

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年10月31日(31.10.2024)



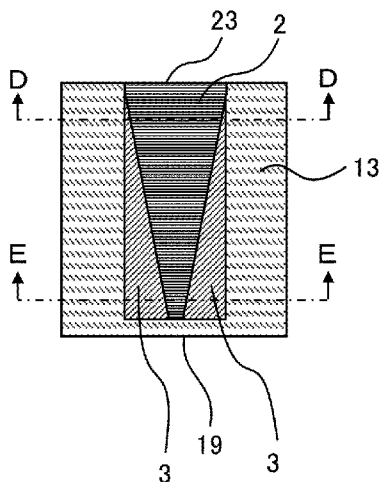
(10) 国際公開番号

WO 2024/224495 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/42 (2006.01) *H01S 5/026* (2006.01)
G02B 6/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/016374
- (22) 国際出願日: 2023年4月26日(26.04.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 木村 崇彦 (KIMURA, Takahiko); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 倉谷 泰孝, 外 (KURATANI, Yasutaka et al.); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社 知的財産センター内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: SEMICONDUCTOR OPTICAL INTEGRATED ELEMENT

(54) 発明の名称: 半導体光集積素子



(57) Abstract: This semiconductor optical integrated element is provided with: a laser diode unit (101) that has a first optical waveguide (20) and generates laser light; a separation unit (102) that is connected to the laser diode unit (101) and has a second optical waveguide (21) that includes a first core layer (2) that propagates the laser light emitted from the laser diode unit (101); and an optical modulator unit (103) that is connected to the separation unit (102) and has a third optical waveguide (22) that includes a second core layer (3) that absorbs a portion of the laser light emitted from the separation unit. The thickness of the third optical waveguide (22) in the perpendicular direction with respect to the surface of a substrate on which the optical modulator unit (103) is formed is constant, and the proportion of the second core layer (3) in a cross section perpendicular to the laser light propagation direction in the third optical waveguide (22) increases from the entry side toward the exit side of the laser light. Accordingly, since the concentration of the light absorption current in the vicinity of the entry end surface of the optical modulator unit (103) can be reduced as compared with conventional products, the semiconductor optical integrated element in which the occurrence of characteristic deterioration is suppressed can be obtained.



WO 2024/224495 A1

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 本開示の半導体光集積素子は、第1光導波路(20)を有し、レーザ光を発生するレーザダイオード部(101)と、レーザダイオード部(101)に接続し、レーザダイオード部(101)から出射したレーザ光を伝搬する第1コア層(2)を含む第2光導波路(21)を有した分離部(102)と、分離部(102)に接続し、分離部から出射したレーザ光の一部を吸収する第2コア層(3)を含む第3光導波路(22)を有した光変調器部(103)と、を備え、第3光導波路(22)は、光変調器部(103)が形成された基板の面に対する垂直方向の厚みが一定であり、第3光導波路(22)の、レーザ光伝搬方向に対して垂直な断面内における、第2コア層(3)の占める割合は、レーザ光の入射側から出射側に向かうにつれて大きくなっている、半導体光集積素子である。これにより、光変調器部(103)の入射端面近傍における光吸収電流の集中を従来に比べ低減できるため、特性劣化の発生を抑制した半導体光集積素子を得ることができる。

明 細 書

発明の名称：半導体光集積素子

技術分野

[0001] 本開示は、半導体光集積素子に関する。

背景技術

[0002] 従来の半導体光集積素子の一例として、光変調器部の光導波路、及びレーザダイオードと光変調器部との間の分離部の光導波路が、光軸方向に沿って同じ層構造、すなわち光軸に対する断面形状が同一の構造の半導体光集積素子が知られている。また、光変調器部の光入射端面の近傍での光吸収電流の集中を低減させるため、例えば特許文献1では、光変調器部にノンドープ層を導入し、さらにその厚さを光入射側で厚く、出射側で薄くすることにより、光入射端面部への光吸収電流の集中を低減する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2001-24289号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1に開示された技術は、印加される逆バイアス電圧をノンドープ層によって低減することで、光吸収電流を抑制しようとするものであって、光吸収層に入射する光の強度そのものを抑制するものではない。また、レーザダイオード部から出射された光の強度は、光軸方向の中心付近で最も強いため、光入射端面において光軸方向の中心付近に光吸収層が配置された構造の光変調器部では、光入射端面近傍での光吸収電流を抑制しきれず、光吸収電流が微小領域に集中しやすい。つまり、従来の半導体光集積素子は、光変調器部の光入射端面の近傍において、強度が高いままの光が光吸収層に入射することで光吸収電流が微小領域に集中し、半導体光集積素子の特性劣化が生じ得るという課題があった。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示に係る半導体光集積素子は、
第1光導波路を有し、レーザ光を発生するレーザダイオード部と、レーザダイオード部に接続し、レーザダイオード部から出射したレーザ光を伝搬する第1コア層を含む第2光導波路を有した分離部と、分離部に接続し、分離部から出射したレーザ光の一部を吸収する第2コア層を含む第3光導波路を有した光変調器部と、を備え、第3光導波路は、光変調器部が形成された基板の面に対する垂直方向の厚みが一定であり、第3光導波路の、レーザ光伝搬方向に対して垂直な断面内における、第2コア層の占める割合は、レーザ光の入射側から出射側に向かうにつれて大きくなっている、半導体光集積素子である。

発明の効果

[0006] 本開示によれば、光変調器部の入射端面近傍における光吸収電流の集中を従来に比べ低減できるため、特性劣化の発生を抑制した半導体光集積素子を得ることができる。

図面の簡単な説明

- [0007] [図1]実施の形態1に係る半導体光集積素子の上面模式図。
[図2]実施の形態1に係る半導体光集積素子のG-G断面模式図。
[図3]実施の形態1に係る半導体光集積素子のA-A断面模式図。
[図4]実施の形態1に係る半導体光集積素子のB-B断面模式図及びC-C断面模式図。
[図5]実施の形態1に係る半導体光集積素子のD-D断面模式図。
[図6]実施の形態1に係る半導体光集積素子のE-E断面模式図。
[図7]実施の形態1に係る半導体光集積素子のF-F断面模式図
[図8]実施の形態2に係る半導体光集積素子のD-D断面模式図。
[図9]実施の形態2に係る半導体光集積素子のE-E断面模式図。
[図10]実施の形態2に係る半導体光集積素子のG-G断面模式図。
[図11]実施の形態3に係る半導体光集積素子を示す上面模式図。

[図12]実施の形態3に係る半導体光集積素子のB-B断面模式図。

[図13]実施の形態3に係る半導体光集積素子のC-C断面模式図。

[図14]実施の形態3に係る半導体光集積素子のH-H断面模式図。

[図15]実施の形態3に係る半導体光集積素子のD-D断面模式図。

[図16]実施の形態3に係る半導体光集積素子のE-E断面模式図。

[図17]実施の形態3に係る半導体光集積素子のI-I断面模式図。

[図18]実施の形態4に係る半導体光集積素子のB-B断面模式図。

[図19]実施の形態4に係る半導体光集積素子のC-C断面模式図。

[図20]実施の形態4に係る半導体光集積素子のJ-J断面模式図。

発明を実施するための形態

[0008] 以下に、本開示に係る半導体光集積素子の一例を示すが、以下に示す実施の形態に限定されるものではなく、本開示の要旨を逸脱しない範囲で、任意に変形して実施することができる。また、便宜上、繰り返しの説明となる部分は省略する場合がある。

[0009] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1に係る半導体光集積素子の上面模式図である。図2は、図1に示した実施の形態1に係る半導体光集積素子のG-G断面模式図である。図3は、図1に示した実施の形態1に係る半導体光集積素子のA-A断面模式図である。図4は、図1に示した実施の形態1に係る半導体光集積素子のB-B断面模式図（及びC-C断面模式図）である。図5は、図1に示した実施の形態1に係る半導体光集積素子のD-D断面模式図である。図6は、図1に示した実施の形態1に係る半導体光集積素子のE-E断面模式図である。図7は、図5及び図6に示した実施の形態1に係る半導体光集積素子の光変調器部103のF-F断面模式図である。

図1及び図2に示す通り、実施の形態1に係る半導体光集積素子は、レーザ光を発生するレーザダイオード部101、レーザダイオード部101から発生したレーザ光を変調する光変調器部103、及びレーザダイオード部101と光変調器部103とを電氣的に分離する分離部102を有している。

[0010] レーザダイオード部101は、図2及び図3に示す通り、n型InP基板12の一方の面に、n型InP第1クラッド層4、レーザダイオード部コア層1、p型InP第1クラッド層6、回折格子8、及びn型InP第4クラッド層9が積層された構造で構成されている。尚、ここでは、特に断りがない限り、n型InP基板12の半導体層が積層された面の方向を上方向とし、上方向及びレーザ光の伝搬方向と垂直の方向の面を側面として記載する。また、図1で示した第1光導波路20は、n型InP第1クラッド層4、レーザダイオード部コア層1及びp型InP第1クラッド層6を含む光導波路を指す。レーザ光が伝搬するレーザダイオード部コア層1の両側面部は、半導体埋め込み層13で埋め込まれた埋込構造となっている。半導体埋め込み層13は、p型InPとn型InPで構成してもよいし、FeドープInP等の半導体を用いてもよい。n型InP第4クラッド層9及び半導体埋め込み層13の上には、p型第1コンタクト層10が積層され、p型第1コンタクト層10の上には、保護パッシベーション膜14が形成されている。さらに、保護パッシベーション膜14上には、アノード電極である電極16が形成され、保護パッシベーション膜14に形成された開口部を介して、電極16とp型第1コンタクト層10とが電氣的に接続されている。n型InP基板12の他方の面である下面側には、カソード電極である第1電極11が設けられており、第1電極11とn型InP基板12とが電氣的に接続されている。

[0011] 分離部102は、図2及び図4に示す通り、n型InP基板12上に、n型InP第2クラッド層5、第1導波路コア層2、及びp型InP第2クラッド層7が積層された構造で構成されている。また、図1で示した第2光導波路21は、n型InP第2クラッド層5、第1導波路コア層2及びp型InP第2クラッド層7を含む光導波路を指す。第1導波路コア層2の両側面部は、半導体埋め込み層13によって埋め込まれた埋込構造となっている。p型InP第2クラッド層7及び半導体埋め込み層13の上には、p型第1コンタクト層10が積層され、p型第1コンタクト層10の上には保護

パッシベーション膜14が形成されている。n型InP基板12の他方の面である下面側には、カソード電極である第1電極11が設けられている。尚、第2光導波路は、ハイメサリッジ構造であってもよい。

[0012] 光変調器部103は、図1、図2、図5、図6及び図7に示す通り、n型InP基板12上に、n型InP第2クラッド層5、光変調器部コア層3と第1導波路コア層2、及びp型InP第2クラッド層7が積層された構造で構成されている。また、図1で示した第3光導波路22は、n型InP第2クラッド層5、光変調器部コア層3と第1導波路コア層2、及びp型InP第2クラッド層7を含む光導波路を指す。第3光導波路22の両側面部は、第1導波路コア層2の両側面部と同様に、半導体埋め込み層13によって埋め込まれた埋込構造となっている。p型InP第2クラッド層7及び半導体埋め込み層13の上面上には、p型第1コンタクト層10が積層され、p型第1コンタクト層10の上面上には保護パッシベーション膜14が形成されている。さらに、保護パッシベーション膜14上には、アノード電極である電極16が形成され、保護パッシベーション膜14に形成された開口部を介して、電極17とp型第1コンタクト層10とが電氣的に接続されている。n型InP基板12の下面側には、第1電極11が設けられており、n型InP基板12と電氣的に接続されている。尚、第3光導波路22は、ハイメサリッジ構造であっても構わない。また、光変調器部103においては、図6に示す通り、分離部102とつながるレーザ光の入射側からレーザ光の出射端面19側に向かって、第1導波路コア層2の側面同士の距離、つまりレーザ光の進行方向に対する第1導波路コア層2の幅が、狭くなる構造である。一方、レーザ光の進行方向に対する第3光導波路22の幅は一定であるため、レーザ光の進行方向に対する第1導波路コア層2の幅が狭くなることに対応して、光変調器部コア層3の幅は、レーザ光の進行方向に向かって広くなる構造である。尚、図6では、第1導波路コア層2の幅が、レーザ光の入射側からレーザ光の出射端面19側に向かって連続的に狭くなる場合を示したが、ステップを有した階段状に形成されても良く、さらに連続的な構造と階段

状の構造の組み合わせであっても良い。

[0013] 続いて、上述の半導体光集積素子の基本的な動作について示す。レーザダイオード部101に順方向電流を流すとレーザ発振が生じて、レーザダイオード部101からレーザ光が出射される。このレーザ光は、分離部102に入射し、光変調器部103を伝搬し、出射端面19から外部に出射される。レーザダイオード部101は、例えば分布帰還型レーザ構造で構成される。分布帰還型レーザ構造には回折格子8が設けられており、回折格子8により、単一モード発振のレーザ光を得ることができる。光変調器部103は、電界によって光吸収の量を制御する電界吸収変調器であり、逆バイアス電圧を印加すると光の吸収量が増加する。つまり、光変調器部103に印加する電圧の大小により、入力されたレーザ光を変調する。光を吸収する際、吸収された光がキャリアに変換されるため、光電流として電流が流れる。

[0014] 次に、実施の形態1に係る半導体光集積素子のより具体的な動作及び効果について示す。まず、光の強度が最も高い光変調器部の入射端面近傍で光吸収電流が集中する、ということに対して、光変調器部の入射端面近傍で光の吸収量を低減することによって、光吸収電流の微小領域への集中を抑えることが可能である。具体的には、光の強度が高い光変調器部の入射端面において、光吸収が生じる光変調器部コア層に入射する光の強度を低減することが考えられる。ここで、光変調器部の内部では、光導波路の軸方向で光変調器部コア層による光吸収が起きるため、光入射端からの光導波路長と光の強度との関係は、次の式(1)で表される。

$$P(x) = P(0) \exp(-\Gamma \alpha x) \quad (1)$$

Γ は光変調器部コア層の光閉じ込め係数、 α は光変調器部コア層の吸収係数、 x は光入射端からの光導波路長、 $P(0)$ は入射光の強度である。つまり、 Γ 及び α が x に対して定数であるとき、入射光は、光導波路の入射端から出射方向に向かって、指数関数的に減少する。換言すると、ある x における光の吸収量も、光導波路の入射端から出射方向に向かって、指数関数的に減少する。したがって、電界吸収(EA)変調器の光導波路において、光の

強度が大きい入射側で Γ を小さくし、出射側に向かって連続的に Γ を大きくする構造とすることによって、光の強度が大きい入射側で光吸収電流を低減することが可能となる。これにより、光の単位面積当たりの吸収量を光軸方向で平均化する方向へ近づけることが可能となり、入射側における光吸収電流密度の増大を従来に比べ抑制することができる。

[0015] 実施の形態1に係る半導体光集積素子において、光変調器部103の第3光導波路22は、図5、図6及び図7に示す通り、光吸収層として機能しない第1導波路コア層2の両側面部を光吸収層として機能する光変調器部コア層3で埋め込んでいる。また、光軸に対する第3光導波路22の垂直断面のうち、光変調器部コア層3の断面積の割合は、光の入射側から出射側に向かうにつれて大きくなっている。つまり、第3光導波路22に入射した光は、光の入射側から出射側に向かうにつれて光変調器部コア層3にかかる割合が大きくなるため、第3光導波路22の実質的な光閉じ込め係数 Γ が、光の入射側から出射側に向かうにつれて大きくなっていることを意味する。光の吸収量は、光閉じ込め係数 Γ と相関があるため、このように構成された第3光導波路22では、第3光導波路22の厚みを一定に保ちつつ、光の出射端面側に比べ入射端面23側の光の吸収量を抑制することができる。尚、ここで言う、厚みを一定に保つとは、設計意図として厚みが増えているものでなければよい。つまり、厚みが厳密に一定であることを指すのではなく、略一定の厚みである場合を含む。第1導波路コア層2及び光変調器部コア層3の具体例としては、例えば、第1導波路コア層2と光変調器部コア層3の合計の幅を $2\mu\text{m}$ 程度とし、第1導波路コア層2の入射端面23側での幅を $2\mu\text{m}$ 程度、出射端面側での幅を $0.4\mu\text{m}$ 程度とする。

尚、光変調器部103の第1導波路コア層2の幅は、光の入射側から出射側に向かうにつれて連続的に狭くなっているテーパ形状だけでなく、ステップを有した階段状に狭くなっている形状でもよい。また、光変調器部103の第1導波路コア層2は、半導体光集積素子の端面まで延伸させてもよい。また、光変調器部103の第1導波路コア層2は、分離部102の光導波路

層と一緒に成長させた構成でもよく、別途成長させたものでもよい。半導体埋め込み層13は、p型InPとn型InPで構成してもよいし、FeドープInP等の半導体を用いてもよい。また、レーザダイオード部101のレーザダイオード部コア層1は、例えば、InGaAsP系の多重量子井戸層で構成され、多重量子井戸層のバンドギャップ波長は1.2~1.6 μ m程度である。分離部102及び光変調器部103の第1導波路コア層2のバンドギャップ波長は、レーザダイオード部101から発振されるレーザ波長より短くなるように設定されていればよく、例えば、0.9~1.5 μ m程度である。光変調器部103の光変調器部コア層3のバンドギャップ波長は、レーザダイオード部101から発振されるレーザ波長より短くなるように設定されていればよく、例えば、InGaAsP系の多重量子井戸層で構成された、0.9~1.5 μ m程度のバンドギャップ波長である。光変調器部コア層3のバンドギャップ波長は、光の入射側から出射側に向かうにつれて一定でもよいし、連続的又は段階的に長くしてもよい。レーザダイオード部コア層1及び光変調器部コア層3の形成は、選択成長技術を適用して形成してもよいし、あるいは、Butt-Joint成長により、別途形成してもよい。

[0016] 次に、実施の形態1に係る半導体光集積素子の製造方法について示す。レーザダイオード部101を形成する領域において、n型InP基板12上に、n型InP第1クラッド層4、レーザダイオード部コア層1、p型InP第1クラッド層6、回折格子8及びn型InP第4クラッド層9を積層する。分離部102及び光変調器部103を形成する領域においては、n型InP基板12上に、n型InP第2クラッド層5及び第1導波路コア層2を積層する。続いて、第1導波路コア層2の上面に絶縁膜を成膜し、図7に示す第1導波路コア層2に対応する形状に絶縁膜が残るよう、絶縁膜をパターンニングする。絶縁膜をエッチングマスクとし、ドライエッチング等のエッチング技術を用いて、光変調器部103の第1導波路コア層2をエッチングすることにより、図7に示す形状の第1導波路コア層2を形成する。次に、光

変調器部103の第1導波路コア層2の両側面部を、光変調器部コア層3によって埋め込む。その後、エッチングマスクとして用いた絶縁膜を除去し、分離部102及び光変調器部103のp型InP第2クラッド層7を積層する。次に、レーザダイオード部101のn型InP第4クラッド層9、分離部102のp型InP第2クラッド層7、及び光変調器部103のp型InP第2クラッド層7の上面に絶縁膜を成膜し、それぞれ第1光導波路20、第2光導波路21、及び第3光導波路22のリッジ構造に対応する形状に、絶縁膜をパターンニングする。絶縁膜をエッチングマスクとし、ドライエッチング等のエッチング技術を用いて、第1光導波路20、第2光導波路21、及び第3光導波路22のリッジ構造を形成する。次に、レーザダイオード部101、分離部102、及び光変調器部103のリッジ構造の両側面部を、半導体埋め込み層13によって埋め込む。半導体埋め込み層13は、p型InPとn型InPで構成してもよいし、FeドープInP等の半導体を用いてもよい。その後、絶縁膜を除去し、p型第1コンタクト層10を積層する。次に、p型第1コンタクト層10の上面に、保護パッシベーション膜14を形成する。レーザダイオード部101の上面の保護パッシベーション膜14に開口部を形成し、p型第1コンタクト層10に電氣的に接続された電極16を形成する。また、光変調器部103の上面の保護パッシベーション膜14に開口部を形成し、p型第1コンタクト層10に電氣的に接続された電極17及び電極17と電氣的に接続されたボンディングパッド18を形成する。

[0017] 以上のように、実施の形態1に係る半導体光集積素子は、光変調器部103の第3光導波路22の厚みを一定にしつつ、光吸収層として機能しない第1導波路コア層2の両側面部を光吸収層として機能する光変調器部コア層3で埋め込んだ構造である。つまり、光変調器部コア層3は、レーザ光の伝搬方向に向かって側方から第1導波路コア層2を挟む位置に設けられた構造である。さらに、光軸に対する第3光導波路22の垂直断面のうち、光変調器部コア層3の断面積の割合は、光の入射側から出射側に向かうにつれて大き

くなっている構造である。

このように構成された半導体光集積装置は、第3光導波路22の厚みを一定に保ちつつ、光の出射端面19側に比べ入射端面23側の光の吸収量を抑制することができる。

[0018] したがって、実施の形態1に示した半導体光集積素子を適用することにより、光変調器部の入射端面23の近傍において、強度が高いままの光が光吸収層に入射することを抑制することができるため、光吸収電流が微小領域へ集中することで生じる特性劣化の防止を図った半導体光集積素子を提供することができる。

[0019] 実施の形態2.

実施の形態2に係る半導体光集積素子について、以下に示す。尚、実施の形態2に係る半導体光集積素子の構成は、光変調器部103の構造を除いて、実施の形態1と同様であるため、実施の形態1と異なる点を主に示し、重複する部分は省略する場合がある。

[0020] 実施の形態2に係る半導体光集積素子の上面模式図は、図1と同様である。図8は、図1に示した実施の形態2に係る半導体光集積素子のD-D断面模式図である。図9は、図1に示した実施の形態2に係る半導体光集積素子のE-E断面模式図である。図10は、図1に示した実施の形態2に係る半導体光集積素子の光変調器部103のG-G断面模式図である。

図8から図10に示す通り、実施の形態2に係る半導体光集積素子の光変調器部103は、n型InP基板12上に、n型InP第2クラッド層5、第1導波路コア層2、光変調器部コア層3、及びp型InP第2クラッド層7が積層された構造で構成されている。第1導波路コア層2は、レーザ光の入射側からレーザ光の出射端面19側に向かって、第3光導波路22の積層方向の厚み、つまり上下方向の厚みが連続的に薄くなる構造である。一方、第3光導波路22の厚みは一定であるため、レーザ光の進行方向に対する第1導波路コア層2の厚みが薄くなることに対応して、光変調器部コア層3の厚みは、レーザ光の進行方向に向かって厚くなる構造である。

尚、第1導波路コア層2及び光変調器部コア層3の厚みは、レーザ光の進行方向に沿って連続的に変化する場合は示したが、ステップを有した階段状に形成されても良く、さらに連続的な構造と階段状の構造の組み合わせであっても良い。また、第1導波路コア層2と光変調器部コア層3との積層する順番は、上下逆でもよい。

[0021] 以上のように、実施の形態2に係る半導体光集積素子は、光変調器部103の第3光導波路22の厚みを一定にしつつ、光吸収層として機能しない第1導波路コア層2と光変調器部コア層3とが、上下方向に積層した構造である。さらに、光変調器部コア層3の厚みは、レーザ光の進行方向に向かって厚くなる構造である。つまり、光軸に対する第3光導波路22の垂直断面のうち、光変調器部コア層3の断面積の割合は、光の入射側から出射側に向かうにつれて大きくなっている構造である。

このように構成された半導体光集積装置は、第3光導波路22の厚みを一定に保ちつつ、光の出射端面19側に比べ入射端面23側の光の吸収量を抑制することができる。

[0022] したがって、実施の形態2に示した半導体光集積素子を適用することにより、実施の形態1と同様、光変調器部の入射端面23の近傍において、強度が高いままの光が光吸収層に入射することを抑制することができるため、光吸収電流が微小領域へ集中することで生じる特性劣化の防止を図った半導体光集積素子を提供することができる。

[0023] 実施の形態3.

実施の形態3に係る半導体光集積素子について、以下に示す。尚、実施の形態3に係る半導体光集積素子の構成は、分離部102及び光変調器部103の構造において、実施の形態1と異なる。実施の形態1と異なる点を主に示し、重複する部分は省略する場合がある。

[0024] 図11は、実施の形態3に係る半導体光集積素子を示す上面模式図である。図12は、実施の形態3に係る半導体光集積素子の図11に示す分離部102のB-B線に沿った断面模式図である。図13は、実施の形態3に係る

半導体光集積素子の図 1 1 に示す分離部 1 0 2 の C - C 線に沿った断面模式図である。図 1 4 は、実施の形態 3 に係る半導体光集積素子の図 1 2 及び図 1 3 に示す分離部 1 0 2 の H - H 線に沿った断面模式図である。図 1 5 は、実施の形態 3 に係る半導体光集積素子の図 1 1 に示す光変調器部 1 0 3 の D - D 線に沿った断面模式図である。図 1 6 は、実施の形態 3 に係る半導体光集積素子の図 1 1 に示す光変調器部 1 0 3 の E - E 線に沿った断面模式図である。図 1 7 は、実施の形態 3 に係る半導体光集積素子の図 1 5 及び図 1 6 に示す光変調器部 1 0 3 の I - I 線に沿った断面模式図である。

まず、図 1 1 から図 1 4 に示す通り、実施の形態 3 に係る半導体光集積素子の分離部 1 0 2 は、レーザ光の進行方向に対する第 2 光導波路 2 1 の幅が、レーザ光の進行方向に向かって広くなる構造である。また、図 1 5 から図 1 7 に示す通り、実施の形態 3 に係る半導体光集積素子の光変調器部 1 0 3 は、レーザ光の進行方向に対する第 3 光導波路 2 2 の幅が、レーザ光の進行方向に向かって狭くなる構造である。但し、第 3 光導波路 2 2 は、高さが一定であり、レーザ光の進行方向に沿った中央部に幅が一定の光変調器部コア層 3 が形成され、光変調器部コア層 3 の両側面は第 1 導波路コア層 2 によって埋め込まれた構造となっている。さらに、光変調器部コア層 3 の両側面に埋め込まれた第 1 導波路コア層 2 は、レーザ光の進行方向に沿って幅が短くなる。尚、図 1 7 では、第 1 導波路コア層 2 の幅が、レーザ光の進行方向に沿って連続的に狭くなる場合を示したが、ステップを有した階段状に形成されても良く、さらに連続的な構造と階段状の構造の組み合わせであっても良い。

[0025] 上述の通り、実施の形態 3 に係る半導体光集積素子では、分離部 1 0 2 の第 2 光導波路 2 1 の幅が、光の入射側から出射側に向かうにつれて広がっている。これにより、第 2 光導波路 2 1 の幅が一定の場合に比べ、光変調器部 1 0 3 の入射端面 2 3 における光閉じ込め係数 Γ を低減することができ、単位面積当たりの光の強度を下げるができる。加えて、光変調器部 1 0 3 の第 1 導波路コア層 2 の幅は、光の入射側から出射側に向かうにつれて狭

くなっている。これにより、光変調器部コア層3の光閉じ込め係数 Γ を、光の入射側から出射側に向かうにつれて大きくすることができる。よって、レーザー光が分離部102を経ることで光の強度を低減でき、さらに、光変調器部103では、光の出射端面19側に比べ入射端面23側の光の吸収量を抑制することができる。その結果、従来の半導体光集積素子に比べ、光変調器部103の入射端面23の近傍における光吸収電流の集中を低減することができる。

[0026] 以上のように、実施の形態3に係る半導体光集積素子は、分離部102の第2光導波路21の幅が、光の入射側から出射側に向かうにつれて広がっている。さらに、光変調器部103の第1導波路コア層2の幅は、光の入射側から出射側に向かうにつれて狭くなっており、光軸に対する第3光導波路22の垂直断面のうち、光変調器部コア層3の断面積の割合は、光の入射側から出射側に向かうにつれて大きくなっている構造である。

このように構成された半導体光集積装置は、第3光導波路22の厚みを一定に保ちつつ、光の出射端面19側に比べ入射端面23側の光の吸収量を抑制することができる。

[0027] したがって、実施の形態3に示した半導体光集積素子を適用することにより、実施の形態1と同様、光変調器部の入射端面23の近傍において、強度が高いままの光が光吸収層に入射することを抑制することができるため、光吸収電流が微小領域へ集中することで生じる特性劣化の防止を図った半導体光集積素子を提供することができる。

[0028] 実施の形態4.

実施の形態4に係る半導体光集積素子について、以下に示す。尚、実施の形態4に係る半導体光集積素子の構成は、分離部102の構造を除いて、実施の形態3と同様であるため、実施の形態3と異なる点を主に示し、重複する部分は省略する場合がある。

[0029] 実施の形態4に係る半導体光集積素子の上面模式図は、図11と同様である。図18は、実施の形態4に係る半導体光集積素子の図11に示す分離部

102のB-B線に沿った断面模式図である。図19は、実施の形態4に係る半導体光集積素子の図11に示す分離部102のC-C線に沿った断面模式図である。図20は、実施の形態4に係る半導体光集積素子の図18及び図19に示す分離部102のJ-J線に沿った断面模式図である。

実施の形態4に係る半導体光集積素子において、分離部102は、n型InP基板12上にn型InP第2クラッド層5、第1導波路コア層2と第2導波路コア層15、及びp型InP第2クラッド層7が積層された構造で構成されている。また、n型InP基板12の下面には、カソード電極である第1電極11が設けられており、第1電極11とn型InP基板12とが電氣的に接続されている。尚、図11に示した第2光導波路21は、n型InP第2クラッド層5、第1導波路コア層2と第2導波路コア層15、及びp型InP第2クラッド層7を含む光導波路を指す。

[0030] 分離部102の第1導波路コア層2の幅は、レーザ光の入射側から出射側に向かうにつれて、連続的に狭くなっている。尚、分離部102の第1導波路コア層2の幅は、光の入射側から出射側に向かうにつれて連続的に狭くなっているテーパ形状ではなく、ステップを有した階段状に狭くなっている形状でもよい。分離部102の第2導波路コア層15の幅は、連続的に広がっている。尚、第2導波路コア層15の幅は、光の入射側から出射側に向かうにつれて連続的に広がっている逆テーパ形状ではなく、ステップを有した階段状に広がっている形状でもよい。ここで、第1導波路コア層2を構成する半導体と第2導波路コア層15を構成する半導体とは、互いにバンドギャップ波長が異なる半導体を適用することで、第2光導波路21を経ることによるレーザ光のビーム径を制御できる。例えば、第1導波路コア層2は、バンドギャップ波長が0.9~1.5 μm 程度であるInGaAsP系の材料で構成し、第2導波路コア層15は、バンドギャップ波長が0.9~1.0 μm 程度であるInP系の材料で構成することで、レーザ光の広がり及び結合を変更することができる。

[0031] 上述の通り、実施の形態4に係る半導体光集積素子では、分離部102の

第2光導波路21の幅が、実施の形態43と同様に光の入射側から出射側に向かうにつれて広がっている。加えて、互いにバンドギャップ波長が異なる半導体を用いた第1導波路コア層2と第2導波路コア層15とを適用することが可能である。これにより、第2光導波路21の幅が一定の場合に比べ、光変調器部103の入射端面23における光閉じ込め係数 Γ を低減することができ、単位面積当たりの光の強度を下げることもできるとともに、実施の形態3に比べて効率的にレーザ光を結合し、光変調器部103へ入射させることが可能となる。結果、実施の形態3に比べて効率的にレーザ光を結合しつつ、従来の半導体光集積素子に比べ、光変調器部103の入射端面23の近傍における光吸収電流の集中を低減することができる。

[0032] 以上のように、実施の形態4に係る半導体光集積素子は、分離部102の第1導波路コア層2の幅は、レーザ光の入射側から出射側に向かうにつれて狭くなっており、第2導波路コア層15の幅は、連続的に広がっている。また、第1導波路コア層2を構成する半導体と第2導波路コア層15を構成する半導体とは、互いにバンドギャップ波長が異なる半導体が適用される。これにより、実施の形態3に比べて効率的にレーザ光を結合し、光変調器部103へ入射させることが可能となる。さらに、実施の形態3と同様に、光変調器部103の第1導波路コア層2の幅は、光の入射側から出射側に向かうにつれて狭くなっており、光軸に対する第3光導波路22の垂直断面のうち、光変調器部コア層3の断面積の割合は、光の入射側から出射側に向かうにつれて大きくなっている構造である。

このように構成された半導体光集積装置は、第3光導波路22の厚みを一定に保ちつつ、光の出射端面19側に比べ入射端面23側の光の吸収量を抑制することができ、さらに実施の形態3に比べて効率的にレーザ光を結合することができる。

[0033] したがって、実施の形態4に示した半導体光集積素子を適用することにより、実施の形態3と同様、光変調器部の入射端面23の近傍において、強度が高いままの光が光吸収層に入射することを抑制することができるため、光

吸収電流が微小領域へ集中することで生じる特性劣化の防止を図り、さらに、効率的なレーザ光の結合が可能な半導体光集積素子を提供することができる。

符号の説明

- [0034]
- 1 レーザダイオード部コア層
 - 2 第1導波路コア層
 - 3 光変調器部コア層
 - 4 n型InP第1クラッド層
 - 5 n型InP第2クラッド層
 - 6 p型InP第1クラッド層
 - 7 p型InP第2クラッド層
 - 8 回折格子
 - 9 n型InP第4クラッド層
 - 10 p型第1コンタクト層
 - 11 第1電極
 - 12 n型InP基板
 - 13 半導体埋め込み層
 - 14 保護パッシベーション膜
 - 15 第2導波路コア層
 - 16 電極
 - 17 電極
 - 18 ボンディングパッド
 - 19 出射端面
 - 20 第1光導波路
 - 21 第2光導波路
 - 22 第3光導波路
 - 23 入射端面
 - 101 レーザダイオード部

1 0 2 分離部

1 0 3 光変調器部

請求の範囲

- [請求項1] 第1光導波路を有し、レーザ光を発生するレーザダイオード部と、
前記レーザダイオード部に接続し、前記レーザダイオード部から出射したレーザ光を伝搬する第1コア層を含む第2光導波路を有した分離部と、
前記分離部に接続し、前記分離部から出射したレーザ光の一部を吸収する第2コア層を含む第3光導波路を有した光変調器部と、
を備え、
前記第3光導波路は、前記光変調器部が形成された基板の面に対する垂直方向の厚みが一定であり、
前記第3光導波路の、レーザ光伝搬方向に対して垂直な断面内における、前記第2コア層の占める割合は、レーザ光の入射側から出射側に向かうにつれて大きくなっている、
半導体光集積素子。
- [請求項2] 前記第3光導波路は、前記第1コア層及び前記第2コア層を含み、
前記第2コア層は、レーザ光の伝搬方向に向かって側方から前記第1コア層を挟む位置に設けられ、
前記第2コア層に挟まれた前記第1コア層の幅は、レーザ光の入射側から出射側に向かうにつれて狭くなっている、
請求項1に記載の半導体光集積素子。
- [請求項3] 前記第2コア層は、前記光変調器部が形成された基板の面に対する垂直方向の厚みが、レーザ光の入射側から出射側に向かうにつれて厚くなっている、
請求項1に記載の半導体光集積素子。
- [請求項4] 前記第2光導波路は、レーザ光の伝搬方向に垂直であって前記分離部が形成された基板の面に平行な方向の幅が、レーザ光の入射側から出射側に向かうにつれて広がっており、
前記第3光導波路は、レーザ光の吸収に寄与しない第3コア層を含

み、レーザ光の伝搬方向に垂直であって前記分離部が形成された基板の面に平行な方向の幅が、レーザ光の入射側から出射側に向かうにつれて狭くなっており、

前記第3コア層は、レーザ光の伝搬方向に向かって側方から前記第2コア層を挟む位置に設けられ、レーザ光の入射側から出射側に向かうにつれて幅が狭くなっている、

請求項1に記載の半導体光集積素子。

[請求項5]

前記第2光導波路は、前記第1コア層とバンドギャップ波長が異なる第4コア層を含み、

前記第1コア層は、レーザ光の伝搬方向に垂直であって前記分離部が形成された基板の面に平行な方向の幅が、レーザ光の入射側から出射側に向かうにつれて狭くなっており、

前記第4コア層は、レーザ光の伝搬方向に向かって側方から前記第1コア層を挟む位置に設けられ、レーザ光の入射側から出射側に向かうにつれて幅が広がっている、

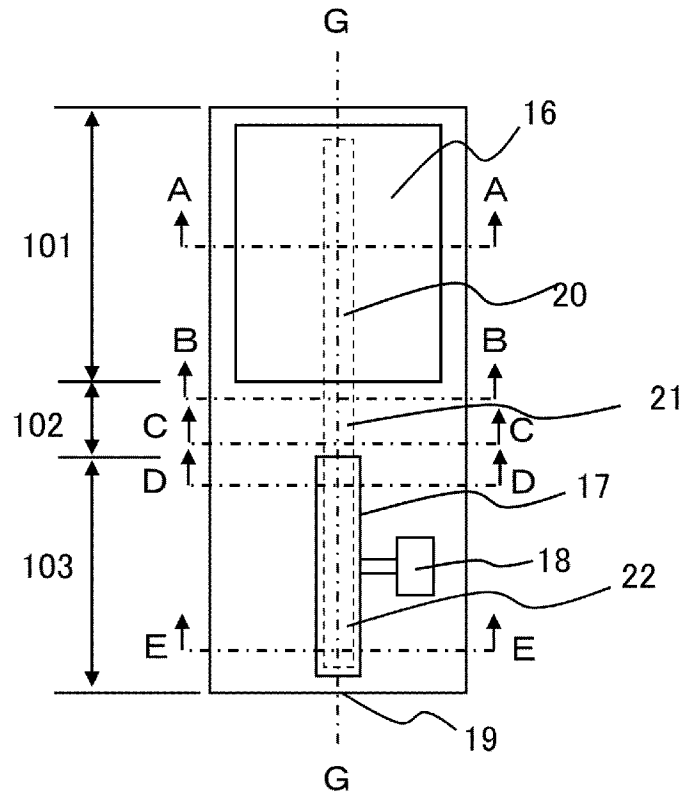
請求項4に記載の半導体光集積素子。

[請求項6]

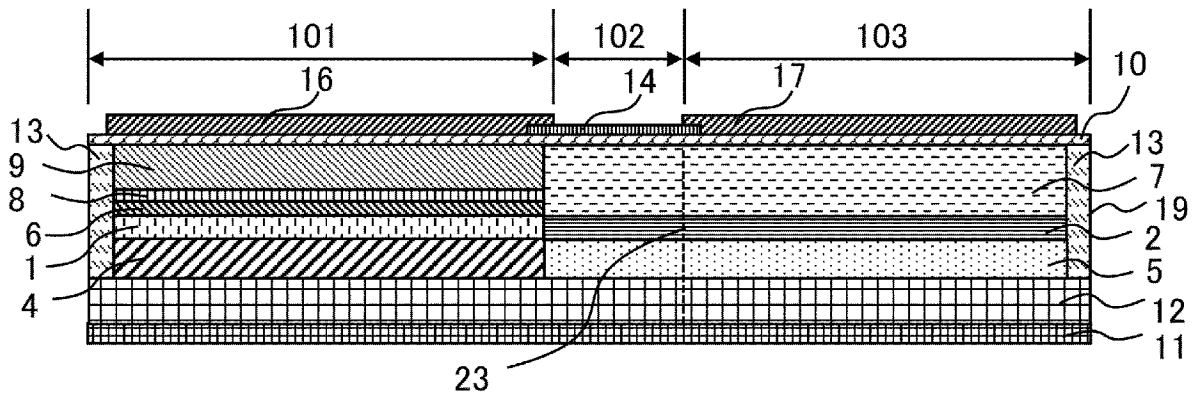
前記第2コア層のバンドギャップ波長は、レーザ光の入射側に比べ出射側で長い、

請求項1から5のいずれか1項に記載の半導体光集積素子。

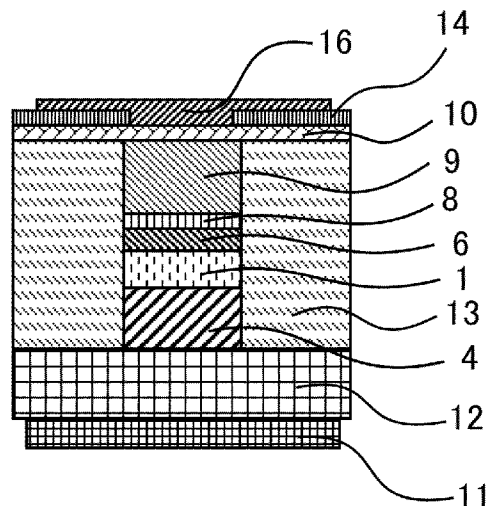
[図1]



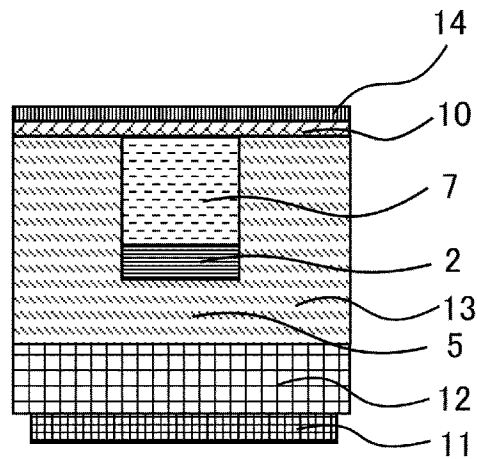
[図2]



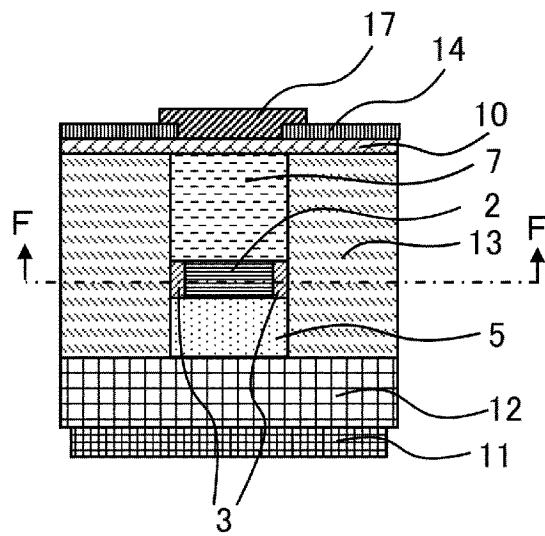
[図3]



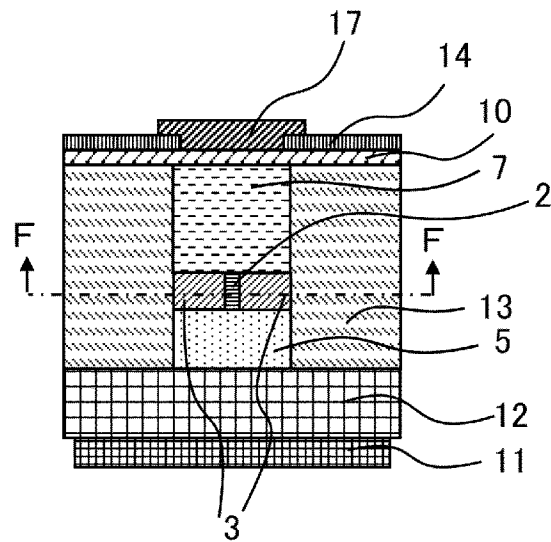
[図4]



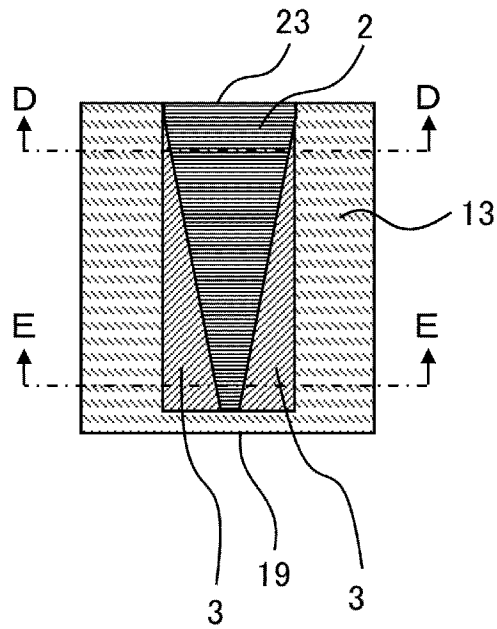
[図5]



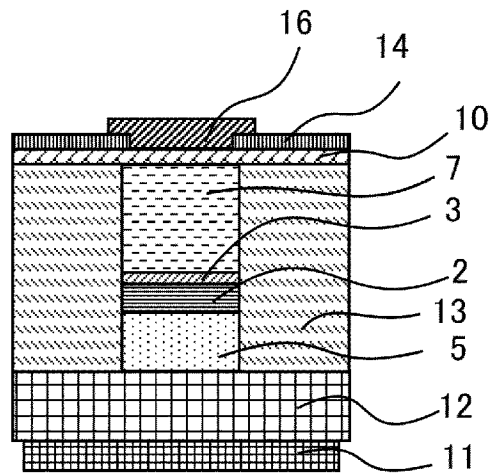
[図6]



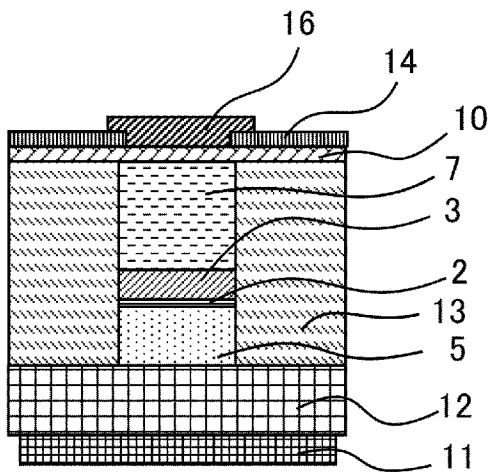
[図7]



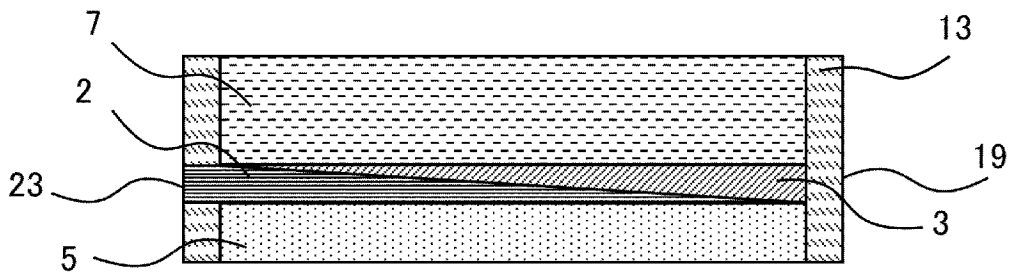
[図8]



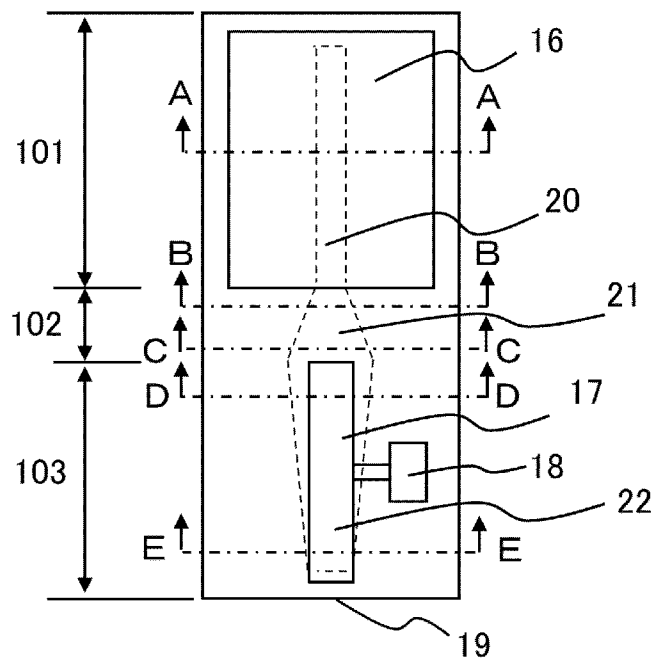
[図9]



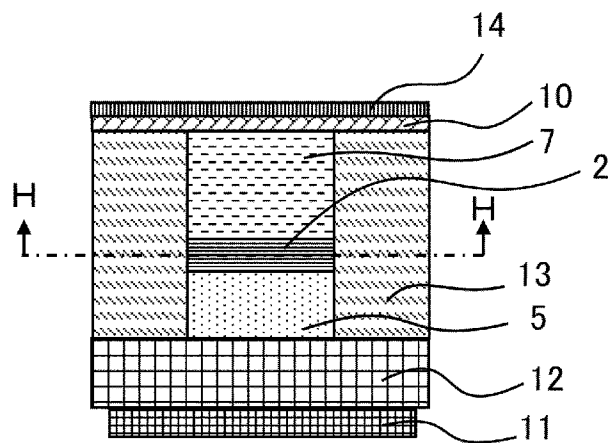
[図10]



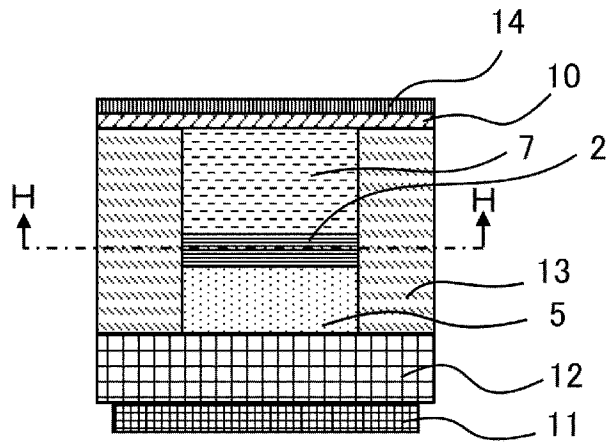
[図11]



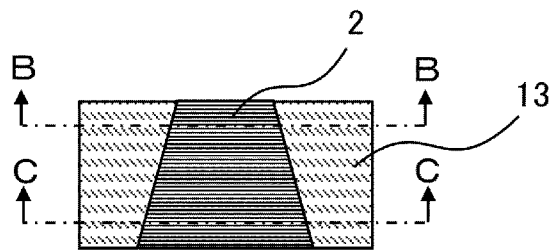
[図12]



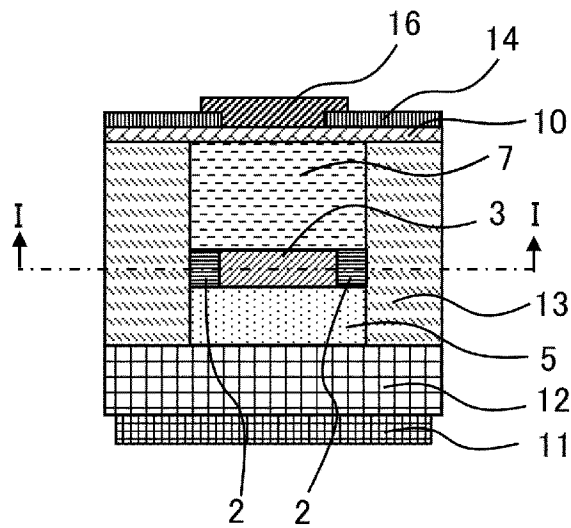
[図13]



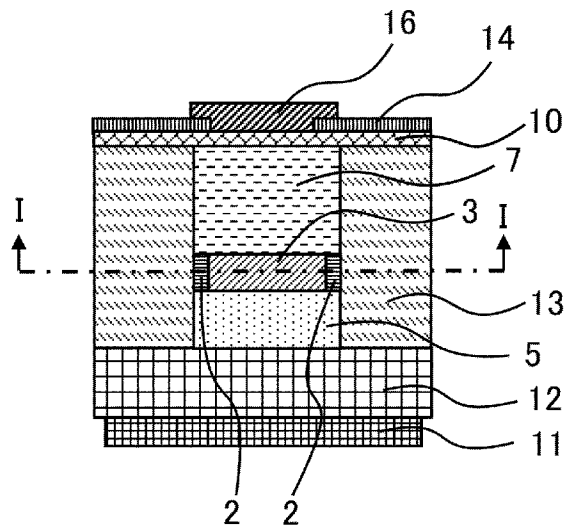
[図14]



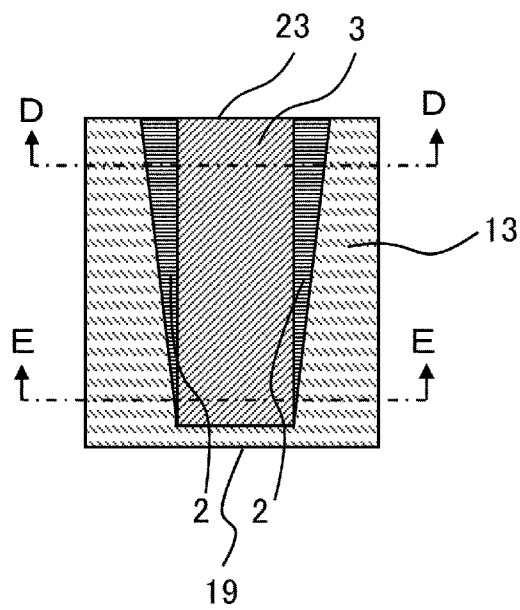
[図15]



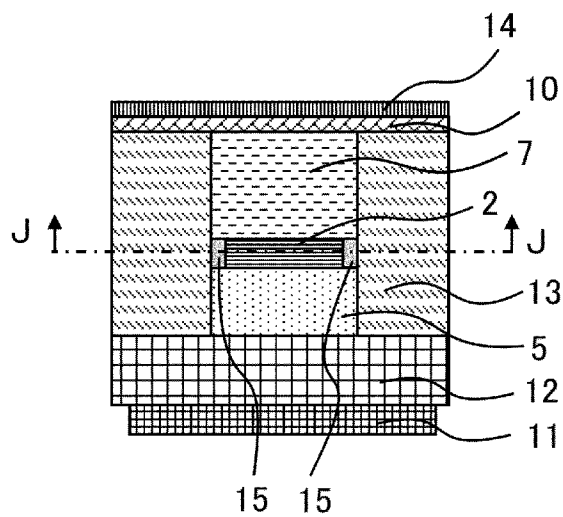
[図16]



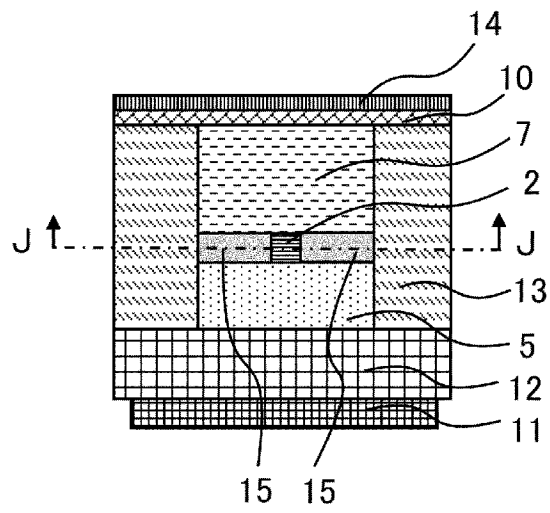
[図17]



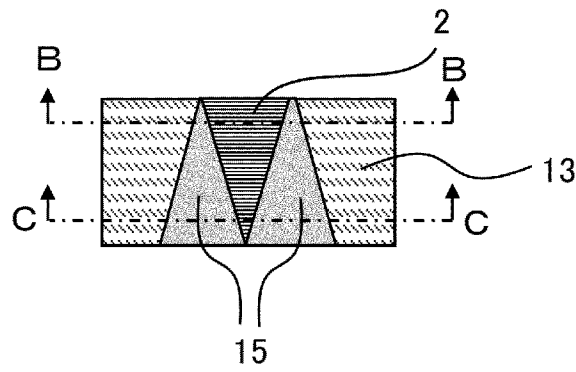
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/016374

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G02B 6/42</i> (2006.01)i; <i>G02B 6/12</i> (2006.01)i; <i>H01S 5/026</i> (2006.01)i FI: G02B6/42; H01S5/026 616; H01S5/026 618; G02B6/12 301		
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) G02B6/12-6/14; G02B6/26-6/27; G02B6/30-6/34; G02B6/42-6/43; H01S5/00-5/50		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2020/224775 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 12 November 2020 (2020-11-12) p. 4, line 17 to p. 7, line 29, fig. 2	1-6
Y	JP 2002-527793 A (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON) 27 August 2002 (2002-08-27) paragraphs [0023]-[0062], fig. 1-5	1-6
Y	WO 2018/134940 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 26 July 2018 (2018-07-26) paragraphs [0021]-[0023], fig. 9-11	1-6
Y	US 2014/0376577 A1 (HEIMBUCH, M. et al.) 25 December 2014 (2014-12-25) paragraphs [0028]-[0039], fig. 2-5	6
Y	JP 1-217418 A (KOKUSAI DENSHIN DENWA CO., LTD.) 31 August 1989 (1989-08-31) p. 4, upper right column, line 13 to lower left column, line 13, fig. 2	6
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 application or patent 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 06 June 2023		Date of mailing of the international search report 27 June 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/016374

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2021/059449 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 01 April 2021 (2021-04-01) paragraphs [0031]-[0037], fig. 7	1-6
A	JP 2011-76054 A (FUJIKURA LTD.) 14 April 2011 (2011-04-14) entire text, all drawings	1-6
A	US 2017/0179679 A1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 22 June 2017 (2017-06-22) entire text, all drawings	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/016374

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)	
WO	2020/224775	A1	12 November 2020	EP	3903390	B1
JP	2002-527793	A	27 August 2002	US	6332048	B1
				column 3, line 43 to column 8, line 16, fig. 1-5		
				WO	2000/022477	A1
				EP	1121621	A1
				AU	1422500	A
				TW	418541	B
				CA	2346654	A1
				HK	1043203	A1
				CN	1329724	A
				KR	10-0630514	B1
WO	2018/134940	A1	26 July 2018	JP	6146554	B1
US	2014/0376577	A1	25 December 2014	WO	2014/127502	A1
				CN	104254951	A
JP	1-217418	A	31 August 1989	US	4913506	A
				column 10, line 36 to column 11, line 5, fig. 12		
				GB	2229287	A
				KR	10-1989-0013513	A
WO	2021/059449	A1	01 April 2021	US	2022/0352692	A1
				paragraphs [0044]-[0050], fig. 7		
JP	2011-76054	A	14 April 2011	(Family: none)		
US	2017/0179679	A1	22 June 2017	KR	10-2017-0071985	A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 6/42(2006.01)i; G02B 6/12(2006.01)i; H01S 5/026(2006.01)i FI: G02B6/42; H01S5/026 616; H01S5/026 618; G02B6/12 301		
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）） G02B6/12-6/14; G02B6/26-6/27; G02B6/30-6/34; G02B6/42-6/43; H01S5/00-5/50 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 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023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） JSTPlus/JST7580 (JDreamII)		
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 請求項の番号
Y	WO 2020/224775 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 12.11.2020 (2020 - 11 - 12) 第4頁第17行-第7頁第29行, 第2図	1-6
Y	JP 2002-527793 A (テレフオンアクチーボラゲツト エル エム エリクソン) 27.08.2002 (2002 - 08 - 27) 段落 [0023] - [0062], 第1-5図	1-6
Y	WO 2018/134940 A1 (三菱電機株式会社) 26.07.2018 (2018 - 07 - 26) 段落 [0021] - [0023], 第9-11図	1-6
Y	US 2014/0376577 A1 (HEIMBUCH, M. et al.) 25.12.2014 (2014 - 12 - 25) 段落 [0028] - [0039], 第2-5図	6
Y	JP 1-217418 A (国際電信電話株式会社) 31.08.1989 (1989 - 08 - 31) 第4頁右上欄第13行-左下欄第13行, 第2図	6
A	WO 2021/059449 A1 (日本電信電話株式会社) 01.04.2021 (2021 - 04 - 01) 段落 [0031] - [0037], 第7図	1-6
A	JP 2011-76054 A (株式会社フジクラ) 14.04.2011 (2011 - 04 - 14) 全文, 全図	1-6
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" 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” 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抵触するものではなく、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	06.06.2023	国際調査報告の発送日 27.06.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 山本 元彦 2L 3914 電話番号 03-3581-1101 内線 3295	

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 請求項の番号
A	US 2017/0179679 A1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 22.06.2017 (2017 - 06 - 22) 全文, 全図	1-6

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/016374

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2020/224775 A1	12.11.2020	EP 3903390 B1	
JP 2002-527793 A	27.08.2002	US 6332048 B1 第3欄第43行-第8欄第16行, 第1-5図	
		WO 2000/022477 A1	
		EP 1121621 A1	
		AU 1422500 A	
		TW 418541 B	
		CA 2346654 A1	
		HK 1043203 A1	
		CN 1329724 A	
		KR 10-0630514 B1	
WO 2018/134940 A1	26.07.2018	JP 6146554 B1	
US 2014/0376577 A1	25.12.2014	WO 2014/127502 A1	
		CN 104254951 A	
JP 1-217418 A	31.08.1989	US 4913506 A 第10欄第36行-第11欄第5行, 第12図	
		GB 2229287 A	
		KR 10-1989-0013513 A	
WO 2021/059449 A1	01.04.2021	US 2022/0352692 A1 段落 [0044] - [0050] , 第 7図	
JP 2011-76054 A	14.04.2011	(ファミリーなし)	
US 2017/0179679 A1	22.06.2017	KR 10-2017-0071985 A	