

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4503570号
(P4503570)

(45) 発行日 平成22年7月14日(2010.7.14)

(24) 登録日 平成22年4月30日(2010.4.30)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 33/00 (2010.01) H O 1 L 33/00

請求項の数 8 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2006-256603 (P2006-256603)	(73) 特許権者	591003770 三星電機株式会社 大韓民国京畿道水原市靈通區梅灘3洞314番地
(22) 出願日	平成18年9月22日(2006.9.22)	(74) 代理人	100088605 弁理士 加藤 公延
(65) 公開番号	特開2007-88481 (P2007-88481A)	(72) 発明者	元 鍾 學 大韓民国京畿道水原市靈通區靈通洞 ファンゴルメウルApt., 135洞2002号
(43) 公開日	平成19年4月5日(2007.4.5)	(72) 発明者	金 洙 漢 大韓民国京畿道城南市盆唐區金谷洞 大宇Apt., 813洞601号
審査請求日	平成18年9月22日(2006.9.22)		
(31) 優先権主張番号	10-2005-0088772		
(32) 優先日	平成17年9月23日(2005.9.23)		
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1導電型及び第2導電型窒化物層と、前記第1導電型及び第2導電型窒化物層との間に形成され、少なくとも一つの量子障壁層と量子井戸層とから成る活性層を有する窒化物半導体素子であって、

前記第1導電型窒化物層と前記活性層の間に配置され、前記活性層の量子井戸層に含有されたインジウムの組成より少なくとも5mol%程度多いインジウムを含んだ電流分散層を含む、窒化物半導体素子。

【請求項2】

第1導電型及び第2導電型窒化物層と、前記第1導電型及び第2導電型窒化物層との間に形成され、少なくとも一つの量子障壁層と量子井戸層とから成る活性層を有する窒化物半導体素子であって、

前記第1導電型窒化物層と前記活性層の間に配置され、少なくとも前記活性層の量子井戸層に含有されたインジウムの組成より多いインジウムを含んだ電流分散層を含み、

前記活性層は、 $In_{x_1}Ga_{1-x_1}N$ ($0 < x_1 < 1$) である量子障壁層と、 $In_{x_2}Ga_{1-x_2}N$ ($x_1 < x_2 < 1$) である量子井戸層とから成り、前記電流分散層は $In_yGa_{1-y}N$ ($x_2 < y < 1$) 層を含むことを特徴とする、窒化物半導体素子。

【請求項3】

前記電流分散層のIn含量は、前記量子井戸層のインジウム含有量より少なくとも5mol%程度多いことを特徴とする、請求項2に記載の窒化物半導体素子。

10

20

【請求項4】

前記電流分散層は、交互に積層された互いに異なる組成を有する少なくとも一対の第1層及び第2層を含み、前記第1層は $In_yGa_{1-y}N$ 層であり、前記第2層は GaN 層であることを特徴とする、請求項2に記載の窒化物半導体素子。

【請求項5】

前記電流分散層は、前記第1層及び第2層が交互に2乃至12周期に繰り返し形成されたことを特徴とする、請求項4に記載の窒化物半導体素子。

【請求項6】

前記第1層の厚さは、10～100であることを特徴とする、請求項4または請求項5に記載の窒化物半導体素子。

10

【請求項7】

前記第2層の厚さは、100～250であることを特徴とする、請求項4または請求項5に記載の窒化物半導体素子。

【請求項8】

前記第1導電型窒化物層はn型窒化物層であり、前記第2導電型窒化物層はp型窒化物層であることを特徴とする、請求項1～7のいずれか一項に記載の窒化物半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、窒化物半導体素子に関し、より詳しくは内部量子効率を向上させると共に動作電圧及び逆電圧特性を改善した高効率の窒化物系半導体素子に関する。

20

【背景技術】

【0002】

一般的に、窒化物半導体はフルカラーディスプレイ、イメージスキャナー、各種信号システム及び光通信器機に光源として提供される緑色または青色発光ダイオード(light emitting diode: LED)またはレーザーダイオード(laser diode: LD)に広く使用されている。

【0003】

このような窒化物半導体素子の効率は活性層内における電子と正孔の再結合確率、即ち、内部量子効率によって定められる。このような内部量子効率の改善方策は主に活性層の構造を改善したり、キャリアの有効量(effective mass)を増加させたりする方向で研究されている。また、活性層にキャリアが均一に注入されない電流クラウディング(current crowding)現象は窒化物半導体素子の効率を低下させる主要原因となる。

30

【0004】

特に、電流クラウディング現象は窒化物半導体素子の不可避な電極の配列によってより深刻となる。即ち、窒化物半導体素子がサファイア基板のような絶縁性基板を含む場合に、2個の電極は素子の上下面が各々配置されず、エピタキシャル層にメサエッチング工程を適用して2個の電極を同じ上面に向かうように配置される。これをプレーナー(planar)構造の窒化物発光素子とも言う。

40

【0005】

このようなプレーナー構造の窒化物発光素子は、2個の電極が発光構造物の上下面に各々配置されたパーティカル(vertical)構造の発光素子に比べて電流の流れが全体発光領域に均一に分布することができないので、発光に加わる有効面積が大きくなり、発光面積当たり発光効率も低いという問題がある。

【0006】

このように、当技術分野においては高効率の窒化物半導体素子を製造するために、電流の流れを活性層の全体面積に均一に分散させ発光効率を向上させることが可能である新たな構造の窒化物半導体素子が要求されてきた。

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記した技術的問題を解決するために、本発明は高いキャリア（特に、電子）移動度が確保される、比較的高いインジウム含量を有する層を活性層とクラッド層の間に導入することで横方向の電流の流れを強化し、それにより均一な電流分散を期待することが可能である新たな窒化物半導体素子を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記した技術的課題を解決するために、本発明は、第1導電型及び第2導電型窒化物層と、上記第1導電型及び第2導電型窒化物層との間に形成され、少なくとも一つの量子障壁層と量子井戸層とから成る活性層を有する窒化物半導体素子であって、上記第1導電型窒化物層と上記活性層の間に配置され、少なくとも上記活性層の量子井戸層に含有されたインジウムの組成より多いインジウムを含んだ電流分散層を含む、窒化物半導体素子を提供する。

10

【0009】

上記活性層は、 $In_{x_1}Ga_{1-x_1}N$ ($0 < x_1 < 1$) である量子障壁層と、 $In_{x_2}Ga_{1-x_2}N$ ($x_1 < x_2 < 1$) である量子井戸層とから成る形態では、上記電流分散層が $In_yGa_{1-y}N$ ($x_2 < y < 1$) 層を含む構造であることができる。

【0010】

横方向の電流の流れを十分に向上させるために、高いキャリア移動度が確保されなければならないので、上記電流分散層のインジウム（ In ）含量は相対的に活性層より高いキャリア移動度を得るために、上記量子井戸層のインジウム含有量より5mol%程度多いことが好ましい。

20

【0011】

好ましい実施形態において、上記電流分散層は相互異なる組成を有する少なくとも一対の第1層及び第2層を含み、上記第1層は $In_yGa_{1-y}N$ 層であり、上記第2層は GaN 層であることができる。より好ましくは、上記電流分散層は上記第1層及び第2層が交互に2乃至12週期に形成され得る。少なくとも2周期で十分な効果を期待することが可能であり、12周期超の場合には全体的な層の厚さの増加により抵抗が増加しむしろ発光効率が低下する恐れがある。

30

【0012】

これに限定されないが、上記第1層の厚さは10～100 nm であることが好ましく、上記第2層の厚さは100～250 nm であることが好ましい。

【0013】

本発明で提案される高インジウム含量の電流分散層は電流クラウディング現象が深刻なn型窒化物層と活性層の間に導入されることによって、発光効率のより大きな向上を期待することができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、高いキャリア（特に、電子）移動度が保障される比較的高いインジウム含量を有する層を活性層とクラッド層の間に導入することで横方向の電流の流れを強化して全体面積にわたって電流をより均一に分散させることができ、その結果、高効率の窒化物半導体素子を製造することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、添付図面を参照して本発明を詳しく説明する。

【0016】

図1は本発明の一実施形態による窒化物半導体素子10の側断面図である。図1を参照すると、上記窒化物半導体素子10はバッファ層12が形成された基板11上に順次に形成されたn型窒化物半導体層14と、活性層16と、p型窒化物半導体層17とを含む。

50

【 0 0 1 7 】

上記基板 1 1 はサファイア及び SiC のような異種基板または GaN のような同種基板であることができる。上記活性層 1 6 は量子井戸層 1 6 a と量子障壁層 1 6 b とで構成された多重量子井戸構造であることができる。また、p 型窒化物半導体層 1 7 は電子オーバーフローイングを防止するための p 型 AlGaIn 層 1 7 a と、コンタクト領域を提供する p 型 GaN 層 1 7 b とで構成され得る。

【 0 0 1 8 】

本実施形態による窒化物半導体素子 1 0 は上記 n 型窒化物半導体層 1 4 と活性層 1 6 との間に InGaIn 電流分散層 1 5 を含む。上記電流分散層 1 5 は少なくとも量子井戸層 1 6 a に含有されたインジウム含量より多い量のインジウムを含む。一般的に、In 含量の多い窒化物層は他の組成の窒化物層に比べて高いキャリア移動度を確保することが知られている。

10

【 0 0 1 9 】

例えば、InN 層における電子移動度 (約 $3200 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$) は AlN 層及び GaN 層 (各々約 $300 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 、 $1000 \sim 1350 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$) における電子移動度に比べて非常に高い。

【 0 0 2 0 】

従って、InGaIn 電流分散層 1 5 では注入される電子が非常に高い移動度が確保されるので、横方向の電流成分が強化され電流の均一な分散を図ることができる。このような横方向の電流の流れを十分に向上させるために、上記電流分散層 1 5 のインジウム含量は十分な電流分散効果を得るために、上記量子井戸層のインジウム含量より少なくとも 5 mol% 程度多いことが好ましい。

20

【 0 0 2 1 】

好ましくは、上記量子障壁層 1 6 b が $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{N}$ ($0 < x_1 < 1$) を満足する窒化物層であり、上記量子井戸層 1 6 a が $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{N}$ ($x_1 < x_2 < 1$) の場合には、上記電流分散層 1 5 は $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($x_2 < y < 1$) 層であることができる。

【 0 0 2 2 】

図 2 a は、本発明の好ましき実施形態による窒化物半導体素子の側断面図である。

【 0 0 2 3 】

上記窒化物半導体素子 2 0 は、図 1 に示した形態と類似しており、バッファ層 2 2 が形成された基板 2 1 上に順次に形成された n 型窒化物半導体層としての GaN 層 2 4 と、多重量子井戸構造である活性層 2 6 と、p 型窒化物半導体層 2 7 とを含み、p 型窒化物半導体層は電子オーバーフローイングを防止するための p 型 AlGaIn 2 7 a 及びコンタクト領域を提供する GaN 層 2 7 b とを含む。

30

【 0 0 2 4 】

本実施形態による窒化物半導体素子 2 0 は上記 n 型 GaN 層 2 4 と活性層 2 6 の間に電流分散層 2 5 を含む。

【 0 0 2 5 】

本実施形態に採用された電流分散層 2 5 は InGaIn である第 1 層 2 5 a と、GaN である第 2 層 2 5 b とで構成することができ、好ましくは複数回交互に繰り返し積層された構造を有する。

40

【 0 0 2 6 】

従来には、n 型窒化物半導体層と活性層に InGaIn/GaN 超格子構造を採用する場合があったが、これは結晶性を向上させるためのものとして格子整合を考慮して InGaIn 層の In 含量は量子井戸層の In 含量より低い条件が求められる反面、本発明で採用される第 1 層 2 5 a はむしろ少なくとも量子井戸層 2 6 a に含有されたインジウム含量より多いインジウム含量を有することが求められる。これは前述したように、インジウム含量を増加させることにより電子移動度を高め電流のより均一な分布を図るためである。好ましくは、上記第 1 層 2 5 a の In 含量は少なくとも 15 mol% である。

【 0 0 2 7 】

50

上記第1層25aは、図1に示すInGaN電流分散層15に対応する要素として、その層25a内において高い電子の移動度を確保することで、横方向の電流成分を強化することが可能であり、その結果、電流の均一な分散を図ることができる。上記量子障壁層26bが $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{N}$ ($0 < x_1 < 1$) を満足する窒化物層であり、上記量子井戸層26aが $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{N}$ ($x_1 < x_2 < 1$) の場合には、上記電流分散層25の第1層25aは $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($x_2 < y < 1$) 層であることができる。このような電流分散層25の構成は図2bに示すようにエネルギーバンドダイアグラムに示すことができる。

【0028】

また、本実施形態では電流分散層25が単一層構造で提供される実施形態(図1参照)に比べて、GaNである第2層25bを間において反復的にInGaNである第1層25aが提供されるので、電流分散効果をより向上させることができる。このような効果は図3に示した電流分散層25における概略的な電流の流れ図を通してより容易に理解され得る。

10

【0029】

電流分散層25に注入される電流が矢印のように一部領域(例えば、中央領域)に集中されても、GaNである第2層25bに比べて高い電子移動度を有する第1層25aでは横方向に電流分散効果が現われ、他の第2層25bを介して他の第1層25aに注入される過程において漸次的にその電流分散効果が増加する。このように、InGaNである第1層25aとGaNである第2層25bを交互に積層することによって、横方向により均一な電流を分散させることが可能であり、その結果として発光効率を大きく向上させることができる。

20

【0030】

上記電流分散層25を構成する第1層25a及び第2層25bの積層周期は2乃至12週期の範囲にすることが好ましい。少なくとも2週期で十分な効果を期待することができ、12週期を超えた場合には全体的な電流分散層25の厚さの増加によって抵抗が増加し、むしろ発光効率が低下される恐れがある。

【0031】

これに限定されないが、上記第1層25aの厚さは10~100 nmであることが好ましい。10 nm未満の場合には電流分散効果を期待し難く、100 nmを超える場合には格子不整合によって結晶性が低下される恐れがある。また、上記第2層25bの厚さは100~250 nmであることが好ましい。100 nm未満の場合にはトンネリング現象によって所望の効果を期待し難く、250 nmを超える場合には全体層の厚さが大きくなりすぎるため、それによる直列抵抗が増加される問題があり得る。

30

【0032】

以下、本発明による具体的な実施例を通じて本発明の作用及び効果をより詳しく説明する。

【実施例】

【0033】

本発明による窒化物半導体素子の発光効率改善効果を確認するために、本発明により窒化物発光素子(LED)をアンモニア(NH_3)雰囲気中の反応器内でMOCVD法を利用して作製した。

40

【0034】

まず、サファイア基板にGaN低温核成長層を形成した後、Siを利用して $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ の不純物濃度を有するn型GaN層を3 μm の厚さに形成した。

【0035】

その後、本発明で提示したように、 $\text{In}_{0.28}\text{Ga}_{0.72}\text{N}$ である第1層とGaNである第2層を4回交互に繰り返し形成することで電流分散層を用意した。この際、第1層の厚さは30~40 nmに形成し、第2層は130~140 nmの厚さに形成した。

【0036】

次に、上記電流分散層上に単一量子井戸構造の活性層を形成した。上記活性層には約4

50

50 nmの波長光を得るために、 $\text{In}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{N}$ 量子井戸層とGaN量子障壁層とで形成した。

【0037】

上記活性層上に約 $2 \sim 5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ の不純物濃度を有する30 nmのAlGaN層と約120 nmの厚さを有するp型GaN層を形成し、適切にメサエッチングした後にp側及びn側電極を形成した。

【0038】

(比較例)

上記した実施例と同一な条件で窒化物発光素子を作製し、本発明による電子遮断層を形成する代わりに、従来結晶性向上のために採用される超格子構造を形成した。即ち、量子井戸層と同一なインジウム含量を有する $\text{In}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{N}$ である第1層とGaNである第2層を4回交互に繰り返し形成し、この際に第1層及び第2層の厚さは前述した実施例と同じく各々30～40、130～140の厚さに形成した。

【0039】

このように、得られた2つの窒化物発光素子に対して電界発光(electro-luminescence: EL)スペクトラムを測定した。その結果を図4に示した。

【0040】

図4に示すように、発光効率は、従来の単純な超格子構造を採用した発光素子の場合(b)に、所望の波長帯域(450 nm)において1200程度に現れたが、本発明の実施例によって製造された発光素子の場合(a)に1400程度に現われた。このような結果により、本発明による電流分散層を採用した発光素子が単に結晶性が向上した従来の発光素子に比べて約17%程度向上した発光効率を有することを確認することができる。

【0041】

本発明で提案した電流分散層は、単一層またはGaN層とともに交互に積層された構造を有することができる。また、インジウム含量を量子井戸層のインジウムより高く含んだ本発明の電流分散層においては電子移動度のみならず、正孔移動度も向上するので、p型窒化物層と活性層の間に配置する場合にも類似した効果を期待することができる。

【0042】

また、本明細書に添付された図面では多重量子井戸構造を有する発光素子構造を例示したが、本実施例のように単一量子井戸構造でも類似して適用され得、さらに発光ダイオード(LED)の外にもレーザーダイオード(LD)のような他の種類の窒化物半導体素子に有益に適用され得る。

【0043】

このように本発明は、上述した実施形態及び添付された図面によって限定されるものではなく、特許請求の範囲によって限定される。従って、特許請求の範囲に記載された本発明の技術的思想を外れない範囲内において多様な形態の置換、変形および変更が可能であることは、当該技術分野の通常の知識を有する者にとっては自明である。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】本発明の一実施形態による窒化物半導体素子の側断面図である。

【図2a】本発明の好ましい実施形態による窒化物半導体素子の側断面図である。

【図2b】本発明の好ましい実施形態による窒化物半導体素子のエネルギーバンドダイアグラムである。

【図3】図2aの実施形態による窒化物半導体素子に採用された電流分散層による効果を説明するための概略図である。

【図4】従来例による発光素子と本発明の一実施例による発光素子の発光効率を比較するためのELスペクトラムである。

【符号の説明】

【0045】

10、20 窒化物半導体素子

10

20

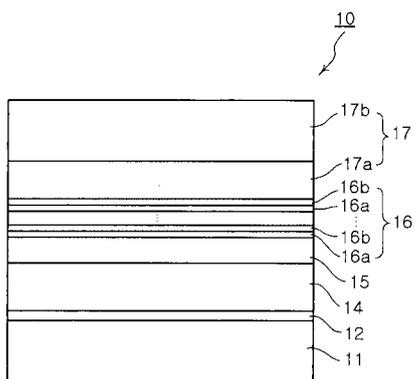
30

40

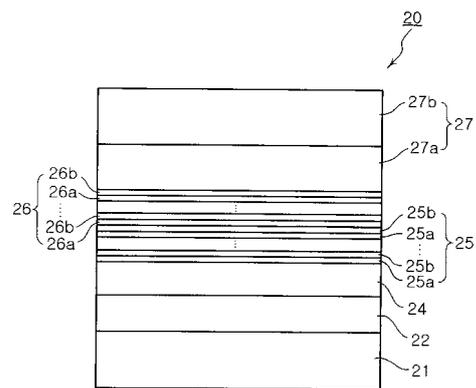
50

- 1 1、2 1 基板
- 1 2、2 2 バッファ層
- 1 4、2 4 n型窒化物半導体層 (n型Ga N層)
- 1 5 InGa N電流分散層
- 1 6、2 6 活性層
- 1 6 a、2 6 a 量子井戸層
- 1 6 b、2 6 b 量子障壁層
- 1 7、2 7 p型窒化物半導体層
- 1 7 a、2 7 a p型AlGa N層
- 1 7 b、2 7 b p型Ga N層
- 2 5 InGa N / Ga N電流分散層
- 2 5 a InGa N層 (第1層)
- 2 5 b Ga N層 (第2層)

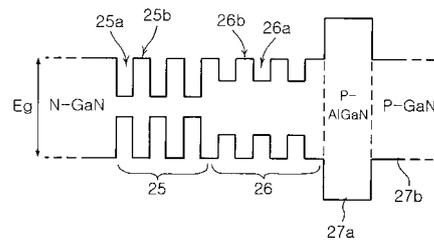
【 図 1 】



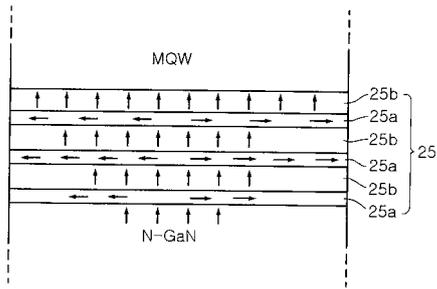
【 図 2 a 】



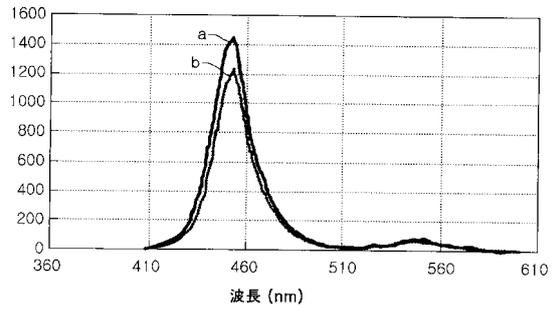
【 図 2 b 】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 韓 在 雄

大韓民国京畿道城南市盆唐區九美洞 住公A p t . , 4 0 1 洞 1 9 0 3 号

(72)発明者 李 成 淑

大韓民国京畿道水原市靈通區梅灘洞 2 3 1 - 8 4

審査官 瀬川 勝久

(56)参考文献 特開平 0 8 - 1 6 7 7 3 5 (J P , A)

特開 2 0 0 4 - 1 4 0 3 0 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H 0 1 L 3 3 / 0 0 - 3 3 / 6 4