

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012年1月5日 (05.01.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/002306 A1

- (51) 国際特許分類 :
G02F J/OJ 7 (2006. 0V) G02B 6/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP201 1/064635
- (22) 国際出願日 : 2011年6月27日 (27.06.2011)
- (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 2010-145899 2010年6月28日 (28.06.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について) : 独立行政法人産業技術総合研究所 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関1丁目3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) : 永瀬 成範 (NAGASE Masanori) [JP/JP]; 〒3058568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 庄司 雄哉 (SHOJI Yuya) [JP/JP]; 〒3058568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 須田 悟史 (SUDA Satoshi) [JP/JP]; 〒3058568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2 独立行政法人産

業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 金高 健二 (KINTAKA Kenji) [JP/JP]; 〒5638577 大阪府大阪市緑区1-8-3 1 独立行政法人産業技術総合研究所 関西センター内 Osaka (JP). 河島 整 (KAWASHIMA Hitoshi) [JP/JP]; 〒3058568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 秋本 良一 (AKIMOTO Ryouichi) [JP/JP]; 〒3058568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 鎌塚 治彦 (KUWATSUKA Haruhiko) [JP/JP]; 〒3058568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 石川 浩 (ISHIKAWA Hiroshi) [JP/JP]; 〒3058568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP).

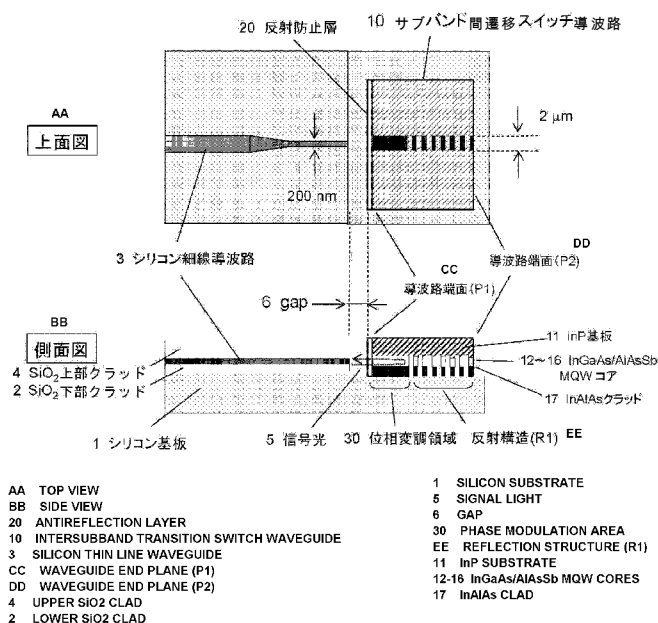
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL WAVEGUIDE DEVICE

(54) 発明の名称 : 光導波路素子

[図1]



(57) Abstract: In hybrid integration using an intersubband transition device and a silicon thin line: the efficiency of coupling with the silicon thin line can be improved; the phase modulation effect can be enhanced by increasing the optical path length; the S/N ratio of the optical gate switch can be improved; and high performances of low energy operations and the like can be achieved. In an intersubband transition waveguide that uses semiconductor materials, fixim which a quantum well structure can be formed, such as InuaAs and AlAsSb, and that has a phase modulation effect produced by an intersubband transition in the quantum well structure, a reflection structure (RI) for TE optical signals is provided, thereby forming an intersubband transition switch waveguide (10). A signal light (5) input from a waveguide end plane (P1) is subjected to the phase modulation effect in the waveguide, reflected by the reflection structure (RI) provided in the optical waveguide, again subjected to the phase modulation effect in the waveguide, and output from the waveguide end plane (P1). Thus, the same input/output end can be shared with the silicon thin line waveguide and further the optical path length can be increased.

(57) 要約 :

[続葉有]



SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可[△]: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

添付公開書類 :

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

サブバンド間遷移素子とシリコン細線によるハイブリット集積化において、シリコン細線との結合効率の向上、及び光路長増大による位相変調効果の増大を実現させ、光ゲートスイッチの S/N 比改善と低エネルギー動作化等の高性能化を実現する。InGaAs や AlAsSb などの量子井戸構造を形成可能な半導体材料を用い、その量子井戸構造でのサブバンド間遷移によって引き起こされる位相変調効果を有するサブバンド間遷移導波路に、TE 光信号に対する反射構造 (R1) を設けてサブバンド間遷移スイッチ導波路 10 を構成する。導波路端面 (P1) から入力された信号光 5 は、導波路で位相変調効果を受け、光導波路に設けた反射構造 (R1) にて反射され、再び、導波路内で位相変調効果を受けて、導波路端面 (P1) から出力されるので、シリコン細線導波路との入出力端の同一化および光路長増大を実現できる。

明 細 書

発明の名称 : 光導波路素子

技術分野

[0001] 本発明は、位相変調効果を持つ光導波路素子、該光導波路素子を用いた光集積回路、光ゲートスイッチ、及び前記光導波路素子の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年の情報通信技術の飛躍的進歩により、インターネットトラフィックは年率40%の増加を示している。これに伴った、ルーターをはじめとした光通信用伝送装置での消費電力増大が懸念されている。現在の光通信ネットワークでは、大容量の光信号を伝送する場合、光信号を圧縮させて伝送している。このような圧縮処理がルーターなどの光信号伝送装置での消費電力増大に繋がっている。この対策として、できるだけ大容量光信号を非圧縮に伝送することで、高効率なネットワーク実現することが期待されている。今後増加していくと予想される高精細画像などの大容量伝送をローカルネットワークなどへ導入していくことで、将来の光通信ネットワークの低エネルギー化への貢献が期待されている。

[0003] このためには、大容量光信号を低電力で送受信可能な、光ネットワークインターフェースカード(光NIC)が不可欠となる(非特許文献1参照)。現在製品化されている光NICは、光ゲートスイッチに電氣的処理を用いているため、送受信速度は40Gbpsと遅く、今後も送受信速度の飛躍的な向上は望めない。一方、光NICに用いられる光ゲートスイッチとして、InGaAs/AlAsSb量子井戸でのサブバンド間遷移現象を利用した全光型ゲートスイッチがあり、160Gbps以上で動作可能な光NICの実現が期待できる(特許文献1参照)。

[0004] サブバンド間遷移素子では、TMポンプ光(制御光)によって、量子井戸の電子がサブバンド間励起されると、屈折率分散によってTE信号の位相が変調される(位相変調効果)。このため、マッハツェンダー干渉計の片方ア

ームにサブバンド間遷移素子を挿入すると、TMポンプ光の入射時と非入射時で、両アームでの位相差が変わるため、光ゲートスイッチを実現することができる（非特許文献2参照）。これまで、InGaAs/AlAsSb量子井戸からなるサブバンド間遷移素子で引き起こされる位相変調効果を用いて、空間型マッハツェンダー干渉計にて、全光型ゲートスイッチの動作実験を行い、4 pJの入力エネルギーで160 Gbpsから40 Gbpsへの多重分離動作などの全光型ゲート動作が可能であることを発明者らは確認している（非特許文献3参照）。

[0005] 光NICを社会的に普及していくには、出来る限りの低コスト化、小型化及び低エネルギー動作化が望ましい。全光型ゲート動作を実験的に既に確認している空間型のマッハツェンダー干渉計では、このような要求を満足できない。シリコン基板などのプラットフォーム上に、シリコン細線導波路等を用いて、マッハツェンダー干渉計などを構成する方が望ましい。このような背景から、これまで、シリコン細線導波路とサブバンド間遷移素子を用いたハイブリット集積型光NICが提案されている（非特許文献1参照）。

[0006] また、本発明について関連する文献として、非特許文献4乃至6がある。シリコン細線導波路とサブバンド間遷移素子を用いたハイブリット集積型光NICを実現するには、高度な半導体微細加工技術が必要となる。スパッタ法による多層膜反射鏡の作製、及び、蒸着法による金属膜反射鏡の作製などの従来技術に加えて（非特許文献4参照）、近年、ドライエッチング技術を用いたブラック反射鏡の作製（非特許文献5参照）、シリコン細線導波路によるマイケルソン干渉計の作製（非特許文献6参照）などが報告され、ハイブリット集積型光NIC実現のための有効な技術要素が整ってきている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：再公表2008-020621号公報

非特許文献

[0008] 非特許文献1：石川浩，「低消費電力の超大容量ネットワークからの期待」，

財団法人光産業技術振興協会平成20年度シリコンフォトニクスプレクス
ル―技術調査報告書 (FY2008—001—3)、pp. 45-58, 2
009年3月.

非特許文献2 : H. Tsuchida, T. Simoyama, H. Ishikawa, T. Mozume, M. Nagase, and J. Kasai,
"Cross phase modulation-based wave
length conversion using intersubband
transition in InGaAs/AlAs/AlAs
Sb coupled quantum wells", Opt. Lett.
, vol. 32, no. 7, pp. 751-753, 2007.

非特許文献3 : R. Akimoto, G. W. Cong, M. Nagase,
T. Mozume, H. Tsuchida, T. Hasama, and H.
Ishikawa, "All-optical demultiplex
ing from 160 to 40/80 Gb/s Using M
ach-Zehnder switches based on inte
rsubband transition of InGaAs/AlAs
Sb coupled double quantum wells", I
EICE Trans. Electron., vol. E92-C, no.
. 6, pp. 187-193, 2009.

非特許文献4 : 伊賀健一、小山二三夫, "面発光レーザ" オーム社, chap
ter 5, 1990.

非特許文献5 : M. Madhan Raj, J. Wiedmann, S. To
yoshima, Y. Saka, K. Ebihara and S. Ara
i, "High-Reflectivity Semiconductor
/Benzocyclobutene Bragg Reflector
Mirrors for GaInAsP/InP Lasers", Jp
n. J. Appl. Phys. vol. 40, pp. 2269-2277,
2001

非特許文献6: J. Song, Q. Fang, S. H. Tao, T. Y. Liow, M. B. Yu, G. Q. Lo and D. L. Kwong, "Fast and low power Michelson interferometer thermo-optical switch on SOI", Optics Express, vol. 16, no. 20, pp. 15304 - 15311, 2008.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] ハイブリット集積型光NICにおいては、シリコン細線導波路およびサブバンド間遷移素子との結合効率が、光ゲートスイッチ性能に大きな影響をもたらす。結合効率が減少すると、実質的に位相変調効率を低下させるためTM制御光の入力パワー増加が必要となる。また、結合損失増大によるTE信号光減衰によって、SN比低下の問題が生じる。

[0010] 従来の、ハイブリット集積型光NICを構成しているマッハツエンダー干渉計について図8を参照して説明する(非特許文献1参照)。図8は、従来のサブバンド間遷移スイッチ導波路80とマッハツエンダー干渉計81との結合を示す図である。160GbpsのTE信号光を第1のシリコン細線導波路82aを介してサブバンド間遷移スイッチ導波路P1から入力すると共に、40GbpsのTM制御光を第2のシリコン細線導波路82bを介してサブバンド間遷移スイッチ導波路80に入力する。TM制御光により、サブバンド間遷移スイッチ導波路内で位相変調を起こすことで、マッハツエンダー干渉計の両アームでの信号光の位相差が変わり、82cでおこる信号光の干渉効果の正と負が逆転する。これより、TM制御光(40Gbps)と同じタイミングを持つTE信号光(40Gbps)のみをサブバンド間遷移スイッチ導波路端面82cから出力することができる。いわゆる160Gbpsから40Gbpsへの多重分離動作(DEMUX動作)を可能とする。

[0011] 図8の場合、サブバンド間遷移スイッチ導波路80(メサ型導波路、導波路幅:約2 μ m、導波路高さ:約2 μ m、長さ:300 μ m)の入力側端面

(P 1) と出力側端面 (P 2) の 2 箇所で、シリコン細線導波路 (導波路幅 : 200 nm、導波路高さ : 200 nm) と接続する必要があり、高度な実装技術を必要とする。このように、従来のハイブリット集積型光 N I C のマッハツエンダー干渉計では、シリコン細線導波路とメサ型導波路を結合させる必要があるが、結合効率を 50 % 以上とする位置合わせの許容度は、サブミクロンと非常に狭く、高度な実装技術が不可欠となるという問題がある。

[001 2] また、サブバンド間遷移素子とシリコン細線導波路の集積化において、両者のわずかな位置ずれによって、結合効率が大きく低下する。これにより、実質的に位相変調効率が低下してしまうため、T M 制御光の入力パワーを大きくする必要がある。また、結合効率の低下に伴う信号光の減衰により、S N 比が低下するという問題がある。

[001 3] 本発明は、これらの問題を解決しようとするものであり、サブバンド間遷移素子等とシリコン細線等の結合効率を向上することを目的とし、さらにサブバンド間遷移素子等における位相変調効率を増大させることを目的とする。また、高性能な光ゲートスイッチを実現することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0014] 高度な位置合わせ精度の必要性は、モード断面積がそれぞれ小さいシリコン細線とサブバンド間遷移素子とを、光入力側端面 (P 1) と光出力側端面 (P 2) の 2 箇所で接続しなければならないことに起因している。

[001 5] そこで、発明者らは、この問題を解決し、サブバンド間遷移素子をシリコン細線導波路に集積可能にするために、反射構造を持つ導波路をサブバンド間遷移素子に利用することを提案するものである。本発明の導波路素子では、導波路端面 (P 1) から入力された光信号は、導波路内で位相変調効果を受けて、導波路に設けた反射構造 (R 1) にて光信号が反射され、再び、導波路内で位相変調効果を受けて、導波路端面 (P 1) から出力される。これにより、入力側及び出力側の導波路が同一となり、シリコン細線導波路との接続点が 1 点に減少できることから、結合効率の改善が可能となる。また、導波路内で 2 回の位相変調効果を受けるため、約 2 倍の位相変調効率を得る

ことが可能になる。

[001 6] 本発明は、前記目的を達成するために、以下の特徴を有するものである。

[001 7] 本発明は、位相変調効果を有する光導波路素子であって、光導波路の導波路端面から入射した光信号に対する反射構造を備えることを特徴とする。本発明の光導波路素子において、前記光信号が前記反射構造で反射され前記導波路端面から出力されることにより、位相変調領域での光信号の光路長が増大される。前記光導波路は、量子井戸構造を形成する半導体材料からなり、前記量子井戸構造でのサブバンド間遷移によって引き起こされる位相変調効果を有する。例えば、前記光導波路は、InGaAsとAlAsSbからなる量子井戸構造を形成する半導体材料からなる。位相変調効果を有する光導波路素子として、サブバンド間遷移素子の他に、キャリアプラズマ効果、熱光学効果、Kerr効果、ポッケルス効果のいずれか1つ以上による位相変調を利用した素子を用いてもよい。前記反射構造は、代表的には、プラグ反射鏡の構造である。他に、金属膜反射鏡やファセットミラーも利用可能である。本発明の導波路素子において、光が入出力する前記導波路端面には、反射防止層を備えることが好ましい。

[001 8] 本発明では、シリコン細線導波路によるマイケルソン干渉計と光信号の入出力が可能である。本発明は、光集積回路であって、前記光導波路素子とシリコン細線導波路とを結合して光集積回路とすることができる。本発明は、光ゲートスイッチであり、前記光導波路素子とシリコン細線導波路によるマイケルソン干渉計とを結合して光ゲートスイッチとすることができる。

[001 9] 本発明の方法は、位相変調効果を有する光導波路素子の製造方法であって、光導波路の一方の導波路端面から入射した光信号に対する反射構造を、前記光導波路の他方の導波路端面側に形成することを特徴とする。また、光導波路の導波路端面から入射した光信号に対する反射構造を、前記光導波路に空気層の周期構造をエッチングして形成することを特徴とする。また、光導波路の一方の導波路端面から入射した光信号に対する反射構造を、前記光導波路の他方の導波路端面に屈折率の異なる材料を交互に成膜して形成するこ

とを特徴とする。成膜は、スパッタや蒸着により形成することが好ましい。

発明の効果

[0020] 本発明では、導波路に反射構造を持つサブバンド間遷移素子を実現したことにより、サブバンド間遷移導波路とシリコン細線を用いたハイブリット集積化において、素子間結合効率を向上させ、及び位相変調効果の増大させることができる。その結果、さらに、光ゲートスイッチの高性能化を実現できる。また、本発明では、サブバンド間遷移素子とシリコン細線の位置合わせにおいて要求される精度が低くなるため、歩留まり向上を期待できる。

[0021] サブバンド間遷移素子の他、キャリアプラズマ効果、熱光学効果、Kerr効果、ポッケルス効果による位相変調を利用した素子も、位相変調効果を利用する光導波路のハイブリット集積化において、同様な効果を期待できる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1] 本発明の実施の形態に係る反射型導波路を用いた光集積素子を示す模式図

[図2] 本発明の実施の形態に係る反射型導波路の基本構成を示す模式図

[図3] 本発明の実施の形態に係る反射型導波路を構成する結合量子井戸構造を示す図

[図4] 本発明の実施の形態に係るエッチング技術により作製した反射型導波路のSEM写真

[図5] 本発明の実施の形態に係るスパッタ成膜法を用いた反射型導波路の模式図

[図6] 本発明に係わる反射型導波路とマイケルソン干渉計との結合を示す図

[図7] 反射型導波路とシリコン細線導波路との結合効率を示す図

[図8] 従来型導波路とマッハツェンダー干渉計との結合を示す図

発明を実施するための形態

[0023] 以下に、本発明を実施するための形態を説明する。本発明は、基本構造として、反射構造をサブバンド間遷移光導波路に設けるものである。本発明で

は、光導波路の端面である導波路端面（P 1）又は導波路端面（P 2）から入射されたT M制御光によって、T E信号光に対する位相変調が可能な光導波路に、T E光信号に対する反射構造（R 1）を設け、また、導波路端面（P 1）に反射防止層を設けている。反射構造（R 1）によって、信号光を位相変調領域内で反射させることにより、光路長増大により位相変調効果が増大する。また、導波路端面（P 1）に反射防止層を設けることにより、同一端面からの高効率な光入出力を実現できる。

[0024] （第 1 の実施の形態）

本発明の第 1 の実施の形態について、図 1 乃至 7 を参照して以下説明する。図 1 は、本実施の形態の反射型の光導波路素子とシリコン細線導波路を集積した光集積素子構造を示す模式図である。図 1 に、上から見た上面図と、側面図を示す。図 2 は、図 1 の反射型の光導波路素子の基本構成を示す模式図である。図 2 に、上から見た上面図と、側面図と、断面図とを示す。

[0025] 本実施の形態の光導波路素子は、基本的に反射構造（R 1）を有するサブバンド間遷移素子であり、サブバンド間遷移スイッチ導波路 10 と呼ぶことができる。サブバンド間遷移スイッチ導波路 10 は、シリコン細線導波路 3 と、光導波路端面（P 1）で接続される。シリコン細線導波路 3 は、シリコン基板 1 上に、S i O₂下部クラッド層 2、S i O₂上部クラッド層 4 の順で形成されている。シリコン細線導波路 3 は、例えば 200 nm 程度の細線でありモード断面積が小さい。

[0026] 本発明の光導波路は、InGaAs/AlAsSb 結合量子井戸により構成した多重量子井戸（MQW）をコア層とし、その上下部に InAlAs 層などのクラッド層が設けてあり、InGaAs/AlAsSb 結合量子井戸でのサブバンド間遷移によって位相変調効果を生じる。図 1 及び図 2 に示すように、サブバンド間遷移スイッチ導波路 10 は、基板 11 と、結合量子井戸構造からなる多重量子井戸（MQW）、コア 12～16 と、クラッド層 17 とを有する。基板 11 は、例えば InP 基板を用いる。結合量子井戸構造コア 12～16 は、InGaAs/AlAsSb の周期層を用いる。クラッド層

ド層 17 は、InAlAs を用いる。

[0027] 光導波路は、エッチング加工によって、図2の断面図に示すようにメサ型導波路などの光閉じ込め増強可能な構造となっている。サブバンド間遷移スイッチ導波路10における導波路主要部であるMQWコア層の幅は、例えば $2\mu\text{m}$ 程度である。

[0028] サブバンド間遷移スイッチ導波路10は、導波路端面(P1)と導波路端面(P2)を有し、いずれか一方の導波路から入射した光信号を、他端側に形成されている反射構造(R1)で反射する構造を備えている。サブバンド間遷移スイッチ導波路10の光導波路内に、半導体と空気による周期構造によるブラッグ反射鏡、あるいは、 SiO_2 とSiなどの周期構造によるブラッグ反射鏡などを形成して、TE信号光に対する反射構造(R1)を形成する。図2の上面図及び側面図に、反射構造(R1)を模式的に図示した。反射構造(R1)でのTE信号光に対する反射率は、SN比に影響するため、できる限り高い方が望ましい。

[0029] サブバンド間遷移スイッチ導波路10は、シリコン細線導波路3の形成されたシリコン基板上にシリコン細線導波路に接続するように設けられている。図1に示すように、適切なギャップ長のギャップ6を設けてシリコン細線導波路3とサブバンド間遷移スイッチ導波路10が集積されて、光集積素子を形成している。

[0030] 光導波路端面(P1)には、 SiON 、 ZrO_2 などの反射防止膜20を設けることが好ましい。反射防止膜20のような屈折率の異なる中間層の挿入により、サブバンド間遷移スイッチ導波路10とシリコン細線導波路3との有効屈折率の違いによる光信号の反射を少なくして、マイケルソン干渉計との結合効率を向上させることができる。

[0031] 図1に示されるように、導波路端面(P1)から入力された信号光5は、導波路で位相変調効果を受けて、光導波路に設けた反射構造(R1)にて、反射され、再び、導波路内で位相変調効果を受けて、導波路端面(P1)から出力される。導波路端面(P1)から反射構造(R1)までが、信号光が

位相変調効果を受ける領域（位相変調領域 30 と呼ぶ）である。ここでは、光導波路端面（P 1）から入射された信号光 5 が、反射構造（R 1）まで進行するまでに位相変調効果を受け、さらに、反射構造（R 1）で反射された光信号が、光導波路端面（P 1）まで戻るまでに、位相変調領域 30 で再び位相変調を受けることができる長さが望ましい。また、位相変調効果の緩和時間（約 2 ps）と光信号の群速度との関係を考慮すると、10～300 nm 程度が望ましい。

[0032] 導波路端面（P 1）あるいは導波路端面（P 2）を介して、TM 制御光を導波路内へ導入可能であることが好ましい。

[0033] 図 3 は、本発明の光導波路作製に用いられる InGaAs / AlAsSb 結合量子井戸とクラッドを成長した半導体結晶構造の断面である。半導体基板 11 は半絶縁性 InP であり、各層は基板 11 上に AlAsSb バッファ層 12 を形成した上に成長形成されている。結合量子井戸構造を構成する量子井戸層 15a、15b は、キャリア濃度約 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の n 型 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ であり、その井戸幅は、2.0 nm から 3.0 nm である。各量子井戸層 15a 及び 15b 間の結合障壁層 16 は、ノンドープの InAlAs、または、AlGaAs であり、その幅は、約 1.1 nm である。外部障壁層 13a、13b は、ノンドープの AlAsSb であり、その幅は、約 2.0 nm である。外部障壁層と量子井戸層の間には、量子井戸層からのキャリアの拡散を防ぐために、中間層として、AlAs 層 14 が形成されている。このような結合量子井戸層が 40～70 周期積層された後、ノンドープの InAlAs 層 17（上部クラッド）が形成されている。このような結合量子井戸構造を含んだ半導体結晶層は、MBE 法、MOCVD 法などの成長法によって、InP 基板（下部クラッド層）の上に連続成長によって形成することができる。光通信波長の 1.55 μm 帯の TM 偏光の制御光によってサブバンド励起がなされ、それに起因した屈折率分散による屈折率変化によって、1.55 μm 帯の TE 偏光の信号光を位相変調することができるような膜厚になっている。

[0034] 本実施の形態のサブバンド間遷移スイッチ導波路の作製方法について以下説明する。

[0035] まず、図3に示した、 $\text{InGaAs}/\text{AlAsSb}$ 結合量子井戸とクラッドを成長した半導体結晶構造に対して、電子線描画やドライエッチングによる微細加工技術を用いて、メサ型導波路を作製する。具体的には、上記半導体結晶成長構造を有する基板に、レジスト膜を形成し、電子線描画等を用いて導波路パターンを形成する。導波路パターン形成後、リフトオフを用いた転写プロセスによって、導波路パターンの金属マスクを作製する。金属マスク形成後、ICP-RIE装置を用いたドライエッチングによって、メサ型導波路を作製する。

[0036] 次に、導波路に設ける反射構造の作製方法について説明する。導波路の反射構造は、導波路内に屈折率の異なる周期構造を作製し、プラグ反射を利用することで作製できる。第1の方法は、ドライエッチングによって導波路に空気層を形成し半導体層と空気層などとの屈折率差を利用する方法である。第2の方法は、スパッタ法などによって異種材料の周期的に成膜し異種材料の屈折率差を利用する方法である。なお、プラグ反射鏡の構造及び製造法については、公知の技術を採用することができる。

[0037] 第1の方法について図4を参照して説明する。図4は、実際に、ドライエッチングによって、導波路に反射構造を作製した場合のSEM写真である。図2で説明したと同様の光導波路に、周期 $1.34\ \mu\text{m}$ （半導体層 $0.6\ \mu\text{m}$ 、空気層 $0.74\ \mu\text{m}$ ）のプラグ反射鏡が形成されている。図4の反射構造は、先に述べたメサ型導波路の作製プロセスでの、EB描画によるパターン形成の際に、周期 $1.34\ \mu\text{m}$ の周期構造パターンを追加することで作製できる。光導波路は、 InP 基板11と、 $\text{InGaAs}/\text{AlAsSb}$ のMQWコア層12～16と、 InAlAs クラッド17からなり、空気層は、基板にまで達している。また、エッチングされた空気層には、導波路保護や放射損抑制のために、BCB (benzocyclobutene, ベンゾシクロブテン) や SiO_2 などの低屈折率材料を埋め込むことが好ましく、波長 $1.55\ \mu\text{m}$

に対して、90%以上の反射率を実現できる。このような空気層による反射構造を有する導波路は、プロセス工数の削減という点で有利となるが、サブミクロンの周期構造をエッチングにより作製することが必要となるため、高度な技術を必要とする。

[0038] 第2の方法について図5を参照して説明する。図5は、スパッタ法を用いて反射構造を作製した場合の模式図である。図5の反射構造は、メサ型導波路を作製した後に、ドライエッチングなどによって形成された端面(P3)に、 SiO_2 、 Si などの屈折率の異なる材料を、スパッタ装置を用いて交互に成膜して作製する。各材料の屈折率は、 SiO_2 (屈折率1.4)、 Si (屈折率3.5)であり、両者の屈折率差からプラグ反射鏡を作成可能である。また、 SiO_2 の代わりに、 CaF_2 (屈折率1.43)、 LiF (屈折率1.39)、 MgF_2 (屈折率1.38)、を用いることができ、 Si の代わりに、 TiO_2 (屈折率2.5)、 CeO_2 (屈折率2.40)、 CdS (屈折率2.37)、 ZnS (屈折率2.31)、 a-Si アモルファスシリコン (屈折率3.6)を用いることもできる。1~5周期程度の周期構造を作製することによって、反射率90%以上を実現できる。第2の方法では、劈開によって形成された鏡面状の導波路端面にスパッタ法により成膜することも考えられるが、位相変調領域30として想定している、10~300nmの長さを劈開によって得ることは困難なため、ドライエッチングなどによって、良好な端面を形成する高度な技術を必要とする。また、導波路側面へ Si 膜などが付着した場合には、導波路特性低下の要因になるおそれがあるが、これを防ぐには、スパッタ成膜前に、 SiN などの低屈折率膜で導波路保護を行うとよい。

[0039] 本実施の形態では、プラグ反射鏡を用いた反射について説明したが、導波路の有効屈折率と異なる屈折率を持つ物質を、導波路端面(P2)に配置することで、両者の屈折率差による反射を用いてもよい。

[0040] 次に、サブバンド間遷移スイッチ導波路10とシリコン細線導波路3との接続について説明する。図6は、本発明の実施の形態に係わる、反射構造を

有するサブバンド間遷移スイッチ導波路（反射型導波路）とマイケルソン干渉計との結合を示す図である。本発明のような信号光の反射を利用する場合、従来技術で説明した図8のマッハツェンダー干渉計の代わりに、マイケルソン干渉計を利用することが可能になる。

[0041] 図6では、160 GbpsのTE信号光を第1のシリコン細線導波路61aを介してサブバンド間遷移スイッチ導波路の端面P1から入力すると共に、40 GbpsのTM制御光を第2のシリコン細線導波路61bを介してサブバンド間遷移スイッチ導波路の端面P1から入力する。TM制御光により導波路内で位相変調を受けた信号光が反射構造（R1）で反射された後に、導波路端面P1から出力され、一方ループミラー62で反射される光とによって干渉効果が起こる。TMポンプ光の入射時と非入射時で、位相差が変わり、正と負の干渉を起こすことによって、光ゲートスイッチを実現することができる。これより、TE信号光（160 Gbps）をTM制御光（40 Gbps）で多重分離動作することが可能になり、第3のシリコン細線導波路61cから、多重分離されたTE信号光（40 Gbps）を出力することができる。

[0042] 本発明の実施の形態の場合、図6のように、サブバンド間遷移スイッチ導波路の導波路端面（P1）の1箇所でのみ、シリコン細線導波路を接続すればよいので、素子間の結合効率の向上を期待できる。また、反射構造を設けることで、約2倍の位相変調効果を利用できる。これにより、SN比改善や入力パワー低減などのスイッチの高性能化という効果が得られる。

[0043] 図6のサブバンド間遷移スイッチ導波路の導波路端面（P1）には、反射防止層20が設けられている。サブバンド間遷移スイッチ導波路10をシリコン細線導波路に実装したときに、導波路間の隙間にできた空気等とサブバンド間遷移スイッチ導波路の屈折率差による信号光の反射を防止するために有効である。反射防止層20は、SiO₂、TiO₂、SiON、ZrO₂などの屈折率の異なる物質をスパッタ成膜法等により作製する。

[0044] 図7は、図1に示した反射型導波路とシリコン細線導波路を接続した場合

の結合効率を、時間領域差分法 (FDTD法) を用いて計算した結果である。図7の横軸はギャップ (単位 μm)、縦軸は、結合効率 (Coupling efficiency) を示す。反射型導波路は、導波路幅を $2\mu\text{m}$ 、メサ高さを $1.8\mu\text{m}$ 、位相変調領域を $50\mu\text{m}$ としている。また、導波路端面 (P1) には、入出力信号の導波路端面での反射防止膜として、 SiO_2 膜を仮定した。シリコン細線導波路端は、スポットサイズ変換器 (導波路幅 200nm 、高さ 200nm) となっている。図7には、ギャップがない ($0\mu\text{m}$) とき結合効率が約 0.8 であり、ギャップが $0.5\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ のとき、それぞれ結合効率は、 0.63 、 0.48 、 0.40 である。図7に示すように、シリコン細線導波路とサブバンド間遷移スイッチ導波路端面 (P1) を $1\mu\text{m}$ 程度に近づけることで、 50% 以上の高い結合効率を得られることを確認している。

[0045] 実施の形態では、サブバンド間遷移素子を例にとって説明したが、位相変調効果を利用する光導波路のハイブリット集積化において、同様な効果を期待できる。また、シリコン細線導波路による例に挙げたが、 SiO_2 や化合物半導体を用いた細線導波路などを用いても良い。上記実施の形態で示した例は、発明を理解しやすくするために記載したものであり、この形態に限定されるものではない。

符号の説明

[0046]	1	シリコン基板
	2	SiO_2 下部クラッド
	3	シリコン細線導波路
	4	SiO_2 上部クラッド
	5	信号光
	6	ギャップ
	10	サブバンド間遷移スイッチ導波路
	11	InP 基板 (下部クラッド)
	12	AlAsSb バックアップ層

- 13 (13 a、13 b) A l A s S b 外部障壁層
- 14 A l A s 拡散防止層
- 15 (15 a、15 b) I n G a A s 量子井戸層
- 16 I n A l A s 結合障壁層
- 17 I n A l A s キャップ層 (上部クラッド)
- 20 反射防止膜
- 30 位相変調領域
- 40 多層膜反射鏡
- 41 S i O₂
- 42 S i
- 60 シリコン細線によるマイケルソン干渉計
- 61 (61 a、61 b、61 c) シリコン細線導波路
- 62 ループミラー
- 80 サブバンド間遷移スイッチ導波路
- 81 シリコン細線によるマッハツエンダー干渉計
- 82 (82 a、82 b、82 c) シリコン細線導波路

請求の範囲

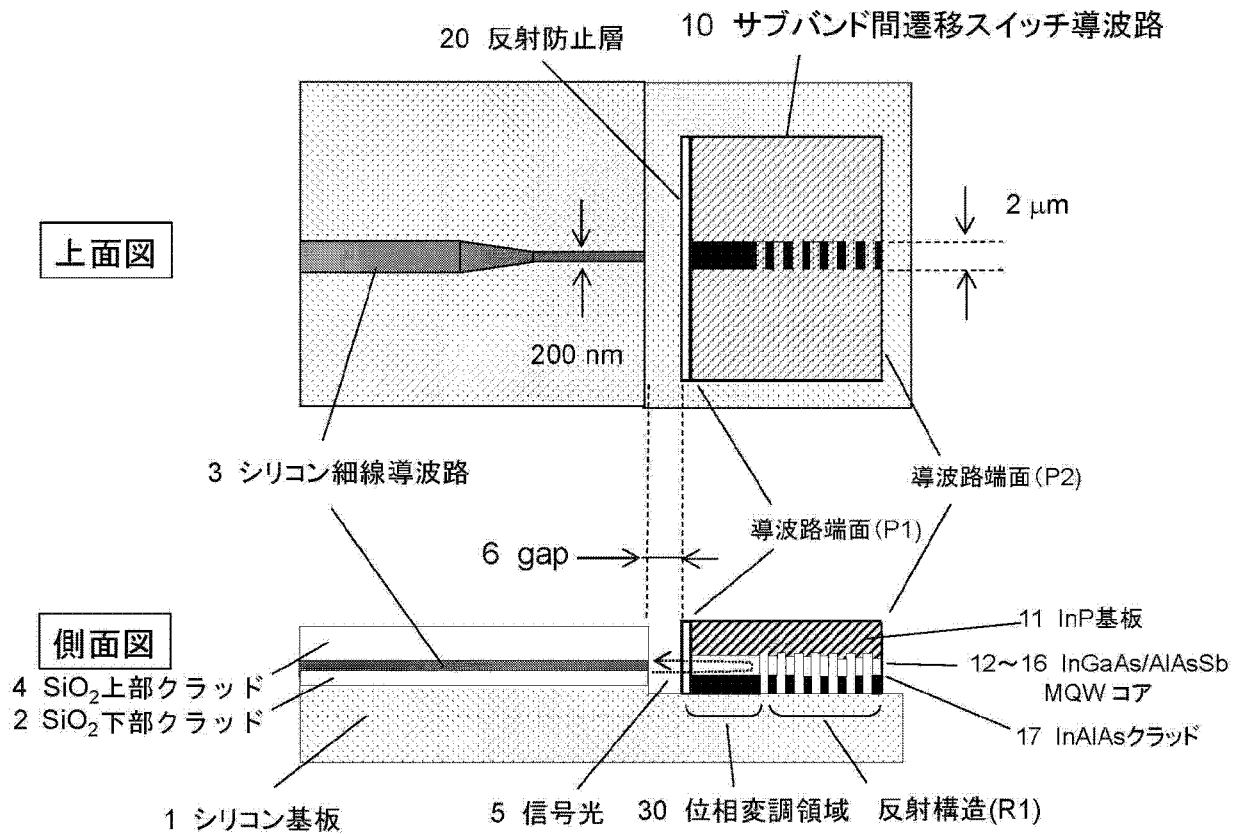
- [請求項1] 位相変調効果を有する光導波路素子であって、光導波路の導波路端面から入射した光信号に対する反射構造を備え、前記光信号が前記反射構造で反射され前記導波路端面から出力されることにより、位相変調領域での光信号の光路長が増大されることを特徴とする光導波路素子。
- [請求項2] 前記光導波路は、量子井戸構造を形成する半導体材料からなり、前記量子井戸構造でのサブバンド間遷移によって引き起こされる位相変調効果を有することを特徴とする請求項1に記載の光導波路素子。
- [請求項3] 前記光導波路は、InGaAsとAlAsSbからなる量子井戸構造を形成する半導体材料からなることを特徴とする請求項2記載の光導波路素子。
- [請求項4] キャリアプラズマ効果、熱光学効果、Kerr効果、ポッケルス効果のいずれか1つ以上による位相変調を利用したことを特徴とする請求項1記載の光導波路素子。
- [請求項5] 前記光導波路の前記反射構造は、プラグ反射鏡、金属膜反射鏡、ファセットミラーの少なくとも一つを用いた構造であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の光導波路素子。
- [請求項6] 前記導波路端面に反射防止層を備えることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の光導波路素子。
- [請求項7] マイケルソン干渉計と光信号の入出力を可能とすることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載の光導波路素子。
- [請求項8] 請求項1乃至7のいずれか1項に記載の光導波路素子を結合したことを特徴とする光集積回路。
- [請求項9] 請求項1乃至7のいずれか1項に記載の光導波路素子と、シリコン細線導波路によるマイケルソン干渉計とを結合したことを特徴とする光ゲートスイッチ。
- [請求項10] 位相変調効果を有する光導波路素子の製造方法であって、

光導波路の一方の導波路端面から入射した光信号に対する反射構造を、前記光導波路の他方の導波路端面側に形成することを特徴とする請求項 1 記載の光導波路素子の製造方法。

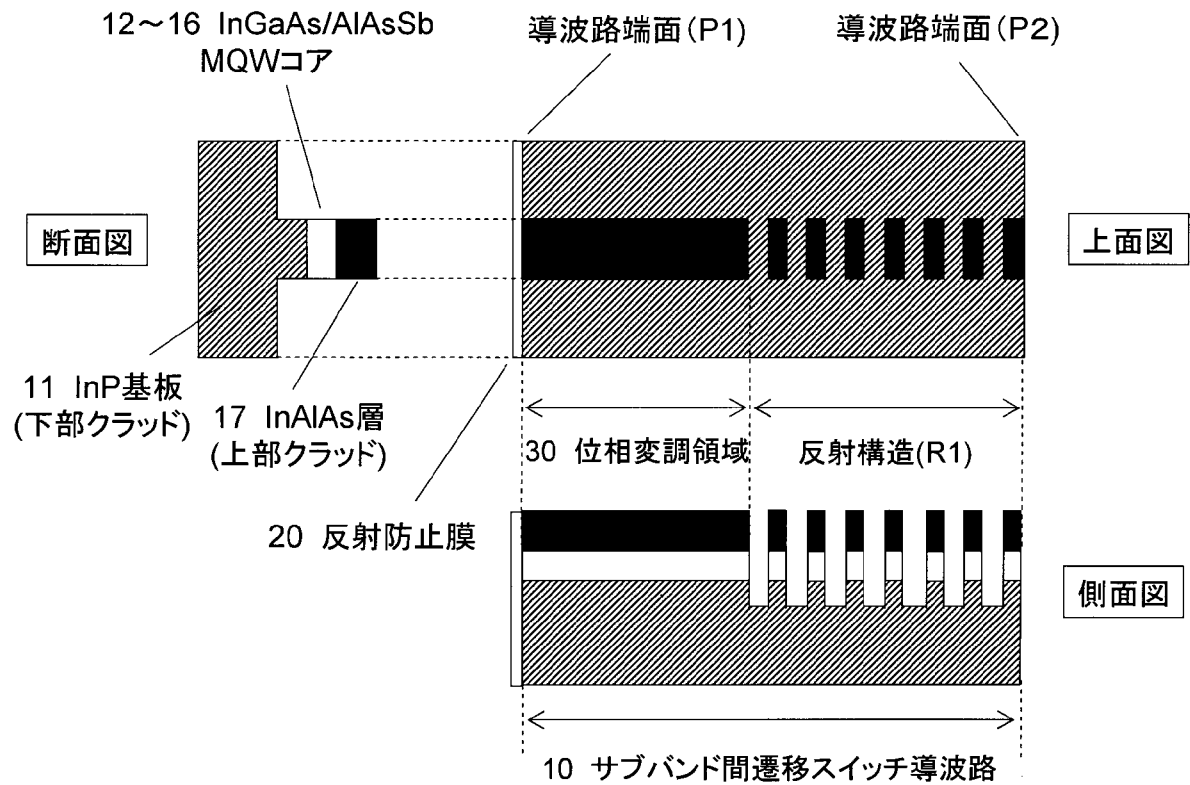
[請求項 11] 位相変調効果を有する光導波路素子の製造方法であって、
光導波路の導波路端面から入射した光信号に対する反射構造を、前記光導波路に空気層の周期構造をエッチングして形成することを特徴とする請求項 10 記載の光導波路素子の製造方法。

[請求項 12] 位相変調効果を有する光導波路素子の製造方法であって、
光導波路の一方の導波路端面から入射した光信号に対する反射構造を、前記光導波路の他方の導波路端面に屈折率の異なる材料を交互に成膜して形成することを特徴とする請求項 10 記載の光導波路素子の製造方法。

[図1]



[図2]

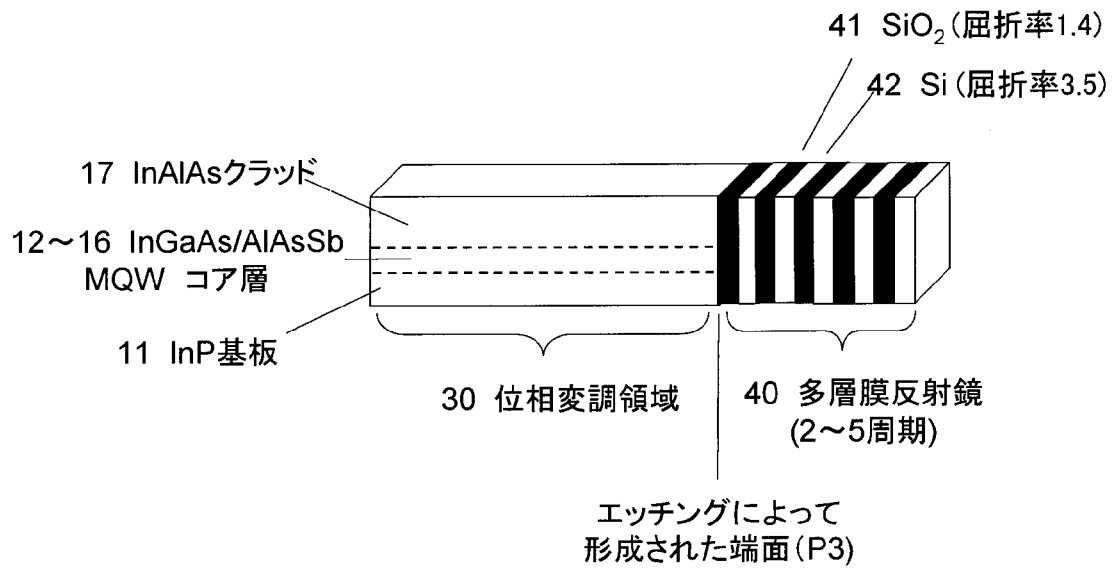


The diagram illustrates a semiconductor device structure. The main structure is a vertical stack of layers. The bottom layer is labeled 'InP' and is associated with the number 11. Above it are several layers, with the topmost layer associated with the number 17. A dashed line indicates a continuation of the stack. A detailed view of a sub-stack is shown on the right, with layers labeled from top to bottom: AlAsSb (13b), AlAs (15b), InGaAs (16), InAlAs (15a), AlAs (13a), and AlAsSb. The numbers 13, 14, 15, and 16 are also associated with the layers in the main stack.

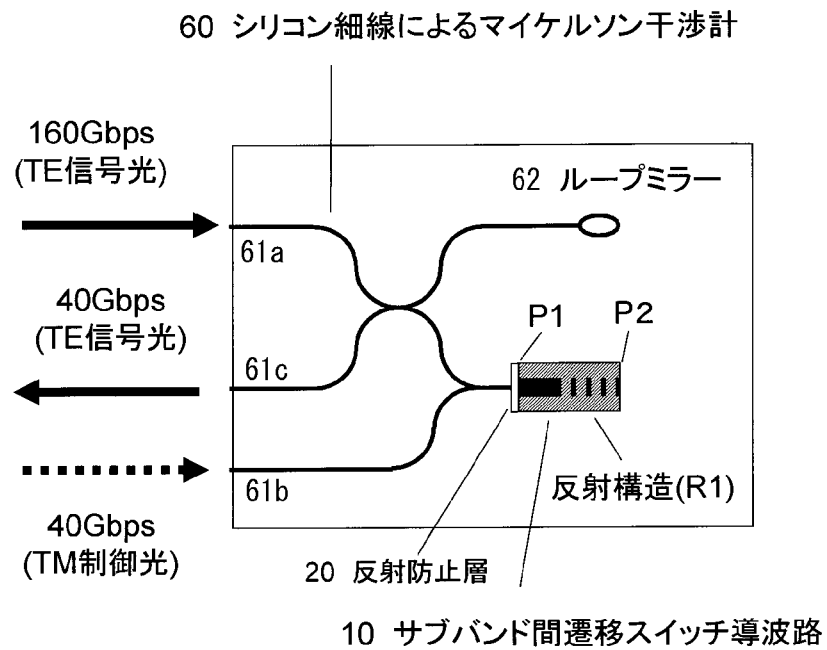
17 InAlAsクラッド
12~16 InGaAs/AlAsSb MQW コア層
11 InP基板

0.6 μm
0.74 μm
10.0kV x11.4k 4.73mm

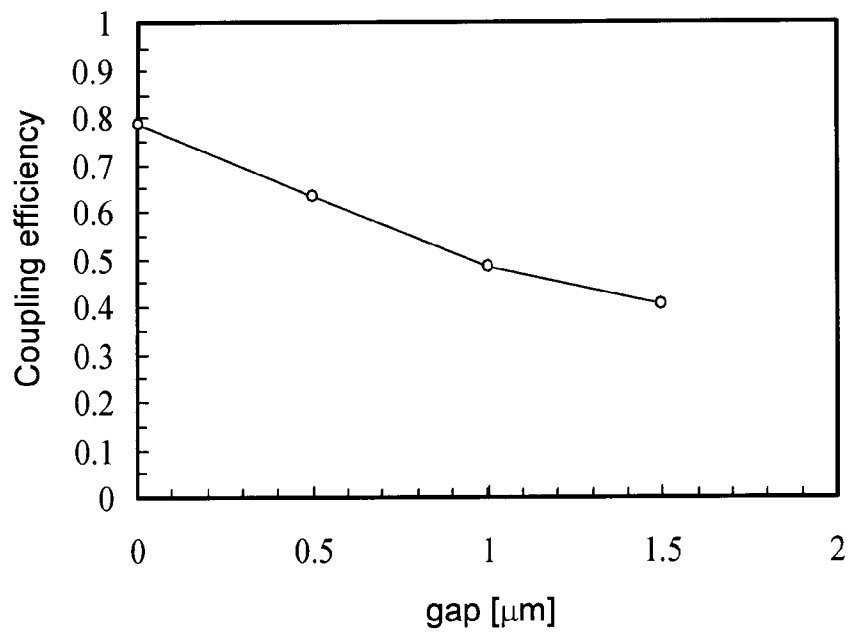
[図5]



[図6]

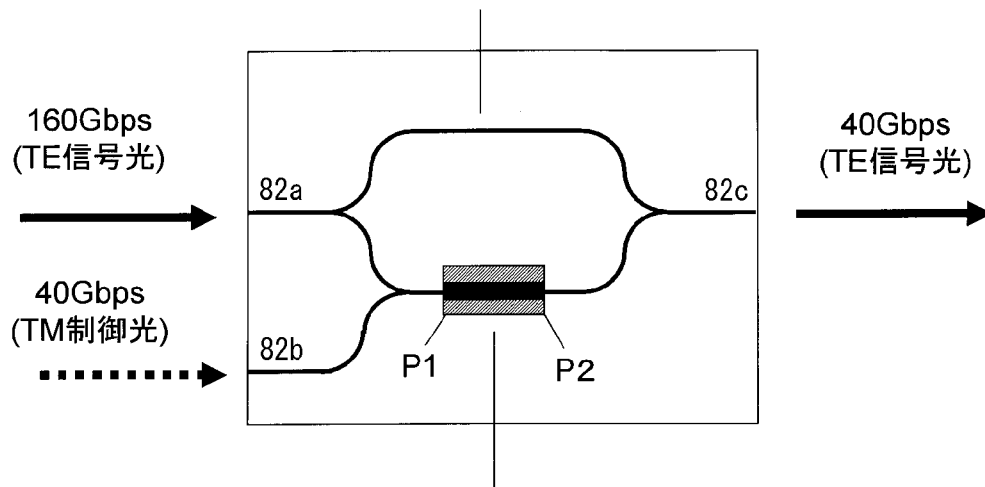


[図7]



[図8]

81 シリコン細線によるマッハツェンダー干渉計



80 サブバンド間遷移スイッチ導波路

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 011 / 064635

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1 / 01 7 {2006.01} i, G02B 6/1 2 {2006.01} i

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)

G02 F 1 / 0 1 7 , G 0 2 B 6 / 1 2

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

Jitsuyo	Shinan	Koho	1922-1	996	Jitsuyo	Shinan	Toroku	Koho	1996-2011
Kokai	Jitsuyo	Shinan	Koho	1971-2011	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994 - 2011

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

I EEE Xplo re , J S TPlus (JDream I I)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	J P 10 - 2 2 1 7 2 5 A (Nippon Tel egraph and Te lephone Corp .) , 2 1 Augu st 1 9 9 8 (2 1 . 0 8 . 1 9 9 8) f ent i r e t e x t ; a l l d r a w i n g s (Fami l y : n o n e)	1 , 4 - 8 , 1 0 , 1 2 2 , 3 , 9 , 1 1
X Y	Journal o f L i g h t w a v e T e c h n o l o g y , 2 0 0 8 . 1 0 . 0 1 , V o l . 2 6 , N o . 1 9 , 3 3 6 3 - 3 3 6 8	1 , 4 - 8 , 1 0 , 1 1 2 , 3 , 9 , 1 2
Y	Ryo i c h i A K I M O T O , T e r u o M O Z U M E , H i r o s h i I S H I K A W A , " A l l - o p t i c a l p h a s e m o d u l a t i o n u s i n g i n t e r s u b b a n d t r a n s i t i o n i n q u a n t u m w e l l s " , O y o B u t s u r i , 1 0 M a r c h 2 0 1 0 (1 0 . 0 3 . 2 0 1 0) , v o l . 7 9 , n o . 3 , 2 2 5 t o 2 2 9	2 , 3



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 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
1 6 September , 2 0 1 1 (1 6 . 0 9 . 1 1)Date of mailing of the international search report
2 7 Septembe r , 2 0 1 1 (2 7 . 0 9 . 1 1)Name and mailing address of the ISA/
Japane s e Patent Offi c e

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 011 / 064635

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	OPTICS EXPRESS, 2008.09.29, Vol. 16, No. 20, 15304-15311	9
Y	JP 2010-54929 A (Toshiba Corp.), 11 March 2010 (11.03.2010), entire text; all drawings (Family: none)	9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/064635

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The invention in claim 1 does not have a special technical feature in the light of the contents disclosed in the documents 1 and 2 which are cited in this international search report. Therefore, the inventions in claims 1-12 have no technical relationship involving any same or corresponding special technical feature, and do not form a single general inventive concept.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

IntCl. G02F1/017 (2006. 01) i, G02B6/12 (2006. 01) i

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))

IntCl. G02F1/017, G02B6/12

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—2011年
日本国実用新案登録公報	1996—2011年
日本国登録実用新案公報	1994—2011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)

IEEE Xplore, JSTPlus (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
X Y	JP 10-22 1725 A (日本電信電話株式会社) 1998. 08. 21, 全文、全図 (ファミリーなし)	14—8, 10, 12 2, 3, 9, 11
X Y	Journal of Lightwave Technology, 2008. 10. 01, Vol. 26, No. 19, 3363-3368	14—8, 10, 11 2, 3, 9, 12
Y	秋本良一, 物集照夫, 石川浩, サブバンド間遷移を用いた全光位相変調器, 応用物理, 2010. 03. 10, Vol. 79, No. 3, 225-229	2, 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

IA」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

IE」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

「」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)

IF」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

IP」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

け」国際出願日又は優先日後に公表された文献であつ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つて、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つて、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

16. 09. 2011

国際調査報告の発送日

27. 09. 2011

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

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)

佐藤 宙子

電話番号 03-3581-1101 内線 3294

2X

9316

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 請求項の番号
Y	OPTICS EXPRESS, 2008. 09. 29, Vol. 16, No. 20, 15304—15311	9
Y	JP 2010-54929 A (株式会社東芝) 2010. 03. 11, 全文、全図 (ファミリーなし)	9

第 II 欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第 1 ページの 2 の続き)

法第 8 条第 3 項 (P C T 17 条 2) (a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であって P C T 規則 6.4 (a) の第 2 文及び第 3 文の規定に従って記載されていない。

第 III 欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第 1 ページの 3 の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときこの国際調査機関は認めた。

請求項 1 に係る発明は、国際調査報告で引用された文献 1、文献 2 の開示内容に照らし、特別な技術的特徴を有するものでない。したがって、請求項 1—12 に係る発明においては、同一の又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係が存在せず、単一の一般的発明概念が形成されない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。