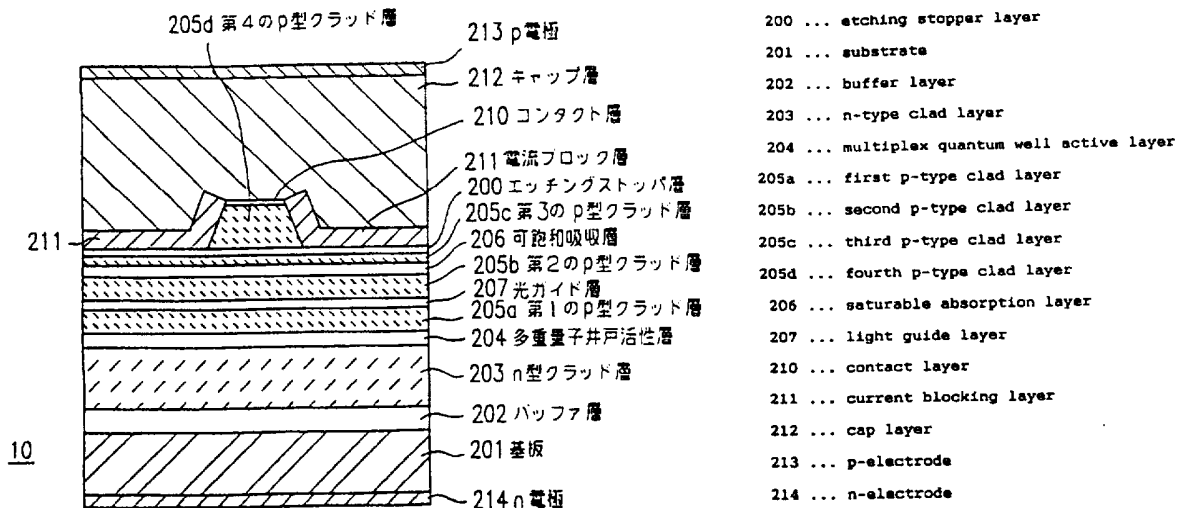




<p>(51) 国際特許分類6 H01S 3/18</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO97/33351</p> <p>(43) 国際公開日 1997年9月12日(12.09.97)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP97/00643</p> <p>(22) 国際出願日 1997年3月3日(03.03.97)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平8/45761 1996年3月4日(04.03.96) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.)(JP/JP) 〒571 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および</p> <p>(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 足立秀人(ADACHI, Hideto)(JP/JP) 〒567 大阪府茨木市穂積台三丁目804 Osaka, (JP) 木戸口勲(KIDOGUCHI, Isao)(JP/JP) 〒666-01 兵庫県川西市緑台四丁目6-40 Hyogo, (JP) 熊淵康仁(KUMABUCHI, Yasuhito)(JP/JP) 〒560 大阪府豊中市東豊中町三丁目23-A-304 Osaka, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 山本秀策(YAMAMOTO, Shusaku) 〒540 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)</p>	<p>(81) 指定国 CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書 請求の範囲の補正の期限前であり、補正書受領の際には再公開される。</p>	

(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER

(54) 発明の名称 半導体レーザ



(57) Abstract

A semiconductor laser is provided at least with an active layer and a saturable absorption layer and the amount of compressive strain of the absorption layer is set about 0.3 % or more larger than that of the active layer. Alternatively, the semiconductor laser is provided at least with the active layer, saturable absorption layer, and a light guide layer arranged near the absorption layer and the amount of compressive strain of the absorption layer is about 0.3 % or larger than that of the active layer.

(57) 要約

半導体レーザが、活性層と可飽和吸収層とを少なくとも備えており、該可飽和吸収層における圧縮歪み量は、該活性層における圧縮歪みの値よりも、約0.3%或いはそれ以上大きくなるように設定されている。或いは、半導体レーザが、活性層と可飽和吸収層と該可飽和吸収層の近傍に配置された光ガイド層とを少なくとも備え、該可飽和吸収層における圧縮歪み量は、該活性層における圧縮歪みの値よりも、約0.3%或いはそれ以上大きい。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AL	アルバニア	EE	エストニア	LR	リベリア	RU	ロシア連邦
AM	アルメニア	ES	スペイン	LS	レソト	RD	スウェーデン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SE	スウェーデン
AU	オーストラリア	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SG	シンガポール
AZ	アゼルバイジャン	GB	イギリス	LV	ラトヴィア	SI	スロヴェニア共和国
BB	バルバドス	GE	イギリス	MC	モナコ	SK	スロバキア共和国
BE	ベルギー	GH	ガーナ	MD	モルドバ	SN	セネガル
BF	ブルキナ・ファソ	GR	ギリシャ	MG	マダガスカル	SZ	スワジランド
BG	ブルガリア	HN	ホンジュラス	MK	マケドニア	TD	チャド
BJ	ベナン	HU	ハンガリー	ML	マリ	TG	トーゴ
BR	ブラジル	IE	アイルランド	MN	モンゴル	TJ	タジキスタン
BY	ベラルーシ	IS	アイスランド	MR	モーリタニア	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	IT	イタリア	MX	メキシコ	TT	トリニダード・トバゴ
CF	中央アフリカ共和国	JP	日本	NE	ニジェール	UA	ウクライナ
CG	コンゴ	KE	ケニア	NL	オランダ	UG	ウガンダ
CH	スイス	KR	韓国	NO	ノルウェー	US	米国
CI	コート・ジボアール	KP	朝鮮民主主義人民共和国	NZ	ニュージーランド	UZ	ウズベキスタン共和国
CM	カメルーン	KZ	カザフスタン	PL	ポーランド	VN	ベトナム
CN	中国	LI	リヒテンシュタイン	PT	ポルトガル	YU	ユーゴスラビア
CO	コロンビア	LU	ルクセンブルク	RO	ルーマニア		
DE	ドイツ						
DK	デンマーク						

## 明 細 書

## 半導体レーザー

## 5 技術分野

本発明は、光ディスクシステムに含まれる光ピックアップの光源などに用いられる、低雑音自励発振型半導体レーザーに関する。

## 背景技術

10 近年、光通信、レーザープリンタ、光ディスクなどの分野で半導体レーザーの需要が高まり、GaAs系及びInP系を中心として、活発に研究開発が進められている。このうち光情報処理分野においては、特に波長が約780nmのAlGaAs系半導体レーザー光による情報の記録・再生を行う方式が実用化され、コンパクトディスク等で広く普及するに至っている。しかし、最近になって、これらの  
15 光ディスク装置に対して、より一層の記憶容量の増加が求められるようになっており、それに伴って、短波長レーザーの実現への要望が強まってきている。

この点に関連して、AlGaInP系半導体レーザーは、約630nm～約690nmの赤色領域での発振が可能であり、現時点で実用レベルにある半導体レーザーの中で、最も短波長の光が得られる。従って、AlGaInP系半導体レーザー  
20 は、従来のAlGaAs系半導体レーザーに代わる次世代の大容量光情報記録用光源として、有望である。

ところで、半導体レーザーを光源とする光ディスクの再生時には、ディスク面からの反射光の帰還や温度の変化により、強度雑音が発生する。このような強度雑音は、信号の読取エラーを誘発する。従って、光ディスクの光源用としては、強度雑音の少ない半導体レーザーが不可欠となる。  
25

従来、再生専用光ディスクのための光源として使用される低出力のAlGaAs

s系半導体レーザでは、雑音を低減するために、リッジストライプの両側に意図的に可飽和吸収体が形成されるような構造を採用することによって、低雑音化が図られてきている。このような構成にすると、縦モードのマルチ化が達成される。半導体レーザが単一縦モードで発振しているときに、光の帰還や温度変化などによる外乱が入ると、利得ピークの微小な変化によって、近接する縦モードが発振を開始する。このようにして発振を開始したモードは、元の発振モードとの間で競合を起し、これが雑音の原因となる。これに対して、上記のような手法によって縦モードをマルチ化すると、各モードの強度変化が平均化されるとともに外乱による強度変化が生じなくなるので、安定した低雑音特性を得ることが可能になる。

また、別の方法として、さらに安定な自励発振特性を得ようとする試みが、特開昭63-202083号公報に示されている。具体的には、出力光を吸収できる層を設けることで、自励発振型半導体レーザを実現している。

さらに、特開平6-260716号公報では、活性層のバンドギャップと吸収層のバンドギャップとをほぼ等しくすることによって、半導体レーザの動作特性を改善したとの報告がなされている。上記公報では、特に、歪量子井戸活性層のエネルギーギャップと歪量子井戸可飽和吸収層のバンドギャップとが、お互いにほぼ等しく設定されている構成が開示されており、このような構成によって良好な自励発振特性を得ようとしている。

さらに、特開平6-260716号公報と同様の構成が、特開平7-22695号公報にも記載されている。

#### 発明の開示

本発明の半導体レーザは、活性層と可飽和吸収層とを少なくとも備え、該可飽和吸収層における圧縮歪み量は、該活性層における圧縮歪みの値よりも、約0.3%或いはそれ以上大きい。

前記可飽和吸収層は、p型の導電型を有し得る。

ある実施形態では、前記活性層と前記可飽和吸収層との間に設けられたクラッド層をさらに備えており、該クラッド層のバンドギャップは、該活性層及び該可飽和吸収層のそれぞれのバンドギャップよりも大きい。前記クラッド層の厚さは、  
5 例えば約900オングストローム以上である。

前記クラッド層の不純物濃度は、少なくとも約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であり得る。

本発明の他の局面によれば、半導体レーザが、活性層と可飽和吸収層と該可飽和吸収層の近傍に配置された光ガイド層とを少なくとも備え、該可飽和吸収層における圧縮歪み量は、該活性層における圧縮歪みの値よりも、約0.3%或いは  
10 それ以上大きい。

ある実施形態では、前記活性層と前記可飽和吸収層と前記光ガイド層とがこの順序で配置されている。

或いは、前記活性層と前記光ガイド層と前記可飽和吸収層とがこの順序で配置されている。なお、この場合には、上述の「クラッド層の厚さが約900オングストローム以上」という値には、活性層と過飽和吸収層との間に配置された光ガイド層の厚さも含まれるものとする。従って、厳密には、「クラッド層の厚さと  
15 光ガイド層の厚さとの合計値が約900オングストローム以上」ということになる。

前記活性層は歪量子井戸構造を有し得て、前記可飽和吸収層は、該活性層における圧縮歪みの値よりも約0.3%或いはそれ以上大きい圧縮歪みを有する歪量子井戸層であり得る。  
20

前記可飽和吸収層は、p型の導電型を有してp型クラッド層中に配置され得る。

ある実施形態では、前記活性層と前記可飽和吸収層との間に設けられたクラッド層をさらに備えており、該クラッド層のバンドギャップは、該活性層及び該可飽和吸収層のそれぞれのバンドギャップよりも大きい。  
25

前記クラッド層の厚さは、約900オングストローム以上であり得る。

前記クラッド層の不純物濃度は、少なくとも約  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  であり得る。

これより、本発明は、半導体レーザに含まれる可飽和吸収層の歪み量の適切な設定や光閉じ込め率を決定する光ガイド層の適切な設置により、特に高温動作時に安定した自励発振特性を有する半導体レーザを提供すること、を目的とする。

5

#### 図面の簡単な説明

図1は、InGaP層への圧縮歪みの導入の有無が半導体レーザの利得特性に与える影響を説明する図である。

10 図2は、本発明の第1の実施形態における半導体レーザの構造を示す断面図である。

図3は、本発明の第1の実施形態の半導体レーザにおける活性層及びその近傍におけるAl組成の変化を示す図である。

図4は、本発明の第1の実施形態の半導体レーザにおける電流-光出力特性図である。

15 図5は、本発明の第1の実施形態の半導体レーザにおける光出力の時間変化を示す図である。

図6A及び図6Bは、可飽和吸収層への圧縮歪みの導入の有無が半導体レーザの相対強度雑音特性に与える影響を説明する図である。

20 図7は、本発明の第1の実施形態の半導体レーザにおける可飽和吸収層への印加歪み量の最適範囲を説明する図である。

図8は、本発明の第2の実施形態における半導体レーザの構造を示す断面図である。

図9は、本発明の第2の実施形態の半導体レーザの活性層及びその近傍におけるAl組成の変化を示す図である。

25 図10は、活性層と光閉じ込め層との間の距離と、活性層及び可飽和吸収層での光閉じ込め係数との間の関係を示す図である。

図11A、図11B、及び図11Cは、可飽和吸収層への圧縮歪みの導入の有無、及び光ガイド層の配置の最適化が、半導体レーザの相対強度雑音特性に与える影響を説明する図である。

5 図12は、本発明の第2の実施形態の半導体レーザにおける寿命時間と動作電流との相関を示す図である。

図13は、GaAs及びInGaPにおける利得特性を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

10 本発明の具体的に実施形態の説明に先立って、以下ではまず、本発明に至る過程で本願発明者らによって行われた検討結果について説明する。

先に述べたように、従来技術においては、半導体レーザにおける自励発振現象の利用に関する様々な報告が行われている。しかし、本願発明者による検討によれば、AlGaInP系半導体レーザでは、AlGaAs系に比べて材料の利得特性曲線が大きく異なるために、自励発振特性を得ることが困難であることが明らかとなった。この点を、図13を参照して説明する。

15 図13は、GaAs及びInGaPの利得特性を示す図である。これらの材料(GaAs及びInGaP)は、それぞれAlGaAs系半導体レーザ及びAlGaInP系半導体レーザの活性層の構成材料として主に用いられる。

20 本願発明者らによる検討によれば、キャリア密度に対する利得特性曲線の傾きが大きいくほど、自励発振特性が容易に得られることが明らかになった。その理由は、自励発振特性を得るためには可飽和吸収層の内部でキャリアの強い振動が要求されることに関連しており、キャリア密度に対する利得特性曲線の傾きが大きいくほど、少ない光の吸収でキャリア密度を変化させることが可能となり、結果的にキャリアの振動が生じやすくなるためである。

25 ところが、InGaPの場合は、GaAsに比べて傾きが小さいため、相対的に自励発振特性を得ることが困難であることが判明した。これは、InGaPの

高い微分利得がキャリアの強い振動を誘起することに基づいている。これに対して、例えばAlGaAs系のレーザダイオード(LD)では、安定した自励発振特性を容易に得ることが可能である。

5 本願発明者らの実験結果によると、赤色半導体レーザの場合、従来技術で行われているように単に可飽和吸収層を付加しただけでは、安定した自励発振特性を得ることが困難であることが明らかになった。具体的には、前述したように、AlGaInP系半導体レーザにおいては、可飽和吸収層の利得特性の制御が重要となる。

10 そこで、本願発明者らは、特に可飽和吸収層の歪み量を検討することによって、高温動作時の自励発振特性の向上を実現した。さらに、このような良好な利得特性を実現したレーザにおいて、さらなる特性の向上を実現するためには、可飽和吸収層への光の閉じ込め係数を増加させることが大きく影響することを新たに見出した。

15 具体的には、本願発明者らによる検討によれば、可飽和吸収層の利得特性を最適なものにするためには、可飽和吸収層に、活性層に印加されている圧縮歪み量よりも約0.3%或いはそれ以上に大きい圧縮歪みを印加すればよい。このような設定によって、高温動作時でも、自励発振を十分に維持できることが明らかになった。これは、適切な大きさの圧縮歪みの導入によって、可飽和吸収層の内部において、キャリア密度の変化に対する利得の変化が急激になり、可飽和吸収層  
20 でのキャリアの増減の振動成分が強くなって、結果として活性層と可飽和吸収層との間でのフォトンとキャリアとの相互作用が強化されるからである。

25 導入される圧縮歪み量が上記の設定よりも小さい場合、AlGaInP系材料のように本質的に利得特性の低い材料系では、十分な自励発振特性を得ることが困難となる。一方、導入される圧縮歪み量が大き過ぎると、結晶の品質が劣化して信頼性に悪影響を与える。圧縮歪み量の上限值は、活性層への歪みの印加の有無にかかわらず、約2.0%である。これより大きな圧縮歪みが印加されると、

可飽和吸収層の中での転位の発生などの問題が顕著になってくる。

ここで、本発明に従って可飽和吸収層に印加される歪み量を、さらに説明する。

本発明によれば、可飽和吸収層の歪みは、活性層に対して可飽和吸収層が圧縮されるように印加される。例えば、活性層に既に圧縮歪みが印加されている場合は、可飽和吸収層には、活性層に印加されている圧縮歪み量よりも約0.3%或いはそれ以上に大きな圧縮歪みを印加する。

一方、活性層に引っ張り歪みが印加されている場合には、可飽和吸収層に圧縮歪みを印加して上記の条件を満足することができるだけでなく、引っ張り歪みを印加しても、上記の条件を満足することが可能である。すなわち、引っ張り歪みが印加されている活性層に対して、可飽和吸収層に、活性層に対する引っ張り歪みよりも小さな引っ張り歪みを印加すれば、可飽和吸収層には結果的に圧縮歪みが印加されることになる。そこで、両者に印加される歪み量の差が適切な大きさになるように設定すれば、引っ張り歪みの印加によっても上記の条件が満足される。

活性層が歪量子井戸構造を有する場合には、歪量子井戸構造の歪み量に対して約0.3%或いはそれ以上大きい歪み量を、可飽和吸収層に印加する必要がある。これは、可飽和吸収層における光吸収効果を十分に発揮させるためである。

このように、可飽和吸収層に印加されるべき圧縮歪み量は、活性層の圧縮歪み量が0%であれば、少なくとも約0.3%になる。或いは、活性層の圧縮歪み量が約0.5%であれば、可飽和吸収層に印加されるべき圧縮歪み量は、少なくとも約0.8%になる。

さらに、本発明では、光閉じ込め層を設けることによって、光閉じ込め率（光閉じ込め係数）を規定する。

自励発振特性は、活性層及び可飽和吸収層における光の閉じ込め状態に大きく影響される。特に、可飽和吸収層での光閉じ込めが十分に大きくないと、安定な自励発振特性を得ることはできない。しかし、その一方で、可飽和吸収層での光

閉じ込めを増加させ過ぎると活性層での光閉じ込めが減少し過ぎて、駆動電流が上昇して信頼性に悪影響を及ぼす。

本発明の半導体レーザでは、高温動作時の自励発振特性をより向上するために光ガイド層を導入して、可飽和吸収層での光閉じ込めを増加させている。本願発  
5 明者らによる今回の検討によれば、光ガイド層を、活性層と歪みを有する可飽和吸収層との間に設けることにより、自励発振特性が向上することが明らかになった。具体的には、活性層、可飽和吸収層、及び光ガイド層をこの順序で配置することにより、活性層での光の閉じ込めを低減することなく、可飽和吸収層での光の閉じ込めをより増加できることが明らかになった。

10 光ガイド層を活性層と可飽和吸収層との間に設けると、光ガイド層のA1組成が低くバンドギャップが小さいので、活性層から光ガイド層へのキャリアのオーバーフローが生じる恐れがある。しかし、上記のように本発明では、光ガイド層を活性層からみて可飽和吸収層よりも遠くに配置することで、このようなキャリアのオーバーフローやそれに伴う悪影響を低減することができる。その結果、約  
15 60℃或いはそれ以上の高い温度でも、安定した自励発振特性を実現することができる。

図1は、歪みを有さないInGaP層及び歪みを有するInGaP層のそれぞれにおける利得特性（すなわち、キャリア密度に対する利得係数の変化）を示す。これより、歪みの印加に伴って、利得特性曲線の傾き（すなわち微分利得）が増  
20 加していることが確認される。この微分利得の増加は、キャリア密度の変化に対して強い振動を誘発し、結果として自励発振現象を強める。

従来技術の自励発振型半導体レーザでは、可飽和吸収層へのこのような歪み量の導入は、全く考慮されていない。例えば、本願明細書において、従来技術の自励発振型半導体レーザの構成例を開示しているとして幾つかの文献を挙げている  
25 が、それらの文献には、上記のような歪み量の導入に関する記述はない。

さらに、従来技術においては、半導体レーザの活性層の両側に設けられたクラ

ッド層の中に活性層と同等のバンドギャップを有する可飽和吸収層を導入するだけで、自励発振が生じるとされている。しかし、本願発明者らによる検討によれば、実際には、そのような可飽和吸収層の設置のみでは、自励発振型レーザの実現が困難であることが明らかになった。すなわち、先に述べたように、本願発明者らによる実験では、可飽和吸収層のバンドギャップが活性層のバンドギャップと同等レベルである程度では、自励発振現象が非常に生じ難いことが明らかになった。

そこで、本願発明者らは、上記のような内容を考慮した上で、自励発振型半導体レーザの最適な構成を実験に基づいて提案している。

10

以下では、上記のような検討結果に基づいて達成された本発明の様々な実施形態のいくつかを、添付の図面を参照しながら説明する。

#### (第1の実施形態)

15 図2は、本発明の第1の実施形態における自励発振特性を有する半導体レーザ10の構造を示す断面図である。

半導体レーザ10において、n型GaAs基板201の上に、n型InGaPバッファ層202、n型AlGaInPクラッド層203、InGaP井戸層及びAlGaInP障壁層を含む多重量子井戸活性層204、p型AlGaInPからなる第1のp型クラッド層205a、p型AlGaInP光ガイド層207、p型AlGaInPからなる第2のp型クラッド層205b、p型InGaP歪量子井戸可飽和吸収層206、p型AlGaInPからなる第3のp型クラッド層205c、及びp型InGaPエッチングストップ層200が、順次形成されている。p型InGaPエッチングストップ層200の上には、p型AlGaInPからなる第4のp型クラッド層205d及びp型InGaPコンタクト層210がリッジ状に形成されており、リッジの両側には、n型GaAs電流ブロッ

25

ク層 211 が形成されている。さらに、p 型コンタクト層 210 及び n 型電流ブロック層 211 の上には、p 型 GaAs キャップ層 212 が形成されている。そして、キャップ層 212 の上には p 電極 213 が形成され、一方、基板 201 の裏面には n 電極 214 が形成されている。

- 5 上述した各層の典型的なドーピング量、厚さ、及び印加される歪み量は、それぞれ以下の通りである。

表 1

名称	参照番号	ドーピング量	膜厚	歪み量
10 キャップ層	212	$5 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	$3 \mu\text{m}$	無
第3の p 型クラッド層	205c	$1 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	$0.9 \mu\text{m}$	無
エッチングストップ層	200	$5 \times 10^{17} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	$100 \text{ \AA}$	無
第2の p 型クラッド層	205b	$5 \times 10^{17} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	$1350 \text{ \AA}$	無
歪量子井戸可飽和吸収層	206	$2 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	$150 \text{ \AA}$	0.8%
15 第1の p 型クラッド層	205a	$5 \times 10^{17} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	$900 \text{ \AA}$	無
活性層	204	アンドープ	$500 \text{ \AA}$	0.5%
n 型クラッド層	203	$5 \times 10^{17} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	$1.0 \mu\text{m}$	無
バッファ層	202	$1 \times 10^{18} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$	$0.3 \mu\text{m}$	無

- 20 図3に、半導体レーザ10の活性層204及びその近傍における  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  の Al 組成 x の変化を示す。図示されているように、半導体レーザ10では、n 型クラッド層 203 及び第1～第4の p 型クラッド層 205a～205d における Al 組成 x を、0.7としている。

- 25 また、先の表に示したように、半導体レーザ10では、可飽和吸収層206の厚さを約  $150 \text{ \AA}$  に設定している。可飽和吸収層206が厚いと、その体積が大きくなりすぎるために、キャリア密度が相対的に小さくなる。そのため、キャリ

ア密度の振動の効果が減少して、自励発振特性が得られ難くなる。このため、可飽和吸収層 206 は薄い方が望ましい。

さらに、半導体レーザ 10 の可飽和吸収層 206 の不純物濃度（ドーピング量）は、約  $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  に設定している。これは、可飽和吸収層 206 の内部におけるキャリアの寿命を短くするためである。

具体的には、可飽和吸収層 206 の内部におけるキャリアの寿命が短いほど、自励発振現象を生じさせるために必要な可飽和吸収層 206 のキャリア密度の時間変化が大きくなり、結果的に自励発振現象が生じやすくなる。本願発明者らの実験によれば、その寿命時間は、自励発振現象を生じさせるためには、可飽和吸収層 206 の内部でのキャリア寿命は約 6 ナノ秒以下であることが望ましい。一般に、不純物濃度が低ければキャリアの寿命が長くなり、不純物濃度が高ければキャリアの寿命が短くなるが、可飽和吸収層 206 の不純物濃度（ドーピングレベル）を約  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  程度に高くすることによって、その中でのキャリア寿命を減少させることができる。

半導体レーザ 10 では、第 1 の p 型グラッド層 205 a の厚さを約 900 Å としている。また、そのバンドギャップを、活性層 204 及び可飽和吸収層 206 のバンドギャップよりも大きくなるように設定して、活性層 204 からあふれた少数キャリアが可飽和吸収層 206 に入らないようにしている。さらに、可飽和吸収層 206 の歪み量は、約 0.8% としている。

以上のような設定によって、半導体レーザ 10 では、可飽和吸収層 206 への光の閉じ込め係数が約 3% 以上であれば、自励発振特性が得られる。

図 4 は、本実施形態の自励発振型半導体レーザ 10 における電流－光出力特性の測定例であり、この場合には閾値電流が約 50 mA であることがわかる。図 4 にも現れているように、自励発振型半導体レーザの電流－光出力特性が通常の半導体レーザの特性と異なっている点は、閾値電流の近傍で特性曲線の急激な立ち上がりが見られる点である。これは、自励発振型半導体レーザには可飽和吸収

層が存在するために、ある程度のキャリアの注入量に達するまでは、光出力が外部へ放出されないことによる。キャリア注入量がある値を越えるとレーザ発振が生じて、注入電流量に比例して光出力が増加する。

5 図5は、本実施形態の自励発振型半導体レーザ10における光出力波形の測定例である。時間の経過につれて光出力が大きく振動しており、自励発振が生じていることが確認できる。

さらに、図6A及び図6Bには、可飽和吸収層に歪みが導入されていない場合（歪なし：図6A）と導入されている場合（歪あり：図6B）とのそれぞれにおける、相対強度雑音特性（温度変化に対する相対強度雑音レベルの変化）を示す。10 一般に、自励発振特性と相対強度雑音特性とは密接な関係にあり、自励発振が停止すると、相対強度雑音のレベルが上昇する。図6に示すデータから、可飽和吸収層に歪みが導入されていない場合には、約45℃までの温度範囲で相対強度雑音レベルが安定しており、その範囲で低雑音化が達成されている。一方、可飽和吸収層に歪みが導入されている場合には、約55℃までの温度範囲で相対強度雑音レベルが安定しており、その範囲で低雑音化が達成されている。15

さらに、図7は、活性層に約0.5%の歪み量が導入されている場合における、可飽和吸収層に導入される歪み量と自励発振が生じる最高温度 $T_{max}$ との関係を示す図である。

20 図7より、可飽和吸収層に約0.8%から約1.8%の範囲の歪み量が導入される場合に、 $T_{max}$ が約60℃以上になっている。これに対して、可飽和吸収層に与えられる歪み量が約0.8%以下である場合には、微分利得が十分に確保できないために自励発振が不安定になる。また、可飽和吸収層に与えられる歪み量が約1.8%以上である場合には、歪み量が大きすぎて光吸収効果が過度に増大し、結果的に閾値電流や駆動電流が過度に増加する。この結果、活性層への注25 入キャリア量が多くなり、可飽和吸収層でのキャリアの振動の効果が相対的に小さくなるために、自励発振がやはり不安定になる。

このように、可飽和吸収層に印加される歪み量は、自励発振特性に大きな影響を与えるパラメータであり、安定な自励発振特性を得るためにはその最適な設定範囲が存在する。

5 以上の説明では、活性層への印加歪み量を約0.5%としているので、可飽和吸収層に印加されるべき歪み量は、少なくともそれより約0.3%大きい約0.8%、或いはそれ以上になる。これに対して、活性層への印加歪み量がほぼ零である場合には、可飽和吸収層に印加されるべき歪み量は、少なくとも約0.3%、或いはそれ以上ということになる。

10 このように、本発明によれば、可飽和吸収層への印加歪み量と活性層への印加歪み量との差を、少なくとも約0.3%、或いはそれ以上とする。なお、可飽和吸収層に印加する歪み量の上限は、好ましくは、活性層の歪み量に関係なく、約2.0%以下であればよい。これは、これより大きい歪みを印加すると、可飽和吸収層の内部での転位の発生などの問題が生じて、信頼性が低下する原因になるからである。

15 以上の説明では、可飽和吸収層をp型クラッド層の中に設けているが、その代わりに、n型クラッド層の中に可飽和吸収層を設けてもよい。この場合にも、本実施形態で説明したように、可飽和吸収層に過度の歪みを導入すると、光吸収効果が大きくなり過ぎて、動作特性が劣化する。可飽和吸収層をn型クラッド層の中に設置する構成においても、可飽和吸収層へ導入する歪み量を活性層の歪み量  
20 に対する差として規定すれば、可飽和吸収層への導入歪み量を最適化することで、可飽和吸収層がp型クラッド層の中に配置されている上記の場合と同様に、安定な自励発振の実現などの効果を得ることができる。

さらに活性層への光の閉じ込め機能に関連して、可飽和吸収層は、好ましくは、活性層、可飽和吸収層、及び光ガイド層の順に配置されるのがよい。このような  
25 配置とすることによって、活性層の光閉じ込め機能を低減することなく、可飽和吸収層の光閉じ込め機能をさらに増加することができる。これによって、キャリ

アのオーバーフローの影響も低減されて、約60℃或いはそれ以上の高い温度であっても、安定な自励発振特性を実現することができる。

本実施例では、可飽和吸収層に歪みを導入することによって最高自励発振温度が約10℃程度増加できた。同時に高出力化が可能となった。以上説明したように、本実施例の半導体レーザの特性は、歪みを有する量子井戸可飽和吸収層及び光ガイド層という構造を採用することで実現できるものである。

### (第2の実施形態)

図8は、本発明の第2の実施形態における自励発振特性を有する半導体レーザ20の構造を示す断面図である。本実施形態では、光ガイド層の配置を考慮することによって、動作特性をさらに向上させることができる。

半導体レーザ20において、n型GaAs基板801の上に、n型InGaPバッファ層802、n型AlGaInPクラッド層803、InGaP井戸層及びAlGaInP障壁層を含む多重量子井戸活性層804、p型AlGaInPからなる第1のp型クラッド層805a、p型InGaP歪量子井戸可飽和吸収層806、p型AlGaInPからなる第2のp型クラッド層805b、及びp型InGaPエッチングストップ層800が、順次形成されている。p型エッチングストップ層800の上には、p型AlGaInP光ガイド層815、p型AlGaInPからなる第3のp型クラッド層805c、及びp型InGaPコンタクト層810が、リッジ形状をなすようにさらに順次形成されている。リッジの両側には、n型GaAs電流ブロック層811が形成されている。さらに、p型コンタクト層810及びn型電流ブロック層811の上には、p型GaAsキャップ層812が形成されている。そして、キャップ層812の上にはp電極813が形成され、一方、基板801の裏面にはn電極814が形成されている。

図9に、半導体レーザ20の活性層804及びその近傍における $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ のAl組成xの変化を示す。図示されているように、半導

体レーザ 20 では、n 型クラッド層 803、ならびに第 1、第 2 及び第 3 の p 型クラッド層 805a、805b 及び 805c における Al 組成 x を、0.7 としている。また、図からわかるように、光ガイド層 815 は、活性層 804 から見て可飽和吸収層 806 よりも遠くに設けられている。

5 図 10 には、活性層と約 1000 オングストロームの厚さを有する光ガイド層との間の距離 d (図 9 参照) に対する、活性層及び可飽和吸収層のそれぞれにおける光閉じ込め係数の依存性を示す。

自励発振特性は、活性層及び可飽和吸収層の光閉じ込め係数のバランスにより、大きく影響される。単純に自励発振特性を強めるためには、可飽和吸収層の光閉じ込め係数を増加させればよいが、可飽和吸収層における光閉じ込め係数の増加に伴って、活性層の光閉じ込め係数は逆に低下し、それによって半導体レーザそれ自体の動作特性の劣化や駆動電流の増加などの悪影響が招かれる。

この点に関連して、第 1 の実施形態では、光ガイド層を活性層と可飽和吸収層との間に設けることによって、特に可飽和吸収層の光閉じ込め係数を増加させている。これに対して、本願発明者らによるさらなる検討によれば、可飽和吸収層の外側 (すなわち、活性層とは反対の側) に光ガイド層を設けることにより、活性層での光閉じ込め機能を低下させることなく、可飽和吸収層での光閉じ込め機能をさらに増加できることが明らかになった。

20 図 10 から、活性層と光ガイド層との間の距離 d が約 1300 オングストローム以上で且つ約 2000 オングストローム以下であれば、可飽和吸収層における光閉じ込め係数は約 2.0% 近くになって、可飽和吸収層での光閉じ込め機能が大きくなることがわかる。このような距離 d の設定は、上述のように光ガイド層を可飽和吸収層の外側に設けた場合に相当するものであって、先に参照した図 8 の構造に相当するものである。なお、このように光ガイド層が活性層から離れて位置している場合でも、活性層での光閉じ込め機能はそれほど低下していない。

25 図 11A、図 11B、及び図 11C は、可飽和吸収層への歪みの導入の有無及

び光ガイド層の配置の最適化による、相対強度雑音特性への影響を比較するための図である。ここで、図11A及び図11Bは、先に図6A及び図6Bとして示した図と同じであり、可飽和吸収層への歪みの導入の有無が相対強度雑音特性に与える影響を示している。一方、図11Cは、可飽和吸収層に歪みを導入した上で、さらに光ガイド層の配置を本実施形態で先に説明したように最適化した場合における、相対強度雑音特性を示す。光ガイド層の最適配置を行っていない状態に相当する図11Bの特性に比べて、光ガイド層の最適配置を行っている状態に相当する図11Cの特性は向上しており、約60℃までの温度範囲に渡って、相対強度雑音特性の劣化は確認できない。

10       なお、活性層と光ガイド層との間の距離を約2000オングストローム以上にすると、活性層での光閉じ込めが低下して動作電流が増加し、半導体レーザの信頼性に悪影響が及ぼされる。

15       図12は、半導体レーザ20における、レーザ素子の寿命時間と動作電流との関係を示す。これより、半導体レーザの寿命として約5000時間以上を確保するためには、動作温度約60℃及び光出力約5mWという動作条件で、動作電流が約130mA以下でなくてはならない。一方、本願発明者らによる検討では、半導体レーザ20の構成では、活性層と光ガイド層との間の距離が約2000オングストローム以上になると、動作電流が約130mAを越える。この点を考慮すれば、光ガイド層は、活性層から約1300オングストローム～約2000オ  
20       ングストロームだけ離れた箇所に位置させることが適している。

25       さらにこの場合には、Al組成が低い光ガイド層を、活性層と可飽和吸収層との間ではなく、過飽和吸収層よりも外側に配置することによって、キャリアのオーバーフローの影響も低減される。すなわち、光ガイド層を可飽和吸収層の外側に配置すると、活性層と可飽和吸収層との間は、高いAl組成を有する材料で占められることとなる。これにより、キャリア、特に電子のオーバーフローが低減される。電子のオーバーフローが増加すると、可飽和吸収層による光吸収効果が

減少して安定な自励発振を維持できなくなるが、上記のように光ガイド層の位置を最適化する本実施形態の配置（構成）では、そのような問題点を克服することができて、高温動作時でも安定な自励発振特性を実現することができる。

#### 5 産業上の利用の可能性

以上のように、本発明によれば、可飽和吸収層へ適切な大きさの圧縮歪みを導入することにより、微分利得を増加させて、安定した自励発振特性をもつ半導体レーザを実現することができる。

また、本発明によれば、半導体レーザでは、光ガイド層を採用し、特に活性層、  
10 可飽和吸収層、及び光ガイド層の順に配置することで、より高温動作時においても、自励発振特性を実現する半導体レーザを得ることができる。

## 請求の範囲

1. 活性層と可飽和吸収層とを少なくとも備え、  
該可飽和吸収層における圧縮歪み量は、該活性層における圧縮歪みの値よりも、  
5 約0.3%或いはそれ以上大きい、半導体レーザ。
2. 前記可飽和吸収層がp型の導電性を有している、請求項1に記載の半導体  
レーザ。
- 10 3. 前記活性層と前記可飽和吸収層との間に設けられたクラッド層をさらに備  
えており、該クラッド層のバンドギャップは、該活性層及び該可飽和吸収層のそ  
れぞれのバンドギャップよりも大きい、請求項1に記載の半導体レーザ。
- 15 4. 前記クラッド層の厚さが約900オングストローム以上である、請求項3  
に記載の半導体レーザ。
5. 前記クラッド層の不純物濃度が少なくとも約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である、  
請求項3または4に記載の半導体レーザ。
- 20 6. 活性層と可飽和吸収層と該可飽和吸収層の近傍に配置された光ガイド層と  
を少なくとも備え、  
該可飽和吸収層における圧縮歪み量は、該活性層における圧縮歪みの値よりも、  
約0.3%或いはそれ以上大きい、半導体レーザ。
- 25 7. 前記活性層と前記可飽和吸収層と前記光ガイド層とがこの順序で配置され  
ている、請求項6に記載の半導体レーザ。

8. 前記活性層と前記光ガイド層と前記可飽和吸収層とがこの順序で配置されている、請求項6に記載の半導体レーザ。

5 9. 前記活性層が歪量子井戸構造を有しており、前記可飽和吸収層は、該活性層における圧縮歪みの値よりも約0.3%或いはそれ以上大きい圧縮歪みを有する歪量子井戸層である、請求項6に記載の半導体レーザ。

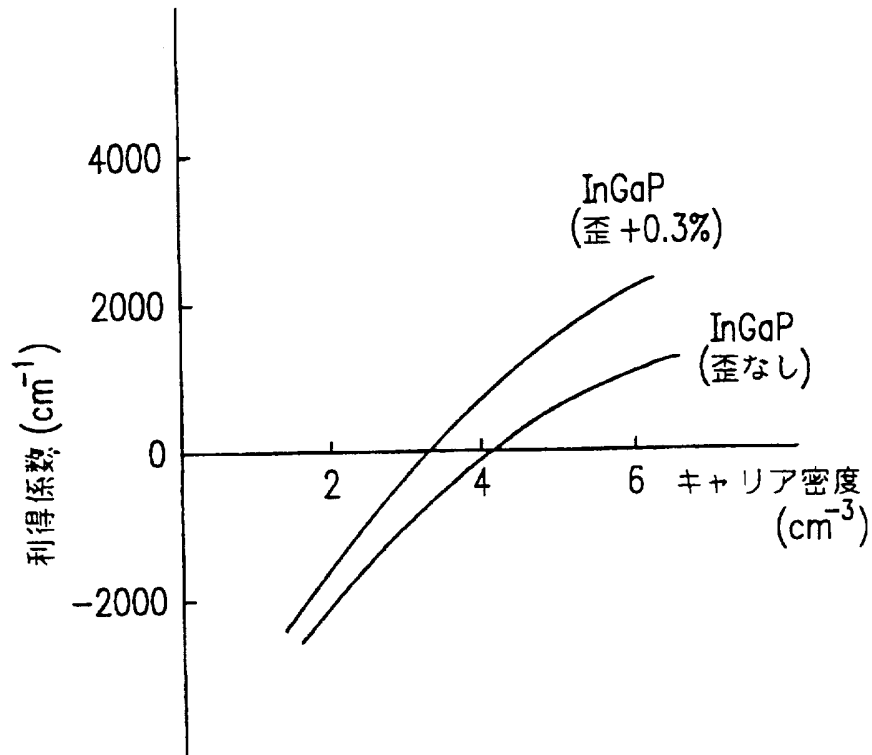
10 10. 前記可飽和吸収層がp型の導電型を有していて、p型クラッド層の中に配置されている、請求項6に記載の半導体レーザ。

11. 前記活性層と前記可飽和吸収層との間に設けられたクラッド層をさらに備えており、該クラッド層のバンドギャップは、該活性層及び該可飽和吸収層のそれぞれのバンドギャップよりも大きい、請求項6に記載の半導体レーザ。

15 12. 前記クラッド層の厚さが約900オングストローム以上である、請求項11に記載の半導体レーザ。

13. 前記クラッド層の不純物濃度が少なくとも約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である、請求項11または12に記載の半導体レーザ。

図 1



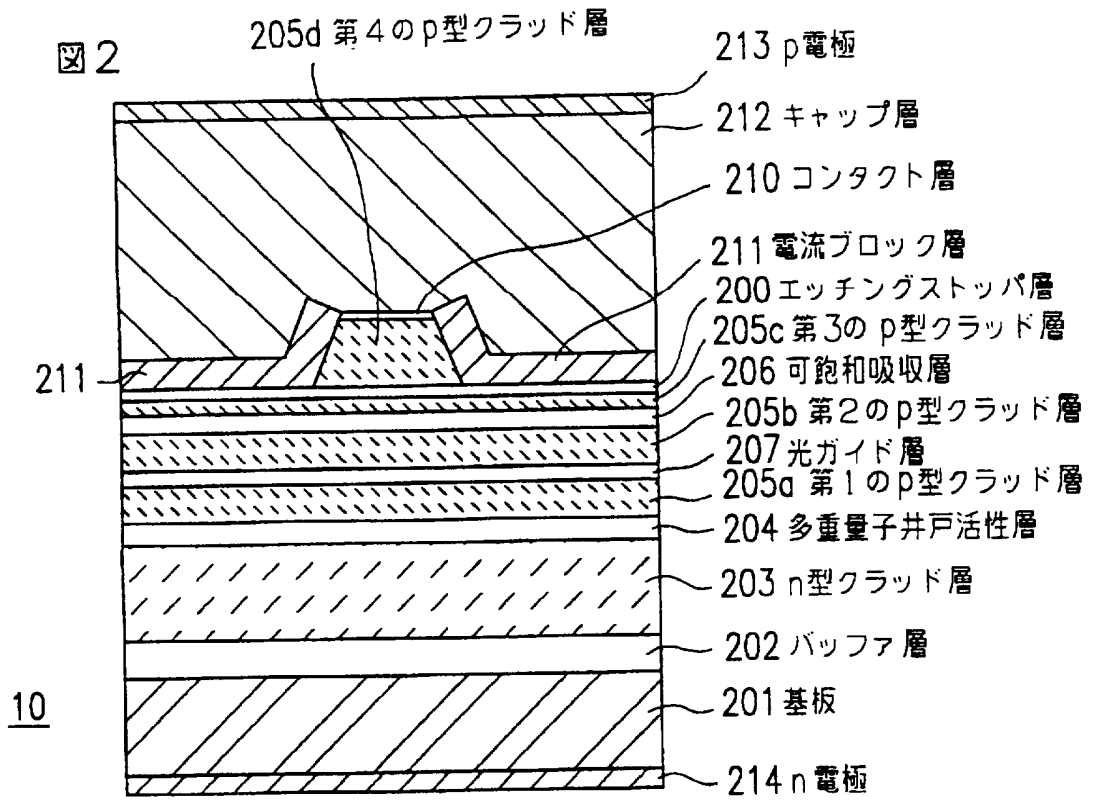


図3

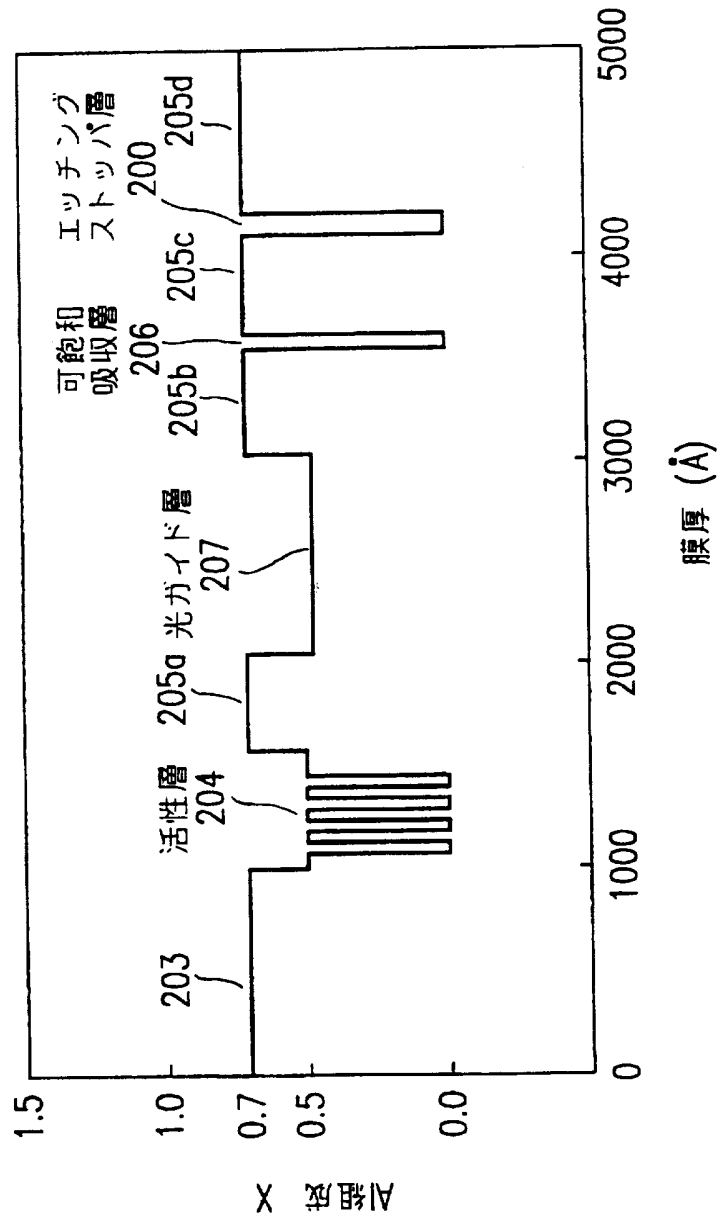
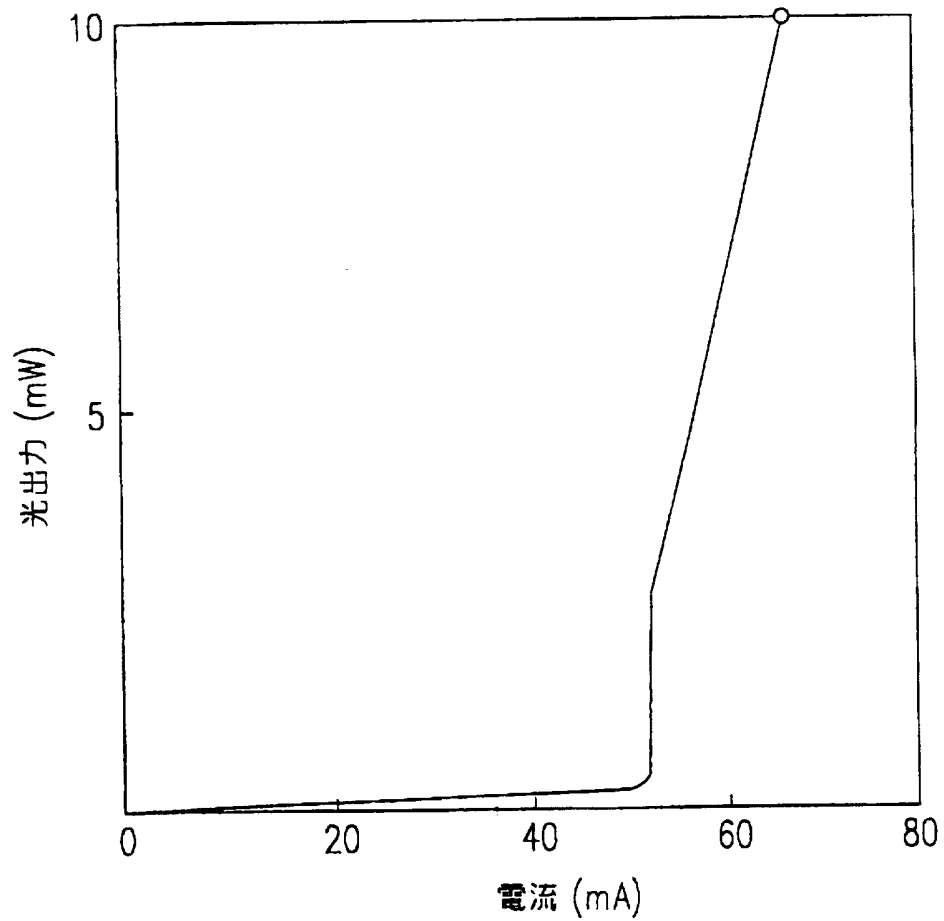


図 4



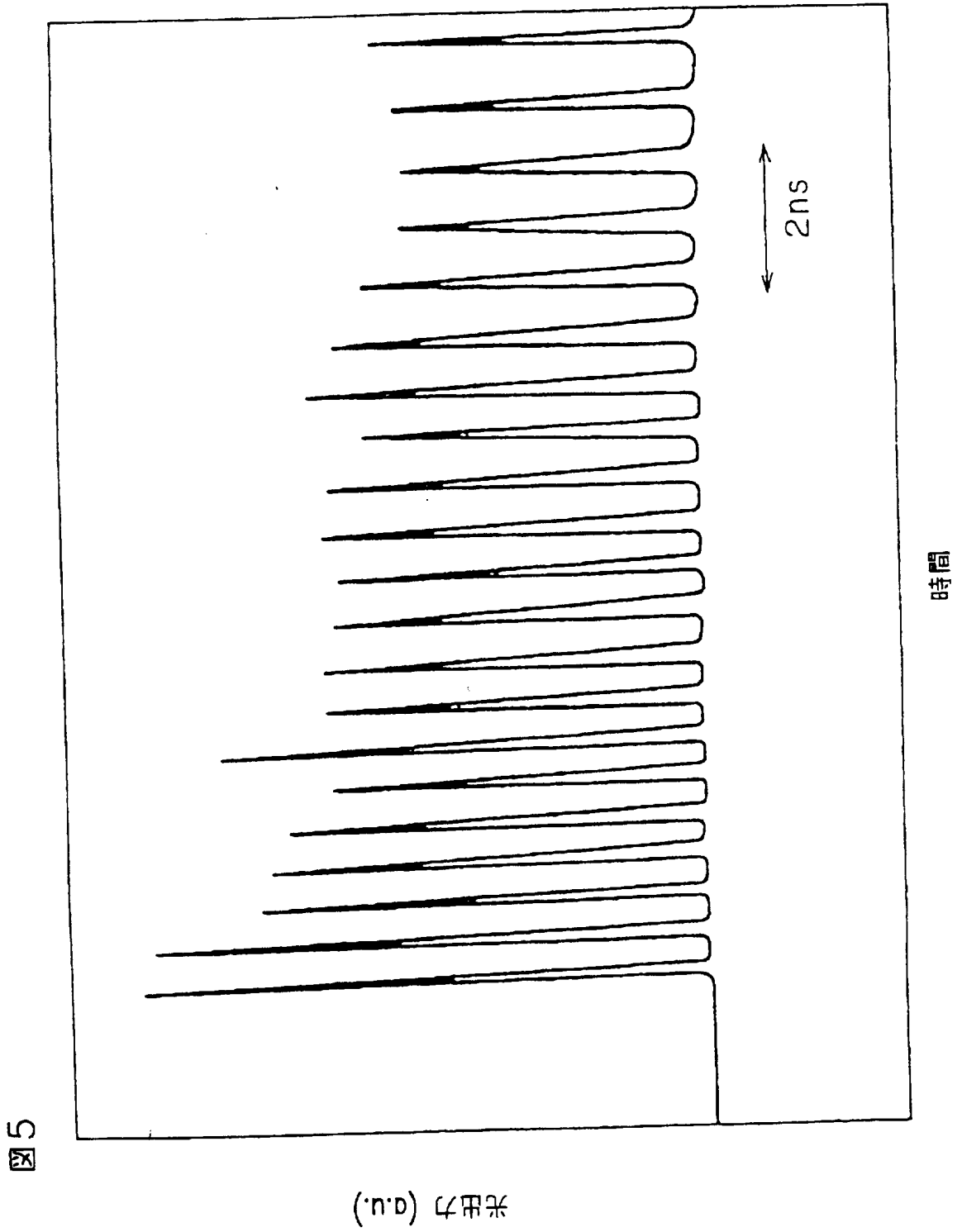


図 6A

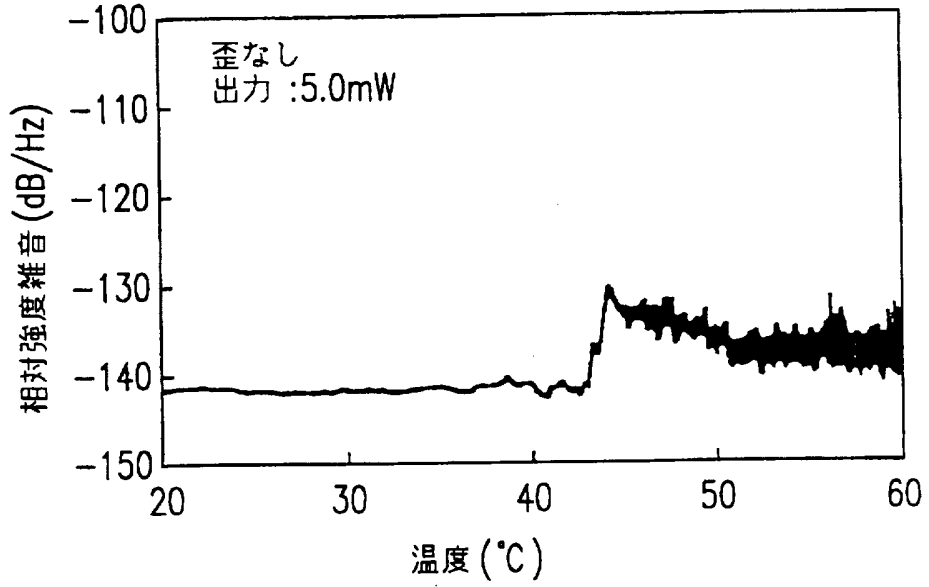


図 6B

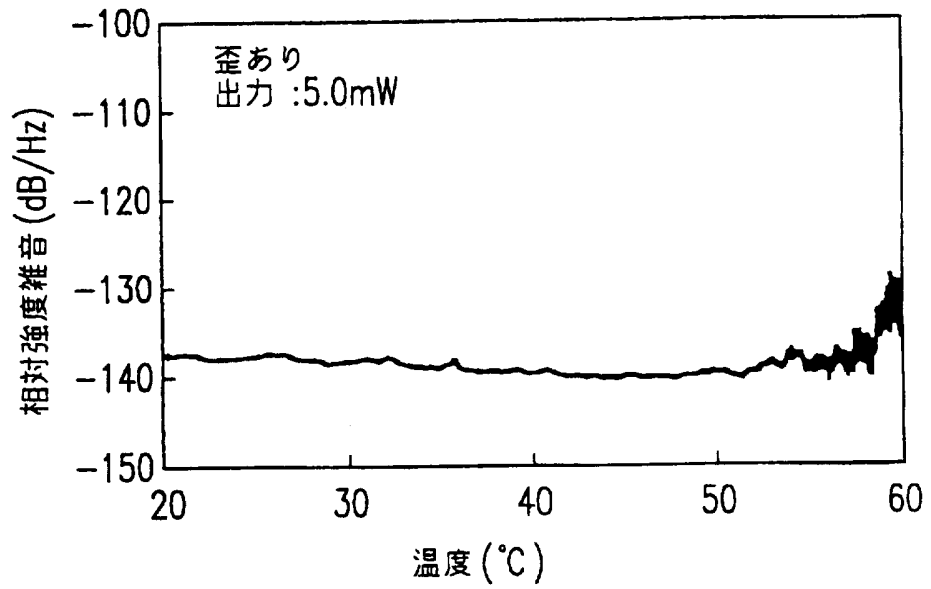
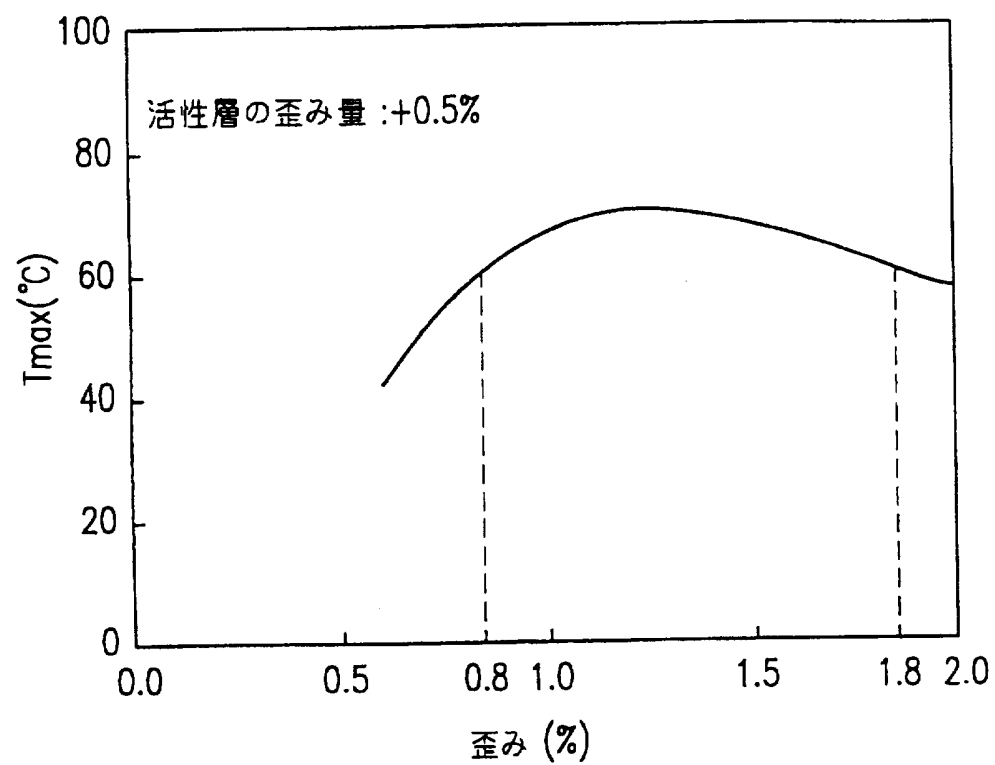


図 7



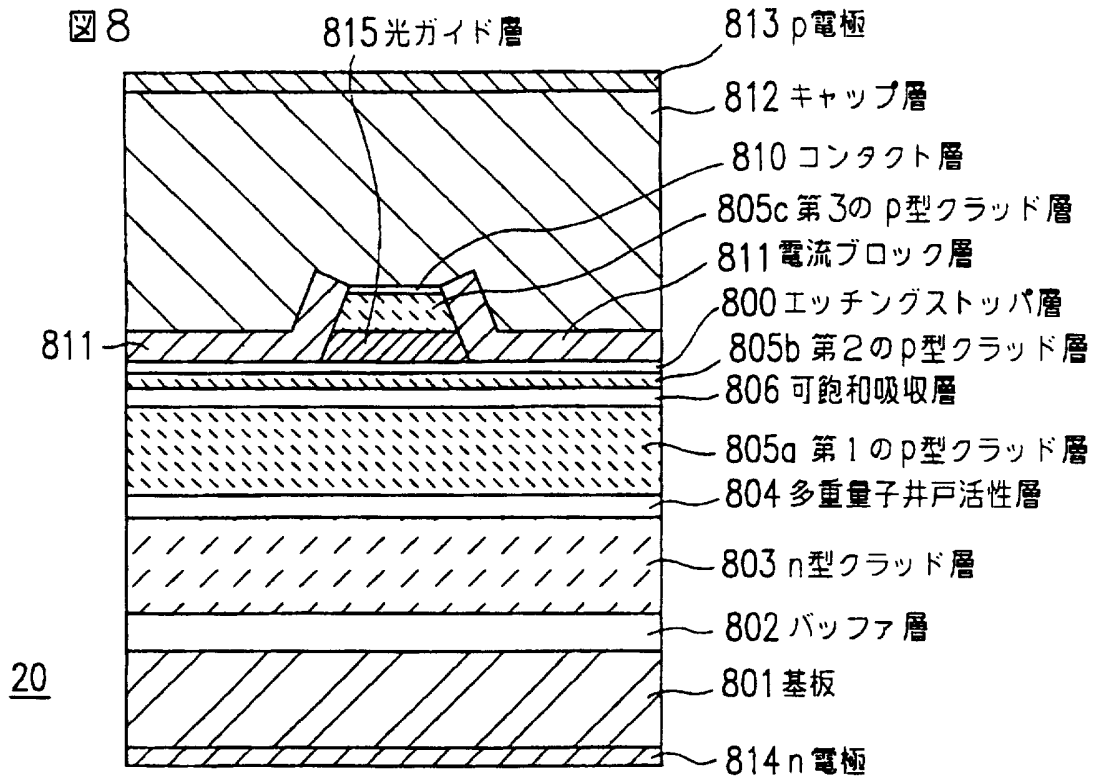


図9

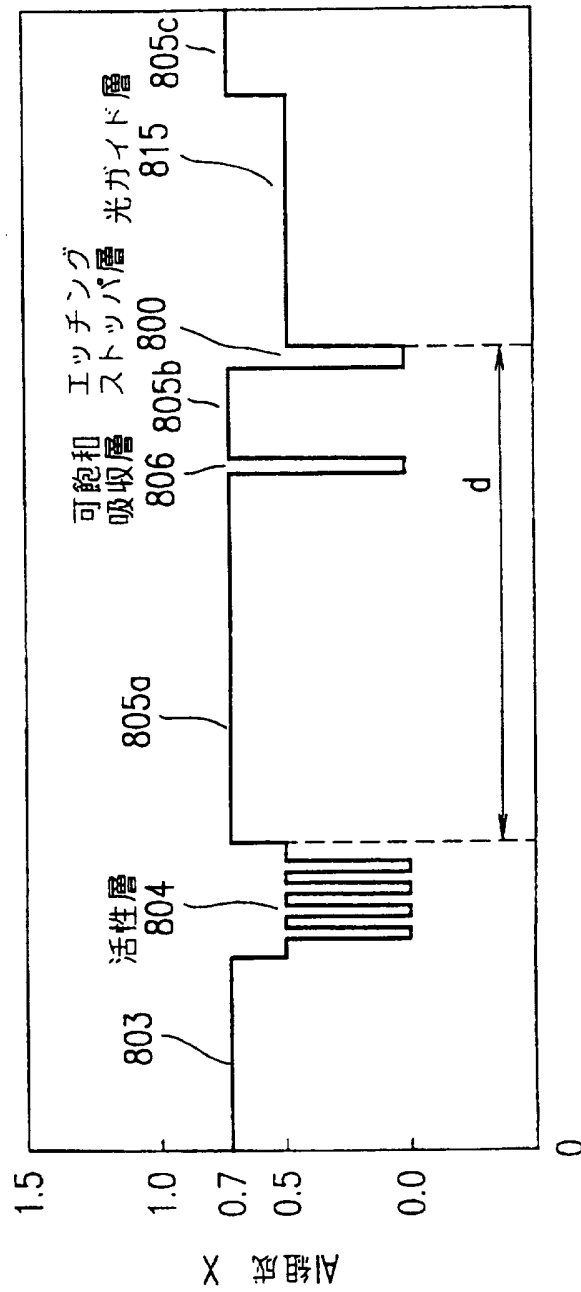


図 10

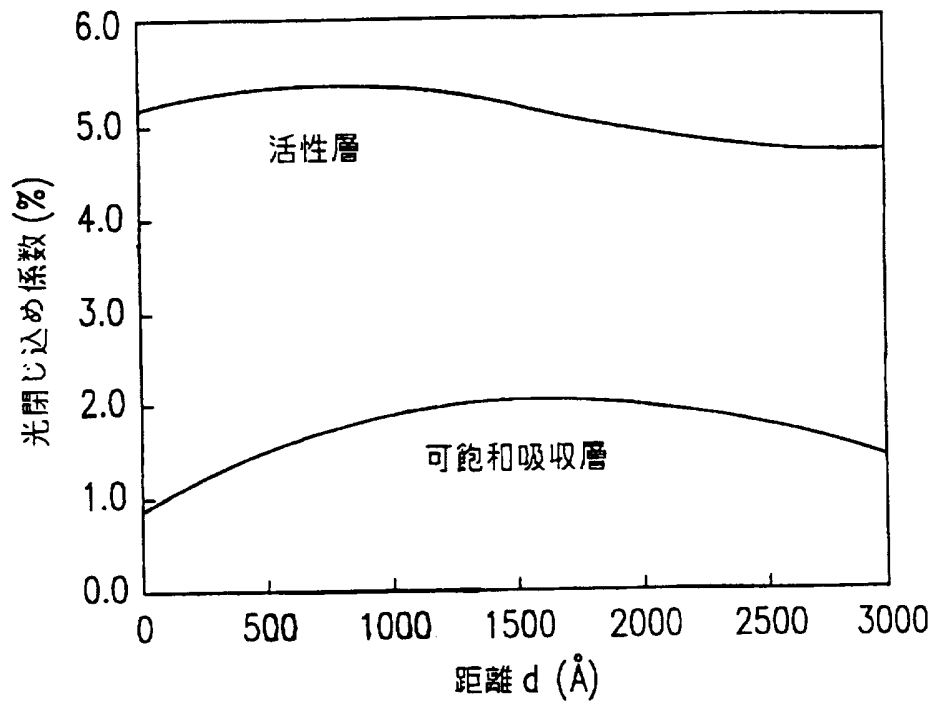


図 11 A

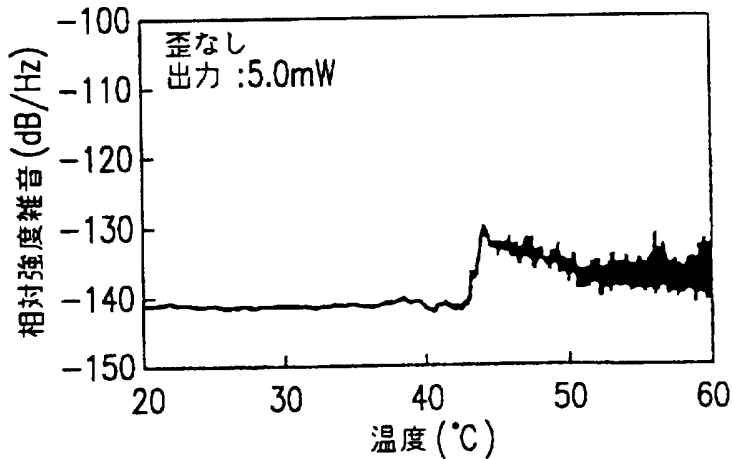


図 11 B

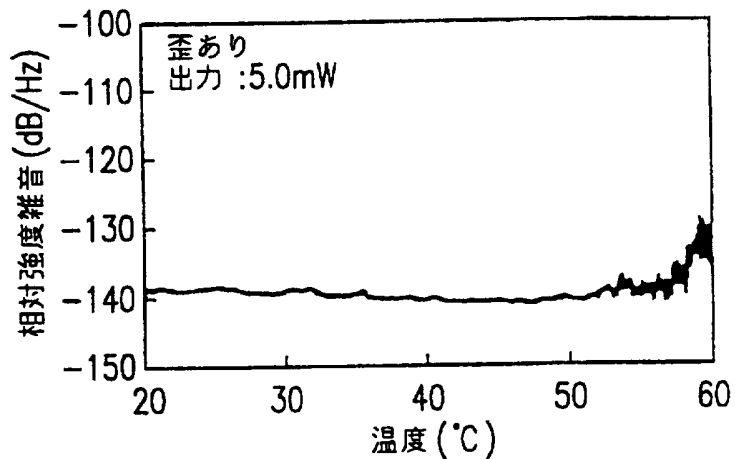


図 11 C

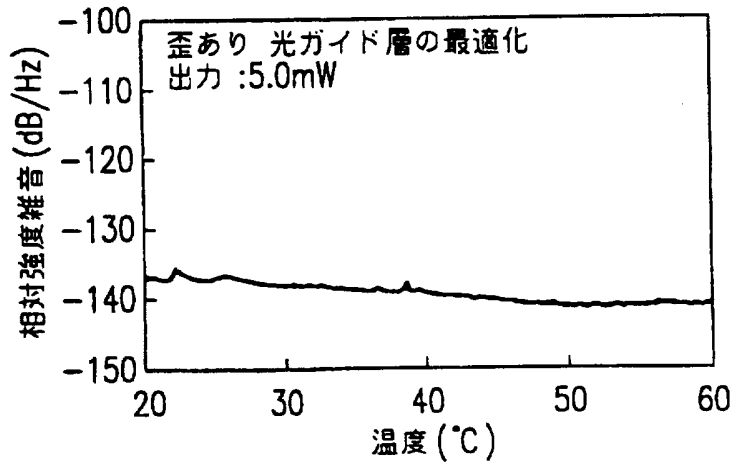


図 12

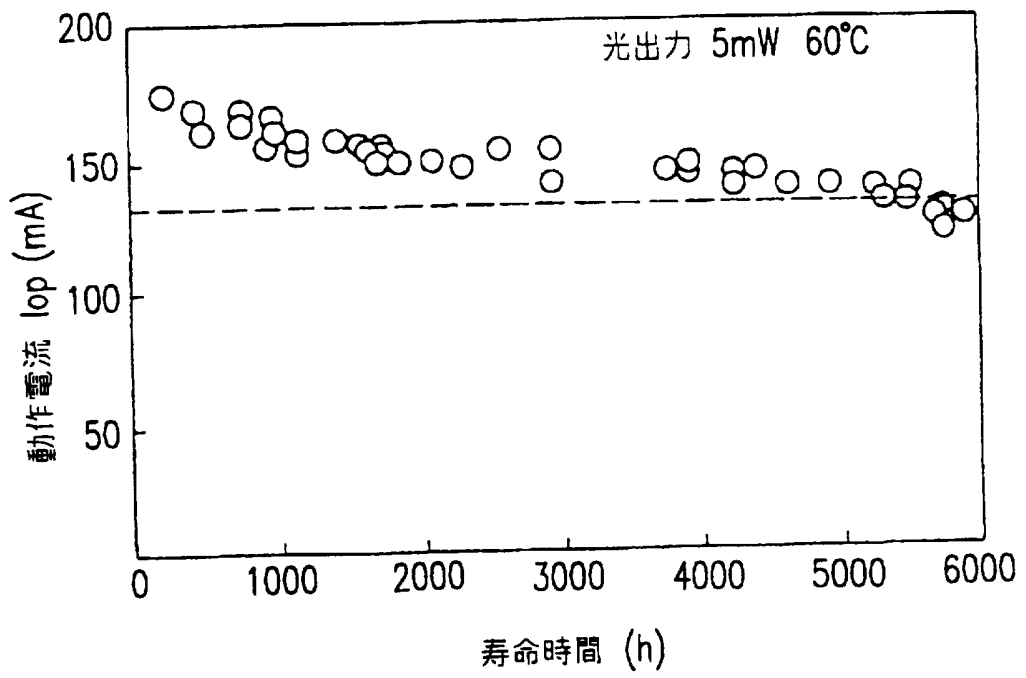
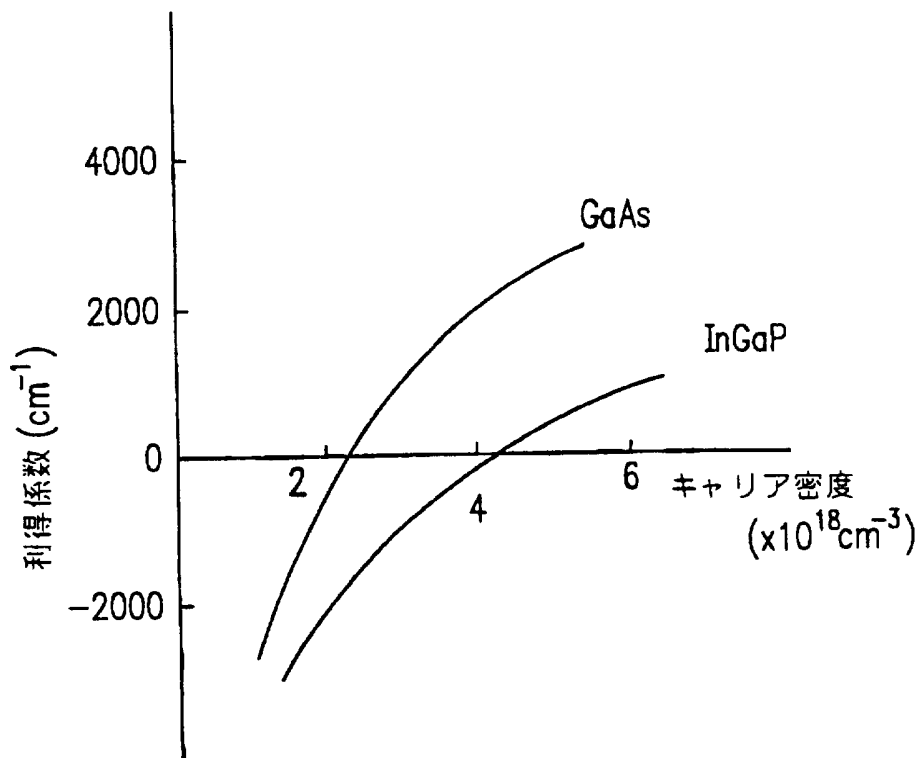


図 13



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/00643

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl<sup>6</sup> 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. Cl<sup>6</sup> H01S3/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926 - 1996
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971 - 1995
Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994 - 1996

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

JICST

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 06-260716, A (Sanyo Electric Co., Ltd.), September 16, 1994 (16. 09. 94), Column 4, line 33 to column 6, line 12; Fig. 1 & US, 5416790, A	1-4, 6, 8-12
A	IEEE Photon. Tech. Lett. Vol. 7, No. 12 (1995), H. Adachi et al. "Self-Sustained Pulsation in 650-nm-Band AlGaInP Visible-Laser Diodes with Highly Doped Saturable Absorbing Layer" p. 1406-1408	1 - 13
P	JP, 09-083064, A (Sanyo Electric Co., Ltd.), March 28, 1997 (28. 03. 97), Column 4, line 1 to column 5, line 32; Fig. 1 (Family: none)	1-3, 6, 8-11

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

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

July 7, 1997 (07. 07. 97)

Date of mailing of the international search report

July 15, 1997 (15. 07. 97)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>8</sup> 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 <sup>8</sup> 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 1926-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-1995年 日本国登録実用新案公報 1994-1996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)		
JICST		
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	JP, 06-260716 (三洋電機株式会社), A 16, 9月, 1994 (16.09.94) 第4欄第33行-第6欄第12行, 第1図 &US, 5416790, A	1-4, 6, 8-12
A	IEEE Photon. Tech. Lett. 第7巻, 第12号 (1995), H. Adachi et. al. 「Self-Sustained Pulsation in 650-nm-Band AlGaInP Visible-Laser Diodes with Highly Doped Saturable Absorbing Layer」 p.1406-1408	1-13
P	JP, 09-083064 (三洋電機株式会社), A 28, 3月, 1997 (28.03.97) 第4欄第1行-第5欄第32行, 第1図 (ファミリーなし)	1-3, 6, 8-11
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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、一般的な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	07.07.97	国際調査報告の発送日
		15.07.97
国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官 (権限のある職員)	2K 9512
日本国特許庁 (ISA/JP)	門田 かづよ	
郵便番号100		
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	電話番号 03-3581-1101	内線 3255