

(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2008-526013

(P2008-526013A)

(43) 公表日 平成20年7月17日(2008.7.17)

(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 未請求 予備審査請求 未請求 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-548056 (P2007-548056) (86) (22) 出願日 平成17年12月5日 (2005.12.5) (85) 翻訳文提出日 平成19年6月22日 (2007.6.22) (86) 国際出願番号 PCT/KR2005/004119 (87) 国際公開番号 W02006/068375 (87) 国際公開日 平成18年6月29日 (2006.6.29) (31) 優先権主張番号 10-2004-0111086 (32) 優先日 平成16年12月23日 (2004.12.23) (33) 優先権主張国 韓国 (KR)</p>	<p>(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 ドンポーク, 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 506-302 光州広域市光山区 月桂洞チョンダンライン7アパート705 洞502号 Fターム(参考) 5F041 AA03 AA04 AA40 AA43 CA04 CA05 CA40 CA88</p>
--	---

最終頁に続く

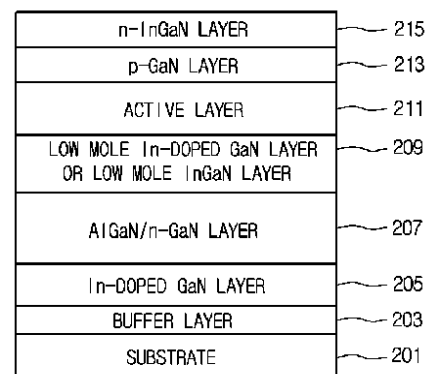
(54) 【発明の名称】 窒化物半導体発光素子及びその製造方法

(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させ、光出力及び信頼性を向上させる。

【解決手段】本発明は、AlGaIn/n-GaN超格子構造、またはAlGaIn/GaN/n-GaN超格子構造の第1窒化物半導体層207と、第1窒化物半導体層20の上形成されて光を放出する活性層211と、活性層211の上に形成された第2窒化物半導体層213と、第2窒化物半導体層213の上に形成された第3窒化物半導体層215が含まれる窒化物半導体発光素子に関するものであって、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が向上し、光出力及び信頼性が向上する長所がある。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

AlGaIn / n - GaN 超格子構造、または AlGaIn / GaN / n - GaN 超格子構造の第 1 窒化物半導体層と、
前記第 1 窒化物半導体層の上に形成されて光を放出する活性層と、
前記活性層の上に形成された第 2 窒化物半導体層と、
前記第 2 窒化物半導体層の上に形成された第 3 窒化物半導体層が含まれることを特徴とする窒化物半導体発光素子。

【請求項 2】

前記第 1 窒化物半導体層は第 1 電極接触層であり、前記第 3 窒化物半導体層は n - InGaIn の第 2 電極接触層として提供されて、n - / p - / n - 型の接合構造をなすことを特徴とする請求項 1 記載の窒化物半導体発光素子。

10

【請求項 3】

前記第 1 窒化物半導体層の下部には、
基板と、前記基板の上側に提供されるバッファ層が含まれることを特徴とする請求項 1 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 4】

前記バッファ層の上にはインジウムドーピングされた窒化物半導体層が更に含まれることを特徴とする請求項 3 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 5】

前記バッファ層は、AlInN / GaN 積層構造、InGaIn / GaN 超格子構造、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N} / \text{GaN}$ 積層構造、 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-(x+y)}\text{N} / \text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N} / \text{GaN}$ の積層構造の中から選択されることを特徴とする請求項 3 記載の窒化物半導体発光素子。

20

【請求項 6】

前記第 1 窒化物半導体層は、前記バッファ層より成長温度が高いことを特徴とする請求項 3 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 7】

前記第 1 窒化物半導体層をなす前記 AlGaIn / n - GaN 超格子構造において、AlGaIn 層と n - GaN 層がなす超格子構造の一周期の厚みは 250 ~ 500 範囲内で形成されることを特徴とする請求項 1 記載の窒化物半導体発光素子。

30

【請求項 8】

前記第 1 窒化物半導体層をなす AlGaIn / GaN / n - GaN 超格子構造の一周期の厚みは 300 ~ 550 範囲内で形成されることを特徴とする請求項 1 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 9】

前記第 1 窒化物半導体層の全厚みは 1 ~ 2 μm で形成されることを特徴とする請求項 1 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 10】

前記第 1 窒化物半導体層をなす AlGaIn 層は、不純物ドーピングのない層であり、Al 組成は 0.05 ~ 0.3 (1 基準) で形成されることを特徴とする請求項 1 記載の窒化物半導体発光素子。

40

【請求項 11】

前記第 1 窒化物半導体層をなす AlGaIn 層の厚みは 10 ~ 200 範囲内で形成されることを特徴とする請求項 1 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 12】

前記第 2 窒化物半導体層は p 型窒化物半導体層であることを特徴とする請求項 1 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 13】

前記第 1 窒化物半導体層をなす GaN 層は不純物ドーピングのない層であり、厚みは 1

50

0 ~ 200 範囲内で形成されることを特徴とする請求項1記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項14】

前記第1窒化物半導体層をなす前記n-GaN層はシリコンまたはシリコン-インジウムが同時ドーピングされることを特徴とする請求項1記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項15】

前記第1窒化物半導体層をなす前記n-GaN層の厚みは200 ~ 500 範囲内で形成されることを特徴とする請求項1記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項16】

前記第1窒化物半導体層をなす前記n-GaN層のドーピング濃度は $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 範囲内で形成されることを特徴とする請求項1記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項17】

前記第1窒化物半導体層と前記活性層との間にインジウム含量が1 ~ 5 %であるlow mole In含有窒化物層が更に形成されることを特徴とする請求項1記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項18】

前記low mole In含有窒化物層は螺旋形で、かつ100 ~ 300 の厚みを有することを特徴とする請求項17記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項19】

前記活性層は井戸層と障壁層構造の単一量子井戸層または多重量子井戸層で構成され、前記井戸層と障壁層との間にはSiNxクラスタ層が更に形成されることを特徴とする請求項1記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項20】

前記第3窒化物半導体層は、n-InGaN層で形成され、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(super grading、SG)構造で形成されることを特徴とする請求項1記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項21】

前記第3窒化物半導体層の上には透明電極が更に形成されることを特徴とする請求項1記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項22】

前記透明電極は、ITO、IZO(In-ZnO)、GZO(Ga-ZnO)、AZO(Al-ZnO)、AGZO(Al-GaZnO)、IGZO(In-GaZnO)、 IrO_x 、 RuO_x 、 $\text{RuO}_x / \text{ITO}$ 、 $\text{Ni} / \text{IrO}_x / \text{Au}$ 、 $\text{Ni} / \text{IrO}_x / \text{Au} / \text{ITO}$ のうち、どれか1つで形成されることを特徴とする請求項21記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項23】

AlGaN/n-GaN超格子構造、またはAlGaN/GaN/n-GaN超格子構造で第1電極接触層になる第1窒化物半導体層を形成する段階と、前記第1窒化物半導体層の上に光を出力する活性層を形成する段階と、前記活性層の上に第2窒化物半導体層を形成する段階と、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24】

前記第2窒化物半導体層の上に第2電極接触層が形成される第3窒化物半導体層を形成する段階とを更に含むことを特徴とする請求項23記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項25】

前記第3窒化物半導体層は、n-InGaN層で形成され、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(super grading、SG)構造で形成されることを特徴とする請求項24記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 26】

前記第1窒化物半導体層の全厚みは1～2 μm範囲内であることを特徴とする請求項23記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 27】

前記第1窒化物半導体層をなすAlGa_xN層は、不純物ドーピングのない層であり、Al組成は0.05～0.3(1基準)で形成され、その厚みは10～200 nm範囲内で形成されることを特徴とする請求項23記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 28】

前記第1窒化物半導体層をなすGaN層は、不純物ドーピングのない層であり、その厚みは10～200 nm範囲内で形成されることを特徴とする請求項23記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

10

【請求項 29】

前記第1窒化物半導体層をなすn-GaN層のドーピング濃度は $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ～ $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 範囲内であることを特徴とする請求項23記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 30】

前記第1窒化物半導体層と前記活性層との間にインジウム含量が1～5%であるlow mole In含有窒化物層が形成される段階が更に含まれることを特徴とする請求項23記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 31】

前記活性層は井戸層と障壁層構造の単一量子井戸層または多重量子井戸層で構成され、前記井戸層と障壁層との間にはSiNxクラスタ層が形成される段階が更に含まれることを特徴とする請求項23記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

20

【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及びその製造方法に関し、より詳しくは発光素子の内部活性層の結晶性を向上させ、光出力及び動作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に関する。

【背景技術】

30

【0002】

従来の窒化物半導体発光素子の概略的な積層構造及びその製造方法に対して図面を参照して説明すれば次の通りである。

【0003】

図1は、従来の窒化物半導体発光素子の断面図である。

【0004】

図1を参照すれば、従来の窒化物半導体発光素子は、基板101、バッファ層103、n-GaN層105、活性層107、及びp-GaN層109が含まれる。

【0005】

詳細には、バッファ層103は、基板101、例えばサファイア基板とn-GaN層105の格子定数及び熱膨張係数の差によって発生する結晶欠陥を最小化させるために提供されるものであって、低温で非晶質の結晶相を有するGaN系、またはAlN系窒化物で形成される。バッファ層103が形成された後には、シリコンが $10^{18} / \text{cm}^3$ 位のドーピング濃度でドーピングされたn-GaN層105を高温で第1電極接触層で形成する。以後、また成長温度を低めて活性層107を形成し、成長温度をまた増加させてマグネシウム(Mg)がドーピングされたp-GaN層109を形成する。

40

【0006】

このような積層構造を有する窒化物半導体発光素子は、第1電極接触層としてn-GaN層105が利用され、第2電極接触層としてp-GaN層109が利用されるp-/n-接合発光素子構造で構成される。

50

【 0 0 0 7 】

また、前記第 2 電極接触層のドーピング形態によってその上部に形成される第 2 電極物質は制限される。例えば、第 2 電極物質は高い抵抗成分を有する p - GaN 層 1 0 9 との接触抵抗を減少させ、電流拡散 (current spreading) を向上させるために Ni / Au 合金形態の薄い透過性抵抗性金属が使われる。そして、第 1 電極接触層として使われる n - GaN 層 1 0 5 は、非晶質の結晶性を有するバッファ層 1 0 3 より一般的に成長温度が高く、その厚みの厚い単結晶構造で構成される。特に、従来の p - / n - 接合発光素子構造において、第 1 電極接触層として使われる n - GaN 層 1 0 5 は、 $10^{18} / \text{cm}^3 \sim 10^{19} / \text{cm}^3$ 範囲のシリコンがドーピングされた構造であり、低温の非晶質の結晶性を含む多結晶質の GaN または AlN 系バッファ層 1 0 3 より厚い $5 \mu\text{m}$ 以内の厚みで成長して結晶性を制御している。

10

【 0 0 0 8 】

第 1 電極接触層として使われる n - GaN 層 1 0 5 は、電気伝導性 (electrical conductivity) の特性を持っており、シリコンドーピング濃度の増加によって線形的に抵抗が減少されて順方向バイアス印加時、動作電圧が減少される特性がある。しかしながら、これと反対に逆方向バイアス印加時には破壊電圧 (breakdown voltage、 V_{br}) が減少されて、つまり漏洩電流が増加されて時間が経過するにつれて光出力が低下して発光素子の寿命 (lifetime) に影響を及ぼすことになる短所がある。

【 0 0 0 9 】

また、そのドーピング濃度を調節するにあつて、 $2 \mu\text{m}$ 、 $10^{19} / \text{cm}^3$ 以上にドーピングさせた場合 (heavily doping)、極限のストレーン (strain) が形成されて、結局 n - GaN 層 1 0 5 自体で破れ現象が発生される。そして、シリコンドーピング濃度が増加するほど n - GaN 層 1 0 5 の表面に点欠陥 (point defect) が増加することになる。これによって、続いて成長される光を発光する発光層である活性層 1 0 7 にも影響を及ぼすことになり、結局順方向及び逆方向バイアス印加の際、電流流れ通路 (current pathway) として作用して漏洩電流を増加させる原因として作用する。このような性能を有する発光素子は、結局信頼性を制限されることになる。

20

【 0 0 1 0 】

また、従来技術に係る窒化物半導体発光素子は、サファイア基板から発生されて表面まで伝播される 'threading dislocation' と、'screw dislocation'、'line dislocation'、'point defect'、'mixture' などのような結晶欠陥 (crystal defect) を持っている。特に、'threading dislocation' はサファイア基板から発光素子の表面まで伝播され、このような伝播過程で光を放出する活性層を透過することになる。これは、今後、漏洩電流などの電流通路 (current path) となり、ESD (Electro Static Discharge) などのように高電圧が瞬間的に印加される際、活性層の破壊や光出力の低下のような信頼性に莫大な影響を及ぼす根本的な原因を提供することになる問題点がある。

30

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 1 】

本発明は、前述した問題点を改善するために、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、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である。

40

【 0 0 1 2 】

また、第 1 電極接触層の構造及びその製造方法である。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 3 】

本発明に係る窒化物半導体発光素子は、AlGaIn / n - GaN 超格子構造、または AlGaIn / GaN / n - GaN 超格子構造の第 1 窒化物半導体層と、第 1 窒化物半導体層の上に形成されて光を放出する活性層と、活性層の上に形成された第 2 窒化物半導体層と、第 2 窒化物半導体層の上に形成された第 3 窒化物半導体層が含まれる。

50

【0014】

更に他の側面による本発明の窒化物半導体発光素子の製造方法は、 $\text{AlGaIn}/\text{n-GaN}$ 超格子構造、または $\text{AlGaIn}/\text{GaIn}/\text{n-GaN}$ 超格子構造で第1電極接触層となる第1窒化物半導体層を形成する段階と、第1窒化物半導体層の上に光を出力する活性層を形成する段階と、活性層の上に第2窒化物半導体層を形成する段階とを含む。

【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させ、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。

【0016】

また、超格子構造の第1電極接触層により、相対的に低いシリコンドーピング濃度でも均一に安定した動作電圧を得ることができ、特に逆方向バイアス動作で破壊電圧が増加され、それによる漏洩電流が減少して発光素子の信頼性が向上する長所が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、添付した図面を参照しつつ本発明に係る実施形態を詳細に説明する。

【0018】

(第1実施形態)

図2は、本発明に係る窒化物半導体発光素子の第1実施形態の積層構造の断面図である。

【0019】

図2を参照すれば、第1実施形態に係る窒化物半導体発光素子は、基板201、バッファ層203、 In-doped GaN 層205、 $\text{AlGaIn}/\text{n-GaN}$ 超格子層207、 $\text{low-mole In-doped GaN}$ 層、または low-mole InGaIn 層209、活性層211、 p-GaN 層213、 n-InGaIn 層215が含まれる。

【0020】

発光素子の構成に対してより詳細に説明すれば、基板201、例えばサファイア基板上に500～600台の低温成長温度でバッファ層203を成長させた。ここで、バッファ層203は、 AlInN/GaN 積層構造、 InGaIn/GaN 超格子構造、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ 積層構造、 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-(x+y)}\text{N}/\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$ の積層構造の中から選択されて形成されることができる。

【0021】

以後、バッファ層203を高温の成長温度で再結晶化させ、同一温度で In-doped GaN 層205を2 μm 以下に成長させた。次に、第1電極接触層として使われる $\text{AlGaIn}/\text{n-GaN}$ 超格子層207を全厚み2 μm 以下に成長させて形成した。

【0022】

ここで、 $\text{AlGaIn}/\text{n-GaN}$ 超格子層207は、ドーピングされない状態で100以下に成長され、Al組成は20%を有するAlGaIn層と、シリコンがドーピングされ、300以下の厚みを有するn-GaN層の超格子構造で形成される。また、 $\text{AlGaIn}/\text{n-GaN}$ 超格子層207は、AlGaIn層とn-GaN層で構成される一周期を400以下に成長させ、その周期に繰り返して成長させて全厚みが2 μm 以下に形成されるようにする。

【0023】

また、 $\text{AlGaIn}/\text{n-GaN}$ 超格子層207は、相対的に低温で形成されたバッファ層203より各々のAlGaIn層とn-GaN層の厚みが小さく、n-GaN層のみにシリコンドーピングを行う構造で形成される。

【0024】

また、本発明では、活性層211の内部量子効率(internal quantum efficiency)を増加させるために、活性層211成長前、活性層211のストレーン(strain)を制御できるようにインジウム含量の低い $\text{low-mole In-doped GaN}$ 層、または

10

20

30

40

50

low-mole InGa_N層209を成長させた。ここで、low-mole In-doped Ga_N層、またはlow-mole InGa_N層209を成長させるにあって、含まれるインジウムの含量は5%未満になるように調節した。また、low-mole In-doped Ga_N層、またはlow-mole InGa_N層209を成長させるにあって、その厚みは100~300 範囲内で形成されるようにした。そして、希望する波長帯域の光を放出する活性層211には、井戸層/障壁層を一周期にするIn_xGa_{1-x}N (In含量15~35%) / In_yGa_{1-y}N (In含量5%未満)構造の単一量子井戸層(single quantum well)、または多重量子井戸層(multi quantum well)を成長させた。ここで、図示してはいないが、井戸層と障壁層との間にはSiNxクラスタ層がSi-deltaドーピング方法より形成されるようにすることができ、これは原子尺度で形成され、活性層211の発光効率を増進させる役割を遂行することになる。

10

【0025】

以後、成長温度を増加させて、p-GaN層213を成長させた。次に、第2電極接触層として使われるn-InGa_N層215を成長させ、この際、n-InGa_N層215はインジウム含量を順次に制御したスーパーグレーディング(super grading)構造で成長させることができる。

【0026】

前記のような積層構造を有する窒化物半導体発光素子によれば、AlGa_N/n-GaN超格子層207は、界面上で2次元的な電子井戸層(2DEG: 2 Dimensional electron gas)を形成し、印加されたバイアス下で均一な電流の流れを有することになる。これによって、本発明に係る窒化物半導体発光素子は、均一な動作電圧(forward voltage、VF)を表す。

20

【0027】

また、サファイア基板で形成される'threading dislocation'を抑制して、その結晶性を向上させることができる長所を持っている。

【0028】

また、本願発明に係る窒化物半導体発光素子は、外部環境で、human body modeのESD(electro static discharge)高電圧印加の際、2次元的な電子井戸層により効果的に電流拡散(current spreading)が遂行されることによって、高耐静電圧を有する長所がある。

30

【0029】

一方、本発明に係る窒化物半導体発光素子は、n-/p-/n-接合構造の発光素子を形成するが、第2電極接触層として使われるn-InGa_N層215上に形成される第2電極物質は、n-InGa_N層215のドーピング上、またはエネルギーバンドギャップ差により決定される。ところが、n-InGa_N層215は、前述したように電流注入効果(current spreading effect)を増加させるために、インジウム含量を線形的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(super grading)構造であるので、第2電極物質は透過性酸化物と透過性抵抗性金属が使われることができる。その具体的な例としてはITO、IZO(In-ZnO)、GZO(Ga-ZnO)、AZO(Al-ZnO)、AGZO(Al-GaZnO)、IGZO(In-GaZnO)、IrO_x、RuO_x、RuO_x/ITO、Ni/IrO_x/Au、Ni/IrO_x/Au/ITOなどのような物質が使われることができる。

40

【0030】

このような構成を有する発光素子は、従来の技術による発光素子に比べて光出力を30~50%以上向上させることができ、信頼性も向上させることができる長所を持っている。

【0031】

以下、本発明に係る窒化物半導体発光素子の製造方法に対してより詳細にその実施形態を説明する。

50

【0032】

まず、サファイア基板201の上に高温で水素(H_2)キャリアガスのみを供給してサファイア基板自体を洗浄(cleaning)する。以後、成長温度を540に減少させる過程で NH_3 ソースガスを注入してサファイア基板自体を窒化処理(nitridation)し、この際、例としてその処理時間は7分にすることができる。

【0033】

以後、第1AlInN/第1GaN/第2AlInN/第2GaN構造で構成されるバッファ層203を約500位に成長した。そして、成長温度を6分間1060まで増加させ、また2分間低温のバッファ層を NH_3 ソースガス及び水素(H_2)キャリアガスが混合した雰囲気下で再結晶化(re-crystallization)し、同じ成長温度で約2 μm 厚みを有するインジウム(indium)がドーピングされた単結晶In-doped GaN層205を成長する。

【0034】

そして、成長温度を1030に減少させた後、ドーピングしない50の厚みで、Al含量を約10%程度に含むAlGaN層と、シリコンが多量ドーピングされた(heavily doped)250厚みを有するn-GaN層を成長させた。この際、前記Al含量は0.05~0.3(1基準)になるようにすることができ、その厚みは10~200範囲内で形成することができる。このように、300厚みの一周期で構成されるAlGaN/n-GaN超格子構造207を40周期に積層形成して1 μm でAlGaN/n-GaN超格子層を成長させて第1電極接触層として使用した。

【0035】

前記AlGaN/n-GaN超格子構造を有する第1電極接触層のホール(Hall)移動度(mobility)及び濃度は各々450 $\mu m/Vsec$ 、 $2 \times 10^{18}/cm^3$ 位であって、既存の同一な厚みに同一なシリコンドーピング濃度を有するn-GaN層より1.5~2倍の高い値を有することと調査された。

【0036】

以後、活性層211のストレインを調節するためにインジウム(indium)含量が5%(波長480nm)を有するlow-mole In-doped GaN層、またはlow-mole InGaN層209を750で100~300位に成長させた。low-mole In-doped GaN層、またはlow-mole InGaN層は、2インチサファイア基板の上に均一な分布を有する'spiral growth mode'で人為的に制御した。そして、同一な成長温度で、シリコンがドーピングされていないInGaN/InGaN構造の単一量子井戸層(single quantum well、SQW)の活性層を成長し、この際、障壁層のインジウム含量は5%未満であり、200位の厚みを有するようにした。

【0037】

以後、また成長温度を1000まで増加させて NH_3 ソースガスと H_2 キャリアガスが混合した雰囲気下でMg-doped p-GaN層213を1000厚みで成長させた。次に、また成長温度を800に減少させて NH_3 ソースガスと N_2 キャリアガス混合雰囲気下でシリコンがドーピングされた50の厚みを有するn-InGaN層215を成長した。n-InGaN層は、第2電極接触層として使われて、インジウム含量を制御して全体としてそれに係るエネルギーバンドギャップ(energy bandgap、Eg)分布を制御したスーパーグレーディング(super grading、SG)構造を有するように設計した。

【0038】

前記AlGaN/n-GaN超格子層207で構成される第1電極接触層とn-InGaN層215を第2電極接触層として使用するSQW's npn-SG LED素子をAlGaN/n-GaN(Si)超格子構造まで表面を約6000でメサ(MESA)エッチングを遂行して330 $\mu m \times 305 \mu m$ 大きさの発光素子を製作し、その発光素子の電気的特性及びESDのような信頼性性能分析を遂行して評価した。

【0039】

10

20

30

40

50

図3は、本発明に係る窒化物半導体発光素子の信頼性テスト結果を説明するための図であって、実際に製作された青色発光素子の信頼性と関連したHuman body modeでESD levelを2インチサファイア基板の全体に対してLED chip die状態でないウエハ(wafer)状態で測定した結果を表したものである。

【0040】

図3を参照すれば、‘human body mode’において、全体的に2インチウエハ(wafer)内にESD levelは、サファイア基板上の偏平(Flat)面からラウンドエッジ(Round edge)方向に最小から最大範囲が(-)1000V~(-)4000V範囲内で均一で、かつ優れる電気的特性を有するSQW's npn-SG LED素子を具現したことが分かる。

10

【0041】

ESD levelの信頼性を評価するために、測定段階は(-)1000Vを最小値に設定した後、(-)1000V、(-)2000V、(-)3000V、(-)4000V、(-)5000Vで、各(-)1000V段階に線形的に増加させて正確度を遂行した。また、最小ESD levelを検証するために上記のような段階別電圧増加なしで、直接に(-)1000Vを印加して最小値を検証した。このように、段階別電圧増加、または直接的に電圧印加の際、最小(-)1000V位の値を維持する優れる特性を有する青色発光素子が具現されたことを検証した。また、この際、20mA順方向バイアス下で、動作電圧(VF)は3.3V~3.4V範囲内で均一な特性を維持した。そして、光出力は460nm波長帯域で、Ni/Au透過電極を適用時に4mW~4.5mW、ITO透過酸化物電極適用時に6.2mW~6.5mWまで具現可能であることを確認することができた。

20

【0042】

本発明は、低温で形成されたバッファ層よりその厚みを薄く成長したAlGaIn/n-GaN(Si)超格子層の全厚みを1~2μmまで成長して、その自体を第1電極接触層として適用したことを特徴とする。このような本発明により、既存の成長方式と異なり、相対的に低いシリコンドーピング濃度によっても高い2次元電子井戸層により電子移動度を効果的に増加させることができる長所がある。

【0043】

また、本願発明に係るAlGaIn/n-GaN(Si)超格子層はその自体により、サファイア基板から発光素子の表面まで伝播される‘threading dislocation’のような結晶欠陥を抑制する遮断層(blocking layer)役割も遂行することになる。

30

【0044】

(第2実施形態)

図4は、本発明に係る窒化物半導体発光素子の第2実施形態の断面図である。

【0045】

図4を参照すれば、本発明に係る窒化物半導体発光素子の第2実施形態は、基板201、バッファ層203、In-doped GaN層205、AlGaIn/GaN/n-GaN超格子層407、low-mole In-doped GaN層、またはlow-mole InGaIn層209、活性層211、p-GaN層213、n-InGaIn層215が含まれる。

40

【0046】

前述する第2実施形態は、前記第1実施形態に比べてAlGaIn/GaN/n-GaN超格子層407に差があり、他の部分に対しては同一であるので、以下ではこれに対してのみ説明を追加し、他の部分に対しては第1実施形態に提示される説明を援用する。

【0047】

第2実施形態に適用された第1電極接触層の構造は、シリコンが多量ドーピングされたn-GaN層とAlGaIn層の界面で不連続的なバンドギャップ差を大きくするために、同一なAl組成と厚みで、n-GaN層間に10~200範囲内の厚みを有するドーピングされていないGaN層(undoped-GaN層)を挿入した点にその特徴がある

50

。より好ましくは、ドーピングされていないGaN層の厚みは、100 未満に提供されることができ、このようにすることで、2次元電子井戸層のポテンシャルがより増加する長所が得られる。

【0048】

ただし、第1電極接触層に100 未満のドーピングされていないGaN層が挿入されることによって、動作電圧が増加される傾向をもたらすことができる。このような原因は、シリコンがドーピングされた固定されたn-GaN層が250 位に薄いこと、シリコンのドーピング効率が減少されるためである。このような問題を解決するために、n-GaN層のシリコンドーピング濃度を増加させたり、その厚みを300~500 範囲内で増加させる成長方法が提供されることができ、この際、n-GaN層にドーピングされるシリコンの濃度は、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 範囲内で形成されることができ、

10

【0049】

本発明に係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が向上し、光出力及び信頼性が向上する長所がある。

【0050】

詳細には、従来の窒化物半導体発光素子において、第1電極接触層であるn-GaN層を6μm厚み以下に $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以上多量ドーピングする場合(heavily doped)、SiH₄またはSi₂H₆のようなドーピング原の注入流量によってシリコンドーピング濃度が線形的に増加する関係を持っている。したがって、2μm以上に増加される場合、ドーピングされたシリコンにより莫大な量のストレーン(strain)を受けてn-GaN層自体に対してクラック(crack)が発生する問題点を持っている。また、n-GaN層のシリコン濃度が増加されるほど、表面自体の粗い(roughness)、形態(shape)及びストレスが異なるために、その上に形成される活性層も影響を受けて、結局光出力が減少する結果をもたらす。

20

【0051】

しかしながら、本発明に係る窒化物半導体発光素子によれば、第1電極接触層としてAlGaN/GaN超格子層を形成させることによって、一周期が250~500 範囲内でその周期を続けて反復成長して、その全厚みが1~2μm範囲に成長される場合にも信頼性を確保することができる長所がある。

30

【0052】

また、本発明に係る窒化物半導体発光素子で採用されたAlGaN/GaN超格子層は相対的に低いドーピング濃度により2次元電子井戸層の効果を利用して高い電子移動度及び均一な電流拡散を得ることができ、またAlGaN/GaN超格子層自体によって基板から発光素子の表面まで伝播される'threading dislocation'のような結晶欠陥を中間で相対的に抑制して、その進行方向を変わるようにする遮断層として作用できる長所がある。

【0053】

また、本発明に係る窒化物半導体発光素子によれば、ITOのような透過性酸化物電極適用時、優れる電流拡散(current spreading)及び透過度特性によって光出力を極大化させることができ、ITO透過酸化物より熱的、構造的、電気的特性が優れるIZO(In-ZnO)、GZO(Ga-ZnO)、AZO(Al-ZnO)、IGZO(In-Ga-ZnO)、AGZO(Al-Ga-ZnO)などのようなZnO系列の物質を適用させることができるので、より向上する光出力及び動作信頼性を確保することができる長所がある。

40

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】従来の窒化物半導体発光素子の断面図である。

【図2】本発明に係る窒化物半導体発光素子の第1実施形態の積層構造の断面図である。

【図3】本発明に係る窒化物半導体発光素子の信頼性テスト結果を説明するための図であ

50

る。

【図4】本発明に係る窒化物半導体発光素子の第2実施形態の積層構造の断面図である。

【符号の説明】

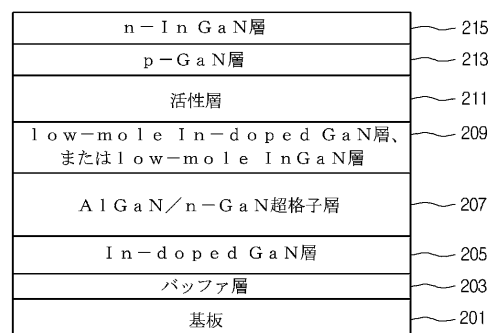
【0055】

201 基板、203 バッファ層、205 In-doped GaN層、207 AlGaIn/n-GaN超格子層、209 low-mole In-doped GaN層、またはlow-mole InGaIn層、211 活性層、213 p-GaN層、215 n-InGaIn層

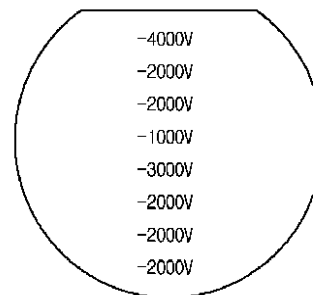
【図1】



【図2】

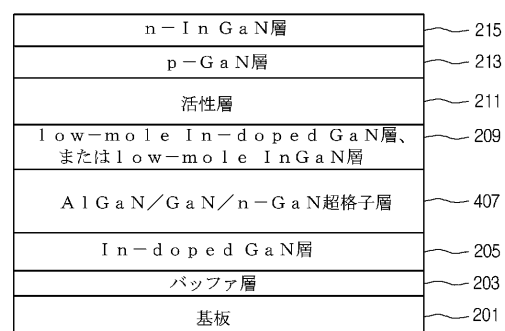


【図3】





[Fig. 3]

【図4】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/KR2005/004119
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) IPC 8 H01L H01S		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean Patents and applications for inventions since 1975 Korean Utility models and applications for Utility models since 1975 Japanese Utility models and application for Utility models since 1975		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) e-KIPASS : "superlattice", "clad", "AlGaIn", "nnp"		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2004/017431 A1 (LG INNOTEK CO., LTD.) 26 FEBRUARY 2004 see the abstract, full text, figures 1-3	23, 26-30 1-22, 24-25, 31
Y A	JP 9-232629 A (TOSHIBA CORP.) 5 SEPTEMBER 1997 see the abstract, [0022]-[0023], figures 1-8	23, 26-30 1-22, 24-25, 31
A	WO 98/31055 A1 (NICHIA CHEMICAL INDUSTRIES LTD.) 16 JULY 1998 see the whole documents	1-31
A	JP 5-110139 A (NICHIA CHEMICAL INDUSTRIES LTD.) 30 APRIL 1993 see the abstract, claim 1, figure 1	1-31
A	KR 2002-0079659 A (EPIVALLEY CO., LTD.) 19 OCTOBER 2002 see the abstract, claims 1, 3-7, figures 3-5	1-22, 24-25
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "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 "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 "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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 07 MARCH 2006 (07.03.2006)		Date of mailing of the international search report 07 MARCH 2006 (07.03.2006)
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 KIM, Dong Yup Telephone No. 82-42-481-5749 

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2005/004119

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2004/017431 A1	26.02.2004	AU 2003257717 AA CN 1659715A KR 1020040016723 A KR 0497890 B	03.03.2004 24.08.2005 25.02.2004 29.06.2005
JP 9-232629 A	05.09.1997	NONE	
WO 98/31055 A1	16.07.1998	AU 199853420 B2 AU 5342098 A1 AU 738480 B2 CA 2276335 AA CN 1249853 A EP 1017113 A1 EP 1017113 A4 JP 10335757 A JP 11177175 A JP 15017746 A JP 15101154 A JP 15101160 A JP 3374737 B JP 3478090 B KR 1020000069995 A KR 1020017014993 A KR 1020037007078 A KR 1020040000511 A KR 1020040004452 A KR 1020040004715 A KR 1020040014562 A KR 1020040062684 A KR 1020050085953 A KR 1020050085954 A US 20040004223 A1 US 2005121679 A1 US 2005127394 A1 US 6172382 BA US 6677619 BA US 6849864 BB	03.08.1998 03.08.1998 20.09.2001 16.07.1998 05.04.2000 05.07.2000 20.04.2005 18.12.1998 02.07.1999 17.01.2003 04.04.2003 04.04.2003 10.02.2003 10.12.2003 25.11.2000 23.11.2001 27.05.2003 03.01.2004 13.01.2004 13.01.2004 14.02.2004 07.07.2004 29.08.2005 29.08.2005 08.01.2004 09.06.2005 16.06.2005 09.01.2001 13.01.2004 01.02.2005
JP 5-110139 A	30.04.1993	NONE	
KR 2002-0079659 A	19.10.2002	KR 0497127 B	28.06.2005

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, KN, KP, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, 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