

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年5月12日(12.05.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/072276 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 33/24 (2010.01) H01L 33/32 (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/079805
- (22) 国際出願日: 2015年10月22日(22.10.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-226915 2014年11月7日(07.11.2014) JP
- (71) 出願人: スタンレー電気株式会社 (STANLEY ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1538636 東京都目黒区中目黒2-9-13 Tokyo (JP). 国立大学法人東京大学 (THE UNIVERSITY OF TOKYO) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 後藤 明輝(GOTO, Meiki); 〒1538636 東京都目黒区中目黒2-9-13 スタンレー電気株式会社内 Tokyo (JP). 杉山 正和(SUGIYAMA, Masakazu); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). マ

ニッシュ マシュー (MANISH, Mathew); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人レクスト国際特許事務所 (LEXT, P.C.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿6丁目24番1号 西新宿三井ビル18階 Tokyo (JP).

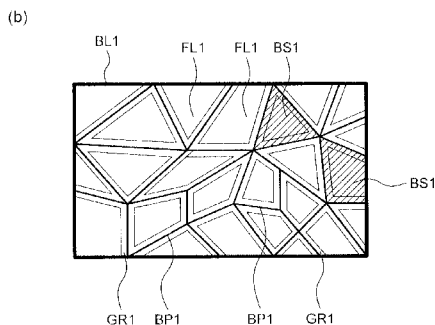
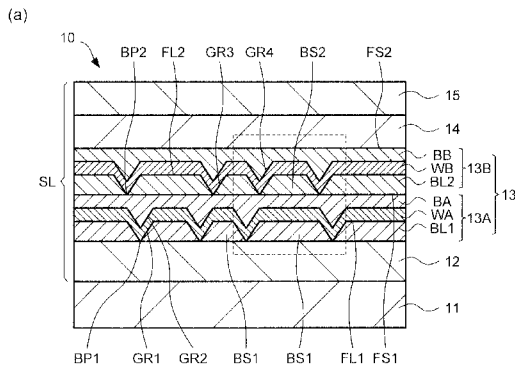
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT

(54) 発明の名称: 半導体発光素子



(57) Abstract: A semiconductor light-emitting element having a light-emission function layer including first and second light-emitting layers. The first light-emitting layer has: a first base layer having a plurality of first base segments having a composition that receives stress-strain from a first semiconductor layer and being partitioned into a random mesh shape; a first quantum well layer retaining the segment shape of the first base segment and formed upon the first base layer; and a first barrier layer having a flattened flat surface, the first base layer and the first quantum layer being embedded thereunder. The second light-emitting layer has: a second base layer having a composition that receives stress-strain from the first barrier layer and having a plurality of second base segments divided into a random mesh shape; a second quantum well layer retaining the segment shape of the second base segments and being formed upon the second base layer; and a second barrier layer formed upon the second quantum well layer.

(57) 要約: 第1及び第2の発光層を含む発光機能層を有する半導体発光素子であって、第1の発光層は、第1の半導体層から応力歪を受ける組成を有してランダムな網目状に区画された複数の第1のベースセグメントを有する第1のベース層と、第1のベースセグメントのセグメント形状を残存しつつ第1のベース層上に形成された第1の量子井戸層と、第1のベース層及び第1の量子井戸層を埋め込んで平坦化された平坦面を有する第1の障壁層と、を有し、第2の発光層は、第1の障壁層から応力歪を受ける組成を有してランダムな網目状に区画された複数の第2のベースセグメントを有する第2のベース層と、第2のベースセグメントのセグメント形状を残存しつつ第2のベース層上に形成された第2の量子井戸層と、第2の量子井戸層上に形成された第2の障壁層と、を有する。

WO 2016/072276 A1

ロッパ (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：半導体発光素子

技術分野

[0001] 本発明は、発光ダイオード（LED）などの半導体発光素子に関する。

背景技術

[0002] 半導体発光素子は、通常、成長用基板の上に、n型半導体層、活性層及びp型半導体層からなる半導体構造層を成長し、それぞれn型半導体層及びp型半導体層に電圧を印加するn電極及びp電極を形成して作製される。

[0003] 特許文献1には、1つの基板材料上に少なくとも2種類以上の半導体発光素子を形成し、各々の半導体発光素子上にそれぞれの発光波長に反応する蛍光体を複数種類塗布した発光装置が開示されている。特許文献2には、赤色、緑色及び青色発光ダイオードが同一方向に発光するようにこの順で積層された白色発光ダイオードが開示されている。特許文献3には、伝導性サブマウント基板の上に金属層によって接合された第1発光部と、伝導性サブマウント基板の上面の一領域に形成された第2発光部とを含む白色発光素子が開示されている。特許文献4には、複数のInGaInからなる井戸層を含み、各井戸層のIn組成が異なる半導体発光素子が開示されている。

先行技術文献

特許文献

- [0004] 特許文献1：特開2008-71805号公報
特許文献2：特開2011-249460号公報
特許文献3：特開2006-339646号公報
特許文献4：特開2004-179493号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 半導体発光素子は、電極から素子内に注入された電子と正孔（ホール）とがその活性層において結合（再結合）することによって発光する。活性層が

ら放出される光の波長（すなわち発光色）は、活性層を構成する半導体材料のバンドギャップによって異なる。例えば窒化物系半導体を用いた発光素子の場合、その活性層からは青色の光が放出される。

[0006] 一方、例えば照明用途など、光源に演色性が求められる場合がある。高い演色性を有する光源は自然光に近い光を発する光源である。高い演色性を得るためには、光源から可視域のほぼ全域の波長を有する光が取出されることが好ましい。例えば演色性の高い光源から取出された光は、白色光として観察される。

[0007] これに対し、上記特許文献に記載されているように、半導体発光素子を用いて白色光を得る様々な手法が提案されている。例えば蛍光体などの波長変換部材を封止樹脂に混入させ、当該封止樹脂で素子を封止して発光装置を作製する手法である。例えば青色光を放出する活性層を用いた半導体発光素子の場合、活性層からの青色光の一部は蛍光体によって黄色光に変換され、両者が混合されて外部に取出される。従って、全体としては白色光が観察されることとなる。また、異なる組成を有する複数の活性層を積層することで、蛍光体を用いずに発光波長の広域化を図る手法が提案されている。

[0008] しかし、これらの手法によって発光装置を作製する場合、装置内での発光波長の均一化や製造工程の複雑化、発光強度の点で課題があった。その一例としては、蛍光体の混入工程の追加、蛍光体の波長変換効率の経年変化、半導体層の加工工程の追加及び半導体層の加工による結晶性の劣化などが挙げられる。

[0009] 本発明は上記した点に鑑みてなされたものであり、蛍光体などの波長変換部材を不要にし、可視域の広範囲な発光波長帯域（スペクトル幅）有する高い演色性かつ高い発光強度の半導体発光素子を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明による半導体発光素子は、第1の導電型を有する第1の半導体層と、第1の半導体層上に形成され、第1及び第2の発光層を含む発光機能層と

、発光機能層上に形成され、第1の半導体層とは反対の導電型を有する第2の半導体層とを有する半導体発光素子であって、第1の発光層は、第1の半導体層から応力歪を受ける組成を有してランダムな網目状に区画された複数の第1のベースセグメントを有する第1のベース層と、第1のベースセグメントのセグメント形状を残存しつつ第1のベース層上に形成された第1の量子井戸層と、第1のベース層及び第1の量子井戸層を埋め込んで平坦化された平坦面を有する第1の障壁層と、を有し、第2の発光層は、第1の障壁層から応力歪を受ける組成を有してランダムな網目状に区画された複数の第2のベースセグメントを有する第2のベース層と、第2のベースセグメントのセグメント形状を残存しつつ第2のベース層上に形成された第2の量子井戸層と、第2の量子井戸層上に形成された第2の障壁層と、を有することを特徴としている。

図面の簡単な説明

[0011] [図1] (a) は実施例1に係る半導体発光素子の構造を示す断面図であり、(b) は第1の発光層のベース層における模式的な上面図である。

[図2] 実施例1に係る半導体発光素子における発光機能層の構造を示す断面図である。

[図3] 実施例1の変形例に係る半導体発光素子の構造を示す断面図である。

[図4] 実施例1の変形例に係る半導体発光素子の発光スペクトルを示す図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下に本発明の実施例について詳細に説明する。本明細書においては、同様の構成要素に同一の参照符号を付している。

実施例 1

[0013] 図1 (a) は、実施例1の半導体発光素子（以下、単に発光素子又は素子と称する場合がある）10の構造を示す断面図である。半導体発光素子10は、搭載基板（以下、単に基板と称する場合がある）11上に半導体構造層SLが形成された構造を有している。半導体構造層SLは、搭載基板11上

に形成されたn型半導体層（第1の半導体層）12、n型半導体層12上に形成され、第1及び第2の発光層13A及び13Bを含む発光機能層13、発光機能層13上に形成された電子ブロック層14、電子ブロック層14上に形成されたp型半導体層（第2の半導体層、第1の半導体層12とは反対の導電性を有する半導体層）15を含む。

[0014] 本実施例においては、搭載基板11は、例えば半導体構造層SLの成長に用いる成長用基板からなり、例えばサファイアからなる。また、半導体構造層SLは、窒化物系半導体からなる。半導体発光素子10は、例えば、サファイア基板のC面を結晶成長面とし、サファイア基板上に有機金属気相成長法（Metal Organic Chemical Vapor Deposition：MOCVD法）を用いて半導体構造層SLを成長することによって、作製することができる。なお、図示していないが、発光素子10は、n型半導体層12及びp型半導体層15にそれぞれ電圧を印加するn電極及びp電極を有している。

[0015] なお、本実施例においては、発光素子10が搭載基板11としての成長用基板上に半導体構造層SLが形成された構造を有する場合について説明するが、搭載基板11は成長用基板である場合に限定されるものではない。例えば、半導体発光素子10は、成長用基板上に半導体構造層SLを成長した後、半導体構造層SLを他の基板に貼り合わせ、成長用基板を除去した構造を有していてもよい。この場合、当該貼り合わせた他の基板はp型半導体層15上に形成される。当該貼り合わせ用の基板としては、例えばSi、AlN、Mo、W、CuWなどの放熱性の高い材料を用いることができる。

[0016] なお、図示していないが、搭載基板11とn型半導体層12との間にバッファ層（下地層）が設けられていてもよい。当該バッファ層は、例えば、成長用基板と半導体構造層SLとの界面及び半導体構造層SL内の各層の界面に生じ得る歪の緩和を目的として設けられる。本実施例においては、サファイア基板（搭載基板11）上にバッファ層としてGaN層を成長した後、n型半導体層12を積層した。

[0017] n型半導体層12は、例えば、n型ドーパント（例えばSi）を含むGa

N層からなる。電子ブロック層14は、例えばAlGaIn層からなる。p型半導体層15は、例えば、p型ドーパント（例えばMg）を含むGaIn層からなる。なお、n型半導体層12は、異なるドーパント濃度を有する複数のn型半導体層から構成されていてもよい。また、電子ブロック層14は、p型ドーパントを含んでいてもよい。また、p型半導体層15は、電子ブロック層14との界面とは反対側の主面にコンタクト層を有していてもよい。

[0018] 発光機能層13は、第1及び第2の発光層13A及び13Bを有している。第1の発光層13Aはn型半導体層12上に形成され、第2の発光層13Bは第1の発光層13Aよりもp型半導体層15側（本実施例においては第1の発光層13A上）に形成されている。電子ブロック層14は第2の発光層13B上に形成されている。第1及び第2の発光層13A及び13Bの各々は、量子井戸（QW）構造を有している。

[0019] 第1の発光層13Aは、n型半導体層12とは異なる組成を有するベース層（以下、第1のベース層と称する）BL1を有している。第1のベース層BL1は、n型半導体層12から応力歪を受けてランダムな網目状に形成された溝（以下、第1の溝と称する）GR1を有している。すなわち、第1の溝GR1は、n型半導体層12と第1のベース層BL1との間の異なる組成によって第1のベース層BL1に生じた応力（歪）によって生じた複数の溝が結合したメッシュ形状として形成されている。なお、第1のベース層BL1に生じた応力歪とは、n型半導体層12と第1のベース層BL1との間の格子定数の差によって、第1のベース層BL1の結晶構造が歪むことをいう。

[0020] また、第1の発光層13Aは、第1のベース層BL1上に形成された第1の量子井戸層WA及び第1の障壁層BAからなる量子井戸構造層（以下、第1の量子井戸構造層と称する）を有している。第1の量子井戸層WAは第1のベース層BL1上に形成され、第1の障壁層BAは第1の量子井戸層WA上に形成されている。なお、第1のベース層BL1は、第1の量子井戸層WAに対して障壁層として機能する。第1の量子井戸層WAは、歪み量子井戸

層として形成されている。

[0021] ここで、図1 (b) を参照して、第1のベース層BL1について説明する。図1 (b) は、第1のベース層BL1の上面を模式的に示す図である。また、第1のベース層BL1は、第1の溝GR1によって区画され、かつランダムなサイズで形成された多数の微細なベースセグメント（以下、第1のベースセグメントと称する）BSを有している。第1のベースセグメントBS1の各々は、第1のベース層BL1がn型半導体層12から応力歪を受ける組成を有することによって、ランダムな網目状に区画されている。

[0022] 第1の溝GR1は、互いにランダムにかつ異なる長さ及び形状の溝部から構成されている。第1の溝GR1は、第1のベース層BL1の表面において網目状（メッシュ状）に張り巡らされるように形成されている。第1のベースセグメントBS1の各々は、この第1の溝GR1によって第1のベース層BL1内にランダムに区画形成された部分（セグメント）である。なお、第1のベースセグメントBS1の各々は、略円形や略楕円形、多角形状など、様々な上面形状を有している。

[0023] 第1の溝GR1は、例えばV字形の断面形状を有する（図1 (a) ）。また、第1の溝GR1は、図1 (b) に示すように、ライン状の底部BP1を有している。本実施例においては、第1のベースセグメントBS1の各々は、第1の溝GR1における底部BP1をその端部とする。第1のベースセグメントBS1の各々は、底部BP1において他の第1のベースセグメントBS1に隣接している。

[0024] また、第1のベース層BL1は、第1のベースセグメントBS1の各々に対応する平坦部（以下、第1の平坦部と称する）FL1を有している。第1のベース層BL1の表面は、第1の平坦部FL1と第1の溝GR1の内壁面によって構成されている。第1の平坦部FL1の各々は、第1の溝GR1によって第1のベースセグメントBS1毎に区画されている。第1のベースセグメントBS1は、第1の平坦部FL1からなる上面と第1の溝GR1の内壁面からなる側面とを有している。

- [0025] すなわち、第1の平坦部FL1は第1のベースセグメントBS1の各々における上面を構成し、第1の溝GR1の内壁面は第1のベースセグメントBS1の側面を構成する。従って、第1のベースセグメントBS1の各々は、傾斜した側面を有し、またその断面において例えば略台形の形状を有している。
- [0026] 第1の量子井戸層WAは、その表面において第1の溝GR1の形状を引き継いで（保持して）形成され、第1の溝GRと同一のメッシュ形状を有する溝（以下、第2の溝と称する）GR2を有している。具体的には、第1の量子井戸層WAは、図1（a）に示すように、第1のベースセグメントBS1のセグメント形状を残存しつつ第1のベース層BL1上に形成されている。従って、第1の量子井戸層WAは、第1のベース層BL1の第1の溝GR1の各溝部に対応する位置に第2の溝GR2を有している。
- [0027] また、第1の発光層13Aは、図1（a）に示すように、第1のベース層BL1及び第1の量子井戸層WAを埋め込んで平坦化された平坦面（以下、第1の平坦面と称する）FS1を有する第1の障壁層BAを有している。すなわち、第1の障壁層BAは、第1の量子井戸層WAとの界面（下面）においては第2の溝GR2に対応する凹凸形状を有する一方で、上面においては平坦形状を有している。従って、第1の発光層13Aは、その表面が平坦面FS1として形成されている。
- [0028] 第2の発光層13Bは、第1の障壁層BAとは異なる組成を有するベース層（以下、第2のベース層と称する）BL2を有している。第2のベース層BL2は、第1の障壁層BAから応力歪を受けてランダムな網目状に形成された溝（以下、第3の溝と称する）GR3を有している。すなわち、第3の溝GR3は、第1の障壁層BAと第2のベース層BL2との間の異なる組成によって第2のベース層BL2に生じた応力（歪）によって生じた複数の溝が結合したメッシュ形状として形成されている。
- [0029] また、第2の発光層13Bは、第2のベース層BL2上に形成された第2の量子井戸層WB及び第2の障壁層BBからなる量子井戸構造層（以下、第

2の量子井戸構造層と称する)を有している。第2の量子井戸層WBは第2のベース層BL2上に形成され、第2の障壁層BBは第2の量子井戸層WB上に形成されている。なお、第2のベース層BL2は、第2の量子井戸層WBに対して障壁層として機能する。第2の量子井戸層WBは、歪み量子井戸層として形成されている。

[0030] 第2のベース層BL2は、第3の溝GR3によって区画され、かつランダムなサイズで形成された多数の微細なベースセグメント(以下、第2のベースセグメントと称する)BS2を有している。第2のベースセグメントBS2の各々は、第2のベース層BL2が第1の障壁層BAから応力歪を受ける組成を有することによって、ランダムな網目状に区画されている。

[0031] 第2のベースセグメントBS2の各々は、第3の溝GR3によって第2のベース層BL2内にランダムに区画形成された部分(セグメント)である。なお、第2のベースセグメントBS2の各々は、略円形や略楕円形、多角形状など、様々な上面形状を有している。

[0032] 第3の溝GR3は、図1(a)に示すように、例えばV字形状を有し、ライン状の底部BP2を有している。本実施例においては、第2のベースセグメントBS2の各々は、第3の溝GR3における底部BP2をその端部とする。第2のベースセグメントBS2の各々は、底部BP2において他の第2のベースセグメントBS2に隣接している。

[0033] また、第2のベース層BL2は、第2のベースセグメントBS2の各々に対応する平坦部(以下、第2の平坦部と称する)FL2を有している。第2のベース層BL2の表面は、第2の平坦部FL2と第3の溝GR3の内壁面によって構成されている。第2の平坦部FL2の各々は、第3の溝GR3によって第2のベースセグメントBS2毎に区画されている。第2のベースセグメントBS2は、第2の平坦部FL2からなる上面と第3の溝GR3の内壁面からなる側面とを有している。

[0034] 第2の量子井戸層WBは、その表面において第3の溝GR3の形状を引き継いで(保持して)形成され、第3の溝GR3と同一のメッシュ形状を有す

る溝（以下、第4の溝と称する）GR4を有している。具体的には、第2の量子井戸層WBは、図1（a）に示すように、第2のベースセグメントBS2のセグメント形状を残存しつつ第2のベース層BL2上に形成されている。従って、第2の量子井戸層WBは、第2のベース層BL2の第3の溝GR3の各溝部に対応する位置に第4の溝GR4を有している。

[0035] また、第2の発光層13Bは、図1（a）に示すように、第2のベース層BL2及び第2の量子井戸層WBを埋め込んで平坦化された平坦面（以下、第2の平坦面と称する）FS2を有する第2の障壁層BBを有している。すなわち、第2の障壁層BBは、第2の量子井戸層WBとの界面（下面）においては第4の溝GR4に対応する凹凸形状を有する一方で、上面においては平坦形状を有している。従って、第2の発光層13Aは、その表面が平坦面FS2として形成されている。

[0036] 第2のベース層BL2の第3の溝GR3は、第1のベース層BL1の第1の溝GR1とは無関係な位置に形成されている。従って、第3の溝GR3における第2の底部BP2は、第1の底部BP1とは無関係な位置に形成されている。従って、第2のベースセグメントBS2は、第1のベースセグメントBS1とは無関係な位置に形成され、第1のベースセグメントBS1とは無関係なサイズを有している。また、第4の溝GR4は、第2の溝GR2とは無関係な位置、形状及びサイズを有している。

[0037] 図2は、発光機能層13の構造を示す断面図である。図2は、図1（a）の破線で囲まれた部分を拡大して示す部分拡大断面図である。図2を用いて発光機能層13の第1及び第2の発光層13A及び13Bについてより詳細に説明する。第1の発光層13Aにおいて、第1のベース層BL1は、 $A \text{I}_x \text{Ga}_{1-x} \text{N}$ ($0 < x \leq 1$) の組成を有している。第1の量子井戸層WAは、 $\text{In}_z \text{Ga}_{1-z} \text{N}$ ($0 < z \leq 1$) の組成を有している。

[0038] 第1の障壁層BAは、第1の副障壁層BA1及び第2の副障壁層BA2を有している。すなわち第1の障壁層BAは2層構造を有している。第2の副障壁層BA2は第1の副障壁層BA1よりもp型半導体層15側に形成され

ている。より具体的には、第1の副障壁層BA1は第1の量子井戸層WA上に形成され、第2の副障壁層BA2は第1の副障壁層BA1上に形成されている。第2の発光層13B（第2のベース層BL2）は、第2の副障壁層BA2上に形成されている。

[0039] 第1の副障壁層BA1は、 $In_{z2}Ga_{1-z2}N$ ($0 < z2 \leq 1$)の組成を有している。第2の副障壁層BA2は、n型半導体層12及びp型半導体層15と同一の組成、本実施例においてはGaNの組成を有している。第1の副障壁層BA1におけるIn組成 $z2$ は、第1の量子井戸層WAにおけるIn組成 $z1$ よりも小さい。

[0040] 第2の発光層13Bにおいて、第2のベース層BL2は、 $Al_yGa_{1-y}N$ ($0 < y \leq 1$)の組成を有している。第2の量子井戸層WBは、 $In_{z3}Ga_{1-z3}N$ ($0 < z3 \leq 1$)の組成を有している。

[0041] 第2の障壁層BBは、第3の副障壁層BB1及び第4の副障壁層BB2を有している。すなわち第2の障壁層BBは2層構造を有している。第4の副障壁層BB2は第3の副障壁層BB1よりもp型半導体層15側に形成されている。より具体的には、第3の副障壁層BB1は第2の量子井戸層WB上に形成され、第4の副障壁層BB2は第3の副障壁層BB1上に形成されている。電子ブロック層14は、第4の副障壁層BB2上に形成されている。

[0042] 第3の副障壁層BB1は、 $In_{z4}Ga_{1-z4}N$ ($0 < z4 \leq 1$)の組成を有している。第4の副障壁層BB2は、n型半導体層12及びp型半導体層15と同一の組成、本実施例においてはGaNの組成を有している。第4の副障壁層BB2におけるIn組成 $z4$ は、第2の量子井戸層WBにおけるIn組成 $z3$ よりも小さい。

[0043] 第1のベース層BL1及び第2のベース層BL2は、互いに異なる層厚を有している。本実施例においては、第2のベース層BL2は、第1のベース層BL1よりも小さな層厚 $T2$ を有している。具体的には、第2のベース層BL1の層厚 $T2$ は、第1のベース層BL1の層厚 $T1$ よりも小さい。

[0044] また、第1のベース層BL1及び第2のベース層BL2は、互いに異なる

A I 組成を有している。より具体的には、第 1 のベース層 B L 1 における A I 組成 x と、第 2 のベース層 B L 2 における A I 組成 y とは互いに異なる。本実施例においては、第 2 のベース層 B L 2 における A I 組成 y は、第 1 のベース層 B L 1 における A I 組成 x よりも大きい。なお、A I 組成 x 及び y は、大きいほどその溝部の個数、深さ及びサイズが大きくなり、形成されるベースセグメントの平均サイズは小さくなる。従って、本実施例においては、第 1 のベース層 B L 1 と第 2 のベース層 B L 2 とでベースセグメントの平均サイズが異なっている。また、第 1 及び第 2 のベース層 B L 1 及び B L 2 は、それぞれ第 1 及び第 2 の量子井戸層 W A 及び W B に対して障壁層として機能する。

[0045] ここで、第 1 及び第 2 の発光層 1 3 A 及び 1 3 B について説明する。第 1 及び第 2 のベース層 B L 1 及び B L 2 における第 1 及び第 2 のベースセグメント B S 1 及び B S 2 は、A I G a N 層の A I 組成を比較的大きくし、比較的低温で n 型半導体層 1 2 及び第 2 の障壁層 B A としての G a N 層上に成長することで形成することができる。なお、第 1 及び第 2 のベースセグメント B S 1 及び B S 2 が形成されるメカニズムは同様であるため、以下においては第 1 のベースセグメント B S 1 について説明する。

[0046] まず、n 型半導体層 1 2 上に、これとは異なる結晶組成の第 1 のベース層 B L 1 を成長した場合、第 1 のベース層 B L 1 には応力（歪）が生ずる。例えば、第 1 のベース層 B L 1 は、n 型半導体層 1 2 よりも小さな格子定数を有する。例えば n 型半導体層 1 2 としての G a N 層に第 1 のベース層 B L 1 としての A I G a N 層を成長する場合、A I G a N 層には G a N 層によって伸張歪が生ずる。従って、A I G a N 層にはその成長時に引張応力が生ずる。G a N 層上に A I G a N 層を成長すると、成長開始時又は成長途中で A I G a N 層に溝が生じ、これ以降は、A I G a N 層は 3 次元的に成長する。すなわち、A I G a N 層は立体的に成長し、複数の微細な凹凸が形成される。この溝の形成開始点が第 1 の溝 G R 1 の第 1 の底部 B P 1 となる。

[0047] さらに、G a N 層上に低温で A I G a N 層を成長する場合、A I G a N 層

における3次元的な成長が促進される。従って、AlGaIn層の表面に無数の溝部が互いに結合しながら形成され（第1の溝GR1が形成され）、これによってAlGaIn層の表面が粒状の複数のセグメントに区画されていく。このようにして第1のベースセグメントBS1を有する第1のベース層BL1を形成することができる。なお、本実施例においては、1100°Cの成長温度で第1のベース層BL1としてのAlGaIn層を形成した。

[0048] この第1のベース層BL1上に第1の量子井戸層WAとしてのInGaIn層を形成すると、第1の量子井戸層WAは、歪み量子井戸層として形成される。また、第1の量子井戸層WA内におけるInの含有量に分布が生ずる。すなわち、第1の量子井戸層WAのうち、第1の平坦部FL1上の領域と第1の溝GR1上の領域とでIn組成が異なるように形成される。また、第1のベースセグメントBS1の上面上と側面上とでは第1の量子井戸層WAの層厚が異なる。従って、第1の量子井戸層WAの層内においてはバンドギャップが一定では無い。

[0049] このように形成された微細な島状の凹凸を有する第1の量子井戸層WAは、そのランダムな形状及びバンドギャップの構成により、様々な波長の光を放出する。そして、第1の障壁層BAにおいてそのセグメント形状は途切れ、第1の障壁層BA上には、第1のベース層BL1とは無関係に第2のベース層BL2が形成される。

[0050] 例えば、第2のベース層BL2は、第1の障壁層BAよりも小さな格子定数を有している。従って、第2のベース層BL2は、第1の障壁層BAから伸張歪を受ける。本実施例においては、この第2のベース層BL2におけるAl組成 y 及び層厚 $T2$ を第1のベース層BL1とは異なるように形成した。従って、第2のベースセグメントBS2は、第2のベース層BL2の面内において、第1のベース層BL1の面内における第1のベースセグメントBS1とは異なる平均サイズ（面積）を有することとなる。これによって、第1及び第2の量子井戸層WA及びWB間における層内のInの分布が異なり、第1及び第2の量子井戸層WA及びWBからは互いに異なる波長領域の光

が放出される。

[0051] 換言すれば、本実施例のように平坦化された上面を有する障壁層を有する発光層（第1及び第2の発光層13A及び13B）を複数層積層することで、任意の発光波長を有する発光層を容易に形成することが可能となる。

[0052] なお、本実施例においては、第1及び第2の発光層13A及び13Bの各々からは青色領域よりも長波長側に強度のピークを有する光が放出される。また、第1の発光層13Aは、第2の発光層13Bよりも短波長側にピークを有する光が放出される。このようにして微細な島状の凹凸を有する第1の発光層13Aからは、様々な色の光が放出されることとなる。なお、ベースセグメントのサイズが小さくなるほど、量子井戸層内におけるInの取り込み量が増加し、発光波長は長波長側にシフトしていく。

[0053] また、本実施例においては、第1のベース層BL1が第1の平坦部FL1を有し、第1の発光層13Aの表面が平坦面FS1を有している。また、第2の発光層13Bが第1の平坦面FS1上に形成されているため、第1及び第2の発光層13A及び13Bの界面における良好な結晶性が確保される。

[0054] なお、第1の障壁層BBが第1及び第2の副障壁層BA1及びBA2からなる2層構造を有することで、第1の量子井戸層WAの第2の溝GR2が埋め込まれやすく、第1の平坦面FS1が安定して形成される。具体的には、第1の量子井戸層WAとしてのInGa_nN層と第2の副障壁層BA2としてのGa_nN層との間に、その中間の格子定数を有する第1の副障壁層BA1（第1の量子井戸層WAよりも小さなIn組成を有するInGa_nN層）が介在することで、確実に溝が埋め込まれ、平坦面FS1の形成が安定して行われる。

[0055] なお、第1の障壁層BAは、第2の溝GR2が平坦化されれば、Ga_nN層のみから構成されていてもよい。すなわち、第1の副障壁層BA1が形成されていなくてもよい。例えばGa_nN層を比較的大きな層厚で形成することで、第1の平坦面FS1を形成することができる。上記は、第2の障壁層BBについても同様である。また、第1及び第2の障壁層BA及びBBについて

は、その上面で完全に溝が埋め込まれ、平坦面 F S 1 及び F S 2 が形成されていればよい。具体的には、例えば第 1 及び第 2 の障壁層 B A 及び B B が 2 層構造を有している場合、最も p 型半導体層 1 5 側の副障壁層の表面が平坦面として形成されていればよい。例えば、図 2 に示すように、第 1 及び第 3 の副障壁層 B A 1 及び B B 1 の表面には、それぞれ第 2 及び第 4 の溝 G R 2 及び G R 2 に対応する溝が形成されていても（残存していても）よい。

[0056] また、本実施例においては、第 2 の発光層 1 3 B の表面が平坦面（第 2 の平坦面 F S 2）として形成される場合について説明したが、第 2 の発光層 1 3 B の表面は平坦面として形成される場合に限定されない。第 2 の発光層 1 3 B の表面には第 4 の溝 G R 4 に対応する溝を有していてもよい。なお、第 2 の発光層 1 3 B と電子ブロック層 1 4 との界面の結晶性を考慮すると、第 2 の発光層 1 3 B についても平坦化された上面を有していることが望ましい。

[0057] なお、本実施例においては第 1 及び第 2 のベース層 B L 1 及び B L 2、並びに第 1 及び第 2 の量子井戸層 W A 及び W B の表面が平坦部及び溝からなる場合について説明したが、これらの表面形状はこの場合に限定されない。例えば、第 1 のベース層 B L 1 は第 1 のベースセグメント B S 1 の上面に曲面部を有していてもよい。

[0058] なお、第 1 及び第 2 の量子井戸層 W A 及び W B における I_n 組成 z_1 及び z_3 については、互いに異なっていてもよく、同一であってもよい。具体的には、上記したように、第 1 及び第 2 のベース層 B L 1 及び B L 2 の層厚や A I 組成によって各ベースセグメントの平均サイズを変更し、これによって第 1 及び第 2 の発光層 1 3 A 及び 1 3 B における発光波長の領域を調節することが可能である。これに加えて、第 1 及び第 2 の量子井戸層 W A 及び W B における I_n 組成を調節することによっても、その発光波長を調節することが可能である。本実施例においては、第 1 及び第 2 の量子井戸層 W A 及び W B における I_n 組成 z_1 及び z_3 が同一となるように構成した。

[0059] なお、ベースセグメント B S 1 及び B S 2 については、そのサイズが小さ

くなるほど、量子井戸層WA及びWB内におけるInの取り込み量が増加し、発光波長は長波長側にシフトしていく。具体的には、例えば、ベース層BL1及びであるAlGaIn層上に量子井戸層WAであるInGaIn層を形成する場合、InGaIn層はAlGaIn層によって圧縮応力（圧縮歪）を受ける。InGaIn層が圧縮歪を受けると、第1の量子井戸層WA内にInが取り込まれ易くなる。これによって、InGaIn層におけるバンドギャップ、すなわち量子準位間のエネルギーは小さくなると考えられる。従って、ベース層BL1及びBL2のセグメント形状が小さくなるほど、第1の量子井戸層WAからは、より長波長側の発光波長を有する光が放出される。

[0060] なお、発明者らは、第1及び第2の発光層13A又は13Bのような発光層ではなく、一面が平坦であり、互いにIn組成を変化させた複数の量子井戸層を有する多重量子井戸構造を形成することを検討した。しかし、形成できるIn組成範囲には限界があり、In組成を変化させた多重量子井戸構造の発光層を有する発光素子の場合、本実施例の発光素子10のような広範囲に亘る波長帯域を有するスペクトルを得ることはできなかった。具体的には、広範囲に亘って一定の波長及びその強度を有する光は取出されなかった。

[0061] 従って、単純にIn組成を大きくするだけでは高い演色性の光を得ることができなかった。さらに、In組成を広範囲に亘って変化させるために過剰にIn組成の大きい量子井戸層を形成すると、Inの偏析が顕著となり、Inが析出して黒色化し、発光層として機能しない部分が形成された。従って、In組成によって発光スペクトルの広域化と発光強度の両立を図ることに限界があるといえる。

[0062] また、発明者らは、他の検討例として、異種材料によって形成された異なるバンドギャップを有する発光層を積層した発光素子を作製した。しかし、単純に異種の材料で発光層を積層した場合、そのバンドギャップに対応するピーク波長の光が取出されるに過ぎず、ピーク間のスペクトル強度は小さいものであった。また、混色のバランスが不安定となり、白色光を得ることは困難であった。また、異種の材料の発光層を形成する工程が追加されるのみ

ならず、その結晶性は好ましいものではなかった。一方、本実施例においては、微細構造の第1の量子井戸層WAを有する発光機能層13を形成することで、容易にかつ確実に可視域の広範囲に亘って発光波長帯域（半値幅）を有する光を得ることができた。

[0063] なお、一例として、発明者らは以下の層厚を有する発光機能層13を形成した。第1のベース層BL1は8nmの層厚を有している。第1の量子井戸層WAは5.5nmの層厚を有している。また、ベースセグメントBSの面内方向におけるサイズ（面積）は、およそ数百nm²～数μm²の大きさである。

[0064] また、本実施例においては、n型半導体層12としてのn-GaN層を1225℃の成長温度で4μm形成した。第1及び第2の量子井戸層WA及びWBは、845℃の成長温度で形成した。また、電子ブロック層14としてのAlGaN層は1000℃の成長温度で形成し、p型半導体層15としてのp-GaN層は1100℃の成長温度で形成した。

[0065] なお、本実施例においては、第1及び第2の量子井戸層WA及びWBの各々が量子井戸構造を有する場合について説明したが、第1及び第2の量子井戸層WA及びWBの各々は、単一の量子井戸層であってもよいし、複数の量子井戸層及び障壁層からなる多重量子井戸構造を有していてもよい。すなわち、第1及び第2の発光層13A及び13B（第1及び第2の量子井戸構造層）の各々は、単一量子井戸（SQW）構造を有していてもよく、多重量子井戸（MQW）構造を有していてもよい。第1及び第2の発光層13A及び13Bが多重量子井戸構造を有する場合、最もp型半導体層15側に位置する障壁層が平坦面を有していればよい。

[変形例]

図3は、実施例1の変形例に係る半導体発光素子30の構造を示す断面図である。発光素子30は、発光機能層33の構造を除いては、発光素子10と同様の構成を有している。発光素子30の発光機能層33は、n型半導体層12と発光素子10における第1の発光層13Aとの間に、少なくとも1

つの第3の量子井戸層WCと複数の第3の障壁層WCとからなる量子井戸構造を有する第3の発光層33Aを有している。

[0066] 本変形例においては、第3の発光層33Aは、n型半導体層13上に、2つの第3の量子井戸層WCと3つの第3の障壁層BCとがそれぞれ交互に積層された構造を有している。最もp型半導体層15側に位置する第3の障壁層BC上には第1の発光層13A（第1のベース層BL1）が形成されている。第3の量子井戸層WCの各々は、例えば、第1及び第2の量子井戸層WA及びWBのいずれかと同一の組成、例えばInGa_nNの組成を有している一様に平坦な層である。第3の障壁層BCの各々は、第1及び第2の障壁層BA及びBBと同一の組成、例えばGa_nN層又はInGa_nN及びGa_nNの2層構造を有している。第3の障壁層BCのうち、最も第1の発光層13A側に位置する第3の障壁層BCは、n型半導体層12と同一の組成を有している。

[0067] 本変形例においては、実施例1の発光素子10における発光機能層13のn型半導体層12側に量子井戸構造の第3の発光層33Aが追加された構成となる。従って、実施例1に比べて、純粋な青色領域に発光波長のピークを有する光を追加で放出させることが可能となる。本変形例は、例えば青色領域の光の強度を大きくしたい場合に有利な構成となる。

[0068] なお、本変形例においては第3の発光層33Aがn型半導体層12と第1の発光層13Aとの間に形成されている場合について説明したが、第3の発光層33Aの形成位置はこれに限定されない。例えば、第3の発光層33Aは、第2の発光層13B上、すなわち第2の発光層13Bとp型半導体層15との間に形成されていてもよい。また、第1及び第2の発光層13A及び13B間に第3の発光層33Aが形成されていてもよい。

[0069] 図4は、発光素子30から放出された光のスペクトル特性を示す図である。図の横軸は波長を、縦軸は発光強度を示す。図4に示すように、発光素子30からは、3つのピークを有し、かつ可視域のほぼ全域に亘って高い強度を有する光が放出されていることがわかる。なお、3つのピークのうち、最

も短波長側のおよそ450nmの位置にあるピークP1は第3の発光層33Aからの放出光によるものである。同様に、500nm辺り及び570nm辺りにそれぞれ位置するピークP2及びP3は、それぞれ第1及び第2の発光層13A及び13Bからの放出光によるものである。なお、第3の発光層33Aを有さない場合、すなわち発光素子10においては、ピークP1がないことを除いてはおよそ発光素子30と同様のスペクトル特性を示すことを確認した。

[0070] なお、本実施例においては、島状のベースセグメントを有する発光層を2層積層する場合について説明したが、第1及び第2の発光層13A及び13Bと同様の構成を有する発光層を3層以上積層してもよい。すなわち、発光機能層13及び33Aは、少なくとも第1及び第2の発光層13A及び13Bが積層された構造を有していればよい。

[0071] また、本実施例においては、発光機能層13（又は33）とp型半導体層15との間に電子ブロック層14を形成する場合について説明したが、電子ブロック層14を設ける場合に限定されるものではない。例えば発光機能層13上にp型半導体層15が形成されていてもよい。なお、電子ブロック層14は、n型半導体層12、発光機能層13及びp型半導体層15よりも大きなバンドギャップを有している。従って、電子が発光機能層13を越えてp型半導体層15側にオーバーフローすることを抑制することが可能となる。従って、大電流駆動時及び高温動作時には電子ブロック層14を設けることが好ましい。

[0072] 上記したように、第1の発光層13Aにおける第1のベースセグメントBS1と第2の発光層13Bにおける第2のベースセグメントBS2とは、互いに無関係にかつランダムに形成されている。従って、それぞれの発光領域は異なることとなり、重なり合って放出された光は、広範囲な発光波長帯域を有することとなる。さらに、第1のベース層BL1と第2のベース層BL2とでセグメントの平均サイズを異ならせることで、第1及び第2の発光層13A及び13Bからの放出光をより異ならせる（波長帯域をずらす）こと

ができる。また、第1及び第2のベース層BL1及びBL2の層厚を異なるように構成することで、第1及び第2の発光層13A及び13Bからの放出光のスペクトル幅が異なることとなる。

[0073] 本実施例及びその変形例においては、発光機能層13は、第1及び第2の発光層13A及び13Bを含む複数の発光層が積層された構造を有している。第1の発光層13Aは、n型半導体層12から応力歪を受ける組成を有してランダムな網目状に区画された複数の第1のベースセグメントBS1を有する第1のベース層BL1と、第1のベースセグメントBS1のセグメント形状を残存しつつ第1のベース層BL1上に形成された第1の量子井戸層WAと、第1のベース層BL1及び第1の量子井戸層WAを埋め込んで平坦化された平坦面FS1を有する第1の障壁層BAと、を有している。

[0074] また、第2の発光層13Bは、第1の障壁層BAから応力歪を受ける組成を有してランダムな網目状に区画された複数の第2のベースセグメントBS2を有する第2のベース層BL2と、第2のベースセグメントBS2のセグメント形状を残存しつつ第2のベース層BL2上に形成された第2の量子井戸層WBと、第2の量子井戸層WB上に形成された第2の障壁層BBと、を有している。従って、可視域の広範囲に亘って高い発光強度を有する光を放出することが可能な発光素子を提供することが可能となる。

[0075] なお、本実施例においては、第1の導電型がn型の導電型であり、第2の導電型がn型とは反対の導電型のp型である場合について説明したが、第1の導電型がp型であり、第2の導電型がn型であってもよい。

符号の説明

- [0076] 10、30 半導体発光素子
12 n型半導体層（第1の半導体層）
13、33 発光機能層
13A 第1の発光層
13B 第2の発光層
33A 第3の発光層

- 1 4 電子ブロック層
- 1 5 p型半導体層（第2の半導体層）
- BL 1 第1のベース層
- BS 1 第1のベースセグメント
- BL 2 第2のベース層
- BS 2 第2のベースセグメント
- GR 1～GR 4 第1～第4の溝
- FS 1 第1の平坦面
- FS 2 第2の平坦面

請求の範囲

[請求項1] 第1の導電性を有する第1の半導体層と、前記第1の半導体層上に形成され、第1及び第2の発光層を含む発光機能層と、前記発光機能層上に形成され、前記第1の半導体層とは反対の導電性を有する第2の半導体層とを有する半導体発光素子であって、

前記第1の発光層は、前記第1の半導体層から応力歪を受ける組成を有してランダムな網目状に区画された複数の第1のベースセグメントを有する第1のベース層と、前記第1のベースセグメントのセグメント形状を残存しつつ前記第1のベース層上に形成された第1の量子井戸層と、前記第1のベース層及び前記第1の量子井戸層を埋め込んで平坦化された平坦面を有する第1の障壁層と、を有し、

前記第2の発光層は、前記第1の障壁層から応力歪を受ける組成を有してランダムな網目状に区画された複数の第2のベースセグメントを有する第2のベース層と、前記第2のベースセグメントのセグメント形状を残存しつつ前記第2のベース層上に形成された第2の量子井戸層と、前記第2の量子井戸層上に形成された第2の障壁層と、を有することを特徴とする半導体発光素子。

[請求項2] 前記第1及び第2のベース層は、互いに異なる層厚を有していることを特徴とする請求項1に記載の半導体発光素子。

[請求項3] 前記複数の第2のベースセグメントは、前記第2のベース層の面内において、前記第1のベース層の面内における前記複数の第1のベースセグメントとは異なる平均サイズを有していることを特徴とする請求項1又は2に記載の半導体発光素子。

[請求項4] 前記第1の半導体層はGaNの組成を有し、

前記第1及び第2のベース層の各々はAlN又はAlGaNの組成を有し、

前記第1及び第2の量子井戸層の各々はInGaNの組成を有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1つに記載の半導体発光

素子。

[請求項5] 前記第1及び第2のベース層は互いに異なるA1組成を有することを特徴とする請求項4に記載の半導体発光素子。

[請求項6] 前記第1の障壁層は、前記第1の井戸層上に形成され、前記第1の井戸層よりも小さなIn組成を有するInGa_xN_{1-x}からなる第1の副障壁層と、前記第1の副障壁層上に設けられたGa_{1-x}N_xからなる第2の副障壁層とからなり、

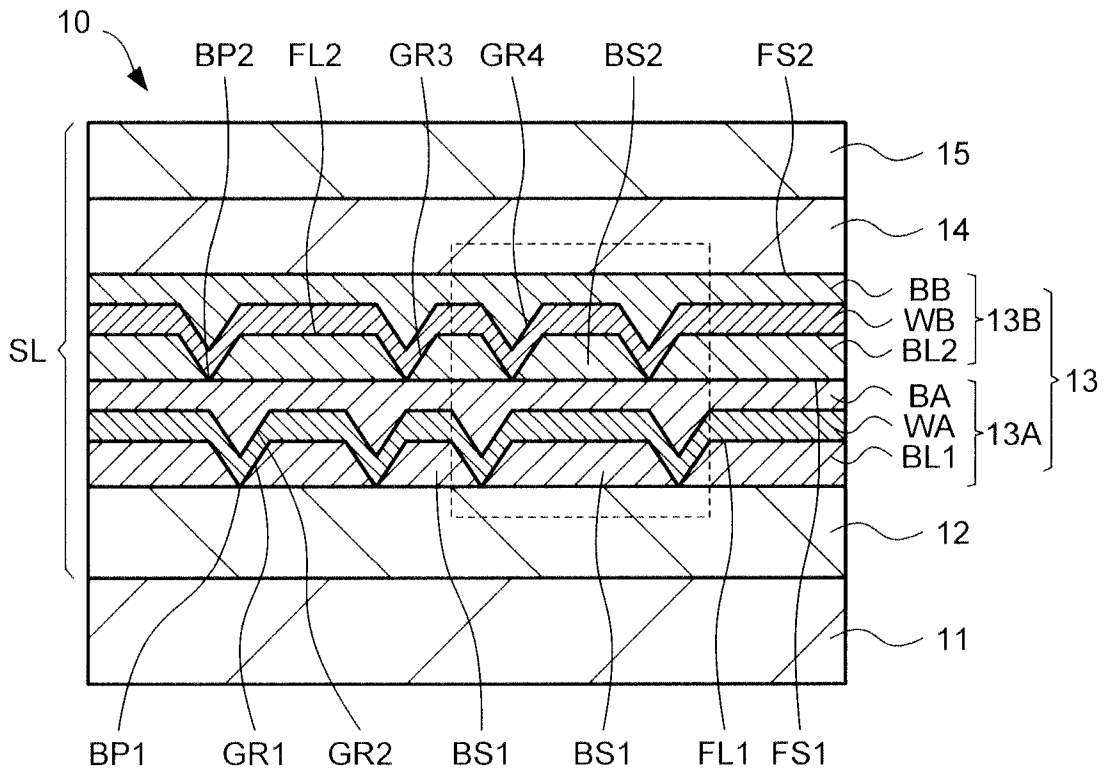
前記第2の副障壁層は前記平坦面を有することを特徴とする請求項4又は5に記載の半導体発光素子。

[請求項7] 前記発光機能層は、前記第1の半導体層と前記第1の発光層との間に、少なくとも1つの第3の量子井戸層と複数の第3の障壁層とを有する第3の発光層を有し、

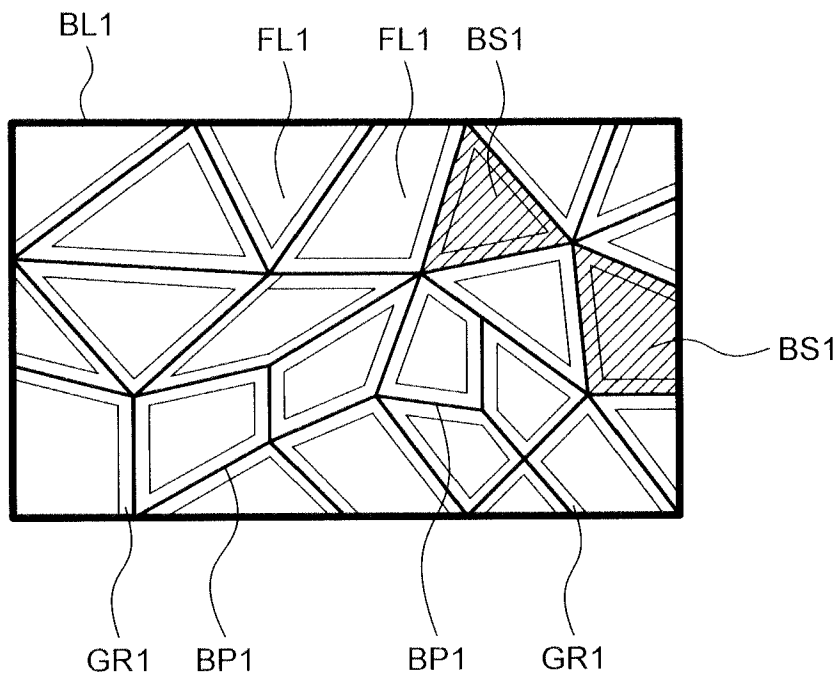
前記複数の第3の障壁層のうち、最も第1の発光層側に位置する第3の障壁層は、前記第1の半導体層と同一の組成を有することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1つに記載の半導体発光素子。

[図1]

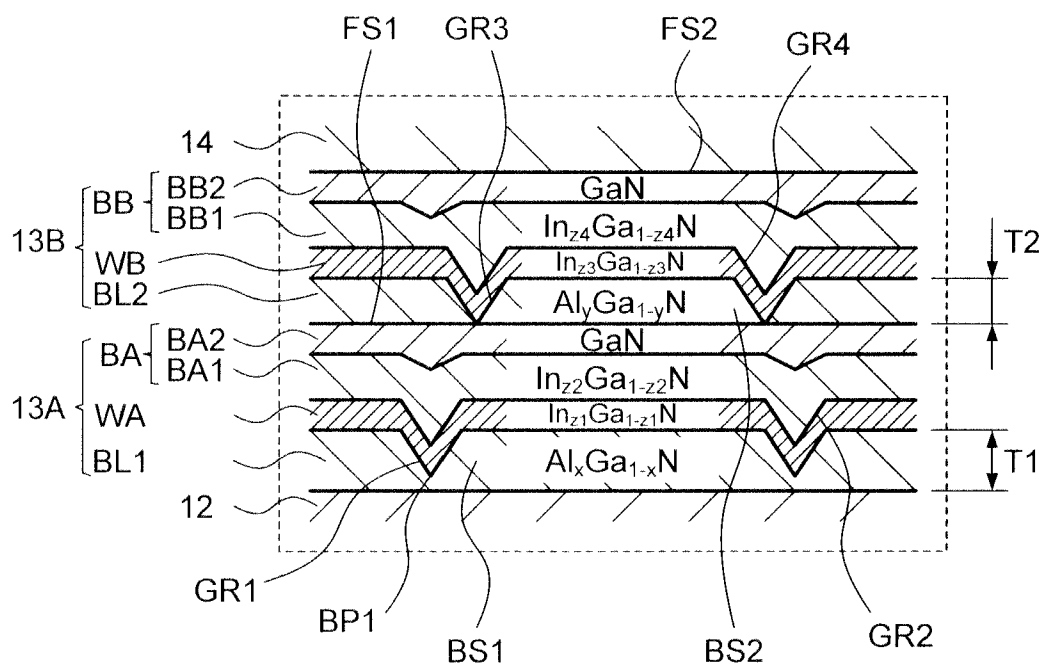
(a)



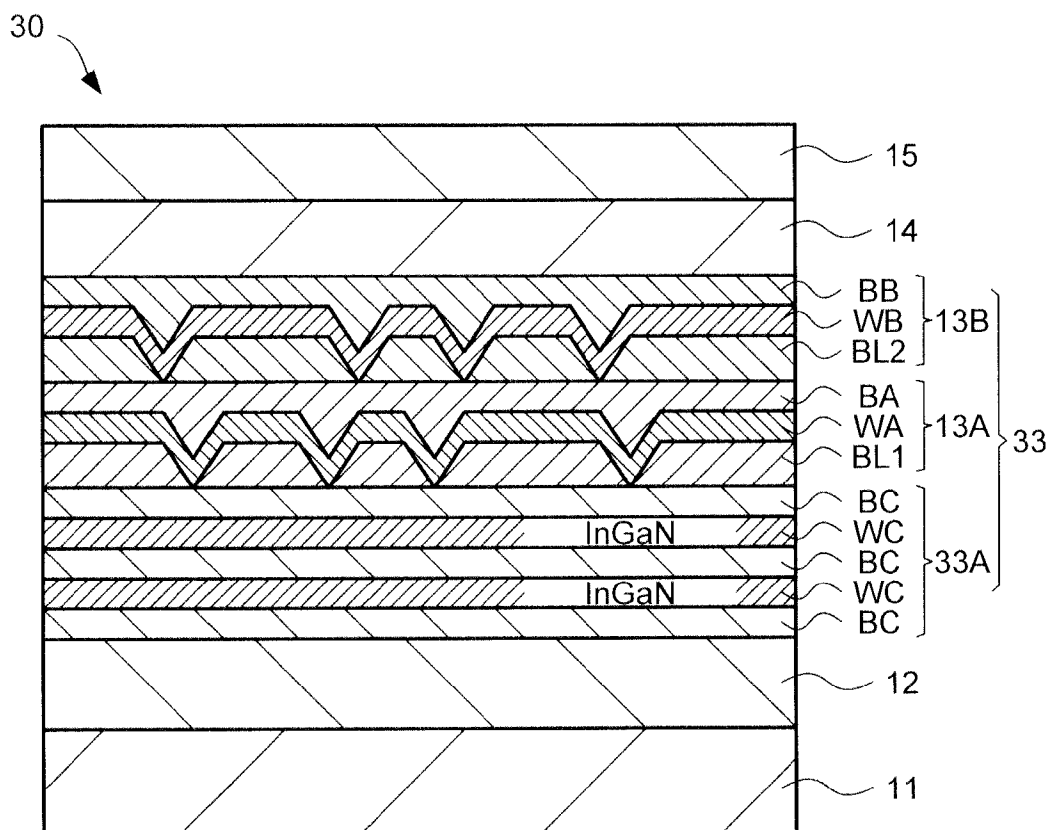
(b)



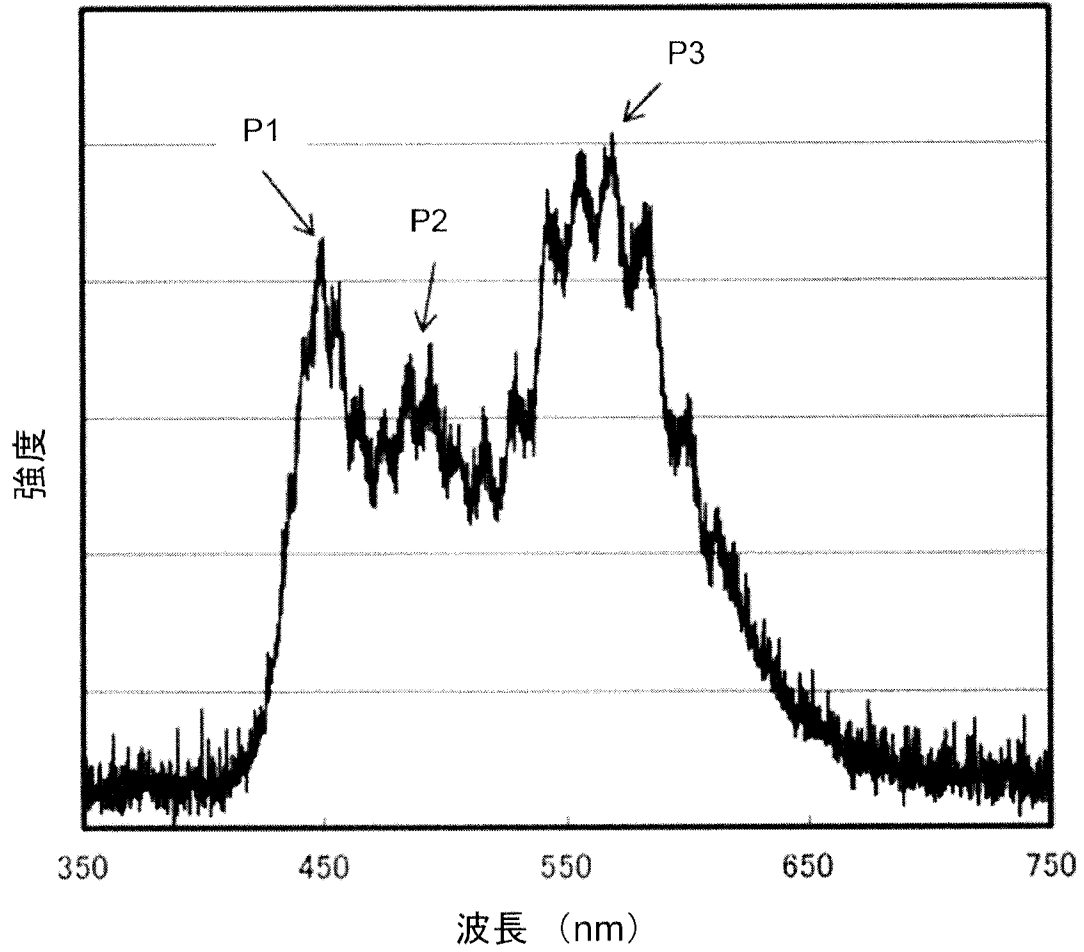
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/079805

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L33/24(2010.01) i, H01L33/32(2010.01) 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)
H01L33/00-33/64

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-124149 A (Advanced Optoelectronic Technology, Inc.), 04 June 2009 (04.06.2009), entire text; all drawings & US 2009/0121214 A1 & US 2011/0210312 A1 & TW 200921941 A	1-7
A	JP 2005-93682 A (Toyoda Gosei Co., Ltd.), 07 April 2005 (07.04.2005), entire text; all drawings & US 2005/0056850 A1	1-7
A	JP 2008-199016 A (Huga Optotech Inc.), 28 August 2008 (28.08.2008), entire text; all drawings & US 2008/0191190 A1 & DE 102008004448 A & TW 200834964 A & KR 10-2008-0074724 A	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 01 December 2015 (01.12.15)	Date of mailing of the international search report 15 December 2015 (15.12.15)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/079805

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-53608 A (Stanley Electric Co., Ltd.), 06 March 2008 (06.03.2008), entire text; all drawings & US 2008/0073657 A1 & US 2012/0077298 A1 & EP 1895601 A2	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01L33/24(2010.01)i, H01L33/32(2010.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01L33/00-33/64		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-124149 A（アドヴァンスト オプトエレクトロニック テクノロジー インコーポレイテッド）2009.06.04, 全文全図 & US 2009/0121214 A1 & US 2011/0210312 A1 & TW 200921941 A	1-7
A	JP 2005-93682 A（豊田合成株式会社）2005.04.07, 全文全図 & US 2005/0056850 A1	1-7
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 01.12.2015	国際調査報告の発送日 15.12.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 村井 友和 電話番号 03-3581-1101 内線 3255	2K 3207

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-199016 A (廣▲が▼光電股▲ふん▼有限公司) 2008.08.28, 全文全図 & US 2008/0191190 A1 & DE 102008004448 A & TW 200834964 A & KR 10-2008-0074724 A	1-7
A	JP 2008-53608 A (スタンレー電気株式会社) 2008.03.06, 全文全図 & US 2008/0073657 A1 & US 2012/0077298 A1 & EP 1895601 A2	1-7