

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-527114
(P2017-527114A)

(43) 公表日 平成29年9月14日(2017.9.14)

(51) Int.Cl.
H01L 33/50 (2010.01)
C09K 11/08 (2006.01)
C09K 11/80 (2006.01)
C09K 11/61 (2006.01)

F 1
 HO 1 L 33/50
 CO 9 K 11/08
 CO 9 K 11/80 C PM
 CO 9 K 11/61 C PPF

テーマコード (参考)

4 H 0 0 1
5 F 1 4 2

審查請求 未請求 予備審查請求 未請求 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2017-507875 (P2017-507875)
(86) (22) 出願日	平成27年8月3日 (2015.8.3)
(85) 翻訳文提出日	平成29年2月7日 (2017.2.7)
(86) 國際出願番号	PCT/US2015/043392
(87) 國際公開番号	W02016/025208
(87) 國際公開日	平成28年2月18日 (2016.2.18)
(31) 優先権主張番号	62/036, 103
(32) 優先日	平成26年8月11日 (2014.8.11)
(33) 優先権主張國	米国 (US)

(71) 出願人 517040858
ミュラー ゲルト オー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
132-2447 サンノゼ スワイガ
ト ロード 3491

(71) 出願人 517040869
ミュラー マッハ レジーナ ビー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
132-2447 サンノゼ スワイガ
ト ロード 3491

(74) 代理人 100094569
弁理士 田中 伸一郎

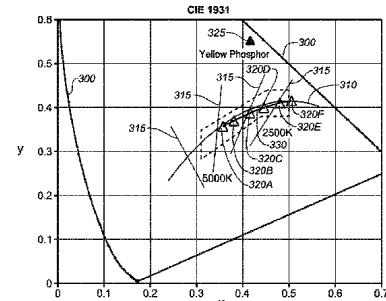
(74) 代理人 100088694
弁理士 弟子丸 健

(54) 【発明の名称】白熱様減光発光ダイオード

(57) 【要約】

青色または近UV放出半導体デバイス、黄緑色蛍光体、および赤色蛍光体を含む蛍光体変換発光ダイオードは、白色光出力の相関色温度が輝度の減少とともに減少するという点で白熱様減光挙動を示す。1つの態様では、発光デバイスは、青色光を放出するLEOと、LEDにより放出された青色光によって励起され、応答して緑色または帯緑黄色光を放出する第1の蛍光体と、LEDにより放出された青色光によって励起され、応答して赤色光を放出する第2の蛍光体とを含む。

FIG. 3A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

青色光を放出するLEDと、

前記LEDにより放出された前記青色光によって励起され、応答して緑色または帯緑黄色光を放出する第1の蛍光体と、

前記LEDにより放出された前記青色光によって励起され、応答して赤色光を放出する第2の蛍光体であり、前記LEDからの励起パワーに対して一定またはほぼ一定である発光効率を有する、第2の蛍光体と
を含む発光デバイスであって、

前記LED、前記第1の蛍光体、および前記第2の蛍光体からの前記放出が結合して、
ある相関色温度を有する白色光出力を供給し、

前記第1の蛍光体からの放出パワーが、前記LEDからの放出パワーとともに直線的に
またはほぼ直線的に増加し、

前記LEDからの放出パワーが増加するにつれて、前記第2の蛍光体からの放出パワー
が飽和し、前記第2の蛍光体が前記青色光の増加分を透過し、それによって、前記発光デ
バイスからの出力パワーが増加するにつれて前記白色光出力の前記相関色温度が上昇する
、発光デバイス。

【請求項 2】

前記LEDからの励起パワーが増加するにつれて、前記白色光出力の前記相関色温度が
、約2500K以下から約4500K以上まで上昇する、請求項1に記載の発光デバイス
。

【請求項 3】

前記第2の蛍光体からの前記赤色放出が、約 10^{-4} 秒以上の放出寿命を有する発光中心
からのものである、請求項1に記載の発光デバイス。

【請求項 4】

前記放出寿命が約 10^{-3} 秒以上である、請求項3に記載の発光デバイス。

【請求項 5】

前記赤色発光中心が Mn^{4+} イオンである、請求項4に記載の発光デバイス。

【請求項 6】

前記LEDが、III-I-窒化物発光ダイオードであり、

前記第1の蛍光体が、YAG:Ce³⁺であるかまたはYAG:Ce³⁺を含み、

前記第2の蛍光体が、 $K_2SiF_6:Mn^{4+}$ であるかまたは $K_2SiF_6:Mn^{4+}$ を含む、
請求項1に記載の発光デバイス。

【請求項 7】

請求項1に記載の発光デバイスを動作させる方法であって、

直流で前記LEDを駆動するステップと、

前記直流を変更して、前記発光デバイスからの前記放出パワーおよび前記白色光の前記
色相関温度を変更するステップと

を含む、方法。

【請求項 8】

請求項1に記載の発光デバイスを動作させる方法であって、

あるデューティファクタを有する電流パルストレインで前記LEDを駆動するステップ
と、

前記デューティファクタを変更して、前記LEDからの前記放出パワーおよび前記白色
光の前記色相関温度を変更するステップと
を含む、方法。

【請求項 9】

前記パルストレインの各パルスが、前記第2の蛍光体の放出寿命よりも長い持続時間
を有する、請求項8に記載の方法。

【請求項 10】

10

20

30

40

50

ある相関色温度を有する白色光を出力する発光デバイスであって、前記発光デバイスが

、青色または近UV光を放出するLEDと、

前記LEDにより放出された前記光によっておよび/または前記LEDにより励起された別の蛍光体によって放出された光によって励起され、応答して緑色または帯緑黄色光を放出する第1の蛍光体と、

前記LEDにより放出された前記光によって、前記第1の蛍光体によって放出された前記光によって、および/または前記LEDにより励起された別の蛍光体によって放出された光によって励起され、応答して赤色光を放出する第2の蛍光体であり、励起パワーに対して一定またはほぼ一定である発光効率を有する、第2の蛍光体と
10
を含み、

前記第1の蛍光体からの放出パワーが、前記LEDからの放出パワーとともに直線的にまたはほぼ直線的に増加し、

前記LEDからの放出パワーが増加するにつれて、前記第2の蛍光体からの放出パワーが飽和し、前記第2の蛍光体が、それに当たる前記光の增加分を透過し、それによって、前記発光デバイスからの出力パワーが増加するにつれて前記白色光の前記相関色温度が上昇する、発光デバイス。

【請求項11】

前記LEDからの励起パワーが増加するにつれて、前記白色光出力の前記相関色温度が、約2500K以下から約4500K以上まで上昇する、請求項10に記載の発光デバイス。
20

【請求項12】

前記第2の蛍光体からの前記赤色放出が、約 10^{-5} 秒以上の放出寿命を有する発光中心からのものである、請求項10に記載の発光デバイス。

【請求項13】

前記放出寿命が約 10^{-4} 秒以上である、請求項12に記載の発光デバイス。

【請求項14】

前記赤色発光中心がMn⁴⁺イオンである、請求項13に記載の発光デバイス。

【請求項15】

前記LEDが、III-I-窒化物発光ダイオードであり、

前記第1の蛍光体が、YAG:Ce³⁺であるかまたはYAG:Ce³⁺を含み、
30

前記第2の蛍光体が、K₂SiF₆:Mn⁴⁺であるかまたはK₂SiF₆:Mn⁴⁺を含む、
請求項10に記載の発光デバイス。

【請求項16】

請求項10に記載の発光デバイスを動作させる方法であって、

直流で前記LEDを駆動するステップと、

前記直流を変更して、前記発光デバイスからの前記放出パワーおよび前記白色光の前記色相関温度を変更するステップと
40
を含む、方法。

【請求項17】

請求項10に記載の発光デバイスを動作させる方法であって、

あるデューティファクタを有する電流パルストレインで前記LEDを駆動するステップと、

前記デューティファクタを変更して、前記LEDからの前記放出パワーおよび前記白色光の前記色相関温度を変更するステップと
40
を含む、方法。

【請求項18】

前記パルストレインの各パルスが、前記第2の蛍光体の放出寿命よりも長い持続時間を持つ、請求項17に記載の方法。

【請求項19】

10

20

30

40

50

ある相関色温度を有する白色光を出力する発光デバイスを動作させる方法であって、前記発光デバイスが、

L E D と、

あるデューティファクタを有する一連の電流パルスで駆動電流を前記 L E D に供給する L E D ドライバであり、各電流パルスがある振幅を有し、前記 L E D が、応答して、対応する一連の青色または近 U V 光パルス放出する、L E D ドライバと、

前記 L E D により放出された前記光によっておよび / または前記 L E D により励起された別の蛍光体によって放出された光によって励起され、応答して帯緑黄色光を放出する第 1 の蛍光体と、

前記 L E D により放出された前記光によって、前記第 1 の蛍光体によって放出された前記光によって、および / または前記 L E D により励起された別の蛍光体によって放出された光によって励起され、応答して赤色光を放出する第 2 の蛍光体であり、励起パワーに対して一定またはほぼ一定である発光効率を有する、第 2 の蛍光体とを含み、

前記第 1 の蛍光体からの放出パワーが、前記 L E D に供給される前記駆動電流の前記電流パルス振幅とともに直線的にまたはほぼ直線的に増加し、

前記 L E D に供給される前記駆動電流の前記電流パルス振幅が増加するにつれて、前記第 2 の蛍光体からの放出パワーが飽和し、前記第 2 の蛍光体が、それに当たる前記光の増加分を透過し、

前記方法が、前記電流パルス振幅および前記デューティファクタを同時に変更して、前記発光デバイスからの一定またはほぼ一定の白色光出力パワーを維持しながら前記白色光の前記相関色温度を変更するステップ

を含む、方法。

【請求項 2 0】

前記第 2 の蛍光体からの前記赤色放出が、約 10^{-5} 秒以上の放出寿命を有するブリーチ可能な発光中心からのものである、請求項 1 9 に記載の方法。

【請求項 2 1】

前記放出寿命が約 10^{-3} 秒以上である、請求項 1 9 に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記ブリーチ可能な赤色発光中心が、Mn⁴⁺、Eu³⁺、Tb³⁺、またはPr³⁺イオンである、請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 3】

前記 L E D が、III - 室化物発光ダイオードであり、

前記第 1 の蛍光体が、YAG : Ce³⁺であるかまたはYAG : Ce³⁺を含み、

前記第 2 の蛍光体が、K₂SiF₆ : Mn⁴⁺であるかまたはK₂SiF₆ : Mn⁴⁺を含む、請求項 1 9 に記載の発光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

関連出願の相互参照

本出願は、2014年8月11日に出願された「Incandescent-Like Dimming LED」という名称の米国特許出願第 62/036,103 号の優先権の利益を主張し、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

本発明は、一般に、蛍光体変換発光ダイオードに関し、より一般的には、出力パワーが駆動電力の減少によって減少するとき白熱光源と同様の減光挙動を示す蛍光体変換発光ダイオードに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

半導体発光ダイオードおよびレーザダイオード（どちらも本明細書では全般的に L E D と呼ぶ）の占める一般照明市場のシェアが増大しているが、それらの採用は、それらが取

10

20

30

40

50

って代わる光源と比較してそれらの性能の差によって妨げられることがある。例えば、特に家庭照明分野のユーザは、電球への電力が減少するとき、暗くなるのみならずまた色がより低い色温度の「より暖かい」白色にシフトする白熱電球の減光挙動を経験することに慣れており好んでいる。この挙動は、白熱（一般に、タンゲステンフィラメント）電球の典型であるだけでなく、物理学の放射法則にも関連づけられており、それゆえに、自然な減光と考えることができる。フィラメントを通る電流を抑えることによって電球の白熱したフィラメントの温度を低下させると、光出力が変化するだけでなく、放出される光のスペクトルも変化する。色温度が低下する。LEDおよび蛍光体変換LEDは、一般に、このように挙動しない。

【0003】

10

ユーザが望む自然な白熱様減光（ILD）挙動をもつLED光源を生成しようとする試みは、例えば、白色LEDと共に赤色放出LEDを使用することによってその挙動をLEDランプまたは照明器具に入れるように設計することを必要とした。ランプまたは照明器具からの合計パワーが減らされるとき赤色LEDへの電力を増加させて、ランプまたは照明器具が減光するにつれて光出力は赤色にシフトされる。これらのデバイスは、一般に、駆動電子機器回路への少なくとも3つの電気接触部を必要とする。この手法は、駆動電子機器回路に複雑さとコストとを加える。同様に、蛍光性でコンパクトな蛍光ランプでILD挙動を達成しようとする早期の試みは、やはり、一般に、複雑な駆動回路を必要とした。

【発明の概要】

20

【課題を解決するための手段】

【0004】

1つの態様では、発光デバイスは、青色光を放出するLEDと、LEDにより放出された青色光によって励起され、応答して緑色または帯緑黄色光を放出する第1の蛍光体と、LEDにより放出された青色光によって励起され、応答して赤色光を放出する第2の蛍光体とを含む。第2の蛍光体は、LEDからの（吸収した）励起パワーに対して一定またはほぼ一定である発光効率を有する。LED、第1の蛍光体、および第2の蛍光体からの放出が結合して、ある相関色温度を有する白色光出力を供給する。第1の蛍光体からの放出パワーは、LEDからの放出パワーとともに直線的にまたはほぼ直線的に増加する。LEDからの放出パワーが増加するにつれて、第2の蛍光体からの放出パワーは飽和し、第2の蛍光体は青色光の増加分を透過し（レーザ物理学では基底状態涸渇またはブリーチングとして知られている効果）、それによって、発光デバイスからの出力パワーが増加するにつれて白色光出力の相関色温度が上昇する。

別の態様では、発光デバイスは、青色または近UV光を放出するLEDと、LEDにより放出された光によっておよび/またはLEDにより励起された別の蛍光体によって放出された光によって励起され、応答して緑色または帯緑黄色光を放出する第1の蛍光体と、LEDにより放出された光によって、第1の蛍光体によって放出された光によって、および/またはLEDにより励起された別の蛍光体によって放出された光によって励起され、応答して赤色光を放出する第2の蛍光体とを含む。第2の蛍光体は、（吸収した）励起パワーに対して一定またはほぼ一定である発光効率を有する。第1の蛍光体からの放出パワーは、LEDからの放出パワーとともに直線的にまたはほぼ直線的に増加する。LEDからの放出パワーが増加するとき、第2の蛍光体からの放出パワーは、基底状態涸渇に起因して飽和し、第2の蛍光体は、それに当たる光の増加分を透過し、それによって、発光デバイスからの出力パワーが増加するにつれて発光デバイスからの白色光出力の相関色温度を上昇させる。

【0005】

40

別の態様では、発光デバイスを動作させる方法が、一定またはほぼ一定の出力パワーを維持しながらデバイスから白色光出力の相関色温度を変更する。発光デバイスは、LEDと、各々がある振幅とあるデューティファクタとを有する一連の電流パルスの状態で駆動電流をLEDに供給するLEDドライバとを含む。LEDは、一連の電流パルスに対応す

50

る一連の青色または近UV光パルスを放出する。発光デバイスは、LEDにより放出された光によっておよび/またはLEDにより励起された別の蛍光体によって放出された光によって励起され、応答して緑色または帯緑黄色光を放出する第1の蛍光体と、LEDにより放出された光によって、第1の蛍光体によって放出された光によって、および/またはLEDにより励起された別の蛍光体によって放出された光によって励起され、応答して赤色光を放出する第2の蛍光体とをさらに含む。第2の蛍光体は、(吸収した)励起パワーに対して一定またはほぼ一定である発光効率を有する。第1の蛍光体からの放出パワーは、LEDに供給される駆動電流の電流パルス振幅とともに直線的にまたはほぼ直線的に増加する。LEDに供給される駆動電流の電流パルス振幅が増加するにつれて、第2の蛍光体からの放出パワーは、基底状態涸渇に起因して飽和し、第2の蛍光体は、それに当たる光の増加分を透過する。

10

【0006】

方法は、電流パルス振幅およびデューティファクタを同時に変更して、発光デバイスからの一定またはほぼ一定の白色光出力パワーを維持しながら白色光の相関色温度を変更するステップを含む。

本発明のこれらおよび他の実施形態、特徴、および利点は、最初に簡単に説明する添付図面とともに本発明の以下のより詳細な説明を参照すると、当業者にはより明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0007】

20

【図1A】例示の蛍光体変換LEDの概略図である。

【図1B】例示の蛍光体変換LEDの概略図である。

【図2】ILED蛍光体変換LEDにおける高いポンプパワーでの枯渇性赤色蛍光体のブリーチングを示すプロットである。

【図3A】6つの異なる駆動電力で駆動されたILED蛍光体変換LEDからの白色出力の場所をプロットした色度図である。

【図3B】図3Aにプロットされた場所のILED蛍光体変換LED白色出力の追加の特性を要約した表である。

【図4】図3Aのプロットの基をなす2つのILED蛍光体変換LED出力スペクトルを示す図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下の詳細な説明は、同一の参照番号が異なる図の全体にわたって同様の要素を指す図面を参照しながら読まれるべきである。必ずしも原寸に比例していない図面は、選択された実施形態を示しており、本発明の範囲を限定するものではない。詳細な説明は、例として、限定としてではなく、本発明の原理を示している。この説明は、明らかに、当業者が本発明を作製し使用できるようにし、本発明を実行する最良の形態であると現在考えられるものを含む本発明のいくつかの実施形態、適応形態、変形形態、変更形態、および使用法を説明する。本明細書および添付の特許請求の範囲で使用する場合、単数形「a」、「an」、および「the」は、文脈が明確にそうでないと示さない限り、複数の指示対象を含む。

40

【0009】

本明細書は、駆動電流が変更されたときスペクトルを変化させ、駆動電流が低減される場合、白熱ランプによく似ている自然な減光(ND)を示す蛍光体変換LEDを開示する。有利には、これらは、単純な2端子電気デバイスとすることができます。これらのデバイスでは、青色または近紫外(近UV)放出LEDからの一次放出が、2つ以上の蛍光体(例えば、緑色または帯緑色/黄色蛍光体と赤色蛍光体と)を励起し、それに応答して、二次放出を生成する。これらの二次放出と蛍光体によって吸収されなかった残りの一次放出との和が、正常色覚を有する人間によって白色光として知覚される。この白色光の相関色温度(CCT)は、LEDへの駆動電力の減少とともに、それゆえに、蛍光体変換LED

50

からの合計光出力の減少とともに低下する。

【0010】

1つの手法では、蛍光体変換LEDは、赤色放出蛍光体と共に緑色または帯緑色／黄色放出蛍光体を含む。緑色または帯緑色／黄色蛍光体の放出効率（すなわち、放出の量子収率）は、蛍光体変換LEDの正常動作範囲にわたって青色または近UV LEDからの励起パワーに依存せず、緑色または帯緑色／黄色蛍光体からの放出パワーは、蛍光体変換LEDの正常動作範囲にわたって青色または近UV LEDからの励起パワーとともに増加する（例えば、直線的にまたはほぼ直線的に）。しかしながら、赤色蛍光体の放出効率は、蛍光体変換LEDの正常動作範囲にわたって青色または近UV LEDからの励起パワーの増加とともに低下することがある。その結果、赤色蛍光体からの放出パワーは、最初は、励起パワーの増加とともに増加するが、次いで、蛍光体変換LEDの正常動作範囲の上端で水平になる（飽和する）。その結果として、蛍光体変換LEDからの合計光出力は、青色または近UV LEDへの駆動電力が増加するにつれて青色にシフトし、青色または近UV LEDへの駆動電力が減少するにつれて赤色にシフトする。

10

【0011】

より高い励起での赤色蛍光体の効率の低下は、例えば、赤色蛍光体を部分的にクエンチするように高いポンプパワーで始まる非放射緩和過程から、またはより高いポンプパワーにおいて重要性が高まる何か他の損失機構からもたらされ得る。この手法の欠点は、駆動電力が増加するとともに電気を光に変換する際の蛍光体変換LEDの総合効率が低下することである。それゆえに、この手法は疎んじられる。

20

【0012】

本明細書が注目する好ましい手法では、蛍光体変換LEDは、再度、赤色放出蛍光体と共に緑色または帯緑色／黄色放出蛍光体を含む。この変形では、緑色または帯緑色／黄色蛍光体と赤色蛍光体の両方の放出効率は、蛍光体変換LEDの正常動作範囲にわたって青色または近UV LEDからの励起パワーに依存しない。緑色または帯緑色／黄色蛍光体からの放出パワーは、蛍光体変換LEDの正常動作範囲にわたって青色または近UV LEDからの励起パワーとともに増加する（例えば、直線的にまたはほぼ直線的に）。しかしながら、赤色放出蛍光体は、蛍光体変換LEDの正常動作範囲にわたる励起パワーの増加とともにLEDからの一次放出に対して（または別の蛍光体によって励起される場合、他の蛍光体からの放出に対して）ますます透明になる。この理由は、赤色放出蛍光体が長い放出寿命（例えば、 10^{-5} 秒、 10^{-4} 秒、 10^{-3} 秒、 10^{-2} 秒）を有し、それが、より高いポンプパワーでは赤色蛍光体の基底電子状態の涸渇（蛍光体の可逆ブリーチング）を引き起こすからである。その結果、赤色蛍光体からの放出パワーは、最初は、励起パワーの増加とともに増加するが、次いで、蛍光体変換LEDの正常動作範囲の上端で水平になる（飽和する）。赤色蛍光体の効率は一定のままであるので、駆動の増加に伴うパワー出力の全体的な減少はない。事実上、量子効率は一定のままであるが、しかしながら、量子欠損（例えば、青色フォトンと赤色フォトンとの間のエネルギーの差）を考慮に入れると、パワー効率は明るさとともに上昇し、それは、白熱ランプに原理的に非常に似ているが、白熱ランプにおけるよりも数値的にそれほど顕著でない。

30

【0013】

その結果として、蛍光体変換LEDからの合計光出力は、青色または近UV LEDへの駆動電力が増加するにつれて青色にシフトし、青色または近UV LEDに駆動電力が減少するにつれて赤色にシフトする。特に、励起青色または近UV LEDの放出と2つの蛍光体の放出とを組み合わせて、例えば、青色または近UV LEDへの低い駆動電力で、すなわち、低い光出力で、温白色（例えば、約3000KのCCT）出力に整合させることができる。青色または近UV LEDからの吸収されない一次放出の増加分が、一次（青色）成分におよび／または緑色または帯緑色／黄色蛍光体の励起に加わり、青色または近UV LEDへの駆動の増加とともにより高いCCTに蛍光体変換LEDの全体的放出スペクトルをシフトさせる。対応して、青色または近UV LEDからの吸収されない一次放出の減少分は、LEDへの駆動の減少とともにより低いCCTに蛍光体変換LE

40

50

Dの全体的放出スペクトルをシフトさせる。このようにして、蛍光体変換LEDは、より高い電力入力で、本質的に一定のパワー効率（ワット光／ワット電気）を伴い、発光効率（ルーメン／ワット）の上昇を伴うILED挙動を示す。

【0014】

そのような蛍光体変換LEDは照明用に個別に使用することができ、または2つ以上のそのような蛍光体変換LEDが共通パッケージまたはランプに配置されてもよい。以下でさらに詳しく述べるように、ILED挙動は、直流またはパルス電流駆動LEDによって示され得る。

【0015】

半導体発光ダイオードまたはレーザダイオードは、例えば、約380ナノメートルと約460ナノメートルとの間に、例えば、近UVの約390ナノメートルまたは青色の約445ナノメートルに放出ピークをもつ光を放出する市販のIII-V窒化物（例えば、GaN、AlInGaN）デバイスとすることができます。別の材料系で構築された任意の好適な青色または近UV発光ダイオードまたはレーザダイオードを使用することもできる。本明細書で開示するようなILED蛍光体変換LEDで利用される青色または近UV発光ダイオードの正常動作出力照射量（パワー／面積）範囲は、例えば、0から約50ミリワット／ミリメートル²、0から約100ミリワット／ミリメートル²、0から約500ミリワット／ミリメートル²、0から約1ワット／ミリメートル²、または0から>1ワット／ミリメートル²とすることができます。本明細書で開示するようなILED蛍光体変換LEDで利用される青色または近UVレーザダイオードの正常動作出力照射量範囲は、例えば、0から約500ミリワット／ミリメートル²、0から約1ワット／ミリメートル²、0から約1.5ワット／ミリメートル²、または0から約2ワット／ミリメートル²（HBまたは高輝度LEDと一般に呼ばれるもの）、または0から1ワット／ミリメートル²超とすることができます。

10

20

30

30

40

【0016】

好ましくは、枯渴性赤色蛍光体は、青色または近UV一次放出が放出されるLEDの表面にまたはLEDの表面の近くに配設された層またはスラブに配置される。図1Aの例示の蛍光体変換LED100に示すように、緑色または黄緑色蛍光体（YG）は、赤色蛍光体（R）と、LED110上にまたはその近くに配設された単層105において混合されてもよい。代替として、図1Bの例示の蛍光体変換LED120に示すように、赤色蛍光体（R）は、LED110上にまたはその近くに配設された第1の層またはスラブ125に配置され、緑色または黄緑色蛍光体は、LEDから隔たった第1の層の反対側で第1の層上にまたはその近くに配設された別個の第2の層またはスラブ130に配置されてもよい。蛍光体は、例えば、例えばシリコーン、アクリル、またはエポキシなどの有機バインダ中の蛍光体粒子として（すなわち、粉末として）分散させることができ、ちょうど説明したような層に配置することができる。蛍光体層の実効屈折率に合わせられた追加の散乱粒子および/またはナノ粒子が、同様に、蛍光体変換LEDの性能を最適化するためにバインダに分散されてもよい。代替として、光散乱をほとんど示さない光学的に均質な蛍光体層を使用することが望ましいことがある。蛍光体の高い製造温度は通常これを排除する。枯渴性蛍光体の場合には、それを光学的に均質な多結晶スラブで使用することがさらに一層望ましいが、決して必須ではない。非常に低い温度で製作できる新しい種類のブリーチ可能な蛍光体が利用可能になるとき、最適な光学配置が実現可能になり得る。LEDに関して蛍光体材料の任意の他の好適な配置を使用することもできる。多くのパッケージ変形が、蛍光体の多くの様々な配置で使用されてもよい。

40

【0017】

一般に、緑色または黄緑色蛍光体は、LEDからの青色または近UV放出によってあるいはLEDからの青色または近UV光によって励起された蛍光体からの放出によって励起されるように、ならびにLEDからの残留青色光、またはLEDからの光（例えば、近UV）によって励起された蛍光体からの青色放出、および赤色蛍光体からの赤色放出と混合された後に良好な白色で高いCRI（例えば、Ra、R9）値の放出を行うように選択さ

50

れる。好適な緑色または黄緑色蛍光体は、例えば、YAG:Ce³⁺ (YAGホスト材料にドープされたCe³⁺発光中心)、LuAG:Ce³⁺、CaSc₂O₄:Ce³⁺、他のCe³⁺ドープ材料、(Ba, Sr)₂SiO₄:Eu²⁺、他のEu²⁺ドープ材料、他の無機緑色または黄緑色蛍光体、有機発光材料、あるいは量子ドットを含むことができる。

【0018】

一般に、基底状態枯渴性赤色蛍光体は、さらに、LEDからの青色または近UV放出によってあるいはLEDからの青色または近UV光によって励起された蛍光体からの放出によって励起されるように、ならびにLEDからの残留青色光、またはLEDからの光(例えば、近UV)によって励起された蛍光体からの青色放出、および黄緑色蛍光体からの放出と混合された後に良好な白色で高いCRI(例えば、Ra、R9)値の放出を行うように選択される。さらに考慮すべきことはスペクトルの発光等価性である。これらの蛍光体変換LEDによって示される減光挙動は、一般に、ワット/ワット単位の追加損失がない。しかしながら、主観的判断は、目の感度、すなわち、ルーメン/ワットに基づく。過度に赤色を選ぶと、赤色蛍光体は、必要であるよりも多く1m/Wまたは発光効率を低下させることがある。

【0019】

好適な基底状態 - 枯渴性赤色蛍光体発光中心は、例えば、4f - 4f遷移をもつ希土類イオン、例えば、Eu³⁺、Pr³⁺、およびSm³⁺などと、3d - 3d遷移をもつ遷移金属イオン、例えば、Mn⁴⁺などを含むことができる。これらの発光中心は、任意の好適なホスト材料中に組み込むことができる。一般に、放出波長は、発光中心のホスト材料にある程度まで依存するが、大きなシフトを示さない。

好適な赤色蛍光体は、例えば、式A_x[MF_y] : Mn⁴⁺を満たす蛍光体を含むことができ、ここで、Aは、Li、Na、K、Rb、Cs、NR4、またはそれらの組合せであり、Mは、Si、Ge、Sn、Ti、Zr、Al、Ga、In、Sc、Y、La、Nb、Ta、Bi、Gd、またはそれらの組合せであり、Rは、H、低級アルキル、またはそれらの組合せであり、xは、[MF_y]イオンの電荷の絶対値であり、yは、5、6、または7である。例えば、蛍光体は、K₂[SiF₆] : Mn⁴⁺であるか、またはK₂[SiF₆] : Mn⁴⁺を含むことができる。これらの蛍光体を準備する方法は、米国特許第8,710,847号に開示されており、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0020】

他の好適な枯渴性赤色蛍光体は、例えば、式K₂[M_{1-a}Mn⁴⁺_aF₆]を満たす蛍光体を含むことができ、ここで、Mは、Ti、Zr、Hf、Si、Ge、Snのうちの少なくとも1つであり、0 < a < 0.2である。これらの蛍光体を準備する方法は、米国特許出願公開第2015/0008463号に開示されており、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

さらなる他の好適な赤色蛍光体は、例えば、SrAl₁₄O₂₅ : Mn⁴⁺、BaTiF₆ : Mn⁴⁺、およびNa₂TiF₆ : Mn⁴⁺を含むことができる。

枯渴性赤色発光体を選ぶための最も厳格な基準は、発光中心の励起スペクトルとすることができる、発光中心の励起スペクトルは、一般に、ホストごとにあまり変化しない。Eu³⁺が、例えば、好適な発光スペクトル、好適な放出減衰時間を有し、AlInGaNLLEDによって励起可能であるホストを見いだすことは困難であり得る。しかしながら、Mn⁴⁺は、青色LEDに非常によく整合する。

【0021】

上記のように、白熱様減光蛍光体変換LEDのための青色または近紫外ポンプは、適切な波長で放出する発光ダイオードまたはレーザダイオードとすることができます。例えば、発光ダイオードが利用される場合、ブリーチ可能な赤色蛍光体は、一般に、例えば、約1ミリ秒から約10ミリ秒の放出寿命を有することができる。レーザダイオードによって到達可能な照射レベルは発光ダイオードによって到達可能な照射レベルよりも高く、そこで、レーザダイオードが利用される場合、赤色蛍光体は、より短い放出寿命を有し、蛍光体変換LEDのILD挙動を発生する基底状態涸渴およびブリーチングを依然として示すこ

10

20

30

40

50

とができる。例えば、レーザ励起では、赤色蛍光体放出寿命は、例えば、50マイクロ秒という低さ、または1マイクロ秒という低さとすることができます。

【0022】

青色または近UV発光ダイオード、緑色または黄緑色蛍光体、および基底状態枯渇性赤色蛍光体を含むILED蛍光体変換LEDでは、一般に、緑色または黄緑色発光中心の濃度は、例えば、約 2×10^{18} / センチメートル³から約 8×10^{20} / センチメートル³、例えば、約 5×10^{19} / センチメートル³である。一般に、赤色発光中心の濃度は、例えば、約 5×10^{18} / センチメートル³から約 5×10^{20} / センチメートル³、例えば、約 3×10^{19} / センチメートル³である。枯渇性赤色発光中心がMn⁴⁺（例えば、K₂[SiF₆] : Mn⁴⁺における）である場合、その濃度は、例えば、約0.1%から約6.5%（それが置き換わるイオンの割合）とすることができます、それは、約 8×10^{18} / センチメートル³から約 5.2×10^{20} / センチメートル³のMn⁴⁺濃度範囲に対応する。緑色または黄緑色蛍光体がCe³⁺（例えば、YAG : Ce³⁺における）である場合、その濃度は、例えば、0.6%から約6%とすることができます、それは、約 8×10^{19} / センチメートル³から約 8×10^{20} / センチメートル³のCe³⁺濃度範囲に対応する。

10

【0023】

赤色蛍光体の基底状態涸渇の開始が生じるLEDポンプパワーは、赤色蛍光体発光中心の吸收断面積および濃度と、ポンプ-LEDおよび黄緑色蛍光体との関係での赤色蛍光体の幾何学的配置とに依存する。両方の蛍光体の粒子サイズ分布およびそれらの相対的位置付け（混合または層化）も減光挙動に影響を及ぼす。計算結果を提示する図2、図3A～図3B、および図4に関して以下で説明する例示のILED蛍光体変換LED性能は、LED上に配設された赤色蛍光体の光学的に均質なスラブまたは層と、赤色蛍光体層に混合された、または第2の光学的に均質なスラブまたは層の状態で赤色蛍光体層上に配設された黄緑色蛍光体とを仮定している。

20

【0024】

枯渇性赤色蛍光体発光中心の濃度は、蛍光体変換LEDがILED挙動を示すように意図される所望の出力範囲に応じて調整することができます。一般に、赤色蛍光体の基底状態涸渇は、赤色蛍光体からの放出（フォトン/秒）が赤色蛍光体発光中心放出寿命で割られた赤色蛍光体発光中心の濃度に近づくにつれて著しくなる（放出寿命が長いほど、送り出すことができるフォトンは少なくてよい）。

30

評価の基準として、 3×10^{20} Mn⁴⁺ / センチメートル³の原子濃度をもつ基底状態枯渇性K₂SiF₆ : Mn⁴⁺の層からどれだけの赤色光を発生させることができるかを見積ることは興味深い。Mn⁴⁺は約9ミリ秒の減衰時間を有するので、各イオンは最大約100フォトン/秒を放出することができます。これにより、合計約 3×10^{20} フォトンが 1 cm^2 面積および $100 \mu\text{m}$ 厚さのスラブから放出される。光子エネルギーは約2電子ボルトであり、そこで、これは、約100ワットに、または任意面積では100ワット/センチメートル²に、または1ミリメートル²の放出面積を有する一般的な高輝度チップからの1ワットに変換する。この推定は任意に高い励起照射量に対して有効である。最低の励起照射量を推定することは一層困難であるが、400ワット/センチメートル²超は高い量子効率をもつサンプルでは良好な一次値である。

40

【0025】

上記のように、本明細書で開示するようなILED蛍光体変換LEDにおける発光ダイオードまたはレーザダイオードは、直流で駆動することができます。直流駆動の下で、CCTはドライブ電流の関数になることになる。駆動電流が増加するにつれて、青色または近UV出力は増加することになり、枯渇性赤色蛍光体はブリーチすることになり、白色出力のCCTは上昇することになる。

【0026】

代替として、本明細書で開示するようなILED蛍光体変換LEDにおける発光ダイオードまたはレーザダイオードは、ピーク電圧V_p、T_{on}のパルスオン時間、および繰返し周波数1/T_{period}をもつ一連のパルスによってパルス電流モードで駆動することができます

50

。一般に、パルスオン時間は、安定で予測可能な動作を生成するために枯渇性赤色蛍光体の放出寿命よりも長くなるように選択される。パルス電流駆動の下で、CCTは、例えば、直流駆動の下におけるように瞬間駆動電流を変更することによって、または一定の瞬間電流でデューティファクタ T_{on} / T_{period} を変更する（この場合には、デューティファクタの増加とともにCCTが上昇する）ことによって調整することができる。これらのパルス駆動方式の両方において、CCTは、合計光出力が増加するにつれて上昇する（ILD挙動）。

【0027】

CCTは、パルス電流駆動の下で、瞬間駆動電流およびデューティファクタを一緒に変更することによっても調整することができる。この方式は、同時に、瞬間駆動電流（電流パルス振幅）を増加させ、およびデューティファクタを減少させることによって、または同時に、瞬間駆動電流を減少させ、およびデューティファクタを増加させることによって一定の（時間平均した）合計光出力パワーでCCTを変化させるために使用することができる。一般に、LEDからの同じ時間平均合計出力パワーの状態で、直流（または高デューティファクタパルス駆動）から低デューティファクタパルス駆動に移動すると、CCTはより高い温度にシフトする。これが、同じ時間平均出力パワーに達するために、低いデューティファクタパルスでは、高いデューティファクタパルスよりも高い瞬間電流が送出されなければならない理由である。LEDからの結果として生じる青色または近UVパルスは、高いデューティファクタにおけるよりも低いデューティファクタにおいて高い瞬間照射量を有し、このため、高いデューティファクタよりも低いデューティファクタにおいて枯渇性赤色蛍光体をより効果的にブリーチする。一例として、枯渇性赤色蛍光体（例えば、 $K_2[SiF_6] : Mn^{4+}$ ）を含むデバイスを25ヘルツの繰返し率で20ミリ秒のパルス（1/2デューティファクタ）により駆動すると、赤色蛍光体の瞬間励起は、ブリーチ範囲にあることができる。対照的に、同じ合計出力パワーでの直流駆動の下で、赤色蛍光体の瞬間励起は著しいブリーチングの開始より下にあり得る。

【0028】

図2のプロットは、約450ナノメートルにピーク波長がある青色光を放出するGaN発光ダイオードと、発光ダイオード上に配設された $K_2[SiF_6] : Mn^4$ 蛍光体材料の100μm厚の層（例えば、図1Bにおけるような）とを含むILDの蛍光体変換LEDにおける高いポンプパワーでの枯渇性赤色蛍光体のブリーチングを示す。蛍光体層中の Mn^4 の濃度は、約 1×10^{20} /センチメートル³である。横軸は、蛍光体層中に放出された青色照射量の尺度である。縦軸は、赤色蛍光体層によって吸収された青色パワーの相対量の尺度である（発光ダイオードによって蛍光体層中に放出された青色パワー - 蛍光体層を透過した青色パワー）/（発光ダイオードによって蛍光体層中に放出された青色パワー）。曲線200が示すように、低い青色照射量では、青色光のすべてが蛍光体層に吸収されるが、より高い青色照射量では、赤色蛍光体がブリーチし始め、青色光が赤色蛍光体層を透過する。青色照射量が、高輝度青色発光ダイオードの表面において一般的な照射量である約100ワット/センチメートル²に近づくとき、著しいブリーチングが生じる。曲線200は、枯渇性赤色発光中心の濃度の変化とともに横軸に沿ってシフトする。（濃度が増加するにつれて、曲線200は右にシフトする。）

図3AはCIE色度図を示す。色度図の外側の湾曲した境界300は単色軌跡である。曲線310はプランク軌跡（Planckian locus）であり、プランク軌跡は、白熱黒体の温度が変化したとき、白熱黒体の色が取ることになる色度図を通る経路である。一定のCCTの線315は黒体軌跡を横切る。

【0029】

三角形320A～三角形320Fは、高電力での約4600Kから低電力での約2200Kにわたる6つの異なるCCT値をもたらす6つの異なる駆動電力で駆動されたILD蛍光体変換LEDからの白色出力の場所をプロットしている。ILD蛍光体変換LEDは、約450ナノメートルにピーク波長がある青色光を放出するGaN発光ダイオードと、発光ダイオード上に配設された $K_2[SiF_6] : Mn^4$ 赤色蛍光体材料の250μm厚の

10

20

30

40

50

層（例えば、図 1 B におけるような）と、黄緑色 Y A G : C e ³⁺ 蛍光体材料とを含む。 Y A G : C e ³⁺ 蛍光体は、赤色蛍光体層中に混合するか、または約 1 0 0 μ m の厚さを有する第 2 の層の状態で赤色蛍光体層上に配設することができる。 M n ⁴ の濃度は、約 1 . 6 × 1 0 ²⁰ / センチメートル³ である。 C e ³⁺ の濃度は、約 3 . 5 × 1 0 ²⁰ / センチメートル³ である。三角形 3 2 5 は、Y A G : C e ³⁺ 蛍光体からの黄緑色出力の場所をプロットしている。

【 0 0 3 0 】

図 3 A に示すように、 I L D 蛍光体変換 L E D の出力が減光するとき、白色出力の C C T は、プランク軌跡に近接しておよび一般に平行に、一般に左から右に（より高い C C T からより低い C C T に）色度図を通る経路 3 3 0 に従う。結果として、正常色覚をもつ人間の観察者は、白熱電球と同様に減光するデバイスを観察することになる。図 3 B の表は、図 3 A の色度図に示されている 6 つの場所での I L D 蛍光体変換 L E D からの白色出力に関する追加情報を提供する。 R a および R 9 は演色評価数である。 8 0 を超える R a および 6 0 を超える R 9 は、一般に、良好であると考えられる。 d u ' v ' は、それぞれの C C T のプランキアン（ P l a n c k i a n ）からの偏差である。図示する例では、 R A は 8 0 よりも大きく、 R 9 は、 6 0 よりも大きく、または 7 0 よりも大きく、または 7 5 よりも大きく、 d u ' v ' は、デバイスの正常動作パワー範囲の全体にわたって約 0 . 0 6 5 0 以下である。

【 0 0 3 1 】

図 4 は、図 3 A のプロットの基をなす I L D 蛍光体変換 L E D 出力スペクトルのうちの 2 つを示す。スペクトルは、（様々な）青色ポンプの吸収されない部分である青色ピークに対して正規化されており、青色発光ダイオード放出、 Y A C : C e ³⁺ 放出、および K ₂ S i F ₆ : M n ²⁺ 放出の場所を示している。スペクトル 4 0 0 は三角形 3 2 0 C (3 2 5 0 K の C C T) に対応し、スペクトル 4 0 5 は図 3 A の三角形 3 2 0 F (2 2 0 0 K の C C T) 対応する。

【 0 0 3 2 】

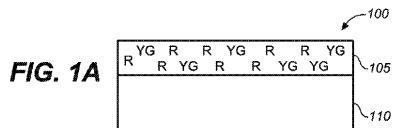
本開示は、例示であり、限定ではない。さらなる変更は、本開示に照らして当業者には明らかであり、添付の特許請求の範囲の範囲内にあるように意図される。例えば、レーザダイオードは、2 つの（またはそれより多い）蛍光体混合物、または枯渇性赤色蛍光体を含む蛍光体層のスタックを遠隔で励起するために使用されてもよい。蛍光体によって透過された残留青色光は、反射され、蛍光体放出と混合され得る。

10

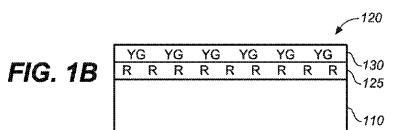
20

30

【図 1 A】



【図 1 B】



【図 2】

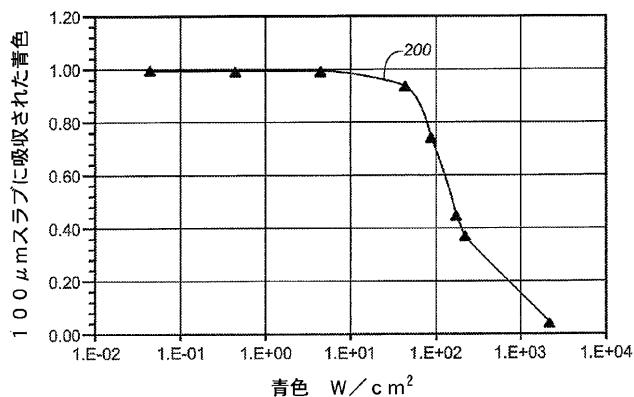


FIG. 2

【図 3 B】

CCT (ケルビン)	2200	2438	2625	3250	3940	4574
QdV	0.0000	0.00017	0.0039	0.0050	0.0045	0.0027
Ra	84.3	86.6	89.8	91.8	92.1	89.0
R9	77.3	76.1	78.4	85.5	96.8	77.9

FIG. 3B

【図 3 A】

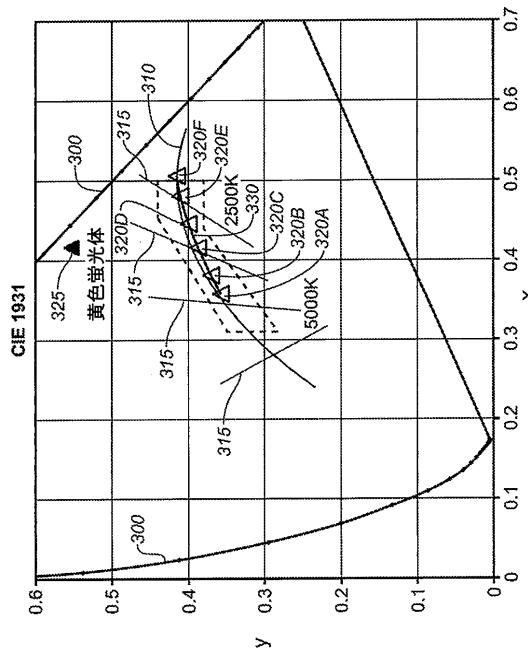


FIG. 3A

【図 4】

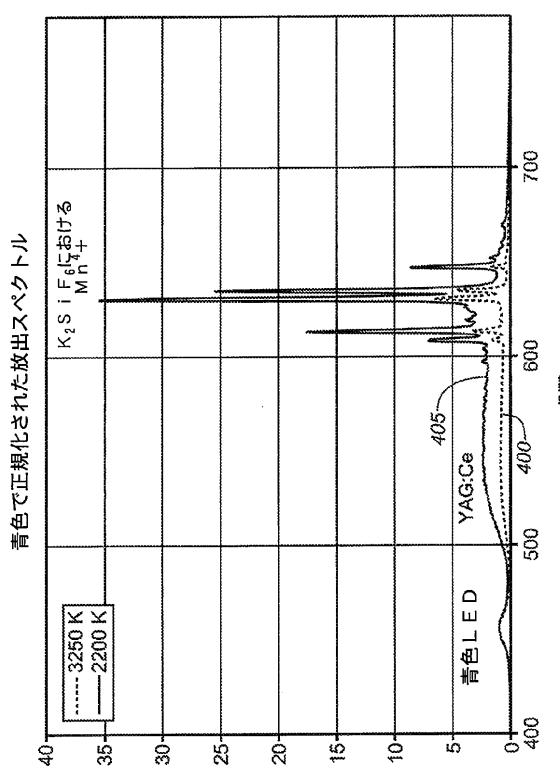


FIG. 4

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2015/043392
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - H05B 33/14 (2015.01) CPC - H05B 33/14 (2015.04) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8) - F21K 2/00, F21K 99/00, H01L 33/00, H05B 33/00, H05B 33/14 (2015.01) USPC - 313/483, 313/486, 313/502, 313/503		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched CPC - F21K 2/00, F21K 99/00, H01L 33/00, H05B 33/14, H05B 33/145 (2015.04) (keyword delimited)		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Orbit, Google Patents, Google Search terms used: emission power LED, phosphor saturate, YAG:Ce, K2SiF6:Mn, color temperature		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2011/0037376 A1 (VAN HERPEN et al) 17 February 2011 (17.02.2011) entire document	1, 10
Y		----- 2-9, 11-23
Y	US 7,514,860 B2 (Nagatomi et al) 07 April 2009 (07.04.2009) entire document	2, 11
Y	US 2013/0271960 A1 (MITSUBISHI CHEMICAL CORPORATION) 17 October 2013 (17.10.2013) entire document	3-6, 12-15, 20-23
Y	US 6,028,694 A (SCHMIDT) 22 February 2000 (22.02.2000) entire document	7-9, 16-23
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 21 September 2015		Date of mailing of the international search report 28 OCT 2015
Name and mailing address of the ISA/ Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300		Authorized officer Blaine Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2015/043392

Box No. IV Text of the abstract (Continuation of item 5 of the first sheet)

Phosphor-converted light emitting diodes comprising a blue or near-UV emitting semiconductor device, a yellow-green phosphor, and a red phosphor exhibit incandescent-like dimming behavior in that the Correlated Color Temperature of a white light output decreases with reduced brightness. In one aspect, a light emitting device comprises an LED emitting blue light, a first phosphor excited by the blue light emitted by the LED and in response emitting green or greenish-yellow light, and a second phosphor excited by the blue light emitted by the LED and in response emitting red light.

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,R0,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,D0,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JP,KE,KG,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US

(74)代理人 100103610

弁理士 吉田 和彦

(74)代理人 100067013

弁理士 大塚 文昭

(74)代理人 100086771

弁理士 西島 孝喜

(74)代理人 100109070

弁理士 須田 洋之

(74)代理人 100109335

弁理士 上杉 浩

(74)代理人 100120525

弁理士 近藤 直樹

(72)発明者 ミュラー ゲルト オー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95132-2447 サンノゼ スワイガート ロード
3491

(72)発明者 ミュラー - マッハ レジーナ ピー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95132-2447 サンノゼ スワイガート ロード
3491

F ターム(参考) 4H001 CA05 XA09 XA13 XA14 XA19 XA31 XA39 YA25 YA58

5F142 AA23 DA02 DA03 DA45 DA48 DA52 DA54 DA72 DA73 HA01

HA05