

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2001 年 5 月 25 日 (25.05.2001)

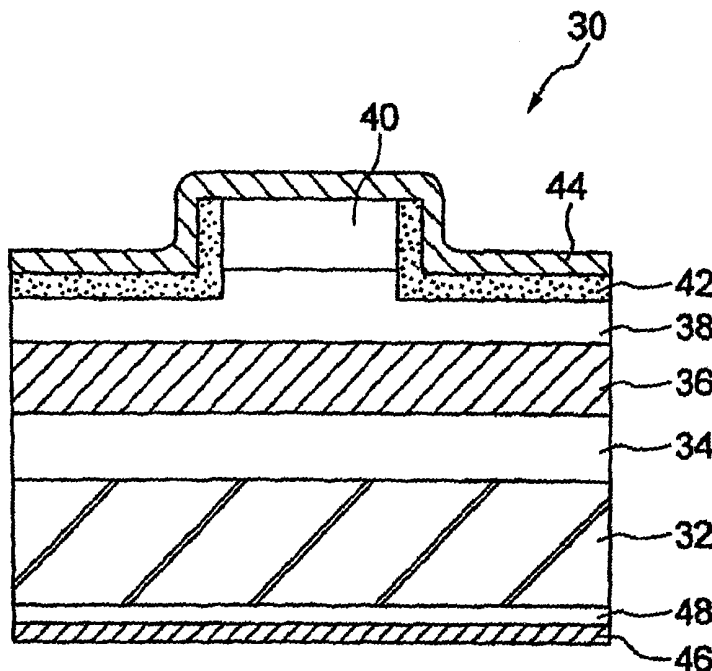
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 01/37387 A1

- (51) 国際特許分類: H01S 5/20  
(21) 国際出願番号: PCT/JP00/08067  
(22) 国際出願日: 2000 年 11 月 16 日 (16.11.2000)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ: 特願平 11-325223  
1999 年 11 月 16 日 (16.11.1999) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 古河電気工業株式会社 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒100-8322 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 Tokyo (JP).  
(72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山口武  
(81) 指定国 (国内): CA, US.  
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (CH, DE, FR, GB, IT).  
治 (YAMAGUCHI, Takeharu) [JP/JP]. 向原 智一 (MUKAIHARA, Toshikazu) [JP/JP]. 粕川 秋彦 (KASUKAWA, Akihiko) [JP/JP]; 〒100-8322 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP).  
(74) 代理人: 稲垣 清, 外 (INAGAKI, Kiyoshi et al.); 〒101-0042 東京都千代田区神田東松下町 37 番地 林道ビル 5 階 扶桑特許事務所 Tokyo (JP).  
添付公開書類:  
— 国際調査報告書  
2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER

(54) 発明の名称: 半導体レーザ素子



(57) Abstract: A semiconductor laser element (30) comprises an n-type GaAs substrate (32) having a band gap energy of  $E_{g1}$ , on which are epitaxially grown an n-type AlGaAs cladding layer (34), an active layer (36) formed as a 2-layer quantum-well structure of InGaAs and GaAs and having a band gap energy of  $E_{g2}$  smaller than  $E_{g1}$ , a p-type AlGaAs cladding layer (38), and a p-type GaAs cap layer (40). The cap layer and the p-type cladding layer have stripe mesa structures. Passivation film (42) of SiN is formed in the areas except on the cap layer, and a p-side electrode (44) is formed on exposed part of the cap layer and the passivation film. An n-side electrode (46) consisting of a metal laminate of In/AuGe/Ni/Au is formed on the back of the substrate, and an InGaAs layer (48) lies as an absorber medium between the GaAs substrate and the n-type electrode.

WO 01/37387 A1



---

(57) 要約:

半導体レーザ素子 (30) は、バンドギャップエネルギー  $E_{g1}$  の n 型 GaAs 基板 (32) 上に、順次、エピタキシャル成長した、n 型 AlGaAs クラッド層 (34)、InGaAs/GaAs の 2 層から成る量子井戸構造として形成され、バンドギャップエネルギー  $E_{g2}$  が  $E_{g1}$  より小さい活性層 (36)、p 型 AlGaAs クラッド層 (38)、及び p 型 GaAs キャップ層 (40) の積層構造を備える。キャップ層及び p 型クラッド層の上部はストライプ状メサ構造として形成されている。キャップ層上を除く領域には、SiN パッシベーション膜 (42) が成膜されていて、露出キャップ層及びパッシベーション膜上には、p 側電極 (44) が形成されている。基板裏面には、In/AuGe/Ni/Au の積層金属膜からなる n 側電極 (46) が形成され、かつ、GaAs 基板と n 型電極との間には、InGaAs 層 (48) が吸収媒質層として介在している。

技術分野

- 5       本発明は、半導体レーザ素子に関し、更に詳細には、直線的な注入電流－光出力特性を示し、かつ安定した発振スペクトルを有して光通信分野に最適な半導体レーザ素子に関するものである。

従来技術

- 光通信分野では、半導体レーザ装置が盛んに使用されていて、特にInGaAs系の980nm帯半  
10   導体レーザ装置は、光ファイバ通信系の光増幅器の励起光源として多用されている。

光増幅器の励起光源等として使用される半導体レーザ素子は、光出力及び発振スペクトルが注入電流に対して安定した関係で動作することが求められている。

具体的には、例えば光増幅動作の信頼性を高めるために、注入電流－光出力特性は直線的であることが求められ、また、戻り光の影響を抑制するために、発振スペクトルは安定した縦多モード発振が好

- 15   ましい。

ここで、図4を参照して、従来のInGaAs系の980nm帯半導体レーザ素子の構成を説明している。図4は従来のInGaAs系の980nm帯半導体レーザ素子の構成を示す断面図である。

- 従来のInGaAs系の980nm帯半導体レーザ素子10は、図4に示すように、厚さ100μm  
のn型GaAs基板12上に、順次、エピタキシャル成長させた、膜厚2μmのn型AlGaAsクラ  
20   ッド層14、InGaAs/GaAsのペアの量子井戸構造の活性層16、膜厚2μmのp型AlGa  
Asクラッド層18、及び膜厚0.3μmのp型GaAsキャップ層20からなる積層構造を備えてい  
る。

積層構造のうち、p型キャップ層20及びp型クラッド層18の上部は、幅4μmのストライプ状のメサ構造として形成されている。

- 25   p型キャップ層20上を除いて、メサ構造の側壁及びp型クラッド層18の上には、SiN膜からなるパッシベーション膜22が形成されている。

露出したp型キャップ層20及びパッシベーション膜22上には、Ti/Pt/Auの積層金属膜からなるp側電極24が、GaAs基板12の裏面には、AuGe/Ni/Auの積層金属膜からなるn側電極26が、それぞれ、形成されている。

次に、図5A～5Cを参照して、上述した従来の半導体レーザ素子10の作製方法を説明する。図5A～5Cは、それぞれ、従来のInGaAs系の980nm帯半導体レーザ素子を作製する際の工程毎の基板断面図である。

まず、n型GaAs基板12上に、MOCVD法によって、順次、膜厚2 $\mu$ mのn型AlGaAsクラッド層14、InGaAs/GaAsのペアの量子井戸構造の活性層16、膜厚2 $\mu$ mのp型AlGaAsクラッド層18、及び膜厚0.3 $\mu$ mのp型GaAsキャップ層20をエピタキシャル成長させ、  
10 図5Aに示すように、積層構造を形成する。

次いで、p型キャップ層20及びp型クラッド層18の上部をエッチングして、図5Bに示すように、幅4 $\mu$ mのストライプ状のメサ構造を形成する。

続いて、基板上全面にパッシベーション膜としてSiN膜22を成膜し、次いで、SiN膜22をエッチングして、図5Cに示すように、キャップ層20を露出させる。

15 次いで、基板上全面にTi/Pt/Auの積層金属膜を蒸着させ、p側電極24を形成する。また厚さが100 $\mu$ mになるまで、GaAs基板12の裏面を研磨し、続いて、裏面全面にAuGe/Ni/Auの積層金属膜を蒸着させ、n側電極26を形成する。これにより、図4に示す半導体レーザ素子10を作製することができる。

上述した従来の半導体レーザ素子10では、n型GaAs基板12のバンドギャップ・エネルギーE<sub>g1</sub>が1.41eVであり、活性層16のバンドギャップ・エネルギーE<sub>g2</sub>が1.27eVであって、E<sub>g1</sub>>E<sub>g2</sub>であることから、活性層から発光した光は、基板の中を伝搬することが可能となる。

そこで、半導体レーザ素子10のGaAs基板12の研磨裏面が鏡面仕上げになっている場合、GaAs基板12中を伝搬した光は、図6に示すように、基板裏面で反射され、反射光となって、再び活性層の光と結合する。

25 基板裏面での反射光と活性層からの光とが結合する場合、以下の二つの問題が生じる。

第1の問題は、キンク現象が電流－光出力特性に発生することであって、図7に示すように、注入電

流に対する光出力の直線性が損なわれる。つまり、キンク現象が発生することから、安定したAPC (Automatic Power Control) 動作を持続できなくなってしまう。

また、第2の問題は、戻り光による影響が大きくなることである。基板裏面での反射光と活性層からの光とが結合する場合、発振スペクトルでは、図8に示すように、およそ3 nm間隔のリップルが現れる。これは、通常のリペロー共振器と基板との共振器という複合共振器が形成されていることにより発生する現象である。

このような場合、縦モードが3 nm間隔で選択される。注入電流を変化させると、3 nmのモード間隔を保ったまま選択波長が主に熱効果でシフトするため、出力が変動し、過剰雑音として観測されるモードホッピング雑音が生じる。発振モードは、このリップルに起因してシングル縦モードとなることから、戻り光による耐性が悪化する。

#### 発明の概要

そこで、本発明の目的は、光出力及び発振スペクトルが注入電流に対して安定した状態で動作する半導体レーザ素子を提供することである。

15 本発明に係る半導体レーザ素子は、バンドギャップ・エネルギー $E_{g1}$ を有する半導体基板上に、 $E_{g1} > E_{g2}$ のバンドギャップ・エネルギー $E_{g2}$ を有する活性層を結晶成長させてなる半導体レーザ素子において、活性層で発振したレーザ光を吸収する吸収媒質層が、半導体基板の裏面に形成されていることを特徴としている。

20 吸収媒質層の形成方法に制約はないが、好適には、プロセスの容易性から、吸収媒質層が、半導体基板の裏面に形成された金属電極層と、半導体基板との合金化反応により形成されている。

具体的には、半導体基板裏面の吸収媒質層は、半導体基板がGaAs基板であるとき、InGaAs層であって、InとGaAsとの合金化反応により形成する。即ち、GaAs基板の基板裏面に形成された金属電極層が、基板裏面に接してIn層を有し、吸収媒質層が、基板裏面上に金属電極層を形成した後、熱処理を施して金属電極層のInとGaAs基板のGaAsとを合金化してなるInGaAs層である。

本発明に係る半導体レーザ素子では、活性層で発振するレーザ光を吸収する吸収媒質層が基板裏面に

形成されている。その結果、半導体基板のバンドギャップ・エネルギー $E_{g1}$ が活性層のバンドギャップ・エネルギー $E_{g2}$ が小さいために、活性層で発振したレーザ光が活性層側基板面から基板裏面に向けて半導体基板を通過するものの、レーザ光は吸収媒質層で吸収される。

- 従って、本発明に係る半導体レーザ素子では、半導体基板の基板裏面で反射するレーザ光の光量が減少するので、注入電流に対する光出力の直線性が維持され、かつ、発振スペクトルが安定し、発振モードがシングル縦モードになるようなことはない。

#### 図面の簡単な説明

- 図1は、本発明の一実施形態例の半導体レーザ素子の構成を示す断面図である。
- 10 図2は、実施形態例の半導体レーザ素子の注入電流－光出力特性を示すグラフである。
- 図3は、実施形態例の半導体レーザ素子の発振スペクトルを示す図である。
- 図4は、従来のInGaAs系の980nm帯半導体レーザ素子の構成を示す断面図である。
- 図5A～5Cは、それぞれ、従来のInGaAs系の980nm帯半導体レーザ素子を作製する際の工程毎の基板断面図である。
- 15 図6は、基板中を伝搬したレーザ光が基板裏面で反射し、再び活性層からのレーザ光と結合することを説明する模式図である。
- 図7は、従来の半導体レーザ素子の注入電流－光出力特性を示すグラフである。
- 図8は、実施形態例の半導体レーザ素子の発振スペクトルを示す図である。

#### 20 発明の好適な実施の態様

以下に、実施形態例を挙げ、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を具体的かつ詳細に説明する。

- 図1を参照すると、本実施形態例の半導体レーザ素子30は、図1に示すように、厚さが100 $\mu$ m程度でバンドギャップ・エネルギー $E_{g1}$ が1.41eVのn型GaAs基板32上に、順次、エピタキシャル成長した、膜厚2 $\mu$ mのn型AlGaAsクラッド層34、InGaAs/GaAsの2層から成る量子井戸構造として形成され、バンドギャップ・エネルギー $E_{g2}$ がn型GaAs基板32より
- 25 小さい1.26eVの活性層36、膜厚2 $\mu$ mのp型AlGaAsクラッド層38、及び膜厚0.3 $\mu$

mのp型GaAsキャップ層40の積層構造を備える。

p型キャップ層40及びp型クラッド層38の上部は、幅4 $\mu$ mのストライプ状メサ構造として形成されている。

5 p型キャップ層40上を除くメサ構造の側面及びp型クラッド層38上には、SiNからなるパッシベーション膜42が成膜されていて、露出したp型キャップ層40及びパッシベーション膜42上には、Ti/Pt/Auの積層金属膜からなるp側電極44が形成されている。

n型GaAs基板32の裏面には、In/AuGe/Ni/Auの積層金属膜からなるn側電極46が形成されている。そして、n型GaAs基板32とn型電極46との間には、InGaAs層48が、活性層36の発振波長のレーザ光の吸収媒質層として介在している。

10 本実施形態例の半導体レーザ素子30を作製するには、従来の方法と同様にして、n型GaAs基板32上に、MOCVD法等によって、順次、膜厚2 $\mu$ mのn型AlGaAsクラッド層44、InGaAs/GaAsの2層からなる量子井戸構造の活性層36、膜厚2 $\mu$ mのp型AlGaAsクラッド層38、及び膜厚0.3 $\mu$ mのp型GaAsキャップ層40をエピタキシャル成長させ、積層構造を形成する。

15 次に、p型キャップ層40及びp型クラッド層38の上部をエッチングして、幅4 $\mu$ mのストライプ状のメサ構造を形成し、基板上全面にパッシベーション膜としてSiN膜42を成膜し、次いでSiN膜42をエッチングしてp型キャップ層40を露出させる。

次に、基板上全面にTi/Pt/Auの積層金属膜を蒸着させ、p側電極24を形成する。また、厚さが100 $\mu$ mになるまで、GaAs基板32の裏面を研磨する。

20 続いて、本実施形態例の半導体レーザ素子30の作製では、裏面全面に、順次、In/AuGe/Ni/Auの金属膜を蒸着させ、積層金属膜からなるn側電極46を形成する。

次いで、n側電極46を形成した基板に、水素雰囲気内で温度350°の熱処理を5分間施すことにより、n側電極46を形成する積層金属膜のInとn型GaAs基板32のGaAsとの合金化反応を行う。この結果、膜厚が約100nmのInGaAs層48をn側電極46とn型GaAs基板32と

25 の間に形成することができる。

本実施形態例の半導体レーザ素子30では、980nmの発振波長に対して吸収媒質になる、バンド

ギャップ・エネルギー $E_g3$  がおよそ $0.9\text{ eV}$ のInGaAs層48がn型GaAs基板32の基板裏面に形成されている。

- その結果、n型GaAs基板32のバンドギャップ・エネルギー $E_g1$ が活性層36のバンドギャップ・エネルギー $E_g2$ が小さいために、活性層36で発振した発振波長 $980\text{ nm}$ のレーザ光が、活性層側基板面から基板裏面に向けてn型GaAs基板32を通過するものの、通過したレーザ光は、基板裏面に到達して反射されることなく、InGaAs層48で吸収される。
- 5

従って、本実施形態例では、n型GaAs基板32の基板裏面で反射するレーザ光の光量が減少するので、注入電流に対する光出力の直線性が維持され、かつ、発振スペクトルが安定し、発振モードがシングル縦モードになるようなことはない。

- 10 本実施形態例の半導体レーザ素子30と同じ構成の半導体レーザ素子を試作し、電流－光出力特性を測定したところ、図2に示すように、注入電流 $300\text{ mA}$ までキンクのない直線的特性を示した。

また、発振スペクトルを観測したところ、図3に示すように、リップルは消滅し、縦多モード発振していることが確認できた。

- なお、上記は $980\text{ nm}$ 帯レーザについて記述したが、活性層のバンドギャップ波長が $1\sim3\text{ }\mu\text{m}$ 帯のレーザ（例えば、活性層がInGaAsで構成されているもの）についても同様の効果が期待できる。
- 15

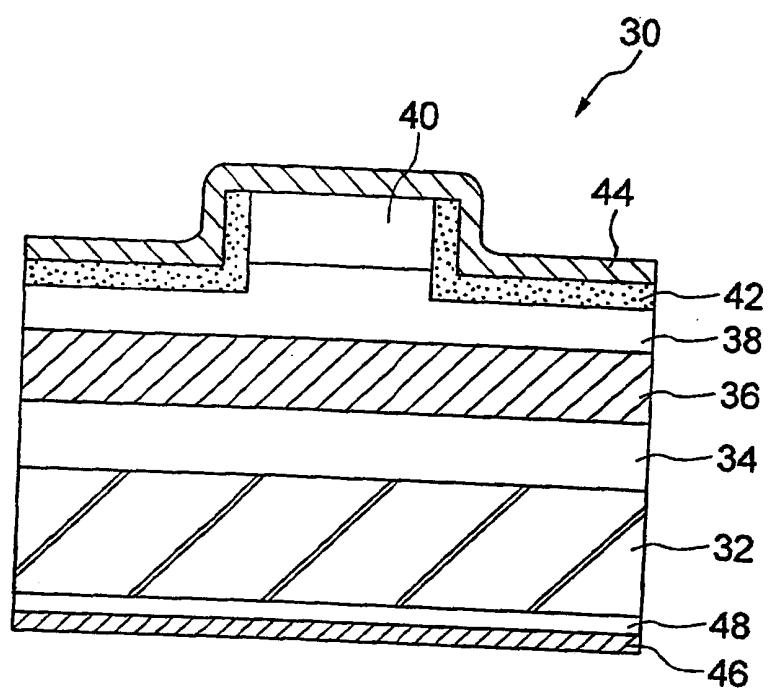


## 請求の範囲

1. バンドギャップ・エネルギー  $E_{g1}$  を有する半導体基板上に、 $E_{g1} > E_{g2}$  のバンドギャップ・エネルギー  $E_{g2}$  を有する活性層を結晶成長させてなる半導体レーザ素子において、活性層で発振したレーザ光を吸収する吸収媒質層が、半導体基板の裏面に形成されていることを特徴とする半導体レーザ素子。
2. 吸収媒質層が、半導体基板の裏面に形成された金属電極層と、半導体基板との合金化反応により形成されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ素子。
3. 半導体基板がGaAs基板であり、吸収媒質層がInGaAs層であることを特徴とする請求項1又は2に示す半導体発光素子。
4. GaAs基板の基板裏面に形成された金属電極層が、基板裏面に接してIn層を有し、吸収媒質層が、基板裏面上に金属電極層を形成した後に、熱処理を施して金属電極層のInとGaAs基板のGaAsとを合金化してなるInGaAs層であることを特徴とする請求項3に記載の半導体レーザ素子。

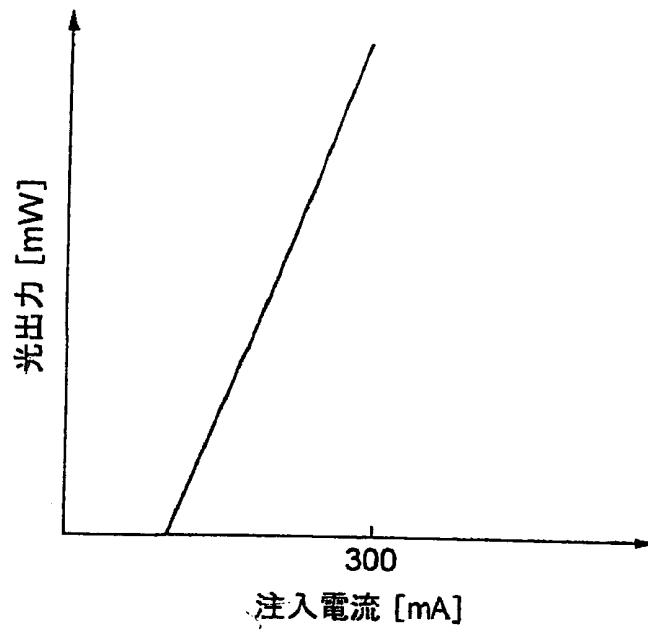
1 / 6

第1図

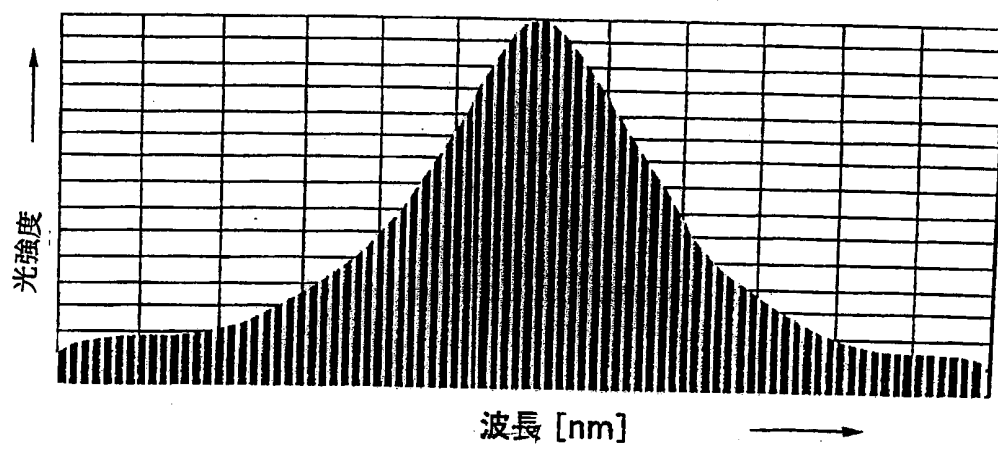


2 / 6

第2図

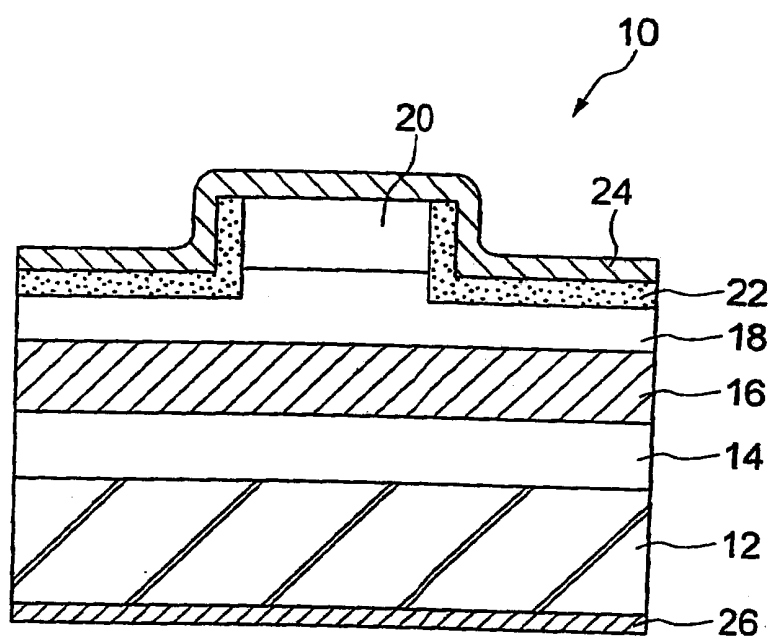


第3図



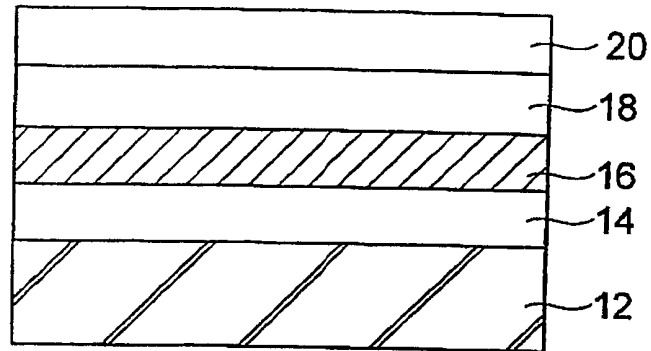
3 / 6

第4図

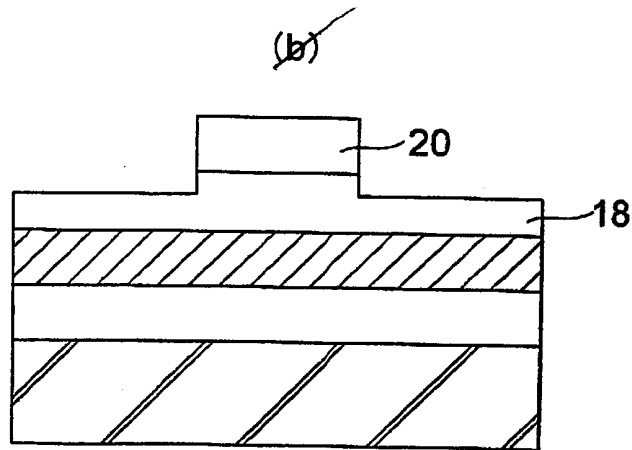


4 / 6

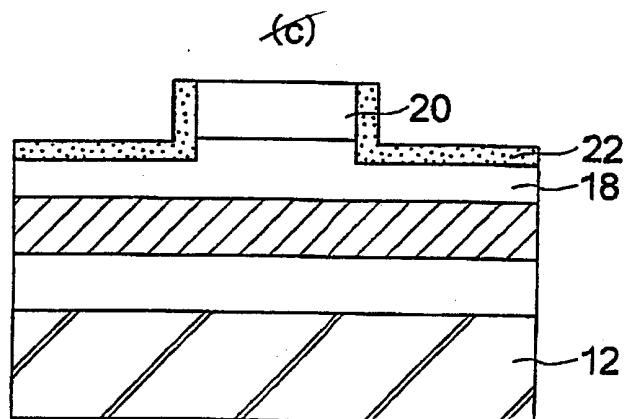
第5図A



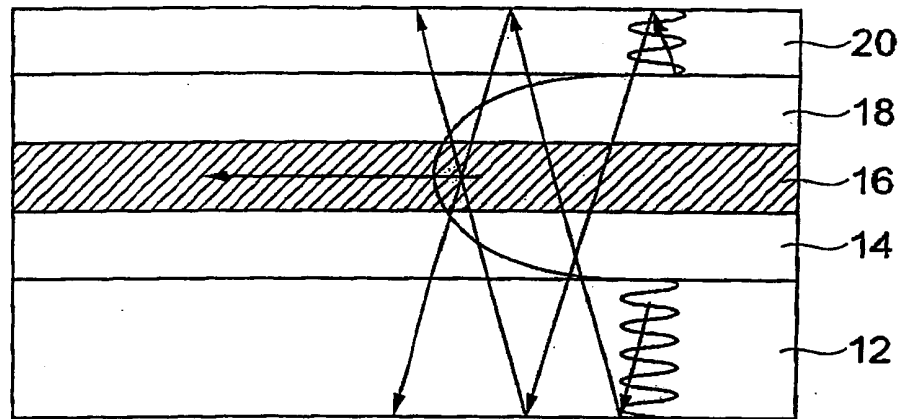
第5図B



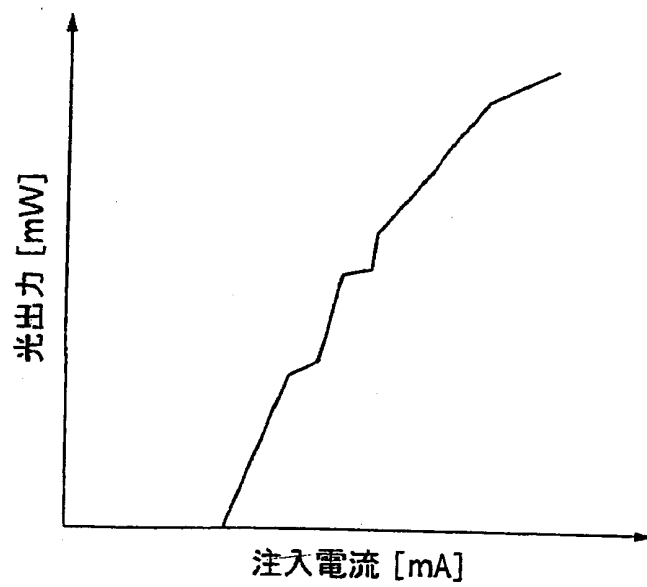
第5図C



第6図

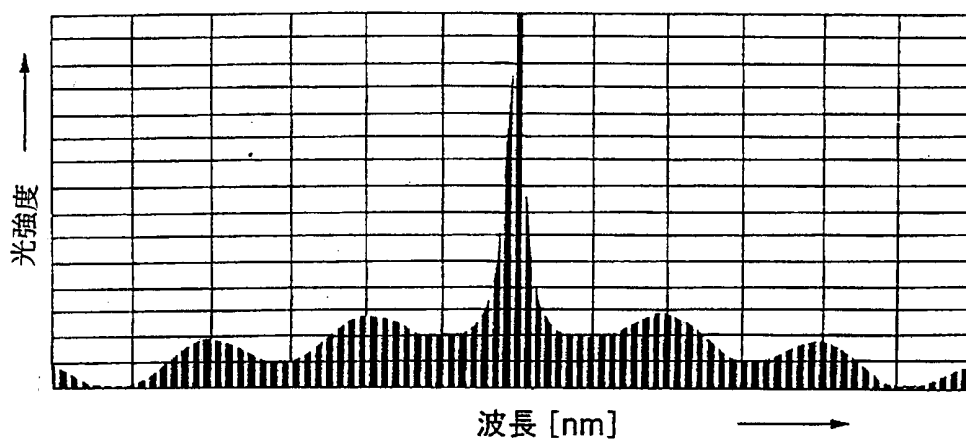


第7図



6 / 6

第8図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/08067

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> H01S 5/20

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>7</sup> H01S 5/00-5/50Documentation 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 1994-2001  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
JICST FILE (JOIS)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP, 80945, A (FUJITSU LIMITED), 08 June, 1983 (08.06.83), page 5, line 4 to page 7, line 36; Fig.3 & JP, 58-93390, A & US, 4607368, A	1, 3
Y	JP, 60-241283, A (Toshiba Corporation), 30 November, 1985 (30.11.85), page 3, left column, lines 13 to 20; Fig. 6 (Family: none)	1, 3
A	Shi-Yun Cho et al., Dependence of Output Properties on Ridge Structures and Asymmetric Facet Reflectivity in 0.98 $\mu$ m InGaAs-InGaAsP-InGaP SQW FP-LD's, IEEE Journal of Quantum Electronics, 1998, Vol.34, No.11, pp.2217-2223	3
E, X	JP, 2000-77785, A (Sony Corporation), 14 March, 2000 (14.03.00), Par. Nos. 19 to 39; Fig. 1 (Family: none)	1

☐ 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 13 February, 2001 (13.02.01)	Date of mailing of the international search report 27 February, 2001 (27.02.01)
---	--

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01S 5/20

## 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>7</sup> H01S 5/00-5/50

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 1971-2001年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2001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ファイル (JOIS)

## 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
Y	EP, 80945, A (FUJITSU LIMITED) 8. 6月. 1983 (08. 06. 83), 第5頁第4行目-第7頁第36行目, Fig. 3 & JP, 58-93390, A & US, 4607368, A	1, 3
Y	JP, 60-241283, A (株式会社東芝) 30. 11月. 1985 (30. 11. 85) 第3頁左欄第13-20行目, 第6図 (ファミリーなし)	1, 3
A	Shi-Yun Cho ET. AL., Dependence of Output Properties on Ridge Structures and Asymmetric Facet Reflectivity in 0.98 $\mu$ m InGa As-InGaAsP-InGaP SQW FP-LD's, IEEE Journal of Quantum Electronics, 1998, Vol. 34, No. 11, p. 2217-2223	3

☒ 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、一般的な技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、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

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13. 02. 01

国際調査報告の発送日

27.02.01

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

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

2K 9814

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
E, X	JP, 2000-77785, A (ソニー株式会社) 14. 3月. 2000 (14. 03. 00) 第19-39段落, 図1 (ファミリーなし)	1