射部(21)に対して更に効率的に入射させることが可能となり、光出力の高出力化を図れる。

10

【0086】

第4の態様に係る照明システム(1b; 1c)は、第1~3の態様のいずれか一つにおいて、光ファイバ(8)を更に備える。光ファイバ(8)は、波長変換ファイバ(2; 2c)の光出射部(22)と出射レンズ(7)との間に設けられている。光ファイバ(8)は、波長変換ファイバ(2; 2c)の光出射部(22)から出射された光を伝搬して出射レンズ(7)へ向けて出射させる。

【0087】

第4の態様に係る照明システム(1b; 1c)は、波長変換ファイバ(2; 2c)の光入射部(21)から出射レンズ(7)までの距離を長くする場合に低コスト化を図ることが可能となる。

20

【0088】

第5の態様に係る照明システム(1b; 1c)は、第4の態様において、可撓性の保護管(19)を更に備える。保護管(19)は、光ファイバ(8)の側面(83)を囲んでいる。出射レンズ(7)は、保護管(19)に保持されている。

【0089】

第5の態様に係る照明システム(1b; 1c)では、光ファイバ(8)及び出射レンズ(7)を保護管(19)により保護することが可能となる。

【0090】

第6の態様に係る照明システム(1c)では、第1~5の態様のいずれか一つにおいて、波長変換ファイバ(2c)は、波長変換部(23)を複数有する。複数の波長変換部(23)それぞれに含まれる波長変換要素が互いに異なる。

30

【0091】

第6の態様に係る照明システム(1c)では、演色性を向上させることが可能となる。

【0092】

第7の態様に係る照明システム(1; 1a; 1b; 1c)では、第1~6の態様のいずれか一つにおいて、第1光源部(11)は、レーザ光源を含む。

【0093】

第7の態様に係る照明システム(1; 1a; 1b; 1c)では、励起光(P1)の強度を高めることができる。

【0094】

40

第8の態様に係る照明システム(1; 1a; 1b; 1c)は、第1~7の態様のいずれか一つにおいて、第2光源部(12)を複数備える。複数の第2光源部(12)は、複数のシード光(P2)を出力する。複数の第2光源部(12)から出力される複数のシード光(P2)は、互いに異なる波長を有する。

【0095】

第8の態様に係る照明システム(1; 1a; 1b; 1c)では、複数のシード光(P2)に一対一に対応する複数の誘導放出光(P3)を含む光を波長変換ファイバ(2; 2c)から出射させることが可能となり、演色性を向上させることが可能となる。

【0096】

第9の態様に係る照明システム(1; 1a; 1b; 1c)では、第1~8の態様のいづ

50

れか一つにおいて、第2光源部(12)は、レーザ光源を含む。

【0097】

第9の態様に係る照明システム(1; 1a; 1b; 1c)では、シード光(P2)の強度を高めることができる。

【0098】

第10の態様に係る照明システム(1; 1a; 1b; 1c)では、第1~9の態様のいずれか一つにおいて、波長変換要素は、Pr、Tb、Ho、Dy、Er、Eu、Nd及びMnの群から選択される1以上の元素を含む。

【0099】

第10の態様に係る照明システム(1; 1a; 1b; 1c)では、例えば、波長変換要素として2つ以上の元素を含む場合、少なくとも一の元素からの自然放射増幅光による励起によって、別の元素からの異なる波長での自然放射増幅光を発生させることもできる。

10

【0100】

第11の態様に係る照明システム(1; 1a; 1b; 1c)では、第1~10の態様のいずれか一つにおいて、波長変換ファイバ(2; 2c)の光出射部(22)から出射される光の波長は、350nm以上750nm以下の波長域にある。

【符号の説明】

【0101】

1、1a、1b、1c 照明システム

2、2c 波長変換ファイバ

20

21 光入射部

22 光出射部

23 波長変換部

6、6a 光学系

61 第1集光レンズ

62 第2集光レンズ

621 第2集光レンズ

622 第2集光レンズ

63 光合波部

7 出射レンズ

30

8 光ファイバ

83 側面

9 保護管

11 第1光源部

12 第2光源部

121 第2光源部

122 第2光源部

15 調整部

19 保護管

P1 励起光

40

P2 シード光

P21 シード光

P22 シード光

P3 誘導放出光

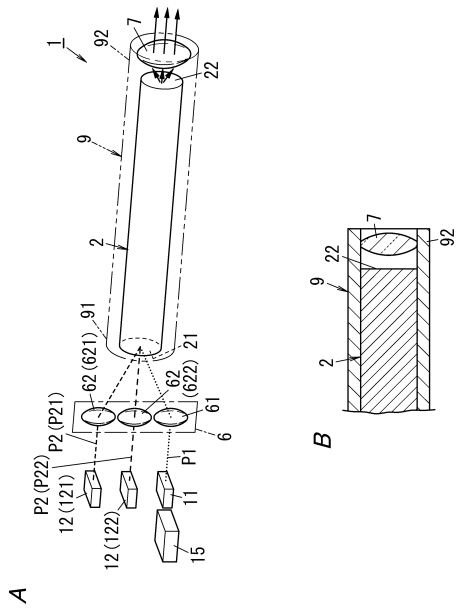
P31 誘導放出光

P32 誘導放出光

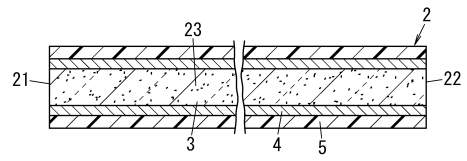
50

【図面】

【図 1】



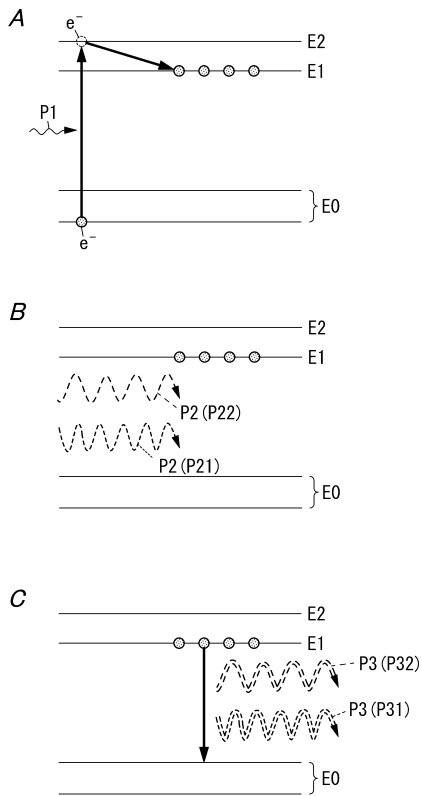
【図 2】



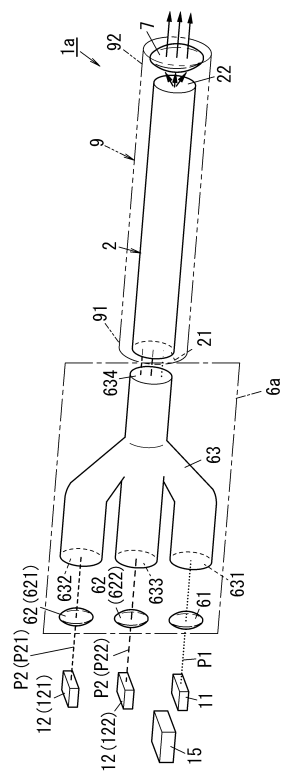
10

20

【図 3】



【図 4】

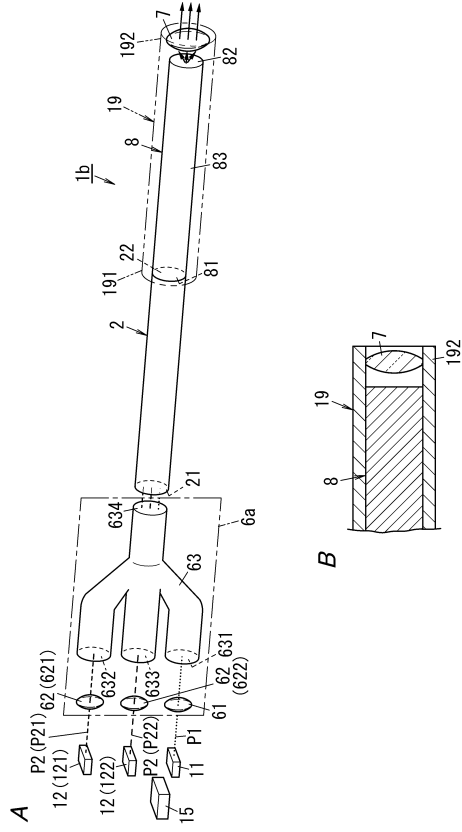


30

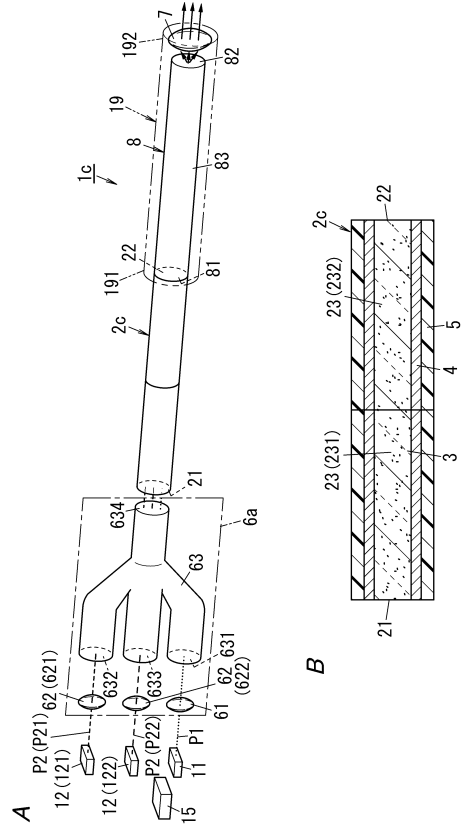
40

50

【図 5】



【図 6】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2021/014853(WO, A1)  
特開2009-266463(JP, A)  
特開2018-195627(JP, A)  
特開2007-027388(JP, A)  
米国特許出願公開第2020/0194962(US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- |      |       |   |        |
|------|-------|---|--------|
| H01S | 3/00  | - | 3/02   |
| H01S | 3/04  | - | 3/0959 |
| H01S | 3/10  | - | 3/102  |
| H01S | 3/105 | - | 3/131  |
| H01S | 3/136 | - | 3/213  |
| H01S | 3/23  | - | 5/50   |