

(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10月15日(15.10.2020)



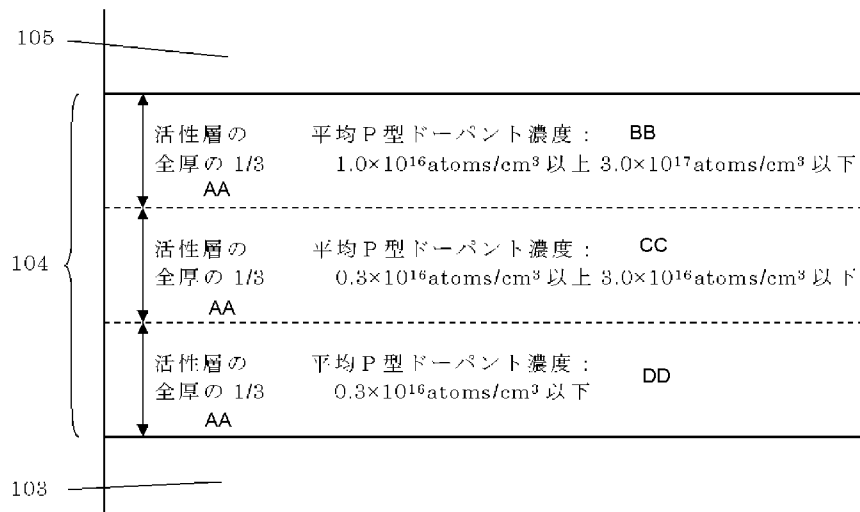
(10) 国際公開番号

WO 2020/209014 A1

- (51) 国際特許分類:
C30B 25/02 (2006.01) *C30B 29/40* (2006.01)
H01L 33/30 (2010.01) *C23C 16/30* (2006.01)
H01L 21/205 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/011575
- (22) 国際出願日: 2020年3月17日(17.03.2020)
- (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 2019-073865 2019年4月9日(09.04.2019) JP
- (71) 出願人: 信越半導体株式会社 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目2番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 石崎 順也 (ISHIZAKI Jun-ya); 〒3790196 群馬県安中市磯部二丁目13番1号 信越半導体株式会社 半導体磯部研究所内 Gunma (JP). 山田 雅人(YAMADA Masato); 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目2番1号 信越半導体株式会社 本社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 好宮 幹夫, 外 (YOSHIMIYA Mikio et al.); 〒1100005 東京都台東区上野7丁目6番11号 第一下谷ビル8F 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,

(54) Title: LIGHT EMITTING ELEMENT AND METHOD OF MANUFACTURING LIGHT EMITTING ELEMENT

(54) 発明の名称: 発光素子および発光素子の製造方法



AA 1/3 of thickness of active layer

BB Average concentration of P-type dopant: 1.0×10^{16} atoms/cm³ or more and 3.0×10^{17} atoms/cm³ or less

CC Average concentration of P-type dopant: 0.3×10^{16} atoms/cm³ or more and 3.0×10^{16} atoms/cm³ or less

DD Average concentration of P-type dopant: 0.3×10^{16} atoms/cm³ or less

(57) Abstract: The present invention is a light emitting element having a light emitting part in which an N-type cladding layer, an active layer, and a P-type cladding layer are formed in this order, wherein the active layer includes a P-type dopant of which the concentration gradually decreases from the P-type cladding layer side to the N-type cladding layer side, and in the active layer, the average concentration of the P-type dopant in a region from the P-type cladding layer to a position corresponding to 1/3 of the thickness of the active layer is 1.0×10^{16} atoms/cm³ or more and 3.0×10^{17} atoms/cm³ or less. Accordingly, provided are: the light emitting element

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,
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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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))

which has excellent luminance characteristics with respect to the environmental temperature and which suppresses the deterioration of life characteristics; and a method of manufacturing the same.

(57) 要約: 本発明は、N型クラッド層と活性層とP型クラッド層がこの順序で形成された発光部を有する発光素子であって、前記活性層は、前記P型クラッド層側から前記N型クラッド層側へ濃度が漸減するP型ドーパントを含み、前記活性層において、前記P型クラッド層から前記活性層の $1/3$ の厚さ分の位置までの領域の平均の前記P型ドーパントの濃度が $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下である発光素子である。これにより、環境温度に対する輝度特性が良好であり、かつ、寿命特性の悪化が抑制された発光素子およびその製造方法が提供される。

明 細 書

発明の名称：発光素子および発光素子の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、発光素子および発光素子の製造方法に関し、特に環境温度に対する輝度特性が良好で、かつ、寿命特性の悪化が抑制された発光素子および発光素子の製造方法に関する。

背景技術

[0002] AlGaInP系材料は、窒化物を除くIII-V族化合物半導体混晶中で最大の直接遷移型エネルギーギャップを有し、550～650nm帯（緑色～赤色域）の可視光発光装置の材料として注目されている。このような大きな直接遷移型エネルギーギャップを持つAlGaInPからなる活性層を有するAlGaInP系発光素子は、GaP、GaAsP等の間接遷移型の材料を用いたものと比べて高輝度の発光が可能である（例えば特許文献1）。

[0003] 図4は、従来のAlGaInP系発光素子の一例を示す概略断面図である。

この発光素子310はGaAs出発基板300上に厚さ0.1～1.0μmのGaAsバッファ層、例えば厚さ1.0μmのAlInPエッチストップ層302、例えば厚さ1.0μmのN型AlGaInPクラッド層303、例えば厚さ0.9μmのAlGaInP活性層304、例えば厚さ1.0μmのP型AlGaInPクラッド層305、電流伝播層との格子不整を緩和するP型InGaP緩衝層306、素子に印加された電流を伝播かつ拡散し、光取り出しの機能を有する例えば厚さ5.0μmのP型GaP電流伝播層307を有する。GaAsバッファ層は特になくてもよい。なお、図4においては発光素子の電極等は省略されている。

[0004] ここでN型ドーパントとして、例えばSi、S、Se等がN型クラッド層303にドーピングされる。またP型ドーパントとしては、Zn、Mg、T

e等がP型クラッド層305及びP型緩衝層306及びP型電流伝播層307にドーピングされる。

[0005] N型クラッド層303は、1層以上の組成及びドーピング水準のエピタキシャル層で構成され、P型クラッド層305は、1層以上の組成及びドーピング水準のエピタキシャル層で構成される。活性層304は均一組成のバルク型活性層、または、発光再結合層と該発光再結合層の組成よりも大きなバンドギャップ組成を有する障壁層とが多重接合した多重接合型活性層から成る。

[0006] ところで発光素子（例えばAlGaInP系発光素子）の発光部をエピタキシャル成長で形成する際に、寿命特性の悪化を回避するため、活性層中に残留、もしくは寿命試験中に拡散・泳動するドーパントの濃度を極小に設計する必要があった。しかし、活性層中のドーパント濃度を極小にすることで寿命特性は改善できるが、一方で、環境温度に対する輝度の変化は大きくなる傾向にあった。

また、環境温度に対する輝度特性を改善するためには、活性層中にドーパントを過剰に入れることが効果的であることが分かっている。しかし、過剰に活性層中に投入されたドーパントは輝度特性を改善するものの、転位・欠陥発生源となり、寿命特性を著しく悪化させる。

[0007] 従って、環境温度に対する輝度特性が良好な発光素子は寿命特性が悪く、一方、寿命特性が良好な発光素子では環境温度に対する輝度特性が悪く、二つの特性が良好である発光素子の実現が望まれていた。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2005-150645号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明は上記の課題に鑑みてなされたもので、環境温度に対する輝度特性

が良好であり、かつ、寿命特性の悪化が抑制された発光素子およびその製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 上記目的を達成するために、本発明は、N型クラッド層と活性層とP型クラッド層がこの順序で形成された発光部を有する発光素子であって、

前記活性層は、前記P型クラッド層側から前記N型クラッド層側へ濃度が漸減するP型ドーパントを含み、

前記活性層において、前記P型クラッド層から前記活性層の $1/3$ の厚さ分の位置までの領域の平均の前記P型ドーパントの濃度が $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることを特徴とする発光素子を提供する。

[0011] このように活性層において、P型クラッド層から活性層の $1/3$ の厚さ分の位置までの領域の平均のP型ドーパントの濃度が $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であれば、光出力が向上するとともに環境温度に対する輝度特性が向上する。

また、P型クラッド層から活性層の $1/3$ の厚さ分の位置までの領域の平均のP型ドーパントの濃度が $3.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であり、かつ、活性層においてP型クラッド層側からN型クラッド層側へ漸減するP型ドーパントの濃度プロファイルであることで、寿命特性の悪化を抑制することができる。

[0012] また、前記発光部は、AlGaInP系の化合物半導体からなるものとすることができる。

[0013] 本発明は、発光部がAlGaInP系の化合物半導体からなる発光素子に特に好適に用いることができる。

[0014] また、前記活性層において、前記P型クラッド層から前記活性層の $1/3$ の厚さ分の位置から $2/3$ の厚さ分の位置までの領域の平均の前記P型ドーパントの濃度が $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下のものとすることができる。

[0015] このようにP型ドーパント濃度が上記領域で上記数値範囲のものであれば、より確実に寿命特性の悪化を抑制できる。

[0016] このとき、前記活性層において、前記P型クラッド層から前記活性層の $2/3$ の厚さ分の位置からN型クラッド層までの領域の平均の前記P型ドーパントの濃度が $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下のものとすることができる。

[0017] このようにP型ドーパント濃度が上記領域で上記数値範囲のものであれば、より一層確実に寿命特性の悪化を抑制することができる。

[0018] また本発明は、N型クラッド層と活性層とP型クラッド層をこの順序で形成した発光部を有する発光素子の製造方法であって、

前記活性層において、前記P型クラッド層側から前記N型クラッド層側へP型ドーパントの濃度が漸減し、かつ、

前記活性層において、前記P型クラッド層から前記活性層の $1/3$ の厚さ分の位置までの領域の平均の前記P型ドーパントの濃度が $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下となるように前記P型ドーパントをドーピングして製造することを特徴とする発光素子の製造方法を提供する。

[0019] このように活性層において、P型クラッド層から活性層の $1/3$ の厚さ分の位置までの領域の平均のP型ドーパントの濃度が $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上となるように製造すれば、光出力が向上するとともに環境温度に対する輝度特性が向上する。

また、P型クラッド層から活性層の $1/3$ の厚さ分の位置までの領域の平均のP型ドーパントの濃度が $3.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下となるようにし、かつ、活性層においてP型クラッド層側からN型クラッド層側へ漸減するP型ドーパントの濃度プロファイルとすることで、寿命特性の悪化を抑制することができる。

[0020] このとき、前記発光部を、AlGaInP系の化合物半導体からなるものとすることができる。

[0021] 本発明は、発光部が AlGaInP 系の化合物半導体からなる発光素子を製造するのに特に好適に用いることができる。

[0022] また、前記活性層に前記 P 型ドーパントをドーピングするとき、

前記活性層において、前記 P 型クラッド層から前記活性層の $1/3$ の厚さ分の位置から $2/3$ の厚さ分の位置までの領域の平均の前記 P 型ドーパントの濃度が $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下となるようにドーピングすることができる。

[0023] このように P 型ドーパント濃度を上記領域で上記数値範囲のものとするれば、より確実に寿命特性の悪化を抑制できる。

[0024] このとき、前記活性層に前記 P 型ドーパントをドーピングするとき、

前記活性層において、前記 P 型クラッド層から前記活性層の $2/3$ の厚さ分の位置から N 型クラッド層までの領域の平均の前記 P 型ドーパントの濃度が $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下となるようにドーピングすることができる。

[0025] このように P 型ドーパント濃度を上記領域で上記数値範囲のものとするれば、より一層確実に寿命特性の悪化を抑制することができる。

[0026] また、前記活性層への前記 P 型ドーパントのドーピングを、

前記活性層を形成しつつガスドーピングにより行うことができる。

または、前記活性層への前記 P 型ドーパントのドーピングを、

前記活性層を形成した後、前記 P 型ドーパントをドーピングした前記 P 型クラッド層を形成してから熱処理を施して、前記 P 型クラッド層にドーピングした前記 P 型ドーパントを前記活性層に拡散させることにより行うことができる。

[0027] このようにガスドーピングまたは熱処理によるドーピングによって、上記各領域に上記の濃度プロファイルで簡便にドーピングすることができる。

発明の効果

[0028] 以上のように、本発明の発光素子および発光素子の製造方法であれば、光出力が向上するとともに環境温度に対する輝度特性が良好であり、かつ、寿命特性の悪化が抑制されたものとするることができる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]本発明の発光素子の一例を示す概略図である。

[図2]活性層中の平均のP型ドーパントの濃度を示す説明図である。

[図3]本発明の発光素子の他の一例を示す概略図である。

[図4]従来の発光素子の一例を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0030] 上述したように、寿命特性及び環境温度に対する輝度特性の両方が良好な発光素子（特にA l G a l n P系LED）の開発が望まれていた。本発明者らはこのような課題に対し、鋭意検討を重ねたところ、少なくともN型クラッド層と活性層とP型クラッド層がこの順序で形成された発光部を有する発光素子において、環境温度に対する輝度特性を変える大きな要因は活性層領域におけるP型キャリアリッチの領域でのキャリアの挙動であるため、P型クラッド層寄りの活性層領域、具体的には、活性層全厚の1／3の厚さで、P型クラッド層寄りの領域をP型活性層領域とし、該P型活性層領域のP型ドーパントの濃度を $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とすること、更に活性層中に過剰に拡散することを防止するため、エピタキシャル成長時に、P型クラッド層側からN型クラッド層側に向かって活性層中にかけて漸減する濃度プロファイルとなるように活性層中にP型のドーパント不純物をドーピングすることで、環境温度に対する輝度特性と寿命特性の両方の特性が良好な発光素子を製造できることが判り、更に検討を加えて本発明を完成した。

[0031] 以下、本発明について、実施形態について図を参照しながら更に詳細に説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

（第一実施形態）

本発明の発光素子の第一実施形態を図1に示す。図1に示すように第一実施形態の発光素子110はGaAs出発基板100上に厚さ0.1～1.0 μm のGaAsバッファ層、例えば厚さ1.0 μm のAlInPエッチストップ層102、例えば厚さ1.0 μm のN型AlGaInPクラッド層10

3、例えば厚さ $0.9\mu\text{m}$ のAlGaInP活性層104、例えば厚さ $1.0\mu\text{m}$ のP型AlGaInPクラッド層105、電流伝播層との格子不整を緩和するP型InGaP緩衝層106、素子に印加された電流を伝播かつ拡散し、光取り出しの機能を有する例えば厚さ $5.0\mu\text{m}$ のP型GaP電流伝播層107を有する。

GaAsバッファ層は特になくてもよい。なお、図1においては発光素子の電極等は省略されている。

[0032] ここでN型ドーパントとしてSi、S、Seのうち、1種類以上がN型クラッド層103にドーピングされ、P型ドーパントとしてはZn、Mg、Teのうち、1種類以上がP型クラッド層105及びP型緩衝層106及びにP型電流伝播層107にドーピングされる。

[0033] N型クラッド層103は、1層以上の組成及びドーピング水準のエピタキシャル層で構成され、P型クラッド層105は、1層以上の組成及びドーピング水準のエピタキシャル層で構成される。

[0034] 活性層104は均一組成のバルク型活性層から成る。

活性層104にはP型クラッド層105からN型クラッド層103に向かって、例えばなだらかに又は階段状に、濃度が漸減するP型ドーパントがドーピングされている（傾斜ドーピング）。以下にP型ドーパントとしてZnとMgの2種がドーピングされている例を示すが、本発明はこれに限定されず、例えばZnのみドーピングすることもできるし、3種以上ドーピングすることもできる。

また、本発明が特に好適な例として、発光部（N型クラッド層、活性層、P型クラッド層）がAlGaInP系の化合物半導体からなるものを挙げて説明するが、これに限定されない。

[0035] 図2に活性層中の平均のP型ドーパントの濃度の説明図を示す。

ここで、P型クラッド層105からN型クラッド層103へ向かう方向を活性層104の深さ方向と定義し、活性層104とP型クラッド層105との界面を深さ位置の基準とする。上記傾斜ドーピングの濃度プロファイルは、P型クラッド層105から深さ $1/3$ の位置までの領域（すなわち、P型クラ

ッド層 105 から活性層 104 の $1/3$ の厚さ分の位置までの領域) の平均 P 型ドーパント濃度が $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下となっている。具体的には P 型ドーパントとして、Zn の平均濃度が例えば $5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 、Mg の平均濃度が例えば $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ に設計される (平均濃度の合計値: $6 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$)。

なお、上記深さ $1/3$ の位置までの領域において、ドーピングされている P 型ドーパントの種類が 1 種であればその 1 種自体の平均濃度が上記濃度範囲に収まっていれば良く、また、2 種以上であれば、各々の平均濃度を足した合計値が上記濃度範囲に収まっていれば良い。

[0036] 上記のように P 型ドーパントの傾斜ドーピング、かつ、深さ $1/3$ の位置までの領域の平均濃度が $3.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であれば、寿命特性の悪化の抑制が可能である。しかも、深さ $1/3$ の位置までの領域の平均濃度が $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であるので、光出力を向上させることができるし、環境温度に対する輝度特性を向上させることができる。このように、活性層 104 において P 型ドーパントの濃度プロファイルが上記条件を満たしている場合、従来品では成し得なかった、環境温度に対する輝度特性の向上および寿命特性の悪化の抑制を両立することができる。

[0037] 上記本発明の効果について調査した実験について以下に説明する。

(実験)

[001] 方向に 15° 傾斜した GaAs 基板上に有機金属気相成長法 (MOVPE) 法にて、 $1.0 \mu\text{m}$ 厚の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) からなるエッチストップ層、 $1.0 \mu\text{m}$ 厚の N 型クラッド層、 $0.9 \mu\text{m}$ 厚の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) からなる活性層、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) からなる $1.0 \mu\text{m}$ 厚の P 型クラッド層、 $\text{Ga}_{1-y}\text{In}_y\text{P}$ ($0.0 \leq y \leq 1.0$) から成る中間組成層 (緩衝層)、 $0.5 \mu\text{m}$ 以上の厚さを有する GaP 電流拡散層 (電流伝播層) を順次積層した

発光素子用ウェーハを形成した。さらに電極を形成しダイシングを行い、ワイヤーボンディングを行って発光素子を製造した。

[0038] なお、活性層は均一組成の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) 層から成る。

また活性層にはP型クラッド層からN型クラッド層へ向かって濃度が漸減するようにP型ドーパントをドーブした。この際、活性層のP型クラッド層から深さ $1/3$ の位置までの領域の平均濃度を変えることにより、該領域の平均濃度が異なる複数の発光素子を製造した。

そして、各発光素子において、 0°C と 60°C での相対光出力比、及び寿命特性について実験を行った。その結果を表1に示す。

[0039] [表1]

平均濃度 (atoms/cm ³)	相対光出力比 (0°C vs 60°C)	寿命特性 (%)
3.00×10^{15}	0.8	93
6.00×10^{15}	0.8	92
1.00×10^{16}	0.86	91
3.00×10^{16}	0.86	87
6.00×10^{16}	0.87	85
1.00×10^{17}	0.89	83
3.00×10^{17}	0.9	81
6.00×10^{17}	0.9	61

[0040] 表1に示すように傾斜ドーブした活性層において、P型クラッド層から深さ $1/3$ の位置までの領域の平均濃度が $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であれば、相対光出力比が0.86以上であり、該比が1により一層近く、環境温度に対する出力の変化を少なくすることができることが判る。また、 $3.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であれば寿命特性を81%以上とすることができ、その悪化を抑制できることが判る。

これらの結果から、良好な環境温度に対する輝度特性および良好な寿命特性を両立するには、傾斜ドーブの活性層の上記領域において $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下の濃度範囲とする必要があることが分かる。

[0041] また、図1の第一実施形態において、更にP型クラッド層105から深さ1/3の位置から深さ2/3の位置の領域（すなわち、P型クラッド層105から活性層104の1/3の厚さ分の位置から2/3の厚さ分の位置までの領域）の平均P型ドーパント濃度が $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であるものが好ましい。具体的にはZnの平均濃度が例えば $2 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 、Mgの平均濃度が例えば $0.5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ に設計される（平均濃度の合計値： $2.5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ ）。

上記のような濃度範囲であれば、より確実に寿命特性の悪化を抑制できる。

[0042] また更に、P型クラッド層105から深さ2/3の位置からN型クラッド層103の側の領域（すなわち、P型クラッド層105から活性層104の2/3の厚さ分の位置からN型クラッド層103までの領域）の平均P型ドーパント濃度（具体的には、ZnとMgの平均濃度の合計値）が $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下のものであるものが好ましい。なお下限値は特に限定されないが、例えば 0 atoms/cm^3 以上とすることができる。

上記のような濃度範囲であれば、より一層確実に寿命特性の悪化を抑制できる。

[0043] （第二実施形態）

本発明の発光素子の第二実施形態を図3に示す。図3に示すように第二実施形態の発光素子210は、GaAs出発基板200上に例えば厚さ $0.5 \mu\text{m}$ のGaAsバッファ層、例えば厚さ $1.0 \mu\text{m}$ のAlInPエッチストップ層202、例えば厚さ $1.0 \mu\text{m}$ のN型AlGaInPクラッド層203、例えば厚さ $0.48 \mu\text{m}$ のAlGaInP活性層204、例えば厚さ $1.0 \mu\text{m}$ のP型AlGaInPクラッド層205、電流伝播層との格子不整を緩和するP型InGaP緩衝層206、素子に印加された電流を伝播かつ拡散し、光取り出しの機能を有する例えば厚さ $5.0 \mu\text{m}$ P型GaP電流伝播層207を有する。

GaAsバッファ層は特になくてもよい。なお、図3においては発光素子の電極等は省略されている。

[0044] N型ドーパントとしてSi、S、Seのうち、1種類以上がN型クラッド層203にドーピングされ、P型ドーパントとしてはZn、Mg、Teのうち、1種類以上がP型クラッド層205及びP型緩衝層206及びにP型電流伝播層207にドーピングされる。

[0045] N型クラッド層203は、1層以上の組成及びドーピング水準のエピタキシャル層で構成され、P型クラッド層205は、1層以上の組成及びドーピング水準のエピタキシャル層で構成される。

[0046] 第二実施形態の発光素子210では、活性層204はAlGaInPからなる発光再結合層と発光再結合層の組成よりも大きなバンドギャップ組成を有する障壁層とが多重接合した多重接合型活性層から成る。障壁層は発光再結合層のAlGaInPより高いAl組成を有する。また、障壁層の厚さは波動関数が重なるドブロイ波長より薄い厚さに設定しても良いし、厚い厚さに設定しても良い。例えば発光再結合層の厚さを8nm、障壁層の厚さを8nmとし、30ペアの活性層構造とすることができる。

[0047] 活性層204にはP型クラッド層205からN型クラッド層203に向かって、例えばなだらかに又は階段状に、濃度が漸減するP型ドーパントがドーピングされている（傾斜ドーピング）。以下にP型ドーパントとしてZnとMgの2種がドーピングされている例を示すが、第一実施形態と同様、これに限定されない。

[0048] 上記傾斜ドーピングの濃度プロファイルは、P型クラッド層205から深さ1/3の位置までの領域の平均P型ドーパント濃度が $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下となっている。具体的にはP型ドーパントとして、Znの平均濃度が例えば $5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 、Mgの平均濃度が例えば $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ に設計される（平均濃度の合計値： $6 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ ）。

このようなものであれば、良好な環境温度に対する輝度特性および良好な

寿命特性を両立可能である。

[0049] また、P型クラッド層205から深さ1/3の位置から深さ2/3の位置の領域の平均P型ドーパント濃度が $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であるものが好ましい。具体的にはZnの平均濃度が例えば $2 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 、Mgの平均濃度が例えば $0.5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ に設計される（平均濃度の合計値： $2.5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ ）。

また更に、P型クラッド層205から深さ2/3の位置からN型クラッド層203の側の領域の平均P型ドーパント濃度（具体的には、ZnとMgの平均濃度の合計値）が $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下のものであるものが好ましい。なお下限値は特に限定されないが、例えば 0 atoms/cm^3 以上とすることができる。

上記の各領域がこれらの濃度範囲であれば、より一層確実に寿命特性の悪化を抑制できる。

[0050] 次に、本発明の発光素子の製造方法について説明する。なお、ここでは例として図1の発光素子110を製造する場合について説明する。また、活性層へのドーピング方法としてガスドーピングによる方法（第一の製造方法）と熱処理によるドーピング方法（第二の製造方法）を例に挙げて説明するが、活性層へのドーピング方法はこれらに限定されるものではない。

（第一の製造方法）

まず、活性層へのドーピングをガスドーピングにより行う例について説明する。

成長用基板としてGaAs出発基板100を用意し、洗浄した後、MOVPE（Metal Organic Vapor Phase Epitaxy）炉に入れ、GaAs出発基板100上に、AlInPエッチストップ層102、N型AlGaInPクラッド層103、AlGaInP活性層104、P型AlGaInPクラッド層105、P型InGaP緩衝層106をエピタキシャル成長させる。

[0051] なお、上記各層のエピタキシャル成長は、公知のMOVPE法により行な

うことができる。A l、G a、I n、Pの各成分源となる原料ガスとしては、これらに限定されるわけではないが、例えば以下のようなものを使用できる。

・A l源ガス：トリメチルアルミニウム（TMA l）、トリエチルアルミニウム（TEA l）など。

・G a源ガス：トリメチルガリウム（TMGa）、トリエチルガリウム（TEGa）など。

・I n源ガス：トリメチルインジウム（TMIn）、トリエチルインジウム（TEIn）など。

・P源ガス：トリメチルリン（TMP）、トリエチルリン（TEP）、ホスフィン（PH₃）など。

[0052] また、各層へのドーパントのドーブとしてはガスドーブにより行うことができる。活性層などの各層をエピタキシャル成長しつつガスドーブすることができる。ドーパントガスとしては、例えば以下のようなものを使用できる。

（P型ドーパント）

・Z n源：ジメチル亜鉛（DMZn）、ジエチル亜鉛（DEZn）など。

・Mg源：ビズ（シクロペンタジエニル）マグネシウム（Cp₂Mg）など。

・Te源：ジメチルテルル（DMTe）、ジエチルテルル（DETe）など

（N型ドーパント）

・Si源：モノシランなどのシリコン水素化物など。

・S源：硫化水素（H₂S）など。

・Se源：セレン化水素など。

[0053] なお、このガスドーブの際、活性層104中のP型ドーパントに関して、図2に示すような傾斜ドーブの濃度プロファイルとする。すなわち、活性層104において、P型クラッド層105の側からN型クラッド層103の側へP型ドーパントの濃度が漸減するように傾斜ドーブする。かつ、P型クラッド層105から深さ1／3の位置までの領域の平均P型ドーパント濃度が

1. $0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上3. $0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下となるようにドーピングする。

例えばマスフローコントローラー等によりドーパントガスの流量を制御することにより、簡便に、上記のような濃度プロファイルでガスドーピングすることが可能である。

エピタキシャル成長中の熱効果により、多少、意図した濃度プロファイルよりも熱平衡側にずれた濃度プロファイルとなり易い。この点に関しては、そのずれを考慮した上で流量等を適宜調整してガスドーピングし、意図した濃度プロファイルとなるようにすると良い。

そして、活性層においてP型ドーパントがこのような濃度プロファイルであれば、前述したように、環境温度に対する輝度特性の向上および寿命特性の悪化の抑制の両立を図ることができる。

[0054] また、活性層104にP型ドーパントをドーピングするとき、活性層104において、P型クラッド層105から深さ1/3の位置から深さ2/3の位置の領域の平均P型ドーパント濃度が $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下となるようにドーピングするのが好ましい。

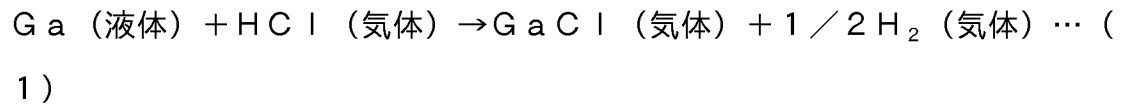
更には、活性層104において、P型クラッド層105から深さ2/3の位置からN型クラッド層103の側の領域の平均P型ドーパント濃度が $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下となるようにドーピングするのが好ましい。なお下限値は特に限定されないが、例えば 0 atoms/cm^3 以上とすることができる。

上記の各領域がこれらの濃度範囲であれば、より一層確実に寿命特性の悪化を抑制することができる。

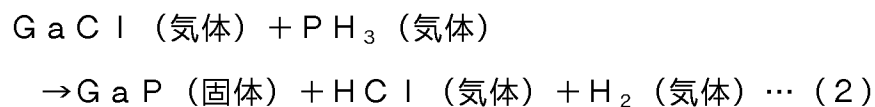
[0055] この後、P型GaP電流伝播層107をHVPE法（ハイドライド気相成長法：Hydride Vapor Phase Epitaxy法）で気相成長する。

HVPE法は、具体的には、例えば金属Gaを所定の温度に加熱保持しながら、その金属Ga上に塩化水素を導入することにより、下記（1）式の反

応によりGaClを生成させ、キャリアガスであるH₂ガスとともに基板上に供給する。



成長温度は例えば640℃以上860℃以下に設定することができる。また、V族元素であるPは、例えばPH₃をキャリアガスであるH₂と共に基板上に供給する。さらに、P型ドーパントとして例えばZnを、ジメチル亜鉛(DMZn)の形で供給して、下記(2)式のような反応によって電流伝播層107を形成することができる。



[0056] (第二の製造方法：熱処理によるドーブ)

次に、活性層へのドーブを熱処理により行う例について説明する。

基本的に第一の製造方法と同様にして、出発基板100の準備から緩衝層106の形成を行う。ただし、P型クラッド層105から活性層104へP型ドーパントを熱処理により拡散してドーブすることを考慮して、活性層104のエピタキシャル成長時はノンドープとする。また、P型クラッド層105においては第一の製造方法の場合よりも高濃度でP型ドーパントをドーブしておくが良い。

[0057] より具体的には、P型クラッド層105のP型ドーパント濃度は、例えばZn、MgをP型ドーパントとした場合、Znの濃度を $1.0 \times 10^{16} \sim 3.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 、Mgの濃度を $1.0 \times 10^{16} \sim 5.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度範囲とすることができる。このような濃度範囲であれば、より確実に、次の工程である熱処理工程で図2に示すような傾斜ドーブの濃度プロファイルとすることができる。

[0058] 上記のように少なくともP型クラッド層105までの各層を形成後（この例ではさらに緩衝層106まで形成済み）、MOVPE炉内で、例えばPH₃雰囲気下、700℃以上、3時間以上の熱処理を施す。ここでは700℃（

エピタキシャル成長時と同程度の温度)で8時間の熱処理とする。このような熱処理によって、簡便に、図2に示すような傾斜ドーパの濃度プロファイルとすることができる。熱処理を施すことでP型クラッド層105からドーパントが拡散式に従って活性層104内に拡散し、N型クラッド層103へ向かって漸減する濃度プロファイルを形成する。

[0059] なお、熱処理の温度、時間は特に限定されず、所望の傾斜ドーパの濃度プロファイルが得られるよう適宜決定することができる。また上記のように PH_3 雰囲気で行えば、エピタキシャル層表面からのP(燐)の脱離を効果的に回避することができるので好ましい。

[0060] その後、第一の製造方法と同様にして、電流伝播層107をHVPE法で形成する。

なお、上記例では緩衝層106を形成後に熱処理したが、そのタイミングで熱処理を行うのではなく、代わりに電流伝播層107を形成後に熱処理(HVPE炉で PH_3 雰囲気下、700℃以上、3時間以上、特に、700℃で8時間)を施して、活性層104において傾斜ドーパの濃度プロファイルを形成することもできる。

実施例

[0061] 以下、本発明の実施例及び比較例を示して本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

(実施例1)

以下のようにして本発明の製造方法により本発明の発光素子を製造した。

[001] 方向に15度傾斜したGaAs基板上に有機金属気相成長法(MOVPE)法にて、 $1.0\mu\text{m}$ 厚の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$)からなるエッチストップ層、 $1.0\mu\text{m}$ 厚のN型クラッド層、 $0.9\mu\text{m}$ 厚の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$)からなる活性層、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$)からなる1.0 μm 厚のP型クラッド層、 $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0.0 \leq y \leq 1.0$)から成る中間組成層(緩衝層)、0.

5 μm 以上の厚さを有するGaP電流拡散層（電流伝播層）を順次積層した発光素子用ウェーハを形成した。

[0062] 活性層は均一組成の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) 層から成る。

活性層にはP型クラッド層からN型クラッド層へ向かって濃度が漸減するようにP型ドーパント（ZnおよびMgの2種）をドーブした。具体的には、活性層を形成しつつ、DEZn、Cp₂Mgを流してガスドーブした。

濃度プロファイルは、P型クラッド層との界面において、P型ドーパントとしてのZnの濃度が $5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 、P型ドーパントとしてのMgの濃度が $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

そして、P型クラッド層から深さ0.3 μm の位置（活性層全厚0.9 μm の1/3）までの領域のZn平均濃度が $2 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 、Mg平均濃度が $0.5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ であった（平均濃度の合計値： $2.5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ ）。

また、深さ0.3 μm の位置から深さ0.6 μm の位置（全厚0.9 μm の1/3から2/3）までの領域におけるZn平均濃度が $0.5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 、Mg平均濃度が $0.2 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ であった（平均濃度の合計値： $0.7 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ ）。

それ以降の深さ（深さ2/3の位置からN型クラッド層まで）のMg及びZnの各々の平均濃度の合計値は $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であった。

このようにして製造したウェーハに電極を形成しダイシングを行い、ワイヤーボンディングを行って発光素子を製造した。

[0063] （実施例2）

以下のようにして本発明の製造方法により本発明の発光素子を製造した。

[001] 方向に15度傾斜したGaAs基板上に有機金属気相成長法（MOVPE）法にて、1.0 μm 厚の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) からなるエッチストップ層、1.0 μm 厚のN

型クラッド層、 $0.48\mu\text{m}$ 厚の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) からなる活性層、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) からなる $1.0\mu\text{m}$ 厚の P 型クラッド層、 $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0.0 \leq y \leq 1.0$) から成る中間組成層（緩衝層）、 $0.5\mu\text{m}$ 以上の厚さを有する GaP 電流拡散層（電流伝播層）を順次積層した発光素子用ウェーハを形成した。

[0064] 活性層は第一組成の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) 層から成る発光再結合層と、第二組成の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) 層から成る障壁層が交互に積層された多重障壁型活性層から構成される。

第一組成の Al 比率は第二組成の Al 比率より少ない比率に設定した。

[0065] 活性層には P 型クラッド層から N 型クラッド層へ向かって濃度が漸減するように P 型ドーパント（Zn および Mg の 2 種）をドーブした。具体的には、活性層を形成しつつ、DE Zn、 Cp_2Mg を流してガスドーブした。

濃度プロファイルは、P 型クラッド層との界面において、P 型ドーパントとしての Zn の濃度が $5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 、P 型ドーパントとしての Mg の濃度が $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

そして、P 型クラッド層から深さ $0.16\mu\text{m}$ の位置（活性層全厚 $0.48\mu\text{m}$ の $1/3$ ）までの領域の Zn の平均濃度が $2 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 、Mg 平均濃度が $0.5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ であった（平均濃度の合計値： $2.5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ ）。

また、深さ $0.16\mu\text{m}$ の位置から深さ $0.32\mu\text{m}$ の位置（全厚 $0.48\mu\text{m}$ の $1/3$ から $2/3$ ）までの領域における Zn 平均濃度が $0.5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 、Mg 平均濃度が $0.2 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ であった（平均濃度の合計値： $0.7 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ ）。

それ以降の深さ（深さ $2/3$ の位置から N 型クラッド層まで）の Mg 及び Zn の各々の平均濃度の合計値は $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であった。

このようにして製造したウェーハに電極を形成しダイシングを行い、ワイヤーボンディングを行って発光素子を製造した。

[0066] (比較例1)

以下のようにして発光素子を製造した。

[001] 方向に15度傾斜したGaAs基板上に有機金属気相成長法(MOVPE)法にて、 $1.0\mu\text{m}$ 厚の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) からなるエッチストップ層、 $1.0\mu\text{m}$ 厚のN型クラッド層、 $0.9\mu\text{m}$ 厚の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) からなる活性層、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) からなる $1.0\mu\text{m}$ 厚のP型クラッド層、 $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0.0 \leq y \leq 1.0$) から成る中間組成層(緩衝層)、 $0.5\mu\text{m}$ 以上の厚さを有するGaP電流拡散層(電流伝播層)を順次積層した発光素子用ウェーハを形成した。

[0067] 活性層は均一組成の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) 層から成り、かつ、ガスドーパ(DEZn、 Cp_2Mg 使用)により活性層のMg及びZnの各々の濃度の合計値は $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とした。

このようにして製造したウェーハに電極を形成しダイシングを行い、ワイヤーボンディングを行って発光素子を製造した。

[0068] (比較例2)

以下のようにして発光素子を製造した。

[001] 方向に15度傾斜したGaAs基板上に有機金属気相成長法(MOVPE)法にて、 $1.0\mu\text{m}$ 厚の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) からなるエッチストップ層、 $1.0\mu\text{m}$ 厚のN型クラッド層、 $0.9\mu\text{m}$ 厚の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) からなる活性層、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) からなる $1.0\mu\text{m}$ 厚のP型クラッド層、 $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0.0 \leq y \leq 1.0$) から成る中間組成層(緩衝層)、 $0.$

5 μm 以上の厚さを有するGaP電流拡散層（電流伝播層）を順次積層した発光素子用ウェーハを形成した。

[0069] 活性層は均一組成の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) 層から成り、また、ガスドーパ（DEZn、 Cp_2Mg 使用）により活性層のZnの濃度を $5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 、Mgの濃度を $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ で一定とした（濃度の合計値： $6 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ ）。

このようにして製造したウェーハに電極を形成しダイシングを行い、ワイヤーボンディングを行って発光素子を製造した。

[0070] 表2に実施例1、実施例2、比較例1、比較例2の発光素子について環境温度の違い（ 0°C vs 60°C ）による光出力比及び寿命特性を示す。

表2に示すように実施例1、2に関しては、環境温度の違いによる光出力比が0.86以上であり、かつ、寿命特性は87であり、これらの両方が良好な値であった。

一方、比較例1は活性層にドーパントがほとんど存在しないため、寿命特性は良好であるが、環境温度の違いによる光出力比は0.8となり、環境温度による輝度の変化が大きかった。また、比較例2は環境温度の違いによる光出力比は良好であったが、活性層のドーパントを漸減させず一定としたことにより、寿命特性が60%であり悪化してしまった。

[0071] [表2]

	相対光出力比 (0°C vs 60°C)	寿命特性 (%)
実施例 1	0.86	87
実施例 2	0.87	87
比較例 1	0.8	89
比較例 2	0.87	60

[0072] また、ガスドーパによる実施例1、2とは別に、少なくともP型クラッド層までの各層を形成後、熱処理を施してP型ドーパントをP型クラッド層から活性層に拡散させることで、実施例1、2と同等の傾斜ドーパの濃度プロ

ファイルを有し、かつ、同等の光出力比及び寿命特性を有する発光素子を製造できることを本発明者らは確認している。

[0073] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

請求の範囲

- [請求項1] N型クラッド層と活性層とP型クラッド層がこの順序で形成された発光部を有する発光素子であって、
- 前記活性層は、前記P型クラッド層側から前記N型クラッド層側へ濃度が漸減するP型ドーパントを含み、
- 前記活性層において、前記P型クラッド層から前記活性層の $1/3$ の厚さ分の位置までの領域の平均の前記P型ドーパントの濃度が $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることを特徴とする発光素子。
- [請求項2] 前記発光部は、AlGaInP系の化合物半導体からなることを特徴とする請求項1に記載の発光素子。
- [請求項3] 前記活性層において、前記P型クラッド層から前記活性層の $1/3$ の厚さ分の位置から $2/3$ の厚さ分の位置までの領域の平均の前記P型ドーパントの濃度が $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の発光素子。
- [請求項4] 前記活性層において、前記P型クラッド層から前記活性層の $2/3$ の厚さ分の位置からN型クラッド層までの領域の平均の前記P型ドーパントの濃度が $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることを特徴とする請求項3に記載の発光素子。
- [請求項5] N型クラッド層と活性層とP型クラッド層をこの順序で形成した発光部を有する発光素子の製造方法であって、
- 前記活性層において、前記P型クラッド層側から前記N型クラッド層側へP型ドーパントの濃度が漸減し、かつ、
- 前記活性層において、前記P型クラッド層から前記活性層の $1/3$ の厚さ分の位置までの領域の平均の前記P型ドーパントの濃度が $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $3.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下となるように前記P型ドーパントをドーピングして製造することを

特徴とする発光素子の製造方法。

[請求項6] 前記発光部を、 AlGaInP 系の化合物半導体からなるものとする
ことを特徴とする請求項5に記載の発光素子の製造方法。

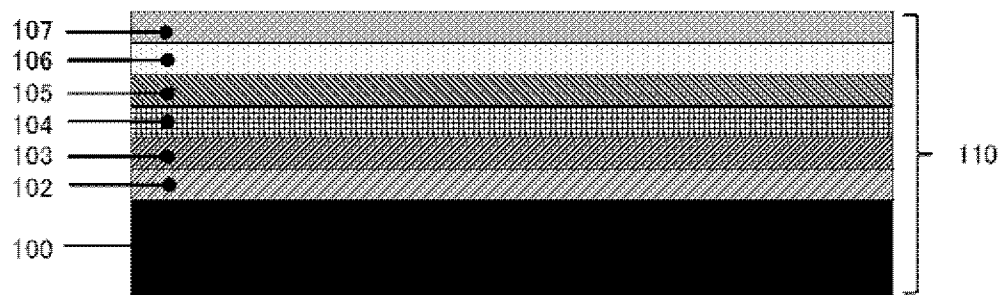
[請求項7] 前記活性層に前記P型ドーパントをドーピングするとき、
前記活性層において、前記P型クラッド層から前記活性層の $1/3$
の厚さ分の位置から $2/3$ の厚さ分の位置までの領域の平均の前記P
型ドーパントの濃度が $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 3.0
 $\times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下となるようにドーピングすることを特徴
とする請求項5または請求項6に記載の発光素子の製造方法。

[請求項8] 前記活性層に前記P型ドーパントをドーピングするとき、
前記活性層において、前記P型クラッド層から前記活性層の $2/3$
の厚さ分の位置からN型クラッド層までの領域の平均の前記P型ドー
パントの濃度が $0.3 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下となるように
ドーピングすることを特徴とする請求項7に記載の発光素子の製造方法。

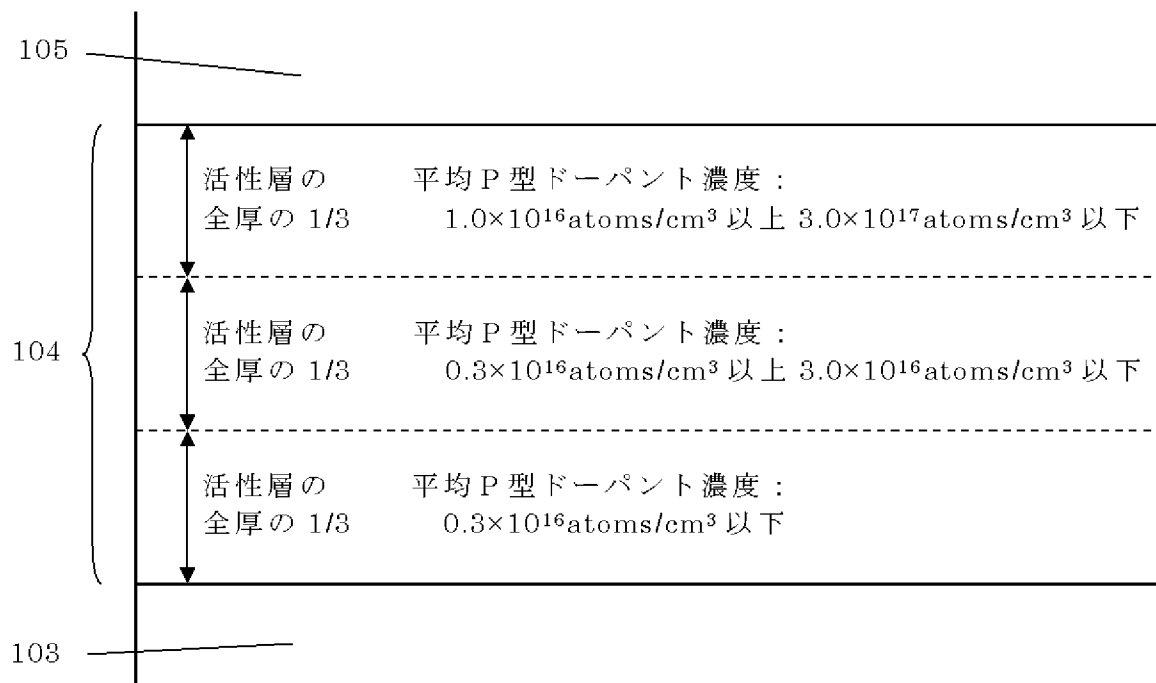
[請求項9] 前記活性層への前記P型ドーパントのドーピングを、
前記活性層を形成しつつガスドーピングにより行うことを特徴とする請
求項5から請求項8のいずれか一項に記載の発光素子の製造方法。

[請求項10] 前記活性層への前記P型ドーパントのドーピングを、
前記活性層を形成した後、前記P型ドーパントをドーピングした前記P
型クラッド層を形成してから熱処理を施して、前記P型クラッド層に
ドーピングした前記P型ドーパントを前記活性層に拡散させることにより
行うことを特徴とする請求項5から請求項8のいずれか一項に記載の
発光素子の製造方法。

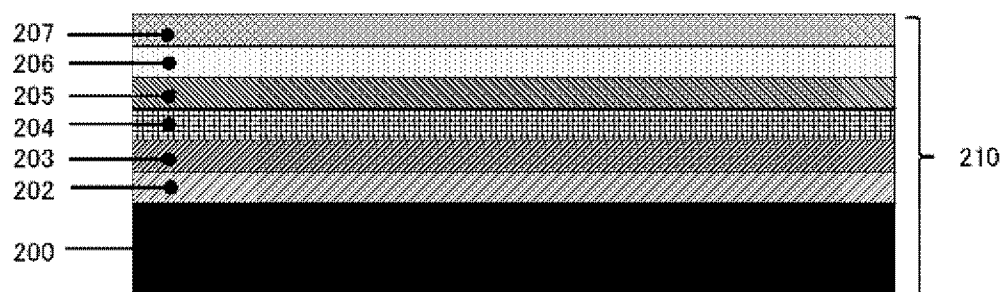
[図1]



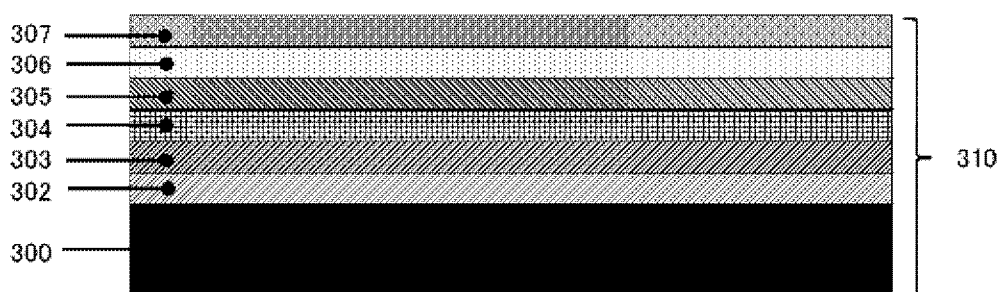
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/011575

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. C30B25/02 (2006.01) i, H01L33/30 (2010.01) i, H01L21/205 (2006.01) i, C30B29/40 (2006.01) i, C23C16/30 (2006.01) i

FI: H01L33/30, H01L21/205, C23C16/30, C30B29/40 502A, C30B25/02

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, H01S5/00-5/50, H01L21/205, H01L21/31, H01L21/365, H01L21/469, H01L21/86, C30B1/00-35/00, C23C16/00-16/56

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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 2006-19695 A (HITACHI CABLE LTD.) 19 January	1-8
Y	2006, paragraphs [0027]-[0037], fig. 1-4	9-10
X	JP 2012-129388 A (STANLEY ELECTRIC CO., LTD.) 05	1-3, 5-7
Y	July 2012, paragraphs [0021]-[0029], [0034]-[0037], fig. 1, 3, 4	4, 8-10
Y	JP 1-204489 A (TOSHIBA CORP.) 17 August 1989, page 2, upper left column, line 8 to upper right column, line 15, lower right column, line 15 to page 3, lower left column, line 14	9-10
Y	JP 7-254751 A (TOSHIBA CORP.) 03 October 1995, paragraphs [0021]-[0025]	9-10



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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
29.05.2020

Date of mailing of the international search report
09.06.2020

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/JP2020/011575

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 2006-269568 A (FUJI PHOTO FILM CO., LTD.) 05 October 2006, paragraph [0004]	9-10
Y	JP 2010-267776 A (STANLEY ELECTRIC CO., LTD.) 25 November 2010, paragraphs [0021]-[0039], [0051]- [0059], fig. 1-7	4, 8-10
A	US 6720571 B1 (UNITED EPITAXY COMPANY, LTD.) 13 April 2004, entire text, all drawings	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/011575

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2006-19695 A	19.01.2006	US 2006/0001042 A1 paragraphs [0100]- [0109], fig. 1-4 CN 1705143 A (Family: none)	
JP 2012-129388 A	05.07.2012		
JP 1-204489 A	17.08.1989	US 5034957 A column 3, lines 16- 22, column 4, line 43 to column 6, line 62 EP 328134 A2 (Family: none)	
JP 7-254751 A	03.10.1995		
JP 2006-269568 A	05.10.2006	US 2006/0220002 A1 paragraph [0006]	
JP 2010-267776 A	25.11.2010	US 2010/0289042 A1 paragraphs [0044]- [0064], [0076]- [0096], fig. 1-7	
US 6720571 B1	13.04.2004	DE 10043938 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C30B 25/02(2006.01)i; H01L 33/30(2010.01)i; H01L 21/205(2006.01)i; C30B 29/40(2006.01)i; C23C 16/30(2006.01)i FI: H01L33/30; H01L21/205; C23C16/30; C30B29/40 502A; C30B25/02																													
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）） H01L33/00-33/64; H01S5/00-5/50; H01L21/205; H01L21/31; H01L21/365; H01L21/469; H01L21/86; C30B1/00-35/00; C23C16/00-16/56 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年																			
日本国実用新案公報	1922-1996年																												
日本国公開実用新案公報	1971-2020年																												
日本国実用新案登録公報	1996-2020年																												
日本国登録実用新案公報	1994-2020年																												
C. 関連すると認められる文献 <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>JP 2006-19695 A（日立電線株式会社）19.01.2006（2006-01-19） [0027]-[0037], 図1-4</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>9-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>JP 2012-129388 A（スタンレー電気株式会社）05.07.2012（2012-07-05） [0021]-[0029], [0034]-[0037], 図1, 3-4</td> <td>1-3, 5-7</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>4, 8-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 1-204489 A（株式会社東芝）17.08.1989（1989-08-17） 第2項左上欄第8行-右上欄第15行, 右下欄第15行-第3項左下欄第14行</td> <td>9-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 7-254751 A（株式会社東芝）03.10.1995（1995-10-03） [0021]-[0025]</td> <td>9-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2006-269568 A（富士写真フイルム株式会社）05.10.2006（2006-10-05） [0004]</td> <td>9-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2010-267776 A（スタンレー電気株式会社）25.11.2010（2010-11-25） [0021]-[0039], [0051]-[0059], 図1-7</td> <td>4, 8-10</td> </tr> </tbody> </table>			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	JP 2006-19695 A（日立電線株式会社）19.01.2006（2006-01-19） [0027]-[0037], 図1-4	1-8	Y		9-10	X	JP 2012-129388 A（スタンレー電気株式会社）05.07.2012（2012-07-05） [0021]-[0029], [0034]-[0037], 図1, 3-4	1-3, 5-7	Y		4, 8-10	Y	JP 1-204489 A（株式会社東芝）17.08.1989（1989-08-17） 第2項左上欄第8行-右上欄第15行, 右下欄第15行-第3項左下欄第14行	9-10	Y	JP 7-254751 A（株式会社東芝）03.10.1995（1995-10-03） [0021]-[0025]	9-10	Y	JP 2006-269568 A（富士写真フイルム株式会社）05.10.2006（2006-10-05） [0004]	9-10	Y	JP 2010-267776 A（スタンレー電気株式会社）25.11.2010（2010-11-25） [0021]-[0039], [0051]-[0059], 図1-7	4, 8-10
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	JP 2006-19695 A（日立電線株式会社）19.01.2006（2006-01-19） [0027]-[0037], 図1-4	1-8																											
Y		9-10																											
X	JP 2012-129388 A（スタンレー電気株式会社）05.07.2012（2012-07-05） [0021]-[0029], [0034]-[0037], 図1, 3-4	1-3, 5-7																											
Y		4, 8-10																											
Y	JP 1-204489 A（株式会社東芝）17.08.1989（1989-08-17） 第2項左上欄第8行-右上欄第15行, 右下欄第15行-第3項左下欄第14行	9-10																											
Y	JP 7-254751 A（株式会社東芝）03.10.1995（1995-10-03） [0021]-[0025]	9-10																											
Y	JP 2006-269568 A（富士写真フイルム株式会社）05.10.2006（2006-10-05） [0004]	9-10																											
Y	JP 2010-267776 A（スタンレー電気株式会社）25.11.2010（2010-11-25） [0021]-[0039], [0051]-[0059], 図1-7	4, 8-10																											
☒ 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。																													
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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抵触するものではなく、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 </td> </tr> </table>			* 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抵触するものではなく、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																									
* 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抵触するものではなく、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 29.05.2020		国際調査報告の発送日 09.06.2020																											
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 百瀬 正之 2K 4084 電話番号 03-3581-1101 内線 3255																											

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	US 6720571 B1 (UNITED EPITAXY COMPANY, LTD.) 13.04.2004 (2004 - 04 - 13) 全文, 全図	1-10

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/011575

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2006-19695	A	19.01.2006	US 2006/0001042 A1 [0100]-[0109], FIG. 1-4 CN 1705143 A	
JP	2012-129388	A	05.07.2012	(ファミリーなし)	
JP	1-204489	A	17.08.1989	US 5034957 A 第3欄第16行-第22行, 第4欄 第43行-第6欄第62行 EP 328134 A2	
JP	7-254751	A	03.10.1995	(ファミリーなし)	
JP	2006-269568	A	05.10.2006	US 2006/0220002 A1 [0006]	
JP	2010-267776	A	25.11.2010	US 2010/0289042 A1 [0044]-[0064], [0076]- [0096], FIGs. 1-7	
US	6720571	B1	13.04.2004	DE 10043938 A1	