

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6524474号
(P6524474)

(45) 発行日 令和1年6月5日(2019.6.5)

(24) 登録日 令和1年5月17日(2019.5.17)

(51) Int.Cl.	F 1	
G 0 2 B 5/20 (2006.01)	G 0 2 B	5/20
H 0 1 L 33/50 (2010.01)	H 0 1 L	33/50
H 0 1 S 5/022 (2006.01)	H 0 1 S	5/022
F 2 1 V 7/00 (2006.01)	F 2 1 V	7/00 3 4 0
F 2 1 V 29/502 (2015.01)	F 2 1 V	29/502 1 0 0
請求項の数 3 (全 15 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2017-539380 (P2017-539380)
 (86) (22) 出願日 平成29年1月13日 (2017.1.13)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2017/001078
 (87) 国際公開番号 W02017/126441
 (87) 国際公開日 平成29年7月27日 (2017.7.27)
 審査請求日 平成29年7月25日 (2017.7.25)
 (31) 優先権主張番号 特願2016-11100 (P2016-11100)
 (32) 優先日 平成28年1月22日 (2016.1.22)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000004547
 日本特殊陶業株式会社
 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号
 (74) 代理人 100114258
 弁理士 福地 武雄
 (74) 代理人 100125391
 弁理士 白川 洋一
 (72) 発明者 佐藤 友美
 宮城県仙台市泉区明通三丁目24番1号
 株式会社NTKセラテック内
 (72) 発明者 傳井 美史
 宮城県仙台市泉区明通三丁目24番1号
 株式会社NTKセラテック内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長変換部材および発光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

特定範囲の波長の光を他の波長の光に変換するとともに、反射面により光を反射して照射光とする反射型の波長変換部材であって、

無機材料からなる基材と、

前記基材上に設けられ、吸収光に対し変換光を発する蛍光体粒子と前記蛍光体粒子同士を結合する透光性セラミックスとからなる蛍光体層と、を備え、

前記蛍光体層の厚みと前記蛍光体粒子の平均粒子径との比が以下の(a)~(d)の条件を満たし、

特定範囲の波長の光源光に対し、前記光源光が20W/m²のパワー密度であるときに、前記蛍光体層の発光効率維持率が70%以上であり、

前記基材または自部材に隣接する反射板の表面を前記変換光の反射面とし、

前記蛍光体層の、前記蛍光体粒子の最表面および前記基材と接する平面で挟まれた一定厚さの層の見かけ上の体積に対して、前記見かけ上の体積から前記見かけ上の体積内に含まれる固体成分の体積を差し引くことで算出された空隙部分の体積の割合を空隙率と定義した場合に、その前記空隙率は、30~70%であることを特徴とする波長変換部材。

(a) 前記蛍光体粒子の平均粒子径が1μm未満の場合は、前記蛍光体層の厚みと前記蛍光体粒子の平均粒子径との比が2.2以上30未満であること。

(b) 前記蛍光体粒子の平均粒子径が1μm以上5μm未満の場合は、前記蛍光体層の厚みと前記蛍光体粒子の平均粒子径との比が2.7以上15未満であること。

(c) 前記蛍光体粒子の平均粒子径が $5\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 未満の場合は、前記蛍光体層の厚みと前記蛍光体粒子の平均粒子径との比が 1.7 以上 10 未満 であること。

(d) 前記蛍光体粒子の平均粒子径が $10\ \mu\text{m}$ 以上の場合は、前記蛍光体層の厚みと前記蛍光体粒子の平均粒子径との比が 1.1 以上 5 未満 であること。

【請求項 2】

前記基材は、アルミニウムからなることを特徴とする請求項 1 記載の波長変換部材。

【請求項 3】

特定範囲の波長の光源光を発生させる光源と、

前記光源光を吸収し、他の波長の光に変換し発光する請求項 1 または請求項 2 記載の波長変換部材と、を備えることを特徴とする発光装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、特定範囲の波長の光を他の波長の光に変換するとともに、反射面により光を反射して照射光とする反射型の波長変換部材および発光装置に関する。

【背景技術】

【0002】

発光素子として、例えば青色 LED 素子に接触するようにエポキシやシリコンなどに代表される樹脂に蛍光体粒子を分散させた波長変換部材を配置したものが知られている。そして、近年では、LED に代えて、エネルギー効率がよく、小型化、高出力化に対応し

20

【0003】

レーザは局所的に高いエネルギーの光を照射するため、集中的にレーザ光が照射された樹脂は、その照射箇所が焼け焦げる。これに対し、波長変換部材をリング状に形成しそれを高速で回転させながらレーザを照射することで焼け焦げを抑制する改善策が提案されている（特許文献 1）。

【0004】

ところが、上記のような改善策では、器具、装置の大型化や複雑化を招き、システムは大きな制約を受ける。一方、波長変換部材を構成する樹脂に代えて無機バインダを使用し、無機材料のみで形成された波長変換部材を用いることが提案されている（特許文献 2 ~

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2015 - 94777 号公報

【特許文献 2】特開 2015 - 90887 号公報

【特許文献 3】特開 2015 - 38960 号公報

【特許文献 4】特開 2015 - 65425 号公報

【特許文献 5】特開 2014 - 241431 号公報

【特許文献 6】特開 2015 - 119172 号公報

【特許文献 7】特開 2015 - 138839 号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記のような無機バインダを使用した波長変換部材では、材料自体の耐熱性は向上する。しかし、レーザパワーに対する蛍光体粒子が発熱し、蓄熱が進むと、蛍光体粒子の発光性能が消失することがある。したがって、実際には、高エネルギー環境で波長変換部材の使用は困難である。

【0007】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、熱抵抗が低く、蛍光体層の温

50

度上昇を防止でき、強度の大きい光源光を照射しても蛍光性能を維持できる波長変換部材および発光装置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】

【0008】

(1) 上記の目的を達成するため、本発明の波長変換部材は、特定範囲の波長の光を他の波長の光に変換するとともに、反射面により光を反射して照射光とする反射型の波長変換部材であって、無機材料からなる基材と、前記基材上に設けられ、吸収光に対し変換光を発する蛍光体粒子と前記蛍光体粒子同士を結合する透光性セラミックスとからなる蛍光体層と、を備え、前記蛍光体層の厚みと前記蛍光体粒子の平均粒子径との比が30未満であり、特定範囲の波長の光源光に対し、前記光源光が 20 W/mm^2 のパワー密度であるときに、前記蛍光体層の発光効率維持率が70%以上であり、前記基材または自部材に隣接する反射板の表面を前記変換光の反射面とすることを特徴としている。これにより、熱抵抗が低く、蛍光体層の温度上昇を防止でき、強度の大きい光源光を照射しても蛍光性能を維持できる。さらに、高出力で発光させ続けても蛍光性能が低下しない発光装置を構成できる。

10

【0009】

(2) また、本発明の波長変換部材は、以下の条件を満たすことを特徴としている。(a) 前記蛍光体粒子の平均粒子径が $1\ \mu\text{m}$ 未満の場合は、前記蛍光体層の厚みと前記蛍光体粒子の平均粒子径との比が30未満であること。(b) 前記蛍光体粒子の平均粒子径が $1\ \mu\text{m}$ 以上 $5\ \mu\text{m}$ 未満の場合は、前記蛍光体層の厚みと前記蛍光体粒子の平均粒子径との比が15未満であること。(c) 前記蛍光体粒子の平均粒子径が $5\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 未満の場合は、前記蛍光体層の厚みと前記蛍光体粒子の平均粒子径との比が10未満であること。(d) 前記蛍光体粒子の平均粒子径が $10\ \mu\text{m}$ 以上の場合は、前記蛍光体層の厚みと前記蛍光体粒子の平均粒子径との比が5未満であること。

20

【0010】

このように、波長変換部材は、反射型として用いられた場合に、蛍光体層内の粒子数の密度が高くなりすぎず、粒界の熱抵抗を低減できる一方、蛍光体層内の構造を均質にし、均質な光を得ることができる。本発明における均質な光とは、「二次元色彩輝度計(コニカミノルタCA-2500)を用いて測定した際に面内における吸収光(励起光)のスペクトルピークの平均値に対して、局所的な吸収光(励起光)のスペクトルピーク値が2倍未満であること」とする。

30

【0011】

(3) また、本発明の波長変換部材は、前記蛍光体層の、前記蛍光体粒子の最表面および前記基材と接する平面で挟まれた一定厚さの層の見かけ上の体積に対して、前記見かけ上の体積から前記見かけ上の体積内に含まれる固体成分の体積を差し引くことで算出された空隙部分の体積の割合を空隙率と定義した場合に、その前記空隙率は、30~70%であることを特徴としている。これにより、蛍光体層内に分散した気孔を多数有するため、照射された光が蛍光体層内で分散(乱反射)し、蛍光体粒子に光が照射されやすくなる。

【0012】

(4) また、本発明の波長変換部材は、前記基材は、アルミニウムからなることを特徴としている。これにより、高い熱伝導性を維持でき、蛍光体層の温度上昇を抑えることができる。

40

【0013】

(5) また、本発明の発光装置は、特定範囲の波長の光源光を発生させる光源と、前記光源光を吸収し、他の波長の光に変換し発光する上記(1)から(4)のいずれかに記載の波長変換部材とを備えることを特徴としている。これにより、強度の大きい光源光を照射しても蛍光性能を維持できる発光装置を実現できる。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、熱抵抗が低く、蛍光体層の温度上昇を防止でき、強度の大きい光源光

50

を照射しても蛍光性能を維持できる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の発光装置を示す模式図である。

【図2】(a)、(b)、(c)それぞれ本発明の波長変換部材の作製工程を示す断面図である。

【図3】(a)、(b)それぞれ波長変換部材に対する透過型、反射型の評価システムを示す断面図である。

【図4】(a)、(b)それぞれ基材を変えたときの発光特性を示すグラフである。

【図5】(a)、(b)それぞれ一定の蛍光体粒子径に対して蛍光体層の厚みを変えたときの発光特性を示すグラフである。

【図6】(a)、(b)それぞれ蛍光体粒子の平均粒子径を変えたときの発光特性を示すグラフである。

【図7】(a)、(b)それぞれ空隙率と蛍光の発光強度および飽和点の関係を示すグラフである。

【図8】(a)、(b)それぞれ焼結体と波長変換部材の発光特性を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0016】

次に、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。なお、構成図において、各構成要素の大きさは概念的に表したものであり、実際の寸法比率を表すものではない。

【0017】

[反射型の発光装置の構成]

図1は、反射型の発光装置10を示す模式図である。図1に示すように、発光装置10は、光源50および波長変換部材100を備え、例えば波長変換部材100で反射した光源光および波長変換部材100内で光源光による励起で発生した光を合わせて照射光を放射している。照射光は例えば白色光とすることができる。

【0018】

光源50には、LED(Light Emitting Diode)またはLD(Laser Diode)のチップを用いることができる。LEDは、発光装置10の設計に応じて特定範囲の波長を有する光源光を発生させる。例えば、LEDは、青色光を発生させる。また、LDを用いた場合には波長や位相のばらつきの少ないコヒーレント光を発生できる。なお、光源50は、これらに限られず、可視光以外を発生させるものであってもよいが、紫外光、青色光、または緑色光を発生させるものが好ましく、特に青色光を発生させるものが好ましい。

【0019】

[反射型の波長変換部材の構成]

波長変換部材100は、基材110および蛍光体層120を備え、板状に形成され、光源光を基材110で反射させつつ、光源光に励起して波長の異なる光を発生させる。例えば、青色光を反射させつつ、緑と赤や黄色の蛍光を発生させて白色光を放射できる。基材110は、板状に形成され、例えば、光源光を反射させる無機材料で構成できる。基材110は、アルミニウムからなることが好ましい。高い熱伝導性を有する基材110を採用することで、蛍光体層120の蓄熱を抑え、蛍光体粒子の温度上昇を抑制でき、温度消光を防止できる。

【0020】

蛍光体層120は、基材110上に膜として設けられ、蛍光体粒子122と透光性セラミックス121とで形成されている。透光性セラミックス121は、蛍光体粒子122同士を結合するとともに基材110と蛍光体粒子122とを結合している。蛍光体粒子径に対する蛍光体層120の厚みが薄いため、蛍光体層120で生じた熱を効率よく基材110へ伝導し、蛍光体層120の温度上昇を防止できる。その結果、強度の大きい光源光を

10

20

30

40

50

照射しても蛍光性能を維持できる。

【0021】

すなわち、高エネルギー密度レーザを光源光とする場合でも、必要な色設計が可能な範囲でできるだけ薄い蛍光体層120を形成することで蛍光体粒子122の発熱（蓄熱）による温度消光を抑制できる。反射率をより高めるために、基材の表面にはAg膜が形成されていることが好ましい。なお、熱伝導性を考慮すると、波長変換部材100の厚みは、下記の表の通りであることが好ましい。

【0022】

熱の伝えにくさを表す熱抵抗は蛍光体層の熱抵抗率または熱伝導率および面積を一定とした場合には厚みに依存し、厚くなるほど熱抵抗は増加する。レーザを照射した場合に熱抵抗が小さいほど、すなわち厚みが薄いほど熱は伝わりやすく蓄熱が起こりにくくなり、発熱（蓄熱）による温度消光を抑制することができる。

【0023】

【表1】

平均粒子径 (μm)		膜厚／粒子径	
以上	未満	以上	未満
-	1	-	30
1	5	-	15
5	10	-	10
10	-	-	5

【0024】

透光性セラミックス121は、蛍光体粒子122を保持するための無機バインダであり、例えばシリカ(SiO_2)、リン酸アルミニウムで構成される。蛍光体粒子122には、例えばイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体(YAG系蛍光体)およびルテチウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体(LAG系蛍光体)を用いることができる。

【0025】

その他、蛍光体粒子は、発光させる色の設計に応じて以下のような材料から選択できる。例えば、 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Ag}$ 、 Cl 、 $\text{BaAl}_2\text{S}_4:\text{Eu}$ あるいは $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6:\text{Eu}$ などの青色系蛍光体、 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$ 、 $(\text{Y}, \text{Gd})\text{BO}_3:\text{Tb}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Cu}$ 、 Al 、 $(\text{M}1)_2\text{SiO}_4:\text{Eu}$ 、 $(\text{M}1)(\text{M}2)_2\text{S}:\text{Eu}$ 、 $(\text{M}3)_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ 、 $\text{SiAlON}:\text{Eu}$ 、 $\text{CaSiAlON}:\text{Eu}$ 、 $(\text{M}1)\text{Si}_2\text{O}_2\text{N}:\text{Eu}$ あるいは $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4:\text{Eu}$ 、 Mn などの黄色または緑色系蛍光体、 $(\text{M}1)_3\text{SiO}_5:\text{Eu}$ あるいは $(\text{M}1)\text{S}:\text{Eu}$ などの黄色、橙色または赤色系蛍光体、 $(\text{Y}, \text{Gd})\text{BO}_3:\text{Eu}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$ 、 $(\text{M}1)_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}$ 、 $(\text{M}1)\text{AlSiN}_3:\text{Eu}$ あるいは $\text{YPVO}_4:\text{Eu}$ などの赤色系蛍光体が挙げられる。なお、上記化学式において、M1は、Ba、Ca、SrおよびMgからなる群のうち少なくとも1つが含まれ、M2は、GaおよびAlのうち少なくとも1つが含まれ、M3は、Y、Gd、LuおよびTeからなる群のうち少なくとも1つが含まれる。なお、上記の蛍光体粒子は一例であり、波長変換部材に用いられる蛍光体粒子が必ずしも上記に限られるわけではない。

【0026】

蛍光体層120の空隙率は、30%以上70%以下であることが好ましい。気孔が蛍光体層120内に多く形成されているため、蛍光体層120が薄くても内部で光が分散し、効率よく蛍光体粒子122に光源光が照射される。

【0027】

蛍光体層120の厚みは、蛍光体粒子122の平均粒子径に応じて、その蛍光体層の厚

10

20

30

40

50

みと蛍光体粒子の平均粒子径との比が所定範囲にあることが好ましい。蛍光体粒子の粒子径に対し、膜厚が所定倍未満であるため、蛍光体層 120 内の粒子数の密度が高くなりすぎず、粒界の熱抵抗を低減できる。一方、蛍光体粒子の粒子径に対し、膜厚が所定倍以上であるため、蛍光体層 120 内の構造を均質にし、蛍光体層 120 の強度を維持できるとともに、均質な光を得ることができる。

【0028】

上記のような構成により、波長変換部材 100 は、光源光が 20 W/mm^2 のパワー密度であるときに、発光効率維持率が 70% 以上であることが好ましい。これにより、高出力で発光させても蛍光性能が低下しない発光装置 10 を構成できる。このような発光装置 10 は、例えば工場、球場や美術館等の公共施設の照明、または自動車のヘッドランプ等に

10

【0029】

[波長変換部材の作製方法]

図 2 (a)、(b)、(c) は、それぞれ本発明の波長変換部材の作製工程を示す断面図である。まず無機バインダ、溶剤、蛍光体粒子を準備する。好ましい無機バインダとして、例えばエタノールにシリコンの前駆体を溶かして得られたエチルシリケートを用いることができる。

【0030】

その他、無機バインダは、加水分解あるいは酸化により酸化ケイ素となる酸化ケイ素前駆体、ケイ酸化合物、シリカ、およびアモルファスシリカからなる群のうち少なくとも 1 種を含む原料を、常温で反応させるか、または、500 以下の温度で熱処理することにより得られたものであってもよい。酸化ケイ素前駆体としては、例えば、ペルヒドロポリシラザン、エチルシリケート、メチルシリケートを主成分としたものが挙げられる。

20

【0031】

また、溶剤としては、ブタノール、イソホロン、テルピネオール、グリセリン等の高沸点溶剤を用いることができる。蛍光体粒子には、例えば YAG、LAG 等の粒子を用いることができる。光源光に対して得ようとする照射光に応じて蛍光体粒子の種類や量を調整する。例えば、青色光に対して白色光を得ようとする場合には、青色光による励起で緑色光および赤色光または黄色光を放射する蛍光体粒子をそれぞれ適量選択する。

【0032】

図 2 (a) に示すように、これらの無機バインダ、溶剤、蛍光体粒子を混合してペースト (インク) 410 を作製する。混合にはボールミル等を用いることができる。一方で、無機材料の基材を準備する。基材には、アルミニウムを用いることができる。基材は板状であることが好ましい。また、基材にガラス、サファイア等を用いることで透過型の波長変換部材を作製することもできる。

30

【0033】

次に、図 2 (b) に示すように、スクリーン印刷法を用いて、得られたペースト 410 を平均粒子径に対して上記の表に示す範囲の膜厚になるように基材 110 に塗布する。スクリーン印刷は、ペースト 410 をインキスqueegee 510 で、枠に張られたシルクスクリーン 520 に押しつけて行なうことができる。スクリーン印刷法以外に、スプレー法、ディスペンサーによる描画法、インクジェット法が挙げられるが、薄い厚みの蛍光体層を安定的に形成するためにはスクリーン印刷法が好ましい。

40

【0034】

そして、印刷されたペースト 410 を乾燥させて、炉 600 内で熱処理することで溶剤を飛ばすとともに無機バインダの有機分を飛ばして無機バインダ中の主金属を酸化 (主金属が Si の場合は SiO_2 化) させ、その際に蛍光体層 120 と基材 110 とを接着する。このようにして、波長変換部材を得ることができる。

【0035】

そして、発光装置は、反射に適した基材を用いた波長変換部材を LED 等の光源に対して適宜配置して作製することができる。

50

【 0 0 3 6 】

[実施例]

(1 . 基材に対する消光状態の確認)

(1 - 1) 試料の作製方法

まず、以下のように波長変換部材を作製した。エチルシリケートとテルピネオールを Y A G 蛍光体粒子 (平均粒子径 $18 \mu\text{m}$) と混合して作製されたペーストを、スクリーン印刷法を用いて $40 \mu\text{m}$ の厚みになるよう基材となるガラス、サファイア、アルミニウムの板にそれぞれ塗布し、熱処理して波長変換部材の試料を得た。

【 0 0 3 7 】

(1 - 2) 評価方法

上記作製方法により得られた波長変換部材にレーザを照射し、レーザ入力値に対する蛍光の発光強度と発光効率維持率を調べた。図 3 (a)、(b) は、それぞれ波長変換部材に対する透過型、反射型の評価システム 7 0 0、8 0 0 を示す断面図である。図 3 (a) に示すように、透過型の評価システム 7 0 0 は、光源 7 1 0、平面凸レンズ 7 2 0、両凸レンズ 7 3 0、バンドパスフィルタ 7 3 5、パワーメータ 7 4 0 で構成されている。なお、バンドパスフィルタ 7 3 5 は、波長 480nm 以下の光をカットするフィルタであり、蛍光の発光強度を測定する際に、透過した光源光 (励起光) を蛍光と切り分けるために、両凸レンズとパワーメータの間に設置される。

【 0 0 3 8 】

平面凸レンズ 7 2 0 に入った光源光は、波長変換部材 1 0 0 上の焦点へ集光される。そして、波長変換部材 1 0 0 から生じた放射光を両凸レンズ 7 3 0 で集光し、その集光された光について波長 480nm 以下をカットした光の強度をパワーメータ 7 4 0 で測定する。この測定値を蛍光の発光強度とする。一方、図 3 (b) に示すように、反射型の評価システム 8 0 0 は、構成要素は評価システム 7 0 0 と同じであるが、波長変換部材 1 0 0 からの反射光を集光して測定できるように各要素が配置されている。レーザ光をレンズで集光し、照射面積を絞ることで、低出力のレーザでも単位面積あたりのエネルギー密度が上げられる。このエネルギー密度をレーザパワー密度とする。

【 0 0 3 9 】

適宜、上記の 2 種の評価システム 7 0 0、8 0 0 を使い分け、波長変換部材の評価を行なった。透過型の評価システム 7 0 0 では、上記のガラスまたはサファイアの基材の試料を用い、反射型の評価システム 8 0 0 では、アルミニウムの基材の試料を用いた。なお、蛍光の発光強度とは、上記の評価システムを用いた場合に輝度計に示される数字を無次元化した相対強度であり、発光効率維持率とは、発熱や蓄熱の影響を無視できる低いレーザパワー密度における、発光効率を 100% とした場合の各レーザパワー密度に対する発光効率の割合である。

【 0 0 4 0 】

(1 - 3) 評価結果

上記の評価結果として基材に対する発光特性を確認できた。図 4 (a)、(b) は、それぞれ基材を変えたときの発光特性を示すグラフである。3 種の基材で一定のレーザパワー密度まではパワー密度の増加に伴い蛍光の発光強度がほぼ比例の関係で増加していくことが確認された。サファイア基材ではレーザパワー密度が $48 \text{W}/\text{mm}^2$ 、アルミニウム基材では $27 \text{W}/\text{mm}^2$ 、ガラス基材では $11 \text{W}/\text{mm}^2$ 以上で発光が減少した。

【 0 0 4 1 】

蛍光体粒子は温度の上昇により温度消光で発光性能が低下する。しかし、アルミニウムはガラスよりも熱伝導率が高い。したがって、アルミニウム基材では、蛍光体粒子からの発熱を波長変換部材内に蓄熱しにくく蛍光体の消光が抑制されたと考えられる。

【 0 0 4 2 】

なお、上記の結果によれば、熱伝導率の高いアルミニウム基材よりもサファイア基材のほうが消光を抑制できている。これは、透過型のサファイア基材の測定ではレーザを基材から入射するため、蛍光体へ蓄熱された熱がすぐに基材へ放熱されるためと考えられる。

10

20

30

40

50

熱伝導率の高いアルミニウム基材よりもサファイア基材のほうが消光を抑制できている。これは、透過型のサファイア基材の測定ではレーザを基材から入射するため、蛍光体へ蓄熱された熱がすぐに基材へ放熱されるためと考えられる。

【 0 0 4 3 】

(2 . A 1 + A g 基材で、蛍光体層の膜厚 / 平均粒子径に対する温度消光状態の確認)

(2 - 1) 試料の作製方法

エチルシリケートとテルピネオールを Y A G 系の蛍光体粒子 (平均粒子径 1 8 μm) と混合して作製されたペーストを、スクリーン印刷法を用いて 3 0、4 0、6 0、1 0 0、1 8 0 μm の厚みになるよう基材となる A 1 + A g 板に塗布し波長変換部材の試料を得た。A 1 + A g 基材は、主に A 1 合金と A g 膜とで構成されている (Alanod 製 MIRO2 SILVER 使用)。

10

【 0 0 4 4 】

(2 - 2) 評価方法

上記の波長変換部材の作製方法により得られた波長変換部材について、反射型の評価システムを用いてレーザ照射を行ない、レーザパワー密度に対する蛍光の発光強度および発光効率維持率を調べた。

【 0 0 4 5 】

(2 - 3) 評価結果

上記の評価結果として蛍光体層の発光特性を確認できた。図 5 (a)、(b) は、下表の通りにそれぞれ一定の蛍光体粒子径に対して蛍光体層の厚みを変えたときの発光特性を示すグラフである。各条件について、レーザパワー密度に対する蛍光の発光強度および発光効率維持率をそれぞれ示している。

20

【 0 0 4 6 】

【表 2】

膜厚/粒子径 [-]	平均粒子径 [μm]	膜厚 [μm]
1.7	18	30
2		40
3		60
6		100
10		180

30

【 0 0 4 7 】

全ての蛍光体層の膜厚 / 蛍光体粒子の平均粒子径でレーザの入力値の増加に伴い、蛍光の発光強度が増加することが確認された。また、蛍光の発光強度は、飽和点を迎えるまでは、蛍光体層膜厚と平均粒子径の比率によらずほぼ同じ発光強度となっており、蛍光体層膜厚と平均粒子径の比率が小さいほど、発光効率維持率が高いまま推移できることが確認された。発光効率維持についても、蛍光体層の膜厚と蛍光体粒子の平均粒子径の比率が小さいほうが粒子間の接点が少ないことによる蓄熱防止の効果があると考えられる。

40

【 0 0 4 8 】

蛍光体粒子の平均粒子径に対する蛍光体層の膜厚の比率を小さくすることにより蛍光体層への蓄熱が抑えられ、A 1 + A g 基材では輝度 (発光効率) 維持率が高くなることが確認できた。

【 0 0 4 9 】

(3 . 膜厚 / 平均粒子径別の蛍光輝度 (発光強度) および輝度 (発光効率) 維持率の確認)

(3 - 1) 試料の作成方法

エチルシリケートとテルピネオールを Y A G 系蛍光体粒子と混合して作製されたペーストを、スクリーン印刷法を用いて基材となるアルミニウム板 (反射型) に塗布した。

50

【 0 0 5 0 】

(3 - 2) 評価方法

上記の波長変換部材の作製方法により得られた波長変換部材について、反射型の評価システム 8 0 0 を用いてレーザー照射を行ない、 20 W / mm^2 のレーザーパワー密度における発光効率維持率を調べた。

【 0 0 5 1 】

蛍光体はレーザーパワー密度の値が高くなるにつれて発熱し、蛍光体層の温度が上昇すると消光が発生し発光効率が低下する。発熱による影響がほとんど生じない低レーザーパワー密度におけるグラフの傾き（比例関係の傾き）からレーザーパワー密度を増加させたときの熱の影響を計算し、その熱の影響を考慮しない理想的な値（比例関係から求まる値）を 1 0 0 % としたときに、実際の熱の影響により低下した輝度（発光強度）の割合を 1 0 0 % から差し引いた値を輝度（発光効率）維持率と定義した。そして、この輝度（発光効率）維持率が 7 0 % 以上であれば合格、7 0 % 未満であれば不合格と判断した。

10

【 0 0 5 2 】

一般的に耐熱性が高いと言われている Y A G 蛍光体や窒化物蛍光体において、輝度（発光強度）が 7 0 % まで低下した場合の蛍光体温度は 3 0 0 前後に達していると推定される。そして、このように一般的に耐熱性が高いと言われている蛍光体であっても、大気中で 3 0 0 以上まで加熱されると徐々に性能劣化を開始する。したがって、照明装置の安全上の観点、蛍光体の寿命の観点から、熱の影響による輝度（発光効率）維持率は 7 0 % 以上であることが適当と考えられるため、輝度（発光効率）維持率が 7 0 % を合否の判断基準とした。

20

【 0 0 5 3 】

(3 - 3) 評価結果

下表は、条件と結果をまとめた表である。

【表 3】

	蛍光体	平均粒子径 [μm]	膜厚 [μm]	膜厚 /粒子径 [-]	発光効率 維持率 [%]
実施例	YAG	0.6	4	6.7	100.1
実施例	YAG	0.6	8	13.3	99.8
比較例	YAG	0.6	20	33.3	30.5
実施例	YAG	0.9	2	2.2	99.8
実施例	YAG	0.9	3	3.3	90.7
実施例	YAG	0.9	10	11.1	89.0
実施例	YAG	0.9	15	16.7	80.2
実施例	YAG	0.9	20	22.2	75.3
比較例	YAG	0.9	30	33.3	25.4
実施例	YAG	3	8	2.7	100.3
実施例	YAG	3	12	4.0	98.6
実施例	YAG	3	20	6.7	86.4
実施例	YAG	3	40	13.3	75.3
比較例	YAG	3	60	20.0	18.0
実施例	YAG	6	10	1.7	100.1
実施例	YAG	6	20	3.3	98.0
実施例	YAG	6	30	5.0	89.5
実施例	YAG	6	40	6.7	78.1
比較例	YAG	6	60	10.0	20.8
比較例	YAG	6	80	13.3	16.5
実施例	YAG	9	15	1.7	99.9
実施例	YAG	9	20	2.2	85.6
実施例	YAG	9	40	4.4	74.8
実施例	YAG	9	80	8.9	71.5
比較例	YAG	9	100	11.1	22.5
実施例	YAG	13	15	1.2	100.1
実施例	YAG	13	20	1.5	99.8
実施例	YAG	13	30	2.3	99.5
実施例	YAG	13	40	3.1	94.4
実施例	YAG	13	60	4.6	79.8
比較例	YAG	13	80	6.2	25.0
比較例	YAG	13	100	7.7	22.6
比較例	YAG	13	150	11.5	14.1
実施例	YAG	18	20	1.1	99.7
実施例	YAG	18	30	1.7	99.3
実施例	YAG	18	40	2.2	98.5
実施例	YAG	18	60	3.3	98.5
実施例	YAG	18	80	4.4	71.2
比較例	YAG	18	100	5.6	10.3
比較例	YAG	18	120	6.7	9.6
比較例	YAG	18	150	8.3	8.6
比較例	YAG	18	180	10.0	2.8
実施例	YAG	62	80	1.3	99.7
実施例	YAG	62	100	1.6	99.5
実施例	YAG	62	200	3.2	98.5
実施例	YAG	62	300	4.8	78.4
比較例	YAG	62	400	6.5	25.2
実施例	YAG	85	150	1.8	100.3
実施例	YAG	85	200	2.4	99.8
実施例	YAG	85	400	4.7	80.1
比較例	YAG	85	450	5.3	23.1

10

20

30

40

【0054】

反射型の波長変換部材について、蛍光体粒子の平均粒子径および蛍光体層の厚み/蛍光体粒子の平均粒子径との比が表1の範囲内で判断基準を満たしていることが確認できた。

【0055】

50

(4. 蛍光体粒子の種類による違い)

(4-1) 試料の作製方法

エチルシリケートとテルピネオールをYAG系蛍光体粒子と混合して作製されたペーストを、スクリーン印刷法を用いて膜厚が30 μ mになるよう基材となるアルミニウム板に塗布した。蛍光体粒子は、6、13、18 μ mの3種の平均粒子径のものを用いた。

【0056】

(4-2) 評価方法

上記の波長変換部材の作製方法により得られたアルミニウム基材の波長変換部材について、反射型の評価システム800を用いてレーザー照射を行ない、レーザーパワー密度に対する蛍光の発光強度および発光効率維持率を調べた。

【0057】

(4-3) 評価結果

図6(a)、(b)は、それぞれ蛍光体粒子の平均粒子径を変えたときの発光特性を示すグラフである。図6(a)、(b)に示すように、蛍光体粒子の平均粒子径が大きいほど蛍光の発光強度、発光効率維持率が高いことが確認された。蛍光体粒子が大きいほど、変換効率が高いこと、また、蛍光体粒子同士の接点が少なくなり蓄熱を防止できたことの双方の効果によるものと考えられる。

【0058】

(5. 空隙率について)

(5-1) 試料の作製方法

エチルシリケートとテルピネオールをYAG系蛍光体粒子(平均粒子径18 μ m)と混合して作製されたペーストを、スクリーン印刷法を用いて30 μ mの厚みになるよう基材となるアルミニウム板に塗布し波長変換部材の試料を得た。

【0059】

(5-2) 評価方法

得られた波長変換部材について空隙率の計算とレーザー照射試験を行ない、空隙率と蛍光の発光強度および飽和点の関係を調べた。空隙率は、蛍光体膜上の蛍光体粒子の最表面を直線で結んだ見かけ上の体積に対する、蛍光体膜内の空隙部分の体積の割合と定義して算出した。空隙部分の体積は、見かけ上の体積から固体成分の体積を差し引き算出した。

【0060】

(5-3) 評価結果

図7(a)、(b)は、それぞれ空隙率と蛍光の発光強度および飽和点の関係を調べるグラフである。図7(a)、(b)に示す空隙率と蛍光の発光強度および飽和点の関係をより、空隙率が30~70%の範囲では蛍光の発光強度、飽和点が安定していることが確認された。空隙率が30%未満では製作時の熱処理により、剥離が発生してしまい、波長変換部材は製造困難である。この剥離の原因は、基材と蛍光体層との熱膨張の差によるものと考えられる。また、空隙率が70%以上では蛍光体層の構造の維持が難しく製造が困難である。

【0061】

(6. 焼結体との比較)

(6-1) 評価方法

上記の波長変換部材の作製方法により得られた本発明の波長変換部材(膜厚30 μ m)と焼結体(一辺20.0mm、厚さ1.0mmの正方形形状)の蛍光体プレートについて、反射型の評価システム800を用いてレーザー照射を行ない、レーザーパワー密度に対する蛍光の発光強度を調べて空隙率による蛍光の発光強度の変化を確認した。

【0062】

空隙率は、蛍光体膜上の蛍光体粒子の最表面を直線で結んだ見かけ上の体積に対する、蛍光体膜内の空隙部分の体積の割合と定義して算出した。空隙部分の体積は、見かけ上の体積から固体成分の体積を差し引き算出した。波長変換部材の空隙率は40%、焼結体の空隙率は1%未満であった。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 3 】

(6 - 2) 評価結果

図 8 (a)、(b) は、それぞれ焼結体と波長変換部材の発光特性を示すグラフである。図 8 (a)、(b) に示す波長変換部材のほうが、蛍光の発光強度が高いことが確認された。これは、波長変換部材の層内の空隙により光の散乱が起こり、効率よく光を変換するために蛍光の発光強度が高くなったと考えられる。一方で、空隙の少ない焼結体は、緻密であるため内部での光の散乱が少なくレーザ光を透過してしまうと考えられる。

【 0 0 6 4 】

空隙率が少ない焼結体の場合には厚み 1 mm (1 0 0 0 μ m) の厚みがあってもなおレーザを透過しているのに対し、本発明の波長変換部材は厚み 3 0 μ m であるにも関わらず、最適な空隙を含み、光を散乱させて蛍光を効率よく取出すことができるため、非常に有効であると考えられる。

10

【 符号の説明 】

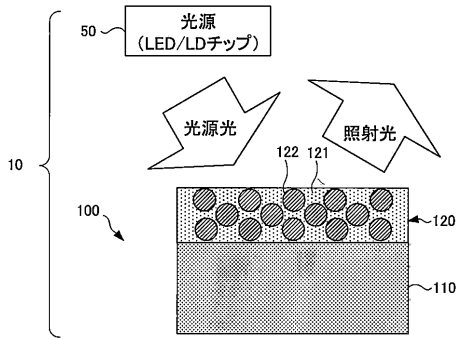
【 0 0 6 5 】

- 1 0 発光装置
- 5 0 光源
- 1 0 0 波長変換部材
- 1 1 0 基材
- 1 2 0 蛍光体層
- 1 2 1 透光性セラミックス
- 1 2 2 蛍光体粒子
- 4 1 0 ペースト
- 5 1 0 インキスキージ
- 5 2 0 シルクスクリーン
- 6 0 0 炉
- 7 0 0、8 0 0 評価システム
- 7 1 0 光源
- 7 2 0 平面凸レンズ
- 7 3 0 両凸レンズ
- 7 3 5 バンドパスフィルタ
- 7 4 0 パワーメータ

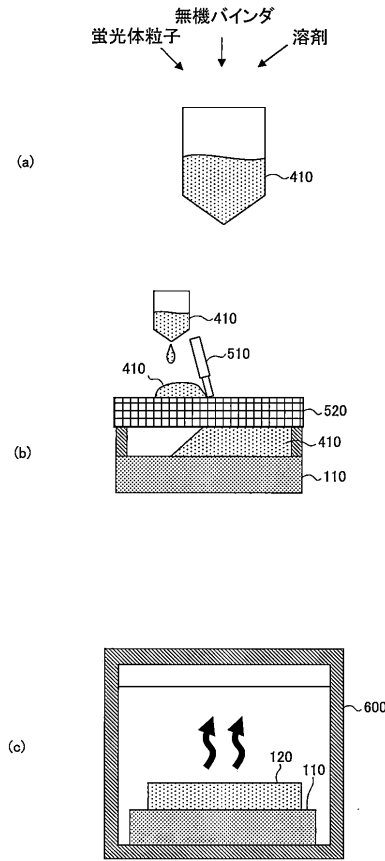
20

30

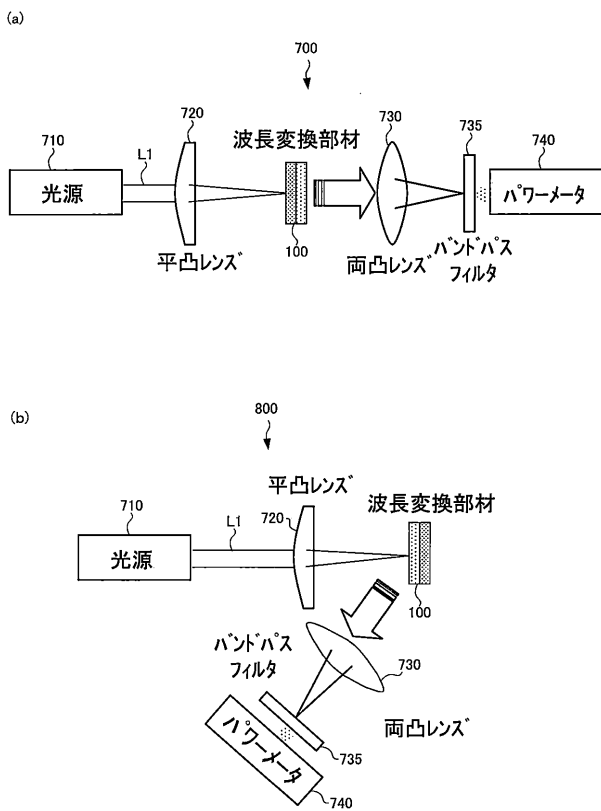
【図1】



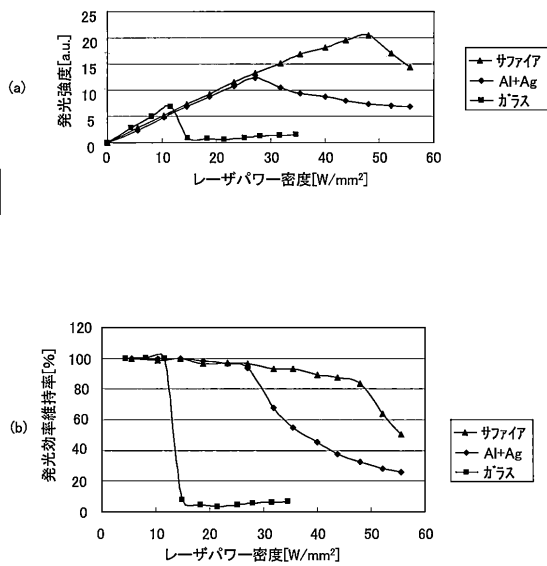
【図2】



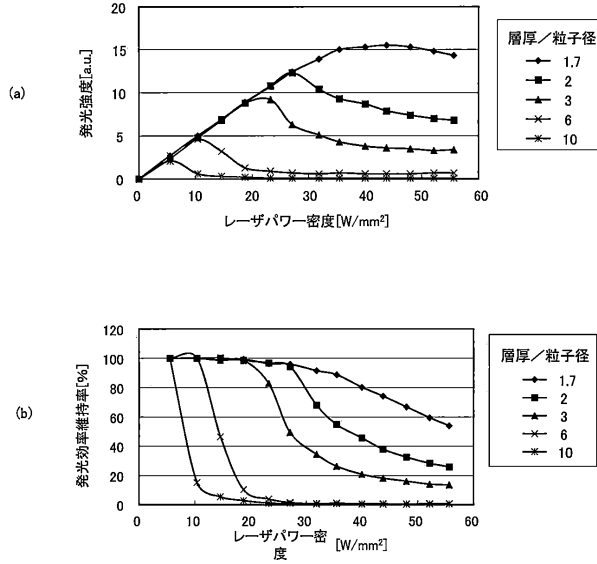
【図3】



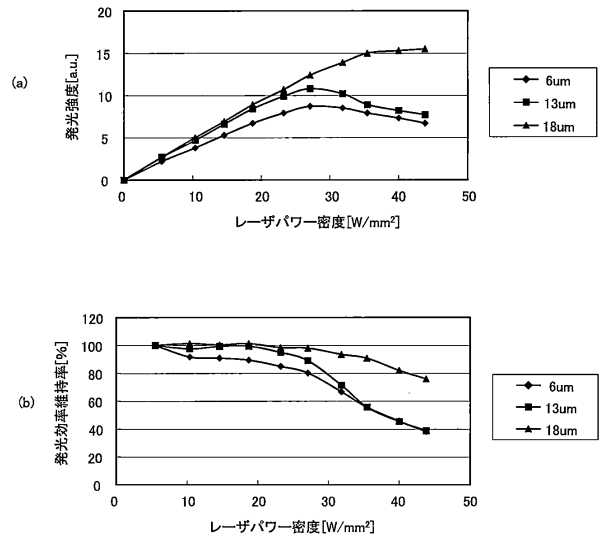
【図4】



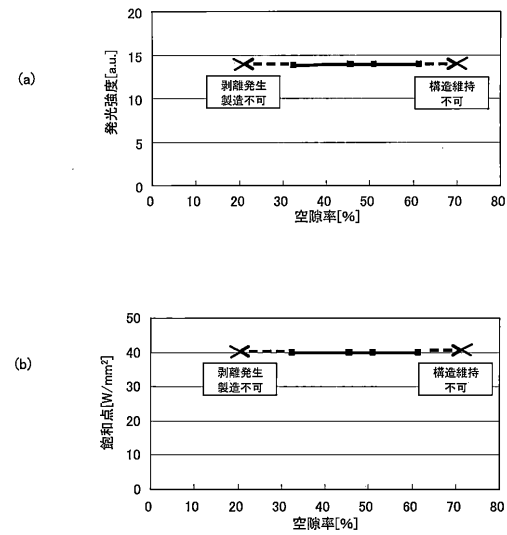
【図5】



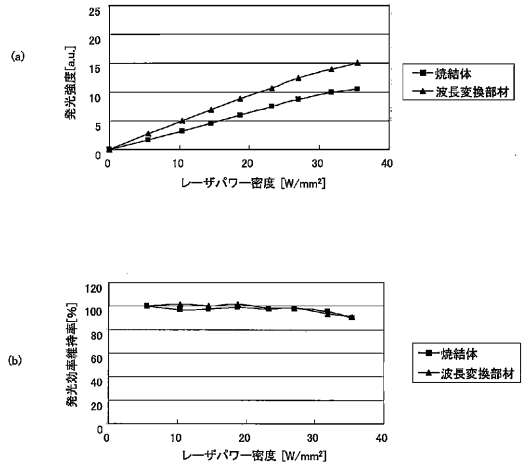
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 2 1 V 29/70 (2015.01) F 2 1 V 29/70
F 2 1 Y 115/30 (2016.01) F 2 1 Y 115:30

(72)発明者 阿部 誉史
宮城県仙台市泉区明通三丁目24番1号 株式会社NTKセラテック内
(72)発明者 佐藤 豊
宮城県仙台市泉区明通三丁目24番1号 株式会社NTKセラテック内

審査官 三笠 雄司

(56)参考文献 特開2012-185403(JP,A)
特開2015-038960(JP,A)
特開2013-247067(JP,A)
特開2007-262375(JP,A)
特開2008-043754(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 0 2 B 5 / 2 0
F 2 1 V 7 / 0 0
H 0 1 L 3 3 / 0 0
H 0 1 S 5 / 0 2