

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5085815号  
(P5085815)

(45) 発行日 平成24年11月28日(2012.11.28)

(24) 登録日 平成24年9月14日(2012.9.14)

(51) Int.Cl.	F 1
H 01 L 33/32 (2010.01)	H 01 L 33/00 186
C 09 K 11/64 (2006.01)	C 09 K 11/64
H 01 S 5/323 (2006.01)	H 01 S 5/323 610

請求項の数 9 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2000-585941 (P2000-585941)	(73) 特許権者	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1番
(86) (22) 出願日	平成11年11月30日(1999.11.30)	(74) 代理人	100137545 弁理士 荒川 智志
(65) 公表番号	特表2002-531955 (P2002-531955A)	(74) 代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(43) 公表日	平成14年9月24日(2002.9.24)	(74) 代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久
(86) 國際出願番号	PCT/US1999/028279	(72) 発明者	レビンソン、ライオネル・モンティー アメリカ合衆国、12309、ニューヨーク州、ニスカユナ、リンダ・レーン、1番
(87) 國際公開番号	W02000/033389		
(87) 國際公開日	平成12年6月8日(2000.6.8)		
審査請求日	平成18年11月28日(2006.11.28)		
審判番号	不服2010-28479 (P2010-28479/J1)		
審判請求日	平成22年12月16日(2010.12.16)		
(31) 優先権主張番号	09/203, 206		
(32) 優先日	平成10年11月30日(1998.11.30)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 視感度の高い蛍光体による発光デバイス

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

青色光を発する発光素子と、該発光素子の第一スペクトルの青色光を吸収して第二スペクトルの光を発する蛍光体組成物とを含んでなるランプであつて、上記蛍光体組成物が  $Ba_2MgSi_2O_7 : Eu^{2+}$ 、 $Ba_2SiO_4 : Eu^{2+}$  及び  $(Sr, Ca, Ba)(Al, Ga)_2S_4 : Eu^{2+}$  の 1 種類以上からなる、ランプ。

## 【請求項 2】

前記発光素子が発光ダイオード又はレーザーダイオードからなる、請求項 1 記載のランプ。

## 【請求項 3】

前記第二スペクトルの分光視感度が 550 ルーメン / ワット放射束以上である、請求項 1 又は請求項 2 記載のランプ。

## 【請求項 4】

前記青色光の発光ピークが  $400 \text{ nm}$  よりも長く  $520 \text{ nm}$  よりも短い波長にある、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項記載のランプ。

## 【請求項 5】

前記第二スペクトルの発光ピークが  $500 \text{ nm} \sim 570 \text{ nm}$  の間にある、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項記載のランプ。

## 【請求項 6】

前記発光素子を封入した透過体をさらに含んでなり、前記蛍光体組成物が該透過体の表

面上に堆積している、請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項記載のランプ。

【請求項 7】

発光デバイスで青色光を発生させる段階と、青色光を吸収する蛍光体組成物に上記青色光を当てる段階と、上記蛍光体組成物で青色光を異なるスペクトルを示す光に変換する段階とを含んでなる発光方法であって、上記蛍光体組成物が  $Ba_2MgSi_2O_7 : Eu^{2+}$ 、 $Ba_2SiO_4 : Eu^{2+}$  及び  $(Sr, Ca, Ba)(Al, Ga)_2S_4 : Eu^{2+}$  の 1 種類以上からなる、方法。

【請求項 8】

前記青色光を発生させる段階が発光ダイオードで青色光を発生することを含む、請求項 7 記載の方法。

10

【請求項 9】

前記蛍光体組成物が前記青色光を分光視感度 550 ルーメン / ワット放射束以上の光に変換する、請求項 7 又は請求項 8 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は概して発光デバイスに関するものであり、具体的には発光ダイオードと蛍光体組成物から白色光を発するランプに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、短波長放射線を発する発光半導体デバイスの製造に著しい進歩が見られた。例えば、日亜化学工業（株）は青色及び紫外（UV）波長域の光を発する発光ダイオード及びレーザーダイオードを生産している。日亜は青色発光ダイオードと蛍光体を含んだ光源も生産している。その蛍光体は 3 値セリウムをドープしたイットリウム - アルミニウム - ガーネットであり、青色光の一部を広帯域黄色光に変換する。青色光と黄色光が一緒になって色温度約 6000 ~ 8000 °K 及び演色評価数（CRI）約 77 の白色光を生じる。

20

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ただし、日亜の光源の有するデバイス視感度は、ワット入力電力当り約 5 ルーメンにすぎない。そこで、特に入力電力が限られている（例えばバッテリー電力による）場合には、日亜ランプの出力光束は比較的小さい。従って、デバイス視感度及び出力光束の高い光源があれば性能向上の面で望ましい。

30

【0004】

【課題を解決するための手段】

本発明の一つの例示的な実施形態によるランプは、発光ダイオード又はレーザーダイオードのような青色光を発する発光素子と該発光素子の第一スペクトルの青色光を吸収して第二スペクトルの光を発する蛍光体組成物を含んでなる。この蛍光体組成物は、 $Ba_2MgSi_2O_7 : Eu^{2+}$ 、 $Ba_2SiO_4 : Eu^{2+}$  及び  $(Sr, Ca, Ba)(Al, Ga)_2S_4 : Eu^{2+}$  の 1 種類以上を含んでなる。

40

【0005】

本発明は、青色光を発する発光素子と該発光素子の第一スペクトルの青色光を吸収して第二スペクトルの光を発する蛍光体組成物にも関するが、当該ランプの発する光の分光視感度は、ワット放射束当り 550 ルーメン以上である。出力スペクトルの分光視感度が高いために、ランプに対する入力電力は高い明るさを供するように効率的にルーメンに変換される。例えば、当該ランプのデバイス視感度は、ワット入力電力当り 35 ~ 45 ルーメン或いはそれ以上にできる。

【0006】

本発明のランプは特に、明るさがランプの重要な特性となり、入力電力に限界があり、演色性がさほど重要でないフラッシュライトとして有用である。

【0007】

50

【発明の実施の形態】

本発明のその他の特徴及び利点は、以下の詳細な説明及び添付の図面から明らかになろう。

【0008】

当技術分野で公知の通り、人間の目はある特定の波長の光に対してその他の光よりも敏感である。この現象は国際照明委員会（CIE）により入念に研究され、光に対する人間の目の応答についての多くの観察に基づいて1931年に創案された標準は「標準観測者」と知られている。標準観測者は波長の関数として多数の個人の視感度の平均値を表し、555ナノメーター（nm）に極大を有し、約380nm（紫外）及び780nm（赤外）でゼロまで下がる。標準観測者に代表される人間の目の感度の変動を図1にプロットしたが、これは分光視感度V( )を波長( )の関数として示したものである。

【0009】

分光視感度V( )は、出力光束（測定単位はルーメン）に多大な影響を与える可能性があるので、多くの照明用途で重要である。光束とは、視覚を生じる能力によって評価される放射エネルギー（放射束）の流れの速さをいう。放射束とは、光源から放射される単位時間当たりの放射エネルギーをいう。光の波長が異なると目の感度が変化するので、光束は放射束と異なる。例えば、赤色光源と同じ放射束を発する緑色光源は、目が赤色光よりも緑色光に鋭敏なため、高い光束を有する。この原理を図2に示すが、この図は、全可視波長域で等しい放射束スペクトルで得られる光束を波長の関数として示す。

【0010】

光束Lは、次式により放射束P( )と視感度V( )との積を所望の波長域にわたって積分すれば計算できる。

【0011】

$$P(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

係数 は最大視感度係数であり、555nmにおいて683ルーメン/ワット（1pw）に等しい。最大視感度係数 はワットをルーメンに変換する。

【0012】

出力スペクトルを特徴づけるのに常用されるもう一つ変数は分光視感度である。分光視感度は放射束からルーメンを得る際の出力スペクトルの効率を定量化する。分光視感度は光束を光源の出力放射束で除したものとして従来より定義されている。555nmの波長のみを含む出力スペクトルは最大視感度、即ち683ルーメン/ワットを有する。白熱電球の発する可視光の分光視感度は典型的には約300ルーメン/ワットである。

【0013】

本発明の例示的実施形態によれば、ランプの出力スペクトルは、図1の視感度曲線の感度の高い領域周辺に出力スペクトルを集約することによって高い分光視感度を与えるように設計される。こうして、光源の出力光束を表す式(1)の積分値は、光源に対する入力電力を増加させなくても、増大する。

【0014】

本発明の例示的実施形態によれば、光源はLED又はレーザーダイオードのような青色光を発する発光デバイスと、青色光を吸収して緑色光を発する蛍光体とを含んでなる。蛍光体は、図1の視感度曲線の最も感度の高い領域に集約された出力スペクトルを有する緑色光を発するように選択される。

【0015】

LEDの発する青色光の発光ピークは通常400nmよりも長波長側にあり、典型的には400~520nmの間、さらに典型的には約450~約470nmの間にある。LEDの発する青色光のピーク半値幅は、典型的には約70nm未満、さらに典型的には約50nm未満であり、随意約20nm未満としてもよい。

【0016】

当技術分野で公知の通り、青色LEDは基板上に種々の半導体材料を堆積させることによって製造し得る。発光デバイスの形成に有用な半導体材料として知られている公知のグル

10

20

30

40

50

ープは窒化ガリウム (GaN) 系である。窒化ガリウム系とは、III族窒化物、即ち窒化ガリウム (GaN)、窒化アルミニウム (AlN) 及び窒化インジウム (InN) の1種類以上を含む半導体材料をいう。GaN系ではその組成中のGaN、AlN及びInNの相対量に基づいて種々の波長の光、特に短波長光の発光が可能である。GaN系は、通例、従来の緑色発光LEDと比べると出力放射束が比較的高く、温度感受性が小さいという利点も与える。

【0017】

図3にLED10の一例を示す。例示的なLEDは基板20、n型GaN層30、单一又は多重量子井戸を形成することもある窒化インジウムガリウム (InGaN) 層40、p型窒化アルミニウムガリウム (AlGaN) 層50、p型GaN層60、プラス接点70及びマイナス接点80を有する。種々の半導体層30, 40, 50及び60は通例化学気相成長 (CVD) で堆積・積層される。一般に、各層は  $In_xGa_yAl_{(1-x-y)}N$  (ただし、 $0 < x < 1$  及び  $0 < y < 1$ ) を含み得る。図3にはLEDを例示したが、レーザーダイオードのような他の発光デバイスも本発明に包含される。さらに、GaN系以外の半導体材料、例えばヒ素化ガリウム (GaAs) 及びその合金、ケイ素及び炭化ケイ素 (SiC) を使用することもできる。

【0018】

青色波長域で発光するLED及びレーザーダイオードのその他の例は当技術分野で公知である。例えば、米国特許第5813753号、同第5813752号、同第5338944号、同第5416342号、同第5604763号及び同第5644584号を参照されたい。青色及びUV放射線を発光するLED及びレーザーダイオードに関しては、Shuji Nakamura and Gerhard Fasol, "The Blue Laser Diode" (1997) にも記載されている。

【0019】

図4は本発明の例示的実施形態による照明装置を示す。照明装置200には光源210 (LEDでもレーザーダイオードでもよい) が含まれており、例えば導線212, 214で電力を供給する。光源210及び導線212, 214の一部分は、例えばシリコーン、ガラス又はプラスチック材料で構成される透過体220の内部に封入される。

【0020】

蛍光体組成物230は、図4に示すように透過体230の外表面に形成してもよいし、或いは透過体230内部の光源210に直接形成してもよい。蛍光体組成物を透過体230又は光源210に塗布するため、蛍光体組成物を例えば工業用ラッカーに用いられるニトロセルロース / 酢酸ブチルバインダーと溶媒の溶液のような懸濁液に加えてもよい。その他にも、水に適当な分散剤及びポリエチレンオキサイドのような増粘剤又はバインダーを加えたものを始めとする種々の液体を使用し得る。蛍光体含有懸濁液を刷毛塗り又はコーティング又はその他の方法でLEDに塗布して乾燥する。照明装置200は複数の散乱粒子を含んでいてもよく、例えばレーザーダイオードを光源として使う場合には、二酸化チタン又は酸化アルミニウム粒子を透過体230内に埋め込んでおいてもよい。

【0021】

導線212, 214に電流を流すと、LEDは青色光を発し、蛍光体組成物230によって緑色光へと変換される。LED又はレーザーダイオードの発する青色光は緑色発光蛍光体を効率よく励起できる。本発明の例示的実施形態では、 $Ba_2MgSi_2O_7: Eu^{2+}$ 、 $Ba_2SiO_4: Eu^{2+}$ 及び $(Sr, Ca, Ba)(Al, Ga)_2S_4: Eu^{2+}$ の蛍光体の1種類以上が用いられる。

【0022】

上記の蛍光体において、符号コロンの後に記載された元素は賦活剤を表す。 $(A, B, C)$  という表記は  $(A_x, B_y, C_z)$  を意味する。ただし、 $0 < x < 1$  及び  $0 < y < 1$  及び  $0 < z < 1$  且  $x + y + z = 1$  である。例えば、 $(Sr, Ca, Ba)$  は  $(Sr_x, Ca_y, Ba_z)$  を意味し、 $0 < x < 1$  及び  $0 < y < 1$  及び  $0 < z < 1$  且  $x + y + z = 1$  である。通例、 $x, y$  及び  $z$  はすべて零以外の数値である。 $(A, B)$  という表記は  $(A_x, B_y)$  を意味する。

10

20

30

40

50

$B_y$  ) を意味し、  $0 < x < 1$  及び  $0 < y < 1$  及び  $x + y = 1$  である。通例、  $x$  及び  $y$  はともに零以外の数値である。

#### 【 0 0 2 3 】

緑色発光蛍光体は好ましくは約 500 nm ~ 約 555 nm の間に発光ピークを示す。図 5, 図 6 及び図 7 は本明細書で開示した 3 種の緑色蛍光体の発光スペクトルである。これらの図に示した通り、緑色蛍光体の発光スペクトルは図 1 の分光視感度曲線の最も高感度の領域と大部分一致している。 $Ba_2MgSi_2O_7 : Eu^{2+}$  は約 495 ~ 505 nm、通例約 500 nm に発光ピークを有し、 $Ba_2SiO_4 : Eu^{2+}$  は約 500 ~ 510 nm、通例約 505 nm に発光ピークを有し、 $(Sr, Ca, Ba)(Al, Ga)_2S_4 : Eu^{2+}$  は約 535 ~ 545 nm、通例約 540 nm に発光ピークを有する。これらの蛍光体を 1 種類以上使用したランプで得られる分光視感度は、青色光が実質的にすべて蛍光体で吸収されたと仮定して、550 ルーメン / ワット放射束を超えるのが通例である。 10

#### 【 0 0 2 4 】

ルーメンを得る際にランプ効率の記述に常用されるもう一つの変数はデバイス視感度であり、ランプの出力光束をランプへの入力電力で除した値として定義される。ランプのデバイス視感度は出力スペクトルの分光視感度だけでなく 3 つの付加的因子も考慮に入る。第一に、デバイス効率は LED の出力放射束を LED への入力電力で除した値を表す。典型的な青色 LED では、デバイス効率は約 10 % である。第二に、蛍光体の量子効率は吸収フォトンから放出フォトンへのエネルギー遷移に付随する損失を表す。量子効率は、蛍光体から放出されたフォトンの数を蛍光体に吸収されたフォトンの数で除した値として定義される。本明細書に開示した蛍光体では、量子効率は通例約 80 % である。第三に、蛍光体の発する放出光の振動数の減少に付随したエネルギー損失があり、 $h\nu$  に等しい。 $h$  はプランク定数で、 $\nu$  は光の振動数の変化である。吸収波長が 450 nm で発光波長が 555 nm の光では、放出エネルギーは吸収エネルギーの  $450 / 555 = 81\%$  である。 20

#### 【 0 0 2 5 】

これらすべての因子を考慮に入れると、典型的なランプのデバイス視感度 ( DLE ) は、 $DLE = ( DE ) \times ( QE ) \times ( FL ) \times ( SLE )$  で表される。 $DE$  = デバイス効率、 $QE$  = 蛍光体量子効率、 $FL$  = 振動数損失効率、そして  $SLE$  = 分光視感度である。本発明の例示的実施形態による典型的なランプでは、デバイス視感度は  $( 10\% ) \times ( 80\% ) \times ( 81\% ) \times ( 550 \sim 683 \text{ ルーメン / ワット放射束} ) = \text{約 } 35 \sim 45 \text{ ルーメン / ワット入力電力}$  となる。かかる範囲のデバイス視感度は公知の LED ランプに比べて格段に高い。例えば、従来の緑色発光 LED は通例 30 ルーメン / ワット入力電力以下である。 30

#### 【 0 0 2 6 】

本発明の別の実施形態では、デバイス効率が例えば 40 % であるようなレーザーダイオードを利用することでデバイス視感度をさらに高めることができる。他の変数が実質的に同じと仮定して、デバイス視感度は約 143 ~ 177 ルーメン / ワット入力電力へと高まる。

#### 【 0 0 2 7 】

LED 又はレーザーダイオードのいずれかを使用すると、放射光は図 1 の分光視感度曲線の最も感度の高い領域付近に集中したスペクトルを有し、例えば 550 lm 以上 の高い分光視感度を与える。本発明は、このように、LED 又はレーザーダイオードへの入力電力を増加しなくても、出力光束が格段に向上するという利点をもたらす。 40

#### 【 0 0 2 8 】

本発明のその他の実施形態は、本明細書の検討又は本明細書の開示内容の実施により当業者には自明であろう。本明細書及び具体例は例示を目的としたものにすぎず、本発明の技術的範囲及び思想は以下の請求項によって規定される。

#### 【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 波長の異なる光に対する人間の目の感度を示す分光視感度のグラフである。 50

【図2】 光源に関する、入力電力と放射束と光束との関係を説明する図表である。

【図3】 典型的な発光ダイオードの図である。

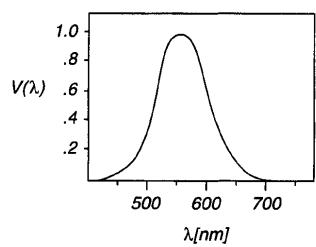
【図4】 蛍光体組成物と発光ダイオードのような光源とを含むランプを例示する図である。

【図5】 蛍光体  $Ba_2MgSi_2O_7:Eu^{2+}$  の発光スペクトル図である。

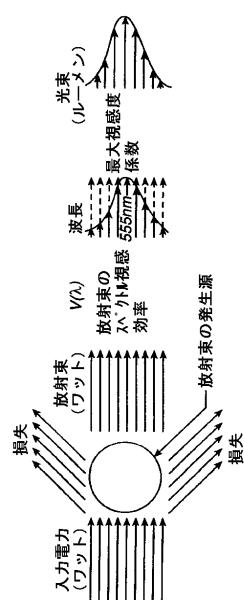
【図6】 蛍光体  $Ba_2SiO_4:Eu^{2+}$  の発光スペクトル図である。

【図7】 蛍光体  $(Sr, Ca, Ba)(Al, Ga)_2S_4:Eu^{2+}$  の発光スペクトル図である。

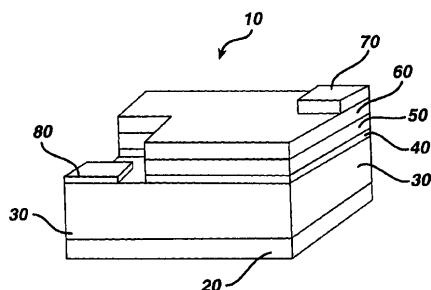
【図1】



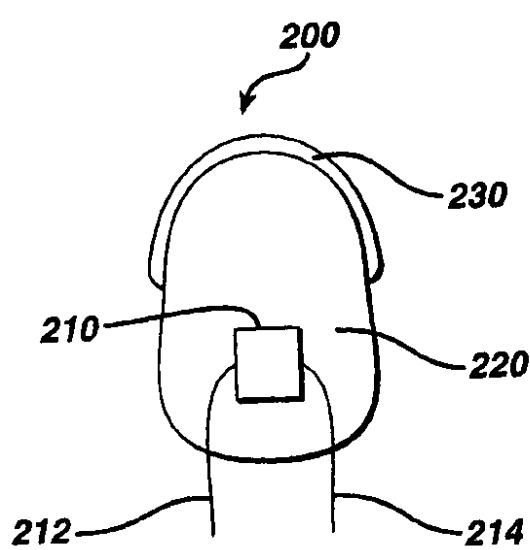
【図2】



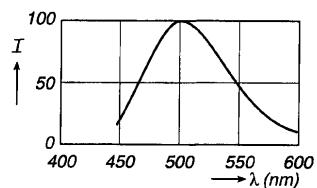
【図3】



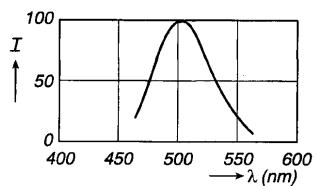
【図4】



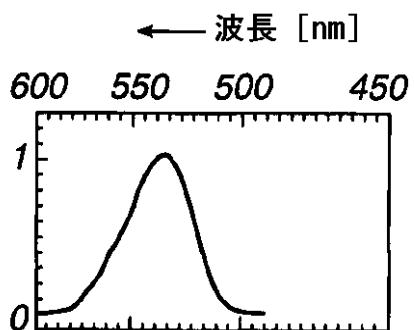
【図5】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

(72)発明者 スリバスタバ, アロク・マニ

アメリカ合衆国、12308、ニューヨーク州、スケネクタディ、シェリダン・ビルレッジ、2エー  
4番

合議体

審判長 服部 秀男

審判官 星野 浩一

審判官 岡 崎 輝雄

(56)参考文献 特開平5-152609(JP,A)

特開平8-63119(JP,A)

英国特許出願公告第1299608(GB,A)

S. H. M. Poort et al., Optical properties of Eu<sup>2+</sup>-activated orthosilicates and orthophosphates, Journal of Alloys and Compounds, Elsevier Science B.V., 1997年9月12日, Volume 260, Issues 1-2, Pages 93-97

LE THI K. T. et al., Investigation of the MS-A<sub>12</sub>S<sub>3</sub> systems (M = Ca, Sr, Ba) and luminescence properties of europium-doped thioaluminates, Materials science & engineering. B, Solid-state materials for advanced technology, 1992年9月1日, vol. 14, no 4, pp. 393-397

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S5/00-5/50

H01L33/00-33/64