

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6940764号
(P6940764)

(45) 発行日 令和3年9月29日(2021.9.29)

(24) 登録日 令和3年9月7日(2021.9.7)

(51) Int.Cl.

H01L 33/50 (2010.01)

F 1

H01L 33/50

請求項の数 12 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2017-188523 (P2017-188523)
 (22) 出願日 平成29年9月28日 (2017.9.28)
 (65) 公開番号 特開2019-67808 (P2019-67808A)
 (43) 公開日 平成31年4月25日 (2019.4.25)
 審査請求日 令和1年8月9日 (2019.8.9)

(73) 特許権者 000226057
 日亜化学工業株式会社
 徳島県阿南市上中町岡491番地1OO
 (74) 代理人 100100158
 弁理士 鮫島 瞳
 (74) 代理人 100138863
 弁理士 言上 恵一
 (74) 代理人 100131808
 弁理士 柳橋 泰雄
 (74) 代理人 100145104
 弁理士 藤館 祥治
 (72) 発明者 藤尾 多茂
 徳島県阿南市上中町岡491番地1OO
 日亜化学工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】発光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

440 nm 以上 470 nm 以下の範囲に発光ピーク波長を有する発光素子と、
 480 nm 以上 520 nm 未満の範囲に発光ピーク波長を有する第一蛍光体、 520 nm 以上 600 nm 未満の範囲に発光ピーク波長を有する第二蛍光体、 及び 600 nm 以上 670 nm 以下の範囲に発光ピーク波長を有する第三蛍光体を含む蛍光部材と、 を備え、
 前記第一蛍光体はアルカリ土類アルミニン酸塩蛍光体を含み、 発光ピーク波長が 485 nm 以上 515 nm 以下、 発光スペクトルの半値幅が 30 nm 以上 80 nm 以下であり、

前記第二蛍光体はアルミニウムガーネット蛍光体を含み、 発光ピーク波長が 525 nm 以上 565 nm 以下、 発光スペクトルの半値幅が 20 nm 以上 120 nm 以下であり、 10

前記第三蛍光体は式 (3) : (Ca, Sr)AlSiN₃ : Eu で表される組成を有する蛍光体を含み、 発光ピーク波長が 600 nm 以上 630 nm 以下であり、

前記第一蛍光体、 第二蛍光体及び第三蛍光体の総量に対する前記第一蛍光体の含有比が、

相関色温度が 2700 K 以上 3500 K 未満の場合に 35 質量 % 以上 60 質量 % 以下であり、

相関色温度が 3500 K 以上 4500 K 未満の場合に 50 質量 % 以上 80 質量 % 以下であり、

相関色温度が 4500 K 以上 5700 K 未満の場合に 45 質量 % 以上 80 質量 % 以下であり、

相関色温度が 5 7 0 0 K 以上 7 2 0 0 K 以下の場合に 4 5 質量% 以上 8 5 質量% 以下であり、

青色光による網膜傷害の実効放射強度に対するメラトニン分泌抑制の実効放射強度の割合が、

相関色温度が 2 7 0 0 K 以上 3 5 0 0 K 未満の場合に 1 . 5 3 以上 1 . 7 0 以下であり、

相関色温度が 3 5 0 0 K 以上 4 5 0 0 K 未満の場合に 1 . 4 0 以上 1 . 7 0 以下であり、

相関色温度が 4 5 0 0 K 以上 5 7 0 0 K 未満の場合に 1 . 4 0 以上 1 . 7 0 以下であり、

相関色温度が 5 7 0 0 K 以上 7 2 0 0 K 以下の場合に 1 . 3 5 以上 1 . 6 5 以下である 10 発光装置。

【請求項 2】

前記割合が、相関色温度が 2 7 0 0 K 以上 3 5 0 0 K 未満の場合に 1 . 5 4 以上 1 . 6 5 以下であり、

相関色温度が 3 5 0 0 K 以上 4 5 0 0 K 未満の場合に 1 . 4 5 以上 1 . 7 0 以下であり、

相関色温度が 4 5 0 0 K 以上 5 7 0 0 K 未満の場合に 1 . 4 3 以上 1 . 6 0 以下であり、

相関色温度が 5 7 0 0 K 以上 7 2 0 0 K 以下の場合に 1 . 3 7 以上 1 . 5 5 以下である 20 請求項 1 に記載の発光装置。

【請求項 3】

前記第三蛍光体は、発光スペクトルの半値幅が 5 nm 以上 1 0 0 nm 以下である請求項 1 又は 2 に記載の発光装置。

【請求項 4】

平均演色評価数 Ra が 8 0 以上である請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の発光装置。

【請求項 5】

前記発光素子は、発光ピーク波長が 4 4 5 nm 以上 4 6 5 nm 以下であり、発光スペクトルの半値幅が 3 0 nm 以下である請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の発光装置。 30

【請求項 6】

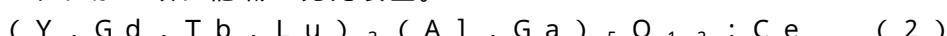
前記第一蛍光体は、下記式 (1A) で表される組成を有する蛍光体の少なくとも 1 種を含む請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の発光装置。



(式中、Sr の一部は Mg、Ca、Ba 及び Zn からなる群から選択される少なくとも 1 種の元素で置換されていてもよい。)

【請求項 7】

前記第二蛍光体は、下記式 (2) で表される組成を有する蛍光体を含む請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の発光装置。



【請求項 8】

前記蛍光部材における第一蛍光体に対する第三蛍光体の含有比率は、

相関色温度が 2 7 0 0 K 以上 3 5 0 0 K 未満の場合に、0 . 0 5 以上 0 . 3 以下であり、

相関色温度が 3 5 0 0 K 以上 4 5 0 0 K 未満の場合に、0 . 0 1 以上 0 . 2 以下であり、

相関色温度が 4 5 0 0 K 以上 5 7 0 0 K 未満の場合に、0 . 0 1 以上 0 . 6 以下であり、

相関色温度が 5 7 0 0 K 以上 7 2 0 0 K 以下の場合に、0 . 0 1 以上 0 . 2 以下である 50 請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の発光装置。

【請求項 9】

前記蛍光部材における第二蛍光体に対する第三蛍光体の含有比率は、
 相関色温度が 2700K 以上 3500K 未満の場合に、0.05 以上 0.2 以下であり
 、
 相関色温度が 3500K 以上 4500K 未満の場合に、0.01 以上 1.2 以下であり
 、
 相関色温度が 4500K 以上 5700K 未満の場合に、0.1 以上 2.5 以下であり、
 相関色温度が 5700K 以上 7200K 以下の場合に、0.1 以上 0.4 以下である請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の発光装置。

【請求項 10】

10
 発光スペクトルが、490nm 以上 540nm 以下の範囲に存在する第二ピーク波長において第二極大値 P2 を有し、570nm 以上 650nm 以下の範囲に存在する第三ピーク波長において第三極大値 P3 を有し、第二ピーク波長と第三ピーク波長の間に第二極小値 T2 を有し、第二極大値 P2 に対する第二極小値 T2 の比 T2 / P2 が、
 相関色温度が 3500K 以上 4500K 未満の場合に、0.7 以上 0.99 以下であり
 、
 相関色温度が 4500K 以上 5700K 未満の場合に、0.6 以上 0.97 以下であり
 、
 相関色温度が 5700K 以上 7200K 以下の場合に、0.6 以上 0.97 以下である
 請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の発光装置。

【請求項 11】

20
 発光スペクトルが、440nm 以上 470nm 以下の範囲に存在する第一ピーク波長において第一極大値 P1 を有し、490nm 以上 540nm 以下の範囲に存在する第二ピーク波長において第二極大値 P2 を有し、第二極大値 P2 に対する第一極大値 P1 の比 P1 / P2 が、
 相関色温度が 3500K 以上 4500K 未満の場合に、1.4 以上 1.8 以下であり、
 相関色温度が 4500K 以上 5700K 未満の場合に、1.4 以上 2.19 以下であり
 、
 相関色温度が 5700K 以上 7200K 以下の場合に、2.0 以上 2.7 以下である
 請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の発光装置。

【請求項 12】

請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の発光装置を備える灯具。

【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】

40
 発光ダイオード (Light emitting diode、以下、「LED」と呼ぶ。) のような発光素子を用いる発光装置として、青色発光の発光素子と黄色発光等の蛍光体とを用いる白色系の発光装置がよく知られている。このような発光装置は、一般照明、車載照明、ディスプレイ、液晶用バックライト等の幅広い分野で使用されている。近年、LED 照明の普及とともに LED 照明に含まれる青色光が人体に与える影響に関心が集まっている。例えば青色光による網膜傷害リスクが懸念されている。また、例えば特許文献 1 には、LED 照明が人間のサークルディアンリズム (概日リズム；生体リズム) に影響を及ぼし得ることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】国際公開第 2012 / 144087 号

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

青色光による網膜傷害については、430 nmから440 nmの波長の光による影響が大きいとされている。また、約465 nmの波長の光がメラトニン分泌の抑制に影響するとされている。本発明の一実施形態は、人体に対する影響をより低減可能な発光スペクトルを有する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】

【0005】

本発明の第一態様は、440 nm以上470 nm以下の範囲に発光ピーク波長を有する発光素子と、480 nm以上520 nm未満の範囲に発光ピーク波長を有する第一蛍光体、520 nm以上600 nm未満の範囲に発光ピーク波長を有する第二蛍光体、及び600 nm以上670 nm以下の範囲に発光ピーク波長を有する第三蛍光体を含む蛍光部材と、を備え、青色光による網膜傷害の実効放射強度に対するメラトニン分泌抑制の実効放射強度の割合が、相関色温度が2700 K以上3500 K未満の場合に1.53以上1.70以下であり、相関色温度が3500 K以上4500 K未満の場合に1.40以上1.70以下であり、相関色温度が4500 K以上5700 K未満の場合に1.40以上1.70以下であり、相関色温度が5700 K以上7200 K以下の場合に1.35以上1.65以下である発光装置である。また本発明の第二態様は、前記発光装置を備える灯具である。

10

20

【発明の効果】

【0006】

本発明の一実施形態によれば、人体に対する影響をより低減可能な発光スペクトルを有する発光装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】青色光による網膜傷害の作用関数及びメラトニン分泌抑制の作用関数を示す図である。

【図2】本実施形態に係る発光装置の一例を示す概略断面図である。

【図3】実施例1、2及び比較例1に係る発光装置の発光スペクトルを示す図である。

30

【図4】実施例3から6、比較例2から4に係る発光装置の発光スペクトルを示す図である。

【図5】実施例7から10、比較例5に係る発光装置の発光スペクトルを示す図である。

【図6】実施例11から13、比較例6及び7に係る発光装置の発光スペクトルを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施形態は、本発明の技術思想を具体化するための、発光装置を例示するものであって、本発明は、以下に示す発光装置に限定されない。また、特許請求の範囲に示される部材を、実施形態の部材に限定するものでは決してない。特に実施形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的位置等は特に特定的な記載がない限りは、本発明の範囲をそれのみに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。なお、色名と色度座標との関係、光の波長範囲と単色光の色名との関係等は、JIS Z 8110に従う。本明細書において組成物中の各成分の含有量は、組成物中に各成分に該当する物質が複数存在する場合、特に断らない限り、組成物中に存在する当該複数の物質の合計量を意味する。また、平均粒径は、フィッシャー・サブ・シーブ・サイザーズ・ナンバー (Fisher Sub Sieve Sizer's No.) と呼ばれる数値であり、空気透過法を用いて測定される。発光素子、蛍光体の半値幅は、発光スペクトルにおいて最大発光強度の50%の発光強度を示す発光スペクトルの波長幅を意味する。

40

50

【0009】

発光装置

発光装置は、440 nm以上470 nm以下の範囲に発光ピーク波長を有する発光素子と、480 nm以上520 nm未満の範囲に発光ピーク波長を有する第一蛍光体、520 nm以上600 nm未満の範囲に発光ピーク波長を有する第二蛍光体、及び600 nm以上670 nm以下の範囲に発光ピーク波長を有する第三蛍光体を含む蛍光部材と、を備える。そして発光装置が発する光は、青色光による網膜傷害の実効放射強度に対するメラトニン分泌抑制の実効放射強度の割合が、相関色温度が2700 K以上3500 K未満の場合に1.53以上1.70以下であり、相関色温度が3500 K以上4500 K未満の場合に1.40以上1.70以下であり、相関色温度が4500 K以上5700 K未満の場合に1.40以上1.70以下であり、相関色温度が5700 K以上7200 K以下の場合に1.35以上1.65以下である。

10

【0010】

発光装置の発光スペクトルは、青色光による網膜傷害の実効放射強度に対するメラトニン分泌抑制の実効放射強度の割合（以下、単に「実効放射強度比」ともいう）が、発光装置の発する光の相関色温度に応じて、所定の範囲となっている。これにより、発光装置の光束の低下を抑制しつつ、人体に対する影響が従来の発光装置に比べてより低減される。ここで、本願明細書における人体に対する影響とは、青色光による網膜傷害のリスクと、メラトニンの分泌抑制の阻害とを意味する。例えば、実効放射強度比が下限値以上であると、青色光による網膜傷害のリスクが十分に低減され、また、メラトニンの分泌が十分に抑制されることにより、発光装置からの光の下でのヒトの作業性の向上が期待できる。また実効放射強度比が上限値以下であると明るさの低下がより抑制される。

20

【0011】

ここで、それぞれの実効放射強度 L_B は、下記数式で示されるように、青色光による網膜傷害又はメラトニン分泌抑制の作用関数 $B(\lambda)$ と発光装置の分光分布（分光放射輝度） $L(\lambda)$ の積を所定の波長範囲で積分して算出される。更にそれぞれの実効放射強度を相対比較する場合、分光分布には、対象となる発光装置の明るさが、比較する発光装置の明るさと同等になるように換算したものが用いられる。具体的には、積分球を用いて対象となる発光装置の光束を測定し、比較する発光装置の光束と同等になる係数を求めて、対象となる発光装置の分光スペクトルに係数を乗じて得られる分光分布が相対比較に用いられる実効放射強度の算出に用いられる。青色光による網膜傷害の作用関数は例えば、JIS C 7550:2014に規定されている。また、メラトニン分泌抑制の作用関数は、例えば、G.C.Brainard et al.: Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor, J.Neuroscience, 21(16), 6405-6412, 2001に記載されている。青色光による網膜傷害の作用関数及びメラトニン分泌抑制の作用関数を図1に例示する。図1では、波長が横軸であり、それぞれの作用関数を作用効率の最大値で規格化した相対作用効率が縦軸となっている。

30

【0012】

【数1】

$$L_B = \int L(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

40

【0013】

発光装置における実効放射強度比は、明るさの維持と人体へ影響の観点から、発光装置の相関色温度が2700 K以上3500 K未満の場合に、例えば1.53以上1.70以下、好ましくは1.54以上1.65以下、より好ましくは1.54以上1.63以下である。

また発光装置の相関色温度が3500 K以上4500 K未満の場合に、例えば1.40

50

以上 1.70 以下、好ましくは 1.45 以上 1.70 以下、より好ましくは 1.46 以上 1.68 以下である。

また発光装置の相関色温度が 4500K 以上 5700K 未満の場合に、例えば 1.40 以上 1.70 以下、好ましくは 1.43 以上 1.60 以下、より好ましくは 1.43 以上 1.58 以下である。

また発光装置の相関色温度が 5700K 以上 7200K 以下の場合に、例えば 1.35 以上 1.65 以下、好ましくは 1.37 以上 1.55 以下、より好ましくは 1.37 以上 1.53 以下である。

【0014】

本実施形態に係る発光装置 100 を図 2 に基づいて詳細に説明する。発光装置 100 は、表面実装型発光装置の一例である。発光装置 100 は、可視光の短波長側（例えば、380nm 以上 485nm 以下の範囲）の光を発し、発光ピーク波長が 440nm 以上 470nm 以下の範囲内にある発光素子 10 と、発光素子 10 を配置する成形体 40 と、を備える。成形体 40 は、第 1 のリード 20 及び第 2 のリード 30 と、樹脂部 42 とが一体的に成形されてなるものである。成形体 40 は底面と側面を持つ凹部を形成しており、凹部の底面に発光素子 10 が配置されている。発光素子 10 は一対の正負の電極を有しており、その一対の正負の電極はそれぞれ第 1 のリード 20 及び第 2 のリード 30 とワイヤ 60 を介して電気的に接続されている。発光素子 10 は蛍光部材 50 により被覆されている。蛍光部材 50 は、例えば、蛍光体 70 として第一蛍光体 71、第二蛍光体 72 及び第三蛍光体 73 の少なくとも 3 種の蛍光体と樹脂とを含有してなる。

10

【0015】

蛍光部材 50 は、発光素子 10 が発する光を波長変換するだけではなく、外部環境から発光素子 10 を保護するための部材としても機能する。図 2 では、蛍光体 70 は蛍光部材 50 中で偏在している。このように発光素子 10 に接近して蛍光体 70 を配置することにより、発光素子 10 からの光を効率よく波長変換することができ、発光効率の優れた発光装置とできる。なお、蛍光体 70 を含む蛍光部材 50 と、発光素子 10 との配置は、それらを接近して配置させる形態に限定されることなく、蛍光体 70 への熱の影響を考慮して、蛍光部材 50 中で発光素子 10 と、蛍光体 70 との間隔を空けて配置することもできる。また蛍光体 70 を蛍光部材 50 の全体にほぼ均一の割合で混合することによって、色ムラがより抑制された光を得るようにすることもできる。

20

【0016】

また図 2 では、蛍光体 70 は、第一蛍光体 71、第二蛍光体 72 及び第三蛍光体 73 が混合されて構成されているが、第三蛍光体 73 上に第二蛍光体 72、さらにその上に第一蛍光体 71 が配置されてもよく（図示せず）、又は、第三蛍光体 73 と第二蛍光体 72 の上に第一蛍光体 71 が配置されてもよく（図示せず）、第一蛍光体 71 と第二蛍光体 72 と第三蛍光体 73 は任意の配置で構成されていてもよい。

30

【0017】

発光素子 10

発光素子 10 の発光ピーク波長は、440nm 以上 470nm 以下の範囲にあり、網膜傷害の低減とメラトニン分泌抑制の観点から、445nm 以上 465nm 以下の範囲にあることが好ましい。この範囲に発光ピーク波長を有する発光素子 10 の光の一部を蛍光体 70 の励起光として用いることにより、発光素子 10 の光の一部を外部に放射される光の一部として有効に利用することができるため、高効率な発光装置を得ることができる。さらに、発光ピーク波長が近紫外領域よりも長波側にあり、紫外線の成分が少ないため、光源としての安全性にも優れる。発光素子 10 の発光スペクトルの半値幅は、例えば、30nm 以下とすることができます。発光素子 10 には LED などの半導体発光素子を用いることが好ましい。発光素子 10 として、例えば、窒化物系半導体（In_xAl_yGa_{1-x-y}N、ここで、X 及び Y は、0 < X、0 < Y、X + Y = 1 を満たす。）を用いた半導体発光素子を用いることによって、高効率で入力に対する出力のリニアリティが高く、機械的衝撃にも強い安定した発光装置を得ることができる。

40

50

【0018】

蛍光部材50

蛍光部材50は、発光素子10から発せられる光により、480nm以上520nm未満の範囲に発光ピーク波長を有する第一蛍光体71の少なくとも1種と、520nm以上600nm未満の範囲に発光ピーク波長を有する第二蛍光体72の少なくとも1種と、600nm以上670nm以下の範囲に発光ピーク波長を有する第三蛍光体73の少なくとも1種とを含む。蛍光部材50は、必要に応じてその他の蛍光体、樹脂等を含むことができる。

【0019】

第一蛍光体71

10

第一蛍光体71の発光ピーク波長は、480nm以上520nm未満の範囲であり、好みしくは485nm以上515nm以下の範囲である。第一蛍光体71の発光スペクトルにおける半値幅は、例えば30nm以上、好みしくは40nm以上、より好みしくは50nm以上であり、また例えば80nm以下、好みしくは70nm以下である。

【0020】

第一蛍光体71は、380nm以上435nm以下の範囲においてリン酸水素カルシウムの反射率に対する相対反射率が例えば30%以下、好みしくは25%以下、より好みしくは20%以下、更に好みしくは16%以下である。また相対反射率の下限は、例えば2%以上である。相対反射率が30%以下であることで、波長435nm以下の高エネルギー光の少なくとも一部が効率的に吸収され、網膜傷害のリスクが高いと言われる波長435nm以下の光が低減された発光装置を構成することができる。ここで、第一蛍光体71の相対反射率は、リン酸水素カルシウム(CaHPO₄、平均粒径2.7μm)の380nm以上435nm以下の各波長における分光反射率を100%とした場合の第一蛍光体71の分光反射率として測定される。また、相対反射率が30%以下であるとは、380nm以上435nm以下の範囲における相対反射率の最大値が30%以下であることを意味する。

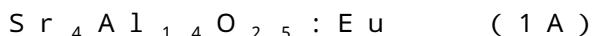
20

【0021】

第一蛍光体71は、発光強度及び発光装置における網膜傷害のリスク低減の観点から、アルカリ土類金属アルミニン酸塩及びアルカリ土類金属ハロシリケートからなる群から選択される少なくとも1種であることが好みしい。アルカリ土類金属アルミニン酸は、例えば、ストロンチウムを少なくとも含み、ユウロピウムで賦活される蛍光体であり、例えば、式(1A)で表される組成を有する。またアルカリ土類金属ハロシリケートは例えば、カルシウムと塩素を少なくとも含み、ユウロピウムで賦活される蛍光体であり、例えば、式(1B)で表される組成を有する。

30

【0022】

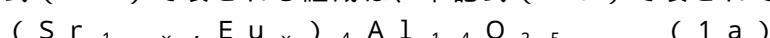


式(1A)中、Srの一部はMg、Ca、Ba及びZnからなる群から選択される少なくとも1種の元素で置換されていてもよい。

【0023】

40

式(1A)で表される組成は、下記式(1a)で表されてもよい。



式(1a)中、xは、0.01 ≤ x ≤ 0.5を満たし、好みしくは0.05 ≤ x ≤ 0.4を満たし、より好みしくは0.1 ≤ x ≤ 0.3を満たす。Srの一部はMg、Ca、Ba及びZnから選択される少なくとも1種の元素で置換されていてもよい。

【0024】

第一蛍光体71の平均粒径は、例えば3μm以上40μm以下であり、好みしくは5μm以上30μm以下である。平均粒径を下限値以上とすることにより発光強度を大きくすることができる。平均粒径を上限値以下とすることにより、発光装置の製造工程における作業性を向上させることができる。

50

【0025】

第一蛍光体71は、表面処理された蛍光体を含んでいてもよい。表面処理された蛍光体は、例えば、アルカリ土類金属アルミニン酸塩を含む蛍光体粒子と、蛍光体粒子の表面に配置されるリン酸化合物とを備える。表面処理された蛍光体粒子は、粒子表面にリン酸化合物が配置されていることで、例えば耐湿性が向上する。

【0026】

リン酸化合物としては、リン酸マグネシウム、リン酸カルシウム、リン酸ストロンチウム、リン酸バリウム等の第2族元素（アルカリ土類金属）リン酸塩；リン酸スカンジウム、リン酸イットリウム、ランタノイド（La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, 及びLu）のリン酸塩等の希土類リン酸塩；リン酸ホウ素、リン酸アルミニウム、リン酸ガリウム、リン酸インジウム等の第13族元素リン酸塩；リン酸亜鉛、リン酸アンチモン、リン酸ビスマス等が挙げられ、これらからなる群から選択される少なくとも1種が好ましくは、第2族元素リン酸塩、希土類リン酸塩及び第13族元素リン酸塩からなる群から選択される少なくとも1種である。更に好ましくは、リン酸マグネシウム、リン酸カルシウム、リン酸ストロンチウム、リン酸バリウム、リン酸アルミニウム、リン酸ガリウム、リン酸スカンジウム、リン酸イットリウム及びリン酸ランタンを含むランタノイドリン酸塩からなる群から選択される少なくとも1種であり、特に好ましくは、リン酸マグネシウム、リン酸カルシウム、リン酸ストロンチウム、リン酸バリウム、リン酸イットリウム及びリン酸ランタンを含むランタノイドリン酸塩からなる群から選択される少なくとも1種である。

10

20

【0027】

リン酸化合物は、蛍光体粒子表面に粒子状態で配置されていても、膜状に配置されていてもよい。リン酸化合物は、耐湿性をより向上させる観点から、膜状に配置されていることが好ましい。ここで、リン酸化合物が膜状に配置されているとは、リン酸化合物粒子が観察されず、蛍光体粒子の表面が、その面積の50%以上、好ましくは70%以上をリン酸化合物に覆われていることをいう。

【0028】

表面処理された蛍光体におけるリン酸化合物の含有率は、蛍光体の総質量中に、例えばリン酸の含有率として0.0001質量%以上20質量%以下であり、0.1質量%以上10質量%以下が好ましく、1質量%以上8質量%以下がより好ましく、1.5質量%以上5.6質量%以下がさらに好ましい。リン酸化合物の含有率が上記下限値以上であるとより良好な耐湿性が得られる傾向があり、上記上限値以下であると蛍光体としての発光効率の低下をより効果的に抑制することができる。また、リン酸化合物を構成する金属の含有率として0.0001質量%以上20質量%以下であり、0.01質量%以上10質量%以下が好ましく、0.2質量%以上3質量%以上がより好ましく、0.36質量%以上1.4質量%以下がさらに好ましい。この範囲内にあるとリン酸化合物の結晶構造や組成が本発明の目的を達成する上でより効果的になる傾向がある。

30

【0029】

表面処理された蛍光体におけるリン酸及びリン酸化合物を構成する金属の含有率はそれぞれ、ICP-AES（高周波誘導結合プラズマ発光分光分析法）を用いて測定することができる。リン酸はPO₄として換算した値とする。またリン酸化合物付着蛍光体粒子におけるリン酸化合物の含有率は、リン酸の含有率とリン酸化合物を構成する金属の含有率の和として求められる。

40

【0030】

表面処理された蛍光体は、示差走査熱量測定（DSC）において、25から650における吸熱量が例えば50J/g以下であり、好ましくは20J/g以下、より好ましくは15J/g以下、更に好ましくは実質的に0J/gである。ここで吸熱量が実質的に0J/gとは、DSCにおいて吸熱ピークが観察されないことを意味する。このような蛍光体は、例えばリン酸化合物が付着した蛍光体粒子を特定の温度で熱処理することで得られる。付着したリン酸化合物が特定の温度で熱処理されて物理的又は化学的に変化すると

50

、蛍光体により優れた耐湿性を付与することができると考えられる。

【0031】

表面処理された蛍光体は、例えば以下のようにして製造することができる。アルカリ土類金属アルミニン酸塩を含む蛍光体粒子を含む液媒体中で、リン酸化合物を形成する陽イオンとリン酸イオンとを接触させることで、蛍光体粒子表面にリン酸化合物を付着させる。次いでリン酸化合物が付着した蛍光体粒子を、例えば500以上700以下の温度で熱処理することで、表面処理された蛍光体粒子を得ることができる。

【0032】

蛍光部材50は、第一蛍光体71を1種単独で含んでいてもよく、2種以上を組み合わせて含んでいてもよい。

10

【0033】

蛍光部材50における第一蛍光体の含有率は、第一蛍光体と第二蛍光体と第三蛍光体の総量（以下、単に「蛍光体総量」ともいう）に対して、例えば35質量%以上85質量%以下であり、好ましくは40質量%以上80質量%以下である。第一蛍光体の含有率が前記範囲内であると、発光素子10の発光における短波成分を選択的に吸収して、435nm以下の範囲の発光強度がより低減された発光スペクトルを有する発光装置100を構成することができる。これにより、網膜傷害等のリスク低減が期待できる。

【0034】

蛍光部材50における第一蛍光体の含有率は、発光装置の相関色温度に応じて異なっていてもよい。これにより、人体に対する影響の低減がより期待でき、明るさの低下をより抑制することができる。

20

発光装置の相関色温度が2700K以上3500K未満の場合に、第一蛍光体の含有率は蛍光体総量に対して、例えば35質量%以上60質量%以下であり、好ましくは37質量%以上55質量%以下であり、より好ましくは40質量%以上50質量%以下である。

また、発光装置の相関色温度が3500K以上4500K未満の場合に、第一蛍光体の含有率は蛍光体総量に対して、例えば50質量%以上80質量%以下であり、好ましくは51質量%以上79質量%以下であり、より好ましくは52質量%以上78質量%以下である。

また、発光装置の相関色温度が4500K以上5700K未満の場合に、第一蛍光体の含有率は蛍光体総量に対して、例えば45質量%以上80質量%以下であり、好ましくは46質量%以上78質量%以下であり、より好ましくは47質量%以上75質量%以下である。

30

また、発光装置の相関色温度が5700K以上7200K以下の場合に、第一蛍光体の含有率は蛍光体総量に対して例えば45質量%以上85質量%以下であり、好ましくは47質量%以上83質量%以下であり、より好ましくは50質量%以上80質量%以下である。

【0035】

第二蛍光体

第二蛍光体72の発光ピーク波長は、520nm以上600nm未満の範囲であり、好ましくは525nm以上565nm以下の範囲である。第二蛍光体72の発光スペクトルにおける半値幅は、例えば20nm以上、好ましくは30nm以上であり、また例えば120nm以下、好ましくは115nm以下である。

40

【0036】

第二蛍光体72は、例えば、サイアロン蛍光体、アルミニウムガーネット蛍光体、硫化物蛍光体、スカンジウム系蛍光体、アルカリ土類金属シリケート蛍光体及びランタノイドケイ窒化物蛍光体からなる群から選択される。第二蛍光体72は、例えば、下記式(2A)から(2G)のいずれかで表される組成を有する蛍光体からなる群から選択される少なくとも1種の蛍光体を含むことが好ましく、式(2B)、(2A)及び(2G)のいずれかで表される組成を有する蛍光体からなる群から選択される少なくとも1種を含むことがより好ましく、式(2B)で表される組成を有する蛍光体の少なくとも1種を含むこと

50

がさらに好ましい。

【0037】

$\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}$: Eu (0 < z < 4.2) (2A)
 $(\text{Y}, \text{Gd}, \text{Nb}, \text{Lu})_3(\text{Al}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}$: Ce (2B)
 $(\text{Sr}, \text{M}^1)\text{Ga}_2\text{S}_4$: Eu (2C)
 $(\text{Ca}, \text{Sr})\text{Sc}_2\text{O}_4$: Ce (2D)
 $(\text{Ca}, \text{Sr})_3(\text{Sc}, \text{Mg})_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$: Ce (2E)
 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})_2\text{SiO}_4$: Eu (2F)
 $(\text{La}, \text{Y}, \text{Gd})_3\text{Si}_6\text{N}_{11}$: Ce (2G)

【0038】

なお、式(2B)で表される組成は、下記式(2b)で表されてもよい。

$\text{Ln}_3\text{Al}_{5-p}\text{Ga}_p\text{O}_{12}$: Ce (2b)

式(2b)中、LnはY、Gd、Nb及びLuからなる群から選択される少なくとも1種であり、pは0 < p < 3を満たす。

また式(2C)で表される組成は、下記式(2c)で表されてもよい。

$(\text{Sr}_{1-x-y}, \text{M}^1_y, \text{Eu}_x)\text{Ga}_2\text{S}_4$ (2c)

式(2c)中、M¹は、Be、Mg、Ca、Ba及びZnからなる群から選択される少なくとも1種の元素を表し、x及びyは0.03 < x < 0.25、0 < y < 0.97及びx + y < 1を満たす。

【0039】

第二蛍光体72の平均粒径は、例えば1 μm以上40 μm以下であり、好ましくは5 μm以上30 μm以下である。平均粒径が上記下限値以上であることにより発光強度を大きくすることができる。また、平均粒径を上記上限値以下であることにより、発光装置の製造工程における作業性を向上させることができる。

【0040】

蛍光部材50は、第二蛍光体72を1種単独で含んでいてもよく、2種以上を組み合わせて含んでいてもよい。

【0041】

蛍光部材50における第二蛍光体72の含有率は、蛍光体総量に対して、例えば0.5質量%以上60質量%以下であり、好ましくは1質量%以上55質量%以下である。第二蛍光体の含有率が上記範囲内であると、所望の発光スペクトルを有する発光装置100をより容易に構成することができる。

【0042】

蛍光部材50における第二蛍光体72の含有率は、発光装置の相関色温度に応じて異なっていてもよい。これにより、人体に対する影響の低減がより期待でき、明るさの低下をより抑制することができる。

発光装置の相関色温度が2700K以上3500K未満の場合に、第二蛍光体の含有率は蛍光体総量に対して、例えば35質量%以上60質量%以下であり、好ましくは37質量%以上55質量%以下であり、より好ましくは40質量%以上50質量%以下である。

また、発光装置の相関色温度が3500K以上4500K未満の場合に、第二蛍光体の含有率は蛍光体総量に対して、例えば8質量%以上45質量%以下であり、好ましくは11質量%以上39質量%以下であり、より好ましくは12質量%以上38質量%以下である。

また、発光装置の相関色温度が4500K以上5700K未満の場合に、第二蛍光体の含有率は蛍光体総量に対して、例えば0.5質量%以上45質量%以下であり、好ましくは1質量%以上44質量%以下であり、より好ましくは1質量%以上43質量%以下である。

また、発光装置の相関色温度が5700K以上7200K以下の場合に、第二蛍光体の含有率は蛍光体総量に対して例えば10質量%以上40質量%以下であり、好ましくは12質量%以上38質量%以下であり、より好ましくは14質量%以上36質量%以下である。

10

20

30

40

50

る。

【0043】

第三蛍光体

第三蛍光体73の発光ピーク波長は、600nm以上670nm以下の範囲であり、好ましくは600nm以上630nm以下の範囲である。第三蛍光体73の発光スペクトルにおける半値幅は、例えば5nm以上100nm以下であり、好ましくは6nm以上90nm以下である。

【0044】

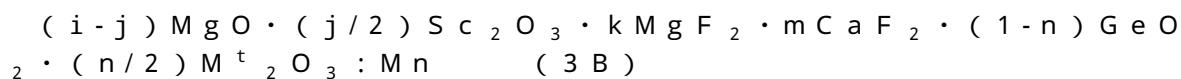
第三蛍光体73は、例えば下記式(3A)から(3F)のいずれかで表される組成を有する蛍光体からなる群から選択される少なくとも1種を含むことが好ましく、式(3C)、(3A)及び(3E)のいずれかで表される組成を有する蛍光体からなる群から選択される少なくとも1種を含むことがより好ましく、式(3C)で表される組成を有する蛍光体の少なくとも1種を含むことがさらに好ましい。

しい。

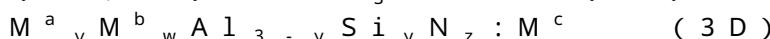
【0045】



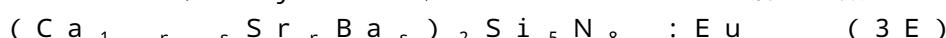
式(3A)中、Aは、アルカリ金属及びアンモニウムからなる群から選択される少なくとも1種を示し、好ましくは少なくともカリウムを含む。Mは、第4族元素及び第14族元素からなる群から選択される少なくとも1種を示し、好ましくはケイ素、ゲルマニウム及びチタニウムからなる群から選択される少なくとも1種を含む。



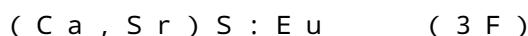
式(3B)中、M^tはAl、Ga及Inからなる群から選択される少なくとも1種である。i、j、k、m、n及びzはそれぞれ、2 ≤ i ≤ 4、0 ≤ j < 0.5、0 < k < 1.5、0 ≤ m < 1.5、0 < n < 0.5を満たす。



式(3D)中、M^aは、Ca、Sr、Ba及びMgからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、M^bは、Li、Na及びKからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、M^cは、Eu、Ce、Tb及びMnからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、v、w、y及びzは、それぞれ0.80 ≤ v ≤ 1.05、0.80 ≤ w ≤ 1.05、0 ≤ y ≤ 0.5、3.0 ≤ z ≤ 5.0を満たす数である。



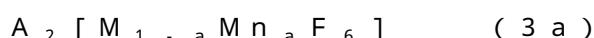
式(3E)中、r及びsは、0 ≤ r ≤ 1.0、0 ≤ s ≤ 1.0、及びr+s ≤ 1.0を満たす数である。



【0046】

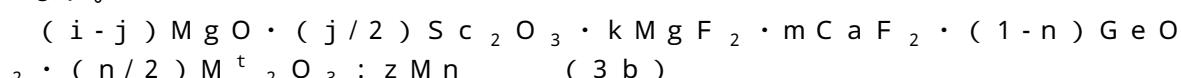
上記(3A)から(3E)で表される組成は、それぞれ下記(3a)から(3e)で表されてもよい。

【0047】



式(3a)中、Aは、アルカリ金属及びアンモニウムからなる群から選択される少なくとも1種を示し、Mは、第4族元素及び第14族元素からなる群から選択される少なくとも1種を示し、aは0.01 < a < 0.2を満たす。

よい。



式(3b)中、M^tはAl、Ga及Inからなる群から選択される少なくとも1種である。i、j、k、m、n及びzはそれぞれ、2 ≤ i ≤ 4、0 ≤ j < 0.5、0 < k < 1.5、0 ≤ m < 1.5、0 < n < 0.5、及び0 < z < 0.05を満たす。

10

20

30

40

50

(C a _{1 - p - q} S r _p E u _q) A l S i N ₃ (3 c)

式(3c)中、p及びqは、0 ≤ p ≤ 1.0、0 < q < 1.0及びp + q < 1.0を満たす数である。

M ^a v M ^b w M ^c x A l _{3 - y} S i _y N _z (3 d)

式(3d)中、M ^a は、C a、S r、B a及びM g からなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、M ^b は、L i、N a及びK からなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、M ^c は、E u、C e、T b及びM n からなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、v、w、x、y及びzは、それぞれ0.80 ≤ v ≤ 1.05、0.80 ≤ w ≤ 1.05、0.001 < x ≤ 0.1、0 ≤ y ≤ 0.5、3.0 ≤ z ≤ 5.0を満たす数である。

10

(C a _{1 - r - s - t} S r _r B a _s E u _t) ₂ S i ₅ N ₈ (3 e)

式(3e)中、r、s及びtは、0 ≤ r ≤ 1.0、0 ≤ s ≤ 1.0、0 < t < 1.0及びr + s + t ≤ 1.0を満たす数である。

【0048】

第三蛍光体73の平均粒径は、例えば1 μm以上40 μm以下であり、5 μm以上30 μm以下が好ましい。平均粒径を所定値以上とすることにより発光強度を大きくすることができます。平均粒径を所定値以下とすることにより、発光装置の製造工程における作業性を向上させることができる。

【0049】

蛍光部材50は第三蛍光体73を1種単独で含んでいてもよく、2種以上を組み合わせて含んでいてもよい。

20

【0050】

蛍光部材50における第三蛍光体の含有率は、蛍光体総量に対して、例えば1質量%以上40質量%以下、好ましくは2質量%以上35質量%以下である。第三蛍光体の含有率が上記範囲内であると、所望の発光スペクトルを有する発光装置100をより容易に構成することができる。

【0051】

蛍光部材50における第三蛍光体73の含有率は、発光装置の相関色温度に応じて異なっていてもよい。これにより、人体に対する影響の低減がより期待でき、明るさの低下をより抑制することができる。

30

発光装置の相関色温度が2700K以上3500K未満の場合に、第三蛍光体の含有率は蛍光体総量に対して、例えば2質量%以上10質量%以下であり、好ましくは2.5質量%以上9質量%以下であり、より好ましくは3質量%以上8質量%以下である。

また発光装置の相関色温度が3500K以上4500K未満の場合に、第三蛍光体の含有率は蛍光体総量に対して、例えば1質量%以上18質量%以下であり、好ましくは2.5質量%以上14質量%以下であり、より好ましくは3質量%以上13質量%以下である。

また発光装置の相関色温度が4500K以上5700K未満の場合に、第三蛍光体の含有率は蛍光体総量に対して、例えば3質量%以上35質量%以下であり、好ましくは5.5質量%以上32質量%以下であり、より好ましくは6質量%以上31質量%以下である。

40

また発光装置の相関色温度が5700K以上7200K以下の場合に、第三蛍光体の含有率は蛍光体総量に対して例えば3質量%以上10質量%以下であり、好ましくは4.5質量%以上7質量%以下であり、より好ましくは5質量%以上6質量%以下である。

【0052】

蛍光部材における第一蛍光体、第二蛍光体及び第三蛍光体を含む蛍光体のそれぞれの含有率は、例えば上述した範囲であり、相関色温度等に応じて適宜選択すればよい。また蛍光部材における蛍光体の総含有量は、蛍光部材に含まれる樹脂に対して例えば10質量%以上200質量%以下であり、好ましくは20質量%以上170質量%以下、より好ましくは40質量%以上120質量%以下である。

50

【0053】

蛍光部材における第一蛍光体に対する第二蛍光体の含有比率は、発光装置の相関色温度が2700K以上3500K未満の場合に、例えば0.8以上1.5以下であり、好ましくは0.9以上1.2以下である。また発光装置の相関色温度が3500K以上4500K未満の場合に、例えば0.1以上0.8以下であり、好ましくは0.12以上0.65以下である。また発光装置の相関色温度が4500K以上5700K未満の場合に、例えば0.01以上0.7以下であり、好ましくは0.02以上0.6以下である。また発光装置の相関色温度が5700K以上7200K以下の場合に、例えば0.1以上0.8以下であり、好ましくは0.15以上0.65以下である。

【0054】

10

また第一蛍光体に対する第三蛍光体の含有比率は、発光装置の相関色温度が2700K以上3500K未満の場合に、例えば0.05以上0.3以下であり、好ましくは0.07以上0.15以下である。また発光装置の相関色温度が3500K以上4500K未満の場合に、例えば0.01以上0.2以下であり、好ましくは0.03以上0.18以下である。また発光装置の相関色温度が4500K以上5700K未満の場合に、例えば0.01以上0.6以下であり、好ましくは0.05以上0.58以下である。また発光装置の相関色温度が5700K以上7200K以下の場合に、例えば0.01以上0.2以下であり、好ましくは0.05以上0.15以下である。

【0055】

20

更に第二蛍光体に対する第三蛍光体の含有比率は、発光装置の相関色温度が2700K以上3500K未満の場合に、例えば0.05以上0.2以下であり、好ましくは0.07以上0.15以下である。また発光装置の相関色温度が3500K以上4500K未満の場合に、例えば0.01以上1.2以下であり、好ましくは0.05以上1.1以下である。また発光装置の相関色温度が4500K以上5700K未満の場合に、例えば0.1以上2.5以下であり、好ましくは0.15以上2.3以下である。また発光装置の相関色温度が5700K以上7200K以下の場合に、例えば0.1以上0.4以下であり、好ましくは0.13以上0.35以下である。

【0056】

樹脂

30

蛍光部材50は、蛍光体70に加えて少なくとも1種の樹脂を含むことができる。樹脂は熱可塑性樹脂及び熱硬化性樹脂のいずれであってもよい。熱硬化性樹脂として、具体的には、エポキシ樹脂、シリコーン樹脂などを挙げることができる。

【0057】

その他成分

蛍光部材50は、蛍光体70及び樹脂に加えてその他の成分を必要に応じて含んでいてもよい。その他の成分としては、シリカ、チタン酸バリウム、酸化チタン、酸化アルミニウム等のフィラー、光安定化剤、着色剤等を挙げることができる。蛍光部材が例えば、その他の成分としてフィラーを含む場合、その含有量は樹脂に対して0.01質量%から20質量%とすることができる。

【0058】

40

発光装置は、例えば、蛍光体の総量に対する第一蛍光体の含有率が上述の比率に調整されることで、人体への影響が低減された発光スペクトルを有することができる。また、発光装置の発光スペクトルは、例えば、440nm以上470nm以下の範囲に存在する第一ピーク波長において第一極大値P1を有し、490nm以上540nm以下の範囲に存在する第二ピーク波長において第二極大値P2を有し、570nm以上650nm以下の範囲に存在する第三ピーク波長において第三極大値P3を有していてもよい。また、発光スペクトルは、第一ピーク波長と第二ピーク波長の間に第一極小値T1と、第二ピーク波長と第三ピーク波長の間に第二極小値T2とを有していてもよい。第一極大値P1は、例えば発光素子と第一蛍光体の発光スペクトルの合成光に由来する。第二極大値P2は、例えば第一蛍光体の発光スペクトルに由来し、第三極大値P3は、例えば第三蛍光体の発光

50

スペクトルに由来する。なお、所定の波長範囲内に複数の極大値が存在する場合、発光強度の高い方をその範囲における極大値とし、所定の波長範囲内に複数の極小値が存在する場合、発光強度の低い方をその範囲における極小値とする。

【0059】

発光装置の発光スペクトルは、第二極大値P2に対する第二極小値T2の比T2/P2が、発光装置の相関色温度が3500K以上4500K未満の場合に、例えば0.7以上0.99以下であり、好ましくは0.8以上0.99以下である。また比T2/P2は、発光装置の相関色温度が4500K以上5700K未満の場合に、例えば0.6以上0.97以下であり、好ましくは0.65以上0.96以下である。また比T2/P2は、発光装置の相関色温度が5700K以上7200K以下の場合に、例えば0.6以上0.97以下であり、好ましくは0.7以上0.95以下である。比T2/P2が上記範囲内であると、435nm以下の範囲の発光強度がより低減され、網膜傷害等のリスク低減がより期待できる。

【0060】

ここで、発光スペクトルにおける極大値及び極小値とは、波長に対する発光強度の変化率が0になる波長における発光強度を意味し、その波長の前後において波長に対する発光強度の変化率の値が正から負に変化する場合を極大値、負から正に変化する場合を極小値とする。なお、波長に対する発光強度の変化率が0になる場合であっても、その波長の前後で波長に対する発光強度の変化率の値の正負が変化しない場合には、極大値又は極小値とはみなさない。すなわち発光スペクトルは、極大値の近傍では上に凸の形状を有し、極小値の近傍では下に凸の形状を有する。

【0061】

発光装置の発光スペクトルは、第二極大値P2に対する第一極大値P1の比P1/P2が、発光装置の相関色温度が3500K以上4500K未満の場合に、例えば1.4以上1.8以下であり、好ましくは1.45以上1.75以下である。また比P1/P2は、発光装置の相関色温度が4500K以上5700K未満の場合に、例えば1.4以上2.19以下であり、好ましくは1.55以上2.1以下である。また比P1/P2は、発光装置の相関色温度が5700K以上7200K以下の場合に、2.0以上2.7以下であり、好ましくは2.05以上2.5以下である。比P1/P2が上記範囲内であると、発光スペクトルにおける青緑色成分が多くなり、例えばヒトの加齢に伴う青色の識別性の低下を補うことが可能な発光装置を構成することができる。

【0062】

灯具

灯具は、前記発光装置の少なくとも1種を備えて構成され、反射部材、保護部材、発光装置に電力を供給するための付属装置等を更に備えていてもよい。灯具は複数の発光装置を備えていてもよい。灯具が複数の発光装置を備える場合、同一の発光装置を複数備えていてもよく、例えば相関色温度が異なる発光装置を複数備えていてもよい。また、複数の発光装置を個別に駆動して、明るさや相関色温度を好みに合わせて調節可能な駆動装置を備えていてもよい。灯具の使用形態としては、直付型、埋め込み型、吊り下げ型等のいずれであってもよい。

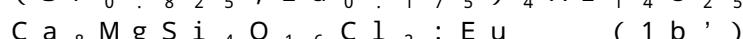
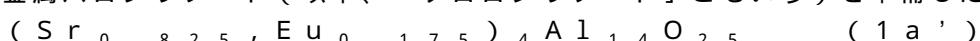
【実施例】

【0063】

以下、本発明を実施例により具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0064】

第一蛍光体として、下記式(1a')で表される組成を有するアルカリ土類金属アルミニン酸塩(以下、「SAE」ともいう)と、式(1b')で表される組成を有するアルカリ土類金属ハロシリケート(以下、「クロロシリケート」ともいう)を準備した。



10

20

30

40

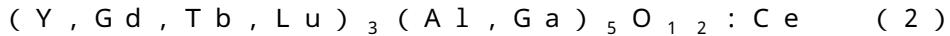
50

【0065】

用意したS A Eの反射スペクトルを測定したところ、380 nm以上435 nm以下の範囲における相対反射率の最大値は、435 nmにおける値として8.9%であり、30%以下であった。またクロロシリケートの380 nm以上435 nm以下の範囲における相対反射率の最大値は、435 nmにおける値として14.8%であった。さらにS A Eの発光ピーク波長は495 nm、半値幅は60 nmであり、クロロシリケートの発光ピーク波長は510 nm、半値幅は55 nmであった。

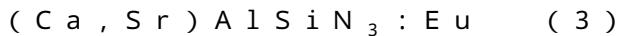
【0066】

第二蛍光体として、下記式(2)で表される組成を有するアルミニウムガーネット蛍光体を準備した。準備した第二蛍光体の発光ピーク波長は547 nm、半値幅は109 nm 10であった。



【0067】

第三蛍光体として、下記式(3)で表される組成を有する蛍光体S C A S N 1、S C A S N 2、S C A S N 3、S C A S N 4、S C A S N 5、及びS C A S N 6を準備した。準備したS C A S N 1の発光ピーク波長は610 nm、半値幅は72 nmであり、準備したS C A S N 2の発光ピーク波長は620 nm、半値幅は75 nmであり、準備したS C A S N 3の発光ピーク波長は625 nm、半値幅は78 nmであり、準備したS C A S N 4の発光ピーク波長は630 nm、半値幅は82 nmであり、準備したS C A S N 5の発光ピーク波長は608 nm、半値幅は72 nmであり、準備したS C A S N 6の発光ピーク波長は627 nm、半値幅は75 nmであった。 20



【0068】

(実施例1)

色度座標がx = 0.314、y = 0.329付近となるように配合した蛍光体70と、シリコーン樹脂とを混合分散した後、更に脱泡することにより蛍光体含有樹脂組成物を得た。このとき蛍光体含有樹脂組成物中の蛍光体総量は樹脂100質量%に対して50.2質量%であった。また、蛍光体総量に対する各蛍光体の含有率は、第一蛍光体71としてのS A Eが59.7質量%、第二蛍光体72が34.7質量%、第三蛍光体73としてのS C A S N 1が5.5質量%であった。次に凹部を有する成形体40を準備し、凹部の底面に発光ピーク波長が450 nmであり、窒化ガリウム系化合物半導体を有する発光素子を配置した後、蛍光体含有樹脂組成物を、発光素子10の上に注入、充填し、さらに加熱することで樹脂組成物を硬化させた。このような工程により実施例1の発光装置を作製した。上記色度座標は、発光装置の相関色温度として約6500 Kであり、相関色温度5700 K以上7200 K以下に対応する。 30

【0069】

(実施例2)

蛍光体総量に対する各蛍光体の含有率を、表1に示すように変更したこと以外は実施例1と同様にして発光装置を作製した。

【0070】

(比較例1)

第三蛍光体73をS C A S N 2とS C A S N 3の50:50の混合物に変更したことと、蛍光体総量及び各蛍光体の含有率を、表1に示すように変更したこと以外は実施例1と同様にして発光装置を作製した。 40

【0071】

【表1】

	蛍光体含有率(質量%)			対樹脂含有率 (質量%)
	第一蛍光体	第二蛍光体	第三蛍光体	
比較例1	12.7	85.3	2.0	51.2
実施例1	59.7	34.7	5.5	50.2
実施例2	76.1	18.5	5.4	65.7

【0072】

(実施例3)

10

蛍光体70を色度座標が $x = 0.346$ 、 $y = 0.354$ 付近となるように配合したことと、蛍光体含有樹脂組成物中の蛍光体総量は樹脂100質量%に対して71.5質量%としたこと、また蛍光体総量に対する各蛍光体の含有率を、第一蛍光体71が69.9質量%、第二蛍光体72が23.3質量%、第三蛍光体73が6.8質量%に変更したこと以外は実施例1と同様にして発光装置を作製した。上記色度座標は、発光装置の相関色温度として約5000Kであり、相関色温度4500K以上5700K未満に対応する。

【0073】

(実施例4)

第三蛍光体をSCASN5に変更したことと、蛍光体総量及び各蛍光体の含有率を、表2に示すように変更したこと以外は実施例3と同様にして発光装置を作製した。

20

【0074】

(実施例5及び6)

第一蛍光体をクロロシリケートに変更したことと、第三蛍光体をSCASN5に変更したことと、蛍光体総量及び各蛍光体の含有率を、表2に示すように変更したこと以外は実施例3と同様にして発光装置を作製した。

【0075】

(比較例2)

第三蛍光体73をSCASN2とSCASN3の50:50の混合物に変更したことと、蛍光体総量及び各蛍光体の含有率を、表2に示すように変更したこと以外は実施例3と同様にして発光装置を作製した。

30

【0076】

(比較例3及び4)

蛍光体総量及び各蛍光体の含有率を、表2に示すように変更したこと以外は実施例3と同様にして発光装置を作製した。

【0077】

【表2】

	蛍光体含有率(質量%)			対樹脂含有率 (質量%)
	第一蛍光体	第二蛍光体	第三蛍光体	
比較例2	24.6	72.7	2.7	65.0
比較例3	91.3	3.2	5.5	120.5
比較例4	37.6	56.2	6.2	53.2
実施例3	69.9	23.3	6.8	71.5
実施例4	66.7	21.2	12.2	75.0
実施例5	47.6	26.2	26.2	42.0
実施例6	69.0	1.4	29.6	43.5

【0078】

(実施例7)

50

第三蛍光体を S C A S N 5 に変更したことと、蛍光体 7 0 を色度座標が $x = 0.383$ 、 $y = 0.381$ 付近となるように配合したことと、蛍光体総量及び各蛍光体の含有率を、表 3 に示すように変更したこと以外は実施例 1 と同様にして発光装置を作製した。上記色度座標は、発光装置の相関色温度として約 4 0 0 0 K であり、相関色温度 3 5 0 0 K 以上 4 5 0 0 K 未満に対応する。

【 0 0 7 9 】

(実施例 8)

第三蛍光体を S C A S N 1 に変更したことと、蛍光体総量及び各蛍光体の含有率を、表 3 に示すように変更したこと以外は実施例 7 と同様にして発光装置を作製した。

【 0 0 8 0 】

10

(実施例 9)

第三蛍光体を S C A S N 2 に変更したことと、蛍光体総量及び各蛍光体の含有率を、表 3 に示すように変更したこと以外は実施例 7 と同様にして発光装置を作製した。

【 0 0 8 1 】

(実施例 1 0)

第三蛍光体を S C A S N 6 に変更したことと、蛍光体総量及び各蛍光体の含有率を、表 3 に示すように変更したこと以外は実施例 7 と同様にして発光装置を作製した。

【 0 0 8 2 】

(比較例 5)

第三蛍光体を S C A S N 4 に変更したことと、蛍光体総量及び各蛍光体の含有率を、表 3 に示すように変更したこと以外は実施例 7 と同様にして発光装置を作製した。

20

【 0 0 8 3 】

【表 3 】

	蛍光体含有率(質量%)			対樹脂含有率 (質量%)
	第一蛍光体	第二蛍光体	第三蛍光体	
比較例 5	0.0	95.5	4.5	62.0
実施例 7	75.5	12.3	12.3	106.0
実施例 8	60.0	32.2	7.8	83.4
実施例 9	60.2	35.5	4.3	83.1
実施例 1 0	59.4	37.6	3.0	84.2

30

【 0 0 8 4 】

(実施例 1 1)

第三蛍光体を S C A S N 2 に変更したことと、蛍光体 7 0 を色度座標が $x = 0.435$ 、 $y = 0.404$ 付近となるように配合したことと、蛍光体総量及び各蛍光体の含有率を、表 4 に示すように変更したこと以外は実施例 1 と同様にして発光装置を作製した。上記色度座標は、発光装置の相関色温度として約 3 0 0 0 K であり、相関色温度 2 7 0 0 K 以上 3 5 0 0 K 未満に対応する。

【 0 0 8 5 】

40

(実施例 1 2)

第三蛍光体を S C A S N 4 に変更したことと、蛍光体総量及び各蛍光体の含有率を、表 4 に示すように変更したこと以外は実施例 1 1 と同様にして発光装置を作製した。

【 0 0 8 6 】

(実施例 1 3)

第三蛍光体を S C A S N 3 に変更したことと、蛍光体総量及び各蛍光体の含有率を、表 4 に示すように変更したこと以外は実施例 1 1 と同様にして発光装置を作製した。

【 0 0 8 7 】

(比較例 6)

第三蛍光体を S C A S N 4 に変更したことと、蛍光体総量及び各蛍光体の含有率を、表

50

4に示すように変更したこと以外は実施例11と同様にして発光装置を作製した。

【0088】

(比較例7)

第三蛍光体をSCASN4に変更したことと、蛍光体総量及び各蛍光体の含有率を、表4に示すように変更したこと以外は実施例11と同様にして発光装置を作製した。

【0089】

【表4】

	蛍光体含有率(質量%)			対樹脂含有率(質量%)
	第一蛍光体	第二蛍光体	第三蛍光体	
比較例6	0.0	93.9	6.2	88.5
比較例7	29.7	65.3	5.0	100.9
実施例11	45.7	48.7	5.6	109.4
実施例12	47.0	48.0	5.0	106.4
実施例13	46.9	48.3	4.7	106.6

【0090】

(評価)

上記で得られた発光装置について、発光色の色度座標、相關色温度、演色評価数として平均演色評価数Ra及び特殊演色評価数R9を求めた。また、積分球を用いて光束と発光スペクトルを測定した。測定で得られた分光分布に青色光による網膜傷害の作用関数を乗じて、波長が300nmから700nmの範囲で積分して青色光による網膜傷害の実効放射強度を算出した。また、同様に分光分布にメラトニン分泌抑制の作用関数を乗じて、波長が400nmから700nmの範囲で積分してメラトニン分泌抑制の実効放射強度を算出した。青色光による網膜傷害の実効放射強度に対するメラトニン分泌抑制の実効放射強度の比を求めて実効放射強度比とした。次に、相關色温度毎に基準となる発光装置を選択し、これの光束を基準として相対光束を算出し光束が同等になるように換算した分光分布を得た。光束同等換算後の分光分布を用いて青色光による網膜傷害の実効放射強度、メラトニン分泌抑制の実効放射強度を算出した。更に得た値を相關色温度毎に基準となる発光装置の実効放射強度に対して規格化して、光束同等換算における青色光による網膜傷害とメラトニン分泌抑制の相対実効放射強度を算出した。結果を発光装置の相關色温度毎に、表5から表8に示す。

【0091】

また、相關色温度毎に基準となる発光装置の発光ピーク強度で規格化したそれぞれの発光装置の発光スペクトルを図3から図6に示す。更に、発光スペクトルから算出される第二極大値P2に対する第二極小値T2の比T2/P2、及び第二極大値P2に対する第一極大値P1の比P1/P2を表5から表7に示す。なお、表中の「-」は極値が明確でなく、比が算出できなかったことを示す。

【0092】

【表5】

	色度座標		演色評価数		相関色温度(K)	相対光束(%)	相対実効放射強度(%)		実効放射強度比	T2/P2	P1/P2
	x	y	Ra	R9			網膜傷害	メラトニン分泌抑制			
比較例1	0.314	0.329	82.1	5.8	6457	100.0	100.0	100.0	1.31	-	-
実施例1	0.314	0.329	87.5	6.7	6454	97.0	98.4	104.6	1.40	0.90	2.43
実施例2	0.314	0.329	91.6	41.0	6453	92.9	97.3	110.3	1.49	0.78	2.19

【0093】

10

20

30

40

【表6】

	色度座標		演色評価数		相関色温度(K)	相対光束(%)	相対実効放射強度(%)		実効放射強度比	T2/P2	P1/P2
	x	y	Ra	R9			網膜傷害	メラトニン分泌抑制			
比較例2	0.346	0.354	82.1	6.4	4956	100.0	100.0	100.0	1.35	—	—
比較例3	0.347	0.356	81.3	56.4	4911	87.4	93.8	122.6	1.77	0.56	1.25
比較例4	0.346	0.352	79.9	-7.6	4947	103.9	98.0	97.3	1.34	0.98	2.20
実施例3	0.347	0.355	86.9	13.3	4875	97.9	96.5	106.2	1.49	0.91	2.02
実施例4	0.346	0.356	84.5	0.0	4925	100.2	96.2	106.7	1.50	0.91	2.04
実施例5	0.346	0.355	86.7	6.1	4925	100.1	97.6	103.5	1.44	0.83	1.90
実施例6	0.345	0.356	90.8	23.5	4949	96.3	96.3	108.4	1.52	0.67	1.61

10

【0094】

【表7】

	色度座標		演色評価数		相関色温度(K)	相対光束(%)	相対実効放射強度(%)		実効放射強度比	T2/P2	P1/P2
	x	y	Ra	R9			網膜傷害	メラトニン分泌抑制			
比較例5	0.383	0.380	80.7	7.8	3940	100.0	100.0	100.0	1.37	—	—
実施例7	0.382	0.381	82.9	-5.2	3962	97.1	95.0	114.6	1.66	0.87	1.51
実施例8	0.383	0.382	81.8	-8.0	3929	101.3	94.4	103.9	1.51	0.99	1.67
実施例9	0.383	0.380	86.6	14.7	3911	98.4	95.5	105.7	1.52	0.97	1.61
実施例10	0.383	0.380	89.9	33.4	3916	94.9	95.5	106.3	1.53	0.97	1.56

20

【0095】

【表8】

	色度座標		演色評価数		相関色温度(K)	相対光束(%)	相対実効放射強度(%)		実効放射強度比
	x	y	Ra	R9			網膜傷害	メラトニン分泌抑制	
比較例6	0.435	0.404	83.2	21.8	3035	100.0	100.0	100.0	1.51
比較例7	0.435	0.404	83.6	20.1	3039	100.2	99.9	98.6	1.49
実施例11	0.435	0.404	81.3	-6.8	3036	104.3	98.7	101.1	1.55
実施例12	0.435	0.404	88.0	29.1	3034	96.6	98.6	103.4	1.58
実施例13	0.435	0.404	84.7	18.0	3036	101.0	98.5	102.5	1.57

30

【0096】

表5から表8の結果は、従来の発光装置にかかる比較例よりも本発明の発光装置にかかる実施例のほうで実効放射強度比が高い、すなわち、青色光による網膜傷害のリスクが十分に低減され、メラトニン分泌抑制の効果が高いことを示している。また、例えば、比較例3について、表6に示されるように、実効放射強度比が所定の上限値(1.70)を超えると相対光束が低下していることから、実効放射強度比が相関色温度に応じた所定の上限値以下であると、相対光束の低下が抑制される。

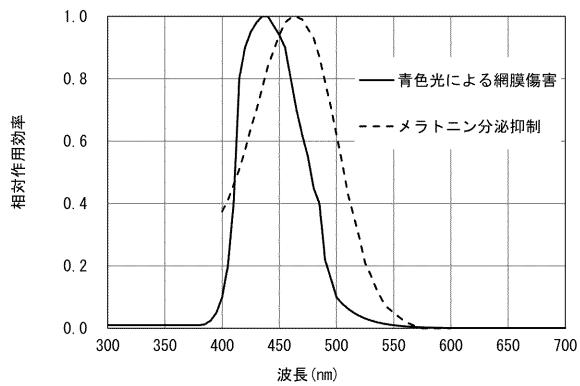
【符号の説明】

40

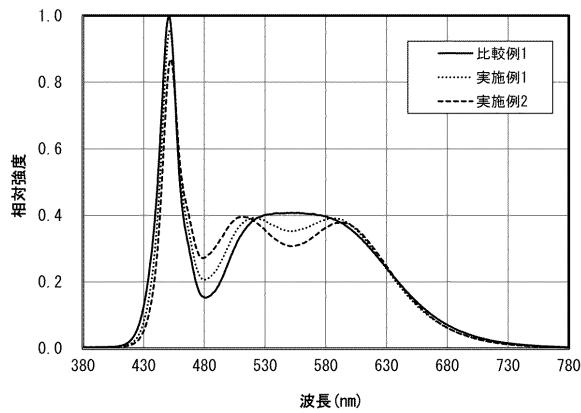
【0097】

10：発光素子、50：蛍光部材、70：蛍光体、71：第一蛍光体、72：第二蛍光体、73：第三蛍光体、100：発光装置。

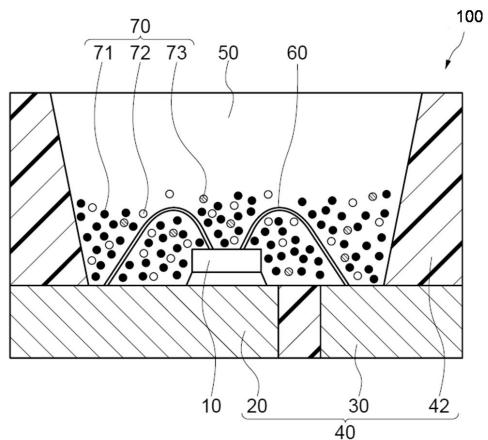
【図1】



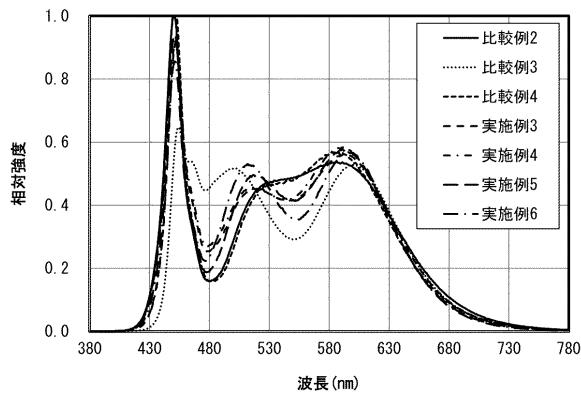
【図3】



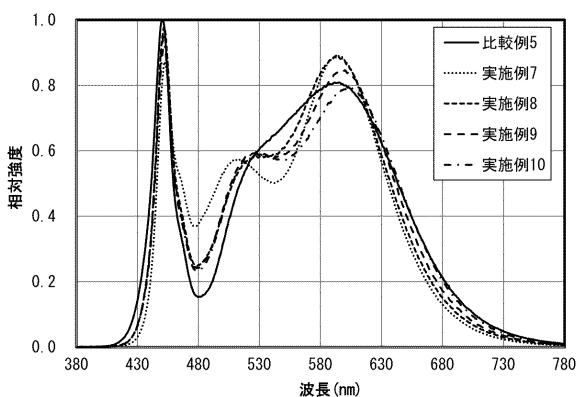
【図2】



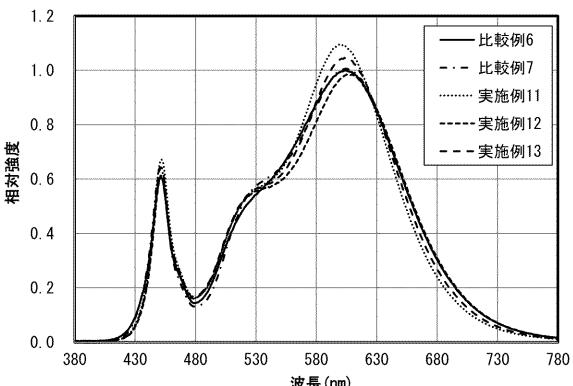
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 近藤 匡毅

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

審査官 百瀬 正之

(56)参考文献 特開2017-168795 (JP, A)

米国特許出願公開第2014/0185281 (US, A1)

特開2015-070866 (JP, A)

国際公開第2013/069435 (WO, A1)

特開2016-063001 (JP, A)

特開2015-115507 (JP, A)

特開2017-017317 (JP, A)

国際公開第2009/028656 (WO, A1)

国際公開第2012/144087 (WO, A1)

国際公開第2016/096367 (WO, A1)

国際公開第2016/146688 (WO, A1)

国際公開第2012/124267 (WO, A1)

特開2013-239240 (JP, A)

特開2015-082596 (JP, A)

特開2015-115241 (JP, A)

特開2015-115506 (JP, A)

TANG et al., Blue Light Hazard Optimization for High Quality White LEDs, IEEE Photonic

s Journal, 米国, IEEE, 2018年09月 日, Vol.10, No.5, p.8201210

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00 - 33/64