

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6538178号  
(P6538178)

(45) 発行日 令和1年7月3日(2019.7.3)

(24) 登録日 令和1年6月14日(2019.6.14)

(51) Int. Cl.	F 1
F 2 1 V 9/30 (2018.01)	F 2 1 V 9/30
F 2 1 V 3/00 (2015.01)	F 2 1 V 3/00 3 2 0
F 2 1 V 7/28 (2018.01)	F 2 1 V 7/28 2 4 0
F 2 1 W 102/00 (2018.01)	F 2 1 W 102:00
F 2 1 Y 115/30 (2016.01)	F 2 1 Y 115:30

請求項の数 16 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2017-537579 (P2017-537579)	(73) 特許権者	000005049
(86) (22) 出願日	平成28年5月17日 (2016.5.17)		シャープ株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/064608		大阪府堺市堺区匠町1番地
(87) 国際公開番号	W02017/038164	(74) 代理人	110000338
(87) 国際公開日	平成29年3月9日 (2017.3.9)		特許業務法人HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK
審査請求日	平成29年11月28日 (2017.11.28)	(72) 発明者	川口 佳伸
(31) 優先権主張番号	特願2015-174160 (P2015-174160)		大阪府堺市堺区匠町1番地 シャープ株式会社内
(32) 優先日	平成27年9月3日 (2015.9.3)	(72) 発明者	安念 一規
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		大阪府堺市堺区匠町1番地 シャープ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

励起光を照明光の一部として出射する発光装置であって、  
 可視光である上記励起光を出射する励起光源と、  
 上記励起光源から出射された励起光を受けて蛍光を発する小空隙蛍光体板からなる蛍光体層と、  
 上記励起光の配光を制御し、上記蛍光体層の内部へ上記励起光を導く励起光配光制御部と、を備え、  
 上記小空隙蛍光体板は、内部に存在する空隙の幅が、0nm以上かつ上記励起光の波長の10分の1以下である蛍光体板であり、  
 上記励起光源は、上記励起光として、420nm以上かつ490nm以下の波長範囲のレーザー光を出射する半導体レーザーであり、  
上記空隙の幅は、0nm以上かつ40nm以下であることを特徴とする発光装置。

【請求項2】

上記励起光は、上記蛍光体層の励起光照射面の一部の領域に照射されることを特徴とする請求項1に記載の発光装置。

【請求項3】

上記蛍光体層に含まれている蛍光体は、単結晶または多結晶のガーネット系蛍光体であることを特徴とする請求項1または2に記載の発光装置。

【請求項4】

上記蛍光体層に含まれている蛍光体は、単結晶のガーネット系蛍光体であることを特徴とする請求項3に記載の発光装置。

【請求項5】

上記ガーネット系蛍光体は、YAG（イットリウム・アルミニウム・ガーネット）蛍光体であることを特徴とする請求項3または4に記載の発光装置。

【請求項6】

上記励起光配光制御部は、上記励起光を散乱させることにより上記励起光の配光を制御することを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の発光装置。

【請求項7】

上記励起光配光制御部は、上記励起光を散乱させる散乱体粒子を封止した封止層であることを特徴とする請求項6に記載の発光装置。

10

【請求項8】

上記封止層の厚さは、 $10\ \mu\text{m}$ 以上かつ $50\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項7に記載の発光装置。

【請求項9】

上記励起光配光制御部として、上記蛍光体層の励起光照射面に凹凸形状が形成されていることを特徴とする請求項6に記載の発光装置。

【請求項10】

上記励起光を透過させるとともに、上記蛍光を反射するダイクロイックミラーを、上記蛍光体層の、上記励起光の入射側にさらに備えていることを特徴とする請求項1から9のいずれか1項に記載の発光装置。

20

【請求項11】

上記蛍光体層を支持する透光性の基板をさらに備えていることを特徴とする請求項1から10のいずれか1項に記載の発光装置。

【請求項12】

上記蛍光体層の蛍光の出射側の面の一部を覆い、上記励起光および蛍光を遮光する遮光部をさらに備えていることを特徴とする請求項1から11のいずれか1項に記載の発光装置。

【請求項13】

上記蛍光体層の励起光照射面の一部を覆い、上記励起光および蛍光を遮光する遮光部をさらに備えており、

30

上記励起光配光制御部は、上記励起光照射面のうち、上記遮光部によって覆われていない部分に設けられていることを特徴とする請求項1から11のいずれか1項に記載の発光装置。

【請求項14】

上記遮光部は、上記励起光および蛍光を反射する反射部であることを特徴とする請求項12または13に記載の発光装置。

【請求項15】

上記遮光部は、上記励起光および蛍光を吸収する光吸収部であることを特徴とする請求項12または13に記載の発光装置。

40

【請求項16】

上記蛍光体層に対して上記励起光が照射される面は、当該蛍光体層において上記蛍光が出射される面と対向していることを特徴とする請求項1から15のいずれか1項に記載の発光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光装置に関する。

【背景技術】

【0002】

50

近年、発光ダイオード (Light Emitting Diode, LED) 等の半導体発光素子と、蛍光体 (波長変換部材) とを組み合わせた発光装置が開発されている。これらの発光装置は、小型であり、かつ、消費電力が白熱電球よりも少ないという利点を有しているため、各種表示装置または照明装置の光源として実用化されている。

【0003】

そして、発光装置の性能または利便性の向上を目的として、様々な発光装置が提案されている。例えば、特許文献1には、高密度のレーザー光を集光してスポット的に照射した場合に、局所的に発生する輝度飽和または温度消光を改善することを目的とした発光装置が開示されている。

【0004】

また、特許文献2には、人間の目に対する安全性を確保するとともに、発光色の混色性を改善することを目的とした光源装置が開示されている。また、特許文献3には、高い発光効率を実現するとともに、色ムラの発生がなく高い均一性を有する光を得ることを目的とした蛍光光源装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】日本国特許公報「特開2014-67961号公報(2014年4月17日公開)」

【特許文献2】日本国特許公報「特開2012-182376号公報(2012年9月20日公開)」

【特許文献3】日本国特許公報「特開2015-69885号公報(2015年4月13日公開)」

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで最近では、波長変換部材として、小空隙蛍光体板からなる蛍光体層を用いることも検討されている。なお、小空隙蛍光体板の定義については後述する。後述するように、小空隙蛍光体板からなる蛍光体層は、光(励起光および蛍光)の散乱性が非常に低い。

【0007】

しかしながら、小空隙蛍光体板からなる蛍光体層を用いた場合に、発光装置から出射される照明光の色ムラを低減させるという技術的思想については、上述の特許文献1および3においては考慮されていない。また、特許文献2においては、上記技術的思想が考慮されているものの、十分であるとは言えない。従って、特許文献1~3に係る発明では、小空隙蛍光体板からなる蛍光体層を用いた場合に、発光装置から出射される照明光の色ムラを十分に低減させることができないという問題がある。

【0008】

本発明は、上記の問題を解決するためになされたものであり、その目的は、小空隙蛍光体板からなる蛍光体層を用いた場合に、発光装置から出射される照明光の色ムラを低減させることが可能な発光装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係る発光装置は、励起光を照明光の一部として出射する発光装置であって、可視光である上記励起光を出射する励起光源と、上記励起光源から出射された励起光を受けて蛍光を発する小空隙蛍光体板からなる蛍光体層と、上記励起光の配光を制御し、上記蛍光体層の内部へ上記励起光を導く励起光配光制御部と、を備え、上記小空隙蛍光体板は、内部に存在する空隙の幅が、0nm以上かつ上記励起光の波長の10分の1以下である蛍光体板であり、上記励起光源は、上記励起光として、420nm以上かつ490nm以下の波長範囲のレーザー光を出射する半導体レーザーであり、上記空隙の幅は、0nm以上かつ40nm以下である。

10

20

30

40

50

## 【発明の効果】

## 【0010】

本発明の一態様に係る発光装置によれば、小空隙蛍光体板からなる蛍光体層を用いた場合に、発光装置から出射される照明光の色ムラを低減させることが可能となるという効果を奏する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0011】

【図1】(a)は、本発明の実施形態1に係る発光装置の構成を示す図であり、(b)は当該発光装置に含まれる発光部の構成を概略的に示す図である。

【図2】(a)および(b)はそれぞれ、本発明の実施形態1に係る発光装置における励起光配光制御部の構成の具体例を示す図である。

【図3】本発明の実施形態1に係る蛍光体板(小空隙蛍光体板)内における空隙幅について説明するための概略図である。

【図4】(a)および(b)はそれぞれ、本発明の実施形態1に係る発光部の比較例を示す図である。

【図5】本発明の実施形態2に係る発光装置に含まれる発光部の周辺の構成を概略的に示す図である。

【図6】本発明の実施形態2におけるダイクロイックミラーの光学特性の一例を示す図である。

【図7】本発明の実施形態3に係る発光装置に含まれる発光部の周辺の構成を概略的に示す図である。

【図8】本発明の実施形態4に係る発光装置に含まれる発光部の周辺の構成を概略的に示す図である。

【図9】本発明の実施形態5に係る発光装置に含まれる発光部の周辺の構成を概略的に示す図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0012】

## 〔実施形態1〕

本発明の実施形態1について、図1～図4に基づいて説明すれば、以下の通りである。

## 【0013】

## (発光装置100の構成)

図1の(a)は、本実施形態の発光装置100の構成を示す図である。また、図1の(b)は、発光装置100に含まれる発光部1の構成を概略的に示す図である。発光装置100は、発光部1、半導体レーザ10a～10c(励起光源)、光ファイバ11a～11c、バンドルファイバ12、フェルール13、フェルール固定部14、固定部15、レンズ16(投光光学系)、レンズ固定部17、および放熱部18を備えている。

## 【0014】

発光装置100は、半導体レーザ10a～10cから発せられた青色のレーザ光(励起光)と、発光部1に含まれる蛍光体から発せられた黄色の蛍光とを、レンズ16によって特定の方向に投光するように構成されている。なお、後述するように、当該蛍光体は、例えばYAG(Yttrium Aluminum Garnet, イットリウム・アルミニウム・ガーネット)単結晶蛍光体である。

## 【0015】

この青色のレーザ光と黄色の蛍光とが混合された光が、白色(より厳密には擬似白色)の照明光として、発光装置100の外部に出射されることとなる。発光装置100は、スポットライトまたは自動車用の前照灯等に用いられてよい。

## 【0016】

はじめに、図1の(a)を参照し、発光部1を除いた各部材について説明する。半導体レーザ10a～10cは、発光部1に含まれる蛍光体を励起する励起光を出射する3個の励起光源である。半導体レーザ10a～10cのそれぞれは、1Wの出力を有する波長4

10

20

30

40

50

50nmの青色のレーザー光を励起光として出射する。

【0017】

但し、半導体レーザー10a~10cから出射される励起光の波長は、青色光領域に含まれるものであればよく、蛍光体の励起波長に応じて適宜選択されてよい。すなわち、励起光は青色の可視光であればよい。また、半導体レーザー10a~10cの個数および出力もまた、発光装置100の仕様に依じて適宜選択されてよい。

【0018】

なお、図1の(a)では図示されていないが、半導体レーザー10a~10cを動作させるための電源系統が、半導体レーザー10a~10cに接続されている。また、半導体レーザー10a~10cの動作時に生じる熱を放熱するために、ヒートシンクまたは冷却治具等の放熱機構が、半導体レーザー10a~10cに設けられてもよい。

10

【0019】

また、本発明の一態様に係る励起光源は、青色の励起光を出射することが可能なものであればよく、必ずしも半導体レーザーのみに限定されなくともよい。一例として、青色光を発する青色LEDを励起光源として使用することも可能である。

【0020】

3本の光ファイバ11a~11cは、半導体レーザー10a~10cのそれぞれから出射されたレーザー光を導光するために設けられた部材である。光ファイバ11a~11cのそれぞれは、半導体レーザー10a~10cに対応するように設けられている。半導体レーザー10a~10cのそれぞれから出射されたレーザー光は、光ファイバ11a~11cの入射端に入射される。

20

【0021】

バンドルファイバ12は、3本の光ファイバ11a~11cを出射端側において束ねたものである。また、バンドルファイバ12の出射端は、フェルール13に接続されている。

【0022】

フェルール13は、バンドルファイバ12の出射端を保持する部材である。なお、フェルール13には、バンドルファイバ12の出射端を挿入可能な孔が複数形成されていてよい。フェルール13が設けられることにより、バンドルファイバ12の出射端が、発光部1の励起光照射面(レーザー光が照射される面)に対して所定の向きで対向することとなる。

30

【0023】

このようにして、半導体レーザー10a~10cから出射されたレーザー光は、バンドルファイバ12の出射端から出射され、発光部1の励起光照射面に照射される。そして、発光部1に含まれる蛍光体がレーザー光によって励起されることにより、レーザー光よりも長い波長を有する蛍光(例えば、黄色の蛍光)が、当該蛍光体から発せられる。

【0024】

従って、上述したように、半導体レーザー10a~10cから出射された青色のレーザー光と、蛍光体から発せられた黄色の蛍光とが混合されることにより、白色の照明光が得られる。この白色の照明光は、発光部1の励起光照射面とは反対側の面から、レンズ16に向けて発せられることとなる。

40

【0025】

以降、発光部1の励起光照射面とは反対側の面を、発光部1の上面と称する。この上面は、以下に述べる蛍光体層1aの蛍光の出射側の面と理解されてよい。また、発光部1の励起光照射面を、発光部1の下面と称する。

【0026】

フェルール固定部14は、フェルール13を固定する部材である。一例として、フェルール固定部14は、アルミニウム、銅、鉄、または銀等の金属材料によって製作されてよい。また、固定部15は、フェルール固定部14、発光部1、および放熱部18を固定する部材である。固定部15の材料も、フェルール固定部14の材料と同様のものが選択さ

50

れてよい。なお、フェール固定部 14 および固定部 15 を、一体として形成することもできる。

【0027】

レンズ 16 は、発光部 1 の上面から出射された照明光を投光する凸レンズである。レンズ 16 によって投光された蛍光は、発光装置 100 の外部に出射される。換言すれば、レンズ 16 は、照明光を所望の方向に投光する投光光学系である。

【0028】

なお、当該投光光学系として、凸レンズ以外の光学部材を使用することもできる。一例として、リフレクタ（凹面鏡）によって投光光学系を構成することもできる。また、リフレクタと凸レンズとを組み合わせる投光光学系を構成することも可能である。

10

【0029】

レンズ固定部 17 は、レンズ 16 を固定する部材である。なお、本実施形態では、レンズ固定部 17 は、固定部 15 をも固定している。このため、図 1 の (a) を参照すれば、発光部 1 において発生した熱は、放熱部 18 および固定部 15 を介してレンズ固定部 17 に伝導されることとなる。

【0030】

従って、レンズ固定部 17 は、当該熱を効果的に放出するために、熱伝導率に優れた材料（アルミニウム等）を用いて形成されることが好ましい。一例として、レンズ固定部 17 は、黒アルマイト処理が施されたアルミニウムによって形成されてよい。

【0031】

放熱部 18 は、発光部 1 において発生した熱を放出する部材である。放熱部 18 は、発光部 1 の側面を覆うように設けられている。放熱部 18 についても、レンズ固定部 17 と同様に、熱伝導率に優れた材料を用いて形成されることが好ましい。例えば、放熱部 18 は、アルミニウム、銅、鉄、または銀等の金属材料によって形成されてよい。

20

【0032】

続いて、図 1 の (b) を参照し、発光部 1 の構成について述べる。発光部 1 は、蛍光体層 1a および励起光配光制御部 1b を備えている。この蛍光体層 1a は、波長変換部材と理解されてよい。

【0033】

発光部 1 において、蛍光体層 1a は、励起光配光制御部 1b の上側（すなわち、下面から上面に向かう方向）に配置されている。ここで、蛍光体層 1a の下面は、蛍光体層 1a の励起光照射面と理解されてよい。従って、蛍光体層 1a は、励起光配光制御部 1b に比べて、レンズ 16 により近い位置に配置されることとなる。また、励起光配光制御部 1b は、蛍光体層 1a に比べて、バンドルファイバ 12 の出射端により近い位置に配置されることとなる。

30

【0034】

なお、図 1 の (b) では、半導体レーザ 10a ~ 10c から出射されたレーザ光をレーザ光 L1、蛍光体層 1a 内に含まれる蛍光体から発せられた蛍光を蛍光 L2 と称している。図 1 の (b) に示されるように、励起光配光制御部 1b は、蛍光体層 1a に先立ちレーザ光 L1 を受光する。

40

【0035】

なお、レーザ光 L1 が照射される励起光配光制御部 1b の下面の領域を、励起光照射領域 AP と称する。励起光照射領域 AP は、例えば直径 1mm の円形の領域であってよい。励起光照射領域 AP のサイズは、半導体レーザ 10a ~ 10c から出射されるレーザ光 L1 のスポット径に相当する。

【0036】

このように、レーザ光 L1 は、励起光配光制御部 1b の下面の一部の領域を照射するスポット光であると理解されてよい。そして、レーザ光 L1 は、励起光配光制御部 1b を通って、蛍光体層 1a の下面に照射されることとなる。

【0037】

50

続いて、レーザ光 L 1 が蛍光体層 1 a の下面に照射されることにより、蛍光体層 1 a の下面において蛍光 L 2 が発せられる。その結果、レーザ光 L 1 と蛍光 L 2 とが混合された照明光が、蛍光体層 1 a の上面からレンズ 1 6 に向けて出射される。なお、照明光が出射される蛍光体層 1 a の上面の領域を、発光領域 B P と称する。

【 0 0 3 8 】

このように、発光部 1 では、励起光配光制御部 1 b の下面に位置する励起光照射領域 A P にレーザ光 L 1 が照射され、蛍光体層 1 a の上面に位置する発光領域 B P から、蛍光 L 2 を含んだ照明光が出射される。

【 0 0 3 9 】

換言すれば、発光部 1 では、レーザ光 L 1 (励起光) が主に照射される面と、蛍光 L 2 が外部に主に照射される面とが対向している。このような発光部 1 の構成を、透過型の構成と称することとする。

【 0 0 4 0 】

蛍光体層 1 a は、小空隙蛍光体板からなる部材であり、ガラスまたは樹脂等を含んでいない。蛍光体層 1 a に含まれる蛍光物質(蛍光体)は、単結晶または多結晶のガーネット系蛍光体であってよい。このようなガーネット系蛍光体を用いることにより、ガラスまたは樹脂等を含まず、小空隙蛍光体板からなる蛍光体層 1 a を実現することができる。

【 0 0 4 1 】

はじめに、「小空隙蛍光体板」という用語の定義について述べる。小空隙蛍光体板とは、蛍光体板であって、当該蛍光体板中に存在する空隙の幅(以下、空隙幅と称する)が、可視光の波長の 1 0 分の 1 以下である蛍光体板を意味する。より具体的には、本実施形態では、空隙幅は、0 n m 以上かつ 4 0 n m 以下である。すなわち、空隙幅を記号 t として表せば、 $0 \text{ n m} < t < 4 0 \text{ n m}$  である。なお、「小空隙蛍光体板」は、「小空隙蛍光体部材」と称されてもよい。

【 0 0 4 2 】

なお、上述の定義によれば、「小空隙蛍光体板」という用語の意味には、空隙が存在している ( $0 \text{ n m} < t < 4 0 \text{ n m}$  である) 蛍光体板のみならず、空隙が存在していない ( $t = 0 \text{ n m}$  である) 蛍光体板もが包含されていることに留意されたい。すなわち、本発明の一態様において、「小空隙」という文言には、「空隙が存在していない」という意味が包含されている。

【 0 0 4 3 】

また、上述の「空隙」とは、蛍光体板内の結晶間の隙間(換言すれば粒界)を意味する。一例として、空隙は、内部に空気のみが存在している空洞である。但し、空隙の内部には、何らかの異物(例: 蛍光体板の原料であるアルミナ等)が入り込んでいてもよい。

【 0 0 4 4 】

また、上述の「空隙幅」とは、蛍光体板内において隣接する結晶(結晶粒)間の距離の最大値を意味する。図 3 は、本実施形態に係る蛍光体板(小空隙蛍光体板内)における空隙幅について説明するための概略図である。図 3 には、隣接する結晶間の距離として、距離 d 1 ~ d 4 が示されている。例えば、距離 d 1 ~ d 4 のうち、距離 d 1 が最大の距離であれば、この距離 d 1 が空隙幅である。

【 0 0 4 5 】

なお、上述の距離 d 1 ~ d 4 を測定するためには、蛍光体板の断面を切り出した後に、光学顕微鏡、SEM (Scanning Electron Microscope, 走査型電子顕微鏡)、または TEM (Transmission Electron Microscope, 透過型電子顕微鏡) 等の測定機器によって、当該断面の観察像を得ればよい。当該観察像を解析することにより、距離 d 1 ~ d 4 を測定することができる。すなわち、空隙幅を測定することが可能となる。

【 0 0 4 6 】

そして、本願の発明者による検討の結果、小空隙蛍光体板においては、空隙幅が 4 0 n m 以下の場合、レーザ光 L 1 および蛍光 L 2 に対する散乱(内部散乱)効果は、全く発生しないか、または非常に発生しにくいことが確認された。

10

20

30

40

50

## 【0047】

上記40nmという空隙幅の長さは、励起光の波長（青色光の場合：420～490nm）および蛍光の波長（励起光より長波長）の10分の1程度またはそれ以下の長さである。上記検討の結果は、散乱体に光を照射した場合、散乱体のサイズが当該光の10分の1程度以下になると、ミー散乱が起きないという一般的な見解と合致するものである。このように、小空隙蛍光体板においては、上記散乱効果が全く発生しないか、または非常に発生しにくい。

## 【0048】

従って、小空隙蛍光体板からなる蛍光体層1aを用いて発光装置を構成した場合には、当該発光装置から出射される照明光に色ムラが生じることとなる。

10

## 【0049】

ここで、単結晶とは、結晶内の全ての位置において、結晶軸の方向が不変である結晶を意味する。また、多結晶とは、複数の単結晶によって構成された結晶を意味する。なお、多結晶に含まれる各単結晶は、それぞれ個別の結晶軸の方向を向いている。このため、多結晶内の位置に応じて、結晶軸の方向は変化し得る。

## 【0050】

また、多結晶内では、互いに隣接する単結晶間に界面が存在している。この界面は、粒界（結晶粒界）と呼称される。多結晶の蛍光体を用いて蛍光体層1aを形成した場合には、蛍光体層1aには粒界が存在することとなる。このため、蛍光体層1aにおける空隙幅 $t$ は、0nmより大きく、かつ40nm以下である。すなわち、多結晶の場合には、 $0\text{nm} < t < 40\text{nm}$ という関係が満たされることとなる。なお、多結晶蛍光体板を製造する方法については、後述する。

20

## 【0051】

他方、単結晶の蛍光体を用いて蛍光体層1aを形成した場合には、蛍光体層1aには粒界が存在しない。このため、蛍光体層1aにおける空隙幅 $t$ は、0nmである。すなわち、単結晶の場合には、 $t = 0\text{nm}$ という関係が満たされることとなる。また、単結晶蛍光体板を製造する方法については、後述する。

## 【0052】

以上のように、蛍光体層1aにおける粒界の存在の有無（換言すれば空隙幅 $t$ の値）によって、蛍光体層1aを構成する蛍光体が単結晶であるか多結晶であるかを区別することができる。なお、小空隙蛍光体板において、空隙幅 $t$ の値が $t = 0\text{nm}$ と見なせる程度に十分小さい場合にも、当該小空隙蛍光体板を構成する蛍光体は単結晶であると区別されてよい。

30

## 【0053】

また、上述のように、単結晶の蛍光体は、多結晶の蛍光体に比べて小さい空隙幅 $t$ を有している。このため、単結晶の蛍光体は、多結晶の蛍光体に比べて高い熱伝導率を有することとなる。このため、単結晶の蛍光体は、多結晶の蛍光体に比べて熱を放出しやすい。

## 【0054】

但し、本実施形態では、多結晶の蛍光体も、 $0\text{nm} < t < 40\text{nm}$ という非常に小さい空隙幅 $t$ を有しているため、従来の蛍光体に比べて高い熱伝導率を有することとなる。また、多結晶の蛍光体であっても、空隙幅 $t$ が非常に少なければ、単結晶の蛍光体とほぼ同程度の熱伝導率を有し得る。

40

## 【0055】

従って、蛍光体層1aに粒界が存在しない場合には、蛍光体層1aに粒界が存在する場合に比べて、蛍光体層1aの温度上昇を抑制することができるため、蛍光体層1aの発光効率を向上させることができる。換言すれば、単結晶の蛍光体を用いることにより、多結晶の蛍光体を用いた場合に比べて、より高輝度の照明光を出力する発光装置100を実現することができる。

## 【0056】

そして、ガーネット系蛍光体は、発光効率および放熱性の両方において優れているため

50

、発光装置 100 の性能向上に好適である。本実施形態では、ガーネット系蛍光体として、化学式  $(Y, Lu, Gd)_3(A, Al, Ga)_5O_{12} : Ce$  として表される YAG 蛍光体を用いる。当該 YAG 蛍光体は、ピーク波長が約 550 nm である黄色の蛍光 (蛍光 L2) を発する。

【0057】

但し、本発明の一態様に係るガーネット系蛍光体は、YAG 蛍光体のみ限定されなくともよい。一例として、GAGG (Gadolinium Aluminum Gallium Garnet, ガドリウム・アルミニウム・ガリウム・ガーネット) 蛍光体または LuAG (Lutetium Aluminum Garnet, ルテチウム・アルミニウム・ガーネット) 蛍光体が、ガーネット系蛍光体として使用されてよい。なお、ガーネット系蛍光体には、発光中心として、セリウム (Ce) をドー

10

【0058】

但し、発光効率および放熱性の観点からは、YAG 蛍光体を使用することが特に好ましい。特に、YAG 単結晶蛍光体を用いることにより、発光装置の性能を特に好適に向上させることができる。

【0059】

ところで、単結晶または多結晶のガーネット系蛍光体は、光の散乱性が非常に低いことが知られている。従って、蛍光体層 1a もまた、光の散乱性が非常に低い部材となる。

【0060】

この点を踏まえて、本願の発明者は、YAG 単結晶蛍光体および YAG 多結晶蛍光体のそれぞれの光の散乱性を確認するための実験を行った。具体的には、本願の発明者は、YAG 単結晶蛍光体および YAG 多結晶蛍光体によって蛍光体層をそれぞれ形成し、各蛍光体層の平坦な表面におけるヘイズ (Haze) 値を測定する実験を行った。

20

【0061】

ここで、ヘイズ値とは、ある面に入射した光の全光線透過率に対する拡散透過率の割合を示す指標である。従って、ヘイズ値が小さいほど、当該面の光の散乱性が低いと理解することができる。

【0062】

実験の結果、YAG 単結晶蛍光体の平坦な表面におけるヘイズ値は 4.5% であることが確認された。また、YAG 多結晶蛍光体の平坦な表面におけるヘイズ値は 4.6% であることが確認された。

30

【0063】

このように、YAG 単結晶蛍光体および YAG 多結晶蛍光体は、約 5% 以下という非常に低いヘイズ値を有していることが確認された。換言すれば、YAG 単結晶蛍光体および YAG 多結晶蛍光体は、光の散乱性が非常に低いことが確認された。従って、蛍光体層 1a は散乱性が非常に低く、光をほとんど散乱しない部材であると理解されてよい。

【0064】

また、YAG 単結晶蛍光体と YAG 多結晶蛍光体とは、ほぼ同程度のヘイズ値を有することが確認された。従って、YAG 単結晶蛍光体と YAG 多結晶蛍光体との間には、光の散乱性の程度に有意に差は見られないと言える。このため、YAG 単結晶蛍光体または YAG 多結晶蛍光体のいずれを用いても、内部散乱が少ない蛍光体層が形成される。また、当該蛍光体層は、輝度の高い蛍光を発する。

40

【0065】

続いて、多結晶で構成される蛍光体層 1a (多結晶蛍光体板) を製造する方法の例を以下に示す。まず、サブミクロンサイズの酸化物の粉末を原料として、液相法または固相法により蛍光体原料粉末を作成する。例えば、蛍光体原料粉末が YAG 蛍光体である場合、酸化物は酸化イットリウム、酸化アルミニウム、および酸化セリウムなどである。その後、蛍光体原料粉末を金型などで成型し、真空焼結させる。

【0066】

上述の方法を用いることで、 $0 \text{ nm} < t < 40 \text{ nm}$  を満たす空隙幅  $t$  を有する蛍光体層

50

1 a が得られる。上述したように、蛍光体層 1 a は、従来の蛍光体層に比べて小さい空隙幅  $t$  を有するため、高い熱伝導率を有することとなる。

【 0 0 6 7 】

このため、蛍光体層 1 a の温度は、高密度の励起光を照射しても上昇しにくい。したがって、蛍光体層 1 a を構成する蛍光体の効率低下を抑制することができる。従って、高輝度かつ高効率の発光装置を提供することができる。

【 0 0 6 8 】

さらに、上述の方法によれば、蛍光体層 1 a が製品に近い形状で形成されるため、材料のロスが小さく、かつ加工に要する時間を短縮できる。すなわち、上述の方法によれば、多結晶蛍光体板の量産性を向上することが可能となる。

10

【 0 0 6 9 】

また、単結晶で構成される蛍光体層 1 a (単結晶蛍光体板) を製造する方法の例としては、液相法、例えば CZ 法が挙げられる。具体的には、まず、酸化物粉末を乾式混合などにより混合粉末し、当該混合粉末をるつぽに入れて加熱することで、融液を作製する。次に、蛍光体の種結晶を用意し、当該種結晶を上記融液に接触させた後、回転させながら引き上げる。この時、引き上げ温度は 2000 程度とする。これにより、蛍光体の例えば  $\langle 111 \rangle$  方向の単結晶インゴットを育成することができる。その後、当該単結晶インゴットを所望の大きさに切り出す。なお、単結晶インゴットの切り出し方次第では、 $\langle 001 \rangle$  または  $\langle 110 \rangle$  方向などに単結晶板を切り出すこともできる。

【 0 0 7 0 】

20

上述の方法によれば、単結晶インゴットは、蛍光体の融点以上の温度で融液から作成されるため、高い結晶性を有する。すなわち、欠陥が少なくなる。このため、蛍光体層 1 a の温度特性が向上し、温度の上昇による効率の低下が抑制される。

【 0 0 7 1 】

加えて、上述の方法で得られた単結晶インゴットは、空隙がないため (空隙幅  $t = 0$  nm であるため)、多結晶で形成された蛍光体層 1 a と比較して、さらに熱伝導率が高くなる。当該単結晶インゴットの熱伝導率は、例えば  $10 \text{ W/m} \cdot \text{K}$  程度である。このため、高密度の励起光を照射した場合であっても、蛍光体層 1 a の温度上昇を、抑制することができる。

【 0 0 7 2 】

30

なお、蛍光体層 1 a は、発光装置 100 の仕様に応じて、任意の断面形状 (矩形または円形) を有するように形成されてよい。一例として、本実施形態における蛍光体層 1 a は、長さ 10 mm の正方形の断面形状を有するように形成されている。本実施形態における蛍光体層 1 a の厚さは、 $100 \mu\text{m} \sim 0.5 \text{ mm}$  程度の値であるが、特に限定されない。

【 0 0 7 3 】

続いて、励起光配光制御部 1 b について説明する。励起光配光制御部 1 b は、蛍光体層 1 a の非常に低い、光の散乱性を補償するために設けられた部材であると理解されてよい。以下に示すように、励起光配光制御部 1 b は、レーザー光 L1 の配光を制御し、配光を制御したレーザー光 L1 を蛍光体層 1 a の内部へ導く部材である。

【 0 0 7 4 】

40

ここで、図 2 の (a) および (b) を参照して、励起光配光制御部 1 b の構成の具体例について述べる。図 2 の (a) および (b) はそれぞれ、励起光配光制御部 1 b の構成の具体例を示す図である。

【 0 0 7 5 】

はじめに、図 2 の (a) の構成について説明する。図 2 の (a) は、励起光配光制御部 1 b を蛍光体層 1 a とは別体として設けた場合の構成を示す。励起光配光制御部 1 b は、封止層 1 b s と散乱体粒子 1 b p とを備える。

【 0 0 7 6 】

封止層 1 b s は、散乱体粒子 1 b p を内部に封止する層 (薄膜) である。封止層 1 b s は、透明な材料によって形成されている。封止層 1 b s は、ガラス (シリカガラス等) に

50

よって形成されてよい。封止層 1 b s をガラスによって形成することにより、励起光配光制御部 1 b の熱伝導率を向上させることが可能となる。

【 0 0 7 7 】

なお、封止層 1 b s をガラスによって形成する場合には、スクリーン印刷等の公知の方法により、蛍光体層 1 a の下面に散乱体粒子 1 b p を堆積させればよい。続いて、散乱体粒子 1 b p が堆積された蛍光体層 1 a の下面に、硬化前のガラス材料を塗布する。そして、ガラス材料を硬化させることにより、散乱体粒子 1 b p を内部に含んだガラス（すなわち封止層 1 b s）を形成することができる。

【 0 0 7 8 】

但し、封止層 1 b s の材料は、ガラスのみに限定されない。一例として、樹脂（シリコンまたはアクリル等）によって封止層 1 b s を形成してもよい。この場合、散乱体粒子 1 b p を内部に分散させた樹脂を準備し、当該樹脂を蛍光体層 1 a の下面に塗布することにより、封止層 1 b s を形成することができる。

10

【 0 0 7 9 】

なお、封止層 1 b s の厚さは、励起光照射領域 A P のサイズに応じて適宜決定されてよい。一例として、封止層 1 b s の厚さは、 $10\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$  程度の値であってよい。なお、封止層 1 b s の厚さ（励起光配光制御部 1 b の厚さ）は、蛍光体層 1 a に比べて薄く形成されることが好ましい。この点を考慮すると、封止層 1 b s の厚さは、 $10\ \mu\text{m}$  以上かつ  $50\ \mu\text{m}$  以下であることがより好ましい。

【 0 0 8 0 】

20

散乱体粒子 1 b p は、レーザー光 L 1 を散乱させる機能を有する部材である。散乱体粒子 1 b p は、例えば粒径数  $\mu\text{m}$  程度のアルミナ粒子である。励起光配光制御部 1 b によって散乱されたレーザー光 L 1 の一部は、蛍光体層 1 a の下面に向かうこととなる。

【 0 0 8 1 】

このように、図 2 の ( a ) の場合には、散乱体粒子 1 b p が設けられることによって、励起光配光制御部 1 b が実現されている。なお、図 2 の ( b ) に示すように、励起光配光制御部の構成は、図 2 の ( a ) の構成のみに限定されないが、簡単のため各実施形態では、特に明記しない限りは、図 2 の ( a ) の構成を例示して説明を行うこととする。

【 0 0 8 2 】

続いて、図 2 の ( b ) の構成について説明する。図 2 の ( b ) は、励起光配光制御部を蛍光体層と一体として設けた場合の構成を示す。ここで、上述の図 1 の ( a ) および図 2 の ( a ) の構成との区別のため、図 2 の ( b ) の発光部を発光部 1 t として表す。

30

【 0 0 8 3 】

発光部 1 t は、上述の蛍光体層 1 a を加工することによって形成される部材である。具体的には、発光部 1 t は、蛍光体層 1 a の下面に表面加工（例えば、エッチングまたは研磨）を施すことによって形成される。

【 0 0 8 4 】

発光部 1 t は、蛍光体層 1 a t と散乱層 1 b t（凹凸形状）とを備える。蛍光体層 1 a t は、平坦な表面を有する蛍光体層であり、上述の蛍光体層 1 a と同様の機能を有する。他方、散乱層 1 b t は、下面に微小な凹凸部が形成された表面を有する蛍光体層である。当該凹凸部は、レーザー光 L 1 を散乱させる散乱機構として機能する。

40

【 0 0 8 5 】

ここで、凹凸部においてレーザー光 L 1 を好適に散乱させるために、当該凹凸部における互いに隣接する凹部および凸部の平均間隔（ピッチ）は、レーザー光 L 1 のピーク波長（ $450\ \text{nm}$ ）よりも長く設けられている。当該ピッチは、例えば  $1\ \mu\text{m}$  以上であってよい。なお、凹凸形状はランダムに形成されていなくてもよく、凹部および凸部が例えば周期的に形成されていてもよい。この場合、凹部および凸部の周期が当該ピッチとなる。

【 0 0 8 6 】

図 2 の ( b ) の構成は、蛍光体層に励起光配光制御部の機能を併有させた構成であると理解されてよい。換言すれば、図 2 の ( b ) は、励起光配光制御部として、蛍光体層の励

50

起光照射面に凹凸形状が形成されている構成を示すものと理解されてよい。このように、散乱層 1 b t は、レーザ光 L 1 の配光を制御し、蛍光体層 1 a t の内部へレーザ光 L 1 を導く励起光配光制御部として機能する。

【 0 0 8 7 】

なお、散乱層 1 b t の下面において、励起光照射領域 A P に対応する領域には、レーザ光 L 1 の反射を抑制する A R (Anti-Reflection) コートが成膜されてもよい。これにより、励起光照射領域 A P に照射されたレーザ光 L 1 を、より好適に蛍光体層 1 a t の内部へ導くことができる。

【 0 0 8 8 】

(比較例)

ここで、発光部 1 の効果(換言すれば、発光装置 1 0 0 の効果)の説明に先立ち、比較例について説明する。図 4 の ( a ) および ( b ) はそれぞれ、発光部 1 の比較例を示す図である。

【 0 0 8 9 】

図 4 の ( a ) は、第 1 の比較例を示す図である。第 1 の比較例は、発光部 1 から励起光配光制御部 1 b を除外したものである。ここで、第 1 の比較例において、レーザ光 L 1 を蛍光体層 1 a に照射した場合を考える。

【 0 0 9 0 】

上述したように、蛍光体層 1 a における光の散乱性は非常に低いため、レーザ光 L 1 は蛍光体層 1 a の内部においてほぼ散乱されない。従って、レーザ光 L 1 は、半導体レーザ 1 0 a ~ 1 0 c から出射された方向を保ったまま、発光装置の外部に出射されることとなる。換言すれば、レーザ光 L 1 は、特定の指向性を有したまま、発光装置の外部に出射される。

【 0 0 9 1 】

他方、蛍光 L 2 は、励起光照射領域 A P に対応する蛍光体層 1 a の下面の領域全体において発生するため、特定の指向性を有しない。従って、レーザ光 L 1 と蛍光 L 2 とのそれぞれの配光を揃えることができないため、照明光の色ムラが発生してしまう。このように、励起光配光制御部 1 b を設けない場合には、照明光の色ムラを抑制することができないという問題が生じる。

【 0 0 9 2 】

また、図 4 の ( b ) は、第 2 の比較例を示す図である。ここで、第 2 の比較例における発光部を、発光部 1 y と呼称する。発光部 1 y は、第 1 層 1 a y および第 2 層 1 b y を備える。

【 0 0 9 3 】

第 1 層 1 a y は、散乱体粒子(例えばアルミナ)および蛍光体(例えば Y A G 蛍光体)を含んだ波長変換部材である。第 1 層 1 a y は、樹脂中に散乱体粒子と蛍光体とを分散されることによって形成されてよい。第 1 層 1 a y (より具体的には、第 1 層 1 a y に含まれる蛍光体)は、レーザ光 L 1 を受光して蛍光 L 2 を発する。

【 0 0 9 4 】

第 2 層 1 b y は、第 1 層 1 a y の下面に設けられた層であり、レーザ光 L 1 を拡散する機能を有する。また、第 2 層 1 b y は、第 1 層 1 a y に比べて十分な厚さを有している。第 2 層 1 b y の下面に入射されたレーザ光 L 1 は、第 2 層 1 b y の内部において拡散された後に、第 1 層 1 a y の下面全体に到達することとなる。

【 0 0 9 5 】

そして、第 1 層 1 a y の下面全体に到達したレーザ光 L 1 は、第 1 層 1 a y に含まれる散乱体粒子によってさらに散乱されることとなる。従って、発光部 1 y では、発光領域が第 1 層 1 a y の上面全体またはそれよりも広い領域に分布する。

【 0 0 9 6 】

すなわち、発光部 1 y では、第 1 層 1 a y および第 2 層 1 b y を設けることによって照明光の色ムラが抑制されているものの、その代償として照明光のスポット性が失われてい

10

20

30

40

50

る。従って、発光部 1 y では、高輝度の照明光を得ることができないという問題が生じる。

【 0 0 9 7 】

( 発光装置 1 0 0 の効果 )

本実施形態の発光装置 1 0 0 において、発光部 1 は、蛍光体層 1 a および励起光配光制御部 1 b を備えている。上述したように、励起光配光制御部 1 b は、レーザ光 L 1 の配光を制御し、当該レーザ光 L 1 を蛍光体層 1 a の内部に導くことができる。

【 0 0 9 8 】

従って、発光部 1 は、上述の第 1 の比較例とは異なり、レーザ光 L 1 をより広範囲に配光させることができるため、レーザ光 L 1 の配光を蛍光 L 2 の配光に揃えることが可能となる。このように、励起光配光制御部 1 b を設けることにより、照明光の色ムラを抑制することが可能となる。

10

【 0 0 9 9 】

また、上述したように、レーザ光 L 1 は蛍光体層 1 a の内部においてほぼ散乱されない。従って、発光部 1 は、上述の第 2 の比較例とは異なり、照明光の色ムラを抑制しつつ、当該照明光のスポット性を維持することができる。すなわち、発光部 1 では、小さいサイズの発光領域 B P を実現することができる。

【 0 1 0 0 】

特に、励起光配光制御部 1 b の厚さを十分に薄くすることにより、発光領域 B P のサイズを励起光照射領域 A P のサイズと同程度とすることが可能となる。このため、照明光が広範囲に配光されないため、高輝度の照明光を得ることも可能となる。

20

【 0 1 0 1 】

続いて、発光装置 1 0 0 のさらなる効果について述べる。励起光がレーザ光である場合には、レーザ光は単位面積当たりのパワー密度が高いため、レーザ光が散乱されずに発光装置 1 0 0 から出射された場合には、発光装置の安全性を害する可能性が懸念される。

【 0 1 0 2 】

しかしながら、発光装置 1 0 0 では、励起光配光制御部 1 b が設けられているため、レーザ光を散乱させることができる。それゆえ、当該レーザ光の単位面積当たりのパワー密度を低下させることができる。従って、安全性がより高いレーザ光を、白色光の一部として発光装置 1 0 0 の外部に出射することができる。このように、本実施形態の発光装置 1 0 0 によれば、発光装置の安全性を高めることもできる。

30

【 0 1 0 3 】

[ 実施形態 2 ]

本発明の実施形態 2 について、図 5 および図 6 に基づいて説明すれば、以下の通りである。なお、説明の便宜上、前記実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。

【 0 1 0 4 】

本実施形態の発光装置 2 0 0 は、実施形態 1 の発光装置 1 0 0 に、ダイクロイックミラー 2 1 を付加した構成である。図 5 は、発光装置 2 0 0 に含まれる発光部 1 の周辺の構成を概略的に示す図である。

40

【 0 1 0 5 】

ダイクロイックミラー 2 1 は、所定の波長範囲の光を透過させるとともに、当該波長範囲以外の光を反射させる機能を有する光学部材である。ダイクロイックミラー 2 1 は、例えば誘電体多層膜を用いて形成されてよい。当該誘電体多層膜としては、例えば  $\text{SiO}_2$  /  $\text{TiO}_2$  の誘電体多層膜を使用することができる。

【 0 1 0 6 】

ダイクロイックミラー 2 1 は、青色のレーザ光 L 1 を透過させるとともに、黄色の蛍光 L 2 を反射する光学特性を有する。図 6 は、本実施形態のダイクロイックミラー 2 1 の光学特性の一例を示すグラフである。

【 0 1 0 7 】

50

図6のグラフにおいて、横軸は光の波長であり、縦軸は光の透過率である。なお、光の透過率は、最大値を1として正規化された値である。図6を参照すれば、ダイクロイックミラー21は、(i)460nm程度以下の波長範囲の光を好適に透過させるとともに、(ii)470nm~750nm程度の波長範囲の光を好適に反射することが理解される。

【0108】

従って、ダイクロイックミラー21は、波長450nmの青色のレーザー光L1を透過させることとともに、ピーク波長550nmを有する黄色の蛍光L2を反射する機能を有する。なお、ダイクロイックミラー21は、光の吸収率が非常に低くなるように設計されているため、以下に述べる光の利用効率の向上に悪影響を及ぼさない。

10

【0109】

ここで、図5を再び参照して、ダイクロイックミラー21の利点について述べる。図5に示されるように、ダイクロイックミラー21は、励起光配光制御部1bの下面を覆うように設けられている。このため、レーザー光L1は、ダイクロイックミラー21を通過して、励起光配光制御部1bの下面に到達することとなる。

【0110】

なお、上述の図2の(b)の発光部の構成を採用した場合の方が、図2の(a)の発光部の構成に比べて、励起光配光制御部1b(図2の(b)の場合には散乱層1bt)の下面に、ダイクロイックミラー21をより容易に設けることができる。

【0111】

そして、蛍光体層1aの内部において発せられる蛍光L2の一部は、下側(蛍光体層1aから励起光配光制御部1bに向かう方向)に向かうこととなる。ダイクロイックミラー21が設けられることにより、下側に向かう蛍光L2を、ダイクロイックミラー21の上面によって反射させ、蛍光体層1aの上側へと向かわせることができる。

20

【0112】

従って、ダイクロイックミラー21が設けられることにより、より多くの蛍光L2を蛍光体層1aの上側から出射させる(照明光の一部として利用することができる)ので、照明光の輝度を向上させることが可能である。

【0113】

このように、ダイクロイックミラー21が設けられることにより、照明光の一部として利用することが可能な蛍光L2の光量を増加させることができるので、蛍光体層1aのサイズを小型化することができる。特に、蛍光体層1aの厚さを薄くすることが可能となる。蛍光体層1aのサイズを小型化することにより、蛍光体層1aの製造に必要な蛍光体の量を低減することができるので、蛍光体層1aの製造コストを低減することが可能となる。

30

【0114】

なお、図5ではダイクロイックミラー21が励起光配光制御部1bの下面に設けられた構成が例示されているが、ダイクロイックミラー21が設けられる位置は、必ずしもこれに限定されない。

【0115】

具体的には、ダイクロイックミラー21は、励起光配光制御部1bの上面に設けられてもよい。この場合、ダイクロイックミラー21は、上下方向において蛍光体層1aと励起光配光制御部1bとの間に挟まれるように配置されることとなる。

40

【0116】

すなわち、本発明の一態様に係る発光装置において、ダイクロイックミラー21は、蛍光体層1aの、レーザー光L1の入射側に設けられていればよい。当該位置関係が満たされていれば、ダイクロイックミラー21によって蛍光体層1aの下側に向かう蛍光L2を反射することができるためである。

【0117】

〔実施形態3〕

本発明の実施形態3について、図7に基づいて説明すれば、以下の通りである。本実施

50

形態の発光装置 300 は、実施形態 1 の発光装置 100 において、( i ) 発光部 1 を発光部 3 に置き換え、かつ、( i i ) 基板 31 を付加した構成である。図 7 は、発光装置 300 に含まれる発光部 3 の周辺の構成を概略的に示す図である。

【 0 1 1 8 】

本実施形態の発光部 3 は、実施形態 1 の発光部 1 において、蛍光体層 1 a を蛍光体層 3 a に置き換えた部材である。なお、蛍光体層 3 a は、蛍光体層 1 a と同様の機能を有する部材であるが、蛍光体層 1 a との区別のため、便宜上異なる部材番号を付している。

【 0 1 1 9 】

蛍光体層 3 a は、蛍光体層 1 a に比べて十分に薄い厚さを有するという点において、蛍光体層 1 a と異なる。具体的には、蛍光体層 3 a の厚さは、 $10\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ 程度として形成されてよい。上述したように、十分に薄い蛍光体層 3 a を適用することにより、蛍光体層の製造コストが低減される。

10

【 0 1 2 0 】

しかしながら、蛍光体層 3 a の厚さを非常に薄くした場合には、蛍光体層 3 a の機械的な強度が低下してしまうことが懸念される。従って、蛍光体層 3 a に下向きの外力が加えられた場合には、蛍光体層 3 a が容易に割れてしまうリスクが懸念される。そこで、本実施形態では、蛍光体層 3 a が容易に割れてしまうことを防止するために、発光部 3 を支持する基板 31 が設けられている。

【 0 1 2 1 】

基板 31 は、発光部 3 を支持する部材である。具体的には、基板 31 は、励起光配光制御部 1 b の下面を支持している。従って、蛍光体層 3 a は、励起光配光制御部 1 b を介して、基板 31 に間接的に支持されることとなる。

20

【 0 1 2 2 】

基板 31 が設けられることにより、非常に薄い蛍光体層 3 a を用いた場合であっても、当該蛍光体層 3 a の割れが発生することを防止できるため、発光装置 300 の取り扱い(ハンドリング)を容易化することができる。

【 0 1 2 3 】

基板 31 は、レーザ光 L1 を透過することができるように、透光性を有している。また、基板 31 は、発光部 3 において発生した熱を効率的に放出することができるように、高い熱伝導率を有していることが好ましい。基板 31 の材料として、サファイアを用いることにより、透明であり、かつ、高い熱伝導率を有する基板 31 を実現できる。

30

【 0 1 2 4 】

なお、基板 31 において、励起光照射領域 A P に対応する部分は、透明な接着剤を用いて励起光配光制御部 1 b の下面と接着されることが好ましい。これにより、励起光照射領域 A P において、基板 31 に向けて照射され励起光配光制御部 1 b に向かうレーザ光 L1 が、基板 31 と励起光配光制御部 1 b との界面において反射または吸収されることを防止することができる。

【 0 1 2 5 】

但し、基板 31 において、励起光照射領域 A P に対応しない部分は、レーザ光 L1 を必ずしも透過させなくともよい部分であるので、不透明な接着材を用いて励起光配光制御部 1 b の下面と接着されてもよい。

40

【 0 1 2 6 】

なお、基板 31 の上面または下面に、上述の実施形態 2 において述べたダイクロイックミラー 21 を設けてもよい。これにより、非常に薄い蛍光体層 3 a を用いた場合であっても、照明光の輝度が低減してしまうことを抑制することが可能である。

【 0 1 2 7 】

なお、基板 31 の上面を加工し、当該上面に凹凸形状を形成してもよい。この凹凸形状は、上述の図 2 の( b )の散乱層 1 b t に設けられた凹凸形状と同様の形状であってもよい。基板 31 の上面に凹凸形状を設けることにより、基板 31 の上面を励起光配光制御部として機能させることが可能となる。

50

## 【0128】

また、基板31の下面において、励起光照射領域APに対応する領域には、レーザ光L1の反射を抑制するARコートが成膜されてもよい。これにより、励起光照射領域APに照射されたレーザ光L1を、より好適に蛍光体層3aの内部へ導くことができる。また、基板31の上面に、上述のダイクロイックミラー21が設けられてもよい。

## 【0129】

基板31のサイズが大型となる場合には、このように励起光配光制御部を実現することにより、上述の図2の(a)および(b)の構成に比べて、励起光配光制御部をより効率的に製造できるという利点が得られる。

## 【0130】

## 〔実施形態4〕

本発明の実施形態4について、図8に基づいて説明すれば、以下の通りである。本実施形態の発光装置400は、実施形態1の発光装置100において、反射部41(遮光部)を付加した構成である。図8は、発光装置400に含まれる発光部3の周辺の構成を概略的に示す図である。

## 【0131】

反射部41は、レーザ光L1および蛍光L2を反射する光学部材である。反射部41は、蛍光体層1aの上面(すなわち、蛍光体層1aの蛍光の出射側の面)の一部を覆うように設けられている。従って、図8に示されるように、蛍光体層1aの上面のうち、反射部41によって覆われていない部分(蛍光体層1aの上面の開口部とも称する)が、発光領域BPに対応することとなる。

## 【0132】

蛍光体層1aの上面の開口部の形状は、任意の形状(例えば、円形または矩形)であってよい。換言すれば、蛍光体層1aの上面の開口部の形状が所望の形状となるように、反射部41によって蛍光体層1aの上面の一部を覆えばよい。

## 【0133】

一例として、反射部41は、AlまたはAg等の金属材料によって形成されてよい。また、反射部41は、誘電体の多層膜によって形成されてもよい。反射部41は、薄膜を形成するための公知の方法(例えば蒸着またはスパッタリング等)を用いて、蛍光体層1aの上面の一部を覆うように形成されてよい。

## 【0134】

本実施形態の発光装置400によれば、反射部41が設けられることにより、レーザ光L1および蛍光L2(すなわち照明光)は、蛍光体層1aの上面の開口部のみから、発光部1の上部へと出射されることとなる。

## 【0135】

すなわち、蛍光体層1aの上面の一部を覆う反射部41の形状に応じて、蛍光体層1aの上面の開口部の形状を規定することができる。従って、蛍光体層1aの上面の開口部の形状に対応した照明光の発光パターンを得ることが可能となる。

## 【0136】

続いて、反射部41のさらなる効果について説明する。ここで、励起光配光制御部1bがレーザ光L1を十分に散乱できない場合を考える。この場合、上述の図4の(a)の場合と同様に、レーザ光L1の配光を蛍光L2の配光に揃えることができないため、照明光の色ムラが生じるという問題が生じる。

## 【0137】

しかしながら、本実施形態では、反射部41によって蛍光体層1aの上面の開口部の面積が規定されるので、発光領域BPを規定することが可能となる。従って、反射部41を、蛍光L2が上面に出射される範囲を制限する(狭める)部材として利用することができる。

## 【0138】

従って、励起光配光制御部1bがレーザ光L1を十分に散乱できない場合(レーザ光L

10

20

30

40

50

1の配光を十分に制御できない場合)であっても、蛍光体層1aの上面の開口部の面積が十分に小さくなるように反射部41を設けることにより、蛍光L2の配光をレーザー光L1の配光に揃えることが可能となる。従って、照明光の色ムラをより好適に低減することが可能となる。

【0139】

加えて、反射部41が設けられることにより、光(レーザー光L1および蛍光L2)の利用効率が向上するという利点を得られる。一例として、レーザー光L1の一部は、反射部41により反射され、蛍光体層1aへと向かうこととなる。

【0140】

従って、反射部41によって反射されたレーザー光L1によって、蛍光体層1aを励起し、蛍光L2を発生させることができる。このように、反射部41が設けられることにより、レーザー光L1を励起光としてより効率的に利用することが可能となる。

10

【0141】

また、蛍光L2の一部は、反射部41により反射され、蛍光体層1aの上面へと向かうこととなる。従って、蛍光L2を照明光の一部としてより効果的に利用することが可能となる。このように、反射部41が設けられることにより、光の利用効率が向上するため、照明光の輝度を向上させることが可能となる。

【0142】

〔変形例〕

上述の実施形態4では、遮光部として反射部41を利用する構成について説明を行った。しかしながら、本発明の一態様に係る遮光部は、光を遮光する(光を透過させない)機能を有するものであればよく、必ずしも反射部のみに限定されない。

20

【0143】

一例として、実施形態4において、反射部41を光吸収部に置き換えてもよい。光吸収部は、レーザー光L1および蛍光L2を吸収する光学部材である。当該光学部材の材料としては、例えばカーボンブラックが用いられてよい。

【0144】

遮光部として光吸収部を用いた場合にも、照明光の発光パターンを、蛍光体層1aの開口部の形状によって規定することが可能となるため、照明光の色ムラを低減することができる。

30

【0145】

但し、遮光部として光吸収部を用いた場合には、光(レーザー光L1および蛍光L2)の利用効率を向上させることはできない。この点から、上述の実施形態4に示されるように、遮光部としては反射部41を利用することが特に好ましいと言える。

【0146】

〔実施形態5〕

本発明の実施形態5について、図9に基づいて説明すれば、以下の通りである。本実施形態の発光装置500は、実施形態1の発光装置100において、(i)発光部1を発光部5に置き換え、かつ、(ii)反射部51(遮光部)を付加した構成である。図9は、発光装置500に含まれる発光部5の周辺の構成を概略的に示す図である。

40

【0147】

発光部5は、蛍光体層5aおよび励起光配光制御部5bを備えている。なお、蛍光体層5aは、上述の蛍光体層1aと同様の部材であるが、励起光配光制御部および反射部との相対的な位置関係が、上述の実施形態4とは異なる。このため、本実施形態における蛍光体層については、蛍光体層1aとの区別のために便宜上異なる部材番号を付し、蛍光体層5aと呼称する。

【0148】

また、本実施形態における反射部についても、反射部41との区別のために便宜上異なる部材番号を付し、反射部51と呼称する。なお、上述したように、遮光部として光吸収部を用いてもよい。本実施形態において、反射部51は、蛍光体層1aの下面(すなわち

50

、蛍光体層 1 a の励起光照射面)の一部を覆うように設けられている。

【0149】

励起光配光制御部 5 b は、上述の励起光配光制御部 1 b と同様の部材である。但し、本実施形態の励起光配光制御部 5 b は、蛍光体層 5 a の下面の一部のみに設けられている点において、実施形態 1 の励起光配光制御部 1 b と異なる。具体的には、励起光配光制御部 5 b は、蛍光体層 5 a の下面のうち、反射部 5 1 によって覆われていない部分（蛍光体層 1 a の上面の開口部とも称する）に設けられている。

【0150】

なお、図 2 の ( a ) の構成によって励起光配光制御部 5 b を実現する場合には、蛍光体層 5 a の下面のうち、所定の領域にスクリーン印刷用のマスクを設ければよい。当該マスクに対してスクリーン印刷を行うことにより、当該所定の領域のみに励起光配光制御部 5 b を選択的に形成することができる。

10

【0151】

また、図 2 の ( b ) の構成によって励起光配光制御部 5 b を実現する場合には、蛍光体層 5 a の下面のうち、所定の領域以外にフォトリソグラフィ用のマスクを設ければよい。蛍光体層 5 a の下面全体にエッチングを行うことにより、当該所定の領域のみに凹凸形状（励起光配光制御部 5 b ）を選択的に形成することができる。

【0152】

本実施形態の発光装置 5 0 0 では、図 9 に示されるように、反射部 5 1 の形状に応じて、蛍光体層 5 a の下面の開口部の形状を規定することができる。従って、上述の実施形態 4 と同様に、当該開口部の形状に対応した照明光のパターンを得ることが可能となる。

20

【0153】

なお、本実施形態では、蛍光体層 5 a の、レーザ光 L 1 の入射側に反射部 5 1 が設けられているため、ダイクロイックミラー 2 1 を設ける必要がない。加えて、反射部 5 1 は、蛍光体層 5 a から発せられる蛍光のうち、下側に向かう蛍光を反射し、蛍光体層 5 a に再び向かわせることができる。

【0154】

すなわち、本実施形態では、反射部 5 1 は、ダイクロイックミラー 2 1 と同様に、蛍光 L 2 の利用効率を向上させる光学部材としての役割を果たす。このように、本実施形態の発光装置 5 0 0 によれば、ダイクロイックミラー 2 1 を設けることなく、蛍光 L 2 の利用効率を向上させることが可能となる。このため、比較的容易な構成によって、輝度の高い照明光を得ることもできる。

30

【0155】

〔まとめ〕

本発明の態様 1 に係る発光装置 ( 1 0 0 ) は、励起光 ( レーザ光 L 1 ) を照明光の一部として出射する発光装置であって、可視光である上記励起光を出射する励起光源 ( 半導体レーザ 1 0 a ~ 1 0 c ) と、上記励起光源から出射された励起光を受けて蛍光 ( L 2 ) を発する小空隙蛍光体板からなる蛍光体層 ( 1 a ) と、上記励起光の配光を制御し、上記蛍光体層の内部へ上記励起光を導く励起光配光制御部 ( 1 b ) と、を備え、上記小空隙蛍光体板は、内部に存在する空隙の幅が、0 nm 以上かつ上記励起光の波長の 1 0 分の 1 以下である蛍光体板である。

40

【0156】

上記の構成によれば、励起光配光制御部によって配光が制御された励起光を、蛍光体層の内部に導くことができる。そして、蛍光体層は、当該蛍光を受けて蛍光を発する。ここで、上述したように、蛍光体層は小空隙蛍光体板からなるため、光 ( 励起光および蛍光 ) は蛍光体層の内部においてほぼ散乱されない。

【0157】

従って、励起光配光制御部によって制御された励起光の配光は、蛍光の配光にほぼ揃うこととなる。すなわち、励起光の配光を、蛍光の配光に揃えることが可能となる。従って、発光装置の外部には、励起光と蛍光とがほぼ均一に混合された照明光 ( 白色光 , より具

50

体的には擬似白色光)が射出されることとなる。

【0158】

このように、本発明の一態様に係る発光装置によれば、励起光配光制御部を設けることにより、照明光の色ムラを抑制することが可能となる。それゆえ、小空隙蛍光体板からなる蛍光体層を用いた場合に、発光装置から射出される照明光の色ムラを低減させることが可能となるという効果を奏する。

【0159】

本発明の態様2に係る発光装置は、上記態様1において、上記空隙の幅が、0nm以上かつ40nm以下であることが好ましい。

【0160】

上記の構成によれば、上述のように、発光装置から射出される照明光の色ムラを低減させることが可能となるという効果を奏する。

【0161】

本発明の態様3に係る発光装置は、上記態様1または2において、上記励起光は、上記蛍光体層の励起光照射面の一部の領域に照射されることが好ましい。

【0162】

上記の構成によれば、励起光がスポット光として励起光照射面の一部の領域のみに照射されるため、照明光のスポット性を向上させることが可能となるという効果を奏する。

【0163】

本発明の態様4に係る発光装置は、上記態様1から3のいずれか1つにおいて、上記蛍光体は、単結晶または多結晶のガーネット系蛍光体であることが好ましい。

【0164】

上記の構成によれば、蛍光体層の熱伝導率および発光効率を向上させることが可能となるという効果を奏する。

【0165】

本発明の態様5に係る発光装置は、上記態様4において、上記蛍光体は、単結晶のガーネット系蛍光体であることが好ましい。

【0166】

上記の構成によれば、単結晶のガーネット系蛍光体によって蛍光体層を形成することができる。このため、多結晶のガーネット系蛍光体によって蛍光体層を形成した場合に比べて、蛍光体層の熱伝導率をさらに向上させることが可能となるという効果を奏する。

【0167】

本発明の態様6に係る発光装置は、上記態様4または5において、上記ガーネット系蛍光体は、YAG(イットリウム・アルミニウム・ガーネット)蛍光体であることが好ましい。

【0168】

上記の構成によれば、発光効率および放熱性に特に優れた蛍光体層を実現することが可能となるという効果を奏する。

【0169】

本発明の態様7に係る発光装置は、上記態様1から6のいずれか1つにおいて、上記励起光配光制御部は、上記励起光を散乱させることにより上記励起光の配光を制御することが好ましい。

【0170】

上記の構成によれば、励起光配光制御部によって励起光を散乱させることにより、励起光の配光を制御することが可能となるという効果を奏する。

【0171】

本発明の態様8に係る発光装置は、上記態様7において、上記励起光配光制御部は、上記励起光を散乱させる散乱体粒子(1bp)を封止した封止層(1bs)であってよい。

【0172】

上記の構成によれば、散乱体粒子を封止した封止層によって励起光配光制御部を実現す

10

20

30

40

50

ることが可能となるという効果を奏する。

【 0 1 7 3 】

本発明の態様 9 に係る発光装置は、上記態様 8 において、上記封止層の厚さは、10  $\mu$  m 以上かつ 50  $\mu$  m 以下であることが好ましい。

【 0 1 7 4 】

上記の構成によれば、励起光配光制御部を十分に薄く形成することができるため、照明光のスポット性をさらに向上させることが可能となるという効果を奏する。

【 0 1 7 5 】

本発明の態様 10 に係る発光装置は、上記態様 7 において、上記励起光配光制御部として、上記蛍光体層の励起光照射面に凹凸形状（散乱層 1 b t）が形成されていてよい。

10

【 0 1 7 6 】

上記の構成によれば、蛍光体層の励起光照射面に凹凸形状を形成することによって、励起光配光制御部を構成することができる。それゆえ、蛍光体層とは異なる部材を追加することなく、励起光配光制御部を実現することが可能となるという効果を奏する。

【 0 1 7 7 】

本発明の態様 11 に係る発光装置は、上記態様 1 から 10 のいずれか 1 つにおいて、上記励起光を透過させるとともに、上記蛍光を反射するダイクロイックミラー（21）を、上記蛍光体層の、上記励起光の入射側にさらに備えていることが好ましい。

【 0 1 7 8 】

上記の構成によれば、蛍光体層から発せられる蛍光のうち、当該蛍光体層の、上記励起光の入射側に向かう蛍光を、ダイクロイックミラーによって反射し、蛍光体層に再び向かわせることができる。このため、蛍光の利用効率を向上させることができるという効果を奏する。

20

【 0 1 7 9 】

本発明の態様 12 に係る発光装置は、上記態様 1 から 11 のいずれか 1 つにおいて、上記蛍光体層を支持する透光性の基板（31）をさらに備えていることが好ましい。

【 0 1 8 0 】

上記の構成によれば、透光性の基板によって蛍光体層を支持することができるので、蛍光体層を薄く形成した場合に、当該蛍光体層に下向きの外力が加えられた場合であっても、当該蛍光体が容易に割れてしまうことを防止することができる。それゆえ、蛍光体層を薄く形成した場合であっても、当該蛍光体層を容易に取り扱うことが可能となるという効果を奏する。

30

【 0 1 8 1 】

本発明の態様 13 に係る発光装置は、上記態様 1 から 12 のいずれか 1 つにおいて、上記蛍光体層の蛍光の出射側の面の一部を覆い、上記励起光および蛍光を遮光する遮光部（反射部 41）をさらに備えていてよい。

【 0 1 8 2 】

上記の構成によれば、蛍光体層の蛍光の出射側の面の一部を覆う遮光部の形状に応じて、蛍光体層の蛍光の出射側の面の開口部（遮光部に覆われていない部分）の形状を規定することができる。それゆえ、当該開口部の形状に対応した照明光のパターンを得ることが可能となるという効果を奏する。

40

【 0 1 8 3 】

本発明の態様 14 に係る発光装置は、上記態様 1 から 12 のいずれか 1 つにおいて、上記蛍光体層の励起光照射面の一部を覆い、上記励起光および蛍光（反射部 51）を遮光する遮光部をさらに備えており、上記励起光配光制御部は、上記励起光照射面のうち、上記遮光部によって覆われていない部分に設けられていてよい。

【 0 1 8 4 】

上記の構成によれば、蛍光体層の励起光照射面の一部を覆う遮光部の形状に応じて、蛍光体層の励起光照射面の開口部（遮光部に覆われていない部分）の形状を規定することができる。それゆえ、当該開口部の形状に対応した照明光のパターンを得ることが可能とな

50

るといふ効果を奏する。

【0185】

本発明の態様15に係る発光装置は、上記態様13または14において、上記遮光部は、上記励起光および蛍光を反射する反射部(41)であることを特徴とする請求項11または12に記載の発光装置。

【0186】

上記の構成によれば、遮光部を反射部として機能させることができるため、励起光および蛍光の利用効率を向上することができるという効果を奏する。

【0187】

本発明の態様16に係る発光装置は、上記態様13または14において、上記遮光部は、上記励起光および蛍光を吸収する光吸収部であってよい。

10

【0188】

上記の構成によれば、光吸収部によって遮光部を実現することができるという効果を奏する。

【0189】

本発明の態様17に係る発光装置は、上記態様1から16のいずれか1つにおいて、上記励起光源は、上記励起光としてレーザー光を出射する半導体レーザー(10a~10c)であってよい。

【0190】

ところで、励起光源として半導体レーザーを用いた場合には、半導体レーザーから出射されるレーザー光は単位面積当たりのパワー密度が比較的高い。このため、レーザー光が散乱されずに発光装置から出射された場合には、発光装置の安全性を害する可能性が懸念される。

20

【0191】

しかしながら、上記の構成によれば、励起光配光制御部によってレーザー光の配光を制御することにより、当該レーザー光の単位面積当たりのパワー密度を低下させることができる。それゆえ、本発明の一態様に係る発光装置によれば、励起光源として半導体レーザーを用いた場合にも、発光装置の安全性を高めることが可能となるという効果を奏する。

【0192】

本発明の態様18に係る発光装置は、上記態様1から17のいずれか1つにおいて、上記蛍光体層に対して上記励起光が照射される面は、当該蛍光体層において上記蛍光が出射される面と対向していることが好ましい。

30

【0193】

上記の構成によれば、本発明の一態様に係る発光装置として、透過型の発光装置を実現することができるという効果を奏する。

【0194】

〔付記事項〕

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせ得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。さらに、各実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を組み合わせることにより、新しい技術的特徴を形成することができる。

40

【0195】

〔本発明の別の表現〕

なお、本発明は、以下のようにも表現できる。

【0196】

すなわち、本発明の一態様に係る発光装置は、励起光源と散乱性物質を実質含まない波長変換部材と励起光配光制御部とを備え、励起光配光制御部は波長変換部材の励起光が照射される側に設けられている。

【0197】

また、本発明の一態様に係る発光装置において、上記励起光配光制御部を経た励起光は

50

波長変換部材の一部を照射する。

【0198】

また、本発明の一態様に係る発光装置において、上記散乱性物質を実質含まない波長変換部材は単結晶または多結晶である。

【0199】

また、本発明の一態様に係る発光装置において、上記励起光配光制御部は微小散乱物質を含む薄膜である。

【0200】

また、本発明の一態様に係る発光装置において、上記薄膜の厚さは10 μm以上かつ50 μm以下である。

10

【0201】

また、本発明の一態様に係る発光装置において、上記励起光配光制御部は上記波長変換部材に凹凸加工を施したものである。

【0202】

また、本発明の一態様に係る発光装置において、上記励起光散乱部はダイクロイックミラーを備えている。

【0203】

また、本発明の一態様に係る発光装置において、上記波長変換部材は基板上に設けられている。

【0204】

また、本発明の一態様に係る発光装置において、上記波長変換部材の発光領域側に開口部を備えた反射部材が設けられている。

20

【0205】

また、本発明の一態様に係る発光装置において、上記励起光配光制御部は開口部を備えていて、開口部に励起光が照射される。

【符号の説明】

【0206】

1, 3, 5 発光部

1 a 蛍光体層

1 b 励起光配光制御部

1 b s 封止層

1 b p 散乱体粒子

1 b t 散乱層(凹凸形状)

2 1 ダイクロイックミラー

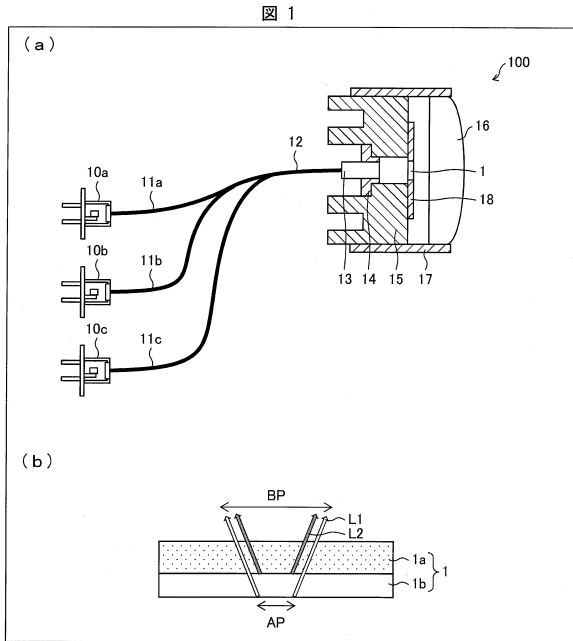
3 1 基板

4 1, 5 1 反射部(遮光部)

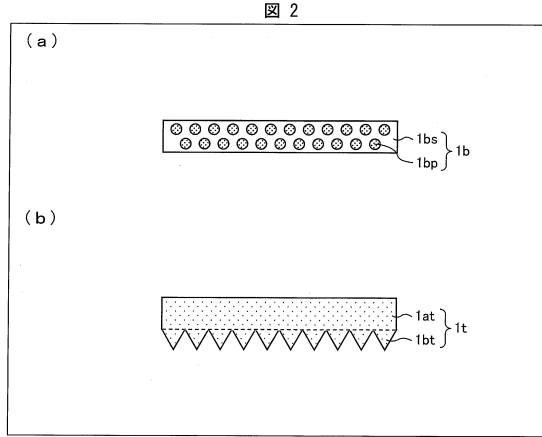
1 0 0, 2 0 0, 3 0 0, 4 0 0, 5 0 0 発光装置

30

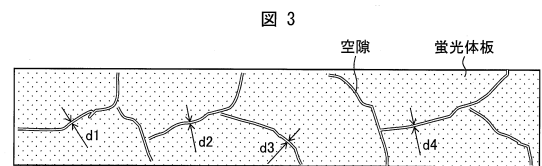
【 図 1 】



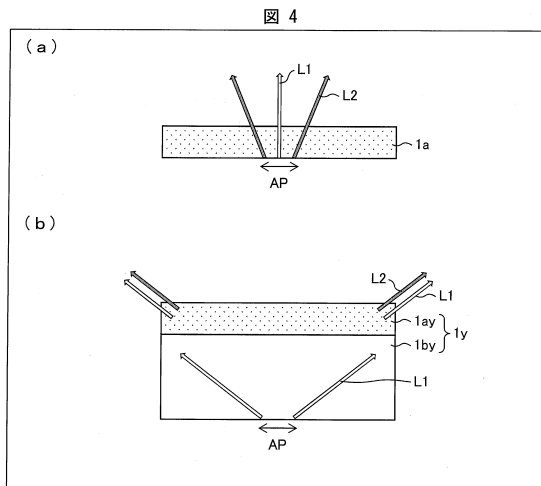
【 図 2 】



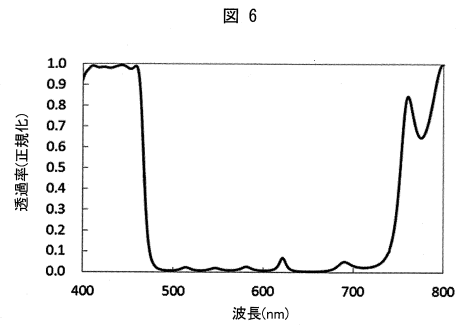
【 図 3 】



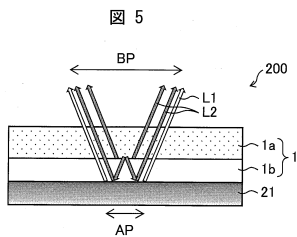
【 図 4 】



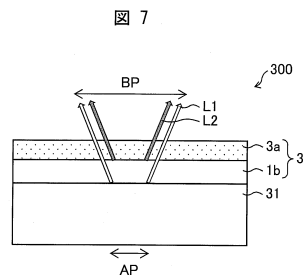
【 図 6 】



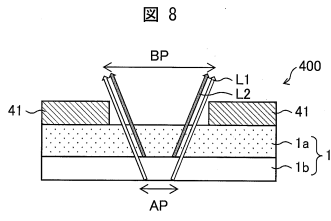
【 図 5 】



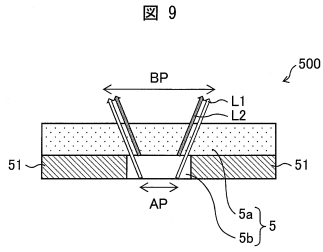
【 図 7 】



【 8 】



【 9 】



## フロントページの続き

- (72)発明者 高橋 幸司  
大阪府堺市堺区匠町1番地 シャープ株式会社内
- (72)発明者 高平 宜幸  
大阪府堺市堺区匠町1番地 シャープ株式会社内
- (72)発明者 前村 要介  
大阪府堺市堺区匠町1番地 シャープ株式会社内
- (72)発明者 坂上 智洋  
大阪府堺市堺区匠町1番地 シャープ株式会社内

審査官 當間 庸裕

- (56)参考文献 特開2012-142187(JP,A)  
特開2012-104267(JP,A)  
特開2011-197212(JP,A)  
特開2011-044418(JP,A)  
特開2014-110173(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F21V 9/30  
F21V 3/00  
F21V 7/28