

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7099995号  
(P7099995)

(45)発行日 令和4年7月12日(2022.7.12)

(24)登録日 令和4年7月4日(2022.7.4)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B	6/12 (2006.01)	G 0 2 B	6/12	3 0 1
G 0 2 B	6/126(2006.01)	G 0 2 B	6/12	3 3 1
H 0 1 S	5/40 (2006.01)	G 0 2 B	6/12	3 7 1
H 0 1 L	33/00 (2010.01)	G 0 2 B	6/126	
G 0 2 F	1/313(2006.01)	H 0 1 S	5/40	

請求項の数 13 (全27頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2019-110777(P2019-110777)  
 (22)出願日 令和1年6月14日(2019.6.14)  
 (65)公開番号 特開2020-204642(P2020-204642  
 A)  
 (43)公開日 令和2年12月24日(2020.12.24)  
 審査請求日 令和3年1月21日(2021.1.21)

(73)特許権者 000005290  
 古河電気工業株式会社  
 東京都千代田区大手町二丁目 6 番 4 号  
 (74)代理人 110002147  
 特許業務法人酒井国際特許事務所  
 (72)発明者 長谷川 淳一  
 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号  
 古河電気工業株式会社内  
 (72)発明者 松原 礼高  
 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号  
 古河電気工業株式会社内  
 審査官 奥村 政人

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光源モジュール

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

それぞれが互いに波長が異なる可視光を出力する複数の可視光源と、  
 前記複数の可視光源のそれぞれに光学的に接続した光導波路回路と、  
 を備え、

前記光導波路回路は、

前記可視光源のいずれかに光学的に接続されており、前記可視光源のいずれかから出力された光をそれぞれ導波する複数の導波路と、

前記導波路のいずれかに光学的に接続されており、前記導波路のいずれかを導波したそれぞれの前記光を合波または分波する少なくとも1つの合分波器と、

前記複数の導波路および前記少なくとも1つの合分波器を取り囲むクラッドと、  
 を有しており、

前記複数の導波路および前記少なくとも1つの合分波器は、ジルコニア(ZrO<sub>2</sub>)を含む石英系ガラスからなり、

1000 級の高温処理がされた場合にあっても、前記導波路の断面形状が正方形に維持されることを特徴とする光源モジュール。

## 【請求項 2】

前記複数の導波路および前記少なくとも1つの合分波器は、前記可視光をシングルモードで導波することを特徴とする請求項 1 に記載の光源モジュール。

## 【請求項 3】

前記光導波路回路は、前記可視光が入力される第 1 端面と、前記可視光を出力する第 2 端面とを有しており、前記第 1 端面と前記第 2 端面とが略直交していることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光源モジュール。

【請求項 4】

前記複数の可視光源は、互いにスペクトルが重なる可視光を出力する複数の可視光源を含み、前記少なくとも 1 つの合分波器は、互いにスペクトルが重なる前記可視光を合波または分波することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一つに記載の光源モジュール。

【請求項 5】

前記光導波路回路は、互いに偏波が直交する 2 つの前記可視光を偏波合成または偏波分離する偏波合成 / 分離器をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一つに記載の光源モジュール。

10

【請求項 6】

前記光導波路回路は、前記可視光が出力される導波路を切り替える光スイッチをさらに備えることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一つに記載の光源モジュール。

【請求項 7】

前記複数の可視光源は、照射された一次光とは波長が異なる可視光を出力する発光体を有する可視光源を含み、

前記発光体に照射する前記一次光を出力する一次光源を備えることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一つに記載の光源モジュール。

【請求項 8】

20

前記複数の可視光源は、赤色光を出力する赤色光源と、緑色光を出力する緑色光源と、青色光を出力する青色光源とを含むことを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか一つに記載の光源モジュール。

【請求項 9】

前記複数の導波路の少なくとも 1 つは屈曲していることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか一つに記載の光源モジュール。

【請求項 10】

前記複数の導波路および前記少なくとも 1 つの合分波器は、ジルコニア ( $ZrO_2$ ) の濃度が 2 mol % 以上であることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか一つに記載の光源モジュール。

30

【請求項 11】

前記複数の導波路および前記少なくとも 1 つの合分波器は、ジルコニア ( $ZrO_2$ ) の濃度が 7.75 mol % 以上であることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか一つに記載の光源モジュール。

【請求項 12】

前記クラッドは純石英ガラスからなり、青色領域において、前記複数の導波路および前記少なくとも 1 つの合分波器は、前記クラッドに対する比屈折率差が 0.8 % 以上であることを特徴とする請求項 1 ~ 11 のいずれか一つに記載の光源モジュール。

【請求項 13】

前記複数の導波路および前記少なくとも 1 つの合分波器は、前記比屈折率差が 3.5 % 以上であることを特徴とする請求項 12 に記載の光源モジュール。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、可視光を出力する光源モジュールに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、携帯プロジェクター、ヘッドアップディスプレイ (HUD)、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) などの開発が加速しており、走査型レーザ投射装置の超小型化が強く求められている。走査型レーザ投射装置の主要部品として、可視光源である赤色光源、緑

50

色光源、青色光源のそれぞれから出力された光を合波する合波モジュールがある。可視光源と合波モジュールとを含んで光源モジュールが構成される。

【0003】

合波モジュールとして、ダイクロイックミラー等の空間結合技術を用いて作製されたものがある。しかしながら、空間結合型の合波モジュールは、レンズ等の複数部品をきわめて精密に実装しなければならない、モジュールサイズの大型化を引き起こす、さらに、アセンブリ時の軸ずれによる光学系の損失増大が発生する場合があるなどの課題がある。そこで、半導体プロセスを利用して作製可能な石英系ガラス導波路で構成される、平面光波回路(Planar Lightwave Circuit: PLC)型の合波モジュールが、上記の課題を解決できる手段として注目されている(特許文献1~3参照)。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2013-195603号公報

特開2019-35876号公報

国際公開第2017/065225号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

PLCのような光導波路回路では、導波路を構成するコアには、屈折率を高めるためのドーパントとしてゲルマニア( $\text{GeO}_2$ )を添加することが一般的である。しかしながら、ゲルマニアを添加したコアで構成される光導波路回路の合波モジュールを、可視光に対して適用する場合には、合波モジュールの光損失が増大する場合がある。

20

【0006】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、光損失が抑制された光源モジュールを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の一態様に係る光源モジュールは、それぞれが互いに波長が異なる可視光を出力する複数の可視光源と、前記複数の可視光源のそれぞれに光学的に接続した光導波路回路と、を備え、前記光導波路回路は、前記可視光源のいずれかに光学的に接続されており、前記可視光源のいずれかから出力された光をそれぞれ導波する複数の導波路と、前記導波路のいずれかに光学的に接続されており、前記導波路のいずれかを導波したそれぞれの前記光を合波または分波する少なくとも1つの合分波器と、前記複数の導波路および前記少なくとも1つの合分波器を取り囲むクラッドと、を有しており、前記複数の導波路および前記少なくとも1つの合分波器は、ジルコニア( $\text{ZrO}_2$ )を含む石英系ガラスからなる。

30

【0008】

前記複数の導波路および前記少なくとも1つの合分波器は、前記可視光をシングルモードで導波してもよい。

40

【0009】

前記光導波路回路は、前記可視光が入力される第1端面と、前記可視光を出力する第2端面とを有しており、前記第1端面と前記第2端面とが略直交していてもよい。

【0010】

前記複数の可視光源は、互いにスペクトルが重なる可視光を出力する複数の可視光源を含み、前記少なくとも1つの合分波器は、互いにスペクトルが重なる前記可視光を合波または分波してもよい。

【0011】

前記光導波路回路は、互いに偏波が直交する2つの前記可視光を偏波合成または偏波分離する偏波合成/分離器をさらに備えてもよい。

50

## 【 0 0 1 2 】

前記光導波路回路は、前記可視光が出力される導波路を切り替える光スイッチをさらに備えてもよい。

## 【 0 0 1 3 】

前記複数の可視光源は、照射された一次光とは波長が異なる可視光を出力する発光体を有する可視光源を含み、前記発光体に照射する前記一次光を出力する一次光源を備えてもよい。

## 【 0 0 1 4 】

前記複数の可視光源は、赤色光を出力する赤色光源と、緑色光を出力する緑色光源と、青色光を出力する青色光源とを含んでもよい。

10

## 【 0 0 1 5 】

前記複数の導波路の少なくとも1つは屈曲していてもよい。

## 【 0 0 1 6 】

前記複数の導波路および前記少なくとも1つの合分波器は、ジルコニア ( $ZrO_2$ ) の濃度が2 mol %以上であってもよい。

## 【 0 0 1 7 】

前記複数の導波路および前記少なくとも1つの合分波器は、ジルコニア ( $ZrO_2$ ) の濃度が7.75 mol %以上であってもよい。

## 【 0 0 1 8 】

前記クラッドは純石英ガラスからなり、青色領域において、前記複数の導波路および前記少なくとも1つの合分波器は、前記クラッドに対する比屈折率差が0.8 %以上であってもよい。

20

## 【 0 0 1 9 】

前記複数の導波路および前記少なくとも1つの合分波器は、前記比屈折率差が3.5 %以上であってもよい。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 2 0 】

本発明によれば、光損失が抑制された光源モジュールを実現できるという効果を奏する。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 1 】

【 図 1 】 図 1 は、実施形態 1 に係る光源モジュールの模式的構成図である。

【 図 2 】 図 2 は、図 1 の X - X 線断面の一部を示す図である。

【 図 3 】 図 3 は、比屈折率差 とコアサイズとの関係の一例を示す図である。

【 図 4 】 図 4 は、比屈折率差 とドーパント濃度との関係の一例を示す図である。

【 図 5 】 図 5 は、導波路の変形の一例を示す図である。

【 図 6 】 図 6 は、比屈折率差 に対するコアサイズとドーパント材料の適用範囲の一例を示す図である。

30

【 図 7 】 図 7 は、実施形態 2 に係る光源モジュールの模式的構成図である。

【 図 8 】 図 8 は、実施形態 3 に係る光源モジュールの模式的構成図である。

【 図 9 】 図 9 は、実施形態 4 に係る光源モジュールの模式的構成図である。

【 図 1 0 】 図 1 0 は、実施形態 5 に係る光源モジュールの模式的構成図である。

40

【 図 1 1 】 図 1 1 は、実施形態 6 に係る光源モジュールの模式的構成および動作を示す図である。

【 図 1 2 】 図 1 2 は、実施形態 7 に係る光源モジュールの模式的構成図である。

【 図 1 3 】 図 1 3 は、実施形態 8 に係る光源モジュールの模式的構成図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 2 2 】

以下に、図面を参照して実施形態について説明する。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。また、図面の記載において、同一または対応する要素には適宜同一の符号を付している。また、図面は模式的なものであり、各要素の寸法の関係、各

50

要素の比率などは、現実と異なる場合があることに留意する必要がある。図面の相互間においても、互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれている場合がある。

【 0 0 2 3 】

(実施形態 1)

図 1 は、実施形態 1 に係る光源モジュールの模式的構成図である。光源モジュール 1 0 0 は、複数の可視光源である緑色光源 1 1、青色光源 1 2、赤色光源 1 3 と、石英系ガラスからなる P L C である光導波路回路 2 0 とを備えている。

【 0 0 2 4 】

緑色光源 1 1、青色光源 1 2、赤色光源 1 3 は、たとえば半導体レーザ素子である。緑色光源 1 1 は緑色の可視光 L 1 を出力する。可視光 L 1 の波長はたとえば 4 9 5 n m ~ 5 7 0 n m である。青色光源 1 2 は青色の可視光 L 2 を出力する。可視光 L 2 の波長はたとえば 4 5 0 n m ~ 4 9 5 n m である。赤色光源 1 3 は赤色の可視光 L 3 を出力する。可視光 L 3 の波長はたとえば 6 2 0 n m ~ 7 5 0 n m である。可視光 L 1、L 2、L 3 は、互い波長が異なる。

10

【 0 0 2 5 】

光導波路回路 2 0 は、緑色光源 1 1、青色光源 1 2、赤色光源 1 3 のそれぞれに光学的に接続されている。本実施形態では、光導波路回路 2 0 は、第 1 端面 2 0 a と、第 1 端面 2 0 a と対向する第 2 端面 2 0 b とを有している。緑色光源 1 1、青色光源 1 2、赤色光源 1 3 は、第 1 端面 2 0 a にパッドジョイント接続されている。

【 0 0 2 6 】

光導波路回路 2 0 は、導波路 2 1、2 2、2 3、2 5、2 7 と、合分波器 2 4、2 6 と、クラッド 2 8 とを有している。導波路 2 1、2 2、2 3、2 5、2 7 と、合分波器 2 4、2 6 とは、緑色光源 1 1、青色光源 1 2、赤色光源 1 3 に光学的に接続されている複数の導波路および少なくとも 1 つの合分波器に対応する。

20

【 0 0 2 7 】

クラッド 2 8 は、導波路 2 1、2 2、2 3、2 5、2 7 と、合分波器 2 4、2 6 とを取り囲んでいる。図 2 ではクラッド 2 8 が導波路 2 7 を取り囲んでいる状態を示している。クラッド 2 8 は、各導波路および合分波器の下方に位置する下部クラッド 2 8 a と、各導波路および合分波器の上方および側方に位置する上部クラッド 2 8 b とを備えている。クラッド 2 8 は、たとえば不図示のシリコン基板やガラス基板上に形成されている。

30

【 0 0 2 8 】

導波路 2 1 は、第 1 端面 2 0 a において緑色光源 1 1 と光学的に接続されており、可視光 L 1 を導波する。導波路 2 2 は、第 1 端面 2 0 a において青色光源 1 2 と光学的に接続されており、可視光 L 2 を導波する。導波路 2 3 は、第 1 端面 2 0 a において赤色光源 1 3 と光学的に接続されており、可視光 L 3 を導波する。すなわち第 1 端面 2 0 a には可視光 L 1、L 2、L 3 が入力される。

【 0 0 2 9 】

合分波器 2 4 は、導波路 2 1、2 2、2 5 と光学的に接続されている。合分波器 2 4 は、可視光 L 1 と可視光 L 2 とを合波して導波路 2 5 に出力する。導波路 2 5 は可視光 L 1 と可視光 L 2 とを導波する。

40

【 0 0 3 0 】

合分波器 2 6 は、導波路 2 3、2 5 と光学的に接続されている。合分波器 2 6 は、可視光 L 1 と可視光 L 2 と可視光 L 3 とを合波して導波路 2 7 に出力する。

【 0 0 3 1 】

合分波器 2 4、2 6 は、公知の構成を有しており、たとえば方向性結合器型や多モード干渉型、Y 分岐型などの、導波路を含む構造を有するものである。なお、光の相反性により、合分波器 2 4、2 6 は分波機能も有する。たとえば、合分波器 2 4 は、導波路 2 5 から可視光 L 1 と可視光 L 2 とが入力された場合、これらを分波して導波路 2 1、2 2 のそれぞれに出力できる。

【 0 0 3 2 】

50

導波路 27 は、合分波器 26 と光学的に接続されている。導波路 27 は可視光 L1 と可視光 L2 と可視光 L3 とを導波し、光導波路回路 20 の第 2 端面 20b から、可視光 L1 と可視光 L2 と可視光 L3 とを含む RGB 光である可視光 L4 を出力する。

【0033】

導波路 21、22、23、25、27 と、合分波器 24、26 とについてより具体的に説明する。導波路 21、22、23、25、27 と、合分波器 24、26 とは、屈折率を高めるドーパントであるジルコニア ( $ZrO_2$ ) を含む石英系ガラスからなる。一方、クラッド 28 はたとえば純石英ガラスからなる。ここで、純石英ガラスとは、不純物を含まない石英ガラスと、不純物を含むが石英ガラスの屈折率を変化させる不純物を含まない石英ガラスとを含むものと規定する。導波路 21、22、23、25、27 および合分波器 24、26 の、クラッド 28 に対する比屈折率差は、本実施形態では 3.5% である。なお、緑色光源 11、青色光源 12、赤色光源 13 のモードフィールド径はたとえば  $1\mu m \times 15\mu m$  や  $1\mu m \times 30\mu m$  などの楕円形である。そこで、比屈折率差を 3.5% とすることで、導波路 21、22、23 のコアサイズを  $1\mu m \times 1\mu m$  程度とできる。これにより、緑色光源 11、青色光源 12、赤色光源 13 とのバットジョイント接続における接続損失を 0.1 dB 程度に低減できる。導波路 21、22、23、25、27 と、合分波器 24、26 とは、少なくとも導波する可視光をシングルモードで導波する条件に、その断面サイズと比屈折率差との関係が設定されている。ただし、導波路 21、22、23、25、27 と、合分波器 24、26 とは、導波する可視光をマルチモードで導波する条件に、その断面サイズと比屈折率差との関係が設定されていてもよい。

【0034】

導波路 21、22、23、25、27 は、いずれも屈曲している。たとえば、導波路 25 は、2 度 U ターンする形状に屈曲しており、その最大の曲げ半径は  $150\mu m$  である。導波路 27 は、S 字状に屈曲しており、その最大の曲げ半径は  $250\mu m$  である。比屈折率差が 3.5% と高いので、導波路 25 の曲げ半径が  $150\mu m$  でも曲げ損失がきわめて低減される。このように導波路が屈曲していることによって、光源モジュール 100 は長さ、すなわち第 1 端面 20a と第 2 端面 20b との距離が短くなるとともに、導波路のレイアウトの自由度が高くなる。なお、導波路 21、22、23、25、27 の曲げ半径は、比屈折率差を高くするにしたがってさらに小さくできる。比屈折率差が 3.5% の場合に、最小曲げ半径は、波長  $460\text{ nm}$ 、 $530\text{ nm}$ 、 $640\text{ nm}$  の場合は、それぞれ  $100\mu m$ 、 $150\mu m$ 、 $250\mu m$  である。なお、最小曲げ半径とは、その曲げ半径で導波路を 90 度だけ曲げたときに、曲げによる損失が 0.05 dB 以下となる最小の半径である。

【0035】

光導波路回路 20 は、たとえば以下の用にして製造できる。まず、FHD (Flame Hydrolysis Deposition) 法により、基板上に石英系ガラスの微粒子を堆積し、これを加熱してガラス微粒子を透明ガラス化し、下部クラッド 28a を形成する。つづいて、下部クラッド 28a 上にスパッタ法によって、導波路となる石英系ガラス微粒子層を堆積する。この際、ジルコニアを  $SiO_2$  に添加して、石英系ガラス微粒子層の屈折率を下部クラッド 28a よりも高くする。つづいて、光導波路回路 20 の導波路 21、22、23、25、27 および合分波器 24、26 の回路パターンをもつフォトマスクを使ったフォトリソグラフィにより、レジストからなるエッチングマスクを形成する。つづいて、フッ素系ガスなどのエッチングガスを用いて、エッチングマスクで覆われていない石英系ガラス微粒子層のドライエッチングを行う。つづいて、FHD 法により石英系ガラスの微粒子を堆積し、これを加熱してガラス微粒子を透明ガラス化し、上部クラッド 28b を形成する。

【0036】

可視光を導波または合波する導波路 21、22、23、25、27 と、合分波器 24、26 とがジルコニアを含むことによる効果をより詳細に説明する。

【0037】

図 3 は、比屈折率差とコアサイズとの関係の一例を示す図である。コアサイズとは、導

波路の長手方向に垂直な断面における断面形状を正方形とした場合の、正方形の一辺の長さである。コアサイズは波長の光をシングルモードで導波することができる値を示している。波長として、通信において使用される1550nmの場合と、可視光領域のうち比較的短波である460nmの場合を示している図3に示すように、1550nmの場合と比較して、460nmの場合、コアサイズを大幅に小さくする必要がある。たとえば、比屈折率差が0.45%の場合、コアサイズは波長1550nmでは一辺が7.5μmであるものが、波長460nmでは一辺が3μmである。図3はシングルモード導波の場合を示すが、マルチモード導波の場合も、コアサイズの大小の波長依存性は同様の傾向を示す。

【0038】

また、図4は、比屈折率差とドーパント濃度との関係の一例を示す図である。ここで、ドーパント濃度は、石英ガラス中における濃度である。図4に示すように、同じ比屈折率差を実現するために必要なドーパント濃度については、ジルコニアはゲルマニアの1/4程度以下でよい。

【0039】

ここで、導波路中にドーパントが存在すると、ドーパントによってレイリー散乱光が発生する。レイリー散乱光の発生は光損失を引き起こす。石英ガラス中のドーパントの粒子によって生じるレイリー散乱光の強度について、下記式が成立する。

【数1】

$$I = I_0 \frac{9}{2} \frac{1 + \cos^2 \theta}{R^2} \frac{(\pi V)^2}{\lambda^4} \left( \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right)^2 \quad \dots(1)$$

Iはレイリー散乱光の強度、 $I_0$ は入射光の強度、 $\lambda$ はレイリー散乱光の波長、Rはドーパント粒子からの距離、Vはドーパント粒子の体積、 $\theta$ は散乱角、nはドーパント粒子の屈折率である。

【0040】

上記式から解るように、レイリー散乱光強度は、 $\lambda^4$ の4乗に反比例する。したがって、レイリー散乱光は、可視光領域では460nmの場合と比較して強くなる。一方、レイリー散乱光強度は、Rの2乗に反比例する。したがって、ドーパントとしてジルコニアを用いると、ゲルマニアの場合と比較して、同じ比屈折率差を実現する際のドーパント濃度を1/4程度以下とできるので、Rを16倍程度以上とできる。その結果、ドーパントとしてジルコニアを用いると、レイリー散乱光強度を低減できるので、光散乱を抑制できる。

【0041】

さらに、ガラスは一般的にドーパント濃度が高いと軟化点が低下する。そのため、光導波路回路の導波路にドーパントを添加する場合、製造プロセスにおけるガラス化などの、1000級の加熱工程において導波路が変形するおそれがある。たとえば、図5は、下部クラッド128a上に、ゲルマニアを添加した石英系ガラス微粒子層の導波路パターン121、122を形成し、その後FHD法により、上部クラッドとなる石英系ガラス微粒子層128bを形成した場合を示している。この場合、FHD法における高温下にて軟化した方向性結合器の導波路パターン121、122に石英系ガラス微粒子層128bから応力が掛かり、導波路パターン121、122が互いに近づく状態に傾く変形をする場合がある。

【0042】

これに対して、ドーパントとしてジルコニアを用いると、ゲルマニアの場合と比較して、同じ比屈折率差を実現する際のドーパント濃度を1/4程度以下とできるので、導波路の変形を抑制することができる。さらに、ジルコニアの融点は2715°Cであり、ゲルマニアの融点よりも約2.5倍高く、機械的強度も高いので、より高濃度としても変形を抑制できる。特に、図3に示したように、可視光領域の光を使用する場合はコアサイズを大

10

20

30

40

50

幅に小さくする必要がある。そのため、導波路の変形を抑制することは、導波路の形状やサイズを高精度にするために適する。

【0043】

図6は、比屈折率差に対するコアサイズとドーパント材料の適用範囲の一例を示す図である。波長帯として、1530nm～1560nm程度の通信帯域と、可視光領域とを示しており、特に1550nmと460nmの場合を示している。コアサイズと比屈折率差との関係は図3に示したものと同一である。比屈折率差とドーパント濃度との関係は図4に示したものと同一である。

【0044】

領域Aは、1000級の高温下で導波路の変形などが生じない比屈折率差およびコアサイズの領域の一例である。なお、クラッドは純石英ガラスである。領域Bは、1000級の高温下で導波路の変形が生じ得る比屈折率差およびコアサイズの領域の一例である。領域Cは、1000級の高温下で導波路の溶融が生じ得る比屈折率差およびコアサイズの領域の一例である。図6に示すように、波長1550nmではゲルマニアの場合でも領域Aの範囲は比較的広いが、波長460nmでは大幅に狭くなる。これに対して、ジルコニアの場合は、領域Aの範囲がきわめて広いことがわかる。図6の場合は、青色領域の波長460nmにおいて、比屈折率差が0.8%以上またはコアサイズが2.2μm以下であればジルコニアの効果が高く、比屈折率差が3.5%以上またはコアサイズが1μm以下であればジルコニアの効果がさらに高い。この比屈折率差を図4の関係を  
用いてドーパント濃度に変換すると、青色領域の波長460nmにおいて、ドーパント濃度が2mol%以上であればジルコニアの効果が高く、ドーパント濃度が7.75mol%以上であればジルコニアの効果がさらに高い。

【0045】

なお、図6に示す比屈折率差およびコアサイズの領域である領域A、B、Cの範囲は、クラッドの屈折率や波長などに依存して変化し得ることに留意すべきである。

【0046】

以上説明したように、実施形態1に係る光源モジュール100は、レイリー散乱による光損失が抑制されており、より高出力な光源モジュールとなる。また、光源モジュール100は、導波路21、22、23、25、27および合分波器24、26のサイズの精度が高いので、光学特性の精度も高く、かつ製造性も良好である。また、光源モジュール100はレイアウトの自由度が高く、たとえば小型化できる。

【0047】

ここで、実施形態1に係る光源モジュールと同じ構成の光源モジュールを作製した。なお、合分波器は多モード干渉(MMI)型とした。作製した光導波路回路は平面視で3mm×0.5mmときわめて小型に作製できた。また、各可視光源と光導波路回路のバッドジョイント接続の接続損失はいずれも0.2dB以下であった。各可視光源から光導波路回路の出力端までの損失は0.5dB以下であり、きわめて低損失を実現できた。

【0048】

(実施形態2)

図7は、実施形態2に係る光源モジュールの模式的構成図である。光源モジュール100Aは、緑色光源11、青色光源12、赤色光源13と、石光導波路回路20Aとを備えている。

【0049】

緑色光源11、青色光源12、赤色光源13と可視光L1、L2、L3とは、実施形態1の対応する要素と同じである。

【0050】

光導波路回路20Aは、緑色光源11、青色光源12、赤色光源13のそれぞれに光学的に接続されている。本実施形態では、光導波路回路20は、第1端面20Aaと、第1端面20Aaと対向せずに略直交する第2端面20Abとを有している。緑色光源11、青色光源12、赤色光源13は、第1端面20Aaにバッドジョイント接続されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 1 】

光導波路回路 2 0 A は、導波路 2 1 A、2 2 A、2 3 A、2 5 A、2 7 A と、合分波器 2 4 A、2 6 A と、クラッド 2 8 A とを有している。導波路 2 1 A、2 2 A、2 3 A、2 5 A、2 7 A と、合分波器 2 4 A、2 6 A とは、緑色光源 1 1、青色光源 1 2、赤色光源 1 3 に光学的に接続されている複数の導波路および少なくとも 1 つの合分波器を含む。

## 【 0 0 5 2 】

クラッド 2 8 A は、導波路 2 1 A、2 2 A、2 3 A、2 5 A、2 7 A と、合分波器 2 4 A、2 6 A とを取り囲んでいる。クラッド 2 8 A は、実施形態 1 のクラッド 2 8 と同様の構成である。

## 【 0 0 5 3 】

導波路 2 1 A は、第 1 端面 2 0 A a において緑色光源 1 1 と光学的に接続されており、可視光 L 1 を導波する。導波路 2 2 A は、第 1 端面 2 0 A a において青色光源 1 2 と光学的に接続されており、可視光 L 2 を導波する。導波路 2 3 A は、第 1 端面 2 0 A a において赤色光源 1 3 と光学的に接続されており、可視光 L 3 を導波する。

## 【 0 0 5 4 】

合分波器 2 4 A は、導波路 2 1 A、2 2 A、2 5 A と光学的に接続されている。合分波器 2 4 A は、可視光 L 1 と可視光 L 2 とを合波して導波路 2 5 A へ出力する。導波路 2 5 A は可視光 L 1 と可視光 L 2 とを導波する。

## 【 0 0 5 5 】

合分波器 2 6 A は、導波路 2 3 A、2 5 A と光学的に接続されている。合分波器 2 6 A は、可視光 L 1 と可視光 L 2 と可視光 L 3 とを合波して導波路 2 7 A へ出力する。

## 【 0 0 5 6 】

合分波器 2 4 A、2 6 A は、実施形態 1 の合分波器 2 4、2 6 と同様の構成である。

## 【 0 0 5 7 】

導波路 2 7 A は、合分波器 2 6 A と光学的に接続されている。導波路 2 7 A は可視光 L 1 と可視光 L 2 と可視光 L 3 とを導波し、光導波路回路 2 0 A の第 2 端面 2 0 A b から、可視光 L 1 と可視光 L 2 と可視光 L 3 とを含む RGB 光である可視光 L 4 を出力する。

## 【 0 0 5 8 】

導波路 2 1 A、2 2 A、2 3 A、2 5 A、2 7 A と、合分波器 2 4 A、2 6 A とは、実施形態 1 の対応する要素と同様に、ジルコニアを含む石英系ガラスからなる。導波路 2 1 A、2 2 A、2 3 A、2 5 A、2 7 A および合分波器 2 4 A、2 6 A のクラッド 2 8 A に対する比屈折率差 は本実施形態では 3 . 5 % である。導波路 2 1 A、2 2 A、2 3 A、2 5 A、2 7 A と、合分波器 2 4 A、2 6 A とは少なくとも導波する可視光をシングルモードで導波する条件に、その断面サイズと比屈折率差 との関係が設定されているが、マルチモードで導波する条件に設定されていてもよい。

## 【 0 0 5 9 】

導波路 2 1 A、2 2 A、2 3 A、2 5 A、2 7 A は、いずれも屈曲している。たとえば、導波路 2 1 A、2 3 A は、L 字状に屈曲しており、その最大の曲げ半径は 1 5 0 μ m である。導波路 2 2 A は、S 字状に屈曲しており、その最大の曲げ半径は 1 5 0 μ m である。導波路 2 5 A は、S 字状に屈曲しており、その最大の曲げ半径は 1 5 0 μ m である。導波路 2 7 A は、U 字状に屈曲しており、その最大の曲げ半径は 2 5 0 μ m である。比屈折率差 が 3 . 5 % と高いので、導波路の曲げ半径が 1 5 0 μ m でも曲げ損失がきわめて低減される。このように導波路が屈曲していることによって、光源モジュール 1 0 0 A は第 1 端面 2 0 a から入力された可視光 L 1、L 2、L 3 を、略直交する第 2 端面 2 0 b から可視光 L 4 として出力することができる。それとともに、光源モジュール 1 0 0 A は導波路のレイアウトの自由度が高くなる。また、光源モジュール 1 0 0 A は、長さ、すなわち第 2 端面 2 0 b とその対向端面との距離が短くなる。なお、導波路 2 1、2 2、2 3、2 5、2 7 の曲げ半径は、比屈折率差 を高くするにしたがってさらに小さくできる。

## 【 0 0 6 0 】

実施形態 2 に係る光源モジュール 1 0 0 A は、レイリー散乱による光損失が抑制されてお

10

20

30

40

50

り、より高出力な光源モジュールとなる。また、光源モジュール100Aは、導波路および合分波器のサイズの精度が高いので、光学特性の精度も高く、かつ製造性も良好である。また、光源モジュール100Aはレイアウトの自由度が高く、たとえば小型化できる。また、第1端面20aから入力された可視光L1、L2、L3を、略直交する第2端面20bから可視光L4として出力することができるので、可視光L1、L2、L3のうち、第1端面20aへの入力時に導波路21A、22A、23Aに結合しなかった非結合成分が迷光として第2端面20bに到達しにくい。その結果、可視光L4は、非結合成分による品質劣化がきわめて抑制される。

#### 【0061】

なお、実施形態2では、緑色光源11、青色光源12、赤色光源13がいずれも第1端面20Aa側に配置されているが、緑色光源11、青色光源12、赤色光源13のうちいずれか1つまたは2つが、第1端面20Aaと対向する端面側に配置されてもよい。そのような配置でも導波路や光結合器のレイアウトを適宜設計することで、可視光L4を第2端面20bから出力することができる。

#### 【0062】

(実施形態3)

図8は、実施形態3に係る光源モジュールの模式的構成図である。光源モジュール100Bは、緑色光源11Ba、11Bb、11Bc、11Bd、青色光源12Ba、12Bb、12Bc、12Bd、赤色光源13Ba、13Bb、13Bc、13Bdと、光導波路回路20Bとを備えている。

#### 【0063】

緑色光源11Ba、11Bb、11Bc、11Bdは、実施形態1の緑色光源11と同様の構成であるが、それぞれ、緑色領域であって互いに異なる波長の可視光を出力する。なお、この緑色の可視光は、互いにスペクトルが重なる。グラフG11は緑色光源11Ba～11Bdがそれぞれ出力する光の強度スペクトルを示している。横軸は波長を示しており、各光は互いに波長が異なる。

#### 【0064】

青色光源12Ba、12Bb、12Bc、12Bdは、実施形態1の青色光源12と同様の構成であるが、それぞれ、青色領域であって互いに異なる波長の可視光を出力する。なお、この青色領域の可視光は、互いにスペクトルが重なる。グラフG21は青色光源12Ba～12Bdがそれぞれ出力する光の強度スペクトルを示している。各光は互いに波長が異なる。

#### 【0065】

赤色光源13Ba、13Bb、13Bc、13Bdは、実施形態1の赤色光源13と同様の構成であるが、それぞれ、赤色領域であって互いに異なる波長の可視光を出力する。なお、この赤色の可視光は、互いにスペクトルが重なる。グラフG31は赤色光源13Ba～13Bdがそれぞれ出力する光の強度スペクトルを示している。各光は互いに波長が異なる。

#### 【0066】

光導波路回路20Bは、緑色光源11Ba～11Bd、青色光源12Ba～12Bd、赤色光源13Ba～13Bdのそれぞれに光学的に接続されている。本実施形態では、光導波路回路20Bは、第1端面20Baと、第1端面20Baと対向する第2端面20Abとを有している。緑色光源11Ba～11Bd、青色光源12Ba～12Bd、赤色光源13Ba～13Bdは、第1端面20Aaにパッドジョイント接続されている。

#### 【0067】

光導波路回路20Bは、緑色合分波部21Bと、青色合分波部22Bと、赤色合分波部23Bと、導波路25B、27Bと、合分波器24B、26Bと、クラッド28Bとを有している。緑色合分波部21Bと、青色合分波部22Bと、赤色合分波部23Bと、導波路25B、27Bと、合分波器24B、26Bとは、緑色光源11Ba～11Bd、青色光源12Ba～12Bd、赤色光源13Ba～13Bdに光学的に接続されている複数の導

10

20

30

40

50

波路および少なくとも1つの合分波器に対応する。

【0068】

クラッド28Bは、緑色合分波部21Bと、青色合分波部22Bと、赤色合分波部23Bと、導波路25B、27Bと、合分波器24B、26Bとを取り囲んでいる。クラッド28Bは、実施形態1のクラッド28と同様の構成である。

【0069】

緑色合分波部21Bは、6本の導波路21Baと3個の合分波器21Bbとを備えている。緑色合分波部21Bは以下のように構成されている。導波路21Baのうち4本はそれぞれ、第1端面20Baにおいて緑色光源11Ba~11Bdのそれぞれと光学的に接続されており、それぞれから出力された可視光をそれぞれ導波する。合分波器21Bbのうち2個はそれぞれ、2つの可視光を合波して、それぞれ残りの2本の導波路21Baのそれぞれに出力する。残りの1個の合分波器21Bbは、2本の導波路21Baのそれぞれを導波した可視光をさらに合波して、さらに残りの1本の導波路21Baに出力する。

10

【0070】

緑色合分波部21Bから出力された可視光は、グラフG12に示すように、緑色光源11Ba~11Bdのそれぞれから出力された光の強度スペクトルが少しずつ重なり、幅広いスペクトル形状を有している。

【0071】

青色合分波部22Bは、緑色合分波部21Bと同様に、6本の導波路22Baと3個の合分波器22Bbとを備えている。青色合分波部22Bは、緑色合分波部21Bと同様に構成されており、青色光源12Ba~12Bdのそれぞれから出力された可視光を合波し、1本の導波路22Baに出力するように構成されている。

20

【0072】

青色合分波部22Bから出力された可視光は、グラフG22に示すように、青色光源12Ba~12Bdのそれぞれから出力された光のスペクトルが少しずつ重なり、幅広いスペクトル形状を有している。

【0073】

赤色合分波部23Bは、緑色合分波部21Bと同様に、6本の導波路23Baと3個の合分波器23Bbとを備えている。赤色合分波部23Bは、緑色合分波部21Bと同様に構成されており、赤色光源13Ba~13Bdのそれぞれから出力された可視光を合波し、1本の導波路23Baに出力するように構成されている。

30

【0074】

赤色合分波部23Bから出力された可視光は、グラフG32に示すように、青色光源12Ba~12Bdのそれぞれから出力された光の強度スペクトルが少しずつ重なり、幅広いスペクトル形状を有している。

【0075】

合分波器24Bは、緑色合分波部21B、青色合分波部22Bと光学的に接続されている。合分波器24Bは、緑色合分波部21B、青色合分波部22Bのそれぞれから出力された可視光を合波して導波路25Bに出力する。導波路25Bは合波された可視光を導波する。

40

【0076】

合分波器26Bは、導波路25B、赤色合分波部23Bと光学的に接続されている。合分波器26Bは、導波路25B、赤色合分波部23Bのそれぞれから出力された可視光を合波して導波路27Bに出力する。

【0077】

合分波器24A、26Aは、実施形態1の合分波器24、26と同様の構成である。

【0078】

導波路27Bは、合分波器26Bと光学的に接続されている。導波路27Bは合波された可視光を導波し、光導波路回路20Bの第2端面20Bbから、グラフG4に示すスペクトルを有するRGB光である可視光L5を出力する。

50

## 【 0 0 7 9 】

緑色合分波部 2 1 B と、青色合分波部 2 2 B と、赤色合分波部 2 3 B と、導波路 2 5 B、2 7 B と、合分波器 2 4 B、2 6 B とは、ジルコニアを含む石英系ガラスからなり、クラッド 2 8 B に対する比屈折率差 は本実施形態では 3 . 5 % である。緑色合分波部 2 1 B、青色合分波部 2 2 B、赤色合分波部 2 3 B、導波路 2 5 B、2 7 B、および合分波器 2 4 B、2 6 B は、少なくとも導波する可視光をシングルモードで導波する条件に、その断面サイズと比屈折率差 との関係が設定されているが、マルチモード導波の条件に設定されていてもよい。

## 【 0 0 8 0 】

ここで、可視光源がレーザ光源である場合、可視光であるレーザ光はコヒーレンシが高いので、スペckルノイズが発生するおそれがある。これに対して、実施形態 3 に係る光源モジュール 1 0 0 B では、緑色領域において緑色光源 1 1 B a ~ 1 1 B d のそれぞれから出力された光の強度スペクトルが少しずつ重なるようにして、幅広いスペクトル形状を有する光を生成する。同様に、青色領域において青色光源 1 2 B a ~ 1 2 B d のそれぞれから出力された光の強度スペクトルが少しずつ重なるようにして、幅広いスペクトル形状を有する光を生成する。同様に、赤色領域において赤色光源 1 3 B a ~ 1 3 B d のそれぞれから出力された光の強度スペクトルが少しずつ重なるようにして、幅広いスペクトル形状を有する光を生成する。これにより、光源モジュール 1 0 0 B から出力される可視光 L 5 では、スペckルノイズの発生が抑制される。

## 【 0 0 8 1 】

さらに、光源モジュール 1 0 0 B は、レイリー散乱による光損失が抑制されており、より高出力な光源モジュールとなる。また、光源モジュール 1 0 0 B は、導波路および合分波器のサイズの精度が高いので、光学特性の精度も高く、かつ製造性も良好である。また、光源モジュール 1 0 0 B はレイアウトの自由度が高く、たとえば小型化できる。

## 【 0 0 8 2 】

(実施形態 4)

図 9 は、実施形態 4 に係る光源モジュールの模式的構成図である。光源モジュール 1 0 0 C は、緑色光源 1 1 C a、1 1 C b、青色光源 1 2 C a、1 2 C b、赤色光源 1 3 C a、1 3 C b と、光導波路回路 2 0 C とを備えている。

## 【 0 0 8 3 】

緑色光源 1 1 C a、1 1 C b は、実施形態 1 の緑色光源 1 1 と同様の構成であるが、光導波路回路 2 0 C に対して T E (Transverse Electric) 偏波の光を出力するように配置されている。ここで、T E 偏波とは、光導波路回路 2 0 C の基板面と平行方向の偏波である。青色光源 1 2 C a、1 2 C b は、実施形態 1 の青色光源 1 2 と同様の構成であるが、光導波路回路 2 0 C に対して T E 偏波の光を出力するように配置されている。赤色光源 1 3 C a、1 3 C b は、実施形態 1 の赤色光源 1 3 と同様の構成であるが、光導波路回路 2 0 C に対して T E 偏波の光を出力するように配置されている。

## 【 0 0 8 4 】

光導波路回路 2 0 C は、緑色光源 1 1 C a、1 1 C b、青色光源 1 2 C a、1 2 C b、赤色光源 1 3 C a、1 3 C b のそれぞれに光学的に接続されている。本実施形態では、光導波路回路 2 0 C は、第 1 端面 2 0 C a と、第 1 端面 2 0 C a と対向する第 2 端面 2 0 C b とを有している。緑色光源 1 1 C a、1 1 C b、青色光源 1 2 C a、1 2 C b、赤色光源 1 3 C a、1 3 C b は、第 1 端面 2 0 C a にパッドジョイント接続されている。

## 【 0 0 8 5 】

光導波路回路 2 0 C は、緑色偏波合成 / 分離部 2 1 C と、青色偏波合成 / 分離部 2 2 C と、赤色偏波合成 / 分離部 2 3 C と、導波路 2 5 C、2 7 C と、合分波器 2 4 C、2 6 C と、クラッド 2 8 C とを有している。緑色偏波合成 / 分離部 2 1 C と、青色偏波合成 / 分離部 2 2 C と、赤色偏波合成 / 分離部 2 3 C と、導波路 2 5 C、2 7 C と、合分波器 2 4 C、2 6 C とは、緑色光源 1 1 C a、1 1 C b、青色光源 1 2 C a、1 2 C b、赤色光源 1 3 C a、1 3 C b に光学的に接続されている複数の導波路および少なくとも 1 つの合分波

10

20

30

40

50

器に対応する。

【 0 0 8 6 】

クラッド 2 8 C は、緑色偏波合成 / 分離部 2 1 C と、青色偏波合成 / 分離部 2 2 C と、赤色偏波合成 / 分離部 2 3 C と、導波路 2 5 C、2 7 C と、合分波器 2 4 C、2 6 C とを取り囲んでいる。クラッド 2 8 C は、実施形態 1 のクラッド 2 8 と同様の構成である。

【 0 0 8 7 】

緑色偏波合成 / 分離部 2 1 C は、4 本の導波路 2 1 C a と 1 個の偏波回転器 2 1 C b と 1 個の偏波合成 / 分離器 2 1 C c とを備えている。緑色偏波合成 / 分離部 2 1 C は以下のように構成されている。導波路 2 1 C a のうち 2 本はそれぞれ、第 1 端面 2 0 C a において緑色光源 1 1 C a、1 1 C b のそれぞれと光学的に接続されており、それぞれから出力された T E 偏波の可視光をそれぞれ導波する。偏波回転器 2 2 C b は T E 偏波の可視光の偏波面を 9 0 度回転させて T M ( Transverse Magnetic ) 偏波とし、残りの 1 本の導波路 2 1 C a に出力する。偏波合成 / 分離器 2 1 C c は、T E 偏波の可視光と T M 偏波の可視光とを偏波合成して、さらに残りの 1 本の導波路 2 1 C a に出力する。

10

【 0 0 8 8 】

青色偏波合成 / 分離部 2 2 C は、緑色偏波合成 / 分離部 2 1 C と同様に、4 本の導波路 2 2 C a と 1 個の偏波回転器 2 2 C b と 1 個の偏波合成 / 分離器 2 2 C c とを備えている。青色偏波合成 / 分離部 2 2 C は、緑色偏波合成 / 分離部 2 1 C と同様に構成されており、青色光源 1 2 C a、1 2 C b のそれぞれから出力された T E 偏波の可視光を、T E 偏波の可視光と T M 偏波の可視光との偏波合成光として 1 本の導波路 2 2 C a に出力するように構成されている。

20

【 0 0 8 9 】

赤色偏波合成 / 分離部 2 3 C は、緑色偏波合成 / 分離部 2 1 C と同様に、4 本の導波路 2 2 C a と 1 個の偏波回転器 2 2 C b と 1 個の偏波合成 / 分離器 2 2 C c とを備えている。赤色偏波合成 / 分離部 2 3 C は、緑色偏波合成 / 分離部 2 1 C と同様に構成されており、赤色光源 1 3 C a、1 3 C b のそれぞれから出力された T E 偏波の可視光を、T E 偏波の可視光と T M 偏波の可視光との偏波合成光として 1 本の導波路 2 3 C a に出力するように構成されている。

【 0 0 9 0 】

なお、光の相反性により、偏波合成 / 分離器 2 1 C c、2 2 C c、2 3 C c は偏波分離機能も有する。たとえば、偏波合成 / 分離器 2 1 C c は、無偏波の可視光が入力された場合、これらを T E 偏波の光と T M 偏波の光に分離できる。

30

【 0 0 9 1 】

合分波器 2 4 C は、緑色偏波合成 / 分離部 2 1 C、青色偏波合成 / 分離部 2 2 C と光学的に接続されている。合分波器 2 4 C は、緑色偏波合成 / 分離部 2 1 C、青色偏波合成 / 分離部 2 2 C のそれぞれから出力された偏波合成光を合波して導波路 2 5 C に出力する。導波路 2 5 C は合波された偏波合成光を導波する。

【 0 0 9 2 】

合分波器 2 6 C は、導波路 2 5 C、赤色偏波合成 / 分離部 2 3 C と光学的に接続されている。合分波器 2 6 C は、導波路 2 5 C、赤色偏波合成 / 分離部 2 3 C のそれぞれから出力された偏波合成光を合波して導波路 2 7 C に出力する。

40

【 0 0 9 3 】

合分波器 2 4 C、2 6 C は、実施形態 1 の合分波器 2 4、2 6 と同様の構成である。

【 0 0 9 4 】

導波路 2 7 C は、合分波器 2 6 C と光学的に接続されている。導波路 2 7 C は合波された偏波合成光を導波し、光導波路回路 2 0 C の第 2 端面 2 0 C b から、R G B 光である可視光 L 6 を出力する。

【 0 0 9 5 】

緑色偏波合成 / 分離部 2 1 C と、青色偏波合成 / 分離部 2 2 C と、赤色偏波合成 / 分離部 2 3 C と、導波路 2 5 C、2 7 C と、合分波器 2 4 C、2 6 C とは、ジルコニアを含む石

50

英系ガラスからなり、クラッド 28B に対する比屈折率差 は本実施形態では 3.5% である。緑色偏波合成/分離部 21C、青色偏波合成/分離部 22C、赤色偏波合成/分離部 23C、導波路 25C、27C、および合分波器 24C、26C は、少なくとも導波する可視光をシングルモードで導波する条件に、その断面サイズと比屈折率差 との関係が設定されているが、マルチモード導波の条件に設定されていてもよい。

【0096】

実施形態 4 に係る光源モジュール 100C では、緑色領域において緑色光源 11Ca、11Cb のそれぞれから出力された光から、TE 偏波の可視光と TM 偏波の可視光とを含む偏波合成光を生成する。同様に、青色領域において青色光源 12Ca、12Cb のそれぞれから出力された光から偏波合成光を生成する。同様に、赤色領域において赤色光源 13Ca、13Cb のそれぞれから出力された光から偏波合成光を生成する。これにより、光源モジュール 100C から出力される可視光 L5 では、スペckルノイズの発生が抑制される。

10

【0097】

さらに、光源モジュール 100C は、レイリー散乱による光損失が抑制されており、より高出力な光源モジュールとなる。また、光源モジュール 100C は、導波路および合分波器のサイズの精度が高いため、光学特性の精度も高く、かつ製造性も良好である。また、光源モジュール 100C はレイアウトの自由度が高く、たとえば小型化できる。

【0098】

(実施形態 5)

図 10 は、実施形態 5 に係る光源モジュールの模式的構成図である。光源モジュール 100D は、4 個の緑色光源 11 と、4 個の青色光源 12 と、4 個の赤色光源 13 と、光導波路回路 20D とを備えている。

20

【0099】

緑色光源 11、青色光源 12、赤色光源 13 は、実施形態 1 の対応する要素を同じなので、説明を省略する。グラフ G71 は各緑色光源 11 が出力する光の強度スペクトルを示している。横軸は波長を示しており、各光は略同じ波長である。グラフ G61 は各青色光源 12 がそれぞれ出力する光の強度スペクトルを示している。各光は略同じ波長である。グラフ G81 は各赤色光源 13 がそれぞれ出力する光の強度スペクトルを示している。各光は略同じ波長である。

30

【0100】

光導波路回路 20D は、各緑色光源 11、各青色光源 12、各赤色光源 13 のそれぞれに光学的に接続されている。本実施形態では、光導波路回路 20D は、第 1 端面 20Da と、第 1 端面 20Da と対向する第 2 端面 20Db とを有している。各緑色光源 11、各青色光源 12、各赤色光源 13 は、第 1 端面 20Da にバッドジョイント接続されている。

【0101】

光導波路回路 20D は、緑色合分波部 21D と、青色合分波部 22D と、赤色合分波部 23D と、導波路 25D、27D と、合分波器 24D、26D と、クラッド 28D とを有している。緑色合分波部 21D と、青色合分波部 22D と、赤色合分波部 23D と、導波路 25D、27D と、合分波器 24D、26D とは、各緑色光源 11、各青色光源 12、各赤色光源 13 に光学的に接続されている複数の導波路および少なくとも 1 つの合分波器に対応する。

40

【0102】

クラッド 28D は、緑色合分波部 21D と、青色合分波部 22D と、赤色合分波部 23D と、導波路 25D、27D と、合分波器 24D、26D とを取り囲んでいる。クラッド 28D は、実施形態 1 のクラッド 28 と同様の構成である。

【0103】

緑色合分波部 21D は、6 本の導波路 21Da と 3 個の合分波器 21Db とを備えている。緑色合分波部 21D は、実施形態 3 に係る緑色合分波部 21B と同様に構成されている。すなわち、緑色合分波部 21D は、各緑色光源 11 から出力された可視光を合波して、

50

1本の導波路21Daから出力する。

【0104】

緑色合分波部21Dから出力された可視光は、グラフG72に示すように、各緑色光源11から出力された光の強度スペクトルが重なり、高出力のスペクトル形状を有している。

【0105】

青色合分波部22Dは、青色合分波部22Bと同様に、6本の導波路22Daと3個の合分波器22Dbとを備えている。青色合分波部22Dは、青色合分波部22Bと同様に構成されており、各青色光源12から出力された可視光を合波して、1本の導波路22Daから出力する。

【0106】

青色合分波部22Dから出力された可視光は、グラフG62に示すように、各青色光源12から出力された光の強度スペクトルが重なり、高出力のスペクトル形状を有している。

【0107】

赤色合分波部23Dは、赤色合分波部23Bと同様に、6本の導波路23Daと3個の合分波器23Dbとを備えている。赤色合分波部23Dは、赤色合分波部23Bと同様に構成されており、各青色光源12から出力された可視光を合波して、1本の導波路23Daから出力する。

【0108】

赤色合分波部23Dから出力された可視光は、グラフG82に示すように、各赤色光源13から出力された光の強度スペクトルが重なり、高出力のスペクトル形状を有している。

【0109】

合分波器24Dは、緑色合分波部21D、青色合分波部22Dと光学的に接続されている。合分波器24Dは、緑色合分波部21D、青色合分波部22Dのそれぞれから出力された可視光を合波して導波路25Dに出力する。導波路25Dは合波された可視光を導波する。

【0110】

合分波器26Dは、導波路25D、赤色合分波部23Dと光学的に接続されている。合分波器26Dは、導波路25D、赤色合分波部23Dのそれぞれから出力された可視光を合波して導波路27Dに出力する。

【0111】

合分波器24D、26Dは、実施形態1の合分波器24、26と同様の構成である。

【0112】

導波路27Dは、合分波器26Dと光学的に接続されている。導波路27Dは合波された可視光を導波し、光導波路回路20Dの第2端面20Dbから、グラフG9に示すスペクトルを有するRGB光である可視光L7を出力する。

【0113】

緑色合分波部21Dと、青色合分波部22Dと、赤色合分波部23Dと、導波路25D、27Dと、合分波器24D、26Dとは、ジルコニアを含む石英系ガラスからなる。一方、クラッド28Dはたとえば純石英ガラスからなる。緑色合分波部21D、青色合分波部22D、赤色合分波部23D、導波路25D、27D、および合分波器24D、26Dのクラッド28Dに対する比屈折率差は本実施形態では3.5%である。緑色合分波部21D、青色合分波部22D、赤色合分波部23D、導波路25D、27D、および合分波器24D、26Dは、少なくとも導波する可視光をシングルモードで導波する条件に、その断面サイズと比屈折率差との関係が設定されているが、マルチモード導波の条件に設定されていてもよい。

【0114】

実施形態5に係る光源モジュール100Dは、高出力のRGB光である可視光L7を出力することができるので、高輝度の光源モジュールを実現できる。

【0115】

さらに、光源モジュール100Dは、レイリー散乱による光損失が抑制されており、より

10

20

30

40

50

高出力な光源モジュールとなる。また、光源モジュール 100D は、導波路および合分波器のサイズの精度が高いため、光学特性の精度も高く、かつ製造性も良好である。また、光源モジュール 100D はレイアウトの自由度が高く、たとえば小型化できる。

【0116】

ここで、実施形態 3 ~ 5 の光源モジュールの光導波路回路を作製したところ、いずれも平面視で 3.5 mm × 2.5 mm と小型にすることができた。

【0117】

(実施形態 6)

図 11 は、実施形態 6 に係る光源モジュールの模式的構成および動作を示す図である。図 11(a) に示すように、光源モジュール 100E は、緑色光源 11 と、青色光源 12 と、赤色光源 13 と、光導波路回路 20E とを備えている。

10

【0118】

緑色光源 11、青色光源 12、赤色光源 13 は、実施形態 1 の対応する要素を同じなので、説明を省略する。

【0119】

光導波路回路 20E は、緑色光源 11、青色光源 12、赤色光源 13 のそれぞれに光学的に接続されている。本実施形態では、光導波路回路 20E は、第 1 端面 20Ea と、第 1 端面 20Ea と対向する第 2 端面 20Eb とを有している。緑色光源 11、青色光源 12、赤色光源 13 は、第 1 端面 20Ea 側に配置されているが、第 1 端面 20Da にパッドジョイント接続されていてもよい。

20

【0120】

光導波路回路 20E は、導波路 21E、22E、23E、25E、27E と、合分波器 24E、26E と、光スイッチ 29E と、クラッド 28E とを有している。導波路 21E、22E、23E、25E、27E と、合分波器 24E、26E と、光スイッチ 29E とは、緑色光源 11、青色光源 12、赤色光源 13 に光学的に接続されている複数の導波路および少なくとも 1 つの合分波器に対応する。

【0121】

クラッド 28E は、導波路 21E、22E、23E、25E、27E と、合分波器 24E、26E と、光スイッチ 29E の導波路とを取り囲んでいる。クラッド 28E は、実施形態 1 のクラッド 28 と同様の構成である。

30

【0122】

導波路 21E は、緑色光源 11 と光学的に接続されており、可視光 L1 を導波する。導波路 22E は、青色光源 12 と光学的に接続されており、可視光 L2 を導波する。導波路 23E は、赤色光源 13 と光学的に接続されており、可視光 L3 を導波する。

【0123】

合分波器 24E は、導波路 21E、22E、25E と光学的に接続されている。合分波器 24E は、可視光 L1 と可視光 L2 とを合波して導波路 25E に出力する。導波路 25E は可視光 L1 と可視光 L2 とを導波する。

【0124】

合分波器 26E は、導波路 23E、25E と光学的に接続されている。合分波器 26E は、可視光 L1 と可視光 L2 と可視光 L3 とを合波して導波路 27E に出力する。

40

【0125】

合分波器 24E、26E は、実施形態 1 の合分波器 24、26 と同様の構成である。

【0126】

導波路 27E は、合分波器 26E および光スイッチ 29E と光学的に接続されている。導波路 27E は可視光 L1 と可視光 L2 と可視光 L3 とを導波し、可視光 L1 と可視光 L2 と可視光 L3 とを光スイッチ 29E に出力する。

【0127】

光スイッチ 29E は、導波路型の合分波器 29Ea、29Eb と、ヒータ 29Ec とを備えている。合分波器 29Ea、29Eb は、2 入力 × 2 出力型の構成を有している。合分

50

波器 29 E a の 2 つの入力導波路の 1 つは、導波路 27 E に光学的に接続している。合分波器 29 E a の 2 つの出力導波路のそれぞれは合分波器 29 E b の 2 つの入力導波路のそれぞれに光学的に接続している。合分波器 29 E a、29 E b は、マッハツェンダ干渉計を構成している。合分波器 29 E b の 2 つの出力導波路 28 E b 1、28 E b 2 は、本実施形態ではいずれも第 2 端面 20 E b まで延伸している。以下、出力導波路 28 E b 1、28 E b 2 をメインポート、アイドルポートとそれぞれ記載する場合がある。

【0128】

ヒータ 29 E c は、合分波器 29 E a の一方の出力導波路と合分波器 29 E b の一方の入力導波路とが構成するアームの上方のクラッド 28 E に設けられている。不図示の制御器からヒータ 29 E c に駆動電流が流されると、ヒータ 29 E c が発熱してアームを加熱する。これにより光スイッチ 29 E は、駆動電流を制御することによって、導波路 27 E から入力された光を出力導波路 28 E b 1、28 E b 2 のいずれか一方から選択的に出力する光スイッチとして機能する。

10

【0129】

導波路 21 E、22 E、23 E、25 E、27 E と、合分波器 24 E、26 E と、光スイッチ 29 E の導波路とは、ジルコニアを含む石英系ガラスからなり、クラッド 28 D に対する比屈折率差は本実施形態では 3.5% である。導波路 21 E、22 E、23 E、25 E、27 E、合分波器 24 E、26 E、光スイッチ 29 E の導波路は、少なくとも導波する可視光をシングルモードで導波する条件に、その断面サイズと比屈折率差との関係が設定されているが、マルチモード導波の条件に設定されていてもよい。

20

【0130】

ここで、図 11 (a) では、緑色光源 11、青色光源 12、赤色光源 13 の出力が ON 状態になっており、それぞれ可視光 L1、L2、L3 を出力する。一方、光スイッチ 29 E は OFF 状態となっている。このとき、可視光 L1 と可視光 L2 と可視光 L3 とを含む RGB 光である可視光 L4 は、メインポートである出力導波路 28 E b 1 から出力される。

【0131】

一方、図 11 (b) では、緑色光源 11、青色光源 12、赤色光源 13 の出力が OFF 状態となっているが、それぞれ微弱な可視光 L1 a、L2 a、L3 a を出力するとする。一方、光スイッチ 29 E は ON 状態となっている。このとき、可視光 L1 a と可視光 L2 a と可視光 L3 a とを含む RGB 光である可視光 L4 a は、アイドルポートである出力導波路 28 E b 1 から出力される。

30

【0132】

その結果、緑色光源 11、青色光源 12、赤色光源 13 の出力が OFF 状態のときに、可視光 L1 a と可視光 L2 a と可視光 L3 a とが出力されていても、これらがメインポートである出力導波路 28 E b 1 から出力されることがない。その結果、光源モジュール 100 E は、メインポートから可視光 L4 が出力される場合と出力されない場合の消光比が高くなり、高ダイナミックレンジで高コントラストの光源モジュールとなる。

【0133】

なお、緑色光源 11、青色光源 12、赤色光源 13 を常時 ON 状態とし、光スイッチ 29 E にて、可視光 L4 をメインポートから出力するかアイドルポートから出力するかを切り替えてもよい。この場合も、メインポートから可視光 L4 が出力される場合と出力されない場合の消光比が高くなり、高ダイナミックレンジで高コントラストの光源モジュールとなる。

40

【0134】

(実施形態 7)

図 12 は、実施形態 7 に係る光源モジュールの模式的構成図である。光源モジュール 100 F は、緑色光源 11 と、青色光源 12 と、赤色光源 13 と、光導波路回路 20 F とを備えている。

【0135】

緑色光源 11、青色光源 12、赤色光源 13 は、実施形態 1 の対応する要素と同じである。

50

## 【0136】

光導波路回路20Fは、緑色光源11、青色光源12、赤色光源13のそれぞれに光学的に接続されている。本実施形態では、光導波路回路20Fは、第1端面20Faと、第1端面20Faと対向する第2端面20Fbとを有している。緑色光源11、青色光源12、赤色光源13は、第1端面20Fa側に配置されているが、第1端面20Faにパッドジョイント接続されていてもよい。

## 【0137】

光導波路回路20Fは、可変光減衰器21F、22F、23Fと、導波路25F、27Fと、合分波器24F、26Fと、クラッド28Fとを有している。可変光減衰器21F、22F、23Fと、導波路25F、27Fと、合分波器24F、26Fとは、緑色光源11、青色光源12、赤色光源13に光学的に接続されている複数の導波路および少なくとも1つの合分波器に対応する。

10

## 【0138】

クラッド28Eは、可変光減衰器21F、22F、23Fのそれぞれの導波路と、導波路25F、27Fと、合分波器24F、26Fとを取り囲んでいる。クラッド28Eは、実施形態1のクラッド28と同様の構成である。

## 【0139】

可変光減衰器21Fは、導波路型の合分波器21Fa、21Fbと、ヒータ21Fcとを備えている。合分波器21Fa、21Fbは、2入力×2出力型の構成を有している。合分波器21Faの2つの入力導波路の1つは、緑色光源11に光学的に接続している。合分波器21Faの2つの出力導波路のそれぞれは合分波器21Fbの2つの入力導波路のそれぞれに光学的に接続している。合分波器21Fa、21Fbは、マッハツェンダ干渉計を構成している。合分波器21Fbの2つの出力導波路21Fb1、21Fb2のうち、出力導波路21Fb1は合分波器24Fに光学的に接続している。出力導波路21Fb2は第2端面20Ebまで延伸している。

20

## 【0140】

ヒータ21Fcは、合分波器21Faの一方の出力導波路と合分波器21Fbの一方の入力導波路とが構成するアームの上方のクラッド28Fに設けられている。不図示の制御器からヒータ21Fcに駆動電流が流されると、ヒータ21Fcが発熱してアームを加熱する。これにより可変光減衰器21Fは、駆動電流を制御することによって、緑色光源11から入力された可視光L1の強度を変更して出力導波路21Fb1から出力する可変光減衰器として機能する。

30

## 【0141】

可変光減衰器22Fは、導波路型の合分波器22Fa、22Fbと、ヒータ22Fcとを備えている。合分波器22Fa、22Fbは、2入力×2出力型の構成を有している。合分波器22Faの2つの入力導波路の1つは、青色光源12に光学的に接続している。合分波器22Faの2つの出力導波路のそれぞれは合分波器22Fbの2つの入力導波路のそれぞれに光学的に接続しており、マッハツェンダ干渉計が構成されている。合分波器22Fbの2つの出力導波路22Fb1、22Fb2のうち、出力導波路22Fb1は合分波器24Fに光学的に接続している。出力導波路22Fb2は第2端面20Ebまで延伸している。

40

## 【0142】

ヒータ22Fcは、合分波器22Faの一方の出力導波路と合分波器22Fbの一方の入力導波路とが構成するアームの上方のクラッド28Fに設けられている。不図示の制御器からヒータ22Fcに駆動電流が流されると、ヒータ22Fcが発熱してアームを加熱する。これにより可変光減衰器22Fは、駆動電流を制御することによって、青色光源12から入力された可視光L2の強度を変更して出力導波路22Fb1から出力する可変光減衰器として機能する。

## 【0143】

可変光減衰器23Fは、導波路型の合分波器23Fa、22Fbと、ヒータ23Fcとを

50

備えている。合分波器 23 F a、23 F b は、2 入力 × 2 出力型の構成を有している。合分波器 23 F a の 2 つの入力導波路の 1 つは、赤色光源 13 に光学的に接続している。合分波器 23 F a の 2 つの出力導波路のそれぞれは合分波器 23 F b の 2 つの入力導波路のそれぞれに光学的に接続しており、マッハツェンダ干渉計が構成されている。合分波器 23 F b の 2 つの出力導波路 23 F b 1、23 F b 2 のうち、出力導波路 23 F b 1 は合分波器 24 F に光学的に接続している。出力導波路 23 F b 2 は第 2 端面 20 E b まで延伸している。

【0144】

ヒータ 23 F c は、合分波器 23 F a の一方の出力導波路と合分波器 23 F b の一方の入力導波路とが構成するアームの上方のクラッド 28 F に設けられている。不図示の制御器からヒータ 23 F c に駆動電流が流されると、ヒータ 23 F c が発熱してアームを加熱する。これにより可変光減衰器 23 F は、駆動電流を制御することによって、赤色光源 13 から入力された可視光 L 3 の強度を変更して出力導波路 23 F b 1 から出力する可変光減衰器として機能する。

10

【0145】

合分波器 24 F は、可変光減衰器 21 F の出力導波路 21 F b 1、可変光減衰器 22 F の出力導波路 22 F b 1、導波路 25 F と光学的に接続されている。合分波器 24 F は、可変光減衰器 21 F によって強度が変更された可視光 L 1 と可変光減衰器 22 F によって強度が変更された可視光 L 2 とを合波して導波路 25 F に出力する。導波路 25 F は可視光 L 1 と可視光 L 2 とを導波する。

20

【0146】

合分波器 26 F は、可変光減衰器 23 F の出力導波路 23 F b 1、導波路 25 F と光学的に接続されている。合分波器 26 F は、可視光 L 1 と可視光 L 2 と、可変光減衰器 22 F によって強度が変更された可視光 L 3 とを合波して導波路 27 F に出力する。

【0147】

合分波器 24 F、26 F は、実施形態 1 の合分波器 24、26 と同様の構成である。

【0148】

導波路 27 F は、合分波器 26 F と光学的に接続されている。導波路 27 F は合波された可視光を導波し、光導波路回路 20 F の第 2 端面 20 F b から、RGB 光である可視光 L 8 を出力する。

30

【0149】

可変光減衰器 21 F、22 F、23 F の導波路と、導波路 25 F、27 F と、合分波器 24 F、26 F とは、ジルコニアを含む石英系ガラスからなり、クラッド 28 F に対する比屈折率差は本実施形態では 3.5% である。可変光減衰器 21 F、22 F、23 F の導波路、導波路 25 F、27 F、合分波器 24 F、26 F は、少なくとも導波する可視光をシングルモードで導波する条件に、その断面サイズと比屈折率差との関係が設定されているが、マルチモード導波の条件に設定されていてもよい。

【0150】

実施形態 7 に係る光源モジュール 100 F は、可変光減衰器 21 F、22 F、23 F が集積されており、RGB 成分の強度が個別に変更された可視光 L 8 を出力することができるので、高機能の光源モジュールを実現できる。

40

【0151】

さらに、光源モジュール 100 F は、レイリー散乱による光損失が抑制されており、より高出力な光源モジュールとなる。また、光源モジュール 100 F は、導波路および合分波器のサイズの精度が高いため、光学特性の精度も高く、かつ製造性も良好である。また、光源モジュール 100 F はレイアウトの自由度が高く、たとえば小型化できる。

【0152】

上記実施形態 6、7 では、光スイッチ 29 E および可変光減衰器 21 F、22 F、23 F は、ヒータを備えるマッハツェンダ型の構成を有するが、他の構成の可変光減衰器に置き換えてもよいし、半導体材料などの石英系ガラス以外の材料を用いて構成してもよい。

50

## 【 0 1 5 3 】

(実施形態 8)

図 1 3 は、実施形態 8 に係る光源モジュールの模式的構成図である。光源モジュール 1 0 0 G は、青色光源 1 4 と、緑色光源 1 5 と、赤色光源 1 6 と、光導波路回路 2 0 G とを備えている。

## 【 0 1 5 4 】

青色光源 1 4 はたとえばアレイ型半導体レーザ素子である。青色光源 1 4 は、アレイ状に配列された導波路型の活性層 1 4 a、1 4 b、1 4 c を備えている。活性層 1 4 a、1 4 b、1 4 c は、それぞれ青色の可視光 L 2 G を出力する。

## 【 0 1 5 5 】

光導波路回路 2 0 G は、青色光源 1 4 と、緑色光源 1 5 と、赤色光源 1 6 とのそれぞれに光学的に接続されている。本実施形態では、光導波路回路 2 0 G は、第 1 端面 2 0 G a と、第 1 端面 2 0 G a と略直交する第 2 端面 2 0 G b とを有している。青色光源 1 4 は、第 1 端面 2 0 G a にパッドジョイント接続されている。光導波路回路 2 0 G と緑色光源 1 5 および赤色光源 1 6 との光学的接続については後述する。

## 【 0 1 5 6 】

光導波路回路 2 0 G は、導波路 2 1 G、2 2 G、2 3 G、2 5 G、2 7 G と、合分波器 2 4 G、2 6 G と、クラッド 2 8 G とを有している。導波路 2 1 G、2 2 G、2 3 G、2 5 G、2 7 G と、合分波器 2 4 G、2 6 G とは、青色光源 1 4 と、緑色光源 1 5 と、赤色光源 1 6 に光学的に接続されている複数の導波路および少なくとも 1 つの合分波器に対応する。

## 【 0 1 5 7 】

クラッド 2 8 G は、導波路 2 1 G、2 2 G、2 3 G、2 5 G、2 7 G と、合分波器 2 4 G、2 6 G とを取り囲んでいる。クラッド 2 8 G は、実施形態 1 のクラッド 2 8 と同様の構成である。

## 【 0 1 5 8 】

導波路 2 1 G は、第 1 端面 2 0 G a において青色光源 1 4 の活性層 1 4 a と光学的に接続されており、可視光 L 2 G を導波する。緑色光源 1 5 は、導波路 2 1 G を横断するように設けられている。緑色光源 1 5 は、本実施形態では、光導波路回路 2 0 G に形成された溝に挿入されたガラス板である。緑色光源 1 5 は、公知の材料からなる緑色蛍光体を含んでいる。緑色光源 1 5 は、導波路 2 1 G を導波した可視光 L 2 G が照射されると、緑色の可視光 L 1 G を発光する。可視光 L 1 G は導波路 2 1 G を導波する。なお、導波路 2 1 G は、可視光 L 1 G、L 2 G の損失を低減するために幅方向にテーパ構造 2 1 G a を有している。なお、緑色光源 1 5 は特に限定されず、蛍光体を含む樹脂からなるものでもよい。

## 【 0 1 5 9 】

導波路 2 2 G は、第 1 端面 2 0 G a において青色光源 1 4 の活性層 1 4 b と光学的に接続されており、可視光 L 2 G を導波する。

## 【 0 1 6 0 】

導波路 2 3 G は、第 1 端面 2 0 G a において青色光源 1 4 の活性層 1 4 c と光学的に接続されており、可視光 L 2 G を導波する。赤色光源 1 6 は、導波路 2 1 G を横断するように設けられている。赤色光源 1 6 は、本実施形態では、光導波路回路 2 0 G に形成された溝に挿入されたガラス板である。赤色光源 1 6 は、公知の材料からなる赤色蛍光体を含んでいる。赤色光源 1 6 は、導波路 2 3 G を導波した可視光 L 2 G が照射されると、赤色の可視光 L 3 G を発光する。可視光 L 3 G は導波路 2 3 G を導波する。なお、導波路 2 3 G は、可視光 L 2 G、L 3 G の損失を低減するために幅方向にテーパ構造 2 3 G a を有している。なお、赤色光源 1 6 特に限定されず、蛍光体を含む樹脂からなるものでもよい。

## 【 0 1 6 1 】

以上の説明のように、光源モジュール 1 0 0 G は、一次光としての可視光 L 2 G が照射されると可視光 L 2 G とは波長が異なる可視光 L 1 G を出力する発光体を有する緑色光源 1 5 と、一次光としての可視光 L 2 G が照射されると可視光 L 2 G とは波長が異なる可視光

10

20

30

40

50

L 3 G を出力する発光体を有する赤色光源 1 6 とを含む。青色光源 1 4 の活性層 1 4 a、1 4 c は、一次光としての可視光 L 2 G を出力する一次光源として機能する。

【0162】

合分波器 2 4 G は、導波路 2 1 G、2 2 G、2 5 G と光学的に接続されている。合分波器 2 4 G は、可視光 L 2 G と可視光 L 1 G とを合波して導波路 2 5 G に出力する。導波路 2 5 G は可視光 L 2 G と可視光 L 1 G とを導波する。

【0163】

合分波器 2 6 G は、導波路 2 3 G、2 5 G と光学的に接続されている。合分波器 2 6 G は、可視光 L 1 G と可視光 L 2 G と可視光 L 3 G とを合波して導波路 2 7 G に出力する。

【0164】

合分波器 2 4 G、2 6 G は、実施形態 1 の合分波器 2 4、2 6 と同様の構成である。

【0165】

導波路 2 7 G は、合分波器 2 6 G と光学的に接続されている。導波路 2 7 G は可視光 L 1 G と可視光 L 2 G と可視光 L 3 G とを導波し、光導波路回路 2 0 G の第 2 端面 2 0 G b から、可視光 L 1 G と可視光 L 2 G と可視光 L 3 G とを含む R G B 光である可視光 L 9 を出力する。

【0166】

導波路 2 1 G、2 2 G、2 3 G、2 5 G、2 7 G と、合分波器 2 4 G、2 6 G とは、ジルコニアを含む石英系ガラスからなり、クラッド 2 8 G に対する比屈折率差 は本実施形態では 3 . 5 % である。導波路 2 1 G、2 2 G、2 3 G、2 5 G、2 7 G と、合分波器 2 4 G、2 6 G とは、少なくとも導波する可視光をシングルモードで導波する条件に、その断面サイズと比屈折率差 との関係が設定されているが、マルチモード導波の条件に設定されていてもよい。

【0167】

導波路 2 1 G、2 2 G、2 3 G、2 5 G、2 7 G は、図 7 に示す導波路 2 1 A、2 2 A、2 3 A、2 5 A、2 7 A と同様に屈曲している。これによって、光源モジュール 1 0 0 G は、可視光 L 1 G、L 2 G、L 3 G を第 2 端面 2 0 G b から可視光 L 9 として出力することができる。その結果、可視光 L 1 0 は、非結合成分による品質劣化がきわめて抑制される。

【0168】

光源モジュール 1 0 0 G は、可視光源として、一次光源としての青色光源 1 4 と発光体を有する緑色光源 1 5、赤色光源 1 6 とを用いて構成することができる。これによって、たとえば駆動電流を供給する光源としては青色レーザ光源のみを用いて R G B 光を生成できる。また、本実施形態では、青色光源 1 4 がアレイ型光源なので、光導波路回路 2 0 G に光学的に接続するのが容易である。

【0169】

なお、本実施形態では、一次光源が 1 つであり、発光体を有する可視光源が 2 つであるが、その数は特に限定されない。

【0170】

また、上記実施形態では、可視光源が 3 つであるが、その数は特に限定されず、2 または 4 以上であってもよい。可視光源の数が 2 の場合、合波器の数は 1 でもよい。

【0171】

また、上記実施形態により本発明が限定されるものではない。上述した各構成要素を適宜組み合わせ構成したものも本発明に含まれる。また、さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。よって、本発明のより広範な態様は、上記の実施形態に限定されるものではなく、様々な変更が可能である。

【符号の説明】

【0172】

1 1、1 1 B a、1 1 B b、1 1 B c、1 1 B d、1 1 C a、1 1 C b、1 5 緑色光源  
1 2、1 2 B a、1 2 B b、1 2 B c、1 2 B d、1 2 C a、1 2 C b、1 4 青色光源

10

20

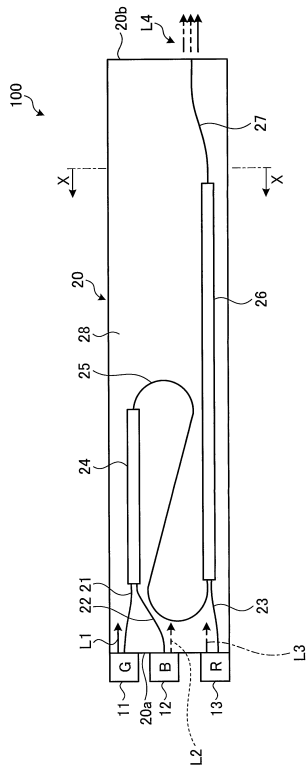
30

40

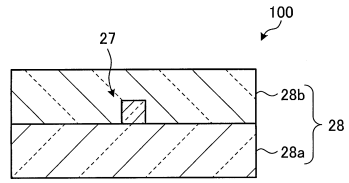
50

1 3、1 3 B a、1 3 B b、1 3 B c、1 3 B d、1 3 C a、1 3 C b、1 6 赤色光源	
1 4 a、1 4 b、1 4 c 活性層	
2 0、2 0 A、2 0 B、2 0 C、2 0 D、2 0 E、2 0 F、2 0 G 光導波路回路	
2 0 a、2 0 A a、2 0 B a、2 0 C a、2 0 D a、2 0 E a、2 0 F a、2 0 G a 第	
1 端面	
2 0 b、2 0 A b、2 0 B b、2 0 C b、2 0 D b、2 0 E b、2 0 F b、2 0 G b 第	
2 端面	
2 1、2 1 A、2 1 B a、2 1 C a、2 1 D a、2 1 E、2 1 G、2 2、2 2 A、2 2 B	
a、2 2 C a、2 2 D a、2 2 E、2 2 G、2 3、2 3 A、2 3 B a、2 3 C a、2 3 D	
a、2 3 E、2 3 G、2 5、2 5 A、2 5 B、2 5 C、2 5 D、2 5 E、2 5 F、2 5 G	10
、2 7、2 7 A、2 7 B、2 7 C、2 7 D、2 7 E、2 7 F、2 7 G 導波路	
2 1 B、2 1 D 綠色合分波部	
2 1 B b、2 1 D b、2 1 F a、2 1 F b、2 2 B b、2 2 D b、2 2 F b、2 3 B b、	
2 3 D b、2 3 F a、2 3 F b、2 4、2 4 A、2 4 B、2 4 C、2 4 D、2 4 E、2 4	
F、2 4 G、2 6、2 6 A、2 6 B、2 6 C、2 6 D、2 6 E、2 6 F、2 6 G、2 9 E	
a、2 9 E b 合分波器	
2 1 C 綠色偏波合成 / 分離部	
2 2 C 青色偏波合成 / 分離部	
2 3 C 赤色偏波合成 / 分離部	
2 1 C b、2 2 C b 偏波回転器	20
2 1 C c、2 2 C c、2 3 C c 偏波合成 / 分離器	
2 1 F、2 2 F、2 3 F 可変光減衰器	
2 1 F b 1、2 1 F b 2、2 2 F b 1、2 2 F b 2、2 3 F b 1、2 3 F b 2、2 8 E b	
1、2 8 E b 2 出力導波路	
2 1 F c、2 2 F c、2 3 F c、2 9 E c ヒータ	
2 1 G a、2 3 G a テーパ構造	
2 2 B、2 2 D 青色合分波部	
2 3 B、2 3 D 赤色合分波部	
2 8、2 8 A、2 8 B、2 8 C、2 8 D、2 8 E、2 8 F、2 8 G クラッド	
2 8 a、1 2 8 a 下部クラッド	30
2 8 b 上部クラッド	
2 9 E 光スイッチ	
1 0 0、1 0 0 A、1 0 0 B、1 0 0 C、1 0 0 D、1 0 0 E、1 0 0 F、1 0 0 G 光	
源モジュール	
1 2 1、1 2 2 導波路パターン	
1 2 8 b 石英系ガラス微粒子層	
A、B、C 領域	
G 1 1、G 1 2、G 2 1、G 2 2、G 3 1、G 3 2、G 4、G 6 1、G 6 2、G 6 3、G	
7 2、G 8 2、G 9 グラフ	
L 1、L 1 a、L 1 G、L 2、L 2 a、L 2 G、L 3、L 3 a、L 3 G、L 4、L 4 a、	40
L 5、L 6、L 7、L 8、L 9 可視光	

【図面】  
【図 1】



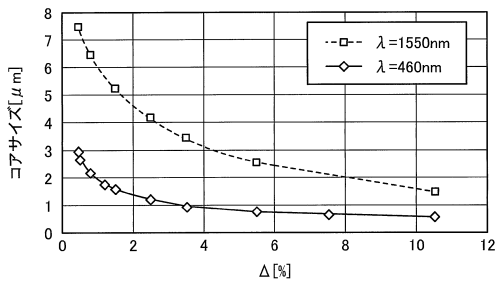
【図 2】



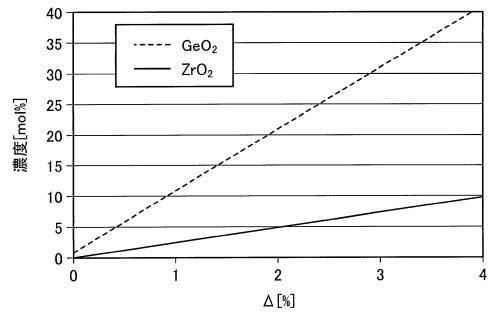
10

20

【図 3】



【図 4】



30

40

50







## フロントページの続き

## (51)国際特許分類

F I  
H 0 1 L 33/00 L  
G 0 2 F 1/313

## (56)参考文献

国際公開第 2 0 1 7 / 0 6 5 2 2 5 ( W O , A 1 )  
特開 2 0 1 3 - 2 1 0 6 2 3 ( J P , A )  
特開 2 0 1 9 - 0 1 5 8 1 6 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 1 0 / 1 3 7 6 6 1 ( W O , A 1 )  
特開 2 0 1 8 - 1 8 0 5 1 3 ( J P , A )  
実開平 0 4 - 1 2 1 7 7 0 ( J P , U )  
特表平 0 9 - 5 1 2 3 5 3 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 2 4 2 1 2 5 ( J P , A )  
米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 1 0 5 8 1 2 ( U S , A 1 )

## (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

G 0 2 B 6 / 1 2 - 6 / 1 4  
G 0 2 B 6 / 2 6 - 6 / 2 7  
G 0 2 B 6 / 3 0 - 6 / 3 4  
G 0 2 B 6 / 4 2 - 6 / 4 3  
H 0 1 S 5 / 0 0 - 5 / 5 0