

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4104013号
(P4104013)

(45) 発行日 平成20年6月18日(2008.6.18)

(24) 登録日 平成20年4月4日(2008.4.4)

(51) Int.Cl.		F I		
H01L 33/00	(2006.01)	H01L 33/00		N
C09K 11/08	(2006.01)	C09K 11/08		J
C09K 11/64	(2006.01)	C09K 11/64	C Q D	

請求項の数 19 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2005-79059 (P2005-79059)	(73) 特許権者	000005186
(22) 出願日	平成17年3月18日 (2005.3.18)		株式会社フジクラ
(65) 公開番号	特開2006-261512 (P2006-261512A)		東京都江東区木場1丁目5番1号
(43) 公開日	平成18年9月28日 (2006.9.28)	(73) 特許権者	301023238
審査請求日	平成19年12月20日 (2007.12.20)		独立行政法人物質・材料研究機構
早期審査対象出願			茨城県つくば市千現一丁目2番地1
		(74) 代理人	100064908
			弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578
			弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100089037
			弁理士 渡邊 隆
		(74) 代理人	100101465
			弁理士 青山 正和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光デバイス及び照明装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

青紫色光又は青色光を発する半導体発光素子と、前記半導体発光素子から発せられた光の一部又は全部を吸収し、該光とは異なる波長の蛍光を発する蛍光物質とを備え、

前記蛍光物質は、緑色光又は黄緑色光を発する第1の蛍光物質と、該第1の蛍光物質より発光波長が長く、黄緑色光、黄色光、黄赤色光のいずれかを発する第2の蛍光物質と、該第2の蛍光物質より発光波長が長く、黄赤色光、赤色光のいずれかを発する第3の蛍光物質とを混合したものからなり、

前記第1の蛍光物質は、ユーロピウム元素で賦活したベータサイアロン蛍光体であり、前記第2の蛍光物質は、ユーロピウム元素で賦活したアルファサイアロン蛍光体であり、前記第3の蛍光物質は、一般式 $(Ca, Eu)AlSiN_3$ で表される窒化物結晶赤色蛍光体であることを特徴とする発光デバイス。

【請求項2】

前記アルファサイアロン蛍光体は、一般式 $Ca_qEu_r(Si, Al)_{12}(O, N)_{16}$ で表され、主相がアルファサイアロン結晶構造を有し、前記qが0.75以上1.0以下且つ前記rが0.03以上0.07以下であることを特徴とする請求項1に記載の発光デバイス。

【請求項3】

前記ベータサイアロン蛍光体は、一般式 $Eu_s(Si, Al)_{6-s}(O, N)_8$ で表され、主相がベータサイアロン結晶構造を有し、前記sが0.011以上0.019以下

であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の発光デバイス。

【請求項 4】

前記半導体発光素子から発せられた光と前記蛍光物質から発せられた蛍光とが混色することにより発せられる光の色度範囲は、CIE 1931 の XYZ 表色系色度図上で、座標 $x = 0.3274$, $y = 0.3673$ により示される第 1 の点と、座標 $x = 0.3282$, $y = 0.3297$ により示される第 2 の点と、座標 $x = 0.2998$, $y = 0.3396$ により示される第 3 の点と、座標 $x = 0.3064$, $y = 0.3091$ により示される第 4 の点とを結んで得られる四辺形によって表される昼光色の範囲内にあることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の発光デバイス。

【請求項 5】

前記蛍光物質は、スペクトル補正を実施した蛍光分光光度計で測定した前記第 1 の蛍光物質と、前記第 2 の蛍光物質と、前記第 3 の蛍光物質とのピーク発光強度が $A : B : C$ である時に、該第 1 の蛍光物質と該第 2 の蛍光物質と該第 3 の蛍光物質との質量比が $(7.5 \times C / A) : (1.3 \times C / B) : 1$ となるように混合したものであることを特徴とする請求項 4 に記載の発光デバイス。

【請求項 6】

前記蛍光物質は、前記第 1 の蛍光物質と、前記第 2 の蛍光物質と、前記第 3 の蛍光物質とを、質量比で $12 : 2 : 1$ で混合したものであることを特徴とする請求項 4 に記載の発光デバイス。

【請求項 7】

前記半導体発光素子から発せられた光と前記蛍光物質から発せられた蛍光とが混色することにより発せられる光の色度範囲は、CIE 1931 の XYZ 表色系色度図上で、座標 $x = 0.3616$, $y = 0.3875$ により示される第 1 の点と、座標 $x = 0.3552$, $y = 0.3476$ により示される第 2 の点と、座標 $x = 0.3353$, $y = 0.3659$ により示される第 3 の点と、座標 $x = 0.3345$, $y = 0.3314$ により示される第 4 の点とを結んで得られる四辺形によって表される昼白色の範囲内にあることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の発光デバイス。

【請求項 8】

前記蛍光物質は、スペクトル補正を実施した蛍光分光光度計で測定した前記第 1 の蛍光物質と、前記第 2 の蛍光物質と、前記第 3 の蛍光物質とのピーク発光強度が $A : B : C$ である時に、該第 1 の蛍光物質と該第 2 の蛍光物質と該第 3 の蛍光物質との質量比が $(6.5 \times C / A) : (1.3 \times C / B) : 1$ となるように混合したものであることを特徴とする請求項 7 に記載の発光デバイス。

【請求項 9】

前記蛍光物質は、前記第 1 の蛍光物質と、前記第 2 の蛍光物質と、前記第 3 の蛍光物質とを、質量比で $10.3 : 2 : 1$ で混合したものであることを特徴とする請求項 7 に記載の発光デバイス。

【請求項 10】

前記半導体発光素子から発せられた光と前記混合蛍光物質から発せられた蛍光とが混色することにより発せられる光の色度範囲は、CIE 1931 の XYZ 表色系色度図上で、座標 $x = 0.3938$, $y = 0.4097$ により示される第 1 の点と、座標 $x = 0.3805$, $y = 0.3642$ により示される第 2 の点と、座標 $x = 0.3656$, $y = 0.3905$ により示される第 3 の点と、座標 $x = 0.3584$, $y = 0.3499$ により示される第 4 の点とを結んで得られる四辺形によって表される白色の範囲内にあることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の発光デバイス。

【請求項 11】

前記蛍光物質は、スペクトル補正を実施した蛍光分光光度計で測定した前記第 1 の蛍光物質と、前記第 2 の蛍光物質と、前記第 3 の蛍光物質とのピーク発光強度が $A : B : C$ である時に、該第 1 の蛍光物質と該第 2 の蛍光物質と該第 3 の蛍光物質との質量比が $(6.3 \times C / A) : (1.9 \times C / B) : 1$ となるように混合したものであることを特徴とす

10

20

30

40

50

る請求項 10 に記載の発光デバイス。

【請求項 12】

前記蛍光物質は、前記第 1 の蛍光物質と、前記第 2 の蛍光物質と、前記第 3 の蛍光物質とを、質量比で 10 : 3 : 1 で混合したものであることを特徴とする請求項 10 に記載の発光デバイス。

【請求項 13】

前記半導体発光素子から発せられた光と前記混合蛍光物質から発せられた蛍光とが混色することにより発せられる光の色度範囲は、CIE 1931 の XYZ 表色系色度図上で、座標 $x = 0.4341$, $y = 0.4233$ により示される第 1 の点と、座標 $x = 0.4171$, $y = 0.3846$ により示される第 2 の点と、座標 $x = 0.4021$, $y = 0.4076$ により示される第 3 の点と、座標 $x = 0.3903$, $y = 0.3719$ により示される第 4 の点とを結んで得られる四辺形によって表される温白色の範囲内にあることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の発光デバイス。

10

【請求項 14】

前記蛍光物質は、スペクトル補正を実施した蛍光分光光度計で測定した前記第 1 の蛍光物質と、前記第 2 の蛍光物質と、前記第 3 の蛍光物質とのピーク発光強度が A : B : C である時に、該第 1 の蛍光物質と該第 2 の蛍光物質と該第 3 の蛍光物質との質量比が $(5.1 \times C / A) : (1.9 \times C / B) : 1$ となるように混合したものであることを特徴とする請求項 13 に記載の発光デバイス。

【請求項 15】

前記蛍光物質は、前記第 1 の蛍光物質と、前記第 2 の蛍光物質と、前記第 3 の蛍光物質とを、質量比で 8 : 3 : 1 で混合したものであることを特徴とする請求項 13 に記載の発光デバイス。

20

【請求項 16】

前記半導体発光素子から発せられた光と前記混合蛍光物質から発せられた蛍光とが混色することにより発せられる光の色度範囲は、CIE 1931 の XYZ 表色系色度図上で、座標 $x = 0.4775$, $y = 0.4283$ により示される第 1 の点と、座標 $x = 0.4594$, $y = 0.3971$ により示される第 2 の点と、座標 $x = 0.4348$, $y = 0.4185$ により示される第 3 の点と、座標 $x = 0.4214$, $y = 0.3887$ により示される第 4 の点とを結んで得られる四辺形によって表される電球色の範囲内にあることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の発光デバイス。

30

【請求項 17】

前記蛍光物質は、スペクトル補正を実施した蛍光分光光度計で測定した前記第 1 の蛍光物質と、前記第 2 の蛍光物質と、前記第 3 の蛍光物質とのピーク発光強度が A : B : C である時に、該第 1 の蛍光物質と該第 2 の蛍光物質と該第 3 の蛍光物質との質量比が $(5.1 \times C / A) : (1.6 \times C / B) : 1$ となるように混合したものであることを特徴とする請求項 16 に記載の発光デバイス。

【請求項 18】

前記蛍光物質は、前記第 1 の蛍光物質と、前記第 2 の蛍光物質と、前記第 3 の蛍光物質とを、質量比で 8 : 2.5 : 1 で混合したものであることを特徴とする請求項 16 に記載の発光デバイス。

40

【請求項 19】

請求項 1 ~ 18 のいずれかに記載の発光デバイスを光源として有していることを特徴とする照明装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主に照明分野での利用を目的とした白色発光ダイオードランプなどの発光デバイス及びそれをを用いた照明装置に関する。

照明分野においては、固体照明、特に半導体発光ダイオードを用いた白色照明に期待が

50

集まっており、広く精力的に研究開発が続けられている。白色発光ダイオードランプはすでに白熱電球と同等以上の発光効率を達成し、さらに改善の途上にあり、近い将来には省エネルギー照明機器として広く普及するものと考えられている。また白色発光ダイオードランプは、水銀等の環境負荷の高い物質を含まないことも大きな利点である。さらに白色発光ダイオードランプは、素子の寸法が小さいことから、液晶ディスプレイ装置のバックライトや携帯電話などにも組み込まれ、多用されている。

本発明は、そのような照明分野用の白色発光ダイオードランプなどの発光デバイスに関し、高効率であり、長期信頼性に優れ、昼光色、昼白色、白色、温白色、電球色などの各種の発光色に設定でき、演色性を改善した発光デバイス及び照明装置を提供する。

【背景技術】

10

【0002】

従来、青色等の短波長領域で発光する発光ダイオード（以下、LEDと記す。）素子と、このLED素子が発する発光の一部又は全部を吸収することにより励起され、より長波長側の黄色等の蛍光を発光する蛍光体を用いた白色LEDランプが一般に知られている。その一例として化合物半導体青色LED素子と、青色光を吸収し青色の補色である黄色の蛍光を発するセリウムで賦活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系（以下、YAG系と記す。）蛍光体とからなる白色LEDランプが特許文献1、2及び非特許文献1などに開示されている。

【0003】

また、赤色成分の不足を補うために赤色蛍光体を追加する技術が公知であり、特許文献3には、青色LED素子とセリウムで賦活されたYAG系蛍光体とからなる白色LEDに対して赤色蛍光体である $(Sr_{1-x-y-z}Ba_xCa_y)_2Si_5N_8:Eu_z^{2+}$ や $SrS:Eu$ 、 $(Ca_xSr_{1-x})S:Eu^{2+}$ を添加する技術が開示されている。同様の技術は、特許文献4及び非特許文献2にも開示されている。

20

【0004】

また、他の事例として、青色LED素子と、青色励起緑色発光蛍光体と、青色励起赤色発光蛍光体とにより白色LEDを実現する技術が公知であり、特許文献5などに開示されている。また、青色励起緑色発光蛍光体である $SrGa_2S_4:Eu^{2+}$ と、青色励起赤色発光蛍光体である $SrS:Eu^{2+}$ とを用いた白色LEDが非特許文献3などに開示されている。

30

【0005】

近年、酸窒化物蛍光体や窒化物蛍光体の研究が盛んになってきており、例えばユーロピウム元素（Eu）を賦活させたカルシウム（Ca）固溶アルファサイアロン蛍光体の特許文献6に公知である。該蛍光体は、青色で励起することにより黄色光を発するので、白色LED用波長変換材料として好適である。この蛍光体の詳細は、非特許文献4などで公知である。また、この蛍光体を用いた、温度変化に対する色度安定性に優れた色温度の低い白色LEDランプが非特許文献5などで公知である。

【特許文献1】特許第2900928号公報

【特許文献2】特許第2927279号公報

【非特許文献1】K.Bando, K.Sakano, Y.Noguchi and Y.Shimizu, "Development of High-bright and Pure-white LED Lamps," J.Light & Vis. Env. Vol.22, No.1 (1998), pp.2-5

40

【特許文献3】特開2003-273409号公報

【特許文献4】特開2003-321675号公報

【非特許文献2】M.YAMADA, T.NAITOU, K.IZUNO, H.TAMAKI, Y.MURAZAKI, M.KAMESHIMA and T.MUKAI, "Red-Enhanced White-Light-Emitting Diode Using a New Red Phosphor," Jpn. J. Appl. Phys. Vol.42 (2003) pp.L20-L23

【特許文献5】特開平10-163535号公報

【非特許文献3】Paul S.Martin, "Performance, Thermal, Cost & Reliability challenges for Solid State Lighting," OIDA Conference, May 30th 2002

50

【特許文献6】特開2002-363554号公報

【非特許文献4】R.J.Xie, N.Hirosaki, K.Sakuma, Y.Yamamoto, M.Mitomo, "Eu²⁺-doped Ca-SiAlON: A yellow phosphor for white light-emitting diodes," Appl. Phys. Lett., Vol.84, pp.5404-5406 (2004)

【非特許文献5】K.Sakuma, K.Omichi, N.Kimura, M.Ohashi, D.Tanaka, N.Hirosaki, Y.Yamamoto, R.-J.Xie, T.Suehiro, "Warm-white light-emitting diode with yellowish orange SiAlON ceramic phosphor," Opt. Lett., Vol.29, pp.2001-2003 (2004)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従来、蛍光体は酸化物あるいは硫化物が主流であり、その耐久性あるいは高温環境下での特性においてはさらなる改善が求められていた。近年になって、より長期信頼性と高温特性とに優れた窒化物蛍光体あるいは窒化物蛍光体の開発が盛んになっている。

また、半導体発光素子と蛍光体とを組み合わせさせた固体照明デバイスの研究も盛んであるが、酸化物蛍光体あるいは硫化物蛍光体が主流である。そこで本発明者らは、青色LED素子とユーロピウム元素(Eu)を賦活させたカルシウム(Ca)固溶アルファサイアロン蛍光体とを用いた電球色の範囲の温かみのある白色光を発する白色LEDランプを実現した。アルファサイアロン蛍光体は青色励起で黄色に発光する高効率の窒化物蛍光体であり、長期信頼性と高温特性に優れている。

【0007】

また本発明者らは、青色LED素子とアルファサイアロン蛍光体とからなる白色LEDランプに、さらに青色励起赤色発光窒化物蛍光体を添加し、その演色性を改善する技術を開発し、既に特許出願している(特願2004-83399号)。しかし、この演色性を改善した白色LEDランプにおいても演色性は十分とは言えず。さらなる改善が求められていた。

【0008】

また、電球色以外の色温度の高い昼光色・昼白色・白色・温白色の色度範囲の白色発光デバイスについても、高発光効率であり、且つ長期信頼性と高温特性とに優れた窒化物蛍光体や窒化物蛍光体を用いた発光デバイスの提供が期待されていた。

【0009】

本発明は前記事情に鑑みてなされ、高発光効率であり、長期信頼性と高温特性に優れ、演色性が改善された発光デバイス及び照明装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

前記目的を達成するため、本発明は、青紫色光又は青色光を発する半導体発光素子と、前記半導体発光素子から発せられた光の一部又は全部を吸収し、該光とは異なる波長の蛍光を発する蛍光物質とを備え、

前記蛍光物質は、緑色光又は黄緑色光を発する第1の蛍光物質と、該第1の蛍光物質より発光波長が長く、黄緑色光、黄色光、黄赤色光のいずれかを発する第2の蛍光物質と、該第2の蛍光物質より発光波長が長く、黄赤色光、赤色光のいずれかを発する第3の蛍光物質とを混合したものからなり、

前記第1の蛍光物質は、ユーロピウム元素で賦活したベータサイアロン蛍光体であり、前記第2の蛍光物質は、ユーロピウム元素で賦活したアルファサイアロン蛍光体であり、前記第3の蛍光物質は、一般式(Ca, Eu)AlSiN₃で表される窒化物結晶赤色蛍光体であることを特徴とする発光デバイスを提供する。

【0011】

本発明の発光デバイスにおいて、前記アルファサイアロン蛍光体は、一般式Ca_qEu_r(Si, Al)₁₋₂(O, N)₁₋₆で表され、主相がアルファサイアロン結晶構造を有し、前記qが0.75以上1.0以下且つ前記rが0.03以上0.07以下であることが好ましい。

10

20

30

40

50

【0012】

本発明の発光デバイスにおいて、前記ベータサイアロン蛍光体は、一般式 $Eu_s(Si, Al)_6O_{10}(O, N)_8$ で表され、主相がベータサイアロン結晶構造を有し、前記 s が 0.011 以上 0.019 以下であることが好ましい。

【0013】

本発明の発光デバイスにおいて、前記半導体発光素子から発せられた光と前記蛍光物質から発せられた蛍光とが混色することにより発せられる光の色度範囲は、CIE 1931のXYZ表色系色度図上で、座標 $x = 0.3274$, $y = 0.3673$ により示される第1の点と、座標 $x = 0.3282$, $y = 0.3297$ により示される第2の点と、座標 $x = 0.2998$, $y = 0.3396$ により示される第3の点と、座標 $x = 0.3064$, $y = 0.3091$ により示される第4の点とを結んで得られる四辺形によって表される昼光色の範囲内にあることが好ましい。

10

【0014】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光物質は、スペクトル補正を実施した蛍光分光光度計で測定した前記第1の蛍光物質と、前記第2の蛍光物質と、前記第3の蛍光物質とのピーク発光強度が $A : B : C$ である時に、該第1の蛍光物質と該第2の蛍光物質と該第3の蛍光物質との質量比が $(7.5 \times C / A) : (1.3 \times C / B) : 1$ となるように混合したものであることが好ましい。

【0015】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光物質は、前記第1の蛍光物質と、前記第2の蛍光物質と、前記第3の蛍光物質とを、質量比で $12 : 2 : 1$ で混合したものであることが好ましい。

20

【0016】

本発明の発光デバイスにおいて、前記半導体発光素子から発せられた光と前記蛍光物質から発せられた蛍光とが混色することにより発せられる光の色度範囲は、CIE 1931のXYZ表色系色度図上で、座標 $x = 0.3616$, $y = 0.3875$ により示される第1の点と、座標 $x = 0.3552$, $y = 0.3476$ により示される第2の点と、座標 $x = 0.3353$, $y = 0.3659$ により示される第3の点と、座標 $x = 0.3345$, $y = 0.3314$ により示される第4の点とを結んで得られる四辺形によって表される昼白色の範囲内にあることが好ましい。

30

【0017】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光物質は、スペクトル補正を実施した蛍光分光光度計で測定した前記第1の蛍光物質と、前記第2の蛍光物質と、前記第3の蛍光物質とのピーク発光強度が $A : B : C$ である時に、該第1の蛍光物質と該第2の蛍光物質と該第3の蛍光物質との質量比が $(6.5 \times C / A) : (1.3 \times C / B) : 1$ となるように混合したものであることが好ましい。

【0018】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光物質は、前記第1の蛍光物質と、前記第2の蛍光物質と、前記第3の蛍光物質とを、質量比で $10.3 : 2 : 1$ で混合したものであることが好ましい。

40

【0019】

本発明の発光デバイスにおいて、前記半導体発光素子から発せられた光と前記混合蛍光物質から発せられた蛍光とが混色することにより発せられる光の色度範囲は、CIE 1931のXYZ表色系色度図上で、座標 $x = 0.3938$, $y = 0.4097$ により示される第1の点と、座標 $x = 0.3805$, $y = 0.3642$ により示される第2の点と、座標 $x = 0.3656$, $y = 0.3905$ により示される第3の点と、座標 $x = 0.3584$, $y = 0.3499$ により示される第4の点とを結んで得られる四辺形によって表される白色の範囲内にあることが好ましい。

【0020】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光物質は、スペクトル補正を実施した蛍光分光

50

光度計で測定した前記第1の蛍光物質と、前記第2の蛍光物質と、前記第3の蛍光物質とのピーク発光強度がA : B : Cである時に、該第1の蛍光物質と該第2の蛍光物質と該第3の蛍光物質との質量比が $(6.3 \times C / A) : (1.9 \times C / B) : 1$ となるように混合したものであることが好ましい。

【0021】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光物質は、前記第1の蛍光物質と、前記第2の蛍光物質と、前記第3の蛍光物質とを、質量比で10 : 3 : 1で混合したものであることが好ましい。

【0022】

本発明の発光デバイスにおいて、前記半導体発光素子から発せられた光と前記混合蛍光物質から発せられた蛍光とが混色することにより発せられる光の色度範囲は、CIE 1931のXYZ表色系色度図上で、座標 $x = 0.4341$ 、 $y = 0.4233$ により示される第1の点と、座標 $x = 0.4171$ 、 $y = 0.3846$ により示される第2の点と、座標 $x = 0.4021$ 、 $y = 0.4076$ により示される第3の点と、座標 $x = 0.3903$ 、 $y = 0.3719$ により示される第4の点とを結んで得られる四辺形によって表される温白色の範囲内にあることが好ましい。

【0023】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光物質は、スペクトル補正を実施した蛍光分光光度計で測定した前記第1の蛍光物質と、前記第2の蛍光物質と、前記第3の蛍光物質とのピーク発光強度がA : B : Cである時に、該第1の蛍光物質と該第2の蛍光物質と該第3の蛍光物質との質量比が $(5.1 \times C / A) : (1.9 \times C / B) : 1$ となるように混合したものであることが好ましい。

【0024】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光物質は、前記第1の蛍光物質と、前記第2の蛍光物質と、前記第3の蛍光物質とを、質量比で8 : 3 : 1で混合したものが好ましい。

【0025】

本発明の発光デバイスにおいて、前記半導体発光素子から発せられた光と前記混合蛍光物質から発せられた蛍光とが混色することにより発せられる光の色度範囲は、CIE 1931のXYZ表色系色度図上で、座標 $x = 0.4775$ 、 $y = 0.4283$ により示される第1の点と、座標 $x = 0.4594$ 、 $y = 0.3971$ により示される第2の点と、座標 $x = 0.4348$ 、 $y = 0.4185$ により示される第3の点と、座標 $x = 0.4214$ 、 $y = 0.3887$ により示される第4の点とを結んで得られる四辺形によって表される電球色の範囲内にあることが好ましい。

【0026】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光物質は、スペクトル補正を実施した蛍光分光光度計で測定した前記第1の蛍光物質と、前記第2の蛍光物質と、前記第3の蛍光物質とのピーク発光強度がA : B : Cである時に、該第1の蛍光物質と該第2の蛍光物質と該第3の蛍光物質との質量比が $(5.1 \times C / A) : (1.6 \times C / B) : 1$ となるように混合したものであることが好ましい。

【0027】

本発明の発光デバイスにおいて、前記蛍光物質は、前記第1の蛍光物質と、前記第2の蛍光物質と、前記第3の蛍光物質とを、質量比で8 : 2.5 : 1で混合したものであることが好ましい。

【0028】

また本発明は、前述した本発明に係る発光デバイスを光源として有していることを特徴とする照明装置を提供する。

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば、高発光効率であり、長期信頼性と高温特性に優れ、演色性が改善された発光デバイス及び照明装置を提供することができる。

10

20

30

40

50

【実施例】

【0030】

[比較例1]

比較のために、図12に示す砲弾型LEDランプにおいて、蛍光物質として市販のYAG系蛍光物質を用いた従来方式の白色LEDランプを作製した。

砲弾型LEDランプ1は、上部が湾曲した略円柱形状、換言すれば砲弾と類似した形状を有し、2本のリードワイヤ2, 3と、青色光を発する青色LED素子4と、ボンディングワイヤ5と、蛍光物質7と、この蛍光物質7を混ぜた第1の樹脂6及び透明な第2の樹脂8とを備えている。一方のリードワイヤ2の上端部には、凹部が設けられ、この凹部に青色LED素子4が載置されている。青色LED素子4の下部電極は、導電性ペーストを用いたダイボンディング等により一方のリードワイヤ2と電氣的に接続されている。また、青色LED素子4の上部電極は、ボンディングワイヤ5を用いたワイヤボンディング等により他方のリードワイヤ3と電氣的に接続されている。また、前記凹部内の青色LED素子4、ボンディングワイヤ5は、蛍光物質7を混ぜた第1の樹脂によって埋められている。さらに、これらの各部材は、両方のリードワイヤ2, 3の下部を残して砲弾状に成型された透明な樹脂8により封止されている。

10

【0031】

この比較例1では、蛍光物質7に市販の $(Y, Gd)_3Al_5O_{12} : Ce^{3+}$ 蛍光物質粉末(YAG系蛍光物質)を用いた。図2に比較例1の白色LEDランプの発光スペクトルを示す。この発光色は、CIE1931のXYZ表色系色度図上における色度座標(x, y)が(0.34, 0.36)であり、相関色温度は5070Kであった。平均演色評価数は73であり、投入電力に対する視感度効率は40 lm/W(ルーメン毎ワット)であった。比較例1の白色LEDランプは、高効率で白色に発光する優れた発光デバイスであるが、YAG系蛍光物質では、発光波長を長波長側に調整することが困難であり、JIS Z9112-1990に定められた電球色の光源色色度範囲などの色温度の低い白色で発光する白色LEDランプを実現することはできないという問題があった。また、YAG系蛍光体は、高温では発光強度が低下することが知られており、環境温度変化に起因する色度変化も問題となっていた。演色性についてもさらなる改善が求められていた。

20

【0032】

[比較例2]

比較例2は、蛍光物質7に、アルファサイアロン蛍光物質を用いた点が比較例1と異なる。図3に、組成式 $Ca_{0.875}(Si, Al)_{12}(O, N)_{16}Eu^{2+}_{0.07}$ のアルファサイアロン蛍光物質を用いた比較例2の白色LEDランプの発光スペクトルを示す。

30

この発光色は、CIE1931のXYZ表色系色度図上における色度座標(x, y)が(0.46, 0.41)であり、相関色温度は2780Kであった。平均演色評価数は56であり、投入電力に対する視感度効率は36 lm/W(ルーメン毎ワット)であった。酸窒化物蛍光体であるアルファサイアロン蛍光物質を用いた比較例2の白色LEDランプは、高効率であり、また電球色の光源色色度範囲の色温度の低い白色に発光する優れた発光デバイスである。また、非特許文献5に開示されているように、温度変化に対する色度安定性に優れている。しかし、演色性については一般的な蛍光灯より若干低い程度であり、改善が必要であった。

40

【0033】

[第1の実施例]

本発明者らは、色温度の低い温かみのある白色である電球色の色度範囲の白色で発光する、青色LED素子とユーロピウム元素(Eu)を賦活させたカルシウム(Ca)固溶アルファサイアロン蛍光体とを用いた白色LEDランプに対して、さらに酸窒化物緑色蛍光体と窒化物赤色蛍光体を若干添加することにより、高信頼性電球色LEDランプにおいて演色性の向上を達成した。

【0034】

50

最初に、第1の蛍光物質である、緑色光・黄緑色光のいずれかで発光するユーロピウム元素で賦活したベータサイアロン蛍光体の合成について説明する。通常、ベータサイアロンとは、一般式 $Si_{6-z}Al_zO_zN_{8-z}$ で表されるものを言うが、本件特許においては、その組成が一般式 $Eu_s(Si, Al)_{6-s}(O, N)_8$ で表され、ベータ型 Si_3N_4 あるいはベータ型サイアロンと同等の結晶構造を有する窒化物蛍光体あるいは酸窒化物蛍光体をベータサイアロン蛍光体と称することとする。

【0035】

本発明者らは、原料粉末に占める Si_3N_4 、 AlN 、 Eu_2O_3 の割合をそれぞれ変更して多数の試料を合成し、その発光特性を比較した結果、 Si_3N_4 が 89 mol%、 AlN が 10.7 mol%、 Eu_2O_3 が 0.3 mol% において特に良好な発光強度が得られた。表1に、実験した多数の試料のうちの一部の結果を示す。

【0036】

【表1】

	Si_3N_4 [mol%]	AlN [mol%]	Eu_2O_3 [mol%]	発光強度
試料 G1	89.0	11.0	0.0	209
試料 G2	89.0	10.9	0.1	845
試料 G3	89.0	10.8	0.2	1323
試料 G4	89.0	10.7	0.3	2249
試料 G5	89.0	10.6	0.4	1897
試料 G6	89.0	10.5	0.5	1446
試料 G7	89.0	10.4	0.6	1537
試料 G8	89.0	10.3	0.7	1033

【0037】

Eu_2O_3 が 0.3 mol% である試料 G4 が最も発光強度が大きく、 Eu_2O_3 がおよそ 0.25 ~ 0.45 mol% の範囲で良好な発光強度が得られると判断できる。これは、一般式 $Eu_s(Si, Al)_{6-s}(O, N)_8$ において $0.011 \leq s \leq 0.019$ の範囲において良好な特性が得られ、 $s = 0.013$ において特に良好な結果が得られたことに相当する。

【0038】

前記実験の結果から、 Si_3N_4 が89mol%、 AlN が10.7mol%、 Eu_2O_3 が0.3mol%の組成を採用した。原料粉末は、窒化ケイ素粉末、窒化アルミニウム粉末、酸化ユーロピウム粉末を用いた。前記組成が得られるように、窒化ケイ素粉末95.82質量%、窒化アルミニウム粉末3.37質量%、酸化ユーロピウム粉末0.81質量%をそれぞれ秤量し、1バッチ50gとして、*n*-ヘキサンを添加し、湿式遊星ボールミルで2時間混合した。次に、混合された原料粉末をロータリーエバポレータにより乾燥させ、これを乳鉢を用いて十分にほぐし、JIS Z 8801に準拠した公称目開き125 μm のステンレス製の試験用網ふるいを用いて適切な粒径に造粒し、窒化ホウ素製のふた付き容器に収容した。次に、前記のふた付き容器ごと原料粉末をガス加圧焼結炉におさめ、焼結温度2000、窒素雰囲気1MPaの条件でガス加圧して2時間焼結し、そのまま引き続いて、焼結温度1700、窒素雰囲気0.5MPaでガス加圧して、さらに24時間焼結した。焼結後の粉末は一つの塊状になっているが、これにわずかな力を加えて粉末状にくずし、蛍光体粉末とした。CuのK線を用いた粉末X線回折測定を行ったところ、得られたチャートからベータサイアロン結晶相であることが確認された。

10

【0039】

次に、第2の蛍光物質である、第1の蛍光物質よりも発光波長が長く、黄緑色・黄色・黄赤色のいずれかで発光するユーロピウム元素で賦活したカルシウムアルファサイアロン蛍光体の合成について説明する。該アルファサイアロン蛍光体は、2価のユーロピウム(Eu)で賦活されたカルシウム(Ca)固溶アルファサイアロン蛍光体であり、その組成は一般式 $\text{Ca}_q(\text{Si}, \text{Al})_{12}(\text{O}, \text{N})_{16}:\text{Eu}^{2+}_r$ で示される。本発明者らは、*q*及び*r*をそれぞれ変更して多数の試料を合成し、その発光特性を比較した結果、なかでもその組成範囲が0.75 \leq *q* \leq 1.0かつ0.03 \leq *r* \leq 0.07において発光強度が特に高く、またその発光色度が白色LEDランプ用途に適していることを知見した。

20

【0040】

前記実験の結果から、*q* = 0.875、*r* = 0.07を選択した。原料粉末は、窒化ケイ素粉末、窒化アルミニウム粉末、炭酸カルシウム粉末、酸化ユーロピウム粉末を用いた。組成式 $\text{Ca}_{0.875}\text{Si}_{9.06}\text{Al}_{2.94}\text{O}_{0.98}\text{N}_{15.02}:\text{Eu}^{2+}_{0.07}$ で示される組成が得られるように、窒化ケイ素粉末65.78質量%、窒化アルミニウム粉末18.71質量%、炭酸カルシウム粉末13.59質量%、酸化ユーロピウム粉末1.91質量%をそれぞれ秤量し、1バッチ50gとして、*n*-ヘキサンを添加し、湿式遊星ボールミルで2時間混合した。次に、混合された原料粉末をロータリーエバポレータにより乾燥させ、これを乳鉢を用いて十分にほぐし、JIS Z 8801に準拠した公称目開き125 μm のステンレス製の試験用網ふるいを用いて適切な粒径に造粒し、窒化ホウ素製のふた付き容器に収容した。次に、前記のふた付き容器ごと原料粉末をガス加圧焼結炉におさめ、焼結温度1700、窒素雰囲気0.5MPaでガス加圧して、24時間焼結した。焼結後の粉末は一つの塊状になっているが、これにわずかな力を加えて粉末状にくずし、蛍光体粉末とした。CuのK線を用いた粉末X線回折測定を行ったところ、得られたチャートからカルシウム固溶アルファサイアロン結晶相であることが確認された。

30

【0041】

第3の蛍光物質は、第2の蛍光物質よりも発光波長が長く、黄赤色・赤色のいずれかで発光する、一般式 $(\text{Ca}, \text{Eu})\text{AlSiN}_3$ で表される窒化物結晶赤色蛍光体である。第3の蛍光物質の合成について以下に説明する。原料粉末は、窒化ケイ素粉末、窒化アルミニウム粉末、窒化カルシウム粉末、金属ユーロピウムをアンモニア中で窒化して合成した窒化ユーロピウムを用いた。組成式 $\text{Eu}_{0.0005}\text{Ca}_{0.9995}\text{AlSiN}_3$ で示される組成が得られるように、窒化ケイ素粉末34.0735質量%、窒化アルミニウム粉末29.8705質量%、窒化カルシウム粉末35.9956質量%、窒化ユーロピウム粉末0.06048質量%をそれぞれ秤量し、メノウ乳鉢と乳棒で30分間混合を行い、得られた混合物を、金型を用いて20MPaの圧力を加えて成形し、直径12mm、厚さ5mmの成形体とした。なお、粉末の秤量、混合、成形の各工程は全て、水分1pp

40

50

m以下かつ酸素1ppm以下の窒素雰囲気を保持することができるグローブボックス中で操作を行った。この成形体は窒化ホウ素製のつぼに入れて黒鉛抵抗加熱方式の電気炉にセットした。焼成の操作は、まず、拡散ポンプにより焼成雰囲気を真空とし、室温から800まで毎時500の速度で加熱し、800で純度が99.999体積%の窒素を導入して圧力を1MPaとし、毎時500で1800まで昇温し、1800で2時間保持して行った。焼成後、得られた焼結体をメノウの乳棒と乳鉢を用いて粉末に粉碎し、蛍光体粉末とした。CuのK線を用いた粉末X線回折測定を行ったところ、得られたチャートからCaAlSiN₃結晶相であることが確認された。

【0042】

前述の通り合成した第1の蛍光物質、第2の蛍光物質及び第3の蛍光物質の光学特性について説明する。測定には、日立製作所社製分光蛍光光度計F-4500を用いた。該測定器は、ローダミンB法と、標準光源とを用いて校正を実施し、スペクトル補正して測定を行った。

10

図8は、第1の蛍光物質であるベータサイアロン蛍光物質の発光スペクトルと励起スペクトルの測定結果を示すグラフである。

図9は、第2の蛍光物質であるアルファサイアロン蛍光物質の発光スペクトルと励起スペクトルの測定結果を示すグラフである。

図10は、第3の蛍光物質であるCa_{1-p}AlSiN₃:Eu²⁺_p蛍光物質の発光スペクトルと励起スペクトルの測定結果を示すグラフである。

【0043】

20

発光スペクトルの測定にあたっては、青色LEDによる励起を想定して、いずれも励起波長450nmで測定を実施した。励起スペクトルの測定にあたっては、それぞれの蛍光物質の発光ピーク波長をモニタ波長として測定を実施した。また、図8~図10において、縦軸は、基準蛍光体の発光ピーク強度を1として規格化した。基準蛍光体には、前述した比較例1で用いた市販の(Y,Gd)₃Al₅O₁₂:Ce³⁺蛍光物質粉末(YAG系蛍光物質)を利用した。

【0044】

励起波長を450nmとしたときのそれぞれの蛍光体の発光中心波長は、第1の蛍光物質であるベータサイアロン蛍光物質が539nm、第2の蛍光物質であるアルファサイアロン蛍光物質が585nm、第3の蛍光物質であるCa_{1-p}AlSiN₃:Eu²⁺_p蛍光物質が655nmであった。

30

【0045】

励起スペクトルについては、いずれの蛍光物質も青色光から紫外光の領域にかけて非常に広範な励起ピークを有している。第2の蛍光物質であるアルファサイアロン蛍光物質と第3の蛍光物質であるCa_{1-p}AlSiN₃:Eu²⁺_p蛍光物質については、特に波長450nm近傍の青色光で高効率に励起できることが明らかとなった。第1の蛍光物質であるベータサイアロン蛍光物質については、波長450nmでの励起光率は十分高いものであるが、さらに短波長の光で励起した方がより励起光率が高く好ましいとの結果であった。

【0046】

40

発光強度は、前述した基準蛍光体の発光ピーク強度を100%としたときに、第1の蛍光物質であるベータサイアロン蛍光物質が117%、第2の蛍光物質であるアルファサイアロン蛍光物質が116%、第3の蛍光物質であるCa_{1-p}AlSiN₃:Eu²⁺_p蛍光物質が184%であった。図11に、第1~第3の蛍光物質の発光スペクトルを比較した図を示す。

【0047】

次に、第1の実施例の発光デバイスとして、第1~第3の蛍光物質を混合したのを用いた白色LEDランプの構造について説明する。図13は、チップ型発光ダイオードランプ11である。白色樹脂製のパッケージ19は、2本のリードワイヤ12,13をはさみこんだ構造となっており、その中央部に凹部が設けられている。凹部では、両方のリード

50

ワイヤ12, 13の端部が露出しており、発光ピーク波長450nmの青色LED素子14が載置されている。青色LED素子14の下部電極と一方のリードワイヤ12の端部とは導電ペーストによって電氣的に接続されている。また、青色LED素子14の上部電極と他方のリードワイヤ13とが金細線からなるボンディングワイヤ15によって電氣的に接続されている。第1の蛍光物質、第2の蛍光物質及び第3の蛍光物質を混合した蛍光体粉末16は、透明な樹脂17に分散させ、この蛍光体粉末16を分散した樹脂17は青色LED素子14の全体を被覆すると共に、リードワイヤ12, 13を含む凹部全体を封止している。

【0048】

青色LED素子は発光中心波長400nm~480nmのものが好適であり、なかでも特に第2の蛍光物質であるアルファサイアロン蛍光物質と第3の蛍光物質である $Ca_{1-p}AlSiN_3:Eu^{2+}$ 蛍光物質を効率よく励起できるように発光中心波長450nmのものが良い。

【0049】

次に、製造手順を示す。

第1の工程では、第1の蛍光物質と第2の蛍光物質と第3の蛍光物質とを秤量・混合した。

第2の工程では、一方のリードワイヤ12の端部に発光ピーク波長450nmの青色LED素子14を導電ペーストを用いてダイボンディングした。

第3の工程では、青色LED素子14の上部電極と他方のリードワイヤ13とを金細線でワイヤボンディングした。

第4の工程では、混合した蛍光体粉末16を17質量%で分散させた樹脂17を、青色LED素子14を被覆するように凹部に適量塗布して硬化させた。このとき、予め実験によって決定した適切な塗布量に調整した。樹脂はエポキシ樹脂を用いた。

【0050】

第1の実施例では、第1の蛍光物質と第2の蛍光物質と第3の蛍光物質との混合比を質量比で8:2.5:1とし、その発光色度を電球色とした。電球色は、CIE1931のXYZ表色系色度図上で、座標(x, y)が(0.4775, 0.4283)、(0.4594, 0.3971)、(0.4348, 0.4185)、(0.4214, 0.3887)により示される4点を結んで得られる四辺形によって表される範囲である。

【0051】

第1の実施例の電球色LEDランプは、図14に示すCIE1931のXYZ表色系色度図上の座標(x, y)が(0.460, 0.409)の電球色であり、相関色温度が2690Kであった。投入電力に対する発光効率は20.5lm/W、平均演色評価数Raは89であった。図1にその発光スペクトルを示す。

なお、第1の実施例で使用した第1~第3の蛍光物質は、光学特性改善検討の途上であり、その発光強度についても今後さらに向上する可能性がある。ここで示した第1の実施例では、使用した各蛍光物質の発光スペクトルが図11に示すような関係にあるが、今後いずれかの蛍光物質の発光強度が向上し、その比率が変化した場合には、白色LEDランプの発光色度が電球色となるように第1~第3の蛍光物質の混合比を再検討する必要がある。例えば、スペクトル補正を実施した蛍光分光光度計で測定した第1~第3の蛍光物質のピーク発光強度がA:B:Cである時に、その混合比を質量比で(5.1×C/A):(1.6×C/B):1とすることなどが考えられる。

【0052】

[第2の実施例]

第2の実施例では、第1の蛍光物質と第2の蛍光物質と第3の蛍光物質との混合比を、質量比で12:2:1とすることにより、その発光色度を昼光色とした。昼光色は、CIE1931のXYZ表色系色度図上で、座標(x, y)が(0.3274, 0.3673)、(0.3282, 0.3297)、(0.2998, 0.3396)、(0.3064, 0.3091)により示される4点を結んで得られる四辺形によって表される範囲で

10

20

30

40

50

ある。前記蛍光物質の混合比の変更以外は、第1の実施例と同様にして白色LEDランプを作製し、各測定項目について第1の実施例と同様に測定した。

【0053】

第2の実施例の白色LEDランプは、図14に示すCIE1931のXYZ表色系色度図上の座標(x, y)が(0.311, 0.333)の昼光色であり、相関色温度が6580Kであった。投入電力に対する発光効率は28.0 lm/W、平均演色評価数Raは81であった。図4にその発光スペクトルを示す。

なお、第2の実施例で使用した第1～第3の蛍光物質は、光学特性改善検討の途上であり、その発光強度についても今後さらに向上する可能性がある。ここで示した第2の実施例では、使用した各蛍光物質の発光スペクトルが図11に示すような関係にあるが、今後いずれかの蛍光物質の発光強度が向上し、その比率が変化した場合には、白色LEDランプの発光色度が昼光色となるように第1～第3の蛍光物質の混合比を再検討する必要がある。例えば、スペクトル補正を実施した蛍光分光光度計で測定した第1～第3の蛍光物質のピーク発光強度がA:B:Cである時に、その混合比を質量比で(7.5×C/A):1.3×C/B):1とすることなどが考えられる。

【0054】

[第3の実施例]

第3の実施例では、第1の蛍光物質と第2の蛍光物質と第3の蛍光物質との混合比を、質量比で10:3:2:1とすることにより、その発光色度を昼白色とした。昼白色は、CIE1931のXYZ表色系色度図上で、座標(x, y)が(0.3616, 0.3875)、(0.3552, 0.3476)、(0.3353, 0.3659)、(0.3345, 0.3314)により示される4点を結んで得られる四辺形によって表される範囲である。前記蛍光物質の混合比の変更以外は、第1の実施例と同様にして白色LEDランプを作製し、各測定項目について第1の実施例と同様に測定した。

【0055】

第3の実施例の白色LEDランプは、図14に示すCIE1931のXYZ表色系色度図上の座標(x, y)が(0.345, 0.358)の昼白色であり、相関色温度が5010Kであった。投入電力に対する発光効率は25.3 lm/W、平均演色評価数Raは82であった。図5にその発光スペクトルを示す。

なお、第3の実施例で使用した第1～第3の蛍光物質は、光学特性改善検討の途上であり、その発光強度についても今後さらに向上する可能性がある。ここで示した第3の実施例では、使用した各蛍光物質の発光スペクトルが図11に示すような関係にあるが、今後いずれかの蛍光物質の発光強度が向上し、その比率が変化した場合には、白色LEDランプの発光色度が昼白色となるように第1～第3の蛍光物質の混合比を再検討する必要がある。例えば、スペクトル補正を実施した蛍光分光光度計で測定した第1～第3の蛍光物質のピーク発光強度がA:B:Cである時に、その混合比を質量比で(6.5×C/A):1.3×C/B):1とすることなどが考えられる。

【0056】

[第4の実施例]

第4の実施例では、第1の蛍光物質と第2の蛍光物質と第3の蛍光物質との混合比を、質量比で10:3:1とすることにより、その発光色度を白色とした。白色は、CIE1931のXYZ表色系色度図上で、座標(x, y)が(0.3938, 0.4097)、(0.3805, 0.3642)、(0.3656, 0.3905)、(0.3584, 0.3499)により示される4点を結んで得られる四辺形によって表される範囲である。前記蛍光物質の混合比の変更以外は、第1の実施例と同様にして白色LEDランプを作製し、各測定項目について第1の実施例と同様に測定した。

【0057】

第4の実施例の白色LEDランプは、図14に示すCIE1931のXYZ表色系色度図上の座標(x, y)が(0.373, 0.370)の白色であり、相関色温度が4160Kであった。投入電力に対する発光効率は27.1 lm/W、平均演色評価数Raは

83であった。図6にその発光スペクトルを示す。

なお、第4の実施例で使用した第1～第3の蛍光物質は、光学特性改善検討の途上であり、その発光強度についても今後さらに向上する可能性がある。ここで示した第4の実施例では、使用した各蛍光物質の発光スペクトルが図11に示すような関係にあるが、今後いずれかの蛍光物質の発光強度が向上し、その比率が変化した場合には、白色LEDランプの発光色度が白色となるように第1～第3の蛍光物質の混合比を再検討する必要がある。例えば、スペクトル補正を実施した蛍光分光光度計で測定した第1～第3の蛍光物質のピーク発光強度がA：B：Cである時に、その混合比を質量比で $(6.3 \times C / A) : (1.9 \times C / B) : 1$ とすることなどが考えられる。

【0058】

[第5の実施例]

第5の実施例では、第1の蛍光物質と第2の蛍光物質と第3の蛍光物質との混合比を、質量比で8：3：1とすることにより、その発光色度を温白色とした。温白色は、CIE 1931のXYZ表色系色度図上で、座標(x, y)が(0.4341, 0.4233)、(0.4171, 0.3846)、(0.4021, 0.4076)、(0.3903, 0.3719)により示される4点を結んで得られる四辺形によって表される範囲である。前記蛍光物質の混合比の変更以外は、第1の実施例と同様にして白色LEDランプを作製し、各測定項目について第1の実施例と同様に測定した。

【0059】

第5の実施例の白色LEDランプは、図14に示すCIE 1931のXYZ表色系色度図上の座標(x, y)が(0.407, 0.392)の温白色であり、相関色温度が3470Kであった。投入電力に対する発光効率は23.7lm/W、平均演色評価数Raは86であった。図7にその発光スペクトルを示す。

なお、第5の実施例で使用した第1～第3の蛍光物質は、光学特性改善検討の途上であり、その発光強度についても今後さらに向上する可能性がある。ここで示した第5の実施例では、使用した各蛍光物質の発光スペクトルが図11に示すような関係にあるが、今後いずれかの蛍光物質の発光強度が向上し、その比率が変化した場合には、白色LEDランプの発光色度が白色となるように第1～第3の蛍光物質の混合比を再検討する必要がある。例えば、スペクトル補正を実施した蛍光分光光度計で測定した第1～第3の蛍光物質のピーク発光強度がA：B：Cである時に、その混合比を質量比で $(5.1 \times C / A) : (1.9 \times C / B) : 1$ とすることなどが考えられる。

【0060】

前述した第1～第5の実施例において作製した白色LEDランプ(発光デバイス)は、図13に示すチップ型白色LEDランプの形態として作製しているが、図12に示す砲弾型白色LEDランプなどの他の形態の発光デバイスに変更可能であることは言うまでもない。

【0061】

また、本発明に係る発光デバイスは、単独で、あるいは多数個を基板等を実装することによって照明装置を構成するために好適である。本発明に係る発光デバイスを光源として有する照明装置は、小型で省電力、高輝度、長寿命、高演色性などの優れた利点を有している。

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】本発明に係る第1の実施例の高演色性白色LEDランプの発光スペクトルを示すグラフである。

【図2】比較例1の従来白色LEDランプの発光スペクトルを示すグラフである。

【図3】比較例2の従来白色LEDランプの発光スペクトルを示すグラフである。

【図4】本発明に係る第2の実施例の高演色性白色LEDランプの発光スペクトルを示すグラフである。

【図5】本発明に係る第3の実施例の高演色性白色LEDランプの発光スペクトルを示す

10

20

30

40

50

グラフである。

【図6】本発明に係る第4の実施例の高演色性白色LEDランプの発光スペクトルを示すグラフである。

【図7】本発明に係る第5の実施例の高演色性白色LEDランプの発光スペクトルを示すグラフである。

【図8】第1の蛍光物質として用いたベータサイアロン蛍光物質の発光スペクトルと励起スペクトルを示すグラフである。

【図9】第2の蛍光物質として用いたアルファサイアロン蛍光物質の発光スペクトルと励起スペクトルを示すグラフである。

【図10】第3の蛍光物質として用いたCa_{1-p}AlSiN₃:Eu²⁺_p 蛍光物質の発光スペクトルと励起スペクトルを示すグラフである。

10

【図11】ベータサイアロン蛍光物質とアルファサイアロン蛍光物質とCa_{1-p}AlSiN₃:Eu²⁺_p 蛍光物質の発光スペクトルを示すグラフである。

【図12】砲弾型白色LEDランプを例示する断面図である。

【図13】チップ型白色LEDランプを例示する断面図である。

【図14】CIE 1931のXYZ表色系色度図である。

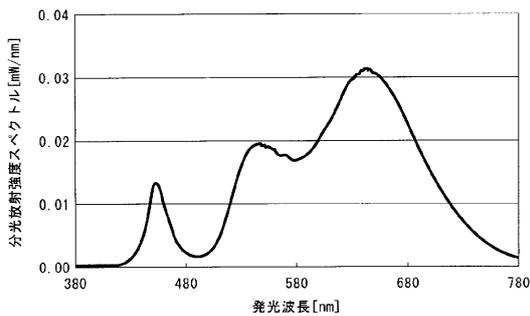
【符号の説明】

【0063】

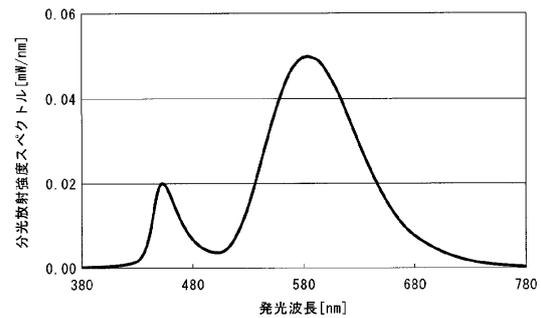
1, 11...白色LEDランプ(発光デバイス)、2, 3, 12, 13...リードワイヤ、4, 14...青色LED素子(半導体発光素子)、5, 15...ボンディングワイヤ、6, 8, 17...樹脂、7, 16...蛍光体粉末、19...パッケージ。

20

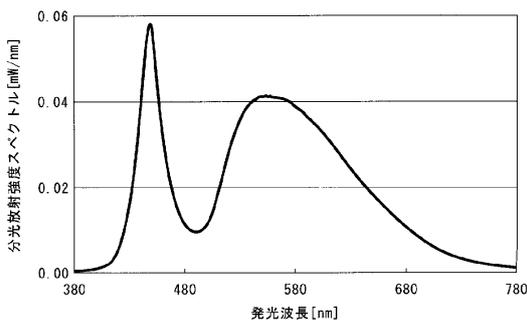
【図1】



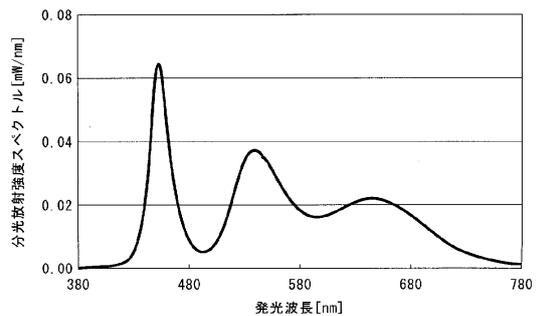
【図3】



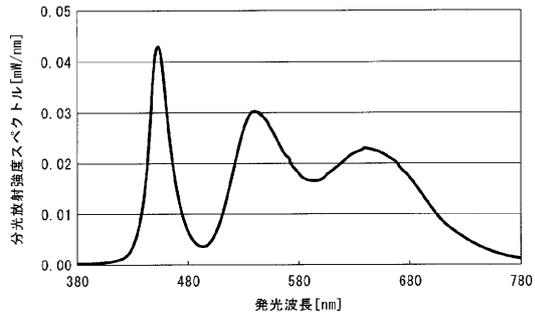
【図2】



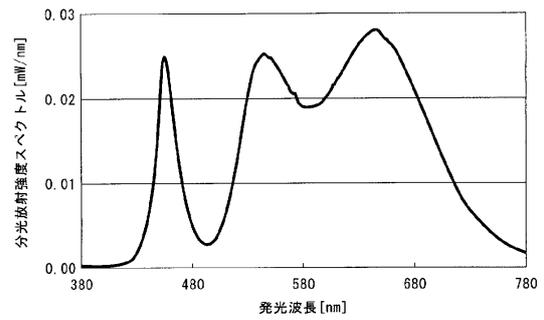
【図4】



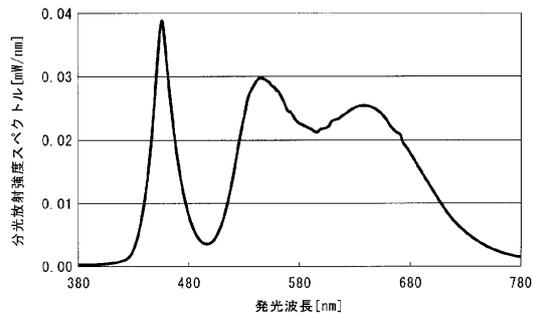
【 図 5 】



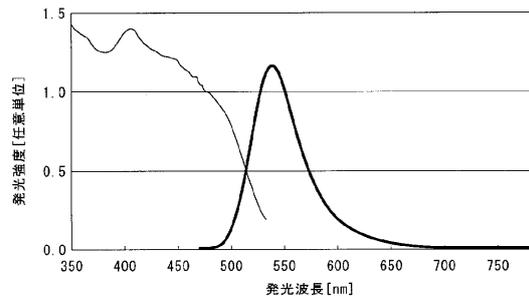
【 図 7 】



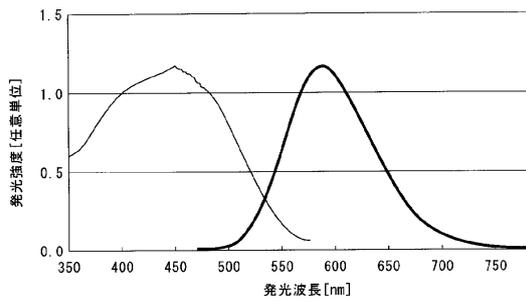
【 図 6 】



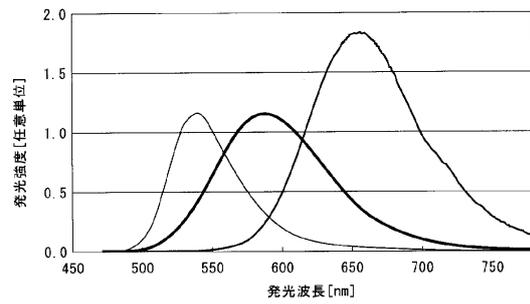
【 図 8 】



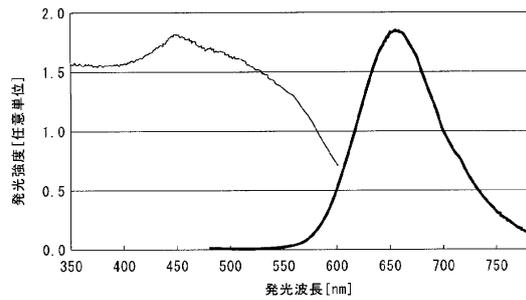
【 図 9 】



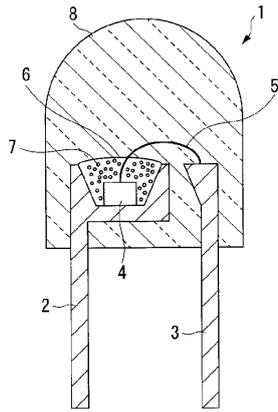
【 図 1 1 】



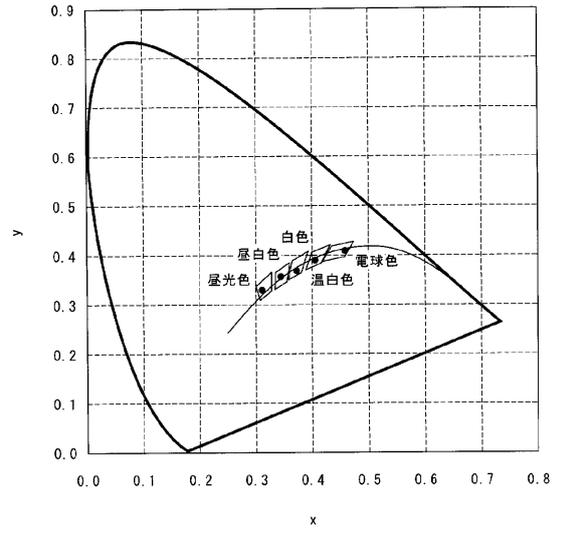
【 図 1 0 】



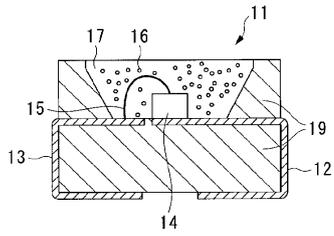
【図 12】



【図 14】



【図 13】



フロントページの続き

- (72)発明者 佐久間 健
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内
- (72)発明者 木村 直樹
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内
- (72)発明者 増子 幸一郎
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内
- (72)発明者 広崎 尚登
茨城県つくば市千現一丁目2番1号 独立行政法人物質・材料研究機構内

審査官 松崎 義邦

- (56)参考文献 特開2005-048105(JP,A)
特開2005-063836(JP,A)
特開2003-321675(JP,A)
特開2002-363554(JP,A)
特開昭60-206889(JP,A)
特開2003-336059(JP,A)
特開2005-255895(JP,A)
特開2006-089547(JP,A)
特開2004-186278(JP,A)
上田恭太 他, 赤色窒化物蛍光体(CaAlSiN₃:Eu²⁺)の発光特性, 応用物理学会学術講演会講演予稿集, 日本, 2004年 9月 1日, Vol. 65, No. 3, 1283

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 33/00
C09K 11/00-11/89
JST7580(JDream2)
JSTPlus(JDream2)