

(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2008-166399

(P2008-166399A)

(43) 公開日 平成20年7月17日(2008.7.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/205 (2006.01)	HO 1 L 21/205	5 F O 4 1
HO 1 L 33/00 (2006.01)	HO 1 L 33/00	B 5 F O 4 5

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2006-352602 (P2006-352602)	(71) 出願人	000005120 日立電線株式会社 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
(22) 出願日	平成18年12月27日(2006.12.27)	(74) 代理人	100090136 弁理士 油井 透
		(72) 発明者	谷 毅彦 東京都千代田区外神田四丁目14番1号 日立電線株式会社内
		(72) 発明者	今野 泰一郎 東京都千代田区外神田四丁目14番1号 日立電線株式会社内
		(72) 発明者	古屋 貴士 東京都千代田区外神田四丁目14番1号 日立電線株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子、発光素子用エピタキシャルウェハ及びその製造方法

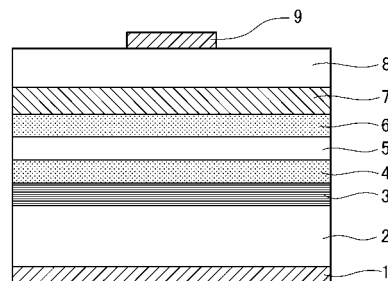
(57) 【要約】

【課題】高輝度、高寿命の発光素子、発光素子用エピタキシャルウェハ及びその製造方法を提供する。

【解決手段】基板(2)上に、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$; 但し混晶比 x 、 y が各層で異なる場合を含む) からなるn型クラッド層(4)、活性層(5)、p型クラッド層(6)及びp型介在層(7)と、p型窓層(8)とを有し、p型窓層(8)上の一部に表面電極(9)が形成されていると共に、基板(2)の裏面に裏面電極(1)が形成されている

発光素子において、p型介在層(7)に、p型ドーパントとn型ドーパントとがドーピングされている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に、n型クラッド層と、活性層と、p型クラッド層と、p型介在層と、p型窓層とを備えたAlGaInP系の発光素子用エピタキシャルウェハにおいて、

前記p型介在層に、p型ドーパントとn型ドーパントとがドーピングされていることを特徴とする発光素子用エピタキシャルウェハ。

【請求項 2】

前記介在層の前記p型ドーパントが、Mg、Zn、Cのうちいずれか一つ、又二つ以上の組み合わせであることを特徴とする請求項1に記載の発光素子用エピタキシャルウェハ。

10

【請求項 3】

前記介在層の前記n型ドーパントが、S、Si、Se、Teのうちいずれか一つ、又は二つ以上の組み合わせであることを特徴とする請求項1又は2に記載の発光素子用エピタキシャルウェハ。

【請求項 4】

前記n型ドーパントの濃度が、前記p型ドーパントの濃度の0.1%以上140%未満であることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の発光素子用エピタキシャルウェハ。

【請求項 5】

前記基板と前記n型クラッド層との間に、反射層が設けられていることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の発光素子用エピタキシャルウェハ。

20

【請求項 6】

前記反射層が、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$) からなる第1層と $Al_zGa_{1-z}As$ ($0 < z < 1$) からなる第2層とを交互に積層したもの、又は $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 < x < 1$) からなる第1層と $Al_zGa_{1-z}As$ ($0 < z < 1$) からなる第2層とを交互に積層したものであることを特徴とする請求項5に記載の発光素子用エピタキシャルウェハ。

【請求項 7】

基板上に、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$; 但し混晶比 x 、 y が各層で異なる場合を含む) からなるn型クラッド層、活性層、p型クラッド層及びp型介在層と、p型窓層とを有し、前記p型窓層上の一部に表面電極が形成されていると共に、前記基板の裏面に裏面電極が形成されている発光素子において、

30

前記p型介在層に、p型ドーパントとn型ドーパントとがドーピングされていることを特徴とする発光素子。

【請求項 8】

前記介在層の前記p型ドーパントが、Mg、Zn、Cのうちいずれか一つ、又二つ以上の組み合わせであり、且つ前記介在層の前記n型ドーパントが、S、Si、Se、Teのうちいずれか一つ、又は二つ以上の組み合わせであると共に、前記n型ドーパントの濃度が、前記p型ドーパントの濃度の0.1%以上140%未満であることを特徴とする請求項7に記載の発光素子。

40

【請求項 9】

基板上に、必要とするIII族原料ガス、V族原料ガス、ドーパント原料ガス及びキャリアガスを供給して、n型クラッド層、活性層、p型クラッド層、p型介在層、p型窓層をエピタキシャル成長させるAlGaInP系の発光素子用エピタキシャルウェハの製造方法において、

前記p型介在層の成長時に、前記ドーパント原料ガスとしてp型ドーパント原料ガス及びn型ドーパント原料ガスを供給して、前記p型介在層にp型ドーパントとn型ドーパントとの両方をドーピングすることを特徴とする発光素子用エピタキシャルウェハの製造方法。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、高寿命化が図れる発光素子、発光素子用エピタキシャルウェハ及びその製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来のAlGaInP系の発光ダイオード(LED)において、高輝度の発光を得る手段として、クラッド層の上に、発光部からの発光を効率的に外部へ取り出すための窓層を配置する技術が知られている。窓層は発光に対して透明な、禁制帯幅の大きな半導体材料から構成する必要があり、GaPやAlGaAsが用いられている。

10

【0003】

発光ダイオードの窓層としては、光の取り出し効率及び劣化しやすさの観点で考えると、AlGaAs層(Al組成0.6以上)よりも、バンドギャップが大きく且つ酸化され難いGaP層の方が適している。

【0004】

しかしながら、GaP窓層には次のような問題がある。

p型GaP窓層とp型AlGaInPクラッド層とでは、電子親和力の差(バンド不連続)に起因して、ヘテロ界面に大きな電位障壁が発生する。この電位障壁は、発光ダイオード通電時に、p型GaP窓層からp型AlGaInPクラッド層への正孔の移動を妨げる要因になる。その結果、発光ダイオードの順方向電圧(動作電圧:20mA通電時の電圧)が高くなってしまふ。一般に順方向電圧が高い発光ダイオードは信頼性が低い。

20

【0005】

そこで、p型GaP窓層を用いた発光ダイオードにおいて、上記電位障壁を小さくし、順方向電圧を低減させるために、p型AlGaInPクラッド層とp型GaP窓層との間に、バンドギャップエネルギーがp型クラッド層よりも小さい材料からなる介在層を設けると共に、トンネル効果によりキャリアを通すために、介在層に多量のp型ドーパントをドーピングする方法が提案されている(例えば、特許文献1参照)。

【0006】

【特許文献1】特開2000-312030号公報

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上述した介在層を設けた構造の発光ダイオードにあつては、通電中に介在層中のp型ドーパントが拡散し、次第に順方向電圧が高くなってしまふという課題があった。

【0008】

本発明は、上記課題を解決し、高寿命化が図れる発光素子、発光素子用エピタキシャルウェハ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】

40

本発明者らは上記課題を解決すべく、鋭意努力し検討した結果、p型介在層中にp型ドーパントだけでなくn型ドーパントもドーピングすると、p型ドーパントの拡散が抑止されることを見出した。かかる知見に基づき、本発明は、次のように構成されている。

【0010】

本発明の第1の態様は、基板上に、n型クラッド層と、活性層と、p型クラッド層と、p型介在層と、p型窓層とを備えたAlGaInP系の発光素子用エピタキシャルウェハにおいて、前記p型介在層に、p型ドーパントとn型ドーパントとがドーピングされていることを特徴とする発光素子用エピタキシャルウェハである。

【0011】

第2の態様は、第1の態様において、前記介在層の前記p型ドーパントが、Mg、Zn

50

、Cのうちいずれか一つ、又二つ以上の組み合わせであることを特徴とする発光素子用エピタキシャルウェハである。

【0012】

第3の態様は、第1又は第2の態様において、前記介在層の前記n型ドーパントが、S、Si、Se、Teのうちいずれか一つ、又は二つ以上の組み合わせであることを特徴とする発光素子用エピタキシャルウェハである。

【0013】

第4の態様は、第1～第3の態様のいずれかの態様において、前記n型ドーパントの濃度が、前記p型ドーパントの濃度の0.1%以上140%未満であることを特徴とする発光素子用エピタキシャルウェハである。

10

【0014】

第5の態様は、第1～第4の態様のいずれかの態様において、前記基板と前記n型クラッド層との間に、反射層が設けられていることを特徴とする発光素子用エピタキシャルウェハである。

【0015】

第6の態様は、第5の態様において、前記反射層が、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P(0 < x < 1, 0 < y < 1)$ からなる第1層と $Al_zGa_{1-z}As(0 < z < 1)$ からなる第2層とを交互に積層したもの、又は $Al_xGa_{1-x}As(0 < x < 1)$ からなる第1層と $Al_zGa_{1-z}As(0 < z < 1)$ からなる第2層とを交互に積層したものであることを特徴とする発光素子用エピタキシャルウェハである。

20

【0016】

第7の態様は、基板上に、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P(0 < x < 1, 0 < y < 1)$ ；但し混晶比 x, y が各層で異なる場合を含む)からなるn型クラッド層、活性層、p型クラッド層及びp型介在層と、p型窓層とを有し、前記p型窓層上の一部に表面電極が形成されていると共に、前記基板の裏面に裏面電極が形成されている発光素子において、前記p型介在層に、p型ドーパントとn型ドーパントとがドーピングされていることを特徴とする発光素子である。

【0017】

第8の態様は、第7の態様において、前記介在層の前記p型ドーパントが、Mg、Zn、Cのうちいずれか一つ、又二つ以上の組み合わせであり、且つ前記介在層の前記n型ドーパントが、S、Si、Se、Teのうちいずれか一つ、又は二つ以上の組み合わせであると共に、前記n型ドーパントの濃度が、前記p型ドーパントの濃度の0.1%以上140%未満であることを特徴とする発光素子である。

30

【0018】

第9の態様は、基板上に、必要とするIII族原料ガス、V族原料ガス、ドーパント原料ガス及びキャリアガスを供給して、n型クラッド層、活性層、p型クラッド層、p型介在層、p型窓層をエピタキシャル成長させるAlGaInP系の発光素子用エピタキシャルウェハの製造方法において、前記p型介在層の成長時に、前記ドーパント原料ガスとしてp型ドーパント原料ガス及びn型ドーパント原料ガスを供給して、前記p型介在層にp型ドーパントとn型ドーパントとの両方をドーピングすることを特徴とする発光素子用エピタキシャルウェハの製造方法である。

40

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、p型介在層中のp型ドーパントの拡散をn型ドーパントによって抑止でき、長期信頼性のある発光素子を歩留まり良く作製することが可能となる。また、発光素子用エピタキシャルウェハ、発光素子の製造には、特別な装置・構造の付加等は必要なく、従来装置で製造でき、実用性が高い。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明に係る発光素子、発光素子用エピタキシャルウェハの実施形態を説明する

50

。

図1は、実施形態に係るAlGaInP系の発光ダイオードの概略構造を示す断面図である。この発光ダイオードは、基板2上に、反射層3、n型クラッド層4、活性層5、p型クラッド層6、p型介在層7、p型窓層8が結晶成長された発光ダイオード用エピタキシャルウェハに対し、p型窓層8上の一部に表面電極9が、基板2の裏面に裏面電極1がそれぞれ形成された後、所定の大きさのチップに切り出されたものである。

【0021】

基板2は、n型GaAs基板であるが、Si基板を用いてもよい。

反射層3は、活性層5からの発光を活性層5側に反射する層で、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 < x < 1$, $0 < y < 1$) からなる第1層と $Al_zGa_{1-z}As$ ($0 < z < 1$) からなる第2層とを交互に積層した分布ブラッグ反射層、又は $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 < x < 1$) からなる第1層と $Al_zGa_{1-z}As$ ($0 < z < 1$) からなる第2層とを交互に積層した分布ブラッグ反射層が好ましい。なお、金属反射膜の反射層としてもよい。また、反射層3に替えてバッファ層を設けてもよい。

10

【0022】

n型クラッド層4、活性層5、p型クラッド層6およびp型介在層7は、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 < x < 1$, $0 < y < 1$) 層からなる。ただし、層4~7の混晶比 x , y は、各層4~7の全部又は一部で異なってもよく、発光効率などを考慮して設定される。

【0023】

p型介在層7は、p型クラッド層6とp型窓層8のヘテロ界面における電位障壁を低減するための層であり、p型クラッド層6よりもバンドギャップが小さい。p型介在層7には、p型ドーパントとn型ドーパントとがそれぞれ均一にドーピングされている。

p型介在層7のp型ドーパントとしては、Mg、Zn、Cのうちいずれか一つ、又二つ以上の組み合わせたものを用い、p型介在層7のn型ドーパントとしては、S、Si、Se、Teのうちいずれか一つ、又は二つ以上の組み合わせたものを用いるのがよい。

20

【0024】

p型介在層7に、p型ドーパントだけでなくn型ドーパントも一緒にドーピングすると、p型介在層7中のp型ドーパントの拡散が抑止される。n型ドーパントの量が少ないと、p型ドーパントの拡散の抑止効果が十分に得られない。一方、n型ドーパントの量を多くし過ぎると、p型介在層7がn型となり、p型窓層8 - n型介在層 - p型クラッド層6で、p-n-p接合が形成されてサイリスタ現象を引き起こし、発光ダイオードの順方向電圧を悪化させてしまう。そこで、最適なn型ドーパント量を検討した結果、p型ドーパントに対して、n型ドーパントを0.1%以上をドーピングすることにより、長期に亘って順方向電圧を改善できることがわかった。また、n型ドーパントを140%以上ドーピングすると、p-n-p接合が発生し順方向電圧が悪化することがわかった。従って、p型介在層7中のn型ドーパントの濃度は、p型ドーパントの濃度の0.1%以上140%未満であるのが好ましい。

30

【0025】

p型窓層8は、光の透過率および劣化し難さから、p型GaP層が好ましいが、AlGaAsなど他の材料を用いても良い。

40

【0026】

なお、p型窓層8と表面電極9との間にコンタクト層を設けたり、あるいは、格子不整合を緩和するために組成比を層厚方向に変化させたグレーデッド層に変更したり、不純物の拡散防止のバッファ層を適宜箇所に設けたりしても勿論よい。

また、上記実施形態では、発光ダイオード及び発光ダイオード用エピタキシャルウェハについて説明したが、本発明は半導体レーザ及び半導体レーザ用エピタキシャルウェハにも適用可能である。

【実施例】

【0027】

50

次に、本発明の具体的な実施例を説明する。以下に述べる実施例 1 ~ 実施例 5 の発光ダイオードは、図 1 に示す上記実施形態の発光ダイオードと同一の層構造のものであり、図 1 を用いて実施例を説明する。

【0028】

(実施例 1)

図 1 に示すように、発光ダイオード用エピタキシャルウェハは、n 型 GaAs 基板 2 上に、n 型 GaAs 層と n 型 AlInP 層とを交互に各々 20 層ずつ積層した 20 ペアからなる分布ブラッグ反射層 3 と、n 型 AlGaInP クラッド層 4 と、アンドープ AlGaInP 活性層 5 と、p 型 AlGaInP クラッド層 6 と、p 型 AlGaInP 介在層 7 と、p 型 GaP 窓層 8 とがエピタキシャル成長されたものである。

10

【0029】

この発光ダイオード用エピタキシャルウェハを、有機金属気相成長法 (MOVPE 法) を用いて作製した。

n 型ドーパントには Te を、p 型ドーパントには Mg を用いた。Te ドーパント原料にはジエチルテルル (DETe) を用い、Mg ドーパント原料にはビスペンタジエニルマグネシウム (Cp_2Mg) を用いた。また、III 族原料としてはトリメチルガリウム (TMG)、トリメチルアルミニウム (TMA)、トリメチルインジウム (TMI) を用い、V 族原料としてはフォスフィン (PH_3)、アルシン (AsH_3) を用いた。

【0030】

MOVPE 装置に n 型 GaAs 基板 2 を設置し、加熱された n 型 GaAs 基板 2 上に、必要とする III 族原料ガス、V 族原料ガス、ドーパント原料ガス及びキャリアガスを供給して、まず、n 型 GaAs 層と n 型 AlInP 層とを交互に積層した 20 ペアからなる分布ブラッグ反射層 3 を形成した。この時の n 型 GaAs 層の成長条件は、膜厚 40.0 nm、キャリア濃度 $5.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、且つ成長速度 3.0 nm/sec であり、n 型 AlInP 層の成長条件は、膜厚 49.5 nm、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、且つ成長速度 0.5 nm/sec である。

20

更に、分布ブラッグ反射層 3 の上に、厚さ 0.5 μm 、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の n 型 AlGaInP クラッド層 4 と、厚さ 0.5 μm のアンドープ AlGaInP 活性層 5 と、厚さ 0.5 μm 、キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の p 型 AlGaInP クラッド層 6 と、厚さ 30 nm で p 型ドーパントおよび n 型ドーパントの p 型 AlGaInP 介在層 7 と、厚さ 10 μm でドーパント濃度 $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の p 型 GaP 窓層 8 を順次、エピタキシャル成長させた。

30

【0031】

この実施例 1 では、p 型 AlGaInP 介在層 7 中の n 型ドーパント濃度の適切な範囲を調べるために、n 型ドーパント濃度を変えた発光ダイオード用エピタキシャルウェハを複数作製した。すなわち、p 型ドーパント濃度を全て $5 \times 10^{18} [\text{atoms} / \text{cm}^3]$ とし、この p 型ドーパント濃度に対して n 型ドーパント濃度を 0 (p 型ドーパントのみ)、 5×10^{15} (p 型ドーパント濃度の 0.1%)、 5×10^{16} 、 5×10^{17} 、 5×10^{18} 、 7×10^{18} (p 型ドーパント濃度の 140%)、 $1 \times 10^{19} [\text{atoms} / \text{cm}^3]$ と変えた 7 種類の発光ダイオード用エピタキシャルウェハを作製した。これら発光ダイオード用エピタキシャルウェハのドーパント濃度は、SIMS 測定法により求めた。

40

これら発光ダイオード用エピタキシャルウェハに、フォトリソグラフィを用いて表面電極 9 および裏面電極 1 を形成し、ダイシングによって 300 μm 角のチップに切り出した (図 1)。そして、このチップをステム上に Ag ペーストで固定した後、ワイヤボンディングにより金線でチップ上の表面電極 9 に接続して、発光ダイオードを作製した。

【0032】

これら発光ダイオードに 50 mA の電流を連続して 168 時間通電した後、20 mA 通電時の順方向電圧を測定した。その結果、n 型ドーパント濃度を 5×10^{15} 、 5×10^{16} 、 5×10^{17} 、 $5 \times 10^{18} [\text{atoms} / \text{cm}^3]$ としたものは、いずれも順電圧が 1.95 ~ 2.00 V と良好な特性を示したが、0、 7×10^{18} 、 $1 \times 10^{19} [\text{atoms}$

50

/ cm^3]としたものについては、それぞれ 2.5 V、2.20 V、2.23 V と急激に順方向電圧は高くなり、順電圧特性が悪化した。よって、n 型ドーパント濃度を p 型ドーパント濃度の 0.1 % 以上 140 % 未満とすることが望ましい。

【0033】

(実施例 2)

上記実施例 1 において、p 型ドーパントの Mg を Zn に変更し、その他は変更せずに実施例 1 と同様の実験を行った。その結果、実施例 1 と同様の結果が得られた。(実施例 3)

上記実施例 1 において、p 型ドーパントの Mg を Zn に変更し、かつ n 型ドーパントの Te を Se に変更し、その他は変更せずに実施例 1 と同様の実験を行った。その結果、実施例 1 と同様の結果が確認された。

10

(実施例 4)

上記実施例 1 において、n 型ドーパントの Te を Se に変更し、その他は変更せずに実施例 1 と同様の実験を行った。その結果、実施例 1 と同様の結果が得られた。

(実施例 5)

上記実施例 1 において、n 型ドーパントの Te を Si に変更し、その他は変更せずに実施例 1 と同様の実験を行った。その結果、実施例 1 と同様の結果が確認された。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図 1】本発明の実施態様及び実施例における発光ダイオードの概略構造を示す断面図である。

20

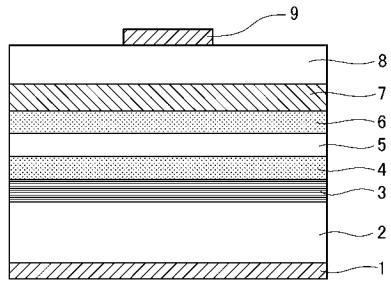
【符号の説明】

【0035】

- 1 裏面電極
- 2 基板 (n 型 GaAs 基板)
- 3 反射層 (分布ブラッグ反射層)
- 4 n 型クラッド層 (n 型 AlGaInP クラッド層)
- 5 活性層 (アンドープ AlGaInP 活性層)
- 6 p 型クラッド層 (p 型 AlGaInP クラッド層)
- 7 p 型介在層 (p 型 AlGaInP 介在層)
- 8 p 型窓層 (p 型 GaP 窓層)
- 9 表面電極

30

【 図 1 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F041 AA04 AA43 CA34 CA53 CA56 CA57 CA67
5F045 AA04 AB12 AB17 AC08 AC19 CA10 DA53 DA64