

(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2011-526074
(P2011-526074A)

(43) 公表日 平成23年9月29日(2011.9.29)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
H O 1 L 33/50 (2010.01) H O 1 L 33/00 4 1 0 5 F O 4 1

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2011-516388 (P2011-516388)
(86) (22) 出願日 平成21年6月1日(2009.6.1)
(85) 翻訳文提出日 平成22年12月24日(2010.12.24)
(86) 国際出願番号 PCT/US2009/045801
(87) 国際公開番号 W02009/158138
(87) 国際公開日 平成21年12月30日(2009.12.30)
(31) 優先権主張番号 61/075,918
(32) 優先日 平成20年6月26日(2008.6.26)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

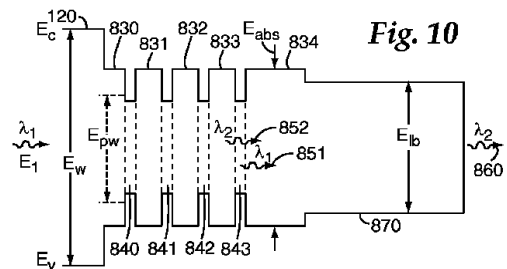
(71) 出願人 505005049
スリーエム イノベイティブ プロパティ
ズ カンパニー
アメリカ合衆国, ミネソタ州 5 5 1 3 3
- 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オ
フィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエ
ム センター
(74) 代理人 100099759
弁理士 青木 篤
(74) 代理人 100077517
弁理士 石田 敬
(74) 代理人 100087413
弁理士 古賀 哲次
(74) 代理人 100093665
弁理士 蛭谷 厚志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体光変換構成体

(57) 【要約】

半導体光変換構成体が開示される。この半導体光変換構成体は、第1の波長の光の少なくとも一部を吸収するための第1の半導体層と、第1の波長の吸収される光の少なくとも一部をより長い第2の波長の光に変換するための半導体ポテンシャル井戸と、第1の波長の光の少なくとも一部を吸収する能力のある第2の半導体層と、を含む。第1の半導体層は、最大の第1の屈折率を第2の波長で有する。第2の半導体層は、最大の第1の屈折率よりも大きい第2の屈折率を第2の波長で有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体光変換構成体であって、

第 1 の波長の光の少なくとも一部を吸収するための第 1 の半導体層と、

前記第 1 の波長の吸収される光の少なくとも一部をより長い第 2 の波長の光に変換するための半導体ポテンシャル井戸と、

前記第 1 の波長の光の少なくとも一部を吸収する能力のある第 2 の半導体層と、を含み、前記第 1 の半導体層が最大の第 1 の屈折率を前記第 2 の波長で有し、前記第 2 の半導体層が前記最大の第 1 の屈折率よりも大きい第 2 の屈折率を前記第 2 の波長で有する、半導体光変換構成体。

10

【請求項 2】

前記第 1 の半導体層のバンドギャップエネルギーが前記第 2 の波長のフォトンのエネルギーよりも大きい、請求項 1 に記載の半導体光変換構成体。

【請求項 3】

前記第 2 の半導体層のバンドギャップエネルギーが前記第 2 の波長のフォトンのエネルギーよりも大きい、請求項 1 に記載の半導体光変換構成体。

【請求項 4】

前記第 2 の半導体層のバンドギャップエネルギーが前記第 1 の半導体層の最小のバンドギャップエネルギーよりも小さい、請求項 1 に記載の半導体光変換構成体。

【請求項 5】

前記第 1 の半導体層のバンドギャップエネルギーが前記半導体ポテンシャル井戸の遷移エネルギーよりも大きい、請求項 1 に記載の半導体光変換構成体。

20

【請求項 6】

前記第 2 の半導体層のバンドギャップエネルギーが前記半導体ポテンシャル井戸の遷移エネルギーよりも大きい、請求項 1 に記載の半導体光変換構成体。

【請求項 7】

前記第 1 の波長に中心があるスペクトルを有し、前記第 1 の波長よりも長い波長 λ_2 を含む入射光により照射された場合、前記第 1 の半導体層が前記第 1 の波長の光を吸収するが、 λ_2 の光を吸収せず、前記第 2 の半導体層が λ_2 の光を吸収する、請求項 1 に記載の半導体光変換構成体。

30

【請求項 8】

前記第 1 の波長で発光する LED と、

前記 LED が発光する光を受光する、請求項 1 に記載の半導体光変換構成体と、を含む、発光システム。

【請求項 9】

半導体光変換構成体であって、

第 1 の波長の光の少なくとも一部を吸収するための第 1 の半導体層と、

前記第 1 の波長の吸収される光の少なくとも一部をより長い第 2 の波長の光に変換するための半導体ポテンシャル井戸と、

前記第 1 の半導体層の最小のバンドギャップエネルギー未満のバンドギャップエネルギーを有する前記第 1 の波長の光の少なくとも一部を吸収する能力のある、第 2 の半導体層と、を含む、半導体光変換構成体。

40

【請求項 10】

前記第 1 の半導体層のバンドギャップエネルギーが前記第 2 の波長のフォトンのエネルギーよりも大きい、請求項 9 に記載の半導体光変換構成体。

【請求項 11】

前記第 2 の半導体層のバンドギャップエネルギーが前記第 2 の波長のフォトンのエネルギーよりも大きい、請求項 9 に記載の半導体光変換構成体。

【請求項 12】

前記第 2 の波長での前記第 2 の半導体層の屈折率が、前記第 2 の波長での前記第 1 の半

50

導体層の最大の屈折率よりも大きい、請求項 9 に記載の半導体光変換構成体。

【請求項 13】

前記第 1 の半導体層のバンドギャップエネルギーが前記半導体ポテンシャル井戸の遷移エネルギーよりも大きい、請求項 9 に記載の半導体光変換構成体。

【請求項 14】

前記第 2 の半導体層のバンドギャップエネルギーが前記半導体ポテンシャル井戸の遷移エネルギーよりも大きい、請求項 9 に記載の半導体光変換構成体。

【請求項 15】

複数の半導体ポテンシャル井戸を有し、前記半導体光変換構成体中のそれぞれのポテンシャル井戸が同一の遷移エネルギーを有する、請求項 9 に記載の半導体光変換構成体。 10

【請求項 16】

異なる遷移エネルギーを有する複数の半導体ポテンシャル井戸を有する、請求項 9 に記載の半導体光変換構成体。

【請求項 17】

LED と、

前記 LED が発光する光を受光する請求項 9 に記載の半導体光変換構成体と、を含む、発光システム。

【請求項 18】

光学的構成体であって、

可視域中の第 1 の波長で屈折率 n_1 を有する第 1 の半導体層と、 20

前記第 1 の半導体層上に配設され、 n_1 よりも小さい屈折率 n_2 を前記第 1 の波長で有する、第 2 の半導体層と、

前記第 2 の半導体層上に配設され、 n_2 よりも大きい屈折率 n_3 を前記第 1 の波長で有する、第 3 の半導体層と、

前記第 3 の半導体層上に直接に配設された構造化された層と、

前記構造化された層の少なくとも一部の上に直接に配設されたオーバーコートを含み、前記光学的構成体が前記第 1 の波長で実質的に透過性である、光学的構成体。

【請求項 19】

前記オーバーコートがフォトリソグラフィを含む、請求項 18 に記載の光学的構成体。

【請求項 20】 30

前記第 1 の波長での前記オーバーコートの屈折率が約 2.0 ~ 約 2.7 の範囲にある、請求項 18 に記載の光学的構成体。

【請求項 21】

第 1 の波長の光をより長い第 2 の波長の光に下方変換する能力のある、請求項 18 に記載の光学的構成体。

【請求項 22】

前記第 1 の半導体層がポテンシャル井戸である、請求項 18 に記載の光学的構成体。

【請求項 23】

前記第 2 の半導体層が前記第 1 の波長で実質的に光吸収性であるが、前記第 2 の波長では光吸収性でない、請求項 18 に記載の光学的構成体。 40

【請求項 24】

前記第 3 の半導体層が前記第 1 の波長では実質的に光吸収性であるが、前記第 2 の波長では光吸収性でない、請求項 18 に記載の光学的構成体。

【請求項 25】

前記第 3 の半導体層のバンドギャップエネルギーが前記第 2 の半導体層の最小のバンドギャップエネルギー未満である、請求項 18 に記載の光学的構成体。

【請求項 26】

発光システムであって、

第 1 の波長及びより長い第 2 の波長で発光する光源と、

前記第 1 の波長の光を吸収する能力があり、前記光源が発光する光の少なくとも 80% 50

を吸収するが、前記第 2 の波長で吸収する能力のない、1 つ以上の第 1 の半導体光吸収層と、

前記 1 つ以上の第 1 の半導体光吸収層が吸収する光の少なくとも一部をより長い波長の出力光に変換する半導体ポテンシャル井戸と、

前記第 2 の波長の光を吸収する能力があり、前記光源が発光する残余の光を吸収する、1 つ以上の第 2 の半導体光吸収層と、を含む、発光システム。

【請求項 27】

前記 1 つ以上の第 1 の半導体光吸収層が前記光源が発光する光の少なくとも 90% を吸収する、請求項 26 に記載の発光システム。

【請求項 28】

前記 1 つ以上の第 1 の半導体光吸収層が前記光源により発光される光の少なくとも 95% を吸収する、請求項 26 に記載の発光システム。

【請求項 29】

複数の半導体ポテンシャル井戸を有し、前記発光システム中のそれぞれのポテンシャル井戸が同一の遷移エネルギーを有する、請求項 26 に記載の発光システム。

【請求項 30】

半導体光変換構成体であって、

入射光の全部でないが、一部を吸収するためのバンドギャップエネルギー $E_{a b s}$ を有する第 1 の半導体層と、

前記吸収された入射光の少なくとも一部を下方変換するための $E_{a b s}$ 未満の遷移エネルギー $E_{t r}$ を有する半導体ポテンシャル井戸と、

残余の入射光を吸収するための $E_{a b s}$ 未満及び $E_{t r}$ よりも大きいバンドギャップエネルギー $E_{l b}$ を有する、第 2 の半導体層と、を含む、半導体光変換構成体。

【請求項 31】

前記第 1 の半導体層により吸収される前記入射光の前記一部及び前記第 2 の半導体層により吸収される前記残余の入射光が、スペクトルの異なる波長領域を含む、請求項 30 に記載の半導体光変換構成体。

【請求項 32】

$E_{a b s}$ よりも大きいバンドギャップエネルギー E_w を有する半導体ウインドウを更に有する、請求項 30 に記載の半導体光変換構成体。

【請求項 33】

E_w が前記入射光のフォトンエネルギーよりも大きい、請求項 30 に記載の半導体光変換構成体。

【請求項 34】

前記第 1 の半導体層が前記半導体ポテンシャル井戸に密に隣接する、請求項 30 に記載の半導体光変換構成体。

【請求項 35】

前記第 1 の半導体層が前記半導体ポテンシャル井戸に直接に隣接する、請求項 30 に記載の半導体光変換構成体。

【請求項 36】

前記第 1 の半導体層が前記半導体ポテンシャル井戸と前記第 2 の半導体層との間に配設される、請求項 30 に記載の半導体光変換構成体。

【請求項 37】

前記第 1 及び第 2 の半導体層のそれぞれが前記半導体ポテンシャル井戸に直接に隣接する、請求項 30 に記載の半導体光変換構成体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概ね、半導体発光デバイスに関する。本発明は、特に改善された輝度を有する半導体発光デバイスに適用可能である。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

発光デバイスは、投射型ディスプレイシステム、液晶ディスプレイ用のバックライトなどを含む、多種多様な用途で使用される。投射システムは、通常、高圧水銀ランプなど、1つ以上の白色光源を使用する。白色光線は、普通、3原色、すなわち、赤色、緑色、及び青色に分かれ、それぞれの画像形成空間光変調器へと導かれて、原色ごとに画像を生成する。得られる原色画像ビームは、組み合わせられ、見るために投射スクリーン上に投射される。

【0003】

ごく最近では、発光ダイオード(LED)が白色光源の代替として考えられている。LEDは、従来光源に匹敵する輝度及び動作寿命を提供する可能性を有する。しかしながら、現行のLEDは、例えば、高屈折率領域で光がトラップされるために比較的非効率的である。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

概して、本発明は半導体発光デバイスに関する。一つの実施形態では、半導体光変換構成体は、第1の波長の光の少なくとも一部をより長い第2の波長の光に変換するための半導体ポテンシャル井戸と、半導体ポテンシャル井戸上に配設され、第1の屈折率を有する外側層と、第1の屈折率よりも小さい第2の屈折率を有する、外側層上に配設された構造化された層を含む。構造化された層は、外側層上に直接に配設された複数の構造体と、外側層を露出させる複数の開口と、を含む。半導体光変換構成体は、構造化された層の少なくとも一部及び複数の開口中の外側層の一部の上に直接に配設された、構造化されたオーバーコートを含み、オーバーコートは、第2の屈折率よりも大きい第3の屈折率を有する。ある場合には、構造化されたオーバーコートの平均厚さは、約1000nm以下、又は約700nm以下である。ある場合には、オーバーコートの外側表面は、構造化された層の外側表面に一致する。

【0005】

別の実施形態では、発光システムは、LEDと、LEDが発光する光を下方変換する光変換構成体とを含み、構造化された最も外側の表面を有する。構造化された表面は、光変換構成体の内側層を露出させる、複数の開口を有する。発光システムは、構造化された最も外側の表面と内側層の露出された領域上に形成された、構造化されたオーバーコートを含み、構造化されたオーバーコートは、光変換構成体からの光抽出を増強する。オーバーコートの外側表面は、構造化された最も外側の表面に一致する。ある場合には、オーバーコートの屈折率は、約1.8~約2.7の範囲にある。

【0006】

別の実施形態では、半導体光変換構成体は、第1の波長の光の少なくとも一部を吸収するための第1の半導体層と、第1の波長の吸収される光の少なくとも一部をより長い第2の波長の光に変換するための半導体ポテンシャル井戸と、第1の波長の光の少なくとも一部を吸収する能力のある第2の半導体層と、を含む。第1の半導体層は、最大の第1の屈折率を第2の波長で有する。第2の半導体層は、最大の第1の屈折率よりも大きい第2の屈折率を第2の波長で有する。ある場合には、第1の半導体層のバンドギャップエネルギーは、第2の波長のフォトンエネルギーよりも大きい。ある場合には、第2の半導体層のバンドギャップエネルギーは、第2の波長のフォトンエネルギーよりも大きい。ある場合には、第2の半導体層のバンドギャップエネルギーは、第1の半導体層の最小のバンドギャップエネルギーよりも小さい。ある場合には、第1の半導体層のバンドギャップエネルギーは、半導体ポテンシャル井戸の遷移エネルギーよりも大きい。ある場合には、第2の半導体層のバンドギャップエネルギーは、半導体ポテンシャル井戸の遷移エネルギーよりも大きい。ある場合には、第1の波長に中心があるスペクトルを有し、第1の波長よりも長い波長を含む入射光により照射された場合、第1の半導体層は、第1の波長の

10

20

30

40

50

光を吸収するが、 λ_1 の光を吸収せず、第2の半導体層は λ_2 の光を吸収する。

【0007】

別の実施形態では、半導体光変換構成体は、第1の波長の光の少なくとも一部を吸収するための第1の半導体層と、第1の波長の吸収される光の少なくとも一部をより長い第2の波長の光に変換するための半導体ポテンシャル井戸と、第1の波長の光の少なくとも一部を吸収する能力のある第2の半導体層と、を含む。第2の半導体層は、第1の半導体層の最小のバンドギャップエネルギー未満のバンドギャップエネルギーを有する。ある場合には、第1の半導体層のバンドギャップエネルギーは、第2の波長のフォトンのエネルギーよりも大きい。ある場合には、第2の半導体層のバンドギャップエネルギーは、第2の波長のフォトンのエネルギーよりも大きい。ある場合には、第2の波長での第2の半導体層の屈折率は、第2の波長での第1の半導体層の最大の屈折率よりも大きい。ある場合には、第1の半導体層のバンドギャップエネルギーは、半導体ポテンシャル井戸の遷移エネルギーよりも大きい。ある場合には、第2の半導体層のバンドギャップエネルギーは、半導体ポテンシャル井戸の遷移エネルギーよりも大きい。ある場合には、半導体光変換構成体は、同一の遷移エネルギーを有する複数の半導体ポテンシャル井戸を含む。ある場合には、半導体光変換構成体は、異なる遷移エネルギーを有する複数の半導体ポテンシャル井戸を含む。

10

【0008】

別の実施形態では、光学的構成体は、可視域中の第1の波長で屈折率 n_1 を有する第1の半導体層と、第1の半導体層上に配設され、屈折率 n_2 （ここで、 n_2 は n_1 よりも小さい）を第1の波長で有する第2の半導体層と、第2の半導体層上に配設され、屈折率 n_3 （ここで、 n_3 は n_2 よりも大きい）を第1の波長で有する第3の半導体層と、第3の半導体層上に直接に配設された構造化された層と、構造化された層の少なくとも一部の上に直接に配設されたオーバーコートを含む。光学的構成体は第1の波長で実質的に透過性である。ある場合には、オーバーコートはフォトニック結晶を含む。ある場合には、第1の半導体層はポテンシャル井戸である。ある場合には、第2の半導体層は、第1の波長で実質的に光吸収性であるが、第2の波長では光吸収性でない。ある場合には、第3の半導体層は、第1の波長で実質的に光吸収性であるが、第2の波長では光吸収性でない。

20

【0009】

別の実施形態では、発光システムは、第1の波長及びより長い第2の波長で発光する光源と、第1の波長で光を吸収する能力があるが、第2の波長で光を吸収する能力がない、1つ以上の第1の半導体光吸収層を含む。1つ以上の第1の半導体光吸収層は、光源が発光する光の少なくとも80%を吸収する。発光システムは、1つ以上の第1の半導体光吸収層が吸収する光の少なくとも一部をより長い波長の出力光に変換する半導体ポテンシャル井戸と、第2の波長で光を吸収する能力がある、1つ以上の第2の半導体光吸収層を更に含む。1つ以上の第2の半導体光吸収層は、光源が発光する残余の光を吸収する。ある場合には、1つ以上の第1の半導体光吸収層は、光源が発光する光の少なくとも90%を吸収する。ある場合には、1つ以上の第1の半導体光吸収層は、光源が発光する光の少なくとも95%を吸収する。ある場合には、発光システムは、同一の又は異なる遷移エネルギーを有する複数の半導体ポテンシャル井戸を含む。

30

40

【0010】

別の実施形態では、半導体光変換構成体は、入射光の全部でないが、一部を吸収するためのバンドギャップエネルギー E_{abs} を有する第1の半導体層と、吸収された入射光の少なくとも一部を下方変換するための E_{abs} 未満の遷移エネルギー E_{tr} を有する半導体ポテンシャル井戸と、残余の入射光を吸収するための E_{abs} 未満及び E_{tr} よりも大きいバンドギャップエネルギー E_b を有する、第2の半導体層と、を含む。ある場合には、第1の半導体層により吸収される入射光の一部及び第2の半導体層により吸収される残余の入射光は、スペクトルの異なる波長領域を含む。ある場合には、半導体光変換構成体は、 E_{abs} よりも大きいバンドギャップエネルギー E_w を有する半導体ウインドウを更に含む。ある場合には、 E_w は、入射光のフォトンエネルギーよりも大きい。ある場合

50

には、第1の半導体層は、半導体ポテンシャル井戸に密に隣接する。ある場合には、第1の半導体層は、半導体ポテンシャル井戸に直接に隣接する。ある場合には、第1の半導体層は、半導体ポテンシャル井戸と第2の半導体層との間に配設される。ある場合には、第1及び第2の半導体層のそれぞれは、半導体ポテンシャル井戸に直接に隣接する。

【0011】

別の実施形態では、基板から光を抽出するための光学的構成体を作製する方法は、(a)表面を有する基板を準備する工程と、(b)基板の表面を露出させる空き領域を形成する、複数の構造体を基板の表面上に配設する工程と、(c)構造体の少なくとも一部を収縮させる工程と、(d)オーバーコートをして、収縮した構造体と空き領域中の基板の表面を被覆する工程と、を含む。ある場合には、工程(c)は、エッチング剤を複数の構造体に施すことにより行われる。ある場合には、エッチング剤を施した後、複数の構造体による基板の表面のパーセント被覆率は減少する。ある場合には、複数の構造体はポリスチレンを含む。ある場合には、複数の構造体は複数の粒子を含む。ある場合には、エッチング剤を施す前は複数の粒子は実質的に球形であり、エッチング剤を施した後は実質的に円錐状である。ある場合には、工程(a)から(d)は順次行われる。ある場合には、この方法は、構造体の少なくとも一部をリフローする工程を更に含み、ある場合には、構造体の少なくとも一部をリフローする工程は複数の構造体に熱を加えることにより行われる。ある場合には、粒子の少なくとも一部を収縮させる工程及びリフローする工程は、同時に行われる。ある場合には、構造体は、工程(c)において少なくとも20%、又は少なくとも40%収縮する。ある場合には、工程(d)におけるオーバーコートは、構造化されたオーバーコートを含む。ある場合には、工程(d)におけるオーバーコートは、複数の構造体の外側表面に一致する外側の構造化された表面を有する。

【0012】

別の実施形態では、光を基板から抽出するために基板の表面上に複数の構造体を作製する方法は、(a)表面を有する基板を準備する工程と、(b)基板の表面の所望の第1のパーセント面積被覆率を確認する工程と、(c)基板の表面上に複数の構造体を配設して、所望の第1のパーセント面積被覆率よりも大きい第2のパーセント面積被覆率を得る工程と、(d)構造体の少なくとも一部を収縮させて、パーセント面積被覆率を所望の第1のパーセント面積被覆率まで低減させる工程と、を含む。ある場合には、この方法は、構造化されたオーバーコートをして、収縮した構造体と、非被覆領域中の基板の表面を被覆する工程を更に含む。ある場合には、この方法は、複数の構造体の少なくとも一部をリフローする工程を更に含む。

【0013】

別の実施形態では、光変換構成体は、第1の波長の光の少なくとも一部をより長い第2の波長の光に変換するための第1の屈折率を有する蛍光体スラブと、蛍光体スラブ上に配設され、第1の屈折率よりも小さい第2の屈折率を有する構造化された層を含む。構造化された層は、蛍光体スラブ上に直接に配設された複数の構造体と、蛍光体スラブを露出する複数の開口と、を含む。光変換構成体は、構造化された層の少なくとも一部と複数の開口中の蛍光体スラブの一部との上に直接に配設された構造化されたオーバーコートを更に含む。構造化されたオーバーコートは、第2の屈折率よりも大きい第3の屈折率を有する。ある場合には、構造化されたオーバーコートは、蛍光体スラブからの第2の波長の光の抽出を増強する。ある場合には、構造化されたオーバーコートは、 Si_3N_4 、 ZnS 、 ZnSe 、 ZnSSe 、 ITO 、 TiO_2 、 ZrO_2 、 Ta_2O_5 、 HfO_2 、及びシリケートの少なくとも1つを含む。ある場合には、第1及び第2の屈折率の差は、少なくとも0.3、又は少なくとも0.5、又は少なくとも0.7、又は少なくとも0.9である。ある場合には、第3及び第2の屈折率の差は、少なくとも0.3、又は少なくとも0.5、又は少なくとも0.7、又は少なくとも0.9である。ある場合には、構造化されたオーバーコートの構造化された外側表面は、構造化された層の外側表面に一致する。ある場合には、光変換構成体は、光変換構成体をカプセル化するカプセル化層を更に含む。ある場合には、構造化されたオーバーコートの第2の波長での屈折率は、約1.35~約2

10

20

30

40

50

． 2 の範囲にある。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

本発明は、添付の図面に関連して以下の本発明の種々の実施形態の「発明を実施するための形態」を考慮したとき、より完全に理解し正しく認識され得る。

【図 1】発光システムの概略側面図。

【図 2】構造化された層とオーバーコートとの概略側面図。

【図 3】別の構造化された層と別のオーバーコートとの概略側面図。

【図 4】別の構造化された層と別のオーバーコートとの概略側面図。

【図 5 A】ナノ粒子の単層の走査型電子顕微鏡 (SEM) 像。

10

【図 5 B】ナノ粒子の多層の走査型電子顕微鏡 (SEM) 像。

【図 6 A】ナノ粒子のオーバーコートされた単層の SEM 像。

【図 6 B】ナノ粒子のオーバーコートされた多層の SEM 像。

【図 7】ナノ粒子の別のオーバーコートされた単層の SEM 像。

【図 8】発光システムの概略側面図。

【図 9】発光の概略の強度スペクトル。

【図 10】光変換器の概略のバンドダイヤグラム。

【図 11】別の光変換器の概略のバンドダイヤグラム。

【図 12】別の光変換器の概略のバンドダイヤグラム。

【図 13】別の光変換器の概略のバンドダイヤグラム。

20

【図 14】別の光変換器の概略のバンドダイヤグラム。

【図 15】別の光変換器の概略のバンドダイヤグラム。

【図 16】別の光変換器の概略のバンドダイヤグラム。

【図 17】別の光変換器の概略のバンドダイヤグラム。

【図 18】光学的構成体の概略側面図。

【図 19】発光システムの概略側面図。

【図 20】オーバーコート屈折率の関数として計算されたパーセント抽出効率のプロット

。

【図 21 A】光学的構成体を作製する方法における中間の段階又は工程におけるデバイスの概略図。

30

【図 21 B】光学的構成体を作製する方法における中間の段階又は工程におけるデバイスの概略図。

【図 21 C】光学的構成体を作製する方法における中間の段階又は工程におけるデバイスの概略図。

【図 22 A】ポリスチレン粒子の単層の SEM 像。

【図 22 B】エッチングされ、リフローされた図 22 A 中の粒子の SEM 像。

【図 22 C】ZnS によりオーバーコートされた図 22 B 中の粒子の SEM 像。

【図 23】光源の概略側面図。

【図 24】オーバーコート屈折率の関数としての計算されたパーセント抽出効率のプロット。

40

【 0 0 1 5 】

多数の図で使用される同一の参照番号は、同一又は類似の特性及び機能を有する同一又は類似の要素を指す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 6 】

本出願は、半導体光源と 1 つ以上の波長変換器とを含み、変換器が半導体波長変換器であることができる、半導体発光デバイスを開示している。本出願は、光抽出を増強するための構造体を更に開示している。

【 0 0 1 7 】

一部の開示されたデバイスは、III-V 族などの同一の半導体群からの光源と光変換

50

層とを有する。このような場合には、例えば、III～V族波長変換器をIII～V族LEDなどのIII-V族光源の上に直接モノリシックに成長させ、作製することが実行可能であることもある。しかしながら、ある場合には、所望の出力波長、高変換効率又は他の望ましい性質を持つ波長変換器は、LEDが属する半導体群と異なる半導体群からのものでもよい。そのような場合では、一方の部品を他方の上に高品質に成長させることは不可能であるか、又は実現不可能な場合がある。例えば、高効率波長変換器は、II～VI族のものであることができ、LEDなどの光源は、III～V族のものであることができる。このような場合、光変換器を光源に取り付けるためにいろいろな方法を使用することができる。いくつかのこのような方法は、2007年12月10日出願の米国特許出願番号61/012608で述べられている。

10

【0018】

この出願で開示されている波長変換器は、光源により発光される光を下方変換する。本明細書で使用するとき、下方変換は、変換された光の波長が、変換されていない光又は入射光の波長よりも大きいことを意味する。

【0019】

図19は、光源1910と光変換層1920と光抽出層1930とを含む発光システム1900の概略側面図である。光源1910は、通常、スペクトルのUV又は青色領域の第1の波長 λ_1 の光1915を発光する。光変換層1920は、光1915の少なくとも一部を通常、スペクトルの緑色又は赤色領域のより長い第2の波長 λ_2 の光1925に変換する。光抽出層1930は、光変換層1920からの光1925の抽出を増強することにより、発光システムの出力光の輝度又は強度を改善する。例えば、光抽出層1930は、そうでなければ光変換層1920の中でトラップされるか、又はそうでなければ光変換層1920により透過されない光を抽出する。

20

【0020】

一般に、光変換層1920は、第1の波長の光の少なくとも一部を第2の波長の光に変換する能力のある、任意の要素又は材料を含むことができる。例えば、層1920は、蛍光体、蛍光染料、ポリフルオレンなどの共役発光有機材料、フォトルミネッセンス半導体層、半導体ポテンシャル井戸、又は集合体若しくは複数の半導体量子ドットを含むことができる。光変換層1920で使用され得る例示の蛍光体には、ストロンチウムチオガレート、ドーブGaN、銅活性化硫化亜鉛及び銀活性化硫化亜鉛が挙げられる。他の有用な蛍光体には、ドーブYAG、シリケート、シリコンオキシナイトライド、シリコンナイトライド、及びアルミネートベースの蛍光体が挙げられる。このような蛍光体の例には、Ce:YAG、SrSiON:Eu、SrBaSiO:Eu、SrSiN:Eu及びBaSrSiN:Euが挙げられる。

30

【0021】

ある場合には、光変換層1920は、Ce:YAGスラブなどのスラブ蛍光体を含むことができる。例えば、米国特許第7,361,938号に述べられているように、例えばCe:YAG蛍光粒子を高い温度及び圧力で焼成して、実質的に光学的に透過性で、非散乱性のスラブを形成することにより、Ce:YAGスラブを作製することができる。

【0022】

光抽出層1930は、光変換層1920上に直接に配設された構造化された層1940と、構造化された層上に配設された、構造化されたオーバーコート1950などのオーバーコート1950と、を含む。構造化された層1940は、光変換層1920上に直接に配設された複数の構造体を含む。ある場合には、オーバーコートの外側表面は、構造化された層の外側表面に一致する。

40

【0023】

ある場合には、 λ_2 での構造体の屈折率は、光変換層1920中の最外側層の同一の波長での屈折率よりも小さい。例えば、出力表面上のフォトレジストを光パターンニングなどパターン化することにより、あるいはナノ粒子などの粒子の部分的若しくは完全な単層、又は多層を出力表面上に堆積することによって、低屈折率の構造化された層1940を光

50

変換層の出力表面 1921 上に形成することができる。ある場合には、構造化された層は、例えば、構造化された層の λ_2 での屈折率を低下させるために、空気を含むことができる。例えば、ある場合には、構造化された層は、出力表面 1921 上に中空構造体又は粒子を含むことができる。空気又は空気ポケットを含む構造化された層 1940 は、例えば、出力表面上に有機材料などの材料をパターン作成し、パターン化された材料をオーバーコートによりオーバーコートし、並びにオーバーコートされたパターン化材料の一部を除去して、例えば、一部を高い温度で分解し、空気領域を形成することによって、出力表面上に形成することができる。ある場合には、構造化された層 1940 中の構造体の屈折率は、構造化された層に直接隣接した、光変換層 1920 中の最外側層の屈折率未満である。

10

【0024】

オーバーコート 1950 は、光変換層 1920 からの光の抽出を増強する。ある場合には、オーバーコートは、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 ZrO_2 、 La_2O_3 、 Ta_2O_5 、 HfO_2 、シリケート、シリコンナイトライド、シリコンオキシナイトライド、又はインジウム-スズオキシドなどのガラス状材料又は金属酸化物を含むことができる。ある場合には、オーバーコートは、 ZnS 、 $ZnSe$ 、 ZnO 、又は ZnS_xSe_{1-x} などの半導体合金を含有するオーバーコートなどの半導体オーバーコートであることができる。ある場合には、オーバーコートは、緻密化されたゾル-ゲルなどのゾル-ゲルであることができる。ある場合には、オーバーコートの屈折率は、構造化された層に直接に隣接した、光変換層 1920 中の最外側層の屈折率よりも大きい。

20

【0025】

図 1 は、フォトンエネルギー E_1 を有する第 1 の波長 λ_1 の光を発光するエレクトロルミネッセンスデバイス 110 と、第 1 の波長の光の少なくとも一部をフォトンエネルギー E_2 を有するより長い第 2 の波長 λ_2 の光に変換するための半導体光変換構成体 115 と、を含む、半導体ルミネッセンス要素 105 の概略側面図である。

【0026】

半導体光変換構成体 115 は、エレクトロルミネッセンスデバイス 110 に面する第 1 のウィンドウ 120 と、第 1 のウィンドウ上に配設された第 1 の吸収層 130 と、第 1 の吸収層上に配設されたポテンシャル井戸 140 と、ポテンシャル井戸上に配設された第 2 の吸収層 131 と、第 2 の吸収層上に配設された第 2 のウィンドウ 121 と、第 2 のウィンドウ上に直接に配設された構造化された層 150 と、構造化された層上に配設されたオーバーコート 160 と、オーバーコート上に配設され、半導体エレクトロルミネッセンス要素 105 をカプセル化するカプセル化層 170 と、を含む。

30

【0027】

一般に、光変換器 118 は、第 1 の波長 λ_1 の光の少なくとも一部を第 2 の波長 λ_2 の光に変換する能力のある、任意の要素も含むことができる。例えば、光変換器 118 は、蛍光体、蛍光染料、ポリフルオレンなどの共役発光有機材料を含むことができる。光変換器 118 で使用され得る例示の蛍光体には、ストロンチウムチオガレート、ドーブ GaN、銅活性化硫化亜鉛及び銀活性化硫化亜鉛が挙げられる。

【0028】

ある場合には、層 140 は、ポテンシャル井戸、量子井戸、量子ドット、又は、それぞれを多数若しくは複数、含むことができる。無機半導体ポテンシャル井戸及び量子井戸などの無機のポテンシャル井戸及び量子井戸は、通常、例えば、有機材料と比較して増加した光変換効率を有し、水分などの環境要素に低感受性であることにより、信頼性が高い。更に、無機のポテンシャル井戸及び量子井戸は、より狭い出力スペクトルを有する傾向にあり、例えば、改善された色域をもたらす。

40

【0029】

本明細書で使用するとき、ポテンシャル井戸は、キャリアを一つの次元内だけに閉じ込めるように設計された多層半導体構造体内の半導体層を意味しており、その際、半導体層は、周囲の層よりも低い伝導帯エネルギー、及び/又は、周囲の層よりも高い価電子帯工

50

エネルギーを有する。量子井戸は、一般に、量子化効果が井戸内の電子正孔対再結合のためのエネルギーを増大させるほど十分に薄いポテンシャル井戸を意味する。量子井戸は、通常、約100nm以下又は約10nm以下の厚さを有する。量子ドットは、通常、約100nm以下の、又は約10nm以下の最大寸法を有する。

【0030】

ある場合には、ポテンシャル井戸又は量子井戸140は、エレクトロルミネッセンスデバイス110が発光する光子のエネルギー E_1 よりも小さい遷移エネルギー E_{pw} を有する、II~VI半導体ポテンシャル井戸又は量子井戸を含む。一般に、ポテンシャル井戸又は量子井戸140の遷移エネルギーは、ポテンシャル井戸又は量子井戸が再発光する光子のエネルギー E_2 に実質的に等しい。

10

【0031】

ある場合には、ポテンシャル井戸140は、合金の3つの構成要素として化合物ZnSe、CdSe及びMgSeを有する、CdMgZnSe合金を含むことができる。ある場合では、Cd、Mg及びZnのうち1つ以上、特にMgは、合金に存在しなくてもよい。例えば、ポテンシャル井戸140は、赤色で再発光することができる $Cd_{0.70}Zn_{0.30}Se$ 量子井戸、又は緑色で再発光することができる $Cd_{0.33}Zn_{0.67}Se$ 量子井戸を含むことができる。別の例として、ポテンシャル井戸140は、Cd、Zn、Se、及び所望によりMgの合金を含むことができ、その場合、合金系は、Cd(Mg)ZnSeによって表すことができる。別の例として、ポテンシャル井戸140は、Cd、Mg、Se、及び所望によりZnの合金を含むことができる。ある場合には、ポテンシャル井戸はZnSeTeを含むことができる。ある場合には、量子井戸140は、約1nm~約100nm、又は約2nm~約35nmの範囲の厚さを有する。

20

【0032】

一般に、ポテンシャル井戸140は、任意の伝導帯及び/又は価電子帯プロファイルを有することができる。例示のプロファイルは、例えば、米国特許出願番号60/893804に述べられている。

【0033】

ある場合には、ポテンシャル井戸140は、nドープ又はpドープされていてよく、その際、ドーピングは、任意の好適な方法によって、及び任意の好適なドーパントを含めることによって、達成することができる。ある場合には、エレクトロルミネッセンスデバイス110及びポテンシャル井戸140は、2つの異なる半導体群からのものであることができる。例えば、このような場合、エレクトロルミネッセンスデバイス110はIII~V半導体デバイスであることができ、ポテンシャル井戸140はII~VIポテンシャル井戸であることができる。ある場合には、エレクトロルミネッセンスデバイス110はAlGaInN半導体合金を含むことができ、ポテンシャル井戸140はCd(Mg)ZnSe半導体合金を含むことができ、ここで括弧に括られている材料は任意の材料である。

30

【0034】

一般に、半導体光変換構成体115は1つ以上のポテンシャル井戸を有することができる。ある場合には、構成体115は、多数のポテンシャル井戸を有することができる。例えば、このような場合、構成体115は、少なくとも2つのポテンシャル井戸、又は少なくとも5つのポテンシャル井戸、又は少なくとも10個のポテンシャル井戸を有することができる。ある場合には、構成体115は、異なる遷移エネルギーを持つ、少なくとも2つのポテンシャル井戸、又は少なくとも3つのポテンシャル井戸、又は少なくとも4つのポテンシャル井戸を有することができる。

40

【0035】

ある場合には、ポテンシャル井戸140は、第1の波長 λ_1 の光を実質的に吸収する。例えば、このような場合、ポテンシャル井戸140は、第1の波長 λ_1 の光の少なくとも30%、又は少なくとも40%、又は少なくとも50%を吸収する。ある場合には、ポテンシャル井戸140は、第1の波長 λ_1 で実質的に光学的に透過性である。例えば、このような場合、ポテンシャル井戸140は、第1の波長 λ_1 の光の少なくとも60%、又は

50

少なくとも70%、又は少なくとも80%、又は少なくとも90%を透過する。

【0036】

光吸収層130及び131は、半導体光変換構成体115中での光180の吸収及びキャリアの発生を助ける。ある場合には、光吸収層130及び131は、光180の少なくとも一部を吸収し、結果として電子空孔キャリアなどの光生成キャリア対を作り出す。キャリアは、光吸収層からポテンシャル井戸140に拡散又は移動し、そこで再結合し、第2の波長 λ_2 の光を発光する。

【0037】

光吸収層130及び131は、光生成キャリアがキャリアを再結合し、第2の波長 λ_2 の光を発光するためにポテンシャル井戸に効率的に拡散することができるように、ポテンシャル井戸に近接して配置される。

10

【0038】

ある場合には、半導体光変換構成体115中の光吸収層は、ポテンシャル井戸140に直接隣接することができる、これは介在層が吸収層とポテンシャル井戸との間に配設されないということの意味する。例えば、図1では、第1の光吸収層130及び第2の光吸収層131のそれぞれはポテンシャル井戸140に直接に隣接する。ある場合には、半導体光変換構成体115中の光吸収層は、ポテンシャル井戸140に密に隣接することができる、これは1つ又は少数の介在層が吸収層とポテンシャル井戸との間に配設されてもよいということの意味する。例えば、ある場合には、図1に示されないが、1つ以上の介在層を第1の光吸収層130とポテンシャル井戸140との間に配設することができる。

20

【0039】

ある場合には、光吸収層は、II~VI族半導体など、無機半導体などの半導体を含んでもよい。例えば、吸収層130及び131の1つ以上は、Cd(Mg)ZnSe半導体合金を含むことができる。

【0040】

ある場合には、光吸収層は、エレクトロルミネッセンスデバイス110が発光するフォトンのエネルギー E_1 よりも小さいバンドギャップエネルギー E_{abs} を有する。このような場合、光吸収層は、エレクトロルミネッセンスデバイスにより発光される光を強く吸収するなど、吸収することができる。ある場合には、光吸収層は、ポテンシャル井戸140の遷移エネルギーよりも大きいバンドギャップエネルギーを有する。このような場合、光吸収層は、ポテンシャル井戸が第2の波長 λ_2 で再発光する光181に対して実質的に光学的に透過性である。

30

【0041】

ある場合には、第2の光吸収層131などの光吸収層は、第2の波長 λ_2 で発光する光181の光子エネルギーよりも小さいバンドギャップエネルギーを有する。このような場合、光吸収層は、光181の少なくとも一部を吸収することができる。このような場合、吸収された光の少なくとも一部を第3の長波長 λ_3 の光に下方変換することができる。

【0042】

ある場合には、半導体光変換構成体115中の少なくとも1つの光吸収層は、ドーパントによりドーブされる。光吸収層がCd(Mg)ZnSe合金を含むときのような場合には、ドーパントは、VII族n-型ドーパントであることができる。ある場合には、ドーパントは、塩素又はヨウ素を含むことができる。ある場合には、ドーパントの数密度は、約 10^{17} cm^{-3} ~ 約 10^{18} cm^{-3} の範囲にある。他の例示のドーパントはAl、Ga、In、F、Br、I及びNを含む。

40

【0043】

例示の半導体光変換構成体115は、2つの光吸収層130及び131を含む。一般に、半導体光変換構成体は、ゼロ、1つ、2つ、又は2つ以上の吸収層を有することができる。ある場合には、半導体光変換構成体115は、異なるバンドギャップエネルギーを有する、少なくとも2つの、又は少なくとも3つの、又は少なくとも4つの光吸収層を有す

50

ることができる。

【0044】

一般に、光吸収層は、光吸収層中の光生成キャリアがポテンシャル井戸まで拡散する適切な機会を有するように、対応するポテンシャル井戸に十分に密接している。半導体多層スタックが光吸収層を含まない場合には、ポテンシャル井戸は、第1の波長 λ_1 で実質的に光吸収性であることができる。

【0045】

第1のウインドウ120及び第2のウインドウ121は、主として、吸収層及び/又はポテンシャル井戸中で光生成する、電子空孔対などのキャリアに構成体115中で自由表面又は外部表面まで移動する機会を、全く又は殆ど与えないために、バリアを提供するように設計される。例えば、第1のウインドウ120は、主として、第1の吸収層130で発生するキャリアが表面123まで移動してキャリアが非輻射的に再結合できないように設計される。ある場合には、ウインドウ120及び121は、エレクトロルミネッセンスデバイス110が発光するフォトンのエネルギー E_1 よりも大きい、バンドギャップエネルギー E_w を有する。このような場合、ウインドウ120及び121は、エレクトロルミネッセンスデバイス110が発光する光、及び、ポテンシャル井戸140が再発光する光、に対して実質的に光学的に透過性である。

【0046】

例示の半導体光変換構成体115は2つのウインドウを含む。一般に、光変換構成体は、ゼロ、1つ又は2つのウインドウを有することができる。例えば、ある場合には、半導体光変換構成体115は、エレクトロルミネッセンスデバイス110とポテンシャル井戸140との間に、又はエレクトロルミネッセンスデバイス110と吸収層130との間に配設される、単一のウインドウを有することができる。

【0047】

ある場合には、半導体光変換構成体115中の2つの隣接する層間の境界面の位置は、明確な (well-defined) 又ははっきりとした (sharp) 境界面であってもよい。層内の材料組成が厚さ方向に沿った距離の関数として変化する場合には、2つの隣接する層間の境界面は、明確でなくてもよく、例えば段階的な領域を規定する段階的な境界面であってもよい。例えば、ある場合には、第1の吸収層130及び第1のウインドウ120は、同一であるが、材料濃度が異なる、材料成分を有することができる。このような場合、吸収層の材料組成は、ウインドウ層の材料組成に応じて漸次変化し、2層間の段階的な境界又は領域を生じる。例えば、両方の層が Mg を含む場合には、Mg の濃度は吸収層からウインドウへ段階的に移るときに増加していてもよい。

【0048】

第2のウインドウ121は、波長 λ_2 を含む対象の波長領域中で屈折率 n_1 を有する。ある場合には、 λ_1 はUV又は青色波長であり、 λ_2 は約420nm～約650nmの範囲の可視波長である。このような場合、 n_1 は、スペクトルの可視域中の屈折率であることができる。ある場合には、 n_1 は、波長 λ_2 での、又はその近くの波長での屈折率である。

【0049】

例示の半導体光変換構成体115中で、第2のウインドウ121は、ポテンシャル井戸140上に配設され、半導体光変換構成体の外側層121及び最外側層を光変換器118中で形成する。構造化された層150は、例えば、 λ_2 での屈折率 n_2 を有し、外側層又は第2のウインドウ121上に直接に配設される。屈折率 n_2 は、第2のウインドウ121の屈折率 n_1 よりも小さい。ある場合には、 n_1 と n_2 との差は、少なくとも0.2、又は少なくとも0.3、又は少なくとも0.4、又は少なくとも0.5、又は少なくとも0.6、又は少なくとも0.7、又は少なくとも0.8、又は少なくとも0.9である。

【0050】

構造化された層150は、構造体151～154などの複数の構造体を含む。複数の構造体中の一部の構造体は、構造体151と152のように、離散したものであることがで

10

20

30

40

50

きる。一部の構造体は、ベース 155 を通じて相互に連結した構造体 153 及び 154 のように、ベースを通して連結したものであることができる。構造化された層 150 は、開口 101 及び 102 など、第 2 のウインドウ 121 を露出させる、複数の開口を含む。

【0051】

ある場合には、構造化された層 150 は、第 2 の波長 λ_2 で実質的に光学的に透過性である。例えば、このような場合、構造化された層の波長 λ_2 での全光学的透過率は、少なくとも 50%、又は少なくとも 60%、又は少なくとも 70%、又は少なくとも 80% である。

【0052】

ある場合には、構造化された層 150 中の複数の構造体は、構造体の規則的な配列物を形成する。ある場合には、構造体は、第 2 のウインドウ 121 の最上表面 125 にわたってランダムに配置される。ある場合には、構造化された層 150 は、例えば、ワッフル模様に類似した、構造体の少なくとも一部の間で開口を持つ複数又は配列した連結した構造体を含む連続層である。

10

【0053】

ある場合には、構造化された層 150 中の複数の構造体は、複数の離散した構造体を形成する。例えば、ある場合には、構造化された層は、複数の粒子を含むことができる。例えば、図 3 中の構造化された層 350 は、粒子 351 及び 352 などの複数の粒子を有する。ある場合には、粒子は、実質的にマイクロ粒子又はナノ粒子である。例えば、このような場合、粒子の平均の大きさは、2000 nm 以下、又は 1500 nm 以下、又は 1000 nm 以下、又は 750 nm 以下である。構造化された層 350 中の粒子は、規則的又は不規則な形状など任意の形状も有することができる。

20

【0054】

ある場合には、図 1 中の構造化された層 150 は、粒子の実質的な区分が実質的に球形である、複数の粒子を含む。例えば、このような場合、粒子の最小寸法に対する最大寸法の比率は、1.3 以下、又は 1.25 以下、又は 1.2 以下、又は 1.15 以下、又は 1.1 以下である。

【0055】

ある場合には、構造化された層 150 は、パターン形成可能な又は光パターン形成可能な有機材料などの有機材料又はフォトレジストなどのポリマーを含むことができる。ある場合には、構造化された層 150 は、ポリスチレン微小球などのポリスチレンを含むことができる。ある場合には、構造化された層 150 は、金属酸化物又はガラスなどの無機材料を含むことができる。無機材料の例には、 SiO_2 、 GeO_2 、 Al_2O_3 、 MgF_2 、及びシリケートガラスが挙げられる。

30

【0056】

ある場合には、構造化された層 150 は、最上表面 125 にわたって密に充填された構造体の単層又は一層を含むことができる。ある場合には、構造化された層 150 は、構造体の下位単層を包含することができ、これは構造体が密に充填されていないということ、及び/あるいは、構造体を全く含まない若しくは極めて僅かしか含まない構造体の名目の又は平均の大きさよりも実質的に大きい領域が存在するということの意味する。このような場合、下位単層の構造化された層 150 中の空き領域は、単一粒子などの単一構造体の平均の大きさよりも実質的に大きくなることができる。

40

【0057】

ある場合には、構造化された層 150 は、構造体の多層を含むことができる。例えば、図 4 は、粒子 451 の多層を含む第 2 のウインドウ 121 上に直接に配設された構造化された層 450 の概略側面図である。構造化された層は、連続的なオーバーコート 460 によりコーティングされ、カプセル化層 470 はオーバーコートを被覆する。

【0058】

構造化されたオーバーコート 160 は、構造化された層 150 の少なくとも一部の上、及び、ウインドウが構造化された層 150 中の開口を通して露出される領域中の第 2 のウ

50

インドウ 1 2 1 の一部の上に直接に配設される。オーバーコート 1 6 0 は、例えば、第 2 の屈折率 n_2 よりも大きい、波長 λ_2 での第 3 の屈折率 n_3 を有する。ある場合には、 n_3 は n_1 よりも小さい。ある場合には、 n_3 は n_1 よりも大きい。ある場合には、 n_3 と n_2 との差は、少なくとも 0.2、又は少なくとも 0.3、又は少なくとも 0.4、又は少なくとも 0.5、又は少なくとも 0.6、又は少なくとも 0.7、又は少なくとも 0.8、又は少なくとも 0.9 である。

【0059】

ある場合には、オーバーコート 1 6 0 は、そうでなければ第 2 のウインドウの表面 1 2 5 で全内部反射されることになる光 1 8 1 を抽出することができる。このような場合、オーバーコートは、半導体光変換構成体 1 1 5 からの第 2 の波長 λ_2 の光 1 8 1 の抽出を増強する。

10

【0060】

ある場合には、構造化されたオーバーコート 1 6 0 の外側表面 1 6 2 は、構造化された層 1 5 0 の外側表面 1 6 1 と実質的に一致する。例えば、ある場合には、真空堆積法を用いて、オーバーコート 1 6 0 を構造化された層 1 5 0 上に配設することができる。このような場合、外側表面 1 6 2 は、外側表面 1 6 1 に一致することができる。ある場合には、構造化されたオーバーコートの平均の厚さは、構造化された層 1 5 0 中の構造体の平均の大きさ以下である。ある場合には、オーバーコート 1 6 0 の平均の厚さは、1000 nm 以下、又は 800 nm 以下、又は 700 nm 以下、又は 600 nm 以下、又は 500 nm 以下、又は 400 nm 以下である。

20

【0061】

ある場合には、オーバーコート 1 6 0 は、第 2 の波長 λ_2 で実質的に光学的に透過性である。例えば、このような場合、波長 λ_2 でのオーバーコートの全光学的透過率は、少なくとも 50%、又は少なくとも 60%、又は少なくとも 70%、又は少なくとも 80% である。

【0062】

ある場合には、オーバーコート 1 6 0 は、例えば、1 つ以上のアイランドを含むことにより、不連続層であることができる。例えば、図 2 で、構造化された層 2 5 0 は、第 2 のウインドウ 1 2 1 上に直接に配設され、構造体 2 5 1 と 2 5 2 との間の開口 2 5 5 を規定する。オーバーコート 2 6 0 は、構造化された層 2 5 0 上に、及び空き領域中では、第 2 のウインドウ 1 2 1 上に直接に配設され、空いていてかつ露出された領域 2 5 5 中にアイランド 2 6 1 を形成する。ある場合には、オーバーコート 1 6 0 は、連続層であることができる。例えば、図 3 中、構造化された層 3 5 0 上に直接に配設されたオーバーコート 3 6 0 は、連続層を形成する。

30

【0063】

ある場合には、オーバーコート 1 6 0 は、半導体、金属酸化物又はセラミックを含むことができる。ある場合には、オーバーコートは、 Si_3N_4 、シリコンオキシナイトライド、シリケート、 ZnS 、 ZnSe 、 ZnTe 、 ZnSSe 、 ZnSeTe 、 ZnSTe 、 CdS 、 CdSe 、 CdSSe 、 ITO 、 TiO_2 、 ZrO_2 、 Ta_2O_5 、及び HfO_2 の少なくとも 1 つを含むことができる。

40

【0064】

カプセル化層 1 7 0 は、オーバーコート 1 6 0 上に配設され、半導体ルミネッセンス要素 1 0 5 をカプセル化し、例えば、環境中の水分から要素を保護する。ある場合には、カプセル化層は、例えば、半導体ルミネッセンス要素を出るときの光 1 8 1 を平行化するための屈折力などの光学的機能を有することができる。

【0065】

エレクトロルミネッセンスデバイス 1 1 0 は、電気信号に応じて発光する能力のある任意のデバイスであることができる。例えば、エレクトロルミネッセンスデバイスは、電流に応答して光子を発する能力のある発光ダイオード (LED) 又はレーザーダイオードであることができる。LED エレクトロルミネッセンスデバイス 1 1 0 は、用途において

50

望ましい可能性のあるいかなる波長でも光を発光することができる。例えば、LEDは、UV波長、可視波長、又はIR波長で光を発光することができる。場合によっては、LEDは、UVフォトンを出射可能な短波長LEDとすることができる。一般に、LEDは、Si若しくはGeなどのIV族元素、InAs、AlAs、GaAs、InP、AlP、GaP、InS（登録商標）b、AlSb、GaSb、GaN、AlN、InNなどのIII-V化合物、並びにAlGaInP、AlGaInNなどのIII-V化合物の合金；ZnSe、CdSe、BeSe、MgSe、ZnTe、CdTe、BeTe、MgTe、ZnS、CdS、BeS、MgSなどのII-VI化合物、及びII-VI化合物の合金、又は、以上に列挙した化合物のいずれかの合金といった、有機半導体又は無機半導体などの任意の好適な材料から構成することができる。

10

【0066】

ある場合には、エレクトロルミネッセンスデバイス110は、1つ以上のp型及び/又はn型半導体層、1つ以上のポテンシャル井戸及び/又は量子井戸を含み得る1つ以上の活性層、緩衝層、基板層、並びに単板層を含むことができる。ある場合には、エレクトロルミネッセンスデバイス110は、III-V族LEDなどのIII-V族半導体光源であることができ、AlGaInN半導体合金を含んでもよい。例えば、エレクトロルミネッセンスデバイス110は、GaNベースのLEDであることができる。別の例として、エレクトロルミネッセンスデバイス110は、ZnOベースのLEDなどのII-VI族LEDであることができる。

20

【0067】

開示される構成体の利点の一部を、以下の実施例によって更に説明する。この実施例で列挙される特定の材料、量及び寸法、並びに他の条件及び詳細は、本発明を不当に制限するものと解釈されるべきではない。

【実施例】**【0068】**

（実施例1）：

図1の光変換器118に類似した半導体光変換構成体を作製した。表Iに相対的な層の順番と、異なる層に対する材料組成及び厚さの見積もり値を要約する。

【0069】

【表 1】

表 1 : 実施例 1 の構成体中の種々の層の詳細 :

層番号	材料	厚さ (Å)	説明
1	InP	—	基板
2	Ga _{0.47} In _{0.53} As	2000	緩衝層
3	Cd _{0.37} Mg _{0.22} Zn _{0.41} Se	10924	吸収層
4	Cd _{0.47} Zn _{0.53} Se	20	量子井戸
5	Cd _{0.37} Mg _{0.22} Zn _{0.41} Se	1178	吸収層
6	Cd _{0.47} Zn _{0.53} Se	20	量子井戸
7	Cd _{0.37} Mg _{0.22} Zn _{0.41} Se	1178	吸収層
8	Cd _{0.47} Zn _{0.53} Se	20	量子井戸
9	Cd _{0.37} Mg _{0.22} Zn _{0.41} Se	1178	吸収層
10	Cd _{0.47} Zn _{0.53} Se	20	量子井戸
11	Cd _{0.37} Mg _{0.22} Zn _{0.41} Se	589	吸収層
12	吸収層側 : Cd _{0.37} Mg _{0.22} Zn _{0.41} Se ウインドウ側 : Cd _{0.22} Mg _{0.44} Zn _{0.34} Se	2500	組成漸変層
13	Cd _{0.22} Mg _{0.44} Zn _{0.34} Se	5000	ウインドウ

10

20

【0070】

最初に、GaInAs 緩衝層を InP 基板上に分子線エピタキシー法 (MBE) により成長させて、II~VI 成長のための表面を調製した。続いて、光変換用の II~V 族エピタキシャル層を成長させるために、構成体を超高真空移送システムを通して別の MBE チャンバへ移動させた。変換器 118 は、4 つの CdZnSe 量子井戸 140 を含んだ。それぞれの量子井戸 140 を、GaInN ベースのレーザーダイオードが発光する 440 nm の青色光を吸収することができる CdMgZnSe 吸収層、130 と 131 との間にサンドイッチした。

30

【0071】

構成体をガラス顕微鏡スライドに接着剤で取り付けた後、InP 基板を 3HCl : 1H₂O の溶液により除去した。エッチング剤は GaInAs 緩衝層 (層 # 2) で停止した。30 mL の水酸化アンモニウム (30 重量%)、5 mL の過酸化水素 (30 重量%)、40 g のアジピン酸、及び 200 mL の水の攪拌した溶液中で緩衝層を引き続いて除去して、顕微鏡スライドに付着した II~VI 光変換器 118 のみを残した。

【0072】

(実施例 2) :

構成体を構成体のウインドウ側から $\lambda_{in} = 440 \text{ nm}$ の青色光を発光するレーザーダイオードにより照射した場合の、実施例 1 で作製した構成体の外部量子効率 (EQE) を計算した。測定された再発光波長は $\lambda_{out} = 539 \text{ nm}$ であった。EQE を式 $(P_{out} / P_{in}) \times (\lambda_{in} / \lambda_{out})$ から計算した。式中、 P_{in} は入射エネルギーであり、 P_{out} は構成体を出る、変換された光の出射エネルギーであった。計算された EQE は 23% であった。

40

【0073】

(実施例 3) :

実施例 1 で作製した構成体の吸収層側を SiO₂ ナノ粒子によりコーティングして、構造化された層 150 に類似する構造化された層を得た。粒子は、約 440 nm の平均直径

50

を有し、Nissan Chemical America Corporation (Houston, Texas) から入手した。粒子を 1 - メトキシ - 2 - プロパノール中で 5 重量% 固体含量まで分散した。ディップコーティング法を約 65 mm / 分の速度で用いて、溶液を構成体上にコーティングした。第 1 のこのような試料 (試料 A) を 1 回ディップコーティングした。第 2 のこのような試料 (試料 B) を数回ディップコーティングした。図 5 A 及び 5 B は、それぞれ試料 A 及び B の側面の走査型電子顕微鏡 (SEM) 像である。実施例 2 で述べた方法を用いて、試料 A 及び B の EQE をそれぞれ 30.7% 及び 38.2% であると計算した。

【 0074 】

(実施例 4) :

プラズマ増強化学蒸着 (PECVD) 法を用いて、実施例 3 からの試料 A 及び B を Si_3N_4 オーバーコートによりコーティングして、オーバーコートされた試料 A_1 及び B_1 をそれぞれ得た。オーバーコートの厚さは約 300 nm であり、 Si_3N_4 の屈折率は約 1.8 であった。図 6 A 及び 6 B は、オーバーコートされた試料 A_1 及び B_1 の側面の SEM 像である。実施例 2 で述べた方法を用いて、試料 A_1 及び B_1 の EQE をそれぞれ 41.2% 及び 41.5% であると計算した。1 回粒子ディップコーティングした試料の場合、 Si_3N_4 オーバーコートの追加は、EQE を 30.7% から 41.2% まで増加させ、約 34% の増加であった。多数回の粒子ディップコーティングを行った試料の場合、 Si_3N_4 オーバーコートの追加は、EQE を 38.2% から 41.5% まで増加させ、約 8.6% の増加であった。

10

20

【 0075 】

(実施例 5) :

実施例 3 で述べた方法を繰り返して、新しい試料 C (1 回ディップ) を作製した。実施例 2 で述べた方法を用いると、試料 C の計算された EQE は 33.45% であった。

【 0076 】

次に、真空昇華法を用いて、試料 C を ZnS によりオーバーコートし、オーバーコート試料 C_1 を得た。オーバーコートの厚さは約 400 nm であり、ZnS オーバーコートの屈折率を 2.4 であるの見積もった。図 7 は、試料 C_1 の側面の SEM 像である。実施例 2 で述べた方法を用いると、試料 C_1 の計算された EQE は 45.13% であった。したがって、ZnS オーバーコートの追加は EQE を 33.45% から 45.13% まで増加させ、約 34.9% の増加であった。

30

【 0077 】

(実施例 6) :

実施例 3 で述べた方法を繰り返して、新しい試料 $D_1 \sim D_4$ を作製した。実施例 2 で述べた方法を用いると、試料 $D_1 \sim D_4$ の計算された EQE は、それぞれ 22.1%、19.93%、21.25%、及び 25.7% であった。次に、実施例 3 で述べた方法を用いて、 SiO_2 粒子の単層により異なるディップ速度で試料をコーティングした。試料 $D_1 \sim D_4$ に対して得られる見積りパーセント面積被覆率は、それぞれ、30%、40%、50%、及び 70% であった。得られた試料に対する計算された EQE は、それぞれ 29.47%、33.45%、31.76%、及び 41.5% であった。したがって、 SiO_2 粒子の追加は試料 $D_1 \sim D_4$ の EQE をそれぞれ 33%、68%、49%、及び 61% 増加させた。

40

【 0078 】

図 8 は、フォトンエネルギー E_1 を有する第 1 の波長 λ_1 の光 850 を発光する LED などの光源 810 と、第 1 の波長の光の少なくとも一部をフォトンエネルギー E_2 を有する λ_2 の光に変換するための半導体光変換構成体 815 を含む発光システム 800 の概略側面図である。

【 0079 】

半導体光変換構成体 815 は、光変換器 818、構成体 818 上に直接に配設された構造化された層 150、及び構造化された層上に配設された構造化されたオーバーコート 1

50

60などのオーバーコート160を含む。

【0080】

光変換器818は、光源810に面する第1のウインドウ120と、第1、第2、第3及び第4のポテンシャル井戸840、841、842及び843と、4つのポテンシャル井戸を囲む第1、第2、第3、第4及び第5の光吸収層830、831、832、833及び834と、補助的な光吸収層870と、を含む。

【0081】

光吸収層830～834は、光吸収層130及び131に類似し、光850の少なくとも一部を吸収し、結果として光生成電子空孔対などの光生成キャリアを生じさせ、光生成キャリアは、光吸収層からポテンシャル井戸840～843まで拡散又は移動し、再結合し、第2の波長 λ_2 に光を発光する。光吸収層830～834は、光生成キャリアがキャリアを再結合し、第2の波長 λ_2 の光852を発光するためにポテンシャル井戸に効率的に拡散することができるように、ポテンシャル井戸に近接して配置される。ある場合には、光吸収層830～834は、例えばポテンシャル井戸840～843よりも低い屈折率を第2の波長で有する。

【0082】

ある場合には、光850の一部は、吸収層830～834及び/又はポテンシャル井戸840～843により吸収されず、吸収層とポテンシャル井戸により光851として透過される。例えば、ある場合には、発光850は、図9で概略的に示す、水平軸が波長であり、垂直軸が任意単位の強度である、強度スペクトル910を有することができる。このような場合、波長 λ_1 は、ピーク強度 I_0 を有するピーク発光波長であることができ、光吸収層830～834のバンドギャップ波長は、例えば、 λ_{abs} において λ_1 よりも十分に大きくなることができ、光850の実質的な部分が吸収層により吸収される。ある場合には、 λ_{abs} は十分に小さく、ポテンシャル井戸まで拡散する光生成キャリア対に対して高い温度でも十分な閉じ込めを提供する。このような場合、図9で λ_{abs} の右に位置するスペクトル910のテール端に概ね対応する光850の一部は、吸収層830～834及び/又はポテンシャル井戸840～843により吸収されず、吸収層とポテンシャル井戸により第1の波長の光851として透過される。このような場合、補助的な光吸収層870は、他の層により吸収されない残存する光又は残余の光851を吸収することができる。ある場合には、補助的な光吸収層870のバンドギャップ波長 λ_{b} は、 λ_{abs} よりも十分に大きく、光851の本質的に全部は補助的な光吸収層により吸収される。このような場合、発光システム800の出力光860は、本質的に λ_2 にあり、 λ_1 で光量を全く、又は極めて僅かしか持たない。このような場合、補助的な光吸収層のバンドギャップエネルギー E_{lb} は、光吸収層830～834のバンドギャップエネルギー E_{abs} よりも小さい。例えば、図10は、図8からの光変換器818の概略のバンドダイヤグラムであり、小さい E_{lb} と大きい E_{abs} を示す。図10中、 E_c 及び E_v は、それぞれ、伝導帯と価電子帯を表す。出力光860の光強度を最適化するのが望ましい場合などでは、補助的な光吸収層のバンドギャップエネルギー E_{lb} は、図10に示すように、ポテンシャル井戸840～843の遷移エネルギー E_{pw} よりも大きい。このような場合、 E_{lb} は、 λ_2 でのフォトンのエネルギー E_2 よりも大きい。

【0083】

補助的な光吸収層870のバンドギャップエネルギーが第5吸収層834のバンドギャップエネルギー E_{abs} よりも小さいなどの場合には、補助的な光吸収層870の波長 λ_2 での屈折率は、光吸収層834の屈折率よりも大きい。このような場合、光変換器818中でウエーブガイド又はトラップされた λ_2 での光学モードの電場は、構造化された層150に向かって移動する。これは、構造化された層150及び/又はオーバーコート160の中に更に延びる光学モードのエバネッセントテールを生じさせることができ、翻って、構造化された層とオーバーコートによる光852の増進された抽出をもたらす。

【0084】

ある場合には、ポンプ光源810(図8及び9を参照)は、第1の波長 λ_d 及びより長

10

20

30

40

50

い第2の波長 λ_e で発光する。第1の波長は、ある場合には、ポンプ光源のピーク発光波長 λ_1 であることができる。光吸収層 830 ~ 834 は、波長 λ_d の光を吸収する能力がある。しかし、光吸収層は、 λ_e が光吸収層のバンドギャップ波長 λ_{abs} よりも長いために、波長 λ_e の光を吸収する能力がない。ある場合には、光吸収層は、光 850 の実質的な部分を吸収することができる。例えば、このような場合、光吸収層は、光 850 の少なくとも80%、又は少なくとも85%、又は少なくとも90%、又は少なくとも95%を吸収する能力がある。ポテンシャル井戸 840 ~ 843 は、光吸収層により吸収される光の少なくとも一部をより長い波長の出力光 860 に変換する。補助的な光吸収層 870 は、第1の波長 λ_d 及び第2の波長 λ_e の光を吸収する能力があり、光源 810 により発せられる残余の光を吸収する。

10

【0085】

ある場合には、半導体光変換構成体 815 は、補助的な光吸収層 870 からの光を抽出するのに、構造化された層 150 及びオーバーコート 160 中の構造体以外の、又はそれに追加される手段を含むことができる。例えば、補助的な光吸収層の最上表面をパターン化又はテクスチャ化、例えば粗化、することにより、光を抽出することができる。別の例として、補助的な光吸収層の外部表面上にフォトニック結晶を形成することにより、光を抽出することができる。代表的なフォトニック結晶は、例えば、米国特許第 6,987,288 号及び同第 7,161,188 号に記載されている。ある場合には、補助的な光吸収層の出力表面上に光学的要素を形成することにより、光を抽出ことができ、ここで、光学的要素は、いかなる要素であることができ、そうでなければ、例えば、内部全反射により補助的な光吸収層から出られない、光の少なくとも一部を抽出する能力のある任意の形状を有することができる。例示の光抽出器は、例えば、同一所有者の米国特許出願公開第 2007/0284565 号、2006年11月17日出願の同一所有者の米国特許仮出願番号 60/866,265、及び2006年6月12日出願の同一所有者の米国暫定特許出願番号 60/804,544 で述べられている。

20

【0086】

ある場合には、光吸収層 834 及び補助的な光吸収層 870 の少なくとも1つは、組成漸変材料であることができる。このような場合、吸収層の厚さ方向に沿った少なくとも1つの場所における補助的な光吸収層 870 のバンドギャップエネルギー E_{1b} は、光吸収層 834 の最小のバンドギャップエネルギーよりも小さい。例えば、図 11 は、一定のバンドギャップエネルギー E_{abs} と線形組成漸変型の補助的な光吸収層 1130 を持つ光吸収層 1120 を含む、光変換器 1100 の概略のバンドダイヤグラムである。場所「X」における補助的な光吸収層 870 のバンドギャップエネルギー E_{1b} は、光吸収層 834 のバンドギャップエネルギー E_{abs} よりも小さい。ある場合には、層の厚さ方向に沿った少なくとも1つの場所における補助的な光吸収層 870 の n_2 での屈折率は、光吸収層 834 の n_2 での最大の屈折率よりも大きい。

30

【0087】

一般に、光変換器 818 中の、補助的な光吸収層 870 と、光吸収層 830 ~ 34 などの光吸収層は、出願において実行可能及び/又は望ましい、いかなる形状のバンドダイヤグラムも有することができる。例えば、図 12 は、ポテンシャル井戸 1210 と、一定のバンドギャップエネルギー E_{abs} を持つ光吸収層 1220 と、線形組成漸変型のバンドギャップを有する補助的な光吸収層 1230 と、を含む、光変換器 818 に類似の光変換器 1218 の概略のバンドダイヤグラムである。場所「X」における補助的な光吸収層 1230 のバンドギャップエネルギー E_{1b} は、 E_{abs} よりも小さく、ポテンシャル井戸 1210 の遷移エネルギー E_{tr} よりも大きい。

40

【0088】

別の例として、図 13 は、ポテンシャル井戸 1310 と、一定のバンドギャップエネルギー E_{abs} を持つ光吸収層 1320 と、埋め込まれたポテンシャル井戸又は量子井戸 1360 を含む一定のバンドギャップエネルギー E_{1b} を持つ補助的な光吸収層と、を含む、光変換器 1318 の概略のバンドダイヤグラムである。バンドギャップエネルギー E_1

50

b は、 $E_{a b s}$ よりも小さく、ポテンシャル井戸 1 3 1 0 の遷移エネルギー $E_{t r}$ よりも大きい。更に別の例として、図 1 4 は、ポテンシャル井戸 1 4 1 0 と、一定のバンドギャップエネルギー $E_{a b s}$ を持つ光吸収層 1 4 2 0 と、ポテンシャル井戸又は量子井戸 1 4 6 0 を含む、曲がったバンドダイアグラムを持つ補助的な光吸収層 1 4 3 0 と、を含む、光変換器 1 4 1 8 の概略のバンドダイアグラムである。補助的な光吸収層は、 $E_{a b s}$ よりも小さく、ポテンシャル井戸 1 4 1 0 の遷移エネルギー $E_{t r}$ よりも大きい、場所「X」でバンドギャップエネルギー $E_{l b}$ を有する。

【0089】

ある場合には、図 8 中の光変換器層 8 1 8 は、光生成キャリアが例えば光変換器の外側表面若しくは内側領域まで移動又は拡散するのを防止するために、ウインドウ 1 2 0 などの、又はそれに追加した 1 つ以上のキャリアブロック層を含むことができる。例えば、図 1 5 は、光吸収層 1 5 2 0 中のキャリアが補助的な光吸収層 1 5 3 0 まで拡散するなど、移動するのをブロックするために、ポテンシャル井戸 1 5 1 0 と、一定のバンドギャップエネルギー $E_{a b s}$ を持つ光吸収層 1 5 2 0 と、一定のバンドギャップエネルギー $E_{l b}$ を持つ補助的な光吸収層 1 5 3 0 と、層 1 5 2 0 と 1 5 3 0 との間に配設された一定のバンドギャップエネルギー $E_{c b}$ を持つキャリアバリア層 1 5 4 0 と、を含む、光変換器 1 5 1 8 の概略のバンドダイアグラムである。バンドギャップエネルギー $E_{l b}$ は、 $E_{a b s}$ よりも小さく、ポテンシャル井戸 1 5 1 0 の遷移エネルギー $E_{t r}$ よりも大きい。別の例として、図 1 6 は、例えば、ポテンシャル井戸 1 6 1 0 及び光吸収層 1 6 2 0 中でキャリアが補助的な光吸収層 1 6 3 0 まで移動するのをブロックするために、ポテンシャル井戸 1 6 1 0 と、一定のバンドギャップエネルギー $E_{a b s}$ を持つ光吸収層 1 6 2 0 と、補助的な光吸収層 1 6 3 0 及びキャリアバリア層 1 6 4 0 を含む組成線形漸変領域 1 6 7 0 と、を含む、光変換器 1 6 1 8 の概略のバンドダイアグラムである。場所「X」における補助的な光吸収層のバンドギャップエネルギー $E_{l b}$ は、 $E_{a b s}$ よりも小さく、ポテンシャル井戸 1 6 1 0 の遷移エネルギー $E_{t r}$ よりも大きい。更に別の例として、図 1 7 は、例えば光吸収層 1 7 2 0 及び / 又は補助的な光吸収層 1 7 3 0 中のキャリアが例えば図示していない光変換器 1 7 1 8 の出力表面まで移動するのをブロックするために、ポテンシャル井戸 1 7 1 0 と、一定のバンドギャップエネルギー $E_{a b s}$ を持つ光吸収層 1 7 2 0 と、補助的な光吸収層 1 7 3 0 及びキャリアバリア層又はウインドウ 1 7 4 0 を含む非線形組成傾斜型領域 1 7 7 0 と、を含む、光変換器 1 7 1 8 の概略のバンドダイアグラムである。場所「X」における補助的な光吸収層のバンドギャップエネルギー $E_{l b}$ は、 $E_{a b s}$ よりも小さく、ポテンシャル井戸 1 7 1 0 の遷移エネルギー $E_{t r}$ よりも大きい。

【0090】

(実施例 7) :

図 1 の光変換器 1 1 8 に類似した半導体光変換構成体を作製した。表 I I に相対的な層の順番と、異なる層に対する材料組成、厚さ、バルクバンドギャップエネルギー、及び屈折率の見積もり値を要約する。

【0091】

10

20

30

【表 2】

表 11 : 実施例 6 の構成体中の種々の層の詳細 :

層番号	材料	厚さ (Å)	バンドギャップ (eV)	屈折率	説明
1	InP	—	—	—	基板
2	Ga _{0.47} In _{0.53} As	2000	0.77	—	緩衝層
3	Cd _{0.38} Mg _{0.21} Zn _{0.41} Se:Cl	5600	2.49	2.64	補助吸収層
4	補助吸収層側: Cd _{0.38} Mg _{0.21} Zn _{0.41} Se:Cl 吸収層側:	500	2.49~2.578	2.59	組成漸変層
5	Cd _{0.35} Mg _{0.26} Zn _{0.39} Se:Cl	4880	2.578	2.59	吸収層
6	Cd _{0.47} Zn _{0.53} Se	20	2.15	2.69	量子井戸
7	Cd _{0.35} Mg _{0.26} Zn _{0.39} Se:Cl	1180	2.578	2.59	吸収層
8	Cd _{0.47} Zn _{0.53} Se	20	2.15	2.69	量子井戸
9	Cd _{0.35} Mg _{0.26} Zn _{0.39} Se:Cl	1180	2.578	2.59	吸収層
10	Cd _{0.47} Zn _{0.53} Se	20	2.15	2.69	量子井戸
11	Cd _{0.35} Mg _{0.26} Zn _{0.39} Se:Cl	1180	2.578	2.59	吸収層
12	Cd _{0.47} Zn _{0.53} Se	20	2.15	2.69	量子井戸
13	Cd _{0.35} Mg _{0.26} Zn _{0.39} Se:Cl	80	2.578	2.59	吸収層
14	吸収層側: Cd _{0.35} Mg _{0.26} Zn _{0.39} Se:Cl ウインドウ側:	2500	2.578~3.0	2.59~2.41	組成漸変層
15	Cd _{0.22} Mg _{0.44} Zn _{0.34} Se Cd _{0.19} Mg _{0.49} Zn _{0.32} Se	5000	3.0	2.41	ウインドウ

10

20

30

40

【0092】

最初に、GaInAs緩衝層をInP基板上にMBEにより成長させて、II~VI成長のための表面を調製した。続いて、光変換用のII~V族エピタキシャル層を成長させるために、構成体を超高真空移送システムを通して別のMBEチャンバへ移動させた。変

50

換器 118 は、4つの CdZnSe 量子井戸 140 を含んだ。それぞれの量子井戸 140 を、GaInN ベースのレーザーダイオードが発光する 440 nm の青色光を吸収することができる CdMgZnSe 吸収層の間にサンドイッチした。

【0093】

構成体をガラス顕微鏡スライドに接着剤で取り付けした後、InP 基板を 3HCl : 1H₂O の溶液により除去した。エッチング剤は GaInAs 緩衝層 (層 # 2) で停止した。30 mL の水酸化アンモニウム (30 重量%)、5 mL の過酸化水素 (30 重量%)、40 g のアジピン酸、及び 200 mL の水の攪拌した溶液中で緩衝層を引き続いて除去して、顕微鏡スライドに付着した I I ~ V I 光変換器 118 のみを残した。

【0094】

得られた構成体をウインドウ側から GaInN 青色ポンプ LED により照射することができ、453 nm でのピーク発光と、図 9 のスペクトル 910 に類似のスペクトルを得る。構成体の再発光される出力光は、量子井戸に対する 2.305 eV の遷移エネルギーに対応する、538 nm のピーク発光を有することができる。表 I I に示すように、光吸収層は、スペクトル 910 において 481 nm の波長 λ_{abs} に対応する、2.578 eV のバンドギャップエネルギーを有するものであった。 λ_{abs} の左側のスペクトル 910 の下の領域に対応する入射光の約 96% は、吸収層により吸収可能であり、 λ_{abs} の右側の領域に対応する残余の 4% は、補助的な光吸収層により吸収可能である。

【0095】

構成体のキャリア閉じ込めエネルギー (ポテンシャル井戸の全深さ) は 0.273 eV (2.578 ~ 2.305) であった。この構成体に類似であるが、補助的な光吸収層と同一の材料を有する光吸収層を持つ構成体は、本質的に全部のポンプ光を吸収するが、0.185 eV (2.490 ~ 2.305) の低下した閉じ込めエネルギーを有する。結果として、光吸収層と補助的な光吸収層の複合使用は、閉じ込めエネルギーを 0.185 eV から 0.273 eV まで増加させ、ほぼ 48% の増加であり、一方補助的な光吸収層は約 4% の入射ポンプ光を吸収するのみであった。

【0096】

図 1 に戻って、異なるシステムパラメータの関数としての構造化された層 150 及びオーバーコート 160 の抽出効率を、光学的構成体 1800 (図 18 に側面図を概略示す) に対して数値解析した。光学的構成体は、基板 1810 と、基板 1810 の最上表面 1812 上に直接に配列された球形粒子 1855 の正方形アレイを含む構造化された層 1850 と、基板の構造化された層及び露出された領域上に直接に配設されたオーバーコート 1820 と、を含んだ。基板の屈折率 n_1 は 2.646 であった。粒子 1855 の直径 D は 200 nm であり、粒子の屈折率 n_2 は、例えば、SiO₂ 粒子に対応する 1.45 であった。隣接粒子の間隔 P は 500 nm であった。粒子は、基板 1810 の最上表面 1812 の 50% を被覆した。オーバーコートに対しては、ランド厚さ t_1 は 100 nm であり、寸法 t_2 及び t_3 はそれぞれ 100 nm であり、 t_4 は 300 nm であった。数値シミュレーション時にオーバーコートの屈折率 n_3 を変えた。

【0097】

光源 1805 を基板の底部表面 1814 に配置し、540 nm の均一な光 1807 を発光させた。光学的構成体 1800 の抽出効率をモデル化し、有効な二次元時間領域差分法 (FDTD) を用いて、数値計算した。抽出効率を発光した入射光 1807 のパワーに対する出力光 1840 のパワーの比として定義した。構造化された層及びオーバーコートが不在の場合、抽出効率は 16.4% であった。

【0098】

図 20 は、構造化された層及び構造化されたオーバーコートが存在する場合の n_3 の関数としての光学的構成体 1800 の抽出効率を示す。空気オーバーコート (図 20 の点 P_1 に対応する $n_3 = 1$) に対する抽出効率は 19.2% であった。したがって、オーバーコート無し (又は空気) の場合には、粒子は、抽出効率を 16.4% から 19.2% に増加させ、約 17.1% の増加であった。SiO₂ オーバーコートに対応する点 P_2 (n_3

10

20

30

40

50

= 1.45)における抽出効率は、19.8%であり、オーバーコート無しよりも約20.7%の増加であった。図20の点 $P_3 \sim P_5$ は、それぞれ、 Si_3N_4 、 ZnS 、及び $ZnSe$ オーバーコートに対応する。抽出効率は、概ね、領域 Q_1 の線 L_1 、領域 Q_2 の線 L_2 、及び領域 Q_3 の線 L_3 に従う。領域 Q_2 の線 L_2 は、オーバーコート屈折率 n_3 が約2.0~約2.7の範囲にあり、線 L_1 及び L_3 よりも大きい勾配を有することに対応する。領域 Q_2 は、構造化されたオーバーコート屈折率への抽出効率の依存性が大きいことを示す。

【0099】

ある場合には、オーバーコート170を施す前に構造化された層150を改変することができる。例えば、ある場合には、構造化された層をオーバーコート170によりコーティングする前に構造化された層150中の構造体の少なくとも一部の形状及び/又は大きさを改変することができる。図21A~21Cを参照しながら、一つのこのような例示の方法を述べる。図21Aは、半導体基板2110と、半導体基板上に直接に配設された構造化された層2120と、を含む、光学的構成体2100の概略の側面図である。基板は、例えば、図1の第2のウインドウ121又は図8の補助的な吸収層870に類似であることができる。ある場合には、基板2120は、多層、例えば補助的な吸収層870に類似であることができる層であることができる。

10

【0100】

構造化された層2120は、例えば、図1の構造化された層150に類似であることができる。構造化された層2120は、基板2110上に直接に配設された複数の離散した粒子2122を含む。ある場合には、粒子2122は、ポリマー系など有機であることができる。例示のポリマーには、ポリスチレン、ポリカーボネート、ポリ(メタ)アクリレート(例えば、ポリメチルメタクリレート(PMMA))、ポリオレフィン(例えば、ポリプロピレン(PP))、ポリウレタン、ポリエステル(例えば、ポリエチレンテレフタレート(PET))、ポリアミド、ポリイミド、フェノール樹脂、セルロースジアセテート、セルローストリアセテート、スチレン-アクリロニトリルコポリマー及びエポキシなどが挙げられる。

20

【0101】

粒子2122は、基板2110の最上表面2126上に単層を形成する。単層は、空き領域2124などの空き領域を含み、基板の最上表面を露出する。ある場合には、粒子をエッチング剤に曝露することにより、粒子の大きさを収縮又は低減させることができる。例えば、エッチング剤により、それぞれの粒子の一部を除去して、より小さな又は収縮した粒子を得ることができる。例示のエッチング方法には湿式又は乾式化学エッチング、及び反応性イオンエッチングが挙げられる。ある場合には、粒子はポリスチレンであり、エッチング方法は酸素プラズマ又は反応性イオンエッチングである。

30

【0102】

ある場合には、粒子を十分な熱に曝露することにより、粒子2122をリフローさせる。例えば、ポリマー粒子2122を粒子の融点又はその近傍の温度でリフローさせることができる。ある場合には、エッチング剤及び熱を粒子に同時に適用して、粒子の少なくとも一部を収縮させ、リフローさせることができる。ある場合には、エッチング工程は熱を発生し、若干の熱を加えるか、又は追加の熱なしで粒子をリフローさせることができる。

40

【0103】

ある場合には、構造体2122の平均の大きさは、構造体の表面密度を実質的に決定することができる。エッチング時間などのエッチングの量は、エッチング工程後の構造体(構造体2132)によるパーセント面積被覆率を決定することができる。ある場合には、所望の表面構造体密度及びパーセント表面被覆率に基づいて、必要とされる初期の平均の構造体の大きさ及びエッチング量を計算、又は決定することができる。例えば、所定の所望の粒子密度に対しては、平均の粒子直径 R を求めることができ、所定の所望のパーセント面積被覆率に対しては、実験データに基づいて、例えばエッチング時間などのエッチングパラメータを求めることができる。次に、例えば、平均直径 R を持つ密充填した粒子の

50

単層を表面に施して、所望の表面粒子密度を得る。次に、予め決められたエッチングパラメーターにしたがって粒子をエッチングして、エッチングされた粒子により所望のパーセント表面被覆率を得ることができる。ある場合には、粒子をオーバーコートすることができる。

【0104】

ある場合には、所望の最終のパーセント表面被覆率を得るために、第1の複数の構造体を最上表面2126上に配設して、所望の最終のパーセント面積被覆率よりも大きい初期のパーセント面積被覆率を得る。次に、構造体の少なくとも一部を十分に収縮させて、初期のパーセント面積被覆率を所望の最終のパーセント面積被覆率まで縮小することができる。ある場合には、構造体の少なくとも一部をリフローすることができる。ある場合には、次に、構造体をオーバーコートによりコーティングして、収縮させた構造体と、未被覆領域中の最上表面を被覆する。

10

【0105】

十分な熱と、1つ以上のエッチング剤にかけた後、光学的構成体2100を図21Bで概略的に示した光学的構成体2150に改変する。特に、層2120中の粒子2122を部分的にエッチングし、リフローした後で、構造化された層2120を構造化された層2130に変化又は改変する。構造化された層2130は、対応する粒子2122よりも小さく、熱への曝露によりリフロー済の粒子2132を含む。リフロー後、粒子2132は平坦な底部2134を有する。ある場合には、粒子2132は、ドーム状又は円錐状である。ある場合には、リフロー及び粒子の収縮の工程を同一の時間又は同時に行うことができる。ある場合には、2つの工程を順次行うことができる。例えば、粒子の大きさをエッチング剤により縮小し、続いて加熱工程を行って、エッチングされた粒子をリフローすることができる。

20

【0106】

ある場合には、複数の粒子による基板2110の最上表面2126のパーセント被覆率は、エッチング剤及び熱を粒子に適用した後に減少する。例えば、このような場合、粒子2122は、図21Aの最上表面2126の第1のパーセントを被覆し、粒子2132は、図21Bの最上表面2126の第2のパーセントを被覆し、ここで、第2のパーセントは第1のパーセント未満である。

【0107】

ある場合には、収縮工程は、粒子の平均の側面大きさなどの平均の大きさを少なくとも10%、又は少なくとも20%、又は少なくとも30%、又は少なくとも40%、又は少なくとも50%、又は少なくとも60%、又は少なくとも70%縮小することができる。ある場合には、複数の構造体による基板の最上表面のパーセント面積被覆率は、収縮工程の後減少する。例えば、このような場合、パーセント面積被覆率は、少なくとも10%、又は少なくとも20%、又は少なくとも30%、又は少なくとも40%、又は少なくとも50%減少し得る。

30

【0108】

ある場合には、光学的構成体2150をオーバーコート2160によりコーティングして、図21Cに概略的に示す光学的構成体2180を得る。オーバーコート2160は、複数の粒子2132と、空き領域2124などの空き領域中の基板2110の最上表面を被覆する。

40

【0109】

基板2110は、例えばスペクトルの可視領域において屈折率 n_1 を有し、構造化された層2130中の粒子2132は屈折率 n_2 を有し、オーバーコート2160は屈折率 n_3 を有する。ある場合には、 n_2 は n_1 未満である。例えば、このような場合、基板2110は、約2~約2.7、又は約2~約2.5の範囲の屈折率を有する半導体材料を含み、粒子2132は、約1.5~約1.8の範囲の屈折率を有するポリマーを含む。ある場合には、 n_3 は n_1 よりも大きい。例えば、このような場合、基板2110は、約2~約2.3の範囲の屈折率を有する半導体材料を含み、オーバーコート2160は、約2.3

50

～約 2.7 の範囲の屈折率を有する異なる半導体を含む。

【0110】

(実施例 8) :

実施例 1 で述べた方法を用いて、半導体光変換構成体を作製した。構成体の計算された EQE は 15.29% であった。構成体の吸収層側をポリスチレン (PS) 微小球によりコーティングして、図 21A の構造化された層 2120 に類似の構造化された層を得た。微小球は約 1000 nm の平均直径を有し、これを VWR Scientific Products (South Plainfield, New Jersey) から入手した。微小球の屈折率は約 1.59 であり、構成体中の吸収層の屈折率は約 2.6 であった。微小球を H₂O 中 10 重量% 固体含量まで分散した。約 200 rpm の速度で約 20 秒間、続いて約 5000 rpm の速度で約 5 秒間スピン-オンコーティング法を用いて、溶液を吸収層の最上表面 (図 21A の最上表面 2126) に塗布した。図 22A は、得られた試料の SEM 像であり、密充填の球形 PS 粒子を光変換構成体の最上表面上に示す。微小球による最上表面の面積被覆率は約 90% であり、得られた試料の計算された EQE は 22.9% であった。したがって、PS 粒子は、EQE を 15.29% から 22.9% まで増加させ、約 49.8% の増加であった。次いで、試料を酸素プラズマ (6 mT、80 W の RF パワー、及び 1200 W の誘導結合プラズマパワー) 中でエッチングして、リフローし、粒子の大きさを縮小した。粒子による得られた表面被覆率は約 64% であった。したがって、エッチング工程は、パーセント面積被覆率を約 90% から約 64% まで低下させた。図 22B は得られた試料の SEM 像である。粒子は円錐状又はドーム状であり、平らな底部を有した。得られた試料の計算された EQE は 27.8% であった。次に、真空蒸着法を用いて、試料を ZnS によりオーバーコートした。オーバーコートの厚さは約 400 nm であり、ZnS オーバーコートの屈折率は約 2.4 であった。図 22C は得られた試料の SEM 像である。得られた試料の計算された EQE は、37.8% であった。したがって、ZnS オーバーコートの追加は、EQE を 27.8% から 37.8% まで増加させ、約 36% の増加であった。

10

20

【0111】

(実施例 9) :

実施例 1 で述べた方法を用いて、半導体光変換構成体を作製した。構成体の計算された EQE は 17.65% であった。構成体の吸収層側をポリスチレン (PS) 微小球によりコーティングして、図 21A の構造化された層 2120 に類似した構造化された層を得た。微小球は約 500 nm の平均直径を有し、これを VWR Scientific Products (South Plainfield, New Jersey) から入手した。微小球の屈折率は約 1.59 であり、構成体中の吸収層の屈折率は約 2.6 であった。微小球を H₂O 中に 1.5 重量% 固体含量まで分散した。ディップコーティング法を約 65 mm/分の速度で用いて、この溶液を吸収層の最上表面 (図 21A 中の最上表面 2126) に塗布した。この試料を 1 回ディップコーティングした。得られた試料の計算された EQE は 26.40% であった。したがって、PS 粒子は、EQE を 17.65% から 26.40% まで増加させ、約 49.6% の増加であった。次いで、試料を酸素プラズマ (200 mT、200 mW、及び 20.32 cm (8 インチ) 直径のプラテン) 中でエッチングして、若干収縮させ、粒子をリフローした。得られた粒子は円錐状又はドーム状であり、平らな底部を有した。次に、真空蒸着法を用いて、試料を ZnS によりオーバーコートした。オーバーコートの厚さは約 400 nm であり、ZnS オーバーコートの屈折率は約 2.4 であった。得られた試料の計算された EQE は、35.5% であった。したがって、ZnS オーバーコートの追加は、EQE を 26.4% から 35.5% まで増加させ、約 34.5% の増加であった。

30

40

【0112】

図 23 は、第 1 の波長 λ_1 の光 850 を発光する LED 光源と、光 850 の少なくとも一部をより長い第 2 の波長 λ_2 の光 852 に変換する光変換層 2315 と、を含む、光源 2300 の概略側面図である。光変換構成体 2315 は、基板 2320 上に配設され、第

50

1の屈折率 n_1 を有する蛍光体スラブ2330を含む。蛍光体スラブ2330は、光850の少なくとも一部を吸収し、吸収された光の少なくとも一部を波長 λ_2 の光852として再発光する。蛍光体スラブ2330として使用できる例示の蛍光体には、ストロンチウムチオガレート、ドーブGaN、銅活性化硫化亜鉛及び銀活性化硫化亜鉛が挙げられる。他の有用な蛍光体には、ドーブYAG、シリケート、シリコンオキシナイトライド、シリコンナイトライド、及びアルミネートベースの蛍光体が挙げられる。このような蛍光体の例には、Ce:YAG、SrSiON:Eu、SrBaSiO:Eu、SrSiN:Eu及びBaSrSiN:Euが挙げられる。

【0113】

基板2320は、用途に好適であり得るいずれの材料も含むことができる。例示の材料には、ガラス、ポリマー、アルミナ、サファイアなどのセラミック、及び光を通すために1つ以上の透明な開口又は穴を含む金属などの金属が挙げられる。ある場合には、基板2320は、第1の波長で実質的に光学的に透過性である。ある場合には、基板は n_1 で不透明であってもよい。このような場合、基板は、光850が基板を通るための1つ以上の光学的な、又は他の形の開口を含むことができる。ある場合には、基板2320は、図23で示されていないが、 n_2 での反射体又はヒートシンクなどの他の機能層を含むことができる。

10

【0114】

光変換構成体2315は、蛍光体スラブ2330上に配設された構造化された層150を更に含む。構造化された層150は、蛍光体スラブの第1の屈折率 n_1 よりも小さい第2の屈折率 n_2 を有する。構造化された層は、蛍光体スラブ上に直接に配設された複数の構造体151と、蛍光体スラブを露出させる複数の開口2305と、を含む。光変換構成体2315は、構造化された層150の少なくとも一部と開口2305などの複数の開口中の蛍光体スラブの一部との上に直接に配設された、オーバーコート160に類似した構造化されたオーバーコート2360を更に含む。構造化されたオーバーコート2360は、第2の屈折率 n_2 よりも大きい第3の屈折率 n_3 を有する。

20

【0115】

ある場合には、構造化されたオーバーコート2360は、トラップされた光のエバネッセントテールを構造化されたオーバーコートの中にまで延ばすことにより、蛍光体スラブ中にトラップされた第2の波長 λ_2 の光の抽出を増強することができる。テールを延ばすことによって、構造体151によりトラップされた光の散乱を増加して、蛍光体スラブからのトラップされた光の抽出を増加させる。

30

【0116】

ある場合には、構造化された層150は、第2の波長で実質的に光学的に透過性である。ある場合には、構造化されたオーバーコート2360は、第2の波長で実質的に光学的に透過性である。ある場合には、構造化された層150中の複数の構造体は、ある場合には、複数の離散した粒子の実質的な区分が実質的に球形である、離散した粒子などの複数の離散した構造体を含む。ある場合には、構造化された層150中の複数の構造体は、複数の相互に接続された構造体を含む。

40

【0117】

ある場合には、構造化されたオーバーコート2360は、 Si_3N_4 、ZnS、ZnSe、ZnSSe、ITO、 TiO_2 、 ZrO_2 、 Ta_2O_5 、 HfO_2 、及びシリケートガラスなどのシリケートの少なくとも1つを含む。ある場合には、構造化されたオーバーコート2360は半導体を含む。ある場合には、構造化されたオーバーコート2360の構造化された外側表面2361は、構造化された層150の構造化された外側表面2362に一致する。

【0118】

図18の光学的構成体1800を用いて、異なるシステムパラメータの関数としての光変換構成体2315の抽出効率を数値解析した。基板の屈折率 n_1 は、蛍光体スラブ2330などの蛍光体スラブに対する典型的な値の1.84であった。粒子1855の直径

50

Dは200nmであり、粒子の屈折率 n_2 は、例えば、 SiO_2 粒子に対応する1.45であった。隣接粒子の間の間隔Pは500nmであった。粒子は、基板1810の最上表面1812の50%を被覆した。オーバーコートに対しては、ランド厚さ t_1 は100nmであり、寸法 t_2 及び t_3 はそれぞれ100nmであり、 t_4 は300nmであった。数値シミュレーション時にオーバーコートの屈折率 n_3 を変えた。

【0119】

光源1805を基板の底部表面1814に配置し、540nmの均一な光1807を発光させた。光学的構成体1800の抽出効率をモデル化し、有効な二次元時間領域差分法(FDTD)を用いて、数値計算した。

【0120】

図24は、構造化された層及びオーバーコートの存在する場合の n_3 の関数としての光学的構成体1800の抽出効率を示す。 SiO_2 オーバーコートに対応する点 Q_1 ($n_3 = 1.45$)における抽出効率は、40.5%であった。図24中の点 Q_2 及び Q_3 は、それぞれ Si_3N_4 と TiO_2 オーバーコートに対応する。約1.35~約2.2の、又は約1.45~約2.2の範囲の n_3 に対しては、抽出効率は少なくとも約40%である。ある場合には、オーバーコートは、約1.38~約1.39の範囲の屈折率を有する MgF_2 を含むことができる。ある場合には、オーバーコートは、多孔質コーティングを含むことができる。例えば、オーバーコートは、約1.45未満の屈折率、例えば、約1.4、又は約1.35、又は約1.30、又は約1.29の屈折率を有する、多孔質 SiO_2 コーティングを含むことができる。

【0121】

本明細書で使用するとき、「垂直の」、「水平の」、「上方の」、「下方の」、「左」、「右」、「上側」及び「下側」、「最上」及び「最下」などの用語、並びに他の類似の用語は、諸図に示される相対的位置を指す。広くは、物理的实施形態は異なる配向を有することができるが、その場合、用語は、装置の実際の配向に修正された相対位置を意味することを意図している。例えば、図1における構成体が、この図における向きと比較して上下を逆さにされた場合にも、第1の吸収層130は、依然として、ポテンシャル井戸140の「下」にあると見なされる。

【0122】

本発明の様々な態様の説明を容易にするために本発明の特定の実施例を上記に詳細に説明したが、本発明は、それら実施例の詳細に限定されるものではないことを理解すべきである。むしろ添付の「特許請求の範囲」により規定されるように本発明の趣旨及び範囲内にある全ての变形例、実施形態及び代替例を全て網羅しようとするものである。

10

20

30

【 図 1 】

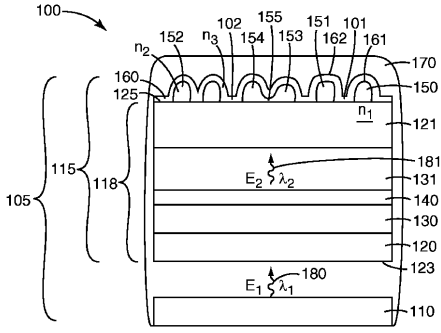


Fig. 1

【 図 2 】

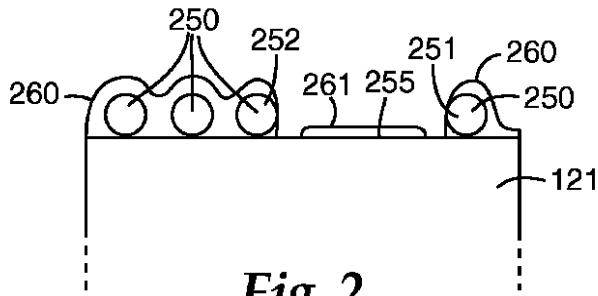


Fig. 2

【 図 3 】

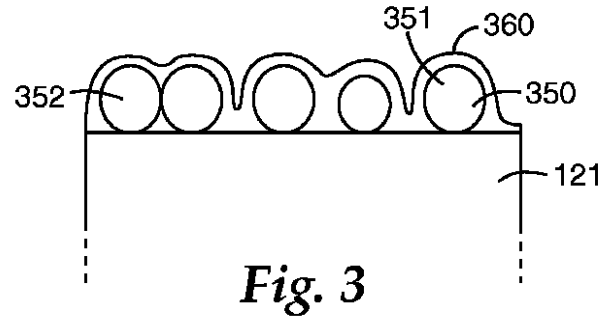


Fig. 3

【 図 4 】

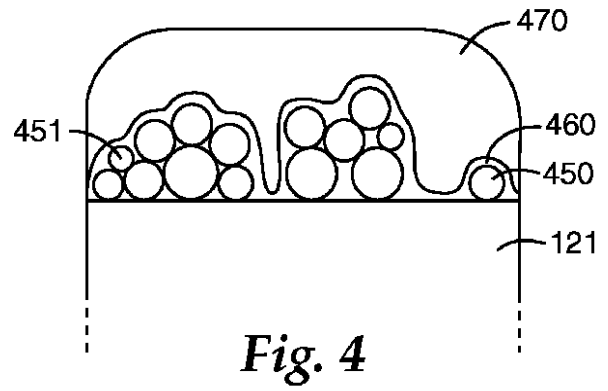


Fig. 4

【 図 5 A 】

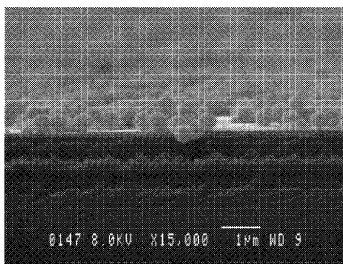


Fig. 5A

【 図 5 B 】

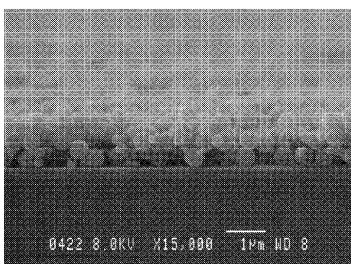


Fig. 5B

【 図 6 A 】

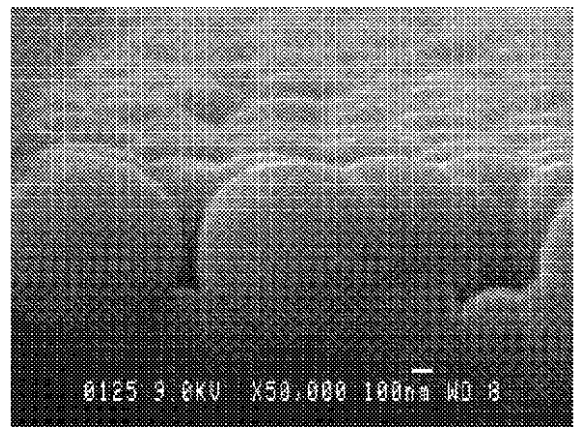


Fig. 6A

【 図 6 B 】

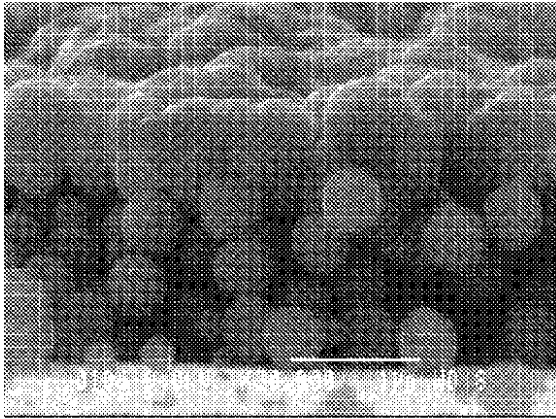


Fig. 6B

【 図 7 】

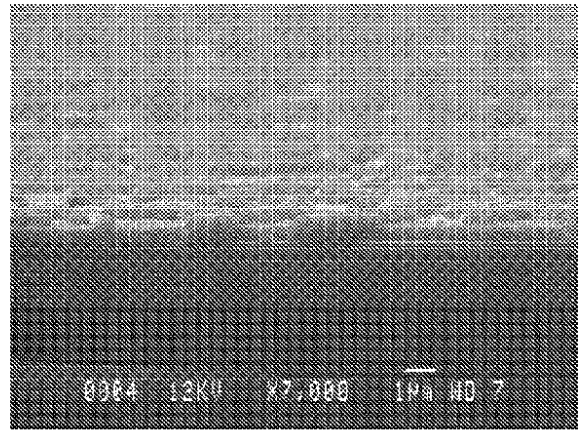


Fig. 7

【 図 8 】

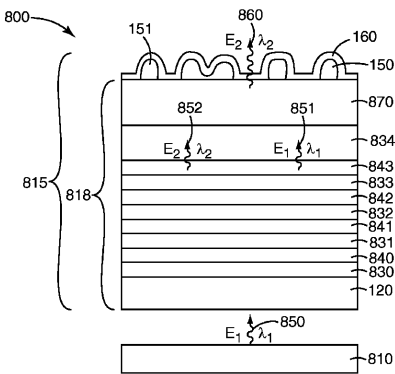


Fig. 8

【 図 9 】

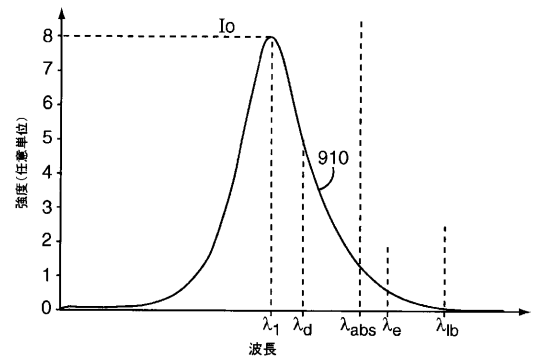


Fig. 9

【 図 10 】

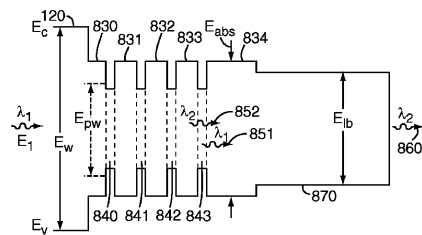


Fig. 10

【 図 1 1 】

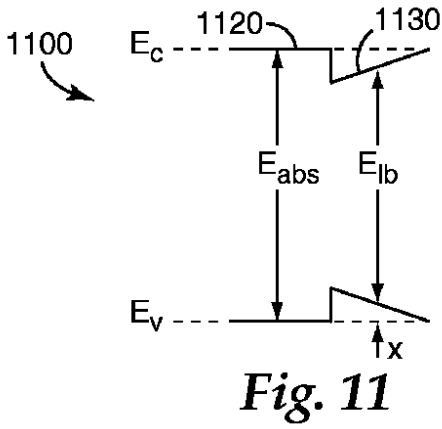


Fig. 11

【 図 1 2 】

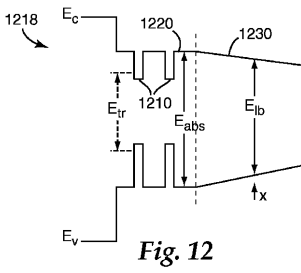


Fig. 12

【 図 1 5 】

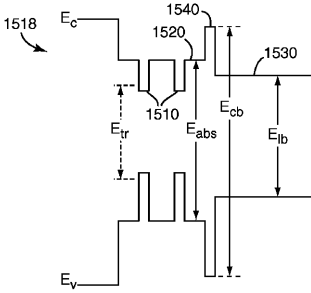


Fig. 15

【 図 1 6 】

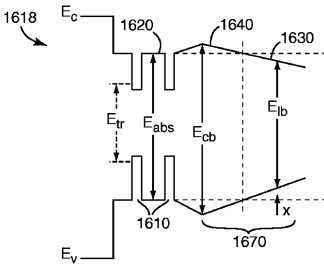


Fig. 16

【 図 1 3 】

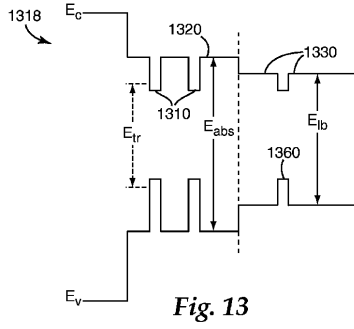


Fig. 13

【 図 1 4 】

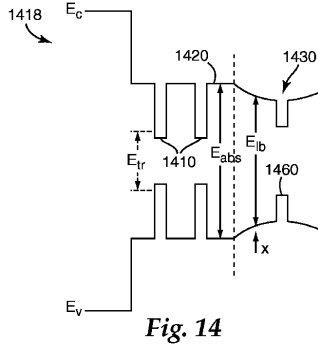


Fig. 14

【 図 1 7 】

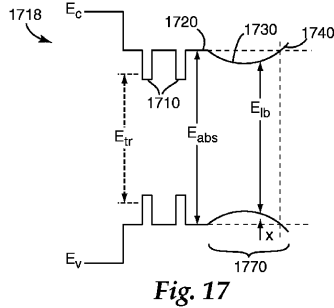


Fig. 17

【 図 1 8 】

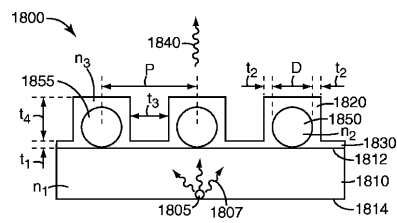


Fig. 18

【 図 19 】

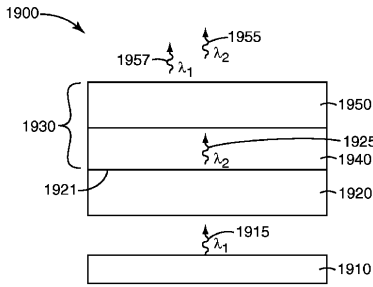


Fig. 19

【 図 20 】

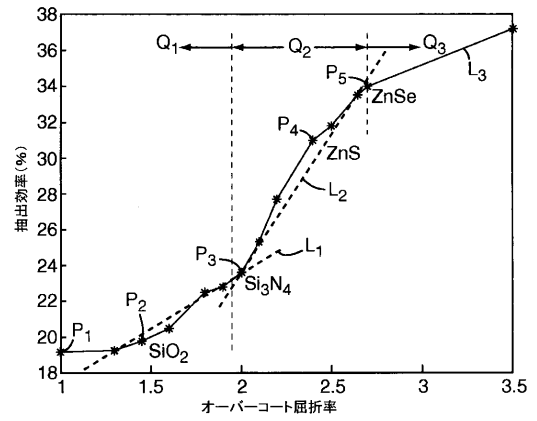


Fig. 20

【 図 21 A 】

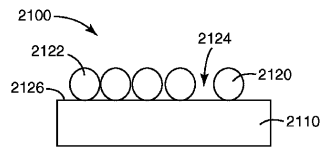


Fig. 21A

【 図 21 B 】

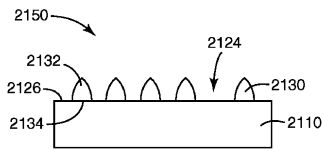


Fig. 21B

【 図 21 C 】

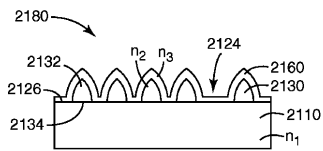


Fig. 21C

【 図 22 B 】

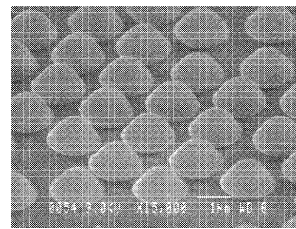


Fig. 22B

【 図 22 C 】

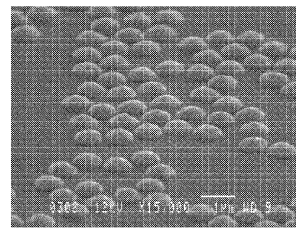


Fig. 22C

【 図 22 A 】

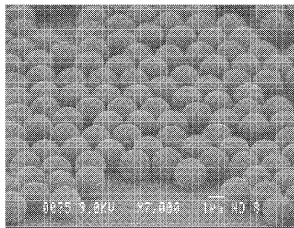


Fig. 22A

【 図 2 3 】

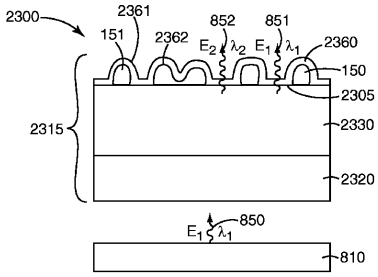


Fig. 23

【 図 2 4 】

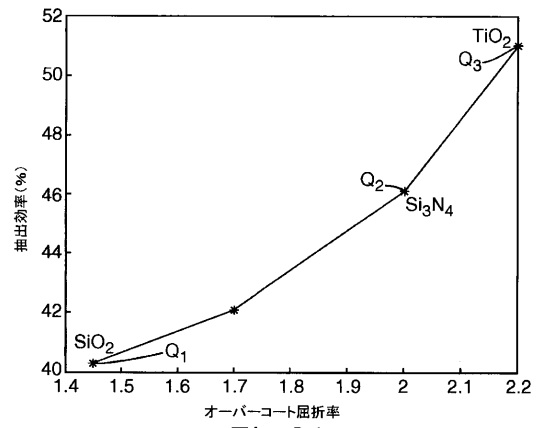




Fig. 24

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2009/045801
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01L 33/50(2010.01)i</i>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC : H01L 33/50, H01L 27/15, H01L21/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean Utility models and applications for Utility models since 1975 Japanese Utility models and applications for Utility models since 1975		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & keyword : wavelength conver*, absorbing light, potential well		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2006-0124917 A1 (THOMAS J. MILLER et al.) 15 June 2006 See Claims 8-10, Paragraph [0025]-[0039] and Figure 2	1-37
A	US 2007-0228935 A1 (BUM JOON KIM et al.) 04 October 2007 See Claims 1,8,9,10, Paragraph [0033]-[0040] and Figure 5	1-37
A	US 7196354 B1 (ALEXEI A. ERCHAK et al.) 27 March 2007 See Claim 1, Column 3 line 34 - Column 4 line 11 and Figure 1a	1-37
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of 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 06 JANUARY 2010 (06.01.2010)		Date of mailing of the international search report 08 JANUARY 2010 (08.01.2010)
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 139 Sconsa-ro, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer LEE Young Bae Telephone No. 82-42-481-8360 

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2009/045801

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006-0124917 A1	15.06.2006	CN 101076897 A	21.11.2007
		EP 1831934 A1	12.09.2007
		JP 2008-523615 T	03.07.2008
		JP 2008-523615 A	03.07.2008
		KR 10-2007-0093092 A	17.09.2007
		US 2008-0272387 A1	06.11.2008
		US 2008-0272362 A1	06.11.2008
		US 07402831 B2	22.07.2008
		US 2007-0051967 A1	08.03.2007
		WO 2006-062588 A1	15.06.2006
		US 2007-0228935 A1	04.10.2007
KR 20070095622 A	01.10.2007		
US 07608994 B2	27.10.2009		
US 07196354 B1	27.03.2007	CN 101346818 A	14.01.2009
		EP 1938380 A1	02.07.2008
		WO 2007-040627 A8	02.08.2007
		WO 2007-040627 A1	12.04.2007

フロントページの続き

(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, MK, 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, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100128495

弁理士 出野 知

(74)代理人 100154391

弁理士 鈴木 康義

(72)発明者 ハーセ, マイケル エー.

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター

(72)発明者 チャン, ジュン イン

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター

(72)発明者 ミラー, トーマス ジェイ.

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター

Fターム(参考) 5F041 AA03 AA11 EE25