

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-58786

(P2013-58786A)

(43) 公開日 平成25年3月28日(2013.3.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 33/12 (2010.01)	HO 1 L 33/00 1 4 0	5 F 1 4 1
HO 1 L 33/32 (2010.01)	HO 1 L 33/00 1 8 6	

審査請求 有 請求項の数 12 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2012-252910 (P2012-252910)	(71) 出願人	510039426
(22) 出願日	平成24年11月19日 (2012.11.19)		エルジー イノテック カンパニー リミテッド
(62) 分割の表示	特願2007-529680 (P2007-529680) の分割		大韓民国 100-714 ソウル, ジュン-グ, ナムデムンノ 5-ガ, ソウル スクエア, 20階
原出願日	平成17年8月19日 (2005.8.19)	(74) 代理人	100105924
(31) 優先権主張番号	10-2004-0067497		弁理士 森下 賢樹
(32) 優先日	平成16年8月26日 (2004.8.26)	(72) 発明者	リー、ソクフン
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		大韓民国506-302 光州広域市光山区 月桂洞ライン7アパート705洞502号
(31) 優先権主張番号	10-2004-0067495	Fターム(参考)	5F141 AA03 AA40 CA04 CA05 CA08 CA22 CA40 CA57 CA88
(32) 優先日	平成16年8月26日 (2004.8.26)		
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		

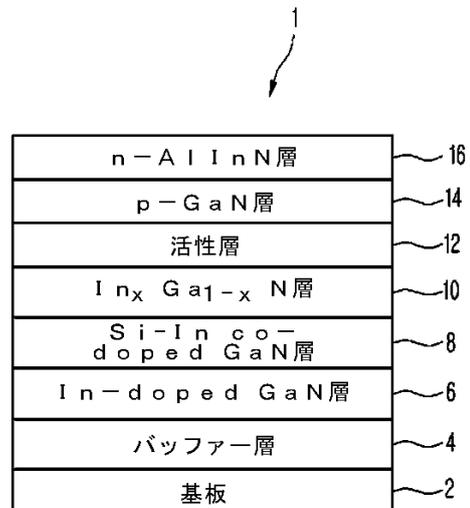
(54) 【発明の名称】 窒化物半導体発光素子

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】窒化物半導体発光素子をなす活性層の結晶性を向上させて、光出力及び信頼性を向上させることができる窒化物半導体発光素子及びその製造方法を提供する。

【解決手段】窒化物半導体発光素子1は、第1窒化物半導体層10と、第1窒化物半導体層10上に形成された活性層12と、活性層12上に形成された第2窒化物半導体層14と、第2窒化物半導体層14上に形成されてAlInNを具備する第3窒化物半導体層16と、を含む。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 窒化物半導体層と、
 前記第 1 窒化物半導体層上に形成されたn-AlInNクラッド層と、
 前記n-AlInNクラッド層の上に形成されたn-InGaN層と、
 前記n-InGaN層の上に形成された活性層と、
 前記活性層上に形成されたp-InGaN層と、
 前記p-InGaN層の上に形成されたp-AlInNクラッド層と、
 前記p-AlInNクラッド層の上に形成された第 2 窒化物半導体層と、
 を含むことを特徴とする窒化物半導体発光素子。

10

【請求項 2】

前記第 2 窒化物半導体層上に形成された第 2 電極層をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 3】

前記第 1 窒化物半導体層の下部に、
 基板と、
 前記基板の上に形成されたバッファ層と、
 がさらに形成されたことを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 4】

前記第 1 窒化物半導体層は、
 InがドーピングされたIn-doped GaN層と、
 前記In-doped GaN層の上に形成された第 1 電極層と、
 を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

20

【請求項 5】

前記第 1 電極層はシリコンとインジウムが同時ドーピングされたGaN層であることを特徴とする請求項 4 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 6】

前記n-InGaN層と前記活性層との間に形成された $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 7】

前記第 1 窒化物半導体層と前記p-AlInNクラッド層との間に形成された複数個の SiN_x クラスタ層をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

30

【請求項 8】

前記第 2 電極層はインジウム含量が順次に変化されたスーパーグレーディング構造またはInが含まれた超格子構造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発光素子。

【請求項 9】

前記第 2 電極層はn-AlInN層に形成されたことを特徴とする請求項 2 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 10】

前記第 2 電極層にはシリコンがドーピングされたことを特徴とする請求項 2 に記載の窒化物半導体発光素子。

40

【請求項 11】

前記第 2 窒化物半導体層上に形成された透明電極をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 12】

前記第 2 電極層上に形成された透明電極をさらに含むことを特徴とする請求項 2 に記載の窒化物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は窒化物半導体発光素子に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

一般的にGaN系窒化物半導体はその応用分野において青色/緑LED (Light Emitting Diode)の光素子及びMESFET (Metal Semiconductor Field Effect Transistor)、HEMT (High Electron Mobility Transistors)などの高速スイッチング、高出力素子である電子素子に應用されている。

【 0 0 0 3 】

このようなGaN系窒化物半導体発光素子は主にサファイア基板またはSiC基板の上で成長される。そして、低温の成長温度でサファイア基板またはSiC基板の上に $Al_yGa_{1-y}N$ の多結晶薄膜をバッファ層 (buffer layer) で成長させる。以後、高温で前記バッファ層上にドーピングされなかったGaN層、シリコン (Si) がドーピングされたn-GaN層または前記構造の混合した構造で成長させてn-GaN層を形成する。また、上部にマグネシウム (Mg) がドーピングされたp-GaN層を形成して窒化物半導体発光素子が製造される。そして、発光層 (多重量子井戸構造活性層) は前記n-GaN層とp-GaN層との間にサンドイッチ構造で形成される。

10

【 0 0 0 4 】

従来のp-GaN層は結晶成長中にMg原子をドーピングして形成される。結晶成長中にドーピング源に注入されたMg原子がGa位置に置き換えられてp-GaN層として作用する必要がある。Mg原子は、キャリアガス及びソースで分解された水素ガスと結合してGaN結晶層でMg-H複合体を形成し、約10M程度の高抵抗となる。

20

【 0 0 0 5 】

したがって、pn接合発光素子を形成した後、Mg-H複合体を切ってMg原子をGaの席に置き換えるための後続の活性化工程が要求される。しかし、前記発光素子は活性化工程で発光に寄与するキャリアと作用する量は $10^{17}/cm^3$ 程度に、 $10^{19}/cm^3$ 以上のMg原子濃度 (atomic concentration) より非常に低くて抵抗性接触形成の難しいという短所がある。

【 0 0 0 6 】

また、キャリアで活性化されないでp-GaN窒化物半導体内に残っているMg原子らは活性層との界面で放出される光をトラップ (trap) する中心 (center) で作用して急激に光出力を減少させる。これを改善するために非常に薄い透過性抵抗性金属物質を使用して接触抵抗を低めて電流注入効率を増加させる方案が利用されている。

30

【 0 0 0 7 】

ところが、接触抵抗を減少させるために使用された薄い透過性抵抗性金属は一般的に光透過度が75~80%程度であり、残りの光透過度は損失として作用する。特に高い接触抵抗によって動作電圧を減少させることに限界がある。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

本発明は窒化物半導体発光素子をなす活性層の結晶性を向上させて、光出力及び信頼性を向上させることができる窒化物半導体発光素子を提供することに目的がある。

40

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

本発明のある態様は窒化物半導体発光素子である。当該窒化物半導体発光素子は、第1窒化物半導体層と、前記第1窒化物半導体層上に形成されたn-AlInNクラッド層と、前記n-AlInNクラッド層の上に形成されたn-InGaN層と、前記n-InGaN層の上に形成された活性層と、前記活性層上に形成されたp-InGaN層と、前記p-InGaN層の上に形成されたp-AlInNクラッド層と、前記p-AlInNクラッド層の上に形成された第2窒化物半導体層と、を含むことを特徴とする。

50

【発明の効果】

【0010】

本発明によると、窒化物半導体発光素子をなす活性層の結晶性を向上させて、光出力及び信頼性を向上させられる長所がある。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は本発明による窒化物半導体発光素子の第1実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図2】図2は本発明による窒化物半導体発光素子の第2実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図3】図3は本発明による窒化物半導体発光素子の第3実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図4】図4は本発明による窒化物半導体発光素子の第4実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図5】図5は本発明による窒化物半導体発光素子の第5実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図6】図6は本発明による窒化物半導体発光素子の第6実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図7】図7は本発明による窒化物半導体発光素子の第7実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図8】図8は本発明による窒化物半導体発光素子の第8実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図9】図9は本発明による窒化物半導体発光素子の第9実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図10】図10は本発明による窒化物半導体発光素子の第10実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【図11】図11は本発明による窒化物半導体発光素子の第11実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、添付された図面を参照して本発明による実施例を詳しく説明する。

【0013】

図1は本発明による窒化物半導体発光素子の第1実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【0014】

本発明による窒化物半導体発光素子1は、図1に示すように、基板2上にバッファ層4が形成されている。ここで、前記バッファ層4はAlInN/GaN積層構造、InGaN/GaN超格子構造、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ 積層構造、 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-(x+y)}\text{N}/\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ の積層構造のうちから選択されて形成されることができる($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $x+y \leq 1$)。

【0015】

そして、前記バッファ層4上にはインジウムがドーピングされたIn-doped GaN層6が形成されており、前記In-doped GaN層6上にはn型の第1電極層が形成されている。ここで、前記n型の第1電極層としてはシリコンとインジウムが同時ドーピングされて形成されるSi-In co-doped GaN層8が採用されることができる。

【0016】

また、前記Si-In co-doped GaN層8上にはインジウム含量が低い $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層10が形成されていて、前記 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層10上には光を放出する活性層12が形成されている。前記活性層12はInGaN井戸層/InGaN障壁層に形成される単一量子井戸構造または多重量子井戸構造で備えられることができ、その積層構造の例に対しては図3を参照して後からより詳しく説明する。

10

20

30

40

50

【0017】

さらに前記活性層12上にはp-GaN層14が形成されており、この時前記p-GaN層14はマグネシウムがドーピングされて形成されてもよい。

【0018】

そして、前記p-GaN層14上にはn型の第2電極層が形成されている。ここで、前記n型の第2電極層としてはn-AlInN層16が採用されることができる。この時、前記n-AlInN層16はシリコンがドーピングされて形成されてもよい。

【0019】

このように本発明による窒化物半導体発光素子は、第1電極層であるSi-In co-doped GaN層8と第2電極層であるn-AlInN層16がすべてn型の窒化物に形成されて、その間にp-GaN層14が形成された点を勘案すると、従来のp/n接合発光素子とは異なり、n/p/n接合発光素子の構造を有すると考えられる。

10

【0020】

上述したように、本発明によると、従来のp/n接合発光素子の構造的及びp-GaN窒化物半導体自体の低いMgドーピング効率によって発生される低いキャリア濃度、それによる接触抵抗の増加による電流集中(current crowding)問題を乗り越えることができる方案が提供されうる。

【0021】

特に、上部にn-AlInN窒化物半導体を適用することで、95%以上の光透過度を有するITOのような透過性伝導性酸化物を透明電極として使用することができる。すなわち、前記n-AlInN層にバイアス電圧を印加する透明電極としては、光出力を極大化させるために電流広がりを極大化させて、優秀な光透過度を有する透過性抵抗性物質または透過性伝導性酸化物の使用が可能である。このような物質としては、ITO、ZnO、RuO_x、IrO_x及びNiOまたはNiを含むAu合金金属が利用されることができる。このような透明電極の使用によって従来p/n接合の場合に対比して50%以上の高い光出力を具現することができる。

20

【0022】

また本発明によると、低い接触抵抗によって動作電圧を低めることができるし、それによる素子の信頼性を向上させることができる。特に、フリップチップ(flip chip)方式を適用した大面積高出力の発光素子は300mA以上の高い電流の印加時に、必然的に低い動作電圧を要求している。同一な電流を印加するために発光素子自体の接触抵抗が相対的に高い場合に動作電圧が増加する。これにより、発光素子自体の内部で100以上の熱が発生する。内部的に発生する熱によって信頼性に決定的な影響が及ぶ。

30

【0023】

したがって、本発明によるn/p/n接合発光素子によると、低い接触抵抗によって等しい電流が印加されたときに、相対的に低い動作電圧で駆動が可能であり、素子内部の熱発生が低い。このため、高い信頼性を有する発光素子が提供されうる。

【0024】

一方、図2は本発明による窒化物半導体発光素子の第2実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

40

【0025】

本発明の第2実施例による窒化物半導体発光素子21の積層構造は、図1に示す窒化物半導体発光素子1と比べる時、前記n-AlInN層16上部にインジウム組成を順次に変化させてエネルギーバンドギャップを制御したスーパーグレーディングn-In_xGa_{1-x}N層24がさらに形成された場合を示すものである。この時、前記スーパーグレーディング(super grading)n-In_xGa_{1-x}N層24は、その組成範囲が0<x<0.2で形成されるようにすることができる。この時、前記スーパーグレーディングn-In_xGa_{1-x}N層24にはシリコンがドーピングされるようにすることもできる。

【0026】

このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子21はn/n/p/n接合発光素子として

50

解釈されうる。そして、このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子 2 1 において、バイアス電圧を印加する透明電極は前記スーパーグレーディング $n\text{-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 2 4 に形成されるようにできる。

【0027】

また、図面に示しなかったが、前記スーパーグレーディング $n\text{-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 2 4 の代りに、前記 $n\text{-AlInN}$ 層 1 6 の上部に $\text{InGaN}/\text{AlInGaN}$ 超格子構造(super lattice structure)層または $\text{InGaN}/\text{InGaN}$ 超格子構造層を形成することもできる。ここで、前記 $\text{InGaN}/\text{AlInGaN}$ 超格子構造層または $\text{InGaN}/\text{InGaN}$ 超格子構造層にはシリコンがドーピングされるようにすることもできる。

【0028】

それでは、図 3 を参照して本発明による窒化物半導体発光素子 3 1 に採用される活性層の構造に対してより詳細に説明する。図 3 は本発明による窒化物半導体発光素子の第 3 実施例の積層構造を概略的に示す図面である。図 3 に示す積層構造のうちから図 1 を参照して説明された層(同一符号付与)に対しては説明を省略する。

【0029】

本発明の第 3 実施例による窒化物半導体発光素子 3 1 には、図 3 に示すように、内部量子効率(internal quantum efficiency)を増加させるため、活性層の歪み(strain)を制御するインジウム含量が低い $\text{low-mole In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 1 0 が形成されている。また、インジウム変動(fluctuation)による光出力及び逆方向漏洩電流(reverse leakage current)を改善させるために前記 $\text{low-mole In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 1 0 の下部及び上部に、原子尺度(atomic scale)形態で制御された SiN_x クラスタ層 3 3、3 5 がそれぞれさらに具備されている。

【0030】

また、光を放出する活性層は $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層で形成される単一量子井戸構造または多重量子井戸構造に形成されることができる。

【0031】

図 3 では活性層として、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層 3 7、4 3 と $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層 4 1、4 7 との間に SiN_x クラスタ層 3 9、4 5 がさらに具備された多重量子井戸構造で形成された発光素子の例を示す。ここで、前記活性層の発光効率を改善するために $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層($0 < y < 0.35$)/ SiN_x クラスタ層/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層($0 < z < 0.1$)で組成比を調節することもできる。そして、前記インジウム含量が低い $\text{low-mole In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 1 0 との関係性を考慮すると、前記 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層 3 7、4 3 / $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層 4 1、4 7 にドーピングされるインジウム含量と前記 $\text{low-mole In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 1 0 にドーピングされるインジウム含量は、それぞれ $0 < x < 0.1$ 、 $0 < y < 0.35$ 、 $0 < z < 0.1$ の値を有するように調節することができる。

【0032】

また、図面に示しなかったが、前記活性層をなす $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層と $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層との間に、前記 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層のインジウム変動量を制御する GaN キャップ(cap)層が形成されるようにすることもできる。この時、光を放出する井戸層と障壁層それぞれのインジウム含量は $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 < y < 0.35$)/ GaN キャップ/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 < z < 0.1$)で構成されるようにできる。

【0033】

そして、単一量子井戸構造または多重量子井戸構造で構成された活性層の最後の層を成長させた後、再び SiN_x クラスタ層 4 9 を原子尺度の厚さで成長させて $p\text{-GaN}$ 層 1 4 の Mg 元素の活性層の内部拡散を抑制するようにする。

【0034】

一方、図 4 は本発明による窒化物半導体発光素子の第 4 実施例の積層構造を概略的に示す図面である。図 4 に示す積層構造のうちから図 1 を参照して説明された層(同一符号付与)に対しては説明を省略する。

【0035】

本発明の第 4 実施例による窒化物半導体発光素子 5 1 は、 $p\text{-GaN}$ 層 1 4 上にインジウム

10

20

30

40

50

組成を順次に変化させてエネルギーバンドギャップを制御したスーパーグレーディング $n\text{-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 5 2 がさらに形成されている。また、前記スーパーグレーディング $n\text{-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 5 2 上には $n\text{-AlInN}$ 層 5 4 がさらに形成された場合を示すものである。

【0036】

このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子 5 1 は $n/n/p/n$ 接合発光素子で解釈されることもできる。そして、このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子 5 1 において、バイアス電圧を印加する透明電極は前記 $n\text{-AlInN}$ 層 5 4 に形成されるようにできる。

【0037】

一方、図 4 では前記 $p\text{-GaN}$ 層 1 5 の上部にスーパーグレーディング $n\text{-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 5 2 が形成された場合を示すが、前記スーパーグレーディング $n\text{-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 5 2 の代りに $\text{InGaN}/\text{AlInGaN}$ 超格子構造層または $\text{InGaN}/\text{InGaN}$ 超格子構造層が形成されるように具現することもできる。

【0038】

また、図 5 は本発明による窒化物半導体発光素子の第 5 実施例の積層構造を概略的に示す図面である。図 5 に示す積層構造のうちから図 1 を参照して説明された層(同一符号付与)に対しては説明を省略する。

【0039】

本発明の第 5 実施例による窒化物半導体発光素子 6 1 は、 $p\text{-GaN}$ 層 1 6 上に $p\text{-AlInN}$ 層 6 が形成されたことにその特徴がある。ここで、前記 $p\text{-AlInN}$ 層 6 6 はマグネシウムがドーピングされて形成されるようにできる。

【0040】

このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子 6 1 は p/n 接合の発光素子として解釈されうるが、前記 $p\text{-AlInN}$ 層 6 6 の物理的特性によって前記他の実施例と類似の発光効率を提供することができる。そして、このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子 6 1 において、バイアス電圧を印加する透明電極は前記 $p\text{-AlInN}$ 層 6 6 に形成されるようにできる。

【0041】

そして、図 6 は本発明による窒化物半導体発光素子の第 6 実施例の積層構造を概略的に示す図面である。

【0042】

本発明の第 6 実施例による窒化物半導体発光素子 7 1 の積層構造は、図 5 に示す窒化物半導体発光素子 6 1 と比べる時、前記 $p\text{-AlInN}$ 層 6 6 上部にインジウム組成を順次に変化させてエネルギーバンドギャップを制御したスーパーグレーディング $n\text{-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 7 4 がさらに形成された場合を示すものである。この時、前記スーパーグレーディング $n\text{-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 7 4 はその組成範囲が $0 < x < 0.2$ で形成されるようにできる。この時、前記スーパーグレーディング $n\text{-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 7 4 にはシリコンがドーピングされるようにすることもできる。

【0043】

このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子 7 1 は $n/p/p/n$ 接合発光素子として解釈されうる。そして、このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子 7 1 において、バイアス電圧を印加する透明電極は前記スーパーグレーディング $n\text{-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 7 4 に形成されるようにできる。

【0044】

また、図面に示しなかったが、前記スーパーグレーディング $n\text{-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 7 4 の代りに、前記 $p\text{-AlInN}$ 層 6 6 の上部に $\text{InGaN}/\text{AlInGaN}$ 超格子構造層または $\text{InGaN}/\text{InGaN}$ 超格子構造層を形成することもできる。ここで、前記 $\text{InGaN}/\text{AlInGaN}$ 超格子構造層または $\text{InGaN}/\text{InGaN}$ 超格子構造層にはシリコンがドーピングされるようにすることもできる。

【0045】

一方、図 7 は本発明による窒化物半導体発光素子の第 7 実施例の積層構造を概略的に示

す図面である。

【 0 0 4 6 】

本発明による窒化物半導体発光素子 8 1 は、図 7 に示すように、基板 8 2 上にバッファ層 8 4 が形成されている。ここで、前記バッファ層 8 4 は AlInN/GaN 積層構造、InGa_xN/GaN 超格子構造、In_xGa_{1-x}N/GaN 積層構造、Al_xIn_yGa_{1-(x+y)}N/In_xGa_{1-x}N/GaN の積層構造のうちから選択されて形成されることができる。

【 0 0 4 7 】

そして、前記バッファ層 8 4 上にはインジウムがドーピングされた In-doped GaN 層 8 6 が形成されているし、前記 In-doped GaN 層 8 6 上には n 型の第 1 電極層が形成されている。ここで、前記 n 型の第 1 電極層としてはシリコンとインジウムが同時ドーピングされて形成される Si-In co-doped GaN 層 8 8 が採用されることができる。

10

【 0 0 4 8 】

また、前記 Si-In co-doped GaN 層 8 8 上には n-AlInN クラッド層 9 0 が形成されていて、前記 n-AlInN クラッド層 9 0 上には n-InGa_xN 層 9 2 が形成されている。そして、前記 n-InGa_xN 層 9 2 上には光を放出する活性層 9 4 が形成されている。前記活性層 9 4 は単一量子井戸構造または多重量子井戸構造で形成されることができる。前記活性層 9 4 をなす積層構造の例に対しては図 9 を参照して後でより詳しく説明する。そして、本発明による活性層 9 4 によれば単一量子井戸構造で形成する場合にも十分な光効率を達成することができるという長所がある。

【 0 0 4 9 】

さらに、前記活性層 9 4 上には p-InGa_xN 層 9 6 が形成されていて、前記 p-InGa_xN 層 9 6 上には p-AlInN クラッド層 9 8 が形成されている。また、前記 p-AlInN クラッド層 9 8 上には p-GaN 層 1 0 0 が形成されているし、この時前記 p-GaN 層 1 0 0 にはマグネシウム (Mg) がドーピングされて形成されるようにできる。

20

【 0 0 5 0 】

そして、前記 p-GaN 層 1 0 0 上には n 型の第 2 電極層が形成されている。ここで、前記 n 型の第 2 電極層としてはインジウム組成を順次に変化させてエネルギーバンドギャップを制御したスーパーグレーディング n-In_xGa_{1-x}N 層 1 0 2 が採用されることができる。この時、前記スーパーグレーディング n-In_xGa_{1-x}N 層 1 0 2 はその組成範囲が $0 < x < 0.2$ で形成されるようにできる。そして、前記スーパーグレーディング n-In_xGa_{1-x}N 層 1 0 2 にはシリコンがドーピングされるようにすることもできる。

30

【 0 0 5 1 】

このように本発明による窒化物半導体発光素子は、第 1 電極層 8 8 と第 2 電極層 1 0 2 がすべて n 型の窒化物半導体で形成されて、その間に p-GaN 層 1 0 0 が形成された点を勘案すると、従来の pn 接合発光素子とは異なり、n_{pn} 接合発光素子構造を有すると考えられる。

【 0 0 5 2 】

また、前記第 2 電極層で使用される n 型窒化物半導体 (例えば、スーパーグレーディング n-In_xGa_{1-x}N 層 1 0 2) は既存の p-GaN 接触層より抵抗が低いから、接触抵抗を減少させて電流注入を極大化させることができる。そして、前記第 2 電極層にバイアス電圧を印加させる透明電極としては、光出力を極大化させるために電流広がりを極大化させて、優秀な光透過度を有する透過性抵抗性物質または透過性伝導性酸化物の使用が可能である。このような物質としては、ITO、ZnO、RuO_x、IrO_x 及び NiO または Ni を含む Au 合金金属が利用されることができる。

40

【 0 0 5 3 】

ここで、図面に示しなかったが、前記第 2 電極層として InGa_xN/AlInGa_xN 超格子構造層または InGa_xN/InGa_xN 超格子構造層が形成されるようにすることもできる。そして、前記 InGa_xN/AlInGa_xN 超格子構造層または InGa_xN/InGa_xN 超格子構造層にはシリコンがドーピングされるようにすることもできる。

【 0 0 5 4 】

50

また、図面に示しなかったが、前記第 2 電極層として n-AlInN 層が形成されるようにすることもできる。

【0055】

このような構成を有する本発明による窒化物半導体発光素子 81 によると、活性層 94 を中心に n-AlInN クラッド層 90 と p-AlInN クラッド層 98 を挿入して、前記活性層 94 内部のキャリア注入効率と電流のあふれ(overflow)現象を抑制して内部量子効率を改善することができる。

【0056】

そして、図 8 は本発明による窒化物半導体発光素子の第 8 実施例の積層構造を概略的に示す図面である。図 8 に示す積層構造のうちから図 7 を参照して説明された層(同一符号付与)に対しては説明を省略する。

10

【0057】

本発明の第 8 実施例による窒化物半導体発光素子 111 は、図 7 に図す第 7 実施例による窒化物半導体発光素子 81 と比べる時、インジウム含量が低い $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 114 がさらに形成されているという点にその差がある。

【0058】

すなわち本発明の第 8 実施例による窒化物半導体発光素子 111 によると、n-InGa_N層 92 と活性層 94 との間にインジウム含量が低い $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 114 がさらに形成されるようにした。これは内部量子効率をより増加させるために、前記活性層 94 の成長前に、前記活性層 94 の歪み(strain)を制御するようにインジウム含量が低い $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 114 を追加で成長させたものである。

20

【0059】

それでは、図 9 を参照して本発明による窒化物半導体発光素子 121 に採用される活性層の構造に対してより詳細に説明する。図 9 は本発明による窒化物半導体発光素子の第 9 実施例の積層構造を概略的に示す図面である。図 9 に示す積層構造のうちから図 7 を参照して説明された層(同一符号付与)に対しては説明を省略する。

【0060】

本発明の第 9 実施例による窒化物半導体発光素子 121 には、図 9 に示すように、内部量子効率(internal quantum efficiency)を増加させるため、活性層の歪み(strain)を制御するインジウム含量が低い low-mole $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 122 が形成されている。また、インジウム変動(fluctuation)による光出力及び逆方向漏洩電流(reverse leakage current)を改善させるために前記 low-mole $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 122 の下部及び上部に、原子尺度の形態で制御された SiN_x クラスタ層 132、134 がそれぞれさらに具備されている。

30

【0061】

また、光を放出する活性層は $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層に形成される単一量子井戸構造または多重量子井戸構造で形成されることができる。

【0062】

図 9 では活性層として、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層 124、128 と $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層 126、130 との間に SiN_x クラスタ層 136、138 がさらに具備された多重量子井戸構造で形成された発光素子の例を示す。ここで、前記活性層の発光効率を改善するために $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層 ($0 < y < 0.35$)/ SiN_x クラスタ層/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層 ($0 < z < 0.1$) で組成比を調節することもできる。そして、前記インジウム含量が低い low-mole $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 122 との関係を検討すると、前記 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層 124、128/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層 126、130 にドーピングされるインジウム含量と前記 low-mole $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 122 にドーピングされるインジウム含量は、それぞれ $0 < x < 0.1$ 、 $0 < y < 0.35$ 、 $0 < z < 0.1$ の値を有するように調節することができる。

40

【0063】

また、図面に示しなかったが、前記活性層をなす $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層と $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層との間に、前記 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層のインジウム変動量を制御する GaN キャップ層が形成されるようにすることもできる。この時、光を放出する井戸層と障壁層それぞれのインジウ

50

△含量は $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 < y < 0.35$)/GaNキャップ/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 < z < 0.1$)で構成されるようにできる。

【0064】

そして、単一量子井戸構造または多重量子井戸構造で構成された活性層の最後の層を成長させた後、再び SiN_x クラスタ層140を原子尺度の厚さで成長させてp-GaN層100のMg元素の活性層内部拡散を抑制するようにする。

【0065】

一方、図10は本発明による窒化物半導体発光素子の第10実施例の積層構造を概略的に示す図面である。図10に示す積層構造のうちから図7を参照して説明された層(同一符号付与)に対しては説明を省略する。

10

【0066】

本発明の第10実施例による窒化物半導体発光素子141は、n-AlInNクラッド層90上に活性層94が形成されているし、前記活性層94上にp-AlInNクラッド層98が形成されたことにその特徴がある。

【0067】

すなわち、本発明の第10実施例による窒化物半導体発光素子141は、図7に示す第7実施例による窒化物半導体発光素子81と比べる時、n-InGaN層92とp-InGaN層96が形成されなかった変形された積層構造を有する。

【0068】

そして、図11は本発明による窒化物半導体発光素子の第11実施例の積層構造を概略的に示す図面である。図11に示す積層構造のうちから図7を参照して説明された層(同一符号付与)に対しては説明を省略する。

20

【0069】

本発明の第11実施例による窒化物半導体発光素子151は、第1電極層であるSi-In co-doped GaN層88上に活性層94が形成されているし、前記活性層94上にp-InGaN層96及びp-AlInNクラッド層98が形成されたことにその特徴がある。

【0070】

すなわち、本発明の第11実施例による窒化物半導体発光素子151は、図7に示す第7実施例による窒化物半導体発光素子81と比べる時、n-AlInNクラッド層90とn-InGaN層92が形成されなかった変形された積層構造を有する。

30

【産業上の利用可能性】

【0071】

本発明による窒化物半導体発光素子及びその製造方法によると、窒化物半導体発光素子をなす活性層の結晶性を向上させて、光出力及び信頼性を向上させることができる長所がある。

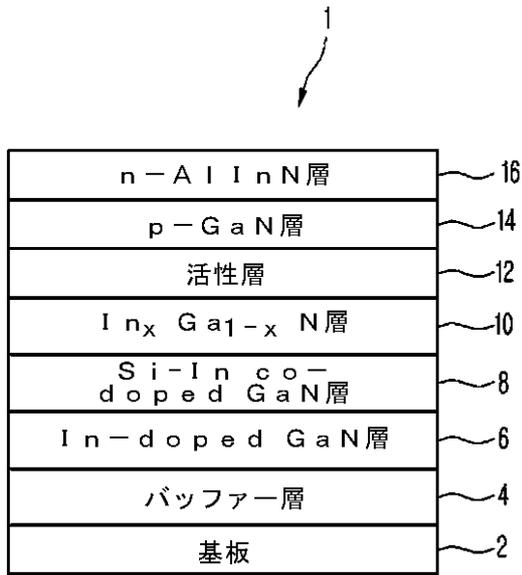
【符号の説明】

【0072】

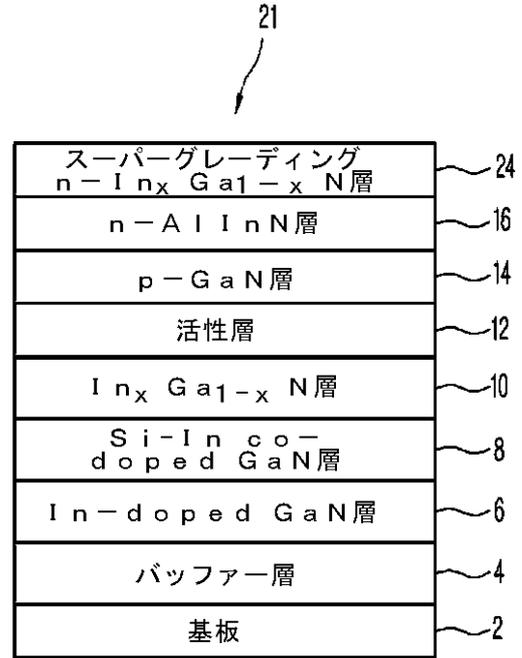
1 窒化物半導体発光素子、2 基板、4 バッファ層、6 In-doped GaN層、8 Si-In co-doped GaN層、10 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層、12 活性層、14 p-GaN層、16 n-AlInN層

40

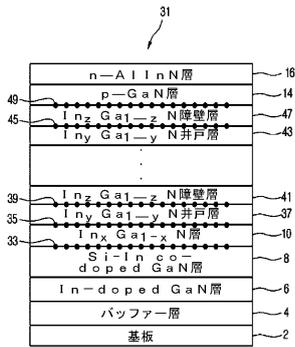
【図 1】



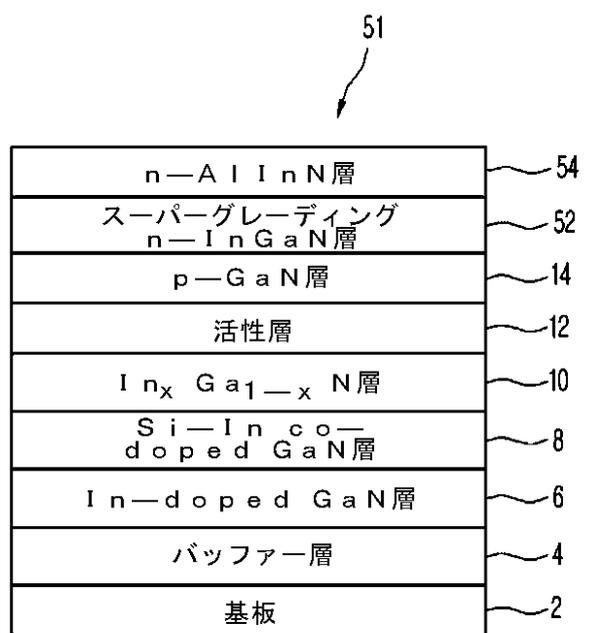
【図 2】



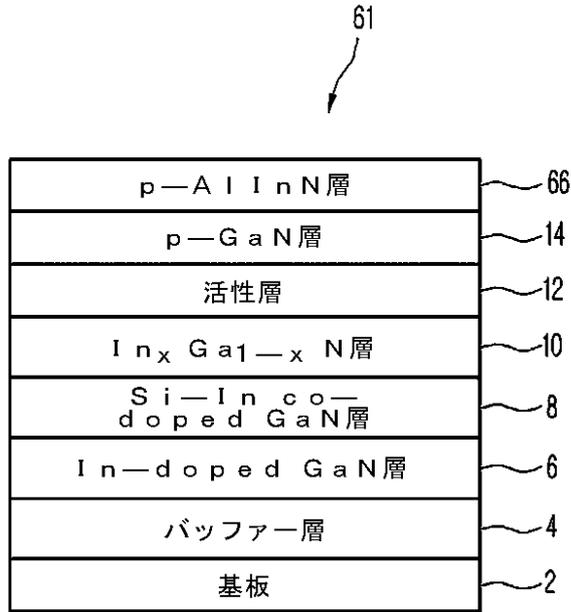
【図 3】



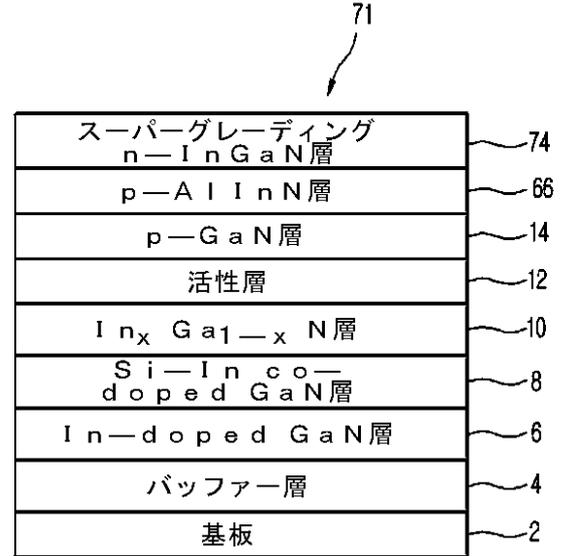
【図 4】



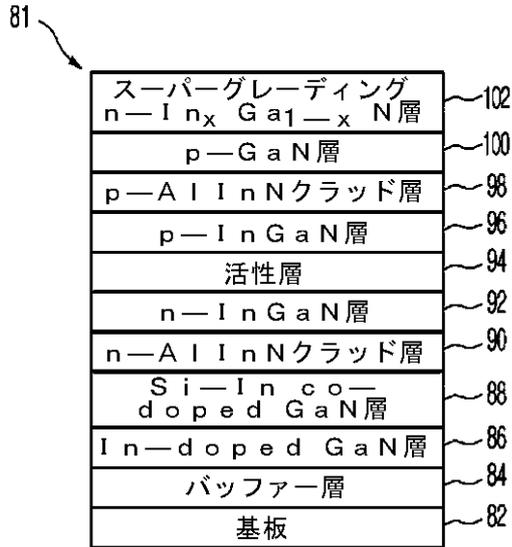
【 図 5 】



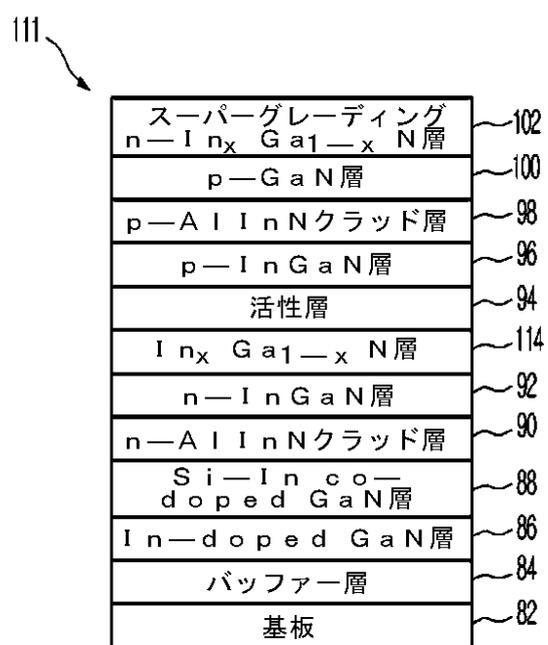
【 図 6 】



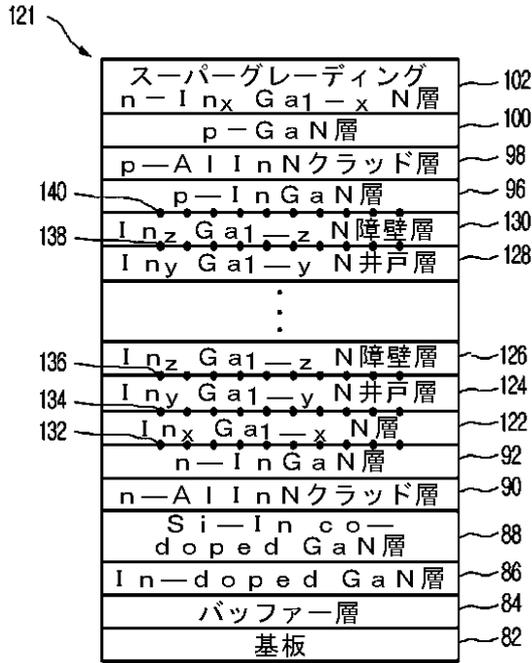
【 図 7 】



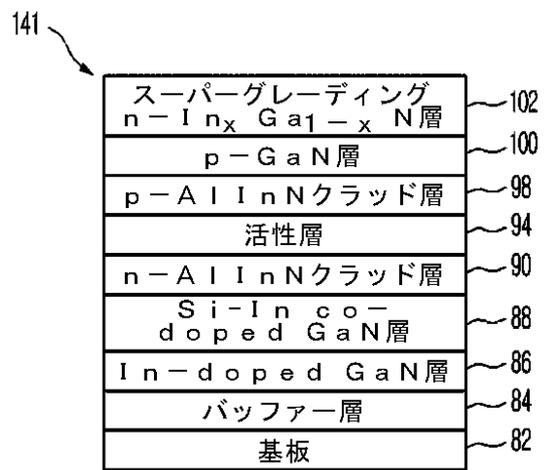
【 図 8 】



【図9】



【図10】



【図11】

