

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6484551号
(P6484551)

(45) 発行日 平成31年3月13日 (2019. 3. 13)

(24) 登録日 平成31年2月22日 (2019. 2. 22)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 33/32 (2010. 01)	HO 1 L 33/32
HO 1 L 33/04 (2010. 01)	HO 1 L 33/04

請求項の数 9 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2015-503124 (P2015-503124)	(73) 特許権者	506029004
(86) (22) 出願日	平成25年3月29日 (2013. 3. 29)		ソウル バイオシス カンパニー リミテッド
(65) 公表番号	特表2015-511776 (P2015-511776A)		SEOUL BIOSYS CO., LTD.
(43) 公表日	平成27年4月20日 (2015. 4. 20)		大韓民国 ギョンギード アンサンシ
(86) 国際出願番号	PCT/KR2013/002647		ダンウォング サンダンロー 163ベ
(87) 国際公開番号	W02013/147552		オンギル 65-16
(87) 国際公開日	平成25年10月3日 (2013. 10. 3)		65-16, Sandan-ro 163
審査請求日	平成28年3月24日 (2016. 3. 24)		Beon-gil, Danwon-gu
審判番号	不服2017-18656 (P2017-18656/J1)		, Ansan-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea
審判請求日	平成29年12月15日 (2017. 12. 15)		
(31) 優先権主張番号	10-2012-0032195	(74) 代理人	110000408
(32) 優先日	平成24年3月29日 (2012. 3. 29)		特許業務法人高橋・林アンドパートナーズ
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		最終頁に続く
(31) 優先権主張番号	10-2013-0025989		
(32) 優先日	平成25年3月12日 (2013. 3. 12)		
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		

(54) 【発明の名称】 発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

窒化ガリウム層を含むn型コンタクト層と、
 窒化ガリウム層を含むp型コンタクト層と、
 前記n型コンタクト層と前記p型コンタクト層との間に位置する多重量子井戸構造の活性領域と、
 前記n型コンタクト層と前記活性領域との間に位置する超格子層と、
 前記超格子層と前記活性領域との間に位置する電子注入層と、を含み、
 前記多重量子井戸構造の活性領域は365nm～390nmの範囲内の近紫外線を放出し、
 前記多重量子井戸構造の活性領域は、AlInGa_{0.5}Nで形成された複数の障壁層、及びInGa_{0.5}Nで形成され、375nm～390nmの近紫外線を放出する複数の井戸層を含み、

前記複数の障壁層は、n型コンタクト層に最も近い第1の障壁層と、組成が互いに同一であり、15%～25%のAl及び1%以下のInを含有する他の障壁層とで構成され、

前記第1の障壁層は、前記他の障壁層におけるAlの含量に10%～20%を加えたAlを含有し、

前記電子注入層は、前記超格子層に比べてより高いn型不純物ドーピング濃度を有する発光素子。

【請求項 2】

前記第1の障壁層は、30%～40%のAl及び1%以下のInを含有するAlInGa_Nで形成された、請求項1に記載の発光素子。

【請求項3】

前記p型コンタクト層は、下部高濃度ドーピング層、上部高濃度ドーピング層、及び前記下部高濃度ドーピング層と上部高濃度ドーピング層との間に位置する低濃度ドーピング層を含む、請求項1に記載の発光素子。

【請求項4】

前記低濃度ドーピング層の厚さは、前記下部及び上部高濃度ドーピング層の厚さより厚い、請求項3に記載の発光素子。

【請求項5】

前記n型コンタクト層は、下部窒化ガリウム層、上部窒化ガリウム層、及び前記下部窒化ガリウム層と前記上部窒化ガリウム層との間に位置する多層構造の中間層を含む、請求項1に記載の発光素子。

【請求項6】

前記多層構造の中間層は、AlInNとGa_Nを交互に積層した構造を有する、請求項5に記載の発光素子。

【請求項7】

前記超格子層は、InGa_N/InGa_Nを繰り返して積層した構造を有し、
前記電子注入層は、Ga_NまたはInGa_Nで形成された、請求項1に記載の発光素子。

【請求項8】

前記n型コンタクト層と前記超格子層との間に位置するアンドープGa_N層をさらに含む、請求項1に記載の発光素子。

【請求項9】

前記アンドープGa_N層と前記超格子層との間に位置し、前記n型コンタクト層より低濃度でn型不純物でドーピングされた低濃度Ga_N層と、

前記低濃度Ga_N層と前記超格子層との間に位置し、前記低濃度Ga_N層より高濃度でn型不純物でドーピングされた高濃度Ga_N層とをさらに含む、請求項8に記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無機物半導体発光素子に関し、特に、近紫外線発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、窒化ガリウム系半導体は、フルカラーディスプレイ、交通信号機、一般照明及び光通信機器の光源として紫外線、青色／緑色発光ダイオードまたはレーザーダイオードに広く用いられている。特に、窒化インジウムガリウム(InGa_N)化合物半導体は、狭いバンドギャップによって多くの注目を受けている。

【0003】

このような窒化ガリウム系列の化合物半導体を用いた発光素子は、大規模天然色フラットパネルディスプレイ、バックライト光源、信号機、室内照明、高密度光源、高解像度出力システム及び光通信などの多様な応用分野に活用されている。特に、近紫外線を放出する発光素子は、偽札鑑識、樹脂硬化及び紫外線治療などに使用されており、また、蛍光体と組み合わせられて多様な色相の可視光線を実現することができる。

【0004】

近紫外線は、一般に約320nm～390nmの波長範囲の紫外線を称する。Ga_Nは、約3.42eVのバンドギャップエネルギーを有するが、このエネルギーは、約365nmの波長の光エネルギーに対応する。したがって、InGa_Nウェル層を含む発光素子は

10

20

30

40

50

、Inの含有量によって365nm以上の光、すなわち、365nm～390nmの範囲の近紫外線を放出することに使用されてもよい。

【0005】

一方、ウェル層で生成された光は、障壁層及びコンタクト層を介して外部に放出されるので、光の進行経路上に多数の半導体層が位置し、これら半導体層による光吸収が発生する。特に、半導体層がウェル層より狭いバンドギャップを有したり、ウェル層と類似するバンドギャップを有する場合、相当多くの光損失が発生する。特に、発光素子のほとんどの厚さを占めるn型コンタクト層及びp型コンタクト層による光吸収を制御する必要がある。

【0006】

このために、従来の近紫外線発光素子は、電子ブロック層のみならず、障壁層、n型コンタクト層及びp型コンタクト層を、InGaNに比べて相対的に広いバンドギャップを有するAlGaNで形成している。しかし、AlGaNは、良好な結晶性を維持しながら相対的に厚く成長させにくいので、近紫外線発光素子は、その電気的光学的特性が青色発光素子の電気的光学的特性に比べて相対的に低く、青色／緑色発光ダイオードに比べて相対的に高価に販売されている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明が解決しようとする課題は、窒化ガリウム系近紫外線発光素子の光出力または発光効率を改善することにある。

【0008】

本発明が解決しようとする他の課題は、より容易に製造できる近紫外線発光素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一実施例に係る発光素子は、窒化ガリウム層を含むn型コンタクト層と、窒化ガリウム層を含むp型コンタクト層と、及び前記n型コンタクト層と前記p型コンタクト層との間に位置する多重量子井戸構造の活性領域とを含み、前記多重量子井戸構造の活性領域は、365nm～390nmの範囲内の近紫外線を放出する。

【0010】

前記多重量子井戸構造の活性領域は、各障壁層及び各井戸層を含む。一方、前記各障壁層はAlInGaNで形成されてもよい。障壁層がInを含有することによって、井戸層と障壁層との間の格子不一致を緩和することができる。

【0011】

さらに、前記n型コンタクト層に最も近い第1の障壁層は、他の障壁層に比べてAlを10%～20%さらに含有してもよい。前記第1の障壁層を他の障壁層に比べて相対的に格子定数の小さいAlInGaNで形成することによって、発光素子の光出力を向上させることができる。本明細書において、百分率で表示された金属元素の含量は、窒化ガリウム系層(gallium nitride-based layer)の金属成分の組成の和に対して各金属成分の組成を百分率で表示したものである。すなわち、 $Al_x In_y Ga_z N$ で表示される窒化ガリウム系層のAlの含量は、 $100 \times x / (x + y + z)$ で計算し、これを%で表現する。

【0012】

前記各井戸層は、InGaNで形成され、375nm～390nmの近紫外線を放出することができ、前記第1の障壁層以外の他の障壁層は、15%～25%のAl及び1%以下のInを含有するAlInGaNで形成されてもよい。さらに、前記第1の障壁層は、30%～40%のAl及び1%以下のInを含有するAlInGaNで形成されてもよい。

【0013】

いくつかの実施例において、前記p型コンタクト層は、下部高濃度ドーピング層、上部高

10

20

30

40

50

濃度ドーピング層、及び前記下部高濃度ドーピング層と上部高濃度ドーピング層との間に位置する低濃度ドーピング層を含んでもよい。また、前記低濃度ドーピング層の厚さは、前記下部及び上部高濃度ドーピング層の厚さより厚い。前記低濃度ドーピング層を相対的に厚く形成することによって、p型コンタクト層による光吸収を防止することができる。

【0014】

また、前記n型コンタクト層は、下部窒化ガリウム層、上部窒化ガリウム層、及び前記下部窒化ガリウム層と前記上部窒化ガリウム層との間に位置する多層構造の中間層を含んでもよい。多層構造の中間層をn型コンタクト層の中間に挿入することによって、n型コンタクト層上に形成される各エピ層 (epitaxial layer) の結晶質を改善することができる。特に、前記多層構造の中間層は、AlInNとGaNを交互に積層した構造を有してもよい。

10

【0015】

一方、前記発光素子は、前記n型コンタクト層と前記活性領域との間に位置する超格子層、及び前記超格子層と前記活性領域との間に位置する電子注入層をさらに含んでもよい。ここで、前記電子注入層は、前記超格子層に比べてより高いn型不純物ドーピング濃度を有する。前記電子注入層によって活性領域内に電子がうまく注入され得るので、発光効率を改善することができる。

【0016】

特定の実施例において、前記超格子層は、InGaN／InGaNを繰り返して積層した構造を有してもよく、前記電子注入層は、GaNまたはInGaNで形成されてもよい。ここで、InGaN／InGaNは、超格子層を構成する1周期内の各層がInGaNで形成されたことを示し、これら各層が同一の組成のInを含有する必要はない。

20

【0017】

一方、アンドープGaN層は、前記n型コンタクト層と前記超格子層との間に位置してもよい。前記アンドープGaN層は、前記n型コンタクト層に接してもよく、不純物ドーピングによって低下したn型コンタクト層の結晶品質を回復させる。

【0018】

また、前記発光素子は、前記アンドープGaN層と前記超格子層との間に位置し、前記n型コンタクト層より低濃度にn型不純物でドーピングされた低濃度GaN層と、及び前記低濃度GaN層と前記超格子層との間に位置し、前記低濃度GaN層より高濃度にn型不純物でドーピングされた高濃度GaN層とをさらに含んでもよい。

30

【0019】

前述の一般的説明および後述の詳細な説明は例示的なものであり、かつ解釈に役立つためのものであって、請求された発明に係るさらなる説明を提供するためのものとして理解すればいい。

【発明の効果】

【0020】

従来の近紫外線発光素子は、n型コンタクト層をAlGaNで形成している。基板を除いたほとんどの発光素子の厚さを占めるコンタクト層をAlGaNで形成することによって、光吸収による光損失を防止できるが、エピ層の結晶品質が悪いので、光出力や発光効率を改善することは難しい。その一方、本発明は、n型コンタクト層及びp型コンタクト層が全部またはほとんど窒化ガリウム層に形成されることによって、活性領域の結晶品質を改善することができる。したがって、光吸収による光損失を防止し、発光素子の光出力を向上させることができる。

40

【0021】

また、他の障壁層に比べて第1の障壁層にAlをさらに含有させることによって、光出力をさらに改善することができる。さらに、n型コンタクト層及びp型コンタクト層の結晶品質を改善することによって、光吸収による光損失を減少させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

50

【図1】本発明の一実施例に係る発光素子を説明するための断面図である。

【図2】本発明の一実施例に係る発光素子の多重量子井戸構造を説明するための断面図である。

【図3】多重量子井戸構造の第1の障壁層のAlの含有量による光出力を説明するためのグラフである。

【図4】多重量子井戸構造の第1の障壁層の厚さによる光出力を説明するためのグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、添付の各図面を参照して本発明の各実施例を詳細に説明する。次に紹介する各実施例は、当業者に本発明の思想を十分に伝達するために例として提供されるものである。したがって、本発明は、以下で説明する実施例に限定されず、他の形態に具体化することができる。そして、図面において、構成要素の幅、長さ、厚さなどは、便宜のために誇張して表現する場合もある。明細書全体にわたって同一の参照番号は、同一の構成要素を示す。

10

【0024】

図1は、本発明の一実施例に係る発光素子を説明するための断面図で、図2は、前記発光素子の多重量子井戸構造を説明するための拡大断面図である。

【0025】

図1を参照すると、前記発光素子は、n型コンタクト層27、活性領域39及びp型コンタクト層43を含む。さらに、前記発光素子は、基板21、核層(nucleation layer)23、バッファ層25、アンドープGaN層29、低濃度GaN層31、高濃度GaN層33、超格子層35、電子注入層37、電子ブロック層41またはデルタドーピング層45を含んでもよい。

20

【0026】

前記基板21は、窒化ガリウム系半導体層を成長させるための基板であって、サファイア基板、SiC基板、スピネル(spinel)基板などであってもよいが、これに特別に制限されなく、例えば、パターンニングされたサファイア基板(PSS)であってもよい。

【0027】

前記核層23は、基板21上にバッファ層25を成長させるために400℃～600℃で(Al, Ga)Nで形成されてもよく、好ましくは、GaNまたはAlNで形成される。前記核層は、約25nmの厚さで形成されてもよい。バッファ層25は、基板21とn型コンタクト層27との間で電位などの欠陥発生を緩和するための層であって、相対的に高温で成長する。前記バッファ層25は、例えば、アンドープGaNで約1.5μmの厚さで形成されてもよい。

30

【0028】

前記n型コンタクト層27は、n型不純物、例えば、Siがドーピングされた窒化ガリウム系半導体層に形成され、例えば、約3μmの厚さで形成されてもよい。前記n型コンタクト層27は、GaN層を含み、単一層または多重層に形成されてもよい。例えば、前記n型コンタクト層27は、図示したように、下部GaN層27a、中間層27b及び上部GaN層27cを含んでもよい。ここで、前記中間層27bは、AlInNで形成されてもよく、AlInNとGaNとを交互に、例えば、約10周期積層した多層構造(超格子構造を含む)で形成されてもよい。前記下部GaN層27a及び上部GaN層27cは、互いに類似する厚さ、例えば、それぞれ約1.5μmの厚さで形成されてもよい。前記中間層27bは、前記下部及び上部GaN層27a、27cに比べて相対的に小さい厚さを有するように形成され、約80nmの厚さで形成されてもよい。単一のGaN層を連続して約3μmの厚さで相対的に厚く成長することと比較し、中間層27bはn型コンタクト層27の中間に挿入する。

40

【0029】

このように、n型コンタクト層27上に形成されるエピ層、特に、活性領域39の結晶品

50

質を改善することができる。一方、前記n型コンタクト層27にドーピングされるSiドーピング濃度は、 $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 2 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲内であってもよく、より好ましくは、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 2 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲内であってもよい。特に、前記下部GaN層27aと上部GaN層27cは、Si不純物で高濃度にドーピングされ、前記中間層27bは、前記上部GaN層27cと同一の程度または低い程度にSi不純物でドーピングされてもよく、意図的に不純物でドーピングされない場合もある。前記下部GaN層27aと上部GaN層27cは不純物で高濃度にドーピングされるので、n型コンタクト層27の抵抗成分を低下させることができる。さらに、前記n型コンタクト層27にコンタクトする電極は、上部GaN層27cに接触してもよい。

【0030】

前記アンドープGaN層29は、意図的に不純物でドーピングされていないGaNで形成され、前記上部GaN層27cに比べて相対的に薄い厚さ、例えば、80nm～300nmの厚さで形成されてもよい。n型コンタクト層27がn型不純物でドーピングされることによって、前記n型コンタクト層27に残留応力が生成され、結晶品質が低下する。したがって、前記n型コンタクト層27上に他のエピ層を成長させる場合、良好な結晶品質を有するエピ層を成長させにくい。しかし、前記アンドープGaN層29は、不純物でドーピングされないので、n型コンタクト層27の結晶品質の低下を回復させる回復層として作用する。したがって、前記アンドープGaN層29は、前記n型コンタクト層27上に直接形成され、n型コンタクト層27に接するとよい。これに加えて、前記アンドープGaN層29がn型コンタクト層27に比べて相対的に高い抵抗率を有するので、n型コンタクト層27から活性領域39に流入する電子は、アンドープGaN層29を通過する前にn型コンタクト層27内で均一に分散され得る。

【0031】

前記低濃度GaN層31は、前記アンドープGaN層29上に位置し、前記n型コンタクト層27より低い濃度でドーピングされたn型不純物ドーピング濃度を有する。前記低濃度GaN層31は、例えば、 $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3 \sim 5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ の範囲内のSiドーピング濃度を有してもよく、前記アンドープGaN層29に比べて相対的に薄い厚さ、例えば、50nm～150nmの厚さで形成されてもよい。一方、前記高濃度GaN層33は、前記低濃度GaN層31上に位置し、前記低濃度GaN層31に比べてより高いn型不純物ドーピング濃度を有する。前記高濃度GaN層33は、前記n型コンタクト層27とはほぼ類似する程度のSiドーピング濃度を有してもよい。前記高濃度GaN層33は、前記低濃度GaN層31に比べて相対的に薄い厚さ、例えば、約30nmの厚さで形成されてもよい。

【0032】

前記n型コンタクト層27、アンドープGaN層29、低濃度GaN層31及び高濃度GaN層33は、チャンバー内に金属ソースガス (metal source gas) を供給することによって連続的に成長してもよい。金属ソースガスの原料としては、Al、Ga、Inの有機物、例えば、TMA (trimethyl aluminum)、TMG (trimethyl gallium) 及び／またはTMI (trimethyl indium) などが使用される。一方、Siのソースガスとしては、SiH₄が使用されてもよい。これら層は、第1の温度、例えば、1050℃～1150℃で成長してもよい。

【0033】

前記超格子層35は、前記高濃度GaN層33上に位置する。超格子層35は、互いに異なる組成を有する第1のInGaN層と第2のInGaN層を、例えば、それぞれ20Åの厚さで約30周期で交互に積層することによって形成されてもよい。前記第1のInGaN層及び第2のInGaN層に含有されるIn組成比は、活性領域39内の各井戸層39wに含有されるIn組成比より小さい。前記超格子層35は、意図的に不純物でドーピングされずにアンドープ層に形成されてもよい。超格子層35がアンドープ層に形成されるので、発光素子の漏洩電流を減少させることができる。

【0034】

電子注入層 37 は、前記超格子層 35 に比べて相対的に高い n 型不純物ドーピング濃度を有する。さらに、前記電子注入層 37 は、n 型コンタクト層 27 と実質的に同じ n 型不純物ドーピング濃度を有してもよい。例えば、前記 n 型不純物ドーピング濃度は、 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3 \sim 5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲内であってもよく、より好ましくは、 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3 \sim 3 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲内であってもよい。前記電子注入層 37 が高濃度でドーピングされることによって、活性領域 39 内への電子の注入が円滑になる。前記電子注入層 37 は、前記高濃度 GaN 層 33 と同様か、それより相対的に小さい厚さを有するように、例えば、約 20 nm の厚さで形成されてもよい。さらに、電子注入層 37 は、約 300 トルの圧力で、かつ、約 820 °C ~ 850 °C の温度で、成長されてもよい。

10

【0035】

前記電子注入層 37 上に活性領域 39 が位置する。図 2 は、活性領域 39 を拡大して示した断面図である。

【0036】

図 2 を参照すると、前記活性領域 39 は、交互に積層された各障壁層 39b 及び各井戸層 39w を含む多重量子井戸構造を有する。前記各井戸層 39w は、365 nm ~ 390 nm の範囲の近紫外線を放出する組成を有する。例えば、前記井戸層 39w は、InGa_N または AlInGa_N で形成されてもよく、特に InGa_N で形成されてもよい。このとき、前記井戸層 39w に含有される In の含量は、要求される近紫外線波長によって決定される。例えば、前記井戸層 39w に含有される In 含量は、約 2 % ~ 5 % (したがって、Ga は約 95 % ~ 98 %) の範囲内であってもよい。なお、本明細書全体を通して、各層の化合物の含有量は、同様にモルパーセントで表示される。前記井戸層 39w は、約 20 Å ~ 30 Å の厚さで形成されてもよい。井戸層 39w は、一般的な青色発光ダイオードよりも高い温度、例えば 800 °C から 820 °C で、また圧力 300 トルで成長させてもよい。このようにして、井戸層の結晶品質が改善されてもよい。

20

【0037】

前記各障壁層 39b は、井戸層に比べてバンドギャップの広い窒化ガリウム系半導体層、例えば、Ga_N、InGa_N、AlGa_N または AlInGa_N で形成されてもよい。特に、前記各障壁層 39b は、AlInGa_N で形成されてもよいが、In を含むことによって、井戸層 39w と障壁層 39b との間の格子不一致を緩和することができる。

30

【0038】

また、障壁層 39b は、井戸層 39w の成長温度よりもわずかに高い成長温度で成長させてもよい。例えば、障壁層 39b は、300 トルの圧力のもと、820 °C から 850 °C の温度で成長させてもよい。

【0039】

一方、前記各障壁層 39b1、39b、39bn のうち、電子注入層 37 あるいは n 型コンタクト層 27 に最も近い第 1 の障壁層 39b1 は、他の障壁層に比べて Al 含量がさらに高くてもよい。例えば、第 1 の障壁層 39b1 の Al 含量は、他の障壁層 39b に比べて 10 % ~ 20 % さらに高くてもよい。例えば、他の障壁層 39b、39bn に約 20 % の Al が含有される場合、前記第 1 の障壁層 39b1 に約 30 % ~ 40 % の Al が含有されてもよい。これら障壁層 39b1、39b、39bn に含有される In 含量は約 1 % 以下である。特に、前記各井戸層 39w が InGa_N で形成されて 375 nm ~ 390 nm の近紫外線を放出する場合、前記第 1 の障壁層 39b1 以外の他の障壁層 39b、39bn は、15 % ~ 25 % の Al 及び 1 % 以下の In を含有する AlInGa_N で形成されてもよく、前記第 1 の障壁層 39b1 は、30 % ~ 40 % の Al 及び 1 % 以下の In を含む AlInGa_N で形成されてもよい。

40

【0040】

一般に、発光素子における各障壁層は、互いに同一の組成を有するように形成される。しかし、本実施例において、第 1 の障壁層 39b1 は、他の障壁層 39b に比べて 10 % ~ 20 % 高い Al 含量を有する。本発明において、電子注入層 37 や n 型コンタクト層 27

50

などはGaNで形成される。近紫外線を放出する井戸層39wとGaNは、バンドギャップ差が相対的に大きくない。したがって、前記第1の障壁層39b1が他の障壁層39bに比べて相対的に高いバンドギャップを有するように形成されることによって、前記第1の障壁層39b1は、活性領域39内にキャリアを閉じ込める機能を行うことができる。特に、AlGaN障壁層を用いる場合、孔の移動速度が大幅に遅くなるため、電子のオーバーフロー率が増加する可能性がある。この場合、電子ブロック層41の厚さを増加させて電子のオーバーフローを防止する案が考えられるが、活性領域への孔の注入を円滑にさせるために、電子ブロック層41の厚さの増加は制限的に行われる。

【0041】

したがって、前記第1の障壁層39b1が他の障壁層より広いバンドギャップ（約0.5 eV以上）を有するように形成することによって、電子の移動速度を減速させ、電子のオーバーフローを効果的に防止することができる。ただし、第1の障壁層39b1に含有されるAl含量が約20%以上に過度に増加する場合、第1の障壁層39b1と電子注入層37との間及び第1の障壁層39b1と井戸層39wとの間の格子不一致が大きくなり、活性領域39の結晶品質を低下させ得る。

【0042】

第1の障壁層の厚さは、電子ブロック層41あるいはp型コンタクト層43に最も近い最後の障壁層を除いた残りの障壁層とほぼ同等かそれ以上の厚さ（例えば約40 Å）を有することが好ましい。前記第1の障壁層は、例えば、40 Å～60 Åの厚さ、特に、約45 Åの厚さを有してもよい。

【0043】

前記活性領域39は、電子注入層37に接してもよい。前記活性領域39の障壁層及び量子井戸層は、活性領域の結晶品質を向上させるために不純物でドーピングされていないアンドープ層に形成されてもよいが、順方向電圧を低下させるために一部または全体の活性領域内に不純物でドーピングされてもよい。

【0044】

再び図1を参照すると、前記活性領域39上にp型コンタクト層43が位置し、前記活性領域39とp型コンタクト層43との間に電子ブロック層41が位置してもよい。前記電子ブロック層41は、p型コンタクト層と活性領域39との格子不一致を緩和するためにAlInGaNまたはAlInGaNで形成されてもよい。このとき、前記電子ブロック層41は、36%のAl及び3%のInを含有してもよい。前記電子ブロック層41は、p型不純物、例えば、 $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ から $2 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ のドーピング密度によってMgでドーピングされてもよい。

【0045】

前記p型コンタクト層43は、下部高濃度ドーピング層43a、低濃度ドーピング層43b及び上部高濃度ドーピング層43cを含んでもよい。下部高濃度ドーピング層43a及び上部高濃度ドーピング層43cは、p型不純物、例えば、 $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ から $2 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ のドーピング密度によってMgでドーピングされてもよい。前記低濃度ドーピング層43bは、前記下部及び上部高濃度ドーピング層43a、43cに比べて相対的に低いドーピング濃度を有し、前記下部高濃度ドーピング層43aと上部高濃度ドーピング層43cとの間に位置する。前記低濃度ドーピング層43bは、成長させる間、Mgのソースガス（例えば、 Cp_2Mg ）の供給を遮断してもよい。

【0046】

さらに、前記低濃度ドーピング層43bを成長させる間、 H_2 ガスを用いる代わりに、 N_2 ガスをキャリアガスとして用いて不純物含有量を減少させることができる。また、前記低濃度ドーピング層43bは、前記下部及び上部高濃度ドーピング層43a、43cに比べて相対的に厚く形成される。例えば、前記低濃度ドーピング層43bは、約60 nmの厚さで形成され、前記下部及び上部高濃度ドーピング層43a、43cは、それぞれ10 nmの厚さで形成されてもよい。その結果、前記p型コンタクト層43の結晶品質を向上させると共に、不純物濃度を減少させることによって、p型コンタクト層43による近紫

10

20

30

40

50

外線の損失を防止または緩和することができる。

【0047】

一方、前記p型コンタクト層43上にオーミックコンタクト抵抗を低下させるためのデルタドーピング層45が位置してもよい。前記デルタドーピング層45は、n型またはp型不純物で高濃度でドーピングされ、その上に形成される電極とp型コンタクト層43との間のオーミック抵抗を低下させる。デルタドーピング層45は、約2 Å～5 Åの厚さで形成されてもよい。

【0048】

一方、基板21上に成長した各エピ層をパターンニングすることによって水平型構造の発光素子またはフリップチップ構造の発光素子が製造されてもよく、前記基板21を除去することによって垂直構造の発光素子が製造されてもよい。

10

【0049】

(実験例1)

【0050】

n型コンタクト層27に最も近い第1の障壁層39b1のAl組成による光出力変化を確認するために、MOCVD装備を使用し、第1の障壁層のAl組成のみを異ならせて他の条件は全て同一にして各エピ層を成長させ、Al組成による光出力を測定した。図3は、第1の障壁層のAl組成による光出力を示すグラフである。第1の障壁層以外の他の障壁層のAl組成は、全て同一にした。各障壁層のAl含有量は原子プローブを用いて測定し、他の障壁層は約20%のAlが含まれていた。

20

【0051】

図3を参照すると、第1の障壁層に含有されるAl組成が他の障壁層に比べて14%さらに大きい場合、発光素子の光出力が相対的に高く示された。一方、第1の障壁層にAlを含有しない場合、発光素子の光出力が相対的に低く示された。また、第1の障壁層に含有されるAl組成が約47%であって他の障壁層に比べて27%さらに高い試料の発光素子は、他の障壁層と同一のAl組成を有する発光素子よりも、光出力が低く示された。

【0052】

(実験例2)

【0053】

n型コンタクト層27に最も近い第1の障壁層39b1の厚さによる光出力変化を調査するために、MOCVD装備を使用し、他の条件は全て同一にして各エピ層を成長させ、第1の障壁層の厚さのみを異ならせて第1の障壁層の厚さによる光出力を測定した。図4は、第1の障壁層の厚さによる光出力を示すグラフである。第1の障壁層以外の他の障壁層の厚さは、p型コンタクト層43に最も近い最後の障壁層を除いては全て約45 Åで形成し、最後の障壁層は約75 Åと相対的に厚く形成した。また、第1の障壁層のAl組成は全て同一に約34%にし、他の障壁層のAl組成は全て約20%にした。

30

【0054】

図4を参照すると、第1の障壁層の厚さを他の障壁層の厚さと同一に45 Åにした場合、光出力が相対的に高かった。一方、第1の障壁層の厚さを25 Åで形成した場合は光出力が低く示され、第1の障壁層を75 Åで厚く形成した場合にも光出力が相対的に低く示された。

40

【0055】

従来の近紫外線発光素子は、n型コンタクト層をAlGaInで形成している。基板を除いたほとんどの発光素子の厚さを占めるコンタクト層をAlGaInで形成することによって、光吸収による光損失を防止できるが、エピ層の結晶品質が悪いので、光出力や発光効率を改善することは難しい。その一方、本発明は、n型コンタクト層及びp型コンタクト層が全部またはほとんど窒化ガリウム層に形成されることによって、活性領域の結晶品質を改善することができる。したがって、光吸収による光損失を防止し、発光素子の光出力を向上させることができる。

【0056】

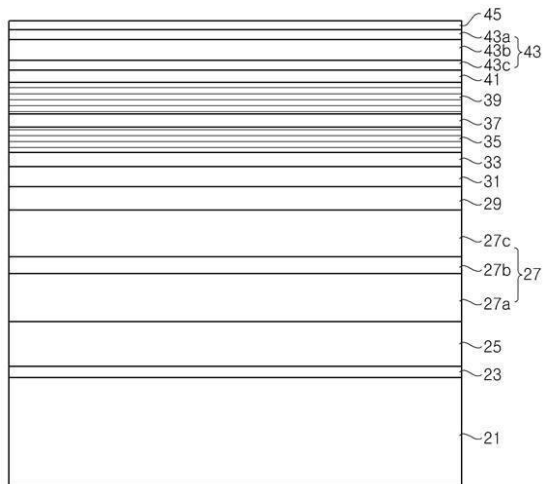
50

また、他の障壁層に比べて第 1 の障壁層に A l をさらに含有させることによって、光出力をさらに改善することができる。さらに、n 型コンタクト層及び p 型コンタクト層の結晶品質を改善することによって、光吸収による光損失を減少させることができる。

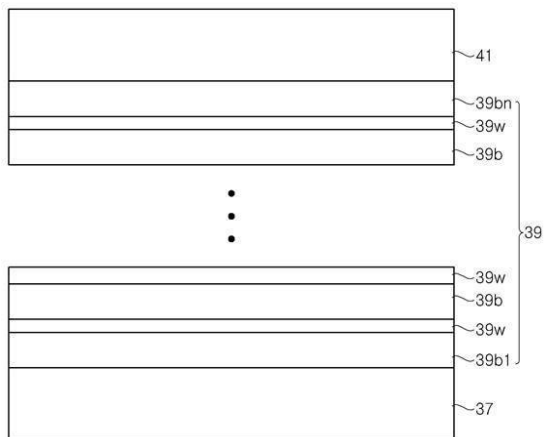
【0057】

本発明の趣旨または範囲を超えない中で、本発明に対し様々な修正や変化を試み得ることは当業者にとって明白である。本発明は請求項及びその均等物の範囲内で行われたこのような修正や変化を含むことを目的とする。

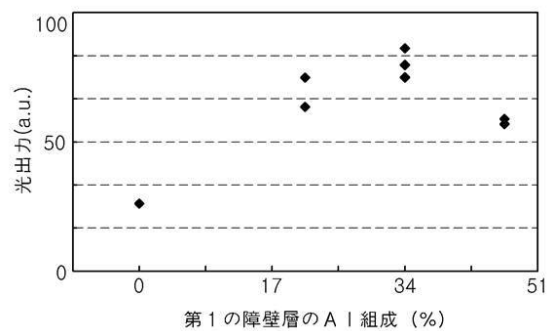
【図 1】



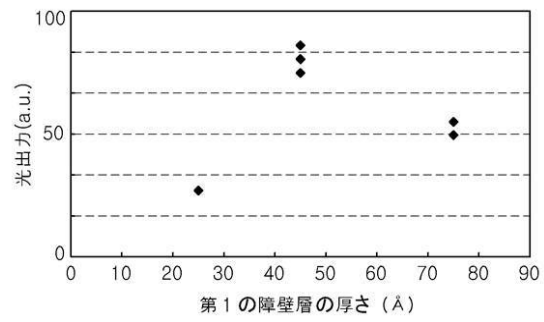
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 ハン, チャン スク
大韓民国 4 2 5-8 5 1 ギョンギード アンサンーシ ダンウォンーグ ウォンシードン 7
2 7-5 1 B-3 6
- (72)発明者 キム, ハ モク
大韓民国 4 2 5-8 5 1 ギョンギード アンサンーシ ダンウォンーグ ウォンシードン 7
2 7-5 1 B-3 6
- (72)発明者 チョ, ヒョ シク
大韓民国 4 2 5-8 5 1 ギョンギード アンサンーシ ダンウォンーグ ウォンシードン 7
2 7-5 1 B-3 6
- (72)発明者 コ, ミ ソ
大韓民国 4 2 5-8 5 1 ギョンギード アンサンーシ ダンウォンーグ ウォンシードン 7
2 7-5 1 B-3 6
- (72)発明者 リ, ア ラム チャ
大韓民国 4 2 5-8 5 1 ギョンギード アンサンーシ ダンウォンーグ ウォンシードン 7
2 7-5 1 B-3 6

合議体

審判長 森 竜介

審判官 山村 浩

審判官 近藤 幸浩

- (56)参考文献 特開2003-115642 (JP, A)
特開2001-148507 (JP, A)
特開平9-232629 (JP, A)
国際公開第2011/083940 (WO, A2)
特開2003-273473 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L33/00-33/64