

(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2010-129581

(P2010-129581A)

(43) 公開日 平成22年6月10日(2010.6.10)

(51) Int.Cl.
H01S 5/343 (2006.01)

F I
H01S 5/343 610

テーマコード(参考)
5F173

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2008-299495 (P2008-299495)
(22) 出願日 平成20年11月25日(2008.11.25)

(71) 出願人 00001889
三洋電機株式会社
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
(74) 代理人 100131071
弁理士 ▲角▼谷 浩
(72) 発明者 中澤 崇一
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内
Fターム(参考) 5F173 AA08 AG21 AH22 AL04 AL05
AL13 AP05 AP09 AP33 AP78
AP82 ARG3 MB01 ME22

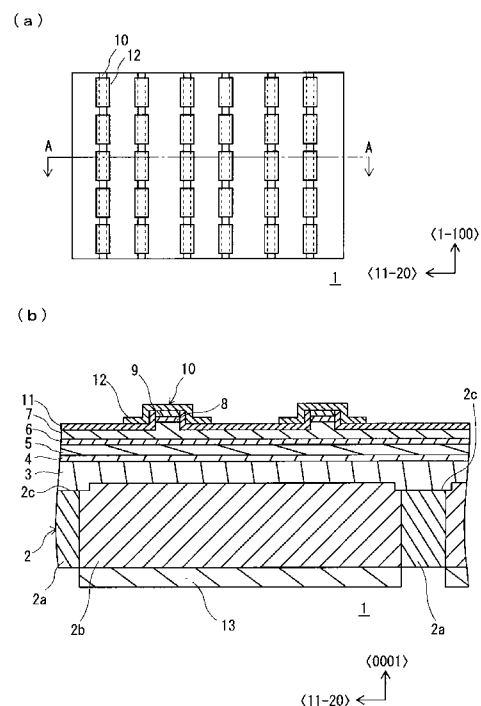
(54) 【発明の名称】 窒化物系半導体レーザ素子及びその作製方法

(57) 【要約】

【課題】 InGa_xN_{1-x}コンタクト層のインジウム組成を高くすることなくコンタクト層と電極との間の接触抵抗を下げることができる窒化物系半導体レーザ素子の作製方法を提供する。

【解決手段】 エッチングによりストライプ状の溝を形成したGa_{1-x}In_xN基板2上にAlGa_{1-x}Nから成る層2dを形成し、最上位層にInGa_xNから成るコンタクト層8を形成することを特徴とする窒化物半導体レーザ素子の作製方法。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に窒化物半導体の層を積層した窒化物系半導体レーザ素子の作製方法において、エッチングによりストライプ状の溝を形成した GaN から成る基板又は層の上に AlGaIn から成る層を形成し、最上位層に InGaIn から成るコンタクト層を形成することを特徴とする窒化物半導体レーザ素子の作製方法。

【請求項 2】

前記ストライプ状の溝が、前記 GaN から成る基板又は層のストライプコア領域の中心に形成された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の作製方法。

【請求項 3】

前記ストライプコア領域の幅は 10 ~ 30 μm であり、前記ストライプ状の溝の溝深さは 2.5 ~ 3.5 μm、溝幅は 20 ~ 40 μm であることを特徴とする請求項 2 に記載の窒化物半導体レーザ素子の作製方法。

【請求項 4】

基板上に窒化物半導体の層を積層した窒化物系半導体レーザ素子において、ストライプ状の溝を形成した GaN から成る基板又は層と、該 GaN から成る基板又は層の上に形成された AlGaIn から成る層と、最上位層に形成された InGaIn から成るコンタクト層と、を有することを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 5】

前記ストライプ状の溝が、前記 GaN から成る基板又は層のストライプコア領域の中心に形成されたことを特徴とする請求項 4 に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 6】

前記ストライプコア領域の幅は 10 ~ 30 μm であり、前記ストライプ状の溝の溝深さは 2.5 ~ 3.5 μm、溝幅は 20 ~ 40 μm であることを特徴とする請求項 5 に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は窒化物系半導体レーザ素子及びその作製方法に関するものであり、特に窒化物系半導体基板上に窒化物系半導体を積層することによって作製されるレーザ素子及びその作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

III 族元素と V 族元素とから成る所謂 III-V 族半導体である窒化物系半導体（例えば、AlN、GaN、InN、AlGaIn、InGaIn など）は、そのバンド構造より、青や青紫の光を発する発光素子としての利用が期待され、既に発光ダイオードやレーザ素子などに利用されている。

【0003】

また、これまでは良質な窒化物系半導体の基板が得られなかったため、サファイア基板などの異種基板を用いて窒化物系半導体レーザ素子などの作製が行われてきた。しかし、サファイア基板などの異種基板は窒化物系半導体との格子不整合が大きいため、異種基板上に積層される窒化物系半導体には転位などの結晶欠陥が多数存在し、結果として素子が低出力かつ短寿命となる問題があった。また、窒化物系半導体と異種基板との劈開方向が異なるため、ウエハの分割が困難となる問題も生じていた。

【0004】

これらの問題に対して、近年になって良質な窒化ガリウム（GaN）基板が得られるようになり、これらの基板を利用することで、上述した問題が解決された窒化物系半導体レーザ素子が得られるようになった（特許文献 1 及び特許文献 2 参照）。

【0005】

10

20

30

40

50

このような従来の窒化物系半導体レーザ素子のウエハの断面図を図10に示す。ウエハは、GaN基板2の上に、順に、n型AlGaNから成る厚さ約1.5 μ mのn型クラッド層3、多重量子井戸構造の活性層4、アンドープのInGaNから成る厚さ約50nmの光ガイド層5、アンドープのAlGaNから成る厚さ約20nmのキャップ層6、p型AlGaNから成る厚さ400nmのp型クラッド層7、アンドープのInGaNから成る厚さ約3nmのコンタクト層8を積層構造で形成したものである。活性層4は、アンドープのInGaNから成る厚さ約3.2nmの井戸層4aと、アンドープのInGaNから成る厚さ約20nmの障壁層4bと、交互に複数積層することによって形成した多重量子井戸構造とする。この例では、井戸層4aを三層、障壁層4bを四層積層した場合について示している。なお、図中の、9は厚さ約1nmのPt層と厚さ約10nmのPd層とから成るp側オーミック電極、10は電流流通部としてのリッジ部、11はSiO₂から成る電流ブロック層、12はAuから成る厚さ約3 μ mのパッド電極、13はn型電極である。

10

【特許文献1】特開2002-33282号公報

【特許文献2】特開2001-102307号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記のレーザ素子では、パッド電極12とn型電極13の間に電流を流した際に、コンタクト層8とp側オーミック電極9との間に接触抵抗があり、この接触抵抗はエネルギーを大きく消費する立ち上がり電圧に関係するため、省エネルギーの観点から接触抵抗をできるだけ下げることが望まれている。接触抵抗を小さくするための手段としては、InGaNコンタクト層のインジウム組成を高くすることが知られている。しかしながら、高インジウム組成では、コンタクト層の面内組成のバラツキが拡大したり、結晶性が悪化するなどの問題があり、安定した接触抵抗を得ることが難しい。このため、インジウム組成を高めずに接触抵抗を下げる方法が期待されている。

20

【0007】

この点、InGaNコンタクト層に加わる、GaN基板の基板面に対して垂直な方向（以下、「高さ方向」と称する）の歪みは、インジウム組成を高くすると同様に接触抵抗を低下させる効果があることが知られており、歪みが大きくなるほど低いインジウム組成で接触抵抗の小さなレーザ素子が得られる傾向が見られる。

30

【0008】

GaN基板の上に窒化ガリウム半導体の層を積層していくとき、GaN基板の上に形成される層はまずGaN基板に格子整合する。よって、その上に形成される各層はGaN基板に格子整合した層に格子整合することになる。つまり、GaN基板とほぼ等しい格子定数でエピタキシャル成長して結晶層を形成する。従って、最上位層のコンタクト層の格子定数もGaN基板の格子定数にほぼ等しくなる。

【0009】

本発明者らは、GaN基板表面にエッチングによって<1-100>方向に延びるストライプ状の溝を形成すること（ストライプエッチング（STE）処理）によってその上に形成されるn型AlGaNのn型クラッド層の横方向の格子定数が、STE処理をしない場合よりも小さくなることが分かった。そして、その上に積層される層はいずれも、格子定数の小さくなったそのn型クラッド層に格子整合してエピタキシャル成長するため、最上位層のInGaNコンタクト層の格子定数もSTE処理をしない場合に比べて小さくなる。

40

【0010】

図6は、GaN、AlGaN、InGaNの格子定数の大小関係を、フリーの単結晶（a）の場合と、STE処理をしないGaN基板の上にAlGaN層、InGaN層の順でエピタキシャル成長させたとき（b）と、STE処理をしたGaN基板の上にAlGaN層、InGaN層の順でエピタキシャル成長させたとき（c）と、で比較して模式的に表す図

50

である。GaN、AlGa_N、InGa_Nの単結晶は六方晶系であり、それぞれの{0001}面内のa軸方向(横方向)の格子定数(以下、格子定数aという)は、図6(a)に示すように、 $a_{\text{InGa}_N} > a_{\text{Ga}_N} > a_{\text{AlGa}_N}$ の順となる。すなわち、フリーの単結晶では、 a_{InGa_N} は、 a_{Ga_N} よりも大きい。

【0011】

そして、図6(b)に示すように、STE処理をしていないGaN基板上にAlGa_Nをエピタキシャル成長させ、その上にInGa_Nをエピタキシャル成長させたときは、AlGa_N層はGaN基板上に格子整合し、InGa_N層はこのGaN基板上に格子整合したAlGa_N層の上に格子整合するので、図6(b)に示すように、 a_{InGa_N} は、 a_{Ga_N} にほぼ等しくなる。

【0012】

これに対して、図6(c)に示すように、STE処理をしたGaN基板上にAlGa_Nをエピタキシャル成長させ、その上にInGa_Nをエピタキシャル成長させたときは、AlGa_N層はGaN基板よりも小さな格子定数で形成され、InGa_N層はAlGa_N層の上に格子整合するので、図6(b)に示すように、 a_{InGa_N} は、 a_{Ga_N} よりも小さくなる。つまり、InGa_N層の横方向の原子間距離は、GaN基板をSTE処理していない場合よりも短くなる。

【0013】

このように、STE処理をしたGaN基板上に積層されたInGa_N層では、STE処理をしないGaN基板上に積層した場合よりも横方向の原子間距離が短くなる。このため、高さ方向の原子間距離が長くなり、歪みが大きくなる。

【0014】

本発明は、このような知見に基づいてなされたものであり、InGa_Nコンタクト層のインジウム組成を高くすることなくコンタクト層と電極との間の接触抵抗を下げるができる窒化物系半導体レーザ素子及びその作製方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記目的を達成するために本発明は、基板上に窒化物半導体の層を積層した窒化物系半導体レーザ素子の作製方法において、エッチングによりストライプ状の溝を形成したGaNから成る基板又は層の上にAlGa_Nから成る層を形成し、最上位層にInGa_Nから成るコンタクト層を形成することを特徴とする。

【0016】

この窒化物半導体レーザ素子の作製方法によると、最上位のInGa_Nコンタクト層の格子定数は、GaNから成る基板又は層をSTE処理をしていない場合に比べて小さくなる。つまり、InGa_Nコンタクト層の横方向の原子間距離は、GaNから成る基板又は層をSTE処理をしていない場合よりも短くなる。この結果、InGa_Nコンタクト層の高さ方向の原子間距離が長くなり、歪みが大きくなる。従って、InGa_Nコンタクト層のインジウム組成を高くすることなく、コンタクト層と電極との間の接触抵抗を下げるができる。

【0017】

前記ストライプ状の溝をGaNから成る基板又は層のストライプコア領域の中心に形成すると、GaNから成る基板又は層の結晶性の良いところを避けて溝を形成できるので、窒化物半導体レーザ素子の歩留まりの向上が図られる。この場合、ストライプコア領域の幅10~30μmを考慮して、ストライプ状の溝の溝深さは2.5~3.5μm、溝幅は20~40μmの範囲が好適である。

【0018】

また、上記目的を達成するため、本発明は、基板上に窒化物半導体の層を積層した窒化物系半導体レーザ素子において、ストライプ状の溝を形成したGaNから成る基板又は層と、該GaNから成る基板又は層の上に形成されたAlGa_Nから成る層と、最上位層に形成されたInGa_Nから成るコンタクト層とを有することを特徴とする。

10

20

30

40

50

【0019】

この窒化物半導体レーザ素子の構造によると、最上位のInGaNコンタクト層の格子定数は、GaNから成る基板又は層をSTE処理をしていない場合に比べて小さくなる。つまり、InGaNコンタクト層の横方向の原子間距離は、GaNから成る基板又は層をSTE処理していない場合よりも短くなる。この結果、InGaNコンタクト層の高さ方向の原子間距離が長くなり、歪みが大きくなる。従って、InGaNコンタクト層のインジウム組成を高くすることなく、コンタクト層と電極との間の接触抵抗を下げる事ができる。

【発明の効果】

【0020】

本発明によると、InGaNコンタクト層の高さ方向の原子間距離が長くなり、歪みが大きくなるため、InGaNコンタクト層のインジウム組成を高くすることなく、コンタクト層と電極との間の接触抵抗を下げる事ができる。よって、立ち上がり電圧の小さい省エネルギーな窒化物半導体レーザ素子を実現できる。しかも、コンタクト層のインジウム組成が低いため、コンタクト層の面内組成のバラツキが抑制され、良好な結晶性を保つことができ、安定した接触抵抗を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、本発明における窒化物系半導体レーザ素子の作製方法について図1～図5に基づき説明する。

<<窒化物系半導体レーザ素子の作製方法>>

<ウエハ作製方法>

最初に、作製されるウエハの一例について図1(a)、(b)のウエハの模式図を用いて説明する。図1(a)はウエハの模式的な平面図であり、図1(b)は、図1(a)のA-A断面を示した模式的な断面図である。なお、図1(a)、(b)には基板の結晶方位をあわせて示しており、以下の図においても同様に基板の結晶方位をあわせて示すこととする。

【0022】

本例のウエハ作製方法によると、GaN基板2上に種々の層を積層することによって図1(a)に示すような電流通路部(リッジ部10)が基板の<1-100>方向と略平行になるように複数整列した構成のウエハ1が作製される。ここで、パッド電極12はリッジ部10に沿った方向と、リッジ部10と略垂直な方向とにそれぞれ整列している。また、パッド電極12の1つ分が1つの素子構造を示しており、後述するようにウエハ1をパッド電極12毎に分断することで複数のチップが得られる。

【0023】

GaN基板2は、特許文献1や2の方法に開示されたように、基板の主面と平行な方向の成長を促進させることで転位を局所的に集中させる方法により製造される。このとき、図1(b)に示すようにGaN基板2は、成長面が衝突する領域であり転位が集中される領域(以下、ストライプコアとする)2aと、転位が低減される他の領域2bと、が含まれる。このとき、ストライプコア領域2aは、基板の<1-100>方向と略平行な方向に延びており、<11-20>方向にほぼ等間隔で整列している。ストライプコア領域2aは、幅10～30μmの範囲で生成する。

【0024】

そして、GaN基板2のストライプコア領域2aの中心に、エッチングによりストライプ状の溝2cを形成する。この処理をストライプエッチング(STE)処理という。なお、ストライプコア領域2aの幅10～30μmを考慮して、ストライプ状の溝2cの溝深さは2.5～3.5μm、溝幅は20～40μmの範囲で形成するのが好適である。

【0025】

次に、ウエハ作製方法の一例について図2及び図3を用いて説明する。図2は図1と同様の断面を示した模式的な断面図であり、図3は活性層の模式的な断面図である。

10

20

30

40

50

【0026】

図2(a)に示すように、上記のようにしてストライプ状の溝2cを形成した厚さ約100 μ mのn型Ga_{0.5}In_{0.5}N基板2の{0001}面上に、n型AlGa_{0.3}Nから成るn型クラッド層3を約1.5 μ m形成し、さらにこのn型クラッド層3の上に活性層4を形成する。このとき活性層4を、図3に示すようにアンドープのInGa_{0.5}Nから成る厚さ約3.2nmの井戸層4aと、アンドープのInGa_{0.5}Nから成る厚さ約20nmの障壁層4bと、を交互に複数層積層することによって形成した多重量子井戸構造とする。なお、図3の例においては、井戸層4aを三層、障壁層4bを四層積層した場合について示している。

【0027】

また、この多重量子井戸構造となる活性層4の上に、アンドープのInGa_{0.5}Nから成る厚さ約50nmの光ガイド層5を形成し、この光ガイド層5の上にアンドープのAlGa_{0.3}Nから成る厚さ約20nmキャップ層6を形成する。なお、図2(a)は、このキャップ層6まで基板2上に積層した状態について示している。

【0028】

そして、図2(a)に示すキャップ層6の上にp型AlGa_{0.3}Nから成る厚さ約400nmのp型クラッド層7を形成する。そして、このp型クラッド層7の上にアンドープのInGa_{0.5}Nから成る厚さ約3nmのコンタクト層8を形成する。なお、ここではコンタクト層8は、アンドープのInGa_{0.5}N層としたが、必要に応じて不純部をドーピングしたInGa_{0.5}N層とすることも可能である。そして、このコンタクト層8の上に、厚さ約1nmのPt層と厚さ約10nmのPd層とから成るp側オーミック電極9を形成し、このp側オーミック電極9の上に厚さ約240nmのSiO₂層14を形成する。このように各層を形成し、図2(b)に示すような構造を得る。

【0029】

次に、リッジ部10を形成するために、図2(b)に示す積層構造をエッチングする。このとき、幅約1.5 μ mであるとともに基板の<1-100>方向に延びたストライプ状のフォトレジスト(不図示)を、リッジ部10を形成する予定の部分に形成する。そして、CF₄系のガスを用いてRIE法によるエッチングを行なう。すると、フォトレジストを形成した部分のSiO₂層14及びオーミック電極9のみが残り、フォトレジストを形成していない部分のSiO₂層14及びオーミック電極9は除去される。

【0030】

また、ここでフォトレジストを除去し、Cl₂やSiCl₄などの塩素系のガスを用いたRIE法によるエッチングを行なう。このとき、SiO₂層14をマスクとして、SiO₂層14が無い部分のコンタクト層8及びp型クラッド層7をエッチングする。そして、p型クラッド層7が約80nm残った状態となったときにエッチングを停止し、SiO₂層14を除去する。すると、図2(c)に示すような、p型クラッド層7の一部が突出し、そのp型クラッド層7の突出した部分の上にコンタクト層8、オーミック電極9が順に形成されたリッジ部10を備える構造が得られる。

【0031】

次に、図2(c)に示した構造の上に厚さ200nmのSiO₂層を形成し、フォトレジストをリッジ部10以外の部分に形成されたSiO₂層の上に形成する。そして、CF₄系のガスを用いたRIE法によるエッチングを行ない、リッジ部10上に形成されたSiO₂層を除去することでSiO₂層から成る電流ブロック層11を形成する。すると、図2(d)に示すような構造が得られ、この後、電流ブロック層11で囲まれたリッジ部10を覆うように、Auから成る厚さ3 μ mのパッド電極12を一続きとなるリッジ部10に複数形成する。

【0032】

また、上述した積層構造が形成される基板2の面と反対側の面に、n側電極13を形成して図1(a)、(b)に示すようなウエハ1を得る。また、図1(b)では一例として、n側電極13をストライプコア2aの領域上には形成せず、他の領域2b上のみ形成した場合について示している。そして、以上説明した作製方法によって、図1(b)に示

10

20

30

40

50

すようなウエハを得ることができる。

【0033】

なお、以上説明したウエハ作製方法において、各窒化物系半導体層の形成に、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法を用いても構わないし、MBE (Molecular Beam Epitaxy) 法や、HVPE (Hydride Vapor Phase Epitaxy) 法や、その他の方法を用いても構わない。また、電極の形成に、スパッタリングや蒸着などの形成方法を用いることとしても構わなく、蒸着として、電子ビーム蒸着を用いても構わないし、抵抗加熱蒸着を用いても構わない。また、SiO₂層の形成に、PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) 法やスパッタ法などの方法を用いても構わない。

10

【0034】

また、図1(b)に示すウエハの一例においては、リッジ部10が基板2の隣接するストライブコア2aの間に2本備えられる構成としているが、この部分に1つのリッジ部を備える構成としても構わないし、反対に多数のリッジ部10を備える構成としても構わない。

【0035】

このような構成にすることによって、転位密度の高いストライブコア2aの直上の領域を避けてリッジ部10が形成される。そのため、このストライブコア2aの直上の領域にリッジ部10を形成した場合と比較して、基板からリッジ部に伝播する転位を低減させることが可能となり、素子寿命を長くすることができる。

20

【0036】

また、基板2の作製方法によっては、基板2の隣接するストライブコア2aの間の略中央の部分に抵抗率が大きい領域が存在する場合がある。そのため、このような基板2を使用する場合は、リッジ部10を、ストライブコア2aの略中央の部分の略中央の部分の部分を避けて形成することとしても構わない。

【0037】

また、図1(a)では簡単のためにウエハ1を四角形のものとして表しているが、結晶方位を特定するためのオリエンテーションフラット面や切り欠き部を含む略円形の基板上に積層構造を形成し、ウエハを作製するものであっても構わない。

30

【0038】

また、このウエハの作製方法の例においては、基板2の{0001}面上に積層構造を形成することとしているが、{11-20}面や{1-100}面上に積層構造を形成することとしても構わない。また、このように積層構造を形成する基板2の面を変更する場合は、リッジ部10を形成する方向や劈開方向を適宜変更することとする。また、上述したウエハ作製方法は一例であり、他のどのような作製方法を用いてウエハを作製しても構わない。例えば、パッド電極12や基板2上に形成する積層構造の形状が図1(a)、(b)に示す形状と異なることとしても構わない。

【0039】

また、このウエハの作製方法の例においては、ストライブ状の溝を形成したGaN基板上にAlGaNから成る層を形成することとしているが、GaN基板以外の基板を使用したウエハであっても、基板上に積層される窒化物半導体の層の1つにGaNから成る層を形成し、そのGaNから成る層に同様のストライブ状の溝を形成し、その上にAlGaNから成る層を形成することとしても構わない。

40

<<ウエハの結晶構造解析>>

上記のようにしてSTE処理をしたGaN基板上に窒化物半導体層を積層後、劈開、分断によって得られたウエハ1の結晶構造を調べた逆格子マッピングを図7(b)に示す。比較のため、STE処理をしないGaN基板を用いた以外は、上記と同様に方法で作成されたウエハの逆格子マッピングも図7(a)に示している。測定は、図8に示すように、ウエハ1に対してストライブコア領域2aが延びる<1-100>方向に垂直な方向から

50

{0001}面に対して、 $\langle 11-20 \rangle$ となす角が 10.9° でX線を入射し、X線入射方向に対し 100° の位置に回折するX線を観測したものである。

【0040】

逆格子空間は、実空間をフーリエ変換したものであり、図7の縦軸yと横軸xが格子定数そのものを表すわけではないが、逆格子空間では実空間での周期性を確認することができる。例えば、逆格子空間でのピーク位置により格子定数を判断することが可能となる。

【0041】

ウエハ1は、基板2がGaNから成り、n型クラッド層3、キャップ層6及びp型クラッド層7がAlGaNから成り、活性層4、光ガイド層5及びコンタクト層8がInGaNから成る。よって、このウエハ1の逆格子マッピングには、GaNとAlGaNとInGaNのピーク強度の等高線が現われる。中央の島AはGaNの等高線ピークであり、GaNの等高線ピークAの若干上に見える等高線ピークBがAlGaNの等高線ピークであり、GaNの等高線ピークAに連なって下に延びる等高線CがInGaNの等高線である。

10

【0042】

STE処理をしていないGaN基板2を有するウエハでは、GaN基板2上に形成されるn型AlGaNから成るn型クラッド層3は、横方向の格子定数がGaN基板2に揃うように格子整合して形成される。このことは、図7(a)の逆格子マッピングを横軸について見たとき、AlGaNの等高線ピークBがGaNの等高線ピークAに揃っている様子で見取れる。そして、このn型クラッド層3上に格子整合される形で窒化物半導体の層4~8が積層構造で形成されていくので、最上位のInGaNコンタクト層8の横方向の格子定数は、GaNの格子定数に揃うことになる。このことは、図7(a)の逆格子マッピングを横軸について見たとき、InGaNの等高線CがGaNの等高線ピークAに揃っている様子で見取れる。

20

【0043】

他方、STE処理をしたGaN基板2を有するウエハでは、GaN基板2上に形成されるn型AlGaNから成るn型クラッド層3は、STE処理をしていないGaN基板2を用いた場合よりも横方向の格子定数が小さくなる。このことは、図7(b)の逆格子マッピングを横軸について見たとき、AlGaNの等高線ピークBがGaNの等高線ピークAよりも右にずれている様子で見取れる。そして、このn型クラッド層3上に格子整合される形で窒化物半導体の層4~8が積層構造で形成されていくので、最上位のInGaNコンタクト層8の横方向の格子定数は、AlGaNの格子定数に揃うことになる。つまり、InGaNコンタクト層8の横方向の原子間距離は、GaN基板2をSTE処理していない場合よりも短くなる。このことは、図7(b)の逆格子マッピングを横軸について見たとき、InGaNの等高線Cが、GaNの等高線ピークAより右にずれるとともに、AlGaNの等高線ピークBに揃っている(破線Dに揃っている)様子で見取れる。

30

【0044】

以上より、STE処理をしたGaN基板上に積層されたInGaN層では、STE処理をしないGaN基板上に積層した場合よりも横方向の原子間距離が短くなるため、高さ方向の原子間距離が長くなり、歪みが大きくなることが予想される。このことは、スポンジを横方向に圧縮したときの変形で容易に理解できる。

40

【0045】

上述したように、InGaNコンタクト層8に加わる高さ方向の歪みが大きくなれば、コンタクト層8とp側オーミック電極9との間の接触抵抗が低下する効果があることが知られている。よって、本発明によって作成した窒化物半導体レーザ素子は、InGaNコンタクト層のインジウム組成を高くすることなく、コンタクト層と電極との間の接触抵抗を下げることができる。よって、立ち上がり電圧の小さい省エネルギーな窒化物半導体レーザ素子を実現できる。しかも、コンタクト層のインジウム組成が低いため、コンタクト層の面内組成のバラツキが抑制され、良好な結晶性を保つことができ、安定した接触抵抗を得ることができる。

50

【0046】

<ウエハの分断>

次に、得られたウエハ1を劈開及び分割してチップを得るとともに、このチップを用いた窒化物系半導体レーザ素子の作製方法の一例について図4及び図5を用いて説明する。図4は、バー及びチップを示した模式的な平面図であり、バー及びチップの図1(a)と同様の平面について示したものである。また、図5は、窒化物系半導体レーザ素子の模式的な斜視図である。なお、以下では上述したウエハ作製方法の一例によって得られたウエハを用いる場合について説明する。

【0047】

まず、図4(a)に示すように、基板2の<11-20>方向に沿ってウエハ1を劈開してバー15を得る。このとき得られるバー15は、劈開することによって得られる2つの端面({1-100}面)が共振器端面となり、素子構造が<11-20>方向に一列に整列する構成となる。

10

【0048】

そして、得られたバー15の共振器端面に、例えばSiO₂やTiO₂、Al₂O₃から成るコーティングを施しても構わない。また、いずれか一方の端面に形成するコーティングを10層程度の多数の層から成るものとして反射率を高くするとともに、いずれか一方の端面に形成するコーティングを1層程度の少数の層から成るものとして反射率を低くしても構わない。

【0049】

また、図4(b)に示すように、得られたバー15を<1-100>方向に沿って分割することでチップ16を得る。このとき、1つのチップ16には1つの素子構造が含まれることとなり、このチップ16を用いて、図5に示すような窒化物系半導体レーザ素子20が作製される。

20

【0050】

なお、ウエハ1からバー15への劈開及びバー15からチップ16への分割において、それぞれの劈開方向及び分割方向に沿った溝をウエハ1またはバー15に形成するとともに、この溝に沿って劈開及び分割を行なうこととしても構わない。また、この溝は実線状であっても破線状であっても構わない。また、ウエハ1やバー15においてパッド電極12や電流ブロック層11が形成される方の面に溝を形成することとしても構わないし、n側電極13が形成される方の面に溝を形成しても構わない。

30

【0051】

<チップのマウント>

図5に示すように、窒化物系半導体レーザ素子20は、チップ16がはんだによって接続及び固定(マウント)されるサブマウント23と、サブマウント23と接続するヒートシンク22と、ヒートシンク22がある面に接続するステム21と、ステム21のヒートシンク22が接続するある面とある面の反対側の面とを貫通するとともにステム21と絶縁されるピン24a、24bと、一方のピン24aとチップ16のパッド電極12とを電氣的に接続するワイヤ25aと、他方のピン24bとサブマウント23とを電氣的に接続するワイヤ26bと、を備えている。

40

【0052】

また、窒化物系半導体レーザ素子20の構成をわかりやすく表示するため図示していないが、ステム21のヒートシンク22が接続するある面に接続するとともに、チップ16と、サブマウント23と、ヒートシンク22と、ピン24a、24bのある面から突出する部分と、ワイヤ25a、25bと、を封止するキャップを備える。

【0053】

そして、この2本のピン24a、24bを介してチップ16に電流が供給されることで発振し、チップ16からレーザ光が出射される。このとき、キャップには出射されるレーザ光に対して透明な物質から成る窓が備えられており、この窓を透過してレーザ光が出射される。

50

【 0 0 5 4 】

なお、図 5 に示す窒化物系半導体レーザ素子 2 0 の構成は一例であり、ヒートシンク 2 2 や、サブマウント 2 3、ピン 2 4 a、2 4 b、ワイヤ 2 5 a、2 5 b などの構成について、他の構成であっても構わない。

<<チップの立ち上がり電圧測定>>

上記のようにして窒化物半導体レーザ素子 2 0 を量産し、立ち上がり電圧を測定してロット平均値ヒストグラムを作成したものが、図 9 である。比較のため、S T E 処理をしない G a N 基板を用いた以外は、上記と同様に方法で作成された窒化物半導体レーザ素子の結果も示している。立ち上がり電圧 ($V_f @ 1 \text{ mA}$) とは、チップ 1 6 に 1 m A の電流を供給するために必要な起動電圧のことをいい、コンタクト層 8 と p 側オーミック電極 9 との間の接触抵抗にほぼ比例する特性である。つまり、立ち上がり電圧が大きくなるほど、接触抵抗が大きい。図 9 において、縦軸は占有率 (%) を表し、横軸 (単位なし) は立ち上がり電圧を表すが軸に付された数値は最頻値を 1 0 0 とした相対値であり、絶対値 ($V_f @ 1 \text{ mA}$) に比例する値である。

10

【 0 0 5 5 】

図 9 に示すように、S T E 処理をしていない G a N 基板 2 を有するチップでは、S T E 処理をした G a N 基板 2 を有するチップよりも立ち上がり電圧のロット平均値が最頻値よりも大きい方に広がって分布している。つまり、S T E 処理をした G a N 基板 2 を有するチップの方が、S T E 処理をしていない G a N 基板 2 を有するチップよりも、コンタクト層 8 と p 側オーミック電極 9 の間の接触抵抗が小さくなることが裏付けられる。

20

【 0 0 5 6 】

この結果を上記の図 7 の結果と合わせて考察すれば、S T E 処理をした G a N 基板 2 を有するチップでは、I n G a N コンタクト層 8 に加わる高さ方向の歪みが大きくなると、コンタクト層 8 と p 側オーミック電極 9 との間の接触抵抗が小さくなるという知見が得られる。よって、本発明によって作成した窒化物半導体レーザ素子は、I n G a N コンタクト層のインジウム組成を高くすることなく、コンタクト層 8 と p 側オーミック電極 9 との間の接触抵抗を下げるができる。よって、立ち上がり電圧の小さい省エネルギーな窒化物半導体レーザ素子を実現できる。しかも、コンタクト層 8 のインジウム組成が低いいため、コンタクト層 8 の面内組成のバラツキが抑制され、良好な結晶性を保つことができ、安定した接触抵抗を得ることができる。

30

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 7 】

本発明は、窒化物系半導体レーザ素子の作製方法に関するものであり、特に、窒化物系半導体基板上に窒化物系半導体を積層することによって作製される半導体レーザ素子の作製方法に適用すると好適である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 8 】

【図 1】は、本発明の実施形態のウエハの一例を示す模式的な平面図 (a) 及び断面図 (b) である。

40

【図 2】は、上記ウエハの作製方法の一例を示す模式的な断面図である。

【図 3】は、上記ウエハの活性層について示した模式的な断面図である。

【図 4】は、上記ウエハから得られるパー及びチップの一例を示した模式的な平面図である。

【図 5】は、上記チップを加工して得られる窒化物系半導体レーザ素子の一例を示す模式的な斜視図である。

【図 6】は、G a N、A l G a N、I n G a N の格子定数の大小関係を、フリーの単結晶 (a) の場合と、S T E 処理をしない G a N 基板上に A l G a N 層、I n G a N 層の順でエピタキシャル成長させたとき (b) と、S T E 処理をした G a N 基板上に A l G a N 層、I n G a N 層の順でエピタキシャル成長させたとき (c) と、で比較して模式的に表す図である。

50

【図7】は、S T E 処理しないG a N基板を有するウエハ（ a ）とS T E 処理をしないG a N基板を有するウエハ（ b ）の結晶構造を解析した逆格子マッピングを表す図である。

【図8】は、上記逆格子マッピング測定時のX線照射条件を示すウエハの平面図（ a ）及び側面図（ b ）である。

【図9】は、上記窒化物半導体レーザ素子の立ち上がり電圧のロット平均値ヒストグラである。

【図10】は、従来のウエハの一例を示す模式的な平面図（ a ）及び断面図（ b ）である。

【符号の説明】

【0059】

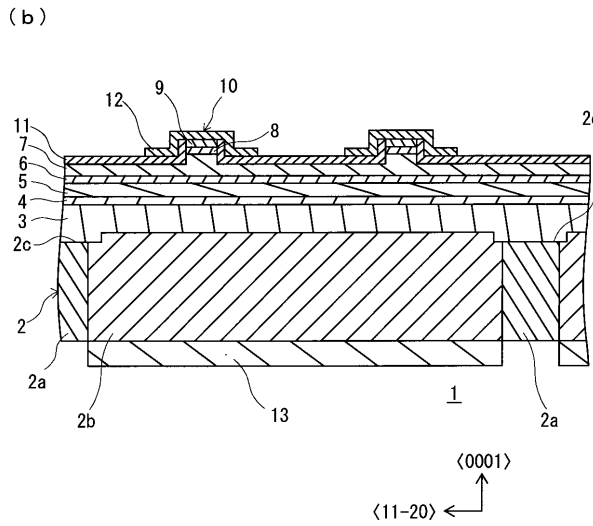
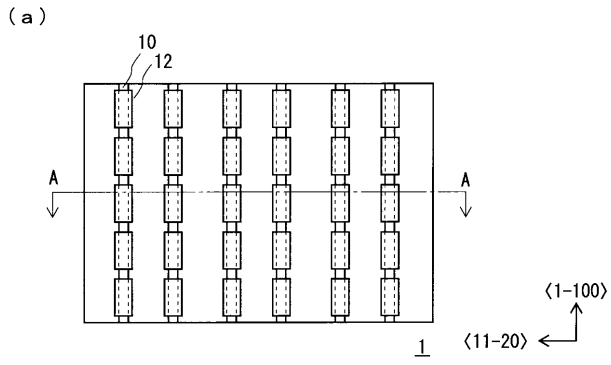
- 1 ウエハ
- 2 基板
- 2 a ストライプコア
- 2 b 他の領域
- 2 c ストライプ状の溝
- 3 n型クラッド層
- 4 活性層
- 4 a 井戸層
- 4 b 障壁層
- 5 光ガイド層
- 6 キャップ層
- 7 p型クラッド層
- 8 コンタクト層
- 9 p側オーミック電極
- 10 リッジ部
- 11 電流ブロック層
- 12 パッド電極
- 13 n側電極
- 14 S i O₂層
- 15 バー
- 16 チップ

10

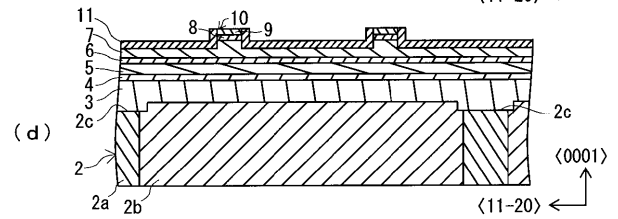
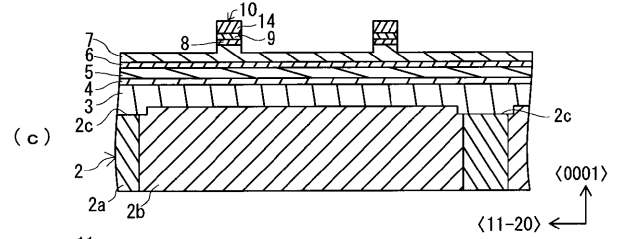
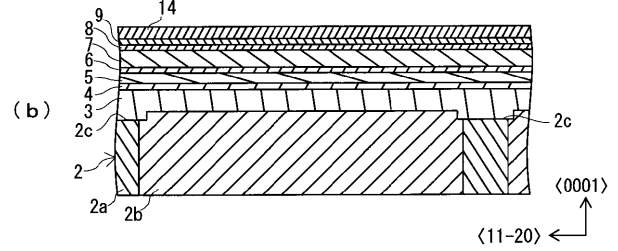
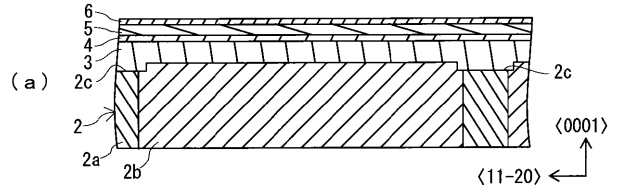
20

30

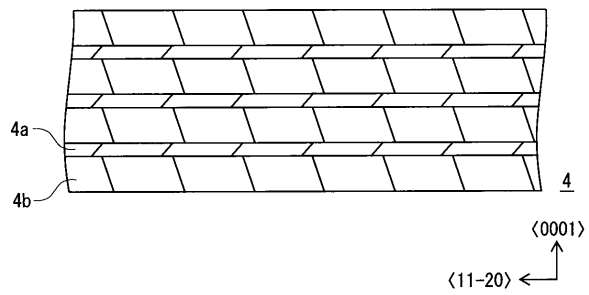
【 図 1 】



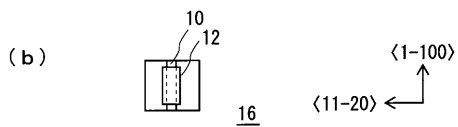
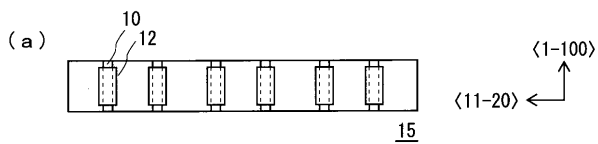
【 図 2 】



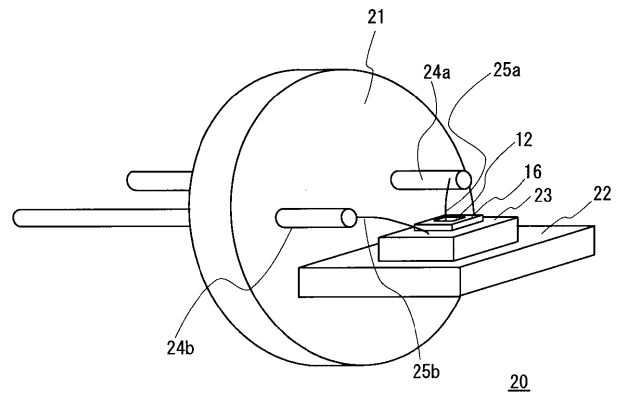
【 図 3 】



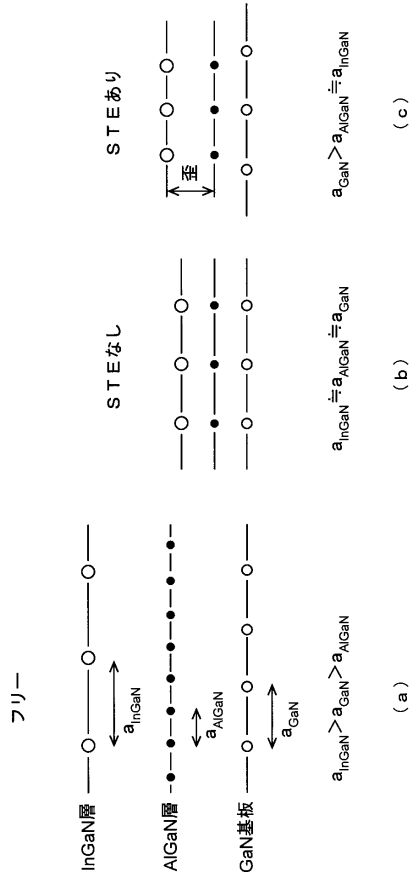
【 図 4 】



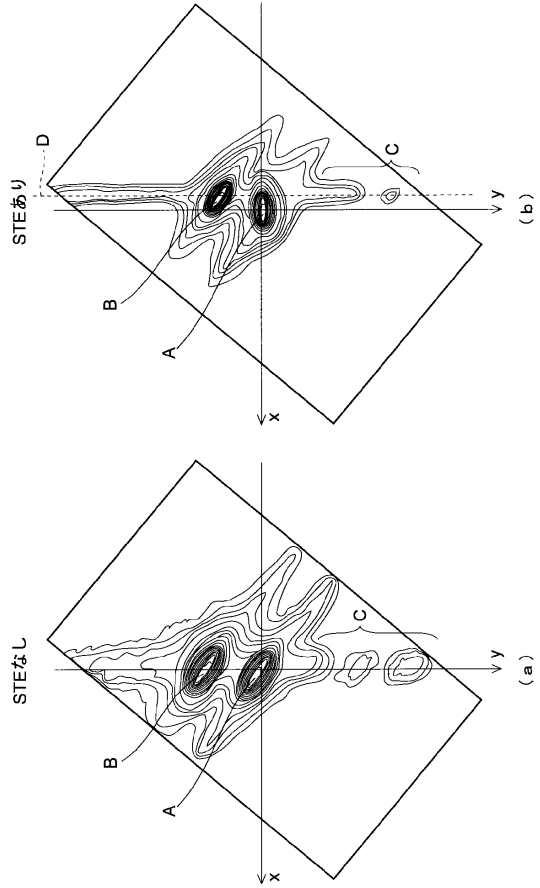
【 図 5 】



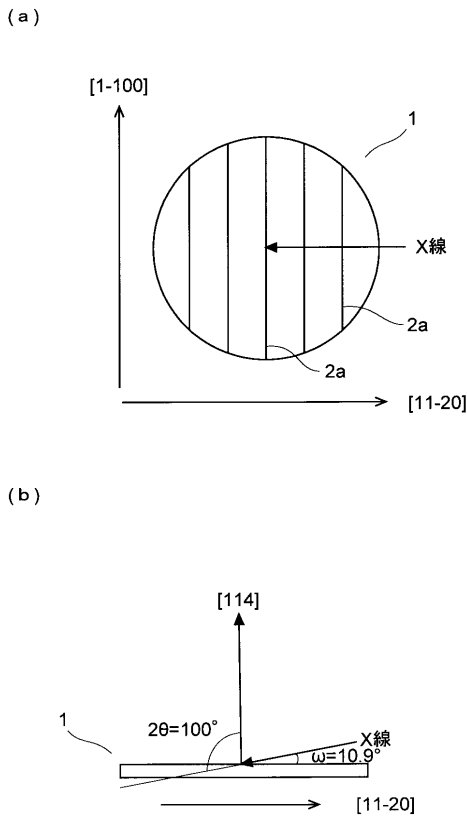
【 図 6 】



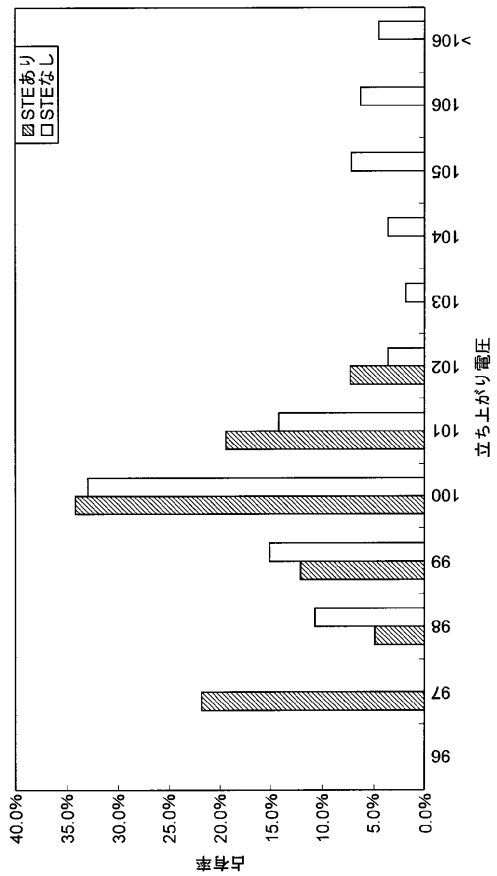
【 図 7 】



【 図 8 】

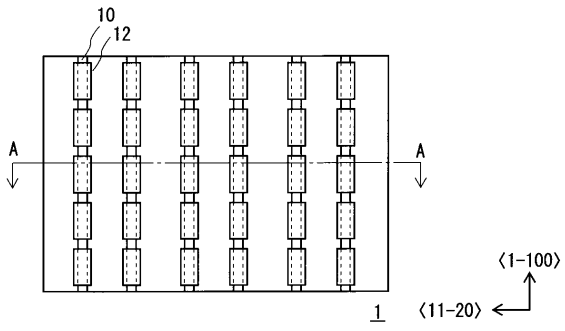


【 図 9 】



【 図 1 0 】

(a)



(b)

