

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4472896号  
(P4472896)

(45) 発行日 平成22年6月2日(2010.6.2)

(24) 登録日 平成22年3月12日(2010.3.12)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 S 3/30 (2006.01)	HO 1 S 3/30 Z
HO 4 J 14/00 (2006.01)	HO 4 B 9/00 E
HO 4 J 14/02 (2006.01)	HO 4 B 9/00 J
HO 4 B 10/16 (2006.01)	HO 4 B 9/00 M
HO 4 B 10/17 (2006.01)	

請求項の数 7 (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-188954 (P2001-188954)	(73) 特許権者 596092698
(22) 出願日 平成13年6月22日(2001.6.22)	アルカテルルーセント ユーエスエー
(65) 公開番号 特開2002-64432 (P2002-64432A)	インコーポレーテッド
(43) 公開日 平成14年2月28日(2002.2.28)	アメリカ合衆国 07974 ニュージャ
審査請求日 平成20年6月3日(2008.6.3)	ーシィ, マレイ ヒル, マウンテン アヴ
(31) 優先権主張番号 09/599194	ェニュー 600-700
(32) 優先日 平成12年6月22日(2000.6.22)	(74) 代理人 100064447
(33) 優先権主張国 米国 (US)	弁理士 岡部 正夫
	(74) 代理人 100085176
	弁理士 加藤 伸晃
	(74) 代理人 100106703
	弁理士 産形 和央
	(74) 代理人 100096943
	弁理士 臼井 伸一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送システムにおいてラマン利得を検出する装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

センサであって、  
複数の光信号を伝送経路を介して受光し、該複数の信号をフィルタリングして一群の信号を形成する装置と、

前記伝送経路を介して受光されフィルタリングされた該一群の信号の電力レベルの第1の部分処理して第1の電力信号  $P_0$  を生成する第1の装置と、

該一群の信号の電力レベルの第2の部分処理して第2の電力信号  $P_1$  を生成する第2の装置と、

前記  $P_0$  及び前記  $P_1$  に基づいて、前記伝送経路に沿って生じるラマン散乱に起因する、該受光された複数の光信号の個々の信号のレベルの変化を示す信号を生成する第3の装置とを含むことを特徴とするセンサ。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載のセンサであって、  
該第1の信号および該第2の信号のレベルの和の関数として該ラマン散乱の影響を相殺する制御装置をさらに含むことを特徴とするセンサ。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のセンサにおいて、該センサ装置はさらに、  
該信号  $P_0$  と第1の定数  $C_0$  とを掛け合わせ、かつ該信号  $P_1$  と第2の定数  $C_1$  とを掛け合わせる乗算器装置と、

20

積  $P_0 C_0$  と積  $P_1 C_1$  とを結合して、ラマン散乱によって生じた、該複数の光信号の各々のレベルの変化を示す信号  $P_R$  を形成する結合器装置とを含むことを特徴とするセンサ。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のセンサにおいて、該複数の光信号は種々の帯域の光信号を含み、該フィルタリングする装置はバンドパスフィルタであることを特徴とするセンサ。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のセンサにおいて、該第 2 の装置は、該一群の信号をデマルチプレクスし、各波長に比例して該デマルチプレクスされた信号の個々の信号の電力レベルを低減するために該デマルチプレクスされた信号を重み付け装置に供給し、その後、該重み付けされた信号にわたる電力を検出し且つ信号  $P_1$  を生成するよう動作する電力検出器に供給するために、該重み付けされた信号を多重化された出力に伝送するルータを含むことを特徴とするセンサ。

10

【請求項 6】

請求項 5 に記載のセンサにおいて、該重み付け装置は可変反射装置であることを特徴とするセンサ。

【請求項 7】

請求項 5 に記載のセンサにおいて、該重み付け装置は可変損失装置であることを特徴とするセンサ。

【発明の詳細な説明】

20

【0001】

【発明の分野】

本発明は、光伝送システム上で搬送される密集した帯域の信号に応答するセンサに関する。

【0002】

【発明の背景】

多数の光チャネルが光ファイバ上を伝搬しているとき、いわゆる誘導ラマン散乱（利得）によって、光チャネルが、より長い波長のチャネルと相互作用するようになることがよく知られている。そのような相互作用によって、より短い波長のチャネルの電力が減少し、より長い波長のチャネルの電力が増加するようになる。実際には、より短い波長のチャネルの電力は、より長い波長のチャネルに「汲み上げられる（ポンピング）」。最も顕著な効果は、チャネルが約 15 THz だけ離れているときに発生する。光ファイバ上で多数のチャネルが伝送され、チャネル当たりの電力のレベルが高い場合、その効果によって、チャネル間の電力散乱量は、より長い波長のチャネルに著しく偏向する。

30

【0003】

ラマン散乱の効果は、光チャネルの 2 つ以上の帯域、たとえば C および L バンドが光ファイバ上で搬送されるときに高くなる。その場合には、その効果は概ねチャネル分離と線形であり、各チャネルによって与えられる、その効果への寄与を合計することにより判定することができる。チャネルの種々の帯域が種々の発生源によって生成される場合には、対応する発生源が突然消失するか、あるいは動作状態になるかに基づいて、チャネルの全帯域が突然消失したり、現れたりするようになる可能性が生じる。この問題は、他の帯域のスペクトルが急激に変化し、その帯域の誤り率が著しく上昇することによって明らかにされるであろう。したがって、影響を受ける帯域は直ちに、たとえば数  $\mu s e c$  以内に平均信号レベルの変化および偏向に対して調整される必要がある。

40

【0004】

従来技術は、上記の調整を行うために必要とされる情報を生成するために、光スペクトルアナライザを用いる。

【0005】

しかしながら、別の帯域のチャネルのチャネル数が変化するときには必ず、ラマン散乱 / ポンピングに起因する電力レベルの変化を迅速に検出するために、ある帯域のチャネルを

50

迅速に解析するセンサが必要とされる。したがって、本発明の目的は、帯域内のチャンネルを迅速に解析することができるセンサを提供することである。

【0006】

【発明の概要】

本発明者は、全電力と、リアルタイムに重み付けされた全電力との間の比を判定することにより、ラマン散乱の効果を非常に迅速に判定できることを認識している。

【0007】

より具体的には、センサは一群の到来するチャンネル信号を処理して、その群のチャンネル信号にわたる全電力を示す第1の信号 $P_0$ と、その群のチャンネル信号が所定の重み付け関数で処理された後のその群のチャンネル信号にわたる全電力を示す第2の信号 $P_1$ とを生成する。その後、そのシステムは、第1および第2の信号の関数として、チャンネル信号に影響を与えている可能性があるあらゆるラマン散乱を相殺する。

10

【0008】

【一般的な説明】

本発明者は、本発明の種々の態様によれば、任意の帯域のチャンネルがラマン散乱に起因して別のチャンネルに与える可能性がある効果が、 $P_E$ の実効電力と、 $\lambda_E$ の有効波長とを有する1つのチャンネルによってシミュレートすることができることを認識している。

【0009】

信号帯域の全てが特定の帯域幅内、たとえば13THz乃至16THzの範囲内にある場合には、任意の2つのチャンネル間のラマン相互作用は、概ね以下の関係によって記述することができる。

20

【数1】

$$P_R = \gamma \cdot I_L I_S (\lambda_L - \lambda_S) \quad (1)$$

ただし、 $\gamma$ はラマン相互作用の係数であり、 $I_L$ および $I_S$ （全ての偏波にわたって平均化される）は、最長および最短波長チャンネルの強度であり、 $\lambda_L$ および $\lambda_S$ は波長である。 $\lambda_L$ の波長を有する1つのチャンネル上にある1つの対域内の $j$ チャンネルの効果は、以下に記載されるような各効果を合計することにより判定することができる。

30

【数2】

$$P_R = \gamma \sum_j I_L I_j (\lambda_L - \lambda_j) \quad (2)$$

40

【0010】

式(2)が2つの和に分離される場合があるものとみなすと、

【数3】

$$P_R = \gamma \cdot I_L \lambda_L \sum_j I_j - \gamma \cdot I_L \sum_j I_j \lambda_j \quad (3)$$

であり、ただし第1の和は、その帯域内の全電力  $P_0$  である。

【0011】

図1を参照すると、種々の帯域内の信号を示しており、 $\lambda_j = \lambda_{j - \min}$  および  $\lambda_B = \lambda_{\max} - \lambda_{\min}$  と定義すると、式(3)を以下のように書き換えることができる。

【数4】

$$P_R = \gamma \cdot I_L (\lambda_L - \lambda_{\min}) P_0 - \gamma \cdot I_L \Delta \lambda_B \sum_j \frac{I_j \Delta \lambda_j}{\Delta \lambda_B} \quad (4)$$

上記の合計値は、その帯域の開始点からの距離だけ線形に重み付けされた帯域内の電力の和であることに留意されたい。 $P_0$  以外の残りの項は定数である。それゆえ、式(4)は以下のように書き換えることができる。

【数5】

$$P_R = C_0 P_0 + C_1 P_1 \quad (5)$$

ただし、 $P_1$  は重み付けされた和である。その際、ラマンポンピングの全効果は、リアルタイムに直接  $P_0$  および  $P_1$  を与える装置によって得ることができる。

【0012】

【詳細な説明】

本発明の原理を具現する例示的な光伝送システムが、図2に簡略化して示される。より具体的には、光システムは、特に、複数のレーザ送信機(XMTR)110-1乃至110-nと、マルチプレクサ115と、光増幅器120とを有するヘッド-エンドノード(head-end node)100を備える。各送信機は、情報搬送用の光信号を生成し、その信号をマルチプレクサ115の各入力に供給する。そのように生成された光信号 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ は、信号 $\lambda_1$ および $\lambda_n$ がそれぞれ、2つの異なる帯域内の信号の最も長い波長および最も短い波長を有するような、光信号/チャネルの2つの異なる帯域を構成することができる。マルチプレクサ115は、光増幅器(Optical Amplifier: OA)まで延在する出力にその信号を多重化し、光増幅器は多重化された信号を増幅し、次の下流のノードまで延在する光路セグメント130に出力する。破線部分のセグメント130によって表されるよう

10

20

30

40

50

な光伝送路130に沿って、多数の下流/中間ノードが配置される場合もある。ノード200は、そのような各中間ノードを表す。したがって、ノード200に関して以下に記載される説明は、他の同様に構成されたノードそれぞれに同じく関連する。

【0013】

ノード200は、特に、経路130を介して受光される光信号を増幅し、その増幅された信号をスプリッタ215を介して、他の処理装置、たとえば、ノード200内の破線230によって表されるような、デマルチプレクサ、信号変換ユニット、加算および減衰装置等に出力する光増幅器210を備える。光信号スプリッタ215は、増幅された信号のわずかな一部をセンサ200に供給し、増幅された信号の残りの部分を、さらに処理を行うための他の装置に供給する。センサ220は、増幅された信号のその一部を処理して、伝送経路130に沿って発生するラマン散乱の結果として、信号が偏向されているか否かを判定する。センサ220はその判定結果を制御器225に供給し、その後、制御器は光増幅器235を制御して、必要に応じて、光増幅器がその入力において受光する信号を、ラマン散乱の効果を相殺するために反対方向に偏向させる。

【0014】

センサ220は、より詳細には図3に示されるように、特に、経路221を介して受光される信号の帯域のうちの1つに調整されるバンドパスフィルタ10を備える。フィルタ10がL-バンドの信号に調整されるものと仮定すると、その信号はフィルタ10を通過するが、一方、異なる帯域/波長の信号は排除される。スプリッタ15は、フィルタ10から現れる信号を2つの信号に分割し、経路17を介して全電力検出器40-1と、経路16を介して従来の光信号サーキュレータ20のポート20-1に、それぞれ分割された信号の概ね等しい部分を供給する。よく知られているように、サーキュレータポートにおいて受光される信号は、特定の方向、たとえば反時計方向に伝送され、次のポートにおいて出力される。たとえば、ポート20-1において受光される信号は次のポート、たとえばポート20-2に伝送され、そのポートにおいて出力される。ポート20-2において受光される信号は同様に次のポート、たとえばポート20-3に伝送され、そのポートにおいて出力され、以降同様である。したがって、ポート20-1において受光されるL-バンド信号は、ポート20-2に伝送されて出力され、経路31を介して従来のDragoneルータ30のセクション32-1に与えられる。Dragoneルータ30のセクション32-1は、従来通りに、経路31を介して受光した信号をデマルチプレクス(demultiplex)し、その帯域を形成する成分信号を、Dragoneルータ30のセクション32-2まで延在する各出力ポートに出力する。Dragoneルータのセクション32-2は、フィルタリングされた信号の帯域のデマルチプレクスされた信号 $\lambda_1$ 乃至 $\lambda_n$ を、可変反射フィルタ(Variable Reflection Filter: VRF)35の各入力に出力する。VRF35は、信号の波長に比例して、その入力のうちの1つにおいて受光した光信号を反射する。したがって、フィルタ35によって与えられる反射のレベルは、最も長い波長 $\lambda_1$ から最も短い波長 $\lambda_n$ まで、信号のある帯域にわたって線形に増加し、最も長い波長の信号は大部分反射され、一方、最も短い波長の信号はほとんど反射されないようにする。たとえば、反射率は $R(\lambda) = (\lambda - \lambda_{min}) / (\lambda_{max} - \lambda_{min})$ であり、0(最も短い波長)乃至1(最も長い波長)の範囲にあるであろう。このようにして、その帯域を形成する信号は、その各波長に比例して線形に重み付けされる。反射され、重み付けされた信号は、Dragonセクション32-2に戻され、その後、セクション32-2はDragoneセクション32-1にその重み付けされた信号を伝送する。その後、セクション32-1は、その重み付けされた信号を、サーキュレータ20のポート20-2まで延在する経路31上に多重化する。上記のように、ポート20-2で受光された信号は、サーキュレータ20のポート20-3に伝送されて出力され、その多重化され、重み付けされた信号は、重み付け電力検出器40-2に与えられる。重み付け電力検出器40-2は、従来通りに、受光した信号の電力レベルを検出し、増幅器45-2への電力レベルを示す信号 $P_1$ を出力する(検出器40-2は、その入力において受光した光信号のレベルに比例する電力レベルを有する信号を出力する従来の光検出器を用いてこれを行うことができる)。同様に、全電力検出

10

20

30

40

50

器 40 - 1 は、受光した信号（重み付けされていない）の電力のレベルを検出し、増幅器 45 - 1 への電力レベルを示す信号  $P_0$  を出力する。増幅器 45 - 1 は、信号  $P_0$  と、定数  $C_0$ （抵抗  $R_1$  の値によって表される）とを掛け合わせ、求められている信号  $C_0 P_0$  を形成する。同様に、増幅器 45 - 2 は、信号  $P_1$  と、定数  $C_1$ （抵抗  $R_2$  の値によって表される）とを掛け合わせ、他方の求められている信号  $C_1 P_1$  を形成する。加算増幅器 50 は増幅器 45 - 1 および 45 - 2 の出力を加算し、信号  $C_0 P_0$  と  $C_1 P_1$  とを線形な重み付けされた和として結合し、上で定義された信号  $P_R$  を形成する。その後、信号  $P_R$  は、制御器 225 に供給され、制御器は上記のように、必要に応じて、増幅器 235 によって増幅されている信号の偏向を調整し、ラマン散乱の効果を補正する。

【0015】

本発明の一実施例によれば、抵抗  $R_1$  および  $R_2$  の値は、帯域、たとえば  $L$  - バンド内の全ての目的とする信号を含む信号を用いて、かつその後、その正確に半分の信号を用いて、工場における所与の導入時に較正(calibrate)される。より具体的には、較正は、 $m_{max}$  および  $m_{min}$  の波長を用いて行われる場合がある。 $m_{max}$  の場合、 $P_0$  は  $P_1$  に等しく設定され、 $m_{min}$  の場合、 $P_1$  は 0 設定される。実効電力  $P_E$  および波長  $\lambda_E$  を判定するために、 $P_E = P_0$  で、 $\lambda_E = m_{min} + \frac{m_{max} - m_{min}}{2} \frac{P_1}{P_0}$  である。

【0016】

本発明の別の実施例では、図 4 に示されるように、反射器と組み合わせて、可変損失装置が可変反射フィルタ (VRF) 35 の代わりに用いられる場合がある。具体的には、デマルチプレクスされた信号の各経路において挿入される損失の量は、信号の波長に比例する。すなわち、最も大きな損失は、最も短い波長を有する信号の経路に挿入され、最も長い波長を有する信号の経路では、ほとんど損失は挿入されない。その後、その信号は、図のような光反射器によって、Dragoneセクション 32 - 2 に反射され / 戻される。このようにして、その信号は、反射器への途中で、および Dragoneセクション 32 - 2 への途中で受ける損失の量にしたがって重み付けされる。

【0017】

十分に大きな自由スペクトルレンジ (Free-Spectral Range : FSR) を有する Dragon ルータの場合、セクション 32 - 2 内の強度は全チャンネルにわたって一様であることに留意されたい。また、より小さな FSR の場合、その強度は、ガウス関数によって近似される場合がある。したがって、より大きな FSR を有する Dragon ルータが、より小さな FSR を有する Dragon ルータより好ましい。しかしながら、小さな FSR を有するタイプのルータが用いられる場合には、 $R(\lambda)$  は、ガウス整形ファクタを含む必要があるであろう。

【0018】

さらに、反射器内の他の  $R(\lambda)$  関数を用いて、他の波長に依存する効果を取り扱われる場合があることに留意されたい。たとえば、フィルタ 10 とスプリッタ 15 (図 3) との間に偏光スプリッタを配置し、各偏光に対してセンサ値が得られるように、スプリッタ 15 に続く回路を二重にすることにより、偏光依存センサ (polarization dependent sensor) を実現することができる。

【0019】

本明細書で例示される実施例は、特定の例示的な実施例に関して記載されてきたが、ここに明確には図示および記載されていないが、本発明の原理を具現し、本発明の精神および範囲内にある種々の代替的な構成を当業者が考案できることは理解されよう。たとえば、本発明のセンサを用いて、ラマン散乱以外の伝送劣化を処理することもできる。

【0020】

【発明の効果】

上記のように、本発明によれば、帯域内のチャンネルを迅速に解析することができるセンサを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本明細書で説明される種々の項を定義する際に有用である、種々の帯域内の信号

10

20

30

40

50

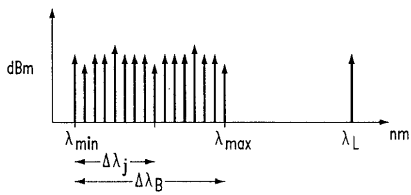
を示す図である。

【図2】本発明の原理を実用化することができる光システムのブロック図である。

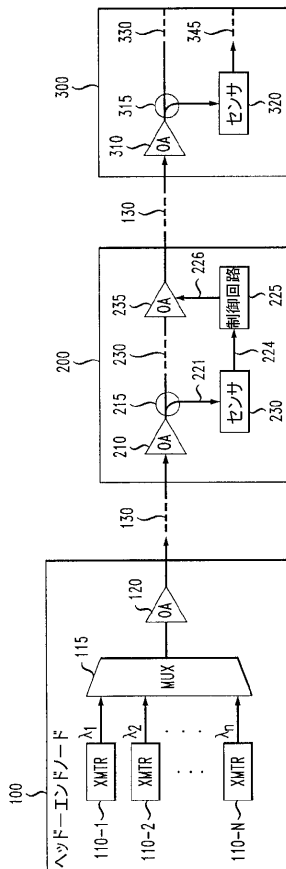
【図3】図2のセンサの概略的なブロック図である。

【図4】本発明の一実施例による、重み付けされた信号を生成するための別の方法を示す図である。

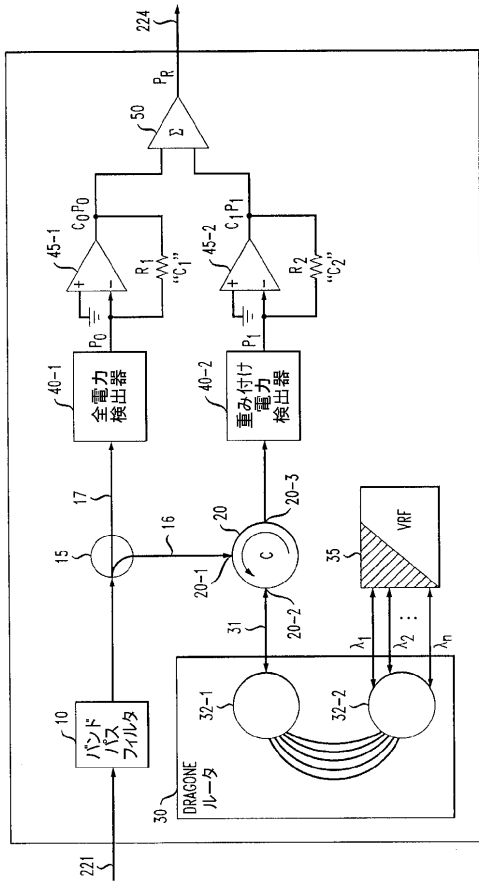
【図1】



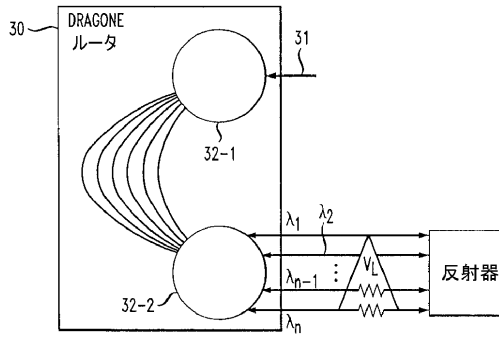
【図2】



【図3】



【図4】



## フロントページの続き

- (51)Int.Cl. F I  
H 0 4 B 10/02 (2006.01)  
H 0 4 B 10/18 (2006.01)
- (74)代理人 100091889  
弁理士 藤野 育男
- (74)代理人 100101498  
弁理士 越智 隆夫
- (74)代理人 100096688  
弁理士 本宮 照久
- (74)代理人 100102808  
弁理士 高梨 憲通
- (74)代理人 100104352  
弁理士 朝日 伸光
- (74)代理人 100107401  
弁理士 高橋 誠一郎
- (74)代理人 100106183  
弁理士 吉澤 弘司
- (72)発明者 ナサン マイロン デンキン  
アメリカ合衆国 0 7 7 4 7 ニュージャーシィ, アバーディーン, ケンブリッジ ドライヴ 1  
1 5
- (72)発明者 ウェンヒューア リン  
アメリカ合衆国 9 1 1 0 1 カリフォルニア, パサデナ, イースト コロラド ブウルヴァード  
8 0 0, フィフス フロア
- (72)発明者 ファティマ シェハデー  
アメリカ合衆国 0 7 7 1 2 ニュージャーシィ, オーシャン, コッツウォルド サークル 7 7

審査官 工藤 一光

(56)参考文献 特開平09 - 159526 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S3/30

H04B10/00-10/28

H04J14/00-14/08