

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-120864
(P2017-120864A)

(43) 公開日 平成29年7月6日(2017.7.6)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)
H01S	5/02	(2006.01)	H01S	5/02		2H137
F21S	2/00	(2016.01)	F21S	2/00	100	2H148
C30B	29/28	(2006.01)	C30B	29/28		3K243
G02B	6/42	(2006.01)	G02B	6/42		4G077
F21S	8/10	(2006.01)	F21S	2/00	311	4H001
			審査請求 未請求 請求項の数 7 O L			(全 25 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-257520 (P2015-257520)
(22) 出願日 平成27年12月28日 (2015.12.28)

(71) 出願人 390005223
株式会社タムラ製作所
東京都練馬区東大泉1丁目19番43号
(71) 出願人 000153236
株式会社光波
東京都練馬区東大泉1丁目19番43号
(74) 代理人 100071526
弁理士 平田 忠雄
(74) 代理人 100119208
弁理士 岩永 勇二
(74) 代理人 100124246
弁理士 遠藤 和光
(74) 代理人 100145171
弁理士 伊藤 浩行

最終頁に続く

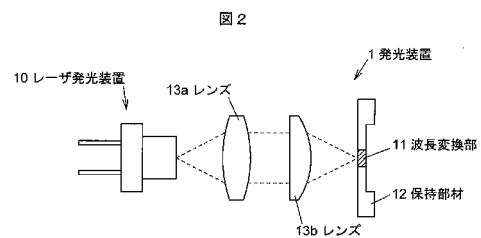
(54) 【発明の名称】 発光装置

(57) 【要約】

【課題】レーザーダイオードと蛍光体の組み合わせにより白色光を発する、高輝度の発光装置を提供する。

【解決手段】レーザー発光装置10に含まれる青色光を発するレーザーダイオードと、レーザーダイオードの発する光の一部を吸収して波長を変換する波長変換部11と、を有し、波長変換部11は、YAG系の単結晶蛍光体を含み、レーザーダイオードから発せられて波長変換部11に照射される光の放射照度が80W/mm²以上である、発光装置1を提供する。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

青色光を発するレーザーダイオードと、
前記レーザーダイオードの発する光の一部を吸収して波長を変換する波長変換部と、
を有し、
前記波長変換部は、YAG系の単結晶蛍光体を含み、
前記レーザーダイオードから発せられて前記波長変換部に照射される光の放射照度が 80 W / mm^2 以上である、
発光装置。

【請求項 2】

10

前記レーザーダイオードから発せられた光を集光するレンズを有し、
前記レンズにより集光された光が前記波長変換部に照射される、
請求項 1 に記載の発光装置。

【請求項 3】

前記レーザーダイオードから発せられた光を伝送する光導波路を有し、
前記光導波路により伝送された光が前記波長変換部に照射される、
請求項 1 に記載の発光装置。

【請求項 4】

前記波長変換部が、1個の前記単結晶蛍光体からなる、
請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の発光装置。

20

【請求項 5】

前記波長変換部が、バインダーにより互いに接着された複数の粒子状の前記単結晶蛍光体からなる、
請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の発光装置。

【請求項 6】

前記単結晶蛍光体が、組成式 $(Y_{1-a-b}Lu_aCe_b)_3+cAl_5-cO_{12}$ ($0 \leq a \leq 0.9994$ 、 $0 \leq b \leq 0.0002$ 、 $0 \leq c \leq 0.0067$ 、 $-0.016 \leq c \leq 0.315$) で表される組成を有する、
請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の発光装置。

【請求項 7】

30

前記波長変換部が、窒化アルミニウム、アルミナ、SiN、Cu、又はAlからなる、
前記波長変換部から発せられる熱を放熱する放熱部材により保持された、
請求項 1～6 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】

従来、レーザー素子と、レーザー素子の発する光の波長を変換可能なYAG (Yttrium Aluminium Garnet) 系蛍光体とを有する発光装置が知られている (例えば、特許文献 1～3 参照)。

40

【0003】

特許文献 1 には、YAG系蛍光体として、平板状の単結晶蛍光体が開示されている。

【0004】

特許文献 2 には、YAG系蛍光体として、無機材料であるガラス等のバインダーによって結着された蛍光体が開示されている。また、特許文献 2 には、レーザーダイオードチップからの光を集光レンズで集光して蛍光体ガラスに入射させる発光装置の構造が開示されている。

【0005】

50

特許文献3には、YAG系蛍光体として、バインダーに含まれる蛍光体粉末や、蛍光体セラミックス等の蛍光体焼結体が開示されている。また、特許文献3には、レーザーダイオードからの光をレンズや光ファイバー等の入射光学系を通して蛍光体に入射させる発光装置の構造が開示されている。

【0006】

また、特許文献3には、レーザー光の入射パワーが5Wであること、レーザー光が平行光として通過する導光路の直径が0.3mmであることが記載されている。このことから、蛍光体に照射されるレーザー光のスポット径は0.3mm程度であり、放射照度は70W/mm²程度であると考えられる。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】国際公開第2015/020205号

【特許文献2】特許第5083205号公報

【特許文献3】国際公開第2014/203484号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の目的は、レーザーダイオードと蛍光体の組み合わせにより白色光を発する、高輝度の発光装置を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様は、上記目的を達成するために、以下の[1]～[7]の発光装置を提供する。

【0010】

[1]青色光を発するレーザーダイオードと、前記レーザーダイオードの発する光の一部を吸収して波長を変換する波長変換部と、を有し、前記波長変換部は、YAG系の単結晶蛍光体を含み、前記レーザーダイオードから発せられて前記波長変換部に照射される光の放射照度が80W/mm²以上である、発光装置。

【0011】

30

[2]前記レーザーダイオードから発せられた光を集光するレンズを有し、前記レンズにより集光された光が前記波長変換部に照射される、上記[1]に記載の発光装置。

【0012】

[3]前記レーザーダイオードから発せられた光を伝送する光導波路を有し、前記光導波路により伝送された光が前記波長変換部に照射される、上記[1]に記載の発光装置。

【0013】

[4]前記波長変換部が、1個の前記単結晶蛍光体からなる、上記[1]～[3]のいずれか1項に記載の発光装置。

【0014】

[5]前記波長変換部が、バインダーにより互いに接着された複数の粒子状の前記単結晶蛍光体からなる、上記[1]～[3]のいずれか1項に記載の発光装置。

40

【0015】

[6]前記単結晶蛍光体が、組成式 $(Y_{1-a-b}Lu_aCe_b)_{3+c}Al_{5-c}O_{12}$ ($0 < a < 0.9994$ 、 $0 < b < 0.0002$ 、 $0 < c < 0.0067$ 、 $-0.016 < c < 0.315$)で表される組成を有する、上記[1]～[5]のいずれか1項に記載の発光装置。

【0016】

[7]前記波長変換部が、窒化アルミニウム、アルミナ、SiN、Cu、又はAlからなる、前記波長変換部から発せられる熱を放熱する放熱部材により保持された、上記[1]～[6]のいずれか1項に記載の発光装置。

50

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、レーザーダイオードと蛍光体の組み合わせにより白色光を発する、高輝度の発光装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】図1は、LDとLEDの電流 - 光出力特性を模式的に示すグラフである。

【図2】図2は、第1の実施の形態に係る発光装置の構成を示す模式図である。

【図3】図3は、第1の実施の形態に係る発光装置の構成を示す模式図である。

【図4】図4(a)、(b)は、第1の実施の形態に係る波長変換部の保持構造の例を示す断面図である。

10

【図5】図5(a)、(b)は、第1の実施の形態に係る波長変換部の保持構造の例を示す断面図である。

【図6】図6は、第1の実施の形態に係る波長変換部の保持構造の例を示す断面図である。

。

【図7】図7は、第1の実施の形態に係る波長変換部の保持構造の例を示す断面図である。

。

【図8】図8は、第1の実施の形態に係る波長変換部の保持構造の例を示す断面図である。

。

【図9】図9は、第1の実施の形態に係る波長変換部の保持構造の例を示す断面図である。

20

。

【図10】図10は、第1の実施の形態に係る波長変換部の保持構造の例を示す断面図である。

【図11】図11(a)、(b)、(c)は、第1の実施の形態に係る波長変換部の保持構造の例を示す断面図である。

【図12】図12(a)、(b)は、図11(a)、(b)、(c)に示される波長変換部を切り出すための単結晶蛍光体板の上面図及び垂直断面図である。

【図13】図13は、第1の実施の形態に係る波長変換部の保持構造の例を示す断面図である。

【図14】図14は、第2の実施の形態に係る発光装置の構成を示す模式図である。

30

【図15】図15は、第2の実施の形態に係る発光装置の構成を示す模式図である。

【図16】図16は、第2の実施の形態に係る波長変換部の保持構造の例を示す断面図である。

【図17】図17は、第2の実施の形態に係る波長変換部の保持構造の例を示す断面図である。

【図18】図18は、第2の実施の形態に係る波長変換部の保持構造の例を示す断面図である。

【図19】図19は、第2の実施の形態に係る波長変換部の保持構造の例を示す断面図である。

【図20】図20は、第2の実施の形態に係る波長変換部の保持構造の例を示す断面図である。

40

【図21】図21は、第3の実施の形態に係る車両のヘッドライト周辺の構成を模式的に示すブロック図である。

【図22】図22は、ヘッドライトに含まれる発光装置の一例の構成を示す模式図である。

【図23】図23は、ヘッドライトに含まれる発光装置の他の例の構成を示す模式図である。

【図24】図24は、第3の実施の形態に係るプロジェクターの構成を模式的に示すブロック図である。

【図25】図25は、プロジェクターの光源部に含まれる発光装置の一例の構成を示す模

50

式図である。

【図 2 6】図 2 6 は、プロジェクターの光源部に含まれる発光装置の他の例の構成を示す模式図である。

【図 2 7】図 2 7 は、第 3 の実施の形態に係るサーチライトの構成を模式的に示すブロック図である。

【図 2 8】図 2 8 は、第 3 の実施の形態に係るリモート照明の構成を模式的に示すブロック図である。

【図 2 9】図 2 9 は、リモート照明のヘッドライトに含まれる発光装置の一例の構成を示す模式図である。

【図 3 0】図 3 0 は、実施例 1 に係る波長変換部の保持構造を示す垂直断面図である。

【図 3 1】図 3 1 は、実施例 2 に係る接触面積割合と波長変換部の温度の関係、及び接触面積割合と波長変換部の全光束との関係を示すグラフである。

【図 3 2】図 3 2 (a) は、実施例 3 に係る波長変換部の保持構造を示す垂直断面図である。図 3 2 (b) は、比較例に係る波長変換部の保持構造を示す垂直断面図である。

【図 3 3】図 3 3 (a) は、実施例 3 及び比較例に係るレーザー発光装置への投入電流と全放射束との関係を示すグラフである。図 3 3 (b) は、実施例 3 に係る単結晶蛍光体に照射される光の放射照度と全光束との関係、及び比較例に係る粉末蛍光体に照射される光の放射照度と全光束との関係を示すグラフである。

【図 3 4】図 3 4 (a) は、実施例 4 に係るレーザー発光装置への投入電流と全放射束との関係を示すグラフである。図 3 4 (b) は、実施例 4 に係る波長変換部に照射される光の放射照度と波長変換部から取り出される光の照度との関係を示すグラフである。

【図 3 5】図 3 5 (a)、(b) は、実施例 5 のシミュレーションにより求められた、波長変換部の被照射面における照射光のスポット面積と、波長変換部から取り出される光の色むらの関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

本発明の発光装置は、光源としてのレーザーダイオード (L D) と、 Y A G 系単結晶蛍光体を含む波長変換部とを有する。 L D から発せられる青色光と、波長変換部中の Y A G 系単結晶蛍光体により変換された黄色系の光によって、白色光が発光装置から発せられる。

【0020】

図 1 は、 L D と L E D の電流 - 光出力特性を模式的に示すグラフである。図 1 に示されるように、 L E D は、小さい電流を流しているときは発光効率がよいが、電流を大きくするにつれて効率が下がる。

【0021】

一方、 L D は、レーザー発振するための発振閾値電流よりも電流が大きくなると、発光効率をほぼ一定に保ったまま発光出力が増加する。このため、 L D は大電流を流したときの発光効率が高い。また、最大光出力も L E D と比較して大きい。また、 L D は、発光面積が L E D に比較して小さく (ニアフィールドパターン)、かつ光の出射角 (ファーフィールドパターン) も L E D に比べて狭角である。このためレンズで集光した時に、 L E D の場合に比べて、光エネルギーを大きく、かつ面積を小さくでき、著しく高い密度で光を集光する事が出来る。したがって、 L D は、高輝度の発光装置の光源として優れているといえる。

【0022】

しかしながら、 L D と蛍光体を組み合わせて白色光を得ようとする場合、 L D の発する高エネルギーの光を高効率で波長変換することのできる蛍光体を用いなければ、高輝度の発光装置を製造することはできない。

【0023】

蛍光体は、一般に、固有の量子効率 (励起光を蛍光に変換する効率) や、温度消光特性 (温度の上昇に伴い量子効率が低下する性質) を有する。高エネルギーの光を高効率で波

10

20

30

40

50

長変換するためには、高温下での量子効率が高いことや、温度消光が小さいことが求められる。

【0024】

そこで、本実施の形態においては、焼結により製造されるセラミック蛍光体よりも高温下での量子効率や温度消光特性に優れる単結晶蛍光体を用いている。

【0025】

[第1の実施の形態]

第1の実施の形態に係る発光装置は、波長変換部の光取り出し面が被照射面(LDから発せられた光が照射される面)の反対側にある透過型構造を有する。

【0026】

(発光装置の構成)

図2、図3は、第1の実施の形態に係る発光装置1、2の構成を示す模式図である。発光装置1、2は、青色光を発するLDを有するレーザー発光装置10と、レーザー発光装置10の発する光(レーザー発光装置10に含まれるLDの発する光)の一部を吸収して波長を変換する波長変換部11と、を有する。

【0027】

また、発光装置1は、レーザー発光装置10から発せられた光を平行光に変えるレンズ13aと、レンズ13aからの平行光を波長変換部11の表面近傍に焦点を結ぶように集光するレンズ13bをさらに有する。

【0028】

また、発光装置2は、レーザー発光装置10から発せられた光を伝送する光導波路としての光ファイバー21をさらに有する。光ファイバー21は、コアとクラッドからなる光伝播部21aと、光伝播部21aを被覆する被覆膜21bを有する。

【0029】

また、図3に示される例では、波長変換部11の近傍で光ファイバー21を保持する支持体23と、光ファイバー21の先端の周囲を囲む環状部材24と、環状部材24と光伝播部21aの間に設けられ、光伝播部21aを保持する保持部材26が発光装置2に含まれる。保持部材26は、例えば、ジルコニア等のセラミックスや金属からなる。例えば、支持体23がフェルールであり、環状部材24に勘合挿入されるような構造であってもよい。環状部材24の外形は円でも四角でもいいし、一部が切れていてもよい。また、図3に示されるように、複数の光ファイバー21をコネクタ22で連結してもよい。また、発光装置2において、光ファイバー21の代わりに、導光パイプ等の光ファイバー以外の光導波路を用いてもよい。

【0030】

レーザー発光装置10は、LDを光源として有するレーザーモジュールである。このため、「レーザー発光装置10の発する光」を「レーザー発光装置10に含まれるLDの発する光」と読み替えることができる。図2、図3には、レーザー発光装置10の一例としてCAN型のレーザーモジュールが示されているが、レーザー発光装置10は他の型式のレーザーモジュールであってもよい。また、図3に示されるように、1つの波長変換部11に対して複数のレーザー発光装置10を用いてもよい。

【0031】

波長変換部11は、YAG系の単結晶蛍光体を含む。例えば、波長変換部11は、1個のYAG系の単結晶蛍光体、又はバインダーにより互いに接着された複数の粒子状の単結晶蛍光体からなる。ここで、単結晶蛍光体とは、結晶粒界を含まない単相の蛍光体結晶をいう。

【0032】

発光装置1、2において、レーザー発光装置10から発せられて波長変換部11に照射される光の放射照度は、 80 W/mm^2 以上である。このように放射照度を大きくすることにより、発光装置1、2は高輝度の光を発することができる。ここで、放射照度とは、波長変換部11に入射する光の単位面積当たりの光出力(W)をいう。

10

20

30

40

50

【0033】

また、放射照度を高めるためには、スポットのほぼすべてが波長変換部11の被照射面に含まれるように、レーザー発光装置10から発せられる光が被照射面に照射されることが好ましい。

【0034】

また、発光輝度を高めるためには、波長変換部11のサイズを十分に小さくして、レーザー発光装置10から発せられる光を波長変換部11の被照射面の全面に照射することが好ましい。波長変換部11のサイズを小さくすることにより、光を被照射面の全面に照射しても十分な発光輝度が得られる。

【0035】

なお、発光装置1において、レンズ13bによって集光される光の焦点を波長変換部11の表面からずらして、スポット面積を大きくしてもよい。スポット面積を大きくすることにより、青色光の成分と蛍光の成分をむらなく混合し、発光色のむらを軽減することができる。色むらを効果的に抑制するためには、スポット面積を 0.06mm^2 以上にして、出来るだけ均一な光を波長変換部11に照射することが好ましい。発光色のむらの抑制は、光の均一性という観点からも重要であるが、励起光であるレーザーの光が直接出力されることを防ぐことにもなるため、安全性の観点からも重要である。また、スポット面積を大きくすることにより、熱の集中を緩和してクラックの発生を防ぐことができる。

【0036】

また、波長変換部11の被照射部分が波長変換部11の外縁に近いほど放熱性が高まる。このため、レーザー発光装置10から発せられた光の焦点を波長変換部11の表面からずらして、波長変換部11の被照射面におけるスポット面積を被照射面の全面積のおよそ50%以上とすることにより、波長変換部11に含まれる蛍光体の発熱を効果的に抑制することができる。

【0037】

ただし、照射部分の位置制御が困難であり、スポット面積を被照射面の面積とほぼ等しくした場合に光の一部が波長変換部11から外れるおそれがある場合には、波長変換部11の被照射面におけるレーザー発光装置10から発せられた光のスポット面積を、被照射面の全面積のおよそ90%以下とすることが好ましい。

【0038】

波長変換部11は、保持部材12により保持される。保持部材12は、波長変換部11から発せられる熱を放熱するため、熱伝導率の高いセラミックや金属からなることが好ましい。セラミックとしては、例えば、窒化アルミニウム、アルミナ、又はSiNが用いられる。また、金属としては、例えば、Cu、又はAlが用いられる。

【0039】

なお、光取出効率を向上させるために、波長変換部11の光取出し面に微細な凹凸を設けてもよい。微細な凹凸は、レーザーを用いた刻印や、半導体プロセスを用いた刻印等により形成される。

【0040】

〔単結晶蛍光体〕

第1の実施の形態に係る単結晶蛍光体は、Ceで付活されるYAG系単結晶蛍光体であり、 $(Y_{1-a-b}Lu_aCe_b)_3+cAl_{5-c}O_{12}$ ($0 < a < 0.9994$ 、 $0 < b < 0.0067$ 、 $-0.016 < c < 0.315$) で表される組成を有する。ここで、Ceは、Yサイトに置換され、付活剤として機能する(発光中心となる)。一方、Luは、Yサイトに置換されるが、付活剤としては機能しない。

【0041】

なお、上記の蛍光体の組成のうち、一部の原子は結晶構造上の異なる位置を占めることがある。また、上記の組成式における組成比のOの値は12と記述されるが、上記の組成は、不可避免的に混入または欠損する酸素の存在により組成比のOの値が僅かに12からずれた組成も含む。また、組成式におけるcの値は、単結晶蛍光体の製造上、不可避免的に変

10

20

30

40

50

化する値であるが、 $-0.016 < c < 0.315$ 程度の数値範囲内での変化は、単結晶蛍光体の物性にほとんど影響を及ぼさない。

【0042】

Ceの濃度を表す上記組成式におけるbの数値の範囲が $0.0002 < b < 0.0067$ であるのは、bの数値が 0.0002 よりも小さい場合は、Ce濃度が低すぎるために、励起光の吸収が小さくなり、外部量子効率が小さくなりすぎるという問題が生じ、 0.0067 よりも大きい場合は、単結晶蛍光体のインゴットを育成する際にクラックやポイド等が生じ、結晶品質が低下する可能性が高くなるためである。

【0043】

第1の実施の形態に係る単結晶蛍光体は、例えば、CZ法(Czochralski Method)、EFG法(Edge Defined Film Fed Growth Method)、ブリッジマン法、FZ法(Floating Zone Method)、ベルヌーイ法等の液相成長法によって得ることができる。

10

【0044】

波長変換部11が1個のYAG系の単結晶蛍光体からなる場合は、これらの液相成長法により得られた単結晶蛍光体のインゴットを切断して平板状に加工して、波長変換部11を得る。波長変換部11がバインダーにより互いに接着された複数の粒子状の単結晶蛍光体からなる場合は、単結晶蛍光体のインゴットを粉砕して粒子状に加工し、粒子状に加工された複数の単結晶蛍光体をバインダーで接着して、波長変換部11を得る。

【0045】

〔単結晶蛍光体の製造〕

本実施の形態の単結晶蛍光体の製造方法の一例として、CZ法による製造方法について以下に述べる。

20

【0046】

まず、出発原料として、高純度(99.99%以上)の Y_2O_3 、 Lu_2O_3 、 CeO_2 、 Al_2O_3 の粉末を用意し、乾式混合を行い、混合粉末を得る。なお、Y、Lu、Ce、及びAlの原料粉末は、上記のものに限られない。また、Luを含まない単結晶蛍光体を製造する場合は、その原料粉末は用いない。

【0047】

次に、得られた混合粉末をイリジウム製のルツボ内に入れ、ルツボをセラミックス製の筒状容器に収容する。そして、筒状容器の周囲に巻回される高周波コイルにより30kWの高周波エネルギーをルツボに供給して誘導電流を生じさせ、ルツボを加熱する。それにより、混合粉末を溶融させて融液を得る。

30

【0048】

次に、YAG単結晶である種結晶を用意して、その先端を融液に接触させた後、10rpmの回転数で回転させながら1mm/h以下の引き上げ速度で引き上げ、1960以上の引き上げ温度で $\langle 111 \rangle$ 方向に単結晶蛍光体インゴットを育成する。この単結晶蛍光体インゴットの育成は、筒状容器内に毎分2Lの流量で窒素を流し込み、大気圧下、窒素雰囲気中で行われる。

【0049】

こうして、例えば、直径約2.5cm、長さ約5cmの単結晶蛍光体インゴットが得られる。得られた単結晶蛍光体インゴットを所望の大きさに切り出すことにより、例えば、発光装置に用いる平板状の単結晶蛍光体を得ることができる。また、単結晶蛍光体インゴットを粉砕することにより、粒子状の単結晶蛍光体を得ることができる。

40

【0050】

〔波長変換部の保持構造〕

図4~13は、第1の実施の形態に係る波長変換部11の保持構造の例を示す断面図である。

【0051】

図4(a)、(b)に示される保持構造においては、保持部材12が波長変換部11とほぼ同じ平面形状の貫通孔12aを有し、波長変換部11は貫通孔12a内で保持される

50

。

【0052】

図4(a)に示される保持部材12は金属からなり、保持部材12を塑性変形させて貫通孔12aに挿入された波長変換部11を機械的に固定する。保持部材12は、例えば、熱伝導に優れ、加工が容易なCu、Alからなることが好ましい。

【0053】

図4(b)に示される波長変換部11は、貫通孔12aと波長変換部11との隙間に充填された充填剤50により固定される。充填剤50として、例えば、熱伝導性の高い放熱用シリコン系樹脂、高反射シリコン系樹脂、反射率と熱伝導率の高い焼結銀等を用いることが好ましい。

10

【0054】

図5(a)、(b)に示される保持構造は、図4(a)、(b)に示される保持構造と同様に、保持部材12が波長変換部11とほぼ同じ平面形状の貫通孔12aを有し、波長変換部11は貫通孔12a内で保持される。

【0055】

図5(a)に示される保持部材12は、図4(a)に示される保持部材12と同様に、金属からなる保持部材12の塑性変形により機械的に固定される。図5(b)に示される保持部材12は、図4(b)に示される保持部材12と同様に、充填剤50により固定される。

【0056】

また、図5(a)、(b)に示される保持構造においては、波長変換部11が保持部材12に直接、又は充填剤50を介して接触する部分の面積が、波長変換部11の全表面積の5%以上、30%以下である。この割合を30%以下とすることにより、波長変換部11と保持部材12との接触面における光の繰り返し反射による光の減衰を効果的に抑えることができる。また、この割合を5%以上とすることにより、効果的に保持部材12に熱を伝導させて放熱することができる。

20

【0057】

また、図5(a)に示される保持構造において、波長変換部11の保持部材12との接触面、及び保持部材12の波長変換部11との接触面を鏡面化してもよい。接触面を鏡面化することにより、接触面積を増加させ、より効果的に保持部材12に熱を伝導させて放熱することができる。

30

【0058】

図6に示される波長変換部11は、その被照射面(レーザー発光装置10から発せられた光が照射される面)上に青色の波長の光のみを透過させ、それ以外の波長の光を反射する膜状のダイクロイックフィルター51を有する。波長変換部11は、貫通孔12a内で、機械的に又は充填剤50により保持部材12に固定される。

【0059】

ダイクロイックフィルター51は波長変換部11の被照射面上に塗布により直接形成されるため、波長変換部11との密着性が高く、予め用意されたダイクロイックフィルター上に波長変換部11を載せる場合のように、両者の間に薄い空気層が含まれることがない。このため、空気層による光の散乱が抑えられ、高い発光効率を得られる。なお、ダイクロイックフィルター51は、波長変換部11の光取出し面以外の面であれば、被照射面以外の面の上に形成されてもよい。

40

【0060】

図7に示される保持構造においては、波長変換部11は、保持部材12の貫通孔12aを塞ぐように設置されたバンドパスフィルター52を介して保持部材12上に設置される。

【0061】

バンドパスフィルター52は、ガラス、石英、SiC、サファイア等の透明材料からなる透明基板52aと、透明基板52aの下面(レーザー発光装置10から発せられた光が

50

照射される面)に形成された反射防止膜52bと、透明基板52aの上面(波長変換部11側の面)に形成された青色光のみを透過する膜状のダイクロイックフィルター52cから構成される。

【0062】

レーザー発光装置10から発せられた光はバンドパスフィルター52に入射して波長変換部11に達するため、空気中から波長変換部11に直接入射する場合と比較して、入射光の反射損失、及び波長変換部11内で発光した光の戻りによる損失を低減して、発光効率が向上する。また、波長変換部11から透明基板52aに熱を逃がすことによる冷却効果も得られる。

【0063】

波長変換部11とバンドパスフィルター52は、ガラス等を含む、透光性接着剤等によって接着される。また、バンドパスフィルター52と保持部材12は、前記透光性部材のほか、はんだなどの金属や、焼結銀等の接合剤によって接着される。

【0064】

図8に示される波長変換部11は、側面の被照射面側の一部に金属膜56を有する。金属膜56は、波長変換部11内部の金属膜56に向かって進む光を反射し、波長変換部11の側面の被照射面側の一部から光が出射することを防ぐ。

【0065】

金属膜56は、波長変換部11の表面をメタライズすることによって形成される。具体的には、波長変換部11に個片化する前の単結晶蛍光体板や、バインダーで接着された複数の単結晶蛍光体粒から構成される板状部材をハーフダイシングした後、メタライズすることにより、波長変換部11の側面の一部にのみ金属膜56が形成される。波長変換部11の被照射面上に形成された金属膜は、研磨やフォトリソグラフィ工程を用いたエッチングやリフトオフ工程を用いることで除去される。

【0066】

波長変換部11と保持部材12は、はんだ等の金属や、焼結銀等である接合剤55により接合される。はんだ等による接着は、機械的な固定よりも容易である。

【0067】

図9に示される波長変換部11は、上面(光取出し側の面)上に図示しない透光性担持剤に混ぜられた粉末状の散乱剤57が塗布されている。波長変換部11から取出される光が散乱剤57によって散乱されるため、強度分布や色分布が均一化される。

【0068】

散乱剤57や蛍光体粉末の粒径は5~50 μm であることが好ましい。粒径が5 μm 未満の場合は反射口が増え、50 μm を超えると散乱剤57の層の厚さの制御が困難になる。透光性担持剤としては、例えば、ガラス系接着剤、又は耐熱樹脂製接着剤を用いることができる。波長変換部11は、貫通孔12a内で、機械的に又は充填剤50により保持部材12に固定される。

【0069】

散乱剤57の代わりに蛍光体粉末を用いて、発光色を調整してもよい。

【0070】

図10に示される波長変換部11は、光取出し側の一部が保持部材12の表面から光取出し側に突出しており、この突出部分が半球状、錘状、錐台状、又はこれらに近い形状を有する。これにより、波長変換部11が直方体である場合と比較して、波長変換部11から取出される光の波長変換部11中の光路差が小さくなり、発光色むらを低減することができる。

【0071】

波長変換部11の突出部分は、例えば、直方体の波長変換部11を単結晶蛍光体インゴット等から切り出した後、砥石による研削加工を行うことにより得られる。また、多軸の加工機を用いて、平板状の単結晶蛍光体等を微細加工用のキリで切削加工した後、切り出してもよい。また、波長変換部11の一辺の長さが300 μm 以下である場合、ハンドリ

10

20

30

40

50

ングが困難なため、平板状の単結晶蛍光体等を支持基板に取り付けた後に加工してもよい。また、突出部分の加工にパレル研磨や薬液を用いた方法を用いてもよい。

【0072】

波長変換部11は、貫通孔12a内で、機械的に又は充填剤50により保持部材12に固定される。

【0073】

図11(a)、(b)、(c)に示される波長変換部11は、YAG系単結晶蛍光体からなり、保持部材12の貫通孔12aを塞ぐように設置された平板部11aと、貫通孔12aの真上に設置された、半球、錐、錐台等の形状を有する突起部11bを有する。

【0074】

突起部11bの径は貫通孔12aの径と同等、又はより大きく、突起部11bの中心軸は貫通孔12aの中心軸とほぼ一致する。波長変換部11と保持部材12は、図示しない接着剤や接着シート等によって接着される。

【0075】

図11(b)に示される波長変換部11は、保持部材12側の面の突起部11bの下の領域に窪み部11cを有する。窪み部11cを設けることにより、平板部11a内に進む光を低減し、光源サイズの拡大を抑えることができる。

【0076】

図11(c)に示される波長変換部11は、平板部11aを小さくすることにより、光源サイズの拡大を抑えている。なお、図11(c)に示されるように、貫通孔12aが光取出し側に向かって細くなるテーパ形状を有してもよい。

【0077】

図12(a)、(b)は、図11(a)、(b)、(c)に示される波長変換部11を切り出すための単結晶蛍光体板11dの上面図及び垂直断面図である。単結晶蛍光体板11dは、例えば、マトリクス状に並んだ突起部11bを形成するように、平板状のYAG系単結晶蛍光体の表面を研削することにより得られる。

【0078】

単結晶蛍光体板11dを切断して波長変換部11に個片化した後、個々の波長変換部11を保持部材12に固定してもよいし、複数の保持部材12が切り出される金属板又はセラミック板上に単結晶蛍光体板11dを接着した後、これらを一括して切断、個片化してもよい。

【0079】

図11(b)に示される波長変換部11の窪み部11cは、波長変換部11を保持部材12に固定する前と後のいずれに形成されてもよい。

【0080】

図13に示される波長変換部11は、保持部材としての透明基板58上に透明接着剤61により固定される。透明基板58は、図13に示されるように、下面(レーザー発光装置10から発せられた光が照射される面)上に反射防止膜59を有していてもよく、また、上面(波長変換部11側の面)上に青色の波長の光のみを透過させ、それ以外の波長の光を反射する膜状のダイクロイックフィルター60を有していてもよい。

【0081】

波長変換部11の形状は、例えば、直方体、半球、角錐である。透明基板58は、例えば、ガラス、石英、SiC、サファイア等の透明材料からなる。

【0082】

波長変換部11の透明基板58への透明接着剤61による固定は、貫通孔12aを有する保持部材12への固定と比較して容易である。また、波長変換部11の発熱は透明接着剤61を通じて放熱される。

【0083】

透明接着剤61の代わりに、波長変換部11の側部に接着剤を塗布して保持部材12に接着してもよい。この場合、接着剤は透明でなくてもよく、透明でない場合、光の射出方

10

20

30

40

50

向を波長変換部 11 の上方に限定することにより、光源サイズを小さくすることができる。また、光量を増すため、接着剤はレーザー発光装置 10 から発せられる青色光や蛍光に対する反射率の高いものであってもよい。

【0084】

[第2の実施の形態]

第2の実施の形態に係る発光装置は、波長変換部の光取り出し面が被照射面の反対側になり構造を有する。

【0085】

(発光装置の構成)

図14、図15は、第2の実施の形態に係る発光装置3、4の構成を示す模式図である。発光装置3、4は、発光装置1、2と同様に、青色光を発するレーザーダイオードを有するレーザー発光装置10と、レーザー発光装置10に含まれるレーザーダイオードが発する光の一部を吸収して波長を変換する波長変換部11と、を有する。

10

【0086】

また、発光装置3は、レーザー発光装置10から発せられた光を平行光に変えるレンズ13aと、レンズ13aからの平行光を波長変換部11の表面近傍に焦点を結ぶように集光するレンズ13bと、レンズ13bからの光を波長変換部11へ向けて反射するミラー31をさらに有する。発光装置3においては、レーザー発光装置10から発せられた光は主に光を取り出す側の面に照射される。

【0087】

また、発光装置4は、レーザー発光装置10から発せられた光を伝送する光導波路としての光ファイバー21をさらに有する。光ファイバー21の先端は波長変換部11の側方に設置され、波長変換部11の側面にレーザー発光装置10から発せられた光が照射される。光ファイバー21の光伝播部21aは、保持部材27により保持される。

20

【0088】

また、図15に示されるように、複数の光ファイバー21をコネクタ22で連結してもよい。また、図15に示されるように、1つの波長変換部11に対して複数のレーザー発光装置10を用いてもよい。また、発光装置4において、光ファイバー21の代わりに、導光パイプ等の光ファイバー以外の光導波路を用いてもよい。

【0089】

発光装置3、4において、レーザー発光装置10から発せられて波長変換部11に照射される光の放射照度は、 80 W/mm^2 以上である。このように放射照度を大きくすることにより、発光装置3、4は高輝度の光を発することができる。

30

【0090】

また、放射照度を高めるためには、スポットのほぼすべてが波長変換部11の被照射面に含まれるように、レーザー発光装置10から発せられる光が被照射面に照射されることが好ましい。

【0091】

また、発光輝度を高めるためには、波長変換部11のサイズを十分に小さくして、レーザー発光装置10から発せられる光を波長変換部11の被照射面の全面に照射することが好ましい。波長変換部11のサイズを小さくすることにより、光を被照射面の全面に照射しても十分な発光輝度が得られる。

40

【0092】

なお、発光装置3において、レンズ13bによって集光される光の焦点を波長変換部11の表面からずらして、スポット面積を大きくしてもよい。スポット面積を大きくすることにより、青色光の成分と蛍光の成分をむらなく混合し、発光色のむらを軽減することができる。色むらを効果的に抑制するためには、スポット面積を 0.06 mm^2 以上にして、出来るだけ均一な光を波長変換部11に照射することが好ましい。発光色のむらの抑制は、光の均一性という観点からも重要であるが、励起光であるレーザーの光が直接出力されることを防ぐことにもなるため、安全性の観点からも重要である。また、スポット面積

50

を大きくすることにより、熱の集中を緩和してクラックの発生を防ぐことができる。

【0093】

また、波長変換部11の被照射部分が波長変換部11の外縁に近いほど放熱性が高まる。このため、レーザー発光装置10から発せられた光の焦点を波長変換部11の表面からずらして、波長変換部11の被照射面におけるスポット面積を被照射面の全面積のおよそ50%以上とすることにより、波長変換部11に含まれる蛍光体の発熱を効果的に抑制することができる。

【0094】

ただし、照射部分の位置制御が困難であり、レーザー発光装置10から発せられた光の一部が波長変換部11から外れるおそれがある場合には、波長変換部11の被照射面におけるレーザー発光装置10から発せられた光のスポット面積を、被照射面の全面積のおよそ90%以下とすることが好ましい。

10

【0095】

波長変換部11は、保持部材30により保持される。保持部材30は、波長変換部11から発せられる熱を放熱するため、熱伝導率の高いセラミックや金属からなることが好ましい。セラミックとしては、例えば、窒化アルミニウム、アルミナ、又はSiNが用いられる。また、金属としては、例えば、Cu、又はAlが用いられる。

【0096】

〔波長変換部の保持構造〕

図16~20は、第2の実施の形態に係る波長変換部11の保持構造の例を示す断面図である。

20

【0097】

図16に示される保持構造においては、波長変換部11は保持部材30の面上に保持される。波長変換部11と保持部材30の隙間に充填剤62を充填することにより、波長変換部11は保持部材30に固定される。

【0098】

充填剤62として、例えば、熱伝導性の高い放熱用シリコン系樹脂、高反射シリコン系樹脂、反射率と熱伝導率の高い焼結銀等を用いることが好ましい。なお、充填剤62を用いずに、保持部材30を塑性変形させて、波長変換部11を機械的に固定してもよい。

30

【0099】

図17に示される波長変換部11は、その底面（保持部材30側の面）上に可視光を反射する膜状のダイクロイックフィルター63を有する。ダイクロイックフィルター63を設けることにより波長変換部11の底面での反射率を向上させ、光取出し効率を向上させることができる。このダイクロイックフィルター63を用いる方法は、例えば、波長変換部11の底面や保持部材30の上面を鏡面化して反射率を向上させる方法と比較して、波長変換部11と保持部材30との間に空気層が含まれないため、光の散乱による光取出し効率の低下を抑えることができる。

【0100】

波長変換部11と保持部材30を接合する接合剤64として、例えば、導電シート、はんだ、焼結金属、又は樹脂接着剤を用いることができる。なお、ダイクロイックフィルター63は、波長変換部11の光取出し面以外の面であれば、底面以外の面の上に形成されてもよい。

40

【0101】

図18に示される波長変換部11は、その底面（保持部材30側の面）上に金属膜56を有する。金属膜56を設けることにより波長変換部11の底面での反射率を向上させ、光取出し効率を向上させることができる。

【0102】

金属膜56は、波長変換部11の表面をメタライズすることによって形成される。例えば、波長変換部11に個片化する前の単結晶蛍光体板や、バインダーで接着された複数の

50

単結晶蛍光体粒から構成される板状部材の表面をメタライズした後、波長変換部 1 1 に個片化することにより、金属膜 5 6 が得られる。

【0103】

波長変換部 1 1 は、接合剤 6 4 により保持部材 3 0 に固定される。なお、グリースは加工が容易であるが、反射率が低く、接合力が弱いため、接合剤 6 4 として用いるには適さない。

【0104】

図 1 9 に示される波長変換部 1 1 は、光取出し面上に図示しない透光性担持剤に混ぜられた粉末状の散乱剤 5 7 が塗布されている。波長変換部 1 1 から取出される光が散乱剤 5 7 によって散乱されるため、強度分布や色分布が均一化される。

10

【0105】

散乱剤 5 7 や蛍光体粉末の粒径は 5 ~ 5 0 μm であることが好ましい。粒径が 5 μm 未満の場合は反射口が増え、5 0 μm を超えると散乱剤 5 7 の層の厚さの制御が困難になる。透光性担持剤としては、例えば、ガラス系接着剤、又は耐熱樹脂製接着剤を用いることができる。波長変換部 1 1 は、接合剤 6 4 により保持部材 3 0 に固定される。

【0106】

散乱剤 5 7 の代わりに蛍光体粉末を用いて、発光色を調整してもよい。

【0107】

図 2 0 に示される波長変換部 1 1 は、図 1 1 (c) に示される波長変換部 1 1 と同じものである。また、図 1 1 (a) に示される波長変換部 1 1 と同じのものであってもよい。波長変換部 1 1 は、接合剤 6 4 により保持部材 3 0 に固定される。

20

【0108】

[第 3 の実施の形態]

第 3 の実施の形態は、第 1 の実施の形態及び第 2 の実施の形態の発光装置の使用例を示すものである。

【0109】

図 2 1 は、第 3 の実施の形態に係る車両 7 0 のヘッドライト周辺の構成を模式的に示すブロック図である。

【0110】

車両 7 0 は、ヘッドライト 7 1 と、ヘッドライト 7 1 等に電源を供給する電源 7 3 と、入力部 7 2 に入力された指示に基づいて電源 7 3 を制御する制御部 7 4 と、を有する。

30

【0111】

図 2 2 は、ヘッドライト 7 1 に含まれる発光装置の一例である発光装置 2 a の構成を示す模式図である。発光装置 2 a は、図 3 に示される発光装置 2 にリフレクター 2 5 を加えた構成を有する。リフレクター 2 5 は保持部材 1 2 等に取り付けられ、波長変換部 1 1 から取出される白色光を反射して指向性を与える。

【0112】

図 2 3 は、ヘッドライト 7 1 に含まれる発光装置の他の例である発光装置 3 a の構成を示す模式図である。発光装置 3 a は、図 1 4 に示される発光装置 3 にリフレクター 2 5 を加えた構成を有する。

40

【0113】

また、発光装置 3 a においては、1 つの波長変換部 1 1 に対して 2 つのレーザー発光装置 1 0 が用いられており、2 つのレーザー発光装置 1 0 から発せられた光はそれぞれ異なる方向から波長変換部 1 1 に照射される。リフレクター 2 5 は保持部材 1 2 等に取り付けられ、2 つのレーザー発光装置 1 0 から発せられた光が通過するための孔を有する。

【0114】

図 2 4 は、第 3 の実施の形態に係るプロジェクター 8 0 の構成を模式的に示すブロック図である。

【0115】

プロジェクター 8 0 は、光源部 8 1 と、入力部 8 2 に入力された指示に基づいて光源部

50

8 1等を制御する制御部 8 4と、光源部 8 1等に電源を供給する電源 8 3と、光源部 8 1から発せられた光に画像情報を加えて投射レンズ 8 6へ送る光学系 8 5と、外部のスクリーンへ画像を投影する当社レンズ 8 6と、を有する。

【0 1 1 6】

図 2 5は、光源部 8 1に含まれる発光装置の一例である発光装置 1 aの構成を示す模式図である。発光装置 1 aは、図 2に示される発光装置 1に超狭角レンズ 1 4を加えた構成を有する。超狭角レンズ 1 4は保持部材 1 2等に取り付けられ、波長変換部 1 1から取出される白色光に指向性を与える。

【0 1 1 7】

図 2 6は、光源部 8 1に含まれる発光装置の他の例である発光装置 2 bの構成を示す模式図である。発光装置 2 bは、図 3に示される発光装置 2に超狭角レンズ 1 4を加えた構成を有する。

【0 1 1 8】

図 2 7は、第 3の実施の形態に係るサーチライト 9 0の構成を模式的に示すブロック図である。

【0 1 1 9】

サーチライト 9 0は、光源部 9 1と、光源部 9 1等に電源を供給する電源 9 3と、入力部 9 2に入力された指示に基づいて電源 9 3を制御する制御部 9 4と、を有する。

【0 1 2 0】

光源部 9 1には、例えば、図 2 6に示される発光装置 2 bを用いることができる。

【0 1 2 1】

図 2 8は、第 3の実施の形態に係るリモート照明 1 0 0の構成を模式的に示すブロック図である。

【0 1 2 2】

リモート照明 1 0 0は、光源部 1 0 1 a、1 0 1 bと、光源部 1 0 1 a、1 0 1 b等に電源を供給する電源 1 0 3と、入力部 1 0 2に入力された指示に基づいて電源 1 0 3を制御する制御部 1 0 4と、を有する。光源部 1 0 1 aと光源部 1 0 1 bはそれぞれケーブルで接続された異なる筐体に含まれており、使用者は光源部 1 0 1 bが含まれる部分のみを持って対象を照らすことができる。

【0 1 2 3】

図 2 9は、ヘッドライト 7 1に含まれる発光装置の一例である発光装置 4 aの構成を示す模式図である。発光装置 4 aは、図 1 5に示される発光装置 4にリフレクター 2 5を加えた構成を有する。

【0 1 2 4】

また、発光装置 4 aにおいては、1つの波長変換部 1 1に対して2つのレーザー発光装置 1 0が用いられており、2つのレーザー発光装置 1 0から発せられた光はそれぞれ異なる方向から波長変換部 1 1に照射される。リフレクター 2 5は保持部材 1 2等に取り付けられる。

【0 1 2 5】

また、発光装置 4 aにおいては、レーザー発光装置 1 0が光源部 1 0 1 aに含まれ、波長変換部 1 1が光源部 1 0 1 bに含まれる。

【0 1 2 6】

(実施の形態の効果)

上記実施の形態によれば、高出力のレーザーダイオードと高温下での量子効率や温度消光特性に優れる単結晶蛍光体を用いることにより、高輝度の発光装置を提供することができる。

【実施例 1】

【0 1 2 7】

図 3 0に示される保持構造において、波長変換部 1 1にクラックが発生するときの照射される光の放射照度を調べた。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 8 】

本実施例に係る波長変換部 1 1 は、図 3 0 に示されるように、上面に反射防止膜 5 9 が形成されており、また、底面に青色の波長の光のみを透過させ、それ以外の波長の光を反射する膜状のダイクロイックフィルター 5 1 が形成されている。また、波長変換部 1 1 は、側面に塗布された高反射シリコン系樹脂 6 5 によって保持部材 1 2 に固定される。

【 0 1 2 9 】

また、本実施例においては、波長変換部 1 1 として平面形状の一辺の長さが 0 . 4 m m である直方体の Y A G 系単結晶蛍光体を用い、保持部材 1 2 の材料として A l を用いた。そして、出力が 0 . 9 6 W (投入電流が 1 A) のレーザー光を波長変換部 1 1 の反射防止膜 5 9 側の面に $2 . 6 \times 1 0^{-4} \text{ m m}^2$ のスポット面積で照射した。

10

【 0 1 3 0 】

その結果、放射照度が $3 6 9 2 \text{ W} / \text{m m}^2$ 以上でクラックが発生することがわかった。このため、放射照度が $3 6 9 2 \text{ W} / \text{m m}^2$ 以上になる場合は、レーザー発光装置 1 0 の出力を下げるか、波長変換部 1 1 の表面近傍に集光される光の焦点をずらして、スポット径を大きくすることが求められる。

【 実施例 2 】

【 0 1 3 1 】

図 5 (a) に示される保持構造において、波長変換部 1 1 と保持部材 1 2 の接触面積と波長変換部 1 1 の温度との関係、及び波長変換部 1 1 と保持部材 1 2 の接触面積と波長変換部 1 1 の全光束との関係を調べた。本実施例においては、波長変換部 1 1 として直方体の Y A G 系単結晶蛍光体を用いた。

20

【 0 1 3 2 】

図 3 1 は、接触面積割合と波長変換部 1 1 の温度の関係、及び接触面積割合と波長変換部 1 1 の全光束との関係を示すグラフである。ここで、接触面積割合とは、波長変換部 1 1 の全表面積に対する、波長変換部 1 1 が保持部材 1 2 に接触する面積の割合である。

【 0 1 3 3 】

図 3 1 に示されるように、接触面積割合を 3 0 % 以下とすることにより、波長変換部 1 1 の全光束を最大値の 9 0 % 以上とすることができる。また、接触面積割合を 1 0 % 以上とすることにより、温度を量子効率の低下が少ない 2 5 0 以下とすることができる。

30

【 実施例 3 】

【 0 1 3 4 】

図 3 2 (a) に示される保持構造において、波長変換部 1 1 を構成する 1 個の Y A G 系単結晶蛍光体に照射される光の放射照度と 1 個の Y A G 系単結晶蛍光体の全光束との関係を調べた。実施例 3 においては、1 個の Y A G 系単結晶蛍光体として直径 2 0 m m の円板状の Y A G 系単結晶蛍光体を用いた。

【 0 1 3 5 】

また、図 3 2 (b) に示される保持構造において、比較例としての粉末蛍光体 6 7 に照射される光の放射照度と粉末蛍光体 6 7 の全光束との関係を調べた。粉末蛍光体 6 7 は、直径 2 0 m m の円板状のサファイア板 6 6 の表面上で焼結された粉末状の Y A G 系多結晶蛍光体である。

40

【 0 1 3 6 】

また、図 3 2 (b) に示される保持構造において、粉末蛍光体 6 7 の代わりに波長変換部 1 1 を構成する粒子状の Y A G 系単結晶蛍光体の集合体をサファイア板 6 6 上に設置し、これに照射される光の放射照度と全光束との関係を調べた。粒子状の Y A G 系単結晶蛍光体の集合体は、Y A G 系単結晶蛍光体のインゴットを粉砕することにより得た。

【 0 1 3 7 】

図 3 2 (a)、(b) に示される保持構造においては、アルミニウムからなる保持部材 1 2 を用いた。また、これらの保持構造の波長変換部 1 1 と粉末蛍光体 6 7 に照射する光を発するレーザー発光装置 1 0 として、発光波長が 4 4 8 n m の青色 L D を有する装置を用いた。

50

【 0 1 3 8 】

図 3 3 (a) は、これらの蛍光体に照射する光を発するレーザー発光装置 1 0 への投入電流と全放射束との関係を示すグラフである。

【 0 1 3 9 】

図 3 3 (b) は、実施例 3 に係る波長変換部 1 1 を構成する 1 個の Y A G 系単結晶蛍光体及び粒子状の Y A G 系単結晶蛍光体の集合体に照射される光の放射照度と全光束との関係、及び比較例に係る粉末蛍光体 6 7 に照射される光の放射照度と全光束との関係を示すグラフである。

【 0 1 4 0 】

図 3 3 (b) に係る評価においては、レーザー発光装置 1 0 への投入電流を 2 A (全放射束が 2 . 0 7 4 W) に固定した状態で、波長変換部 1 1 及び粉末蛍光体 6 7 の被照射面 (図 3 2 (a) 、 (b) における下側の面) 上のスポット面積を変化させることにより、放射照度を変えた。例えば、放射照度が $6 1 0 4 \text{ W / m m }^2$ のときのスポット面積は $0 . 0 0 0 3 4 \text{ m m }^2$ であり、放射照度が $8 2 9 6 \text{ W / m m }^2$ のときのスポット面積は $0 . 0 0 0 2 5 \text{ m m }^2$ である。

10

【 0 1 4 1 】

図 3 3 (b) によれば、放射照度を増加させると、粉末蛍光体 6 7 は放射照度がおよそ $1 0 0 \text{ W / m m }^2$ に達したときに全光束の低下が始まり、粒子状の Y A G 系単結晶蛍光体の集合体はおよそ $5 0 0 \text{ W / m m }^2$ に達したときに全光束の低下が始まる。また、1 個の Y A G 系単結晶蛍光体は、放射照度がおよそ $1 0 0 0 0 \text{ W / m m }^2$ に達しても全光束の低下が見られない。この結果は、粒子状の Y A G 系単結晶蛍光体の集合体は粉末蛍光体 6 7 よりも温度消光しにくく、1 個の Y A G 系単結晶蛍光体はさらに温度消光しにくいことを示している。

20

【 実施例 4 】

【 0 1 4 2 】

図 7 に示される保持構造において、波長変換部 1 1 に照射される光の放射照度と波長変換部 1 1 から取り出される光の照度との関係を調べた。実施例 4 においては、波長変換部 1 1 として平面形状の一辺の長さが 0 . 4 mm、厚さが 0 . 3 mm である直方体の Y A G 系単結晶蛍光体を用いた。

【 0 1 4 3 】

実施例 3 の波長変換部 1 1 に照射する光を発するレーザー発光装置 1 0 として、発光波長が 4 4 8 nm の青色 LD を有する装置を用いた。

30

【 0 1 4 4 】

図 3 4 (a) は、実施例 4 に係るレーザー発光装置 1 0 への投入電流と全放射束との関係を示すグラフである。

【 0 1 4 5 】

図 3 4 (b) は、実施例 4 に係る波長変換部 1 1 に照射される光の放射照度と波長変換部 1 1 から取り出される光の照度との関係を示すグラフである。

【 0 1 4 6 】

図 3 4 (b) に係る評価においては、レーザー発光装置 1 0 への投入電流を 2 A に固定した状態で、波長変換部 1 1 及び粉末蛍光体 6 7 の被照射面 (図 3 4 (b) における下側の面) 上のスポット面積を変化させることにより、放射照度を変えた。例えば、放射照度が $4 0 . 3 2 \text{ W / m m }^2$ のときのスポット面積は $0 . 0 3 4 \text{ m m }^2$ であり、色度座標 x、y は 0 . 3 4 7 1、0 . 4 1 5 8 である。

40

【 0 1 4 7 】

図 3 4 (b) に示される波長変換部 1 1 から取り出される光の照度は、バンドパスフィルタ 5 2 が無い場合と比較して、2 0 ~ 3 0 % 高い。

【 実施例 5 】

【 0 1 4 8 】

実施例 5 では、レーザー発光装置 1 0 から発せられた光の波長変換部 1 1 の被照射面に

50

おけるスポット面積と、波長変換部 11 から取り出される光の色むらの関係をシミュレートした。

【0149】

このシミュレーションにおいては、波長変換部 11 に光を照射する LD の出力、発光波長をそれぞれ 2.27 W、450 nm として、波長変換部 11 を厚さ 0.3 mm の YAG 系単結晶蛍光体とした。そして、波長変換部 11 から 29.6 mm 離れたところに設定された一辺の長さが 200 mm の正方形の受光面における光の色分布をシミュレートした。

【0150】

図 35 (a)、(b) は、それぞれ波長変換部 11 の被照射面のスポット面積が 0.048 mm²、0.060 mm² である場合の上記の受光面における光の色分布を示す。図 35 (a) の受光面には青色光の抜けが見られ、色むらが生じている。一方、図 35 (b) の受光面には青色光の抜けが見られず、色むらが生じていない。

10

【0151】

実施例 5 のシミュレーションの結果、波長変換部 11 の被照射面のスポット面積を 0.060 mm² 以上にすることにより、色むらが抑えられた。このことから、光の焦点をずらしてスポット面積を大きくすることにより発光色むらを抑制できることが確認された。なお、色むらを抑えるためのスポット面積の閾値は、波長変換部 11 のサイズや LD の出力等により異なる。

【0152】

以上、本発明の実施の形態及び実施例を説明したが、本発明は、上記実施の形態及び実施例に限定されず、発明の主旨を逸脱しない範囲内において種々変形実施が可能である。また、発明の主旨を逸脱しない範囲内において上記実施の形態及び実施例の構成要素を任意に組み合わせることができる。

20

【0153】

また、上記に記載した実施の形態及び実施例は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。また、実施の形態及び実施例の中で説明した特徴の組合せの全てが発明の課題を解決するための手段に必須であるとは限らない点に留意すべきである。

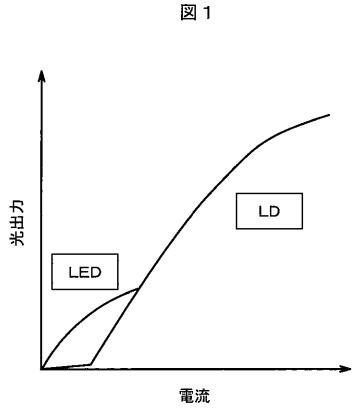
【符号の説明】

【0154】

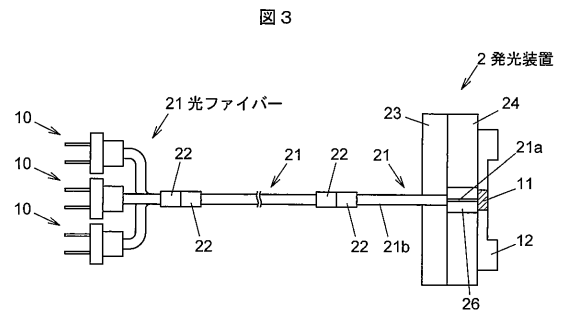
1、1 a、2、2 a、2 b、3、3 a、4、4 a ... 発光装置、 10 ... レーザー発光装置、 11 ... 波長変換部、 13 a、13 b ... レンズ、 21 ... 光ファイバー

30

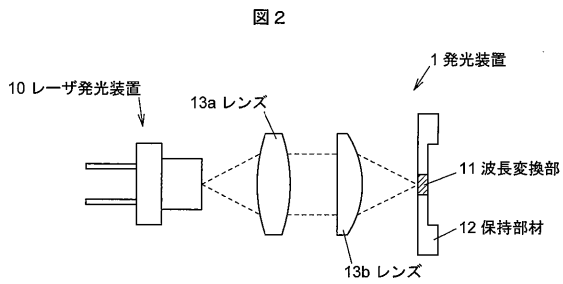
【 図 1 】



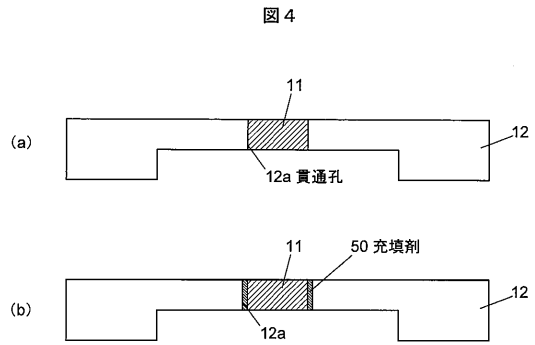
【 図 3 】



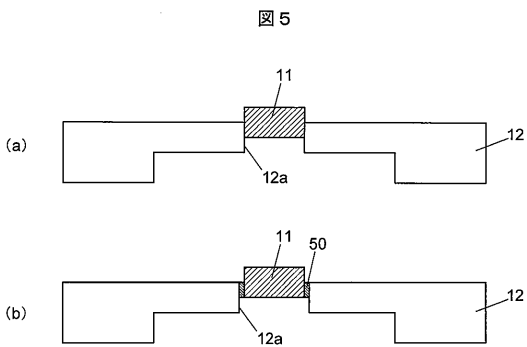
【 図 2 】



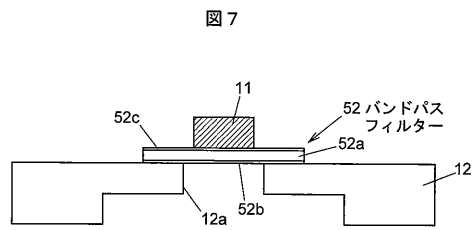
【 図 4 】



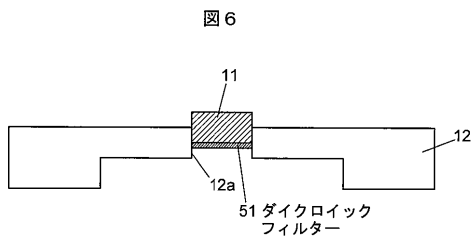
【 図 5 】



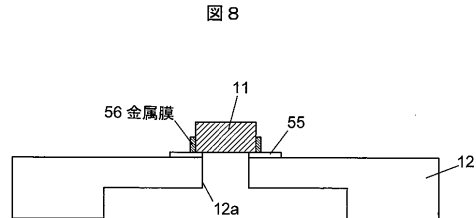
【 図 7 】



【 図 6 】

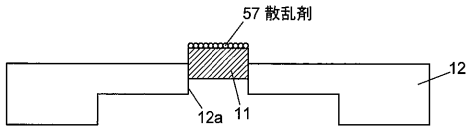


【 図 8 】



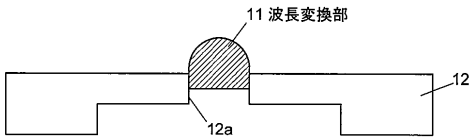
【 図 9 】

図 9



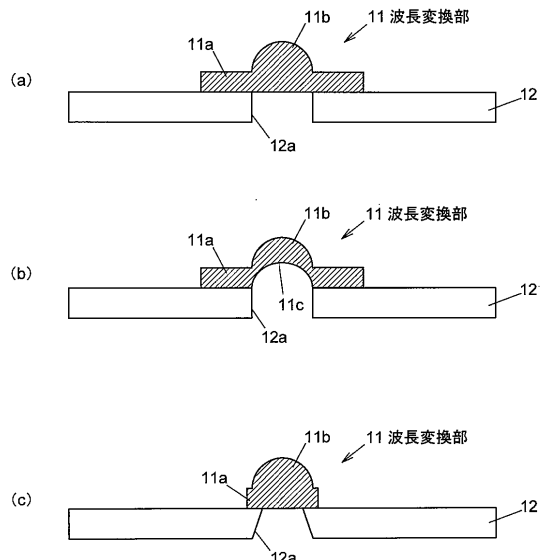
【 図 10 】

図 10



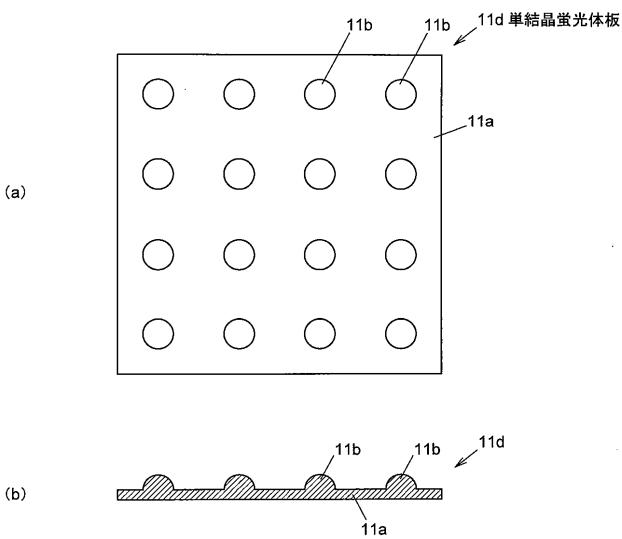
【 図 11 】

図 11



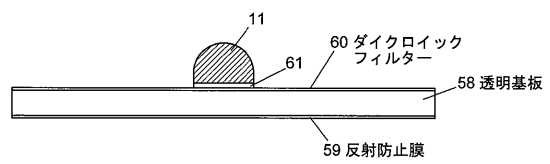
【 図 12 】

図 12



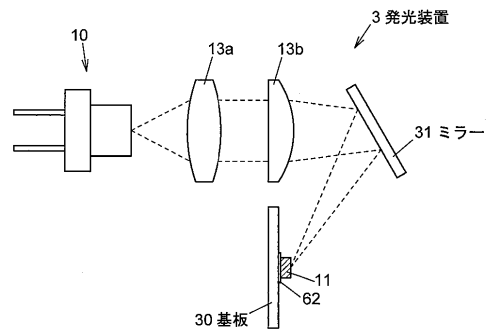
【 図 13 】

図 13



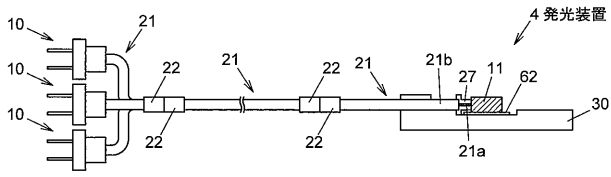
【 図 14 】

図 14



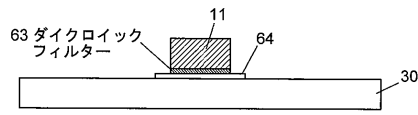
【図15】

図15



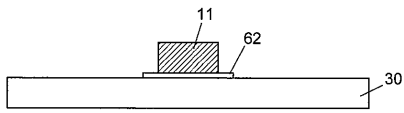
【図17】

図17



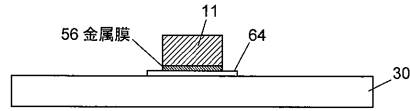
【図16】

図16



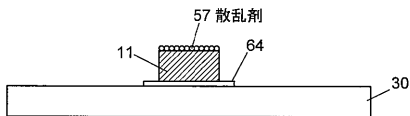
【図18】

図18



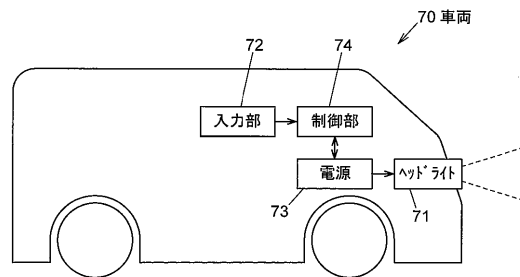
【図19】

図19



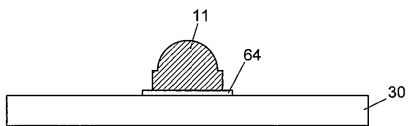
【図21】

図21



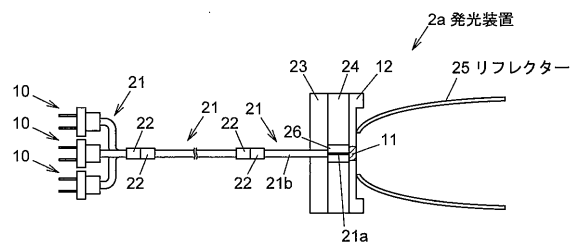
【図20】

図20

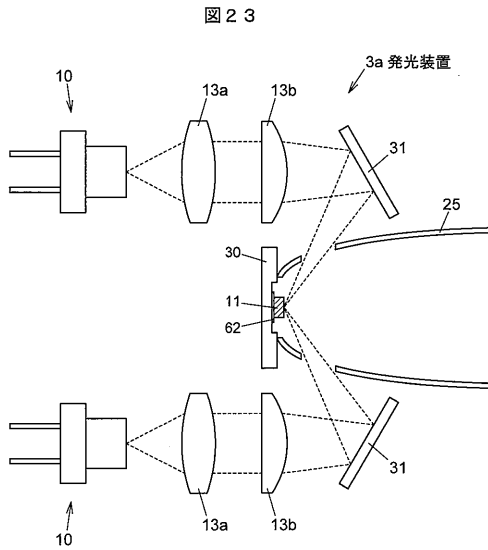


【図22】

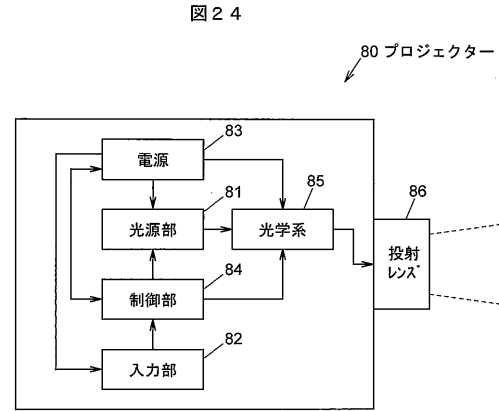
図22



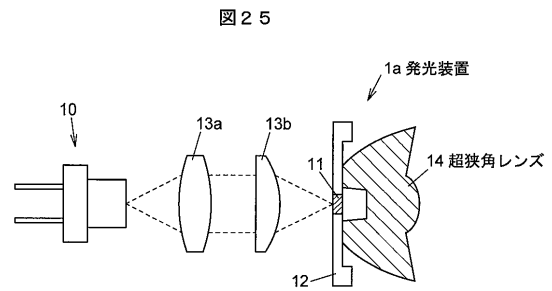
【 図 2 3 】



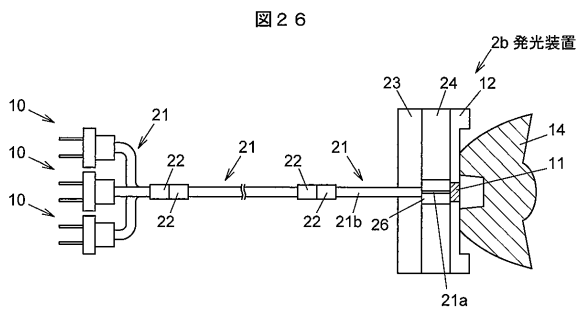
【 図 2 4 】



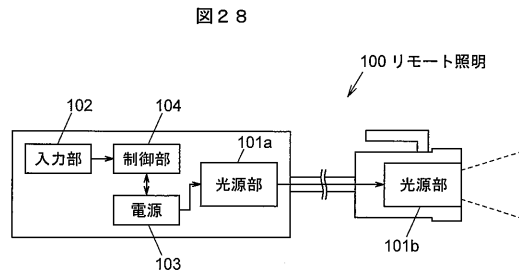
【 図 2 5 】



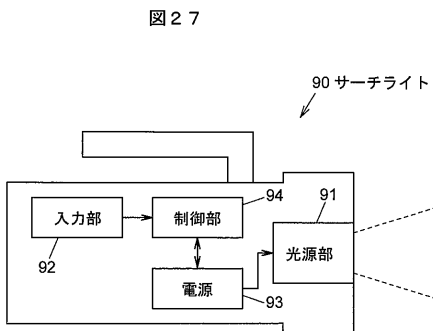
【 図 2 6 】



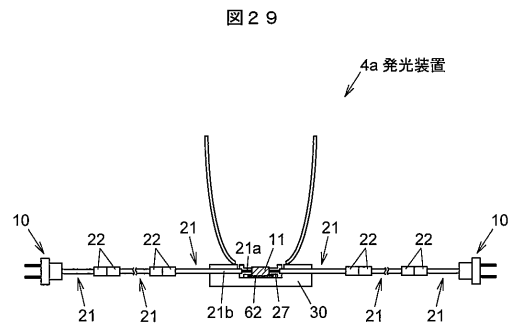
【 図 2 8 】



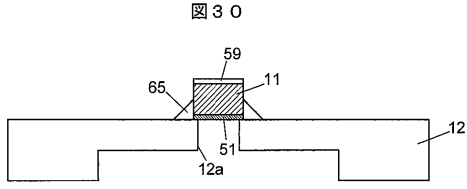
【 図 2 7 】



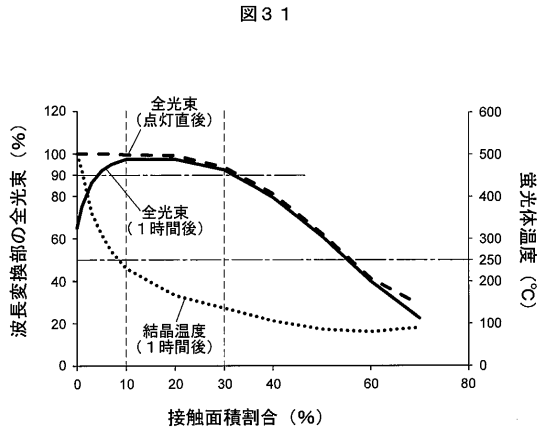
【 図 2 9 】



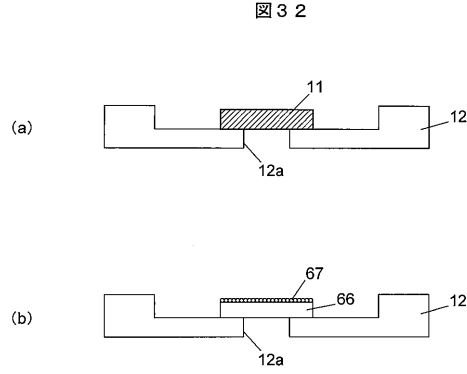
【 図 3 0 】



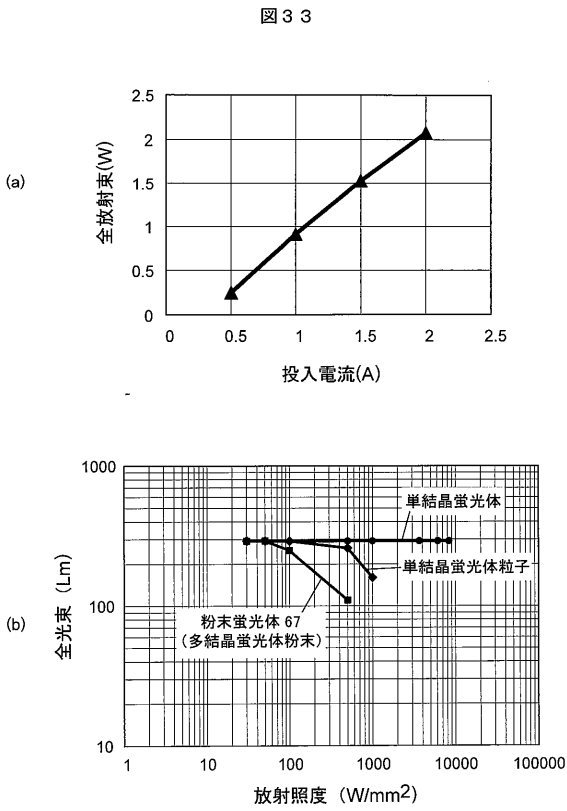
【 図 3 1 】



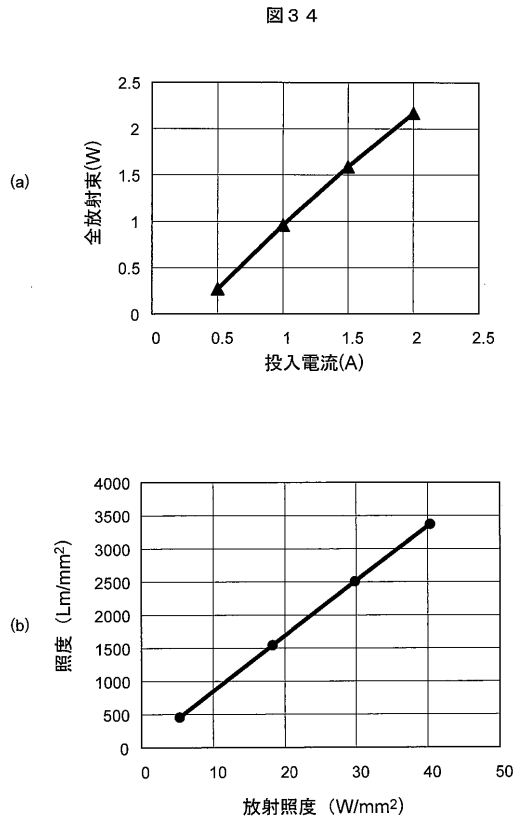
【 図 3 2 】



【 図 3 3 】

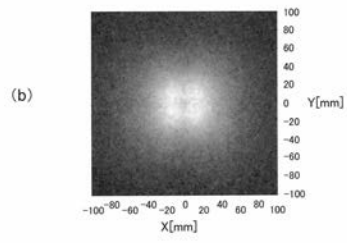
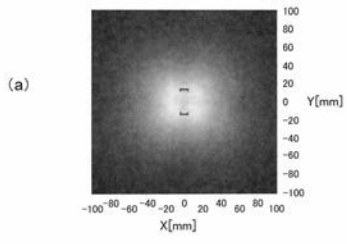


【 図 3 4 】



【 図 3 5 】

図 3 5



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)
<i>F 2 1 V</i> 9/16 (2006.01)	<i>F 2 1 S</i>	8/10	1 5 0	5 F 1 7 3
<i>F 2 1 V</i> 8/00 (2006.01)	<i>F 2 1 S</i>	8/10	1 7 1	
<i>C 0 9 K</i> 11/80 (2006.01)	<i>F 2 1 V</i>	9/16	1 0 0	
<i>G 0 2 B</i> 5/20 (2006.01)	<i>F 2 1 V</i>	8/00	2 6 0	
<i>F 2 1 W</i> 101/10 (2006.01)	<i>C 0 9 K</i>	11/80	C P M	
<i>F 2 1 Y</i> 115/30 (2016.01)	<i>G 0 2 B</i>	5/20		
	<i>F 2 1 W</i>	101:10		
	<i>F 2 1 Y</i>	115:30		

- (72)発明者 上荷 幹彦
東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 株式会社光波内
- (72)発明者 伊藤 彰
東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 株式会社光波内
- (72)発明者 澤野 博之
東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 株式会社光波内
- (72)発明者 利根 健太郎
東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 株式会社光波内
- (72)発明者 佐野 広明
東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 株式会社光波内
- (72)発明者 猪股 大介
東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 株式会社タムラ製作所内
- (72)発明者 飯塚 和幸
東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 株式会社タムラ製作所内

Fターム(参考) 2H137 AB06 BA08 BA15 BB02 BB17 BC31 BC52 BC58 BC80 CA15A
CA15D CA15E CA45 CA77 CA78 CC01 CC05 EA02 HA05
2H148 AA07
3K243 AA08 AC06
4G077 AA02 BC24 HA02
4H001 CA04 CA06 CA07 XA08 XA39 XA71 YA58
5F173 MA10 MB01 MF03 MF24 MF28 MF39 MF40