

(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2019-91801

(P2019-91801A)

(43) 公開日 令和1年6月13日(2019.6.13)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
 H 0 1 S 5/343 (2006.01) H 0 1 S 5/343 6 1 0 5 F 1 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2017-219451 (P2017-219451) (22) 出願日 平成29年11月14日 (2017.11.14)</p>	<p>(71) 出願人 000005049 シャープ株式会社 大阪府堺市堺区匠町1番地 (74) 代理人 110000947 特許業務法人あーく特許事務所 (72) 発明者 駒田 聡 大阪府堺市堺区匠町1番地 シャープ株式会社内 (72) 発明者 津田 有三 大阪府堺市堺区匠町1番地 シャープ株式会社内 Fターム(参考) 5F173 AG17 AG20 AH22 AP05 AR52 AR82</p>
--	--

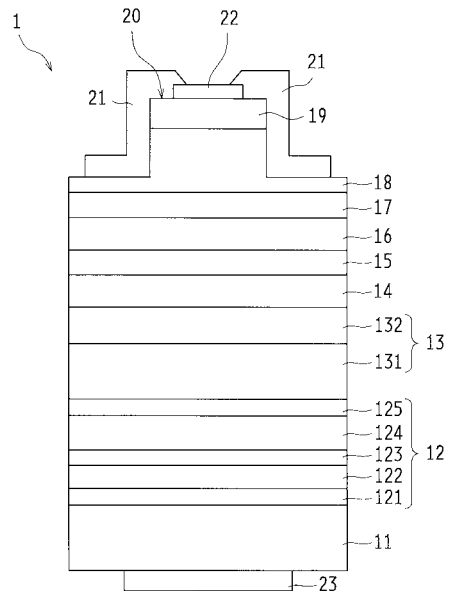
(54) 【発明の名称】 窒化物半導体レーザ素子

(57) 【要約】

【課題】窒化物半導体からなる基板を用いた半導体レーザ素子において、クラックの発生を抑制しながら良好に光を閉じ込め、ファーフィールドパターンのリップルを低減する。

【解決手段】窒化物半導体レーザ素子1は、窒化物半導体基板11と、n側クラッド層13との間に、順に、AlGaIn層の第1の窒化物半導体層121と、第1の窒化物半導体層121よりAl組成比が小さいAlGaIn層の第2の窒化物半導体層122と、GaIn層の第3の窒化物半導体層123と、InGaIn層の第4の窒化物半導体層124と、AlGaIn層の第5の窒化物半導体層とを有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

窒化物半導体基板の上に、n側クラッド層、活性層、およびp側クラッド層が設けられた窒化物半導体レーザ素子であって、

前記窒化物半導体基板と前記n側クラッド層との間に、前記窒化物半導体基板の側から順に、

A l G a Nを含む第1の窒化物半導体層と、

前記第1の窒化物半導体層よりA l組成比が小さいA l G a Nを含む第2の窒化物半導体層と、

G a Nを含む第3の窒化物半導体層と、

10

I n G a Nを含む第4の窒化物半導体層と、

A l G a Nを含む第5の窒化物半導体層と

を有することを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 2】

請求項1記載の窒化物半導体レーザ素子において、

前記窒化物半導体基板はG a Nを含み、

前記第1の窒化物半導体層は、A l組成比が10%以上であって25%以下とされたことを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 3】

請求項1または2に記載の窒化物半導体レーザ素子において、

20

前記第1の窒化物半導体層はn型不純物としてS iを含み、S i濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以上であって $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以下とされたことを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 4】

請求項1～3のいずれか一つの請求項に記載の窒化物半導体レーザ素子において、

前記第2の窒化物半導体層はn型不純物としてS iを含み、S i濃度が $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上であって $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以下とされたことを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 5】

請求項1～4のいずれか一つの請求項に記載の窒化物半導体レーザ素子において、

30

前記第2の窒化物半導体層は、A l組成比が0.5%以上であって3%以下とされ、層厚が $1 \mu\text{m}$ 以上であって $2 \mu\text{m}$ 以下とされたことを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 6】

請求項1～5のいずれか一つの請求項に記載の窒化物半導体レーザ素子において、

前記第4の窒化物半導体層は、I n組成比が1%以上であって5%以下とされたことを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 7】

請求項1～6のいずれか一つの請求項に記載の窒化物半導体レーザ素子において、

前記第5の窒化物半導体層は、A l組成比が10%以上であって25%以下とされたことを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、窒化物半導体レーザ素子に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体レーザ光源は、DVDに代表される光ディスクへの高密度記録、画像処理、医療機器、計測機器などの分野で活用されるようになってきている。このようなレーザ光源には、たとえば、G a N基板を用いた窒化物半導体レーザ素子を適用することができる。

【0003】

50

従来、図2に示すように、GaN基板200上には、有機金属気相成長法によって、バッファ層201、n側クラッド層202、n側光ガイド層203、活性層（発光層）204、p側キャップ層205、p側光ガイド層206、p側クラッド層207、およびp側コンタクト層208等が成長させられ、n側およびp側各電極209、210を備えた窒化物半導体レーザ素子の積層構造が形成されている（例えば特許文献1参照）。n側クラッド層202およびp側クラッド層207は、AlGaN単膜、またはAlGaN/GaN超格子構造とされている。

【0004】

このような構成により、窒化物半導体レーザ素子の活性層204では、n側層から注入される電子とp側層から注入される正孔との再結合による発光が生じる。その光は、n側クラッド層202およびp側クラッド層207の間に閉じ込められ、半導体積層構造の積層方向と垂直な方向に伝搬する。その伝搬方向の両端に共振器端面が形成されており、この一对の共振器端面間で、誘導放出を繰り返しながら光が共振増幅され、その一部がレーザ光として共振器端面から出射される。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2006-165453号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0006】

従来、発振波長が460nm以上であるような波長帯域においては、窒化物半導体レーザ素子の活性層内で、光の閉じ込め率が低下するという問題があった。この光閉じ込め率の低下は、閾値電流密度の増大をもたらすものとなる。窒化物半導体レーザ素子では、波長が長くなるにつれて、クラッド材料として利用されているAlGaNと、光ガイド材料として利用されているGaNとの屈折率差が小さくなるからであると考えられる。

【0007】

また、GaN基板はレーザ素子の上下にn側電極とp側電極を載置でき、放熱性、劈開性に優れるが、前記従来構造では、GaN層の格子定数でコヒーレント成長した構造に対して、GaNに比べて格子定数が小さいAlGaN層を前記構造内に形成すると引っ張り歪みを生じる。それにより、クラックが入ってしまい、平坦な劈開面が出ないといった課題を有していた。とりわけ490nm～530nmの緑色の波長帯域では、活性層のIn組成比が高いため、発光効率の良い活性層を積層するのが難しく、これにより閾値電流や閾値電圧が上がり、寿命が低下してしまう課題があった。

30

【0008】

加えて、前記GaN基板を用いた半導体レーザ素子においては、ファーフールドパターン（FFP：far field pattern）のリップルのさらなる低減が求められた。このようなリップルは、GaN基板への自然放出光の染み出しに起因すると考えられ、リップルの低減のためには、GaN基板に抜ける光を低減させることが望まれた。

【0009】

40

そこで本発明は、上記のような問題点にかんがみてなされたものであり、その目的とするところは、窒化物半導体からなる基板を用いた半導体レーザ素子において、クラックの発生を抑制しながら良好に光を閉じ込め、ファーフールドパターンのリップルを低減することのできる窒化物半導体レーザ素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

前記の目的を達成するための本発明の解決手段は、窒化物半導体基板の上に、n側クラッド層、活性層、およびp側クラッド層が設けられた窒化物半導体レーザ素子であって、前記窒化物半導体基板と前記n側クラッド層との間に、前記窒化物半導体基板の側から順に、AlGaNを含む第1の窒化物半導体層と、前記第1の窒化物半導体層よりAl組成

50

比が小さいAlGaInを含む第2の窒化物半導体層と、GaInを含む第3の窒化物半導体層と、InGaInを含む第4の窒化物半導体層と、AlGaInを含む第5の窒化物半導体層とを備えたことを特徴としている。

【0011】

この特定事項により、第1の窒化物半導体層から第5の窒化物半導体層までの各層が有機的に関連して活性層に作用するとともに各層のクラックの発生を抑制し、良好に光を閉じ込めて、ファーフールドパターンのリップルを低減することが可能となる。

【0012】

前記窒化物半導体レーザ素子のより具体的な構成として次のものが挙げられる。すなわち、前記窒化物半導体基板としてGaInを含み、前記第1の窒化物半導体層は、Al組成比が10%以上であって25%以下とされた構成であることが好ましい。

10

【0013】

これにより、窒化物半導体基板と第1の窒化物半導体層との界面平坦性が向上する。したがって、活性層の発光効率が高まり、レーザ特性を向上させることができる。

【0014】

また、前記窒化物半導体レーザ素子において、前記第1の窒化物半導体層はn型不純物としてSiを含み、Si濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以上であって $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以下とされることが好ましい。

【0015】

これにより、第1の窒化物半導体層の結晶性を維持することができ、界面抵抗を小さくして、窒化物半導体基板と第1の窒化物半導体層との界面平坦性が悪化するのを防ぐことができる。

20

【0016】

また、前記窒化物半導体レーザ素子において、前記第2の窒化物半導体層はn型不純物としてSiを含み、Si濃度が $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上であって $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以下とされることが好ましい。これにより、高い導電性が得られるとともに結晶性を高めることが可能となる。

【0017】

また、前記窒化物半導体レーザ素子において、前記第2の窒化物半導体層は、Al組成比が0.5%以上であって3%以下とされ、層厚が $1 \mu\text{m}$ 以上であって $2 \mu\text{m}$ 以下とされることが好ましい。これにより、窒化物半導体基板への光の染み出しを防いで、ファーフールドパターンのリップルを防ぐことが可能となる。

30

【0018】

また、前記窒化物半導体レーザ素子において、前記第4の窒化物半導体層は、In組成比が1%以上であって5%以下とされることが好ましい。これにより、第4の窒化物半導体層の表面平坦性を良好に保ち、結晶性が悪化するのを防ぐので、活性層に注入される電流密度を均一にすることができる。

【0019】

また、前記窒化物半導体レーザ素子において、前記第5の窒化物半導体層は、Al組成比が10%以上であって25%以下とされることが好ましい。これによっても、第4の窒化物半導体層の表面平坦性が保たれて、活性層の発光効率を向上させることができる。

40

【発明の効果】

【0020】

本発明では、窒化物半導体基板と前記n側クラッド層との間に、前記窒化物半導体基板の側から順に、AlGaInを含む第1の窒化物半導体層と、前記第1窒化物半導体層よりAl組成比が小さいAlGaInを含む第2の窒化物半導体層と、GaInを含む第3の窒化物半導体層と、InGaInを含む第4の窒化物半導体層と、AlGaInを含む第5の窒化物半導体層とを備えさせた窒化物半導体レーザ素子の構成としている。これらの各層の作用により、クラックの発生を抑制しながら良好に光を閉じ込め、ファーフールドパターンのリップルを低減することが可能となる。また、第1の窒化物半導体層、第3の窒化物

50

半導体層、および第5の窒化物半導体層により、界面平坦性を高めることができ、歩留り、閾値、スロープ効率などのレーザ特性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の実施形態に係る窒化物半導体レーザ素子の概略構成を示す断面図である。

【図2】従来の窒化物半導体レーザ素子の概略構成を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の実施形態に係る窒化物半導体レーザ素子について、図面を参照しつつ説明する。

【0023】

図1は、実施形態に係る窒化物半導体レーザ素子の概略構造を示す断面図である。なお、図1および図2では、図面の明瞭化のために断面を示すハッチングを省略して記載している。また、各図において、長さ、幅、および厚さなどは図面の明瞭化のために適宜に変更されており、実際の寸法関係を表したものではない。

【0024】

(全体構造)

実施形態に係る窒化物半導体レーザ素子1は、窒化物半導体基板11上に、複数層にわたる窒化物半導体層が下地構造層12として形成されている。下地構造層12の上には、n側クラッド層13、n側光ガイド層14、活性層15、p側光ガイド層16、p側キャリアブロック層17、p側クラッド層18、およびp側コンタクト層19が順に積層されている。この窒化物半導体レーザ素子1における下地構造層12の説明に先立ち、下地構造層12を除く、その他の層構成についてまず説明する。

【0025】

(窒化物半導体基板)

窒化物半導体レーザ素子1の窒化物半導体基板11には、Ga₂N基板が好ましく、n型不純物としてSiが添加されて導電性を有する基板が用いられている。窒化物半導体レーザ素子1において、Siを含む構成の窒化物半導体基板11を有することにより、各層の積層方向に電流を動かし、直列抵抗を下げ、チップ構造を簡略化することが可能となる。この窒化物半導体基板11の上には後述する下地構造層12が成長されている。

【0026】

(n側クラッド層)

下地構造層12の上には、n側クラッド層13が複層により設けられている。下地構造層12に接する第1のn側クラッド層131はAlGa₂N層とされている。これにより、発光領域の十分な光閉じ込めを可能にする。第1のn側クラッド層131におけるAl組成比は5%以上であることが好ましい。また、クラック防止のため、このAl組成比は10%以下であり、層厚は800~1200nmであることが好ましい。

【0027】

第1のn側クラッド層131の上には、第2のn側クラッド層132としてGa₂N層が設けられている。第2のn側クラッド層132は、100nm~400nmの層厚により形成されることが好ましい。これにより、残存歪みを緩和するとともに、結晶性を回復させることができる。

【0028】

これらの第1のn側クラッド層131および第2のn側クラッド層132の2層は、Siがドーピングされていることが好ましい。その場合、Si濃度は $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ であることが好ましい。これにより、導電性が確保されている。

【0029】

ここで、ドーピングとは導電性不純物の半導体結晶中への意図的な添加を意味しており、ドーピングされた半導体層は導電性不純物が添加されている半導体層を意味している。また、ア

10

20

30

40

50

ンドープとは、導電性不純物を意図的に添加していない半導体結晶の状態を意味するものであり、C、H、O、Clなどの不純物や、導電性にほとんど影響を与えない程度の導電性制御不純物が、結晶成長時に不可避免的に混入したような半導体結晶であってもこれに含まれるものとする。

【0030】

(n側光ガイド層)

n側クラッド層13の上には、n側光ガイド層14が形成されている。このn側光ガイド層14はInGa_nN層とされ、そのIn組成比は1~5%であることが好ましい。

【0031】

n側光ガイド層14を構成するInGa_nNによって該層を成長させ、これにより光閉じ込め効率を高めることができる。n側光ガイド層14の層厚は、150~200nmであることが好ましく、結晶性の悪化を防ぐためアンドープ層であることが好ましい。かかるn側光ガイド層14により、後述する活性層15の井戸層の発光効率を向上させることができる。

10

【0032】

(活性層)

n側光ガイド層14の上には、活性層15が形成されている。この活性層15は井戸層と障壁層が交互に構成される多重量子井戸構造であることが好ましい。例えば、活性層15は、障壁層から始まり障壁層で終了する、障壁層3層および井戸層2層の二重量子井戸構造とすることができる。

20

【0033】

これらのうち、障壁層はGa_nN層とされ、井戸層はInGa_nN層とされることが好ましい。障壁層は結晶性を回復させる効果がある。井戸層は、障壁層よりもバンドギャップエネルギーの小さな窒化物半導体材料により形成されることが好ましく、InGa_nNは特に好ましい。井戸層における原子組成比は特に限定されず、発振させる波長によって任意に選択することができる。

【0034】

活性層15は、複数層の井戸層から発光するので、単色性を保つためにはIn組成比および層厚は複数層ともに同じであることが望ましい。障壁層の層厚は複数層でそれぞれ変更することができる。

30

【0035】

(p側光ガイド層)

活性層15の上には、p側光ガイド層16が形成され、In組成比および層厚がn側光ガイド層14と同様のInGa_nN層とされている。p側光ガイド層16およびn側光ガイド層14の層厚は厚ければ厚いほど光閉じ込め率は向上する。そのため、これらの層のIn組成比を比較的抑えるとともにアンドープ層として、層厚の増大に伴う結晶性の悪化を防止している。

【0036】

(p側キャリアブロック層)

p側光ガイド層16の上にはp側キャリアブロック層17が形成されている。p側キャリアブロック層17はAlGa_nN層とされ、Al組成比は15~30%であることが好ましい。また、p側キャリアブロック層17としてp型化させるため、p型不純物として主にMgを含み、Mgが $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 9 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ の濃度で添加されることが好ましい。p側キャリアブロック層17の層厚は、5~15nmであることが好ましい。

40

【0037】

p側キャリアブロック層17はこのような条件を備えることにより、活性層15に注入された電子を効果的にブロックすることができ、注入効率をあげることができ、閾値電流を下げるができる。また層厚が小さいことにより抵抗の上昇を防ぐことができる。

【0038】

(p側クラッド層)

50

p側キャリアブロック層17の上にはp側クラッド層18が形成されている。p側クラッド層18はAlGaIn層とされ、Al組成比は3~5%であることが好ましい。また、p側クラッド層18としてp型化させるため、p型不純物として主にMgを含み、Mgが $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 9 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ の濃度で添加されることが好ましい。p側クラッド層18の層厚は600nm~800nmであることが好ましい。

【0039】

p側クラッド層18はこのような条件を備えることにより、屈折率が活性層15よりも低く、光を閉じ込めることができ、少ないAl組成比とされることによりクラックの防止および抵抗の低減を図ることが可能となる。

【0040】

(p側コンタクト層)

p側クラッド層18上には、p側コンタクト層19が設けられている。このp側コンタクト層19は、GaIn層とされることが好ましい。p側コンタクト層19はp型不純物として主にMgを含み、Mg濃度は $2 \times 10^{19} / \text{cm}^3 \sim 9 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ であることが好ましい。また、p側コンタクト層19の層厚は50~150nm程度であることが好ましい。これにより、p側コンタクト層19は、コンタクト抵抗および直列抵抗を下げることを可能にする。

【0041】

(電極)

p側コンタクト層19とp側クラッド層18の一部はフォトリソグラフィー法によってエッチングされリッジ部20が形成されている。リッジ部の幅は1.5~2μmに調整される。

【0042】

さらに露出したリッジ部20の側面、エッチングにより露出されたp側クラッド層18の表面にSiO₂からなる絶縁膜21が形成されている。p側コンタクト層19の表面には、p側コンタクト層19側から順にPd、Mo、Auからなるp側金属電極22が形成されている。窒化物半導体基板11の裏面には、窒化物半導体基板11側から順にHf、Alからなるn側金属電極23が形成されている。

【0043】

(第1の窒化物半導体層：初期成長層)

窒化物半導体基板11の上には、n側クラッド層13との間に、下地構造層12が成長されている。例示の形態において、下地構造層12は、窒化物半導体基板11第1の窒化物半導体層121、第2の窒化物半導体層122、第3の窒化物半導体層123、第4の窒化物半導体層124、第5の窒化物半導体層125を成長させて形成されている。

【0044】

下地構造層12の初期成長層として、窒化物半導体基板11に接して第1の窒化物半導体層121が形成されている。第1の窒化物半導体層121は、AlGaIn層とされ、Al組成比が10%以上25%以下となされている。第1の窒化物半導体層121は、Siがドーピングされてもよく、その場合、Siドーピング濃度は $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以上とされることが好ましく、より好ましくは $3 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以上とされることである。結晶性を維持する観点から、Siドーピング濃度の上限値は $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以下とされることが好ましい。このようなSiドーピング濃度を保つことにより、界面抵抗を小さくすることができる。

【0045】

窒化物半導体基板11の上に初期成長層として第1の窒化物半導体層121を成長させる昇温過程で、窒化物半導体基板11の結晶欠陥を起因としたエッチングや窒素抜けが起こることがあり、第1の窒化物半導体層121における結晶性を乱し、表面平坦性を低下させる原因となるうえ、活性層15まで伝搬した場合には発光効率を下げ、レーザ特性を低下させる原因ともなる。

【0046】

10

20

30

40

50

これに対し、実施形態に係る窒化物半導体レーザ素子 1 では、かかる初期成長時に第 1 の窒化物半導体層 1 2 1 として高組成の A l G a N 層が薄膜により形成される。これによって、窒化物半導体基板 1 1 と第 1 の窒化物半導体層 1 2 1 との界面平坦性の悪化を防ぐことができる。

【 0 0 4 7 】

(第 2 の窒化物半導体層：リップル対策層)

第 1 の窒化物半導体層 1 2 1 上には、第 2 の窒化物半導体層 1 2 2 が形成されている。この第 2 の窒化物半導体層 1 2 2 については、活性層 1 5、これを挟んで積層される n 側光ガイド層 1 4 および p 側光ガイド層に比べて、屈折率が低く抑えられていることが好ましい。屈折率を低くすることにより、活性層 1 5 への自然放出光の染み出しを低減することが可能となるためである。そこで、第 2 の窒化物半導体層 1 2 2 は A l G a N 層とされている。

10

【 0 0 4 8 】

窒化物半導体はその組成によって格子定数が異なり、例えば、I n G a N、G a N および A l G a N は互いに格子定数が異なる。そのため、この種の窒化物半導体を積層すると界面に応力が発生する。この応力によって、窒化物半導体レーザ素子 1 には反りが発生する可能性がある。反りが大きいと、割れが発生しやすくなるので、それに応じて歩留まりも悪くなってしまふ。

【 0 0 4 9 】

また、A l G a N は、格子定数が他の組成の窒化物半導体よりも小さく、結晶が硬い特性がある。そのため、A l G a N 結晶と格子整合して成長した層に対し、大きな応力を生じさせ、窒化物半導体基板 1 1 の反りを生じさせたり、クラックを生じさせたりしてしまうおそれがある。

20

【 0 0 5 0 】

そこで、第 2 の窒化物半導体層 1 2 2 は、第 1 の窒化物半導体層 1 2 1 よりも低い A l 組成比であって、第 1 の窒化物半導体層 1 2 1 よりも厚い層厚により形成されることが好ましい。

【 0 0 5 1 】

具体的には、第 2 の窒化物半導体層 1 2 2 における A l 組成比は 0 . 5 % 以上であって 3 % 以下とされ、層厚は 1 μ m 以上であって 2 μ m 以下とされることが好ましい。また、高い導電性を得るとともに、結晶性を低下させないために、S i がドーピングされており、S i 濃度は $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上であって、 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以下の範囲で形成されることが好ましい。

30

【 0 0 5 2 】

これにより、第 2 の窒化物半導体層 1 2 2 は、低い屈折率の A l G a N により構成されて、窒化物半導体基板 1 1 への光の染み出しを防ぐことを可能にする。これにより、ファーストフィールドパターンのリップルを防ぎ、反りやクラックの発生を抑えることが可能となり、レーザ光の単色性を確保することができる。第 2 の窒化物半導体層 1 2 2 はリップル対策層と位置づけることができる。

【 0 0 5 3 】

40

(第 3 の窒化物半導体層：歪み緩和層)

第 2 の窒化物半導体層 1 2 2 の上には、第 3 の窒化物半導体層 1 2 3 として G a N 層が形成されている。この第 3 の窒化物半導体層 1 2 3 は、A l G a N から I n G a N にかかる歪みを緩和するために形成される。歪みはクラックやマクロステップの原因となり、クラックはレーザの特性、信頼性および生産性等を低下させる原因となるからである。

【 0 0 5 4 】

この場合、第 1 の窒化物半導体層 1 2 1 の A l G a N 層と第 3 の窒化物半導体層 1 2 3 の G a N 層の間に、第 1 の窒化物半導体層 1 2 1 よりも A l 組成の低い第 2 の窒化物半導体層 1 2 2 の A l G a N 層を成長させ、格子定数を段階的に変化させた構造としている。すなわち、A l G a N、I n G a N、および G a N は、互いに格子定数が異なり、

50

AlGa_nNとInGa_nNとの間の格子定数であるGa_nNによって第3の窒化物半導体層123が形成される。

【0055】

第3の窒化物半導体層123の上には後述する第4の窒化物半導体層124を成長させており、この第4の窒化物半導体層124はInGa_nNにより形成される。この場合も、第2の窒化物半導体層(A₁Ga_nN)122と第4の窒化物半導体層(InGa_nN)124の間に、第3の窒化物半導体層123としてGa_nNを成長させたことで、AlGa_nN、Ga_nN、InGa_nNと、段階的に格子定数を変化させて積層することができる。また、Ga_nNは、2元混晶であり高品質な結晶を得やすく、結晶性を回復させる効果を有する。

【0056】

このように、第3の窒化物半導体層123は、上下の第2および第4の窒化物半導体層122、124の間の格子定数であるGa_nN層とされて歪みを緩和する作用をなすことから、歪み緩和層と位置づけることができる。

【0057】

(第4の窒化物半導体層：クラック防止層)

第3の窒化物半導体層123の上には、第4の窒化物半導体層124が形成されている。第4の窒化物半導体層124はInGa_nN層とされている。

【0058】

この形態に係る窒化物半導体レーザ素子1では、窒化物半導体基板として窒化物半導体基板11を利用するにあたり、窒化物半導体基板11と、n側クラッド層13との間に、InGa_nN層の第4の窒化物半導体層124を介装することで、クラックの発生を抑制している。

【0059】

すなわち、後述するn側クラッド層13(例示の形態ではAlGa_nN層)により結晶内Ga_nNに対してかかる引っ張り歪みを、このInGa_nNにより圧縮歪みで補償する。これにより、結果としてより高いAl組成比、層厚でもクラックを緩和することができる。第4の窒化物半導体層124はクラック防止層と位置づけることができる。

【0060】

第4の窒化物半導体層124におけるIn組成比は、1%以上であって5%以下であることが好ましい。In組成比がこの範囲であるとInGa_nNによる第4の窒化物半導体層124の結晶性が低下しにくくなるためである。In組成比が5%を超えると、表面平坦性が悪くなり、結晶欠陥が入り、結晶性が悪化するために好ましくない。また表面平坦性が失われると、活性層に注入される電流密度が不均一になり、発光効率低下を招く。

【0061】

かかる第4の窒化物半導体層124により、n側光ガイド層14およびp側光ガイド層16の光閉じ込め効果を高めることができ、レーザ構造の設計の自由度が大きくなる。また、第4の窒化物半導体層124のInGa_nN層は、第3の窒化物半導体層123のGa_nN層よりも屈折率が高く、窒化物半導体基板11への光の引き込み量を増やす。そのため、第2の窒化物半導体層122は、第4の窒化物半導体層124によって作用する窒化物半導体基板11への光の染み出しを相殺する作用も備えている。

【0062】

(第5の窒化物半導体層：In蒸発防止層)

第4の窒化物半導体層124の上には、第5の窒化物半導体層125が形成されている。第5の窒化物半導体層125はAlGa_nN層とされ、Al組成比は10~25%であることが表面平坦化のために好ましい。また、Al組成比が高めに設定されることから、結晶性の維持やクラック防止のために、層厚が1nm~10nmの範囲で小さく設定されることが好ましい。これによって第4の窒化物半導体層124の表面荒れが防止され、表面平坦性が良好に保たれる。

【0063】

ここで、第4の窒化物半導体層124を構成するInGa_nNは、低温で成長することがか

10

20

30

40

50

ら、結晶成長時の構成元素のマイグレーション長が小さく、3次元成長モードとなり、表面平坦性が損なわれる傾向がある。仮に第4の窒化物半導体層124の表面の平坦でない場合、活性層15における層厚の均一性が悪化し、単色性が損なわれ、発光効率が低下してしまう。また、第4の窒化物半導体層124の表面平坦性の悪化はキャリアの不均一注入の原因ともなる。

【0064】

特に波長490nm～530nmのような緑色の波長帯域では、活性層15のIn組成比が高いことから、活性層15は急峻な界面を有する多重量子井戸構造であることがレーザ特性、信頼性、生産性を高めるうえで重要となる。したがって、活性層15に対する下地構造層12として、第4の窒化物半導体層124の表面平坦性は、レーザ特性に大きく影響を与えると考えられる。

10

【0065】

これに対して、実施形態に係る構成では、下地構造層12として、第5の窒化物半導体層125が第4の窒化物半導体層124とn側クラッド層13との間に挿入されることから、In蒸発防止層として作用し、第4の窒化物半導体層124の表面平坦性が向上する。これにより、活性層15において、単色性、発光効率およびレーザ特性等を高めることができる。

【0066】

窒化物半導体レーザ素子1は、MOCVD（有機金属化学気相成長法）により窒化物半導体基板11上に前記各層を成長させてレーザ素子を製造するためのウエハを構成し、個別に分割してレーザ共振器の端面を形成することで得られる。

20

【0067】

以上のように、実施形態に係る窒化物半導体レーザ素子1においては、窒化物半導体基板11とn側クラッド層13との間に、第1の窒化物半導体層121から第5の窒化物半導体層125までの下地構造層12を有することから、下地構造層12の各作用が有機的に関連し、クラックの発生を抑制しながら良好に光を閉じ込め、ファーフィールドパターンのリップルを低減することを可能にする。

【0068】

（実施例1）

実施例1として、MOCVD（有機金属化学気相成長法）により、窒化物半導体レーザ素子1を作製した。まず、GaNからなる窒化物半導体基板11を、先駆物質を供給できる所定の位置に設置し、ヒーターにより窒化物半導体基板11の表面を900℃まで昇温させた。

30

【0069】

次いで、窒化物半導体基板11上に、TMA（トリメチルアルミニウム）、TMG（トリメチルガリウム）、NH₃（アンモニア）、SiH₄（シラン）を先駆物質として供給し、Al組成比が20%、Si濃度が $4 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ のn型AlGaN層を3nmの厚さで成長させた。これにより、下地構造層12の初期成長層として第1の窒化物半導体層121を形成した。

【0070】

次いで、TMA、TMG、NH₃、SiH₄を供給し、Al組成比が1%のAlGaN層を1500nmの厚さ、Si濃度を $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ で成長させた。これにより、リップル対策層として第2の窒化物半導体層122を形成した。窒化物半導体基板11の温度を1100℃まで上昇させた。

40

【0071】

次いで、TMAの供給を止め、TMG、NH₃、SiH₄を供給し、n型GaNを成長させた。Si濃度は $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ で厚さは10nm、基板温度は1100℃のままに保った。これにより、歪み緩和層として第3の窒化物半導体層123を形成した。

【0072】

次いで、TMG、NH₃、SiH₄に加えてTMI（トリメチルインジウム）を供給し、

50

n型InGa_{0.9}N層を成長させた。In組成比は4%、Si濃度は $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 、層厚は170nmとした。これにより、クラック防止層として第4の窒化物半導体層124を形成した。窒化物半導体基板11の温度は840℃まで下げた。

【0073】

次いで、TMIの供給を止め、TMG、NH₃、SiH₄に加えてTMAを供給し、n型AlGa_{0.9}N層を成長させた。Al組成比は20%、Si濃度は $4 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、層厚は5nmとし、基板温度は840℃のままに保った。これにより、In蒸発防止層として第5の窒化物半導体層125を形成した。

【0074】

その後、n側クラッド層13、n側光ガイド層14、活性層15、p側光ガイド層16、p側キャリアブロック層17、p側クラッド層18、p側コンタクト層19、絶縁膜21、p側金属電極22、n側金属電極23は、前記実施形態に示された好ましい範囲で形成することができ、窒化物半導体レーザ素子1を得た。

10

【0075】

作製した窒化物半導体レーザ素子1の特性は、発振波長504nm、スロープ効率0.7W/A、閾値電流77mA、室温連続発振、発振歩留りが100%であった。実施例1に係る窒化物半導体レーザ素子1は、スロープ効率、閾値電流、および発振歩留りにおいて良好な特性が得られた。

【産業上の利用可能性】

【0076】

本発明の窒化物半導体レーザ素子は、LED、LD等の発光素子やCCDなどの受光素子等に好適に利用可能である。

20

【符号の説明】

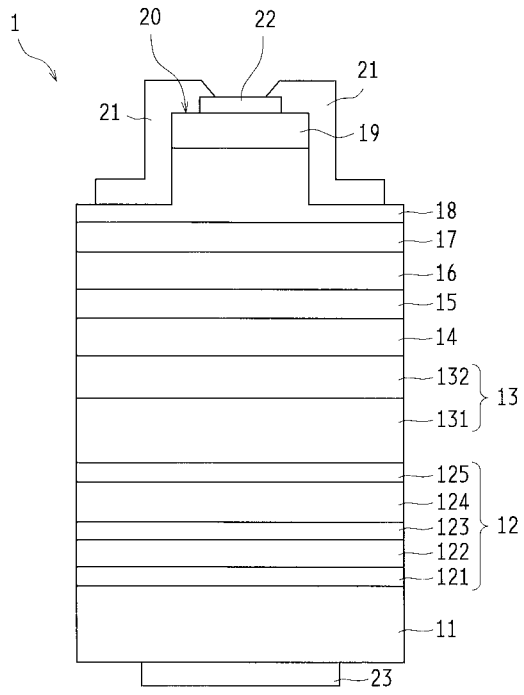
【0077】

- 1 窒化物半導体レーザ素子
- 11 窒化物半導体基板
- 12 下地構造層
- 121 第1の窒化物半導体層
- 122 第2の窒化物半導体層
- 123 第3の窒化物半導体層
- 124 第4の窒化物半導体層
- 125 第5の窒化物半導体層
- 13 n側クラッド層
- 131 第1のn側クラッド層
- 132 第2のn側クラッド層
- 14 n側光ガイド層
- 15 活性層
- 16 p側光ガイド層
- 17 p側キャリアブロック層
- 18 p側クラッド層
- 19 p側コンタクト層
- 20 リッジ部
- 21 絶縁膜
- 22 p側金属電極
- 23 n側金属電極

30

40

【 図 1 】



【 図 2 】

