

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3898798号
(P3898798)

(45) 発行日 平成19年3月28日(2007.3.28)

(24) 登録日 平成19年1月5日(2007.1.5)

(51) Int.C1.

F 1

HO1L 33/00	(2006.01)	HO1L 33/00	C
HO1L 21/203	(2006.01)	HO1L 21/203	M
HO1L 21/205	(2006.01)	HO1L 21/205	
HO1S 5/323	(2006.01)	HO1S 5/323	61O

請求項の数 6 (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平9-136901

(22) 出願日

平成9年5月27日(1997.5.27)

(65) 公開番号

特開平10-335701

(43) 公開日

平成10年12月18日(1998.12.18)

審査請求日

平成16年5月27日(2004.5.27)

(73) 特許権者 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(74) 代理人 100103296

弁理士 小池 隆彌

(72) 発明者 帯 俊雄

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

シャープ株式会社内

審査官 道祖土 新吾

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

有機金属気相成長法(MOVPE法)にて半導体からなる積層構造体を形成する工程と、
連続的にMOCVD法にて前記積層構造体の表面層に再蒸発層を積層する工程と、
前記再蒸発層を分子線エピタキシャル(MBE)装置内にて蒸発させる工程と、
前記再蒸発層を蒸発させることによって露出した前記積層構造体上にMBE法にて成長層
を再成長する工程と、を包含することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子
の製造方法。

【請求項2】

前記再蒸発層を形成する工程と、前記再蒸発層を蒸発させる工程の間に、前記積層構造
体の表面がエッティング等により加工される工程を含むことを特徴とする請求項1に記載の
窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項3】

前記再蒸発層が $In_zGa_{1-z}N$ ($0 < z < 1$)から構成されたことを特徴とする請求項
1または2のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項4】

前記再蒸発層を蒸発させる工程での、基板温度を400以上1100以下とするこ
とを特徴とする請求項3に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項5】

10

20

前記有機金属気相成長法（M O V P E 法）にて半導体からなる積層構造体を形成する工程において、

p 型不純物ドープの窒化ガリウム系化合物半導体を積層する工程を含み、

前記再蒸発層を蒸発させる工程にて、前記 p 型不純物ドープの窒化ガリウム系化合物半導体を p 型窒化ガリウム系化合物半導体に改質することを特徴とする請求項 1 から 4 のいづれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項 6】

前記再蒸発層はさらに M g を含んでいることを特徴とする請求項 3 に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

10

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、青色領域から紫外光領域で発光可能な窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法に関し、特に M O V P E 法にて成長形成した積層構造体上に、M B E 法にて再成長層を積層する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

図 5 に従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の模式断面図を示す。サファイヤ基板 1 0 0 上に A 1 N バッファ層 2 0 0 、 n 型 G a N 層 3 0 0 を有機金属気相成長法（M O V P E 法）にて積層する。その n 型 G a N 層 3 0 0 上に、 R F プラズマを用いた分子線エピタキシャル法にて n 型 G a N 層 4 0 0 、 n 型 I n G a N 発光層 5 0 0 、 p 型 G a N 層 6 0 0 が順次積層される。最後に、 p 型 G a N 層 6 0 0 上に p 型用電極 7 0 0 を形成し、 n 型 G a N 層 3 0 0 上に n 型用電極 8 0 0 を形成して作製された窒化ガリウム系化合物半導体発光素子構造が、例えば、 J . J . A . P . V o l . 3 4 (1 9 9 5) p p . 1 4 2 9 ~ 1 4 3 1 に開示されている。

20

【0 0 0 3】

一般に、 M B E 法にて作製した p 型不純物のキャリヤ濃度は、 M O V P E 法にて作製したその値よりも約 1 衍高いキャリヤ濃度が得られている。さらに M O V P E 法にて作製した p 型窒化ガリウム系化合物半導体は、熱処理（例えば 8 0 0 、 2 0 分間）にて p 型不純物を活性化する工程が必要であるが、 M B E 法にて作製した p 型窒化ガリウム系化合物半導体は、 p 型不純物を活性化するための熱処理工程を必要としない。このため、前記 p 型 G a N コンタクト層 6 0 0 等を作製するのに M B E 法を用いるのは非常に適している。

30

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前記窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の 2 0 m A での駆動電圧は 6 V と高い値しか得られていない。これは M O V P E 法において作製した n 型 G a N 層 3 0 0 上に、直接 M B E 法にて n 型 G a N 層 4 0 0 、 n 型 I n G a N 発光層 5 0 0 、 p 型 G a N 層 6 0 0 を成長しているため、 n 型 G a N 層 3 0 0 と n 型 G a N 層 4 0 0 の再成長界面が高抵抗化し、そのため、素子の直列抵抗が増加し駆動電圧が高いため、長寿命の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は得られていない。これは、有機金属気相成長法（M O V P E 法）にて積層された積層構造体上に、分子線エピタキシャル法（M B E 法）にて再成長する場合、再成長するために下地の成長層表面を大気中にさらすことになり、露出した表面の酸化及び汚染物の付着等が発生し、この露出表面上に再成長層を積層しても良好な再成長界面及成長層が得られない問題が生じる。

40

【0 0 0 5】

このために、前記窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の 2 0 m A での駆動電圧は 6 V と高い値しか得られなかった。これは M O V P E 法において成長した層の上に、直接 M B E 法にて成長層を成長しているからである。

【0 0 0 6】

【課題を解決するための手段】

50

本発明は上記問題を解決するためになされたもので、有機金属気相成長法（MOVPE法）にて半導体からなる積層構造体を形成する工程と、連続的にMOCVD法にて前記積層構造体の表面層に再蒸発層を積層する工程と、前記再蒸発層を分子線エピタキシャル（MBE）装置内にて蒸発させる工程と、前記再蒸発層を蒸発させることによって露出した前記積層構造体上にMBE法にて成長層を再成長する工程と、を包含することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法を提供する。

【0007】

また、前記再蒸発層を形成する工程と、前記再蒸発層を蒸発させる工程の間に、前記積層構造体の表面がエッチング等により加工される工程を含むことを特徴とする。

【0008】

さらに、前記再蒸発層が $In_zGa_{1-z}N$ （ $0 < z < 1$ ）から構成されたことを特徴とする。

【0009】

また、前記再蒸発層を蒸発させる工程での、基板温度を400以上1100以下とする

【0010】

また、前記有機金属気相成長法（MOVPE法）にて半導体からなる積層構造体を形成する工程において、p型不純物ドープの窒化ガリウム系化合物半導体を積層する工程を含み、前記再蒸発層を蒸発させる熱処理工程にて、前記p型不純物ドープの窒化ガリウム系化合物半導体をp型窒化ガリウム系化合物半導体に改質することを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態は、1回目の結晶成長を行うため、基板1をMOVPE装置のサセプタ上に導入し、基板温度1200程度まで昇温し、基板1表面を窒素または水素雰囲気中にさらす。次に、基板1の温度を500～650程度まで降温し、基板に $A_{1.1}Ga_{0.9}N$ バッファ層2を（ここで、バッファ層は GaN 又は AlN からなる2元混晶でもよい）200～1μm程度成長し、次に、基板温度を1050程度まで昇温し n 型 GaN バッファ層3を1～4μm程度成長し、次に、 n 型 GaN バッファ層3の上に n 型 $A_{1.1}Ga_{0.9}N$ クラッド層4を0.1～0.3μm程度成長し、基板温度を800～850程度に降温しノンドープ $In_{0.32}Ga_{0.68}N$ 活性層5を成長し、次に、基板温度を1050程度まで昇温 Mg ドープ $A_{1.1}Ga_{0.9}N$ クラッド層6を0.1～0.3μm程度成長し、さらに、基板温度を800～850程度に降温し Mg ドープ $In_zGa_{1-z}N$ 再蒸発層7（ここで、zの範囲は0より大きく1以下、さらに好ましく0.5以上1以下）を10～200成長する。ここまで作製した窒化ガリウム系半導体発光素子の断面図を図1(a)に示す。ここで、上記再蒸発層は再蒸発してなくなるため、単結晶層に限定することなく、多結晶またはアモルファス状の層でよい。

【0012】

一旦、このウエハーをMOVPE装置から取り出し、再び、ウエハーをMBE装置に導入し、RF電力350～400W、窒素流量5～10sccmにて窒素をウエハー上に5分から10分間供給し、窒素雰囲気中、基板温度約400以上、好ましくは600にて Mg ドープ $In_zGa_{1-z}N$ 再蒸発層7（ここで、zの範囲は0より大きく1以下、さらに好ましくは0.5以上1以下）を再蒸発させ、 Mg ドープ $A_{1.1}Ga_{0.9}N$ クラッド層6表面を露出させる。ここまで作製した窒化ガリウム系半導体発光素子の断面図を図1(b)に示す。

【0013】

次に、基板温度を700程度まで昇温し、p型 GaN コンタクト層8を0.1～1μm程度成長する。例えば、ECR装置又はRF装置を備えたMBE装置とする。ここまで作製した窒化ガリウム系半導体発光素子の断面図を図1(c)に示す。

【0014】

前記再蒸発層は、例えば $InAs$, $InGaAs$, $GaAs$ 等で構成されてもよい、その

10

20

30

40

50

場合の再蒸発は A s 雰囲気中、再蒸発温度が各々 400 以上、550 以上、680 以上の基板温度を用いることができる。また、再蒸発温度は AlGaN 層や GaN 層に影響を及ぼさない 1100 以下であれば構わないが、特に好ましくは 800 以下である。

【0015】

ここで、装置内にて下地層表面を露出させるため、清浄な下地層表面を露出させることができる。このため、品質の高い再成長界面及び再成長層が実現できる。さらに、MOVPE 法にて成長した Mg がドーピングされた層は、MBE 法の水素を含まない窒素雰囲気中の再蒸発工程中に p 型に変化するため、成長後の特別な熱処理を必要としないので工程が簡略化できる。

10

【0016】

以上より、有機金属気相成長法 (MOVPE 法) にて積層された積層構造体の表面層を再蒸発層にて構成することにより、成長炉内例えは分子線エピタキシャル法 (MBE 法) にて再蒸発層を再蒸発させ引き続き再成長層を積層することにより、品質の高い再成長界面、再成長層を持つ窒化ガリウム系化合物半導体発光素子又は窒化ガリウム系化合物半導体レーザが実現できる。以下、より詳細に本発明の実施の形態を説明する。

【0017】

(実施例 1)

窒化ガリウム系半導体発光素子の作製には有機金属気相成長法 (以下、MOVPE 法) を用い、基板、V 族原料としてアンモニア、IIII 族原料としてトリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、トリメチルインジウム、p 型不純物としてビスシクロペニタデイエニルマグネシウム (Cp_2Mg)、n 型不純物としてモノシリランを用い、キャリヤガスとして水素又は窒素を用いる。

20

【0018】

図 2 (a) ~ (e) に基づいて本発明の窒化ガリウム系半導体発光素子の製造方法を詳細に説明する。

【0019】

1 回目の結晶成長を行うため、サファイア基板 11 を MOVPE 装置のサセプタ上に導入し、基板温度 1100 程度まで昇温し、基板表面を窒素または水素雰囲気中にさらし、表面のクリーニングを施す。次に、サファイア基板 11 の基板温度を 550 程度まで降温し、サファイア基板 11 に $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ バッファ層 12 を 500 程度成長し、次に、基板温度を 1050 程度まで昇温し n 型 GaN バッファ層 13 を 4 μm 程度成長し、次に、n 型 GaN バッファ層 13 の上に n 型 $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ クラッド層 14 を 0.15 μm 程度成長し、基板温度を 850 程度に降温しノンドープ $In_{0.32}Ga_{0.68}N$ 活性層 15 を 30 μm 成長し、次に、基板温度を 1050 程度まで昇温 Mg ドープ $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ クラッド層 16 を 0.15 μm 程度成長し、さらに、基板温度を 800 程度に降温し Mg ドープ InN 再蒸発層 17 を 200 μm 成長する。ここまで作製した窒化ガリウム系半導体発光素子の断面図を図 2 (a) に示す。

30

【0020】

一旦、このウエハーを MOVPE 装置から取り出し、このウエハー上に再成長層を積層する。この再成長には、MBE 法を用い、V 族原料として窒素、IIII 族原料としてガリウム、アルミニウム、インジウム、p 型不純物としてマグネシウムを用いる。

40

【0021】

例えば、前記 MBE 装置とは、ECR プラズマ又は RF プラズマを備えて窒素を基板上に供給する MBE 装置とする。

【0022】

このウエハーを RF - MBE 装置に導入し、RF 電力 400W、窒素流量 5 sccm にて窒素を基板上に 10 分間供給し、基板温度約 400 にて Mg ドープ InN 層 17 を再蒸発させ、Mg ドープ $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ クラッド層 16 の表面を露出させる。ここで、装置内にて下地層表面を露出させるため、清浄な Mg ドープ $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ クラッド層表面

50

18を露出させることができる。このため、次の工程において、品質の高い再成長界面及び再成長層が実現できる。ここまで作製した窒化ガリウム系半導体発光素子の断面図を図2(b)に示す。

【0023】

次に、基板温度を700程度まで昇温し、p型GaNコンタクト層19(キャリヤ濃度は $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)を0.5μm程度成長する。ここまで作製した窒化ガリウム系半導体発光素子の断面図を図2(c)に示す。

【0024】

次に、マスク20を用いてn型用電極づけを行うためにn型GaNバッファ層13の表面が露出するまでエッチングする。ここまで作製した窒化ガリウム系半導体発光素子の断面図を図2(d)に示す。10

【0025】

p型GaNコンタクト層19の上にp型用電極21、露出させたn型GaNバッファ層13表面にn型用電極22を形成する。ここまで作製した窒化ガリウム系半導体発光素子の断面図を図2(e)に示す。

【0026】

ここで、清浄なMgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層表面18上にp型GaNコンタクト層19を再成長しているため、この界面での高抵抗化およびp型不純物の枯渇を防ぐことができ、そのため素子の直列抵抗が低減でき、素子の駆動電圧が3.6Vと小さく、素子の長寿命化が実現できた。20

【0027】

さらに、MOVPE法にて成長したMgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層16は再蒸発工程中(図1(b))において基板温度400、水素を含まない窒素雰囲気中(RF電力400W、窒素流量5sccm)で熱処理を行うためにMgドープした半導体層はp型半導体層に変化する。このため、成長後の特別な熱処理工程例えは800、数十分間の熱処理工程を必要としないので、工程が簡略化できる。

【0028】

また、本発明の製造方法は、MgドープInN再蒸発層17までの積層構造体をMOVPE法(成長レートは約4μm/h)にて形成し、その後、MBE法(成長レートは約0.7μm/h)にてp型コンタクト層のみを形成するため、すべてMBE法で作製する方法と比較して一枚のウエハーを成長する製造時間が短縮できる。30

【0029】

以上より、有機金属気相成長法(MOVPE法)にて積層された積層構造体の表面層を再蒸発層にて構成することにより、成長炉内例えは分子線エピタキシャル法(MBE法)にて再蒸発層を再蒸発させ引き続き再成長層を積層することにより、品質の高い再成長界面、再成長層を持つ窒化ガリウム系化合物半導体発光素子が実現できる。さらに、成長後の特別な熱処理工程を必要とせず、また、MBE法を用いても一枚のウエハーを成長する製造時間が短縮できる窒化ガリウム系化合物半導体発光素子が提供できる。

【0030】

(実施例2)

図3に本発明の方法で作製した窒化ガリウム系化合物半導体レーザ素子の断面図を示す。n型GaN基板31上に、n型Al_{0.05}Ga_{0.95}Nバッファ層32、n型GaN層33、n型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層34、In_{0.2}Ga_{0.8}N量子井戸層を3層(厚さ30)とIn_{0.05}Ga_{0.95}Nバリヤ層を2層(厚さ100)を持つ多重量子井戸活性層35、MgドープAl_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層36を積層させる。その上に電流狭窄構造として、清浄なMgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層表面39を露出させた開口部をもうけたMgドープIn_{0.1}Ga_{0.9}N再蒸発層37、n型Al_{0.05}Ga_{0.95}N内部電流阻止層38を電流阻止構造として設けている。さらに、MBE法で形成されたp型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層40で開口部を埋め込み平坦化して、その上にp型GaNコンタクト層41(キャリヤ濃度は $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)を積層している。4050

【0031】

このような本発明の窒化ガリウム系半導体発光素子の製造方法を図4(a)~(e)に基づいて詳細に説明する。窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の作製には有機金属気相成長法(以下、MOVPE法)を用い、基板とV族原料としてアンモニア、III族原料としてトリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、トリメチルインジウム、p型不純物としてビスシクロペンタデイエニルマグネシウム(Cp_2Mg)、n型不純物としてモノシランを用い、キャリヤガスとして水素又は窒素を用いる。

【0032】

1回目の結晶成長を行うため、n型GaN基板31をMOVPE装置のサセプタ上に導入し、基板温度1200度まで昇温し、基板表面を窒素または水素雰囲気中にさらし、表面のクリーニングを施す。次に、n型GaN基板31の基板温度を1050度まで降温し、n型GaN基板31にn型 $Al_{0.05}Ga_{0.95}N$ バッファ層32を550度成長させる。次に、基板温度を1050度まで昇温し、n型GaN層33を4μm成長し、n型GaN層33の上にn型 $Al_{0.15}Ga_{0.95}N$ クラッド層34を0.1μm程度成長させる。基板温度を800度に降温し、In_{0.2}Ga_{0.8}N量子井戸層を3層(厚さ30)とIn_{0.05}Ga_{0.95}Nバリヤ層を2層(厚さ100)を持つ多重量子井戸活性層35を成長させる。次に、Mgドープ $Al_{0.15}Ga_{0.95}N$ クラッド層36を0.1μm程度成長させ、さらに、基板温度を800~850度に降温し、MgドープIn_{0.1}Ga_{0.9}N再蒸発層37を200度成長させる。次に、基板温度を1000度まで昇温し、n型 $Al_{0.05}Ga_{0.95}N$ 内部電流阻止層38を0.15μm程度成長させる。ここまで作製した窒化ガリウム系半導体発光素子の断面図を図4(a)に示す。10 20

【0033】

一旦、このウエハーをMOVPE装置から取り出し、通常のフォトリソグラフィ工程とエッチング工程を用いてn型 $Al_{0.05}Ga_{0.95}N$ 内部電流阻止層38の一部をMgドープIn_{0.1}Ga_{0.9}N再蒸発層37表面上までエッチングし、ストライプ状の溝を形成する。ここまで作製した窒化ガリウム系半導体発光素子の断面図を図4(b)に示す。

【0034】

このエッチングによって露出したIn_{0.1}Ga_{0.9}N再蒸発層の領域とn型 $Al_{0.05}Ga_{0.95}N$ 内部電流阻止層38の領域に再成長層を積層するのに、MBE法を用いる。V族原料として窒素、III族原料としてガリウム、アルミニウム、インジウム、p型不純物としてマグネシウムを用いる。例えば、前記MBE装置とは、ECRプラズマ又はRFプラズマを備えて窒素を基板上に供給するMBE装置とする。30

【0035】

このウエハーをRF-MBE装置に導入し、RF電力350W、窒素流量10sccmにて窒素を基板上に5分間供給し、基板温度約800にてMgドープIn_{0.1}Ga_{0.9}N再蒸発層37を再蒸発させ、清浄なMgドープ $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ クラッド層表面39を露出させる。ここで、MBE装置内にて下地層表面を露出させるため、清浄なMgドープ $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ クラッド層表面39をストライプ状の溝の底面として露出させることができる。このため、次の工程において、品質の高い再成長界面及び再成長層が実現できる。ここまで作製した窒化ガリウム系半導体発光素子の断面図を図4(c)に示す。40

【0036】

次に、基板温度を800度まで昇温し、MBE法でp型 $Al_{0.1}Ga_{0.9}N$ クラッド層40およびp型GaNコンタクト層41(キャリヤ濃度は $1 \times 10^{19} cm^{-3}$)を0.5μm程度成長する。ここまで作製した窒化ガリウム系半導体発光素子の断面図を図4(d)に示す。

【0037】

p型GaNコンタクト層41の上にp型用電極42、n型GaN基板31にn型用電極43を形成する。ここまで作製した窒化ガリウム系半導体発光素子の断面図を図4(e)に示す。

【0038】

ここで、清浄な Mg ドープ Al_{0.1}Ga_{0.9}N クラッド層表面 39 に形成されたストライプ状の溝上に p 型 Al_{0.1}Ga_{0.9}N クラッド層 40 を再成長しているため、この界面での高抵抗化および p 型不純物の枯渇を防ぐことができ、そのため素子の直列抵抗が低減でき、素子の駆動電圧が 3.6 V と小さく、素子の長寿命化が実現できた。

【0039】

ここで、MBE 法の再成長温度は 800 度で、Mg ドープ Al_{0.15}Ga_{0.85}N クラッド層 36 および n 型 Al_{0.05}Ga_{0.95}N 内部電流阻止層 38 上に p 型 Al_{0.1}Ga_{0.9}N クラッド層 40、p 型 GaN コンタクト層 41 を形成することができるため n 型 Al_{0.05}Ga_{0.95}N 電流阻止層 38 に形成した溝の形状を変形することなく再成長ができ、安定な素子の横モードが得られる。 10

【0040】

さらに、MOVPE 法にて成長した Mg ドープ Al_{0.1}Ga_{0.9}N クラッド層 36 は再蒸発工程中（図 4(c)）において、基板温度 800 度、水素を含まない窒素雰囲気中（RF 電力 400 W、窒素流量 5 sccm）で熱処理するために p 型半導体に変化する、このため、成長後の特別な熱処理工程例えば 800 度、数十分間の熱処理工程を必要としないので、工程が簡略化できる。

【0041】

また、本発明の製造方法は、Mg ドープ In_{0.1}Ga_{0.9}N 再蒸発層 37 までの積層構造体を MOVPE 法（成長レートは約 4 μm/h）にて形成し、その後、MBE 法（成長レートは約 0.7 μm/h）にて p 型 Al_{0.1}Ga_{0.9}N クラッド層 40、p 型 GaN コンタクト層 41 のみを形成するため、一枚のウエハーを成長する製造時間が短縮できる。 20

【0042】

以上より、有機金属気相成長法（MOVPE 法）にて積層された積層構造体の表面層を再蒸発層にて構成することにより、成長炉内例えば分子線エピタキシャル法（MBE 法）にて再蒸発層を再蒸発させ引き続き再成長層を積層することにより、品質の高い再成長界面、再成長層を持つ窒化ガリウム系化合物半導体レーザが実現できる。さらに、成長後の特別な熱処理工程を必要とせず、また、MBE 法を用いても一枚のウエハーを成長する製造時間が短縮できる窒化ガリウム系化合物半導体レーザが提供できる。

【0043】

【発明の効果】 30
本発明によれば、有機金属気相成長法（MOVPE 法）にて積層された積層構造体の表面層を再蒸発層にて構成することにより、分子線エピタキシャル法（MBE 法）にて再蒸発層を再蒸発させ、引き続き再成長層を積層することにより、品質の高い再成長界面、再成長層が得られ、界面での直列抵抗分が低くなるため、信頼性の優れた窒化ガリウム系化合物半導体発光素子又は窒化ガリウム系化合物半導体レーザが作製できる。

【0044】

また、再蒸発層は蒸気圧の高い In_zGa_{1-z}N (0 < z < 1) で構成するため、再蒸発に必要な基板温度は十分に低い基板温度で可能なため下地層に悪影響を及ぼすことはなく、容易に再蒸発層を除去でき清浄な下地層表面を露出させることが可能となる。

【0045】

さらに、MOCVD 法で作製した積層体構造中の p 型ドープ半導体層を再蒸発層を蒸発させる工程で、p 型半導体層に改質することができるため、成長後の特別な熱処理工程を必要としないので、工程が簡略化できる。 40

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の作製工程を示す断面図である。

【図 2】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の作製工程を示す断面図である。

【図 3】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体レーザ素子の断面図である。

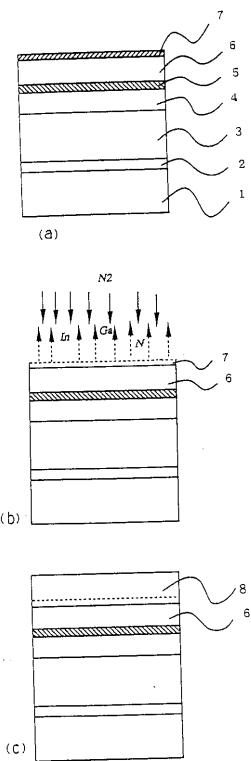
【図 4】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体レーザ素子の作製工程を示す断面図である。
。

【図 5】従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面図である。 50

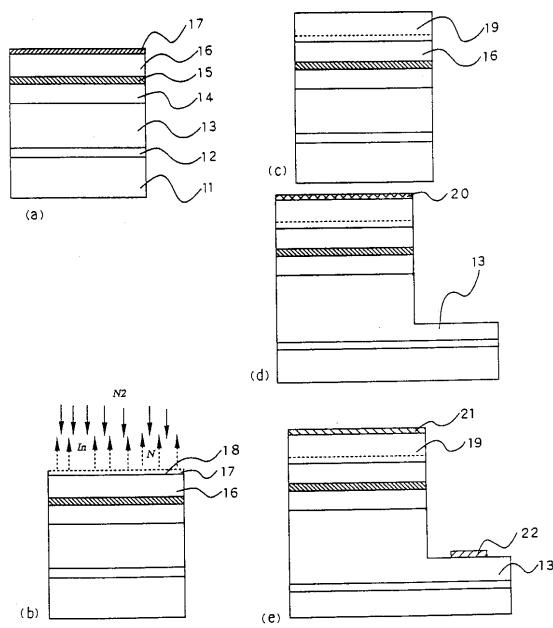
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 n型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nバッファ層
- 3 n型GaNバッファ層
- 4 n型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層
- 5 In_{0.32}Ga_{0.68}N活性層
- 6 MgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層
- 7 MgドープIn_zGa_{1-z}N再蒸発層
- 9 p型GaNコンタクト層
- 11 サファイア基板 10
- 12 n型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nバッファ層
- 13 n型GaNバッファ層
- 14 n型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層
- 15 In_{0.32}Ga_{0.68}N活性層
- 16 MgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層
- 17 MgドープInN再蒸発層
- 18 清浄なMgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層表面
- 19 p型GaNコンタクト層
- 21 p型用電極
- 22 n型用電極 20
- 31 n型GaN基板
- 32 n型Al_{0.05}Ga_{0.95}Nバッファ層
- 33 n型GaNバッファ層
- 34 n型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層
- 35 多重量子井戸活性層
- 36 MgドープAl_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層
- 37 MgドープIn_{0.1}Ga_{0.9}N再蒸発層
- 38 n型Al_{0.05}Ga_{0.95}N内部電流阻止層
- 39 清浄なMgドープAl_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層表面
- 40 p型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層 30
- 41 p型GaNコンタクト層
- 42 p型用電極
- 43 n型用電極

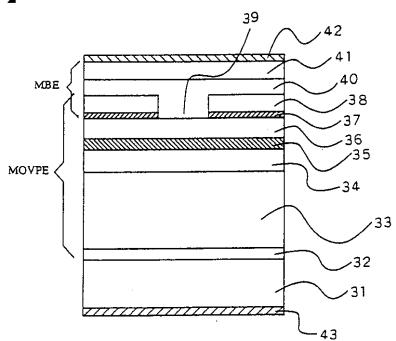
【図1】



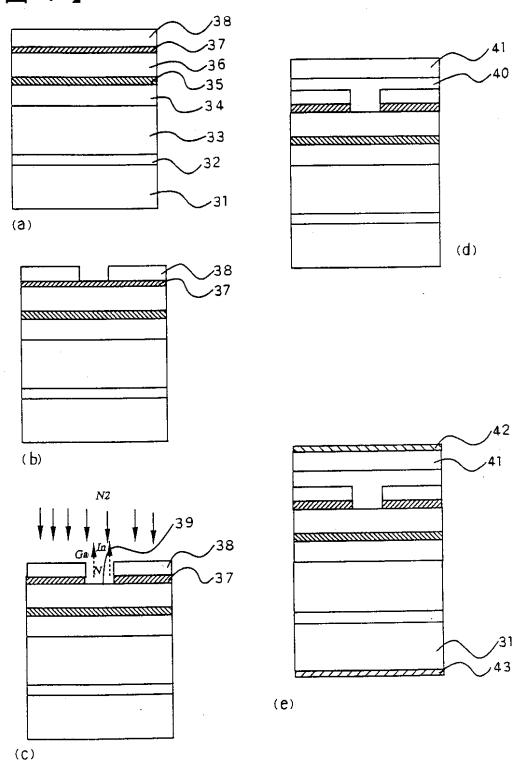
【図2】



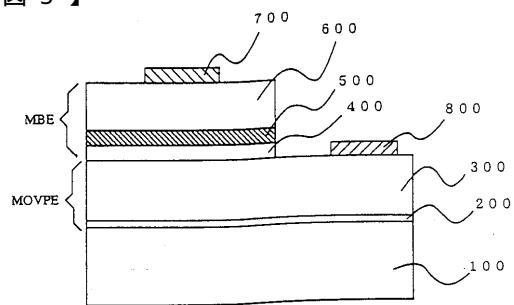
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平05-041537(JP,A)
特開平04-245417(JP,A)
特開昭61-236185(JP,A)
特開平08-264894(JP,A)
特開平07-263747(JP,A)
特開平10-093199(JP,A)
特開平10-093198(JP,A)
特開平10-084165(JP,A)
特開平10-093192(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00
H01L 21/203
H01L 21/205
H01S 5/00-5/50