

(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2010-529597

(P2010-529597A)

(43) 公表日 平成22年8月26日(2010.8.26)

(51) Int.Cl.

H05B 33/14 (2006.01)
H05B 33/12 (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01)
F21S 2/00 (2006.01)
F21S 8/12 (2006.01)

F 1

H05B 33/14
H05B 33/12
H05B 33/22
H05B 33/22
F21S 2/00 311

テーマコード(参考)

Z 3K107
C 3K243
A

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 25 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-510294 (P2010-510294)
(86) (22) 出願日 平成20年5月22日 (2008.5.22)
(85) 翻訳文提出日 平成21年11月26日 (2009.11.26)
(86) 國際出願番号 PCT/US2008/006525
(87) 國際公開番号 WO2008/150380
(87) 國際公開日 平成20年12月11日 (2008.12.11)
(31) 優先権主張番号 11/755,055
(32) 優先日 平成19年5月30日 (2007.5.30)
(33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 590000846
イーストマン コダック カンパニー
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ロチェ
スター ステート ストリート 343
(74) 代理人 100099759
弁理士 青木 篤
(74) 代理人 100077517
弁理士 石田 敏
(74) 代理人 100087413
弁理士 古賀 哲次
(74) 代理人 100102990
弁理士 小林 良博
(74) 代理人 100128495
弁理士 出野 知

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】制御可能なスペクトルを有する照明装置

(57) 【要約】

面照明無機エレクトロルミネセントデバイスは、基板および1つもしくは2つ以上の共通してアドレス指定される発光素子のアレイを含む。それぞれの共通してアドレス指定される発光素子は、基板の上に形成された第1の電極層、第1の電極層の上に形成された1層もしくは2層以上の発光層および発光層の上に形成された第2の電極層を含む。発光層は、共通の多結晶半導体マトリックスの中で形成された複数のコア/シェル量子ドット発光体を含み、多数の異なるコア/シェル量子ドット発光体からの光がピークおよびFWHM帯域幅を有する分光分布を有し、それらのピーク波長の差が該異なるコア/シェル量子ドット発光体の460~670nmの範囲内での平均FWHM帯域幅以下である。

【選択図】図1

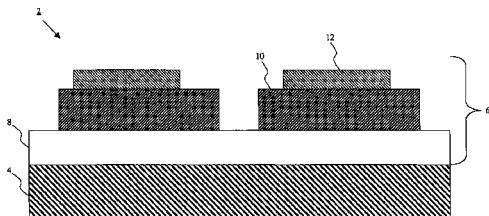


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(a) 基板、および

(b) 1つもしくは2つ以上の共通してアドレス指定される発光素子のアレイを含み、前記共通してアドレス指定される発光素子のそれぞれが、前記基板の上に形成された第1の電極層、該第1の電極層の上に形成された1層もしくは2層以上の発光層および該発光層の上に形成された第2の電極層を含み、

前記1層もしくは2層以上の発光層が、共通の多結晶半導体マトリックスの中に形成された複数のコア／シェル量子ドット発光体を含み、

複数の異なるコア／シェル量子ドット発光体からの光がピークおよびFWHM帯域幅を有する分光分布を有し、それらのピーク波長の差が該異なるコア／シェル量子ドット発光体の460～670nmの範囲内での平均FWHM帯域幅以下である面照明無機エレクトロルミネセントデバイス。

10

【請求項 2】

前記1つもしくは2つ以上の共通してアドレス指定される発光素子のアレイにより生じた可視光の積分スペクトルパワーが白色光を提供する請求項1の面照明無機エレクトロルミネセントデバイス。

【請求項 3】

標準光源に関して、少なくとも80の平均演色評価数を有する請求項1の面照明無機エレクトロルミネセントデバイス。

20

【請求項 4】

(a) 基板の上に第1の電極層を形成するステップ、

(b) ピークおよびFWHM帯域幅を含む分光分布を有する光を放射する複数の異なるコア／シェル量子ドット発光体を形成し、それらのピーク波長の差が、異なるコア／シェル量子ドット発光体の460～670nmの範囲内での平均FWHM帯域幅以下であるステップを含む面照明エレクトロルミネセントデバイスの作製方法。

30

【請求項 5】

多数の異なる種類のコア／シェル量子ドット発光体の固定した割合の異なるサブセットを有する、前記第1の電極層の少なくとも一部分の上に少なくとも第2の発光層を形成するステップをさらに含む請求項4の面照明エレクトロルミネセントデバイスの作製方法。

【請求項 6】

(a) 基板、および

(b) 1つもしくは2つ以上の共通してアドレス指定される発光素子のアレイを含み、前記共通してアドレス指定される発光素子のそれぞれが、

(b1) 前記基板の上に形成された第1の電極層、

(b2) 前記第1の電極層の上に形成された1層もしくは2層以上の発光層、

(b3) 前記発光層の上に形成された第2の電極層を含み、

(c) 前記1層もしくは2層以上の発光層が、狭い間隔の分光分布を有する複数のコア／シェル量子ドット発光体を含み、

前記分光分布がピークおよびFWHM帯域幅を含み、

40

前記異なるコア／シェルドット発光体の少なくとも1つのサブセットにより生じた光の分光分布のピーク波長が、いずれかの2つのピーク波長間の前記最小距離が460nmと670nmとの間で前記平均FWHM帯域幅の1.1倍以下であり、前記エレクトロルミネセントデバイスが80以上の平均演色評価数を有する白色光を生じさせるような間隔になっている、80以上の平均演色評価数を有する面照明無機エレクトロルミネセントデバイス。

【請求項 7】

それぞれの前記発光層が異なるコア／シェル量子ドット発光体の同じようなセットを有する請求項6の面照明無機エレクトロルミネセントデバイス。

【請求項 8】

50

それぞれの前記異なるコア / シェル量子ドット発光体により生じた光の分光分布が 50 nm 以下の FWHM 帯域幅を有する請求項 6 の面照明無機エレクトロルミネセントデバイス。

【請求項 9】

前記デバイスの分光分布が標準光源の分光分布と一致する請求項 6 の面照明無機エレクトロルミネセントデバイス。

【請求項 10】

前記デバイスの分光分布が昼光光源の分光分布と一致し、
前記発光層が、460 nm よりも小さなピーク波長と少なくとも 1 つの 670 nm より大きなピーク波長とを有する分光分布を有する光を放射する少なくとも 2 つの追加のコア / シェル量子ドット発光体からさらに構成される請求項 9 の面照明無機エレクトロルミネセントデバイス。
10

【請求項 11】

前記 FWHM 帯域幅が 30 nm とほぼ同じであり、
前記発光層が、異なるピーク波長を有する分光分布を有する光を生じさせる 13 種以上の異なるコア / シェル量子ドット発光体を含む請求項 6 の面照明無機エレクトロルミネセントデバイス。
20

【請求項 12】

前記デバイスの分光分布が、白色電球の分光分布と一致する請求項 6 の面照明無機エレクトロルミネセントデバイス。

【請求項 13】

前記デバイスの分光分布が、前記黒体放射体の分光分布と一致するように設計される請求項 7 の面照明無機エレクトロルミネセントデバイス。

【請求項 14】

前記定まった分光分布と昼光もしくは同等の相関色温度を有する黒体に近い発光体の分光分布との間で RMS E を計算した場合、前記デバイスの分光分布と黒体に近い放射体との間の RMS E が 1×10^{-3} 未満であり、
前記 2 つの分光分布が、350 nm と 750 nm との間で同じ積分パワースペクトルパワーを有する請求項 8 の面照明無機エレクトロルミネセントデバイス。
30

【請求項 15】

(a) 基板の上に第 1 の電極層を形成するステップ、
(b) ピークおよび FWHM 帯域幅を含む分光分布を有する光を放射する多数の異なるコア / シェル量子ドット発光体を形成するステップ、
(c) 所望の分光分布を形成するために、それぞれの異なるコア / シェル量子ドット発光体の正確な割合を決定するステップ、
(d) 前記正確な割合の異なるコア / シェル量子ドット発光体を含む混合物を形成するステップ、
(e) 前記第 1 の電極層の少なくとも一部分の上に第 1 の発光層を形成するステップ、
および
(f) 前記発光層の上に第 2 の電極層を形成するステップを含み、
前記異なるコア / シェルドット発光体の少なくとも 1 つのサブセットにより生じた光の前記分光分布のピーク波長が、いずれかの 2 つのピーク波長間の最小距離が 460 nm と 670 nm との間で前記 FWHM 帯域幅の 1.1 倍未満であり、前記エレクトロルミネセントデバイスが 80 以上の CRI を有する白色光を生じさせるような間隔になる面照明エレクトロルミネセントデバイスの作製方法。
40

【請求項 16】

白色光を提供するために前記 1 層もしくは 2 層以上の発光層に供給される電圧もしくは電流を調整するために、コントローラーを前記第 1 の電極層および前記第 2 の電極層と接続するステップをさらに含む請求項 15 の面照明エレクトロルミネセントデバイスの作製方法。
50

【請求項 17】

前記第1の電極層および第2の電極層のうちの少なくとも1つが透明もしくは半透明である請求項15の面照明エレクトロルミネセントデバイスの作製方法。

【請求項 18】

前記第1の電極層の少なくとも第1の部分の上に発光層を形成する前記ステップが、コアノシェル量子ドットおよび追加の電気伝導性粒子のコロイド状混合物を形成することをさらに含む請求項15の面照明エレクトロルミネセントデバイスの作製方法。

【請求項 19】

前記第1の電極層の少なくとも一部分の上に前記発光層を形成する前記ステップが、それぞれの前記発光層の領域内に少なくとも1つの共通の無機輸送層をコーティングすることをさらに含む請求項15の面照明エレクトロルミネセントデバイスの作製方法。 10

【請求項 20】

前記発光層を形成する前記ステップが、前記エレクトロルミネセント材料をコーティングする前に、前記第1の電極の上に少なくとも1つの共通の無機輸送層をコーティングすること、および前記第2の電極層を形成する前に前記エレクトロルミネセント材料の上に少なくとも第2の共通の無機輸送層を形成することをさらに含む請求項15の面照明エレクトロルミネセントデバイスの作製方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、照明装置の構造および製造に関し、特に、昼光光源または黒体放射体に近い他のものの分光分布とほぼ同じである分光分布を有する光を生じさせることができる照明装置に関する。 20

【背景技術】**【0002】**

光の複数の色を生成することができる照明装置は、ユーザーが光の相関色温度を調整できるような方法で「白色」光を発生させる、一般的な照明目的のための照明装置を含む多くの用途を満足させることができている。カメラのストロボおよび映画照明システムなどの特別な照明用途での使用のための調整可能な色温度を有する照明がさらに知られている。この応用空間の中では、一般的な黒体放射体、一般的な昼光照明もしくは標準昼光光源の色度座標および分光分布と一致する色度座標および分光分布の両方を有する出力を提供する照明装置をつくり出すことが最も望ましい。日中の間、存在する自然光の色度座標は、プランク軌跡もしくは黒体曲線と呼ばれるCIE (Commission Internationale de l'Eclairage) 色空間内の曲線の近傍に一般的に該当する。4000Kと25000Kとの間の色温度に関する昼光スペクトルを計算するための方法は、当該技術、CIE publication No. 15, Colorimetry (Official Recommendations of the International Commission on Illumination), ウィーン, オーストリア, 2004. の中で挙げられる。この曲線の近傍に到達して該当することが望ましい標準化された照明状態には、5000K、6500Kおよび9300Kの昼光色温度に対応する、D50、D65およびD93と呼ばれる照明状態、並びに、より低い相関色温を有し、見かけ上、タンゲステンランプによって生じる光により類似する、いわゆる、より暖かな色の光がある。これらの標準照明状態と同じ色度座標を有する光を生じさせることが可能である照明装置を有することに加えて、これらの標準光源の標準分光分布と一致する分光分布を有する光を生じさせる照明装置を有することが望ましい。照明装置が生成した光の分光分布と、これらの標準照明状態の分光分布との間の一一致する程度の測定方法の1つは、CIE演色評価数、すなわちCRI (CIE publication No. 13.3, Method of Measuring and Specifying Color-Rendering of Light Sources, ウィーン, オーストリア, 1995.) である。 30 40 50

【0003】

CRIは、所与の照明装置によって照射された標準反射対象物のセットの色の見えが、特定の参照光源の分光分布を有する光によって照射されたそれらの同じ対象物の見えと一致する程度を特定する標準的な方法である。CIE Pub. 13は、2つの演色評価数、いわゆる特殊演色評価数 R_i および平均演色評価数 R_a の計算の規定を設けている。参照光源ならびに実験下の照明装置によって照らされた個々の色サンプルの間の色差から R_i 値を計算する。したがって、それぞれの色サンプルは、その特有の関連した R_i を有する。CIE Publicat ion 13は、光源を試験するために14色の色サンプルのセットを推薦している。平均演色評価数、すなわち R_a 値は、これらの14色の色サンプルうちの最初の8色からの R_i 値の相加平均であり、CRI値として一般に報告されている数である。したがって、当該技術分野では、CRIの用語は、 R_a と取り替えて広く使用され、また、別に言及がなければ、この開示では R_a を言及するために使用される。

10

【0004】

先行技術では、80以上のCRIを有する照明装置が目標分光分布とよく一致し、高品質であると考えられている。CRI測定方法を使用して光源の見えを変える能力を記述することの不利な点は、(1)その測定方法は、8色のパッチのグループのみに対して適用し、それらのパッチは、反射対象物の限定されたセットの反射スペクトルを表し、それらパッチの中には、条件等色に対して特に影響を受けるものがないこと、および(2)その測定方法は、8つの R_i 値にわたる平均であり、一貫した測定ではなく主要な傾向の測定を提供することである。結果として、一組の分光分布の間の一貫性の良好さを測定するために、この測定方法を適用する場合、特に、分光分布が少なく狭いピークから主に構成される光源を使用する場合、それらが、目標分光分布の全体の曲線形状と非常に一致性が悪いにもかかわらず、高いCRI値を得ることが可能である。たとえば、図10は、2つの先行技術の分光分布、広いスペクトル154と、一連の3つの狭帯域の強度成分から成る別のスペクトル152とを示す。明らかに、それらの曲線形状があまり一致していないにもかかわらず、両方のスペクトルは同じ積分放射強度を有する。CIE推薦のセット以外の色は、狭帯域の強度成分から構成される分光分布を使用する場合、重大な条件等色の問題、CRI測定方法によっては取り上げられないかもしれない影響を示すかもしれないという別の結果がある。したがって、無機エレクトロルミネセントデバイスの中で見られるかもしれないそのような光源を評価する場合、その光源を評価するために代わりの測定方法を使用することは重要である。他の有用な測定方法には、設計された光の分光分布と所与の分光分布、一般に標準照明装置の分光分布との間の単純な二乗平均平方根誤差(RMSE)がある。その場合、これらの2つの分光分布は、それらの曲線下において共通の面積を有するように規格化される。さらに、条件等色により影響を受ける対象物の反射スペクトルを表す追加の色パッチをその計算に含める場合、拡張演色測定方法を使用することができる。そのような測定方法は、追加の色パッチの R_i 値に基づかせることができる。

20

【0005】

当該技術分野で、高CRIを有する照明装置を形成するために、2、3の結晶無機エレクトロルミネセントダイオードのみを含む無機エレクトロルミネセントデバイスを使用した照明デバイスが検討されてきた。たとえば、「Light-emitting diode white light source」のタイトルの米国特許第5,851,063号明細書で、Doughtyらは、83と87との間のCRI値を得るために3つの結晶発光ダイオードを使用した光源、ならびに4つの結晶発光ダイオードを使用し、96のCRIに達した照明デバイスを記述している。これらのデバイスは80を越えるCRIを達成するが、それらは、同じ相関色温度を有する黒体放射体の目標分光分布に似ている分光分布を提供しない。これは図10に示されており、図10は、Doughtyによって明確に述べられたピーク波長と、先行技術の2800Kの黒体放射体の分光分布154と比較してほぼ同じであるスペクトル帯域幅とを有する照明装置の先行技術の分光分布152を説明する。ここで、再び、それぞれの光源は、図示の波長範囲内において同じ放射パワーを供給する。再び、これらの2つの分光分布の形状は相互に明確に異なる。結果とし

30

40

50

て、図11に符号160, 162, 164として示される先行技術からのものなどのスペクトル反射率関数を有する追加のパッチに係るR_i値を計算する場合、-60しかない値を得ることができる。負の大きなCRIは、すなわち、スペクトルで相違を有する光源が高い飽和色を照らす場合、一般に、スペクトルを選択する反射物を使用して結合された強い狭帯域成分を含む光源から生ずる。これらのスペクトル反射率関数は、衣類、グラフィックアートもしくは装飾用材料でまれな飽和されたシアンおよび紫色からのものである。さらに、Doughtyによって示された照明装置の規格化された分光分布と参照光源との間のRMSEは、 4.9×10^{-3} であり、それは比較的高い値である。Doughtyは、また、4つの特有のピーク波長を有する4つのLEDを含み、この点でより良好に実施する照明装置の詳細を示していることに留意すべきである。しかし、スペクトルが図11に表されている3色のパッチについての特殊演色評価数がまだ46でしかなく、RMSEは 4.5×10^{-3} である。

10

【0006】

Zukauskasによる「Optimization of white polychromatic semiconductor lamps」(Applied Physics Letters Vol. 80, No. 2, p. 234, 2002)に同じような開示が示されている。また、この論文は、2つ、3つもしくは5つの結晶LEDからの光出力を使用して比較的高いCRI値を得ることができ、その結果、より大きな数の結晶LEDを使用した光についてより高いCRI値が得られるという事実を検討している。しかし、もう一度、結果として得られた分光分布は、より少ない数の狭帯域成分を有し、標準の8色の色パッチを使用して計算する場合、それらは、高いCRI値を提供するが、一般に所望の昼光、黒体もしくは白熱の分光分布と特に良好に一致することはない。最も高いCRIを提供する5つの狭帯域成分を有する光源の場合、図11に示す3つのスペクトル分布についてのR_i値は、49でなく、もう一度、 2.4×10^{-3} の値を有するRMSEは大きい。

20

【0007】

これらの研究論文のそれぞれが、結晶エレクトロルミネセントダイオードからの光放射の利用を検討したことを留意することは重要である。狭波長帯域を有する光を放射する単結晶が完全なデバイスとしてパッケージ化されるように、これらのデバイスは一般にパッケージ化される。これらのデバイスのそれぞれは、それから選別され、ZukauskasおよびDoughtyによって検討されたような照明装置を形成するために一緒にパッケージ化される。それぞれ別々のパッケージ化された単結晶エレクトロルミネセントダイオードを形成し、たくさんのこれらのデバイスをさらに選別し、それらをパッケージ化して照明装置にすることが必要であると費用がかかり、手作業が大変になり、それぞれの照明装置中に2、3よりも多い単結晶エレクトロルミネセントデバイスを含むために極めて費用がかかるようになる。

30

【0008】

また、より広い帯域の光を放射するエレクトロルミネセントデバイスが知られている。たとえば、「Color Temperature-Regulable(sic) LED Light」というタイトルの米国特許出願公開第2004/264193号明細書で奥村は、青色もしくは紫外の結晶エレクトロルミネセントデバイスによって励起された場合、広帯域光を放射するリン光を発する物質から形成された白色LEDを検討している。上記態様は非常に広い帯域幅放射を提供するが、重要な位置で分光分布の相対的な振幅を調整することが可能ではなく、それゆえ、所望の分光分布とスペクトルが良好に一致するために、上記デバイスの出力を正確に調整することが可能ではない。さらに、青色もしくは紫外の光をより長い波長色の光に変換している間にエネルギーを失う。

40

【0009】

B. Damilanoによる最近の論文「From visible to white light emission by GaN quantum dots on Si(111) substrate」(Applied Physics Lett

50

ers Vol. 75, p. 962, 1999) は、量子ドットの複数の層を積層することを検討しており、ホトルミネセンスを通じて白色光の放射を達成するためにそれぞれの層は補色の波長帯域に調整される。エレクトロルミネセント白色光放射は説明されておらず、固定した材料セットを使用した連続的な色調整でもなかった。さらに、このデバイスは所望のスペクトルのいずれにも一致せず、もしくは一致させることを試みなかった。そして、そのデバイスの放射スペクトルは、図に示される波長範囲にわたって 2、3 の狭帯域ピークから一般に構成された。

【0010】

米国特許出願公開第 2006/0043361 号明細書は、白色光放射有機 - 無機ハイブリッドエレクトロルミネセンスデバイスを開示する。そのデバイスは正孔注入電極、正孔輸送層、半導体ナノ結晶層、電子輸送層および電子注入電極を含み、ここで、半導体ナノ結晶層は、少なくとも 1 種類のナノ結晶から構成され、少なくとも 1 つの前述の層は、白色光放射を達成するために光を放射する。また、このデバイスの半導体ナノ結晶層は、サイズ、組成、構造もしくは形状の点で少なくとも 1 つの違いを有する少なくとも 2 種類のナノ結晶から構成されることができる。有機材料は輸送層のために使用され、一方、無機材料はナノ結晶および電極のために使用される。白色光を作り出すために上記デバイスを使用することができるが、この白色光光源の色を変えるか、もしくは白色光光源の分光分布を制御する必要性に取り組まない。

10

【0011】

米国特許第 7,122,842 号明細書は、白色光を生じさせる発光デバイスを開示する。ここで、一連の希土類がドープされた IV 族半導体ナノ結晶は、白色光を生じるために、単一の層の中で混合されるか、もしくは個々の RGB 層の中で積層される。1 つの例では、II 族もしくは VI 族のナノ結晶の少なくとも 1 つの層が、IV 族の希土類がドープされたナノ結晶によって放射された、ポンプ光源として作用する光を受光し、その後、II 族もしくは VI 族のナノ結晶が様々な波長で蛍光を発する。また、この開示は、色の調整もしくは白色光光源の分光分布を制御する方法を説明していない。

20

【0012】

米国特許出願公開第 2005/0194608 号明細書は、広い分光分布の Al_(1-x-y)In_yGa_xN の白色発光デバイスを有するデバイスを開示している。そのデバイスは、広い分光分布を有する、少なくとも 1 つの青色 - 補色光量子ドット放射層と、少なくとも 1 つの青色発光層とを含む。青色 - 補色光量子ドット層は複数の量子ドットを含み、その寸法およびインジウムの含有量は、その層の放射の FWHM を増加させるような一様でない分布になるように処理される。青色発光層は、パッケージ型 LED を形成するために 2 つの導電型クラッド層の間に配置される。様々な例が記載されており、その中では、広いスペクトル分布を提供するために 9 層までの放射層により青色 - 補色放射が達成され、4 層までの青色放射層により青色放射が達成される。しかし、全ての例は、補色の青色および黄色を供給するための 2 つの異なる狭帯域成分の存在を説明している。著者は、標準昼光、黒体もしくはタンゲステン発光体の分光分布のために必要な、比較的連続的な広帯域分光分布を達成するための手段を検討していない。

30

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

それゆえ、特に一般的な昼光もしくはタンゲステンを含む黒体に近い放射体についてスペクトルがよく一致する照明装置の費用をよりかからなくするための必要性が存在する。したがって、照明装置は、標準の黒体に近い分光分布と比較した場合、より高い特殊演色評価数およびより低い二乗平均平方根誤差を有する分光分布を提供すべきである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記必要性は、基板および 1 つもしくは 2 つ以上の共通してアドレス指定される発光素子のアレイを含む面照明無機エレクトロルミネセントデバイスを提供することによりうま

50

く処理される。それぞれの共通してアドレス指定される発光素子は、基板の上に形成された第1の電極層、第1の電極層の上に形成された1層もしくは2層以上の発光層および発光層の上に形成された第2の電極層を含む。発光層は、共通の多結晶半導体マトリックス中に形成された複数のコア／シェル量子ドット発光体を含み、多数の異なるコア／シェル量子ドット発光体からの光がピークおよびFWHM帯域幅を有する分光分布を有し、それらのピーク波長の差が該異なるコア／シェル量子ドット発光体の460～670nmの範囲内の平均FWHM帯域幅以下である。

【0015】

本発明の別の態様は、80以上の平均演色評価数を有する面照明無機エレクトロルミネセントデバイスを提供する。さらに、デバイスは、1つもしくは2つ以上の共通してアドレス指定される発光素子のアレイを含み、それぞれの共通してアドレス指定される発光素子が、

- (1) 基板の上に形成された第1の電極層、
 - (2) 第1の電極層の上に形成された1層もしくは2層以上の発光層、
 - (3) 発光層の上に形成された第2の電極層
- を有する。

【0016】

1層もしくは2層以上の発光層は、狭い間隔の分光分布を有する複数のコア／シェル量子ドット発光体を含み、その分光分布はピークおよびFWHM帯域幅を含む。異なるコア／シェルドット発光体の少なくとも1つのサブセットにより生じた光の分光分布のピーク波長は、いずれか2つのピーク波長間の最小距離が460nmと670nmとの間で平均FWHM帯域幅の1.1倍未満であり、エレクトロルミネセントデバイスが80以上の平均演色評価数を有する白色光を生じさせるような間隔になる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】図1は、本発明の一態様による面照明エレクトロルミネセントデバイスの断面図である。

【図2】図2は、本発明の一態様による発光層の略図である。

【図3】図3は、本発明の一態様による単一のコア／シェル量子ドット発光体の分光分布のプロットである。

【図4】図4は、本発明の一態様によるコア／シェル量子ドット発光体のグループの分光分布のプロットである。

【図5】図5は、当該技術分野で知られている標準光源の分光分布と比較した、本発明の一態様による面照明エレクトロルミネセントデバイスの分光分布のプロットである。

【図6】図6は、当該技術分野で知られている標準光源の分光分布と比較した、本発明の一態様による面照明エレクトロルミネセントデバイスの分光分布のプロットである。

【図7】図7は、本発明の一態様による面照明エレクトロルミネセントデバイスの略図である。

【図8】図8は、本発明の一態様による面照明エレクトロルミネセントデバイスを作製する方法のフローチャートである。

【図9】図9は、本発明の一態様による無機発光ダイオードの断面図である。

【図10】図10は、標準光源の分光分布と比較した、従来技術の解決策の分光分布を説明するプロットである。

【図11】図11は、当該技術分野で知られているように、条件等色を示すための光源の可能性を判断する際に有用な3色の色パッチについてのスペクトル反射率関数を説明する。

【発明を実施するための形態】

【0018】

本発明は、所望の光源の分光分布とほぼ同じである分光分布を有する面照明無機エレクトロルミネセントデバイスを提供する。面照明エレクトロルミネセントデバイス2の断面

10

20

30

40

50

図を図 1 に示す。この図に示すように、エレクトロルミネセントデバイスは、基板 4 および 1 つもしくは 2 つ以上の共通してアドレス指定される発光素子 6 アレイから構成される。共通してアドレス指定されるそれぞれの発光素子 6 は、基板 4 の上に形成された第 1 の電極層 8 、第 1 の電極層 8 の上に形成された 1 層もしくは 2 層以上の発光層 10 および発光層 10 の上に形成された第 2 の電極層 12 を含む。所望の光源の分光分布によく近似している分光分布を提供するために、1 層もしくは 2 層以上の発光層 10 は、一般的な多結晶半導体マトリックスの中に形成された 1 つもしくは 2 つ以上のコア / シェル量子ドット発光体をそれぞれ含む。図 2 に示すように、1 層もしくは 2 層以上の発光層 10 は、複数のコア / シェル量子ドット発光体 22 ~ 30 を一緒に含む。所望の態様では、発光層 10 は、一般的な多結晶半導体マトリックスの中で形成された複数のこれらのコア / シェル量子ドット発光体をそれぞれ含む。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

それぞれの発光素子 6 内、そして望ましくは、それぞれの発光層 10 内の複数のコア / シェル量子ドット発光体の存在は、実際の本発明のデバイスを商売として作製する場合に重要である。これらのデバイスは、所望の分光分布を提供するために、5 種類を越え、しばしば 10 種類を越える異なるコア / シェル量子ドットを含むことが多い。結晶エレクトロルミネセントダイオードなどのコーティング可能なコア / シェル量子ドット技術に対して競合する技術を使用して匹敵する照明デバイスを作れる場合がある。たとえば、当該技術分野で知られているように、5 種類、10 種類もしくはそれよりも多い異なる別個の結晶 LED を使用することによって、照明デバイスを形成できる場合がある。しかし、そのようなデバイスは、それぞれの異なる別個の結晶 LED と、これらの別個の LED からデバイスの組立品とを別々に作製するステップが必要である。本発明は、当該時術分野では、以前は予期されなかった方法を提供する。その方法により、異なるコア / シェル量子ドット発光体のコロイド状の混合物を形成し、そして一般の基板の上に堆積させることができ、そのようなデバイスについての製造の複雑さおよびコストが著しく減少する。さらに、1 電流を備えた電源で、本発明により作製された発光素子を駆動することができるので、電子回路が、先行技術のために必要なものに比べて非常に単純になる。別個の LED から組み立てられた従来技術の面照明デバイスに必要な電子回路には、これらの LED には一般に異なる電流が必要であるので、同じような性能を有する照明装置を形成するために、追加の電気的構成要素が必要である。

【 0 0 2 0 】

図 2 は、本発明の典型的な発光層 10 を示す。図 2 に示すように、発光層は、数多くの異なるコア / シェル量子ドット発光体を含み、それぞれの異なるコア / シェル量子ドット発光体は異なる分光分布を有する。図 2 に示すように、発光層は、コア / シェル量子ドット発光体 22 , 24 , 26 , 28 などの異なるサイズを有する異なるコア / シェル量子ドット発光体を含むことによって、この性能を達成することができる。一般に、符号 26 , 28 などの大きい方のコア / シェル量子ドット発光体は、符号 22 , 24 などの小さい方のコア / シェル量子ドット発光体に比べて、より長い波長を有する光を放射する。手短により詳細に検討したように、発光層 10 は、また、コア / シェル量子ドット発光体 22 , 24 , 26 , 28 ではないが、多結晶半導体マトリックスを通るコア / シェル量子ドット発光体への電流の流れを助けるために存在する他の粒子 30 を含むことができる。

【 0 0 2 1 】

本発明の中では、それぞれの異なるコア / シェル量子ドット発光体 22 , 24 , 26 , 28 は、図 3 に示す分光分布を有する光を放射する。図 3 に示すように、それぞれの異なるコア / シェル量子ドット発光体の分光分布 40 は、この例では、495 nm に図示されているピーク波長 42 および半値幅振幅スペクトル帯域幅 44 (FWHM 帯域幅と呼ぶ) を含む。個々のコア / シェル量子ドット発光体のいずれも单一の波長のみで光を放射するが、一般に知られている合成方法により、一般にサイズ分布を有するコア / シェル量子ドット発光体が生じることに留意すべきである。したがって、意図したか否かにかかわらずコア / シェル量子ドットのこのサイズ分布により、分光分布 40 を有する光が生じる。そ

のサイズ分布は、一般に 30 nm ほどの FWHM 帯域幅 44 が生ずるサイズのバリエーションを一般に有する。したがって、本発明のデバイスは、50 nm 以下の FWHM 帯域幅を一般に有する。本発明の面照明無機エレクトロルミネセントデバイスの中で、それぞれの異なるコア / シェル量子ドット発光体により生じた光の分光分布のピーク波長 42 は、いずれの 2 つのピーク波長の間の最小距離が 460 nm と 670 nm との波長範囲内の平均 FWHM 帯域幅の 1.1 倍よりも小さくなるような狭い間隔になり、これにより、エレクトロルミネセントデバイスは、80 以上の CRI と、多くの多岐にわたる色サンプルに関する一貫して 80 以上である特殊演色評価数 R_i との両方を有する白色光を生じる。ある態様では、同等の相関色温度を有する昼光もしくは黒体に近い発光体の分光分布と比較した場合、エレクトロルミネセントデバイスは、 1×10^{-3} よりも小さな、望ましくは、 5×10^{-4} よりも小さな二乗平均平方根誤差を有する分光分布を生じさせる。ここで、2 つの分光分布は、350 nm と 750 nm との間で同じ積分パワーを有する。あるエレクトロルミネセントデバイスでは、2 つの隣接するピーク波長の間のピーク波長は、460 ~ 670 nm の範囲内で、異なるコア / シェル量子ドット発光体の平均 FWHM 帯域幅 44 以下の値だけ異なる。

【0022】

図 4 は、共通してアドレス指定される本発明の 1 つもしくは 2 つ以上の発光素子内のコア / シェル量子ドット発光体のグループの分光分布の一つの例示的なグループを示す。この図は、13 種の分光分布 50 ~ 74 のグループを示し、それぞれの分光分布は、30 nm の FWHM 帯域幅と、370、401、432、460、490、520、550、580、610、640、670、705、740 nm に位置するピーク波長とを有する。図に示すように、分光分布 56 ~ 70 により 460 ~ 670 nm の範囲内でピーク波長を有する光が生じ、これらのピーク波長は FWHM 帯域幅に等しい 30 nm で分離しており、ピーク波長は平均 FWHM 帯域幅の 1.1 倍よりも小さく、FWHM 帯域幅に等しい最小分離を有する。また、2 つの隣接するピーク波長は、平均 FWHM 帯域幅よりも大きな値だけ異なることに留意すべきである。しかし、460 ~ 670 nm の波長範囲の外側では、ピーク波長は、異なる間隔になっており、概してより長い距離だけ分離していることに留意してください。したがって、これらの分光分布のピーク波長間の分離は、460 ~ 670 nm の範囲内のみで FWHM 帯域幅以下であるが、この範囲の外側では分離がより大きくなる。

【0023】

本発明の中では、異なるコア / シェル量子ドット発光体のグループは、共通してアドレス指定される 1 種もしくは 2 種以上の発光素子の中で、単一の分光分布を提供するために結合することができる光をそれぞれ生じさせる。さらに、それぞれの異なるコア / シェル量子ドット発光体により生じた放射エネルギーの相対的総量を制御するために、異なるコア / シェル量子ドット発光体の濃度などのこの発光層の特質を調整することができる。それゆえ、白色光を発生させるために、結果として生じた単一の分光分布を作り出すことができる。図 5 は、図 4 に描かれたコア / シェル量子ドット発光体の個々の分光分布 50 ~ 74 の正確な割合で光を結合させることによって作り出された分光分布 80 を説明する。また、CIE によって定義された 6500 K の相関色温度を有する標準昼光光源に係る分光分布 82 を図 5 に示す。分光分布 80 は標準分光分布 82 と比較的近接して一致することに留意してください。本発明の面エレクトロルミネセントデバイスによって作り出された分光分布 80 が標準 D65 昼光光源に係る分光分布 82 と一致していることを、パワー分布 82 を基準として使用してパワー分布 80 に関する演色評価数を計算することによって説明することができる。分光分布 80 の場合、CRI 値は、標準分光分布 82 に関連して 97 である。

【0024】

この例で説明したように、面照明エレクトロルミネセントデバイスは、80 以上の演色評価数で標準昼光光源の分光分布と比較的一致する分光分布を提供する。CRI を計算するために、参照スペクトルを用意することが必要であることに留意してください。単に、

10

20

30

40

50

最も近い相関色温度を有する昼光もしくは黒体光源として参照を選択することによって、評価している間に参照を決定することができる。

【0025】

少なくとも80のCRIおよび一貫して80よりも大きなR_i値を達成するためには、面照明エレクトロルミネセントデバイスは、460～670nmの範囲内で、異なるコア／シェル量子ドット発光体の平均FWHM帯域幅44以下の波長値だけ異なるピーク波長を伴う分光分布を有する光を放射する異なるコア／シェル量子ドット発光体を備える。この基準に加えて、発光体は、460nmよりも小さいピーク波長を有する3種の分光分布、および670nmよりも大きなピーク波長を有する2種の分光分布を提供する3種の追加のコア／シェル量子ドット発光体を備える。

10

【0026】

同じピーク波長を有するコア／シェル量子ドット発光体の同じグループを適用することによって、CIEによって提供される標準昼光光源のいずれに対してもよく一致する分光分布を有する面照明エレクトロルミネセントデバイスを作り出すことができる。これを実現するためには、その分光分布のそれぞれの振幅を調整することのみが必要である。たとえば、発光層10の中の異なるコア／シェル量子ドット発光体の相対的濃度を調整することによって、本発明のデバイス中でこれを実現することができる。表1は、ある典型的な相関色温度についてCIE昼光分光分布を達成することができるCRI値を示す。表1に示すように、本発明のデバイスの場合、94と97との間ですべて80よりも大きい分光分布を達成することができる。図11に示すスペクトル反射率関数がCRI値の計算に関して適しているスペクトル反射率関数に加えられた場合でさえも、最小R_i値が90よりも大きいことに留意してください。さらに、この例では、RMSE値が全て 2.5×10^{-4} よりも小さい。

20

【0027】

【表1】

表1

相関色温度	CRI	最小(R _i)	RMSE
4000K	94	92	1.9×10^{-4}
5000K	96	94	1.8×10^{-4}
6500K	97	95	1.8×10^{-4}
9300K	97	96	2.0×10^{-4}
10000K	97	96	2.0×10^{-4}
15000K	96	95	2.2×10^{-4}
20000K	95	95	2.3×10^{-4}
25000K	95	94	2.4×10^{-4}

30

40

【0028】

表1は、460～670nmの範囲内におけるそれらのFWHM帯域幅に等しい距離でコア／シェル量子ドット発光体の分光分布を重ねることによって作り出した、本発明のデバイスのスペクトルがよく一致していることを説明する。コア／シェル量子ドット発光体

50

の分光分布をよりわずかに重ねた場合、良好な性能を達成することができる。たとえば、表2は、460 nmと670 nmとの範囲内で、コア／シェル量子ドット発光体の分光分布が平均帯域幅の1.1倍だけ重なる場合に達成することができる結果を示す。特に、コア／シェル量子ドット発光体は、30 nmのFWHM帯域幅を有し、と370、401、422、455、488、511、544、577、610、643、676、705、740 nmのピーク波長が適用された。表2に示すように、図11に示すスペクトル反射率関数がCRI値の計算に適したスペクトル反射率関数に加えられる場合でさえも、CRI値および最小特殊演色評価数の両方が80よりも大きい。さらに、 3.5×10^{-4} よりも小さいRMSE値を達成する。

【0029】

10

【表2】

表2

相関色温度	CRI	最小(R _i)	RMSE
4000K	95	90	2.9×10^{-4}
5000K	89	87	3.1×10^{-4}
6500K	87	85	3.1×10^{-4}
9300K	86	85	3.1×10^{-4}
10000K	86	85	3.1×10^{-4}
15000K	86	84	3.1×10^{-4}
20000K	86	84	3.0×10^{-4}
25000K	86	83	3.0×10^{-4}

20

30

【0030】

それぞれの標準昼光分光分布は、460 nmと670 nmとの間でなめらかに変わる。異なる比較的狭い分光分布（すなわち、狭いFWHM帯域幅を有する分光分布）の光を結合させることより、80よりも大きなCRIとなめらかに変わるスペクトルを達成するためには、異なる比較的狭い分光分布の間で、かなりの程度重なること、当該技術分野で以前認識されていなかった事実が必要である。460 nmと670 nmとの間の分光分布間の重なりをより小さくすることによって重なることの影響を説明することができる。より小さな重なりを達成するために、この範囲で分光分布50～74のうちの1つを除くことができ、460～670 nmの範囲内でピーク波長42の間に大きな間隔を備えることができる。この例では、370、401、432、460、495、530、565、600、640、670、705、740 nmのピーク波長を有する分光分布が適用された。460～670 nmの範囲内のこれらの発光体のピーク波長を、30 nmのFWHM帯域幅の1.1倍よりも大きい35 nmだけ分離することに留意してください。以前の例のように、前の2つの表で示された同じ相関色温度について達成することができる最大演色評価数を表3に示す。それぞれの異なるコア／シェル量子ドット発光体について分光分布の重なりが減少する場合、CRI値は、高い90台の中の値から68と83との間の値へ減少し、拡張されたパッチセットについての最小R_i値は58と73との間の範囲にわたることに留意してください。さらに、RMSE値が 3.4×10^{-4} もしくはそれよりも

40

50

大きくなる。この例が説明したように、高いCRIおよび一貫したR_iを達成するためには、異なるコア／シェル量子ドット発光体からの放射について分光分布がかなり重なっていることが重要である。目標分光分布がなめらかに変わる波長範囲にわたって、異なるコア／シェル量子ドット発光体のピーク波長を平均FWHM帯域幅以上、分離させないことによって、この重なりの必要性を達成することができる。

【0031】

【表3】

表3

相関色温度	CRI	最小(R _i)	RMSE
4000K	83	73	3.6×10^{-4}
5000K	77	68	3.5×10^{-4}
6500K	74	63	3.4×10^{-4}
9300K	71	61	3.4×10^{-4}
10000K	71	60	3.4×10^{-4}
15000K	69	59	3.4×10^{-4}
20000K	69	58	3.4×10^{-4}
25000K	68	58	3.5×10^{-4}

10

20

30

40

50

【0032】

また、目標分光分布の波長範囲内の異なるコア／シェル量子ドット発光体の分光分布を重ねるというこの原理を適用することによって、従来の白熱電球もしくは従来の黒体発光体のいずれかの分光分布とよく一致した分光分布を有する面照明エレクトロルミネセンティデバイスを提供することができる。図6は従来の白熱電球の分光分布90を示す。標準黒体放射体に形状が非常に似ているこの目的分光分布は、460～670nmの範囲にわたるのみならず可視域全体にわたってなめらかに変化することに留意してください。数多くの異なるコア／シェル量子ドット発光体を含む発光層10を備えることによって、そのような分光分布を達成することができる。ここで、個々の異なるコア／シェル量子ドット発光体の分光分布は、ピーク波長が、異なるコア／シェル量子ドット発光体の平均FWHM帯域幅以下の波長値だけ異なるようになる。たとえば、30nmのFWHM帯域幅の異なるコア／シェル量子ドット発光体を使用する本発明の面照明エレクトロルミネセンティデバイスは、360、390、420、450、480、510、540、570、600、630、650、680、720および750nmのピーク波長を有する発光体を採用することができる。適した割合でこれらのスペクトル位置の発光体を採用することによって、分光分布92が得られる。元のタンゲステン発光体と比較した場合、そのようなデバイスは、80をかなり越えた87のCRIを有するであろう。すなわち、拡張されたパッチセットに関して80を越える81の最小R_i値を有するであろう。そして、タンゲステン光源と同じ相関色温度を有する黒体光源の分光分布と比較した場合、 1.5×10^{-4} のRMSEを有するであろう。したがって、これらの基準に基づいて、結果として得られたデバイスは、タンゲステン球の照明とほぼ同じにするための高品質の照明デバイスを備えるであろう。同様に、標準黒体発光体と一致させるために異なるコア／シェル量子ドット

発光体の同様のグループを使用することにより、平均 F W H M 帯域幅以下の波長値だけ異なるピーク波長を採用することによって、同様の一致性を獲得することができる。

【 0 0 3 3 】

それぞれの前の例では、それぞれの異なるコア / シェル量子ドット発光体が備える F W H M 帯域幅は、それぞれの異なるコア / シェル量子ドット発光体について同じであったことに留意すべきである。しかし、これは本発明の必要条件ではない。その代わり、それぞれの異なるコア / シェル量子ドット発光体が異なる F W H M 帯域幅を有することも可能である。ピーク波長の分離は平均 F W H M 帯域幅以上にすべきである。F W H M 帯域幅が全て同じである場合、全ての F W H M 帯域幅は、当然、平均 F W H M 帯域幅に等しい。しかし、F W H M 帯域幅が全て同じであるということではない場合、平均 F W H M 帯域幅は、いずれかのコア / シェル量子ドット発光体の F W H M 帯域幅と、最も近いピーク波長周波数を有するそれに隣接するものの一方もしくは両方の F W H M 帯域幅とから計算される。また、面照明エレクトロルミネセントデバイス内の異なるコア / シェル量子ドット発光体の全ての F W H M 帯域幅から平均 F W H M 帯域幅を計算する。

10

【 0 0 3 4 】

この開示の中の例は、複数の、主として 5 種を越える、さらに 10 種を越える異なるコア / シェル量子ドット発光体を採用したことに留意すべきである。第 1 の電極層と第 2 の電極層でこれらの発光体の全てをコーティングすることができ、そしてこれは、最も費用のかからない上記デバイスを作製する方法であり得るが、このコーティング法は必須ではない。いずれの発光素子も共通してアドレス指定されることのみが必要である。そのような代替の態様の 1 つを図 7 に示す。この図に示すように、本発明の面照明デバイス 102 は 2 つの発光素子 104, 106 から構成される。第 1 のタイプの発光素子 104 を形成するために、一組の電極の間に第 1 の発光層を堆積することができる。同様に、第 2 のタイプの発光素子 106 を形成するために、一組の電極の間に第 2 の発光層を堆積することができる。これらの 2 つの発光素子の発光層は、本発明を容易にするのに必要な異なるコア / シェル量子ドット発光体のサブセットをそれぞれ備える。しかし、これらの 2 つの発光素子 104, 106 は共通してアドレス指定される。すなわち、共通の駆動信号を使用して 2 つの発光素子 104, 106 を同時に駆動するために、コントローラー 108 から制御電線 110 にわたって単一の制御信号を供給することができる。

20

【 0 0 3 5 】

30

図 9 に、本発明の発光素子を形成する際に有用な無機発光ダイオード 202 を示す。

この図に示すように、発光ダイオード 202 は、量子ドット無機発光層 210 を組み込む。基板 204 は、堆積された半導体層および金属層を支持する。基板 204 は、堆積プロセスが可能な程に十分堅くすべきことが好ましく、その結果、それは、熱アニールプロセス (285 までの最大温度) に耐えることができる。基板 204 は、透明でも不透明でもあり得る。可能な基板材料は、ガラス、シリコン、金属ホイルおよびいくつかのプラスチックである。次の堆積材料はアノード 208 である。基板 204 が p 型 Si の場合、アノード 208 は、基板 204 の底面上に堆積される。p - Si について好適なアノード金属は Al である。熱蒸着もしくはスパッタリングによってそれを堆積することができる。その堆積に引き続いて、430 までの温度でそれを 20 分間アニールすることが好ましい。上で挙げられた他の基板タイプの全てについて、アノード 208 は、基板 204 の上面に堆積され、酸化インジウムスズ (ITO) などの透明伝導体から構成される。スパッタリングもしくは、当該技術分野でよく知られた他の処置によって、ITO を堆積することができる。ITO は、その透明度を改善するために、一般に、300 までの温度で 1 時間アニールされる。ITO などの透明伝導体のシート抵抗は、金属のシート抵抗に比べて非常に大きいので、接触パッドから実際のデバイスまでの電圧降下を低減するために、熱蒸着もしくはスパッタリングを使用してシャドーマスクを通してバス (bus) 金属 214 を選択的に堆積することができる。無機発光層 210 を次に堆積する。透明伝導体（もしくは Si 基板）の上にそれを滴下もしくはスピンドリップ（スピンドル）キャストすることができる。また、コロイド状の量子ドット - 無機ナノ粒子混合物をインクジェット印刷することなど

40

50

の他の堆積技術も可能である。その堆積に引き続いて、270 の好ましい温度で無機発光層210を50分間アニールする。最後に、無機発光層210の上にカソード212の金属を堆積する。カソード212金属の候補は、無機ナノ粒子を含む材料とオーム接触を形成するものである。たとえば、量子ドットがZnS無機ナノ粒子から形成される場合、好ましい金属はAlである。熱蒸着もしくはスパッタリングによりそれを堆積することができ、285、10分間の熱アニールが後に続く。また、当業者は、カソード212を基板204上に堆積させ、アノード208を無機発光層210上に形成するように、その層の構成を逆にすることができると推測することができる。この構成では、基板204がSiから形成される場合、基板204はn型Siである。

【0036】

図9に示されていないが、無機発光層210を囲むようにp型輸送層およびn型輸送層をデバイスに加えることができる。当該技術分野で周知なように、LED構造はドープされたn型およびp型の輸送層を一般に含む。それらは、少し異なる目的を果たす。半導体がドープされている場合、半導体に対するオーム接触の形成がより簡単になる。発光体層は一般に真性半導体か、もしくは少しばかりドープされているので、ドープされた輸送層に対してオーム接触を作りることが非常に簡単になる。表面プラズモン効果の結果として、発光体層に近接して金属層を有することにより、発光体効率の損失が生じる。その結果として、十分な厚み(少なくとも150nm)の輸送層によって金属接触から発光体層への間隔をあけることは有利である。最後に、輸送層は、発光体層に電子および正孔を注入するのみならず、材料をより適切に選択することによって、発光体層から逆戻りして出てくるキャリアの漏れを防止することができる。たとえば、発光層210の無機量子ドットがZnSe_{0.5}S_{0.5}からなり、輸送層がZnSから構成される場合、その場合、電子および正孔は、ZnSのポテンシャル障壁によって発光体層に閉じ込められるだろう。p型輸送層のために好適な材料には、II-VI族半導体およびIII-V族半導体がある。典型的なII-VI族半導体は、ZnSe、ZnSもしくはZnTeである。ZnTeのみが生来のp型であり、一方、ZnSeおよびZnSはn型である。十分に高いp型伝導性を得るために、3つの材料の全てに追加のp型ドーパントを添加すべきである。II-VI族p型輸送層の場合、可能なドーパント候補はリチウムおよび窒素である。たとえば、文献では、ということが示されている。0.4-cmしかない抵抗率を有するp型ZnSeを作り出すために350までの温度でLi₃NをZnSe中に拡散することができる。

【0037】

n型輸送層のために好適な材料には、II-VI族半導体およびIII-V族半導体がある。典型的なII-VI族半導体は、ZnSeもしくはZnSである。p型輸送層の場合は、十分に高いn型伝導性を得るために、n型ドーパントを半導体に添加すべきである。II-VI族n型輸送層の場合、可能なドーパント候補は、Al、InもしくはGaのIII-V族タイプのドーパントである。当該技術分野でよく知られているように、イオン注入(アニールが後に続く)もしくは拡散プロセスのどちらかで、これらのドーパントをその層に添加することができる。よい好ましい経路は、ナノ粒子の化学合成の間に、その場でそのドーパントを添加することである。ヘキサデシルアミン(HDA)/TOPO配位溶媒で形成されたZnSe粒子の例に取ると、Zn源はヘキサン中のジエチル亜鉛であり、Se源はTOP(TOPS eを形成する)中に溶解しているSe粉である。ZnSeにAlをドープする場合、その場合は、ヘキサン中で配位する割合のトリメチルアルミニウム(ジエチル亜鉛の濃度と比較して数パーセント)を、TOPSeおよびジエチル亜鉛が入っている注入器に加えるであろう。化学浴堆積法により薄膜を成長させる場合、このような、その場でドープするプロセスは成功裡に明示される。その構造に加えられたp型輸送層もしくはn型輸送層のみを有するダイオードもまた作動することに留意すべきである。また、当業者は、カソード212を基板204上に堆積させ、アノード208をp型輸送層上に形成するように、その層の構成を逆にすることができると推測することができる。Siが支持する場合、基板204はn型Siである。

10

20

30

40

50

【0038】

好みしくは、無機発光層210は複数の発光コアからなり、それぞれのコアは、正孔および電子の再結合に応答して光を放射する半導体材料を有し、それぞれの上記発光コアは第1のバンドギャップを決定する。そして、コア／シェル量子ドットを形成するために、複数の半導体シェルが発光コアの周りにそれぞれ形成され、それぞれの上記半導体シェルは、第1のバンドギャップよりも広い第2のバンドギャップを有する。そして、半導体マトリックスは、半導体マトリックスを通る伝導路を備えるために半導体シェルと接続され、正孔および電子の再結合を可能にするように、それぞれの上記半導体シェルおよびそれに対応する発光コアと接続される。

【0039】

2つの電極のうちの少なくとも1つ（すなわち、アノード208もしくはカソード212）を、ITOもしくはIZOなどの透明もしくは半透明の材料で一般に形成する。対向する電極は、アルミニウムもしくは銀などの高反射材料で形成することが多いが、また透明でもよい。典型的な態様では、アノードが透明で、カソードが反射するが、反対の構造もまた実行可能である。上記のように、無機半導体材料から正孔および電子の輸送材料を形成することができ、そして、代わりに、有機半導体材料から形成してもよい。また、電極のうちの1つの近くで反対に荷電した粒子と再結合するために、電子もしくは正孔が発光層を通って伝わるのを防止するための、電極または電子もしくは正孔のブロッキング層からの電子および正孔の注入など、他の機能を向上させるために追加の層をその構造の中に配置することができる。図6に関連してちょうど記載されたように、無機発光ダイオードは、本発明の面照明エレクトロルミネセントデバイスの中に1つもしくは2つ以上の発光素子を備えることができる。

10

20

【0040】

本明細書では、発光素子は、一対の電極片を分け、光を放射する任意のエレクトロルミネセント素子と定義される。発光素子は、単一の発光層の中にコア／シェル量子ドット発光体の混合物を含むことができ、発光素子は、複数の発光層を含むことができ、それぞれ1種もしくは2種以上の異なるコア／シェル量子ドット発光体を含み、これらの電極は一般にアドレス指定される場合、発光素子は、分割された一対の電極の間に形成される、異なるコア／シェル量子ドット発光体を有する個別の発光層から構成される。

30

【0041】

面照明エレクトロルミネセントデバイスの作製方法は、図8に示すステップを含む。まず最初に、基板の上に第1の電極層を形成する(120)。次に、ピークおよびFWHM帯域幅を含む分光分布を有する光を放射する多くの異なるコア／シェル量子ドット発光体を形成する(122)。ここで、異なるコア／シェル量子ドット発光体の少なくとも1つのサブセットによって生じた光の分光分布のピーク波長は、460nmと670nmとの間の範囲内の異なるコア／シェル量子ドット発光体の平均FWHM帯域幅以下の波長値異なる。同時係属しており、参照することによって、この結果そっくりそのまま含まれることになるKahenによる米国出願公開第2007/0057263号明細書で、それぞれのサイズのコア／シェル量子ドット発光体を形成するためのプロセスの1つを検討している。このプロセスを使うと、コア／シェル量子ドット発光体を形成するのに使用される反応のパラメーター（たとえば、時間、温度または濃度）を変更することにより異なるサイズのコア／シェル量子ドット発光体が形成される。混合したとき所望の分光分布を有するデバイスを形成する、それぞれの異なるコア／シェル量子ドット発光体の正確な割合を決定する(124)。異なるコア／シェル量子ドット発光体をそれぞれ加えることで正確な色を得ることを確実にするため、ホトルミネンスを使用してこの出力スペクトルをチェックすることができることに留意してください。その後、それぞれのサイズ分布のコア／シェル量子ドット発光体を含む混合物を形成するために、結果として得られたコア／シェル量子ドット発光体を広く知られた材料に入れて混合することによって、正確な割合の異なるコア／シェル量子ドット発光体を含む混合物を形成する(126)。追加の伝導性無機粒子と一緒に2つの分布もしくはサイズの量子ドットの混合物を形成する任意選択的

40

50

な作業（128）を実施してもよい。いくつかの態様では、半導体マトリックスを形成し、正孔および電子の量子ドットへの流れを促進するとき、これらの追加の伝導性無機粒子は有用であり得る。その後、第1の発光層の上に混合物をコーティングすることによって、第1の電極層の少なくとも一部分の上に第1の発光層を形成する（130）。導電率を改善するために、この層を乾燥し、焼成することができる。その後、第1および第2の発光層の上に第2の電極層を形成する（132）。

【0042】

本発明による面照明エレクトロルミネセントデバイスを作製する方法は、他の任意選択的なステップを含む。たとえば、多数の異なる種類のコア／シェル量子ドット発光体の固定した割合の異なるサブセットを有する、第1の電極層の少なくとも一部分の上の第2の発光層。この例では、図7に描いたように、第1のタイプの発光素子104を作り出すために、第1の電極層の一部の上に第1の発光層を形成することができ、第2の発光素子106を作り出すために、第1の電極層の別々の部分の上に第2のタイプの発光層を形成することができる。そのようなデバイスでは、所望の色の光を得るために発光素子に供給される電圧または電流を調整するため、第1および第2の電極層とコントローラー108を接続する必要があり得る。第1の電極層の少なくとも第1の部分の上に発光層を形成するこのプロセスは、異なるコロイド状のコア／シェル量子ドットの混合物を形成することをさらに含み、その後、第2の発光層の堆積のための追加の電気的伝導性粒子を第1の発光層の中に形成した。

10

【0043】

別の任意選択的なステップは、発光層のそれぞれの領域内に少なくとも1つの共通の無機電荷輸送層をコーティングすることを含むことができる。そのようなデバイスを製造することには、エレクトロルミネセント材料をコーティングする前に、少なくとも1つの共通の無機電荷輸送層を、第1の電極層の上にコーティングすること、および第2の電極層を形成する前に、少なくとも第2の共通の無機輸送層を、発光層10の上に形成することが含まれることが多い。本発明のデバイスからの光の放射を減少させる可能性のある表面プラズモンの生成を防止しながら、電極から発光層への電子および正孔の流れを促進する点で、そのような電荷輸送層は有用となり得る。

20

【0044】

本発明の好ましい態様を特に参照して本発明を詳細に記載してきたが、本発明の精神および範囲の中であれば、変形例および変更例にも効力が及ぶことを理解するであろう。

30

【符号の説明】

【0045】

- 2 デバイス
- 4 基板
- 6 発光素子
- 8 第1の電極層
- 10 発光層
- 12 第2の電極層
- 22 コア／シェル量子ドット発光体
- 24 コア／シェル量子ドット発光体
- 26 コア／シェル量子ドット発光体
- 28 コア／シェル量子ドット発光体
- 30 伝導性粒子
- 40 分光分布
- 42 ピーク波長
- 44 FWHM帯域幅
- 50 分光分布
- 52 分光分布
- 54 分光分布

40

50

5 6	分光分布	
5 8	分光分布	
6 0	分光分布	
6 2	分光分布	
6 4	分光分布	
6 6	分光分布	
6 8	分光分布	
7 0	分光分布	
7 2	分光分布	
7 4	分光分布	10
8 0	デバイスの分光分布	
8 2	標準 <u>昼</u> 光光源の分光分布	
9 0	白熱電球の分光分布	
9 2	分光分布	
1 0 2	面照明デバイス	
1 0 4	第1のタイプの発光素子	
1 0 6	第2のタイプの発光素子	
1 0 8	コントローラー	
1 1 0	制御電線	
1 2 0	第1の電極層を形成するステップ	20
1 2 2	コア／シェル量子ドット発光体を形成するステップ	
1 2 4	正確な割合を決定するステップ	
1 2 6	混合物を形成するステップ	
1 2 8	任意選択的に伝導性粒子で混合物を形成するステップ	
1 3 0	第1の発光層を形成するステップ	
1 3 2	第2の電極層を形成するステップ	
1 5 2	照明装置の分光分布	
1 5 4	黒体分光分布	
1 6 0	スペクトル反射率関数	
1 6 2	スペクトル反射率関数	30
1 6 4	スペクトル反射率関数	
2 0 2	無機発光ダイオード	
2 0 4	基板	
2 0 8	アノード	
2 1 0	発光層	
2 1 2	カソード	
2 1 4	バス金属	

【図 1】

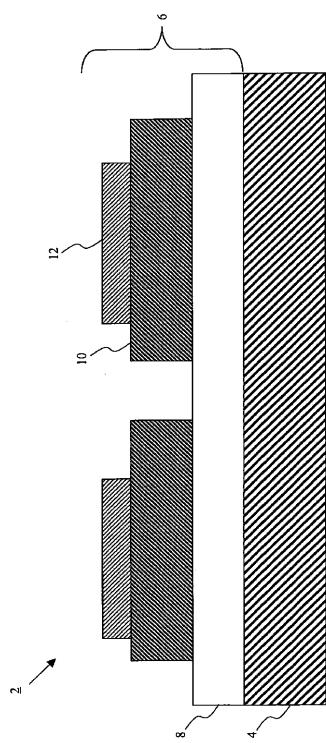


FIG. 1

【図 2】

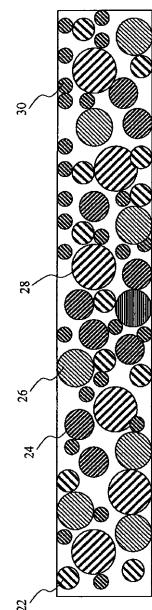


FIG. 2

【図 3】

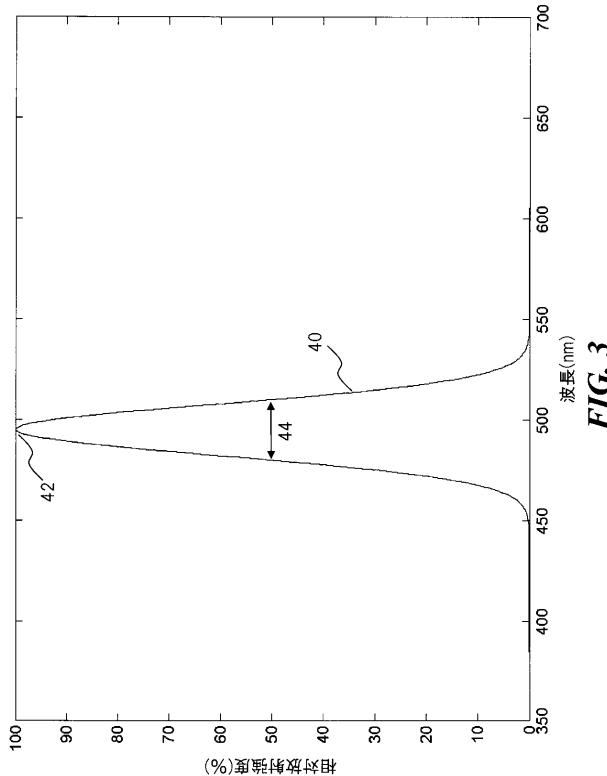


FIG. 3

【図 4】

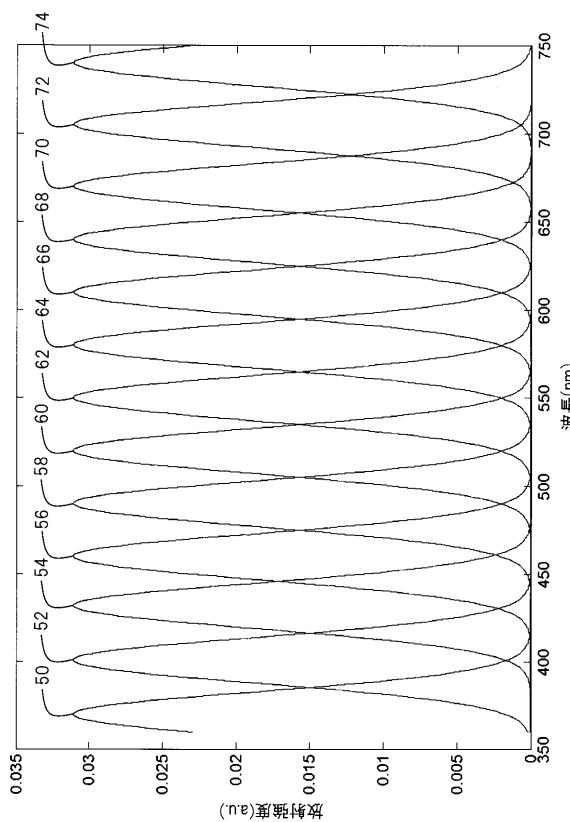
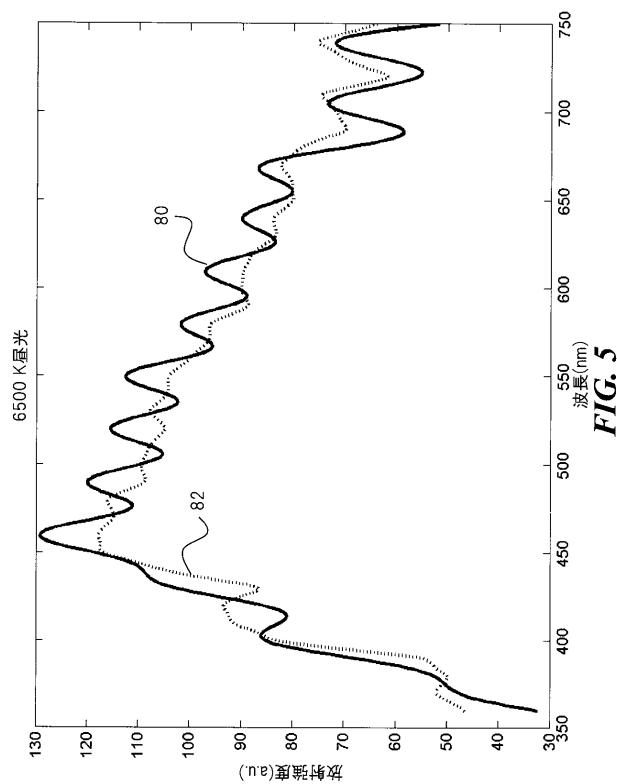
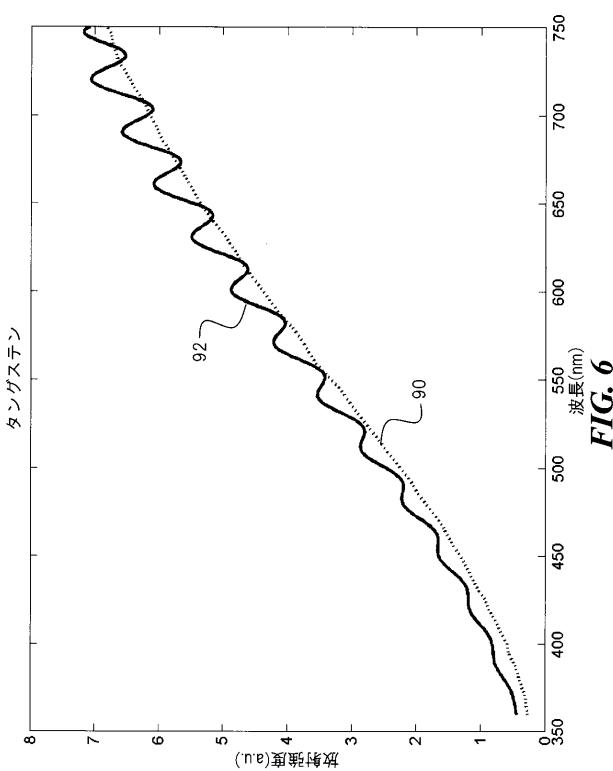


FIG. 4

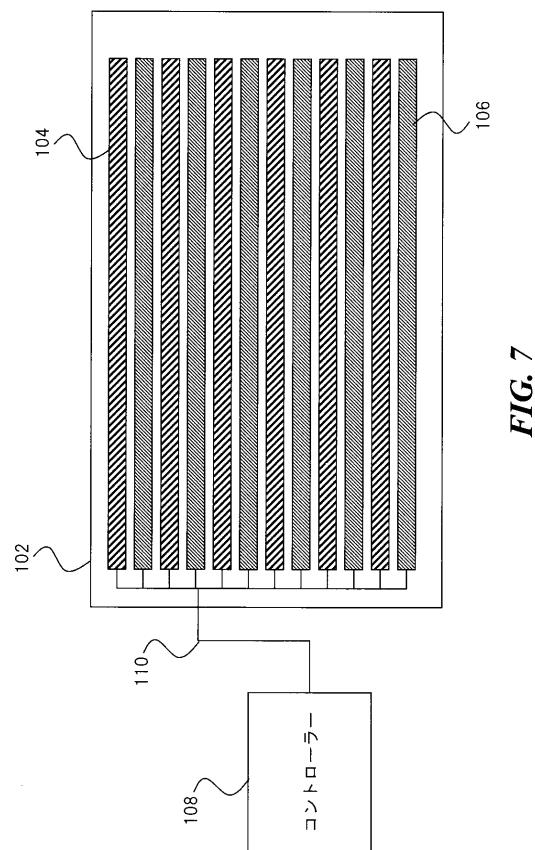
【図 5】



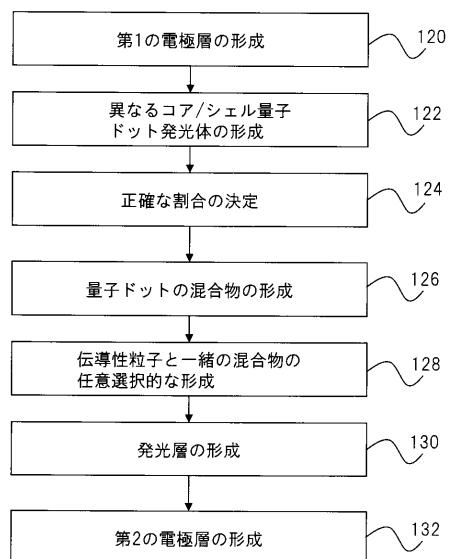
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

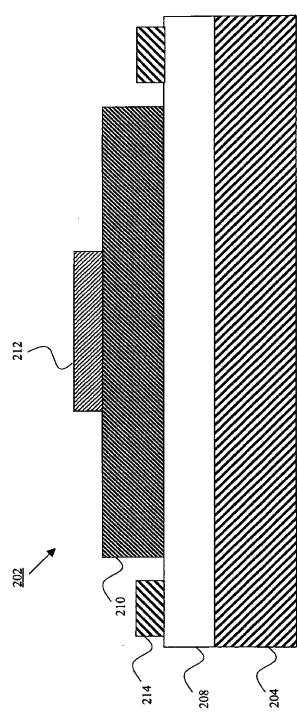
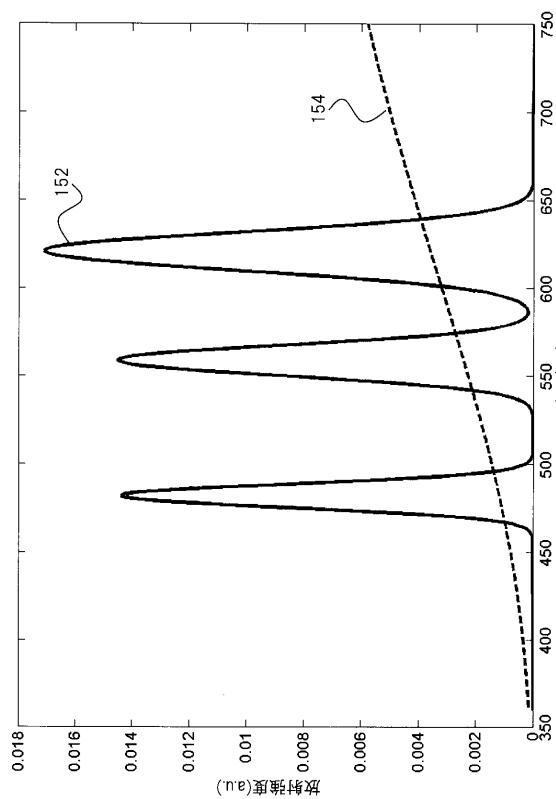
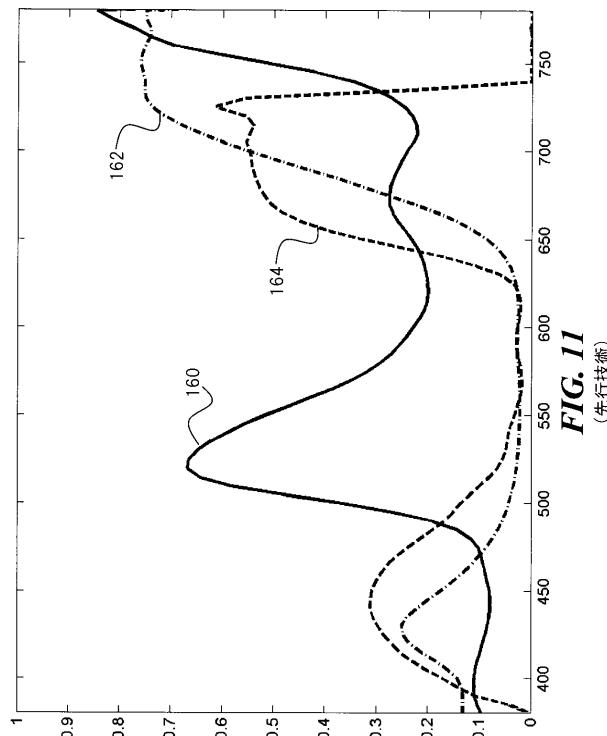


FIG. 9

【図 10】

FIG. 10
(先行技術)

【図 11】

FIG. 11
(先行技術)

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2008/006525

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L33/00

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)

H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2007/001581 A1 (STASIAK JAMES W [US] ET AL) 4 January 2007 (2007-01-04) paragraphs [0004], [0014], [0032] – [0040], [0056], [0070] – [0072]; figure 1 ----- -/-	1-20

Further documents are listed in the continuation of Box C.

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 document 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

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

19 August 2008

27/08/2008

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Meacher, David

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2008/006525

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DAMILANO B ET AL: "From visible to white light emission by GaN quantum dots on Si(111) substrate" APPLIED PHYSICS LETTERS, AIP, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, MELVILLE, NY, vol. 75, no. 7, 16 August 1999 (1999-08-16), pages 962-964, XP012024601 ISSN: 0003-6951 abstract page 962, right-hand column, lines 2,3 page 964, right-hand column, lines 9-11; figure 4(d).	1-20
Y	US 2005/051766 A1 (STOKES EDWARD B [US] ET AL) 10 March 2005 (2005-03-10) abstract paragraphs [0008], [0017], [0020], [0037], [0043], [0052]	1-20
Y	US 2006/043361 A1 (LEE SUNG H [KR] ET AL) 2 March 2006 (2006-03-02) abstract paragraphs [0011] - [0013], [0026] - [0034], [0054] - [0056]	1-20
Y	US 2005/092980 A1 (CHEN CHENG C [TW] ET AL CHEN CHENG CHUAN [TW] ET AL) 5 May 2005 (2005-05-05) figures 2,7	5,10,11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/US2008/006525

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 2007001581	A1 04-01-2007	EP 1900044	A1 19-03-2008	
		WO 2007005240	A1 11-01-2007	
US 2005051766	A1 10-03-2005	NONE		
US 2006043361	A1 02-03-2006	JP 2006066395	A 09-03-2006	
		KR 20060018583	A 02-03-2006	
US 2005092980	A1 05-05-2005	JP 2005079583	A 24-03-2005	
		TW 233697	B 01-06-2005	

フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
H 05 B 33/10	F 2 1 S 8/12	5 0 0
F 2 1 Y 105/00	F 2 1 S 2/00	4 8 2
	H 05 B 33/10	
	F 2 1 Y 105:00	1 0 0

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

(74) 代理人 100154391

弁理士 鈴木 康義

(72) 発明者 コーク, ロナルド スティーブン

アメリカ合衆国, ニューヨーク 14650, ロチェスター, ステイト ストリート 343

(72) 発明者 ケーン, ポール ジェイムズ

アメリカ合衆国, ニューヨーク 14650, ロチェスター, ステイト ストリート 343

(72) 発明者 ミラー,マイケル ユージン

アメリカ合衆国, ニューヨーク 14650, ロチェスター, ステイト ストリート 343

F ターム(参考) 3K107 AA05 AA06 AA08 BB02 CC07 CC09 CC45 DD51 DD54 FF13

3K243 AA01 AC06 CD09