

(19) 日本国特許庁 ( J P )

(12) 特 許 公 報 ( B 2 )

(11) 特許番号

特許第3075199号  
(P3075199)

(45) 発行日 平成12年 8 月 7 日 (2000. 8. 7)

(24) 登録日 平成12年 6 月 9 日 (2000. 6. 9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I
G 0 2 F 1/313		G 0 2 F 1/313
	1/377	1/377

請求項の数 7 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平8-309734	(73) 特許権者	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22) 出願日	平成8年11月20日 (1996. 11. 20)	(72) 発明者	上野 芳康 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(65) 公開番号	特開平10-148857	(74) 代理人	100082935 弁理士 京本 直樹 (外2名)
(43) 公開日	平成10年6月2日 (1998. 6. 2)		
審査請求日	平成8年11月20日 (1996. 11. 20)	審査官	佐藤 宙子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光スイッチ

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 導波路型のカスケード型光スイッチであって、位相シフトを発生するカスケード領域の長さ ( L ) と walkoff 長 ( Lwalkoff ) が  $1.0 < L / Lwalkoff < 3.0$  の関係を充たすことを特徴とする光スイッチ。

【請求項2】 前記導波路型のカスケード型光スイッチを構成する材料が AlGaAs、AlGaInP、InGaAsP、AlGaInAs、CdZnSSe、AlGaInN、SiGe のいずれかであることを特徴とする請求項1記載の光スイッチ。

【請求項3】 前記カスケード型光スイッチは、基板上に形成された方向性結合器を導波路のうち、最も導波路が近接している箇所にカスケード領域を有することを特徴とする請求項1記載の光スイッチ。

2

【請求項4】 前記カスケード型光スイッチは、基板上に形成されたマッハツェンダー干渉形の導波路のうち一方のアーム部にカスケード領域を有することを特徴とする請求項1記載の光スイッチ。

【請求項5】 前記カスケード型光スイッチは、基板上に形成されたマッハツェンダー干渉形の導波路の両方のアーム部にカスケード領域を有することを特徴とする請求項1記載の光スイッチ。

【請求項6】 前記カスケード型光スイッチは、基板上に形成されたマッハツェンダー干渉形の導波路の両方のアーム部にカスケード領域を有し、一方のアーム部にはバイアス位相を 0 または  $\pi$  に制御するための位相制御部を有することを特徴とする請求項1記載の光スイッチ。

【請求項7】 前記光スイッチの後段に偏光子または波長フィルタを配置することを特徴とする請求項3又は4

10

又は5又は6記載の光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超高速大容量な光時間多重(Optical Time-Domain Multiplexing:OTDM)光通信に用いる光制御光スイッチ、光Demultiplexer(光Demux)、光ゲート等に関する。

【0002】

【従来の技術】通信需要の増加に伴い、光通信の高速化・大容量化が精力的に進められている。現在の時間多重(Time-Domain Multiplexing:TDM)通信方式では、時間多重光信号を光検出器で電気通信に変換した後に、電気信号処理によって非多重化(DeMultiplexing)を行っている。従ってTDM光通信の速度限界は光-電気信号変換や電気信号処理の速度で決まり、現在のところ10~40Gbpsが限界となっている。

【0003】また近年、TDM光通信の速度限界を越えるものとして、OTDM光通信と波長多重(Wavelength-Domain Multiplexing:WDM)光通信が研究されている。WDMでは波長の異なる光信号を多重する技術であるが、1.5μm帯光ファイバンプの帯域(30nm程度)あるいはファイバー内の光非線形効果と屈折率分散等の問題により400Gbps程度の長距離伝送が限界となっている。

【0004】一方、PTDM光通信システムでは、単一波長の光信号を100Gbpsないし1Tbps以上まで多重化し、受信側では光信号だけを使って40Gbps以下まで非多重化を行っている。このため非多重化処理を行うためのデバイス(光Demux)がキーデバイスの1つとなっている。光Demuxは光-電気変換も電気信号処理も使わないため高速な動作が可能となる。

【0005】従来の光Demuxは制御光パワーが非常に大きいという問題点があったが、最近では制御光パワーの小さな光Demuxとして、カスケード型光スイッチ、対称マッハツェンダー(Symmetric Mach-Zehnder:SMZ)、およびTerahertz Optical Asymmetric Dem\*

$$walkoff = \frac{T_{p-p}}{T_0} = \frac{L \cdot (\kappa'_{2m} - \kappa'_m)}{T_0} = \frac{L}{L_{walkoff}} \quad (1)$$

ただし、 $T_{p-p}$  : 基本波パルスピークとSHGパルスピークの時間軸上の距離、 $T_0$  : 入力基本波パルスのパルス幅、 $\kappa'_m$ 、 $\kappa'_{2m}$  : 基本波とSHG波の群速度の逆数、 $L_{walkoff}$  : walkoff長、 $L$  : カスケード領域長(位相整合が行われる光導波路長)である。

【0013】上記数式よりパルス幅が短いほど、また屈折率分散が大きいほど、walkoffが強くなるこ

\* multiplexer (TOAD)の3つが提案されている。

【0006】このうちSMZとTOADではデバイスを構成する半導体材料内部のキャリア生成に伴う発熱、材料劣化、電流の発生が課題となっており、さらにこれらのスイッチでは必要な制御光パワーは光パルス幅に依らず一定となる。

【0007】一方、カスケード型光スイッチはキャリアを生成しないので、発熱等の問題が生じることが無い。また必要な制御光パワーは光パルス幅に反比例するため、パルス幅が短いほど制御パワーを低減することが可能となる。

【0008】前述のカスケード型光スイッチはDeSalvoらによって提案され(DeSalvo et al., Opt. Lett. 17, 1992, 28-30)、その特徴は2次非線形感受率<sup>(2)</sup>に基づく位相変化を利用するものであり、位相変化のメカニズムに第2高調波(SHG)光が関与する点にある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】カスケード型光スイッチで用いる基本波長と第2高調波波長は一般に導波路材料の屈折率が異なるため、基本波とSHGの位相速度がずれてしまうが、位相整合を行うことによって揃えることができる。しかし位相整合を行ってもなお、導波路材料の屈折率分散(dn/d)が基本波長と第2高調波波長で相違するため、基本波長光信号パルスとSHG光パルスの群速度(導波速度)が異なり、導波路を進むにしたがって基本波パルスとSHGパルスがずれるという問題点が生じていた。このような現象は一般にwalkoffと呼ばれている。

【0010】これまでの研究ではカスケード型光スイッチではwalkoffが起きると媒介SHGパルスと基本波パルスの相互作用が極端に低下して位相変化が生じなくなり、従ってスイッチ動作しないと考えられてきた。

【0011】基本波パルスとSHGパルスとのwalkoffの値は次のように表される。

【0012】

【数1】

とがわかる。

【0014】Mach-Zehnder干涉を使ったカスケード型光スイッチでは(Y. Baek et al., Opt. Lett. 20, 1995, 2168-2170)導波路材料として誘電体(LiNbO3)を使うものが報告されている。この報告では、パルス幅の長いパルス(90ps)を使っていること、誘電体では

屈折率分散が小さいことからwalkoffは殆ど起きていない。

【0015】walkoff効果を取り入れたカスケード位相変化についてはSundheimerらが実験と計算の両面から報告しているが(Sundheimer et al., Opt. Lett. 18, 1993, 1397-1399)、この報告ではwalkoff = 1.9と、walkoffが小さい場合についてしか報告されておらず、walkoffが大きい場合のカスケード位相変化についての検討はない。

【0016】半導体は<sup>(2)</sup>の値が大きく、位相整合及び集積化が可能であるため、カスケードスイッチの材料として有望であるが(Y. Ueno, US Pat Appl. No. 08/633882)、屈折率分散が大きい。また1Gbps信号伝送に用いる1ps幅の基本波パルス(波長1.5μm)をGaAs系の半導体光導波路へ入れる場合、walkoff長は300μmと非常に短く、カスケード型光スイッチでは大きなwalkoffが起きやすい。

【0017】Ironsideらは、カスケード型光スイッチに半導体を使う場合について考察しているが、walkoffが及ぼす影響について具体的に言及していない(Ironside et al., IEEE J. Quantum Electron. Vol. 29, pp. 2650-2654, Oct. 1993, Hutchings et al., Opt. Lett. Vol. 18, pp. 793-795, May 1993)。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明の光スイッチは、導波路型のカスケード型光スイッチであって、位相シフトを発生するカスケード領域の長さ(L)とwalkoff長(Lwalkoff)が $\frac{10}{L} < Lwalkoff < 30$ の関係を充たすことを特徴とする。また導波路型のカスケード型光スイッチを構成する材料がAlGaAs、AlGaInP、InGaAsP、AlGaInAs、CdZnSse、AlGaInN、SiGeのいずれかであることを特徴とする。

【0019】さらに前記カスケード型光スイッチは、基板上に形成された方向性結合器の導波路のうち、最も導波路が近接している箇所にかスケード領域を有するか、基板上に形成されたマッハツェンダー干渉形の導波路のうち一方のアーム部にカスケード領域を有するか、基板上に形成されたマッハツェンダー干渉形の導波路の両方のアーム部にカスケード領域を有するか、また一方のアーム部にはバイアス位相を0またはπに制御するための位相制御部を有することを特徴とする。また前記光スイッチの後段に偏光子または波長フィルタを配置することを特徴とする。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明では、まずカスケード型光スイッチに屈折率分散の大きい「半導体」を用いた場合のWalkoffの影響について、シュミレーションした結果を下記に示す。カスケード型光スイッチとしてプシュプル型マッハツェンダースイッチ、半導体としてAlGaAsを用いた。

【0021】プシュプル型マッハツェンダースイッチの例を図4に示す。図4のプシュプル型マッハツェンダースイッチ7には、基板に入射部8、光分岐部、アーム部(11, 12)、合流部、射出部からなる光導波路が形成され、アーム部11, 12には疑似位相整合(quasi phase matching: QPM)構造13, 14からなるカスケード領域が設けられている。

【0022】疑似位相整合の原理は、光導波路における2次非線形感受率<sup>(2)</sup>(または屈折率)を周期的に変調することにより、基本波とSHG波に対する導波路実効屈折率の差を擬似的に整合するものである。

【0023】図4のプシュプル型マッハツェンダー光スイッチではカスケード領域の位相不整合量(L)が各アーム部でそれぞれ正と負となるようQPMの構造周期を設けている。またバイアス位相を0またはπに制御するために位相制御領域15をアーム部12のQPM構造14の後段に設けている。この部分では導波路の上下に電極を設け、電気光学効果型位相制御を行う。

【0024】図4にあるように信号光は光パルスが時間多重された信号光パルスであり、信号光パルスと制御光パルスが重なる時、カスケード領域13でカスケード位相差+π/2が発生し、カスケード領域14では-π/2が発生する。従ってアーム間のカスケード位相変化の差はπとなる。プシュプル型マッハツェンダー光スイッチでは、カスケード効果で発生する位相変化が通常のマッハツェンダー光スイッチの半分なので制御光パワーを低減できる。

【0025】カスケード型スイッチの動作メカニズムの基本は、信号光パルスがカスケード領域を導波する際に受ける位相変化である。

【0026】単一の光パルス(基本波)を入射した際に光パルスが受け取る位相変化が、光パルスが弱いときに0となり光パルスが強い時にπ/2~πまで増加することが、信号パルスに制御パルスを重ねる実際の光スイッチ動作の基本となる。

【0027】以下、カスケード領域を伝播するパルスの位相変化の例を示しながら動作パラメータを挙げる。

【0028】動作パラメータは、カスケード領域長で規格化した位相不整合量(L)、規格化光パルス強度(L)と

【0029】

【数2】

$$\text{walkoff} = \frac{T_{D-P}^7}{T_0} \equiv \frac{L^8}{L_{\text{walkoff}}}$$

の3つである。

【0030】以下、動作条件の一例を示す。walkoff長は、式(1)に示すように、パルス幅に比例する。パルス幅3ps(300Gbps信号列相当)のとき、walkoff長は1mmである。従って、カスケード領域長(L)が15mmでwalkoff=15となる。次に、L=15mmの時、パルスピークパワー=2Wに相当する。ここでは、<sup>(2)</sup>の値をGaAsの非共鳴領域の値( $d_{14} = 130 \text{ pm/V} @ 10.6 \mu\text{m}$ )、導波路の有効断面積を $10 \mu\text{m}^2$ とした。

【0031】したがって40GbpsでDemux動作する場合の制御光パワーは、240mWとなる。また、QPM周期を位相整合条件からわずかにずらすことによって、 $L = 3 \sim 30$ 程度を設ける。QPM周期は $2 \sim 3 \mu\text{m}$ である。

【0032】図6に、walkoffが15起きた場合の基本波パルス(a)とSHGパルス(b)の導波中の推移を示す。図中、zは伝播距離、tは時間軸であり、 $L = 2$ 、 $(L)^2 = 120$ とした。

【0033】SHGパルスは群速度が大きいため基本波よりも早く進み、入射直後以外は基本波パルスとSHGパルスの重なりは非常に小さい。しかし重なりが小さいにもかかわらず基本波が大きなカスケード位相変化を受け取る。

【0034】図7にwalkoffだけを変えた場合の基本波パルスピークの位相変化を示す。左側縦軸は位相( $\phi / \pi$ )、右側縦軸がパルス波形歪みであり、横軸はwalkoffである。図7にあるように、walkoffが無い場合( $10^0 = 1$ )に比べて位相変化は減少するものの、減少は非常に緩やかである。

【0035】図7から規格化光パルス強度 $(L)^2 = 120$ に相当する光パルス強度を使い、walkoffが $10 \sim 15$ と大きくてもプッシュプル干渉動作(図4)に必要な位相変化( $\pi/2$ )が得られることがわかる。上述のピークパワー2Wは $(L)^2 = 120$ にもとづいた見積もりである。また30程度のwalkoffが起きた場合、基本波パルスとSHGパルスの重なりは非常に小さくなるが、それでも $1/2 \sim 1/3$ 程度の位相変化が残ることがわかる。

【0036】基本波パルスとSHGパルスの重なりが非常に小さいにもかかわらず大きな位相変化が発生するメカニズムは、重なりが小さいとはいえ基本波パルス位置に $1/100$ 程度の強度のSHG電場が存在し、これらの中で相互作用が起きるためである。このため基本波とSHG電場の間でエネルギーのやりとりが殆ど起きない代わりに、電場の位相が非常に効率よく交換されることになる。

【0037】プッシュプル型マッハツェンダースイッチ(図4)のスイッチ動作を図8に示す。図中、縦軸は信号透過率、横軸は規格化入力光強度 $[(L)^2]$ である。バイアス位相が $\pi$ の場合(Switch-On動作、実線)：信号パルスと制御パルスが重なる(入力光強度が大きい)時に信号パルスが透過する。信号パルスと制御パルスが重ならない(入力光強度は小さい)時、信号パルスは透過しない。バイアス位相が0の場合(Switch-Off動作、破線)は逆に、信号パルスと制御パルスが重ならない時だけ、信号パルスが透過する。

【0038】なお方向性結合器(図1、2)では、信号パルスと制御パルスが重なる時、信号パルスは第1チャネルから信号光パルス32として出力され、重ならないときは第2チャネルから信号光パルス33として出力される。

【0039】プッシュプル型マッハツェンダースイッチから出力される信号光パルスの波形を図9に示す。図中、縦軸は光強度、横軸は時間を表している。また実線は出力パルス波形、破線はカスケード領域を通過した後の出力パルス波形、点線は入力パルス波形を表わしている。図に示すように出力パルス波形は乱れのない単峰となる。

【0040】以上のように、カスケード型光スイッチに屈折率分散の大きな材料である半導体を用いた場合、カスケード領域の長さ $walkoff < 30$ の関係を満たしていれば基本波パルスは充分大きな位相変化が起き、従って光スイッチとしての動作が可能となる。

【0041】

30 【実施例】本発明を適用できるその他のカスケード型光スイッチを図面を用いて説明する。本発明を適用した光Demuxの第1の実施例の構造を図1に示す。

【0042】第1の実施例の光Demux1は、基板の上に上導波路チャネル2と3が形成され、この光導波路チャネル2と3は中央部4で近接して設けられたいわゆる方向性結合器構造となっている。

40 【0043】中央部4にはカスケード領域が形成され、疑似位相整合(quasi phase matching: QPM)構造5が設けられており、この領域で基本波とSHG波の間の疑似位相整合を行う。疑似位相整合の原理は、光導波路における2次非線形感受率<sup>(2)</sup>(または屈折率)を周期的に変調することにより、基本波とSHG波に対する導波路実効屈折率の差を擬似的に整合するものである。

50 【0044】本実施例のカスケード領域のQPM構造の例を図5に示す。GaAs基板22上にGaAsバッファ層、AlGaAsクラッド層20、非対称量子井戸(QW)層19、AlGaAsクラッド層18を積層し、AlGaAsクラッド層18にリッジを設け光導波路チャネルを形成する。次にAlGaAsクラッド層1

8上にQPM構造5を形成する箇所を残してマスクを設け、表面からAlGaAsクラッド層20までイオン注入を行い、非対称量子井戸(QW)層19を周期的に無秩序化してQPM構造を形成する。QPM周期はおよそ2 $\mu\text{m}$ である。

【0045】導波路構造の寸法は、クラッド層厚をそれぞれ2~5 $\mu\text{m}$ 、チャンネル幅を2~4 $\mu\text{m}$ 、として基本波及びSHG波を導波する。カスケード領域の長さは、信号光のパルス幅や動作条件に依存するがおよそ200 $\mu\text{m}$ ~10mmである。

【0046】なお、非対称量子井戸(QW)ではSHGに対する吸収損失を避けるために、QWのバンドギャップエネルギーを基本波の光子エネルギーの2倍以上としている。光通信用に1.5 $\mu\text{m}$ 波長光(0.8eV)を基本波とする場合にはバンドギャップエネルギーは1.6eV以上(波長にして0.77 $\mu\text{m}$ 以下)必要であり、これに適する材料としては、実施例のAlGaAsの他に例えばAlGaInP、等がある。

【0047】以上、Kelaïdisらによる秩序-無秩序型半導体QPM構造(C. kelaïdis, et al., IEEE Trans, Quantum Electron, vol. 30, pp. 2998-3005, 1994)を示したが、GaAs等の半導体やLiNbO<sub>3</sub>等の誘電体や有機材料で報告されているドメイン反転型QPM構造(M. J. Angell, et al., Appl. Phys. Lett. vol. 64, 1994, pp. 3107-3109; S. J. Yoo, et al., Appl. Phys. Lett. vol. 66, 1995, pp. 3410-3412)を用いることも可能である。

【0048】次に第1の実施例の動作を説明する。第1の実施例には光Demux1には時間多重された信号光パルス31と制御光パルス41が入力される。ここで両者は互いに直交する偏光となっている。

【0049】第1チャンネル2に入力された光パルスは、光Demux1の中央部4でカスケード位相変化を起こす。カスケード位相変化は、制御光パルス41と信号光パルス31が重なった時に、重ならない時に0である。従って、時間多重された信号光は、制御光パルスによって第1出力ポートと第2出力ポートに振り分けられる。

【0050】中央部以外では位相整合条件から大きくはずれるため、カスケード効果は起きない。図1の制御光は信号光パルスと直交する偏光を持っているが、偏光子6によって除去される。

【0051】このように直交偏光を用いたカスケード位相変化については、KobyakovやHutchingsらが詳しく報告している(Kobyakov and Lederer, Physical Review A, vol. 54, no. 4, pp. 3455-347

1, 1996; Kobyakov et al., Optics Communications, vol. 124, pp. 184, 1996; Hutchings et al., Optics Letters, vol. 18, pp. 793-795, May 1993)。

【0052】本実施例では簡単のために信号光と制御光の波長は同一としているが、波長が異なる場合でも本発明を適用することができる(Hutchings et al., Opt. Lett. Vol. 18, pp. 793-795, May 1993)。波長が異なる場合、偏光子6の代わりに波長フィルタを設けて制御光成分を除去することも可能である。

【0053】また波長が同じ場合の動作メカニズムの基本は、Assantoらの報告(Assanto et al., Appl. Phys. Lett. Vol. 62, pp. 1323-1325, March 1993)と同様である。

【0054】このようにカスケード型の光スイッチの材料として半導体を用いることができれば、光Demuxを複数個集積したり、さらに制御光源を集積する等が可能であり、集積光Demuxにも適用できる。

【0055】本発明を適用した光Demuxの第2の実施例を図2に示す。

【0056】第2の実施例の光Demux1は第1の実施例と同様の構造であり、基板上に光導波路チャンネル2と3が形成され、この光導波路チャンネル2と3は中央部4で近接して設けられた方向性結合器構造となっている。このため具体的な記載は省略する。第2の実施例は第1の実施例と入射する信号光パルスの点で異なっている。

【0057】第2の実施例では、大小の光パルスが時間多重された信号光パルスとなっており、第2の実施例におけるカスケード位相変化は、入力する光パルスが大きいときに、入力する光パルスが小さいときに0となる。従って、時間多重された光パルスは、制御光と信号光との光パルスの大きさの違いによって第1出力ポートと第2出力ポートに振り分けられる。

【0058】また第2の実施例においても中央部以外では位相整合条件から大きくはずれるため、カスケード効果は起きない。

【0059】第2の実施例においても、簡単のために信号光と制御光の波長は同一としているが、第1の実施例と同様に、波長が異なる場合でも適用でき、波長フィルタを設けて制御光成分を除去することも可能である。

【0060】本発明を適用したマツハツェンダー型の光スイッチの第3の実施例を図3に示す。第3の実施例のマツハツェンダー型の光スイッチ7は、基板上に入射部8、光分岐部、アーム部(9, 10)、合流部、射出部からなる光導波路が形成され、一方のアーム部9にはQPM構造が設けられている。本実施例におけるQPM構

造も第1の実施例と同様に形成される。

【0061】第3の実施例には時間多重された信号光パルス31と制御光パルス41が入力される。ここで両者は互いに直交する偏光となっている。

【0062】一方、アーム9を導波する信号光と制御光はカスケード位相変化を起こす。信号パルスと制御パルスが重なると位相変化は、重ならないと0である。アーム10を導波するパルスはカスケード位相変化を起こさない。アーム9とアーム10の合流点で干渉が起きる。

【0063】アーム9とアーム10の長さが1/2波長相当異なる場合、アーム間位相差のバイアスはである。従って、信号パルスが制御パルスと重なるとカスケード位相変化+バイアス位相差=2となり、干渉で強め合い信号光は出力チャンネルBへ出ていく(On状態)。信号パルスが制御パルスと重ならないと、カスケード位相変化+バイアス位相差=となり、干渉で打ち消し合って信号光は出ない(Off状態)。

【0064】以上の実施例では導波路構造の寸法は、クラッド層厚をそれぞれ2~5 $\mu\text{m}$ 、チャンネル幅を2~4 $\mu\text{m}$ 、として基本波及びSHG波を導波する。カスケード領域の長さは、信号光のパルス幅や動作条件に依存するがおよそ200 $\mu\text{m}$ ~10mmである。

【0065】なお、非対称量子井戸(QW)ではSHGに対する吸収損失を避けるために、QWのバンドギャップエネルギーを基本波の光子エネルギーの2倍以上としている。光通信用に1.5 $\mu\text{m}$ 波長光(0.8eV)を基本波とする場合にはバンドギャップエネルギーは1.6eV以上(波長にして0.77 $\mu\text{m}$ 以下)必要であり、これに適する材料としては、実施例のAlGaAsの他に例えばAlGaInP等がある。

【0066】

【発明の効果】従来、カスケード型光スイッチとしてLiNbO<sub>3</sub>、KTP、有機材料といった屈折率分散の低い材料だけが用いられてきたが、カスケード領域の長さ $L$ とwalkoff長 $L_{\text{walkoff}}$ が $L/L_{\text{walkoff}} < 30$ の関係を満たすようにすることで、屈折率分散の大きな材料(例えば、AlGaAs、AlGaInP、InGaAsP、AlGaInAs、CdZnSSe、AlGaInN、SiGe等の各種半導体)を利用してカスケード型光スイッチを構成できる。また半導体材料の利用により、同一基板上への素子の集積化が可能となった。

【0067】本発明のもうひとつの効果は、出力パルス波形の分裂(breakup)が解消することである。従来、パルス波形分裂は $L$ の選択と関連しており、小さな光エネルギーでスイッチ動作するためには $L$ は小さい方が良いが、walkoffが無い従来の場

合、 $L$ が30より小さくなると図10に示すように分裂が顕著になる。本発明では図9で示したように、同様な条件でも分裂が起きることはない。

【0068】前述のAssantoらの報告では、非常に小さな $L$ (0.1)を仮定し、パルス波形分裂の無い良好な出力パルスが得られることを述べている。これは非常に小さな $L$ ではパルス強度と位相が階段状(報告ではstep-like)に変化することを用いたものである。しかし、0.1という非常に小さな $L$ をカスケード領域全域にわたって均一に製作することは非常に困難であり、現実性に乏しいものであった。

【0069】別のもうひとつの効果は、カスケード領域長の製作精度が厳しくない点である。従来のカスケードスイッチでは、基本波とSHG波間のエネルギー交換が強く起きるため、基本波の強度と位相が導波中に大きく脈動する。従ってカスケード領域長の作製に高い精度が必要であった。これに対し、本発明ではエネルギー交換が殆ど起きないため長さの許容範囲が広く、カスケード領域長の作製に高い精度を必要としない。したがって生産性に優れたカスケード型光スイッチが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光Demuxの実施例を示す図である。

【図2】本発明による光Demuxの実施例を示す図である。

【図3】本発明によるマッハツェンダー型スイッチの実施例を示す図である。

【図4】本発明によるマッハツェンダー型スイッチの実施例を示す図である。

【図5】カスケード領域におけるQPM構造を示す図である。

【図6】基本波パルスとSHGパルスの導波中の推移を示す図である。

【図7】カスケード位相変化量とwalkoffの関係を示す図である。

【図8】マッハツェンダー型スイッチの出力強度を示す図である。

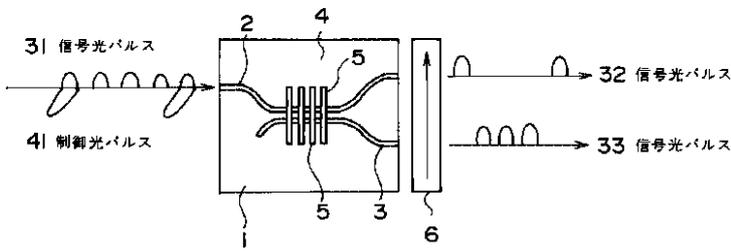
【図9】本発明の出力パルス波形を示す図である。

【図10】従来の出力パルス波形を示す図である。

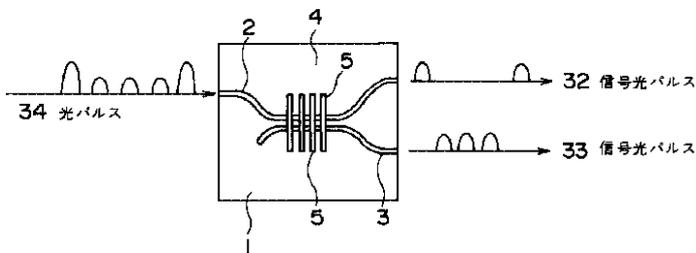
【符号の説明】

- 1 光Demux
- 2 チャンネルA
- 3 チャンネルB
- 4 カスケード領域
- 5 QPM構造
- 6 偏光フィルタ

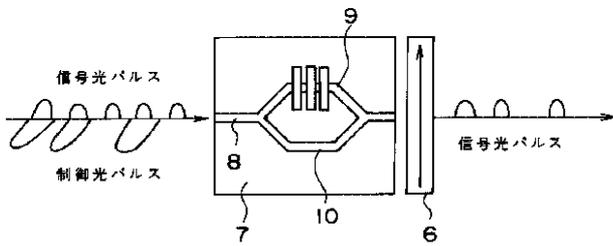
【図1】



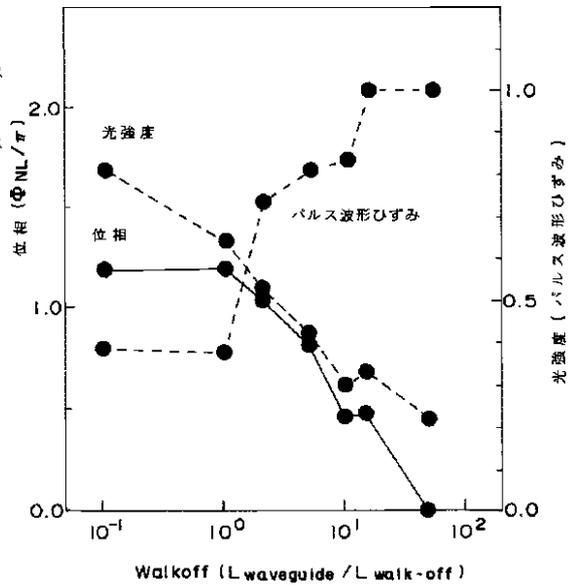
【図2】



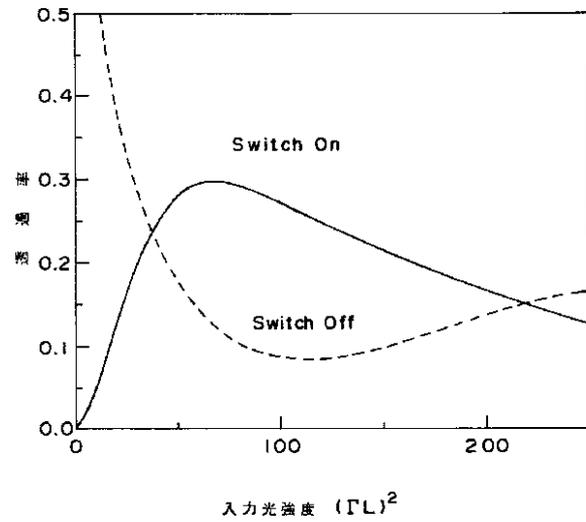
【図3】



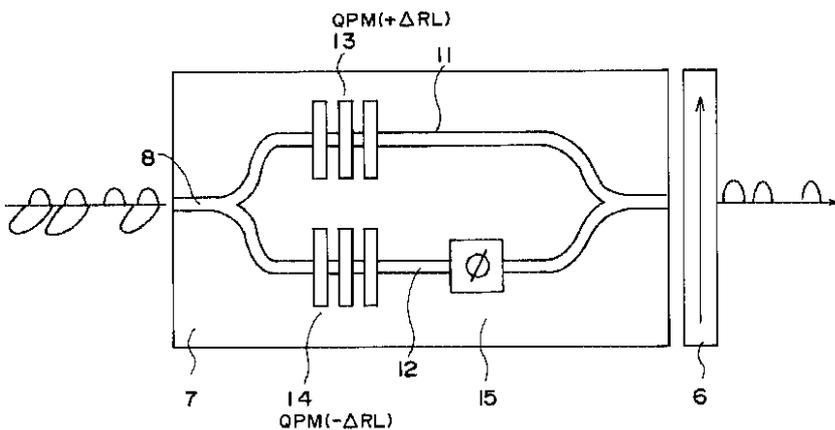
【図7】



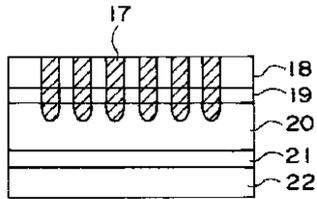
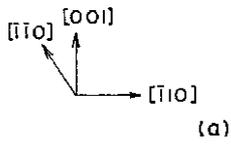
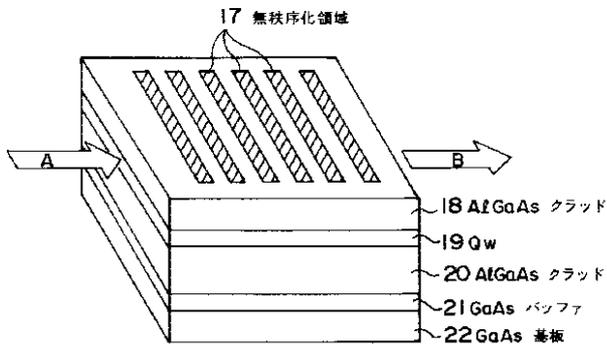
【図8】



【図4】

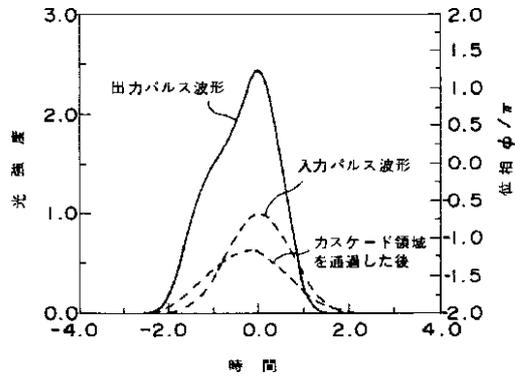


【図5】

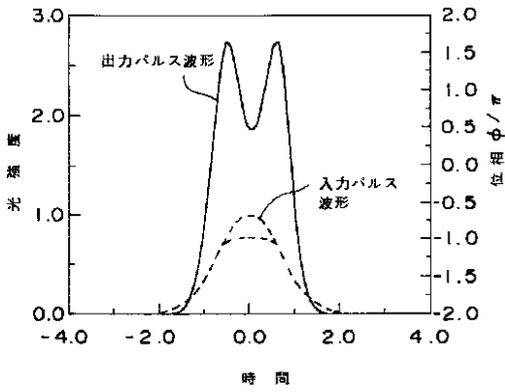


(b)

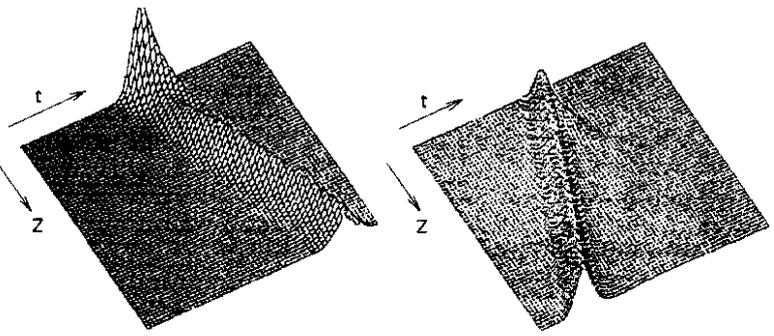
【図9】



【図10】



【図6】



(a)

(b)

## フロントページの続き

- (56)参考文献 IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 29, No. 10, p. 2650 - 2654  
Appl. Phys. Lett. Vol. 62, No. 12, p. 1323 - 1325  
4, IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 29, No. 10, p. 2650 - 2654  
Optics Letters, Vol. 18, No. 10, p. 793 - 795  
3, Appl. Phys. Lett. Vol. 62, No. 12, p. 1323 - 1325  
4, IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 29, No. 10, p. 2650 - 2654  
Optics Letters, Vol. 18, No. 17, p. 1397 - 1399  
Optics Letters, Vol. 18, No. 10, p. 793 - 795  
3. Appl. Phys. Lett. Vol. 62, No. 12, p. 1323 - 1325  
4, IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 29, No. 10, p. 2650 - 2654

- (58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

G02F 1/313

G02F 1/377

JICSTファイル(JOIS)