

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5843698号
(P5843698)

(45) 発行日 平成28年1月13日(2016.1.13)

(24) 登録日 平成27年11月27日(2015.11.27)

(51) Int.Cl.

H01L 33/50 (2010.01)
F21V 9/16 (2006.01)

F 1

H01L 33/00
F21V 9/16410
100

請求項の数 22 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2012-123854 (P2012-123854)	(73) 特許権者	000131430 シチズン電子株式会社 山梨県富士吉田市上暮地1丁目23番1号
(22) 出願日	平成24年5月31日(2012.5.31)	(74) 代理人	100100549 弁理士 川口 嘉之
(65) 公開番号	特開2013-229539 (P2013-229539A)	(74) 代理人	100126505 弁理士 佐貫 伸一
(43) 公開日	平成25年11月7日(2013.11.7)	(74) 代理人	100131392 弁理士 丹羽 武司
審査請求日	平成25年5月24日(2013.5.24)	(74) 代理人	100151596 弁理士 下田 俊明
審判番号	不服2014-2782 (P2014-2782/J1)	(72) 発明者	作田 寛明 神奈川県小田原市成田1060番地 三菱 化学株式会社内
審判請求日	平成26年2月13日(2014.2.13)		
(31) 優先権主張番号	特願2011-125698 (P2011-125698)		
(32) 優先日	平成23年6月3日(2011.6.3)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2012-78631 (P2012-78631)		
(32) 優先日	平成24年3月30日(2012.3.30)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

早期審査対象出願

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体発光装置、展示物照射用照明装置、肉照射用照明装置、野菜照射用照明装置、鮮魚照射用照明装置、一般用照明装置、および半導体発光システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体発光素子と、

前記半導体発光素子を励起源として発光する蛍光体とを備えた半導体発光装置において

、前記蛍光体は、少なくとも広帯域緑色蛍光体および広帯域赤色蛍光体(但し、元素Mg、Ge、OおよびMnを含むものを除く。)を含み、

当該半導体発光装置から発せられ、光束で規格化された光のスペクトルにおける660nmの波長の光の強度の値が、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおける660nmの波長の光の強度の値の170%以上であって300%以下であることを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 2】

前記半導体発光装置から発せられ、光束で規格化された光のスペクトルにおける500nmの波長の光の強度の値が、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおける500nmの波長の光の強度の値の15%以上であって200%以下であることを特徴とする請求項1に記載の半導体発光装置。

【請求項 3】

前記半導体発光装置が発する光は、特殊演色評価数R9の試験色についてのC*a*bの値が、演色性評価用基準光に基づく特殊演色評価数R9の試験色についてのC*a*bの値の105%以上の値であることを特徴とする請求項1又は2に記載の半導体発光装置。

10

20

【請求項 4】

前記半導体発光装置が発する光は、特殊演色評価数 R 1 1 の試験色についての $C^* a b$ の値が、演色性評価用基準光に基づく特殊演色評価数 R 1 1 の試験色についての $C^* a b$ の値の 1 1 0 % 以上の値であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置。

【請求項 5】

前記半導体発光装置が発する光は、特殊演色評価数 R 1 2 の試験色についての $C^* a b$ の値が、演色性評価用基準光に基づく特殊演色評価数 R 1 2 の試験色についての $C^* a b$ の値の 1 0 3 % 以上の値であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置。

10

【請求項 6】

CIE(1931)XYZ表色系の XY 色度図における色度座標が、黒体輻射軌跡曲線からの偏差 $d u v$ の値が -0.03 以上であって 0.03 以下である光を発することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置。

【請求項 7】

相関色温度が、2500K 以上であって 7000K 以下である光を発することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置。

【請求項 8】

前記蛍光体は、青色蛍光体を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置。

20

【請求項 9】

前記青色蛍光体は、 $(Sr, Ba, Ca)_5(Po_4)_3Cl:Eu$ または $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$ であることを特徴とする請求項 8 に記載の半導体発光装置。

【請求項 10】

前記緑色蛍光体は、 $(Sr, Ba)_2SiO_4:Eu$ 、サイアロンおよび $(Ba, Sr)_3Si_6O_{12}N_2:Eu$ からなる群から選ばれる少なくとも 1 種であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置。

【請求項 11】

前記赤色蛍光体は、 $CaAlSi(N, O)_3$ および $(Sr, Ca)AlSi(N, O)_3$ からなる群から選ばれる少なくとも 1 種であることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置。

30

【請求項 12】

請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置を含むことを特徴とする展示物照射用照明装置。

【請求項 13】

請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置を含むことを特徴とする肉照射用照明装置。

【請求項 14】

請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置を含むことを特徴とする野菜照射用照明装置。

40

【請求項 15】

請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置を含むことを特徴とする鮮魚照射用照明装置。

【請求項 16】

請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置を含むことを特徴とする一般用照明装置。

【請求項 17】

第 1 の半導体発光装置としての請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の半導体発光装置と、特殊演色評価数 R 1 ~ R 1 4 のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値と前記第 1 の半導体発光装置における当該平均値との差が 0.5 以上である光を出射する

50

第2の半導体発光装置を備えたことを特徴とする半導体発光システム。

【請求項18】

第1の半導体発光装置としての請求項1乃至11のいずれか1項に記載の半導体発光装置と、特殊演色評価数R9の試験色についてのC*a*bの値と前記第1の半導体発光装置における当該値との差が0.5以上である光を出射する第2の半導体発光装置とを備えたことを特徴とする半導体発光システム。

【請求項19】

第1の半導体発光装置としての請求項1乃至11のいずれか1項に記載の半導体発光装置と、特殊演色評価数R11の試験色についてのC*a*bの値と前記第1の半導体発光装置における当該値との差が0.5以上である光を出射する第2の半導体発光装置とを備えたことを特徴とする半導体発光システム。 10

【請求項20】

第1の半導体発光装置としての請求項1乃至11のいずれか1項に記載の半導体発光装置と、特殊演色評価数R12の試験色についてのC*a*bの値と前記第1の半導体発光装置における当該値との差が0.5以上である光を出射する第2の半導体発光装置とを備えたことを特徴とする半導体発光システム。

【請求項21】

第1の半導体発光装置としての請求項1乃至11のいずれか1項に記載の半導体発光装置と、前記第1の半導体発光装置が発する光の相関色温度とは異なる相関色温度の光を出射する第2の半導体発光装置とを備えたことを特徴とする半導体発光システム。 20

【請求項22】

第1の半導体発光装置としての請求項1乃至11のいずれか1項に記載の半導体発光装置と、平均演色評価数Raの値が80以上である光を出射する第2の半導体発光装置とを備えたことを特徴とする半導体発光システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体発光装置、展示物照射用照明装置、肉照射用照明装置、野菜照射用照明装置、鮮魚照射用照明装置、一般用照明装置、および半導体発光システムに関し、特に、彩度が高い光を発する半導体発光装置、および当該半導体発光装置を含む展示物照射用照明装置、肉照射用照明装置、野菜照射用照明装置、鮮魚照射用照明装置、一般用照明装置、および半導体発光システムに関する。 30

【背景技術】

【0002】

照明装置の光源として白熱電球や蛍光灯が従来から広く用いられている。近年では、これらに加え、LEDや有機EL(OLED)等の半導体発光素子を光源とした照明装置が開発され使用されつつある。これらの半導体発光素子では、様々な発光色を得ることが可能であるため、発光色の異なる複数の半導体発光素子を組み合わせ、それぞれの発光色を合成して所望の色の放射光を得るようにした照明装置も開発され使用され始めている。

【0003】

非特許文献1には、狭帯域蛍光体が用いられ、食料品店で販売される精肉や鮮魚等を照射する蛍光ランプについて記載されている。特許文献1には、高彩度形の高圧ナトリウムランプ代替用の蛍光ランプについて記載されている。特許文献2には、あらゆる色に対してもすぐれた演色性を有するスペクトルを形成するように調整された蛍光灯について記載されている。特許文献3には、あらゆる色に対してすぐれた演色性(特に、鮮やかな赤色に対する演色性)を有する白色半導体発光装置について記載されている。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平10-255722号公報

50

【特許文献 2】特開 2002 - 198009 号公報

【特許文献 3】国際公開第 2011 / 024818 号

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】"一般蛍光灯 ミートくん"、[online]、プリンス電機株式会社、[平成 23 年 5 月 16 日検索]、インターネット <URL : http://www.prince-d.co.jp/pdct/docs/pdf/catalog_pdf/f1_nrb_ca2011.pdf>

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

10

しかし、本発明者らが鋭意検討したところによると、非特許文献 1 に記載されている蛍光ランプは、分光エネルギー分布図に示されているように、用いられている水銀による輝線が存在する波長領域と、発光強度が十分にない波長領域とがあり、その両者の波長領域において光の彩度の差が大きくなる場合があることがわかった。特に、単色の照射対象に光を照射した場合に、当該照射対象の反射スペクトルのピーク波長が、当該発光強度が十分にない波長領域の範囲内である場合に、当該照射対象を鮮やかに見せることができないという問題がある。

【0007】

また、当該分光エネルギー分布図によれば、可視光の波長領域において、彩度が全体的に低いことがわかった。特に、鮮やかな赤色、鮮やかな緑色、および鮮やかな青色における彩度が低いことがわかった。

20

【0008】

特許文献 1 に記載されている蛍光ランプは、特許文献 1 の図 1 の分光分布図および図 3 の分光分布図に示されているように、用いられている水銀による輝線が存在する波長領域と、発光強度が十分にない波長領域とがある。従って、非特許文献 1 に記載されている蛍光ランプと同様に、照射対象によっては、鮮やかに見せることができないという問題がある。

【0009】

特許文献 2 および特許文献 3 には、彩度を高くすることについて記載されておらず、示唆すらされていない。なお、特許文献 2 には、発明に係る蛍光灯が発する光のスペクトルが記載されていないので、当該蛍光灯の彩度を分析することができない。

30

【0010】

本発明はこれらののような課題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、平均的に彩度が高く、特に、鮮やかな赤色および鮮やかな緑色における彩度が顕著に高い光を発する半導体発光装置を提供することにある。また、その目的とするところは、可視光における波長領域全般に亘って十分に発光し、かつ、高い彩度で発光する半導体発光装置を提供することにある。さらに、その目的とするところは、鮮やかな青色における彩度が顕著に高い半導体発光装置を提供することにある。また、そのような半導体発光装置を含む展示物照射用照明装置、肉照射用照明装置、野菜照射用照明装置、鮮魚照射用照明装置、一般用照明装置および半導体発光システムを提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するため、本発明の半導体発光装置は、半導体発光素子と、半導体発光素子を励起源として発光する蛍光体とを備えた半導体発光装置において、蛍光体は、少なくとも広帯域緑色蛍光体および広帯域赤色蛍光体を含み、当該半導体発光装置から発せられ、光束で規格化された光のスペクトルにおける 660 nm の波長の光の強度の値が、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおける 660 nm の波長の光の強度の値の 170 % 以上であって 300 % 以下であることを特徴とする（以下、本発明の第 2 実施形態の半導体発光装置ともいう。）。

【0012】

50

そのように構成された半導体発光装置によれば、彩度が高い光を発することができる。具体的には、そのように構成された半導体発光装置は、演色評価数 R 1 ~ R 1 4 の各試験色についての CIE Lab 色空間における $C^* a b$ の平均値が演色性評価用基準光に基づく演色評価数 R 1 ~ R 1 4 の各試験色についての CIE Lab 色空間における $C^* a b$ の平均値よりも大きく、鮮やかな赤色を評価するために用いられる特殊演色評価数である R 9 の試験色についての $C^* a b$ の値が演色性評価用基準光に基づく R 9 の試験色についての $C^* a b$ の値よりも 5 以上大きく、かつ、鮮やかな緑色を評価するために用いられる特殊演色評価数である R 1 1 の試験色についての $C^* a b$ の値が演色性評価用基準光に基づく R 1 1 の試験色についての $C^* a b$ の値よりも 5 以上大きい光を発することができる。

【0013】

10

また、上記半導体発光装置は、広帯域緑色蛍光体および広帯域赤色蛍光体を含むので、可視光における波長領域全般に亘って十分な発光強度を有し、かつ、これらの蛍光体の励起起源として水銀輝線が存在しない半導体発光素子を用いているので、どのような反射特性を有する単色の照射対象であっても鮮やかに見せることができる。さらに、励起起源として半導体発光素子を用いているので、蛍光ランプよりも長寿命化が期待できる。

【0014】

本発明の他の態様の半導体発光装置は、半導体発光素子と、半導体発光素子を励起起源として発光する蛍光体とを備えた半導体発光装置において、蛍光体は、少なくとも緑色蛍光体および赤色蛍光体を含み、当該半導体発光装置から発せられ、光束で規格化された光のスペクトルにおいて 600 nm 以上の波長であって 780 nm 以下の波長である光のエネルギー面積の値が、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおいて 600 nm 以上の波長であって 780 nm 以下の波長である光のエネルギー面積の値の 85% 以上であって 150% 以下であり、かつ、当該半導体発光装置から発せられ、光束で規格化された光のスペクトルにおける 500 nm の波長の光の強度が、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおける 500 nm の波長の光の強度の 110% 以上であって 200% 以下であることを特徴とする（以下、本発明の第 1 実施形態の半導体発光装置ともいう。）。

20

【0015】

そのように構成された半導体発光装置によれば、彩度が高い光を発することができる。具体的には、そのように構成された半導体発光装置は、演色評価数 R 1 ~ R 1 4 の各試験色についての CIE Lab 色空間における $C^* a b$ の平均値が演色性評価用基準光に基づく演色評価数 R 1 ~ R 1 4 の各試験色についての CIE Lab 色空間における $C^* a b$ の平均値よりも大きく、鮮やかな赤色を評価するために用いられる特殊演色評価数である R 9 の試験色についての $C^* a b$ の値が演色性評価用基準光に基づく R 9 の試験色についての $C^* a b$ の値よりも 5 以上大きく、かつ、鮮やかな緑色を評価するために用いられる特殊演色評価数である R 1 1 の試験色についての $C^* a b$ の値が演色性評価用基準光に基づく R 1 1 の試験色についての $C^* a b$ の値よりも 5 以上大きい光を発することができる。

30

【0016】

また、上記第 1 及び第 2 実施形態の半導体発光装置は、蛍光体の励起起源として水銀輝線が存在しない半導体発光素子を用いているので、どのような反射特性を有する単色の照射対象であっても鮮やかに見せることができる。

40

【0017】

また、上記第 2 実施形態の半導体発光装置が、光束で規格化されたスペクトルにおける 500 nm の波長の光の強度の値が、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおける 500 nm の波長の光の強度の値の 15% 以上であって 200% 以下である光を発するように構成されていてもよい。

【0018】

そのような構成によれば、鮮やかな青色を評価するために用いられる特殊演色評価数である R 1 2 の試験色についての $C^* a b$ の値が演色性評価用基準光に基づく R 1 2 の試験色についての $C^* a b$ の値よりも 2 以上大きい光を発することができる。

50

【0019】

赤色蛍光体の発光ピーク波長が、640nm以上であって700nm以下であるように構成されていてもよい。

【0020】

半導体発光装置が、相関色温度が、2500K以上であって7000K以下である光を発するように構成されていてもよいし、CIE(1931)XYZ表色系のXY色度図における色度座標が、黒体輻射軌跡曲線からの偏差d_{uv}の値が-0.03以上であって0.03以下である光を発するように構成されていてもよく、-0.03以上であって-0.005以下である光を発するように構成されていてもよい。

【0021】

なお、蛍光体に青色蛍光体が含まれていてもよい。そして、青色蛍光体の発光ピーク波長が、440nm以上であって500nm以下であってもよい。また、青色蛍光体の半値幅は、20nm以上であって90nm以下であってもよい。青色蛍光体は、(Sr, Ba, Ca)₅(PO₄)₃C₁:EuまたはBaMgAl₁₀O₁₇:Euであってもよい。また、緑色蛍光体が、(Sr, Ba)₂SiO₄:Eu、サイアロン、および(Ba, Sr)₃Si₆O₁₂N₂:Euからなる群から選ばれる少なくとも1種であってもよい。緑色蛍光体にサイアロンが用いられた場合には、BSS((Ba, Ca, Sr, Mg)₂SiO₄:Eu)が用いられた場合よりも耐久性を高めることができる。また、赤色蛍光体が、(Sr, Ca)AlSi(N, O)₃であってもよい。

【0022】

R9の試験色についてのC^{*}a_bの値が、演色性評価用基準光に基づくR9の試験色についてのC^{*}a_bの値の105%以上の値であってもよいし、R11の試験色についてのC^{*}a_bの値が、演色性評価用基準光に基づくR11の試験色についてのC^{*}a_bの値の110%以上の値であってもよいし、R12の試験色についてのC^{*}a_bの値が、演色性評価用基準光に基づくR12の試験色についてのC^{*}a_bの値の103%以上の値であってもよい。そのようにすることで、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についてのC^{*}a_bの値の平均値を、演色性評価用基準光に基づく演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についてのC^{*}a_bの値の平均値よりも大きくすることができる。

【0023】

本発明による展示物照射用照明装置は、上述した特徴のいずれかを有する半導体発光装置を含むことを特徴とする。そのような構成によれば、照射対象をより鮮やかに見せることができる。

【0024】

本発明による肉照射用照明装置は、上述した特徴のいずれかを有する半導体発光装置を含むことを特徴とする。そのような構成によれば、照射対象である肉（具体的には、例えば、鮮やかな赤色の肉）をより鮮やかに見せることができる。

【0025】

本発明による野菜照射用照明装置は、上述した特徴のいずれかを有する半導体発光装置を含むことを特徴とする。そのような構成によれば、照射対象である野菜（具体的には、例えば、鮮やかな緑色の野菜や鮮やかな赤色の野菜）をより鮮やかに見せることができる。

【0026】

本発明による鮮魚照射用照明装置は、上述した特徴のいずれかを有する半導体発光装置を含むことを特徴とする。そのような構成によれば、照射対象である魚（具体的には、例えば、鮮やかな青色の魚や、魚の鮮やかな赤色の赤身）をより鮮やかに見せることができる。

本発明による一般用照明装置は、上述した特徴のいずれかを有する半導体発光装置を含むことを特徴とする。そのような構成によれば、照射対象である居住空間、ワークスペースなどをより鮮やかに見せることができる。

【0027】

10

20

30

40

50

本発明による半導体発光システムは、半導体発光装置として上述した特徴のいずれかを有する第1の半導体発光装置と、特殊演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についてのC*a bの値の平均値と第1の半導体発光装置における当該平均値との差が0.5以上である光を出射する第2の半導体発光装置を備えたことを特徴とする。そのような構成によれば、第1の半導体発光装置が発する光の強度と第2の半導体発光装置が発する光の強度とを調整して、当該半導体発光システムによって発せられる光を調整することができる。

【0028】

本発明による他の態様の半導体発光システムは、半導体発光装置として上述した特徴のいずれかを有する第1の半導体発光装置と、特殊演色評価数R9の試験色についてのC*a bの値と第1の半導体発光装置における当該値との差が0.5以上である光を出射する第2の半導体発光装置とを備えたことを特徴とする。そのような構成によれば、鮮やかな赤色についての彩度を調整可能な半導体発光システムが実現可能になる。

【0029】

本発明によるさらに他の態様の半導体発光システムは、半導体発光装置として上述した特徴のいずれかを有する第1の半導体発光装置と、特殊演色評価数R11の試験色についてのC*a bの値と第1の半導体発光装置における当該値との差が0.5以上である光を出射する第2の半導体発光装置とを備えたことを特徴とする。そのような構成によれば、鮮やかな緑色についての彩度を調整可能な半導体発光システムが実現可能になる。

【0030】

本発明による他の態様の半導体発光システムは、半導体発光装置として上述した特徴のいずれかを有する第1の半導体発光装置と、特殊演色評価数R12の試験色についてのC*a bの値と第1の半導体発光装置における当該値との差が0.5以上である光を出射する第2の半導体発光装置とを備えたことを特徴とする。そのような構成によれば、鮮やかな青色についての彩度を調整可能な半導体発光システムが実現可能になる。

【0031】

本発明によるさらに他の態様の半導体発光システムは、半導体発光装置として上述した特徴のいずれかを有する第1の半導体発光装置と、第1の半導体発光装置が発する光の相関色温度とは異なる相関色温度の光を出射する第2の半導体発光装置とを備えたことを特徴とする。そのような構成によれば、発せられる合成光の彩度を一定に保ったままで、相関色温度だけを変更可能な半導体発光システムを実現することができる。

【0032】

本発明による他の態様の半導体発光システムは、半導体発光装置として上述した特徴のいずれかを有する第1の半導体発光装置と、平均演色評価数Raの値が80以上である光を出射する第2の半導体発光装置を備えたことを特徴とする。そのような構成によれば、第1の半導体発光装置の発光強度および第2の半導体発光装置の発光強度をそれぞれ調整することにより、可視光領域の全般の色に対する演色性と彩度とをそれぞれ調整可能にすることができる。

【発明の効果】

【0033】

本発明による半導体発光装置によれば、平均的に彩度が高く、特に、鮮やかな赤色および鮮やかな緑色の彩度が高い光を発することができる。また、本発明による展示物照射用照明装置、肉照射用照明装置、野菜照射用照明装置、鮮魚照射用照明装置、一般照明装置、および半導体発光システムは、本発明による半導体発光装置と同様な効果を奏すことができる。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】本発明の実施形態の半導体発光装置の構成例を示す説明図である。

【図2】第1実施例の半導体発光装置が発した合成光のスペクトルを示すグラフである。

【図3】第2実施例の半導体発光装置が発した合成光のスペクトルを示すグラフである。

10

20

30

40

50

【図4】第1実施例、第2実施例、第1参考例、第2参考例、第3参考例、および第4参考例において発せられた光の特性を示す表である。

【図5】光束で規格化された第1実施例の半導体発光装置の発光スペクトルと、光束で規格化された第2実施例の半導体発光装置の発光スペクトルとを、種々の比率で合算して合成スペクトルを作成し、その合成スペクトルに基づいて算出した特性の変化を示す表である。

【図6】第1実施例の半導体発光装置の発光スペクトルと第2実施例の半導体発光装置の発光スペクトルとが混合され、混合された比率である混合比を変化させた場合の発光スペクトルの変化を示すグラフである。

【図7】435 nm の波長の水銀輝線の近傍の波長の光を他の波長の光よりも強く反射する分光反射特性を示すグラフである。 10

【図8】波長460 nm の近傍の波長の光を他の波長の光よりも強く反射する分光反射特性を示すグラフである。

【図9】図7に示す分光反射特性の照射対象に各例における光を照射した場合の相対彩度と、図8に示す分光反射特性の照射対象に各例における光を照射した場合の相対彩度と、照射対象に応じた相対彩度の変化の割合とを示す表である。

【図10】各半導体発光装置に用いられている発光ダイオード素子を封止するためのシリコーン樹脂組成物における各蛍光体の含有量（重量%濃度）を示す表である。

【図11】第3実施例の半導体発光装置の発光スペクトルのグラフである。

【図12】第4実施例の半導体発光装置の発光スペクトルのグラフである。 20

【図13】第3実施例の半導体発光装置の発光特性、および第4実施例の半導体発光装置の発光特性の測定結果を示す表である。

【図14】CIE Lab 色空間における第3実施例の半導体発光装置の発光特性および第7参考例の発光特性を示すグラフである。

【図15】CIE Lab 色空間における第4実施例の半導体発光装置の発光特性および第8参考例の発光特性を示すグラフである。

【図16】半導体発光装置が組み合わされた半導体発光システムの例を示す説明図である。

【図17】複数の半導体発光装置を有する半導体発光システムの他の例を示す説明図である。 30

【発明を実施するための形態】

【0035】

以下、図面に基づき本発明の実施形態について説明する。なお、本発明は以下に説明する内容に限定されるものではなく、その要旨から逸脱しない範囲において任意に変更して実施することが可能である。また、本実施形態の説明に用いる図面は、いずれも本発明による半導体発光装置1などの特性を模式的に示すものであって、理解を深めるべく、必要に応じて部分的な強調、拡大、縮小、または省略などを行っている場合がある。更に、用いられている様々な数値は、いずれも一例を示すものであり、必要に応じて様々に変更することが可能である。

【0036】

図1は、本発明の実施形態の半導体発光装置1の構成例を示す説明図である。図1に示すように、本発明の実施形態の各実施例の半導体発光装置1は、半導体発光素子であるLEDチップ10と、当該LEDチップ10が発した光の波長を変換する蛍光体20とを含む。各実施形態の半導体発光装置1は、好ましくは、LEDチップ10が紫色発光ダイオード素子であって、蛍光体20が、緑色蛍光体と赤色蛍光体と青色蛍光体とを含む。

【0037】

(第1実施形態の半導体発光装置1と第2実施形態の半導体発光装置1との共通点および相違点)

第1実施形態の半導体発光装置1と第2実施形態の半導体発光装置1とは、ともに、通常、紫色発光ダイオード素子である当該LEDチップ10から発せられた紫外光および/ 50

または紫色光と、紫色発光ダイオード素子である当該LEDチップ10から発せられた紫外光および／または紫色光の一部が青色蛍光体によって波長変換された青色光と、紫外光および／または紫色光の他の一部が緑色蛍光体によって波長変換された緑色光と、紫外光および／または紫色光の更に他の一部が赤色蛍光体によって波長変換された赤色光とを成分として含む光を発する。なお、用いることができる半導体発光素子としては、紫色発光ダイオード素子に限らず、青色発光ダイオードや近紫外発光ダイオードなどを用いることもできる。青色発光ダイオードを用いる場合には、青色蛍光体を含有させなくてもよい場合がある。

【0038】

(第1実施形態の半導体発光装置1)

10

第1実施形態の半導体発光装置1は、光束で規格化された光のスペクトルにおいて600nm以上の波長であって780nm以下の波長である光のエネルギー面積の値が、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおいて600nm以上の波長であって780nm以下の波長である光のエネルギー面積の値の85%以上、150%以下である。好みしくは90%以上、より好みしくは101%以上、特に好みしくは106%以上であって、好みしくは130%以下、より好みしくは125%以下、さらに好みしくは117%以下、特に好みしくは115%以下である。

【0039】

「光束で規格化された光のスペクトルにおいて600nm以上の波長であって780nm以下の波長である光のエネルギー面積」とは、波長が600nm以上であって780nm以下である分光放射束の積分値を全光束で除算した値である。以下、「波長が600nm以上であって780nm以下である分光放射束の積分値を全光束で除算した値」を、単にエネルギー面積という。

20

【0040】

ここで、エネルギー面積について説明する。色の見え方を示すためにCIEの規定にもとづくx y色度図（以下、CIE x y色度図という）が用いられる。CIE x y色度図によつて示される色度は、人間の目に対する3つの分光感度（等色関数）から算出される。この3つの分光感度は、x（）、y（）およびz（）からなり、光が目に入射したときのそれぞれの刺激の割合（分光感度の値の割合）に応じて色度が算出される。各分光感度の値は、各波長における光のスペクトルのエネルギー量（つまり、エネルギー面積）に基づいて算出されるので、エネルギー面積を比較することは刺激の割合を数値で比較していることになる。

30

【0041】

異なる光源によって発せられたそれぞれの光によって照射対象の色を比較する場合に、各光源の明るさが異なると照射対象の色の見え方が異なる。従つて、各光源によって発せられた各光を比較するためには、各光のスペクトルを光束でそれぞれ規格化して（具体的には、分光放射束の積算値を全光束で除算した値で）、比較する必要があるのである。

【0042】

なお、演色性評価用基準光とは、光源の演色性評価方法を定める日本工業規格JIS Z8726：1990に規定されている基準光であつて、試料光源である半導体発光装置1が発する光の相関色温度が5000K未満である場合には完全放射体の光であり、当該相関色温度が5000K以上である場合にはCIE（国際照明委員会）昼光である。完全放射体およびCIE昼光の定義は、JIS Z8720：2000（対応国際規格 ISO/CIE 10526：1991）に従う。

40

【0043】

また、光束で規格化された光のスペクトルとは、下記式（1）によって決定される光束が1（unity）となるように規格化されたスペクトル（下記式（1）中の分光放射束_e）をいう。

【0044】

【数1】

$$\Phi = K_m \int_{380}^{780} V_\lambda \Phi_e d\lambda \quad \dots (1)$$

【0045】

上記式(1)において、

:光束 [1 m]

K_m : 最大視感度 [1 m / W]

10

V : 明所視標準比視感度

Φ_e : 分光放射束 [W / nm]

:波長 [nm]

である。

【0046】

なお、半導体発光装置1が発する光が「白色」以外の色の光である場合、「光束で規格化された演色性評価用基準光」とは、CIE(1931)XYZ表色系のXY色度図において、等色温度線を延長したときに、当該光の色度座標に接する等色温度線に対応する基準光をいう。同様に、半導体発光装置1が発する光が「白色」以外の色の光である場合、「相關色温度」とは、CIE(1931)XYZ表色系のXY色度図において、等色温度線を延長したときに、当該光の色度座標に接する等色温度線に対応する相關色温度をいう。

20

【0047】

(第2実施形態の半導体発光装置1)

第2実施形態の半導体発光装置1は、緑色蛍光体が広帯域緑色蛍光体であり、赤色蛍光体が広帯域赤色蛍光体である。また、第2実施形態の半導体発光装置1は、光束で規格化された光のスペクトルにおける660nmの波長の光の強度の値が、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおける660nmの波長の光の強度の値の170%以上、300%以下である。好ましくは180%以上、より好ましくは190%以上、さらに好ましくは210%以上、特に好ましくは218%以上であって、好ましくは260%以下、より好ましくは250%以下、さらに好ましくは240%以下、特に好ましくは230%以下である光を発する。

30

【0048】

広帯域緑色蛍光体および広帯域赤色蛍光体を用いた場合において、光束で規格化された光のスペクトルにおける660nmの波長の光の強度の値を前述の範囲にすることが必要である。何故ならば、波長660nmにおける発光強度を大きくした場合には、広帯域蛍光体を用いているが故に、例えば波長630nm強度における発光強度も大きなものとすることができる。しかしながら、例えば赤色蛍光体として狭帯域赤色蛍光体を用いた場合には、その半値幅が非常に狭いことに起因して、波長660nmにおける発光強度を大きくしたとしても、例えば波長630nm強度における発光強度を必ずしも大きなものとすることはできない。つまり、第2実施形態においては、波長660nmにおける発光強度のみを大きくすることが重要なのではなく、広帯域緑色蛍光体及び広帯域赤色蛍光体を用いた場合において、光束で規格化された光のスペクトルにおける660nmの波長の光の強度の値を前述の範囲にすることで、第1実施形態のように、波長600nm以上780nm以下における分光放射束の積分値を所定の値とすることができます。

40

【0049】

さらに、緑色蛍光体が広帯域緑色蛍光体であって、赤色蛍光体が広帯域赤色蛍光体である場合には、狭帯域緑色蛍光体および狭帯域赤色蛍光体を用いた場合と比較して、可視光における波長領域全般に亘って十分な発光強度を有するので、どのような反射特性を有する単色の照射物であっても鮮やかに見せることができる。

50

【0050】

なお、第1実施形態における半導体発光装置1は、該半導体発光装置から発せられ、光束で規格化された光のスペクトルにおける500nmの波長の光の強度の値が、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおける500nmの波長の光の強度の値の110%以上であって200%以下であることが好ましい。好ましくは115%以上、より好ましくは120%以上、さらに好ましくは125%以上、特段に好ましくは130%以上であって、好ましくは150%以下、より好ましくは145%以下である光を発する。

【0051】

また、第2実施形態における半導体発光装置1は、該半導体発光装置から発せられ、光束で規格化された光のスペクトルにおける500nmの波長の光の強度の値が、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおける500nmの波長の光の強度の値の15%以上、200%以下であることが好ましい。好ましくは20%以上、より好ましくは60%以上、さらに好ましくは95%以上、特に好ましくは110%以上、特段に好ましくは115%以上であって、好ましくは150%以下、より好ましくは145%以下、さらに好ましくは140%以下、特に好ましくは135%以下である光を発する。

10

【0052】

本発明において、半導体発光装置が発する光が、上記特定のエネルギー面積、及び特定の660nm強度比を充足するためには、光源並びに蛍光体の種類及び含有量を適切に選択することが必要となるが、特に500nmの波長の光の強度の値を高くするようにすることが必要である。これは、赤色を鮮やかに見せるために赤色領域の発光ピークを増加させるためには、その補色関係にある青緑色領域、すなわち500nmの波長の光の強度の値を高くすることが必要となるためと考えられる。

20

このような500nmの波長の光の強度を高くするためには、緑色蛍光体として広帯域の緑色蛍光体を用いたり、青色蛍光体として広帯域の青色蛍光体を用いたり、赤色蛍光体として狭帯域赤色蛍光体を用いることで達成できるが、これに限られるものではない。

【0053】

ここで、上述した各蛍光体の具体例について以下に説明する。なお、これら蛍光体は本実施形態において好適な蛍光体を例示するものであるが、適用可能な蛍光体は以下に限定されるものではなく、本発明の要旨から逸脱しない限りにおいて、様々な種類の蛍光体を適用することが可能である。

30

【0054】

(緑色蛍光体)

本発明の半導体発光装置における緑色蛍光体は、発光ピーク波長が、通常は500nm以上、好ましくは510nm以上、より好ましくは515nm以上で、通常は550nm未満、好ましくは542nm以下、さらに好ましくは535nm以下の波長範囲にあるものが好適である。波長500nmにおける強度を容易に高めることができ、その結果として、光束で規格化された光のスペクトルにおける500nmの波長の光の強度の値を前述の範囲に調整することができるからである。第2実施形態の半導体発光装置では、緑色蛍光体は広帯域蛍光体（具体的には、半値幅が25nm以上である蛍光体）であるが、第1実施形態の半導体発光装置における緑色蛍光体は広帯域蛍光体に限られない。つまり、半値幅が25nm未満である蛍光体であってもよい。また、緑色蛍光体として半値幅が25nm以上、好ましくは45nm以上、より好ましくは60nm以上であって、140nm以下、好ましくは120nm以下、より好ましくは100nm以下である緑色蛍光体を使用した場合には、波長500nmにおける強度を容易に高めることができ、その結果として、光束で規格化された光のスペクトルにおける500nmの波長の光の強度の値を前述の範囲に調整することができる。本発明の半導体発光装置では、緑色蛍光体として、例えば、(Y, Lu)₃(Al, Ga)₅O₁₂:Ce、CaSc₂O₄:Ce、Ca₃(Sc, Mg)₂Si₃O₁₂:Ce、(Sr, Ba)₂SiO₄:Eu(BSS)、(Si, Al)₆(O, N)₈:Eu（-サイアロン）、(Ba, Sr)₃Si₆O₁₂N₂:Eu(BSON)

40

50

、 SrGa_2S_4 : Eu、 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}$: Eu, Mn、(Ba, Sr, Ca, Mg) $\text{Si}_2\text{O}_2\text{N}_2$: Euが用いられることが好ましい。中でも、BSS、 - サイアロン、BS ON、 SrGa_2S_4 : Eu、 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}$: Eu, Mnが用いられることがより好ましく、BSS、 - サイアロン、BS ONが用いられることがさらに好ましく、 - サイアロン、BS ONが用いられることが特に好ましく、 - サイアロンが用いられることが最も好ましい。実施例では、緑色蛍光体として - サイアロンが用いられている。

【0055】

(赤色蛍光体)

本発明の半導体発光装置における赤色蛍光体は、発光ピーク波長が、通常は570 nm以上、好ましくは580 nm以上、より好ましくは585 nm以上、さらに好ましくは610 nm以上、特に好ましくは625 nm以上で、通常は780 nm以下、好ましくは700 nm以下、より好ましくは680 nm以下の波長範囲にあるものが好適である。第2実施形態の半導体発光装置では、赤色蛍光体は広帯域蛍光体（具体的には、半値幅が25 nm以上である蛍光体）であるが、第1実施形態の半導体発光装置における赤色蛍光体は広帯域赤色蛍光体に限られない。つまり、半値幅が25 nm未満である蛍光体（以下、「狭帯域赤色蛍光体」と称することがある。）であってもよい。第1実施形態において、赤色蛍光体として、例えば、 $\text{CaAlSi}(\text{N}, \text{O})_3$: Eu、 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})_2\text{Si}_5(\text{N}, \text{O})_8$: Eu、 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})\text{Si}(\text{N}, \text{O})_2$: Eu、 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})\text{AlSi}(\text{N}, \text{O})_3$: Eu、 $(\text{Sr}, \text{Ba})_3\text{SiO}_5$: Eu、 $(\text{Ca}, \text{Sr})\text{S}$: Eu、 $\text{SrAlSi}_4\text{N}_7$: Eu、 $(\text{La}, \text{Y})_2\text{O}_2\text{S}$: Eu、Eu(ジベンゾイルメタン)₃・1,10-フェナントロリン錯体などの - ジケトン系Eu錯体、カルボン酸系Eu錯体、 K_2SiF_6 : Mn、Mn付活ジャーマネートが好ましく、 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})_2\text{Si}_5(\text{N}, \text{O})_8$: Eu、 $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{AlSi}(\text{N}, \text{O})_3$: Eu、 $\text{SrAlSi}_4\text{N}_7$: Eu、 $(\text{La}, \text{Y})_2\text{O}_2\text{S}$: Eu、 K_2SiF_6 : Mn（但し、Siの一部がAlやNaで置換されていてもよい）、Mn付活ジャーマネートが用いられることが好ましい。中でも、 $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{AlSi}(\text{N}, \text{O})_3$: Eu、 $\text{SrAlSi}_4\text{N}_7$: Euがより好ましく、 $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{AlSi}(\text{N}, \text{O})_3$: Euがさらに好ましい。また、狭帯域赤色蛍光体としては、 $(\text{La}, \text{Y})_2\text{O}_2\text{S}$: Eu、 K_2SiF_6 : Mn、Mn付活ジャーマネートが好ましく用いられる。

【0056】

第2実施形態において、広帯域赤色蛍光体として、例えば、 $\text{CaAlSi}(\text{N}, \text{O})_3$: Eu、 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})_2\text{Si}_5(\text{N}, \text{O})_8$: Eu、 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})\text{Si}(\text{N}, \text{O})_2$: Eu、 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})\text{AlSi}(\text{N}, \text{O})_3$: Eu、 $(\text{Sr}, \text{Ba})_3\text{SiO}_5$: Eu、 $(\text{Ca}, \text{Sr})\text{S}$: Eu、 $\text{SrAlSi}_4\text{N}_7$: Eu、Eu(ジベンゾイルメタン)₃・1,10-フェナントロリン錯体などの - ジケトン系Eu錯体、カルボン酸系Eu錯体が好ましく、 $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})_2\text{Si}_5(\text{N}, \text{O})_8$: Eu、 $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{AlSi}(\text{N}, \text{O})_3$: Eu、 $\text{SrAlSi}_4\text{N}_7$: Euが用いられることが好ましい。中でも、 $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{AlSi}(\text{N}, \text{O})_3$: Eu、 $\text{SrAlSi}_4\text{N}_7$: Euがより好ましく、 $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{AlSi}(\text{N}, \text{O})_3$: Euがさらに好ましい。実施例では、赤色蛍光体として $\text{CaAlSi}(\text{N}, \text{O})_3$: Euが用いられている。

【0057】

例示した赤色蛍光体の中でも、特に、ピーク波長が640 nm以上であって700 nm以下、好ましくは650 nm以上であって680 nm以下、より好ましくは655 nm以上であって670以下である赤色蛍光体を使用した場合には、波長660 nmにおける強度を容易に高めることができ、その結果として、光束で規格化された光のスペクトルにおける660 nmの波長の光の強度の値を前述の範囲に調整することができる。

【0058】

(青色蛍光体)

本発明の半導体発光装置は、青色蛍光体を含むことも可能である。本発明の半導体発光装置における青色蛍光体の発光ピーク波長は、通常は420 nm以上、好ましくは430

10

20

30

40

50

n m以上、より好ましくは440 n m以上で、通常は500 n m未満、好ましくは490 n m以下、より好ましくは480 n m以下、更に好ましくは470 n m以下、特に好ましくは460 n m以下の波長範囲にあるものが好適である。本発明の半導体発光装置で青色蛍光体を用いる場合、青色蛍光体の種類は特に限定されない。第2実施形態の半導体発光装置では、青色蛍光体は広帯域蛍光体（具体的には、半値幅が20 n m以上である蛍光体）であることが好ましい。本発明の半導体発光装置に用いられる青色蛍光体として、(Ca, Sr, Ba)MgAl₁₀O₁₇:Eu、(Sr, Ca, Ba, Mg)₁₀(PO₄)₆(Cl, F)₂:Eu、(Ba, Ca, Mg, Sr)₂SiO₄:Eu、(Ba, Ca, Sr)₃MgSi₂O₈:Euが好ましく、(Ba, Sr)MgAl₁₀O₁₇:Eu、(Ca, Sr, Ba)₁₀(PO₄)₆(Cl, F)₂:Eu、Ba₃MgSi₂O₈:Euがより好ましく、Sr₁₀(PO₄)₆Cl₂:Eu、BaMgAl₁₀O₁₇:Euがさらに好ましく、(Sr, Ba, Ca)₅(PO₄)₃Cl:Eu（より具体的には、Sr₅(PO₄)₃Cl:Eu（以下、SCAと称することもある。）や、(Sr_{1-x}Ba_x)₅(PO₄)₃Cl:Eu（x > 0、好ましくは0.4 > x > 0.12）（以下、SBCAと称することもある。））が特に好ましい。実施例では、青色蛍光体として、半値幅が30 n mであり発光ピーク波長が450 n mであるSr₅(PO₄)₃Cl:Eu、及び半値幅が80 n mであり（つまり、半値幅が、上記青色蛍光体の半値幅よりも広い）発光ピーク波長が475 n mである(Sr_{1-x}Ba_x)₅(PO₄)₃Cl:Eu（x > 0）が用いられている。

【0059】

例示した青色蛍光体の中でも、特に、ピーク波長が440 n m以上であって500 n m以下、好ましくは445 n m以上であって490 n m以下、より好ましくは460 n m以上であって480 n m以下である青色蛍光体を使用した場合には、波長500 n mにおける強度を容易に高めることができ、その結果として光束で規格化された光のスペクトルにおける500 n mの波長の光の強度の値を前述の範囲に調整することができる。また、青色蛍光体として半値幅が20 n m以上であって90 n m以下、好ましくは30 n m以上であって85 n m以下、より好ましくは40 n m以上であって83 n m以下である青色蛍光体を使用した場合には、波長500 n mにおける強度を容易に高めることができ、その結果として、光束で規格化された光のスペクトルにおける500 n mの波長の光の強度の値を前述の範囲に調整することができる。

【0060】

なお、蛍光体20の形態は、パウダー状であってもよいし、セラミック組織中に蛍光体相を含有する発光セラミックであってもよい。パウダー状の蛍光体は、好ましくは、高分子材料またはガラスからなる透明な固定マトリクス中に蛍光体粒子を分散させて固定化されるか、または適当な部材の表面に電着やその他の方法で蛍光体粒子を層状に堆積させて固定化される。

【0061】

(LEDチップ10)

第1実施形態および第2実施形態におけるLEDチップ10には、360 n m以上420 n m以下の光を発する半導体発光素子が用いられることが好ましい。なお、そのような半導体発光素子として、例えば、紫色発光ダイオード素子があり、波長が390 n m以上420 n m以下であることがより好ましい。実施例におけるLEDチップ10には紫色発光ダイオード素子が用いられている。半導体発光素子は、窒素ガリウム系、酸化亜鉛系または炭化ケイ素系の半導体で形成されたpn接合形の発光部を有する発光ダイオード素子であることが好ましい。

【0062】

なお、LEDチップ10として、420 n m以上480 n m以下の光を発する青色発光ダイオード素子を用いてもよい。その場合には、青色蛍光体の使用は必須ではない。青色蛍光体を使用しない場合（つまり、青色発光ダイオード素子を使用する場合）には、半値幅が、50 n m以上であって120 n m以下、好ましくは60 n m以上であって115 n m以下、より好ましくは80 n m以上であって110 n m以下である緑色蛍光体を使用す

ることで、500 nm の波長の強度の値を前述の範囲にすることができる。また、420 nm ~ 480 nm の光を発する青色発光ダイオード素子と、それよりもピーク波長が 10 nm 以上長波長である他の青色発光ダイオード素子とを組み合わせて用いることでも、500 nm の波長の強度の値を前述の範囲にすることができる。

【0063】

以下、蛍光体の種類とスペクトル及び彩度についての関係を把握するためのシミュレーション結果を示す。本発明の半導体発光装置は、エネルギー面積が特定の値を満たすこと、または 600 nm 強度比が特定の値を満たすこと、を特徴とする。このような特徴を有するスペクトルを出射する半導体発光装置を製造するためには、光源並びに蛍光体の種類及び含有量を適切に選択することが必要となる。本シミュレーションの結果を考慮することで、当業者は本発明の特徴を有するスペクトルを出射する半導体発光装置を実施することが、より容易となる。10

【0064】

(青色蛍光体とスペクトル及び彩度の関係)

本シミュレーションでは、緑色蛍光体及び赤色蛍光体を固定し、青色蛍光体の種類を変更することで、以下のパラメータを含む半導体発光装置が出射する光の特性を検討した。

i) 半導体発光装置が発する光の、光束で規格化された光のスペクトルにおいて 600 nm 以上の波長であって 780 nm 以下の波長である光のエネルギー面積の値に対する、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおいて 600 nm 以上の波長であって 780 nm 以下の波長である光のエネルギー面積の値（以下、600 ~ 780 nm 積算比ともいう。）20

i i) 光束で規格化された光のスペクトルにおける 500 nm の波長の光の強度に対する、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおける 500 nm の波長の光の強度の値（以下、500 nm 強度比ともいう。）

i i i) 光束で規格化された光のスペクトルにおける 660 nm の波長の光の強度に対する、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおける 660 nm の波長の光の強度の値（以下、660 nm 強度比ともいう。）

結果を表 1 に示す。

【0065】

【表 1】

30

表 1

青色蛍光体 (ピーク、半値幅)	SCA (450 nm, 25 nm)	SBCA1 (454 nm, 34 nm)	SBCA2 (475 nm, 70 nm)
相関色温度	3357	3357	3357
黒体輻射軌跡 曲線からの偏差 duv	-0.023	-0.023	-0.023
Ra	91	84	70
R(9-12)	85	66	35
R9	92	60	35
R9C*ab	74	78	81
R11C*ab	40	43	46
R12C*ab	60	61	64
R(1-14)C*ab(Ave.)	41	41	41
600-780nm 積算比	0.48	0.53	0.56
500nm 強度比	0.20	0.86	1.38
660nm 強度比	0.78	0.86	0.92

【0066】

表 1 では、赤色蛍光体として S C A S N 、緑色蛍光体として - サイアロンを用い、青

50

色蛍光体として S C A ($\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$: Eu) 、 S B C A 1 (($\text{Sr}_{0.88}\text{Ba}_{0.12}$)₅ (PO_4)₃ Cl : Eu) 、 S B C A 2 (($\text{Sr}_{0.79}\text{Ba}_{0.21}$)₅ (PO_4)₃ Cl : Eu) の 3 つのうち一つを用いたものである。表 1 からは、青色蛍光体として半値幅が大きい青色蛍光体、すなわち広帯域の青色蛍光体を用いることで、500 nm 強度比を向上させることができあり、また 660 nm 強度比を向上させることができあり、また、600 ~ 780 nm 積算比を向上させることができある。これに伴い、彩度についても向上することが理解できる。

【 0067 】

(赤色蛍光体とスペクトル及び彩度の関係)

本シミュレーションでは、青色蛍光体及び緑色蛍光体を固定し、赤色蛍光体の種類を変更することで、半導体発光装置が出射する光の特性を検討した。 10

結果を表 2 A に示す。

【 0068 】

【 表 2 A 】

表 2 A

赤色蛍光体 (ピーク、半値幅)	SCASN (620nm, 90nm)	SCASN (630nm, 90 nm)	CASN (660nm, 90nm)
相関色温度	3357	3357	3357
黒体輻射軌跡 曲線からの偏差 duv	-0.023	-0.023	-0.023
Ra	74	70	48
R(9-12)	50	35	-11
R9	75	35	-114
R9C*ab	77	81	95
R11C*ab	44	46	52
R12C*ab	64	64	62
R(1-14)C*ab(Ave.)	40	41	44
600-780nm 積算比	0.48	0.56	1.13
500nm 強度比	1.38	1.38	1.32
660nm 強度比	0.71	0.92	2.26

10

20

30

【 0069 】

表 2 A では、青色蛍光体として S B C A 2 、緑色蛍光体として - サイアロンを用い、赤色蛍光体の種類を変えたものである。表 2 A からは、赤色蛍光体としてピーク波長が長波長である赤色蛍光体を用いることで、660 nm 強度比を向上させることができあり、また、600 ~ 780 nm 積算比を向上させることができる。これに伴い、特に赤色の彩度についても向上することが理解できる。

【 0070 】

(狹帯域赤色蛍光体とスペクトル及び彩度の関係)

本シミュレーションでは、青色蛍光体、緑色蛍光体、及び狭帯域赤色蛍光体を用いて、半導体発光装置が出射する光の特性を検討した。 40

結果を表 2 B に示す。

【 0071 】

【表2B】

表2B

赤色蛍光体 (ピーク、半値幅)	Mn付活ジャーマネイト (660nm, 16nm)
相関色温度	3357
黒体輻射軌跡 曲線からの偏差 duv	-0.023
R9C*ab	106
R11C*ab	57
R12C*ab	64
R(1-14)C*ab(Ave.)	46
600-780nm 積算比	0.98
500nm 強度比	1.41
660nm 強度比	6.81

10

【0072】

表2Bでは、青色蛍光体としてSBCA2、緑色蛍光体として β -サイアロンを用い、狭帯域赤色蛍光体としてMn付活ジャーマネートを使用したものである。表2Bからは、赤色蛍光体として狭帯域赤色蛍光体を用いることで、500nm強度比を向上させることが可能であり、また、600~780nm積算比を向上させることが可能である。これに伴い、特に赤色の彩度についても格段に向上させることができることが理解できる。

20

【0073】

(緑色蛍光体及び青色蛍光体とスペクトル及び彩度の関係)

本シミュレーションでは、赤色蛍光体を固定し、青色蛍光体と緑色蛍光体の組合せを変更することで、半導体発光装置が出射する光の特性を検討した。

結果を表3に示す。

【0074】

【表3】

30

表3

青色蛍光体 (ピーク、半値幅)	BAM (455 nm, 40 nm)	SBCA2 (475 nm, 70 nm)	SBCA2 (475 nm, 70 nm)
緑色蛍光体 (ピーク、半値幅)	BSS (530 nm, 70 nm)	BSS (530 nm, 70 nm)	β -SiAlON (540 nm, 50 nm)
相関色温度	3357	3357	3357
黒体輻射軌跡 曲線からの偏差 duv	-0.023	-0.023	-0.023
Ra	48	38	48
R(9-12)	-6	-34	-11
R9	-114	-139	-114
R9C*ab	94	97	95
R11C*ab	54	56	52
R12C*ab	59	63	62
R(1-14)C*ab(Ave.)	44	45	44
600-780nm 積算比	1.13	1.19	1.13
500nm 強度比	1.12	1.62	1.32
660nm 強度比	2.27	2.40	2.26

40

【0075】

50

表3では、赤色蛍光体としてCASN蛍光体（ピーク波長660nm、半値幅90nm）を用い、青色蛍光体と緑色蛍光体の種類を変えたものである。表3からは、青色蛍光体としてBAM蛍光体を用いるよりもSBCA（SBCA2）蛍光体を用いることで、500nm強度比を向上させることが可能であり、660nm強度比を向上させることが可能であり、また、600~780nm積算比を向上させることができることが可能である。これに伴い彩度についても向上することができる。

一方、緑色蛍光体としては、-サイアロンを用いるよりもBSS蛍光体を用いることで、500nm強度比を向上させることが可能であり、660nm強度比を向上させることが可能であり、また、600~780nm積算比を向上させることができることが可能である。これに伴い彩度についても向上することができる。

【0076】

次に、半導体発光装置が発する光の、黒体輻射軌跡曲線からの偏差 d_{uv} とスペクトル及び彩度についての関係を把握するためのシミュレーション結果を示す。本発明の半導体発光装置は、所望の相關色温度（具体的には、3357K）およびCIE（1931）XYZ表色系のXY色度図において、光の色度座標の黒体輻射軌跡曲線からの偏差 d_{uv} が特定の値を満たすことが好ましい。具体的には、偏差 d_{uv} は-0.03以上、0.03以下が好ましく、-0.03以上、-0.005以下が好ましい。偏差 d_{uv} が上記範囲を充足することで、本発明の半導体発光装置がより高い彩度を有する光を発することが理解できる。

【0077】

（黒体輻射軌跡曲線からの偏差 d_{uv} とスペクトル及び彩度の関係）

本シミュレーションでは、色度を固定し、黒体輻射軌跡曲線からの偏差 d_{uv} を変化させることで、半導体発光装置が出射する光の特性を検討した。

結果を表4に示す。

【0078】

【表4】

表4

相關色温度	3357	3357	3357	3357
黒体輻射軌跡曲線 からの偏差 d_{uv}	0.000	-0.008	-0.015	-0.023
Ra	70	63	57	48
R(9-12):	53	32	14	-11
R9	-41	-68	-87	-114
R9C*ab	87	90	92	95
R11C*ab	45	47	49	52
R12C*ab	54	56	58	62
R(1-14)C*ab(Ave.)	41	42	43	44
600-780nm積算比	0.94	1.01	1.06	1.13
500nm強度比	0.78	0.97	1.11	1.32
660nm強度比	1.86	2.00	2.11	2.26

【0079】

表4は、青色蛍光体としてSBCA2（ピーク波長475nm、半値幅70nm）、緑色蛍光体として-サイアロン（ピーク波長540nm、半値幅50nm）、赤色蛍光体としてCASN（ピーク波長660nm、半値幅90nm）を用い、色度を一定に保ったまま黒体輻射軌跡曲線からの偏差 d_{uv} を変化させたものである。表4からは、 d_{uv} を0.000から-0.023に変化させるにしたがって、彩度、特に、赤色と緑色の彩度

10

20

30

40

50

が上がる事が理解できる。これは、 d_{uv} を特定の範囲において低下させることで、600~780 nm積算比、500 nm強度比、660 nm強度比ともに数値が向上しており、 d_{uv} を-0.03以上、-0.005以下とすることで本発明の半導体発光装置がより高い彩度を有する光を発することが理解できる。

【0080】

以下に本発明を実施例により更に具体的に説明するが、本発明はその要旨を超えない限り、これらの実施例によって限定されるものではない。

<実験試料>

本発明の発明者等が行った実験（シミュレーションを含む）の試料（本実施形態の半導体発光装置1）について説明する。本実験において、LEDチップ10として、発光ピーク波長が405 nmで半値幅が30 nmである紫色発光ダイオード素子が用いられている。なお、発光ピーク波長および半値幅は、積分球が用いられて測定されている。また、第1の実施例および第2の実施例とともに、緑色蛍光体として-サイアロンが用いられ、赤色蛍光体として $\text{CaAlSi}(\text{N}, \text{O})_3 : \text{Eu}$ が用いられている。なお、当該緑色蛍光体の発光ピーク波長は540 nmで半値幅は60 nmであり、当該赤色蛍光体の発光ピーク波長は660 nmで半値幅は90 nmである。青色蛍光体として、第1の実施例では、半値幅が30 nmであり発光ピーク波長が450 nmである $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl} : \text{Eu}$ が用いられ、第2の実施例では、半値幅が80 nmであり発光ピーク波長が475 nmである $(\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x)_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl} : \text{Eu}$ （ $x > 0$ ）が用いられている。なお、各蛍光体の発光ピーク波長および半値幅は分光光度計で測定された値である。

【0081】

第1実施例の半導体発光装置1は、所望の相關色温度（具体的には、3357 K）およびCIE(1931)XYZ表色系のXYZ色度図において、光の色度座標の黒体輻射軌跡曲線からの偏差 d_{uv} （以下、単に d_{uv} という）の値が所望の値である光を発する。なお、所望の値の d_{uv} は、好ましくは、-0.02以上であって0.02以下（つまり、白色）であることであるが、-0.03以上であって0.02以下または-0.02以上であって0.03以下（つまり、白色以外）であってもよい。なお、0.00以上であって0.03以下であってもよいし、0.02以上であって0.03以下であってもよい。同様に、-0.03以上であって0.00以下であってもよいし、-0.03以上であって-0.02以下であってもよい。また、上記シミュレーションの結果から理解できるように、-0.005以下が好ましく、さらに好ましくは-0.010以下、特に好ましくは-0.020以下である。そして、-0.030未満となると発光効率の低下が著しいため、-0.030以上が好ましい。 d_{uv} 値が上記の範囲であれば、彩度、特に赤色と緑色の彩度を上げることができる。第1実施例では、 d_{uv} は-0.0233である。

【0082】

そして、第1実施例において、当該光は、光束で規格化された光のスペクトルにおいて600 nm以上の波長であって780 nm以下の波長である光のエネルギー面積の値が、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおいて600 nm以上の波長であって780 nm以下の波長である光のエネルギー面積の値の85%以上、好ましくは90%以上、より好ましくは101%以上、特に好ましくは106%以上であって、150%以下、好ましくは130%以下、より好ましくは125%以下、さらに好ましくは117%以下、特に好ましくは115%以下である（本実施形態の第1実施例では97%）。

【0083】

そして、第1実施例において、当該光は、光束で規格化された光のスペクトルにおける660 nmの波長の光の強度の値が、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおける660 nmの波長の光の強度の値の170%以上、好ましくは180%以上、より好ましくは190%以上、さらに好ましくは210%以上、特に好ましくは218%以上であって、300%以下、好ましくは260%以下、より好ましくは250%以下、さらに好ましくは240%以下、特に好ましくは230%以下である（本実施形態の第1実施例では193%）。

10

20

30

40

50

【0084】

図2は、第1実施例の半導体発光装置1が発した合成光のスペクトルを示すグラフである。図2には、第1実施例の半導体発光装置1が発した合成光のスペクトルが実線で示され、当該合成光の相關色温度に対応した演色性評価用基準光のスペクトルが点線で示されている。なお、LEDチップ10が発した光である励起光のピーク強度の値は、各蛍光体がそれぞれ発した光である各蛍光のピーク強度の値のうち最も大きな値の50%の値になるように調整されている。また、半導体発光装置1が発した合成光は、LEDチップ10が発した励起光と各蛍光体がそれぞれ発した各蛍光とを含む光である。

【0085】

第2実施例の半導体発光装置1は、第1実施例の半導体発光装置1と同様に、所望の相關色温度（具体的には、3357K）および所望のduvの値である光を発する。なお、所望の値のduvは、第1実施例と同様に、好ましくは、-0.02以上であって0.02以下（つまり、白色）であることであるが、-0.03以上であって0.02以下または-0.02以上であって0.03以下（つまり、白色以外）であってもよい。なお、0.00以上であって0.03以下であってもよいし、0.02以上であって0.03以下であってもよい。同様に、-0.03以上であって0.00以下であってもよいし、-0.03以上であって-0.02以下であってもよい。また、-0.005以下が好ましく、さらに好ましくは-0.010以下、特に好ましくは-0.020以下である。そして、-0.030未満となると発光効率の低下が著しいため、-0.030以上が好ましい。duv値が上記の範囲であれば、彩度、特に赤色と緑色の彩度を上げることができる。
第2実施例では、第1実施例と同様に、duvは-0.0233である。

10

20

30

40

【0086】

そして、第2実施例において、当該光は、光束で規格化された光のスペクトルにおいて600nm以上の波長であって780nm以下の波長である光のエネルギー面積の値が、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおいて600nm以上の波長であって780nm以下の波長である光のエネルギー面積の値の85%以上、好ましくは90%以上、より好ましくは101%以上、特に好ましくは106%以上であって、150%以下、好ましくは130%以下、より好ましくは125%以下、さらに好ましくは117%以下、特に好ましくは115%以下である（本実施形態の第2実施例では113%）。加えて、光束で規格化された光のスペクトルにおける500nmの波長の光の強度の値が、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおける500nmの波長の光の強度の値の132%である。

【0087】

そして、第2実施例において、当該光は、光束で規格化された光のスペクトルにおける660nmの波長の光の強度の値が、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおける660nmの波長の光の強度の値の170%以上、好ましくは180%以上、より好ましくは190%以上、さらに好ましくは210%以上、特に好ましくは218%以上であって、300%以下、好ましくは260%以下、より好ましくは250%以下、さらに好ましくは240%以下、特に好ましくは230%以下である（本実施形態の第2実施例では226%）。

【0088】

図3は、第2実施例の半導体発光装置1が発した合成光のスペクトルを示すグラフである。図3には、第2実施例の半導体発光装置1が発した合成光のスペクトルが実線で示され、当該合成光の相關色温度に対応した演色性評価用基準光のスペクトルが点線で示されている。なお、LEDチップ10は、発する光である励起光のピーク強度の値が、各蛍光体がそれぞれ発した光である各蛍光のピーク強度の値のうち最も大きな値の50%の値になるように調整されている。

【0089】

<実験結果>

図4は、第1実施例、第2実施例、第1参考例、第2参考例、第3参考例、および第4

50

参考例において発せられた光の特性を示す表である。なお、第1参考例における光の特性は、非特許文献1に記載されていた分光エネルギー分布図にもとづいて算出されたものである。また、第2参考例における光の特性は、第1実施例及び第2実施例と同じ相関色温度(3357K)における演色性評価用基準光の特性にもとづいて算出されたものである。第3参考例における光の特性は、特許文献3に記載されているサンプルV-1によって発せられた光の特性をシミュレーションによって求めたものである。第4参考例における光の特性は、特許文献3に記載されているサンプルV-7によって発せられた光の特性をシミュレーションによって求めたものである。

【0090】

図4に示す表において、「R9のC*a b」、「R11のC*a b」、「R12のC*a b」はそれぞれ、特殊演色評価数R9の試験色についてのC*a b、R11の試験色についてのC*a b、R12の試験色についてのC*a bである。また、R1-14のC*a b(Ave.)は、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についてのC*a bの値の平均値である。本実施形態において、平均演色評価数Raに基づく評価を行わずに、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についてのC*a bの値の平均値に基づく評価を行う理由は、本発明の目的が彩度の高い光を発する半導体発光装置1を提供することにあり、発せられた光の彩度が高いか否かを評価するためには、平均演色評価数Raよりも特殊演色評価数R9、R11、R11を含む演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についてのC*a bの値の平均値を用いる方がより適切だからである。

【0091】

ここで、本発明は、彩度に着目してなされたものであるところ、各実施例の評価は、人間の知覚により近い評価基準に基づいて行われることが好ましい。しかし、CIE xy色度図における2点間の距離は、同じ輝度における知覚的な距離に対応していない。明暗の次元を含めた3次元色空間において知覚的な距離を考慮されたものは均等色空間(uniform color space)と呼ばれ、人間の知覚により近い表現系である。

【0092】

そして、CIE1976色空間(CIELab色空間という。)は、色を、明度L*とクロマティクス指数a*・b*とからなる均等色空間上の座標で表したもので、人間の色覚に基づいて座標の算出式が定義されている。JIS Z 8729に規定されているCIELab色空間において、彩度(メトリック彩度)C*a bは、a*・b*を用いて、

$$C^* a b = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad \cdots \text{式(2)}$$
で算出される。本実施形態では、彩度を人間の色覚により近い評価基準に基づいて評価するために、各光を各演色評価数に応じた照射対象に照射した場合の彩度を上記式(2)を用いて算出して比較している。

【0093】

また、図4に示す表において、演色性評価用基準光の波長が600nm以上であって780nm以下である分光放射束の積分値を光束で割った値に対する各例における波長が600nm以上であって780nm以下である分光放射束の積分値を光束で割った値の百分率の値がエネルギー面積として記載されている。500nm強度比は、演色性評価用基準光の波長500nmにおける強度に対する各例の波長500nmにおける強度の比の百分率の値である。660nm強度比は、演色性評価用基準光の波長660nmにおける強度に対する各例における波長660nmにおける強度の比の百分率の値である。

【0094】

図4に示すように、第1実施例の半導体発光装置1は、特殊演色評価数R9の試験色についてのC*a bの値が87.3の光を発する。特殊演色評価数R9は鮮やかな赤色に対応しているので、第1実施例の半導体発光装置1は、特殊演色評価数R9の試験色についてのC*a bの値が、84.5である第1参考例、73.3である第2参考例、72.9である第3参考例、および86.3である第4参考例よりも鮮やかな赤色についてより彩度が高い光を発することがわかる。また、第2実施例の半導体発光装置1は、特殊演色評価数R9の試験色についてのC*a bの値が94.7の光を発するので、鮮やかな赤色に

10

20

30

40

50

ついてさらに彩度が高い鮮やかな赤色の光を発することがわかる。

【0095】

図4に示すように、第1実施例の半導体発光装置1は、特殊演色評価数R11の試験色についてのC*a bの値が45.2の光を発する。特殊演色評価数R11は鮮やかな緑色に対応しているので、第1実施例の半導体発光装置1は、特殊演色評価数R11の試験色についてのC*a bの値が、38.4である第2参考例、37.9である第3参考例、および45.1である第4参考例よりも高く、46.4である第1参考例に匹敵する鮮やかな緑色についてより彩度が高い光を発することがわかる。また、第2実施例の半導体発光装置1は、特殊演色評価数R11の試験色についてのC*a bの値が51.9の光を発するので、鮮やかな緑色についてさらに彩度が高い光を発することがわかる。

10

【0096】

図4に示すように、第1実施例の半導体発光装置1は、特殊演色評価数R12の試験色についてのC*a bの値が57.7の光を発する。特殊演色評価数R12は鮮やかな青色に対応しているので、第1実施例の半導体発光装置1は、特殊演色評価数R12の試験色についてのC*a bの値が、52.9である第1参考例、55.6である第2参考例、55.3である第3参考例、および57.2である第4参考例よりも鮮やかな青色についてより彩度が高い光を発することがわかる。また、第2実施例の半導体発光装置1は、特殊演色評価数R12の試験色についてのC*a bの値が61.6の光を発するので、鮮やかな青色についてさらに彩度が高い光を発することがわかる。

【0097】

20

図4に示すように、第1実施例の半導体発光装置1は、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についてのC*a bの値の平均値が43.6の光を発する。従って、第1実施例の半導体発光装置1は、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についてのC*a bの値の平均値が、42.6である第1参考例、38.2である第2参考例、38.7である第3参考例、および40.9である第4参考例よりも、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についてより彩度が高い光を発することがわかる。また、第2実施例の半導体発光装置1は、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についてのC*a bの値の平均値が44.0の光を発するので、さらに彩度が高い光を発することがわかる。

【0098】

なお、第1実施例の半導体発光装置1は、平均演色評価数Raの値が69と低くなっている。特許文献3に記載されているように、従来の半導体発光装置は色再現性を高める目的で平均演色評価数Raの値を高くしているが、本発明による半導体発光装置では演色性は平均演色評価数Raの値が必ずしも高い必要はなく、彩度が高くなっていることが重要である。

30

【0099】

また、図4に示すように、第1実施例の半導体発光装置1のエネルギー面積は、85%以上であって150%以下である97%である。また、第2実施例の半導体発光装置1のエネルギー面積は、85%以上であって150%以下である113%である。

【0100】

40

図4に示すように、第1実施例の半導体発光装置1の500nm強度比は、22%である。また、第2実施例の半導体発光装置1の500nm強度比は、132%である。従って、第1実施例の半導体発光装置1の500nm強度比および第2実施例の半導体発光装置1の500nm強度比は、いずれも15%以上であって200%以下であり、第2実施例の半導体発光装置1の500nm強度比は110%以上200%以下である。

【0101】

50

図4に示すように、第1実施例の半導体発光装置1の660nm強度比は、193%である。また、第2実施例の半導体発光装置1の660nm強度比は、226%である。従って、第1実施例および第2実施例の半導体発光装置1の660nm強度比は、170%以上であって300%以下である。

【0102】

図5は、光束で規格化された第1実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルと、光束で規格化された第2実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルとを、種々の比率で合算して合成スペクトルを作成し、その合成スペクトルに基づいて算出した特性の変化を示す表である。図5において、例えば、「第1実施例の比率」が0.5、「第2実施例の比率」が0.5である列には、光束で規格化された第1実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルと光束で規格化された第2実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルとを5:5の比率で合算した合成スペクトルを出力光のスペクトルとする、模擬半導体発光装置1の特性が示されている。図5に示すように、第1実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルと第2実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルとの混合比を、1.0対0.0から0.0対1.0まで段階的に変化させている。10

【0103】

図6は、第1実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルと第2実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルとが混合され、混合された比率である混合比を変化させた場合の発光スペクトルの変化を示すグラフである。図6において、第1実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルと第2実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルとの混合比が、1.0対0.0の発光スペクトル(つまり、第1実施例における合成光のスペクトル)が中点線で示され、0.9対0.1の発光スペクトルが太点線で示され、0.8対0.2の発光スペクトルが細二点鎖線で示され、0.7対0.3の発光スペクトルが中二点鎖線で示され、0.6対0.4の発光スペクトルが太二点鎖線で示され、0.5対0.5の発光スペクトルが細一点鎖線で示され、0.4対0.6の発光スペクトルが中一点鎖線で示され、0.3対0.7の発光スペクトルが太一点鎖線で示され、0.2対0.8の発光スペクトルが細実線で示され、0.1対0.9の発光スペクトルが中実線で示され、0.0対1.0の発光スペクトル(つまり、第2実施例における合成光のスペクトル)が太実線で示され、演色性評価用基準光の発光スペクトルが細点線で示されている。図6に示すように、混合比の変化に応じて発光スペクトルが変化している。20

【0104】

図5に示すように、特殊演色評価数R9, R11, R12の試験色についてのC*a*bの値は、第2実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルの混合比の高まりに応じて増加する傾向にある。特に、特殊演色評価数R9, R11の試験色についてのC*a*bの値は、第2実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルの混合比の高まりに応じて単調増加している。従って、第2実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルの混合比を高めると、発せられる光による鮮やかな赤色、鮮やかな緑色、および鮮やかな青色のそれぞれの彩度を高めることができることがわかる。第1実施例の半導体発光装置1と第2実施例の半導体発光装置1とでは、緑色蛍光体および赤色蛍光体に同じものが使用されているが、用いられている青色蛍光体の組成及び発光特性が異なるものであるため、第1実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルと第2実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルとの混合比を変えるということは、模擬半導体発光装置1に含まれる、 $Sr_5(Po_4)_3Cl : Eu$ と $(Sr_{1-x}Ba_x)_5(Po_4)_3Cl : Eu$ ($x > 0$)との混合比を変えているとも言える。つまり、第2実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルの混合比を高めるということは、 $(Sr_{1-x}Ba_x)_5(Po_4)_3Cl : Eu$ ($x > 0$)の混合比を高めていることにもなり、その結果として、発せられる光による鮮やかな赤色、鮮やかな緑色、および鮮やかな青色のそれぞれの彩度を高めることができているともいえる。3040

【0105】

また、図5に示すように、演色評価数R1～R14の試験色についてのC*a*bの値の平均値は、第1実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルの混合比の高まりに応じて単調増加している。従って、第2実施例の半導体発光装置1に用いられている青色蛍光体の混合比を高めると、発せられる光の演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての彩度を高めることができることがわかる。

【0106】

図5に示すように、エネルギー面積、500nm強度比、および660nm強度比は、第2実施例の半導体発光装置1において用いられている青色蛍光体の混合比の高まりに応じて単調増加している。ここで、図5に示すように、500nm強度比が高くなると660nm強度比も高くなる。その理由について説明する。

【0107】

彩度を高めるために光源のスペクトルを変更するときに、色度を変更してしまうと演色性評価用基準光のスペクトルも変化してしまい、変更の前後に亘る比較が複雑になるので、ここでは変更の前後に亘って色度が一定になるように光源のスペクトルが変更される場合について説明する。

【0108】

前述したように、色度は、人間の目に対する3つの分光感度（等色関数）から算出され、3つの分光感度は、 $x(\cdot)$ 、 $y(\cdot)$ および $z(\cdot)$ からなり、光が目に入射したときのそれぞれの刺激の割合（分光感度の値の割合）に応じて色度が算出される。従って、光の色度を一定にするということは、当該光の分光感度の値の割合を一定にするということである。なお、分光感度（等色関数）は、測色標準観測者の等式関数（以下、CIE1931という）および測色補助標準観測者の等式関数（以下、CIE1964という）として、CIE（国際照明委員会）によって定められている。

【0109】

ここで、CIE1931およびCIE1964によれば、波長660nmにおいて、分光感度のうち $z(\cdot)$ の値よりも $x(\cdot)$ の値および $y(\cdot)$ の値の方が大きな値になる。さらに、波長660nmにおける $x(\cdot)$ の値と $y(\cdot)$ の値とを比較すると $x(\cdot)$ の方が大きな値になるので、光の色度を一定に保ちつつスペクトルを変更するためには、当該光における $y(\cdot) \cdot z(\cdot)$ のスペクトルを調整する必要がある。複数の単色光で $y(\cdot) \cdot z(\cdot)$ のスペクトルを調整することも可能であるが、ある波長の単色光のみで $y(\cdot) \cdot z(\cdot)$ のスペクトルを調整することを考えると、 $x(\cdot)$ の値を変化させずに $y(\cdot) \cdot z(\cdot)$ の値を変化させる必要がある。

【0110】

そして、CIE1931およびCIE1964によれば、そのような光（つまり、 $x(\cdot)$ の値を変化させずに $y(\cdot) \cdot z(\cdot)$ の値を変化させる光）に、波長が500nmの光を用いることができる事がわかる。従って、波長が500nmの光の成分の強度が変化すれば、光の色度は変化せずに波長が660nmの光の成分の強度が変化する。換言すれば、光の色度を変化させずに500nm強度比を高くすると、660nm強度比も高くなるのである。

【0111】

図7および図8にそれぞれ分光反射特性を例示し、例示した分光反射特性の照射対象に、上述した第1参考例における光を照射した場合の彩度と、特許文献1の図1に記載されている分光エネルギー分布図に示される特性を有する光である第5参考例における光を照射した場合の彩度と、特許文献1の図3に記載されている分光エネルギー分布図に示される特性を有する光である第6参考例における光を照射した場合の彩度と、第2実施例の半導体発光装置1によって発せられた合成光を照射した場合の彩度とを比較する。

【0112】

図7は、435nmの波長の水銀輝線（光の照射元が水銀を含むことに起因して生じる435nm程度の波長の狭帯域の強い光。分光エネルギー分布図において線状に示される。）の近傍の波長の単色光を他の波長の光よりも強く反射する分光反射特性を示すグラフである。

【0113】

そして、図7に示す分光反射特性の照射対象に、非特許文献1に記載されている分光エネルギー分布図に示される特性の光である第1参考例における光を照射した場合の彩度 C^* は、シミュレーションによれば、162.6である。また、図7に示す分光反射特性の照射対象に、第1参考例における光と同じ相関色温度の演色性評価用基準光を照射した

10

20

30

40

50

場合の彩度 $C^* a b$ は、シミュレーションによれば、141.8である。そうすると、図7に示す分光反射特性の照射対象に、非特許文献1に記載されている分光エネルギー分布図に示される特性の光である第1参考例における光を照射した場合の相対彩度は115%になる。

【0114】

なお、相対彩度とは、ある照射対象にある光を照射した場合の彩度 $C^* a b$ の、当該ある照射対象に当該ある光と同じ相関色温度の演色性評価用基準光を照射した場合の彩度 $C^* a b$ に対する割合の百分率である。

【0115】

図7に示す分光反射特性の照射対象に、第5参考例における光を照射した場合の彩度 $C^* a b$ は、シミュレーションによれば、174.8である。また、図7に示す分光反射特性の照射対象に、第5参考例における光と同じ相関色温度の演色性評価用基準光を照射した場合の彩度 $C^* a b$ は、シミュレーションによれば、126.9である。そうすると、図7に示す分光反射特性の照射対象に、第5参考例における光を照射した場合の相対彩度は138%になる。10

【0116】

図7に示す分光反射特性の照射対象に、第6参考例における光を照射した場合の彩度 $C^* a b$ は、シミュレーションによれば、178.4である。また、図7に示す分光反射特性の照射対象に、第6参考例における光と同じ相関色温度の演色性評価用基準光を照射した場合の彩度 $C^* a b$ は、シミュレーションによれば、129.4である。そうすると、図7に示す分光反射特性の照射対象に、第6参考例における光を照射した場合の相対彩度は138%になる。20

【0117】

図7に示す分光反射特性の照射対象に、第2実施例の半導体発光装置1によって発せられた合成光を照射した場合の彩度 $C^* a b$ は、シミュレーションによれば、113.9である。また、図7に示す分光反射特性の照射対象に、第2実施例の半導体発光装置1によって発せられた合成光と同じ相関色温度の演色性評価用基準光を照射した場合の彩度 $C^* a b$ は、シミュレーションによれば、136.5である。そうすると、図7に示す分光反射特性の照射対象に、第2実施例の半導体発光装置1によって発せられた合成光を照射した場合の相対彩度は83%になる。30

【0118】

図8は、波長460nmの近傍の波長の単色光を他の波長の光よりも強く反射する分光反射特性を示すグラフである。

【0119】

そして、図8に示す分光反射特性の照射対象に、非特許文献1に記載されている分光エネルギー分布図に示される特性の光である第1参考例における光を照射した場合の彩度 $C^* a b$ は、シミュレーションによれば、80.3である。また、図8に示す分光反射特性の照射対象に、第1参考例における光と同じ相関色温度の演色性評価用基準光を照射した場合の彩度 $C^* a b$ は、シミュレーションによれば、112.7である。そうすると、図8に示す分光反射特性の照射対象に、非特許文献1に記載されている分光エネルギー分布図に示される特性の光である第1参考例における光を照射した場合の相対彩度は71%になる。40

【0120】

図8に示す分光反射特性の照射対象に、第5参考例における光を照射した場合の彩度 $C^* a b$ は、シミュレーションによれば、78.3である。また、図8に示す分光反射特性の照射対象に、第5参考例における光と同じ相関色温度の演色性評価用基準光を照射した場合の彩度 $C^* a b$ は、シミュレーションによれば、113.1である。そうすると、図8に示す分光反射特性の照射対象に、第5参考例における光を照射した場合の相対彩度は69%になる。

【0121】

図 8 に示す分光反射特性の照射対象に、第 6 参考例における光を照射した場合の彩度 $C^* a b$ は、シミュレーションによれば、79.4 である。また、図 8 に示す分光反射特性の照射対象に、第 6 参考例における光と同じ相関色温度の演色性評価用基準光を照射した場合の彩度 $C^* a b$ は、シミュレーションによれば、112.9 である。そうすると、図 8 に示す分光反射特性の照射対象に、第 6 参考例における光を照射した場合の相対彩度は 70 % になる。

【 0 1 2 2 】

図 8 に示す分光反射特性の照射対象に、第 2 実施例の半導体発光装置 1 によって発せられた合成光を照射した場合の彩度 $C^* a b$ は、シミュレーションによれば、98.3 である。
10 また、図 8 に示す分光反射特性の照射対象に、第 2 実施例の半導体発光装置 1 によって発せられた合成光と同じ相関色温度の演色性評価用基準光を照射した場合の彩度 $C^* a b$ は、シミュレーションによれば、112.6 である。そうすると、図 8 に示す分光反射特性の照射対象に、第 2 実施例の半導体発光装置 1 によって発せられた合成光を照射した場合の相対彩度は 87 % になる。

【 0 1 2 3 】

図 9 は、図 7 に示す分光反射特性の照射対象に各例における光を照射した場合の相対彩度と、図 8 に示す分光反射特性の照射対象に各例における光を照射した場合の相対彩度と、照射対象に応じた相対彩度の変化の割合とを示す表である。

【 0 1 2 4 】

図 9 に示すように、第 1 参考例における光、第 5 参考例における光、および第 6 参考例における光は、図 7 に示す分光反射特性の照射対象に照射された場合に高い相対彩度を示すが、図 8 に示す分光反射特性の照射対象に照射された場合に低い相対彩度を示す。従って、第 1 参考例における光、第 5 参考例における光、および第 6 参考例における光は、照射対象に応じた相対彩度の変化の割合が大きい。具体的には、第 1 参考例における光は、図 7 に示す分光反射特性の照射対象に照射されたときの相対彩度が図 8 に示す分光反射特性の照射対象に照射されたときの相対彩度の 162 % である。また、第 5 参考例における光は、図 7 に示す分光反射特性の照射対象に照射されたときの相対彩度が図 8 に示す分光反射特性の照射対象に照射されたときの相対彩度の 200 % である。第 6 参考例における光は、図 7 に示す分光反射特性の照射対象に照射されたときの相対彩度が図 8 に示す分光反射特性の照射対象に照射されたときの相対彩度の 197 % である。
20
30

【 0 1 2 5 】

このことは、分光エネルギー分布図において水銀輝線を有する蛍光ランプによって発せられた光は、照射対象の分光反射特性に応じて彩度が大きく変化してしまうことを意味している。特に、水銀輝線の波長を強く反射する分光反射特性を有する照射対象と、水銀輝線の波長以外の波長を強く反射する分光反射特性の照射対象とで、相対彩度が 162 % から 200 % も異なる（つまり、1.6 倍から 2.0 倍も異なる）。

【 0 1 2 6 】

それに対して、第 2 実施例の半導体発光装置 1 によって発せられた合成光は、図 9 に示すように、図 7 に示す分光反射特性の照射対象に照射された場合の相対彩度と、図 8 に示す分光反射特性の照射対象に照射された場合の相対彩度との差異が小さい。従って、第 2 実施例の半導体発光装置 1 によって発せられた合成光は、照射対象に応じた相対彩度の変化の割合が小さい。具体的には、第 2 実施例の半導体発光装置 1 によって発せられた合成光は、図 7 に示す分光反射特性の照射対象に照射されたときの相対彩度が図 8 に示す分光反射特性の照射対象に照射されたときの相対彩度の 95 % である。
40

【 0 1 2 7 】

つまり、第 2 実施例の半導体発光装置 1 のように、分光エネルギー分布図において水銀輝線を有さず、かつ、広帯域蛍光体が用いられている場合には、照射対象の分光反射特性に基づく彩度の変動が小さい。そして、このことは、第 1 実施例の半導体発光装置 1 にも当てはまる。

【 0 1 2 8 】

10

20

30

40

50

次に、本発明の発明者等が実際に作製した試料について説明する。LEDチップ10として、発光ピーク波長が約405nmで半値幅が約30nmである、350μm角のInGaN系紫色発光ダイオード素子を用いた。なお、発光ピーク波長および半値幅は、積分球が用いられて測定されている。緑色蛍光体として-Zr_{1-x}Ba_xO₄₃Eu_x(x>0)が用いられている。なお、当該緑色蛍光体の発光ピーク波長は540nmで半値幅は60nmであり、当該赤色蛍光体の発光ピーク波長は660nmで半値幅は90nmであり、当該青色蛍光体の発光ピーク波長は475nmで半値幅は80nmである。各蛍光体の発光ピーク波長および半値幅は分光光度計で測定された値である。

10

【0129】

全ての半導体発光装置は、6個の前記紫色発光ダイオード素子が5050SMD型アルミニナセラミックパッケージに実装され、パウダー状の蛍光体が添加されたシリコーン樹脂組成物で封止されることにより作製されている。図10は、各半導体発光装置に用いられている発光ダイオード素子を封止するためのシリコーン樹脂組成物における各蛍光体の含有量(重量%濃度)を示す表である。図10に示すように、第3実施例の半導体発光装置1は、青色蛍光体、緑色蛍光体および赤色蛍光体を、それぞれ14.4wt%、2.5wt%および2.5wt%の濃度で含むことにより、青色蛍光体、緑色蛍光体および赤色蛍光体の蛍光体混合物を19.4wt%の濃度で含むシリコーン樹脂組成物により、紫色発光ダイオード素子が封止された構造を有している。また、図10に示すように、第4実施例の半導体発光装置1は、青色蛍光体、緑色蛍光体および赤色蛍光体を、それぞれ13.0wt%、3.8wt%および1.9wt%の濃度で含むことにより、青色蛍光体、緑色蛍光体および赤色蛍光体の蛍光体混合物を18.7wt%の濃度で含むシリコーン樹脂組成物により、紫色発光ダイオード素子が封止された構造を有している。

20

【0130】

図11は、第3実施例の半導体発光装置1が発した合成光のスペクトルを示すグラフである。図11には、第3実施例の半導体発光装置1が発した合成光のスペクトルが実線で示され、当該合成光の相関色温度に対応した演色性評価用基準光のスペクトルが点線で示されている。図12は、第4実施例の半導体発光装置1が発した合成光のスペクトルを示すグラフである。図12には、第4実施例の半導体発光装置1が発した合成光のスペクトルが実線で示され、当該合成光の相関色温度に対応した演色性評価用基準光のスペクトルが点線で示されている。図13は、第3実施例の半導体発光装置1の発光特性、および第4実施例の半導体発光装置1の発光特性の測定結果を示す表である。また、図13には、第3実施例の半導体発光装置1が発する光の相関色温度(3327K)における基準光の発光特性の結果が第7参考例として示されている。また、図13には、第4実施例の半導体発光装置1が発する光の相関色温度(4865K)における基準光の発光特性の結果が第8参考例として示されている。

30

【0131】

図14は、CIELab色空間における第3実施例の半導体発光装置1の発光特性および第7参考例の発光特性を示すグラフである。図14には、第3実施例の半導体発光装置1の発光特性が実線で示され、第7参考例の発光特性が点線で示されている。図15は、CIELab色空間における第4実施例の半導体発光装置1の発光特性および第8参考例の発光特性を示すグラフである。図15には、第4実施例の半導体発光装置1の発光特性が実線で示され、第8参考例の発光特性が点線で示されている。

40

【0132】

図14および図15に示すように、第3実施例の半導体発光装置1および第4実施例の半導体発光装置1の両者ともに、図4および図5に示す第1実施例の半導体発光装置1および第2実施例の半導体発光装置1の実験結果と同様に、特殊演色評価数R9の試験色についてのC*a*b、特殊演色評価数R11の試験色についてのC*a*b、特殊演色評価数R12の試験色についてのC*a*b、および演色評価数R1~R14のそれぞれの試験色に

50

についての $C^* a b$ のいずれもが良好なものとなっていることがわかる。

【0133】

本発明の第1実施形態によれば、半導体発光装置1が、彩度が高い光を発することができる。具体的には、このように構成された半導体発光装置は、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値が演色性評価用基準光に基づく演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値よりも大きく、鮮やかな赤色を評価するために用いられる特殊演色評価数であるR9の試験色についての $C^* a b$ の値が演色性評価用基準光に基づくR9の試験色についての $C^* a b$ の値よりも5以上大きく、かつ、鮮やかな緑色を評価するために用いられる特殊演色評価数であるR11の試験色についての $C^* a b$ の値が演色性評価用基準光に基づくR11の試験色についての $C^* a b$ の値よりも5以上大きい光を発することができる。10

【0134】

また、R9の試験色についての $C^* a b$ の値を、演色性評価用基準光に基づくR9の試験色についての $C^* a b$ の値よりも5以上、好ましくは10以上、より好ましくは15以上、さらに好ましくは20以上大きくすることで、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値を、演色性評価用基準光に基づく演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値よりも大きくすることができる。なお、R9の試験色についての $C^* a b$ を、演色性評価用基準光に基づくR9の試験色についての $C^* a b$ の値に対して105%以上、好ましくは110%以上、より好ましくは120%以上、さらに好ましくは125%以上の値とすることでも、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値を、演色性評価用基準光に基づく演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値よりも大きくすることができる。また、R11の試験色についての $C^* a b$ の値を、演色性評価用基準光に基づくR11の試験色についての $C^* a b$ の値よりも5以上、好ましくは10以上大きくすることで、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値を、演色性評価用基準光に基づく演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値よりも大きくすることができる。20

【0135】

なお、R11の試験色についての $C^* a b$ を、演色性評価用基準光に基づくR11の試験色についての $C^* a b$ の値に対して110%以上、好ましくは125%以上の値とすることでも、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値を、演色性評価用基準光に基づく演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値よりも大きくすることができる。30

【0136】

また、R9の試験色についての $C^* a b$ の値を、演色性評価用基準光に基づくR9の試験色についての $C^* a b$ の値よりも5以上、好ましくは10以上、より好ましくは15以上、さらに好ましくは20以上大きくすることで、半導体発光装置1を、肉用照明や、生肉用照明、赤身魚用照明に、より好適に用いることができる。なお、R9の試験色についての $C^* a b$ を、演色性評価用基準光に基づくR9の試験色についての $C^* a b$ の値に対して105%以上、好ましくは110%以上、より好ましくは120%以上、さらに好ましくは125%以上の値とすることでも、半導体発光装置1を、肉用照明や、生肉用照明、赤身魚用照明に、より好適に用いることができる。40

【0137】

R11の試験色についての $C^* a b$ の値を、演色性評価用基準光に基づくR11の試験色についての $C^* a b$ の値よりも5以上、好ましくは10以上大きくすることで、半導体発光装置1を、野菜用照明や、緑色野菜用照明に、より好適に用いることができる。なお、R11の試験色についての $C^* a b$ を、演色性評価用基準光に基づくR11の試験色についての $C^* a b$ の値に対して110%以上、好ましくは125%以上の値とすることでも、半導体発光装置1を、野菜用照明や、緑色野菜用照明に、より好適に用いることができる。50

【 0 1 3 8 】

また、第1実施形態の半導体発光装置1は、蛍光体の励起源として水銀輝線が存在しない半導体発光素子を用いているので、どのような反射特性を有する単色の照射対象であっても鮮やかに見せることができる。

【 0 1 3 9 】

本発明の第2実施形態によれば、半導体発光装置1が、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての C^*a_b の値の平均値が演色性評価用基準光に基づく演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての C^*a_b の値の平均値よりも大きく、鮮やかな赤色を評価するために用いられる特殊演色評価数であるR9の試験色についての C^*a_b の値が演色性評価用基準光に基づくR9の試験色についての C^*a_b の値よりも5以上大きく、かつ、鮮やかな緑色を評価するために用いられる演色評価数であるR11の試験色についての C^*a_b の値が演色性評価用基準光に基づくR11の試験色についての C^*a_b の値よりも5以上大きい光を発することができる。10

【 0 1 4 0 】

R9の試験色についての C^*a_b の値を、演色性評価用基準光に基づくR9の試験色についての C^*a_b の値よりも5以上、好ましくは10以上、より好ましくは15以上、さらに好ましくは20以上大きくすることで、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての C^*a_b の値の平均値を、演色性評価用基準光に基づく演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての C^*a_b の値の平均値よりも大きくすることができる。

なお、R9の試験色についての C^*a_b を、演色性評価用基準光に基づくR9の試験色についての C^*a_b の値に対して105%以上、好ましくは110%以上、より好ましくは120%以上、さらに好ましくは125%以上の値とすることでも、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての C^*a_b の値の平均値を、演色性評価用基準光に基づく演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての C^*a_b の値の平均値よりも大きくすることができる。20

【 0 1 4 1 】

また、R11の試験色についての C^*a_b の値を、演色性評価用基準光に基づくR11の試験色についての C^*a_b の値よりも5以上、好ましくは10以上大きくすることで、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての C^*a_b の値の平均値を、演色性評価用基準光に基づく演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての C^*a_b の値の平均値よりも大きくすることができる。なお、R11の試験色についての C^*a_b を、演色性評価用基準光に基づくR11の試験色についての C^*a_b の値に対して110%以上、好ましくは125%以上の値とすることでも、演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての C^*a_b の値の平均値を、演色性評価用基準光に基づく演色評価数R1～R14のそれぞれの試験色についての C^*a_b の値の平均値よりも大きくすることができる。30

【 0 1 4 2 】

R9の試験色についての C^*a_b の値を、演色性評価用基準光に基づくR9の試験色についての C^*a_b の値よりも5以上、好ましくは10以上、より好ましくは15以上、さらに好ましくは20以上大きくすることで、半導体発光装置1を、肉用照明や、生肉用照明、赤身魚用照明に、より好適に用いることができる。なお、R9の試験色についての C^*a_b を、演色性評価用基準光に基づくR9の試験色についての C^*a_b の値に対して105%以上、好ましくは110%以上、より好ましくは120%以上、さらに好ましくは125%以上の値とすることでも、半導体発光装置1を、肉用照明や、生肉用照明、赤身魚用照明に、より好適に用いることができる。40

【 0 1 4 3 】

また、R11の試験色についての C^*a_b の値を、演色性評価用基準光に基づくR11の試験色についての C^*a_b の値よりも5以上、好ましくは10以上大きくすることで、半導体発光装置1を、野菜用照明や、緑色野菜用照明に、より好適に用いることができる。なお、R11の試験色についての C^*a_b を、演色性評価用基準光に基づくR11の試50

験色についての $C^* a b$ の値に対して 110% 以上、好ましくは 125% 以上の値とすることでも、半導体発光装置 1 を、野菜用照明や、緑色野菜用照明に、より好適に用いることができる。

【 0 1 4 4 】

第 2 実施形態の半導体発光装置 1 は、広帯域緑色蛍光体および広帯域赤色蛍光体を含むので、可視光における波長領域全般に亘って十分な発光強度を有し、かつ、これらの蛍光体の励起起源として水銀輝線が存在しない半導体発光素子を用いているので、どのような反射特性を有する単色の照射対象であっても鮮やかに見せることができる。

【 0 1 4 5 】

本発明の各実施態様の半導体発光装置 1 が、光束で規格化されたスペクトルにおいて 500 nm の波長の光の強度の値が、光束で規格化された演色性評価用基準光のスペクトルにおける 500 nm の波長の光の強度の値の 15% 以上であって 200% 以下である光を発するように構成されているので、鮮やかな青色を評価するために用いられる特殊演色評価数である R 12 における $C^* a b$ の値が演色性評価用基準光に基づく R 12 の試験色についての $C^* a b$ の値よりも 2 以上大きい光を発することができる。10

【 0 1 4 6 】

また、R 12 の試験色についての $C^* a b$ の値を、演色性評価用基準光に基づく R 12 の試験色についての $C^* a b$ の値よりも 2 以上、好ましくは 5 以上大きくすることで、演色評価数 R 1 ~ R 14 のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値を、演色性評価用基準光に基づく演色評価数 R 1 ~ R 14 のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値よりも大きくすることができる。20

【 0 1 4 7 】

なお、R 12 の試験色についての $C^* a b$ を、演色性評価用基準光に基づく R 12 の試験色についての $C^* a b$ の値に対して 103% 以上、好ましくは 108% 以上の値とすることでも、演色評価数 R 1 ~ R 14 のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値を、演色性評価用基準光に基づく演色評価数 R 1 ~ R 14 のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値よりも大きくすることができる。また、R 12 の試験色についての $C^* a b$ の値を、演色性評価用基準光に基づく R 12 の試験色についての $C^* a b$ の値よりも 2 以上、好ましくは 5 以上大きくすることで、半導体発光装置 1 を、鮮魚用照明や、青み魚用照明に、より好適に用いることができる。なお、R 12 の試験色についての $C^* a b$ を、演色性評価用基準光に基づく R 12 の試験色についての $C^* a b$ の値に対して 103% 以上、好ましくは 108% 以上の値とすることでも、半導体発光装置 1 を、鮮魚用照明や、青み魚用照明に、より好適に用いることができる。30

【 0 1 4 8 】

本発明による第 1 実施例の半導体発光装置 1 および第 2 実施例の半導体発光装置 1 を、一般照明用に用いることができるが、演色評価数 R 1 ~ R 14 のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値が演色性評価用基準光に基づく演色評価数 R 1 ~ R 14 のそれぞれの試験色についての $C^* a b$ の値の平均値よりも大きく、照射対象をより鮮やかに見せることができるので、展示物用照明に、より好適に用いることができる。

【 0 1 4 9 】

また、本発明による第 1 実施例の半導体発光装置 1 および第 2 実施例の半導体発光装置 1 は、鮮やかな赤色を評価するために用いられる特殊演色評価数である R 9 における $C^* a b$ の値が演色性評価用基準光に基づく R 9 の試験色についての $C^* a b$ の値よりも 5 以上大きい光を発することができるので、肉用照明や、生肉用照明、赤身魚用照明に、より好適に用いることができる。40

【 0 1 5 0 】

また、本発明による第 1 実施例の半導体発光装置 1 および第 2 実施例の半導体発光装置 1 は、鮮やかな緑色を評価するために用いられる特殊演色評価数である R 11 における $C^* a b$ の値が演色性評価用基準光に基づく R 11 の試験色についての $C^* a b$ の値よりも 5 以上大きい光を発することができるので、野菜用照明や、緑色野菜用照明に、より好適に用50

いることができる。

【0151】

また、本発明による第1実施例の半導体発光装置1および第2実施例の半導体発光装置1は、鮮やかな青色を評価するために用いられる特殊演色評価数であるR12におけるC^{*}a bの値が演色性評価用基準光に基づくR12の試験色についてのC^{*}a bの値よりも2以上大きい光を発することができるので、鮮魚用照明や、青み魚用照明に、より好適に用いることができる。

【0152】

以上に述べた各実施形態における各実施例の半導体発光装置1が組み合わされていてもよい。図16は、半導体発光装置1が組み合わされた半導体発光システムの例を示す説明図である。図16に示す例では、それぞれ発光スペクトルが異なる半導体発光装置1aと半導体発光装置1bとが並んで設置されている。半導体発光装置1aは、LEDチップ10aと蛍光体20aとを含む。半導体発光装置1bは、LEDチップ10bと蛍光体20bとを含む。

10

【0153】

図16に示す半導体発光装置1aの発光スペクトルが第1実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルと同様であり、図16に示す半導体発光装置1bの発光スペクトルが第2実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルと同様である場合には、例えば、それぞれのLEDチップに流れる電流量を制御することにより、半導体発光装置1aが発する光の強度と半導体発光装置1bが発する光の強度とを調整して、彩度を調整可能な半導体発光システムを実現することができる。半導体発光装置1aが発する光の強度と半導体発光装置1bが発する光の強度とを調整することは、第1実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルと第2実施例の半導体発光装置1の発光スペクトルとの混合比を調整するということである。従って、図5に示すように、半導体発光装置1aが発する光の強度と半導体発光装置1bが発する光の強度との割合を調整して、当該半導体発光システムによって発せられる光を調整することができる。

20

【0154】

半導体発光システムに、例えば、互いの発光装置のR1～R14のそれぞれの試験色についてのC^{*}a bの値の平均値の差が0.5以上、好ましくは1以上、より好ましくは2以上、さらに好ましくは5以上、特に好ましくは10以上となる半導体発光装置1aおよび半導体発光装置1bが組み合わされて用いられることが望ましい。また、半導体発光システムに、互いの発光装置のR9の試験色についてのC^{*}a bの値の差が0.5以上、好ましくは1以上、より好ましくは2以上、さらに好ましくは5以上、特に好ましくは10以上となる半導体発光装置1aおよび半導体発光装置1bが組み合わされて用いられてもよい。そのように組み合わされた場合には、鮮やかな赤色についての彩度を調整可能な半導体発光システムを実現することができる。さらに、半導体発光システムに、R11の試験色についてのC^{*}a bの値の差が0.5以上、好ましくは1以上、より好ましくは2以上、さらに好ましくは5以上、特に好ましくは10以上となる半導体発光装置1aおよび半導体発光装置1bが組み合わされて用いられてもよい。そのように組み合わされた場合には、鮮やかな緑色についての彩度を調整可能な半導体発光システムを実現することができる。また、半導体発光システムに、R12の試験色についてのC^{*}a bの値の差が0.5以上、好ましくは1以上、より好ましくは2以上、さらに好ましくは5以上、特に好ましくは10以上となる半導体発光装置1aおよび半導体発光装置1bが組み合わされて用いられてもよい。そのように組み合わされた場合には、鮮やかな青色についての彩度を調整可能な半導体発光システムを実現することができる。

30

【0155】

また、半導体発光システムにおいて、半導体発光装置1aが発する光と半導体発光装置1bが発する光とで色度や色温度が同じであれば、色度や色温度を一定に保ったままで、当該半導体発光システムが発する合成光の彩度だけを変更する調整を行うことができる。

【0156】

40

50

なお、半導体発光システムにおいて、半導体発光装置 1 a および半導体発光装置 1 b が、それぞれ、第 1 実施形態の条件（上述した（第 1 実施形態の半導体発光装置 1 ）に記載されている条件）および第 2 実施形態の条件（上述した（第 2 実施形態の半導体発光装置 1 ）に記載されている条件）を満たしてもよいし、第 1 実施形態の条件のみを満たしてもよいし、第 2 実施形態の条件のみを満たしてもよい。また、半導体発光システムによって発せられる合成光が第 1 実施形態の条件および / または第 2 実施形態の条件を満たしていれば、半導体発光装置 1 a および半導体発光装置 1 b はどちらの条件も満たしていなくてもよい。半導体発光装置 1 a および半導体発光装置 1 b のうち、一方の半導体発光装置がいずれかの条件を満たしている場合には、当該一方の半導体発光装置によって発せられた光の割合が高くなるようにすれば、半導体発光システムによって発せられる光の彩度を高めることができる。10

【 0 1 5 7 】

半導体発光システムにおいて、半導体発光装置 1 a および半導体発光装置 1 b のうち、一方に彩度が高い光を発する半導体発光装置を用い、他方に可視光領域の全般の色に対しつてすぐれた演色性を有する発光スペクトルの半導体発光装置を用いてもよい。具体的には、例えば、半導体発光装置 1 a が、第 1 実施形態の条件および / または第 2 実施形態の条件を満たす半導体発光装置であり、半導体発光装置 1 b が、平均演色評価数 R a が 8 0 以上、好ましくは 9 0 以上となる光を発する半導体発光装置であるように構成されていてよい。そのような構成によれば、半導体発光装置 1 a および半導体発光装置 1 b の発光強度をそれぞれ調整することにより、可視光領域の全般の色に対する演色性と彩度とをそれぞれ調整可能にすることができる。なお、半導体発光装置 1 b が、特殊演色評価数 R 9 , R 1 1 , R 1 2 がそれぞれ 8 0 以上、好ましくは 9 0 以上となる光を発する半導体発光装置であってもよい。20

【 0 1 5 8 】

半導体発光システムにおいて、半導体発光装置 1 a および半導体発光装置 1 b が、それぞれ第 1 実施形態の条件および / または第 2 実施形態の条件を満たし、互いの相関色温度が異なる半導体発光装置であってもよい。そのような構成によれば、彩度を一定に保ったままで、半導体発光システムによって発せられる合成光の相関色温度だけを変更する調整を行うことができる。なお、一方の半導体発光装置が発する相関色温度と他方の半導体発光装置が発する相関色温度との差は、2 0 0 0 K 以上であることが好ましく、3 0 0 0 K 以上であることがより好ましく、3 5 0 0 K 以上であることが特に好ましい。具体的には、例えば、一方の半導体発光装置が発する光の相関色温度を 2 7 0 0 K にし、他方の半導体発光装置が発する光の相関色温度を 6 7 0 0 K にする。30

【 0 1 5 9 】

図 1 6 に示すような半導体発光装置 1 a および半導体発光装置 1 b を有した半導体発光システムのもう 1 つの例を図 1 7 に示す。図 1 7 に示す例では、半導体発光システム 1 0 1 は、電気絶縁性に優れて良好な放熱性を有したアルミナ系セラミックからなる配線基板 1 0 2 のチップ実装面 1 0 2 a に 4 個ずつ 2 列に実装された LED チップ 1 0 3 を備えている。更に、配線基板 1 0 2 のチップ実装面 1 0 2 a には、これら LED チップ 1 0 3 を取り囲むように、環状且つ円錐台形状のリフレクタ（壁部材）1 0 4 が設けられている。40

【 0 1 6 0 】

リフレクタ 1 0 4 の内側は、仕切り部材 1 0 5 によって第 1 領域 1 0 6 と第 2 領域 1 0 7 とに分割され、各領域にはそれぞれ蛍光体が充填剤に混合された状態で充填されている。具体的には、第 1 領域 1 0 6 には、所望する一方の半導体発光装置 1 a の特性に応じた蛍光体（例えば、第 1 実施例の蛍光体）が充填され、第 2 領域 1 0 7 には、所望する他方の半導体発光装置 1 b の特性に応じた蛍光体（例えば、第 2 実施例の蛍光体）が充填されている。従って、第 1 領域 1 0 6 には、LED チップ 1 0 3 と第 1 の領域 1 0 6 に充填された蛍光体とによって半導体発光装置 1 a が構成され、第 2 領域 1 0 7 には、LED チップ 1 0 3 と第 2 の領域 1 0 7 に充填された蛍光体とによって半導体発光装置 1 b が構成されていることになる。なお、リフレクタ 1 0 4 および仕切り部材 1 0 5 は、樹脂、金属、50

セラミックなどで形成することができ、接着剤などを用いて配線基板 102 に固定される。また、リフレクタ 104 および仕切り部材 105 に導電性を有する材料を用いる場合は、配線パターンに対して電気的な絶縁性を持たせるための処理が必要となる。

【0161】

なお、図 17 に示す LED チップ 103 の数は一例であって、必要に応じて増減可能であり、第 1 領域 106 と第 2 領域 107 とに 1 個ずつとすることも可能であり、またそれぞれの領域で数を異ならせることも可能である。また、配線基板 102 の材質についても、アルミナ系セラミックに限定されるものではなく、様々な材質を適用可能であり、例えば、セラミック、樹脂、ガラスエポキシ、樹脂中にフィラーを含有した複合樹脂などから選択された材料を用いてもよい。更に、配線基板 102 のチップ実装面 102a における光の反射性を良くして半導体発光システムの発光効率を向上させる上では、アルミナ粉末、シリカ粉末、酸化マグネシウム、酸化チタンなどの白色顔料を含むシリコーン樹脂を用いるのが好ましい。一方、銅製基板やアルミ製基板などのような金属製基板を用いて放熱性を向上させることも可能である。但し、この場合には、電気的絶縁を間に介して配線基板に配線パターンを形成する必要がある。10

【0162】

また、上述したリフレクタ 104 及び仕切り部材 105 の形状も一例を示すものであって、必要に応じて様々に変更可能である。例えば、予め成形したリフレクタ 104 及び仕切り部材 105 に代えて、ディスペンサなどを用い、配線基板 102 のチップ実装面 102a にリフレクタ 104 に相当する環状壁部（壁部材）を形成し、その後に仕切り部材 105 に相当する仕切り壁（仕切り部材）を形成するようにしてもよい。この場合、環状壁部及び仕切り壁部に用いる材料には、例えばペースト状の熱硬化性樹脂材料または UV 硬化性樹脂材料などがあり、無機フィラーを含有させたシリコーン樹脂が好適である。20

【0163】

図 17 に示すような構成によれば、第 1 領域 106 に設置されている半導体発光装置 1a の発光スペクトルと第 2 領域 107 に設置されている半導体発光装置 1b の発光スペクトルに基づいて、半導体発光装置 1a および半導体発光装置 1b に流す電流量を制御して、半導体発光システムによって発せられる光の特性（彩度や演色性、相関色温度等）を調整することができる。

【0164】

なお、図 17 に示す構成において、第 1 領域 106 および第 2 領域 107 への蛍光体の充填に代えて、透明な板材に蛍光体を塗布し、LED チップ 103 の上方に配置するようにしてもよい。30

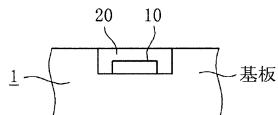
【符号の説明】

【0165】

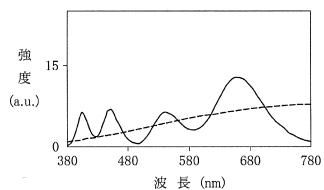
1, 1a, 1b	半導体発光装置
10, 10a, 10b, 103	LED チップ
20, 20a, 20b	蛍光体
101	半導体発光システム
102	配線基板
102a	チップ実装面
104	リフレクタ
105	仕切り部材
106	第 1 領域
107	第 2 領域

40

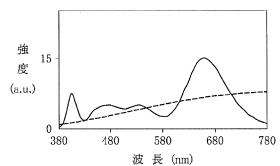
【図1】



【図2】



【図3】



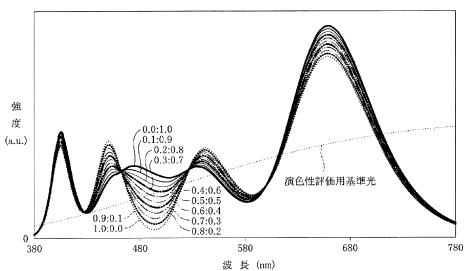
【図4】

マニヤタ色色系	第1実施例	第2実施例	第1参考例	第2参考例	第3参考例	第4参考例
4.5RA/13 R9K*ab)	87.3	94.7	84.5	73.3	72.9	86.3
4.5CG/8 R11C*ab)	45.2	51.9	46.4	38.4	37.9	45.1
3/PB3/11 R12C*ab)	57.7	61.6	52.9	55.6	55.3	57.2
R1-R14C*ab(Ave.)	43.6	44.0	42.6	38.2	38.7	40.9
エネルギー面積(%)	97	113	74	100	48	78
500nm強度比(%)	22	132	97	100	85	109
660nm強度比(%)	193	226	422	100	82	154

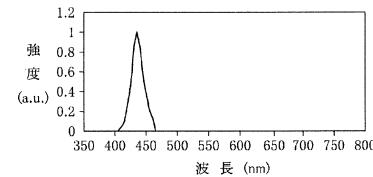
【図5】

	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0
第1実施例の発光スペクトルの比率	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
R9K*ab)	87.3	88.0	88.8	89.6	90.3	91.1	91.8	92.5	93.3	94.0	94.7
R11C*ab)	45.2	45.8	46.4	47.1	47.7	48.4	49.0	49.7	50.4	51.1	51.9
R12C*ab)	57.7	57.6	57.6	57.7	57.9	58.3	58.8	59.4	60.0	60.8	61.6
R1-R14C*ab(Ave.)	43.6	43.6	43.6	43.6	43.6	43.6	43.7	43.7	43.8	43.9	44.0
エネルギー面積(%)	97	99	100	102	104	105	107	108	110	112	113
500nm強度比(%)	22	33	44	55	66	77	88	99	110	121	132
660nm強度比(%)	193	196	199	203	206	209	213	216	219	223	226

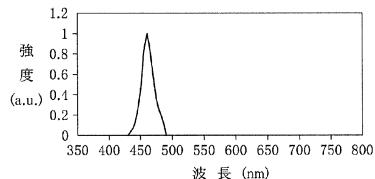
【図6】



【図7】



【図8】



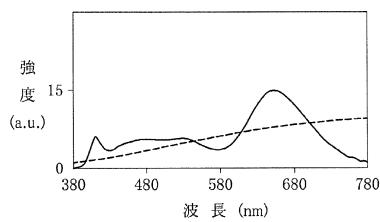
【図9】

	435nm程度の波長を強く反射する分光反射特性を仮定した場合の相対彩度(1)	460nm程度の波長を強く反射する分光反射特性を仮定した場合の相対彩度(2)	(1)/(2)*100
第2実施例	83	87	95
第1参考例	115	71	162
第5参考例	138	69	200
第6参考例	138	70	197

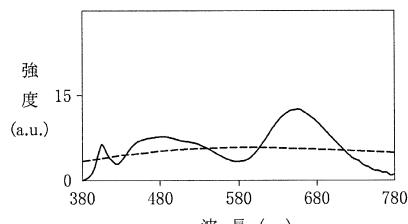
【図10】

	第3実施例	第4実施例
相関色温度(K)	3327	4865
duv	-0.0242	-0.0184
青色蛍光体含有量(wt%)	14.4	13.0
緑色蛍光体含有量(wt%)	2.5	3.8
赤色蛍光体含有量(wt%)	2.5	1.9
蛍光体含有量(wt%)	19.4	18.7

【図11】



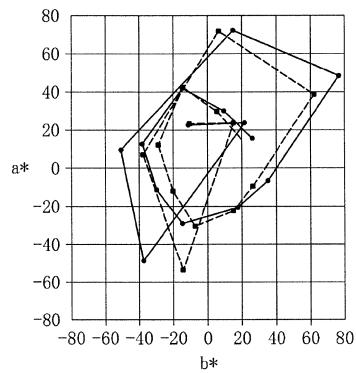
【図12】



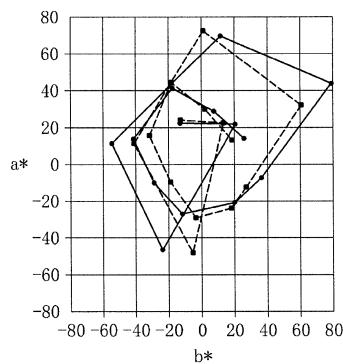
【図13】

	第3実施例	第7参考例	第4実施例	第8参考例
R9(C*ab)	90.9	73.4	90.3	68.5
R11(C*ab)	51.4	38.3	55.5	42.4
R12(C*ab)	61.5	55.7	52.3	48.7
R1-R14(C*ab)(Ave.)	43.4	38.2	42.7	38.0
エネルギー面積(%)	97	100	127	100
500nm強度比(%)	138	100	135	100
660nm強度比(%)	184	100	221	100

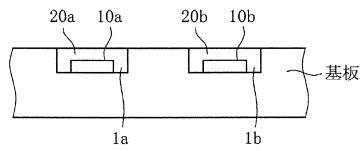
【図14】



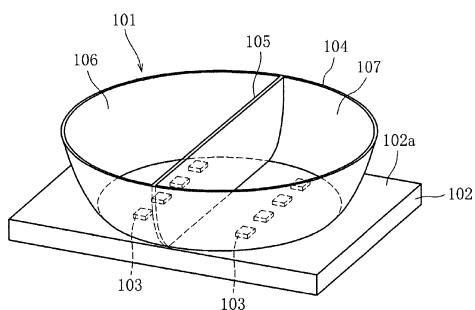
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 義人
茨城県牛久市東瑞穂町1000番地 三菱化学株式会社内

合議体

審判長 小松 徹三

審判官 山村 浩

審判官 近藤 幸浩

(56)参考文献 特開2010-93132(JP,A)
特開2009-176661(JP,A)
特開2008-268757(JP,A)
特開平3-235901(JP,A)
国際公開第2011/024818(WO,A1)
特表2011-514667(JP,A)
特開2011-40241(JP,A)

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