

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成24年4月26日(2012.4.26)

【公表番号】特表2011-513996(P2011-513996A)

【公表日】平成23年4月28日(2011.4.28)

【年通号数】公開・登録公報2011-017

【出願番号】特願2010-549890(P2010-549890)

【国際特許分類】

H 01 L 33/50 (2010.01)

C 09 K 11/08 (2006.01)

【F I】

H 01 L 33/00 4 1 0

C 09 K 11/08

【手続補正書】

【提出日】平成24年3月5日(2012.3.5)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数チップ励起起源と蛍光体パッケージとを含む白色光照明システムであって、
複数チップ励起起源が、

蛍光体パッケージに同時励起放射を与える約250nmから約410nmの間の範囲の波長を
放出する第1の放射源と、

蛍光体パッケージに同時励起放射を与える約410nmから約540nmの間の範囲の波長を
放出する第2の放射源と、

を含み、

蛍光体パッケージが、

第1及び第2の放射源からの同時励起で約440nmから約700nmの間の範囲の波長の
フォトルミネセンスを放出するために構成される、

白色光照明システム。

【請求項2】

蛍光体パッケージが、青色放出蛍光体、緑色放出蛍光体、黄緑色放出蛍光体、橙色放出
蛍光体、及び赤色放出蛍光体、その組み合わせからなるグループから選択された少なくとも
ひとつ以上の蛍光体を含む、請求項1記載の白色光照明システム。

【請求項3】

システムによって放出される白色光照明が約90を越える演色性指数(CRI)を有する、
請求項1記載の白色光照明システム。

【請求項4】

システムによって放出される白色光照明が約80を越える演色性指数(CRI)を有する、
請求項1記載の白色光照明システム。

【請求項5】

システムによって放出される白色光照明が約70を越える演色性指数(CRI)を有する、
請求項1記載の白色光照明システム。

【請求項6】

蛍光体パッケージによって放出されたフォトルミネセンスが、白色光照明の全電力の少

なくとも 40 パーセントであり、白色光照明システムにおける全電力に第 1 及び第 2 の放射源が寄与する部分が約 60 パーセントより少ない、請求項 1 記載の白色光照明システム。

【請求項 7】

蛍光体パッケージによって放出されたフォトルミネセンスが、白色光照明の全電力の少なくとも 50 パーセントであり、白色光照明システムにおける全電力に第 1 及び第 2 の放射源が寄与する部分が約 50 パーセントより少ない、請求項 1 に記載の白色光照明システム。

【請求項 8】

蛍光体パッケージによって放出されたフォトルミネセンスが、白色光照明の全電力の少なくとも 60 パーセントであり、白色光照明システムにおける全電力に第 1 及び第 2 の放射源が寄与する部分が約 40 パーセントより少ない、請求項 1 に記載の白色光照明システム。

【請求項 9】

蛍光体パッケージによって放出されたフォトルミネセンスが、白色光照明の全電力の少なくとも 70 パーセントであり、白色光照明システムにおける全電力に第 1 及び第 2 の放射源が寄与する部分が約 30 パーセントより少ない、請求項 1 に記載の白色光照明システム。

【請求項 10】

蛍光体パッケージによって放出されたフォトルミネセンスが、白色光照明の全電力の少なくとも 80 パーセントであり、白色光照明システムにおける全電力に第 1 及び第 2 の放射源が寄与する部分が約 20 パーセントより少ない、請求項 1 記載の白色光照明システム。

【請求項 11】

複数チップ励起起源と蛍光体パッケージとを含む白色光照明システムであって、複数チップ励起起源が、

蛍光体パッケージに同時励起放射を与えるための約 410 nm から約 480 nm の間の範囲の波長を放出する第 1 放射源と、

蛍光体パッケージに同時励起放射を与えるための約 480 nm から約 540 nm の間の範囲の波長を放出する第 2 の放射源と、

を含み、

蛍光体パッケージが、

第 1 及び第 2 の放射源からの同時励起によって約 440 nm から約 700 nm の間の範囲の波長のフォトルミネセンスを放出するように構成される、

白色光照明システム。

【請求項 12】

蛍光体パッケージが、青色放出蛍光体、緑色放出蛍光体、黄緑色放出蛍光体、橙色放出蛍光体、赤色放出蛍光体、緑色放出蛍光体、その組み合わせからなるグループから選択された少なくともひとつの蛍光体を含む、請求項 11 記載の白色光照明システム。

【請求項 13】

システムで放出された白色光照明が約 90 より大きい演色性指数 (CRI) を有する、請求項 11 記載の白色光照明システム。

【請求項 14】

システムで放出された白色光照明が約 80 より大きい演色性指数 (CRI) を有する、請求項 11 記載の白色光照明システム。

【請求項 15】

システムで放出された白色光照明が約 70 より大きい演色性指数 (CRI) を有する、請求項 11 記載の白色光照明システム。

【請求項 16】

蛍光体パッケージによって放出されたフォトルミネセンスが、白色光照明の全電力の少

なくとも 40 パーセントであり、白色光照明システムにおける全電力に第 1 及び第 2 放射源が寄与する部分が約 60 パーセントより少ない、請求項 11 記載の白色光照明システム。

【請求項 17】

その蛍光体パッケージによって放出されたフォトルミネセンスが、その白色光照明の全電力の少なくとも 50 パーセントであり、かつその白色光照明システムにおける全電力にその 1 番目と 2 番目の放射源が寄与する部分が約 50 パーセントより少ない、請求項 11 の白色光照明システム。

【請求項 18】

蛍光体パッケージによって放出されたフォトルミネセンスが、白色光照明の全電力の少なくとも 60 パーセントであり、白色光照明システムにおける全電力に第 1 及び第 2 放射源が寄与する部分が約 40 パーセントより少ない、請求項 11 記載の白色光照明システム。

【請求項 19】

蛍光体パッケージによって放出されたフォトルミネセンスが、白色光照明の全電力の少なくとも 70 パーセントであり、白色光照明システムにおける全電力に第 1 及び第 2 放射源が寄与する部分が約 30 パーセントより少ない、請求項 11 記載の白色光照明システム。

【請求項 20】

蛍光体パッケージによって放出されたフォトルミネセンスが、白色光照明の全電力の少なくとも 80 パーセントであり、白色光照明システムにおける全電力に第 1 及び第 2 放射源が寄与する部分が約 20 パーセントより少ない、請求項 11 記載の白色光照明システム。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】白色光放出ダイオード（LED）の為の複数チップ励起システム

【技術分野】

【0001】

優先権の範囲

本出願は、その両方の出願の明細書と図が参考として本明細書に組み込まれる、2009年3月4日出願のYi-Qun Li, Gang Wang, Li-De Chenによる米国特許出願番号12/398,059「Multiple-Chip Excitation Systems for White Light Emitting Diodes (LEDs)」および2008年3月7日出願のYi-Qun Liらによる米国特許仮出願番号61/034,699「Phosphor Systems for White Light Emitting Diodes (LEDs)」に基づく優先権を主張する。

【0002】

発明の背景

発明の分野

本発明の実施態様は白色 LED 照明システムを一般的に示すものである。より具体的には、本発明の実施態様は白色照明システムに含まれる蛍光体パッケージの構成物の同時励起の為の複数チップ（LED）励起手段を含む白色 LED 照明システムを示す。

【0003】

従来技術

「白色 LED」として知られる装置は、従来の白熱電球にとってかわるために設計された比較的最近の技術革新である。LED が青 / 紫外線領域内の電磁スペクトルを放出する技術が開発されて、LED に基づく白色照明源を製造することが可能になった。特に製造

コストが低減し、製造技術が更に発達するにつれ、白色LEDが白熱光源（電球）に経済的にとってかわる潜在能力を有するようになった。とりわけ、白色光LEDの潜在能力は寿命や丈夫さや効率の点で白熱電球にまさると信じられている。例えば、LEDに基づく白色照明は、点灯寿命100,000時間で効率が80から90パーセントという業界標準をみたすことが期待されている。LEDの高い輝度はすでに交通信号灯を白熱電球にとってかわらせるといった社会の分野にかなりな影響力を与えており、LEDが近い将来、家庭やビジネスでの汎用的な照明必需品を提供するのみならず、他の日常的な応用にも供されるであろうことは驚くべきことではない。LEDは「白色光」を放出するわけではないので、この用語「白色LED」は誤称のようなものではあるが、ポンピングLEDによって励起されたとき光を放出する1以上の蛍光体のようなシステムの別の構成要素に、青／紫外線LEDがエネルギーを供給し、かつポンピングLEDからの励起放射が蛍光体からの光と合わさって最終的な白色光「成果品」を作る照明システムを記述するために当業者ではひろく使われている。

【0004】

Sakaneらの米国特許7,476,338で述べられているように、LEDに基づく白色光照明システムを供給するのに一般的に当業者では2つのアプローチがある。従来の複数チップタイプのシステムでは、3原色は赤、緑、青のLEDによって個別に供給される。単チップシステムは蛍光体とともに青色LEDを含み、青色LEDは以下のような2つの目的を有し、1つめは蛍光体を励起させることであり、2つめは知覚的な白色光結合を作るために蛍光体から放出される光と結合される青色光を与えることである。

【0005】

Sakaneらによると、複数LEDの複数ドライブ電圧及び温度を考慮する必要がないため、単チップシステムでは、LED-蛍光体システムの寸法を複数チップシステムより小さくすることができ、かつデザインをより簡単にできるという望ましい特性がある。そのため、システムの製造コストを低減させることができる。さらに、広い放出スペクトルを有する蛍光体を使用することにより、このシステムからの白色放出がより太陽光のスペクトルに近づき、かつそのためにこのシステムの演色性が改善され得る。それらの理由により、複数チップシステムより単チップシステムのほうにより注目が集まっていた。

【0006】

かかる単チップシステムは、更に2つの種類に分けられる。1番目の種類においては、先に述べたように、高ルミネッセンス青色LEDと青色LEDからの励起の結果として黄色放出をする蛍光体からの光が結合され、その結合された光の白色ルミネッセンスはLEDの青色放出と蛍光体の黄色放出の補色関係を利用して得られる。2番目の種類においては、励起源はスペクトルの近紫外線または紫外線(UV)領域を放出するLEDで、青色放出蛍光体、赤色放出蛍光体と緑色放出蛍光体を含み得る蛍光体パッケージからの光が結合し、白色光を生成する。この種類のシステムで白色の演色性特性を調整できることに加えて、赤色、緑色及び青色フォトルミネッセンスの混合比率を調整することにより、任意の放出色も作成することができる。

【0007】

これらの単チップシステムは当業者には高く評価されているが、演色性を向上させるということになると欠点も多い。例えば、青色LED及び黄色蛍光体（例えばYAG:Ce）で構成される典型的な単チップシステムからの白色光放出では、可視スペクトルの長波長側が不十分なため、青みがかった白色光の様相となる。このシステムのYAG:Ce黄色蛍光体は、最大効率の励起帯が460nmで、かつこの黄色蛍光体の励起範囲が特に広いわけではないので、必要な600から700nmの放出含有量には多くは寄与しない。この単チップシステムの更なる欠点は、部分的には製造過程の理由による青色LEDの放出波長範囲の不均衡で、もし放出波長範囲がYAG:Ce黄色蛍光体の最適励起範囲から逸脱すると、青色光と黄色光の間の波長バランスが失われるという結果になる。

【0008】

単チップシステムの上述2番目の種類にも不都合な点がある。紫外線または近紫外線で

励起された赤色、緑色と青色蛍光体システムからのフォトルミネッセンスを結合して生成する白色光照明においても、赤色蛍光体の励起と放出効率がパッケージの他の蛍光体に比べて低いため、長波長部が不足する。このため、白色LEDの設計者は、配合中の青色と緑色蛍光体に対して赤色蛍光体の分配を増やす以外には選択肢がない可能性がある。しかしながら、この手段は好ましくない結果となり、つまり、他に比べて緑色蛍光体の比率が低くなってしまう可能性があるので、白色LEDからのルミネッセンスが悪化する可能性がある。高いルミネッセンスをもった白色を得ることは困難と思われる。そして赤色蛍光体は他に比して概してより鋭い放出スペクトルを有するため、演色性特性は依然として最適から程遠いところにある。

【0009】

複数チップ白色光照明システムが様々な不利益をこうむっていることは明白であり、その相当なものとして、白色光の構成色を作るのに必要な、複数の電圧制御システムの必要性及び多数の個々のチップからの熱発生増加がある。しかしながら、単チップシステムの各々にも問題があり、恐らく最も著しいものは許容される演色性の結果に到達できないことである。当業者が必要としているのは、高められた発光効率と演色性を備えた白色光照明システムで、その一方同時に、高性能の駆動及び制御システムの必要性とのバランスをとることである。

【0010】

発明の概要

本発明の実施態様は、複数チップ励起源及び蛍光体パッケージ（蛍光体混合物に同じ）を含む白色光照明システム（いわゆる「白色LED」）に関するものである。かかる複数チップ励起源は、2チップ源、3チップ源または放射源が3個をこえるLEDを含むところの蛍光体パッケージを同時励起させる励起源であり得る。2チップ源の場合は、2つのLEDが紫外線放出及び青色放出、または青色放出及び緑色放出を行い得る。3チップ源は、紫外線、青色及び緑色放出源を含み得る。本質的には、可能なチップの組み合わせには無限の数の可能性があるが、概念の本質は、2チップ（又は3チップ）源が蛍光体パッケージ中の蛍光体を同時励起させ、かつ複数チップ源及び蛍光体パッケージが最終の白色光照明製品への電力量を変化させることに寄与することにある。

【0011】

ひとつの実施態様においては、波長範囲が約250nmから約410nmの放出を行う第1放射源と、蛍光体パッケージに同時励起放射を与える為の波長範囲が約410nmから約540nmの放出を行う第2放射源とを含む。このことは、第1供給源は紫外線放出源であり、第2供給源は青色、青緑色、及び／又は緑色放出源である2チップ源であると考えられる。別の実施態様においては、2チップ源が、蛍光体パッケージに同時励起放射を与える波長範囲が約410nmから約480nmの放出を行う第1放射源と、蛍光体パッケージに同時励起放射を与える波長範囲が約480nmから約540nmの放出を行う第2放射源とを含む。このことは、第1チップが青色放出LEDであり、第2チップが緑色放出LEDである2チップ源であると考えられる。

【0012】

蛍光体パッケージは、第1及び第2放射源からの同時励起により波長範囲が約440nmから約700nmのフォトルミネッセンスを放出するように構成される。蛍光体パッケージは、青色放出蛍光体、緑色放出蛍光体、黄緑色放出蛍光体、橙色放出蛍光体及び赤色放出蛍光体からなるグループから選ばれた少なくともひとつの蛍光体やその組み合わせを含む。多様な蛍光体が本実施態様を実行するのに適切であると予想され、アルミニン酸塩素材の蛍光体、珪酸塩素材の蛍光体及び窒化物素材の蛍光体を含む。市販で入手可能な蛍光体は当然含まれる。

【0013】

本実施態様によると、蛍光体パッケージにより放出されるフォトルミネッセンスは白色光照明の全電力の少なくとも40%であり、白色光照明の全電力に第1及び第2放射源が寄与する部分は約60%より少ない。この比率は他の代替実施態様においては変化し、白

色光照明の全電力の 50 パーセントを含み、白色光照明の全電力に第 1 及び第 2 放射源が寄与する部分は約 50 % より少なく、比率がそれぞれ 60 / 40、70 / 30 及び 80 / 20 のシステムがある。

【0014】

本実施態様によると、本システムで放出される白色光照明は約 90 を越える演色性指数（CRI）を有する。他の代替実施態様においては、CRI は約 80 を越え、かつ約 70 を越える。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図 1】2 蛍光体システムに励起放射を与える 2 LED 放射源の放出強度対波長のプロットであって、各々 LED 放出が 402 及び 454 nm であって、蛍光体の放出強度ピークが 507 及び 610 nm であるプロットを示す。

【図 2】3 蛍光体システムに励起放射を与える 2 LED 放射源の放出強度対波長のプロットであって、各々 LED 放出が 402 及び 454 nm であり、蛍光体の放出強度ピークが 507、550 及び 610 nm であるプロットを示す。

【図 3】4 蛍光体システムに励起放射を与える 2 LED 放射源の放出強度対波長のプロットであって、各々 LED 放出が 402 及び 454 nm であり、蛍光体の放出強度ピークが 450、507、550 及び 610 nm であるプロットを示す。

【図 4】3 蛍光体システムに励起放射を与える 2 LED 放射源の放出強度対波長のプロットであって、各々 LED 放出が 402 及び 454 nm であって、蛍光体の放出強度ピークが、507 及び 610 nm であるプロットを示す。

【図 5】3 蛍光体システムに励起放射を与える 2 LED 放射源の放出強度対波長のプロットであり、各々 LED 放出が 429 及び 457 nm であり、蛍光体の放出強度ピークが、507、550 及び 610 nm であるプロットを示す。

【図 6】2 蛍光体システムに励起放射を与える 2 LED 放射源の放出強度対波長のプロットであって、各々 LED 放出が 454 及び 523 nm であり、蛍光体の放出強度ピークが、530 及び 590 nm であるプロットを示す。

【図 7】2 蛍光体システムに励起放射を与える単 LED 放射源の放出強度対波長のプロットであって、各々 LED 放出が 402 nm であり、蛍光体の放出強度ピークが、538 及び 586 nm であるプロットを示す。

【図 8】4 蛍光体システムに励起放射を与える単 LED 放射源の放出強度対波長のプロットであって、各々 LED 放出が 402 nm であって、蛍光体の放出強度ピークが、450、507、550 及び 610 nm であるプロットを示す。

【図 9】3 蛍光体システムに励起放射を与える単 LED 放射源の放出強度対波長のプロットであって、各々 LED 放出が 402 nm であり、蛍光体の放出強度ピークが、507、550 及び 610 nm であるプロットを示す。

【図 10】2 蛍光体システムに励起放射を与える単 LED 放射源の放出強度対波長のプロットであって、各々 LED 放出が 429 nm であって、蛍光体の放出強度ピークが、507 及び 610 nm であるプロットを示す。

【0016】

発明の詳細な説明

ひとつの実施態様においては、白色 LED は 2 つの放射源と、青色、緑色、黄色、橙色又は赤色の中から選択された少なくとも 2 つの蛍光体タイプとを含む。2 つの放射源の相対強度は等しいか、又は輝度、効率、色及び演色性指数（CRI）のような LED の最終性能を最適化する特別な比率に調整され得る。

【0017】

白色光を含む光の特徴

白色光の品質を性格づけるために開発されたひとつのタイプの分類システムは、1965 年に Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) によって開発され、その提案は Ducharme らによる米国特許 7,387,405 の中で検討されてきた。CIE は、色サン

ブル試験法に基づいて光源の演色性特性を測定することを推奨した。この方法は更新され、「Method of Measuring and Specifying Color Rendering Properties of light sources」と題された技術報告書 CIE 13.3 - 1995 の中で説明されており、その明細は参考として本明細書に組み込まれる。本質的には、この方法は試験しようとする光源の分光放射分析測定を伴うものである。このデータは 8 つの色サンプルの反射スペクトルにより複数化される。その結果、得られたスペクトルは CIE 1931 標準観測者に基づき三刺激値に変換される。それらの値の変換は、参照光の観点から 1960 年に CIE によって推奨された均等色空間 (UCS) の為に決定される。かかる 8 色の変換の平均が、CRI として知られる平均演色評価数を求めるために計算される。それらの計算の中で、満点が 100 になるように CRI が比べられ、その「満点」というのは参照光（多くは太陽光及び / 又は全波長光）と分光的に等しい光源を使用することである。

【0018】

白色光の品質を測定するために、人工的な照明は一般的に標準 CRI を使用する。もし、ある白色光が太陽光及び / 又は全波長光に比して高い CRI を生じるとき、その白色光は、より「自然」でかつよりすぐれた表面色を可能にするという意味での、よりすぐれた品質を有すると考えられる。しかし、よりすぐれた品質の白色光を供給することに加え、光の特定の色を発生させることも同様に非常に望ましい。光は朝方にはより橙色から赤色となる傾向があり、かつ夜又は夕方にはより青色となる傾向があるため、全スペクトルの中で特定の色を変更したり、微調整したり、又は調整できる能力が同じく重要である。

【0019】

Ducharme らが米国特許公報 2007 / 0258240 で教示するように、白色光は異なる波長の光の混合であるため、その白色光を発生するために使われる構成色に基づいて特色づけることが可能である。白色光を発生させるために、1) 赤色、緑色及び青色、2) 薄い青色、琥珀色及びラベンダー、並びに 3) 緑がかった青色、赤紫色と黄色をはじめとする異なる色を結合することができる。事実、もし選択された 2 色がいわゆる補色であれば、2 色のみの組み合わせでも目には白色と映る光を発生させることができ、その例として 635 nm 及び 493 nm 近辺を放出する狭域帯源 (LED または極端な場合としてレーザー) がある。これらの人工白色は人間の目には白色と映るかもしれないが、着色された表面の上で照らされると人工的に映るといったように、全波長光及び / 又は自然太陽光より幾分劣って見える。この理由は、試験しようとする着色表面が波長領域によって異なる吸収や反射を起こすためである。もしこのような表面に、妥当な及び / 又は所望の強度で完全に表される可視帯にある構成要素の波長を有する光を意味する、全スペクトル白色光又は自然太陽光があてられると、この表面では完全な吸収と反射が起こる。しかし、この段落で述べられている人工白色は 2 つまたは 3 つの構成要素を有するのみで、全てのスペクトルを有するわけではない。異なる演色性とはどういう意味であるかを示す例を 2 つの異なる状況で示すと、500 nm から 550 nm 領域を反射する表面は全スペクトル光の下では濃い緑色を呈するが、635 nm と 493 nm 近辺を放出する 2 つの狭域帯源を含む、仮想の 2 つの構成要素システムにより発生する仮想の「白色光」の下では、黒色を呈することが挙げられる。

【0020】

光学的結果

当節で論議する光学的結果は、システムの放出強度をスペクトル波長の関数としてプロットしたグラフによって定量化される。実際に都合がよいのは、Chen らの米国特許公報 2008 / 0203900 にて例示される、従来型青色 LED と黄色 YAG : Ce 蛍光体のスペクトルから始めることである。彼らの図 1 は、このスペクトルには赤色が不足しており、緑色が特に不足していることを示している。彼らは、480 から 500 nm の 青緑色 領域スペクトルの光と、580 から 680 nm の 黄赤色 領域スペクトルの光とを優先的に放出する LED を追加することを提唱している。彼らの図 1 で不足が示される白色光システムに、約 500 nm の中心波長を有する青緑 LED を追加して得られるスペクトルが彼らの図 2 に示される。

【0021】

ChenらによるこのLEDの追加は、2成分の青色LED及び黄色蛍光体（例えばYAG : Ce）システムのものよりも実質上より一定な、波長を関数とする発光効率を有するスペクトルを生ずる。580から680nmを放出する3番目のLEDがシステムに追加された、3LED - 1蛍光体システムからのスペクトルが彼らの図3に示される。450から650nmを越える範囲のこのスペクトルの強度は、単LED - 単蛍光体（例えば青色LED / YAG : Ce黄色蛍光体）又は白色LEDの2成分版よりも、実質上より一定である。2番目の青緑色LED及び/又は3番目の橙赤色LEDの電力は、黄色蛍光体への励起放射ばかりではなく青色光を与える1番目の青色LEDの電力の小さな部分であり、それ故にシステムの総合効率はほんの多少低減するのみであったが、3成分システムの総合演色性性能は向上してきた。このように複数LEDは、総合効率の観点から有効であることが示ってきた。

【0022】

LEDは伝統的な青色LEDに加えて白色光照明システムに使用されてきたが、これらの追加のLEDは最終的な白色光製品に光の構成要素を与えるために使用されていて、（発明者の知る限りにおいては）追加の励起放射源を与えるためには使用されていない。ここで用いられる用語「同時励起」とは、蛍光体及び/又は2以上の蛍光体を含み得る蛍光体混合物（蛍光体パッケージとも呼ばれる）へ、2つの異なる波長又は波長領域を受け持つ結合された励起放射を、少なくとも2つの異なるLEDが与えるという意味である。少なくとも2つのLEDの各々は、蛍光体パッケージに励起放射を与え、紫外線又は近紫外線LEDと青色、緑色、又は黄色LED、並びにもし赤色蛍光体を励起するように構成されているのであれば橙色LEDの何れかの組み合わせを含み得る。実は、これが本発明の実施態様の本質であり、問題とする又はより一般的に言われるLEDのバンドギャップエネルギーに等しいかそれより少ない励起エネルギーをもつどんな蛍光体をも励起させるために用いられるLEDであり、ある波長での放出がそのLEDの放出エネルギーより低いエネルギーの波長のルミネッセンスをもつ蛍光体を励起させ得るLEDである。例えば、緑色LEDは黄色蛍光体、又は多分さらに能率よく橙色又は赤色蛍光体を励起させるために使用され得るし、この事象は従来型青色LEDが黄色蛍光体（あるいは緑色、橙色又は赤色蛍光体）を励起させることに関連している。

【0023】

本発明の実施形態の第1の3例は、2つの励起LED、つまり蛍光体パッケージに約250から410nmの波長範囲で励起放射を放出する第1放射源であって、これにより紫外線から近紫外線LEDと考えられるもの、及び410から480nmの波長範囲の光を放出する第2の放射源であって、その励起起源が青色LED / 黄色蛍光体システムに使用される従来型青色LEDと本質的に同じものを含むシステムを示す。この2LED励起構成で試験される蛍光体混合物は以下のような構造になっている。第1の例においては、蛍光体パッケージは緑色及び橙色蛍光体であり、第2の例においては、緑色及び黄色蛍光体であり、第3の例においては、青色、緑色、黄色及び橙色蛍光体である。この蛍光体パッケージの構成物は、各々440から700nmの波長範囲で放出する。この実施形態における革新的な概念は、従来型青色LEDに加えて紫外線励起LEDを用いていることにより、両方のLEDが同時に蛍光体に励起放射を与えていることである。紫外線及び青色LED源が励起放射を与えていたる蛍光体パッケージに関しては、広範囲な選択が可能である。しかし、本開示の発明者達が説くように、励起波長が470から250nmに減少するにつれて高い量子効率を有する珪酸塩素材の蛍光体のようないくつかの蛍光体は、紫外線光源を媒介として発光効率（輝度）を高める結果となる。紫外線光源を用いる別の利点は、励起起源からの紫外線光を青色光よりも効率的に吸収するより短い放出波長が使えることであり、その結果、最終製品のルミネッセンススペクトルがより広い範囲の波長をカバーでき、CRI値が増加する。

【0024】

G507と称する緑色蛍光体とO610と称する橙色蛍光体と共に使用される紫外線と

青色LED励起チップの結果を、図1に示す。蛍光体については、特にその成分について本開示でさらに後述するが、ここでは、文字は色であり、数字はその特定の蛍光体のピーク放出における波長を示すという命名法にふれておく。2つの蛍光体の相対比率は、x、y値が(0.3、0.3)である目標CIEに到達するように選択された。このため、他のチップの組み合わせと蛍光体混合物が意味のある方法で比較され得るので、残りの9つの例の為に同一のCIE目標が選択された。このようにして、輝度とCRIが直接比較できる。この1番目の例では、輝度が31.32であり、CRIが91.8であって、本実施態様では90CRIを越える演色性に到達することがすぐに示される。

【0025】

第2の例では、第1の例で以前論じた緑色と橙色混合物（それぞれG507とO610）にY550と称する黄色蛍光体が追加された。図2は、第1の例と同じ紫外線と青色LEDチップ源（402nmと454nm）とを使った白色LEDからの放出スペクトルを示す。このときには、黄緑色及び橙色蛍光体パッケージを同時励起した青色/紫外線LEDが30%輝度を増した白色光照明を生成した。この輝度の増加は、本質的に試験の他の変数を一定にしておいて、黄色蛍光体を追加することによって達成された。第2の例で発生した白色光は、輝度40.64及びCRI80.7という特性をもち得る。

【0026】

2つの蛍光体の混合を伴う第1の例とは違って、蛍光体パッケージの中に3つの蛍光体混合物がある第2の実施形態では、同じ目標CIEに到達できる本質的に無限の数の混合比率が作り出される。一般的に、黄色蛍光体の追加は高い輝度という有利性を与えたが、その一方、緑色と橙色蛍光体はCRIを増加させるのに有利に働く。別の言い方をすると、橙色及び緑色蛍光体の濃度に対する黄色蛍光体の濃度の比率を微調整することにより、CRI値と輝度を最適化することは個別に達成できる。

【0027】

第3の例では、第2の例で論じた緑色、黄色及び橙色混合物（各々G507、Y550、O610）にB450と称する青色蛍光体が追加された。図3は、第1及び第2の例と同じ紫外線及び青色LEDチップ源（402nm及び454nm）を使った白色LEDからの放出スペクトルを示す。輝度は23.62であり、CRIは89.1であった。青色LEDからの青色光に対して本質的に透明である一方、青色蛍光体は効率的にこの複数チップ励起起源からの紫外線光を吸収し、このシステムの中の黄緑色及び橙色蛍光体をそれが同時励起することを許容する。特に言及すべきこととして、この特定の試験に使われた青色蛍光体が402nm励起波長で量子効率50%未満を示したことであり、70%の量子効率を有する青色蛍光体によって、輝度の30%より高い増加が達成できると考えられる。

【0028】

本実施態様の第4及び第5の例においては、異なるチップセットが用いられる。ここでは2チップが各々429及び457nmを中心とする波長で同時励起放射を与えた。これらは、第1放射源が410から440nmの波長範囲の光を放出し、第2放射源が440から480nmの波長範囲の光を放する2チップ同時励起起源の例である。従って、第1の3つの例は、紫外線と青色との組み合わせであると記述できることに対して、第4及び第5の例は紫色（すみれ色とも記述できる）LEDと青色LEDとのセットである。紫色LEDは429nmで放出し、これは人間の目が照明として認めることができるスペクトルの最も短い側の限界である。もう一方のLEDは457nmで放する青色LEDで、これは本質的には従来型白色LED（青色LED/YAG：Ce）で用いられたものと同じLEDである。青色と紫色複数チップは、以下で記述されるように、2つの異なる蛍光体パッケージに同時励起を与るために用いられた。

【0029】

第4の例においては、蛍光体パッケージが2つの蛍光体を含み、1つは緑色であり、1つは橙色（各々G507とO610）である。このパッケージの2つの蛍光体は480から700nmの波長範囲でフォトルミネセンスする。410から440nmの放射は、光を最終白色光照明製品に寄与し、そのため、紫外線LEDを含むチップセットに比べて、白色

光の色と輝度とを少なくとも部分的に決定する。その一方、このことは黄色と緑色蛍光体とを励起するのにより高い効率があることが立証され、かかる組み合わせの主たる有利性は、輝度を維持しながら高いCRIを実現するために、より短い放出波長の蛍光体を使うことを許容することである。

【0030】

このシステムからの白色光照明のスペクトルを、図4に示す。その照明の輝度は38.37であって、CRIは92.0であった。

【0031】

第5の例では、以前第4の例で論じた緑色及び橙色の混合物（各々G507とO610）にY550と称する黄色蛍光体が追加された。図5は、第1の例（各々429nm及び457nmで、各々410から440nmと440から480nmの放射源に相当する）と同じ紫色及び青色LEDチップ放射源を用いた白色LEDからの放出スペクトルを示したものである。今回は、黄緑色及び橙色蛍光体パッケージを同時励起する紫色／青色LEDが、輝度を30%以上増加させた白色光照明を生成した。第2から第3の例に移行する際にように、この第4から第5の例に移行する際に、試験のその他の変数を本質的に一定にして、黄色蛍光体を追加したことを媒介として輝度が増加し、かつ黄色蛍光体の濃度と橙色及び緑色蛍光体の濃度との比率を微調整することにより、CRI値と輝度の最適化は別々に達成できる。この第2の例で生成した白色光は、輝度52.0とCRI79.9を有すると特色づけられる。

【0032】

第1の5つの例における複数チップ励起源は、紫外線／青色の組み合わせ又は紫色／青色の組み合わせであった。高輝度、高CRI白色光照明源は、ひとつの実施形態では2つの蛍光体を、別の実施態様では3つの放射を伴った青色チップと緑色チップを用いて供給される。これらの蛍光体は、G530のような緑色蛍光体、Y550のような黄色蛍光体、O590のような橙色蛍光体、及びR662のような赤色蛍光体の任意の組み合わせでもよい。この第6の例において、チップセットは緑色LEDを伴った青色LEDであった。そこで例3においては、白色LEDは、440から480nmの波長範囲の光を放出する第1放射源と、蛍光体パッケージを同時励起し480から540nmの波長範囲の光を放出する第2放射源とを含む。このチップセットは、500から700nmの波長範囲の光を放出する少なくとも2つの種類の蛍光体に同時励起放射を与えた。更に具体的には、第6の例で例示されるシステムは緑色と橙色蛍光体（G530とO590）とを含んでいて、480から540nmの波長を放出する青緑色LEDのために橙色又は赤色蛍光体が含まれている。珪酸塩素材の蛍光体のような橙色及び赤色蛍光体は、励起波長が440から550nmに増加するので、より高い量子効率を有するため、緑色励起放射の使用は橙色及び／又は赤色蛍光体の効率を向上させ、より高い輝度が実現する。他の緑色及び／又は黄色蛍光体をさらに追加すると最終LED放出波長スペクトルを広げることができるので、CRI値が増加する。

【0033】

図6は、454nmLEDと523nmLEDとからなるチップセットで作られた白色LEDを示し、このチップセットは、530nm緑色蛍光体と590nm橙色蛍光体とを含む蛍光体パッケージに同時励起放射を与える。輝度は43.92であり、CRI値は71.9であって、繰り返すが、異なる蛍光体を用い、かつ緑色対青色LEDの各々の強度を調整することによって、輝度及び／又はCRI値を最適化することができる。

【0034】

表1は、図1～6の白色光照明システムの結果の概要を示したもので、CIE座標は本質的にxとy値が各々0.3と0.3に固定され、白色光は輝度とCRI値によって特色づけられる。

【0035】

【表1】

表1

蛍光体	LED	CIE x	CIE y	輝度 (a.u.)	CRI
G507+O610	402nm + 454nm	0.286	0.304	31.32	91.8
G507+Y550+O610	402nm + 454nm	0.303	0.300	40.64	80.7
B450+G507+Y550+O610	402nm + 454nm	0.307	0.294	23.62	89.1
G507+O610	429nm + 457nm	0.302	0.302	38.37	92.0
G507+Y550+O610	429nm + 457nm	0.309	0.293	52.07	79.9
G530+O590	454nm + 523nm	0.295	0.301	43.92	71.9

【0036】

これらの複数チップシステムとの比較のために、単チップ励起起源で一連の類似の試験を実施した。これらの単チップの例のLEDは、250nmから440nmの波長範囲の励起放射を行い、これらは、第7から第10の例におけるもので、各々402、402、417及び429nmであった。この蛍光体パッケージは青色、緑色及び橙色蛍光体の異なる組み合わせであった。具体的には、これらは第7の例における青色、緑色及び橙色；第8の例における青色、緑色、黄色及び橙色；第9の例における緑色、黄色及び橙色；及び第10の例における緑色及び橙色であった。

【0037】

図7は、402nm LED、450nm青色蛍光体、538nm青緑色蛍光体及び586nm橙色蛍光体で組み立てられた白色LEDからの放出スペクトルを示したものである。青色蛍光体は、402nm励起波長において50%未満の量子効率を有し、70%の量子効率を有する青色蛍光体で30%を越える輝度の増加が実現できた。輝度は10.63であって、CRIは64.7であった。

【0038】

図8は、402nm LED、450nm青色蛍光体、507nm青緑色蛍光体、550nm黄色蛍光体及び610nm橙色蛍光体で組み立てられた白色LEDからの放出スペクトルを示したものである。輝度は8.29であって、CRIは91.7であった。

【0039】

図9は、417nm LED、507nm青緑色蛍光体、550nm黄色蛍光体及び610nm橙色蛍光体で組み立てられた白色LEDからの放出スペクトルを示したものである。輝度は14.53であって、CRIは62.8であった。

【0040】

図10は、429nm LED、507nm青緑色蛍光体及び610nm橙色蛍光体で組み立てられた白色LEDからの放出スペクトルを示したものである。輝度は23.98であって、CRIは86.8であった。

【0041】

表2は図7-10の白色光照明システムの試験結果を要約したもので、CIE座標は本質的にxとy値が各々0.3と0.3とに固定され、白色光は輝度及びCRI値によって特色づけられる。

【0042】

【表2】

表2

蛍光体	LED	CIE x	CIE y	輝度(a.u.)	CRI
B450+G538+O586	402nm	0.304	0.335	10.63	64.7
B450+G507+Y550+O610	402nm	0.301	0.298	8.29	91.7
G507+Y550+O610	417nm	0.296	0.301	14.53	62.8
G507+O610	429nm	0.275	0.312	23.98	86.8

【0043】

さらに本発明の他の実施形態では、白色LEDは、約250nmから440nmの波長範囲の励起放射を放出する第1の放射源、約440nmから480nmの波長範囲の励起放射を放出する第2の放射源、並びに約540から600nmの波長範囲の放出ピークを有する黄橙色蛍光体及び/又は約580から約780nmの波長範囲の放出ピークを有する赤色蛍光体を含む蛍光体パッケージを含む。

【0044】

具体例としての蛍光体成分

本複数チップ励起起源の利点は、特定の蛍光体には限定されない。実際に、William M. YenとMarvin J. WeberによるInorganic Phosphors (CRC Press, New York, 2004)の付録IIの第8節に記載された、市販の青色、緑色、黄色、橙色及び赤色蛍光体の実質的には何れでもよいと予想される。従って、この参照文献の第8節と付録IIは参考として、その全てが本明細書に組み込まれる。

【0045】

本実施形態の論述を実施するために適当な、青色、青緑色、黄色、黄橙色、橙色及び赤色蛍光体の例は、本発明者によって開発されてきたアルミニン酸塩、珪酸塩及び窒化物（及びそれらの混合物）を含む。本実施形態は後述の定義には限定されないが、ホスト構造の異なる型にもかかわらず、本開示の例として、青色蛍光体はアルミニン酸素材である傾向があり、緑色蛍光体はアルミニン酸塩または珪酸であり得て、黄色と橙色蛍光体は珪酸素材である傾向があり、緑色蛍光体は窒化物であるということは正しい。

【0046】

アルミニン酸素材の青色蛍光体のひとつの具体例は、Mが周期律表のIIA族のマグネシウム(Mg)を除く二価のアルカリ土類金属で、 $0.05 < x < 0.5$ 、 $3-y=12$ かつ $0.8 \leq y \leq 1.2$ であるような、一般化学式($M_{1-x}Eu_x$)_{2-z}Mg_zA_{1-y}O_[2+(3/2)y]を有している。この組成は、フッ素又は塩素のようなハロゲンドープ剤を含むことができる。MはBa(バリウム)又はSr(ストロンチウム)のどちらかであり得て、MがBaの場合、その蛍光体は当バリウムアルミニン酸マグネシウム(BAM)列の一員であり、Mがストロンチウムの場合、その蛍光体は当ストロンチウムマグネシウムアルミニン酸(SAM)列の一員である。このハロゲンドープ剤は、結晶格子ホストの酸素格子サイトに存在し、0.01から0.02モルパーセントの量の範囲で存在する。この例における蛍光体は、約280nmから約420nmの波長範囲の放射を吸収し、かつ約420nmから560nmの波長範囲の可視光線を放出するように形成される。

【0047】

本実施形態における青色蛍光体として使われ得る典型的なフォスフォ-クロライド(phospho-chloride)であって、図3、7及び8で示すデータを発生させるために使用される蛍光体B450は、化学式Sr₁₀(PO₄)₆C₁₂:Eu_{0.05}を有する。

【0048】

繰り返しになるが、蛍光体の種類又はある特定の蛍光体が本発明の実施態様の肝要などころではなく、それよりは、少なくともシステムの2つのLEDが、ある蛍光体パッケージの中の少なくとも1つの蛍光体に励起放射を与える為に存在し、最終照明製品に光を与える為に存在するものではないことが肝要などころである。このため、実質的にはどのよ

うな蛍光体でもよく、それには市販で入手可能な蛍光体も含まれる。本実施形態に従って使用可能な市販で入手可能な青色蛍光体は、(CeMg)SrAl₁₁O₁₈:Ce、(CeMg)BaAl₁₁O₁₈:Ce、YAlO₃:Ce³⁺、Ca₂MgSi₂O₇:Ce³⁺、Y₂SiO₅:Ce³⁺、Zn₂SiO₄:Ti、CsI:Na⁺、Sr₂P₂O₇:Eu、Sr₅Cl(Po₄)₃:Eu、BaMgAl₁₀O₁₇:Eu、Mn(BAM)及びZnS:Ag, Cl, Niを含む。これらの蛍光体は、最大約420nmの波長まで放出する。

【0049】

緑色蛍光体はアルミニン酸塩あるいは珪酸塩素材か、又はその両方の組み合わせのうち何れかである。アルミニン酸塩素材の緑色蛍光体は一般化学式M_{1-x}Eu_xAl_yO_{1+3y/2}で表され、MはBa、Sr、Ca、Mg、Mn、Zn、Cu、Cd、Sm、及びTmで構成されるグループから選択された二価の金属の少なくともひとつで、0.1 < x < 0.9かつ0.5 < y < 1.2である。これらのアルミニン酸塩素材の緑色蛍光体は、約280nmから420nmの波長範囲の不可視放射を実質的に吸収するように構成され、約500から550nmの波長範囲の可視緑色光を放出する。ある特定の実施形態においては、蛍光体は、二価のアルカリ土類金属、Mg及びMnも同様に含む。

【0050】

複数チップ同時励起源を用いた本白色LEDに適切な珪酸塩素材の緑色蛍光体は、一般化学式(Sr, A₁)_x(Si, A₂)(O, A₃)_{2+x}:Eu²⁺を有し、A₁は二価2+のアルカリ土類の少なくともひとつ又はMg、Ca、Ba、及びZnからなるグループから選択された遷移金属の陽イオンであって、A₁の理論量は、その両方を含む0.3から0.8の間で変化する。A₂はP、B、Al、Ga、C及びGeであり、A₃はFとClからなるグループから選択されたハロゲンを含む陰イオンであって、Br、C、N及びSをも含む。この化学式は、A₁陽イオンがSrに置き換わり、A₂陽イオンがSiに置き換わり、A₃陰イオンがOに置き換わることを指示するように書かれている。A₂及びA₃の量は、各々その両端を含む0から19モルパーセントの範囲をとり、かつxは1.5と2.5の間の任意の値をとる。A₁は1+及び3+陽イオンの組み合わせを同様に含むことができ、1+陽イオンはNa、K及びLiを含み、3+陽イオンはY、Ce及びLaを含む。

【0051】

図1、2、3、4、5、8、9及び10における本実施形態の緑色蛍光体として使用され、かつG507と称する典型的な珪酸塩は、化学式Ba_{1.96}Mg_{0.04}Eu_{0.06}Si_{1.03}O₄Cl_{0.12}を有する。図6におけるG530と称する蛍光体は、化学式Sr_{1.03}Ba_{0.92}Mg_{0.05}Eu_{0.06}Si_{1.03}O₄Cl_{0.12}を有する。図7におけるG538と称する蛍光体は、化学式Sr_{1.15}Ba_{0.80}Mg_{0.05}Eu_{0.06}Si_{1.03}O₄Cl_{0.12}を有する。適切な珪酸塩素材の緑色蛍光体はG525で、その化学式はSr_{0.925}Ba_{1.025}Mg_{0.05}Eu_{0.06}Si_{1.03}O₄Cl_{0.12}である。

【0052】

本実施形態によって用いられる市販で入手可能な緑色蛍光体は、Bi₄Ge₃O₁₂、Ca₅(PO₄)₃F:Sc、(Ba、Ti)₂P₂O₇:Ti、Sr₅(PO₄)₃F:Sc、Mn、ZnO:Zn、ZnS:Cu、Cl、Zn₂SiO₄:Mn²⁺及びY₃Al₅O₁₂:Ce³⁺を含む。これらの蛍光体は、およそ約280nmから420nmの間の波長を放出し、この範囲を「青緑色」又は「黄緑色」とは対照的に「緑色」と呼称することもできるが、特に重要なことではない。

【0053】

典型的な珪酸塩素材の黄緑色蛍光体は、一般化学式A₂SiO₄:Eu²⁺Dを有し、AはSr、Ca、Ba、Mg、Zn、及びCdからなるグループから選択された二価の金属の少なくともひとつであり、DはF、Cl、Br、I、P、S及びNからなるグループから選択されたドープ剤である。ドープ剤Dは、蛍光体中にゼロから約20モルパーセン

トの量で存在する。別の実施態様においては、蛍光体は化学式 ($Sr_{1-x-y}Ba_xM_y)_2SiO_4$: Eu²⁺ F、Clを有し、MはCa、Mg、Zn、又はCdのうちのひとつで、その量の範囲は $0 < y < 0.5$ である。

【0054】

本実施形態において黄色蛍光体として使用できる典型的な珪酸塩と、図2、3、5、8、及び9におけるデータを発生させるために使用された蛍光体Y550とは、化学式 $Sr_{1.34}Ba_{0.61}Mg_{0.05}Eu_{0.06}Si_{1.03}O_4Cl_{0.12}$ を有する。YAG : Ce³⁺ 蛍光体も、黄色成分を与えるために使用することができる。別の珪酸塩素材の蛍光体（図には示されていない）はYEY550という名称を有し、化学式 $Sr_{1.46}Ba_{0.45}Mg_{0.05}Eu_{0.1}Si_{1.03}O_4Cl_{0.18}$ を有する。

【0055】

本実施形態に従って使用され得る市販で入手可能な黄色蛍光体は、ZnS : Pb, Cu、ZnS : Ag, Cu, Cl、Y₃Al₅O₁₂ : Tb³⁺、(Ce, Tb)MgAl₁₁O₁₉ : Ce, Tb、Y₃Al₅O₁₂ : Ce³⁺、MgF₂ : Mn²⁺、CsI : Tl、及び(Zn, Mg)F₂ : Mn²⁺ を含む。これらの蛍光体は、およそ約530nmから590nmの間の波長を放出し、この範囲を「黄緑色」又は「黄橙色」とは対照的に「黄色」と呼称することもできるが、特に重要なことではない。

【0056】

本複数チップ白色LEDに適切な珪酸塩素材の橙色蛍光体は、化学式 ($Sr, A_1)_x(Si, A_2)(O, A_3)_{2+x}$: Eu²⁺ を有し、A₁はMg、Ca、及びBaを含む二価の陽イオン(2+のイオン)又は1+及び3+の陽イオンの組み合わせの少なくともひとつであり、1+陽イオンがNa、K及びLiを含み、3+陽イオンがY、Ce及びLaを含む。; A₂はB、Al、Ga、C、Ge、Pの少なくともひとつを含む3+、4+又は5+陽イオンである。A₃はF、Cl及びBrを1-陰イオンとして含む1-、2-又は3-陰イオンである。そしてxは、2.5から3.5の間の全てを含んだ任意の値である。この化学式は繰り返すが、A₁陽イオンがSrに置き換わり、A₂陽イオンがSiに置き換わり、A₃陰イオンがOに置き換わることを指示するように書かれている。A₁の理論量は、その両方を含む0.3から0.8の間で変化する。A₂及びA₃の量は、各々その両端を含む0から19モルパーセントの範囲をとる。別の実施形態においては、珪酸塩素材の橙色蛍光体が化学式 ($Sr_{1-x}M_x)_yEu_zSiO_5$ を有し、MはBa、Mg、Ca及びZnからなるグループから選択された二価金属の少なくともひとつであり、0 < x < 0.5 ; 2.6 < y < 3.3かつ0.001 < z < 0.5である。これらの蛍光体も、F及びClのようなハロゲンドープ剤である。これらの橙色蛍光体は任意のLED源により励起され得て、スペクトルの紫外線、青色、緑色及び/又は黄色領域において放出する。

【0057】

本実施形態、における橙色蛍光体として用いられ得る典型的な珪酸塩及び図6における呼称O590は、化学式 $Ba_{0.02}Sr_{2.94}Eu_{0.1}Si_{1.02}O_5F_{0.2}$ を有する。図1、2、3、4、5、8、9及び10におけるO610と呼ばれる橙色珪酸塩は、化学式 ($Sr_{0.87}Ba_{0.1}Y_{0.0167})_3Eu_{0.1}Si_{0.97}Al_{0.05}O_5F_{0.2}$ を有する。本複数チップ同時励起実施態様（図には示されていない）に適切な他の珪酸塩素材の橙色蛍光体は、呼称O586及び化学式 $Sr_3Eu_{0.06}Si_{1.02}O_5F_{0.18}$ を有する。

【0058】

本実施形態に従って使用可能な市販で入手可能な橙色蛍光体は、(Y, Gd)BO₃ : Eu³⁺、Y(P, V)O₄ : Eu³⁺、(Zn, Mg)F₂ : Mn²⁺、(Ca, Zn, Mg)₃(PO₄)₂ : Sn、CaSiO₃ : Mn²⁺, Pb、Y₂O₃ : Eu³⁺及びYVO₄ : Eu³⁺を含む。これらの蛍光体は、およそ約590nmから620nmの間の波長を放出し、この範囲を「黄橙色」又は「橙赤色」とは対照的に「橙色」と呼称するともできるが、特に重要なことではない。

【0059】

本実施形態に従って使用可能な赤色蛍光体は、主として窒化物素材のホストを有する。このような窒化物素材の赤色蛍光体を記述するために用いられる一般化学式は、 $M_m M_a M_b (N, D)_n : Z_z$ であり、 M_m は二価の元素であり、 M_a は三価の元素であり、 M_b は四価の元素であり、 N は窒素であり、 Z は活性剤であり、 D はハロゲンであり、成分元素のストイキオメトリー ($m + z$) : $a : b : n$ は約 1 : 1 : 1 : 3 であり、かつこの蛍光体は約 640 nm を越える放出ピーク波長を有する可視光線を放出するように構成される。本窒化物素材の赤色蛍光体を記述するために用いられる別の化学式は、 $M_m M_a M_b D_{3w} N [(2/3)m + z + a + (4/3)b - w] Z_z$ で、 M_m は Be、Mg、Ca、Sr、Ba、Zn、Cd 及び Hg で構成されるグループから選択された二価の元素であり、 M_a は B、Al、Ga、In、Y、Sc、P、As、La、Sm、Sb 及び Bi で構成されるグループから選択された三価の元素であり、 M_b は C、Si、Ge、Sn、Ni、Hf、Mo、W、Cr、Pb、Ti 及び Zr で構成されるグループから選択された四価の元素であり、 D は F、Cl、Br 及び I で構成されるグループから選択されたハロゲンであり、 Z は Eu、Ce、Mn、Tb 及び Sm で構成されるグループから選択された活性剤であり、 N は窒素である。成分元素の量は次のパラメーターで記述でき、 $0.01m$
 $1.5 ; 0.01a 1.5 ; 0.01b 1.5 ; 0.0001w 0.6$ 及び $0.0001z 0.5$ である。

【0060】

その他の実施形態においては、窒化物素材の赤色蛍光体は、化学式 $M_a M_b M_c (N, D)_n : E_z$ を有し、 M_a は単に単体の二価元素ではなく、むしろ 2 以上の二価元素の組み合わせ（又は同時に用いられる 2 つの二価元素）である。その 2 つの二価元素は、例えば Ca 及び Sr であり得る。そのような蛍光体の例は、 $Ca_{0.98-x} Sr_x Al_2 Si_3 Eu_{0.02}$ 、 $Ca_{0.98-x} Sr_x Al_2 Si_3 Eu_{0.02}$ 、 $Ca_{0.98-x} Sr_x Al_2 Si_3 Eu_{0.02}$ 及び $Ca_{0.98-x} Sr_x Al_2 Si_3 Eu_{0.02}$ であり、 x は 0 から 0.98 の範囲にある。本複数チップ同時励起実施形態（赤色蛍光体は図には示されていない）に適切な窒化物素材の赤色蛍光体は、呼称 R662 及び化学式 $Ca_{0.97} Al_2 Si_3 Eu_{0.01} Cl_{0.1}$ を有する。

【0061】

本実施形態に従って用いることができる市販で入手可能な赤色蛍光体は、 $(Sr, Mg)_3 (PO_4)_2 : Sn$ 、 $(Sr, Mg)_3 (PO_4)_2 : Sn, Zn_{0.4} Cd_{0.6} S : Ag$ 、 $Zn_3 (PO_4)_2 : Mn^{2+}$ 、 $Mg_2 SiO_3 : Mn^{2+}$ 及び $Mg_4 (F) (Ge, Sn) O_6 : Mn^{2+}$ を含む。これらの蛍光体は、約 620 nm を越える波長で放出する。

【0062】

同時励起を与える LED チップ

本実施形態における蛍光体パッケージに励起放射を与える LED チップは、一部の例では、多様な In 対 Ga 比 ($In_x Ga_{1-x} N$) を有するインジウム・ガリウム窒化物を素材にしていて、青色放出チップの為には x が約 0.02 から約 0.4 の間で変化し、緑色放出チップの為には x が約 0.4 より大きい。青色放出チップと緑色放出チップを区別する x の値はいささかはっきりしていなく、実際には放出波長が重要なのであり、（主観的なため）色の記述は重要ではない。しかしながら、より高い x の値が励起のより長い波長に対応していることは理解されよう。青色 LED チップは、セレン化亜鉛 ($ZnSe$) を素材とすることもある。緑色放出 LED チップは、リン化ガリウム (GaP)、リン化アルミニウム・ガリウム・インジウム ($AlGaN_P$)、リン化アルミニウム・ガリウム ($AlGaN_P$) のうちの任意の材料でよい。緑色放出チップは、 $InGaN$ 及び GaN の混合物であり得る。