

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4172611号

(P4172611)

(45) 発行日 平成20年10月29日 (2008. 10. 29)

(24) 登録日 平成20年8月22日 (2008. 8. 22)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 J 14/00 (2006. 01)

H O 4 B 9/00 E

H O 4 J 14/02 (2006. 01)

H O 4 B 9/00 J

H O 4 B 10/16 (2006. 01)

H O 4 B 9/00 M

H O 4 B 10/17 (2006. 01)

H O 4 B 10/02 (2006. 01)

請求項の数 5 外国語出願 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-356949
 (22) 出願日 平成11年12月16日 (1999. 12. 16)
 (65) 公開番号 特開2000-196525 (P2000-196525A)
 (43) 公開日 平成12年7月14日 (2000. 7. 14)
 審査請求日 平成18年12月15日 (2006. 12. 15)
 (31) 優先権主張番号 9816109
 (32) 優先日 平成10年12月21日 (1998. 12. 21)
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(73) 特許権者 391030332
 アルカテルルーセント
 フランス共和国、7 5 0 0 8 パリ、リュ
 ・ラ ボエティ 5 4
 (74) 代理人 100062007
 弁理士 川口 義雄
 (74) 代理人 100105393
 弁理士 伏見 直哉
 (74) 代理人 100111741
 弁理士 田中 夏夫
 (72) 発明者 セバスチヤン・ビゴ
 フランス国、9 1 1 2 0 ・パレゾー、リュ
 ・サント・ジユヌビエーブ、1 7

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 WDM光ファイバ伝送システム内の相互位相変調によって引き起こされる強度歪みを低減する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2つの光ファイバセグメント (TF) 間に少なくとも1つの中継器 (9) が配置された複数の光ファイバセグメント (TF) からなる伝送線路 (7) を含み、Nを1より大きい整数としてN個の異なる波長チャネルを有する波長分割多重光ファイバ伝送システム (1) 内の相互位相変調によって引き起こされる強度歪みを低減する方法であって、第1および第2の連続するファイバセグメント (TF) を相互接続するそのまたは各中継器 (9) 内で、第1の光セグメントの入口と比較して、(n+1) 番目とn番目のチャネルが第2のファイバセグメント (TF) の入口で τ_n だけオフセットされるように時間オフセットがチャネル間に導入され、ここにnはNより小さい整数であり、 τ_n はおよそ5 ps ~ 200 ps の範囲になるように選択され、すべてのチャネルで $\tau_n = \tau$ であることを特徴とする方法。

【請求項 2】

時間オフセット τ が、およそ $T/10 \sim 1.5 \times T$ (Tは1ビットの継続時間) の範囲にあることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

チャネル間に時間オフセットを導入する前に多重化解除するステップと、チャネル間に時間オフセットが導入された後に実行される多重化ステップとをさらに含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の方法を実施する装置であって、波長分割多重化された光信号のための入口側の光導波路 (42) と、

波長分割多重化された光信号のための出口側の光導波路 (44) と、

第 1、第 2、および第 3 のポート (P1、P2、P3) を含む光サーキュレータ (40) とを含み、第 1 および第 3 のポート (P1、P3) が前記入口側の光導波路 (42) および前記出口側の光導波路 (44) にそれぞれ接続され、第 3 の光導波路 (46) が第 2 のポート (P2) に接続され、第 3 の光導波路 (46) が、結合されたチャネルの光信号を反射して第 2 のポート (P2) に戻すために N 個のチャネルの各々に結合されたブラッグ回析格子 (R_n) を有するファイバ (48) を含み、 $(n+1)$ 番目と n 番目のチャネルの間に総遅延 τ_n が導入され、それによって前記装置 (15) の前に配置された光ファイバセグメント (TF) の入口での $(n+1)$ 番目と n 番目のチャネルの間のオフセットに対して前記装置 (15) の後に配置されたファイバセグメントの入口で $(n+1)$ 番目と n 番目のチャネルの間に時間オフセット τ_n が得られるように、 n 番目と $(n+1)$ 番目のブラッグ回析格子 (R_n 、 R_{n+1}) の間の距離 I_n が選択され、ここに τ_n は、およそ $5 \text{ ps} \sim 200 \text{ ps}$ の範囲になるように選択され、すべてのチャネルで $\tau_n = \tau$ であることを特徴とする装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 に記載の方法を実施する装置であって、波長分割多重化された光信号のための入口側の光導波路と、

入口側の光導波路の出口で波長分割多重化された光信号を N 個の個別のチャネル (21) に多重化解除するデマルチプレクサ (19) と、

20

出口が出口側の光導波路に接続され、出口で光信号を N 個の個別のチャネルから多重化するマルチプレクサ (23) と、

結合された各個別のチャネル内に配置された遅延線 (25) とを含み、 $(n+1)$ 番目と n 番目のチャネルの間に総遅延 τ_n が導入され、それによって前記装置 (15) の前に配置された光ファイバセグメント (TF) の入口での $(n+1)$ 番目と n 番目のチャネルの間のオフセットに対して、前記装置 (15) の後に配置されたファイバセグメントの入口で $(n+1)$ 番目と n 番目のチャネルの間に時間オフセット τ_n が得られるように各遅延線の長さが選択され、ここに τ_n は、およそ $5 \text{ ps} \sim 200 \text{ ps}$ の範囲になるように選択され、すべてのチャネルで $\tau_n = \tau$ であることを特徴とする装置。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波長分割多重化 (WDM) 光ファイバ伝送システム内の相互位相変調によって引き起こされる強度歪みを低減する方法に関する。

【0002】

データ伝送速度に関する常に高まる要件を満足する重要な要因は、波長分割多重化光ファイバ伝送の技術を習得することにある。

【0003】

以下に WDM という頭文字で参照される波長分割多重化は、単一のファイバ内に、それぞれ異なる搬送波長を使用する複数の変調されたチャネルを組み合わせることからなる。したがって、伝送線路のトータルデータレートは様々なチャネルのデータレートの和に等しい。

40

【0004】

ただし、WDM は伝搬上の制限を受ける。これらの制限は、群速度分散 (GVD) など線形効果と、位相の自己変調および相互位相変調などの非線形効果による。

【0005】

より詳細に言えば、本発明は WDM 光ファイバ伝送システム内の相互位相変調 (XPM) の効果を低減する方法に関する。

【0006】

50

【従来の技術】

XPMは、位相変調が隣接する1つまたは複数のチャネル内の1つまたは複数の信号の強度によってチャネル内に引き起こされる多重チャネル効果である。したがって、この現象は送信すべき信号の強度についてのGVD歪みを引き起こし、その結果、伝送光ファイバに導入できる最大パワーを制限する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

残念なことに、伝送光ファイバに導入されるパワーが大きければ大きいほど、回線内の中継器間の許容できる距離は長く、また可能な総伝送距離は長くなる。

【0008】

R.A. Saunders他の論文「Compensation of cross phase modulation in 10 Gbit/s WDM systems by interfering channel prechirp」OFC '98, Paper FC3, San Diego, CA, 1998年2月から、XPMによって誘発される位相とは逆の位相で伝送用の光信号を変調することでXPMが補償される、XPMを低減する方法が知られている。

【0009】

ただし、その解決策は極めて低い分散を示す光ファイバにのみ適している。さらに、その方法は波長分散とカー効果の間の相互作用を考慮していない。

【0010】

さらに、その方法はすべてのチャネルの情報、例えば、そのパワーおよび変調形式に関する情報を必要とするため、実施が困難である。

【0011】

本発明は、WDM光ファイバ伝送システム内の相互位相変調によって引き起こされる強度歪みを低減することを可能にする有効で簡単な方法を提案することで、これらの様々な欠点を緩和することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

このために、本発明は、連続する光ファイバセグメント間に中継器が配置された複数の光ファイバセグメントからなる伝送線路を含み、Nを1より大きい整数としてN個の異なる波長チャネルを有する波長分割多重光ファイバ伝送システム内の相互位相変調によって引き起こされる強度歪みを低減する方法であって、第1および第2の連続するファイバセグメントを相互接続する各中継器内で、第1の光セグメントの入口と比較して、(n+1)番目とn番目のチャネルが第2のファイバセグメントの入口で τ_n だけオフセットされるように時間オフセットがチャネル間に導入され、ここにnはNより小さいかそれに等しい整数であり、 τ_n はゼロより大きくかつ各ファイバセグメントの強度歪みの寄与の間の相関関係を解消する値よりも小さくなるように選択されることを特徴とする方法を提供する。

【0013】

本発明の方法は、1つまたは複数の次の特性をさらに含むことができる。

【0014】

すべてのチャネルで $\tau_n = \tau$ である。

【0015】

時間オフセット τ は約600psより小さい。

【0016】

時間オフセット τ は、個々の光ファイバセグメントの歪みに対する様々な寄与の間に弱め合う干渉が得られるように選択される。

【0017】

時間オフセット τ は、およそ $T/10 \sim 1.5 \times T$ (Tは1ビットの継続時間)の範囲にある。

【0018】

時間オフセット τ は、およそ5ps $\sim$ 200psの範囲にある。

10

20

30

40

50

【0019】

本方法はチャンネル間に時間オフセットを導入する前に多重化解除するステップと、チャンネル間に時間オフセットが導入された後に実行される多重化ステップとをさらに含む。

【0020】

本発明はまた、上記の方法を実施する装置であって、
波長分割多重化された光信号のための入口側の光導波路と、
波長分割多重化された光信号のための出口側の光導波路と、
第1、第2、および第3のポートを含む光サーキュレータとを含み、第1および第3のポートが前記入口側の光導波路および前記出口側の光導波路にそれぞれ接続され、第3の光導波路が第2のポートに接続され、第3の光導波路が、結合されたチャンネルの光信号を反射して第2のポートに戻すためにN個のチャンネルの各々に結合されたブラッグ回析格子を有するファイバを含み、 $(n+1)$ 番目とn番目のチャンネルの間に総遅延 τ_n が導入され、それによって前記装置の前に配置された光ファイバセグメントの入口での $(n+1)$ 番目とn番目のチャンネルの間のオフセットに対して、前記装置の後に配置されたファイバセグメントの入口で $(n+1)$ 番目とn番目のチャンネルの間に時間オフセット τ_n が得られるようにn番目と $(n+1)$ 番目のブラッグ回析格子の間の距離 L_n が選択され、ここに τ_n は、ゼロより大きくかつ各ファイバセグメントの強度歪みの寄与の間の相関関係を解消する値よりも小さくなるように選択されることを特徴とする装置を提供する。

10

【0021】

本発明はまた、上記の方法を実施する装置であって、
波長分割多重化された光信号のための入口側の光導波路と、
入口側の光導波路の出口で波長分割多重化された光信号をN個の個別のチャンネルに多重化解除するデマルチプレクサと、
出口が出口側の光導波路に接続され、出口で光信号をN個の個別のチャンネルから多重化するマルチプレクサと、
結合された各個別のチャンネル内に配置された遅延線とを含み、 $(n+1)$ 番目とn番目のチャンネルの間に総遅延 τ_n が導入され、それによって前記装置の前に配置された光ファイバセグメントの入口での $(n+1)$ 番目とn番目のチャンネルの間のオフセットに対して、前記装置の後に配置されたファイバセグメントの入口で $(n+1)$ 番目とn番目のチャンネルの間に時間オフセット τ_n が得られるように前記各遅延線の長さが選択され、ここに τ_n は、ゼロより大きくかつ各ファイバセグメントの強度歪みの寄与の間の相関関係を解消する値よりも小さくなるように選択されることを特徴とする装置を提供する。

20

30

【0022】

本発明のその他の特徴および利点は、添付の図面を参照しながら非限定的な例による以下の説明を読むことで明らかになる。

【0023】

【発明の実施の形態】

図1はWDM光ファイバデータ伝送システム1のブロック図である。

【0024】

このシステム1は、列形に構成した、波長分割多重化(WDM)光信号を送信する光エミッタE、第1の光増幅器5、WDM信号光ファイバ伝送回線7、および光受信機Rを含む。

40

【0025】

エミッタEは、それぞれの波長 λ_1 、 λ_2 、 $\dots$ 、 λ_n 、 $\dots$ 、 λ_N (nは1~Nの範囲の整数でNは任意の自然数)の光信号を送信するのにそれぞれ適した複数の光源8Aを含み、それによって、各光源は関連する波長の搬送波を有する伝送チャンネルを画定し、前記光源の後は光信号を伝送回線7に導入するマルチプレクサMが配置される。

【0026】

対称的に、光受信機Rはそれぞれの波長 λ_1 、 λ_2 、 $\dots$ 、 λ_n 、 $\dots$ 、 λ_N の光信号を受信するのに適したデマルチプレクサDと複数のディテクタ8Bとを含む。

50

【0027】

伝送回線7は伝送光ファイバのK個のセグメントTFを含む（Kは自然数）。例をあげれば、各セグメントTFは、例えば、通常 $17\text{ ps/nm}\cdot\text{km}$ の分散と約 100 km の長さを有する標準シングルモードファイバ（SMF）によって構成される。

【0028】

連続するセグメントTFの間に、例えば、エルビウムドープファイバ増幅器（EDFA）タイプの第1の光増幅器11、群速度遅延（GVD）を低減する分散補償ファイバ（DCF）13の一部分、相互位相変調（XPM）を低減する装置15、および同様にEDFAタイプの第2の光増幅器17を列形に含む中継モジュール9が配置されている。

【0029】

装置15の第1の実施形態の詳細なブロック図である図2について説明する。

【0030】

図2から分かるように、装置15は1つの入口と9つの出口とを有するデマルチプレクサ19、N個の伝送チャンネルに対応するN個の並列の光ファイバ線の組、およびN個の入口と1つの出口とを有するマルチプレクサ23を含む。

【0031】

各光ファイバ線は、装置15の後に配置された光ファイバセグメントTFの入力の $(n+1)$ 番目とn番目のチャンネルが装置15の前に配置されたファイバセグメントTF内の前記チャンネルの位置に対して τ_n だけオフセットされるようにチャンネル間に相対遅延を導入する光遅延線25を含む。

【0032】

例をあげれば、図3A、図3B、図3C、および図3Dは、伝送システム1内の異なる位置にあるそれぞれチャンネルn上とチャンネルn+1上の2つの送信されたビットシーケンスの時間オフセットを示す。

【0033】

したがって、図3Aから、チャンネルn上のビットシーケンスは10111で、チャンネルn+1上のビットシーケンスは00100であることが分かる。本発明の原理をより明確に示すために、ビットシーケンスは第1のファイバセグメントTFの入口で同期化されている。

【0034】

第1のファイバセグメントTFの出口で、2つのシーケンスはファイバセグメント内の波長分散により時間的にオフセットされる。中継モジュール9内では、DCFファイバ部分13は2つのチャンネルnとn+1の間の分散を値 τ_n' に低減する（図3Bを参照）。

【0035】

その後、2つのシーケンスに加えられた時間オフセットが入力にあれば、図3Cに示されているように、第1のファイバセグメントTFの入口と比較して、チャンネルnとn+1のシーケンスが第2の光ファイバセグメントTFの入口で τ_n だけオフセットされるように、XPMを低減する装置15は追加のオフセット τ_n'' を導入する。

【0036】

その結果、伝送回線7内に配置された各装置15は、セグメントpの入口で、2つのシーケンスが伝送システム1の第1の光ファイバセグメントTFの入口での前記シーケンスの位置に対して $(p-1) \times \tau_n$ だけオフセットされるようにオフセットを導入する。このようにして、すべてのファイバセグメントTFのXPMの寄与が考慮される。

【0037】

本発明の方法では、 τ_n は、ゼロより大きく、かつ様々なファイバセグメントTFの強度歪みの寄与の間の相関関係を解消する値よりも小さくなるように選択される。

【0038】

有利なことに、すべてのチャンネルは $\tau_n = \tau$ （ τ は 5 ps より大きく、約 600 より小さい）を有するように選択される。

【0039】

10

20

30

40

50

時間オフセット τ が光ファイバセグメントTFの様々な歪みの寄与の間で弱め合う干渉が得られるように選択される場合、XPMをさらに低減することができる。そのような場合、XPMはおよそ $1/K^2$ 倍まで低減できる。

【0040】

この目的のために、時間オフセット τ は、およそ $T/10 \sim 1.5 \times T$ (T は1ビットの継続時間)の範囲にあるように決定される。

【0041】

通常、時間オフセット τ は、5 ps $\sim$ 200 psの範囲にあるように選択される。

【0042】

図4は、各々100 kmの長さを有する、図1および2に関して説明した種類の伝送システムのデジタルシミュレーションの結果を表すグラフである。2つの隣接するチャンネル間の時間オフセットまたは遅延 τ は横座標に沿ってpsの単位でプロットされ、XPM雑音パワーは縦座標に mA^2 の単位でプロットされている。

10

【0043】

図4の曲線30は、 τ が600 ps未満、すなわち、個々のTFセグメントの歪み寄与の間の相関関係が保持されている時にXPM雑音が有効に低減され、 τ が5 ps $\sim$ 200 psの間にある時にXPM雑音が最小値になることを明らかに示している。

【0044】

XPMを低減する装置15の有効性はXPM効果が増加するにつれて増加する。これは、例えば、正負符号に関わらず、2 ps/nm $\cdot$ km $\sim$ 3 ps/nm $\cdot$ kmの分散を有する非ゼロ分散シフトファイバ(NZDSF)に当てはまる。

20

【0045】

図1および2に関して説明した伝送システム1も、異なる波長の2つの伝送チャンネルを使用して実験によって試験されている。実験の構成では、XPMを最大限にするために、第1に、SMFが分散が小さく各々が100 kmの長さを有するNZDSFの3つのセグメントTFと交換され、第2に、偏波制御装置が装置15内の2つのチャンネルの1つに挿入された。検出されたチャンネルの入力電力は2 dBmで他方のチャンネルの入力電力は8 dBmであった。

【0046】

さらに、エミッタE内に含まれた光源8Aは各々が専用のクロックと独立した変調器を有するワード発生器を有していた。

30

【0047】

実験の間、ビットエラー率が 10^{-10} を超える信号パワー(単位: dBm)が検出された。

【0048】

実験の結果は、図5において、2つのチャンネル間の時間オフセットまたは遅延 τ が横座標に沿ってpsの単位でプロットされ、XPMによるパワーペナルティが縦座標にdBの単位でプロットされている。

【0049】

図5から分かるように、実験の結果、デジタルシミュレーションの結果が確認できる。したがって、様々なファイバセグメントTFのXPMの寄与の間で弱め合う干渉が得られるように τ が好ましくは5 ps $\sim$ 200 psの範囲にあるように τ を選択することでXPMを有効に低減できることが明らかである。さらに、 τ が約75 psに等しい場合、雑音パワーはほぼ0 dBの値にまで低下して最小値を表すことが分かるが、これは、弱め合う干渉の最大値に対応する値に等しい τ を選択することで、本発明の方法が本発明の装置15を備えたデータ伝送システムでXPMによるほぼすべての歪みを解消可能にするということを意味する。

40

【0050】

図6A、図6Bおよび図7A、図7Bは、 τ がゼロに等しい、XPM用に補正されていない構成(図6Aおよび6B)と、 τ が100 psに等しい本発明の方法を実施する構成と

50

を比較するのに適した実験結果を示す。これらの2つの構成では、2つのチャネルのビットシーケンスは同じクロックを使用して生成された。

【0051】

図6Aおよび7Aは、それぞれ $\tau = 0 \text{ ps}$ および $\tau = 100 \text{ ps}$ を使用して12nsの間に記録されたビットシーケンスを示すグラフである。

【0052】

図6Aと図7Aとを比較すると、本発明の方法を使用して得られた図7Aのビットシーケンスは図6Aのシーケンスよりもはるかに歪みの影響を受けないことが明らかである。

【0053】

アイダイアグラム6Bおよび7Bはそれぞれ図6Aおよび7Bの実験の構成に対応し、それらについての観察結果を示す。

【0054】

$\tau = 100 \text{ ps}$ に対応するアイダイアグラム(図7B)は $\tau = 0 \text{ ps}$ に対応するアイダイアグラムよりもはるかにはっきりしており、より広く開いている。

【0055】

図8はXPMを低減する図2の装置15の変形形態を示すブロック図である。

【0056】

この装置15はP1、P2、P3という参照符号をつけたポートを有する3つのポートの光サーキュレータ40を含む。光サーキュレータ40は、ポートP1上で受信した光信号をポートP2に送信し、ポートP2上で受信した光信号をポートP3に送信するように設計されている。

【0057】

光サーキュレータ自体は当技術分野で知られており、光ファイバとの併用は、例えば、American IEEE Journal 「Journal of Lightwave Technology」、Vol. 9、1991年pp.456-460に発表されたY. Fujiの論文「High isolation polarization-independent optical circulator coupled with single mode fibers」、および「Proceedings of the 16th European Conference on Optical Communication」、1990年9月16~20日、Amsterdam、pp.99-102に発表されたS. NishiおよびK. Nakagawaの論文「Highly efficient configuration of erbium-doped fiber amplifier」に記載されている。

サーキュレータ40のポートP1およびP3はそれぞれ第1および第2の光導波路、詳細に言えば、装置15の入口側の光ファイバ42と出口側の光ファイバ44とに接続される。

【0058】

第3の光導波路46はサーキュレータ40の第2のポートに接続される。この第3の導波路46はNチャネルの各々に結合されたブラッグ回析格子 R_n をそれぞれ有するファイバ48を含む。これらのブラッグ回析格子は有利なことにファイバ48内に直接フォトリソグラフィされている。

【0059】

したがって、波長 λ_n のチャネルn内で送信され、ポート1に到達する光信号はポート2に搬送され、ファイバ48に沿ってブラッグ回析格子 R_n まで運ばれ、ブラッグ回析格子 R_n でサーキュレータ40に反射して戻され、次いでポートP2からポートP3に搬送されることが理解されよう。

【0060】

n番目のブラッグ回析格子 R_n とn+1番目のブラッグ回析格子 R_{n+1} との間のファイバ48に沿った距離 L_n は、(n+1)番目とn番目のチャネルの間に総遅延 τ_n が導入され、それによって装置15の前に配置されたファイバセグメントの入口での(n+1)番目とn番目のチャネルの間のオフセットに対して、装置15の後に配置されたファイバセグメントの入口で(n+1)番目とn番目のチャネルの間で時間オフセットまたは遅延 τ_n が得られるように選択され、 τ_n は図2および図3に関して説明した形で選択される。

10

20

30

40

50

【0061】

有利な変形形態（図示せず）では、モジュール9は分散補償ファイバ（DCF）を有さず、装置15が分散補償とXPMの低減の両方の働きをする。

【0062】

本発明の方法および本発明の方法を実施するユニットによって、誘導ラマン拡散または4光波混合（FWM）によるチャンネル間に発生する相互作用をかなりの程度まで低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の方法を実施するデータ伝送システムのブロック図である。

【図2】図1の中継モジュールの一部分のブロック図である。

【図3A】本発明の方法を示すために伝送システム内のある位置の2つのチャンネルnとチャンネルn+1の間の時間オフセットを示すタイミングのシーケンス図である。

【図3B】本発明の方法を示すために伝送システム内の図3Aと異なる位置の2つのチャンネルnとチャンネルn+1の間の時間オフセットを示すタイミングのシーケンス図である。

【図3C】本発明の方法を示すために伝送システム内の図3Aおよび図3Bのいずれとも異なる位置の2つのチャンネルnとチャンネルn+1の間の時間オフセットを示すタイミングのシーケンス図である。

【図3D】本発明の方法を示すために伝送システム内の図3A、図3Bおよび図3Cのいずれとも異なる位置の2つのチャンネルnとチャンネルn+1の間の時間オフセットを示すタイミングのシーケンス図である。

【図4】それぞれ100kmの長さを有するSMFファイバの10セグメントによる本発明の方法を実施する装置のデジタルシミュレーションの結果を示すグラフである。

【図5】本発明の方法を実施する実験構成で得られた実験結果を示す図である。

【図6A】2つのチャンネルの間の時間オフセットが0psの時のビットシーケンスを示すグラフである。

【図6B】2つのチャンネルの間の時間オフセットが0psの時のアイダイアグラムを示すグラフである。

【図7A】2つのチャンネルの間の時間オフセットが100psの時のビットシーケンスを示すグラフである。

【図7B】2つのチャンネルの間の時間オフセットが100psの時のアイダイアグラムを示すグラフである。

【図8】図2と同じであるが中継モジュールの変形形態を示す図である。

【符号の説明】

λ_1 、 λ_2 、 λ_n 、 λ_N 波長

8A 光源

M マルチプレクサ

E 光エミッタ

TF セグメント

8B ディテクタ

R 光受信機

1 システム

5、11 第1の光増幅器

7 WDM信号光ファイバ伝送回線

9 中継モジュール

13 分散補償ファイバ（DCF）

15 装置

17 第2の光増幅器

19 デマルチプレクサ

23 マルチプレクサ

25 光遅延線

10

20

30

40

50

R_1 、 R_n 、 R_{n+1} ブラッグ回析格子

I_n n 番目のブラッグ回析格子 R_n と $n+1$ 番目のブラッグ回析格子 R_{n+1} との間のファイバ 48 に沿った距離

P1、P2、P3 ポート

40 サークュレータ

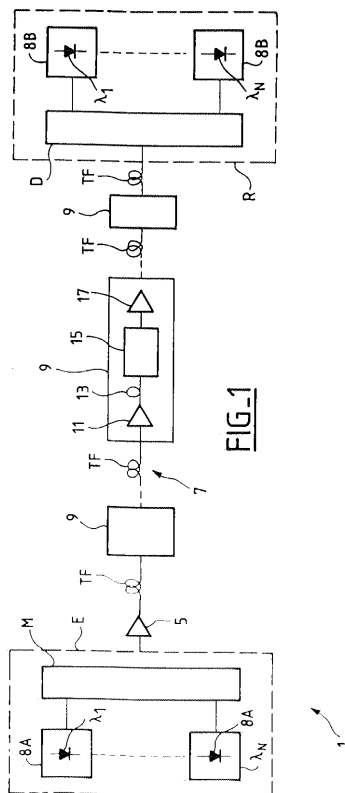
42 入口側の光ファイバ

44 出口側の光ファイバ

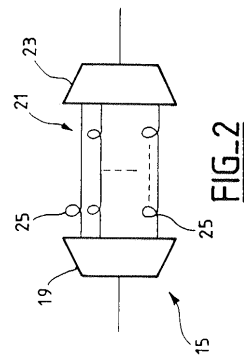
46 第3の光導波路

48 ファイバ

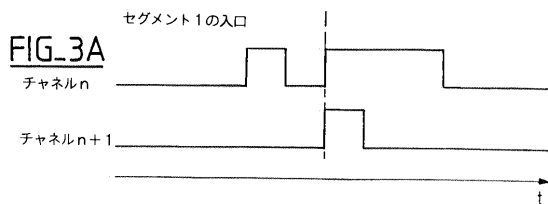
【図1】



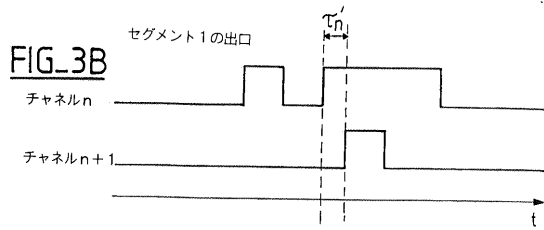
【図2】



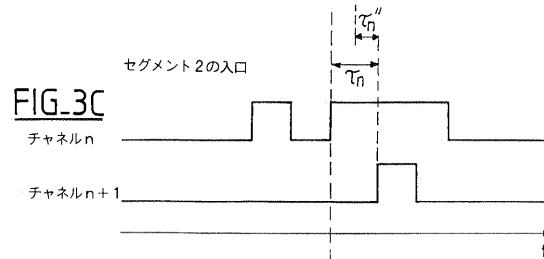
【図3A】



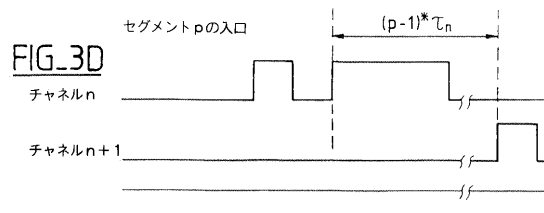
【図 3 B】



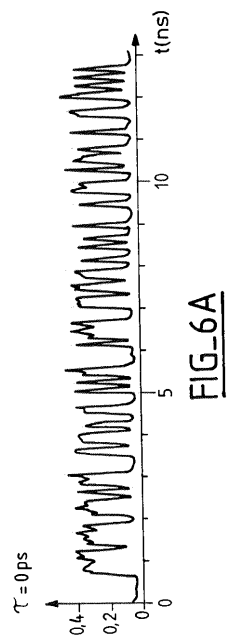
【図 3 C】



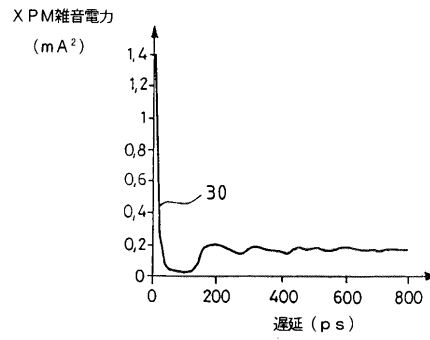
【図 3 D】



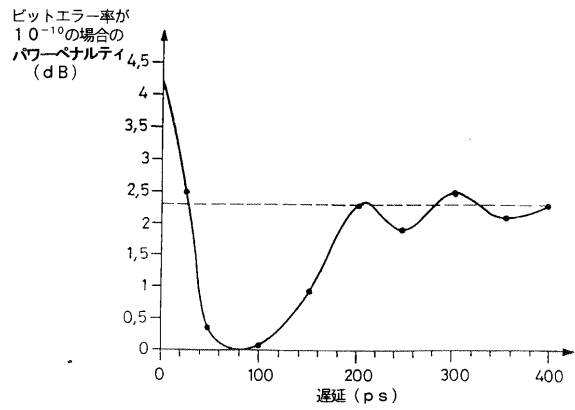
【図 6 A】



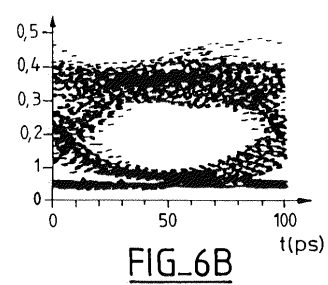
【図 4】



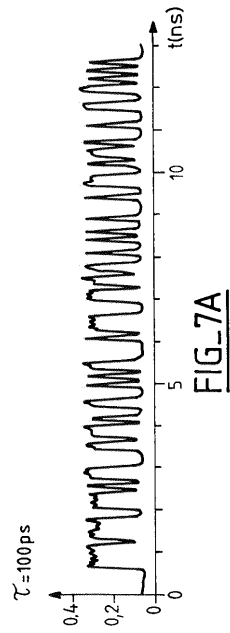
【図 5】



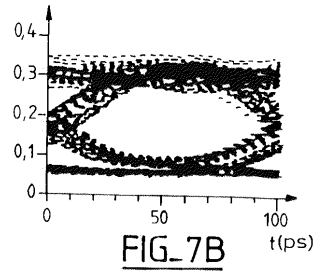
【図 6 B】



【図 7 A】

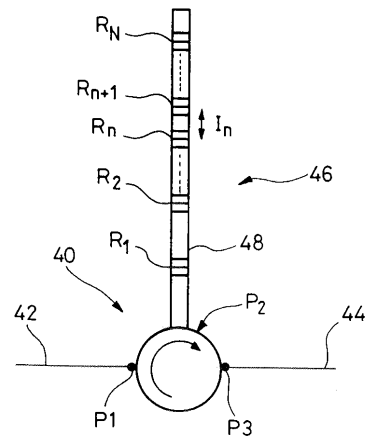


【図 7 B】



【図 8】

FIG. 8



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

H04B 10/18 (2006.01)

(72)発明者 ジョバンニ・ベツロテイ
イタリア国、43100・パルマ、ピア・ドン・ミンツオーニ・6

審査官 工藤 一光

(56)参考文献 特公平05-007683 (JP, B2)
特開平07-212304 (JP, A)
Inoue, K., Suppression technique for fiber four-wave mixing using optical multi-/demultiplexers and a delay line, Journal of Lightwave Technology, 米国, IEEE, 1993
年 3月, Vol. 11, No. 3, p. 455 - 461

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/28

H04J14/00-14/08