

(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2013-138259  
(P2013-138259A)

(43) 公開日 平成25年7月11日(2013.7.11)

(51) Int.Cl.  
H01L 21/304 (2006.01)

F I  
H01L 21/304 622Y

テーマコード (参考)  
5F057

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 25 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-69771 (P2013-69771)</p> <p>(22) 出願日 平成25年3月28日 (2013. 3. 28)</p> <p>(62) 分割の表示 特願2009-218891 (P2009-218891) の分割</p> <p>原出願日 平成21年9月24日 (2009. 9. 24)</p> <p>特許法第30条第1項適用申請有り 平成21年7月17日 社団法人応用物理学会, Appl. Phys. Exp., Vol. 2, pp. 082101-1-082101-3: http://apex.ipap.jp/journal/APEX-2-8.htmlを通じて発表</p> <p>特許法第30条第1項適用申請有り 平成21年8月20日 日刊工業新聞社「日刊工業新聞 平成21年8月20日付」に発表</p>	<p>(71) 出願人 000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号</p> <p>(74) 代理人 110001195 特許業務法人深見特許事務所</p> <p>(72) 発明者 三上 英則 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内</p> <p>(72) 発明者 松本 直樹 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内</p> <p>(72) 発明者 長田 英樹 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内</p>
--	--

最終頁に続く

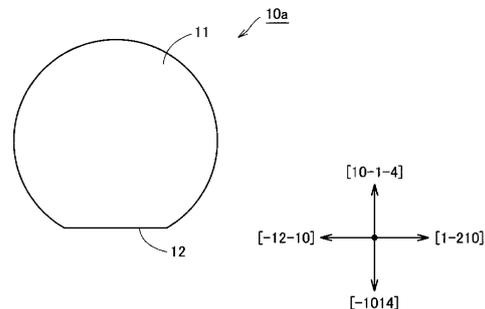
(54) 【発明の名称】 窒化物半導体基板

(57) 【要約】

【課題】半導体装置に用いることのできる窒化物半導体基板を提供する。

【解決手段】窒化物半導体基板10aは、主面と、表示部とを備えている。主面11は、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した面、または(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した面である。表示部は、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面を示す。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

主面と、  
表示部とを備え、

前記主面は、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した面、または(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した面であり、

前記表示部は、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面を示す、窒化物半導体基板。

10

## 【請求項 2】

前記表示部がオリエンテーションフラットであり、

前記オリエンテーションフラットは、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面である、請求項1に記載の窒化物半導体基板。

## 【請求項 3】

(11-20)面、またはこの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面の第2のオリエンテーションフラットをさらに備えた、請求項2に記載の窒化物半導体基板。

20

## 【請求項 4】

前記主面は、(20-21)面または(-202-1)面であり、

前記表示部は、(-1017)面または(10-1-7)面を示す、請求項1～3のいずれか1項に記載の窒化物半導体基板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は窒化物半導体基板に関し、より特定的には窒化ガリウム(GaN)基板に関する。

## 【背景技術】

30

## 【0002】

3.4eVのエネルギーバンドギャップおよび高い熱伝導率を有するGaN基板などの窒化物半導体基板は、短波長の光デバイスやパワー電子デバイスなどの半導体装置用の材料として注目されている。このような窒化物半導体基板の一例であるGaN基板には、結晶方位の位置合わせまたは判別を容易にするために、外周の一部にオリエンテーションフラット(Orientation Flat:以下オリフラまたはOFともいう)やノッチが形成されている(たとえば特許文献1、2)。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

40

【特許文献1】特開2008-42157号公報

【特許文献2】特開2002-356398号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

上記特許文献1および2は、(0001)面を主面とするGaN基板について、OFやノッチが形成されている。しかし、(0001)面から傾斜した主面を有する窒化物半導体基板にOFやノッチを形成する方法は知られていない。オリフラやノッチを形成しなければ、面方向、極性面などがわかりにくく、想定外の方向に半導体装置を作製してしまうおそれがある。このため、(0001)面から傾斜した主面を有する窒化物半導体基板を

50

用いて半導体装置を形成することが困難であるという問題があった。

【0005】

したがって、本発明は、半導体装置に用いることのできる窒化物半導体基板を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明者は、鋭意研究の結果、半導体レーザを作製したときに発振歩留まりを向上できる窒化物半導体基板は、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した主面、または(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した面を有することを見い出した。そして、この主面を有する窒化物半導体基板を半導体装置に用いるために面方位を特定することを鋭意研究した結果、(-1017)面または(10-1-7)面近傍が劈開しやすい性質を有していることを見い出した。

10

【0007】

そこで、本発明の窒化物半導体基板は、主面と、表示部とを備えている。主面は、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した面または(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した面である。表示部は、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面を示す。

【0008】

本発明の窒化物半導体基板によれば、半導体装置を作製したときに歩留まりを向上できる主面を有している。この主面を有する窒化物半導体基板において、表示部により、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面を特定することを本発明者は初めて明らかにした。この表示部により、この主面を有する窒化物半導体基板を用いて半導体装置を作製するときに、劈開しやすい面を特定することができる。これにより、劈開しやすい面を用いて、結晶方位の位置合わせまたは判別をすることができる。このため、本発明の窒化物半導体基板を用いることにより、特性を向上した半導体装置を作製することができる。したがって、本発明の窒化物半導体基板を半導体装置に用いることができる。

20

30

【0009】

上記窒化物半導体基板において好ましくは、表示部がオリエンテーションフラットであり、オリエンテーションフラットは、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面である。

【0010】

(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面は劈開しやすい性質を有しているので、容易にオリフラを形成することができる。

40

【0011】

上記窒化物半導体基板において好ましくは、(11-20)面、またはこの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面の第2のオリエンテーションフラットをさらに備えている。

【0012】

(11-20)面、またはこの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面は劈開しやすい性質を有しているので、第2のOFを容易に形成することができる。これにより、窒化物半導体基板の表裏を判別することもできる。

50

## 【0013】

上記窒化物半導体基板において好ましくは、主面は、(20 - 21)面または(-20 - 21)面であり、表示部は、(-1017)面または(10 - 1 - 7)面を示す。

## 【0014】

(20 - 21)面または(-202 - 1)面は、半導体装置を作製したときに特に特性を向上することができる。また、(-1017)面または(10 - 1 - 7)面は、(20 - 21)面または(-202 - 1)面にそれぞれ直交し、かつ劈開しやすい性質を有する。このため、特性をより向上した半導体装置を作製することができる。

## 【発明の効果】

## 【0015】

以上説明したように、本発明の窒化物半導体基板によれば、半導体装置に用いることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0016】

【図1】本発明の実施の形態1における窒化物半導体基板を概略的に示す平面図である。

【図2】本発明の実施の形態1における窒化物半導体基板の主面およびオリフラの結晶方位を概略的に示す図である。

【図3】本発明の実施の形態2における窒化物半導体基板を概略的に示す平面図である。

【図4】本発明の実施の形態2における窒化物半導体基板の主面および第2のオリフラの結晶方位を概略的に示す図である。

【図5】本発明の実施の形態3における窒化物半導体基板を概略的に示す平面図である。

【図6】図5における領域Rの拡大平面図である。

【図7】本発明の実施の形態4における窒化物半導体基板を概略的に示す平面図である。

【図8】本発明の実施の形態5における窒化物半導体基板を概略的に示す平面図である。

【図9】本発明の実施の形態6における半導体レーザを概略的に示す断面図である。

【図10】本発明の実施の形態6における半導体レーザを上方から見たときの導波路の位置を示す模式図である。

【図11】本発明の実施の形態6における半導体レーザの端面および窒化物半導体基板の主面の結晶方位を概略的に示す図である。

【図12】実施例1において、共振器端面の走査型電子顕微鏡像を示す図である。

【図13】実施例2において、GaN基板の(0001)面から[1 - 100]方向への傾斜角度と発振歩留まりとの関係を示す図である。

【図14】実施例3において、GaN基板のオリフラの(-1017)面から[1 - 100]方向と直交する方向のずれ角度(面精度)と発振歩留まりとの関係を示す図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0017】

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。なお、以下の図面において同一または相当する部分には、同一の参照符号を付し、その説明は繰り返さない。また、本明細書中においては、個別方位を[ ]、個別面を( )でそれぞれ示している。個別方位および個別面は、それと等価な方位および面をそれぞれ含む。また、負の指数については、結晶学上、“-”(バー)を数字の上に付けることになっているが、本明細書中では、数字の前に負の符号を付けている。

## 【0018】

(実施の形態1)

図1および図2を参照して、本実施の形態における窒化物半導体基板10aを説明する。図1に示すように、本実施の形態における窒化物半導体基板10aは、主面11と、表示部としてのオリフラ12とを備えている。

## 【0019】

主面11の平面形状は、たとえば円形である。この主面11は、(0001)面から[1 - 100]方向に71°以上79°以下傾斜した面、または(000 - 1)面から[ -

10

20

30

40

50

1100]方向に71°以上79°以下傾斜した面である。(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した面は、(20-21)面から-4°以上4°以下傾斜した面である。この面は、Ga原子が多く露出しているGaリッチ面である。(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した面は、(-202-1)面から-4°以上4°以下傾斜した面である。この面は、N原子が多く露出しているNリッチ面である。つまり、主面11は、(20-21)面、(-202-1)面、またはこれらの面から-4°以上4°以下傾斜した面である。

#### 【0020】

主面11は、(0001)面から[1-100]方向に73°以上77°以下傾斜した面、または(000-1)面から[-1100]方向に73°以上77°以下傾斜した面、つまり(20-21)面、(-202-1)面、またはこれらの面から-2°以上2°以下傾斜した面であることが好ましい。主面11は、(0001)面から[1-100]方向に75°傾斜した面、(000-1)面から[-1100]方向に75°傾斜した面、つまり(20-21)面、または(-202-1)面であることが好ましい。

10

#### 【0021】

なお、主面11は、[1-100]方向または[-1100]方向と直交する方向に傾斜していてもよい。この場合の傾斜角度は、たとえば[1-100]方向に直交する方向、または[-1100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下である。

#### 【0022】

ここで、主面11を構成する(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した面の面方位について、図2を参照して説明する。図2に示すように、主面11は、(0001)面から[1-100]方向に角度 $\theta$ 傾いた面である。言い換えると、主面11は、[0001]方向から[1-100]方向に角度 $\theta$ 傾いた面である。角度は71°以上79°以下であり、73°以上77°以下であることが好ましく、75°近傍であることがより好ましい。(20-21)面は、(0001)面から、[1-100]方向に約75°(=角度 $\theta$ )傾いた面である。(0001)面は、Ga原子が露出している面である。

20

#### 【0023】

主面11を構成する(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した面についても同様に考えられ、図を用いた説明は省略する。(-202-1)面は、(000-1)面から[-1100]方向に約75°傾いた面である。(000-1)面はN原子が露出している面である。

30

#### 【0024】

傾斜角度が71°以上79°以下の場合、この窒化物半導体基板10aを用いて作製した半導体装置(たとえば半導体レーザ)の歩留まりを向上(たとえば50%以上)することができる。傾斜角度が73°以上77°以下の場合、窒化物半導体基板10aを用いて作製した半導体装置(たとえば半導体レーザ)の歩留まりをより向上(たとえば75%以上)することができる。傾斜角度が75°近傍の場合、窒化物半導体基板10aを用いて作製した半導体装置(たとえば半導体レーザ)の歩留まりをより一層向上(たとえば85%以上)することができる。

40

#### 【0025】

オリフラ12は、窒化物半導体基板10aの結晶方位を示すために外周の一部を弓形に切り取った部分である。言い換えると、オリフラ12は、主面11を上から見たときに、円形の一部に形成された直線部分である。オリフラ12は、主面11に概ね直交している。また、オリフラ12は、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下した面である。

#### 【0026】

ここで、オリフラ12の面方位について、図2を参照して説明する。図2に示すように、オリフラ12は、(-1017)面または(10-1-7)面近傍である。(-101

50

7)面または(10-1-7)面は、(20-21)面または(-202-1)面とほぼ直交(90.10°)している。このため、オリフラ12は、主面11とほぼ直交している。この(-1017)面および(10-1-7)面は、従来のc面((0001)面と等価な面)、m面((1-100)面と等価な面)またはa面((11-20)面と等価な面)等のこれまでの劈開面とは異なる。

【0027】

(-1017)面または(10-1-7)面の方向は、[-1014]方向または[10-1-4]方向である。

【0028】

(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面は、劈開しやすい性質を有することを本発明者は鋭意研究の結果見出した。また、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面がオリフラ12である窒化物半導体基板10aを用いて作製した半導体装置(たとえば半導体レーザ)の歩留まりをより向上(たとえば50%以上)することができることも本発明者は見出した。

10

【0029】

オリフラ12の(-1017)面または(10-1-7)面に対する[1-100]方向の傾斜角度は、-4°以上4°以下であり、-2°以上2°以下が好ましく、0°近傍がより好ましい。-4°以上4°以下の場合、この窒化物半導体基板10aを用いて作製した半導体装置(たとえば半導体レーザ)の歩留まりを向上(たとえば50%以上)することができる。-2°以上2°以下の場合、窒化物半導体基板10aを用いて作製した半導体装置の歩留まりをより向上(たとえば75%以上)することができる。0°近傍の場合、窒化物半導体基板10aを用いて作製した半導体装置の歩留まりをより一層向上(たとえば85%以上)することができる。

20

【0030】

オリフラ12の(-1017)面または(10-1-7)面に対する[1-100]方向に直交する方向の傾斜角度は-0.5°以上0.5°以下であり、-0.2°以上0.2°以下であることがより好ましく、0°近傍がより好ましい。-0.5°以上0.5°以下の場合、この窒化物半導体基板10aを用いて作製した半導体装置(たとえば半導体レーザ)の歩留まりを向上(たとえば50%以上)することができる。-0.2°以上0.2°以下の場合、窒化物半導体基板10aを用いて作製した半導体装置の歩留まりをより向上(たとえば75%以上)することができる。0°近傍の場合、窒化物半導体基板10aを用いて作製した半導体装置の歩留まりをより一層向上(たとえば80%以上)することができる。

30

【0031】

なお、オリフラ12は、[1-100]方向に傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に傾斜している場合、[1-100]方向に傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に傾斜していない場合、[1-100]方向に傾斜せず、かつ[1-100]方向に直交する方向に傾斜している場合、および[1-100]方向に傾斜せず、かつ[1-100]方向に直交する方向に傾斜していない場合のいずれであってもよい。

40

【0032】

主面11の(20-21)面または(-202-1)面に対して、オリフラ12の(-1017)面または(10-1-7)面は直交する。言い換えると、(20-21)面は、(-1017)面および(10-1-7)面と直交する。(-202-1)面は、(-1017)面および(10-1-7)面と直交する。この場合が、窒化物半導体基板10aとして最も好ましい。主面11が(20-21)面または(-202-1)面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜している場合と、オリフラ12の(-1017)面または(10-1-7)面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜してい

50

る場合とは、同様の光の閉じ込め効果を有する。一方、これらの場合と、オリフラ12が( - 1 0 1 7 )面または( 1 0 - 1 - 7 )面から[ 1 - 1 0 0 ]方向に直交する方向の傾斜角度は、光の閉じ込め効果が異なる。このため、高い歩留まりを維持するために要求される条件として、[ 1 - 1 0 0 ]方向への傾斜角度の許容範囲と、[ 1 - 1 0 0 ]方向に直交する方向の傾斜角度の許容範囲とは、それぞれ異なる。

#### 【 0 0 3 3 】

窒化物半導体基板10aは、たとえば $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$  ( $0 < x < 1$ ,  $0 < y < 1$ ,  $x + y < 1$ )であり、 $Al_xGa_{(1-x)}N$  ( $0 < x < 1$ )であることが好ましく、 $GaN$ であることがより好ましい。

#### 【 0 0 3 4 】

窒化物半導体基板10aの大きさは、円形であれば10mm径以上が好ましく、30mm径以上がより好ましく、2インチ径以上がより一層好ましく、3インチ径以上が最も好ましい。また窒化物半導体基板10aの大きさは、矩形であれば、10mm角以上が好ましく、18mm角以上がより好ましく、30mm角以上がより一層好ましい。窒化物半導体基板10aの大きさが上記範囲であれば生産性が良好である。窒化物半導体基板10aの厚みは、100 $\mu$ m以上1000 $\mu$ m以下であることが好ましい。100 $\mu$ m以上では窒化物半導体基板10aのハンドリングが容易にでき、1000 $\mu$ m以下では容易に割断できる。厚みは300 $\mu$ m以上400 $\mu$ m以下であることがより好ましい。

#### 【 0 0 3 5 】

続いて、本実施の形態における窒化物半導体基板10aの製造方法について説明する。

まず、下地基板を準備する。準備する下地基板は、成長する窒化物半導体基板10aと同じ材料であってもよく、異なる材料であってもよい。このような下地基板として、たとえば $GaN$ 基板、ガリウム砒素( $GaAs$ )基板、サファイア( $Al_2O_3$ )基板、酸化亜鉛( $ZnO$ )基板、炭化珪素( $SiC$ )基板などを用いることができる。

#### 【 0 0 3 6 】

次に、下地基板上に、窒化物半導体結晶を成長する。窒化物半導体結晶の成長方法は特に限定されず、昇華法、HVPE (Hydride Vapor Phase Epitaxy: ハイドライド気相成長)法、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition: 有機金属化学気相堆積)法、MBE (Molecular Beam Epitaxy: 分子線エピタキシ)法などの気相成長法、フラックス法、アモノサーマル法などの液相成長法などを採用できる。

#### 【 0 0 3 7 】

次に、成長した窒化物半導体結晶から、窒化物半導体基板を切り出す。このとき、主面が(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜するように、または(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜するように、切り出す。たとえば下地基板の主面が(0001)面である場合、窒化物半導体結晶は[0001]方向に成長する。このため、たとえば図2における主面11に平行な平面((0001)面から[1-100]方向へ角度 傾斜した面)に沿って窒化物半導体基板を切り出す。

#### 【 0 0 3 8 】

切り出す方法は特に限定されず、たとえば切断など機械的な除去方法を用いることができる。切断とは、外周刃を持つスライサー、内周刃を持つスライサー、ワイヤーソーなどで機械的に窒化物半導体結晶から窒化物半導体基板10aを切り出すことをいう。

#### 【 0 0 3 9 】

なお、必要に応じて下地基板を除去してもよい。下地基板を除去する方法は特に限定されないが、たとえば切断、研削などの方法を用いることができる。切断とは、電着ダイヤモンドホイールの外周刃を持つスライサー、ワイヤーソーなどで、窒化物半導体結晶と下地基板との界面を機械的に分割(スライス)すること、レーザパルスや水分子を窒化物半導体結晶と下地基板との界面に照射または噴射すること、結晶格子面に沿ってへき開すること、エッチングなどの化学的方法などにより窒化物半導体結晶と下地基板とを機械的に分割することをいう。また研削とは、砥石を回転させながら表面に接触させて、厚さ方向

10

20

30

40

50

に削り取ることをいう。下地基板を研削により除去する方法としては、たとえば、ダイヤモンド砥石を持つ研削設備などで、下地基板を機械的に削り取る。

【0040】

なお、主面が(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜、あるいは主面が(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した窒化物半導体基板10aの作製は、c軸方向に成長した窒化物半導体結晶から所望の角度で窒化物半導体基板を切り出すことに限定されない。たとえばこのようにして得られた、窒化物半導体基板の主面上に、さらに窒化物半導体結晶を成長させて、成長させた窒化物半導体結晶を結晶基板の主面に平行な面で切り出して窒化物半導体基板を製造し、かかる窒化物半導体基板の主面を上記と同様にして加工することにより、窒化物半導体基板を製造することができる。上記の窒化物半導体結晶のさらなる成長(繰り返し成長)の下地基板として用いる窒化物半導体基板は、必ずしも1枚の基板でなくてよく、小サイズの結晶基板を複数枚用いても良い。繰り返し成長時に接合して単一の結晶とすることができる。さらに繰り返し成長で接合した窒化物半導体結晶から切り出した結晶基板を下地基板として使い、再度繰り返し成長することもできる。このように、窒化物半導体結晶を繰り返し使用して成長することにより、生産コストを削減することができる。

10

【0041】

次に、窒化物半導体基板の外形加工をする。具体的には、たとえば平面形状が円形になるように外形加工する。外形加工の方法は特に限定されず、たとえば切断、研削などにより行なう。

20

【0042】

次に、オリフラ12を形成する。オリフラ12は、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面である。オリフラ12の形成方法は特に限定されないが、窒化物半導体基板において(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面を露出させるためにたとえば切断、研削などを行なう。

【0043】

次に、必要に応じて、窒化物半導体基板10aの主面について、研磨および研削の少なくとも一方を行なう。窒化物半導体基板10aの裏面について、研磨および研削の少なくとも一方をさらに行なってもよい。

30

【0044】

窒化物半導体基板10aの主面の粗さは、Ra基準で10nm以下がよい。窒化物半導体基板10aの裏面の粗さは、Ra基準で10μm以下がよい。Raとは、たとえばJIS(Japanese Industrial Standards)B0601に準拠して測定される表面粗さの値である。

【0045】

以上の工程を実施することにより、図1に示す窒化物半導体基板10aを製造することができる。なお、工程順は特に限定されず、インゴットにオリフラ12を形成した後に、窒化物半導体基板10aを切り出してもよい。

40

【0046】

また、窒化物半導体基板10aは、上述した製造方法に特に限定されず、他の方法により製造されてもよい。

【0047】

以上説明したように、本実施の形態における窒化物半導体基板10aは、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した面、または(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した面からなる主面と、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾

50

斜した面を示す表示部としてのオリフラ 12 とを備えている。

【0048】

本発明者は、鋭意研究の結果、半導体レーザを作製したときに発振歩留まりを向上できる窒化物半導体基板は、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した主面、または(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した主面を有することを見い出した。そして、この主面を有する窒化物半導体基板を半導体装置に用いるために面方位を特定することを鋭意研究した結果、(-1017)面および(10-1-7)面近傍が劈開しやすい性質を有していることを見い出した。そこで、本発明者は、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した主面11、または(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した主面11を有する窒化物半導体基板10aにおいて(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面を表示部により特定することを初めて明らかにした。さらに、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面は、従来なかった新しい面である。これにより、この主面11を有する窒化物半導体基板10aを用いて半導体装置を作製するときに、オリフラ12により劈開しやすい面を特定することができる。このため、この劈開しやすい面を用いて、結晶方位の位置合わせまたは判別をすることができる。たとえば、窒化物半導体基板10aを用いて半導体レーザを作製する場合、半導体レーザのパターニング精度はオリフラ12等の基準によりアライメントする。このため、オリフラ精度はパターニング精度に影響するので、オリフラ精度を向上することにより、半導体レーザの歩留まりを向上することができる。したがって、本実施の形態の窒化物半導体基板10aを用いることにより、特性を向上した半導体装置を作製することができる。よって、本発明の窒化物半導体基板10aを半導体装置に用いることができる。

10

20

30

40

50

【0049】

(実施の形態2)

図3を参照して、本実施の形態における窒化物半導体基板10bを説明する。本実施の形態における窒化物半導体基板10bは、基本的には実施の形態1における窒化物半導体基板10aと同様の構成を備えているが、第2のオリフラ13をさらに備えている点において異なる。

【0050】

第2のオリフラ13は、方位および表裏の2つを示すためのIF(アイデンティフィケーションフラット)または副オリエンテーションフラットである。第2のオリフラ13は、オリフラ12とほぼ直交している。第2のオリフラ13は、(11-20)面、またはこの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面である。第2のオリフラ13は、(11-20)面であることがより好ましい。

【0051】

ここで、第2のオリフラ13の面方位について、図4を参照して説明する。図4に示すように、第2のオリフラ13は、(11-20)面近傍である。(11-20)面は、(20-21)面または(-202-1)面とほぼ直交し、かつ(-1017)面または(10-1-7)面ともほぼ直交する。

【0052】

第2のオリフラ13により、(11-20)面、またはこの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面を特定することもできる。また、窒化物半導体基板10bの表裏の判別を容易にすることができる。さらに、(11-20)面近傍は劈開しやすい性質を有しているので、第2のオリフラ13を容易に形成することができる。第2のオリフラ13が(11-20)面近傍の場合、半導体装置の歩留まりをより向上することができる。

## 【0053】

なお、図3中の[1-210]方向および[-12-10]方向は、(11-20)面と等価な面の面方位を示す。

## 【0054】

オリフラ12の長さL12は、第2のオリフラ13の長さL13と異なることが好ましく、目視で大小関係がわかる程度に長さが違うことがより好ましい。オリフラ12および第2のオリフラ13の大きさの一例を挙げると、窒化物半導体基板10bの主面11の直径がたとえば50mmの場合、オリフラ12の長さL12はたとえば2mm以上30mm以下であり、第2のオリフラ13の長さL13は、長さL12よりも短く、かつたとえば2mm以上20mm以下である。

10

## 【0055】

なお、オリフラ12の長さL12と第2のオリフラ13の長さL13との大小関係は問わない。

## 【0056】

ここで、オリフラ12、および第2のオリフラ13の長さL12、L13とは、図3に示すように、窒化物半導体基板10bを上から見たときに、直線となる領域の長さを意味する。

## 【0057】

本実施の形態における窒化物半導体基板の製造方法は、基本的には実施の形態1における窒化物半導体基板の製造方法と同様の構成を備えているが、第2のオリフラ13を形成する工程をさらに備える点において異なる。具体的には、オリフラ12を形成する前、後または同時に、(11-20)面、またはこの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面の第2のオリフラ13を形成する。

20

## 【0058】

以上説明したように、本実施の形態における窒化物半導体基板10bは、(11-20)面、またはこの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面の第2のオリエンテーションフラット13をさらに備えている。

## 【0059】

(11-20)面、またはこの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面は劈開しやすい性質を有しているため、第2のオリフラ13を容易に形成することができる。これにより、窒化物半導体基板10bの表裏を判別することもできる。

30

## 【0060】

(実施の形態3)

図5および図6を参照して、本実施の形態における窒化物半導体基板10cについて説明する。本実施の形態における窒化物半導体基板10cは、基本的には実施の形態1の窒化物半導体基板10aと同様の構成を備えているが、表示部としてノッチ15を備えている点において異なる。

40

## 【0061】

ノッチ15は、窒化物半導体基板10cの外周に設けられた切り欠きである。図5および図6に示すように、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜し、かつ[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面を特定するためにノッチ15が形成されている。詳細には、図6に示すように、ノッチ15において、A、BおよびCの3点を位置決めしたときに、BとCとの中心からAへの方向が[-1014]方向または[10-1-4]方向である。

## 【0062】

図6に示すように、ノッチ15の深さHはたとえば2mm以上10mm以下であり、角度

50

たとえば  $30^\circ$  以上  $120^\circ$  以下である。深さ  $H$  が  $10\text{ mm}$  以下で、かつ角度が  $120^\circ$  以下の場合には、窒化物半導体基板  $10c$  の主面  $11$  の面積が狭くなることを抑制できる。深さ  $H$  が  $2\text{ mm}$  以上で、かつ角度が  $30^\circ$  以上の場合には、ノッチ  $15$  を容易に識別することができる。

【0063】

本実施の形態における窒化物半導体基板  $10c$  の製造方法は、基本的には実施の形態  $1$  の窒化物半導体基板  $10a$  の製造方法と同様の構成を備えているが、オリフラ  $12$  の代わりにノッチ  $15$  を形成する点において異なる。ノッチ  $15$  の形成方法は特に限定されないが、切断、研削、研磨などにより形成することができる。

【0064】

(実施の形態  $4$ )

図  $7$  を参照して、本実施の形態における窒化物半導体基板  $10d$  を説明する。本実施の形態における窒化物半導体基板  $10d$  は、基本的には実施の形態  $3$  における窒化物半導体基板  $10c$  と同様の構成を備えているが、第  $2$  のノッチ  $16$  をさらに備えている点において異なる。また、本実施の形態における窒化物半導体基板  $10d$  は、基本的には実施の形態  $2$  における窒化物半導体基板  $10b$  と同様の構成を備えているが、オリフラ  $12$  および第  $2$  のオリフラ  $13$  の代わりにノッチ  $15$  および第  $2$  のノッチ  $16$  を備えている点において異なる。

【0065】

第  $2$  のノッチ  $16$  は、方位および表裏の  $2$  つを示すために設けられている。第  $2$  のノッチ  $16$  の方向は、ノッチ  $15$  の方向とほぼ直交している。第  $2$  のノッチ  $16$  は、 $(11-20)$  面、またはこの面から  $[1-100]$  方向に  $-4^\circ$  以上  $4^\circ$  以下傾斜し、かつ  $[1-100]$  方向に直交する方向に  $-0.5^\circ$  以上  $0.5^\circ$  以下傾斜した面を示し、 $(11-20)$  面を示すことがより好ましい。

【0066】

ノッチ  $15$  が主ノッチであり、第  $2$  のノッチ  $16$  が副ノッチであるように、ノッチ  $15$  と第  $2$  のノッチ  $16$  とが区別できることが好ましい。区別するために、たとえばノッチ  $15$  を第  $2$  のノッチ  $16$  よりも大きくする。

【0067】

本実施の形態における窒化物半導体基板  $10d$  の製造方法は、基本的には実施の形態  $3$  の窒化物半導体基板  $10c$  の製造方法と同様の構成を備えているが、第  $2$  のノッチ  $16$  をさらに形成する点において異なる。

【0068】

(実施の形態  $5$ )

図  $8$  を参照して、本実施の形態における窒化物半導体基板  $10e$  を説明する。本実施の形態における窒化物半導体基板  $10e$  は、基本的には実施の形態  $1$  における窒化物半導体基板  $10a$  と同様の構成を備えているが、表示部として印  $17$  が形成されている点において異なる。

【0069】

印  $17$  は、たとえばレーザ照射痕、またはダイヤモンドペンによる傷である。印  $17$  は、 $(-1017)$  面、 $(10-1-7)$  面、またはこれらの面から  $[1-100]$  方向に  $-4^\circ$  以上  $4^\circ$  以下傾斜し、かつ  $[1-100]$  方向に直交する方向に  $-0.5^\circ$  以上  $0.5^\circ$  以下傾斜した面を特定できるように形成されている。たとえば、 $[10-1-4]$  方向、 $[-1014]$  方向、またはこれらの方向から  $[1-100]$  方向に  $-4^\circ$  以上  $4^\circ$  以下傾いた方向であり、かつ  $[1-100]$  方向に直交する方向に  $-0.5^\circ$  以上  $0.5^\circ$  以下傾いた方向と平行な方向に向けて印  $17$  が複数形成されている。

【0070】

さらに、印  $17$  は、 $(11-20)$  面、またはこの面から  $[1-100]$  方向に  $-4^\circ$  以上  $4^\circ$  以下傾斜し、かつ  $[1-100]$  方向に直交する方向に  $-0.5^\circ$  以上  $0.5^\circ$  以下傾斜した面を特定できるように形成されていることが好ましい。たとえば、印  $17$  の

10

20

30

40

50

サイズ、個数などを、[ 1 0 - 1 - 4 ] 方向または [ - 1 0 1 4 ] 方向と、[ 1 - 2 1 0 ] 方向または [ - 1 2 - 1 0 ] 方向とで差を設けるように形成する。本実施の形態では、[ 1 0 - 1 - 4 ] 方向よりも [ 1 - 2 1 0 ] 方向に印 1 7 の個数を多く形成している。これにより、[ 1 0 - 1 - 4 ] 方向または [ - 1 0 1 4 ] 方向、および、[ 1 - 2 1 0 ] 方向または [ - 1 2 - 1 0 ] 方向を特定することができる。

#### 【 0 0 7 1 】

なお、本実施の形態では印 1 7 は 1 箇所複数のドットとして形成されているが、印 1 7 は 2 箇所以上の領域に形成されていてもよく、単数であってもよく、ドット以外の形状であってもよい。

#### 【 0 0 7 2 】

印 1 7 は、窒化物半導体基板 1 0 e において半導体装置に利用する面と反対側の面に形成することが好ましい。裏面に印 1 7 を形成し、かつ非透過性の金属膜などが形成された場合であっても、窒化物半導体は光透過性の性質を有しているため、主面の研磨加工をすることで、裏面に形成された印 1 7 を顕微鏡で容易に確認できる。

#### 【 0 0 7 3 】

本実施の形態における窒化物半導体基板 1 0 e の製造方法は、基本的には実施の形態 1 の窒化物半導体基板 1 0 a と同様の構成を備えているが、オリフラ 1 2 を形成する代わりに印 1 7 を形成する点において異なる。

#### 【 0 0 7 4 】

印 1 7 を形成する方法は特に限定されないが、たとえば、レーザ照射することによりレーザ照射痕を形成する方法、またはダイヤモンドペンにより傷を形成する方法などを採用することができる。これにより、容易に印 1 7 を形成することができる。また、印 1 7 の加工精度を向上することができる。

#### 【 0 0 7 5 】

ここで、実施の形態 1 ~ 5 では、表示部としてオリフラ 1 2、ノッチ 1 5 および印 1 7 を例に挙げて説明したが、本発明の窒化物半導体基板の表示部は特にこれらに限定されない。また、本発明の窒化物半導体基板は、オリフラ、ノッチ、印などを組み合わせて備えていてもよい。

#### 【 0 0 7 6 】

( 実施の形態 6 )

図 9 および図 1 0 を参照して、本実施の形態における半導体装置の一例である半導体レーザ ( LD、Laser Diode : レーザダイオード ) 1 0 0 を説明する。本実施の形態における半導体レーザ 1 0 0 は、たとえば、実施の形態 1 における窒化物半導体基板 1 0 a と、n 型バッファ層 1 0 2 と、n 型クラッド層 1 0 3 と、n 型ガイド層 1 0 4 と、アンドープガイド層 1 0 5 と、活性層 1 0 6 と、アンドープガイド層 1 0 7 と、p 型ブロック層 1 0 8 と、p 型ガイド層 1 0 9 と、p 型クラッド層 1 1 0 と、p 型コンタクト層 1 1 1 と、絶縁膜 1 1 2 と、p 型電極 1 1 3 と、n 型電極 1 1 4 とを主に備えている。

#### 【 0 0 7 7 】

n 型バッファ層 1 0 2 は、窒化物半導体基板 1 0 a の主面 1 1 上に形成されている。n 型バッファ層 1 0 2 は、たとえば 1 0 0 0 nm の厚みを有する n 型 GaN である。n 型クラッド層 1 0 3 は、n 型バッファ層 1 0 2 上に形成され、たとえば 2 0 0 nm の厚みを有する n 型 InAlGa<sub>1-x-y</sub>N ( 窒化インジウムアルミニウムガリウム ) である。n 型ガイド層 1 0 4 は、n 型クラッド層 1 0 3 上に形成され、たとえば 2 0 0 nm の厚みを有する n 型 GaN である。アンドープガイド層 1 0 5 は、n 型ガイド層 1 0 4 上に形成され、たとえば 6 5 nm の厚みを有するアンドープ InGa<sub>1-x-y</sub>N ( 窒化アルミニウムガリウム ) である。活性層 1 0 6 は、アンドープガイド層 1 0 5 上に形成され、たとえば、1 5 nm の厚みを有する GaN と、3 nm の厚みを有する InGa<sub>1-x-y</sub>N とから構成される 3 周期の MQW ( multiple-quantum well : 多重量子井戸構造 ) である。なお、活性層 1 0 6 は単一の層であってもよい。アンドープガイド層 1 0 7 は、活性層 1 0 6 上に形成され、たとえば 6 5 nm の厚みを有するアンドープ InGa<sub>1-x-y</sub>N である。p 型ブロック層 1 0 8 は、アンドープガ

10

20

30

40

50

イド層 107 上に形成され、たとえば 20 nm の厚みを有する p 型 AlGaIn である。p 型ガイド層 109 は、p 型ブロック層 108 上に形成され、たとえば 200 nm の厚みを有する p 型 GaN である。p 型クラッド層 110 は、p 型ガイド層 109 上に形成され、たとえば 400 nm の厚みを有する p 型 InAlGaIn である。p 型コンタクト層 111 は、p 型ガイド層 109 上に形成され、たとえば 50 nm の厚みを有する p 型 GaN である。

#### 【0078】

絶縁膜 112 は、p 型コンタクト層 111 上に形成され、たとえばストライプ状の開口部を有する SiO<sub>2</sub> (二酸化ケイ素) である。開口部は、(-1017) 面、(10-1-7) 面、またはこれらの面から [1-100] 方向に -4° 以上 4° 以下傾斜し、かつ [1-100] 方向に直交する方向に -0.5° 以上 0.5° 以下傾斜した面に平行な面に沿っている。言い換えると、開口部は、[-1014] 方向、[10-1-4] 方向、またはこれらの方向から [1-100] 方向に -4° 以上 4° 以下傾斜し、かつ [1-100] 方向に直交する方向に -0.5° 以上 0.5° 以下傾斜した方向に沿って形成されている。

10

#### 【0079】

p 型電極 113 は、p 型コンタクト層 111 および絶縁膜 112 上に形成され、たとえば Ni (ニッケル) / Au (金) からなる。n 型電極 114 は、窒化物半導体基板 10a の裏面に形成され、たとえば Ti (チタン) / Al (アルミニウム) / Ti / Au からなる。

20

#### 【0080】

本実施の形態における半導体レーザ 100 は、オリフラ 12 に概ね平行な面が端面になるように形成されている。つまり、図 10 に示すように、半導体レーザ 100 の端面 100a はオリフラ 12 と概ね同じ面方位を有している。そして、半導体レーザ 100 の端面 100a、100b は、レーザ共振器のための端面としている。この端面 100a、100b は、図 11 に示すように、(-1017) 面、(10-1-7) 面、またはこれらの面から [1-100] 方向に -4° 以上 4° 以下傾斜し、かつ [1-100] 方向に直交する方向に -0.5° 以上 0.5° 以下傾斜した面である。言い換えると、この端面 100a、100b は、(0001) 面から [1-100] 方向に 71° 以上 79° 以下傾斜した面、または (000-1) 面から [-1100] 方向に 71° 以上 79° 以下傾斜した面 (半導体レーザ 100 の主面、つまり窒化物半導体基板 10 の主面 11) にほぼ直交している。この端面 100a、100b は、従来の c 面、m 面または a 面等のこれまでの劈開面とは異なる。

30

#### 【0081】

そして、絶縁膜 112 の開口部が上記方向に形成されているので、本実施の形態における半導体レーザ 100 の導波路 100c (図 10 参照) の方位は、[10-1-4] 方向、[-1014] 方向、またはこれらの方向から [1-100] 方向に -4° 以上 4° 以下傾斜し、かつ [1-100] 方向に直交する方向に -0.5° 以上 0.5° 以下である。つまり、導波路 100c は、端面 100a、100b ((-1017) 面、(10-1-7) 面、またはこれらの面から [1-100] 方向に -4° 以上 4° 以下傾斜し、かつ [1-100] 方向に直交する方向に -0.5° 以上 0.5° 以下傾斜した面) に概ね垂直な方向に形成される。

40

#### 【0082】

発光素子としての半導体レーザ 100 の発光波長は、430 nm 以上 550 nm 以下とすることができる。発光波長は活性層 106 の In 組成により調整できる。本実施の形態の窒化物半導体基板 10a では、エピタキシャル成長時の In の取り込み効率を向上させることができ、緑色領域の 500 nm 以上 550 nm 以下で良好な発光特性を得ることができる。

#### 【0083】

続いて、本実施の形態における半導体レーザ 100 の製造方法について説明する。まず

50

、実施の形態 1 における窒化物半導体基板 10 a を準備する。

【0084】

次に、窒化物半導体基板 10 a の主面 11 上に、n 型バッファ層 102、n 型クラッド層 103、n 型ガイド層 104、アンドープガイド層 105、活性層 106、アンドープガイド層 107、p 型ブロック層 108、p 型ガイド層 109、p 型クラッド層 110、および p 型コンタクト層 111 をこの順で形成する。これらの層を形成する方法は特に限定されないが、たとえば気相成長法、液相成長法などにより形成することができる。

【0085】

次に、p 型コンタクト層 111 上にフォトリソグラフィにより絶縁膜 112 を形成する。次に、p 型電極 113 および n 型電極 114 をたとえば蒸着法により形成する。

10

【0086】

以上の工程を実施することにより、図 9 に示す半導体レーザ 100 を製造することができる。

【0087】

以上説明したように、本実施の形態における半導体レーザ 100 は、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から [1-100] 方向に -4°以上 4°以下傾斜し、かつ [1-100] 方向に直交する方向に -0.5°以上 0.5°以下傾斜した面であるオリフラ 12 を備えた窒化物半導体基板 10 a を用いている。

【0088】

オリフラ 12 は、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から [1-100] 方向に -4°以上 4°以下傾斜し、かつ [1-100] 方向に直交する方向に -0.5°以上 0.5°以下傾斜した面を特定できるので、[10-1-4] 方向、[-1014] 方向またはこれらの方向から [1-100] 方向に -4°以上 4°以下傾斜し、かつ [1-100] 方向に直交する方向に -0.5°以上 0.5°以下傾斜した方向に沿って形成された導波路 100 c を有する半導体レーザ 100 を実現できる。図 10 に示すように、端面 100 a で発生した光が他方の端面 100 b に進行して反射される場合、本実施の形態では導波路 100 c が [10-1-4] 方向または [-1014] 方向から [1-100] 方向に -4°以上 4°以下傾斜し、かつ [1-100] 方向に直交する方向に -0.5°以上 0.5°以下の方向に形成されているので、光の往復回数(導波路 100 c 内の共振器内での往復回数)が 1 回以上となり、増幅が生じやすい。このため、半導体レーザ 100 としての性能を維持できる。なお、導波路 100 c が [10-1-4] 方向または [-1014] 方向から 0.5°を超える方向に形成されると、図 10 の点線で示すように、光の往復回数が 1 回未満となる。したがって、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から [1-100] 方向に -4°以上 4°以下傾斜し、かつ [1-100] 方向に直交する方向に -0.5°以上 0.5°以下傾斜した面を特定することで、半導体レーザ 100 のレーザ発振の歩留まりを向上することができる。

20

30

【0089】

また、本発明者は、(0001)面から [1-100] 方向に 71°以上 79°以下傾斜した主面、または(000-1)面から [-1100] 方向に 71°以上 79°以下傾斜した主面を有する半導体レーザ 100 において、導波路 100 c を [10-1-4] 方向、[-1014] 方向、またはこれらの方向から [1-100] 方向に -4°以上 4°以下傾斜し、かつ [1-100] 方向に直交する方向に -0.5°以上 0.5°以下傾斜した方向に沿って形成することにより、半導体レーザ 100 のレーザ発振歩留まりを向上できることを見出した。このため、本実施の形態における半導体レーザ 100 によれば、特性を向上することができる。

40

【0090】

ここで、本実施の形態では実施の形態 1 における窒化物半導体基板 10 a を備えた半導体レーザ 100 を例に挙げて説明したが、窒化物半導体基板は実施の形態 1 における窒化物半導体基板 10 a に特に限定されず、実施の形態 2~4 の窒化物半導体基板 10 b~10 d を用いてもよく、あるいは別の窒化物半導体基板を用いてもよい。

50

## 【0091】

また、本実施の形態では、半導体装置として半導体レーザを例に挙げて説明したが、本発明の半導体装置は半導体レーザに特に限定されず、たとえばLED (Light Emitting Diode: 発光ダイオード)、MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor: 電界効果トランジスタ)、JFET (Junction Field-Effect Transistor: 接合電界効果トランジスタ)、pnダイオード、ショットキーバリアダイオード (SBD: Schottky Barrier Diode)、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor: 絶縁ゲートバイポーラトランジスタ) などにも適用することができる。

## 【実施例1】

## 【0092】

10

本実施例では、( - 1 0 1 7 ) 面、( 1 0 - 1 - 7 ) 面、またはこれらの面から [ 1 - 1 0 0 ] 方向に - 4 ° 以上 4 ° 以下傾斜し、かつ [ 1 - 1 0 0 ] 方向に直交する方向に - 0 . 5 ° 以上 0 . 5 ° 以下傾斜した面が劈開性を有することについて調べた。

## 【0093】

まず、HVPE法で厚く成長した(0001) GaNインゴット(主面が(0001)面のGaN結晶のインゴット)から[1-100]方向に75度の角度で切り出した直径2インチで厚さ370 μmの(20-21)面GaN基板を準備した。GaN基板の主面は鏡面仕上げであり、裏面は研削仕上げされた梨地状態であった。GaN基板の主面の表面粗さはRa基準で1.5 nmであり、裏面の表面粗さはRa基準で3 μmであった。

## 【0094】

20

梨地状態の裏面側に、ダイヤモンドペンを用いて、[0001]方向をGaN基板の主面に投影した方向に垂直にケガキ線を入れた後、押圧してGaN基板を(-1017)面、(10-1-7)面に切断した。得られた切断面(端面)の垂直性を観察するため、走査型電子顕微鏡を用いてa面方向からGaN基板を観察した。

## 【0095】

図12は、切断面をa面方向から観察した走査型電子顕微鏡像であり、右側の端面が切断面である。図12に示すように、切断面である(-1017)面または(10-1-7)面は、劈開性を有し、かつ(20-21)面に対して、平坦性および垂直性を有することがわかった。

## 【0096】

30

本実施例では、(20-21)面に対する(-1017)面または(10-1-7)面に対する平坦性および垂直性を調べたが、(-202-1)面に対する(-1017)面または(10-1-7)面に対する平坦性および垂直性についてもGaリッチ面、Nリッチ面の差はあるが同様に考えることができる。したがって、切断面である(-1017)面または(10-1-7)面は、劈開性を有し、かつ(-202-1)面に対して、平坦性および垂直性を有することがわかった。

## 【0097】

なお、フラックス法で成長した結晶についても、上記と同等の結果が得られた。また、下地基板に複数のGaN基板を用い、HVPE法での成長で下地基板から接合した単一のGaN結晶を成長させた場合においても、上記と同等の結果が得られた。直径4インチのGaN基板についても、同様の結果が得られた。

40

## 【実施例2】

## 【0098】

本実施例では、窒化物半導体基板の主面が(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した面、または(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した面であることの効果について調べた。

## 【0099】

具体的には、実施例1では、半極性(20-21)面を主面として有するGaN基板において、[0001]方向をGaN基板の主面に投影した方向に垂直にケガキ線を入れて押圧して得た切断面である(-1017)面および(10-1-7)面は、GaN基板の

50

主面に対して平坦性および垂直性を有することがわかった。そこで、この主面のレーザ共振器としての有用性を調べるため、以下の通り、図9に示される半導体レーザを有機金属相成長法により成長した。原料にはトリメチルガリウム (TMGa)、トリメチルアルミニウム (TMAI)、トリメチルインジウム (TMIn)、アンモニア (NH<sub>3</sub>)、シラン (SiH<sub>4</sub>) を用いた。

#### 【0100】

GaN基板は、HVPE法で厚く成長した(0001)GaNインゴットから[1-100]方向に68度から82度の範囲の角度(図2参照)でウェハスライス装置を用いて切り出し、[0001]方向から[1-100]方向への傾斜角度が、68度から82度の範囲の所望のオフ角を有するGaN基板を作製した。たとえば、75°の角度で切り出したとき、(20-21)面を主面として有するGaN基板が得られ、図2に示される六方晶系の結晶格子において主面11によって示される。切り出した基板は外周加工を施し、直径50mm、厚さ370μmの円形に成形した。

10

#### 【0101】

また、このGaN基板について、切断により(-1017)面であるオリフラを形成した。オリフラの長さは16mmとした。(-1017)面は、図2に示される六方晶系の結晶構成においてオリフラ12で示される。オリフラが形成されたGaN基板の主面は鏡面仕上げであり、裏面は研削仕上げされた梨地状態であった。両面とも研磨の加工ダメージ層はウエットエッチングおよび/またはドライエッチングで除去した。

20

#### 【0102】

このGaN基板を窒化物半導体基板として反応炉内のサセプタ上に配置した後に、以下の成長手順でエピタキシャル層を成長した。まず、n型バッファ層102として、厚さ1000nmのn型GaNを成長した。次に、n型クラッド層103として、厚さ1200nmのn型InAlGaNクラッド層を成長した。引き続き、n型ガイド層104として、厚さ200nmのn型GaNガイド層、およびアンドープガイド層105として、厚さ65nmのアンドープInGaNガイド層を成長した。その後、活性層106として、厚さ15nmのGaN/厚さ3nmのInGaNから構成される3周期MQWを成長した。続いて、アンドープガイド層107として、厚さ65nmのアンドープInGaNガイド層、p型ブロック層108として、厚さ20nmのp型AlGaNブロック層、およびp型ガイド層109として、厚さ200nmのp型GaNガイド層を成長した。次に、p型クラッド層110として、厚さ400nmのp型InAlGaNクラッド層を成長した。最後に、p型コンタクト層111として、厚さ50nmのp型GaNコンタクト層を成長した。

30

#### 【0103】

SiO<sub>2</sub>の絶縁膜112をp型コンタクト層111上に成膜した後に、フォトリソグラフィを用いて幅10μmのストライブ窓をウエットエッチングにより形成した。ここで、オリフラ12により上記エピタキシャル層において[-1014]方向を特定できるので、レーザストライブの方向は[-1014]方向から-0.5°以上0.5°以下傾斜した方向とした。

#### 【0104】

ストライブ窓を形成した後に、Ni/Auからなるp型電極113とTi/Alからなるパッド電極を蒸着した。次いで、GaN基板の裏面をダイヤモンドスラリーを用いて劈開がより容易になる100μm以下の厚みまで研磨し、裏面がミラー状態の基板生産物を作製した。GaN基板の裏面(研磨面)にはTi/Al/Ti/Auからなるn型電極114を蒸着により形成した。

40

#### 【0105】

このレーザストライブに対する共振器ミラーの作製には、波長355nmのYAGレーザを用いるレーザスクライバを用いた。レーザスクライバを用いてブレイクした場合には、ダイヤモンドスクライバを用いた場合と比較して、発振チップ歩留まりを向上させることが可能である。スクライブ溝の形成条件として、レーザ光出力を100mW、走査速度

50

を5 mm/sとした。形成されたスクライブ溝は、たとえば、長さ30 μm、幅10 μm、深さ40 μmの溝であった。800 μmピッチでGaN基板の絶縁膜開口箇所を通してエピタキシャル層の表面に直接レーザ光を照射することによって、スクライブ溝を形成した。共振器長は600 μmとした。

【0106】

ブレードを用いて、共振ミラーを切断により作製した。GaN基板裏側に押圧によりブレイクすることによって、レーザバーを作製した。より具体的には、図11に示すように、主面11と共にレーザ共振器のための端面100a、100bは、(-1017)面、(10-1-7)面であり、従来のc面、m面またはa面等のこれまでの劈開面とは異なる。

10

【0107】

ブレイクによって形成された切断面を走査型電子顕微鏡で観察した結果、顕著な凹凸は観察されなかった。このことから、切断面の平坦性(凹凸の大きさ)は、20 nm以下と推定される。さらに、切断面の試料表面に対する垂直性は、±5°の範囲内であった。

【0108】

レーザバーの端面に真空蒸着法によって誘電体多層膜をコーティングした。誘電体多層膜は、SiO<sub>2</sub>とTiO<sub>2</sub>(二酸化チタン)を交互に積層して構成した。膜厚はそれぞれ、50 nm以上100 nm以下の範囲で調整して、反射率の中心波長が500 nm以上530 nm以下の範囲になるように設計した。片側の反射面を10周期とし、反射率の設計値を約95%に設計し、もう片側の反射面を6周期とし、反射率の設計値を約80%とした。

20

【0109】

このように作製した半導体レーザについて、GaN基板の[1-100]方向への[0001]方向の傾斜角度と発振歩留まりとの関係を調べた結果、図13および表1が得られた。本実施例では、発振歩留まりについては、(発振チップ数)/(測定チップ数)と定義した。また、図13は、GaN基板の積層欠陥密度が $1 \times 10^4$  (cm<sup>-1</sup>)以下の基板であり、かつレーザストライプが[-1014]方向の半導体レーザにおいて、プロットしたものである。

【0110】

【表1】

30

傾斜角度θ(°)	歩留まり(%)
68	10
71	50
73	75
74	82
75	85
76	84
77	77
79	51
82	15

40

【0111】

図13および表1から、角度(オフ角)が68°以下および82°以上では、発振歩留まりが極めて低いことがわかった。端面状態を光学顕微鏡で観察した結果、68°以下および82°以上の角度では、ほとんどのチップで(1-100)面またはこれと等価な面が出現し、垂直性が得られないことがわかった。また、オフ角が71°以上79°以下

50

の範囲では、垂直性が向上し、発振歩留まりが50%以上に増加することがわかった。特に、オフ角が73°以上77°以下の範囲では、発振歩留まりが75%以上に増加し、オフ角が74°以上76°以下の範囲では、発振歩留まりが82%以上となり、オフ角が75°では、発振歩留まりが85%以上に増加した。

【0112】

これらの事実から、GaN基板の主面の(0001)面から[1-100]方向へのオフ角度の範囲が、71°以上79°以下、好ましくは73°以上77°以下、より好ましくは75°近傍であると、発振歩留まりを向上できることが確認できた。

【0113】

また、本実施例では、主面の(0001)面から[1-100]方向への傾斜角度を調べたが、(000-1)面から[-1100]方向への傾斜角度についてもGaリッチ面、Nリッチ面の差はあるが同様に考えることができる。したがって、GaN基板の主面の(000-1)面から[-1100]方向へのオフ角度の範囲は、71°以上79°以下、好ましくは73°以上77°以下、より好ましくは75°近傍であると、発振歩留まりを向上できることがわかった。

【0114】

また、本実施例では、オリフラ面が(-1017)面のときに、GaN基板の主面の面方位が(20-21)面から[1-100]方向に-4°以上4°以上傾斜した場合に、発振歩留まりを向上できることが確認できた。このことから、GaN基板の主面が(20-21)面または(-202-1)面のときに、オリフラ面が(-1017)面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜した場合にも、同様の発振歩留まりとなることが推定される。このため、表示部が(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に-4°以上4°以下傾斜した面を表示する場合には、発振歩留まりを向上することができる。

【実施例3】

【0115】

本実施例では、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面を示す表示部を備えることの効果について調べた。

【0116】

具体的には、実施例1では、半極性(20-21)面を主面として有するGaN基板において、[0001]方向をGaN基板の主面に投影した方向に垂直にケガキ線を入れて押圧して得た断面である(-1017)面および(10-1-7)面は、GaN基板の主面に対して平坦性および垂直性を有することがわかった。そこで、この断面のレーザの共振器としての有用性を調べるため、実施例2と同様にして、主面が(20-21)面のGaN基板を複数準備した。このGaN基板について、(-1017)面、またはこの面から[1-210]方向へ、所定の傾斜角度を有する面のオリフラを形成した。

【0117】

そして、実施例2と同様に、半導体レーザを形成し、半導体レーザの歩留まりを測定した。その結果を図14および表2に示す。図14および表2において、横軸は(-1017)面からのずれ角度を面精度として示している。

【0118】

10

20

30

40

【表 2】

面精度(°)	歩留まり(%)
-1	5
-0.75	15
-0.5	50
-0.25	75
0	85
0.25	75
0.5	50
0.75	15
1	5

10

## 【0119】

図14および表2に示すように、オリフラが(-1017)面から-0.75以下または0.75°以上ずれた場合には、発振歩留まりが非常に低くなった。一方、オリフラが(-1017)面から[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜している場合には、発振歩留まりが50%以上に増加した。特に、(-1017)面から[1-100]方向に直交する方向に-0.25°以上0.25°以下傾斜している場合には、発振歩留まりが75%以上と非常に増加し、(-1017)面の場合には、発振歩留まりが85%と最も増加した。

20

## 【0120】

これらの事実から、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から[1-100]方向に直交する方向に-0.5°以上0.5°以下傾斜した面を示す表示部を備えることにより、発振歩留まりを向上できることが確認できた。

## 【0121】

また、本実施例の[1-100]方向に直交する方向と、実施例2における[1-100]方向とは、光の閉じ込め効果が異なるので、それぞれの傾斜角度の許容範囲が異なることがわかった。

30

## 【0122】

以上のように本発明の実施の形態および実施例について説明を行なったが、各実施の形態および実施例の特徴を適宜組み合わせることも当初から予定している。また、今回開示された実施の形態および実施例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実施の形態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。

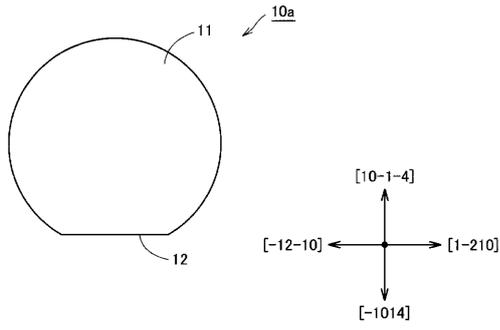
## 【符号の説明】

40

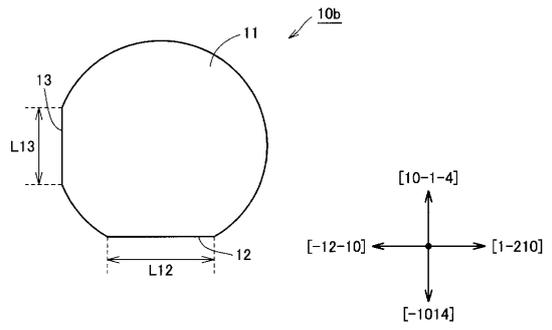
## 【0123】

10a, 10b, 10c, 10d, 10e 窒化物半導体基板、11 主面、12 オリエンテーションフラット(オリフラ)、13 第2のオリエンテーションフラット(オリフラ)、15 ノッチ、16 第2のノッチ、17 印、100 半導体レーザ、100a, 100b 端面、100c 導波路、102 n型バッファ層、103 n型クラッド層、104 n型ガイド層、105, 107 アンドープガイド層、106 活性層、108 p型ブロック層、109 p型ガイド層、110 p型クラッド層、111 p型コンタクト層、112 絶縁膜、113 p型電極、114 n型電極。

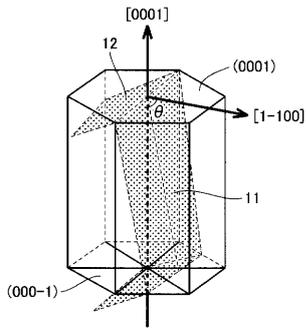
【 図 1 】



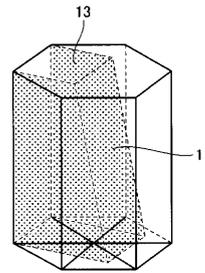
【 図 3 】



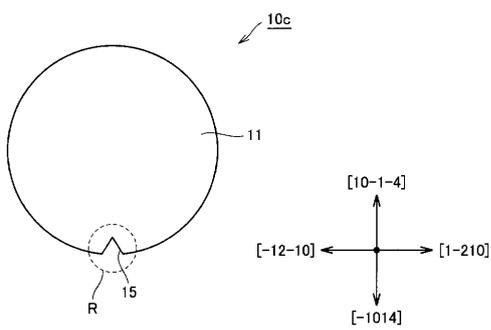
【 図 2 】



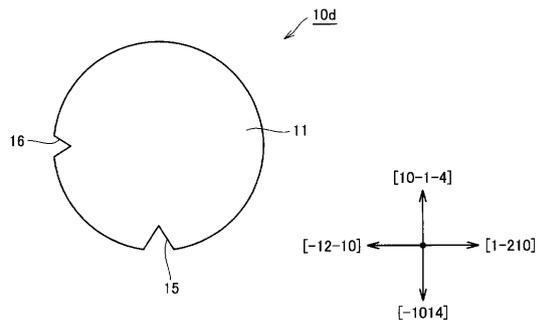
【 図 4 】



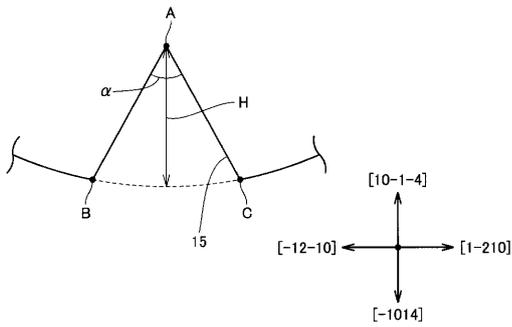
【 図 5 】



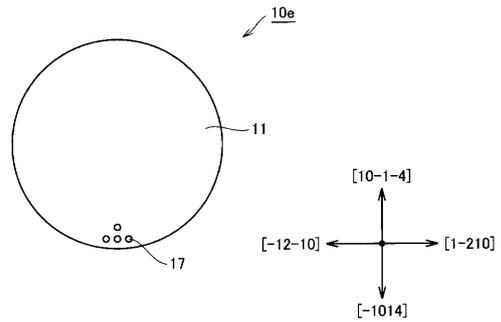
【 図 7 】



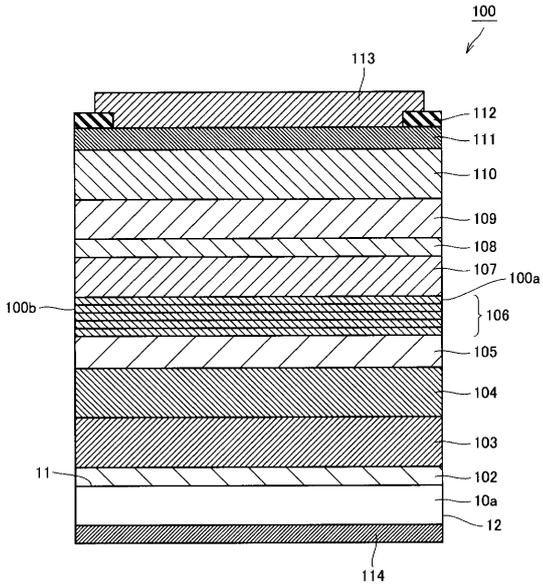
【 図 6 】



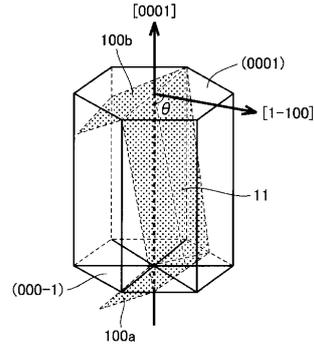
【 図 8 】



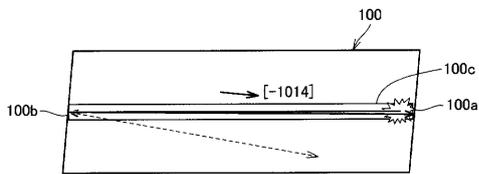
【図9】



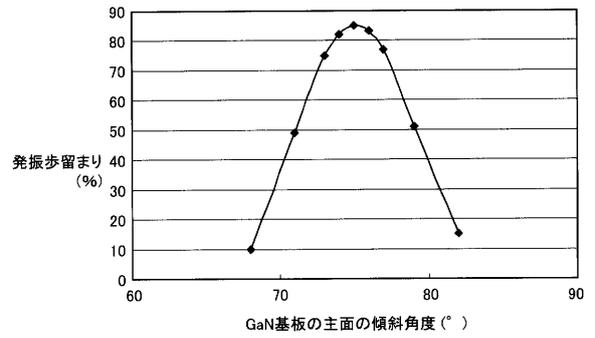
【図11】



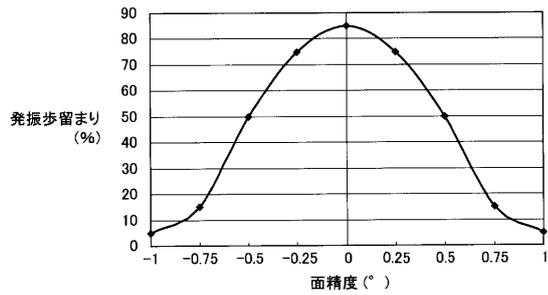
【図10】



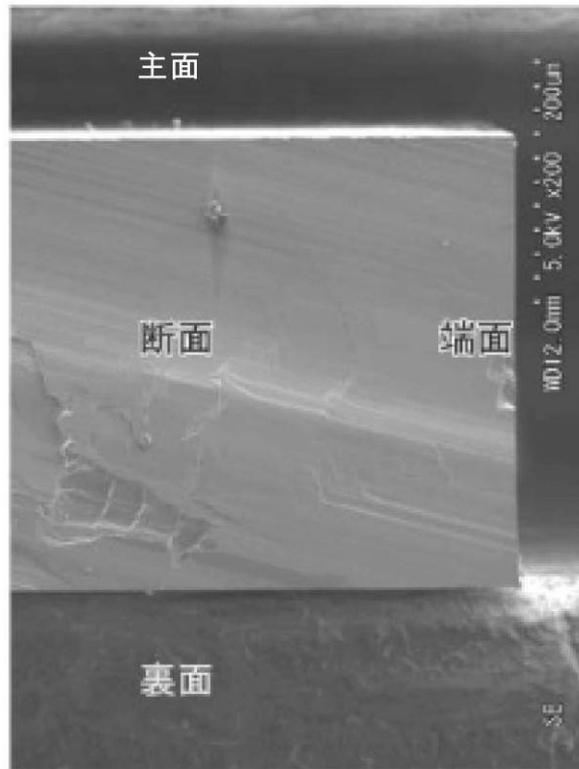
【図13】



【図14】



【図 1 2】



【手続補正書】

【提出日】平成25年4月26日(2013.4.26)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

主面と、オリエンテーションフラットとを備える窒化物半導体基板であって、  
 前記主面は、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した面、または(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した面であり、

前記オリエンテーションフラットは、前記主面とほぼ直交し、

前記窒化物半導体基板の大きさは、前記窒化物半導体基板の平面形状が円形状であれば10mm径以上、前記平面形状が矩形形状であれば10mm角以上であり、

前記窒化物半導体基板の厚みは100μm以上1000μm以下である、窒化物半導体基板。

【請求項 2】

主面と、ノッチとを備える窒化物半導体基板であって、

前記主面は、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した面、または(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した面であり、

前記窒化物半導体基板の大きさは、前記窒化物半導体基板の平面形状が円形状であれば10mm径以上、前記平面形状が矩形形状であれば10mm角以上であり、

前記窒化物半導体基板の厚みは100 $\mu$ m以上1000 $\mu$ m以下である、窒化物半導体基板。

**【請求項3】**

主面と、印とを備える窒化物半導体基板であって、

前記主面は、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した面、または(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した面であり、

前記窒化物半導体基板の大きさは、前記窒化物半導体基板の平面形状が円形状であれば10mm径以上、前記平面形状が矩形形状であれば10mm角以上であり、

前記窒化物半導体基板の厚みは100 $\mu$ m以上1000 $\mu$ m以下である、窒化物半導体基板。

**【請求項4】**

前記窒化物半導体基板の大きさは、前記平面形状が円形状であれば30mm径以上、前記平面形状が矩形形状であれば18mm角以上である、請求項1～3のいずれか1項に記載の窒化物半導体基板。

**【請求項5】**

前記窒化物半導体基板の大きさは、前記平面形状が円形状であれば2インチ径以上、前記平面形状が矩形形状であれば30mm角以上である、請求項1～3のいずれか1項に記載の窒化物半導体基板。

**【請求項6】**

前記窒化物半導体基板の大きさは、前記平面形状が円形状であれば3インチ径以上である、請求項1～3のいずれか1項に記載の窒化物半導体基板。

**【手続補正2】**

**【補正対象書類名】**明細書

**【補正対象項目名】**0006

**【補正方法】**変更

**【補正の内容】**

**【0006】**

本発明に従った窒化物半導体基板は、主面と、オリエンテーションフラットとを備える。主面は、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した面、または(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した面である。オリエンテーションフラットは、上記主面とほぼ直交する。窒化物半導体基板の大きさは、窒化物半導体基板の平面形状が円形状であれば10mm径以上、当該平面形状が矩形形状であれば10mm角以上である。窒化物半導体基板の厚みは100 $\mu$ m以上1000 $\mu$ m以下である。

また、本発明に従った窒化物半導体基板は、主面と、ノッチとを備える。主面は、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した面、または(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した面である。窒化物半導体基板の大きさは、窒化物半導体基板の平面形状が円形状であれば10mm径以上、平面形状が矩形形状であれば10mm角以上である。窒化物半導体基板の厚みは100 $\mu$ m以上1000 $\mu$ m以下である。

また、本発明に従った窒化物半導体基板は、主面と、印とを備える。主面は、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した面、または(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した面である。窒化物半導体基板の大きさは、窒化物半導体基板の平面形状が円形状であれば10mm径以上、平面形状が矩形形状であれば10mm角以上である。窒化物半導体基板の厚みは100 $\mu$ m以上1000 $\mu$ m以下である。

本発明者は、鋭意研究の結果、半導体レーザを作製したときに発振歩留まりを向上できる窒化物半導体基板は、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した主面、または(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下

傾斜した面を有することを見い出した。そして、この主面を有する窒化物半導体基板を半導体装置に用いるために面方位を特定することを鋭意研究した結果、 $(-1017)$ 面または $(10-1-7)$ 面近傍が劈開しやすい性質を有していることを見い出した。

---

フロントページの続き

特許法第30条第1項適用申請有り 平成21年8月21日 社団法人応用物理学会, Appl. Phys. Exp., Vol. 2, pp. 092101-1-092101-3: <http://apex.ipap.jp/journal/APEX-2-9.html>を通じて発表

特許法第30条第1項適用申請有り 平成21年8月24日 日経BP社「日経エレクトロニクス 平成21年8月24日号」に発表

(72)発明者 善積 祐介

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 山口 さゆり

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

Fターム(参考) 5F057 AA11 BA12 BB05 CA22 DA01 DA11