

(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
2019年6月6日(06.06.2019)



(10) 国際公開番号

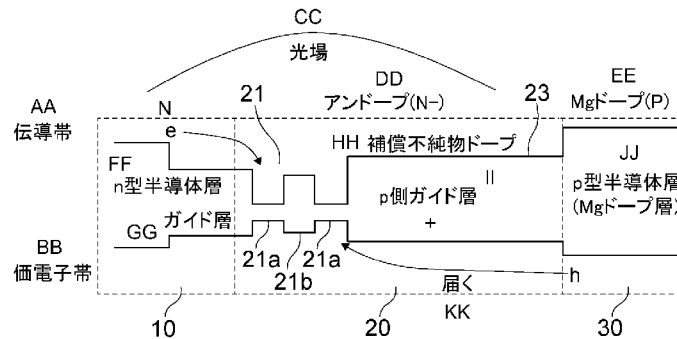
WO 2019/106931 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 5/343 (2006.01) *H01L 33/32* (2010.01) 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/035965 (72) 発明者: 河角 孝行 (KAWASUMI, Takayuki);
〒2430014 神奈川県厚木市旭町4丁目14-1 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 徳田 耕太(TOKUDA, Kota); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町4丁目14-1 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).
- (22) 国際出願日: 2018年9月27日(27.09.2018)
- (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 2017-231828 2017年12月1日(01.12.2017) JP
- (71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014
- (74) 代理人: 大森 純一(OMORI, Junichi); 〒1070052 東京都港区赤坂7-5-47 U & M 赤坂ビル2F 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,

(54) Title: SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体発光素子

[図2]



- AA Conductive band
BB Valence band
CC Optical field
DD Undoped (N-)
EE Mg doped (P)
FF n-type semiconductor layer
GG Guide layer
HH Compensation impurity doping
II p-side guide layer
JJ p-type semiconductor layer (Mg doped layer)
KK Reach

(57) Abstract: This semiconductor light-emitting device is provided with a layer structure of a nitride semiconductor, wherein the layer structure includes an n-type semiconductor layer, a p-type semiconductor layer, and an intermediate layer. The intermediate layer has an active layer and is provided between the n-type semiconductor layer and the p-type semiconductor layer. The layer structure includes, in at least the intermediate layer, a residual donor in a region between the active layer and the p-type semiconductor layer. The intermediate layer includes an impurity that compensates for

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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

the residual donor in the region between the active layer and the p-type semiconductor layer. The intermediate layer is configured such that the concentration of the impurity in the region between the active layer and the p-type semiconductor layer is higher than the concentration of the impurity in the p-type semiconductor layer.

(57) 要約: 半導体発光素子は、窒化物半導体の層構造を備え、前記層構造は、n型半導体層と、p型半導体層と、中間層とを含む。前記中間層は、活性層を有し、前記n型半導体層および前記p型半導体層の間に設けられる。前記層構造は、少なくとも前記中間層のうち、前記活性層と前記p型半導体層との間の領域に残留ドナーを含む。前記中間層は、前記活性層と前記p型半導体層との間の領域に前記残留ドナーを補償する不純物を含む。そして、前記中間層は、前記活性層と前記p型半導体層との間の領域における前記不純物の濃度が、前記p型半導体層における前記不純物の濃度より高くなるように構成される。

明 細 書

発明の名称：半導体発光素子

技術分野

[0001] 本技術は、ＬＤ（Laser Diode）やＬＥＤ（Light Emitting Diode）といった半導体発光素子に関する。

背景技術

[0002] 半導体レーザは、多くの分野において利用されている。例えば光の三原色である赤、緑、青色光を発生する半導体レーザが全て実現されたことにより、小型、低消費電力といった特長を活かし、ＴＶやプロジェクタといった映像表示装置への応用が期待される。

[0003] 特許文献１に記載の半導体光デバイスは、ｎ型を有する第１化合物半導体層、活性層、および、ｐ型を有する第２化合物半導体層から成る積層構造体を備える。活性層は、少なくとも３層の障壁層、および、障壁層によって挟まれた井戸層を有する。それら障壁層のバンドギャップエネルギー値が適切に設計されることにより、電子オーバーフロー抑制が抑制される（例えば、特許文献１参照。）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開2016-219587号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 現在、特に、青、緑色光を発生する窒化物半導体を利用した半導体発光素子のさらなる出力や効率の向上が求められている。

[0006] 本開示の目的は、窒化物半導体を利用する半導体発光素子の特性を向上させることにある。

課題を解決するための手段

[0007] 一形態に係る半導体発光素子は、窒化物半導体の層構造を備え、前記層構

造は、n型半導体層と、p型半導体層と、中間層とを含む。

前記中間層は、活性層を有し、前記n型半導体層および前記p型半導体層の間に設けられる。

前記層構造は、少なくとも前記中間層のうち、前記活性層と前記p型半導体層との間の領域に残留ドナーを含む。

前記中間層は、前記活性層と前記p型半導体層との間の領域に前記残留ドナーを補償する不純物を含む。そして、前記中間層は、前記活性層と前記p型半導体層との間の領域における前記不純物の濃度が、前記p型半導体層における前記不純物の濃度より高くなるように構成される。

[0008] 中間層が、残留ドナーを抑制する不純物を含むので、p型半導体層から注入されるホールが、活性層とp型半導体層との間の領域を介して活性層に到達しやすくなる。これにより、光変換効率が向上する。

[0009] 前記p型半導体層は、アクセプタとしてマグネシウムを含む層であってもよい。

[0010] 前記不純物は、炭素、鉄、および亜鉛のうち少なくとも1つであってもよい。

[0011] 前記不純物は、2族および4族の元素のうち少なくとも1つであってもよい。

[0012] 前記半導体発光素子は、前記層構造が形成される基板をさらに具備してもよい。

前記基板の主構成材料は、窒化ガリウム、窒化アルミニウム、サファイア、またはシリコンであってもよい。

[0013] 前記基板は、窒化ガリウムで構成され、前記基板の前記層構造が形成される主面の面方位は、cおよびm軸の両方に対して傾きを有していてもよい。

発明の効果

[0014] 以上、本技術によれば、窒化物半導体を利用する半導体発光素子の特性を向上させることができる。

[0015] なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本開示

中に記載されたいずれかの効果であってもよい。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図 1 A、B は、活性層近傍の半導体発光素子のエネルギーバンドを模式的に示す図であり、ホール注入が妨げられる様子を示す。

[図2]図 2 は、本実施形態に係る半導体発光素子の層構造のうち、活性層近傍のエネルギーバンドを模式的に示す図である。

[図3]図 3 は、一実施形態に係る半導体発光素子を示す模式的な断面図である。

[図4]図 4 は、窒化物半導体の結晶構造を示し、例えば結晶の主面が半極性面の 1 つである形態を示す。

[図5]図 5 は、p 側ガイド層における残留ドナーレベルを変えた場合の、p 側ガイド層の厚さおよび動作電圧をシミュレーションした結果を示すグラフである。

[図6]図 6 は、図 5 のシミュレーションにおいて、電気-光変換効率のシミュレーション結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本技術に係る実施形態を、図面を参照しながら説明する。

[0018] 1. 本技術の概要

[0019] 窒化物系の材料、特に AlGaInN 系材料では、マグネシウム (Mg) が実用化されている唯一のアクセプタのドーパント材料である。Mg は、活性化率が低く、実際のキャリア密度の 100 倍程度をドーピングする必要があると考えられる。Mg は光吸収源にもなるため、そのドーピング量が多いと発光効率が低下するおそれがある。

[0020] Mg による光吸収を抑えるには、Mg ドープ層と、光場（エネルギーバンド図での光強度分布）との重なりを減らすことが必要である。

[0021] 具体的な一つの方法として、活性層から、ある一定以上の物理的な距離をあけて Mg のドーピング層を形成することが考えられる。この場合、半導体発光素子の製造時において、活性層から Mg ドープ層（つまり p 型半導体層）までの

間の領域では、アクセプタを意図的にドーブしないことにより、当該領域に中間層が形成される。かかる中間層には残留ドナーが存在するため、この中間層はn型になる。

[0022] Mgドーブ層の位置を活性層から物理的に一定以上離れた場合に、動作電圧が高くなる。この動作電圧の上昇は、p型側からのホールの注入が阻害されるために起こる。ホールの注入の容易性は、半導体層において電極側から活性層までの距離と、残留ドナーの濃度に大きく依存する。残留ドナーは、ドナー性の残留不純物や窒素空孔が原因と考えられており、基板の種類、基板の面方位、成長条件等に依存して、大きく変動する。

[0023] 図1A、Bは、活性層近傍の半導体発光素子のエネルギーバンドを模式的に示す図であり、ホールの注入が妨げられる様子を示す。

[0024] 半導体発光素子は、図1A、Bに示すように層構造を備える。層構造は、左側から、n型半導体層10と、活性層21を有する中間層20と、p型半導体層30とを含む。図1A、Bに示す例では、活性層21は井戸層（例えば複数）を有する。複数の井戸層21aが設けられる場合、それらの間に障壁層21bが設けられる。

[0025] p型半導体層30は、MgがドーブされたMgドーブ層として構成される。活性層21とそのp型半導体層30との間の領域を、以下では説明の便宜上、「p側ガイド層23」と称する。このp側ガイド層23を含む中間層20は、上述したように残留ドナーの存在により、あくまでn型である。この残留ドナーを図中、「+」で示す。

[0026] なお、ドナー（残留ドナー）は1つの自由電子を放出する。自由電子は、バイアス状態にしたがって自由に動くことができる。その結果、p側ガイド層23では、自由電子を放出したドナーの電気極性は「+」になる。

[0027] 図1Aは、p側ガイド層23の距離（活性層21からp型半導体層30までの距離）が小さいため、p型半導体層30と光場との重なりがあり、Mgによる光の吸収が起こることを示す。

[0028] 図1Bは、上記p側ガイド層23の距離を、図1Aのそれに比べ大きく一

定以上とした場合、ほとんどのホールが活性層 2 1 まで届かないことを示す。具体的には、ホールが、p 型半導体層 3 0 から活性層 2 1 の井戸層に到達するためには、上記 p 側ガイド層 2 3 に含まれる+極性の残留ドナーの反発に抗して、この p 側ガイド層 2 3 を乗り越える必要がある。この場合、大きなバイアスを必要とし、これが動作電圧を上げる要因となると考えられる。

[0029] これらを解決する手段として、残留ドナーの濃度を下げることが有効である。一般には、残留ドナーの起源としては、上記したように、残留酸素、窒素空孔等が挙げられる。しかし、これらを制御するには、成長条件の大幅な変更や、成長方法自体の改善が必要となり、満足できる特性を得られるような改善は困難である。

[0030] 本技術は、残留ドナーの濃度を下げる方法として、直接その起源を除く代わりに、残留ドナーの機能を抑制する不純物をドーピングする方法を採用する。以下では、残留ドナーの機能を抑制することを、「残留ドナーを補償する」と言う場合もある。

[0031] 2. 実施形態

[0032] 2. 1) 半導体発光素子の構成

[0033] 残留ドナーを補償する不純物（以下、便宜的に「補償不純物」と言う）としては、炭素（C）、鉄（Fe）、および亜鉛（Zn）等のうち少なくとも 1 つが用いられる。

[0034] あるいは、上記 C、Fe、Zn のうち少なくとも 1 つに代えて（または加えて）、2 族元素として、例えばベリリウム（Be）、カルシウム（Ca）、およびバリウム（Ba）のうち少なくとも 1 つが用いられてもよい。あるいは、それらの元素のうち少なくとも 1 つに代えて（または加えて）、4 族元素として、例えばチタン（Ti）、およびジルコニウム（Zr）のうち少なくとも 1 つが用いられてもよい。

[0035] 図 2 は、本実施形態に係る半導体発光素子の層構造のうち、活性層 2 1 近傍のエネルギーバンドを模式的に示す図である。

[0036] 本実施形態では、p 側ガイド層 2 3 の補償不純物の濃度を高める方法とし

て、次のような方法がある。半導体発光素子の製造時において、その補償対象の領域（p側ガイド層23）について、結晶の成長条件の変更や、追加の原料ガスの添加を行う。これにより、p側ガイド層23の補償不純物の濃度が、p型半導体層30のそれより高くなるように、p型半導体層30および中間層20が形成される。

[0037] p型半導体層30は、補償不純物を含まない場合もあり得る。つまりその場合、p型半導体層30における補償不純物の濃度は0となる。ただし、半導体発光素子の製造時において、中間層20への補償不純物のドーピング時に、製造主の意図しない微量の補償不純物が、p型半導体層30にもドーピングされる場合がある。

[0038] 補償不純物がドーピングされることにより、p側ガイド層23の残留ドナーの機能が抑制される。すなわち、ホールに反発力を与える+極性を持つ残留ドナーの濃度が低下する。その結果、図2に示すように、p側ガイド層23が厚く、つまり活性層21からp型半導体層30が一定以上離れて設けられていても、p型半導体層30から活性層21へのホールが注入されやすくなる。

[0039] 図3は、一実施形態に係る半導体発光素子を示す模式的な断面図である。この半導体発光素子1は、例えば窒化物系の半導体レーザ（LD）である。ここでの窒化物半導体とは、窒素（N）元素を含み、またアルミニウム（Al）、ガリウム（Ga）、インジウム（In）のうち少なくとも1つの元素を含んで構成された化合物半導体である。

[0040] なお、LDは、基板50上に半導体層100を備え、半導体層100を一对の共振器端面によって挟み込んだ構造となっており、端面光出射型の半導体レーザである。

[0041] 図3に示すように、窒化物半導体のLDは、基板50の第1主面51側に半導体層100が形成されてなる。半導体層100は、基板50側から、例えば第1クラッド層12、第1ガイド層14、活性層21、第2ガイド層23'、キャリアブロック層25、第2クラッド層30'、およびp-コンタクト層32が順に形成されて構成されている。第2ガイド層23'は、上記p側ガ

イド層 23 に相当する。

[0042] 本技術に係る「層構造」は、実質的には、上記第 1 クラッド層 12 から第 2 クラッド層 30'（あるいは p-コンタクト層 32）までの構造に相当する。

[0043] 基板 50 の上記第 1 主面 51 側の反対側である第 2 主面 52 側には、第 1 電極層 61 が形成されている。そして p-コンタクト層 32 の表面には第 2 電極層 62 が形成されている。半導体層 100 は、凸状のリッジ部 30a を有する。第 2 クラッド層 30' 上およびリッジ部 30a の半導体層 100 上には、絶縁膜 40 が形成されている。

[0044] 基板 50 の主構成材料は、例えば、GaN、AlN、 Al_2O_3 （サファイア）、SiC、Si、または ZrO₂ である。本実施形態の典型例は GaN である。

[0045] GaN 基板の結晶の主面は、極性面、半極性面、非極性面のいずれでもよい。主面とは、結晶が成長する面である。極性とは、分極が起こり電界が生じる、つまりピエゾ効果が生じる程度を意味する。極性面ではピエゾ効果が生じやすく、非極性面では生じにくい。

[0046] 極性面は、例えば面指数を用いて $\{0, 0, 0, 1\}$ 、 $\{0, 0, 0, -1\}$ と表すことができる。半極性面は、例えば $\{2, 0, -2, 1\}$ 、 $\{1, 0, -1, 1\}$ 、 $\{2, 0, -2, -1\}$ 、 $\{1, 0, -1, -1\}$ と表すことができる。非極性面は、例えば $\{1, 1, -2, 0\}$ 、 $\{1, -1, 0, 0\}$ と表すことができる。ここで「-」は数字の上部のバーを表すものとする。

[0047] 本技術の適用として効果が高いのは、 $\{2, 0, -2, 1\}$ を主面の結晶面とする場合である。図 4 に示すように、基板 50 が GaN で構成される場合、 $\{2, 0, -2, 1\}$ の面方位は、c および m 軸の両方に対して傾きを有する。具体的には、 $\{2, 0, -2, 1\}$ の面の傾きは、m 軸に対して 75° である。

[0048] なお、「面方位（面に垂直な軸）が特定の軸に対して傾きを有する」とは、その面とその特定の軸とが非平行および非垂直であることを意味する。

[0049] 第 1 クラッド層 12 は、基板 50 の第 1 主面 51 上に形成されており、例えば n 型導電性を有する GaN 層、AlGaInN 層、および AlGaInN 層のうち少なくとも

1層からなる。n型導電性が得られるためのドーパントとして例えばSiを用いることができる。第1クラッド層12の膜厚は、例えば500nm以上3000nm以下である。

[0050] 第1ガイド層14は、第1クラッド層12上に形成されており、例えばn型導電性を有するGaN層、InGaN層、およびAlGaInN層のうち少なくとも1層からなる。n型導電性が得られるためのドーパントとして例えばSiを用いることができる。または、第1ガイド層14はノンドープ層であってもよい。第1ガイド層14の膜厚は、例えば10nm以上500nm以下である。

[0051] 活性層21は、第1ガイド層14上に、上述したように例えば井戸層および障壁層が積層されて形成されている。

[0052] 井戸層は、例えばn型導電性を有するInGaN層からなる。n型導電性が得られるためのドーパントとして例えばSiを用いることができる。または、井戸層は、ノンドープ層でもよい。井戸層の膜厚は例えば1nm以上100nm以下である。本実施形態では、活性層21で生成される光子波長は、例えば480nm以上550nm以下である。

[0053] 障壁層は、例えばn型導電性を有するGaN層、InGaN層、AlGaN層、またはAlGaInN層からなる。n型導電性が得られるためのドーパントとして例えばSiを用いることができるし、または、障壁層はノンドープ層でもよい。障壁層の膜厚は例えば1nm以上100nm以下である。なお、障壁層のバンドギャップは井戸層内で最大となるバンドギャップ以上になるように形成されている。

[0054] 井戸層と障壁層とは交互に隣接して設けられ、井戸層数mは $m \geq 1$ を満足し、 $m = 1$ の場合は障壁層は存在しない。本実施形態においては $m = 2$ （図2参照）である。

[0055] 第2ガイド層23'は、活性層21上に形成されており、例えばn型導電性を有するGaN層、InGaN層、およびAlGaInN層のうち少なくとも1層からなる。第2ガイド層23'の膜厚は、例えば10nm以上500nm以下である。n型導電性が得られるためのドーパントは基本的には含まないが、微量であれば可能である。この場合、ドーパントとして例えばSiを用いることができる。

- [0056] 第2ガイド層23'は、実質的には、上述したように「活性層21とそのp型半導体層30との間の領域」に相当する。また、実質的には第2ガイド層23'および活性層21が、「中間層20」に相当する。本技術の特徴として、第2ガイド層23'の全部または一部に、上述の補償不純物を含み、その補償不純物の濃度が、キャリアブロック層25および第2クラッド層30'における当該補償不純物の濃度よりも高い。例えば補償不純物がCの場合、C₂H₂ガスの添加により、その濃度が制御される。
- [0057] キャリアブロック層25は、第2ガイド層23'上に形成されており、例えばp型導電性を有するGa_{0.9}N層、AlGa_{0.1}N層、AlGaInN層のうち少なくとも1層からなる。p型導電性が得られるためのドーパントとして例えばMgを用いることができる。キャリアブロック層25の膜厚は、例えば3nm以上100nm以下である。キャリアブロック層25は、第2ガイド層23'や第2クラッド層30'内に配置することもできる。
- [0058] 第2クラッド層30'は、キャリアブロック層25上に形成されており、例えばp型導電性を有するGa_{0.9}N層、AlGa_{0.1}N層、AlGaInN層のうち少なくとも1層からなる。p型導電性が得られるためのドーパントとして例えばMgを用いることができる。第2クラッド層30'の膜厚は、例えば100nm以上1000nm以下である。
- [0059] p-コンタクト層32は、第2クラッド層30'上に形成されており、例えばp型導電性を有するGa_{0.9}N層、InGa_{0.1}N層、AlGa_{0.1}N層、AlGaInN層のうち少なくとも1層からなる。p型導電性が得られるためのドーパントとして例えばMgを用いることができる。またp-コンタクト層32の膜厚は、例えば1nm以上100nm以下である。
- [0060] キャリアブロック層25、第2クラッド層30'、およびp-コンタクト層32は、p型半導体層30に相当する。
- [0061] 本実施形態では、半導体層100の一側面において、p-コンタクト層32の表面から第2クラッド層30'の中腹にかけての領域がエッチングで除去されることにより、凸状のリッジ部30aが形成される。なお、エッチングに

より除去される領域は、第2ガイド層23'やキャリアブロック層25に達していてもよい。

[0062] リッジ部30aは、光の共振方向（図3において紙面垂直方向）に延伸して形成されており、その長さは例えば50 μm 以上3000 μm 以下である。また、共振方向および半導体積層方向に対し垂直方向におけるリッジ部30aの幅は、例えば0.5 μm 以上100 μm 以下である。

[0063] リッジ部30aの形成により露出した半導体層100上には絶縁膜40が形成されている。絶縁膜40は、例えばSiO₂からなり、またその膜厚は、例えば10nm以上500nm以下である。

[0064] 基板50の第2主面52上に形成された第1電極層61は、例えば基板50に近い側から順にTiおよびAlで構成される。Ti層の膜厚は例えば5nm以上50nm以下、Al層の膜厚は例えば10nm以上300nm以下である。

[0065] p-コンタクト層32上に形成された第2電極層62は、例えばp-コンタクト層32に近い側から順にPdおよびPtで構成される。Pd層の膜厚は例えば5nm以上50nm以下、Pt層の膜厚は例えば10nm以上300nm以下である。

[0066] 2. 2) 効果

[0067] 以上のように、本実施形態では、中間層20のうちの一部（例えば第2ガイド層23'）が、残留ドナーを補償する不純物である補償不純物を含むので、p型半導体層30から注入されるホールが、活性層21とp型半導体層30との間の領域を介して活性層21に到達しやすくなる。これにより、光変換効率（電気-光変換効率）が向上する。すなわち具体的には、動作電圧の上昇を抑制しつつ、活性層21からp型半導体層30までの距離を大きくすることで、p型半導体層30での光吸収を抑え、動作時の内部ロスを低減させることができる。その結果として、光変換効率の改善、出力の向上が可能となる。

[0068] 図5は、p側ガイド層23における残留ドナーレベル（残留ドナー濃度）を変えた場合の、p側ガイド層23の厚さおよび動作電圧をシミュレーションした結果を示すグラフである。動作電圧は、0.8Aの一定電流を用いた場合

を示す。例えば 1×10^{17} 個/cm³の残留ドナーが補償されて、 3×10^{16} 個/cm³に抑えられる場合、動作電圧が低減することがわかる。

[0069] また、図6は、図5のシミュレーションにおいて、電気／光変換効率のシミュレーション結果を示すグラフである。p側ガイド層23を厚くする（すなわちp型半導体層30が活性層21から遠くなる）ほど、p型半導体層30での光吸収が抑制されるが、電圧は上昇するため、トレードオフとなり、電気／光変換効率の最適ポイントが存在する。p側ガイド層23の残留ドナーレベルが抑制されるほど、その最適ポイントはp側ガイド層23が厚い側にシフトして、電気／光変換効率の最高値が改善する。

[0070] 図6より、p側ガイド層23の厚さの最適範囲の厚さは、60nm以上200nm以下、好ましくは80nm以上180nm以下、さらに好ましくは100nm以上160nm以下である。あるいはさらに好ましくは、120nm以上140nm以下である。

[0071] 以上のように、本技術は、残留ドナーレベルが高い場合に特に有効である。基板50の面方位によって、残留ドナーレベルが高くなる場合や、Si基板上のGaN成長のように異種の基板を用いて、ドナー性欠陥が多い場合等に有効となる。

[0072] 3. 変形例

[0073] 本技術は、以上説明した実施形態に限定されず、他の種々の実施形態を実現することができる。例えば上記実施形態では、LDを例に挙げたが、これに限られず、LED、SLD（Super Luminescent Diode）、半導体光増幅器等にも本技術を適用可能である。

[0074] 以上説明した各形態の特徴部分のうち、少なくとも2つの特徴部分を組み合わせることも可能である。

[0075] なお、本技術は以下のような構成もとることができる。

(1)

n型半導体層と、

p型半導体層と、

活性層を有し、前記n型半導体層および前記p型半導体層の間に設けられ

た中間層と

を含む、窒化物半導体の層構造を備え、

前記層構造は、少なくとも前記中間層のうち、前記活性層と前記 p 型半導体層との間の領域に残留ドナーを含み、

前記中間層は、前記活性層と前記 p 型半導体層との間の領域に前記残留ドナーを補償する不純物を含み、前記活性層と前記 p 型半導体層との間の領域における前記不純物の濃度が、前記 p 型半導体層における前記不純物の濃度より高くなるように構成される

半導体発光素子。

(2)

前記(1)に記載の半導体発光素子であって、

前記 p 型半導体層は、アクセプタとしてマグネシウムを含む層である半導体発光素子。

(3)

前記(1)または(2)に記載の半導体発光素子であって、

前記不純物は、炭素、鉄、および亜鉛のうち少なくとも1つ半導体発光素子。

(4)

前記(1)または(2)に記載の半導体発光素子であって、

前記不純物は、2族および4族の元素のうち少なくとも1つである半導体発光素子。

(5)

前記(1)から(4)のうちのいずれか1項に記載の半導体発光素子であって、

前記層構造が形成される基板をさらに具備し、

前記基板の主構成材料は、窒化ガリウム、窒化アルミニウム、サファイア、またはシリコンである

半導体発光素子。

(6)

前記(5)に記載の半導体発光素子であって、

前記基板は、窒化ガリウムで構成され、

前記基板の前記層構造が形成される主面の面方位は、cおよびm軸の両方に対して傾きを有する

半導体発光素子。

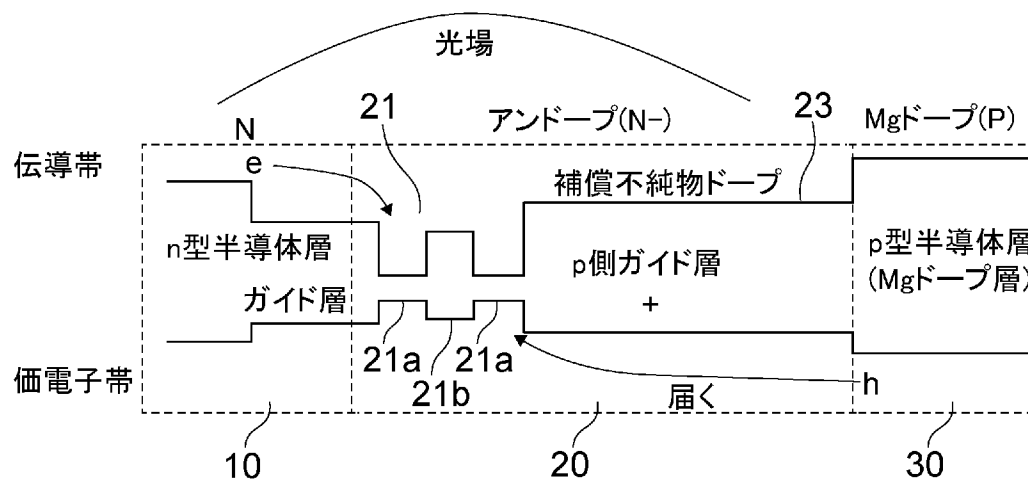
符号の説明

- [0076] 1…半導体発光素子
1 0…n型半導体層
2 0…中間層
2 1…活性層
2 3…p側ガイド層
3 0…p型半導体層
5 0…基板
1 0 0…半導体層

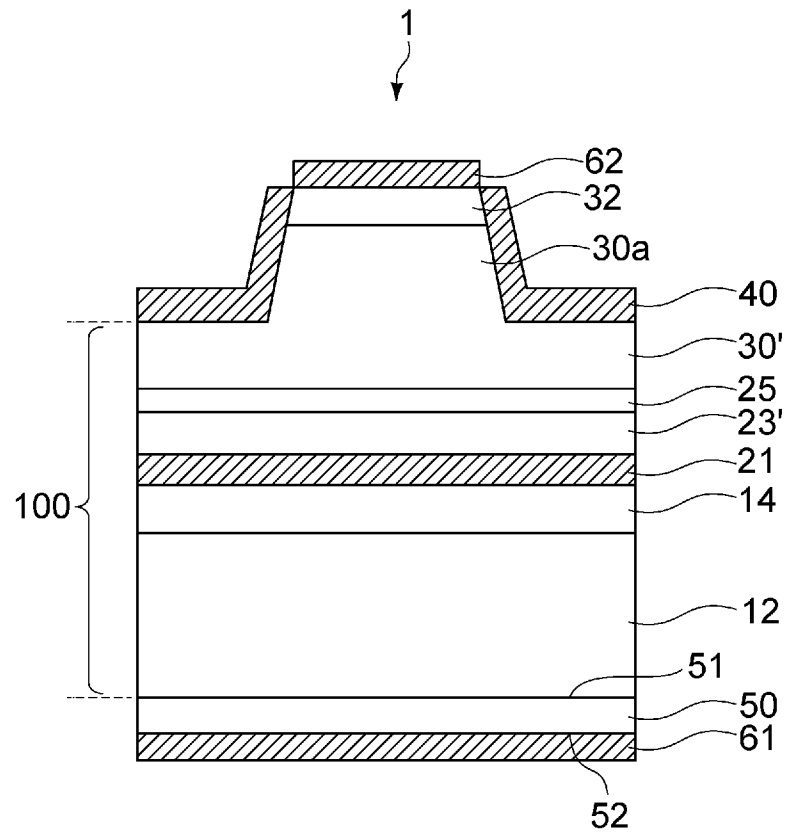
請求の範囲

- [請求項1] n 型半導体層と、
 p 型半導体層と、
 活性層を有し、前記 n 型半導体層および前記 p 型半導体層の間に設けられた中間層と
 を含む、窒化物半導体の層構造を備え、
 前記層構造は、少なくとも前記中間層のうち、前記活性層と前記 p 型半導体層との間の領域に残留ドナーを含み、
 前記中間層は、前記活性層と前記 p 型半導体層との間の領域に前記残留ドナーを補償する不純物を含み、前記活性層と前記 p 型半導体層との間の領域における前記不純物の濃度が、前記 p 型半導体層における前記不純物の濃度より高くなるように構成される
 半導体発光素子。
- [請求項2] 請求項 1 に記載の半導体発光素子であって、
 前記 p 型半導体層は、アクセプタとしてマグネシウムを含む層である
 半導体発光素子。
- [請求項3] 請求項 1 に記載の半導体発光素子であって、
 前記不純物は、炭素、鉄、および亜鉛のうち少なくとも 1 つ
 半導体発光素子。
- [請求項4] 請求項 1 に記載の半導体発光素子であって、
 前記不純物は、2 族および 4 族の元素のうち少なくとも 1 つである
 半導体発光素子。
- [請求項5] 請求項 1 に記載の半導体発光素子であって、
 前記層構造が形成される基板をさらに具備し、
 前記基板の主構成材料は、窒化ガリウム、窒化アルミニウム、サファイア、またはシリコンである
 半導体発光素子。

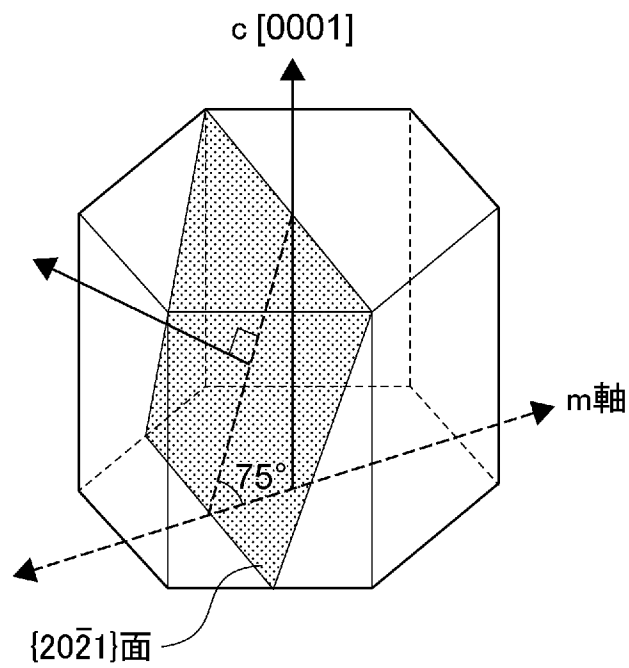
[請求項6] 請求項5に記載の半導体発光素子であって、
前記基板は、窒化ガリウムで構成され、
前記基板の前記層構造が形成される主面の面方位は、cおよびm軸
の両方に対して傾きを有する
半導体発光素子。



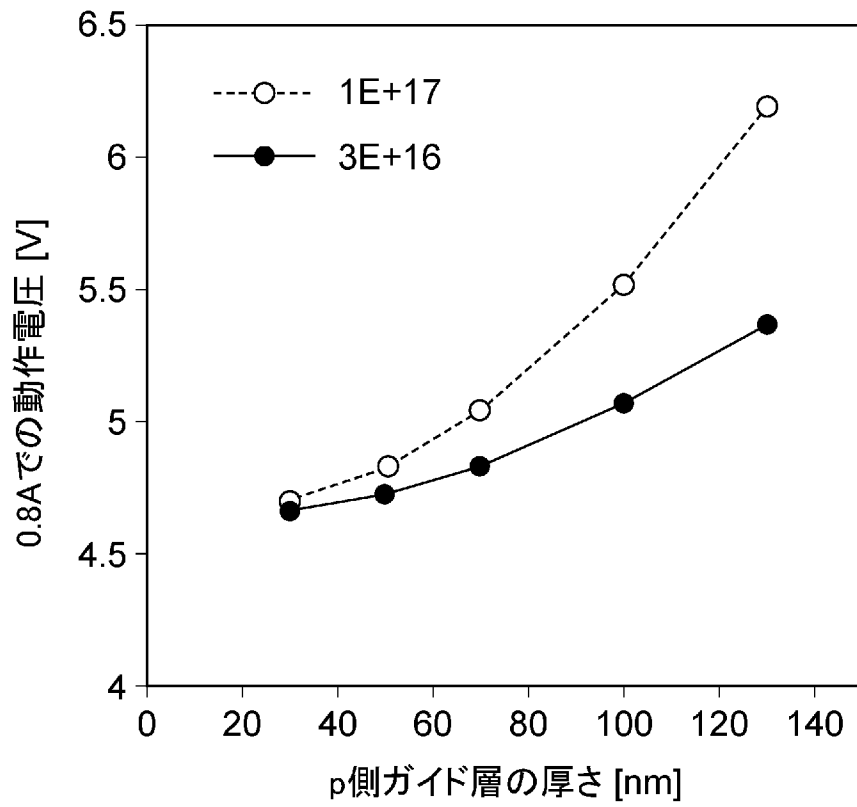
[図3]



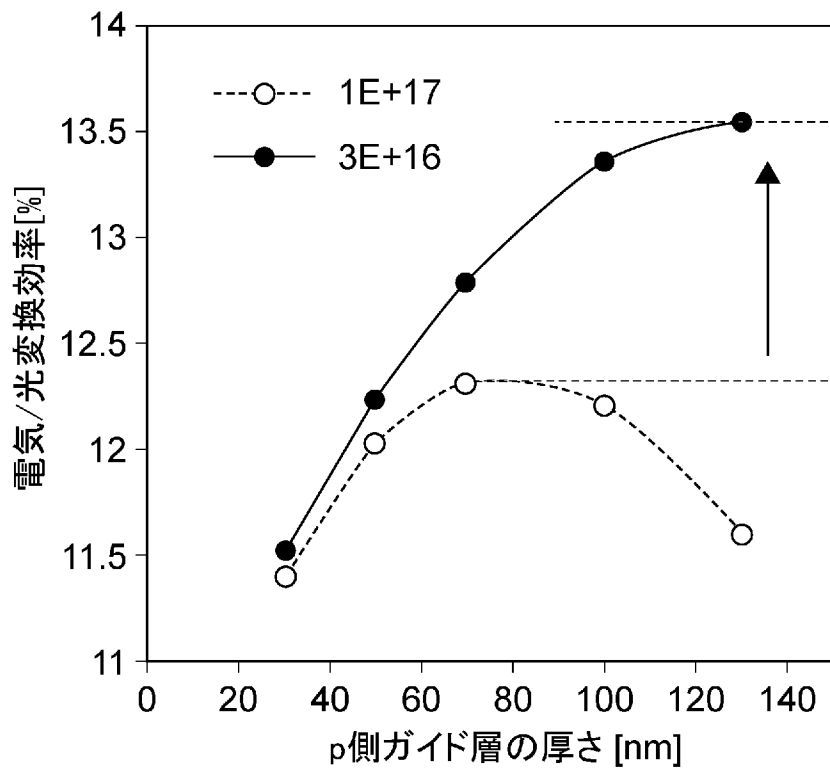
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/035965

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01S5/343 (2006.01) i, H01L33/32 (2010.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. 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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2014-103384 A (GENESIS PHOTONICS INC.) 05 June	1-5
Y	2014, paragraphs [0013]-[0027], fig. 1, 2 & US 2014/0138618 A1, paragraphs [0020]-[0029] & TW 201421727 A	6
Y	JP 2016-219587 A (SONY CORP.) 22 December 2016, paragraphs [0049], [0050], [0068] & US 2018/0138662 A1, paragraphs [0072], [0094] & WO 2016/185771 A1	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
13.12.2018

Date of mailing of the international search report
25.12.2018

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/JP2018/035965

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 2016-531442 A (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES) 06 October 2016, paragraphs [0034], [0041] & US 2016/0204307 A1, paragraphs [0043], [0050] & WO 2015/025007 A1 & EP 3036776 A1 & FR 3009894 A1 & CN 105917476 A	1-6
Y	WO 2011/055774 A1 (NGK INSULATORS, LTD.) 12 May 2011, paragraphs [0064]-[0066] & JP 2014-99623 A & US 2012/0211765 A1, paragraphs [0077]-[0079] & EP 2498293 A1	1-6
Y	JP 9-321389 A (TOSHIBA CORP.) 12 December 1997, paragraph [0010] & US 5740192 A, column 10, lines 2-21	1-6
Y	WO 2007/013257 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 01 February 2007, paragraphs [0022], [0023] (Family: none)	1-6
A	JP 2015-159193 A (SONY CORP.) 03 September 2015, paragraphs [0019], [0045] (Family: none)	6
A	JP 9-63962 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 07 March 1997, entire text, all drawings (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01S5/343(2006.01)i, H01L33/32(2010.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01S5/00-5/50, H01L33/00-33/64

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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）

IEEE Xplore

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2014-103384 A（新世紀光電股▲フェン▼有限公司）2014.06.05, [0013]-[0027], 図 1-2 & US 2014/0138618 A1 [0020]-[0029] & TW 201421727 A	1-5 6
Y	JP 2016-219587 A（ソニー株式会社）2016.12.22, [0049]-[0050], [0068] & US 2018/0138662 A1 [0072], [0094] & WO 2016/185771 A1	1-6

☑ 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

13.12.2018

国際調査報告の発送日

25.12.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

島田 英昭

2 K

3311

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2016-531442 A (コミッサリア ア レネルジー アトミック エ オ ゼネルジ ザルタナテイヴ) 2016. 10. 06, [0034], [0041] & US 2016/0204307 A1 [0043], [0050] & WO 2015/025007 A1 & EP 3036776 A1 & FR 3009894 A1 & CN 105917476 A	1-6
Y	WO 2011/055774 A1 (日本碍子株式会社) 2011. 05. 12, [0064]-[0066] & JP 2014-99623 A & US 2012/0211765 A1 [0077]-[0079] & EP 2498293 A1	1-6
Y	JP 9-321389 A (株式会社東芝) 1997. 12. 12, [0010] & US 5740192 A Col. 10 1. 2-21	1-6
Y	WO 2007/013257 A1 (松下電器産業株式会社) 2007. 02. 01, [0022]-[0023] (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2015-159193 A (ソニー株式会社) 2015. 09. 03, [0019], [0045] (ファミリーなし)	6
A	JP 9-63962 A (松下電器産業株式会社) 1997. 03. 07, 全文全図 (ファミリーなし)	1-6