

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 1 月 16 日(16.01.2014)



(10) 国際公開番号

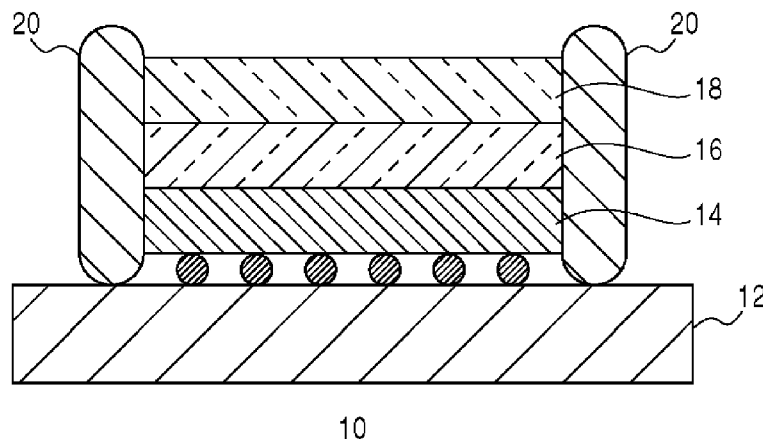
WO 2014/010211 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 33/50 (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/004178
- (22) 国際出願日: 2013 年 7 月 4 日(04.07.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-154896 2012 年 7 月 10 日(10.07.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社小糸製作所(KOITO MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1088711 東京都港区高輪四丁目 8 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 前野 雄壮(MAENO, Yuzo); 〒4248764 静岡県静岡市清水区北脇 5 〇 〇 番地株式会社小糸製作所静岡工場内 Shizuoka (JP). 岩崎 剛(IWASAKI, Takeshi); 〒4248764 静岡県静岡市清水区北脇 5 〇 〇 番地株式会社小糸製作所静岡工場内 Shizuoka (JP). 大長 久芳(DAICHO, Hisayoshi); 〒4248764 静岡県静岡市清水区北脇 5 〇 〇 番地株式会社小糸製作所静岡工場内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 森下 賢樹(MORISHITA, Sakaki); 〒1500021 東京都渋谷区恵比寿西 2 - 1 1 - 1 2 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: LIGHT EMITTING MODULE

(54) 発明の名称: 発光モジュール



(57) Abstract: A light emitting module (10) is provided with: a semiconductor light emitting element (14), which emits ultraviolet light or short-wavelength visible light; a first wavelength conversion layer (16) having a first fluorescent body, which is excited by means of the ultraviolet light or the short-wavelength visible light, and which emits blue light; and a second wavelength conversion layer (18) having a second fluorescent body, which is excited by means of the ultraviolet light or the short-wavelength visible light, and which emits yellow light. The first wavelength conversion layer (16) and the second wavelength conversion layer (18) are laminated on the light emitting surface of the semiconductor light emitting element (14), and the first wavelength conversion layer and/or the second wavelength conversion layer is a ceramic layer.

(57) 要約: 発光モジュール 10 は、紫外線又は短波長可視光を発する半導体発光素子 14 と、紫外線又は短波長可視光により励起され、青色光を発光する第 1 の蛍光体を有する第 1 の波長変換層 16 と、紫外線又は短波長可視光により励起され、黄色光を発光する第 2 の蛍光体を有する第 2 の波長変換層 18 と、を備える。第 1 の波長変換層 16 および第 2 の波長変換層 18 は、半導体発光素子 14 の発光面上に積層されており、第 1 の波長変換層および第 2 の波長変換層の少なくともいずれか一方は、セラミックス層である。



WO 2014/010211 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：発光モジュール

技術分野

[0001] 本発明は、発光モジュールに関する。

背景技術

[0002] 従来、照明用の灯具としては蛍光灯や電球が多く用いられてきた。近年、このような灯具の代替として、消費電力や寿命の観点から発光ダイオード（以下、適宜「LED」と称する。）などの半導体発光素子を用いた発光装置が種々開発されている。

[0003] このような発光装置では、蛍光体などを用いてLEDなどの発光素子が発する光を波長変換することにより、発光素子が発する光の色とは異なる色の光を出射する発光モジュールを得る技術が知られている。これに対し、光の波長を変換するときの変換効率を増大させるべく、例えば波長変換材料を含むセラミックス層を、発光層によって放出された光の経路内に配置する技術が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2006-5367号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、近年、自動車のヘッドランプや照明用の灯具としてLEDを用いた発光モジュールを採用する技術が開発されている。また、これらの灯具では、コストの低減からLEDの数を減らすことが求められており、より高効率な発光モジュールの開発がすすめられている。

[0006] 本発明はこうした状況に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、高効率な発光モジュールを実現可能な技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0007] 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、紫外線又は短波長可視光を発する発光素子と、紫外線又は短波長可視光により励起され、青色光を発光する第1の蛍光体を有する第1の波長変換層と、紫外線又は短波長可視光により励起され、黄色光を発光する第2の蛍光体を有する第2の波長変換層と、を備える。第1の波長変換層および第2の波長変換層は、発光素子の発光面上に積層されており、第1の波長変換層および第2の波長変換層の少なくともいずれか一方は、セラミックス層であり、第2の蛍光体は、300nm以上の波長域における励起スペクトルの最大強度を I_{max} 、発光素子が発する紫外線又は短波長可視光のピーク波長における励起スペクトルの強度を I_a とすると、 $0.2 \times I_{max} < I_a$ を満たす。
- [0008] この態様によると、第2の蛍光体は、発光素子が発する紫外線又は短波長可視光のピーク波長における励起スペクトルの強度が高いため、発光素子の光を効率よく黄色光に変換できる。
- [0009] 第1の波長変換層は、発光素子と第2の波長変換層との間に配置されており、第2の波長変換層は、セラミックス層であってもよい。
- [0010] 第2の蛍光体は、300nm以上の波長域における励起スペクトルの最大強度を I_{max} 、第1の蛍光体が発する可視光のピーク波長における励起スペクトルの強度を I_b とすると、 $I_b < 0.8 \times I_{max}$ を満たす。これにより、第2の蛍光体において、第1の蛍光体が発する光の吸収を抑えられる。
- [0011] 第1の波長変換層は、第1の蛍光体が透明性の封止材に分散されて構成されており、厚みが15～1000 μm であってもよい。
- [0012] 第1の波長変換層は、第1の蛍光体を0.5～35体積%含んでもよい。これにより、第1の波長変換層を通過し、第2の波長変換層に到達する発光素子の光を多くできる。
- [0013] 第2の波長変換層は、厚みが30～1000 μm であってもよい。
- [0014] なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本発明の表現を方法、装置、システム、などの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、高効率な発光モジュールを実現できる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]実施例1に係る発光モジュールの概略構造を示す断面図である。

[図2]比較例に係る発光モジュールの概略構造を示す断面図である。

[図3]実施例1に係る第1の波長変換層および第2の波長変換層の透過率の測定結果を示す図である。

[図4]比較例1に係る第1の波長変換層および第2の波長変換層の透過率の測定結果を示す図である。

[図5]実施例1および比較例1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6]実施例1および比較例1に係る発光モジュールにおける光束の温度依存性を示す図である。

[図7]実施例2に係る発光モジュールの概略構造を示す断面図である。

[図8]実施例2および比較例1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9]実施例3に係る発光モジュールの概略構造を示す断面図である。

[図10]比較例2に係る発光モジュールの概略構造を示す断面図である。

[図11]実施例3に係る第1の波長変換層および第2の波長変換層の透過率の測定結果を示す図である。

[図12]比較例1に係る第1の波長変換層および第2の波長変換層の透過率の測定結果を示す図である。

[図13]実施例3および比較例2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14]実施例4に係る発光モジュールの概略構造を示す断面図である。

[図15]比較例3に係る発光モジュールの概略構造を示す断面図である。

[図16]実施例4および比較例3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17]実施例1に係る半導体発光素子の発光スペクトルを示す図である。

[図18]実施例1に係る蛍光体2および従来のYAG蛍光体の発光スペクトルを示す図である。

[図19]実施例1に係る蛍光体2および従来のYAG蛍光体の励起スペクトル、並びに、実施例1に係る蛍光体1および従来の青色LEDの発光スペクトルを示す図である。

[図20]発光モジュールの色度を測定する方法を説明するための図である。

[図21]測定位置による発光モジュールの色度の変化を示す図である。

発明を実施するための形態

[0017] はじめに、発明者らが本願発明に想到した背景について説明する。従来、白色LEDモジュールは、近紫外線から青色までの波長の光を発する半導体発光素子に、半導体発光素子が発した光をその光よりも長波長の可視光に変換する蛍光体を組み合わせ、白色光を実現している。

[0018] 白色LEDモジュールの例としては、青色に発光するLEDチップと黄色に発光するYAG (Yttrium Aluminum Garnet) 蛍光体を組み合わせたもの、青色に発光するLEDチップと赤色・緑色にそれぞれ発光する2種類の蛍光体を組み合わせたもの、近紫外線から紫外線に対応する波長の光を発するLEDチップと赤色・緑色・青色にそれぞれ発光する3種類の蛍光体を組み合わせたものなどがある。これらの中で最も一般的なものは、青色LEDチップとYAG蛍光体の組合せである。

[0019] LEDモジュールにおける蛍光体層として、粉末状の蛍光体を透明性の封止材（有機樹脂材や無機アモルファス材、無機ゾルゲル材）に分散させた形態とすると、粉末状の蛍光体がフィラーとして作用する。そのため、LEDチップから出射された光を外部に取り出すまでに光損失が発生し、発光モジュールの発光効率を低下させる一因となりうる。これは、蛍光体と封止材の屈折率差が原因であり、この屈折率差により散乱・反射が生じ光損失となる。

[0020] そこで、粉末状の蛍光体を焼結させ透光性セラミックス化する手法がある

。この手法によれば、蛍光体層は蛍光体単一成分で形成されるため、層内では蛍光体と他の成分との界面は存在せず、屈折率差がなくなり、上述の光損失が大幅に軽減される。その結果、粉末状の蛍光体を透明樹脂に分散させて蛍光体層とした場合と比較して、LEDモジュールの発光効率を高めることができる。現在、高い量子効率を保持したまま透光性セラミックス化に成功している蛍光体はYAGのみである。

[0021] しかし、透光性セラミックスYAGと青色LEDとから構成される白色モジュールは、透光性セラミックスYAGより青色LEDの方が発光の指向性が高いので、色が分離する。色分離を抑えるために、透光性セラミックスYAGの中に散乱体成分を添加する手法は有効であるが、一方でセラミックスYAGの透過率が低下し光束が十分得られない。また、このような白色LEDモジュールは、昼白色程度の色温度が高い白色光を実現するのに適している一方、温白色、電球色といった低色温度の光を形成することは困難である。そして、これら低色温度の光を形成するためには、青色光を吸収し赤色に発光する蛍光体を混合するのが一般的であるが、発光面の外周部にレッドリングが形成されやすく、色分離につながる傾向にある。

[0022] このような知見に基づいて、本発明者らが鋭意検討した結果、光損失の少ない高効率な発光モジュールを実現すべく以下の構成に着目した。

[0023] (1) 発光モジュールは、紫外線や短波長可視光（例えば、紫から近紫外の波長の可視光）を発するLEDチップなどの半導体発光素子と、紫外線や短波長可視光を吸収し、可視光で発光する蛍光体を有する蛍光体層と、を備えており、蛍光体層は、蛍光体単一成分で緻密に焼結されたセラミックス層であるとよい。また、セラミックス層は透光性を有することが好ましい。

[0024] (2) 蛍光体は、発光モジュールとして所望の発光色を得ることができれば、1種類でも複数種類でもよい。

[0025] (3) 少なくとも1種類以上の蛍光体層がセラミックス層であるとよい。蛍光体の組合せや量によっては、粉末状蛍光体を透明な封止材（有機樹脂材や無機アモルファス材、無機ゾルゲル材）で封止した形状の蛍光体層が含ま

れていてもよい。この場合、製造コストの低減が図れる。

[0026] (4) 発光モジュールとしての所望の発光色の違いにより、各色発光の透光性セラミックス蛍光体層同士、透光性セラミックス蛍光体層と粉末状蛍光体を封止した蛍光体層との積層順は限定されず、高効率・色むら抑制などの所望特性により適宜選択することができる。好ましくは、視感度が最も高い色で発光する蛍光体層を最上層（光取り出し面側）に配置するとよい。

[0027] (透光性セラミックス蛍光体)

次に、透光性セラミックス蛍光体について説明する。透光性セラミックス蛍光体は、その高い分光透過率を特徴とし、可視光領域を含む波長350～900nmの波長域において透過率（空气中で測定した場合）が70～85%、好ましくは80%以上である。ただし、蛍光体自体の吸収帯（励起帯の波長範囲）ではこの限りではない。また、理論最大透過率（空气中測定）は蛍光体自体の屈折率により一意的に決まる。また、蛍光体媒質内のみの透過率は80～100%、好ましくは90%以上である。ただし、蛍光体自体の吸収帯（励起帯の波長範囲）ではこの限りではない。

[0028] また、透光性セラミックス蛍光体を発光モジュールに実装する場合、蛍光体層の厚さが40～2000 μ m、加工性を考慮すれば好ましくは80～2000 μ mとなるように加工する。また、光の取り出し効率を向上させるため、透光性セラミックス蛍光体表面にフレネルレンズ加工、V字溝加工、レーザ加工、ナノプリンティング加工、イオンミリング、サンドブラスト等の種々の加工による粗面化・パターン化、また任意の屈折率をもつ樹脂やガラス等の白色透明材料を塗布、成膜してもよい。

[0029] 更に、透光性セラミックス蛍光体は加工性に優れるため、例えばプリズム形状加工、レンズ形状加工、種々のステップ加工、反射材の蒸着などにより、光の取り出し方向や配向制御をすることもできる。また、これらの形状制御は、透光性セラミックス蛍光体の作製過程の成形工程において、あらかじめ所望の形状に成形しておくことで、上記の加工無しで所望形状を付与することもできる。また、鏡面研磨加工とそれに伴い生じる全反射作用を利用し

、所定の部位のみの減光、導波、光の取り出し部位の制御等も可能となる。

[0030] また、粉末状蛍光体を透明性の封止材（有機樹脂材や無機アモルファス材、無機ゾルゲル材）などで封止した形状の蛍光体層の透過率が、透光性セラミックス蛍光体の透過率と同等である場合は、封止形状の蛍光体層を用いてもよく、製造コストの低減が図れる。この場合、封止形状の蛍光体層の分光透過率は、可視光領域を含む波長350～900nmの波長域において60～85%（空气中で測定）の範囲であり、好ましくは65%以上である。

[0031] 次に、透光性セラミックス蛍光体の作製方法について概略を説明する。蛍光体の微粒子原料を作製し、必要に応じ適切な焼結助剤を添加する。その後、蛍光体微粒子原料を一軸加圧成形、CIP成形（冷間当方加圧成形）などで成形する。又は、PVA（ポリビニルアルコール）、PVB（ポリビニルブチラル）などの樹脂と混合しスラリー化し、テープ成形、押出成形、鋳込み成形、ゲルキャスティング成形、などで成形する。その後、適切な条件で脱脂、仮焼、必要に応じホットプレス焼成、HIP焼成（熱間当方圧加圧焼成）をして透光性セラミックス蛍光体を得る。その後、所定のサイズに切削・研磨加工し、表面処理加工を施すことで、透光性セラミックス蛍光体を作製される。

[0032] 上述の知見を考慮した本実施の形態のある態様の発光モジュールは、紫外線又は短波長可視光を発する発光素子と、紫外線又は短波長可視光により励起され、青色光を発光する第1の蛍光体を有する第1の波長変換層と、紫外線又は短波長可視光により励起され、黄色光を発光する第2の蛍光体を有する第2の波長変換層と、を備える。第1の波長変換層および第2の波長変換層は、発光素子の発光面上に積層されており、第1の波長変換層および第2の波長変換層の少なくともいずれか一方は、セラミックス層である。なお、以下の説明では、発光素子としてLEDを例に説明するが、レーザダイオード（LD）素子、エレクトロルミネッセンス（EL）素子等を用いることも可能である。

[0033] 発光素子は、350～420nmの波長域にピーク波長を有する紫外線又

は短波長可視光を発しているものが好ましい。これにより、発光スペクトルの異なる複数種の蛍光体、例えば、各実施例に係る青色蛍光体と黄色蛍光体を用いて白色光を実現できる。また、発光素子の光を直接用いずに青色光と黄色光との混色で白色光を実現できる。

[0034] このように、少なくとも１種類の蛍光体を含む層をセラミックス層とすることで、蛍光体層の透過率が向上し、散乱ロスが大幅に軽減されるため、発光モジュールとして高効率化が図れる。

[0035] 具体的には、発光モジュールとしての白色ＬＥＤモジュールは、近紫外光を発するＬＥＤチップと、近紫外光を吸収し青色光を発する第１の蛍光体（蛍光体１）と、近紫外光を吸収し黄色光を発する第２の蛍光体（蛍光体２）とを有する。そして、第１の蛍光体と第２の蛍光体の少なくともいずれかをセラミックス板化することで、新規な白色ＬＥＤモジュールが得られる。第１の蛍光体が発する青色光は、例えば、ピーク波長 λ_p が４００～５００ｎｍ程度の光である。また、第２の蛍光体が発する黄色光は、例えば、ピーク波長 λ_p が５００～６２０ｎｍ程度の光であり、より好ましくは、視感度がピークとなる５５５ｎｍ近傍にピーク波長 λ を有する光がよい。

[0036] このように、近紫外光を発するＬＥＤチップと複数種の蛍光体を組み合わせた白色ＬＥＤモジュールは、実質的に、全方向に発光する蛍光体の蛍光のみで白色を形成するため、色分離が生じづらい。この際、複数種の蛍光体の中で、相対的に長波長で発光する蛍光体は、相対的に短波長で発光する蛍光体の蛍光を吸収し発光しないことが重要である。そこで、本実施の形態の好適な例としては、以下に示す、相対的に短波長で発光する蛍光体１と、相対的に長波長で発光する蛍光体２と、を挙げて説明する。

[0037] （蛍光体１）

本実施の形態に係る蛍光体１は、紫外光又は短波長可視光により励起され、青色で発光する青色蛍光体である。例えば、

（ｉ）一般式が $M^1_a (M^2O_4)_b X_c : Re_d$ で表されている蛍光体

（ M^1 は、Ｃａ、Ｓｒ、Ｂａのうち一種以上を必須とし、一部をＭｇ、Ｚｎ

、C d、K、A g、T lからなる群の元素に置き換えることができる。M²は、Pを必須とし、一部をV、S i、A s、M n、C o、C r、M o、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、R eは、E u²⁺必須とする少なくとも1種の希土類元素又はM nを示す。aは4、 $2 \leq a \leq 5$ 、8、bは2、 $5 \leq b \leq 3$ 、5、cは0、 $8 < c < 1$ 、4、dは0、 $0.1 < d < 0.1$ の範囲である。)

[0038] (i i) 一般式が $M^{1}_{1-a} Mg Al_{10} O_{17} : Eu^{2+}_a$ で表されている蛍光体
(M¹は、C a、S r、B a、Z nからなる群より選ばれる少なくとも1種の元素、aは0、 $0.01 \leq a \leq 0.5$ の範囲である。)

[0039] (i i i) 一般式が $M^{1}_{1-a} Mg Si_2 O_8 : Eu^{2+}_a$ で表されている蛍光体
(M¹は、C a、S r、B a、Z nからなる群より選ばれる少なくとも1種の元素、aは0、 $0.01 \leq a \leq 0.8$ の範囲である。)

[0040] (i v) 一般式が $M^{1}_{2-a} (B_5 O_9) X : Re_a$ で表されている蛍光体
(M¹は、C a、S r、B a、Z n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、 $0.01 \leq a \leq 0.5$ の範囲である。)

[0041] (蛍光体2)

本実施の形態に係る蛍光体2は、紫外光又は短波長可視光により励起され、緑～黄色で発光する蛍光体である。例えば、

(i) 一般式が $(Ca_{1-x-y-z-w}, Sr_x, M^{II}_y, Eu_z, M^R_w)_7 (SiO_3)_6 X_2$ で表されている蛍光体

(M^{II}は、M g、B a又はZ n、M^Rは希土類元素又はM n、Xは、C l又はC lを必須とする複数のハロゲン元素、xは0、 $1 < x < 0.7$ 、yは0 $\leq y < 0.3$ 、zは0 $< z < 0.4$ 、wは0 $\leq w < 0.1$ の範囲である。)

[0042] (i i) 一般式が $Cs M^{1}_{1-a} P_2 O_7 : Eu^{2+}_a$ で表されている蛍光体
(M¹はC a、S r、aは0、 $0.01 \leq a \leq 0.5$ の範囲である。)

(i i i) 一般式が $Ba_{2-a} Mg Si_2 O_7 : Eu^{2+}_a$ で表されている蛍光体
(aは0、 $0.01 \leq a \leq 0.5$ の範囲である。)

[0043] このような蛍光体 2 は、前述の蛍光体 1 と混合されても、蛍光体 1 が発する青色光をほとんど吸収しないため、色分離抑制に有効であり、色度もずれにくい。また、青色に発光する蛍光体と組み合わせることで電球色から昼光色までの幅広い白色を形成可能である。

[0044] 以下に、本実施の形態に係る透光性セラミックス蛍光体層を有する発光モジュールの幾つかの効果を挙げる。

(1) 発光モジュール内の色安定性

近紫外光を発する LED チップと、上述の蛍光体 1、蛍光体 2 を組み合わせた白色 LED モジュールは、製造工法に由来する近紫外発光 LED チップの強度差、波長ずれに対し白色の色度がずれにくい。

[0045] (2) 高効率（省電力）

InGa_N系 LED に代表される近紫外発光 LED チップは、同系の青色発光 LED チップに対し、原理的には 1.2 倍高効率であり、特にパワー系発光モジュールにおいては有効な LED チップである。そして、少なくとも 1 種類の蛍光体を透光性セラミックス化することで蛍光体層における散乱を軽減し、高効率化（省電力化）が可能となる。

[0046] (3) 温度特性の向上

パワー系発光モジュールとしての使用を想定した場合、蛍光体のストロークスロスによる発熱量が大きくなり、この放熱が重要となる。蛍光体自体の熱伝導率は、一般的な封止材（例えば、シリコン系樹脂、エポキシ系樹脂などが挙げられる。）に対し 2 倍以上であるため、蛍光体の透光性セラミックス化により放熱性が大きく改善され、発光モジュールとしての温度特性が向上する。

[0047] (4) 信頼性の向上

一般的に有機物は紫外線に弱い。そこで、複数の蛍光体層を全て透光性セラミックス板化し、更に蛍光体層間、蛍光体層－LED チップ間の接着をゾルゲル接着剤等を用いた場合は、有機物レスの発光モジュールを実現でき、パワー系発光モジュールとしての信頼性が大幅に向上する。

実施例

[0048] 以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態の実施例について詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を適宜省略する。

(実施例 1)

図 1 は、実施例 1 に係る発光モジュールの概略構造を示す断面図である。発光モジュール 10 は、素子搭載用基板 12 と、素子搭載用基板 12 の上にフリップチップ実装されている半導体発光素子 14 と、半導体発光素子 14 の発光面上に設けられている第 1 の波長変換層 16 と、第 1 の波長変換層 16 の上に設けられている第 2 の波長変換層 18 と、を備えている。ここで、「層の上に設けられ」とは、層の上に直接設けられている場合だけでなく、層の上に他の部材（接着剤やフィルタ等）を介して間接的に設けられている場合も含まれる。

[0049] 半導体発光素子 14 は、ピーク波長 $\lambda_p = 405 \text{ nm}$ の LED チップである。第 1 の波長変換層 16 は、一般式が $M^I_a (M^2O_4)_b X_c : Re_d$ で表されている蛍光体 1 を有している。また、第 2 の波長変換層 18 は、一般式が $(Ca_{1-x-y-z-w}, Sr_x, M^{II}_y, Eu_z, M^{R_w})_7 (SiO_3)_6 X_2$ で表されている蛍光体 2 を有している。積層された半導体発光素子 14、第 1 の波長変換層 16 および第 2 の波長変換層 18 の側面は、光反射材 20 で覆われている。

[0050] 第 1 の波長変換層 16 および第 2 の波長変換層 18 のそれぞれは、あらかじめ作製されているサブミクロン以下の各蛍光体の粒子を、適切な焼結助剤と混合し成形した後、一軸加圧成形、CIP 成形、常圧焼成、HIP 焼成等の処理が行われ、その後、厚さ $100 \mu\text{m}$ となるように薄肉化・研磨され、透光性セラミックス化される。この際、白色発光モジュールとしての発光色温度が 5500 K 近傍となるように蛍光体 1、2 の Re_d 、 Sr_x 、 Eu_z の濃度が調整されている。その後、透光性セラミックス蛍光体である、第 1 の波長変換層 16 および第 2 の波長変換層 18 を、それぞれ厚さ $100 \mu\text{m}$ 、1

、2 mm角に加工した。半導体発光素子14と第1の波長変換層16との間、第1の波長変換層16と第2の波長変換層18との間は、ゾルゲル系接着剤により接着されている。

[0051] (比較例1)

図2は、比較例に係る発光モジュールの概略構造を示す断面図である。発光モジュール22は、第1の波長変換層24および第2の波長変換層26の構成が実施例1に係る発光モジュール10と異なる。第1の波長変換層24は、実施例1と同様の蛍光体1の粉末をシリコン樹脂に分散させたものである。また、第2の波長変換層26は、実施例1と同様の蛍光体2の粉末をシリコン樹脂に分散させたものである。この際、白色発光モジュールとしての発光色温度が5500K近傍となるように蛍光体1、2の R_{ed} 、 S_{rx} 、 E_{uz} の濃度が調整されている。その後、第1の波長変換層24および第2の波長変換層26を、それぞれ厚さ100 μ m、1.2 mm角に加工した。半導体発光素子14と第1の波長変換層24との間、第1の波長変換層24と第2の波長変換層26との間は、シリコン樹脂により接着されている。

[0052] 図3は、実施例1に係る第1の波長変換層16および第2の波長変換層18の透過率の測定結果を示す図である。図4は、比較例1に係る第1の波長変換層24および第2の波長変換層26の透過率の測定結果を示す図である。図3、図4に示す通り、実施例1に係る第1の波長変換層16および第2の波長変換層18は、比較例1に係る第1の波長変換層24および第2の波長変換層26に対して透過率が高い。つまり、蛍光体をセラミックス化した層の方が、蛍光体を樹脂に分散させた層よりも透過率が高いことがわかる。

[0053] 図5は、実施例1および比較例1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。前述のように、実施例1で用いられている各波長変換層は、比較例1で用いられている各波長変換層と比較して、透過率が高い。このため、実施例1に係る発光モジュール10は、各波長変換層において散乱による光損失が小さくなる。そのため、実施例1に係る発光モジュール10は、波長域のほぼ全体にわたって発光強度が高い。

[0054] 表 1 は、各実施例および各比較例に係る発光モジュールの光束比、発光効率比、色温度 [K] を示したものである。なお、発光素子への印加電流は 0.7 A である。

[0055] [表1]

	光束比	効率比	色温度[K]
実施例1	1.35	1.36	5443
実施例2	1.28	1.28	5510
実施例3	1.23	1.23	5498
実施例4	1.31	1.32	5518
比較例1	1.00	1.00	5472
比較例2	0.90	0.91	5502
比較例3	0.93	0.94	5523

[0056] 表 1 に示すように、実施例 1 に係る発光モジュール 10 は、比較例 1 に係る発光モジュール 22 と比較して、光束が約 1.35 倍となっており、高効率な発光モジュールである。そのため、発光モジュール 10 は、省電力化が可能である。

[0057] 図 6 は、実施例 1 および比較例 1 に係る発光モジュールにおける光束の温度依存性を示す図である。図 6 において、横軸は発光モジュールのジャンクション温度 (T_j) を表し、縦軸は光束を相対値で表している。

[0058] 図 6 に示すように、実施例 1 に係る発光モジュール 10 は、比較例 1 に係る発光モジュール 22 と比較して、ジャンクション温度 (T_j) の上昇に伴う光束の低下が少ない。具体的には、実施例 1 に係る発光モジュール 10 は、比較例 1 に係る発光モジュール 22 と比較して、光束が $T_j = 50^\circ\text{C}$ において 2.3%、 $T_j = 100^\circ\text{C}$ において 6.8%、 $T_j = 150^\circ\text{C}$ において 11.3% 向上している。このように、蛍光体をセラミックス化した蛍光体層を波長変換層として用いた発光モジュール 10 は、放熱性が高いため、温度上昇に伴う光束の低下を抑制できる。換言すると、発光モジュール 10 は、光束の温度依存性が低減されている。

[0059] (実施例 2)

図 3、図 4 に示すように、蛍光体 1 を用いた、実施例 1 に係る第 1 の波長変換層 16 と比較例 1 に係る第 1 の波長変換層 24 を比較すると、セラミッ

クス層と封止樹脂層という形態の違いがあるものの、透過率に大きな差はない。このような蛍光体の場合には、蛍光体の粉末を樹脂で封止した波長変換層を用いても性能の低下はほとんどなく、製造コストを低減できる。

[0060] 図7は、実施例2に係る発光モジュールの概略構造を示す断面図である。発光モジュール28は、蛍光体が樹脂に分散された第1の波長変換層24（比較例1参照）を用いている点以外は、形状、大きさや発光色温度を含め実施例1に係る発光モジュール10と同じ構成である。波長変換層は、予め第1の波長変換層を作製しカッティングした後、この第1の波長変換層およびセラミックスからなる第2の波長変換層を積層してもよい。また、波長変換層は、第1の波長変換層の未硬化樹脂を、素子搭載用基板12にフリップチップボンディングされている半導体発光素子14上にポッティング等で塗布した後、セラミックスからなる第2の波長変換層を実装して硬化することで作製してもよい。なお、作製方法はこれらに限られない。

[0061] 図8は、実施例2および比較例1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。前述のように、実施例2で用いられている第2の波長変換層18は、比較例1で用いられている第2の波長変換層26と比較して、透過率が高い。このため、実施例2に係る発光モジュール28は、特に第2の波長変換層26において散乱による光損失が小さくなる。そのため、実施例2に係る発光モジュール28は、波長域全体にわたって発光強度が高い。

[0062] また、表1に示すように、実施例2に係る発光モジュール28は、比較例1に係る発光モジュール22と比較して、光束が約1.28倍となっており、製造コストの低減と高効率とが両立された発光モジュールである。また、効率が高い発光モジュール28は、省電力化が可能である。

[0063] （実施例3）

実施例3に係る発光モジュールは、実施例1に係る第1の波長変換層および第2の波長変換層の積層順を変更した点が特徴の一つである。図9は、実施例3に係る発光モジュールの概略構造を示す断面図である。発光モジュール30は、第1の波長変換層16と第2の波長変換層18の積層順を、実施

例 1 に係る発光モジュール 10 と反対にした以外は、形状、大きさや発光色温度を含め実施例 1 に係る発光モジュール 10 と同じ構成である。

[0064] (比較例 2)

比較例 2 に係る発光モジュールは、比較例 1 に係る第 1 の波長変換層および第 2 の波長変換層の積層順を変更した点が特徴の一つである。図 10 は、比較例 2 に係る発光モジュールの概略構造を示す断面図である。発光モジュール 32 は、第 1 の波長変換層 24 と第 2 の波長変換層 26 の積層順を、比較例 1 に係る発光モジュール 22 と反対にした以外は、形状、大きさや発光色温度を含め比較例 1 に係る発光モジュール 22 と同じ構成である。

[0065] 図 11 は、実施例 3 に係る第 1 の波長変換層 16 および第 2 の波長変換層 18 の透過率の測定結果を示す図である。図 12 は、比較例 1 に係る第 1 の波長変換層 24 および第 2 の波長変換層 26 の透過率の測定結果を示す図である。図 11、図 12 に示す通り、実施例 3 に係る第 1 の波長変換層 16 および第 2 の波長変換層 18 は、比較例 2 に係る第 1 の波長変換層 24 および第 2 の波長変換層 26 に対して透過率が高い。つまり、蛍光体をセラミックス化した第 1 の波長変換層および第 2 の波長変換層は、積層順にかかわらず、蛍光体を樹脂に分散させた層よりも透過率が高いことがわかる。

[0066] 図 13 は、実施例 3 および比較例 2 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。前述のように、実施例 3 で用いられている各波長変換層は、比較例 2 で用いられている各波長変換層と比較して、透過率が高い。このため、実施例 3 に係る発光モジュール 30 は、各波長変換層において散乱による光損失が小さくなる。そのため、実施例 3 に係る発光モジュール 30 は、波長域のほぼ全体にわたって発光強度が高い。

[0067] また、表 1 に示すように、実施例 3 に係る発光モジュール 30 は、比較例 2 に係る発光モジュール 32 と比較して、光束が約 1.37 倍となっており、高効率な発光モジュールである。また、効率が高い発光モジュール 32 は、省電力化が可能である。

[0068] (実施例 4)

図14は、実施例4に係る発光モジュールの概略構造を示す断面図である。発光モジュール34は、第2の波長変換層18の上に、緑色で発光する蛍光体2を含む第3の波長変換層36を更に備えている点が特徴の一つであり、それ以外は、概ね実施例1に係る発光モジュール10と同様の構成である。第3の波長変換層36は、一般式が $\text{Ba}_{2-a}\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}_a$ で表されている蛍光体2が樹脂で封止されたものである。

[0069] なお、発光モジュール34は、白色発光モジュールとしての発光色温度が5500K近傍となるように、第1の波長変換層16における蛍光体1の Re_d の濃度が調整され、第2の波長変換層18における蛍光体2の Eu_z 、 Sr_x の濃度が調整され、第3の波長変換層36における蛍光体2の Eu^{2+}_a の濃度が調整されている。また、実施例4においては、第1の波長変換層16および第2の波長変換層18のそれぞれの厚みを90 μm 、第3の波長変換層36の厚みを50 μm としている。

[0070] (比較例3)

図15は、比較例3に係る発光モジュールの概略構造を示す断面図である。発光モジュール38は、第2の波長変換層26の上に、緑色で発光する蛍光体2を含む第3の波長変換層36を更に備えている点が特徴の一つであり、それ以外は、概ね比較例1に係る発光モジュール22と同様の構成である。第3の波長変換層36は、一般式が $\text{Ba}_{2-a}\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}_a$ で表されている蛍光体2が樹脂で封止されたものである。

[0071] なお、発光モジュール38は、前述の発光モジュール34と同様に、白色発光モジュールとしての発光色温度が5500K近傍となるように、第1の波長変換層24における蛍光体1の Re_d の濃度が調整され、第2の波長変換層26における蛍光体2の Eu_z 、 Sr_x の濃度が調整され、第3の波長変換層36における蛍光体2の Eu^{2+}_a の濃度が調整されている。また、比較例3においては、第1の波長変換層24および第2の波長変換層26のそれぞれの厚みを90 μm 、第3の波長変換層36の厚みを50 μm としている。

[0072] 図16は、実施例4および比較例3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。実施例4に係る発光モジュール34は、各波長変換層において散乱による光損失が小さく、比較例3に係る発光モジュール38と比較して、波長域のほぼ全体にわたって発光強度が高い。

[0073] また、表1に示すように、実施例4に係る発光モジュール34は、比較例1に係る発光モジュール38と比較して、光束が約1.40倍となっており、高効率な発光モジュールである。そのため、発光モジュール34は、省電力化が可能である。

[0074] 次に、発光モジュールの更に好適な構成について説明する。はじめに、半導体発光素子の発光スペクトル、各蛍光体の発光スペクトルおよび励起スペクトルについて説明する。図17は、実施例1に係る半導体発光素子の発光スペクトルを示す図である。図18は、実施例1に係る蛍光体2および従来のYAG蛍光体の発光スペクトルを示す図である。図19は、実施例1に係る蛍光体2および従来のYAG蛍光体の励起スペクトル、並びに、実施例1に係る蛍光体1および従来の青色LEDの発光スペクトルを示す図である。

[0075] 図17に示すように、実施例に係る半導体発光素子は、ピーク波長 $\lambda_p = 405\text{ nm}$ の近紫外光を発するLEDである。また、図18に示すように、実施例1に係る蛍光体2の発光スペクトル（ラインL1）は、YAG蛍光体の発光スペクトル（ラインL2）と比較して、青色の波長（約450～500 nmの範囲）を多く含む。

[0076] 図19に示すラインL1は、実施例1で使用した黄色発光の蛍光体2の励起スペクトルを示している。また、ラインL2は、YAG蛍光体の励起スペクトルを示している。両者を比較すると、励起光の波長域が大きく異なっていることがわかる。YAG蛍光体は、発光素子が発する紫外線又は短波長可視光のピーク波長（ $\lambda_p = 405\text{ nm}$ ）における励起スペクトルの強度 I_y は小さく、近紫外光では発光しないことがわかる。そのため、YAG蛍光体と組み合わせて白色を実現するためには、図19に示すような発光スペクトル（ラインL3）特性を有する青色発光LEDチップが必要である。

[0077] 一方、蛍光体2は、300 nm以上の波長域における励起スペクトル（L

1) の最大強度を I_{max} 、発光素子が発する紫外線又は短波長可視光のピーク波長 ($\lambda_p = 405 \text{ nm}$) における励起スペクトルの強度を I_a とすると、 $0.2 \times I_{max} < I_a$ を満たしている。好ましくは、蛍光体 2 は、 $0.5 \times I_{max} < I_a$ を満たしているとよく、図 19 に示す蛍光体 2 のように、 $0.8 \times I_{max} < I_a$ を満たしていると更によい。

[0078] これにより、実施例に係る蛍光体 2 は、発光素子が発する紫外線又は短波長可視光のピーク波長における励起スペクトルの強度が高いため、発光素子の光を効率よく黄色光に変換できる。

[0079] また、各実施例に係る発光モジュールは、複数種の蛍光体（蛍光体 1、蛍光体 2）でそれぞれ変換された異なる色（青色、黄色）を組み合わせで白色を得ることで、発光素子が発する光と蛍光体が発する光とを組み合わせで白色を得る場合（YAG 蛍光体と青色 LED チップとの組合せ）と比較して、モジュールの発光方向による色度ずれが抑えられる。

[0080] 図 19 に示すライン L4 は、実施例 1 で使用した青色発光の蛍光体 1 の発光スペクトルを示している。実施例 1 に示すように半導体発光素子 14 の上に蛍光体 1 を含む第 1 の波長変換層 16 を積層し、その上に蛍光体 2 を含む第 2 の波長変換層 18 を積層した発光モジュールの場合、第 1 の波長変換層 16 の蛍光体 1 による青色光が、第 2 の波長変換層 18 の蛍光体 2 で波長変換されると、いわゆるストークスロスによる発熱が生じ、発光効率が低下してしまう。

[0081] しかしながら、実施例 1 に係る蛍光体 2 は、 300 nm 以上の波長域における励起スペクトルの最大強度を I_{max} 、実施例 1 に係る蛍光体 1 が発する可視光のピーク波長（約 450 nm ）における励起スペクトルの強度を I_b とすると、 $I_b < 0.8 \times I_{max}$ を満たす。好ましくは、蛍光体 2 は、 $I_b < 0.5 \times I_{max}$ を満たしているとよく、図 19 に示す蛍光体 2 のように、 $I_b < 0.2 \times I_{max}$ を満たしていると更によい。これにより、蛍光体 2 において、蛍光体 1 が発する光の吸収が少なくなり、ストークスロスが抑えられたため、高効率な発光モジュールが実現できる。

[0082] ここで、近紫外光を発する半導体発光素子と複数種の蛍光体とを組み合わせせた白色発光モジュールでは、青色LEDチップとYAG蛍光体とを組み合わせせた白色LEDモジュールと比較して、蛍光体濃度が増加する傾向にある。これは、白色を実現するために素子の光を直接利用せず、ほとんど蛍光体から発する光で実現しているためである。そのため、蛍光体の量が多いと、前述の通り蛍光体による散乱効果が大きくなり発光効率が低下する一因ともなりうる。

[0083] そこで、以下では、上述の実施の形態や実施例で得られた知見に基づいて、蛍光体濃度を抑えつつ高い発光効率を実現する発光モジュールの構成について更に詳述する。

[0084] 青色と黄色を比較すると、黄色の方が視感度が高いため、青色を発する第1の波長変換層よりも黄色を発する第2の波長変換層を発光モジュールの出射面側に配置することで光束を高められる（表1の実施例1と実施例3を参照。）。また、第2の波長変換層に含まれる蛍光体2は、前述のように青色の波長（約450～500nmの範囲）を比較的多く含む。そのため、第1の波長変換層に含ませる青色発光の蛍光体1の量を低減できる。この場合、蛍光体が樹脂に分散された第1の波長変換層を選択することも可能である。

[0085] そこで、以下では、実施例2に示す発光モジュール28の構成を基準に各波長変換層の厚みの好適な例について説明する。図7に示すように、発光モジュール28は、半導体発光素子14の上に、青色発光の蛍光体1が透明性の封止材である樹脂に分散された第1の波長変換層24が積層され、その上に黄色発光の蛍光体2がセラミックス化された第2の波長変換層18が積層された構造である。

[0086] 発光モジュールを自動車用ヘッドランプの光源として使用する場合、ヘッドランプの色温度は4000～6000K程度の範囲である。そこで、第2の波長変換層は蛍光体2をセラミックス化した層とし、第1の波長変換層は樹脂に蛍光体1を分散させた層とすると、前述の色温度の光を満たすためには、第1の波長変換層16に含ませられる蛍光体1の濃度の上限量は、製法

上の観点から35vol.%程度である。表2に示すように、所望の色温度を満たすために必要な蛍光体の量が一定だとすると、第1の波長変換層の厚みが厚くなると、そこに含まれる蛍光体1の濃度は低下する。

[0087] [表2]

		第1の波長変換層の厚み				
		15 μm	20 μm	28 μm	300 μm	1000 μm
目標色温度	4000K	35vol.%			1.8vol.%	0.5vol.%
	5000K		35vol.%		2.3vol.%	0.7vol.%
	6000K			35vol.%	3.1vol.%	1.0vol.%

[0088] 第1の波長変換層は、厚みが15～1000 μm の範囲が好ましい。より好ましくは、厚みが15～1000 μm の範囲である。厚みが15 μm 以上であれば、所望の色温度を実現できる量の蛍光体1を含ませることができる。一方、厚みが1000 μm 以下、好ましくは300 μm 以下であれば、第1の波長変換層の内部での光の吸収や散乱が抑えられる。また、第1の波長変換層は、蛍光体1を0.5～35体積%含んでもよい。これにより、第1の波長変換層を通過し、第2の波長変換層に到達する発光素子の光を多くできる。

[0089] また、第1の波長変換層と組み合わせる第2の波長変換層に含まれる蛍光体2が発する光は、前述のように青色の波長成分を多く含んでいるため、第1の波長変換層に含ませる青色発光の蛍光体1の量を少なくしても白色光を実現できる。つまり、第1の波長変換層を非常に薄くできるため、第1の波長変換層としてシリコン樹脂などの接着性の樹脂に蛍光体1を分散させたものを半導体発光素子上に塗布し、第2の波長変換層を積層することで第2の波長変換層を半導体発光素子に固定できる。つまり、半導体発光素子と第1の波長変換層と第2の波長変換層18とを一つの工程で積層できる。

[0090] 第2の波長変換層の厚みは、第1の波長変換層の構成に応じて適宜選択すればよいが、例えば、30～1000 μm 、好ましくは、50～300 μm の範囲である。厚みが30 μm 以上であれば、セラミックス化した際の割れなどを防止できる。一方、厚みが1000 μm 以下であれば、発光モジュール

ルの輝度の低下を抑制できる。

[0091] 図20は、発光モジュールの色度を測定する方法を説明するための図である。図21は、測定位置による発光モジュールの色度の変化を示す図である。

[0092] 図20に示す発光モジュール40は、基板42の上にサブマウント44を介して青色光又は紫外光を発するLEDチップ46が搭載されている。LEDチップ46の発光面上には、蛍光部材48が搭載されている。

[0093] 図21に示すように、LEDチップ46として青色LEDチップを、蛍光部材48としてYAG蛍光体を採用した発光モジュールでは、測定位置によって色度Cxの変化が大きい。これに対して、LEDチップ46としてUV-LEDチップを、蛍光部材48として蛍光体1を有する第1の波長変換層24および蛍光体2を有する第2の波長変換層18（実施例2参照）を採用した発光モジュールでは、測定位置による色度Cxの変化が非常に少ない。

[0094] 以上、本発明を実施の形態や実施例をもとに説明した。この実施の形態や実施例は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

[0095] 例えば、第1や第2の波長変換層の構成として、セラミックス化したり樹脂に蛍光体を分散させたりする以外に、無機アモルファス材や無機ゾルゲル材に蛍光体を分散させた構成であってもよい。無機アモルファス材としては、例えば、低融点ガラス材が挙げられる。無機アモルファス材は、処理温度が900℃以下、好ましくは800℃以下のものが挙げられる。また、波長350～900nmの光において、透過率が70%以上、好ましくは80%以上の無機アモルファス材が好ましい。また、屈折率が1.4以上、2.0以下、好ましくは、1.6以上、2.0以下の無機アモルファス材が好ましい。

[0096] 上述の各実施例では、青色蛍光体と黄色蛍光体とを組み合わせ発光モジュールについて説明したが、色の組合せはこれらに限られない。

- [0097] 例えば、ある態様の発光モジュールは、
紫外線又は短波長可視光を発する発光素子と、
前記紫外線又は短波長可視光により励起され、可視光を発光する第１の蛍光体を有する第１の波長変換層と、
前記紫外線又は短波長可視光により励起され、第１の蛍光体が発光する可視光のピーク波長よりも長波長側のピーク波長を有する可視光を発光する第２の蛍光体を有する第２の波長変換層と、を備え、
前記第１の波長変換層および前記第２の波長変換層は、前記発光素子の発光面上に積層されており、
前記第１の波長変換層および前記第２の波長変換層の少なくともいずれか一方は、セラミックス層である。

産業上の利用可能性

- [0098] 本発明の発光モジュールは種々の灯具、例えば照明用灯具、ディスプレイ用バックライト、車両用灯具等に利用することができる。

符号の説明

- [0099] １０ 発光モジュール、 １４ 半導体発光素子、 １６ 第１の波長変換層、 １８ 第２の波長変換層、 ２２ 発光モジュール、 ２４ 第１の波長変換層、 ２６ 第２の波長変換層、 ２８， ３０， ３２， ３４ 発光モジュール、 ３６ 第３の波長変換層、 ３８， ４０ 発光モジュール。
。

請求の範囲

[請求項1]

紫外線又は短波長可視光を発する発光素子と、
前記紫外線又は短波長可視光により励起され、青色光を発光する第1の蛍光体を有する第1の波長変換層と、
前記紫外線又は短波長可視光により励起され、黄色光を発光する第2の蛍光体を有する第2の波長変換層と、を備え、
前記第1の波長変換層および前記第2の波長変換層は、前記発光素子の発光面上に積層されており、
前記第1の波長変換層および前記第2の波長変換層の少なくともいずれか一方は、セラミックス層であり、
前記第2の蛍光体は、
300nm以上の波長域における励起スペクトルの最大強度を I_{max} 、
前記発光素子が発する前記紫外線又は短波長可視光のピーク波長における励起スペクトルの強度を I_a とすると、
 $0.2 \times I_{max} < I_a$ を満たすことを特徴とする発光モジュール。

[請求項2]

前記第1の波長変換層は、前記発光素子と前記第2の波長変換層との間に配置されており、
前記第2の波長変換層は、セラミックス層であ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]

前記第2の蛍光体は、
300nm以上の波長域における励起スペクトルの最大強度を I_{max} 、
前記第1の蛍光体が発する可視光のピーク波長における励起スペクトルの強度を I_b とすると、 $I_b < 0.8 \times I_{max}$ を満たすことを特徴とする請求項2に記載の発光モジュール。

[請求項4]

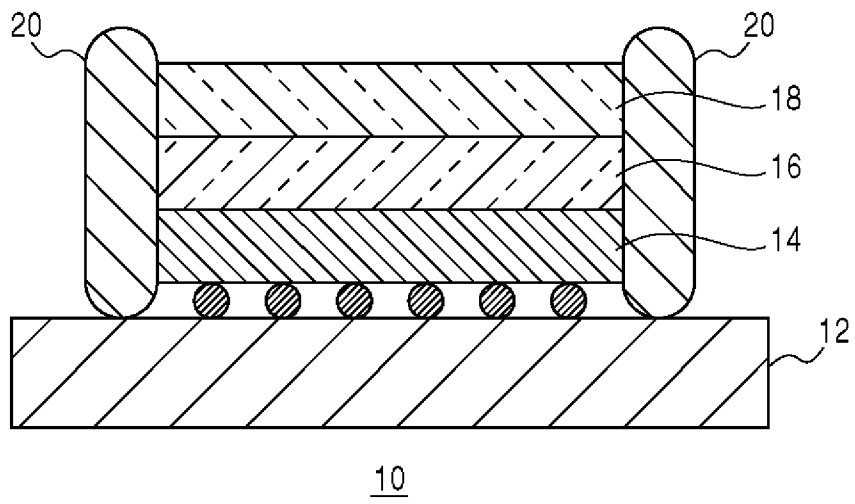
前記第1の波長変換層は、前記第1の蛍光体が透明性の封止材に分

散されて構成されており、厚みが $15 \sim 1000 \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の発光モジュール。

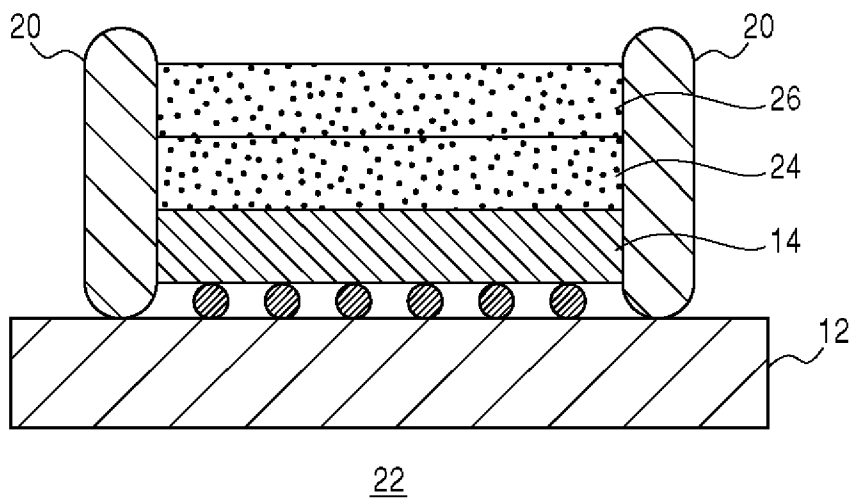
[請求項5] 前記第1の波長変換層は、前記第1の蛍光体を $0.5 \sim 35$ 体積%含んでいることを特徴とする請求項4に記載の発光モジュール。

[請求項6] 前記第2の波長変換層は、厚みが $30 \sim 1000 \mu\text{m}$ 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。

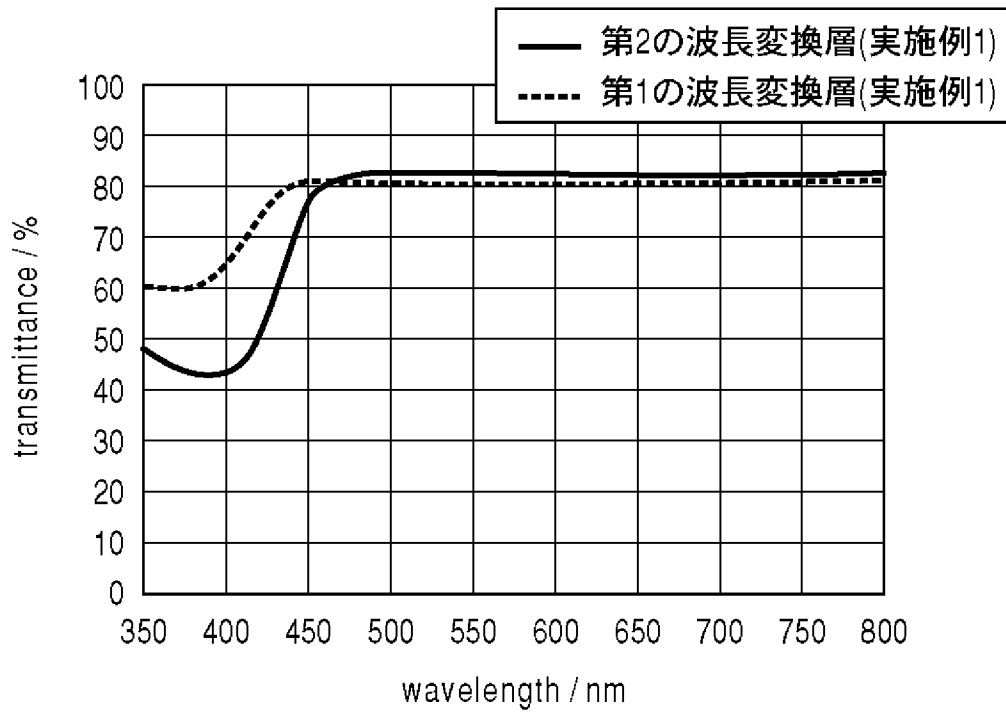
[図1]



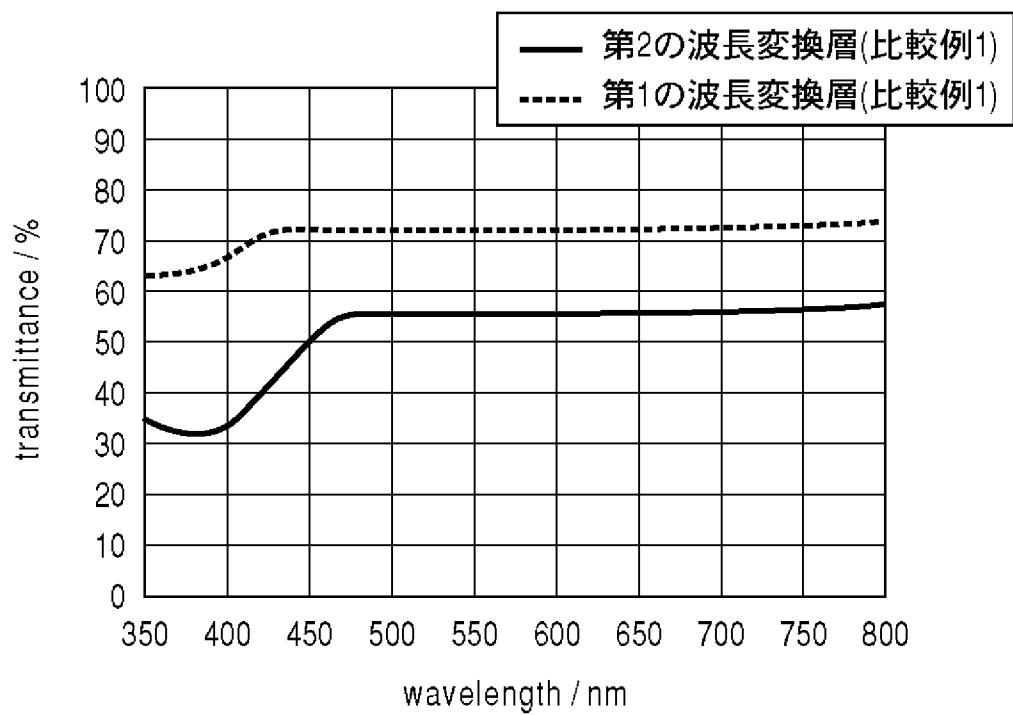
[図2]



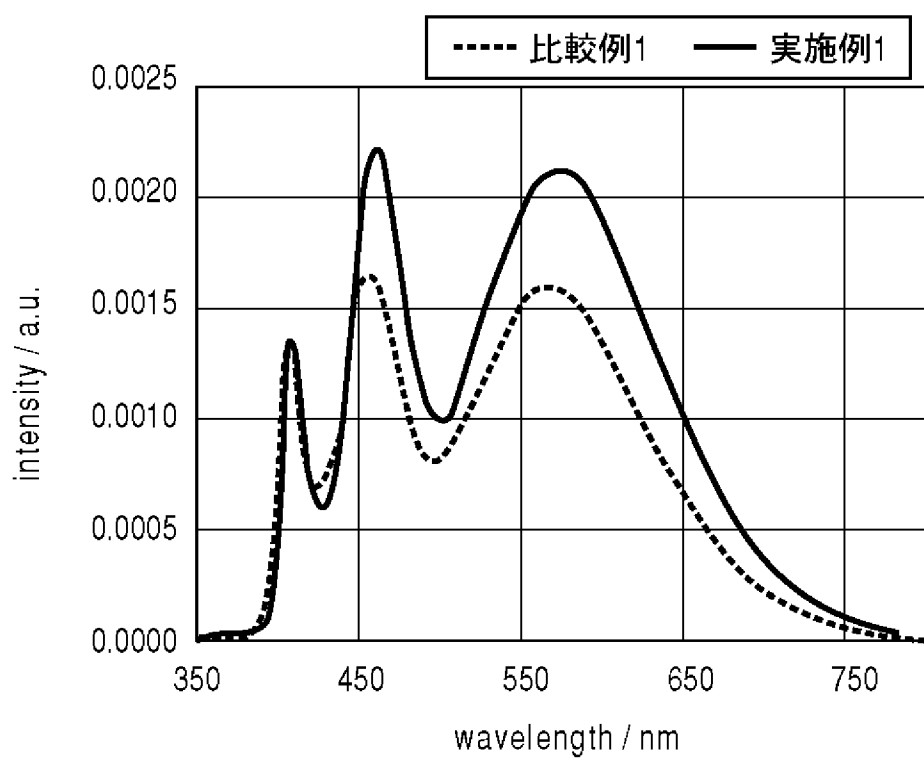
[図3]



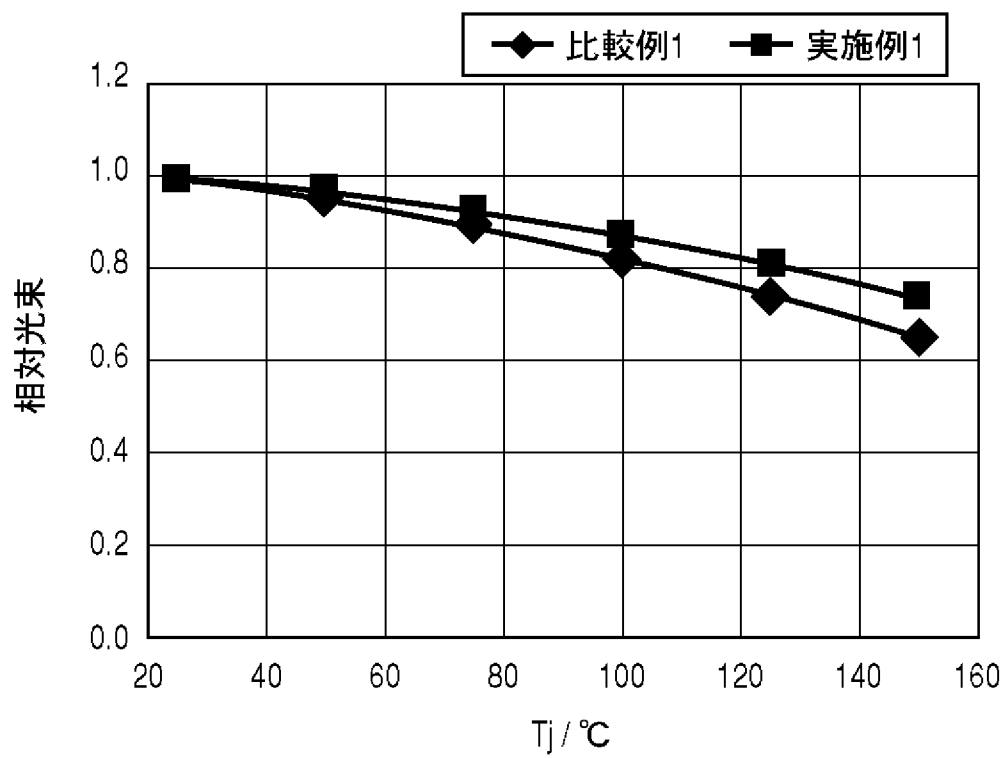
[図4]



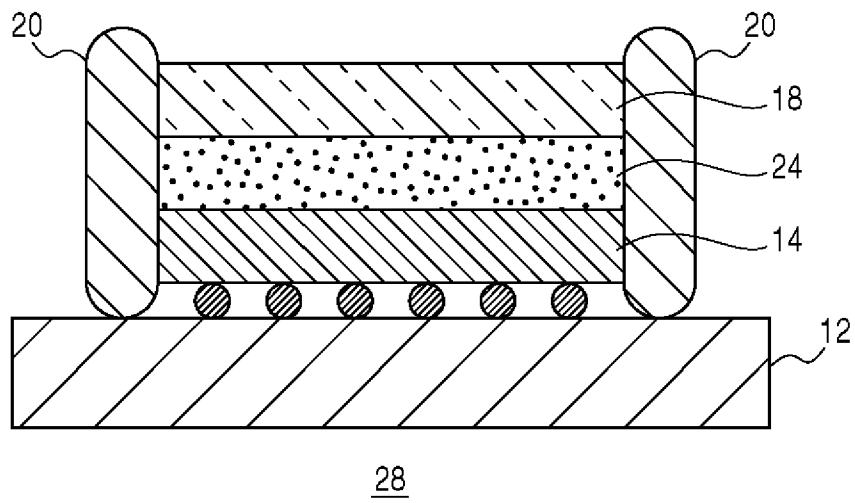
[図5]



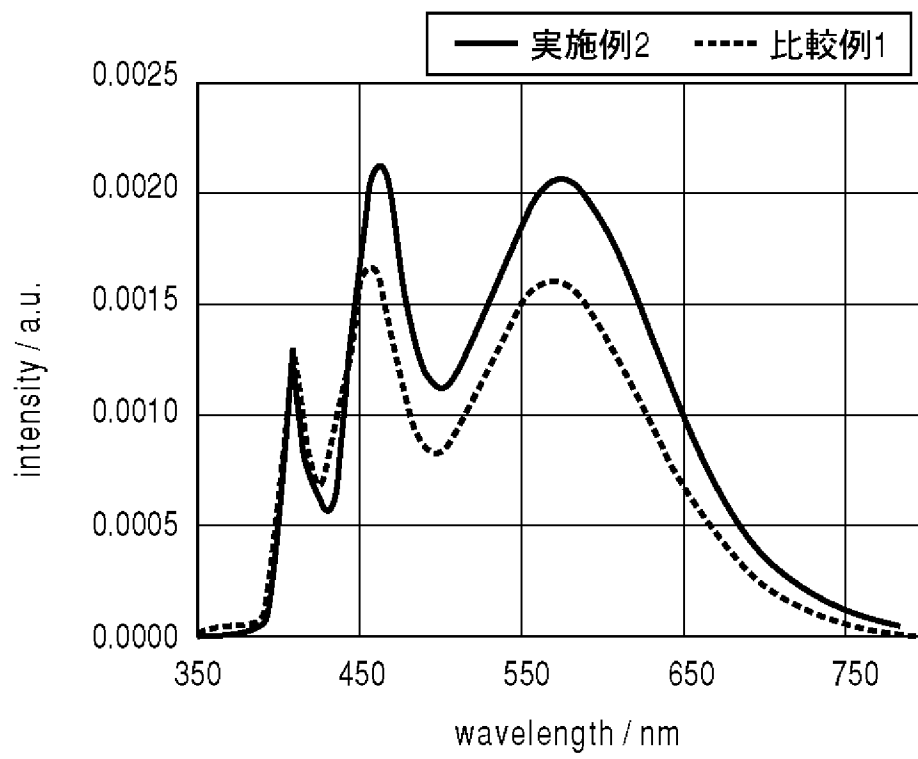
[図6]



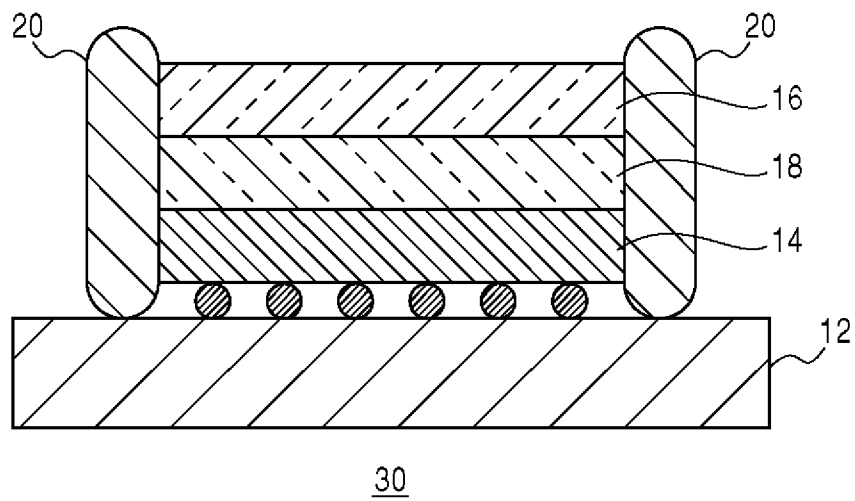
[図7]



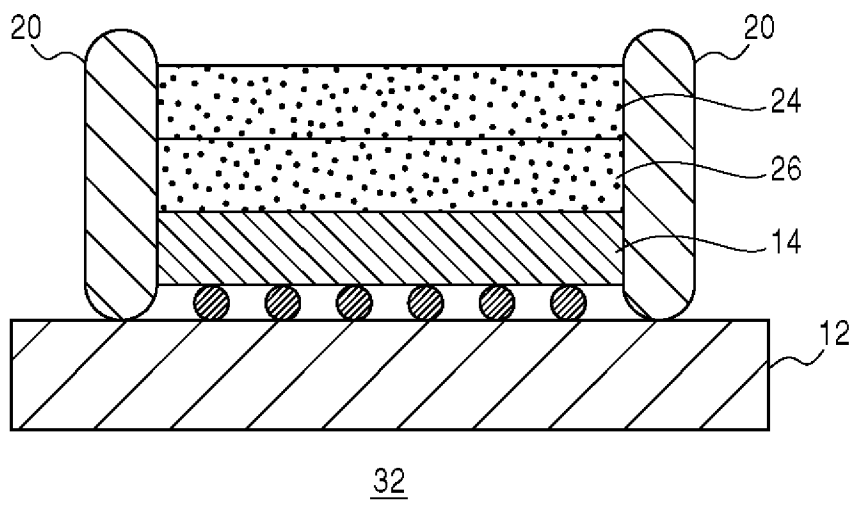
[図8]



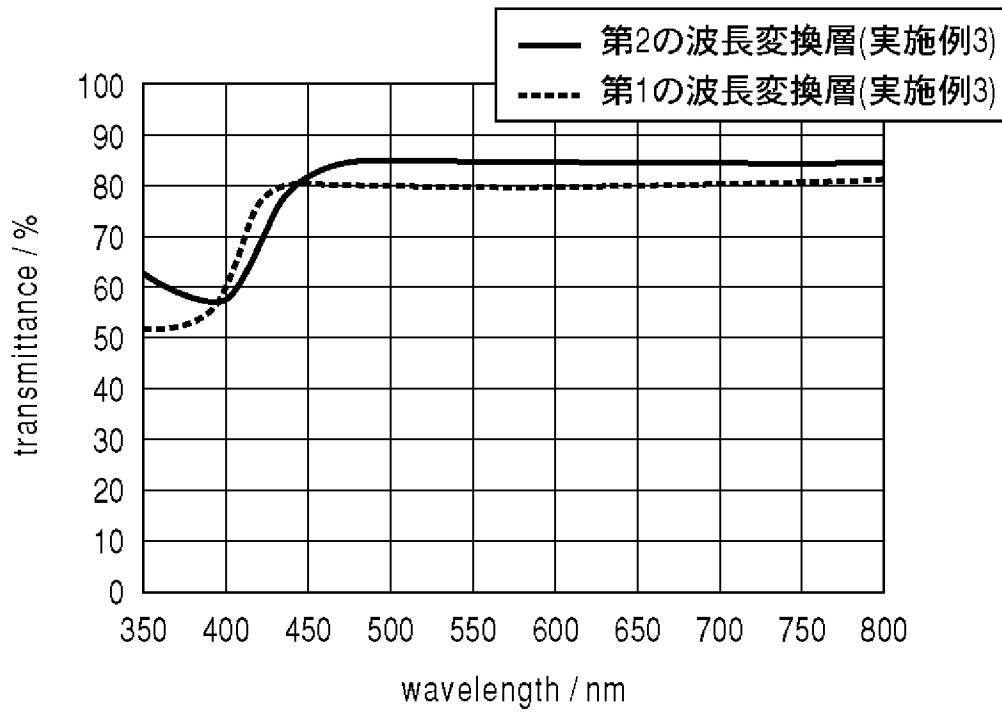
[図9]



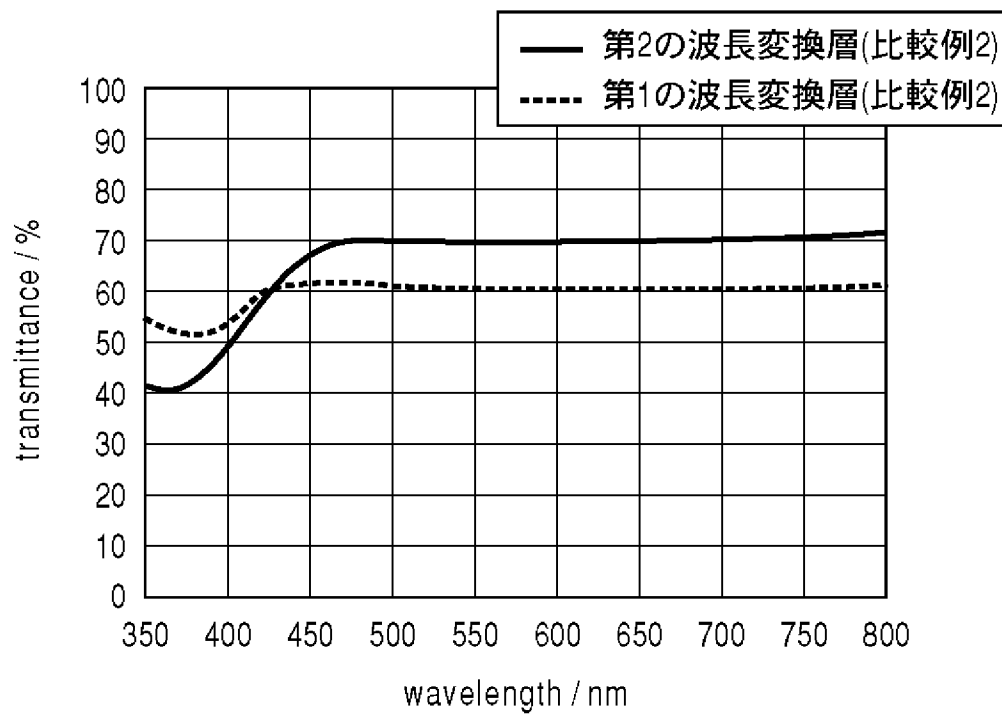
[図10]



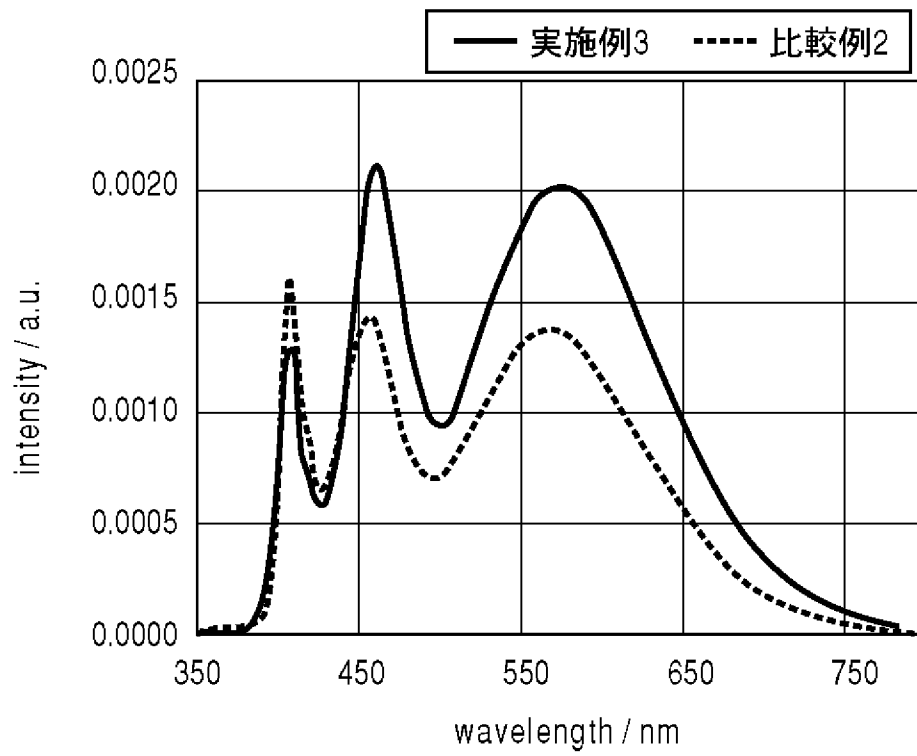
[図11]



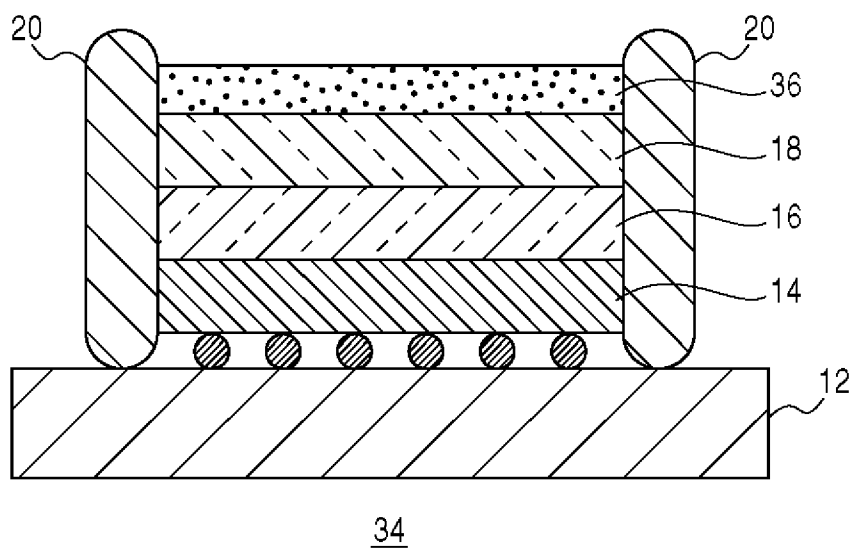
[図12]



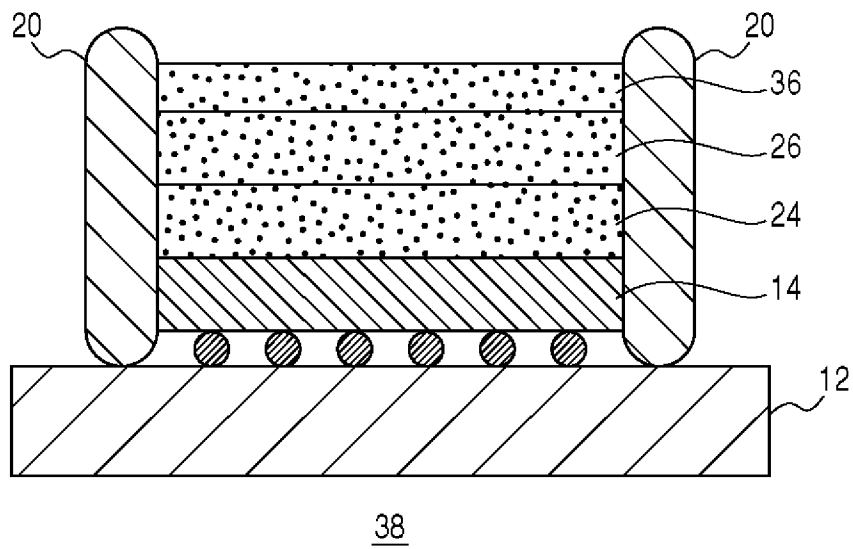
[図13]



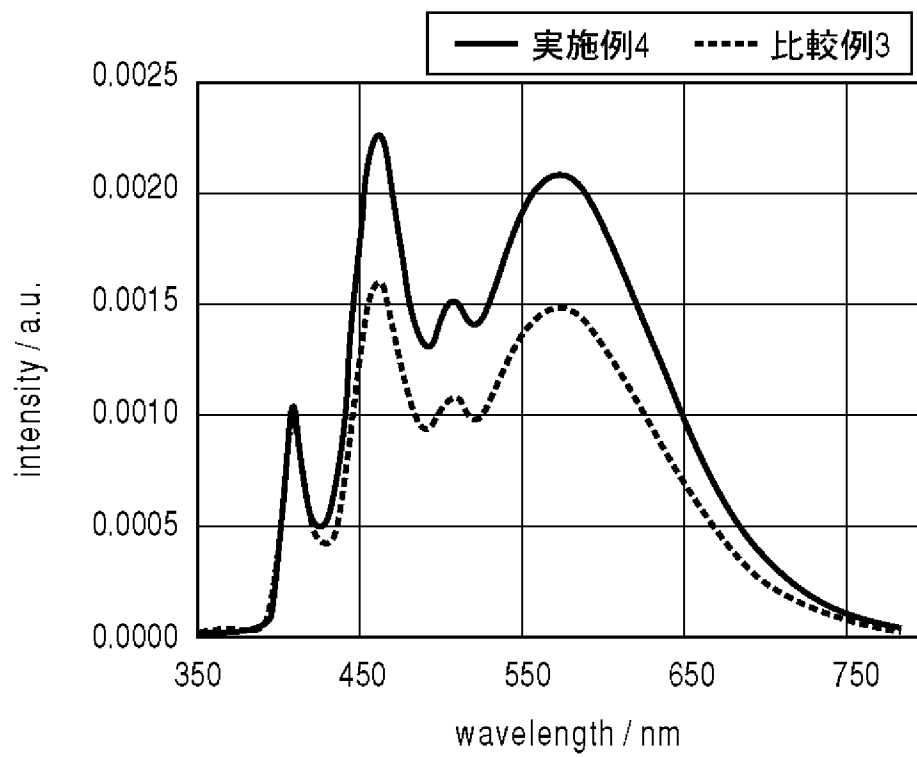
[図14]



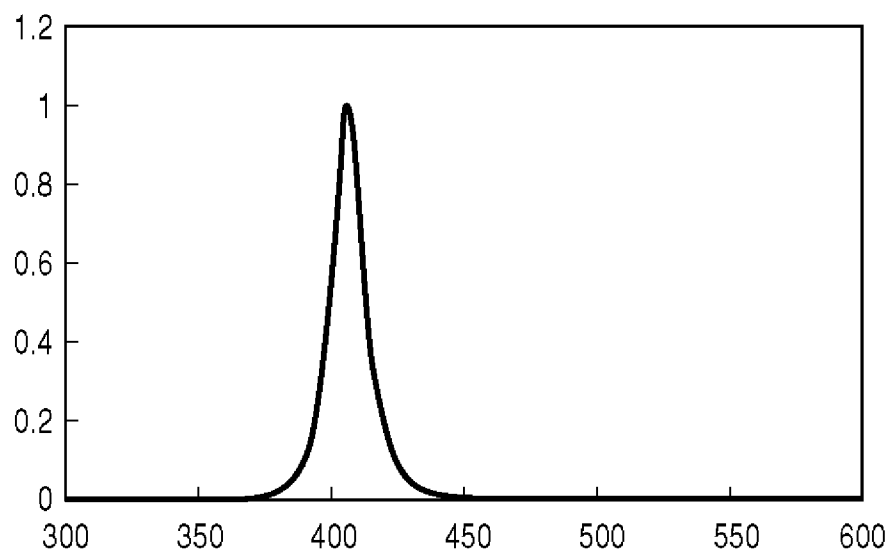
[図15]



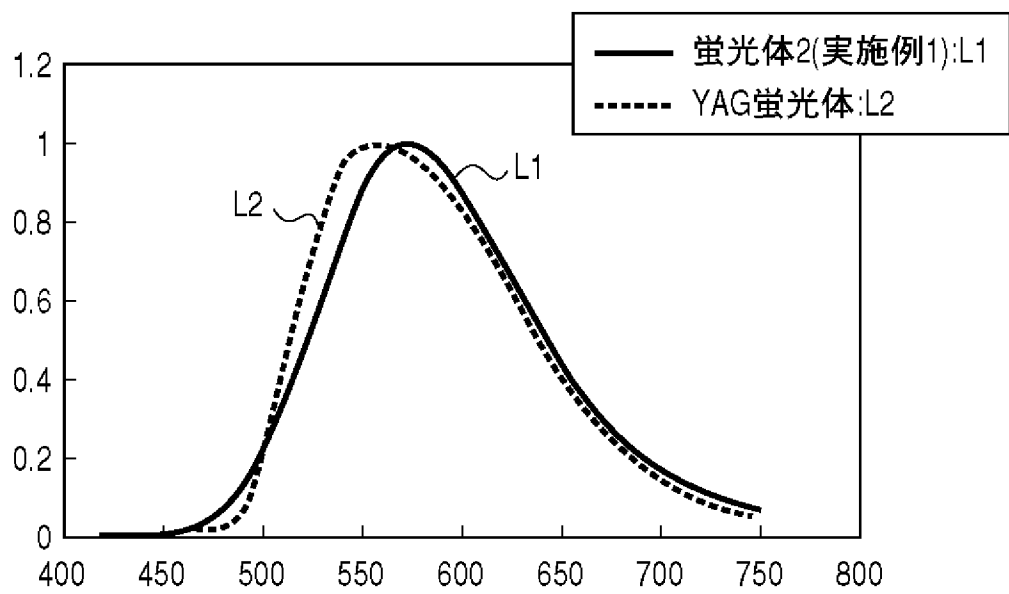
[図16]



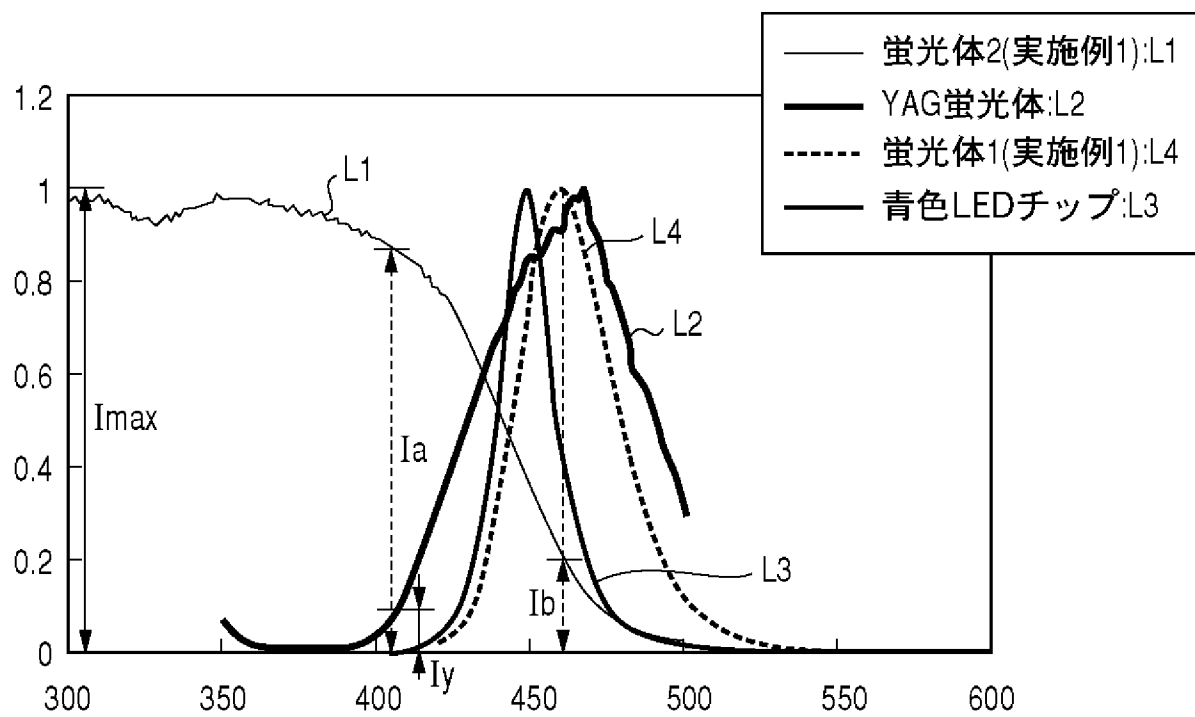
[図17]



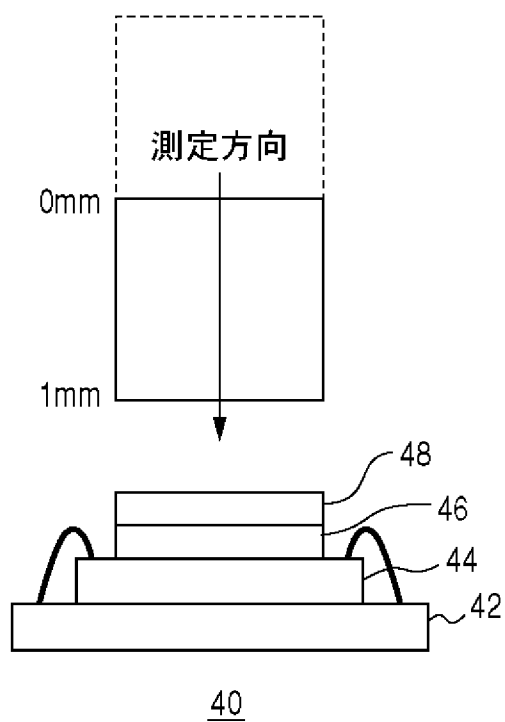
[図18]



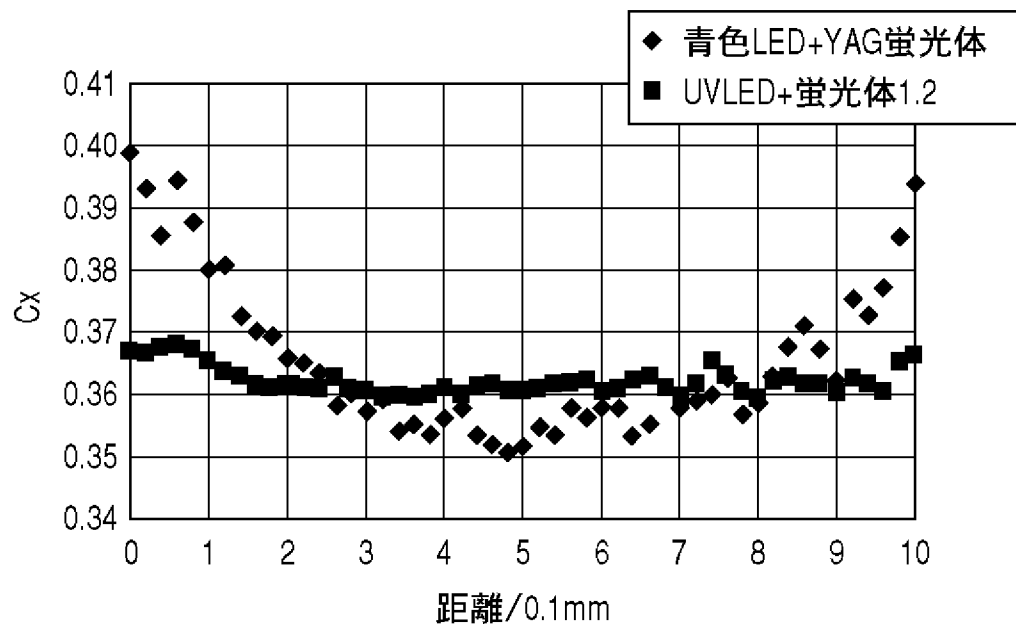
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/004178

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L33/50(2010.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L33/00-33/64

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-228464 A (Rohm Co., Ltd.), 12 August 2004 (12.08.2004), entire text; all drawings (particularly, claim 1; paragraphs [0011], [0014]) & US 2004/0183085 A1	1-6
Y	JP 2011-513898 A (Nitto Denko Corp.), 28 April 2011 (28.04.2011), entire text; all drawings (particularly, claim 1; paragraph [0033]) & US 2009/0212697 A1 & US 2012/0194066 A1 & WO 2009/105581 A1 & CN 101953230 A & TW 200947768 A	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 July, 2013 (18.07.13)

Date of mailing of the international search report
30 July, 2013 (30.07.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/004178

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-168946 A (NEC Lighting, Ltd.), 17 June 2004 (17.06.2004), entire text; all drawings (particularly, paragraph [0007]) (Family: none)	1-6
Y	JP 2009-267039 A (Citizen Electronics Co., Ltd.), 12 November 2009 (12.11.2009), entire text; all drawings (particularly, claim 1; paragraphs [0024], [0025]) (Family: none)	3-6
Y	JP 2008-195779 A (Sharp Corp.), 28 August 2008 (28.08.2008), entire text; all drawings (particularly, paragraphs [0008], [0019] to [0021], [0033], [0034]; fig. 1) (Family: none)	1-6
Y	JP 2011-181793 A (Koito Manufacturing Co., Ltd.), 15 September 2011 (15.09.2011), entire text; all drawings (particularly, claims 1, 3, 5; paragraph [0073]; fig. 7) & US 2013/0020601 A1 & EP 2544252 A1 & WO 2011/108194 A1 & CN 102782891 A	1-6
Y	US 2010/0258828 A1 (RENAISSANCE LIGHTING INC.), 14 October 2010 (14.10.2010), entire text; all drawings (particularly, fig. 5; paragraphs [0071], [0039], [0043] to [0047], [0071]) & US 2011/0127555 A1 & US 2012/0313130 A1 & WO 2011/068556 A1 & WO 2012/012202 A1	1-6
A	JP 2011-243356 A (Koito Manufacturing Co., Ltd.), 01 December 2011 (01.12.2011), entire text; all drawings (particularly, claims 1, 3; paragraphs [0011], [0033], [0040], [0065], [0066]; fig. 5) & US 2013/0063020 A1 & EP 2573454 A1 & WO 2011/145238 A1 & CN 102893078 A	1-6
A	JP 2012-018977 A (Toshiba Corp.), 26 January 2012 (26.01.2012), entire text; all drawings (particularly, claim 1; paragraph [0024]) & US 2012/0008647 A1	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/004178

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-251621 A (Mitsubishi Chemical Corp.), 04 November 2010 (04.11.2010), entire text; all drawings (particularly, paragraphs [0036] to [0039]) (Family: none)	1-6
A	JP 2010-006664 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 14 January 2010 (14.01.2010), entire text; all drawings (particularly, fig. 1) (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L33/50(2010.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L33/00-33/64

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2013年
日本国実用新案登録公報	1996-2013年
日本国登録実用新案公報	1994-2013年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2004-228464 A（ローム株式会社）2004.08.12, 全文、全図（特に、請求項1、[0011], [0014]） & US 2004/0183085 A1	1-6
Y	JP 2011-513898 A（日東電工株式会社）2011.04.28, 全文、全図（特に、請求項1、[0033]） & US 2009/0212697 A1 & US 2012/0194066 A1 & WO 2009/105581 A1 & CN 101953230 A & TW 200947768 A	1-6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

18.07.2013

国際調査報告の発送日

30.07.2013

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

佐藤 秀樹

2K

3154

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2004-168946 A (NECライティング株式会社) 2004. 06. 17, 全文、全図 (特に、[0007]) (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2009-267039 A (シチズン電子株式会社) 2009. 11. 12, 全文、全図 (特に、請求項 1、[0024], [0025] (ファミリーなし)	3-6
Y	JP 2008-195779 A (シャープ株式会社) 2008. 08. 28, 全文、全図 (特に、[0008], [0019]-[0021], [0033], [0034]、図 1) (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2011-181793 A (株式会社小糸製作所) 2011. 09. 15, 全文、全図 (特に、請求項 1, 3, 5、[0073]、図 7) & US 2013/0020601 A1 & EP 2544252 A1 & WO 2011/108194 A1 & CN 102782891 A	1-6
Y	US 2010/0258828 A1 (RENAISSANCE LIGHTING INC.) 2010. 10. 14, 全文、全図 (特に、FIG. 5, [0071], [0039], [0043]-[0047], [0071]) & US 2011/0127555 A1 & US 2012/0313130 A1 & WO 2011/068556 A1 & WO 2012/012202 A1	1-6
A	JP 2011-243356 A (株式会社小糸製作所) 2011. 12. 01, 全文、全図 (特に、請求項 1, 3、[0011], [0033], [0040], [0065], [0066]、図 5) & US 2013/0063020 A1 & EP 2573454 A1 & WO 2011/145238 A1 & CN 102893078 A	1-6
A	JP 2012-018977 A (株式会社東芝) 2012. 01. 26, 全文、全図 (特に、請求項 1、[0024]) & US 2012/0008647 A1	1-6
A	JP 2010-251621 A (三菱化学株式会社) 2010. 11. 04, 全文、全図 (特に、[0036]-[0039]) (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2010-006664 A (独立行政法人産業技術総合研究所) 2010. 01. 14, 全文、全図 (特に、図 1) (ファミリーなし)	1-6