

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-45685

(P2010-45685A)

(43) 公開日 平成22年2月25日(2010.2.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 4 B 10/02 (2006.01)	H O 4 B 9/00 M	5 K 1 O 2
H O 4 B 10/18 (2006.01)	H O 4 B 9/00 J	
H O 4 B 10/16 (2006.01)	H O 4 B 9/00 E	
H O 4 B 10/17 (2006.01)		
H O 4 J 14/00 (2006.01)		

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2008-209302 (P2008-209302)	(71) 出願人	000004226
(22) 出願日	平成20年8月15日 (2008.8.15)		日本電信電話株式会社
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号
		(74) 代理人	100119677
			弁理士 岡田 賢治
		(74) 代理人	100115794
			弁理士 今下 勝博
		(72) 発明者	下羽 利明
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
			本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	青柳 慎一
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
			本電信電話株式会社内

最終頁に続く

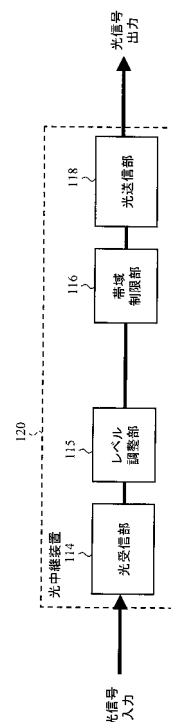
(54) 【発明の名称】 光中継装置および光伝送システム

(57) 【要約】

【課題】 SPMとCDの影響による伝送信号の品質劣化を抑圧することによって、伝送距離の長延化を経済的に実現する光中継装置および光伝送システムを提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明に係る光中継装置は、複数のアナログ信号をFM信号に変換した後、光搬送波を強度変調したFM一括変換形光アナログ信号を光搬送波の波長に零分散波長を有する分散シフト光ファイバで伝送する光伝送システムの前記分散シフト光ファイバ間に接続される光中継装置であって、前記光中継装置は、上流側の前記分散シフト光ファイバからFM一括変換形光アナログ信号を受信して電気信号に変換する光受信部と、前記光受信部からの電気信号をFM一括変換形光アナログ信号に変換して下流側の前記分散シフト光ファイバへ出力する光送信部と、を有する。

【選択図】 図8



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のアナログ信号を F M 信号に変換した後、光搬送波を強度変調した F M 一括変換形光アナログ信号を光搬送波の波長に零分散波長を有する分散シフト光ファイバで伝送する光伝送システムの前記分散シフト光ファイバ間に接続される光中継装置であって、

前記光中継装置は、

上流側の前記分散シフト光ファイバから F M 一括変換形光アナログ信号を受信して電気信号に変換する光受信部と、

前記光受信部からの電気信号を F M 一括変換形光アナログ信号に変換して下流側の前記分散シフト光ファイバへ出力する光送信部と、

を有し、前記分散シフト光ファイバ中の自己位相変調による光位相変調成分を消滅させることを特徴とする光中継装置。

10

【請求項 2】

前記光受信部と前記光送信部との間に接続され、前記光受信部からの電気信号の強度を測定し、所定値になるようにレベル調整して前記光送信部に出力するレベル調整部をさらに有することを特徴とする請求項 1 に記載の光中継装置。

【請求項 3】

前記レベル調整部と前記光送信部との間に接続され、前記レベル調整部でレベル調整された電気信号の歪成分を抑圧して前記光送信部に出力する帯域制限部をさらに有することを特徴とする請求項 2 に記載の光中継装置。

20

【請求項 4】

複数のアナログ信号を F M 信号に変換した後、光搬送波を強度変調した F M 一括変換形光アナログ信号を伝送する光伝送システムであって、

光搬送波の波長に零分散波長を有する分散シフト光ファイバの中継光伝送路と、

前記中継光伝送路に挿入される請求項 1 から 3 に記載のいずれかの光中継装置と、を備えることを特徴とする光伝送システム。

【請求項 5】

前記光中継装置の直後の前記中継光伝送路に挿入され、F M 一括変換形光アナログ信号を増幅する中継用光増幅装置をさらに備えることを特徴とする請求項 4 に記載の光伝送システム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ファイバによって F M 一括変換形光アナログ信号を伝送する光伝送システム及びこの光伝送システムの光ファイバに挿入される光中継装置に関する。

【背景技術】

【0002】

光ファイバを用いてアナログ信号を伝送する方式として、1.55 μm 帯の光を使った F M 一括変換形の光映像配信システムが実用化されている。この方式による光伝送システムの概略を図 1 に示す。本方式においては、光送信装置内においてアナログ信号を図 2 に示す広帯域の F M 信号に変換した後、搬送波の強度を変調し伝送路に送信する。伝送路では光増幅器を多段に接続し、各増幅器を中継用光ファイバで接続することによって長距離の光映像伝送を実現している。ここで、伝送距離をさらに長延化することは、システムの経済性の観点から非常に重要である。

40

【0003】

本方式において、より長距離な光伝送を実現するためには、光増幅器からの出力光パワーをなるべく高くし中継できる距離を長くする、光増幅器の接続段数を増やすなどの必要がある。結果、光ファイバ中を強いパワーの光信号が、長い距離を伝搬することになる。

【0004】

このような高いパワーの光信号がファイバ中を長距離に渡って伝搬する条件下では、フ

50

ファイバ中の非線形効果の1つであるSPM (Self Phase Modulation; 自己位相変調) と、波長によって伝搬速度が異なることで生ずるCD (Chromatic Dispersion; 波長分散) の複合的な影響によって伝送信号に歪が生じることが指摘されている (例えば、非特許文献1を参照。)。

【非特許文献1】非線形ファイバ光学 原書第2版、著者 G. P. アグラワール、訳者 小田垣 孝、山田 興一、出版社 株式会社 吉岡書店、該当ページ p113~117

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

10

FM一括変換形のシステムでは、強いパワーの光信号を使えば、前述のSPMとCDによって生じた高調波歪の影響で、図3に示すように復調信号に復調前のFM信号成分がもれこみ、アナログ信号のCNR (Carrier to Noise Ratio; 搬送波対雑音比) が劣化しやすくなる。このため、強いパワーの光信号を使わず伝送できる距離が制限されるという課題があった。

【0006】

上記課題に対して、SPMの影響が無視できる程度まで光ファイバへの入力パワーを下げる方法もある。しかし、光ファイバの入力パワーを制限するため、後段の光増幅器への入力パワーが小さくなるため、光増幅器で発生する雑音が大きくなり、多段中継後に信号の雑音特性が劣化し、中継できる段数が制限されることになる。

20

【0007】

また、上記課題に対して、伝送距離を短くして、非線形効果であるSPMの作用長を短くする方法もある。しかし、SPM抑圧のため、中継ファイバ長を短くするため、1段当たりの伝送できる距離が制限され、中継数が大幅に増大することになる。

【0008】

さらに、上記課題に対して、伝送中で常にCDを零付近に保った状態で伝送する方法もある。しかし、伝送路中で常に波長分散を零近傍に保つ必要があるため、中継網だけでなく、ユーザによって伝送距離がさまざまなアクセス網に対しても、すべてのユーザに対して伝送中のCDが零となるような設計をする必要がある。例えば、この方法を採用したシステムの場合、アクセス網を含めた伝送路すべてのファイバに、1.55 μm 帯DSF (Dispersion Shifted optical Fiber; 分散シフト光ファイバ) を用いることになり、既に敷設されている1.3 μm 帯SMF (Single-Mode optical Fiber; シングルモード光ファイバ) を使うことができず、新たな設備投資に多額の費用が発生することになる。

30

【0009】

そこで、本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、SPMとCDの影響による伝送信号の品質劣化を抑圧することによって、伝送距離の長延化を経済的に実現する光中継装置および光伝送システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

40

まず、CNRが劣化する理由を説明する。周波数 f_c の光波を周波数 f_m の正弦波信号で外部強度変調した場合の周波数スペクトラムを図4に示す。図4の周波数スペクトラムは、光搬送波を電界吸収型光変調器 (EA変調器) のような外部変調器を用いて正弦波信号で強度変調した場合を想定している。この場合、光の電界に対して、変調器に印加される入力信号電圧の $1/2$ 乗で強度変調がかかることになる。正弦波を $1/2$ 乗した信号は、元の周波数 f_m に加えて、 $2f_m$ 、 $3f_m$ 、 $\dots$ の周波数成分も有するため、変調後の光信号は、側波帯として $f_c \pm 2f_m$ 、 $f_c \pm 3f_m$ 、 $\dots$ の成分を含むことになる。図4では、周波数スペクトラムを模式的に示すため、 $f_c \pm 3f_m$ までの側波帯を図示するに留めている。

【0011】

50

このような周波数成分を持つ光信号が光ファイバ中を伝送した際の、SPMの影響がある場合の伝送後の光スペクトラムを図5に示す。図5に示すように、SPMの影響がある場合には、自身の光強度変動による伝送路の屈折率変化によって光信号が位相変調され、光信号のスペクトラムが広帯域に広がる。

【0012】

このようなSPMによってスペクトラムの広がった光信号を、光受信器によって受信することを考える。もし、光ファイバにCDが存在する場合には、SPMによって広がった光側波の各々の伝送速度に差が生じ、その結果それぞれの周波数成分に位相ずれが起きるため、受信した信号は伝送前と比較して高調波歪が大きくなる。FM一括変換システムの場合には、中継伝送路でのSPMとCDによって受信装置で受信後の信号の高調波歪が増大し、FM復調後のアナログ信号に、復調前のFM信号の裾野がもれ込み、CNRの劣化を引き起こす。

10

【0013】

一方、光ファイバにCDが存在しない場合は、光スペクトラムは広がるものの、各周波数成分の位相ずれは起きないので、受信機での光から電気への光電変換過程でSPMによる光位相変調成分は消失する。結果、上記のような高調波歪の増大は起こらない。

【0014】

そこで、前記目的を達成するために、本発明に係る光伝送システムは、光伝送路のCDを常に零付近で伝送し、本発明に係る光中継装置で光から電気への光電変換を行うことによって、SPMとCDによる高調波歪の劣化を抑圧することとした。

20

【0015】

具体的には、本発明に係る光中継装置は、複数のアナログ信号をFM信号に変換した後、光搬送波を強度変調したFM一括変換形光アナログ信号を光搬送波の波長に零分散波長を有する分散シフト光ファイバで伝送する光伝送システムの前記分散シフト光ファイバ間に接続される光中継装置であって、前記光中継装置は、上流側の前記分散シフト光ファイバからFM一括変換形光アナログ信号を受信して電気信号に変換する光受信部と、前記光受信部からの電気信号をFM一括変換形光アナログ信号に変換して下流側の前記分散シフト光ファイバへ出力する光送信部と、を有し、前記分散シフト光ファイバ中の自己位相変調による光位相変調成分を消滅させることを特徴とする。

【0016】

30

光ファイバにCDが存在しないためFM一括変換形アナログ信号の各周波数成分に位相ずれが起こらず、光受信部が光から電気への光電変換することでSPMによる光位相変調成分を除去することができる。従って、本発明は、SPMとCDの影響による伝送信号の品質劣化を抑圧することによって、伝送距離の長延化を経済的に実現する光中継装置を提供することができる。

【0017】

本発明に係る光中継装置は、前記光受信部と前記光送信部との間に接続され、前記光受信部からの電気信号の強度を測定し、所定値になるようにレベル調整して前記光送信部に出力するレベル調整部をさらに有してもよい。光送信部で所望の光変調を得ることができる。

40

【0018】

本発明に係る光中継装置は、前記レベル調整部と前記光送信部との間に接続され、前記レベル調整部でレベル調整された電気信号の歪成分を抑圧して前記光送信部に出力する帯域制限部をさらに有してもよい。レベル調整部で発生した高周波成分を除去することができる。

【0019】

具体的には、本発明に係る光伝送システムは、複数のアナログ信号をFM信号に変換した後、光搬送波を強度変調したFM一括変換形光アナログ信号を伝送する光伝送システムであって、光搬送波の波長に零分散波長を有する分散シフト光ファイバの中継光伝送路と、前記中継光伝送路に挿入される前記光中継装置と、を備えることを特徴とする。

50

【0020】

本発明に係る光伝送システムは、C Dが存在しない分散シフト光ファイバでF M一括変換形アナログ信号を各周波数成分に位相ずれなく伝送することができ、光中継装置が光から電気への光電変換することでS P Mによる光位相変調成分を除去することができる。従って、本発明は、S P MとC Dの影響による伝送信号の品質劣化を抑圧することによって、伝送距離の長延化を経済的に実現する光伝送システムを提供することができる。

【0021】

本発明に係る光伝送システムは、前記光中継装置の直後の前記中継光伝送路に挿入され、F M一括変換形光アナログ信号を増幅する中継用光増幅装置をさらに備える。S P Mを低減したF M一括変換形アナログ信号を光増幅できるため、伝送距離が長くてもC N Rを小さくすることができる。

10

【発明の効果】

【0022】

本発明に係る光中継装置は、中継伝送路のC Dの影響を受けないD S Fで構築することにより、伝送路中のS P Mによるスペクトラム広がりを簡易に抑圧することができる。また、本発明に係る光中継装置を搭載したF M一括変換形の光伝送システムによって、伝送距離の長延化を実現することができる。さらに、中継伝送部に用いられるD S Fについては、既存の設備網にあるD S Fを活用することができ、アクセス系には既に敷設済みのS M Fをそのまま使用するため、経済性にも優れる。このように本発明は、S P MとC Dの影響による伝送信号の品質劣化を抑圧することによって、伝送距離の長延化を経済的に実現する光中継装置及び光伝送システムを提供することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

添付の図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。以下に説明する実施の形態は本発明の構成の例であり、本発明は、以下の実施の形態に制限されるものではない。なお、本明細書及び図面において符号が同じ構成要素は、相互に同一のものを示すものとする。

【0024】

(光伝送実験結果)

S P Mの抑圧効果を確認するため、図6に示す実験系を用いた光伝送実験を実施した。本実験系では、信号源11からの3GHzで強度変調された1.55μm帯の光信号が、光増幅器12にて+18dBmに増幅された後、50kmのD S F13中を伝送される。伝送後の光信号は光中継装置20に入力される。

30

【0025】

光中継装置20において、光信号はまず光受信部14で電気信号に変換された後、電気増幅器16の前後に接続されたレベル調整部15及びレベル調整部17にてレベル調整され、光送信部18にて再び光信号に変換され、光伝送路19に送信される。実験系中に示した測定点A、測定点B、測定点Cの3つのポイントにて、光信号の光スペクトラムを測定した。

【0026】

測定の結果を図7に示す。測定点Aに比べ測定点Bでは全体的に光スペクトラムが広い波長範囲に広がっている。これは、D S F13で発生したS P Mによる影響であると考えられる。光中継装置20の出力の測定点Cでは、測定点Bで観測されていた光スペクトラムの広がりが抑圧されており、ほぼ測定点Aの状態に近い光スペクトラムを示している。これはS P Mによる光スペクトラムの広がりは、光中継装置20によって抑圧することが可能であることを示している。

40

【0027】

(光中継装置の実施形態)

図8は、S P Mによる影響を抑圧することが可能な光中継装置120の機能ブロック図である。光中継装置120は、光受信部114、レベル調整部115、帯域制限部116及び光送信部118が直列に接続されている。光伝送路中のS P Mによるスペクトラム広

50

がりを抑圧するという機能のみを実現するのであれば、レベル調整部 115 および帯域制限部 116 は不要である。しかし、光中継装置としての機能を実現するためには、光中継装置 120 から出力される光信号の光変調度をシステムで要求される所望の値とするため、光受信部 114 から電気信号を入力し、そのレベルを光送信部 118 において所望の光変調度が得られるように調整するレベル調整部 115 が必要となる。また、レベル調整部 115 において高調波歪みなどの歪成分が発生する場合には、例えば、バンドパスフィルタ等の帯域制限部 116 を設けることによって、その歪成分を抑圧する必要がある。

【0028】

光受信部 114 には、入力する光信号を電気信号に変換する。この光信号は、複数のアナログ信号を FM 信号に変換した後、光搬送波を強度変調した FM 一括変換形光アナログ信号であり、光搬送波の波長に零分散波長を有する DSF から光受信部 114 に入力される。光受信部 114 は、DSF から入力された FM 一括変換形光アナログ信号を受信して電気信号に変換する。

【0029】

レベル調整部 115 は、光受信部 114 からの電気信号の強度を測定し、光送信部 118 で所望の光変調度が得られるように電気信号のレベルを所定値に調整して出力する。電気信号の強度及びレベルとは、例えば、電気信号の電力や電圧とすることができる。例えば、レベル調整部 115 は、減衰器と増幅器とを直列に接続した構成であり、調整部での雑音の付加がなるべく起こらないよう設計されることが必要となる。

【0030】

帯域制限部 116 は、レベル調整部 115 でレベル調整された電気信号の歪成分を抑圧して光送信部 118 に出力する。帯域制限部 116 は、例えば、所定の通過帯域特性を有するバンドパスフィルタとすることができる。

【0031】

光送信部 118 は、電気信号を光信号に変換して出力する。具体的には、光送信部 118 は、帯域制限部 116 からの電気信号を FM 一括変換形光アナログ信号に変換して DSF へ出力する。

【0032】

光中継装置 120 の動作について、以下に説明する。光中継装置 120 に SPM によってスペクトラムの広がった波形の光信号が入力された場合について述べる。光信号は光受信部 114 において光信号から電気信号に変換される。このとき、光受信部 114 では光周波数領域のような高い周波数に対しては感度を持たない。SPM による影響は光の位相変動なので、もし入力信号の各側波成分に、波長分散による位相のずれが無ければ、光から電気への光電変換によって SPM による位相変調成分は消失し、光受信部 114 からの出力信号は伝送前の信号と同様に高調波歪の無い信号となる。電気信号に変換された FM 信号は、レベル調整部 115 にて信号レベルが調整される。帯域制限部 116 は、レベル調整部 115 で発生した高調波歪成分をカットし、光信号を送信する前の FM 信号となるような通過帯域特性を有する。帯域制限部 116 からの電気信号は、光送信部 118 で光信号に再変換され、再び伝送路に出力される。

【0033】

(光伝送システムの実施形態)

次に、光中継装置 120 を搭載した光伝送システム 301 について述べる。本実施形態の光伝送システム 301 を図 9 に示す。光伝送システム 301 は、光搬送波の波長に零分散波長を有する DSF の中継光伝送路 313 と、中継光伝送路 313 に挿入される光中継装置 120 と、を備え、複数のアナログ信号を FM 信号に変換した後、光搬送波を強度変調した FM 一括変換形光アナログ信号を光送信装置 311 からユーザ宅 323 へ伝送する。

【0034】

光伝送システム 301 は、光送信装置 311、光増幅／分配装置 312、中継光伝送路 313、光中継装置 120、局内中継器 320、アクセス伝送用光ファイバ 321、光分

10

20

30

40

50

岐器 3 2 2 及びユーザ宅 3 2 3 を含む。

【0035】

光送信装置 3 1 1 は、複数のアナログ信号を F M 信号に変換した後、光搬送波を強度変調した F M 一括変換形光アナログ信号を出力する。光増幅／分配装置 3 1 2 は、上流からの F M 一括変換形光アナログ信号を受信して光増幅し、必要に応じて複数に分岐して出力する。光中継装置 1 2 0 は、中継光伝送路 3 1 3 から入力される F M 一括変換形光アナログ信号を受信して S P M と C D による高調波歪の劣化を抑圧する。光増幅／分配装置 3 1 2 から光中継装置 1 2 0 までは複数繰返し接続されることがある。F M 一括変換形光アナログ信号は、局内中継器 3 2 0 に入力され、アクセス伝送用光ファイバ 3 2 1 を介して光分岐器 3 2 2 に入力される。光分岐器 3 2 2 は、F M 一括変換形光アナログ信号から複数のアナログ信号を分岐し、ユーザ宅 3 2 3 へ配信する。

10

【0036】

なお、光中継装置 1 2 0 は光増幅／分配装置 3 1 2 毎に挿入することを限定するものではなく、適用する中継系の伝送距離や中継段数によって、挿入する段数等を決定することができる。

【0037】

光伝送システム 3 0 1 では、光中継装置 1 2 0 を従来の光増幅／分配装置 3 1 2 の前段に接続することによって、中継光伝送路 3 1 3 中で発生した S P M による波形広がりを消失させることができる。このとき、光中継装置 1 2 0 に入力される光信号は C D による影響が無いことが必要となるので、中継光伝送路 3 1 3 には D S F を用いることが必要となるが、これは既存設備網の D S F を利用することで容易に実現が可能である。よって、これまで伝送が困難であった広域なエリアに対しても、S P M と C D に起因する特性劣化のほとんど無い光伝送システムを構築することができる。また、局内中継器 3 2 0 からユーザ宅 3 2 3 までのアクセス系の伝送距離は長くても 1 0 k m 程度であるため、アクセス伝送用光ファイバ 3 2 1 には既に敷設済みの S M F をそのまま用いることが可能である。

20

【産業上の利用可能性】

【0038】

本発明に係る光中継装置および光伝送システムは、光映像信号を光ファイバで伝送するシステムに適用することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0039】

【図 1】従来の方式による光伝送システムの概略を説明する図である。

【図 2】従来の光送信装置内においてアナログ信号を広帯域の F M 信号に変換したときの図である。

【図 3】復調信号に復調前の F M 信号成分がもれこみ、アナログ信号の C N R が劣化しやすくなることを説明する図である。

【図 4】周波数 f_c の光波を周波数 f_m の正弦波信号で外部強度変調した場合の周波数スペクトラムを説明する図である。

【図 5】図 4 のような周波数成分を持つ光信号が光ファイバ中を伝送した際の、S P M の影響がある場合の伝送後の光スペクトラムを示す図である。

40

【図 6】S P M の抑圧効果を確かめるための実験系の構成を説明する図である。

【図 7】図 6 の実験結果を説明する図である。

【図 8】本発明に係る光中継装置の機能ブロック図である。

【図 9】本発明に係る光伝送システムの構成を説明する図である。

【符号の説明】

【0040】

1 1 : 信号源

1 2 : 光増幅器

1 3 : D S F (分散シフト光ファイバ)

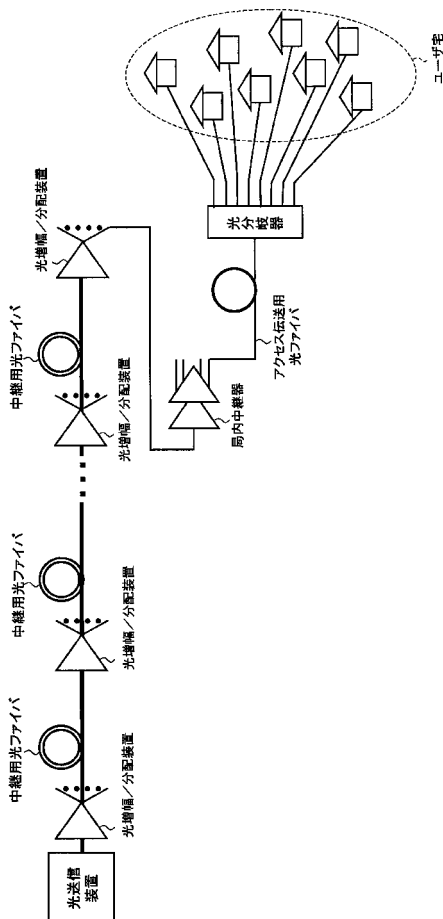
1 4、1 1 4 : 光受信部

50

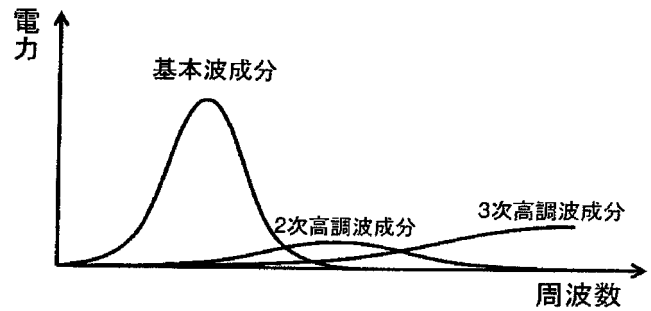
- 15、17、115：レベル調整部
- 16：電気増幅器
- 18、118：光送信部
- 19：光伝送路
- 20：光中継装置
- 116：帯域制限部
- 120：光中継装置
- 301：光伝送システム
- 311：光送信装置
- 312：光増幅／分配装置
- 313：中継光伝送路
- 320：局内中継器
- 321：アクセス伝送用光ファイバ
- 322：光分岐器
- 323：ユーザ宅

10

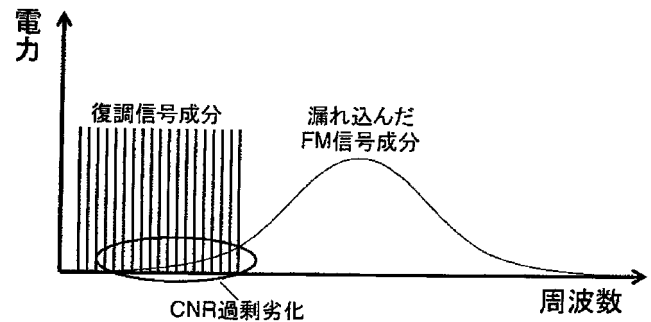
【図1】



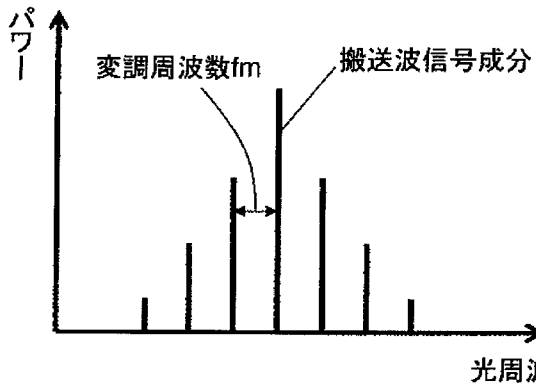
【図2】



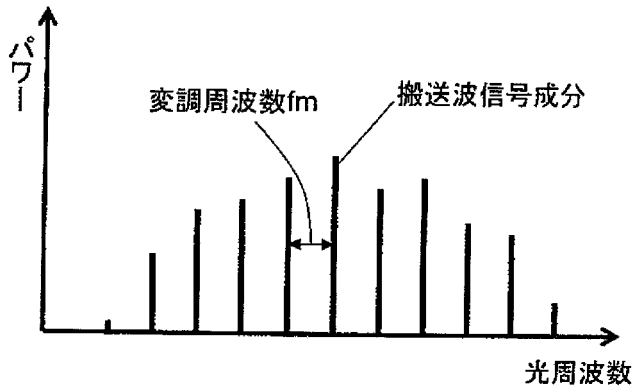
【図3】



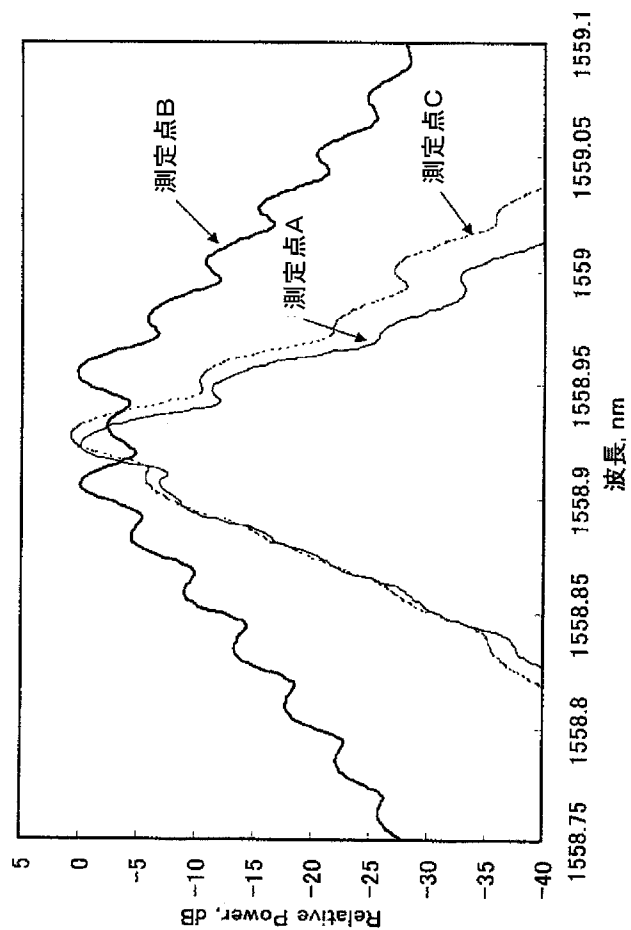
【図 4】



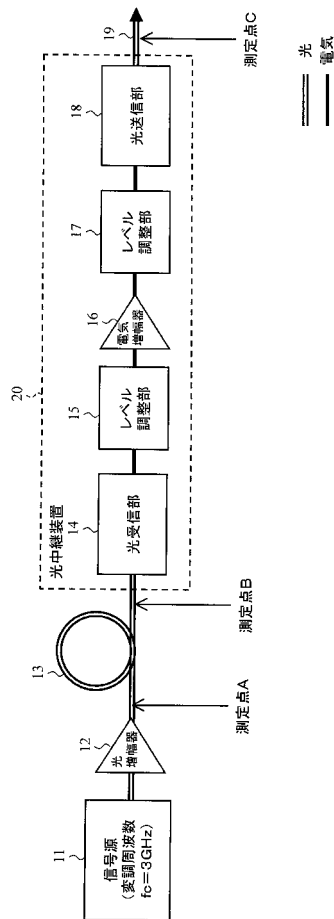
【図 5】



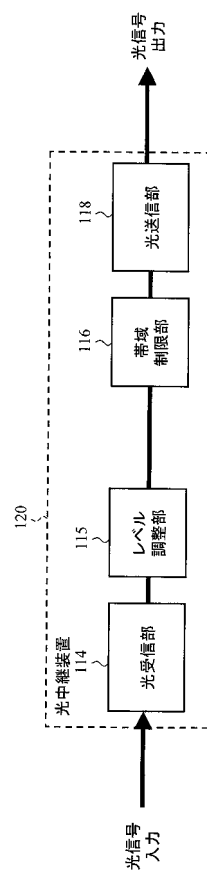
【図 7】



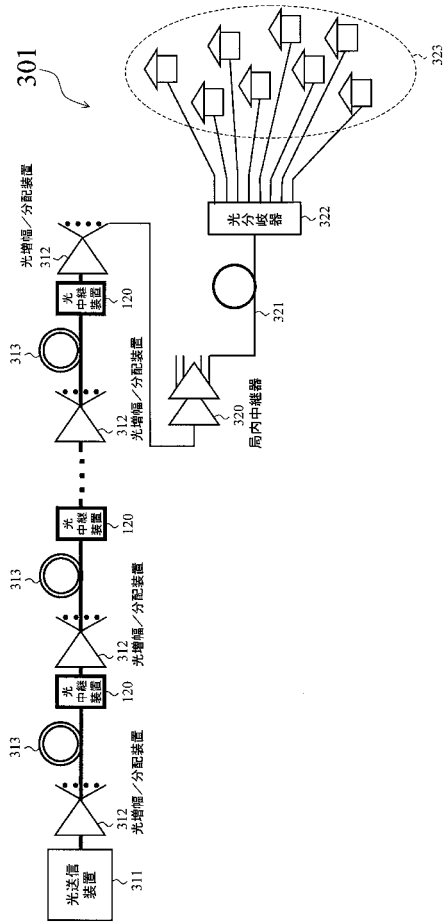
【図 6】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード (参考)
H04J 14/02 (2006.01)

(72)発明者 池田 智

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5K102 AA01 AD06 AH21 AH26 AL07 KA08 KA12 KA39 MA03 MB13
MC23 MD02 MD03 MH04 MH14 MH22 PA02 PH11 PH49 RC04
RD05 RD12