

(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. Cl.

F I

H O 1 L 33/00 (2006.01)

H O 1 L 33/00 C

H O 1 L 21/203 (2006.01)

H O 1 L 21/203 M

H O 1 L 21/205 (2006.01)

H O 1 L 21/205

H O 1 S 5/323 (2006.01)

H O 1 S 5/323 6 1 0

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 幡 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（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型不純物ドーパ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型不純物ドーパ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6】

前記再蒸発層はさらにMg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

【0001】

【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MOVPE法にて成長形成した積層構造体上に、MBE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。

【0002】

【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100上にAlNバッファ層200、n型GaN層300を有機金属気相成長法（MOVPE法）にて積層する。そのn型GaN層300上に、RFプラズマを用いた分子線エピタキシャル法にてn型GaN層400、n型InGaN発光層500、p型GaN層600が順次積層される。最後に、p型GaN層600上にp型用電極700を形成し、n型GaN層300上にn型用電極800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. Vol. 34 (1995) pp. 1429 ~ 1431に開示されている。

20

【0003】

一般に、MBE法にて作製したp型不純物のキャリア濃度は、MOVPE法にて作製したその値よりも約1桁高いキャリア濃度が得られている。さらにMOVPE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800、20分間）にてp型不純物を活性化する工程が必要であるが、MBE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GaNコンタクト層600等を作製するのにMBE法を用いるのは非常に適している。

30

【0004】

【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20mAでの駆動電圧は6Vと高い値しか得られていない。これはMOVPE法において作製したn型GaN層300上に、直接MBE法にてn型GaN層400、n型InGaN発光層500、p型GaN層600を成長しているため、n型GaN層300とn型GaN層400の再成長界面が高抵抗化し、そのために、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（MOVPE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（MBE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

【0005】

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20mAでの駆動電圧は6Vと高い値しか得られなかった。これはMOVPE法において成長した層の上に、直接MBE法にて成長層を成長しているからである。

【0006】

【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 $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ （ $0 < z < 1$ ）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℃以下とすることを特徴とする。

【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型不純物ドーパ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型不純物ドーパ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 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 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 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 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 $\text{In}_{0.32}\text{Ga}_{0.68}\text{N}$ 活性層5を成長し、次に、基板温度を1050℃程度まで昇温Mgドーパ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 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ドーパ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 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ドーパ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 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ドーパ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 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As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AlGa_{0.1}N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、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ダイエニルマグネシウム(Cp₂Mg)、n型不純物としてモノシランを用い、キャリア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4μm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0.15μm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 成長し、次に、基板温度を1050 程度まで昇温MgドーブAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層16を0.15μm程度成長し、さらに、基板温度を800 程度に降温しMgドーブInN再蒸発層17を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、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。

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5sccmにて窒素を基板上に10分間供給し、基板温度約400 にてMgドーブInN層17を再蒸発させ、Mgドーブ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ドーブ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Ga_{0.9}Nコンタクト層19(キャリア濃度は $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)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Ga_{0.9}N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Ga_{0.9}Nコンタクト層19の上にp型用電極21、露出させたn型Ga_{0.9}N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Ga_{0.9}N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ば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ェ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発光素子可以实现できる。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ェ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)

40

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Ga_{0.9}N基板31上に、n型Al_{0.05}Ga_{0.95}Nバッファ層32、n型Ga_{0.9}N層33、n型Al_{0.15}Ga_{0.95}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バリア層を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_{0.95}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つ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Ga_{0.9}Nコンタクト層41(キャリア濃度は $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)を積層している。

50

【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、キャリア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、n型GaN基板31の基板温度を1050程度まで降温し、n型GaN基板31にn型 $Al_{0.05}Ga_{0.95}N$ バッファ層32を550程度成長させる。次に、基板温度を1050程度まで昇温し、n型GaN層33を4 μm 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0.1 μm 程度成長させる。基板温度を800程度に降温し、 $In_{0.2}Ga_{0.8}N$ 量子井戸層を3層(厚さ30)と $In_{0.05}Ga_{0.95}N$ バリア層を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0.1 μm 程度成長させ、さらに、基板温度を800~850程度に降温し、Mgドープ $In_{0.1}Ga_{0.9}N$ 再蒸発層37を200成長させる。次に、基板温度を1000程度まで昇温し、n型 $Al_{0.05}Ga_{0.95}N$ 内部電流阻止層38を0.15 μm 程度成長させる。こ

10

20

【0033】

一旦、このウエハーをMOVPE装置から取り出し、通常の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

【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

40

【0036】

次に、基板温度を800程度まで昇温し、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(キャリア濃度は $1 \times 10^{19} cm^{-3}$)を0.5 μm 程度成長する。こ

【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

【0038】

50

ここで、清浄なMgドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 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 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 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3.6V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程度で、Mgドープ $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラッド層36およびn型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 内部電流阻止層38上にp型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層40、p型Ga_{0.95}Nコンタクト層41を形成することができるためn型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 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 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 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、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、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 $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 再蒸発層37までの積層構造体をMOVPE法(成長レートは約 $4\mu\text{m}/\text{h}$)にて形成し、その後、MBE法(成長レートは約 $0.7\mu\text{m}/\text{h}$)にてp型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層40、p型Ga_{0.95}Nコンタクト層41のみを形成するため、一枚のウェハ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ェハ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】

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。

30

【0044】

また、再蒸発層は蒸気圧の高い $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 < z < 1$)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。

。

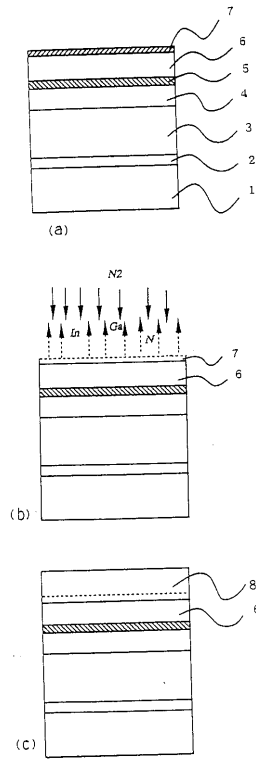
【図5】従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面図である。

50

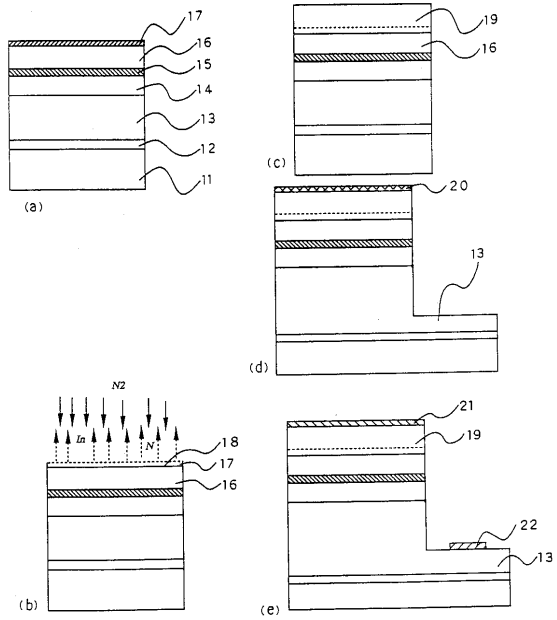
【符号の説明】

1	基板	
2	n型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ バッファ層	
3	n型 GaN バッファ層	
4	n型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層	
5	$\text{In}_{0.32}\text{Ga}_{0.68}\text{N}$ 活性層	
6	Mgドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層	
7	Mgドープ $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 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 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ バッファ層	
13	n型 GaN バッファ層	
14	n型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層	
15	$\text{In}_{0.32}\text{Ga}_{0.68}\text{N}$ 活性層	
16	Mgドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層	
17	Mgドープ InN 再蒸発層	
18	清浄な Mgドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 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 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ バッファ層	
33	n型 GaN バッファ層	
34	n型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ クラッド層	
35	多重量子井戸活性層	
36	Mgドープ $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ クラッド層	
37	Mgドープ $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 再蒸発層	
38	n型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 内部電流阻止層	
39	清浄な Mgドープ $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ クラッド層表面	
40	p型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 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	

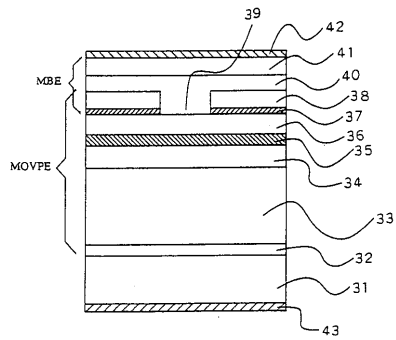
【図 1】



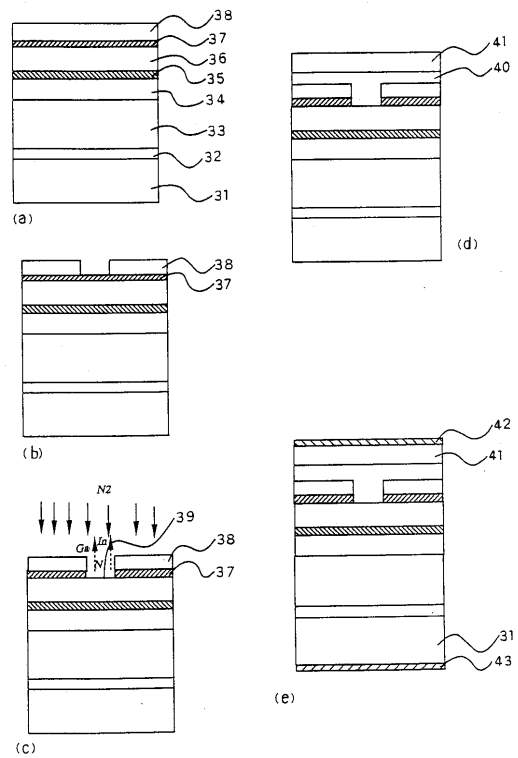
【図 2】



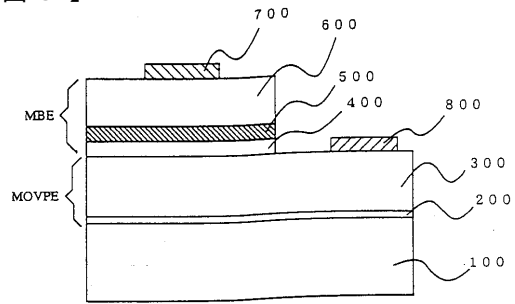
【図 3】



【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