

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4614988号  
(P4614988)

(45) 発行日 平成23年1月19日(2011.1.19)

(24) 登録日 平成22年10月29日(2010.10.29)

(51) Int.Cl. F I  
H O I S 5/22 (2006.01) H O I S 5/22

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2007-144428 (P2007-144428)	(73) 特許権者	000005049 シャープ株式会社
(22) 出願日	平成19年5月31日(2007.5.31)		大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
(65) 公開番号	特開2008-300584 (P2008-300584A)	(74) 代理人	100085501 弁理士 佐野 静夫
(43) 公開日	平成20年12月11日(2008.12.11)	(72) 発明者	山下 文雄 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内
審査請求日	平成20年5月27日(2008.5.27)	(72) 発明者	伊藤 茂穂 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内
審判番号	不服2009-13935 (P2009-13935/J1)	(72) 発明者	山本 秀一郎 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内
審判請求日	平成21年8月5日(2009.8.5)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物系半導体レーザ素子及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

結晶成長のための主面が(1-100)面である窒化物半導体基板の上に、活性層を含む複数の窒化物半導体層を積層する工程と、

該窒化物半導体層にストライプ状導波路を形成する工程と、

該窒化物半導体層に該窒化物半導体層表面に向けて開口した掘り込み領域である掘り込み部を形成する工程と、

前記ストライプ状導波路および前記掘り込み部が形成されたウェハにおいて、劈開の起点となる溝を前記ウェハの一方の端に設ける工程と、

前記溝に沿ってウェハに外力を加え、前記掘り込み部から前記ストライプ状導波路の方向へ劈開を進行させ、前記主面に直交するような劈開面を形成する工程を有し、

前記掘り込み部は、前記劈開面が通る位置であって、前記ストライプ状導波路の脇に形成されることを特徴とする窒化物系半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項2】

前記掘り込み部の底面が前記活性層より前記窒化物半導体基板側に位置する窒化物半導体層に達することを特徴とする請求項1に記載の窒化物系半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項3】

前記掘り込み部が、前記ストライプ状導波路から2μm以上200μm以下の離れた位置に形成されることを特徴とする請求項1又は2に記載の窒化物系半導体レーザ素子の製造方法。

10

20

## 【請求項 4】

前記掘り込み部は、前記窒化物半導体レーザ素子の共振器方向について、前記劈開面を含む一部に設けられ、共振器方向全体に渡らないことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の窒化物系半導体レーザ素子の製造方法。

## 【請求項 5】

前記掘り込み部は、前記窒化物半導体レーザ素子の共振器方向全体に渡って、前記ストライプ状導波路に並行に設けられることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の窒化物系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】

10

## 【0001】

本発明は、窒化物系半導体レーザ素子及びその製造方法に関するもので、特に、特定の面方位を有する窒化物半導体基板上に窒化物半導体層が積層されたものに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

Al、Ga、およびIn等のIII族元素と、V族元素であるNとの化合物である窒化物系半導体は、そのバンド構造や化学的安定性から発光素子やパワーデバイス用の半導体材料として期待され、その応用が試みられてきた。特に、光学情報記録装置、照明装置、ディスプレイ装置、センサなどの光源として、紫外から可視の光を発する窒化物系半導体レーザ素子を作製する試みが盛んに行われている。

20

## 【0003】

この窒化物系半導体レーザ素子において、表面上に積層された窒化物半導体層と同一な材料系である窒化物半導体を基板に用いることで、積層した窒化物半導体層の品質を高め、半導体レーザ素子の特性を良好なものとすることが行われている。基板としては製造が容易な、ウルツ鉱構造を有する結晶であり(0001)面を主面とするものが主に用いられてきた。この基板上に形成した窒化物半導体層の結晶は同じく(0001)面を主面として成長する。

## 【0004】

このような(0001)面を主面として積層された、つまり[0001]方向(C軸方向)に積層された窒化物半導体を用いた半導体レーザ素子においては、量子井戸活性層における内部電界の影響で、シュタルク効果による電子-ホール再結合確率の低下が大きいことが懸念されている。そこで、このような問題点が軽減される素子構造として、C軸から垂直な方向に積層構造を形成した窒化物系半導体レーザ素子も検討されている(特許文献1、特許文献2参照)。

30

## 【0005】

このように、C軸から垂直な方向に積層された窒化物系半導体レーザ素子においては、シュタルク効果の影響の低減および量子井戸面内での結晶非対称性が高まることによる利得の増加が期待でき、またC軸方向に伝播する傾向のある貫通転位が積層方向へ伝播されることが抑制されることによる結晶性の向上が見込めるため、閾値電流密度が低減し、信頼性にも優れた高性能の素子特性が期待される。したがって、(1-100)面を主面とする窒化物半導体基板を用いることも検討されてきた。

40

## 【0006】

なお、結晶の面や方位を示す指数が負の場合、絶対値の上に横線を付して表記するのが結晶学の決まりであるが、本明細書では、そのような表記ができないため、絶対値の前に負号「-」を付して負の指数を表す。

【特許文献1】特開平8-213692号公報

【特許文献2】特開平10-51029号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

50

しかしながら、このような(1-100)面(m面と称されることもある)を主面とする窒化物半導体基板に積層された窒化物系半導体レーザ素子においても、その特性は十分でなく、高出力までCW(Continuous Wave)発振(連続発振)させたところ、十分な光出力まで到達せずに素子破壊するものが、一定の割合で存在する。

【0008】

また、この従来の窒化物系半導体レーザ素子における素子破壊する割合は、長時間駆動させることにより更に上昇し、その駆動条件によって、得られた窒化物系半導体レーザ素子のほとんどが信頼性を確保できなくなる場合もある。このことより、(1-100)面を主面とする窒化物半導体基板に積層された窒化物系半導体レーザ素子の特性には、依然従来の知見のみでは解決できない問題を内包しており、良品の歩留まりが極めて低下するのみならず、長時間の実使用において突然の破壊をおこす危険性を内包しているという課題がある。

10

【0009】

そこで、その原因を本発明者らは詳細に検討した。その結果、共振器端面の活性層において窒化物半導体層と平行に延びた段差が生じており、平坦性が損なわれていることが分かった。さらに、このような段差が生じることにより、段差付近の結晶の損傷や、コーティング膜の被りが段差部分で不十分になることによる端面の保護効果の低下により、レーザ共振器端面の対損傷性の劣化を招来していることが判明した。

【0010】

このような問題を鑑みて、本発明は、窒化物半導体層に生じる段差の発生を抑制するための構成を備える窒化物系半導体レーザ素子を提供することを目的とする。また、本発明は、窒化物半導体層に生じる段差の発生を抑制した窒化物系半導体レーザ素子を作製する窒化物系半導体レーザ素子の製造方法を提供して、その歩留まり及び信頼性を改善することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するために本発明の窒化物系半導体レーザ素子は、窒化物半導体基板と、該窒化物半導体基板の表面に積層された活性層を含む複数の窒化物半導体層と、該窒化物半導体層に形成されるストライプ状導波路と、前記窒化物半導体基板とともに前記窒化物半導体層が劈開されて形成された共振器端面と、を備える窒化物系半導体レーザ素子であって、前記窒化物半導体基板の主面が(1-100)面であり、前記共振器端面は、前記主面に直交し、前記共振器端面を構成する劈開面において、前記ストライプ状導波路の少なくとも片側の脇に、前記窒化物半導体層表面に向けて開口した掘り込み領域である掘り込み部を備えることを特徴とする。

30

【0012】

この構成によると、劈開時に共振器端面に生じる段差を掘り込み部によってリセットすることができ、ストライプ状導波路への段差の発生が防がれる。

【0013】

このような窒化物系半導体レーザ素子において、前記掘り込み部の底面は前記活性層より前記窒化物半導体基板側に位置する窒化物半導体層に達することが望ましい。

40

【0014】

また、前記掘り込み部が、前記ストライプ状導波路から2 $\mu$ m以上200 $\mu$ m以下の離れた位置に形成されることが望ましい。

【0015】

また、前記掘り込み部の表面に保護膜が形成されることが望ましい。

【0016】

また、前記掘り込み部は、前記窒化物半導体レーザ素子の共振器方向について、前記劈開面を含む一部に設けられ、共振器方向全体に渡らないことが望ましい。

【0017】

また、前記掘り込み部は、前記窒化物半導体レーザ素子の共振器方向全体に渡って、前

50

記ストライプ状導波路に並行に設けられるようにしてもよい。

【0018】

また、1つの前記窒化物半導体レーザ素子に前記ストライプ状導波路を複数備えてもよい。

【0019】

また本発明の窒化物系半導体レーザ素子の製造方法は、結晶成長のための主面が(1-100)面である窒化物半導体基板上に、活性層を含む複数の窒化物半導体層を積層する工程と、該窒化物半導体層にストライプ状導波路を形成する工程と、該窒化物半導体層に該窒化物半導体層表面に向けて開口した掘り込み領域である掘り込み部を形成する工程と、前記ストライプ状導波路および前記掘り込み部が形成されたウェハの一部に劈開の起点となる溝を設ける工程と、前記溝に沿ってウェハに外力を加え、前記主面に直交するような劈開面を形成する工程を有し、前記掘り込み部は、前記劈開面が通る位置であって、前記ストライプ状導波路の脇に形成されることを特徴とする。

10

【0020】

このような窒化物系半導体レーザ素子の製造方法において、前記掘り込み部の底面は前記活性層より前記窒化物半導体基板側に位置する窒化物半導体層に達することが望ましい。

【0021】

また、前記掘り込み部が、前記ストライプ状導波路から2 $\mu$ m以上200 $\mu$ m以下の離れた位置に形成されることが望ましい。

20

【0022】

また、前記掘り込み部は、前記窒化物半導体レーザ素子の共振器方向について、前記劈開面を含む一部に設けられ、共振器方向全体に渡らないことが望ましい。

【0023】

また、前記掘り込み部は、前記窒化物半導体レーザ素子の共振器方向全体に渡って、前記ストライプ状導波路に並行に設けられるようにしてもよい。

【発明の効果】

【0024】

本発明によると、掘り込み部が設けられることによって、劈開時に共振器端面に生じる段差を掘り込み部によってリセットすることができる。そのため、共振器端面に生じる段差の発生源に近い位置の掘り込み部で段差のリセットが行われ、レーザ出射動作を行うストライプ状導波路への段差の発生が防がれる。これにより、レーザ出射部における端面の損傷が防止され、長時間の駆動後にも信頼性を確保するに十分なレーザ光を出力することができる窒化物系半導体レーザ素子を歩留まり良く得られる。

30

【0025】

また本発明によると、シュタルク効果の影響の低減および量子井戸面内での結晶非対称性が高まることによる利得の増加が期待でき、さらにC軸方向に伝播する傾向のある貫通転位が積層方向へ伝播されることが抑制されることによる結晶性の向上が見込めるため、閾値電流密度が低減する。その結果、信頼性に優れた高性能の素子特性を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0026】

本発明の実施形態について、以下に、図面を参照して説明する。図1は、窒化物系半導体レーザ素子の概略構成を示す正面図であり、図2、図3、図5は、窒化物系半導体レーザ素子の製造工程を説明するためのウェハ断面図、図4、図6は、窒化物系半導体レーザ素子の製造工程を説明するためのウェハ上面図、図7は、窒化物系半導体レーザ素子の製造工程を説明するためのレーザバー上面図、図8は、比較例の窒化物系半導体レーザ素子の劈開面の拡大模式図である。

【0027】

(エピ成長による各層の形成)

結晶成長のための主面として(1-100)面(m面と称されることもある)を有する

50

n型Ga<sub>0.9</sub>N基板101の表面上に、MOCVD法などの結晶成長技術を適宜用いることで、窒化物半導体をエピタキシャル成長させ、各窒化物半導体層を形成する。

【0028】

即ち、図2に示すように、n型Ga<sub>0.9</sub>N基板101の主面上に、0.1~10μm(例えば4μm)のn型Ga<sub>0.9</sub>N下部コンタクト層102、0.5~3.0μm(例えば2.0μm)のn型AlGa<sub>0.9</sub>N下部クラッド層103(Al組成0~0.3程度、例えば0.02)、0~0.3μm(例えば0.1μm)のn型Ga<sub>0.9</sub>N下部ガイド層104、In<sub>x1</sub>Ga<sub>1-x1</sub>Nの量子井戸層とIn<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>N障壁層(但しx<sub>1</sub>>x<sub>2</sub>≧0)の交互積層構造からなる多重量子井戸層構造を有する活性層105、0.01~0.1μm(例えば0.03μm)のGa<sub>0.9</sub>N中間層120、0.01~0.1μm(例えば0.02μm)のp型AlGa<sub>0.9</sub>N蒸発防止層106(Al組成0.05~0.4程度、例えば0.2)、0~0.2μm(例えば0.01μm)のGa<sub>0.9</sub>N上部ガイド層107、0.3~2μm(例えば0.5μm)のp型AlGa<sub>0.9</sub>N上部クラッド層108(Al組成0~0.3程度、例えば0.02)、およびp型Ga<sub>0.9</sub>N上部コンタクト層109を順に積層する。

10

【0029】

尚、下部クラッド層103、上部クラッド層108は、AlGa<sub>0.9</sub>Nのみならず、Ga<sub>0.9</sub>NとAlGa<sub>0.9</sub>Nとの超格子構造や、Ga<sub>0.9</sub>NとInAlNとの超格子構造、何層かの組成の異なったAlGa<sub>0.9</sub>Nを組み合わせたなど、所望の光学特性に合うものを使用すれば良い。また、発振波長が430nm程度以下と短い場合には、平均的なAl組成が0.02以上程度になるようにすることが光閉じ込め上好ましいが、井戸層を厚くしたりガイド層や障壁層を屈折率の高いInGa<sub>0.9</sub>Nで構成することにより、Ga<sub>0.9</sub>Nとすることもできる。また、発振波長が430nm程度以上と長い場合には、Ga<sub>0.9</sub>NやAlGa<sub>0.9</sub>Nが用いられうる。

20

【0030】

また、下部ガイド層104、上部ガイド層107或いはGa<sub>0.9</sub>N中間層120についてはそれぞれ、上述のGa<sub>0.9</sub>Nの他に、InGa<sub>0.9</sub>NやAlGa<sub>0.9</sub>Nを使用しても良く、設計上必要なければなくても良い。また、活性層105は、波長約405nmの光を放射するように、量子井戸層及び障壁層それぞれの組成と、この量子井戸層及び障壁層による交互積層構造を設定すれば良い。

【0031】

更に、蒸発防止層106は、活性層105を成長させた後、上部クラッド層108を成長させるまでの間に活性層105が劣化するのを防止する役割を果たせるものであれば、AlGa<sub>0.9</sub>N以外の組成やAsやP等の不純物が混入していても構わないが、活性層105および上部クラッド層108の形成条件によっては、蒸発防止層106自体を省略することもできる。また、上部コンタクト層109は、Ga<sub>0.9</sub>Nのみならず、InGa<sub>0.9</sub>NやGaInNAsやGaInNP等を用いても良い。

30

【0032】

(リッジストライプの形成)

上述のように、各窒化物半導体をn型Ga<sub>0.9</sub>N基板101の表面上にエピタキシャル成長させて、図2のような積層構造の窒化物半導体層を備えたウェハが得られると、このウェハの表面上全面に、例えばPdやNi等を主成分とする第一のp電極112aを真空蒸着等により形成する。即ち、図2における一番上の層である上部コンタクト層109の表面上全面にp電極112aが形成される。

40

【0033】

そして、フォトリソグラフィ工程を利用して、p電極112aの表面上に、幅0.5~30μm(例えば1.5μm)のストライプ状レジスト(不図示)を形成する。このストライプパターンは、半導体レーザの導波路に対応するもので、ウェハ上に多数平行に形成される。続いて、イオンエッチングやウェットエッチングを行うことで、ストライプ状レジストの下部以外の領域におけるp電極112aを除去する。尚、このp電極112aについては、後に形成するパッド電極112bと同時に作製するものとしても構わない。この場合は図2のような積層構造の窒化物半導体層を備えたウェハ表面に対して、直接、レ

50

ジストを形成し、次に説明する工程を行うものとすれば良い。

【0034】

そして、更に、 $\text{SiCl}_4$ や $\text{Cl}_2$ ガスなどを用いた反応性プラズマによるドライエッチングにより、レジストが形成されていない領域に対して、上部コンタクト層109と上部クラッド層108の少なくとも深さ方向の一部までを除去して、リッジストライプ110を形成する。このとき、活性層106の上面から上部クラッド層108に向かって層厚方向に $0.05\ \mu\text{m} \sim 0.3\ \mu\text{m}$ 程度の位置で、エッチングを停止することが好ましい(図3等においては便宜上上部ガイド層107と上部クラッド層108の界面位置にてエッチングを停止したように描いた)。

【0035】

これにより、リッジストライプ110に横方向の実効屈折率差を与えることができ、屈折率導波型の導波路とすることが可能になる。このエッチングにより、レジストの下部領域における上部コンタクト層109と上部クラッド層108が他の領域よりも突出し、この突出した上部コンタクト層109と上部クラッド層108によるリッジストライプ110が形成される。

【0036】

このように、リッジストライプ110が周期的に形成されたウェハに対して、その表面全面に $0.1\ \mu\text{m} \sim 0.5\ \mu\text{m}$ (例えば $0.3\ \mu\text{m}$ )の $\text{SiO}_2$ からなる埋込層111を成膜することで、形成されたリッジストライプ110を埋め込む。このとき、 $\text{SiO}_2$ により形成される埋込層111上に後述するパッド電極112bとの密着性を向上させる層を1層若しくは複数層形成しても構わない。このパッド電極112bとの密着性を向上させる層は、 $\text{TiO}_2$ や $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{HfO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 等の酸化物、 $\text{TiN}$ や $\text{TaN}$ 、 $\text{WN}$ 等の窒化物、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Hf}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{Mo}$ 等の金属を使用することで生成される。

【0037】

続いて、リッジストライプ110上に形成されたレジストを溶剤により溶解させた後に、超音波洗浄等を行ってリフトオフすることで、レジストと共に、レジストの上面に形成された埋込層111を除去する。この処理が施されることにより、リッジストライプ110の形成されない領域に埋込層111を形成させた状態で、リッジストライプ110上面となるp電極112aの表面を露出させる。尚、p電極112aが形成されていない場合は、レジストが溶解されることで、リッジストライプ110の上面となる上部コンタクト層109の表面が露出することとなる。

【0038】

(パッド電極の形成)

上述のように、エッチングを施すとともに埋込層111が形成されることで、埋込層111によって埋め込まれたリッジストライプ110を備えたウェハが得られると、フォトリソグラフィ工程によりレジストで、p電極となるパッド電極112bのパターニングが行われる。このとき、リッジストライプ110を中心にしてリッジストライプ110を十分に覆うような形状の開口部がマトリクス状に形成されたレジスト(不図示)がパターニングされる。即ち、レジストにおける開口部が、リッジストライプ110の延びる方向とその垂直方向に対して断続的に形成される。

【0039】

そして、レジストが形成されたウェハの表面上に、 $\text{Mo/Au}$ や $\text{W/Au}$ 等をこの順に真空蒸着等により成膜し、リッジストライプ110の表面上に形成されたp電極112aの大部分が接触するようにp電極となるパッド電極112b(図3、図4参照)を形成する。尚、リッジストライプ110の形成前にp電極112aを作製しなかった場合には、このパッド電極112bを形成する工程において、外部から電力を供給するためのp電極として $\text{Ni/Au}$ や $\text{Pd/Mo/Au}$ 等を成膜すれば良い。

【0040】

続いて、レジストを溶剤により溶解させた後に、超音波洗浄等を行ってリフトオフすることで、レジストと共にレジストの上面に形成された金属膜を除去することで、レジスト

10

20

30

40

50

における開口部と同一の形状のパッド電極 1 1 2 b を形成する。尚、このレジストにおける開口部の形状は、ワイヤボンド領域等を考慮して所望のものとする事ができる。

【 0 0 4 1 】

このパッド電極 1 1 2 b は、窒化物系半導体レーザ素子 1 0 ( 図 1 参照 ) としてウェハを分割する際の分割面や次工程における後述する掘り込み部 1 1 5 の形成位置に近い部分にまで形成された場合、リークや電極はがれの危険性がある。そのため、上述したようなパッド電極 1 1 2 b のパターニングを行う。尚、このパッド電極 1 1 2 b のパターニングは、リフトオフ法でなく選択メッキ法により行なうことも可能である。また、エッチング法によることもでき、このときは、p 電極材料となる金属膜を、ウェハ全面に蒸着し、フォトリソグラフィによりパッド電極 1 1 2 b として残したい部分をレジストで保護してから、例えば王水系のエッチング液でパターニングすることで、パッド電極 1 1 2 b を形成することができる。

10

【 0 0 4 2 】

( リッジストラップ脇における掘り込み部の形成 )

このようにパッド電極 1 1 2 b を形成すると、次に、活性層近傍の段差が窒化物系半導体レーザ素子 1 0 ( 図 1 参照 ) の劈開面に生じることを防ぐための掘り込み部の形成を行う。まず、フォトリソグラフィ工程により、リッジストラップ 1 1 0 の両側におけるパッド電極 1 1 2 b のない領域に開口部を備えるレジスト ( 不図示 ) を作製する。このようにレジストを作製すると、ドライエッチングを行うことによって、開口部における窒化物半導体層の掘り込みを行う。このとき、 $SiO_2$  からなる埋込層 1 1 1 をドライエッチング

20

【 0 0 4 3 】

更に、このようにレジストの開口部に対して掘り込まれたウェハ面に対して、スパッタや CVD などにより  $SiO_2$  の製膜を行うことで、その厚みが  $0.15 \mu m$  程度となる  $SiO_2$  膜を形成する。そして、このように  $SiO_2$  膜が成膜されたウェハから溶剤によりレジストを溶解させた後に、超音波洗浄などを行ってリフトオフして剥離することで、レジストと共に、レジストの上面に形成された  $SiO_2$  膜を除去する。よって、開口部における掘り込み部分に、 $SiO_2$  膜による図 5 の断面図で示すような保護層 1 1 6 が生成される。この保護層 1 1 6 は、レジストの開口部位置での掘り込み部分である掘り込み部 1 1 5 におけるエッチング底面や側面を保護するための層である。

30

【 0 0 4 4 】

( n 側電極形成 )

このようにして、掘り込み部 1 1 5 を形成すると、この掘り込み部 1 1 5 の形成されたウェハの裏面 ( n 型 GaN 基板 1 0 1 の裏面 ) を研削・研磨することで、このウェハの厚みを  $60 \sim 150 \mu m$  ( 例えば、 $100 \mu m$  ) 程度とする。そして、ウェハの裏面 ( 研削・研磨された面 ) に Hf / Al や Ti / Al をこの順に真空蒸着などで成膜して、n 電極 1 1 3 a を形成する。また、この n 電極 1 1 3 a のオーミック特性を保証するための熱処理が施される。更に、窒化物系半導体レーザ素子 1 0 ( 図 1 参照 ) をマウントする際にマ

40

【 0 0 4 5 】

( ミラー面の作製 )

このようにして n 電極 1 1 3 a 及びメタライズ電極 1 1 3 b それぞれがウェハの裏面に形成されると、分割線の一部にあたる位置にスクライプライン ( 線状の傷 ) 1 1 7 を形成して、リッジストラップ 1 1 0 にほぼ垂直な方向に劈開し、共振器長となる幅  $300 \sim 2000 \mu m$  ( 例えば  $800 \mu m$  ) の複数のバーを作製する。

【 0 0 4 6 】

スクライプライン 1 1 7 は通常、ウェハの一方の端にのみ設ければよいが、分割線位置

50

の所々に設けてバーへ劈開する際の分割線がずれないように工夫をすることもできる。いずれの場合も、劈開はスクライプライン 117 を起点として、一方向に進み（図 7 における矢印方向）、バー状に劈開されることになる。この劈開した面により共振器端面が構成される。ウェハの厚みを薄く調整したため、劈開を正確に行うことができる。このスクライプライン 117 の形成を行うために、ダイヤモンドポイントスクライブやレーザスクライブによる傷入れが用いられる。

#### 【0047】

このようなバーの分割面はウルツ鉱型窒化物半導体の劈開面であり、積層面に対して垂直となるものが選ばれる。（1-100）を主面とする基板が用いられた場合のこのような劈開面としては、（0001）面が挙げられる。つまり、ウェハの[11-20]方向に沿った分割線が選ばれ、導波路はあらかじめこのようになるようにアライメントされている。また、選ばれる劈開面としては、（11-20）面も挙げられるが、（0001）面を選定する場合と比較すると、分割線がずれやすく、プロセスの制御に厳密性が要求される。この場合にはウェハの[0001]方向に沿った分割面が選ばれる。また、（11-26）面を選定しても劈開が可能な場合もある。

#### 【0048】

そして、図 7 に示す、複数の窒化物系半導体レーザ素子 10（図 1 参照）が連続したバーの両側の共振器端面に対して、コーティング膜形成が成される。所望の反射率となるように、リア側、フロント側のコーティング膜の構成を選定すればよいが、例えば、リア側となる共振器端面に対して、2 層以上の積層体からなる高反射膜（図示せず）を形成することができ、また、フロント側となる共振器端面に対して、1 層以上の積層体からなる低反射膜（図示せず）、例えばアルミナの 5% コーティング膜を形成することができる。このようにすることで、このバーから形成される窒化物系半導体レーザ素子 10（図 1 参照）では、その内部で励振されて生成するレーザ光をフロント側となる共振器端面から出射することができる。

#### 【0049】

##### （レーザチップ化）

更にこのようにして共振器端面に反射膜が形成されたバーを、幅 200 ~ 300 μm 程度にチップ分割することで、図 1 でしめすような窒化物系半導体レーザ素子 10 が得られる。このとき、例えば、リッジストライプ 110 が窒化物系半導体レーザ素子 10 の中央位置となるように分割するなどのように、リッジストライプ 110 に影響を与えない位置を分割位置として分割を行う。

#### 【0050】

そして、このようにして分割されることで得られた窒化物系半導体レーザ素子 10 はステム上にマウントされ、ワイヤ等により外部から p 電極となるパッド電極 112 b 及び n 電極となるメタライズ電極 113 b に電氣的に接続される。このステム上にマウントされた窒化物系半導体レーザ素子 10 を封止するために、ステム上にキャップが施されることで、半導体レーザ装置として提供される。

#### 【0051】

##### （特性評価）

このようにして得られた窒化物系半導体レーザ素子 10 の光出力を評価したところ CW（連続波）駆動で 600 mW 程度の光出力を得た。そして、駆動電流をさらに増加したところ、デバイスが破壊しそれ以上の光出力は得られなかった。破壊の状況を詳細に観察すると、光出射側の導波路の端面において結晶が吹き飛んでおり、機械的に共振器端面が破壊していた。これにより、COD（光学損傷）レベルが約 600 mW であると測定された。

#### 【0052】

一方、比較例として、掘り込み部 115 を設けない他は上記の窒化物系半導体レーザ素子 10 と同様に製造した窒化物系半導体レーザ素子を作製し、その COD レベルを評価したところ、約 150 mW であり、本発明の窒化物系半導体レーザ素子 10 より明らかに劣

10

20

30

40

50



っていた。

【0053】

(検討)

比較例について、劈開後のバーの劈開面300をSEM(走査型電子顕微鏡)にて詳細に観察したところ、活性層付近の位置において、積層面に平行に、 $0.1\mu\text{m}$ 以下程度の非常に微小な段差301が生じていた(図8参照)。このような段差は、レーザの発振動作を妨げるほどの影響のあるものでなく、詳細に分析を行わないと判明しない程度のものであり、従来、(1-100)を主面とする基板が用いられ、劈開法により形成されたレーザ素子において存在することが知られていなかった。一方、本発明の劈開後のバーにおいては、導波路付近の劈開面にこのような段差はほとんど観察されず、平坦であった。

10

【0054】

よって本発明は、(1-100)面上の窒化物半導体の積層構造による半導体レーザ素子構造において、(1-100)面に垂直な面で劈開を行うと、このような段差が生じる、という現象を抑制している。

【0055】

一般に、窒化物系半導体レーザ素子においては、活性層にはエネルギーギャップが小さく格子定数が比較的大きい材料(例えばInGaN)が多く用いられ、それを挟むガイド層やクラッド層にはエネルギーギャップが大きく格子定数が比較的小さい材料(例えばGaNやAlGaIn)が用いられるので、活性層には格子定数差による歪を内包している。

【0056】

また、このような活性層の材料とガイド層やクラッド層の材料とは、機械的な性質も異なると考えられる。このような積層構造をまとめて(1-100)面に垂直な面で劈開しようとした場合に、活性層の上側の諸層と下側の諸層はそれぞれが一体となって分割されるが、InGaInを含む活性層のところで微妙にずれがずれが蓄積されて段差が生じるものと推測している。

20

【0057】

掘り込み領域においては、表面から活性層の下まで、分割面に当たる位置が掘り込まれているので、掘り込み部115によって衝撃波の伝達が防がれて、掘り込み部115において段差が一度クリアされる。そのため、掘り込み部115とリッジストライプ110との間に劈開時のステップが形成されない限り、掘り込み部115とリッジストライプ110との間において、活性層105付近に窒化物半導体層に平行に走る段差301の発生確率を大きく減少させることができる。

30

【0058】

このように掘り込み部115を形成するとき、掘り込み部115の位置は、好ましくはリッジストライプ110のエッジ位置から $2\mu\text{m}$ 以上の位置となるようにする。この掘り込み部115のエッジ位置がリッジストライプ110から $2\mu\text{m}$ 以下の距離とされると、掘り込み部115による構造が、窒化物系半導体レーザ素子10の光学特性に影響を与えてしまう。逆に掘り込み部115をあまり離間させると段差が一度クリアされる効果が希釈されるので、リッジストライプ110のエッジ位置から約 $200\mu\text{m}$ 以下の距離に形成するのが適当であり、掘り込み部115のエッジ位置とリッジストライプ110の間において、ウェハ表面に段差が形成されないようにする。

40

【0059】

更に、活性層の下面から掘り込み部115の底面までの距離は、分割予定ライン上の少なくとも一部において $1\mu\text{m}$ 未満となるのが好ましい。あまり深く掘り込むと、その位置にウェハの表面側から裏面側までの上下の全体的に劈開面のずれが生じる恐れがあるためである。

【0060】

また、掘り込み部115は、図7に示すように、リッジストライプ110の両側に設けたが、原理的には劈開の進行する上流側のみの片側でもよい。掘り込み部115が劈開時の衝撃波が伝播する方向に対してリッジストライプ110の手前にあれば(掘り込み部1

50

15が分割溝とリッジストライプ110との間に形成されていれば)、本発明の効果が得られる。

【0061】

しかしながら、両側に設けておけば、どちら側から劈開を行ってもよいので便利であり、特に、プロセス中にウェハ端部に欠けなどが生じた場合、欠けの生じた側にスクライブラインを入れるのは困難であるが、こうすることにより予定していた側と反対側からスクライブラインを入れることもできるので、両側に設けたほうが生産性に優れている。

【0062】

また、ウェハをバー状に分割する際において、予期せぬバー幅のずれ(レーザの共振器長ずれ)を防止するためにウェハの中ほどにも分割溝を設ける(スクライブラインを同一線上に複数設ける)こともできる。この場合、衝撃波の伝播方向が分割線状で、一定とならない場合も懸念される(ウェハのごく一部において逆方向に劈開が進行することもある)ので、活性層105付近の平行段差301の発生を確実に防止して歩留まりを向上させるためには、掘り込み部115がリッジストライプ110の両側にあったほうが望ましい。

10

【0063】

また、上記の実施形態においては、分割線上のリッジストライプ110近傍にのみ掘り込み部115を作製するものとし、窒化物系半導体レーザ素子10の4隅に相当する位置に掘り込み部115が形成されるものとした。しかしながら、この掘り込み部115については、リッジストライプ110近傍以外の全面を先の条件に当てはまるようにエッチングして構成することもできる。

20

【0064】

特に、リッジストライプ110と平行にストライプ溝状の掘り込み領域を共振器長方向に渡って設ければ、劈開が行われる線上(分割予定ライン)と掘り込み領域のアライメントを考慮する必要が無いので、生産工程管理上有利である。但し、このストライプ状の掘り込み部115を形成する場合には、ワイヤーボンディング位置が通常ストライプから離間しているので、掘り込み部において電流のリークが起らないよう、パッド電極の形成に注意が必要で、パッド電極112bの形成に先立って掘り込み部115を絶縁膜で埋め込む必要がある。

【0065】

また、上記の製造工程の説明において、掘り込み部115の形成は、リッジストライプ110の形成工程よりも後に行われるものとしたが、掘り込み部115の形成をリッジストライプ110の形成に先立って行なうものとしても構わない。この場合、埋込層111のエッチングや掘り込み部115における保護層116の作製が必要なくなるため、窒化物系半導体レーザ素子製造時の工数を低減することができる。更に、掘り込み部115への電流リークの危険性が小さければ、掘り込み部115に対して保護層116を設けなくても構わないし、逆に、保護層116の膜厚を厚くして、掘り込み部115を完全に埋めるような形状としても構わない。

30

【0066】

本発明の窒化物系半導体レーザ素子は、光ピックアップや液晶ディスプレイ、レーザディスプレイ、照明装置などの様々な光源装置に使用される半導体レーザ装置に適用することができる。即ち、例えば、FFP(ファーフールドパターン)等の光学特性の制御に係る制約は弱いものの、出力が数Wと大変な高出力である、照明用のブロードエリア半導体レーザ装置に対しても、本発明の窒化物系半導体レーザ素子を適用することができる。

40

【0067】

即ち、このブロードエリア半導体レーザ装置は、高出力であるために窒化物系半導体レーザ素子の共振器端面にかかる負担が大きくなり、本発明の窒化物系半導体レーザ素子のように、共振器端面に段差がないことが必須である。従って、ブロードエリア半導体レーザ装置に用いられる窒化物系半導体レーザ素子のリッジストライプ脇に掘り込み部を設け、段差を防止すると信頼性向上が期待できる。このブロードエリア半導体レーザ装置にお

50

いては、窒化物系半導体レーザ素子のリッジストライプ幅を5～100μmとすれば良い。

【0068】

また、本発明の窒化物系半導体レーザ素子は、上述したリッジ型のストライプ状導波路を持つ窒化物系半導体レーザ素子だけでなくこのリッジ型以外にもBH（埋め込みヘテロ）型やRiS（Ridge by Selective re-growth）型等のストライプ状導波路を持つ窒化物系半導体レーザ素子においても適用することも可能である。また、1つの窒化物系半導体レーザ素子に複数のストライプ状導波路を設けてもよい。

【0069】

また、上記実施形態の図面においては、リッジストライプを形成するためのエッチングは、リッジストライプ以外の全域をエッチングするように図示したが、リッジ型導波路の構成のために、このように全域エッチングする必要はなく、導波路近傍にのみ行えば十分で、例えば、リッジ端から3～30μmの程度のみをエッチングするようにしてもよい（ダブルチャンネル構造）。

【0070】

このようなダブルチャンネル構造とした場合、掘り込み領域は、半導体層表面から掘り込まれることもあるが、このような形状としても、効果は同等である。尚、BH型となる窒化物系半導体レーザ素子の場合、導波路を構成するメサを規定するエッチングの底面よりも、より基板側に掘り込み部の底面を位置させればよい。更に、本発明の窒化物系半導体レーザ素子は、上述した構成におけるp型およびn型を反転してn型半導体側に導波路を作製するものにも適用可能である。

【産業上の利用可能性】

【0071】

本発明の窒化物系半導体レーザ素子は、光ピックアップや液晶ディスプレイ、レーザディスプレイ、照明装置などの様々な光源装置に使用される半導体レーザ装置に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】本発明の窒化物系半導体レーザ素子の概略構成を示す正面図である。

【図2】本発明の窒化物系半導体レーザ素子の製造工程を説明するためのウェハ断面図である。

【図3】本発明の窒化物系半導体レーザ素子の製造工程を説明するためのウェハ断面図である。

【図4】本発明の窒化物系半導体レーザ素子の製造工程を説明するためのウェハ上面図である。

【図5】本発明の窒化物系半導体レーザ素子の製造工程を説明するためのウェハ断面図である。

【図6】本発明の窒化物系半導体レーザ素子の製造工程を説明するためのウェハ上面図である。

【図7】本発明の窒化物系半導体レーザ素子の製造工程を説明するためのレーザバー上面図である。

【図8】比較例の窒化物系半導体レーザ素子の劈開面の拡大模式図である。

【符号の説明】

【0073】

- 10 窒化物半導体レーザ素子
- 101 窒化物半導体基板
- 105 活性層
- 110 リッジストライプ（ストライプ状導波路）
- 115 掘り込み部
- 116 保護膜

10

20

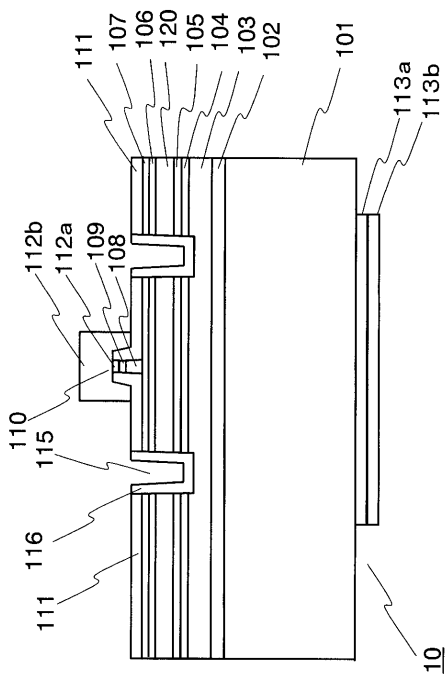
30

40

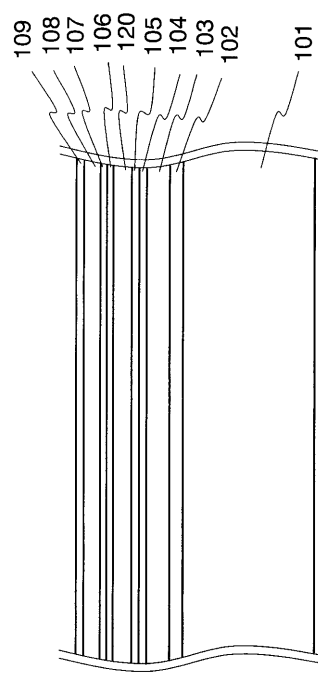
50

3 0 0 劈開面 (共振器端面)

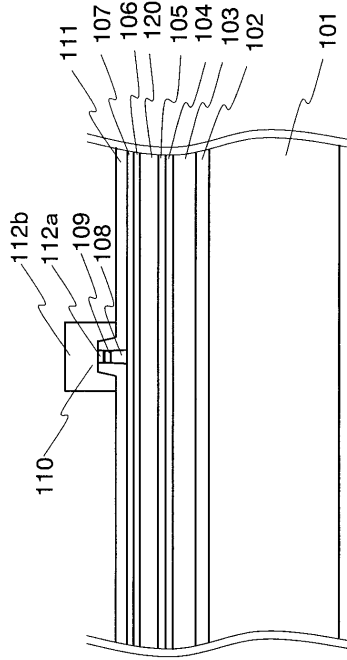
【 図 1 】



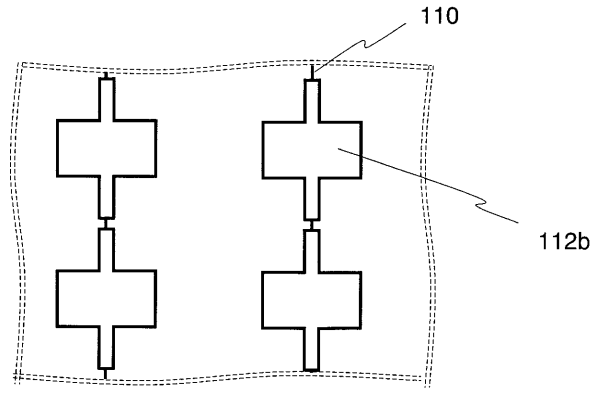
【 図 2 】



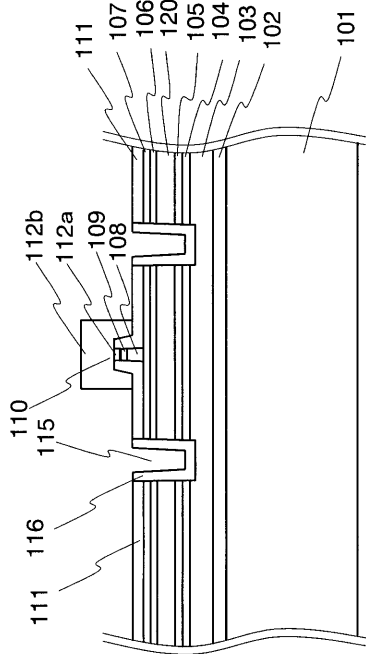
【 図 3 】



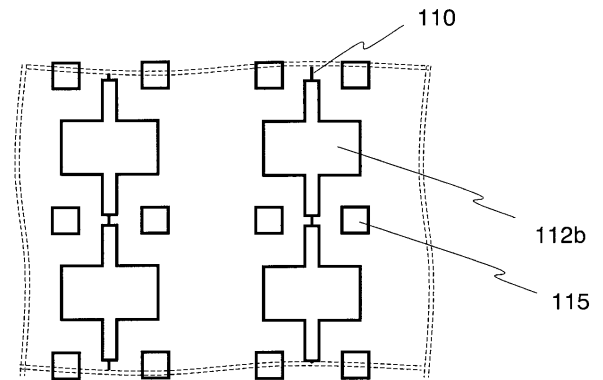
【 図 4 】



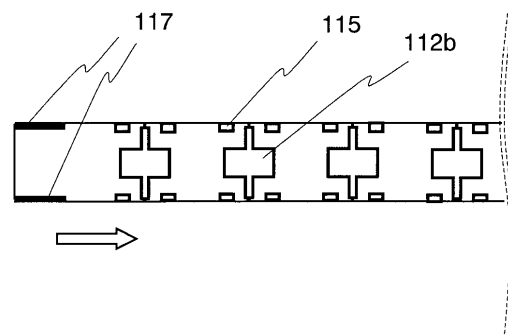
【 図 5 】



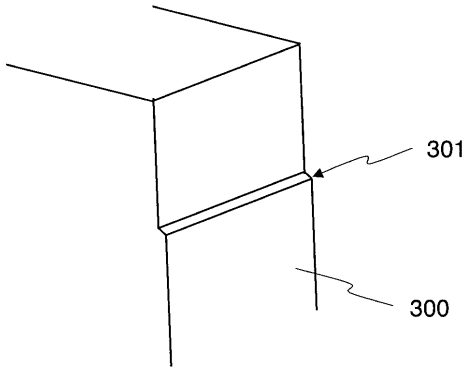
【 図 6 】



【 図 7 】



【 8 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 川上 俊之  
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内

合議体

審判長 吉野 公夫

審判官 杉山 輝和

審判官 田部 元史

(56)参考文献 特開平10-335750(JP,A)  
特開平11-251265(JP,A)  
特開2003-017791(JP,A)  
特開2003-204105(JP,A)  
特開2003-174228(JP,A)

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