

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】令和5年10月10日(2023.10.10)

【国際公開番号】WO2022/091173

【出願番号】特願2022-558606(P2022-558606)

【国際特許分類】

H 0 1 L 3 3 / 1 8 (2 0 1 0 . 0 1)

H 0 1 L 3 3 / 2 2 (2 0 1 0 . 0 1)

H 0 1 L 3 3 / 3 2 (2 0 1 0 . 0 1)

10

【 F I 】

H 0 1 L 3 3 / 1 8

H 0 1 L 3 3 / 2 2

H 0 1 L 3 3 / 3 2

【手続補正書】

【提出日】令和5年9月29日(2023.9.29)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】請求項6

20

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項6】

ウルツ鋹構造のAlGa_nN系半導体からなるn型層、活性層、及びp型層が上下方向に積層された発光素子構造部を備えてなる窒化物半導体紫外線発光素子であって、

前記n型層がn型AlGa_nN系半導体で構成され、

前記n型層と前記p型層の間に配置された前記活性層が、AlGa_nN系半導体で構成された1層以上の井戸層を含む量子井戸構造を有し、

前記p型層がp型AlGa_nN系半導体で構成され、

前記n型層と前記活性層と前記p型層内の各半導体層が、(0001)面に平行な多段状のテラスが形成された表面を有するエピタキシャル成長層であり、

30

前記p型層が、前記p型層内の最下層として、前記1層以上の井戸層の最上層の上面側に形成された電子ブロック層を有し、

前記活性層内の各半導体層及び前記電子ブロック層が、前記多段状のテラスの隣接するテラス間を連結する(0001)面に対して傾斜した傾斜領域と、前記傾斜領域以外のテラス領域をそれぞれ有し、

前記n型層が、前記n型層内で一様に分散して存在する局所的にAlNモル分率の低い層状領域と、前記層状領域以外のn型本体領域とを有し、

前記n型層の上面と直交する第1平面上での前記層状領域の各延伸方向が、前記n型層の前記上面と前記第1平面との交線に対して傾斜している部分を有し、

40

整数mが8または9であって、

前記電子ブロック層の前記傾斜領域内に、AlGa_nN組成比が整数比のAl_mGa_{12-m}N₁₂となっているp型AlGa_nN領域を含む、局所的にAlNモル分率の低いGa_a富化EB領域が存在し、

前記電子ブロック層の前記テラス領域内に、AlGa_nN組成比が整数比のAl_{m+1}Ga_{11-m}N₁₂となっているp型AlGa_nN領域を含む、局所的にAlNモル分率の高いAl_a富化EB領域が存在し、

前記電子ブロック層の平均的なAlNモル分率X_{ea}が、(m+0.5)/12 < X_{ea} < (m+1)/12となる範囲内にあり、

前記井戸層の前記傾斜領域内に、AlNモル分率が局所的に前記井戸層の前記テラス領

50

域の AlN モル分率より低い Ga 富化井戸領域が存在することを特徴とする窒化物半導体紫外線発光素子。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】請求項 1 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項 1 1】

サファイア基板を含む下地部を、さらに備え、

前記サファイア基板は、(0001)面に対して所定の角度だけ傾斜した主面を有し、
当該主面の上方に前記発光素子構造部が形成されており、

少なくとも前記サファイア基板の前記主面から前記活性層の表面までの各半導体層が、(0001)面に平行な多段状のテラスが形成された表面を有するエピタキシャル成長層であることを特徴とする請求項 1 ~ 10 の何れか 1 項に記載の窒化物半導体紫外線発光素子

10

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

【非特許文献 1】Y. Nagasawa, et al., "Comparison of Al_xGa_{1-x}N multiple quantum wells designed for 265 and 285nm deep-ultraviolet LEDs grown on AlN templates having macrosteps", Applied Physics Express 12, 064009 (2019)

【非特許文献 2】K. Kojima, et al., "Carrier localization structure combined with current micropaths in AlGa_nN quantum wells grown on an AlN template with macrosteps", Applied Physics letter 114, 011102 (2019)

20

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0042

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0042】

井戸層からの発光が n 型層を透過して外部に取り出される一般的な実施態様では、Ga 富化 n 型領域内の AlN モル分率は、通常、井戸層の傾斜領域内に形成される Ga 富化井戸領域の AlN モル分率より、8.3%以上、好ましくは、16%以上高くなるように設定されている。従って、結晶成長装置のドリフト等に起因する Ga 供給量の変動による Ga 富化 n 型領域内の AlN モル分率の大幅な低下が抑制されることで、井戸層からの発光が Ga 富化 n 型領域において吸収され発光効率が低下するのが抑制される。

30

40

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0047

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0047】

従って、n 型層の平均的な AlN モル分率 X_{na} が、 $n/12 < X_{na} < (n+0.5)/12$ となる範囲内にある場合は、 $(n+0.5)/12 < X_{na} < (n+1)/12$ となる範囲内にある場合と比較して、Ga 富化 n 型領域と Al 富化 n 型領域の間の AlN モル分率差が、安定的に 1/2 分の 1 (約 8.33%) とはならず、変動し易くなるため

50

、層状領域内へのキャリアの局在化の程度が低下し、キャリアが層状領域からn型本体領域へ広がる場合が生じ得る。更に、AlNモル分率がn/12より低いランダムな非対称配列の非準安定AlGa_nNが形成されると、井戸層からの発光がGa富化n型領域において吸収され発光効率が低下する。結果として、窒化物半導体紫外線発光素子の特性変動の抑制が十分に図れない可能性がある。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0124

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0124】

更に、図9～図11より、準安定井戸領域のAlGa_nN組成比が、Al₁Ga₁N₂、Al₅Ga₇N₁₂、及び、Al₁Ga₂N₃以外に、Al₇Ga₅N₁₂であっても、AlNモル分率が約8.33%だけ高くなることに応じて、ピーク発光波長が短波長化することが分かる。よって、ピーク発光波長の目標値が、例えば、250nmより短い場合等には、Ga富化井戸領域220aに形成される準安定井戸領域のAlGa_nN組成比として、Al₇Ga₅N₁₂(AlNモル分率が58.3%($\frac{12}{7}$))も設定可能である。

10

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0145

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0145】

<発光素子の製造方法>

次に、図6に例示した発光素子1の製造方法の一例について説明する。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0164

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0164】

更に、上記式(1)の関係は、電子ブロック層23のGa富化EB領域23a内の第1準安定EB領域のAlNモル分率が83.3%または75%の場合は、下記の式(1A)とするのが好ましく、第1準安定EB領域のAlNモル分率が66.7%の場合は、下記の式(1B)とするのが好ましい。これは、第1準安定EB領域のAlNモル分率が高くなると、Gaの質量移動を促進させるのに、より高温の成長温度が必要となるためである。

$$T_3 \leq T_2 + 50 \quad (1A)$$

$$T_2 + 50 > T_3 \geq T_2 \quad (1B)$$

40

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0170

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0170】

上記要領で、n型クラッド層21の上面の全面に、活性層22(井戸層220、バリア層221)、電子ブロック層23、及び、p型コンタクト層24等が形成されると、次に、反応性イオンエッチング等の周知のエッチング法により、窒化物半導体層21～24の第2領域R2を、n型クラッド層21の上面が露出するまで選択的にエッチングして、n

50

型クラッド層 2 1 の上面の第 2 領域 R 2 部分を露出させる。そして、電子ビーム蒸着法などの周知の成膜法により、エッチングされていない第 1 領域 R 1 内の p 型コンタクト層 2 4 上に p 電極 2 6 を形成するとともに、エッチングされた第 2 領域 R 2 内の n 型クラッド層 2 1 上に n 電極 2 7 を形成する。尚、p 電極 2 6 及び n 電極 2 7 の一方または両方の形成後に、RTA (瞬間熱アニール) 等の周知の熱処理方法により熱処理を行ってもよい。

【手続補正 1 0】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 7 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

10

【0 1 7 2】

上記要領で作製された発光素子 1 の AlGaIn 系半導体層 2 1 ~ 2 4 の断面構造は、第 2 領域 R 2 のエッチング及び p 電極 2 6 と n 電極 2 7 の形成前の試料を作製し、該資料の上面に垂直 (または略垂直) な断面を有する試料片を収束イオンビーム (FIB) で加工し、該試料片の HAADF-STEM 像により観察することができる。

【手続補正 1 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 9 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

20

【0 1 9 0】

また、平均的な AlN モル分率 X_n より短波長側にシフトしている第 2、第 4、及び第 6 CL スペクトルは、電子ビームの照射範囲内に Ga 富化 n 型領域は存在せず、Al 富化 n 型領域が存在する CL スペクトルであり、その発光強度のピークは、Al 富化 n 型領域内の AlN モル分率に対応する波長付近に位置する。

【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 2 0 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

30

【0 2 0 3】

整数 m が 8 または 9 であるため、準安定井戸領域の AlGaIn 組成比 ($Al_kGa_{12-k}N_{12}$ ($k = 3 \sim 7$)) と第 1 準安定 EB 領域の AlGaIn 組成比 ($Al_mGa_{12-m}N_{12}$) の間の組み合わせは、第 1 実施形態で説明した $m > k + 2$ となる条件を当てはめると、 $k = 7$ との組み合わせは、好適な組み合わせとはならない。

【手続補正 1 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 2 2 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

40

【0 2 2 2】

図 2 0 に模式的に示すように、p 型クラッド層 2 5 において、テラス領域 TA から傾斜領域 IA への Ga の質量移動により、傾斜領域 IA 内にテラス領域 TA より AlN モル分率の低い Ga 富化 p 型領域 2 5 a が形成されている。

【手続補正 1 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 2 2 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 2 2 4】

50

更に、p型クラッド層25のテラス領域TAのAlNモル分率は、上記範囲内において、Ga富化p型領域25aのAlNモル分率より、1%以上、好ましくは2%以上、より好ましくは4%以上、高くなるように設定される。Ga富化p型領域25aにおけるキャリアの局在化の効果を十分に確保するために、p型クラッド層25のGa富化p型領域25aとテラス領域TAのAlNモル分率差を4~5%以上とするのが好ましいが、1~2%程度でも、キャリアの局在化の効果は期待し得る。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0243

【補正方法】変更

10

【補正の内容】

【0243】

(3) 上記各実施形態では、第1領域R1及びp電極26の平面視形状は、一例として、形形状のものを採用したが、該平面視形状は、形形状に限定されるものではない。また、第1領域R1が複数存在して、夫々が、1つの第2領域R2に囲まれている平面視形状であってもよい。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0247

【補正方法】変更

20

【補正の内容】

【0247】

1, 2 : 窒化物半導体紫外線発光素子

10 : 下地部

11 : サファイア基板

11a : サファイア基板の主面

12 : AlN層

20 : 発光素子構造部

21 : n型クラッド層(n型層)

21a : 層状領域(n型層)

30

21b : n型本体領域(n型層)

22 : 活性層

220 : 井戸層

220a : Ga富化井戸領域

221 : バリア層

221a : Ga富化バリア領域

23 : 電子ブロック層(p型層)

23a : Ga富化EB領域

24 : p型コンタクト層(p型層)

25 : p型クラッド層(p型層)

40

25a : Ga富化p型領域

26 : p電極

27 : n電極

100 : 基板

101 : AlGaIn系半導体層

102 : テンプレート

103 : n型AlGaIn系半導体層

104 : 活性層

105 : p型AlGaIn系半導体層

106 : p型コンタクト層

50

1 0 7 : n 電極
1 0 8 : p 電極
B L : 第 1 領域と第 2 領域の境界線
I A : 傾斜領域
R 1 : 第 1 領域
R 2 : 第 2 領域
T : テラス
T A : テラス領域

10

20

30

40

50