

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6081709号
(P6081709)

(45) 発行日 平成29年2月15日(2017.2.15)

(24) 登録日 平成29年1月27日(2017.1.27)

(51) Int.Cl.

H01L 33/06 (2010.01)
H01L 33/32 (2010.01)

F 1

H01L 33/06
H01L 33/32

請求項の数 10 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2012-68277 (P2012-68277)
 (22) 出願日 平成24年3月23日 (2012.3.23)
 (65) 公開番号 特開2012-204839 (P2012-204839A)
 (43) 公開日 平成24年10月22日 (2012.10.22)
 審査請求日 平成27年3月20日 (2015.3.20)
 (31) 優先権主張番号 10-2011-0026980
 (32) 優先日 平成23年3月25日 (2011.3.25)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)
 (31) 優先権主張番号 10-2011-0028964
 (32) 優先日 平成23年3月30日 (2011.3.30)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)
 (31) 優先権主張番号 10-2011-0071146
 (32) 優先日 平成23年7月18日 (2011.7.18)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(73) 特許権者 513276101
 エルジー イノテック カンパニー リミテッド
 大韓民国 100-714, ソウル, ジュニング, ハンガン-テーロ, 416, ソウル スクエア
 (74) 代理人 100146318
 弁理士 岩瀬 吉和
 (74) 代理人 100114188
 弁理士 小野 誠
 (74) 代理人 100119253
 弁理士 金山 賢教
 (74) 代理人 100129713
 弁理士 重森 一輝

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1導電型半導体層と、

前記第1導電型半導体層の上に井戸層及び障壁層を有する活性層と、

前記活性層の上に第2導電型半導体層とを備え、

前記井戸層は、

前記第1導電型半導体層に最も隣接し、第1エネルギー・バンドギャップを有する第1井戸層と、

前記第2導電型半導体層に最も隣接し、第3エネルギー・バンドギャップを有する第3井戸層と、

前記第1井戸層と前記第3井戸層との間に位置し、第2エネルギー・バンドギャップを有する第2井戸層とを備え、

前記第1導電型半導体層はn型半導体層であり、前記第2導電型半導体層はp型半導体層であり、

前記井戸層のうち前記第3井戸層が前記p型半導体層に最も隣接するように配置され、

前記第3井戸層の前記第3エネルギー・バンドギャップは前記第2井戸層の前記第2エネルギー・バンドギャップ及び前記第1井戸層の前記第1エネルギー・バンドギャップより大きく、

前記第1井戸層乃至前記第3井戸層に含まれたInの含有量は、前記第1井戸層から前記第3井戸層に行くほど順次少なく形成され、

10

20

前記第1井戸層乃至前記第3井戸層は、前記第1井戸層から前記第3井戸層に行くほど順次厚くなる厚さを有する発光素子。

【請求項2】

前記第3井戸層の厚さは、前記第1井戸層または第2井戸層の厚さの110%乃至130%である、請求項1に記載の発光素子。

【請求項3】

前記活性層で発光する光がブルー(Blue)光の場合、前記第3井戸層の厚さは3.9nmである、請求項1または2に記載の発光素子。

【請求項4】

前記第3エネルギー bandwidth ギャップは、前記第2エネルギー bandwidth ギャップ対比101%乃至110%である、請求項1乃至3のいずれかに記載の発光素子。

【請求項5】

前記活性層で発光する光がブルー(Blue)光の場合、前記第3エネルギー bandwidth ギャップは、2.8eV乃至3.08eVである、請求項1乃至4のいずれかに記載の発光素子。

【請求項6】

前記第3井戸層の第3エネルギー bandwidth ギャップと前記第2井戸層の第2エネルギー bandwidth ギャップ、または前記第1井戸層の第1エネルギー bandwidth ギャップとのエネルギーギャップの差(energy gap difference)は0.1eV以内である、請求項1乃至5のいずれかに記載の発光素子。

20

【請求項7】

前記第3井戸層で発生する光の波長は、前記第2井戸層で発生する光の波長より20nm以内だけ短い、請求項1乃至6のいずれかに記載の発光素子。

【請求項8】

前記第3井戸層で発生する光の波長は、前記第2井戸層で発生する光の波長より2nm以上20nm以内だけ短い、請求項1乃至7のいずれかに記載の発光素子。

【請求項9】

前記第3井戸層のIn含有量は、前記第2井戸層のIn含有量対比90%乃至99%である、請求項1乃至8のいずれかに記載の発光素子。

【請求項10】

30

前記井戸層の組成式が $In_xAl_yGa_{1-x-y}N(0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1)$ の場合、

前記第3井戸層のInの組成($x/3$)が前記第2井戸層のInの組成($x/2$)対比0.02以内の範囲の小さい、請求項1乃至9のいずれかに記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光素子、発光素子の製造方法、発光素子パッケージ及び照明システムに関するものである。

【背景技術】

40

【0002】

発光素子(Light Emitting Device: LED)は電気エネルギーを光エネルギーに変換する化合物半導体素子であって、化合物半導体の組成比を調節することによって、多様な色相具現が可能である。

【0003】

例えば、窒化物半導体発光素子は、高い熱的安定性と幅広いバンドギャップエネルギーにより光素子及び高出力電子素子の開発分野で大いなる関心を受けている。特に、窒化物半導体を用いた青色(Blue)発光素子、緑色(Green)発光素子、紫外線(UV)発光素子などは商用化されて広く使われている。

【0004】

50

また、窒化物半導体発光素子は、蛍光灯、白熱灯など、既存の光源に比べて低消費電力、半永久的な寿命、速い応答速度、安全性、環境親和性の長所を持っている。したがって、L C D (Liquid Crystal Display) 表示装置のバックライトを構成する冷陰極管 (C C F L : Cold Cathode Fluorescence Lamp) に代える発光ダイオードバックライト、蛍光灯や白熱電球に代えることができる白色発光ダイオード照明装置、自動車ヘッドライト、及び信号灯にまで応用が拡大されている。

【0005】

窒化物半導体発光素子の応用範囲の拡大は、根本的に発光素子の高効率化技術開発を要求する。

【0006】

従来技術による発光素子は、順方向電圧印加時、n - 型GaN基盤の電子注入層から注入される電子とP - 型GaN基盤の正孔注入層で注入される正孔(hole)とが結合して伝導帯(Conduction band)と価電帯(Valance band)のエネルギーギャップに該当するだけのエネルギーを発散するが、このエネルギーは主に熱や光の形態に放出され、光の形態に発散されれば発光素子になるものである。

【0007】

従来技術によれば、正孔(Hole)が電子(Electron)に比べて大きい有効質量を有することによって、正孔の移動度(mobility)が電子(Electron)の移動度に比べて格段に低い。

【0008】

また、従来技術によれば、電子に比べて活性化される正孔の濃度が低い。

【0009】

これによって、従来技術によれば、P - GaNと隣接した井戸層に限定されて発光が起こることによって、発光効率が低くて光特性が低下する問題がある。

【0010】

また、従来技術によれば、P - GaNと隣接した活性層の井戸層の以外の他の井戸層では、キャリアの分散(distribution)が低くて正孔と電子との再結合による光も寄与率が低いという問題がある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明の目的は、光度向上させることができる発光素子、発光素子の製造方法、発光素子パッケージ、及び照明システムを提供することにある。

【0012】

また、本発明の他の目的は、発光する光の波長変化を最小化しながら光度を改善できる発光素子、発光素子の製造方法、発光素子パッケージ、及び照明システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明に従う発光素子は、第1導電型半導体層、上記第1導電型半導体層の上に井戸層及び障壁層を含む活性層、及び上記活性層の上に第2導電型半導体層を含み、上記井戸層は、上記第1導電型半導体層に最も隣接し、第1エネルギー・バンドギャップを有する第1井戸層、上記第2導電型半導体層に最も隣接し、第3エネルギー・バンドギャップを有する第3井戸層、及び上記第1井戸層と上記第3井戸層との間に位置し、第2エネルギー・バンドギャップを有する第2井戸層を含み、上記第3井戸層の第3エネルギー・バンドギャップは、上記第2井戸層の第2エネルギー・バンドギャップより大きいことができる。

【0014】

また、本発明に従う発光素子の製造方法は、第1導電型半導体層を形成するステップ、上記第1導電型半導体層の上に活性層を形成するステップ、及び上記活性層の上に第2導電型半導体層を形成するステップを含み、上記活性層を形成するステップは、上記第1導

10

20

30

40

50

電型半導体層に最も隣接し、第1エネルギー・バンドギャップを有する第1井戸層を形成するステップ、上記第2導電型半導体層に最も隣接し、第3エネルギー・バンドギャップを有する第3井戸層を形成するステップ、及び上記第1井戸層と上記第3井戸層との間に位置し、第2エネルギー・バンドギャップを有する第2井戸層を形成するステップを含み、上記第2井戸層形成ステップは第3成長温度(C3)を有し、上記第3井戸層形成ステップは第4成長温度(C4)を有し、上記第4成長温度(C4)は上記第3成長温度(C3)より高いことができる。

【0015】

また、本発明に従う発光素子パッケージは、パッケージ胴体部、上記パッケージ胴体部の上に少なくとも1つ以上の電極層、上記電極層と電気的に連結される上記発光素子、及び上記発光素子の上にモールディング部材を含む。10

【0016】

また、本発明に従う照明システムは、所定の基板と上記基板の上に配置される上記発光素子パッケージを具備する発光モジュール部を含むことができる。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、光度を向上させることができる発光素子、発光素子の製造方法、発光素子パッケージ、及び照明システムが得られる。

【0018】

また、本発明によれば、発光する光の波長変化を最小化しながら光度を改善できる発光素子、発光素子の製造方法、発光素子パッケージ、及び照明システムが得られる。20

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の実施形態に従う発光素子の断面図である。

【図2】本発明の実施形態に従う発光素子の部分断面図である。

【図3】本発明の第1実施形態に従う発光素子のエネルギー・バンドダイヤグラムを示す図である。

【図4】本発明の第1実施形態に従う発光素子の成長温度を時間によって示す図である。

【図5a】本発明の第1実施形態に従う発光素子の出力変化を示す図である。

【図5b】本発明の第1実施形態に従う発光素子の動作電圧の変化を示す図である。30

【図5c】本発明の第1実施形態に従う発光素子の逆方向電圧の変化を示す図である。

【図5d】本発明の第1実施形態に従う発光素子の内部発光効率の変化を示す図である。

【図6】本発明の第2実施形態に従う発光素子のエネルギー・バンドダイヤグラムを示す図である。

【図7】本発明の第2実施形態に従う発光素子のエネルギー・バンドダイヤグラムを示す他の図である。

【図8】本発明の第2実施形態に従う発光素子の成長温度を時間によって示す図である。

【図9】本発明の第2実施形態に従う発光素子の出力変化を示す図である。

【図10】本発明の第3実施形態に従う発光素子のエネルギー・バンドダイヤグラムを示す図である。40

【図11a】本発明の第3実施形態に従う発光素子の光学特性に対する例示図である。

【図11b】本発明の第3実施形態に従う発光素子の光学特性に対する他の例示図である。

【図12】本発明の第4実施形態に従う発光素子のエネルギー・バンドダイヤグラムを示す図である。

【図13】本発明の第5実施形態に従う発光素子のエネルギー・バンドダイヤグラムを示す図である。

【図14】本発明の他の実施形態に従う発光素子の断面図である。

【図15】本発明の実施形態に従う発光素子パッケージの断面図である。

【図16】本発明の実施形態に従う照明ユニットの斜視図である。50

【図17】本発明の実施形態に従うバックライトユニットの斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明に従う発光素子、発光素子の製造方法、発光素子パッケージ、及び照明システムを添付した図面を参照して説明する。

【0021】

本発明を説明するに当たって、各基板、膜、電極、溝、または層などが、各基板、電極、膜、溝、または層などの“上(on)”に、または“下(under)”に形成されることと記載される場合において、“上(on)”と“下(under)”は、“直接(directly)”または“他の構成要素を介して(indirectly)”形成されることを全て含む。また、各構成要素の上または下に対する基準は、図面を基準として説明する。図面において、各構成要素のサイズは説明のために誇張することがあり、実際に適用されるサイズを意味するものではない。10

【0022】

(実施形態)

従来、多重井戸層構造(Multi-Quantum well structure)基盤の窒化物半導体発光素子の製造技術は、注入電流が増加するにつれて、内部量子効率が低下する効率ドロープ(Efficiency Droop)現象が発生する。

【0023】

井戸層の内のグラウンド状態(ground state)量子化工エネルギー準位に各々位置した電子と正孔は量子力学的結合条件が満たすと、互いに結合して光を放出する。20

【0024】

ところで、1つの井戸層の内でエネルギー状態が最も低いグラウンド状態(ground state)(quantum number, n = 1)の量子化工エネルギー準位は量子力学的に一定量の電子あるいは正孔のみを保有することができる。また、より高い量子化工エネルギー準位(higher quantum number of quantized energy level)は保有できる電子または正孔のエネルギー状態(Energy state)がグラウンド状態対比高い。

【0025】

したがって、注入される電子あるいは正孔の数量が十分に多い場合、1つの井戸層の内で高い量子化工エネルギー準位に位置しているキャリア(電子及び正孔)を隣り合う他の井戸層の内のグラウンド状態に移動して発光に参加するようになる。30

【0026】

ところで、従来の多重井戸層構造活性層(発光層)を具備する窒化物半導体発光素子では、活性層の内の全ての井戸層が注入されたキャリアを均一に分散して収容できず、正孔注入層であるP-GaNに隣接した少数の井戸層のみが主に発光に寄与する問題点がある。したがって、注入電流量が十分に多い場合、活性層の内に効果的に束縛されない剩余の電子あるいは正孔が発生するようになる。

【0027】

このような剩余の電子あるいは正孔は、光を発生させることに参加せず、活性層の内で非発光プロセス(nonradiative recombination process)により自体消滅するか、あるいは活性層の外部に漏洩される。40

【0028】

従来の窒化物半導体発光素子は、物質本然の極性(polar property)に起因して本質的に活性層の内部に非常に大きい内部フィールド(internal field)が存在し、また、活性層に注入される電子がホットキャリア性質(hot carrier property)を持っているので、深刻なキャリアオーバーフロー(carrier overflow)の問題点を有する。

【0029】

結局、注入される電流が増加すると、電子と正孔の非発光損失が増加するようになって、活性層の発光効率、例えば内部量子効率(internal quantum efficiency)が深刻に減少するようになる。50

【0030】

従来の多重井戸層構造活性層基盤の窒化物半導体発光素子において、前述したような、高電流印加時に発生する発光効率減少の問題は、高出力照明用発光素子の具現において重要な技術的な問題の1つである。

【0031】

一方、従来技術によれば、正孔(Hole)の移動度(mobility)が電子(Electron)の移動度に比べて格段に低いことによって、P-GaNと隣接した活性層の井戸層に限定されて発光が起こることによって、発光効率が低くて光特性が低下する問題がある。

【0032】

これによって、実施形態は光度を向上させることができる発光素子、発光素子の製造方法、発光素子パッケージ、及び照明システムを提供しようとする。 10

【0033】

また、実施形態は、発光する光の波長変化を最小化しながら光度を改善できる発光素子、発光素子の製造方法、発光素子パッケージ、及び照明システムを提供しようとする。

【0034】

図1は本発明の実施形態に従う発光素子100の断面図であり、図2は本発明の実施形態に従う発光素子の部分(A)の拡大断面図である。

【0035】

図1を参照すると、実施形態に従う発光素子100は、支持部材110、支持部材110の上に配置される発光構造物160を含むことができ、発光構造物160は、第1導電型半導体層120、活性層130、中間層140、及び第2導電型半導体層150を含むことができる。 20

【0036】

上記支持部材110は、半導体物質、金属物質、混合物、またはそれらの化合物からなることができる。また、単層または多層からなることができる。上記支持部材110は伝導性基板または絶縁性基板を含み、例えば上記支持部材110は、サファイア(Al_2O_3)、SiC、Si、GaN、ZnO、GaP、InP、Ge、及び Ga_2O_3 のうち、少なくとも1つを使用することができる。上記支持部材110の屈折率は、光抽出効率のために第1導電型半導体層120の屈折率より小さいことがある。 30

【0037】

一方、上記支持部材110の上側面には光抽出効率を上げるために、PSS(Patterned Substrate)構造を具備できるが、これに限定されるものではない。

【0038】

本発明は、支持部材110の上に支持部材110と第1導電型半導体層120との間の格子不整合を緩和し、半導体層が容易に成長できるようにするバッファ層(図示せず)が位置する。上記バッファ層(図示せず)は、半導体物質、金属物質、混合物、またはそれらの化合物からなることができる。また、単層または多層からなることができる。上記バッファ層(図示せず)は低温雰囲気で形成することができ、半導体層と支持部材との格子定数差を緩和させる物質からなることができる。例えば、上記バッファ層は、GaN、InN、AlN、AlInN、InGaN、AlGaN、及びInAlGaNのような材質のうちから選択することができ、これに限定されない。 40

【0039】

上記バッファ層(図示せず)は、支持部材110の上に単結晶に成長することができ、単結晶に成長したバッファ層はバッファ層の上に成長する第1導電型半導体層120の結晶性を向上させることができる。

【0040】

上記バッファ層の上には、第1導電型半導体層120、活性層130、及び第2導電型半導体層150を含んだ発光構造物160が形成される。

【0041】

上記バッファ層の上には第1導電型半導体層120が位置する。上記第1導電型半導体 50

層120は半導体化合物で形成できる。3族-5族、2族-6族などの化合物半導体で具現されることができ、第1導電型ドーパントがドーピングできる。また、上記第1導電型半導体層120は、単層または多層に形成できる。上記第1導電型半導体層120はn型半導体層で具現されることができ、活性層130にキャリア、例えば電子を提供することができる。上記第1導電型半導体層120は、例えば、 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$)の組成式を有する半導体材料、例えばGaN、AlN、AlGaN、InGaN、InN、InAlGaN、AlInNなどから選択されることができ、Si、Ge、Snなどのn型ドーパントがドーピングできるが、これに限定されるものではない。

【0042】

10

また、上記第1導電型半導体層120の下にアンドープド半導体層(図示せず)をさらに含むことができるが、これに対して限定しない。上記アンドープド半導体層は、第1導電型半導体層120の結晶性の向上のために形成される層であって、n型ドーパントがドーピングされず、第1導電型半導体層120に比べて低い電気伝導性を有することを除いては、第1導電型半導体層120と同一である。

【0043】

上記第1導電型半導体層120の上には活性層130が形成される。上記活性層130は、3族-5族元素の化合物半導体材料を用いて单一または多重量子井戸構造、量子線(Quantum-Wire)構造、または量子点(Quantum Dot)構造などで形成できる。

【0044】

20

上記活性層130が井戸層構造で形成された場合、例えば、 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$)の組成式を有する井戸層と、 $In_aAl_bGa_{1-a-b}N$ ($0 \leq a \leq 1$, $0 \leq b \leq 1$, $0 \leq a = b \leq 1$)の組成式を有する障壁層を有する单一または多重井戸層構造を有することができる。上記井戸層は、上記障壁層のエネルギー-bandギャップより小さなエネルギー-bandギャップを有する物質で形成される。

【0045】

また、上記活性層130が多重井戸層構造を有する場合、それぞれの井戸層は互いに相異するIn含有量及び互いに相異するエネルギー-bandギャップを有することができ、これに対しては図2乃至図3を参照して後述する。

30

【0046】

上記活性層130の上又は/及び下には導電性クラッド層(図示せず)が形成される。上記導電性クラッド層は、活性層の障壁層のbandギャップより広いbandギャップを有する半導体で形成される。例えば、導電性クラッド層は、GaN、AlGaN、InAlGaN、または超格子構造などを含むことができる。また、単層または多層に形成できる。また、導電性クラッド層はn型またはp型にドーピングできる。

【0047】

上記第2導電型半導体層150は半導体化合物で形成される。3族-5族、2族-6族などの化合物半導体で具現されることができ、第2導電型ドーパントがドーピングできる。上記第2導電型半導体層150は、活性層130に正孔を注入するようにp型半導体層で具現できる。上記第2導電型半導体層150は、単層または多層に形成できる。上記第2導電型半導体層150は、例えば、 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$)の組成式を有する半導体材料、例えばGaN、AlN、AlGaN、InGaN、InN、InAlGaN、AlInNなどから選択されることができ、Mg、Zn、Ca、Sr、Brなどのp型ドーパントがドーピングできるが、これに限定されるものではない。

40

【0048】

一方、上記活性層130と上記第2導電型半導体層150との間に中間層140が形成され、上記中間層140は高電流印加時、上記第1導電型半導体層120から上記活性層130に注入されるキャリア、例えば電子が上記活性層130で再結合されず、上記第

50

2導電型半導体層150に流れる現象を防止する電子遮断(Electron blocking)機能をすることができる。

【0049】

上記中間層140は、上記活性層130より相対的に大きいエネルギー・バンドギャップを有することによって、上記第1導電型半導体層130から注入された電子が上記活性層130で再結合されず、上記第2導電型半導体層150に注入される現象を防止することができる。これによって、上記中間層140は上記活性層130で電子と正孔との再結合確率を高めて、漏洩電流を防止することができる。

【0050】

一方、前述した上記中間層140は、上記活性層130に含まれた障壁層のエネルギー・バンドギャップより大きいエネルギー・バンドギャップを有することができ、例えば、AlGaNのようなAlを含んだ半導体層で形成できるが、これに限定しない。

【0051】

前述した上記第1導電型半導体層120、上記活性層130、上記中間層140、及び上記第2導電型半導体層150は、例えば、有機金属化学蒸着法(MOCVD: Metal Organic Chemical Vapor Deposition)、化学蒸着法(CVD: Chemical Vapor Deposition)、プラズマ化学蒸着法(PECVD: Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition)、分子線成長法(MBE: Molecular Beam Epitaxy)、水素化物気相成長法(HVPE: Hydride Vapor Phase Epitaxy)、スパッタリング(Sputtering)などの方法を用いて形成できるが、これに対して限定しない。

【0052】

また、上記第1導電型半導体層120及び上記第2導電型半導体層150の内の導電型ドーパントのドーピング濃度は、均一または不均一に形成できる。即ち、複数の半導体層は多様なドーピング濃度分布を有するように形成され、これに対して限定しない。

【0053】

一方、前述したことは異なり、上記第1導電型半導体層120がp型半導体層で具現され、上記第2導電型半導体層150がn型半導体層で具現されることが、上記第2導電型半導体層150の上にはn型またはp型半導体層を含む第3半導体層(図示せず)が形成されることもできる。これによって、発光素子100はn p、p n、n p n、p n p接合構造のうち、少なくともいずれか1つを有することができる。

【0054】

一方、上記活性層130と上記第2導電型半導体層150は、一部が除去されて上記第1導電型半導体層120の一部が露出され、露出された第1導電型半導体層120の上には第1電極174が形成される。即ち、上記第1導電型半導体層120は、上記活性層130に向ける上面と上記支持部材110に向ける下面とを含み、上面は少なくとも一領域が露出された領域を含み、上記第1電極174は上面の露出された領域の上に配置される。

【0055】

一方、上記第1導電型半導体層120の一部が露出されるようにする方法は、所定のエッチング方法を使用することができ、これに限定しない。また、エッチング方法は、湿式エッティング、乾式エッティング方法を使用することができる。

【0056】

また、上記第2導電型半導体層150の上には第2電極172が形成される。

【0057】

一方、上記第1電極174及び2電極172は、伝導性物質、例えばIn、Co、Si、Ge、Au、Pd、Pt、Ru、Re、Mg、Zn、Hf、Ta、Rh、Ir、W、Ti、Ag、Cr、Mo、Nb、Al、Ni、Cu、及びWTiのうちから選択された金属を含むことができ、または、これらの合金を含むことができ、単層または多層に形成することができ、これに限定しない。

【0058】

10

20

30

40

50

図2は、図1のA領域を拡大図示した拡大断面図である。

【0059】

図2を参照すると、発光素子100の活性層130は多重井戸層構造を有することができ、したがって、上記活性層130は井戸層Q及び障壁層Bを含むことができ(図3参照)、上記井戸層Qは、第1井戸層Q1、第2井戸層Q2、及び第3井戸層Q3を含むことができ、上記障壁層Bは、第1障壁層B1、第2障壁層B2、及び第3障壁層B3を含むことができるが、これに限定されるものではない。

【0060】

また、第1井戸層乃至第3井戸層Q1、Q2、Q3、及び第1障壁層乃至第3障壁層B1、B2、B3は、図2に示すように、互いに交互に積層される構造を有することができる。

10

【0061】

一方、図2では各々第1井戸層乃至第3井戸層Q1、Q2、Q3、及び第1障壁層乃至第3障壁層B1、B2、B3が形成され、第1障壁層乃至第3障壁層B1、B2、B3と第1井戸層乃至第3井戸層Q1、Q2、Q3とが交互に積層されて形成されるように図示されたが、これに限定せず、井戸層Q及び障壁層Bは任意の数を有するように形成ができ、配置も任意の配置を有することができる。併せて、前述したように、それぞれの井戸層Q及びそれぞれの障壁層Bを形成する材質の組成比、及びエネルギー・バンドギャップ及び厚さは互いに相異することができ、図2に図示されたように限定しない。

【0062】

20

(第1実施形態)

図3は、本発明の第1実施形態に従う発光素子のエネルギー・バンドダイヤグラム101を示す図である。

【0063】

図3を参照すると、第3井戸層Q3のエネルギー・バンドギャップは、第1井戸層Q1及び第2井戸層Q2のエネルギー・バンドギャップより大きく形成される。

【0064】

上記活性層130にキャリア、例えば正孔を提供する第2導電型半導体層150に隣接した第3井戸層Q3のエネルギー・バンドギャップが第1井戸層Q1及び第2井戸層Q2のエネルギー・バンドギャップに比べて大きく形成されるにつれて、正孔の移動が容易になる。これによって、第2導電型半導体層150または中間層140を越えてきた正孔が第3井戸層Q3に一層容易に注入されることができ、したがって、正孔の注入効率がより増大し、併せて、第1井戸層Q1及び第2井戸層Q2に正孔が注入される効率も増大できる。

30

【0065】

併せて、上記第3井戸層Q3のエネルギー・バンドギャップは、第1井戸層Q1及び第2井戸層Q2のエネルギー・バンドギャップより大きく、障壁層Bのエネルギー・バンドギャップより小さいので、エネルギー・バンドギャップの大きい障壁層B及び第2導電型半導体層150とエネルギー・バンドギャップの小さい井戸層Qとの間のエネルギー・バンドギャップの差による層間応力発生を緩和することによって、発光素子100の信頼性をより向上させることができる。

40

【0066】

実施形態において、前述した第3井戸層Q3は、上記第1導電型半導体層120を基準に最も遠く形成された井戸層を称することができ、第2導電型半導体層150の基準時、最も近く形成された井戸層でありうる。また、上記第1井戸層Q1及び第2井戸層Q2は、エネルギー・バンドギャップが同一であり、第3井戸層Q3のエネルギー・バンドギャップより小さいエネルギー・バンドギャップを有することができ。

【0067】

例えば、上記活性層130で発光する光がブルー(Blue)光の場合、第3井戸層Q3の第3エネルギー・バンドギャップは約2.8eV乃至3.08eVであるが、これに限定されるものではない。

50

【0068】

また、第3井戸層Q3の第3エネルギー・バンドギャップのエネルギー・ギャップ差(energy gap difference)は約0.1eV以内であるが、これに限定されるものではない。例えば、上記第3井戸層Q3の第3エネルギー・バンドギャップと上記第2井戸層Q2の第2エネルギー・バンドギャップ、または上記第1井戸層Q1の第1エネルギー・バンドギャップとのエネルギー・ギャップ差(energy gap difference)は0.1eV以内でありうる。

【0069】

また、実施形態において、第3井戸層Q3は第2井戸層Q2に比べてエネルギー・バンドギャップが約2.5%以上大きいことがある。例えば、上記第3井戸層Q3で発光する光の波長は第2井戸層Q2で発光する光の波長より約20nm以内と短いことがある。

10

【0070】

実施形態において、上記第3井戸層Q3で発光する光の波長は第2井戸層Q2で発光する光の波長より約2nm乃至20nm以内と短いことがある。

【0071】

上記第3井戸層Q3で発光する光の波長が第2井戸層Q2で発光する光の波長より2nm未満と短い場合、キャリア注入増大効果が大きくなり、20nm超過して短い場合、他の色の光の発生により演色性低下などの問題が発生する。

【0072】

一方、前述したように、井戸層Qは $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$)の組成式を有することができる。上記井戸層QのIn含有量が高いほどエネルギー・バンドギャップは小さくなり、反対に、井戸層QのIn含有量が小さいほどエネルギー・バンドギャップは大きくなる。

20

【0073】

上記第3井戸層Q3のIn含有量は、第1井戸層Q1及び第2井戸層Q2のIn含有量の90%乃至99%ありうる。上記割合はエネルギー・バンドギャップと格子定数に従う発光素子100の安定性及び信頼性に影響を与えず、結晶性及び正孔注入効率を上げることができる範囲でありうる。一方、上記割合は、モル比、体積比、質量比のうちのいずれか1つであり、これに限定しない。

【0074】

例えば、上記井戸層Qの組成式が $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$)の場合、上記第3井戸層Q3のInの組成($\times 3$)が上記第2井戸層Q2のInの組成($\times 2$)対比0.02以内の範囲で小さいことがあるが、これに限定されるものではない。

30

一方、半導体層には半導体層の間の格子定数差及び配向性による応力が発生して生じる圧電分極(piezoelectric polariziton)が発生する。発光素子を形成する半導体材料は大きい値の圧電計数を有するので、小さな変形(strain)にも非常に大きい分極をもたらすことができる。

【0075】

2つの分極により誘発された静電気場(electric field)は井戸層構造のエネルギー・バンド構造を変化させて、これに従う電子と正孔の分布を歪曲させるようになる。このような効果をQCSE(quantum confined stark effect)というが、これは電子と正孔との再結合により光を発生させる発光素子において、低い内部量子効率を誘発し、発光スペクトルの赤色偏移(red shift)等、発光素子の電気的、光学的特性に悪影響を及ぼすことができる。

40

【0076】

前述したように、井戸層Qは、 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$)の組成式を有し、障壁層Bは $In_aAl_bGa_{1-a-b}N$ ($0 \leq a \leq 1$, $0 \leq b \leq 1$, $0 \leq a = b \leq 1$)の組成式を有することができる。

【0077】

InNの格子定数がGaNより大きく、井戸層Qに含まれたIn含有量が大きくなるほ

50

ど、井戸層Qの格子定数が大きくなつて、障壁層Bと井戸層Qとの間の格子定数差が増加し、したがつて、層間のストレイン(strain)がより大きく発生するようになる。

【0078】

このようなストレインによって、前述したような分極効果がより増大して内部電気場が強化され、これによつて、エネルギー・バンドが電気場によつて撓んで尖つてゐる形態の三角ポテンシャル(triangle potential)井戸が形成され、このような三角ポテンシャル(triangle potential)井戸に電子や正孔が集中する現象が発生する。したがつて、電子と正孔との再結合率が低下する。

【0079】

実施形態に従つて、第3井戸層Q3のIn含有量が減少して格子定数が小さくなるにつれて、障壁層Bと第3井戸層Q3との間の格子定数差が小さくなる。したがつて、前述した三角ポテンシャル(triangle potential)井戸の発生が減少し、したがつて、電子と正孔との再結合率が増加し、発光素子100の発光効率が改善できる。10

【0080】

併せて、第2導電型半導体層150に隣接した第3井戸層Q3のエネルギー・バンドギャップが大きく形成され、高い電位障壁を有することによつて、第2導電型半導体層150で提供されるキャリア(例えば、正孔)に対して抵抗性を有することによつて、正孔の経路拡散をもたらすことができる。

【0081】

また、第3井戸層Q3のウェルの深さが小さくなつて、相対的に他の井戸層への正孔注入量が増大する。正孔の経路拡散を通じて活性層130の全体面積に亘つてより広い範囲で電子と正孔との再結合が発生して、電子と正孔との結合率を向上させることができ、したがつて、発光素子100の発光効率が向上することができる。20

【0082】

一方、実施形態において、支持部材110と支持部材110の上に形成される発光構造物160との間の格子定数差に起因する結晶欠陥は、成長方向によつて増加する傾向があるので、支持部材110から最も離隔した位置に形成された第2導電型半導体層150が最も大きい結晶欠陥を有することができる。

【0083】

正孔移動度(hole mobility)が電子移動度(electron mobility)より低いという事実を勘案すれば、第2導電型半導体層150の結晶性の低下による正孔注入効率の低下は、発光素子100の発光効率を低下させる。30

【0084】

ところで、実施形態のように、活性層130の第3井戸層Q3のエネルギー・バンドギャップが大きく形成されることによつて、結晶欠陥の電波が遮断できるので、第2導電型半導体層150の結晶欠陥が改善され、発光素子100の発光効率が改善できる。

【0085】

また、実施形態において、上記活性層130では実質的に同じ色の光が発光する。例えば、上記活性層130は、第1井戸層Q1、第2井戸層Q2、及び第3井戸層Q3を含み、各エネルギー・バンドギャップが互いに異なることがあるので、同じ波長の光が発光されなくても実質的に同じ色の光を発光することができる。40

【0086】

実施形態において、井戸層Qはドーピングされない(undoped)ことがある。井戸層にドーピングされる場合、非発光の問題が発生する。

【0087】

実施形態は、活性層に注入されるキャリアの総量を増大させて光度を向上させることができる発光素子及び発光素子の製造方法を提供することができる。

【0088】

また、実施形態は、活性層に注入されたキャリアの分散(distribution)を増加させて光度を増加させる発光素子及び発光素子の製造方法を提供することができる。50

【 0 0 8 9 】

図4は、本発明の第1実施形態に従う発光素子の成長過程を成長時間（time）及び成長温度（Temp）によって示す図である。

【 0 0 9 0 】

まず、成長時間t1の間、第1成長温度（C1）に第1導電型半導体層120を成長させた後、成長温度を低めて成長時間t2の間、第2成長温度（C2）に第1導電型半導体層120と活性層130との間に形成される下部補助層（図示せず）を成長させることができる。次に、成長温度をより低めて、成長時間t3の間、第3成長温度（C3）に活性層130の成長がなされる。以後、活性層130の成長段階のうち、第3井戸層Q3が成長される前に、第4成長温度（C4）に到達する時まで成長温度を高めて、第4成長温度（C4）でt4の間、第3井戸層Q3が成長できる。10

【 0 0 9 1 】

実施形態において、第4成長温度（C4は）は第3成長温度（C3）に比べて約100.4%乃至103%の値を有することができますが、これに限定されるものではない。上記割合はInの組成を調整して、発光素子の安定性及び信頼性に影響を与えず、結晶性及び正孔注入効率を上げることができる条件でありうる。

【 0 0 9 2 】

第3井戸層Q3の第4成長温度（C4）が第1井戸層Q1及び第2井戸層Q2の第3成長温度（C3）より高い温度を有することによって、第3井戸層Q3のIn含有量が減少する。したがって、前述したように、第3井戸層Q3のエネルギー・バンドギャップが大きくなることができ、第3井戸層Q3、及び第1井戸層Q1及び第2井戸層Q2に注入される正孔の注入効率が増大して発光素子の発光効率が改善できる。20

【 0 0 9 3 】

また、第3井戸層Q3の第4成長温度（C4）が増加するにつれて、活性層130より高温で成長される第1導電型半導体層120及び第2導電型半導体層150の成長温度と活性層130の成長温度との間の差が減少する。したがって、薄膜特性が改善されて発光素子100の信頼性が向上できる。

【 0 0 9 4 】

実施形態において、第1井戸層Q1または第2井戸層Q2の形成時間t3は、第3井戸層Q3の形成時間であるt4と実質的に同一であるので、第1井戸層Q1または第2井戸層Q2の厚さと第3井戸層Q3の厚さは実質的に同一であることができるが、これに限定されるものではない。30

【 0 0 9 5 】

図5aは本発明の第1実施形態に従う発光素子の出力変化を示す図であり、図5bは本発明の第1実施形態に従う発光素子の動作電圧の変化を示す図であり、図5cは本発明の第1実施形態に従う発光素子の逆方向電圧（reverse voltage）を示す図であり、図5dは本発明の第1実施形態に従う発光素子の内部発光効率の変化を示す図である。

【 0 0 9 6 】

図5aを参照すると、第1実施形態によりp型半導体層に隣接した井戸層のエネルギー・バンドギャップを大きく形成した発光素子（wdT）の出力が比較例（wodT）に比べて向上したことを確認することができる。40

【 0 0 9 7 】

図5bを参照すると、第1実施形態によりp型半導体層に隣接した井戸層のエネルギー・バンドギャップを大きく形成した発光素子（wdT）の動作電圧が比較例（wodT）と実質的に同一であることを確認することができる。したがって、発光素子の出力が向上したことにもかかわらず、動作電圧の上昇が伴わないで、結果的に同じ出力を有しながら動作電圧が減少する効果を達成することができ、同じ動作電圧を有しながらより向上した発光効率が達成できることを確認することができる。

【 0 0 9 8 】

また、図5cを参照すると、第1実施形態によりp型半導体層に隣接した井戸層のエネ50

ルギーバンドギャップを大きく形成した発光素子 (w d T) の逆方向電圧が比較例 (w o d T) に比べて向上したことを確認することができる。

【 0 0 9 9 】

また、図 5 d を参照すると、第 1 実施形態により p 型半導体層に隣接した井戸層のエネルギー bandwidth ギャップを大きく形成した発光素子 (E 1) の内部量子効率 (IQE) が比較例 (R 1) に比べて向上することを確認することができる。これによって、実施形態によれば、注入電流が増加するにつれて、内部量子効率が低下するドロープ (Droop) 現象が格段に改善できる。

【 0 1 0 0 】

実施形態は、活性層に注入されるキャリアの総量を増大させて光度を向上させることができる発光素子及び発光素子の製造方法を提供することができる。 10

【 0 1 0 1 】

また、実施形態は活性層に注入されたキャリアの分散 (distribution) を増加させて光度を増加させることができる発光素子及び発光素子の製造方法を提供することができる。

【 0 1 0 2 】

(第 2 実施形態)

図 6 は本発明の第 2 実施形態に従う発光素子のエネルギー bandwidth ダイヤグラム 102 を示す図であり、図 7 は本発明の第 2 実施形態に従う発光素子のエネルギー bandwidth ダイヤグラム 102 a を示す他の図である。

【 0 1 0 3 】

第 2 実施形態は、上記第 1 実施形態の技術的な特徴を採用することができる。 20

【 0 1 0 4 】

これによって、第 2 実施形態での活性層 130 は多重井戸層構造を有することができ、したがって、活性層 130 は第 1 井戸層乃至第 3 井戸層 Q 1 、 Q 2 、 Q 3 a 、及び第 1 障壁層乃至第 3 障壁層 B 1 、 B 2 、 B 3 を含むことができる。

【 0 1 0 5 】

第 2 実施形態において、上記第 3 井戸層 Q 3 a の厚さ (d 1) は、上記第 2 井戸層 Q 2 の厚さ (d 2) より厚いことがある。また、第 2 実施形態において、上記第 3 井戸層 Q 3 a の厚さ (d 1) は、上記第 1 井戸層 Q 1 の厚さより厚いことがある。 30

【 0 1 0 6 】

例えば、第 2 導電型半導体層 150 に隣接するように形成された第 3 井戸層 Q 3 a は厚さ (d 1) を有し、第 2 井戸層 Q 2 は厚さ (d 2) を有することができ、 d 1 は d 2 より大きい値を有することができる。例えば、 d 1 は d 2 対比約 110 % 乃至 130 % の厚さを有することができるが、これに限定されるものではない。また、上記第 3 井戸層 Q 3 a の厚さ (d 1) は、上記第 1 井戸層 Q 1 の厚さ対比約 110 % 乃至 130 % の厚さを有することができるが、これに限定されるものではない。

【 0 1 0 7 】

例えば、上記活性層 130 で発光する光がブルー (Blue) 光の場合、上記第 3 井戸層 Q 3 a の厚さは約 3 . 9 nm であるが、これに限定されるものではない。

【 0 1 0 8 】

第 2 実施形態において、第 3 井戸層 Q 3 a のエネルギー bandwidth ギャップは、第 1 井戸層 Q 1 及び第 2 井戸層 Q 2 のエネルギー bandwidth ギャップより大きく形成される。 40

【 0 1 0 9 】

上記活性層 130 に正孔を提供する第 2 導電型半導体層 150 に隣接した第 3 井戸層 Q 3 a のエネルギー bandwidth ギャップが第 1 井戸層 Q 1 及び第 2 井戸層 Q 2 のエネルギー bandwidth ギャップに比べて大きく形成されるにつれて、正孔の移動が容易になる。これによって、第 2 導電型半導体層 150 または中間層 140 を越えてきた正孔が第 3 井戸層 Q 3 a に一層容易に注入されることができ、したがって、正孔の注入効率がより増大し、併せて、第 1 井戸層 Q 1 及び第 2 井戸層 Q 2 に正孔が注入される効率も増大できる。

【 0 1 1 0 】

一方、第3井戸層Q3aのIn含有量は、第1井戸層Q1及び第2井戸層Q2のIn含有量の90%乃至99%でありうる。

【0111】

実施形態において、第3井戸層Q3aが第2井戸層Q2より大きいエネルギー・バンドギャップを有する場合、井戸層の間のエネルギー・バンドギャップが相異することによって、各井戸層で発生する光のエネルギーも相異になる。これは、各井戸層で生成される光の波長も相異になることを意味する。したがって、第3井戸層Q3aは第2井戸層Q2よりエネルギー・バンドギャップが大きいので、より大きいエネルギーを有する光を生成するようになり、これによって、より短い波長の光を発生させる。

【0112】

したがって、図9のように、発光素子の発光スペクトルの拡張(broadening)が短波長方向に広くなることができ(点線)、発光素子100の光ルミネセンス(photo luminescence)スペクトルでショルダー(shoulder)(P)が形成される。

【0113】

前述したように、第2導電型半導体層150に隣接するように形成された第3井戸層Q3aは厚さ(d1)を有し、第2井戸層Q2は厚さ(d2)を有することができ、d1はd2より大きい値を有することができる。

【0114】

実施形態において、井戸層Qの内で発生する光のエネルギー準位公式は、下記の<数式1>の通りである。

【0115】

【数1】

$$E_n = \frac{n^2 \hbar^2 \pi^2}{2mL^2}$$

【0116】

この際、Lは井戸層の厚さ(d1、d2)に対応する。したがって、井戸層Qの厚さが厚くなるほど、井戸層Qで発生する光のエネルギー準位は低くなる。第3井戸層Q3aが第2井戸層Q2より大きいエネルギー・バンドギャップを有する場合、井戸層の間のエネルギー準位が相異になることができる。したがって、発光素子の発光スペクトルの拡張(broadening)が大きくなることができ、発光素子100の光ルミネセンス(photo luminescence)スペクトルでショルダー(shoulder)(P)が形成される。

【0117】

第2実施形態によって、第3井戸層Q3aの厚さが第2井戸層Q2の厚さより厚く形成されることによって、井戸層Qの間のエネルギー・バンドギャップが相異するにも各井戸層Q1、Q2、Q3aで発生する光のエネルギー準位が均一になり、したがって、発光素子100の発光スペクトルの拡張(broadening)が減ることができ、光ルミネセンススペクトルのショルダー(P)の発生が減ることができる。したがって、良質の井戸構造が形成され、発光素子100の発光効率が改善され、短波長へのシフト(shift)も起こらないことがある。

【0118】

実施形態において、d1がd2対比110%以上大きくなれば、第3井戸層Q3aで発生する光のエネルギーの減少が小さくて、相変らず短波長シフト(Shift)現象が存在し、130%以上大きくなると、第3井戸層Q3aで発生する光のエネルギーがあまり小さくなつて、むしろ長波長シフト(Shift)を行うようになる可能性がある。

【0119】

一方、図7に示すように、第1井戸層乃至第3井戸層Q1、Q2a、Q3aのエネルギー・バンドギャップは順次に大きく形成され、順次に厚い厚さを有するように形成される。

【0120】

10

20

30

40

50

即ち、第1井戸層乃至第3井戸層Q1、Q2a、Q3aに含まれたInの含有量は第1井戸層Q1から第3井戸層Q3aに行くほど順次に少なく形成され、順次に厚い厚さを有するようになる。

【0121】

例えば、第3井戸層Q3の厚さ(d1)が第2井戸層Q2の厚さ(d2)より厚く、上記第2井戸層Q2の厚さ(d2)が上記第1井戸層Q1の厚さ(d3)より厚いことがあるが、これに限定されるものではない。

【0122】

正孔を注入する第2導電型半導体層150に隣接するほど井戸層Qがより大きいエネルギー・バンドギャップを有するように形成されるにつれて、第1井戸層乃至第3井戸層Q1、Q2a、Q3aの正孔注入効率が向上することができ、したがって、発光素子100の発光効率が改善できる。10

【0123】

また、第1井戸層Q1から第3井戸層Q3aに順次にエネルギー・バンドギャップが大きくなるにつれて、井戸層Qと障壁層B及び第1導電型半導体層120、第2導電型半導体層150の間の格子定数差が緩和されて、三角ポテンシャル(triangle potential)井戸の発生が減少し、したがって、電子と正孔との再結合率が増加し、発光素子100の発光効率が改善できる。

【0124】

また、前述したように、井戸層Qが大きいエネルギー・バンドギャップを有するほど厚い厚さを有するように形成されて、井戸層Qの間のエネルギー準位が均一なることによって、井戸層Qの間のエネルギー・バンドギャップが相異するにも発光素子100の発光スペクトルの拡張(broadening)が減ることができ、光ルミネセンススペクトルのショルダー発生が減ることができる。したがって、良質の井戸構造が形成され、発光素子100の発光効率が改善できる。20

【0125】

図8は、本発明の第2実施形態に従う発光素子の成長温度を時間によって示す図である。

【0126】

第2実施形態の成長条件は上記第1実施形態の技術的な特徴を採用することができる。30

【0127】

例えば、活性層130の成長段階のうち、第3井戸層Q3aが成長される前に、第4成長温度(C4)に到達する時まで成長温度を高めて、第4成長温度(C4)で第3井戸層Q3aを成長することができる。

【0128】

例えば、第4成長温度(C4)は、第3成長温度(C3)に比べて約100.4%乃至103%の値を有することができる。

【0129】

第2実施形態において、第3井戸層Q3aの成長時間(t4a)を第1井戸層Q1または第2井戸層Q2の成長時間より長くして、第3井戸層Q3aが第1井戸層Q1及び第2井戸層Q2より厚く形成されるようにすることで、井戸層Qの間のエネルギー・バンドギャップが相異するにも井戸層Qの間のエネルギー準位が均一になり、発光素子100の発光スペクトルの拡張(broadening)が減ることができ、光ルミネセンススペクトルのショルダー発生が減ることができる。したがって、良質の井戸構造が形成され、発光素子100の発光効率が改善できる。40

【0130】

図9は、本発明の第2実施形態に従う発光素子の出力変化を示す図である。

【0131】

図9を参照すると、第2実施形態によりp型半導体層に隣接した第3井戸層Q3aの厚さを厚く形成した発光素子の光ルミネセンススペクトルは実線で表示され、各井戸層の厚50

さの均一な発光素子の光ルミネンススペクトルは点線で表示される。

【0132】

図9において、各井戸層のエネルギー・バンドギャップが相異しながら各井戸層の厚さが均一に形成された発光素子の光ルミネンススペクトルの場合、ショルダー(P)が形成されたが、第2実施形態によりp型半導体層に隣接した第3井戸層Q3aの厚さを厚く形成した発光素子の光ルミネンススペクトルはショルダー(P)の発生が減り、スペクトルの拡張(broadening)が減少したことを確認することができる。

【0133】

実施形態は、活性層に注入されるキャリアの総量を増大させて光度を向上させることができる発光素子及び発光素子の製造方法を提供することができる。

10

【0134】

また、実施形態は、活性層に注入されたキャリアの分散(distribution)を増加させて光度を増加させることができる発光素子及び発光素子の製造方法を提供することができる。

【0135】

また、実施形態は、発光する光の波長変化を最小化しながら光度を改善できる発光素子及び発光素子の製造方法を提供することができる。

【0136】

また、実施形態は、P型半導体層またはN型半導体層に最も隣接した井戸層の成長温度が高く形成されることによって、キャリア(正孔と電子)の再結合率が向上し、薄膜特性が改善された発光素子及び発光素子の製造方法を提供することができる。

20

【0137】

(第3実施形態)

図10は、本発明の第3実施形態に従う発光素子のエネルギー・バンドダイヤグラム103を示す図である。

【0138】

第3実施形態は、第1実施形態乃至第2実施形態の技術的な特徴を採用することができる。例えば、第3実施形態において、上記第3井戸層Q3のエネルギー・バンドギャップは上記第2井戸層Q2のエネルギー・バンドギャップより大きいことがある。

【0139】

一方、第3実施形態において、第1井戸層Q1aの第1エネルギー・バンドギャップは第2井戸層Q2の第2エネルギー・バンドギャップより大きいことがある。

30

【0140】

また、上記第1井戸層Q1aの第1エネルギー・バンドギャップと上記第3井戸層Q3の第3エネルギー・バンドギャップとは互いに等しいことがあるが、これに限定されるものではない。

【0141】

実施形態によれば、第1導電型半導体層120と最も近接した第1井戸層Q1aのエネルギー・バンドギャップ(Bandgap)を大きくして、電子(Electron)がより容易にその次の井戸層に注入されるようにして、電子キャリア(Electron carrier)の注入効率を上げることができる。

40

【0142】

また、実施形態によれば、第1導電型半導体層120の上に最初に形成される第1井戸層Q1aのエネルギー・バンドギャップが大きくなることで、結晶品質(crystal quality)が改善されるため、その上に形成される以後の井戸層の結晶品質(crystal quality)がより良くなる。これは光学的特性だけでなく、信頼性改善の効果がある。

【0143】

図11aは本発明の第3実施形態に従う発光素子の光学特性に対する例示図であり、図11bは本発明の第3実施形態に従う発光素子の光学特性に対する他の例示図である。

【0144】

50

実施形態に従う発光素子の発光特性は、第2導電型半導体層150に隣接した第3井戸層Q3で発光する光(e1)とその他の井戸層で発光する光(e2)とに分けられる。

【0145】

図11aのように、実施形態によれば、第3井戸層Q3のエネルギー・バンドギャップが大きくなるにつれて、ホールキャリア濃度(hole carrier density)が高まり、第1井戸層Q1aのエネルギー・バンドギャップが大きくなるにつれて、電子キャリアの濃度(Electron carrier concentration)も高まって、図11bのように、実施形態の全体的な発光効率(E2)が従来技術の発光効率(R2)に比べて格段に改善できる。

【0146】

実施形態によれば、第3井戸層Q3のエネルギー・バンドギャップが大きくなるにつれて、ホールキャリア濃度が高まった状態で、第1井戸層Q1aのエネルギー・バンドギャップが大きくなるにつれて、電子キャリアの濃度も高まって実際の電子キャリア(electron carrier)注入の改善は発光特性向上に効果がより大きくなる。

【0147】

実施形態において、上記第1井戸層Q1aと上記他の井戸層とのエネルギー・バンドギャップの差は約2.5%以上でありうる。エネルギー・バンドギャップの差が約2.5%未満の場合、キャリア注入増大効果が大きくないことがある。

【0148】

実施形態において、井戸層Qのエネルギー・バンドギャップは、井戸層の内のInの量または井戸層の厚さを制御して、エネルギー・バンドギャップを制御することができる。

【0149】

(第4実施形態)

図12は、本発明の第4実施形態に従う発光素子のエネルギー・バンドダイヤグラム104を示す図である。

【0150】

第4実施形態は、第1実施形態乃至第3実施形態の技術的な特徴を採用することができる。

【0151】

例えば、第4実施形態は、上記第3井戸層Q3aのエネルギー・バンドギャップは上記第2井戸層Q2のエネルギー・バンドギャップより大きいことがある。これによって、上記活性層130にキャリア、例えば正孔を提供する第2導電型半導体層150に隣接した第3井戸層Q3aのエネルギー・バンドギャップが第1井戸層Q1a及び第2井戸層Q2のエネルギー・バンドギャップに比べて大きく形成されることによって、正孔の移動が容易になる。

【0152】

したがって、第2導電型半導体層150または中間層140を越えてきた正孔が第3井戸層Q3aに一層容易に注入され、したがって、正孔の注入効率がより増大し、併せて、第1井戸層Q1a及び第2井戸層Q2に正孔が注入される効率も増大できる。

【0153】

また、第4実施形態において、上記第3井戸層Q3aの厚さは上記第2井戸層Q2の厚さより厚いことがある。第3井戸層Q3aの厚さが第2井戸層Q2の厚さより厚く形成されることによって、井戸層Qの間のエネルギー・バンドギャップが相異するにも各井戸層Q1a、Q2、Q3aで発生する光のエネルギー準位が均一になり、したがって、発光素子100の発光スペクトルの拡張(broadening)が減ることができ、光ルミネセンススペクトルのショルダー(P)の発生が減ることができる。したがって、良質の井戸構造が形成され、発光素子100の発光効率が改善され、短波長へのシフト(shift)も起こらない。

【0154】

また、第4実施形態において、第1井戸層Qa1の第1エネルギー・バンドギャップは、第2井戸層Q2の第2エネルギー・バンドギャップより大きいことがある。これによって、

10

20

30

40

50

第4実施形態によれば、第1導電型半導体層120と最も近接した第1井戸層Q1aのエネルギー bandwidth gap (Bandgap) を大きくして、電子(Electron)がより容易にその次の井戸層に注入されるようにして、電子キャリア(Electron carrier)の注入効率を上げることができる。

【0155】

また、第4実施形態によれば、第3井戸層Q3aのエネルギー bandwidth gap が大きくなるにつれて、ホールキャリア濃度が高まった状態で、第1井戸層Q1aのエネルギー bandwidth gap が大きくなるにつれて、電子キャリアの濃度も高まって実際の電子キャリア(Electron carrier)注入の改善は発光特性向上に効果がより大きくなる。

【0156】

10

(第5実施形態)

図13は、本発明の第5実施形態に従う発光素子のエネルギー bandwidth diagram 105を示す図である。

【0157】

第5実施形態は、第1実施形態乃至第4実施形態の技術的な特徴を採用することができる。

【0158】

例えば、第5実施形態は、上記第3井戸層Q3aのエネルギー bandwidth gap は、上記第2井戸層Q2のエネルギー bandwidth gap より大きいことがある。また、第5実施形態において、上記第3井戸層Q3aの厚さ(d1)は、上記第2井戸層Q2の厚さ(d2)より厚いことがある。

20

【0159】

また、第5実施形態において、第1井戸層Q1bの第1エネルギー bandwidth gap は、第2井戸層Q2の第2エネルギー bandwidth gap より大きいことがある。また、第5実施形態によれば、第3井戸層Q3aのエネルギー bandwidth gap が大きくなるにつれて、ホールキャリア濃度が高まった状態で、第1井戸層Q1bのエネルギー bandwidth gap が大きくなるにつれて、電子キャリアの濃度も高まって、実際の電子キャリア(Electron carrier)注入の改善は発光特性向上に効果がより大きくなる。

【0160】

第5実施形態によれば、上記第1井戸層Q1bの厚さ(d3)は、上記第2井戸層Q2の厚さ(d2)より厚いことがある。第1井戸層Q1bの厚さ(d3)が第2井戸層Q2の厚さ(d2)より厚く形成されることによって、井戸層Qの間のエネルギー bandwidth gap が相異するにも各井戸層Q1b、Q2、Q3aで発生する光のエネルギー準位が均一になり、したがって、発光素子100の発光スペクトルの拡張(broadening)が減ることができ、光ルミネセンススペクトルのショルダー(P)の発生が減ることができる。したがって、良質の井戸構造が形成され、発光素子100の発光効率が改善され、短波長へのシフト(shift)も起こらない。

30

【0161】

実施形態は、活性層に注入されるキャリアの総量を増大させて光度を向上させることができる発光素子及び発光素子の製造方法を提供することができる。

40

【0162】

また、実施形態は活性層に注入されたキャリアの分散(distribution)を増加させて光度を増加させることができる発光素子及び発光素子の製造方法を提供することができる。

【0163】

また、実施形態は、発光する光の波長変化を最小化しながら光度を改善できる発光素子及び発光素子の製造方法を提供することができる。

【0164】

また、実施形態はP型半導体層またはN型半導体層に最も隣接した井戸層の成長温度が高く形成されることによって、キャリア(正孔と電子)の再結合率が向上し、薄膜特性が改善された発光素子及び発光素子の製造方法を提供することができる。

50

【0165】

図14は、本発明の他の実施形態に従う発光素子105を示す図である。

【0166】

図14は垂直型発光素子を中心として説明しているが、これは例示に過ぎないものであつて、水平型発光素子、フリップチップ型発光素子、ピアホールを含むハイブリッド型発光素子などにも実施形態が適用できる。

【0167】

他の実施形態に従う発光素子105は、発光構造物160、上記発光構造物160の上面の一部に形成されたパッシベーション層194、及び発光構造物160の上に形成された第1電極176を含むことができる。 10

【0168】

上記発光構造物160は、第1導電型半導体層120、活性層130、及び第2導電型半導体層150を含むことができる。上記発光構造物160は、図1を参照にして前述した内容を採用することができる。

【0169】

上記発光構造物160の上面には凹凸Rが形成されて光抽出効率を上げることができる。

【0170】

上記発光構造物160の下側には第2電極層180が形成され、上記第2電極層180は、オーミック層182、反射層184、結合層185、支持基板186などを含むことができる。 20

【0171】

例えば、上記オーミック層182は、透光性及び伝導性のある物質、例えば、ITO(indium tin oxide)、IZO(indium zinc oxide)、IZTO(indium zinc tin oxide)、IAZO(indium aluminum zinc oxide)、IGZO(indium gallium zinc oxide)、IGTO(indium gallium tin oxide)、AZO(aluminum zinc oxide)、ATO(antimony tin oxide)、GZO(gallium zinc oxide)、IZON(IZO Nitride)、AGZO(Al-Ga-ZnO)、IGZO(In-Ga-ZnO)、ZnO、IrOx、RuOx、NiO、RuOx/ITO、Ni/IrOx/Au、及びNi/IrOx/Au/ITO、Ag、Ni、Cr、Ti、Al、Rh、Pd、Ir、Ru、Mg、Zn、Pt、Au、Hfのうち、少なくとも1つを含んで形成され、このような材料に限定されるものではない。 30

【0172】

また、上記反射層184は光に対して反射性質がある物質、例えばAg、Ni、Al、Rh、Pd、Ir、Ru、Mg、Zn、Pt、Au、Hfのうち、少なくとも1つを含む金属または合金で形成される。また、上記反射層184は、上記金属または合金とIZO、IZTO、IAZO、IGZO、IGTO、AZO、ATOなどの透光性伝導性物質を用いて多層に形成することができ、例えば、IZO/Ni、AZO/Ag、IZO/Ag/Ni、AZO/Ag/Niなどで積層することができる。

【0173】

また、上記結合層185は結合力に優れる物質、例えばTi、Au、Sn、Ni、Cr、Ga、In、Bi、Cu、Ag、またはTaのうち、少なくとも1つを含むことができる。

【0174】

また、上記伝導性支持基板186は、銅(Cu)、銅合金(Cu Alloy)、金(Au)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、銅-タンクステン(Cu-W)、キャリアウエハ(例えば、Si、Ge、GaAs、GaN、ZnO、SiGe、SiC等)のうち、少なくとも1つを含むことができる。

【0175】

上記発光構造物160の下側外郭にはチャンネル層190が形成され、上記発光構造物 50

160と上記オーミック層182との間には電流遮断層(current blocking layer: CLB)192が形成される。

【0176】

上記チャンネル層190は、オーミック層182と第2導電型半導体層150との間の外方に形成される。上記チャンネル層190の上面は第2導電型半導体層150とパッジベーション層194に接触し、上記チャンネル層190の下面及び側面はオーミック層182により囲まれている。即ち、上記オーミック層182が上記チャンネル層190全てを覆いかぶせる構造を形成する。

【0177】

したがって、発光構造物160を単位チップ領域に分離するために、アイソレーションエッチング(isolation etching)を行う場合、上記チャンネル層190をエッチングしないため、上記チャンネル層190の側面で発生していた砕け現象を効果的に防止することができる。

【0178】

上記チャンネル層190は、電気絶縁性を有する物質、反射層184、または結合層185より電気伝導性の低い物質、または第2導電型半導体層150とショットキー接触を形成する物質を用いて形成される。例えば、上記チャンネル層190は、ITO、IZO、IZTO、IAZO、IGZO、IGTO、AZO、ATO、ZnO、SiO₂、SiO_x、SiO_xN_y、Si₃N₄、Al₂O₃、TiO_x、TiO₂、Ti、Al、またはCrのうち、少なくとも1つを含むことができる。

【0179】

また、上記チャンネル層190は一部分が発光構造物160と垂直方向で重畳される。このようなチャンネル層190は、オーミック層182と活性層130との間の側面での距離を増加させて、オーミック層182と活性層130との間の電気的短絡の発生可能性を減らすことができる。また、上記チャンネル層190は、発光構造物160と支持基板186との間の隙間への水分の侵入も防止することができる。

【0180】

上記チャンネル層190は、チップ分離工程で電気的短絡が発生することを防止することができる。より具体的に説明すれば、発光構造物160を単位チップ領域に分離するためにアイソレーションエッチング(isolation etching)を行う場合、オーミック層182で発生した破片が第2導電型半導体層150と活性層130との間、または活性層130と第1導電型半導体層120との間に付着されて電気的短絡が発生することがあるが、上記チャンネル層190はこのような電気的短絡を防止する。

【0181】

実施形態は、活性層に注入されるキャリアの総量を増大させて光度を向上させることができる発光素子及び発光素子の製造方法を提供することができる。

【0182】

また、実施形態は、活性層に注入されたキャリアの分散(distribution)を増加させて光度を増加させることができる発光素子及び発光素子の製造方法を提供することができる。

また、実施形態は、発光する光の波長変化を最小化しながら光度を改善することができる発光素子及び発光素子の製造方法を提供することができる。

【0183】

また、実施形態は、P型半導体層またはN型半導体層に最も隣接した井戸層の成長温度が高く形成されることによって、キャリア(正孔と電子)の再結合率が向上して薄膜特性が改善された発光素子及び発光素子の製造方法を提供することができる。

【0184】

図15は、本発明の実施形態に従う発光素子が設けられた発光素子パッケージ200を説明する図である。

【0185】

10

20

30

40

50

実施形態に従う発光素子パッケージ 200 は、パッケージ胴体部 205 と、上記パッケージ胴体部 205 に設けられた第 3 電極層 213 及び第 4 電極層 214 と、上記パッケージ胴体部 205 に設けられて上記第 3 電極層 213 及び第 4 電極層 214 と電気的に連結される発光素子 100 と、上記発光素子 100 を囲むモールディング部材 240 とが含まれる。

【0186】

上記パッケージ胴体部 205 は、シリコン材質、合成樹脂材質、または金属材質を含んで形成され、上記発光素子 100 の周囲に傾斜面が形成される。

【0187】

上記第 3 電極層 213 及び第 4 電極層 214 は互いに電気的に分離され、上記発光素子 100 に電源を提供する役割をする。また、上記第 3 電極層 213 及び第 4 電極層 214 は、上記発光素子 100 で発生した光を反射させて光効率を増加させる役割をし、上記発光素子 100 で発生した熱を外部に排出させることもできる。10

【0188】

上記発光素子 100 は、図 1 に図示された水平型タイプの発光素子が適用できるが、これに限定されるものではなく、図 14 に例示された垂直型発光素子も適用できる。

【0189】

上記発光素子 100 は、上記パッケージ胴体部 205 の上に設けられたり上記第 3 電極層 213 または第 4 電極層 214 の上に設置される。

【0190】

上記発光素子 100 は、上記第 3 電極層 213 及び / 又は第 4 電極層 214 とワイヤー方式、フリップチップ方式、またはダイボンディング方式のうち、いずれか 1 つにより電気的に連結されることもできる。図 14 で、上記発光素子 100 が上記第 3 電極層 213 及び第 4 電極層 214 とワイヤー 230 を介して電気的に連結されることが例示されているが、これに限定されるものではない。20

【0191】

上記モールディング部材 240 は、上記発光素子 100 を囲んで上記発光素子 100 を保護することができる。また、上記モールディング部材 240 には蛍光体（図示せず）が含まれて上記発光素子 100 から放出された光の波長を変化させることができる。

【0192】

実施形態に従う発光素子パッケージは、複数個が基板の上にアレイされ、上記発光素子パッケージから放出される光の経路上に光学部材である導光板、プリズムシート、拡散シート、蛍光シートなどが配置される。このような発光素子パッケージ、基板、光学部材は、バックライトユニットまたは照明ユニットとして機能することができ、例えば照明システムは、バックライトユニット、照明ユニット、指示装置、ランプ、及び街灯を含むことができる。30

【0193】

図 16 は、本発明の実施形態に従う照明ユニットの斜視図である。但し、図 16 の照明ユニット 1100 は照明システムの一例であり、これに対して限定しない。

【0194】

実施形態において、上記照明ユニット 1100 は、ケース胴体 1110 と、上記ケース胴体 1110 に設けられた発光モジュール部 1130 と、上記ケース胴体 1110 に設けられ、外部電源から電源の提供を受ける連結端子 1120 とを含むことができる。40

【0195】

上記ケース胴体 1110 は放熱特性が良好な材質で形成されることが好ましく、例えば金属材質または樹脂材質で形成される。

【0196】

上記発光モジュール部 1130 は、基板 1132 と、上記基板 1132 に搭載される少なくとも 1 つの発光素子パッケージ 200 を含むことができる。

【0197】

50

20

30

40

50

上記基板 1132 は絶縁体に回路パターンが印刷されたものであり、例えば、一般印刷回路基板 (PCB : Printed Circuit Board)、メタルコア (Metal Core) PCB、軟性 (Flexible) PCB、セラミック PCBなどを含むことができる。

【0198】

また、上記基板 1132 は光を効率良く反射する材質で形成されたり、表面が光が効率良く反射されるカラー、例えば、白色、銀色などで形成される。

【0199】

上記基板 1132 の上には、上記少なくとも 1 つの発光素子パッケージ 200 が搭載される。上記発光素子パッケージ 200 の各々は、少なくとも 1 つの発光ダイオード (LED : Light Emitting Diode) 100 を含むことができる。上記発光ダイオード 100 は、赤色、緑色、青色、または白色の有色光を各々発光する有色発光ダイオード、及び紫外線 (UV : Ultra Violet) を発光する UV 発光ダイオードを含むことができる。10

【0200】

上記発光モジュール部 1130 は、色感及び輝度を得るために、多様な発光素子パッケージ 200 の組合を有するように配置される。例えば、高演色性 (CRI) を確保するために、白色発光ダイオード、赤色発光ダイオード、及び緑色発光ダイオードを組み合わせて配置することができる。

【0201】

上記連結端子 1120 は、上記発光モジュール部 1130 と電気的に連結されて電源を供給することができる。実施形態において、上記連結端子 1120 はソケット方式により外部電源に螺合して結合されるが、これに対して限定しない。例えば、上記連結端子 1120 は、ピン (pin) 形態に形成されて外部電源に挿入されたり、配線により外部電源に連結されることもできる。20

【0202】

図 17 は、本発明の実施形態に従うバックライトユニットの分解斜視図である。但し、図 17 のバックライトユニット 1200 は照明システムの一例であり、これに対して限定しない。

【0203】

実施形態に従うバックライトユニット 1200 は、導光板 1210 と、上記導光板 1210 に光を提供する発光モジュール部 1240 と、上記導光板 1210 の下に反射部材 1220 と、上記導光板 1210、発光モジュール部 1240、及び反射部材 1220 を収納するボトムカバー 1230 を含むことができるが、これに限定されない。30

【0204】

上記導光板 1210 は、光を拡散させて面光源化させる役割をする。上記導光板 1210 は透明な材質からなり、例えば、PMMA (polymethyl metaacrylate) のようなアクリル樹脂系列、PET (polyethylene terephthalate)、PC (polycarbonate)、COC (cycloolefin copolymer)、及び PEN (polyethylene naphthalate) 樹脂のうちの 1 つを含むことができる。

【0205】

上記発光モジュール部 1240 は、上記導光板 1210 の少なくとも一側面に光を提供し、窮屈的には上記バックライトユニットが設置されるディスプレイ装置の光源として作用するようになる。40

【0206】

上記発光モジュール部 1240 は上記導光板 1210 と接することができるが、これに限定されない。具体的には、上記発光モジュール部 1240 は、基板 1242 と、上記基板 1242 に搭載された多数の発光素子パッケージ 200 を含むが、上記基板 1242 が上記導光板 1210 と接することができるが、これに限定されない。

【0207】

上記基板 1242 は、回路パターン (図示せず) を含む印刷回路基板 (PCB : Printed Circuit Board) でありうる。但し、上記基板 1242 は一般 PCB だけでなく、メタ50

ルコアPCB（MCPBCB：Metal Core PCB）、軟性PCB（FPCB：Flexible PCB）などを含むこともでき、これに対して限定しない。

【0208】

そして、上記多数の発光素子パッケージ200は、上記基板1242の上に光が放出される発光面が上記導光板1210と所定距離離隔するように搭載される。

【0209】

上記導光板1210の下には上記反射部材1220が形成される。上記反射部材1220は上記導光板1210の下面に入射された光を反射させて上に向かうようにすることでき、上記バックライトユニットの輝度を向上させることができる。上記反射部材1220は、例えば、PET、PC、PVCレジンなどで形成されるが、これに対して限定しない。

10

【0210】

上記ボトムカバー1230は、上記導光板1210、発光モジュール部1240、及び反射部材1220などを収納することができる。このために、上記ボトムカバー1230は上面が開口したボックス（box）形状に形成されるが、これに対して限定しない。

【0211】

上記ボトムカバー1230は、金属材質または樹脂材質で形成され、プレス成形または圧出成形などの工程を用いて製造できる。

【0212】

実施形態は、活性層に注入されるキャリアの総量を増大させて光度を向上させることができる発光素子、発光素子の製造方法、発光素子パッケージ、及び照明システムを提供することができる。

20

【0213】

また、実施形態は、活性層に注入されたキャリアの分散（distribution）を増加させて光度を増加させることができる発光素子、発光素子の製造方法、発光素子パッケージ、及び照明システムを提供することができる。

【0214】

また、実施形態は発光する光の波長変化を最小化しながら光度を改善できる発光素子、発光素子の製造方法、発光素子パッケージ、及び照明システムを提供することができる。

【0215】

また、実施形態は、P型半導体層またはN型半導体層に最も隣接した井戸層の成長温度が高く形成されることによって、キャリア（正孔と電子）の再結合率が向上し、薄膜特性が改善された発光素子、発光素子の製造方法、発光素子パッケージ、及び照明システムを提供することができる。

30

【0216】

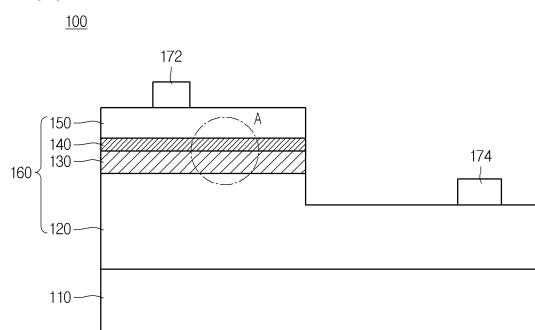
以上、実施形態に説明された特徴、構造、効果などは、本発明の少なくとも1つの実施形態に含まれ、必ず1つの実施形態のみに限定されるものではない。延いては、各実施形態で例示された特徴、構造、効果などは、実施形態が属する分野の通常の知識を有する者により他の実施形態に対しても組合または変形されて実施可能である。したがって、このような組合と変形に関連した内容は本発明の範囲に含まれることと解釈されるべきである。

40

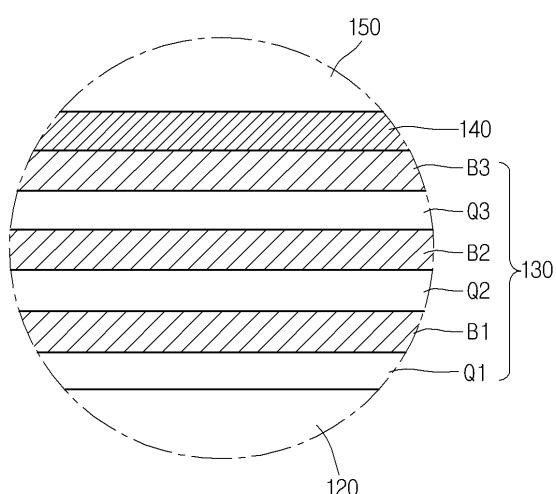
【0217】

以上、本発明を好ましい実施形態をもとに説明したが、これは単なる例示であり、本発明を限定するものでなく、本発明が属する分野の通常の知識を有する者であれば、本発明の本質的な特性を逸脱しない範囲内で、以上に例示していない多様な変形及び応用が可能であることが分かる。例えば、実施形態に具体的に表れた各構成要素は変形して実施することができ、このような変形及び応用にかかる差異点も、特許請求の範囲で規定する本発明の範囲に含まれるものと解釈されるべきである。

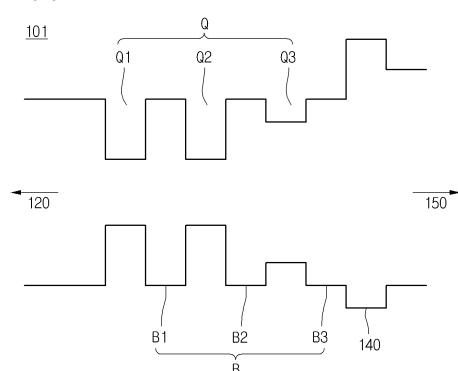
【図1】



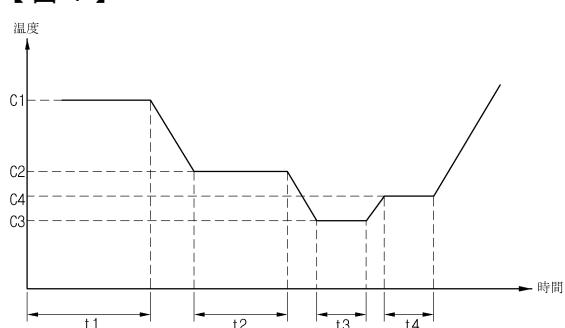
【図2】



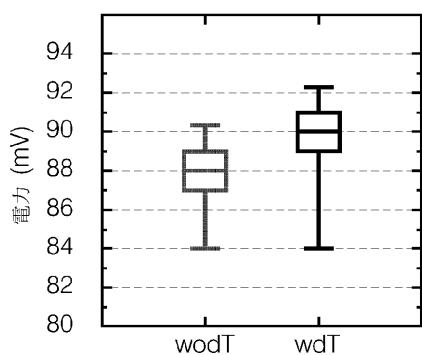
【図3】



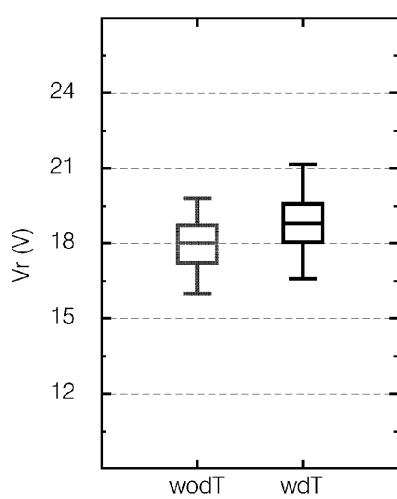
【図4】



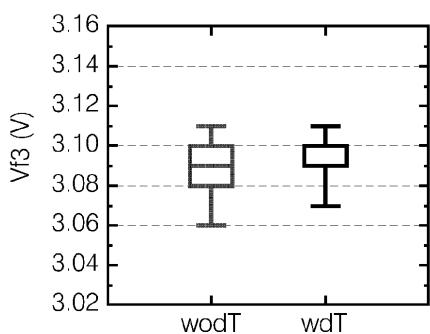
【図5 a】



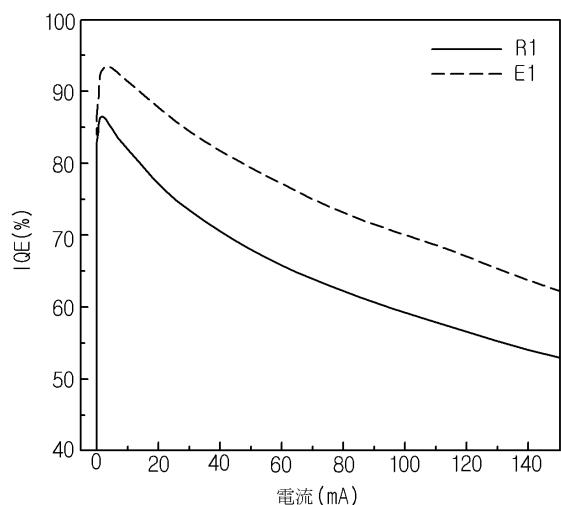
【図5 c】



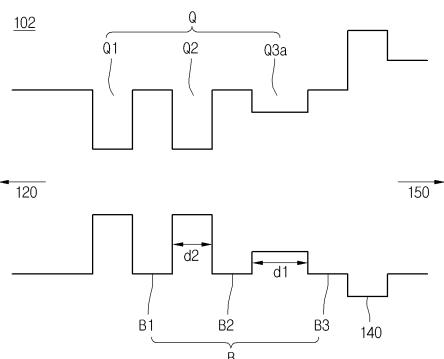
【図5 b】



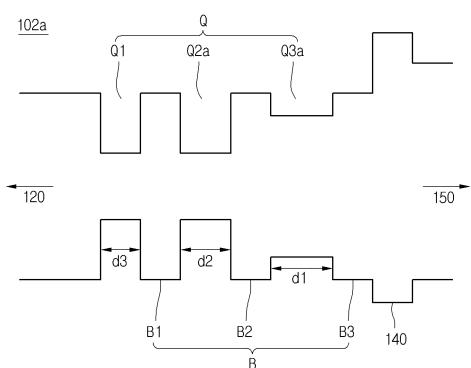
【図 5 d】



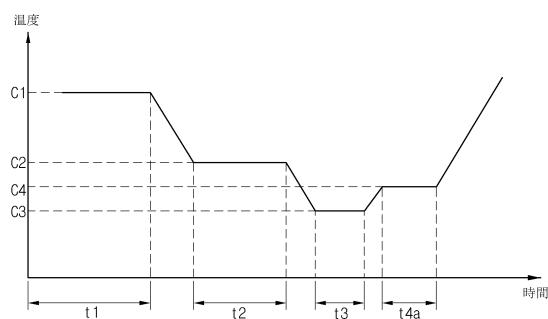
【図 6】



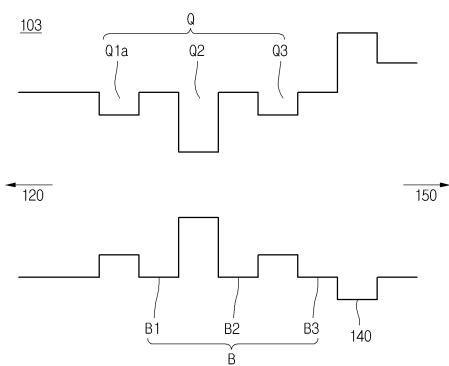
【図 7】



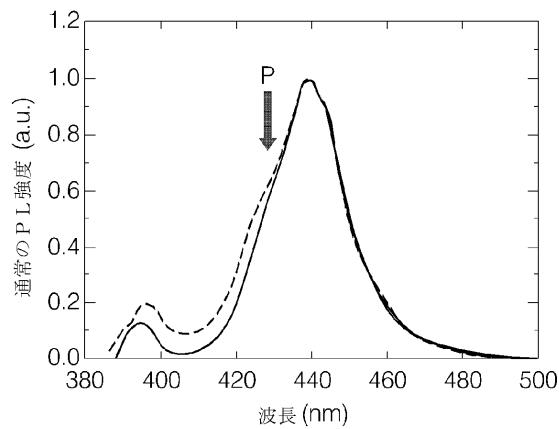
【図 8】



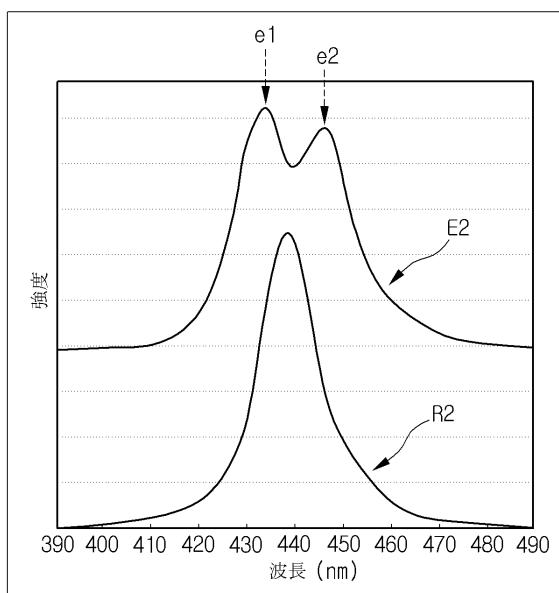
【図 10】



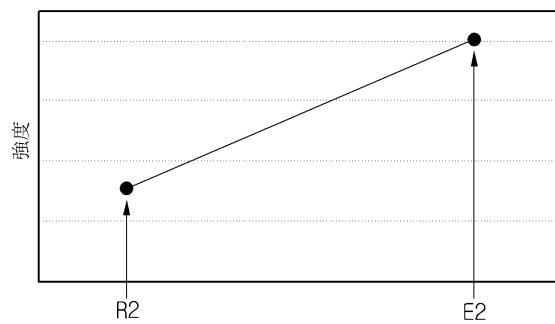
【図 9】



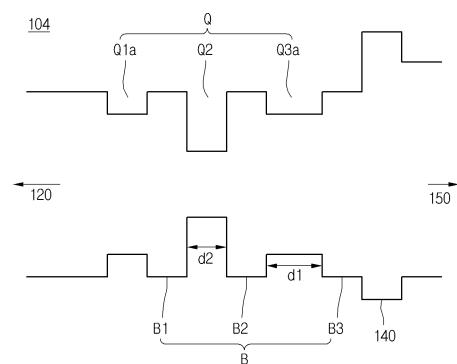
【図 1 1 a】



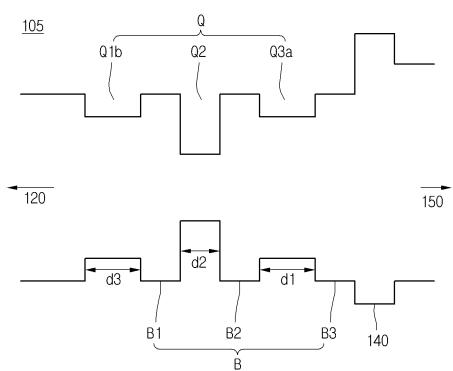
【図 1 1 b】



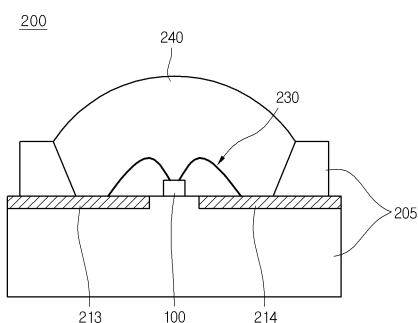
【図 1 2】



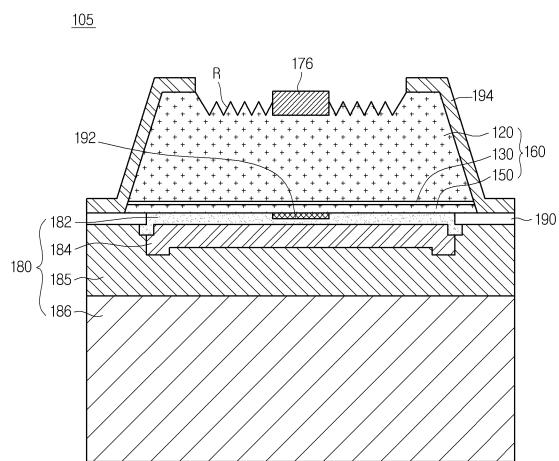
【図 1 3】



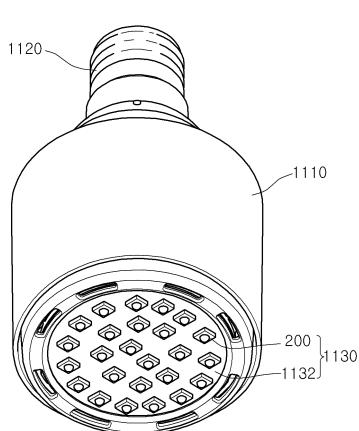
【図 1 5】



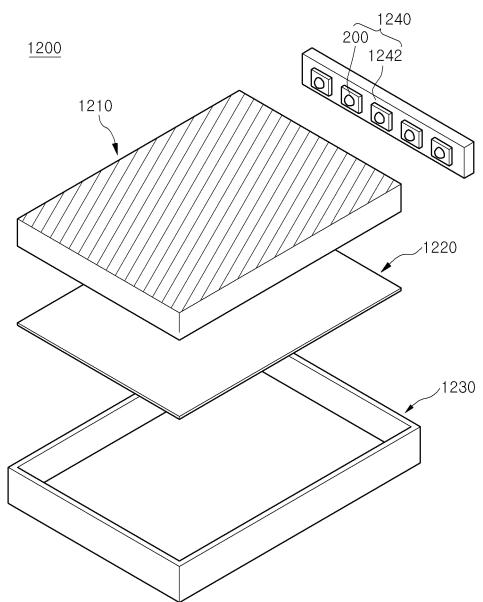
【図 1 4】



【図 1 6】



【図17】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 10-2012-0010626

(32)優先日 平成24年2月2日(2012.2.2)

(33)優先権主張国 韓国(KR)

(72)発明者 ナ・ジョンホ

大韓民国 100-714 ソウル, ジュン-グ, ナムデムンノ 5-ガ, ソウル スクエア, 2
0階

(72)発明者 シム・セファン

大韓民国 100-714 ソウル, ジュン-グ, ナムデムンノ 5-ガ, ソウル スクエア, 2
0階

(72)発明者 キム・ジョンクク

大韓民国 100-714 ソウル, ジュン-グ, ナムデムンノ 5-ガ, ソウル スクエア, 2
0階

(72)発明者 ユン・ジェイン

大韓民国 100-714 ソウル, ジュン-グ, ナムデムンノ 5-ガ, ソウル スクエア, 2
0階

(72)発明者 ジョン・ジョンピル

大韓民国 100-714 ソウル, ジュン-グ, ナムデムンノ 5-ガ, ソウル スクエア, 2
0階

(72)発明者 フアン・ジャンヒヨン

大韓民国 100-714 ソウル, ジュン-グ, ナムデムンノ 5-ガ, ソウル スクエア, 2
0階

(72)発明者 ユ・ドンハン

大韓民国 100-714 ソウル, ジュン-グ, ナムデムンノ 5-ガ, ソウル スクエア, 2
0階

審査官 井上 博之

(56)参考文献 米国特許出願公開第2011/0187294(US, A1)

特開2007-115753(JP, A)

特開平10-284795(JP, A)

特開2001-156328(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00 - 33/64