

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5223552号
(P5223552)

(45) 発行日 平成25年6月26日 (2013. 6. 26)

(24) 登録日 平成25年3月22日 (2013. 3. 22)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 S 5/343 (2006. 01)

H O 1 S 5/343 6 1 0

H O 1 S 5/02 (2006. 01)

H O 1 S 5/02

請求項の数 7 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2008-236026 (P2008-236026)
 (22) 出願日 平成20年9月16日 (2008. 9. 16)
 (65) 公開番号 特開2009-295952 (P2009-295952A)
 (43) 公開日 平成21年12月17日 (2009. 12. 17)
 審査請求日 平成23年8月5日 (2011. 8. 5)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-120446 (P2008-120446)
 (32) 優先日 平成20年5月2日 (2008. 5. 2)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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 110000202
 新樹グローバル・アイビー特許業務法人
 (74) 代理人 100094145
 弁理士 小野 由己男
 (74) 代理人 100117422
 弁理士 堀川 かおり
 (72) 発明者 谷坂 真吾
 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
 審査官 道祖土 新吾

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) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に設けられた少なくとも活性層を含む窒化物半導体層と、該窒化物半導体層に形成された一対の共振器端面と、前記基板の一部が該共振器端面から突出した突出部とを有する窒化物半導体レーザ素子の製造方法であって、

前記基板上に前記窒化物半導体層を形成する工程と、

該窒化物半導体層上に形成された第1の開口を有するマスクを用いて、少なくとも前記窒化物半導体層をエッチングして第1の溝部を形成する第1のエッチング工程と、

該第1の溝部と離間した位置に前記共振器端面を規定する開口縁を有し、かつ前記第1の溝部を含む第2の開口を有するマスクを用いて、前記共振器端面を形成する第2のエッチング工程とを含み、

該第2のエッチング工程において、前記第1の溝部と離間した窒化物半導体層表面から該窒化物半導体層の一部をエッチングして規定される共振器端面と、前記第1の溝部の内壁をエッチングして前記共振器端面におよぶ傾斜面とを有する第2の溝部を形成することによって前記突出部の上面を形成することを特徴とする窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 2】

前記第1の溝部を、溝底部が溝上部より幅狭に形成する半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 3】

前記第2の溝部の幅を、前記第1の溝部の幅よりも大きく形成する請求項1又は2に記

10

20

載の半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 4】

前記突出部の上面と基板の水平面とのなす角度を、 75° 以下にする請求項 1 から 3 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 5】

前記共振器端面の反射側に、テラス状水平面が形成される請求項 1 から 4 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 6】

前記共振器端面を形成した後、さらに、該共振器端面と溝との全面に、端面保護膜を形成する請求項 1 から 5 のいずれか 1 つに記載の半導体レーザ素子の製造方法。

10

【請求項 7】

さらに、前記第 2 の溝部を分割補助溝として利用して、前記基板を分割する請求項 1 から 6 のいずれか 1 つに記載の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、より詳細には、窒化物半導体レーザ素子の共振器端面形成の方法に関する。

【背景技術】

20

【0002】

従来から、窒化物半導体レーザ素子の共振器端面を形成する方法として、劈開、エッチング等の種々の方法が採用されている。なかでも、ドライエッチングによる共振器端面の形成は、レーザ素子を構成する窒化物半導体層の下部及びこの窒化物半導体層が積層されている基板まではエッチングによって分離せずに、窒化物半導体層の共振器部分のみをエッチングによって形成することができる。従って、劈開により共振器端面を形成するために、基板とその上に形成されている窒化物半導体層とをバー状に分割し、バー単位で共振器端面に対する保護膜を形成する方法に比較して、ウェハ単位で端面保護膜を形成することができるため、工程の簡略化が可能で、コストダウンに大きなメリットがある（特許文献 3 及び 4）。

30

【0003】

しかし、窒化物半導体層を基板上に積層した後、エッチングにより共振器面を形成すると、素子分離した後において、共振器端面と素子分離面との間にテラス状の水平面が形成されることがある。このテラス状の水平面は、共振器端面のうちの出射端面からのレーザ光の光路を遮ったり、その光を反射させるなどして、ファーフールドパターンを乱すことになる。

【0004】

このような視野像を乱すことを防止するために、テラス状の水平面を極力形成されない方法として、先に共振器端面を形成し、その後基板分割のための V 字補助溝を形成するという方法（例えば、特許文献 1）、基板上に半導体層を積層し、活性層上の電極を作製した後、素子分離用の溝を形成し、その後、エッチングにより共振器面を作製する方法、さらに、この素子分割用の溝を、光の出射面側において、溝面と基板面のなす角が鋭角となるように形成する方法等が提案されている（例えば、特許文献 2）。

40

【特許文献 1】特開平 1 - 120885 号公報

【特許文献 2】特開 2000 - 106470 号公報

【特許文献 3】特開平 9 - 223844 号公報

【特許文献 4】WO 2002/103865 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

50

しかし、V字補助溝の形成を、共振器端面の形成の後に行なう方法では、V字補助溝をV字形状とするために、このV字溝形成時に、共振器端面をレジスト等の保護膜で保護する必要がある。一方、共振器端面をレジスト等で覆って保護すれば、その保護膜の厚みによって、その保護膜がマスクとなって、エッチング後に補助溝と共振器端面との間に距離が開き、結局、共振器端面と素子分離面との間にテラス状の水平面が形成されるという問題が残る。

また、素子分離溝を形成した後、共振器端面をエッチングする場合においても、共振器端面用のマスクあわせが必要となり、そのマージン分のテラス状水平面が形成される。

さらに、ダイシング等で素子分離用の溝を形成する場合、窒化物半導体層にダメージが入りやすいという問題がある。

10

また、この素子分離溝を、溝面と基板面のなす角が鋭角となるように形成する場合、精度よく斜めにダイシングすることが困難である上に、その溝を等間隔に形成することも困難であり、非効率的であると考えられる。さらに、完成した素子においても、レーザ素子内において最も熱が溜まりやすい出射側共振器端面の下部の基板を除去しているので、放熱性が悪化するという課題もある。

【0006】

本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、簡便な方法により、共振器端面と素子分離面との間のテラス状の水平面を確実になくして、良好なファーフールドパターンを得ることができる窒化物半導体レーザ素子の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0007】

本発明の半導体レーザ素子の製造方法は、基板上に設けられた少なくとも活性層を含む窒化物半導体層と、該窒化物半導体層に形成された一対の共振器端面と、前記基板の一部が該共振器端面から突出した突出部とを有する窒化物半導体レーザ素子の製造方法であって、

前記基板上に前記窒化物半導体層を形成する工程と、

少なくとも前記窒化物半導体層をエッチングして第1の溝部を形成する第1のエッチング工程と、

前記共振器端面を形成する第2のエッチング工程とを含み、

該第2のエッチング工程において、前記第1の溝部の内壁と、該第1の溝部に隣接する窒化物半導体層表面の一部をエッチングすることで第2の溝部を形成し、前記突出部の上面を形成することを特徴とする。

30

このような窒化物半導体レーザ素子の製造方法では、前記第1の溝部を、溝底部が溝上部より幅狭に形成することが好ましい。

また、前記第2の溝部の幅を、前記第1の溝部の幅よりも大きく形成することが好ましい。

さらに、前記突出部の上面と基板の水平面とのなす角度を、75°以下にすることが好ましい。

また、前記共振器端面を形成した後、さらに、該共振器端面と溝との全面に、端面保護膜を形成することが好ましい。

40

さらに、前記第2の溝部を分割補助溝として利用して、前記基板を分割することが好ましい。

【発明の効果】

【0008】

本発明の窒化物半導体レーザ素子の製造方法によれば、共振器端面と素子分離面との間のテラス状の水平面をなくして、この水平面に起因するファーフールドパターンの乱れ、つまり、リップル、特にY方向のリップルを防止して、良好なファーフールドパターンを形成することができる。しかも、新たな製造工程や製造設備をもたらすことなく、簡便な方法により実現することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【 0 0 0 9 】

本発明の窒化物半導体レーザ素子の製造方法では、例えば、典型的には図 1 及び図 2 に示すように、主として、窒化物半導体基板と、この上に積層された第 1 窒化物半導体層 1 1、活性層 1 2 及び第 2 窒化物半導体層 1 3 からなる窒化物半導体層を含み、窒化物半導体層において、対向する一对の共振器端面 2 1 を備える共振器が形成され、基板の一部に突出部 3 2 a を有する窒化物半導体レーザ素子を製造する。

このような窒化物半導体レーザ素子には、通常、第 2 窒化物半導体層 1 3 の表面にリッジ 1 4 が形成され、共振器端面 2 1 の全面に共振器端面 2 1 に接触する端面保護膜 2 0 が形成されている。また、リッジ側面にも第 3 保護膜 1 5、窒化物半導体層側面にも側面保護膜 1 7 が形成されており、さらに、p 電極 1 6、p パッド電極 1 8、n 電極 1 9 等が適宜形成されている。

なお、本発明の製造方法で製造する窒化物半導体レーザ素子は、例えば、図 3 に示すように、n 電極 1 9 が窒化物半導体基板 1 0 に対して同じ側に配置されているものであってもよい。

【 0 0 1 0 】

本発明の窒化物半導体レーザ素子の製造方法では、まず、窒化物半導体基板上に、第 1 窒化物半導体層、活性層、第 2 窒化物半導体層をこの順に積層して、窒化物半導体層を形成する。

ここで用いる基板は、サファイア、スピネル ($MgAl_2O_4$) のような絶縁性基板であってもよいし、炭化珪素、シリコン、 ZnS 、 ZnO 、 $GaAs$ 、ダイヤモンド及び窒化物半導体と格子接合するニオブ酸リチウム、ガリウム酸ネオジウム等の酸化物基板でもよいが、窒化物半導体基板 (GaN 、 AlN 等) であることが好ましい。また、第 1 主面及び / 又は第 2 主面に 0° 以上 10° 以下のオフ角を有する基板であることが好ましい。その厚みは、例えば、 $50\mu m$ から $10mm$ 程度が挙げられる。なお、基板として、例えば、特開 2006 - 24703 号公報に例示されている種々の公知の基板、市販の基板等を用いてもよい。

窒化物半導体基板は、MOCVD 法、HVPE 法、MBE 法等の気相成長法、超臨界流体中で結晶育成させる水熱合成法、高压法、フラックス法、熔融法等により形成することができる。

窒化物半導体層を構成する第 1 及び第 2 窒化物半導体層としては、一般式 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x+y \leq 1$) のものを用いることができる。これに加えて、III 族元素として B が一部に置換されたものを用いてもよいし、V 族元素として N の一部を P、As で置換されたものを用いてもよい。n 側半導体層は、n 型不純物として、Si、Ge、Sn、S、O、Ti、Zr、Cd などの IV 族元素又は VI 族元素等のいずれか 1 つ以上を含有していてもよい。p 側半導体層は、p 型不純物として、Mg、Zn、Be、Mn、Ca、Sr 等を含有していてもよい。不純物は、例えば、 $5 \times 10^{16} / cm^3 \sim 1 \times 10^{21} / cm^3$ 程度の濃度範囲で含有されていることが好ましい。

特に、第 1 窒化物半導体層と第 2 窒化物半導体層、つまり、n 側半導体層と p 側半導体層とに光の光導波路を構成する光ガイド層を有することで、活性層を挟んだ分離光閉じ込め型構造である SCH (Separate Confinement Heterostructure) 構造とすることが好ましい。

【 0 0 1 1 】

活性層は、多重量子井戸構造又は単一量子井戸構造のいずれでもよい。

井戸層と障壁層は、一般式 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x+y \leq 1$) のものを用いることができる。少なくとも井戸層に In を含むものが例示され、井戸層、障壁層の両方に In を含むものが適している。

このような活性層は、特に発振波長が $220nm \sim 580nm$ となる組成で形成されていることが好ましい。

【 0 0 1 2 】

10

20

30

40

50

窒化物半導体層の成長方法は、特に限定されないが、MOCVD（有機金属化学気相成長法）、HVPE（ハイドライド気相成長法）、MBE（分子線エピタキシー法）など、窒化物半導体の成長方法として知られている全ての方法を好適に用いることができる。特に、MOCVDは結晶性良く成長させることができるので好ましい。

【0013】

窒化物半導体層、つまり、第2窒化物半導体層の表面には、通常、リッジ（図1中、14）が形成されている。リッジは、光導波路領域として機能するものであり、その幅は1.0 μm ~ 30.0 μm 程度である。さらに、レーザ光を横モードがシングルの光源として使用する場合には、1.0 μm ~ 3.0 μm 程度が好ましい。その高さ（エッチングの深さ）は、例えば、0.1 ~ 2 μm が挙げられる。p側半導体層を構成する層の膜厚、材料等を調整することにより、光閉じ込めの程度を適宜調整することができる。リッジは、共振器方向の長さが100 μm ~ 5000 μm 程度になるように設定することが好ましい。共振器方向においてすべて同じ幅でなくてもよいし、その側面が垂直であっても、テーパ状であってもよい。この場合のテーパ角は45° ~ 90° 程度が適当である。

【0014】

ただし、リッジが形成されていることは必ずしも必要ではなく、例えば、窒化物半導体層に電流狭窄層が形成された構造であってもよい。この場合、まず、第1窒化物半導体層を形成し、幅0.3 ~ 20 μm 程度、好ましくは0.5 ~ 3.0 μm 程度のストライプ状の開口を有した0.01 μm ~ 5 μm 程度、好ましくは300 nm 程度以下の膜厚の電流狭窄層を形成する。次に、この電流狭窄層の開口に露出した第1導電型半導体層上に、例えば、量子井戸構造をした活性層を形成する。続いて、活性層の上に第2導電型窒化物半導体層を形成する。このような電流狭窄層は、例えば、i型の窒化物半導体層又はSiO₂、Al₂O₃等の絶縁材料で形成することができる。電流狭窄層は、第1窒化物半導体層又は第2窒化物半導体層を形成し、その表面に電流狭窄層を成長させ、この電流狭窄層にストライプ状の開口を形成し、窒化物半導体層を再成長させることによって形成してもよい。

【0015】

窒化物半導体層においては、例えば、上述したリッジが延びる方向に共振器が形成されており、その方向に直交して、一对の共振器端面が形成されている。共振器長は、100 μm ~ 5000 μm 程度になるように設定することが好ましい。共振器端面の面方位については、特に限定されない。例えば、M軸、A軸、C軸及びR軸配向が挙げられ、つまり、M面（1 - 100）、A面（11 - 20）、C面（0001）又はR面（1 - 102）からなる群から選ばれる面であり、特にM軸配向、M面（1 - 100）であることが好ましい。

また、本発明の窒化物半導体レーザ素子の幅、すなわち共振器方向と直交する方向の長さは、50 ~ 2000 μm 程度に設定される。

【0016】

次いで、窒化物半導体層側から、エッチングによって、後に形成する共振器端面に対して傾斜した面、つまり、基板表面及び/又は窒化物半導体層表面に対する法線方向から傾斜した面を有する第1の溝部を形成する。この溝部は、溝底部が溝上部よりも幅狭であることが適している。この溝部は、後述する素子分割の際、つまり、ウェハから個々のレーザ素子を形成する際の分割補助溝として用いられるものであり、上述したリッジ又は電流狭窄層の延長方向に対して垂直に延長するように形成することが好ましい。

なお、この溝の断面形状は、特に限定されるものではなく、半円、半楕円、四角、V形状等の種々の形状が例示される。これらの中でも、縦長形状の半楕円、台形、V形状等で形成されることが好ましい。なかでも、後述するようにエッチングによって溝幅を広げることが容易なV形状であることが好ましい。この際のVの角度（図4（a）中、 θ ）は特に限定されず、例えば、基板の水平面から40 ~ 85° 程度、好ましくは、50 ~ 75° 程度が挙げられる。また、溝の深さ（図4（a）中、h）は、特に限定されないが、例えば、少なくとも窒化物半導体層の一部、好ましくは、第1窒化物半導体層の一部ま

10

20

30

40

50

で、言い換えると、窒化物半導体層表面から $1.5 \sim 2.8 \mu\text{m}$ 程度、好ましくは $1.8 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 程度が例示される。溝の幅（図 4（a）中、 w ）は、特に限定されないが、例えば、窒化物半導体層表面において、 $1 \sim 5 \mu\text{m}$ 程度、好ましくは $1 \sim 3 \mu\text{m}$ 程度が例示される。溝同士の間隔は、得ようとするレーザ素子の大きさ、共振器の長さ等によって適宜調整することができ、例えば、 $100 \sim 5000 \mu\text{m}$ 程度が例示される。

また、溝は、必ずしもチップ幅方向全体に渡って形成されていなくてもよい。少なくとも光導波路に対応するように素子の幅方向の一部に形成されていればよい。言い換えると、出射されたレーザ光の光路の直下の領域の半導体層及び／又は基板に溝が形成されていればよい。

【0017】

溝の形成は、例えば、窒化物半導体層表面に、所定の幅を有するストライプ状の開口を形成したマスクパターンを形成し、このマスクパターンをマスクとしてエッチングすることにより形成することができる。マスクパターンは、レジスト、 SiO_2 等の絶縁体等を、フォトリソグラフィ及びエッチング工程等の公知の方法により、適当な形状にパターンニングすることができる。このエッチングは、ウェットエッチング又はドライエッチングのいずれであってもよい。ウェットエッチングは、例えば、アルカリ水溶液、王水等のエッチャントに、窒化物半導体層を所定時間浸漬するなどして、エッチャントに晒すことにより行うことができる。ドライエッチングは、例えば、反応性イオンエッチング（RIE）、反応性イオンビームエッチング（RIBE）、電子サイクロトロン共鳴（ECR）エッチング、イオンビームエッチング等を利用して行うことができる。いずれにおいてもエッチングガス（例えば、 CF_4 のようなフッ素系、 Cl_2 、 CCl_4 、 SiCl_4 のような塩素系ガスの単独又は混合ガス）を適宜選択すればよい。なかでも、ドライエッチングを用いることが好ましい。ドライエッチングする際、エッチャントの種類を含むエッチング条件（エッチャント流量、RF パワー、圧力、温度、エッチング時間等）は、適宜調整して決定することができる。

このとき、RF パワーを上げる、圧力を低くする（高真空にする）、塩素系ガスを用いてエッチングする場合に SiCl_4 割合を高くする、等の方法を用いることによって、溝の側壁を傾斜させることができる。特に、塩素系ガスを用いてエッチングする場合に SiCl_4 割合を高くすることによって、断面形状が V 字形の溝を形成しやすい傾向にある。また、エッチャントの流量を少なくすることによって、半楕円や台形状の溝を形成しやすい。

【0018】

このように、溝をエッチングにより形成することにより、ダイシング又はブラスト等と比較して、基板及び窒化物半導体層への物理的なダメージを回避することができるとともに、所定の位置に制御よく、所望の形状で溝を形成することが可能となる。

【0019】

続いて、共振器端面をエッチングによって形成する。

通常、窒化物半導体レーザ素子の共振器端面は、窒化物半導体層上にマスクパターンを形成し、このマスクパターンをマスクとして、少なくとも第 2 窒化物半導体層、活性層、第 1 窒化物半導体層を又は基板に達する深さ（図 4（b）中、 D ）まで、あるいは、共振器端面に、光導波領域と後述する境界領域とを含むことのできる深さでエッチングすることにより形成することができる。この際、先に形成した溝の近傍、例えば、溝から $5 \mu\text{m}$ 程度以下、好ましくは $3 \mu\text{m}$ 以下、さらに $2 \mu\text{m}$ 以下の距離（図 4（a）中、 d ）離れて、溝に対して平行に形成することが好ましい。マスクパターン及びその形成方法は、上記に例示したものと同様のもの、さらに特開平 8 - 17803 号公報等に記載された公知の方法が挙げられる。なかでも、ドライエッチングを用いることが好ましく、エッチング条件は、上記と同様に適宜調整して決定することができる。

【0020】

共振器端面は、一般に、基板表面に対して、略垂直に形成されていることが好ましい。共振器端面が、基板表面に対してテーパ又は逆テーパとした場合の COD レベルの低下及

10

20

30

40

50

びノ又は閾値電流の上昇を防止するためである。また、共振器端面が基板表面に対してテーパ又は逆テーパの場合、Y方向の光軸のずれが起こるため、それを防止するためにも基板表面に対して、略垂直であることが好ましい。

【0021】

共振器端面のエッチングの際、上述したように、共振器端面の位置、溝からの距離を調整するとともに、エッチング条件等を調整することにより、共振器端面の形成と同時に溝の幅を広げ、第2の溝部を形成する。つまり、共振器端面形成用のマスクパターンの端部と溝との間で、このマスクパターンから露出する窒化物半導体層がエッチング除去される際に、同じくマスクパターンから露出する溝の傾斜面をエッチング除去する。これにより傾斜面（突出部の上面）は、共振器端面の下方、基板側に形成される、図8から図10に示すように、素子領域36と素子領域36から突出した突出部32aとが形成される。

これにより、結果的に、溝の傾斜角度が緩やかになるとともに、マスクパターンの端部と溝の端部との距離がエッチング除去によって縮まり、さらには一致し、両者を連続させることができる。ここで、連続するとは、溝の傾斜面と共振器端面との間に、水平面、つまり、基板及びノ又は窒化物半導体層表面に対して平行な面が存在しないことを意味する。また、両者の連続は、鈍角を形成するように行われる。これによって、後述する端面保護膜を形成する場合に、例えば、図5(b)に示すようなテラス状の水平面10aに端面保護膜を形成するのと比較して、端面保護膜の応力を緩和することができ、密着性を向上させることができる。その結果、端面保護膜の剥離を防止することができ、CODレベルの向上を図ることができる。

本発明では、少なくとも出射側の共振器端面において、第1の溝部の内壁と、第1の溝部の内壁に隣接する窒化物半導体層表面との一部がエッチングされ、突出部の上面が形成されていればよい。言い換えると、共振器端面と傾斜面とが連続していればよい。従って、出射面に対する反対側の共振器端面は、同様に、共振器端面31と傾斜面32とが連続していてもよいし（図8(b)参照）、共振器端面31と傾斜面32との間にテラス状水平面10aが形成されていてもよいし（図9(b)参照）になってもよい。また、反射側の共振器端面が劈開で形成され、共振器面31と基板面10bが面一（図10(b)参照）になってもよい。この場合は、図10(a)に示すように、反射側には突出部を有さない。なかでも、後述する理由により反射側にはテラス状水平面が形成されていることが好ましい。

【0022】

このように溝の傾斜面と共振器端面とを連続させることにより、後述する分割後のレーザ素子において、いわゆるテラス状の水平面が存在しないことになり、これに起因するレーザ光の反射、散乱等を防止して、FFPの乱れ（例えば、Yリップルの出現）を低減することができる。

なお、一般に、基板分割補助溝形成後に共振器端面を形成する場合、補助溝と光出射側の共振器端面とを連続させることを目的として、フォトリソグラフィによって出射側端面の位置を補助溝の端に正確に合わせるのは非常に高度な精度が要求されるため、困難である。しかも、ウェハ全面に渡ってそれを行なうのは実質的に不可能である。

しかし、上述したように、本発明の製造方法では、基板分割用の補助溝を予め形成し、共振器端面の形成の際に、エッチングプロセスによって、端面形成と同時に補助溝の幅を広げることにより、端面と補助溝の端部とが一致し、連続させることができる。加えて、共振器端面のためのフォトリソグラフィ工程では、補助溝の端部と共振器端面との間には相当のマージン、例えば、数 μm 程度の距離をとることができるため、高度な精度は要求されず、容易に補助溝と共振器端面とを連続させることができる。

【0023】

この際の溝幅の広がり、特に限定されず、共振器端面と連続する面が形成される程度であることが適しており、この溝幅の広がり、上述した溝と共振器端面形成用のマスクパターンの端部との距離によって適宜調整することができる。具体的には、溝の深さ（図3(b)中、H）は、窒化物半導体層表面から3.5～5 μm 程度が例示される。溝の幅

(図3(b)中、W)は、3~8 μm 程度、好ましくは3~5 μm 程度が例示される。この際のVの角度は、基板の水平面から75°程度以下、さらに20~75°程度、好ましくは40~60°程度が挙げられる。また、共振器端面から基板分割面(突出部の端部)までの長さは0~50 μm 程度が適している。つまり、突出部を含めたレーザ素子の長さとしては、レーザ素子の共振器長と同程度~50 μm 程度長ければよく、レーザ素子の共振器長よりも2~30 μm 程度長いことが好ましい。

【0024】

ウェハ単位で窒化物半導体レーザ素子を形成する場合、特に、隣接する素子同士の共振器端面が対向するように素子を配置する場合(図11及び図12)、各素子は、突出部(V字溝)を挟んで隣接するように配置される。この際、図11のように、対向する両方の共振器端面をV字溝の側面と連続させることにより、ウェハ上に多くのチップを配置することができる。また、図12のように、片側にテラス状水平面を設けることにより、隣接する共振器端面の間隔が広がるために、ウェハ状態で端面保護膜を形成する場合、端面保護膜を形成しやすい。また、基板の体積を大きくすることができるため、放熱性に優れ、テラス状水平面が設けられないものに比べて熱抵抗を低くすることができる

【0025】

本発明の窒化物半導体レーザ素子の製造方法では、上述したように、共振器端面を形成した後、共振器端面に又は共振器端面と溝との全面に、端面保護膜、つまり、共振器端面に接触して形成される保護膜を形成することが好ましい。

この端面保護膜は、例えば、Si、Mg、Al、Hf、Nb、Zr、Sc、Ta、Ga、Zn、Y、B、Ti等の酸化物(特に、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 ZrO_2 等)、窒化物(特に、AlN、AlGaIn、BN、SiN等)又はフッ化物及びこれらの2種以上の組み合わせ等によって形成することができる。なかでも、酸化物であることが好ましい。また、別の観点から、レーザ素子の発振波長に対して吸収のない材料により形成されることが好ましい。

【0026】

端面保護膜の膜厚は、特に限定されるものではなく、例えば、30~10000程度、さらに、50~7000、100~4000程度であることが適している。

端面保護膜は、窒化物半導体層に形成された共振器端面を被覆するものであるが、必ずしも共振器端面の全面を被覆する必要はなく、少なくとも、共振器端面の光導波路領域(活性層及びその上下層の一部に及ぶ)を被覆するものであればよい。また、保護膜は、共振器端面以外の面を、部分的に被覆していてもよい。例えば、共振器端面と同時に、レーザ素子の側面にも、この端面保護膜が、側面保護膜として及んでいてもよい。これにより製造工程を簡略化し、製造効率を向上させることができる。端面保護膜と側面保護膜とを同時に形成する場合、共振器端面と側面の連続した保護膜との密着性を向上させることができる。

【0027】

このような端面保護膜は、当該分野で公知の方法によって形成することができる。例えば、蒸着法、スパッタ法、反応性スパッタ法、ECRプラズマスパッタ法、マグネトロンスパッタ法、イオンビームアシスト蒸着法、イオンプレーティング法、レーザアブレーション法、CVD法、スプレー法、スピコート法、ディップ法又はこれらの方法の2種以上を組み合わせる方法、あるいはこれらの方法と、全体又は部分的な前処理、不活性ガス(Ar、He、Xe等)又はプラズマの照射、酸素もしくはオゾンガス又はプラズマの照射、酸化処理(熱処理)、露光処理のいずれか1種以上とを組み合わせる方法等、種々の方法を利用することができる。なお、組み合わせの方法では、必ずしも同時又は連続的に成膜及び/又は処理しなくてもよく、成膜した後に処理等を行ってもよいし、その逆でもよい。

特に、端面保護膜として酸化膜を形成する場合には、前処理は酸素又はオゾン、窒化膜を形成する場合には、前処理は窒素を用いることが好ましい。

【0028】

本発明の窒化物半導体レーザ素子では、端面保護膜の上に、さらに膜質、材料又は組成の異なる第2保護膜が積層されていることが好ましい。第2保護膜は、Si、Mg、Al、Hf、Nb、Zr、Sc、Ta、Ga、Zn、Y、B、Ti等の酸化物が挙げられ、なかでも Al_2O_3 又は SiO_2 膜が好ましい。さらに好ましくは、端面保護膜と同一材料であることが好ましい。これにより、端面保護膜及び第2保護膜の熱膨張係数が一致するため端面保護膜及び第2保護膜にクラックが発生することを抑制することができる。

第2保護膜は、単層構造及び積層構造のいずれでもよい。例えば、Siの酸化物の単層、Alの酸化物の単層、Siの酸化物とAlの酸化物の積層構造等が挙げられる。このような膜が形成されていることにより、端面保護膜をより強固に共振器端面に密着させることができる。その結果、安定な動作を確保することができ、CODレベルを向上させることができる。

10

【0029】

第2保護膜は、アモルファスの膜として形成することが好ましい。このような膜が形成されていることにより、保護膜の組成の変化を防止することができるとともに、保護膜をより強固に共振器端面に密着させることができる。

第2保護膜の膜厚は、特に限定されることなく、保護膜として機能し得る膜厚とすることが適している。その膜厚は、100～15000程度であることが好ましい。また、端面保護膜と第2保護膜との総膜厚は、2μm程度以下となるものが好ましい。

【0030】

第2保護膜は、上述した保護膜と同様、例示した公知の方法等を利用して形成することができる。特に、第2保護膜は、アモルファスの膜として形成することが好ましく、そのために、その成膜方法にもよるが、成膜速度をより早いレートに調整する、成膜時の雰囲気、例えば、酸素雰囲気に制御する、成膜圧力をより高く調整するなどのいずれか1つ又は2以上を組み合わせることで成膜を制御することが好ましい。酸素雰囲気に制御する場合、吸収をもたない程度に酸素を導入することが好ましい。

20

【0031】

端面保護膜及び第2保護膜はいずれも、共振器端面の出射側のみならず、反射側に形成していてもよく、両者において、材料、膜厚等を異ならせてもよい。反射側の第2保護膜としては、Siの酸化物とZrの酸化物との積層構造、Alの酸化物とZrの酸化物との積層構造、Siの酸化物とTiの酸化物との積層構造、Alの酸化物とSiの酸化物とZrの酸化物との積層構造、Siの酸化物とTaの酸化物とAlの酸化物の積層構造等が挙げられる。所望の反射率に合わせて適宜その積層周期等を調整することができる。

30

本発明では、エッチングにより共振器端面を形成するため、ウェハ単位で共振器端面に接触する保護膜を形成することが可能であるが、対向する共振器端面に一工程で端面保護膜を形成してもよいし、光出射側と光反射側との二工程に分けて端面保護膜を形成してもよく、それぞれの機能に応じてより好適な端面保護膜を形成することができる。どちらの方法を用いたとしても、パー状のウェハに各々端面保護膜を形成する方法と比較すると製造効率を大幅に向上させることができる。

【0032】

また、本発明の半導体レーザ素子の製造方法では、通常、窒化物半導体層の表面及びリッジの側面にわたって、第3保護膜を形成することが好ましい。つまり、第3保護膜は、窒化物半導体層上であって、窒化物半導体層と、後述する電極とが直接接触して、電気的な接続をとる領域以外の領域に形成する。なお、窒化物半導体層と電極との接続領域としては、特にその位置、大きさ、形状等は限定されず、窒化物半導体層の表面の一部、例えば、窒化物半導体層の表面に形成されるストライプ状のリッジ上面のほぼ全面が例示される。

40

【0033】

第3保護膜は、一般に、窒化物半導体層よりも屈折率が小さな絶縁材料によって形成されている。屈折率は、エリプソメトリーを利用した分光エリプソメータ、具体的には、J・A・WOOLLAM社製のHS-190等を用いて測定することができる。例えば、第

50

3 保護膜は、Zr、Si、V、Nb、Hf、Ta、Al、Ce、In、Sb、Zn等の酸化物、窒化物、酸化窒化物等の絶縁膜又は誘電体膜の単層又は積層構造が挙げられる。このように、リッジの側面から、リッジの両側の窒化物半導体表面にわたって保護膜が形成されていることにより、窒化物半導体層、特にp側半導体層に対する屈折率差を確保して、活性層からの光の漏れを制御することができ、リッジ内に効率的に光閉じ込めができるとともに、リッジ基底部近傍における絶縁性をより確保することができ、リーク電流の発生を回避することができる。

【0034】

第3保護膜は、当該分野で公知の方法によって形成することができる。例えば、蒸着法、スパッタ法、反応性スパッタ法、ECRプラズマスパッタ法、マグネトロンスパッタ法、イオンビームアシスト蒸着法、イオンプレーティング法、レーザアブレーション法、CVD法、スプレー法、スピコート法、ディップ法又はこれらの方法の2種以上を組み合わせる方法、あるいはこれらの方法と酸化処理（熱処理）とを組み合わせる方法等、種々の方法を利用することができる。

【0035】

また、通常、窒化物半導体層、つまりp側半導体層上にp電極、n側半導体層又は導電性半導体基板上にn電極を形成する。

p電極は、窒化物半導体層及び第3保護膜上に形成されることが好ましい。p電極が最上層の窒化物半導体層及び第3保護膜上に連続して形成されていることにより、第3保護膜の剥がれを防止することができる。特に、リッジ側面までp電極を形成することにより、リッジ側面に形成された第3保護膜について有効に剥がれを防止することができる。

【0036】

p電極及びn電極は、例えば、パラジウム、白金、ニッケル、金、チタン、タングステン、銅、銀、亜鉛、錫、インジウム、アルミニウム、イリジウム、ロジウム、バナジウム、ITO等の金属又は合金の単層膜又は積層膜によって形成することができる。

p電極の膜厚は、用いる材料等により適宜調整することができ、例えば、500～5000程度が適当である。

p電極及びn電極は、少なくとも第1及び第2半導体層又は基板上にそれぞれ形成していればよく、さらにこの電極上にパッド電極等、単数又は複数の導電層を形成してもよい。

例えば、第3保護膜15、p電極16及び側面保護膜17の上面に、pパッド電極18を形成することが好ましい。

【0037】

上述したように、端面保護膜と側面保護膜を同一工程で形成してもよい。端面保護膜及び側面保護膜は、共振器端面から第2窒化物半導体層表面にかけて連続して形成されていてもよい。窒化物半導体層表面に形成された端面保護膜及び/又は側面保護膜とp電極、第3保護膜及びp側パッド電極とは離間していてもよいし、接していてもよいし、被覆していてもよい。好ましくは、端面保護膜及び/又は側面保護膜が第3保護膜及びp電極を被覆するものである。これにより、第3保護膜やp電極の剥がれを防止することができる。

【0038】

従来の窒化物半導体基板を用いたレーザ素子の製造方法では、ウェハを劈開することにより共振器端面を形成していたことから、バー状のウェハの本数と同じ回数の劈開を行う必要があった。また、共振器端面に保護膜を形成する場合には、バー状のウェハの保護膜形成面を所定の方向（例えば、上面）に向け、バーごとに保護膜を形成する必要があるなど、製造工程が煩雑であった。

これに対して、本発明の窒化物半導体レーザ素子の製造方法では、一工程のエッチングによって同時に、ウェハ単位での複数の窒化物半導体レーザ素子の共振器端面を形成することができ、製造効率を向上させることができる。また、共振器端面がエッチングによって形成された後においても、ウェハ単位でレーザ素子の共振器端面に対して、一工程で保

10

20

30

40

50

護膜を形成することが可能であるため、さらに製造効率を向上させることができる。

【0039】

また、本発明の半導体レーザ素子の製造方法では、ウェハ単位で窒化物半導体レーザ素子の共振器端面を形成した後に、先に形成した溝を分割補助溝として利用することにより、基板を分割することができる。

具体的な分割方法としては、基板の裏面側から、分割補助溝に沿ってブレイク刃を用いて分割する方法が挙げられる。また、基板分割の直前にレーザ光の照射等によって所望のチップ形状となるように溝を形成し（光出射側の共振器端面部分はV字補助溝に沿って割る必要があるためレーザ光の照射は避ける）、ローラー式ブレイカー等を用いて、その溝とV字補助溝に沿って基板を分割する方法でもよい。この方法では、ブレイク装置の刃で一つずつ分割する必要がなく、荷重を掛けたローラーをウェハ上に回転させるのみでウェハ全面が一度に分割できるため、より効率的である。その他、当該分野で公知の方法のいずれを用いてもよい。

10

【0040】

さらに、共振器端面に連続的に形成される溝の形成と同時又はその前後、各レーザ素子の各構成要素（電極、保護膜等）を形成した後、共振器端面に垂直方向・BR>Aつまり、リッジ又は電流狭窄層に対して平行方向にも、補助溝を形成することが好ましい。この形成方法は、上述したのと同様の方法で形成してもよいし、レーザ光の照射等、当該分野で公知の方法を利用することができる。

【0041】

20

以下に、本発明の窒化物半導体レーザ素子の製造方法の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。

実施例 1

この実施例の窒化物半導体レーザ素子は、図1、図2及び図8に示すように、C面を成長面とするGa_{0.9}N基板10上に、第1窒化物半導体層（例えば、n側）11、活性層12及び表面にリッジ14が形成された第2窒化物半導体層（例えば、p側）13をこの順に積層しており、共振器端面21を有する共振器が形成されて構成されている。

共振器端面21の下方であって、Ga_{0.9}N基板10に、Ga_{0.9}N基板10表面に対して、50°程度傾斜した面（図2中、）が形成されており、さらにその下方であって、Ga_{0.9}N基板10の下方には、共振器端面21に略平行な面が形成された突出部32aを有している。

30

また、この半導体レーザ素子は、共振器端面にAl₂O₃からなる保護膜（図示せず）及び第2保護膜（図示せず）（膜厚：200 nm及び1000 nm）、さらに、第3保護膜15、p電極16、n電極19、側面保護膜17、pパッド電極18、端面保護膜20等が形成されている。

【0042】

この窒化物半導体レーザ素子は、以下のように製造することができる。

まず、窒化ガリウム基板を準備する。この窒化ガリウム基板上に、1160℃でTMA（トリメチルアルミニウム）、TMG（トリメチルガリウム）、アンモニア、シランガスを用い、Siを $4 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたAl_{0.03}Ga_{0.97}Nよりなる層を膜厚2 μmで成長させる。なお、このn側クラッド層は超格子構造とすることもできる。

40

続いて、シランガスを止め、1000℃でアンドープGa_{0.9}Nよりなるn側光ガイド層を0.175 μmの膜厚で成長させる。このn側光ガイド層にn型不純物をドープしてもよい。

【0043】

次に、温度を900℃にして、SiドープIn_{0.02}Ga_{0.98}Nよりなる障壁層を140 nmの膜厚で成長させ、続いて同一温度で、アンドープIn_{0.07}Ga_{0.93}Nよりなる井戸層を70 nmの膜厚で成長させる。障壁層と井戸層とを2回交互に積層し、最後に障壁層で終わり、総膜厚560 nmの多重量子井戸構造（MQW）の活性層を成長させる。

50

温度を1000に上げ、TMG、TMA、アンモニア、 Cp_2Mg （シクロペンタジエニルマグネシウム）を用い、p側光ガイド層よりもバンドギャップエネルギーが大きい、Mgを $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ドーピングしたp型 $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{N}$ よりなるp側キャップ層を100の膜厚で成長させる。

続いて、 Cp_2Mg 、TMAを止め、1000で、バンドギャップエネルギーがp側キャップ層10よりも小さい、アンドープGaNよりなるp側光ガイド層を0.145 μm の膜厚で成長させる。

次に、1000でアンドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ よりなる層を25の膜厚で成長させ、続いてTMAを止め、 Cp_2Mg を用いてMgドーピングGaNよりなる層を25の膜厚で成長させ、総膜厚0.45 μm の超格子層よりなるp側クラッド層を成長させる。

最後に、1000で、p側クラッド層の上に、Mgを $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ドーピングしたp型GaNよりなるp側コンタクト層を150の膜厚で成長させる。

【0044】

このようにして窒化物半導体を成長させたウェハを反応容器から取り出し、図4(a)及び図13(a)に示したように、第2窒化物半導体層13の上から、GaN基板10を分割するための補助溝（第1の溝部33）を形成する。この補助溝は、溝の長さgがウェハ全面に渡り、溝の幅wが2 μm 程度、溝の深さhが2.5 μm 程度、溝同士の間隔が400 μm 程度の溝を形成する。つまり、レーザ素子の長さは、400 μm に規定される。

溝は、第2窒化物半導体層表面の略全面に SiO_2 膜を成膜した後、 SiO_2 をフォトリソグラフィおよびエッチングより所望のマスクパターンに形成し、それをマスクとして、RIEを用いて Cl_2 ガスを少量添加した SiCl_4 ガスにより窒化物半導体層を約2.5 μm エッチングすることにより、V字形状に形成することができる。このV字形状の補助溝のエッチング面の傾斜角度（図4(a)中、 θ ）は基板の水平面に対して約70°である。

【0045】

続いて、図13(b)に示すように、共振器幅が150 μm 、共振器長が396 μm 程度の略四角形の構造を形成するように、レーザ素子の構造を規定するための溝35（共振器方向に平行な側面）及び共振器端面を形成する。ウェハ表面の略全面に SiO_2 膜を成膜後、上述した条件のフォトリソグラフィおよびエッチングによって SiO_2 を所望の形状のマスクパターン（図4(a)中、23及び図13(b)中、23）に形成し（この時点ではV字補助溝の端部と共振器端面となる部位であるマスク端部との距離（図4(a)中、d）は約2 μm である）、それをマスクとして、RIEを用いて SiCl_4 ガスを少量添加した Cl_2 ガスにより窒化物半導体層をエッチングして共振器端面を形成する。さらに、V字補助溝も同時にエッチングして、溝の深さ（図3(b)中、H）を4 μm 程度に掘り下げ、溝の幅（図3(b)中、W）を4 μm 程度に拡大し、図11及び図13(c)に示すように、2 μm 程度あったV字補助溝（第1の溝部33）の端部と共振器端面との距離を縮めて、溝と端面が連続した形状にするように、第2の溝部を形成する（図4(b)の34、図13(c)の34）する。

【0046】

なお、この際のエッチング深さ（図4(b)中、D）は、V字補助溝以外の部分はp側コンタクト層の表面から約4 μm で、V字補助溝内は、溝に堆積物が溜まりやすいためエッチングレートが遅くなり、約1.5 μm 掘り下げられるのみである。また、この時点でV字補助溝のエッチング面の傾斜角度（図4(b)中、 θ' ）は、基板の水平面に対して約50°である。

【0047】

次に、p側コンタクト層の略全面にストライプ状の SiO_2 よりなるマスクを形成して、RIEを用いて SiCl_4 ガスによりエッチングし、ストライプ状の光導波路領域であるリッジ部を形成する。

このリッジ部の側面を ZrO_2 からなる第3保護膜（埋込膜）で保護する。

次いで、p側コンタクト層及び第3保護膜の上の表面にNi(100)/Au(1000)/Pt(1000)よりなるp電極を形成する。p電極を形成した後、600でオーミックアニールを行う。

【0048】

続いて、得られた素子の電極の一部上にレジストによってマスクを形成し、それ以外の領域に下記の条件で端面保護膜(出射側)及び側面保護膜を同時に形成する。つまり、得られた素子をスパッタ装置に移し、Alターゲットを用い、Arの流量が30sccm、酸素の流量が9.0sccm、マイクロ波/RF電力500Wで、Al₂O₃からなる保護膜(100)を形成する。

【0049】

次いで、出射側の共振器端面のAl₂O₃からなる保護膜の上に、スパッタ装置にて、SiO₂ターゲットを用い、Arの流量が45sccm、酸素の流量が4.5sccm、マイクロ波/RF電力500WでSiO₂からなる第2保護膜を1300成膜する。

続いて、反射側の共振器端面以外の領域にマスクを形成し、出射側と同様の成膜条件で、Al₂O₃を100成膜し、ZrO₂を670成膜し、その上に(SiO₂/ZrO₂)を(670/450)で6周期成膜する。

【0050】

露出しているp電極上に連続して、Ni(80)/Pd(2000)/Au(8000)で形成し、pパッド電極を形成する。

その後、基板厚みが80μmになるように窒化物半導体層の成長面と反対側の面から研磨を行う。

研磨した面に、Ti(150)/Pt(2000)/Au(3000)からなるn電極を形成する。

【0051】

その後、窒化物半導体基板のn電極の形成面側から、ブレイク装置の刃を利用し、上述した溝を用いて、A-A線に沿って、バー状に分割する。

次いで、p電極に平行な方向で、バーをチップ化することで半導体レーザ素子とする。

【0052】

得られた半導体レーザ素子について、閾値電流を測定し、CODレベルを評価した。

なお、比較のために、共振器端面を劈開によって形成する以外は、実質的に上述した半導体レーザ素子と同様の製造方法でレーザ素子を形成し、同様の条件で、初期値として閾値電流を測定し、CODレベルを評価した。

【0053】

その結果、本実施例の半導体レーザ素子では、25mA程度(70個のメジアン値)であったのに対し、劈開による共振器端面を有する半導体レーザ素子では、28mA程度であり、若干の差異はあるものの、本実施例の半導体レーザ素子は、劈開による半導体レーザ素子と同等又はより低い閾値を示すことが確認された。

また、CODレベルについても、本実施例の半導体レーザ素子では、566mW程度(20個のメジアン値)であったのに対し、劈開による共振器端面を有する半導体レーザ素子では、571mA程度であり、劈開による半導体レーザ素子と同等のCODレベルを示すことが確認された。

【0054】

さらに、得られた半導体レーザ素子について、FFP-Yを測定した。

比較のために、最初の補助溝を、図4(a)に示すようなV字状ではなく、図5(a)に示すような垂直形状に形成する(図5(a)中、h、w、dは図4(a)と同じ)。共振器面の形成の際には、図4(b)に示すようなV字状の幅広の溝ではなく、図5(b)に示すように、補助溝の端部と共振器端面となる部位ととの間の距離dを約2μmに設定して、垂直形状に深さHaの補助溝を形成する(Ha:3.5μm、図5(b)中、d、wは図4(a)と同じ。図5(b)中、Dは図4(b)と同じ)。それ以外は、実質的に上述した半導体レーザ素子と同様の製造方法でレーザ素子を形成し、同様の条件でFFP-Y

10

20

30

40

50

Yを測定した。

本実施例の測定結果を図6に、比較のための半導体レーザ素子の測定結果を図7に示す。なお、図6及び図7中の細い線は、測定したサンプルの測定結果から算出したガウシアン曲線である。

図6及び図7によれば、補助溝と共振器端面の間に距離がある場合において出射端面からの光がその補助溝と端面との間にある基板の水平面10aで反射することによってリッジ側(図7中、+側)においてYリップルを顕著に現わしていた。

一方、本実施例の半導体レーザ素子では、このような水平面10aが形成されていないため、このような反射によるYリップルがほぼ完全に解消されていることが確認された。

【0055】

10

実施例2

この実施例では、図9及び図12に示すように、出射側の共振器端面に傾斜面32及び突出部32aを形成し、出射側に対して反対側の共振器端面には、テラス状水平面10a及び突出部を有するようなレーザ素子を形成する。

具体的には、第1の溝部を形成した後、レーザ素子の構造を規定するためのマスクパターンとして、共振器長を370 μm の略四角形の構造で、V字補助溝の端部と共振器端面となる部位であるマスクの端部との距離を一方は約2 μm 、もう一方は約26 μm でマスクを形成する以外は、実施例1と同様に形成する。

これにより、図12に示すように、一方の共振器端面では、溝と端面が連続した形状になり、もう一方の共振器端面では、約26 μm の長さのテラス状水平面10aが形成され、図9のようなレーザ素子が得られる。

20

このレーザ素子では、実施例1のレーザ素子と同様に、出射光がテラス状の水平面に反射することによって発生するYリップルをほぼ完全に除去することができる。さらに、反射側において、テラス状の水平面を有するので、実施例1と比較して基板の体積を増加させることができ、熱抵抗を低くすることができ、放熱性に優れる。

【0056】

実施例3

この実施例では、図14に示すように、第2の溝部44の断面形状を、V字状ではなく、U字状に近似する形状に設ける。

具体的には、補助溝(第1の溝部)形成のエッチング際に、エッチングガスの流量を半分にしてエッチングする以外は、実施例1と同様に形成する。これにより、溝の下部を丸く形成することができ、U字状に近似する形状の溝を形成できる。

30

このレーザ素子では、実施例1のレーザ素子と同様に、出射光がテラス状の水平面に反射することによって発生するYリップルをほぼ完全に除去することができる。

【0057】

実施例4

この実施例では、図10に示すように、反射側の共振器端面と基板面が、面一(図10(b)参照)になるように形成する。

具体的には、第1の溝部の溝同士の間隔を800 μm 程度で形成し、レーザ素子の構造を規定するための溝(共振器方向に平行な側面)及び共振器端面を形成する際に、反射側の共振器端面付近は、マスクで被覆した状態で、出射側の共振器端面のみをエッチングにより形成し、V字補助溝も同時にエッチングして、第2の溝部を形成する。

40

その後、窒化物半導体基板をバー状に分割する際に、第2の溝部の間隔を等分するように基板を劈開することにより反射側の共振器端面を形成する。それ以外は、実施例1と同様に形成する。これにより、素子の長さが約400 μm のレーザ素子が2個得られ、これらの素子は、共振器面31と基板面10bが面一(図10(b)参照)となり、図10(a)に示すように、反射側には突出部を有さない。

このレーザ素子では、実施例1のレーザ素子と同様に、出射光がテラス状の水平面に反射することによって発生するYリップルをほぼ完全に除去することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 5 8 】

【図 1】本発明の窒化物半導体レーザ素子の構造を説明するための要部の概略横断面図である。

【図 2】本発明の窒化物半導体レーザ素子の構造を説明するための要部の概略縦断面図である。

【図 3】本発明の窒化物半導体レーザ素子の別の構造を説明するための要部の概略断面図である。

【図 4】本発明の窒化物半導体レーザ素子の溝及び共振器端面の製造方法を説明するための要部の概略縦断面図である。

【図 5】比較のための窒化物半導体レーザ素子の溝及び共振器端面の製造方法を説明するための要部の概略縦断面図である。

10

【図 6】本発明の窒化物半導体レーザ素子の F F P - Y を示すグラフである。

【図 7】比較例の窒化物半導体レーザ素子の F F P - Y を示すグラフである。

【図 8】本発明の窒化物半導体レーザ素子の別の構造を説明するための要部の概略平面図及び断面図である。

【図 9】本発明の窒化物半導体レーザ素子のさらに別の構造を説明するための要部の概略平面図及び断面図である。

【図 10】本発明の窒化物半導体レーザ素子のさらに別の構造を説明するための要部の概略平面図及び断面図である。

【図 11】図 8 の窒化物半導体レーザ素子を形成するためのウェハ単位の概略断面図である。

20

【図 12】図 9 の窒化物半導体レーザ素子を形成するためのウェハ単位の概略断面図である。

【図 13】本発明の窒化物半導体レーザ素子の溝及び共振器端面の製造方法を説明するための要部の概略平面図である。

【図 14】本発明の窒化物半導体レーザ素子を形成するためのウェハ単位の概略断面図である。

【符号の説明】

【 0 0 5 9 】

1 0 基板

30

1 0 a テラス状水平面

1 1 第 1 窒化物半導体層

1 2 活性層

1 3 第 2 窒化物半導体層

1 4 リッジ

1 5 第 3 保護膜

1 6 p 電極

1 7 第 2 保護膜

1 8 p 側パッド電極

1 9 n 電極

40

2 0 端面保護膜

2 1、3 1 共振器端面

2 3 マスクパターン

3 2 傾斜面

3 2 a 突出部

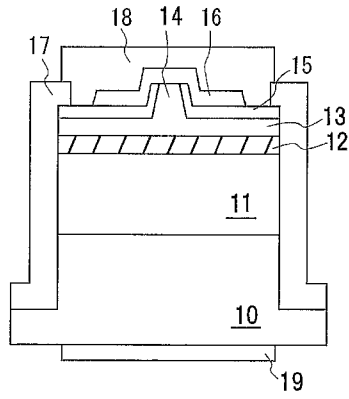
3 3 第 1 の溝部

3 4、4 4 第 2 の溝部

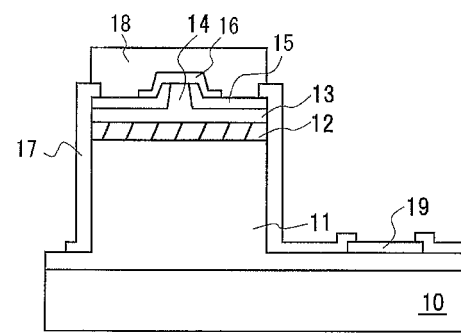
3 5 溝

3 6 素子領域

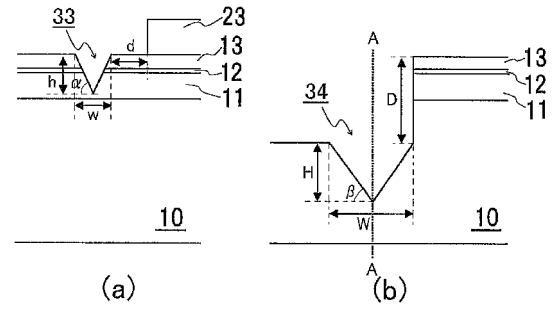
【図 1】



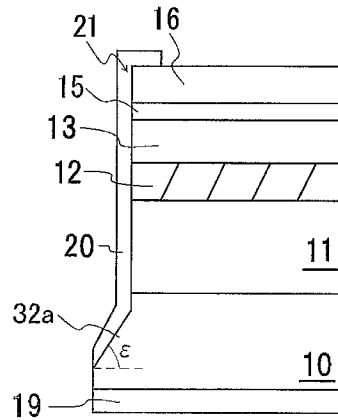
【図 3】



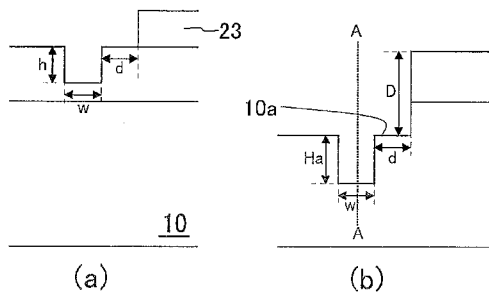
【図 4】



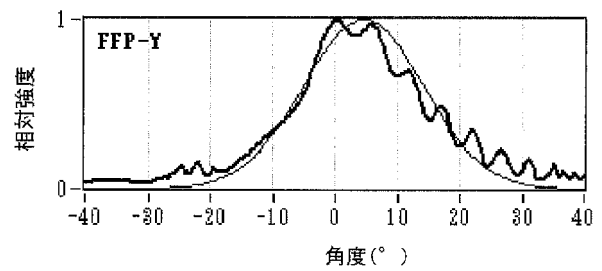
【図 2】



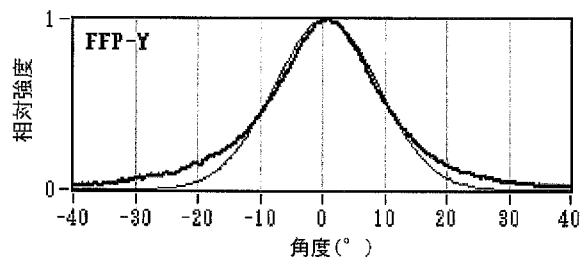
【図 5】



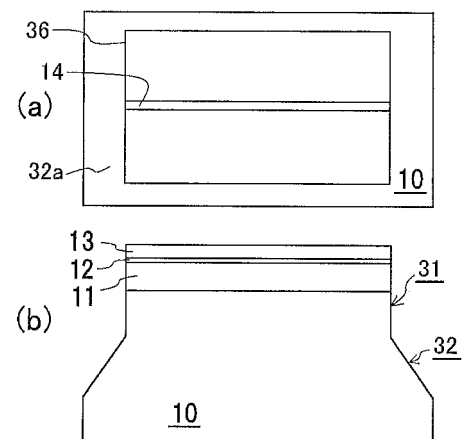
【図 7】



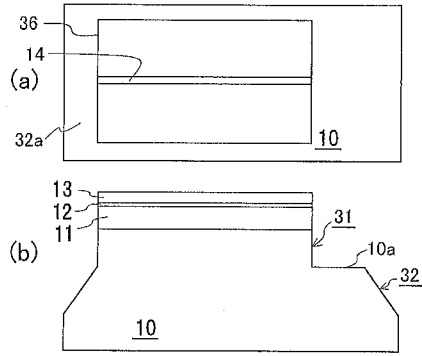
【図 6】



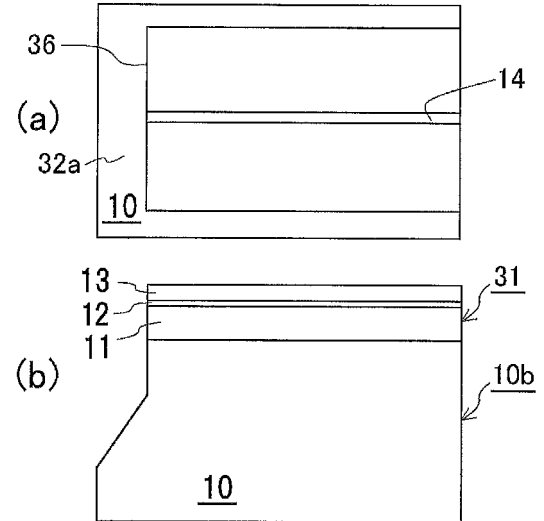
【図 8】



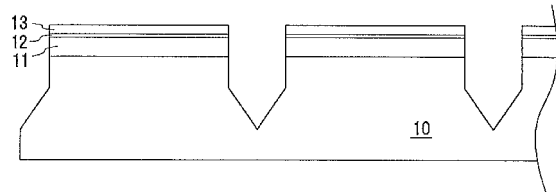
【図 9】



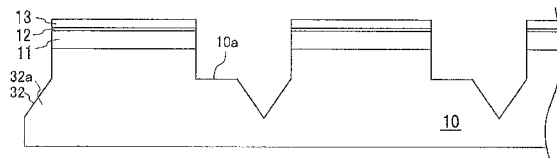
【図 10】



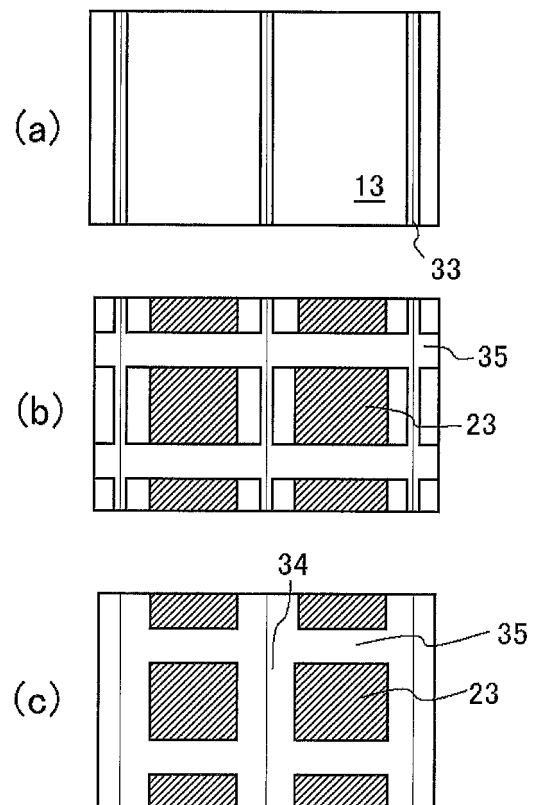
【図 11】



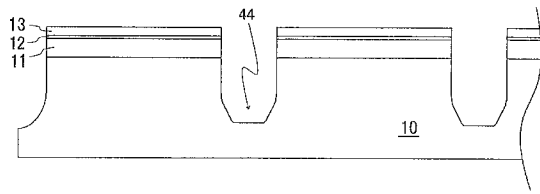
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08-279656(JP,A)
特開平06-152074(JP,A)
特開平02-083990(JP,A)
特開2002-270968(JP,A)
特開2001-267555(JP,A)
国際公開第2002/103865(WO,A1)
米国特許出願公開第2006/0209395(US,A1)
特開2003-017792(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 5/00-5/50