

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3455500号
(P3455500)

(45)発行日 平成15年10月14日(2003.10.14)

(24)登録日 平成15年7月25日(2003.7.25)

(51)Int.Cl.⁷

H 0 1 S 5/343

識別記号

F I

H 0 1 S 5/343

請求項の数11(全 6 頁)

(21)出願番号 特願2000-198829(P2000-198829)

(22)出願日 平成12年6月30日(2000.6.30)

(65)公開番号 特開2002-16321(P2002-16321A)

(43)公開日 平成14年1月18日(2002.1.18)

審査請求日 平成12年6月30日(2000.6.30)

前置審査

(73)特許権者 599002043

学校法人 名城大学

愛知県名古屋市中区塩釜1-501

(73)特許権者 597154117

日本学術振興会

東京都千代田区麹町5丁目3番1号

(72)発明者

赤▲崎▼ 勇

愛知県名古屋市中区浄心1-1-38-805

(72)発明者

天野 浩

愛知県名古屋市中区山の手2丁目104-508

(74)代理人

100072051

弁理士 杉村 興作

審査官

土屋 知久

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体レーザ及び半導体レーザの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、バッファ層と、第1のコンタクト層と、第1のクラッド層と、第1の光ガイド層と、活性層と、第2の光ガイド層と、第2のクラッド層と、第2のコンタクト層とがこの順に積層されてなる半導体レーザであって、

前記第1のコンタクト層は、前記半導体レーザの長手方向に略平行な凹部を有し、前記第1のコンタクト層と前記第1のクラッド層との間の少なくとも一部に多結晶状の中間層を具え、

前記第1のクラッド層は前記凹部を埋設し、前記凹部に起因した段差を消失させるように形成したことを特徴とする、半導体レーザ。

【請求項2】 前記中間層は、前記凹部を含む前記第1のコンタクト層と前記第1のクラッド層との間の全面に

形成したことを特徴とする、請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項3】 前記中間層は、前記第1のコンタクト層と前記第1のクラッド層との間の前記凹部を除く部分に形成したことを特徴とする、請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項4】 前記中間層、前記第1のクラッド層、前記第1の光ガイド層、前記活性層、前記第2の光ガイド層、及び前記第2のクラッド層は、A1Nを含むIII族窒化物半導体からなり、前記中間層におけるA1Nモル分率が前記第1のクラッド層及び前記第2のクラッド層におけるA1Nモル分率以上であることを特徴とする、請求項1～3のいずれか一に記載の半導体レーザ。

【請求項5】 前記半導体レーザは、前記第2のクラッド層及び前記第2のコンタクト層が、前記半導体レーザ

の長手方向に略平行なリッジストライプ構造を呈するとともに、このリッジストライプ構造の両側面に絶縁層を有することを特徴とする、請求項1～4のいずれかーに記載の半導体レーザ。

【請求項6】 基板上に、バッファ層と、第1のコンタクト層と、第1のクラッド層と、第1の光ガイド層と、活性層と、第2の光ガイド層と、第2のクラッド層と、第2のコンタクト層とがこの順に積層されてなる半導体レーザの製造方法であって、

前記第1のコンタクト層に、前記半導体レーザの長手方向に略平行な凹部を形成し、前記第1のコンタクト層と前記第1のクラッド層との間の少なくとも一部に多結晶状の中間層を形成した後に、この中間層上に前記凹部を埋設し、前記凹部に起因した段差を消失させるようにして前記第1のクラッド層を形成するとともに、前記第1のクラッド層上に、前記第1の光ガイド層、前記活性層、前記第2の光ガイド層、前記第2のクラッド層、及び前記第2のコンタクト層を順次形成することを特徴とする、半導体レーザの製造方法。

【請求項7】 前記中間層は、前記凹部を含む前記第1のコンタクト層と前記第1のクラッド層との間の全面に形成することを特徴とする、請求項6に記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項8】 前記中間層は、前記第1のコンタクト層と前記第1のクラッド層との間の前記凹部を除く部分に形成することを特徴とする、請求項6に記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項9】 前記中間層、前記第1のクラッド層、前記第1の光ガイド層、前記活性層、前記第2の光ガイド層、及び前記第2のクラッド層は、AlNを含むIII族窒化物半導体からなり、前記中間層におけるAlNモル分率が前記第1のクラッド層及び前記第2のクラッド層におけるAlNモル分率以上であることを特徴とする、請求項6～8のいずれかーに記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項10】 前記第2のクラッド層及び前記第2のコンタクト層を、前記半導体レーザの長手方向に略平行なリッジストライプ構造に形成するとともに、このリッジストライプ構造の両側面に絶縁層を形成することを特徴とする、請求項6～9のいずれかーに記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項11】 半導体発光素子の製造方法であって、所定の下地層に、前記半導体発光素子の長手方向に略平行な凹部を形成し、前記所定の下地層上の少なくとも一部分に多結晶状の中間層を形成した後に、この中間層上において、前記凹部を埋設し、前記凹部に起因した段差を埋設するようにして所定の半導体多層素子構造を形成することを特徴とする、半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、デジタルビデオディスク等の大容量光ディスク装置が実用化され、今後さらに大容量化が進められようとしている。光ディスク装置の大容量化のためには、よく知られるように、読み取りや書き込みの光源となる半導体レーザの短波長化が最も有効な手段の一つである。したがって、現在市販されているデジタルビデオディスク用の半導体レーザは、AlGaInP系材料による波長650nmであるが、将来開発が予定されている高密度デジタルビデオディスク用では、400nm帯のGaN系半導体レーザが不可欠と考えられている。また、表示用素子としては青色や緑色の半導体レーザが必要とされているが、原理的にはGaN系材料で実現可能であり、これによる実用化が望まれている。

【0003】従来、GaN系半導体レーザとして、図4に示すような構造のものが用いられている(Applied Physics Letters, vol.72, p211)。

サファイア基板201上に、第1の結晶成長によりGaNバッファ層202、GaN203が積層され、このGaN下地層203上に、例えばSiO₂から成る絶縁膜ストライプ204が形成される。さらに、n-GaN第1コンタクト層205を比較的厚く、例えば10μm以上成長されることにより、結晶成長が起こらない絶縁膜ストライプ204上にも横方向成長があるため平坦な表面が得られる。

【0004】さらに、絶縁膜ストライプ204上の中心を除く領域において、元々10⁸～10¹⁰/cm²程度存在する貫通転位が10⁶/cm以下にまで減少した低転位領域206が形成される。この構成は一般にELOG(Epitaxial Lateral Over Growth)と呼ばれている。

【0005】その後、n-AlGaIn第1クラッド層207、n-GaN第1光ガイド層208、Ga_{1-x}In_xN/Ga_{1-y}In_yN(0<X, Y<1)から成る多重量子井戸活性層209、p-AlGaInキャップ層210、p-GaN第2光ガイド層211、p-AlGaIn第2クラッド層212、p-GaN第2コンタクト層213が成長される。

【0006】続いて、例えばCl₂ガスを用いた反応性イオンエッチングにより、リッジストライプ214が低転位領域に形成される。リッジストライプ以外の表面は、例えばSiO₂から成る絶縁膜215が堆積され、リッジストライプ部との屈折率差を生じされるとともに、電気的な絶縁が確保される。リッジストライプ214直上に、例えばNi/Auから成るp電極216、また一部をn-GaN第1コンタクト層205が露出するまでエッチングした表面に、例えばTi/Alから成るn電極217が形成され、図5に示すGaN系半導体レ

ーザが作製される。

【0007】本素子においては、n電極217を接地しp電極216に電圧を印加することにより、多重量子井戸活性層209に向かってp電極216側からホールが、またn電極217側から電子が注入され、多重量子井戸活性層209内で光学利得を生じ、レーザ発振を起こす。活性領域、即ちリッジストラップ214は低転位領域に形成されているので、動作時の特性劣化は極めて少なく、高い信頼性を有する半導体レーザが実現できるものである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記GaN系半導体レーザは発振波長が400nm付近に限定され、より短波長、あるいは長波長の発振を得ることは困耗である。例えば短波長レーザの場合、多重量子井戸活性層209の組成を変更し、バンドギャップをより大きくすると同時に、n-AlGaN第1クラッド層207及びp-AlGaN第2クラッド層212のバンドギャップを大きく、即ちAlNモル分率を引き上げなければならない。キャリアの閉じ込めに多重量子井戸活性層209とn-AlGaN第1クラッド層207及びp-AlGaN第2クラッド層212との間に、0.4~0.5eVのバンドギャップ差が必要だからである。

【0009】例えば発振波長360nmの場合、n-AlGaN第1クラッド層207及びp-AlGaN第2クラッド層212のAlNモル分率は少なくとも15%は必要である。しかし、n-GaN第1コンタクト層205上にAlNモル分率15%のn-AlGaN第1クラッド層207を積層すると、格子不整合に起因するクラックが生じ、高品質な結晶が得られない。

【0010】n-GaN層205をn-AlGaNに変更すると、クラックの発生は抑制できるが、AlGaNは原理的に前述のELOGには適用できない。AlGaNの多結晶が絶縁膜ストラップ204上に堆積し、横方向成長を妨げるためである。

【0011】一方、長波長レーザの場合、多重量子井戸活性層209の組成を変更してバンドギャップをより小さく、すなわち、GaInN井戸層のInNモル分率を大きくする必要がある。但し、n-AlGaN第1クラッド層207及びp-AlGaN第2クラッド層212のAlNモル分率は低くてもかまわない。しかし、GaInN井戸層のInNモル分率を大きくすると、InNモル分率の不均一性が生じやすくなり、発光スペクトルのブロードニング等光学特性の悪化が引き起こされる。

【0012】InNモル分率の不均一性は、GaとInとの原子サイズが大きく異なるために、均一に混ざりにくくなることから起こる。成長条件によって多少改善は見られるものの、最も強く影響するのはその下地となるn-AlGaN第1クラッド層207やn-GaN第1光ガイド層208との格子不整合の度合いである。

【0013】下地となる結晶層は、最初に成長される単結晶層GaN層203に対してコヒーレントに積層されている。したがって、成長層面内ではGaNの格子定数とほぼ一致するように歪みながら積層されている。GaInN井戸層も同様にコヒーレントに成長するが、InNモル分率が大きくなると圧縮歪みが増大し、これがInNモル分率の不均一性を大きくする要因となっている。さらに貫通転位もこの不均一性を増大させる傾向がある。このため緑色などの長波長領域で発振する高性能の半導体レーザは実現が困難となっている。

【0014】本発明は、半導体レーザを構成する半導体多層構造における格子不整合を回避し、発振波長の自由度を拡大した半導体レーザを提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成すべく、本発明の半導体レーザは、基板上に、バッファ層と、第1のコンタクト層と、第1のクラッド層と、第1の光ガイド層と、活性層と、第2の光ガイド層と、第2のクラッド層と、第2のコンタクト層とがこの順に積層され、前記第1のコンタクト層は、前記半導体レーザの長手方向に略平行な凹部を有し、前記第1のコンタクト層と前記第1のクラッド層との間の少なくとも一部に多結晶状の中間層を具え、前記第1のクラッド層は前記凹部を埋設し、前記凹部に起因した段差を消失させるように形成したことを特徴とする。

【0016】また、本発明の半導体レーザの製造方法は、前記第1のコンタクト層に、前記半導体レーザの長手方向に略平行な凹部を形成し、前記第1のコンタクト層と前記第1のクラッド層との間の少なくとも一部に多結晶状の中間層を形成した後に、この中間層上に前記凹部を埋設し、前記凹部に起因した段差を消失させるようにして前記第1のクラッド層を形成するとともに、前記第1のクラッド層上に、前記第1の光ガイド層、前記活性層、前記第2の光ガイド層、前記第2のクラッド層、及び前記第2のコンタクト層を順次形成することを特徴とする。

【0017】本発明の半導体レーザ及び半導体レーザの製造方法によれば、第1のコンタクト層と第1のクラッド層との間の少なくとも一部に多結晶状の中間層を具えている。したがって、前記第1のクラッド層は、前記多結晶状の中間層上において、改めて核生成及び2次元成長の過程を経て形成される。したがって、前記第1のクラッド層はその下の前記第1のコンタクト層に対してコヒーレントな関係を有しない。このため、前記第1のクラッド層と前記第1のコンタクト層との間の格子不整合の問題を回避することができる。また、第1のクラッド層と第1のコンタクト層との間に歪みが存在しなくなるため、前記第1のクラッド層上に形成される活性層中の歪みも著しく低減される。

【0018】さらに、本発明の半導体レーザは、その長手方向において略平行な凹部を有している。このため、この上に形成される第1のクラッド層は、横方向成長速度が縦方向成長速度を上回るため、凹部の前記長手方向における中心線部分を除いて低転位となる。したがって、前記第1のクラッド層上に形成される活性層中の低位濃度も低減されるため、半導体レーザを構成する半導体多層構造全体の結晶性も向上する。したがって、本発明によれば、動作時の特性劣化を生じることなく、短波長から長波長まで、発振波長の自由度に優れた半導体レーザを提供することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明を発明の実施の形態に基づいて詳細に説明する。図1は、本発明の半導体レーザの一例を示す構成図である。図1に示す半導体レーザにおいては、サファイア基板101上に、AlNからなるバッファ層102、n-GaNからなる第1のコンタクト層103がそれぞれ厚さ0.02 μ m及び3 μ mに順次形成されている。そして、第1のコンタクト層103には、半導体レーザの長手方向と略平行な凹部104が形成されている。凹部104は、例えば反応性イオンエッチングにより、深さ1 μ m、幅8 μ mに形成する。

【0020】また、第1のコンタクト層103上には、n-AlGaInからなる厚さ0.02 μ mの中間層105を介して、n-Al_{0.2}Ga_{0.8}Nからなる第1のクラッド層106が、凹部104に起因した段差を埋めるようにして厚さ5 μ mに形成されている。凹部104内においては、横方向の成長速度が縦方向の成長速度よりも大きいために、転位は凹部104の前記長手方向における中心部分に集中する。したがって、その両側には、低転位な領域112が形成される。

【0021】また、中間層105は多結晶であるために、第1のクラッド層106は、中間層105上において新たな核生成及び2次元成長の過程を経て形成される。したがって、第1のクラッド層106は、第1のコンタクト層103とコヒーレントな関係でなくなるため、第1のコンタクト層103との格子不整合などの問題は回避される。

【0022】第1のクラッド層106上には、n-Al_{0.1}Ga_{0.9}Nからなる厚さ0.1 μ mの第1の光ガイド層107、Al_{0.05}Ga_{0.95}N/Al_{0.1}Ga_{0.9}N多重量子井戸構造の活性層108、p-Al_{0.1}Ga_{0.9}Nからなる厚さ0.1 μ mの第2の光ガイド層109、p-Al_{0.2}Ga_{0.8}Nからなる厚さ0.7 μ mの第2のクラッド層110、及びP⁺-GaNからなる厚さ0.1 μ mの第2のコンタクト層111が順次形成されている。

【0023】また、第2のクラッド層110及び第2のコンタクト層111は、自己形成的に作製された、半導

体レーザの長手方向と略平行なリッジストライプ構造113を呈している。さらに、このリッジストライプ構造の両側面には、絶縁層116が形成されている。そして、リッジストライプ構造113上には、例えば、Ni/Auからなるp電極114が形成され、例えば反応性イオンエッチングなどによって露出した第1のコンタクト層103上に、例えばTi/Alからなるn電極115が形成されている。

【0024】第1のクラッド層106上に形成された第2のクラッド層110などは、第1のクラッド層106の低転位を受け継いで極めて低転位に形成される。また、第1のクラッド層106は第1のコンタクト層103との格子不整合がないために、格子歪みをほとんど有しない。さらに、第1のクラッド層106上に形成した上記第2のクラッド層110などの格子歪みは、この第1のクラッド層106との格子不整合のみに起因するものであるため、比較的小さくなる。

【0025】このため、図1に示すように、第1のクラッド層106及び第2のクラッド層110中のAlNモル分率を15%以上である20%として、半導体レーザの発信波長を短波長化した場合においても、これらクラッド層中に格子歪みに起因したクラックが発生することがない。したがって、動作特性が長期に亘って安定した短波長レーザを提供することができる。

【0026】図2は、このようにして作製した半導体レーザにおけるフォトルミネッセンス発光の面内分布を示す図である。図2から明らかなように、活性層108の低転位領域においてストライプ状の紫外発光が確認された。

【0027】なお、多結晶状の中間層105は、上記のようにAlGaInから構成する場合、トリメチルガリウム(TMG)及びトリメチルアルミニウム(TMA)の原料ガスを用いた有機金属気相成長法により、第1のコンタクト層103を含めた基板101全体を300~700に加熱することによって形成することができる。

【0028】また、図1に示すように、中間層105から第2のクラッド層110までをAlGaInなどのAlNを含むIII族窒化物半導体から構成する場合、中間層105におけるAlNのモル分率が第1のクラッド層106及び第2のクラッド層110におけるAlNのモル分率以上であることが好ましい。これによって、第1のクラッド層及び第2のクラッド層中におけるクラックの発生をより効果的に防止することができる。

【0029】さらに、図1に示す半導体レーザにおいては、中間層105を第1のコンタクト層103と第1のクラッド層106との間の全面に形成している。これによって、第1のコンタクト層103と第1のクラッド層106との格子不整合をより効果的に防止することができる。

【0030】図3は、本発明の半導体レーザの他の例を

示す構成図である。図3に示す半導体レーザは、第1のコンタクト層103と第1のクラッド層106との間において、凹部を除く第1のコンタクト層103の主面上に形成されている点で、図1に示す半導体レーザと相違している。

【0031】AlNを含むIII族窒化物半導体から短波長半導体レーザを構成する場合、上述したように、クラッド層中のAlNモル分率を増大させる必要がある。AlNモル分率の増大は、クラッド層の抵抗率を増大させることになり、その結果、電圧印加によるレーザ発振が困難になる場合がある。このような場合において、図3に示すように、中間層105を第1のコンタクト103の主面上にのみ形成することによって、中間層を設けたことによる抵抗増加分をキャンセルする。これにより、半導体レーザ全体としての抵抗が減少するため、上記のようにして短波長化を図った場合においても、安定したレーザ発振が可能となる。

【0032】なお、凹部104内に中間層105が存在しないことによって、第1のコンタクト層103と第1のクラッド層106との格子不整合は、図1に示す場合と比較して若干増大する。しかしながら、半導体レーザ全体に及ぼす影響は極めて小さく、クラッド層中においてクラックなどが発生することはない。

【0033】以上、発明の実施の形態に則して本発明を説明してきたが、本発明の内容は上記に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない限りにおいて、あらゆる変形や変更が可能である。

【0034】例えば、図1及び3に示す半導体レーザにおいては、クラッド層及び活性層などをAlGaInN三元混晶から構成しているが、これらの層をAlGaInNなどの4元混晶から構成することもできる。

【0035】具体的には、図1に示す半導体レーザにおいて、第1のクラッド層106を $n\text{-Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.6}\text{In}_{0.2}\text{N}$ から構成し、第1の光ガイド層107を $n\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.7}\text{In}_{0.2}\text{N}$ から構成し、第2の光ガイド層109を $p\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.7}\text{In}_{0.2}\text{N}$ から構成し、第2のクラッド層110を $p\text{-Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.6}\text{In}_{0.2}\text{N}$ から構成する。また、活性層108を $\text{Ga}_{0.7}\text{In}_{0.3}\text{N}/\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.6}\text{In}_{0.2}\text{N}$ 多重量子井戸構造から構成し、中間層105をGaInNから構成する。さらに、活性層108と第2の光ガイド層109との間に $p\text{-Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ を設ける。

【0036】このような場合においても、InNモル分率の不均一性を生じることなく、520nm付近の緑色の半導体レーザを長期信頼性の下に提供することができる。

【0037】さらに、本発明の製造方法は、発光ダイオードなどの半導体発光素子に対しても用いることができる。この場合は、所定の下地層に、前記半導体発光素子の長手方向と略平行となる凹部を形成し、前記所定の下地層上の少なくとも一部分に多結晶状の中間層を形成する。そして、この中間層上に所定の半導体素子構造を形成する。

【0038】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、短波長から長波長まで、発振波長の自由度に優れた半導体レーザを、動作時の特性劣化を生じることなく、長期信頼性の下に提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の半導体レーザの一例を示す構成図である。

【図2】 本発明の半導体レーザにおけるフォトルミネッセンス発光の面内分布を示す図である。

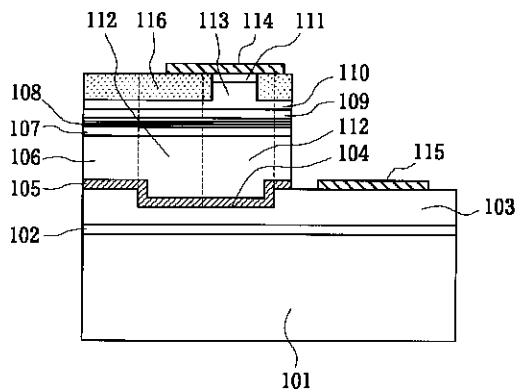
【図3】 本発明の半導体レーザの他の例を示す構成図である。

【図4】 従来の半導体レーザの一例を示す構成図である。

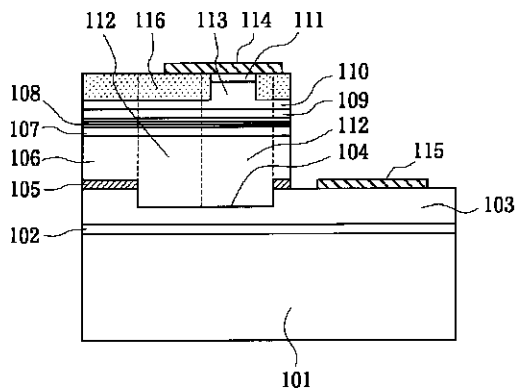
【符号の説明】

- 101、201 サファイア基板
- 102、202 バッファ層
- 103、203 第1のコンタクト層
- 104 凹部
- 105 中間層
- 106 第1のクラッド層
- 107 第1の光ガイド層
- 108 活性層
- 109 第2の光ガイド層
- 110 第2のクラッド層
- 111 第2のコンタクト層
- 112 低転位領域
- 113 リッジストラライブ構造
- 114 p電極
- 115 n電極
- 116 絶縁層

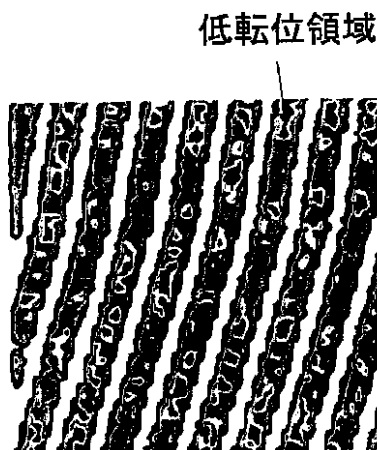
【図1】



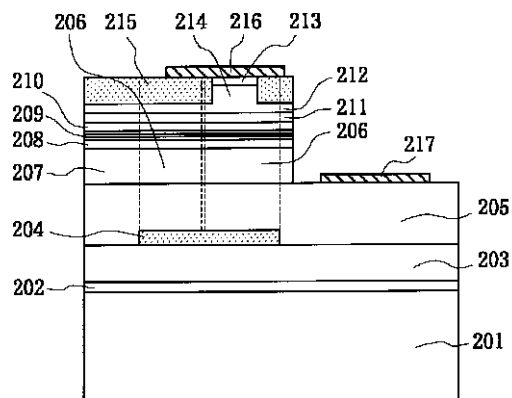
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

- (72)発明者 上山 智
愛知県名古屋市天白区梅が丘4丁目216
- 203
- (72)発明者 岩谷 素顕
愛知県中島郡祖父江町大牧702
- (72)発明者 中村 亮
愛知県名古屋市天白区植田南2 - 121
メゾンドブリームール402

(56)参考文献 特開2001 - 77471 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B名)
 H01S 5/00 - 5/50
 H01L 33/00
 J I C S Tファイル(J O I S)