(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4053747号
(P4053747)
(45)発行日　平成20年2月27日(2008.2.27)　(24)登録日　平成19年12月14日(2007.12.14)

(51)Int.Cl.　F I
H01S 5/323 (2006.01)　H01S 5/323 610
H01S 5/223 (2006.01)　H01S 5/223

請求項の数 10　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2001-273286(P2001-273286)
(22)出願日　平成13年9月10日(2001.9.10)
(62)分割の表示　特願平8-6298の分割
原出願日　平成8年1月18日(1996.1.18)
(65)公開番号　特開2002-134839(P2002-134839A)
(43)公開日　平成14年5月10日(2002.5.10)
審査請求日　平成15年1月16日(2003.1.16)
審判番号　不服2005-19915(P2005-19915/J1)
審判請求日　平成17年10月13日(2005.10.13)

(73)特許権者　000226057
日亜化学工業株式会社
徳島県阿南市上中町岡４９１番地１００
(74)代理人　100100158
弁理士　鮫島　睦
(74)代理人　100068526
弁理士　田村　恭生
(74)代理人　100091465
弁理士　石井　久夫
(74)代理人　100118681
弁理士　田村　啓
(72)発明者　長濱　慎一
徳島県阿南市上中町岡４９１番地１００
日亜化学工業株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】窒化物半導体レーザ素子

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
Ｉｎを含む窒化物半導体よりなる活性層を有するレーザ素子であって、前記活性層の上に、Ａｌを含むｐ型窒化物半導体よりなるキャップ層、光ガイド層、光閉じ込め層、コンタクト層を順に有し、前記コンタクト層側から前記キャップ層に達しかつ活性層を超えない深さでエッチングされることにより前記レーザ素子のレーザ光の共振方向に平行な方向に前記活性層よりも幅が狭く調整されたストライプが形成され、該ストライプが前記コンタクト層、光閉じこめ層、光ガイド層及びキャップ層を含み、
前記エッチングにより露出された窒化物半導体には絶縁膜が形成されていることを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。
【請求項２】
前記コンタクト層及び絶縁膜上に正電極が形成されてい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】
前記エッチングによって形成される窒化物半導体の断面形状は、前記コンタクト層側を上部とする台形であることを特徴とする請求項１又は２に記載の窒化物半導体レーザ素子。
【請求項４】
前記コンタクト層の幅が１０μｍ以下である請求項１～３のうちのいずれか１つに記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項５】
Ｉｎを含む窒化物半導体よりなる活性層を有するレーザ素子であって、
前記活性層上には少なくともＡｌを含むｐ型窒化物半導体よりなるキャップ層とｐ型$In_bAl_cGa_{1-b-c}N$（０≦ｂ、０≦ｃ、ｂ＋ｃ≦１）よりなる最上層とを有しており、前記最上層側から前記キャップ層に達しかつ活性層を超えない深さでエッチングされることにより前記レーザ素子のレーザ光の共振方向に平行な方向に前記活性層よりも幅が狭く調整されたストライプが形成され、該ストライプが前記最上層から前記キャップ層を含み、
前記エッチングにより露出された窒化物半導体には絶縁膜が形成されていることを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。
【請求項６】
前記最上層及び絶縁膜上に正電極が形成されていることを特徴とする請求項５に記載の窒化物半導体レーザ素子。
【請求項７】
前記エッチングによって形成される窒化物半導体の断面形状は、前記最上層側を上部とする台形であることを特徴とする請求項５又は６に記載の窒化物半導体レーザ素子。
【請求項８】
前記最上層の幅が１０μｍ以下である請求項５～７のうちのいずれか１つに記載の窒化物半導体レーザ素子。
【請求項９】
前記Ａｌを含むｐ型窒化物半導体よりなるキャップ層と前記最上層の間には$In_dGa_{1-d}N$（０≦ｄ＜１）層及び／又は$Al_eGa_{1-e}N$（０＜ｅ＜１）層を有することを特徴とする請求項５～８のうちのいずれか１つに記載の窒化物半導体レーザ素子。
【請求項１０】
前記活性層は$In_xGa_{1-x}N$（０＜ｘ＜１）よりなる井戸層を有する多重量子井戸構造であることを特徴とする請求項１～９のうちのいずれか１つに記載の窒化物半導体レーザ素子。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は窒化物半導体（$In_XAl_YGa_{1-X-Y}N$、０≦Ｘ、０≦Ｙ、Ｘ＋Ｙ≦１）よりなるレーザ素子に関する。
【０００２】
【従来の技術】
紫外～青色に発振する半導体レーザの材料として窒化物半導体が研究されているが、最近まで実際に発振に成功したという報告は成されていなかった。ところが、我々は９５年１２月この材料よりなるレーザ素子で、４１０ｎｍの室温でのパルス発振を世界で初めて発表した。
【０００３】
【発明が解決しようとする課題】
パルス発振に成功した素子はストライプ状の電極を正電極とし、電極幅でもって活性層に係る電流を制限する利得導波型のレーザ素子であり、しきい値電流密度で４ｋＡ／cm^2以上ある。連続発振させるためにはしきい値電流密度をさらに下げる必要がある。
【０００４】
従って本発明はこのような事情を鑑みて成されたものであって、その目的とするところは、窒化物半導体よりなるレーザ素子のしきい値電流を小さくして、室温で連続発振可能な素子を実現することにある。
【０００５】
【課題を解決するための手段】
本発明は、下記（１）～（１０）の構成により、本発明の目的を達成することができる

。
（１）Ｉｎを含む窒化物半導体よりなる活性層を有するレーザ素子であって、前記活性層の上に、Ａｌを含むｐ型窒化物半導体よりなるキャップ層、光ガイド層、光閉じ込め層、コンタクト層を順に有し、前記コンタクト層側から前記キャップ層に達しかつ活性層を超えない深さでエッチングされることにより前記レーザ素子のレーザ光の共振方向に平行な方向に前記活性層よりも幅が狭く調整されたストライプが形成され、該ストライプが前記コンタクト層、光閉じこめ層、光ガイド層及びキャップ層を含み、
前記エッチングにより露出された窒化物半導体には絶縁膜が形成されていることを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。
（２）前記コンタクト層及び絶縁膜上に正電極が形成されている（１）に記載の窒化物半導体レーザ素子。
（３）前記エッチングによって形成される窒化物半導体の断面形状は、前記コンタクト層側を上部とする台形である（１）又は（２）に記載の窒化物半導体レーザ素子。
（４）前記コンタクト層の幅が１０μｍ以下である（１）～（３）のうちのいずれか１つに記載の窒化物半導体レーザ素子。
【０００６】
（５）Ｉｎを含む窒化物半導体よりなる活性層を有するレーザ素子であって、
前記活性層上には少なくともＡｌを含むｐ型窒化物半導体よりなるキャップ層とｐ型$In_bAl_cGa_{1-b-c}N$（０≦ｂ、０≦ｃ、ｂ＋ｃ≦１）よりなる最上層とを有しており、前記最上層側から前記キャップ層に達しかつ活性層を超えない深さでエッチングされることにより前記レーザ素子のレーザ光の共振方向に平行な方向に前記活性層よりも幅が狭く調整されたストライプが形成され、該ストライプが前記最上層から前記キャップ層を含み、
前記エッチングにより露出された窒化物半導体には絶縁膜が形成されていることを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。
（６）前記最上層及び絶縁膜上に正電極が形成されている（５）に記載の窒化物半導体レーザ素子。
（７）前記エッチングによって形成される窒化物半導体の断面形状は、前記最上層側を上部とする台形である（５）又は（６）に記載の窒化物半導体レーザ素子。
（８）前記最上層の幅が１０μｍ以下である（５）～（７）のうちのいずれか１つに記載の窒化物半導体レーザ素子。
（９）前記Ａｌを含むｐ型窒化物半導体よりなるキャップ層と前記最上層の間には$In_dGa_{1-d}N$（０≦ｄ＜１）層及び／又は$Al_eGa_{1-e}N$（０＜ｅ＜１）層を有する（５）～（８）のうちのいずれか１つに記載の窒化物半導体レーザ素子。
【０００７】
（１０）前記活性層は$In_xGa_{1-x}N$（０＜ｘ＜１）よりなる井戸層を有する多重量子井戸構造であることを特徴とする請求項１～１１のうちのいずれか１つに記載の窒化物半導体レーザ素子。
【０００８】
【作用】
窒化物半導体は厚膜を成長させるのが困難であるという性質を有している。例えばＡｌを含む窒化物半導体は特にその性質が強い。レーザ発振させるためには結晶性の良い活性層を成長させることが重要である。本発明の（ａ）要件では、活性層をＩｎを含む窒化物半導体としているので、その結晶の性質がＡｌを含む他の窒化物半導体に比べて柔らかいため、厚膜を成長させやすく結晶性の良い活性層が成長できる。さらに活性層の上にｐ型窒化物半導体よりなる光ガイド層を設けている。ＧａＡｌＡｓ系の半導体レーザであれば活性層で光ガイド層が兼用でき特に必要がないが、窒化物半導体の場合、前記したように厚膜が成長させにくいため、この光ガイド層が必須となる。次の光閉じ込め層は活性層よりもバンドギャップが大きい層であればどのような層でも良いが、活性層よりもバンドギャップを大きくするためには、Ａｌを含む窒化物半導体が選択される。ところがＡｌを含む

ｐ型窒化物半導体は電極とのオーミックが取りにくいので、コンタクト層を必須とする。

【０００９】

（ｂ）の要件ではレーザ素子のレーザ光の共振方向に平行な方向にあたる光ガイド層、光閉じこめ層及びコンタクト層の幅がエッチングにより活性層の幅よりも狭く調整されているので、いわゆる実効屈折率導波型のレーザ素子となる。このような構造であると電流が活性層よりも上のｐ型層中で広がらずに、活性層の一点に集中でき、しかも光はｐ型層の下の活性部のみに集中できるので、横モードのレーザ光の閉じ込めができ、しきい値電流を低下させることができる。

【００１０】

（ｃ）の要件では、絶縁性薄膜により光ガイド層、光閉じこめ層及びコンタクト層のエッチング面を保護すると共に、直接大面積の正電極をエッチングされたコンタクト層に形成するのが難しいので、絶縁性薄膜を介して大面積の正電極が形成できるようにしている。また、正と負の電極を同一面側に設けた窒化物半導体レーザ素子でも、絶縁性薄膜を介することにより、両電極間の短絡を防止することができる。

【００１１】

次に、エッチングされた光ガイド層、光閉じこめ層及びコンタクト層の断面形状を、レーザ光の共振方向に垂直な方向に対し、活性層側を底部とし、コンタクト層側を上部とする台形とすると、膜厚が均一でピット、欠陥の無い絶縁性薄膜を形成することができる。絶縁性薄膜にピット、欠陥があると電極をＣＶＤ等で形成する際に電極材料がピット中に侵入して、素子を電気的に短絡させる恐れがある。

【００１２】

また活性層は$In_XGa_{1-X}N$（０＜Ｘ＜１）よりなる井戸層を有する多重量子井戸構造であることを特徴とする。ＩｎＧａＮは結晶性良く成長できる。$In_XGa_{1-X}N$よりなる井戸層の膜厚は１００オングストローム以下、さらに好ましくは７０オングストローム以下が望ましい。多重量子井戸構造の場合、障壁層も積層するが障壁層は井戸層よりもバンドギャップが大きいＩｎＧａＮ、ＧａＮを選択し、特に好ましくは障壁層もＩｎＧａＮとすると、井戸層と障壁層が両方ともＩｎを含むため同一温度で成長できるので、ＧａＮを形成するときのように高温にしなくても済み、先に形成したＩｎＧａＮ井戸層が分解しにくくなる。そのため多重量子井戸構造の全体の結晶性が良くなるため容易にレーザ発振しやすくなる。障壁層の膜厚は特に限定しないが、井戸層の２倍以下の膜厚を有していることが望ましい。

【００１３】

【発明の実施の形態】

図１は本発明の一実施例に係るレーザ素子の構造を示す模式的な断面図であり、図２は図１のレーザ素子の形状を示す斜視図である。図１は図２に示す素子のレーザ光の共振方向に垂直方向で切断した際の断面図を示している。素子構造としては、基板１の上に、ｎ型コンタクト層２、ｎ型光閉じこめ層３、ｎ型光ガイド層４、活性層５、ｐ型光ガイド層６、ｐ型光閉じ込め層７、ｐ型コンタクト層８を順に積層した基本構造を有している。なお、本明細書で示すレーザ素子の構造はあくまでも基本的な構造を示すものであり、これらに示す層の間に他の窒化物半導体よりなる層を挿入しても、本発明の請求項に示す思想を逸脱しない範囲であれば適宜変更を加えても良い。

【００１４】

基板１はサファイア（Al_2O_3、Ａ面、Ｃ面、Ｒ面）、スピネル（$MgAl_2O_4$、１１１面）等の絶縁性基板が多く用いられるが、この他ＳｉＣ、ＭｇＯ、Ｓｉ、ＺｎＯ等の単結晶よりなる従来より知られている基板が用いられる。

【００１５】

ｎ型コンタクト層２は$In_XAl_YGa_{1-X-Y}N$（０≦Ｘ、０≦Ｙ、Ｘ＋Ｙ≦１）で構成することができ、特にＧａＮ、ＩｎＧａＮ、その中でもＳｉをドープしたＧａＮで構成することにより、キャリア濃度の高いｎ型層が得られ、また負電極２０と好ましいオーミック接触が得られるので、レーザ素子のしきい値電流を低下させることができる。負電極２０の材

料としてはＡｌ、Ｔｉ、Ｗ、Ｃｕ、Ｚｎ、Ｓｎ、Ｉｎ等の金属若しくは合金が好ましいオーミックが得られる。ＧａＮに限らず窒化物半導体は、ノンドープ（不純物をドープしない状態）でも結晶内部にできる窒素空孔のためｎ型となる性質があるが、Ｓｉ、Ｇｅ、Ｓｎ等のドナー不純物を結晶成長中にドープすることにより、キャリア濃度が高く、好ましいｎ型特性を示す窒化物半導体が得られる。

【００１６】

ｎ型光閉じこめ層３はＡｌを含むｎ型の窒化物半導体で構成し、好ましくは二元混晶あるいは三元混晶の$Al_YGa_{1-Y}N$（０＜Y≦１）とすることにより、結晶性の良いものが得られ、また活性層との屈折率差を大きくしてレーザ光の縦モードの閉じ込めに有効である。この層は通常０．１μｍ～１μｍの膜厚で成長させることが望ましい。０．１μｍよりも薄いと光閉じ込め層として作用しにくく、１μｍよりも厚いと、結晶中にクラックが入りやすくなり素子作成が困難となる傾向にある。

【００１７】

ｎ型光ガイド層４は、Ｉｎを含むｎ型の窒化物半導体若しくはｎ型ＧａＮで構成し、好ましくは三元混晶若しくは二元混晶の$In_XGa_{1-X}N$（０≦X＜１）とする。この層は通常１００オングストローム～１μｍの膜厚で成長させることが望ましく、特にＩｎＧａＮ、ＧａＮとすることにより次の活性層５を量子井戸構造とすることが容易に可能になる。

【００１８】

活性層５は先にも述べたように、Ｉｎを含む窒化物半導体で構成し、好ましくは三元混晶の$In_XGa_{1-X}N$（０＜X＜１）とする。三元混晶のＩｎＧａＮは四元混晶のものに比べて結晶性が良い物が得られるので、発光出力が向上する。その中でも特に好ましくは活性層を$In_XGa_{1-X}N$よりなる井戸層と、井戸層よりもバンドギャップの大きい窒化物半導体よりなる障壁層とを積層した多重量子井戸構造（ＭＱＷ：Multi-quantum-well）とする。障壁層も同様に三元混晶の$In_{X'}Ga_{1-X'}N$（０≦X'＜１、X'＜X）が好ましく、井戸＋障壁＋井戸＋・・・＋障壁＋井戸層となるように積層して多重量子井戸構造を構成する。このように活性層をＩｎＧａＮを積層したＭＱＷとすると、量子準位間発光で約３６５ｎｍ～６６０ｎｍ間での高出力なＬＤを実現することができる。さらに、井戸層の上にＩｎＧａＮよりなる障壁層を積層すると、ＩｎＧａＮよりなる障壁層はＧａＮ、ＡｌＧａＮ結晶に比べて結晶が柔らかい。そのためクラッド層のＡｌＧａＮの厚さを厚くできるのでレーザ発振が実現できる。さらに、ＩｎＧａＮとＧａＮとでは結晶の成長温度が異なる。例えばＭＯＶＰＥ法ではＩｎＧａＮは６００℃～８００℃で成長させるのに対して、ＧａＮは８００℃より高い温度で成長させる。従って、ＩｎＧａＮよりなる井戸層を成長させた後、ＧａＮよりなる障壁層を成長させようとすれば、成長温度を上げてやる必要がある。成長温度を上げると、先に成長させたＩｎＧａＮ井戸層が分解してしまうので結晶性の良い井戸層を得ることは難しい。さらに井戸層の膜厚は数十オングストロームしかなく、薄膜の井戸層が分解するとＭＱＷを作製するのが困難となる。それに対し本発明では、障壁層もＩｎＧａＮであるため、井戸層と障壁層が同一温度で成長できる。従って、先に形成した井戸層が分解することがないので結晶性の良いＭＱＷを形成することができる。これはＭＱＷの最も好ましい態様を示したものであるが、他に井戸層をＩｎＧａＮ、障壁層をＧａＮ、ＡｌＧａＮのように井戸層よりも障壁層のバンドギャップエネルギーを大きくすればどのような組成でも良い。

【００１９】

多重量子井戸構造の活性層５の総膜厚は１００オングストローム以上に調整することが好ましい。１００オングストロームよりも薄いと、十分に出力が上がらず、レーザ発振しにくい傾向にある。また活性層の膜厚も厚すぎると出力が低下する傾向にあり、１μｍ以下、さらに好ましくは０．５μｍ以下に調整することが望ましい。１μｍよりも厚いと活性層の結晶性が悪くなるか、レーザ光が活性層中に広がってしまい、しきい値電流が増加する傾向にある。

【００２０】

次にｐ型光ガイド層６は、Ｉｎを含む窒化物半導体若しくはＧａＮで構成し、好ましくは

二元混晶または三元混晶の$In_YGa_{1-Y}N$（０＜Y≦１）を成長させるる。この光ガイド層６は、通常１００オングストローム～１μｍの膜厚で成長させることが望ましく、特にＩｎＧａＮ、ＧａＮとすることにより、次のｐ型光閉じこめ層７を結晶性良く成長できる。なお、ｐ型の窒化物半導体はＺｎ、Ｍｇ、Ｂｅ、Ｃｄ、Ｃａ等のアクセプター不純物を結晶成長中にドープすることによって得られるが、その中でもＭｇが最も好ましいｐ型特性を示す。また結晶成長後、不活性ガス雰囲気中で、４００℃以上でアニーリングすることにより、さらに低抵抗なｐ型を得ることができる。

【００２１】

ｐ型光閉じこめ層７は、Ａｌを含むｐ型の窒化物半導体で構成し、好ましくは二元混晶または三元混晶の$Al_YGa_{1-Y}N$（０＜Y≦１）とすることにより結晶性の良いものが得られる。このｐ型光閉じこめ層はｎ型光閉じこめ層と同じく、０．１μｍ～１μｍの膜厚で成長させることが望ましく、ＡｌＧａＮのようなＡｌを含むｐ型窒化物半導体とすることにより、活性層との屈折率差を大きくして、縦モードのレーザ光の光閉じ込め層として有効に作用する。

【００２２】

ｐ型コンタクト層８はｐ型$In_XAl_YGa_{1-X-Y}N$（０≦X、０≦Y、X＋Y≦１）で構成することができ、特にＩｎＧａＮ、ＧａＮ、その中でもＭｇをドープしたｐ型ＧａＮとすると、最もキャリア濃度の高いｐ型層が得られて、正電極３０と良好なオーミック接触が得られ、しきい値電流を低下させることができる。正電極３０の材料としてはＮｉ、Ｐｄ、Ｉｒ、Ｒｈ、Ｐｔ、Ａｇ、Ａｕ等の比較的仕事関数の高い金属又は合金がオーミックが得られやすい。

【００２３】

以上、本発明のレーザ素子の基本構造について説明したが、本明細書において示すｎ型層の一般式$Al_XGa_{1-X}N$、ｐ型層の$Al_XGa_{1-X}N$等の組成比X値は単に一般式を示しているに過ぎず、ｎ型層のXとｐ型層のXとが同一の値を示すものではない。また同様に他の一般式において使用するY値も同一の一般式が同一の値を示すものではない。

【００２４】

次に、本発明のレーザ素子では、レーザ光の共振方向に水平な方向のｐ型光ガイド層６、ｐ型光閉じこめ層７及びｐ型コンタクト層８は、エッチングにより活性層５の幅よりも狭くされる。エッチング手段はドライエッチングを好ましく用い、例えば反応性イオンエッチング、イオンミリング、ＥＣＲエッチング、集束イオンビームエッチング、イオンビームアシストエッチング等を用いることができる。エッチングされたｐ型層の好ましい幅としては、１０μｍ以下、さらに好ましくは５μｍ以下、最も好ましくは３μｍ以下に調整すると、レーザの非点隔差が小さくなり、しきい値電流も低くなる。図１ではこれらのエッチング手段により端面を垂直にエッチングしているが、メサエッチによりエッチング後の断面形状が台形になるようにするのがさらに好ましい。

【００２５】

次に絶縁性薄膜１０を形成するには、プラズマＣＶＤ、スパッタリング、分子線蒸着等の常用されている気相製膜手段を用いることができる。絶縁性薄膜１０の材料としては、例えばSiO_2、ＳｉＮ、ＡｌＮ、Al_2O_3等の高誘電体材料が使用できる。この絶縁性薄膜の膜厚は特に問うものではないが、例えば０．０１μｍ～５０μｍ程度の膜厚で形成できる。

【００２６】

本発明に類似した技術として例えば特開平６－１５２０７２号公報に屈折率導波型のレーザ素子が示されている。しかしながらこの公報ではエッチング深さが活性層を超えてｎ型層にまで至っている。本発明のレーザ素子ではエッチング深さは図１、図３に示すように活性層を超えない。活性層を超えないことによりエッチングダメージが活性層中に入りにくくなるので、レーザ素子の寿命を長くすることができる。

【００２７】

正電極３０は絶縁性薄膜１０を介してｐ型コンタクト層８に接続されている。なおこの図

では電極をｐ型コンタクト層８の真上に形成しているが、図３に示すように、電極面積を広げるために絶縁性薄膜１０を介して正電極３０を延長してもよい。

【００２８】

図３は本発明の他の実施例に係るレーザ素子の構造を示す模式的な断面図である。この図では、ｐ型光ガイド層６、ｐ型光閉じこめ層７及びｐ型コンタクト層８のエッチング後の断面形状が、レーザ光の共振方向に垂直な方向に対し、活性層５側を底部とし、ｐ型コンタクト層８側を上部とする台形とされている。図１に示すようにエッチング端面をほぼ垂直な形状とすると、エッチングされた面に形成する絶縁性薄膜にピット（孔）が発生しやすくなる。つまりエッチングにより発生した直角部分、垂直部分にあたる箇所は水平部分に比べて、均一な膜ができにくい。正電極となる金属材料が万一ピットから侵入すると短絡する恐れがある。しかし、図３に示すような形状とすると絶縁性薄膜１０が均一な膜厚で形成できるので、素子の信頼性が高まる。台形にメサエッチされた最上層のｐ型コンタクト層のストライプ幅も１０μｍ以下、さらに好ましくは５μｍ以下、最も好ましくは３μｍ以下に調整することが望ましい。また、図３に示すようにエッチング深さは、図１のように活性層５に達するまでエッチングしなくとも、ｐ型光ガイド層６の途中で止めることも可能である。さらに、正電極３０も、レーザ素子をヒートシンク、あるいはサブマウントとワイヤーボンディング、あるいはダイレクトボンディングするためにその電極面積を広げることも可能である。

【００２９】

［実施例］

図４は本発明の一実施例に係るレーザ素子の構造を示す模式的な断面図であり、以下本発明の具体例をこの図を元に説明する。また実施例の方法はＭＯＶＰＥ法によりＬＤ素子を作成する方法であるが、本発明の素子はＭＯＶＰＥ法だけではなく、例えばＭＢＥ、ＨＤＶＰＥ等の他の知られている窒化物半導体の気相成長法を用いて成長させることができる。

【００３０】

よく洗浄されたスピネル基板４１（$MgAl_2O_4$、１１１面）をＭＯＶＰＥ装置の反応容器内に設置した後、原料ガスにＴＭＧ（トリメチルガリウム）と、アンモニアを用い、温度５００℃でサファイア基板の表面にＧａＮよりなるバッファ層４２を２００オングストロームの膜厚で成長させた。このバッファ層４１は基板と窒化物半導体との格子不整合を緩和する作用があり、他にＡｌＮ、ＡｌＧａＮ等を成長させることも可能である。このバッファ層を成長させることにより、基板の上に成長させるｎ型窒化物半導体の結晶性が良くなることが知られているが、成長方法、基板の種類等によりバッファ層が成長されない場合もある。

【００３１】

続いて温度を１０５０℃に上げ、原料ガスにＴＭＧ、アンモニア、ドナー不純物としてSiH_4（シラン）ガスを用いて、ＳｉドープＧａＮよりなるｎ型コンタクト層４３を４μｍの膜厚で成長させた。

【００３２】

次に温度を７５０℃まで下げ、原料ガスにＴＭＧ、ＴＭＩ（トリメチルインジウム）、アンモニア、不純物ガスにシランガスを用い、Ｓｉドープ$In_{0.1}Ga_{0.9}N$よりなるクラック防止層４４を５００オングストロームの膜厚で成長させた。このクラック防止層４４はＩｎを含むｎ型の窒化物半導体、好ましくはＩｎＧａＮで成長させることにより、次に成長させるＡｌを含む窒化物半導体よりなるｎ型光閉じこめ層４５を厚膜で成長させることが可能となる。ＬＤの場合は、光閉じ込め層、光ガイド層となる層を、例えば０．１μｍ以上の膜厚で成長させる必要がある。従来ではＧａＮ、ＡｌＧａＮ層の上に直接厚膜のＡｌＧａＮを成長させると、後から成長させたＡｌＧａＮにクラックが入るので素子作製が困難であったが、このクラック防止層が次に成長させる光閉じこめ層４５にクラックが入るのを防止することができる。しかも次に成長させる光閉じこめ層４５を厚膜で成長させても膜質良く成長できる。なおこのクラック防止層４４は１００オングストローム以上、

０．５μｍ以下の膜厚で成長させることが好ましい。１００オングストロームよりも薄いと前記のようにクラック防止として作用しにくく、０．５μｍよりも厚いと、結晶自体が黒変する傾向にある。なお、このクラック防止層４４は成長方法、成長装置によっては省略することもできる。

【００３３】

次に、温度を１０５０℃にして、原料ガスにＴＥＧ、ＴＭＡ（トリメチルアルミニウム）、アンモニア、不純物ガスにシランガスを用いて、Ｓｉドープｎ型$Al_{0.3}Ga_{0.7}N$よりなるｎ型光閉じこめ層４５を０．５μｍの膜厚で成長させた。

【００３４】

続いて、原料ガスにＴＭＧ、アンモニア、不純物ガスにシランガスを用い、Ｓｉドープｎ型ＧａＮよりなるｎ型光ガイド層４６を５００オングストロームの膜厚で成長させた。

【００３５】

次に原料ガスにＴＭＧ、ＴＭＩ、アンモニアを用いて活性層４７を成長させた。活性層は温度を７５０℃に保持して、まずノンドープ$In_{0.2}Ga_{0.8}N$よりなる井戸層を２５オングストロームの膜厚で成長させる。次にＴＭＩのモル比を変化させるのみで同一温度で、ノンドープ$In_{0.01}Ga_{0.95}N$よりなる障壁層を５０オングストロームの膜厚で成長させる。この操作を１３回繰り返し、最後に井戸層を成長させ総膜厚０．１μｍの膜厚の多重量子井戸構造よりなる活性層４７を成長させた。

【００３６】

活性層４７成長後、温度を１０５０℃にしてＴＭＧ、ＴＭＡ、アンモニア、アクセプター不純物源としてCp_2Mg（シクロペンタジエニルマグネシウム）を用い、Ｍｇドープｐ型$Al_{0.2}Ga_{0.8}N$よりなるｐ型キャップ層４８を１００オングストロームの膜厚で成長させた。このｐ型キャップ層４８は１μｍ以下、さらに好ましくは１０オングストローム以上、０．１μｍ以下の膜厚で成長させることにより、ＩｎＧａＮよりなる活性層が分解するのを防止するキャップ層としての作用があり、また活性層の上にＡｌを含むｐ型窒化物半導体よりなるｐ型キャップ層４８を成長させることにより、発光出力が格段に向上する。逆に活性層に接するｐ層をＧａＮとすると素子の出力が約１／３に低下してしまう。これはＡｌＧａＮがＧａＮに比べてｐ型になりやすく、またｐ型キャップ層４８成長時に、ＩｎＧａＮが分解するのを抑える作用があるためと推察されるが、詳しいことは不明である。このｐ型キャップ層４８の膜厚は１μｍよりも厚いと、層自体にクラックが入りやすくなり素子作製が困難となる傾向にある。なおこのｐ型キャップ層４８も省略可能である。

【００３７】

次に温度を１０５０℃に保持しながら、ＴＭＧ、アンモニア、Ｃｐ2Ｍｇを用いＭｇドープｐ型ＧａＮよりなるｐ型光ガイド層４９を５００オングストロームの膜厚で成長させた。この第二のｐ型光ガイド層４９は上記したように、ＩｎＧａＮ、ＧａＮとすることにより次のＡｌを含む光閉じこめ層５０を結晶性良く成長できる。

【００３８】

続いて、ＴＭＧ、ＴＭＡ、アンモニア、Ｃｐ2Ｍｇを用いてＭｇドープ$Al_{0.3}Ga_{0.7}N$よりなるｐ型光閉じこめ層５０を０．５μｍの膜厚で成長させた。

【００３９】

続いて、ＴＭＧ、アンモニア、Ｃｐ2Ｍｇを用い、Ｍｇドープｐ型ＧａＮよりなるｐ型コンタクト層５１を０．５μｍの膜厚で成長させた。

【００４０】

以上のようにして窒化物半導体を積層したウェーハを反応容器から取り出し、反応性イオンエッチング（ＲＩＥ）装置にて、最上層のｐ型コンタクト層５１から選択エッチを行い、負電極２０を形成すべきｎ型コンタクト層４３の表面を露出させた。なおエッチング形状は、後に形成する共振器の方向に対して平行なストライプ状とし、ストライプ幅は１０μｍとした。

【００４１】

次に、ｐ型コンタクト層５１の上から同じくＲＩＥにより、選択メサエッチを行い、ｐ型コンタクト層５１、ｐ型光閉じこめ層５０、ｐ型光ガイド層４９、ｐ型層４８の一部をストライプ状にエッチングした。エッチングにより残る最上層のｐ型コンタクト層のストライプ幅は１μｍとし、台形状の底部にあたるｐ型層４８のストライプ幅はおよそ４μｍとした。

【００４２】

エッチングの終わった窒化物半導体ウェーハの正電極、負電極を形成すべき部分にマスクをかけ、さらにプラズマＣＶＤ装置でSiO_2よりなる絶縁膜１１をｐ型コンタクト層５１、ｐ型光閉じこめ層５０、ｐ型光ガイド層４９、ｐ型キャップ層４８のエッチング端面に４μｍの膜厚で形成した。

【００４３】

次に、ｐ型コンタクト層５１にはＮｉとＡｕよりなるストライプ状の正電極３１を絶縁膜１１を介して形成し、先に露出させたｎ型コンタクト層４３にはＴｉとＡｌよりなるストライプ状の負電極２１を形成した。

【００４４】

以上のようにしたウェーハを、まずストライプ状の電極に平行な位置で分割した後、次に電極に垂直な方向で分割し、垂直な方向で分割した分割面を研磨して鏡面とした。その共振面に常法に従って誘電体多層膜を形成してレーザチップとした。このレーザチップをヒートシンクに設置し、常温でパルス発振させたところしきい値電流密度２ｋＡ／cm^2で４１０ｎｍのレーザ発振を示した。

【００４５】

これに対し、メサエッチを行わずにｐ型コンタクト層５１の表面にSiO_2よりなる１μｍ幅（露出するｐ型コンタクト層のストライプ幅が１μｍであること。）の電流狭窄層を設け、同様にして正電極を設けた利得導波型のレーザ素子はしきい値電流密度が４ｋＡ／cm^2以上であった。

【００４６】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明のレーザ素子では横モードのレーザ光が制御できるためにレーザ発振のしきい値電流密度が低下して、連続発振に近づけることが可能となった。窒化物半導体は現在研究されているII－VI族化合物半導体よりなるレーザ素子に比べて短波長が発振できるという利点がある。従って窒化物半導体で連続発振が可能となると、書き込み光源、読みとり光源としての需要が爆発的に増え、その産業上の利用価値は非常に大きい。

【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明の一実施例に係るレーザ素子の構造を示す模式断面図。

【図２】　図１のレーザ素子の形状を示す斜視図。

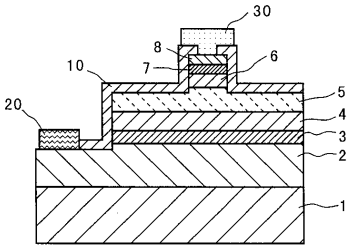
【図３】　本発明の他の実施例に係るレーザ素子の構造を示す模式断面図。

【図４】　本発明の他の実施例に係るレーザ素子の構造を示す模式断面図。

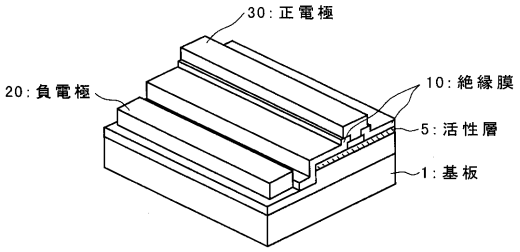
【符号の説明】

１・・・・基板
２・・・・ｎ型コンタクト層
３・・・・ｎ型光閉じこめ層
４・・・・ｎ型光ガイド層
５・・・・活性層
６・・・・ｐ型光ガイド層
５・・・・ｐ型光閉じこめ層
６・・・・ｐ型コンタクト層
１０・・・・絶縁性薄膜
２０、３０・・・・電極

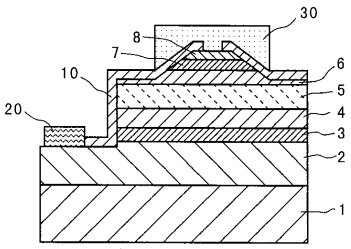
【図１】


30
8
10
7
6
5
4
3
2
1
20

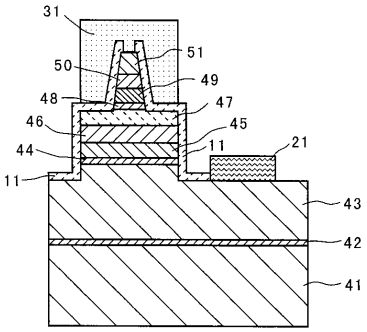
【図２】


30：正電極
20：負電極
10：絶縁膜
5：活性層
1：基板

【図３】


30
8
7
10
6
5
4
3
2
1
20

【図４】


31
51
50
49
48
47
46
45
44
11
21
11
43
42
41

フロントページの続き

(72)発明者　中村　修二
徳島県阿南市上中町岡４９１番地１００　日亜化学工業株式会社内

合議体
審判長　向後　晋一
審判官　里村　利光
審判官　三橋　健二

(56)参考文献　特開平７－５０４１０（ＪＰ，Ａ）
特開平７－３０１９２（ＪＰ，Ａ）
特開平６－１５２０７２（ＪＰ，Ａ）
Ｊｐｎ．Ｊ．Ａｐｐｌ．Ｐｈｙｓ．Ｖｏｌ．３６　（１９９７）Ｌ１５６８－Ｌ１５７１

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01S 5/00-5/50 H01L33/00