

(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2005-243720
(P2005-243720A)

(43) 公開日 平成17年9月8日(2005.9.8)

(51) Int.Cl.⁷
H O 1 S 5/343

F 1
HO 1 S 5/343

テーマコード (参考)
5F073

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2004-48287 (P2004-48287)
(22) 出願日 平成16年2月24日 (2004. 2. 24)

(71) 出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号

(74) 代理人 100122884
弁理士 角田 芳末

(74) 代理人 100113516
弁理士 磯山 弘信

(72) 発明者 御友 重吾
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
ニー株式会社内

(72) 発明者 日野 智公
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
ニー株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体発光装置

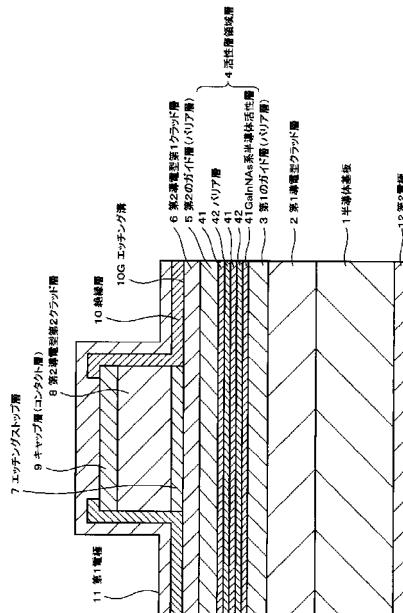
(57) 【要約】

【課題】 GaInNAs 系半導体発光装置において、
を図ることができるようとする。

【解決手段】活性層領域層のGaNNAs系半導体活性層41において、この半導体活性層41の面方向にInとNの組成においてIn優勢組成領域と、Nの取り込みを阻害するInが存在しないか殆ど存在しない領域において、N優勢組成領域を形成し、このGaNNAs系半導体活性層41におけるNの取り込みが安定して充分になされるようにして、安定して長波長化を図ることができるGaNNAs系半導体発光装置を構成する。

二〇〇〇年二月

1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

GaInNAs系半導体発光素子を有する半導体発光装置であって、

上記半導体発光素子の活性層領域層のGaInNAs系半導体活性層が、該半導体活性層の面方向にIn(インジウム)とN(窒素)の組成においてIn優勢組成領域とN優勢組成領域とが分布する組成変調構造を有することを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 2】

上記組成変調構造の平面パターンが、帯状パターンもしくは島状パターンを有することを特徴とする請求項1に記載の半導体発光装置。

【請求項 3】

上記半導体発光素子を構成する半導体基体の少なくとも1主面が、{100}結晶面に對してオフ角を有するGaAs基体であることを特徴とする請求項1に記載の半導体発光装置。

【請求項 4】

上記半導体発光素子を構成する半導体基体の少なくとも1主面が、{100}結晶面を有するGaAs基体であることを特徴とする請求項1に記載の半導体発光装置。

【請求項 5】

上記活性層領域層のGaInNAs系半導体活性層が、単層もしくは多層の量子井戸層より成り、

該量子井戸層を挟むバリア層が局所的歪みを有することを特徴とする請求項1に記載の半導体発光装置。

【請求項 6】

上記In優勢組成領域が、平均組成よりInとAsが多い領域であり、

上記N優勢組成領域が、平均組成よりNとGaが多い領域であることを特徴とする請求項1に記載の半導体発光装置。

【請求項 7】

上記活性層領域層のGaInNAs系半導体活性層が、単層もしくは多層の量子井戸層より成り、

該量子井戸層を挟むバリア層が、GaInAs、AlGaInAs、AlGaInP、InGaP、GaNAs、GaAsP、InGaAsPより成ることを特徴とする請求項1に記載の半導体発光装置。

【請求項 8】

上記半導体発光素子が、1.28μm以上の半導体発光素子とされたことを特徴とする請求項1に記載の半導体発光装置。

【請求項 9】

上記半導体発光素子が、MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)半導体層によることを特徴とする請求項1に記載の半導体発光装置。

【請求項 10】

上記GaInNAs系半導体活性層が、Sbを含むことを特徴とする請求項1に記載の半導体発光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体発光装置に関する。

【背景技術】

【0002】

光アクセス系の光源としては、長波長の光源、例えば1.28μm以上の半導体レーザ、更に、光ファイバとの結合において、1.3μm及び1.55μm対の半導体レーザが望まれている。

【0003】

10

20

30

40

50

この波長領域の半導体レーザは、主に InP 基板を用いた InGaAsP 系の半導体レーザによって実現されている。

しかし、これらの材料の半導体レーザは、活性層に対する電子の閉じ込めが弱く、温度特性が約 60K 程度であり、温度特性が悪いという問題がある。

【0004】

これに対し、GaAs 基板上に、活性層として GaInNAs が形成された半導体レーザは、温度特性が 200K 以上となる例などが報告されており、高温動作特性の改善がなされている。

このように、温度特性が優れていることは、レーザモジュール内の冷却装置が不要となるため、安価でかつ小型の長波長系半導体レーザ装置を実現できる。

【0005】

そして、昨今、とみに、GaInNAs 系による 1.3 μm 帯半導体レーザの報告が盛んに行われている（例えば非特許文献 1 参照）。

しかし、その報告のほとんどが MBE (Molecular Beam Epitaxy) 法による成長方法を用いるものであり、量産性に優れた MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) によって特性に優れた 1.3 μm 帯半導体レーザは得られていない。その原因は、成長層への N (窒素) の取り込み効率が充分得られていないためと考えられる。

そして、MBE 法による場合においても、N を取り込ませるために、低温で成長する必要があるため、高品質の GaInNAs 層を得ることが難しい。

【0006】

一方、GaAs 基板上の InGaAs ドットを用いて長波長レーザを作製する方法の提案がなされている（非特許文献 2）。

しかし、量子ドットを用いた場合、基底状態の状態数が小さいため、レーザ発振に必要な利得が得られるキャリアを注入すると高次のレベルまでキャリアが注入され、発振波長が短波化する。そのため、優れた特性を持つ 1.3 μm 帯の半導体レーザを実現することは困難である。

【非特許文献 1】 1.3 μm continuous-wave lasing operation in GaInNAs quantum-well lasers: Nakahara, K.; Kondow, M.; Kitatani, T.; Larson, M.C.; Photonics Technology Letters, IEEE, Volume: 10 Issue: 4, April 1998 Page(s): 487 -488

【非特許文献 2】 High characteristic temperature of near 1.3-μm InGaAs/GaAs quantum-dot lasers: Mukai, K.; Nakata, Y.; Otsubo, K.; Sugawara, M.; Yokoyama, N.; Ishikawa, H.; Lasers and Electro-Optics, 2000. (CLEO 2000). Conference on, 7-12 May 2000 Page(s): 363 -364

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、少なくとも 1.28 μm 以上の長波長発光の半導体発光装置を、確実に、安定して、また、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 半導体層によっても構成することができるようすることを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、GaInNAs 系半導体発光素子を有する半導体発光装置であって、上記半導体発光素子の活性層領域層の GaInNAs 系半導体活性層が、該半導体活性層の面方向に In と N の組成において In 優勢組成領域と N 優勢組成領域とが分布する組成変調構造を有することを特徴とする。

【0009】

本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記組成変調構造の平面パターンが、帯状パターンもしくは島状パターンを有することを特徴とする。

また、本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記半導体発光素子

10

20

30

40

50

を構成する半導体基体の少なくとも1主面が、{100}結晶面に対してオフ角を有するGaAs基体であることを特徴とする。

【0010】

また、本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記半導体発光素子を構成する半導体基体の少なくとも1主面が、{100}結晶面を有するGaAs基体であることを特徴とする。

また、本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記活性層領域層のGaInNAs系半導体活性層が、単層もしくは多層の量子井戸層より成り、該量子井戸層を挟むバリア層が局所的歪みを有することを特徴とする。

【0011】

また、本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記In優勢組成領域が、平均組成よりInとAsが多い領域であり、上記N優勢組成領域が、平均組成よりNとGaが多い領域であることを特徴とする。

また、本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記活性層領域層のGaInNAs系半導体活性層が、単層もしくは多層の量子井戸層より成り、該量子井戸層を挟むバリア層が、GaInAs、AlGaInAs、AlGaInP、InGaP、GaNAs、GaAsP、InGaAsPより成ることを特徴とする。

【0012】

また、本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記半導体発光素子が、1.28μm以上の半導体発光素子とされたことを特徴とする。

また、本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記半導体発光素子が、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 半導体層によることを特徴とする。

また、本発明は、上述した本発明による半導体発光装置において、上記GaInNAs系半導体活性層が、Sbを含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

上述した本発明によるGaInNAs系半導体発光装置、例えば半導体レーザにおいては、1.28μm以上、例えば光アクセス系で、望まれている発光波長1.31μm、1.55μmの半導体発光装置を得ることができた。

これは、本発明構成においては、発光波長の決定に寄与するGaInNAsあるいは、GaInNAsSbによって構成される半導体層、具体的には活性層領域層における単層、あるいは2層以上の多重量子井戸 (MQW: Multi Quantum Well)構造におけるバリア層によって挟み込まれた半導体活性層において、目的とする長波長が得られるだけのNあるいはN及びSb量を、充分取り込むことができたことによる。

このNの取り込みは、In優勢組成領域及びN優勢組成領域、具体的には、InAs優勢組成領域およびGaN優勢組成領域とを形成したことにより、すなわち、Inを偏析させたことにより、Nの取り込みを阻害するInが少ない領域を形成したことにより、此処にNの取り込みを充分に、かつ安定して行うことができたものである。

【0014】

すなわち、本発明半導体発光装置においては、GaInNAs系活性層における全層に関する平均組成を目的とする波長が得られる組成とするものであるが、上述したように、そのNの取り込みを阻害するInを偏析させたことにより、Inの少ない領域に、必要なNの取り込みができるようにして、安定して確実に、目的とするGaInNAs (Sb)組成を得ることができ、これによって長波長化を図ることができる。

【0015】

また、それ故、成長温度等の成長条件の自由度が高かめられることによって、従前におけるようにMBE法でのGaInNAsの形成の制約が回避されることによって、MOCVD法による半導体層と/orすることができ、量産性の向上が図られる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

20

30

40

50

【0016】

本発明による GaInNAs 系、すなわち GaInNAs あるいは GaInNAsSb を半導体活性層とする半導体発光装置の実施の形態を説明する。しかし、本発明は、この実施の形態例に限定されるものではない。

図1は、本発明による GaInNAs 系半導体発光装置、例えば半導体レーザ装置の一実施形態例の概略構成図である。

この実施の形態例においては、半導体基体1上に、順次第1導電型クラッド層2、第1のガイド層3、活性層領域層4、第2のガイド層5、第2導電型第1クラッド層6、エッチングトップ層7、第2導電型第2クラッド層8、第2導電型のキャップ層9が形成されて成る。

この活性層領域層4は、単層もしくは2層以上の GaInNAs による半導体活性層41による量子井戸層と、この半導体活性層41を挟んで配置されるバリア層42及びバリア層ともなる上述した第1及び第2のガイド層3及び5が配置された構成を有する。

図1の例では、3層の量子井戸構造による GaInNAs 系半導体活性層41がバリア層41を介して積層されたMQW構造とされている。

【0017】

また、この実施形態例では、キャップ層9及び第2導電型第2クラッド層8が、主たる電流通路の形成部となる部分をストライプ状リッジ部として残してその両側を、エッチングトップ層7におけるエッチング速度の低下を利用して、クラッド層6に至る深さにエッチングして、このエッチング溝10G内に、絶縁層10を形成した構成とした場合である。

そして、キャップ層(コンタクト層)9上の絶縁層10に開口が形成され、この開口を通じてキャップ層9と、基体1の裏面とにそれぞれオーミックに第1及び第2の電極11及び12が被着されて成る。

【0018】

この半導体発光装置の実施形態例を、図1及び図2を参照して更に詳細に説明する。図2は、図1で示した半導体発光装置の半導体積層構造における断面図を示す。

この形態例では、半導体基体1として{100}結晶面からA面(Gaの配列面)方向にオフ角10°を有するGaAs基板を用いた場合である。また、第1導電型がn型で、第2導電型がp型とした場合である。

【0019】

このGaAs基板による半導体基体1上に、順次例えば厚さ2μmのn型のAl_{0.4}Ga_{0.5}Asによる第1導電型クラッド層2、アンドープの厚さ約140nmのGaAsによる第1のガイド層3、厚さ8nmの量子井戸構造による3層のGaInNAs半導体活性層41と厚さ180nmのGaAsによるバリア層42との繰り返し積層による3QW構造の活性層領域層4、アンドープの厚さ140nmのGaAsによる第2のガイド層5、p型の厚さ100nmのAl_{0.4}Ga_{0.5}Asによる第2導電型第1クラッド層6、p型の厚さ100nmのGaAsによるエッチングトップ層7、p型の厚さ1.4μmのAl_{0.4}Ga_{0.5}Asによる第2導電型第2クラッド層8、p型の厚さ0.3μmのGaAsによるキャップ層9を、連続MOCVDによって積層形成する。

【0020】

この積層半導体層を、キャップ層9側から、エッチングトップ層7の深さのエッチング溝10Gを形成し、この溝10G内に例えばSiO₂絶縁層あるいはn型のGaAsによる電流阻止層10を形成して、半導体発光素子、すなわち半導体レーザ素子を形成する。

なお、この半導体発光素子は、複数個同時に共通の基体1上に配列形成し、上述した第1および第2電極の形成を行って、各素子に関して切断分離なされる。

【0021】

このようにして、絶縁層10によって挟み込まれたストライプ部(リッジ)において主

たる電流通路が形成され、このストライプ部下における活性層領域層4が発光機能部として動作するものであり、上述した切断分離において、ストライプ部の延長方向の長さの規定によって光共振器長の規定がなされる。すなわち、例えば350μmの共振器長となるストライプ部の長さに切断する。

【0022】

この光共振器長の両端面の破断面は、例えば劈開面による鏡面によって構成することができる。そして、これら端面、すなわち共振器の端面は、所要の反射率を有する端面に設定する誘電体膜等が被着形成される。これら端面は、例えば主たる発光端面となる前方面においては反射率60%とされ、後方端面においては、例えば反射率95%とされる。

【0023】

上述した構成によって得た半導体発光装置においては、その発振波長が約1.47μmとなった。そして、この半導体発光装置における活性層領域層4を、TEM(透過電子顕微鏡)によって観察したところ、組成変調構造が観察された。

これは、半導体基体1として、オフ基板を用いたことにより、半導体層の成長面に微視的に周期的段差が発生することによって、比較的原子移動すなわちマイグレーションが大きいInが段差部に偏析し、これによりこのInと結合しやすいAsとのInAsがリッチな微細領域によるIn優勢組成領域が形成され、他部領域に、Inによって阻害されることなくNが取り込まれたGaNの微細領域が配置された組成変調構造が生じるものと考えられる。

【0024】

図3は、上述した活性層領域層4のGaNAs系半導体活性層41における上述した組成変調構造の模式的断面図を示したもので、それぞれ活性層41の厚さ方向に渡るIn優勢組成領域21と、N優勢組成領域22とが活性層41の面方向に交互に配列される。

【0025】

尚、比較のために、上述した本発明による実施形態例と同様の構成によるものの、GaNAs基板としてオフ基板によらない、いわゆるジャスト基板を用いた場合、組成変調構造を観察することができなかつた。

これらの結果から、オフ基板を用いて組成変調構造を持たせることにより、GaNAs系活性層による発光半導体装置、例えば半導体レーザの長波長化ができることがわかつた。

図4は、このオフ角とPL(Photo Luminescence)の波長との関係の測定結果を示すものである。これによれば、オフ角を上げることによって長波長化がなされる。因みに、オフ角10°において波長1.435μm程度が得られる成長条件と同じ条件でジャスト基板に成長した場合、PL波長1.33μm程度となった。つまり、組成変調構造を持つことにより、大幅に発光波長が長波化することがわかる。

【0026】

しかしながら、上述した組成変調構造は、オフ基板を用いることによってのみ得られるものではなく、オフ角ゼロの例えば{100}基板によるいわゆるジャスト基体1を用いることができる。

例えばGaNAs系半導体活性層41の成膜面のバリア層、図1及び図2の例ではバリア層42とガイド層3によるバリア層を、例えばGaNAs、AlGaNAs、AlGaInP、InGaN、GaNAs、GAsP、InGaAsPより構成することによって、面内に歪分布を生じさせることができる。

これら材料は、組成によって歪量を変えることができることから、GaNAs系半導体活性層の形成面のバリア層に、この材料層による歪量が相違する部分を形成して歪部分にInが偏析する特性を利用して、組成変調構造を形成することもできる。

【0027】

また、歪みを局在させる構造としては、例えば上述したバリア層にInGaAsの量子ドットを形成する。この量子ドットの形成方法については、周知の方法によることができる

10

20

30

40

50

るものである。そして、このドットが存在する面に、例えばM Q W構造において、バリア層としてのG a A s層を堆積成膜し、この上に活性層4 1を構成するG a I n N A s層を堆積すると、ドットによる歪の局在部分が踏襲されてその形成面に存在することから、この歪みの局在部に原子移動(Migration)が大きいI nの偏析、したがって、I n A sが偏析するドット部を形成することができる。

【0 0 2 8】

図5は、G a I n N A s系半導体活性層4 1における、上述したように、I n優勢組成領域2 1と、N優勢組成領域2 2のパターンを模式的に示した平面的で、上述した基体1として例えばオフ基板を用いることによって図5 A及びBに示す帯状パターンを得たり、あるいは図5 Cで示すように、前述したドットパターンとすることなど種々のパターンを得ることができる。

【0 0 2 9】

尚、このI n偏析部2 1のパターン組成変調は、微細構造でかつそれほど組成の違いが大きくない方が良いものである。すなわち、この組成変調構造の周期が大きく、組成の違いも大きくなると、活性層領域層のバンドギャップの縮小部が生じるなどにより、発光光の吸収等の損失が生じて利得の低下を来たすことによる。

その周期と組成変調の組み合わせにより、最適値の選定がなされるが、例えば周期は、1 μ m以下とし、I n組成の揺らぎは10%以下が望ましい。これは、ドットパターンにおいても同様である。

【0 0 3 0】

上述した実施の形態例では、いわゆる端面発光型の半導体レーザ構造とした場合であるが、このような端面発光の半導体レーザへの適用に限定されるものではなく、面発光レーザ等に適用することもできる。図6は、本発明による垂直共振器面発光レーザ(V C S E L)の実施形態例の概略断面図である。

この面発光レーザにおいては、例えばG a A s基板からなる半導体基体5 1上に、通常の面発光半導体レーザにおけるように、第1及び第2のD B R(Distributed Bragg Reflector)ミラー5 2及び5 3と、これらに挟み込まれた例えばM Q W構造の活性層領域層5 4を有して成る。この活性層領域層5 4は、例えば図5 Cで示したパターン等のI n優勢組成領域2 1とN優勢組成領域2 2とが形成された、G a I n N A s半導体活性層4 1による量子井戸層とバリア層4 2との例えばM Q W構造を有する。

【0 0 3 1】

G a A s基板上に形成された面発光半導体レーザは、格子不整合が少なく、また、D B Rミラーに適した材料として知られているA 1 G a A sによるミラーを適用することができる。

したがって、本発明による半導体発光装置における特有のG a I n N A s半導体活性層による活性層領域層5 3による構成とするときは、発光効率の高い高品質の、長波長、すなわち1.3 μ m以上の半導体発光装置、この例においては、面発光半導体レーザを低価格で実現できるものである。

【0 0 3 2】

上述したように、本発明による半導体発光装置においては、そのG a I n N A s系半導体層に組成変調構造を有することによって、I nによるNの取り込みが阻害されることが回避されることから、G a I n N A sあるいはG a I n N A s S b層におけるNの取り込み効率を上げることができる。

そのため、M O C V Dなどの成長方法によっても容易にNを取り込むことが可能になる。また、M B E法においても成長温度を高温化させることができるために、この場合には、さらに高品質のG a I n N A s系半導体層が成長できるようになる。

【0 0 3 3】

そして、このように、Nの組成を容易に上げることができるということは、N原料を大量に流したり、結晶品質が悪くなるレベルまで成長温度を下げたりしなくとも容易にG a I n N A s系半導体層を成長できるようになるということである。つまり、成長条件の選

10

20

30

40

50

定の範囲を広げることができる。

また、周期構造を持つことにより、同じ組成の混晶でも、波長が長波長化することが知られているが、このことから、通常の GaInNAs 層よりも、より少ない In もしくは N 組成で長波化が可能になる。

【0034】

また、本発明は、上述した構造の半導体発光装置に限定されるものではなく、各種の構造による半導体レーザ、半導体発光素子、また、単体半導体発光装置に適用する例に限定されるものではなく、多数の発光部を有する半導体発光装置、集積回路装置等に適用することもできるなど種々の装置に適用することができるものである。

【図面の簡単な説明】

10

【0035】

【図1】本発明による半導体発光装置の一例の概略断面図である。

【図2】本発明による半導体発光装置の一例の半導体積層構造における概略断面図である。

。

【図3】本発明による半導体発光装置の活性層領域層の要部の概略断面図である。

【図4】半導体発光装置を構成する半導体基体としてオフ基板を用いた場合のオフ角と PL 発光の波長との関係の測定結果を示す曲線である。

【図5】A, B, C は、それぞれ組成変調構造のパターンの例を示す模式的平面図である。

。

【図6】本発明による面発光型の半導体発光装置の一例の概略断面図である。

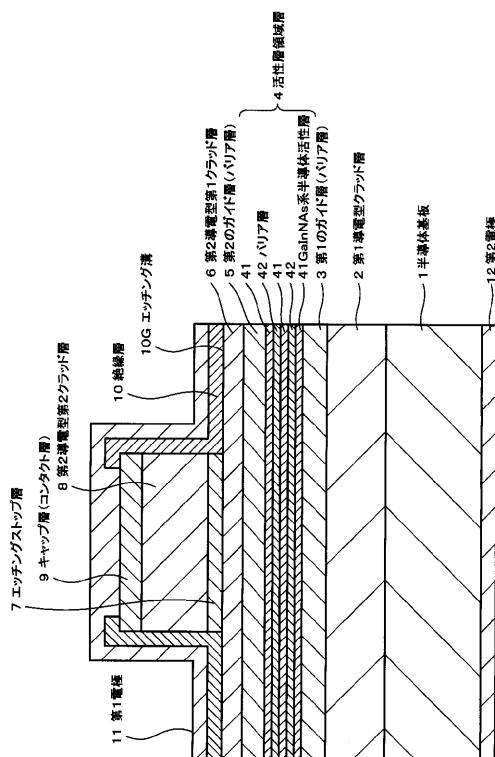
20

【符号の説明】

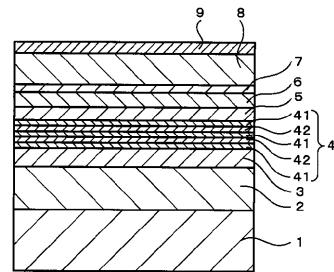
【0036】

1 . . . 半導体基体、 2 . . . 第1導電型クラッド層、 3 . . . 第1のガイド層、 4 . . . 活性層領域層、 41 . . . GaInNAs 系半導体活性層、 42 . . . バリア層、 5 . . . 第2のガイド層、 6 . . . 第2導電型第1クラッド層、 7 . . . エッチングストップ層、 8 . . . 第2導電型第2クラッド層、 9 . . . キャップ層、 10 . . . 電流阻止層、 10G . . . エッチング溝、 11 . . . 第1電極、 12 . . . 第2電極、 21 . . . In 優勢組成領域、 22 . . . N 優勢組成領域、 51 . . . 半導体基体、 52 . . . 第1の DBR ミラー、 53 . . . 第2の DBR ミラー

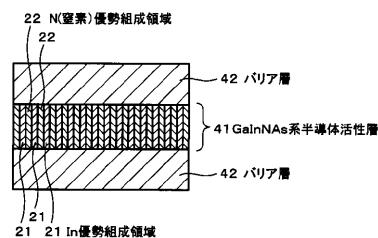
【図1】



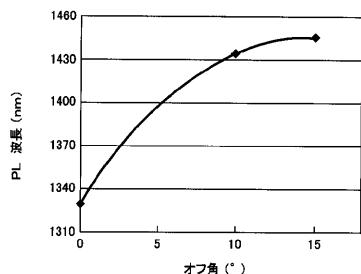
【図2】



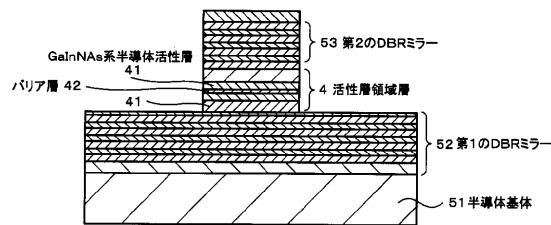
【図3】



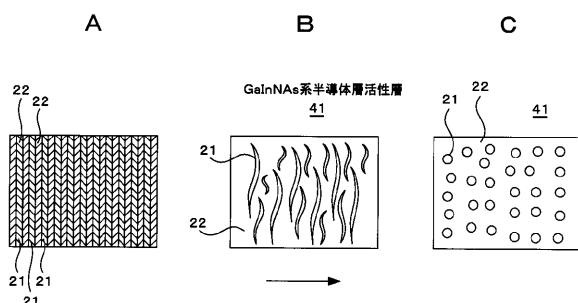
【図4】



【図6】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 成井 啓修

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

F ターク(参考) 5F073 AA13 AA74 AB17 BA02 CA12 CB02 DA05 DA21