

(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2008-244281

(P2008-244281A)

(43) 公開日 平成20年10月9日(2008.10.9)

(51) Int.Cl.

H01S 5/343 (2006.01)

F1

H01S 5/343 G10

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 15 頁)

(21) 出願番号 特願2007-84754 (P2007-84754)
 (22) 出願日 平成19年3月28日 (2007.3.28)

(71) 出願人 000005049
 シャープ株式会社
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
 (74) 代理人 100064746
 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 100098316
 弁理士 野田 久登
 (74) 代理人 100109162
 弁理士 酒井 将行

最終頁に続く

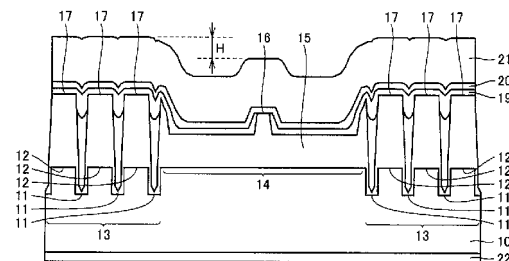
(54) 【発明の名称】 窒化物半導体レーザ素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】窒化物半導体レーザ素子の特性および信頼性の低下を抑制することができ、安定してジャンクションダウン接合を行なうことが可能な窒化物半導体レーザ素子の製造方法を提供する。

【解決手段】帯状に伸びる凹部を4つ以上かつ帯状に伸びる凸部を3つ以上有するとともに凹部と凸部とが1つずつ交互に形成されている支持部成長領域と凹部および凸部が形成されていないリッジ部成長領域とが交互に配列された窒化物半導体基板を作製する第1工程と、窒化物半導体基板の表面上に複数の窒化物半導体層を順次積層することによってリッジ部成長領域の上方に位置する最上面の平坦部よりも支持部成長領域の凸部の上方に位置する最上面の方が上方に突出している窒化物半導体層積層構造体を作製する第2工程と、リッジ部成長領域の上方における窒化物半導体層積層構造体の表面の一部を帯状に除去することによって窒化物半導体層積層構造体の一部に上方に突出したリッジ部を形成する第3工程と、を含む窒化物半導体レーザ素子の製造方法である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

帯状に伸びる凹部を 4 つ以上かつ帯状に伸びる凸部を 3 つ以上有するとともに凹部と凸部とが 1 つずつ交互に形成されている支持部成長領域と、前記凹部および前記凸部が形成されていないリッジ部成長領域と、が交互に配列された表面を有する窒化物半導体基板を作製する第 1 工程と、

前記窒化物半導体基板の前記表面上に複数の窒化物半導体層を順次積層することによって、前記リッジ部成長領域の上方に位置する最上面の平坦部よりも前記支持部成長領域の前記凸部の上方に位置する最上面の方が上方に突出している窒化物半導体層積層構造体を作製する第 2 工程と、

前記リッジ部成長領域の上方における前記窒化物半導体層積層構造体の表面の一部を帯状に除去することによって、前記窒化物半導体層積層構造体の一部に上方に突出したリッジ部を形成する第 3 工程と、

を含む、窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 2】

前記凹部の開口部の幅が $3\ \mu\text{m}$ 以上であり、前記凸部の上面の幅が $10\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする、請求項 1 に記載の窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 3】

前記凹部の深さが $1.8\ \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 4】

前記窒化物半導体基板の前記表面における、前記凹部の長手方向に平行な方向のオフ角を θ_p とし、前記凹部の長手方向に直交する方向のオフ角を θ_v としたとき、

θ_p が 0.2° 以上 1° 以下であって、 θ_v が 0.2° 以下であり、 (θ_v / θ_p) が 0.7 以下であることを特徴とする、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 5】

前記支持部成長領域のそれぞれにおいて、前記凸部の上面の幅の最大値と最小値との差の絶対値が $5\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 6】

前記リッジ部を金属膜で被覆する工程を含むことを特徴とする、請求項 1 から 5 のいずれかに記載の窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、窒化物半導体レーザ素子の製造方法に関し、特に、窒化物半導体レーザ素子の特性および信頼性の低下を抑制することができ、安定してジャンクションダウン接合を行なうことが可能な窒化物半導体レーザ素子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体レーザ素子を備えた半導体レーザ装置の放熱性を向上させるための手法としてはジャンクションダウン接合が知られている。ここで、ジャンクションダウン接合とは、リッジ部が形成された面をサブマウントに接合する方法である。

【0003】

図 7 に、特許文献 1 に開示されている従来の AlGaInAs 系の半導体レーザ素子の模式的な断面図を示す。ここで、従来の半導体レーザ素子は、 n 型 GaAs 基板 201 上に、 n 型バッファ層 202、 n 型クラッド層 203、発光層 204、 p 型第 1 クラッド層 205、 p 型第 2 クラッド層 206、中間層 207 および p 型コンタクト層 208 が順次積層された構成を有している。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

また、この従来の半導体レーザ素子においては、フォトリソグラフィ技術とエッチング技術とを用いて、リッジ部 2 1 2 およびダミーリッジ部 2 1 3 が形成されている。

【 0 0 0 5 】

また、この従来の半導体レーザ素子においては、リッジ部 2 1 2 の上面を除いた部分に半導体よりなる電流ブロック層 2 0 9 が形成されており、さらに電流ブロック層 2 0 9 上にはリッジ部 2 1 2 の上面の p 型コンタクト層 2 0 8 と接する p 側電極 2 1 0 が形成されている。また、n 型 GaAs 基板 2 0 1 の裏面には n 側電極 2 1 1 が形成されている。

【 0 0 0 6 】

この従来の半導体レーザ素子においては、ダミーリッジ部 2 1 3 の上方における p 側電極 2 1 0 の最上面 2 1 0 a がリッジ部 2 1 2 の上方における p 側電極 2 1 0 の最上面 2 1 0 b よりも高さ h だけ高くなっている。

【 0 0 0 7 】

このような構成の半導体レーザ素子をサブマウント等の基台にジャンクションダウンで接合する際に、ダミーリッジ部 2 1 3 の上方の p 側電極 2 1 0 の最上面 2 1 0 a が基台に接触する支持部となり、リッジ部 2 1 2 の上方における p 側電極 2 1 0 の最上面 2 1 0 b が基台に接触しないため、リッジ部 2 1 2 に加わる応力を低減することができるため、リッジ部 2 1 2 に加わる応力に起因する窒化物半導体レーザ素子の特性劣化を抑制することができる。

【 0 0 0 8 】

また、特許文献 2 には、基板の表面に掘り込まれた領域である少なくとも 1 つの凹部と掘り込まれていない領域である丘部とを形成するように加工し、その加工された表面上に窒化物半導体薄膜を成長させることによって、窒化物半導体レーザ素子の両側に 1 つずつリッジ部の長手方向に沿って伸びるダミーリッジ部を形成する方法が開示されている。

【特許文献 1】特開 2 0 0 4 - 3 1 9 9 8 7 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 5 - 3 5 3 8 0 8 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 9 】

一般に、窒化物半導体は GaAs 系半導体と比較して欠陥が多く、特に p 型窒化物半導体は欠陥が多いことが知られている。したがって、特許文献 1 に記載の技術を窒化物半導体レーザ素子に適用する場合には、リッジ部を形成するために p 型窒化物半導体層をエッチングすることによって欠陥を露出させてしまうことがある。

【 0 0 1 0 】

この欠陥が露出された p 型窒化物半導体層の上面に半導体よりなる電流ブロック層を形成した場合には、欠陥が多く、結晶性の良好でない電流ブロック層が形成されてしまう。そのため、電流ブロック層の上面に p 側電極を形成した場合には電流リークの原因となり信頼性の良好な窒化物半導体レーザ素子を得ることができないという問題があった。

【 0 0 1 1 】

また、窒化物半導体レーザ素子は、GaAs 系等の他の半導体レーザ素子と比較してキックが発生しやすく、また、130mW や 200mW といった高出力の窒化物半導体レーザ素子を作製するためにはリッジ部の幅を狭くする必要がある。

【 0 0 1 2 】

しかしながら、このような幅が狭く形成されたリッジ部は製造工程等のわずかな圧力を受けることで損傷を受けやすく、窒化物半導体レーザ素子の特性および信頼性を低下させる原因となりやすかった。

【 0 0 1 3 】

また、特許文献 2 に開示された窒化物半導体レーザ素子においては、サブマウント等の基台にジャンクションダウン接合する際にダミーリッジ部が破壊してしまうことがあった。

。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

上記の事情に鑑みて、本発明の目的は、窒化物半導体レーザ素子の特性および信頼性の低下を抑制することができ、安定してジャンクションダウン接合を行なうことが可能な窒化物半導体レーザ素子の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 5 】

本発明は、帯状に伸びる凹部を4つ以上かつ帯状に伸びる凸部を3つ以上有するとともに凹部と凸部とが1つずつ交互に形成されている支持部成長領域と、凹部および凸部が形成されていないリッジ部成長領域と、が交互に配列された表面を有する窒化物半導体基板を作製する第1工程と、窒化物半導体基板の表面上に複数の窒化物半導体層を順次積層することによって、リッジ部成長領域の上方に位置する最上面の平坦部よりも支持部成長領域の凸部の上方に位置する最上面の方が上方に突出している窒化物半導体層積層構造体を作製する第2工程と、リッジ部成長領域の上方における窒化物半導体層積層構造体の表面の一部を帯状に除去することによって、窒化物半導体層積層構造体の一部に上方に突出したリッジ部を形成する第3工程と、を含む、窒化物半導体レーザ素子の製造方法である。

【 0 0 1 6 】

ここで、本発明の窒化物半導体レーザ素子の製造方法においては、凹部の開口部の幅が $3\mu\text{m}$ 以上であり、凸部の上面の幅が $10\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【 0 0 1 7 】

また、本発明の窒化物半導体レーザ素子の製造方法においては、凹部の深さが $1.8\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。

【 0 0 1 8 】

また、本発明の窒化物半導体レーザ素子の製造方法においては、窒化物半導体基板の表面における、凹部の長手方向に平行な方向のオフ角を θ_p とし、凹部の長手方向に直交する方向のオフ角を θ_v としたとき、 θ_p が 0.2° 以上 1° 以下であって、 θ_v が 0.2° 以下であり、 (θ_v / θ_p) が 0.7 以下であることが好ましい。

【 0 0 1 9 】

また、本発明の窒化物半導体レーザ素子の製造方法においては、支持部成長領域のそれぞれにおいて、凸部の上面の幅の最大値と最小値との差の絶対値が $5\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【 0 0 2 0 】

また、本発明の窒化物半導体レーザ素子の製造方法においては、リッジ部を金属膜で被覆する工程を含むことが好ましい。

【発明の効果】

【 0 0 2 1 】

本発明によれば、窒化物半導体レーザ素子の特性および信頼性の低下を抑制することができ、安定してジャンクションダウン接合を行なうことが可能な窒化物半導体レーザ素子の製造方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 2 】

以下、本発明の実施の形態について説明する。なお、本発明の図面において、同一の参照符号は、同一部分または相当部分を表わすものとする。

【 0 0 2 3 】

図1に、本発明の窒化物半導体レーザ素子の一例の模式的な断面図を示す。ここで、本発明の窒化物半導体レーザ素子は、帯状に伸びる凹部11を4つ以上かつ帯状に伸びる凸部12を3つ以上有するとともに凹部11と凸部12とが1つずつ交互に形成されている支持部成長領域13と、凹部11および凸部12が形成されていないリッジ部成長領域14と、が交互に配列されたn型の窒化物半導体基板10の表面上に、複数の窒化物半導体層を順次積層することによって形成された窒化物半導体層積層構造体15が形成されており、窒化物半導体層積層構造体15の表面上に絶縁膜19およびp側電極20が順次形成

10

20

30

40

50

され、さらに p 側電極 20 の表面上に金属膜 21 が形成された構成を有している。また、窒化物半導体基板 10 の裏面上には n 側電極 22 が形成されている。また、リッジ部成長領域 14 の上方に位置するリッジ部 16 の側方は絶縁膜 19 で埋められている。

【0024】

このような構成の窒化物半導体レーザ素子においては、リッジ部成長領域 14 の上方に位置するリッジ部 16 の最上面よりも支持部成長領域 13 の凸部の上方に位置する窒化物半導体層（支持部 17）の最上面の方が上方に突出している。ここで、支持部 17 の上方に位置する金属膜 21 の表面は、リッジ部 16 の上方に位置する金属膜 21 の表面よりも H だけ高くなっている。

【0025】

このように本発明により製造された窒化物半導体レーザ素子においては、リッジ部 16 の最上面よりも上方に突出する 3 つ以上の支持部 17 が形成される。

【0026】

したがって、本発明によって製造された窒化物半導体レーザ素子を用いた場合には、サブマウント上にジャンクションダウン接合する際に、n 側電極 22 が形成されている側の面から荷重を加えた場合でもサブマウントとの接触によってリッジ部 16 が損傷を受けることを抑制することができるため、本発明によれば窒化物半導体レーザ素子の特性および信頼性の低下を抑制することができる。

【0027】

また、3 つ以上の支持部 17 の最上面を覆う金属膜 21 の表面でサブマウントとジャンクションダウン接合することができるため、1 つの支持部 17 の上方でジャンクションダウン接合を行なう従来の特許文献 2 の窒化物半導体レーザ素子と比べて、サブマウントへの接合面積を大きくすることができることから、安定してジャンクションダウン接合を行なうことが可能となる。

【0028】

なお、本明細書において、「上」とは、窒化物半導体層積層構造体 15 を構成する窒化物半導体層の積層方向を意味するものとする。

【0029】

以下、図 1 に示す窒化物半導体レーザ素子を製造する方法の一例を図 2 ～ 図 5 を参照して説明する。

【0030】

まず、図 2 に示す窒化物半導体基板 10 を作製する。ここで、図 2 (a) は窒化物半導体基板 10 の模式的な平面図を示し、図 2 (b) は窒化物半導体基板 10 の模式的な断面図を示す。以下、窒化物半導体基板 10 を作製する方法（第 1 工程）の一例について説明する。

【0031】

まず、C 面を主面とし、 $\langle 1 - 100 \rangle$ 方向に 0.3° 、 $\langle 11 - 20 \rangle$ 方向に 0.1° のオフ角を有する n 型 GaN 基板の表面の全面に $1.5 \mu\text{m}$ の厚さの SiO₂ 膜をスパッタ蒸着する。

【0032】

次に、フォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を用いて、 $\langle 1 - 100 \rangle$ 方向に伸びる複数の帯状のフォトレジストからなるマスクのパターンを SiO₂ 膜上に形成する。ここで、フォトレジストからなるマスクのパターンは、帯状のフォトレジストからなるマスクの形成領域とその間の帯状の開口領域とが交互に配列されたパターンである。そして、支持部成長領域 13 に対応するパターンは、帯状のフォトレジストからなるマスクの間の帯状の開口領域の幅を $5 \mu\text{m}$ とし、その開口領域が $\langle 11 - 20 \rangle$ 方向に $30 \mu\text{m}$ の間隔で 7 周期配列されたものを 1 組としたパターンである。また、リッジ部成長領域 14 に対応するパターンは、支持部成長領域 13 から $\langle 11 - 20 \rangle$ 方向に向かって次の支持部成長領域 13 までの間隔が $185 \mu\text{m}$ である $\langle 1 - 100 \rangle$ 方向に伸びる帯状のフォトレジストからなるマスクのパターンである。

10

20

30

40

50

【0033】

そして、R I E (Reactive Ion Etching) 等のドライエッチング技術を用いて、 SiO_2 膜および n 型 GaN 基板のエッチングを行なうことによって n 型 GaN 基板の表面に深さ $5\text{ }\mu\text{m}$ に掘り込まれた帯状の凹部 11 と掘り込まれていない幅 $30\text{ }\mu\text{m}$ の帯状の凸部 12 とを有する支持部成長領域 13 が形成される。上記のエッチング後は、 SiO_2 膜上のフォトリソグがすべて除去される。

【0034】

その後、エッチャントとして HF (フッ化水素) 水溶液 (フッ酸) 等を用いて SiO_2 膜を除去することによって、図 2 に示す窒化物半導体基板 10 が作製される。

【0035】

なお、上記において、 SiO_2 膜の形成方法はスパッタ蒸着に限定されるものではなく、たとえば、電子ビーム蒸着法またはプラズマ C V D (Chemical Vapor Deposition) 法等を用いることもできる。また、上記において、凹部 11 の形成方法としては、たとえば、ドライエッチングまたはウエットエッチングを用いてもよく、機械的に n 型 GaN 基板の表面を掘り込んで凹部 11 を形成してもよい。また、n 型 GaN 基板の表面に、GaN、InGa_{0.5}N、AlGa_{0.5}N または InAlGa_{0.5}N 等の窒化物半導体薄膜を成長させた後に掘り込んで凹部 11 を形成してもよい。

【0036】

支持部成長領域 13 における凹部 11 と凸部 12 の周期は、たとえば図 2 に示すように、凹部 11 と凸部 12 とが交互に配列され、凹部 11 で始まり凹部 11 で終わる構成とされる。また、支持部成長領域 13 は、1 周期の凹部 / 凸部 / 凹部であってもよいし、複数の周期で構成されていてもよい。また、凹部 11 の開口部および凸部 12 の上面は個々に異なる幅を有していてもよい。

【0037】

また、図 2 に示すように、窒化物半導体基板 10 の表面に形成される凹部 11 の開口部の幅 W_1 は $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。また、窒化物半導体基板 10 の表面に形成される凹部 11 の深さ D_1 は $1.8\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。窒化物半導体基板 10 の表面に形成される凹部 11 の開口部の幅 W_1 または凹部 11 の深さ D_1 が $1.8\text{ }\mu\text{m}$ 未満である場合には、窒化物半導体基板 10 の表面上に窒化物半導体層を積層して窒化物半導体層積層構造体 15 を形成する過程で凹部 11 が埋め込まれてしまい、リッジ部 16 よりも上方に突出する支持部 17 を得ることができない傾向にあるためである。

【0038】

また、図 2 に示すように、窒化物半導体基板 10 の表面に形成される凸部 12 の上面の幅 W_2 は $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。凸部 12 の上面の幅 W_2 が $10\text{ }\mu\text{m}$ 未満である場合には、窒化物半導体層が積層されて形成される支持部 17 の幅が狭くなるため、製造プロセス時に支持部 17 が破損してしまうことがある。また、凸部 12 の上面の幅 W_2 が $50\text{ }\mu\text{m}$ を超える場合には、凸部 12 の上面上に形成される窒化物半導体層の先端の全体が後述するエッジグロースを起こさず、リッジ部成長領域 14 上に形成される窒化物半導体層の表面のようにエッジグロースの間に平坦部を有する構成となる傾向にあるため好ましいとはいえない。

【0039】

また、窒化物半導体基板 10 の表面において、凹部 11 の長手方向に平行な方向のオフ角を θ_p とし、凹部 11 の長手方向に直交する方向のオフ角を θ_v としたとき、 θ_p が 0.2° 以上 1° 以下であって、 θ_v が 0.2° 以下であり、 (θ_v / θ_p) が 0.7 以下であることが好ましい。

【0040】

たとえば、窒化物半導体基板 10 の表面において、凹部 11 の長手方向に平行な方向のオフ角 θ_p を 0.1° とし、凹部 11 の長手方向に直交する方向のオフ角 θ_v を 1° とした場合には、それぞれの支持部 17 の表面は左上がりまたは右下がりとなり、支持部成長領域 13 全体としてみればノコギリの刃のような形状となる。このような形状の支持部 17

10

20

30

40

50

をサブマウントにジャンクションダウン接合を行なった場合には、窒化物半導体レーザ素子とサブマウントとが斜めに接合され、窒化物半導体レーザ素子のレーザ光の出射の際に生じる熱の拡散にバラツキが生じることによって、リッジ部に大きな歪みが生じてしまう。そこで、このような問題を解消する観点ならびに後述するエッジグロースおよび表面モフォロジの観点から、窒化物半導体基板 10 の表面において、凹部 11 の長手方向に平行な方向のオフ角を θ_p とし、凹部 11 の長手方向に直交する方向のオフ角を θ_v としたとき、 θ_p が 0.2° 以上 1° 以下であって、 θ_v が 0.2° 以下であり、 (θ_v / θ_p) が 0.7 以下であることが好ましい。

【0041】

また、窒化物半導体基板 10 の表面の支持部成長領域 13 のそれぞれにおいて、凸部 12 の上面の幅の最大値と最小値との差の絶対値が $5\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。それぞれの支持部成長領域 13 における凸部 12 の上面の幅の最大値と最小値との差の絶対値が $5\ \mu\text{m}$ 以下である場合には支持部 17 の高さを同等にすることができるとの傾向にある。したがって、このような同等の高さを有する 3 つ以上の支持部 17 によってサブマウントにジャンクションダウン接合を行なう場合には、ジャンクションダウン接合時の支持部 17 の破壊が抑制されやすくなることから、窒化物半導体レーザ素子をより安定してジャンクションダウン接合することが可能となる傾向にある。

【0042】

また、本発明において、窒化物半導体基板 10 としては、たとえば、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ ($0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 < z < 1$ 、 $x + y + z = 0$) の組成式で表わされる窒化物半導体からなる基板を用いることができる。また、窒化物半導体基板 10 を構成する窒化物半導体の窒素原子のうちその約 10% 以下が As、P または Sb 等の原子で置換されていてもよい（ただし、窒化物半導体基板 10 においては六方晶系が維持されている）。また、窒化物半導体基板 10 中に、Si、O、Cl、S、C、Ge、Zn、Cd、Mg または Be 等がドーピングされていてもよい。また、窒化物半導体基板 10 を n 型とする場合には、Si、O または Cl がドーピングされていることが好ましい。また、窒化物半導体層が積層される窒化物半導体基板 10 の表面としては、たとえば、C 面 {0001}、A 面 {11-20}、R 面 {1-102}、M 面 {1-100}、または {1-101} 面が好ましく用いられる。

【0043】

上記のようにして作製した窒化物半導体基板 10 の表面上に複数の窒化物半導体層を順次積層することによって窒化物半導体層積層構造体を作製する（第 2 工程）。

【0044】

図 3 に、窒化物半導体基板 10 の表面上に作製された窒化物半導体層積層構造体 15 の一例の模式的な拡大断面図を示す。ここで、窒化物半導体層積層構造体 15 は、たとえば、窒化物半導体基板 10 を MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 装置に設置し、窒化物半導体基板 10 の表面上に、厚さ $0.2\ \mu\text{m}$ の n 型 GaN 層 101、厚さ $2\ \mu\text{m}$ の n 型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 層 102、厚さ $0.02\ \mu\text{m}$ の n 型 GaN ガイド層 103、周期層厚を $12\ \text{nm}$ とする 3 周期の MQW 活性層 104、厚さ $0.01\ \mu\text{m}$ の p 型 $\text{Al}_{0.02}\text{Ga}_{0.98}\text{N}$ キャリアブロック層 105、厚さ $0.02\ \mu\text{m}$ の p 型 GaN ガイド層 106、厚さ $0.55\ \mu\text{m}$ の p 型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 層 107 および厚さ $0.1\ \mu\text{m}$ の p 型 GaN コンタクト層 108 が MOCVD 法により順次結晶成長させられて形成される。

【0045】

図 4 に、窒化物半導体基板 10 の表面上に窒化物半導体層積層構造体 15 を形成した後のウエハの一例の模式的な断面図を示す。

【0046】

ここで、図 4 に示すように、窒化物半導体基板 10 のリッジ部成長領域 14 の上方に位置する最上面においては、表面が平坦な平坦部となるリッジ形成部 25 と、リッジ形成部 25 の両端部にリッジ形成部 25 よりも盛り上がった領域であるエッジグロース部 26 と

10

20

30

40

50

、が形成される。なお、本明細書においては、このように端部が盛り上がった結晶成長が起こることをエッジグロースといい、エッジグロースが生じている領域をエッジグロース部という。また、平坦部となるリッジ形成部 25 の表面からエッジグロース部 26 の最も高いところまでの段差 H1 は、窒化物半導体基板 10 の作製条件および窒化物半導体層積層構造体 15 の形成条件にもよるが、たとえば $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以下とすることができる。

【0047】

まず、リッジ部成長領域 14 の上方のエッジグロース部 26 を例としてエッジグロース部 26 が形成される経緯を説明する。ここでは、リッジ部成長領域 14 の幅を上記と同様の $185\text{ }\mu\text{m}$ として説明する。

10

【0048】

窒化物半導体基板 10 の表面上に窒化物半導体層のエピタキシャル成長を開始すると、窒化物半導体層の原料となる原子および分子が窒化物半導体基板 10 の表面に付着し、マイグレーション等を起こして窒化物半導体基板 10 の表面を移動していく。ところが、凹部 11 の埋め込みがある程度まで進行するまでは、リッジ部成長領域 14 に付着した原子および分子が凹部 11 に流れ込めずにリッジ部成長領域 14 の端部で固着してしまうため、リッジ部成長領域 14 の端部からエッジグロースが生じ始め、窒化物半導体層積層構造体 15 の形成が完了した時点でたとえば $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下の幅を有するエッジグロース部 26 が形成される。

20

【0049】

このように、エッジグロース部 26 が窒化物半導体基板 10 の表面上の全面に生じた状態で窒化物半導体層積層構造体 15 の形成が完了すると、リッジ部形成領域 14 上の窒化物半導体層積層構造体 15 の表面はエッジグロース部 26 を除いて表面モフォロジの良好な平坦な表面を有するリッジ形成部 25 が得られる。この表面モフォロジが良好なリッジ形成部 25 は、エッジグロースが生じることで、マイグレーション等による凹部 11 への原子および分子の流れ込みが生じにくくなるため均一な結晶成長が可能となる。

【0050】

次に、支持部成長領域 13 の凸部 12 上に窒化物半導体層が成長する場合について説明する。凸部 12 の上面の幅はリッジ部成長領域 14 と比較して狭くなっているが、窒化物半導体基板 10 の表面上に窒化物半導体層のエピタキシャル成長を開始すると、凸部 12 の上面上にも原子および分子が付着し、付着した原子および分子はマイグレーション等により移動する。しかしながら、凹部 11 の埋め込みがある程度まで進行するまでは、リッジ部成長領域 14 に付着した原子および分子が凹部 11 に流れ込むことができず、また、凸部 12 の上面の幅は狭くなっている。これにより、凸部 12 の上面の両端からエッジグロースが始まり、窒化物半導体層が成長する過程で凸部 12 の両端からのエッジグロースが干渉し合い、やがては凸部 12 の上の全面でエッジグロースが生じて、厚さのある支持部 17 が形成される。上述したように、凸部 12 の上の全面でエッジグロースを生じさせるためには、図 2 に示す凸部 12 の上面の幅 W2 が $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

30

【0051】

また、窒化物半導体層積層構造体 15 の表面モフォロジは、窒化物半導体基板 10 のオフ角に影響を受ける。窒化物半導体基板 10 の凹部 11 の長手方向に平行な方向のオフ角 θ_p が 0.2° 以上である場合にはエッジグロースが生じやすくなる傾向にあるが、オフ角 θ_p が 1° を超える場合には窒化物半導体基板 10 の表面の研磨傷等の窒化物半導体基板 10 に起因する表面モフォロジが現れやすくなるため、上記のオフ角 θ_p は 0.2° 以上 1° 以下であることが好ましい。

40

【0052】

また、窒化物半導体基板 10 の凹部 11 の長手方向に直交する方向のオフ角 θ_v はエッジグロースの具合に影響し、オフ角 θ_v が 0.2° を超える場合には、ウエハの面内においてエッジグロースによる盛り上がりの高さに分布を生じやすくなることと、表面モフォ

50

ロジが悪化しやすくなる等の問題が生じやすくなるため、上記のオフ角 γ は 0.2° 以下であることが好ましい。

【0053】

さらに、窒化物半導体基板 10 の凹部 11 の長手方向に平行な方向のオフ角 ρ と直交する方向のオフ角 γ とが $(\gamma / \rho) = 0.7$ の関係を満たす場合には、エッジグロースが生じ、表面モフォロジの良好な窒化物半導体層積層構造体 15 が得られる傾向にある。

【0054】

上述した窒化物半導体基板 10 の表面のオフ角によるエッジグロースの具合や表面モフォロジが影響を受けることは、窒化物半導体基板 10 の表面のオフ角によってエピタキシャル成長中のマイグレーション等による原子および分子の移動が影響を受けるためと考えられる。

【0055】

図 5 に、図 1 に示す窒化物半導体レーザ素子が横に繋がったレーザバーの一例の模式的な断面図を示す。ここで、リッジ部 16 は、リッジ部成長領域 14 の上方における窒化物半導体層積層構造体 15 の表面の一部を帯状に除去することによって形成される（第 3 工程）。

【0056】

詳細には、まず、図 4 に示すウエハのリッジ形成部 25 の中央部にフォトリソグラフィ技術とエッチング技術とを用いて、リッジ部 16 に対応する部分をフォトレジストからなるマスクで保護し、そのマスクの両脇をエッチングすることによってリッジ部 16 が作製される。本実施の形態において、リッジ部 16 は、 $\langle 1-100 \rangle$ 方向に沿って凹部 11 と平行になるように高さ $0.4 \mu\text{m}$ 、リッジ部 16 の上面の幅が $1.2 \mu\text{m}$ 、リッジ部 16 の底面の幅が $1.5 \mu\text{m}$ の順メサ形状として形成されている。

【0057】

リッジ部 16 は、リッジ形成部 25 の両端部から幅方向（凹部 11 の長手方向に直交する方向）に $10 \mu\text{m}$ 以上離れた位置で形成されることが好ましい。エッジグロース部 26 はエッジグロースにより窒化物半導体層積層構造体の層構造が設計通りになりにくいいため、リッジ形成部 25 の両端部から幅方向に $10 \mu\text{m}$ 未満の領域にリッジ部 16 を形成した場合には窒化物半導体レーザ素子の特性にばらつきが生じるおそれがある。

【0058】

リッジ部 16 を作製する際には、支持部 17 はマスクで被覆され、エッチングされないようにすることが好ましい。支持部 17 がエッチングされてしまうと、リッジ部 16 と支持部 17 との間の高低差 H1 が小さくなってしまうためである。

【0059】

次に、図 5 に示すように、リッジ部 16 の上面を除いた表面部分を絶縁膜 19 で保護し、続いて、p 側電極 20 および金属膜 21 が順次積層される。

【0060】

ここで、絶縁膜 19 は、たとえば以下の方法により形成することができる。まず、窒化物半導体層積層構造体 15 にリッジ部 16 を形成した後に、リッジ部 16 の上面にのみフォトレジストによるマスクを形成し、その後、スパッタ法等を用いて窒化シリコンからなる絶縁膜 19 を形成する。そして、絶縁膜 19 の形成後は、フォトレジストが除去される。ここでは、絶縁膜 19 としては窒化シリコンが用いられているが、その他の材質としては、Si、Ti、Zr、Ta および Al からなる群から選択された少なくとも 1 種の酸化物若しくは窒化物、または SiO_2 等の酸化シリコンを用いることができる。

【0061】

また、絶縁膜 19 は、リッジ部 16 の上面を除いて窒化物半導体層積層構造体 15 の表面を連続して被覆していることが好ましい。たとえば、本実施の形態において、支持部成長領域 13 は、凹部 11 と凸部 12 とが集中して形成された領域となっているが、凸部 12 に挟まれた凹部 11 の上方は窒化物半導体層が形成されず、溝となっている。そのため

10

20

30

40

50

、支持部 17 の間は分断されているが、凹部 11 の上方の溝を埋め込むか、エブリッジ状に被覆されていることが好ましく、支持部 17 の間の溝からの電流のリークを防止することができる。

【0062】

また、p 側電極 20 は、リッジ部 16 の上面および絶縁膜 19 の上面に形成されている。p 側電極 20 は、リッジ部 16 が形成されている側の窒化物半導体層積層構造体 15 の表面全体にわたって形成されていることが好ましい。これは、p 側電極 20 は、リッジ部 16 に電流を注入する電極としての機能の他に、金属膜 21 の成長を促進させる機能も兼ね備えて得るためである。この p 側電極 20 における金属膜 21 の成長を促進させる機能を効果的に発現させるためには、p 側電極 20 の最上面の材質は金属膜 21 と同様の金属であることが好適である。たとえば、金属膜 21 に Au を用いる場合には、p 側電極 20 としては、たとえば、Pd / Mo / Au、Ni / Au、Pd / Pt / Au、または Pd / Au 等の最上面が Au からなる構成を用いることが好適である。また、金属膜 21 が Au、Ag および Au からなる群から選択された少なくとも 1 種のメッキ、または Ag、Cu、Al または Mo 等の単体の金属からなる場合には、p 側電極 20 の最上面には、たとえば、Ag、Cu、Al または Mo 等の金属を用いることができる。

10

【0063】

なお、上記の金属膜 21 の形成に用いられるメッキとしては、たとえば、シアン系金メッキまたは亜硫酸系金メッキを用いることができるが、亜硫酸系金メッキは硬度が高いために変形を引き起こしにくい点から特に好ましい。また、光沢金メッキを施した場合には、メッキ表面の粒子がより細くなるため、サブマウントとの密着性が良好となるため好適である。

20

【0064】

このような p 側電極 20 および金属膜 21 は、たとえば以下のようにして形成することができる。まず、窒化物半導体層積層構造体 15 の表面上に絶縁膜 19 を形成した後、EB (Electron Beam) 蒸着により p 側電極 20 を形成する。続いて、電解メッキにより、たとえば厚さ 5 μm の金属膜 21 を形成する。

【0065】

また、金属膜 21 を形成する方法としては、上記の電解メッキの他にも、たとえば、無電解メッキ、合金メッキ、EB 蒸着、スパッタ、または ECR (Electron cyclotron Resonance) 法等を用いることができる。

30

【0066】

また、金属膜 21 の厚さは 1 μm 以上であることが好ましい。本発明においては、エッジグロースにより、支持部 17 の上面とリッジ部 16 の上面との間に段差が生じているため、窒化物半導体レーザ素子をジャンクションダウン接合によりサブマウントに接合した場合には支持部 17 よりも窪んでいるリッジ部 16 へのはんだの流れ込みが均一にならず空洞ができてしまうこと等によって、窒化物半導体レーザ素子の特性にばらつきが生じることがあるためである。

【0067】

また、上記の p 側電極 20 および金属膜 21 の形成後には、窒化物半導体基板 10 の裏面の研磨若しくはエッチングを行なうことにより、窒化物半導体基板 10 の厚さをたとえば 80 μm 以上 200 μm 以下に薄くすることができる。そして、窒化物半導体基板 10 の裏面には、たとえば Hf / Al の構成の n 側電極 22 が EB 蒸着法等によって形成される。

40

【0068】

また、n 側電極 22 としては、Hf / Al の構成の他にも、たとえば、Hf / Al / Mo / Au、Hf / Al / Pt / Au、Hf / Al / W / Au、Hf / Au、または Hf / Mo / Au 等の構成を用いてもよい。また、n 側電極 22 としては、上記の構成において、Hf を Ti または Zr に置き換えた構成を用いてもよい。

【0069】

50

また、図 5 に示すレーザバーは、たとえば、リッジ部 16、p 側電極 20、金属膜 21 および n 側電極 22 が形成された後のウエハをリッジ部 16 の長手方向となる $\langle 1 - 100 \rangle$ 方向に直交する方向に劈開することにより形成される。この劈開により露出した劈開面が共振器端面を構成し、共振器長がたとえば $400\ \mu\text{m}$ の導波型ファブリペロー共振器が形成される。なお、本発明において、共振器長が $400\ \mu\text{m}$ に限定されることは言うまでもなく、たとえば $300\ \mu\text{m}$ 以上 $1000\ \mu\text{m}$ 以下の範囲とすることができる。

【0070】

また、上記のようにして形成された共振器端面は窒化物半導体結晶の $\{1 - 100\}$ 面に相当する。劈開は、ウエハの裏面全面にダイヤモンドカットによって罫書き線を形成し、ウエハに所定の圧力を加えた状態で実施される。また、ウエハの一部、たとえば、ウエハの端部のみにダイヤモンドカットによって罫書き線が形成され、これを起点にして劈開しても構わない。また、共振器端面の形成は、エッチングによって行なわれても構わない。

【0071】

このように、導波型ファブリペロー共振器の前後に共振器端面を形成した後、これらの共振器端面の両面にそれぞれ、 SiO_2 膜と TiO_2 膜とを交互に蒸着して反射率 70% の誘電体多層膜を形成することができる。なお、形成された 2 つの共振器端面のうち 1 つはレーザ光の出射面とし、レーザ光の出射面となる共振器端面に形成される誘電体多層膜の反射率をたとえば 5% とし、他方の共振器端面に形成される誘電体多層膜の反射率をたとえば 95% としてもよい。なお、誘電体多層膜の反射率も上記のものに限定されないことは言うまでもない。また、誘電体多層膜の構成も SiO_2 膜と TiO_2 膜とが交互に積層された積層体に限定されるものではなく、たとえば、 SiO_2 膜と Al_2O_3 膜との積層体等を用いてもよい。

【0072】

また、図 5 に示す構成のレーザバーをリッジ部 16 の長手方向に平行な方向沿ってたとえば図 5 に示す破線 31 で切断して複数のチップに分割することにより、図 1 に示す窒化物半導体レーザ素子を作製することができる。

【0073】

ここで、分割する方法としては、たとえば、n 側電極 22 の形成された面を上側にしてレーザバーをステージ上に設置し、レーザバーの裏面となる n 側電極 22 の表面にダイヤモンドカット等によってスクライブラインを入れる。そして、レーザバーに所定の圧力を加えた状態で、スクライブラインに先端形状が鋭角な刃を当て、ブレーキング装置を用いて圧力を加えることによって、スクライブラインに沿ってレーザバーを分割する。これにより、複数の窒化物半導体レーザ素子がチップ状に分割される。なお、この方法は、スクライビング法と言われる方法である。また、窒化物半導体基板 10 の表面において分割したい箇所が凹部 11 の開口部内に含まれるように凹部 11 の幅を広げて分割しやすくしてもよい。また、窒化物半導体レーザ素子のリッジ部 16 の両側に少なくとも 1 つずつの支持部 17 が含まれるように分割してもよい。

【0074】

また、上記のスクライビング法以外にも、n 側電極 22 の表面にキズまたは溝等を形成してレーザバーを分割する方法を用いることもできる。また、ワイヤソー若しくは薄板ブレード等を用いて n 側電極 22 の表面にキズ入れ若しくは切断を行なうダイシング法、エキシマレーザ光の照射による加熱とその後の急冷により照射部に生じたクラックをスクライブラインとするレーザスクライブ法、または高エネルギー密度のレーザ光を照射し、蒸発させることで溝入れ加工を行なうレーザアブレーション法等を用いることができる。

【0075】

図 6 は、本発明によって製造された図 1 に示す構成の窒化物半導体レーザ素子をサブマウントにジャンクションダウン接合により接合した状態の一例を示す模式的な断面図である。

【0076】

図 1 に示す構成の窒化物半導体レーザ素子をサブマウントにジャンクションダウン接合

10

20

30

40

50

する方法としては、たとえば、以下のような方法がある。まず、マウント装置にサブマウント 32 を設置し、サブマウント 32 上ではんだ 33 を溶融させる、次に、溶融したはんだ 33 の上面側から窒化物半導体レーザ素子のリッジ部 16 が形成された側の表面とサブマウント 32 の表面とが向き合うようにして窒化物半導体レーザ素子をはんだ 33 上に載せる。そして、窒化物半導体レーザ素子の n 側電極 22 が形成されている側の面から荷重を加えて密着させる。その後、冷却してはんだ 33 を固化させる。このようにして、窒化物半導体レーザ素子をサブマウントにジャンクションダウン接合することができる。

【0077】

ここで、本発明によって製造された窒化物半導体レーザ素子においては、たとえば、金属膜 21 が形成されていることによって、窪みとなっているリッジ部 16 の上方をはんだ 33 で埋め込みきれずに空洞が生じたとしても、リッジ部 16 の直下の窒化物半導体層で生じた熱は熱伝導率の良好な金属膜 21 を伝導してサブマウント 32 に逃がすことができるため、窒化物半導体レーザ素子が高出力であっても、良好に放熱することができる。そのため、窒化物半導体レーザ素子の高出力化に伴って増加する放熱性の問題も回避することができる。

【0078】

なお、上記において、サブマウント 32 の材質としては、SiC または AlN が好適に用いられる。また、上記において、はんだ 33 の材質としては、金と錫の合金を用いることが好ましく、この場合に金と錫の比率（質量比）は 70 : 30 であることが好ましい。

【0079】

なお、結晶面および方向を表わす場合に、本来であれば所要の数字の上にバーを付した表現をするべきであるが、表現手段に制約があるため、本明細書においては、所要の数字の上にバーを付す表現の代わりに、所要の数字の前に「-」を付して表現している。

【0080】

今回開示された実施の形態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説明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。

【産業上の利用可能性】

【0081】

本発明は、ジャンクションダウン接合により接合される窒化物半導体レーザ素子の製造に好適に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0082】

【図 1】本発明の窒化物半導体レーザ素子の一例の模式的な断面図である。

【図 2】(a) は本発明に用いられる窒化物半導体基板の一例の模式的な平面図であり、(b) は (a) に示す窒化物半導体基板の模式的な断面図である。

【図 3】本発明において、窒化物半導体基板の表面上に作製された窒化物半導体層積層構造体の一例の模式的な拡大断面図である。

【図 4】本発明において、窒化物半導体基板の表面上に窒化物半導体層積層構造体を形成した後のウエハの一例の模式的な断面図である。

【図 5】図 1 に示す窒化物半導体レーザ素子が横に繋がったレーザバーの一例の模式的な断面図である。

【図 6】図 1 に示す構成の窒化物半導体レーザ素子をサブマウントにジャンクションダウン接合により接合した状態の一例を示す模式的な断面図である。

【図 7】従来の AlGaInAs 系の半導体レーザ素子の模式的な断面図である。

【符号の説明】

【0083】

10 窒化物半導体基板、11 凹部、12 凸部、13 支持部成長領域、14 リッジ部成長領域、15 窒化物半導体層積層構造体、16 リッジ部、17 支持部、1

10

20

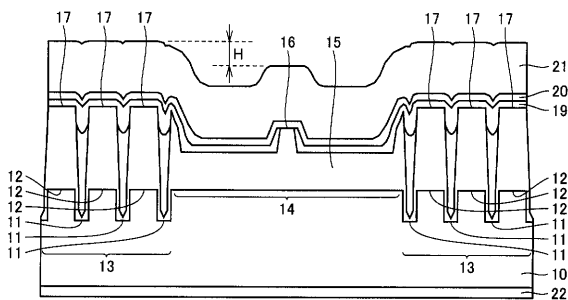
30

40

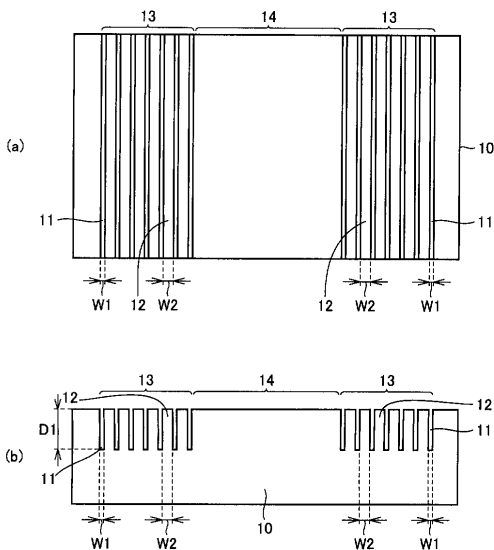
50

9 絶縁膜、20 p側電極、21 金属膜、22 n側電極、25 リッジ形成部、26 エッジグロース部、31 破線、32 サブマウント、33 はんだ、101 n型Ga_{0.95}N層、102 n型Al_{0.05}Ga_{0.95}N層、103 n型Ga_{0.95}Nガイド層、104 MQW活性層、105 p型Al_{0.02}Ga_{0.98}Nキャリアブロック層、106 p型Ga_{0.95}Nガイド層、107 p型Al_{0.05}Ga_{0.95}N層、108 p型Ga_{0.95}Nコンタクト層、201 n型GaAs基板、202 n型バッファ層、203 n型クラッド層、204 発光層、205 p型第1クラッド層、206 p型第2クラッド層、207 中間層、208 p型コンタクト層、209 電流ブロック層、210 p側電極、210a, 210b 最上面、211 n側電極、212 リッジ部、213 ダミーリッジ部。

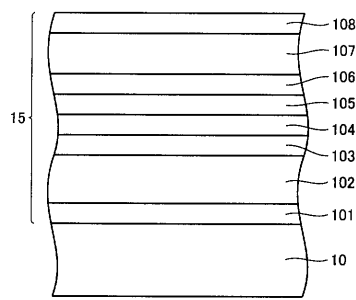
【図1】



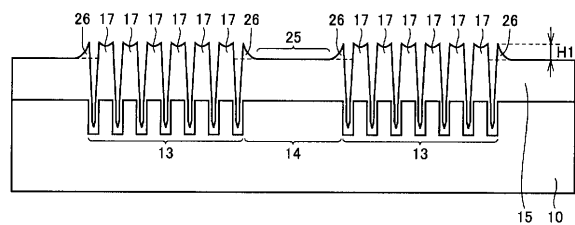
【図2】



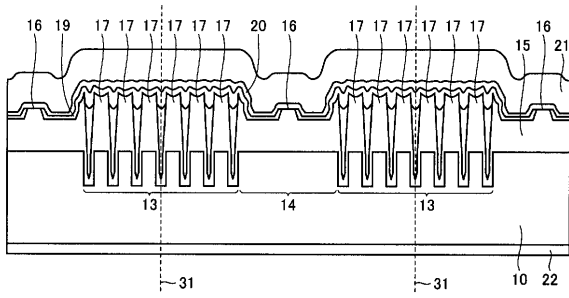
【図3】



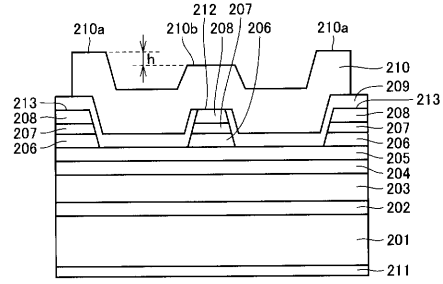
【図4】



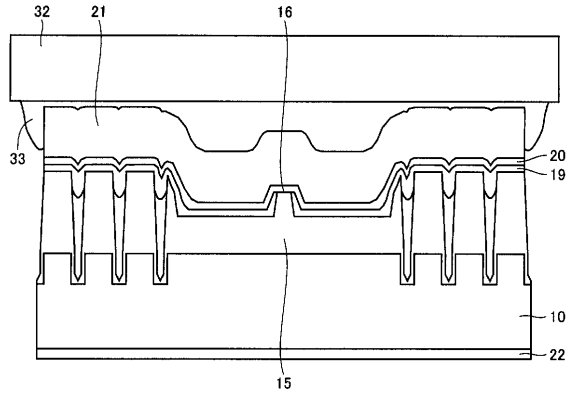
【図 5】



【図 7】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 高倉 輝芳

大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

(72)発明者 神川 剛

大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

F ターム(参考) 5F173 AA26 AA47 AG17 AH22 AH49 AK08 AK23 AP05 AP23 AP32
AP33 AP76 AP78 AP82 MD52 MD63 MD84