

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3668031号  
(P3668031)

(45) 発行日 平成17年7月6日(2005.7.6)

(24) 登録日 平成17年4月15日(2005.4.15)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

H O 1 L 33/00

H O 1 L 33/00 C

H O 1 S 5/323

H O 1 S 5/323 6 1 0

請求項の数 7 (全 7 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平11-22181                  (22) 出願日 平成11年1月29日(1999.1.29)                  (65) 公開番号 特開2000-223743(P2000-223743A)                  (43) 公開日 平成12年8月11日(2000.8.11)                  審査請求日 平成13年4月18日(2001.4.18)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000001889                  三洋電機株式会社                  大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号                  (74) 代理人 100111383                  弁理士 芝野 正雅                  (72) 発明者 大保 広樹                  大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号                  三洋電機株式会社内                  (72) 発明者 林 伸彦                  大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号                  三洋電機株式会社内</p> <p>審査官 近藤 幸浩</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】窒化物系半導体発光素子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

C面に対して $0.03^\circ$ 以上、 $10^\circ$ 以下の角度で傾斜しているGa<sub>2</sub>N基板の上面に、窒化物半導体からなる厚みが $0.5\mu\text{m}$ 以上のバッファ層を900以上、1200以下の温度で成長させ、該バッファ層上に窒化物半導体からなる発光層を成長させ、該発光層上にp-コンタクト層を形成することにより、該p-コンタクト層表面の格子欠陥密度を $1.0 \times 10^6 / \text{cm}^2$ 以下とすると共に、表面の格子欠陥密度が $1.0 \times 10^6 / \text{cm}^2$ 以下とされた前記p-コンタクト層上にp-電極を形成することを特徴とする窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項2】

前記基板の上面の傾斜角度が、 $0.05^\circ$ 以上であることを特徴とする請求項1記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項3】

前記バッファ層の厚みが、 $1\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項1又は2記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項4】

前記基板の上面の傾斜角度が、 $0.5^\circ$ 以下であることを特徴とする請求項1、2又は3記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項5】

前記バッファ層のキャリア濃度が、 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 以下であることを特徴とする

請求項 1、2、3 又は 4 記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項 6】

前記バッファ層のキャリア濃度が、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$  以下であることを特徴とする請求項 5 記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項 7】

前記基板の上面の傾斜角度が、 $1^\circ$  以下であることを特徴とする請求項 6 記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は GaN 等の窒化物系の半導体材料よりなる半導体レーザ、発光ダイオード等の窒化物系半導体発光素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、この種の窒化物系の半導体発光素子では、基板としてサファイア基板が用いられている。しかしながら、サファイア基板は、その形成される窒化物系の半導体層との格子不整合率が大きいため、サファイア基板上に  $500 \sim 600$  の低温で第 1 のバッファ層を形成した後、 $900 \sim 1200$  の高温で第 2 のバッファ層を成長させ、その上に発光層等の窒化物系半導体層を形成する必要があった。

【0003】

このため、最近、GaN 基板上に直接  $900 \sim 1200$  の高温でバッファ層を形成し、その上にクラッド層、活性層等の発光層を形成する方法が、研究され提案されている。

【0004】

しかしながら、単に GaN 基板上に高温でバッファ層を形成しただけでは、その上の形成される発光層の結晶性は満足できるものではなく、発光素子を長時間使用した場合、発光特性が劣化するという問題がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は上記従来例の欠点に鑑み為されたものであり、GaN 基板上に形成される窒化物系発光層の結晶性が良く、長時間使用した場合においても、発光特性が劣化するのを抑えた窒化物系半導体発光素子の製造方法を提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の窒化物系半導体発光素子の製造方法は、C 面に対して  $0.03^\circ$  以上、 $10^\circ$  以下の角度で傾斜している GaN 基板の上面に、窒化物半導体からなる厚みが  $0.5 \mu\text{m}$  以上のバッファ層を  $900$  以上、 $1200$  以下の温度で成長させ、該バッファ層上に窒化物半導体からなる発光層を成長させ、該発光層上に p - コンタクト層を形成することにより、該 p - コンタクト層表面の格子欠陥密度を  $1.0 \times 10^6 / \text{cm}^2$  以下とすると共に、表面の格子欠陥密度が  $1.0 \times 10^6 / \text{cm}^2$  以下とされた前記 p - コンタクト層上に p - 電極を形成することを特徴とする。

【0008】

これにより製造された半導体発光素子では、基板の上面に形成される半導体発光素子の上面に形成される p - コンタクト層表面の格子欠陥密度を  $1.0 \times 10^6 / \text{cm}^2$  以下とするので、寿命が長くなる。

【0009】

特に、前記基板の上面の傾斜角度が、 $0.03^\circ$  以上、 $10^\circ$  以下であれば、上述の格子欠陥の減少が明らかに現われ、しかも傾斜させたために生じるステップ状の段差による悪影響が抑えられる。

【0010】

更に、前記基板の上面の傾斜角度が、 $0.05^\circ$  以上であれば、上述の格子欠陥の減少が

10

20

30

40

50

顕著に現れる。

【0012】

前記バッファ層の厚みが、 $0.5 \mu\text{m}$ 以上であれば、上述の格子欠陥の減少が一層顕著に現れる。

【0013】

特に、前記バッファ層の厚みが、 $1 \mu\text{m}$ 以上であれば、上述の格子欠陥の減少がより一層顕著に現れる。

【0014】

この場合、前記基板の上面の傾斜角度が、 $0.5^\circ$ 以下であれば、上述の格子欠陥の減少は十分に得られる。

10

【0015】

また、前記バッファ層のキャリア濃度が、 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 以下であれば、上述の格子欠陥の減少が一層顕著に現れる。

【0016】

特に、前記バッファ層のキャリア濃度が、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以下であれば、上述の格子欠陥の減少がより一層顕著に現れる。

【0017】

この場合、前記基板の上面の傾斜角度が、 $1^\circ$ 以下であれば、上述の格子欠陥の減少は十分に得られる。

【0021】

20

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0022】

先ず、図1に示すように、 $n\text{-Ga}\text{N}$ からなる基板1のC面から所定角度 傾斜した面上に、MOCVD法によりSiドープの $n\text{-Ga}\text{N}$ からなるバッファ層2を形成した。尚、この時の成長温度は $1050$  である。

その上にSiドープの $n\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなる厚さ $0.8 \mu\text{m}$ の $n\text{-クラッド層}$ 3、多重量子井戸構造の活性層4、Mgドープの $p\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなる厚さ $0.8 \mu\text{m}$ の $p\text{-クラッド層}$ 5、Mgドープの $p\text{-Ga}\text{N}$ からなる厚さ $0.1 \mu\text{m}$ の $p\text{-コンタクト層}$ 6をMOCVD法により順に形成し、更に、 $\text{Ga}\text{N}$ 基板1の下面には $n\text{-電極}$ 7を形成し、 $p\text{-コンタクト層}$ 6上に $p\text{-電極}$ 8を形成することにより発光ダイオードを作成した。

30

【0023】

バッファ層2は厚さ $1 \mu\text{m}$ 、Siドープのキャリア濃度が $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ である。

【0024】

また、活性層4は、 $\text{Ga}\text{N}$ からなる厚さ $0.1 \mu\text{m}$ の一对の光ガイド層の間に、 $\text{In}_{0.02}\text{Ga}_{0.98}\text{N}$ からなる厚さ $60$  の障壁層と、 $\text{In}_{0.10}\text{Ga}_{0.90}\text{N}$ からなる厚さ $30$  の井戸層とが交互に形成された多重量子井戸構造である。尚、障壁層の層数は4層、井戸層の層数は3層であり、両側の層は障壁層である。

【0025】

40

尚、基板1の上面を所定角度だけ傾斜させる方法としては、例えば、予め基板上面をC面に形成した後、ラッピング装置等を用いてC面に対して斜め方向に研磨を施す方法が採用可能である。また、基板ウエハを切断形成する際に、基板上面をC面に対して傾斜させることも考えられる。

【0026】

図2は、図1に示した構成の発光ダイオードにおいて、傾斜角度 を変化させた場合における $p\text{-コンタクト層}$ 6表面の格子欠陥密度と、寿命との関係を示す図である。

【0027】

尚、バッファ層6表面の格子欠陥密度は、発光ダイオードを $\text{NaOH}$ または $\text{KOH}$ の溶液中に入れて $400$  で煮沸した後、電子走査線顕微鏡で $1 \text{cm}^2$ 当たりの欠陥の個数を数

50

えることにより求めた。また、寿命は、その各試料を70 の環境下で30mAの電流を流して連続動作させた場合において、発光強度が初期値より10%低下した時間である。

【0028】

この図2より判るように、GaNからなる基板の上面をC面から傾斜させ、その傾斜した上面上に形成された発光素子は、C面上に形成した発光素子(傾斜角度 = 0°)に比べ、p-コンタクト層6表面における格子欠陥密度は低下し、寿命が長くなる。尚、p-コンタクト層6表面における格子欠陥密度の低下は、基板1上に形成されるバッファ層2、n-クラッド層3、活性層4、p-クラッド層5の結晶性が良化したためであることは明らかである。

【0029】

特に、傾斜角度が0.03°以上になると、p-コンタクト層6表面の格子欠陥密度は急激に低下し、 $1.0 \times 10^6 / \text{cm}^2$ 以下となり、これに伴い寿命も大幅に長くなることが判る。

【0030】

尚、基板1のC面から傾斜した面上に窒化物層を成長させる場合、成長層の表面にステップ状の段差が生じ、このステップ状の段差は傾斜角度が大きくなる程、顕著に現れる。そして、例えば、半導体レーザを製造する場合、活性層に段差が生じ、共振器内の損失が大きくなる等の問題が生じる。このため、傾斜角度は10°以下にしておくことが好ましい。

【0031】

図3は、バッファ層2の厚みを0.1 $\mu\text{m}$ 、0.5 $\mu\text{m}$ 、1 $\mu\text{m}$ 、5 $\mu\text{m}$ 、10 $\mu\text{m}$ と変えた場合における、傾斜角度とp-コンタクト層6表面の格子欠陥密度を前述と同様に測定して、その結果を示した図である。

【0032】

この図3から判るように、バッファ層2は、0.1 $\mu\text{m}$ ~10 $\mu\text{m}$ の何れの厚みにおいても、基板上面がC面から傾斜すると、表面の格子欠陥密度は低下する。特に、バッファ層2の厚みが0.5 $\mu\text{m}$ 以上になると、格子欠陥密度の低下は大きく、その効果は傾斜角度が0.03°以上で急激に現れる。更に、傾斜角度が0.05°以上になると、バッファ層2の厚みに応じて格子欠陥密度が十分に低い値となる。

【0033】

また、バッファ層2の厚みが1 $\mu\text{m}$ 以上になると、上述した効果は一層顕著に現れる。また、バッファ層2の厚みが1 $\mu\text{m}$ 以上の場合、特に、傾斜角度が0.5°まで大きくなると、格子欠陥密度が $1 \times 10^5 / \text{cm}^2$ 程度に十分に小さくなり、傾斜角度がそれ以上に大きくなっても、格子欠陥密度の更なる低下は表われなかった。

【0034】

図4は、バッファ層2のSiドープのキャリア濃度を $1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ 、 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 、 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ と変えた場合における、傾斜角度とp-コンタクト層6表面の格子欠陥密度を前述と同様に測定して、その結果を示した図である。

【0035】

この図4から判るように、バッファ層2のキャリア濃度が $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ ~ $1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ の何れの場合においても、基板上面がC面から傾斜すると、p-コンタクト層6表面の格子欠陥密度は低下する。特に、バッファ層2のキャリア濃度が $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 以下になると、格子欠陥密度の低下は大きく、その効果は傾斜角度が0.03°以上で急激に現れる。更に、傾斜角度が0.05°以上になると、バッファ層2のキャリア濃度に応じて格子欠陥密度が十分に低い値となる。

【0036】

また、バッファ層2のキャリア濃度が $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以下になると、上述した効果は一層顕著に現れる。特に、バッファ層2のキャリア濃度が $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以下の場合、傾斜角度が1°まで大きくなると、格子欠陥密度が $1 \times 10^5 / \text{cm}^2$ 程度に十分に小

10

20

30

40

50

さくなり、傾斜角度 がそれ以上に大きくなっても、格子欠陥密度の更なる低下は表われなかった。

【0037】

本発明は、例えば、図5に示すようなリッジ導波型の半導体レーザ素子に用いることが可能である。

【0038】

図5において、11はGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>よりなる基板であり、基板11上にn-GaNからなるバッファ層12が形成され、その上にはn-InGa<sub>0.5</sub>Nからなるクラック防止層13、n-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなる厚さ第1クラッド層14、アンドープのi-InGa<sub>0.5</sub>Nからなる多重量子井戸構造の活性層15、p-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなる第2クラッド層16、p-GaNからなるp-コンタクト層17をMOCVD法により順に形成されている。第2クラッド層16の所定の深さまで除去されてストライプ状のリッジ部18が形成されている。基板11の下面にはn-電極19が、p-コンタクト層17の上にはp-電極20が形成されている。また、リッジ部18の側面から第2クラッド層16のエッチング除去された上面に亘って保護膜21が形成されている。

10

【0039】

この構成の半導体レーザにおいて、上述の図2～図4の結果に基づいて、基板1の上をC面から所定角度 傾斜させ、バッファ層12の厚み及びキャリア濃度を設定することにより、格子欠陥を減少させ、寿命を長くすることが出来る。

【0040】

尚、上述の図2～図4は、基板1の上の傾斜方向を<11-20>方向とした場合であるが、例えば<10-10>方向、<10-10>方向と<11-20>方向との間の方向等、他の方向に傾斜させた場合においても、略同様の結果が得られた。

20

【0041】

また、本発明は、セルフアライン構造等の他の半導体レーザは勿論のこと、半導体レーザ以外の他の半導体発光素子にも適用可能である。

【0042】

また、基板上に形成される窒化物系半導体層としても、上述した以外のものでも良く、II族元素として、Ga、或いはGaにAl、In、Bの少なくとも1つを含んでいれば良い。またV族元素としてN以外にPやAs等を少量含んでいても良い。

30

【0043】

【発明の効果】

本発明に依れば、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>基板の上に形成される窒化物系半導体層の結晶性が良く、長寿命化に適した窒化物系半導体発光素子を製造できる窒化物系半導体発光素子の製造方法を提供し得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を用いた発光ダイオードの構成を示す断面図である。

【図2】発光ダイオードのコンタクト層表面の格子欠陥密度及び寿命と基板上面の傾斜角度との関係を示す図である。

【図3】発光ダイオードのバッファ層の厚みによるコンタクト層表面の格子欠陥密度及と、基板上面の傾斜角度との関係を示す図である。

40

【図4】発光ダイオードのバッファ層のキャリア濃度によるコンタクト層表面の格子欠陥密度及と、基板上面の傾斜角度との関係を示す図である。

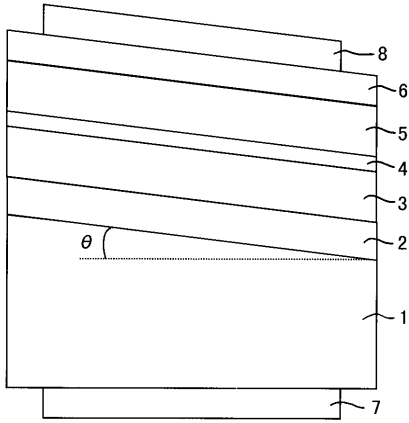
【図5】本発明を用いたリッジ導波型半導体レーザ素子の構成を示す断面図である。

【符号の説明】

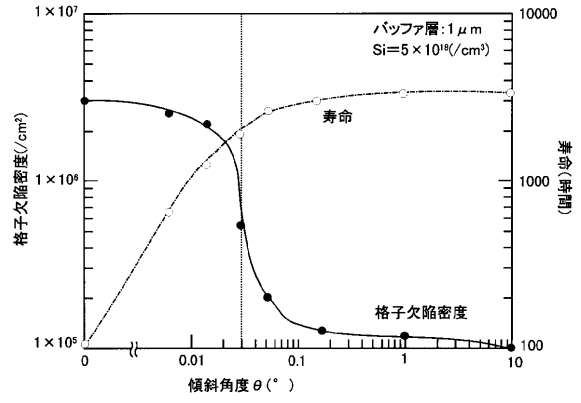
- 1、11 基板
- 2、12 バッファ層
- 3、14 n-クラッド層
- 4、15 活性層
- 5、16 pクラッド層

50

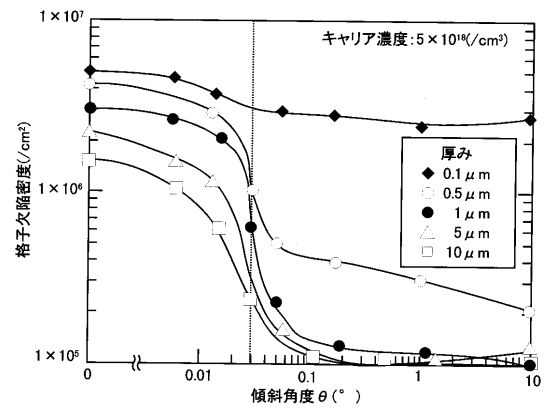
【図1】



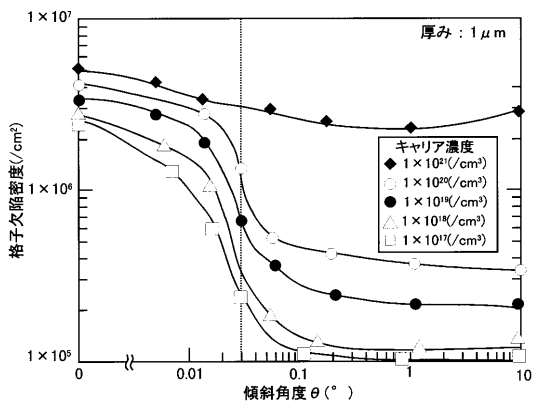
【図2】



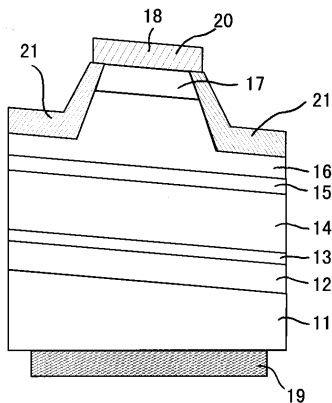
【図3】



【図4】



【図5】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭56-059699(JP,A)  
特開平07-201745(JP,A)  
特開平08-228041(JP,A)  
特開平10-190059(JP,A)  
特開平01-128423(JP,A)  
特開2000-216498(JP,A)  
特開平11-8439(JP,A)  
特開平9-148626(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

H01S 5/00 - 5/50

H01L 33/00

H01L 21/205