

【特許請求の範囲】

【請求項1】外部からの光を収束する為の第1光学的手段、局部発振光源、該局部発振光源からの光を収束する為の第2光学的手段、該第2光学的手段で収束された光と該第1光学的手段からの外部からの収束光が合流されてそこに波長選択的光振幅分布を形成する為のフォトリフラクティブ結晶、外部電圧を印加する為に該フォトリフラクティブ結晶上に形成された電極、該フォトリフラクティブ結晶に印加される外部電圧を制御して当該フィルタ装置の透過帯域幅を制御する為の手段、該フォトリフラクティブ結晶で処理された光を光伝送媒体に出力する為の手段を有することを特徴とする狭帯域光フィルタ装置。

【請求項2】前記局部発振光源が発振波長の変な波長可変レーザを有することを特徴とする請求項1記載の狭帯域光フィルタ装置。

【請求項3】波長多重光信号を伝送する為の光ファイバないし光学的媒体を当該装置に結合する為の手段を有する狭帯域光フィルタ装置において、波長可変レーザ、該波長可変レーザをチューニングして当該フィルタ装置で選択される光フィルタ装置の透過中心波長を制御する為の手段、該波長可変レーザからの光を収束する為の光学的手段、収束されたレーザ光と前記光ファイバからの収束光が合流されてそこに波長選択的光振幅分布を形成する為のフォトリフラクティブ結晶、該フォトリフラクティブ結晶上に形成された電極、該フォトリフラクティブ結晶に印加される外部電圧を制御して当該フィルタ装置の透過帯域幅を制御する為の手段、該フォトリフラクティブ結晶で処理された光を光ファイバに出力し光信号を伝送する為の手段を有することを特徴とするフィルタ装置。

【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る光フィルタなどの装置に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】従来、光通信システムに用いられる光フィルタとして、例えば、閾値より若干低い電流でバイアスされて使用される分布帰還型（DFB）レーザ構造のフィルタがある。これは、例えば、沼居他著のApplied Physics Letters, 54(19), p. 1859の論文(1989)に開示されている。また、分布反射型（DBR）レーザ構造のフィルタもある。この光フィルタでは、回折格子領域にキャリアを注入して、その屈折率を変化させ、ブラッグ波長を変化させることでブラッグ条件を制御する。更に、キャリア注入で屈折率を変化させて位相を変化させる目的でキャビティにパッシブ領域を加えることで、位相シフトを導入する。こうして、光フィルタの透過スペクトルの中心波長を1.55

μm を中心に最大9.5Åの範囲で変化させられる。

【0003】複数の波長を含む波長多重光がDFBレーザの活性領域に入ったときには何が起るかという、レーザ共振器の回折格子の波長条件を満たす光が、バイアスされているレーザをトリガーし、そのレーザ波長で発振が開始される。こうして、特定の波長の光がレーザで増幅される一方、他の波長光は導波構造を1回伝搬するのみである。この構造を利用して、18チャンネルの波長多重に対して、-10dBのクロストーク及び13GHzの透過バンドないし帯域幅（透過スペクトルピークの-10dBの所の全幅）が得られた。

【0004】DFBレーザ構造のフィルタの大きな障害は、波長変化がDFB回折格子の調整に依存していることである。即ち、DFB領域と位相調整領域の屈折率を変化させることでブラッグ波長を調整する。この構成では、狭い範囲での波長変化しか可能でない。他の問題点は、応答速度ないしレスポンスタイムがレーザのオン・オフ動特性で制限されることである。これは、精々10ピコセカンド程度である。これでは、超高速変調には使用できない。

【0005】また、隣接波長のチャンネル間のクロストークを引き起こすので、この様な広い帯域幅のものではチャンネル間に大きな波長間隔を設定する必要があり、波長多重チャンネル数が少なくなる。この理由は、伝送媒体や他の部品が働くには特定の光周波数ないし波長範囲があり、すべてのチャンネルの波長はこの波長域内に収めねばならないからである。更に他の障害は、DFB回折格子構造を精度良く作製するのが困難であることである。特に、DFB回折格子の空間位相シフト領域を作るのが難しい。また、導波路の作製には、特に高精度の製法が要求される。これにより、DFBレーザ構造のフィルタは大量生産が出来にくい。

【0006】他の構造も、沼居著のIEEE Photonics Technology Letters, 2(6), p. 401の論文(1990)に提案されている。これもレーザダイオード構造のものであるが、上記のフィルタと異なって、通常ファブリペロー型のものである。これは、2つの部分に分かれていて、1つは活性領域であり他の1つは波長制御領域である。DFB型のもと同様に、パッシブ領域の屈折率の変化を用いて共振器の位相を変え、そして発振周波数を変化させる。これにより、188GHzのチューニング範囲(1.55 μm において15Å)、23dBの一定利得乃至ゲイン、5GHzの帯域幅が実現された。また、25チャンネル、-10dBのクロストークの波長多重が可能であった。

【0007】他の構成としては、例えば、一对の導波路を持つ回折格子付きのフィルタがある。この構成も、特定の波長の光を一方の導波路から他方の導波路へ結合する為に回折格子のブラッグ条件を利用する。これは、多

重化されたチャンネルを空間的に分離する例である。このデバイスの作製法は、更に複雑である。なぜなら、ブラッグ回折格子から成るカップリング領域を持つ一対の導波路構造の作製には、フォトリソグフィー技術やエッチング技術が必要であるからである。一方の導波路から他方の導波路に結合する波長は、DFBレーザ構造のフィルタと同様に制御される。即ち、キャリア注入でカップリング領域の屈折率を変化させてブラッグ条件が制御される。この型のフィルタが、レーザ構造のフィルタに対して優れていることは、パッシブであるので性能がオン・オフ動特性に依存しないことである。しかし、両方の型のフィルタとも、キャリア注入でフィルタリング波長のスイッチングが行なわれるので、それが遅いことが欠点である。

【0008】また、一対の導波路構造のものはパッシブデバイスであるので、光ロスがあり、それを光増幅器で補う必要がある。よって、S/N比が著しく低下する。更に、両方の型のフィルタとも、デバイスを通ずる光周波数が吸収されるので、これらフィルタを多段で用いるのが困難となる。導波路を用いることから来る制限として、このデバイスと伝送媒体間で生じる結合損失の問題がある。

【0009】以上の2種類のフィルタリングデバイスは、共に、GaAs、AlGaAs、InP、InSb、GaP、それらの化合物等の半導体材料を基礎として構成されている。よって、これらの材料のうち最大のバンドギャップを持つ材料の吸収端である600nm程度以上の波長でしか、フィルタリングデバイスの動作波長を設定できなく、これより短波長側で波長多重された信号をフィルタリングする用途にはこれらのフィルタリングデバイスを使用できない。このことは以上のデバイスの大きな欠点となる。なぜなら、動作波長が短くなればなる程、波長多重チャンネル間の間隔を狭く出来、従ってチャンネル数を増大できるが、これらのフィルタリングデバイスはこのことを利用できないからである。

【0010】また、透過帯域幅は回折格子の特性で決められると共に、透過スペクトル中心波長の変化に従っても変化する。よって、上記回折格子を持つ従来例の更なる欠点は、透過帯域幅が独立して制御できないことである。

【0011】上記のデバイスと比べて透過帯域幅及び多段化利用性の点で遥かに劣るが、他の空間フィルタリングデバイスとして、以下のものがある。機械的に回転する回折格子を持つ波長フィルタであり、これは、光の入射角に従って変化するブラッグ反射条件を利用する単純な構成を持つ。透過中心波長は機械的に調整され、光損失は大きく、透過帯域幅は極めて広い。また、嵩張って、作製が困難で高価格である。

【0012】更に、十分大きな分散を持つプリズムを利用する構成の波長フィルタもある。しかし、既知の材料

の中で十分大きな分散を持つ材料は見当たらず、望まれる波長のところでのフィルタリング帯域幅は他の構成の波長フィルタに比して劣る。

【0013】更に、バンドパス特性を持つ媒体を利用する波長フィルタも原理的には利用できる。しかし、これらは、波長可変性、多段化利用性、透過スペクトル帯域幅、光損失などの点で大きな欠点を持ち、上記の構成のデバイスには太刀打ちできない。

【0014】よって、本発明の目的は、上記の課題を解決した狭帯域光フィルタ装置を提供することにある。

【0015】

【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狭帯域光フィルタ装置では、外部からの光を収束する為の第1光学的手段、局部発振光源、該局部発振光源からの光を収束する為の第2光学的手段、該第2光学的手段で収束された光と該第1光学的手段からの外部からの収束光が合流されてそこに波長選択的光振幅分布を形成する為のフォトリフラクティブ結晶、外部電圧を印加する為の該フォトリフラクティブ結晶上に形成された電極、該フォトリフラクティブ結晶に印加される外部電圧を制御して当該フィルタ装置の透過帯域幅を制御する為の手段、該フォトリフラクティブ結晶で処理された光を光伝送媒体に出力する為の手段を有することを特徴とする。

【0016】より具体的には、前記局部発振光源が発振波長の可変な波長可変レーザを有する。

【0017】また、上記目的を達成する本発明による狭帯域光フィルタ装置では、波長多重光信号を伝送する為の光ファイバないし光学的媒体を当該装置に結合する為の手段を有する狭帯域光フィルタ装置において、波長可変レーザ、該波長可変レーザをチューニングして当該フィルタ装置で選択される光フィルタ装置の透過中心波長を制御する為の手段、該波長可変レーザからの光を収束する為の光学的手段、収束されたレーザ光と前記光ファイバからの収束光が合流されてそこに波長選択的光振幅分布を形成する為のフォトリフラクティブ結晶、該フォトリフラクティブ結晶上に形成された電極、該フォトリフラクティブ結晶に印加される外部電圧を制御して当該フィルタ装置の透過帯域幅を制御する為の手段、該フォトリフラクティブ結晶で処理された光を光ファイバに出力し光信号を伝送する為の手段を有することを特徴とする。

【0018】

【作用】本発明では、上記従来技術の問題である狭い透過中心波長可変領域は、フィルタそれ自身ではなく、波長可変コヒーレント光源を用いてチューニングを行なうことで解決する。波長可変コヒーレント光源の選択範囲は広く、そして本発明の可能性はフィルタのチューニング技術の進展ではなく波長可変コヒーレント光源の進歩に依存している。光源の選択範囲が広いので、波長可変

範囲が広くでき、フィルタ透過帯域幅が狭くでき、更に透過中心波長を高速にスイッチングできる。

【0019】光ロスに関する問題点は、所望の波長のみを増幅し他の波長光を増幅することなく通過させる波長選択的光増幅を用いることで解決できる。これにより、フィルタの多段化利用性の問題も解決できる。即ち、所望でない波長はデバイスを通過して光通信ネットワークの次のノードで処理されるようにできる。本発明及び従来技術（導波路構造のもの）において光損失は不可避としても、本発明ではフィルタリングされない波長光の伝搬はバルク媒体で行なわれるので、その損失は導波路構造のものよりは小さい。また、導波路構造の代わりにバルクを用いる為、導波路構造のものに不可避な結合損失も完全になくなる。本発明のデバイスにおいて、反射防止膜をコーティングすることで、結合損失は殆ど完全になくせる。

【0020】従来技術のもので最も重大な問題は、広い透過帯域幅である。これは、本発明では、異なる光周波数の信号を分離するのに回折ではなく干渉を利用することで対処できる。本発明の光フィルタの透過帯域幅特性は、増幅媒体のレスポンスタイムに関連する干渉の光ビート周波数で決められる。例えば、1秒のレスポンスタイムを持つ媒体では、理論上、1Hzの光フィルタリング帯域幅が得られる。この場合、高速ビットレートのシステムで本デバイスを用いても大して問題にならない。即ち、応答に1秒かかるので、データ列に先だってデータと同波長の1秒の光パルスを置けばよい。

【0021】狭い帯域幅と応答時間との間にはトレードオフの関係が常にある。しかし、従来のもものでは、デバイスの材料と物理的構造により応答時間と透過帯域幅は固定ないし制限されているが、本発明のデバイスでは、電界を印加することで帯域幅を制御できる。即ち、媒体の応答時間を変化しトレードオフの関係を介して帯域幅も変えられる。更に、増幅媒体を広い範囲から利用できるため、フィルタリング帯域幅と応答時間を柔軟に設計できる。

【0022】また、従来例の或るものでは、精度良い作製が困難な導波路構造を有するが、本発明のデバイスは、例えば、フォトリフラクティブ（光誘起屈折率効果を持つ）バルク媒体片と外部光学部品とI（入力）/O（出力）コネクタのみから成る。よって、その作製に、面倒なフォトリソグラフィ技術などを必要としない。

【0023】作動波長領域について、従来例では780nm以上の波長でのみ動作するシステムしか可能でなかったが、本発明のデバイスでは、利用できるレーザやフォトリフラクティブ媒体で決まる波長ならどのような波長でも動作する。短波長にもできるので、光通信システムのチャンネルが密に設定でき、新しい可能性が開発できる。全可視光に対して透明なフォトリフラクティブ媒体が存在するので、それにより動作波長が450nm程

度まで短く出来る。更に、フォトリフラクティブ媒体は変更できるので、デバイスの透過スペクトルについての制限は局部発振器としてのレーザによるのみとなる。

【0024】また、本発明では、フィルタリング帯域幅と応答時間を可変とする為に、フォトリフラクティブ媒体に電界を印加する。更に、所望の時間及スペクトル特性に従って適当な媒体を選択すればよい。

【0025】

【実施例】以下、本発明の原理を説明して、それを用いた実施例を説明する。

【0026】本発明のデバイスは、例えば、各々固有の波長を持つ複数のチャンネルに分割されて情報の光伝送が行われる波長多重システムに使用される。光信号は、出来るだけジッタがなく、位相が時間的に一定である。所望のチャンネルを選択することは、複数の波長から成る入射光をスペクトルフィルタリングすることでなされる。このデバイスは以下に説明するフォトリフラクティブ効果（光誘起屈折率効果）を利用している。

【0027】図1に示す様に、フォトリフラクティブ結晶101に2つのコヒーレントな光ビーム102、103が入射しているとする。両者コヒーレントである為、これらの光102、103は明るい部分と暗い部分が周期的に分布した干渉パターン104を形成する。干渉パターン104が形成された材料101の性質により、光が強い領域では、深いエネルギーレベルから伝導帯又は価電子帯への励起によって、キャリア（電子又はホール）が発生する。フォトリフラクティブ材料101では、この深いレベルは不純物ないし欠陥により生じ、その活性化エネルギーは熱エネルギー（300Kで26mV）より遥かに大きい。

【0028】図2はフォトリフラクティブ結晶101のエネルギーバンド構造の簡単な例を示し、ここでは、ここからキャリア（電子）が励起される1つの中間バンドギャップドナーレベル201が描かれている。実際はもっとたくさんの深いレベルが含まれる。ここでは、単純化の為に、1つのドナーレベル201と1つのキャリア（電子）202のみを扱う。

【0029】光強度が大きいところでは、弱いところより多くのキャリア202が生み出される。図1に示す様な周期的な光の分布104ができると、励起キャリア202もまた同じ周期で周期的に分布する。こうしてキャリア濃度の傾きが生じ、励起キャリア202が、干渉パターン104の暗い領域である濃度の小さいところへ拡散する。こうして拡散キャリア203は最初の位置（今ではイオン化した中間バンドギャップレベルの場所204）から空間的に離れるので、浅いイオン化されたアクセプタ（これは暗い部分のイオン化ドナーを中性化する）と空間的に変調したプラスのイオン化ドナー204との間に電界が生じる。この電界は、替わって、拡散方向と反対方向にこれらのキャリア203をドリフトさせ

る。この様にして、空間電荷による電界が徐々に形成され、拡散の結果が補償される。

【0030】次に起こることは、光強度が弱いので光励起では有効にイオン化されなかった不純物ないし欠陥中心に、キャリアが捕獲されることである。これらの捕獲で、これらのサイト205は負に荷電され、これらの負に荷電された捕獲サイト205とプラスのイオン化サイト204との間に空間電荷による電界E_{sc}が生じる。

【0031】光がスイッチオフされると、キャリアが再結合し、上記サイトが中性化され、空間電荷による電界E_{sc}が消滅する。

【0032】ここで空間電荷による電界E_{sc}の効果について述べる。キャリア密度ρ(r)によって誘起される電界Eは次のポアソン方程式を解くことで計算される。

$$\nabla \cdot E = 4\pi / \epsilon_s \cdot \rho(r)$$

周期的干渉パターン104(図3(a))によって誘起された干渉パターン104と同じ周期の周期的キャリア密度(図3(b))は、弱い変調の場合は、周期的電界(図3(c))を生じさせる。正弦波的な周期とすると、電界も正弦波状となるが、位相は、空間的に、最初のキャリア分布と干渉パターンに対してπ/2ずれている(図3(c))。これは図3に示されている。

【0033】結晶101が電気光学材料であれば、この空間電荷電界は、図3(d)に示す様な周期的態様で、屈折率を変調させる。このことは、回折格子が確立されることを意味し、この回折格子は干渉パターン104から空間的に位相ずれているので、干渉パターン104を書いたビーム102、103が互いに回折しあってエネルギーを交換することになる。

【0034】このエネルギー移行のメカニズムは、電気光学的テンソル及び格子ベクトルに対する結晶101の配向に大きく依存している。格子ベクトルは干渉縞104と直角でこれと同一面内にある。結晶101及び/又は干渉パターン104が、空間電荷電界ベクトル即ち格子ベクトルが最大の電気光学係数を持つ結晶方向と平行である様に、配向されるときに、屈折率の変調が最大になる。また、干渉パターン104と屈折率格子の空間的位相差は、回折効率の程度に影響を与える。この位相差がπ/2であるとき、最大のエネルギー移行が起こる。

【0035】このエネルギー移行は2波結合と呼ばれる。こうして、弱いビームが強いビームにより増幅される。このビーム結合の方向は結晶軸ないしc軸の配向及びキャリアの導電型に依存している。フォトリフレクティブ2波結合と他の2波結合のメカニズムの異なるところは、結晶軸の面内で結晶を180°回転させると結合方向が逆になることである。

【0036】次に、外部印加電界が存在する条件下で、不均一な照射(干渉縞)により誘起される空間電荷電界は次の式で与えられる(A. Yariv, Quantu

mElectronics, 3rd ed. pp. 520, Wiley, NewYork, 1989 参照)。

$$E_1^{sc} = -i \frac{I_1}{I_0} \frac{E_N(E_0 + iE_D)(e^{i\Omega t} - e^{-t/\tau})}{[E_0 - \Omega_0(E_D + E_\mu)] + iE_N + E_D + \Omega_0 E_0}$$

ここで、Ωは2つのビーム102、103間の光周波数の差、E₀は外部印加電界、E_{sc}は空間電荷電界であり、対応する屈折率変化(従って指数関数的ゲインコンスタントも)は空間電荷電界E_{sc}に比例する。また、帯域幅は応答時間ないしレスポンスタイムτの逆数τ⁻¹である。

【0037】BaTiO₃の様な材料では、小さい光強度では、応答時間は秒のオーダーになり得る。これにより、2波のうちの所望の光(所望の信号光)に対するゲインの光帯域幅は1Hzのオーダーになる。半導体の様な高速材料では、10psの領域のレスポンスタイムが可能であり、100GHzの光帯域幅を実現できる。780nmでは、この光帯域幅は2Åに相当する。レスポンスタイムは外部印加電界E₀を変えないし強度低下させることで遅くできる。780nmで1秒の応答時間を持つ媒体は、2×10⁻¹¹Åの光帯域幅を実現できる。この様な遅い媒体が高速ビットレートのものに使用されるときには、少なくとも1秒の持続時間を持ちデータ列と同じ波長の先行光パルスがデータ列に先行して、データ列を増幅するのに用いられる格子を作る必要がある。データ列の光パルス(ビーム102、103の一方)は上記レスポンスタイムよりずっと短い、その平均強度はビーム結合に必要な格子を保持し続ける。

【0038】例えば、1Gbit/sの光通信システムを考える。要求されるフィルタの応答時間はほぼ1nsとなり、これは1GHzの2波結合ゲイン光帯域幅にほぼ対応する。780nmでは、これは0.0203Åのフィルタリング帯域幅となる。更に、光通信システムに使用されるレーザ光源(局部発振器、ビーム102、103の他方を供給する)は2nmの範囲で波長可変とする。これにより、信号光には986チャンネルの波長多重が可能となる。もし迅速なフィルタの応答が必要とされなければ、フィルタリング帯域幅は更にもっと狭く出来、2nmの範囲内の理論的波長多重チャンネル数は更に大きくできる。しかし、この極端な場合はレーザ光源(局部発振器)に大きな負担をかける。

【0039】しかし、同時に多重できるチャンネル数には限度がある。この理由は、局発光(ビーム102、103の他方)との間で干渉縞104を形成し屈折率格子を形成するのに寄与しないチャンネルの波長光は、或る程度格子を消す働きをするからである。このことは、空間電荷電界E_{sc}が変調比I₁/I₀(I₀は全入射光の強度、I₁は局発光(ビーム102、103の他方)と相互作用をする波長の入射光の強度である)に比例することを示す空間電荷電界E_{sc}の上記式から明らかである。

10

20

30

40

50

もし格子形成に寄与しない光が入力（ビーム102、103の一方）中にあるなら（即ち、2つ以上のチャンネルが存在する）、その強度がI₀に加えられねばならず、フィルタリング帯域幅内の波長を持つ信号に対するゲインが小さくなる。これは、材料の結合定数と共に、フィルタの消光特性を決定する。一般に、チャンネル数が増えれば、S/N比が小さくなる。それでも、大きなゲインを持つ材料を選ぶことで、多い波長多重チャンネルの場合でも十分に大きなS/N比を実現できる。

【0040】高速ビット信号をフィルタリングするフォトリフラクティブ結晶としては、GaAs、CdTe、GaP、InPの様な半導体がある。半導体量子井戸構造を用いれば、ゲイン及びレスポンス特性を高められる。これは、増大されたキャリア易動度に加えて、バン*

*ドギャップ近くで誘起されて高められた電気光学効果による。

【0041】強誘電フォトリフラクティブ結晶の中で、ニオブ酸ストロンチウム・バリウム（SBN）、ニオブ酸カリウム・ナトリウム・ストロンチウム・バリウム及び他のタングステンブロンズ・酸素・八面体晶強誘電体が、高ゲイン及びドーピングによる大きな波長可変性を持つので、特に有望である。更に短い波長に対しては、チタン酸バリウム（BaTiO₃）、BSO、KTNが注目される結晶である。次の表1はこうしたフォトリフラクティブ材料を比較して示す。

【0042】
【表1】

Crystal	Wavelength [μm]	Grating spacing [μm]	Gain [cm ⁻¹]	Response time [sec]
GaAs:EL2	1.064	1.0	0.4	8x10 ⁻⁵
GaAs:Cr	1.064	1.1	0.6	5.3x10 ⁻⁵
GaP	.633	1.0	0.33	2x10 ⁻⁴
BaTiO ₃	0.5145	1.3	20	1.3

本デバイスの機能をより具体的に詳細に説明する。図4に示す様に、通常ファイバである伝送媒体402中を伝送される光ビームの強度変調で符号化された波長多重信号401が、結合手段403により当該システムに結合され、光学的手段404によってフォトリフラクティブ結晶409の中央部に焦点が来る様に集光される。

【0043】パワー源405とチューニング装置408を備えた波長可変レーザ406からの光414は、光学的手段407によりフォトリフラクティブ結晶409上に集光される。集光点は、信号415の焦点と一致する様に選ばれる。2つのビーム414、415の角の2等分線はフォトリフラクティブ結晶409のc軸に直交している。

【0044】光源406からの光414と入射光415はフォトリフラクティブ結晶409中の合流箇所に見える部分と暗い部分から成る干渉パターン（図1の104）を形成する。これは、光源406からの光414と入射光415がコヒーレントであり、そして本来的な量子的位相ノイズを除いて、光学的位相ノイズを持っていないことに因る。コヒーレンスの条件と光学的位相の時間独立性が満たされる時、2つのビーム414、415はコントラストのある干渉縞を形成する。これら干渉縞の空間的周期は次の式で与えられる。

$$\Lambda = \lambda / 2 \sin \theta$$

ここでλは真空中での波長、θは2つのビーム414、415がフォトリフラクティブ結晶409外で成す角の2等分角である。

【0045】入射光415と局発光源406からの光414との波長差に依り、縞は次式で決まる速度で移動す

る。

$$v = \Lambda \cdot \Delta \nu$$

Δνは入射光415と局発光源406からの光414との波長差である。上記した様に、フォトリフラクティブ結晶409の応答時間は、フォトリフラクティブ2波結合により起こる光増幅の帯域幅を決める。フォトリフラクティブ結晶409はエネルギーがビーム414からビーム415に移行する様に配向される。こうして、ビーム414の波長から、フォトリフラクティブ結晶409の応答時間で決められる光帯域幅より小さい量だけ異なる信号ビーム415の波長のみが、増幅される。こうして、波長選択的に増幅された信号のみが、光学的手段411、412により、通常ファイバである出力伝送媒体に送られる。

【0046】更に、デバイスの応答速度及び帯域幅を調整する為に、フォトリフラクティブ結晶409の結晶c軸に平行に電界が印加される。この電界印加は、電圧源413、調整手段410及び結晶409のc軸に垂直な表面に蒸着された電極416により行われる。尚、図4中、破線は電気信号を示し、実線は光信号を示す。

【0047】以上の様に、本実施例のデバイスは、伝送媒体からの光信号をビームに変換する為の手段403を有する。このビームはレンズ系404によりフォトリフラクティブ結晶409上に収束される。局部発振器は波長可変レーザ406からなる。この波長可変レーザ406は、所望の波長範囲で波長可変である現在入手可能なものでよい。レーザのパワーを制御する手段405とレーザの波長を制御する手段408も設置されている。フォトリフラクティブ結晶409は、通信システムに使用

10

30

40

50

される特定の波長に対する感度及びフィルタの透過スペクトルの帯域幅が所望のものである様にする材料が選ばれる。フォトリフラクティブ結晶409の各側面に形成された2つの電極416は、これにより生じる電界がフォトリフラクティブ結晶409の結晶軸ないしc軸と平行になる様に、配置されている。本デバイスは、更に、フォトリフラクティブ結晶409に電圧を印加する電圧源413を制御する為の手段410を有する。出力部は、レンズ系411と光ファイバなどの伝送媒体に光を出力する手段412から成る。

【0048】以上の構成の図4の実施例の動作は、図1乃至図3で説明した原理に基づいて行われる。

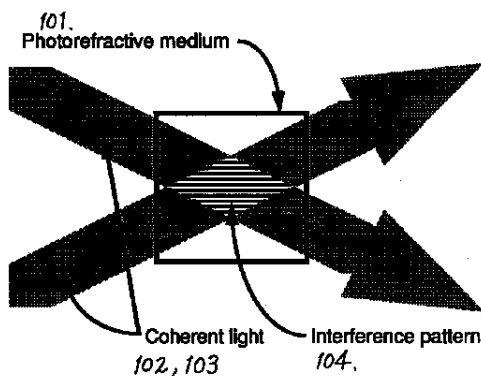
【0049】

【発明の効果】以上述べたごとく、本発明の超狭帯域幅のフィルタデバイスによれば、光通信システムのチャンネル間の波長間隔を、従来例の光フィルタを用いるシステムに比べて、遥かに小さくできる。更に、フィルタリング信号が増幅されるので、光通信システムには少ない数の中継器及び/又は光増幅器が必要とされるのみである。また、適切なフォトリフラクティブ結晶を選べば、超高速（ピコセカンド）の光パルス列をフィルタリングすることもできる。

【0050】また、従来の光フィルタと異なり、チューニング範囲は局部レーザ発振器の性能に主に依存する。波長可変レーザの進歩は波長可変フィルタより遥かに先を行っているので、多くの波長範囲のレーザが容易に入手できる。

【0051】更に、利用できるフォトリフラクティブ結*

【図1】



* 晶も多種に及ぶので、通信システムの他の部品に望ましい波長を選ぶ自由度が大きくなる。即ち、本発明のデバイスによれば、光通信システムに対する制限は、信号がコヒーレントでジッタなしであることのみで、他の制限はない。

【図面の簡単な説明】

【図1】フォトリフラクティブ結晶内での干渉パターンの書き込みを説明する図である。

【図2】フォトリフラクティブ結晶内での空間電荷電界の形成のメカニズムを説明する図である。

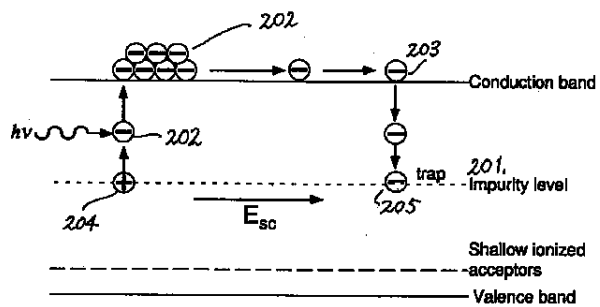
【図3】光強度、電荷、空間電荷電界及び屈折率の空間分布を示す図であり、ここで $\Delta\phi$ は干渉パターンと屈折率の格子の空間的位相差である。

【図4】本発明の実施例の構成を示す概略図である。

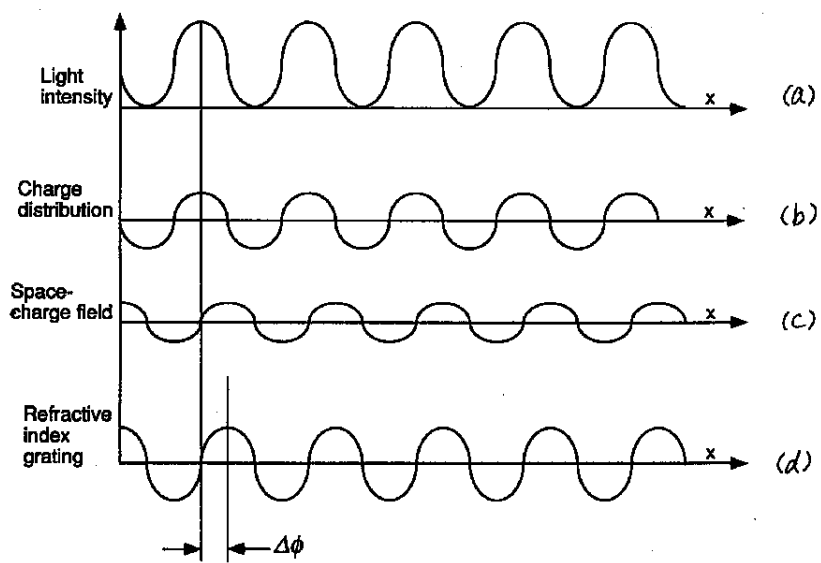
【符号の説明】

- 101、409 フォトリフラクティブ結晶
- 102、103、414、415 コヒーレント光
- 104 干渉パターン
- 201 不純物レベル
- 20 401 波長多重信号
- 402 伝送媒体
- 403、412 結合手段
- 404、407、411 光学的手段
- 405 パワー源
- 406 波長可変レーザ
- 410 調整手段
- 413 電圧源
- 416 電極

【図2】



【図3】



【図4】

