

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2006-518862

(P2006-518862A)

(43) 公表日 平成18年8月17日(2006.8.17)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)  
**G02F 1/017 (2006.01)** G02F 1/017 503 2H079

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2005-518571 (P2005-518571)  
 (86) (22) 出願日 平成16年1月30日 (2004. 1. 30)  
 (85) 翻訳文提出日 平成17年8月23日 (2005. 8. 23)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2004/002687  
 (87) 国際公開番号 W02004/077143  
 (87) 国際公開日 平成16年9月10日 (2004. 9. 10)  
 (31) 優先権主張番号 10/374, 151  
 (32) 優先日 平成15年2月24日 (2003. 2. 24)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

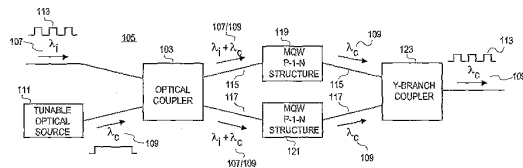
(71) 出願人 591003943  
 インテル・コーポレーション  
 アメリカ合衆国 95052 カリフォル  
 ニア州・サンタクララ・ミッション カレ  
 ッジ プーレバード・2200  
 (74) 代理人 100104156  
 弁理士 龍華 明裕  
 (72) 発明者 リュー アンシェン  
 アメリカ合衆国、95014 カリフォル  
 ニア州、クパチーノ ナンバー28、ロー  
 リングデル ドライブ 7375  
 Fターム(参考) 2H079 AA08 AA12 BA03 CA04 DA16  
 HA04

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ビームを光学装置内で変調する方法及び装置

(57) 【要約】

1つの光ビームを変調する1つの装置及び方法。一実施形態では、本発明の複数の実施形態による1つの方法は、第1波長及び複数の第2波長をそれぞれ持つ複数の第1及び第2光ビームを、半導体材料内に配置された複数の第1及び第2導波路を通して共に伝播する複数の分離された第1及び第2光ビームに分離する。第1光ビームは、その上に符号化された1つの信号を有する。複数の第1及び第2導波路内にそれぞれ配置された複数の第1及び第2多量子井戸(MQW) pin構造体において、第1光ビーム上に符号化された信号に応答して複数の自由電荷キャリアを生成する。複数の第1及び第2MQW pin構造体において生成された複数の自由電荷キャリアに応答して、複数の分離された第2光ビームを位相シフトする。位相シフトされた複数の分離された第2光ビームを結合して第2光ビームを変調する。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

半導体材料内に配置された 1 つの  $2 \times 2$  光カップラであって、1 つの第 1 波長を持つ 1 つの第 1 光ビームと、1 つの第 2 波長を持つ 1 つの第 2 光ビームとをそれぞれ受信する複数の第 1 及び第 2 光入力端を有する当該  $2 \times 2$  光カップラと、

前記半導体材料内に配置され、前記  $2 \times 2$  光カップルの複数の第 1 及び第 2 出力端にそれぞれ結合された複数の第 1 及び第 2 導波路と、

前記半導体材料内に配置され、前記複数の第 1 及び第 2 導波路内にそれぞれ存在する複数の第 1 及び第 2 多量子井戸 (MQW) pin 構造体と、

前記半導体材料内に配置され、前記複数の第 1 及び第 2 導波路にそれぞれ結合された 1 つの Y 字状分岐カップラであって、前記第 1 波長の前記第 1 光ビーム上に符号化された 1 つの信号を、前記 Y 字状分岐カップラから出力された前記第 2 波長の前記第 2 光ビーム上に符号化するようになっている当該 Y 字状分岐カップラとを具える 1 つの装置。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の前記装置において、前記複数の第 1 及び第 2 MQW pin 構造体が、前記半導体材料内に配置された複数の第 1 及び第 2 Si/SiGeMQW pin ダイオードをそれぞれ有する当該装置。

## 【請求項 3】

請求項 2 に記載の前記装置において、前記複数の第 1 及び第 2 Si/SiGeMQW pin ダイオードが逆バイアスされるように結合されている当該装置。

20

## 【請求項 4】

請求項 1 に記載の前記装置において、前記第 1 波長が約  $1.3 \mu\text{m}$  である当該装置。

## 【請求項 5】

請求項 1 に記載の前記装置において、前記第 2 波長が約  $1.55 \mu\text{m}$  である当該装置。

## 【請求項 6】

請求項 1 に記載の前記装置であって、前記第 2 光ビームを発生させるように前記  $2 \times 2$  光カップラの前記第 2 光入力端に光学的に結合された 1 つの連続波 (CW) レーザを更に具える当該装置。

## 【請求項 7】

請求項 6 に記載の前記装置において、前記 CW レーザが、前記半導体材料内に配置された 1 つの CW 同調可能レーザを具える当該装置。

30

## 【請求項 8】

請求項 1 に記載の前記装置において、前記複数の第 1 及び第 2 導波路が複数の第 1 及び第 2 リブ導波路をそれぞれ有する当該装置。

## 【請求項 9】

請求項 1 に記載の前記装置において、複数の分離された第 1 及び第 2 光ビームが、前記複数の第 1 及び第 2 導波路を通過して前記複数の第 1 及び第 2 MQW pin 構造体へ共に伝播するように前記  $2 \times 2$  光カップラが前記第 1 光ビーム及び前記第 2 光ビームを分離するようになっている当該装置。

40

## 【請求項 10】

請求項 9 に記載の前記装置において、前記複数の第 1 及び第 2 MQW pin 構造体が、前記第 1 光ビームを吸収して、前記第 1 光ビーム上に符号化された前記信号に応答して前記複数の第 1 及び第 2 MQW pin 構造体内で複数の自由電荷キャリアを光生成するようになっている当該装置。

## 【請求項 11】

請求項 10 に記載の前記装置において、前記複数の分離された第 2 光ビーム間の 1 つの相対位相差が、前記複数の第 1 及び第 2 MQW pin 構造体内の光生成された前記複数の自由電荷キャリアに応答して調節されるようになっている当該装置。

## 【請求項 12】

50

請求項 1 1 に記載の前記装置において、前記第 2 光ビームが、前記複数の第 1 及び第 2 M Q W p i n 構造体内の前記光生成された複数の自由電荷キャリアに反応して、前記複数の分離された第 2 光ビーム間の干渉から前記 Y 字状分岐カップラの 1 つの出力端で変調されるようになっている当該装置。

【請求項 1 3】

第 1 波長及び複数の第 2 波長をそれぞれ持つ複数の第 1 及び第 2 光ビームを、半導体材料内に配置された複数の第 1 及び第 2 導波路を通して共に伝播する複数の分離された第 1 及び第 2 光ビームに分離する工程であって、前記第 1 光ビームが、その上に符号化された 1 つの信号を有するようにする当該工程と、

前記複数の第 1 及び第 2 導波路内にそれぞれ配置された複数の第 1 及び第 2 多量子井戸 ( M Q W ) p i n 構造体において、前記第 1 光ビーム上に符号化された前記信号に反応して複数の自由電荷キャリアを生成する工程と、

前記複数の第 1 及び第 2 M Q W p i n 構造体において生成された前記複数の自由電荷キャリアに反応して、前記複数の分離された第 2 光ビームを位相シフトする工程と、

前記第 2 光ビームを変調するために、位相シフトされた前記複数の分離された第 2 光ビームを結合する工程と  
を具える 1 つの方法。

10

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載の前記方法であって、前記複数の第 1 及び第 2 M Q W p i n 構造体において、前記複数の分離された第 1 光ビームを吸収して、前記複数の第 1 及び第 2 M Q W p i n 構造体で前記複数の自由電荷キャリアを生成する工程を更に具える当該方法。

20

【請求項 1 5】

請求項 1 3 に記載の前記方法であって、前記複数の第 1 及び第 2 光ビームを、前記半導体材料内に配置された 1 つの 2 × 2 光カップラの複数の第 1 及び第 2 入力端へ指向する工程を更に具える前記方法において、前記 2 × 2 光カップラが前記複数の第 1 及び第 2 光ビームを、前記 2 × 2 光カップラから前記複数の第 1 及び第 2 導波路を通して共に伝播する前記複数の分離された第 1 及び第 2 光ビームに分離するようにする当該方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 3 に記載の前記方法において、前記位相シフトされた複数の分離された第 2 光ビームを結合する工程が、前記位相シフトされた複数の分離された第 2 光ビームを、前記半導体材料内に配置された 1 つの Y 字状分岐カップラへ指向する工程を有する当該方法。

30

【請求項 1 7】

請求項 1 6 に記載の前記方法において、前記 Y 字状分岐カップラ内で建設的及び相殺的干渉に反応して前記第 2 光ビームを変調する当該方法。

【請求項 1 8】

請求項 1 3 に記載の前記方法であって、前記複数の第 1 及び第 2 M Q W p i n 構造体を逆バイアスする工程を更に具える当該方法。

【請求項 1 9】

請求項 1 3 に記載の前記方法であって、前記第 2 波長を調節する工程を更に具える当該方法。

40

【請求項 2 0】

1 つの第 1 波長を持つ 1 つの第 1 光ビームであって、その上に 1 つの信号が符号化されている前記第 1 光ビームを発生する 1 つの光送信機と、

1 つの第 2 波長を持つ 1 つの第 2 光ビームを発生する 1 つの光源と、

前記第 1 光ビーム及び前記第 2 光ビームを受信するように結合された 1 つの光学装置とを具える 1 つのシステムにおいて、前記光学装置が、

半導体材料内に配置された 1 つの 2 × 2 光カップラであって、複数の前記第 1 第 2 光ビームをそれぞれ受信する複数の第 1 及び第 2 光入力端を有する前記 2 × 2 光カップラと、

前記半導体材料内に配置され、前記 2 × 2 光カップルの複数の第 1 及び第 2 出力端にそれぞれ結合された複数の第 1 及び第 2 導波路と、

50

前記半導体材料内に配置され、前記複数の第1及び第2導波路内にそれぞれ存在する複数の第1及び第2多量子井戸(MQW)pin構造体と、

前記半導体材料内に配置され、前記複数の第1及び第2導波路にそれぞれ結合された1つのY字状分岐カップラ、すなわち、前記第1光ビーム上に符号化された前記信号を、前記Y字状分岐カップラから出力された前記第2波長の前記第2光ビーム上に符号化するようになっている当該Y字状分岐カップラと、

前記Y字状分岐カップラの前記出力に結合されて、前記信号が符号化された前記第2光ビームを受信する1つの光受信機とを含む前記システム。

【請求項21】

請求項20に記載の前記システムにおいて、前記光源が1つの同調可能光学レーザを具える当該システム。

【請求項22】

請求項21に記載の前記システムにおいて、前記同調可能光学レーザが、前記半導体材料内に配置された1つの連続波(CW)同調可能光学レーザを具える当該システム。

【請求項23】

請求項20に記載の前記システムにおいて、前記第1波長が約1.3µmの範囲にあり、前記第2波長が約1.55µmの範囲にある当該システム。

【請求項24】

請求項20に記載の前記システムにおいて、前記複数の第1及び第2MQWpin構造体が複数のSi/SiGeMQWpinダイオードを具える当該システム。

【請求項25】

請求項20に記載の前記システムにおいて、前記複数の第1及び第2MQWpin構造体が逆バイアスされるようになっている当該システム。

【請求項26】

請求項20に記載の前記システムにおいて、前記複数の第1及び第2MQWpin構造体が前記第1光ビームを吸収し、前記第2光ビームを伝播させるようになっている当該システム。

【請求項27】

請求項26に記載の前記システムにおいて、前記複数の第1及び第2MQWpin構造体が、前記第1光ビーム上に符号化された前記信号に応答して複数の自由電荷キャリアを発生させるようになっている当該システム。

【請求項28】

請求項27に記載の前記システムにおいて、前記複数の自由電荷キャリアが複数の電子正孔対を有する当該システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して光学に関し、特に、本発明は複数の光ビームの変調に関する。

【背景技術】

【0002】

インターネットデータトラフィック増加率が、光通信の必要性を押し上げる音声トラフィックを上回っていくにつれて、高速且つ効率的な、光学に基づく複数の技術の必要性が増大している。複数の高密度波長分割多重(DWDM)システム及び複数のギガビット(GB)イーサネット(登録商標)システムにおける同一ファイバ上の複数の光チャネルの伝送は、光ファイバにより与えられたかつてない容量(信号帯域幅)を用いる1つの簡単なやり方を行う。このシステムにおいて一般に用いられる複数の光学部品は、複数の波長分割多重(WDM)送信機及び受信機、複数の回折格子のような光フィルタ、複数の薄膜フィルタ、複数のファイバブラッググレーティング、複数のアレイ導波路回折格子、複数の光アド/ドロップマルチプレクサ、複数の波長変換器、複数のレーザ及び複数の光スイッ

10

20

30

40

50

チを含む。複数の光ビームを変調するのに複数の光スイッチを用いることができる。複数の光スイッチでよく見られる2つの種類は、複数の機械的スイッチング装置及び複数の電気光学スイッチング装置である。

【0003】

複数の機械的スイッチング装置は、複数の光ファイバ間の複数の光路内に配置された複数の物理的部品を一般に含む。これら複数の部品は、切り換え動作を引き起こすように移動される。複数のマイクロエレクトロメカニカルシステム(MEMS)は、小型の複数の機械的スイッチに近年用いられている。MEMSがシリコンを基礎とし、多少旧来の複数のシリコン処理技術を用いて処理されるので、これらは人気がある。しかし、MEMS技術が、物理的な複数の部品または複数の構成要素の実際の機械的運動に一般に依存するので、MEMSは、例えば、ミリ秒程度の複数の応答時間を持つ複数の用途のような複数の低速の光学用途に一般に制限されている。

10

【0004】

複数の電気光学スイッチング装置では、複数の電圧は、1つの装置の複数の選択された部分に印加されて、装置内に複数の電界を発生させる。これら複数の電界は、装置内の複数の選択された材料の複数の光学特性を変化し、電気光学効果は切り換え動作を引き起こす。複数の電気光学装置は、光透過性を電圧可変光学動作と結合する複数の電気光学材料を典型的に利用する。複数の電気光学スイッチング装置に用いられる1つの典型的な種類の単結晶電気光学材料は、ニオブ酸リチウム(LiNbO<sub>3</sub>)である。

【0005】

ニオブ酸リチウムは、ポッケルス効果のような複数の電気光学特性を呈する紫外から中赤外までの周波数範囲の1つの透明材料である。ポッケルス効果は、ニオブ酸リチウムのような1つの媒体の屈折率が、1つの印加電界を伴って変化する光学現象である。ニオブ酸リチウムの変更された屈折率を用いてスイッチングを行うことができる。印加電界は、外部の制御回路により今日の複数の電気光学スイッチに用いられる。

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

これら複数の種類の複数の装置の複数の切り換え速度は、例えばナノ秒程度で著しく速いが、今日の複数の電気光学スイッチング装置に関する1つの欠点は、これら複数の装置が、複数の光ビームを切り換えるために比較的高い電圧を一般に必要とするということである。その結果、今日の複数の電気光学スイッチを制御するのに用いられる複数の外部回路は、複数の高電圧を発生するため、通常、特別に製造され、大量の電力消費に苦しむ。更に、複数の装置寸法が縮小し続け、複数の回路密度が増大し続けるにつれて、これら複数の外部高電圧制御回路と今日の複数の電気光学スイッチとの一体化は、ますますやりがいのある1つの課題になっている。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

1つの光学装置を用いて1つの光ビームを位相シフトし、変換し、変調する複数の方法及び複数の装置を開示する。以下の説明では、本発明の1つの十分な理解を得るため、複数の具体的な詳細を述べる。しかし、具体的な詳細が本発明を実施するのに用いられる必要がないことは当業者にとって明らかである。複数の別の場合は、本発明をあいまいにすることを回避するため、周知の複数の材料または複数の方法を詳細に説明しない。

40

【0008】

この明細書を通して「一実施形態」または「1つの実施形態」を参照するとは、この実施形態に関連して説明する1つの特定の機能、構造または特性が本発明の少なくとも1つの実施形態に含まれることを意味する。従って、この明細書を通して様々な複数の箇所「一実施形態で」または「1つの実施形態で」なる複数の言葉遣いの複数の態様は、必ずしもすべて同じ実施形態を参照するとは限らない。更に、特定の複数の機能、複数の構造または複数の特性を、1つまたはそれ以上の実施形態でどれでも適切に組み合わせること

50

ができる。その上、実施形態と用いられる複数の図面が複数の説明目的であることは当業者にとって明らかであり、当然のことながら、これら複数の図面を、必ずしも実際のものに正比例させて描いていない。

#### 【0009】

本発明の一実施形態では、1つの同調可能な波長変換器が、1つの単独の集積回路チップ上で完全に一体化された1つの解決手段内に設けられている。現在説明している光学装置の一実施形態は、1つの第1波長を持つ1つの入力光ビームを受信するようになっており、この入力光ビーム上では、1つの信号が符号化されている。この変換器は、1つの同調可能な第2波長を持つ1つの出力光ビームを発生させるため、半導体材料内に配置された1つの連続波(CW)同調可能光学レーザをも含む。複数の入力及び出力光ビームの双方は、半導体材料内に配置された1つの2×2光カップラの複数のそれぞれの入力端へ指向される。一実施形態では、2×2光カップラは、複数の分離された入力及び出力光ビームが2×2光カップラから、半導体材料内に配置された複数の第1及び第2光導波路を通じて共に伝播するように複数の入力及び出力光ビームを分離するようになっている。一実施形態では、2×2光カップラからこれら複数の第1及び第2光導波路は、1つのマッハツェンダ干渉計(MZI)の2つのアーム部を形成する。

10

#### 【0010】

一実施形態では、複数の第1及び第2光導波路の各々は、1つの逆バイアスされるMQW pinダイオードのような1つの多量子井戸(MQW) pin構造体を含む。動作では、複数のMQW pin構造体は、第1波長を持つ複数の分離された入力光ビームを吸収するが、CW同調可能レーザからの複数の分離された出力光ビームを、複数の第1及び第2光導波路を通じて伝播させるようになっている。複数の分離された入力光ビームの吸収は、入力光ビーム上に符号化された信号に応答して、複数のMQW pin構造体において複数の電子正孔対または複数の自由電荷キャリアの光生成をもたらす。

20

#### 【0011】

一実施形態では、光生成されたこれら複数の自由電荷キャリアは、複数のMQW pin構造体において1つの屈折率を変化させ、これにより、複数の分離された出力光ビームが伝播する。従って、一実施形態では、複数の分離された出力光ビームは、Y字状分岐カップラにおいて出力光ビームの変調をもたらす屈折率の変化に応答して位相シフトされ、Y字状分岐カップラは、分離且つ位相シフトされた出力光ビームを再結合するようになっている。一実施形態では、出力光ビームの変調は、入力光ビーム上に符号化された信号にほぼ一致する。出力光ビームの変調は、複数の分離された出力光ビームの建設的及び相殺的干渉による。

30

#### 【0012】

一実施形態では、半導体材料において入力光ビームの1つの同調可能な波長変換を行うように出力光ビームの波長を本発明の複数の教示に従って同調できる。開示した同調可能な波長変換器の複数の実施形態を、マルチプロセッサ、電気通信、ネットワーク構築などを含む様々な複数の高帯域幅分野に用いることができる。

#### 【0013】

例えば、図1は、本発明の複数の教示に従って、1つの第1波長を持つ1つの光ビームに  
 応答して、1つの第2波長を持つ1つの光ビームを変調するために複数の多量子井戸(MQW) pin構造体を含む1つの光学装置の一実施形態を一般に示す1つのブロック図である。特に、光学装置101は、半導体材料105内に配置された1つの光カップラ103を含む。一実施形態では、半導体材料105は1つのシリコンオンインシュレータ(SOI)構造体上にシリコンを含む。一実施形態では、光カップラ103は2つの入力及び2つの出力を含む。

40

#### 【0014】

図1に示すように、光カップラ103の複数の入力的一方は、1つの第1波長  $\lambda_1$  を持つ1つの第1光ビーム107である。一実施形態では、1つの信号113は、第1光ビーム107上に符号化されている。図1には、光カップラの複数の入力の他方が、1つの第

50

2波長  $c$  を持つ1つの第2光ビームであるということも示す。一実施形態では、半導体材料105内に配置された1つの同調可能な光源111を用いて第2光ビームが発生される。一実施形態では、同調可能な光源111は、半導体材料105内に配置された1つの連続波(CW)同調可能レーザを含む。

#### 【0015】

一実施形態におけるCW同調可能レーザには、1つのInPダイオードのような1つの利得媒体と、CW同調可能レーザのレーザ空洞を規定する複数の反射器の1つとして半導体材料105内に配置された1つの同調可能なブラッググレーティングとが構築されている。一実施形態では、同調可能なブラッググレーティングの調節により、第2波長  $c$  が一連の複数のチャンネルのいずれか1つに同調できる。一実施形態では、第2波長  $c$  は約1.55  $\mu\text{m}$ の範囲にあり、第1波長  $i$  は約1.3  $\mu\text{m}$ の範囲にある。もちろん、 $i$  及び  $c$  に対するこれら複数の波長を複数の説明目的に用いており、別の複数の波長を本発明の複数の教示に従って別の複数の実施形態で用い得ること明らかである。

10

#### 【0016】

一実施形態では、光カップラ103は1つの2×2光カップラであり、複数の分離された第1及び第2光ビーム107/109が光カップラ103から複数の第1及び第2光導波路115, 117を通じて共に伝播するように第1光ビーム107及び第2光ビーム109を分離するようになっている。一実施形態では、複数の入力光ビームを分離するため、1つの多モード干渉装置(MMI)または、例えば複数の一過性導波管カップラなどのような別の複数の適切な種類の光結合装置を用いて複数の光カップラ103を実現できる。本発明の複数の教示に従って、光カップラ103の出力分離比は、複数の第1及び第2波長によって異なることができる。一実施形態では、分離比は、第2波長  $c$  を持つ入力光ビームに対してほぼ50/50%である。一実施形態では、複数の光導波路115, 117は、半導体材料105内に配置された複数の単一モードリブ導波路である。図1から分かるように、1つのMZIの2つのアーム部に対する複数の光導波路115, 117は半導体材料105内に配置され、これらは、Y字状分岐カップラ123において後で統合または結合される。

20

#### 【0017】

図1に描いた実施形態で示すように、1つの多量子井戸(MQW)pin構造体119は光導波路115内に含まれ、1つのMQWpin構造体121は光導波路117内に含まれている。一実施形態では、本発明の複数の教示に従って、複数のMQWpin構造体119, 121は、光伝播方向に沿って複数の異なる長さを持つことができる。より詳細に以下に論じるように、一実施形態では、複数のMQWpin構造体119, 121は、逆バイアスされる複数のSi/SiGe pin MQWダイオードを含む。動作では、複数のMQWpin構造体119, 121は、第1波長  $i$  を持つ第1光ビーム107を吸収するが、第2波長  $c$  を持つ第2光ビーム109を伝播し続けさせるようになっている。第1波長  $i$  を持つ第1光ビーム107の吸収は、複数のMQWpin構造体119, 121において、信号113に応答する複数の電子正孔対または複数の自由電荷キャリアの光生成をもたらす。

30

#### 【0018】

一実施形態では、信号113に応答する複数の自由電荷キャリアの光生成と共に、これに対応して自由電荷キャリア密度が複数のMQWpin構造体119, 121内で変更され、このことは、複数のプラズマ光学効果により複数のMQWpin構造体119, 121の複数の真性領域の屈折率に1つの変化をもたらす。

40

#### 【0019】

プラズマ光学効果は、複数のMQWpin構造体119, 121並びに複数の第1及び第2光導波路115, 117を通して伝播している複数の光ビームの光路に沿って存在する複数の自由電荷キャリアと光電界ベクトルとの間の1つの相互作用により生じる。複数の光ビームの複数の電界は複数の自由電荷キャリアを分極し、これらは媒体の局所的誘電率を効果的にかき乱す。このことは、次に、屈折率が単に、真空中の光の速さと媒体中の

50

光の速さとの比であるから、光波の伝播速度、従って光の屈折率の1つの擾乱を引き起こす。従って、光学装置101の導波路における第2波長  $c$  での複数のMQWpin構造体119, 121の屈折率は、第1波長  $i$  を持つ入力ビーム上に符号化された信号113に応答して光生成された複数の自由電荷キャリアにより変調される。複数の第1及び第2光導波路115, 117での変調された屈折率は、複数の第1及び第2光導波路115, 117を通過して伝播している複数の分離された光ビーム109の位相を屈折率に対応して変調する。その上、複数の自由電荷キャリアは、その場により加速され、光エネルギーが消耗されながら、光学場の吸収に至る。

#### 【0020】

一般に、屈折率の擾乱は、速度変化を生じさせる部分である実数部と、自由電荷キャリア吸収に関連する虚数部とを有する1つの複素数である。位相シフトの量  $\phi$  は、光波長、屈折率の変化  $n$  及び相互作用長さ  $L$  を用いて、(式1)により与えられる。

#### 【数1】

$$\phi = (2\pi/\lambda) \Delta n L$$

シリコン内でのプラズマ光学効果の場合では、電子 ( $N_e$ ) 及び正孔 ( $N_h$ ) の濃度変化による屈折率の変化  $n$  は、

#### 【0021】

(式2)により与えられ、ここで、 $n_0$  はシリコンの公称屈折率であり、 $e$  は電荷であり、 $c$  は光の速さであり、 $\epsilon_0$  は自由空間の誘電率であり、 $m^*e$  及び  $m^*h$  はそれぞれ電子有効質量及び正孔有効質量であり、 $b_e$  及び  $b_h$  は複数のフィッティングパラメータである。

#### 【数2】

$$\Delta n = (-e^2 \lambda^2 / 8 \pi^2 c^2 \epsilon_0 n_0) (b_e (\Delta N_e)^{1.05} / m^* + b_h (\Delta N_h)^{0.8} / m^*_h)$$

30

#### 【0022】

従って、複数のMQWpin構造体119, 121内の屈折率の変化は、1つの位相シフトを、第2波長  $c$  を持つ複数の分離された第2光ビーム109に引き起こし、複数の分離された第2光ビーム109は、Y字状分岐カップラ123で統合または結合されるまで複数のMQWpin構造体119, 121を通過して伝播し続ける。一実施形態では、統合された第2光ビーム109がY字状分岐カップラ123における建設的または相殺的干渉の1つの結果として変調され、このため、図1に描かれた実施形態に示すように信号113は第2光ビーム109上に符号化される。

40

#### 【0023】

図2は、本発明の複数の教示に従って、1つの第1波長を持つ1つの光ビーム207に  
 応答して、1つの第2波長を持つ1つの第2光ビーム209を位相シフトする1つのMQWpin構造体219の一実施形態を一般に示す1つの断面図である。当然のことながら、一実施形態でのMQWpin構造体219を、図1の複数のMQWpin構造体119, 121の双方またはいずれか一方の代わりに用いることができる。一実施形態では、MQWpin構造体219は、1つのn型ドープ半導体領域205及び1つのp型ドープ半導体領域227を含み、p型ドープ領域227とn型ドープ領域205との間に1つの真性SiGeMQW領域231が配置された1つのSi/SiGe pin MQWダイオードである。当然のことながら、シリコンは、少なくとも1.3  $\mu\text{m}$  から1.6  $\mu\text{m}$  までの波

50



長範囲でほぼ透過的である。

【0024】

1つの単一量子井戸は、井戸層235（例えば、SiGe）が複数の真性半導体（例えば、シリコン）層237間に埋め込まれた1つの3層構造体である。図2に示すように、SiGeMQW領域231は真性半導体材料237、例えばシリコンの複数の層を含み、真性半導体材料227の複数の層間では、複数の井戸層235、例えばSiGeが配置されている。一実施形態では、各井戸層235の厚さは例えば4nmのように極めて少なく、真性半導体材料227の複数の障壁層の厚さは21nmの範囲で広い。

【0025】

図示の実施形態に示すように、接地に結合されたp型ドープ半導体領域227と、電圧Vに結合されたn型ドープ領域205とを有するSi/SiGePINMQWダイオードは逆バイアスされる。もちろん、他の複数の実施形態では、本発明の複数の教示に従って、複数の電圧V及び接地結合並びに複数のp型及びn型ドープ領域227、205の複数の極性を反対にすることができること明らかである。

10

【0026】

MQWPIN構造体219の一実施形態が1つのSOIウェハー上に製造され、従って、1つの埋設絶縁層229及び1つの半導体材料層225を含むことを図2に示す。一実施形態では、MQWPIN構造体219は1つの光導波路215内に含まれる。図2では光導波路215を1つのリブ導波路として描いているが、別の複数の実施形態では、例えば複数のストリップ導波路などのような別の複数の適切な種類の複数の光導波路を本発明の複数の教示に従って用いることができること明らかである。

20

【0027】

動作では、複数の光ビーム207、209は共に、図2に示すように、光導波路215を通る1つの光路に沿って、MQWPIN構造体219を通過して伝播する。図示の実施形態では、埋設絶縁層は、光導波路215内に複数の光ビーム207/209を閉じ込めるのに役立つようにクラッドとして作用する。一実施形態では、光ビーム207は約1.3 $\mu$ mの1つの波長を有し、この光ビーム上には1つの信号が符号化されている。光ビーム209は約1.55 $\mu$ mの1つの波長を有する。一実施形態で1つの適切なGe組成を用いて、逆バイアスされたSi/SiGePINMQWダイオードは光ビーム207を吸収する。光ビーム207を吸収した1つの結果として、複数の電子正孔対を含む複数の自由電荷キャリア233が真性SiGeMQW領域231内に発生し、このことは、光ビーム207内で符号化された信号に応答して、上記のプラズマ光学効果により1つの屈折率変化を生じさせる。屈折率の光誘起変化は、光ビーム209の1つの位相シフトをもたらし、この光ビーム209は光導波路215を通過して伝播し続ける。

30

【0028】

図1に戻って言及すると、一実施形態では、複数の分離された光ビーム109の複数のMQWPIN構造体119、121での複数の光誘起位相シフトは、信号113に回答して、複数の導波路115、117、またはMZIの2つのアーム部を通過して伝播する複数の分離された光ビーム109の間に相対位相差を生じさせるようになっている。その結果、Y字状分岐カップラ123において建設的及び相殺的干渉が、Y字状分岐カップラ123から出力される信号113を光ビーム109上で符号化させる。

40

【0029】

従って、光学装置101は、1つの波長 $\lambda$ を持つ光ビーム107であって、その上に信号113が符号化された光ビーム107を、波長 $\lambda_c$ を持つ光ビーム109であって、その上に信号113が符号化された光ビーム109へ本発明の複数の教示に従って効果的に変換する。更に、光学装置101から出力される波長 $\lambda_c$ を、同調可能な光学装置111からの出力光ビームを調節または同調することにより調節または同調できる。

【0030】

図3は、本発明の複数の教示に従って、1つのMQWPIN構造体と関連する複数のバンドギャップエネルギー準位を一般に示す1つのエネルギー帯図331である。図2の実

50

施形態で上述したように、MQW領域231は多数の量子井戸層235を含む。図3に示すように、SiGe及びSiに対する複数の異なるバンドギャップエネルギーのため、複数の井戸層235及び複数の障壁真性半導体層237に対する伝導帯EC及び価電子帯EVに1つの偏差が存在する。そのために、本発明の複数の教示に従って、MQW領域231で複数の電子及び複数の正孔の双方に1つの量子サイズ効果が存在する。hはプランク定数である光子エネルギーhc/λが、複数のバルク半導体のエネルギーバンドギャップまたは量子井戸のバンド間遷移エネルギーよりも大きい程度に波長が十分に短ければ、光吸収が起こる。従って、複数のMQW構造体の吸収端は、複数の量子化された電子準位及び正孔準位間のバンド間遷移エネルギーを決定する量子井戸層(SiGe)の厚みとGe組成に依存する。本発明の複数の実施形態で用いられる複数のMQWpin構造体に用いられる複数のSi/SiGe量子井戸は、0.85μmまたはそれ以下のような複数の短い波長を持つ複数の光ビームを吸収するSiに比較して、約1.3μmの範囲で複数の波長を持つ複数の光ビームを吸収するようになっている。

10

#### 【0031】

図4は、本発明の複数の実施形態に従って、1つの第1波長を持つ1つの光ビームであって、この上に1つの信号が符号化された光ビームを、1つの第2波長を持つ1つの他の光ビームであって、この上にこの信号が符号化された他の光ビームに変換する1つの光学装置を含む1つのシステムの一実施形態を示す1つのブロック図である。特に、図4には、1つの光送信機435及び1つの光受信機439を含む光学システム433を示す。一実施形態では、光学システム433は、光送信機435と光受信機439との間に光学的に結合された1つの光学装置401をも含む。図4に示すように、光送信機435は、1つの信号VSIGNAL437を受信し、1つの波長λ<sub>i</sub>を持つ1つの光ビーム407を送信するように結合されている。1つの信号413は、VSIGNAL437にตอบสนองして光ビーム407上に符号化される。一実施形態では、図4に示すように、光学装置は波長λ<sub>i</sub>をλ<sub>c</sub>へ変換する効果を有し、光学装置401から出力された光ビーム409はλ<sub>c</sub>の1つの波長を持ち、その上には信号413が符号化されている。一実施形態では、λ<sub>i</sub>は約1.3μmの範囲にあり、λ<sub>c</sub>は約1.55μmの範囲にある。それにより、光受信機439は、本発明の複数の教示に従って変換された波長λ<sub>c</sub>の光ビーム409上の信号413を受信する。一実施形態では、光学装置401は、図1~3に示すような複数のMQWpin構造体を有する光学装置101を含むことができる。

20

30

#### 【0032】

上述の詳細な説明では、本発明の方法及び装置を、複数の具体的な典型的実施形態に関連して説明した。しかしながら、本発明の広義の精神及び範囲から逸脱することなく、様々な複数の修正及び変更を行うことができること明らかである。従って、本明細書及び複数の図面を限定するものとして考えるよりはむしろ、例示として考える。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0033】

本発明を一例として示し、複数の添付図面に限定しない。

【図1】本発明の複数の教示に従って、1つの第1波長を持つ1つの光ビームにตอบสนองして、1つの第2波長を持つ1つの光ビームを変調するために複数の多量子井戸(MQW)pin構造体を含む1つの光学装置の一実施形態を一般に示す1つのブロック図である。

40

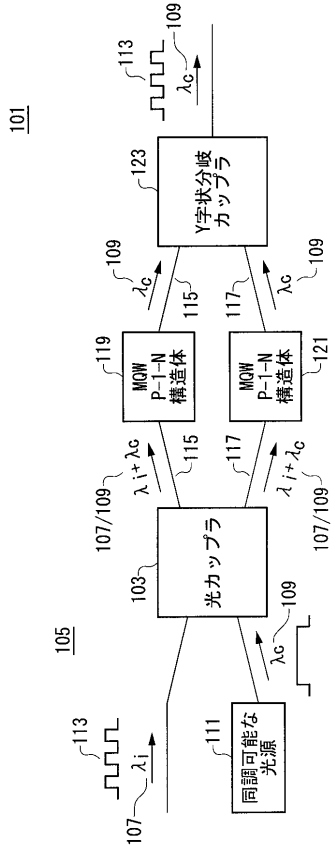
【図2】本発明の複数の教示に従って、1つの第1波長を持つ1つの光ビームにตอบสนองして、1つの第2波長を持つ1つの光ビームを位相シフトする1つのMQWpin構造体を一般に示す1つの断面図である。

【図3】本発明の複数の教示に従って、1つのMQWpin構造体と関連する複数のバンドギャップエネルギー準位を一般に示す1つのエネルギー帯図である。

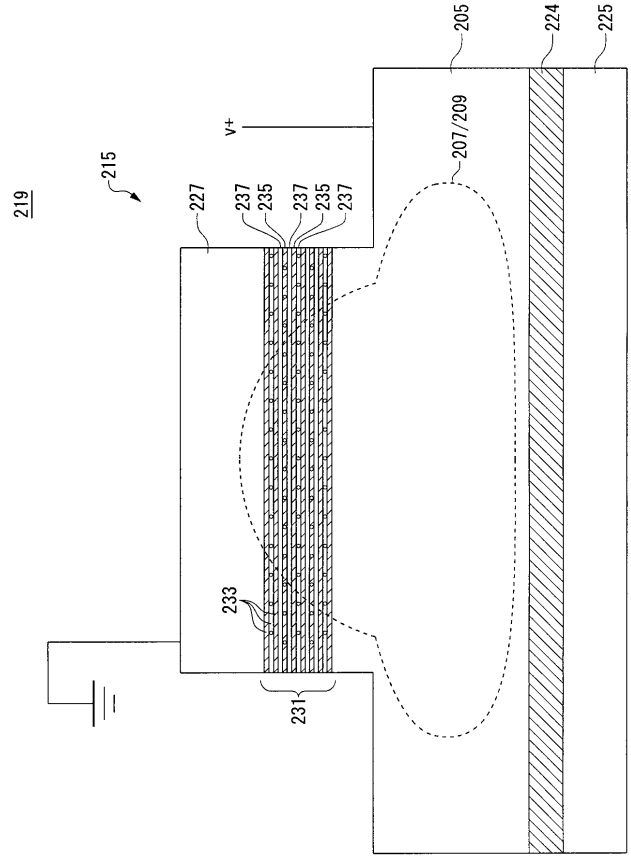
【図4】本発明の複数の実施形態に従って、1つの第1波長を持つ1つの光ビームであって、この上に1つの信号が符号化された光ビームを、1つの第2波長を持つ1つの他の光ビームであって、この上にこの信号が符号化された他の光ビームに変換する1つの光学装置を含む1つのシステムの一実施形態を示す1つのブロック図である。

50

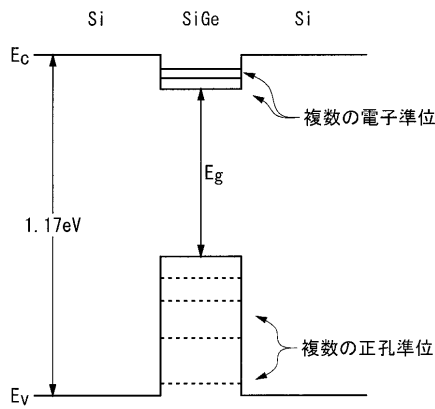
【図1】



【図2】

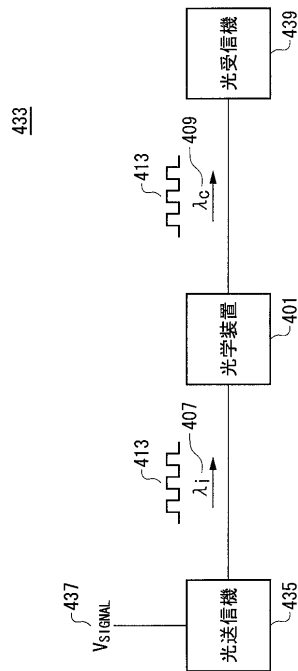


【図3】



331

【図4】



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/US2004/002687

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G02F2/00 G02F1/225		
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) IPC 7 G02F H01S		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RATOVELOMANANA F ET AL: "AN ALL-OPTICAL WAVELENGTH-CONVERTER WITH SEMICONDUCTOR OPTICAL AMPLIFIERS MONOLITHICALLY INTEGRATED IN AN ASYMMETRIC PASSIVE MACH-ZEHNDER INTERFEROMETER" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 7, no. 9, 1 September 1995 (1995-09-01), pages 992-994, XP000527498 ISSN: 1041-1135 figure 1 * section II *	1-28
A	EP 0 717 482 A (AT & T CORP) 19 June 1996 (1996-06-19) figure 1	1-28
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in 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 document 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 12 August 2004		Date of mailing of the international search report 19/08/2004
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Gill, R

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/US2004/002687

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>LEUTHOLD J ET AL: "ALL-OPTICAL MACH-ZEHNDER INTERFEROMETER WAVELENGTH CONVERTERS AND SWITCHES WITH INTEGRATED DATA- AND CONTROL-SIGNAL SEPARATION SCHEME" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, IEEE. NEW YORK, US, vol. 17, no. 6, June 1999 (1999-06), pages 1056-1065, XP000908277 ISSN: 0733-8724 figures 1,3</p>	1-28

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/US2004/002687

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0717482	A	19-06-1996	EP 0717482 A1	19-06-1996
			JP 8220573 A	30-08-1996
			US 6069732 A	30-05-2000

---

フロントページの続き

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW