

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-545266
(P2008-545266A)

(43) 公表日 平成20年12月11日(2008.12.11)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
H O 1 L 33/00 (2006.01) H O 1 L 33/00 C 5 F O 4 1

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2008-519153 (P2008-519153)
(86) (22) 出願日 平成17年7月6日(2005.7.6)
(85) 翻訳文提出日 平成19年7月9日(2007.7.9)
(86) 国際出願番号 PCT/KR2005/002173
(87) 国際公開番号 W02007/102627
(87) 国際公開日 平成19年9月13日(2007.9.13)

(71) 出願人 504181731
エルジー イノテック カンパニー リミ
テッド
大韓民国 150-721, ソウル ヨン
ドンポータグ, ヨイドードン, 20
(74) 代理人 100105924
弁理士 森下 賢樹
(72) 発明者 リー、ソクフン
大韓民国506-819光州広域市光山区
月桂洞チョンダンライン7アパート706
洞502号
Fターム(参考) 5F041 AA40 AA43 CA05 CA34 CA40
CA49 CA57 CA74 CA88

最終頁に続く

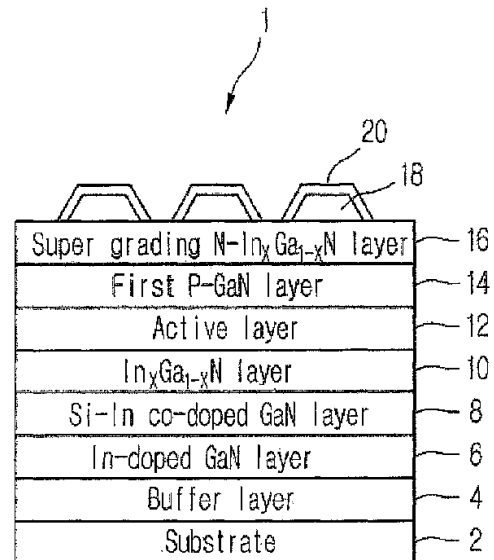
(54) 【発明の名称】 窒化物半導体LED及びその製造方法

(57) 【要約】

【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でき、光出力及び信頼性を向上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】本発明による窒化物半導体発光素子は、基板2と、前記基板2上に形成されるバッファ層4と、前記バッファ層4上に形成されるIn-doped GaN層6と、前記In-doped GaN層6上に形成される第1の電極層8と、前記第1の電極層8上に形成されるIn_xGa_{1-x}N層10と、前記In_xGa_{1-x}N層10上に形成される活性層12と、前記活性層12上に形成される第1のP-GaN層14と、前記第1のP-GaN層14上に形成される第2の電極層16と、前記第2の電極層16上に部分的に突出されて形成される第2のP-GaN層18と、前記第2のP-GaN層18上に形成される第3の電極層20とを含むことを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、
 前記基板上に形成されるバッファ層と、
 前記バッファ層上に形成される In-doped GaN 層と、
 前記 In-doped GaN 層上に形成される第 1 の電極層と、
 前記第 1 の電極層上に形成される $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層と、
 前記 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層上に形成される活性層と、
 前記活性層上に形成される第 1 の P-GaN 層と、
 前記第 1 の P-GaN 層上に形成される第 2 の電極層と、
 前記第 2 の電極層上に部分的に突出されて形成される第 2 の P-GaN 層と、
 前記第 2 の P-GaN 層上に形成される第 3 の電極層とを含むことを特徴とする、窒化物半導体発光素子。

【請求項 2】

前記バッファ層は、 AlInN/GaN 積層構造、 InGaN/GaN 超格子構造、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N/GaN}$ 積層構造、 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-(x+y)}\text{N/In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N/GaN}$ の積層構造から選択されて形成されることを特徴とする、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 の電極層は、シリコンとインジウムとが同時にドーブされる GaN 層であることを特徴とする、請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 4】

前記 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層の下部及び上部には、第 1 の SiN_x クラスタ層と第 2 の SiN_x クラスタ層とが各々さらに形成されることを特徴とする、請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 5】

第 1 の SiN_x クラスタ層と第 2 の SiN_x クラスタ層とは、原子スケールの厚さで形成され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又は多重量子井戸構造で構成されることを特徴とする、請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 7】

前記活性層をなす井戸層と障壁層との間に、 SiN_x クラスタ層がさらに形成されることを特徴とする、請求項 5 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 8】

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、 SiN_x クラスタ層がさらに形成されることを特徴とする、請求項 6 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 9】

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、 GaN キャップ層がさらに形成されることを特徴とする、請求項 6 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 10】

前記活性層と第 1 の P-GaN 層との間に、 SiN_x クラスタ層がさらに形成されることを特徴とする、請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 11】

前記 SiN_x クラスタ層は、原子スケールの厚さで形成されることを特徴とする、請求項 7 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 12】

10

20

30

40

50

前記 SiN_x クラスタ層は、原子スケールの厚さで形成されることを特徴とする、請求項 8 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 13】

前記 SiN_x クラスタ層は、原子スケールの厚さで形成されることを特徴とする、請求項 10 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 14】

前記 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層 / $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層にドーブされるインジウム含量と、前記 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層にドーブされるインジウム含量とは、各々 $0 < x < 0.1$ 、 $0 < y < 0.35$ 、 $0 < z < 0.1$ の値を有することを特徴とする、請求項 6 に記載の窒化物半導体発光素子。

10

【請求項 15】

前記第 1 の P - GaN 層は、マグネシウムがドーブされて形成されることを特徴とする、請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 16】

前記第 2 の電極層及び / 又は第 3 の電極層は、インジウム含量が順次変化されるスーパーグレーディング構造の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層であることを特徴とする、請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 17】

前記スーパーグレーディング構造の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層は、 $0 < x < 0.2$ の範囲で形成されることを特徴とする、請求項 16 に記載の窒化物半導体発光素子。

20

【請求項 18】

前記第 2 の電極層及び / 又は第 3 の電極層は、 InGaIn / InGaIn 又は InGaIn / AlInGaIn 超格子構造で形成されることを特徴とする、請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 19】

前記第 2 の電極層及び / 又は第 3 の電極層には、シリコンがドーブされることを特徴とする、請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 20】

前記 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層は、インジウム含量が低い low - mole $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層であることを特徴とする、請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

30

【請求項 21】

前記電極層は、N 型の窒化物半導体であることを特徴とする、請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 22】

前記第 2 の電極層及び / 又は第 3 の電極層に電極がさらに具備されることを特徴とする、請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 23】

前記電極は、透過性金属酸化物又は透過性抵抗性金属で形成されることを特徴とする、請求項 22 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 24】

前記透過性金属酸化物は、ITO、ZnO、 IrO_x 、 RuO_x 及び NiO の物質から選択されて形成されることを特徴とする、請求項 23 に記載の窒化物半導体発光素子。

40

【請求項 25】

前記透過性抵抗性金属は、Ni 金属を含む Au 合金層で形成されることを特徴とする、請求項 23 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 26】

前記電極は、前記第 2 の電極層及び第 3 の電極層上に形成されることを特徴とする、請求項 22 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 27】

基板と、

50

前記基板上に形成されるバッファ層と、
 前記バッファ層上に形成される In-doped GaN 層と、
 前記 In-doped GaN 層上に形成される第1の電極層と、
 前記第1の電極層上に形成される第1の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層と、
 前記第1の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層上に形成される活性層と、
 前記活性層上に形成される P-GaN 層と、
 前記 P-GaN 層上に形成されるインジウム含量が順次変化されるスーパーグレーディング構造の第2の $\text{N-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層とを含むことを特徴とする、窒化物半導体発光素子。

【請求項28】

前記バッファ層は、 AlInN/GaN 積層構造、 InGaN/GaN 超格子構造、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N/GaN}$ 積層構造、 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-(x+y)}\text{N/In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N/GaN}$ の積層構造から選択されて形成されることを特徴とする、請求項27に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項29】

前記 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層は、インジウム含量が低い $\text{low-mole In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層であることを特徴とする、請求項27に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項30】

前記第1の電極層は、シリコンとインジウムとが同時にドーブされる GaN 層であることを特徴とする、請求項27に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項31】

前記第1の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層の下部及び上部には、第1の SiN_x クラスタ層と第2の SiN_x クラスタ層とが各々さらに形成されることを特徴とする、請求項27に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項32】

前記活性層は、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 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又は多重量子井戸構造で構成されることを特徴とする、請求項27に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項33】

前記活性層をなす井戸層と障壁層との間に、 SiN_x クラスタ層がさらに形成されることを特徴とする、請求項27に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項34】

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、 GaN キャップ層がさらに形成されることを特徴とする、請求項32に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項35】

前記活性層と P-GaN 層との間に、 SiN_x クラスタ層がさらに形成されることを特徴とする、請求項27に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項36】

前記 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層にドーブされるインジウム含量と、前記第1の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層にドーブされるインジウム含量とは、各々 $0 < x < 0.1$ 、 $0 < y < 0.35$ 、 $0 < z < 0.1$ の値を有することを特徴とする、請求項32に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項37】

基板と、
 前記基板上に形成されるバッファ層と、
 前記バッファ層上に形成されるインジウムがドーブされる In-doped GaN 層と、
 前記 In-doped GaN 層上に形成される第1の電極層と、
 前記第1の電極層上に形成される $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層と、

10

20

30

40

50

前記 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層上に形成される活性層と、
 前記活性層上に形成される P-GaN 層と、
 前記 P-GaN 層上に形成される $\text{InGaN}/\text{AlInGaIn}$ 超格子構造層とを含むこと
 を特徴とする、窒化物半導体発光素子。

【請求項 38】

前記バッファ層は、 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、 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-(x+y)}\text{N}/\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ の積層構造から選択されて形成されることを特徴とする、請求項 37 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 39】

前記 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層は、インジウム含量が低い $\text{low-mole In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層であることを特徴とする、請求項 37 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 40】

前記第 1 の電極層は、シリコンとインジウムとが同時にドーブされる GaN 層であることを特徴とする、請求項 37 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 41】

前記 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層の下部及び上部には、第 1 の SiN_x クラスタ層と第 2 の SiN_x クラスタ層とが各々さらに形成されることを特徴とする、請求項 37 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 42】

前記活性層は、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 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又は多重量子井戸構造で構成されることを特徴とする、請求項 37 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 43】

前記活性層をなす井戸層と障壁層との間に、 SiN_x クラスタ層がさらに形成されることを特徴とする、請求項 37 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 44】

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、 GaN キャップ層がさらに形成されることを特徴とする、請求項 42 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 45】

前記活性層と P-GaN 層との間に、 SiN_x クラスタ層がさらに形成されることを特徴とする、請求項 37 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 46】

前記 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 井戸層/ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 障壁層にドーブされるインジウム含量と、前記第 1 の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層にドーブされるインジウム含量とは、各々 $0 < x < 0.1$ 、 $0 < y < 0.35$ 、 $0 < z < 0.1$ の値を有することを特徴とする、請求項 42 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 47】

基板上にバッファ層を形成するステップと、
 前記バッファ層上に In-doped GaN 層を形成するステップと、
 前記 In-doped GaN 層上に第 1 の電極層を形成するステップと、
 前記第 1 の電極層上に第 1 の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層を形成するステップと、
 前記第 1 の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層上に光を放出する活性層を形成するステップと、
 前記活性層上に第 1 の P-GaN 層を形成するステップと、
 前記第 1 の P-GaN 層上に第 2 の電極層を形成するステップと、
 前記第 2 の電極層上に部分的に突出された第 2 の P-GaN 層及び第 3 の電極層を形成するステップとを含むことを特徴とする、窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 48】

前記第 1 の電極層は、シリコンとインジウムとが同時にドーブされる GaN 層であるこ

10

20

30

40

50

とを特徴とする、請求項 47 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 49】

前記第 1 の $In_x Ga_{1-x} N$ 層を形成するステップの前後に、第 1 の SiN_x クラスタ層と第 2 の SiN_x クラスタ層とが形成されるステップを各々さらに含むことを特徴とする、請求項 47 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 50】

前記活性層は、 $In_y Ga_{1-y} N$ 井戸層 / $In_z Ga_{1-z} N$ 障壁層で形成される単一量子井戸構造又は多重量子井戸構造で構成されることを特徴とする、請求項 47 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 51】

前記活性層をなす井戸層と障壁層とが形成されるステップ間に、 SiN_x クラスタ層が形成されるステップをさらに含むことを特徴とする、請求項 47 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 52】

前記活性層をなす $In_y Ga_{1-y} N$ 井戸層と $In_z Ga_{1-z} N$ 障壁層とが形成されるステップ間に、 GaN キャップ層が形成されるステップをさらに含むことを特徴とする、請求項 50 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 53】

前記活性層と $P-GaN$ 層とが形成されるステップ間に、 SiN_x クラスタ層が形成されるステップをさらに含むことを特徴とする、請求項 47 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 54】

前記第 2 の電極層及び / 又は第 3 の電極層は、インジウム含量が順次変化されるスーパーグレーディング構造の $In_x Ga_{1-x} N$ 層で形成されることを特徴とする、請求項 47 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 55】

前記第 2 の電極層及び / 又は第 3 の電極層は、 $InGaN / InGaN$ 又は $InGaN / AlInGaN$ 超格子構造で形成されることを特徴とする、請求項 47 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 56】

前記第 2 の電極層及び / 又は第 3 の電極層は、シリコンをドーピングして形成されることを特徴とする、請求項 55 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 57】

前記第 2 の電極層上に部分的に突出された第 2 の $P-GaN$ 層及び第 3 の電極層を形成するステップは、

前記第 2 の電極層上に絶縁膜を部分的に形成し、前記第 2 の電極層を部分的に露出させるステップと、

前記露出された第 2 の電極層上に $P-GaN$ 層及び第 3 の電極層を形成するステップと、前記絶縁膜を除去するステップとを含むことを特徴とする、請求項 47 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 58】

前記部分的に突出された第 2 の $P-GaN$ 層及び第 3 の電極層を形成するステップの以後に、前記第 2 の電極層上に電極を形成するステップをさらに含むことを特徴とする、請求項 47 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 59】

前記電極は、透過性金属酸化物又は透過性抵抗性金属で形成されることを特徴とする、請求項 58 に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 60】

前記透過性金属酸化物は、 ITO 、 ZnO 、 $IrOx$ 、 $RuOx$ 及び NiO の物質から選択されて形成されることを特徴とする、請求項 59 に記載の窒化物半導体発光素子の製

10

20

30

40

50

造方法。

【請求項 6 1】

前記透過性抵抗性金属は、Ni金属を含むAu合金層で形成されることを特徴とする、請求項 5 9に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 6 2】

前記電極は、前記第 2 の電極層及び第 3 の電極層上に形成されることを特徴とする、請求項 5 8に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、窒化物半導体発光素子(Light Emitting Diode; LED)及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、GaN系窒化物半導体は、その応用分野において青色/緑色LEDの光素子及びMESFETやHEMT等の高速スイッチング、高出力素子である電子素子に应用されている。特に、青色/緑色LEDは、既に量産化が進行された状態であり、全世界的な売上げは指数関数的に増加しつつある。

【0003】

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又はSiC基板上で成長する。また、低温の成長温度でサファイア基板又はSiC基板上にAl_yGa_{1-y}Nの多結晶薄膜をバッファ層として成長させる。以後、高温で上記バッファ層上にドーブしないGaN層、シリコン(Si)がドーブしたN-GaN層又はこれらの混合構造で成長させてN-GaN層を形成する。また、上部にマグネシウム(Mg)がドーブした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(量子井戸構造の活性層)は、N-GaN層とP-GaN層との間にサンドウィッチ構造で形成される。

【0004】

P-GaN層は、結晶成長中にMg原子をドーブして形成するが、結晶成長中にドーピング原に注入されたMg原子がGa位置に置換されてP-GaN層として作用すべきである。しかしながら、キャリアガス及びソースから分解された水素ガスと結合して、GaN結晶層でMg-H複合体を形成して10M程度の高低抗体となる。

【0005】

したがって、PN接合発光素子を形成した後、Mg-H複合体を切断してMg原子をGaの位置に置換させるための後続の活性化工程が要求される。しかしながら、発光素子は、活性化工程で発光に寄与するキャリアとして作用する量は $10^{17}/\text{cm}^3$ 程度で、 $10^{19}/\text{cm}^3$ 以上のMg原子濃度より非常に低くて抵抗性接触形成が難しいという短所がある。

【0006】

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下げ、電流注入効率を増加させる方案が利用されている。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、その他には損失として作用する。また、内部量子効率を増加させるために発光素子の設計及び発光層とP-GaN層の結晶性を向上させず、窒化物半導体の結晶成長自体で光出力を向上させることは限界がある。

【0007】

また、前述した構造の発光素子は、N-GaN層とP-GaN層とにバイアス電圧の印加時、電子及びホールが各々N型及びP型の窒化物半導体層に注入されて発光層で再結合して光を放出する。このとき、発光素子の表面上に放出される光は空気との屈折率差により、P-GaN層と接触層との界面で一部が内部に更に逆反射されて光出力を減少させるという問題点がある。

10

20

30

40

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

よって、本発明の目的は、窒化物半導体発光素子をなす活性層の結晶性を向上でき、光出力及び信頼性を向上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ことにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記目的を達成するために、本発明による窒化物半導体発光素子は、基板と、前記基板上に形成されるバッファ層と、前記バッファ層上に形成される In-doped GaN 層と、前記 In-doped GaN 層上に形成される第1の電極層と、前記第1の電極層上に形成される $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層と、前記 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層上に形成される活性層と、前記活性層上に形成される第1の P-GaN 層と、前記第1の P-GaN 層上に形成される第2の電極層と、前記第2の電極層上に部分的に突出されて形成される第2の P-GaN 層と、前記第2の P-GaN 層上に形成される第3の電極層とを含むことを特徴とする。

10

【0010】

ここで、前記第2及び第3の電極層は、インジウム含量が順次変化されるスーパーグレーディング構造の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層、 $\text{InGaIn}/\text{InGaIn}$ 超格子構造層又は $\text{InGaIn}/\text{AlInGaIn}$ 超格子構造層で形成されることを特徴とする。

20

【0011】

また、前記第2及び第3の電極層にバイアス電圧が印加される透明電極をさらに具備し、前記透明電極は透過性金属酸化物又は透過性抵抗性金属で形成され、 ITO 、 ZnO 、 IrOx 、 RuOx 、 NiO 又は Ni 金属を含む Au 合金層で形成されることを特徴とする。

【0012】

また、前記目的を達成するために、本発明による窒化物半導体発光素子の他の実施形態は、基板と、前記基板上に形成されるバッファ層と、前記バッファ層上に形成される In-doped GaN 層と、前記 In-doped GaN 層上に形成される第1の電極層と、前記第1の電極層上に形成される第1の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層と、前記第1の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層上に形成される活性層と、前記活性層上に形成される P-GaN 層と、前記 P-GaN 層上に形成されるインジウム含量が順次変化されるスーパーグレーディング構造の第2の $\text{N-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層とを含むことを特徴とする。

30

【0013】

また、前記目的を達成するために、本発明による窒化物半導体発光素子のさらに他の実施形態は、基板と、前記基板上に形成されるバッファ層と、前記バッファ層上に形成されるインジウムがドーブされる In-doped GaN 層と、前記 In-doped GaN 層上に形成される第1の電極層と、前記第1の電極層上に形成される $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層と、前記 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層上に形成される活性層と、前記活性層上に形成される P-GaN 層と、前記 P-GaN 層上に形成される $\text{InGaIn}/\text{AlInGaIn}$ 超格子構造層とを含むことを特徴とする。

40

【0014】

また、前記目的を達成するために、本発明による窒化物半導体発光素子の製造方法は、基板上にバッファ層を形成するステップと、前記バッファ層上に In-doped GaN 層を形成するステップと、前記 In-doped GaN 層上に第1の電極層を形成するステップと、前記第1の電極層上に第1の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層を形成するステップと、前記第1の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層上に活性層を形成するステップと、前記活性層上に第1の P-GaN 層を形成するステップと、前記第1の P-GaN 層上に第2の電極層を形成するステップと、前記第2の電極層上に部分的に突出された第2の P-GaN 層及び第3の電極層を形成するステップとを含むことを特徴とする。

50

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、窒化物半導体発光素子をなす活性層の結晶性を向上でき、光出力及び信頼性を向上できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、添付図面に基づき、本発明の好適な実施形態を詳細に説明する。

【0017】

図1は、本発明による窒化物半導体発光素子の第1の実施形態の積層構造を概略的に示す図である。

10

【0018】

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が形成される。ここで、バッファ層4は、 $AlInN/GaN$ 層構造、 $In_xGa_{1-x}N/GaN$ 積層構造及び $Al_xIn_yGa_{1-(x+y)}N/In_xGa_{1-x}N/GaN$ 積層構造から選択されて形成できる。

【0019】

また、バッファ層4上には $In-doped GaN$ 層6が形成され、 $In-doped GaN$ 層6上にはN型の第1の電極層が形成される。ここで、N型の第1の電極層としては、シリコンとインジウムとが同時にドーピングして形成される $Si-In co-doped GaN$ 層8が採用され得る。

20

【0020】

また、 $Si-In co-doped GaN$ 層8上にはインジウム含量が低い $low-mole$ 第1の $In_xGa_{1-x}N$ 層10が形成され、第1の $In_xGa_{1-x}N$ 層10上には光を放出する活性層12が形成される。活性層12は、 $InGaN$ 井戸層/ $InGaN$ 障壁層で形成される単一量子井戸構造又は多重量子井戸構造で具備できる。その積層構造の詳細は図3を参照して後述する。

【0021】

次に、活性層12上には第1のP- GaN 層14が形成される。このとき、第1のP- GaN 層14にはマグネシウムをドーピングして形成することができる。

【0022】

また、第1のP- GaN 層14上にはN型の第2の電極層が形成される。ここで、N型の第2の電極層としては、インジウム造成を順次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16が採用できる。このとき、スーパーグレーディングN- $In_xGa_{1-x}N$ 層16は、その造成範囲が $0 < x < 0.2$ で形成されるようにすることができる。

30

【0023】

このように、本発明による窒化物半導体発光素子は、第1の電極層8と第2の電極層16ともN型の窒化物で形成され、その間に第1のP- GaN 層14が形成された点を勘案すれば、従来のPN接合発光素子とは異なり、NPN接合発光素子の構造を持つと解析することができる。

40

【0024】

また、スーパーグレーディングN- $In_xGa_{1-x}N$ 層16上には、部分的に凹凸構造で突出された第2のP- GaN 層18及び第3の電極層であるN- $In_xGa_{1-x}N$ 層20が形成される。ここで、第2のP- GaN 層18及び第3の電極層20は、第1のP- GaN 層14及び第2の電極層と同一又は類似な構造を有し、次のような工程を介して形成されることができる。

【0025】

すなわち、まず、スーパーグレーディングN- $In_xGa_{1-x}N$ 層16上に絶縁膜を部分的に形成し、スーパーグレーディングN- $In_xGa_{1-x}N$ 層16を部分的に露出させる。露出されたスーパーグレーディングN- $In_xGa_{1-x}N$ 層16上に第2のP

50

- GaN層18及びN-In_xGa_{1-x}N層20を形成し、絶縁膜を除去する過程を介して遂行されることができる。

【0026】

このとき、多様な形態で絶縁膜を選択的にマスクングし、第2の電極層16上にN/P窒化物半導体20、18を選択的に多様な形態の大きさ、模様、深さ等で再成長できる。このような本発明によれば、選択的に絶縁膜でマスクングした部分を除去して発光素子の表面に屈曲(凹凸)を形成して外部量子効率を向上できる。

【0027】

従来にはPN接合発光素子の表面を部分的にエッチングし、屈曲(凹凸)形態を形成した。このようなエッチング工程技術は、P-GaN表面の損傷を発生させ、それに従う接触抵抗が増加して電流注入効果を減少させ、光出力を減少させる問題点があった。また、増加された接触抵抗により、高電流の印加時に、高い接触抵抗に従う熱発生により素子の信頼性に深刻な影響を及ぼすという問題点があった。

10

【0028】

また、第2及び第3の電極層として使用されるN型の窒化物半導体(例えば、スーパーグレーディングN-In_xGa_{1-x}N層16、20は、既存のP-GaN接触層より抵抗が低いため、接触抵抗を減少させ、電流注入を極大化できる。また、第2及び第3の電極層にバイアス電圧が印加される電極としては、透光性電極と非透過性電極とも使用できる。透光性電極としては、光出力を極大化させるために、電流拡張を極大化でき、且つ優れた光透過度を持つ透過抵抗性金属又は透過酸化金属層を使用できる。このような物質としては、ITO、ZnO、RuO_x、IrO_x及びNiO又はNiを含むAu合金が利用されることができる。ここで、電極は、第2の電極層16及び第3の電極層20上に形成できる。

20

【0029】

一方、図2は、本発明による窒化物半導体発光素子の第2の実施形態の積層構造を概略的に示す図である。

【0030】

図2に示す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と比較する際、第2及び第3の電極層のみが異なるため、ここでは第2及び第3の電極層のみについて説明する。

30

【0031】

すなわち、本発明による窒化物半導体発光素子21の第2の実施形態では、第2及び第3の電極層として第1及び第2のInGa_N/AlInGa_N超格子構造層26、30が形成された場合を示すものである。ここで、InGa_N/AlInGa_N超格子構造層26、30には、シリコンをドーピングすることができる。

【0032】

このような積層構造を形成することにより、N/P/N発光素子を形成でき、その表面に絶縁膜を用いて選択的にマスクングしてN/P窒化物半導体のみを再成長した後、更に絶縁層で選択的にマスクングした領域を除去して、凹凸(屈曲)を有する発光素子を製作できる。

40

【0033】

また、図には示さないが、第2及び第3の電極層として第1及び第2のInGa_N/InGa_N超格子構造層を形成でき、シリコンをドーピングすることもできる。

【0034】

図3に基づき、本発明による窒化物半導体発光素子31に採用される活性層の構造について詳細に説明する。図3は、本発明による窒化物半導体発光素子の第3の実施形態の積層構造を概略的に示す図である。図3に示す積層構造のうちで、図1に基づいて説明した層(同じ符号を付ける)については、説明を省略する。

【0035】

本発明による窒化物半導体発光素子31には、図3に示すように、内部量子効率を増加

50

させるために、活性層の歪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 10 が形成される。また、インジウム変動による光出力及び逆方向漏れ電流を改善させるために、 $low - mole \text{ In}_x \text{ Ga}_{1-x} \text{ N}$ 層 10 の下部及び上部に、原子スケール形態で制御して、第 1 の SiN_x クラスタ層 33 と第 2 の SiN_x クラスタ層 35 とが各々さらに具備される。

【0036】

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又は多重量子井戸構造で形成されることができる。

【0037】

図 3 は、活性層として、 $\text{In}_y \text{ Ga}_{1-y} \text{ N}$ 井戸層 37、43 と、 $\text{In}_z \text{ Ga}_{1-z} \text{ N}$ 障壁層 41、47 との間に SiN_x クラスタ層 39、45 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、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 ($0 < z < 0.1$) で造成比を調節することもできる。また、インジウム含量が低い $low - mole \text{ In}_x \text{ Ga}_{1-x} \text{ N}$ 層 10 との関係性を考慮すれば、 $\text{In}_y \text{ Ga}_{1-y} \text{ N}$ 井戸層 37、43 / $\text{In}_z \text{ Ga}_{1-z} \text{ N}$ 障壁層 41、47 にドーブされるインジウム含量と、 $low - mole \text{ In}_x \text{ Ga}_{1-x} \text{ N}$ 層 10 にドーブされるインジウム含量とは、各々 $0 < x < 0.1$ 、 $0 < y < 0.35$ 、 $0 < z < 0.1$ の値を有するように調節できる。

【0038】

また、図には示さないが、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、 $\text{In}_y \text{ Ga}_{1-y} \text{ N}$ 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ことができる。このとき、光を放出する井戸層及び障壁層の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 / $\text{In}_z \text{ Ga}_{1-z} \text{ N}$ ($0 < z < 0.1$) で構成されることができる。

【0039】

また、単一量子井戸層又は多重量子井戸構造で構成された活性層の最後層を成長させた後、更に SiN_x 層 49 を原子スケールの厚さで成長させ、第 1 の P - GaN 層 14 の Mg 元素の活性層内の拡散を抑制できる。

【0040】

一方、図 3 では、第 2 の電極層としてスーパーグレーディング $\text{N - In}_x \text{ Ga}_{1-x} \text{ N}$ 層 16 が形成された場合を示すが、第 2 の電極層としては、 InGaIn / AlInGaIn 超格子構造層又は InGaIn / InGaIn 超格子構造層で形成されることができる。

【0041】

ここで、前述した実施形態(図 1~図 3)には示さないが、第 1 の電極層の電極(又は電極パッド)は、窒化物半導体の第 1 の電極層まで部分エッチングして第 1 の電極層上に形成でき、第 2 の電極層又は第 3 の電極層上に形成された透明電極上に電極パッドをさらに形成できる。

【0042】

以上で説明したように、本発明による窒化物半導体発光素子によれば、 $n / P / N$ 接合発光素子構造を適用して動作電圧を減少させながら電流注入を向上させることで、従来の P / N 接合発光素子において P 型の電極層として使用される $p - \text{GaN}$ 層自体の高い接触抵抗による電流集中現象を改善できる。また、絶縁膜を用いて N / P 接合層のみを選択的に再成長して、発光素子の表面に屈曲(凹凸)を形成させて外部量子効率を増加できる。

【0043】

また、本発明による窒化物半導体発光素子は、既存の P - GaN 表面の部分エッチングにより発生する表面損傷と、それに従う動作電圧とを減少させ、発光素子の外部量子効率を増加させ、再成長を介して優れた結晶性を有する発光素子を作って内部量子効率を根本的に向上させた ($N / P /$) $N / P / N$ 接合発光素子である。

【0044】

10

20

30

40

50

また、本発明による窒化物半導体発光素子は、第1の電極層及び第2の電極層がN型の窒化物半導体で構成される。特に、第2の電極層の接触抵抗を改善した構造で光出力を向上できる。

【産業上の利用可能性】

【0045】

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れば、窒化物半導体発光素子をなす活性層の結晶性を向上でき、光出力及び信頼性を向上できる。

【図面の簡単な説明】

【0046】

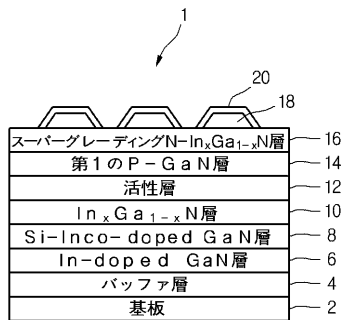
【図1】本発明による窒化物半導体発光素子の第1の実施形態の積層構造を概略的に示す図である。

10

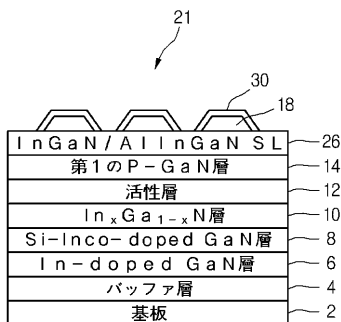
【図2】本発明による窒化物半導体発光素子の第2の実施形態の積層構造を概略的に示す図である。

【図3】本発明による窒化物半導体発光素子の第3の実施形態の積層構造を概略的に示す図である。

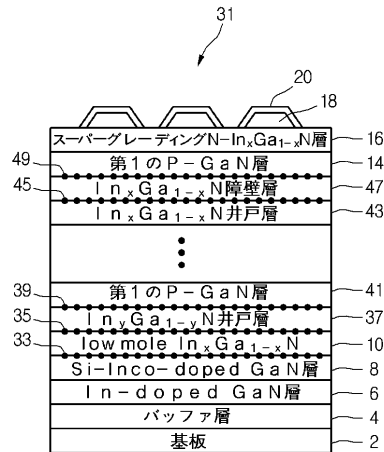
【図1】





【図2】



【図3】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/KR2005/002173
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01L 33/00(2006.01)i</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) IPC8: H01L21/00 H01L21/76 H01L27/15 H01L29/06 H01L29/06 H01L29/06 H01L29/66 H01L33/00 H01L43/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched KR, JP: classes as above		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JPA, NPS, ESPACENET, USPTO		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US05739552 1998/04/14 Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha see the whole document	1-62
A	PAJ10178203 1998/06/30 NICHICHEMINDLTD see the whole document	1-62
A	US05650641 1997/07/22 Toyoda Gosei Co. see the whole document	1-62
A	US05665986 1997/09/09 Sumitomo Electric Industries, Ltd see the whole document	1-62
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 24 MARCH 2006 (24.03.2006)		Date of mailing of the international search report 24 MARCH 2006 (24.03.2006)
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office 920 Dunsan-dong, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer SHIN, JU CHEOL  Telephone No. 82-42-481-5740

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW