

(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9月3日(03.09.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/175125 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 33/04 (2010.01) H01S 5/323 (2006.01)
H01L 33/32 (2010.01) H01S 5/343 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/005085

(22) 国際出願日: 2020年2月10日(10.02.2020)

(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 2019-031415 2019年2月25日(25.02.2019) JP

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 江端一晃 (EBATA, Kazuaki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 谷保芳孝 (TANIYASU, Yoshitaka); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 熊倉一英 (KUMAKURA, Kazuhide); 〒1808585 東京都武

蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

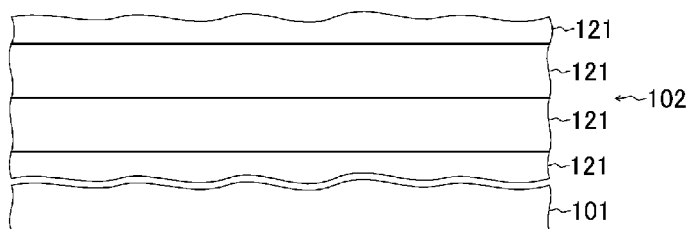
(74) 代理人: 山川 茂樹, 外 (YAMAKAWA, Shigeki et al.); 〒1006104 東京都千代田区永田町2丁目11番1号 山王パークタワー4階 山川国際特許事務所内 Tokyo (JP).

(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, 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,

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体装置



(57) Abstract: A p-type semiconductor layer (102) comprises a plurality of unit semiconductor layers (121). Each of the unit semiconductor layers (121) comprises a p-type nitride semiconductor having a polar surface or a semipolar surface as a major surface. The nitride semiconductor constituting the unit semiconductor layer (121) comprises a nitrogen and two or more elements. Each of the unit semiconductor layers (121) has a composition varying in the stacking direction such that, for example, the lattice constant in the c-axis direction increases in the +c-axis direction.

(57) 要約: p型半導体層(102)は、複数の単位半導体層(121)から構成され、複数の単位半導体層(121)の各々は、主表面を極性面または半極性面とされたp型の窒化物半導体から構成されている。単位半導体層(121)を構成する窒化物半導体は、窒素と2つ以上の元素から構成され、複数の単位半導体層(121)の各々は、例えばc軸方向の格子定数が+c軸方向に大きくなるように積層方向に組成が変化している。

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)）

明 細 書

発明の名称：半導体装置

技術分野

[0001] 本発明は、窒化物半導体から構成された半導体装置に関する。

背景技術

[0002] AlN 、 GaN 、 InN およびそれらの混晶に代表される窒化物半導体は、バンドギャップエネルギーが大きく、かつ直接遷移型の半導体材料であるという特徴を有している。このため、窒化物半導体は、紫外線から赤色までの広い発光波長範囲をカバーできる発光ダイオード（LED）や半導体レーザ（LD）などの半導体発光素子を構成する材料として注目されている。

[0003] 近年、窒化物半導体を用いた発光デバイスにおいて、発光波長を短波長化することにより、殺菌・浄水、各種医療分野、公害物質の高速分解処理などの非常に幅広い分野での応用が期待されている。例えば、深紫外領域（波長：200nm～350nm）で発光する半導体発光素子の研究開発が各研究機関で精力的に行われている。この種の発光デバイスでは、発光層への電流注入のために、p型の層とn型の層とが用いられる。しかし、p型の窒化物半導体は、アクセプタ準位が深いことから、室温において高い正孔濃度を有する低抵抗なp型半導体層を作製することが困難である（非特許文献1，2）。このため、p型の窒化物半導体の低抵抗化、とりわけ、大きなバンドギャップを有する AlGaN 系における低抵抗p型層の実現は、紫外発光素子の発展に大きく寄与する。

[0004] p型窒化物半導体の低抵抗化のためにp型で高い正孔濃度を実現する技術としては、アクセプタ不純物をドーピングした $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ （ $x \neq y$ ）超格子構造が挙げられる（特許文献1）。この技術では、超格子内に発生する分極電界を利用し、高濃度の正孔を得ている。しかしながら、上述した超格子構造では、 AlGaN バリア層がp型層から活性層への正孔注

入を阻害し、発光デバイスの発光効率が低下するなどの課題があった。他の高い正孔濃度を実現する技術として、Al組成を傾斜させたAlGaInによるp型層が提案されている（非特許文献3）。この技術ではp型AlGaInからなるp型層の正孔濃度はp型層の層厚に反比例するため、p型層の層厚増加とともに正孔濃度が低下する課題があった。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許3631157公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：H, Amano et al., "Growth and conductivity control of high quality AlGaIn and its application to high-performance ultraviolet laser diodes", Proc. SPIE, Vol. 7216, 72161B, 2009.

非特許文献2：H X Jiang and J Y Lin, "Hexagonal boron nitride for deep ultraviolet photonic devices", Semiconductor Science and Technology, vol. 29, 084003, 2014.

非特許文献3：J. Simon et al., "Polarization-Induced Hole Doping in Wide-Band-Gap Uniaxial Semiconductor Heterostructures", Science, vol. 327, 5961, pp. 60-64, 2010.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上記のように、AlGaInなどの窒化物半導体からなるp型層を発光デバイスに適用すると、正孔注入効率が低いため、発光効率の低下を招くという問題があった。

[0008] 本発明は、以上のような問題点を解消するためになされたものであり、窒化物半導体からなる正孔濃度が高く低抵抗なp型半導体層の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

- [0009] 本発明に係る半導体装置は、基板の上に形成されたp型半導体層を備え、p型半導体層は、複数の単位半導体層から構成され、複数の単位半導体層の各々は、主表面を極性面または半極性面とされたp型の窒化物半導体から構成され、窒化物半導体は、窒素と2つ以上の元素から構成され、複数の単位半導体層の各々は、積層方向に組成が変化している。
- [0010] 上記半導体装置の一構成例において、複数の単位半導体層の各々は、c軸方向の格子定数が+c軸方向に大きくなるように変化している。
- [0011] 上記半導体装置の一構成例において、複数の単位半導体層の各々は、組成が連続的に変化している。
- [0012] 上記半導体装置の一構成例において、複数の単位半導体層の各々は、不純物が導入されてp型とされている。
- [0013] 上記半導体装置の一構成例において、単位半導体層は、AlGaInから構成され、AlとGaとの組成比が積層方向に変化している。
- [0014] 上記半導体装置の一構成例において、基板の上に、発光層およびn型の半導体層をさらに備える。

発明の効果

- [0015] 以上説明したことにより、本発明によれば、窒化物半導体からなる正孔濃度が高く低抵抗なp型半導体層が提供できる。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]図1は、本発明の実施の形態に係る半導体装置の一部構成を示す断面図である。
- [図2]図2は、本発明のp型半導体層における正孔濃度の向上について説明する説明図である。
- [図3]図3は、実施例1におけるp型半導体層102の、HAADF-STEM像(a)、Al組成のEDSマッピング像(b)、Ga組成のEDSマッピング像(c)を示す特性図である。
- [図4]図4は、実施例2における各試料のホール濃度の測定結果を示す特性図である。

[図5]図5は、本発明のp型半導体層を用いた深紫外LEDの構成を示す斜視図である。

[図6]図6は、実施例3における各LED試料の発光スペクトルの測定結果を示す特性図である。

[図7]図7は、実施例3の深紫外LEDの発光強度の、単位半導体層の層厚依存性を示す特性図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の実施の形態に係る半導体装置について図1を参照して説明する。この半導体装置は、基板101の上に形成されたp型半導体層102を備える。p型半導体層102は、複数の単位半導体層121から構成され、複数の単位半導体層121の各々は、主表面を極性面または半極性面とされたp型の窒化物半導体から構成されている。基板101は、例えば、SiCから構成されている。例えば、窒化物半導体をc軸方向に結晶成長することで、主表面を極性面とした複数の単位半導体層121によるp型半導体層102が形成できる。

[0018] 単位半導体層121を構成する窒化物半導体は、窒素と2つ以上の元素から構成され、複数の単位半導体層121の各々は、積層方向に組成が変化している。例えば、複数の単位半導体層121の各々は、c軸方向への結晶成長により形成されている場合、c軸方向の格子定数が+c軸方向に大きくなるように変化している。なお、複数の単位半導体層121の各々は、格子が緩和しない範囲の厚さである場合、基板101の平面に平行な格子定数は、ほぼ一致している。

[0019] 単位半導体層121は、例えば、AlGa_xNから構成され、AlとGaとの組成比が積層方向に変化している。また、例えば、複数の単位半導体層121の各々は、組成が積層方向に連続的（例えば線形）に変化している。複数の単位半導体層121の各々は、組成が積層方向に階段状に変化する構成とすることもできる。また、複数の単位半導体層121の各々は、不純物が導入されてp型とされている。なお、このように、各々の組成が厚さ方向に

変化している複数の単位半導体層 1 2 1 の積層構造を、超格子構造と呼ぶ場合もある。

[0020] 実施の形態の半導体装置は、p型半導体層 1 0 2 に加え、例えば、基板 1 0 1 の上に、発光層およびn型の半導体層をさらに備える発光デバイスである。例えば、p型半導体層 1 0 2 と、n型の半導体層とで発光層を挟む構成とすることで、発光ダイオード（LED）が構成できる。また、p型半導体層 1 0 2 と、n型の半導体層とで発光層を挟む構成に、共振器を組み合わせることで、半導体レーザとすることができる。

[0021] 実施の形態によれば、p型半導体層 1 0 2 における正孔濃度をより高くすることができる。この点について、以下に説明する。以下では、p型半導体層 1 0 2 を、主表面の面方位を（0 0 0 1）面とした基板の上に結晶成長した AlGaIn から構成した場合を例に、正孔濃度の向上について図 2 を参照して説明する。

[0022] 図 2 の（a）は、紙面左から右にかけて（+c 軸方向に）Al の組成を減少させるように変化させた AlGaIn から構成した 1 つの組成傾斜層による p 型半導体層を示している。また、図 2 の（b）は、図 2 の（a）に示す p 型半導体層の層厚方向における分極電荷の変化を示している。また、図 2 の（c）は、図 2 の（a）に示す p 型半導体層の層全体の分極電荷の状態を示している。

[0023] 図 2 の（d）は、複数の組成傾斜層による p 型半導体層を示している。各組成傾斜層は、紙面左から右にかけて（+c 軸方向に）Al の組成を減少させるように変化させた AlGaIn から構成している。また、各組成傾斜層の Al 組成の変化量は、図 2 の（a）に示す p 型半導体層における Al 組成の変化量と同一としている。また、図 2 の（e）は、図 2 の（d）に示す p 型半導体層の層厚方向における分極電荷の変化を示している。また、図 2 の（f）は、図 2 の（d）に示す p 型半導体層の層全体の分極電荷の状態を示している。

[0024] c 軸方向に Al と Ga の組成比を変化させている $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}$ の組成傾斜

層では、c軸方向に隣り合う単位部分 (Unit) の間の各々において、正負の分極電荷が発生する。単位部分は、c軸方向にある一定の組成比の部分である。図2の(a)に示すp型半導体層と、図2の(d)に示すp型半導体層の各組成傾斜層とは、A1組成の変化量が同一である。

[0025] 図2の(b)および図2の(e)に示すように、隣り合うi番目の単位部分とi+1番目の単位部分との界面の実効的な分極電荷は「 $[(P^{sp_i} + P^{pe_i}) - (P^{sp_{i+1}} + P^{pe_{i+1}})] / q < 0$ 」の式で表すことができる。なお、 P^{sp} は自発分極、 P^{pe} はpiezo分極、 q は電気素量を示している。i番目の単位部分とi+1番目の単位部分との界面において実効的な分極電荷は負となる。

[0026] 以上のことより、図2の(a)に示すp型半導体層には、図2の(c)に示すように負の分極電荷が発生する。一方、図2の(d)に示す複数の組成傾斜層によるp型半導体層には、各組成傾斜層に、図2の(a)に示すp型半導体層と同じ負の分極電荷が発生する。このため、図2の(d)に示す複数の組成傾斜層によるp型半導体層は、図2の(a)に示すp型半導体層と比べて負の分極電荷を増加させることができる。

[0027] このように、主表面を極性面または半極性面とされたp型の窒化物半導体による複数の単位半導体層121からp型半導体層102を構成することは、負の分極電荷を増加させる技術として有効であることが分かる。窒化物半導体におけるアクセプタ不純物がイオン化し、負の分極電荷の領域に正孔が誘起されることでp型となるので、負の分極電荷の増加は、正孔濃度の増加につながる。

[0028] なお、各々の単位半導体層121には、アクセプタ不純物をドーピングすることでp型とすることが好ましい。このアクセプタ不純物として一般的にMgが用いられるが、これに限らず、Zn, Be, Ca, Sr、およびBaなどがアクセプタ不純物として適用可能である。各々の単位半導体層121におけるアクセプタ不純物の濃度は、 $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下が好ましい。各々の単位半導体層121におけるアクセプタ不純物の濃度が $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 未満であると、正孔濃度が低下し、例えば発光デバイスに

用いた際に p 型半導体層 102 のホール注入効率が低下するおそれがある。

[0029] また、各々の単位半導体層 121 におけるアクセプタ不純物の濃度が $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ を超えると、いわゆる自己補償効果のため正孔濃度が大幅に低下し、p 型半導体層 102 が高抵抗化するおそれがある。各々の単位半導体層 121 アクセプタ不純物の濃度は、2 次イオン質量分析法 (SIMS) により確認することができる。

[0030] なお、各々の単位半導体層 121 にアクセプタ不純物がドーピングされていない場合でも、各々の単位半導体層 121 にアクセプタ性の欠陥などが存在する場合、正孔供給源が存在するため p 型となりうる。また、各々の単位半導体層 121 にアクセプタ不純物がドーピングされていない場合でも、p 型半導体層 102 に、p 型の窒化物半導体による層が接して配置されている場合、正孔供給源が存在するため、p 型半導体層 102 は、p 型になりうる。

[0031] ところで、図 2 の (f) に示すように、図 2 の (d) に示す p 型半導体層では、隣り合う各組成傾斜層の界面に正の分極電荷が発生するため、この界面において正孔分布が不連続となり、空乏化するおそれがある。この、隣り合う各組成傾斜層の界面での空乏化を補償するための技術として、アクセプタ不純物のデルタドーピングが考えられる。例えば、隣り合う単位半導体層 121 の界面にアクセプタ不純物として Mg のデルタドーピングを行うことで、上記界面における価電子帯の障壁を低減することができる。

[0032] また、単位半導体層 121 は、全域が単結晶構造であることが好ましいが、結晶質の窒化物半導体の種々の性質を失わない程度に、部分的に、多結晶またはアモルファスな領域が偏在していてもよい。複数の単位半導体層 121 の各々の層厚は、p 型半導体層 102 の層厚に対して 2%~50% であることが好ましい。

[0033] 複数の単位半導体層 121 の各々の層厚が、p 型半導体層 102 の層厚に対して 2% 未満であると、隣り合う単位半導体層 121 の界面のポテンシャル障壁の数が増加するため、p 型半導体層 102 を発光デバイスに適用した

場合に正孔注入効率が低下するおそれがある。また、複数の単位半導体層 1 2 1 の各々の層厚が、p 型半導体層 1 0 2 の層厚に対して 5 0 % を超えると、正孔濃度が低下して高抵抗化するおそれがある。なお、より好ましくは、複数の単位半導体層 1 2 1 の各々の層厚は、p 型半導体層 1 0 2 の層厚に対して 5 % ~ 4 0 % である。

[0034] また、複数の単位半導体層 1 2 1 は、全て同じ層厚である必要はない。p 型半導体層 1 0 2 を構成する複数の単位半導体層 1 2 1 の一部が、他とは異なる層厚とされていてもよい。例えば、各々の層厚 2 0 n m の 1 0 層の単位半導体層 1 2 1 と、各々の層厚 5 0 n m の 2 層の単位半導体層 1 2 1 とから、層厚 3 0 0 n m の p 型半導体層 1 0 2 としてもよい。

[0035] 複数の単位半導体層 1 2 1 から構成した p 型半導体層 1 0 2 の断面構造は、高角散乱電子 (H A A D F) 像において、明瞭に確認される。なお、H A A D F 像とは、走査透過電子顕微鏡 (S T E M) によって得られる、高角度に非弾性散乱された電子の積分強度のマッピング像である。H A A D F 像においては、像強度は原子番号の 2 乗に比例し、原子番号が大きい原子が存在する箇所ほど明るく (白く) 観察される。

[0036] また、複数の単位半導体層 1 2 1 から構成した p 型半導体層 1 0 2 の元素分布は、エネルギー分散型 X 線分光法 (E D S) で元素分析することで特定される。E D S は、S T E M 装置に付帯している E D S 測定装置により測定される。その他の元素分析方法としては、S I M S がある。

[0037] 実施の形態における p 型半導体層 1 0 2 (単位半導体層 1 2 1) は、例えば、種々のエピタキシャル成長法により形成することができる。エピタキシャル成長法は、例えば、M O V P E (metal organic vapor phase epitaxy) 法を採用することが好ましい。なお、エピタキシャル成長法は、M O V P E 法に限らず、例えば、H V P E (hydride vapor phase epitaxy) 法、M B E (molecular beam epitaxy) 法、スパッタ法などを採用してもよい。

[0038] p 型半導体層 1 0 2 は、基板 1 0 1 を準備した後、基板 1 0 1 をエピタキシャル成長装置の成膜室に導入 (搬入) し、エピタキシャル成長法により単

位半導体層 1 2 1 を積層することで製造する。エピタキシャル成長装置として MOVPE 装置を採用し、単位半導体層 1 2 1 を AlGaIn から構成する場合、 Al の原料ガスとしては、トリメチルアルミニウム (TMAI) を採用することが好ましい。また、 Ga の原料ガスとしては、トリメチルガリウム (TMGa) を採用することが好ましい。 N の原料ガスとしては、 NH_3 を採用することが好ましい。また、 p 型導電性に寄与する不純物である Mg の原料ガスとしては、ビスシクロペンタジエニルマグネシウム (Cp_2Mg) を採用することが好ましい。また、キャリアガスとしては、例えば、 H_2 ガス、 N_2 ガス、 H_2 ガスと N_2 ガスとの混合ガスなどを採用することが好ましい。また各原料ガスは、特に限定されず、例えば、 Ga の原料ガスとしてトリエチルガリウム (TEGa)、 N の原料ガスとしてヒドラジン誘導体などを採用してもよい。

[0039] 上述したことにより複数の単位半導体層 1 2 1 を積層した後、 p 型不純物を活性化するための加熱を行う。加熱を行うための加熱装置としては、例えば、ランプ加熱装置、電気炉などを採用することができる。 p 型不純物は、アクセプタ不純物を意味し、例えば Mg である。

[0040] 上述した例では、単位半導体層 1 2 1 として、主表面を (0001) 面とした基板 1 0 1 の上に $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ を結晶成長しているが、これに限るものではない。例えば、主表面を $(000-1)$ 面とした基板 1 0 1 の上に $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ を結晶成長することでも、複数の単位半導体層 1 2 1 による p 型半導体層 1 0 2 が形成可能である。この場合、複数の単位半導体層 1 2 1 は、 $-c$ 軸方向に結晶成長するものとなり、結晶成長方向に対して Al 組成 x を増加させることで、負の分極電荷が誘起され正孔が生成される。また、主表面を $(1-102)$ 面とした基板 1 0 1 の上に $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ を結晶成長することでも、複数の単位半導体層 1 2 1 による p 型半導体層 1 0 2 を形成することもできる。

[0041] また、基板 1 0 1 は、 SiC に限らず、サファイア、 GaN 、 AlN 、 MgAl_2O_4 、 SiO_2 、 MgO 、 ZnO 、 NdGaO_3 、 ScAlMgO_4 、 Zn

S、GaAsSiなどの他の材料から構成することもできる。また、単位半導体層121は、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ に限らず、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 、 $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ 、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ や、これらの組み合わせから構成することもできる。

[0042] ところで、p型半導体層102の正孔濃度は、ホール効果測定法により測定することができる。詳細は以下に示すが、p型半導体層102の正孔濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上であり、正孔濃度の活性化エネルギーが150 meV以下であると、p型半導体層102を発光デバイスに適用した場合に良好な発光特性が得られやすい。活性化エネルギーは、p型半導体層102のホール効果測定の際に温度を変えて測定し、キャリア濃度の対数を温度の逆数に対してプロット（アレニウスプロット）したときの傾きによって求められる。

[0043] 実施の形態のp型半導体層102（単位半導体層121）は、高いAl組成（ $x > 0.7$ ）においても、 10^{17} cm^{-3} 以上の高い正孔濃度が得られるため、発光波長300 nm以下の深紫外LEDや深紫外LDにおいても好適に適用可能である。

[0044] 以下、実施例を用いてより詳細に説明する。

[0045] [実施例1]

はじめに、実施例1について説明する。実施例1では、半絶縁性4H-SiCからなり、主表面の面方位を（0001）とした基板101の上に、まず、MOVPE法によりAlNを成長させてバッファ層を形成し、このバッファ層の上に複数の単位半導体層121を積層してp型半導体層102を形成した。単位半導体層121は、Mgドープ $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ から構成し、厚さ20 nmとした。複数の単位半導体層121の各々は、Alの組成xを結晶成長方向に対して0.9から0.7に減少させた。また、10層の単位半導体層121からp型半導体層102を構成した。

[0046] 図3に、上述した実施例1におけるp型半導体層102の、HAADF-STEM像（a）、Al組成のEDSマッピング像（b）、Ga組成のEDSマッピング像（c）を示す。この測定には、JEM-ARM200F（日

本電子製)を利用し、測定における加速電圧は200kVとした。ADEPT 1010 (ULVAC PHI製)を用いたSIMSの測定により、単位半導体層121におけるMgのドーピング量は $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であることが分かった。また、同じSIMSによる測定で、単位半導体層121においては、Al組成 x が0.9から0.7に変化していることが確認された。

[0047] なお、図3の(a)のHAADF-STEM像に示すように、隣り合う単位半導体層121の界面は急峻であり、層厚20nmの単位半導体層121が作製されていることが確認された。また、図3の(b), (c)のEDSマッピング像から、AlおよびGaの組成は、結晶成長方向に対して線形に変化している状態で、単位半導体層121が繰り返し積層されていることが確認された。なお、1つの単位半導体層121における平均Al組成は $x = 0.8$ である。

[0048] [実施例2]

次に、実施例2について説明する。実施例2では、前述した実施例1と同様に、半絶縁性4H-SiCからなり、主表面の面方位を(0001)とした基板101の上に、まず、MOVPE法によりAlNを成長させてバッファ層を形成し、このバッファ層の上に複数の単位半導体層121を積層し、厚さ200nmのp型半導体層102を形成した。

[0049] 実施例2では、厚さ5nmの単位半導体層121を40層積層してp型半導体層102とした試料1、厚さ10nmの単位半導体層121を20層積層してp型半導体層102とした試料2、厚さ20nmの単位半導体層121を10層積層してp型半導体層102とした試料3、厚さ50nmの単位半導体層121を4層積層してp型半導体層102とした試料4、厚さ100nmの単位半導体層121を2層積層してp型半導体層102とした試料5を作製した。いずれの試料においても、1つの単位半導体層121においては、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ のAl組成 x を、結晶成長方向に対して0.9から0.7に減少させた。いずれの試料においては、Mgのドーピング量は $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ である。また、各試料を作製した後に、ランプ加熱装置を用い、800

℃で10分間、N₂フローをしながら加熱して、活性化を実施した。

[0050] また、比較例として、Mgをドーピングしたp型のAl_xGa_{1-x}Nからなる層厚200nmのp型半導体層による比較試料1を作製した。比較試料1においては、Al_xGa_{1-x}NのAl組成xを、p型半導体層の結晶成長方向に対して0.9から0.7に減少させた。比較試料1は、厚さ200nmの1層の単位半導体層121からp型半導体層102を構成した試料である。また、比較例として、Mgをドーピングしたp型のAl_{0.8}Ga_{0.2}Nからなる層厚200nmのp型半導体層による比較試料2を作製した。比較試料2は、厚さ方向に組成が変化していない。いずれの比較試料においては、Mgのドーピング量は $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ である。また、各比較試料を作製した後に、ランプ加熱装置を用い、800℃で10分間、N₂フローをしながら加熱して、活性化を実施した。

[0051] 実施例2では、試料1～5のp型半導体層102、比較試料1、2におけるp型半導体層の正孔濃度を測定した。正孔濃度は「van der Pauw」法を用いて測定することができる。ホール効果測定装置およびその測定条件例は以下に示す。

[0052] ・ホール効果測定装置：東陽テクニカ製の「Resi Test 8300」

。

・測定条件：室温（約25℃）、約0.25 [T]、約 $10^{-4} \sim 10^{-9}$ [A]、AC磁場ホール測定。

・試料形状は、平面視約5mm×5mmの板状とした。

[0053] 上述したホール濃度の測定結果を図4に示す。図4に示すように、厚さ20nmまでは、単位半導体層121の厚さが小さいほど、正孔濃度が高いことがわかる。単位半導体層121の厚さを50nm以下にすることで 10^{17} cm^{-3} 以上の正孔濃度が得られている（試料1～4）。この結果は、比較試料1と比較して、1ケタ以上の正孔濃度が上昇している。分極ドーピングに加え、複数の単位半導体層121からp型半導体層102を構成することで、多くの負の分極電荷が各単位半導体層121に誘起されるため、正孔濃度が増

加したためと考えられる。また、比較試料 2 については、抵抗率が $9.6 \times 10^4 \Omega \text{ cm}$ と高いため、ホール効果測定を用いて正孔濃度を測定することができなかった。非特許文献 1, 2 に記載されていることから、比較試料 2 の正孔濃度は 10^{14} cm^{-3} 以下と考えられる。

[0054] また、試料 2 と、比較試料 1 について、温度を室温から 500 K まで変化させて正孔濃度の温度依存性の測定を行った。 $p = n_0 \exp(-E_a / kT)$ の式にしたがって、横軸に温度の逆数、縦軸に正孔濃度の対数を取り、その傾き（活性化エネルギー＝ E_a ）を求めた。ここで、「 T 」は温度、「 p 」は温度 T での正孔濃度、「 n_0 」は定数、「 E_a 」は活性化エネルギー、そして「 k 」はボルツマン定数を示す。この結果、試料 2 は、活性化エネルギーが 52 meV となった。一方、比較試料 1 の活性化エネルギーは 171 meV となり、試料 2 より活性化エネルギーが高くなり、比較試料 1 は試料 2 より温度依存性が高いことが分かった。

[0055] [実施例 3]

実施例 3 では、深紫外 LED を作製して評価を実施した。作製した深紫外 LED について、図 5 を参照して説明する。この深紫外 LED は、基板 201 の上にバッファ層 202、 n 型半導体層 203、発光層 204、電子ブロック層 205、 p 型半導体層 206、コンタクト層 207 を備える。また、発光層 204、電子ブロック層 205、 p 型半導体層 206、コンタクト層 207 によるメサの周囲において、 n 型半導体層 203 の上に電極 208 が形成されている。また、コンタクト層 207 の上に、半透明電極層 209、電極 210 が形成されている。

[0056] 基板 201 は、半絶縁性 4H-SiC から構成され、主表面の面方位が (0001) とされている。バッファ層 202 は、AlN から構成され、 n 型半導体層 203 は、シリコンをドーピングした n 型の AlN/AlGaN 超格子から構成され、発光層 204 は、AlGaN の多重量子井戸から構成され、電子ブロック層 205 は、AlN から構成されている。また、 p 型半導体層 206 は、前述した実施の形態の p 型半導体層 102 であり、各々が AlGa

Nから構成され組成が変化している複数の単位半導体層から構成されている。また、コンタクト層207は、Mgがドーピングされたp型のGa_{1-x}Nから構成されている。

[0057] 各半導体の層は、MOVPE法により基板201の上に順次に結晶成長することで形成することができる。また、発光層204、電子ブロック層205、p型半導体層206、コンタクト層207を、公知のリソグラフィ技術およびエッチング技術によりパターニングすることでメサを形成し、このメサの周囲にn型半導体層203の上面を露出させる。このようにして露出させたn型半導体層203の上面に、よく知られた蒸着法およびリフトオフ法により、Ti/Al/Ni/Auの電極208を形成する。また、メサに形成したコンタクト層207の上に、Pd/Auの半透明電極層209を形成し、半透明電極層209の上に、Auからなる電極210を形成する。

[0058] 実施例3では、厚さ10nmの単位半導体層を20層積層してp型半導体層206としたLED試料1、厚さ20nmの単位半導体層を10層積層してp型半導体層206としたLED試料2、厚さ50nmの単位半導体層を4層積層してp型半導体層206としたLED試料3、厚さ100nmの単位半導体層を2層積層してp型半導体層206としたLED試料4を作製した。いずれのLED試料においても、1つの単位半導体層においては、Al_xGa_{1-x}NのAl組成xを、結晶成長方向に対して0.9から0.7に減少させた。いずれのLED試料においては、Mgのドーピング量は $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ である。また、各LED試料を作製した後に、ランプ加熱装置を用い、800°Cで10分間、N₂フローをしながら加熱して、活性化を実施した。

[0059] また、比較例として、Mgをドーピングしたp型のAl_xGa_{1-x}Nからなる層厚200nmのp型半導体層206による比較LED試料1を作製した。比較LED試料1においては、Al_xGa_{1-x}NのAl組成xを、p型半導体層206の結晶成長方向に対して0.9から0.7に減少させた。比較LED試料1は、厚さ200nmの1層の単位半導体層からp型半導体層206を構成した試料である。また、比較例として、Mgをドーピングしたp型のAl_{0.8}Ga_{0.2}

Nからなる層厚200nmのp型半導体層206による比較LED試料2を作製した。比較LED試料2は、厚さ方向に組成が変化していない。いずれの比較LED試料においては、Mgのドーピング量は $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ である。また、各比較LED試料を作製した後に、ランプ加熱装置を用い、800℃で10分間、N₂フローをしながら加熱して、活性化を実施した。

[0060] 上述した各LED試料について発光スペクトルの測定結果を図6に示す。図6において、(a)は、LED試料1の発光スペクトルの測定結果を示し、(b)は、LED試料2の発光スペクトルの測定結果を示し、(c)は、LED試料3の発光スペクトルの測定結果を示し、(d)は、LED試料4の発光スペクトルの測定結果を示す。また、図6において、(e)は、比較LED試料1の発光スペクトルの測定結果を示し、(f)は、比較LED試料2の発光スペクトルの測定結果を示す。

[0061] 図6に示す波長252nm付近に観測されたELピークは、発光層204を構成するAlGaIn多重量子井戸からの発光である。図6のLED試料1～4の結果に示されているように、複数の単位半導体層からp型半導体層206を構成することで、比較LED試料1、2に対して発光強度が増大した。

[0062] 図7に、実施例3の深紫外LEDの発光強度の、単位半導体層の層厚依存性の結果を示す。層厚200nmから薄くするにしたがって発光強度が増加し、層厚50nm(LED試料3)で最大値となった。単位半導体層の層厚50nmのLED試料3は、比較LED試料1に対して約8倍の発光強度である。複数の単位半導体層からp型半導体層206を構成し、単位半導体層の層厚を短くすることで、多くの負の分極電荷が誘起されるため、p型半導体層206の正孔濃度が増加する。この結果、p型半導体層206から発光層204への正孔注入効率が増加し、発光強度が増大したと考えられる。

[0063] 一方、単位半導体層の層厚を50nmからさらに薄くすると、発光強度が低下していく傾向が見られた。この原因として、単位半導体層の薄層化に伴い、隣り合う単位半導体層の界面のポテンシャル障壁の数が増加するため、

p型半導体層206から発光層204への正孔注入効率が低下したことが考えられる。以上から、発光強度を高めるためには、p型半導体層206における高正孔濃度、および単位半導体層界面のポテンシャルバリア数の低減の両方が必要であることが分かる。

[0064] 以上に説明したように、本発明では、p型半導体層を、複数の単位半導体層から構成し、複数の単位半導体層の各々を、主表面を極性面または半極性面とされたp型の窒化物半導体から構成し、複数の単位半導体層の各々は、積層方向に組成を変化させた。この結果、本発明によれば、窒化物半導体からなる正孔濃度が高く低抵抗なp型半導体層が提供できる。

[0065] 本発明によれば、LEDやLDの、p型半導体層から発光層（活性層）へのホール注入効率が改善され、発光強度を増大させることができる。例えば、単位半導体層を、Al組成 $x > 0.7$ とした $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ から構成したp型半導体層は、 10^{17}cm^{-3} 以上の高い正孔濃度が得られるため、発光波長300nm以下の深紫外LEDや深紫外LDに好適に用いることができる。

[0066] なお、本発明は以上に説明した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想内で、当分野において通常の知識を有する者により、多くの変形および組み合わせが実施可能であることは明白である。

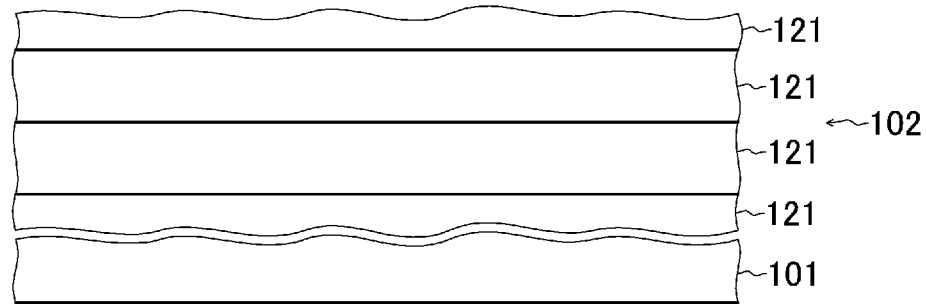
符号の説明

[0067] 101…基板、102…p型半導体層、121…単位半導体層。

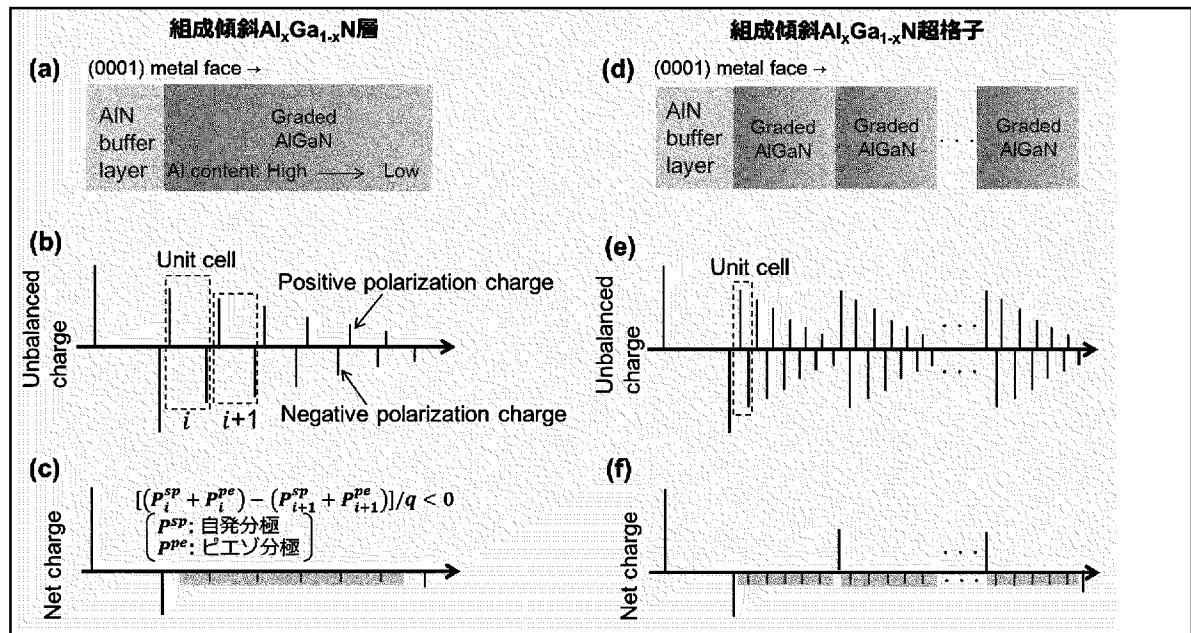
請求の範囲

- [請求項1] 基板の上に形成された p 型半導体層を備え、
前記 p 型半導体層は、複数の単位半導体層から構成され、
前記複数の単位半導体層の各々は、主表面を極性面または半極性面とされた p 型の窒化物半導体から構成され、
前記窒化物半導体は、窒素と 2 つ以上の元素から構成され、
前記複数の単位半導体層の各々は、積層方向に組成が変化していることを特徴とする半導体装置。
- [請求項2] 請求項 1 記載の半導体装置において、
前記複数の単位半導体層の各々は、c 軸方向の格子定数が + c 軸方向に大きくなるように変化していることを特徴とする半導体装置。
- [請求項3] 請求項 1 または 2 記載の半導体装置において、
前記複数の単位半導体層の各々は、組成が連続的に変化していることを特徴とする半導体装置。
- [請求項4] 請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の半導体装置において、
前記複数の単位半導体層の各々は、不純物が導入されて p 型とされていることを特徴とする半導体装置。
- [請求項5] 請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の半導体装置において、
前記単位半導体層は、A l G a N から構成され、A l と G a との組成比が積層方向に変化していることを特徴とする半導体装置。
- [請求項6] 請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の半導体装置において、
前記基板の上に、発光層および n 型の半導体層をさらに備えることを特徴とする半導体装置。

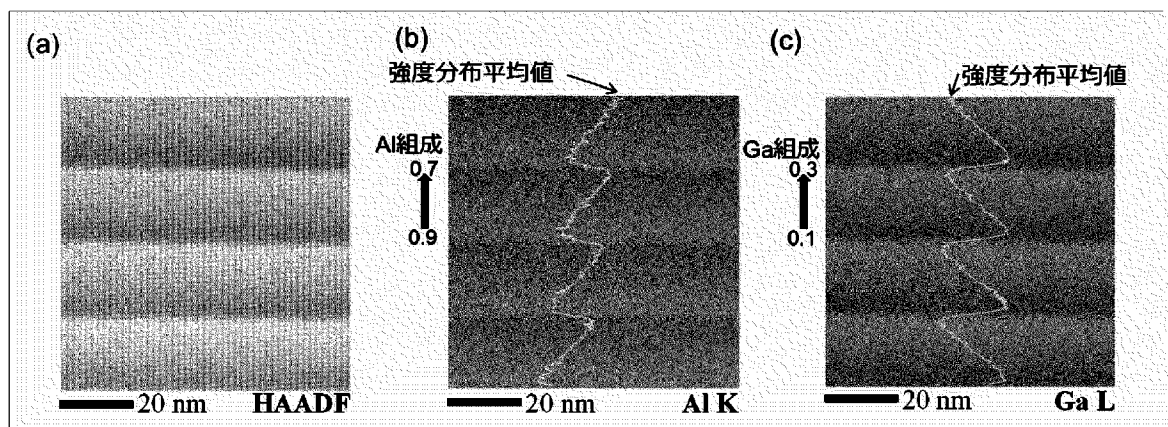
[図1]



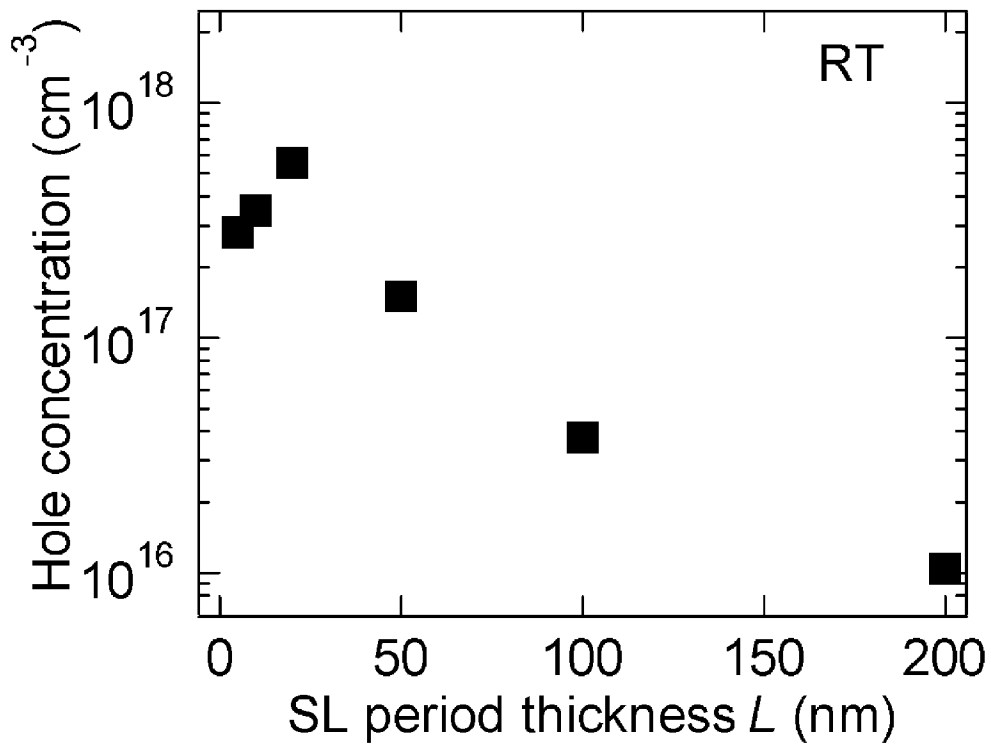
[図2]



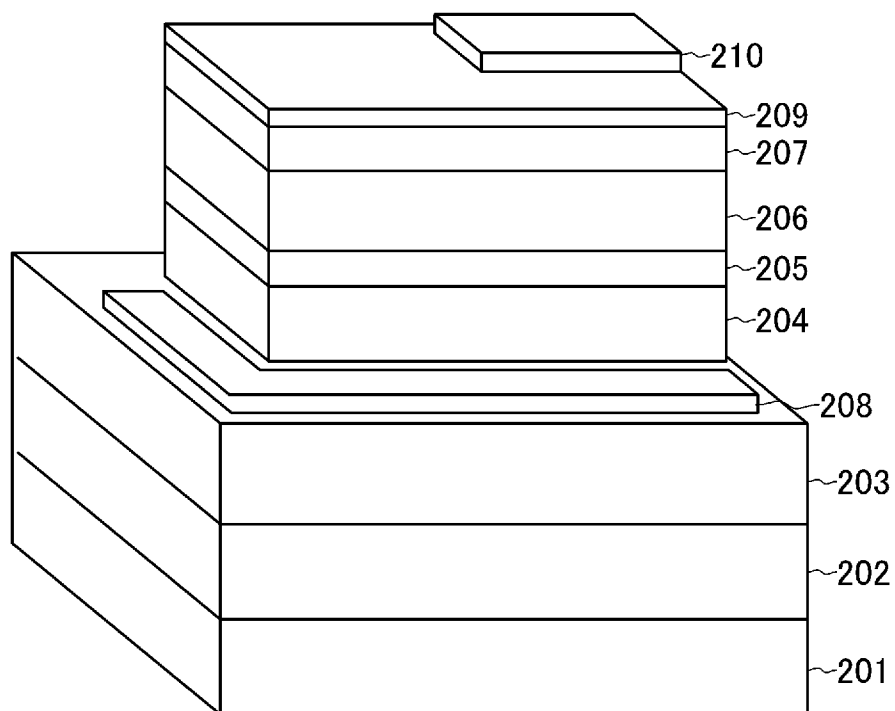
[図3]



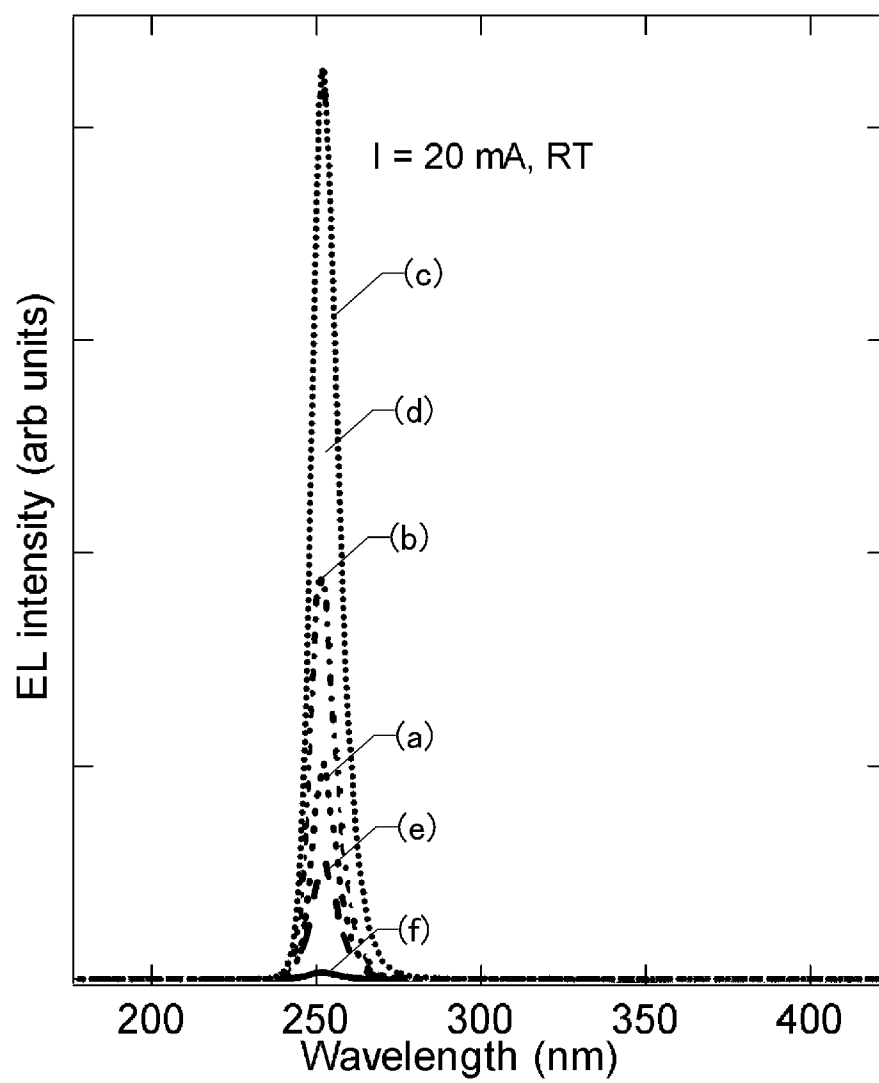
[図4]



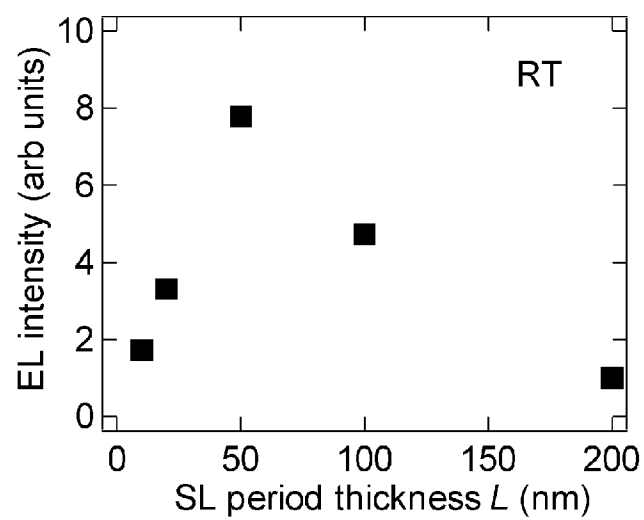
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/005085

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L 33/04 (2010.01)i; H01L 33/32 (2010.01)i; H01S 5/323 (2006.01)i; H01S 5/343 (2006.01)i FI: H01L33/04; H01L33/32; H01S5/323 610; H01S5/343 610 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; H01S5/00-5/50 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 2006-344689 A (ROHM CO., LTD.) 21.12.2006 (2006-12-21) paragraphs [0034]-[0131], fig. 1-12	1-6
A	US 2017/0200865 A1 (TRUSTEES OF BOSTON UNIVERSITY) 13.07.2017 (2017-07-13)	1-6
A	JP 2017-517148 A (THE SILANNA GROUP PTY LIMITED) 22.06.2017 (2017-06-22)	1-6
A	JP 2014-116580 A (PALO ALTO RESEARCH CENTER INC.) 26.06.2014 (2014-06-26)	1-6
A	JP 2000-223790 A (TOSHIBA CORP.) 11.08.2000 (2000-08-11)	1-6
A	WO 98/31055 A1 (NICHIA CHEMICAL INDUSTRIES, LTD.) 16.07.1998 (1998-07-16)	1-6
☐ 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 17 April 2020 (17.04.2020)		Date of mailing of the international search report 12 May 2020 (12.05.2020)
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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/005085

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2006-344689 A	21 Dec. 2006	US 2006/0273329 A1 paragraphs [0051]- [0148], fig. 1-12	
US 2017/0200865 A1	13 Jul. 2017	WO 2016/004374 A1	
JP 2017-517148 A	22 Jun. 2017	US 2016/0149074 A1 WO 2015/181657 A1 CN 106537617 A	
JP 2014-116580 A	26 Jun. 2014	KR 10-2017-0013247 A US 2014/0231745 A1 EP 2709170 A2 KR 10-2014-0035813 A	
JP 2000-223790 A	11 Aug. 2000	(Family: none)	
WO 98/31055 A1	16 Jul. 1998	US 6172382 B1 EP 1017113 A1 CN 1249853 A KR 2000-0069995 A CA 2276335 A1 JP 10-335757 A JP 11-177175 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 33/04(2010.01)i; H01L 33/32(2010.01)i; H01S 5/323(2006.01)i; H01S 5/343(2006.01)i FI: H01L33/04; H01L33/32; H01S5/323 610; H01S5/343 610																																			
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 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 2006-344689 A（ローム株式会社）21.12.2006（2006-12-21） 段落[0034]-[0131], 図1-12</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2017/0200865 A1（TRUSTEES OF BOSTON UNIVERSITY）13.07.2017（2017-07-13）</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2017-517148 A（ザ・シランナ・グループ・プロプライエタリー・リミテッド） 22.06.2017（2017-06-22）</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2014-116580 A（パロ・アルト・リサーチ・センター・インコーポレーテッド） 26.06.2014（2014-06-26）</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2000-223790 A（株式会社東芝）11.08.2000（2000-08-11）</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 98/31055 A1（日亜化学工業株式会社）16.07.1998（1998-07-16）</td> <td>1-6</td> </tr> </tbody> </table> ☐ 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</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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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></td> </tr> </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 2006-344689 A（ローム株式会社）21.12.2006（2006-12-21） 段落[0034]-[0131], 図1-12	1-6	A	US 2017/0200865 A1（TRUSTEES OF BOSTON UNIVERSITY）13.07.2017（2017-07-13）	1-6	A	JP 2017-517148 A（ザ・シランナ・グループ・プロプライエタリー・リミテッド） 22.06.2017（2017-06-22）	1-6	A	JP 2014-116580 A（パロ・アルト・リサーチ・センター・インコーポレーテッド） 26.06.2014（2014-06-26）	1-6	A	JP 2000-223790 A（株式会社東芝）11.08.2000（2000-08-11）	1-6	A	WO 98/31055 A1（日亜化学工業株式会社）16.07.1998（1998-07-16）	1-6	* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
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 2006-344689 A（ローム株式会社）21.12.2006（2006-12-21） 段落[0034]-[0131], 図1-12	1-6																																	
A	US 2017/0200865 A1（TRUSTEES OF BOSTON UNIVERSITY）13.07.2017（2017-07-13）	1-6																																	
A	JP 2017-517148 A（ザ・シランナ・グループ・プロプライエタリー・リミテッド） 22.06.2017（2017-06-22）	1-6																																	
A	JP 2014-116580 A（パロ・アルト・リサーチ・センター・インコーポレーテッド） 26.06.2014（2014-06-26）	1-6																																	
A	JP 2000-223790 A（株式会社東芝）11.08.2000（2000-08-11）	1-6																																	
A	WO 98/31055 A1（日亜化学工業株式会社）16.07.1998（1998-07-16）	1-6																																	
* 引用文献のカテゴリー	“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																																		
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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																																		
“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	“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																																		
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献																																		
“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																																			
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日																																		
17.04.2020	12.05.2020																																		
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） 大和田 有軌 2K 3004 電話番号 03-3581-1101 内線 3255																																		

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/JP2020/005085

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2006-344689	A	21.12.2006	US	2006/0273329	A1	
				段落[0051]-[0148], 図1-12			
US	2017/0200865	A1	13.07.2017	WO	2016/004374	A1	
JP	2017-517148	A	22.06.2017	US	2016/0149074	A1	
				WO	2015/181657	A1	
				CN	106537617	A	
				KR	10-2017-0013247	A	
JP	2014-116580	A	26.06.2014	US	2014/0231745	A1	
				EP	2709170	A2	
				KR	10-2014-0035813	A	
JP	2000-223790	A	11.08.2000	(ファミリーなし)			
WO	98/31055	A1	16.07.1998	US	6172382	B1	
				EP	1017113	A1	
				CN	1249853	A	
				KR	2000-0069995	A	
				CA	2276335	A1	
				JP	10-335757	A	
				JP	11-177175	A	