

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5040977号  
(P5040977)

(45) 発行日 平成24年10月3日(2012.10.3)

(24) 登録日 平成24年7月20日(2012.7.20)

(51) Int.Cl. F I  
 HO 1 L 21/02 (2006.01) HO 1 L 21/02 B  
 HO 1 L 21/304 (2006.01) HO 1 L 21/304 6 2 1 E  
 HO 1 L 21/304 6 2 2 W

請求項の数 9 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2009-218890 (P2009-218890)	(73) 特許権者	000002130
(22) 出願日	平成21年9月24日(2009.9.24)		住友電気工業株式会社
(65) 公開番号	特開2011-71180 (P2011-71180A)		大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(43) 公開日	平成23年4月7日(2011.4.7)	(74) 代理人	100064746
審査請求日	平成24年4月3日(2012.4.3)		弁理士 深見 久郎
		(74) 代理人	100085132
			弁理士 森田 俊雄
		(74) 代理人	100083703
			弁理士 仲村 義平
		(74) 代理人	100096781
			弁理士 堀井 豊
		(74) 代理人	100109162
			弁理士 酒井 将行
		(74) 代理人	100111246
			弁理士 荒川 伸夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体基板、半導体装置およびそれらの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

窒化物半導体基板であって、  
 (0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜、或いは(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した主面と、  
 前記主面の外周端部に位置する面取り加工部とを備え、  
 前記面取り加工部の、前記主面および前記主面と反対側に位置する裏面のうちのいずれか隣接する一方に対する傾斜角度は5°以上45°以下である、窒化物半導体基板。

【請求項2】

前記面取り加工部の表面層には、平均厚さが0.5μm以上10μm以下である加工変質層が形成されている、請求項1に記載の窒化物半導体基板。

【請求項3】

前記面取り加工部は、前記主面側に位置する表側面取り部と、前記裏面側に位置する裏側面取り部とを含み、

前記表側面取り部に形成された前記加工変質層の厚みは、前記裏側面取り部に形成された前記加工変質層の厚みより厚くなっている、請求項2に記載の窒化物半導体基板。

【請求項4】

前記面取り加工部の面取り量は0.02mm以上0.5mm以下である、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】

10

20

前記面取り加工部の表面粗さがRaで0.07 μm以上3 μm以下である、請求項1～4のいずれか1項に記載の窒化物半導体基板。

【請求項6】

(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜、或いは(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窒化物半導体基板を準備する工程と、

前記窒化物半導体基板の前記主面の外周端部に面取り加工を施す工程とを備え、

前記面取り加工を施す工程では、前記主面および前記主面と反対側に位置する裏面のうちのいずれか隣接する一方に対する傾斜角度が5°以上45°以下となる面取り加工部を形成する、窒化物半導体基板の製造方法。

10

【請求項7】

前記面取り加工を施す工程は、前記主面側に位置する表側面取り部を形成する工程と、前記裏面側に位置する裏側面取り部を形成する工程とを含み、

前記表側面取り部に形成された加工変質層の厚みは、前記裏側面取り部に形成された加工変質層の厚みより厚くなっている、請求項6に記載の窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項8】

請求項1～5のいずれか1項に記載の窒化物半導体基板を用いた半導体装置。

【請求項9】

請求項6または7に記載の窒化物半導体基板の製造方法を用いて窒化物半導体基板を準備する工程と、

20

前記窒化物半導体基板の主面上にエピタキシャル層を形成する工程とを備える、半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、窒化物半導体基板、半導体装置およびそれらの製造方法に関し、より特定のには、半極性面である主面を有する窒化物半導体基板、半導体装置およびそれらの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

3.4 eV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基板においては、基板の欠け、割れなどを防止するために外周端部に面取り加工部を形成することが提案されている(たとえば、特許文献1参照)。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2004-319951号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、上記特許文献1では、基板の主面がc面であり、半極性面である主面(c面から傾斜した主面)を有する窒化物半導体基板については特に言及しておらず、従来そのような半極性面を主面とする窒化物半導体基板の外周端部にどのような面取り加工部を形成すれば、窒化物半導体基板の割れや欠けを効果的に抑制できるのかは知られていなかった。

【0005】

この発明は、上記のような課題を解決するために成されたものであり、この発明の目的は、割れや欠けを効果的に防止することができる面取り加工部を備えた、半極性面である

50

主面を有する窒化物半導体基板、当該窒化物半導体基板を用いた半導体装置、およびそれらの製造方法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、或いは(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、半導体装置の製造工程中や窒化物半導体基板のハンドリング中に当該窒化物半導体基板に割れや欠けが発生することを効果的に抑制することが可能な面取り加工部の形状を見出した。

10

【0007】

すなわち、本発明に従った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、或いは(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した主面と、主面の外周端部に位置する面取り加工部とを備える。面取り加工部の、主面および当該主面と反対側に位置する裏面のうちのいずれか隣接する一方に対する傾斜角度は5°以上45°以下である。

【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。さらに、窒化物半導体基板の外周端部からの割れや欠けの発生を抑制することができる。この結果、当該割れや欠けに起因する窒化物半導体基板の不良発生を抑制でき、当該窒化物半導体基板の歩留まりを向上させることができる。

20

【0009】

この発明に従った窒化物半導体基板の製造方法は、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した主面、或いは(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窒化物半導体基板を準備する工程と、窒化物半導体基板の主面の外周端部に面取り加工を施す工程とを備える。面取り加工を施す工程では、主面および主面と反対側に位置する裏面のうちのいずれか隣接する一方に対する傾斜角度が5°以上45°以下となる面取り加工部を形成する。

【0010】

このようにすれば、本発明に従った窒化物半導体基板を製造することができる。

この発明に従った半導体装置は、上記窒化物半導体基板を用いた半導体装置である。この場合、窒化物半導体基板の割れや欠けが効果的に抑制されることから、製造歩留りの高い半導体装置を実現できる。

30

【0011】

この発明に従った半導体装置の製造方法は、上記窒化物半導体基板の製造方法を用いて窒化物半導体基板を準備する工程と、窒化物半導体基板の主面上にエピタキシャル層を形成する工程とを備える。この場合、窒化物半導体基板の割れや欠けが効果的に抑制されることから、半導体装置の高い製造歩留りを実現できる。

【発明の効果】

40

【0012】

本発明によれば、窒化物半導体基板の割れや欠けを効果的に抑制でき、結果的に歩留りの高い半導体装置を製造できる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明による窒化物半導体基板の実施の形態1を示す平面模式図である。

【図2】図1の線分II-IIにおける断面模式図である。

【図3】図1および図2に示した窒化物半導体基板の主面およびオリエンテーションフラットの面方位を説明するための模式図である。

【図4】図1および図2に示した窒化物半導体基板の製造方法を説明するためのフローチ

50

ャートである。

【図5】図4に示したチャンファ加工工程(S20)を説明するための模式図である。

【図6】図4に示したチャンファ加工工程(S20)を説明するための模式図である。

【図7】図1および図2に示した窒化物半導体基板の変形例を示す部分断面模式図である。

。

【図8】図1および図2に示した窒化物半導体基板の変形例を示す部分断面模式図である。

。

【図9】図1および図2に示した窒化物半導体基板の変形例を示す部分断面模式図である。

。

【図10】図1および図2に示した窒化物半導体基板の変形例を示す部分断面模式図である。

10

【図11】図1および図2に示した窒化物半導体基板の変形例を示す部分断面模式図である。

【図12】図1および図2に示した窒化物半導体基板の他の変形例を示す平面模式図である。

【図13】図12に示した窒化物半導体基板における主面および第2のオリフラの結晶方位を説明するための模式図である。

【図14】図1および図2に示した窒化物半導体基板の他の変形例を説明するための平面模式図である。

【図15】図14に示した領域Rの拡大模式図である。

20

【図16】図1および図2に示した窒化物半導体基板の他の変形例を説明するための平面模式図である。

【図17】図1および図2に示した窒化物半導体基板の他の変形例を示す平面模式図である。

【図18】本発明による窒化物半導体基板を用いた半導体装置である発光素子の断面模式図である。

【図19】図18に示した発光素子の発光層を説明するための断面模式図である。

【図20】図18および図19に示した発光素子に電極を形成した構成を示す断面模式図である。

【図21】図20に示した発光素子を用いた発光装置を示す模式図である。

30

【図22】実施例1において作製した半導体レーザを概略的に示す断面図である。

【図23】図21に示した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24】図21に示した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。

【発明を実施するための形態】

【0014】

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番号を付し、その説明は繰返さない。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。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。また、記載の特定方位、方向はそれだけを示すのではなく、当然ながらそれと等価な関係の方位、方向も含むのは言うまでもない。

40

【0015】

(実施の形態1)

図1～図3を参照して、本発明による窒化物半導体基板の実施の形態1を説明する。

【0016】

図1および図2に示すように、本発明による窒化物半導体基板10aは、平面形状がほぼ円形状であって、外周端部の一部が直線状に加工されたオリエンテーションフラット12(オリフラ12)が形成されている。また、窒化物半導体基板10aの外周端において

50

は、主面 1 1 側のチャンファ加工部である表側面取り部 2 2 が形成されている。また、主面 1 1 と反対側の裏面 2 1 の外周部においては、裏面 2 1 側のチャンファ加工部である裏側面取り部 2 3 が形成されている。そして、窒化物半導体基板 1 0 a の外周端部においては、表側面取り部 2 2 と裏側面取り部 2 3 とを繋ぐように、曲面状の端面 2 4 が形成されている。これらの表側面取り部 2 2、裏側面取り部 2 3 および端面 2 4 から面取り加工部（チャンファ部）が構成されている。表側面取り部 2 2 の幅 L 2 は、裏側面取り部 2 3 の幅 L 1 よりも大きくなっている。

【 0 0 1 7 】

主面 1 1 の延在方向に対して表側面取り部 2 2 の延在方向が角度 2 で交差している。また、裏面 2 1 の延在方向に対して、裏側面取り部 2 3 の延在方向は角度 1 で交差している。角度 1 と角度 2 とは同じであってもよいが異なる値となってもよい。そして、表側面取り部 2 2、裏側面取り部 2 3 および端面 2 4 の表面層には加工変質層 2 5 が形成されている。図 2 からわかるように、表側面取り部 2 2 に形成された加工変質層 2 5 の厚みは、裏側面取り部 2 3 において形成された加工変質層 2 5 の厚みよりも厚くなっている。

10

【 0 0 1 8 】

この主面 1 1 は、( 0 0 0 1 ) ( c + 面 ) 面から [ 1 - 1 0 0 ] 方向 ( m + 軸方向 ) に 7 1 ° 以上 7 9 ° 以下傾斜した面、或いは ( 0 0 0 - 1 ) 面 ( c - 面 ) から [ - 1 1 0 0 ] ( m - 軸方向 ) 方向に 7 1 ° 以上 7 9 ° 以下傾斜した面であり、( 2 0 - 2 1 ) 面または ( - 2 0 2 - 1 ) 面であることが好ましい。なお、主面 1 1 の面方位は、上述した面方位 ( 2 0 - 2 1 )、( - 2 0 2 - 1 ) から所定の角度だけ傾斜していてもよい。

20

【 0 0 1 9 】

ここで、主面 1 1 の面方位について、図 3 を参照して説明する。図 3 に示すように、主面 1 1 は、( 0 0 0 1 ) 面から [ 1 - 1 0 0 ] 方向 ( m + 軸方向 ) に角度 傾いた面である。言い換えると、主面 1 1 は、[ 0 0 0 1 ] 方向 ( c 軸方向 ) から [ 1 - 1 0 0 ] 方向 ( m 軸方向 ) に角度 傾いた面である。角度 は 7 1 ° 以上 7 9 ° 以下であり、7 3 ° 以上 7 7 ° 以下であることが好ましく、7 4 ° 以上 7 6 ° 以下であることがより好ましい。なお、( 2 0 - 2 1 ) 面または ( - 2 0 2 - 1 ) 面は、( 0 0 0 1 ) 面または ( 0 0 0 - 1 ) 面から、m + 軸、m - 軸方向に約 7 5 ° ( = 角度 ) 傾いた面である。ここで m - 軸方向とは [ - 1 1 0 0 ] 方向である。

30

【 0 0 2 0 】

また、上記角度 が 7 1 ° 以上 7 9 ° 以下の場合、この窒化物半導体基板 1 0 a 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 5 0 % 以上）することができる。角度 が 7 3 ° 以上 7 7 ° 以下の場合、窒化物半導体基板 1 0 a 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 7 5 % 以上）することができる。角度 が 7 4 ° 以上 7 6 ° 以下の場合、窒化物半導体基板 1 0 a 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 8 0 % 以上）することができる。

【 0 0 2 1 】

さらに、上記窒化物半導体基板 1 0 a では、面取り加工部の、主面 1 1 および当該主面 1 1 と反対側に位置する裏面 2 1 のうちのいずれか隣接する一方に対する傾斜角度（図 2 の角度 1 または角度 2 ）は 5 ° 以上 4 5 ° 以下である。このようにすれば、窒化物半導体基板 1 0 a の外周端部からの割れや欠けの発生を抑制することができる。この結果、当該割れや欠けに起因する窒化物半導体基板 1 0 a の不良発生を抑制でき、当該窒化物半導体基板 1 0 a の加工歩留りを向上させることができる。さらに、窒化物半導体基板 1 0 a を用いて作製した半導体装置（たとえば半導体レーザ）の歩留まりを向上することができる。

40

【 0 0 2 2 】

また、図 1 および図 2 に示すように、主面 1 1 側と裏面 2 1 側とにおいて、面取り加工部の表側面取り部 2 2 および裏側面取り部 2 3 のサイズ（たとえば面取り量に対応する幅

50

L1と幅L2)が異なるため、この面取り部のサイズによって目視により基板の主面11と裏面21とを判別することができる。

【0023】

また、面取り加工部においては、表面である主面11側の加工変質層25の厚みと、裏面21側の加工変質層25の厚みに差があるため、窒化物半導体基板10aの形状の安定性を高めることができる。

【0024】

また、図1を参照して、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。ところで、筆者らは主面が(0001)面から[1-100]方向に75°傾いた(20-21)面又は(000-1)面から[-1100]方向に75°傾いた(-202-1)面の場合、主面にほぼ直交する(-1017)面、又は(10-1-7)面近傍で容易に劈開することを初めて見出した。そこで、オリフラ12は、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から-0.5°以上0.5°以下傾斜した面であり、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から-0.2°以上0.2°以下傾斜した面であることが好ましく、(-1017)面または(10-1-7)面であることがより好ましい。

【0025】

ここで、オリフラ12の面方位について、図3を参照して説明する。図3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。(-1017)面および(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、m面またはa面等のこれまでの劈開面とは異なる。

【0026】

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

【0027】

従って、主面が(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°傾いた場合は、(-1017)面の法線方向である[-1014]方向に直交する面を、或いは(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°傾いた場合は、(10-1-7)面の法線方向である[10-1-4]に直交する面に容易にオリフラ12を形成できることを初めて見出した。

【0028】

また、異なる観点から言えば(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から-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。このため、上述した面に容易にオリフラ12を形成できる。さらに、(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から-0.2°以上0.2°以下傾斜した面に容易にオリフラ12を形成できる。さらには、(-1017)面、(10-1-7)面にオリフラ12を形成してもよい。

【0029】

なお、上記c+面とは、Ga極性の(0001)面、c-面とはN極性の(000-1)面を意味する。m軸方向とは、[1-100]方向、[10-10]方向、[-1100]方向、[-1010]方向、[01-10]方向、[0-110]方向およびこれらと平行な方向を含む。

【0030】

また、(-1017)面と(10-1-7)面とは裏表の関係にある。

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、G

10

20

30

40

50

a Nであることがより好ましい。また、窒化物半導体基板の大きさは、円形であれば10 mm径以上が好ましく、30 mm径以上がより好ましく、2インチ径以上がもっと好ましく、3インチ径以上がよりいっそう好ましい。また、矩形であれば、10 mm角以上が好ましく、18 mm角以上がより好ましく、30 mm角以上がもっと好ましい。基板の厚みは100  $\mu\text{m}$ 以上1000  $\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。100  $\mu\text{m}$ 以上では基板のハンドリングができ、1000  $\mu\text{m}$ 以下では切断できる。厚みは300  $\mu\text{m}$ 以上400  $\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。

#### 【0031】

図4を参照して、図1および図2に示した窒化物半導体基板の製造方法を説明する。

図4を参照して、まず基板準備工程(S10)を実施する。具体的には、工程(S10)においては、たとえば気相成長法によって作製した窒化物半導体基板を準備する。当該窒化物半導体基板の平面形状は任意の形状とすることができるが、たとえば円形状としてもよい。また、円形状の窒化物半導体基板のサイズはたとえば直径を2インチ(約50 mm)とすることができる。当該窒化物半導体基板には、ドーパントを含有させることによって導電型を任意の型(たとえばn型)にすることができる。導電型をn型にするドーパントとして、たとえばシリコン(Si)や酸素(O)を用いることができる。

10

#### 【0032】

この工程(S10)では、たとえば気相成長法によって成長した窒化物半導体のインゴットの外径を所定の値にするための加工工程(例えば外周研削やコアドリル工程)、および加工後のインゴットをスライスすることによってウェハを得る工程を実施することができる。

20

#### 【0033】

なお、この工程(S10)において準備する窒化物半導体基板は、任意の方法により製造されていてもよい。たとえば、以下のような方法により製造された窒化物半導体基板を準備してもよい。

#### 【0034】

すなわち、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( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )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。

30

#### 【0035】

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。

#### 【0036】

次に、外径を所定の値に加工された後の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、切り出す。たとえば下地基板の主面がc+面である場合、窒化物半導体結晶はc+軸方向に成長する。このため、図3における主面11に平行な平面(c+面からm+軸方向へ角度 傾斜した面)に沿って窒化物半導体基板を切り出す。(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場合は、(0001)面と(000-1)面が裏表の関係にあることから、上記結晶の底面が(000-1)面となり、その面から[-1100]方向へ71°以上79°以下傾斜するように切り出せばよい。

40

#### 【0037】

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。

50

## 【0038】

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、レーザー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。

10

## 【0039】

なお、主面が(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜した主面、或いは(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ず、さらに、このようにして得られた、窒化物半導体基板の主表面上に、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表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表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。更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用い、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。

20

## 【0040】

次に、図4に示すように、チャンファ加工工程(S20)を実施する。この工程(S20)においては、図2に示したようなチャンファ部(面取り加工部)を窒化物半導体基板10aの外周端部に形成する。具体的には、たとえば図5および図6に示すようなゴム砥石30を用いて窒化物半導体基板10aの外周端部を加工する。

## 【0041】

たとえば、図5に示すように、表面31が円錐形状になったゴム砥石30を用いて窒化物半導体基板10aの外周端部の角部を研削する。このとき、ゴム砥石30の表面31と窒化物半導体基板10aの端部との接触部は直線状になる。この結果、図2に示した表側面取り部22が形成される。また、図5に示したゴム砥石30は、図5において矢印で示すように、ゴム砥石30に接続された軸を中心に回転している。そして、図2に示した主面11の延在方向と表側面取り部22の延在方向とのなす角度 $\theta_2$ は、ゴム砥石30の表面31と窒化物半導体基板10aの主面11とのなす角度を調整することにより任意に変更することができる。

30

## 【0042】

また、図2に示した裏側面取り部23は、図5に示したゴム砥石30を裏面21側から窒化物半導体基板10aの端部へと接触して当該端部を研削することにより形成することができる。

40

## 【0043】

また、図2に示した曲面状の端面24は、図6に示すように、表面32が曲面状に形成されたゴム砥石30を窒化物半導体基板10aの端面に接触させることにより、当該端面を研削することで得られる。上記ゴム砥石30の番手などの条件は適宜選択することができるが、たとえば300番手～3000番手のゴム砥石30を用いてもよい。

## 【0044】

なおこのチャンファ加工工程(S20)においては、顕微鏡を用いて窒化物半導体基板10aの主面11および裏面21の面状態の違いを検出することにより表裏の判断を行な

50

う。そして、この工程（S20）において、表側面取り部22と裏側面取り部23との加工量を変える（たとえば面取り量や角度 1、2をそれぞれ変更する）ことにより、その後の工程における基板の表面と裏面との判別を容易に行なうことができる。

【0045】

次に、裏面研削工程（S30）を行なう。この工程（S30）においては、窒化物半導体基板10aの裏面21を研削加工する。研削加工では、従来周知の任意の方法を採用することができる。この工程（S30）は、窒化物半導体基板10aの厚みを所定の値にすることを目的としている。

【0046】

なお、この工程（S30）の後であって、後述する表面研削工程（S40）の前に、裏面エッチング工程を実施してもよい。この裏面エッチング工程では、たとえばKOHをエッチング液として用いたウエットエッチングを実施してもよい。これは、上述した工程（S30）において基板の裏面に形成される加工変質層（たとえば厚みが1~30 $\mu\text{m}$ ）を除去するために実施する。このため、エッチング量は、加工変質層の厚みに応じて適宜選択する。たとえば、エッチング量を1 $\mu\text{m}$ 以上30 $\mu\text{m}$ 以下とすることができる。

【0047】

次に、表面研削工程（S40）を実施する。具体的には、この工程（S40）では、窒化物半導体基板10aの表面である主面11に対して研削加工を行なう。この研削加工は、後述する研磨工程の前処理として行なっている。なお、この表面研削工程（S40）では、従来周知の任意の方法を採用することができる。また、この研削工程において形成される加工変質層の厚みはたとえば0.5 $\mu\text{m}$ 以上20 $\mu\text{m}$ 以下である。

【0048】

次に、研磨工程（S50）を実施する。この工程（S50）においては、任意の方法により主面11の研磨を行なう。この結果、主面11を鏡面状態にすることができる。たとえば、研磨工程（S50）では、粗研磨と仕上げ研磨とを実施してもよい。この結果、主面11（表面）と主面11周辺部に加工変質層が形成される。加工変質層の厚みは条件にもよるが0.1 $\mu\text{m}$ 以上5 $\mu\text{m}$ 以下である。

【0049】

次に、エッチング工程（S60）を実施する。この工程（S60）においては、少なくとも主面11および窒化物半導体基板10aの面取り加工部における加工変質層の少なくとも一部をエッチングにより除去する。エッチング方法としては任意の方法を用いることができるが、たとえばドライエッチングを用いることができる。たとえば、この工程（S60）では、主面11の加工変質層を完全に除去する一方、面取り加工部となる周辺部では加工変質層をたとえば厚み1 $\mu\text{m}$ 以上3 $\mu\text{m}$ 以下残存させてもよい。なお、このエッチング工程（S60）は必ずしも実施しなくてもよい。窒化物半導体基板の主面の粗さは、Ra基準で10nm以下がよい。裏面の粗さは、Ra基準で10 $\mu\text{m}$ 以下がよい。

【0050】

なお、オリフラ12を形成する工程は、工程（S20）の前または後に実施することができる。具体的には、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-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。

【0051】

この結果、図1および図2に示した窒化物半導体基板10aを得ることができる。

次に、図7~図11を参照して、図1および図2に示した窒化物半導体基板の変形例を説明する。

【0052】

図7を参照して、図1および図2に示した窒化物半導体基板10aの変形例は、基本的には図1および図2に示した窒化物半導体基板10aと同様の構造を備えるが、端面24の形状が異なっている。すなわち、図7に示した窒化物半導体基板10aにおいては、端面24について図7に示すように断面が直線状となっている。このような構成の基板によ

10

20

30

40

50

っても、図1および図2に示した窒化物半導体基板10aと同様の効果を得ることができる。

【0053】

次に、図8を参照して、図1および図2に示した窒化物半導体基板10aの他の変形例は、基本的には図1および図2に示した窒化物半導体基板10aと同様の構造を備えるが、面取り加工部における加工変質層25の形状が異なっている。すなわち、図8に示した窒化物半導体基板10aにおいては、表側面取り部22にのみ加工変質層25が形成されている。このような構成の基板によっても、図1および図2に示した窒化物半導体基板10aと同様の効果を得ることができる。

【0054】

図9に示した窒化物半導体基板10aは、基本的には図1および図2に示した窒化物半導体基板10aと同様の構造を備えるが、面取り加工部の形状が異なっている。すなわち、図9に示した窒化物半導体基板10aにおいては、面取り加工部を構成する表側面取り部22の幅（面取り量）よりも裏側面取り部23の幅（面取り量）の方が大きくなっている。このような構成の基板によっても、図1および図2に示した窒化物半導体基板10aと同様の効果を得ることができる。

【0055】

図10に示した窒化物半導体基板10aは、図1および図2に示した窒化物半導体基板10aの他の変形例であって、面取り加工部の形状が図1および図2に示した窒化物半導体基板10aと異なっている。すなわち、図10に示した窒化物半導体基板10aにおいては、面取り加工部を構成する表側面取り部22、裏側面取り部23および端面24のすべての断面外形が曲線状になっている。このような構成によっても、図1および図2に示した窒化物半導体基板10aと同様の効果を得ることができる。

【0056】

図11に示す窒化物半導体基板10aは、基本的には図1および図2に示した窒化物半導体基板10aと同様の構成を備えるが、面取り加工部の形状が図1および図2に示した窒化物半導体基板10aとは異なっている。すなわち、図11に示した窒化物半導体基板10aにおいては、表側面取り部22と裏側面取り部23との幅がほぼ等しくなっている。このような構成によっても、基板端部からの割れや欠けを防止するといった、図1に示した窒化物半導体基板10aと同様の効果を得ることができる。また、表側面取り部22と裏側面取り部23との幅がほぼ等しい場合には、窒化物半導体基板の反りを小さくすることができる。

【0057】

図12および図13を参照して、図1および図2に示した窒化物半導体基板の他の変形例を説明する。

【0058】

図12に示した窒化物半導体基板10bは、基本的には図1および図2に示した窒化物半導体基板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。

【0059】

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(a面)、またはこの面から-0.5°以上0.5°以下傾斜した面であり、(11-20)面であることがより好ましい。

【0060】

ここで、第2のオリフラ13の面方位について、図13を参照して説明する。図13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)ともほぼ直交する。

10

20

30

40

50

## 【0061】

第2のオリフラ13により、(11-20)面、またはこの面から $-0.5^\circ$ 以上 $0.5^\circ$ 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。

## 【0062】

なお、上記a面とは、(11-20)面、(1-210)面、(-2110)面、(-1-120)面、(-12-10)面、(2-1-10)面、およびこれらの面と平行な面を含み、等価である。また、図3中の[1-210]方向および[-12-10]方向は、a軸方向である。a軸方向とは、[11-20]方向、[1-210]方向、[-2110]方向、[-1-120]方向、[-12-10]方向、[2-1-10]方向、およびこれらの方向と平行な方向を含む。

10

## 【0063】

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。

20

## 【0064】

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。

## 【0065】

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12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。

## 【0066】

図12に示した窒化物半導体基板の製造方法は、基本的には図1および図2に示した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 $-0.5^\circ$ 以上 $0.5^\circ$ 以下傾斜した面の第2のオリフラ13を形成する。

30

## 【0067】

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 $-0.5^\circ$ 以上 $0.5^\circ$ 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。

## 【0068】

(11-20)面、またはこの面から $-0.5^\circ$ 以上 $0.5^\circ$ 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。

40

## 【0069】

図14および図15を参照して、図1および図2に示した窒化物半導体基板の他の変形例を説明する。図14および図15に示した窒化物半導体基板10cは、基本的には図1および図2に示した窒化物半導体基板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。

## 【0070】

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14および図15に示すように、(-1017)面、(-1017)面、またはこれらの面から $-0.5^\circ$ 以上 $0.5^\circ$ 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。

50

詳細には、図15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。

【0071】

図15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、角度はたとえば $30^\circ$ 以上 $120^\circ$ 以下である。深さHが10mm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2mm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。

【0072】

図14および図15に示した窒化物半導体基板10cの製造方法は、基本的には図1および図2に示した窒化物半導体基板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。

【0073】

図16を参照して、図1および図2に示した窒化物半導体基板の他の変形例を説明する。

【0074】

図16に示した窒化物半導体基板10dは、基本的には図14および図15に示した窒化物半導体基板10cと同様の構成を備えるが、第2のノッチ16が形成されている点が図14および図15に示した窒化物半導体基板10cと異なる。

【0075】

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 $-0.5^\circ$ 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。

【0076】

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。

【0077】

図16に示した窒化物半導体基板10dの製造方法は、基本的には図14および図15に示した窒化物半導体基板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。

【0078】

図17を参照して、図1および図2に示した窒化物半導体基板の他の変形例を説明する。図17に示した窒化物半導体基板10eは、基本的には図1および図2に示した窒化物半導体基板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。

【0079】

印17は、たとえばレーザー照射痕、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 $-0.5^\circ$ 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 $-0.5^\circ$ 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。

【0080】

さらに、印17は、 $(11-20)$ 面、またはこの面から $-0.5^\circ$ 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のサイズ、個数などを、 $[-1014]$ 方向または $[10-1-4]$ 方向と、 $[11-20]$ 方向とで差を設けるように形成する。図17に示した窒化物半導体基板10eでは、 $[-1$

10

20

30

40

50

014]方向よりも[11-20]方向に印17の個数を多く形成している。これにより、[-1014]方向および[11-20]方向を特定することができる。

【0081】

なお、図17では印17は1箇所複数のドットとして形成されているが、印17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。

【0082】

印17は、窒化物半導体基板10eにおいてエピタキシャル成長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17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17を容易に確認できる。

10

【0083】

本実施の形態における窒化物半導体基板10eの製造方法は、基本的には図1および図2に示した窒化物半導体基板10aと同様の構成を備えているが、オリフラ12を形成する代わりに印17を形成する点において異なる。

【0084】

印17を形成する方法は特に限定されないが、たとえば、レーザー照射することによりレーザー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17を形成することができる。また、印17の加工精度を向上することができる。

20

【0085】

ここで、上述した窒化物半導体基板10a~10eでは、表示部としてオリフラ12、ノッチ15および印17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。

【0086】

(実施の形態2)

図18および図19を参照して、本発明による窒化物半導体基板を用いた発光素子を説明する。

【0087】

図18を参照して、発光素子は、導電性がn型のGa<sub>0.9</sub>N基板である窒化物半導体基板10aと、n型Ga<sub>0.9</sub>N層41と、n型Ga<sub>0.9</sub>N層41上に形成されたAlGa<sub>0.1</sub>N層42と、AlGa<sub>0.1</sub>N層42上に形成された発光層43と、発光層43上に形成されたp型AlGa<sub>0.1</sub>N層44と、p型AlGa<sub>0.1</sub>N層44上に形成されたp型Ga<sub>0.9</sub>N層45とを備えている。n型のGa<sub>0.9</sub>N基板である窒化物半導体基板10aは、たとえば $1 \times 10^{-2} \text{ cm}$ という抵抗値であって、n型の導電性不純物の濃度が $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ という特性を備える。n型Ga<sub>0.9</sub>N層41の厚みはたとえば $1 \mu\text{m}$ とすることができる。また、このn型Ga<sub>0.9</sub>N層に含有される導電性不純物としてはシリコン(Si)を用いることができる。また、n型AlGa<sub>0.1</sub>N層42の厚みはたとえば $150 \text{ nm}$ とすることができる。また、このn型AlGa<sub>0.1</sub>N層42に含有される導電性不純物としてはたとえばシリコンを用いることができる。そして、このAlGa<sub>0.1</sub>N層42の組成としては、たとえばAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nといった組成を用いることができる。

30

40

【0088】

また、発光層43としては、たとえば図19に示すような多重量子井戸構造を用いることができる。具体的には、発光層43は、Ga<sub>0.9</sub>N層43aとGaInN層43bとが交互に積層した多層構造となってもよい。このとき、たとえばGa<sub>0.9</sub>N層43aの厚みを $10 \text{ nm}$ 、GaInN層43bの厚みを $3 \text{ nm}$ とすることができる。また、GaInN層の組成としては、たとえばGa<sub>0.85</sub>In<sub>0.15</sub>Nといったものを用いることができる。

【0089】

そして、この発光層43上に位置するp型AlGa<sub>0.1</sub>N層44の厚みはたとえば $20 \text{ nm}$

50

とすることができる。また、このp型AlGaIn層に含まれる導電性不純物としてはたとえばマグネシウム(Mg)を用いることができる。また、このp型AlGaIn層44の組成としては、たとえば $Al_{0.2}Ga_{0.8}In$ といったものを用いることができる。

【0090】

また、p型GaIn層45の厚みはたとえば150nmとすることができる。さらに、このp型GaIn層45に含まれる導電性不純物としてマグネシウムを用いることができる。

【0091】

図18および図19に示した半導体素子は、図4に示した基板の製造方法を用いて本発明による窒化物半導体基板10a~10eのいずれかを準備し、その後当該窒化物半導体基板10a~10eの主面11上に所定の膜をエピタキシャル成長させる工程を実施することにより形成することができる。

10

【0092】

次に、図18および図19に示した半導体素子の表面および裏面に、図20に示すように電極を形成する。具体的には、図20を参照して、p型GaIn層45上にp側電極46を形成する。このp側電極46としては、たとえばニッケル(Ni)と金(Au)との積層構造の電極を用いることができる。また、n型GaInからなる窒化物半導体基板10aの表面には、図20に示すようにn側電極47として、チタン(Ti)/アルミニウム(Al)/チタン(Ti)/金(Au)という積層構造の電極を用いることができる。n側電極47は、窒化物半導体基板10aの表面のほぼ中央部に配置する。一方、p側電極46は、p型GaIn層45の表面を覆うように形成する。

20

【0093】

次に、このようにして得られた発光素子を図21に示すようなステムに取付けることにより、発光装置を形成することができる。図21を参照して、図20に示した発光素子のp側電極46をステム52にハンダ53を介して接続固定する。一方、n側電極47は、ワイヤ54を介してリードピン51と電氣的に接続される。このようにエピタキシャル層側をステム52に向けて接続する構成でステム52に実装された発光素子は、窒化物半導体基板10a(図20参照)であるn型GaIn基板が透明であることから、当該基板側からも光を外部へ放出することができる。また、発光層43がステム52近くに配置されていることから、発光層から発生した熱がステム52へと伝達しやすく放熱性が良好である。なお、GaIn基板も熱伝導率が高いため、当該基板側からも放熱が進む。

30

【0094】

発光素子の発光波長は、430nm~550nmとすることができる。発光波長は発光層のIn組成により調整できる。本発明の窒化物半導体基板では、エピ成長時のInの取り込み効率を向上することができ、緑色領域の500nm~550nmで良好な発光特性を得ることができる。

【0095】

以下、上述した実施の形態と一部重複する部分もあるが、本発明の特徴的な構成を列挙する。

【0096】

本発明に従った窒化物半導体基板10a~10eは、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜、或いは(000-1)面から[-1100]方向に71°以上79°以下傾斜した主面11と、主面11の外周端部に位置する面取り加工部とを備える。面取り加工部の、主面11および当該主面11と反対側に位置する裏面21のうちのいずれか隣接する一方に対する傾斜角度(1または2)は5°以上45°以下である。

40

【0097】

本発明の窒化物半導体基板10a~10eは、半導体装置を作製したときに歩留りを向上できる主面11を有している。さらに、窒化物半導体基板10a~10eの外周端部からの割れや欠けの発生を抑制することができる。この結果、当該割れや欠けに起因する窒

50

化物半導体基板 10 a ~ 10 e の不良発生を抑制でき、当該窒化物半導体基板 10 a ~ 10 e の歩留りを向上させることができる。

【0098】

なお、主面 11 の傾斜角度を上記のように (0001) 面から [1-100] 方向に 71° 以上 79° 以下、或いは (000-1) 面から [-1100] 方向に 71° 以上 79° 以下としたのは、この範囲で特に半導体装置の歩留りを向上させることができる。また、面取り加工部の傾斜角度 1 または 2 の下限を 5° としたのは、この角度より小さくなると当該基板の外周端部の角部が実質的に面取り加工部を形成しない場合とほとんど変わらなくなり、割れや欠けを抑制する効果が得られなくなるためである。また、当該傾斜角度の上限を 45° としたのは、この角度より大きくすると、面取り加工部と主面との境界部の角部が 135° より小さくなってしまい、当該角部での割れや欠けが問題となってくるためである。

10

【0099】

なお、面取り加工部の上記傾斜角度は、好ましくは 15° 以上 35° 以下、より好ましくは 17° 以上 25° 以下である。このような数値範囲としたのは、次工程（表面研削および裏面研削工程）にて発生するクラック、割れや欠けを防ぐ確率をより高くできる、という理由による。

【0100】

上記窒化物半導体基板 10 a ~ 10 e において、主面 11 は、(20-21) 面または (-202-1) 面から -0.5° 以上 0.5° 以下傾斜した面であってもよい。ここで、上述した面を主面 11 とする窒化物半導体基板 10 a ~ 10 e 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。

20

【0101】

上記窒化物半導体基板 10 a ~ 10 e において、面取り加工部の表面層には、平均厚さが 0.5 μm 以上 10 μm 以下である加工変質層 25 が形成されていてもよい。

【0102】

この場合、窒化物半導体基板 10 a ~ 10 e の外周端部に加工変質層 25 が形成されることにより、当該外周端部において残留応力が存在する領域を配置することができる。この結果、当該加工変質層 25 の厚さを適宜調整することにより、窒化物半導体基板 10 a ~ 10 e の形状が反ったりするという形状不良を抑制する効果を得ることができる。

30

【0103】

なお、加工変質層 25 の平均厚さは、TEM（透過型電子顕微鏡）で測定することができる。そして、当該平均厚さの下限を 0.5 μm としたのは、面取り加工部を研磨や研削により形成する場合に、0.5 μm より厚さの薄い加工変質層では反り抑制の効果が小さく、デバイスの歩留が低下するからである。また、当該平均厚さの上限を 10 μm としたのは、10 μm より厚い加工変質層を形成するとクラックおよび割れが発生する確率が増加し、さらにデバイスの歩留が低下するからである。

【0104】

なお、加工変質層 25 の平均厚さは、好ましくは 1 μm 以上 5 μm 以下である。このような数値範囲としたのは、1 μm 以下の加工は砥石が高番手になり、加工時間が長くなるため製造コストが大きくなり、また、5 μm 以上の加工は砥石が低番手(粗く)になるためパーティクルの発生などの問題からデバイスの歩留が低下する、という理由による。

40

【0105】

上記窒化物半導体基板 10 a ~ 10 e において、面取り加工部の面取り量（図 2 における幅 L1、L2）は 0.02 mm 以上 0.5 mm 以下であってもよい。この場合、窒化物半導体基板 10 a ~ 10 e の外周端部からの割れや欠けの発生を抑制する効果を確実に得ることができる。

【0106】

なお、面取り量の下限を 0.02 mm としたのは、この値より小さくなると当該基板の外周端部の角部が実質的に面取り加工部を形成しない場合とほとんど変わらなくなり、割

50

れや欠けを抑制する効果が得られなくなるためである。また、面取り量の上限を0.5 mmとしたのは、これより大きな面取り量とすると、基板の主面において面取り加工部の面積が大きくなりすぎ、当該基板から得られる半導体装置の数が少なくなって結果的に半導体装置の製造コストが増大するためである。

【0107】

なお、上記面取り量は、好ましくは0.05 mm以上0.3 mm以下、より好ましくは0.05 mm以上0.2 mm以下である。このような数値範囲としたのは、面取り量が大きいと(研削量が多いため)加工中基板に負荷が多くかかりクラックなどの不良になる確率が大きくなる、という理由による。

【0108】

上記窒化物半導体基板10a~10eにおいて、面取り加工部の表面の算術平均粗さはRaで0.07 μm以上3 μm以下であってもよい。

【0109】

この場合、面取り加工部の表面粗さが粗すぎて問題が発生する(たとえばパーティクルが発生する)ことを抑制できる。なお、上記表面粗さの下限をRaで0.07 μmとしたのは、現実的なコストでこの値より表面粗さを小さくすることが困難なためである。また、上記表面粗さの上限をRaで3 μmとしたのは、この値より大きいとパーティクルの発生などの問題が起きる可能性が高くなるからである。

【0110】

また、上記表面粗さは、好ましくはRaで0.07 μm以上1 μm以下、より好ましくはRaで0.07 μm以上0.5 μm以下である。このような数値範囲としたのは、Raが小さいほどより微細なパーティクル(不純物)の発生を抑制し、デバイス素子歩留まりが高くなるため、という理由による。

【0111】

上記窒化物半導体基板10a~10eにおいて、主面11は鏡面加工されていてもよい。主面11の表面粗さは二乗平均粗さ(RMS)で0.2 nm以上4 nm以下であってもよい。

【0112】

この場合、主面11上にエピタキシャル膜を形成するときに、当該エピタキシャル膜の成膜不良の発生を抑制できる。

【0113】

なお、主面11の表面粗さの下限を上記のような値としたのは、上記の値より小さい表面粗さとするのは工業的に現実的なコストでは困難だからである。また、上記表面粗さの上限を上記の値としたのは、上記の値より大きいとエピタキシャル膜の成膜不良の発生確率が増大するためである。

【0114】

また、上記主面11の表面粗さは、好ましくはRMSで1 nm以上3 nm以下である。このような数値範囲としたのは、上述した理由と同様にコストと品質の点で当該数値範囲が好ましいから、という理由による。

【0115】

上記窒化物半導体基板10a~10eには、所定の面を示す表示部(オリフラ12、13、ノッチ15、16、印17)が形成されていてもよい。

【0116】

この場合、窒化物半導体基板10a~10eのハンドリング時や当該窒化物半導体基板10a~10eを用いて半導体装置(図18~21参照)を製造する場合に、窒化物半導体基板10a~10eの面方位を確実に把握することができる。

【0117】

上記窒化物半導体基板10a~10eにおいて、表示部が示す所定の面は(-1017)面、(10-1-7)面、またはこれらの面から-0.5°以上0.5°以下傾斜した面、または(11-20)面、またはこの面から-0.5°以上0.5°以下傾斜した面

10

20

30

40

50

であってもよい。

【0118】

ここで、本発明の窒化物半導体基板10a~10eは、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11を有している。そして、この主面11を有する窒化物半導体基板10a~10e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発明者は見出した。そして、発明者は、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-0.5°以上0.5°以下傾斜した面を特定することを初めて明らかにした。この表示部により、この主面11を有する窒化物半導体基板10a~10e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10a~10e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10a~10eを半導体装置に用いることができる。

10

【0119】

この発明に従った窒化物半導体基板の製造方法は、(0001)面から[1-100]方向に71°以上79°以下傾斜、或いは(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窒化物半導体基板を準備する工程(S10)と、窒化物半導体基板の主面の外周端部に面取り加工を施す工程(S20)とを備える。面取り加工を施す工程(S20)では、主面11および主面と反対側に位置する裏面21のうちのいずれか隣接する一方に対する傾斜角度(1または2)が5°以上45°以下となる面取り加工部を形成する。このようにすれば、本発明に従った窒化物半導体基板10a~10eを製造することができる。

20

【0120】

この発明に従った半導体装置は、図18~21に示すように、上記窒化物半導体基板10a~10eを用いた半導体装置である。この場合、窒化物半導体基板10a~10eの割れや欠けが効果的に抑制されることから、製造歩留りの高い半導体装置を実現できる。

【0121】

この発明に従った半導体装置の製造方法は、図4に示した上記窒化物半導体基板の製造方法を用いて窒化物半導体基板10a~10eを準備する工程と、窒化物半導体基板10a~10eの主面11上にエピタキシャル層を形成する工程とを備える。この場合、窒化物半導体基板10a~10eの割れや欠けが効果的に抑制されることから、半導体装置の高い製造歩留りを実現できる。

30

【実施例1】

【0122】

本実施例では、(0001)GaNインゴットから[1-100]方向に68度から82度の範囲の角度で切り出したGaN基板の有用性を調べた(試験1)。具体的には、上記角度を変えた基板を用いて半導体レーザの素子を形成し、当該素子の発振歩留まりを測定した。また、面取り加工部の、主面11および当該主面11と反対側に位置する裏面21のうちのいずれか隣接する一方に対する傾斜角度(1または2)の優位性についても調べた(試験2)。

40

【0123】

(試験1)

試料の準備：

まず、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(後述する表1における試料ID:I-1~I-9)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G

50

a N基板が得られ、六方晶系の結晶格子において主面 1 1 によって示される。

【 0 1 2 4 】

なお、当該 G a N基板においては、外周端部に面取り加工部（チャンファ加工部）を形成した。なお、チャンファ加工にレジソンド砥石を使うと、G a N基板の外周部から割れたりクラックが入ったりする。そこで割れやクラックを防ぐために本実施例ではゴム砥石を使って加工を行なった。具体的には、1 0 0 0番手ダイヤモンド砥粒 4 0 w t %と F e <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 砥粒 6 0 w t %の混合物を C R（クロロブレンゴム）で基盤に固定した砥石を用いて外周研削した。このときの表面の算術平均粗さ（R a）は 0 . 1 μ mであった。当該ゴム砥石の空孔率は 0 %であり、又、基板の同じ厚みのものを使用し、面取り加工部の形状（チャンファ形状）は表裏で対称になる図 1 1 に示した形状を基準とした。面取り部の角度（面取り角度）は 2 0 °に、面取り量は 0 . 2 m mに統一した。なお、基板厚み、表裏の面取り角度及び面取り量が決めれば、残りの長さが決まるので、その間は滑らかな曲面でつなぐことができる。

10

【 0 1 2 5 】

また、この G a N基板について、（ - 1 0 1 7 ）面であるオリフラを形成した。

次に、当該 G a N基板を用いて半導体レーザを有機金属気相成長法により形成した。形成した半導体レーザ 1 0 0 は、図 2 2 および図 2 3 に示した構成を備える。また、有機金属気相成長法における原料にはトリメチルガリウム（T M G a）、トリメチルアルミニウム（T M A l）、トリメチルインジウム（T M I n）、アンモニア（N H <sub>3</sub>）、シラン（S i H <sub>4</sub>）を用いた。

20

【 0 1 2 6 】

具体的には、G a N基板を窒化物半導体基板 1 0 a 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、図 2 2 を参照して、窒化物半導体基板 1 0 a（G a N基板）の主表面上に n 型バッファ層 1 0 2 として、厚さ 1 0 0 0 n m の n 型 G a N を成長した。次に、n 型クラッド層 1 0 3 として、厚さ 1 2 0 0 n m の n 型 I n A l G a N クラッド層を成長した。引き続き、n 型ガイド層 1 0 4 として、厚さ 2 0 0 n m の n 型 G a N ガイド層、およびアンドープガイド層 1 0 5 として、厚さ 6 5 n m のアンドープ I n G a N ガイド層を成長した。その後、活性層 1 0 6 として、厚さ 1 5 n m の G a N / 厚さ 3 n m の I n G a N から構成される 3 周期 M Q W を成長した。続いて、アンドープガイド層 1 0 7 として、厚さ 6 5 n m のアンドープ I n G a N ガイド層、p 型ブロック層 1 0 8 として、厚さ 2 0 n m の p 型 A l G a N ブロック層、および p 型ガイド層 1 0 9 として、厚さ 2 0 0 n m の p 型 G a N ガイド層を成長した。次に、p 型クラッド層 1 1 0 として、厚さ 4 0 0 n m の p 型 I n A l G a N クラッド層を成長した。最後に、p 型コンタクト層 1 1 1 として、厚さ 5 0 n m の p 型 G a N コンタクト層を成長した。

30

【 0 1 2 7 】

次に、S i O <sub>2</sub> の絶縁膜 1 1 2 を p 型コンタクト層 1 1 1 上に成膜した後に、当該絶縁膜 1 1 2 にフォトリソグラフィ法を用いて幅 1 0 μ m のストライプ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 1 2 により上記エピタキシャル層において [ - 1 0 1 4 ] 方向を特定できるので、図 2 3 に示すようにレーザストライプの方向は [ - 1 0 1 4 ] 方向から - 0 . 5 ° 以上 0 . 5 ° 以下傾斜した方向とした。

40

【 0 1 2 8 】

そして、絶縁膜 1 1 2 の開口部（ストライプ窓）が上記方向に形成されているので、図 2 3 に示すように半導体レーザ 1 0 0 の導波路 1 0 0 c の方位は、[ - 1 0 1 4 ] 方向、またはこれらの方向から [ 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 ° 以下である。つまり、導波路 1 0 0 c は、端面 1 0 0 a、1 0 0 b（（ - 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）に概ね垂直な方向に形成される。

【 0 1 2 9 】

50

次に、ストライプ窓を形成した後に、Ni/Auからなるp型電極113とTi/Alからなるパッド電極（図示せず）を蒸着した。次いで、GaN基板（窒化物半導体基板10a）の裏面を、ダイヤモンドスラリを用いて劈開がより容易になる100μm以下の基板厚みになるまで研磨し、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。

【0130】

このレーザストライプ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。スクライプ溝の形成条件として、レーザ光出力を100mW、走査速度を5mm/sとした。形成されたスクライプ溝は、たとえば、長さ30μm、幅10μm、深さ40μmの溝であった。800μm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、スクライプ溝を形成した。共振器長は600μmとした。

10

【0131】

ブレードを用いて、共振ミラーを割断により作製した。GaN基板裏側にブレードを押圧して基板生産物を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24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。

20

【0132】

なお、ブレイクによって形成された割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、割断面の平坦性（凹凸の大きさ）は、20nm以下と推定される。さらに、割断面の試料表面に対する垂直性は、±5°の範囲内であった。

【0133】

次に、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>（酸化ケイ素）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、50nm以上100nm以下の範囲で調整して、反射率の中心波長が500nm以上530nm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、もう一方側の反射面を6周期とし、反射率の設計値を約80%とした。

30

【0134】

試験および結果：

このように作製した半導体レーザについて、GaN基板主面の、(0001)面からの[1-100]方向への傾斜角度（主面の角度）と発振歩留まりとの関係を調べた。なお、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。その結果を表1に示す。

40

【0135】

【表1】

ID	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	I-8	I-9
主面の角度(°)	82	79	77	76	75	74	73	71	68
面取り部の角度(°)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
素子歩留(%)	15	51	77	84	85	82	75	50	10

【0136】

表1より、GaN基板の[1-100]方向への[0001]方向の傾斜角度（表1

50

に記載された主面の角度)が71°以上79°以下の範囲で発振歩留まり50%以上と、良好な結果が得られた。

【0137】

(試験2)

試験2では、上記傾斜角度(主面の角度)が75°の基板を中心に実験を行った。具体的には、表裏の面取り角度を変えて素子歩留まり及び基板歩留まりを調べた。基板歩留は、基板にクラック、割れおよびカケが生じない割合であり、(目視による確認の結果クラックや割れ、カケが発生しなかった基板の数)/(測定した基板の数)と定義した。

【0138】

試料の準備:

上述した試験1において準備した試料と基本的に同様の方法によりGaN基板の試料(後述する表2における試料ID:II-1~II-11)および半導体レーザの試料を作製した。ただし、後述する表2に示すように主面の角度(傾斜角度)は75°、71°または79°とした。さらに、各試料については、面取り加工部の面取り角度を表2に示すように0°~60°の範囲で変更している。このとき1000番手の砥石を使用し面取りを行った。又、基板は同じ厚みのものを使用し、面取り加工部の形状(チャンファ形状)は表裏で対称になる図11に示した形状を基準とした。面取り量は0.2mmに統一した。

【0139】

試験および結果:

このように作製したGaN基板の試料について、クラックや割れ、カケといった不良の発生状況を目視で確認することにより、基板歩留まりを算出した。さらに、GaN基板の各試料を用いて作製した半導体レーザについて、発振歩留まり(素子歩留まり)を試験1と同様に測定した。その結果を表2に示す。

【0140】

【表2】

ID	II-1	II-2	II-3	II-4	II-5	II-6	II-7	II-8	II-9	II-10	II-11
主面の角度(°)	75	75	75	75	75	75	75	71	71	79	79
面取り部の角度(°)	0	5	15	25	35	45	60	5	45	5	45
素子歩留(%)	85	84	83	84	85	84	83	51	50	52	51
基板歩留(%)	11	65	72	90	69	60	25	59	60	62	61

【0141】

表2に示すように、面取り角度が5°以上45°以下で基板歩留まり50%以上の良好な結果が得られた。又、面取り加工部について表面側と裏面側とで面取り量や面取り角度を変更した場合でも同様の結果が得られた。

【0142】

さらに、主面の角度(傾斜角度)が71°から79°の範囲でも同様の結果が得られた。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。

【実施例2】

【0143】

本実施例では、面取り加工部の加工条件(チャンファ加工条件)を変えて、面取り加工部における加工変質層の厚みを変えた基板を用い、当該加工変質層の厚みの影響を調べた。具体的には、面取り加工部における加工変質層の厚みを変えたGaN基板の試料を準備した。そして、当該GaN基板を用いて実施例1と同じ構造の半導体レーザを作製し、素子歩留まりを調べた。

## 【 0 1 4 4 】

試料の準備：

基本的に、実施例 1 における G a N 基板の製造方法と同様の製造方法により G a N 基板の試料（後述する表 3 における試料 I D : I I I - 1 ~ I I I - 9）を作製した。なお、加工変質層の厚さは、面取り加工に用いるゴム砥石の番手などを調整することで変更した。また、G a N 基板主面の、( 0 0 0 1 ) 面からの [ 1 - 1 0 0 ] 方向への傾斜角度（主面の角度）は 7 5 ° または 7 3 ° とした。

## 【 0 1 4 5 】

そして、得られた G a N 基板を用いて実施例 1 と同様に半導体レーザを作製した。又、基板は同じ厚みのものを使用し、面取り加工部の形状（チャンファー形状）は表裏で対称になる図 1 1 に示した形状を基準とした。面取り角度は 2 0 ° に面取り量は 0 . 2 m m に統一した。

## 【 0 1 4 6 】

試験および結果：

製造した半導体レーザについて、発振実験を行なうことで、面取り加工部の加工変質層厚さ（平均加工変質層厚さ）と発振歩留まり（素子歩留まり）との関係を調べた。その結果を表 3 に示す。

## 【 0 1 4 7 】

## 【表 3】

ID	III-1	III-2	III-3	III-4	III-5	III-6	III-7	III-8	III-9
主面の角度(°)	75	75	75	75	75	75	75	73	73
面取り部の加工変質層厚さ(μm)	0.5	1	3	5	7	9	11	1	11
素子歩留(%)	50	85	86	84	53	51	13	73	11

## 【 0 1 4 8 】

表 3 より、面取り部分の平均加工変質層厚さが 0 . 5 μ m 以上 1 0 μ m 以下で素子歩留まり 5 0 % 以上の良好な結果が得られた。又、面取り加工部について表面側と裏面側とで面取り量や面取り角度を変更した場合でも同様の結果が得られた。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 G a N 基板を用い、H V P E 法での成長で下地基板から接合した単一の G a N 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。

## 【実施例 3】

## 【 0 1 4 9 】

本実施例では、面取り加工部の加工条件（チャンファー加工条件）を変えて、面取り加工部における面取り量を変えた基板を用い、当該面取り量の影響を調べた。具体的には、面取り加工部における面取り量を変えた G a N 基板の試料を準備し、基板歩留まりを調べた。

## 【 0 1 5 0 】

試料の準備：

基本的に、実施例 1 における G a N 基板の製造方法と同様の製造方法により G a N 基板の試料（後述する表 4 における試料 I D : I V - 1 ~ I V - 9）を作製した。なお、G a N 基板主面の、( 0 0 0 1 ) 面からの [ 1 - 1 0 0 ] 方向への傾斜角度（主面の角度）は 7 5 ° または 7 4 ° とした。このとき 1 0 0 0 番手の砥石を使用し面取りを行った。又、基板は同じ厚みのものを使用し、面取り加工部の形状（チャンファー形状）は表裏で対称になる図 1 1 に示した形状を基準とした。面取り角度は 2 0 ° に統一した。

## 【 0 1 5 1 】

試験および結果：

このように作製した G a N 基板の試料について、クラックや割れ、カケといった不良の

発生状況を目視で確認することにより、基板歩留まりを算出した。その結果を表4に示す。

【0152】

【表4】

ID	IV-1	IV-2	IV-3	IV-4	IV-5	IV-6	IV-7	IV-8	IV-9
主面の角度(°)	75	75	75	75	75	75	75	74	74
面取り量(mm)	0	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	0.6	0.1	0.6
基板歩留(%)	8	65	80	90	89	53	25	88	20

10

【0153】

表4より、面取り量が0.02mm以上0.5mm以下で基板歩留まり50%以上の良好な結果が得られた。又、面取り加工部について表面側と裏面側とで面取り量や面取り角度を変更した場合でも同様の結果が得られた。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。

【実施例4】

【0154】

本実施例では、面取り加工部の加工条件(チャンファー加工条件)を変えて、面取り加工部における表面粗さを変えた基板を用い、当該表面粗さの影響を調べた。具体的には、面取り加工部における表面粗さを変えたGaN基板の試料を準備した。そして、当該GaN基板を用いて実施例1と同じ構造の半導体レーザを作製し、素子歩留まりを調べた。

20

【0155】

試料の準備:

基本的に、実施例1におけるGaN基板の製造方法と同様の製造方法によりGaN基板の試料(後述する表5における試料ID:V-1~V-9)を作製した。なお、面取り加工部の表面の算術平均粗さ(Ra)は、面取り加工に用いるゴム砥石の番手などを調整することで変更した。また、GaN基板主面の、(0001)面からの[1-100]方向への傾斜角度(主面の角度)は75°または76°とした。又、基板は同じ厚みのものを使用し、面取り加工部の形状(チャンファー形状)は表裏で対称になる図11に示した形状を基準とした。面取り角度は20°に面取り量は0.2mmに統一した。

30

【0156】

そして、得られたGaN基板を用いて実施例1と同様に半導体レーザを作製した。

試験および結果:

製造した半導体レーザについて、発振実験を行なうことで、面取り加工部の表面粗さ(面取り部粗さ)と発振歩留まり(素子歩留まり)との関係を調べた。その結果を表5に示す。

【0157】

【表5】

ID	V-1	V-2	V-3	V-4	V-5	V-6	V-7	V-8	V-9
主面の角度(°)	75	75	75	75	75	75	75	76	76
面取り部粗さRa(μm)	0.07	0.1	0.5	1	2	3	4	0.1	3
素子歩留(%)	91	88	86	62	55	52	12	90	51

40

【0158】

表5より、面取り加工部の表面粗さが0.07μm以上3μm以下で素子歩留まり50

50

%以上の良好な結果が得られた。又、面取り加工部について表面側と裏面側とで面取り量や面取り角度を変更した場合でも同様の結果が得られた。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。

【0159】

以上のように本発明の実施の形態について説明を行なったが、各実施の形態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。

10

【産業上の利用可能性】

【0160】

この発明は、半極性面である主面を有する窒化物半導体基板および当該窒化物半導体基板を用いた半導体装置に特に有利に適用される。

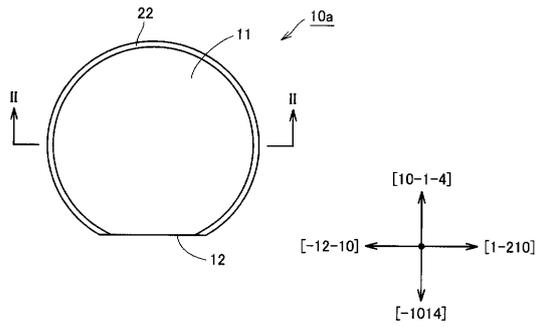
【符号の説明】

【0161】

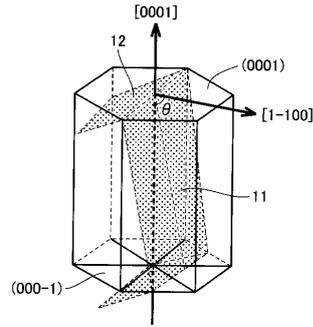
10a~10e 窒化物半導体基板、11 主面、12, 13 オリエンテーションフラット(オリフラ)、15, 16 ノッチ、17 印、21 裏面、22 表側面取り部、23 裏側面取り部、24 端面、25 加工変質層、30 ゴム砥石、31, 32 表面、41 n型GaN層、42 n側AlGaN層、43 発光層、43a GaN層、43b GaInN層、44 p型AlGaN層、45 p型GaN層、46 p側電極、47 n側電極、51 リードピン、52 ステム、53 ハンダ、54 ワイヤ、100 半導体レーザ、100a, 100b 端面、100c 導波路、102 n型バッファ層、103 n型クラッド層、104 n型ガイド層、105, 107 アンダーガイド層、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。

20

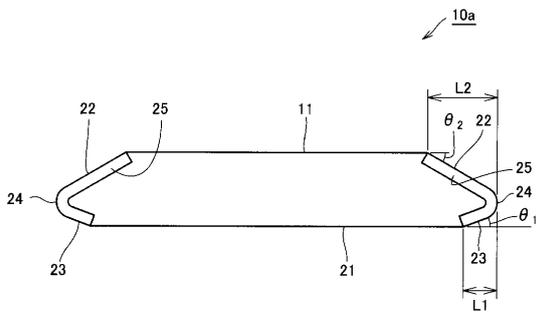
【図1】



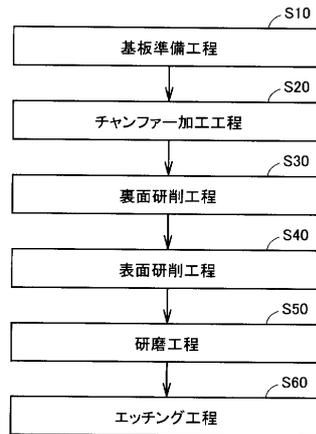
【図3】



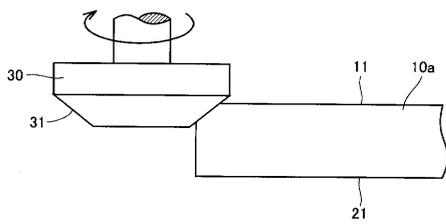
【図2】



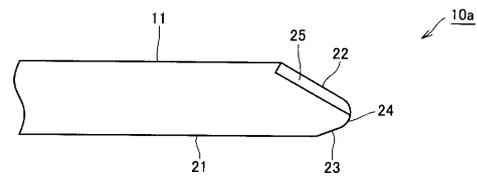
【図4】



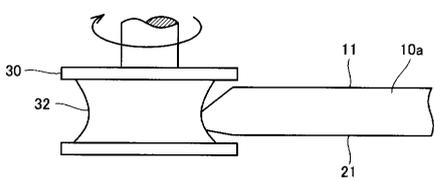
【図5】



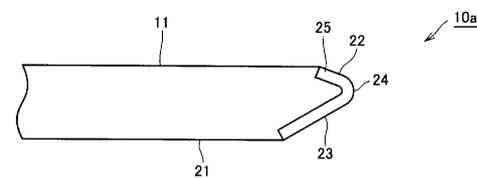
【図8】



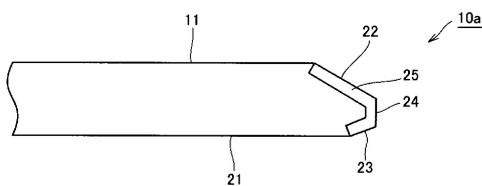
【図6】



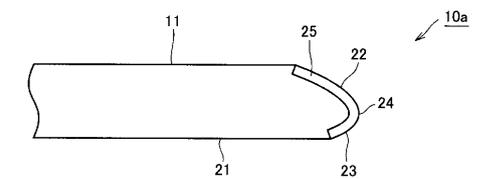
【図9】



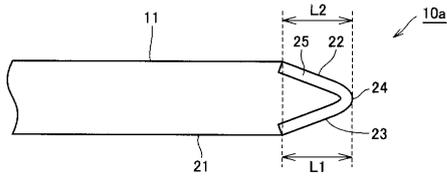
【図7】



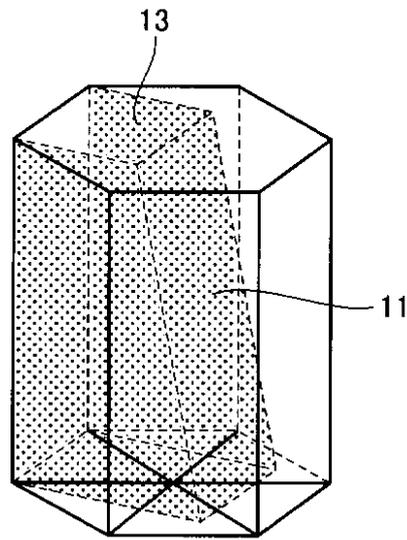
【図10】



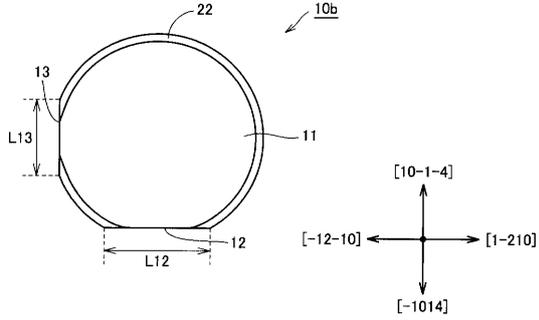
【 1 1 】



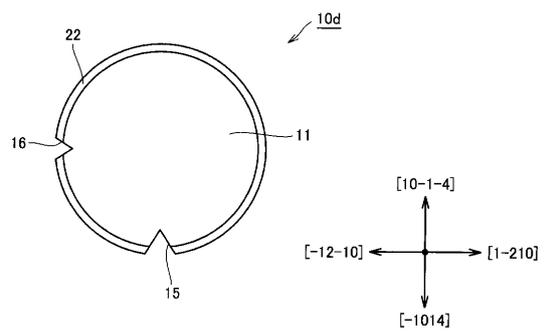
【 1 3 】



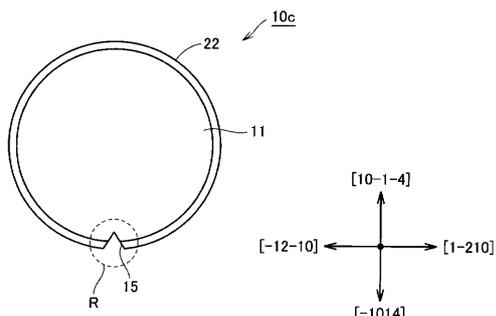
【 1 2 】



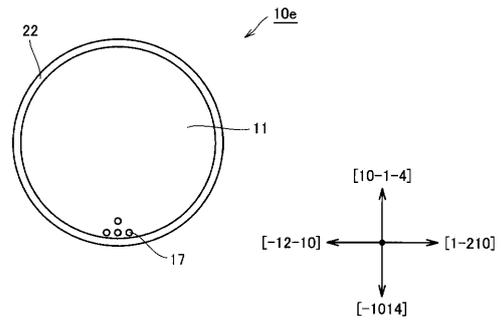
【 1 6 】



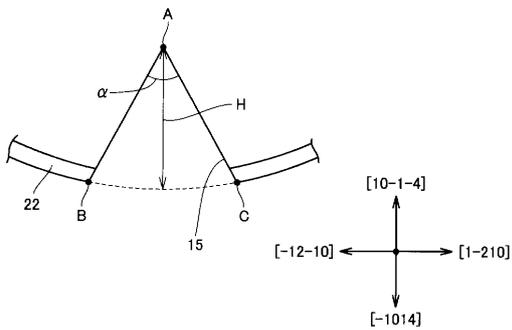
【 1 4 】



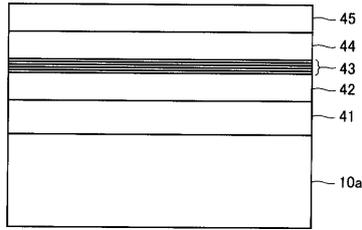
【 1 7 】



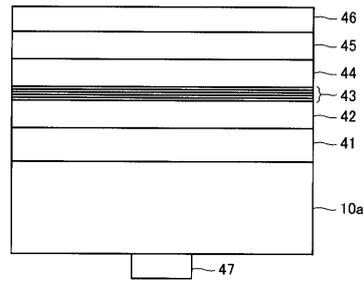
【 1 5 】



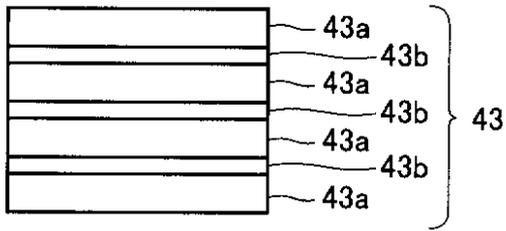
【図18】



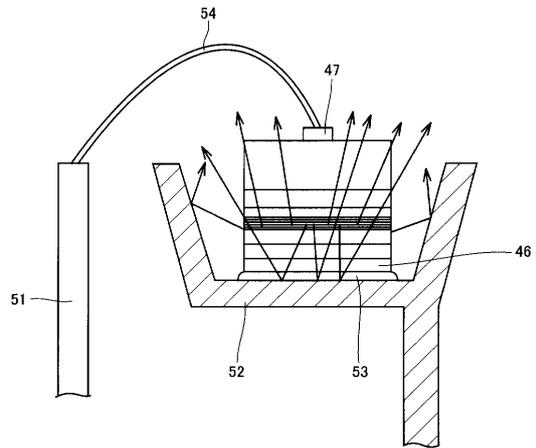
【図20】



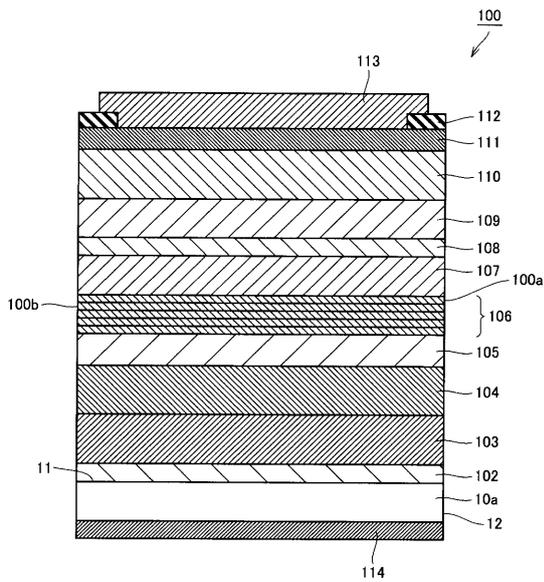
【図19】



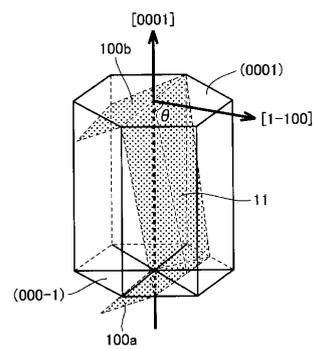
【図21】



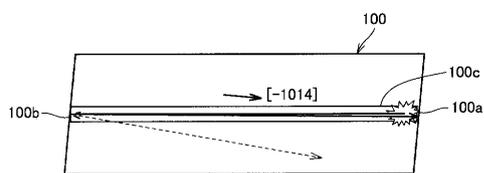
【図22】



【図24】



【図23】



## フロントページの続き

特許法第30条第1項適用 平成21年 7月17日 社団法人応用物理学会 「Applied Physics Express 2(2009)082101」<http://apex.ipap.jp/journal/APEX-2-8.html> を通じて発表 平成21年 8月20日 日刊工業新聞社発行 「日刊工業新聞 平成21年8月20日付」に発表 平成21年 8月21日 社団法人応用物理学会 「Applied Physics Express 2(2009)092101」<http://apex.ipap.jp/journal/APEX>

## 早期審査対象出願

(74)代理人 100124523

弁理士 佐々木 真人

(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

(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

(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

審査官 大嶋 洋一

(56)参考文献 国際公開第2009/107567(WO, A1)

特許第4333820(JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/02

H01L 21/304