

(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2007-12883

(P2007-12883A)

(43) 公開日 平成19年1月18日(2007.1.18)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 S 5/042 (2006.01)	HO 1 S 5/042 6 1 2	5 F 1 7 3
HO 1 S 5/022 (2006.01)	HO 1 S 5/022	
HO 1 S 5/323 (2006.01)	HO 1 S 5/323 6 1 0	

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2005-192021 (P2005-192021)	(71) 出願人	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
(22) 出願日	平成17年6月30日 (2005.6.30)	(74) 代理人	100101823 弁理士 大前 要
		(74) 代理人	100117293 弁理士 板東 義文
		(72) 発明者	伊藤 茂穂 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
		(72) 発明者	高谷 邦啓 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

最終頁に続く

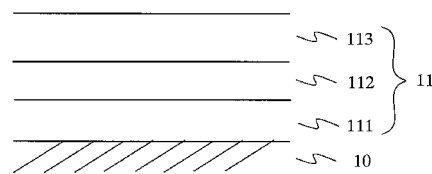
(54) 【発明の名称】 窒化物半導体レーザ素子および窒化物半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 高電流密度で駆動しても、電圧特性が劣化しない、長寿命な窒化物半導体レーザ素子を実現する。

【解決手段】 p型窒化物半導体と、前記p型窒化物半導体上に形成されたp側電極と、を備える窒化物半導体レーザ素子において、前記p側電極は、前記p型窒化物半導体に直接接する第1の層と、前記第1の層上に形成された導電性を有する第2の層と、を有し、前記第2の層は、Ti、Zr、Hf、W、MoおよびNbからなる群から選択される金属元素と、酸素元素とを含むことを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

p 型窒化物半導体と、
 前記 p 型窒化物半導体上に形成された p 側電極と、
 を備える窒化物半導体レーザ素子において、
 前記 p 側電極は、前記 p 型窒化物半導体に直接接する第 1 の層と、前記第 1 の層上に形成された導電性を有する第 2 の層と、を有し、
 前記第 2 の層は、Ti、Zr、Hf、W、Mo および Nb からなる群から選択される金属元素と、酸素元素とを含む、
 ことを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

10

【請求項 2】

前記第 2 の層中の前記金属元素と前記酸素元素の元素数総和を 1 とするとき、前記総和に対する酸素元素の元素数比が 0.5 未満である、
 ことを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 3】

前記第 2 の層中の前記金属元素と前記酸素元素の元素数総和を 1 とするとき、前記総和に対する酸素元素の元素数比が 0.01 以上 0.4 以下である、
 ことを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 4】

前記第 1 の層は、Pd、Ni、Co、Pt からなる群より選択される元素を含む、
 ことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の窒化物半導体レーザ素子。

20

【請求項 5】

前記第 1 の層は、
 Pd、Ni、Co、Pt からなる群より選択される元素で構成された、前記 p 型窒化物半導体に直接接触する内層 A と、
 前記内層 A を構成する元素以外の元素であって、Pd、Ni、Co、Pt、Au、Mo、Ti、W からなる群より選択される元素で構成された、前記第 2 の層に直接接触する内層 B と、
 からなることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の窒化物半導体レーザ素子。

30

【請求項 6】

前記第 2 の層の上にボンディング層が設けられている、
 ことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 7】

前記ボンディング層と前記第 2 の層の間に、前記第 2 の層に直接接触するバリア層が設けられており、
 当該バリア層は、Pd、Ni、Pt、Ti、Zr、Hf、W、Mo および Nb からなる群より選択される金属元素と、酸素元素と、を含み、
 当該バリア層中の上記金属元素と酸素元素の元素数総和を 1 とするときにおける酸素元素の元素数比は、前記第 2 の層における酸素元素の元素数比よりも小さく、
 前記ボンディング層は、Au、Pt、Ni、Al および Pd からなる群より選択される元素で構成されている、
 ことを特徴とする請求項 6 に記載の窒化物半導体レーザ素子。

40

【請求項 8】

前記ボンディング層と前記第 2 の層の間に、前記第 2 の層に直接接触するバリア層が設けられており、
 当該バリア層は、Pd、Ni、Pt、Ti、Zr、Hf、W、Mo および Nb からなる群より選択される金属元素を含み、
 前記ボンディング層は、上記バリア層を構成する元素以外の元素であって、Au、Pt、Ni、Al および Pd からなる群より選択される元素からなる、

50

ことを特徴とする請求項 6 に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の窒化物半導体レーザ素子と、
前記窒化物半導体レーザ素子の周囲に酸素ガスを存在させて前記窒化物半導体レーザ素子を封止したパッケージと、
を有する窒化物半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、III族元素と、V族元素として窒素を用いた窒化物半導体レーザ素子およびこのような窒化物半導体レーザ素子を用いた半導体レーザ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

窒化物半導体レーザ素子は、発光効率や高速動作性、集光特性に優れる等の特性を有するので、高密度光記録媒体を対象とした情報の読み出しや書き込みを行うための短波長光源として期待されている。また、それ自身が可視光を発光することができ、更に波長変換手段を用いれば窒化物半導体レーザ素子の発する短波長光を可視光に変換することもできることから、照明やバックライトなどの可視光源としての利用が期待されている。

20

【0003】

このような期待に応えるためには、発光出力が高く、長時間にわたって安定して動作する窒化物半導体レーザ素子の開発が必須である。しかし、従来の窒化物半導体レーザ素子は、電極と半導体との密着性が悪く、電極が剥がれ易いという問題があり、耐久性が十分でない。このため、その能力が十分に活用されていない。

【0004】

このような問題を解決する技術としては、例えば特許文献 1 および 2 の技術が提案されている。

【0005】

【特許文献 1】特開平 11 - 54843 号公報

30

【特許文献 2】特開平 11 - 340569 号公報

【0006】

特許文献 1 は、p 型窒化物系半導体に、p 側電極として、Ni 層と、Ti 層と、Au 層と、を順に設ける技術である。Ni 層は p 型窒化物系半導体に接してオーミック接触を得るための層であり、Au 層はボンディングメタルとしての層であり、Ti 層はこれらの間に介在し、密着性を高めて、p 側電極の剥離を防止するための層である。この技術によると、電極の剥がれを防止できるとされる。

【0007】

また、上記特許文献 2 は、p 型窒化物系半導体上に、第 1 の層と第 2 の層との 2 層構造の電極を形成する技術である。具体的には、第 1 の層としては、p 型窒化物系半導体と接する部分にオーミック性に優れる Ni、Pd または Pt を用い、第 2 の層としては、半導体レーザにおいて半導体表面に埋め込み層として形成される、絶縁層との密着力の強い金属（例えば Cr、Al、Ti）を用いている。この技術によると、p 電極の剥がれの問題を解決できるとされる。

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、上記技術を適用した場合であっても、発光出力を高めるために、素子を 10 kA/cm^2 以上の高い電流密度で駆動させた場合には、素子性能が劣化し短時間で電圧の異常上昇が生じる。よって、未だ十分には発光出力を高めることができないという課題が

50

ある。

【0009】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、高電流密度においても長期間にわたって安定して使用できる、信頼性の高い半導体レーザ素子を提供することを目的とする。

【0010】

本発明者らは、上記課題を解決すべく鋭意研究を行ったところ、 10 kA/cm^2 以上の高電流密度で半導体レーザ素子を駆動させた場合における素子特性の急速な劣化は、素子の周囲に存在する雰囲気ガス (N_2 , He , H_2 , CO_2 , CO 等)の構成分子が素子の半導体内部に侵入するためであり、この原因による素子特性の劣化は、p側電極に酸素元素と金属元素 (Ti , Zr , Hf , W , Mo , Nb)とを含む層を配すること等により防止することができるということを見出した。そして、本発明を完成させた。

10

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決する本発明の基本構成は、p型窒化物半導体と、前記p型窒化物半導体上に形成されたp側電極と、を備える窒化物半導体レーザ素子において、前記p側電極が、前記p型窒化物半導体に直接接する第1の層と、前記第1の層上に形成された導電性を有する第2の層と、を有し、前記第2の層が、 Ti 、 Zr 、 Hf 、 W 、 Mo および Nb からなる群から選択される金属元素と、酸素元素とを含む窒化物半導体レーザ素子である。

【0012】

この構成であると、上記第2の層中の金属元素 (Ti , Zr , Hf , W , Mo , Nb) が、酸素元素と協働して、雰囲気ガス構成分子が半導体内部に侵入することを防止する。よって、高電流密度での使用による素子劣化が抑制される。

20

【0013】

ここで、 Ti 、 Zr 、 Hf 、 W 、 Mo 、 Nb などの金属元素は、雰囲気ガスの構成分子と高い親和性を有するゲッターとして機能するが、上記金属元素のみである場合には、雰囲気ガス分子の侵入を十分に阻止できない。その理由は明らかでないが、金属元素 (Ti 、 Zr 、 Hf 、 W 、 Mo 、 Nb)と酸素元素とを共に含む層とすると、雰囲気ガス分子の侵入を十分に阻止できる。

【0014】

また、この第2の層は、電極の剥がれを防止する作用をも有しており、素子の耐久性を向上させることができる。

30

【0015】

他方、金属元素と酸素元素とを含む第2の層は、p型窒化物半導体とのオーミック電極特性が悪い(接触抵抗が大きい)。よって、この第2の層と窒化物半導体とを直接接触させる構造であると、レーザ素子の特性を十分に高めることができない。そこで上記本発明構成では、第2の層とp型窒化物半導体層との間に、第2の層以外の層、すなわち第1の層を介在させる。この構成であれば、第2の層よりもp型窒化物半導体とのオーミック電極特性に優れた層を第1の層とすることにより、上記第2の層を設けた作用効果を最大限に引き出すことができる。よって上記本発明構成によると、高電流密度での駆動においても長期間にわたって安定して使用できる高出力半導体レーザ素子を実現することができる。

40

【0016】

上記基本構成において、前記第2の層中の前記金属元素と酸素元素の元素数総和を1とするとき、前記総和に対する酸素元素の元素数比が0.5未満である構成とすることができる。

【0017】

第2の層における酸素元素の元素数比が過大となると、導電性が低下し電極としての機能が損なわれるので、上記のように規制することが好ましい。

【0018】

50

また、上記基本構成において、より好ましくは、前記総和に対する酸素元素の元素数比が0.01以上0.4以下とする。この範囲であると、雰囲気ガス分子の侵入を阻止でき、且つ導電性の低下も少ない。

【0019】

また、上記基本構成における第1の層は1層構造としてもよく、2層以上の構造としてもよいが、p型窒化物半導体とのオーミック電極特性を高めるために、好ましくは少ともp型窒化物半導体に直接接触する側には、Pd、Ni、Co、Ptからなる群より選択される元素を含ませるのがよい。更に第1の層を2層構造とする場合には、Pd、Ni、Co、Ptからなる群より選択される元素で構成された、前記p型窒化物半導体に直接接触する内層Aと、前記内層Aを構成する元素以外の元素であって、Pd、Ni、Co、Pt、Au、Mo、Ti、Wからなる群より選択される元素で構成された、前記第2の層に直接接触する内層Bとからなる2層構成とするのが好ましい。

10

【0020】

また、上記基本構成に更に、レーザ素子に電源を供給する電線を接続するためのボンディング層を、第2の層の上に設けることができる。この場合、好ましくは、前記ボンディング層と前記第2の層の間に、前記第2の層に直接接触するバリア層が設けられ、当該バリア層が、Pd、Ni、Pt、Ti、Zr、Hf、W、MoおよびNbからなる群より選択される金属元素と、酸素元素と、で構成され、当該バリア層における酸素元素の元素数比が、前記第2の層における酸素元素の元素数比よりも小さく、前記ボンディング層が、Au、Pt、Ni、AlおよびPdからなる群より選択される元素で構成された構造とするのがよい。また、当該バリア層が、Pd、Ni、Pt、Ti、Zr、Hf、W、MoおよびNbからなる群より選択される金属元素を含み、前記ボンディング層が、上記バリア層を構成する元素以外の元素であって、Au、Pt、Ni、AlおよびPdからなる群より選択される元素からなる構造とするのもよい。

20

【0021】

この構造であると、上記バリア層が、ボンディング層中の元素が拡散し第2の層内に移行するのを防止するので、ボンディング層の構成元素の拡散に起因する素子性能の低下を防止できる。

【0022】

上記課題を解決するための本発明半導体レーザ装置は、上述したいずれかの構造の窒化物半導体レーザ素子と、前記窒化物半導体レーザ素子の周囲に酸素ガスを存在させて前記窒化物半導体レーザ素子を封止したパッケージと、を有する装置であることを特徴とする。

30

【0023】

上述したように、雰囲気ガスが素子特性に大きく影響するのであるが、その理由は必ずしも明らかではないが、窒化物半導体レーザ素子の周囲に酸素ガスが存在すると、劣化の程度が極めて小さくなる。よって、この構成であると、長期間にわたって安定して使用することのできる信頼性に優れた高出力半導体レーザ装置を実現することができる。

【0024】

ここで、上記構成における窒化物半導体レーザ素子の周囲に存在する酸素ガスは、純粋な酸素ガスである必要はなく、混合ガスでもよい。混合ガス中の酸素ガスの含有濃度（モル濃度百分率）としては、好ましくは1～100%であり、より好ましくは10～40%、または1～20%である。

40

【発明の効果】

【0025】

以上に説明したように、本発明によると、10kA/cm²以上の高電流密度で使用しても、電極の剥がれや電圧の異常上昇が起こらない、高出力で長寿命な窒化物半導体レーザ素子及びレーザ装置を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

50

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照にして説明する。なお、図面において、同一の参照符号は、同一部分または相当部分を表わすものである。

【0027】

(実施の形態1)

図1は、実施の形態1に係る窒化物半導体レーザ素子の、p側電極の構造を模式的に示す断面図である。p側電極11は、p型の導電性を付与するために、II族元素(例えばMg)がドーブされたp型窒化物半導体からなるコンタクト層10上に形成されている。p側電極11は、コンタクト層から順に、第1の層111と、第2の層112と、第3の層113とからなる。

【0028】

第1の層は、p型の窒化物系半導体に対して良好なオーミック電極特性を示す金属が含まれる。この金属としては、好ましくはPd、Ni、Co、Ptが用いられ、より好ましくはPdが用いられる。また、第1の層は、p型半導体層と接する内層Aと、その上方であって第2の層と直接接する内層Bとからなる2層構造としてもよい。この場合、p型半導体層と接する内層Aには良好なオーミック電極特性を示すPd、Ni、Co、Ptを用い、その上方の層には、上記内層Aを構成する金属以外の元素であって、上記内層A及び上記第2の層との接触性に優れるPd、Ni、Co、Pt、Au、Mo、Ti、W等を用いる。

【0029】

第2の層112は、金属元素と酸素元素を含み、且つ金属元素リッチな導電性物質からなる。金属元素としては、好ましくはTi、Zr、Hf、W、Mo、Nbが用いられる。導電性物質に含まれる元素数の総和を1としたとき、総和に対する酸素元素の元素数比は、好ましくは0.5未満(金属元素の元素数よりも酸素元素の元素数の方が少ない)であり、より好ましくは0.01~0.4であり、さらに好ましくは0.01~0.25である。酸素元素数比が0.5以上である場合、例えばTiOというような誘電体となり、導電性が損なわれるおそれがある。他方、酸素元素数比が過小である場合、電圧上昇を防止するという本発明の効果が損なわれるおそれがある。

【0030】

第2の層112の上方には、第3の層113が形成されている。この層は、レーザ素子と素子外部の電極とのボンディング性を良好とするための層であるが、この層を形成しなくてもよい。ボンディング性を良好とするための層の材料としては、好ましくはNi、Au、Al、Pd、Al等が用いられ、より好ましくはAuが用いられる。また、第3の層113は、ボンディング用のボンディング層と、ボンディング層と第2の層112との間に介在するバリア層と、の2層構造とすることが好ましい。このバリア層は、ボンディング層の金属元素が、素子の使用中に第2の層に拡散して、第2の層の機能を損なうことを防止するための層である。

【0031】

2層構造の場合、ボンディング層の材料としては、上に例示した材料を用い、バリア層としては、ボンディング層を構成する元素以外の元素であって(ボンディング層とバリア層とは、元素組成が異なる)、Pd、Ni、Pt、Ti、Zr、Hf、W、MoおよびNbの少なくとも一種を含むことが好ましい。また、このバリア層に酸素元素を含ませることができるが、バリア層の酸素元素数比は、第2の層よりも小さくすることが好ましい。このような構成とすることにより、ボンディング層との密着をより高めるという効果が得られる。また、バリア層は、ボンディング層の金属元素が、素子の使用中に第2の層に拡散して、第2の層の機能を損なうことを防止する効果を有効に発揮し得る点で、Ti、Pt、W、Mo等の高融点金属元素を用いることがより好ましい。

【0032】

本発明において用いられる窒化物半導体は、 $Al_xGa_yIn_zN$ ($0 < x < 1$, $0 < y < 1$, $0 < z < 1$, $x + y + z = 1$) の式で表わされる、窒化物半導体結晶を含むことが好ましい。ここで、窒化物半導体結晶が六方晶構造である場合には、窒素元素中の10%

10

20

30

40

50

以下の窒素元素が、As、PまたはSbのうち少なくとも1種の元素に置換されていてもよい。

【0033】

また、窒化物半導体層には、例えばケイ素(Si)、酸素(O)、塩素(Cl)、硫黄(S)、セレン(Se)、炭素(C)、ゲルマニウム(Ge)、亜鉛(Zn)、カドミウム(Cd)、マグネシウム(Mg)およびベリリウム(Be)のうち少なくとも1種がドーピングされて、窒化物半導体層はp型またはn型のいずれかの導電性を有していてもよい。特に、p型不純物としては、マグネシウム(Mg)を用いることが好ましい。なお、以下では、説明の便宜のため、化合物組成を特に明示せずに、窒化物半導体層を例えばAlGaInN層と略記することがある。

10

【0034】

(実施の形態2)

図2は、実施の形態2に係る半導体レーザ素子の概略断面図である。この半導体レーザ素子は、n型GaN基板200上に、n-GaN層201、n-Al_{0.05}Ga_{0.95}N下部クラッド層202、n-GaNガイド層203、GaN下部隣接層204、活性層205、GaN上部隣接層206、p-Al_{0.2}Ga_{0.8}N層207、p-Al_{0.1}Ga_{0.9}N上部クラッド層208、p-GaNコンタクト層209が順次形成された構成である。また、基板裏面には、n側電極220、p-GaNコンタクト層209に接してp側電極221が形成されている。このp型電極は、上記実施の形態1で示したものと同様に、第1~第3の層を有している。また、上部クラッド層208とコンタクト層209は、共振器方向

20

【0035】

上記p型の層には、pドーパ不純物として、例えばマグネシウム(Mg)が、 $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 濃度で含有されている。上部クラッド層およびコンタクト層において、代表的には、 $4 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ である。なお、p-GaNコンタクト層を省略して、上部クラッド層がコンタクト層を兼ねる構成としてもよい。

【0036】

上記活性層105は、アンドープの井戸層とアンドープの障壁層とが、井戸層、障壁層、井戸層、障壁層、井戸層の順で形成された多重量子井戸構造(井戸数3)である。

30

【0037】

上記井戸層および障壁層は、In_xGa_{1-x}N(0 < x < 1)、Al_xGa_{1-x}N(0 < x < 1)、InGaAlN、GaN_{1-x}As_x(0 < x < 1)、GaN_{1-x}P_x(0 < x < 1)、またはこれらの化合物などの窒化物半導体で形成することができ、好ましくは、障壁層は井戸層よりもバンドギャップエネルギーが大きくなるような組成とする。また、素子の発振閾値を下げるため、活性層を井戸数が2~4の多重量子井戸構造(MQW構造)とすることが好ましいが、単一量子井戸構造(SQW構造)としてもよい。この場合、井戸層に挟まれた障壁層は存在しないこととなる。

【0038】

上記p側電極221は、p-GaNコンタクト層109に接する側から、第1の層231(Pd層とMo層)、第2の層232(TiOx層)、第3の層233(Pt層とAu層)からなる。ここで、第2の層及び第3の層は、絶縁膜122上にも形成されている。ここで、TiOx層は、絶縁膜に対して密着性がよいので、従来のレーザ素子における密着改善のためのTi層と同様の機能も有している。

40

【0039】

上記第1の層は、p型窒化物半導体に接するPd層(内層A)と、その上方に形成されたMo層(内層B)とからなる。ここで、Pd層は、p型窒化物半導体にオーミック接触するための層である。

【0040】

50

上記第2の層(TiO_x)層は、第1の層の上部に形成され、且つp型窒化物半導体とのオーミック接触部分の少なくとも一部を覆うように形成されている。TiO_x中の酸素の組成比は、好ましくはTi>Oとし、より好ましくはOをOとTiの総和を1とするとき、総和に対しての0.01~0.4とする。このような組成を採用することにより、電極としての良好な導電性が得られる。

【0041】

上記第3の層は、第2の層の上方に形成されたPt層(バリア層)と、その上方に形成されたAu層(ボンディング層)とからなる。Au層は、p側電極の最上層であり、ボンディングを行うための層である。Pt層は、ボンディング用金属に対するバリア層である。

10

【0042】

各層の膜厚としては、第1の層: Pd層5~300nm、第1の層: Mo層5~300nm、第2の層: TiO_x層5~300nm、第3の層: Pt層: 5~300nm、第3の層Au層: 100nm~10μmとすることが好ましい。

【0043】

また、絶縁膜222は、上記窒化物半導体(上部クラッド層208)上に形成され、p側電極221に接している。ここで、絶縁膜222の材質は特に限定されないが、窒化物半導体との密着性を向上させる観点から、酸化シリコン、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウム、酸化タンタル、酸化マグネシウム、フッ化カルシウムまたはフッ化マグネシウムのいずれかからなることが好ましい。また、絶縁膜を、1層構造ではなく、2層以上からなる構成としてもよい。2層以上の構造を採用する場合、窒化物半導体と接する層として発光に対して吸収の少ない材料を選定し、その上部のp側電極と接する層は、電極との密着性に優れた材料を選定することが好ましい。

20

【0044】

上記構成の半導体レーザ素子は、公知の窒化物半導体の結晶成長方法を用いて作製できる。各半導体層は、例えば有機金属気相成長法(MOCVD法)により積層でき、ドライエッチングを用いたエッチング処理によりリッジストライプ構造を形成することができる。p側電極を構成する各層は、電子ビーム(EB)真空蒸着法や、高周波スパッタリング法などの製膜法を用いることができる。TiO_x層は、Tiを原料として、製膜雰囲気中に酸素を含有させ、あるいは酸化させたTiを原料として製膜することにより形成できる。

30

【0045】

(実施例1)

本発明を、実施例を用いて更に具体的に説明する。実施例1に係る半導体レーザ素子は、図2に示すように、実施の形態2と同一の構造を採用しており、各部の具体的なサイズは以下のとおりである。

n-GaN層201: 厚さ0.5μm
 n-Al_{0.05}Ga_{0.95}N下部クラッド層202: 厚さ2μm
 n-GaNガイド層203: 厚さ0.1μm
 GaN下部隣接層204: 厚さ20nm
 活性層205: 厚み28nm
 GaN上部隣接層206: 厚さ50nm
 p-Al_{0.2}Ga_{0.8}N層207: 厚さ20nm
 p-Al_{0.1}Ga_{0.9}N上部クラッド層208: 厚さ0.6μm
 p-GaNコンタクト層209: 0.1μm
 第1の層231(Pd層): 50nm
 第1の層231(Mo層): 100nm
 第2の層232(TiO_x層): 20nm
 第3の層233(Pt層): 100nm
 第3の層233(Au層): 500nm

40

50

また、リッジストライプの幅は約 $1.6 \mu\text{m}$ とし、共振器長 $600 \mu\text{m}$ とした。

【0046】

上記活性層105は、アンドープの $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 井戸層（厚さ： 4nm ）とアンドープの GaN 障壁層（厚さ： 8nm ）とが、井戸層、障壁層、井戸層、障壁層、井戸層の順で形成された多重量子井戸構造（井戸数3）である。

【0047】

各窒化物半導体層は、有機金属気相成長法（MOCVD法）により、基板上に順次積層した。また、リッジストライプ構造は、ドライエッチングを用いたエッチング処理により形成した。p側電極を構成する各層は、電子ビーム（EB）真空蒸着法を用いた。TiO_x層は、Tiを原料として、製膜雰囲気中に酸素を含有させて製膜した。

10

【0048】

上述のようにして作製された実施例1に係る窒化物半導体レーザ素子を、レーザパッケージ内に密閉封止実装して通電試験を行った。封止の雰囲気は、酸素ガス10%と窒素ガス90%の混合ガスとした。試験条件は、 60°C の高温下で、DC120mAの一定電流駆動（約 $13 \text{kA}/\text{cm}^2$ ）とし、素子電圧をモニタした。この結果を図3に示す。

【0049】

図3から明らかのように、実施例1に係るレーザ素子は、500時間以上経過しても、一定の素子電圧（約 5.7V ）で安定して走行することがわかる。素子電圧が約 5.7V であることからわかるように、第2の層を通じて通電できており、第2の層は導電性を有している。このように、本実施例のレーザ素子は約 $13 \text{kA}/\text{cm}^2$ という高電流密度

20

【0050】

（比較例1）

第2の層を設けず、絶縁膜と第3の層との間にTi層を形成した（第1の層の上部にはTi層は形成されていない）こと以外は、上記実施例1と同様にしてレーザ素子を作製した。このTi層は、絶縁膜と第3の層との密着性を高めるためのものである。実施例1と同様にパッケージを行い、同様の通電試験を行った。この結果を図4に示す。

【0051】

図4から明らかのように、走行100時間前後で電圧が上昇し、 8V 以上となった。

【0052】

（比較例2）

第2の層をTi（酸素を含まない）としたこと以外は、上記実施例1と同様にしてレーザ素子を作製した。実施例1と同様にパッケージを行い、同様の通電試験を行ったところ、走行150時間程度で、上記比較例1と同様の電圧上昇が生じ、電圧が 8V 以上となった。

30

【0053】

（比較例3）

封止雰囲気を窒素100%（酸素を含まない）としたこと以外は、上記比較例1と同様にしてパッケージを行い、同様の通電試験を行ったところ、走行30時間程度で、上記比較例1と同様の電圧上昇が生じ、電圧が 8V 以上となった。

40

【0054】

（比較例4）

下部クラッド層202及び上部クラッド層208を形成しなかったこととしたこと以外は、上記実施例1と同様にしてレーザ素子を作製した。実施例1と同様にパッケージを行い、同様の通電試験を行ったところ、電圧上昇は見られなかったが、クラッド層がないためにレーザとして用いることができなかった。

【0055】

上記結果が得られた理由を以下に考察する。比較例1と比較例3との比較からわかるように、パッケージに封止される雰囲気ガスに O_2 を導入すると、劣化が抑制される傾向がある。実施例では、酸素を含まない状況においての試験を行っていないが、実施例におい

50

ても同様の現象が生じることが予想されるため、実施例のレーザ素子に対しても、酸素をまったく含まない雰囲気よりも、含んだ雰囲気で封止することが望ましい。

【0056】

また、比較例1と比較例4との比較からわかるように、p型半導体にAlGaInを用いると劣化が生じやすくなり、GaInのみにすると劣化が抑制される傾向がある。このように、劣化の状態が、封入雰囲気やp型半導体組成に影響されることは、通電中にp側電極を通じて、半導体に雰囲気ガスの原子または分子が出入りし、素子(電圧)特性に影響を与えていると考えられる。 10 kA/cm^2 を超えるような高電流密度の電流注入(通電)を行わなければ、このような劣化が見られないので、本劣化現象は電流注入に伴う現象であると考えられる。したがって、本実施例で導入したTiO_xの第2の層が、効果的に通電中の電極を通じての原子または分子の出入りを制限していると考えられる。

10

【0057】

ここで、Tiはゲッターとして知られ、雰囲気ガス(H₂、N₂、He、CO₂、CO分子等)を取り込むことが知られている。比較例2のように単体のTiのみでは、通電時における劣化防止が十分でなく、実施例1のように酸素元素を金属元素(Ti)とともに第2の層中に保持しておくことが好ましい。このことは、封止雰囲気にO₂を導入すると、劣化が抑制される傾向があることと、同じ意義があるものと考えられる。また、少なくとも酸素元素は、電圧上昇に関わる元素でなく、逆に、Ti等の高融点金属と同時に存在する酸素元素が、素子内に出入りし電圧上昇を生じさせている原子の移動を制限していると考えられる。

20

【0058】

(実施例2)

第2の層をMoO_x(酸素元素の元素数比が0.2)としたこと以外は、上記実施例1と同様のレーザ素子およびレーザ装置(パッケージ)を作製した。これに対し、実施例1と同様の通電を行ったところ、上記実施例1と同様に、500時間以上経過しても、一定の素子電圧(約5.7V)で安定して走行した。

【0059】

以上、上記実施例においては、第2の層を構成する金属元素としてTiまたはMoを用いたが、この他にも、Ti、Zr、Hf、W、Mo、Nbのように、高融点で、気体のゲッターとして作用し、導電性で且つ金属元素リッチな酸素元素との合金を形成しうる金属元素を用いることができる。

30

【0060】

また、上記実施例においては、第2の層を、半導体上に形成された絶縁膜を覆うものとして例示されたが、この層は、リジストライプ内部のみに形成されている層であってもよい。

【0061】

なお、上記実施の形態および実施例は、本発明の構成の例示であって、これに制限されるものではなく、適宜変更実施できることはもちろんのことである。

【産業上の利用可能性】

【0062】

本発明は、窒化物半導体レーザ、特に 10 kA/cm^2 を超えるような、高電流密度での駆動を必要とする高出力を発するデバイスに好適に使用することができる。このようなデバイスの例としては、単一横モードタイプにおいて、100mW以上の光出力が得られるデバイスを上げることができる。また、窒化物半導体を用いた、半導体レーザ装置、例えば、単体の半導体レーザ装置、ホログラム素子を備えたホログラムレーザ装置、駆動もしくは信号検出等の処理のためのICチップと一体化してパッケージされたオプトエレクトロニクスIC装置、導波路あるいは微小光学素子と一体化してパッケージされた複合光学装置や、これらの装置を備えた、光記録システム、光ディスクシステム、紫外から緑色領域の光源システムなどに応用可能である。したがって、産業上の意義は大きい。

40

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 6 3 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明の窒化物半導体レーザ素子の p 側電極構造を示す図である。

【 図 2 】 図 2 は、実施例 1 に係る窒化物半導体レーザ素子の断面模式図である。

【 図 3 】 図 3 は、実施例 1 に係る窒化物半導体レーザ素子の通電試験の結果を示すグラフである。

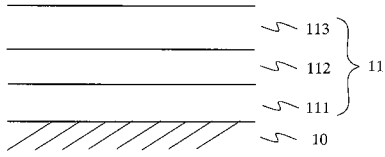
【 図 4 】 図 4 は、比較例 1 に係る窒化物半導体レーザ素子の通電試験の結果を示すグラフである。

【 符号の説明 】

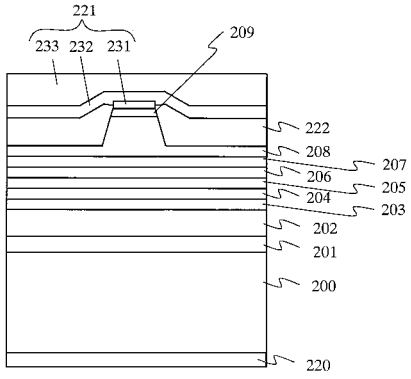
【 0 0 6 4 】

1 0	p 型窒化物半導体	10
1 1	p 側電極	
1 1 1	第 1 の層	
1 1 2	第 2 の層	
1 1 3	第 3 の層	
2 0 0	基板	
2 0 1	G a N 層	
2 0 2	下部クラッド層	
2 0 3	ガイド層	
2 0 4	下部隣接層	
2 0 5	活性層	20
2 0 6	上部隣接層	
2 0 7	A l G a N 層	
2 0 8	上部クラッド層	
2 0 9	コンタクト層	
2 2 0	n 側電極	
2 2 1	p 側電極	
2 2 2	絶縁膜	
2 3 1	第 1 の層	
2 3 2	第 2 の層	
2 3 3	第 3 の層	30

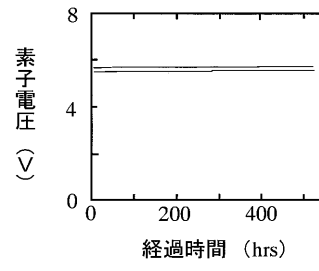
【 図 1 】



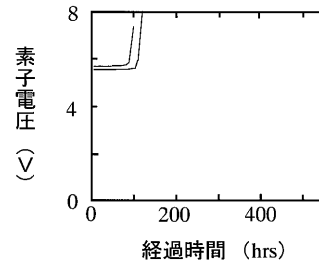
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 近江 晋

大阪府大阪市阿倍野区长池町2番2号 シャープ株式会社内

Fターム(参考) 5F173 AA08 AA16 AF96 AF99 AH22 AK04 AK08 AK13 AK15 AR96
MC04 MC18 ME11 ME41