

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4370751号  
(P4370751)

(45) 発行日 平成21年11月25日(2009.11.25)

(24) 登録日 平成21年9月11日(2009.9.11)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 S 5/028 (2006.01)

H O 1 S 5/028

H O 1 S 5/323 (2006.01)

H O 1 S 5/323 6 1 0

請求項の数 9 (全 12 頁)

|            |                               |           |                    |
|------------|-------------------------------|-----------|--------------------|
| (21) 出願番号  | 特願2002-40228 (P2002-40228)    | (73) 特許権者 | 000226057          |
| (22) 出願日   | 平成14年2月18日 (2002.2.18)        |           | 日亜化学工業株式会社         |
| (62) 分割の表示 | 特願平8-333884の分割                |           | 徳島県阿南市上中町岡491番地100 |
| 原出願日       | 平成8年12月13日 (1996.12.13)       | (74) 代理人  | 100100158          |
| (65) 公開番号  | 特開2002-252409 (P2002-252409A) |           | 弁理士 鮫島 睦           |
| (43) 公開日   | 平成14年9月6日 (2002.9.6)          | (74) 代理人  | 100068526          |
| 審査請求日      | 平成15年12月9日 (2003.12.9)        |           | 弁理士 田村 恭生          |
|            |                               | (74) 代理人  | 100138863          |
|            |                               |           | 弁理士 言上 恵一          |
|            |                               | (74) 代理人  | 100118681          |
|            |                               |           | 弁理士 田村 啓           |
|            |                               | (74) 代理人  | 100091465          |
|            |                               |           | 弁理士 石井 久夫          |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物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】

基板上に、それぞれ窒化物半導体からなる n 型層、活性層、p 型層が積層されたダブルヘテロ構造を有し、その窒化物半導体層の対向する端面を共振面とする窒化物半導体レーザ素子において、

前記共振面的一方はエッチング面であり、他方は窒化物半導体の劈開面であり、

前記 p 型層にはストライプ状のリッジが形成され、該リッジの最上部に p 電極が形成され、

誘電体からなる反射鏡が、前記エッチング面を含む基板上にある窒化物半導体層の表面に連続して形成され、

前記 p 電極と接続する p パッド電極が前記反射鏡を介して p 型層の表面にも渡って形成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 2】

前記劈開面には、第 2 の反射鏡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】

前記反射鏡は、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、ポリイミドのいずれか 1 つ以上で形成されることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 4】

前記エッチング面には、共振面とほぼ垂直な位置にある n 層の平面が露出していること

10

20

を特徴とする請求項 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】

前記劈開面は窒化物半導体が M 面

【外 1】

$(1\bar{1}00)$

で劈開された面であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 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。

10

【請求項 6】

前記劈開面にはレーザ光を窒化物半導体層内に反射させる反射鏡が形成されており、前記エッチング面に形成された反射鏡の反射率が、劈開面に形成された反射鏡の反射率よりも高く調整されていることを特徴とする請求項 1 ~ 5 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 7】

基板上に、それぞれ窒化物半導体からなる n 型層、活性層、p 型層を積層する工程と、前記 p 型層をエッチングしてストライプ状のリッジを形成する工程と、前記 p 型層及び活性層をエッチングして、それぞれ共振面となる対向するエッチング端面を形成し、n 型層を露出させる工程と、

20

前記リッジの最上部に p 電極を形成する工程と、前記 p 電極上を含む、前記基板から上に露出している層全てに渡って誘電体膜よりなる反射鏡を形成する工程と、

前記 p 電極上の反射鏡を除去する工程と、

前記 p 電極に接続する p パッド電極を、前記反射鏡を介して p 型層の表面に渡って形成する工程と、

前記互いに対向する共振面の間において窒化物半導体を劈開する工程とを備え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 8】

窒化物半導体を劈開した後、前記エッチング面に形成された反射鏡よりも活性層の発光波長の反射率が低い他の反射鏡を、前記劈開面に形成することを含む請求項 7 に記載の窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

30

【請求項 9】

前記窒化物半導体を劈開する工程の後に、窒化物半導体の劈開面に第 2 の反射鏡を設ける工程を備えることを特徴とする請求項 7 又は 8 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】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は窒化物半導体 ( $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 、 $0 < x$ 、 $0 < y$ 、 $x+y < 1$ ) よりなるレーザ素子に関する。

40

【0002】

【従来の技術】

窒化物半導体は高輝度青色 LED、純緑色 LED の材料として、フルカラー LED ディスプレイ、交通信号灯等で最近実用化されたばかりである。また、本出願人は、最近この材料を用いてパルス電流において、室温での  $410\text{nm}$  のレーザ発振を発表した (例えば、文献 A : Jpn.J.Appl.Phys. Vol.35 (1996) pp.L217-L220、文献 B : Appl.Phys.Lett.69(10), 2 Sep.1996 pp.1477-1479 等)

【0003】

窒化物半導体よりなるレーザ素子の共振面は一般にエッチング、劈開等の技術を用いて形

50

成される。前記文献 A では、窒化物半導体をエッチングして対向する共振面を形成しており、また B では、サファイア A 面上に窒化物半導体を成長させ、そのサファイアの R 面で劈開することにより共振面を形成している。しかし、それらのレーザ素子の出力は未だ低く満足できるものではなかった。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】

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、その主たる目的は、出力の向上した窒化物半導体よりなるレーザ素子と、その製造方法を提供することにある。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る窒化物半導体レーザ素子は、基板上に、それぞれ窒化物半導体からなる n 型層、活性層、p 型層が積層されたダブルヘテロ構造を有し、その窒化物半導体層の対向する端面を共振面とする窒化物半導体レーザ素子において、

前記共振面的一方はエッチング面であり、他方は窒化物半導体の劈開面であり、

前記 p 型層にはストライプ状のリッジが形成され、該リッジの最上部に p 電極が形成され、

誘電体からなる反射鏡が、前記エッチング面を含む基板上にある窒化物半導体層の表面に連続して形成され、

前記 p 電極と接続する p パッド電極が前記反射鏡を介して p 型層の表面にも渡って形成されたことを特徴とする。

【 0 0 0 6 】

前記劈開面には、第 2 の反射鏡が形成されていてもよい。

【 0 0 0 7 】

前記反射鏡は、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、ポリイミドのいずれか 1 つ以上で形成されていてもよい。

【 0 0 0 8 】

前記エッチング共振面には、共振面とほぼ垂直な位置にある n 層の平面が露出しているもよい。

【 0 0 0 9 】

前記他方の共振面は窒化物半導体が M 面

【外 1】

$(1\bar{1}00)$

で劈開された劈開面であることが好ましい。

【 0 0 1 0 】

前記劈開面にはレーザ光を窒化物半導体層内に反射させる反射鏡が形成されており、前記エッチング面に形成された反射鏡の反射率が、劈開面に形成された反射鏡の反射率よりも高く調整されていることが好ましい。

【 0 0 1 1 】

本発明に係る窒化物半導体レーザ素子の製造方法は、

基板上に、それぞれ窒化物半導体からなる n 型層、活性層、p 型層を積層する工程と、

前記 p 型層をエッチングしてストライプ状のリッジを形成する工程と、

前記 p 型層及び活性層をエッチングして、それぞれ共振面となる対向するエッチング端面を形成し、n 型層を露出させる工程と、

前記リッジの最上部に p 電極を形成する工程と、

前記 p 電極上を含む、前記基板から上に露出している層全てに渡って誘電体膜よりなる反射鏡を形成する工程と、

前記 p 電極上の反射鏡を除去する工程と、

前記 p 電極に接続する p パッド電極を、前記反射鏡を介して p 型層の表面に渡って形成する工程と、

前記互いに対向する共振面の間において窒化物半導体を劈開する工程とを備えることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

窒化物半導体を劈開した後、前記エッチング面に形成された反射鏡よりも活性層の発光波長の反射率が低い他の反射鏡を、前記劈開面に形成することを含んでいてもよい。

【 0 0 1 3 】

前記窒化物半導体を劈開する工程の後に、窒化物半導体の劈開面に第 2 の反射鏡を設ける工程を備えていてもよい。

【 0 0 1 5 】

【 発明の実施の形態 】

図 1 は本発明のレーザ素子の形状を示す斜視図であり、図 2 は図 1 のレーザ素子を、一点鎖線で示す位置で共振方向に平行に切断した際の概略的な断面図である。基本構造としては、基板上に、窒化物半導体よりなる n 型層、活性層、p 型層が積層されたダブルヘテロ構造を有し、それらの窒化物半導体層の端面には互いに対向する共振面を有している。それら共振面は活性層の発光波長において異なる反射率を有している。具体的な共振面としては、一方が窒化物半導体のエッチング面とされており、もう一方が窒化物半導体の劈開面とされている。

【 0 0 1 6 】

窒化物半導体をエッチングするには、ウエットエッチング、ドライエッチング等の方法があるが、共振面となるような平滑な面を形成するには、好ましくドライエッチングを用いる。ドライエッチングには、例えば反応性イオンエッチング ( R I E )、反応性イオンビームエッチング ( R I B E )、電子サイクロトロンエッチング ( E C R )、イオンビームエッチング等の装置があり、いずれもエッチングガスを適宜選択することにより、窒化物半導体をエッチングして共振面を形成することができる。例えば、本出願人が先に公開した特開平 8 - 1 7 8 0 3 号公報に、窒化物半導体の具体的なエッチング手段が開示されている。

【 0 0 1 7 】

一方、劈開により窒化物半導体の端面に共振面を形成するには、例えば、本出願人が先に公開した特開平 8 - 1 5 3 9 3 1 号に記載されているような、サファイアの C 面に C 軸配向した窒化物半導体を成長させた後、サファイア基板を M 面で割る方法がある。その他、上記文献 B に記載されるような、サファイア A 面上に窒化物半導体を成長させ、そのサファイアの R 面で劈開する方法等がある。本発明のレーザ素子において、窒化物半導体の劈開面の面方位は特に問わないが、好ましくは窒化物半導体の M 面を共振面とすると、非常に歩留良く、また鏡面に近い共振面が得られる。なお本発明でいう共振面とは、図 1 の矢印で示すように、活性層の端面に形成する共振面を指す。

【 0 0 1 8 】

このように窒化物半導体の一方の共振面をエッチング面とし、さらにもう一方の共振面をエッチング面とすることにより、レーザ素子の共振面の反射率を異なるようにすることができるので、反射率の低い共振面より出射されるレーザ光の出力を向上させることができる。特に、図 1、2 に示すようにエッチング面側の共振面に活性層の発光波長を反射する第 1 の反射鏡を形成すると、劈開面側の反射率がさらに小さくなるので、劈開面よりレーザ光が直接出射されるため出力の高いレーザ素子が得られる。

【 0 0 1 9 】

さらにまた、エッチングにより共振面を形成すると、図 1 に示すようにエッチング共振面側には、共振面とほぼ垂直な位置にある n 層の平面が露出してしまう。この平面はレーザ光をその表面で反射して、レーザ光のファースフィールドパターンを乱す。つまりレーザ出射光側に共振面よりも突出した平面が存在すると、その平面でレーザ光の形状が乱される。一方劈開面であれば、その突出部分がないために、楕円形に近い一定形状のレーザ光が

10

20

30

40

50

得られる。そのため、本発明のレーザ素子では劈開面側から出射されるレーザ光を主として取り出して、各種光源として使用することが望ましい。

#### 【0020】

さらに好ましくは、図1に示すようにエッチング面側には第1の反射鏡を形成して、劈開面側には反射鏡を形成しないことが最も望ましい。レーザ光は共振面より出射される場合に反射鏡で一部が出射を阻害される。そのため、劈開面側に反射鏡を形成しないことにより、光の取出効率が向上し、スロープ効率もよくなるので、高出力のレーザが得られる。さらに好ましくは反射鏡が $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、ポリイミドのような高誘電体で構成されていると、本発明の製造方法においても非常に都合がよい。つまり、窒化物半導体レーザ素子の場合には、同一面側にある半導体層からp電極と、n電極とが取り出されることが多いため、電極形成の際に、電極間の短絡には非常に注意を要する。しかし、本発明のように高誘電体よりなる反射鏡を共振面と共に形成すると、その反射鏡がn、p電極が短絡するのを防止する絶縁膜として作用するので、レーザ素子の信頼性が向上する。この誘電体よりなる反射鏡の作用については、本実施例においてさらに詳説する。

#### 【0021】

本発明のレーザ素子では、エッチング面側に形成した第1の反射鏡の反射率よりも低い反射率を有する第2の反射鏡を劈開面側に形成してもよい。第2の反射鏡を形成すると、閾値が低下するという利点はあるが、劈開面側から出射されるレーザ素子の出力は、第2の反射鏡を形成しないものに比較して、若干低下する。

#### 【0022】

#### 【実施例】

次に、本発明を実施例において詳説する。図3は本発明のレーザ素子の一構造を示す模式的な断面図であり、共振面に平行な方向で素子を切断した際の構造を示している。図4は窒化物半導体の結晶構造を示すブロックセル図である。図5、図6は本発明の実施例の一工程において得られるレーザ素子の構造を示す部分断面図であり、この図はレーザ光の共振方向に平行な方向で素子を切断した際の図を示している。以下、これらの図を元に本発明のレーザ素子、及び製造方法について説明する。

#### 【0023】

#### 〔実施例1〕

以下、図3に示す構造のレーザ素子を作製する方法について述べる。

#### （積層工程）

- 1) 2インチのサファイア(C面)よりなる基板1の上に
  - 2) GaNよりなるバッファ層2
  - 3) Siドープn型GaNよりなるコンタクト層3
  - 4) Siドープn型In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなるクラック防止層4
  - 5) Siドープn型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなるn型クラッド層5
  - 6) SiドープGaNよりなるn型光ガイド層6
  - 7) SiドープIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなる井戸層を25オングストロームと、SiドープIn<sub>0.01</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nよりなる障壁層を50オングストロームと3ペア積層して最後に井戸層を積層した活性層7
  - 8) Mgドープp型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなるp型キャップ層8
  - 9) Mgドープp型GaNよりなるp型光ガイド層9
  - 10) Mgドープp型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなるp型クラッド層10
  - 11) Mgドープp型GaNよりなるp型コンタクト層11
- を順に積層する。

#### 【0024】

1) 基板1にはサファイアC面の他、R面、A面を主面とするサファイア、その他、スピネル(MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)のような絶縁性の基板を用いることができる。その他SiC(6H、4H、3Cを含む)、ZnS、ZnO、GaAs、GaN等の半導体基板を用いて、本発明のような構造の素子とすることもできる。

## 【0025】

2) バッファ層2はAlN、GaN、AlGaN等が、900 以下の温度で、膜厚数十オングストローム～数百オングストロームで形成できる。このバッファ層は基板と窒化物半導体との格子定数不正を緩和するために形成されるが、窒化物半導体の成長方法、基板の種類等によっては省略することも可能である。

## 【0026】

3) n型コンタクト層3は $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$  ( $0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$ )で構成することができ、特にGaN、InGaN、その中でもSi若しくはGe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n電極と好ましいオーミック接触が得られる。

## 【0027】

4) クラック防止層4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n型クラッド層を厚膜で成長させることが可能となり、非常に好ましい。LDの場合は、光閉じ込め層となる層を、好ましくは0.1 μm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Alを含むn型クラッド層にクラックが入るのを防止することができる。クラック防止層は100オングストローム以上、0.5 μm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、0.5 μm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は成長方法、成長装置等の条件によっては省略することもできるがLDを作製する場合には成長させる方が望ましい。このクラック防止層はn型コンタクト層内に成長させても良い。

## 【0028】

5) n型クラッド層5はキャリア閉じ込め層、及び光閉じ込め層として作用し、Alを含む窒化物半導体、好ましくはAlGaNを成長させることが望ましく、100オングストローム以上、2 μm以下、さらに好ましくは500オングストローム以上、1 μm以下で成長させることにより、結晶性の良いキャリア閉じ込め層が形成できる。

## 【0029】

6) n型光ガイド層6は、活性層の光ガイド層として作用し、GaN、InGaNを成長させることが望ましく、通常100オングストローム～5 μm、さらに好ましくは200オングストローム～1 μmの膜厚で成長させることが望ましい。

## 【0030】

7) 活性層7は膜厚70オングストローム以下のInを含む窒化物半導体よりなる井戸層と、膜厚150オングストローム以下の井戸層よりもバンドギャップエネルギーが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とするとレーザ発振しやすい。

## 【0031】

8) キャップ層8はp型としたが、膜厚が薄いため、n型不純物をドープしてキャリアが補償されたi型としても良く、最も好ましくはp型とする。p型キャップ層の膜厚は0.1 μm以下、さらに好ましくは500オングストローム以下、最も好ましくは300オングストローム以下に調整する。0.1 μmより厚い膜厚で成長させると、p型キャップ層中にクラックが入りやすくなり、結晶性の良い窒化物半導体層が成長しにくいからである。またキャリアがこのエネルギーバリアをトンネル効果により通過できなくなる。Alの組成比が大きいAlGaN程薄く形成するとLD素子は発振しやすくなる。例えば、Y値が0.2以上の $AlYGa_{1-Y}N$ であれば500オングストローム以下に調整することが望ましい。p型キャップ層8の膜厚の下限は特に限定しないが、10オングストローム以上の膜厚で形成することが望ましい。

## 【0032】

9) p型光ガイド層9は、n型光ガイド層と同じくGaN、InGaNで成長させるこ

10

20

30

40

50

とが望ましい。また、この層はp型クラッド層を成長させる際のバッファ層としても作用し、100オングストローム～5μm、さらに好ましくは200オングストローム～1μmの膜厚で成長させることにより、好ましい光ガイド層として作用する。

【0033】

10) p型クラッド層10はn型クラッド層と同じく、キャリア閉じ込め層、及び光閉じ込め層として作用し、Alを含む窒化物半導体、好ましくはAlGaNを成長させることが望ましく、100オングストローム以上、2μm以下、さらに好ましくは500オングストローム以上、1μm以下で成長させることにより、結晶性の良いキャリア閉じ込め層が形成できる。さらに前記のようにこの層をAlを含む窒化物半導体層とすることにより、p型コンタクト層と、p電極との接触抵抗差ができるので好ましい。

10

【0034】

本実施例のようにInGaNよりなる井戸層を有する量子構造の活性層の場合、その活性層に接して、膜厚0.1μm以下のAlを含むp型キャップ層を設け、そのp型キャップ層よりも活性層から離れた位置に、p型キャップ層よりもバンドギャップエネルギーが小さいp型光ガイド層を設け、そのp型光ガイド層よりも活性層から離れた位置に、p型光ガイド層よりもバンドギャップが大きいAlを含む窒化物半導体よりなるp型クラッド層を設けることは非常に好ましい。しかもp型キャップ層の膜厚を0.1μm以下と薄く設定してあるため、キャリアのバリアとして作用することではなく、p層から注入された正孔が、トンネル効果によりp型キャップ層を通り抜けることができ、活性層で効率よく再結合し、LDの出力が向上する。つまり、注入されたキャリアは、p型キャップ層のバンドギャップエネルギーが大きいため、半導体素子の温度が上昇しても、あるいは注入電流密度が増えても、キャリアは活性層をオーバーフローせず、p型キャップ層で阻止されるため、キャリアが活性層に貯まり、効率よく発光することが可能となる。従って、半導体素子が温度上昇しても発光効率が低下することが少ないので、閾値電流の低いLDを実現することができる。

20

【0035】

11) p型コンタクト層11はp型の $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  (0 < x, 0 < y, x+y < 1)で構成することができ、好ましくはMgをドーブしたGaNとすれば、p電極20と最も好ましいオーミック接触が得られる。(積層工程終了)

【0036】

以上の構成で基板1の上に活性層7を含む窒化物半導体層を積層後、窒素雰囲気中、ウェーハを反応容器内において、アニーリングを行い、p型層中に含まれる水素の一部を除去し、p型層をさらに低抵抗化する。

30

【0037】

次に、最上層のp型コンタクト層の表面に所定の形状のマスクを形成し、RIE(反応性イオンエッチング)装置で、図3に示すように、最上層のp型コンタクト層11と、p型クラッド層10とをメサエッチングして、4μmのストライプ幅を有するリッジ形状とする。

【0038】

リッジ形成後、露出しているp型層の平面にマスクを形成し、図3に示すようにストライプ状のリッジに対して左右対称にして、n型コンタクト層22の平面を露出させる。このようにn電極22を形成すべきn型コンタクト層3をリッジストライプに対して左右対称に設けることにより、n層からの電流も活性層に対して均一に係るようになり、閾値が低下する。

40

【0039】

(エッチング工程)

次に、n型コンタクト層3の表面と、露出しているp型層の表面に所定の形状のマスクを形成し、同じくRIEを用いて、n型コンタクト3の平面とほぼ同じ高さになるようにエッチングを行い、共振器長700μmの共振面を形成する。

【0040】

50

次に、リッジ最上部のp型コンタクト層11に、NiとAuよりなるオーミック用のp電極20をほぼ全面に形成する。一方、TiとAlよりなるオーミック用のn電極22をストライプ状のn型コンタクト層のほぼ全面に形成する。なお、ほぼ全面とは80%以上の面積をいう。このようにn電極も全面に形成し、さらにリッジに対して左右対称に形成することにより閾値が低下する。図5は、p電極20形成後のウェーハの部分断面図であり、レーザの共振方向に平行な方向で、リッジの直上からウェーハを切断した際の概略図を示している。

#### 【0041】

(第1の反射鏡形成工程)

電極形成後、ウェーハをCVD装置に移送し、p電極20、n電極22、p型クラッド層10等、基板から上の表面に露出している層全てに渡って、 $\text{SiO}_2$ と $\text{TiO}_2$ の誘電体多層膜よりなる第1の反射鏡30を形成する。第1の反射鏡30の各層の膜厚は  $\lambda/4n$  ( $\lambda$ :活性層の発光波長、 $n$ :材料の屈折率)に従うものとする。第1の反射鏡30形成後の断面図を図6に示す。この第1の反射鏡は共振面側では活性層の発光を反射する反射鏡として作用し、さらに、n型コンタクト層3、p型クラッド層10の表面では電極間の短絡を防止する絶縁膜として作用する。このように、第1の反射鏡30を共振面と共振面との間に連続して形成することにより、非常に効果的に素子を作製することができる。反射鏡の材料としては例えば $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{MgO}$ 、ポリイミドのような高誘電体材料を用いることができる。

#### 【0042】

第1の反射鏡30形成後、p電極20と、n電極22の表面に形成されている第1の反射鏡30を除去する。除去されて露出したp電極20と、n電極22の表面には電極面積を広げ、電流を均一に拡散させる目的で、それぞれpパッド電極21と、nパッド電極22を図3に示すような構造となるように形成する。なお、図3に示すようにpパッド電極は、絶縁膜としての第1の反射鏡を介して、p型クラッド層10の表面にも渡って形成する。

#### 【0043】

(劈開工程)

次に、ウェーハを研磨装置に移送し、ダイヤモンド研磨剤を用いて、窒化物半導体を形成していない側のサファイア基板をラッピングし、基板の厚さを $50\mu\text{m}$ とする。ラッピング後、さらに細かい研磨剤で $1\mu\text{m}$ ポリシングして基板表面を鏡面状とする。基板の厚さは $70\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $60\mu\text{m}$ 以下、最も好ましくは $50\mu\text{m}$ 以下とすることにより、素子の放熱性が高まり素子が長寿命になる。

#### 【0044】

基板研磨後、研磨面側をスクライプして、図6に示す一点鎖線の位置で、共振面に平行な方向でバー状に劈開し、劈開面に共振器を作製する。これにより、劈開面とエッチング面とで構成された共振器長 $550\mu\text{m}$ の共振面が作製される。なお劈開面はサファイア基板の上に成長した窒化物半導体面のM面とする。M面とは前にも説明したが、具体的には、図4に示すように、窒化物半導体を正六角柱の六方晶系で近似した場合に、その六角柱の側面に相当する四角形の面に相当する面である。なお、M面で劈開するためには、予めエッチング工程で作製する共振面がM面となるように作製しておく必要がある。さらにn電極に平行な位置でウェーハを切断することにより、図2に示すような形状のレーザ素子を得る。

#### 【0045】

以上のようにしてレーザ素子を作製することにより、図1に示すような構造の素子を作製することができる。このレーザ素子の共振面の一方は劈開により形成されて、その劈開面には反射鏡が形成されていない。もう一方の共振面はエッチングにより形成され、そのエッチング面には反射鏡が形成されている。このレーザ素子をフェースアップ(基板とヒートシンクとが対向した状態)でヒートシンクに設置し、それぞれの電極をワイヤーボンディングして、室温でレーザ発振を試みたところ、室温において、閾値電流密度 $1.5\text{kA}$

10

20

30

40

50



/cm<sup>2</sup>、閾値電圧6 Vで、発振波長405 nmの連続発振が確認された。なお、劈開面側から出射されたレーザ光の出力は、両方の共振面をエッチングにより形成し、さらにその共振面に同一反射率を有する反射鏡を形成したものに比較して、およそ2倍に向上した。また劈開面側から周されたレーザ光のファーフールドパターンも、楕円形であって乱れない非常に綺麗な形状のものが得られた。

【0046】

[実施例2]

実施例1において、劈開工程終了後、劈開面以外の第1の反射鏡の表面にマスクを形成し、劈開面に同じくSiO<sub>2</sub>とTiO<sub>2</sub>の誘電体多層膜よりなる第2の反射鏡31を形成する。なお第2の反射鏡31はその膜厚を調整することにより、第1の反射鏡の反射率の1/10に調整する。

10

【0047】

第2の反射鏡形成後、マスクを除去し、同様にしてp電極20、n電極22の表面を露出させ、後は同様にしてレーザ素子を作製した。このレーザ素子の構造を示す概略的な断面図を図7に示す。このレーザ素子も同様に室温において連続発振を示し、実施例1のものに比較して出力がおおよそ20%低下した。

【0048】

[実施例3]

実施例1のエッチング工程において、共振器長550 μmとなるようにエッチングする他は同様にしてエッチングを行う。

20

【0049】

次に、同様にしてp型コンタクト層11にp電極20、n型コンタクト層3にn電極22を形成する。

【0050】

電極形成後、片方の共振面となるエッチング面にマスクを形成した後、ウェーハをCVD装置に移送し、実施例1と同様に基板から上の表面に露出している層全てに渡って、SiO<sub>2</sub>とTiO<sub>2</sub>の誘電体多層膜よりなる第1の反射鏡を形成する。このように、共振面形成後、窒化物半導体層の表面と共振面とに、連続した誘電体よりなる反射鏡を形成する工程を備えることにより、前述したように第1の反射鏡が窒化物半導体表面に形成された絶縁膜として作用し、電極間のショートを防止すると共に、p電極20の上にpパッド電極21を形成して、実質的な電極面積を広げることができる。電極面積が広がると閾値を低下させることができる。

30

【0051】

その後、マスクを除去した後、共振面と共振面との間でウェーハを劈開する。このようにして、エッチングにより両方の共振面が作製され、一方の共振面には反射鏡が形成されて、もう一方の共振面には反射鏡が形成されておらず、互いの共振面で反射率が異なるレーザ素子が作製できる。このレーザ素子は反射鏡が形成されていない側の共振面からレーザ光が取り出され、室温において、同様に閾値電流密度1.5 kA/cm<sup>2</sup>、閾値電圧6 Vで、発振波長405 nmの連続発振が確認された。なお、反射鏡を形成していない共振面側から出射されたレーザ光の出力は、両方の共振面をエッチングにより形成し、さらにその共振面に同一反射率を有する反射鏡を形成したものに比較して、1.3倍に向上した。但し、レーザ光のファーフールドパターンは劈開面でないために乱れがあった。しかし、この共振面より突出した平面部は研磨して除去するか、あるいは共振面に近い位置で基板を劈開することにより除去できる。

40

【0052】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明のレーザ素子は互いの共振面の反射率を異ならせることにより、高出力なレーザ素子を実現することができる。しかも片方を劈開面、もう片方をエッチング面とすると、劈開面側から出射されるレーザ光はほぼ楕円形に近い非常に綺麗な形状のレーザ光が得られる。

50

## 【 0 0 5 3 】

また本発明の製造方法では、反射鏡を作製する工程において、絶縁膜も形成することができるため、同一面側にあるレーザ素子の電極間ショートを防止でき、非常に信頼性の高い素子を実現できる。

## 【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概略断面図。

【図 2】 図 1 のレーザ素子の形状を示す斜視図。

【図 3】 図 2 のレーザ素子の構造を詳細に示す断面図。

【図 4】 窒化物半導体の結晶構造を模式的に示すユニットセル図。

【図 5】 本発明の製造方法の一工程において得られるウェーハの概略構造を示す部分断面図。 10

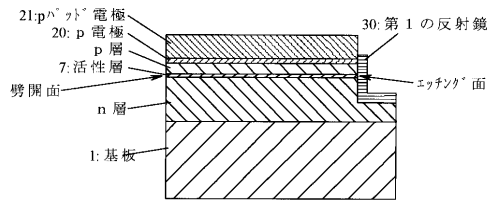
【図 6】 本発明の製造方法の一工程において得られるウェーハの概略構造を示す部分断面図。

【図 7】 本発明の他の実施例に係るレーザ素子の構造を示す概略断面図。

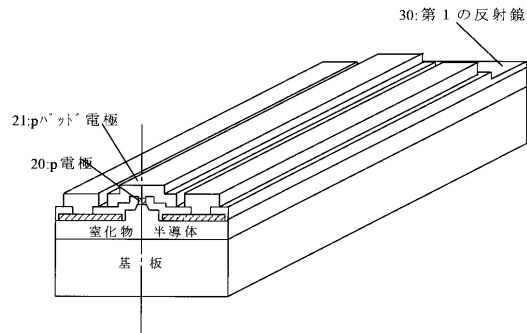
## 【符号の説明】

- 1 . . . サファイア基板、
- 2 . . . バッファ層、
- 3 . . . n 型コンタクト層、
- 4 . . . クラック防止層、
- 5 . . . n 型クラッド層、 20
- 6 . . . n 型光ガイド層、
- 7 . . . 活性層、
- 8 . . . p 型キャップ層、
- 9 . . . p 型光ガイド層、
- 1 0 . . . p 型クラッド層、
- 1 1 . . . p 型コンタクト層、
- 2 0 . . . p 電極、
- 2 1 . . . p パッド電極、
- 2 2 . . . n 電極、
- 2 3 . . . n パッド電極、 30
- 3 0 . . . 第 1 の反射鏡、
- 3 1 . . . 第 2 の反射鏡。

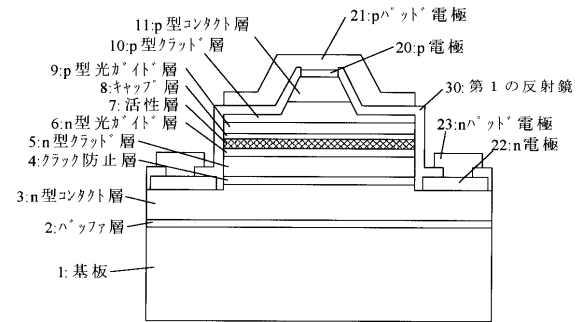
【図 1】



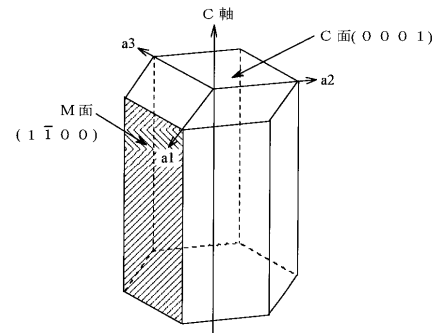
【図 2】



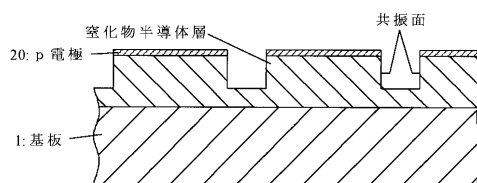
【図 3】



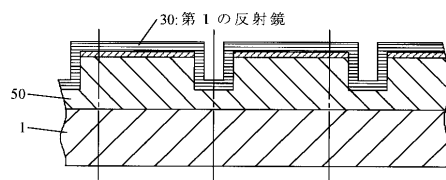
【図 4】



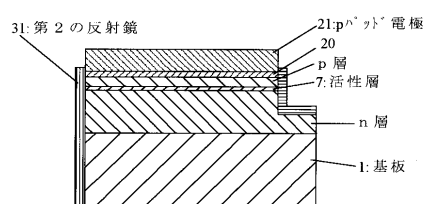
【図 5】



【図 6】



【図 7】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 松下 俊雄  
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
- (72)発明者 杉本 康宜  
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
- (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

審査官 岡田 吉美

- (56)参考文献 特開昭61-265888(JP,A)  
特開平08-153931(JP,A)  
特開平08-250802(JP,A)  
特開平05-315703(JP,A)  
特開平07-176826(JP,A)  
特開平10-173282(JP,A)  
特開平03-285380(JP,A)  
特開平08-264886(JP,A)  
特開平08-213692(JP,A)

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