

(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
2020年4月23日(23.04.2020)



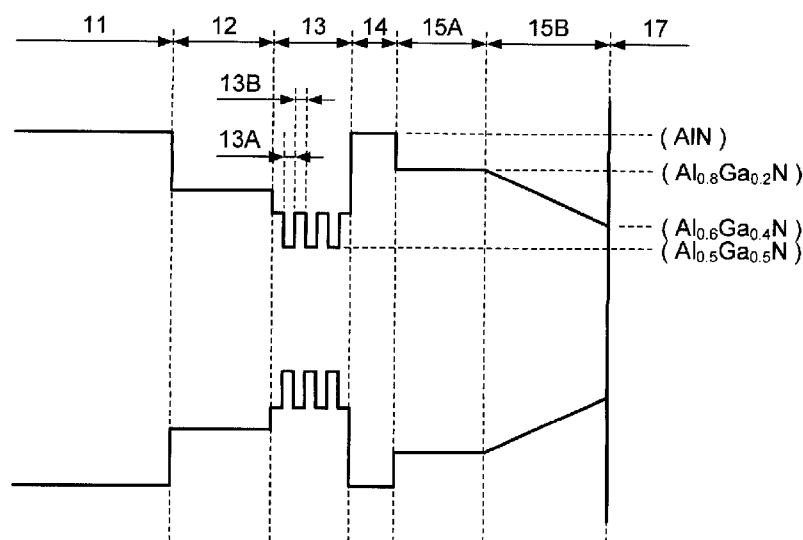
(10) 国際公開番号

WO 2020/080159 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 33/04 (2010.01) *H01L 33/32* (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/039454
- (22) 国際出願日: 2019年10月7日(07.10.2019)
- (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 2018-195599 2018年10月17日(17.10.2018) 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丁目9番13号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 小幡 俊之 (OBATA Toshiyuki); 〒1538636 東京都目黒区中目黒2丁目9番1
- 3号 スタンレー電気株式会社内 Tokyo (JP).
橋本 健宏 (HASHIMOTO Yasuhiro); 〒1538636 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号 スタンレー電気株式会社内 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT

(54) 発明の名称: 半導体発光素子



(57) Abstract: This semiconductor light-emitting element has: an n-type semiconductor layer that has an AlGa_N or AlInGa_N composition; an active layer that comprises an AlGa_N-based semiconductor or an AlInGa_N-based semiconductor and that is formed on an n-type semiconductor layer; a p-type semiconductor layer that has an AlN, AlGa_N, or AlInGa_N composition and that is formed on the active layer; and a p-electrode that is formed on the p-type semiconductor layer, wherein the p-type semiconductor layer has a contact layer that is formed on the p-electrode and that comprises an AlGa_N layer or an AlInGa_N layer with a band gap becoming smaller toward an interface with the p-electrode, and the contact layer has a tunnel contact layer that is in contact with the p-electrode and is connected to the p-electrode through a tunnel junction.

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).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：AlGa_xN又はAlInGa_{1-x}Nの組成を有するn型半導体層と、n型半導体層上に形成され、AlGa_xN系半導体又はAlInGa_{1-x}N系半導体からなる活性層と、活性層上に形成され、AlN、AlGa_xN又はAlInGa_{1-x}Nの組成を有するp型半導体層と、p型半導体層上に形成されたp電極と、を有し、p型半導体層は、p電極上に形成され、p電極との界面に向かってバンドギャップが小さくなるAlGa_xN層又はAlInGa_{1-x}N層からなるコンタクト層を有し、コンタクト層は、p電極に接触し、トンネル接合によってp電極に接続されたトンネルコンタクト層を有する。

明 細 書

発明の名称：半導体発光素子

技術分野

[0001] 本発明は、半導体発光素子、特に、紫外領域の光を放出する半導体発光素子に関する。

背景技術

[0002] 近年、空気や水の殺菌作用を有する新しい光源として、紫外領域（例えばピーク波長が200nm～365nm）、特に深紫外領域（例えばピーク波長が200～300nm）に発光波長帯域を有する半導体発光素子が注目されている。例えば、特許文献1には、AlGaInNの組成のp型コンタクト層を有し、深紫外領域に発光波長を有する発光素子が開示されている。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：Applied Physics Express 9, 012102 (2016)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 紫外領域に発光波長を有する半導体発光素子は、高出力化の点で課題を有している。特に、窒化物系半導体からなる紫外発光素子においては、活性層から放出された光が外部に取り出されにくいこと、すなわち光取出し効率が低いことが課題の1つとして挙げられる。

[0005] 本発明は上記した点に鑑みてなされたものであり、高出力な紫外領域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

[0006] 本発明による半導体発光素子は、AlGaInN又はAlInGaInNの組成を有するn型半導体層と、n型半導体層上に形成され、AlGaInN系半導体又はAlInGaInN系半導体からなる活性層と、活性層上に形成され、AlInN、AlGaInN又はAlInGaInNの組成を有するp型半導体層と、p型半導

体層上に形成された p 電極と、を有し、p 型半導体層は、p 電極上に形成され、p 電極との界面に向かってバンドギャップが小さくなる AlGaIn 層又は AlInGaIn 層からなるコンタクト層を有し、コンタクト層は、p 電極に接触し、トンネル接合によって p 電極に接続されたトンネルコンタクト層を有することを特徴としている。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]実施例 1 に係る半導体発光素子の上面図である。

[図2]実施例 1 に係る半導体発光素子の断面図である。

[図3]実施例 1 に係る半導体発光素子のバンド図である。

[図4]実施例 1 に係る半導体発光素子のバンド構造を示す図である。

[図5]比較例に係る半導体発光素子のバンド構造を示す図である。

[図6A]層内で一定の組成を有する p-AlGaIn 層及び層内で異なる組成を有する p-AlGaIn 層の p 電極との間の接触抵抗の測定結果を示す図である。

[図6B]層内で一定の組成を有する p-AlGaIn 層を含むテスト構造の構成を示す図である。

[図6C]層内で異なる組成を有する p-AlGaIn 層を含むテスト構造の構成を示す図である。

[図7]実施例 1 に係る半導体発光素子内の光の進路を示す図である。

[図8]実施例 2 に係る半導体発光素子のバンド図である。

[図9]実施例 3 に係る半導体発光素子のバンド図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、本発明の実施例について詳細に説明する。

実施例 1

[0009] 図 1 は、実施例 1 に係る半導体発光素子（以下、単に発光素子と称する）10 の上面図である。また、図 2 は、発光素子 10 の断面図であり、図 1 の W-W 線に沿った断面図である。また、図 3 は、発光素子 10 のバンド図である。図 1 乃至図 3 を用いて、発光素子 10 の構成について説明する。

- [0010] まず、発光素子 10 の構造について説明する。本実施例においては、発光素子 10 は、紫外領域（例えば 200～365 nm の範囲内）に発光波長帯域を有する窒化物系半導体からなる。
- [0011] 発光素子 10 は、成長用基板 11 上に形成された n 型半導体層 12、活性層 13、電子ブロック層 14 及び p 型半導体層 15 を有する。n 型半導体層 12 乃至 p 型半導体層 15 は、発光素子 10 における発光構造層として機能する。また、発光素子 10 は、n 型半導体層 12 及び p 型半導体層 15 にそれぞれ接続された n 電極 16 及び p 電極 17 を有する。
- [0012] まず、本実施例においては、成長用基板 11 は、例えば、AlN 基板、GaN 基板、サファイア基板、SiC 基板、Si 基板などからなる。本実施例においては、成長用基板 11 は単結晶の AlN 基板である。すなわち、n 型半導体層 12 乃至 p 型半導体層 15 の各々は、成長用基板 11 としての単結晶の AlN 基板上にエピタキシャル成長された半導体層である。
- [0013] なお、高い結晶品質の n 型半導体層 12 乃至 p 型半導体層 15 を成長させることを考慮すると、成長用基板 11 は、比較的低い転位密度を有することが好ましい。例えば、成長用基板 11 の転位密度は、 10^8 cm^{-2} 以下であることが好ましく、 10^7 cm^{-2} 以下であることがさらに好ましい。なお、転位密度は、透過型電子顕微鏡像より転位数を測定すること、及び加熱酸混合溶液に浸漬した後に測定したエッチピット数を測定することなど、公知の方法を用いて測定することができる。
- [0014] また、本実施例においては、成長用基板 11 は、+C 面を結晶成長面として有する。従って、本実施例においては、n 型半導体層 12 乃至 p 型半導体層 15 は、AlN 基板の C 面上に成長された半導体層である。しかし、成長用基板 11 の結晶成長面は +C 面である場合に限定されず、例えば C 面から傾斜（オフ）した面を結晶成長面として用いてもよい。+C 面から傾斜した面を結晶成長面として用いる場合、その傾斜角（オフ角）は、 $0.1 \sim 0.5^\circ$ の範囲内であることが好ましく、 $0.3 \sim 0.4^\circ$ の範囲内であること

がさらに好ましい。また、成長用基板 11 の結晶成長面は、M 面又は A 面であってもよい。

[0015] また、成長用基板 11 の厚さは、光の吸収係数を小さくすること、及び取り扱いの容易さ（歩留まり）などを考慮して定めることができる。成長用基板 11 の厚さは、例えば、 $50 \sim 1000 \mu\text{m}$ の範囲内であることが好ましい。

[0016] なお、成長用基板 11 と n 型半導体層 12 との間には、バッファ層（図示せず）が設けられていてもよい。バッファ層を設ける場合、バッファ層は、例えば、単層の AlN 層からなること、AlN 層及び AlGaIn 層からなる超格子構造を有すること、互いに異なる組成の AlGaIn 層からなる超格子構造を有すること、n 型半導体層 12 に向かって Al 組成が減少するように組成が傾斜する構造を有すること、又はこれらの組み合わせた構造を有することが好ましい。また、バッファ層は、例えば、n 型半導体層 12 よりも高い Al 組成の AlGaIn 層からなることが好ましい。しかし、バッファ層は、n 型半導体層 12 乃至 p 型半導体層 15 の結晶成長プロセスの歩留まり向上に寄与するような組成を有していればよい。

[0017] また、バッファ層を設ける場合、バッファ層は、例えば生産性を考慮すると、 $1 \sim 10000 \text{ nm}$ の範囲内の層厚を有することが好ましく、 $10 \sim 5000 \text{ nm}$ の範囲内の層厚を有することがさらに好ましい。

[0018] 図 2 及び図 3 を参照すると、n 型半導体層 12 は、成長用基板 11 上に形成されている。n 型半導体層 12 は、活性層 13 に電子を注入する機能を有する。

[0019] n 型半導体層 12 は、 $\text{Al}_s\text{Ga}_{1-s}\text{N}$ ($0 < s < 1$ 、好ましくは $x/2 \leq s \leq 0.9$ 、 $x/2$ は後述する活性層 13 の障壁層 13B の Al 組成) の組成を有する。本実施例においては、n 型半導体層 12 は、 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{N}$ の組成を有する。n 型半導体層 12 は、例えば、 100 nm 以上の層厚を有することが好ましい。また、n 型半導体層 12 は、低い転位密度を有することが好ましい。

- [0020] なお、 n 型半導体層12は、 In を含んでいてもよい。例えば、 n 型半導体層12は、 $AlInGa$ Nの組成を有していてもよい。この場合であっても、 n 型半導体層12は、例えば、活性層13の障壁層13B以上であり、かつ $Al_{0.9}Ga_{0.1}N$ 以下のバンドギャップを有していることが好ましい。すなわち、 n 型半導体層12は、 $AlGa$ N又は $AlInGa$ Nの組成を有していればよい。
- [0021] n 型半導体層12は、 n 型ドーパントとして例えば Si を含み、 n 型の導電性を有する。 n 型半導体層12のドーパント濃度は、特に制限されるものではなく、目的に応じて適宜決定すればよい。例えば、高い導電性を得ることを考慮すると、 n 型半導体層12のドーパント濃度は、 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内であることが好ましい。
- [0022] なお、 n 型半導体層12は、複数の n 型の導電性を示す半導体層から構成されていてもよい。この場合、そのそれぞれの半導体層は、 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内のドーパント濃度を有することが好ましい。
- [0023] 活性層13は、 n 型半導体層12上に形成され、 n 型半導体層12以下のバンドギャップを有する。活性層13は、発光層として機能する。本実施例においては、活性層13は、 $AlGa$ N系半導体からなる結晶組成を有する。具体的には、活性層13は、 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 < x < 1$) の組成を有する。活性層13は、紫外領域の光を放出する。なお、活性層13は、 n 型半導体層12上に直接形成されていること、すなわち n 型半導体層12に接していることが好ましい。
- [0024] なお、活性層13は、 In を含んでいてもよい。例えば、活性層13は、 $AlInGa$ Nの組成を有していてもよい。この場合であっても、活性層13は、例えば、 GaN よりも大きく、かつ AlN よりも小さなバンドギャップを有していればよい。すなわち、活性層13は、 $AlGa$ N系半導体又は $AlInGa$ N系半導体からなる結晶組成を有していればよい。
- [0025] また、本実施例においては、図3に示すように、活性層13は、多重量子井戸(MQW)構造を有する。本実施例においては、活性層13は、各々が

$A_{1-x_1}Ga_{1-x_1}N$ の組成を有する複数の井戸層13Aと、各々が $A_{1-x_2}Ga_{1-x_2}N$ の組成を有しかつ井戸層13Aよりも大きなバンドギャップを有する複数の障壁層13Bと、を含む。

[0026] 本実施例においては、井戸層13Aの各々は $A_{0.5}Ga_{0.5}N$ の組成を有し、障壁層13Bの各々は $A_{0.65}Ga_{0.35}N$ の組成を有する。また、例えば、井戸層13Aの各々は3～6nmの範囲内の層厚を有し、障壁層13Bの各々は3～10nmの範囲内の層厚を有する。

[0027] また、本実施例においては、障壁層13BのA組成x2は、n型半導体層12のA組成sよりも小さい。従って、障壁層13Bは、n型半導体層12よりも小さなバンドギャップを有する。従って、本実施例においては、n型半導体層12と障壁層13Bとの間にバンドギャップの段差が設けられている。

[0028] なお、活性層13の構成はこれに限定されない。例えば、活性層13は、多重量子井戸構造を有する場合に限定されない。例えば、活性層13は、単一量子井戸構造を有していてもよく、また、単層からなっているもよい。

[0029] 電子ブロック層14は、活性層13上に形成され、活性層13よりも大きなバンドギャップを有する。電子ブロック層14は、 $A_{1-t}Ga_{1-t}N$ ($s < t \leq 1$)の組成を有する。電子ブロック層14は、活性層13内に注入された電子のp型半導体層15へのオーバーフローを抑制する層として機能する。

[0030] 本実施例においては、電子ブロック層14は、n型半導体層12よりも大きなバンドギャップを有する。また、本実施例においては、電子ブロック層14は、成長用基板11と同一の組成、すなわち AlN の組成を有する ($t = 1$ の場合に対応する)。また、例えば、電子ブロック層14は、1～50nmの範囲内の層厚を有する。

[0031] なお、本実施例においては、電子ブロック層14は、p型ドーパントとして例えばMgを含み、p型の導電性を有する。しかし、電子ブロック層14は、p型ドーパントを含んでいなくてもよく、また、その一部にp型ドーパントを含んでいてもよい。また、電子ブロック層14は、設けられていなく

てもよい。すなわち、活性層 13 上に p 型半導体層 15 が形成されていてもよい。

[0032] p 型半導体層 15 は、電子ブロック層 14 以下のバンドギャップを有する。p 型半導体層 15 は、p 型ドーパントとして例えば Mg を含み、p 型の導電性を有する。p 型半導体層 15 は、n 型半導体層 12 と共に、クラッド層として機能する。また、本実施例においては、p 型半導体層 15 は、クラッド層として機能する p 型クラッド層 15 A と、p 電極 17 との界面に設けられて p 電極 17 に接し、p 電極 17 との電氣的接触を形成するコンタクト層 15 B とを有する。

[0033] p 型クラッド層 15 A は、 $Al_uGa_{1-u}N$ ($x/2 < u < 1$, $u \leq t$) の組成を有する。すなわち、p 型クラッド層 15 A は、電子ブロック層 14 以下のバンドギャップを有する。例えば、p 型クラッド層 15 A は、 $Al_{0.8}Ga_{0.2}N$ の組成を有する。また、例えば、p 型クラッド層 15 A は、1 ~ 100 nm の範囲内の層厚を有する。

[0034] コンタクト層 15 B は、p 型クラッド層 15 A との界面から p 電極 17 との界面に向かって、p 型半導体層 15 に垂直な方向（各層の層厚方向）に沿ってバンドギャップが単調に小さくなるような組成を有する。本実施例においては、コンタクト層 15 B は、 $Al_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$) の範囲内の組成を有し、p 電極 17 に向かって連続的に Al 組成 y が小さくなるように構成されている。

[0035] また、コンタクト層 15 B の Al 組成 y は、活性層 13 における井戸層 13 A の Al 組成 $x/2$ よりも大きい範囲内で、p 電極 17 に向かって徐々に小さくなるように構成されていることが好ましい。すなわち、コンタクト層 15 B の Al 組成 y は、 $x/2 \leq y \leq 1$ の範囲内で変化していることが好ましい。

[0036] これによって、コンタクト層 15 B は、全体として、井戸層 13 A よりも大きなバンドギャップを有することとなる。コンタクト層 15 B の Al 組成 y を $x/2 \leq y \leq 1$ の範囲内で変化させることで、活性層 13 から放出された

光の波長に対して透光性を持たせることができる。従って、発光素子 10 の光取り出し効率が向上する。

[0037] 本実施例においては、コンタクト層 15 B は、p 型クラッド層 15 A との界面においては、 $\text{Al}_{0.8}\text{Ga}_{0.2}\text{N}$ の組成（p 型クラッド層 15 A と同一の組成）を有する。また、コンタクト層 15 B は、p 電極 17 との界面においては、 $\text{Al}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{N}$ の組成を有する。すなわち、コンタクト層 15 B 内において、Al 組成 y は、p 電極 17 に向かって、0.8 から 0.6 まで減少している。また、例えば、コンタクト層 15 B は、20～60 nm の層厚を有する。

[0038] また、例えば、コンタクト層 15 B 内における Al 組成 y の変化率（減少率）は、 $0.0008 \text{ nm}^{-1} \sim 0.05 \text{ nm}^{-1}$ の範囲内である。また、コンタクト層 15 B における Al 組成 y の変化率の好ましい範囲としては、 $0.0008 \text{ nm}^{-1} \sim 0.035 \text{ nm}^{-1}$ の範囲を挙げることができ、また、より好ましい範囲としては、 $0.003 \text{ nm}^{-1} \sim 0.03 \text{ nm}^{-1}$ の範囲を挙げることができる。

[0039] なお、コンタクト層 15 B の Al 組成 y は、p 電極 17 に向かって単調に小さくなっていけばよい。例えば、コンタクト層 15 B の Al 組成 y は、図 3 に示すように連続的（線形的）に小さくなっている場合に限定されず、例えば段階的（階段状）に小さくなっている場合でもよい。すなわち、例えば、コンタクト層 15 B は、p 型クラッド層 15 A との界面から p 電極 17 との界面に向かって連続的又は段階的に Al 組成 y が小さくなるような組成を有する AlGaInN 層である。

[0040] 本実施例においては、n 型半導体層 12、活性層 13、電子ブロック層 14、及び p 型半導体層 15（p 型クラッド層 15 A 及びコンタクト層 15 B）の各々のバンドギャップは、図 3 に示すような関係を有する。

[0041] また、図 1 及び図 2 を参照すると、n 電極 16 は、n 型半導体層 12 上に形成され、p 電極 17 は p 型半導体層 15（コンタクト層 15 B）上に形成されている。例えば、n 電極 16 は、Ti 層、Al 層及び Au 層の積層体か

らなる。

[0042] また、p電極17の構成例としては、例えば、Ni層及びAu層の積層体、Pt層又はPd層とAu層との積層体が挙げられる。また、p電極17の他の構成例としては、ITOなどの金属酸化物を極めて薄くした後、Alなどの紫外光に対して反射性を有する材料を積層したものが挙げられる。なお、p電極17としては、Rh層又はRu層など、p型の窒化物半導体との間で良好なオーミックコンタクトを形成することが可能であり、かつ紫外光に対して高い反射率を有する材料で構成されることが好ましい。

[0043] 本実施例においては、p型半導体層15の表面には、p型半導体層15、電子ブロック層14、活性層13を貫通してn型半導体層12に至り、上面視において櫛歯形状を有する凹部（メサ構造部）が形成されている。n電極16は、当該凹部の底部において露出したn型半導体層12の表面上において櫛歯状に形成されている。

[0044] また、p電極17は、当該凹部が形成されていないp型半導体層15の表面上に層状にかつ櫛歯状に形成され、上面視においてその櫛歯部分がn電極16の櫛歯部分に噛み合うように配置されている。

[0045] また、本実施例においては、発光素子10は、p型半導体層15側から発光構造層を支持する支持基板（実装用基板）18を有する。支持基板18は、基体18Aと、基体18A上に形成され、それぞれn電極16及びp電極17に接続されたn側パッド電極18B及びp側パッド電極18Cを有する。また、本実施例においては、発光素子10は、n側パッド電極18Bとn電極16とを接続する接続電極19を有する。換言すれば、発光素子10は、フリップチップ実装によって実装されている。

[0046] なお、上記したn型半導体層12乃至p型半導体層15の構成、並びにn電極16及びp電極17の構成は、一例に過ぎない。例えば、n電極16はn型半導体層12に接していればよく、p電極17はp型半導体層15に接していればよい。すなわち、例えば図1及び図2に示す発光素子10の構成（例えば電極形状など）は一例に過ぎない。また、発光素子10の支持手段

及び実装手段はこれに限定されない。

[0047] 図4は、発光素子10のコンタクト層15B及びp電極17の近傍における価電子帯のバンド構造を模式的に示す図である。図4を用いて、コンタクト層15Bについて詳細に説明する。図4の破線は、フェルミ準位を示す。

[0048] 本実施例においては、コンタクト層15Bは、p電極17との界面に向かってAⅠ組成yが徐々に小さくなるAⅠGaN層からなる。本願の発明者は、コンタクト層15Bをこのような組成傾斜層として形成すると、電極特性が良化することを見出した。これは、コンタクト層15Bに形成される空乏層DLが非常に薄くなり、p電極17との界面において容易にトンネル効果が発生することによると考えられる。

[0049] より具体的には、AⅠGaNは、AⅠ組成が高いほど大きなバンドギャップを有し、かつ一般に、正孔の活性化率が悪い半導体材料である。従って、AⅠGaNをコンタクト層15Bとして形成すると、p電極17との界面において高いエネルギー障壁（ショットキー障壁）が形成され、また厚い空乏層が形成されやすい。従って、p電極17とのオーミックコンタクトが形成されにくい。

[0050] これに対し、コンタクト層15Bは、p電極17に向かってAⅠ組成yが小さくなる組成を有する。従って、コンタクト層15Bのバンドギャップはp電極17に向かって徐々に小さくなる。これによって、内部電界の効果によって、コンタクト層15B内の正孔の活性化率が大幅に上昇し、価電子帯とフェルミレベルとが近づく。これによって、図4に示すように、コンタクト層15Bのエネルギーバンドは、p電極17との界面近傍で大きく曲がると考えられる。

[0051] 従って、コンタクト層15Bに形成される空乏層DLが非常に薄くなり、正孔がトンネル効果によってショットキー障壁を超えやすくなると考えられる。従って、コンタクト層15Bとp電極17との間にオーミックコンタクトが形成されることとなる。すなわち、コンタクト層15Bは、p電極17との界面近傍に、トンネル接合によってp電極17に接続されたトンネルコ

ンタクト層 15 B T を有する。

[0052] なお、トンネルコンタクト層 15 B T とは、トンネル効果が高い確率で起きるコンタクト層 15 B 内の領域であり、その層厚は、例えば p 電極 P 17 の材料やコンタクト層 15 B の組成、印加する電流値によって変化する。しかし、コンタクト層 15 B の組成を上記したように傾斜させることで、オーミックコンタクトを安定して形成するのに適したトンネルコンタクト層 15 B T を形成することができる。

[0053] 図 5 は、比較例に係る発光素子 100 のバンド構造を示す図である。比較例に係る発光素子 100 は、コンタクト層 15 B に代えて、一定の A l 組成 y (例えば $y = 0.6$) を有する A l G a N 層からなるコンタクト層 101 を有する。

[0054] コンタクト層 101 に形成される p 電極 17 との間のエネルギー障壁の高さは、本実施例におけるコンタクト層 15 B と同程度となる。一方、コンタクト層 101 に形成される空乏層 D L 1 は、コンタクト層 15 B に形成される空乏層 D L に比べて非常に厚い。これは、コンタクト層 101 内における正孔の活性化率が非常に低いことに起因する。従って、コンタクト層 101 と p 電極 17 との間で良好なオーミックコンタクトを形成することが困難であることが予想できる。

[0055] 図 6 A は、本実施例におけるコンタクト層 15 B と同様に層内で異なる組成を有する p - A l G a N 層と、比較例におけるコンタクト層 101 と同様に層内で一定の組成を有する p - A l G a N 層と、における p 電極 17 と同様の材料からなる金属層との間の接触抵抗の測定結果を示す図である。図 6 は、当該層内で一定の組成を有する p - A l G a N 層と当該金属層との間の接触抵抗値を 1 とした場合の、当該層内で異なる組成を有する p - A l G a N 層と当該金属層との間の接触抵抗値を示す図である。

[0056] なお、図 6 A の結果を得るために、図 6 B 及び図 6 C に示すようなテスト構造 T 1 及び T 2 を準備した。図 6 B は、比較例におけるコンタクト層 101 と同様の組成を有する p - A l G a N 層 T L 3 を有するテスト構造 T 1 の

構成を示す図である。また、図6Cは、実施例におけるコンタクト層15Bと同様の組成を有するp-AIGaN層TL4を含むテスト構造T2の構成を示す図である。

[0057] まず、図6Bに示すように、テスト構造T1は、AlN基板TL1上にAlNバッファ層TL2及びp-AIGaN層TL3が成長され、p-AIGaN層TL3上に金属層TEとしてNi層及びAu層が形成された構造を有する。また、図6Cに示すように、テスト構造T2は、AlN基板TL1上にAlNバッファ層TL2及びp-AIGaN層TL4が成長され、p-AIGaN層TL4上に金属層TEが形成された構造を有する。

[0058] 図6Aは、テスト構造T1におけるp-AIGaN層TL3と金属層TEとの間の接触抵抗と、テスト構造T2におけるp-AIGaN層TL4と金属層TEとの間の接触抵抗と、を測定した結果を示す図である。

[0059] 図6Aに示すように、層内で異なる組成を有するp-AIGaN層TL4においては、一定の組成を有するp-AIGaN層TL3に比べ、金属層TEとの間の接触抵抗が大幅に減少していることがわかる。

[0060] 従って、層内で組成が異なるp-AIGaN層TL4と金属層TEとの間で良好なオーミックコンタクトを形成することができることがわかる。すなわち、コンタクト層15Bとp電極17とが良好なオーミックコンタクトを形成することができることがわかる。従って、コンタクト層15Bを形成することで、例えば、駆動電圧が低く、透光性の高いコンタクト層15Bを有する発光素子10を提供することができる。

[0061] なお、正孔の活性化率を増大させることを考慮すると、コンタクト層15Bは、歪を受けた状態で形成されていることが好ましい。すなわち、発光構造層であるn型半導体層12乃至p型半導体層15は、擬似格子整合した状態でエピタキシャル成長されていることが好ましい。従って、本実施例のように、n型半導体層12、活性層13、電子ブロック層14及びp型半導体層15は、成長用基板11としての単結晶のAlN基板上にエピタキシャル成長された半導体層であることが好ましい。また、同様に、コンタクト層1

5 Bは、 AlInGaN の組成を有することが好ましい。

[0062] また、より良好なオーミックコンタクトを形成することを考慮すると、コンタクト層15 B（特にp電極17に接する界面の近傍）は、比較的高いドーパント濃度を有することが好ましい。例えば、コンタクト層15 Bは、p型クラッド層15 A以上のドーパント濃度を有することが好ましい。また、コンタクト層15 Bは、p型クラッド層15 Aよりも高いドーパント濃度を有していることが好ましい。

[0063] また、例えば、コンタクト層15 Bは、p電極17との界面近傍、すなわちトンネルコンタクト層15 B Tにおいて最も高いドーパント濃度を有することが好ましい。この場合、コンタクト層15 Bの全体がp型半導体層15 Aよりも高いドーパント濃度を有している必要はない。

[0064] 例えば、コンタクト層15 Bは、トンネルコンタクト層15 B T以外の領域、例えばトンネルコンタクト層15 B Tよりもp型クラッド層15 A側の領域において、p型クラッド層15 A以下又は未満のドーパント濃度を有していてもよい。すなわち、例えば、コンタクト層15 Bは、p電極17との界面近傍においてp型クラッド層15 Aよりも高いドーパント濃度を有していることが好ましい。

[0065] 図7は、発光素子10内における光の進路を模式的に示す図である。なお、図7においては、説明上、発光素子10内において活性層13からp型半導体層15に向かって放出された光（符号EL）の進路のみを示している。

[0066] 本実施例においては、コンタクト層15 Bが AlGaIn の組成を有する。また、コンタクト層15 Bは、活性層13の井戸層13 Aよりも大きなAl組成よりも大きなAl組成を有する。従って、コンタクト層15 Bは、井戸層13 Aよりも大きなバンドギャップを有する。

[0067] 従って、コンタクト層15 Bは、活性層13から放出された光（符号EL）、すなわち井戸層13 Aのバンドギャップに対応する波長の光（本実施例においては深紫外領域の光）に対して、ほとんど吸収性を有しない。従って、光（符号EL）の大部分は、コンタクト層15 Bを透過する。また、本実

施例においては、 n 型半導体層 12、電子ブロック層 14 及び p 型半導体層 15 の全体が活性層 13 からの放出光に対して透光性を有する。

[0068] また、本実施例においては、 p 電極 17 は、活性層 13 から放出された光に対して反射性を有する。従って、 p 型半導体層 15 を透過した光（符号 E_L ）は、 p 電極 17 によって、 n 型半導体層 12（成長用基板 11）に向けて反射される。また、本実施例においては、成長用基板 11 は、 AlN の組成を有する。従って、活性層 13 から放出された光の大部分は、発光素子 10 内で吸収されることなく、成長用基板 11 を介して外部に取り出される。

[0069] すなわち、本実施例においては、成長用基板 11 の n 型半導体層 12 とは反対側の表面は、発光素子 10 における光取り出し面として機能する。そして、この光取り出し面からは、高い効率で光が出射することとなる。

[0070] 上記したように、本実施例においては、発光素子 10 が p 電極 17 との界面において組成が徐々に変化するコンタクト層 15B を有する。従って、発光構造層と電極とが良好なオーミックコンタクトを形成することができる。従って、駆動電圧の増加を抑制することができ、かつ光吸収の少ないコンタクト層 15B を形成することができる。

[0071] また、 p 電極 17 が反射性を有することによって、活性層 13 からの放出光を高効率で光取り出し面から取り出すことができる。従って、高い発光効率及び光取出し効率な発光素子 10 を提供することができる。

[0072] なお、本実施例においては、 p 電極 17 は、良好なオーミックコンタクトを形成すること、及び高い反射性を有することが好ましい。従って、例えば、 p 電極 17 の材料としては、発光素子 10 の発光波長に対応するバンドギャップエネルギーと仕事関数との関係、並びに当該発光波長に対する反射性を考慮して選定すればよい。

[0073] 例えば、上記したように、 p 電極 17 の材料としては、 Rh 又は Ru などが挙げられる。また、 p 電極 17 の材料としては、当該発光波長への反射性を有する材料に限らず、極めて薄くすることで透光性を確保することができる電極材料であってもよい。例えば、 p 電極 17 は、 ITO などの金属酸化

物並びにNi及びAuなどの金属上に、高い反射率を有するAlなどが積層された積層体であってもよい。

[0074] このように、本実施例においては、発光素子10は、紫外領域に発光波長帯域を有し、p型半導体層15がp電極17との界面において組成が徐々に変化するコンタクト層15Bを有する。また、p電極17が当該紫外領域の光に対して反射性を有する。従って、高出力な発光素子10を提供することができる。

実施例 2

[0075] 図8は、実施例2に係る発光素子20のバンド図である。発光素子20は、p型半導体層21の構成を除いては、発光素子10と同様の構成を有する。また、p型半導体層21は、コンタクト層21Aの構成を除いては、p型半導体層15と同様の構成を有する。

[0076] 本実施例においては、コンタクト層21AにおけるAl組成yの減少率は、p型クラッド層15Aとの界面から、徐々に減少している。なお、コンタクト層21Aにおけるp型クラッド層15A側の組成及びp電極17側の組成は、コンタクト層15Bと同様である。従って、コンタクト層21Aは、図8に示すようなバンドギャップを示す。

[0077] 本実施例のように、p電極17との界面に向かって減少率を徐々に下げながらAl組成yを減少させることによって、コンタクト層21A内における正孔の活性化率を増大させることができる。従って、p電極17との間で良好なオーミックコンタクトを形成することができる。従って、高出力な発光素子20を提供することができる。

実施例 3

[0078] 図9は、実施例3に係る発光素子30のバンド図である。発光素子30は、p型半導体層31の構成を除いては、発光素子10と同様の構成を有する。また、p型半導体層31は、コンタクト層31Aの構成を除いては、p型半導体層15と同様の構成を有する。

[0079] 本実施例においては、コンタクト層31AにおけるAl組成yの減少率は

、p型クラッド層15Aとの界面から、徐々に増加している。コンタクト層31Aにおけるp型クラッド層15A側の組成及びp電極17側の組成は、コンタクト層15Bと同様である。従って、コンタクト層31Aは、図9に示すようなバンドギャップを示す。

[0080] 本実施例のように、p電極17との界面に向かって減少率を徐々に上げながらA組成yを減少させることによって、コンタクト層31A内における正孔の活性化率を増大させることができる。従って、p電極17との間で良好なオーミックコンタクトを形成することができる。従って、高出力な発光素子30を提供することができる。

[0081] 上記した実施例2及び3のコンタクト層21A及び31Aのように、コンタクト層15Aは、変化率が変化しつつ、徐々にA組成yが減少するように構成されていてもよい。このようにコンタクト層15Bを構成しても、p電極17との界面にトンネルコンタクト層15BTと同様なトンネルコンタクト層が形成される。従って、p型半導体層15、21及び31とp電極17と間で良好なオーミックコンタクトが形成される。従って、高出力な発光素子10、20及び30を提供することができる。

[0082] なお、上記した実施例は一例に過ぎない。例えば、コンタクト層15B、21A及び31Aは、その全体で活性層13の井戸層13Aよりも大きなA組成y（すなわちバンドギャップ）を有する。しかし、コンタクト層15B、21A又は31Aは、部分的に井戸層13Aよりも小さなA組成yを有していてもよい。例えば、コンタクト層15Bは、p電極17との界面の近傍では井戸層13Aよりも小さなA組成yを有していてもよい。この場合でも、大部分の光はコンタクト層15Bを透過することとなり、高い光取出し効率を得ることができる。

[0083] また、上記においては、p型半導体層15、21及び31の各々がp型クラッド層15Aとして一定のA組成uを有するAlGaIn層を有する場合について説明した。しかし、p型半導体層15、21及び31の構成はこれに限定されない。

- [0084] 例えば、p型クラッド層15Aは、AⅠ組成uが徐々に変化するAⅠGa Nの組成を有する組成傾斜層であってもよい。この場合、p型半導体層15の全体がクラッド層及びコンタクト層として機能することとなる。すなわち、p型半導体層15は、クラッド層としてのみ機能するp型クラッド層15Aを有していなくてもよい。
- [0085] なお、p型クラッド層15Aを形成する場合、コンタクト層15B、21A又は31AのAⅠ組成yは、オーミックコンタクトを形成することを考慮すると、p型クラッド層15AのAⅠ組成uよりも大きな変化率で変化していることが好ましい。
- [0086] 換言すれば、p型半導体層15、21又は31は、p電極17上に形成され、p電極17との界面に向かって徐々にAⅠ組成yが小さくなるAⅠGa N層からなるコンタクト層15B、21又は31Aを有していればよい。また、コンタクト層15Bのように、コンタクト層15B、21A及び31Aは、p電極17に接触し、トンネル接合によってp電極17に接続されたトンネルコンタクト層15BTを有していればよい。
- [0087] なお、発光効率を安定して向上させることを考慮すると、p型クラッド層15Aが設けられていることが好ましい。例えば、p型半導体層15、21又は31は、コンタクト層15B、21A又は31Aよりも活性層13側に形成され、コンタクト層15B、21A又は31Aよりも高いドーパント濃度を有するp型クラッド層15Aを有することが好ましい。
- [0088] しかし、コンタクト層15B、21A又は31Aは、p電極17との界面においては、p型クラッド層15Aよりも高いドーパント濃度を有していてもよい。この場合、コンタクト層15B、21A又は31Aのドーパント濃度は、例えば、それぞれの層内で（例えばp型クラッド層15Aに向かって）変化し、p電極17との界面近傍以外の領域ではp型クラッド層15A以下またはこれよりも小さくなっていてもよい。このように層内でドーパント濃度を変化させる場合であっても、p型クラッド層15Aは、コンタクト層15B、21A又は31Aよりも高いドーパント濃度を有していることが好

ましい。

[0089] また、上記においては、p型半導体層15、21及び31が電子ブロック層14上に形成されている場合について説明した。しかし、電子ブロック層14、すなわち電子ブロック層として機能する半導体層が設けられず、活性層13上にp型半導体層15、21又は31が形成されていてもよい。この場合、例えば、p型半導体層15、21又は31は、活性層13との界面近傍において、Gaを含んでいなくてもよい。すなわち、p型半導体層15、21又は31は、部分的にAlNの組成を有していてもよい。

[0090] また、上記においては、コンタクト層15B、21A及び31AがAlGaInNの組成を有する場合について説明した。しかし、コンタクト層15B、21A及び31Aの組成はこれに限定されない。

[0091] 例えば、コンタクト層15B、21A及び31Aは、p電極17との界面に向かって徐々にバンドギャップが小さくなるような組成を有していればよい。例えば、コンタクト層15B、21A又は31Aは、AlInGaInNの組成を有していればよい。すなわち、コンタクト層15B、21A又は31Aは、Inを含んでいてもよい。この場合、Al及びInの組成を調節することで、コンタクト層15B、21A又は31A内におけるバンドギャップが調節されていけばよい。

[0092] 例えば、コンタクト層15B、21A又は31Aは、p電極17との界面に向かってAl組成が徐々に小さくなり、かつIn組成が徐々に大きくなるAlInGaInNから構成されていてもよい。また、例えば、コンタクト層15B、21A又は31Aは、p電極17との界面に向かってAl組成が徐々に小さくなるAlInGaInNから構成されていてもよい。

[0093] このようにコンタクト層15B、21A及び31Aを構成した場合であっても、正孔の活性化率が増大し、空乏層が薄くなることが期待できる。従って、良好なオーミックコンタクトによって高効率な電流注入を行うことができ、高い発光効率な発光素子10、20又は30を得ることができる。

[0094] 換言すれば、p型半導体層15、21又は31は、AlN、AlGaInN又

は AlInGaN の組成を有していればよい。そして、コンタクト層 15A、21A 又は 31A は、 AlGaInN 又は AlInGaInN の組成を有していればよい。

[0095] また、上記においては、p 電極 17 が活性層 13 からの放出光に対して反射性を有する場合について説明した。しかし、p 電極 17 の構成はこれに限定されない。p 電極 17 は、p 型半導体層 15、21 又は 31 上に形成されていけばよい。そして、p 型半導体層 15、21 及び 31 が p 電極 17 に接するコンタクト層 15B、21A 及び 31A を有していればよい。これによって、p 型半導体層 15、21 及び 31 と p 電極 17 との間で良好なオーミックコンタクトが形成され、また p 電極 17 が活性層 13 からの放出光に対して反射性を持つことによって、高い発光効率を得ることができる。

[0096] 上記したように、例えば、発光素子 10 は、 AlGaInN の組成を有する n 型半導体層 12 と、n 型半導体層 12 上に形成され、 AlGaInN 系半導体からなる活性層 13 と、活性層 13 上に形成され、 AlInN 、 AlGaInN 又は AlInGaInN の組成を有する p 型半導体層 15 と、p 型半導体層 15 上に形成された p 電極 17 を有する。

[0097] また、p 型半導体層 15 は、p 電極 17 上に形成され、p 電極 17 との界面に向かってバンドギャップが小さくなる AlGaInN 層又は AlInGaInN 層からなるコンタクト層 15B を有する。また、コンタクト層 15B は、p 電極 17 に接触し、トンネル接合によって p 電極 17 に接続されたトンネルコンタクト層 15BT を有する。また、発光素子 20 及び 30 は、コンタクト層 15 と同様のコンタクト層 21A 及び 31A を有する。従って、高出力な紫外領域の発光素子 10、20 及び 30 を提供することができる。

符号の説明

[0098] 10、20、30 半導体発光素子
12 n 型半導体層
13 活性層
15、21、31 p 型半導体層

1 5 B、2 1 A、3 1 A コンタクト層

請求の範囲

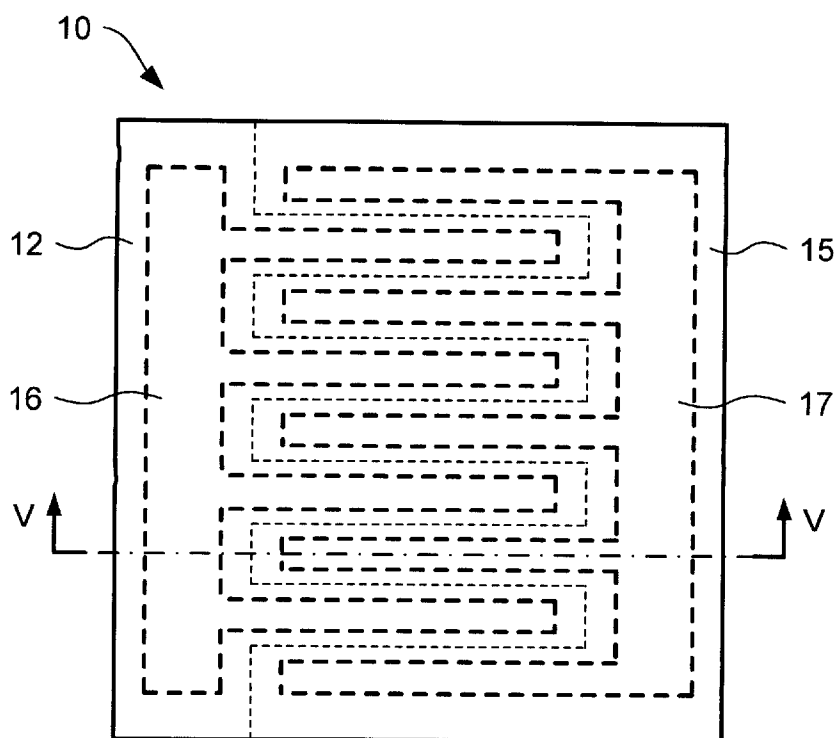
- [請求項1] AlGaIn 又は AlInGaIn の組成を有する n 型半導体層と、
前記 n 型半導体層上に形成され、 AlGaIn 系半導体又は AlInGaIn 系半導体からなる活性層と、
前記活性層上に形成され、 AlN 、 AlGaIn 又は AlInGaIn の組成を有する p 型半導体層と、
前記 p 型半導体層上に形成された p 電極と、を有し、
前記 p 型半導体層は、前記 p 電極上に形成され、前記 p 電極との界面に向かってバンドギャップが小さくなる AlGaIn 層又は AlInGaIn 層からなるコンタクト層を有し、
前記コンタクト層は、前記 p 電極に接触し、トンネル接合によって前記 p 電極に接続されたトンネルコンタクト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 p 電極は、前記活性層から放出された光に対して反射性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] 前記活性層は、井戸層及び前記井戸層よりも大きなバンドギャップの障壁層を含む量子井戸構造を有し、
前記 p 型半導体層は、前記井戸層よりも大きなバンドギャップ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 n 型半導体層、前記活性層及び前記 p 型半導体層は、単結晶の AlN 基板上にエピタキシャル成長された半導体層であ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5] 前記 p 型半導体層は、前記コンタクト層よりも前記活性層側に形成された p 型クラッド層を有し、
前記コンタクト層は、前記 p 電極との界面近傍において前記 p 型クラッド層よりも高いドーパント濃度を有することを特徴とする請求項 1 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] 前記コンタクト層は、前記 p 電極との界面に向かって Al 組成が小

さくなる A l G a N 層からな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。

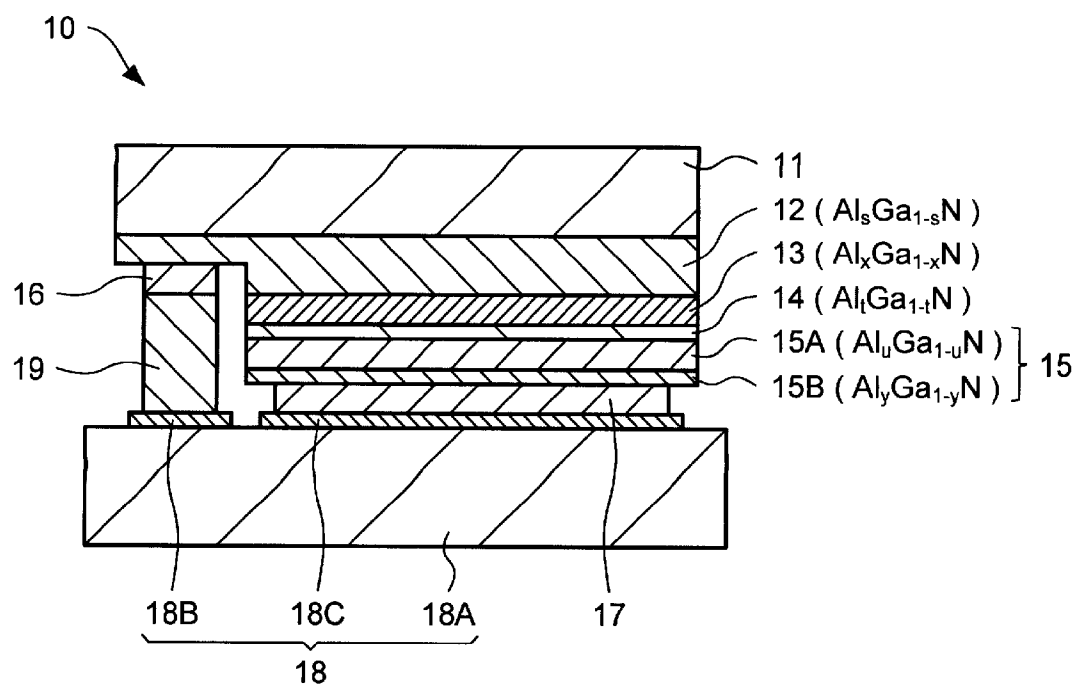
[請求項7] 前記コンタクト層における前記 A l 組成の減少率は、前記 p 電極との界面に向かって減少することを特徴とする請求項 6 に記載の半導体発光素子。

[請求項8] 前記コンタクト層における前記 A l 組成の減少率は、前記 p 電極との界面に向かって増加することを特徴とする請求項 6 に記載の半導体発光素子。

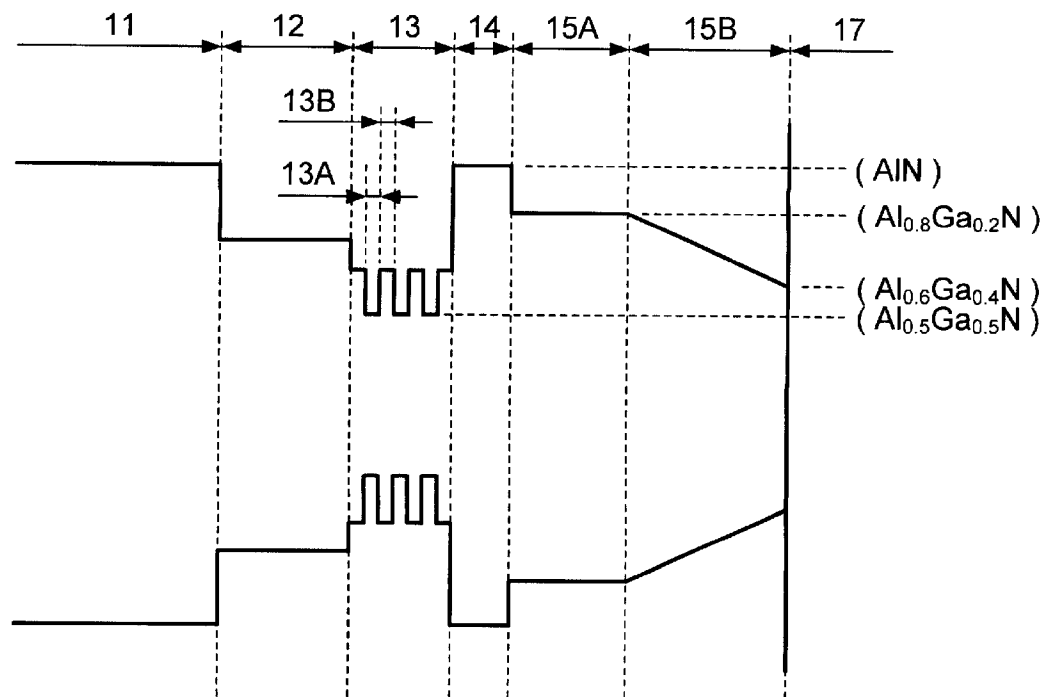
[図1]



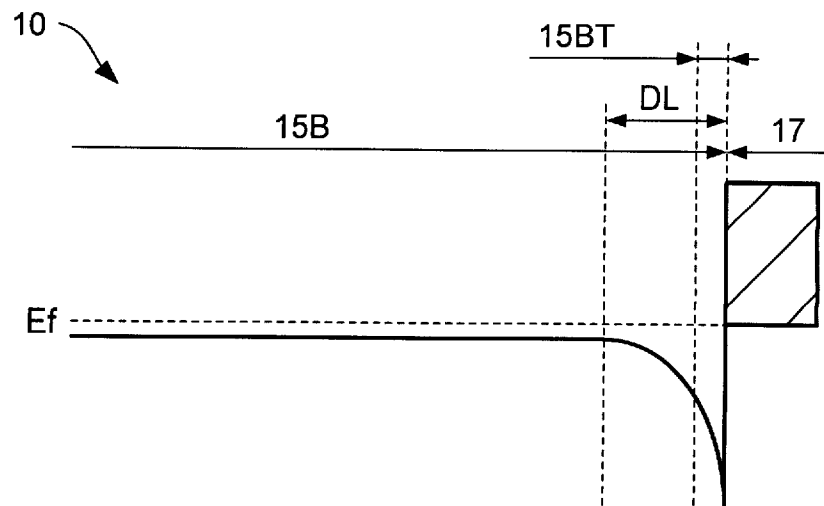
[図2]



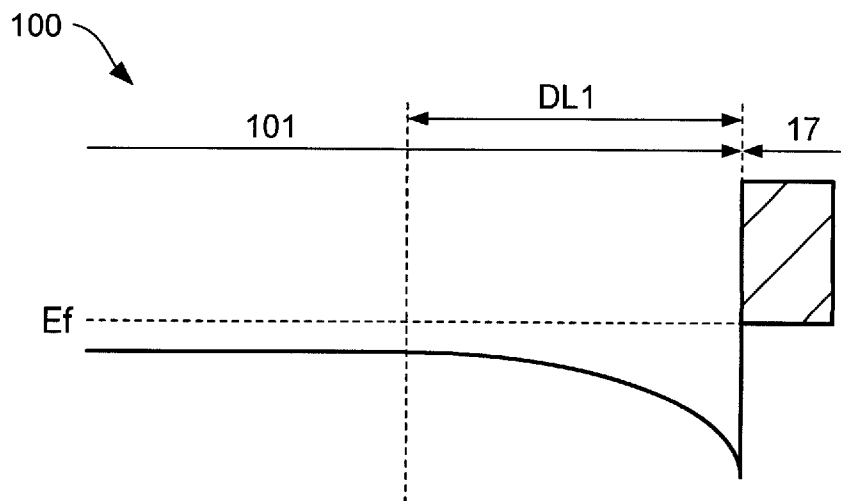
[図3]



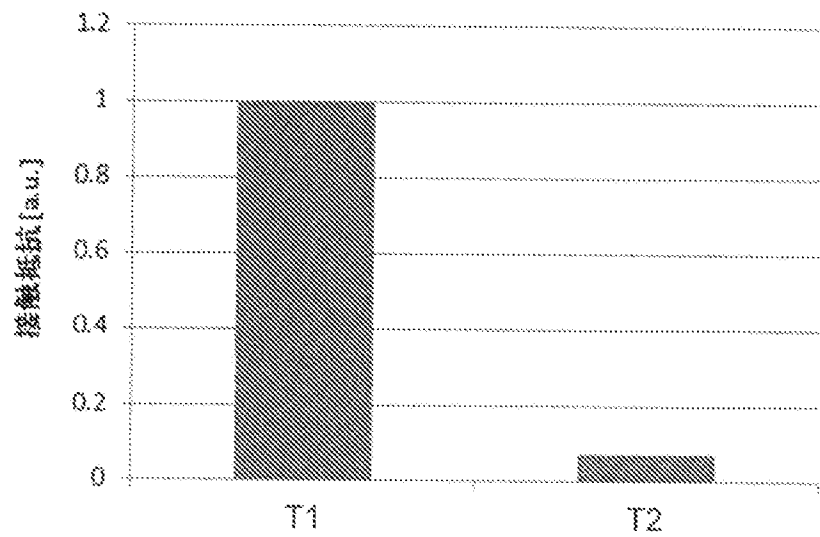
[図4]



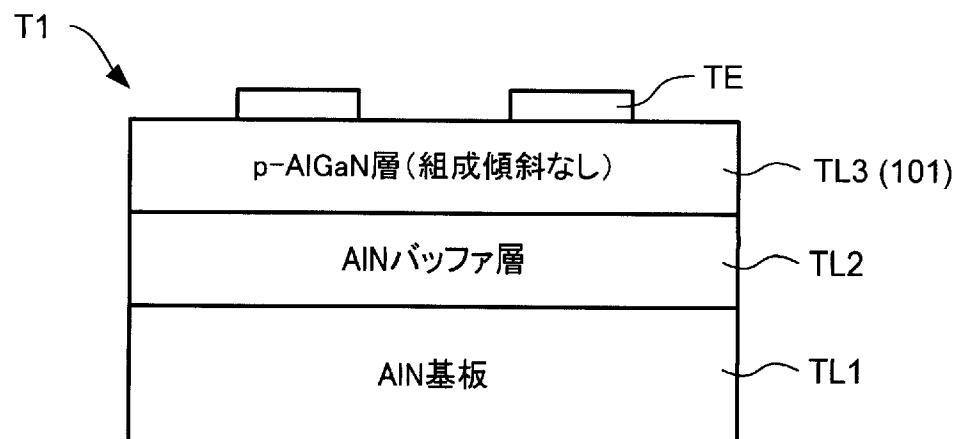
[図5]



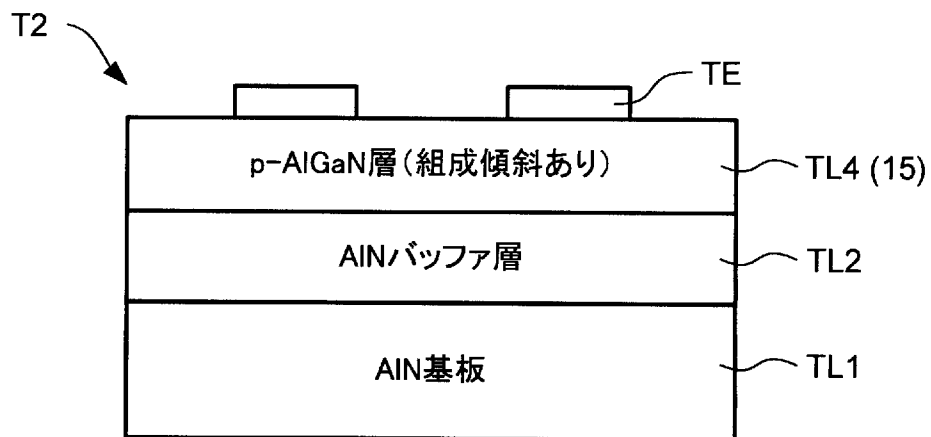
[図6A]



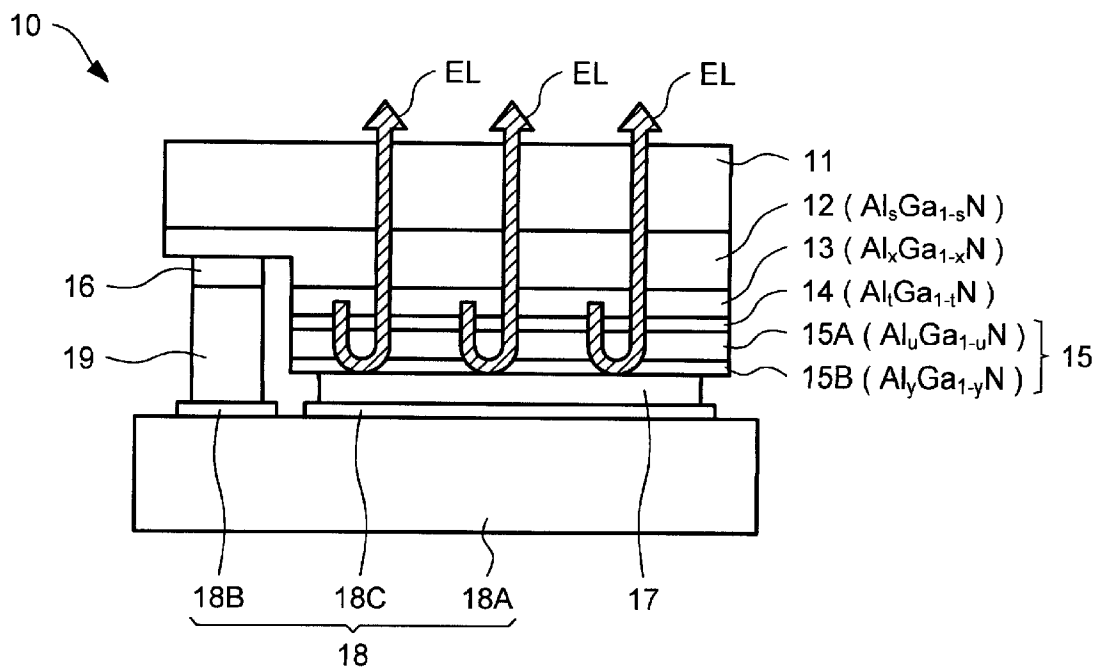
[図6B]



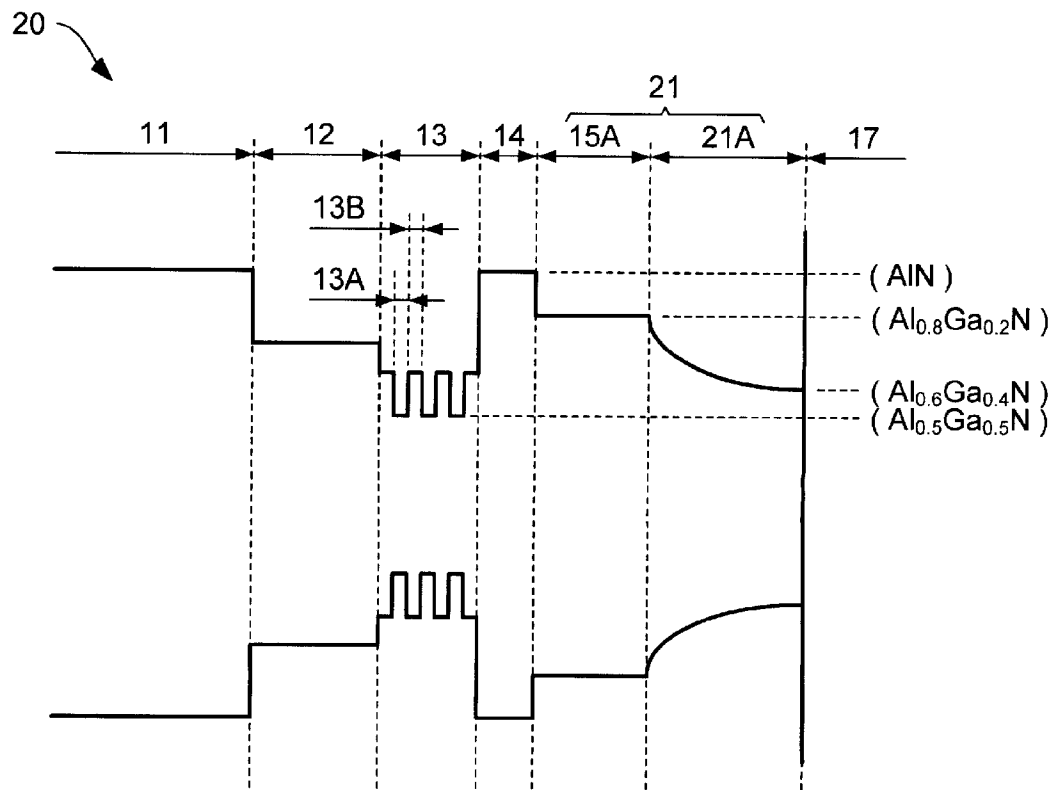
[図6C]



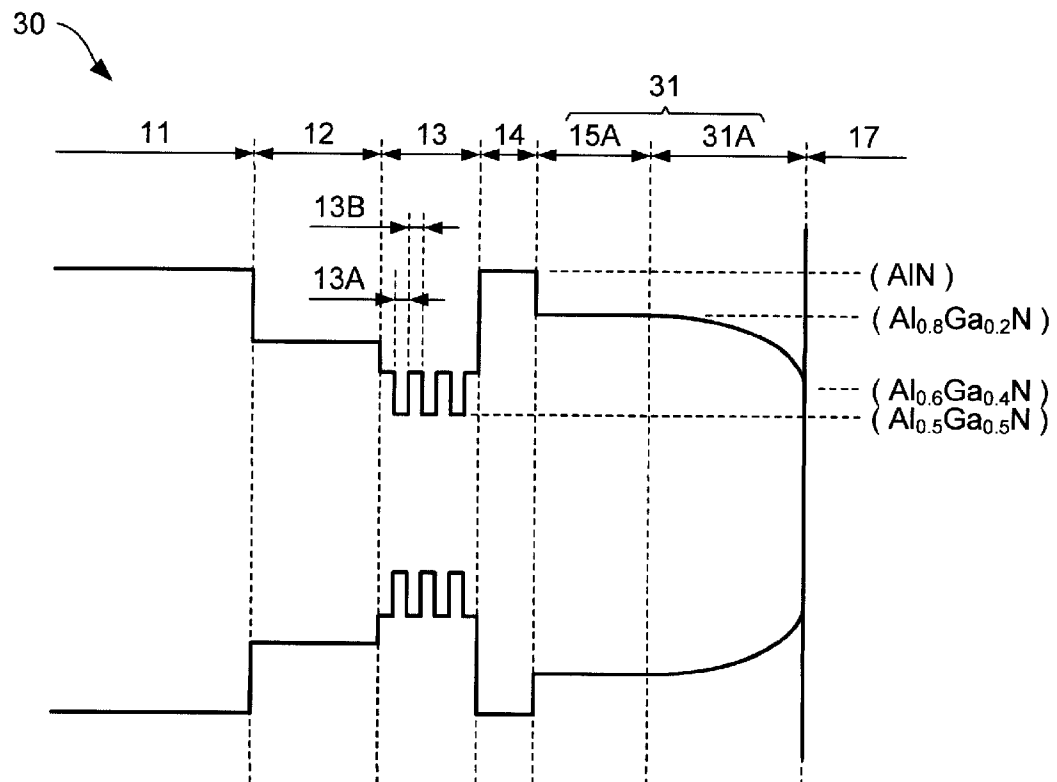
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/039454

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01L33/04 (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)

Int.Cl. H01L33/00-33/64

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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.
X	JP 2005-33197 A (NICHIA CHEMICAL INDUSTRIES, LTD.)	1-3, 6-8
Y	03 February 2005, paragraphs [0025]-[0050] fig. 1 (Family: none)	4-5
Y	JP 2016-164966 A (MITSUBISHI CHEMICAL CORP.) 08 September 2016, paragraphs [0019], [0020] & JP 2017-139247 A & WO 2015/182207 A1 & TW 201545372 A	4



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 December 2019 (04.12.2019)

Date of mailing of the international search report
17 December 2019 (17.12.2019)

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/JP2019/039454

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-86533 A (SHOWA DENKO KABUSHIKI KAISHA) 12 May 2014, paragraph [0039] & WO 2014/065259 A1 & TW 201421738 A	5
A	JP 2004-266287 A (SHOWA DENKO KABUSHIKI KAISHA) 24 September 2004, entire text all drawings (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L33/04(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（I P C））

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
X Y	JP 2005-33197 A（日亜化学工業株式会社）2005.02.03, [0025]-[0050]図1（ファミリーなし）	1-3, 6-8 4-5
Y	JP 2016-164966 A（三菱化学株式会社）2016.09.08, [0019][0020] & JP 2017-139247 A & WO 2015/182207 A1 & TW 201545372 A	4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ 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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

04.12.2019

国際調査報告の発送日

17.12.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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

2 K

3207

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

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
Y	JP 2014-86533 A (昭和電工株式会社) 2014.05.12, [0039] & W0 2014/065259 A1 & TW 201421738 A	5
A	JP 2004-266287 A (昭和電工株式会社) 2004.09.24, 全文全図 (ファミリーなし)	1-8