

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3912845号
(P3912845)

(45) 発行日 平成19年5月9日(2007.5.9)

(24) 登録日 平成19年2月9日(2007.2.9)

(51) Int. Cl.

H01L 33/00 (2006.01)

F I

H01L 33/00

C

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願平9-107290	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成9年4月24日(1997.4.24)		シャープ株式会社
(65) 公開番号	特開平10-303502		大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
(43) 公開日	平成10年11月13日(1998.11.13)	(74) 代理人	100064746
審査請求日	平成16年4月22日(2004.4.22)		弁理士 深見 久郎
		(74) 代理人	100085132
			弁理士 森田 俊雄
		(74) 代理人	100083703
			弁理士 仲村 義平
		(74) 代理人	100096781
			弁理士 堀井 豊
		(74) 代理人	100098316
			弁理士 野田 久登
		(74) 代理人	100109162
			弁理士 酒井 将行

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ダイオード及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に、少なくともn型窒化ガリウム系化合物半導体層とp型窒化ガリウム系化合物半導体層とが順次積層された窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードであって、

前記p型窒化ガリウム系化合物半導体層の上面の一部領域において凹部が形成されており、

前記p型窒化ガリウム系化合物半導体層の上面の実質的に全領域を覆って電極膜が形成されており、

前記電極膜と前記p型窒化ガリウム系化合物半導体層との接合において、前記凹部内領域ではその凹部がドライエッチングで形成されたことに起因して他の領域に比べて接触抵抗が高められており、

前記凹部内において前記電極膜上にボンディング電極が形成されていることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード。

【請求項2】

前記p型窒化ガリウム系化合物半導体層の前記凹部領域内の表面層においては、他の領域に比べてp型不純物濃度が低いことを特徴とする請求項1記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード。

【請求項3】

前記p型窒化ガリウム系化合物半導体層の前記凹部の表面層は塩素を含んでいることを特徴とする請求項1又は2に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード。

10

20

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれかの発光ダイオードを製造する方法であって、

前記 p 型窒化ガリウム系化合物半導体層の上面にドライエッチングによって前記凹部を形成し、

前記 p 型窒化ガリウム系化合物半導体層の上面の実質的に全領域を覆うように前記電極膜を形成し、

前記凹部の領域内において前記電極膜上にボンディング電極を形成する工程を含むことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードの製造方法。

【請求項 5】

前記ドライエッチングは塩素を含むガスを利用して行われることを特徴とする請求項 4 に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードの製造方法。 10

【発明の詳細な説明】

【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（発光ダイオード、レーザにも関連）及びその製造方法に係わり、特に電流阻止型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関し、リッジ導波路型窒化ガリウム系化合物半導体レーザにも関連する。

【0002】

【従来の技術】

図 10 において、本発明に関連する先行技術による GaN 系リッジ構造型半導体レーザの断面模式図を示す。 20

【0003】

その素子構造として、サファイヤ基板 1 上に GaN バッファ層 2，n 型 GaN 層 3，n 型 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 層 300，n 型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラッド層 4，n 型 GaN 層 400，InGaNMQW 活性層 500，p 型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 層 600，p 型 GaN 層 700，p 型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラッド層 6，p 型 GaN コンタクト層 7 が順次積層され、次に p 型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラッド層 6 と p 型 GaN コンタクト層 7 をリッジ状にエッチングし、 SiO_2 の絶縁体膜 800 を形成し、次に、p 型電極 8，n 型電極 9 を形成している構造が A . P . L . 69 . 10 . 1996 . P 1477 に開示されている。 30

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

このような従来例のリッジ構造窒化ガリウム系化合物半導体発光素子においては、絶縁体膜 800 を形成しなければならず、製造工程が複雑になる。

【0005】

本発明においては、電極金属が形成される窒化ガリウム系化合物半導体層表面に電流注入領域と非電流注入領域を簡便な方法にて形成することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明者の検討の結果、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層をドライエッチングした際、エッチングマスクにて覆われている部分は p 型電極に対してオーミック性を示すが、エッチングにさらされた部分は p 型電極に対して非オーミック性または高抵抗化を示すことがわかった。 40

【0007】

この特性を図 9 に示している。この図 9 に記載されているように、グラフの横軸は電圧を表し、縦軸は電流を表している。そして、グラフ中でほぼ 45 度に傾斜した直線はオーミック特性を表し、横軸近傍の曲線は非オーミック特性を表している。

【0008】

この特性を利用し、ドライエッチング法を用いてリッジ導波路を形成すれば、エッチングマスクにて覆われている部分は p 型電極に対してオーミック性を示すが、エッチングに 50

さらされた部分は p 型電極に対して非オーミック性または高抵抗を示すため、リッジ導波路表面に電流阻止領域を形成することが可能となる。

【0009】

この電流阻止領域が電流狭窄層として機能するため、素子のしきい値電流の低減、発光パターンの制御や発光効率の向上が可能となり、電流阻止型金属閉じ込めリッジ導波路窒化ガリウム系化合物半導体レーザを提供することができる。

【0010】

また、本発明によれば酸化膜の形成及び再成長技術を必要とせずしきい値電流が小さく、発光パターンの制御された半導体レーザ及び外部発光効率の優れた半導体発光素子が容易に作製可能となる。

【0011】

ここで、ドライエッチング法として、例えば R I E : 反応性イオンエッチング、E C R - R I B E : 電子サイクロトロン共鳴を利用した反応性イオンビームエッチング法を用い、ガス種として例えば Cl_2 , SiCl_4 , BCl_3 等又はこれらに Ar , H_2 等を添加したガスを用いる。

【0012】

本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードでは、基板上に、少なくとも n 型窒化ガリウム系化合物半導体層と p 型窒化ガリウム系化合物半導体層とが順次積層されており、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層の上面の一部領域において表面層が高抵抗化された凹部が形成されており、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層の上面の実質的に全領域を覆って電極膜が形成されており、電極膜と p 型窒化ガリウム系化合物半導体層との接合において凹部内領域ではその凹部がドライエッチングで形成されたことに起因して他の領域に比べて接触抵抗が高められており、凹部内において電極膜上にボンディング電極が形成されていることを特徴としている。

【0013】

なお、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層の凹部領域内において、その表面層の p 型不純物濃度を他の領域に比べて低くすることによって、電極膜と p 型窒化ガリウム系化合物半導体層との接触抵抗が高くなり得る。

【0014】

また、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層の凹部領域内において、その表面層に塩素を含めることによって、電極膜と p 型窒化ガリウム系化合物半導体層との接触抵抗が高くなり得る。

【0015】

以上のような窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードの本発明による製造方法では、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層の上面にドライエッチングによって凹部を形成し、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層の上面の実質的に全領域を覆うように電極膜を形成し、凹部の領域内において電極膜上にボンディング電極を形成する工程を含むことを特徴としている。

【0016】

なお、ドライエッチングは、好ましくは塩素を含むガスを利用して行うことができる。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下において、本発明による実施例が、本発明に密接に関連する参考例とともに詳細に説明される。なお、本願明細書において、窒化ガリウム系化合物半導体とは、例えば、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 < x$, $0 < y$, $x + y < 1$) も含むものとする。ここで、半導体発光素子とは発光ダイオードを含むのみならずレーザにも関連している。

【0018】

(参考例 1)

図 1 は、本発明に密接に関連する参考例 1 によって作製された金属閉じ込めリッジ導波路型窒化ガリウム系化合物半導体レーザの断面模式図を示す。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

窒化ガリウム系化合物半導体レーザの作製には有機金属化合物気相成長法（以下MOCVD法）を用い、基板としてSapphire基板、V族原料としてアンモニア NH_3 、III族原料として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（TMIn）、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（ Cp_2Mg ）、n型不純物としてモノシラン（ SiH_4 ）を用い、キャリアガスとして H_2 または N_2 を用いる。

【 0 0 2 0 】

図5の(1)から(5)に作製工程模式図を示す。1回目の結晶成長を行うため、Sapphire基板1をMOCVD装置のサセプタ上に導入し、基板温度1200程度まで昇温し、窒素又は水素雰囲気中にさらす。次に、Sapphire基板1の基板温度を400～650程度まで降温し、Sapphire基板1に $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ バッファ層2を200～1000成長する。次に、基板温度1050程度まで昇温しn型Ga N 層3を0.5～4 μm 程度成長し、次に、n型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層4を0.1～0.3 μm 程度成長する。基板温度を800～850程度に降温しノンドープ $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 活性層5を30～800成長する。次に、基板温度を1050程度まで昇温Mgドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層6を0.1～0.3 μm 程度成長し、MgドープGa N コンタクト層7を0.5～1 μm 程度成長する（図5 - (1)）。

10

【 0 0 2 1 】

一旦、ウェハを成長室から取り出し、 N_2 雰囲気、800にて熱処理を行いMgドープ層をp型層に変化させる。

20

【 0 0 2 2 】

次に、p⁺型Ga N コンタクト層7の上にレジストマスク100を形成し、通常のフォトリソグラフィを用いてp⁺型Ga N コンタクト層7上のレジストマスク100を例えばストライプ状に加工する（図5 - (2)）。

【 0 0 2 3 】

ここで、レジストマスク100の形状はストライプ状に限定することはない。

このウェハをドライエッチング法によりp型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層6の所望の位置までエッチングし（12）、このエッチングによりp⁺型Ga N コンタクト層7とp型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層6をリッジ導波路状に形成する。p型層のエッチングにさらされた部分が高抵抗層となり、高抵抗層が形成される（図5 - (3)）。

30

【 0 0 2 4 】

ここで、ドライエッチング後のp型層表面は Cl 、 O 混入やMg不純物の抜け等が発生しp型層表面の厚さ200～300が高抵抗層になる。

【 0 0 2 5 】

ここで、ドライエッチング法として、例えばRIE：反応性イオンエッチング、ECR-RIBE：電子サイクロトロン共鳴を利用した反応性イオンビームエッチング法を用いる。ガス種として例えば Cl_2 、 SiCl_4 、 BCl_3 等又はこれらにAr、 H_2 等を添加したガスを用いる。

【 0 0 2 6 】

次に、このウェハをドライエッチングによりn型Ga N 層3表面が露出するまでエッチングし（13）、有機溶剤にてマスク100を除去する（図5 - (4)）。

40

【 0 0 2 7 】

次に、p⁺型Ga N コンタクト層7表面全面及びp型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層6に直接p型用電極8例えばNi及びAuを形成、n型Ga N 層3にn型用電極9Ti及びAlを形成する。（図5 - (5)）。

【 0 0 2 8 】

ここで、図1及び図5中の表面領域10と11について説明する。p型層6及び7において、ガス種例えば Cl_2 にさらされている部分の表面10は高抵抗層（抵抗率が約108 $\Omega\cdot\text{cm}$ ）となり、ガスにさらされていないマスク部分の表面11は本来のp⁺型Ga N

50

コンタクト層 7 の性質を有し低抵抗（抵抗率が約 $1 \sim 2 \text{ } \Omega/\square$ ）のままである。p 型用電極 8 と表面 10 は非オーミック性を示し、表面 11 ではオーミック性をしめすことを図 9 に示している。

【0029】

このことより従来のように絶縁体膜の形成や再成長技術を用いることなく電流阻止構造が容易に作製できる。

【0030】

この結果、しきい値電流の低減や発光パターンの制御が可能で、作製が容易な金属閉じ込みリッジ導波路型窒化ガリウム系化合物半導体レーザ及びその製法を提供することができる。

10

【0031】

（参考例 2）

図 2 は、本発明に密接に関連する参考例 2 によって作製された金属閉じ込みリッジ導波路型窒化ガリウム系化合物半導体レーザの断面模式図を示す。

【0032】

窒化ガリウム系化合物半導体レーザの作製には有機金属化合物気相成長法（以下 MOCVD 法）を用い、基板として導電性基板、V 族原料としてアンモニア NH_3 、III 族原料として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（TMIn）、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（ Cp_2Mg ）、n 型不純物としてモノシラン（ SiH_4 ）を用い、キャリアガスとして H_2 または N_2 を用いる。

20

【0033】

図 6 の（1）から（5）の作製工程模式図を用いて説明する。1 回目の結晶成長を行うため、SiC 基板 1 を MOCVD 装置のサセプタ上に導入し、基板温度 1200°C 程度まで昇温し、窒素又は水素雰囲気中にさらす。次に、SiC 基板 1 の基板温度を 1050°C 程度まで昇温し n 型 GaN 層 3 を $0.5 \sim 4 \mu\text{m}$ 程度成長し、次に、n 型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層 4 を $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 程度成長する。基板温度を $800 \sim 850^\circ\text{C}$ 程度に降温しノンドープ $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 活性層 5 を $30 \sim 800^\circ\text{C}$ 成長する。次に、基板温度を 1050°C 程度まで昇温 Mg ドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層 6 を $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 程度成長し、Mg ドープ GaN コンタクト層 7 を $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$ 程度成長する（図 6 - （1））。

30

【0034】

一旦、ウェハを成長室から取り出し、 N_2 雰囲気、 800°C にて熱処理を行い Mg ドープ層を p 型層に変化させる。

【0035】

次に、p⁺ 型 GaN コンタクト層 7 の上にレジストマスク 100 を形成し、通常のフォトリソグラフィを用いて p⁺ 型 GaN コンタクト層 7 上のレジストマスク 100 を例えばストライプ状に加工する（図 6 - （2））。

【0036】

レジストマスク 100 を例えばストライプ状に限定することはない。

40

このウェハをドライエッチング法により p 型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層 6 の所望の位置までエッチングし（12）、このエッチングにより p⁺ 型 GaN コンタクト層 7 と p 型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層 6 をリッジ導波路状に形成する。p 型層のエッチングにさらされた部分が高抵抗層となり、高抵抗層が形成される（図 6 - （3））。

【0037】

ここで、ドライエッチング後の p 型層表面は Cl, O 混入や Mg 不純物の抜け等が発生し p 型層表面の厚さ $200 \sim 300^\circ\text{C}$ が高抵抗層になる。

【0038】

ここで、ドライエッチング法として、例えば RIE：反応性イオンエッチング、ECR - RIBE：電子サイクロトロン共鳴を利用した反応性イオンビームエッチング法を用い

50

る。ガス種として例えば Cl_2 , SiCl_4 , BCl_3 等又はこれらに Ar , H_2 等を添加したガスを用いる。

【0039】

次に、 p^+ 型 GaN コンタクト層 7 上のマスク 100 を有機溶剤にて除去する（図 6 - (4)）。

【0040】

次に、 p^+ 型 GaN コンタクト層 7 表面全面及び p 型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層 6 に直接 p 型用電極 8 例えば Ni 及び Au を形成、 SiC 基板 1 に n 型用電極 9 を形成する。（図 6 - (5)）。

【0041】

ここで、図 2 及び図 6 中の表面領域 10 と 11 について説明する。 p 型層 6 及び 7 において、ガス種例えば Cl_2 にさらされている部分の表面 10 は高抵抗層（抵抗率が約 10^8 cm ）となり、ガスにさらされていないマスク部分下の表面 11 は本来の p^+ 型 GaN コンタクト層 7 の性質を有し低抵抗（抵抗率が約 $1 \sim 2 \text{ cm}$ ）のままである。このため、 p 型用電極 8 と表面 10 は非オーミック性を示し、表面 11 とはオーミック性をしめすことを図 9 に示している。

【0042】

このことより従来のように絶縁体膜の形成や再成長技術を用いることなく電流阻止構造が容易に作製できる。

【0043】

この結果、しきい値電流の低減や発光パターンの制御が可能で、作製が容易な金属閉じ込めリッジ導波路型窒化ガリウム系化合物半導体レーザを提供することができる。

【0044】

ここで、参考例 1 及び 2 において p^+ 型 GaN コンタクト層 7 及び p 型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層 6 はストライプ状に加工したが、例えば、素子端面近傍のみを広く加工してもよくまたは幅が部分的に異なるストライプ状に加工してもよい。

【0045】

（実施例 1）

図 3 は、本発明の実施例 1 によって作製された電流阻止型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面模式図を示す。

【0046】

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化合物気相成長法（以下 MOCVD 法）を用い、基板として Sapphire 基板、 V 族原料としてアンモニア NH_3 、 III 族原料として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 ）、 p 型不純物としてビスシクロペンタジエニルマグネシウム（ Cp_2Mg ）、 n 型不純物としてモノシラン（ SiH_4 ）を用い、キャリアガスとして H_2 または N_2 を用いる。

【0047】

図 7 の (1) から (5) に作製工程模式図を示す。1 回目の結晶成長を行うため、 Sapphire 基板 1 を MOCVD 装置のサセプタ上に導入し、基板温度 1200 程度まで昇温し、窒素又は水素雰囲気中にさらす。次に、 Sapphire 基板 1 の基板温度を $400 \sim 650$ 程度まで降温し、 Sapphire 基板 1 に $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ バッファ層 2 を $200 \sim 1000$ 成長する。次に、基板温度 1050 程度まで昇温し n 型 GaN 層 3 を $0.5 \sim 4 \mu\text{m}$ 程度成長し、次に、 n 型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層 4 を $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 程度成長する。基板温度を $800 \sim 850$ 程度に降温し n ドープ $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 活性層 5 を $30 \sim 800$ 成長する。次に、基板温度を 1050 程度まで昇温 Mg ドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層 6 を $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 程度成長し、 Mg ドープ GaN コンタクト層 7 を $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$ 程度成長する（図 7 - (1)）。

【0048】

一旦、ウェハを成長室から取り出し、 N_2 雰囲気、 800 にて熱処理を行い Mg ドー

10

20

30

40

50

ブ層を p 型層に変化させる。

【 0 0 4 9 】

次に、 p^+ 型 GaN コンタクト層 7 の上にレジストマスク 1 0 0 を形成し、通常のフォトリソグラフィを用いて p^+ 型 GaN コンタクト層 7 の上のレジストマスク 1 0 0 に例えば円形状の溝を開ける (図 7 - (2)) 。

【 0 0 5 0 】

ここで、レジストマスク 1 0 0 の形状は特に円形状の溝に限定する必要はない。

【 0 0 5 1 】

このウェハをドライエッチング法により p^+ 型 GaN コンタクト層 7 の所望の位置までエッチングし (1 2) 、このエッチングにより p^+ 型 GaN コンタクト層 7 の所望の表面を高抵抗領域層 1 0 を形成することができる (図 7 - (3)) 。

10

【 0 0 5 2 】

ここで、ドライエッチング後の p 型層表面は Cl , O 混入や Mg 不純物の抜け等が発生し p 型層表面の厚さ 2 0 0 ~ 3 0 0 が高抵抗層になる。

【 0 0 5 3 】

ここで、ドライエッチング法として、例えば R I E : 反応性イオンエッチング、E C R - R I B E : 電子サイクロトロン共鳴を利用した反応性イオンビームエッチング法を用いる。ガス種として例えば Cl_2 , $SiCl_4$, BCl_3 等又はこれらに Ar , H_2 等を添加したガスを用いる。

【 0 0 5 4 】

20

次に、このウェハにレジストマスクを形成し、ドライエッチングにより n 型 GaN 層 3 表面が露出するまでエッチングし (1 3) 、有機溶剤にてマスク 1 0 0 を除去する (図 7 - (4)) 。

【 0 0 5 5 】

次に、 p^+ 型 GaN コンタクト層 7 表面全面に直接 p 型用電極 8 Ni 及び Au 、ボンディング電極 1 4 例えば Au を形成、n 型 GaN 層 3 に n 型用電極 9 Ti 及び Al を形成する (図 7 - (5)) 。

【 0 0 5 6 】

ここで、図 3 及び図 7 中の表面領域 1 0 と 1 1 について説明する。p 型層 6 及び 7 において、ガス種例えば Cl_2 にさらされている部分の表面 1 0 は高抵抗層となり、ガスにさらされていないマスク部分の表面 1 1 は本来の p^+ 型 GaN コンタクト層 7 の性質を有し低抵抗のままである。p 型用電極 8 と表面 1 0 は非オーミック性を示し、表面 1 1 とはオーミック性を示すことが図 9 に示している。

30

【 0 0 5 7 】

このことより従来のように絶縁体膜を用いることなく電流阻止構造を持つ半導体発光素子が容易に作製できる。

【 0 0 5 8 】

この結果、ボンディング電極 1 4 部分からの電流注入が阻止でき、外部発光効率に優れ、作製が容易な電流阻止型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を提供することができる。

40

【 0 0 5 9 】

(実施例 2)

図 4 は、本発明の実施例 2 によって作製された電流阻止型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面模式図を示す。

【 0 0 6 0 】

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化合物気相成長法 (以下 M O C V D 法) を用い、基板として導電性基板、V 族原料としてアンモニア NH_3 、III 族原料としてトリメチルガリウム (T M G) 、トリメチルアルミニウム (T M A) 、トリメチルインジウム (T M I n) 、p 型不純物としてビスシクロペンタジエニルマグネシウム (Cp_2Mg) 、n 型不純物としてモノシラン (SiH_4) を用い、キャリアガスとして

50

H₂またはN₂を用いる。

【0061】

図8の(1)から(4)に作製工程模式図を示す。1回目の結晶成長を行うため、SiC基板1をMOCVD装置のサセプタ上に導入し、基板温度1200程度まで昇温し、窒素又は水素雰囲気さらす。次に、SiC基板1の基板温度を1050程度まで昇温しn型Ga_{0.1}N層3を0.5~4μm程度成長し、次に、n型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層4を0.1~0.3μm程度成長する。基板温度を800~850程度に降温しノンドープIn_{0.15}Ga_{0.85}N活性層5を30~800成長する。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6を0.1~0.3μm程度成長し、MgドープGa_{0.1}Nコンタクト層7を0.5~1μm程度成長する(図8-(1))。

10

【0062】

一旦、ウェハを成長室から取り出し、N₂雰囲気、800にて熱処理を行いMgドープ層をp型層に変化させる。

【0063】

次に、p⁺型Ga_{0.1}Nコンタクト層7の上にレジストマスク100を形成し、通常のフォトリソグラフィを用いてp⁺型Ga_{0.1}Nコンタクト層7上のレジストマスク100に例えば円形状の溝を開ける(図8-(2))。

【0064】

ここで、レジストマスク100の形状は特に円形状の溝に限定する必要はない。

【0065】

20

このウェハをドライエッチング法によりp⁺型Ga_{0.1}Nコンタクト層7の所望の位置までエッチングし(12)、このエッチングによりp⁺型Ga_{0.1}Nコンタクト層7の所望の表面を高抵抗領域層10を形成することができる(図8-(3))。

【0066】

ここで、ドライエッチング後のp型層表面はCl, O混入やMg不純物の抜け等が発生しp型層表面の厚さ200~300が高抵抗層になる。

【0067】

ここで、ドライエッチング法として、例えばRIE:反応性イオンエッチング、ECR-RIBE:電子サイクロトロン共鳴を利用した反応性イオンビームエッチング法を用いる。ガス種として例えばCl₂, SiCl₄, BCl₃等又はこれらにAr, H₂等を添加したガスを用いる。

30

【0068】

次に、p型コンタクト層7上のマスク100を有機溶剤にて除去する。

次に、p型Ga_{0.1}Nコンタクト層7表面全面に直接p型用電極8例えばNi及びAu、ボンディング用電極14例えばAuを形成、SiC基板1にn型用電極9を形成する(図8-(4))。

【0069】

ここで、図4及び図8中の表面領域10と11について説明する。p型Ga_{0.1}Nコンタクト層7において、ガス種例えばCl₂にさらされている部分の表面10は高抵抗層となり、ガスにさらされていないマスク部分下の表面11は本来のp⁺型Ga_{0.1}Nコンタクト層7の性質を有し低抵抗のままである。このため、p型用電極8と表面10は非オーミック性を示し、表面11とはオーミック性をしめすことを図9に示している。

40

【0070】

このことより従来のように絶縁体膜を用いることなく電流阻止構造を持つ半導体発光素子が容易に作製できる。

【0071】

この結果、ボンディング電極14部分からの電流注入が阻止でき、外部発光効率に優れ、作製が容易な電流阻止型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を提供することができる。

【0072】

50

【発明の効果】

本発明によれば、外部発光効率に優れ、作製が容易な電流阻止型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を提供することができる。

図の説明

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に密接に関連する窒化ガリウム系化合物半導体レーザの一例の断面模式図である。

【図2】 本発明に密接に関連する窒化ガリウム系化合物半導体レーザの他の例の断面模式図である。

【図3】 本発明の実施例1による窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面模式図である。 10

【図4】 本発明の実施例2による窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面模式図である。

【図5】 図1の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの作製模式図である。

【図6】 図2の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの作製模式図である。

【図7】 実施例1を説明するための窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の作製模式図である。

【図8】 実施例2を説明するための窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の作製模式図である。

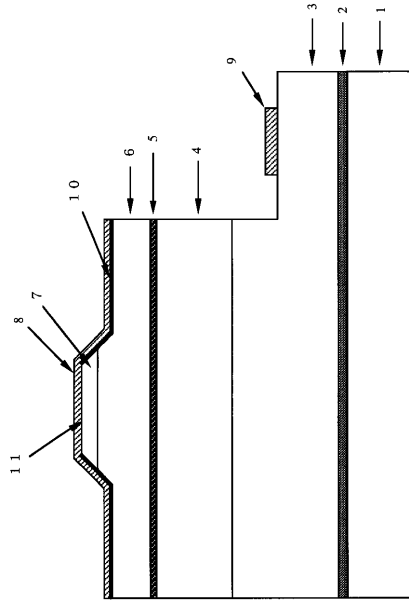
【図9】 p型GaNと電極の電流と電圧特性図である。 20

【図10】 従来のGaN系化合物半導体レーザの断面模式図である。

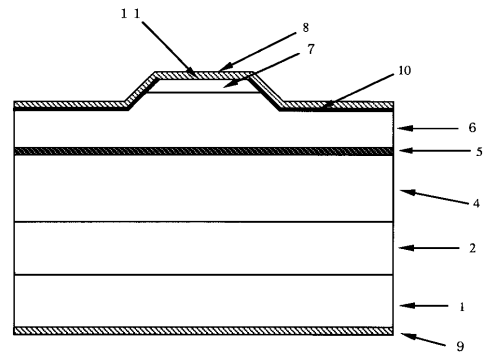
【符号の説明】

- 1 Sapphire基板又はSiC基板
- 2 AlGaNバッファ層
- 3 n型GaN層
- 4 n型AlGaNクラッド層
- 5 ノンドープInGaN活性層
- 6 p型AlGaNクラッド層
- 7 p⁺型GaNコンタクト層
- 8 p型用電極 30
- 9 n型用電極
- 10 高抵抗領域層（エッチングにさらされている部分）
- 11 低抵抗領域層（エッチングにさらされていない部分）
- 12 リッジ加工またはエッチングにより高抵抗領域層形成
- 13 n型GaN層までエッチングする工程
- 14 ボンディング電極
- 100 レジストマスク
- 300 n型In_{0.05}Ga_{0.95}N層
- 400 n型GaN層
- 500 InGaNMQW活性層 40
- 600 p型Al_{0.2}Ga_{0.8}N層
- 700 p型GaN層
- 800 絶縁体膜

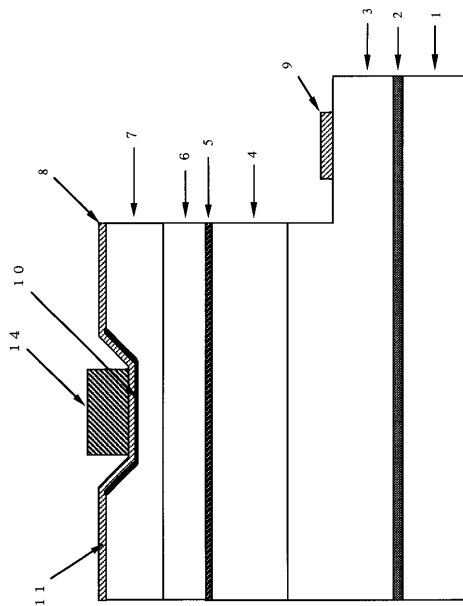
【図 1】



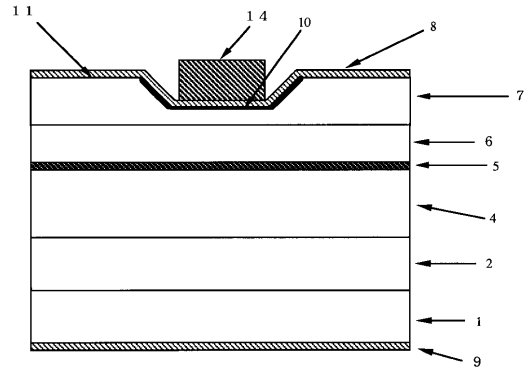
【図 2】



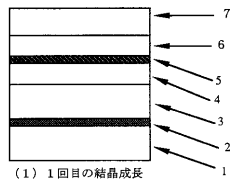
【図 3】



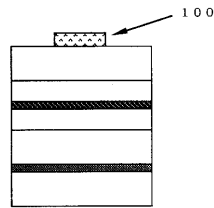
【図 4】



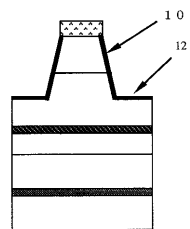
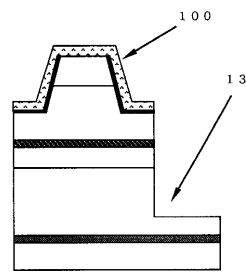
【図 5】



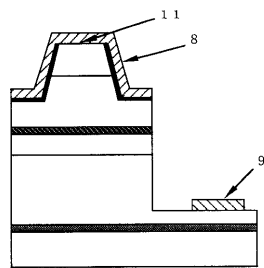
(1) 1 回目の結晶成長



(2) ストライプ状に酸化膜又はレジスト形成

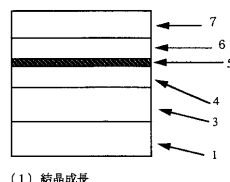
(3) ドライエッチング工程
リッジ導波路形成
高抵抗層 10 形成

(4) ドライエッチング工程

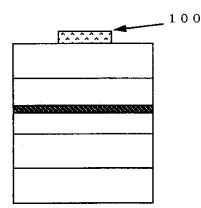


(5) P型、N型電極形成

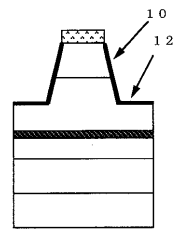
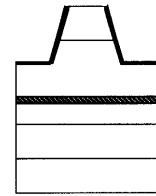
【図 6】



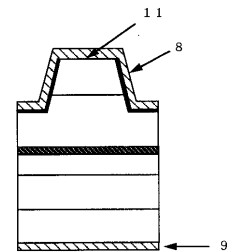
(1) 結晶成長



(2) ストライプ状に酸化膜又はレジスト形成

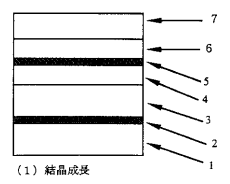
(3) ドライエッチング工程
リッジ導波路形成
高抵抗層 10 形成

(4) 酸化膜又はレジスト除去

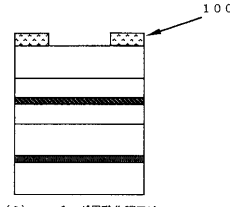


(5) P型、N型電極形成

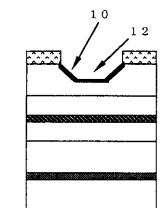
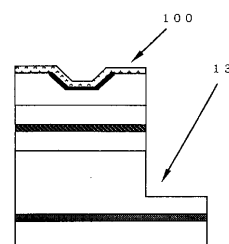
【図 7】



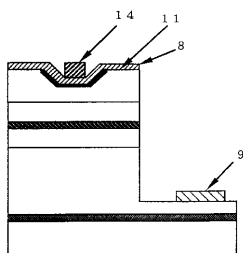
(1) 結晶成長



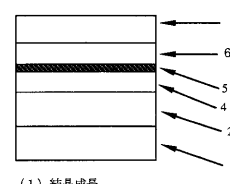
(2) エッチング用酸化膜又はレジストマスク形成

(3) ドライエッチング工程
高抵抗領域形成

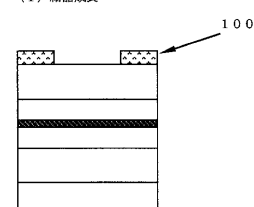
(4) a-GaN層を露出するためのドライエッチング工程

(5) P型電極 8、ボンディング電極 14
及び N 型電極 9 形成

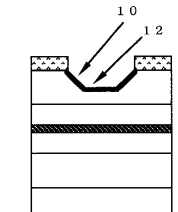
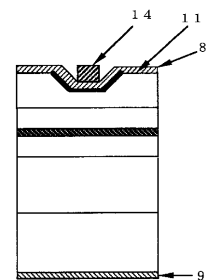
【図 8】



(1) 結晶成長

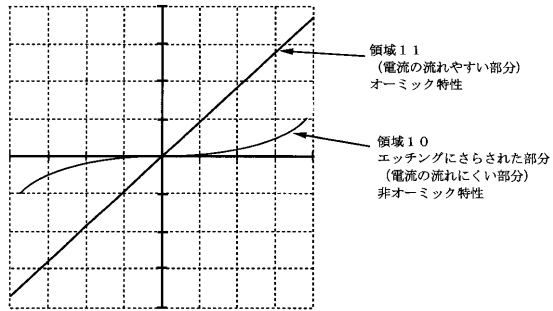


(2) エッチング用酸化膜又はレジストマスク形成

(3) ドライエッチング工程
高抵抗領域形成(4) P型電極 8、ボンディング電極 14
及び N 型電極 9 形成

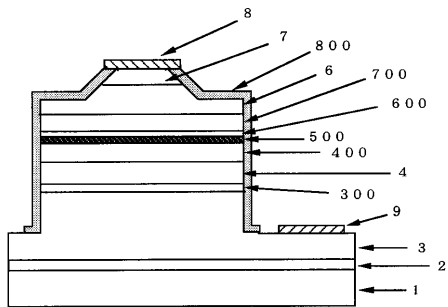
【 図 9 】

P型GaN層とP型電極の電流、電圧の関係



縦軸：電流 2 mA/div、横軸：電圧 0.1V/div

【 図 1 0 】



フロントページの続き

(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2番22号 シャープ株式会社内

審査官 松崎 義邦

(56)参考文献 特開平08-250768(JP,A)

特開平09-260772(JP,A)

特開平09-275243(JP,A)

特開平10-117016(JP,A)

特開平10-163571(JP,A)

特開平08-153892(JP,A)

特開平07-254733(JP,A)

特開平06-005921(JP,A)

特開平08-097471(JP,A)

特開平10-242516(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L33/00

H01S5/00-5/50