

(19)日本国特許庁 ( J P )

(12) 特 許 公 報 ( B 2 )

(11)特許番号

第2935478号

(45)発行日 平成11年(1999) 8月16日

(24)登録日 平成11年(1999) 6月4日

|                          |       |                       |
|--------------------------|-------|-----------------------|
| (51)Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号  | F I                   |
| G 0 2 F 1/015            | 6 0 1 | G 0 2 F 1/015 6 0 1 F |

請求項の数8(全 7 頁)

|   |  |
|---|--|
| <p>(21)出願番号 特願平3-58113</p> <p>(22)出願日 平成3年(1991) 2月28日</p> <p>(65)公開番号 特開平4-274210</p> <p>(43)公開日 平成4年(1992) 9月30日</p> <p>審査請求日 平成9年(1997)10月6日</p> | <p>(73)特許権者 000001007<br/>キヤノン株式会社<br/>東京都大田区下丸子3丁目30番2号</p> <p>(72)発明者 ヨハン ベリクイスト<br/>東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内</p> <p>(72)発明者 富田 康生<br/>東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内</p> <p>(74)代理人 弁理士 加藤 一男</p> <p>審査官 津田 俊明</p> <p>(56)参考文献 特開 平1-287627 ( J P , A )</p> |
|---|--|

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 純光学的光変調器

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体量子井戸構造部を有し、静電界の印加された該量子井戸構造部中にポンプ光を導いて実励起を起こし、これによる静電界スクリーニング現象を用いて該量子井戸構造部での電気光学効果（ポッケルス効果）を介して該量子井戸構造部を伝搬するプローブ光の偏光状態を変化せしめ、このプローブ光の変調を純光学的に行なう様に構成されたことを特徴とする純光学的光変調器。

【請求項2】 前記ポンプ光とプローブ光は独立に前記量子井戸構造部に入射せられる請求項1記載の光変調器。

【請求項3】 前記ポンプ光とプローブ光は同一である請求項1記載の光変調器。

【請求項4】 前記プローブ光の偏光状態の変化を光強

2

度の変化に変換する為に、偏光子と位相板を備える請求項1記載の光変調器。

【請求項5】 前記量子井戸構造部は、n-ドープGaAs基板、n-ドープGaAsバッファ層、ノンドープAlGaAs下部クラッド層、ノンドープ多重量子井戸構造層（MQW）、ノンドープAlGaAs上部クラッド層、p-ドープAlAs層、p-ドープAlGaAsキャップ層、デバイス上下面側に積層された電極を有する半導体デバイス中に形成されている請求項1記載の光変調器。

【請求項6】 1. 55 μmの波長のプローブ光が、前記MQWのバンドギャップに対応する波長（～800 nm）の情報に載せたポンプ光により強度変調される請求項5記載の光変調器。

【請求項7】 純光学的に変調されるプローブ光に対し

10

て、殆ど吸収損失が無い様に前記量子井戸構造部が形成されている請求項1記載の光変調器。

【請求項8】 前記ポンプ光の強度のみに依存する前記量子井戸構造部の屈折率変化を利用してプローブ光を変調する請求項1記載の光変調器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信などの分野で好適に用いられ、純光学的な手段により高速度の光の変調を可能とする光変調器ないし光スイッチに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、短い波長（例えば800nm）の光に載った情報を長い波長（例えば1.55μm）のビームに変換して載せる方法として、幾つか提案されている。1つの例は、短波長光が光検出器で検出され、これが接続された制御回路により長波長発振レーザからのレーザ光を電氣的に変調して長波長変調光を得るものである。これには、直接的に長波長発振レーザの駆動電流を変調して発振光を変調するものと、長波長発振レーザを一定電流で連続発振させておいて、位相シフトや光吸収などを行なって光を変調する外部変調器（電気光学結晶などを用いる）を用いるものがある。

【0003】しかし、こうした例では、光検出器、制御ロジック、変調器、レーザなどを1つの基板に全て集積化するには幾つか困難がある。1つは、1.55μmの波長に関係するレーザや変調器（InGaAs、InSbなどで構成される）が800nmの波長で機能するもの（AlGaAsなどの材料で構成される）とは異なる材料で構成されるので、これらの素子を集積化するには問題があると言うことである。これらは、材料のバンドギャップが接近しているので光の吸収が問題になり、また材料が格子不整合であるので作製上問題が起こって結晶構造の劣化が生じ、結局、変調を受ける光の散乱が起こって好ましくない。

【0004】更に、1.55μmのレーザを直接変調する場合、変調速度は波長のチャージングやその他の好ましくない緩和効果で制限されてしまう。

【0005】連続発振（CW）される1.55μmのレーザと外部変調器を用いる場合、上記の直接変調の場合と同様、変調器のRC時定数により変調速度が制限される。これらのことは、1.55μmのビームを800nmのビームで制御する電気・光システムを構成する時に常に解決しなければならない問題である。

【0006】従来の純光学的ないしそれに準ずるシステムにはこうした欠点が無い。しかし、これらは同じ様な波長領域のビームを用いていて、制御ビームから左程離れた波長のビームの制御・変調をするものではない。1例として、SEED（Self Electrooptic Device）がある。これでは、光ビームが入射するとデバイスに直列的に接続された外部抵抗を介し

てフォトカレントが流れ、これにより誘起される電圧降下が利用されている。この電圧降下は、バンドエネルギー構造の傾斜を変化させて吸収端をシフトさせ、これでこの入射ビーム自身或は他の光ビームが強度変調される。しかし、SEEDデバイスを用いては、1.55μmのビームは800nmのビームでは強度変調できない。結局、屈折率変化を誘起する為に電圧の変化を用いることは出来ても、外部抵抗回路を用いているのでRC時定数が大きく、困難な問題が生じる。

10 【0007】更に、強度変調を可能とするものとして、光学的に誘起される屈折率格子を利用して変調ビームを偏向するものがある。この場合、大きなon/offコントラスト比を得るには、格子の回折効率を相当の大きさである必要がある。これを実現する為には、大強度の光或は大きな電気光学係数を持つ強誘電体物質を用いねばならない。しかし、使用可能な強誘電体物質は秒のオーダー或はそれより遅いレスポンス速度しか有しないので、光通信システムに用いるのは全く不相当である。

20 【0008】次に、PR効果を利用するものがある。PR効果即ち光誘起屈折率効果（photorefractive effect）とは、或る不純物準位（通常、浅い準位であるドナー準位やアクセプタ準位に対して室温の熱エネルギー（26meV）に比べ十分大きなエネルギーギャップを持つ深い準位と呼ばれるもの）にある電子を光学的に伝導帯に励起した時の該電子の伝導帯での拡散及びドリフトと、その後の捕獲準位（通常は該不純物準位のイオン化準位）での捕獲により生じる空間電界を利用して、電気光学的效果（ポッケルス効果）を介して起こる現象である非線形屈折率変化現象である。PR効果を持つ半導体を用いれば応答時間が相当速くなくて良いが、しかし残念ながら、回折効率が低くて低コントラストの純光学的デバイスとなってしまう。こうした屈折率格子デバイス（光誘起屈折率結晶）の更なる欠点は、グレーティングを書くのに2つのコヒーレントな光束を必要とすることである。800nmの信号光は、通常、集積化された導波路に閉じ込められているので、これら導波路を含むデバイスを2ビーム屈折率格子デバイスに接続することは困難である。

40 【0009】最近、2つのコヒーレントなビームを使って格子を書くことを要求しない新しい光誘起屈折率効果が見出された。これでは、グレーディッドギャップ（バンドギャップがバリア層方向に変化している構造）量子井戸構造の屈折率の変化が光電場によるキャリア発生により誘起される。キャリアはグレーディッドギャップで生じた内部電場により走行し最終的に量子井戸でトラップされる。また、対応する正孔もこうしたプロセスで、しかしもっと遅い速さで走行し、よって電子と正孔間に空間電荷分離が生じ、過渡的に空間電界が生じ電気光学効果

50 alph et. al., Physical Revi

ew Letters 63 2272-2275 (1989)」を参照されたい。しかし、この提案例では、屈折率変化を起こすのに2つのビームは必要としなくなったが、キャリアが励起位置からトラップ位置である井戸まで走行する時間などによりレスポンスタイムが制限されるので、未だこの問題が解決されたとは言えない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】よって、本発明の目的は、上記の課題に鑑み、量子井戸構造でのキャリアの実励起による空間電界生成を用いて電気光学効果を介して量子井戸構造の光学的屈折率異方性を励起し、この光学的屈折率異方性により量子井戸構造を伝搬する光の偏光状態を変化させることで十分応答時間が速くそして高いon/offコントラスト比を得られる様に構成された光変調器ないし光スイッチを提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明による光変調器ないし光スイッチにおいては、半導体量子井戸構造部を有し、静電界の印加された該量子井戸構造部中にポンプ光を導いて実励起を起こし、これによる静電界スクリーニング現象を用いて該量子井戸構造部での電気光学効果（ポッケルス効果）を介して該量子井戸構造部を伝搬するプローブ光の偏光状態を変化せしめ、このプローブ光の変調を純光学的に行なう様に構成されたことを特徴とする純光学的な光変調器となっている。

【0012】より具体的には、前記ポンプ光とプローブ光は独立に前記量子井戸構造部に入射させられたり、前記ポンプ光とプローブ光は同一であったり、前記プローブ光の偏光状態ないし位相シフト状態の変化を光強度の変化に変換する為に、偏光子と位相板を備えたり、前記量子井戸構造部は、n-ドープGaAs基板、n-ドープGaAsバッファ層、ノンドープAlGaAsないしAlAs下部クラッド層、ノンドープ多重量子井戸構造層（MQW）、ノンドープAlGaAsないしAlAs上部クラッド層、p-ドープAlAs層、p-ドープAlGaAsないしGaAsキャップ層、デバイス上下面側に積層された電極を有する半導体デバイス中に形成されていたり、1.55μmの波長のプローブ光が、前記MQWのバンドギャップに対応する波長（～800nm）の情報を持たせたポンプ光により強度変調されたり、純光学的に変調されるプローブ光に対して、殆ど吸収損失が無い様に前記量子井戸構造部が形成されていたり、前記ポンプ光の強度のみに依存する前記量子井戸構造部の屈折率変化を利用してプローブ光を変調したりする。

上記構成では、実励起された電子・正孔対が半導体量子井戸構造部に印加された静電界の為に空間的に分離され、電荷分極が生じる現象を利用するので、十分に速い応答速度が得られ、更に実励起に関わるので左程の強度のポンプ光を用いなくても十分なon/offコントラ

スト比の変調が達成できる。

【0013】本発明は実励起を用いるものであるが、これを仮想励起のものと比較してみる。この仮想励起のものでは、バンドギャップから少し離調したエネルギーに対応する波長のポンプ光ビームにより仮想キャリアが発生し、これを利用する。仮想キャリアはピコ秒以下で外部DC電界により空間的に分離される。この空間分離された電荷による電界は外部DC電界と反対方向を向いており、よってこの外部電界をスクリーンして電圧変化を生じさせる。この電圧変化は電気光学効果を介して屈折率を変化させ、これが、例えば、1.55μmのビームで検出される。レスポンスタイムはサブピコ秒が可能であり、屈折率変化を起こすのに1つの制御ビームが必要とされるのみである。また、AlGaAs材料システムを用いれば1.55μmでの吸収は非常に低い。しかし、ポンプ光の強度としてGW/cm<sup>2</sup>オーダーのものが必要とされ、プローブ光の位相変化も比較的小さくなる（例えば、0.01°オーダー）。これに対し、本発明では次のようになる。光ディスクなどの800nmの光でコード化された情報を伝送するデバイスを考えると、ソースの情報信号光が適度のレートで変調されているのでフェムト秒fsほどの応答時間は必要としない。このことは、現在のローカルエリアネットワーク、コンパクトディスクプレーヤー、レーザディスクプレーヤーなどでもそうである。本発明では、仮想キャリアタイプと同様の構成を用いるが、バンドギャップエネルギー以上の波長のポンプ光を用いて実キャリアを生じさせる。この方法によれば、キャリアにより十分なスクリーニング電界を得るのに、ポンプ光の強度は仮想励起のものよりずっと小さくて良い。サブピコ秒の応答時間は得られないが、共鳴ポンプを用い実キャリアを達成することで、キャリアで生じるスクリーニングは仮想キャリアのものとは比べてずっと大きくなる。これにより、屈折率が大きく変化しプローブ光には大きな位相シフトが生じる。この位相シフト手段を強度変調装置に用いると、量子井戸構造部での全位相シフトが増大できてon/offコントラスト比が向上する。本発明の構成では、例えば、1.45°の位相シフトが得られる。プローブ光を、例えば、MQWコアで形成されたシングルモード導波路の層に平行に通すと、相互作用の距離が長くなり、全位相シフトが大きく増加する。従って、応答時間に対する要求が、それほど厳しくなく適度なものであるが、外部回路のRC時定数による制限を持つデバイスでは満足できない程高い時は、吸収が小さい波長のビームの変調は本発明のデバイスで好適に行なわれる。また、適度に応答時間が遅いということで、ポンプ光やプローブ光が超短パルスである場合でも、波長の違いによる分散によってポンプ光による屈折率変化がプローブ光で検知されなくなると言う様な問題も起こりにくくしている。

【0014】

【実施例】先ず、量子井戸中での電荷分極励起の現象について説明する(山西正道 応用物理 第58巻1969-1707(1989)参照)。図1はDC(静)電界 $E_{ext}$ が印加されたMQW構造の傾斜したエネルギーバンドを示す(ここでは1つの井戸18とこれに接するバリア14のみを示す)。今、800nmの波長域の情報担持(信号)光(ポンプ光)19が、この特定の使用波長のところに吸収ピークを持つ様に設定されたMQW構造に入射する場合を考える。こうした吸収ピークは、井戸18の厚さを適当に選ぶことで達成される。ポンプ光19はキャリア13、15(正孔13、電子15)を発生し、これらのキャリアは図1に示す如く外部電界で互いに反対方向に駆動されて井戸18の厚さだけ空間的に分離して井戸18内に閉じ込められ(バリア14はこれを可能にする程十分高い)、外部電界 $E_{ext}$ をスクリーニングする方向に反電界ないしスクリーン電界 $E_s$ を生み出す。通常、MQW域に隣接する層はドープされていて、電圧降下の殆どがアンドープMQW域で生じる様に設計されている。理想的には、この為にMQW層に隣接する層は多くドープされねばならない。しかし、層に平行にポンプ光とプローブ光ビームのうちの1つ又は両方が伝搬する時には、MQW層の導波特性については、導波MQW層に接するクラッド層が大きくドープされているとこでの光損失が大きくなることを考慮する必要がある。従って、こうした場合は導波MQW層に接するクラッド層もまたアンドープとなっているのが良い。ただ、これらのクラッド層は非常に薄いので、電圧降下の殆どはいずれにせよMQW層で起こる。

【0015】ところで、量子井戸構造を構成する半導体は、通常、静電界 $E_{ext}$ に対する構成原子配置での電気光学効果(ポッケルス効果)を有しているのもともと印加されているDC電界による電気光学効果に加えて上記の反電界 $E_s$ によって電気光学効果の変化が生じることになる。このことは、既にDC電界の印加により誘起されている上記量子井戸構造の光学的異方性が反電界 $E_s$ の発生により更に変化することを意味する。

【0016】各井戸18でのこの反電界 $E_s$ による電圧降下変化 $V$ で生じる光学的異方性による屈折率の相対変化量 $\Delta n$ は次式で与えられる。

$$\Delta n = 1/2 \cdot q n^3 \cdot r_{eff} V \dots \dots (1)$$

ここで、 $n_0$ は電圧降下前の屈折率、 $q$ は結晶方位とDC電界 $E_{ext}$ との相対関係に依存する定数、 $r_{eff}$ は実効的な電気光学係数(m/V)である。

【0017】ポンプ光19がオン状態にあるかぎり、キャリア13、15は井戸18内にある。ポンプ光がオフになると、キャリア13、15はその状況での寿命で決められるレートで再結合する。寿命は実際の電界強度に依存する。上記の相対的な屈折率変化量はプローブ光で\*

$$I = I_0 \{ 1 + \sin 2\theta \cdot \cos \psi \} \dots \dots (3)$$

ここで、 $I_0$ は位相シフトが無い時のプローブ透過光の

\* 検出されるが、ここで注意すべきことは、AlGaAsなどのMQW構造物質が、バンドギャップに対応する波長よりずっと大きい波長に対しては十分透明であることである。上記屈折率変化はプローブ光で検出され、その時の相対位相変化量 $\Delta \psi$ は次式で与えられる。

$$\Delta \psi = 2\pi / \lambda \cdot q n^3 \cdot r_{eff} V \dots \dots (2)$$

ここで、 $\lambda$ はプローブ光の真空中での波長である。

【0018】ここで、図2に沿って位相変調部であるMQW構造を含むデバイスの具体例を説明する。<001>方位のn<sup>+</sup>-GaAs基板24(負の導電極性のドーパントはSiであり、n<sup>+</sup>濃度は $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )上には、n<sup>+</sup>-GaAsバッファ層25が0.2 $\mu\text{m}$ の厚さで、n-AlAs電極層26が5 $\mu\text{m}$ の厚さで、 $\phi$ -AlAs下部クラッド層27が0.4 $\mu\text{m}$ の厚さで、 $\phi$ -多重量子井戸構造(MQW)領域28(120Å厚の井戸21と80Å厚のバリア22とが200周期積層されて成る)が4 $\mu\text{m}$ の厚さで、 $\phi$ -AlAs上部クラッド層29が0.4 $\mu\text{m}$ の厚さで、p-電極層30が0.5 $\mu\text{m}$ の厚さで、積層されている。更にその上には、p<sup>+</sup>-GaAsキャップ層31、及び0.25 $\mu\text{m}$ 厚のCr32と0.25 $\mu\text{m}$ 厚のAu33からなる0.5 $\mu\text{m}$ 厚の電極が設けられている。基板24の裏面には、もう一方の電極23が積層されている。n、p、及びp<sup>+</sup>のドーピング濃度は、夫々、 $2 \times 10^{17}$ 、 $2 \times 10^{17}$ 、 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であり、pドーパントはBeである。

【0019】上記デバイスを含む強度変調器の全体構造が図3に示されている。ポンプ光35とプローブ光36が、外部DC電界37でバイアスされた図2に示す如き位相変調デバイス34に入射される。位相変調は位相板39及び偏光子38を通り、強度変調出力40に変換される。こうして、DC電界37の印加された量子井戸構造を持つ材料34に、前記の実励起電荷分極が誘起される適当な波長と光強度を有するポンプ光35を入射させ、これによりこの量子井戸構造に電圧変化を誘起させる。この電圧変化による上記の相対位相変化 $\Delta \psi$ (上記(2)式参照)は次の如く検出される。

【0020】即ち、該量子井戸構造材料34に対して十分に透明な波長で且つ該量子井戸構造材料34の結晶軸方向に対して適当な偏光状態(例えば、図3のz軸を<001>方位とするとx軸の<110>方位とy軸<100>方位に同じ大きさの成分を有する偏光)のプローブ光36で該量子井戸構造での位相変化 $\Delta \psi$ を検出する。この場合、該プローブ光36は、この量子井戸構造材料34で光吸収を受けないが電気光学効果に対して十分感度のある波長を用いる様にするのが好ましい。こうして、プローブ透過光40は、位相板39と偏光板38により、その位相変化が光強度の変化として検出されるが、この光強度は、次式で書くことができる。

全強度、 $\theta$ はx軸方向に対する偏光板38の透過軸方位

の角度、 $\psi$ は、位相板39のx軸方位とy軸方位との相対位相差を $\phi$ として入射プローブ光36のx軸方位とy軸方位との相対位相差を $\rho$ 、そして量子井戸構造材料34での入射プローブ光がないときの光学的異方性のx軸方位とy軸方位との相対位相差を $\varepsilon$ とすると、

$$\psi = \Delta\psi + \rho + \phi + \varepsilon \cdots \cdots (4)$$

と表わせる。従って、偏光板38の透過軸方位の角度 $\theta = \pi/4$ として位相板39の位相差 $\phi$ を、

$$\phi = -\rho - \varepsilon \pm \pi/2 \cdots \cdots (5)$$

となる様に設定すると、

$$I = 1/2 \cdot I_0 \cdot \{1 \pm \sin \Delta\psi\} \cdots \cdots (6)$$

となる。ここで注意することは、相対位相変化量 $\Delta\psi$ の変化を最も感度良くする為にバイアス点を $\psi = \pm \pi/2$ に設定したことである。上述の例では、プローブ光の両直交偏光成分の位相差を任意としていたが、(5)式を満足する様に予め位相差 $\rho$ を与えておいても良い。こうした場合には、位相板39は図3の位置に置く必要はなくなる。即ち、位相板39を量子井戸構造材料34よりも前に置いて(5)式を満たす様にしても良い。 \*

$$\Delta Q = (e I_0 \tau_r / (h c / \lambda)) \{1 - \exp(-\alpha L_z)\}$$

ここで、 $\alpha$ は吸収係数、 $L_z$ は井戸の厚さである。上記キャリア密度に対応するスクリーン電界 $E_s$ は、ポアソン方程式を解いて次の如く求められる。

$$\Delta Q = \varepsilon_0 \varepsilon_{oc} E_s$$

ここで $\varepsilon_0$ 、 $\varepsilon_{oc}$ 、 $E_s$ は、夫々、真空誘電率、GaAsのDC誘電率(=13.1)、所望のスクリーン電界強度である。 $I_0$ についてこれら2つの方程式を解くことで、300kV/cmのスクリーン電界 $E_s$ を生じるのに必要なポンプ光強度 $I_0$ が求まる。これは、キャリアの寿命 $\tau_r$ が50nsとすると、適当な集光で通常の半導体レーザから簡単に得られる値である275W/cm<sup>2</sup>となる。50nsのキャリアの寿命は、電界全部のスクリーニングが起きる時は実際にはもっと短い(10ns)。10nsの再結合時間は、おおよそ100Mb/sのビットレートに対応し、これは上記の本発明の適用例のいずれのものより速い。

【0023】上記の最大スクリーニング電界 $E_{smax}$ は井戸構造層での全電圧降下72Vを生じる(72V =  $E_{smax} \times 200 \times 120 \text{ \AA}$ )。上記方程式から、対応する位相シフトは、 $q = 1$ とすると1.44度になる。これは0.11dBの強度コントラストに対応する。この値はまだ低い、仮想励起のものよりは大きい。この原理により働く理想的な変調器は180度の位相シフトを実現できる。今の場合、プローブ光は層に垂直に伝搬するので、位相シフトを起こす相互作用距離は僅か $200 \times 120 \text{ \AA} = 2.4 \mu\text{m}$ である。よって、対応する位相シフトは $6000^\circ \cdot \text{cm}^{-1}$ である。ポンプビームは層に平行でも垂直でも、プローブ光は導波路内を平行に伝搬させることができるので、この伝搬方式を用いると、単位長さ当りの上記位相シフト量を用いて、300 $\mu\text{m}$ の

\*【0021】ここで、この構造で可能な最大相対位相シフトを計算する。最大位相変調深さは、外部DC電界がキャリア誘起された反電界により完全にスクリーンされる時に起こる。よって、井戸構造内の全電界の最大変化は、最大バイアスDC電界強度で決められ、これは降伏電界 $E_{00} = 300 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ で与えられる。今の構造の場合、120 $\text{ \AA}$ の厚さのGaAs井戸21と80 $\text{ \AA}$ の厚さのAlAsバリア22が200周期形成され、全電圧降下がMQW領域28で起きると仮定すると、井戸構造内のキャリアを用いて外部電界を完全にスクリーンできる時に、電界強度の最大変化が起こる。そのためには、印加可能な最大外部電界と同じ大きさの強度の反電界を誘起する必要がある(即ち、 $300 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ の反電界)。これは、ポアソン方程式によりこの反電界と対応付けられる一定のキャリア密度を井戸構造内に生じさせる必要があることを意味する。

【0022】このキャリア密度を達成するのに要されるポンプ光強度 $I_0$ を計算する。井戸端で誘起される電荷 $\Delta Q$ は次の式で与えられる。

長さのデバイスで180°の相対位相シフトを生じさせることができる。これは理論的に可能な最大コントラストである。

【0024】

【発明の効果】以上説明した様に、本発明によれば、DC(静)電界印加した量子井戸を有する半導体量子井戸構造において、例えば超短パルスの光により量子井戸中に電荷(電子・正孔対)を実励起して量子井戸中のDC電界を該超短パルスにより変調することで、該変調された電界により該量子井戸を構成する半導体が有する電気光学効果を介して該量子井戸構造の光学的異方性の大きさを変調し、該量子井戸構造中を伝搬する光の偏光状態を変調する様にしているので、比較的速い応答時間の光の位相及び強度変調が高いコントラスト比で可能となる純光学的光変調器ないしスイッチが実現できる。

【0025】また、800nmの波長のシステムでコード化された情報を1.55 $\mu\text{m}$ の波長に変換するものが適用例として考えられる。具体的には、光ディスクメモリから取り出されたデータを電話回線ネットワークファイバ(1.55 $\mu\text{m}$ )で伝送したり、アナログビデオ、デジタルサウンド、その他適度の変調速度しか要求しないソースを、標準的な1.55 $\mu\text{m}$ の電話ネットワークを使用している加入者に直接(ファイバから家庭へ)供給したりする時に用いられる。一般に、遠隔又は通信システムの条件が1.55 $\mu\text{m}$ の波長を除き全てのシステムを使えないものとする時、そして伝送されるべき情報が800nmでコード化されている場合などに、上記デバイスは力を発揮するものとなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例における実電荷励起を説明する

10

30

40

50

11

為に傾斜したエネルギーバンド構造を示す図である。

【図2】多重量子井戸構造部を含むデバイスの断面を示す図である。

【図3】本発明による位相変調を光強度変調に変換する為の構成を示す図である。

【符号の説明】

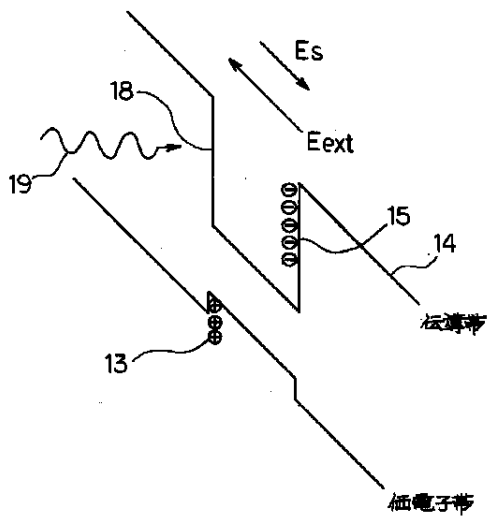
- 13 正孔
- 14, 22 バリア
- 15 電子
- 18, 21 井戸
- 19, 35 ポンプ光
- 24 基板
- 25 バッファ層

- \* 26, 30
- 27
- 28
- 29
- 31
- 23, 32, 33
- 34
- 36
- 37
- 10 38
- 39
- 40
- \*

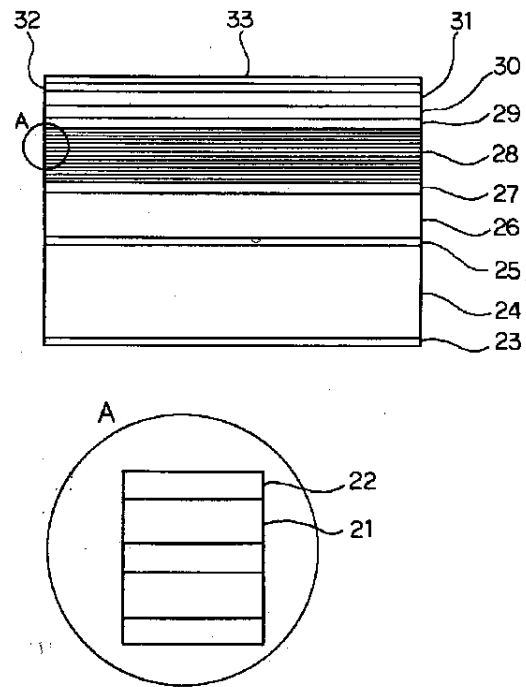
12

- 電極層
- 下部クラッド層
- 多重量子井戸構造層
- 上部クラッド層
- キャップ層
- 電極
- 位相変調デバイス
- 入射プローブ光
- 外部DC電界
- 偏光板
- 位相板
- プローブ透過光

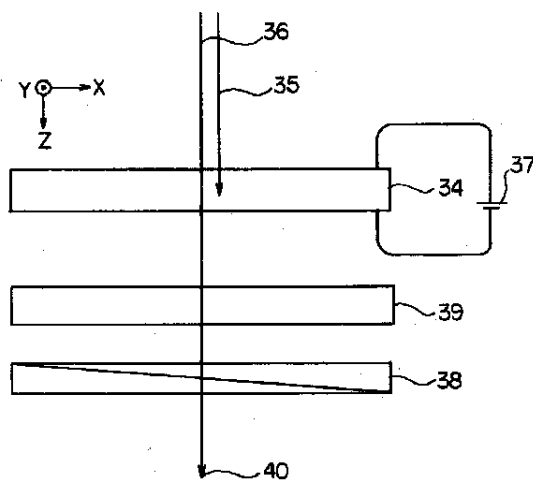
【図1】



【図2】



【図3】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>6</sup>, DB名)

G02F 1/015 - 1/025

G02F 1/35

INSPEC (DIALOG)

JICSTファイル (JOIS)