

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5852149号
(P5852149)

(45) 発行日 平成28年2月3日(2016.2.3)

(24) 登録日 平成27年12月11日(2015.12.11)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 33/50 (2010.01) H O 1 L 33/00 4 1 0

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-13970 (P2014-13970)	(73) 特許権者	000001133
(22) 出願日	平成26年1月29日 (2014.1.29)		株式会社小糸製作所
(62) 分割の表示	特願2011-519505 (P2011-519505) の分割		東京都港区高輪4丁目8番3号
原出願日	平成22年5月24日 (2010.5.24)	(74) 代理人	100105924
(65) 公開番号	特開2014-82527 (P2014-82527A)		弁理士 森下 賢樹
(43) 公開日	平成26年5月8日 (2014.5.8)	(74) 代理人	100109047
審査請求日	平成26年1月29日 (2014.1.29)		弁理士 村田 雄祐
(31) 優先権主張番号	特願2009-149112 (P2009-149112)	(74) 代理人	100109081
(32) 優先日	平成21年6月23日 (2009.6.23)		弁理士 三木 友由
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	大長 久芳
			静岡県静岡市清水区北脇500番地 株式 会社小糸製作所静岡工場内
		(72) 発明者	松浦 辰哉
			静岡県静岡市清水区北脇500番地 株式 会社小糸製作所静岡工場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

近紫外または短波長可視の波長範囲の光を発する発光素子と、
前記発光素子が発する光を波長変換して出射する光波長変換部材と、
を備え、

前記発光素子は、互いに離間して複数並設され、

前記光波長変換部材は、

第1の励起スペクトルおよび第1の発光スペクトルを有する第1蛍光体と、

前記第1の発光スペクトルの発光波長範囲と異なる第2の励起スペクトル、および、前記第1の励起スペクトルの励起波長範囲と異なると共に前記第1の発光スペクトルの発光波長範囲よりも短い第2の発光スペクトルを有する第2蛍光体と、を含有し、

前記複数の発光素子を一体的に被覆するよう形成されており、

前記発光素子の発光面から該光波長変換部材の出射面までの距離が不均一であり、

最大高さが2～3.8mmであり、

含有する蛍光体が0.7～3.0vol%であることを特徴とする発光モジュール。

【請求項2】

前記複数の発光素子は、同一平面上に配置されることを特徴とする請求項1に記載の発光モジュール。

【請求項3】

前記複数の発光素子は、一直線上に並設されることを特徴とする請求項1または2に記載

載の発光モジュール。

【請求項 4】

前記複数の発光素子は、平面上に散在するよう配置されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の発光モジュール。

【請求項 5】

前記波長変換部材は、厚さが不均一であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の発光モジュール。

【請求項 6】

前記発光素子の発光モジュール長手方向の長さを L とすると、隣接する発光素子との間隔が $2.3L$ 以上であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の発光モジュール。

10

【請求項 7】

前記光波長変換部材は、発光モジュール短手方向の幅が $2 \sim 7.6 \text{ mm}$ であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の発光モジュール。

【請求項 8】

前記第 1 蛍光体は、黄色蛍光体であり、

前記第 2 蛍光体は、青色蛍光体である、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の発光モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、発光モジュールに関し、特に発光素子とその発光素子が発する光を波長変換して出射する光波長変換部材を備える発光モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

現在、白色光を発する白色 LED (Light Emitting Diode) が広く用いられている。ここで、例えば青色光を発する半導体発光素子と、青色光によって励起され緑色光を発する蛍光体と、青色光によって励起され赤色光を発する蛍光体を組み合わせることにより、青色光、緑色光、および赤色光の加色混合により白色光を出射する白色 LED が提案されている (例えば、特許文献 1 参照)。この白色 LED では、底面に青色光を発する半導体発光素子が配置されたカップに蛍光体を含むバインダーを流し込んで半導体発光素子を被覆している。

30

【0003】

一方、このような構造の白色 LED では、半導体発光素子からバインダーペーストの出射面までの距離が均一にならないため、半導体発光素子から発せられた光がバインダーペーストを透過するときに波長変換される光量が放射方向によって異なることになる。このため、バインダーペーストが厚い部分は波長変換されて発せられる黄色光が多くなるため黄色く見え、バインダーペーストが薄い部分は黄色光が少なくなるため青色に見えることになり、均一に白色の発光を得ることは困難となる。このように発光モジュールに色むらが生じると、特に照明光源としての用途において高い品質の照明を提供することが困難となる。

40

【0004】

このため、蛍光体を含むバインダーペーストの厚さを均一にすべく、例えば、インクジェット印刷法によって LED チップ上に配置する蛍光物質を形成する発光ダイオードの形成方法が提案されている (例えば、特許文献 2 参照)。また、例えば、位置決めしたステンシルの開口部にステンシル組成物を堆積させた後ステンシルを除去し、ステンシル組成物を硬化させて製造した発光装置が提案されている (例えば、特許文献 3 参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

50

【特許文献1】特開平10-107325号公報

【特許文献2】特開平11-46019号公報

【特許文献3】特開2002-185048号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記特許文献2および3に記載される技術では、発光装置が発する光の色を均一にするために、バインダーペーストの厚さを均一にすることに注目している。しかしながら、バインダーペーストの厚さを均一にしなければならないとすると、バインダーペーストの形状の自由度が低下するおそれがある。これに対し、近年LEDの用途は益々広範となり、10 様々な形態のLED発光素子の実現が要求されている。このとき、バインダーペーストの形状に制限が設けられると、LEDの設計自由度が損なわれる可能性がある。特に、互いに離間した複数の半導体発光素子をバインダーペーストで一体的に被覆する場合、単にバインダーペーストの表面を均一な平面とただけでは半導体発光素子の各々からバインダーペーストの出射面までの距離が均一とはならないため、上述の特許文献2および3に記載される技術では均一な色を発する発光モジュールを得ることは困難である。

【0007】

そこで、本発明は上述した課題を解決するためになされたものであり、その目的は、形態の自由度を確保しつつ均一な色を発する発光モジュールを提供することにある。

【課題を解決するための手段】20

【0008】

上記課題を解決するために、本発明のある態様の発光モジュールは、発光素子と、発光素子が発する光を波長変換して出射する光波長変換部材と、を備える。光波長変換部材は、波長変換して発する光の波長範囲が互いの励起波長と異なる複数の蛍光体を含有し、発光素子を被覆するよう形成される。

【0009】

この態様によれば、ある蛍光体によって波長変換された光が他の蛍光体によって励起され吸収されることを回避することができる。このため、光波長変換部材の厚みによらず均一な色の光を出射する発光モジュールを得ることができる。

【0010】30

発光素子は、互いに離間して複数並設され、光波長変換部材は、複数の発光素子を一体的に被覆するよう形成されてもよい。

【0011】

近年、LEDの照明光源としての用途への要求などにより、より広範な面積を均一な色で発光する発光モジュールの開発が求められている。しかしながら、より広範な面積で発光可能な発光モジュールを実現すべく、互いに離間するよう複数の発光素子を配置した場合、これらを光波長変換部材で一体的に被覆したときに、各々の発光素子から光波長変換部材の出射面までの距離を均一にすることは困難となる。この態様によれば、波長変換して発する光の波長範囲が互いの励起波長と異なる複数の蛍光体を含有する光波長変換部材を用いることにより、複数の発光素子を互いに離間して並設した場合においても、均一な光を発する発光モジュールを実現することができる。40

【0012】

複数の発光素子は、同一平面上に配置されてもよい。

【0013】

例えば照明光源として複数の発光素子を利用する場合、同一平面上に複数の発光素子を互いに離間して並設する態様が考えられる。また、複数の発光素子を設ける場合、同一基板上に配置することにより基板構成を簡略化できることから、同一平面上に配置することへの要求も高い。しかし、同一平面上に複数の発光素子を互いに離間して並設した場合、同じ視点からすべての発光素子の光を視認することが可能となるため、色ムラが生じた場合に非常に目立つことになる。この態様によれば、複数の発光素子を同一平面上に配置し50

ても、色ムラの発生を抑制することができる。このため、均一な色で光を出射する平面上の発光モジュールを実現することができる。なお、複数の発光素子は、一直線上に並設されてもよく、平面上に散在するよう配置されてもよい。

【0014】

本発明の別の態様もまた、発光モジュールである。この発光モジュールは、近紫外または短波長可視の波長範囲の光を発する発光素子と、一般式が $M^1 O_2 \cdot a (M^2_{1-z} M^4_z) O \cdot b M^3 X_2$ (但し、 M^1 は Si、Ge、Ti、Zr 及び Sn からなる群より選ばれる少なくとも1種の元素、 M^2 は Mg、Ca、Sr、Ba 及び Zn からなる群より選ばれる少なくとも1種の元素、 M^3 は Mg、Ca、Sr、Ba 及び Zn からなる群より選ばれる少なくとも1種の元素、 X は少なくとも1種のハロゲン元素、 M^4 は希土類元素及び Mn からなる群より選ばれる Eu^{2+} を必須とする少なくとも1種の元素を示す。 a は $0.1 < a < 1.3$ 、 b は $0.1 < b < 0.25$ 、 z は $0.03 < z < 0.8$ の範囲である。) で表される第1蛍光体と、発光素子が発する光を波長変換して青色光を発する第2蛍光体と、の双方を含有し、発光素子を被覆するよう形成される光波長変換部材と、を備える。

10

【0015】

発明者による鋭意なる研究開発の結果、上記の第1蛍光体と第2蛍光体とは、波長変換して発する光の波長範囲が互いの励起波長と概ね異なることは確認された。したがってこの態様によれば、第1蛍光体および第2蛍光体の一方によって波長変換された光が他方によって励起され吸収されることを回避することができる。このため、光波長変換部材の厚みによらず均一な色の光を出射する発光モジュールを得ることができる。

20

【0016】

なお、この態様においても、発光素子は、互いに離間して複数並設され、光波長変換部材は、複数の発光素子を一体的に被覆するよう形成されてもよい。また、複数の発光素子は、同一平面上に配置されてもよい。また、複数の発光素子は、一直線上に並設されてもよく、平面上に散在するよう配置されてもよい。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、形態の自由度を確保しつつ均一な色を発する発光モジュールを提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】第1の実施形態に係る発光モジュールの構成を示す断面図である。

【図2】第1蛍光体の励起、発光スペクトル、および第2蛍光体の発光スペクトルを示す図である。

【図3】第1の実施形態に係る発光モジュールと比較例に係る発光モジュールの各々の各項目における値を示す図である。

【図4】第1の実施形態に係る発光モジュールの発光スペクトルを示す図である。

【図5】比較例の発光モジュールの発光スペクトルを示す図である。

【図6】第1の実施形態に係る発光モジュールによる出射光の色度分布を示す図である。

40

【図7】比較例に係る発光モジュールによる出射光の色度分布を示す図である。

【図8】第2の実施形態に係る発光モジュールの構成を示す斜視図である。

【図9】第2の実施形態に係る発光モジュールと比較例に係る発光モジュールの各々の各項目における値を示す図である。

【図10】第2の実施形態に係る発光モジュールの発光スペクトルを示す図である。

【図11】比較例の発光モジュールの発光スペクトルを示す図である。

【図12】第1の実施形態に係る発光モジュールの発光色度の検出個所を示す図である。

【図13】第2の実施形態に係る発光モジュールのa軸の色度分布を示す図である。

【図14】比較例に係る発光モジュールのa軸の色度分布を示す図である。

【図15】第2の実施形態に係る発光モジュールのb軸の色度分布を示す図である。

50

【図16】比較例に係る発光モジュールのb軸の色度分布を示す図である。

【図17】第2の実施形態に係る発光モジュールおよび比較例に係る発光モジュールの双方についての、B点の色度とY点の色度との差を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態（以下、実施形態という）について詳細に説明する。

【0020】

（第1の実施形態）

図1は、第1の実施形態に係る発光モジュール10の構成を示す断面図である。発光モジュール10は、支持基板12、半導体発光素子14、および光波長変換部材16を有する。

10

【0021】

（1）支持基板

支持基板12は窒化アルミニウム（AlN）によって形成され、金蒸着によって上面に回路が形成されている。なお、支持基板12は、例えば、アルミナ、ムライト、ガラスセラミックなどのセラミックや、ガラスエポキシなど、導電性を有しない一方、熱伝導性が高い他の材料によって形成されてもよい。第1の実施形態では、支持基板12は、長さ6mm、幅1mm、厚さ1mmの長方形プレート状に形成されている。

【0022】

20

（2）半導体発光素子

第1の実施形態では、半導体発光素子14として近紫外光または短波長可視光を発光するLEDを採用した。半導体発光素子14は、例えば1mm角のチップとして形成され、発する光の中心波長は約400nmとなるよう設けられている。第1の実施形態では、半導体発光素子14に、402nmにピーク波長を有するSemileds社製のMvpLED（登録商標）SL-V-U40ACを用いた。なお、半導体発光素子14がこれに限られないことは勿論であり、例えば半導体レーザーダイオード（LD）が採用されてもよい。

【0023】

半導体発光素子14は、いわゆる縦型チップタイプのものが採用される。なお、半導体発光素子14に他のタイプのものが採用されてもよいことは勿論であり、例えば半導体発光素子14にいわゆるフリップチップタイプのものやいわゆるフェイスアップタイプのものが採用されてもよい。

30

【0024】

半導体発光素子14は、支持基板12上に互いに離間して同一平面上に複数並設される。具体的には、半導体発光素子14は、2.3mmの間隔をあけて支持基板12上に2個が直列に実装される。なお、半導体発光素子14の個数、間隔がこれらに限られないことは勿論である。また、支持基板12は同一平面以外の面、例えば曲面や段差が設けられた面の各々の段差に設けられてもよい。

【0025】

40

（3）光波長変換部材

光波長変換部材16は、複数の半導体発光素子14を一体的に被覆するよう形成される。光波長変換部材16は、波長変換して発する光の波長範囲が互いの励起波長と概ね異なる第1蛍光体および第2蛍光体を含有する。この第1蛍光体および第2蛍光体を透明なバインダーペーストに含有させて蛍光体ペーストを生成し、この蛍光体ペーストを複数の半導体発光素子14を一体的に被覆するようポッティングし硬化させることにより光波長変換部材16が形成される。

【0026】

（4）第1蛍光体

第1蛍光体は、近紫外光または短波長可視光を効率的に吸収する一方、450nm以上

50

の可視光の吸収がほとんどないものを用いる。第1蛍光体は、近紫外光または短波長可視光を波長変換して黄色光を発する黄色蛍光体であり、放射する光のドミナント波長は564nm以上582nm以下のものを用いる。

【0027】

第1の実施形態では、第1蛍光体として、 $\text{SiO}_2 \cdot 1.0 (\text{Ca}_{0.54}, \text{Sr}_{0.36}, \text{Eu}_{0.1}) \text{O} \cdot 0.17 \text{SrCl}_2$ で表される蛍光体を用いた。第1蛍光体は、原料の混合比において SiO_2 を過剰に添加することで、蛍光体内にクリストバライトを生成させた蛍光体である。

【0028】

第1蛍光体を製造するにあたって、まず、 SiO_2 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、及び Eu_2O_3 の各原料をこれらのモル比が $\text{SiO}_2 : \text{Ca}(\text{OH})_2 : \text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} : \text{Eu}_2\text{O}_3 = 1.1 : 0.45 : 1.0 : 0.13$ となるように秤量した。次に秤量した各原料をアルミナ乳鉢に入れ約30分粉碎混合し、原料混合物を得た。この原料混合物をアルミナ坩堝に入れ、還元雰囲気電気炉で雰囲気(5/95)の(H_2/N_2)、1030で5~40時間焼成し、焼成物を得た。得られた焼成物を温純水で丹念に洗浄し、第1蛍光体を得た。

【0029】

なお、第1蛍光体を形成する材料は上記材料に限られず、一般式が $\text{M}^1\text{O}_2 \cdot a (\text{M}^2_{1-z}, \text{M}^4_z) \text{O} \cdot b \text{M}^3 \text{X}_2$ で表される他の材料が採用されてもよい。但し、 M^1 は、 Si 、 Ge 、 Ti 、 Zr 及び Sn からなる群より選ばれる少なくとも1種の元素を示す。 M^2 は、 Mg 、 Ca 、 Sr 、 Ba 及び Zn からなる群より選ばれる少なくとも1種の元素を示す。 M^3 は、 Mg 、 Ca 、 Sr 、 Ba 及び Zn からなる群より選ばれる少なくとも1種の元素を示す。 X は、少なくとも1種のハロゲン元素、 M^4 は希土類元素及び Mn からなる群より選ばれる Eu^{2+} を必須とする少なくとも1種の元素を示す。 a は、 $0.1 < a < 1.3$ の範囲であり、 b は $0.1 < b < 0.25$ の範囲であり、 z は $0.03 < z < 0.8$ の範囲である。この一般式では、第1の実施形態にて採用した第1蛍光体は、 $\text{M}^1 = \text{Si}$ 、 $\text{M}^2 = \text{Ca}/\text{Sr}$ (モル比60/40)、 $\text{M}^3 = \text{Sr}$ 、 $\text{X} = \text{Cl}$ 、 $\text{M}^4 = \text{Eu}^{2+}$ 、 $a = 0.9$ 、 $b = 0.17$ 、 M^4 の含有量 c (モル比)が $c/(a+c) = 0.1$ となる。

【0030】

(5) 第2蛍光体

第2蛍光体は、近紫外光または短波長可視光を波長変換して青色光を発する青色蛍光体である。第2蛍光体は、近紫外光または赤色光を効率的に吸収し、ドミナント波長が440nm以上470nm以下の光を放射するものを用いる。第1の実施形態では、第2蛍光体として、 $(\text{Ca}_{4.67}\text{Mg}_{0.5})(\text{PO}_4)_3\text{Cl} : \text{Eu}_{0.08}$ で表される蛍光体を用いた。なお、第2蛍光体はこれに限られず、以下の一般式で表される蛍光体群の中から選択してもよい。

【0031】

一般式 $\text{M}^1 a (\text{M}^2 \text{O}_4)_b \text{X}_c : \text{Re}_d$

M^1 は Ca 、 Sr 、 Ba のうち一種以上を必須とし、一部を Mg 、 Zn 、 Cd 、 K 、 Ag 、 Tl からなる群の元素に置き換えることができる。 M^2 は、 P を必須とし、一部を V 、 Si 、 As 、 Mn 、 Co 、 Cr 、 Mo 、 W 、 B からなる群の元素に置き換えることができる。 X は少なくとも1種のハロゲン元素、 Re は Eu^{2+} を必須とする少なくとも1種の希土類元素、または Mn を示す。また、 a は $4.2 < a < 5.8$ 、 b は $2.5 < b < 3.5$ 、 c は $0.8 < c < 1.4$ 、 d は $0.01 < d < 0.1$ の範囲とされる。

【0032】

一般式 $\text{M}^1_{1-a} \text{MgAl}_{10}\text{O}_{17} : \text{Eu}^{2+}_a$

M^1 は、 Ca 、 Sr 、 Ba 、 Zn からなる群より選ばれる少なくとも1種の元素、 a は $0.001 < a < 0.5$ の範囲とされる。

【0033】

10

20

30

40

50

一般式 $M^{1-1-a} Mg Si_2 O_8 : Eu^{2+a}$

M^1 は、Ca、Sr、Ba、Znからなる群より選ばれる少なくとも1種の元素、 a は $0.001 < a < 0.8$ の範囲とされる。

【0034】

一般式 $M^{1-2-a} (B_5 O_9) X : Re_a$

M^1 は、Ca、Sr、Ba、Znからなる群より選ばれる少なくとも1種の元素、 X は少なくとも1種のハロゲン元素、 a は $0.001 < a < 0.5$ の範囲とされる。

【0035】

第2蛍光体を製造するにあたって、まず、 $CaCO_3$ 、 $MgCO_3$ 、 $CaCl_2$ 、 $CaHPO_4$ 、及び Eu_2O_3 の各原料を、これらのモル比が $CaCO_3 : MgCO_3 : CaCl_2 : CaHPO_4 : Eu_2O_3 = 0.42 : 0.5 : 3.0 : 1.25 : 0.04$ となるよう秤量し、秤量した各原料をアルミナ乳鉢に入れ約30分粉碎混合し、原料混合物を得た。この原料混合物をアルミナ坩堝に入れ、2~5%の H_2 を含む N_2 雰囲気中で、温度800以上1200未満で3時間焼成し、焼成物を得た。得られた焼成物を温純水で丹念に洗浄し、第2蛍光体を得た。

10

【0036】

(6) バインダー材料

バインダー材料は、近紫外光または短波長可視光に対して透明、すなわちこれらの光の透過率が90%以上であり、光耐性が良好な材料を用いる。第1の実施形態では、バインダー材料としてシリコーン樹脂を用いた。具体的には、バインダー材料として、耐光性の良好なジメチルシリコーン樹脂(東レ・ダウコーニング製JCR6126)を用いた。しかしバインダー材料はこれに限られず、例えばフッ素樹脂、ゾルゲルガラス、アクリル樹脂、無機バインダー、ガラス材料等を用いることができる。

20

【0037】

また、第1の実施形態では、シリカ微粒子をチクソ剤としてシリコーン樹脂に分散させてバインダーペーストを生成している。なお、拡散剤、チクソ剤として他の材料が用いられてもよく、例えば二酸化珪素、酸化チタン、酸化アルミニウム、チタン酸バリウムなどの微粒子がバインダーペーストに含められてもよい。

【0038】

(7) 発光モジュールの製造方法

発光モジュール10を製造するにあたって、まず、予め金蒸着によって陽極および陰極を含む電極パターンを支持基板12に形成した。次に、ディスペンサーを用いて銀ペースト(エイブルスティック社製:84-1LMISR4)を支持基板12の陽極上に滴下し、その上に2個の半導体発光素子14の各々の下面(被支持面)を接着した。こうして銀ペーストを175環境下で1時間硬化させた。その後、ワイヤとして45 μ mの金ワイヤを、半導体発光素子14の上面側電極および支持基板12の陰極にそれぞれ超音波熱圧着にて接合した。

30

【0039】

蛍光体ペーストを生成するにあたって、まず第1蛍光体と第2蛍光体とを重量比2:1で混合し、混合蛍光体をジメチルシリコーン樹脂によるバインダー材料に1.8vol%になるように配合した。これを10ccの軟膏容器に3g以上5g以下充填し、自公転ミキサー(クラボウ製マゼルスター)を用いて公転1200、自転400回転で90秒間混合することにより、蛍光体ペーストを作製した。

40

【0040】

この蛍光体ペーストを2.5cc(塗出口径1mm)のシリンジで半導体素子が隠れるようにポッティングした。さらに1時間150を維持する加熱処理を施して蛍光体ペーストを硬化させ、光波長変換部材16を形成した。硬化後の光波長変換部材16は、幅2mm以上4mm以下、高さ2mm以上3mm以下、長さ約7mmの不定形の形状であった。

【0041】

50

図2は、第1蛍光体の励起、発光スペクトル、および第2蛍光体の発光スペクトルを示す図である。図2において、L1は第1蛍光体が波長変換して発する光の波長範囲を示す発光スペクトル、L2は第2蛍光体が波長変換して発する光の波長範囲を示す発光スペクトル、E1は第1蛍光体が波長変換する励起波長範囲を示す励起スペクトルを示す。なお、第2蛍光体の励起スペクトルが第1蛍光体の発光スペクトルと重ならないことは明らかであることから、第2蛍光体の励起スペクトルの図示は省略している。

【0042】

図2に示すように、第1蛍光体の励起スペクトルE1は、第2蛍光体の発光スペクトルL2とほとんど重ならない。また、上述のように、第2蛍光体の励起スペクトルもまた、第1蛍光体の発光スペクトルと重ならない。したがって、第1蛍光体と第2蛍光体とは波長変換して発する光の波長範囲が互いの励起波長範囲と概ね異なる。このため、第2蛍光体によって波長変換され発せられる青色光は、第1蛍光体によってほとんど吸収されることなく光波長変換部材16を通過することができる。また、第1蛍光体によって波長変換され発せられる黄色光もまた、第2蛍光体によってほとんど吸収されることなく光波長変換部材16を通過することができる。

10

【0043】

このため、第1の実施形態に係る光波長変換部材16によれば、厚さが不均一、すなわち、半導体発光素子14の発光面から光波長変換部材16の出射面までの距離が不均一となった場合においても、出射面全体にわたって均一な色で光波長変換部材16から光を出射させることが可能となる。したがって、ポッティングなどの製法によって光波長変換部材16を形成した場合においても、均一な色を発する発光モジュールを製造することができる。

20

【0044】

図3は、第1の実施形態に係る発光モジュール10と比較例に係る発光モジュールの各々の各項目における値を示す図である。図4は、第1の実施形態に係る発光モジュール10の発光スペクトルを示す図であり、図5は、比較例の発光モジュールの発光スペクトルを示す図である。発光モジュール10の発光特性を確認するため、比較例の発光モジュールの発光特性も調べた。この比較例の発光モジュールでは、第1蛍光体および第2蛍光体に代えて、比較用蛍光体を用いている。比較例の発光モジュールの蛍光体ペーストは、この比較用蛍光体をジメチルシリコン樹脂に0.7vol%になるように配合している。比較用蛍光体としては、セリウム付活のイットリウムアルミニウムガーネット(化成オプトニクス製P46-Y3)を用いた。それ以外は、比較例の発光モジュールの構成は発光モジュール10と同様である。

30

【0045】

発光モジュール10および比較例の発光モジュールの各々を700mAの電流で駆動し、その発光特性を調べた。図3において、光束比、および発光効率比の各々は、比較例を100としたときの比率を表している。図3から分かるように、比較例の発光モジュールに比べ、第1の実施形態に係る発光モジュール10は、光束および発光効率が高く、しかも演色性が良好なことが分かる。

【0046】

40

図6は、第1の実施形態に係る発光モジュール10による出射光の色度分布を示す図である。図7は、比較例に係る発光モジュールによる出射光の色度分布を示す図である。色彩輝度計としてミノルタ製CA1500を用い、発光モジュール10および比較例に係る発光モジュールの各々のポッティング面を約 $50\mu\text{m}^2$ で分割した色度分布を調べた。各々の発光モジュールの色度バラツキを評価すべく、図6および図7では、各々の発光モジュールの長手方向の中央線上の色度分布をプロットした。

【0047】

図6および図7から分かるように、発光モジュール10はどの部分も同一の色度で発光していることが分かる。これに対し比較例の発光モジュールは、半導体発光素子14の真上付近では青色を帯びた白色で発光し、半導体発光素子14の真上から離れるにしたがっ

50

て黄色を帯びた白色に変化し、色のバラツキも大きいことが分かる。例えば比較例の発光モジュールを照明用の光源として用いた場合、光が照射される場所によって青みがかった白色部分と黄色みがかった白色部分が生じるなどさらに色のバラツキは拡大する。これによって、照明の品質は大きく損なわれる。第1の実施形態に係る発光モジュール10によれば、このような色のバラツキを抑制することができ、照明された領域を均一な白色で照らし出すことが可能となる。したがって、照明用光源としての用途に発光モジュール10は特に有用であることが分かる。

【0048】

以上のように、波長変換して発する光の波長範囲が互いの励起波長と概ね異なる第1蛍光体と第2蛍光体を含有した光波長変換部材16を用いて半導体発光素子14を被覆するようポッティングすることにより、色むらの少ない発光モジュールを得ることができる。

【0049】

(第2の実施形態)

図8は、第2の実施形態に係る発光モジュール30の構成を示す斜視図である。発光モジュール30は、ケース32、発光素子ユニット34、および光波長変換部材36を有する。

【0050】

ケース32は、透明なポリカーボネートによって、長さ45mm、幅8mm、高さ5mm、板厚0.2mmの直方体の箱状に形成され、上面のみが開口している。発光素子ユニット34は、支持基板38および半導体発光素子40を含む。支持基板38は、窒化アルミニウムによって形成され金蒸着によって上面に回路が形成されている点は、第1の実施形態に係る支持基板12と同様である。支持基板38は、長さ40mm、幅5mm、厚さ1mmの長方形プレート状に形成されている。

【0051】

半導体発光素子40は、第1の実施形態に係る半導体発光素子14と同様である。第2の実施形態では、支持基板38上に半導体発光素子40が5個直列に並設され、発光素子ユニット34が構成されている。半導体発光素子40の間隔は5mmとされている。

【0052】

発光素子ユニット34はケース32の内部に収容し、底面に固定した。ケース32の側面から、発光素子ユニット34に電流を供給するための給電コードを引き出した。

【0053】

蛍光体ペーストを生成するにあたって、まず第1蛍光体と第2蛍光体とを重量比2:1で混合し、混合蛍光体をジメチルシリコン樹脂によるバインダー材料に3.0vol%になるように配合した。混合方法は第1の実施形態と同様である。

【0054】

この蛍光体ペーストを2.5cc(塗出口径1mm)のシリンジを用いて、すでに発光素子ユニット34が底部に固定されたケース32に充填した。充填後、蛍光体ペーストの上面をスキージにより平坦に整えた。さらに1時間150℃を維持する加熱処理を施して蛍光体ペーストを硬化させ、光波長変換部材36を形成した。

【0055】

図9は、第2の実施形態に係る発光モジュール30と比較例に係る発光モジュールの各々の各項目における値を示す図である。図10は、第2の実施形態に係る発光モジュール30の発光スペクトルを示す図であり、図11は、比較例の発光モジュールの発光スペクトルを示す図である。発光モジュール30の発光特性を確認するため、第2の実施形態についても、比較例の発光モジュールの発光特性を調べた。この比較例の発光モジュールでは、第1蛍光体および第2蛍光体に代えて、比較用蛍光体を用いている。比較用蛍光体の材質は第1の実施形態と同様である。比較例の発光モジュールの蛍光体ペーストは、この比較用蛍光体をジメチルシリコン樹脂に0.18vol%になるように配合している。それ以外は、比較例の発光モジュールの構成は発光モジュール10と同様である。

【0056】

発光モジュール30および比較例の発光モジュールの各々を700mAの電流で駆動し、その発光特性を調べた。図9において、光束比、および発光効率比の各々は、比較例を100としたときの比率を表している。図9から分かるように、比較例の発光モジュールに比べ、第2の実施形態に係る発光モジュール30は、光束および発光効率が高く、しかも演色性が良好なことが分かる。

【0057】

図12は、第2の実施形態に係る発光モジュール30の発光色度の検出個所を示す図である。図12では、発光モジュール30の上面図を用いて発光モジュール30の発光色度の検出個所を示している。

【0058】

発光モジュール30の発光色度は、端から2番目の半導体発光素子40に対応する個所について調べた。具体的には、光波長変換部材36の上面のうちその半導体発光素子40の中心の鉛直上方個所を原点として、その原点を通過し支持基板38の延在方向に平行なa軸上、およびその原点を通過し支持基板38の延在方向に垂直なb軸上の双方について検出個所を移動させながら発光色度を検出し、それぞれの軸について色度分布を調べた。このとき、色彩輝度計としてミノルタ製CA1500を用い、光波長変換部材36の上面の $50\mu\text{m}^2$ における色度を検出した。また、半導体発光素子40の中心の鉛直上方個所であるB点、およびB点から所定距離(約1mm)離れたb軸上のY点の双方においても、色度を検出した。上記と同様の調査を、上述の比較例に係る発光モジュールについても実施した。

【0059】

図13は、第2の実施形態に係る発光モジュール30のa軸の色度分布を示す図であり、図14は、比較例に係る発光モジュールのa軸の色度分布を示す図である。また、図15は、第2の実施形態に係る発光モジュール30のb軸の色度分布を示す図であり、図16は、比較例に係る発光モジュールのb軸の色度分布を示す図である。

【0060】

図13~図16から分かるように、第2の実施形態に係る発光モジュール30では、a軸およびb軸の双方において、検出個所を移動させた場合においても色度はあまり変化しない。これに対し、比較例に係る発光モジュールでは、a軸およびb軸の双方において、検出個所を移動させると色度が大きく変化する。具体的には、比較例に係る発光モジュールでは、青から黄色までの色度変動があり、特に半導体発光素子40の真上周辺では青色を帯びた白色で発光し、半導体発光素子40の真上から離れていくことで黄色を帯びた白色に変化することが分かる。

【0061】

図17は、第2の実施形態に係る発光モジュール30および比較例に係る発光モジュールの双方についての、B点の色度とY点の色度との差を示す図である。比較例の発光モジュールでは、B点とY点の色差が0.371であるのに対し、第2の実施形態に係る発光モジュール30では0.098と約4分の1まで色差が低減することが分かる。

【0062】

以上のように、波長変換して発する光の波長範囲が互いの励起波長と概ね異なる第1蛍光体と第2蛍光体を含有した光波長変換部材36を用いて半導体発光素子40を被覆するようモールド成形することにより、色むらの少ない発光モジュールを得ることができる。

【0063】

本発明は上述の各実施形態に限定されるものではなく、各実施形態の各要素を適宜組み合わせ合わせたものも、本発明の実施形態として有効である。また、当業者の知識に基づいて各種の設計変更等の変形を各実施形態に対して加えることも可能であり、そのような変形が加えられた実施形態も本発明の範囲に含まれる。以下、そうした例をあげる。

【0064】

ある変形例では、複数の半導体発光素子を一直線状ではなく平面上に散在させる。波長変換して発する光の波長範囲が互いの励起波長と異なる複数の蛍光体を含有した光波長変

10

20

30

40

50

換部材を用いて、これら複数の半導体発光素子を一体的に被覆する。これにより、平面上に広い面積にわたって均一に発光する発光モジュールを得ることが可能となる。

【0065】

ある別の変形例では、光波長変換部材を半導体発光素子に被覆するとき、発光素子の発光面から光波長変換部材の外面までの距離が不均一となる形状に光波長変換部材を形成する。このとき、光波長変換部材は円柱形状や多角柱形状、円錐形状や多角錐形状に形成されてもよい。このように波長変換して発する光の波長範囲が互いの励起波長と異なる複数の蛍光体を含む光波長変換部材を用いることにより、光波長変換部材の形状に依存することなく均一な色の光を発する発光モジュールを得ることが可能となる。このため、このように光波長変換部材をこのように様々な形状に形成した場合においても、色むらの少ない発光モジュールを提供することができる。

10

【0066】

ある別の変形例では、波長変換して発する光の波長範囲が互いの励起波長と異なる第1の蛍光体、第2の蛍光体、および第3の蛍光体を含む光波長変換部材を用いて半導体発光素子を被覆することにより発光モジュールが設けられる。第1の蛍光体は、半導体発光素子が発する光を波長変換して青色光を発する。第2の蛍光体は、半導体発光素子が発する光を波長変換して緑色光を発する。第3の蛍光体は、半導体発光素子が発する光を波長変換して赤色光を発する。この態様によっても、青色光、緑色光、赤色光の加色混合によって均一な白色光を発する発光モジュールを提供することが可能となる。

【0067】

20

ある別の変形例では、波長変換して発する光の波長範囲が互いの励起波長と異なる複数の蛍光体を含む光波長変換部材を用いて複数の半導体発光素子を一体的に被覆することにより発光モジュールが設けられる。この複数の半導体発光素子は同一ではないが、共通する波長範囲の光を出射するよう設けられている。複数の蛍光体の各々は、この共通する波長範囲の光を波長変換するよう設けられている。これにより、例えば波長範囲が若干異なる紫外光をそれぞれが発する複数の半導体発光素子を一体的に被覆するような場合においても、色ムラの少ない発光モジュールを提供することができる。

【符号の説明】

【0068】

10 発光モジュール、 12 支持基板、 14 半導体発光素子、 16 光波長変換部材、 30 発光モジュール、 32 ケース、 34 発光素子ユニット、 36 光波長変換部材、 38 支持基板、 40 半導体発光素子。

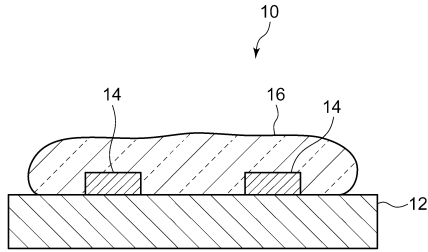
30

【産業上の利用可能性】

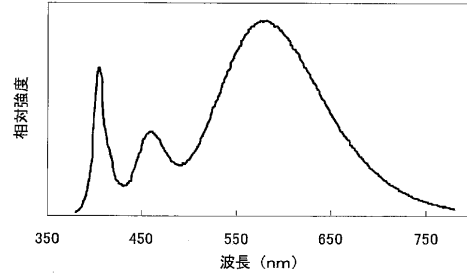
【0069】

本発明は、発光モジュールに利用可能であり、特に発光素子とその発光素子が発する光を波長変換して出射する光波長変換部材を備える発光モジュールに利用可能である。

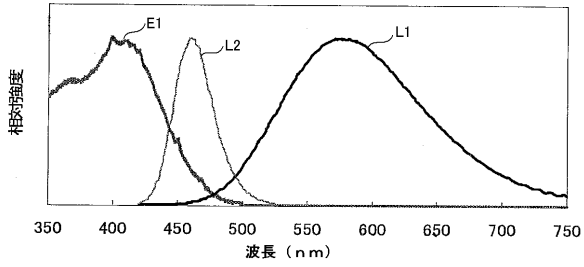
【図1】



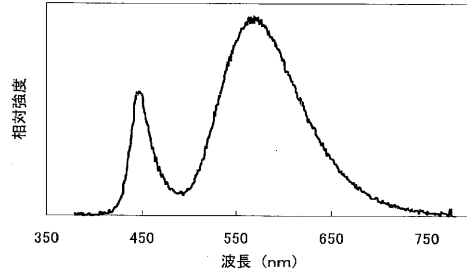
【図4】



【図2】



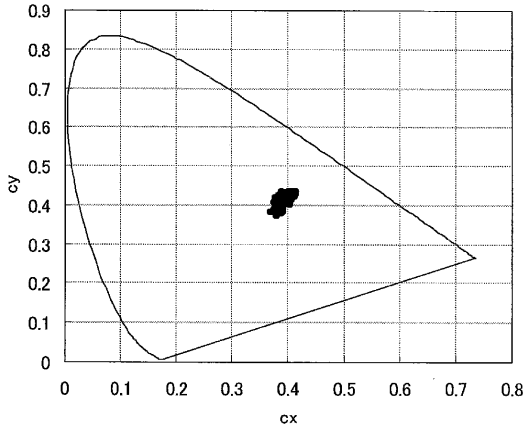
【図5】



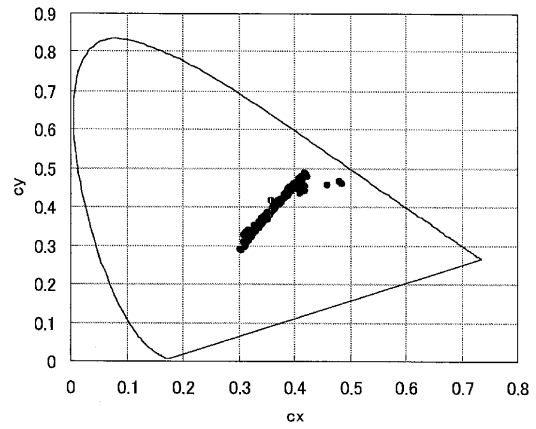
【図3】

項目	実施例	比較例
光束比	126.6	100
発光効率比	130.0	100
発光色度	0.41, 0.41	0.36, 0.38
色温度	3513	4550
Ra	73	66

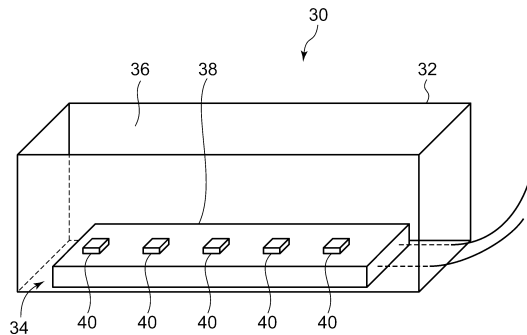
【図6】



【図7】



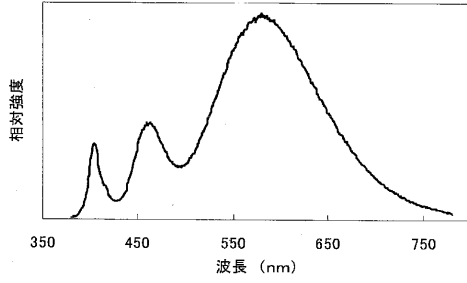
【図8】



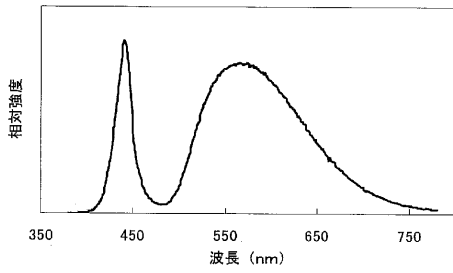
【図9】

項目	実施例	比較例
光束比	125.3	100
発光効率比	131.6	100
発光色度	0.42, 0.42	0.39, 0.39
色温度	3464	3963
Ra	73	66

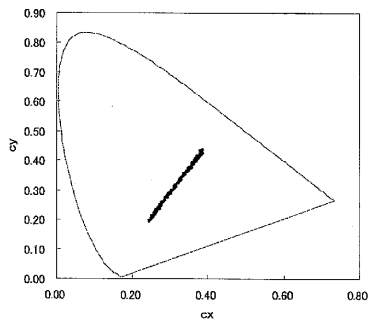
【図10】



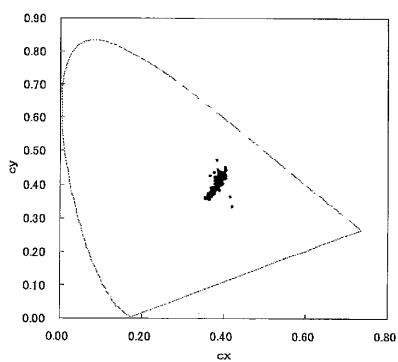
【図11】



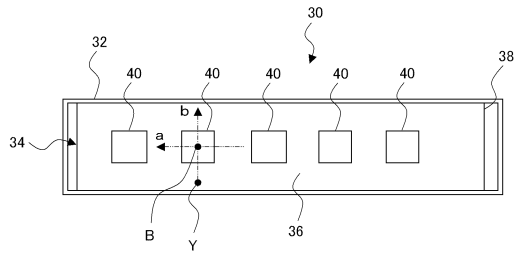
【図14】



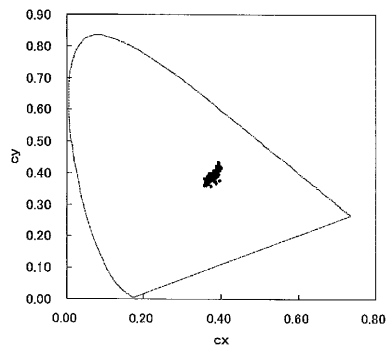
【図15】



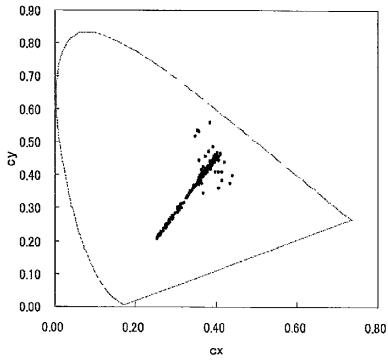
【図12】



【図13】



【図16】



【図17】

	点Bの色度	点Yの色度	点Bと点Yの色差
実施例	0.361, 0.361	0.403, 0.449	0.098
比較例	0.255, 0.212	0.385, 0.559	0.371

フロントページの続き

- (72)発明者 加藤 建
静岡県静岡市清水区北脇500番地 株式会社小糸製作所静岡工場内
- (72)発明者 佐々木 祥敬
静岡県静岡市清水区北脇500番地 株式会社小糸製作所静岡工場内

審査官 村井 友和

- (56)参考文献 特開2008-244468(JP,A)
特開2007-103512(JP,A)
特開2007-088095(JP,A)
特開2007-221044(JP,A)
特開2009-111273(JP,A)
特開2009-038348(JP,A)
特開2006-332134(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 33/00 - 33/64