

(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
2022年1月20日(20.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/013910 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 33/32 (2010.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/027223

(22) 国際出願日: 2020年7月13日(13.07.2020)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(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: 平間 一行 (HIRAMA, Kazuyuki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 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 N T T 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 N T T 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).

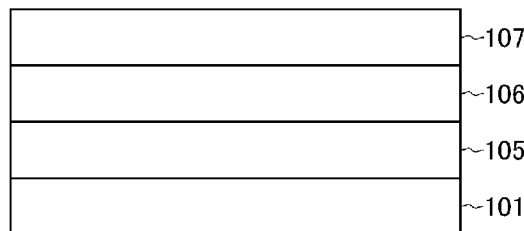
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, 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,

(54) Title: LIGHT EMITTING ELEMENT AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) 発明の名称: 発光素子およびその製造方法

[図1D]



(57) Abstract: This light emitting element is provided with: a light emitting layer (106) which is formed of an i-type layered nitride semiconductor; a first semiconductor layer (105) which is arranged on one surface of the light emitting layer (106), while being formed of a p-type layered nitride semiconductor or a p-type diamond; and a second semiconductor layer (107) which is arranged on the other surface of the light emitting layer (106), while being formed of an n-type layered nitride semiconductor.

(57) 要約: 発光素子は、i型とされた層状の窒化物半導体からなる発光層(106)と、発光層(106)の一方の面に配置され、p型とされた層状の窒化物半導体またはp型とされたダイヤモンドからなる第1半導体層(105)と、発光層(106)の他方の面に配置され、n型とされた層状の窒化物半導体からなる第2半導体層(107)とを備える。

[続葉有]



WO 2022/013910 A1

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：発光素子およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、層状物質から構成された発光素子およびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 2Hの積層構造を持つ層状六方晶窒化ホウ素（h-BN）は、電子線照射による研究から、紫外領域で高い外部量子効率を示すことが報告されており、殺菌や高密度情報ストレージが可能な発光デバイスへの応用が期待されている。六方晶窒化ホウ素は、約215nmの発光波長に対応するバンドギャップエネルギーを有している半導体材料であるが、ホウ素以外のⅢ族元素であるAl、Ga、Inとの混晶によって、発光波長をコントロールすることも可能である。

[0003] ここで、h-BNを用いた深紫外線を発光する発光デバイスについて、図3を参照して説明する（非特許文献1参照）。この発光デバイスは、まず、真空容器301と、真空容器301の1つの面を構成するガラス板302と、ガラス板302の真空容器301の内部側に形成された発光層303とを備える。また、この発光デバイスは、発光層303に加速電圧を印加する電源304と、発光層303に電子線321を照射する電子線源305とを備える。

[0004] 発光層303は、アンドープのh-BN粉末から構成されている。電子線源305は、電界放出型の電子銃311と、電子銃311に電圧を印加する定電圧回路312と、電子銃311から電子を電界放出させるためのゲート電極313と、ゲート電極313にゲート電圧を印加するゲート電源314とを備える。

[0005] 電子線源305から発光層303に照射された高エネルギーの電子線321によって、発光層303のh-BN内に電子と正孔が生成する。この正孔

と電子が再結合することによって、波長 225 nm を中心とした光 322 が、発光層 303 から発生する。h-BN の自由励起子に由来する発光波長は 215 nm であるが、波長 225 nm の発光は、不純物や結晶欠陥による束縛励起子や自由励起子のフォノンレプリカなどに由来している。

先行技術文献

非特許文献

- [0006] 非特許文献1: Kenji Watanabe et al., "Far-ultraviolet plane-emission handheld device based on hexagonal boron nitride", Nature Photonics, vol. 3, pp. 591-594, 2009.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] ところで、上述した従来の発光デバイスでは、照射する電子のエネルギーおよび電流量を高くすることで発光強度は向上するが、このためには電子線源を大型化する必要がある。また、電子線源には真空構造が必要であり、構造が複雑であるため、小型の紫外発光デバイスの作製が難しい。
- [0008] 一方、デバイス構造を小型にしようとすると、照射する電子のエネルギーと電流量を高くすることが難しくなり、高い発光強度が得られない。これまで 6.5 cm × 3.5 cm のデバイスサイズにおいて、加速電圧 9 kV およびアノード電流 100 μA の動作条件で、発光強度は 1 mW であり、外部量子効率は約 0.6% に留まっていた。
- [0009] 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、層状 BN やこの混晶の層を用いた小型の素子で、高い発光強度が得られるようにすることを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0010] 本発明に係る発光素子は、i 型とされた層状の窒化物半導体からなる発光層と、発光層の一方の面に配置され、p 型とされた層状の窒化物半導体または p 型とされたダイヤモンドからなる第 1 半導体層と、発光層の他方の面に

配置され、n型とされた層状の窒化物半導体からなる第2半導体層とを備える。

[0011] 本発明に係る発光素子の製造方法は、上述した発光素子を製造する発光素子の製造方法であって、発光層を形成する工程と、第1半導体層を形成する工程と、第2半導体層を形成する工程とを備え、層状の窒化物半導体は、閃亜鉛鉱構造から層状構造へ構造相転移することで形成する。

発明の効果

[0012] 以上説明したことによりように、本発明によれば、層状BNやこの混晶の層を用いた小型の素子で、高い発光強度が得られる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1A]図1Aは、本発明の実施の形態に係る発光素子の製造方法を説明するための途中工程の発光素子の状態を示す断面図である。

[図1B]図1Bは、本発明の実施の形態に係る発光素子の製造方法を説明するための途中工程の発光素子の状態を示す断面図である。

[図1C]図1Cは、本発明の実施の形態に係る発光素子の製造方法を説明するための途中工程の発光素子の状態を示す断面図である。

[図1D]図1Dは、本発明の実施の形態に係る発光素子の製造方法を説明するための途中工程の発光素子の状態を示す断面図である。

[図1E]図1Eは、本発明の実施の形態に係る発光素子の製造方法を説明するための途中工程の発光素子の状態を示す断面図である。

[図1F]図1Fは、本発明の実施の形態に係る発光素子の製造方法を説明するための途中工程の発光素子の状態を示す断面図である。

[図2]図2は、本発明の実施の形態に係る発光素子の構成を示す構成図である。

[図3]図3は、発光デバイスの構成を示す構成図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明の実施の形態に係る発光素子の製造方法について図1A～図1Fを参照して説明する。

[0015] まず、図1Aに示すように、基板101の上に、第1半導体層102を形成する。基板101は、例えば、高濃度にBがドーピングされてp型とされ、主表面が(111)面とされたダイヤモンドから構成されている。基板101は、c-BN、3C-SiC、4H-SiC、6H-SiC、Siのいずれかから構成することができる。なお、c-BN、3C-SiC、Siから構成する基板の主表面は(111)面となるが、4H-SiC、6H-SiCから構成する基板の主表面は(0001)面となる。

[0016] 第1半導体層102は、p型とされた閃亜鉛鉱構造の窒化物半導体から構成されている。例えば、第1半導体層102は、アクセプタとしてMgがドーピングされた、閃亜鉛鉱構造のc-BNから構成されている。第1半導体層102のアクセプタ濃度は $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であり、このときの正孔濃度は $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ である。また、第1半導体層102は、厚さ200nm程度に形成する。例えば、よく知られたイオンビームアシストMBE法により、基板101の上に、閃亜鉛鉱構造を持つ立方晶窒化ホウ素(c-BN)を成長することで、第1半導体層102が形成できる。主表面が(111)面とされた基板101の上に成長した第1半導体層102は、主表面が(111)面とされている。

[0017] なお、第1半導体層102を構成する窒化物半導体は、III族元素が、BまたはBに加えてAl、Ga、Inの少なくとも1つから構成することができる。第1半導体層102を構成する窒化物半導体は、アクセプタとして、Mg、Be、C、Zn、Caのいずれか1つを用いてp型とすることができる。

[0018] また、第1半導体層102は、p型とされたダイヤモンドから構成することができる。ダイヤモンドは、Bをアクセプタとしてドーピングすることで、p型とすることができる。例えば、基板101の上に、公知のプラズマCVD法により、p型とされたダイヤモンドを成長することで、第1半導体層102を形成することができる。この場合、第1半導体層102におけるBのアクセプタ濃度は $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であり、正孔濃度は $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ である。

p型ダイヤモンドからなる第1半導体層102は、厚さ200nmに形成する。

[0019] 次に、図1Bに示すように、第1半導体層102の上に、i型の発光層形成層103を形成する。発光層形成層103は、アンドープの閃亜鉛鉱構造の窒化物半導体から構成されている。例えば、第1半導体層102は、アンドープ(i型)とされ、閃亜鉛鉱構造のc-BNから構成されている。例えば、よく知られたイオンビームアシストMBE法により、第1半導体層102の上に、閃亜鉛鉱構造を持つ立方晶窒化ホウ素(c-BN)を成長することで、発光層形成層103が形成できる。発光層形成層103は、厚さ1000nmに形成する。主表面が(111)面とされた第1半導体層102の上に成長した発光層形成層103、主表面が(111)面とされている。

[0020] 次に、図1Cに示すように、発光層形成層103の上に、第2半導体層104を形成する。第2半導体層104は、p型とされた閃亜鉛鉱構造の窒化物半導体から構成されている。例えば、第2半導体層104は、ドナーとしてSiがドーピングされた閃亜鉛鉱構造のc-BNから構成されている。第2半導体層104のドナー濃度は $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であり、このときの電子濃度は $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ である。また、第2半導体層104は、厚さ200nm程度に形成する。例えば、よく知られたイオンビームアシストMBE法により、発光層形成層103の上に、閃亜鉛鉱構造を持つ立方晶窒化ホウ素(c-BN)を成長することで、第2半導体層104が形成できる。主表面が(111)面とされた発光層形成層103の上に成長した第2半導体層104は、主表面が(111)面とされている。

[0021] なお、第2半導体層104を構成する窒化物半導体は、III族元素が、BまたはBに加えてAl、Ga、Inの少なくとも1つから構成することができる。また、第2半導体層104を構成する窒化物半導体は、ドナーとして、Si、O、S、Seのいずれか1つを用いてn型とすることができる。

[0022] なお、p型、n型、i型としたh-BNのバンドギャップエネルギーは、6.2eVである。

[0023] 次に、第1半導体層102、発光層形成層103、および第2半導体層104の各々を、閃亜鉛鉱構造から層状構造へ構造相転移することで、図1Dに示すように、基板101の上に、p型とされた層状の窒化物半導体またはp型とされたダイヤモンドからなる第1半導体層105、i型とされた層状の窒化物半導体からなる発光層106、およびn型とされた層状の窒化物半導体からなる第2半導体層107が、これらの順に積層された状態とする。

[0024] 例えば、圧力が1013250Pa以下の雰囲気中で温度を1200℃以上にするすることで、層構造相転移が実施できる。例えば、圧力79993.2Paの窒素雰囲気とし、加熱温度を1500℃、加熱時間を5時間とした条件の加熱処理により、構造相転移が実施できる。この処理によって、各層を構成する閃亜鉛鉱構造のc-BN（窒化物半導体）が、層状の窒化物半導体であるh-BNに構造相転移する。h-BNは、c-BNと同じアクセプタ濃度、正孔濃度、ドナー濃度、電子濃度を示す。また、層状の窒化物半導体は、2Hまたは3Rの積層構造となっている。

[0025] また、圧力が101325Pa以下の雰囲気中で温度を100℃以上にして、窒素とアルゴンと水素のうち少なくとも1種類のガスのプラズマ照射を照射することのいずれかによることで、閃亜鉛鉱構造から層状構造へ構造相転移することができる。

[0026] 例えば、構造相転移は水素プラズマ照射により行った。圧力を3333.05Paとした条件で、マイクロ波により水素プラズマを生成し、500℃に加熱した条件で、生成した水素プラズマを閃亜鉛鉱構造の窒化物半導体に照射する。照射時間は5時間とする。この処理によって、各層を構成する閃亜鉛鉱構造のc-BN（窒化物半導体）が、層状の窒化物半導体であるh-BNに構造相転移する。この場合においても、h-BNは、c-BNと同じアクセプタ濃度、正孔濃度、ドナー濃度、電子濃度を示す。また、層状の窒化物半導体は、2Hまたは3Rの積層構造となっている。

[0027] 次に、第1半導体層105、発光層106、および第2半導体層107の積層構造を、公知のリソグラフィー技術により形成したマスクパターンを用

いた選択的なエッチングによりパターニングすることでメサ形状に加工し、図1Eに示すように、基板101の一部に、基板101の表面が露出した領域108を形成する。上述したエッチングは、例えば、エッチングガスに塩素(Cl_2)および三塩化ホウ素ガス(BCl_3)を用いたプラズマエッチング処理により実施できる。

[0028] 次に、図1Fに示すように、第2半導体層107の上に第1電極109を形成し、基板101の領域108に、第2電極110を形成する。第1電極109は、第2半導体層107にオーミック接続し、第2電極110は、基板101にオーミック接続する。第1電極109、第2電極110は、 $\text{Ti}/\text{Pt}/\text{Au}$ の積層構造とされている。例えば、各金属材料を、電子線蒸着により堆積した後、 750°C の窒素雰囲気中で10分間の加熱処理することで、上述したオーミック接続が得られる。

[0029] 上述した実施の形態に係る発光素子は、i型とされた層状の窒化物半導体からなる発光層106と、発光層106の一方の面に配置され、p型とされた層状の窒化物半導体またはp型とされたダイヤモンドからなる第1半導体層105と、発光層106の他方の面に配置され、n型とされた層状の窒化物半導体からなる第2半導体層107とを備えるものとなる。この発光素子は、第1半導体層105と第2半導体層107とを電流注入構造として、発光層106に電流注入することで発光を得る発光素子である。

[0030] 上述した実施の形態に係る発光素子は、束縛励起子や自由励起子のフォノンレプリカに由来する波長 225 nm を中心とする発光が支配的である従来の窒化ホウ素発光素子とは異なり、電流注入によって h-BN の自由励起子の発光再結合に由来する波長 215 nm を中心とする紫外線発光が、発光層106より得られた。第1半導体層105、発光層106、および第2半導体層107の積層構造によるメサの平面視の寸法を $3\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ とした発光素子において、第1半導体層105が h-BN の場合、外部量子効率はや 10% であり、第1半導体層105がダイヤモンドの場合、外部量子効率は約 6% であった。

[0031] これらのように、実施の形態によれば、従来の窒化ホウ素発光素子と比較して、第1半導体層105がh-BNの場合、約250分の1 ($1/250$) の小さい素子サイズで、15倍以上高い外部量子効率を示された。また、第1半導体層105がダイヤモンドの場合、約250分の1 ($1/250$) の小さい素子サイズで、従来の窒化ホウ素発光素子と比較して、約10倍高い外部量子効率を示した。

[0032] なお、上述では、基板101の上でメサ構造を作製して領域108を形成し、領域108において基板101に第2電極110を形成したが、これに限るものではない。例えば、上述したようにメサ構造を形成せず、図2に示すように、基板101の裏面に、第2電極110を形成することができる。この構造とした発光素子においても、上述同様に、高い外部量子効率を得られた。

[0033] なお、上述では、窒化物半導体におけるアクセプタ濃度およびドナー濃度を $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とした場合を例にして説明したが、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ の範囲では、アクセプタ濃度とドナー濃度がそれぞれ高いほど、高い外部量子効率を得られた。第1半導体層105におけるアクセプタ濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上、かつ第2半導体層107のドナー濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上の場合、従来構造の窒化ホウ素発光素子よりも高い外部量子効率を得られた。

[0034] また、ダイヤモンドにおけるアクセプタ濃度を $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ とした場合を例にして説明したが、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ の範囲では、アクセプタ濃度が高いほど、高い外部量子効率を得られた。p型のダイヤモンドからなる第1半導体層のアクセプタ濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上、かつn型の第2半導体層のドナー濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上の場合、従来構造の窒化ホウ素発光素子よりも高い外部量子効率を得られた。

[0035] また、上述では、正孔濃度および電子濃度を $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ とした場合を例にして説明したが、 $1 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ の範囲では、正孔濃度および電子濃度がそれぞれ高いほど、高い外部量子効率を得られた。第1半導体

層の正孔濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上、かつ、第2半導体層の電子濃度が $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以上の場合、従来構造の窒化ホウ素発光素子よりも高い外部量子効率を得られた。

[0036] また、上述では、基板を、高濃度にBをドーピングしたp型のダイヤモンドから構成する場合について説明したが、基板を、p型のc-BN、p型の3C-SiC、p型の4H-SiC、p型の6H-SiC、p型のSiから構成した場合も同様の結果を得られた。なお、各窒化物半導体の層の主表面の面方位を(001)、(110)、(113)とした場合、(111)とした場合と比べて、得られた発光素子においては、外部量子効率が減少した。なお、基板材料がダイヤモンド、c-BN、3C-SiC、Siであり、その面方位が(001)、(110)、(113)である場合、(111)とした場合と比べて外部量子効率が減少した。また、基板材料が4H-SiC、6H-SiCであり、その面方位が(11-20)、(1-100)、(1-102)である場合、(0001)、(000-1)とした場合と比べて外部量子効率が減少した。

[0037] なお、ここでは、層状の窒化物半導体層としてh-BNを例にして説明したが、層状の窒化物半導体層として、2Hまたは3Rの積層周期を持つBAI GaInN混晶、BAInN混晶、BGaN混晶、BInN混晶、BAIGaN混晶、BAIInN混晶、BGaInN混晶を用いることができる。これらの材料の場合も、i型の発光層のバンドギャップエネルギーが、p型またはn型とされた層状の窒化物半導体のバンドギャップエネルギー以下となる場合は、同様の結果を得られた。また、第1半導体層をp型ダイヤモンドから構成する場合、発光層と第1半導体層とのバンドギャップエネルギーの大小関係に関わらず、発光層のバンドギャップエネルギーが、n型とされた層状の窒化物半導体のバンドギャップエネルギー以下となる場合は、同様の結果を得られた。なお、発光波長は、III族元素の組成に応じて変化した。

[0038] また、上述では、アクセプタとしてMg、ドナーとしてSiを用いた場合を例にして説明したが、アクセプタとしてBe, C, Zn, Ca、ドナーと

して Si, O, S, Se を用いる場合も同様の結果が得られた。

[0039] また、上述では、第1半導体層および第2半導体層の厚さを 200 nm とした場合を例にして説明したが、この厚さは、10 nm 以上場合は、同様の結果が得られた。また発光層の厚さを 1000 nm として説明したが、2 nm 以上では同様の結果が得られた。また c-BN の成長方法として、イオンビームアシスト MBE 法を例にして説明したが、c-BN の成長方法は、プラズマ CVD 法、スパッタリング法であっても同様である。

[0040] また、構造相転移の方法として、圧力 79993.2 Pa の窒素雰囲気とし、加熱温度を 1500℃ とする例を示したが、窒素に限らず、Ar や H₂ などの不活性なガスの雰囲気、および真空中において、圧力に関わらず、1200℃ 以上の高温加熱であれば、上述同様に、構造相転移が実施できる。圧力が 980665 Pa よりも高い場合は、乱れた層状の乱層構造窒化ホウ素 (t-BN) や、t-BN と c-BN の混成層となり、2H または 3R の積層周期を持つ窒化物半導体層は得られなかった。また、加熱温度が 1200℃ 未満の場合は、構造相転移が起こらなかった。

[0041] また、構造相転移をプラズマ照射により実施する場合、水素プラズマに限らず、窒素やアルゴンのプラズマ照射、および水素と窒素とアルゴンのうち2種類以上の混合ガスのプラズマ照射でも同様の結果が得られた。またプラズマ照射の条件は、圧力を 3333.05 Pa とし、加熱温度を 500℃ としたが、圧力が 98066.5 Pa 以下、加熱温度が 100℃ 以上であれば同様の効果が得られた。圧力が 98066.5 Pa よりも高い場合、プラズマが安定して点火しないためプラズマ照射ができず、加熱温度が 100℃ 未満では構造相転移が起こらなかった。

[0042] 以上に説明したように、本発明によれば、閃亜鉛鉱構造から層状構造へ構造相転移することなどにより、i 型とされた層状の窒化物半導体からなる発光層と、p 型とされた層状の窒化物半導体または p 型とされたダイヤモンドからなる第1半導体層と、n 型とされた層状の窒化物半導体からなる第2半導体層とにより、電流注入構造としたので、層状 BN やこの混晶の層を用い

た小型の素子で、高い発光強度が得られるようになる。

[0043] 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

[0044] 101…基板、102…第1半導体層、103…発光層形成層、104…第2半導体層、105…第1半導体層、106…発光層、107…第2半導体層、108…領域、109…第1電極、110…第2電極。

請求の範囲

- [請求項1] i 型とされた層状の窒化物半導体からなる発光層と、
前記発光層の一方の面に配置され、p 型とされた層状の窒化物半導体または p 型とされたダイヤモンドからなる第 1 半導体層と、
前記発光層の他方の面に配置され、n 型とされた層状の窒化物半導体からなる第 2 半導体層と
を備える発光素子。
- [請求項2] 請求項 1 記載の発光素子において、
窒化物半導体は、Ⅲ族元素が、B または B に加えて Al、Ga、In の少なくとも 1 つから構成されていることを特徴とする発光素子。
- [請求項3] 請求項 1 または 2 記載の発光素子において、
窒化物半導体からなる前記第 1 半導体層は、Mg、Be、C、Zn、Ca のいずれか 1 つがアクセプタとされていることを特徴とする発光素子。
- [請求項4] 請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の発光素子において、
前記第 2 半導体層は、Si、O、S、Se のいずれか 1 つがドナーとされていることを特徴とする発光素子。
- [請求項5] 請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の発光素子において、
層状の窒化物半導体は、2H または 3R の積層構造とされていることを特徴とする発光素子。
- [請求項6] 請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の発光素子において、
前記発光層のバンドギャップエネルギーは、前記第 1 半導体層および前記第 2 半導体層のバンドギャップエネルギー以下とされていることを特徴とする発光素子。
- [請求項7] 請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の発光素子において、
前記第 1 半導体層、前記発光層、前記第 2 半導体層は、ダイヤモンド、c-BN、3C-SiC、4H-SiC、6H-SiC、Si の

いずれかから構成された基板の上に形成されていることを特徴とする発光素子。

[請求項8] 請求項1～7のいずれか1項に記載の発光素子を製造する発光素子の製造方法であって、

前記発光層を形成する工程と、前記第1半導体層を形成する工程と、前記第2半導体層を形成する工程とを備え、

層状の窒化物半導体は、閃亜鉛鋅構造から層状構造へ構造相転移することで形成する

ことを特徴とする発光素子の製造方法。

[請求項9] 請求項8記載の発光素子の製造方法において、

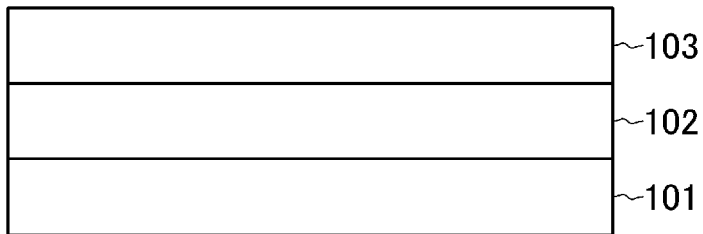
圧力が1013250Pa以下の雰囲気中で温度を1200℃以上に加熱する、もしくは、圧力が101325Pa以下の雰囲気中で温度を100℃以上に加熱して、窒素とアルゴンと水素のうち少なくとも1種類のガスのプラズマ照射を照射することのいずれかにより、閃亜鉛鋅構造から層状構造へ構造相転移することで、層状の窒化物半導体を形成する

ことを特徴とする発光素子の製造方法。

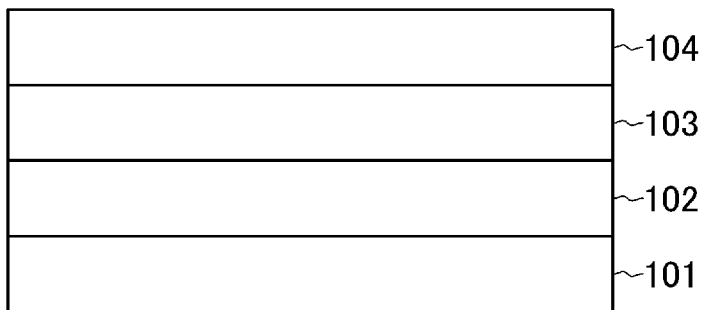
[図1A]



[図1B]



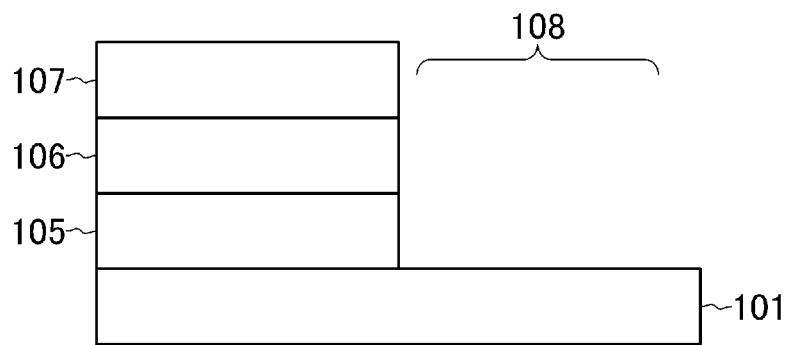
[図1C]



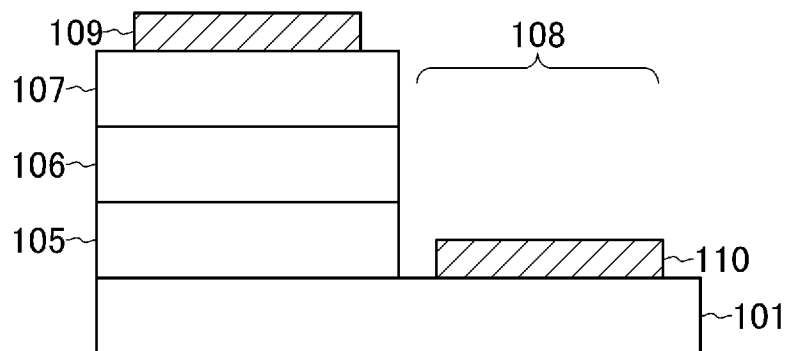
[図1D]



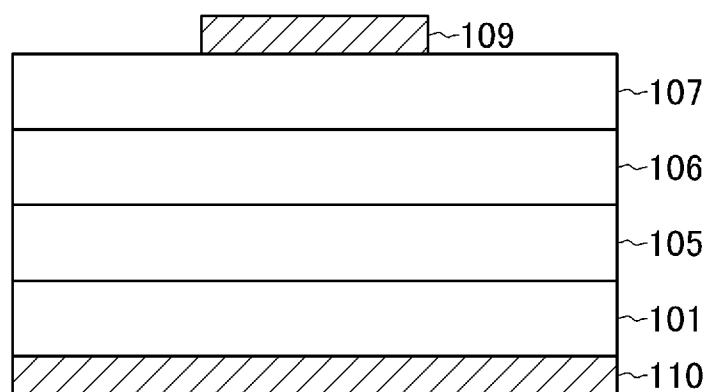
[図1E]



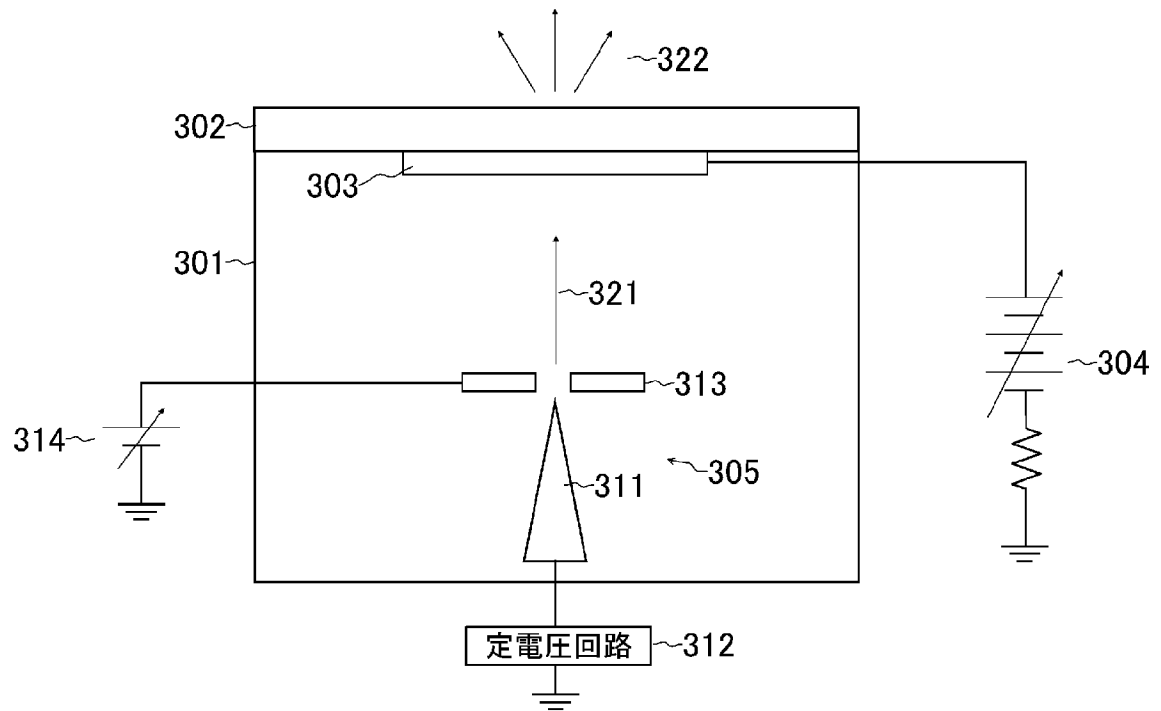
[図1F]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/027223

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01L33/32 (2010.01) i

FI: H01L33/32

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. H01L33/32

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)

Google Scholar

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 10-145006 A (TOSHIBA CORP.) 29 May 1998,	1, 3-7
Y	paragraphs [0001]-[0062], [0155], fig. 1	2, 8-9
X	JP 8-125275 A (SANYO ELECTRIC CO., LTD.) 17 May	1, 3-7
A	1996, paragraphs [0002]-[0018], fig. 1, 2	2, 8-9
Y	JENA, Debdeep et al. The new nitrides: layered,	2, 8-9
A	ferroelectric, magnetic, metallic and superconducting nitrides to boost the GaN photonics and electronics eco-system, Japanese Journal of Applied Physics, 17 May 2019, vol. 58, SG0801, pp. 1-3, 7	1, 3-7

☒ 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
28.10.2020

Date of mailing of the international search report
10.11.2020

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/JP2020/027223

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KUBOTA Yoichi et al. Deep Ultraviolet Light-	2, 8-9
A	Emitting Hexagonal Boron Nitride Synthesized at Atmospheric Pressure, SCIENCE, 17 August 2007, vol. 317, pp. 932-934	1, 3-7
Y	SACHDEV et al. Investigation of the c-BN/h-BN phase transformation at normal pressure, Diamond and Related Materials, March 1997, vol. 6 pp. 286-292	8-9
A	JP 2016-157740 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 01 September 2016, paragraphs [0026]-[0044], [0105], fig. 1, 2	1-9
A	JP 2009-302576 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 24 December 2009, paragraphs [0044]-[0058], fig. 11-12	1-9
A	JP 3-112177 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 13 May 1991, p. 2, lower left column, lines 14-16	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/027223

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 10-145006 A	29.05.1998	(Family: none)	
JP 8-125275 A	17.05.1996	(Family: none)	
JP 2016-157740 A	01.09.2016	(Family: none)	
JP 2009-302576 A	24.12.2009	(Family: none)	
JP 3-112177 A	13.05.1991	US 5117267 A column 3, lines 44-46 EP 420188 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 33/32(2010.01)i FI: H01L33/32										
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）） H01L33/32 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） Google Scholar			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										
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 10-145006 A（株式会社東芝）29.05.1998（1998-05-29） 段落0001-0062、0155、図1	1,3-7								
Y		2,8-9								
X	JP 8-125275 A（三洋電機株式会社）17.05.1996（1996-05-17） 段落0002-0018、図1-2	1,3-7								
A		2,8-9								
Y	JENA, Debdeep et al., The new nitrides: layered, ferroelectric, magnetic, metallic and superconducting nitrides to boost the GaN photonics and electronics eco-system, Japanese Journal of Applied Physics, 2019.05.17, Vol.58, SC0801 p.1-3,7	2,8-9								
A		1,3-7								
Y	KUBOTA Yoichi et al., Deep Ultraviolet Light-Emitting Hexagonal Boron Nitride Synthesized at Atmospheric Pressure, SCIENCE, 2007.08.17, Vol.317 p.932-934	2,8-9								
A		1,3-7								
☒ 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 “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 28.10.2020		国際調査報告の発送日 10.11.2020								
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） 嵯峨根 多美 2K 4409 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
Y	SACHDEV et al., Investigation of the c-BN/h-BN phase transformation at normal pressure, Diamond and Related Materials, 1997.03, Vol.6 P.286-292	8-9
A	JP 2016-157740 A (日本電信電話株式会社) 01.09.2016 (2016 - 09 - 01) 段落0026-0044, 0105、図1-2	1-9
A	JP 2009-302576 A (日本電信電話株式会社) 24.12.2009 (2009 - 12 - 24) 段落0044-0058、図11-12	1-9
A	JP 3-112177 A (住友電気工業株式会社) 13.05.1991 (1991 - 05 - 13) 第2 ページ左下欄第14-16行	1-9

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/JP2020/027223

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	10-145006	A	29.05.1998	(ファミリーなし)	
JP	8-125275	A	17.05.1996	(ファミリーなし)	
JP	2016-157740	A	01.09.2016	(ファミリーなし)	
JP	2009-302576	A	24.12.2009	(ファミリーなし)	
JP	3-112177	A	13.05.1991	US 5117267 A	
				第3欄第44-46行	
				EP 420188 A1	