

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5590829号  
(P5590829)

(45) 発行日 平成26年9月17日(2014.9.17)

(24) 登録日 平成26年8月8日(2014.8.8)

(51) Int.Cl. F I  
H O I S 5/183 (2006.01) H O I S 5/183

請求項の数 10 (全 10 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2009-159130 (P2009-159130)                  (22) 出願日 平成21年7月3日(2009.7.3)                  (65) 公開番号 特開2011-14793 (P2011-14793A)                  (43) 公開日 平成23年1月20日(2011.1.20)                  審査請求日 平成24年7月3日(2012.7.3)</p>	<p>(73) 特許権者 000001007                  キヤノン株式会社                  東京都大田区下丸子3丁目30番2号                  (74) 代理人 100126240                  弁理士 阿部 琢磨                  (74) 代理人 100124442                  弁理士 黒岩 創吾                  (72) 発明者 関口 芳信                  東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ                  ヤノン株式会社内                    審査官 杉山 輝和</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 面発光レーザ、面発光レーザアレイ及び画像形成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板の上に設けられた下部DBR層と、  
前記下部DBR層の上に設けられたn型の下部クラッド層と、  
前記下部クラッド層の上に設けられた活性層と、  
前記活性層の上に設けられた、前記活性層に注入される電流を狭窄するための電流狭窄層と、  
前記電流狭窄層と前記活性層との間に設けられた、ホールキャリアの電界印加方向への移動を抑制する障壁構造と、  
前記障壁構造と前記活性層との間、および、前記電流狭窄層と前記障壁構造との間に設けられたp型の上部クラッド層と、  
前記電流狭窄層の上に設けられた上部DBR層と、を有し、  
前記活性層は、量子井戸層と障壁層からなる量子構造と、前記量子構造を挟むスペーサ層とで構成され、  
前記下部クラッド層と前記上部クラッド層それぞれの価電子帯エネルギーは、前記スペーサ層の価電子帯エネルギーよりも低く、  
前記障壁構造が、前記上部クラッド層の価電子帯エネルギーと異なる価電子帯エネルギーを有する層で構成されていることを特徴とする面発光レーザ。

10

【請求項2】

前記障壁構造が、前記上部クラッド層の価電子帯エネルギーより低い価電子帯エネルギー

20

ーを有する層で構成されていることを特徴とする請求項1に記載の面発光レーザ。

【請求項3】

前記障壁構造が、前記上部クラッド層の価電子帯エネルギーより高い価電子帯エネルギーを有する層で構成されていることを特徴とする請求項1に記載の面発光レーザ。

【請求項4】

前記上部クラッド層が AlGaAs で構成され、  
前記障壁構造が AlGaInP で構成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の面発光レーザ。

【請求項5】

前記基板が GaAs で構成されており、  
前記障壁構造が、前記基板と格子整合していることを特徴とする請求項4に記載の面発光レーザ。

10

【請求項6】

前記障壁構造の Al 組成が、0.35以下であることを特徴とする請求項4または5に記載の面発光レーザ。

【請求項7】

前記上部クラッド層が AlGaAs で構成され、  
前記障壁構造が前記上部クラッド層より Al 組成が小さい AlGaAs で構成されていることを特徴とする請求項3に記載の面発光レーザ。

【請求項8】

請求項1乃至7のいずれか1項に記載の面発光レーザの光放射面が、光放射面の中心部と周辺部で反射率が異なる構造を有することを特徴とする面発光レーザ。

20

【請求項9】

請求項1乃至8のいずれか1項に記載の面発光レーザが、一次元または二次元に配列されていることを特徴とする面発光レーザアレイ。

【請求項10】

請求項9に記載の面発光レーザアレイを光源として構成されていることを特徴とする画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、面発光レーザ、面発光レーザアレイ及び画像形成装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

垂直共振器型面発光レーザ (VCSEL: Vertical Cavity Surface Emitting Laser) は、半導体基板の面内方向に対して垂直方向にレーザ光を射出するレーザである。

面発光レーザは、縦モード特性として安定した単一モードが得られ、また端面発光レーザに比べて低しきい値、2次元アレイ化が容易、などの優れた特性を有するレーザである。そのため、面発光レーザは、光通信、光伝送用の光源、また電子写真の光源として応用が期待されている。

40

【0003】

ところで、このような面発光レーザにおいて、発振する横モードの制御は重要な課題であり、通信などへの応用を考えると、横モード出力は単一モード(シングルモード)であることが求められる。

そのため、従来においては、特許文献1に開示されているように、面発光レーザでは素子内部に選択酸化による電流狭窄構造を設けることにより活性層の発光領域を制限し、また同時に選択酸化部分で導波構造を形成することにより、単一横モード化を図っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】米国特許 5 4 9 3 5 7 7 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

しかしながら、上記した従来例における特許文献 1 のような構造の面発光レーザによると、つぎのように高次横モードが生じ易くなるという課題を有している。すなわち、上記特許文献 1 に記載された電流狭窄構造を有する面発光レーザでは、図 6 ( a ) の模式図に示すように、光放射部の周囲に配置される電極から注入された電流が電流狭窄部で絞られる。

10

そのため、活性層の電流分布は、図 6 ( b ) の実線で示すように、電流狭窄領域内の周辺部に対応する付近にピークを有する。

このような電流分布により、活性層の利得も電流狭窄領域内の周辺部に対応する周辺部で増大するため、必然的に高次横モードの利得が増大し、高次横モードが強く励起される。したがって、高い光出力を得るために注入電流を増大すると、高次横モードの発振が生じ易くなる。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記課題に鑑み、高次横モードの発振を抑制することが可能となる構造を有する面発光レーザ、面発光レーザアレイ及び画像形成装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【 0 0 0 7 】

本発明は、つぎのように構成した面発光レーザ、面発光レーザアレイ及び画像形成装置を提供するものである。

本発明の面発光レーザは、

基板の上に設けられた下部 DBR 層と、

前記下部 DBR 層の上に設けられた n 型の下部クラッド層と、

前記下部クラッド層の上に設けられた活性層と、

前記活性層の上に設けられた、前記活性層に注入される電流を狭窄するための電流狭窄層と、

前記電流狭窄層と前記活性層との間に設けられた、ホールキャリアの電界印加方向への移動を抑制する障壁構造と、

30

前記障壁構造と前記活性層との間、および、前記電流狭窄層と前記障壁構造との間に設けられた p 型の上部クラッド層と、

前記電流狭窄層の上に設けられた上部 DBR 層と、を有し、

前記活性層は、量子井戸層と障壁層からなる量子構造と、前記量子構造を挟むスペーサ層とで構成され、

前記下部クラッド層と前記上部クラッド層それぞれの価電子帯エネルギーは、前記スペーサ層の価電子帯エネルギーよりも低く、

前記障壁構造が、前記上部クラッド層の価電子帯エネルギーと異なる価電子帯エネルギーを有する層で構成されていることを特徴とする。

40

また、本発明の面発光レーザアレイは、上記した面発光レーザが、一次元または二次元に配列されていることを特徴とする。

また、本発明の画像形成装置は、上記した面発光レーザアレイを光源として構成されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本発明によれば、上記課題に鑑み、高次横モードの発振を抑制することが可能となる構造を有する面発光レーザ、面発光レーザアレイ及び画像形成装置を実現することができる

50

。【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の面発光レーザにおける活性層付近の価電子帯エネルギーの概略について説明する模式図。

【図2】本発明の実施形態における面発光レーザの活性層近傍のエネルギーバンドの概略について説明する模式図。

【図3】本発明の実施形態における面発光レーザの概略構成を説明する断面模式図。

【図4】本発明の実施形態における面発光レーザの基本モード光出力に対する障壁構造の効果を説明する図。

【図5】本発明の実施形態における面発光レーザの基本モード/高次モード、素子電圧に対する障壁構造のエネルギー依存性を説明する図。

【図6】面発光レーザにおける電流狭窄による電流分布を説明する模式図であり、図6(a)は電流が電流狭窄部で絞られる状態を示す図、図6(b)は電流分布のピークについて説明する図。

【図7】本発明の実施例における面発光レーザの製造工程を説明する図。

【図8】本発明の実施形態の面発光レーザの別形態における活性層付近の価電子帯エネルギーの概略について説明する模式図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明では、基板上に、下部DBR層、上部DBR層、これらの間に介在する活性層、及び該活性層に注入される電流を狭窄するための電流狭窄層、を含む複数の半導体層が積層され、これらの電流狭窄構造と活性層との間にキャリアに対する障壁構造を設ける。すなわち、図6(b)の実線で示された電流分布を、点線で示された電流分布の形状に変化させるために、電流狭窄構造と活性層との間にキャリアに対する障壁構造を設ける。具体的には、電流狭窄部を通過した多数キャリアの電界印加方向への移動を抑制する障壁構造を設け、多数キャリアの面内方向への拡散を増大する構造とする。

これにより、電流狭窄部の周辺部に集中した電流分布をなだらかな形状に変化させることができ、高次横モードに対する利得を低減させることが可能となる。

このような構造とすることによって、高次横モードが抑制できるので、より高い電流注入レベルでも基本モード発振を維持できるので、単一モード発振を実現できる。

更に、前記電流狭窄構造をP型領域に設け、多数キャリアをホールキャリアとすることで、移動度が小さいホールキャリアの面内拡散の増大を低いエネルギーの障壁構造で実現できる。

これは、上記した障壁層の導入による面発光レーザの駆動電圧の増加を抑えるのにも有効である。

更に、電流狭窄構造と活性層との間における上部クラッド層に上記障壁構造を挿入することで、キャリアの面内方向への拡散を増大することができる。

【0011】

図1は、上記構成による本発明の原理を示す活性層近傍の価電子帯エネルギー図である

。活性層11のp導電性側に、周辺から酸化することで形成される電流狭窄部15a、p側の上部第2クラッド層14、本発明によるp-障壁構造13、p側の上部第1クラッド層12が設けられる。

そして、p側から注入された多数キャリアであるホールキャリアを、p-障壁構造13によって面内方向への拡散を増大させる。

これにより、電流狭窄部15aの周辺部に集中したホールキャリアが、活性層ではそのピークを低減させることができる。

更に、上記本発明の多数キャリアの拡散を増大する構造を、面発光レーザの光放射面を、光放射面の中心部と周辺部で反射率が異なる構造とすることで、基本モードと高次モード

10

20

30

40

50

の光放射面における共振器の反射損失を制御して、単一モード発振を実現する構造に適用することで、単一基本横モード発振が更に容易に実現できる。

また、高次モードの利得ピークが抑圧できるので、高次モードの抑圧に必要な反射損失レベルの低減が可能となり、単一モード発振の注入電流範囲を広くすることができる。

また、高次モードの利得ピークの抑圧により、単一基本横モードの光出力を維持しつつ、電流非狭窄径を小さくした構造とすることが可能になり、面発光レーザのしきい電流、駆動電流の低減も可能になる。

#### 【0012】

以下に、図を用いて本発明の実施形態における面発光レーザについて説明する。図2及び図3において、図1と同一機能を備えた層には同じ符号が付されている。

図3において、6はn-金属電極、7はGaAs基板、8はn-GaAsバッファ層、9はn側の下部DBR層、10はn側の下部クラッド層である。

11は活性層、12はp側の上部第1クラッド層、13はp-障壁層、14はp側の上部第2クラッド層、15aは電流狭窄部、15bは周辺酸化部である。

16はp側の上部第3クラッド層、17はp側の上部DBR層、18はp型コンタクト層、19は絶縁層、20は埋め込み層、21はp-金属電極である。

#### 【0013】

本実施形態における面発光レーザにおいて、p-金属電極21から注入されるホールキャリアは、図6(a)の模式図のように電流狭窄部15aで絞られる。その際、電流狭窄部15aの周辺部の電流密度が著しく増大するため、活性層13においても、図6(b)の実線に示されるような電流分布となる。

この電流分布がほぼ維持されて、活性層11の利得分布となるため、高次モードを強く励起し、高次モードの発振が生じ易くなる。

そこで、図2の活性層付近のエネルギーバンド図に示すように、活性層11のp側にp-障壁構造13を挿入すると、ホールキャリアは、p-障壁構造13によって電界印加方向への進路を阻害されるため、電界印加方向とは垂直の面内方向への拡散が増大する。

これにより、活性層11における電流分布は、図6(b)の点線に示されるように、ピークレベルが低減され、活性層11の利得分布のピークもなだらかになり、高次モードの励起も低下する。

#### 【0014】

図4を用いて、本実施形態における面発光レーザの基本モード光出力に対する障壁層の効果について説明する。

図4には、本実施形態の面発光レーザにおいて、p側の上部第2クラッド層14を $Al_{0.6}Ga_{0.4}As$ 層とし、p-障壁構造13を $Al_{0.12}Ga_{0.38}In_{0.5}P$ として構成した際の、基本モード光出力の電流依存性が示されている。

また、参照のために、p-障壁構造13を挿入していない構成の基本モード光出力の電流依存性も示されている。

この図から、p-障壁構造13の挿入により、高い注入電流領域で高次モード光出力が抑圧され、基本モード光出力が増大されていることが分かる。

#### 【0015】

図5を用いて、本実施形態における面発光レーザの基本モード/高次モード、素子電圧の障壁構造のエネルギー高さ依存性について説明する。

図5には、p-障壁構造13のAl組成に対する面発光レーザの基本モード光出力に対する高次モード光出力の割合、および、面発光レーザ素子の電圧の依存性について示されている。

p-障壁構造13のAl組成を増加させることは、p-障壁構造13のホールキャリアに対するエネルギー障壁を高くすることになる。

同図において、Al組成0.35付近から素子電圧の増大が生じており、更に、Al組成0.4付近で基本モード光出力に対する高次モード光出力の割合が、p-障壁構造を挿入しない構成と同等になっている。

10

20

30

40

50

このようなことから、p - 障壁構造のAl組成は0.35以下が望ましい。

なお、図8に示すように、p - 障壁構造13の効果は価電子帯エネルギーの井戸構造でも得られる。すなわち、p - 障壁構造13を、上部クラッド層の価電子帯エネルギーより高い価電子帯エネルギーを有する層で構成しても同様の結果が得られる。

これは、p側の上部第2クラッド層からp - 障壁構造13の価電子帯エネルギーの井戸に落ちたホールキャリアにとって、p側の上部第1クラッド層の価電子帯エネルギーが障壁となることによる。

#### 【0016】

以上のような本実施形態の面発光レーザは、基本横モード発振で高い光出力が得られるので、一次元または二次元に配列された面発光レーザアレイ、あるいはこのような面発光レーザアレイを光源とする複写機やプリンタ等の画像形成装置の光源に適している。

10

#### 【実施例】

#### 【0017】

図7を用いて、本発明の実施例における面発光レーザの概略製造工程について説明する。

図7(a)~(d)は、本実施例における面発光レーザの概略製造工程を説明するための図であり、図1と同一機能を備えた層には同じ符号が付されている。

本実施例における面発光レーザは、図7(a)に示す層構成を備えており、これらはずぎのように各層を順次成長させて構成される。

すなわち、GaAs基板7上に公知の技術であるMOCVD法により、n型GaAsバッ

20

ファ層8、n-DBR層9、n-クラッド層10、活性層11を成長させる。そして、更にこの活性層11上に、p-第1クラッド層12、p-障壁構造13、p-第2クラッド層14、電流狭窄部15a、p-第3クラッド層16、p-DBR層17、およびp型コンタクト層18を順次成長させる。

n側の下部クラッド層10は、n型の $\text{Al}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ 層で構成される。

また、n側の下部DBR層は、 $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ とAlAsとを各層の膜厚が $\lambda/4n_r$ （ただし、 $\lambda$ はレザの発振波長、 $n_r$ は構成する媒質の屈折率）となるように交互に29周期積層した積層体で構成される。

活性層11は、アンドープのGaAsよりなる量子井戸層と、アンドープの $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ よりなる障壁層と、これらの量子構造を挟むアンドープの $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ よりなるスペーサ層で構成される。

30

#### 【0018】

また、上部クラッド層はAlGaAs層で構成される。具体的には、上部クラッド層を構成するp側の上部第1クラッド層12、p側の上部第2クラッド層14、p側の上部第3クラッド層16は、p型の $\text{Al}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ 層で構成される。

また、障壁構造13はAlGaInP層で構成され、GaAs層で構成されている基板と格子整合している。

具体的には、p-障壁構造13は、p型の $\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.38}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 層で構成され、p-第1クラッド層、p-第2クラッド層を構成する $\text{Al}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ 層との間で、価電子帯にエネルギー障壁を形成する。

40

一方、伝導帯側ではエネルギーの井戸構造となる。

電流狭窄部15aは、 $\text{Al}_{0.98}\text{Ga}_{0.02}\text{As}$ 層で構成されており、周辺酸化部15bは、 $\text{Al}_{0.98}\text{Ga}_{0.02}\text{As}$ 層を酸化することで形成される。

p側の上部DBR層17は、 $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ とAlAsとを各層の膜厚が $\lambda/4n_r$ （ただし、 $\lambda$ はレザの発振波長、 $n_r$ は構成する媒質の屈折率）となるように交互に20周期積層した積層体である。

p-コンタクト層18は、p-側金属電極19を形成する際に、低抵抗のオーミックコンタクトを得るため、高キャリア濃度GaAs層で構成される。

#### 【0019】

次に、図7(b)に示すように、基板上面に $\text{SiO}_2$ 膜を堆積する。

50

そして、レジストパターンを形成し、このパターンをマスクに、公知のエッチング技術により、少なくとも電流狭窄構造となる  $\text{Al}_{0.98}\text{Ga}_{0.02}\text{As}$  層 15 が露出するまでエッチングを行って約  $30\ \mu\text{m}$  径のメサ形状を形成した後、レジストを除去する。

これを図 7 (c) に示すように、公知技術であるウエット酸化により、前記露出している  $\text{Al}_{0.98}\text{Ga}_{0.02}\text{As}$  層をメサ形状の周囲からを選択的に酸化させる。これにより、 $\text{Al}_{0.98}\text{Ga}_{0.02}\text{As}$  層で構成される電流狭窄部 15 a と  $\text{Al}_{0.98}\text{Ga}_{0.02}\text{As}$  の酸化物で構成される周辺酸化部 15 b が形成され、電流狭窄部 15 a が活性層への電流パスとなる。なお、前記面発光デバイスの活性層の近傍に形成される電流狭窄部の開口部径は、電流注入領域の径に応じて適宜決められる。

次に、図 7 (d) に示すように  $\text{SiO}_2$  膜を除去し、全面に  $\text{SiN}$  保護膜 31、埋め込み絶縁層 20 を堆積する。

そして、光放射部を除いてリング状に内径  $10\ \mu\text{m}$ 、外径  $15\ \mu\text{m}$  の窓 32 を開け、p 型金属電極 21 となる  $\text{Ti}$ 、 $\text{Au}$  を連続堆積するとともに、 $\text{GaAs}$  基板側に n 型金属電極 6 として  $\text{AuGe}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Au}$  を連続形成して図 3 の面発光レーザ構造が得られる。

#### 【0020】

図 3 の面発光レーザ構造において、p - n 電極間に電界を印加することで、p 型電極から注入されたホールキャリアが、電流狭窄部に集中した後、活性層までの間に存在する障壁層で電界印加方向と垂直の面内方向への拡散が増大する。

これにより、活性層におけるキャリア分布の電流狭窄周辺部に対応するピークを低減できるので、高次モード発振を抑圧し、単一モード発振を維持することができる。

なお、上記実施例では、上部クラッド層  $\text{Al}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$  より低い価電子帯エネルギーを持つ  $\text{AlGaInP}$  層を障壁構造 13 として使用したが、これに限定されるものではない。

例えば、図 8 に示すように、上部クラッド層  $\text{Al}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$  より高い価電子帯エネルギーを持つ  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.25 < x < 0.6$ ) を障壁構造 13 として使用することも可能である。

このように、価電子帯エネルギーに井戸構造を形成することで、ホールキャリアの面内方向への拡散を増大させることも可能である。

#### 【符号の説明】

##### 【0021】

- 6 : n 側金属電極
- 7 :  $\text{GaAs}$  基板
- 8 : バッファ層
- 9 : n - DBR 層
- 10 : n - クラッド層
- 11 : 活性層
- 12 : p - 第 1 クラッド層
- 13 : 障壁層
- 14 : p - 第 2 クラッド層
- 15 a : 電流狭窄部 (電流狭窄領域)
- 15 b : 周辺酸化部
- 16 : p - 第 3 クラッド層
- 17 : p - DBR 層
- 18 : コンタクト層
- 21 : p 側金属電極

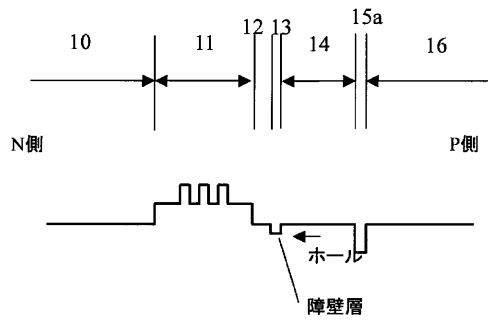
10

20

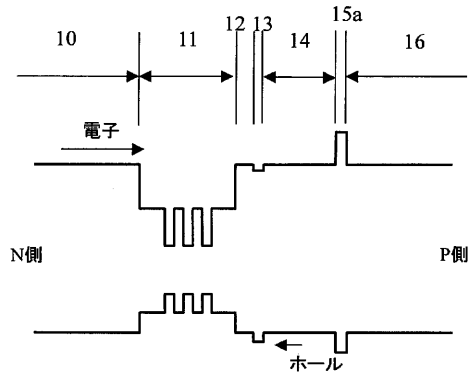
30

40

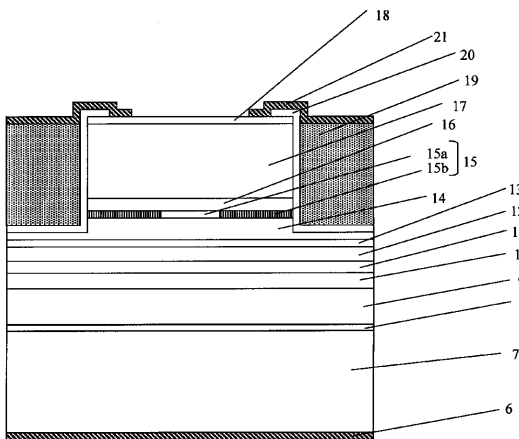
【図1】



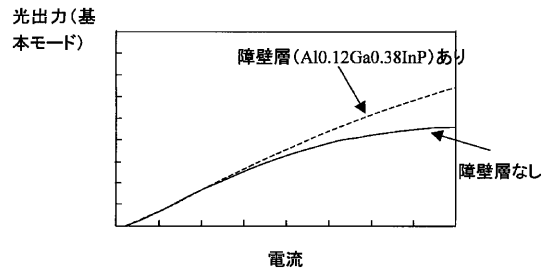
【図2】



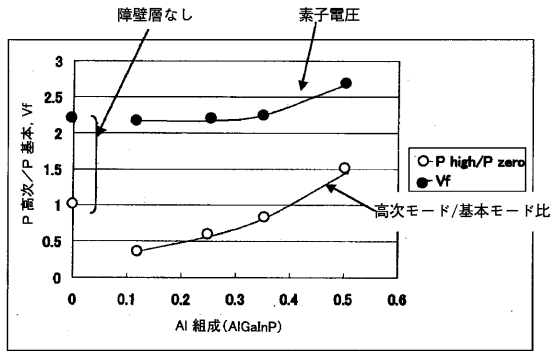
【図3】



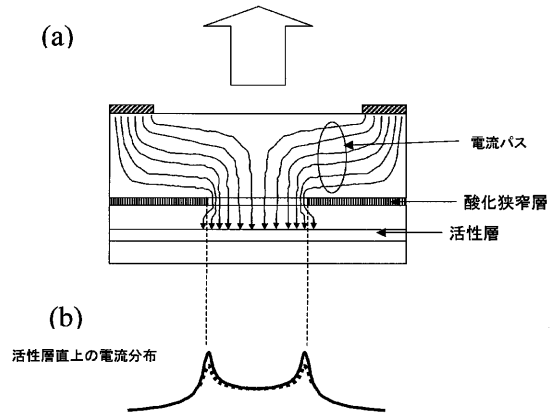
【図4】



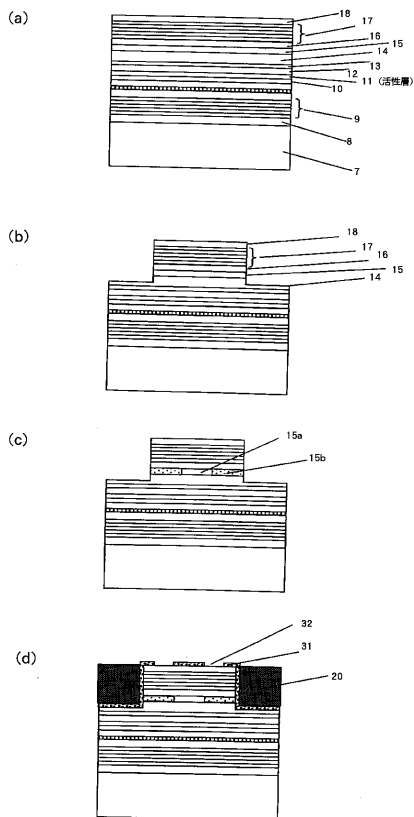
【図5】



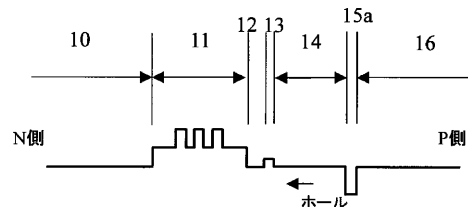
【図6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-227469(JP,A)  
特開2004-128482(JP,A)  
特開平09-307140(JP,A)  
特表2004-529487(JP,A)  
T.H. Oh, et al., Single-Mode Operation in an Antiguided Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser Using a Low-Temperature Grown AlGaAs Dielectric Aperture, IEEE Photonics Technology Letters, 米国, IEEE, 1998年 8月, Vol.10, No.8, p.1064-1066
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01S5/00-5/50