

(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
2018年5月31日(31.05.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/096899 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 33/32 (2010.01) *H01L 21/3065* (2006.01)

〒9240004 石川県白山市旭丘 1 - 5 - 1 日
機装技研株式会社内 Ishikawa (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/039607

(22) 国際出願日: 2017年11月1日(01.11.2017)

(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 2016-228137 2016年11月24日(24.11.2016) JP

(71) 出願人: 日機装株式会社(NIKKISO CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒1506022 東京都渋谷区恵比寿 4
丁目 2 0 番 3 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 五十嵐 和成(IGARASHI Kazushige);
〒9240004 石川県白山市旭丘 1 - 5 - 1 日
機装技研株式会社内 Ishikawa (JP). 丹羽 紀
隆(NIWA Noritaka); 〒9240004 石川県白山市
旭丘 1 - 5 - 1 日機装技研株式会社内
Ishikawa (JP). 稲津 哲彦(INAZU Tetsuhiko);

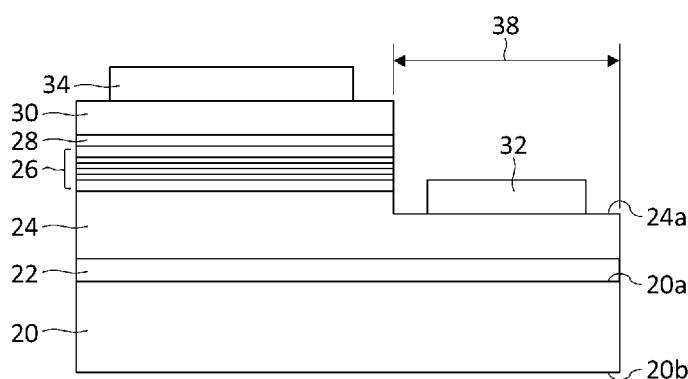
(74) 代理人: 森 下 賢 樹 (MORISHITA Sakaki);
〒1500021 東京都渋谷区恵比寿西 2 -
1 1 - 1 2 Tokyo (JP).

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

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

(54) 発明の名称: 半導体発光素子の製造方法

[図1]



10

(57) Abstract: A method for manufacturing a semiconductor light-emitting element 10, provided with: a step for forming an active layer 26 of an AlGaIn-based semiconductor material on an n-type cladding layer 24 of an n-type AlGaIn-based semiconductor material; a step for forming a p-type semiconductor layer on the active layer 26; a step for dry etching a part of the p-type semiconductor layer, the active layer 26, and the n-type cladding layer 24 so that a partial region of the n-type cladding layer 24 becomes exposed; a step for causing nitrogen atoms (N) to react with the exposed partial region of the n-type cladding layer 24; and a step for forming an n-type electrode 32 on the partial region of the n-type cladding layer 24 with which nitrogen atoms (N) have been reacted.

[続葉有]



WO 2018/096899 A1



(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))

(57) 要約: 半導体発光素子 10 の製造方法は、n 型 AlGaIn 系半導体材料の n 型クラッド層 24 上に AlGaIn 系半導体材料の活性層 26 を形成する工程と、活性層 26 上に p 型半導体層を形成する工程と、n 型クラッド層 24 の一部領域が露出するように、p 型半導体層、活性層 26 および n 型クラッド層 24 の一部をドライエッチングする工程と、n 型クラッド層 24 の露出した一部領域に窒素原子 (N) を反応させる工程と、窒素原子を反応させた n 型クラッド層 24 の一部領域上に n 側電極 32 を形成する工程と、を備える。

明 細 書

発明の名称：半導体発光素子の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、半導体発光素子の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、青色光を出力する発光ダイオードやレーザダイオード等の半導体発光素子が実用化されており、さらに波長の短い深紫外光を出力する発光素子の開発が進められている。深紫外光は高い殺菌能力を有することから、深紫外光の出力が可能な半導体発光素子は、医療や食品加工の現場における水銀フリーの殺菌用光源として注目されている。このような深紫外光用の発光素子は、基板上に順に積層される窒化アルミニウムガリウム（AlGaIn）系のn型クラッド層、活性層、p型クラッド層を有し、エッチングにより露出させたn型クラッド層の一部領域上にn側電極が形成される（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第5594530号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] n型クラッド層とn側電極の接触抵抗は、n型クラッド層のAlInモル分率が大きくなるほど増加する傾向にあり、良好なオーミック接触が困難になることが知られている。

[0005] 本発明はこうした課題に鑑みてなされたものであり、その例示的な目的のひとつは、半導体発光素子のn側電極のコンタクト抵抗を低減する技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本発明のある態様の半導体発光素子の製造方

法は、 n 型 AlGaIn 系半導体材料の n 型クラッド層上に AlGaIn 系半導体材料の活性層を形成する工程と、活性層上に p 型半導体層を形成する工程と、 n 型クラッド層の一部領域が露出するように、 p 型半導体層、活性層および n 型クラッド層の一部をドライエッチングする工程と、 n 型クラッド層の露出した一部領域に窒素原子（ N ）を反応させる工程と、窒素原子を反応させた n 型クラッド層の一部領域上に n 側電極を形成する工程と、を備える。

[0007] この態様によると、ドライエッチング工程によるダメージが生じる n 型クラッド層の露出部分に窒素原子を反応させることで、ダメージを回復させて n 型クラッド層の露出面近傍の結晶品質を改善することができる。 AlGaIn 系半導体材料の n 型クラッド層をドライエッチングした場合、エッチングされた露出面の近傍に窒素空乏が生じてバルク抵抗が増大することが分かっている。このような露出面に窒素原子を供給することで、窒素空乏の数を減らし、露出面近傍のバルク抵抗を低減させることができる。これにより、 n 側電極のコンタクト抵抗を下げることができる。

[0008] ドライエッチングする工程は、塩素（ Cl_2 ）、三塩化ホウ素（ BCl_3 ）および四塩化ケイ素（ SiCl_4 ）の少なくとも一つを含むガスを用いてもよい。

[0009] 窒素原子を反応させる工程は、アンモニア（ NH_3 ）を分解させることを含んでもよい。

[0010] 窒素原子を反応させる工程は、 n 型クラッド層を 100°C 以上 1000°C 以下の温度に加熱することを含んでもよい。

[0011] n 型クラッド層は、 AlIn のモル分率が 20% 以上であってもよい。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、半導体発光素子の n 側電極のコンタクト抵抗を低減させることができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]実施の形態に係る半導体発光素子の構成を概略的に示す断面図である。

[図2]半導体発光素子の製造工程を概略的に示す図である。

[図3]半導体発光素子の製造工程を概略的に示す図である。

[図4]半導体発光素子の製造工程を概略的に示す図である。

[図5]半導体発光素子の製造工程を概略的に示す図である。

[図6] n型クラッド層 2 4 のエッチングレートとコンタクト抵抗の関係を示すグラフである。

[図7]半導体発光素子の製造方法を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態について詳細に説明する。なお、説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を適宜省略する。また、説明の理解を助けるため、各図面における各構成要素の寸法比は、必ずしも実際の発光素子の寸法比と一致しない。

[0015] 図 1 は、実施の形態に係る半導体発光素子 1 0 の構成を概略的に示す断面図である。半導体発光素子 1 0 は、中心波長 λ が約 3 6 0 n m 以下となる「深紫外光」を発するように構成される L E D (Light Emitting Diode) チップである。このような波長の深紫外光を出力するため、半導体発光素子 1 0 は、バンドギャップが約 3 . 4 e V 以上となる窒化アルミニウムガリウム (A l G a N) 系半導体材料で構成される。本実施の形態では、特に、中心波長 λ が約 2 4 0 n m ~ 3 5 0 n m の深紫外光を発する場合について示す。

[0016] 本明細書において、「A l G a N 系半導体材料」とは、主に窒化アルミニウム (A l N) と窒化ガリウム (G a N) を含む半導体材料のことをいい、窒化インジウム (I n N) などの他の材料を含有する半導体材料を含むものとする。したがって、本明細書にいう「A l G a N 系半導体材料」は、例えば、 $I n_{1-x-y} A l_x G a_y N$ ($0 \leq x + y \leq 1$ 、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$) の組成で表すことができ、A l N、G a N、A l G a N、窒化インジウムアルミニウム (I n A l N)、窒化インジウムガリウム (I n G a N)、窒化インジウムアルミニウムガリウム (I n A l G a N) を含むものとする。

[0017] また「A l G a N 系半導体材料」のうち、A l N を実質的に含まない材料

を区別するために「GaN系半導体材料」ということがある。「GaN系半導体材料」には、主にGaNやInGaNが含まれ、これらに微量のAlNを含有する材料も含まれる。同様に、「AlGaN系半導体材料」のうち、GaNを実質的に含まない材料を区別するために「AlN系半導体材料」ということがある。「AlN系半導体材料」には、主にAlNやInAlNが含まれ、これらに微量のGaNが含有される材料も含まれる。

[0018] 半導体発光素子10は、基板20と、バッファ層22と、n型クラッド層24と、活性層26と、電子ブロック層28と、p型クラッド層30と、n側電極32と、p側電極34とを有する。

[0019] 基板20は、半導体発光素子10が発する深紫外光に対して透光性を有する基板であり、例えば、サファイア(Al_2O_3)基板である。基板20は、第1主面20aと、第1主面20aの反対側の第2主面20bを有する。第1主面20aは、バッファ層22より上の各層を成長させるための結晶成長面となる一主面である。第2主面20bは、活性層26が発する深紫外光を外部に取り出すための光取出面となる一主面である。変形例において、基板20は、窒化アルミニウム(AlN)基板であってもよいし、窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)基板であってもよい。

[0020] バッファ層22は、基板20の第1主面20aの上に形成される。バッファ層22は、n型クラッド層24より上の各層を形成するための下地層(テンプレート層)である。バッファ層22は、例えば、アンドープのAlN層であり、具体的には高温成長させたAlN(HT-AlN; High Temperature AlN)層である。バッファ層22は、AlN層上に形成されるアンドープのAlGaN層を含んでもよい。変形例において、基板20がAlN基板またはAlGaN基板である場合、バッファ層22は、アンドープのAlGaN層のみで構成されてもよい。つまり、バッファ層22は、アンドープのAlN層およびAlGaN層の少なくとも一方を含む。

[0021] n型クラッド層24は、バッファ層22の上に形成される。n型クラッド層24は、n型のAlGaN系半導体材料層であり、例えば、n型の不純物

としてシリコン (Si) がドーパされる AlGaIn 層である。n 型クラッド層 24 は、活性層 26 が発する深紫外光を透過するように組成比が選択され、例えば、AlIn のモル分率が 20% 以上、好ましくは、40% 以上または 50% 以上となるように形成される。n 型クラッド層 24 は、活性層 26 が発する深紫外光の波長よりも大きいバンドギャップを有し、例えば、バンドギャップが 4.3 eV 以上となるように形成される。n 型クラッド層 24 は、AlIn のモル分率が 80% 以下、つまり、バンドギャップが 5.5 eV 以下となるように形成されることが好ましく、AlIn のモル分率が 70% 以下（つまり、バンドギャップが 5.2 eV 以下）となるように形成されることがより望ましい。n 型クラッド層 24 は、1 μ m ~ 3 μ m 程度の厚さを有し、例えば、2 μ m 程度の厚さを有する。

[0022] 活性層 26 は、AlGaIn 系半導体材料で構成され、n 型クラッド層 24 と電子ブロック層 28 の間に挟まれてダブルヘテロ接合構造を形成する。活性層 26 は、単層または多層の量子井戸構造を有してもよく、例えば、n 型の AlGaIn 系半導体材料で形成されるバリア層と、アンドープの AlGaIn 系半導体材料で形成される井戸層の積層体で構成されてもよい。活性層 26 は、波長 355 nm 以下の深紫外光を出力するためにバンドギャップが 3.4 eV 以上となるように構成され、例えば、波長 310 nm 以下の深紫外光を出力できるように AlIn 組成比が選択される。活性層 26 は、n 型クラッド層 24 の上に形成されるが、n 型クラッド層 24 の全面に形成されず、n 型クラッド層 24 の一部領域（露出領域 38）上にのみ形成される。つまり、n 型クラッド層 24 の露出面 24a の上には活性層 26 が設けられない。

[0023] 電子ブロック層 28 は、活性層 26 の上に形成される。電子ブロック層 28 は、p 型の AlGaIn 系半導体材料層であり、例えば、AlIn のモル分率が 40% 以上、好ましくは、50% 以上となるように形成される。電子ブロック層 28 は、AlIn のモル分率が 80% 以上となるように形成されてもよく、実質的に GaIn を含まない AlIn 系半導体材料で形成されてもよい。電

子ブロック層は、1 nm～10 nm程度の厚さを有し、例えば、2 nm～5 nm程度の厚さを有する。電子ブロック層28は、p型ではなく、アンドープの半導体層であってもよい。

[0024] p型クラッド層30は、電子ブロック層28の上に形成されるp型半導体層である。p型クラッド層30は、p型のAlGa_N系半導体材料層であり、例えば、p型の不純物としてマグネシウム(Mg)がドーピングされるAlGa_N層である。p型クラッド層30は、300 nm～700 nm程度の厚さを有し、例えば、400 nm～600 nm程度の厚さを有する。p型クラッド層30は、実質的にAlNを含まないp型Ga_N系半導体材料で形成されてもよい。

[0025] n側電極32は、n型クラッド層24の一部領域（露出領域38）上に形成される。n側電極32は、n型クラッド層24の上に順にチタン(Ti)／アルミニウム(Al)／Ti／金(Au)が順に積層された多層膜で形成される。p側電極34は、p型クラッド層30の上に形成される。p側電極34は、p型クラッド層30の上に順に積層されるニッケル(Ni)／金(Au)の多層膜で形成される。

[0026] つづいて、半導体発光素子10の製造方法について説明する。図2～図5は、半導体発光素子10の製造工程を概略的に示す図である。まず、図2に示すように、基板20の第1主面20aの上にバッファ層22、n型クラッド層24、活性層26、電子ブロック層28、p型クラッド層30が順に形成される。

[0027] 基板20は、サファイア(Al₂O₃)基板であり、AlGa_N系半導体材料を形成するための成長基板である。例えば、サファイア基板の(0001)面上にバッファ層22が形成される。バッファ層22は、例えば、高温成長させたAlN(H_T-AlN)層と、アンドープのAlGa_N(u-AlGa_N)層とを含む。n型クラッド層24、活性層26、電子ブロック層28およびp型クラッド層30は、AlGa_N系半導体材料、AlN系半導体材料またはGa_N系半導体材料で形成される層であり、有機金属化学気相成

長（MOVPE）法や、分子線エピタキシ（MBE）法などの周知のエピタキシャル成長法を用いて形成できる。

[0028] 次に、図3に示すように、p型クラッド層30の上にマスク40が形成され、マスク40が形成されていない露出領域38の活性層26、電子ブロック層28およびp型クラッド層30が除去される。活性層26、電子ブロック層28およびp型クラッド層30の除去では、反応性ガスおよび不活性ガスの双方を用いる第1ドライエッチング42が行われる。第1ドライエッチング42は、エッチングガスのプラズマ化による反応性イオンエッチング工程であり、例えば、誘導結合型プラズマ（ICP；Inductive Coupled Plasma）エッチングである。

[0029] 第1ドライエッチング42では、反応性ガスとして塩素（Cl）を含むガスが用いられ、具体的には塩素（Cl₂）、三塩化ホウ素（BCl₃）、四塩化ケイ素（SiCl₄）などが用いられる。また、第1ドライエッチング42では、不活性ガスとしてアルゴン（Ar）などの希ガスが用いられる。ある実施例において、塩素（Cl₂）、三塩化ホウ素（BCl₃）およびアルゴン（Ar）の三種を含むエッチングガスが第1ドライエッチング42に用いられる。

[0030] 次に、図4に示すように、露出領域38のn型クラッド層24の一部を除去する第2ドライエッチング44が行われる。第2ドライエッチング44は、第1ドライエッチング42と同様、反応性イオンエッチング工程であり、例えば、ICPエッチングである。なお、第2ドライエッチング44では、反応性ガスが用いられる一方で、不活性ガスが用いられない。つまり、第2ドライエッチング44では、塩素（Cl₂）、三塩化ホウ素（BCl₃）、四塩化ケイ素（SiCl₄）といった反応性ガスのみが用いられる。ある実施例において、塩素（Cl₂）および三塩化ホウ素（BCl₃）を含むエッチングガスが第2ドライエッチング44に用いられる。

[0031] 第2ドライエッチング44は、第1ドライエッチング42よりもエッチレートの低い工程である。第1ドライエッチング42のエッチレートが50nm

m/分以上であるのに対し、第2ドライエッチング44のエッチレートは50nm/分以下である。例えば、第1ドライエッチング42のエッチレートは60～200nm/分であり、第2ドライエッチング44のエッチレートは1～50nm/分である。ある実施例において、第1ドライエッチング42のエッチレートは100nm/分、または、130nm/分であり、第2ドライエッチング44のエッチレートは2nm/分、13nm/分、または、50nm/分である。

[0032] 第2ドライエッチング44では、プラズマ生成の投入電力を調整することでエッチングレートを相対的に低くできる。また、第2ドライエッチング44では、アルゴンなどの不活性ガスを用いないことで、エッチレートを相対的に低くできる。アルゴンなどの不活性ガスを用いる場合、エッチング対象となるn型クラッド層24にAr⁺イオンなどが物理的に衝突することでn型クラッド層24が効率的に除去される。第2ドライエッチング44では、このような物理的な除去作用を抑制させることにより、相対的に低いエッチレートが実現される。また、物理的な除去作用を抑制することで、エッチング後に残るn型クラッド層24へのダメージの影響を低減し、第2ドライエッチング44により露出するn型クラッド層24の露出面24aの近傍の結晶品質の劣化を抑えることができる。

[0033] 第2ドライエッチング44では、第1ドライエッチング42によるダメージの影響が生じる深さ範囲のn型クラッド層24が除去されることが好ましい。第1ドライエッチング42によりn型クラッド層24をエッチングした場合、露出面から10nm～50nm程度の深さ範囲に物理的な除去作用によるダメージ影響が残ることが発明者らの知見により分かっている。ここで、物理的な除去作用によるダメージ影響は、結晶品質の劣化によりバルク抵抗が上昇することなどをいう。したがって、第2ドライエッチング44では、n型クラッド層24のエッチング深さが10nm以上であることが好ましく、50nm以上であることがより好ましい。このような深さ範囲に対して第2ドライエッチング44を適用することにより、n型クラッド層24の露

出面 24 a の近傍の結晶品質の劣化を抑え、露出面 24 a の上に形成される n 側電極 32 とのコンタクト抵抗を好適に低減できる。

[0034] なお、第 2 ドライエッチング 44 は、第 1 ドライエッチング 42 と比較してエッチレートの低い工程であるため、第 2 ドライエッチング 44 によるエッチング深さを大きくしすぎると除去工程の生産性が低下する。第 2 ドライエッチング 44 によるエッチング深さは、上述のダメージ影響の範囲（10～50 nm）より十分に大きい 300 nm 以下が好ましく、200 nm 以下とすることが好ましい。一方、第 1 ドライエッチング 42 では、比較的厚さの大きい p 型クラッド層 30 が完全に除去されるまで実行されることが好ましく、第 1 ドライエッチング 42 のエッチング深さを 300 nm 以上とすることが好ましい。

[0035] ある実施例において、第 1 ドライエッチング 42 は、少なくとも露出領域 38 の p 型クラッド層 30 を除去する。第 1 ドライエッチング 42 は、露出領域 38 の電子ブロック層 28 を除去してもよく、さらに露出領域 38 の活性層 26 を除去してもよい。第 1 ドライエッチング 42 は、露出領域 38 の n 型クラッド層 24 を部分的に除去してもよい。一方、第 2 ドライエッチング 44 は、第 1 ドライエッチング 42 にて除去されなかった深さ範囲を除去する。第 2 ドライエッチング 44 は、少なくとも露出領域 38 の n 型クラッド層 24 を部分的に除去する。第 2 ドライエッチング 44 は、露出領域 38 の活性層 26 を少なくとも部分的に除去してもよいし、露出領域 38 の電子ブロック層 28 を少なくとも部分的に除去してもよい。第 1 ドライエッチング 42 と第 2 ドライエッチング 44 のそれぞれが除去する深さ範囲は、活性層 26 および電子ブロック層 28 の厚さに応じて決められてもよい。

[0036] 次に、図 5 に示すように、n 型クラッド層 24 の露出面 24 a に窒素原子 46 を反応させて露出面 24 a に窒素原子を供給する。上述のドライエッチング処理がなされた露出面 24 a は、エッチングによるダメージの影響により窒素空乏が生じることが知られている。n 型クラッド層 24 に生じる窒素空乏は、アクセプタとして機能し、露出面 24 a の近傍において電子濃度を

減少させ、バルク抵抗を上昇させる。その結果、窒素空乏の多い状態の露出面 24 a の上に n 側電極 32 を形成すると、コンタクト抵抗が増大してしまう。そこで、本実施の形態では、エッチングによる窒素空乏に対して窒素原子 (N) を供給することにより、窒素空乏の数を減少させ、露出面 24 a の近傍におけるバルク抵抗が下がるようにする。

[0037] n 型クラッド層 24 の露出面 24 a への窒素原子 46 の供給は、窒素 (N) を含む分子を分解して窒素原子 (N) を発生させ、その窒素原子を露出面 24 a に反応させることにより行われる。例えば、アンモニア (NH_3) を加熱して分解させることにより、n 型クラッド層 24 の露出面 24 a に窒素原子を供給し、露出面 24 a の近傍の窒素空乏の数が減少するようにダメージを修復できる。窒素原子を供給するための方法は特に問わないが、例えば、有機金属気相成長 (MOCVD) などの化学気相成長 (CVD) に用いる装置や、アニール炉などを用いることができる。

[0038] 窒素原子 46 を供給する工程において、n 型クラッド層 24 を加熱することにより窒素原子 46 の供給によるダメージ修復が促進されるようにしてもよい。n 型クラッド層 24 の加熱温度は、 100°C 以上 1000°C 以下であってもよい。

[0039] 次に、窒素原子の供給により修復された n 型クラッド層 24 の露出面 24 a の上に n 側電極 32 を形成する。また、マスク 40 を除去した後、p 型クラッド層 30 の上に p 側電極 34 を形成する。n 側電極 32 および p 側電極 34 は、例えば、電子ビーム蒸着法やスパッタリング法などの周知の方法により形成することができる。これにより、図 1 に示す半導体発光素子 10 ができあがる。

[0040] 図 6 は、n 型クラッド層 24 のエッチングレートとコンタクト抵抗の関係を示すグラフであり、窒素原子 46 の供給前および供給後の露出面 24 a のコンタクト抵抗を示している。図示されるように、窒素原子 46 の供給前において、n 型クラッド層 24 を露出させるドライエッチングのエッチレートを 50 nm/分 以下にすることにより、n 型クラッド層 24 のコンタクト抵

抗を低くできることが分かる。また、ドライエッチングによりn型クラッド層24を露出させた後に窒素原子46を供給することにより、n型クラッド層24のコンタクト抵抗をさらに低くできることが分かる。

[0041] 図7は、半導体発光素子10の製造方法を示すフローチャートである。まず、基板20の上にバッファ層22、n型クラッド層24、活性層26、電子ブロック層28およびp型クラッド層30が順に積層される(S10)。つづいて、反応性ガスおよび不活性ガスの双方を用いて露出領域38に位置する活性層26、電子ブロック層28およびp型クラッド層30を除去する第1ドライエッチングをする(S12)。第1ドライエッチング工程は、露出領域38に位置するn型クラッド層24を部分的に除去してもよい。次に、反応性ガスを用いて露出領域38に位置するn型クラッド層24を部分的に除去する第2ドライエッチングをする(S14)。これによりn型クラッド層24の露出面24aが形成される。次に、露出面24aに対して窒素原子(N)を供給し、ドライエッチングにより露出面24aの近傍で生じる窒素空乏を回復させる(S16)。最後に、回復させた露出面24aの上にn側電極32を形成し、p型クラッド層30の上にp側電極34を形成する。

[0042] 本実施の形態によれば、n型クラッド層24とn側電極32のコンタクト抵抗を低減させ、半導体発光素子10の駆動時の順方向電圧を低くできる。n型クラッド層24の露出のコンタクト抵抗が $2 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}^2$ を超える値となる。一方、本実施の形態に対応する実施例によれば、n型クラッド層24のコンタクト抵抗を $1 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}^2$ 程度に改善することができる。これら比較例および実施例におけるn型クラッド層24は、AlNのモル分率が約65%のAlGaIn系半導体材料である。本実施例におけるn型クラッド層24のコンタクト抵抗は、エッチング処理前のn型クラッド層24と比較して遜色のない値である。

[0043] 以上、本発明を実施例にもとづいて説明した。本発明は上記実施の形態に限定されず、種々の設計変更が可能であり、様々な変形例が可能であること、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは、当業者に理解されると

ころである。

- [0044] 上述の実施の形態では、エッチレートの低い第2ドライエッチング44と、窒素原子46の供給によるダメージ回復を組み合わせる場合について示した。変形例においては、いずれか一方のみを適用することとしてもよい。つまり、ある変形例では、第2ドライエッチング44によりn型クラッド層24の露出面24aを形成した後、窒素原子46を供給せずにn側電極32を形成してもよい。別の変形例では、第1ドライエッチング42によりn型クラッド層24の露出面24aを形成した後、第2ドライエッチング44を実行せずに露出面24aに窒素原子46を供給し、ダメージ修復後にn側電極32を形成してもよい。

符号の説明

- [0045] 10…半導体発光素子、24…n型クラッド層、24a…露出面、26…活性層、28…電子ブロック層、32…n側電極、38…露出領域、42…第1ドライエッチング、44…第2ドライエッチング、46…窒素原子。

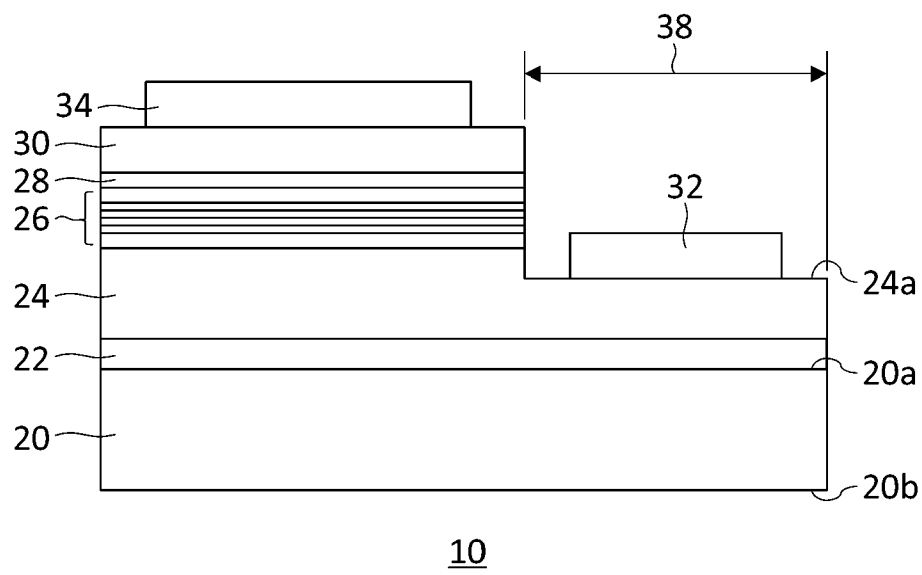
産業上の利用可能性

- [0046] 本発明によれば、半導体発光素子のn側電極のコンタクト抵抗を低減させることができる。

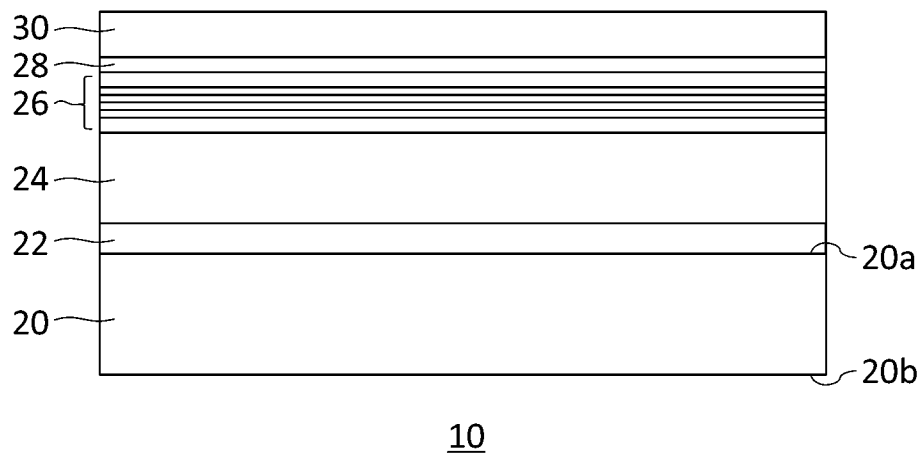
請求の範囲

- [請求項1] n型AlGaIn系半導体材料のn型クラッド層上にAlGaIn系半導体材料の活性層を形成する工程と、
 前記活性層上にp型半導体層を形成する工程と、
 前記n型クラッド層の一部領域が露出するように、前記p型半導体層、前記活性層および前記n型クラッド層の一部をドライエッチングする工程と、
 前記n型クラッド層の露出した前記一部領域に窒素原子（N）を反応させる工程と、
 前記窒素原子を反応させた前記n型クラッド層の前記一部領域上にn側電極を形成する工程と、を備えることを特徴とする半導体発光素子の製造方法。
- [請求項2] 前記ドライエッチングする工程は、塩素（Cl₂）、三塩化ホウ素（BCl₃）および四塩化ケイ素（SiCl₄）の少なくとも一つを含むガスを用いることを特徴とする請求項1に記載の半導体発光素子の製造方法。
- [請求項3] 前記窒素原子を反応させる工程は、アンモニア（NH₃）を分解させることを含むことを特徴とする請求項1または2に記載の半導体発光素子の製造方法。
- [請求項4] 前記窒素原子を反応させる工程は、前記n型クラッド層を100℃以上1000℃以下の温度に加熱することを含むことを特徴とする請求項1から3のいずれか一項に記載の半導体発光素子の製造方法。
- [請求項5] 前記n型クラッド層は、AlInのモル分率が20%以上であることを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載の半導体発光素子の製造方法。

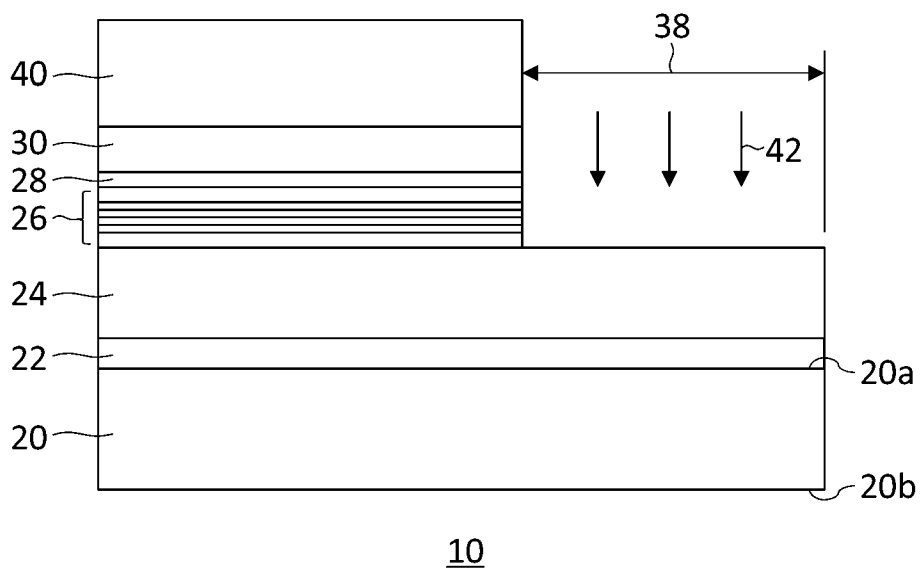
[図1]



[図2]

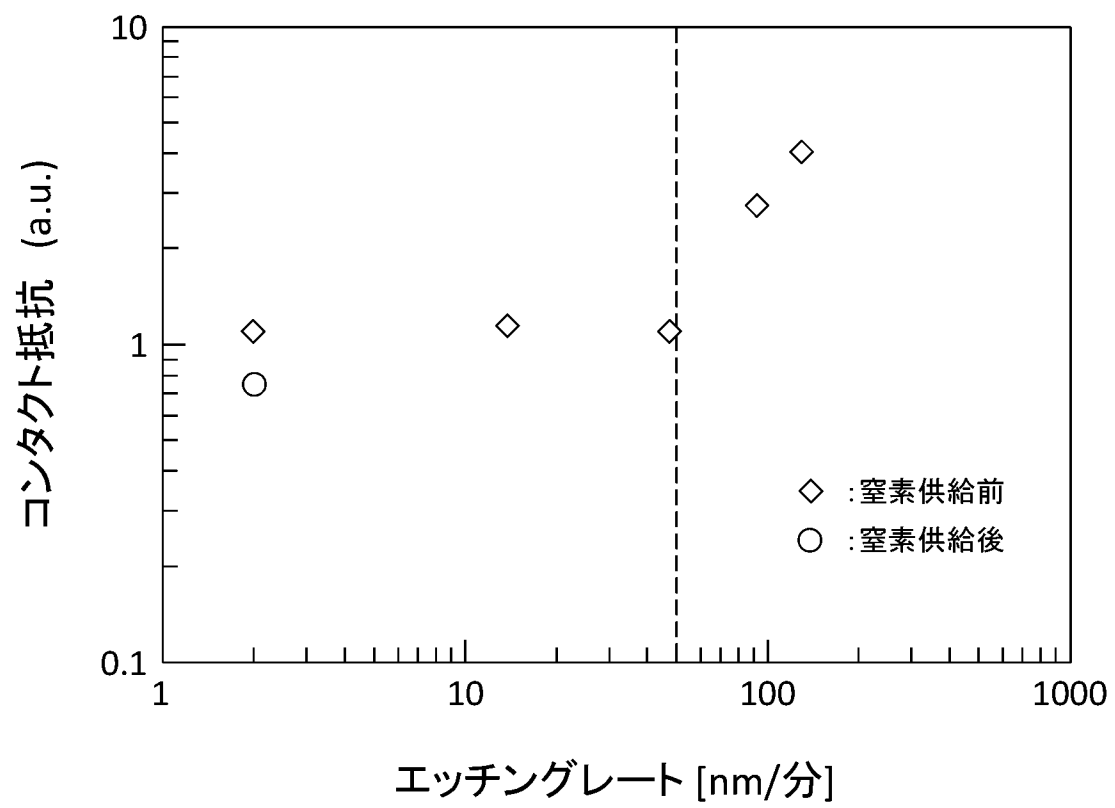


[図3]

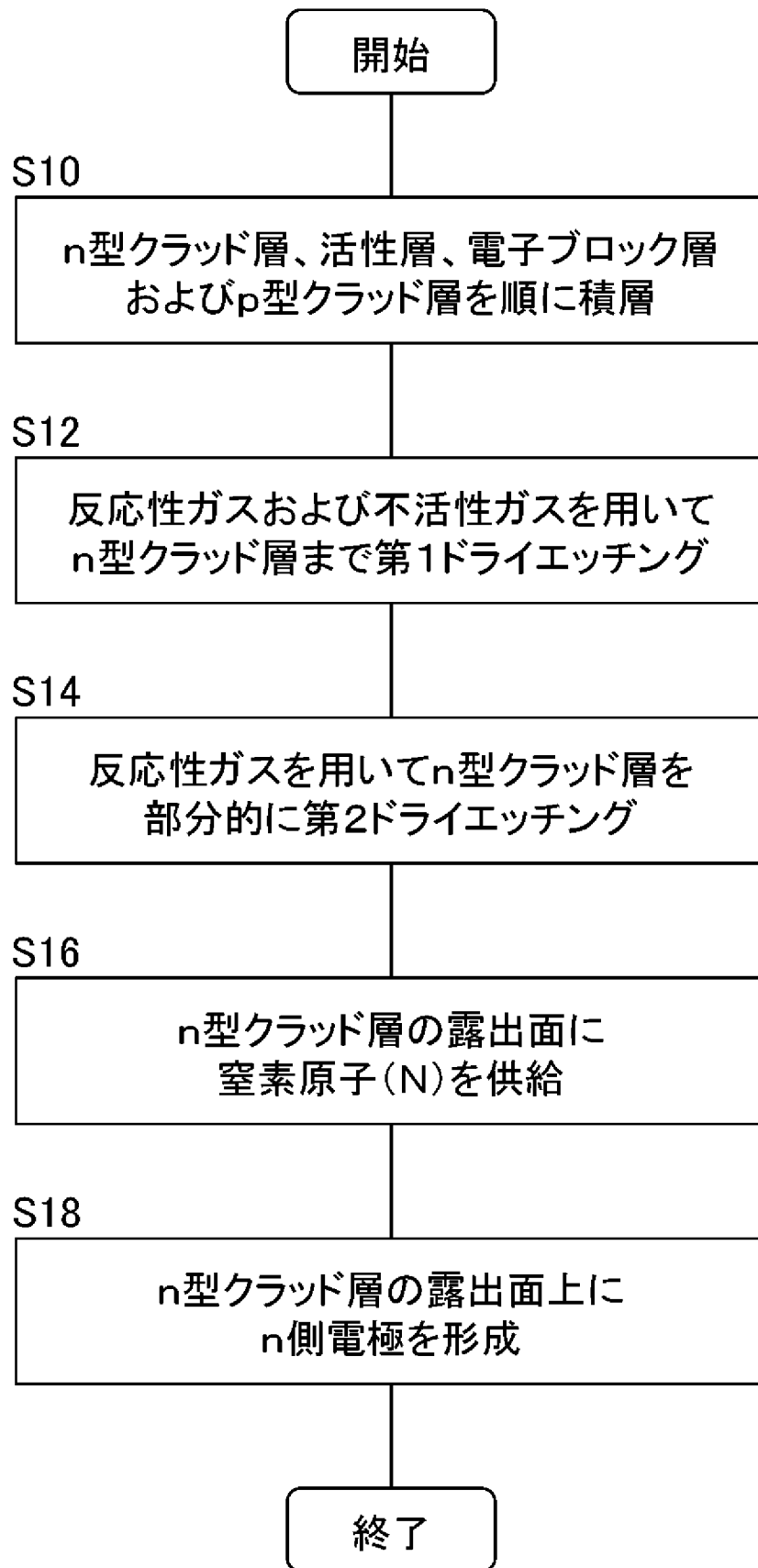


10

[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/039607

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01L33/32 (2010.01) i, H01L21/3065 (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)

Int.Cl. H01L33/32, H01L21/3065

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	1971-2017
Registered utility model specifications of Japan	1996-2017
Published registered utility model applications of Japan	1994-2017

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.
Y	WO 2013/046419 A1 (SOKO KAGAKU CO., LTD.) 04 April 2013, paragraphs [0034], [0035], fig. 4 & US 2015/0048304 A1, paragraphs [0044], [0045], fig. 4 & EP 2763192 A1 & TW 201314960 A & KR 10-2014-0043163 A	1-5
Y	JP 2004-104097 A (SUMITOMO CHEMICAL CO.) 02 April 2004, paragraph [0019] (Family: none)	1-5
Y	JP 10-242576 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 11 September 1998, paragraph [0020] (Family: none)	1-5



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
22 December 2017

Date of mailing of the international search report
09 January 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/JP2017/039607

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 2008-218826 A (SHARP CORPORATION) 18 September 2008, paragraphs [0011], [0034]-[0036] (Family: none)	1-5
Y	JP 2000-349067 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE) 15 December 2000, paragraph [0015] (Family: none)	1-5
A	US 2002/0155691 A1 (LEE, J. L. et al.) 24 October 2002, entire text, all drawings & WO 2002/078096 A1	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L33/32(2010.01)i, H01L21/3065(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（IPC））

Int.Cl. H01L33/32, H01L21/3065

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
Y	WO 2013/046419 A1 (創光科学株式会社) 2013.04.04, [0034]-[0035], 図4 & US 2015/0048304 A1, [0044]-[0045], Fig. 4 & EP 2763192 A1 & TW 201314960 A & KR 10-2014-0043163 A	1-5
Y	JP 2004-104097 A (住友化学工業株式会社) 2004.04.02, [0019] (フ ァミリーなし)	1-5
Y	JP 10-242576 A (松下電器産業株式会社) 1998.09.11, [0020] (フ ァミリーなし)	1-5

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

22.12.2017

国際調査報告の発送日

09.01.2018

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）

吉野 三寛

2 K

9010

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 2008-218826 A (シャープ株式会社) 2008.09.18, [0011], [0034]-[0036] (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 2000-349067 A (日本電信電話株式会社) 2000.12.15, [0015] (フ ァミリーなし)	1-5
A	US 2002/0155691 A1 (LEE Jong Lam et al.) 2002.10.24, 全文, 全 図 & WO 2002/078096 A1	1-5