

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4570712号
(P4570712)

(45) 発行日 平成22年10月27日 (2010.10.27)

(24) 登録日 平成22年8月20日 (2010.8.20)

(51) Int. Cl. F 1
GO2F 1/025 (2006.01) GO2F 1/025
GO2B 6/12 (2006.01) GO2B 6/12 J
HO1S 5/22 (2006.01) HO1S 5/22

請求項の数 7 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願平11-291890	(73) 特許権者	308033711
(22) 出願日	平成11年10月14日 (1999.10.14)		OKIセミコンダクタ株式会社
(65) 公開番号	特開2001-117058 (P2001-117058A)		東京都八王子市東浅川町550番地1
(43) 公開日	平成13年4月27日 (2001.4.27)	(74) 代理人	100083840
審査請求日	平成18年9月28日 (2006.9.28)		弁理士 前田 実
		(74) 代理人	100116964
			弁理士 山形 洋一
		(74) 代理人	100135921
			弁理士 篠原 昌彦
		(72) 発明者	山田 光志
			東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電
			気工業株式会社内
		審査官	瀬川 勝久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体導波路素子及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

下側クラッド層と、
 上側クラッド層と、
 上記下側クラッド層と上記上側クラッド層とに挟まれた光導波層と、
 上記下側クラッド層、上記光導波層、及び上記上側クラッド層を含む積層構造に電圧を印加して該積層構造に電界吸収効果を生じさせる下側電極及び上側電極と、
 を有し、上記光導波層の端面から光を入射させる半導体導波路素子において、
 上記上側クラッド層が、
 ストライプ状の幅狭部分と、
 上記幅狭部分よりも光が入射される端面に近い位置に形成されており、上記幅狭部分よりも広い幅を持つ幅広部分と、
 を有し、
 上記上側クラッド層の幅広部分と、上記下側クラッド層及び上記光導波層の幅広部分に重なる部分とがスラブ型導波路構造を形成し、
 上記上側電極が、上記上側クラッド層の幅狭部分上から上記幅広部分上まで延びており、
 上記下側電極が、上記上側クラッド層の幅狭部分下から上記幅広部分下まで延びており、
 上記積層構造は、基板の平坦な面上に上記半導体導波路素子の全長にわたって形成され

ている、
ことを特徴とする半導体導波路素子。

【請求項 2】

上記上側クラッド層の両側にそれぞれ、チャンネルが形成されていることを特徴する請求項 1 に記載の半導体導波路素子。

【請求項 3】

上記光導波層が上記上側クラッド層と同じ幅を持つことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体導波路素子。

【請求項 4】

上記チャンネルの端部が、光が入射される上記端面までたっしていないように形成されていることを特徴する請求項 2 に記載の半導体導波路素子。

10

【請求項 5】

前記スラブ型導波路構造の光伝搬方向に沿った長さは 10 μm 以上であることを特徴とする請求項 1 から 4 までのいずれか一つに記載の半導体導波路素子。

【請求項 6】

単一の基板と、
上記基板上に形成された半導体レーザ部及び半導体光機能部と、
を有する半導体導波路素子において、
上記半導体光機能部が、上記請求項 1 から 5 までのいずれか一つに記載の半導体導波路素子からなることを特徴とする半導体導波路素子。

20

【請求項 7】

単一の基板と、
上記基板上に形成されたレーザ光の振幅の変調部及び半導体光機能部と、
を有する半導体導波路素子において、
上記半導体光機能部が、上記請求項 1 から 5 までのいずれか一つに記載の半導体導波路素子からなることを特徴とする半導体導波路素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば、電界吸収型光強度変調器（EA 変調器）や過飽和吸収素子（SA 素子）等の半導体導波路素子及びその製造方法に関し、特に、入力光が入射する端面付近の構造に関するものである。

30

【0002】

【従来の技術】

EA 変調器は、電気 - 光変換器としてだけでなく、光ゲートや、光 - 光スイッチ等の様々な用途への応用が検討されている。このため、EA 変調器への許容入力光パワーの増大の要求が強まると予想される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、EA 変調器において入力光パワー又は逆方向電圧を大きくしていくと、光入力端面付近のコア層において大きなフォトルントが発生し、この端面付近の温度が半導体材料の融点に達して素子が破壊されるという問題があった。

40

【0004】

特に、チャンネル構造を持つリブ型（又はリッジ型）導波路素子の場合には、隆起部分の両側が空気又はポリイミド充填層であるので、フォトルントによって発生した熱が放熱されにくく、許容入力光パワーが低いという問題があった。

【0005】

そこで、本発明は上記したような従来技術の課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、許容入力光パワーの大きい半導体導波路素子及びその製造方法を提供することにある。

50

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

請求項1の半導体導波路素子は、下側クラッド層と、上側クラッド層と、上記下側クラッド層と上記上側クラッド層とに挟まれた光導波層と、上記下側クラッド層、上記光導波層、及び上記上側クラッド層を含む積層構造に電圧を印加して該積層構造に電界吸収効果を生じさせる下側電極及び上側電極とを有し、上記光導波層の端面から光を入射させるものであって、上記上側クラッド層が、ストライプ状の幅狭部分と、上記幅狭部分よりも光が入射される端面に近い位置に形成されており、上記幅狭部分よりも広い幅を持つ幅広部分とを有している。

【 0 0 0 7 】

さらに、請求項1の半導体導波路素子は、上記上側クラッド層の幅広部分と、上記下側クラッド層及び上記光導波層の上記幅広部分に重なる部分とがスラブ型導波路構造を形成し、上記上側電極が、上記上側クラッド層の幅狭部分上から上記幅広部分上まで延びており、上記下側電極が、上記上側クラッド層の幅狭部分下から上記幅広部分下まで延びており、上記積層構造は、基板の平坦な面上に上記半導体導波路素子の全長にわたって形成されている、ことを特徴としている。

【 0 0 0 8 】

また、半導体導波路素子は、上記上側クラッド層の幅広部分は、光が入射される上記端面に近づくにつれて幅が広くなることを特徴としてもよい。

【 0 0 0 9 】

また、請求項2の半導体導波路素子は、上記上側クラッド層の両側にそれぞれ、チャンネルが形成されていることを特徴している。

【 0 0 1 0 】

また、半導体導波路素子は、上記チャンネルの幅が、光が入射される上記端面に近づくにつれて狭くなることを特徴してもよい。

【 0 0 1 1 】

また、請求項3の半導体導波路素子は、上記光導波層が上記上側クラッド層と同じ幅を持つことを特徴としている。

【 0 0 1 3 】

また、半導体導波路素子は、下側クラッド層と、上側クラッド層と、上記下側クラッド層と上記上側クラッド層とに挟まれた光導波層と、上記下側クラッド層、上記光導波層、及び上記上側クラッド層を含む積層構造に電圧を印加する下側電極及び上側電極とを有し、上記光導波層の端面から光を入射させるものであって、上記上側クラッド層と上記光導波層とが上記下側クラッド層より幅の狭いストライプ状であり、上記上側クラッド層と上記光導波層との側面に接し、少なくとも不純物キャリア濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下の半導体材料からなる半導体積層体を設けたことを特徴とする形態もあり得る。

【 0 0 1 4 】

また、半導体導波路素子は、上記半導体積層体が、上記光導波層を構成する半導体材料と格子整合の関係にある半導体材料からなることを特徴としてもよい。

【 0 0 1 5 】

また、半導体導波路素子は、上記半導体積層体上の、光が入射される上記端面の近傍に金属部材を備えたことを特徴としてもよい。

【 0 0 1 6 】

また、半導体導波路素子は、下側クラッド層と、上側クラッド層と、上記下側クラッド層と上記上側クラッド層とに挟まれた光導波層と、上記下側クラッド層、上記光導波層、及び上記上側クラッド層を含む積層構造に電圧を印加する下側電極及び上側電極とを有し、上記光導波層の端面から光を入射させるものであって、光が入射される上記端面の近傍に金属部材を備えたことを特徴とする形態もあり得る。

【 0 0 1 7 】

また、半導体導波路素子は、上記上側クラッド層が上記光導波層を露出させるチャンネル

10

20

30

40

50

を有し、上記金属部材が、上記チャンネル内の上記光導波層上に備えられたことを特徴としてもよい。

【0018】

また、半導体導波路素子は、下側クラッド層と、上側クラッド層と、上記下側クラッド層と上記上側クラッド層とに挟まれた光導波層と、上記上側クラッド層の一部をストライプ状に残すように、上記ストライプ状の部分の両脇にそれぞれ形成されたチャンネルと、上記下側クラッド層、上記光導波層、及び上記上側クラッド層を含む積層構造に電圧を印加する下側電極及び上側電極とを有し、上記光導波層の端面から光を入射させるものであって、上記チャンネルの深さが、光が入射される端面に近づくほど浅くなるように上記上側クラッド層を形成したことを特徴とする形態もあり得る。

10

【0019】

また、上記半導体導波路素子は、上記チャンネルの端部が、光が入射される上記端面まで達するように形成されていることを特徴としてもよい。

【0020】

また、請求項4の半導体導波路素子は、上記チャンネルの端部が、光が入射される上記端面までたっしていないように形成されていることを特徴している。

【0021】

また、上記半導体導波路素子は、単一の基板と、上記基板上に形成された半導体レーザ部及び半導体光機能部とを有する素子であって、上記半導体光機能部が、上記半導体導波路素子からなることを特徴としてもよい。

20

【0022】

また、上記半導体導波路素子は、単一の基板と、上記基板上に形成されたレーザ光の振幅の変調部及び半導体光機能部とを有する素子であって、上記半導体光機能部が、上記半導体導波路素子からなることを特徴としてもよい。

【0023】

また、半導体導波路素子の製造方法は、基板上に、下側クラッド層、光導波路層、及び第一の上側クラッド層を順に堆積させる工程と、上記第一の上側クラッド層に幅広の露出部と幅狭の露出部とが形成されるように、上記第一の上側クラッド層上に第一のマスクを形成する工程と、上記第一のマスク及び上記第一の上側クラッド層を覆うように第二の上側クラッド層を形成する工程と、上記第二の上側クラッド層上に、チャンネル形成部分に開口部を備えた第二のマスクを形成する工程と、ドライエッチングにより第二のマスクの開口部にある上記第二の上側クラッド層を除去する工程とを有することを特徴とする形態もあり得る。

30

【0024】

また、半導体導波路素子の製造方法は、基板上に、下側クラッド層、光導波路層、及び上側クラッド層を順に堆積させる工程と、上記上側クラッド層上に、チャンネル形成部分に開口部を備えたマスクを形成する工程と、上記マスクの開口部上に逆メサ構造の遮蔽体と置く工程と、ドライエッチングによりマスクの開口部にある上記第二の上側クラッド層を除去する工程とを有することを特徴とする形態もあり得る。

【0025】

40

【発明の実施の形態】

実施の形態1

図1は、本発明の実施の形態1に係る半導体導波路素子の構成を概略的に示す斜視図である。また、図2は、図1の平面図（電極を除く）、図3は、図2の $S_3 - S_3$ 線断面図、図4は、図2の $S_4 - S_4$ 線断面図である。

【0026】

図1に示されるように、実施の形態1の半導体導波路素子は、一方の導波路端面側がスラブ型導波路構造部110を成しており、他方の導波路端面側がスラブ型導波路構造部110と一体に形成されたりブ（リッジ）型導波路構造部120を成している。実施の形態1の半導体導波路素子は、例えば、EA変調器やSA素子であるが、これらに限定されない

50

。

【0027】

実施の形態1の半導体導波路素子は、第一導電型半導体からなる基板10と、この基板10上に備えられた第一導電型半導体からなる下側クラッド層20と、この下側クラッド層20上に備えられた光導波層30と、この光導波層(活性層又はコア層)30上に備えられた第二導電型半導体(即ち、第一導電型と異なる導電型)からなる上側クラッド層40と、この上側クラッド層40上に備えられたオーミックコンタクト層50とを有する。実施の形態1においては、基板10は n^+ -InPからなり、下側クラッド層20は n -InPからなり、光導波層30はundoped(不純物注入処理を施されていない)-InGaAsPからなり、上側クラッド層40は p -InPからなり、オーミックコンタクト層50は、 p^+ -InGaAsからなる。但し、各層の材料は、上記のものに限定されない。

10

【0028】

上記積層構造により、垂直方向の光閉じ込め構造が、半導体導波路素子の全長さに渡って形成されている。そして、長さが $10\mu\text{m}$ ~ $20\mu\text{m}$ 程度のスラブ型導波路構造部110に隣接して、リブ型導波路構造部120が形成されている。

【0029】

上側クラッド層40は、ストライプ状の隆起構造である幅狭部分41と、この幅狭部分41よりも光が入射される端面43に近い位置に形成されており、幅狭部分41よりも広い幅を持つ幅広部分42とを有する。ストライプ状の幅狭部分41の両脇にはチャンネル60が形成されている。実施の形態1においては、チャンネル60は、図3に示されるように、光導波層30を露出させる深さを持つ。また、チャンネル60には、例えば、ポリイミドが充填されている。

20

【0030】

また、実施の形態1の半導体導波路素子は、オーミックコンタクト層50の上に備えられた第二導電型の上側電極70と、基板10の下側に備えられた第一導電型の下側電極80とを有している。尚、上側電極70は、スラブ型導波路構造部110上にも形成されている。また、光が入出力する端面上には無反射膜(AR膜)90及び100が形成されている。

【0031】

実施の形態1の半導体導波路素子においては、スラブ型導波路構造部110側の端面から光の入力を行う。スラブ型導波路構造部110に入力した光は、上側電極70及び下側電極80により光導波層30に電界が印加されている場合には、電界吸収効果により光吸収を受け、フォトキャリアが発生してフォトカレントが流れる。このとき、光導波路30の熱抵抗により、光導波路30自体の温度が上昇する。しかし、実施の形態1のスラブ型導波路構造部110では、両脇にチャンネル60が形成された幅狭部分41とは異なり、光導波路30で発生した熱が光導波層30及び上側クラッド層40を通して横方向に効率的に放散される。従って、実施の形態1の半導体導波路素子によれば、スラブ型導波路構造部110を持たない素子に比べ、許容入力光パワーを向上させることができる。

30

【0032】

図5は、スラブ型導波路構造部(スラブ領域)110の長さ $[\mu\text{m}]$ と、素子が破壊される直前の破壊パワー(フォトカレントと印加電圧の積) $[\text{mW}]$ との関係の実験結果を示す図である。ここでは、スラブ型導波路構造部110に入射する光のパワーを 30mW に固定し、波長 $1.535\mu\text{m}$ の光を用い、光導波層30に印加される電圧を変化させることによって破壊パワーを測定した。図5に示される実験結果から、スラブ領域の長さを $10\mu\text{m}$ 以上にすれば、破壊レベルが2倍以上に改善されることが判明した。

40

【0033】

また、実施の形態1の半導体導波路素子を構成する半導体材料の結晶成長工程は1回で済むために、製造プロセスが複雑ではなく、素子の低コスト化が実現できる。

【0034】

50

また、図6は、本発明の実施の形態1に係る半導体導波路素子の変形例の構成を概略的に示す斜視図である。図7は、図6の $S_7 - S_7$ 線断面図、図8は、図6の $S_8 - S_8$ 線断面図である。図6から図8までに示されるように、この変形例の半導体導波路素子においては、光導波層30及び下側クラッド層20の上側の一部が、上側クラッド層40の幅狭部分41と同じ幅を持つように、図1の場合より、チャンネル60（ポリイミド充填部）が深く形成されている。上記以外の点については、図6から図8までに示される変形例は、上記図1から図5までに示される例と同一である。

【0035】

実施の形態2

図9は、本発明の実施の形態2に係る半導体導波路素子の構成を概略的に示す斜視図である。また、図10は、図9の平面図（電極を除く）である。これらの図に示されるように、実施の形態2の半導体導波路素子においては、チャンネル60が、光入射端面43まで延びている点、及び、上側クラッド層40の幅広部分44の幅が、光が入射される端面43に近づくとつれて広がるようにテーパ状に形成した点が上記実施の形態1の場合と相違する。

10

【0036】

実施の形態2の半導体導波路素子によれば、光導波層30で発生した熱が光導波層30及びテーパ状に形成された上側クラッド層40を通して横方向に効率的に放散されるので、上側クラッド層40に幅広部分を持たない素子に比べ、許容入力光パワーを向上させることができる。

20

【0037】

また、上記実施の形態1の場合と同様に、実施の形態2の半導体導波路素子を構成する半導体材料の結晶成長工程は1回で済むために、製造プロセスが複雑ではなく、素子の低コスト化を達成できる。

【0038】

さらに、実施の形態2の半導体導波路素子によれば、光が端面43から入力すると、導波路を伝搬して他方の端面45に到達し、ここで反射して導波路を逆行する。逆行した光は、テーパ状に形成された幅広部分44で広がり、入射端面43に当たる。ここで残留反射による反射が生じるが、この反射光は広がり角を保持したまま伝搬するので、チャンネルの外側に向けて伝搬した成分は、導波路に結合せず放射される。このため、端面45からの出力光と多重反射光との干渉が抑えられ、干渉ノイズの低減された高品質の光変調信号を出力でき、誤り率が低減され、光通信における伝送距離を拡大できる。

30

【0039】

図11は、実施の形態2に係る半導体導波路素子の変形例の構成を概略的に示す斜視図である。また、図12は、図10の平面図（電極を除く）である。これらの図に示されるように、この変形例の半導体導波路素子においては、チャンネル60が光が入射される端面43に近づくとつれて細くなっている点、及び、チャンネル60の先端が光が入射される端面43に達していない点が図9及び図10の例と相違する。

【0040】

また、図13は、実施の形態2に係る半導体導波路素子の他の変形例を示す平面図（電極を除く）である。図13の例は、チャンネル60の先端が光が入射される端面43に達している点のみが図11及び図12の素子と相違する。

40

【0041】

さらにまた、図14は、実施の形態2に係る半導体導波路素子の他の変形例を示す平面図（電極を除く）である。図14の例は、チャンネル60の先端が円弧状である点のみが図11及び図12の素子と相違する。

【0042】

また、図15は、実施の形態2に係る半導体導波路素子の他の変形例を示す平面図（電極を除く）である。図15の例は、チャンネル60の先端が円弧状である点のみが図9及び図10の素子と相違する。

50

【 0 0 4 3 】

上記した、図 1 1 から図 1 5 までの変形例のそれぞれによっても、図 9 及び図 1 0 の素子と同様に、出力光と多重反射光との干渉が抑えられ、干渉ノイズの低減された高品質の光変調信号を出力でき、誤り率が低減され、伝送距離を拡大できる。

【 0 0 4 4 】

実施の形態 3

図 1 6 は、本発明の実施の形態 3 に係る半導体導波路素子の構成を概略的に示す斜視図である。また、図 1 7 は、図 1 6 の $S_{17} - S_{17}$ 線断面図である。

【 0 0 4 5 】

図 1 6 に示されるように、実施の形態 3 の半導体導波路素子は、埋め込みヘテロ構造 (B H 構造) の素子である。この半導体導波路素子は、第一導電型半導体からなる基板 3 1 0 と、この基板 3 1 0 上に備えられた第一導電型半導体からなる下側クラッド層 3 2 0 と、この下側クラッド層 3 2 0 上に備えられた光導波層 (活性層又はコア層) 3 3 0 と、この光導波層 3 3 0 上に備えられた第二導電型半導体からなる上側クラッド層 3 4 0 と、この上側クラッド層 3 4 0 上に備えられたオーミックコンタクト層 3 5 0 とを有する。実施の形態 3 においては、基板 3 1 0 は $n^+ - \text{InP}$ からなり、下側クラッド層 3 2 0 は $n - \text{InP}$ からなり、光導波層 3 3 0 は $\text{undoped} - \text{InGaAsP}$ からなり、上側クラッド層 3 4 0 は $p - \text{InP}$ からなり、オーミックコンタクト層 3 5 0 は、 $p^+ - \text{InGaAs}$ からなる。但し、各層の材料は、上記のものに限定されない。リブ型導波路のストライプの両脇は $\text{undoped} - \text{InP}$ (不純物キャリア濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下) によって埋め込まれている。

ここで、埋め込み材料は、光導波層 3 3 0 と格子整合する関係にあるものであれば、他の半導体材料を用いてもよい。

【 0 0 4 6 】

また、実施の形態 3 の半導体導波路素子は、オーミックコンタクト層 3 5 0 の上に備えられた第二導電型の上側電極 3 7 0 と、基板 3 1 0 の下側に備えられた第一導電型の下側電極 3 8 0 を有している。また、光が入出力する端面上には無反射膜 9 0 及び 1 0 0 が形成されている。

【 0 0 4 7 】

実施の形態 3 の半導体導波路素子においては、光の入射により光導波層 3 3 0 で発生した熱が埋め込み材料である $\text{undoped} - \text{InGaAsP}$ を通して横方向に効率的に放散される。従って、実施の形態 1 の半導体導波路素子と同様の効果が得られる。

【 0 0 4 8 】

また、実施の形態 3 の半導体導波路素子を構成する半導体材料の結晶成長工程は 2 回必要であるが、実施の形態 1 の場合のようにポリミドをチャンネルに充填する工程を省略できるので、製造プロセスは複雑にはならず、素子の低コスト化が実現できる。

【 0 0 4 9 】

また、光のモードプロファイルがほぼ円形になるように素子を設計することができるので、特に、光ファイバとの光結合の際、レンズを介さなくても高い結合効率を実現できる。

【 0 0 5 0 】

さらにまた、実施の形態 3 の素子によれば、実施の形態 1 におけるスラブ領域での過剰な電気容量の増加を無くすことができるので、高速動作が期待できる。

【 0 0 5 1 】

実施の形態 4

図 1 8 は、本発明の実施の形態 4 に係る半導体導波路素子の構成を概略的に示す平面図 (電極を除く) である。また、図 1 9 は、図 1 8 の $S_{19} - S_{19}$ 線断面図、図 2 0 は、図 1 8 の $S_{20} - S_{20}$ 線断面図である。

【 0 0 5 2 】

実施の形態 4 の半導体導波路素子においては、上側クラッド層 3 4 0 が下側クラッド層 3 2 0 より幅の狭いストライプ状の隆起構造を持ち、金属部材 4 1 0 が、上側クラッド層 3

10

20

30

40

50

40 側面の埋め込み層 361 (実施の形態 3 の埋め込み層 360 と同じ材質からなる層) の隆起構造の両脇であって、光導波層 330 上に備えられている。金属部材 410 は、導波路自体に接続される電極 350 には電氣的に接触していない。金属は、一般に極めて熱伝導率が大きく、従って、光吸収電流による発熱を効率的に放散できる。また、この素子をキャリアにジャンクションダウン実装する場合 (後述の図 23 参照) には、信号ライン電極を介した熱の放散に加えて、金属部材 410 を介して放熱性を向上することが可能である。

【0053】

図 21 は、本発明の実施の形態 4 に係る半導体導波路素子の变形例の構成を概略的に示す斜視図である。また、図 22 は、図 21 の $S_{22} - S_{22}$ 線断面図、図 23 は、キャリア 400 の電極 420 及び金属部材 430 上に図 21 の素子をジャンクションダウン実装する場合の説明図である。図 21 から図 23 までに示される变形例によっても、図 18 から図 20 までに示される例と同様の効果を得ることができる。また、信号ライン電極を介した熱の放散に加えて、キャリア上に形成されたの放熱用金属側を介して、熱の放散を更に効率的に行うことができる。さらにまた、半導体導波路素子とキャリアの密着強度を向上させることもできる。

【0054】

実施の形態 5

図 24 は、本発明の実施の形態 5 に係る半導体導波路素子の構成を概略的に示す斜視図である。また、図 25 は、図 24 の $S_{25} - S_{25}$ 線断面図である。図 24 及び図 25 において、図 1 から図 4 までに示される実施の形態 1 の素子の構成と同一又は対応する部分には同一の符号を付す。実施の形態 5 の半導体導波路素子は、チャンネル 60 の深さが、光が入射される端面 43 に近づくほど浅くなるように上側クラッド層 40 を形成している点及びチャンネル 60 の先端が光入射端面 43 の近傍又は光入射端面 43 に達する位置まで延びている点が、上記実施の形態 1 の素子と相違する。実施の形態 5 の素子によれば、上側クラッド層 40 による水平方向の放熱性が光入射端面 43 近傍で良好になるので、実施の形態 1 の素子と同様の効果が得られる。尚、実施の形態 5 において上記以外の点は、上記実施の形態 1 の場合と同一である。

【0055】

図 26 から図 30 までは、図 24 の半導体導波路素子の製造方法 (2 個の素子を形成する場合) の一例を概略的に示すものであり、(b) は平面図であり、(a) 及び (c) は断面図である。

【0056】

この製造方法においては、先ず、図 26 に示されるように、基板 10 上に、下側クラッド層 20、光導波路層 30、及び第一の上側クラッド層 40a を順に堆積させる。ここで、第一の上側クラッド層 40a は約 $0.2 \mu\text{m}$ 厚である。

【0057】

次に、図 27 に示されるように、第一の上側クラッド層 40a に幅広の露出部 40aa と幅狭の露出部 40ab とが形成されるように、第一の上側クラッド層 40a 上に第一のマスク 130 を形成する。ここで、幅狭の露出部 40ab は、切断により、半導体導波路素子の光入射端面になる部分である。また、マスク 130 は、 SiO_2 からなる。また、マスク 130 の平面形状は、図 27 (b) のものに限定されない。マスク 130 の平面形状は、矩形ではなく、半導体導波路素子の光入射端面になる部分において狭くなるような曲線状の端部を有するものであってもよい。

【0058】

次に、図 28 に示されるように、第一の上側クラッド層 40a を覆うように第二の上側クラッド層 40b とオーミックコンタクト層 50 を堆積させる。このとき、図 28 (a) に示されるように、半導体導波路素子の光入射端面になる部分において厚く成長する。尚、第一のマスク 130 の上には、結晶成長は生じない。

【0059】

10

20

30

40

50

次に、図 29 に示されるように、オーミックコンタクト層 50 上に、チャンネル形成部分に 2 本の開口部 140 a を備えた第二のマスク 140 を形成する。マスク 140 は、SiO₂ からなる。

【0060】

次に、第二のマスク 140 の開口部 140 a にあるオーミックコンタクト層 50、第二の上側クラッド層 40 b 及び第一の上側クラッド層 40 a をドライエッチングし、その後、第二のマスク 140 を除去する。このとき、図 30 (a) 及び (c) に示されるように、半導体導波路素子の光入射端面になる部分において、上側クラッド層 40 が残存し、図 30 (c) に符号 40 c で示されるような、チャンネル底部を構成する傾斜部が形成される。

10

【0061】

図 31 から図 34 までは、図 24 の半導体導波路素子の製造方法 (2 個の素子を形成する場合) の他の例を概略的に示すものであり、(b) は平面図であり、(a) 及び (c) は断面図である。

【0062】

この製造方法においては、先ず、図 31 に示されるように、基板 10 上に、下側クラッド層 20、光導波路層 30、上側クラッド層 40、及びオーミックコンタクト層 50 を順に堆積させる。

【0063】

次に、図 32 に示されるように、オーミックコンタクト層 50 上に、チャンネル形成部分に 2 本の開口部 150 a を備えた第二のマスク 150 を形成する。マスク 150 は、SiO₂ からなる。

20

【0064】

次に、図 33 に示されるように、マスク 150 の開口部 150 上であって、半導体導波路素子の光入射端面になる部分上に逆メサ構造の遮蔽体 160 を置く。

【0065】

次に、図 34 に示されるように、マスク 150 の開口部 150 a にある上側クラッド層 40 をドライエッチングし、その後、マスク 150 を除去する。このとき、図 34 (a) 及び (c) に示されるように、半導体導波路素子の光入射端面になる部分において、上側クラッド層 40 が残存し、図 30 (c) に符号 40 c で示されるような、チャンネル底部を構成する傾斜部が形成される。

30

【0066】

実施の形態 6

図 35 は、本発明の実施の形態 6 に係る半導体導波路素子を概略的に示す斜視図である。図 35 に示されるように、実施の形態 6 の半導体導波路素子は、単一の基板 10 と、この基板 10 上に形成された半導体レーザ部 500 及び半導体光機能部 510 とを有する。実施の形態 6 においては、半導体レーザ部 500 からのレーザ光を半導体光機能部 510 が変調する。半導体レーザ部 500 と、半導体光機能部 510 とは共通のチャンネル 60 を持ち、連結部分の上側クラッド層 40 が幅広になるようにチャンネル 60 の幅が狭くなっている。実施の形態 6 の半導体光機能部 510 は、上記実施の形態 2 の半導体導波路素子と同様の機能を持つので、実施の形態 2 と同様の効果を得ることができる。

40

【0067】

尚、半導体レーザ 500 に代えて、レーザ光の振幅の増幅又は減衰部 (例えば、半導体光増幅器や可変光減衰器等) を備えてもよい。また、図示の半導体機能部 510 に代えて、上記実施の形態 1 から 5 までの他の半導体導波路素子の構造を採用することもできる。

【0068】

尚、上記した実施の形態 1 から 6 までは、基板 10 の結晶の面方位、あるいは、ストライプの形成方向には限定されるものではない。また、上記した実施の形態 1 から 6 までは、それぞれの領域の光導波層の形成及び成長方法には、限定されるものではない。また、上記した実施の形態 1 から 6 までの光導波層 30 の構造は、多重量子井戸構造であってもよ

50

い。さらにまた、上記実施の形態 1 から 6 までにおいては、一方の端面側にのみに放熱構造を形成しているが、他方の端面側に形成してもよい。また、上記実施の形態に 1 から 6 おける半導体導波路素子は、EA 変調器に限らず、SA 素子であってもよい。

【0069】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 から 7 までの発明によれば、フォトカレントに起因する発熱を効率的に放熱できるので、許容入力光パワーを向上させることができるという効果がある。

【0070】

また、上側クラッド層の幅広部分が、光が入射される上記端面に近づくにつれて幅が広くなることを特徴とする場合、出力光と多重反射光との干渉が抑えられ、干渉ノイズの低減された高品質の光変調信号を出力でき、誤り率が低減され、伝送距離を拡大できるという効果がある。

【0071】

また、半導体導波路素子の製造方法としては、基板上に、下側クラッド層、光導波路層、及び第一の上側クラッド層を順に堆積させる工程と、上記第一の上側クラッド層に幅広の露出部と幅狭の露出部とが形成されるように、上記第一の上側クラッド層上に第一のマスクを形成する工程と、上記第一のマスク及び上記第一の上側クラッド層を覆うように第二の上側クラッド層を形成する工程と、上記第二の上側クラッド層上に、チャンネル形成部分に開口部を備えた第二のマスクを形成する工程と、ドライエッチングにより第二のマスクの開口部にある上記第二の上側クラッド層を除去する工程とを有することを特徴とする製造方法、並びに、基板上に、下側クラッド層、光導波路層、及び上側クラッド層を順に堆積させる工程と、上記上側クラッド層上に、チャンネル形成部分に開口部を備えたマスクを形成する工程と、上記マスクの開口部上に逆メサ構造の遮蔽体と置く工程と、ドライエッチングによりマスクの開口部にある上記第二の上側クラッド層を除去する工程とを有することを特徴とする製造方法があり得るが、これら製造方法によれば、チャンネルの深さが、光が入射される端面に近づくほど浅くなるような上側クラッド層を簡単な工程で形成することができるので、素子の低コスト化を達成できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態 1 に係る半導体導波路素子の構成を概略的に示す斜視図である。

【図 2】 図 1 の平面図（電極を除く）である。

【図 3】 図 2 の $S_3 - S_3$ 線断面図である。

【図 4】 図 2 の $S_4 - S_4$ 線断面図である。

【図 5】 スラブ型導波路構造部（スラブ領域）の長さ〔 μm 〕と、素子が破壊される直前の破壊パワー（フォトカレントと印加電圧の積）〔 mW 〕との関係の実験結果を示す図である。

【図 6】 実施の形態 1 に係る半導体導波路素子の變形例の構成を概略的に示す斜視図である。

【図 7】 図 6 の $S_7 - S_7$ 線断面図である。

【図 8】 図 6 の $S_8 - S_8$ 線断面図である。

【図 9】 本発明の実施の形態 2 に係る半導体導波路素子の構成を概略的に示す斜視図である。

【図 10】 図 9 の平面図（電極を除く）である。

【図 11】 実施の形態 2 に係る半導体導波路素子の變形例の構成を概略的に示す斜視図である。

【図 12】 図 10 の平面図（電極を除く）である。

【図 13】 実施の形態 2 に係る半導体導波路素子の他の變形例を示す平面図（電極を除く）である。

【図 14】 実施の形態 2 に係る半導体導波路素子の他の變形例を示す平面図（電極を除

10

20

30

40

50

く)である。

【図15】 実施の形態2に係る半導体導波路素子の他の変形例を示す平面図(電極を除く)である。

【図16】 本発明の実施の形態3に係る半導体導波路素子の構成を概略的に示す斜視図である。

【図17】 図16の $S_{17} - S_{17}$ 線断面図である。

【図18】 本発明の実施の形態4に係る半導体導波路素子の構成を概略的に示す平面図(電極を除く)である。

【図19】 図18の $S_{19} - S_{19}$ 線断面図である。

【図20】 図18の $S_{20} - S_{20}$ 線断面図である。

10

【図21】 本発明の実施の形態4に係る半導体導波路素子の構成を概略的に示す斜視図である。

【図22】 図21の $S_{22} - S_{22}$ 線断面図である。

【図23】 ジャンクションダウン実装の説明図である。

【図24】 本発明の実施の形態5に係る半導体導波路素子の構成を概略的に示す斜視図である。

【図25】 図24の $S_{25} - S_{25}$ 線断面図である。

【図26】 図24の半導体導波路素子の製造方法を示す工程図(その1)であり、(a)は(b)の $S_{26} - S_{26}$ 線断面図である。

【図27】 図24の半導体導波路素子の製造方法を示す工程図(その2)であり、(a)は(b)の $S_{27} - S_{27}$ 線断面図である。

20

【図28】 図24の半導体導波路素子の製造方法を示す工程図(その3)であり、(a)は(b)の $S_{28} - S_{28}$ 線断面図である。

【図29】 図24の半導体導波路素子の製造方法を示す工程図(その4)であり、(a)は(b)の $S_{29} - S_{29}$ 線断面図である。

【図30】 図24の半導体導波路素子の製造方法を示す工程図(その5)であり、(a)は(b)の $S_{30a} - S_{30a}$ 線断面図、(c)は(b)の $S_{30c} - S_{30c}$ 線断面図である。

【図31】 図24の半導体導波路素子の他の製造方法を示す工程図(その1)であり、(a)は(b)の $S_{31} - S_{31}$ 線断面図である。

【図32】 図24の半導体導波路素子の他の製造方法を示す工程図(その2)であり、(a)は(b)の $S_{32} - S_{32}$ 線断面図である。

30

【図33】 図24の半導体導波路素子の他の製造方法を示す工程図(その3)であり、(a)は(b)の $S_{33} - S_{33}$ 線断面図である。

【図34】 図24の半導体導波路素子の他の製造方法を示す工程図(その4)であり、(a)は(b)の $S_{34a} - S_{34a}$ 線断面図、(c)は(b)の $S_{34c} - S_{34c}$ 線断面図である。

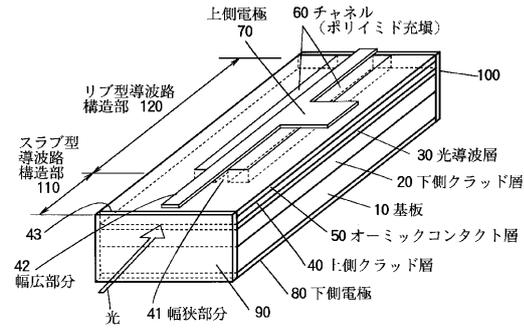
【図35】 本発明の実施の形態6に係る半導体導波路素子の構成を概略的に示す斜視図である。

【符号の説明】

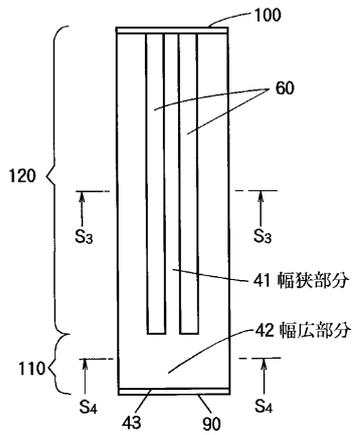
10, 310 基板、 20, 320 下側クラッド層、 30, 330 光導波層、
 40, 340 上側クラッド層、 40c 傾斜部、 41 幅狭部分、 42, 44
 幅広部分、 43 端面、 50 オーミックコンタクト層、 60 チャンネル(ポリイ
 ミド充填)、 70, 370 上側電極、 80, 380 下側電極、 90, 100
 無反射膜、 110 スラブ型導波路構造部、 120 リブ型導波路構造部、 130
 , 140, 150 マスク、 140a, 150a 開口部、 160 遮蔽体、 35
 0 オーミックコンタクト層、 360, 361 埋め込み層、 400 キャリア、
 410, 430 金属部材、 420 電極、 500 半導体レーザ部、 510 半導
 体光機能部。

40

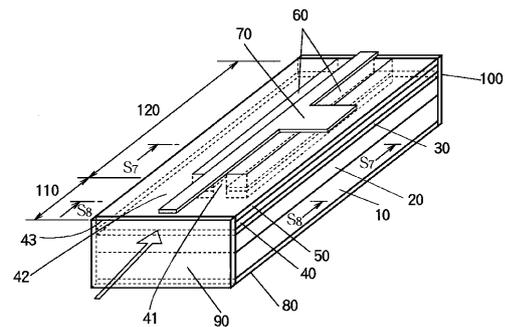
【図1】



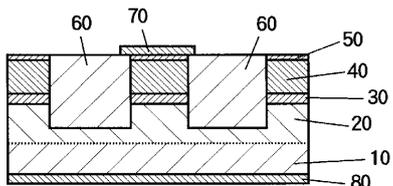
【図2】



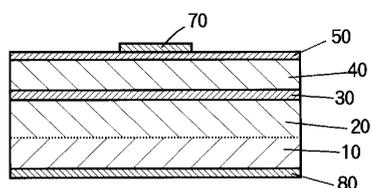
【図6】



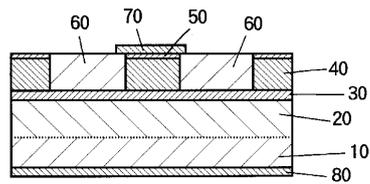
【図7】



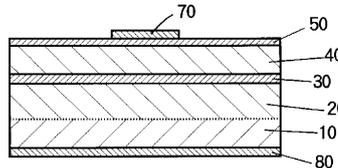
【図8】



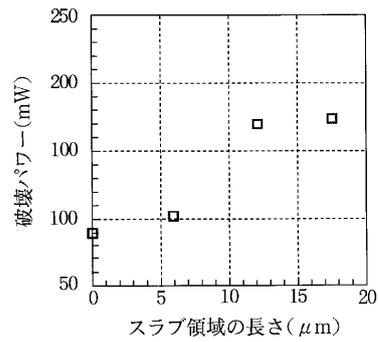
【図3】



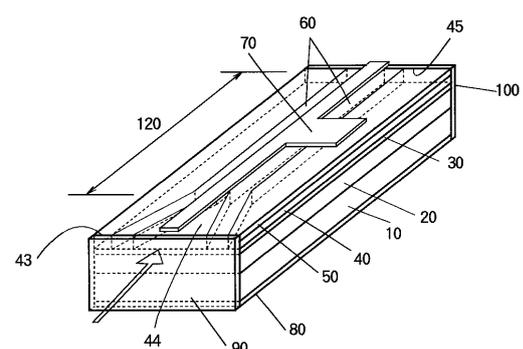
【図4】



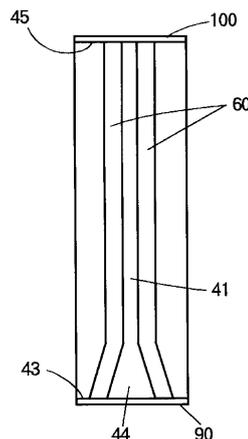
【図5】



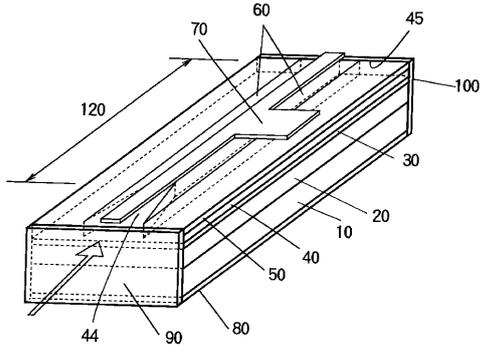
【図9】



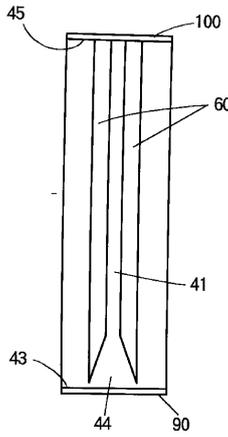
【図10】



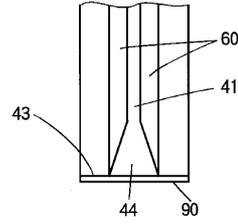
【図 1 1】



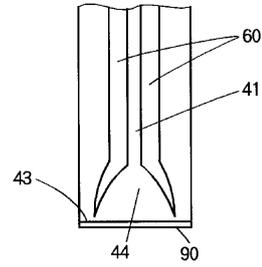
【図 1 2】



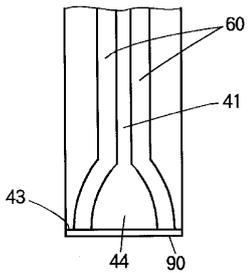
【図 1 3】



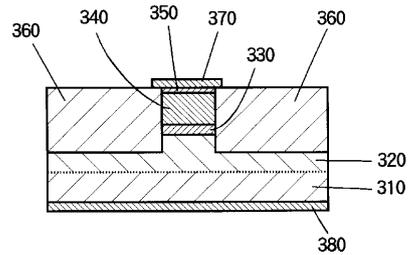
【図 1 4】



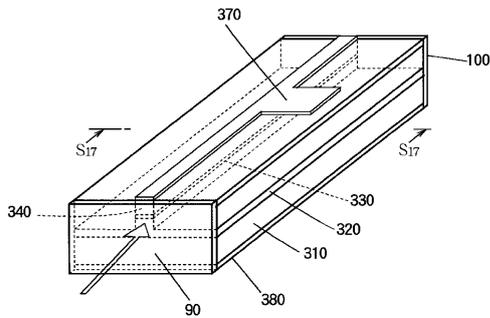
【図 1 5】



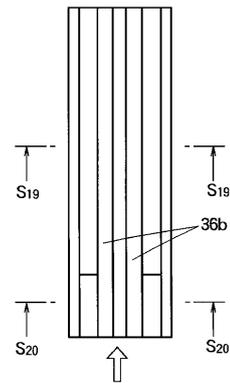
【図 1 7】



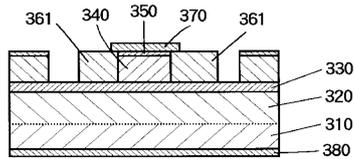
【図 1 6】



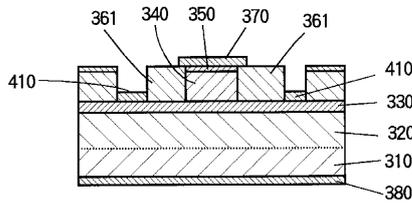
【図 1 8】



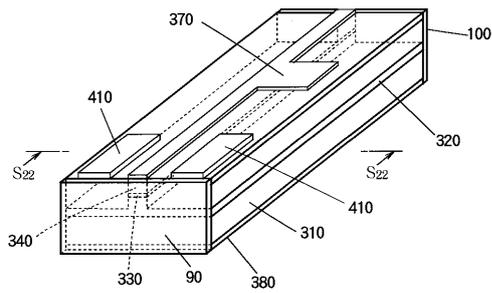
【図19】



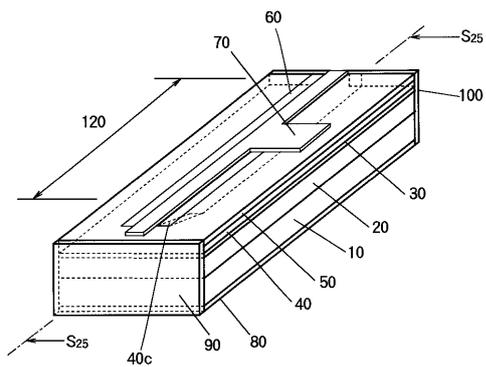
【図20】



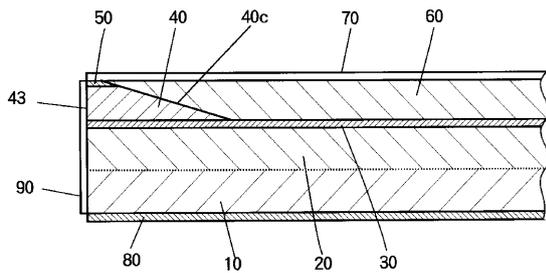
【図21】



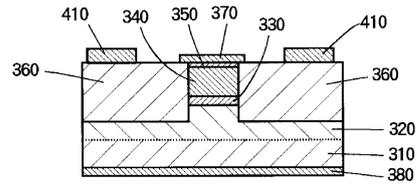
【図24】



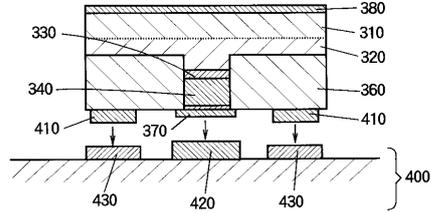
【図25】



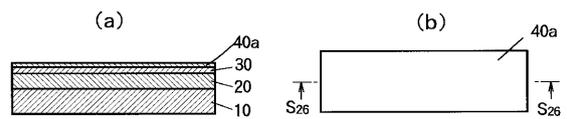
【図22】



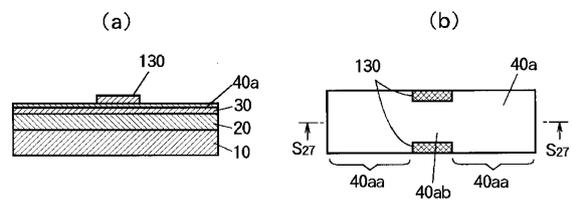
【図23】



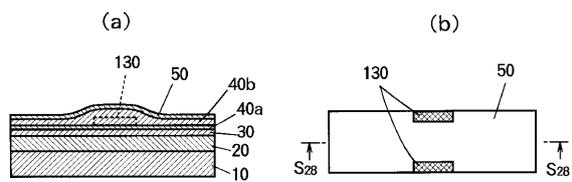
【図26】



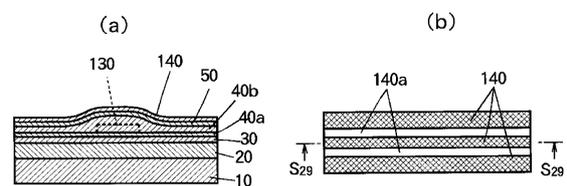
【図27】



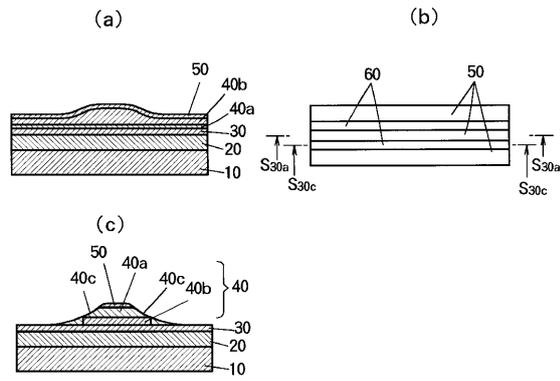
【図28】



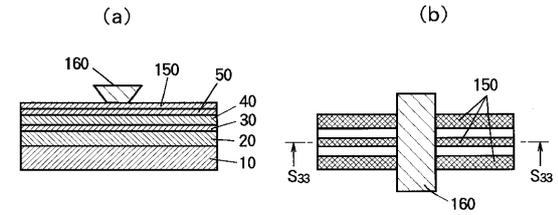
【図29】



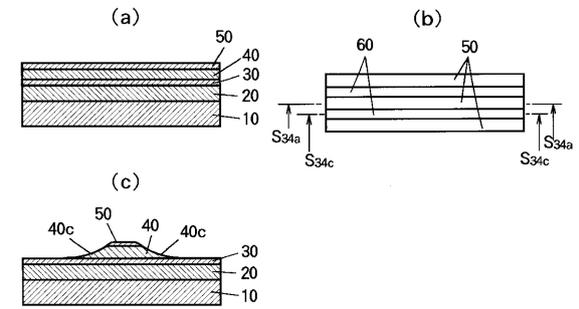
【図30】



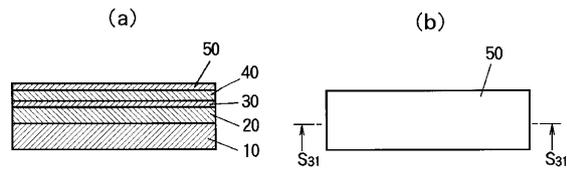
【図33】



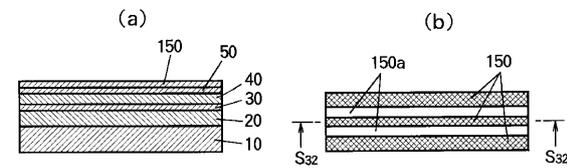
【図34】



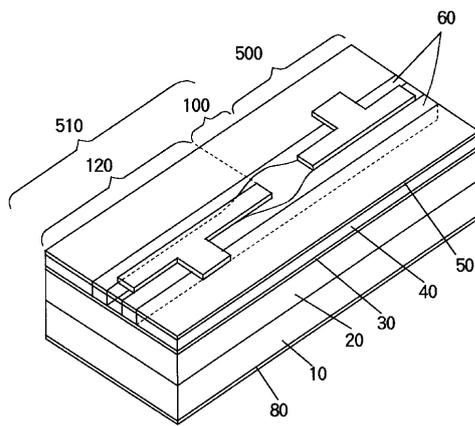
【図31】



【図32】



【図35】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 2 0 2 2 7 3 (J P , A)
特開昭 6 3 - 0 7 9 3 9 0 (J P , A)
特開平 1 1 - 2 3 1 2 7 3 (J P , A)
特開平 1 0 - 2 2 3 9 2 1 (J P , A)
特開平 1 1 - 2 2 0 2 2 0 (J P , A)
特開平 0 4 - 0 1 5 9 7 8 (J P , A)
特開平 0 7 - 0 5 0 4 4 3 (J P , A)
特開平 1 0 - 3 0 8 5 5 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G02F 1/025
G02B 6/12
H01S 5/22