

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4236840号
(P4236840)

(45) 発行日 平成21年3月11日(2009.3.11)

(24) 登録日 平成20年12月26日(2008.12.26)

(51) Int.Cl.

F 1

H01S 5/028 (2006.01)

H01S 5/028

H01S 5/223 (2006.01)

H01S 5/223

H01S 5/343 (2006.01)

H01S 5/343

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願2001-390918 (P2001-390918)

(22) 出願日

平成13年12月25日 (2001.12.25)

(65) 公開番号

特開2003-198043 (P2003-198043A)

(43) 公開日

平成15年7月11日 (2003.7.11)

審査請求日

平成16年3月5日 (2004.3.5)

審判番号

不服2007-6313 (P2007-6313/J1)

審判請求日

平成19年3月1日 (2007.3.1)

(73) 特許権者 306037311

富士フィルム株式会社

東京都港区西麻布2丁目26番30号

(74) 代理人 100073184

弁理士 柳田 征史

(74) 代理人 100090468

弁理士 佐久間 剛

(72) 発明者 山中 英生

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地

富士写真フィルム株式会社内

合議体

審判長 稲積 義登

審判官 吉野 公夫

審判官 三橋 健二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体レーザ素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

積層体の光の導波方向に垂直なへき開面を共振器面として有し、該共振器面の少なくとも一方に保護層が設けられている半導体レーザ素子の製造方法であつて、

前記共振器面の少なくとも一方に、構成元素に酸素を含まないSiからなる第1層を形成し、

前記第1層の表面を酸化して前記第1層を母材とする酸化物からなる第2層を形成し、

前記第2層上に酸化物からなる第3層を形成することにより、少なくとも3層からなる前記保護層を形成し、

前記第1層と前記第2層との合計膜厚をd1、前記第2層の膜厚をd2としたとき、前記第1層と第2層との合計膜厚および前記第2層の膜厚が、0.1 d2/d1 0.9の関係を満たすことを特徴とする半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項 2】

前記第3層が、Al、Ga、Si、Ge、TaおよびTiの少なくとも1つの酸化物であることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、端面に保護層を設けた半導体レーザ素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体レーザ素子の最大光出力の向上を阻害する要因として、高出力動作時の共振器端面近傍の無効電流による劣化が挙げられる。具体的には、共振器端面の半導体表面において発光に寄与しない電流が発生し、この非発光結合電流によって共振器端面が発熱し、その発熱により端面の劣化が起こり半導体レーザの最大光出力が低下する。また、共振器端面に保護膜あるいは反射率制御層を形成する際に半導体表面に酸素が取り込まれ、その酸素によって反射率制御層の特性が劣化し、最大光出力を低減させるという問題もある。

【0003】

上記のような問題を解決するために、米国特許第4656638号においては、光出射端面に10 nm以下の金属層、例えばAl、Si、Ta、V、Nb、Mn、CrまたはTiを設けて端面近傍の半導体層を不動態化させ、その金属層の上にAl₂O₃等の酸化物反射率制御層を設けていることが記載されている。半導体層からこれらの金属層への酸素の外拡散により半導体表面は不動態化するが、その酸素により金属層が酸化され、半導体レーザ素子の特性および信頼性が低下するという問題がある。そこで、特開平11-121877号においては、半導体層表面の酸化除去を行った後、Si等の不動態化層を設けることが記載されている。また、特開平3-101183号においても、共振器端面の半導体表面の酸化層を除去した後、Si、GeまたはNbの不動態化層を設け、その上に熱伝導性の良いSi₃N₄の保護層を設けることが開示されている。

【0004】

半導体レーザ素子の端面に酸素あるいは窒素を含まない層を形成後、酸化層を形成する手法はこれまで多く試みられ、その構成材料についても多くの報告がされている。しかし、これら第1層の上に酸化物あるいは窒化物を含む反射率制御層を形成する場合、それらの線膨張係数の違いによりレーザ発振時に生じる発熱により、膜の剥離が生じる場合がある。この剥離は特に高出力動作時に顕著に見られ、突然レーザ発振が停止する場合がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、上記のような問題を解決するために、酸素あるいは窒素を含まない第1層の表面を酸化して薄い酸化物層を設け、その上に酸素化合物反射率制御層を形成することにより、この剥離が回避できることが知られている。また、反射率制御層として窒化物を用いる場合、上記第1層の表面を窒化して薄い窒化物層を設けることにより、剥離は回避できる。しかし、この酸化物層あるいは窒化物層の膜厚が厚すぎると、本来端面強化を目的とした第1層の機能が失われ半導体レーザ素子の特性が悪くなる。

【0006】

本発明は上記事情に鑑みて、端面に保護層を有する半導体レーザ素子において、低出力から高出力まで信頼性の高い半導体レーザ素子を提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の半導体レーザ素子は、積層体の光の導波方向に垂直なへき開面を共振器面として有し、該共振器面の少なくとも一方に保護層が設けられている半導体レーザ素子において、保護層が少なくとも3層からなり、保護層の積層体側から第1層が構成元素に酸素を含まない材料からなり、第2層が前記材料を母材とする酸化物からなり、第3層が酸化物からなり、第1層と第2層との合計膜厚をd₁とし、第2層の膜厚をd₂とすると、第1層と第2層との合計膜厚および第2層の膜厚が、0.1 < d₂ / d₁ < 0.9の関係を満たすことを特徴とするものである。

【0008】

また、本発明の第2の半導体レーザ素子は、積層体の光の導波方向に垂直なへき開面を共振器面として有し、該共振器面の少なくとも一方に保護層が設けられている半導体レーザ素子において、保護層が少なくとも3層からなり、保護層の積層体側から第1層が構成元素に窒素を含まない材料からなり、第2層が前記材料を母材とする窒化物からなり、第3層が窒化物からなり、第1層と第2層との合計膜厚をd₁とし、第2層の膜厚をd₂とする

10

20

30

40

50

と、第1層と第2層との合計膜厚および第2層の膜厚が、 $0.1 \leq d_2 / d_1 \leq 0.9$ の関係を満たすことを特徴とするものである。

【0009】

上記本発明の第1および第2の半導体レーザ素子において、第1層は、Al、Ga、Si、Ge、TaおよびTiの少なくとも1つからなることが望ましい。

【0010】

また、上記本発明の第1の半導体レーザ素子において、第3層は、Al、Ga、Si、Ge、TaおよびTiの少なくとも1つの酸化物であることが望ましい。

【0011】

また、上記本発明の第2の半導体レーザ素子において、第3層は、Al、Ga、Si、Ge、TaおよびTiの少なくとも1つの窒化物であることが望ましい。 10

【0012】

【発明の効果】

本発明の第1の半導体レーザ素子によれば、保護層が少なくとも3層からなり、保護層の積層体側から第1層が構成元素に酸素を含まない材料からなり、第2層が前記材料を母材とする酸化物からなり、第3層が酸化物からなり、第1層と第2層との合計膜厚を d_1 とし、第2層の膜厚を d_2 とすると、第1層と第2層との合計膜厚および第2層の膜厚が、 $0.1 \leq d_2 / d_1 \leq 0.9$ の関係を満たすことにより、保護膜の密着力が高まるので、高出力動作時の光出力を向上させることができる。

【0013】

20

また、本発明の第2の半導体レーザ素子によれば、保護層が少なくとも3層からなり、保護層の積層体側から第1層が構成元素に窒素を含まない材料からなり、第2層が前記材料を母材とする窒化物からなり、第3層が窒化物からなり、第1層と第2層との合計膜厚を d_1 とし、第2層の膜厚を d_2 とすると、第1層と第2層との合計膜厚および第2層の膜厚が、 $0.1 \leq d_2 / d_1 \leq 0.9$ の関係を満たすことにより、上記第1の半導体レーザ素子と同様に、保護膜の密着力が高まるので、高出力動作時の光出力を向上させることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて詳細に説明する。

【0015】

30

まず、本発明の第1の実施の形態によるリッジ型の半導体レーザ素子について説明する。その半導体レーザ素子の斜視図を図1(a)に示し、図1(b)に低反射率膜が施された端面側の断面図を示す。

【0016】

本実施の形態による半導体レーザ素子は、図1に示すように、有機金属気相成長法によりn-GaAs基板1上に、n-Ga_{1-z1}Al_{z1}Asクラッド層2、nまたはi-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1}光導波層3、i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}P_{y2}バリア層4、i-In_{x3}Ga_{1-x3}As_{1-y3}P_{y3}量子井戸層5、i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}P_{y2}バリア層6、pまたはi-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1}光導波層7、p-Ga_{1-z1}Al_{z1}Asクラッド層8およびp-GaAsコンタクト層9、絶縁膜10、p側電極11およびn側電極12を備えてなる積層体の共振器端面の一方に、Si膜(14a)、該Si膜の表面を酸化してなる薄層のSiO_x膜(14b)および/2(=809nm)に相当する膜厚のAl₂O₃膜(14c)をこの順に形成してなる低反射膜14を備え、他方の端面には、Si膜、該Si膜の表面を酸化してなるSiO_x膜および/4酸化物の積層構造をこの順に形成してなる95%以上の高反射膜13を備えるものである。なお、クラッド層および光導波層はGaAs基板に格子整合する組成とする。 40

【0017】

共振器端面において、第1層であるSi膜(14a)と第2層であるSiO_x膜(14b)との合計膜厚d1と、第2層であるSiO_x膜(14b)の膜厚d2との関係が、 $0.1 \leq d_2 / d_1 \leq 0.9$ となるようにすることにより、膜剥がれを防止でき、最大光出力を向上させることができる。 50

【0018】

次に、本発明の第2の実施の形態によるリッジ型の半導体レーザ素子について説明する。その半導体レーザ素子の断面図を図2に示す。

【0019】

本実施の形態による半導体レーザ素子は、図2に示すように、有機金属気相成長法により、n-GaAs基板21上に、n-In_{0.49}(Ga_{1-z1}Al_{z1})_{0.51}P下部クラッド層22(0z1 0.5)、i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}P_{y2}下部光導波層23(x2=0.49y2±0.01, 0.1y2 0.9)、In_{x3}Ga_{1-x3}As_{1-y3}P_{y3}量子井戸層24(0x3<0.5, 0y3 0.6)、i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}P_{y2}上部光導波層25(x2=0.49y2±0.01, 0.1y2 0.9)、p-In_{0.49}(Ga_{1-z1}Al_{z1})_{0.51}P上部クラッド層26、p-GaAsコンタクト層27、絶縁膜28、p側電極29およびn側電極30を積層してなり、上部クラッド層の途中までストライプ領域の両側をエッチングして幅が5μm以下のリッジストライプを有するものである。この半導体レーザ素子は、単一横モード発振するものである。そして、共振器面の一方にSi、該Si膜の表面を酸化してなるSiO_x層、およびAl₂O₃をこの順に形成して低反射膜コーティングを施し、他方の共振器面も、上記第1の実施の形態同様に、95%以上の高反射膜コーティングを施す。Si膜とSiO_x膜との合計膜厚d1とSiO_x膜の膜厚d2との関係が、0.1d2/d1 0.9となるようにすることにより、保護膜の剥離が無い高いレベルの最大光出力を得ることができる。

【0020】

また、上記第2の実施の形態において、上部クラッド層および下部クラッド層に、Ga_{1-z1}Al_{z1}As下部クラッド層(0.55z1 1.0)を用いてもよい。

【0021】

上記2つの実施の形態の半導体レーザ素子の発振する波長帯に関しては、In_{x3}Ga_{1-x3}As_{1-y3}P_{y3}(0x3<0.5, 0y3 0.6)からなる組成の活性層より、750<<1200(nm)の範囲までの制御が可能である。

【0022】

第1層は、Siの他に、Al、Ga、Ge、TaおよびTiの少なくとも1つであってよい。

【0023】

また、第3層は、Al、Ga、Ge、TaおよびTiの少なくとも1つの酸化物であってもよく、さらにそれらの積層構造であってもよい。

【0024】

上記2つの実施の形態において、半導体層の成長法としては、固体あるいはガスを原料とする分子線エピタキシャル成長法を用いてもよい。また、層構成は、n型基板上への成長であるが、p型基板を用いてもよく、この場合、導電性を反転するだけでよい。

【0025】

また、上記実施の形態では、端面に形成する保護膜において、第1層として構成元素に酸素を含まない材料とし、第2層として第1層を母材とする酸化物層とし、第3層を酸化物層とした半導体レーザ素子について説明したが、2つの共振器端面とも、第1層をSiとし、第2層を第1層のSi表面をN₂を含むAr雰囲気中で窒化させたSiN_x膜とし、第3層をSi₃N₄あるいはAlNとし、Si膜とSiN_x膜との合計膜厚d1とSiN_x膜の膜厚d2との関係が、0.1d2/d1 0.9を満たすようにすることによっても、上記実施の形態と同様に、膜剥離が起こらず高いレベルの最大光出力を得ることができる。

【0026】

なお、第2層であるSiN_x膜は、第1層のSi層を形成後、同一真空装置内で、N₂/Ar=25%の流量比となるように窒素を導入し、イオン発生源を用いて窒素イオンプラズマをSi膜上に照射することにより、薄層のSiN_x膜を形成する。このイオン照射において、加速電圧を10~50eVの範囲で適宜調整することにより、SiN_x膜の膜厚を制御することが可能である。

【0027】

10

20

30

40

50

なお、第1層は、Siの他に、Al、Ga、Ge、TaおよびTiの少なくとも1つであつてもよい。

【0028】

また、第3層の窒化物は、Al、Ga、Ge、TaおよびTiの少なくとも1つの窒化物、すなわち、AlN、GaN、Ge₃N₄、Ta_NおよびTi_Nであることが望ましく、さらにそれらの積層構造であつてもよい。

次に、本発明の半導体レーザ素子について実施例により具体的に説明する。

【0029】

【実施例】

(実施例1)

10

図1(a)に示すように、有機金属気相成長法によりn-GaAs基板1上に、n-Ga_{0.3}₉Al_{0.61}Asクラッド層2、nまたはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P光導波層3、i-In_{0.4}Ga_{0.6}P引張り歪バリア層4、i-In_{0.13}Ga_{0.87}As_{0.75}P_{0.25}量子井戸層5、i-In_{0.4}Ga_{0.6}P引張り歪バリア層6、pまたはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P光導波層7、p-Ga_{0.39}Al_{0.61}Asクラッド層8およびp-GaAsコンタクト層9を形成した。次に、p-GaAsコンタクト層9上に絶縁膜を形成後、通常のリソグラフィーにより幅50μm程度のストライプで、これに連続する周辺部に平行な幅10μm程度のストライプの絶縁膜を除去し、ウエットエッチングによりp-InGaPエッチング阻止層(図示せず、厚さ10nm程度)の上部まで除去してリッジストライプを形成した。なお、p-InGaPエッチング阻止層はクラッド層8の中間に設けられている。これによりストライプ幅を決定するリッジ構造が精度高く形成することができる。エッチング液としては、硫酸と過酸化水素水系を用いると、自動的にエッチングがp-InGaPエッチング阻止層で停止する。絶縁膜を除去した後、再度絶縁膜10を形成し、リソグラフィーにより幅50μmリッジストライプ上の絶縁膜10を除去し、p側電極11を形成し、p側電極11の上にAuメッキを5μm以上行った。基板1を、基板1を含む素子の厚さが100~150μmになるまで行い、基板1の裏面にn側電極12を形成した。下部光導波層と上部光導波層の厚さはそれぞれ0.4μmとした。上記半導体レーザ素子において、発振波長810nmを得た。

20

【0030】

次に、電極形成まで終了した、GaAsウェハを(100)面が露出する方向に大気中で共振器長が0.9mm、長さが10~20mmになるようにバー状に劈開し、光出射端面を露出させた。この光出射面をコーティング可能な治具にセットして、スパッタ装置内にセットし真空排気を行い、全圧が1×10⁻⁴Pa以下に達した段階で、Arをスパッタ装置内に導入し、0.3×10⁻¹~1.1×10⁻¹Paの範囲にアルゴンガス圧を設定後、Si(純度99.999%以上)ターゲットを用いてSi膜(14a)を約1nm成膜した(図1(b))。次に、同一真空装置内で、O₂/Ar=25%の流量比となるように酸素を導入し、イオン発生源を用いて酸素イオンプラズマをSi膜(14a)上に照射することにより、薄層のSiO_x膜(14b)を形成した。その後、Arを同一流量比を保ちつつ、Alターゲットが装着されたスパッタ源を用いて、Al₂O₃膜(14c)を/2(=810nm)に相当する膜厚まで形成して、レーザ光出射端面に低反射膜14を得た。反対側の端面には、同様な方法でSi膜を1nm形成し、そのSi膜の表面を酸化してSiO_x膜を形成後、/4酸化物の積層構造(たとえばAl₂O₃/TiO₂/SiO₂/TiO₂/SiO₂/TiO₂/SiO₂/TiO₂/SiO₂/TiO₂)を形成して、95%以上の高反射膜13を得た。

30

【0031】

次に、上記のように、バー状の半導体レーザ素子の前面と後面に保護層を形成した後、幅500~600μmに劈開して単体の半導体レーザ素子を作成した。

【0032】

上記のようにして作製した素子を、ヒートシンク上に実装した。ヒートシンクは、Cu上にNiメッキ(5μm)を実施し、その上にNi(50~150nm)、Pt(50~200nm)、In(3.5~5.5μm)を記載順に蒸着したものを用いた。このヒートシンクを180~220度の温度範囲で加熱してInを溶融させて、素子のP側をヒートシンクにポンディングし

40

50

た。

【0033】

次に、上記半導体レーザ素子の端面保護膜の厚さと光出力の関係について説明する。

【0034】

まず、保護膜の評価方法について説明する。端面保護膜の深さ方向に、XPS (X-ray photoelectron spectrometry: X線光電子分析法) を用いて、図3に示す測定条件により、Al2p、Si2p、O1sのピークを測定した。分析方法を説明するためのサンプルとして、共振器端面に、第1層としてSiを20nm、第2層として第1層の表面が酸化されてなるSiO_x、第3層としてAl₂O₃を20nm形成した半導体レーザ素子を用いた。その測定結果を図4に示す。図4に示す測定結果から、Si2pのスペクトルに関しては、全てSi-Si及びSi-Oの結合に寄与する部分のピーク分離を行った。なお、Si2p.cf1はSi-Si結合ピークを示し、Si2p.cf2はSi-O結合ピークを示す。Al2p、Si2pおよびO1sのピークの結合エネルギー範囲をシャーリー型のバックグラウンドを用いて面積を計算することにより、各元素濃度比を算出し、深さ方向の情報 (Depth Profile) を得た。その結果を図5に示す。図5に示すように、Al₂O₃層とSi層の間にSiO_x層が存在していることがわかり、その分布は深さ方向にガウス分布に近い分布を有する。

【0035】

第1層と第2層との合計膜厚d1、および第2層の膜厚d2は、図6に示すように、Si2p.cf1とSi2p.cf2の強度が、それぞれ最大強度の1/10以上になる領域と定義する。

【0036】

上記のような評価方法を用いて、上記実施例1の半導体レーザ素子において、第2層であるSiO_x膜の膜厚が2つの共振器端面とも同様に異なる半導体レーザ素子を複数用意して、最大光出力との関係について調べた。SiO_x膜の膜厚は、酸素イオンプラズマを照射するときの加速電圧を10~50eVの範囲で変化させて作製し、図6の定義に従って、Si膜とSiO_x膜との合計膜厚d1、およびSiO_x膜の膜厚d2を導き出した。d2/d1と最大光出力との関係を図7に示す。

【0037】

図7に示すように、領域(I)すなわちd2/d1<0.1の領域では、最大光出力レベルが低い。この領域の素子は、図8に示すように、電流増加とともに突然発振停止を起こした。また、この試験を実施した後に端面保護膜を顕微鏡観察するとすべての素子で保護膜の剥離がみられた。また、領域(III)すなわちd2/d1>0.9の領域に関しても、同様の結果が得られた。

【0038】

一方、領域(II)の素子に関しては、図7に示すように、高い最大光出力レベルを得ることができた。また、この領域の素子では、図9に示すように、最大光出力は、高電流領域側で素子全体の温度上昇に起因する発光効率低下による出力飽和が見られるが、領域(I)および(III)で見られる端面保護膜の剥離は全く見られなかった。

【0039】

上記のように、本発明の半導体レーザ素子は、端面保護膜として、第2層に第1層を母材とする酸化物を備えているため、SiO_x膜をSi膜上に別途形成する場合とは異なり非常に密着力の高い膜が得られる。このため、膜剥がれが起こらず最大光出力の向上を実現できる。

【0040】

(実施例2)

上記第1の実施の形態による半導体レーザ素子の構成において、各層の組成を、In_{0.49}Ga_{0.51}Pクラッド層、In_{0.2}Ga_{0.8}As_{0.6}P_{0.4}光導波層、GaAs_{0.8}P_{0.2}バリア層、In_{0.3}Ga_{0.7}As量子井戸層として、発振波長を1060nmとした。共振器端面には上記実施例1と同様に、酸化物系の端面保護膜を作製した。この半導体レーザ素子においても保護膜の剥がれを防止でき、高い最大光出力を得ることができた。

【0041】

10

20

30

40

50

本発明の半導体レーザ素子により、高出力動作において、剥離が発生しない端面保護膜が実現できるので、高出力動作における信頼性の向上が達成される。

【0042】

本発明は、上記実施の形態による半導体レーザ素子に限られるものではなく、他の半導体レーザデバイスにも適用することができる。なお、ここで言うところの半導体レーザデバイスとは、代表的にはInGaN系(発振波長:360~500nm)、ZnSSe系(発振波長:410~540nm)、InGaAlP系(発振波長:600~730nm)、AlGaAs系(発振波長:750~870nm)、InGaAsP系(発振波長:700~1200、1300~1900nm)、InGaAs系(発振波長:950~1200、1300~1900nm)、InGaSb系(発振波長:1.8~3.0μm)の材料を用いた半導体レーザ構造を有したもの10を示す。

【0043】

また、本発明は、InGaAs系の電子デバイス(MISFET、HBT等)のゲート界面にも応用することができ、高い安定性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による半導体レーザ素子の斜視図および断面図

【図2】本発明の第2の実施の形態による半導体レーザ素子を示す断面図

【図3】XPSの測定条件を示す表

【図4】XPSの測定結果を示すグラフ

【図5】XPSの測定結果を示すグラフ

20

【図6】第1層と第2層との合計膜厚および第2層の膜厚の定義を示すグラフ

【図7】最大光出力を示すグラフ

【図8】図7の領域(I)と(III)における駆動電流-出力特性を示すグラフ

【図9】図7の領域(II)における駆動電流-出力特性を示すグラフ

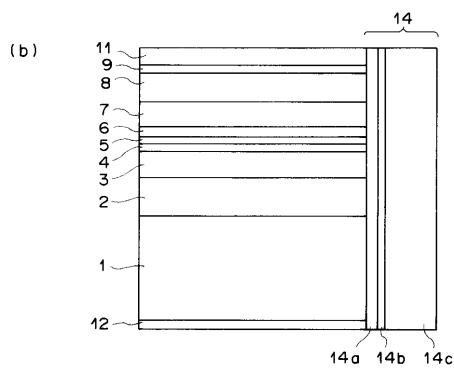
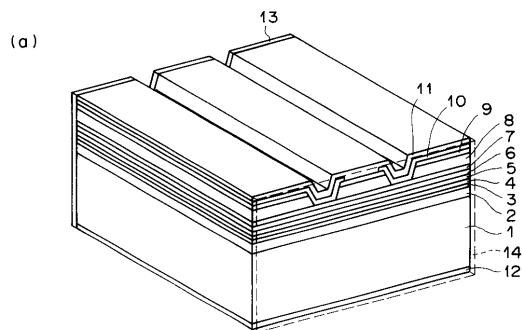
【符号の説明】

- 1 n-GaAs基板
- 2 n-Ga_{1-z1}Al_{z1}Asクラッド層
- 3 nまたはi-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1}光導波層
- 4 i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}P_{y2}バリア層
- 5 i-In_{x3}Ga_{1-x3}As_{1-y3}P_{y3}量子井戸層
- 6 i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}P_{y2}バリア層
- 7 pまたはi-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}P_{y1}光導波層
- 8 p-Ga_{1-z1}Al_{z1}Asクラッド層
- 9 p-GaAsコンタクト層
- 10 絶縁膜
- 11 p側電極
- 12 n側電極
- 13 低反射膜
- 14 高反射膜
- 14a Si膜
- 14b SiO_x膜
- 14c Al₂O₃膜

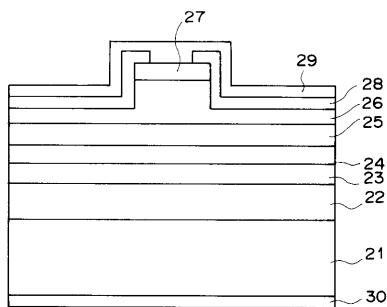
30

40

【図1】



【図2】



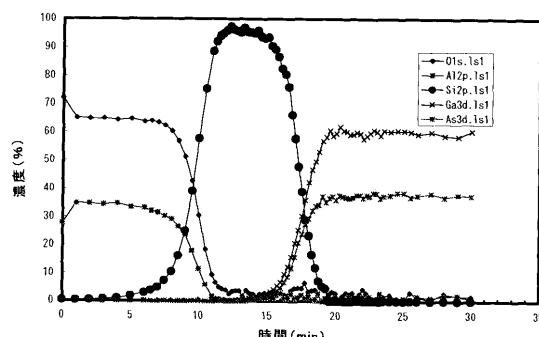
【図3】

測定装置		PHI社製 QUANTUM 2000	
測定条件	励起X線発生条件	ビーム径50 μ m-12Wの電子線をAlターゲットに入射させ発生した単色化X線(AIK α 1:148 6.6eV)を励起源に使用	
	分析領域	50 μ m Φ	
	取り出し角	45度	
	パスエネルギー	58.7(eV)	
	ステップ幅	0.125eV	
エッティング条件	イオン種	Ar ⁺	
	加速エネルギー	0.5eV	
	エッティングレート	1.4nm/min(SiO ₂ 換算)	

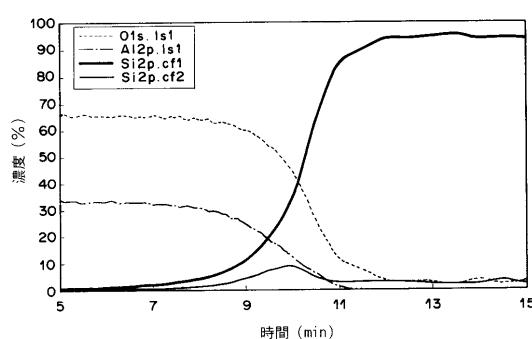
各元素の結合エネルギー範囲

O1s	526 ~ 537eV
Ga3d	15 ~ 25eV
As3d	38 ~ 46eV
N1s	391 ~ 402eV
Si2p	98 ~ 106eV
Si-Si	99.3eVにピーク
Si-N	101.8eVにピーク

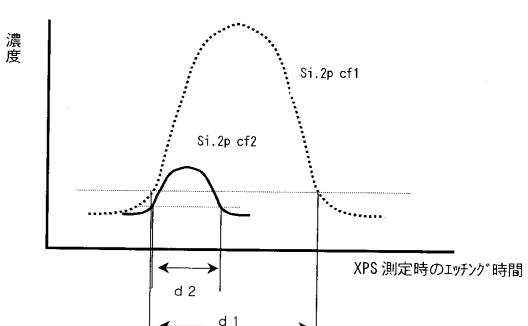
【図4】



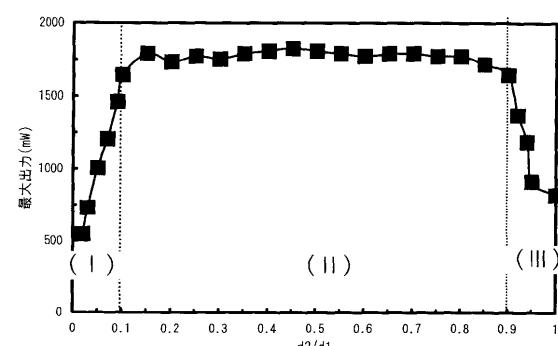
【図5】



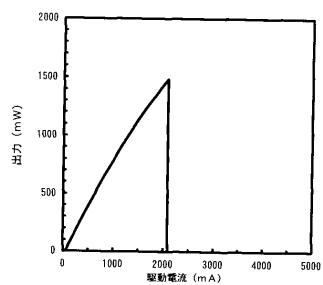
【図6】



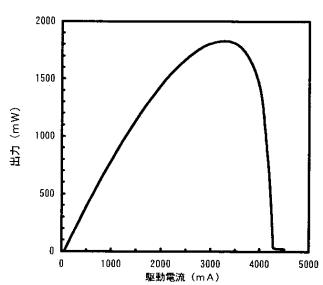
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-036634(JP,A)
特開平11-121877(JP,A)

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