



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

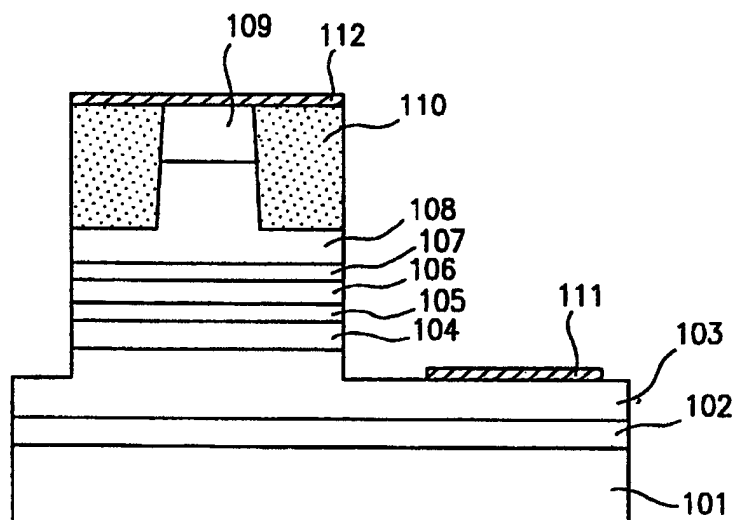
(51) 国際特許分類6 H01S 3/18	A1	(11) 国際公開番号 WO98/44606 (43) 国際公開日 1998年10月8日(08.10.98)
(21) 国際出願番号 PCT/JP98/01308 (22) 国際出願日 1998年3月25日(25.03.98) (30) 優先権データ 特願平9/74779 1997年3月27日(27.03.97) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)[JP/JP] 〒545-8522 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 Osaka, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 高谷邦啓(TAKATANI, Kunihiro)[JP/JP] 〒635-0023 奈良県大和高田市日之出東本町17-34-205 Nara, (JP) (74) 代理人 弁理士 山本秀策(YAMAMOTO, Shusaku) 〒540-6015 大阪府大阪市中央区城見一丁目2番27号 クリスタルタワー15階 Osaka, (JP)		(81) 指定国 KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). 添付公開書類 国際調査報告書

(54)Title: COMPOUND SEMICONDUCTOR LASER

(54)発明の名称 化合物半導体レーザ

(57) Abstract

A compound semiconductor laser made of a III nitride semiconductor, comprising a first clad layer (104) of first conductivity type on a substrate (101), an active layer (106) on the first clad layer, a second clad layer (108) of second conductivity type on the active layer (106), and a buried layer (110) formed on the second clad layer (108) and having an aperture for constricting a current into a selected region in the active layer. The second clad layer (108) has a ridge portion on an upper part thereof, and the ridge portion is located inside the aperture of the buried layer (110). The buried layer (110) does not substantially absorb a light emitted from the active layer (106) and has a refractive index of substantially the same as that of the second clad layer (108).



(57)要約

本発明の化合物半導体レーザは、ⅢⅢⅢ族窒化物半導体による化合物半導体レーザであって、基板101上の第1の導電型を有する第1クラッド層104と、該第1クラッド層上の活性層106と、該活性層106上の第2の導電型を有する第2クラッド層108と、該第2クラッド層108上に形成され、電流を該活性層の選択された領域に狭窄するための開口部を持った埋込層110と、を備えており、該第2クラッド層108の上部はリッジ部を有し、該リッジ部は該埋込層110の該開口部内に位置し、該埋込層110は、該活性層106から発する光を実質的に吸収することなく、かつ該第2クラッド層108と概略同じの値の屈折率を有する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパムフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LR	リベリア	SK	スロヴァキア
AM	アルメニア	FR	フランス	LS	レソト	SL	シエラ・レオネ
AT	オーストリア	GA	ガボン	LT	リトアニア	SN	セネガル
AU	オーストラリア	GB	英国	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
AZ	アゼルバイジャン	GD	グレナダ	LV	ラトヴィア	TD	チャード
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE	グルジア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BE	ベルギー	GM	ガンビア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TR	トルコ
BG	ブルガリア	GW	ギニア・ビサウ	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
BR	ブラジル	HR	クロアチア	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
BY	ベラルーシ	HU	ハンガリー	MW	マラウイ	US	米国
CA	カナダ	ID	インドネシア	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CF	中央アフリカ	IE	アイルランド	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CG	コンゴ	IL	イスラエル	NL	オランダ	YU	ユーゴスラビア
CH	スイス	IS	アイスランド	NO	ノールウェー	ZW	ジンバブエ
CI	コートジボアール	IT	イタリア	NZ	ニュー・ジーランド		
CM	カメルーン	JP	日本	PL	ポーランド		
CN	中国	KE	ケニア	PT	ポルトガル		
CU	キューバ	KG	キルギスタン	RO	ルーマニア		
CY	キプロス	KP	北朝鮮	RU	ロシア		
CZ	チェコ	KR	韓国	SD	スーダン		
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン	SE	スウェーデン		
DK	デンマーク	LC	セントルシア	SG	シンガポール		
EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン	SI	スロヴェニア		
ES	スペイン	LK	スリ・ランカ				

明 細 書

化合物半導体レーザ

5 技術分野

本発明は、ⅢⅢⅢ族窒化物半導体によって形成される半導体レーザに関する。

背景技術

図1は、従来のリッジ導波路型ⅢⅢⅢ族窒化物系半導体レーザを示す断面概略図である。図1の半導体レーザは、サファイア基板201上のGa₂Nバッファ層202、n-GaNコンタクト層203、n-InGa₂N緩衝層204、n-AlGa₂Nクラッド層205、n-GaNガイド層206、InGa₂N系MQW活性層207、p-AlGa₂Nキャップ層208、p-GaNガイド層209、p-AlGa₂Nクラッド層210、p-GaNコンタクト層211からなる積層構造を有する。サファイア基板は絶縁性であるので、n型電極を付設する領域を露出するために、積層構造の一部はn型コンタクト層203まで掘り下げられている。また、メサ構造の一部はリッジ導波路を形成するためにP型クラッド層210まで掘り下げられる。これらの加工には、ドライエッチング法が用いられ、エッチング部分の保護として、SiO₂保護膜214が付加されている。

図2は、光ガイド層を有しない素子構造における、p-クラッド層残し膜厚とストライプ（リッジ部）内外の実効屈折率差の関係（図2に示される従来例の曲線）を示す。従来のリッジ導波型ⅢⅢⅢ族窒化物系半導体レーザでは、図2に示すように、リッジ部とリッジ外部に於けるp-AlGa₂Nクラッド層210との厚さの違いによる屈折率差を利用して、図1の（A）部と同（B）部での実効的な屈折分布を形成し、横モードの制御を行っているものである。図1の（B）部の実効的な屈折率制御はエッチングせずに残すp-AlGa₂N層210の膜厚Tを

調節することにより行われる。

これにより、室温での連続通電により、垂直方向の光放射角が 34° 、水平方向の光放射角が 7° の光学的特性が得られている。また、室温での連続通電の場合の素子寿命は、35時間程度である。図3は、従来のリッジ導波型III族窒化物系半導体レーザの室温・連続通電時の動作電流の変化を示している。

しかしながら、図1に示すような従来のリッジ導波型III族窒化物系半導体レーザには、横モード特性の揃った半導体レーザを歩留りよく製作することが極めて困難であるという問題があった。なぜなら、III族窒化物半導体には適切な化学エッチング液が存在しないためエッチングにはRIEやRIBEなどのドライエッチングが用いられるのであるが、適切なエッチストップ層が存在しないので、図1の(B)部のp-AlGaIn層210の膜厚制御を時間制御により行うなどの精度の低い手法をとらざるを得ない。そのため、AlGaIn層210の膜厚がロットごと、あるいは同一ウェハの面内でばらついて横モードの制御性を著しく損ない、生産歩留まりが低下してしまう。

更なる問題点として、室温での連続通電における素子寿命が短いことが挙げられる。これは、ストライプ状リッジ形状を形成する際の加工方法にドライエッチングを用いることに起因することが本願発明者によって明らかになった。より具体的に言うと、上記問題点は、エッチング処理によって、エッチングされる半導体層の側面及び底面は損傷を受け、結晶欠陥を生じることと、リッジ側面及びリッジ外部のp-AlGaInクラッド層上を覆うSiO₂保護膜のSiO₂にピンホールが多く存在し、実質上、当該結晶面の保護を充分に行えないことに起因する。

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、高い生産歩留まりで作製できる単一横モード特性を有する半導体レーザを提供することにある。

発明の開示

本発明によるⅢⅢⅢ族窒化物半導体による化合物半導体レーザは、基板上の第1の導電型を有する第1クラッド層と、該第1クラッド層上の活性層と、該活性層上の第2の導電型を有する第2クラッド層と、該第2クラッド層上に形成され、
5 電流を該活性層の選択された領域に狭窄するための開口部を持った埋込層と、を備えており、該第2クラッド層の上部はリッジ部を有し、該リッジ部は該埋込層の該開口部内に位置し、該埋込層は、該活性層から発する光を実質的に吸収することなく、かつ該第2クラッド層と概略同じの値の屈折率を有しており、そのことにより上記目的が達成される。

10 ある実施形態では、前記第2クラッド層の上部の上に、前記第2の導電型を有し該第2クラッド層より高い値の屈折率を有する光ガイド層と、該第2の導電型を有する第3クラッド層と、該第2の導電型を有するコンタクト層と、がこの順に形成されている。

ある実施形態では、前記光ガイド層が、 InGaAlN によって形成されている。
15

ある実施形態では、前記埋込層が、 TiO_2 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 CeO_2 、 In_2O_3 、 Nd_2O_3 、 Sb_2O_3 、 SnO_2 、 Ta_2O_5 、 ZnO を包含するグループのうち少なくとも1種類以上の化合物を含む誘電体膜である。

ある実施形態では、前記埋込層が、 ZnMgCdSSe 化合物半導体によって
20 形成されている。

ある実施形態では、前記埋込層が、前記第2クラッド層と概略同じ組成の半導体によって形成されている。

ある実施形態では、前記埋込層は絶縁性、または前記第1の導電型を有する。

ある実施形態では、前記第2クラッド層の上部の上に、前記第2の導電型を有
25 するコンタクト層が形成されている。

本発明による他の化合物半導体レーザは、ⅢⅢⅢ族窒化物半導体による化合物

半導体レーザであって、基板上の第1の導電型を有する第1クラッド層と、該第1クラッド層上の活性層と、該活性層上の第2の導電型を有する第2クラッド層と、該第2クラッド層上に形成され、電流を該活性層の選択された領域に狭窄するための開口部を持った光反射層と、を備えており、該光反射層の該開口部内には、該第2の導電型を有しかつ該第2クラッド層と概略同じ組成の半導体による層が形成されており、該光反射層は、該第2クラッド層よりも低い値の屈折率を有しており、そのことにより上記目的が達成される。

ある実施形態では、前記光反射層が InGaAlN によって形成されている。

ある実施形態では、前記光反射層は絶縁性、または前記第1の導電型を有する。

ある実施形態では、前記光反射層の上に、前記第2の導電型を有する第3クラッド層と、該第2の導電型を有するコンタクト層と、が形成されている。

以下に、本発明による作用を説明する。

本発明では、エッチング量の変化に対して横モードが変化しないような素子構造を提供し、特性の揃ったリッジ導波型 III 族窒化物半導体レーザを効率よく製作することを可能にする。

更に、エッチングにより形成したリッジ状ストライプ外部にピンホールが少ない誘電体層、または、半導体層を厚く形成し実質上リッジ状ストライプを埋め込む構造とすることにより、エッチング加工時に生じた損傷による結晶欠陥か、連続通電動作によっても活性層へ伝搬せず、動作寿命を格段に向上した素子を実現する。

または、エッチングにより形成した凹状溝部を電流通路とするため、または、半導体層で埋め込む構造とすることによっても、エッチング加工時に生じた損傷による結晶欠陥が、連続通電動作によっても活性層へ伝搬せず、動作寿命を格段に向上した素子を実現する。

光ガイド層を有しない素子構造において、エッチングされた部分を p -クラッド層と同じ屈折率を持つ材料で埋め込んだ場合の、ストライプ内外の実効屈折率

差を図2に示す（図2の本発明の線）。図2に示すように、本発明によると、リッジ部内外での屈折率差はなくなる。一方、リッジ埋込層の電流狭窄作用により、活性層におけるリッジ直下部と埋込層直下部で利得差が生じ、その結果、横モードの制御がなされる。該構造においては、リッジ形成のためのエッチングプロセスのエッチング深さに対する誤差許容範囲が広く、横モード制御性が安定し、特性の揃ったレーザ素子の生産歩留まりが向上する。

また、これらの埋め込み材料は、レーザの発振波長の光に対して透明なので光吸収による熱の発生などがなく、第2クラッド層と概略同じ屈折率を有するのでレーザの横モードに影響を与えず、埋込層として適している。さらに、エッチングにより形成したリッジ状ストライプ部を、埋込層により埋め込むため、エッチング加工時に生じた損傷による結晶欠陥が、連続通電動作によっても活性層へ伝搬せず、動作寿命を格段に向上した素子を実現する。さらに、埋込層の材料として第2クラッド層と概略同組成のIII族窒化物半導体を用いた場合には埋込層と他のエピタキシャル層との間の格子定数の差が解消されるので、熱歪みなどの応力が素子に与える影響を回避することが可能になる。

図4は、光ガイド層を有する素子構造における、p-クラッド層残し膜厚とストライプ内外の実効屈折率差（図4における従来例）、及び、エッチング部をp-クラッド層と同じ屈折率を持つ材料で埋め込んだ場合のストライプ内外の実効屈折率差（図4における本発明）を示す。上記のように光ガイド層がリッジ部に包含された構造をとることにより、図4中に示したように、リッジ内部の実効的な屈折率が大きくなり、したがって横方向の光分布領域がより中央へ集中するようになり、上記のような利得差を利用したリッジ導波型レーザよりも横モード制御が容易になる。埋込層を有しない、あるいは埋込層の屈折率が第2クラッド層のそれと異なる場合には、リッジ外部の第2クラッド層の厚さ（エッチング残し膜厚）がリッジ外部での実効屈折率の値に関与し、レーザの特性に大きく影響する。

しかしながら、本発明による構造では埋込層の屈折率が第2クラッド層のそれと同じなので、リッジ外部の第2クラッド層の厚さ（エッチング残し膜厚）がリッジ外部での実効屈折率に影響を与えることはない。このため、エッチング深さを精密に制御する必要がなく、エッチング深さは少なくとも光ガイド層がリッジ内部に存在するように光ガイド層-第2クラッド層界面に達していればよい。またオーバーエッチしてもエッチング底面が第2クラッド層内部にあるようにすればよいので、エッチング時の誤差許容範囲が大きく、横モード制御性が安定し、レーザの生産歩留まりが向上する。

本発明によると、絶縁性もしくは第1の導電性を有し、第2クラッド層よりも低い屈折率を示す開口部を持った半導体層が設けられていることにより、素子電流は開口部へと集中し、レーザの横方向において利得分布が生じるようになる。更に、実効的な屈折率は、開口部内の半導体層が他の部分に比べて相対的に大きくなり、横方向の光分布領域がより中央へ集中するようになり、上記の利得分布の効果と併せてレーザの横モード制御が容易になる。

また、第2クラッド層上に積層される第2クラッド層よりも低い屈折率を示す半導体層の材料としてInGaAlNを用いることにより、該層上に連続して成長する各III族窒化物層は、欠陥の発生を抑止しつつエピタキシャル成長ができ、レーザの信頼性が向上する。

図面の簡単な説明

図1は、従来の半導体レーザの断面構造を示す模式図である。

図2は、光ガイド層を有しない素子構造における、p-クラッド層残し膜厚とストライプ内外の実効屈折率差を従来例、本発明を比較して示す図である。

図3は、従来の半導体レーザの室温・連続通電時の動作電流の変化を示す図である。

図4は、光ガイド層の有る素子構造における、p-クラッド層残し膜厚とスト

タイプ内外の実効屈折率差を従来例、本発明を比較して示す図である。

図5は、本発明の第1の実施例に係る半導体レーザの断面構造を示す模式図である。

図6は、本発明の第1の実施例の半導体レーザの製作過程を示す模式図である。

5 図7は、本発明の第1の実施例に係る半導体レーザの室温・連続通電時の動作電流の変化を示す図である。

図8は、本発明の第2の実施例に係る半導体レーザの断面構造を示す模式図である。

10 図9は、本発明の第3の実施例に係る半導体レーザの断面構造を示す模式図である。

図10は、本発明の第4の実施例に係る半導体レーザの断面構造を示す模式図である。

図11は、本発明の第4の実施例の半導体レーザの製作過程を示す模式図である。

15

発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明の実施例を図面を参照しながら説明する。

(第1の実施例)

20 図5は、本発明の第1の実施例による半導体レーザの断面構造をあらわす概略図、図6は製造過程を示す模式図である。

本実施例のレーザダイオードは以下のようなプロセスにより形成される。まず有機金属気相成長(MOCVD)法により、(0001)面方位(C面)を有するサファイア基板101上に、アンドープのGa_{0.9}Nバッファ層102を20nmと、n型導電型を有する(以下n-と記す)Ga_{0.9}Nコンタクト層103を5μmと、n-Al_{0.3}Ga_{0.7}Nクラッド層104を1μmと、n-GaN光閉じ込め層105を0.1μmと、InGa_{0.5}N系MQW構造による活性層106と、p

型の導電型を有する（以p-と記す）Ga_{0.7}N光閉じ込め層107を0.1μmと、p-Al_{0.3}Ga_{0.7}Nクラッド層108を1μmと、p-GaNコンタクト層109を0.5μmと、を順次エピタキシャル成長させる（図6（a））。

次に、p-コンタクト層109の一部にマスクングM1を施し、被マスク部以外
5 のエピタキシャル層をn-コンタクト層103中の適当な深さまでドライエッチングし、メサ形状を形成する（図6（b））。

次に、上記マスクM1を剥離後、メサ頂上の一部およびエッチングにより露出したn-コンタクト層103面の全面をマスクM2により被覆し、再度ドライエ
10 ッチングを施して、メサ上部にリッジ構造を形成する。このときエッチングの深さはp-クラッド層108中のいずれかの位置までとし、残し膜厚Hを制御する必要はない（図6（c））。

続いて電子ビーム（EB）蒸着法により、TiO₂とZrO₂の混合物を素子
15 上面から蒸着する。蒸着膜の厚さは、蒸着膜の表面がリッジ上面と同じ高さになる厚さとする。すなわち、TiO₂とZrO₂の混合物からなる埋込層110により、リッジ部を埋め込む（図6（d））。

最後に、マスクM2及びリッジ上のTiO₂とZrO₂の混合物層110、n-
20 Ga_{0.7}Nコンタクト層103上に形成されているマスクM2及びマスクM2上のTiO₂とZrO₂の混合物層を除去し、n側電極111及びp側電極112を形成し、図5のリッジ導波型レーザ構造が完成する。

本実施例の半導体レーザでは、活性層106から発する光の波長は約520nm
25 となるように設計した。この波長の光に対するp-クラッド層108の屈折率はおおよそ2.33である。埋込層の誘電体は、TiO₂（屈折率=2.35）とZrO₂（屈折率=2.05）を混合物とし、蒸着された混合物膜の波長520nmにおける屈折率が2.33になるように調整した。この場合のTiO₂とZrO₂との混合比（モル比）は、93：7である。活性層の設計変更により発振波長が変化した場合にはp-クラッド層108の屈折率も変化するが、その時は

埋込層も TiO_2 と ZrO_2 の混合比を変更したり、あるいは蒸着条件を変えたりして屈折率を変化させればよい。

また、誘電体の種類は TiO_2 や ZrO_2 に限られるものではなく、レーザの発振波長の光を実質的に吸収しない、すなわち、活性層106から発する光に対して透明であれば、どのような誘電体がいわれてもよい。ここで言う「レーザの発振波長の光を実質的に吸収しない」ということは、レーザの横モードに悪影響を与える程度の、光の吸収は起こらないことを意味する。また誘電体膜の形成方法もEB蒸着法に限られるものでは勿論なく、スパッタリング法やその他の薄膜形成プロセスがいわれても構わない。

以上のように形成された本実施例の埋め込みリッジ導波型半導体レーザでは、電流は絶縁体である誘電体埋込層110により狭窄され、活性層のリッジ部直下の部分に集中するため、利得分布が生じる。一方、埋込層の屈折率はp-クラッド層のそれと等しいため、活性層で発した光は屈折率分布を感じない。したがって、レーザの横モード制御はリッジ幅の制御によりなされればよいので容易である。また、ドライエッチングによるp-クラッド層108の残し膜厚を精密に制御する必要がないのでエッチング誤差の許容範囲が広がり、生産歩留まりが向上する。

さらに、エッチングにより形成したリッジ状ストライプ部を、 TiO_2 と ZrO_2 の混合物からなる埋込層110により埋め込んだため、エッチング加工時に生じた損傷による結晶欠陥が、連続通電動作によって活性層へ伝搬せず、動作寿命を格段に向上した素子の実現できる。図7に示されるように、本発明によると、室温での連続通電の場合の素子寿命は、120時間以上に達する。

(第2の実施例)

図8は、本発明の第2の実施例による半導体レーザの断面構造をあらわす概略図である。本実施例のレーザダイオードは、絶縁性基板を用い、その形成プロセスは実施例1とほぼ同様の加工工程を有する。

まず、MOCVD法により、(0001)面方位(C面)を有するサファイア基板401上に、アンドープのGaNバッファ層402を20nmと、n-GaNコンタクト層403を5 μ mと、n-Al_{0.08}Ga_{0.92}N第1クラッド層404を1 μ mと、n-GaN光閉じ込め層405を0.1 μ mと、InGaN系MQW構造による活性層406と、p-Al_{0.2}Ga_{0.8}N蒸発防止層407を0.05 μ mと、p-GaN光閉じ込め層408を0.1 μ mと、p-AlGaN第2クラッド層409を0.2 μ mと、p-GaN光ガイド層410を0.05 μ mと、p-Al_{0.08}Ga_{0.92}N第3クラッド層411を0.8 μ mと、p-GaNコンタクト層412を0.5 μ mと、を順次エピタキシャル成長させる。

次に、p-コンタクト層412の一部にマスキングM1を施し、被マスク部以外のエピタキシャル層をn-コンタクト層403中の適当な深さまでドライエッチングし、メサ形状を形成する。更に、前記マスクを剥離後、メサ頂上の一部および前のエッチングにより露出したn-コンタクト層403の全面をマスクM2により被覆し、再度ドライエッチングを施して、メサ上部にリッジ構造を形成する。このときエッチングの深さはp-第2クラッド層409中のいずれかの位置までとし、残し膜厚を制御する必要はない。続いて分子線エピタキシ(MBE)法により、C1ドープZnMgSSe化合物を素子上面から成膜する。この化合物層の厚さは、層の表面がリッジ上面と同じ高さになる厚さとする。即ちZnMgSSeからなる埋込層413により、リッジ部を埋め込む。

最後にマスクM1、マスクM2、並びにマスクM1及びマスクM2上のC1ドープZnMgSSe化合物を除去し、n側電極414及びp側電極415を形成し、図8のリッジ導波型レーザ構造が完成する。

本実施例の半導体レーザでは、活性層406から発する光の波長は約410nmとなるように設計した。この波長の光に対するp-第2クラッド層409の屈折率はおおよそ2.50である。したがって、埋込層のII-VI族半導体であるZnMgSSeの各元素の組成比は、エネルギーギャップが3.03eV以上、

屈折率は2.50となるように調節されている。活性層の設計変更により発振波長が変化した場合にp-第2クラッド層409の屈折率も変化するが、その場合は埋込層も、ZnMgSSeの組成比を変更して屈折率を変化させればよい。また、埋込に用いるII-VI族半導体の種類はZnMgSSeに限られるものではなく、たとえばZnCdSeなどが用いられてもよい。またII-VI族半導体膜の形成方法もMBE法によるエピタキシャル成長に限られるものでは勿論なく、スパッタリング法やその他の薄膜形成プロセスが用いられても構わない。

以上のように形成されるリッジ導波型半導体レーザでは、電流はn型の導電型を示すC1ドープZnMgSSe埋込層413により狭窄され、リッジ部直下の活性層に集中するため、利得分布が生じる。一方、リッジ内部に形成された光ガイド層410は屈折率がp-第2クラッド層409及び埋込層413に対して大きく、またリッジ外では光ガイド層410が取り除かれているため、リッジ内外で実効的な屈折率に分布が生じる。したがって、光ガイド層を有さない第1の実施例に比べて、リッジ直下部への光閉じ込めの効率がよくなり、横モード制御がより容易になる。

また、ドライエッチングによるリッジ形成においては、エッチング底面が少なくとも光ガイド層410とp-第2クラッド層409の界面に達していればよく、光閉じ込め層408に達しなければオーバーエッチも許容されるので、残し膜厚を精密に制御する必要がなくなり、生産歩留まりが向上する。

さらに、エッチングにより形成したリッジ状ストライプ部を、ZnMgSSeからなる埋込層413により埋め込むので、エッチング加工時に生じる損傷による結晶欠陥が、連続通電動作によっても活性層へ伝搬せず、動作寿命を格段に向上した素子の実現できる。

(第3の実施例)

図9は、本発明の第3の実施例による半導体レーザの断面構造をあらわす概略図である。本実施例のレーザダイオードは以下のようなプロセスにより形成され

る。

まず、MOCVD法により、 n -SiC基板501上に、アンドープのGaN
バッファ層502を20nmと、 n - $Al_{0.08}Ga_{0.92}N$ 第1クラッド層50
3を1 μm と、 n -GaN光閉じ込め層504を0.1 μm と、InGaN系M
5 QW構造による活性層505と、 p - $Al_{0.2}Ga_{0.8}N$ 蒸発防止層506を0.
05 μm と、 p -GaN光閉じ込め層507を0.1 μm と、 p - $Al_{0.08}G$
 $a_{0.92}N$ 第2クラッド層508を0.2 μm と、 p - $Al_{0.02}Ga_{0.98}N$ 光
ガイド層509を0.05 μm と、 p - $Al_{0.08}Ga_{0.92}N$ 第3クラッド層5
10 10を0.8 μm と、 p -GaNコンタクト層511を0.5 μm とを順次エピ
タキシャル成長させる。

次に、 p -コンタクト層511の一部にマスクを施し、被マスク部以外のエピ
タキシャル層をドライエッチングして、リッジ構造を形成する。このときエッチ
ングの深さは、 p -第2クラッド層508中のいずれかの位置までとし、残し膜
厚を制御する必要はない。続いて、リッジ上部にマスクを残したままMOCVD
15 法による選択成長により、 n - $Al_{0.08}Ga_{0.92}N$ 層をリッジ側面にのみ成膜
する。このAlGaN層の厚さは、層の表面がリッジ上面と同じ高さになる厚さ
とする。即ち n - $Al_{0.08}Ga_{0.92}N$ からなる埋込層512により、リッジ部
を埋め込む。

最後に、マスクを除去し、基板裏面に n 側電極513を、素子上面に p 側電極
20 514を形成し、図9のリッジ導波型レーザ構造が完成する。

本実施例の半導体レーザでは、活性層505から発する光の波長は約450nm
となるように設計した。この波長の光に対する p -第2クラッド層508の屈
折率はおおよそ2.45である。本実施例においては、埋込層512は p -第2ク
ラッド層508と導電型が異なるだけで同一の組成であり、埋込層512の屈折
25 率はおおよそ2.45であり、発振波長の光に対して透明である。

本実施例のリッジ導波型半導体レーザでは、素子電流は n -AlGaN埋込層

5 1 2により狭窄され、リッジ部直下の活性層に集中するため、利得分布が生じる。一方、リッジ内部に形成された光ガイド層5 0 9は屈折率がp-第2クラッド層5 0 8及び埋込層5 1 2に対して大きく、またリッジ外では光ガイド層5 0 9が取り除かれているため、リッジ内外で実効的な屈折率に分布が生じる。したがって第2の実施例と同様、リッジ直下部への光閉じ込めの効率がよくなり、横モード制御がより容易になる。

また、ドライエッチングによるリッジ形成においては、エッチング底面が少なくとも光ガイド層5 0 9とp-第2クラッド層5 0 8との界面に達していればよく、光閉じ込め層5 0 7に達しなければオーバーエッチも許容されるので、残し膜厚を精密に制御する必要がなくなり、生産歩留まりが向上する。

(第4の実施例)

図1 0は、本発明の第4の実施例による半導体レーザの断面構造をあらわす概略図、図1 1は製造工程を示す模式図である。本実施例のレーザダイオードは以下のようなプロセスにより形成される。

15 まず、MOCVD法により、n-GaN基板6 0 1上に、アンドープのGaNバッファ層6 0 2を20 nmと、n-Al_{0.08}Ga_{0.92}N第1クラッド層6 0 3を1 μmと、n-GaN光閉じ込め層6 0 4を0.1 μmと、InGa_{0.5}N系MQW構造による活性層6 0 5と、p-Al_{0.2}Ga_{0.8}N蒸発防止層6 0 6を0.05 μmと、p-GaN光閉じ込め層6 0 7を0.1 μmと、p-Al_{0.08}Ga_{0.92}N第2クラッド層6 0 8を0.2 μmと、n-Al_{0.3}Ga_{0.7}N光反射層6 0 9を0.1 μmと、p-Al_{0.08}Ga_{0.92}N第3クラッド層6 1 0を0.7 μmと、p-GaNコンタクト層6 1 1を0.5 μmと、を順次エピタキシャル成長させる(図1 1 (a))。

25 次に、p-コンタクト層6 1 1の一部にマスキングM 1を施し、被マスク部以外のエピタキシャル層をドライエッチングして、凹部構造Rを形成する。このときエッチングの深さはp-第2クラッド層6 0 8中のいずれかの位置までとし、

残し膜厚を制御する必要はない（図11（b））。

続いて、凹部以外のマスクを残したままMOCVD法による選択成長により、凹構造の溝内部にのみ選択的に $p-A_{1-x}Ga_xN$ 層612を p -第3クラッド層610と p -コンタクト層611との界面付近まで、続いて $p-GaN$ 層613を p -コンタクト層611の表面近傍までエピタキシャル成長させる。即ち $p-A_{1-x}Ga_xN$ からなる埋込層612により、凹構造の溝部を埋め込む（図11（c））。

最後に、マスクM1を除去し、基板裏面に n 側電極614を、素子上面に p 側電極615を形成し、図10のレーザ構造が完成する。

本実施例の半導体レーザでは、活性層605から発する光の波長は約430nmとなるように設計した。本実施例においては、埋込層612は p -第2クラッド層608と導電型も組成も同一であり、かつ凹構造の溝部分に対応する開口部を有する光反射層609はその導電型の違いから電流阻止層となるため、素子電流は溝部（開口部）直下の活性層に集中し、レーザの横方向において利得分布が生じる。

一方、溝部以外に設けられている光反射層609は屈折率が p -第2クラッド層608及び埋込層612に対して小さく、また溝部では屈折率が一樣であるので、溝部以外で光を感じる実効的な屈折率が小さいため、ストライプ構造の内外で実効屈折率に差が生じる。したがって、ストライプ部への光閉じ込めの効率がよくなり、横モード制御がより容易になる。

また、ドライエッチングによる溝構造形成においては、エッチング底面が少なくとも光反射層609と p -第2クラッド層608との界面に達していればよく、光閉じ込め層607に達しなければオーバーエッチも許容される。このため、残し膜厚を精密に制御する必要がなくなり、生産歩留まりが向上する。なお、第4の実施例では種々の基板やバッファ層、光閉じ込め層など、請求の範囲に記載されていない構造が用いられているが、これらは特性のよいレーザ素子の形成のため

めに用いられるものであって、リッジ部分の構造に関する本発明の実施に影響を及ぼすものではない。

産業上の利用可能性

- 5 本発明によれば、従来のようにエッチングの残し膜厚によるリッジ導波型半導体レーザの横モード制御を行わないので、単一横モード特性を有する半導体レーザを高い生産歩留まりで作製することができる。

請求の範囲

1. III族窒化物半導体による化合物半導体レーザであって、
基板上の第1の導電型を有する第1クラッド層と、

5 該第1クラッド層上の活性層と、

該活性層上の第2の導電型を有する第2クラッド層と、

該第2クラッド層上に形成され、電流を該活性層の選択された領域に狭窄する
ための開口部を持った埋込層と、を備えており、

10 該第2クラッド層の上部はリッジ部を有し、該リッジ部は該埋込層の該開口部
内に位置し、

該埋込層は、該活性層から発する光を実質的に吸収することなく、かつ該第2
クラッド層と概略同じ値の屈折率を有する、化合物半導体レーザ。

15 2. 前記第2クラッド層の上部の上に、前記第2の導電型を有し該第2クラッ
ド層より高い値の屈折率を有する光ガイド層と、該第2の導電型を有する第3ク
ラッド層と、該第2の導電型を有するコンタクト層と、がこの順に形成されてい
る、請求項1に記載の化合物半導体レーザ。

20 3. 前記光ガイド層が、InGaAlNによって形成されている請求項2に記
載の化合物半導体レーザ。

25 4. 前記埋込層が、 TiO_2 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 CeO_2 、 In_2O_3 、 Nd_2O_3 、 Sb_2O_3 、 SnO_2 、 Ta_2O_5 、 ZnO を包含するグループのうち少な
くとも1種類以上の化合物を含む誘電体膜である、請求項1に記載の化合物半導
体レーザ。

5. 前記埋込層が、ZnMgCdSSe化合物半導体によって形成されている請求項1に記載の化合物半導体レーザ。

6. 前記埋込層が、前記第2クラッド層と概略同じ組成の半導体によって形成されている請求項1に記載の化合物半導体レーザ。

7. 前記埋込層は絶縁性を有する、請求項1に記載の化合物半導体レーザ。

8. 前記埋込層は、前記第1の導電性を有する請求項1に記載の化合物半導体レーザ。

9. 前記第2クラッド層の上部の上に、前記第2の導電性を有するコンタクト層が形成されている、請求項1に記載の化合物半導体レーザ。

10. III族窒化物半導体による化合物半導体レーザであって、
基板上の第1の導電性を有する第1クラッド層と、
該第1クラッド層上の活性層と、
該活性層上の第2の導電性を有する第2クラッド層と、
該第2クラッド層上に形成され、電流を該活性層の選択された領域に狭窄するための開口部を持った光反射層と、を備えており、
該光反射層の該開口部内には、該第2の導電性を有しかつ該第2クラッド層と概略同じ組成の半導体による層が形成されており、
該光反射層は、該第2クラッド層よりも低い値の屈折率を有する、化合物半導体レーザ。

11. 前記光反射層がInGaAlNによって形成されている、請求項10に

記載の化合物半導体レーザ。

1 2. 前記光反射層は絶縁性を有する、請求項 1 0 に記載の化合物半導体レーザ。

5

1 3. 前記光反射層は前記第 1 の導電性を有する、請求項 1 0 に記載の化合物半導体レーザ。

10 1 4. 前記光反射層の上に、前記第 2 の導電性を有する第 3 クラッド層と、該第 2 の導電性を有するコンタクト層と、が形成されている請求項 1 0 に記載の化合物半導体レーザ。

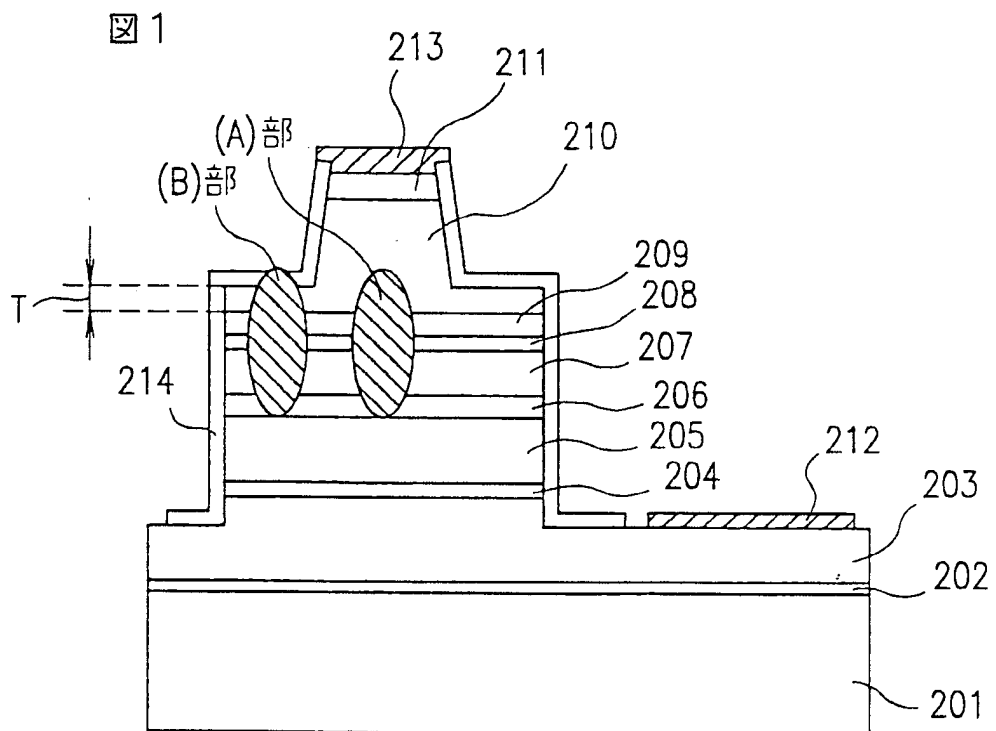


図2

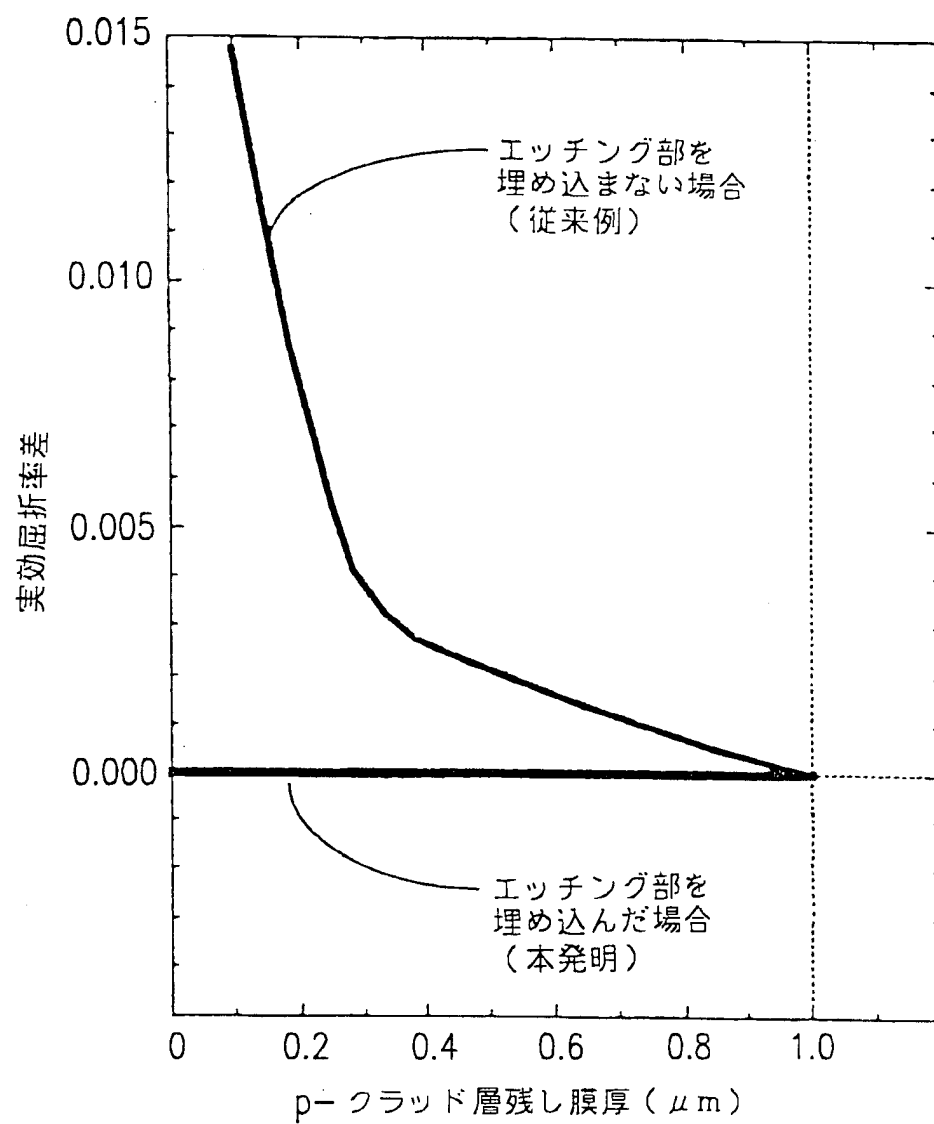


図3

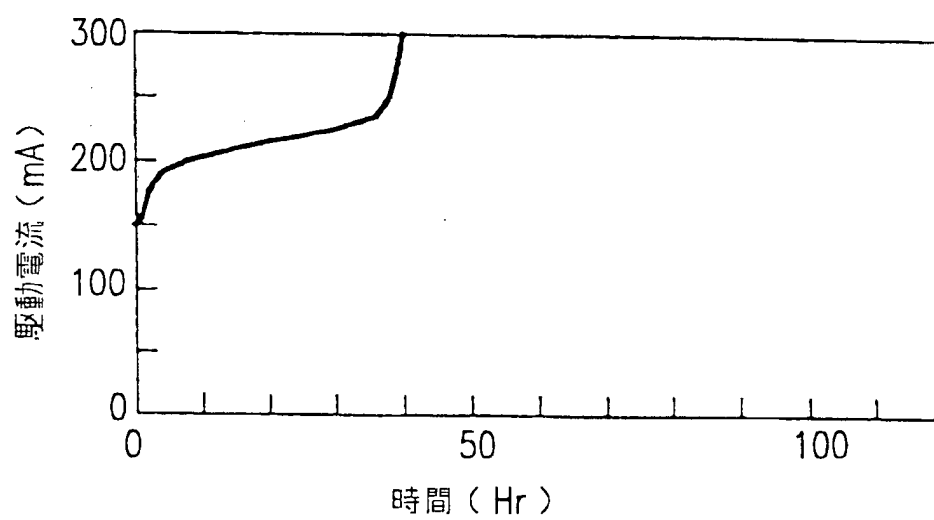


図 4

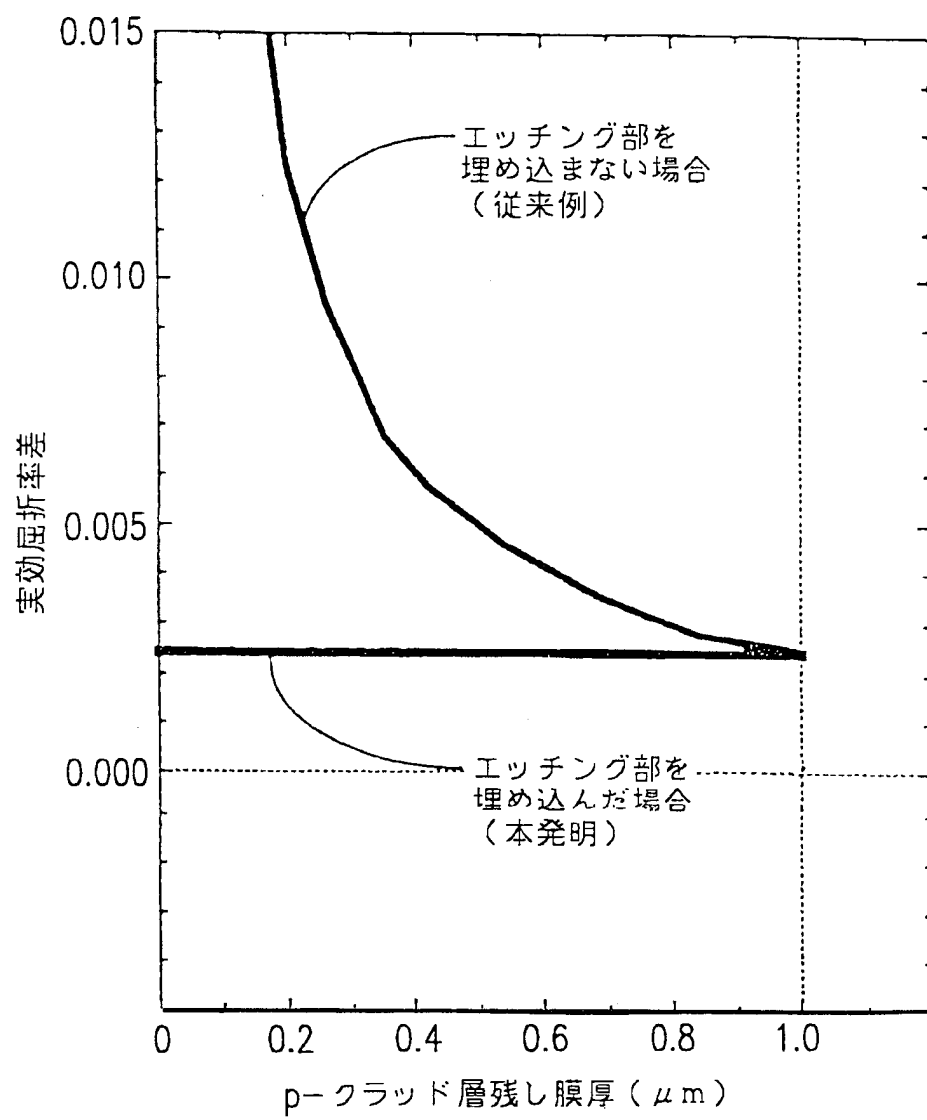


図5

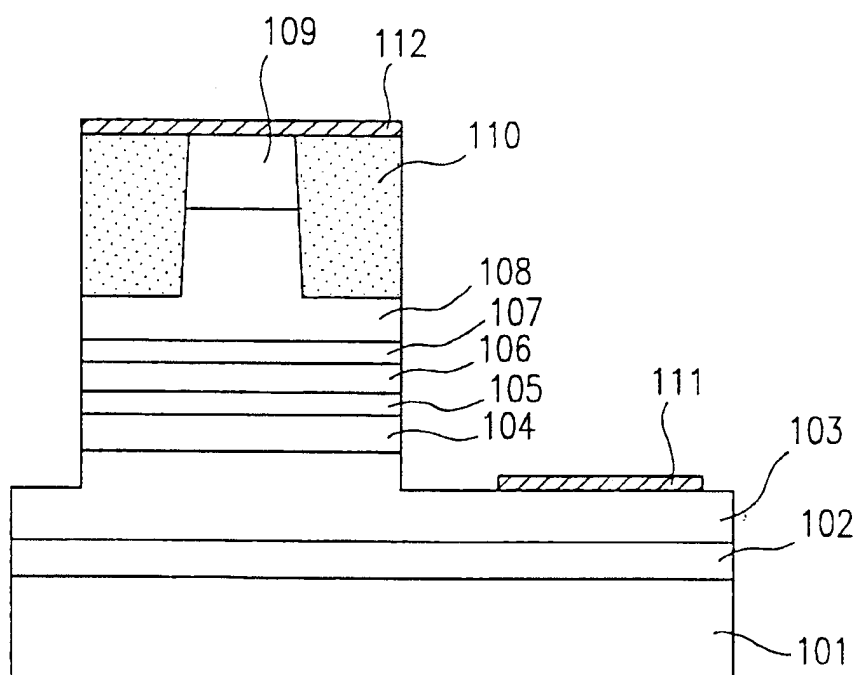


図 6

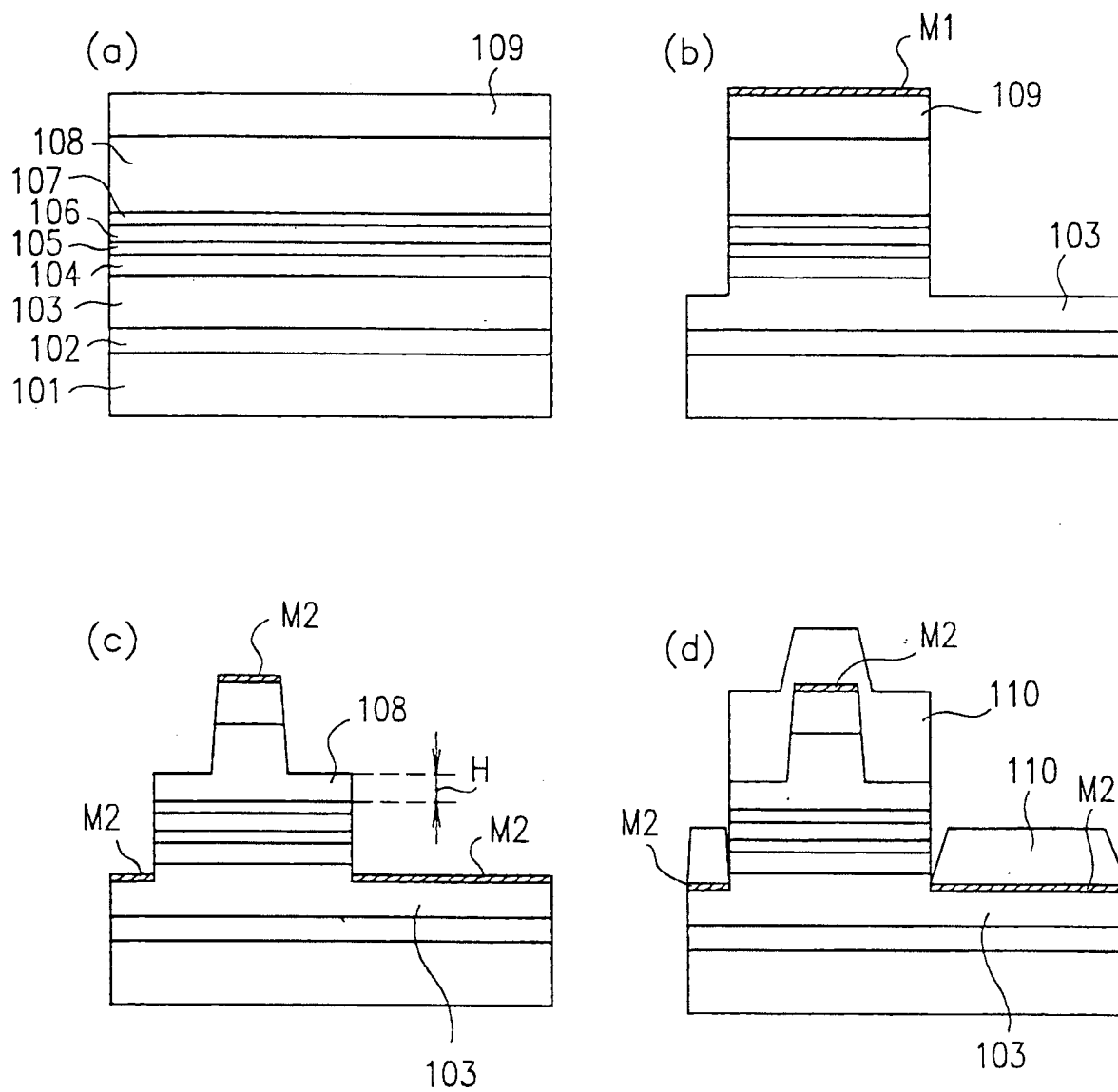


図 7

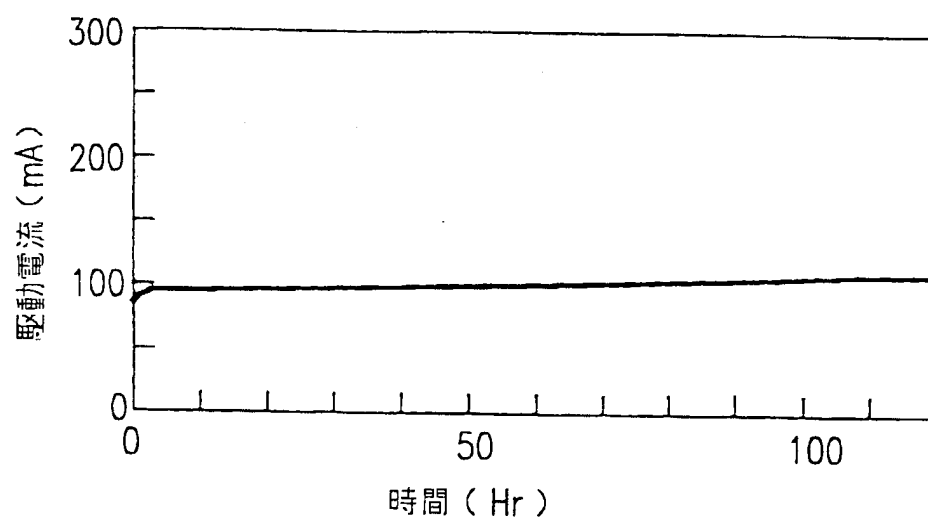
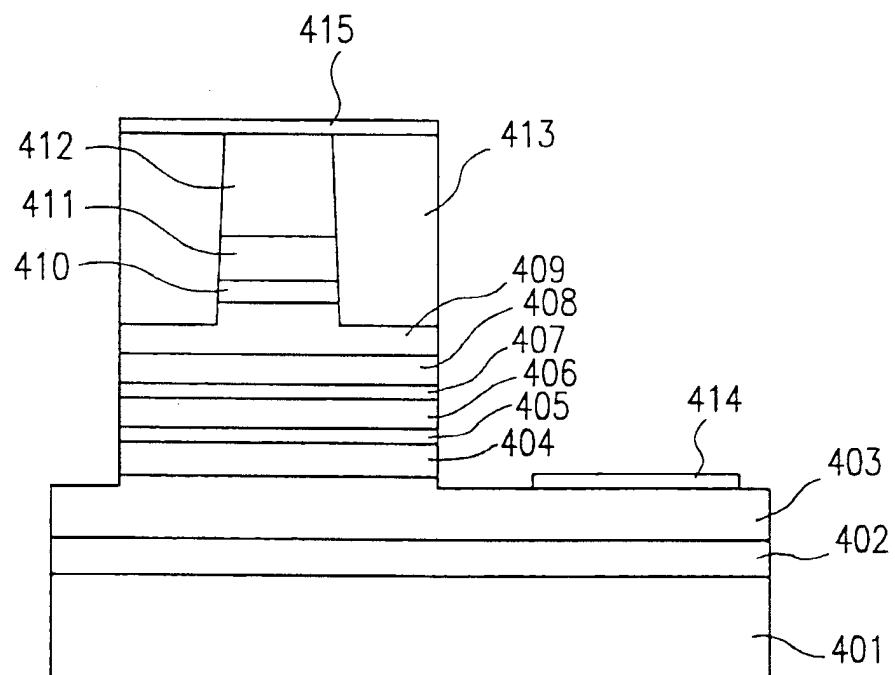
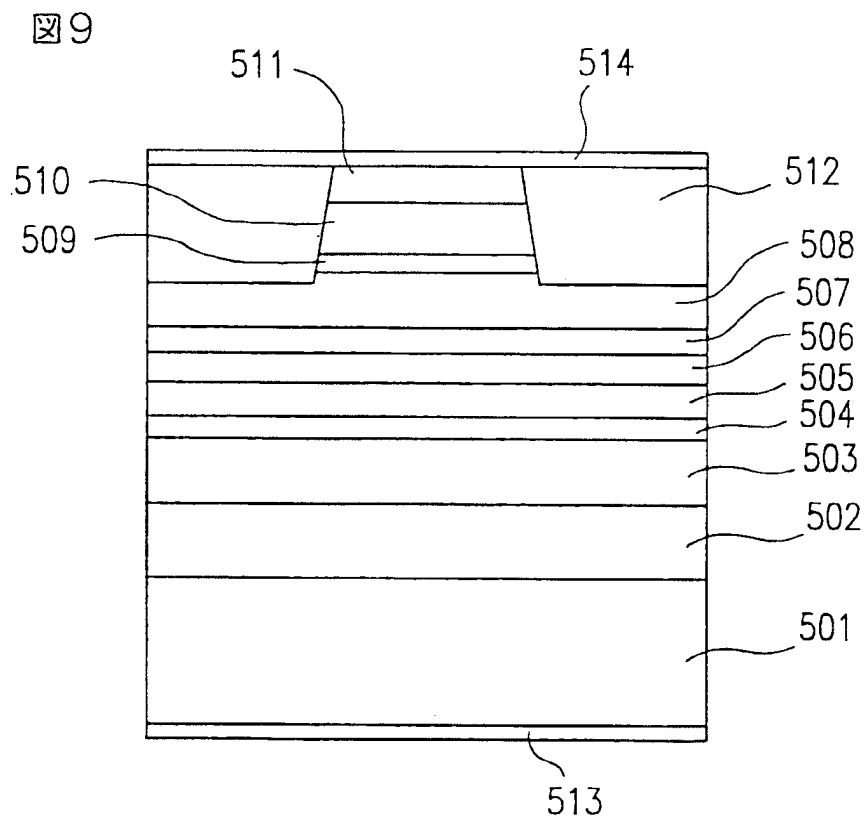


図 8





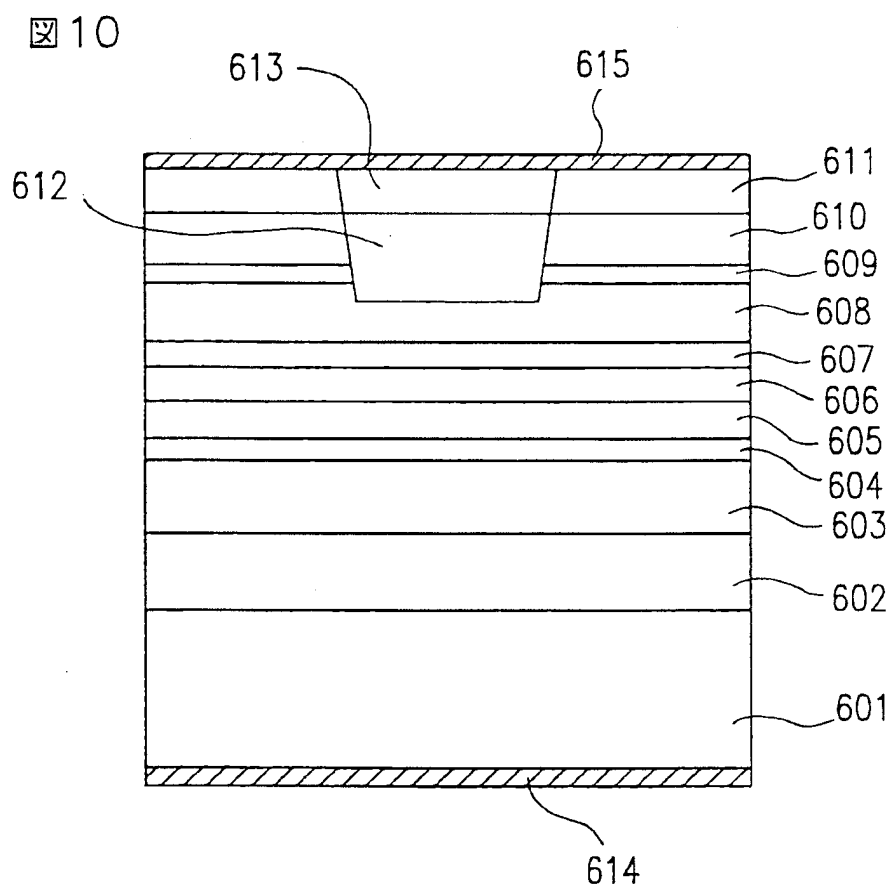
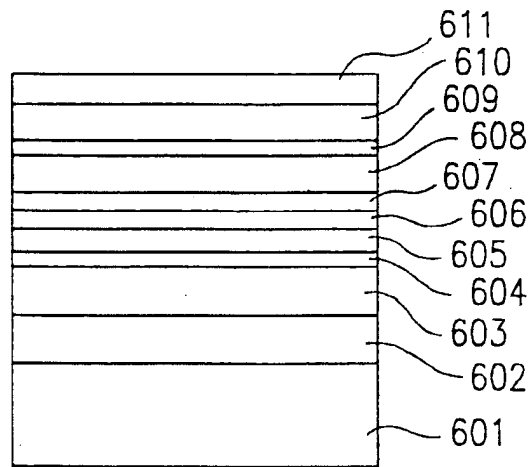
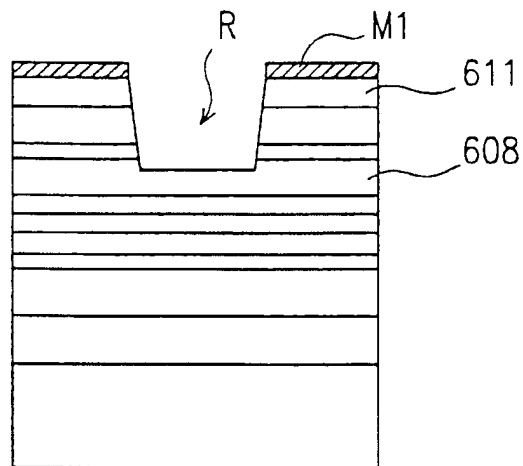


図 11

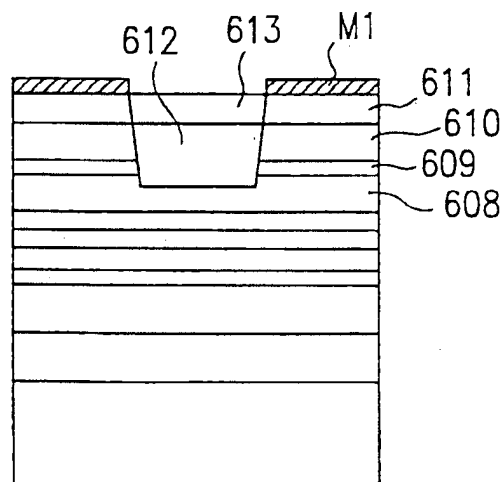
(a)



(b)



(c)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/01308

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁶ H01S3/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁶ H01S3/18Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1998
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1998

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 8-056055, A (Hitachi, Ltd.), February 27, 1996 (27. 02. 96), Page 3, right column, line 49 to page 4, left column, line 24 ; Fig. 3 (Family: none)	1, 6, 8, 9
X	JP, 8-018159, A (Hitachi, Ltd.), January 19, 1996 (19. 01. 96), Page 5, left column, line 10 to right column, line 11 ; Fig. 3 (Family: none)	1, 6, 8, 9
P	JP, 9-270569, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), October 14, 1997 (14. 10. 97), Page 6, left column, line 33 to page 8, left column, line 44 ; Fig. 1(b) (Family: none)	10-14
A	JP, 5-003376, A (Seiko Epson Corp.), January 8, 1993 (08. 01. 93), Full text (Family: none)	5, 7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
July 14, 1998 (14. 07. 98)Date of mailing of the international search report
July 21, 1998 (21. 07. 98)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP98/01308

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Jpn. J. Appl. Phys. Part 2 Vol. 35 No. 1B (1996) S. Nakamura et al., "InGaN-Based Multi-Quantum-Well-Structure Laser Diodes" p.L74-L76	1-14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl. ⁶ H01S3/18

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl. ⁶ H01S3/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-1998年
日本国登録実用新案公報 1994-1998年
日本国実用新案登録公報 1996-1998年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P、8-056055、A (株式会社日立製作所) 27. 2月. 1996 (27. 02. 96) 第3頁右欄第49行目-第4頁左欄第24行目、図3 (ファミリーなし)	1, 6, 8, 9
X	J P、8-018159、A (株式会社日立製作所) 19. 1月. 1996 (19. 01. 96) 第5頁左欄第10行目-右欄第11行目、図3 (ファミリーなし)	1, 6, 8, 9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 07. 98

国際調査報告の発送日

21.07.98

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

門田 かづよ 印

2 K

9 5 1 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P	J P、9-270569、A (松下電器産業株式会社) 14. 10月. 1997 (14. 10. 97) 第6頁左欄第33行目-第8頁左欄第44行目、図1 (b) (ファミリーなし)	10-14
A	J P、5-003376、A (セイコーエプソン株式会社) 08. 01. 1993 (08. 01. 93) 全文 (ファミリーなし)	5, 7
A	Jpn. J. Appl. Phys. Part2 Vol.35 No.1B (1996) S. Nakamura et.al. 「InGaN-Based Multi-Quantum-Well-Structure Laser Diodes」 p.L74-L76	1-14