

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5539163号  
(P5539163)

(45) 発行日 平成26年7月2日(2014.7.2)

(24) 登録日 平成26年5月9日(2014.5.9)

(51) Int.Cl. F I  
H O 1 L 33/50 (2010.01) H O 1 L 33/00 4 1 0

請求項の数 12 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2010-247923 (P2010-247923)	(73) 特許権者	592054856
(22) 出願日	平成22年11月4日(2010.11.4)		クリー インコーポレイテッド
(62) 分割の表示	特願2008-118021 (P2008-118021) の分割		C R E E I N C .
原出願日	平成20年4月30日(2008.4.30)		アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 2
(65) 公開番号	特開2011-35420 (P2011-35420A)		7703 ダラム シリコン ドライブ
(43) 公開日	平成23年2月17日(2011.2.17)	(74) 代理人	110000578
審査請求日	平成22年11月5日(2010.11.5)		名古屋国際特許業務法人
(31) 優先権主張番号	11/743,324	(72) 発明者	ニコラス ダブリュー. メーデンドープ, ジュニア.
(32) 優先日	平成19年5月2日(2007.5.2)		アメリカ合衆国, ノースカロライナ州 2
(33) 優先権主張国	米国 (US)		7614, ローリー, デブリン コート 1129

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 C R I の高い暖色系白色光を供給するマルチチップ発光デバイスランプおよびこれを含む照明器具

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも4つの異なる色のピークを可視域において含むスペクトル分布を有する光を発光するように構成される固体ランプであって、

前記少なくとも4つの異なる色のピークのうち第1の色のピークを含む光を発光するように構成される第1の固体発光素子と、

前記少なくとも4つの異なる色のピークのうち第2の色のピークを含む光を発光するように構成される第2の固体発光素子と、

前記第1の固体発光素子を少なくとも部分的に被覆し、前記第2の固体発光素子を被覆しない第1の変換材料と、

前記第1の固体発光素子および前記第2の固体発光素子のそれぞれを少なくとも部分的に被覆する第2の変換材料とを備え、

前記第1の変換材料が、前記第1の固体発光素子が発した光を吸収し、これに反応して前記少なくとも4つの異なる色のピークのうち第3の色のピークを含む光を再発光するように構成され、前記第1の変換材料が、前記第1の固体発光素子から離れて延在することなく前記第1の固体発光素子を少なくとも部分的に覆い、

前記第2の変換材料が、前記第1の固体発光素子および前記第2の固体発光素子が発した光をいずれも吸収し、これに反応して前記少なくとも4つの異なる色のピークのうち第4の色のピークを含む光を再発光するように構成され、

前記第1の固体発光素子および前記第2の固体発光素子のそれぞれが共通の取付部材に

10

20

取り付けられ、

前記第2の変換材料が、前記第1の固体発光素子および前記第2の固体発光素子のそれぞれから空間的に離間している

ことを特徴とする固体ランプ。

【請求項2】

前記第1の変換材料が前記第1の固体発光素子を部分的にのみ被覆する請求項1に記載の固体ランプ。

【請求項3】

前記第2の変換材料が、前記第1の固体発光素子および前記第2の固体発光素子のうち少なくとも1つを部分的にのみ被覆する請求項1又は2に記載の固体ランプ。

10

【請求項4】

前記4つの異なる色のピークのいずれとも異なる第5の色のピークを含む光を発光するように構成される第3の固体発光素子と、

前記第3の固体発光素子を少なくとも部分的に被覆し、前記第1の固体発光素子も前記第2の固体発光素子も被覆しない第3の変換材料とをさらに備え、

前記第3の変換材料が、前記第3の発光素子が発した光を吸収し、これに反応して前記少なくとも4つの異なる色のピークのうち少なくとも3つのピークとは異なる色のピークを含む光を再発光するように構成され、

前記第2の変換材料が前記第1の固体発光素子、前記第2の固体発光素子、および前記第3の固体発光素子のそれぞれを少なくとも部分的に被覆する請求項1乃至3のいずれか一項に記載の固体ランプ。

20

【請求項5】

前記第1の色のピークが青色の波長域内にあり、前記第2の色のピークがシアンの波長域内にある請求項1乃至4のいずれか一項に記載の固体ランプ。

【請求項6】

前記第1の変換材料および前記第2の変換材料がいずれも蛍光体を含む請求項1乃至5のいずれか一項に記載の固体ランプ。

【請求項7】

演色評価数が少なくとも90で、少なくとも約60ルーメン毎ワットの光出力を有する請求項1乃至6のいずれか一項に記載の固体ランプ。

30

【請求項8】

前記第1の変換材料および前記第2の変換材料の少なくとも何れかが、半導体蛍光体を含む、請求項1乃至6のいずれか一項に記載の固体ランプ。

【請求項9】

前記第1の変換材料が第1の半導体蛍光体を含み、前記第2の変換材料が第2の半導体蛍光体を含む、請求項1乃至6のいずれか一項に記載の固体ランプ。

【請求項10】

前記第1の半導体蛍光体および前記第2の半導体蛍光体がいずれも、前記第1の固体発光素子及び前記第2の固体発光素子の少なくとも何れかのバンドギャップよりも狭いバンドギャップを有するダイレクトバンドギャップ半導体蛍光体を含む請求項9に記載の固体ランプ。

40

【請求項11】

前記第1の半導体蛍光体および前記第2の半導体蛍光体がいずれも量子井戸構造を有する請求項9又は10に記載の固体ランプ。

【請求項12】

前記第1の固体発光素子および前記第2の固体発光素子に駆動電流を別々に供給するように構成された制御回路を備えることを特徴とする請求項1乃至11のいずれか一項に記載の固体ランプ。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の相互参照】

50

## 【 0 0 0 1 】

本出願は、2005年1月10日に出願された米国特許出願第11/032,363号明細書の一部継続出願で、かつそれからの優先権を主張するものであり、その開示は全体として参照により本明細書に援用される。

## 【 技術分野 】

## 【 0 0 0 2 】

## 発明の分野

本発明は半導体発光デバイスに関し、特に、波長変換材料を含むマルチチップ半導体発光デバイスおよびこれに関連する装置に関する。

## 【 背景技術 】

10

## 【 0 0 0 3 】

## 発明の背景

発光ダイオードおよびレーザダイオードは、十分な電圧が印加されると光を発生させることができるよく知られる固体照明素子である。発光ダイオードおよびレーザダイオードは一般に、発光デバイス（「LED」）と呼ばれる。発光デバイスは一般に、サファイア、シリコン、炭化シリコン、ガリウム砒素等の基板に成長させたエピタキシャル層内に形成されたpn接合を含んでいる。LEDにより発生した光の波長分布は一般に、pn接合を形成する材料およびデバイスの活性領域を構成する薄いエピタキシャル層の構造によって決まる。

## 【 0 0 0 4 】

20

典型的には、LEDチップは、基板と、基板に形成されたn型エピタキシャル領域と、n型エピタキシャル領域に形成されたp型エピタキシャル領域とを含んでいる（またはその逆）。デバイスへの電圧の印加を容易にするために、アノードオーム接点がデバイスのP型領域（典型的には、露出されたp型エピタキシャル層）に形成され、カソードオーム接点がデバイスのn型領域（基板または露出されたn型エピタキシャル層など）に形成され得る。

## 【 0 0 0 5 】

例えば、従来の白熱灯および/または蛍光灯に代わるものとして、LEDが点灯/照明の用途に用いられ得る。このため、点灯によって照明された物体がさらに自然に見えるように、比較的高い演色評価数（CRI）を有する白色光を発生させる光源の提供が求められることが多い。光源の演色評価数は、光源が発生させた光が広範囲の色を正確に照明する能力の客観的基準である。演色評価数は、単色光源に対しての実質上0から白熱光源に対しての100近くまでの範囲にわたる。色品質尺度（CQS：color quality scale）は、光の質を評価するための別の客観的基準であり、同様に実質上0から100近くまでの範囲にわたる。

30

## 【 0 0 0 6 】

さらに、特定の光源の色度は、その光源の「色点」と称されることがある。白色光源については、色度はその光源の「白色点」と称され得る。白色光源の白色点は、所定の温度まで熱せられた黒体放射体が発する光の色に相当する色度点の軌跡に沿ったものとなり得る。このため、白色点は、熱せられた黒体放射体が白色光源の色または色相に匹敵する温度である、光源の相関色温度（CCT）によって識別され得る。白色光は、典型的には、約4000~8000KのCCTを有する。4000のCCTを有する白色光は、黄色がかかった色をしている。8000KのCCTを有する白色光はこれよりも青みがかかった色をしており、「寒色系の白色」と称され得る。「暖色系の白色」は、これよりも赤みがかかった色をした約2600K~6000KのCCTを有する白色光を表すのに用いられ得る。

40

## 【 0 0 0 7 】

白色光を発生させるために、種々の色の光を発する多数のLEDが用いられ得る。LEDが発した光は組み合わせられて、所望の白色光の強度および/または色が生じ得る。例えば、赤色を発するLED、緑色を発するLED、青色を発するLEDが同時に通電されると、その結果組み合わせられた光は、構成する赤色光源、緑色光源、青色光源の相対強度に

50

よって、白色またはほぼ白色に見え得る。しかし、赤色LED、緑色LEDおよび青色LEDを含むLEDランプでは、構成するLEDのスペクトルパワー分布が比較的狭くなり得る（例えば、半値全幅（FWHM）が約10～30nm）。このようなランプを用いて高めの視感度効率および/または演色が実現可能となり得るが、高効率を得るのが困難な波長範囲（例えば、約550nm）が存在し得る。

#### 【0008】

さらに、単色LEDからの光は、蛍光体粒子などの波長変換材料によってLEDを取り囲むことによって白色光に変換され得る。用語「蛍光体」は、ここでは、吸収から再発光までの遅延および含まれる波長に関係なく、ある波長の光を吸収し、異なる波長の光を再発光する任意の材料を指すのに使用され得る。このため、用語「蛍光体」は、ここでは、  
10 蛍光性および/または燐光性と呼ばれることのある材料を指すのに使用され得る。一般に、蛍光体は、短い波長の光を吸収し、長い波長の光を再発光する。このため、LEDが発する第1の波長の光の一部または全体が蛍光体粒子によって吸収され、蛍光体粒子はこれに反応して第2の波長の光を発光し得る。例えば、単色の青色を発するLEDを、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（YAG）などの黄色蛍光体によって取り囲むことがある。この結果得られる光は青色光および黄色光の組み合わせであり、観察者には白色に見え得る。

#### 【0009】

しかし、蛍光体をベースとした固体光源から生じる光は、CRIが比較的低いことがある。さらに、このような構成によって生じた白色光は白色に見え得るが、このような光が  
20 照明した物体は、光のスペクトルが限定されているために、自然な色に見えないことがある。例えば、黄色蛍光体で被覆した青色LEDからの光は可視スペクトルの赤色部分にエネルギーをほとんど持たないため、物体の赤色があまり照明されないことがある。この結果、このような光源の下で物体を見ると、不自然な色に見えることがある。したがって、赤色を発する蛍光体粒子をいくらか含ませて、光の演色特性を向上させること、つまり、光をより「暖かく」見せることが知られている。しかし、赤色を発する蛍光体粒子は、時間が経つにつれて、黄色を発する蛍光体粒子よりも激しく劣化する傾向にあり、光源の有効寿命を低下させ得る。

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0010】

したがって、一般の照明用の改良されたLED光源が継続的に必要とされている。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0011】

#### 発明の概要

本発明の一部の実施形態による白色光を供給するマルチチップ発光デバイス（LED）ランプは、第1のダイマウント領域および第2のダイマウント領域を含むサブマウントを含んでいる。第1のダイマウント領域には第1のLEDチップが取り付けられ、第2のダイマウント領域には第2のLEDチップが取り付けられている。LEDランプは、少なくとも4つの異なる色のピークを含むスペクトル分布を有する光を発光し白色光を供給する  
40 ように構成されている。一部の実施形態では、第1のLEDチップおよび第2のLEDチップは、同色の光を発光するように構成されている。他の実施形態では、第1のLEDチップは第1の色の光を発光するように構成され、第2のLEDチップは第2の色の光を発光するように構成されている。

#### 【0012】

一部の実施形態では、ランプは、第1のLEDチップを少なくとも部分的に被覆する第1の変換材料を含み、第1の色の光の少なくとも一部を吸収して第3の色の光を再発光するように構成され得る。さらに、ランプは、第1のLEDチップおよび/または第2のLEDチップを少なくとも部分的に被覆する第2の変換材料を含み、第1の色の光および/または第2の色の光の少なくとも一部を吸収して第4の色の光を再発光するように構成され  
50

得る。一部の実施形態では、第1の変換材料および第2の変換材料の被覆は重複していないこともある。

【0013】

他の実施形態では、第1の変換材料および第2の変換材料は、第1のLEDチップおよび/または第2のLEDチップが発光した光の波長よりも長い波長を有する光を再発光するように構成され得る。例えば、第1のLEDチップは青色の波長範囲の光を発光するように構成され、第2のLEDチップはシアンの波長範囲の光を発光するように構成され、第1の変換材料は黄色を発する蛍光体であり、第2の変換材料は赤色を発する蛍光体である。

【0014】

一部の実施形態では、第1の変換材料は第1のLEDチップ上の第1の半導体層であり、第2の変換材料は第2のLEDチップ上の第2の半導体層であり得る。第1の半導体層および第2の半導体層は、第1のLEDチップおよび第2のLEDチップの量子井戸のバンドギャップよりも狭いバンドギャップをそれぞれ有し得る。第1の半導体層および/または第2の半導体層はさらに量子井戸構造を含み得る。

【0015】

他の実施形態では、サブマウントはさらに第3のダイマウント領域を上を含み、ランプは第3のダイマウント領域に取り付けられた第3のLEDチップを含み得る。第3のLEDチップは、第3の色の光を発光するように構成され得る。変換材料が第1のLEDチップを少なくとも部分的に被覆し、第1の色の光の少なくとも一部を吸収して第4の色の光を再発光するように構成され得る。

【0016】

一部の実施形態では、第3のLEDチップは、第2のLEDチップの波長よりも長い波長を有する光を発光するように構成され得る。さらに、第2のLEDチップは、第1のLEDチップの波長よりも長い波長を有する光を発光するように構成され得る。変換材料は、第2のLEDチップの波長と第3のLEDチップの波長との間の波長を有する光を再発光するように構成され得る。

【0017】

他の実施形態では、第1のLEDチップは青色の波長範囲の光を発光するように構成され、第2のLEDチップはシアンの波長範囲の光を発光するように構成され、第3のLEDチップは赤色の波長範囲の光を発光するように構成され得る。

【0018】

一部の実施形態では、変換材料は黄色を発する蛍光体であり得る。例えば、変換材料はイットリウムアルミニウムガーネットである。

他の実施形態では、第1のLEDチップは約440~470nmのピーク波長の光を発光するように構成され、第2のLEDチップは約495~515nmのピーク波長の光を発光するように構成され、第3のLEDチップは約610~630nmのピーク波長の光を発光するように構成され得る。

【0019】

一部の実施形態では、第1のLEDチップと、第2のLEDチップと、第3のLEDチップと、変換材料とが発光する光の組み合わせが、約555nmの平均波長を有し得る。また、第1のLEDチップと、第2のLEDチップと、第3のLEDチップと、変換材料とが発光する光の組み合わせが、約2600~約6000Kの色温度を有し得る。さらに、第1のLEDチップと、第2のLEDチップと、第3のLEDチップと、変換材料とが発光する光の組み合わせが、約90~99の演色評価数(CRI)を有し得る。

【0020】

本発明の他の実施形態では、白色光を供給する発光デバイス(LED)照明器具が、取付板と、取付板に取り付けられた複数のマルチチップLEDランプとを含んでいる。複数のマルチチップLEDランプはそれぞれが、取付板に取り付けられた第1のダイマウント領域および第2のダイマウント領域を上を含むサブマウントを含んでいる。第1のダイマ

10

20

30

40

50

ウント領域には第1の色の光を発光するように構成された第1のLEDチップが取り付けられ、サブマウントの第2のダイマウント領域には第2の色の光を発光するように構成された第2のLEDチップが取り付けられている。複数のマルチチップLEDランプのうち少なくとも1つが、少なくとも4つの異なる色のピークを含むスペクトル分布を有する光を発光して白色光を供給するように構成されている。

【0021】

一部の実施形態では、複数のマルチチップLEDランプのうち少なくとも1つが第1の変換材料および第2の変換材料をさらに含み得る。第1の変換材料は第1のLEDチップを少なくとも部分的に被覆し、第1の色の光の少なくとも一部を吸収して第3の色の光を再発光するように構成され得る。第2の変換材料は、第1のLEDチップおよび/または第2のLEDチップを少なくとも部分的に被覆し、第1の色の光および/または第2の色の光の少なくとも一部を吸収して第4の色の光を再発光するように構成され得る。

10

【0022】

他の実施形態では、複数のマルチチップLEDランプのうち少なくとも1つが、サブマウントの第3のダイマウント領域に取り付けられた第3の色の光を発光するように構成された第3のLEDチップをさらに含み得る。さらに、変換材料が第1のLEDチップを少なくとも部分的に被覆し、第1の色の光の少なくとも一部を吸収して第4の色の光を再発光するように構成され得る。

【0023】

一部の実施形態では、複数のマルチチップLEDランプのそれぞれの第1のLEDチップ、第2のLEDチップおよび第3のLEDチップが、個々にアドレス指定が可能である。さらに、LED照明器具は、複数のマルチチップLEDランプに電氣的に結合された制御回路をさらに含み得る。制御回路は、複数のマルチチップLEDランプのそれぞれの第1のLEDチップ、第2のLEDチップおよび第3のLEDチップにそれぞれ第1の駆動電流、第2の駆動電流、第3の駆動電流を所定の電流比で印加するように構成され得る。例えば、制御回路は、所望の色の組み合わせおよび/または色点を実現するために、LEDチップの輝度および/または波長および/または変換材料からの変換された光の輝度および/または波長によって決まる比で、第1のLEDチップ、第2のLEDチップ、第3のLEDチップ、および/または第4のLEDチップに第1の駆動電流、第2の駆動電流、第3の駆動電流、および/または第4の駆動電流を別々に印加するように構成され得る。このため、第1のLEDチップと、第2のLEDチップと、第3のLEDチップと、蛍光体の被膜とが発光する光の組み合わせが、約2600K~約6000Kの色温度、約555nmの平均波長、および/または約95の演色評価数(CRI)を有し得る。

20

30

【0024】

他の実施形態では、照明器具は、取付板に複数のマルチチップLEDランプに隣接して取り付けられた少なくとも1つのシングルチップLEDランプをさらに含み得る。

本発明のさらに他の実施形態では、白色光を供給するマルチチップ発光デバイス(LED)ランプが、第1のダイマウント領域および第2のダイマウント領域を上を含むサブマウントを含んでいる。第1のダイマウント領域には青色LEDチップが取り付けられ、第1のバイアス電流に応じて青色の波長範囲の光を発光するように構成されている。第2のダイマウント領域にはシアンLEDチップが取り付けられ、第2のバイアス電流に応じて赤色の波長範囲の光を発光するように構成されている。蛍光体材料が青色LEDチップを少なくとも部分的に被覆し、青色の波長範囲の光の少なくとも一部を黄色の波長範囲の光に変換するように構成されている。

40

【0025】

一部の実施形態では、第2の蛍光体材料がシアンLEDチップを少なくとも部分的に被覆し、シアンの波長範囲の光の少なくとも一部を赤色の波長範囲の光に変換するように構成され得る。

【0026】

他の実施形態では、赤色LEDチップが第3のダイマウント領域に取り付けられ、第3

50

のバイアス電流に応じてシアンの波長範囲の光を発光するように構成され得る。

本発明のまたさらに他の実施形態では、青色LEDチップ、シアンLEDチップ、赤色LEDチップを有する多素子発光デバイス(LED)ランプの動作方法が、青色LEDチップ、シアンLEDチップおよび赤色LEDチップに第1の駆動電流、第2の駆動電流、第3の駆動電流を別々に印加する工程を含む。これにより、青色LEDチップ、シアンLEDチップおよび赤色LEDチップが発した光の組み合わせが、約2600K~約6000Kの色温度、約555nmの平均波長、および/または約90~99の演色評価数(CRI)を有する白色光を供給し得る。

【0027】

本発明のまたさらに他の実施形態では、白色光を供給するマルチチップ発光デバイス(LED)ランプが、ダイマウント領域を上を含むサブマウントと、ダイマウント領域に取り付けられ第1の色の光を発光するように構成されたLEDチップと、LEDチップ上の半導体層とを含んでいる。半導体層は、第1の色の光の少なくとも一部を吸収して別の色の光を再発光するように構成されている。半導体層は、LEDチップの量子井戸のバンドギャップよりも狭いバンドギャップを有する直接遷移半導体材料であり得る。一部の実施形態では、半導体層は量子井戸構造を含み得る。

【図面の簡単な説明】

【0028】

図面の簡単な説明

【図1A】本発明の一部の実施形態による発光デバイス照明器具を示す上面図である。 10

【図1B】本発明のさらに他の実施形態による発光デバイス照明器具を示す上面図である。

【図2A】本発明の一部の実施形態による発光デバイスランプを示す上面図である。

【図2B】本発明の一部の実施形態による発光デバイスランプを示す上面図である。

【図2C】本発明の一部の実施形態による発光デバイスランプを示す上面図である。

【図2D】本発明の一部の実施形態による発光デバイスランプを示す上面図である。

【図3A】本発明のさらに他の実施形態による発光デバイスランプを示す上面図である。

【図3B】本発明のさらに他の実施形態による発光デバイスランプを示す上面図である。

【図3C】本発明のさらに他の実施形態による発光デバイスランプを示す上面図である。

【図3D】本発明のさらに他の実施形態による発光デバイスランプを示す上面図である。 30

【図3E】本発明のさらに他の実施形態による発光デバイスランプを示す上面図である。

【図3F】本発明のさらに他の実施形態による発光デバイスランプを示す上面図である。

【図4A】本発明の一部の実施形態による発光デバイスランプ内の個々の発光デバイスが発した光のスペクトル分布を示すグラフである。

【図4B】本発明の一部の実施形態による発光デバイスランプ内の個々の発光デバイスが発した光のスペクトル分布を示すグラフである。

【図5】本発明の一部の実施形態による発光デバイスランプが発した光の色度を示す色度図である。

【図6】本発明の一部の実施形態による発光デバイスランプの動作方法を示すフローチャートである。 40

【図7A】本発明のまたさらに他の実施形態による発光デバイスランプを示す側面図である。

【図7B】本発明のまたさらに他の実施形態による発光デバイスランプを示す側面図である。

【図7C】本発明のまたさらに他の実施形態による発光デバイスランプを示す側面図である。

【図7D】本発明のまたさらに他の実施形態による発光デバイスランプを示す側面図である。

【図8】本発明のまたさらに他の実施形態による発光デバイスランプで使用するための直接遷移半導体蛍光体層の特性を示すエネルギー準位図である。 50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0029】

## 発明の実施形態の詳細な説明

本発明の実施形態を示した添付の図面を参照して、本発明をさらに完全に説明する。しかし、本発明は多くの様々な形で具体化することが可能であり、ここに示す実施形態に限定することを意図していない。むしろ、これらの実施形態は、この開示が十分かつ完全なものとなり、当業者に本発明の範囲を完全に伝えるものとなるように提供される。図面では、層および領域の大きさおよび相対的な大きさを、明確化のために誇張して示し得る。同一の番号は、全体にわたり同一の要素を指している。

## 【0030】

層、領域、または基板などの要素が別の要素の「上に」あるとして言及する場合、これは他の要素の上に直接存在する可能性もあること、または介在する要素が存在し得ることが理解される。面などの要素の一部を「内側の」として言及する場合、これは要素の他の部分よりも装置の外側から遠い位置にあることが理解される。さらに、「下方に」または「上方にある」などの相対名辞は、ここでは、図示したように、基板または基層を基準としたある層または領域と別の層または領域との関係を説明するために使用され得る。これらの用語は、図面に示した装置の向きのほかに様々な向きを包含することを意図するものであることが理解される。最後に、用語「直接」は、介在する要素がないことを意味する。ここで用いる用語「および/または」は、1つ以上の列挙した関連項目のいかなる組み合わせもすべて含めるものである。

## 【0031】

用語、第1の、第2の等は、ここでは、種々の要素、部材、領域、層、および/または部分を説明するのに使用され得るが、これらの要素、部材、領域、層、および/または部分はこれらの用語に限定されないことが理解される。これらの用語は、単に、ある要素、部材、領域、層、または部分を、別の領域、層、または部分と区別するために使用されるものである。このため、以下に説明する第1の要素、部材、領域、層、または部分は、本発明の教示から逸脱することなく、第2の要素、部材、領域、層、または部分と称される可能性もある。

## 【0032】

本発明の理想的な実施形態の概略図である断面図、斜視図、および/または平面図を参照して、本発明の実施形態をここに説明する。このため、例えば、製造技術および/または製造公差の結果生じた図面の形状からの変形が予期される。したがって、本発明の実施形態は、ここに示す領域の特定の形状に限定されることを意図するものではなく、例えば製造した結果生じた形状のずれも含めることとする。例えば、長方形として示しまたは説明した領域が、典型では、通常の製造公差により丸みのある特徴または曲線状の特徴を有することになる。このため、図示の領域は事実上は概略であり、これらの形状はデバイスのある領域の正確な形状を示すことを意図したものではなく、本発明の範囲を限定することを意図したものではない。

## 【0033】

ここで使用する用語（技術用語および科学用語を含む）はすべて、特に定義されない限り、本発明が属する技術分野の当業者が通常理解するものと同じの意味を有する。一般に使用される辞書で定義されているような用語は、関連技術および本明細書の文脈での意味に相当する意味を有すると解釈されること、ここで特に定義しない限り、理想化された意味または過度に形式的な意味に解釈されないことがさらに理解される。

## 【0034】

ここで使用する用語「半導体発光デバイス」および/または「LED」は、シリコン、炭化シリコン、窒化ガリウム、および/または他の半導体材料を含み得る一層以上の半導体層を含む発光ダイオード、レーザダイオード、および/または他の半導体デバイスを含み得る。発光デバイスは、サファイア、シリコン、炭化シリコン、および/または別のマイクロエレクトロニクス基板などの基板を含むこともあり、含まないこともある。発光デ

10

20

30

40

50



バイスは、金属層および/または他の導電層を含み得る一層以上のコンタクト層を含み得る。一部の実施形態では、紫外発光ダイオード、青色発光ダイオード、シアン発光ダイオード、および/または緑色発光ダイオードを提供し得る。赤色LEDおよび/またはアンバーLEDも提供し得る。半導体発光デバイスの設計および製造は当業者によく知られており、ここで詳細に説明する必要はない。

#### 【0035】

例えば、半導体発光デバイスは、N.C.、ダーラム(Durham)のクリー社(Cree, Inc.)により製造され販売されているデバイスなどの炭化シリコン基板に形成された窒化ガリウムをベースとしたLEDまたはレーザでもよい。本発明の一部の実施形態は、米国特許第6,201,262号明細書、米国特許第6,187,606号明細書、米国特許第6,120,600号明細書、米国特許第5,912,477号明細書、米国特許第5,739,554号明細書、米国特許第5,631,190号明細書、米国特許第5,604,135号明細書、米国特許第5,523,589号明細書、米国特許第5,416,342号明細書、米国特許第5,393,993号明細書、米国特許第5,338,944号明細書、米国特許第5,210,051号明細書、米国特許第5,027,168号明細書、米国特許第5,027,168号明細書、米国特許第4,966,862号明細書、および/または米国特許第4,918,497号明細書に記載されているようなLEDおよび/またはレーザを使用してもよく、これらの開示は、ここで完全に説明されたかのように参照によって本明細書に援用される。「Light Emitting Diodes Including Modifications for Light Extraction and Manufacturing Methods Therefor」という表題の米国特許出願公開第2002/0123164 A1号明細書のほか、2003年1月9日に公開された「Group III Nitride Based Light Emitting Diode Structures With a Quantum Well and Superlattice, Group III Nitride Based Quantum Well Structures and Group III Nitride Based Superlattice Structures」という表題の米国特許出願公開第2003/0006418 A1号明細書に、他の適したLEDおよび/またはレーザが記載されている。さらに、その開示が完全に説明されたかのように参照によってここに援用される、「Phosphor-Coated Light Emitting Diodes Including Tapered Sidewalls and Fabrication Methods Therefor」という表題の米国特許出願公開第2004/0056260 A1号明細書に記載されているような蛍光体を被覆させたLEDについても、本発明の実施形態において使用するのに適し得る。LEDおよび/またはレーザは、基板を通して発光が起こるように動作するようにも構成され得る。

#### 【0036】

本発明の一部の実施形態は、マルチチップLEDランプと、埋め込み型の照明つまり「缶(can)」照明など関連の高輝度用照明器具とを提供する。本発明の一部の実施形態によるLED照明器具は、さらに長い寿命および/または高いエネルギー効率を提供し、白熱光源および/または蛍光光源などの従来の光源に匹敵する白色光出力を提供し得る。さらに、本発明の一部の実施形態によるLED照明器具は、同様の器具の大きさを維持しつつ、従来の光源の輝度出力、性能、および/またはCRIに匹敵し得るもの、および/またはこれらを超え得るものである。

#### 【0037】

図1Aおよび図1Bは、本発明の一部の実施形態によるLED照明器具を図示したものである。ここで図1Aを参照すると、照明器具100aが、多数のマルチチップLEDランプ110が取り付けられた取付板105を含んでいる。取付板105は円形として示してあるが、他の形状で提供してもよい。ここで使用される「マルチチップLEDランプ」は、それぞれが同色または異なる色の光を発光するように構成されかつ共通の基板または

10

20

30

40

50

サブマウントに取り付けられた少なくとも2つのLEDチップを含んでいる。図1Aに示すように、各マルチチップLEDランプ110は、共通のサブマウント101に取り付けられた4つのLEDチップ103を含んでいる。一部の実施形態では、1つ以上のマルチチップLEDランプ110が、構成するLEDチップ103がそれぞれ発した光の色の組み合わせに基づく白色光を供給するように構成され得る。例えば、1つ以上のマルチチップLEDランプ110は、少なくとも4つの異なる色のピークを含むスペクトル分布を有する(つまり、少なくとも4つの異なる色の光に相当する波長範囲で局所的なピーク波長を有する)光を発光して白色光を供給するように構成され得る。本発明の一部の実施形態によるマルチチップランプにおけるLEDの色の組み合わせの例を、図2A~2Dおよび図3A~3Eを参照して以下に挙げる。マルチチップランプ110は、取付板105の上

10

**【0038】**

図1Aをさらに参照すると、照明器具100aは、各マルチチップLEDランプ110に電氣的に結合された制御回路150aをさらに含んでいる。制御回路は、各ランプ110の個々のLEDチップ103に駆動電流を別々に印加することによりランプ110を稼動するように構成されている。つまり、各ランプ110のLEDチップ103はそれぞれ、制御回路150aによって別々にアドレス指定されるように構成され得る。例えば、制御回路150aは、制御信号に応じて個々のLEDチップ103のそれぞれにオン駆動電流を別々に印加するように構成された電流供給回路と、電流供給回路に制御信号を選択的に供給するように構成された制御システムとを含み得る。LEDが電流制御型デバイスであるため、LEDが発した光の強度はLEDを通して供給される電流量に関係する。例えば、所望の強度および/または混色を実現するためにLEDを流れる電流を制御するある一般的な方法は、LEDにパルスを交互に送り全電流「オン」状態の後にゼロ電流「オフ」状態とするパルス幅変調(PWM)方式である。このように、制御回路150aは、当技術分野ではよく知られるような1つ以上の制御方式を用いてLEDチップ103に流れる電流を制御するように構成され得る。

20

**【0039】**

図1Aには示していないが、照明器具100aはさらに、LEDチップ103が発する熱を拡散および/または除去するための1つ以上の熱拡散部材および/またはヒートシンクを含み得る。例えば、熱拡散部材は、照明器具100aのLEDチップ103が発生させた熱を伝導させ、取付板105の領域全体に伝導熱を拡散して、照明器具100aの熱の不均一性を減少させる領域を有しかつこのように構成された熱伝導材料のシートを含み得る。熱拡散部材は、固体材料でもよく、蜂の巣状または他の網目状の材料でもよく、グラファイトなどの異方性の熱伝導材料でもよく、および/または他の材料でもよい。

30

**【0040】**

図1Bは、本発明のさらに他の実施形態によるLED照明器具100bを図示したものである。図1Bに示すように、照明器具100bは、取付板105と、所望の光出力を供給するために選択された、図1AのLED照明器具100aのものと同様の配列および/またはパターンを成して取付板105に取り付けられた複数のマルチチップLEDランプ110とを含んでいる。照明器具100bはさらに、取付板105にマルチチップランプ110と組み合わせて取り付けられた1つ以上のシングルチップLEDランプを含んでいる。ここで使用する「シングルチップLEDランプ」とは、LEDチップを1つのみ含むLEDランプを指すものである。例えば、マルチチップLEDランプのシングルチップLEDランプに対する比が2:1から4:1までとなるように、1つのシングルチップLEDランプがマルチチップLEDランプの各グループに含められ得る。しかし、所望の色点により、この比はこれよりも高くてもよく低くてもよい。

40

**【0041】**

さらに詳細には、図1Bに示すように、照明器具100bは2つのシングルチップLEDランプ106rおよび106cを含んでいる。ランプ106rは赤色の波長範囲(例え

50

ば、610～630nm)の光を発光するように構成され、ランプ106cはシアンの波長範囲(例えば、485～515nm)の光を発光するように構成されている。しかし、他の色の光を発光するように構成されたシングルチップLEDランプも、本発明の一部の実施形態による照明器具に設けてよい。シングルチップLEDランプ106rおよび/またはシングルチップLEDランプ106cは、照明器具100bが出力した光のCRIおよび/またはCCTを調整するのに使用され得る。例えば、ランプ106rは、照明器具100bが供給した光全体が「より暖色系」の白色光に見えるように赤色の波長範囲の光を加えるのに使用され得る。さらに詳細には、LED照明器具100bが出力した白色光は、約2600度ケルビン(K)から約6000Kの範囲の色温度を有し得る。追加のシングルチップLEDランプについても、出力光のCRIおよび/またはCCTを調整し、

10

および/または白色を発光するマルチチップLEDランプの有色シングルチップLEDランプに対する特定の比をもたらずような所望のパターンを成して、取付板105に取り付けられ得る。

#### 【0042】

図1Aを参照して上述したものと同様に、照明器具100bについても、シングルチップLEDランプ106rおよび106cのほかマルチチップLEDランプ110のそれぞれに電氣的に結合された制御回路150bを含んでいる。制御回路150bは、例えば、PWMおよび/または当技術分野でよく知られる他の制御方式を用いて、マルチチップランプ110のLEDチップ103および/またはシングルチップLEDランプ106rおよび/またはシングルチップLEDランプ106cに駆動電流を別々に印加し、これにより供給される光の強度を別々に制御するように構成されている。さらに、図1Bには示していないが、照明器具100bはさらに、図1Aを参照して上述したように、シングルチップLEDランプおよび/またはマルチチップLEDランプが発した熱を拡散および/または除去するための1つ以上の熱拡散部材をさらに含み得る。

20

#### 【0043】

LED照明器具100aおよび/またはLED照明器具10bなどの本発明の一部の実施形態によるLED照明器具は、多くの特徴および/または便益を提供し得る。例えば、本発明の一部の実施形態による多数のマルチチップランプを含むLED照明器具は、所定のCRIについて比較的高い視感度効率(ルーメン毎ワットで表す)を提供し得る。さらに詳細には、従来の照明器具は90のCRIについて10～20ルーメン毎ワットを提供するが、本発明の一部の実施形態によるLED照明器具は同一のCRIについて60～85ルーメン毎ワットを提供し得る。さらに、本発明の一部の実施形態によるLED照明器具は、従来の照明器具よりも高いルーメン毎ワット毎平方インチをもたらし得る。このため、本発明の一部の実施形態によるマルチチップLEDランプを含む照明器具は、比較に値するシングルチップランプを含むものよりもコストが高くなり得るが、ルーメン毎のコストは非常に低くなり得る。また、CRIは、シングルチップLEDランプの色とマルチチップLEDランプとの様々な組み合わせを用いることにより調整され得る。例えば、白色を発するLEDランプのシングルチップ有色LEDランプに対する比は、器具の大きさ、所望のCRI、および/または所望の色点により、約2:1から約4:1であり得る。さらに大きい面積のトロファール器具については、約10:1よりも大きな比が望ましいこと

30

40

もある。さらに、本発明の一部の実施形態によるLEDランプおよび/または照明器具は既製品を用いて製造でき、このため製造の費用効果が高くなり得る。

#### 【0044】

図1Aおよび図1Bは本発明の一部の実施形態によるLED照明器具の例を図示したものであるが、本発明はこのような構成に限定されないことが理解される。例えば、図1Aおよび図1Bでは制御回路150aおよび/または150bを取付板105のLEDチップ103と同一の面に取り付けて示したが、本発明の一部の実施形態では、これらを取付板105の反対面つまり裏面に取り付けてもよく、および/または別個のエンクロージャ中に設けてもよいことが理解される。さらに、例えば、所望の光出力により、これよりも少ないかまたは多いマルチチップLEDランプおよび/またはシングルチップLEDラン

50

プを取付板 105 に取り付けてもよい。また、ランプ毎に 4 つの LED チップ 103 を含むマルチチップランプ 110 を参照して示したが、ランプ毎にこれよりも少ないかまたは多い LED チップを備えたマルチチップランプも、本発明の一部の実施形態によるマルチチップ LED 照明器具で用いてよい。さらに、マルチチップ LED ランプ 110 は、すべてが同一である必要はない。例えば、マルチチップ LED ランプのなかには赤色 LED チップ、緑色 LED チップ、および青色 LED チップを含むものがあってもよく、2 つの青色 LED チップおよび 1 つの赤色 LED チップを含むものがあってもよい。マルチチップ LED ランプの追加の構成を図 2A ~ 2D および 3A ~ 3E を参照して以下にさらに詳細に説明する。

#### 【0045】

図 2A ~ 2D は、本発明の一部の実施形態による照明器具で使用され得るマルチチップ LED ランプの例を図示したものである。ここで図 2A を参照すると、マルチチップ LED ランプ 200 が、第 1 のダイマウント領域 202a および第 2 のダイマウント領域 202b を含む共通の基板またはサブマウント 201 を含んでいる。ダイマウント領域 202a および 202b はそれぞれが、発光ダイオード、有機発光ダイオード、および/またはレーザダイオードなどの LED チップを受けるように構成されている。図 2A に示すように、サブマウント 201 のダイマウント領域 202a および 202b にはそれぞれ第 1 の LED チップ 203b および第 2 の LED チップ 203g が取り付けられている。例えば、LED チップ 203b および/または LED チップ 203g は、クリー社 ( Cree , Inc . ) 製の EZ Bright ( 登録商標 ) LED チップであり得る。さらに詳細には、図 2A に示すように、第 1 の LED チップ 203b は青色の波長範囲 ( つまり、440 ~ 470 nm ) の光を発光するように構成された青色 LED チップであり、第 2 の LED チップ 203g は緑色の波長範囲 ( つまり、495 ~ 570 nm ) の光を発光するように構成された緑色 LED チップである。青色 LED チップ 203b および/または緑色 LED チップ 203g は、本発明の譲受人であるクリー社 ( Cree , Inc . ) から入手できる InGaN をベースとした青色 LED チップおよび/または緑色 LED チップであってよい。

#### 【0046】

さらに、図 2A に示すように、1 つ以上の光変換材料が青色 LED チップ 203b を少なくとも部分的に被覆している。さらに詳細には、黄色を発する蛍光体 206y および赤色を発する蛍光体 206r が、青色 LED チップ 203b を少なくとも部分的に被覆している。黄色を発する蛍光体 206y は、青色 LED チップ 203b が発した光の少なくとも一部を吸収して黄色の波長範囲の光を再発光するように構成され、赤色を発する蛍光体 206r は、青色 LED チップ 203b が発した光の少なくとも一部を吸収して赤色の波長範囲の光を再発光するように構成されている。このようにして、青色 LED チップ 203b および緑色 LED チップ 203g は、白色光が LED ランプ 200 によって出力されるように、図 1A の制御回路 150a などの制御回路によって別々に通電されおよび/または駆動され得る。代わりに、一部の実施形態では、青色 LED チップ 203b が黄色を発する蛍光体 206y によってのみ被覆され、LED チップ 203g が赤色を発する蛍光体 206r によって少なくとも部分的に被覆されたシアン LED チップであってよい。このように、図 2A のマルチチップ LED ランプ 200 は、4 つの異なる色の光を発して白色光を供給するように構成された 2 つの LED チップ 203b および 203g を含んでいる。

#### 【0047】

図 2B は、第 1 のダイマウント領域 202a と、第 2 のダイマウント領域 202b と、第 3 のダイマウント領域 202c と、ダイマウント領域 202a、ダイマウント領域 202b、ダイマウント領域 202c のそれぞれに取り付けられた青色 LED チップ 203b と、緑色 LED チップ 203g と、赤色 LED チップ 203r とを有する共通のサブマウント 201 を含む本発明の一部の実施形態による LED ランプ 205 を図示したものである。赤色 LED チップ 203r は赤色の波長範囲 ( つまり、610 ~ 630 nm ) の光を

10

20

30

40

50

発光するように構成され、エピスター (Epistar)、オスラム (Osram) 等から入手できる AlInGaP 系 LED チップ であり得る。LED ランプ 205 はさらに、図 2 B にシアン LED チップ 203 c として示すように、第 4 のダイマウント領域 202 d と、第 4 のダイマウント領域 202 d に取り付けられた第 4 の LED チップ とを含んでいる。シアン LED チップ 203 c は、シアンの波長範囲 (つまり、485 ~ 515 nm) の光を発光するように構成されている。青色 LED チップ 203 b、緑色 LED チップ 203 g、赤色 LED チップ 203 r およびシアン LED チップ 203 c は、発光された光の組み合わせが LED ランプ 205 から白色光出力をもたらす得るように、制御回路によって別々に通電されおおよび / または駆動され得る。LED ランプ 205 からの白色光出力は、図 2 A の LED ランプ 200 と比較すると、シアンの波長範囲で得られる追加の光をも含んでいる。つまり、第 4 の LED チップ 203 c は、LED ランプ 205 の演色おおよび / または効率を特定の波長範囲において向上させるのに使用され得る。しかし、LED ランプ 205 の所望の白色光出力によって、アンバーの波長範囲などの他の波長範囲の光を発するように構成された LED チップ が第 4 のダイマウント領域 302 d に取り付けられてもよいことが理解される。

#### 【0048】

図 2 C は、ここでも 3 つのダイマウント領域 202 a、202 b、おおよび 202 c を有する共通のサブマウント 201 を含む LED ランプ 210 を示したものである。しかし、図 2 C では、3 つの青色 LED チップ 203 b、203 b'、おおよび 203 b'' がダイマウント領域 202 a、202 b および 202 c にそれぞれ取り付けられている。さらに、異なる変換材料が、青色 LED チップ 203 b、203 b'、おおよび 203 b'' のそれぞれを少なくとも部分的に被覆している。さらに詳細には、図 2 C に示すように、黄色を発する蛍光体 206 y が青色 LED チップ 203 b を少なくとも部分的に被覆し、赤色を発する蛍光体 206 r が青色 LED チップ 203 b' を少なくとも部分的に被覆し、緑色を発する蛍光体 206 g が青色 LED チップ 203 b'' を少なくとも部分的に被覆している。例えば、黄色を発する蛍光体 206 y は、粉末状にされ、おおよび / または粘性の接着剤に化合されたイットリウムアルミニウムガーネット (YAG) 結晶を含み得る。黄色を発する蛍光体 206 y は、青色 LED チップ 203 b が発した青色光により光励起されるとルミネセンスを示すように構成され得る。つまり、黄色を発する蛍光体 206 y は、青色 LED チップ 203 b が発した光の少なくとも一部を吸収して黄色の波長範囲 (つまり、570 ~ 590 nm) の光を再発光するように構成されている。同様に、赤色を発する蛍光体 206 r は、青色 LED チップ 203 b' が発した光の少なくとも一部を吸収して赤色の波長範囲 (つまり、610 ~ 630 nm) の光を再発光するように構成され、緑色を発する蛍光体 206 g は、青色 LED チップ 203 b'' が発した光の少なくとも一部を吸収して緑色の波長範囲 (つまり、495 ~ 570 nm) の光を再発光するように構成されている。このため、3 つの青色 LED チップ 203 b、203 b'、おおよび 203 b'' が発した光と、蛍光体 206 y、206 r、206 g が発した光との組み合わせが、LED ランプ 210 から白色光出力を供給し得る。

#### 【0049】

図 2 D は、本発明のさらに他の実施形態による LED ランプ 215 を示したものである。LED ランプ 215 は、同様に、3 つのダイマウント領域 202 a、202 b、おおよび 202 c を有する共通のサブマウント 201 を含んでいる。サブマウント 301 のダイマウント領域 202 a および 202 b には、2 つの青色 LED チップ 203 b および 203 b' がそれぞれ取り付けられている。さらに、第 3 のダイマウント領域 202 c には、赤色 LED チップ 203 r が取り付けられている。黄色を発する蛍光体 206 y として示した変換材料が、青色 LED チップ 203 b を少なくとも部分的に被覆している。同様に、緑色を発する蛍光体 206 g として示した別の変換材料が、青色 LED チップ 203 b' を少なくとも部分的に被覆している。しかし、赤色 LED チップ 203 r には、黄色を発する蛍光体 206 y および緑色を発する蛍光体 206 g は設けられていない。このため、青色 LED チップ 203 b および 203 b' が発した光と、黄色を発する蛍光体 206 y

10

20

30

40

50

および緑色を発する蛍光体 206g が発した光との組み合わせが白色光を供給し、赤色 LED チップ 203r が発した光が光の演色特性を向上させ得る。つまり、赤色 LED チップ 203r からの光を加えることにより、LED ランプ 215 が出力する光をさらに「暖色に」見せることが可能となる。代わりに、一部の実施形態では、LED チップ 203r を緑色 LED チップとし、蛍光体 206g を赤色を発する蛍光体としてもよい。

#### 【0050】

図 2A ~ 2D は、本発明の一部の実施形態による LED 照明器具で使用され得るマルチチップ LED ランプの例を示したものであるが、本発明はこのような構成に限定されないことが理解される。例えば、一部の実施形態では、マルチチップ LED ランプの 1 つ以上の LED チップが、所望の発光パターン、色、および / または強度を実現するために、透明であり、かつ / または光を拡散させる粒子、蛍光体、および / または他の成分を含有する封止剤によって被覆されてもよい。図 2A ~ 2D には示していないが、LED ランプはさらに、LED チップを取り囲む反射カップ、LED チップの上方に取り付けられた 1 つ以上のレンズ、照明デバイスから熱を除去するための 1 つ以上のヒートシンク、静電気放電保護チップ、および / または他の要素を含み得る。例えば、一部の実施形態では、サブマウント 201 は 1 つ以上のヒートシンクを含み得る。

#### 【0051】

図 3A ~ 3F は、本発明のさらに他の実施形態によるマルチチップ LED ランプを示したものである。図 3A ~ 3F の LED ランプは、図 1A および図 1B の LED 照明器具 100a および 100b などの本発明の一部の実施形態による LED 照明器具で使用し得るものである。ここで図 3A を参照すると、LED ランプ 300 が、第 1 のダイマウント領域 302a、第 2 のダイマウント領域 302b および第 3 のダイマウント領域 302c を含む共通の基板またはサブマウント 301 を含んでいる。ダイマウント領域 302a、302b および 302c はそれぞれ、発光ダイオード、有機発光ダイオード、および / またはレーザダイオードなどの LED チップを受けるように構成されている。図 3A に示すように、第 1 の LED チップ 303b、第 2 の LED チップ 303c および第 3 の LED チップ 303r が、サブマウント 301 のダイマウント領域 302a、302b および 302c にそれぞれ取り付けられている。例えば、LED チップ 303b、303c、および / または 303r は、クリー社 (Cree, Inc.) 製の EZBright (登録商標) LED チップであり得る。一部の実施形態では、LED チップ 303b、303c および 303r は、チップの一方の面にカソード接点を、チップの反対側の面にアノード接点を含む垂直デバイスであり得る。

#### 【0052】

さらに、変換材料が第 1 の LED チップ 303b を少なくとも部分的に被覆している。例えば、変換材料は、第 1 の LED チップ 303b が発した光の少なくとも一部を吸収して異なる色の光を再発光するように構成された蛍光体、ポリマー、および / または染料であり得る。つまり、変換材料は、第 1 の LED チップ 303b が発した光によって光励起され、第 1 の LED チップ 303b が発した光の少なくとも一部を異なる波長に変換し得る。図 3A では、変換材料は、黄色を発する蛍光体 306y として示してある。一部の実施形態では、黄色を発する蛍光体 306y はイットリウムアルミニウムガーネット (YAG) であり得る。黄色を発する蛍光体 306y は、多くの種々の技術を用いて、LED チップ 303b を被覆するために設けられ得る。例えば、黄色を発する蛍光体 306y は、青色 LED チップ 303b を取り囲むプラスチックシェル (plastic shell) 内の封止剤に含まれてもよい。これに加えて、および / またはこれに代えて、例えば、本発明の譲受人に譲渡された米国特許出願公開第 2006/0063289 号明細書に記載があるように、黄色を発する蛍光体 306y は青色 LED チップ 303b 自体に直接コーティングされてもよい。他の技術では、黄色を発する蛍光体 306y は、スピンコーティング、成形、スクリーン印刷、蒸着、および / または電気泳動塗装を用いて LED チップ 303b にコーティングし得る。

#### 【0053】

LEDチップ303b、303e、および303rは、第3のLEDチップ303rが第2のLEDチップ303cの波長よりも長い波長を有する光を発光し、第2のLEDチップ303cが第1のLEDチップ303bの波長よりも長い波長を有する光を発するように選択され得る。変換材料306yは、第2のLEDチップ303cの波長と第3のLEDチップ303rの波長との間の波長を有する光を発するように選択され得る。さらに詳細には、図3Aに示すように、青色LEDチップ303bが第1のダイマウント領域302aに取り付けられ、シアンLEDチップ303cが第2のダイマウント領域302bに取り付けられ、赤色LEDチップ303rが第3のダイマウント領域302cに取り付けられている。青色LEDチップ303bは、青色の波長範囲（つまり、約440～約490nm）の光を発光するように構成されている。赤色LEDチップ303rは、赤色の波長範囲（つまり、約610～約630nm）の光を発光するように構成されている。シアンLEDチップ303cは、青色LEDチップ303bの波長と赤色LEDチップ303rの波長との間、例えば、約485～約515nmのシアンの波長範囲の光を発光するように構成されている。さらに、黄色を発する蛍光体306yは、青色LEDチップ303bの波長と赤色LEDチップ303rの波長との間、例えば、約570～約590nmの波長範囲の光を発光するように構成されている。あるいは、一部の実施形態では、第3のLEDチップ303rは、緑色の波長範囲（つまり、約495～約570nm）の光を発光するように構成された緑色LEDチップであってもよい。

10

#### 【0054】

図3Aをなお参照すると、青色LEDチップ303b、赤色LEDチップ303r、およびシアンLEDチップ303cは、図1Aの制御回路150aなどの制御回路によって別々に通電されおよび/または駆動されて、LEDランプ300から所望の白色光出力を供給し得る。例えば、暖色系の白色光への適用には、第1の駆動電流、第2の駆動電流、および第3の駆動電流が、LEDランプ300が発する光の相関色温度が約2600K～約6000Kとなるような比で、青色LEDチップ303b、シアンLEDチップ303c、および赤色LEDチップ303rに印加され得る。電流比は、所望の色点を実現するための、各LEDチップが発する光の輝度および/または波長、および/または変換材料からの変換された光の輝度および/または波長の関数であり得る。さらに、シアンLEDチップ303cおよび黄色を発する蛍光体306yは、LEDランプ300が発した光の組み合わせの平均波長が約555nmとなるように、青色LEDチップ303bが発した光の波長と赤色LEDチップ303rが発した光の波長との間の中間スペクトルの光を供給し得る。さらに詳細には、一部の実施形態では、青色LEDチップ303bは約460nmのピーク波長を有する光を発し、赤色LEDチップ303rは約610nmの波長を有する光を発し、シアンLEDチップ303cは約505nmのピーク波長を有する光を発し、黄色を発する蛍光体306yは約580nmのピーク波長を有する光を発し得る。対照的に、赤色LEDチップ、青色LEDチップ、および緑色LEDチップを含む従来のLEDランプは、上述したように、このような波長では効率の悪い動作になり得る。また、シアンLEDチップ303cを加えると、赤色LEDチップを、黄色蛍光体をコーティングした青色LEDチップと組み合わせて用いる従来のランプと比べて、LEDランプ300のCRIが向上し得る。例えば、本発明の一部の実施形態によるLEDランプは、約90～99のCRIを有し得る。

20

30

40

#### 【0055】

図3B～3Fは、本発明の一部の実施形態によるLEDランプの代替的な構成を示したものである。図3B～3EのランプのLEDチップは、図3Aを参照して上述したものと実質的に同様の特性を有し、および/または別々に動作して実質的に同様の特性を有する白色光を供給し得る。ここで図3Bを参照すると、LEDランプ305が、3つのダイマウント領域302a、302b、および302cと、ダイマウント領域302a、302b、および302cにそれぞれ取り付けられた青色LEDチップ303bと、シアンLEDチップ303cと、赤色LEDチップ303rとを有する共通のサブマウント301を含んでいる。LEDランプ305はさらに、第4のダイマウント領域302dと、別の青

50

色LEDチップ303b'として図3Bに示した、第4のダイマウント領域302dに取り付けられた第4のLEDチップとを含んでいる。しかし、一部の実施形態では、緑色および/またはアンバーなどの他の色の光を発光するように構成されたLEDチップを、第4のダイマウント領域302dに取り付けてもよいことが理解される。第1のダイマウント領域302aおよび第4のダイマウント領域302dは、サブマウント301に反対側に対置されている。このように、2つの青色LEDチップ303b、303b'は、サブマウント301に対角線上で対向する位置に設けられている。黄色を発する蛍光体306yが、青色LEDチップ303bおよび303b'をいずれも少なくとも部分的に被覆しているが、赤色LEDチップ303rおよびシアンLEDチップ303cには蛍光体306yは設けられていない。このため、青色LEDチップ303bおよび303b'および黄色を発する蛍光体306yが発した光の組み合わせは白色光を供給し、青色LEDチップ303bおよび303b'の正反対に対向する位置により光分布がさらに均一になり得る。また、赤色LEDチップ303rおよびシアンLEDチップ303cが発光する光が加わることにより、LEDランプ305の光出力全体の演色特性が向上し得る。代わりに、一部の実施形態では、LEDチップ303cは、LuAG(ランタニド+YAG)などの緑色または黄色みがかかった緑色の蛍光体によって少なくとも部分的に被覆された青色LEDチップであってもよい。

#### 【0056】

図3Cも、図3BのLEDランプ305と同様に、共通のサブマウント301に取り付けられた、反対側に対置された2つの青色LEDチップ303b、303b'と、シアンLEDチップ303cと、赤色LEDチップ303rとを含むLEDランプ310を示したものである。しかし、図3Cに示すように、黄色を発する蛍光体306yを含む変換材料が、サブマウント301上のLEDチップ303b、303b'、303e、および303rをいずれも少なくとも部分的に被覆している。例えば、一部の実施形態では、黄色を発する蛍光体306yは、青色LEDチップ303bおよび303b'が発した青色光の少なくとも一部を黄色光に変換するように構成され得る。一部の実施形態では、変換材料はさらに、黄色を発する蛍光体306yのほかに赤色を発する蛍光体を含み得る。

#### 【0057】

図3Dは、図3BのLEDランプ305と同様に、サブマウント301に取り付けられた、反対側に対置された2つの青色LEDチップ303bおよび303b'と、シアンLEDチップ303cと、赤色LEDチップ303rとを含むLEDランプ315を示したものである。黄色を発する蛍光体306yとして示した第1の変換材料が、青色LEDチップ303bおよび303b'をいずれも少なくとも部分的に被覆しているが、赤色LEDチップ303rおよびシアンLEDチップ303cには設けられていない。さらに、赤色を発する蛍光体306rとして示した第2の変換材料が、サブマウント301上のLEDチップ303b、303b'、303c、および303rをいずれも少なくとも部分的に被覆している。例えば、赤色を発する蛍光体306rは、青色LEDチップ303bおよび303b'上の黄色を発する蛍光体306yとともに含められ、青色LEDチップ303bおよび303b'が発生させた光の演色特性を向上させ得る。さらに詳細には、赤色蛍光体306rはまた、青色LEDチップ303bおよび303b'が発した光による刺激に反応して光を発し、これにより、LEDランプ315が発した光全体に赤い発光成分を加え補うことができる。この結果得られた光はさらに暖色に見え、これにより、照明した物体がさらに自然に見え得る。

#### 【0058】

しかし、赤色蛍光体306rの励起曲線は、黄色を発する蛍光体306yの発光曲線と重複することがあり、これは、黄色蛍光体306yが発した光のなかに赤色蛍光体306rによって再び吸収されるものがあり得ることを意味しており、効率を損ない得る。このため、一部の実施形態では、第1の変換材料および/または第2の変換材料が、別々の蛍光体を含む領域に設けられ得る。例えば、黄色を発する蛍光体306yおよび赤色を発する蛍光体306rは2つの別々の蛍光体を含む領域に設けられ、暖色系の白色、UV/R

10

20

30

40

50



GB、他の蛍光体の用途のための種々の蛍光体の分離を向上させ得る。さらに、LED構造315に形成された別々の蛍光体を含む領域は、近くの蛍光体を含む領域と接していることもあり、および/または近くの蛍光体を含む領域と離れていることもある。例えば、暖色系の白色LEDへの適用では、赤色蛍光体および黄色蛍光体は物理的に離されて、赤色蛍光体による黄色光の再吸収を減少させ得る。

#### 【0059】

図3Eは、同様に、サブマウント301に取り付けられた、反対側に対置された2つの青色LEDチップ303bおよび303b'と、シアンLEDチップ303cと、赤色LEDチップ303rとを含むLEDランプ320を示したものである。黄色を発する蛍光体306yとして示した第1の変換材料が、青色LEDチップ303bおよび303b'をいずれも少なくとも部分的に被覆しているが、赤いLEDチップ303rおよびシアンLEDチップ303cには設けられておらず、赤色を発する蛍光体306rとして示した第2の変換材料が、サブマウント301上のLEDチップ303b、303b'、303c、および303rをいずれも少なくとも部分的に被覆している。さらに、第3の変換材料306xおよび第4の変換材料306zが、シアンLEDチップ303cおよび赤色LEDチップ303rを少なくとも部分的に被覆している。例えば、第3の変換材料306xは、シアンLEDチップ303cが発する光による刺激に反応して光を発するように構成され、第4の変換材料306zは、赤色LEDチップ303rによる刺激に反応して光を発するように構成され、LEDランプ320が発した光の演色特性をさらに向上させ得る。例えば、第3の変換材料306xおよび/または第4の変換材料306zは、BAM(BaMgAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)などの青色を発する蛍光体である。一部の実施形態では、蛍光体306y、306r、306x、および/または306zは、上述したように、別々の蛍光体を含む領域に設けられてもよい。このように、異なる色の多数の蛍光体が所望のパターンを成してチップに配置され、所望の発光パターンを提供し得る。

#### 【0060】

図3Fは、サブマウント301に取り付けられた、反対側に対置された2つの青色LEDチップ303bおよび303b'と、反対側に対置された2つのシアンLEDチップ303cおよび303e'とを含むLEDランプ325を示したものである。黄色を発する蛍光体306yとして示された第1の変換材料が青色LEDチップ303bおよび303b'をいずれも少なくとも部分的に被覆しているが、シアンLEDチップ303cおよび303e'には設けられていない。同様に、赤色を発する蛍光体306rとして示された第2の変換材料がシアンLEDチップ303cおよび303c'をいずれも少なくとも部分的に被覆しているが、青色LEDチップ303bおよび303b'には設けられていない。このように、一部の実施形態では、黄色を発する蛍光体306yおよび赤色を発する蛍光体306rによるLEDチップの被覆は重複しないこともある。黄色を発する蛍光体306yは、青色LEDチップ303bおよび303b'が発した光による刺激に反応して、組み合わせられた光出力が緑色に見えるように光を発光し、赤色蛍光体306rは、シアンLEDチップ303cおよび303c'が発した光による刺激に反応して、組み合わせられた光出力がオレンジ色に見えるように光を発光し得る。したがって、LEDランプ325が発したオレンジ色光および緑色光の組み合わせにより、さらに暖色に見える白色光出力を供給し得る。

#### 【0061】

図3A~3Fは本発明の一部の実施形態による例示的マルチチップLEDランプを示したものであるが、本発明の一部の実施形態はこのような構成に限定されないことが理解される。例えば、図3B~3FのLEDランプはランプ毎の4つのLEDチップのうち2つが青色LEDチップであることを示しているが、異なる色の4つのLEDチップが設けられ得ることが理解される。さらに詳細には、一部の実施形態では、所望の白色光出力により、青色LEDチップのうち1つを緑色LEDチップおよび/またはアンバーLEDチップに置き換えてもよい。さらに一般には、本発明の一部の実施形態には、共通のサブマウント上の3つ以上のLEDチップおよび1つ以上のLEDチップを被覆する1つ以上の蛍

10

20

30

40

50

光体を他に置き換えることも含まれ得る。さらに、個々のLEDチップに対する駆動電流の比は、LEDランプによる白色光出力の色度および/または色温度を黒体軌跡に沿って移動するのに調整され得る。つまり、青色LEDチップ、シアンLEDチップ、および赤色LEDチップの光度比を調整することにより、白色光の色温度を変更できる。また、一部の実施形態では、マルチチップLEDランプのLEDチップは、所望の発光パターン、色、および/または強度を実現するために、透明であり、かつ/または光を拡散する粒子、蛍光体、および/または他の要素を含む封止剤によって被覆され得る。図3A~3Fには示していないが、LEDランプはさらに、LEDチップを取り囲む反射カップ、LEDチップの上方に取り付けられた1つ以上のレンズ、照明デバイスから熱を除去するための1つ以上のヒートシンク、静電気放電保護チップ、および/または他の要素を含み得る。例えば、一部の実施形態では、サブマウント301は1つ以上のヒートシンクを含み得る。

10

【0062】

表1および表2は、黄色を発する蛍光体によって少なくとも部分的に被覆された1つ以上の青色LEDチップを含むLEDランプなど、典型的なLEDランプにより実現し得る演色評価数(CRI)および色品質尺度(CQS)の値についての実験結果を示したものである。

表-US-00001

表1		
	CRI値	
R1	69.4	茶色
R2	84.0	緑色 - 茶色
R3	93.1	緑色 - 黄色
R4	64.5	緑色
R5	67.0	シアン
R6	74.4	青色
R7	80.1	紫色
R8	51.1	ピンク
R9	-10.9	濃い赤色
R10	60.3	濃い黄色
R11	53.7	濃い緑色
R12	47.5	濃い青色
R13	72.0	白人の肌色
R14	95.9	木の葉色
Ra	73.0	

20

30

さらに詳細には、表1は、全体の演色評価数Raを計算するのに用いられる14の試験色の演色評価数値R1からR14を示している。演色評価数値R1からR8、R13、およびR14は、中彩度を有する自然に再現された色の間の微妙な相違の度合いを示している。対照的に、特定の演色評価数値R9からR12は、濃い色および/または鮮やかに再現された色の間の相違の度合いを示している。表1に示すように、典型的なLEDランプ

40

表-US-00002

表2		
	CQS値	
VS1	76.0	紫色
VS2	95.2	青色
VS3	71.3	シアン
VS4	61.9	
VS5	67.3	
VS6	68.4	

50

V S 7	6 9 . 7	
V S 8	7 7 . 4	緑色
V S 9	9 4 . 3	
V S 1 0	8 2 . 0	黄色
V S 1 1	7 4 . 7	
V S 1 2	7 3 . 3	
V S 1 3	7 4 . 4	オレンジ色
V S 1 4	6 6 . 6	赤色
V S 1 5	6 9 . 7	
C Q S	7 3 . 1	

10

同様に、表2は、国立標準技術研究所(National Institute of Standards and Technology: NIST)による全体の色品質尺度(CQS)の値を計算するのに用いられる7つの試験色の色品質尺度値VS1からVS15までを示している。表2に示すように、典型的なLEDランプについて全体の色品質尺度値は、約73.1であり得る。このため、本発明の一部の実施形態によるLEDランプは、CRI性能基準およびCQS性能基準の両方に基づき高い演色性能が可能となり得る。

#### 【0063】

図4Aは、図3AのLEDランプ300などの本発明の一部の実施形態によるLEDランプによって生じ得る光のスペクトル分布の一例を示すグラフである。図4Aにおいて、x軸は波長をナノメートル(nm)で示しており、y軸は光度を示している。図4に示すように、LEDランプ300のスペクトル分布は、青色(B)の発光スペクトル499b、シアン(C)の発光スペクトル499c、赤色(R)の発光スペクトル499r、およびシアンおよび赤色の間(例えば、黄色)の波長の発光スペクトル499yを含んでいる。青色スペクトル499bは青色LEDチップ303bの発光を表し、シアンスペクトル499cはシアンLEDチップ303cの発光を表し、赤色スペクトル499rは赤色LEDチップ303rの発光を表している。スペクトル499yは、青色LEDチップ303bの発光により光励起された際に、黄色を発する蛍光体306yなどの光変換材料によって示されたルミネセンスを表している。

20

#### 【0064】

LEDランプ300が発する白色光は、青色LEDチップ303b、シアンLEDチップ303c、赤色LEDチップ303r、および蛍光体306yのそれぞれの発光スペクトル499b、499e、499r、および499yのピーク波長に基づいて特徴付けができる。図4Aに示すように、青色LEDチップ303bは約460nmのピーク波長を有する光を発し、赤色LEDチップ303rは約610nmのピーク波長を有する光を発し、シアンLEDチップ303cは約505nmのピーク波長を有する光を発する。光変換材料は、シアンLEDチップ303cおよび赤色LEDチップ303rのピーク波長間のピーク波長を有する光を発する。さらに、発光スペクトル499b、499c、499r、および499yの光度は、青色LEDチップ303b、シアンLEDチップ303c、および赤色LEDチップ303rのそれぞれに特定の駆動電流を別々に印加することにより調整され得る。

30

40

#### 【0065】

したがって、LEDランプ300の組み合わせられたスペクトル分布は、青色発光スペクトル499b、シアン発光スペクトル499c、赤色発光スペクトル499r、および発光スペクトル499yの組み合わせを含んでいる。さらに詳細には、図4Aに破線400aで示したように、ランプ300から発せられた光の組み合わせは、約440~470nm、490~520nm、560~590nm、610~630nmにおいて局所的なピーク波長を有している。また、赤色LEDチップ、青色LEDチップ、および緑色LEDチップを含む従来のLEDランプでは、所望の白色光を生じさせるような方法では、顕著な単色のピークを有するそれぞれの色の発光を拡散させて混合するのが困難であり得るた

50

め、結果として生じる白色光は色にむらがあることがある。対照的に、LEDランプ300は、青色LEDチップ303bの発光により光励起された際に蛍光体306yが示すルミネセンスを使用し、シアンLEDチップ303cおよび赤色LEDチップ303rのスペクトル499cと499rとの間の中間スペクトル499yを生じさせる。このように、本発明の一部の実施形態によるLEDランプは、各色の光をさらに均一に拡散させおよび/または混合して、例えば、比較的高いCRIを有する暖色系の白色光を供給し得る。

【0066】

図4Bは、図3FのLEDランプ325などの本発明の一部の実施形態によるLEDランプにより生じ得る光のスペクトル分布の一例を示すグラフである。図4Bにおいて、x軸は波長をナノメートル(nm)で示し、y軸は光度を示している。図4Bに示すように、LEDランプ325のスペクトル分布は、青色(B)の発光スペクトル499b、シアン(C)の発光スペクトル499c、黄色(Y)の発光スペクトル499yおよび赤色(R)の発光スペクトル499rを含んでいる。青色のスペクトル499bは青色LEDチップ303bおよび303b'の発光を表し、シアンスペクトル499eはシアンLEDチップ303eおよび303e'の発光を表している。スペクトル499yは、青色LEDチップ303b、および/または青色LEDチップ303b'の発光によって光励起された際に黄色を発する蛍光体306yなどの第1の光変換材料が示すルミネセンスを表しており、スペクトル499rは、シアンLEDチップ303cおよび/またはシアンLEDチップ303e'の発光によって光励起された際に赤色を発する蛍光体306rなどの第2の光変換材料が示すルミネセンスを表している。

【0067】

LEDランプ325が発した白色光は、青色LEDチップ303b、シアンLEDチップ303c、赤色LEDチップ303rおよび蛍光体306yのそれぞれの発光スペクトル499b、499c、499r、および499yのピーク波長に基づいて特徴付けができる。図4Bに示すように、青色LEDチップ303bおよび303b'は約445nm~約470nm(約460nmのピーク波長を有する)の波長範囲の光を発し、シアンLEDチップ303eおよび303c'は約495nm~約515nm(約505nmのピーク波長を有する)の波長範囲の光を発する。第1の光変換材料および第2の光変換材料は、青色LEDチップおよびシアンLEDチップの波長よりも長いピーク波長をそれぞれ有する光を発する。

【0068】

LEDランプ325の組み合わせられたスペクトル分布は、図4Bの破線400bで示すように、青色発光スペクトル499b、シアン発光スペクトル499c、黄色発光スペクトル499y、および赤色発光スペクトル499rの組み合わせを含んでいる。上述したように、赤色LEDチップ、青色LEDチップ、および/または緑色LEDチップを含む従来のLEDランプからの白色光出力は、それぞれの色の発光の顕著な単色のピークを拡散および/または混合するのが困難であるため、色にいくらかむらが出ることがある。対照的に、LEDランプ325は、青色LEDチップ303bおよび303b'ならびにシアンLEDチップ303cおよび303c'の発光によりそれぞれ光励起された際に蛍光体306yおよび306rが示すルミネセンスを使用して、各色の光をさらに均一に拡散および/または混合し、これによりさらに暖色系で比較的高いCRIの高い白色光を供給し得る。さらに、発光スペクトル499b、499c、499r、および499yの光度は、青色LEDチップ303bおよび303b'ならびにシアンLEDチップ303cおよび303c'に特定の駆動電流を別々に印加することにより調整され得る。

【0069】

図5は、図3AのLEDランプ300などの本発明の一部の実施形態によるLEDランプによって提供され得る色度の一例を示す色度図である。図5では、すべての可視の色度の全範囲が馬蹄状の図形で示されている。さらに詳細には、全範囲のうち湾曲状の縁部500はスペクトル軌跡と呼ばれ、単色光に相当し、波長をナノメートル(nm)で記載してある。全範囲の下部にある直線状の縁部505は、純紫軌跡と呼ばれる。これらの色は

全範囲の境界にあるが、単色光において相当するものを持たない。さらに薄い色が、図形の内部に白色を中心にして現われている。任意の2つの色を混合することにより作ることのできる色はすべて、色度図において2つの色を表す二点を結ぶ直線上にあることになる。さらに、3つの色を混合することにより作ることのできる色はすべて、色度図上の相当する点により形成される三角形（多数の光源については他の形状）の内側に見られる。

#### 【0070】

したがって、図5に示すように、青色LEDチップ303bが発した光は約460nmのピーク波長を有し、赤色LEDチップ303rが発した光は約610nmのピーク波長を有し、シアンLEDチップ303cが発した光は約505nmのピーク波長を有している。また、黄色を発する蛍光体306yが発した光は約570nmのピーク波長を有している。このため、LEDランプ300は、影を付けた領域515によって定められた範囲の相関色温度を有する光を発するように構成され得る。つまり、黄色を発する蛍光体306yとともに、青色LEDチップ303b、シアンLEDチップ303c、および赤色LEDチップ303rの発光を混合することにより生じた白色光は、範囲515内にある色度を有している。図5に示すように、範囲515は黒体放射軌跡（つまり、プランク軌跡）510を覆って位置しており、色が混合された光の色度は、広い相関色温度範囲の黒体放射軌跡510とあまり異ならない。つまり、生じた光の色は、比較的広い相関色温度の範囲で可変の色度を有し得る。その結果、ランプ300の全体の演色評価数を増大できる。特に、本発明の一部の実施形態によるLEDランプは、約90よりも大きい比較的高いCRI、一部の実施形態では約95よりも大きいCRIで、約2600K～約6000Kの相関色温度を有する暖色系の白色光を発し得る。

#### 【0071】

本発明の一部の実施形態によるマルチチップLEDランプおよび照明器具では、個々のLEDチップの強度は別々に制御され得る。これは、例えば、印加する電流の制御によってLEDチップの相対的な発光を制御することにより実現可能である。図6は、図3AのLEDランプ300などの本発明の一部の実施形態によるLEDランプにおいてLEDチップの相対強度を制御し、CRIの高い暖色系の白色光を供給する動作を示すフローチャートである。さらに詳細には、図6に示すように、ブロック600において、青色LEDチップ、シアンLEDチップ、および赤色LEDチップが発した光の組み合わせが約2600K～約6000Kの相関色温度および約90～約99のCRIを有する白色光を供給するような比で、第1の駆動電流、第2の駆動電流、および第3の駆動電流が青色LEDチップ、シアンLEDチップ、および赤色LEDチップに印加される。したがって、各LEDチップに印加される相対的な電力を制御することにより、所望の色度を提供し、個々のデバイスの色出力を制御するために、広範囲の融通性が得られる。このように、本発明の一部の実施形態によるLED照明器具は、エンドユーザーが各LEDチップに印加される相対的な電力を制御できるように提供され得る。つまり、器具のLEDランプはユーザーによって「調整」可能であり、ランプから所望の色または色相を実現できる。この種の制御は、既知の制御エレクトロニクスにより、例えば所定の電流比の集合を用いて提供できる。

#### 【0072】

さらに、図示していないが、本発明の一部の実施形態によるマルチチップLEDランプは、ランプが発する光の方向および混合/均一性を制御するためのレンズおよび切子面をも含み得る。熱処理、光学的制御、および/または電気信号の変調および/または制御に関連した構成部材などの他の構成部材も、ランプを種々の用途にさらに適応させるのに含まれ得る。

#### 【0073】

さらに、本発明の一部の実施形態による蛍光体は、直接遷移半導体などの半導体材料によって提供され得る。さらに詳細には、本発明の一部の実施形態による蛍光体は、LEDチップの量子井戸のバンドギャップよりも狭いバンドギャップを有する半導体材料を含み得る。このような直接遷移蛍光体は、LEDチップに膜および/または粉末層の形で設け

10

20

30

40

50

られ、所望の色シフト (color shift) をもたらし得る。例えば、このような直接遷移蛍光体は、LEDチップの量子井戸で見られるものよりも高い割合のInを有するInGaN層であり得る。直接遷移半導体の他の例は、GaAs (1.42 eV)、Alの割合が約45%未満のAlGaAs、および/またはInP (1.34 eV) を含み得る。さらに、間接遷移半導体についても、効率が低くなり得るが、本発明の一部の実施形態の蛍光体として使用され得る。

#### 【0074】

図7A~7Dは、本発明の一部の実施形態によるLEDチップと組み合わせた直接遷移半導体蛍光体の例示的構成を示したものである。図7Aに示すように、2つのLEDチップ703aおよび703bに、2つの直接遷移半導体蛍光体706aおよび706b (異なる光吸収特性および/または発光特性を有し得る) をそれぞれ設けることができる。例えば、直接遷移半導体蛍光体706aおよび706bを、ガラス基板またはサファイア基板などの基板に形成し、これにより2つのLEDチップ703aおよび703bから介在する基板により空間的に離間させてもよい。対照的に、図7Bに示すように、蛍光体706aをLEDチップ703aの上に直接存在させ、蛍光体706bをLEDチップ703bの上に直接存在させてもよい。このように、図7Aおよび図7Bに示すように、本発明の一部の実施形態によるLEDチップ703aおよび703bは、一体化した波長変換材料を含み得る。また、図7Cに示すように、直接遷移半導体蛍光体層706aおよび706bをいずれもLEDチップ703aおよび703bに積層し、基板705により空間的に離間させてもよい。さらにこの代わりに、積層された蛍光体層706aおよび/または蛍光体層706bのうち少なくとも1つを、図7Dに示すように、LEDチップ703aおよび703bの上に直接存在させてもよい。直接遷移半導体蛍光体とLEDチップとの他の構成および/または組み合わせもまた、本発明の一部の実施形態により提供され得る。例えば、蛍光体層706aおよび/または蛍光体層706bを、上ではLEDチップ703aおよび703bを完全に被覆したものと示したが、LEDチップ703aおよび703bが発した光のすべてが蛍光体層706aおよび/または蛍光体層706bに向かないように、LEDチップ703aおよび/またはLEDチップ703bのうち1つ以上に部分的に重ねて設けてもよい。このように、一部の実施形態では、蛍光体層706aおよび/または蛍光体層706bは、図2A~3Fを参照して上述した照明器具および/またはランプの蛍光体として使用され得る。

#### 【0075】

直接遷移半導体蛍光体706aおよび706bは、例えば、有機金属化学気相成長 (MOCVD) 技術および/またはスパッタリング技術を用いて、LED703aおよび/またはLED703bに薄膜として堆積され得る。膜は、基板 (サファイアまたはガラスなど)、レンズの内側、および/または直接LEDチップ上に堆積され得る。さらに、直接遷移半導体蛍光体706aおよび706bは基板に成長され得る。以後の加工条件と同様に、膜が成長されおよび/または堆積される基板の特性についても、所望のスペクトル出力をもたらすよう調整され得る。本発明の一部の実施形態による直接遷移半導体蛍光体を含む基板は、例えば、基板が除去されたLEDを支持するため、および/または基板から分離された半導体層を支持するためのキャリアウエハとして使用され得る。薄膜層が以後の加工でダメージを受けないように注意が払われ得る。蛍光体706aおよび706bはまた、粒子状または粉末状の形で提供され得る。粉末状の蛍光体については、粒子の大きさおよび/または形状についても所望のスペクトル出力に影響を与え得る。

#### 【0076】

さらに図7A~7Dを参照すると、直接遷移半導体蛍光体706aおよび706bの大きさ、化学量論性、および/または形態が、所望のスペクトル出力をもたらすように選択され得る。例えば、蛍光体706aおよび706bの化学量論性は、発せられた光の色および/または吸収確率を変えるのに変更され得る。さらに詳細には、入射光子の吸収確率は化学量論性により決まり得るものであり、バンドギャップおよび/または状態密度に影響を与え得る。例えば、内部エネルギーレベルEが蛍光体706aおよび706bのバン

10

20

30

40

50

ドギャップ  $E_g$  よりも高い場合（例えば、 $E_g$  よりもわずかに高い場合）、状態密度は比較的 low、このため吸収確率は比較的 low になり得る。対照的に、内部エネルギーレベル  $E_i$  がバンドギャップ  $E_g$  と比べて大きい場合、状態密度は高くなり、吸収は同様に高くなり得る。吸収確率は、蛍光体発層 706a および 706b の厚さにも比例し得る。

【0077】

このように、蛍光体 706a および 706b の化学量論性が、所望のレベルの吸収および/またはスペクトル出力が実現するように調整され得る。例えば、蛍光体 706a および/または蛍光体 706b が  $In_xGa_{1-x}N$  層である場合、 $x$  の値を蛍光体層 706a および/または蛍光体層 706b の厚さにかけて変化させて、さらに広い発光スペクトルを提供し得る。対照的に、単一の（変化のない）組成については、スペクトル発光は相当狭くなり得る。蛍光体層 706a および/または蛍光体層 706b は、LED チップ 703a および/または LED チップ 703b が発した光の少なくとも一部を吸収し、LED チップ 703a および/または LED チップ 703b が発する光の波長よりも長い波長の光を再発光するように構成され得る。さらに、一部の実施形態では、蛍光体 706a および/または蛍光体 706b の化学量論性は、スペクトル発光の範囲を狭めるのに調整され得る。つまり、一部の実施形態では、蛍光体 706a および/または蛍光体 706b は、例えば、所望しない光を減少させ、および/または除去するために、効率を犠牲にし得るが、一部の実施形態では特定の波長の光を吸収して再発光しないように構成され得る。

【0078】

一部の実施形態では、直接遷移半導体蛍光体 706a および 706b は、量子井戸構造を含み得る。このため、所望の吸収確率をもたらすために吸収領域の化学量論性を変更し、量子井戸構造によってスペクトル出力を変更し得る。例えば、演色を向上させるため、および/または効率を変更するために、井戸の数、井戸の幅、井戸の離間、井戸の形状、および/または井戸の化学量論性を変更し得る。一部の実施形態では、量子井戸を取り囲む領域は、井戸内の拡散を誘導するため、および/または向上させるためにテーパ状である。

【0079】

図 8 は、本発明の一部の実施形態による直接遷移半導体蛍光体層で使用し得る量子井戸構造の種々の井戸の形状の例を示したものである。さらに詳細には、図 8 は、種々の井戸の形状、井戸の幅、井戸の深さ、および/または井戸の離間を有する井戸構造を示している。井戸構造は、所望のバンドギャップをもたらすために、階段状のグレーディング (stepwise grading)、連続的なグレーディング (continuous grading)、および/または他の技術を採用し得る。図 8 に示すように、入射光 800 に基づき、伝導帯の電子  $801e \sim 804e$  が、バンドギャップ  $801g \sim 804g$  のそれぞれを超えた再結合のエネルギーが出射光 805 として発せられるように、価電子帯のホール  $801h \sim 804h$  と直接結合できる。図 8 に示す井戸の数および/または形状は、所定のスペクトル入力に対して所望のスペクトル出力を実現できるように変更され得る。例えば、量子井戸の幅は、量子井戸の成長時間を調整し、成長温度を変更し、および/またはチャンバガスの一部の圧力を調整することにより、変更され得る。また、井戸の化学量論性は、ガスの一部の圧力および/または他の成長パラメータを変更することにより調整され得る。これらのような変更を量子井戸の成長中に行い、不均一な形状の井戸（つまり、異なる化学量論性）が設けられ得る。

【0080】

本発明の一部の実施形態による直接遷移半導体蛍光体は、これらの光学的特性および/または電気的特性を変更するためにドーピングされてもよい。例えば、ドーパント原料を成長チャンバに導入してドーパントを井戸内に入れてもよい。さらに、本発明の一部の実施形態による直接遷移半導体蛍光体は、例えば、電気接点用の導体として設けられてもよい。

【0081】

以上は、本発明の例示であり、これらに限定することを意図するものではない。本発明の例示的な実施形態をいくつか説明したが、当業者は、本発明の新規の教示および利点が

10

20

30

40

50

ら実質的に逸脱することなく多くの変更が例示の実施形態で可能であることを容易に認識すると考えられる。このため、このような変更はすべて、特許請求の範囲で定めた本発明の範囲に含まれることを意図する。したがって、以上は本発明の例示であること、開示した特定の実施形態に限定されることを意図しないこと、他の実施形態と同様に、開示した実施形態の変更が添付の特許請求の範囲に含まれることを意図することが理解される。本発明は、特許請求の範囲により、含まれるべき特許請求の範囲の等価物と併せて、定義される。

【符号の説明】

【0082】

100a	LED照明器具	10
100b	LED照明器具	
101	サブマウント	
103	LEDチップ	
105	取付板	
106c	シングルチップLEDランプ	
106r	シングルチップLEDランプ	
110	マルチチップLEDランプ	
150a	制御回路	
150b	制御回路	
200	マルチチップLEDランプ	20
201	サブマウント	
202a	第1のダイマウント領域	
202b	第2のダイマウント領域	
202c	第3のダイマウント領域	
202d	第4のダイマウント領域	
203b	青色LEDチップ	
203b'	青色LEDチップ	
203b''	青色LEDチップ	
203c	シアンLEDチップ	
203g	緑色LEDチップ	30
203r	赤色LEDチップ	
205	LEDランプ	
206g	緑色を発する蛍光体	
206r	赤色を発する蛍光体	
206y	黄色を発する蛍光体	
210	LEDランプ	
215	LEDランプ	
300	LEDランプ	
301	サブマウント	
302a	第1のダイマウント領域	40
302b	第2のダイマウント領域	
302c	第3のダイマウント領域	
302d	第4のダイマウント領域	
303b	青色LEDチップ	
303b'	青色LEDチップ	
303c	シアンLEDチップ	
303c'	シアンLEDチップ	
303r	赤色LEDチップ	
305	LEDランプ	
306y	黄色を発する蛍光体	50



3 0 6 r	赤色を発する蛍光体	
3 0 6 x	第3の変換材料	
3 0 6 z	第4の変換材料	
3 1 0	LEDランプ	
3 1 5	LEDランプ	
3 2 0	LEDランプ	
3 2 5	LEDランプ	
4 0 0 a	LEDランプ3 0 0の組み合わせられたスペクトル分布	
4 0 0 b	LEDランプ3 2 5の組み合わせられたスペクトル分布	
4 9 9 b	青色発光スペクトル	10
4 9 9 c	シアン発光スペクトル	
4 9 9 r	赤色発光スペクトル	
4 9 9 y	黄色発光スペクトル	
5 0 0	湾曲状の縁部	
5 0 5	直線状の縁部	
5 1 0	黒体放射軌跡	
5 1 5	影を付けた領域	
7 0 3 a	LEDチップ	
7 0 3 b	LEDチップ	
7 0 6 a	直接遷移半導体蛍光体	20
7 0 6 b	直接遷移半導体蛍光体	
8 0 0	入射光	
8 0 1 e	電子	
8 0 1 g	バンドギャップ	
8 0 1 h	ホール	
8 0 2 e	電子	
8 0 2 g	バンドギャップ	
8 0 2 h	ホール	
8 0 3 e	電子	
8 0 3 g	バンドギャップ	30
8 0 3 h	ホール	
8 0 4 e	電子	
8 0 4 g	バンドギャップ	
8 0 4 h	ホール	
8 0 5	出射光	

【図1A】

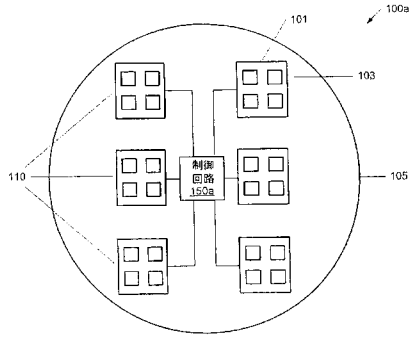


図 1A

【図1B】

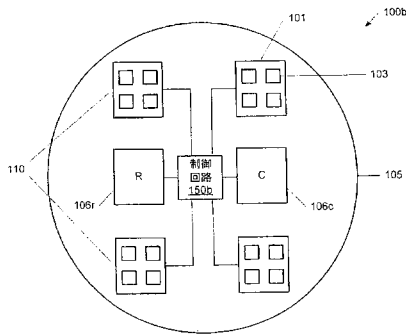


図 1B

【図2A】

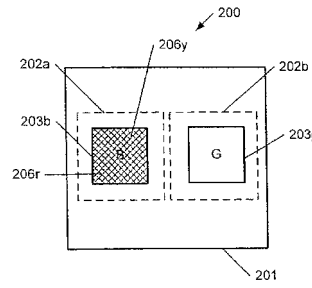


図 2A

【図2B】

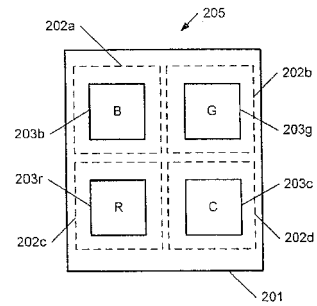


図 2B

【図2C】

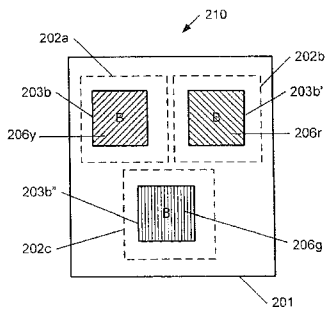


図 2C

【図3A】

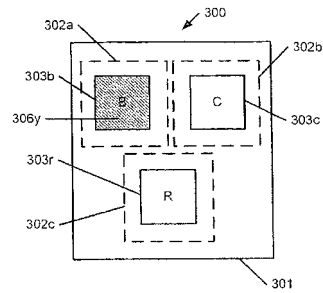


図 3A

【図2D】

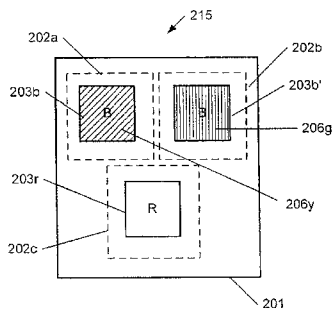


図 2D

【図3B】

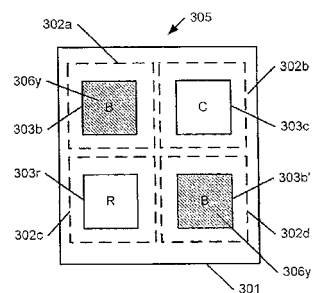


図 3B

【図3C】

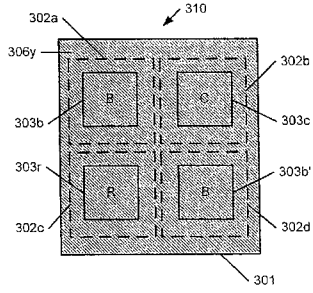


図 3C

【図3E】

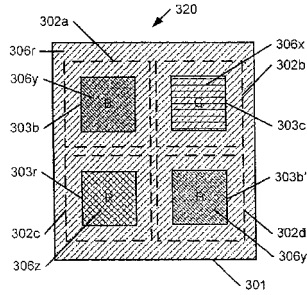


図 3E

【図3D】

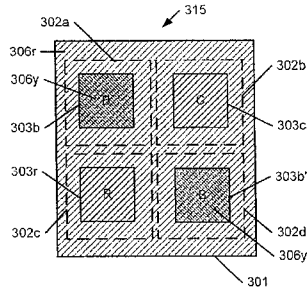


図 3D

【図3F】

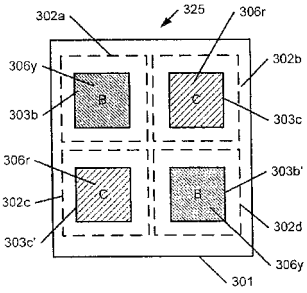


図 3F

【図4A】

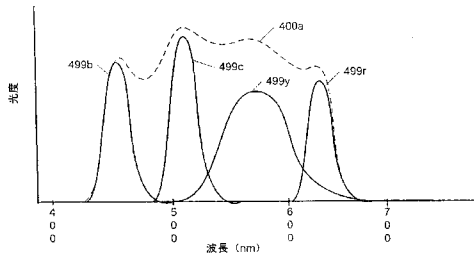


図 4A

【図5】

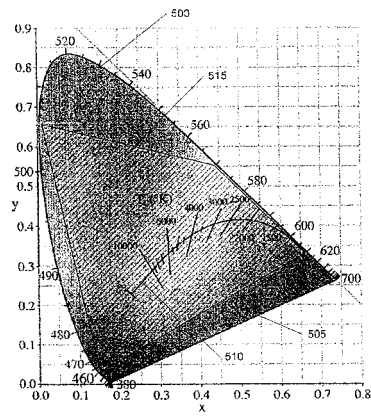


図 5

【図4B】

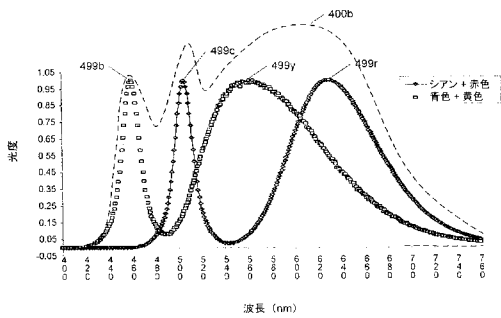


図 4B

【図6】

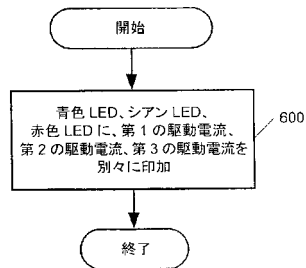
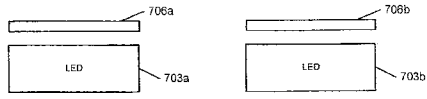


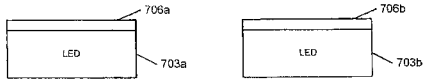
図 6

【 7 A 】



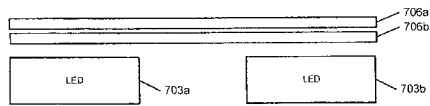
7A

【 7 B 】



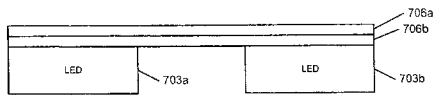
7B

【 7 C 】



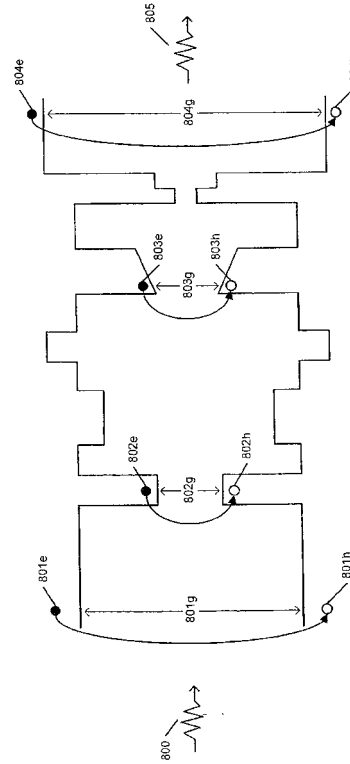
7C

【 7 D 】



7D

【 8 】



8

## フロントページの続き

- (72)発明者 マーク マクレアー  
アメリカ合衆国, ノースカロライナ州 27519, カリー, タムワース ヒル レーン 111  
4
- (72)発明者 バーン ピー・ケラー  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 93111, サンタ バーバラ, サン アントニオ クリー  
ク ロード 1335
- (72)発明者 ジョージ ブランデス  
アメリカ合衆国, ノースカロライナ州 27614, ローリー, ワインフォード ウェイ 502  
0
- (72)発明者 ロナン ピー・レトキン  
アメリカ合衆国, ノースカロライナ州 27713, ダラム, トレイル ビュー レーン 103  
0

審査官 杉山 輝和

- (56)参考文献 特開2006-245443(JP,A)  
特開2004-071726(JP,A)  
特開2005-244226(JP,A)  
特開2005-005482(JP,A)  
特開2006-032726(JP,A)  
特開2008-071806(JP,A)  
特開2007-035885(JP,A)  
特開2000-022222(JP,A)  
特開2004-083653(JP,A)  
特開平11-340516(JP,A)  
特開2004-051863(JP,A)  
特開2007-088472(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L33/00-33/64