

(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2010-10986

(P2010-10986A)

(43) 公開日 平成22年1月14日(2010.1.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04J 14/00 (2006.01)	H04B 9/00 E	5K033
H04J 14/02 (2006.01)	H04L 12/44 200	5K102
H04L 12/44 (2006.01)	H04B 9/00 N	
H04B 10/20 (2006.01)	H04B 9/00 G	
H04B 10/24 (2006.01)		

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2008-166842 (P2008-166842)	(71) 出願人	000005186
(22) 出願日	平成20年6月26日 (2008. 6. 26)		株式会社フジクラ
			東京都江東区木場1丁目5番1号
		(71) 出願人	599016431
			学校法人 芝浦工業大学
			東京都江東区豊洲3丁目7番5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	加島 宜雄
			東京都江東区豊洲3丁目7番5号 学校法人 芝浦工業大学内
		Fターム(参考)	5K033 AA03 AA04 AA09 CA17 DA01 DA15 DB02 DB09 DB17 DB22
			最終頁に続く

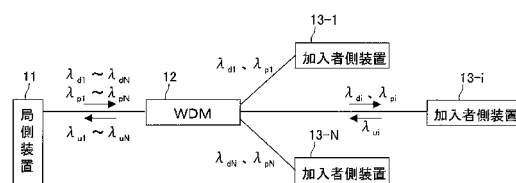
(54) 【発明の名称】 4光波混合を利用した光伝送システム

(57) 【要約】

【課題】本発明は、PONTポロジを構成して加入者側装置と局側装置との双方向伝送をするのに、1心の光ファイバで可能とすることを目的とする。

【解決手段】本発明に係る4光波混合を利用した光伝送システムは、局側装置11と各加入者側装置13-1・・・・13-Nの間の信号光がWDM12で合分波されるWDM-PONTポロジで構成される。局側装置11は、各加入者側装置13-1・・・・13-Nへの下り方向に波長 λ_{d1} ・・・・波長 λ_{dN} の下り信号光及び下り信号光と所定波長差 $\Delta\lambda$ の波長 λ_{p1} ・・・・波長 λ_{pN} のポンプ光を送出する。各加入者側装置13-1・・・・13-Nは、下り信号光を分波して一部を受信し、下り信号光の一部とポンプ光から4光波混合を利用して各加入者側装置から局側装置への上り信号光を発生させ、変調して送出する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

局側装置と、前記局側装置と光ファイバで接続されている複数の加入者側装置と、前記局側装置及び前記複数の加入者側装置の間の信号光を合分波するWDM（Wave length Division Multiplexer）と、を備え、WDM-PON（Passive Optical Network）トポロジで構成される4光波混合を利用した光伝送システムであって、

前記局側装置は、

前記局側装置から前記加入者側装置への下り信号光を送信する下り信号送信部と、

前記下り信号光と所定波長差のポンプ光を前記加入者側装置に供給するポンプ光光源と、を備え、

前記複数の加入者側装置は、

前記局側装置からの前記下り信号光の一部を受信する光受信器と、

前記局側装置からの前記下り信号光の他の一部及び前記ポンプ光から4光波混合を利用して前記加入者側装置から前記局側装置への上り信号光を発生させるFWM（Four-wave Mixing）発生器と、

前記FWM発生器からの前記上り信号光を変調して前記局側装置に送出する変調器と、を備えることを特徴とする4光波混合を利用した光伝送システム。

【請求項2】

前記FWM発生器に半導体アンプを適用し、利得飽和状態の前記半導体アンプに、前記下り信号光と前記ポンプ光とが入射され、4光波混合を利用して前記上り信号光を発生させることを特徴とする請求項1に記載の4光波混合を利用した光伝送システム。

【請求項3】

前記変調器にFP-LD（Fabry-Perot Laser Diode）を適用し、4光波混合を利用して発生させた上り信号光を前記FP-LDに入力して注入同期発振させ、さらに前記FP-LDを直接変調することを特徴とする請求項1又は2に記載の4光波混合を利用した光伝送システム。

【請求項4】

前記加入者側装置は、前記局側装置からのポンプ光を増幅する増幅器をさらに備えることを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の4光波混合を利用した光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光アクセス網において、波長多重合分波器（WDM：Wave length Division Multiplexer）を用いて、高速光伝送及び柔軟なネットワークを構成するための技術に関し、特に光アクセス網の構成方法のひとつのWDM-PON（Passive Optical Network）に関する。

【背景技術】

【0002】

光アクセス網で、WDMを用いて、高速光伝送及び柔軟なネットワークを構成する研究開発が現在世界的に行われている。そのなかで、経済的な方法として安価なFP-LD（Fabry-Perot Laser Diode）の複数の縦モードの一つに注入同期することで単一縦モード発振させることが研究されている（例えば、非特許文献1-4参照。）。

【0003】

図6は、従来の光伝送システムの一例を示す構成図である。従来方法は、注入する光（マスター光）をFP-LDに注入同期するので、FP-LDからは、注入される光と同一波長の光が発生する。これらの方法はすべて、局側装置11から加入者側装置53-i（iは1以上N以下の整数。）の方向（以下、下り方向という。）にある波長 λ_i の光を送

10

20

30

40

50

信し、この光を元にFP-LDに注入同期させて、逆に加入者側装置53-iから局側装置11に送信するので、上り・下り方向の波長が同一の λ_i となる。

【0004】

【非特許文献1】N. Kashima and M. Watanabe, "Transient properties of Side-mode Injection Locking in a FP-LD", IEEE/OSA, J. Lightwave Technol., vol. 24, no. 3, pp. 1523-1533, 2006

【非特許文献2】N. Kashima, "Dynamic properties of FP-LD Transmitters using Side-mode Injection Locking for LANs and WDM-PONs", IEEE/OSA, J. Lightwave Technol., vol. 24, no. 8, pp. 3045-3058, 2006

【非特許文献3】L. Y. Chan, et al., "Upstream traffic transmitter using injection-locked Fabry-Perot laser diode as modulator for WDM access networks", Electron. Lett., vol. 38, no. 1, pp. 43-45, 2002

【非特許文献4】H. D. Kim, et al., "A low-cost WDM source with an ASE injected Fabry-Perot semiconductor Laser", IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 12, no. 8, pp. 1067-1069, 2000

【特許文献1】特開2004-222304号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

各文献の方法はいずれも、上り・下り方向の信号光の波長が同一となるので、光ファイバがWDM12で分岐されるPONTポロジを構成して加入者側装置53-iと局側装置11との双方向伝送をするのに、2心の光ファイバが必要になる。コストの面では、1心の光ファイバで双方向伝送できることが望ましい。

【0006】

そこで、本発明は、PONTポロジを構成して加入者側装置と局側装置との双方向伝送をするのに、1心の光ファイバで可能とすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明に係る4光波混合を利用した光伝送システムは、下り信号光と共にポンプ光を各加入者側装置に送信し、各加入者側装置で4光波混合を発生させて、上り信号光を発生させることを特徴とする。

【0008】

具体的には、本発明に係る4光波混合を利用した光伝送システムは、局側装置と、前記局側装置と光ファイバで接続されている複数の加入者側装置と、前記局側装置及び前記複数の加入者側装置の間の信号光を合分波するWDM (Wavelength Division Multiplexer) と、を備え、WDM-PON (Passive Optical Network) トポロジで構成される4光波混合を利用した光伝送システムであって、前記局側装置は、前記局側装置から前記加入者側装置への下り信号光を送信する下り信号送信部と、前記下り信号光と所定波長差のポンプ光を前記加入者側装置に供給するポンプ光光源と、を備え、前記複数の加入者側装置は、前記局側装置からの前記下り信号光の一部を受信する光受信器と、前記局側装置からの前記下り信号光の他の一部及び前記ポンプ光から4光波混合を利用して前記加入者側装置から前記局側装置への上り信号光を発生させるFWM (Four-wave Mixing) 発生器と、前記FWM発生器からの前記上り信号光を変調して前記局側装置に送出する変調器と、を備えることを

特徴とする。

【0009】

各加入者側装置が下り信号光とポンプ光を用いて上り信号光を発生させるので、各加入者側装置を同一の装置とすることができる。ここで、4光波混合を用いて上り信号光を発生させるので、下り信号光と上り信号光の波長を異なる波長とすることができる。これにより、PONTポロジを構成して加入者側装置と局側装置との双方向伝送をするのに、1心の光ファイバで可能とすることができる。また、局側装置の送信する下り信号光とポンプ光の波長で上り信号光の波長を決定できるので、波長管理が容易となる。

【0010】

本発明に係る4光波混合を利用した光伝送システムでは、前記FWM発生器に半導体アンプを適用し、利得飽和状態の前記半導体アンプに、前記下り信号光と前記ポンプ光とが入射され、4光波混合を利用して前記上り信号光を発生させることが好ましい。

半導体アンプの利得飽和領域を利用することで、下り信号のデータ値の影響を低減させることができる。これにより、上り信号光の伝送特性の向上が図れる。

【0011】

本発明に係る4光波混合を利用した光伝送システムでは、前記変調器にFP-LD (Fabry-Perot Laser Diode) を適用し、4光波混合を利用して発生させた上り信号光を前記FP-LDに入力して注入同期発振させ、さらに前記FP-LDを直接変調することが好ましい。

FP-LDに入力して注入同期発振させるので、上り信号光の波長を維持したまま直接変調することができる。

【0012】

本発明に係る4光波混合を利用した光伝送システムでは、前記加入者側装置は、前記局側装置からのポンプ光を増幅する増幅器をさらに備えることが好ましい。

ポンプ光の波長を維持したまま、上り信号光の光強度を高めることができる。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、加入者側装置にそれぞれ発振波長の異なる光源が不要となり、コストの低減が可能になる。さらに、PONTポロジを構成して加入者側装置と局側装置との双方向伝送をするのに、1心の光ファイバで可能とすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

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。

図1は、本実施形態に係る4光波混合を利用した光伝送システムの構成概略図である。本実施形態に係る4光波混合を利用した光伝送システムは、局側装置11と各加入者側装置13-1・・・13-Nの間の信号光がWDM12で合分波されるWDM-PONTポロジで構成される。WDM12にはAWG (Arrayed Waveguide Grating) を用いることができる。

【0015】

局側装置11は、下り信号送信部と、ポンプ光光源と、を備える。下り信号送信部は、各加入者側装置13-1・・・13-Nへの下り方向に波長 λ_{d1} ・・・波長 λ_{dN} の下り信号光を送信する。ポンプ光光源は、下り信号光と所定波長差 $\Delta\lambda$ の波長 λ_{p1} ・・・波長 λ_{pN} のポンプ光を加入者側装置13-1・・・13-Nに供給する。各加入者側装置13-1・・・13-Nは、WDM12からの下り信号光を分波して一部を受信し、下り信号光の他の一部とポンプ光から4光波混合を利用して各加入者側装置13-1・・・13-Nから局側装置11への上り信号光を発生させ、変調して送出する。

【0016】

各加入者側装置13-1・・・13-Nが下り信号光とポンプ光を用いて上り信号光を発生させるので、各加入者側装置13-1・・・13-Nは、加入者側装置13-1・・・

10

20

30

40

50

・ 1 3 - N ごとに発振波長の異なる光源や設定が不要になる。このため各加入者側装置 1 3 - 1 ・ ・ ・ 1 3 - N を同一の装置とし、P O N トポロジを構成して加入者側装置 1 3 - 1 ・ ・ ・ 1 3 - N と局側装置 1 1 との双方向伝送をするコストの低減が可能になる。4 光波混合を利用して発生させた側帯波を上り信号光に用いるので、下り信号光と上り信号光の波長を異なる波長とすることができる。

【 0 0 1 7 】

図 2 は、加入者側装置の第 1 例を示すピックアップ図である。N 個の加入者側装置 1 3 - 1 ・ ・ ・ 1 3 - N のうちの任意の各加入者側装置 1 3 - i は、波長フィルタ 2 1 と、光受信器 2 2 と、F W M 発生器 2 3 と、変調器としての外部変調器 2 4 を備える。

【 0 0 1 8 】

波長フィルタ 2 1 は、波長 $\lambda_{d i}$ の下り信号光を分波して光受信器 2 2 に出射し、波長 $\lambda_{d i}$ と所定波長差 $\Delta \lambda$ の波長 $\lambda_{p i}$ のポンプ光を分波して F W M 発生器 2 3 に出射する。ここで、増幅器 2 5 をさらに備える場合は、波長フィルタ 2 1 は、波長 $\lambda_{d i}$ と所定波長差 $\Delta \lambda$ の波長 $\lambda_{p i}$ のポンプ光を増幅器 2 5 に出射する。また、波長フィルタ 2 1 は、外部変調器 2 4 の送出する上り信号光を局側装置 1 1 に向けて出力する。光受信器 2 2 は、波長フィルタ 2 1 の分波する波長 $\lambda_{d i}$ の下り信号光を受信する。

【 0 0 1 9 】

F W M 発生器 2 3 は、下り信号光の一部とポンプ光から 4 光波混合を利用して波長 $\lambda_{u i}$ の上り信号光を発生させる。4 光波混合の発生は、半導体アンプ又は E D F A (E r b i u m - D o p e d F i b e r - O p t i c a l A m p l i f i e r) を用いることができる。

【 0 0 2 0 】

ここで、F W M 発生器 2 3 での 4 光波混合には、半導体アンプを用いることが好ましい。4 光波混合に下り信号光を用いるが、下り信号光の光強度は下り信号のデータ値によって変動する。そこで、利得飽和状態の半導体アンプに、下り信号光とポンプ光とが入射され、4 光波混合を利用して上り信号光を発生させる。これにより、下り信号光の消光比が劣化するので、4 光波混合で発生する側帯波の光強度を安定させることができる。

【 0 0 2 1 】

また、F W M 発生器 2 3 の前段にポンプ光を増幅する増幅器 2 5 をさらに備えれば、F W M 発生器 2 3 で生じる側帯波の光強度が増加する。これにより、上り信号光の光強度を高めることができる。

【 0 0 2 2 】

外部変調器 2 4 は、F W M 発生器 2 3 からの上り信号光を入力された上り信号で変調して送出する。これにより、下り信号波長 $\lambda_{d i}$ と異なる波長 $\lambda_{u i}$ の光で単一縦モード発振し、上り信号光として利用することができる。下り波長 $\lambda_{d i}$ と上り波長 $\lambda_{u i}$ で波長が異なるため 1 心の光ファイバで特性劣化なく上り・下りの双方向伝送が可能になる。外部変調器 2 4 は、例えば、L N (リチウムナイオベート) 変調器、L T (リチウムタンタレート) 変調器などの導波路型変調器や、光吸収半導体変調器などの電界吸収型変調器である。

【 0 0 2 3 】

図 3 は、加入者側装置の第 2 例を示すピックアップ図である。加入者側装置の第 1 例で説明した外部変調器 2 4 に代えて、変調器としての F P - L D 2 6 を備える。この場合、F W M 発生器 2 3 は、波長 $\lambda_{u i}$ の上り信号光を F P - L D 2 6 のマスター光として、F P - L D 2 6 に注入同期する。

【 0 0 2 4 】

F P - L D 2 6 は、4 光波混合を利用して発生させた波長 $\lambda_{u i}$ の上り信号光を F P - L D 2 6 に入力して注入同期発振させ、さらに入力された上り信号で F P - L D 2 6 を直接変調して送出する。これにより、下り信号波長 $\lambda_{d i}$ と異なる波長 $\lambda_{u i}$ の光で単一縦モード発振し、上り信号光として利用することができる。また、側帯波の波長 $\lambda_{u i}$ が縦モードのひとつの波長近傍 (ロッキングレンジ内) とすることで、上り信号光の波長 $\lambda_{u i}$

10

20

30

40

50

i で単一縦モード発振させることができる。これにより、コストの低下が図れる。

【0025】

FWM発生器23での4光波混合には、半導体アンプを用いることが好ましい。これによりFP-LD26での注入同期特性の向上が図れる。

【0026】

図4は、下り信号光、ポンプ光及び上り信号光の波長の一例であり、(a)は下り信号光ごとにポンプ光を送信する場合、(b)は共通のポンプ光を利用する場合を示す。図4では、一例として、加入者側装置13-1が利用する下り信号光の波長 λ_{d1} 、上り信号光の波長 λ_{u1} 、ポンプ光の波長 λ_{p1} と、加入者側装置13-2が利用する下り信号光の波長 λ_{d2} 、上り信号光の波長 λ_{u2} 、ポンプ光の波長 λ_{p2} を示した。透過特性21-1及び21-2は、それぞれ、加入者側装置13-1及び13-2に備わる波長フィルタ(図2及び図3に示す21)の透過特性の一例である。

【0027】

上り信号光の波長 λ_{u1} 、 λ_{u2} には、4光波混合で発生した側帯波のうちの長波長側又は短波長側のいずれかを用いる。例えば、図4(a)に示すように、下り信号光ごとにポンプ光を送信する場合であれば、長波長側の側帯波を用いることができる。この場合、下り信号光の波長 λ_{d1} と所定波長差 $\Delta\lambda = (\lambda_{p1} - \lambda_{d1})$ から導き出される一定波長($\lambda_{d1} + 2\Delta\lambda$)を上り信号光の波長 λ_{u1} とすることができる。これにより、透過特性21-1及び21-2の設計や管理が容易となる。

【0028】

側帯波のうちの長波長側又は短波長側のいずれでもよいので、共通の波長 λ_{d12} のポンプ光を利用することも可能である。例えば、図4(b)に示すように、短波長側から順に、波長 λ_{u1} 、 λ_{d1} 、 λ_{p12} 、 λ_{d2} 、 λ_{u2} とすることができる。この場合、波長フィルタ(図2及び図3に示す21)は、ポンプ光の波長 λ_{p12} 部分が重複した透過特性21-1及び21-2となる。また、波長 λ_{d2} 、 λ_{d1} 、 λ_{d12} 、 λ_{u1} 、 λ_{u2} とすることで、共通のポンプ光を用いて長波長側の側帯波を利用することができる。共通の波長 λ_{d12} のポンプ光を利用することで、局側装置でのポンプ光の光源を省略できるので、更なるコストダウンが可能となる。

【0029】

ここで、上り波長 λ_{u1} は、図3に示すFP-LD26の縦モードのひとつの波長近傍(ロッキングレンジ内)となるように下り信号光の波長 λ_{d1} とポンプ光の波長 λ_{p1} の波長差 $\Delta\lambda$ を調整しておく。この結果、FP-LDは注入同期し、上り信号光の波長 λ_{u1} で単一縦モード発振する。そして、下り波長 λ_{d1} 、上り波長 λ_{u1} で波長が異なるため、1心の光ファイバで良好な伝送特性を有する双方向伝送が可能となる。

【0030】

図5は、伝送特性の測定結果の一例である。図3に示すFP-LD26を出力後の上り信号光を2.5Gbpsで伝送後、受信ビット誤り率(BER)特性を測定した。縦軸はビット誤り率(BER)、横軸は光受信器(図3に示す符号22)での受信光強度(dBm)を示す。符号Aは、FWM発生器(図3に示す符号23)に入力される下り信号光の消光比が7dBの場合である。符号Bは、FWM発生器(図3に示す符号23)に入力される下り信号光の消光比が3.8dBの場合である。符号Cは、FWM発生器(図3に示す符号23)に入力される下り信号光の消光比が7dBであるが半導体アンプの利得飽和領域を利用した場合である。符号Dは、FWM発生器(図3に示す符号23)に入力される下り信号光が無変調の連続光である場合である。データ光で注入同期させるので、消光比は有限であるが、参照のため連続光の場合も符号Dに示した。

【0031】

下り信号光を良好に受信するためには、消光比が大きな光が望ましい。しかし、符号Bに対する符号Aが示すように、上り信号光の伝送特性は劣化する。一方、符号Aに対する符号Cが示すように、図2及び図3に示すFWM発生器23に半導体アンプを利用することで、消光比の大きな下り信号光を用いた場合であっても、上り信号光の伝送特性の向上

10

20

30

40

50

を図ることができる。

【産業上の利用可能性】

【0032】

本発明は、高速光伝送及び柔軟なネットワークを構成することができる。特に、光アクセス網の構成方法のひとつのWDM-PONに利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本実施形態に係る4光波混合を利用した光伝送システムの構成概略図である。

【図2】加入者側装置の第1例を示すピックアップ図である。

【図3】加入者側装置の第2例を示すピックアップ図である。

10

【図4】下り信号光、ポンプ光及び上り信号光の波長の一例であり、(a)は下り信号光ごとにポンプ光を送信する場合、(b)は共通のポンプ光を利用する場合を示す。

【図5】伝送特性の測定結果の一例である。

【図6】従来の光伝送システムの一例を示す構成図である。

【符号の説明】

【0034】

11 局側装置

12 WDM

13-1、13-i、13-N 加入者側装置

21 波長フィルタ

20

21-1、21-2 波長フィルタの透過特性

22 光受信器

23 FWM発生器

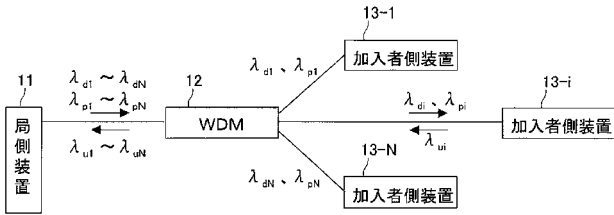
24 外部変調器

25 増幅器

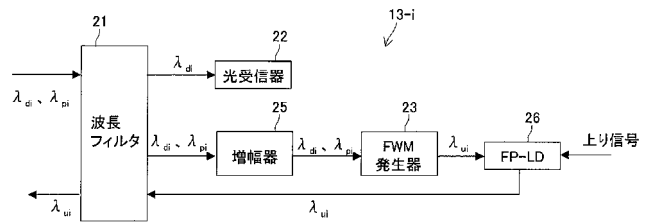
26 FP-LD

53-1、53-i、53-N 加入者側装置

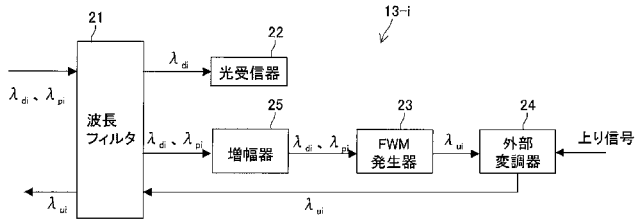
【図 1】



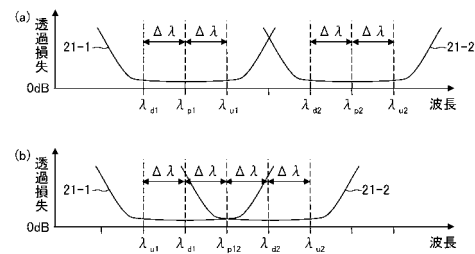
【図 3】



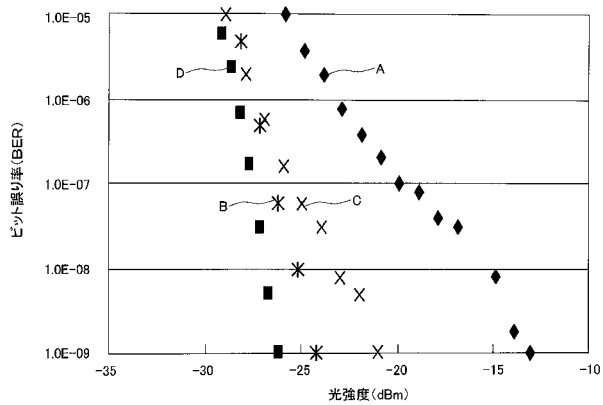
【図 2】



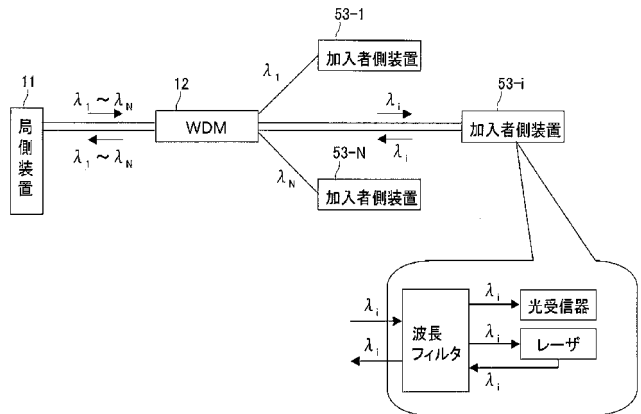
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5K102 AD01 AK02 AL08 AL12 AL16 PB05 PH01