

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5519303号  
(P5519303)

(45) 発行日 平成26年6月11日(2014.6.11)

(24) 登録日 平成26年4月11日(2014.4.11)

(51) Int.Cl.

F 21 V 8/00 (2006.01)  
F 21 V 9/16 (2006.01)

F 1

F 21 V 8/00 260  
F 21 V 9/16 100

請求項の数 24 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2010-10444 (P2010-10444)  
 (22) 出願日 平成22年1月20日 (2010.1.20)  
 (65) 公開番号 特開2011-150857 (P2011-150857A)  
 (43) 公開日 平成23年8月4日 (2011.8.4)  
 審査請求日 平成24年12月13日 (2012.12.13)

(73) 特許権者 000000376  
 オリンパス株式会社  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号  
 (74) 代理人 100108855  
 弁理士 蔵田 昌俊  
 (74) 代理人 100091351  
 弁理士 河野 哲  
 (74) 代理人 100088683  
 弁理士 中村 誠  
 (74) 代理人 100109830  
 弁理士 福原 淑弘  
 (74) 代理人 100075672  
 弁理士 峰 隆司  
 (74) 代理人 100095441  
 弁理士 白根 俊郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】波長変換ユニットとそれを備えた照明装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

入射する励起光の一部を透過し、前記励起光の一部を前記励起光の波長とは異なる波長の波長変換光に変換して出射する波長変換部材を有し、

前記励起光は、中心において最も強く、前記中心から離れるに従って弱くなる強度分布を有し、

前記波長変換部材は、前記励起光の強度分布の中心の光が入射する部分が、そのほかの部分よりも厚くなっている、これにより、前記波長変換部材が前記励起光を吸収する割合は、前記励起光の強度分布の中心の光が入射する前記部分が、前記そのほかの部分よりも高くなっている、

前記波長変換部材は回転対称形状を有しており、前記励起光は、その強度分布の中心が前記波長変換部材の中心軸上を通るように、前記波長変換部材に入射し、前記波長変換部材は、前記励起光の照射領域内において、前記波長変換部材の中心軸上を透過した励起光の強度と、前記中心軸を中心とする少なくともひとつの円周上の点を通じて前記波長変換部材を透過した励起光の強度とがほぼ等しくなる厚さを有しており、

前記波長変換部材へ入射する前記励起光は、ガウス分布に近似される強度分布を有しており、前記波長変換部材の中心軸から所定の距離までの範囲内において前記波長変換部材を透過した励起光の強度分布が一定となるような前記波長変換部材の厚さの関数を透過強度均一化厚さ関数としたときに、前記波長変換部材の厚さは、前記中心軸および前記円周上において、前記透過強度均一化厚さ関数と一致している波長変換ユニット。

10

20

**【請求項 2】**

前記透過強度均一化厚さ関数は次式で表され、

**【数 1】**

$$\begin{aligned} d(x) &= d_0 - kx^2 \quad \cdots x \leq (d_0/k)^{1/2} \\ &= 0 \quad \cdots x > (d_0/k)^{1/2} \\ k &= \frac{2 \log_{10} e}{\alpha \cdot w^2} \end{aligned}$$

10

ここで、 $x$  は前記中心軸からの距離、 $d(x)$  は距離  $x$  における前記波長変換部材の厚さ、 $d_0$  は中心軸上における前記波長変換部材の厚さ、 $\alpha$  は前記励起光が前記波長変換部材に単位厚さ当たりに吸収される割合である吸収係数、 $w$  は前記照射領域の半径である請求項1に記載の波長変換ユニット。

**【請求項 3】**

自然対数の底を  $e$ 、自然数を  $n$  として、前記波長変換部材の厚さは、前記波長変換部材への前記励起光の入射強度が、前記中心軸上における入射強度の  $1/e^n$  となる場所において、前記透過強度均一化厚さ関数と一致している請求項1に記載の波長変換ユニット。

**【請求項 4】**

前記波長変換部材の厚さは、前記照射領域内において、前記透過強度均一化厚さ関数と一致している請求項1に記載の波長変換ユニット。

20

**【請求項 5】**

前記波長変換部材は、径の異なる複数の円柱を径の大きさの順に同軸に重ね合わせた形状をしている請求項3に記載の波長変換ユニット。

**【請求項 6】**

前記波長変換部材は、前記中心軸上が最も厚く、そこからの距離に比例して薄くなっている請求項1に記載の波長変換ユニット。

30

**【請求項 7】**

前記波長変換部材は、前記励起光の入射強度が前記中心軸上における入射強度の  $1/e$  となる第1の円周の半分の径を有する前記中心軸を中心とする第2の円周の内側の範囲では一定の厚さで最も厚く、前記第2の円周の外側の範囲では前記中心軸からの距離に応じて直線的に薄くなっている請求項1に記載の波長変換ユニット。

**【請求項 8】**

前記照射領域は、前記波長変換部材への前記励起光の入射強度が前記中心軸上における入射強度の  $1/e^2$  となる円周上およびその内側に対応する領域であり、前記波長変換部材の厚さは、前記照射領域の外側では一定である請求項1または4に記載の波長変換ユニット。

**【請求項 9】**

前記照射領域は、前記波長変換部材への前記励起光の入射強度が前記中心軸上における入射強度の  $1/e^2$  となる円周上およびその内側に対応する領域であり、前記波長変換部材の外径は前記照射領域の外径にほぼ等しい請求項1または4に記載の波長変換ユニット。

40

**【請求項 10】**

前記励起光が前記波長変換部材に単位厚さ当たりに吸収される割合である吸収係数をとして、前記波長変換部材は、前記励起光の入射強度が前記中心軸上における入射強度の  $1/e$  となる場所において、前記中心軸上の厚さに比べて ( $1/e$ )  $\log_{10} e$  だけ薄くなっている、前記励起光の入射強度が前記中心軸上における入射強度の  $1/e^2$  となる場所において、前記中心軸上の厚さに比べて ( $2/e$ )  $\log_{10} e$  だけ薄くなっている請求項4に記載の波長変換ユニット。

**【請求項 11】**

50

前記励起光が前記波長変換部材に単位厚さ当たりに吸収される割合である吸収係数をとして、前記複数の円柱において、前記励起光の入射側から数えて  $n$  番目の円柱の半径は、前記励起光の入射強度が前記中心軸上における入射強度の  $1/e^n$  となる円周の半径とそれぞれ一致しており、前記円柱の厚さはいずれも  $(1/e)^{\log_{10}e}$  である請求項 5 に記載の波長変換ユニット。

**【請求項 1 2】**

前記励起光が前記波長変換部材に単位厚さ当たりに吸収される割合である吸収係数をとして、前記波長変換部材は、前記励起光の入射強度が前記中心軸上における入射強度の  $1/e$  となる場所において、前記中心軸上の厚さに比べて  $(1/e)^{\log_{10}e}$  だけ薄くなっている請求項 6 または 7 に記載の波長変換ユニット。 10

**【請求項 1 3】**

励起光を出射する励起光源と、

前記励起光を受光し、前記励起光の一部を透過し、前記励起光の一部を前記励起光の波長とは異なる波長の波長変換光に変換して出射する波長変換部材を有する波長変換ユニットとを有し、

前記励起光は、中心において最も強く、前記中心から離れるに従って弱くなる強度分布を有し、

前記波長変換部材は、前記励起光の強度分布の中心の光が入射する部分が、そのほかの部分よりも厚くなっている、これにより、前記波長変換部材が前記励起光を吸収する割合は、前記励起光の強度分布の中心の光が入射する前記部分が、前記そのほかの部分よりも高くなっている、 20

前記励起光を前記励起光源から前記波長変換ユニットへ導光する導光部材をさらに有し、前記波長変換部材は回転対称形状を有しており、前記導光部材はその出射端部が前記波長変換部材と同軸に配置されており、前記励起光は、その強度分布の中心が前記波長変換部材の中心軸上を通るように、前記波長変換部材に入射し、前記波長変換部材は、前記励起光の照射領域内において、前記波長変換部材の中心軸上を透過した励起光の強度と、前記中心軸を中心とする少なくともひとつの円周上の点を通って前記波長変換部材を透過した励起光の強度とがほぼ等しくなる厚さを有しており、

前記波長変換部材へ入射する前記励起光は、ガウス分布に近似される強度分布を有しており、前記波長変換部材の中心軸から所定の距離までの範囲内において前記波長変換部材を透過した励起光の強度分布が一定となるような前記波長変換部材の厚さの関数を透過強度均一化厚さ関数としたときに、前記波長変換部材の厚さは、前記中心軸および前記円周上において、前記透過強度均一化厚さ関数と一致している照明装置。 30

**【請求項 1 4】**

前記透過強度均一化厚さ関数は次式で表され、

**【数 2】**

$$\begin{aligned} d(x) &= d_0 - kx^2 \quad \cdots x \leq (d_0/k)^{1/2} \\ &= 0 \quad \cdots x > (d_0/k)^{1/2} \\ k &= \frac{2\log_{10}e}{\alpha \cdot w^2} \end{aligned}$$

ここで、  $x$  は前記中心軸からの距離、  $d(x)$  は距離  $x$  における前記波長変換部材の厚さ、  $d_0$  は中心軸上における前記波長変換部材の厚さ、  $\alpha$  は前記励起光が前記波長変換部材に単位厚さ当たりに吸収される割合である吸収係数、  $w$  は前記照射領域の半径である請求項 1 3 に記載の照明装置。 40

**【請求項 1 5】**

自然対数の底を  $e$ 、自然数を  $n$  として、前記波長変換部材の厚さは、前記波長変換部材への前記励起光の入射強度が、前記中心軸上における入射強度の  $1/e^n$  となる場所において、前記透過強度均一化厚さ関数と一致している請求項 1 3 に記載の照明装置。 50

**【請求項 16】**

前記波長変換部材の厚さは、前記照射領域内において、前記透過強度均一化厚さ関数と一致している請求項13に記載の照明装置。

**【請求項 17】**

前記波長変換部材は、径の異なる複数の円柱を径の大きさの順に同軸に重ね合わせた形状をしている請求項15に記載の照明装置。

**【請求項 18】**

前記波長変換部材は、前記中心軸上が最も厚く、そこからの距離に比例して薄くなっている請求項13に記載の照明装置。

**【請求項 19】**

前記波長変換部材は、前記励起光の入射強度が前記中心軸上における入射強度の $1/e$ となる第1の円周の半分の径を有する前記中心軸を中心とする第2の円周の内側の範囲では一定の厚さで最も厚く、前記第2の円周の外側の範囲では前記中心軸からの距離に応じて直線的に薄くなっている請求項13に記載の照明装置。

**【請求項 20】**

前記照射領域は、前記波長変換部材への前記励起光の入射強度が前記中心軸上における入射強度の $1/e^2$ となる円周上およびその内側に対応する領域であり、前記波長変換部材の厚さは、前記照射領域の外側では一定である請求項13または16に記載の照明装置。

**【請求項 21】**

前記照射領域は、前記波長変換部材への前記励起光の入射強度が前記中心軸上における入射強度の $1/e^2$ となる円周上およびその内側に対応する領域であり、前記波長変換部材の外径は前記照射領域の外径にほぼ等しい請求項13または16に記載の照明装置。

**【請求項 22】**

前記励起光が前記波長変換部材に単位厚さ当たりに吸収される割合である吸収係数をとして、前記波長変換部材は、前記励起光の入射強度が前記中心軸上における入射強度の $1/e$ となる場所において、前記中心軸上の厚さに比べて $(1/\text{---}) \log_{10} e$ だけ薄くなっているおり、前記励起光の入射強度が前記中心軸上における入射強度の $1/e^2$ となる場所において、前記中心軸上の厚さに比べて $(2/\text{---}) \log_{10} e$ だけ薄くなっている請求項16に記載の照明装置。

**【請求項 23】**

前記励起光が前記波長変換部材に単位厚さ当たりに吸収される割合である吸収係数をとして、前記複数の円柱において、前記励起光の入射側から数えてn番目の円柱の半径は、前記励起光の入射強度が前記中心軸上における入射強度の $1/e^n$ (nはn番目の前記円柱)となる円周の半径とそれぞれ一致しており、前記円柱の厚さはいずれも $(1/\text{---}) \log_{10} e$ である請求項17に記載の照明装置。

**【請求項 24】**

前記励起光が前記波長変換部材に単位厚さ当たりに吸収される割合である吸収係数をとして、前記波長変換部材は、前記励起光の入射強度が前記中心軸上における入射強度の $1/e$ となる場所において、前記中心軸上の厚さに比べて $(1/\text{---}) \log_{10} e$ だけ薄くなっている請求項18または19に記載の照明装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、波長変換ユニットを備えた照明装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

波長変換ユニットを備えた照明装置の一従来例である発光装置を図11に示す。発光装置は、励起光1を射出する励起光源10と、励起光源10から射出される励起光1を吸収し、波長変換して所定の波長域の照明光2を放出する波長変換部材30と、励起光源10

10

20

30

40

50

から射出される励起光1を波長変換部材30へ導出する光ファイバ20とを有する。励起光源10は発光素子11を備え、発光素子11から射出される光を射出部12から光ファイバ20へと導出する。発光素子11から射出される光を射出部12へ効率よく導くため、発光素子11と射出部12との間にレンズ13を設けている。光ファイバ20の一端は射出部12と接続されており、他端は外部に光を導出する出力部21を備える。出力部21は波長変換部材30を有しており、波長変換ユニットを構成している。波長変換部材30として蛍光物質31を使用する。波長変換部材30は、励起光源10から射出される励起光1を吸収し波長変換して所定の波長域の照明光2を放出する。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0003】

【特許文献1】特開2005-205195号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の照明装置では、波長変換部材に励起光を照射すると、波長変換部材により励起光から変換された波長変換光と、波長変換光に変換されずに波長変換部材を透過した励起光が混合した光が波長変換部材から出射される。光ファイバから出射して波長変換部材に入射する励起光の強度は、中心（光ファイバの中心軸付近の領域）で最も強く、中心から離れ周辺に行くに従って弱くなる分布を持っている。波長変換光の一部は、波長変換部材に吸収された点で波長変換されて四方八方に発光し、波長変換部材内で散乱を繰り返してから出射されるため、ある程度均一化されて出射される。一方、波長変換光に変換されずに透過した励起光は直進性が強いため、透過励起光は中心で強く出射される。その結果、中心と、中心から離れた領域とでは、励起光と波長変換光の強度比が異なり、透過励起光と波長変換光を混色した光の色ムラが発生してしまう。

20

【0005】

本発明はこのような実情を考慮してなされたものであり、その目的は出射混色光の色ムラの発生が低減された波長変換ユニットを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

30

本発明による波長変換ユニットは、入射する励起光の一部を透過し、前記励起光の一部を前記励起光の波長とは異なる波長の波長変換光に変換して出射する波長変換部材を有し、前記励起光は、中心において最も強く、前記中心から離れるに従って弱くなる強度分布を有し、前記波長変換部材は、前記励起光の強度分布の中心の光が入射する部分が、そのほかの部分よりも厚くなっている。これにより、前記波長変換部材が前記励起光を吸収する割合は、前記励起光の強度分布の中心の光が入射する前記部分が、前記そのほかの部分よりも高くなっている。前記波長変換部材は回転対称形状を有している。前記励起光は、その強度分布の中心が前記波長変換部材の中心軸上を通るように、前記波長変換部材に入射する。前記波長変換部材は、前記励起光の照射領域内において、前記波長変換部材の中心軸上を透過した励起光の強度と、前記中心軸を中心とする少なくともひとつの円周上の点を通って前記波長変換部材を透過した励起光の強度とがほぼ等しくなる厚さを有している。前記波長変換部材へ入射する前記励起光は、ガウス分布に近似される強度分布を有している。前記波長変換部材の中心軸から所定の距離までの範囲内において前記波長変換部材を透過した励起光の強度分布が一定となるような前記波長変換部材の厚さの関数を透過強度均一化厚さ関数としたときに、前記波長変換部材の厚さは、前記中心軸および前記円周上において、前記透過強度均一化厚さ関数と一致している。

40

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、出射混色光の色ムラの発生が低減された波長変換ユニットが提供される。

50

## 【図面の簡単な説明】

## 【0008】

【図1】本発明の第1実施形態の蛍光体ユニット110の構造を示している。

【図2】図1の蛍光体ユニットを備えた照明装置を示している。

【図3】ガウス分布に近似される強度分布を示している。

【図4】従来構造の蛍光体ユニットを示している。

【図5】蛍光体の厚さの取り方を示している。

【図6】本発明の第1実施形態の第1変形例の蛍光体ユニットを示している。

【図7】本発明の第1実施形態の第2変形例の蛍光体ユニットを示している。

【図8】本発明の第1実施形態の第3変形例の蛍光体ユニットを示している。

10

【図9】本発明の第1実施形態の第4変形例の蛍光体ユニットを示している。

【図10】本発明の第1実施形態の第5変形例の蛍光体ユニットを示している。

【図11】波長変換ユニットを備えた照明装置の一従来例である発光装置を示している。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0009】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。

## 【0010】

<第1実施形態>

[構成]

本発明の第1実施形態の波長変換ユニットである蛍光体ユニット110を図1に示す。

20

また、図1の蛍光体ユニットを備えた照明装置を図2に示す。

## 【0011】

図2に示すように、照明装置100は、励起光を出射する励起光源130と、励起光を波長変換する波長変換ユニットである蛍光体ユニット110と、励起光源130から出射される励起光を蛍光体ユニット110へ導光する導光部材120とを有している。なお、続く説明では、蛍光体ユニット110は、波長変換ユニット110とも呼ぶ。

## 【0012】

励起光源130から出射される励起光は、中心において最も強く、中心から離れるに従って弱くなる強度分布を有している。励起光源130は、これに限らないが、一例では、青紫～青色領域の光を発する半導体レーザである。

30

## 【0013】

導光部材120は、励起光を導光する機能を有するあらゆる光学部品で構成され得るが、代表的には光ファイバで構成される。このため、続く説明では、導光部材120は光ファイバ120とも呼ぶ。また光ファイバ120は、これに限らないが、一例では、開口数F<sub>na</sub>=0.2を有するマルチモードファイバである。

## 【0014】

図1に示すように、波長変換ユニット110は、透明部材112と波長変換部材114とから構成されている。波長変換部材114は、入射する励起光の一部を透過し、励起光の一部を励起光の波長とは異なる波長の波長変換光に変換して出射する機能を有している。波長変換部材114は、このような機能を有するあらゆる光学部品で構成され得るが、代表的には蛍光体で構成される。その場合、波長変換光は蛍光である。このため、以下、波長変換部材114は蛍光体114とも称する。つまり、別の言い方をすれば、蛍光体ユニット110は、透明部材112と蛍光体114とから構成されている。

40

## 【0015】

透明部材112はたとえば円柱形状をしており、円端面の一方に光ファイバ120の出射端が接続されている。以下、光ファイバ120が接続された透明部材112の端部の反対側に位置する端部を出射側端部と称する。透明部材112は、蛍光及び励起光に対して十分に高い透過率を有している。透明部材112は、励起光の伝搬に影響を与えない程度に十分太ければ、円柱形状でなく四角柱形状などをしてもよい。

## 【0016】

50

蛍光体114は、光ファイバ120が接続された端部の反対側に位置する透明部材112の出射側端部に設けられている。蛍光体114は回転対称形状を有している。より詳しくは、蛍光体114は、回転放物面と、その回転軸に垂直な平面とで囲まれた形状をしている。以下、この形状を回転放物面形状と称する。蛍光体114は、透明部材112の円端面のもう一方（光ファイバ120が接続された端とは逆側の端）にその平面が内接し、回転放物面が励起光入射側に存在する形で設置されている。

#### 【0017】

透明部材112と蛍光体114は同軸に配置されている。すなわち、透明部材112の円柱形状の中心軸と蛍光体114の回転放物面形状の中心軸は一致している。さらに、蛍光体ユニット110、すなわち透明部材112と蛍光体114は、光ファイバ120の出射端部と同軸に配置されている。すなわち、透明部材112の中心軸と蛍光体114の中心軸は、光ファイバ120の出射端部の中心軸と一致している。以下、これら透明部材112と蛍光体114と光ファイバ120の中心軸は区別することなく単に中心軸と称する。したがって、励起光は、その強度分布の中心が蛍光体114の中心軸上を通るように、蛍光体114に入射する。蛍光体114は、中心軸付近が最も厚く、中心軸からの距離の2乗に比例して薄くなっている。

#### 【0018】

##### [動作]

励起光源130から出射された励起光は光ファイバ120によって導光され蛍光体ユニット110に入射する。蛍光体ユニット110に入射した励起光は、蛍光体ユニット110の透明部材112を通って蛍光体114に照射される。蛍光体114に入射する励起光は、中心において最も強く、中心から離れるに従って弱くなる強度分布を有している。たとえば、励起光は、ガウス分布に近似される強度分布を有している。ガウス分布に近似される強度分布を図3に示す。図3において、横軸は蛍光体114の中心軸からの距離xであり、中心軸上を0としている。図3に示すように、ガウス分布に近似される強度分布は、中心軸上において最も強く、中心軸から離れるに従って弱くなる分布である。ガウス分布に近似される強度分布は次式(1)で表される。

#### 【数1】

$$I_{in}(x) = I_0 \exp\left[-2\left(\frac{x}{w}\right)^2\right] \quad \dots(1)$$

#### 【0019】

ここで、xは中心軸からの距離、 $I_{in}(x)$ は距離xにおける励起光の入射強度、 $I_0$ は中心軸上における励起光の入射強度、wはビームスポットの半径である。

#### 【0020】

励起光の強度分布が、ガウス分布に近似される強度分布であるとき、蛍光体114への励起光の照射領域は、ビームスポットに対応する蛍光体114の領域であり、励起光の入射強度が中心軸上における入射強度の $1/e^2$  ( $e$ は自然対数の底)となる円周上およびその内側に対応する領域である。

#### 【0021】

蛍光体114に入射した励起光の一部は、蛍光体114により蛍光へ波長変換される。蛍光は、波長変換が行われる点において四方八方（空間的にあらゆる方向）に発光し、蛍光体114の中で散乱を繰り返してから出射されるため、蛍光体114の励起光の入射面と反対の面より出射される蛍光の強度分布は、図1の $I_{out}(x)$ のプロットにおいて点線で示したようにほぼ一様となる。

#### 【0022】

一方、蛍光体114に入射した励起光の別の一部は、蛍光に波長変換されずに、蛍光体114を透過しほぼ直進して出射される。この励起光の透過強度は、次式(2)に示す $I_{out}(x)$ のランベルト・ベール則により、蛍光体114の厚さに応じて定まる。

10

20

30

40

## 【数2】

$$I_{out}(x) = I_{in}(x) \cdot 10^{-\alpha d(x)} \quad \dots(2)$$

## 【0023】

ここで、 $x$ は中心軸からの距離、 $I_{out}(x)$ は距離 $x$ における励起光の透過強度、 $I_{in}(x)$ は距離 $x$ における励起光の入射強度、 $\alpha$ は吸収係数、 $d(x)$ は距離 $x$ における蛍光体114の厚さである。吸収係数 $\alpha$ は、励起光が蛍光体114に単位厚さ当たりに吸収される割合である。式(2)における吸収係数 $\alpha$ の吸収とは、蛍光への波長変換および蛍光体114における熱への変換などを指している。

## 【0024】

比較例として、従来構造の蛍光体ユニットを図4に示す。この比較例の蛍光体ユニット110Zは、円柱形状の透明部材112Zの出射側端部の円端面に、一様の厚さ $d_0$ を有する円柱形状の蛍光体114Zが接合された構造をしている。この比較例において、蛍光体114Zを透過した励起光の強度分布は次式(3)となり、蛍光体114Zに入射する励起光の強度分布の形状を保ったまま、一定の割合で減衰した分布で現れている。

10

## 【数3】

$$I_{out}(x) = I_{in}(x) \cdot 10^{-\alpha d_0} \quad \dots(3)$$

## 【0025】

一方、本実施形態である図1の構成の蛍光体ユニット110に図2の強度分布を有する励起光が入射した場合は、中心軸上では蛍光体114が図4の場合と同等の厚さなので、中心軸上を透過した励起光の強度は図4の構成の場合と変わらないが、周辺部(中心軸から離れた場所)では中心軸上に比べて蛍光体114が薄くなっているので、周辺部を透過した励起光の強度は、図4に示す蛍光体114Zが一様な厚さを有する上述の比較例に比べて増加する。

20

## 【0026】

中心軸からの距離を $x$ とすると、回転放物面で囲まれた蛍光体114は、中心軸付近が最も厚く、中心軸からの距離の2乗に比例して薄くなっているので、距離 $x$ における厚さ $d(x)$ は $d(x) = d_0 - kx^2$ で表せる。厚さ $d(x)$ が負となる距離 $x$ では、蛍光体114は存在しないので、蛍光体114の半径は $(d_0/k)^{1/2}$ となる。言い換えれば、蛍光体114の距離 $x$ における厚さ $d(x)$ は次式で表される。

30

## 【数4】

$$\begin{aligned} d(x) &= d_0 - kx^2 \quad \dots x \leq (d_0/k)^{1/2} \\ &= 0 \quad \dots x > (d_0/k)^{1/2} \end{aligned} \quad \dots(4)$$

## 【0027】

蛍光体114に入射する励起光の強度分布が、先に述べたように式(1)に示すガウス分布に近似される強度分布であるとき、励起光の入射強度に対する励起光の透過強度は、ランベルト・ペール則により式(2)で表されるので、励起光の透過強度分布は、次式(5)に示す $I_{out}(x)$ で与えられる。

40

## 【数5】

$$\begin{aligned} I_{out}(x) &= I_0 \cdot 10^{-\alpha d_0} \exp \left[ (\log_e 10) \cdot k \cdot \alpha \cdot x^2 - 2 \left( \frac{x}{w} \right)^2 \right] \quad \dots x \leq (d_0/k)^{1/2} \\ &= I_0 \exp \left[ -2 \left( \frac{x}{w} \right)^2 \right] \quad \dots x > (d_0/k)^{1/2} \end{aligned} \quad \dots(5)$$

## 【0028】

ここで、 $k$ が次式(6)に示す値をとるとき、次式(7)に示すように、 $x < (d_0/k)^{1/2}$ の範囲で蛍光体114を透過した励起光の強度は一定になる。

50

## 【数6】

$$k = \frac{2 \log_{10} e}{\alpha \cdot w^2} \quad \cdots(6)$$

## 【0029】

## 【数7】

$$\begin{aligned} I_{out}(x) &= I_0 \cdot 10^{-\alpha d_0} \cdots x \leq (d_0 / k)^{1/2} \\ &= I_0 \exp \left[ -2 \left( \frac{x}{w} \right)^2 \right] \cdots x > (d_0 / k)^{1/2} \end{aligned} \quad \cdots(7)$$

10

## 【0030】

また、ここで求められた、蛍光体114を透過した励起光強度が一定となる蛍光体114の厚さの関数を透過強度均一化厚さ関数とする。透過強度均一化厚さ関数は、式(4)と式(6)とによって定められる。蛍光体114の厚さは、透過強度均一化厚さ関数と一致している。その結果、照射領域において蛍光体114を透過した励起光の強度分布は一定となる。なお、図1においては $(d_0 / k)^{1/2}$ の値は $w$ の値よりも大きいが、 $d_0$ によって $(d_0 / k)^{1/2}$ の値と $w$ の値の大小関係は異なる。必要となる励起光の透過光量によっては、透過励起光の光量が均一となる領域が $w$ の値よりも小さくなる場合もある。必要となる透過励起光の光量が均一となる領域の大きさにより $d_0$ の値を設定する。

20

## 【0031】

蛍光体114の厚さは透過強度均一化厚さ関数と一致しているため、蛍光体114は、励起光の入射強度が中心軸上における入射強度の $1/e$ となる場所において、中心軸上の厚さに比べて $(1/e)^{1.0 g_{10} e}$ だけ薄くなっている。励起光の入射強度が中心軸上における入射強度の $1/e^2$ となる場所において、中心軸上の厚さに比べて $(2/e)^{1.0 g_{10} e}$ だけ薄くなっている。

## 【0032】

## [作用・効果]

以上に述べた構成により、式(4)に示すように中心軸上で最も厚く、中心軸からの距離の2乗に比例して薄くなるような回転放物面形状を蛍光体114が有しているため、蛍光体114を透過した励起光の強度は $x \cdot (d_0 / k)^{1/2}$ の範囲で均一となる。先に述べたように蛍光体114で波長変換された蛍光はほぼ一様に出射されるので、蛍光体ユニット110を出射した励起光と蛍光の強度比は中心軸上および周辺部のいずれにおいても等しくなり、結果として出射混色光の色ムラが低減される。

30

## 【0033】

透過励起光と蛍光を混色した出力光の所望の色から透過励起光と蛍光の比を求め、さらに蛍光体114から出力される蛍光の強度から必要な励起光強度を求めて、必要な励起光強度が得られる $d_0$ を式(7)を用いて求めることにより、所望の色の出力が得られる。そのときの蛍光の強度は、中心軸からの距離が励起光のビームスポットの半径 $w$ よりも小さい範囲内において出力される蛍光の強度分布を平均して求めてもよいし、その範囲内における最大値と最小値の中間値としてもよい。

40

## 【0034】

または、蛍光体114の半径がビームスポットの半径 $w$ と一致するように定めてもよい。その場合は $d_0 = (2/e)^{1.0 g_{10} e}$ となる。

## 【0035】

なお、本実施形態では、励起光の入射強度分布をガウス分布に近似して蛍光体114の形状を回転放物面形状としたが、励起光の入射強度分布がガウス分布から大きく異なる分布を有する場合は、蛍光体114の形状を自由曲面形状として求めてもよい。その場合、式(2)における透過強度 $I_{out}(x)$ が $I_{out}(0)$ と等しく一定である条件から

50

、式(8)のように励起光の入射強度の対数に対して線形に変化する蛍光体114の厚さを設定すればよい。

【数8】

$$d(x) = \frac{1}{\alpha} [\log_{10}(I_{in}(x)) - \log_{10}(I_{out}(0))] \quad \cdots (8)$$

【0036】

本実施形態では、光ファイバ120の出射端部と蛍光体114との間隔が、中心軸上における蛍光体114の厚さよりも大きい場合の想定のもと、図5の左側に示すように、蛍光体114の厚さは中心軸に沿った寸法D1であるとして蛍光体114の形状を求めた。これとは反対に、光ファイバ120の出射端部と蛍光体114との間隔が、中心軸上における蛍光体114の厚さよりも小さい場合、蛍光体114に入射する励起光は中心軸に対して角度を持って入射するので、図5の右側に示すように、蛍光体114の厚さは蛍光体114の各場所における励起光の進行方向に沿った寸法D2であるとして蛍光体114の形状を求めてよい。光線が蛍光体114内を通る距離を反映して厚さが決定されるので、より励起光の透過強度分布を一様にできる。

10

【0037】

また、蛍光体114の形状は、本実施形態では、励起光が入射する側が凸になっており、透過励起光が出射する側が平坦な形状としたが、入射側が平坦で、出射側を凸とした形状でもよい。また、出射側と入射側が共に対称的で、それぞれを回転放物面とした形状とすることもできる。

20

【0038】

<変形例1>

[構成と動作]

本発明の第1実施形態の第1変形例の蛍光体ユニットを図6に示す。本変形例の蛍光体ユニット110Aは、透明部材112Aと、透明部材112Aの出射側端部に設けられた蛍光体114Aとで構成されている。蛍光体114Aは、励起光の照射領域すなわちビームスポット内は回転放物面とその中心軸に垂直な平面とで囲まれ、照射領域すなわちビームスポットの外側は平行な2つの平面で囲まれた形状をしている。別の言い方をすれば、蛍光体114Aは円柱に回転放物面形状が重なった形状をしている。すなわち、蛍光体114Aの厚さは、照射領域内では透過強度均一化厚さ関数と一致し、照射領域の外側では一定である。言い換えれば、蛍光体114Aの厚さは、励起光の入射強度が中心軸上における入射強度の $1/e^2$ となる円周上およびその内側では式(4)で表され、励起光の入射強度が中心軸上における入射強度の $1/e^2$ となる円周上の外側の領域では一定である。

30

【0039】

本変形例では、回転放物面とその周囲の平面の境界は、照射領域の外周すなわち励起光の入射強度が中心軸上における入射強度の $1/e^2$ となる円周上に位置しているが、照射領域すなわち励起光の入射強度が中心軸上における入射強度の $1/e^2$ となる円周の外側に位置していてもよい。

40

【0040】

[作用・効果]

本変形例では、入射励起光のビームスポットに対応する領域内では、励起光の透過強度が一様になるように透過強度均一化厚さ関数により蛍光体114の厚さが定まり、ビームスポットに対応する領域の外側では蛍光体114Aの厚さは一定で、すなわち平板部を有する。すなわち、ビームスポットに対応する領域内では、第1実施形態と同様に励起光の透過強度分布が均一化されることで、ビームスポット内での励起光と蛍光の強度比が等しくなり、出射光の色ムラが低減される。

【0041】

また蛍光体114Aは、ビームスポットに対応する領域の外周部分が平板状であ

50

り、蛍光体 114A を透明部材 112A に接合する際に、この平板状の部分でハンドリングすることにより蛍光体 114A の取り扱いが容易である。また、ハンドリングする際に蛍光体 114A の励起光照射領域に欠けなどを生じる可能性が低くなる。

#### 【0042】

本変形例の構成は、以下に述べる変形例 3～5 に記載の形状と組み合わせてもよく、その場合にも同様の効果が得られる。

#### 【0043】

<変形例 2>

##### [構成と動作]

本発明の第 1 実施形態の第 2 変形例の蛍光体ユニットを図 7 に示す。本変形例の蛍光体ユニット 110B は透明部材 112B と蛍光体 114B とで構成されている。蛍光体 114B は、励起光の照射領域すなわちビームスポット内が回転放物面とその中心軸に垂直な平面とで囲まれた形状で、照射領域すなわちビームスポットの外側には存在していない。別の言い方をすれば、蛍光体 114B は、第 1 実施形態の蛍光体 114 の励起光の照射領域の外側部分を切り落とした形状をしている。すなわち、蛍光体 114B の厚さは、照射領域内では透過強度均一化厚さ関数と一致し、蛍光体 114B の外径が照射領域の外径にほぼ等しい。言い換えれば、蛍光体 114B の厚さは、励起光の入射強度が中心軸上における入射強度の  $1/e^2$  となる円周上およびその内側では式(4)で表され、蛍光体 114B の外径が励起光の入射強度が中心軸上における入射強度の  $1/e^2$  となる円周の径にほぼ等しい。  
10

#### 【0044】

本変形例では、蛍光体 114B の外径は、照射領域の外周すなわち励起光の入射強度が中心軸上における入射強度の  $1/e^2$  となる円周の径にほぼ等しいが、照射領域すなわち励起光の入射強度が中心軸上における入射強度の  $1/e^2$  となる円周の径よりも大きくてもよい。  
20

#### 【0045】

##### [作用・効果]

本変形例では、入射励起光のビームスポットに対応する領域内では、励起光の透過強度が一様になるように透過強度均一化厚さ関数により蛍光体 114B の厚さが定まり、ビームスポットに対応する領域の外側には蛍光体 114B が存在しない。すなわち、ビームスポットに対応する領域内では、第 1 実施形態と同様に励起光の透過強度分布が均一化されることで、ビームスポット内での励起光と蛍光の強度比が等しくなり、出射混色光の色ムラが低減される。  
30

#### 【0046】

また蛍光体 114B は、ビームスポットに対応する領域の外側には存在せず、変形例 1 と比較して、小さく構成され得る。

#### 【0047】

本変形例の構成は、以下に述べる変形例 3～5 に記載の形状と組み合わせてもよく、その場合にも同様の効果が得られる。

#### 【0048】

<変形例 3>

##### [構成]

本発明の第 1 実施形態の第 3 変形例の蛍光体ユニットを図 8 に示す。本変形例の蛍光体ユニット 110C は透明部材 112C と蛍光体 114C とで構成されている。蛍光体 114C は、径の異なる複数の円柱を径の大きさの順に同軸に重ね合わせた形状をしている。複数の円柱の半径は、励起光の入射強度が中心軸上における入射強度の  $1/e$ ,  $1/e^2$ ,  $1/e^3$ , …  $1/e^n$  となる円周の半径にそれぞれ一致している。励起光の入射強度分布がガウス分布に近似できるとき、円柱の半径はそれぞれ  $(1/2)^{1/2}w$ ,  $w$ ,  $(3/2)^{1/2}w$ , …  $(n/2)^{1/2}w$  である。また、円柱の厚さはいずれも  $1/\log_{10}e$  である。  
40  
50

## 【0049】

図8に示したように、励起光の入射側に径の小さい円柱状蛍光体、そこから順に径の大きい円柱状蛍光体を合計三つ重ね合わせて蛍光体114Cを形成すると、中心軸からの距離に応じた各場所での厚さは、 $0 \leq x < (1/2)^{1/2}w$ では $d(x) = (3/\dots)10g_{10}e$ 、 $(1/2)^{1/2}w \leq x < w$ では $d(x) = (2/\dots)10g_{10}e$ 、 $w \leq x < (3/2)^{1/2}w$ では $d(x) = (1/\dots)10g_{10}e$ 、 $(3/2)^{1/2}w \leq x$ では $d(x) = 0$ である。

## 【0050】

ここで、励起光の入射強度が $I_0/e$ 、 $I_0/e^2$ となる $x = (1/2)^{1/2}w$ 、 $w$ において、蛍光体114の厚さは $d((1/2)^{1/2}w) = d_0 - (1/\dots)10g_{10}e$ 、 $d(w) = d_0 - (2/\dots)10g_{10}e$ 、(ここでの $d_0$ は中心軸における蛍光体114Cの厚さであり、本実施例の場合は $(3/\dots)10g_{10}e$ )となり、第1実施形態の蛍光体114の形状を決めている式(4)と式(6)から定義される回転放物面に対して $x = (1/2)^{1/2}w$ 、 $w$ を満たす円周上において交差している。また、言い換えれば、中心軸上の蛍光体114Cの厚さが $d_0$ であるので、励起光の入射強度が、中心軸上における入射強度 $I_0$ に対して $1/e$ の強度となる場所では、中心軸上の厚さ $d_0$ に対して $(1/\dots)10g_{10}e$ だけ薄くなっている、励起光の入射強度が、中心軸上における入射強度 $I_0$ に対して $1/e^2$ の強度となる場所では、中心軸上の厚さ $d_0$ に対して $(2/\dots)10g_{10}e$ だけ薄くなっている。励起光の入射強度が $I_0/e^2$ および $I_0/e$ となる $x = w$ および $(1/2)^{1/2}w$ は、それぞれ、ビームスポット外周である半径 $w$ の円周上およびビームスポットに対して面積が半分となる領域の外周である半径 $(1/2)^{1/2}w$ の円周上を示しており、これらの円周上において、中心軸上において蛍光体114Cを透過した励起光の強度と等しい透過強度が得られる。

## 【0051】

## [作用・効果]

本変形例では、蛍光体114Cは、同じ厚さの複数の円柱を重ね合わせて構成され、透過強度均一化厚さ関数により定義される理想的な回転放物面形状に近い形状をしている。このため、第1実施形態と同様に励起光の透過強度分布が均一な状態に近づき、ビームスポット内における透過励起光と蛍光の強度比の変化が減少し、出射混色光の色ムラが低減される。また、蛍光体114Cは、同じ厚さの円柱を重ね合わせて形作られるので第1実施形態と比較して、作成が容易である。

## 【0052】

中心軸上の蛍光体114Cの厚さ $d_0$ については、第1実施形態で述べたように出力光の所望の色より求めるとよい。出力光の所望の色より求めた $d_0$ と、本変形例における複数の円柱で構成される蛍光体114Cの中心軸上の厚さが異なる場合、最も径の大きい円柱の厚さを調整して、 $0 \leq x < (1/2)^{1/2}w$ における全体の厚さを $d(x) = d_0$ とすることにより、出力光の色が所望の色に近づけられる。

## 【0053】

例えば3つの円柱で構成される本変形例の場合は、半径 $x = (3/2)^{1/2}w$ の円柱の厚さを $d(x) = d_0 - (2/\dots)10g_{10}e$ にすることで、3つの円柱の厚さの合計値が $d_0$ に合致するので、出力光の色が所望の色に近づけられる。

## 【0054】

本変形例では、励起光の照射側から径の小さい順に円柱を重ね合わせて蛍光体114Cを構成したが、それとは逆に、大きい順に円柱を重ねて蛍光体114Cを構成してもよい。

## 【0055】

なお、本変形例の蛍光体114Cは、円柱を重な合わせた形状としたが、 $x = 0$ において $d(0) = d_0$ 、 $x = (1/2)^{1/2}w$ において $d((1/2)^{1/2}w) = d_0 - (1/\dots)10g_{10}e$ 、 $x = w$ において $d(w) = d_0 - (1/\dots)10g_{10}e$ の厚さとなる他の形状としてもよい。例えば、中心軸上に焦点を持つ橙円の式により、蛍光体

10

20

30

40

50

の厚さが決まる形状でもよい。

### 【0056】

<変形例4>

#### [構成・動作]

本発明の第1実施形態の第4変形例の蛍光体ユニットを図9に示す。本変形例の蛍光体ユニット110Dは透明部材112Dと蛍光体114Dとで構成されている。蛍光体114Dは円錐形状をしている。蛍光体114Dは、光ファイバ120が接続された透明部材112Dの端とは逆の円端面に、円錐の底面が内接しており、光ファイバ120の出射端に向かって凸形状となっている。

### 【0057】

透明部材112Dの円柱形状と蛍光体114Dの円錐形状の中心軸は、光ファイバ120の中心軸と一致している。また、円錐形状の蛍光体114Dは、中心軸上で最も厚く、厚さ $d_0$ であり、そこから離れるに従って厚さが減少しており、その減少量は中心軸からの距離に比例している。つまり、蛍光体114Dは、中心軸上が最も厚く、そこからの距離に比例して薄くなっている。励起光の入射強度分布がガウス分布に近似されるとき、蛍光体114Dは、励起光の入射強度が中心軸上における入射強度の $1/e$ となる場所( $x = (1/2)^{1/2}w$ )において、中心軸上の厚さに比べて $(1/e) \log_{10}e$ だけ薄くなっている。すなわち、 $d((1/2)^{1/2}w) = d_0 - (1/e) \log_{10}e$ となっている。 $d_0$ については、第1実施形態で述べたように出力光の所望の色より求めるとよい。

10

### 【0058】

#### [作用・効果]

本変形例では、蛍光体114Dは、透過強度均一化厚さ関数により定義される理想的な回転放物面形状に近似された円錐形状をしている。このため、第1実施形態と同様に励起光の透過強度分布が均一な状態に近づく。先述したように、蛍光の出射強度分布はほぼ一様であるので、ビームスポット内における透過励起光と蛍光の強度比の変化が減少し、出射混色光の色ムラが低減される。また蛍光体114Dは、第1実施形態と比較して、形状が簡素化されているので、作成が容易である。

20

### 【0059】

<変形例5>

30

#### [構成・動作]

本発明の第1実施形態の第5変形例の蛍光体ユニットを図10に示す。本変形例の蛍光体ユニット110Eは透明部材112Eと蛍光体114Eとで構成されている。蛍光体114Eは円錐台形状をしている。蛍光体114Eは、透明部材112Eの光ファイバ120が接続された端とは逆の円端面に、円錐台の大径面端が内接しており、光ファイバ120の出射端に向き合った側に小径面端が配置されている。

### 【0060】

透明部材112Eの円柱形状と蛍光体114Eの円錐台形状の中心軸は、光ファイバ120の中心軸と一致している。円錐形状の蛍光体114Eの厚さは、円錐台形状の小径面部分が最も厚く、厚さ $d_0$ であり、励起光の入射強度が $I_0/e$ となる場所と中心軸との距離の半分の値が小径面の半径となっている。小径面の外周より外では、中心軸より離れるに従い直線的に厚さが減少している。すなわち、蛍光体114Eは、励起光の入射強度が中心軸上における入射強度の $1/e$ となる第1の円周の半分の径を有する中心軸を中心とする第2の円周の内側の範囲では一定の厚さで最も厚く、第2の円周の外側の範囲では中心軸からの距離に応じて直線的に薄くなっている。励起光の入射強度分布がガウス分布に近似されるとき、励起光の入射強度が $I_0/e$ となる円周の半径 $(1/2)^{1/2}w$ の半分の値 $1/2(1/2)^{1/2}w$ が小径面の半径となり、小径面の外周より外側では、励起光の入射強度が $I_0/e$ となる場所( $x = (1/2)^{1/2}w$ )において、厚さは $d((1/2)^{1/2}w) = d_0 - (1/e) \log_{10}e$ となっている。蛍光体114Eは、励起光の入射強度が中心軸上における入射強度の $1/e$ となる場所において、中心軸

40

50

上の厚さに比べて(1/ $\log_{10}e$ )だけ薄くなっている。蛍光体114の最も厚い部分の厚さ $d_0$ については、第1実施形態で述べたように出力光の所望の色より求めるといい。

#### 【0061】

##### [作用・効果]

本変形例では、蛍光体114Eは、透過強度均一化厚さ関数により定義される理想的な回転放物面形状に近似された円錐台形状をしている。このため、第1実施形態と同様に励起光の透過強度分布が均一な状態に近づく。先述したように、蛍光の出射強度分布はほぼ一様であるので、ビームスポット内での透過励起光と蛍光の強度比の変化が減少し、出射混色光の色ムラが低減される。また、蛍光体114Eは、第1実施形態と比較して、形状が簡素化されているので、作成が容易である。また、変形例4に比べて、蛍光体114Eの構造の複雑さは同程度ながら、図9および図10を比較してわかるように、励起光の透過強度が均一化される範囲が広い。10

#### 【0062】

以上に説明した実施形態および変形例からわかるように、本発明による蛍光体ユニットの蛍光体は、励起光の強度分布の中心の光が入射する部分が、そのほかの部分よりも厚くなっている。また蛍光体は、励起光の照射領域内において、蛍光体の中心軸上を透過した励起光の強度と、中心軸を中心とする少なくともひとつの円周上の点を通って蛍光体を透過した励起光の強度とがほぼ等しくなる厚さを有している。言い換えれば、蛍光体の厚さは、中心軸および円周上において、透過強度均一化厚さ関数と一致している。20

#### 【0063】

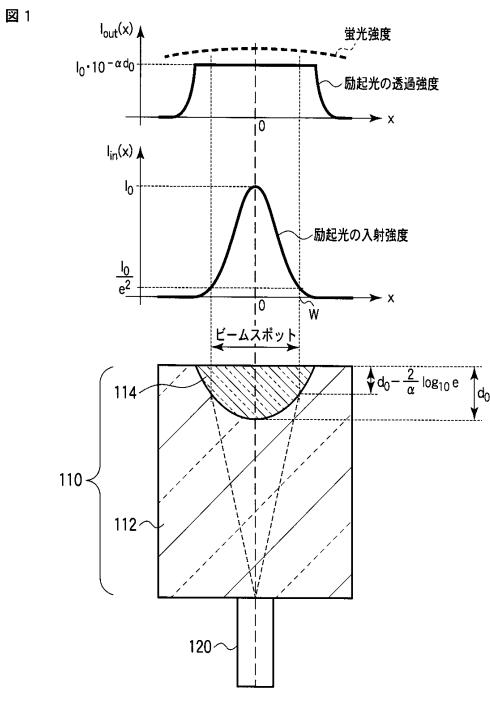
これまで、図面を参照しながら本発明の実施形態を述べたが、本発明は、これらの実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において様々な変形や変更が施されてもよい。

#### 【符号の説明】

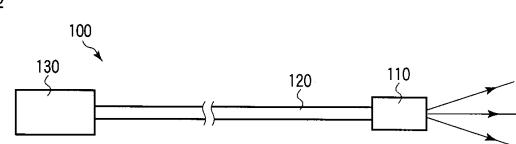
#### 【0064】

100...照明装置、110, 110A, 110B, 110C, 110D, 110E...蛍光体ユニット(波長変換ユニット)、112, 112A, 112B, 112C, 112D, 112E...透明部材、114, 114A, 114B, 114C, 114D, 114E...蛍光体(波長変換部材)、120...光ファイバ(導光部材)、130...励起光源。30

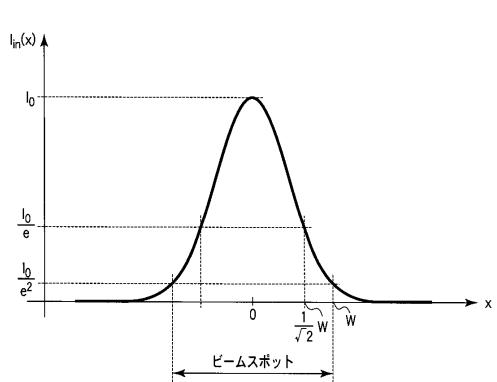
【図1】



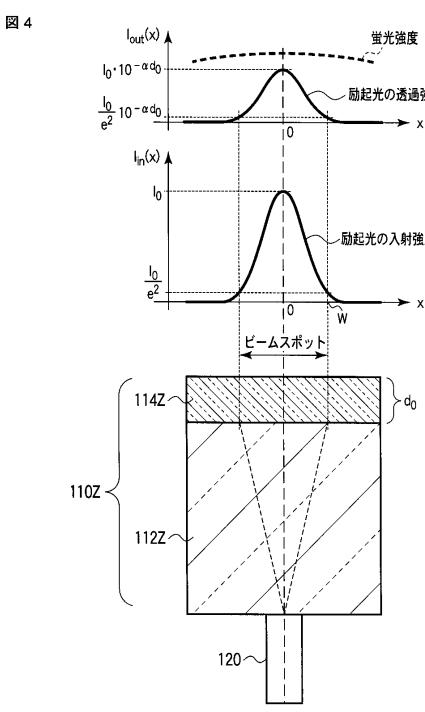
【図2】



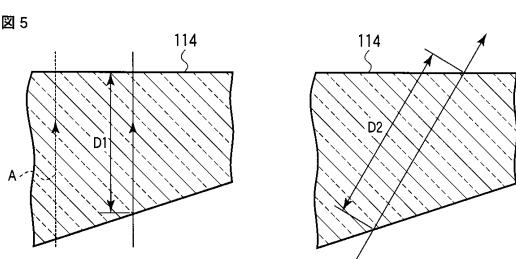
【図3】



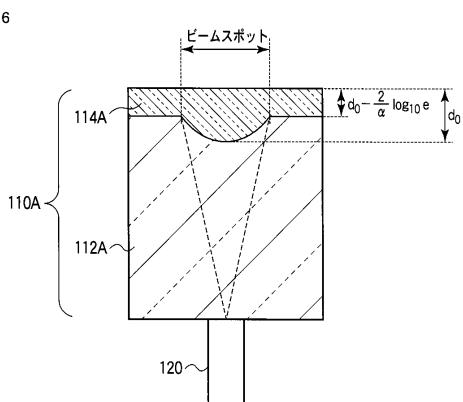
【図4】



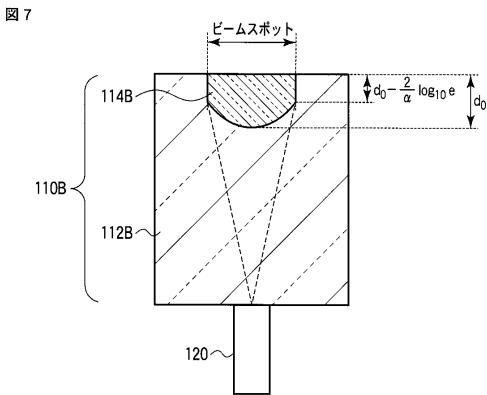
【図5】



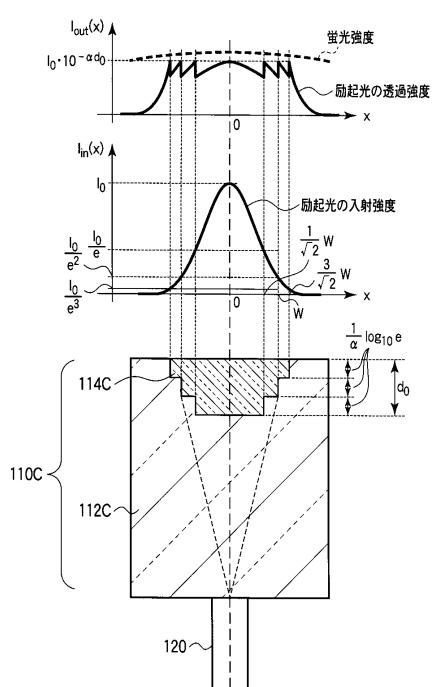
【図6】



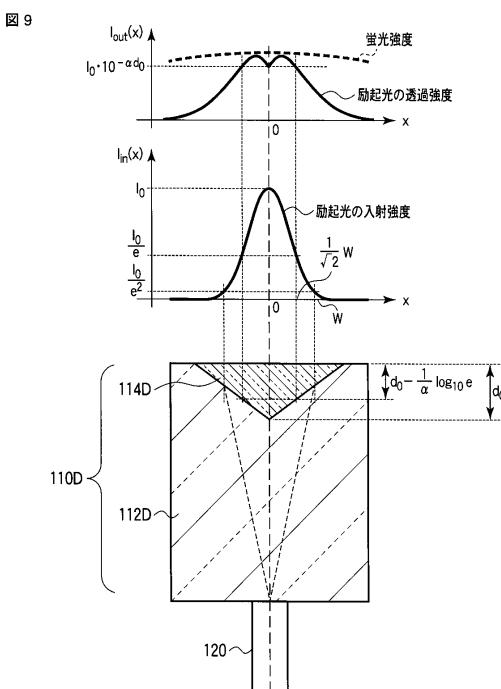
【図7】



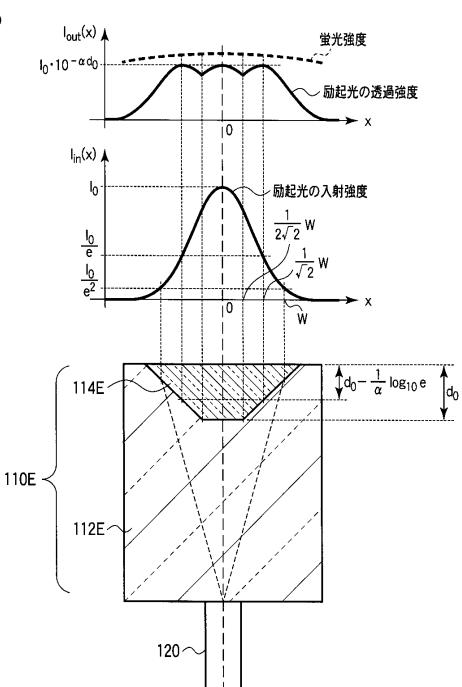
【図8】



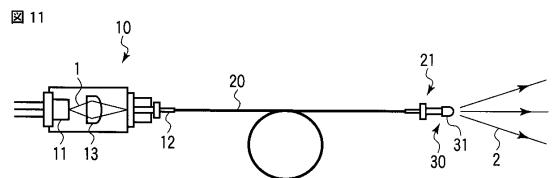
【図9】



【図10】



【図 1 1】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100084618  
弁理士 村松 貞男  
(74)代理人 100103034  
弁理士 野河 信久  
(74)代理人 100119976  
弁理士 幸長 保次郎  
(74)代理人 100153051  
弁理士 河野 直樹  
(74)代理人 100140176  
弁理士 砂川 克  
(74)代理人 100101812  
弁理士 勝村 紘  
(74)代理人 100124394  
弁理士 佐藤 立志  
(74)代理人 100112807  
弁理士 岡田 貴志  
(74)代理人 100111073  
弁理士 堀内 美保子  
(74)代理人 100134290  
弁理士 竹内 将訓  
(74)代理人 100127144  
弁理士 市原 卓三  
(74)代理人 100141933  
弁理士 山下 元  
(72)発明者 西尾 真博  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内  
(72)発明者 伊藤 賀  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内  
(72)発明者 亀江 宏幸  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内

審査官 関 信之

(56)参考文献 特開2006-196320(JP,A)  
特開2009-211990(JP,A)  
特開2005-276644(JP,A)  
特開2002-198568(JP,A)  
特開2008-270786(JP,A)  
特開2005-243608(JP,A)  
特開2007-52957(JP,A)  
特開2005-205195(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 21 V 8 / 0 0  
F 21 V 9 / 1 6