

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6104174号
(P6104174)

(45) 発行日 平成29年3月29日(2017.3.29)

(24) 登録日 平成29年3月10日(2017.3.10)

(51) Int.Cl.	F 1
H 01 L 33/60	(2010.01)
C 09 K 11/00	(2006.01)
F 21 S 2/00	(2016.01)
F 21 V 9/16	(2006.01)
H 01 L 33/50	(2010.01)
HO 1 L	33/60
C O 9 K	11/00
F 2 1 S	2/00
F 2 1 V	9/16
HO 1 L	33/50

請求項の数 8 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2013-547527 (P2013-547527)
(86) (22) 出願日	平成23年12月19日 (2011.12.19)
(65) 公表番号	特表2014-508398 (P2014-508398A)
(43) 公表日	平成26年4月3日 (2014.4.3)
(86) 國際出願番号	PCT/US2011/065775
(87) 國際公開番号	W02012/091971
(87) 國際公開日	平成24年7月5日 (2012.7.5)
審査請求日	平成26年12月12日 (2014.12.12)
審判番号	不服2016-12506 (P2016-12506/J1)
審判請求日	平成28年8月18日 (2016.8.18)
(31) 優先権主張番号	61/428,034
(32) 優先日	平成22年12月29日 (2010.12.29)
(33) 優先権主張國	米国(US)

(73) 特許権者	505005049 スリーエム イノベイティブ プロパティ ズ カンパニー アメリカ合衆国、ミネソタ州 55133 -3427, セントポール, ポストオ フィス ボックス 33427, スリーエ ム センター
(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
(74) 代理人	100128381 弁理士 清水 義憲
(74) 代理人	100162640 弁理士 柳 康樹
(74) 代理人	100154656 弁理士 鈴木 英彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】リモート蛍光体LED構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光源であって、可撓性基板と、LED光を放射するように構成され、前記可撓性基材に配置される第1のLEDと、
蛍光体材料の層であって、前記蛍光体材料が前記第1のLED光からの励起に反応して
、より長い波長で発光するように構成された蛍光体材料の層と、光が前記第1のLEDからダイクロイック反射体に伝搬する際に、光が前記蛍光体材料
の層を通過せず、前記ダイクロイック反射体がより長い波長の光を実質的に透過させるよ
うに、前記第1のLEDによって放射された光の少なくとも第1の部分を前記蛍光体材料
の層に反射させるように構成されたダイクロイック反射体と、を含み、前記可撓性基材が空洞領域と、隣接する近接領域と、を有する誘電層を含み、前記第1
のLEDが前記空洞領域内に配置され、前記蛍光体材料によって放射されたより長い波長の光を含む広帯域光を放射する、光源

【請求項2】

前記第1のLED及び前記蛍光体材料の層が実質的に共面である、請求項1に記載の光源。

【請求項3】

L E D光を放射するように構成された第2のL E Dを更に含み、前記第1のL E Dと前記第2のL E Dの一方が、前記ダイクロイック反射体によって形成される前記第1のL E Dと前記第2のL E Dの他方の像を遮らないように、前記第1のL E Dと前記第2のL E Dは配置されている、請求項1に記載の光源。

【請求項4】

前記基材に配置される第2のL E Dを更に含む、請求項2に記載の光源。

【請求項5】

前記空洞領域が、前記誘電層を貫通して延在する穴によって特徴付けられる、請求項1に記載の光源。

【請求項6】

前記基材が前記誘電層に配置された導電性材料を更に含み、前記L E Dが前記導電性材料上に配置され、前記導電性材料が前記誘電層の第1の側面に配置され、前記基材が、前記第1の側面と反対側の前記誘電層の第2の側面に配置される熱伝導層を更に含む、請求項1に記載の光源。

【請求項7】

前記第1のL E Dが青色光を放射し、前記ダイクロイック反射体が前記第1のL E Dによって放射された光の第2の部分を透過させるように構成され、前記光源によって放射された前記広帯域光が白色光を含み、前記L E Dによって放射された光の第2の部分と、前記蛍光体材料によって放射されたより長い波長の光と、の結合光を含む、請求項1に記載の光源。

【請求項8】

前記第1のL E Dが紫外線を放射し、前記ダイクロイック反射体が前記第1のL E Dによって放射された光をほとんど透過させないか、全く透過させないように構成され、前記光源によって放射された前記広帯域光が白色光を含み、前記蛍光体材料によって放射されたより長い波長の光を含み、前記第1のL E Dによって放射された光をほとんど含まないか、全く含まない、請求項1に記載の光源。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して光源に関するものであり、特に発光ダイオード(L E D)及び蛍光体を組み込む固体光源に応用される。本発明はまた、関連物品、システム、及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

広帯域光を放射する固体光源は既知である。場合によっては、かかる光源は、かかる光源は、青色L E Dの上に黄色発光蛍光体の層を付着させることによって作製される。青色L E Dからの光が蛍光体層を通過する際に一部の青色光が吸収され、吸収されたエネルギーの大部分が、可視スペクトル内のより長い波長でストークスシフトされた光(通常、黄色光)として蛍光体により再放射される。蛍光体の厚さは、青色L E D光の一部が蛍光体層を完全に通過し、蛍光体からの黄色光と結合して白色に見える広帯域出力光をもたらすように十分に小さい。

【0003】

他のL E D励起蛍光体光源もまた提案される。米国特許第7,091,653号では、L E Dからの紫外線(U V)がロングパス反射体によって蛍光体層に反射される光源について記載される。蛍光体層は可視(好ましくは白色)光を放射し、この光は、ロングパス反射体によって実質的に透過される。L E D、蛍光体層、及びロングパスフィルターは、紫外線がL E Dからロングパス反射体へと進む際に、蛍光体層を通過しないように配置される。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

発明者らは、新しい種類の広帯域固体光源を開発してきた。これらの光源は、1個又は2個以上のLEDからの光によって励起される蛍光体層又は材料を用いる。光源はまた、LED光の少なくとも一部を蛍光体の層に反射させるダイクロイック反射体を含む。光がLEDからダイクロイック反射体へと進む際に、光は蛍光体層を通過しない。

【 0 0 0 5 】

場合によっては、LEDは青色光を放射し、ダイクロイック反射体は青色LED光の第1の部分を蛍光体層に反射させ、ダイクロイック反射体はまた、青色LED光の第2の部分を透過させる。透過青色LED光は、蛍光体によって放射されたより長い波長の光（この光もまた、ダイクロイック反射体によって透過される）と結合して広帯域出力ビーム、例えば、白色に見える光をもたらす。発明者らは、かかる光源によって放射された光が驚くべき程度の空間的な色均一性を呈し得ることを見出した。10

【 0 0 0 6 】

場合によっては、LED及び／又は蛍光体は、空洞領域と、近接領域と、を有する可撓性基材上に配置され、LED及び／又は蛍光体は、空洞領域内で基材に搭載されるか、取り付けられる。可撓性基材は、好ましくは、近接領域においてよりも空洞領域においての方が薄い誘電層を含む。場合によっては、穴が空洞領域内の誘電層を貫通して延在し、導電層及び／又は熱伝導層など可撓性基材の1つ又は2つ以上の他の構成要素が空洞領域内のLED及び／又は蛍光体に対する物理的支持を提供してよい。穴が空洞領域内の誘電層を貫通して延在するかどうかにかかわらず、発明者らは、かかる光源が例示の熱特性、機械特性、及び光学特性をもたらし得ることを見出した。20

【 0 0 0 7 】

したがって、本出願は、とりわけ、第1の青色発光LEDと、蛍光体材料の層と、ダイクロイック反射体と、を含む光源を開示する。蛍光体材料は、第1のLEDによって放射された青色光からの励起に反応して、LEDよりも長い可視波長で発光するように構成されてよい。ダイクロイック反射体は、光が第1のLEDからダイクロイック反射体に伝搬する際に、光が蛍光体材料の層を通過せず、ダイクロイック反射体もまた蛍光体によって放射されたより長い可視波長の光を実質的に透過させる方法で、第1のLEDによって放射された光の第1の部分を蛍光体材料の層に反射させるように構成されてよい。ダイクロイック反射体は、第1のLEDによって放射された青色光の第2の部分を透過するよう構成されてよく、したがって光源は白色光などの広帯域光を放射し、広帯域光は、第1のLEDによって放射された光の第2の部分と、蛍光体材料によって放射されたより長い波長の光と、の結合光を含む。30

【 0 0 0 8 】

場合によっては、第1のLED及び蛍光体材料の層は、実質的に共面であってよい。場合によっては、光源は、少なくとも第1のLEDが配置される基材を更に含んでよい。場合によっては、蛍光体材料の層もまた、基材に配置されてよい。場合によっては、光源はまた、基材に配置された第2の青色発光LEDを含んでよい。場合によっては、基材は可撓性であってよく、空洞領域と、空洞領域に隣接する近接領域と、を有する誘電層を含んでよく、第1のLED及び／又は蛍光体は空洞領域に配置されている。場合によっては、空洞領域が、誘電層中の凹部によって特徴付けられてよく、誘電層が近接領域内の第1の厚さと、空洞領域内の第2の厚さと、を有し、第2の厚さが0を超えるが、第1の厚さよりも小さい。場合によっては、第1の厚さは少なくとも20マイクロメートルであってよく、第2の厚さは10マイクロメートル以下であってよい。場合によっては、空洞領域は、誘電層を貫通して延在する穴によって特徴付けられてよい。場合によっては、基材はまた、誘電層に配置された導電性材料を含んでよく、LEDは導電性材料上に配置される。場合によっては、導電層は誘電層の第1の側面に配置されてよく、基材はまた、第1の側面と反対側の誘電層の第2の側面に配置された熱伝導層を含んでよい。40

【 0 0 0 9 】

発明者らはまた、可撓性基材と、第1のLEDと、蛍光体材料の層と、ダイクロイック50

反射体と、を含む光源を開示する。第1のLEDはLED光を放射するように構成され、可撓性基材に配置されてよい。蛍光体材料は、第1のLED光からの励起に反応してより長い波長で発光するように構成されている。ダイクロイック反射体は、光が第1のLEDからダイクロイック反射体に伝搬する際に、光が蛍光体材料の層を通過しない方法で、第1のLEDによって放射された光の少なくとも第1の部分を蛍光体材料の層に反射せるように構成されてよい。ダイクロイック反射体はまた、蛍光体によって放射されたより長い波長の光を実質的に透過させてよい。可撓性基材は、空洞領域と、隣接する近接領域と、を有する誘電層を含んでよく、第1のLED及び／又は蛍光体材料は空洞領域に配置されてよい。光源は、蛍光体材料によって放射されたより長い波長の光を含む広帯域光を放射してよい。

10

【0010】

場合によっては、第1のLEDは青色光を放射してよい。場合によっては、ダイクロイック反射体は、第1のLEDによって放射された光の第2の部分を透過させるように構成されてよく、光源によって放射された広帯域光は白色光を含んでよく、LEDによって放射された光の第2の部分と、蛍光体材料によって放射されたより長い波長の光との結合光を含んでよい。

【0011】

場合によっては、第1のLEDは紫外線を放射してよい。場合によっては、ダイクロイック反射体は、第1のLEDによって放射された光をほとんど透過させないか、全く透過させないように構成されてよく、光源によって放射された広帯域光は白色光を含んでよく、蛍光体材料によって放射されたより長い波長の光を含むが、第1のLEDによって放射された光をほとんど含まないか、全く含まないでよい。

20

【0012】

場合によっては、空洞領域が、誘電層中の凹部によって特徴付けられてよく、誘電層が近接領域内の第1の厚さと、空洞領域内の第2の厚さと、を有し、第2の厚さが0を超えるが、第1の厚さよりも小さい。場合によっては、第1の厚さは少なくとも20マイクロメートルであってよく、第2の厚さは10マイクロメートル以下であってよい。場合によっては、空洞領域は、誘電層を貫通して延在する穴によって特徴付けられてよい。場合によっては、基材はまた、誘電層に配置された導電性材料を含んでよく、第1のLEDは導電性材料上に配置されてよい。場合によっては、導電層は誘電層の第1の側面に配置されてよく、熱伝導層は第1の側面と反対側の誘電層の第2の側面に配置されてよい。場合によっては、蛍光体材料の層はまた、可撓性基材に配置されてよい。場合によっては、光源はまた、可撓性基材に配置された第2のLEDを含んでよい。

30

【0013】

関連する方法、システム、及び物品も述べられる。

【0014】

本願のこれらの態様及び他の態様は、以下の詳細な説明から明らかとなろう。しかし、決して、上記概要は、請求された主題に関する限定として解釈されるべきでなく、主題は、手続処理の間補正することができる添付の特許請求の範囲によってのみ規定される。

【図面の簡単な説明】

40

【0015】

【図1】広帯域光源の概略側面図、つまり概略断面図。

【図2】広帯域光源の概略斜視図。

【図3a】例示の青色LED及び例示の蛍光体のスペクトル強度分布の理想化されたグラフ。

【図3b】例示のダイクロイック反射体のスペクトル反射率又は透過率の理想化されたグラフ。

【図3c】青色LEDからの一部の光が蛍光体によって放射されたより波長の長い光と結合して、広帯域の白色出力光をもたらし得る方法を示す概略図。

【図4】広帯域光源の概略平面図。

50

【図4a】図4の設計に類似の設計を有する光源の横断方向位置に応じてモデル化した／算出した（放射照度は光源面の上又は光源の前で測定した）放射照度のグラフ。

【図4b】2つの直交軸に沿った位置に応じて測定した、図4aの放射照度分布のCIE x色座標のグラフ。

【図4c】2つの直交軸に沿った位置に応じて測定した、図4aの放射照度分布のCIE y色座標のグラフ。

【図5】2個のLEDを含む広帯域光源の概略平面図。

【図5a】図5の設計に類似の設計を有する光源の横断方向位置に応じてモデル化した／算出した（放射照度は光源面の上又は光源の前で測定した）放射照度のグラフ。

【図5b】2つの直交軸に沿った位置に応じて測定した、図5aの放射照度分布のCIE x色座標のグラフ。 10

【図5c】2つの直交軸に沿った位置に応じて測定した、図5aの放射照度分布のCIE y色座標のグラフ。

【図6】3個のLEDを含む広帯域光源の概略平面図。

【図6a】図6の設計に類似の設計を有する光源の横断方向位置に応じてモデル化した／算出した（放射照度は光源面の上又は光源の前で測定した）放射照度のグラフ。

【図6b】2つの直交軸に沿った位置に応じて測定した、図6aの放射照度分布のCIE x色座標のグラフ。 20

【図6c】2つの直交軸に沿った位置に応じて測定した、図6aの放射照度分布のCIE y色座標のグラフ。

【図7】例示の可撓性基材の構造の詳細を示す、広帯域光源の概略側面図、つまり概略断面図。

【図8】例示の可撓性基材を含む別の広帯域光源の概略側面図、つまり概略断面図。

【図9a】例示のUV LED及び例示の蛍光体のスペクトル強度分布の理想化されたグラフ。

【図9b】例示のダイクロイック反射体のスペクトル反射率又は透過率の理想化されたグラフ。

【図9c】蛍光体によって放射された長波長光が、LEDからの光をほとんど伴わないか、全く伴わずに、光源に広帯域の白色出力光をもたらし得る方法を示す概略図。

【図10】熱的にモデル化した広帯域光源の概略側面図、つまり概略断面図。 30

【図11a】基材上の位置が最適化されている2個のLEDを有するモデル化した広帯域光源の算出強度対位置のグラフ。

【図11b】グレーレベルがどのように放射照度に対応するかを示す図11aの鍵。図中、同様の参照番号は同様の構成要素を示す。

【発明を実施するための形態】

【0016】

上述したように、本出願は、1個又は2個以上のLEDからの光によって励起される蛍光体層又は材料を用いる広帯域固体光源について説明する。光源はまた、LED光の少なくとも一部を蛍光体の層上に反射させるダイクロイック反射体を含む。光がLEDからダイクロイック反射体へと進む際に、光は蛍光体層を通過しない。場合によっては、LEDは青色光を放射し、ダイクロイック反射体は青色LED光の第1の部分を蛍光体層の上に反射させ、ダイクロイック反射体はまた、青色LED光の第2の部分を透過させる。透過青色LED光は、蛍光体によって放射されたより長い波長の光（この光もまた、ダイクロイック反射体によって透過される）と結合して広帯域出力ビーム、例えば、白色に見える光をもたらす。場合によっては、LED及び／又は蛍光体は、空洞領域と、近接領域と、を有する可撓性基材に配置され、LED及び／又は蛍光体は、空洞領域内で基材に搭載されるか、又は取り付けられる。可撓性基材は、近接領域においてよりも空洞領域においての方が薄い誘電層を含む。 40

【0017】

これに関して、「発光ダイオード」又は「LED」とは、可視であるか、紫外線である

50

か、赤外線であるかにかかわらず、光を放射するダイオードを指す。これには、従来のものか、超高輝度のものであるかにかかわらず、「LED」として市販されているインコヒーレントに封入された又はカプセル化された半導体デバイスを含む。「LEDダイ」は、最も基本的な形態、即ち、半導体加工手順によって作製される個々の構成要素又はチップの形態のLEDである。例えば、LEDダイは、1つ又は2つ以上のIII族元素の組み合わせ及び1つ又は2つ以上のV族元素の組み合わせから形成される(III-V族半導体)。好適なIII-V族半導体材料の例には、窒化ガリウムなどの窒化物、及びリン化インジウムガリウムなどのリン化物が挙げられる。他の種類のIII-V族材料、並びに周期表の他の族の無機物質も使用可能である。構成要素又はチップは、デバイスに電圧を加えるための電力の適用に好適な電気接点を含むことができる。例としては、ワイヤボンディング、テープ自動化ボンディング(TAB)、又はフリップチップボンディングが挙げられる。構成要素又はチップの個々の層及びその他の機能的要素は、通常、ウェハスケールで形成された後、仕上がったウェハは個々の小片部に切られて、多数のLEDダイとなることができる。LEDダイは、表面実装、チップオンボード、又は他の既知の実装形態を構成するように構成されてもよい。パッケージ化されたLEDの中には、LEDダイ及び付随する反射体カップ上にポリマー封入材料を形成することによって作製されてよい。本出願の目的とする「LED」はまた、一般にOLEDと呼ばれる有機発光ダイオードを含むと見なされるべきである。

【0018】

青色発光LEDを用いる広帯域固体光源の全ての開示実施形態はまた、例示の可撓性基材を用いても、用いなくてもよい、例示の基材を用いる全ての開示実施形態は、青色発光LEDを用いても、用いなくてもよい。1個又は2個以上の青色発光LEDを含む幾つかの実施形態から説明を開始する。

【0019】

図1には、広帯域光源110の概略側面図、つまり概略断面図が示される。光源110は、基材118に取り付けられた青色発光LED112と、蛍光体層114と、を含む。LED112は、その露出した外表面から全方向に青色光113aを放射する(この図では、かかる光の2つの光線にラベル付けされている)。

【0020】

LED112からの青色光113aは、ダイクロイック反射体116に当たる。ダイクロイック反射体(ダイクロイックミラーと呼ばれることもある)は、ある光学波長に対して高反射率(及び低透過率)を有し、他の光学波長に対しては低反射率(及び高透過率)を有するように設計された反射体である。かかる反射体は、通常、少なくとも可視波長及び近赤外波長について反射されない全ての光が実質的に透過され、逆もまた同様であるように、ごくわずかの吸収率を有する。かかる反射体は、光学的に薄いミクロ層の積層体を含み、通常、二酸化珪素と二酸化チタンとの交互層など屈折率が大きく異なる材料の交互配置になっているが、他の好適な無機材料又は有機材料を用いてもよい。かかる反射体は、ガラス又は他の好適な基材上に交互層を真空蒸着させることによって作製してよい。あるいは、例えば、米国特許第5,882,774号及び同第6,783,349号に記載のように、交互ポリマー材料の共押出し及び得られた多層ポリマーウェブの伸張を含み得る連続プロセスによって、好適な反射フィルムを作製してよい。ダイクロイック反射体で用いられた材料及び用いられた製造方法にかかわらず、反射体は、本明細書の他の箇所で説明するように、波長に応じて所望の反射特性を提供するように調整されたミクロ層積層体の層厚さ特性をもたらす。この点については、米国特許第6,967,778号を参照する。厚さ特性は、例えば、ロングパスフィルター又はノッチフィルターとして作用するダイクロイック反射体をもたらすように調整されてよい。場合によっては、ダイクロイック反射体は、多層ミラーフィルム、反射性偏光子、及び/又は所定の波長において、ある偏光の全てを反射し、直交偏光を部分的に反射する、反射鏡などの部分偏光反射体を含んでよい。

【0021】

10

20

40

50

ダイクロイック反射体 116 は、青色 LED 光の第 1 の部分を反射させ、青色 LED 光の第 2 の部分を実質的に透過させるように調整される。反射体 116 はまた、反射青色光 113b を蛍光体層 114 に向けるように形成されるか、ないしは別の方で構成される。例えば、図に示すように、ダイクロイック反射体は、LED 及び蛍光体に向かって開いているか、これらを包囲する凸形状を有してよい。凸形状は、単純な半球又は他の球体の一部であってよいか、略放物線状、橢円形状、又は任意の他の規則的若しくは非規則的な非球面形状であってよいか、例えば、所望の平滑形状に近づくように配置された複数の大小の平坦なファセットで作製される、区分的な半球形若しくは非球面であってよい。場合によっては、ダイクロイック反射体は自立式であってよく、他の場合には、例えば薄型フィルムとして、別の構成要素の内面、外面、又は埋め込み面に貼付されてよい。
10 例えば、光源 110 の場合、内部空間 117 は、LED 及び蛍光体を封入する、好適な光透過性ガラス又はポリマー材料を含んでよく、ダイクロイック反射体はかかる封入材料の外表面に貼付されてよい。封入材料は、光源の設計に構造的一体性及び堅牢性をもたらすだけではなく、全反射によって LED ダイの内部に閉じ込められる光量を削減することにより光源効率を向上させてよい。あるいは、内部空間 117 は中空である、例えば空気又は真空のみを含んでよい。

【0022】

例示の実施形態では、ダイクロイック反射体は、LED からの青色光の 50% ~ 95% の範囲の量を反射させ、かかる光の残りを透過させるように調整されてよい。例示のダイクロイック反射体はまた、蛍光体によって放射されたより長い波長の可視光線の大部分、好ましくは、例えばかかる光の 75% 超、80% 超、85% 超、又は 90% 超を透過させてよい。
20

【0023】

ダイクロイック反射体 116 の形状又は他の構成は、好ましくは青色発光 LED からの反射光 113b を蛍光体層 114 に向けるように調整される。好ましくは、反射体は、蛍光体層の少なくとも一部に LED の実質的な像又はその一部の像が形成されるように反射光を向ける。この点における「像」とは、写真的な意味で高品質の像である必要はないが、その形状が、LED の形状又はそのいずれかの放射部分の形状に少なくとも似ている、単に明るさを増した領域であってよい。単純な実施形態では、反射体 116 は、半球又は球体の他の部分の形状を有してよく、その曲率中心は、図 1 において点 119 として示される。球状反射性表面は、その曲率半径の半分に等しい（近軸）焦点距離を有し、曲率中心を含む平面内の任意の物点は、球面によって同じ平面に存在する像点に撮像され、物点を像点に接合する線分は、曲率中心によって 2 等分される。図 1 の実施形態では、LED
30 112 は曲率中心 119 の右寄りに示され、蛍光体層 114 は左寄りに示される。LED 112 の上発光面が正確には点 119 を含む水平面に存在しない場合であっても（LED 112 の高さは、図の概略図において強調表示されていることに留意されたい）、多くの場合、これは、LED 発光面に類似の寸法及び形状の実体像が点 119 の反対側に形成されるように十分に近いであろう。蛍光体層 114 は、反射 LED 光を効率的に封じるようにこの位置に配置される。蛍光体層は、LED と同一又は類似の寸法及び形状を有するように模様付けされてよいが、これは一般的である必要がなく、多くの場合、反射 LED 光ができる限り多く蛍光体によって封じられるように、LED よりも蛍光体層を大きくするか、LED 又はその像に対して特大にすることが有利であることに留意されたい。
40 例えば、図 1 の概略図においてさえも、蛍光体層 114 は、LED 112 よりも横断方向（面内）寸法が大きいことがわかる。

【0024】

LED を曲率中心 119 に近接し、かつ光源の光学軸（現在の場合では、基材 118 及び通過点 119 に対して垂直な軸である）に近接して維持することは有利である。LED 及びその像を光学軸に近接して維持することにより、出力光のコリメーションを向上でき、低エテンデューオーを有することができる。多数の LED が用いられる場合、低エテンデューオーは、一般に、他の LED の像を遮ることなく、各 LED をできる限り光学軸に近接して
50

配置することにより実現できる。熱管理もまた、多数のLEDの最適な配置を決定する際に役割を果たし、これは、密集したLEDが、より高い動作温度をもたらす場合があり、LEDの出力に悪影響を及ぼし得るからである。

【0025】

LED及び蛍光体層を曲率中心119の反対側に配置することに加えて、これらを概して同一平面上に位置付けることは、有利である場合が多い。この点に関する「同一平面上」とは、LEDの所定の表面が厳密に蛍光体層の表面と同一の幾何学的面内に配置される必要はなく、逆もまた同様であるが、蛍光体層がLEDからの反射光の全て、又は少なくとも大部分を封じるように構成要素が十分に近接している場合を含むことも理解され得る。

10

【0026】

光源110及び本明細書で開示する他の光源の顕著な設計上の特徴は、光がLEDからダイクロイック反射体へと進む際に、蛍光体層114を通過しないことである。この設計上の特徴は、LEDからの光がLED光の任意の反射体に当たる前に蛍光体層を通過する、多くのLED励起蛍光体光源の設計とは異なる。開示設計の顕著な利点は、LED反射光が最初に当たる蛍光体層の側面つまり表面が、光源の出力方向に面する蛍光体層の側面つまり表面であることである。図1を参照して言い換えると、LEDからの反射光は最初に、上面が光源110の出力に対して上向き又は外向きに面する、蛍光体層114の上面に当たる。反射LED光は、蛍光体層114の吸収量又は拡散量に応じて、ある程度の深さまでこの層114に到達するが、いずれの場合においても、かかる光の強度は、上面からの深さが増すにつれて弱まる。結果として、蛍光体層114の体積において生成される蛍光体光の強度は上面において最も明るく、表面からの深さが増すにつれて弱まる。かかる配置は、LED光及び蛍光体光の吸収及び拡散を減少させ、光源の全体的な効率を向上させる。

20

【0027】

場合によっては、蛍光体層114の物理的厚さ及びLED光の波長における蛍光体層114の吸収係数は、蛍光体層に当たるLED光のほぼ全てが吸収されるか、ないしは別の方法で、蛍光体層の裏面つまり背面（この表面は基材118に接触してもよい）に実質的に到達しないように拡散されるように調整されてよい。

【0028】

30

別の場合では、当たるLED光の大部分が蛍光体層の背面つまり裏面に到達し得るよう、蛍光体層の物理的厚さが減少されてよい、及び／又はLED波長におけるその吸収係数が減少されてよい。これらの後者の場合では、反射層が蛍光体層の背面に設けられてよく、より多くの蛍光体光を生成するように、LED光の残りが蛍光体層の厚さを再伝搬できるようにする。厚さの減少した蛍光体層を用いる実施形態は、熱管理の観点で概して有利である。これは、厚さの減少した蛍光体層を用いて、蛍光体層の上部と下層のヒートシンクとの通常貧弱な熱結合を向上できるからである。蛍光体層は、通常、LEDよりも著しく低い熱伝導率を有し、蛍光体層から熱を引き抜くのに役立つことができる任意の技法は、蛍光体の動作温度の低下に有利に役立ち得る。

【0029】

40

本明細書の他の部分で述べるように、蛍光体材料は、LED光を吸収し、吸収したエネルギーをより低いエネルギー（より長い波長）の放射線として放射することにより、概してLEDよりも長い波長の光を放射する。光変換プロセスには、より低いエネルギーへのストークスシフトに伴う損失及び非放射損失が含まれ、これらの損失の全ては、通常、蛍光体層内で生成された熱として現れる。例示の蛍光体材料は、青色光、例えば約430～470nmの範囲の波長の光を吸収し、可視スペクトルのより低いエネルギー部分、例えば500～700nmの範囲で蛍光放射をもたらす。例示の蛍光体材料は、セリウムドープのイットリウムアルミニウムガーネット（Ce：YAG）である。他の好適な蛍光体材料としては、他の既知の種類のドープYAG、オルトケイ酸塩、窒化物、又は硫化物材料が挙げられる。場合によっては、蛍光体層又は材料は、好適な結合剤材料中に1つ又は2

50

つ以上の種類の蛍光体粒子の混合物を含んでよい。

【0030】

図1では、蛍光体層によって放射されたより長い可視波長光が115aと表示されている。ダイクロイック反射体116は、これらより長い波長の光を実質的に透過させるように調整される。その結果、蛍光体光115aは蛍光体光115bとして効率的に透過され、かかる光はまた、内部空間117を充填する物質（存在する場合）及び反射体116の外側又は反対側の物質（存在する場合）に応じて、反射体116で反射される可能性がある。例示の実施形態では、内部空間117は、透明なガラス又はポリマー封入材料で充填されてよく、ミラー116の反対側の空間は空気又は真空であってよく、したがって、封入材料による屈折は、これらの構成要素が曲率中心119又は光源の光軸に比較的近接して配置されると、LED及び蛍光体層からの光にある程度のコリメーションをもたらす。蛍光体光115aの透過に加えて、ダイクロイック反射体116はまた、図で113cと表示される透過LED光などLED光113aの一部を透過させるように調整される。透過光113c及び透過光115bは空間的に結合して、光源110の広帯域出力光をもたらす。

【0031】

基材118には任意の好適な基材を用いて、LED 112及び蛍光体層114を収容してよい。基材は、LEDに電力をもたらすための導電層又は導電性経路を含んでよい。基材はまた、好ましくは、LED及び/又は蛍光体層から効果的に熱を持ち去ってより低い動作温度を維持するために、比較的高い熱伝導及び比較的低い熱抵抗を有する。かかるより低い動作温度を促進するために、基材は、好適なヒートシンク、例えば銅、アルミニウム、若しくは他の好適な金属の比較的厚い層、又は他の熱伝導材料を含むか、これらに熱結合されてよい。場合によっては、基材は、金属反射鏡、反射率を向上させるために誘電体蒸着を施した金属反射鏡など高反射性表面、又は微細空孔ポリエチレン若しくはチタニア充填ポリマーなどの拡散反射性表面、又は3M（商標）Vi k u i t i（商標）Enhanced Specular Reflector（ESR）フィルムなどの多層光学フィルムであってよいか、あるいはこれらを含んでよい。基材はまた、本明細書の他の部分で述べる任意の基材であるか、あるいはこれらを含んでよい。

【0032】

図2は、別の広帯域光源210の概略斜視図を示す。光源210は、基材218に配置された2個の青色発光LED 212a、212bを含み、この基材はまた、LEDからの青色光に曝されるとより長い波長の可視光を放射する蛍光体層214をその上に有する。LED 212a、212bは、好ましくは同一色の青色光を放射する。即ち、これらは、同一又は類似の発光スペクトルを有する。LEDはまた、同一の寸法及び形状であつてよく（ただし、その必要はない）、異なる寸法及び形状を有するLED、並びにやや異なる青色光の発光スペクトルを有するLEDも想到される。

【0033】

光源210はまた、LED及び特大の蛍光体層214の円盤状部分に向かって開きこれらを包含する、凸形状を有するダイクロイック反射体216を含む。円盤状部分の中心は、点219と表示され、これはまた、反射体216の曲率中心に相当する。LED 212a、212bは点219に比較的近接して位置付けられるが、いずれのLEDも凸状ダイクロイック反射体によって形成される他のLEDの像を遮らないように、直交する面内軸に沿って配置される。

【0034】

光源210と光源110との相違点の1つは、LED及びダイクロイック反射体の基部の横寸法に対する蛍光体の横寸法である。光源110では、蛍光体層は、LEDの横寸法に類似の横寸法であって、ダイクロイック反射体の基部の横寸法よりも著しく小さい横寸法を有する。光源210では、蛍光体層は、LEDの横寸法よりも著しく大きく、ダイクロイック反射体の基部の横寸法に類似の横寸法を有する。実際、光源210の蛍光体層214は、ダイクロイック反射体216の外周、つまり基部を完全に占める。このアプロー

チの 1 つの利点は、 L E D に対して又はダイクロイック反射体に対して蛍光体層をそろえる必要がないことである。 1 つの欠点は、 蛍光体層 214 の全体のごく一部が L E D からの反射光によって励起され、 この蛍光体層のごく一部が光源の出力光に寄与する部分でもあるため、 蛍光体材料が不要なことである。 光源 210 に対して光源 110 のアプローチの類似する利点は、 蛍光体材料のより効率的な配分である。

【 0035 】

図 1 及び本明細書の他の部分に関連して述べる L E D 、 蛍光体、 ダイクロイック反射体、 基材、 及び他の光源要素の設計の詳細が光源 210 の相当する要素に等しく適用されることを理解されるであろう。

【 0036 】

図 3 a は、 例示の青色 L E D 及び例示の蛍光体のスペクトル強度分布の理想化されたグラフである。 詳細には、 曲線 310 は、 青色発光 L E D のおおよそのスペクトル分布を概略的に示す。 曲線 312 は、 青色 L E D からの光に曝された場合に例示の蛍光体材料によって放射された光のおおよそのスペクトル分布を概略的に示す。 読者は、 これらの曲線が、 本発明を制限するためではなく、 本発明の理解を促進するために提供されることを理解するであろう。 読者は、 曲線 310 からの光と曲線 312 からの光との結合が、 実質的に白色又は他の所望の色相に見える広帯域出力光をもたらし得ることも理解するであろう。 青色 L E D 光とより長い波長の蛍光体光との相対比率を変えることにより、 色温度を所望の値に調整できる白色出力光をもたらすことができる。 3000 ~ 7000 ケルビン度 (2727 ~ 6727) の範囲の色温度は、 本開示の範囲内である。

【 0037 】

図 3 b は、 青色 L E D 及び黄色又は他の広帯域可視光線を放射する蛍光体に用いる例示のダイクロイック反射体のスペクトル反射率又は透過率の、 理想化されたグラフである。 ここにおいても、 読者は、 これらの曲線が、 本発明を制限するためではなく、 本発明の理解を促進するために提供されることを理解するであろう。 曲線 320 は、 法線入射光に対するダイクロイック反射体の反射率を概略的に示し、 曲線 322 は、 対応する透過率を示す。 これらの曲線は、 ほとんどのダイクロイック反射体が低損失特性を有するために、 実質的に相補的である。 法線入射以外の角度でダイクロイック反射体に当たる光は、 曲線 320 、 322 と類似の又は著しく異なる透過特性及び反射特性を体験してよく、 類似又は相違の程度は入射角に応じて異なり、 また、 光の偏光状態によっても異なる可能性がある。 概して、 法線とわずかに異なる角度で入射する光は、 法線入射曲線 320 、 322 に対して単純に左に (より短い波長の方向に) 移動した反射特性及び透過特性を体験する。 多くの場合、 L E D 又は蛍光体層からの光は、 入射角の分布又は範囲にわたってダイクロイック反射体の所定の部分に当たり、 この範囲又は分布は、 対象となるダイクロイック反射体の部分に応じて変化する。

【 0038 】

1 つには、 ダイクロイック反射体に伴うこれらの潜在的に複雑な幾何学的原因のために、 光源の光学軸及びダイクロイック反射体の曲率中心に比較的近接するように L E D を位置付けることは概して有利であることが多い。 この配置は、 ダイクロイック反射体の領域において、 L E D からの光及び蛍光体からの光の入射角が法線入射にかなり近くなるように維持するのに役立ち得る。

【 0039 】

読者は、 曲線 322 が、 青色光については小さいが、 0 ではない透過量、 例えば 430 ~ 470 nm 付近を示すことに気付くであろう。 このようにダイクロイック反射体を調整すると、 青色 L E D 光の一部はダイクロイック反射体によって透過され、 蛍光体からのより長い波長の光と混合して、 広域帯出力光をもたらすことができる。 青色スペクトル領域及び / 若しくは 500 ~ 700 nm のより長い波長の領域で反射若しくは透過の漸近的レベルを上下させること、 並びに / 又は曲線 320 、 322 をより短い若しくはより長い波長に移動させることを含んでよい、 ダイクロイック反射体の好適な調整を行って、 出力ビームにおけるより長い波長の蛍光体光に対する青色 L E D 光の比率を変更できる。かかる

10

20

30

40

50

変更によって、上述のように、白色出力光の色温度を調整できるようになる。

【0040】

図3cは、青色LED 332からの光の一部が蛍光体334によって放射されたより長い波長の光と結合して、広帯域の白色出力光をもたらす、光源330を示す概略図である。蛍光体からの長波長光は、用いる蛍光体材料に応じて黄色又は他の色に見えてよい。ダイクロイック反射体336（これもまた概略的にしか示されない）は、LED 332からの青色光の一部を透過させ、残りの青色LED光を蛍光体334に反射させることができる。反射青色LED光は蛍光体を励起し、ダイクロイック反射体336によって大いに透過される、ストークシフトされたより長い波長の光を放射させる。LEDからの青色光と、蛍光体からのより長い波長の光とが結合又は混合すると、広帯域出力光、例えば白色光がもたらされる。
10

【0041】

図4は、多くの点について図1及び2の光源に類似の広帯域光源410の概略平面図である。光源410は、基材418に配置された青色発光LED 412を1個のみ含み、この基材はまた、LEDからの青色光に曝されるとより長い波長の可視光を放射する、特大の蛍光体層414をその上に有する。

【0042】

光源410はまた、ダイクロイック反射体416を含む。図4の平面図では、ダイクロイック反射体の下底の形状、つまり外周のみが示されるが、読者は、反射体が図1及び2のダイクロイック反射体に類似の凸形状を有することを理解するであろう。反射体416は、LED及び蛍光体層414の円盤状部分に向かって開き、これらを包含する。円盤状部分の中心は、点419と表示され、これはまた、凸状反射体416の曲率中心に相当する。LED 412は、点419に比較的近接して位置付けられる。凸状反射体416は、像領域412'内にLED 412の像を生成する。
20

【0043】

LightTools（商標）光学設計ソフトウェアを用いて、光源410の実施形態をモデル化した。関連設計パラメータの一部は次のとおりである。

【0044】

- ・蛍光体層は、屈折率1.41のシリコーン結合剤に浸漬された屈折率1.8のCe:YAG粒子からなり、この層が0.1mmの物理的厚さを有すると仮定した。

30

【0045】

- ・LEDは、1mm×1mmの面内寸法を有する正方形であり、厚さ10マイクロメートル、及び出力波長460nmであると仮定した。LEDはまた、（蛍光体層に隣接する）その背面に薄い反射コーティングが施され、この反射コーティングは50%の反射率及び50%の吸収率を有すると仮定した。

【0046】

- ・ダイクロイック反射体は、BK7ガラス製平凸レンズの半球凸状面に配置され、このレンズは5mmの直径及び2.5mmの曲率半径を有すると仮定した。ダイクロイック反射体は、460nmのLED波長での法線入射光に対して90%の反射率及び10%の透過率を有すると仮定した。ダイクロイック反射体はまた、波長が490nm以上の法線入射光に対して約100%の透過率を有すると仮定した。
40

【0047】

- ・平凸レンズは、平面側がLEDの上面に配置されるように位置付け、レンズの平面側と蛍光体層の上部との間の空間を屈折率1.41のシリコーン材料で充填した。したがって、シリコーン材料はLEDも封入した。

【0048】

LightToolsソフトウェアを用いて、光源410のこの実施形態によつてもたらされる出力光をモデル化した。特に興味深いのは、LED面の5mm上に配置された観察面（平凸レンズの頂点及びダイクロイック反射体416の約2.5mm上）で観察した、出力光の物理的分布であった。図4aは、面内の位置に応じて、この観察面における出
50

力光の全放射照度、つまり全輝度を示す。図4 b 及び4 c は、2 個の直交面内軸に沿った観察面内の出力光のCIE 色度座標を示す。これらの図において、曲線430 及び432 は、観察面における位置に応じたCIE「x」座標を示し、曲線440 及び442 は、観察面における位置に応じたCIE「y」座標を示す（読者は、これらのCIE「x」及び「y」色度座標と、観察面における、光軸に対するミリメートル単位の配置である図4 a の空間的なx 及びy 座標とを混同しないようにするべきである）。曲線430 及び440 は、1 つの面内軸に沿った測定値に相当し、曲線432 及び442 は、観察面における直交面内軸に沿った測定値に相当する。

【0049】

図4 a は、光源410 が高輝度、低エントンデューの出力ビームを放射できることを実証する。図4 b 及び4 c の曲線を比較すると、凸状ダイクロイック反射体の下の異なる位置、つまり場所で著しく異なる色が生成されるにもかかわらず、出力ビームは、出力ビーム領域にわたって予想外に一様分布の色を呈することが明らかになる。例えば、LED 及び蛍光体の面においてLED 412 は青色光を放射するが、像領域412' における蛍光体層の部分は、実質的に黄色光を放射する。

【0050】

図5 は、光源510 が2 個の青色発光LED 512a、512b を有することを除いて、図4 の光源410 に類似の広帯域光源510 の概略平面図である。LED 512a、512b は、基材518 に配置され、この基材はまた、LED からの青色光に曝されるとより長い波長の可視光を放射する、特大の蛍光体層514 をその上に有する。

【0051】

光源510 はまた、ダイクロイック反射体516 を含む。図5 の平面図では、ダイクロイック反射体の下底の形状、つまり外周のみが示されるが、読者は、反射体が図1 及び2 のダイクロイック反射体に類似の凸形状を有することを理解するであろう。反射体516 は、LED 及び蛍光体層514 の円盤状部分に向かって開き、これらを包含する。円盤状部分の中心は、点519 と表示され、これはまた、凸状反射体516 の曲率中心に相当する。LED 512a、512b は、直交面内軸に沿って、点519 に比較的近接して位置付けられる。凸状反射体516 は、像領域512a' 内にLED 512a の像を生成し、像領域512b' 内にはLED 512b の像を生成する。

【0052】

光源510 の実施形態は、LightTools（商標）光学設計ソフトウェアを用いて、光源410 からモデル化した光源に類似の方法でモデル化した。光源510 のモデル化した実施形態の関連設計パラメータの一部は次のとおりである。

【0053】

- ・蛍光体層は、屈折率1.41 のシリコーン結合剤に浸漬された屈折率1.8 のCe:YAG 粒子からなり、この層が0.1 mm の物理的厚さを有すると仮定した。

【0054】

- ・LED は、それぞれ1 mm × 1 mm の面内寸法を有する正方形であり、厚さ10 マイクロメートル、及び出力波長460 nm であると仮定した。各LED はまた、（蛍光体層に隣接する）その背面に反射コーティングが施され、この反射コーティングは50 % の反射率及び50 % の吸収率を有すると仮定した。

【0055】

- ・ダイクロイック反射体は、BK7ガラス製平凸レンズの半球凸状面に配置され、このレンズは5 mm の直径及び2.5 mm の曲率半径を有すると仮定した。ダイクロイック反射体は、460 nm のLED 波長での法線入射光に対して90 % の反射率及び10 % の透過率を有すると仮定した。ダイクロイック反射体はまた、波長が490 nm 以上の法線入射光に対して約100 % の透過率を有すると仮定した。

【0056】

- ・平凸レンズは、平面側がLED の上面に配置されるように位置付け、レンズの平面側と蛍光体層の上部との間の空間を屈折率1.41 のシリコーン材料で充填した。したがつ

10

20

30

40

50

て、シリコーン材料は L E D も封入した。

【0057】

Light Tools ソフトウェアを用いて、光源 510 のこの実施形態によってもたらされる出力光をモデル化した。特に興味深いのは、L E D 面の 5 mm 上に配置された観察面（平凸レンズの頂点及びダイクロイック反射体 516 の約 2.5 mm 上）で観察した、出力光の物理的分布であった。図 5 a は、面内の位置に応じた、この観察面における出力光の全放射照度、つまり全輝度を示す。図 5 b 及び 5 c は、2 個の直交面内軸に沿った観察面内の出力光の CIE 色度座標を示す。これらの図において、曲線 530 及び 532 は、観察面における位置に応じた CIE 「x」 座標を示し、曲線 540 及び 542 は、観察面における位置に応じた CIE 「y」 座標を示す（読者は、これらの CIE 「x」 及び 「y」 色度座標と、観察面における、光軸に対するミリメートル単位の配置である図 5 a の空間的な x 及び y 座標とを混同しないようにするべきである）。曲線 530 及び 540 は、1 つの面内軸に沿った測定値に相当し、曲線 532 及び 542 は、観察面における直交面内軸に沿った測定値に相当する。
10

【0058】

図 5 a は、光源 510 が高輝度、低エテンデュの出力ビームを放射できることを実証する。図 5 b 及び 5 c の曲線を比較すると、凸状ダイクロイック反射体の下の異なる位置、つまり場所で著しく異なる色が生成されるにもかかわらず、出力ビームは、出力ビーム領域にわたって予想外に一様分布の色を呈することが明らかになる。例えば、L E D 及び蛍光体の面において、L E D 512 a 及び 512 b は青色光を放射するが、像領域 512 a'、512 b' における蛍光体層の部分は、実質的に黄色光を放射する。
20

【0059】

図 6 は、光源 610 が 3 個の青色発光 L E D 612 a、612 b、612 c を有することを除いて、図 4 の光源 410 及び図 5 の光源 510 に類似の広帯域光源 610 の概略平面図である。L E D 612 a、612 b、612 c は、基材 618 に配置され、この基材はまた、L E D からの青色光に曝されるとより長い波長の可視光を放射する、特大の蛍光体層 614 をその上に有する。

【0060】

光源 610 はまた、ダイクロイック反射体 616 を含む。図 6 の平面図では、ダイクロイック反射体の下底の形状、つまり外周のみが示されるが、読者は、反射体が図 1 及び 2 のダイクロイック反射体に類似の凸形状を有することを理解するであろう。反射体 616 は、L E D 及び蛍光体層 614 の円盤状部分に向かって開き、これらを包含する。円盤状部分の中心は、点 619 と表示され、これはまた、凸状反射体 616 の曲率中心に相当する。L E D 612 a、612 b、612 c は、互いから約 120 度の角度で離隔される異なる面内軸に沿って、点 619 に比較的近接して位置付けられる。凸状反射体 616 は、像領域 612 a' 内に L E D 612 a の像、像領域 612 b' 内に L E D 612 b の像、及び像領域 612 c' 内に L E D 612 c の像を生成する。
30

【0061】

光源 610 の実施形態は、Light Tools（商標）光学設計ソフトウェアを用いて、光源 410 及び 510 からモデル化した光源に類似の方法でモデル化した。光源 610 のモデル化した実施形態の関連設計パラメータの一部は次のとおりである。
40

【0062】

- ・ 蛍光体層は、屈折率 1.41 のシリコーン結合剤に浸漬された屈折率 1.8 の Ce : YAG 粒子からなり、この層が 0.1 mm の物理的厚さを有すると仮定した。

【0063】

- ・ L E D は、それぞれ 1 mm × 1 mm の面内寸法を有する正方形であり、厚さ 10 マイクロメートル、及び出力波長 460 nm であると仮定した。各 L E D はまた、（蛍光体層に隣接する）その背面上に反射コーティングが施され、この反射コーティングは 50 % の反射率及び 50 % の吸収率を有すると仮定した。

【0064】

・ダイクロイック反射体は、B K 7 ガラス製平凸レンズの半球凸状面に配置され、このレンズは5 mmの直径及び2.5 mmの曲率半径を有すると仮定した。ダイクロイック反射体は、460 nmのLED波長での法線入射光に対して90%の反射率及び10%の透過率を有すると仮定した。ダイクロイック反射体はまた、波長が490 nm以上の法線入射光に対して約100%の透過率を有すると仮定した。

【0065】

・平凸レンズは、平面側がLEDの上面に配置されるように位置付け、レンズの平面側と蛍光体層の上部との間の空間を屈折率1.41のシリコーン材料で充填した。したがって、シリコーン材料はLEDも封入した。

【0066】

Light Toolsソフトウェアを用いて、光源610のこの実施形態によってもたらされる出力光をモデル化した。特に興味深いのは、LED面の5 mm上に配置された観察面（平凸レンズの頂点及びダイクロイック反射体616の約2.5 mm上）で観察した、出力光の物理的分布であった。図6aは、面内の位置に応じた、この観察面における出力光の全放射照度、つまり全輝度を示す。図6b及び6cは、2個の直交面内軸に沿った観察面内の出力光のCIE色度座標を示し、これらの図において、曲線630及び632は、観察面における位置に応じたCIE「x」座標を示し、曲線640及び642は、観察面における位置に応じたCIE「y」座標を示す（読者は、これらのCIE「x」及び「y」色度座標と、観察面における、光軸に対するミリメートル単位の配置である図5aの空間的なx及びy座標と、を混同しないようにするべきである）。曲線630及び640は、1つの面内軸に沿った測定値に相当し、曲線632及び642は、観察面における直交面内軸に沿った測定値に相当する。

10

【0067】

図6aは、光源610が高輝度、低エテンデューの出力ビームを放射できることを実証する。図6b及び6cの曲線を比較すると、凸状ダイクロイック反射体の下の異なる位置、つまり場所で著しく異なる色が生成されるにもかかわらず、出力ビームは、出力ビーム領域にわたって予想外に一様分布の色を呈することが明らかになる。例えば、LED及び蛍光体の面において、LED 612a、612b、612cは青色光を放射するが、像領域612a'、612b'、612c'における蛍光体層の部分は、実質的に黄色光を放射する。

20

【0068】

ここで図7を参照すると、広帯域光源710の概略側面図、つまり概略断面図が図示され、光源の要素として含まれる例示の可撓性基材の構造の詳細が示される。基材及びその構成要素を除いて、光源710のほぼ全ての他の図示される要素は、図1の光源110の同等の構成要素を有する。

30

【0069】

したがって、光源710は、基材718に配置された1個の青色発光LED 712を含み、この基材はまた、LEDからの青色光に曝されるとより長い波長の可視光を放射する蛍光体層714をその上有する。LED 712は、ワイヤボンド720によって導電性経路に接続されてよい。

40

【0070】

光源710はまた、LED及び蛍光体層714に向かって開きこれらを包含する、凸形状を有するダイクロイック反射体716を含む。反射体716の曲率中心は、点719と表示される。LED 712は、点719に比較的近接して位置付けられ、蛍光体層714もまた、同様である。図1と同様に、蛍光体層714は、LEDに対してやや大き過ぎるように示される。

【0071】

これもまた図1と同様に、LED 712によって放射された青色光713aは、ダイクロイック反射体716によって部分的に反射されて反射LED光713bが生成され、また、部分的に透過されて透過LED光713cが生成される。反射LED光713bは

50

、蛍光体層 714 に当たるように向けられ、この結果、蛍光体が励起され、蛍光体層により長い波長の光 715a を放射させる。ダイクロイック反射体 716 は、このより長い波長の光を大いに透過させて、蛍光体光 715b を生成する。透過光 713c 及び透過光 715b は空間的に結合して、白色光など光源 710 の広帯域出力光をもたらす。内部空間 717 は、LED 及び蛍光体を封入する、好適な光透過性ガラス又はポリマー材料を含んでよく、ダイクロイック反射体はかかる封入材料の外表面に貼付されてよい。あるいは、内部空間 717 は、中空であってよい。

【 0072 】

光源 710 と光源 110との1つの相違点は、光源の基材部分を規定する詳細である。
光源 710 では、基材 718 は、好ましくは、可撓性、下層のヒートシンク（図示なし）
に対するより高い熱伝導（及びより低い熱抵抗）を実現し、空間を節約するために薄型で
ある。基材 718 は、概して薄型であるが、隣接、つまり近接領域 721b と比較して、
空洞領域 721a において更に薄くなるように成形、エッティング、ないしは別の方法で成
形されることが望ましく、これらの領域は、傾斜した遷移領域によって離隔される。近接
領域に対して空洞領域に更に向上した熱伝導をもたらす、減少した厚さは、基材の一部を
形成する誘電層 718a の減少した厚さと関連することが望ましい。図では、誘電層 71
8a は近接領域 721b で厚さ T1 を有し、空洞領域 721a ではより小さい厚さ T2 を
有することが示される。誘電層 718a の上には、導電層 718b が配置され、この導電
層は、LED に電力を供給するために望ましいように模様付けされてよい。熱伝導層 71
8c は、層 718b と比較して、誘電層の反対側の主表面に配置される。場合によっては
、層 718b、718c は、同一の材料、例えば銅からなってよいが、他の場合では、異
なる材料が用いられてよい。したがって、導電層 718b はまた、熱導電性であってよく
、熱伝導層 718c はまた、導電性であってよい。熱伝導層 718c は、例えば好適な熱
伝導材料を用いて、好ましくは好適なヒートシンクに接合される。

【 0073 】

基材 718 の薄化領域は、多くの場合、基材の主要構成要素である誘電層 718a の対
応する薄化領域と関連することが好ましい。好適な誘電層には、ポリエステル、ポリカーボ
ネート、液晶ポリマー、及びポリイミドが挙げられる。好適なポリイミドには、商品名
KAPTON (DuPont から入手可能)、商品名 APICAL (Kane ka Tex as corporation から入手可能)、商品名 SKC Kolon PI (SKC Kolon PI Inc. から入手可能)、商品名 UPLEX 及び UPISEL (Ube Industries から入手可能) として入手可能なものが挙げられる。
商品名 UPLEX S、UPLEX SN、及び UPISEL VT (全て Ube Industries (Japan) から入手可能) で入手可能なポリイミドは、多くの
用途で特に有利である。これらのポリイミドは、ビフェニルテトラカルボン酸二無水物 (BPDA)
及びフェニレンジアミン (PDA) などのモノマーで作製される。

【 0074 】

誘電層 718a は、化学エッティング、プラズマエッティング、集束イオンビームエッTING、
レーザーアブレーション、及び押し抜きなど任意の好適な方法を用いて空洞領域内で
薄化してよい。エッティングに関しては、任意の好適なエッティング剤を用いてよく、好まし
いエッティング剤は、誘電層に用いられる材料に応じて異なってよい。好適なエッティング剤
には、アルカリ金属塩（例えば水酸化カリウム）、1つ又は両方の可溶化剤（例えば、ア
ミン及びアルコール）を含むアルカリ金属塩（例えば、エチレングリコール）が挙げられ
てよい。好適な化学エッティング剤には、参照によって本明細書に組み込まれる、米国特許
出願公開第 2007/0120089 号に詳述されるものなど、KOH / エタノールアミ
ン / エチレングリゴールエッティング剤が挙げられてよい。他の好適な化学エッティング剤に
は、参照によって本明細書に組み込まれる、2010年11月3日出願の同一出願人による
米国特許出願第 61/409,791 号に詳述されるものなど、KOH / グリシンエッ
ティング剤が挙げられてよい。エッティング後、誘電層は、アルカリ性の KOH / 過マンガン
酸カリウム (PPM) 溶液、例えば、約 0.7 ~ 約 1.0 重量% の KOH と約 3 重量% の

10

20

30

40

50

K Mn O₄との溶液で処理されてよい。誘電層は、導電層、例えば図7の層718b及び718cで片面又は両面を被覆されてよい。導電層は、任意の好適な導電性材料及び/又は熱伝導性材料からなってよいが、通常、銅を含む。導電層が回路に形成される場合、所望に応じて事前に模様付けされてよい。場合によっては、可撓性基材は多層の誘電材料及び積層配置の導電材料など多層構造を有してよい。

【0075】

用いられる薄化手順の種類は、空洞領域と近接領域との間の遷移並びに誘電層の側壁及び遷移領域の他層の特性に影響し得る。化学エッティングは、比較的浅い側壁、例えば、通常、可撓性基材面から測定して約5~60度、又は約25度~28度の範囲の側壁角をもたらすように用いてよい。押し抜き、プラズマエッティング、集束イオンビームエッティング、及びレーザー・アブレーションなどの他の技法は、非常に急な側壁、例えば最大約90度の壁角度をもたらしてよい。場合によっては(押し抜きなどを用いる場合など)、後述するように、誘電層を貫通する穴が形成されてよい。かかる場合、可撓性基材の他の層、導電層718b及び/又は718cなどは、空洞領域内でLED及び/又は蛍光体層に物理的支持をもたらすために用いられてよい。

【0076】

例示の実施形態では、近接領域721bと比較して、空洞領域721a内の誘電層は非常に薄くなっている、LED及び/又は蛍光体層からの熱伝導性を向上し、これらの構成要素をより低い動作温度に維持する。例えば、厚さT2は、T1の約5~25%であってよい。更に、T2は、0よりも大きいが、10マイクロメートル以下であってよく、T1は少なくとも20マイクロメートルであってよい。例示の実施形態では、T1は200マイクロメートル以下であってよい。熱伝導性の向上に加えて、薄化された空洞領域の特質は、反射材料で被覆されて効率の向上をもたらし得る、傾斜側壁の形成など他の利点を提供してよい。また、LED及び/又は蛍光体層を薄化空洞領域内の基材に取り付けることにより、これらの構成要素は、可撓性基材面を超えて高く延在せず、低形状因子の用途により好適なより薄型の装置をもたらす。

【0077】

開示実施形態で用いるのに好適な例示の可撓性基材の更なる設計上の詳細は、同一所有者の米国特許出願であり、参考により本明細書に組み込まれる、2010年11月3日出願の米国特許出願第61/409,796号、2010年11月3日出願の同第61/409,801号に記載されている。

【0078】

図8は、例示の可撓性基材を含む別の広帯域光源810の概略側面図、つまり概略断面図である。基材の空洞領域内の誘電層に貫通孔が設けられていることを除いて、光源810のほぼ全ての他の図示される構成要素は、図7の光源710に同等の要素を有する。

【0079】

したがって、光源810は、基材818に配置された1個の青色発光LED812を含み、この基材はまた、LEDからの青色光に曝されるとより長い波長の可視光を放射する蛍光体層814をその上に有する。LED812は、ワイヤボンド820によって導電性経路に接続されてよい。

【0080】

光源810はまた、LED及び蛍光体層814に向かって開きこれらを包含する、凸形状を有するダイクロイック反射体816を含む。反射体816の曲率中心は、点819と表示される。LED812は、点819に比較的近接して位置付けられ、蛍光体層814もまた、同様である。図1と同様に、蛍光体層814は、LEDに対してやや大き過ぎるように示される。

【0081】

これもまた図7と同様に、LED812によって放射された青色光813aは、ダイクロイック反射体816によって部分的に反射されて反射LED光813bが生成され、また、部分的に透過されて透過LED光813cが生成される。反射LED光813bは

10

20

30

40

50

、蛍光体層 814 に当たるように向けられ、この結果、蛍光体が励起され、蛍光体層により長い波長の光 815a を放射させる。ダイクロイック反射体 816 は、このより長い波長の光を大いに透過させて、蛍光体光 815b を生成する。透過光 813c 及び透過光 815b は空間的に結合して、白色光など光源 810 の広帯域出力光をもたらす。内部空間 817 は、LED 及び蛍光体を封入する、好適な光透過性ガラス又はポリマー材料を含んでよく、ダイクロイック反射体はかかる封入材料の外表面に貼付されてよい。あるいは、内部空間 817 は、中空であってよい。

【0082】

光源 810 は、主として、空洞領域 821a 内の誘電層を貫通して延在する穴、つまり「ビア」を有する可撓性基材 818 の誘電層 818a によって光源 710 と異なる。したがって、空洞領域 821a には誘電層 818a' のいずれの部分もとどまらず、この領域の誘電層の厚さ（図 7 の T2 を参照）は 0 と見なされてよい。近接領域 821b 内の誘電層 818a の厚さは T1 であり、これは、図 7 の厚さ T1 と同一であるか、類似していてよい。

10

【0083】

誘電層 818a の上には導電層 818b が配置され、この導電層は、図 7 の層 718b 同一であるか、類似していてよい。熱伝導層 818c は、層 818b と比較して誘電層の反対側の主表面に配置され、この熱伝導層は、図 7 の層 718c と同一であるか、類似していてよい。層 818b、818c のうちの 1 つ、又は両方は、空洞領域 821a での誘電層 818a の不在を考慮して、この領域内で LED 及び蛍光体層に物理的支持をもたらすように構成されてよい。

20

【0084】

空洞領域内で、穴が基材の誘電層を貫通して延在するという、光源 810 の際立った特徴はまた、図 1、2、4、5、6、及び 7 に関連して上述した光源など本明細書に記載の他の実施例に適用されてよい。当然のことながら、図 7 に関連して上述した例示の可撓性基材はまた、図 1、2、4、5、及び 6 の広帯域光源など本明細書に記載の他の広帯域光源のいずれにも組み込まれてよい。

【0085】

図 7 及び 8 に関連して上述した例示の可撓性基材を組み込む開示された広帯域光源は、青色発光 LED だけではなく、紫外線（UV）発光 LED も用いてよい。したがって、空洞領域と、より厚い近接領域と、を有する例示の可撓性基材を用いる本明細書に記載の各実施形態（図 7 及び 8 の実施形態が挙げられるが、これらに限定されない）については、実質的に紫外線を放射する LED を各青色 LED に置き換えてよい。この置き換え又は代用を行った場合、かかる各光源の 2 個の他の構成要素はまた、所望に応じて変更してよい。つまり、ダイクロイック反射体は、UV LED 光が光源の広帯域出力光にほとんど寄与しないか、全く寄与しないように、大幅に少ない（ここでは UV）LED 光を透過せるように調整されてよく、ダイクロイック反射体はまた、蛍光体層によって放射されてよい青色光をより容易に透過させるように、可視スペクトルの青色領域でより高い透過率を有するように調整されてよく、蛍光体層は、蛍光体が UV 励起光に確実に反応するよう、及び / 又は UV LED 光に反応して蛍光体によって放射されたより長い波長の光が可視スペクトルの青色領域の光を含むように、所望に応じて別の蛍光体層に置き換えられてよい。青色励起光に曝されると、より長い波長の可視光を放射する多くの蛍光体材料はまた、UV 励起光に曝されると、より長い波長の可視光を放射する。

30

【0086】

いずれの場合においても、青色光ではなく UV を放射する 1 個又は 2 個以上の LED を用いる広帯域光源の関連態様は、図 9a、9b、及び 9c で提供される。

【0087】

図 9a は、例示の UV LED 及び例示の蛍光体のスペクトル強度分布の理想化されたグラフである。曲線 910 は、UV 発光 LED のおおよそのスペクトル分布を概略的に示す。曲線 912 は、UV LED からの光に曝されると、例示の蛍光体材料によって放射

40

50

された光のおおよそのスペクトル分布を概略的に示す。読者は、これらの曲線が、本発明を制限するためではなく、本発明の理解を促進するために提供されることを理解するであろう。読者はまた、曲線 912 の光が、実質的に白色又は他の所望の色相に見える広帯域出力光を単独でもたらすことを理解するであろう。

【0088】

図 9b は、UV LED 及び白色又は他の広帯域可視光線を放射する蛍光体に用いる例示のダイクロイック反射体のスペクトル反射率又は透過率の理想化されたグラフである。ここにおいても、読者は、これらの曲線が、本発明を制限するためではなく、本発明の理解を促進するために提供されることを理解するであろう。曲線 920 は、法線入射光に対するダイクロイック反射体の反射率を概略的に示し、曲線 922 は、対応する透過率を示す。これらの曲線は、ほとんどのダイクロイック反射体が低損失特性を有するために、実質的に相補的である。法線入射以外の角度でダイクロイック反射体に当たる光は、曲線 920、922 と類似の又は著しく異なる透過特性及び反射特性を体験してよく、類似又は相違の程度は、図 3b に関連して前述したように入射角に応じて異なり、また、光の偏光状態によって異なる可能性がある。したがって、類似の理由で、光源の光学軸及びダイクロイック反射体の曲率中心に比較的近接するように UV LED を位置付けることは概して有利であることが多い。この配置は、ダイクロイック反射体の領域において、LED からの光及び蛍光体からの光の入射角が法線入射にかなり近くなるように維持するのに役立ち得る。

【0089】

場合によっては、曲線 922 は、LED からの紫外線が広帯域光源の出力にほとんど含まれないか、全く含まれない（かつ、ダイクロイック反射体に当たる UV LED 光のほぼ全てが蛍光体層に反射される）ように、例えば 400 nm 付近の紫外線に対してほとんど透過率を呈さないか、全く呈さない。他の場合では、一部の紫外線はダイクロイック反射体によって透過されてよく、ある程度の広帯域光源の出力中の紫外線は有害と見なされなくてよい。曲線 922 は、可視波長スペクトルの大部分にわたって、例えば、可視スペクトルの赤色、緑色、及び青色領域にわたって、高い透過率を有するように調整されてよい。ダイクロイック反射体のかかる特性により、蛍光体層によって放射された赤色光及び緑色光だけではなく、青色光も広帯域光源の出力に含まれることが可能になる。光源からの広帯域出力光は実質的に白色であってよく、蛍光体層によって放射された光から本質的になり、UV LED からの光はほとんど含まれないか、全く含まれなくてよい。かかる白色光の色温度は、蛍光体層の賢明な設計によって、例えば、赤色、緑色、及び青色波長の所望の比率を確保するために混合して用いる異なる蛍光体材料の適切な相対量の選択によって、又はターゲットとなる色温度又は色相を得るために他の選択された波長若しくは色の賢明な設計によって調整されてよい。

【0090】

図 9c は、UV LED 932 からの光が用いられて蛍光体 934 内でより長い波長の光を励起する光源 930 を示す概略図であり、より長い波長の光が単独で光源の広帯域（例えば、白色）可視出力光をもたらす。蛍光体からの長波長光は、用いる蛍光体材料に応じて白色又は他の色に見えてよい。ここにおいても概略的にのみ図示されるダイクロイック反射体 936 は、LED 932 からの紫外線をほとんど透過させないか、全く透過させなくてよく、蛍光体 934 に当たる UV LED 光のほぼ全てを反射してよい。反射 UV LED 光は蛍光体を励起し、ダイクロイック反射体 936 によって大いに透過される、ストークシフトされたより長い波長の光を放射させる。蛍光体からのより長い波長の光は、単独で広帯域出力光、例えば、白色光をもたらしてよい。

【0091】

図 10 は、熱的にモデル化した広帯域光源 1010 の一部の概略側面図、つまり概略断面図である。光源は、薄型可撓性基材 1018 に配置された LED 1012 と、蛍光体層 1014 と、を含む。LED は、外部効率 25% の GaN からなる青色発光 LED であると仮定する。可撓性基材 1018 は、ポリイミドからなる誘電層 1034 と、誘電層の

10

20

30

40

50

1つの主表面上に配置された、銅からなる導電層 1032 と、誘電層の反対側の主表面に配置され、これもまた銅からなる熱伝導層 1036 と、を含むか、これらから本質的になると見なされてよい。誘電層は、空洞領域 1021a 内の第 1 の厚さと、近接領域 1021b 内の第 2 の厚さ（第 1 の厚さよりも大きい）と、を有するように模様付けされるか、ないしは別の方法で成形される。LED は、はんだ層 1030a によって基材 1018 に取り付けられる。蛍光体層 1014 は、反射層 1030b によって基材に取り付けられる。基材 1018 の下では、熱伝導材料 1038 が用いられて、アルミニウムからなると仮定されたヒートシンク 1040 に基材が取り付けられて熱結合される。

【0092】

図 10 には凸状ダイクロイック反射体が図示されていないが、LED 1012 によって放射された青色光の全てが蛍光体層 1014 の上面に当たり、この青色光の全てが蛍光体層 1014 によって吸収されると仮定することにより、このモデルは本質的に凸状ダイクロイック反射体を含む。このモデルは、蛍光体層が吸収 LED 光からのエネルギーの 80 % を再放射されたより長い波長の光に変換し、吸収 LED 光からのエネルギーの 20 % を熱に変換すると更に仮定した。蛍光体層は、主としてシリコーン樹脂（蛍光体粒子はこの中で分散していてよい）からなり、シリコーン樹脂の熱伝導率は GaN LED 材料の熱伝導率の 1 % 未満であると仮定した。

【0093】

蛍光体層 1014 の厚さは 100 マイクロメートルであると仮定し、LED 1012 の厚さは 300 マイクロメートルと仮定した。反射体層 1030b は、銀の 1 マイクロメートル厚層であると仮定した。はんだ層 1030a は、スズ中 10 % の金を含む 30 マイクロメートル層であると仮定した。ポリイミド層 1034 は、近接領域 1021b において 15 マイクロメートル厚であり、空洞領域 1021a においては 5 マイクロメートル厚であると仮定した。銅層 1032、1036 は、それぞれ 35 マイクロメートル厚であると仮定した。

【0094】

次にモデルは、 1 mm^2 の LED が 1 ワットの電力で動作して発光すると仮定し、光源 1010 の様々な部分の定常状態温度を算出した。ヒートシンク 1040 の温度は 25 であると仮定した。LED 1012 は、その体積のほぼ全てにわたって 38 ~ 44 の範囲内の温度を有し、LED のごく一部が 38 よりも低いことが判明した。一方、蛍光体層 1014 は、厚さ方向に沿って著しい温度有することが判明した。層 1014 の最上部は 83 ~ 89 の範囲の温度を有し、層 1014 の最下部は 57 ~ 64 の範囲の温度を有した。

【0095】

蛍光体層について算出したより高い温度は、シリコーンの熱伝導率と GaN の熱伝導率との既知の大きな相違と一致する。しかし、LED 及び蛍光体層の両方について算出した温度は、実際には、空洞領域 1021a における誘電層 1034 の薄化を組み込まない実施形態に対して顕著な向上、即ち、LED 及び蛍光体層の定常状態における動作温度の低下を示す。更に、蛍光体層の裏側への反射体層の配置を組み合わせた蛍光体層の前面照射構成によって、蛍光体層厚は、LED の上発光面にコーティングが施された（したがって、LED からの光が蛍光体層を通過せずにダイクロイック反射体へと進む構成ではない）場合の類似の蛍光体層に必要となるであろう厚さの約半分にすることができ、この蛍光体層厚の減少はまた、蛍光体層の動作温度の低減に役立つ。

【0096】

ここで再び図 2 を参照すると、上述の光源 210 の実施形態は、Light Tools（商標）光学設計ソフトウェアを用いて、光源 410、510、及び 610 からモデル化した光源に類似の方法でモデル化した。光源 210 のモデル化した実施形態の関連設計パラメータの一部は次のとおりである。

【0097】

・ 蛍光体層は、屈折率 1.41 のシリコーン結合剤に浸漬された屈折率 1.8 の Ce :

10

20

30

40

50

YAG粒子からなり、この層が0.1mmの物理的厚さを有すると仮定した。

【0098】

・LEDは、それぞれ1mm×1mmの面内寸法を有する正方形であり、厚さ10マイクロメートル、及び出力波長460nmであると仮定した。各LEDはまた、(蛍光体層に隣接する)その背面に反射コーティングが施され、この反射コーティングは50%の反射率及び50%の吸収率を有すると仮定した。

【0099】

・ダイクロイック反射体は、BK7ガラス製平凸レンズの半球凸状面に配置され、このレンズは5mmの直径及び2.5mmの曲率半径を有すると仮定した。ダイクロイック反射体は、400～490nmの範囲の法線入射光に対して90%の反射率及び10%の透過率を有すると仮定した。ダイクロイック反射体はまた、波長が490nm以上の法線入射光に対して約100%の透過率を有すると仮定した。10

【0100】

・平凸レンズは、平面側がLEDの上面に配置されるように位置付け、レンズの平面側と蛍光体層の上部との間の空間を屈折率1.41のシリコーン材料で充填した。したがって、シリコーン材料はLEDも封入した。

【0101】

LightToolsソフトウェアを用いて、光源210のこの実施形態によってたらされる出力光をモデル化した。図4a、5a、及び6aに図示する、モデル化した強度分布とは違って、本研究の関心は、LED 212a、212bの上面及び平凸レンズの下面(平面)と実質的に一致するように配置された内部観察面における出力光の物理的分布であった。この内部観察面では、光は、図11aに示す、算出された放射照度の空間分布を有した。放射照度は、グレースケール表示によって図で示され、この図のグレースケールの放射照度への対応は、図11bの鍵に示される。20

【0102】

図では、LEDによって放射された青色光によってたらされ、それぞれLED 212b、212aに実質的に形状及び位置が対応する、最も明るい領域1112a、1112bが示される。また、蛍光体層部分によって放射されたより長い波長(黄色)の光によってたらされ、それぞれ領域1112a、1112bの像に実質的に対応する明るい領域1112a'、1112b'が示される。領域1112a、1112b及びこれらのそれぞれの像是、ダイクロイック反射体のおおよその曲率中心を示し得る中心点1119及び光源210の光学軸と内部観察面との交点の反対側に形成される。30

【0103】

特記しない限り、本明細書及び「特許請求の範囲」で使用されている量、性質の測定などを表現する全ての数は、用語「約」により改変されていると理解されるべきである。したがって、反することが示されない限り、本明細書及び添付特許請求の範囲に記載の数値的パラメータは、本発明の教示を利用して当業者により得ることが求められる所望の性質に応じて変化する近似値である。均等論を特許請求の範囲の範疇に適用することを制限しようとする試みとしてではなく、各数値パラメータは少なくとも、記録された有効数字の桁数を考慮して、又通常の四捨五入を適用することによって解釈されるべきである。本発明の広範な範囲を示す数値範囲及びパラメータは近似であるにもかかわらず、いかなる数値も本明細書で述べられる具体的な例で示される程度に、これらは妥当に可能な限り精確に報告される。しかしながら、いかなる数値も試験及び測定の限界に関連する誤差を含み得る。40

【0104】

本発明の様々な修正及び変更は、本発明の範囲及び趣旨から逸脱せずに当該技術分野の当業者に明らかとあり、本発明は、ここに記載された例示的な実施形態に限定されないことが理解されるべきである。例えば、1つの開示実施形態の特徴は、別に記載のない限り、他の開示実施形態全てにも適用され得ることを、読者は推定すべきである。また、本明細書において参照された全ての米国特許、公開特許出願、並びに他の特許及び非特許文50

書は、それらが上述の開示に矛盾しない範囲において、参照によって全てが組み込まれることが理解されるべきである。

【図1】

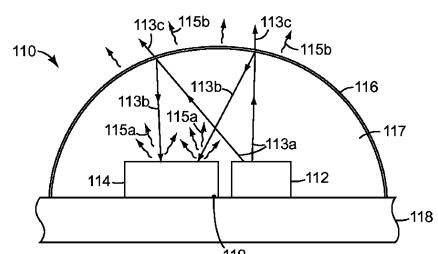


FIG. 1

【図2】

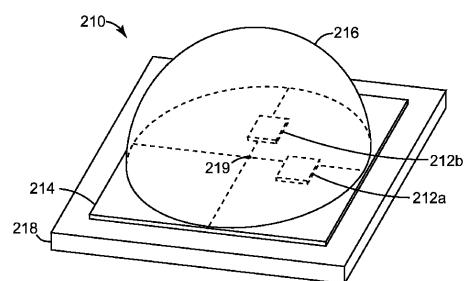


FIG. 2

【図3a】

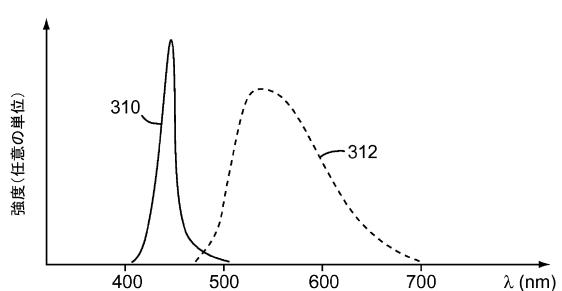


FIG. 3a

【図 3 b】

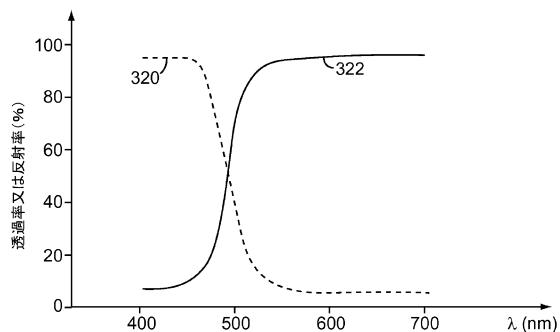


FIG. 3b

【図 3 c】

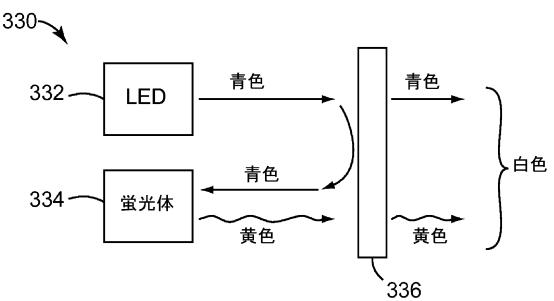


FIG. 3c

【図 4】

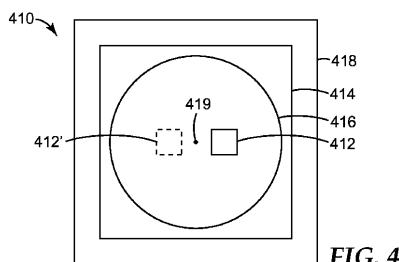


FIG. 4

【図 4 a】

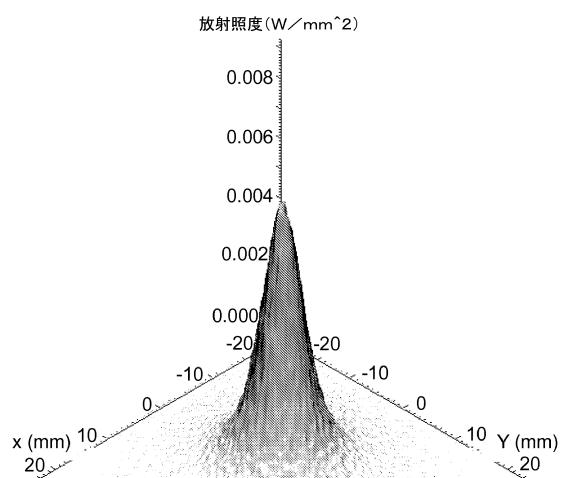
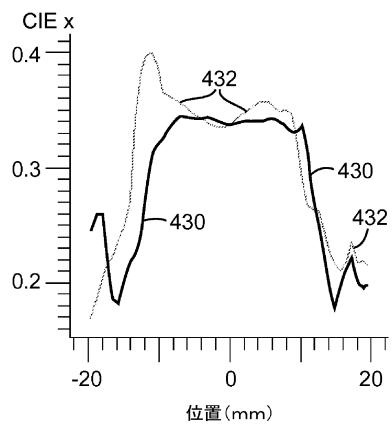
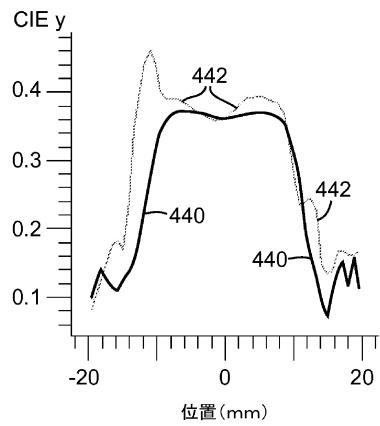


FIG. 4a

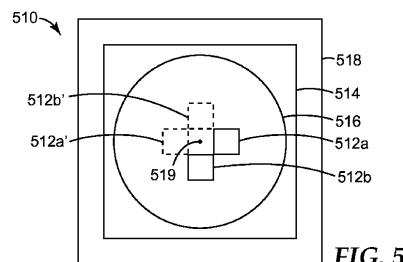
【図 4 b】

**FIG. 4b**

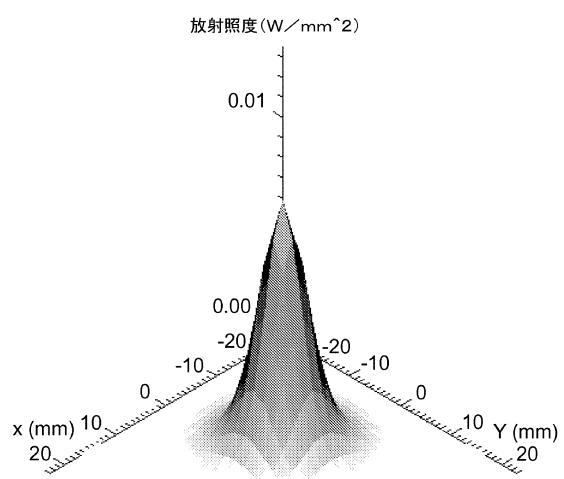
【図 4 c】

**FIG. 4c**

【図 5】

**FIG. 5**

【図 5 a】

**FIG. 5a**

【図 5 b】

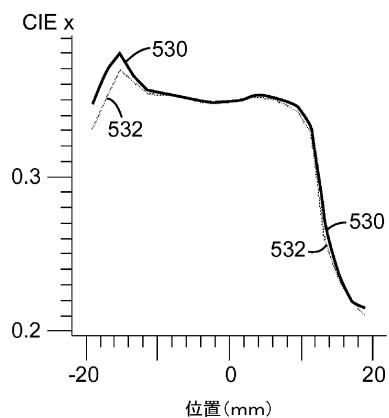


FIG. 5b

【図 5 c】

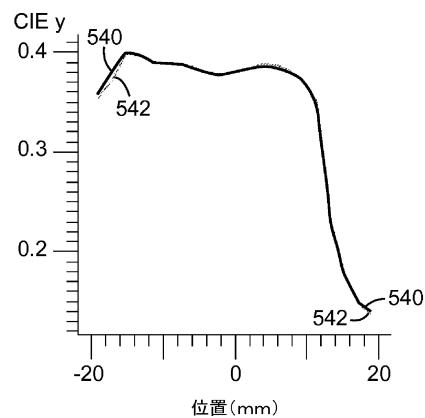


FIG. 5c

【図 6】

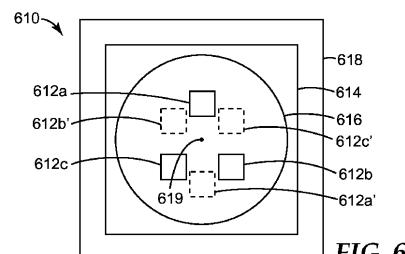


FIG. 6

【図 6 a】

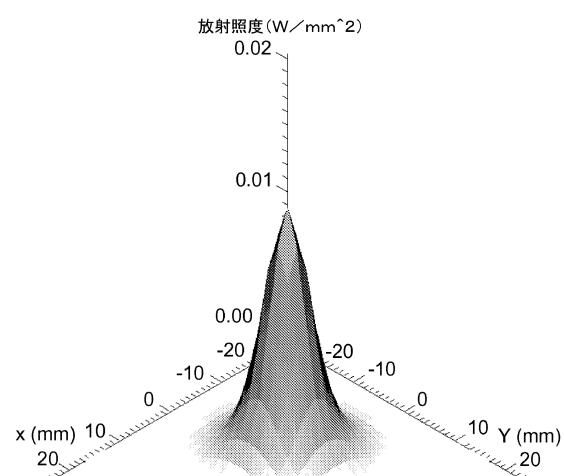


FIG. 6a

【図 6 b】

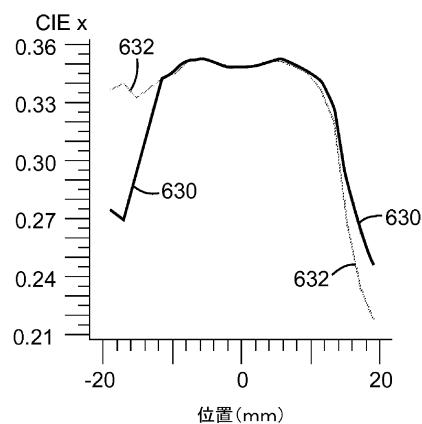


FIG. 6b

【図 6 c】

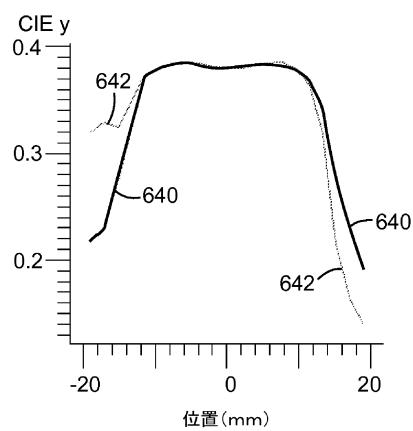


FIG. 6c

【図 7】

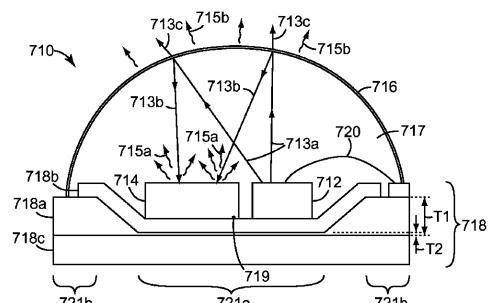


FIG. 7

【図 8】

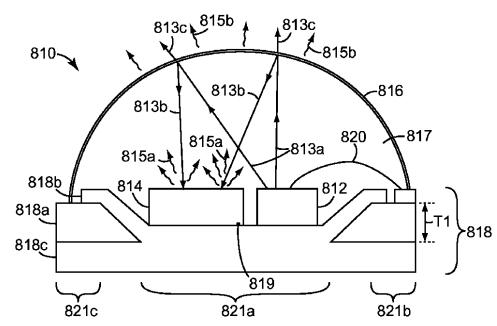


FIG. 8

【図 9 a】

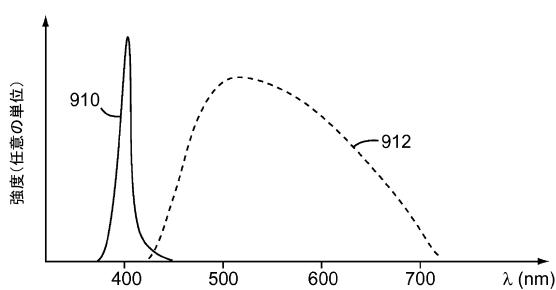


FIG. 9a

【図 9 b】

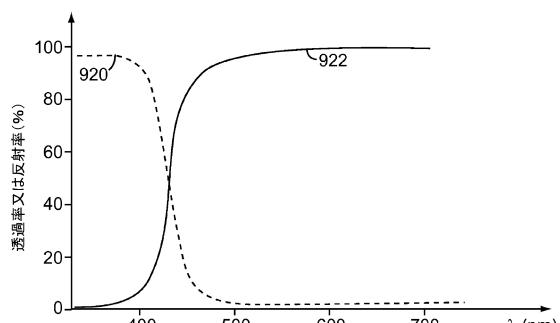


FIG. 9b

【図 9 c】

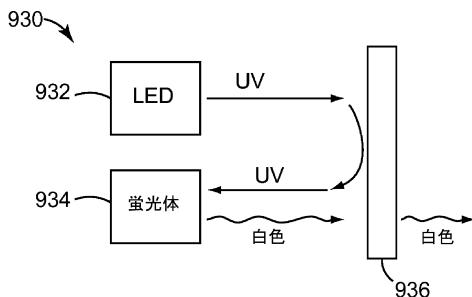


FIG. 9c

【図 10】

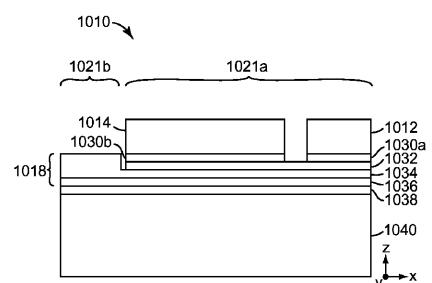


FIG. 10

【図 11 a】

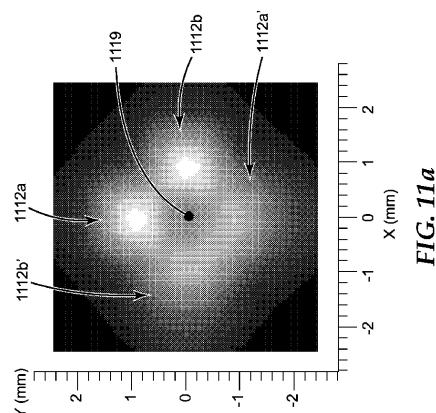


FIG. 11a

【図 11 b】

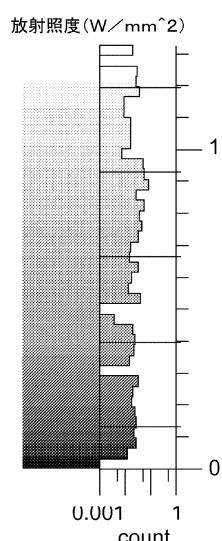


FIG. 11b

フロントページの続き

(74)代理人 100165526

弁理士 阿部 寛

(72)発明者 オウデルカーグ , アンドリュー ジェイ .

アメリカ合衆国 , ミネソタ州 , セント ポール , ポスト オフィス ボックス 33427
, スリーエム センター

(72)発明者 パラニスワミー , ラヴィ

シンガポール , シンガポール 768923 , イーシュン アヴェニュー 7 1

(72)発明者 ジエスドス , アロキアラジ

シンガポール , シンガポール 768923 , イーシュン アヴェニュー 7 1

合議体

審判長 恩田 春香

審判官 星野 浩一

審判官 小松 徹三

(56)参考文献 米国特許出願公開第2010/0149814(US, A1)

国際公開第2009/150561(WO, A1)

特表2008-519419(JP, A)

特開平8-264841(JP, A)

特開2010-10298(JP, A)

特開2007-287751(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L33/00-33/64