

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5728007号
(P5728007)

(45) 発行日 平成27年6月3日(2015.6.3)

(24) 登録日 平成27年4月10日(2015.4.10)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 L 33/50 (2010.01)

HO 1 L 33/32 (2010.01)

HO 1 L 33/00 4 1 0

HO 1 L 33/00 1 8 6

請求項の数 3 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2012-517773 (P2012-517773)	(73) 特許権者	505005049
(86) (22) 出願日	平成22年6月25日 (2010.6.25)		スリーエム イノベイティブ プロパティ
(65) 公表番号	特表2012-532452 (P2012-532452A)		ズ カンパニー
(43) 公表日	平成24年12月13日 (2012.12.13)		アメリカ合衆国, ミネソタ州 5 5 1 3 3
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/040009		- 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オ
(87) 国際公開番号	W02011/008474		フィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエ
(87) 国際公開日	平成23年1月20日 (2011.1.20)		ム センター
審査請求日	平成25年6月25日 (2013.6.25)	(74) 代理人	100088155
(31) 優先権主張番号	61/221, 664		弁理士 長谷川 芳樹
(32) 優先日	平成21年6月30日 (2009.6.30)	(74) 代理人	100128381
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 清水 義憲
		(74) 代理人	100107456
			弁理士 池田 成人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電流集中に基づく色調整を伴うエレクトロルミネセント素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

照明システムであって、
印加される電気信号に応じて発光するように適合されるエレクトロルミネセント素子と、

前記発光光の第 1 の部分を修正して第 1 の光成分を提供するように適合される第 1 の光修正材料と、

を備え、前記照明システムが、前記第 1 の光成分を、少なくとも、前記発光光の第 2 の部分と関連付けられる第 2 の光成分と組み合わせて、システム光学出力を生じ、

前記システム光学出力が、前記印加される電気信号の振幅に基づいて変化する色温度を有し、

色温度の前記変化が、電流集中の結果であり、

前記発光光が前記エレクトロルミネセント素子の出力表面から発光され、前記エレクトロルミネセント素子が、前記出力表面にわたる前記発光光の空間分布が前記印加される電気信号の振幅を変化させることにより当該電気信号の振幅の関数として変化することによって特徴付けられ、前記空間分布の前記変化が、前記エレクトロルミネセント素子に対して印加される電気信号の振幅を変化させることにより生じる電流集中の結果としてである、照明システム。

【請求項 2】

前記発光光が発光光スペクトルを有し、前記第 1 の光成分が、前記発光光スペクトルと

は異なる第 1 のスペクトルを有する、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

照明システムであって、

印加される電流に応じて出力表面から発光するように適合されるエレクトロルミネセント素子であって、該エレクトロルミネセント素子が、前記出力表面にわたる前記発光光の空間分布が該エレクトロルミネセント素子に対して印加される電気信号の振幅を変化させることにより生じる電流集中の結果として前記電気信号の振幅の関数として変化することによって特徴付けられる、エレクトロルミネセント素子と、

前記出力表面の第 1 の部分を被覆し、前記発光光の第 1 の部分を第 1 の光成分に変換するように適合される、第 1 の光変換材料と、

を備え、前記第 1 の光成分が、少なくとも第 2 の光成分と組み合わせさせてシステム光学出力を提供し、前記第 2 の光成分が、前記発光光の第 2 の部分と関連付けられ、

前記第 1 の光変換材料が、前記出力表面にわたる前記発光光の前記空間分布の前記変化が前記システム光学出力の色の変化を生じるように、空間的に分布される、照明システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

以下の継続中の、及び/又は同時出願された米国特許出願、即ち、2009年5月5日に出願された、米国出願第61/175,640号「Re-Emitting Semiconductor Construction With Enhanced Extraction Efficiency」(代理人整理番号第64759US002号)、2009年5月5日に出願された、米国出願第61/175,632号「Semiconductor Devices Grown on Indium-Containing Substrates Utilizing Indium Depletion Mechanisms」(代理人整理番号第65434US002号)、2009年5月5日に出願された、米国出願第61/175,636号「Re-Emitting Semiconductor Carrier Devices For Use With LEDs and Methods of Manufacture」(代理人整理番号第65435US002号)、及び本出願と同日付けで出願された、米国出願第61/221,660号「White Light Electroluminescent Devices With Adjustable Color Temperature」(代理人整理番号第65330US002号)について言及し、これらの特徴は、本出願で開示される実施形態に組み込むことができる。

【0002】

(発明の分野)

本発明は、一般的には固体半導体光源に関する。

【背景技術】

【0003】

多種多様な半導体素子、及び半導体素子を形成する方法が知られている。これらの素子には、可視又は近可視(例えば、紫外又は近赤外)光を発光するように設計されるものがある。例には、素子が発光するように、素子に電気駆動電流又は類似する電気信号が印加される、発光ダイオード(LED)及び半導体レーザ等のエレクトロルミネセント素子が挙げられる。発光するように設計される半導体素子の別の例は、再発光半導体構造(RSC)である。

【0004】

LEDとは異なり、RSCは、発光するために、外部電子回路からの電気駆動電流を必要としない。代わりにRSCは、RSCの活性領域における第1の波長 λ_1 の光の吸収によって、電子正孔対を生成する。次に、これらの電子及び正孔は、活性領域内のポテンシ

10

20

30

40

50

ヤル井戸において再結合し、第1の波長 λ_1 とは異なる第2の波長 λ_2 で、また任意的にポテンシャル井戸の数及びそれらの設計特性に応じて更に他の波長 λ_2 、 λ_3 等で、発光する。第1の波長 λ_1 での開始放射線又は「ポンプ光」は、通常、RSCに結合された青色、紫色、又は紫外線発光LEDによって提供される。例示のRSC素子、それらの構成方法、並びに関連素子及び方法は例えば、参照により全件が本明細書に組み込まれる、米国特許第7,402,831号(Millerら)、米国特許出願公開第US 2007/0284565号(Leatherdaleら)、及び同第US 2007/0290190号(Haaseら)、PCT公開第WO 2009/048704号(Kellyら)、並びに2008年6月26日に出願された、係属中の米国出願第61/075,918号「Semiconductor Light Converting Construction」(代理人整理番号第64395US002号)において見出され得る。

10

【0005】

本明細書において、特定波長の光に関して言及される場合、読者は、その言及が、ピーク波長が特定波長であるスペクトルを有する光に関することを理解するであろう。

【0006】

本出願の特定の関心は、白色光を発光することができる光源にある。場合によっては、既知の白色光源は、青色発光LED等のエレクトロルミネセント素子を第1及び第2のRSC系発光要素と組み合わせることによって構成される。第1の発光要素は、例えば、青色光の一部を緑色光に変換し、青色光の残りの部分を透過する、緑色発光ポテンシャル井戸を含んでよい。第2の発光要素は、第1の発光要素から受光する緑色及び/又は青色光の一部を赤色光に変換し、青色及び緑色光の残りの部分を透過する、ポテンシャル井戸を含んでよい。結果として生じる赤色、緑色、及び青色光成分は組み合わせあって、(他の実施形態の中でも特に)国際公開第WO 2008/109296号(Haase)に記載されるような素子が、実質的に白色の光出力を提供することを可能にする。

20

【0007】

他の既知の白色光源は、青色発光LEDを、セリウムをドープしたイットリウムアルミニウムガーネット(YAG:Ce)等の黄色リン光体の層と組み合わせることによって、構成される。青色光の一部はリン光体によって吸収されて黄色光として再発光され、青色光の一部はリン光体層を通過する。透過される青色光は、再発光される黄色光と組み合わせあって、公称上白色光と知覚される総出力スペクトルを有する出力ビームを生じる。

30

【0008】

リン光体層特性及び/又は他の設計詳細における素子間のばらつきは、素子間の出力スペクトルの差及び対応する知覚色の差を生じさせ、例えば、LED/リン光体素子の中には「冷」白色を提供するものもあれば、「暖」白色を提供するものもある。白色の所与の「度合い」は、従来のCIE色度図における(x,y)色座標としてプロットされてもよく、また、当業者に既知であるように、色温度によって特徴付けることができる。米国特許第7,387,405号(Ducharmeら)は、LED/リン光体素子のこれらの態様のうちの幾つかを記載し、商業用LED/リン光体素子の中には、20,000ケルビン度(20,000K)(19,727)の色温度を呈するものもある一方で、5750K(5477)の色温度を呈するものもあることを報告する。また、この'405号特許は、これらのLED/リン光体素子のうちの単一の1つでは色温度の制御は可能とならず、1つの素子単独では、所望の範囲の色温度を有するシステムを生成することはできないことを報告する。この'405号特許は、続いて、2つのそのようなLED/リン光体素子が、素子の色温度を偏移させる光学ロングパスフィルタ(より長い波長の光のみが通過することができるように着色された透明なガラス又はプラスチック片)と組み合わせられ、次いで、調整可能な色温度を有する3-LED実施形態を提供するために、これらのフィルタ処理されたLED/リン光体素子に、特定の第3のLED(Agilent HLMP-EL 18琥珀LED)が追加される、実施形態を説明する。

40

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本出願は、とりわけ、印加される電気信号の関数として、システム光学出力を提供する、照明システムを開示する。例示の実施形態において白色光である、又は白色光を含む、システム出力は、色温度によって、又はシステム光学出力の色若しくは出力スペクトルを何らかの形で表す他の任意の好適な測度によって、特徴付けることができる。望ましくは、照明システムは、色温度が、印加される電気信号の関数として変化するように設計される。例示の実施形態では、これらの色温度の変化は、少なくとも一部において、通常は固体照明素子において望ましくないと考えられる、「電流集中」として知られる現象の結果であり、これは、以下で更に記載される。

10

【課題を解決するための手段】

【0010】

例示の実施形態では、システムは、エレクトロルミネセント素子と、RSC又はリン光体等の第1の光修正材料とを含む。エレクトロルミネセント素子は、印加される電気信号に応じて発光するように適合される。第1の光修正材料は、発光光の第1の部分を修正して第1の光成分を提供するように適合される。照明システムは、第1の光成分を、少なくとも、発光光の第2の部分と関連付けられる第2の光成分と組み合わせて、システム光学出力を生じる。システムは、第1の光成分対第2の光成分の相対的比率によって特徴付けられてもよく、色温度の変化は、相対的比率の変化と関連付けられてもよい。

20

【0011】

更なる例示の実施形態では、発光光はエレクトロルミネセント素子の出力表面から発光され、エレクトロルミネセント素子は、出力表面にわたる発光光の空間分布が印加される電気信号の関数として変化することによって特徴付けられ、空間分布の変化は、少なくとも一部において、電流集中の結果としてである。また、システムは、発光光の第2の部分を修正して第2の光成分を提供する第2の光修正材料を含んでもよく、第2の光成分は、第1のスペクトル及び発光光スペクトルとは異なる第2のスペクトルを有する。第1の光修正材料は、出力表面の第1の部分を被覆してもよく、第2の光修正材料は、出力表面の第2の部分を被覆してもよい。例えば、エレクトロルミネセント素子は、出力表面上に配置される電気接触を含んでもよく、例えば、出力表面の第1の部分は電気接触に隣接して配置されてもよく、一方、出力表面の第2の部分は電気接触から離間されてもよい。

30

【0012】

また、エレクトロルミネセント素子と、第1の光変換材料とを含む照明システムも開示される。エレクトロルミネセント素子は、印加される電流に応じて出力表面から発光するように適合され、このエレクトロルミネセント素子は、出力表面にわたる発光光の空間分布が少なくとも一部において電流集中の結果として電流の関数として変化することによって特徴付けられる。第1の光変換材料は、出力表面の第1の部分を被覆し、発光光の第1の部分を第1の光成分に変換するように適合される。第1の光成分は、少なくとも第2の光成分と組み合わせさせてシステム出力を提供し、第2の光成分は、発光光の第2の部分と関連付けられる。第1の光変換材料は、出力表面にわたる発光光の空間分布の変化がシステム光学出力の色の变化を生じるように、空間的に分布される。

40

【0013】

場合によっては、第2の光成分は、いかなる光変換材料とも関連付けられなくてもよい。例えば、第2の光成分は、単に、出力表面の第2の部分から発光され得る、発光光の第2の部分であってもよく、又はそれを含んでもよい。あるいは、システムは、出力表面の第2の部分を被覆し、発光光の第2の部分を第2の光成分に変換する、第2の光変換材料を含んでもよい。第1及び第2の光成分を含むことに加えて、システム光学出力はまた、エレクトロルミネセント素子によって発光されるが、いかなる光変換材料によっても他の光に変換されない光等の、他の成分を含んでもよいことに留意されたい。システム光学出力は、例えば、白色光であってもよく、又はそれを含んでもよく、色の变化は、システム光学出力の色温度の変化を含んでもよい。

50

【 0 0 1 4 】

関連する方法、システム、及び物品も述べられる。

【 0 0 1 5 】

本出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る。しかし、決して、上記要約は、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】

【 0 0 1 6 】

【図 1 a】電流集中現象を呈するエレクトロルミネセント素子の概略的断面図。

【図 1 b】電流集中現象を呈するエレクトロルミネセント素子の概略的断面図。

10

【図 1 c】電流集中現象を呈するエレクトロルミネセント素子の概略的断面図。

【図 2 a】照明システムの概略的平面図。

【図 2 b】同概略的断面図。

【図 3】その上に照明システムを表す線分がプロットされている、C I E 色度図。

【図 3 a】図 3 の照明システムの 2 つの構成要素の発光スペクトルのグラフ。

【図 3 b】図 3 の照明システムの 2 つの構成要素の発光スペクトルのグラフ。

【図 4】照明システムの概略的断面図。

【図 5】位置の関数としての電流密度の関連グラフを伴う、照明システムの概略的断面図。

。

【図 6】異なる照明システムの概略的平面図。

20

【図 7】異なる照明システムの概略的平面図。

【図 8】L E D / R S C 組み合わせ素子の概略的側面図。

【図 9】R S C を含む、例示の半導体層積み重ね体の概略的側面図。

【 0 0 1 7 】

図中、同様の参照数字は同様の構成要素。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 8 】

「電流集中」として知られる現象は、一般に量子効率の低下と関連付けられるため、光電子素子製造業者は回避すべき問題であると考える。例えば、米国特許第 7, 0 7 8, 3 1 9 号 (E l i a s h e v i c h ら) を参照されたい。しかしながら、本明細書に記載される照明システムの少なくとも幾つかは、電流集中を呈するように、かつそれを、印加される電気信号の関数としての色変化を生じるために利用するように、意図的に設計される。これにも関わらず、理論に束縛されるものではないこと、そして本明細書に記載される実施形態のいずれかと同一又は類似の方法で、印加される電気信号に基づいてそのシステム光学出力の色を変化させることができるいかなる照明システムも、そのような照明システムが電流集中を実際には呈しない場合にさえも、本出願に包含されることが意図されることを、強調する。

30

【 0 0 1 9 】

ここで、図 1 a を参照すると、L E D 等の半導体エレクトロルミネセント素子 1 1 0 の概略的断面図が示されており、これは、図 1 b 及び図 1 c に複写される。読者は、素子 1 1 0 の層構造が図示のために概略的にのみ描写されており、素子の構成要素は必ずしも一定の尺度で描写されておらず、所望により追加要素が含まれてもよいし、図示されている要素が省略若しくは修正されてもよいことを理解されよう。示されるように、素子 1 1 0 は、半導体基層 1 1 2 と、発光層 1 1 4 と、電流拡散層 1 1 6 とを含む。基層 1 1 2 は、例えば p 型 G a N、若しくは他の好適な半導体材料であってもよく、又はそれを含んでもよい。発光層 1 1 4 は、それぞれが例えば A l G a I n N 系材料、又は他の好適な半導体材料を含んでもよい、p 型クラッド層と n 型クラッド層 (図示せず) との間に挟持される活性層であってもよく、又はそれを含んでもよい。電流拡散層 1 1 6 は、例えば、ある濃度の S i 等の n 型ドーパントでドーパされる G a N 系材料等の n 型半導体、若しくは他の好適な半導体材料であってもよく、又はそれを含んでもよい。

40

50

【 0 0 2 0 】

また、外部電子回路によって供給される電気駆動電流又は類似する電気信号を、素子が発光するように素子に印加することができるように、それぞれの半導体外層と抵抗接触する、第1及び第2の電極118a、118bも提供される。素子110は、その主表面のうちの1つ、例えば、層116の外側表面116aから優先的に発光が行われるようにするため、示されるように非対称設計を用いて作製されてもよい。この理由のため、第1の電極118aは、表面116aの一部分のみを被覆するように作製されることができ、一方、第2の電極118bは、反対の主表面112aの実質的に全てを被覆するように作製されることができる。第2の電極118bが少なくとも部分的に反射性である、例えば、金属性である場合、そうでなければ主表面112aを介して脱出し得る、素子110内で生成される一部の光を、電極118bによって反射することによって、それが素子の側面又は主表面116aを介して脱出するようにできる。もちろん、開示される実施形態で使用され得る半導体エレクトロルミネセント素子は、それらの発光の前方/後方特性において、又はそれらの電極の配設において、非対称である必要はない。

10

【 0 0 2 1 】

図1b及び図1cは、電極に対して電気信号が印加される際の素子110の挙動を、定性的に概略的に示す。図1bでは、第1の振幅を有する第1の信号が印加される。図1cでは、第2の振幅を有する第2の信号が印加される。信号振幅は、所望に応じて、しかし、大部分の半導体ダイオード素子のI-V(電流-電圧)特性を考慮して特徴付けられてよく、信号振幅を電流に関して特徴付けるのが最も論理的である。あるいは、信号振幅を電位(電圧)に関して特徴付けることもできる。いずれの場合でも、電極118aから素子110の内部を通して他方の電極118bへの電流分布は、第1の信号(図1b)の矢印120によって、かつ第2の信号(図1c)の矢印122によって描写される。

20

【 0 0 2 2 】

それぞれの信号が、全く同一の素子110に印加されることを想起すれば、矢印122のパターンと比較して異なる矢印120のパターンの幅又は横方向寸法によって例示される電流分布の差は、それぞれの信号の異なる振幅及び「電流集中」現象の結果である。図から明らかであるように、電流集中は、第2の信号(図1c)の、第1の信号(図1b)と比較してより幅の狭い、又はより集中した、電流分布をもたらす。この電流集中現象は、典型的に、高電流密度で発生する。つまり第2の信号は、典型的に、電流で測定して、第1の信号より大きい信号振幅を有する。素子110の場合、電流集中は、より高い電流レベルで減少した電気抵抗を有するp-n接合の結果でもあり得る。減少した抵抗は、電流がより直接的な経路内を電極118aから電極118bに流れるようにし、図1bの電流分布と比較して、電極118aの下に電流「集群」を生じる傾向がある。

30

【 0 0 2 3 】

異なる信号振幅に対する素子内の電流分布の変化はまた、素子110によって生成される光の空間分布にも影響を及ぼす。これは、発光層114が、それを通して電流が流れている範囲でのみ、光を生成するためである。発光層の電流密度が低い部分は、限度内で、電流密度が高い部分より少ない光を生成する。単位容積当たり、又は単位投影面積当たり(例えば、素子を主表面116aに対して垂直な軸に沿って見る際の)に生成される光のカットオフ値を指定することによって、発光層114の高強度領域を定義することができる。カットオフ値は、例えば、基準レベルが最大発光、又は発光層全体にわたり空間的に平均化された光生成であり得る、基準発光レベルの分数であってよく、この分数は、基準値の $1/2$ 、 $1/10^{th}$ 、又は $1/e$ 等、所望により選択されてよい。これらのパラメータのうちのいずれを選択するにせよ、結果として生じるカットオフ値を使用することにより、発光層のより高い強度の領域の空間的広がりを特徴付ける、一貫した方法を得ることができる。より高い強度の領域は、図1bでは標識124によって識別され、図1cでは標識126によって識別される。予測され得るように、領域124は、領域126より大きい幅又は横方向寸法を有する。領域126を生じるために使用される、領域124と比較して(典型的に)大幅に大きい電流レベルを考慮すると、領域124が、領域12

40

50

6と比較して大幅に減少した総発光レベルを有し得るにも関わらず、このような場合が起こり得る。

【0024】

領域124、126の横方向寸法又は他の空間的広がり之差は、素子の外側表面116aから発光される光の空間分布の対応する差を生じさせる。したがって、比較的幅の広い領域124は、表面116aから発光される光のより幅の狭い空間分布を生じさせる比較的幅の狭い領域126と比較して、表面116aから発光される光の比較的幅の広い空間分布を生じさせる。別の言い方をすれば、第2の信号を使用して表面116aから発光される光の空間分布は、第1の信号を使用する場合の分布よりも電極118aに向かってより集中される。領域124、126についてと全く同様に、表面116aから発光される光の空間分布は相対的な用語で、例えば最大若しくは平均値の分数又は百分率等として特徴付けられ、又は測定され得る。したがって、第2の信号が第1の信号より大きい振幅を有すると仮定すると、それらのそれぞれの表面116aからの発光光の空間分布の差は、第2の信号の場合に表面116aから発光される光の総量が、第1の信号の場合より大きい可能性があるという事実とは無関係である。

10

【0025】

電流集中の程度は、大部分、電流拡散層の面積抵抗によって制御され得る。そのような電流集中効果の数学的モデルは、Light - Emitting Diodes, Second Edition, by E. Fred Schubert (Cambridge University Press)の第8章に見られ得る。

20

【0026】

電流集中現象、又はその特定の態様、及びエレクトロルミネセント素子の表面から発光される光の空間分布におけるその効果が説明されたところで、これをどのように使用することによって、光学出力、例えば白色光が、印加される電気信号に基づいて色、例えば色温度を変化させるようにできる照明システムを提供することができるかについての説明に進む。

【0027】

照明システム210は、図2aに概略的平面図で示され、図2bに概略的断面図で示される。システムは、印加される電気信号に応じて発光するように適合される、エレクトロルミネセント素子212を含む。エレクトロルミネセント素子212は、第1及び第2の電極216a、216bがその外側表面に適用されている、本体214を含む。本体214は、概略的に描かれ、例えば、半導体LEDに見られ得るような、任意の好適な半導体層の積み重ね体(個々には図示せず)を含んでもよい。本体は、示されるように個々のチップ若しくはダイの形態であってもよく、又はダイシング前の完全な半導体ウエハの形態であってもよい。重要なことに、本体214を構成する層は、素子212が、電流集中現象を呈するように、又は別の方法で、実質的に印加される電気信号の振幅の関数として変化する発光光の空間分布を呈するように、設計される。もちろん、電気信号は、電極216a、216bに対して印加され、細いワイヤ218が、外部電気駆動装置又は電源から素子212に信号を伝達するのを助長するように、ワイヤボンディングを介して、電極216aに接続してもよい。素子212内で生成される光は、比較的小さい側面を介して、又は第1の電極216aが適用される主表面214aを介して、脱出又は発光されてもよい。そのような発光光は、ポンプ光と称されることがあり、図中では、標識_pが付けられている。ポンプ光は、例えば350~500nmの範囲のピーク波長を有する青色、紫色、若しくは紫外線光であるか、又はそれを含んでもよいが、ポンプ光の他のスペクトル特性もまた想到される。

30

40

【0028】

エレクトロルミネセント素子の設計の結果として、表面214aから発光されるポンプ光_pの空間分布は、実質的に、印加される電気信号の振幅の関数として変化する。例えば、比較的小さい振幅を有する第1の電気信号は、表面214aから発光される際の空間分布が比較的均一であるポンプ光を提供し得、より大きい振幅を有する第2の電気信号は

50

、表面 2 1 4 a から発光される際の空間分布が電極 2 1 6 a を囲む環等のより小さい区域に集中される、ポンプ光を提供し得る。

【 0 0 2 9 】

エレクトロルミネセント素子 2 1 2 に加えて、システム 2 1 0 はまた、第 1 の光修正材料 2 2 0 及び第 2 の光修正材料 2 2 2 をも含む。これらの材料は、それらに衝突するポンプ光の少なくとも一部を、他の波長の光成分に変換してもよい。例えば、第 1 の光修正材料 2 2 0 は、それに衝突するポンプ光 p の少なくとも一部を、典型的にはポンプ光の波長より長い、別の波長 λ_1 の第 1 の光成分に変換するリン光体であってもよく、又はそれを含んでもよい。第 2 の光修正材料は、それに衝突するポンプ光 p の少なくとも一部を、 λ_1 とは異なり、また、典型的にはポンプ光の波長より長い別の波長 λ_2 の第 2 の光成分に変換する、少なくとも 1 つのポテンシャル井戸を有する R S C であってもよく、又はそれを含んでもよい。また、光修正材料 2 2 0、2 2 2 の一方又は両方がポンプ光に対して部分的に透明であって、第 1 の光修正材料 2 2 0 の外へ伝播する光が、波長 λ_1 の第 1 の光成分とポンプ光 p との組み合わせ又は混合を含み、かつ / 又は第 2 の光修正材料 2 2 2 の外へ伝播する光が、波長 λ_2 の第 2 の光成分とポンプ光 p との組み合わせ又は混合を含んでもよい。あるいは、両方の光修正材料 2 2 0、2 2 2 がポンプ光 p に対して実質的に不透明であってもよい。いずれの場合でも、第 1 の光修正材料 2 2 0 の外へ伝播する光は、少なくとも波長 λ_1 の第 1 の光成分を含み、またポンプ光をも含み得る、スペクトル S 1 によって特徴付けられてもよく、一方、第 2 の光修正材料 2 2 2 の外へ伝播する光は、少なくとも波長 λ_2 の第 2 の光成分を含み、またポンプ光をも含み得る、異なるスペクトル S 2 によって特徴付けられてもよい。

【 0 0 3 0 】

スペクトル S 1 及び S 2 によって特徴付けられる光は、自由空間伝播によって、又は光学拡散体、レンズ、鏡等の機構を介して、また任意的に他の光成分と共に組み合わせ、矢印 2 3 0 によって概略的に表される、照明システム 2 1 0 のシステム光学出力を生じる。したがって、システム光学出力 2 3 0 は、ある量の第 1 のスペクトル S 1 の光、及びある量の第 2 のスペクトル S 2 の光を含む。別の言い方をすれば、システム光学出力 2 3 0 は、ある量の波長 λ_1 の第 1 の光成分、及びある量の波長 λ_2 の第 2 の光成分を含む。異なるスペクトル S 1、S 2 は、異なる知覚色と関連付けられ、それらの組み合わせ（任意的に他の光成分と共に）は、システム光学出力 2 3 0 の更に別の知覚色を生じる。したがって、システム光学出力 2 3 0 の知覚色（例えば、色温度）は、システム光学出力 2 3 0 に含まれる第 1 及び第 2 の光成分の相対量を変化させることによって、調整し、又は変化させることができる。

【 0 0 3 1 】

上述されるエレクトロルミネセント素子 2 1 2 の電流集中特性を考慮すれば、第 1 及び第 2 の光修正材料によって提供される光の相対量のそのような変化は、第 1 及び第 2 の光修正材料 2 2 0、2 2 2 が、表面 2 1 4 a から発光されるポンプ光の空間分布の変化と相乗的に空間的に分布されることを条件として、単に印加される電気信号の振幅を変化させることによって、達成することができる。例えば、印加される電気信号の変化によって、第 2 の部分と比較して表面の第 1 の部分からより多くのポンプ光が発光されることとなり、かつ第 1 の光修正材料が第 1 の部分に配置され、一方、第 2 の光修正材料が第 2 の部分に配置される場合、印加される電気信号の変化は、システム光学出力 2 3 0 に、相対的により多い第 1 の光成分（又はスペクトル S 1 の光）、及び相対的により少ない第 2 の光成分（又はスペクトル S 2 の光）を提供し、したがってシステム光学出力の知覚色を変化させ得る。

【 0 0 3 2 】

図 2 a ~ 図 2 b の実施形態では、第 1 の光修正材料 2 2 0 は、電極 2 2 0 に隣接する円又は有効環内に配置される。第 2 の光修正材料 2 2 2 は、表面 2 1 4 a の残りの部分の上に、即ち、電極 2 2 0 から離間されて配置される。光修正材料 2 2 0、2 2 2 のこのような空間的配設は、電流集中現象の結果として生じるポンプ光の空間分布の変化と相乗的で

ある。低電流レベルで、比較的均一の分布のポンプ光が表面 2 1 4 a から発光され、これは、システム光学出力におけるスペクトル S 1 の光対スペクトル S 2 の光の初期又は基準比率を生じる。電流集中が発光ポンプ光の空間分布を、電極 2 1 6 a を囲む環等のより小さい区域に制限する、より高い電流においては、システム光学出力 2 3 0 は、相対的により多いスペクトル S 1 の光、及び相対的により少ないスペクトル S 2 の光を含み、したがって、それらの光成分の異なる比率、及びシステム光学出力 2 3 0 の異なる知覚色をもたらす。第 1 及び第 2 の光修正材料は、印加される電気信号の振幅の増加に対するシステム光学出力の色の変化が、公称上白色の光出力の色温度の上昇に対応するように、必要に応じて選択されてもよい。あるいは、光修正材料は反対の効果を生じるように、即ち印加される電気信号の振幅の増加に対するシステム光学出力の色の変化が、公称上白色の光出力の色温度の低下に対応するように、選択されてもよい。

10

【 0 0 3 3 】

図 2 a ~ 図 2 b に示されるものの代替の実施形態では、1つの光修正材料のみが照明システム内に含まれるように、第 1 の光修正材料 2 2 0 が省略されてもいいし、又は第 2 の光修正材料 2 2 2 が省略されてもよい。したがって、例えば第 1 の光修正材料 2 2 0 が省略される場合、スペクトル S 1 の光は、表面 2 1 4 a の電極 2 1 6 a を囲む環状領域から発光される、波長 λ_p のポンプ光のみを含み得る。あるいは、第 2 の光修正材料 2 2 2 が省略される場合、スペクトル S 2 の光は、表面 2 1 4 a のそのような環状領域の外側の部分から発光される、波長 λ_p のポンプ光のみを含み得る。

【 0 0 3 4 】

20

更に他の代替の実施形態では、第 3、第 4 等の光修正材料のような追加の光修正材料が提供され、システム光学出力の色が、印加される電気信号の振幅に基づいて変化するように、電流集中現象の結果として生じるポンプ光の空間分布の変化と相乗的なパターンで、他の光修正材料と共に空間的に配設されてもよい。所与の光修正材料は、光修正材料の設計に応じて、波長 λ_p のポンプ光を、1つのピーク波長での単一のピーク（例えばガウス又は鐘形スペクトル分布を有する）のみによって特徴付けられる光成分、又は複数のピーク波長での複数のピークによって特徴付けられる光成分に変換し得ることに留意されたい。R S C は、例えば、変換された光のスペクトルが単一のピークのみによって特徴付けられるように、1つのポテンシャル井戸のみを含んでもよく、又は同一若しくは類似する設計の複数のポテンシャル井戸を含んでもよい。あるいは、R S C は、変換された光のスペ

30

【 0 0 3 5 】

当業者は、知覚色を特徴付け、定量化するために使用されるツール又は標準、特に、Commission International de l'Éclairage (International Commission on Lighting) 又は「CIE」によって推奨される周知の 1931 CIE 色度図を熟知しているであろう。光源又は物品の色（又は「色度」若しくは「色度座標」）は、CIE 1931 標準表色系を使用して、CIE 色度図上の 1 つ以上の色度座標 (x, y) に関して表される点又は領域によって、正確に測定又は指定することができる。

40

【 0 0 3 6 】

そのような色度図が、図 3 に示されている。当業者は、曲線 3 1 0 を、「黒体軌跡 (Planckian locus)」、即ち、「色温度」 T_c と称される温度であるケルビン度で測定される、一連の温度にわたる理想的な黒体源の色として認識するであろう。

【 0 0 3 7 】

点 3 1 2 及び 3 1 4 はそれぞれ、図 2 a ~ 図 2 b の照明システム 2 1 0 の一実施形態についてのスペクトル S 1 の光及びスペクトル S 2 の光の色座標を表す。これらの点のスペクトルはそれぞれ、図 3 a 及び図 3 b に光波長の関数としてプロットされる。つまり、図 3 a は図 3 の点 3 1 2 に対応するスペクトル S 1 をプロットし、図 3 b は図 3 の点 3 1 4 に対応するスペクトル S 2 をプロットする。スペクトル S 1 は、2 つの主成分、すなわち

50

、第1の光修正材料220を通して透過される、波長 λ_p のポンプ光に対応する比較的幅の狭いスペクトルピークS1a、及び第1の光修正材料、例えばYAG：Ceリン光体によって生じる、波長 λ_1 の第1の光成分に対応するより幅の広いスペクトルピークS1bを有する。また、スペクトルS2も、2つの主成分、すなわち比較的幅の狭い第1のスペクトルピークS2a、及び比較的幅の狭い第2のスペクトルピークS2bを有する。これらの2つのピークは、青色ポンプ光を第1のピークS2aの光に変換することができる、少なくとも1つのポテンシャル井戸と、ポンプ光を第2のピークS2bの光に変換することができる、少なくとももう1つのポテンシャル井戸とを有する、青色LEDポンプRSCによって生じさせることができる。スペクトルS2にポンプ波長 λ_p にいかなるピークも不在であることから、この特定の実施形態では、第2の光変換材料、即ち、RSCが、その上に入射する波長 λ_p の全てのポンプ光を吸収し、又は別の方法で効率的に遮断することに留意されたい。

10

【0038】

端点が点312及び314である、図3の線分316は、出力がスペクトルS1の光及びスペクトルS2の光の線形組み合わせからなるシステムの、全ての考えられる照明システム光学出力の群を表す。したがって、例えば、光学出力が、等量のスペクトルS1の光及びスペクトルS2の光からなる照明システムは、線分316を二分する点によって表される。スペクトルS1の光の比率が増加される場合、システム点は、線分316に沿って、点312に向かって移動する。代わりに、スペクトルS2の光の比率が増加される場合、システム点は、線分316に沿って、点314に向かって移動する。

20

【0039】

点312及び314の位置（色）の慎重な選択によって、線分316を、例えば、黒体軌跡（Planckian locus）310の部分、例えば2500K（2227°）～5000K（4727°）、又は3000K（2727°）～5000K（4727°）の一連の色温度にわたる軌跡310の部分に、厳密に近似させることができる。そのような場合、点312に向かって移動する線分316上のシステム点は、より高い色温度、即ち「より冷たい」（より高い青色含有量）白色光源に向かう色偏移に対応する。代わりに、システム点が点314に向かって移動する場合、これは、より低い色温度、即ち「より暖かい」（より高い赤色含有量）光源に向かう色偏移に対応する。図3、図3a、及び図3bに関連して記載される光修正材料を利用する、図2a～図2bの照明システム210は、印加される電気信号の振幅が増加されるにつれて、より低い色温度からより高い色温度に（線分316に沿って、点312に向かって）偏移する、システム光学出力を生成することに留意されたい。

30

【0040】

スペクトルS1及びS2の特定の形状は、波長の関数としてプロットされる際にCIE色度図上のそれらのそれぞれの点312、314の位置を決定するだけでなく、結果として生じるシステム光の「演色評価数」として知られる特性をも決定する。演色評価数（CRI）は、設計者が、システム光学出力の、目による直接観察によって知覚される際の外観又は色だけでなく、例えば、そのシステム光学出力を使用した反射光に見られる物体又は物品の外観にも関心がある場合、照明システム設計者にとって重要であり得る、パラメーターである。物体又は物品の反射率スペクトルによって、それらの外観は、第1及び第2の白色光源がCIE色度図上で同一の色座標を有し得るとしても、第1の公称上白色の光源で照射される際、第2の公称上白色の光源で照射される際とは大きく異なる場合がある。これは、CIE色度図上の特定の色座標が、互いに大幅に異なり得る多数の光学スペクトルと関連付けられ得るという事実の結果である。演色の効果を実証する一般的な事例は、例えば、事務所の蛍光灯での照射と比較して、又は路上のガス放電灯での照射と比較して、太陽光で照射される際に有色物体が有する、（これらの照明光源の全てが、直接見る際に公称上の白色に見え得るにもかかわらず）時として大きく異なる外観である。

40

【0041】

所与の源の演色評価数は、CIE publication 13.3 - 1995, 「

50

Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources」に記載される方法を使用して測定することができる。演色評価数は、広くは、0の低から100の高に及び、より高い値が一般的には望ましい。更に、CIE 13.3-1995 publicationに基づいて所与の光源を表す所与のスペクトルの演色評価数を計算することができる、数値手法及びソフトウェアが、CIEから入手可能である。

【0042】

そのようなソフトウェアを使用して、図3a及び図3bに示されるスペクトルS1及びS2の線形組み合わせからなるシステム光学出力の演色評価数を計算する場合、結果は、(スペクトルS1及びS2の異なる比率に対応する)2500K(2227)~5000K(4727)の色温度範囲にわたり、少なくとも80の演色評価数である。例示の実施形態では、演色評価数は、例えば、2500K(2227)~5000K(4727)、又は3000K(2727)~5000K(4727)の色温度範囲にわたり、少なくとも60、又は少なくとも70、又は少なくとも80である。高演色評価数値を達成するためには、システム光学出力を構成する構成スペクトル(S1、S2)のそれぞれが、少なくとも2つの明らかなスペクトルピーク、例えば図3aのピークS1a、S1b又は図3bのピークS2a、S2bによって確実に特徴付けられるようにすることが望ましく、ピークは、例えば少なくとも10nm、相互から離間され得る。これに関して、参照により本明細書に組み込まれる、同日出願された米国出願第61/221,660号「White Light Electroluminescent Devices With Adjustable Color Temperature」(代理人整理番号第65330US002号)が更に参照される。

【0043】

ここで、図4を参照すると、少なくとも一部において電流集中の結果として、印加される電気信号の振幅の関数として実質的な色偏移を呈することができる、別の固体照明システム410の概略的断面図が示されている。システム410は、LED等の二端子半導体エレクトロルミネセント素子412を含む。素子は、素子412の底面電極に電氣的に連結される、第1の導電性ポスト416を有する、金属ヘッダ414上に実装される。ヘッダ414から電氣的に絶縁される第2の導電性ポスト418は、細いワイヤ420及びワイヤボンディング422を介して、素子の上面電極に電氣的に連結する。ポスト416、418が、システム410の2つの端子を形成し、これらを介して、素子に電圧を印加するための電気信号が印加される。素子の上面電極は、底面電極より小さく、エレクトロルミネセント素子412の出力表面412aの片側にオフセットしている。

【0044】

RSC 424が出力表面412aの第1の部分を被覆し、この第1の部分は、示されるように、上面電極から離間されるように空間的に配設されてもよい。RSC 424は、エレクトロルミネセント素子内で生成される発光光又はポンプ光を、例えば琥珀光の特性である、スペクトルS3を有する第1の光成分に変換するように動作可能である。スペクトルS3は、例えば、図3bのスペクトルS2と同一若しくは類似の、明らかな第1及び第2のスペクトルピークを含んでもよい、又は本質的にそれからなってもよい。スペクトルS3は任意的に、RSC 424によって透過される残存ポンプ光に対応する明らかな第3のスペクトルピークを含んでもよく、又は、RSC 424がそのようなポンプ光を実質的に遮断する場合には、そのような第3のスペクトルピークを含有しなくてもよい。

【0045】

リン光体426が出力表面412aの第2の部分を被覆するが、この第2の部分は第1の部分とは異なっており、上面電極に隣接する区域又は領域を含む。リン光体426は、ポンプ光の少なくとも一部を第2の光成分、例えば、図3のピークS1bと類似するスペクトルピークを有する黄色光に変換して、スペクトルS4を有する発光光をもたらすように動作可能である。スペクトルS4を有する光は、リン光体426によって生成される黄

色光だけでなく、また、例えば図3aのスペクトルS1に示されるような、リン光体によって透過される残存ポンプ光を含んでもよい。スペクトルS3の光及びスペクトルS4の光は、任意的に他の光成分と共に、組み合わせられ、色温度がシステム出力に含まれる第1及び第2の光成分の相対量又は比率に依存する、システム光学出力428、例えば、白色光を提供する。

【0046】

印加される電気信号の変化する振幅に伴うシステム出力の色温度の変化は、エレクトロルミネセント素子412が確実に電流集中を呈するようにすることによって、即ち、出力表面412aにわたって発光されるポンプ光の空間分布が確実に実質的にそのような振幅の関数として変化するようにすることによって、また更に、発光光の空間分布のそのような変化が確実にRSC 424及びリン光体426の空間分布と相乗的になるようにすることにより、システム出力に含まれる第1及び第2の光成分の相対量又は比率が対応して変化するようにすることによって達成される。特に、上面電極をエレクトロルミネセント素子の片側に、RSC 424とは反対にオフセットさせることによって、電流集中現象の効果が促進される。

【0047】

図5は、システム410と類似する照明システム510の概略的断面図を、位置の関数としての電流密度の関連グラフと共に示す。システム510は、素子内で生成されるポンプ光がそこから発光される出力表面512aを有する、エレクトロルミネセント素子512を含む。素子512はまた、上面電極514、底面電極516、及び構成要素半導体層518、520、522も含み、これらの層はそれぞれ電流拡散層、p-n接合層、及び基材層であってよいが、又はそれを含んでもよい。電流拡散層は、例えばAlGaInN、又は他の好適な半導体材料を含んでもよく、p-n接合は、例えばGaInN、又は他の好適な半導体材料を含んでもよく、基材層は、例えばシリコン、又は他の好適な半導体材料を含んでもよい。第1の光修正材料524は、図4のRSC 424と実質的に同一であってもよく、出力表面512aの第1の部分を被覆し、ポンプ光の第1の部分を受光する。第2の光修正材料526は、図4のリン光体426と実質的に同一であってもよく、出力表面512aの第2の部分を被覆し、ポンプ光の第2の部分を受光する。スペクトルS5を有する第1の光修正材料から発光される光、及びS5とは異なるスペクトルS6を有する第2の光修正材料から発光される光は、組み合わせさせてシステム光学出力528を形成する。

【0048】

電極514、516の幾何学的形状又はレイアウト、及び、電極に対して印加される電気信号の振幅に応じて変化する、エレクトロルミネセント素子512の1つ以上の構成要素層の1つ以上の電気特性に起因して、相当な電流集中現象が観測される。例えば、n-GaN層の厚さ及び/又は導電率は、高電流で制御された量の電流集中を提供するように設計することができる。これに関して、p-n接合層520を通じて期待される電流密度のグラフが、p-n接合層に沿った横方向位置の関数として、図中に提供されている。曲線530は、電極514、516に対して印加される第1の電流を表し、曲線532は、第1の電流を超える第2の電流を表す。これらの曲線は、p-n接合層520の固有抵抗が、第1の電流より第2の電流に対して低いことを想定している。両方の曲線共に、上面電極514に対応する位置で水平状態又は最大を呈し、同電極からの距離の増加に伴って徐々に衰えるが、曲線532は、電極に近い位置でより強く加重又は集中され、一方、曲線528は、ほぼ均一の空間分布により近づく。電流密度のこれらの差は、出力表面512aから発光されるポンプ光の空間分布に対応する差をもたらす、これは、第1及び第2の光修正材料の異なる空間分布との組み合わせによって、システム光学出力528における、スペクトルS5の光及びスペクトルS6の光の異なる相対量をもたらす、したがって、出力528の色又は色温度の変化を生じる。

【0049】

第1及び第2の光修正材料の組成物、及びそれらのそれぞれの出力表面512a上での

10

20

30

40

50

レイアウト又は空間分布（例えば、電極 5 1 4 と第 1 の光修正材料 5 2 4 との間の空隙の寸法）は、所望される場合、低印加電流で特定の色温度、例えば、2 5 0 0 K（2 2 2 7）又は 3 0 0 0 K（2 7 2 7）を呈し、より高い印加電流で上昇する色温度を呈する、公称上白色の光出力を有するシステム光学出力を提供するように選択されてもよい。電流の増加に伴う色温度の上昇は、例えば、白熱光源に関連付けられる色温度の変化に近似するように設計されてもよい。

【 0 0 5 0 】

図 6 及び図 7 は、色又は色温度が印加される電気信号の関数として変化するシステム光学出力を提供することができる、他の照明システムの概略的平面図を示す。簡潔化のため、エレクトロルミネセント素子の設計の詳細は図示されないが、これに関して、上述が参照される。代わりに、図 6 及び図 7 は、所望の色変化効果を生じるために使用することができる、上面電極の代替の設計並びに第 1 及び第 2 の光修正材料の空間分布を図示する。

10

【 0 0 5 1 】

図 6 では、照明システム 6 1 0 は、示されるようにエレクトロルミネセント素子の出力表面上に配置される、上面電極 6 1 2 を含む。第 1 の光修正材料 6 1 4 は、電極 6 1 2 に隣接するように空間的に配設又は配置される。第 2 の光修正材料 6 1 6 は、電極 6 1 2 から離間されるように空間的に配設又は配置される。電流集中は、電気信号の振幅が増加されるにつれて、第 2 の光修正材料と関連付けられる光と比較してより多い第 1 の光修正材料に関連付けられる光を、システム光学出力にもたらし得る。

【 0 0 5 2 】

20

図 7 では、照明システム 7 1 0 は、示されるようにエレクトロルミネセント素子の出力表面上に配置される、上面電極 7 1 2 を含む。第 1 の光修正材料 7 1 4 は、電極 7 1 2 に隣接するように空間的に配設又は配置される。第 2 の光修正材料 7 1 6 は、電極 7 1 2 から離間されるように空間的に配設又は配置される。出力表面の領域又は区域 7 1 8 は、エレクトロルミネセント素子内で生成されるポンプ光が、修正されることなくこの区域から発光されるように、いかなる光修正材料によっても被覆されない。電流集中は、電気信号の振幅が増加されるにつれて、第 2 の光修正材料と関連付けられる光と比較してより多い第 1 の光修正材料に関連付けられる光を、システム光学出力にもたらし得る。

【 0 0 5 3 】

図 8 は、R S C 8 0 8 及び L E D 8 0 2 を組み合わせる实例の素子 8 0 0 を示す。L E D は、エピ層と称される場合がある、L E D 半導体層の積み重ね体 8 0 4 を L E D 基材 8 0 6 上に有する。層 8 0 4 は、p 型及び n 型接合層と、発光層（典型的に、量子井戸を含有する）と、バッファ層と、上層とを含んでもよい。層 8 0 4 は、任意的な接着層 8 1 6 を介して、L E D 基材 8 0 6 に付着されてもよい。L E D は、上面 8 1 2 と、下面とを有し、上面は、この上面が平坦である場合と比較して L E D からの光の抽出を増加するように、非平坦化される。電極 8 1 8、8 2 0 は、示されるように、これらの上面及び下面上に提供されてもよい。これらの電極を通して好適な電源に接続されると、L E D は、青色又は紫外線（U V）光に対応し得る、第 1 の波長 λ_1 で発光する。これらの L E D 光の一部は R S C 8 0 8 に入り、そこで吸収される。

30

【 0 0 5 4 】

40

R S C 8 0 8 は、接着層 8 1 0 を介して L E D の上面 8 1 2 に付着される。R S C は、上面 8 2 2 及び下面 8 2 4 を有し、L E D からのポンプ光は、下面 8 2 4 を通って入る。R S C はまた、構造の一部のバンドギャップが、L E D 8 0 2 によって発光されるポンプ光の少なくとも一部が吸収されるように選択されるよう、工学的に設計される、量子井戸構造 8 1 4 も含む。ポンプ光の吸収によって生成される電荷担体は、より小さいバンドギャップを有する構造の他の部分、量子井戸層に拡散し、そこにおいて担体は再結合してより長い波長の光を生成する。これは図 8 中に、R S C 8 0 8 内から発生し、R S C を出て出力光を提供する第 2 の波長 λ_2 の再発光光によって描写される。

【 0 0 5 5 】

図 9 は、R S C を含む、实例の半導体層積み重ね体 9 1 0 を示す。積み重ね体は、リン

50

化インジウム（ InP ）ウエハ上に、分子線エピタキシー（ MBE ）を使用して成長させた。まず、 GaInAs バッファ層を MBE により InP 基板に成長させて、 $\text{II} \sim \text{VI}$ 形成用の表面を準備した。次いでウエハは、 RSC で使用される $\text{II} \sim \text{VI}$ エピタキシャル層の成長のために、超高真空移送システムによって別の MBE チャンバに移動された。成長した RSC の詳細が図 9 に示され、また表 1 に要約される。表は、 RSC と関連付けられる、異なる層の厚さ、材料組成物、バンドギャップ、及び層説明を記載する。 RSC は、それぞれが 2.15 eV の遷移エネルギーを有する、8 つの CdZnSe 量子井戸 930 を含んだ。それぞれの量子井戸 930 は、 LED によって発光される青色光を吸収することができる、 2.48 eV のバンドギャップエネルギーを有する、 CdMgZnSe 吸収層 932 の間に挟持されていた。 RSC はまた、種々のウィンドウ、バッファ、及びグレージング層も含んだ。

【0056】

【表 1】

表 1

参照符号	材料	厚さ(nm)	バンドギャップ／遷移(eV)	コメント
930	$\text{Cd}_{0.48}\text{Zn}_{0.52}\text{Se}$	3.1	2.15	量子井戸
932	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se}$	8	2.48	吸収体
934	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se}:\text{Cl}$	92	2.48	吸収体
936	$\text{Cd}_{0.22}\text{Mg}_{0.45}\text{Zn}_{0.33}\text{Se}$	100	2.93	ウィンドウ
938	$\text{Cd}_{0.22}\text{Mg}_{0.45}\text{Zn}_{0.33}\text{Se} \rightarrow \text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se}$	250	2.93~2.48	グレージング
940	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se}:\text{Cl}$	46	2.48	吸収体
942	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se} \rightarrow \text{Cd}_{0.22}\text{Mg}_{0.45}\text{Zn}_{0.33}\text{Se}$	250	2.48~2.93	グレージング
944	$\text{Cd}_{0.39}\text{Zn}_{0.61}\text{Se}$	4.4	2.24	$\text{II} \sim \text{VI}$ バッファ
946	$\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$	190	0.77	$\text{III} \sim \text{V}$ バッファ
924	InP	350,000	1.35	$\text{III} \sim \text{V}$ 基材

【0057】

この RSC 素子及び他の RSC 素子の更なる詳細は、 PCT 公開第 $\text{WO} \quad 2009/048704$ 号（ Kelley ら）に見ることができる。

【0058】

図 3 b に示されるスペクトルと類似する、2 つのピーク波長を含むスペクトルを有する光を同時発光することができる RSC を含む、例示の半導体積み重ね体が、表 2 に説明される。積み重ね体は、緑色スペクトルピークを生じる、1 つの緑色発光（ 555 nm ）量子井戸と、赤色スペクトルピークを生じる、1 つの赤色発光（ 620 nm ）量子井戸とを含む。緑色及び赤色ピークの相対強度は、主として、それぞれの量子井戸と関連付けられる吸収層の厚さによって制御される。緑色発光量子井戸に隣接して比較的薄い吸収層を使用することによって、ポンプ光のより多くがこれらの層を通過し、赤色発光量子井戸に隣接する吸収層で吸収される。これは、緑色光より多い赤色光の発光をもたらすことができる。また、緑色光対赤色光の比は、任意の光抽出構造の存在によっていくらか影響される場合があるが、例えば、そのような構造はシアン遮断体の外側表面にエッチングされるか、又は付着される。

【0059】

【表 2】

表 2

層の種類	材料	厚さ (nm)	バンドギャップ／ 発光エネルギー(eV)	バンドギャップ／ 発光波長(nm)
シアン遮断体	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se}$	1000	2.48	500
障壁	$\text{Cd}_{0.23}\text{Mg}_{0.43}\text{Zn}_{0.34}\text{Se}$	20	2.88	430
吸収体	$\text{Cd}_{0.34}\text{Mg}_{0.27}\text{Zn}_{0.39}\text{Se}$	150	2.58	480
量子井戸	$\text{Cd}_{0.72}\text{Zn}_{0.28}\text{Se}$	~4	2.00	620
吸収体	$\text{Cd}_{0.34}\text{Mg}_{0.27}\text{Zn}_{0.39}\text{Se}$	150	2.58	480
障壁	$\text{Cd}_{0.23}\text{Mg}_{0.43}\text{Zn}_{0.34}\text{Se}$	20	2.88	430
吸収体	$\text{Cd}_{0.34}\text{Mg}_{0.27}\text{Zn}_{0.39}\text{Se}$	30	2.58	480
量子井戸	$\text{Cd}_{0.47}\text{Zn}_{0.53}\text{Se}$	~3	2.23	555
吸収体	$\text{Cd}_{0.34}\text{Mg}_{0.27}\text{Zn}_{0.39}\text{Se}$	30	2.58	480
ウィンドウ	$\text{Cd}_{0.23}\text{Mg}_{0.43}\text{Zn}_{0.34}\text{Se}$	500	2.88	430

10

【0060】

当業者は、どのようにCdMgZnSe合金の組成物を調整することによって種々の層の記載されるバンドギャップエネルギーを達成するか、理解されよう。例えば、CdMgZnSe合金のバンドギャップエネルギーは主としてMg含有量によって制御される。量子井戸の発光波長（又はエネルギー）は、Cd/Zn比、及び量子井戸の厳密な厚さの両方によって制御される。

20

【0061】

特に別段の指定がない限り、本明細書及び特許請求の範囲において使用する、数量、特性の測定値等を表す全ての数値は、「約」という語で修飾されるものとして理解されるべきである。したがって、そうでない旨が指定されない限り、本明細書及び特許請求の範囲において記載された数値パラメーターは、本出願の教示を利用する当業者が得ようと求める望ましい特性に応じて変化し得る、概算値である。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、各数値パラメーターは少なくとも、記録された有効数字の桁数を考慮して、また通常の下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ー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。

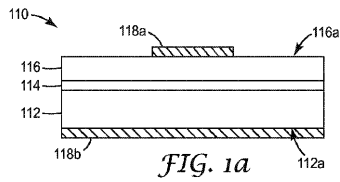
30

【0062】

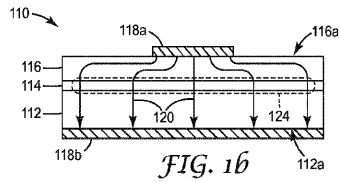
本発明のさまざまな修正及び変更が、本発明の範囲及び趣旨から逸脱することなく、当業者には明らかであり、また本発明は、本明細書に記載された例示の実施形態に限定されないことが理解されるべきである。例えば、読者は、開示される一実施形態の特徴が、特に別段の指定がない限り、全ての他の開示される実施形態にも適用され得ると想定すべきである。また、本明細書において参照された全ての米国特許、特許出願公開、並びに他の特許及び非特許文書は、それらが上述の開示に矛盾しない範囲において、参照により組み込まれるものと理解されるべきである。

40

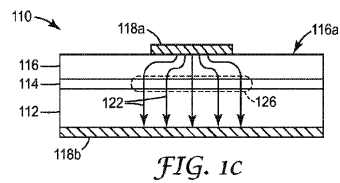
【図 1 a】



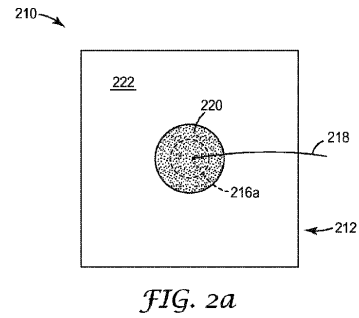
【図 1 b】



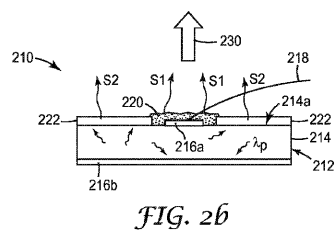
【図 1 c】



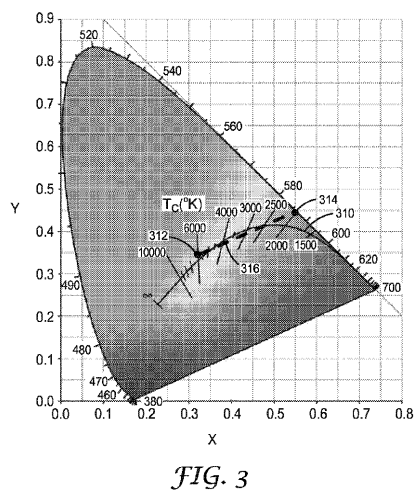
【図 2 a】



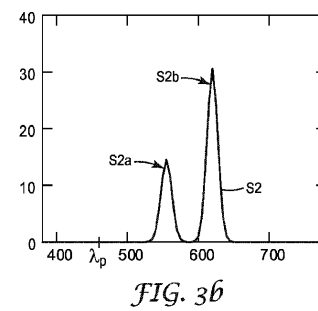
【図 2 b】



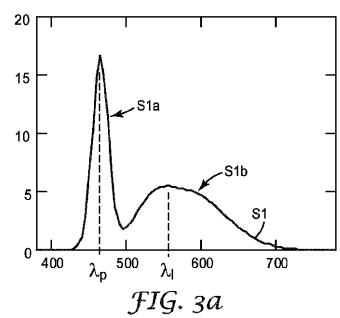
【図 3】



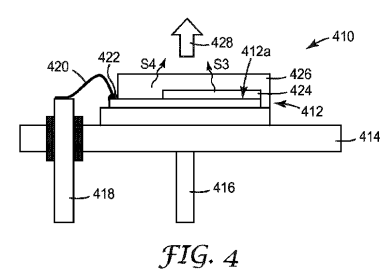
【図 3 b】



【図 3 a】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 ハッセ, ミッシェル エー,
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

審査官 小濱 健太

(56)参考文献 特開2006-190963(JP,A)
特開2008-166740(JP,A)
特開2007-103901(JP,A)
特開2008-159708(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 33/00-33/64