

(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
2015年1月29日(29.01.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/012017 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 33/32 (2010.01) H01S 5/343 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/065906
- (22) 国際出願日: 2014年6月16日(16.06.2014)
- (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 2013-152571 2013年7月23日(23.07.2013) JP
- (71) 出願人: ウシオ電機株式会社(USHIO DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1008150 東京都千代田区大手町2丁目6番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 月原 政志(TSUKIHARA, Masashi); 〒6710224 兵庫県姫路市別所町佐土1194番地 ウシオ電機株式会社内 Hyogo (JP). 三好 晃平(MIYOSHI, Kohei); 〒6710224 兵庫県姫路市別所町佐土1194番地 ウシオ電機株式会社内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 ユニウス国際特許事務所 (UNIUS PATENT ATTORNEYS OFFICE); 〒

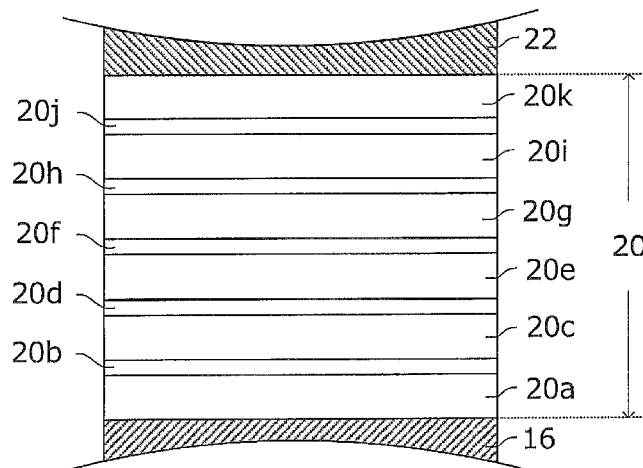
5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目13-9 新大阪MTビル1号館 Osaka (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロピア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 窒化物半導体発光素子及びその製造方法



(57) Abstract: To realize a nitride semiconductor light-emitting element having excellent lifespan characteristics in addition to improved light emission efficiency compared with conventional elements. A nitride semiconductor light-emitting element having a light-emitting layer obtained by alternately stacking a well layer comprising a nitride semiconductor and a barrier layer comprising a nitride semiconductor between an n-type nitride semiconductor layer and a p-type nitride semiconductor layer, wherein a final barrier layer, which is the barrier layer formed at a position in contact with the p-type nitride semiconductor layer, contains n-type impurities, and the concentration of n-type impurities at the interface with the p-type nitride semiconductor layer is $4 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ or less.

(57) 要約: 従来の素子よりも発光効率を向上させながらも、寿命特性にも優れた窒化物半導体発光素子を実現する。n型窒化物半導体層とp型窒化物半導体層との間に、窒化物半導体からなる井戸層と窒化物半導体からなる障壁層とを交互に積層してなる発光層を有する窒化物半導体発光素子であって、障壁層のうちp型窒化物半導体層と接する位置に形成される最終障壁層は、n型不純物を含み、p型窒化物半導体層との界面のn型不純物濃度が $4 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下である。

WO 2015/012017 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：窒化物半導体発光素子及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、 n 型窒化物半導体層と p 型窒化物半導体層との間に、窒化物半導体からなる井戸層と窒化物半導体からなる障壁層とを交互に積層してなる発光層を有する窒化物半導体発光素子及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 今日、窒化物半導体は、LED（発光ダイオード）やLD（レーザダイオード）など多様な発光素子の用途として利用、開発がなされている（例えば特許文献1、2参照）。最近では、紫外光やそれよりも短波長の光を発光する素子としての開発も進められているところである。

[0003] 窒化物半導体発光素子は、一般的に、 n 型窒化物半導体層と p 型窒化物半導体層との間に、窒化物半導体からなる井戸層と窒化物半導体からなる障壁層とを交互に積層してなる発光層を有する構造が採用される。下記特許文献1及び2は、いずれも発光層の構造に関する特徴が記載されている。

[0004] 特許文献1には、発光層の最も外側にあつて p 型窒化物半導体層に隣接した障壁層、すなわち最終障壁層（「ラストバリア層」とも呼ばれる。）には n 型不純物を含ませず、その他の障壁層には n 型不純物を含ませる構成が開示されている。

[0005] 同文献には以下のような記述がなされている。「従来は最終障壁層に n 型不純物をドーピングさせていたことで、当該最終障壁層に隣接して形成される p 型窒化物半導体層からの p 型不純物の拡散により、最終障壁層に n 型不純物と p 型不純物が含有されることから、キャリアのライフタイムを低下させていた。しかし、特許文献1の構成としたことで、最終障壁層に n 型不純物と p 型不純物が併存する状態を防止できるため、素子寿命や逆耐圧特性が向上できる。」

[0006] 特許文献2には、井戸層をアンドープとし、障壁層に n 型不純物をドーピング

させる構成が開示されており、少なくとも最後の井戸層をアンドープとして、最後の障壁層すなわち最終障壁層に n 型不純物をドーピングさせる構成が開示されており、かかる構成によれば、閾値電流密度が低く長寿命なレーザ素子の実現できる旨の記述がある。

[0007] 同文献には以下のような記述がなされている。「障壁層に n 型不純物がドーピングされると井戸層のキャリア濃度が大きくなるため、閾値が低下する一方、逆に障壁層に意図して p 型不純物をドーピングすると低下しにくい傾向にある。そのため、障壁層には n 型不純物のみをドーピングするのが好ましい。更に、障壁層に n 型不純物がドーピングされると、井戸層のキャリア濃度が大きくなるため、歪みによるピエゾ効果の量子シュタルク効果による電子と正孔の空間的分離がスクリーニングされて、閾値が低下する。逆に、井戸層に不純物をドーピングすると結晶性が悪くなって、キャリアの散乱が大きくなり、閾値が高くなる傾向にある。多重量子井戸構造は、p 側窒化物半導体層に隣接した側を障壁層で終わることが好ましい。」

[0008] 更に、同文献には以下のような記述もある。「多重量子井戸構造は、井戸層で終わるよりも障壁層で終わった方が、閾値が低下しやすい傾向にあり、更に最後の井戸層をアンドープ、障壁層に n 型不純物をドーピングすると、更に閾値が低下する。この理由は定かではないが、窒化物半導体の場合、ホールの有効質量が大きく、活性層に注入されたホールは p 層側に局在しており、p 層側の井戸層のみで発光すると考えられる。従って n 層側に接近した井戸層は発光にあまり寄与しておらず、p 層側に接近した井戸層の方が発光に寄与する率が高い。このため p 層側に最も接近した井戸層をアンドープとして、障壁層に n 型不純物をドーピングすると最も効率が向上すると推察される。」

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特許第3498697号明細書

特許文献2：特開平11-298090号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0010] 特許文献 1 及び 2 は、いずれも素子寿命を向上させることを狙いとして、発光層の構成に特徴を持たせた内容が開示されているが、その内容は両文献で相容れないものである。すなわち、特許文献 1 では最終障壁層には n 型不純物を含ませない旨の記載がされている一方で、特許文献 2 では最終井戸層をアンドープとした上で最終障壁層には n 型不純物を含ませる旨の記載がされている。
- [0011] しかし、本発明者の鋭意研究により、最終障壁層を所定の条件で形成すると、特許文献 1 及び 2 に開示された窒化物半導体発光素子よりも更に高い発光効率を実現しながらも、優れた寿命特性を示す素子を実現できることを見出した。
- [0012] すなわち、本発明は、従来の素子よりも発光効率を向上させながらも、寿命特性にも優れた窒化物半導体発光素子を実現することを目的としてなされたものである。

課題を解決するための手段

- [0013] 本発明の窒化物半導体発光素子は、n 型窒化物半導体層と p 型窒化物半導体層との間に、窒化物半導体からなる井戸層と窒化物半導体からなる障壁層とを交互に積層してなる発光層を有し、
- 前記障壁層のうち前記 p 型窒化物半導体層と接する位置に形成される最終障壁層は、n 型不純物を含み、前記 p 型窒化物半導体層との界面の n 型不純物濃度が $4 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下であることを特徴とする。
- [0014] p 型窒化物半導体層に隣接する最終障壁層をアンドープとする構成の場合、当該層に n 型不純物が含まれないため、ピエゾ緩和が行われずに発光効率の低下を招いていたものと考えられる。一方で、最終障壁層に n 型不純物を入れすぎると、最終障壁層から拡散した n 型不純物が p 型窒化物半導体層内に多量に入り込み、特性の低下を招いたものと考えられる。
- [0015] 「発明を実施するための形態」の項で実施例を参照して後述されるが、本発明者の鋭意研究により、障壁層のうち、少なくとも最終障壁層には n 型不

純物を含ませる構成とした上で、その n 型不純物濃度については、p 型窒化物半導体層との界面に係る n 型不純物濃度を $4 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下とすることで、最終障壁層をアンドープとする構成よりも発光効率を向上できることを見出した。

[0016] ここで、最終障壁層と p 型窒化物半導体層との界面の n 型不純物濃度は、SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry: 二次イオン質量分析法) などを利用して検証することが可能である。SIMS 等を利用して不純物濃度を測定するに際しては、窒化物半導体発光素子の表面から深さ方向に所定のピッチでエッチングを行いながら、組成評価を行う。この場合、得られる組成比の値は、エッチングのピッチに応じた飛び飛びの (離散的な) 値となる。従って、ピッチによっては、直前のピッチで測定された測定点の組成が p 型窒化物半導体層における最も最終障壁層に近い測定点のものであり、その直後のピッチで測定された測定点の組成比が最終障壁層における最も p 型窒化物半導体層に近い測定点のものとなる可能性がある。この場合には、厳密な意味において、最終障壁層と p 型窒化物半導体層との界面の n 型不純物濃度を測定することができない。

[0017] よって、本明細書では、最終障壁層と p 型窒化物半導体層との界面を、最終障壁層と p 型窒化物半導体層の組成差が $1/2$ になる箇所をもって定義する。このとき、上記の方法により、離散的に測定された各測定点における組成比の値を直線で補完し、前記組成差が $1/2$ になる箇所を導出することで、上記の界面の位置が検出できる。同様に、n 型不純物濃度の値についても、測定点毎に導出された値を直線で補完することで、前記方法にて検出された界面の位置における値が検出できる。このようにして検出された界面における n 型不純物濃度が、 $4 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下である場合に、発光特性と寿命特性が従来の発光素子よりも向上する。なお、最終障壁層には n 型不純物が含有されているため、当該界面における n 型不純物濃度は一定量以上含まれており、アンドープではない。

[0018] なお、上記の方法で界面の n 型不純物濃度を検出する場合においては、そ

の精度を高める観点から測定ピッチを5 nm以下とするのが好ましく、2 nm以下とするのがより好ましい。

[0019] 電子に比べて正孔は有効質量が高く、移動度が低い。このため、井戸層を複数有してなる発光層においても、p型窒化物半導体層に近い側の井戸層が特に発光に寄与する箇所になると考えられる。一方で、ピエゾ電界に起因したエネルギーバンドの歪みが生じることで、障壁層から井戸層に向けて電子が移動しにくくなる結果、p型窒化物半導体層に最も近い位置における井戸層内に十分な量の電子が蓄積できない。よって、発光に最も寄与すると考えられる、p型窒化物半導体層に最も近い位置における井戸層に十分な量の電子を蓄積すべく、少なくとも最終障壁層にはn型窒化物を含有させてエネルギーバンドの歪みを少なくしておくことで、発光効率を向上させている。

[0020] なお、障壁層へのn型不純物濃度は $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲が望ましい。このn型不純物濃度が $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ よりも少ないと、ピエゾ電界の緩和が起こりにくくなり電子の移動を妨げて発光効率を落とす可能性が生じる。他方、このn型不純物濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ よりも大きくなると発光層中の電子が飽和しp型窒化物半導体層側へ流れてしまう、いわゆるオーバーフローが発生してしまう可能性が生じる。ピエゾ電界の緩和を考えると最終障壁層も上記範囲でn型不純物を含むことが望ましい。ただし、最終障壁層は、p型窒化物半導体層との界面のn型不純物濃度が $4 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下になるように、界面付近でドーピングの調整を行う必要がある。n型不純物濃度が $4 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ より高いと、その後のp層がn型化してしまいpn接合を壊してしまい発光効率を落としてしまう可能性が生じる。

[0021] 上記構成において、前記最終障壁層を含む全ての前記障壁層にn型不純物を含ませるものとしても構わない。「発明を実施するための形態」の項で実施例を参照して後述されるが、最終障壁層の前記p型窒化物半導体層との界面のn型不純物濃度を $4 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下と共通にした状態で、一部の障壁層にn型不純物を含有させない構成と、全ての障壁層にn型不純物を含ま

せる構成を対比した結果、後者の方が高い発光効率を示した。

[0022] また、本発明の窒化物半導体発光素子の製造方法は、

前記最終障壁層の形成時に、前記最終障壁層の材料を形成するための第1原料ガスに、n型不純物を含有させるための第2原料ガスを含有した混合ガスを供給する工程と、前記第2原料ガスの供給を停止して引き続き前記第1原料ガスを供給する工程とを含むことを特徴とする。

[0023] なお、第1原料ガスの一例としては、窒素、水素、トリメチルガリウム、及びトリメチルインジウムの混合ガスとすることができる。また、第2原料ガスとしては、例えばn型不純物としてSiをドーパントとする場合には、テトラエチルシランの他にシランを採用することができる。

[0024] 本発明の方法では、最終障壁層の形成初期段階で第1原料ガスと第2原料ガスの供給を行った後、第2原料ガスの供給を停止して引き続き第1原料ガスの供給を行って最終障壁層を形成する。これにより、初期段階で含有されたn型不純物が最終障壁層の表面側へと拡散させ、当該表面、すなわちその後形成されるp型窒化物半導体層との界面のn型不純物濃度を $4 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下の値にしながらも、p型窒化物半導体層内への拡散を最小限に抑えることが可能になる。なお、この方法によれば、初期段階における第2原料ガスの供給時間を制御することで、p型窒化物半導体層との界面のn型不純物濃度を好ましい値に調整することができる。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、従来よりも発光効率を向上させながら、寿命特性にも優れた窒化物半導体発光素子が実現できる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]窒化物半導体発光素子の構造を模式的に示す断面図である。

[図2]窒化物半導体発光素子の構造の一部分を模式的に示す断面図である。

[図3]窒化物半導体発光素子に対してSIMSを用いて組成分析を行った結果の一例を模式的に示すグラフである。

[図4]実施例1～5及び比較例1～2の各素子の発光光量と供給電流の関係を

示すグラフである。

[図5]実施例1～5、比較例1～2の各素子に対して逆バイアスの電圧を印加して、耐圧の特性を評価した結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0027] 本発明の窒化物半導体発光素子及びその製造方法につき、図面を参照して説明する。なお、以下の各図面において、実際の寸法比と図面上の寸法比は必ずしも一致しない。

[0028] [構造]

図1は、窒化物半導体発光素子の構造を模式的に示す断面図である。窒化物半導体発光素子1は、n型窒化物半導体層16とp型窒化物半導体層22の間に発光層20を有してなる構成である。より詳細には、窒化物半導体発光素子1は、サファイアなどの支持基板10の上層に、下から順に第1バッファ層12、第2バッファ層14、n型窒化物半導体層16、発光層20、p型窒化物半導体層22、p型クラッド層24、p型コンタクト層26を備える。

[0029] 以下、窒化物半導体発光素子1の更に詳細な構成につき、説明する。

[0030] (支持基板10)

支持基板10は、サファイア基板で構成される。なお、サファイアの他、Si, SiC, GaN, YAGなどで構成しても構わない。

[0031] (第1バッファ層12、第2バッファ層14)

第1バッファ層12は、支持基板10（サファイア基板）のc面上で低温成長させたGaN層にて形成される。また、第2バッファ層14は、第1バッファ層12の上層に高温成長させた下地層としてのGaN層である。両層ともにアンドープ層を構成する。

[0032] (n型窒化物半導体層16)

n型窒化物半導体層16は、第2バッファ層14の上層に高温成長させた $n\text{-Al}_n\text{Ga}_{1-n}\text{N}$ ($0 \leq n < 1$) で構成される。一例として、本実施形態では $n\text{-Al}_{0.06}\text{Ga}_{0.94}\text{N}$ によってn型窒化物半導体層16を形成してい

る。ドーパントとしての n 型不純物としては Si が好適に用いられるが、 Ge 、 S 、 Se 、 Sn 、 Te などを用いることもできる。

[0033] なお、第2バッファ層14に接触する領域に $n\text{-Ga}\text{N}$ で構成される層（保護層）を含む構成としても構わない。この場合は、少なくとも保護層に上記の n 型不純物がドーピングされる構成とする。

[0034] （ p 型窒化物半導体層22、 p 型クラッド層24）

p 型窒化物半導体層22は、発光層20の上層に成長させた $p\text{-Al}_m\text{Ga}_{1-m}\text{N}$ （ $0 \leq m < 1$ ）で構成される。また、 p 型クラッド層24は、 p 型窒化物半導体層22の上層に成長させた $p\text{-Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$ （ $0 \leq a < 1$ ）で構成される。一例として、本実施形態では、 $p\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ によって p 型窒化物半導体層22を形成し、 $p\text{-Al}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{N}$ によって p 型クラッド層24を形成している。ドーパントとしての n 型不純物としては Mg が好適に用いられるが、 Be 、 Zn 、 C などを用いることもできる。

[0035] （ p 型コンタクト層26）

p 型コンタクト層26は、 p 型クラッド層24の上層に成長させた、例えば $p^+\text{-Ga}\text{N}$ 又は $p^+\text{-Al}\text{Ga}\text{N}$ で構成される。例えば、 Mg が高濃度にドーピングされた GaN 又は $\text{Al}\text{Ga}\text{N}$ で形成されるが、 Be 、 Zn 、 C などを高濃度にドーピングして形成することもできる。

[0036] （発光層20）

発光層20の構成について、図2を参照して説明する。図2は、窒化物半導体発光素子1のうち、発光層20及びその近傍の部分を拡大して模式的に示した断面図である。

[0037] 発光層20は、窒化物半導体で形成された障壁層（20a、20c、20e、20g、20i、20k）と、窒化物半導体で形成された井戸層（20b、20d、20f、20h、20j）とが交互に積層されている。なお、本実施形態では、発光層20が6層の障壁層と5層の井戸層を有する構成としているが、障壁層及び井戸層の層数はあくまで一例であり、適宜設定可能である。

[0038] 障壁層 (20a, 20c, 20e, 20g, 20i, 20k) は、例えば $\text{Al}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$ ($0 < b \leq 1$) で形成されており、井戸層 (20b, 20d, 20f, 20h, 20j) は、例えば $\text{In}_c\text{Ga}_{1-c}\text{N}$ ($0 < c \leq 1$) で形成されている。一例として、本実施形態では、厚みが 20 nm の $\text{Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ よりなる障壁層 (20a, 20c, 20e, 20g, 20i, 20k) と、厚みが 5 nm の $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}$ よりなる井戸層 (20b, 20d, 20f, 20h, 20j) により、発光層 20 を構成した。

[0039] そして、窒化物半導体発光素子 1 は、障壁層のうち、p 型窒化物半導体層 22 と接する位置に形成される障壁層 20k、すなわち最終障壁層 20k については、少なくとも n 型不純物を含む構成とし、この p 型窒化物半導体層 22 との界面の n 型不純物濃度を $4 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下としている。

[0040] [評価]

図 2 に示す構成に関し、発光層 10、特に障壁層 (20a, 20c, 20e, 20g, 20i, 20k) に含有させる n 型不純物濃度を変更して、素子の特性の評価を行った。

[0041] (実施例 1)

全ての障壁層の厚みを 20 nm として、これらに対して n 型不純物を含有すると共に、最終障壁層 20k に関しては、p 型窒化物半導体層 22 との界面の n 型不純物濃度が $3 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ となるように形成した。

[0042] ここで、最終障壁層 20k の形成に際しては、 $\text{Al}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$ の原料ガスとなる、窒素、水素、トリメチルガリウム (TMG)、トリメチルアルミニウム (TMA) に加えて、n 型不純物を構成する Si をドーピングするための原料ガスであるテトラエチルシラン (TESi) を混合して、所定の時間だけ成長させる。その後、TESi の供給のみを停止して、再び成長させる。これにより、TESi の供給によりドーピングされた Si、すなわち n 型不純物が最終障壁層 20k の表面側へと拡散する。TESi の供給時間を制御することで、最終障壁層 20k の表面、すなわち、その後に形成される p 型窒化物半導体層 22 と最終障壁層 20k の界面における n 型不純物濃度が制御でき

る。

[0043] 最終障壁層 20k と p 型窒化物半導体層 22 の界面における n 型不純物濃度の測定方法について、図 3 を参照して説明する。図 3 は、形成された窒化物半導体発光素子に対して SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry: 二次イオン質量分析法) を用いて組成分析を行った結果の一例を模式的に示すグラフであり、横軸が表面からの深さ方向の距離、右縦軸が Al 組成比、左縦軸が Si 濃度を示している。なお、図 3 は、図 1 において p 型コンタクト層 26 を形成していない素子に対して分析を行った場合を示している。

[0044] SIMS 等を利用して n 型不純物濃度を測定するに際しては、窒化物半導体発光素子の表面から深さ方向に所定のピッチでエッチングを行いながら、組成評価を行う。この場合、得られる組成比の値は、エッチングのピッチに応じた離散的な値となる。図 3 では、5 nm ピッチで表面から深さ方向に素子に対してエッチングを行いながら、各測定点における組成分析を SIMS によって行った場合の結果が模式的に示されている。

[0045] 最表面から深さ方向にエッチングを行いながら SIMS 分析を行うと、しばらくの間は $p\text{-Al}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{N}$ で構成した p 型クラッド層 24 の組成由来の信号が得られる。この層は、Al を含む一方、n 型不純物である Si は含まれていないので、図 3 のように、一定割合の Al 組成の値と、ほぼ n 型不純物濃度の検出限界である $1 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ の Si 濃度の値が示されている。

[0046] 更に深さ方向にエッチングを進めると、p 型クラッド層 24 の下層に形成された p 型窒化物半導体層 22 ($p\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$) 由来の信号が得られ始める。この層は、p 型クラッド層 24 よりも Al 組成比が高いため、Al 組成の値が上昇している。一方、n 型不純物である Si は含まれていないので、p 型クラッド層 24 と同様にほぼ n 型不純物濃度の検出限界である $1 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ の Si 濃度の値を示す。

[0047] ここで、図 3 では、5 nm ピッチでエッチングを行って各測定点における組成分析を行なっているため、グラフ上に得られる分析結果は離散的な値と

なる。このため、各測定点の間の位置における組成比の値については、厳密には得ることができない。そこで、図3のように、各測定点で得られた離散的な値を直線にて補完することで、各測定点の間の位置における組成比についても推定を行なっている。このような方法を採用する場合には、エッチングのピッチが細かいほど厳密な値が得られるため好ましいといえる。本実施形態では5 nmピッチとしているが、5 nm以下であれば好ましく、2 nm以下とするのがより好ましい。

[0048] 更に深さ方向にエッチングを進めると、p型窒化物半導体層22の下層に形成された、最終障壁層20k由来の信号が得られ始める。この最終障壁層20kは、n型不純物(Si)が含有された $\text{Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ で形成されるため、かかる層内の測定点からはAlの信号とSiの信号が得られる。Al組成比については、p型窒化物半導体層22よりも最終障壁層20kの方が少ないため、その数値は下降する。一方、Siについてはp型窒化物半導体層22では含まれておらず、最終障壁層20kでは含まれているため、その数値は上昇する。

[0049] 上述したように、所定のピッチでエッチングをしながら組成分析を行うため、p型窒化物半導体層22と最終障壁層20kの界面が測定点にならない可能性がある。より具体的にいえば、直前の測定点22aが、p型窒化物半導体層22における最も最終障壁層20kに近い箇所であり、その直後の測定点20kaが、最終障壁層20kにおける最もp型窒化物半導体層22に近い箇所になる可能性がある。この場合には、厳密な意味において、最終障壁層20kとp型窒化物半導体層22との界面のn型不純物濃度を測定することができない。

[0050] そこで、前記の直線補完を利用して、最終障壁層20kとp型窒化物半導体層22との界面を、最終障壁層20kとp型窒化物半導体層22のAl組成差が1/2になる箇所をもって定義する。図3に示すように、p型窒化物半導体層22から最終障壁層20kに向かうに連れてAl組成は下降し、Si濃度は上昇する。よって、p型窒化物半導体層22における最も最終障壁

層 20k に近い測定点 22a における Al 組成の値と、最終障壁層 20k における最も p 型窒化物半導体層 22 に近い測定点 20ka における Al 組成の値を直線で補完し、その値が中間値となる箇所をもって最終障壁層 20k と p 型窒化物半導体層 22 との界面 21 の位置を導出する。

[0051] そして、図 3 に示すように、p 型窒化物半導体層 22 における最も最終障壁層 20k に近い測定点 22a における Si 濃度の値と、最終障壁層 20k における最も p 型窒化物半導体層 22 に近い測定点 20ka における Si 濃度の値を直線で補完することで、界面 21 の位置における Si 濃度の値が導出される。

[0052] 実施例 1 では、最終障壁層 20k の形成に際し、最初の約 120 秒間については、窒素、水素、TMG、TMA に加えて TE Si の供給を行って n 型不純物を含有させながら 5 nm 成長させる。その後、TE Si の供給を停止して、窒素、水素、TMG 及び TMA を約 360 秒間供給して成長させることで、最終的に約 480 秒間をかけて層厚 20 nm の最終障壁層 20k を形成した。これにより、最終障壁層 20k における、p 型窒化物半導体層 22 との界面の n 型不純物濃度を $3 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ とした。

[0053] 以下の実施例及び比較例についても、上記の方法で最終障壁層 20k と p 型窒化物半導体層 22 の界面の n 型不純物濃度を測定した。

[0054] (実施例 2)

最終障壁層 20k を形成するに際し、TE Si の供給時間を約 240 秒間とすることで n 型不純物を含有させながら 10 nm を成長させた後、TE Si の供給を停止して、窒素、水素、TMG 及び TMA を約 240 秒間供給して成長させることで、最終的に約 480 秒間をかけて層厚 20 nm の最終障壁層 20k を形成した以外は、実施例 1 と同様に形成した。これにより、実施例 2 の素子において、最終障壁層 20k と p 型窒化物半導体層 22 の界面の n 型不純物濃度は $7 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ であった。

[0055] (実施例 3)

障壁層 (20a, 20c, 20e, 20g, 20i, 20k) のうちのー

部の障壁層 20 g についてアンドープとした以外は、実施例 2 と同条件として素子を形成した。

[0056] (実施例 4)

最終障壁層 20 k を形成するに際し、TESi の供給時間を約 288 秒間とすることで n 型不純物を含有させながら 12 nm を成長させた後、TESi の供給を停止して、窒素、水素、TMG 及び TMA を約 192 秒間供給して成長させることで、最終的に約 480 秒間をかけて層厚 20 nm の最終障壁層 20 k を形成した以外は、実施例 1 と同様に形成した。これにより、実施例 4 の素子において、最終障壁層 20 k と p 型窒化物半導体層 22 の界面の n 型不純物濃度は $1.5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ であった。

[0057] (実施例 5)

最終障壁層 20 k を形成するに際し、TESi の供給時間を約 360 秒間とすることで n 型不純物を含有させながら 15 nm を成長させた後、TESi の供給を停止して、窒素、水素、TMG 及び TMA を約 120 秒間供給して成長させることで、最終的に約 480 秒間をかけて層厚 20 nm の最終障壁層 20 k を形成した以外は、実施例 1 と同様に形成した。これにより、実施例 5 の素子において、最終障壁層 20 k と p 型窒化物半導体層 22 の界面の n 型不純物濃度は $4 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ であった。

[0058] (比較例 1)

TESi を供給せずに最終障壁層 20 k を形成したことで、最終障壁層 20 k をアンドープとした以外は、実施例 1 と同様に形成した。

[0059] (比較例 2)

最終障壁層 20 k を形成するに際し、TESi の供給時間を約 456 秒間とすることで n 型不純物を含有させながら 19 nm を成長させた後、TESi の供給を停止して、窒素、水素、TMG 及び TMA を約 24 秒間供給して成長させることで、最終的に約 480 秒間をかけて層厚 20 nm の最終障壁層 20 k を形成した以外は、実施例 1 と同様に形成した。これにより、比較例 1 の素子において、最終障壁層 20 k と p 型窒化物半導体層 22 の界面の

n型不純物濃度は $8 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ であった。

- [0060] 図4は、実施例1～5及び比較例1～2の各素子の発光光量と供給電流の関係を示すグラフである。図4によれば、最終障壁層20kとp型窒化物半導体層22の界面のn型不純物濃度（以下、適宜「界面濃度」と略記する。）を $7 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ とした実施例2が、最も発光光量が高くなっており、界面濃度を $3 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ とした実施例1、界面濃度を $1.5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ とした実施例4の順に発光光量が高いことが分かる。
- [0061] また、界面濃度を $7 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ として、一部の障壁層（20g）をアンドープとした実施例3は、界面濃度を同条件にして全ての障壁層にn型不純物をドーピングさせた実施例2よりは発光光量が低いものの、最終障壁層20kをアンドープとした比較例1よりは発光光量が高いことが分かる。
- [0062] 界面濃度を $4 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ とした実施例5は、実施例1～4よりは発光光量が低いものの、やはり最終障壁層20kをアンドープとした比較例1よりは発光光量が高い。他方、界面濃度を $8 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ とした比較例2は、最終障壁層20kをアンドープとした比較例1よりも発光光量が低下している。
- [0063] 図4によれば、最終障壁層20kに対してn型不純物をドーピングすると共に、この最終障壁層20kとp型窒化物半導体層22の界面のn型不純物濃度を $4 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下とすることで、最終障壁層20kをアンドープとした従来の素子よりも発光効率が向上することが分かる。また、実施例2及び実施例3を比較すれば、全ての障壁層に対してn型不純物をドーピングした方が発光効率は高まるが、最終障壁層20kとp型窒化物半導体層22の界面のn型不純物濃度を $4 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下とすることで、一部の障壁層がアンドープであっても、最終障壁層20kをアンドープとした従来の素子よりは発光効率が向上することが分かる。
- [0064] なお、比較例2のように、界面濃度を $8 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ とした場合には、最終障壁層20kからp型窒化物半導体層22へと一部のn型不純物が拡散したことで、p-n接合にダメージを与えられて注入効率が低下し、特性の

劣化を招いたものと考えられる。

[0065] 図5は、実施例1～5、比較例1～2の各素子に対して逆バイアスの電圧を印加して、耐圧の特性を評価した結果を示すグラフである。横軸は界面濃度、縦軸は逆バイアス電流を $1\mu\text{A}$ 流すために必要な逆バイアス電圧の大きさを示している。なお、比較例1では、界面濃度が 1.5×10^{16} となっているが、これはノイズに伴う値であって、事実上の測定限界であり、実際はアンドープであるものとして構わない。

[0066] 図5を参照しても、比較例2のように、界面濃度を $8 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ と高くした場合には、耐圧がかなり低くなっていることが分かる。この結果も、最終障壁層20kからp型窒化物半導体層22へと一部のn型不純物が拡散してp-n接合にダメージが発生し、耐圧が低下したことを示すものである。他方、界面濃度を $4 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下とした実施例1～5については、高い耐圧が示されており、リーク電流の発生がなく長寿命の素子の実現できていることが示唆される。

[0067] [製造方法]

以下、窒化物半導体発光素子1の製造方法の一例について説明する。なお、下記製造方法で説明する製造条件や膜厚などの寸法は、あくまで一例であって、これらの数値に限定されるものではない。すなわち、各半導体層の成長工程においては、目的とする組成に応じた基板温度および炉内圧力となる条件下で気相成長が行われるものとして構わない。

[0068] 以下では、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition: 有機金属化学気相蒸着) 法を用いて各半導体層を成長させることで、窒化物半導体発光素子1を製造する方法について説明する。この方法を用いる場合、Al原子供給源となる有機金属化合物としてはトリメチルアルミニウム (TMA) が、Ga原子供給源となる有機金属化合物としてはトリメチルガリウム (TMG) が、In原子供給源となる有機金属化合物としてはトリメチルインジウム (TMI) が、Si原子供給源となる有機金属化合物としてはテトラエチルシラン (TESi) が、Mg原子供給源となる有機金属化合物とし

てはビスシクロペンタジニエルマグネシウム (Cp_2Mg) が、N原子供給源となる化合物としてはアンモニアがそれぞれ用いられ、キャリアガスとしては窒素ガス及び水素ガスが用いられるが、これらに限定されるものではない。

[0069] <ステップS1>

まず、支持基板10としてc面サファイア基板を準備し、このクリーニングを行う。より具体的には、例えばMOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition: 有機金属化学気相蒸着) 装置の処理炉内にc面サファイア基板を配置し、処理炉内に流量が10slmの水素ガスを流しながら、炉内温度を例えば1150℃に昇温することにより行われる。

[0070] <ステップS2>

次に、炉内圧力100kPa、基板温度480℃の状態、処理炉内にキャリアガスとして窒素ガスを流量5slm及び水素ガスを流量5slmで供給しながら、アンモニアを流量250000 $\mu\text{mol}/\text{min}$ 及びTMGを流量50 $\mu\text{mol}/\text{min}$ で70秒間供給することにより、支持基板10の表面に層厚20nmのGaN層を成長させて第1バッファ層(LT-GaN)12を形成する。

[0071] <ステップS3>

次に、基板温度1150℃の状態、処理炉内にキャリアガスとして窒素ガスを流量20slm及び水素ガスを流量15slmで供給しながら、アンモニアを流量250000 $\mu\text{mol}/\text{min}$ 及びTMGを流量100 $\mu\text{mol}/\text{min}$ で30分間供給することにより、第1バッファ層12上に層厚1.7 μm のアンドープのGaN層を成長させて第2バッファ層(u-GaN)14を形成する。

[0072] <ステップS4>

次に、第2バッファ層14の上層に、 $n\text{-Al}_n\text{Ga}_{1-n}\text{N}$ ($0 \leq n < 1$) で構成されるn型窒化物半導体層16を形成する。より具体的には、ステップS3と同様に、処理炉内にキャリアガスとして窒素ガスを流量20slm

及び水素ガスを流量 15 s l m で供給しながら、基板温度 1150°C 、炉内圧力 30 k P a の状態で、TMA を流量 $5.2 \mu\text{m o l} / \text{m i n}$ 、TESi を流量 $0.013 \mu\text{m o l} / \text{m i n}$ で供給することにより、第2バッファ層 14 上に層厚 $2.3 \mu\text{m}$ の $\text{n-Al}_{0.06}\text{Ga}_{0.94}\text{N}$ 層よりなる n 型窒化物半導体層 16 を形成する。

[0073] なお、本ステップでは、ドーパントとしての n 型不純物を Si としたが、他に Ge、S、Se、Sn 及び Te などを用いることができる。

[0074] <ステップ S5>

次に、n 型窒化物半導体層 16 の上層に $\text{In}_c\text{Ga}_{1-c}\text{N}$ ($0 < c \leq 1$) からなる井戸層と $\text{Al}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$ ($0 < b \leq 1$) からなる障壁層が交互に繰り返されてなる発光層 20 を形成する。

[0075] 発光層 20 のより具体的な形成方法は例えば以下の通りである。ステップ S4 の後、成長工程を中断し、その後、処理炉内にキャリアガスとして窒素ガスを流量 15 s l m 及び水素ガスを流量 1 s l m で供給しながら、炉内圧力 100 k P a 、基板温度 820°C の状態で、TMG を流量 $10 \mu\text{m o l} / \text{m i n}$ 、TMI を流量 $7 \mu\text{m o l} / \text{m i n}$ で 120 秒間供給することにより、層厚 5 nm の $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}$ の組成を有する井戸層を形成する工程と、TMG を流量 $10 \mu\text{m o l} / \text{m i n}$ 、TMA を流量 $0.9 \mu\text{m o l} / \text{m i n}$ 、TESi を流量 $0.9 \mu\text{m o l} / \text{m i n}$ で 480 秒間供給することにより、層厚 20 nm の $\text{n-Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ の組成を有する障壁層を形成する工程を行う。以下、これらの 2 工程を繰り返すことで、井戸層と障壁層を 5 周期積層する。なお、障壁層への Si ドーピングは、障壁層全体にドーピングを行っても良いし、また、Si の拡散により井戸層である InGaN 層へ過剰に Si が入ることで注入効率を落とすおそれがある場合は、障壁層に部分的にドーピングを行ってもよい。

[0076] 更に、最終となる井戸層 20 j を形成後、TMG を流量 $10 \mu\text{m o l} / \text{m i n}$ 、TMA を流量 $0.9 \mu\text{m o l} / \text{m i n}$ 、TESi を流量 $0.9 \mu\text{m o l} / \text{m i n}$ で所定時間供給を行った後、TESi の供給を停止して引き続き

TMGを流量 $10\mu\text{mol}/\text{min}$ 、TMAを流量 $0.9\mu\text{mol}/\text{min}$ で供給することで、層厚 20nm の $n\text{-Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ の組成を有する最終障壁層 20k を形成する。上述したように、この工程において、TESiの供給時間を調整することで、最終障壁層 20k の表面、すなわち次のステップS6にて形成されるp型窒化物半導体層22の界面のn型不純物の濃度を $4\times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下とすることができる。

[0077] <ステップS6>

炉内圧力 100kPa で処理炉内にキャリアガスとして窒素ガスを流量 15slm 及び水素ガスを流量 25slm で供給しながら、基板温度を 1025°C にし、その状態でTMGを流量 $100\mu\text{mol}/\text{min}$ 、TMAを流量 $24\mu\text{mol}/\text{min}$ 、 Cp_2Mg を流量 $0.1\mu\text{mol}/\text{min}$ で20秒間供給することにより、発光層20上に層厚 20nm の $p\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ 層を成長させてp型窒化物半導体層22を形成する。

[0078] <ステップS7>

続いて、TMAの流量を $12\mu\text{mol}/\text{min}$ に変更して成長を100秒間継続することにより、p型窒化物半導体層22上に層厚 100nm の $p\text{-Al}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{N}$ よりなるp型クラッド層24を形成する。

[0079] <ステップS8>

ステップS7の後、 Cp_2Mg の流量を $0.2\mu\text{mol}/\text{min}$ に変更して成長を20秒間継続することにより、p型クラッド層24上に層厚 20nm の $p^+\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ よりなるp型コンタクト層26を形成する。

[0080] <ステップS9>

次に、ステップS1～S8を経て得られたウェハに対して活性化処理を行う。より具体的には、RTA (Rapid Thermal Anneal : 急速加熱) 装置を用いて、大気中 700°C で15分間の活性化処理を行う。

[0081] <ステップS10>

その後は、フォトリソグラフィと誘導結合型プラズマ処理装置(ICP)により、n型窒化物半導体層の一部をエッチングして露出させることにより

nパッド部を形成し、当該nパッド部及びp型コンタクト層26の表面に設定されたpパッド部の各々に、電極材料（例えばNi5nm及び金5nm）を形成後、大気中において温度500℃で5分間アニールを行い、nパッド部及びpパッド部の各々にAlを蒸着してn電極及びp電極を形成する。

[0082] また、縦型の素子を実現する場合には、支持基板10を剥離した後、当該支持基板10が存在していた箇所に電極材料を積層してn電極を形成する。そして、p型コンタクト層26の表面に設定されたpパッド部に上記と同様の方法にてp電極を形成する。

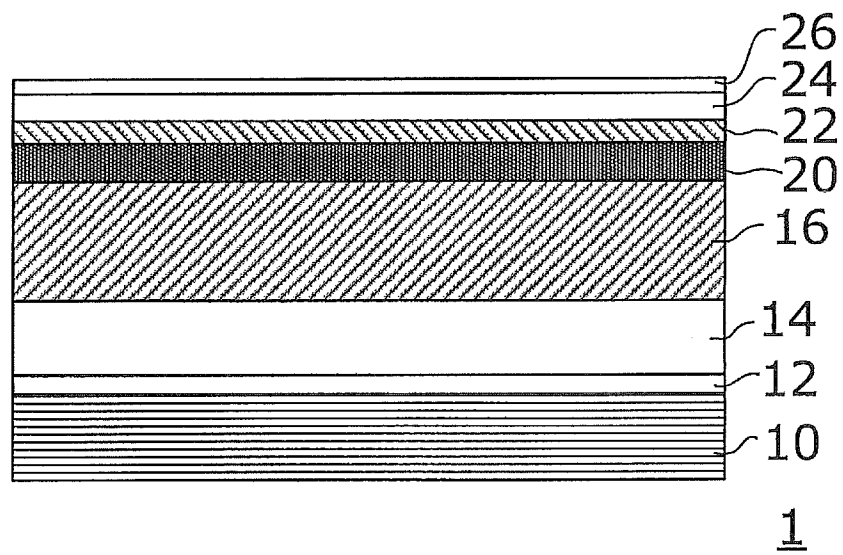
符号の説明

- [0083]
- | | | |
|------------------------------|---|---------------------------------|
| 1 | : | 窒化物半導体発光素子 |
| 10 | : | 支持基板 |
| 12 | : | 第1バッファ層 |
| 14 | : | 第2バッファ層 |
| 16 | : | n型窒化物半導体層 |
| 20 | : | 発光層 |
| 20a, 20c, 20e, 20g, 20i, 20k | : | 障壁層 |
| 20b, 20d, 20f, 20h, 20j | : | 井戸層 |
| 20ka | : | 最終障壁層20kにおける最もp型窒化物半導体層22に近い測定点 |
| 21 | : | 最終障壁層20kとp型窒化物半導体層22との界面 |
| 22 | : | p型窒化物半導体層 |
| 22a | : | p型窒化物半導体層22における最も最終障壁層20kに近い測定点 |
| 24 | : | p型クラッド層 |
| 26 | : | p型コンタクト層 |

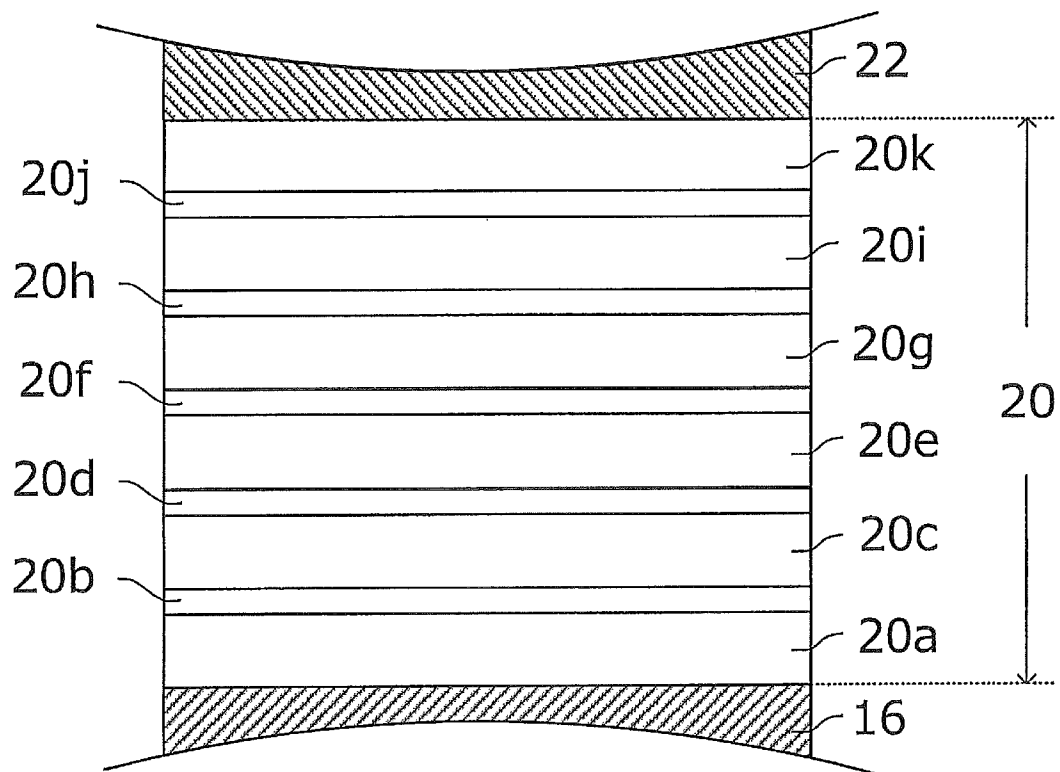
請求の範囲

- [請求項1] n型窒化物半導体層とp型窒化物半導体層との間に、窒化物半導体からなる井戸層と窒化物半導体からなる障壁層とを交互に積層してなる発光層を有する窒化物半導体発光素子であって、
- 前記障壁層のうち前記p型窒化物半導体層と接する位置に形成される最終障壁層は、n型不純物を含み、前記p型窒化物半導体層との界面のn型不純物濃度が $4 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下であることを特徴とする窒化物半導体発光素子。
- [請求項2] 前記最終障壁層を含む全ての前記障壁層が、n型不純物を含む構成であることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。
- [請求項3] 請求項1に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法であって、
- 前記最終障壁層の形成時に、前記最終障壁層の材料を形成するための第1原料ガスに、n型不純物を含有させるための第2原料ガスを含む混合ガスを供給する工程と、前記第2原料ガスの供給を停止して引き続き前記第1原料ガスを供給する工程とを含むことを特徴とする窒化物半導体発光素子の製造方法。

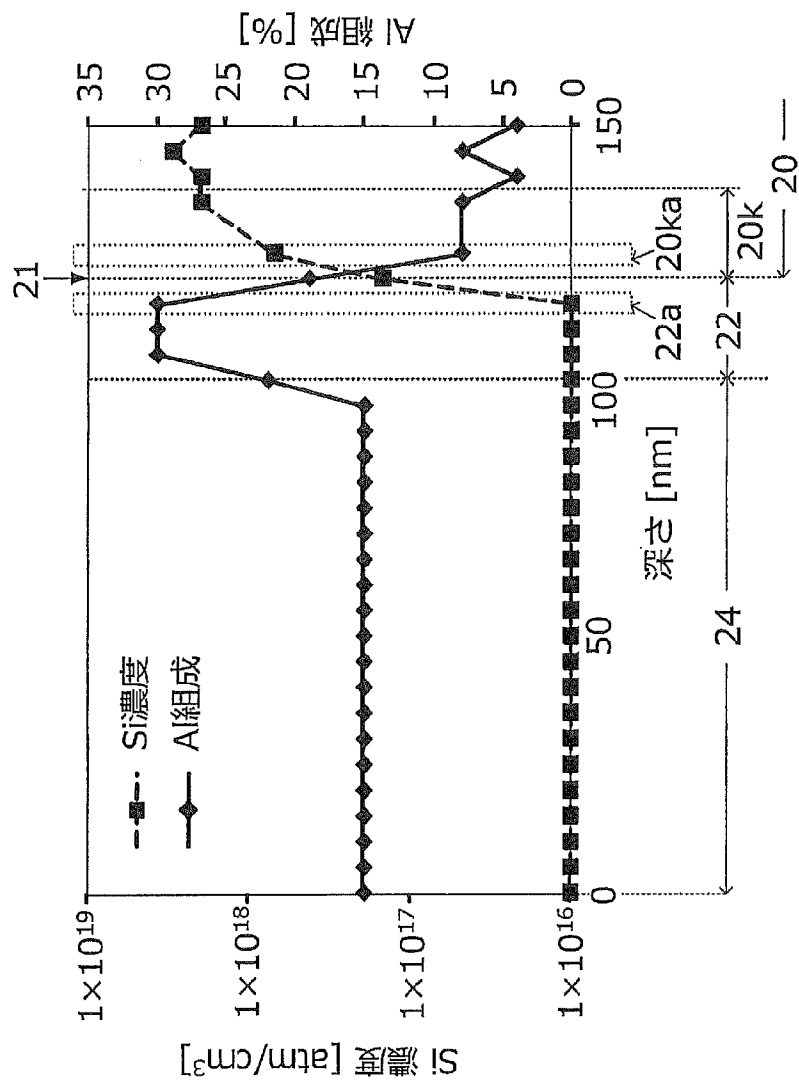
[図1]



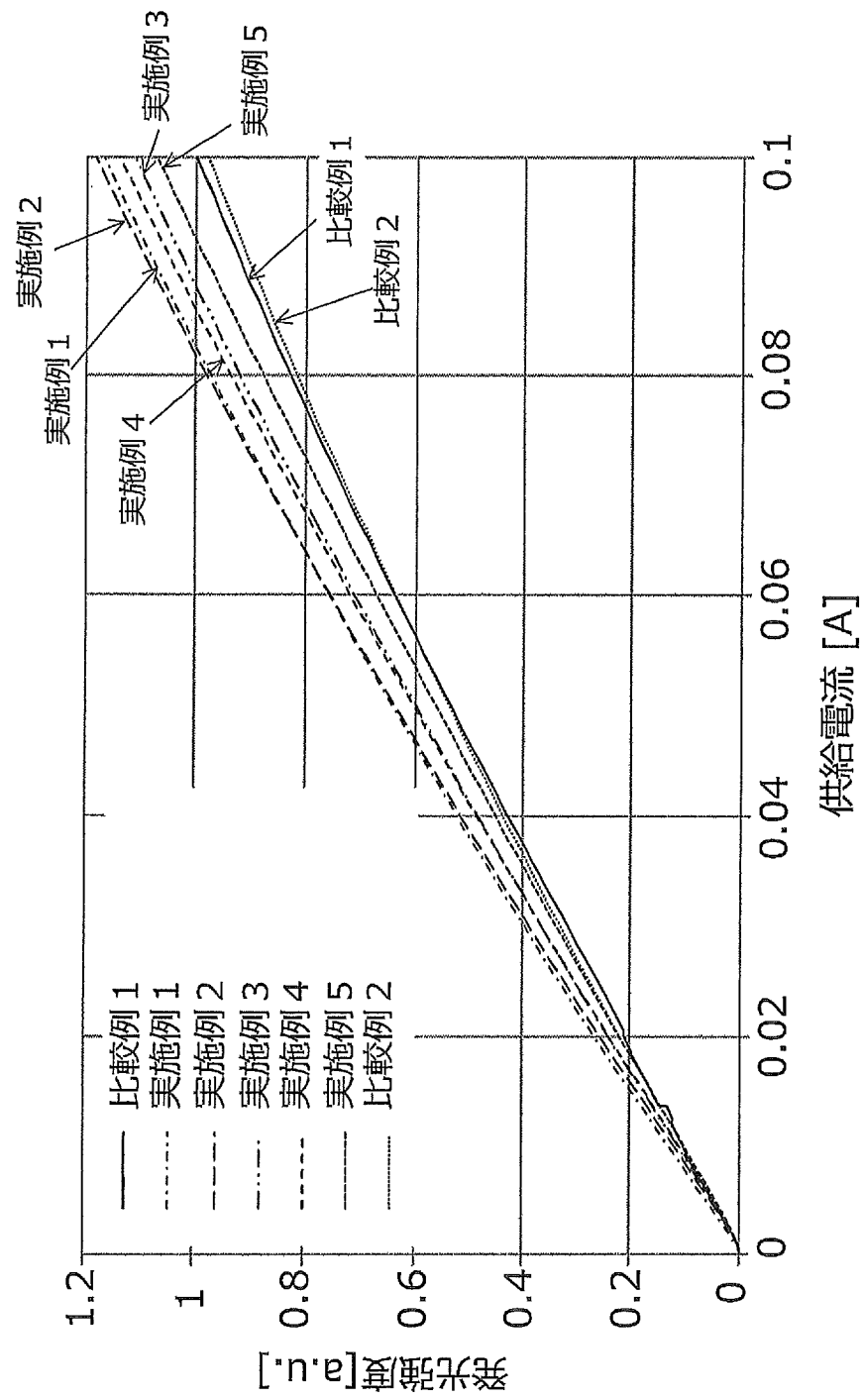
[図2]



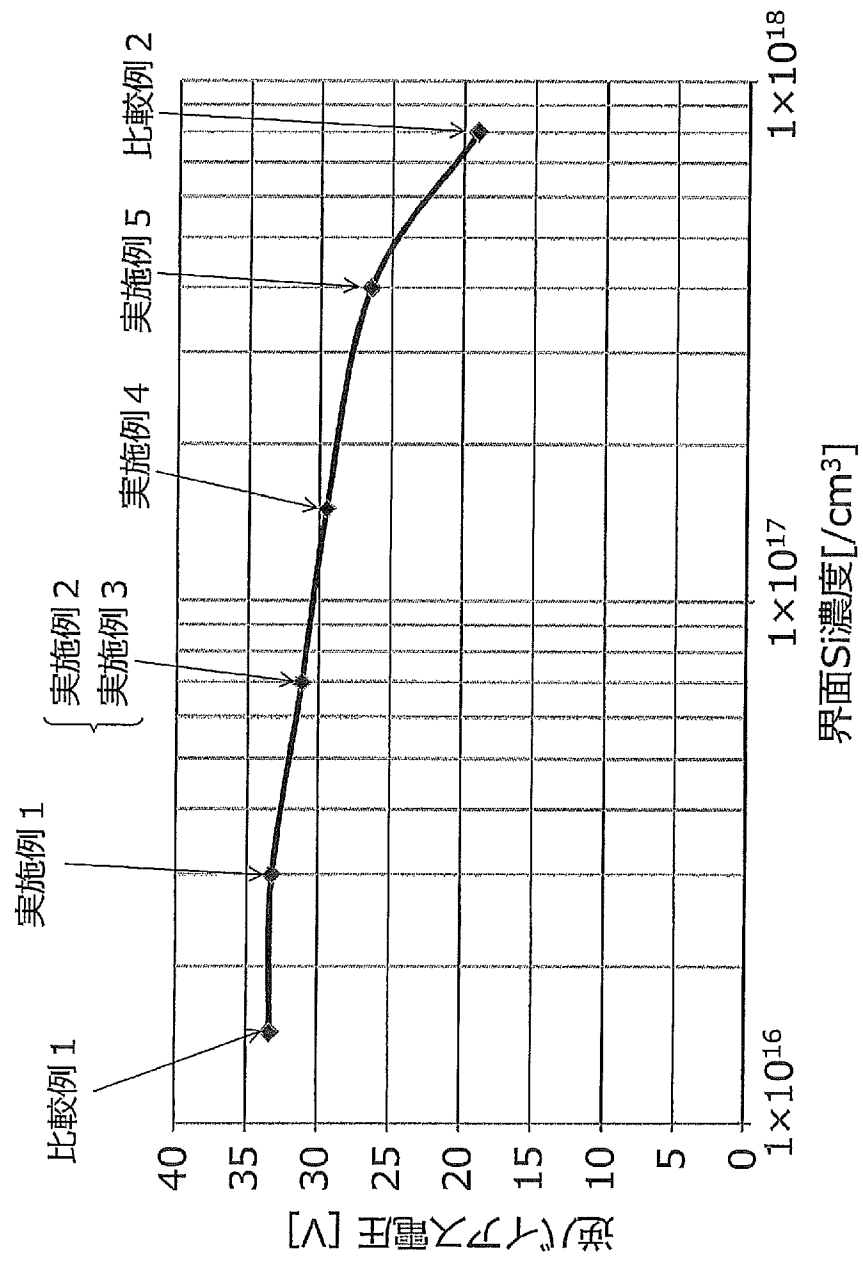
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/065906

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L33/32(2010.01)i, H01S5/343(2006.01)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)

H01S5/00-5/50, H01L33/00-33/64

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 2010-93186 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 22 April 2010 (22.04.2010), paragraphs [0048], [0141] to [0145] (Family: none)	1-3
X	JP 2013-12683 A (Sharp Corp.), 17 January 2013 (17.01.2013), paragraphs [0042] to [0043], [0071] to [0077], [0134] to [0146]; fig. 1 & US 2013/0001509 A1 & CN 102881789 A & TW 201308658 A	1-3
A	JP 2012-69988 A (Toshiba Corp.), 05 April 2012 (05.04.2012), paragraphs [0028] to [0050]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-3

☒ 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
26 June, 2014 (26.06.14)

Date of mailing of the international search report
15 July, 2014 (15.07.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/065906

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-91251 A (Nichia Chemical Industries, Ltd.), 06 May 2011 (06.05.2011), paragraphs [0070] to [0072] (Family: none)	1-3
A	JP 2011-23539 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 03 February 2011 (03.02.2011), entire text; all drawings & US 2011/0121265 A1 & EP 2472606 A1 & WO 2011/007594 A1 & KR 10-2011-0027643 A & CN 102124578 A & TW 201103167 A	1-3

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L33/32(2010.01)i, H01S5/343(2006.01)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. H01S 5/00 - 5/50, H01L 33/00 - 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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	JP 2010-93186 A（昭和電工株式会社） 2010.04.22, 段落 0048, 0141-0145（ファミリーなし）	1-3
X	JP 2013-12683 A（シャープ株式会社） 2013.01.17, 段落 0042-0043, 0071-0077, 0134-0146, 図 1 & US 2013/0001509 A1 & CN 102881789 A & TW 201308658 A	1-3
A	JP 2012-69988 A（株式会社東芝） 2012.04.05, 段落 0028-0050, 図 1, 2（ファミリーなし）	1-3

☒ 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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 6 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 5 . 0 7 . 2 0 1 4

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

佐藤 俊彦

2 K

4 7 5 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2011-91251 A (日亜化学株式会社) 2011.05.06, 段落 0070-0072 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 2011-23539 A (住友電気工業株式会社) 2011.02.03, 全文、全図 & US 2011/0121265 A1 & EP 2472606 A1 & WO 2011/007594 A1 & KR 10-2011-0027643 A & CN 102124578 A & TW 201103167 A	1-3