

(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)

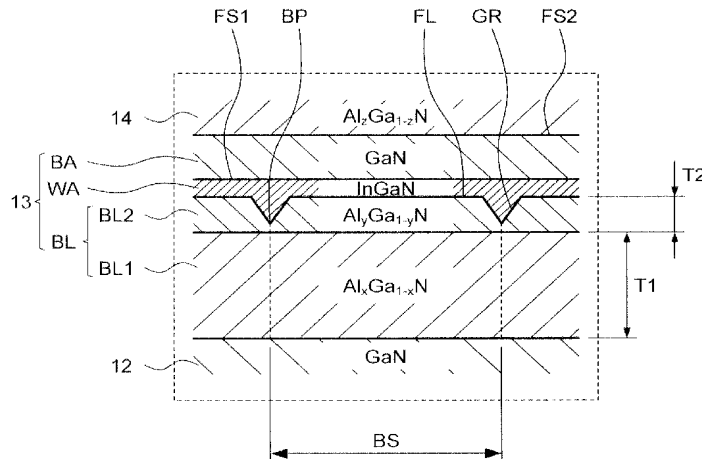
(10) 国際公開番号
WO 2016/072277 A1

- (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/JP2015/079807
- (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 2014-226919 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: 十川 博行 (TOGAWA, Hiroyuki); 〒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).

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体発光素子



(57) Abstract: A semiconductor light-emitting device comprises: a first semiconductor layer having a first conductivity type; a light-emitting function layer including a light-emitting layer formed on the first semiconductor layer; and a second semiconductor layer formed on the light-emitting function layer and having an opposite conductivity type to the first semiconductor layer. The light-emitting layer comprises: a base layer having such compositions that experience a stress strain from the first semiconductor layer and having a plurality of base segments formed like a random mesh; and a quantum well structure layer consisting of at least one quantum well layer, which is formed in such a manner that embeds the base layer, and at least one barrier layer. The base layer has a plurality of subsidiary base layers composed of AlGaN's having mutually different Al components.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/072277 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

第 1 の導電性を有する第 1 の半導体層と、第 1 の半導体層上に形成された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、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形成された複数のベースセグメントを有するベース層と、ベース層を埋め込んで形成された少なくとも 1 つの量子井戸層及び少なくとも 1 つの障壁層からなる量子井戸構造層と、を有し、ベース層は、互いに異なる Al 組成を有する AlGaIn からなる複数の副ベース層を有する。

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、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2には、伝導性サブマウント基板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3には、複数のInGaN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2011-249460号公報

特許文献2：特開2006-339646号公報

特許文献3：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。活性層か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）を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た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、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形成された複数のベースセグメントを

有するベース層と、ベース層を埋め込んで形成された少なくとも1つの量子井戸層及び少なくとも1つの障壁層からなる量子井戸構造層と、を有し、ベース層は、互いに異なるAl組成を有するAlGaInからなる複数の副ベース層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層の構造を示す断面図である。

[図3] 実施例1の変形例1に係る半導体発光素子における発光層の構造を示す断面図である。

[図4] 実施例1の変形例2に係る半導体発光素子における発光層の構造を示す断面図である。

[図5] 実施例2に係る半導体発光素子の構造を示す断面図である。

[図6] 実施例2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、同一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上に形成された発光機能層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とは反対の導電型を有する半導体層)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GaN層からなる。電子ブロック層14は、例えばAlGaN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GaN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型半導体層を有していてもよい。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] なお、発光機能層 1 3 は複数の発光層を有していてもよいが、本実施例においては、発光機能層 1 3 は 1 つの発光層からなる場合について説明する。従って、本実施例においては、発光機能層 1 3 としての発光層について説明する。発光層 1 3 は、n 型半導体層 1 2 上に形成され、量子井戸 (QW) 構造を有している。
- [0019] 発光層 1 3 は、n 型半導体層 1 2 とは異なる組成を有するベース層 B L を有している。ベース層 B L は、n 型半導体層 1 2 から応力を受けてランダムな網目状に形成された溝 G R を有している。すなわち、溝 G R は、n 型半導体層 1 2 とベース層 B L との間の異なる組成によってベース層 B L に生じた応力歪によって生じた複数の溝部が結合したメッシュ形状として形成されている。なお、ベース層 B L に生じた応力歪とは、n 型半導体層 1 2 とベース層 B L との間の格子定数の差によって、ベース層 B L の結晶構造が歪むことをいう。
- [0020] また、発光層 1 3 は、ベース層 B L 上に形成された量子井戸層 W A 及び障壁層 B A からなる量子井戸構造層 Q W を有している。量子井戸層 W A はベース層 B L 上に形成され、障壁層 B A は量子井戸層 W A 上に形成されている。なお、ベース層 B L は、量子井戸層 W A に対して障壁層として機能する。
- [0021] ここで、図 1 (b) を参照して、ベース層 B L について説明する。図 1 (b) は、ベース層 B L の上面を模式的に示す図である。また、ベース層 B L は、溝 G R 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 B S を有している。ベースセグメント B S の各々は、ベース層が n 型半導体層 1 2 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] 溝 G R 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。溝 G R は、ベース層 B L 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。ベースセグメント B S の各々は、この溝 G R によってベース層 B L 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、ベースセグメント B S 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] 溝GRは、例えばV字形の断面形状を有する(図1(a))。また、図1(b)に示すように、溝GRは、ライン状の底部BPを有している。本実施例においては、ベースセグメントBSの各々は、溝GRにおける底部BPをその端部とする。ベースセグメントBSの各々は、底部BPにおいて他のベースセグメントBSに隣接している。

[0024] また、ベース層BLは、ベースセグメントBSの各々に対応する平坦部FLを有している。ベース層BLの表面は、平坦部FLと溝GRの内壁面によって構成されている。平坦部FLの各々は、溝GRによってベースセグメントBS毎に区画されている。ベースセグメントBSは、平坦部FLからなる上面と溝GRの内壁面からなる側面とを有している。

[0025] すなわち、平坦部FLはベースセグメントBSの各々における上面を構成し、溝GRの内壁面はベースセグメントBSの側面を構成する。従って、ベースセグメントBS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] 発光層13は、ベース層BL上に形成された量子井戸層WAを有している。量子井戸層WAは、溝GRを埋め込んで形成されている。また、量子井戸層WAは、その上面が平坦面(以下、第1の平坦面と称する)FS1として形成されている。量子井戸層WAは、ベース層BLとの界面(下面)においては溝GR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。すなわち、量子井戸層WAは、図1(a)に示すように、ベース層BLを埋め込んで平坦化された第1の平坦面FS1を有している。量子井戸層WAは、歪み量子井戸層として形成されている。

[0027] また、発光層13は、量子井戸層WA上に形成された障壁層BAを有している。障壁層BAは、その両主面が平坦面として形成されている。具体的には、障壁層BAは、量子井戸層WAの第1の平坦面FS1上に形成され、上面が平坦面(以下、第2の平坦面と称する)FS2として形成されている。

[0028] 図2は、発光層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を用いて発光層13についてより詳細に説明する。発光層13のベース層BLは、 $A_{1-x}Ga_{1-x}N$ ($0 < x \leq 1$)の組成を有する第1の副ベース層BL1と、第1の副ベース層BL1上に形成され、 $A_{1-y}Ga_{1-y}N$ ($0 < y \leq 1$)の組成を有する第2の副ベース層BL2と有している。ベース層BLは、互いに異なるA組成を有する複数のAIGaN層からなる複数の副ベース層を有している。また、量子井戸層WAは、InGaNの組成を有している。障壁層BAは、GaNの組成を有している。なお、電子ブロック層14は、 $A_{1-z}Ga_{1-z}N$ ($0 < z \leq 1$)の組成を有している。

[0029] 第2の副ベース層BL2は、ベース層BLの複数のベース層BL1及びBL2のうち、第1の副ベース層BL1よりも大きなA組成yを有している。具体的には、第2の副ベース層BL2におけるA組成yは、第1の副ベース層BL1におけるA組成xよりも大きい。本実施例においては、A組成yは、 $y = 1$ である。すなわち、本実施例においては、第1の副ベース層BL1はAIGaNの組成を有し、第2の副ベース層BL2はAINの組成を有している。また、第1の副ベース層BL1は、第2の副ベース層BL2よりも大きな層厚T1を有している。具体的には、第1の副ベース層BL1の層厚T1は、第2の副ベース層BL2の層厚T2よりも大きい。

[0030] ここで、発光層13について説明する。ベース層BLにおけるベースセグメントBSは、ベース層BLとしてのAIGaN層BL1及びAIN層BL2を、比較的低温でn型半導体層12としてのGaN層上に成長することで形成することができる。

[0031] まず、n型半導体層12上に、これとは異なる結晶組成のベース層BLを成長した場合、ベース層BLには応力(歪)が生ずる。例えば、ベース層BLは、n型半導体層12よりも小さな格子定数を有する。例えばn型半導体層12としてのGaN層に第1の副ベース層BL1としてのAIGaN層を成長する場合、AIGaN層にはGaN層によって伸張歪が生ずる。従って、AIGaN層にはその成長時に引張応力が生ずる。また、AIGaN層上

に、第2の副ベース層BL2としてのAlN層を形成すると、その引張応力はさらに大きくなる。従って、AlN層の成長開始時又は成長途中でAlN層に溝が生じ、これ以降は、AlN層は3次的に成長する。すなわち、AlN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溝GRの底部BPとなる。

[0032] さらに、低温でAlN層を成長する場合、AlN層における3次的な成長が促進される。従って、AlN層の表面に無数の溝が互いに結合しながら形成され（溝GRが形成され）、これによってAlN層の表面が粒状の複数のセグメントに区画されていく。このようにしてベースセグメントBSを有するベース層BLを形成することができる。なお、本実施例においては、1100°Cの成長温度でベース層BLとしてのAlGaN層及びAlN層を形成した。

[0033] このベース層BL上に量子井戸層WAとしてのInGaN層を形成すると、量子井戸層WAは歪み量子井戸層として形成される。また、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、量子井戸層WAのうち、例えば平坦部FL上の領域と溝GR上の領域とでIn組成が異なるように形成される。また、ベースセグメントBSの上面上と側面上とでは量子井戸層WAの層厚が異なる。従って、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。従って、微細な島状の凹凸を有する発光層13からは、様々な色の光が放出されることとなる。

[0034] なお、溝GRを形成することを考慮すると、GaN層上に直接AlN層（すなわち第2の副ベース層BL2）を形成すればよい。しかし、AlNは、その大きなバンドギャップから、n型半導体層（GaN層）12から量子井戸層WAへのキャリア（電子）の移動を阻害する。AlGaN層（第1の副ベース層BL1）は、AlN層及びGaN層の中間のバンドギャップを有しているため、キャリアの移動阻害を低減することができる。従って、発光強度の低下を抑制することが可能となる。また、ベース層BLをキャリアのトンネル効果が生じるような層厚とすることで、電子の発光層13への移動が

促進され、正孔との再結合確率が向上する。

[0035] また、ベースセグメントBSのサイズが小さくなるほど、量子井戸層WA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、第2の副ベース層BL2であるAlN層上に量子井戸層WAであるInGaN層を形成する場合、InGaN層はAlN層によって圧縮歪を受ける。InGaN層が圧縮歪を受けると、InGaN層内にInが取り込まれ易くなる。従って、高いAl組成を有する第2の副ベース層BL2上にInGaN層を形成することで、高いIn組成のInGaN層を形成することが可能となる。これによって、InGaN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。従って、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。

[0036] なお、本実施例においては、発光層13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。具体例として、第1の副ベース層の層厚T1を6.6nmに設定した場合、およそ530nmにスペクトル強度のピークを有するブロードな光が放出された。

[0037] このように、ベース層BLは、互いに異なるAl組成を有する第1及び第2の副ベース層BL1及びBL2を有している。従って、広範囲の波長域に亘ってスペクトル幅を有する発光素子10が形成される。また、第2の副ベース層BL2が第1の副ベース層BL1よりも大きなAl組成を有しているため、発光層13からは、発光波長の広域化及び発光強度の両方に優れた光が放出される。従って、高い演色性を有する高発光強度の発光層13となる。

[0038] また、本実施例においては、ベース層BLのベースセグメントBSが平坦部FLを有している。従って、量子井戸層WAは溝GRを埋めるように形成され、上面が平坦面FS1となる。従って、量子井戸層WAの上面においては良好な結晶性が確保される。

[0039] なお、本実施例においてはベース層BLの表面が平坦部FL及び溝GR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、ベース層BLはベースセグメントBSの上面に曲面部を有していてもよい。

[0040] なお、発明者らは、発光層13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。

[0041] 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。

[0042] 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。

[0043] なお、ベース層BLの層厚の一例として、発明者らは以下の層厚を有する発光層13を形成した。ベース層BLにおける第1の副ベース層BL1は6.6nmの層厚を有し、第2の副ベース層BL2は、1nm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は、およそ数十nm～数 μ mの大きさである。

[0044] なお、本実施例においては、量子井戸構造層QWが1つの量子井戸層WA及び1つの障壁層BAからなる構造を有する場合について説明したが、量子井戸構造層QWは1つの量子井戸層WA及び1つの障壁層BAからなる場合に限定されない。量子井戸構造層QWは複数の量子井戸層WA及び複数の障壁層BAから構成されていてもよい。すなわち、量子井戸構造層QWは単一量子井戸(SQW)構造を有していてもよいし、多重量子井戸(MQW)構造を有していてもよい。すなわち、量子井戸構造層QWは、少なくとも1つの量子井戸層WA及び少なくとも1つの障壁層BAから構成されていればよい。

[変形例1]

図3は、実施例1の変形例1に係る半導体発光素子10Aの構造を示す断面図である。発光素子10Aは、発光機能層(発光層)13Aのベース層BLM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。発光層13Aのベース層BLMは、第1及び第2の副ベース層BL1及びBL2がこの順で3回繰り返し積層された構造を有している。

[0045] 本変形例においては、第1の副ベース層BL1の各々は互いに同一の層厚T3を有している。例えば、第1の副ベース層BL1の各々は、1.5nm又は2.2nmの層厚T3を有している。また、第2の副ベース層BL2の各々は、互いに同一の層厚T2を有している。例えば、第2の副ベース層BL2の各々は、1nmの層厚T2を有している。

[0046] なお、第1の副ベース層BL1の層厚T3を1.5nmに設定した場合はおよそ520nmに、第1の副ベース層BL1の層厚T3を2.2nmに設定した場合はおよそ535nmにスペクトル強度のピークを有するブロードな光が得られた。

[0047] 本変形例においては、ベース層BLMの最もn型半導体層12側に位置する第1の副ベース層BL1には溝が形成されず、その上の第2の副ベース層

BL2に溝が形成される。また、実施例1のベース層BLと同様に、ベース層BLMはその上面に溝GRを有している。すなわち、本変形例においては、第1及び第2の副ベース層BL1及びBL2のうち、最もn型半導体層12側に位置する第1の副ベース層BL1以外の全ての副ベース層の溝GRに対応する位置に内部溝が形成されている。

[0048] 本実施例においては、ベース層BLMにおける第1及び第2の副ベース層BL1及びBL2の各々は、数nm程度の層厚、すなわちキャリアのトンネル効果を生じさせる層厚を有している。従って、キャリアの再結合確率の低下が抑制され、発光強度の低下が抑制される。また、各副ベース層で組成や層厚を調節することで、溝のサイズ及び深さを調節することができる。従って、高い自由度でベース層BLMの構造を制御することが可能となる。なお、発光波長の広域化を考慮すると、ベース層BLMの表面（上面）には溝GRが形成されていることが好ましく、またベース層BLMがベースセグメントBSに区画されていることが好ましい。

[0049] なお、本変形例においては、ベース層BLMが、第1及び第2の副ベース層BL1及びBL2を3回繰り返し積層した構造を有する場合について説明したが、第1及び第2の副ベース層BL1及びBL2の積層回数はこれに限定されるものではない。ベース層BLMは、第1及び第2の副ベース層BL1及びBL2がこの順で複数回繰り返し積層された構造を有していればよい。

[変形例2]

図4は、実施例1の変形例2に係る半導体発光素子10Bの構造を示す断面図である。発光素子10Bは、発光機能層13Bの構成を除いては、発光素子10と同様の構成を有している。発光機能層13Bは、実施例1における発光層13が複数層（本変形例においては2層）積層された構造を有している。より具体的には、発光機能層13Bは、ベース層BLA、量子井戸層WA及び障壁層BAを有し、障壁層BA上に、ベース層BLB、量子井戸層WB及び障壁層BBが積層された構造を有している。

[0050] 発光機能層 1 3 B は、発光層 1 3 と同様の構成を有する第 1 及び第 2 の発光層 1 3 B 1 及び 1 3 B 2 が積層された構造を有している。なお、第 1 の発光層 1 3 B 1 におけるベース層 B L A 及び第 2 の発光層 1 3 B 2 におけるベース層 B L B は、互いに無関係に形成された溝 G R 1 及び G R 2 を有している。溝 G R 1 及び G R 2 の各々の底部 B P 1 及び B P 2 の各々は、互いに無関係な位置に形成されている。すなわち、ベース層 B L A 及び B L B の各々は、互いに無関係に形成されたベースセグメント B S 1 及び B S 2 を有している。

[0051] なお、第 1 及び第 2 の発光層 1 3 B 1 及び 1 3 B 2 の各々のベースセグメント B S の形状及びサイズ（粒径）を調節することで、第 1 及び第 2 の発光層 1 3 B 1 及び 1 3 B 2 は、互いに異なるピークを有する波長の光を放出する。従って、発光層 1 3 を有する実施例 1 の発光素子 1 0 に比べ、発光波長のピーク個数が増える。従って、より安定して広範囲に亘る波長域での発光が可能となる。

実施例 2

[0052] 図 5 は、実施例 2 の半導体発光素子 3 0 の構造を示す断面図である。発光素子 3 0 は、発光機能層 3 3 の構成を除いては、発光素子 1 0 と同様の構成を有している。発光機能層 3 3 は、n 型半導体層 1 2 と発光素子 1 0 における発光層 1 3 との間に、少なくとも 1 つの様に平坦な量子井戸層 W C と複数の障壁層 W C とからなり、これらがそれぞれ交互に積層された量子井戸構造を有する発光層（第 3 の発光層）3 3 A を有している。

[0053] 本実施例においては、第 3 の発光層 3 3 A は、n 型半導体層 1 3 上に、2 つの量子井戸層 W C の各々が 3 つの障壁層 B C の各々によって挟まれた多重量子井戸（MQW）構造を有している。最も p 型半導体層 1 5 側に位置する障壁層 B C 上には発光層 1 3（ベース層 B L）が形成されている。量子井戸層 W C の各々は、例えば、量子井戸層 W A 及び W B のいずれかと同一の組成、例えば I n G a N の組成を有している。障壁層 B C の各々は、障壁層 B A 及び B B と同一の組成、例えば G a N の組成を有している。障壁層 B C のう

ち、最も発光層 1 3 側に位置する障壁層 B C は、n 型半導体層 1 2 と同一の組成を有している。

[0054] 本実施例においては、実施例 1 の発光素子 1 0 における発光層 1 3 の n 型半導体層 1 2 側に量子井戸構造の第 3 の発光層 3 3 A 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。本実施例は、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。

[0055] 図 6 は、発光素子 3 0 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 3 0 からは、2 つのピークを有し、かつ可視域のほぼ全域に亘って高いスペクトル幅を有する光が放出されていることがわかる。なお、2 つのピークのうち、最も短波長側のおよそ 4 5 0 n m の位置にあるピーク P 1 は発光層 3 3 A からの放出光によるものである。同様に、5 2 0 n m 辺りに位置するピーク P 2 は、発光層 1 3 からの放出光によるものである。なお、発光層 3 3 A を有さない場合、すなわち発光素子 1 0 においては、ピーク P 1 がいないことを除いてはおよそ発光素子 3 0 と同様のスペクトル特性を示すことを確認した。

[0056] また、本実施例においては、発光機能層（発光層）1 3、1 3 A、1 3 B 及び 3 3 と p 型半導体層 1 5 との間に電子ブロック層 1 4 を形成する場合について説明したが、電子ブロック層 1 4 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 1 3 上に p 型半導体層 1 5 が形成されていてもよい。なお、電子ブロック層 1 4 は、n 型半導体層 1 2、発光機能層 1 3 及び p 型半導体層 1 5 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 1 3 を越えて p 型半導体層 1 5 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おいては電子ブロック層 1 4 を設けることが好ましい。

[0057] なお、実施例 1、変形例 1、変形例 2 及び実施例 2 は、互いに組み合わせることが可能である。例えば発光層 1 3 B 及び発光層 3 3 A からなる発光機

能層を形成することができる。また、発光層 1 3 及び 1 3 A を積層することも可能である。

[0058] 本実施例及びその変形例においては、発光層 1 3 は、n 型半導体層 1 2 から応力歪を受ける組成を有してランダムな網目状に形成された複数のベースセグメント B S を有するベース層 B L と、ベース層 B L を埋め込んで形成された少なくとも 1 つの量子井戸層 W A 及び少なくとも 1 つの障壁層 B A からなる量子井戸構造層とを有し、ベース層 B L は、互いに異なる A 1 組成を有する A 1 G a N 層からなる複数の副ベース層 B L 1 及び B L 2 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。

[0059] 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

- [0060] 1 0、3 0 半導体発光素子
1 2 n 型半導体層（第 1 の半導体層）
1 3、1 3 A、1 3 B、3 3 発光機能層（発光層）
1 3 B 1 第 1 の発光層
1 3 B 2 第 2 の発光層
3 3 A 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）
B L、B L A、B L B ベース層
B L 1 第 1 の副ベース層
B L 2 第 2 の副ベース層
B S、B S 1、B S 2 ベースセグメント
G R 溝

請求の範囲

[請求項1] 第1の導電型を有する第1の半導体層と、前記第1の半導体層上に形成された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、

前記発光層は、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形成された複数のベースセグメントを有するベース層と、前記ベース層を埋め込んで形成された少なくとも1つの量子井戸層及び少なくとも1つの障壁層からなる量子井戸構造層と、を有し、

前記ベース層は、互いに異なるAⅠ組成を有するAⅠGaⅢNからなる複数の副ベース層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の半導体層はGaⅢNの組成を有し、

前記少なくとも1つの量子井戸層の各々はInGaⅢNの組成を有し、

前記ベース層は、前記複数の副ベース層のうち、第1の副ベース層と、前記第1の副ベース層よりも前記第2の半導体層側に形成され、前記第1の副ベース層よりも大きなAⅠ組成を有する第2の副ベース層と、を有す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] 前記ベース層は、前記第1及び第2の副ベース層がこの順で複数回繰り返して積層された構造を有す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] 前記ベース層は、キャリアのトンネル効果を生じさせる層厚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2の副ベース層は、AⅠⅢNの組成を有することを特徴とする請求項2乃至4のいずれか1つに記載の半導体発光素子。

[請求項6] 前記発光機能層は、複数の前記発光層が積層された構造を有してい

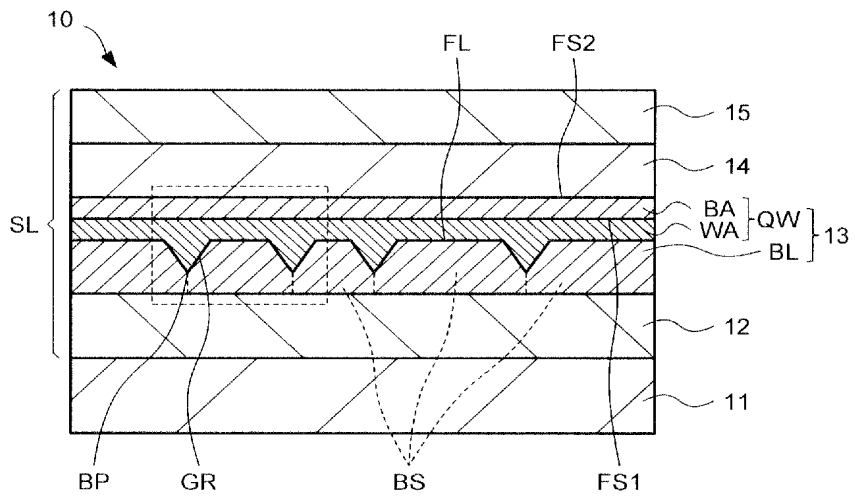
ることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 つに記載の半導体発
光素子。

[請求項7] 前記複数の前記発光層の各々における前記ベース層の各々は、互い
に組成が異なることを特徴とする請求項 6 に記載の半導体発光素子。

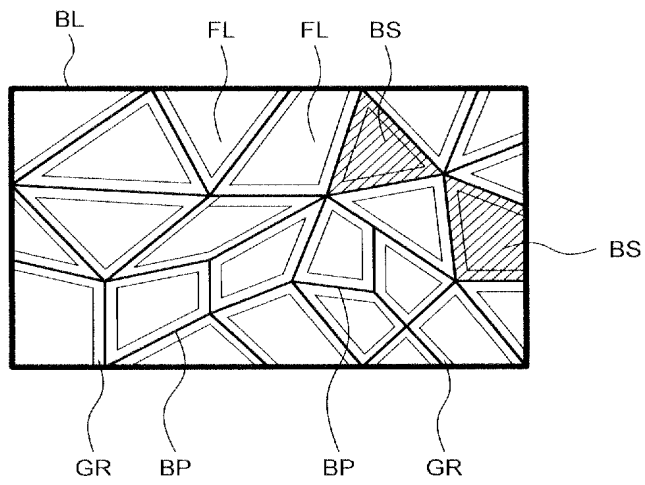
[請求項8] 前記発光機能層は、前記複数の前記発光層のうち、最も前記第 1 の
半導体層側に位置する前記発光層と前記第 1 の半導体層との間に、少
なくとも 1 つの量子井戸層と複数の障壁層とからなる量子井戸構造を
有する発光層を有することを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の半導
体発光素子。

[図1]

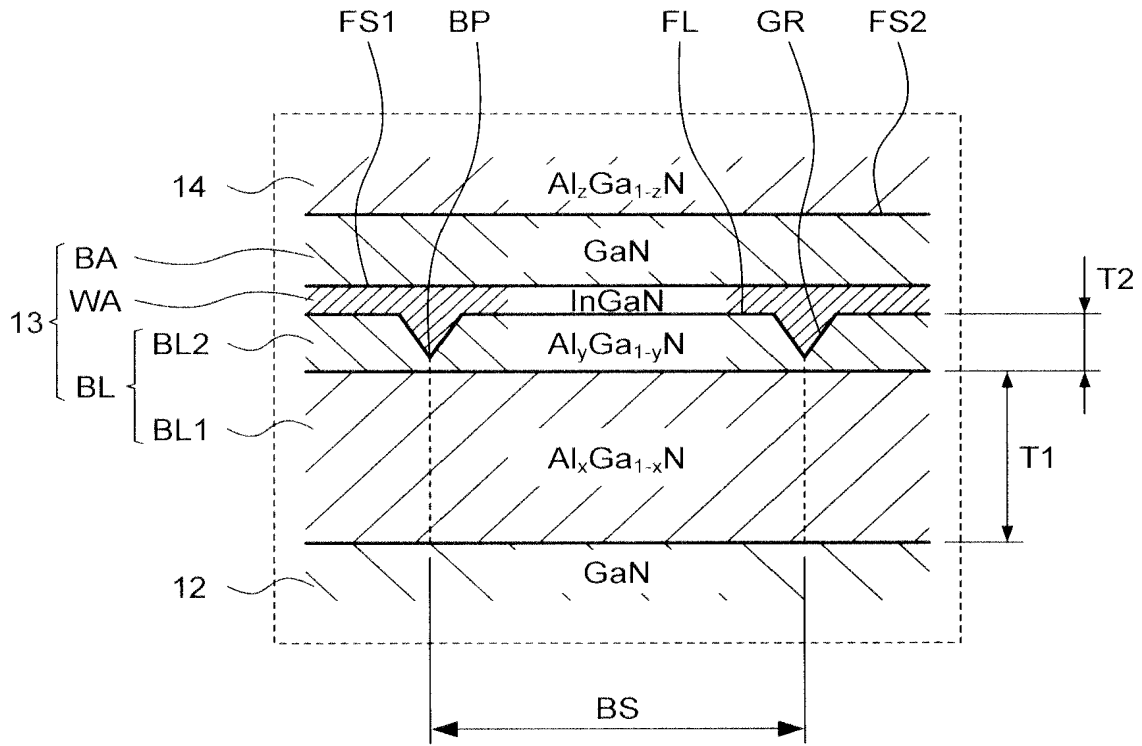
(a)



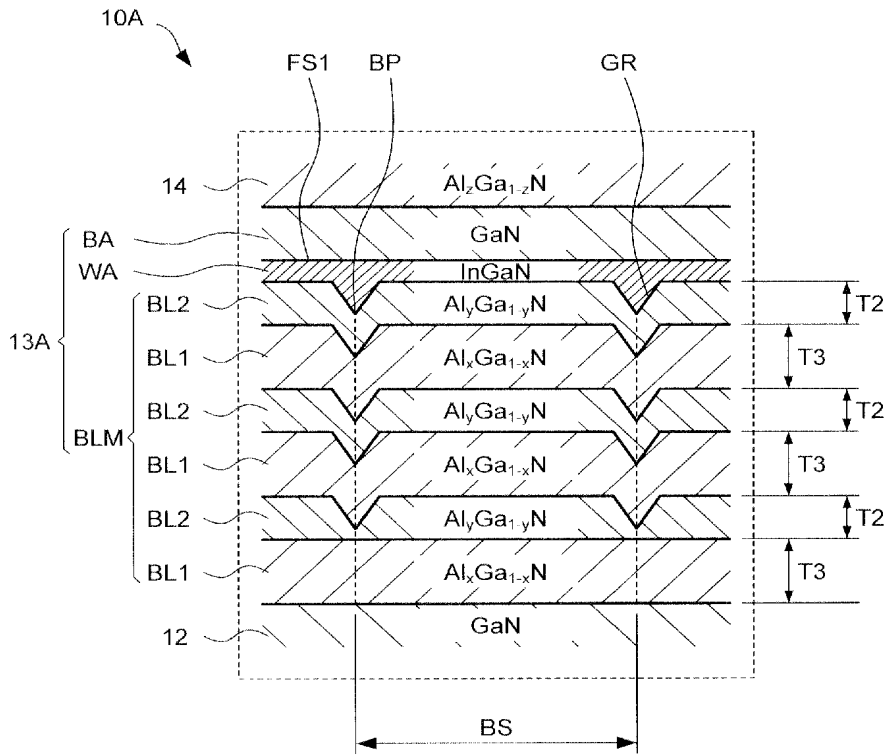
(b)



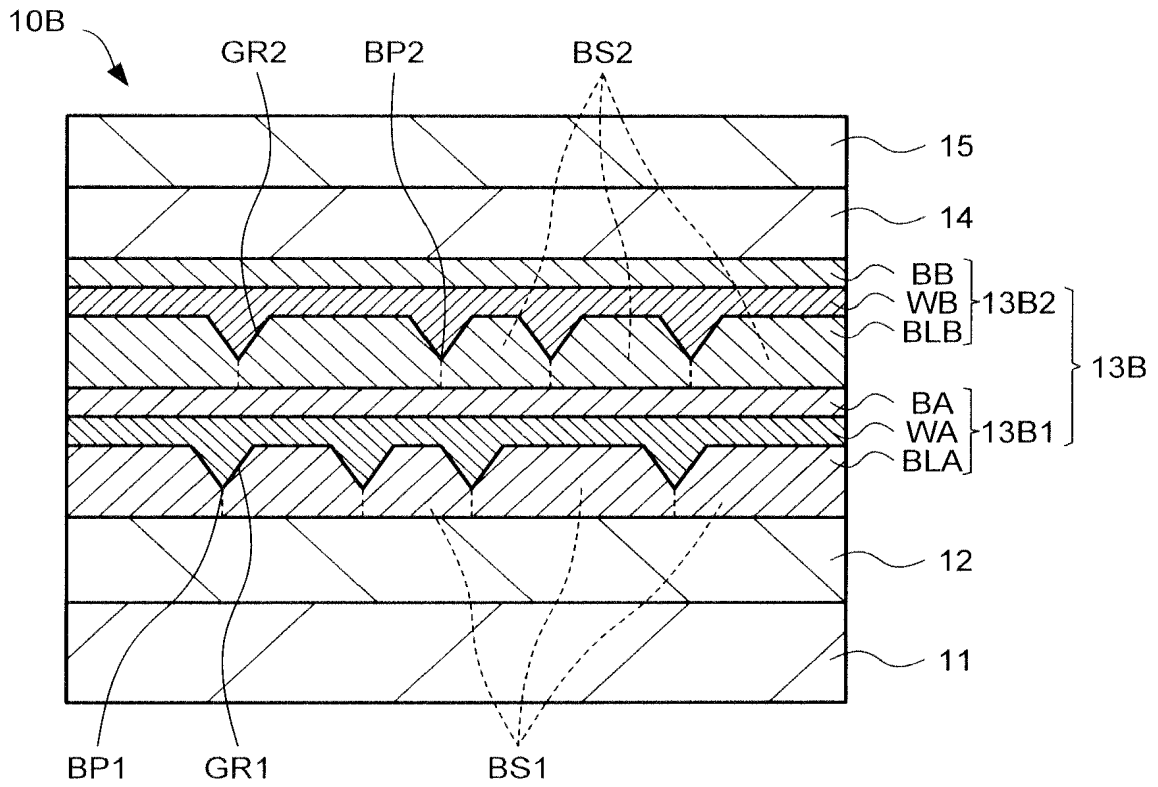
[図2]



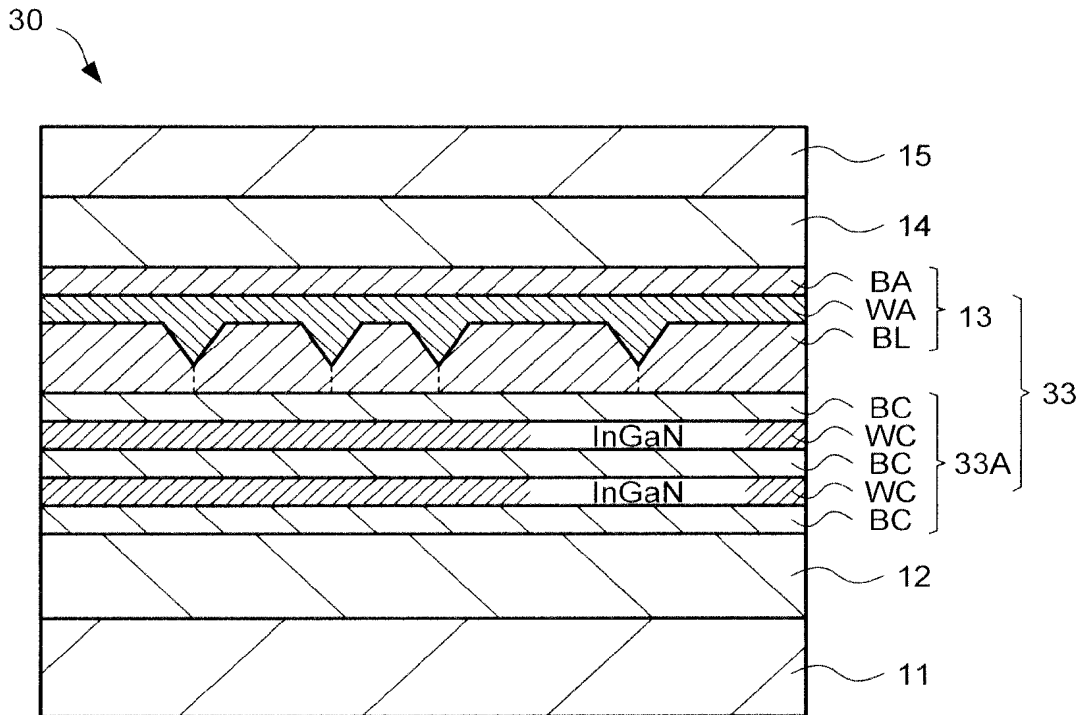
[図3]



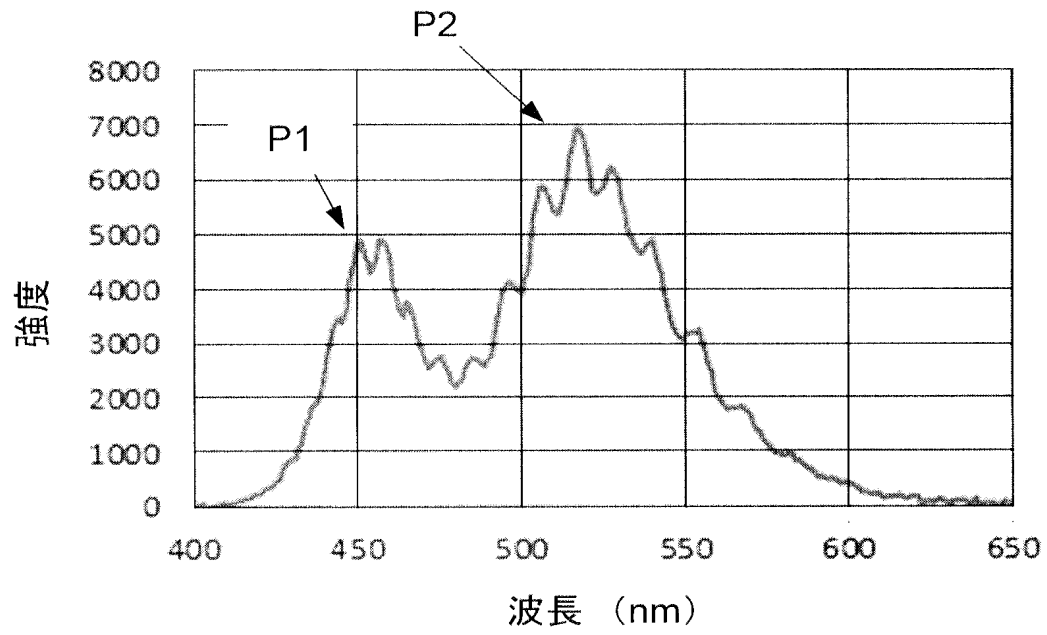
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/079807

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	1-8
A	JP 2005-93682 A (Toyoda Gosei Co., Ltd.), 07 April 2005 (07.04.2005), entire text; all drawings & US 2005/0056850 A1	1-8
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	1-8

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/JP2015/079807

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	1-8

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	1-8	
A	JP 2005-93682 A（豊田合成株式会社）2005.04.07, 全文全図 & US 2005/0056850 A1	1-8	
<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		の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	
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	1-8
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	1-8