

(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2008-244281

(P2008-244281A)

(43) 公開日 平成20年10月9日(2008.10.9)

(51) Int.Cl.

H01S 5/343 (2006.01)

F 1

H01S 5/343 610

テーマコード(参考)

5 F 173

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願2007-84754 (P2007-84754)

(22) 出願日

平成19年3月28日 (2007.3.28)

(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

(74) 代理人 100064746

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 將行

最終頁に続く

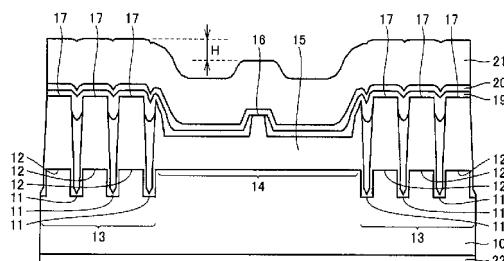
(54) 【発明の名称】窒化物半導体レーザ素子の製造方法

## (57) 【要約】

【課題】窒化物半導体レーザ素子の特性および信頼性の低下を抑制することができ、安定してジャンクションダウン接合を行なうことが可能な窒化物半導体レーザ素子の製造方法を提供する。

【解決手段】帯状に伸びる凹部を4つ以上かつ帯状に伸びる凸部を3つ以上有するとともに凹部と凸部とが1つずつ交互に形成されている支持部成長領域と凹部および凸部が形成されていないリッジ部成長領域とが交互に配列された窒化物半導体基板を作製する第1工程と、窒化物半導体基板の表面上に複数の窒化物半導体層を順次積層することによってリッジ部成長領域の上方に位置する最上面の平坦部よりも支持部成長領域の凸部の上方に位置する最上面の方が上方に突出している窒化物半導体層積層構造体を作製する第2工程と、リッジ部成長領域の上方における窒化物半導体層積層構造体の表面の一部を帯状に除去することによって窒化物半導体層積層構造体の一部に上方に突出したリッジ部を形成する第3工程と、を含む窒化物半導体レーザ素子の製造方法である。

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

帯状に伸びる凹部を4つ以上かつ帯状に伸びる凸部を3つ以上有するとともに凹部と凸部とが1つずつ交互に形成されている支持部成長領域と、前記凹部および前記凸部が形成されていないリッジ部成長領域と、が交互に配列された表面を有する窒化物半導体基板を作製する第1工程と、

前記窒化物半導体基板の前記表面上に複数の窒化物半導体層を順次積層することによって、前記リッジ部成長領域の上方に位置する最上面の平坦部よりも前記支持部成長領域の前記凸部の上方に位置する最上面の方が上方に突出している窒化物半導体層積層構造体を作製する第2工程と、

前記リッジ部成長領域の上方における前記窒化物半導体層積層構造体の表面の一部を帯状に除去することによって、前記窒化物半導体層積層構造体の一部に上方に突出したリッジ部を形成する第3工程と、

を含む、窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

## 【請求項 2】

前記凹部の開口部の幅が3μm以上であり、前記凸部の上面の幅が10μm以上50μm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の製造方法。

## 【請求項 3】

前記凹部の深さが1.8μm以上であることを特徴とする、請求項1または2に記載の窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

## 【請求項 4】

前記窒化物半導体基板の前記表面における、前記凹部の長手方向に平行な方向のオフ角を $\rho$ とし、前記凹部の長手方向に直交する方向のオフ角を $\nu$ としたとき、

$\rho$ が0.2°以上1°以下であって、 $\nu$ が0.2°以下であり、( $\nu / \rho$ )が0.7以下であることを特徴とする、請求項1から3のいずれかに記載の窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

## 【請求項 5】

前記支持部成長領域のそれぞれにおいて、前記凸部の上面の幅の最大値と最小値との差の絶対値が5μm以下であ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物半導体レーザ素子の製造方法。

## 【請求項 6】

前記リッジ部を金属膜で被覆する工程を含むことを特徴とする、請求項1から5のいずれかに記載の窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

## 【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の製造方法に関し、特に、窒化物半導体レーザ素子の特性および信頼性の低下を抑制することができ、安定してジャンクションダウン接合を行なうことが可能な窒化物半導体レーザ素子の製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

半導体レーザ素子を備えた半導体レーザ装置の放熱性を向上させるための手法としてはジャンクションダウン接合が知られている。ここで、ジャンクションダウン接合とは、リッジ部が形成された面をサブマウントに接合する方法である。

## 【0003】

図7に、特許文献1に開示されている従来のAlGaInAs系の半導体レーザ素子の模式的な断面図を示す。ここで、従来の半導体レーザ素子は、n型GaAs基板201上に、n型バッファ層202、n型クラッド層203、発光層204、p型第1クラッド層205、p型第2クラッド層206、中間層207およびp型コンタクト層208が順次積層された構成を有している。

## 【0004】

また、この従来の半導体レーザ素子においては、フォトリソグラフィ技術とエッチング技術とを用いて、リッジ部212およびダミーリッジ部213が形成されている。

## 【0005】

また、この従来の半導体レーザ素子においては、リッジ部212の上面を除いた部分に半導体よりなる電流ブロック層209が形成されており、さらに電流ブロック層209上にはリッジ部212の上面のp型コンタクト層208と接するp側電極210が形成されている。また、n型GaAs基板201の裏面にはn側電極211が形成されている。

## 【0006】

この従来の半導体レーザ素子においては、ダミーリッジ部213の上方におけるp側電極210の最上面210aがリッジ部212の上方におけるp側電極210の最上面210bよりも高さhだけ高くなっている。

## 【0007】

このような構成の半導体レーザ素子をサブマウント等の基台にジャンクションダウンで接合する際に、ダミーリッジ部213の上方のp側電極210の最上面210aが基台に接触する支持部となり、リッジ部212の上方におけるp側電極210の最上面210bが基台に接触しないため、リッジ部212に加わる応力を低減することができるため、リッジ部212に加わる応力に起因する窒化物半導体レーザ素子の特性劣化を抑制することができる。

## 【0008】

また、特許文献2には、基板の表面に掘り込まれた領域である少なくとも1つの凹部と掘り込まれていない領域である丘部とを形成するように加工し、その加工された表面上に窒化物半導体薄膜を成長させることによって、窒化物半導体レーザ素子の両側に1つずつリッジ部の長手方向に沿って伸びるダミーリッジ部を形成する方法が開示されている。

## 【特許文献1】特開2004-319987号公報

## 【特許文献2】特開2005-353808号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0009】

一般に、窒化物半導体はGaAs系半導体と比較して欠陥が多く、特にp型窒化物半導体は欠陥が多いことが知られている。したがって、特許文献1に記載の技術を窒化物半導体レーザ素子に適用する場合には、リッジ部を形成するためにp型窒化物半導体層をエッチングすることによって欠陥を露出させてしまうことがある。

## 【0010】

この欠陥が露出されたp型窒化物半導体層の上面に半導体よりなる電流ブロック層を形成した場合には、欠陥が多く、結晶性の良好でない電流ブロック層が形成されてしまう。そのため、電流ブロック層の上面にp側電極を形成した場合には電流リークの原因となり信頼性の良好な窒化物半導体レーザ素子を得ることができないという問題があった。

## 【0011】

また、窒化物半導体レーザ素子は、GaAs系等の他の半導体レーザ素子と比較してキックが発生しやすく、また、130mWや200mWといった高出力の窒化物半導体レーザ素子を作製するためにはリッジ部の幅を狭くする必要がある。

## 【0012】

しかしながら、このような幅が狭く形成されたリッジ部は製造工程等のわずかな圧力を受けることで損傷を受けやすく、窒化物半導体レーザ素子の特性および信頼性を低下させる原因となりやすかった。

## 【0013】

また、特許文献2に開示された窒化物半導体レーザ素子においては、サブマウント等の基台にジャンクションダウン接合する際にダミーリッジ部が破壊してしまうことがあった。

10

20

30

40

50

## 【0014】

上記の事情に鑑みて、本発明の目的は、窒化物半導体レーザ素子の特性および信頼性の低下を抑制することができ、安定してジャンクションダウン接合を行なうことが可能な窒化物半導体レーザ素子の製造方法を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0015】

本発明は、帯状に伸びる凹部を4つ以上かつ帯状に伸びる凸部を3つ以上有するとともに凹部と凸部とが1つずつ交互に形成されている支持部成長領域と、凹部および凸部が形成されていないリッジ部成長領域と、が交互に配列された表面を有する窒化物半導体基板を作製する第1工程と、窒化物半導体基板の表面上に複数の窒化物半導体層を順次積層することによって、リッジ部成長領域の上方に位置する最上面の平坦部よりも支持部成長領域の凸部の上方に位置する最上面の方が上方に突出している窒化物半導体層積層構造体を作製する第2工程と、リッジ部成長領域の上方における窒化物半導体層積層構造体の表面の一部を帯状に除去することによって、窒化物半導体層積層構造体の一部に上方に突出したリッジ部を形成する第3工程と、を含む、窒化物半導体レーザ素子の製造方法である。

10

## 【0016】

ここで、本発明の窒化物半導体レーザ素子の製造方法においては、凹部の開口部の幅が3μm以上であり、凸部の上面の幅が10μm以上50μm以下であることが好ましい。

## 【0017】

また、本発明の窒化物半導体レーザ素子の製造方法においては、凹部の深さが1.8μm以上であることが好ましい。

20

## 【0018】

また、本発明の窒化物半導体レーザ素子の製造方法においては、窒化物半導体基板の表面における、凹部の長手方向に平行な方向のオフ角を $\gamma_p$ とし、凹部の長手方向に直交する方向のオフ角を $\gamma_v$ としたとき、 $\gamma_p$ が0.2°以上1°以下であって、 $\gamma_v$ が0.2°以下であり、 $(\gamma_v / \gamma_p)$ が0.7以下であることが好ましい。

## 【0019】

また、本発明の窒化物半導体レーザ素子の製造方法においては、支持部成長領域のそれにおいて、凸部の上面の幅の最大値と最小値との差の絶対値が5μm以下であることが好ましい。

30

## 【0020】

また、本発明の窒化物半導体レーザ素子の製造方法においては、リッジ部を金属膜で被覆する工程を含むことが好ましい。

## 【発明の効果】

## 【0021】

本発明によれば、窒化物半導体レーザ素子の特性および信頼性の低下を抑制することができ、安定してジャンクションダウン接合を行なうことが可能な窒化物半導体レーザ素子の製造方法を提供することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0022】

以下、本発明の実施の形態について説明する。なお、本発明の図面において、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とする。

40

## 【0023】

図1に、本発明の窒化物半導体レーザ素子の一例の模式的な断面図を示す。ここで、本発明の窒化物半導体レーザ素子は、帯状に伸びる凹部11を4つ以上かつ帯状に伸びる凸部12を3つ以上有するとともに凹部11と凸部12とが1つずつ交互に形成されている支持部成長領域13と、凹部11および凸部12が形成されていないリッジ部成長領域14と、が交互に配列されたn型の窒化物半導体基板10の表面上に、複数の窒化物半導体層を順次積層することによって形成された窒化物半導体層積層構造体15が形成されており、窒化物半導体層積層構造体15の表面上に絶縁膜19およびp側電極20が順次形成

50

され、さらにp側電極20の表面上に金属膜21が形成された構成を有している。また、窒化物半導体基板10の裏面上にはn側電極22が形成されている。また、リッジ部成長領域14の上方に位置するリッジ部16の側方は絶縁膜19で埋められている。

【0024】

このような構成の窒化物半導体レーザ素子においては、リッジ部成長領域14の上方に位置するリッジ部16の最上面よりも支持部成長領域13の凸部の上方に位置する窒化物半導体層（支持部17）の最上面の方が上方に突出している。ここで、支持部17の上方に位置する金属膜21の表面は、リッジ部16の上方に位置する金属膜21の表面よりもHだけ高くなっている。

【0025】

このように本発明により製造された窒化物半導体レーザ素子においては、リッジ部16の最上面よりも上方に突出する3つ以上の支持部17が形成される。

【0026】

したがって、本発明によって製造された窒化物半導体レーザ素子を用いた場合には、サブマウント上にジャンクションダウン接合する際に、n側電極22が形成されている側の面から荷重を加えた場合でもサブマウントとの接触によってリッジ部16が損傷を受けることを抑制することができるため、本発明によれば窒化物半導体レーザ素子の特性および信頼性の低下を抑制することができる。

【0027】

また、3つ以上の支持部17の最上面を覆う金属膜21の表面でサブマウントとジャンクションダウン接合することができるため、1つの支持部17の上方でジャンクションダウン接合を行なう従来の特許文献2の窒化物半導体レーザ素子と比べて、サブマウントへの接合面積を大きくすることができるから、安定してジャンクションダウン接合を行なうことが可能となる。

【0028】

なお、本明細書において、「上」とは、窒化物半導体層積層構造体15を構成する窒化物半導体層の積層方向を意味するものとする。

【0029】

以下、図1に示す窒化物半導体レーザ素子を製造する方法の一例を図2～図5を参照して説明する。

【0030】

まず、図2に示す窒化物半導体基板10を作製する。ここで、図2(a)は窒化物半導体基板10の模式的な平面図を示し、図2(b)は窒化物半導体基板10の模式的な断面図を示す。以下、窒化物半導体基板10を作製する方法（第1工程）の一例について説明する。

【0031】

まず、C面を正面とし、<1-100>方向に0.3°、<11-20>方向に0.1°のオフ角を有するn型GaN基板の表面の全面に1.5μmの厚さのSiO<sub>2</sub>膜をスピタ蒸着する。

【0032】

次に、フォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を用いて、<1-100>方向に伸びる複数の帯状のフォトレジストからなるマスクのパターンをSiO<sub>2</sub>膜上に形成する。ここで、フォトレジストからなるマスクのパターンは、帯状のフォトレジストからなるマスクの形成領域とその間の帯状の開口領域とが交互に配列されたパターンである。そして、支持部成長領域13に対応するパターンは、帯状のフォトレジストからなるマスクの間の帯状の開口領域の幅を5μmとし、その開口領域が<11-20>方向に30μmの間隔で7周期配列されたものを1組としたパターンである。また、リッジ部成長領域14に対応するパターンは、支持部成長領域13から<11-20>方向に向かって次の支持部成長領域13までの間隔が185μmである<1-100>方向に伸びる帯状のフォトレジストからなるマスクのパターンである。

10

20

30

40

50

## 【0033】

そして、R I E (Reactive Ion Etching) 等のドライエッチング技術を用いて、 $\text{SiO}_2$ 膜およびn型GaN基板のエッチングを行なうことによってn型GaN基板の表面に深さ $5 \mu\text{m}$ に掘り込まれた帯状の凹部11と掘り込まれていない幅 $30 \mu\text{m}$ の帯状の凸部12とを有する支持部成長領域13が形成される。上記のエッチング後は、 $\text{SiO}_2$ 膜上のフォトレジストがすべて除去される。

## 【0034】

その後、エッチャントとしてHF(フッ化水素)水溶液(フッ酸)等を用いて $\text{SiO}_2$ 膜を除去することによって、図2に示す窒化物半導体基板10が作製される。

## 【0035】

なお、上記において、 $\text{SiO}_2$ 膜の形成方法はスパッタ蒸着に限定されるものではなく、たとえば、電子ビーム蒸着法またはプラズマCVD(Chemical Vapor Deposition)法等を用いることもできる。また、上記において、凹部11の形成方法としては、たとえば、ドライエッチングまたはウェットエッチングを用いてもよく、機械的にn型GaN基板の表面を掘り込んで凹部11を形成してもよい。また、n型GaN基板の表面に、GaN、InGaN、AlGaNまたはInAlGaN等の窒化物半導体薄膜を成長させた後に掘り込んで凹部11を形成してもよい。

10

## 【0036】

支持部成長領域13における凹部11と凸部12の周期は、たとえば図2に示すように、凹部11と凸部12とが交互に配列され、凹部11で始まり凹部11で終わる構成とされる。また、支持部成長領域13は、1周期の凹部/凸部/凹部であってもよいし、複数の周期で構成されていてもよい。また、凹部11の開口部および凸部12の上面は個々に異なる幅を有してもよい。

20

## 【0037】

また、図2に示すように、窒化物半導体基板10の表面に形成される凹部11の開口部の幅W1は $3 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。また、窒化物半導体基板10の表面に形成される凹部11の深さD1は $1.8 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。窒化物半導体基板10の表面に形成される凹部11の開口部の幅W1または凹部11の深さD1が $1.8 \mu\text{m}$ 未満である場合には、窒化物半導体基板10の表面上に窒化物半導体層を積層して窒化物半導体層積層構造体15を形成する過程で凹部11が埋め込まれてしまい、リッジ部16よりも上方に突出する支持部17を得ることができない傾向にあるためである。

30

## 【0038】

また、図2に示すように、窒化物半導体基板10の表面に形成される凸部12の上面の幅W2は $10 \mu\text{m}$ 以上 $50 \mu\text{m}$ 未満であることが好ましい。凸部12の上面の幅W2が $10 \mu\text{m}$ 未満である場合には、窒化物半導体層が積層されて形成される支持部17の幅が狭くなるため、製造プロセス時に支持部17が破損してしまうことがある。また、凸部12の上面の幅W2が $50 \mu\text{m}$ を超える場合には、凸部12の上面に形成される窒化物半導体層の先端の全体が後述するエッジグロースを起こさずに、リッジ部成長領域14上に形成される窒化物半導体層の表面のようにエッジグロースの間に平坦部を有する構成となる傾向にあるため好ましいとはいえない。

40

## 【0039】

また、窒化物半導体基板10の表面において、凹部11の長手方向に平行な方向のオフ角を $\varphi$ とし、凹部11の長手方向に直交する方向のオフ角を $\nu$ としたとき、 $\varphi$ が $0.2^\circ$ 以上 $1^\circ$ 以下であって、 $\nu$ が $0.2^\circ$ 以下であり、 $(\nu / \varphi)$ が $0.7$ 以下であることが好ましい。

## 【0040】

たとえば、窒化物半導体基板10の表面において、凹部11の長手方向に平行な方向のオフ角 $\varphi$ を $0.1^\circ$ とし、凹部11の長手方向に直交する方向のオフ角 $\nu$ を $1^\circ$ とした場合には、それぞれの支持部17の表面は左上がりまたは右下がりとなり、支持部成長領域13全体としてみればノコギリの刃のような形状となる。このような形状の支持部17

50

をサブマウントにジャンクションダウン接合を行なった場合には、窒化物半導体レーザ素子とサブマウントとが斜めに接合され、窒化物半導体レーザ素子のレーザ光の出射の際に生じる熱の拡散にバラツキが生じることによって、リッジ部に大きな歪みが生じてしまう。そこで、このような問題を解消する観点ならびに後述するエッジグロースおよび表面モフォロジの観点から、窒化物半導体基板10の表面において、凹部11の長手方向に平行な方向のオフ角を $\rho$ とし、凹部11の長手方向に直交する方向のオフ角を $\nu$ としたとき、 $\rho$ が $0.2^\circ$ 以上 $1^\circ$ 以下であって、 $\nu$ が $0.2^\circ$ 以下であり、 $(\nu / \rho)$ が $0.7$ 以下であることが好ましい。

#### 【0041】

また、窒化物半導体基板10の表面の支持部成長領域13のそれぞれにおいて、凸部12の上面の幅の最大値と最小値との差の絶対値が $5\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。それぞれの支持部成長領域13における凸部12の上面の幅の最大値と最小値との差の絶対値が $5\mu\text{m}$ 以下である場合には支持部17の高さを同等にすることができる傾向にある。したがって、このような同等の高さを有する3つ以上の支持部17によってサブマウントにジャンクションダウン接合を行なう場合には、ジャンクションダウン接合時の支持部17の破壊が抑制されやすくなることから、窒化物半導体レーザ素子をより安定してジャンクションダウン接合することが可能となる傾向にある。

#### 【0042】

また、本発明において、窒化物半導体基板10としては、たとえば、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 0$ ) の組成式で表わされる窒化物半導体からなる基板を用いることができる。また、窒化物半導体基板10を構成する窒化物半導体の窒素原子のうちその約10%以下がAs、PまたはSb等の原子で置換されていてもよい(ただし、窒化物半導体基板10においては六方晶系が維持されている)。また、窒化物半導体基板10中に、Si、O、Cl、S、C、Ge、Zn、Cd、MgまたはBe等がドーピングされていてもよい。また、窒化物半導体基板10をn型とする場合には、Si、OまたはClがドーピングされていることが好ましい。また、窒化物半導体層が積層される窒化物半導体基板10の表面としては、たとえば、C面{0001}、A面{11-20}、R面{1-102}、M面{1-100}、または{1-101}面が好ましく用いられる。

#### 【0043】

上記のようにして作製した窒化物半導体基板10の表面上に複数の窒化物半導体層を順次積層することによって窒化物半導体層積層構造体を作製する(第2工程)。

#### 【0044】

図3に、窒化物半導体基板10の表面上に作製された窒化物半導体層積層構造体15の一例の模式的な拡大断面図を示す。ここで、窒化物半導体層積層構造体15は、たとえば、窒化物半導体基板10をMOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)装置に設置し、窒化物半導体基板10の表面上に、厚さ $0.2\mu\text{m}$ のn型GaN層101、厚さ $2\mu\text{m}$ のn型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 層102、厚さ $0.02\mu\text{m}$ のn型GaNガイド層103、周期層厚を $12\text{nm}$ とする3周期のMQW活性層104、厚さ $0.01\mu\text{m}$ のp型 $\text{Al}_{0.02}\text{Ga}_{0.98}\text{N}$ キャリアプロック層105、厚さ $0.02\mu\text{m}$ のp型GaNガイド層106、厚さ $0.55\mu\text{m}$ のp型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 層107および厚さ $0.1\mu\text{m}$ のp型GaNコンタクト層108がMOCVD法により順次結晶成長させられて形成される。

#### 【0045】

図4に、窒化物半導体基板10の表面上に窒化物半導体層積層構造体15を形成した後のウエハの一例の模式的な断面図を示す。

#### 【0046】

ここで、図4に示すように、窒化物半導体基板10のリッジ部成長領域14の上方に位置する最上面においては、表面が平坦な平坦部となるリッジ形成部25と、リッジ形成部25の両端部にリッジ形成部25よりも盛り上がった領域であるエッジグロース部26と

10

20

30

40

50

、が形成される。なお、本明細書においては、このように端部が盛り上がった結晶成長が起こることをエッジグロースといい、エッジグロースが生じている領域をエッジグロース部という。また、平坦部となるリッジ形成部25の表面からエッジグロース部26の最も高いところまでの段差H1は、窒化物半導体基板10の作製条件および窒化物半導体層積層構造体15の形成条件にもよるが、たとえば1μm以上3μm以下とすることができます。

#### 【0047】

まず、リッジ部成長領域14の上方のエッジグロース部26を例としてエッジグロース部26が形成される経緯を説明する。ここでは、リッジ部成長領域14の幅を上記と同様の185μmとして説明する。

10

#### 【0048】

窒化物半導体基板10の表面上に窒化物半導体層のエピタキシャル成長を開始すると、窒化物半導体層の原料となる原子および分子が窒化物半導体基板10の表面に付着し、マイグレーション等を起こして窒化物半導体基板10の表面を移動していく。ところが、凹部11の埋め込みがある程度まで進行するまでは、リッジ部成長領域14に付着した原子および分子が凹部11に流れ込めずにリッジ部成長領域14の端部で固着してしまうため、リッジ部成長領域14の端部からエッジグロースが生じ始め、窒化物半導体層積層構造体15の形成が完了した時点でたとえば20μm以上30μm以下の幅を有するエッジグロース部26が形成される。

20

#### 【0049】

このように、エッジグロース部26が窒化物半導体基板10の表面上の全面に生じた状態で窒化物半導体層積層構造体15の形成が完了すると、リッジ部形成領域14上の窒化物半導体層積層構造体15の表面はエッジグロース部26を除いて表面モフォロジの良好な平坦な表面を有するリッジ形成部25が得られる。この表面モフォロジが良好なリッジ形成部25は、エッジグロースが生じることで、マイグレーション等による凹部11への原子および分子の流れ込みが生じにくくなるため均一な結晶成長が可能となる。

#### 【0050】

次に、支持部成長領域13の凸部12上に窒化物半導体層が成長する場合について説明する。凸部12の上面の幅はリッジ部成長領域14と比較して狭くなっているが、窒化物半導体基板10の表面上に窒化物半導体層のエピタキシャル成長を開始すると、凸部12の上面にも原子および分子が付着し、付着した原子および分子はマイグレーション等により移動する。しかしながら、凹部11の埋め込みがある程度まで進行するまでは、リッジ部成長領域14に付着した原子および分子が凹部11に流れ込むことができず、また、凸部12の上面の幅は狭くなっている。これにより、凸部12の上面の両端からエッジグロースが始まり、窒化物半導体層が成長する過程で凸部12の両端からのエッジグロースが干渉し合い、やがては凸部12の上の全面でエッジグロースが生じて、厚さのある支持部17が形成される。上述したように、凸部12の上の全面でエッジグロースを生じさせるためには、図2に示す凸部12の上面の幅W2が10μm以上50μm以下であることが好ましい。

30

#### 【0051】

また、窒化物半導体層積層構造体15の表面モフォロジは、窒化物半導体基板10のオフ角に影響を受ける。窒化物半導体基板10の凹部11の長手方向に平行な方向のオフ角 $\rho$ が0.2°以上である場合にはエッジグロースが生じやすくなる傾向にあるが、オフ角 $\rho$ が1°を超える場合には窒化物半導体基板10の表面の研磨傷等の窒化物半導体基板10に起因する表面モフォロジが現れやすくなるため、上記のオフ角 $\rho$ は0.2°以上1°以下であることが好ましい。

40

#### 【0052】

また、窒化物半導体基板10の凹部11の長手方向に直交する方向のオフ角 $\nu$ はエッジグロースの具合に影響し、オフ角 $\nu$ が0.2°を超える場合には、ウエハの面内においてエッジグロースによる盛り上がりの高さに分布を生じやすくなることと、表面モフォ

50

ロジが悪化しやすくなる等の問題が生じやすくなるため、上記のオフ角  $\nu$  は  $0.2^\circ$  以下であることが好ましい。

【0053】

さらに、窒化物半導体基板 10 の凹部 11 の長手方向に平行な方向のオフ角  $\rho$  と直交する方向のオフ角  $\nu$  とが  $(\nu / \rho) = 0.7$  の関係を満たす場合には、エッジグロースが生じ、表面モフォロジの良好な窒化物半導体層積層構造体 15 が得られる傾向にある。

【0054】

上述した窒化物半導体基板 10 の表面のオフ角によるエッジグロースの具合や表面モフォロジが影響を受けることは、窒化物半導体基板 10 の表面のオフ角によってエピタキシャル成長中のマイグレーション等による原子および分子の移動が影響を受けるためと考えられる。

【0055】

図 5 に、図 1 に示す窒化物半導体レーザ素子が横に繋がったレーザバーの一例の模式的な断面図を示す。ここで、リッジ部 16 は、リッジ部成長領域 14 の上方における窒化物半導体層積層構造体 15 の表面の一部を帯状に除去することによって形成される（第 3 工程）。

【0056】

詳細には、まず、図 4 に示すウエハのリッジ形成部 25 の中央部にフォトリソグラフィ技術とエッチング技術とを用いて、リッジ部 16 に対応する部分をフォトレジストからなるマスクで保護し、そのマスクの両脇をエッチングすることによってリッジ部 16 が作製される。本実施の形態において、リッジ部 16 は、 $<1-100>$  方向に沿って凹部 11 と平行になるように高さ  $0.4 \mu\text{m}$ 、リッジ部 16 の上面の幅が  $1.2 \mu\text{m}$ 、リッジ部 16 の底面の幅が  $1.5 \mu\text{m}$  の順メサ形状として形成されている。

【0057】

リッジ部 16 は、リッジ形成部 25 の両端部から幅方向（凹部 11 の長手方向に直交する方向）に  $10 \mu\text{m}$  以上離れた位置で形成されることが好ましい。エッジグロース部 26 はエッジグロースにより窒化物半導体層積層構造体の層構造が設計通りになりにくいため、リッジ形成部 25 の両端部から幅方向に  $10 \mu\text{m}$  未満の領域にリッジ部 16 を形成した場合には窒化物半導体レーザ素子の特性にばらつきが生じるおそれがある。

【0058】

リッジ部 16 を作製する際には、支持部 17 はマスクで被覆され、エッチングされないようにすることが好ましい。支持部 17 がエッチングされてしまうと、リッジ部 16 と支持部 17 との間の高低差  $H1$  が小さくなってしまうためである。

【0059】

次に、図 5 に示すように、リッジ部 16 の上面を除いた表面部分を絶縁膜 19 で保護し、続いて、p 側電極 20 および金属膜 21 が順次積層される。

【0060】

ここで、絶縁膜 19 は、たとえば以下の方法により形成することができる。まず、窒化物半導体層積層構造体 15 にリッジ部 16 を形成した後に、リッジ部 16 の上面にのみフォトレジストによるマスクを形成し、その後、スパッタ法等を用いて窒化シリコンからなる絶縁膜 19 を形成する。そして、絶縁膜 19 の形成後は、フォトレジストが除去される。ここでは、絶縁膜 19 としては窒化シリコンが用いられているが、その他の材質としては、Si、Ti、Zr、Ta および Al からなる群から選択された少なくとも 1 種の酸化物若しくは窒化物、または  $\text{SiO}_2$  等の酸化シリコンを用いることができる。

【0061】

また、絶縁膜 19 は、リッジ部 16 の上面を除いて窒化物半導体層積層構造体 15 の表面を連続して被覆していることが好ましい。たとえば、本実施の形態において、支持部成長領域 13 は、凹部 11 と凸部 12 とが集中して形成された領域となっているが、凸部 12 に挟まれた凹部 11 の上方は窒化物半導体層が形成されず、溝となっている。そのため

、支持部17の間は分断されているが、凹部11の上方の溝を埋め込むか、エアブリッジ状に被覆されていることが好ましく、支持部17の間の溝からの電流のリークを防止することができる。

【0062】

また、p側電極20は、リッジ部16の上面および絶縁膜19の上面に形成されている。p側電極20は、リッジ部16が形成されている側の窒化物半導体層積層構造体15の表面全体にわたって形成されていることが好ましい。これは、p側電極20は、リッジ部16に電流を注入する電極としての機能の他に、金属膜21の成長を促進させる機能も兼ね備えて得るためである。このp側電極20における金属膜21の成長を促進させる機能を効果的に発現させるためには、p側電極20の最上面の材質は金属膜21と同様の金属であることが好適である。たとえば、金属膜21にAuを用いる場合には、p側電極20としては、たとえば、Pd/Mo/Au、Ni/Au、Pd/Pt/Au、またはPd/Au等の最上面がAuからなる構成を用いることが好適である。また、金属膜21がAu、AgおよびAuからなる群から選択された少なくとも1種のメッキ、またはAg、Cu、AlまたはMo等の単体の金属からなる場合には、p側電極20の最上面には、たとえば、Ag、Cu、AlまたはMo等の金属を用いることができる。

10

【0063】

なお、上記の金属膜21の形成に用いられるメッキとしては、たとえば、シアン系金メッキまたは亜硫酸系金メッキを用いることができるが、亜硫酸系金メッキは硬度が高いために変形を引き起こしにくい点から特に好ましい。また、光沢金メッキを施した場合には、メッキ表面の粒子がより細かくなるため、サブマウントとの密着性が良好となるため好適である。

20

【0064】

このようなp側電極20および金属膜21は、たとえば以下のようにして形成することができる。まず、窒化物半導体層積層構造体15の表面上に絶縁膜19を形成した後、EB(Electron Beam)蒸着によりp側電極20を形成する。続いて、電解メッキにより、たとえば厚さ5μmの金属膜21を形成する。

【0065】

また、金属膜21を形成する方法としては、上記の電解メッキの他にも、たとえば、無電解メッキ、合金メッキ、EB蒸着、スパッタ、またはECR(Electron cyclotron Resonance)法等を用いることができる。

30

【0066】

また、金属膜21の厚さは1μm以上であることが好ましい。本発明においては、エッジグロースにより、支持部17の上面とリッジ部16の上面との間に段差が生じているため、窒化物半導体レーザ素子をジャンクションダウン接合によりサブマウントに接合した場合には支持部17よりも窪んでいるリッジ部16へのはんだの流れ込みが均一にならず空洞ができてしまうこと等によって、窒化物半導体レーザ素子の特性にばらつきが生じることがあるためである。

【0067】

また、上記のp側電極20および金属膜21の形成後には、窒化物半導体基板10の裏面の研磨若しくはエッティングを行なうことにより、窒化物半導体基板10の厚さをたとえば80μm以上200μm以下に薄くすることができる。そして、窒化物半導体基板10の裏面には、たとえばHf/Alの構成のn側電極22がEB蒸着法等によって形成される。

40

【0068】

また、n側電極22としては、Hf/Alの構成の他にも、たとえば、Hf/Al/Mo/Au、Hf/Al/Pt/Au、Hf/Al/W/Au、Hf/Au、またはHf/Mo/Au等の構成を用いてもよい。また、n側電極22としては、上記の構成において、HfをTiまたはZrに置き換えた構成を用いてもよい。

【0069】

50

また、図5に示すレーザバーは、たとえば、リッジ部16、p側電極20、金属膜21およびn側電極22が形成された後のウエハをリッジ部16の長手方向となる<1-100>方向に直交する方向に劈開することにより形成される。この劈開により露出した劈開面が共振器端面を構成し、共振器長がたとえば400μmの導波型ファブリペロー共振器が形成される。なお、本発明において、共振器長が400μmに限定されることは言うまでもなく、たとえば300μm以上1000μm以下の範囲とすることができます。

#### 【0070】

また、上記のようにして形成された共振器端面は窒化物半導体結晶の{1-100}面に相当する。劈開は、ウエハの裏面全面にダイヤモンドカッタによって墨書き線を形成し、ウエハに所定の圧力を加えた状態で実施される。また、ウエハの一部、たとえば、ウエハの端部のみにダイヤモンドカッタによって墨書き線が形成され、これを起点にして劈開しても構わない。また、共振器端面の形成は、エッチングによって行なわれても構わない。

10

#### 【0071】

このように、導波型ファブリペロー共振器の前後に共振器端面を形成した後、これらの共振器端面の両面にそれぞれ、SiO<sub>2</sub>膜とTiO<sub>2</sub>膜とを交互に蒸着して反射率70%の誘電体多層膜を形成することができる。なお、形成された2つの共振器端面のうち1つはレーザ光の出射面とし、レーザ光の出射面となる共振器端面に形成される誘電体多層膜の反射率をたとえば5%とし、他方の共振器端面に形成される誘電体多層膜の反射率をたとえば95%としてもよい。なお、誘電体多層膜の反射率も上記のものに限定されることは言うまでもない。また、誘電体多層膜の構成もSiO<sub>2</sub>膜とTiO<sub>2</sub>膜とが交互に積層された積層体に限定されるものではなく、たとえば、SiO<sub>2</sub>膜とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜との積層体等を用いてもよい。

20

#### 【0072】

また、図5に示す構成のレーザバーをリッジ部16の長手方向に平行な方向沿ってたとえば図5に示す破線31で切断して複数のチップに分割することにより、図1に示す窒化物半導体レーザ素子を作製することができる。

#### 【0073】

ここで、分割する方法としては、たとえば、n側電極22の形成された面を上側にしてレーザバーをステージ上に設置し、レーザバーの裏面となるn側電極22の表面にダイヤモンドカッタ等によってスクライブラインを入れる。そして、レーザバーに所定の圧力を加えた状態で、スクライブラインに先端形状が鋭角な刃を当て、ブレーキング装置を用いて圧力を加えることによって、スクライブラインに沿ってレーザバーを分割する。これにより、複数の窒化物半導体レーザ素子がチップ状に分割される。なお、この方法は、スクライビング法と言われる方法である。また、窒化物半導体基板10の表面において分割したい箇所が凹部11の開口部内に含まれるように凹部11の幅を広げて分割しやすくしてもよい。また、窒化物半導体レーザ素子のリッジ部16の両側に少なくとも1つずつの支持部17が含まれるように分割してもよい。

30

#### 【0074】

また、上記のスクライビング法以外にも、n側電極22の表面にキズまたは溝等を形成してレーザバーを分割する方法を用いることもできる。また、ワイヤソー若しくは薄板ブレード等を用いてn側電極22の表面にキズ入れ若しくは切断を行なうダイシング法、エキシマレーザ光の照射による加熱とその後の急冷により照射部に生じたクラックをスクライブラインとするレーザスクライブ法、または高エネルギー密度のレーザ光を照射し、蒸発させることで溝入れ加工を行なうレーザアブレーション法等を用いることができる。

40

#### 【0075】

図6は、本発明によって製造された図1に示す構成の窒化物半導体レーザ素子をサブマウントにジャンクションダウン接合により接合した状態の一例を示す模式的な断面図である。

#### 【0076】

図1に示す構成の窒化物半導体レーザ素子をサブマウントにジャンクションダウン接合

50

する方法としては、たとえば、以下のような方法がある。まず、マウント装置にサブマウント32を設置し、サブマウント32上ではんだ33を溶融させる、次に、溶融したはんだ33の上面側から窒化物半導体レーザ素子のリッジ部16が形成された側の表面とサブマウント32の表面とが向き合うようにして窒化物半導体レーザ素子をはんだ33上に載せる。そして、窒化物半導体レーザ素子のn側電極22が形成されている側の面から荷重を加えて密着させる。その後、冷却してはんだ33を固化させる。このようにして、窒化物半導体レーザ素子をサブマウントにジャンクションダウン接合することができる。

【0077】

ここで、本発明によって製造された窒化物半導体レーザ素子においては、たとえば、金属膜21が形成されていることによって、窪みとなっているリッジ部16の上方をはんだ33で埋め込みきれずに空洞が生じたとしても、リッジ部16の直下の窒化物半導体層で生じた熱は熱伝導率の良好な金属膜21を伝導してサブマウント32に逃がすことができるため、窒化物半導体レーザ素子が高出力であっても、良好に放熱することができる。そのため、窒化物半導体レーザ素子の高出力化に伴って増加する放熱性の問題も回避することができる。

10

【0078】

なお、上記において、サブマウント32の材質としては、SiCまたはAlNが好適に用いられる。また、上記において、はんだ33の材質としては、金と錫の合金を用いることが好ましく、この場合に金と錫の比率（質量比）は70:30であることが好ましい。

20

【0079】

なお、結晶面および方向を表わす場合に、本来であれば所要の数字の上にバーを付した表現をするべきであるが、表現手段に制約があるため、本明細書においては、所要の数字の上にバーを付す表現の代わりに、所要の数字の前に「-」を付して表現している。

【0080】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【産業上の利用可能性】

【0081】

30

本発明は、ジャンクションダウン接合により接合される窒化物半導体レーザ素子の製造に好適に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0082】

【図1】本発明の窒化物半導体レーザ素子の一例の模式的な断面図である。

【図2】(a)は本発明に用いられる窒化物半導体基板の一例の模式的な平面図であり、(b)は(a)に示す窒化物半導体基板の模式的な断面図である。

【図3】本発明において、窒化物半導体基板の表面上に作製された窒化物半導体層積層構造体の一例の模式的な拡大断面図である。

40

【図4】本発明において、窒化物半導体基板の表面上に窒化物半導体層積層構造体を形成した後のウエハの一例の模式的な断面図である。

【図5】図1に示す窒化物半導体レーザ素子が横に繋がったレーザバーの一例の模式的な断面図である。

【図6】図1に示す構成の窒化物半導体レーザ素子をサブマウントにジャンクションダウン接合により接合した状態の一例を示す模式的な断面図である。

【図7】従来のAlGaNAs系の半導体レーザ素子の模式的な断面図である。

【符号の説明】

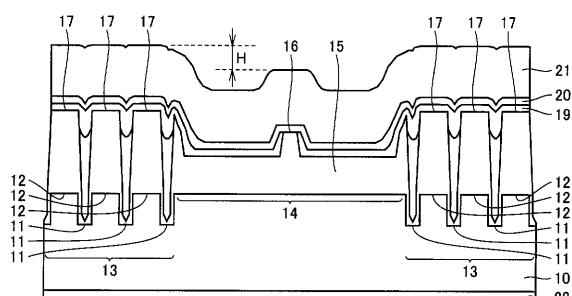
【0083】

10 窒化物半導体基板、11 凹部、12 凸部、13 支持部成長領域、14 リッジ部成長領域、15 窒化物半導体層積層構造体、16 リッジ部、17 支持部、1

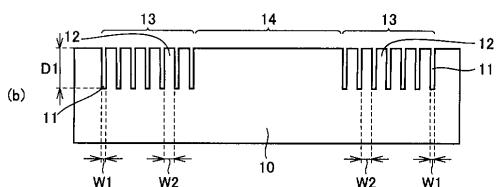
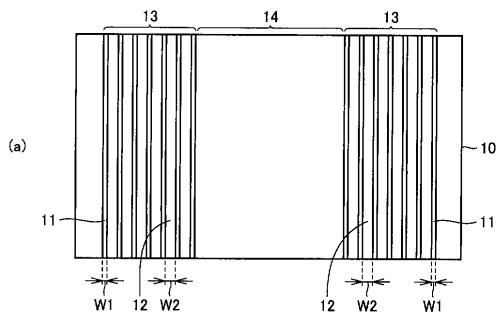
50

9 絶縁膜、20 p側電極、21 金属膜、22 n側電極、25 リッジ形成部、26 エッジグロース部、31 破線、32 サブマウント、33 はんだ、101 n型GaN層、102 n型Al<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N層、103 n型GaNガイド層、104 MQW活性層、105 p型Al<sub>0.02</sub>Ga<sub>0.98</sub>Nキャリアプロック層、106 p型GaNガイド層、107 p型Al<sub>0.05</sub>GaN層、108 p型GaNコンタクト層、201 n型GaN基板、202 n型バッファ層、203 n型クラッド層、204 発光層、205 p型第1クラッド層、206 p型第2クラッド層、207 中間層、208 p型コンタクト層、209 電流プロック層、210 p側電極、210a, 210b 最上面、211 n側電極、212 リッジ部、213 ダミーリッジ部。

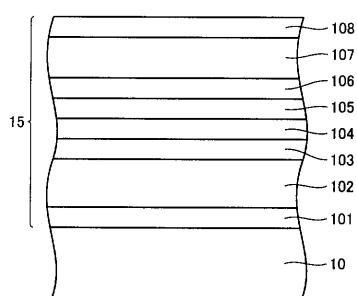
【図1】



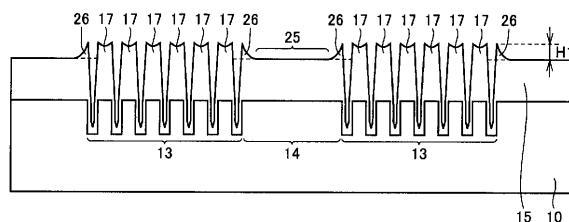
【図2】



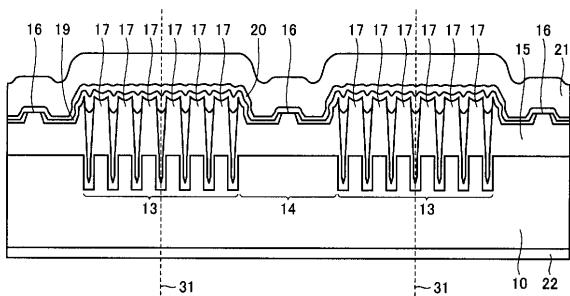
【図3】



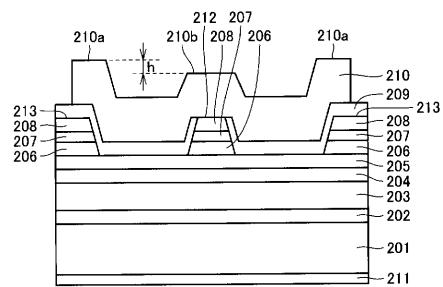
【図4】



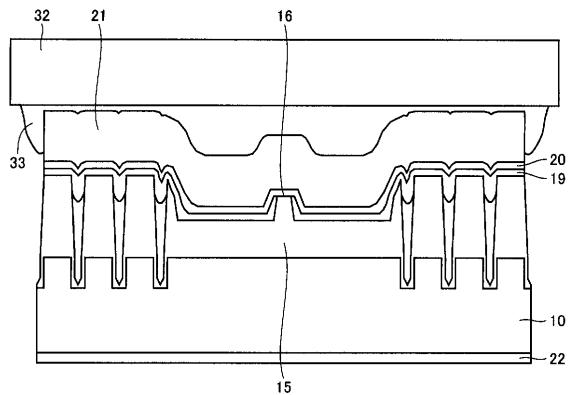
【図5】



【図7】



【図6】



---

フロントページの続き

(72)発明者 高倉 輝芳  
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 神川 剛  
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

F ターム(参考) 5F173 AA26 AA47 AG17 AH22 AH49 AK08 AK23 AP05 AP23 AP32  
AP33 AP76 AP78 AP82 MD52 MD63 MD84