

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4875237号
(P4875237)

(45) 発行日 平成24年2月15日(2012.2.15)

(24) 登録日 平成23年12月2日(2011.12.2)

(51) Int. Cl.		F I		
HO4J 14/00	(2006.01)	HO4B 9/00		E
HO4J 14/02	(2006.01)	GO2F 1/35		
GO2F 1/35	(2006.01)			

請求項の数 3 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2000-303512 (P2000-303512)	(73) 特許権者	000005290
(22) 出願日	平成12年10月3日 (2000.10.3)		古河電気工業株式会社
(65) 公開番号	特開2001-249368 (P2001-249368A)		東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(43) 公開日	平成13年9月14日 (2001.9.14)	(74) 代理人	100076369
審査請求日	平成19年10月1日 (2007.10.1)		弁理士 小林 正治
(31) 優先権主張番号	特願平11-374813	(72) 発明者	麻生 修
(32) 優先日	平成11年12月28日 (1999.12.28)		東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	並木 周
			東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内
		(72) 発明者	佐藤 功紀
			東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長変換装置を用いた波長分割多重伝送方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の異なるWDMシステムを結ぶ波長分割多重伝送法であって、

波長分割多重(WDM)で伝送される複数の信号光から波長変換対象である一又は二以上の信号光(波長変換対象信号光)をNチャンネルおき(Nは整数)に取り出し可能なフィルタ型光部品で取り出して波長変換対象光とし、取り出された一又は二以上の波長変換対象光を各々独立に、もしくは同時にポンプ光と合波して光ファイバ又は半導体増幅器における四光波混合(FWM)を利用することによって波長変換するとともに、この波長変換された光(波長変換光)と、前記フィルタ型光部品で取り出されず波長変換されなかった信号光(波長変換対象外信号光)とを合波して新たなWDM信号光とする波長変換装置を備え、

10

前記波長変換装置は、WDM信号光をNチャンネルおき(Nは整数)に取り出し可能なフィルタ型光部品をN個用い、取り出された波長変換対象信号光を各々独立に、もしくは同時にポンプ光と合波して波長変換し、この波長変換光とフィルタで取り出されなかった波長変換対象外信号光を合波して新たなWDM信号光とし、この新たなWDM信号光の周波数間隔が波長変換前の元のWDM信号光の周波数間隔よりも拡がるように前記ポンプ光波長を設定されているとともに、

前記波長変換装置は、一方が他方よりも広いWDM信号光の周波数間隔を有するように無相関に作られた異なるWDMシステムを結ぶことを特徴とする波長分割多重伝送方法。

【請求項2】

20

請求項1記載の波長分割多重伝送方法であって、波長変換装置は、その出力側に、同波長変換装置により周波数間隔が拡げられた新たなWDM信号光を波長毎に分離する波長分離デバイスを接続して複合化されたことを特徴とする波長分割多重伝送方法。

【請求項3】

請求項1記載の波長分割多重伝送方法であって、波長変換装置により波長変換されて、変換前の元のWDM信号光よりも周波数間隔が広がった新しいWDM信号光を、光ファイバの種類、組み合わせ等が異なる二種以上の光伝送路のうち、チャンネル間クロストークの小さい光伝送路で構成されるシステムからチャンネル間クロストークの大きな光伝送路で構成されるシステムに送り出すことを特徴とする波長分割多重伝送方法。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は光通信、特に波長分割多重(WDM:Wavelength Division Multiplexing)方式により多重化された光信号の伝送を行う光通信において、WDMネットワークを構成するのに有用な波長変換装置を用いた波長分割多重伝送方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年の光増幅器を用いたWDM伝送技術の発展に伴ってWDMネットワークの構築が検討されている。この検討の中で波長変換装置を用いることによって無相関に作られた異なるWDMシステム間を低コストで結ぶことが提案されている。波長変換装置には種類の異なる様々なものがあるが、光ファイバ内での四光波混合(FWM:Four Wave Mixing)を用いた波長変換装置はその高速応答性(~100fs)及び広帯域性から、広帯域化が進められているWDMシステムを利用したネットワーク構成への有用性が特に注目されている。FWMによる波長変換は半導体増幅器(SOA:Semiconductor Optical Amplifier)中でも実現される。

20

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

これまでのFWMを利用した波長変換では、その広帯域性に注目して全帯域の信号を一括して波長変換する実験が多くを占めている。しかし、実際のWDMネットワークでの波長変換の用途としては一括変換以外にも、広帯域性を活かした異種の波長変換形式が今後要求されるものと予測されるが、FWMを利用した波長変換においては一括変換以外の技術報告は未だ行われていない。

30

【0004】

【課題を解決するための手段】

本願の目的は広帯域WDM信号の中から、波長変換したい波長の信号光だけを取り出し、これをFWMを利用して波長変換する波長変換装置を利用して波長変換の自由度の高いWDMネットワークを構成し、それを利用した波長分割多重伝送方法を提供することにある。

【0005】

薄膜や回折格子などに代表される波長透過フィルタ型の媒質はその透過率に波長依存性があるため、光の波長の一部を透過して残りを反射する性質がある。この様なフィルタ型媒質を利用して、WDM信号中の一部の信号光を透過(もしくは反射)させて波長変換対象信号光として取り出し、その波長変換対象信号光のみをFWM媒質にポンプ光と共に入射させることにより、WDM信号の一部だけを波長変換する事が可能となる。本件発明は波長変換対象信号光をフィルタ型媒質により取り出した後に波長変換を行う波長変換装置と、光分岐器で分岐した後に波長変換を行う波長変換装置と、フィルタ型媒質を使用した波長変換装置を利用して波長分割多重伝送を行う方法とを提供するものである。

40

【0006】

請求項1記載の波長分割多重伝送方法は、複数の異なるWDMシステムを結ぶ波長分割多重伝送法であって、波長分割多重(WDM)で伝送される複数の信号光から波長変換対

50

象である一又は二以上の信号光（波長変換対象信号光）をNチャンネルおき（Nは整数）に取り出し可能なフィルタ型光部品で取り出して波長変換対象光とし、取り出された一又は二以上の波長変換対象光を各々独立に、もしくは同時にポンプ光と合波して光ファイバ又は半導体増幅器における四光波混合（FWM）を利用することによって波長変換するとともに、この波長変換された光（波長変換光）と、前記フィルタ型光部品で取り出されず波長変換されなかった信号光（波長変換対象外信号光）とを合波して新たなWDM信号光とする波長変換装置を備え、前記波長変換装置は、WDM信号光をNチャンネルおき（Nは整数）に取り出し可能なフィルタ型光部品をN個用い、取り出された波長変換対象信号光を各々独立に、もしくは同時にポンプ光と合波して波長変換し、この波長変換光とフィルタで取り出されなかった波長変換対象外信号光を合波して新たなWDM信号光とし、この新たなWDM信号光の周波数間隔が波長変換前の元のWDM信号光の周波数間隔よりも広がるように前記ポンプ光波長を設定されているとともに、前記波長変換装置は、一方が他方よりも広いWDM信号光の周波数間隔を有するように無相関に作られた異なるWDMシステムを結ぶ方法である。

10

【0007】

請求項2記載の波長分割多重伝送方法は、請求項1記載の波長分割多重伝送方法であって、前記波長変換装置は、その出力側に、同波長変換装置により周波数間隔が拡げられた新たなWDM信号光を波長毎に分離する波長分離デバイスを接続して複合化された方法である。

【0008】

請求項3記載の波長分割多重伝送方法は、請求項1記載の波長分割多重伝送方法であって、前記波長変換装置により波長変換されて、変換前の元のWDM信号光よりも周波数間隔が広がった新しいWDM信号光を、光ファイバの種類、組合わせ等が異なる二種以上の光伝送路のうち、チャンネル間クロストークの小さい光伝送路で構成されるシステムからチャンネル間クロストークの大きな光伝送路で構成されるシステムに送り出す方法である。

20

【0009】

本願の波長分割多重伝送方法は、波長変換装置により波長変換されて、変換前の元のWDM信号光よりも周波数間隔が広がった新しいWDM信号光を、光ファイバの種類、組合わせ等が異なる二種以上の光伝送路のうち、チャンネル間クロストークの小さい光伝送路で構成されるシステムからチャンネル間クロストークの大きな光伝送路で構成されるシステムに送り出す方法である。

30

【0010】

本願の波長変換装置は、光ファイバ又は半導体増幅器における四光波混合（FWM）を利用する波長変換装置であって、波長分割多重（WDM）で伝送される複数の信号光から波長変換対象である一又は二以上の信号光（波長変換対象信号光）をフィルタ作用を持つ光部品で取り出して波長変換対象光とし、それを波長変換するとともに、前記フィルタ作用を持つ光部品で前記波長変換対象信号光として取り出されなかった信号光（波長変換対象外の信号）を前記波長変換対象信号光とは別に取り出して波長変換せずに出力するものとしてもよい。

40

【0011】

本願の波長変換装置は、光ファイバ又は半導体増幅器における四光波混合（FWM）を利用する波長変換装置であって、波長分割多重（WDM）で伝送される複数の信号光から波長変換対象である一又は二以上の信号光（波長変換対象信号光）をフィルタ作用を持つ光部品で取り出して波長変換対象光とし、それを波長変換するとともに、前記フィルタ作用を持つ光部品で前記波長変換対象信号光として取り出されなかった信号光（波長変換対象外の信号）を前記波長変換対象信号光とは別に取り出して波長変換せずに出し、前記光部品で取り出されて波長変換された波長変換光と、その波長変換光の帯域に含まれない波長の一又は二以上の信号光とを合波して新たなWDM信号光とするものとするものもできる。

50

【 0 0 1 2 】

本願の波長変換装置は、フィルタ作用を持つ光部品として、WDM信号光をNチャンネルおき（Nは整数）に取り出し可能なフィルタ型光部品を用い、取り出された一又は二以上の波長変換対象信号光を各々独立に、もしくは同時にポンプ光と合波して波長変換するものとすることもできる。

【 0 0 1 3 】

本願の波長変換装置は、フィルタ作用を持つ光部品として、WDM信号光の存在する波長帯域を短波長側からn個のブロック（サブバンド）とみなし、このサブバンドの一つ乃至は複数個を取り出すものを使用し、取り出された波長変換対象信号光を各々独立に、もしくは同時にポンプ光と合波して波長変換するものとすることもできる。

10

【 0 0 1 4 】

本願の波長変換装置は、フィルタ作用を持つ光部品として、WDM信号光の存在する波長帯域を短波長側からn個のブロック（サブバンド）とみなし、このうちj番目（jは1, 2, …, nのいずれかの整数）のサブバンド一つのみを取り出すフィルタをn-1個使用し、取り出された波長変換対象信号光を各々独立に、もしくは同時にポンプ光と合波して波長変換し、この波長変換光全てとフィルタで取り出されなかった波長変換対象外信号光を合波して新たなWDM信号光とし、この新たなWDM信号光の周波数間隔が波長変換前の元のWDM信号光の周波数間隔よりも狭くなるように前記ポンプ光波長を設定したものとすることもできる。

【 0 0 1 5 】

本願の波長変換装置は、光ファイバ又は半導体増幅器における四光波混合（FWM）を利用する波長変換装置であって、波長分割多重（WDM）で伝送される複数の信号光から波長変換対象である一又は二以上の信号光（波長変換対象信号光）を光分岐器で分岐し、光分岐器の一又は二以上の出力ポートから出力される波長変換対象信号光を波長変換するとともに、前記波長変換対象信号光以外の波長の信号光は、光分岐器の前記一又は二以上の出力ポート以外のポートから出力したものとすることもできる。

20

【 0 0 1 6 】

本願の波長変換装置は、光ファイバ又は半導体増幅器における四光波混合（FWM）を利用する波長変換装置であって、波長分割多重（WDM）で伝送される複数の信号光から波長変換対象である一又は二以上の信号光（波長変換対象信号光）を光分岐器で分岐し、光分岐器の一又は二以上の出力ポートから出力される波長変換対象信号光を波長変換するとともに、この波長変換光と、それ以外のポートから出力される波長変換対象外信号光とを合波して新たなWDM信号光とすることもできる。

30

【 0 0 1 7 】

本願の波長変換装置は、光ファイバ又は半導体増幅器における四光波混合（FWM）を利用する波長変換装置であって、波長分割多重（WDM）で伝送される複数の信号光から波長変換対象である一又は二以上の信号光（波長変換対象信号光）を光分岐器で分岐し、光分岐器の一又は二以上の出力ポートから出力される波長変換対象信号光を波長変換するとともに、前記波長変換対象信号光以外の波長の信号光は、光分岐器の前記一又は二以上の出力ポート以外のポートから出力され、前記光分岐器の出力ポートから出力されて波長変換された波長変換光と、その波長変換光の帯域以外の波長帯域にある一又は二以上の信号光とを合波して新たなWDM信号光とするものとすることもできる。本願の波長分割多重伝送方法は、波長変換対象光を、ポンプ光と合波して波長変換するものとすることもできる。

40

【 0 0 1 8 】

本願の波長分割多重伝送方法は波長変換装置により波長変換された、波長変換前の元のWDM信号光よりも周波数間隔が狭くなった新しいWDM信号光を、光ファイバの種類、組合わせ等が異なる二種以上の光伝送路のうち、チャンネル間クロストークの大きい光伝送路で構成されるシステムからチャンネル間クロストークの小さな光伝送路で構成されるシステムに送り出すようにとしてもよい。

50

【0019】

本願の波長分割多重伝送方法は、新しいWDM信号光の周波数間隔が狭くなったことにより発生する空き伝送帯域に、WDM信号光を加えて新たなWDM信号光とし、このWDM信号光を伝送するようにしてもよい。

【0020】

【発明の実施の形態】

(波長変換装置の実施形態1)

本願の波長変換装置の第1の実施形態を図1に基づいて説明する。この波長変換装置は本願の基本的な実施形態である。図1は、FWMを引き起こすためのポンプ光を発生するポンプ光源2と、光フィルタ1によって取り出された信号光とポンプ光とを合波する光合波器3と、FWMによる波長変換光を発生可能な波長変換素子(波長変換用光ファイバ)4と、同光ファイバ4の出力光中の不要な光を除去する光フィルタ(不要波除去用光フィルタ)5により広帯域一括波長変換部10を構成し、それにWDM信号光から所定波長の信号光を取り出すことが可能な光部品、例えば光フィルタ1を付加してある。図1の波長変換用光ファイバ4は半導体増幅器(SOA)に代えることができる。また、光フィルタ5には非線形ループミラー等が含まれる。これは他の図においても同様である。

10

【0021】

この波長変換装置ではWDM信号光から光フィルタ1によって所定波長の信号光(以下「波長変換対象信号光」)が取り出され、波長変換対象外信号光が別のポートから出射される。波長変換対象信号光はポンプ光源2からのポンプ光と光合波器3で合波され、波長変換用光ファイバ4に入射されてその内部で四光波混合が生じる。波長変換用光ファイバ4からの出力光は、光フィルタ5に入射されてFWM発生前からあった変換対象の信号光やポンプ光(不要波)が除去され、FWMによって生じた波長変換光のみが元の信号光の波長変換された光として出力される。この場合、光フィルタ1の透過率や波長特性を変えることにより種々の変換が可能となる。

20

【0022】

(波長変換装置の実施形態2)

本願の波長変換装置の第2の実施形態を図2、図3に基づいて説明する。この波長変換装置は請求項2の実施形態である。図3は図2の波長変換装置により波長変換される光の様子を示す説明図である。図2ではポンプ光源2、光合波器3、波長変換用光ファイバ4、光フィルタ5により広帯域一括波長変換部10を構成し、それに、光フィルタ1と光合波器6を付加してある。光フィルタ1はWDM信号光から波長変換対象信号光を取り出すものであり、WDM信号光を $N=1$ のチャンネル間隔(1チャンネルおき)で取り出すことが可能なフィルタを用いてある。即ち、WDM信号光の1チャンネルおきの周期で透過率のピークを有する透過特性のエタロンフィルタを用いてある。光合波器6は光フィルタ1により取り出されなかった波長変換対象外信号光と波長変換光とを合波するものである。

30

【0023】

図2の波長変換装置では図3に示す様に光フィルタ(エタロンフィルタ)1に入射されたWDM信号光から1チャンネル間隔で波長変換対象信号光が取り出され、その波長変換対象信号光はポンプ光源2からのポンプ光と光合波器3で合波され、波長変換用光ファイバ4内における四光波混合によって波長変換され、波長変換光が出力される。その波長変換光は波長変換対象外信号光と光合波器6によって合波され、変換前の元のWDM信号光よりも波長間隔が倍に広がったWDM信号光となる。

40

【0024】

(波長変換装置の実施形態3)

本願の波長変換装置の第3の実施形態を図4、図5に基づいて説明する。図5は図4の波長変換装置により波長変換される光の様子を示す説明図である。図4の波長変換装置ではポンプ光源2、光合波器3、波長変換用光ファイバ4、光フィルタ5によって広帯域一括波長変換部10とし、それに光フィルタ1、光合波器7を付加してある。図5に示すよ

50

うにWDM信号光1から1チャンネル間隔で波長変換対象信号光が取り出され、それが広帯域一括波長変換部10におけるポンプ光源2からのポンプ光と光合波器3で合波され、波長変換用光ファイバ4に入射されてその内部で四光波混合が発生し、光フィルタ5を透過することで波長変換光が出射される。また、光フィルタ1の他方の出力ポートに無反射端処理を施して波長変換対象外信号光が出力されないようにし、前記WDM信号光とは別に外部から加えられるWDM信号光2と前記波長変換光とが光合波器7により合波されて新たなWDM信号光が構成されるようにしてある。

【0025】

この場合、図4のポンプ光源2から発生されるポンプ光の波長 λ_p は、波長変換対象信号光中の信号光2の波長を λ_2 、この信号光の変換後の波長を λ_2' とおくと次式(1)で与えられ、高非線形ファイバの零分散波長はその数式で与えられるポンプ光波長の近傍にある必要がある。

【0026】

【数式1】

$$\lambda_p = 2 \left(\frac{\lambda_2 \lambda_2'}{\lambda_2 + \lambda_2'} \right)$$

【0027】

(波長変換装置の実施形態4)

本願の波長変換装置の第4の実施形態を図6から図8に示す。図6はその構成図を、図7と図8はWDM信号を用いた光クロスコネクットの一例を示す。この波長変換装置は請求項5の実施形態である。図7のAからBの方向へと伝送されるWDM信号がある。この信号は全6ch.のWDM伝送とする。図7のA側の光分波器で各ch.の波長 λ_1 から λ_6 に分波し、ノード内の λ_1 と λ_4 の光路に接続された光分岐器により、このうちの第1ch.(波長 λ_1 にのっている情報)と第4ch.の情報(波長 λ_4 にのっている情報)を分岐し、それらを光合波器で波長多重した後にC方向に伝送するという場合を考える。図7の様にする事により、C方向につながっているシステムでは第1ch.と第4ch.の情報サービスを受けられる。ところが、この後にC方向に第1ch.と第4ch.の情報ではなく、第3ch.(波長 λ_3 にのっている情報)と第6ch.の情報(波長 λ_6 にのっている情報)を与えるように変更する必要が生じた場合、ノード内の光分岐器の配置を変更しただけでは実現できない。なぜならば、C方向にある光合波器は波長 λ_1 と λ_4 とを合波するように最適化されているからである。一般には光合波器の先にある系も波長 λ_1 と λ_4 で構成されるWDM信号を取り扱うように最適な光学設計がなされていると考えられる。このような場合に、図6に記載の波長変換装置を用いれば、第3ch.の情報を波長 λ_1 にのせ、第6ch.の情報を波長 λ_4 にのせるように変更できる。具体的には図7の構成に図6の波長変換装置を図8の様に配置することで問題は解決する。

【0028】

図6の波長変換装置の作用を図9に基づいて説明する。全6ch.の信号光で構成されたWDM信号光が装置の入射ポート11から入射される。信号光はエタロンフィルタ1により $N=2$ ch.おきに取り出される。図9では第3ch.(波長 λ_3 にのっている情報)と第6ch.の情報(波長 λ_6 にのっている情報)とが取り出される。残りの信号はエタロンフィルタ1の別のポートから出射される。取り出された第3ch.と第6ch.の情報は図6の光分岐器14で分岐される。分岐された片方の第3ch.と第6ch.は光増幅器15により増幅され、先に出射された第1ch., 2ch., 4ch., 5ch.と光合波器16により合波される。こうして作られたWDM信号光は図6の波長変換装置の透過ポート17へ向かう。図6の光分岐器14で分岐された他方の第3ch.と第6ch.は第一の広帯域一括波長変換部10により波長変換される。第一の広帯域一括波長変換部10は光合波器3、ポンプ光波長が λ_{p1} ($\lambda_{p1} > \lambda_6$)にあるポンプ光源2、零分散波長が λ_{p1} の近傍にある波長変換用光ファイバ

10

20

30

40

50

4、および波長 λ_{p1} よりも長波長側の光の透過率が大きな光フィルタ（不要波除去用光フィルタ）5で構成される。この広帯域一括波長変換部10によって、第3ch.の情報（波長 λ_3 にのっている情報）と第6ch.の情報（波長 λ_6 にのっている情報）は各々情報量を保存したまま、その波長が λ_3' および λ_6' に変換される。位相整合条件より、波長間には数式2の関係がある。

【0029】

【数式2】

$$\frac{1}{\lambda_3'} = \frac{2}{\lambda_{p1}} - \frac{1}{\lambda_3}$$

10

$$\frac{1}{\lambda_6'} = \frac{2}{\lambda_{p1}} - \frac{1}{\lambda_6}$$

次に第一の広帯域一括波長変換部10により λ_3' および λ_6' に変換された信号を、第二の広帯域一括波長変換部20により波長 λ_1 および λ_4 に変換する。このために、第二の広帯域一括波長変換部20でのポンプ光波長の設定値は次式(3)を λ_{p2} について解くことで次式(4)の様に決定される。

【0030】

20

【数式3】

$$\frac{2}{\lambda_{p2}} = \frac{1}{\lambda_4} + \frac{1}{\lambda_6'} = \frac{1}{\lambda_4} + \left(\frac{2}{\lambda_{p1}} - \frac{1}{\lambda_6} \right)$$

【0031】

【数式4】

$$\lambda_{p2} = \frac{2\lambda_{p1}\lambda_4\lambda_6}{\lambda_{p1}(\lambda_6 - \lambda_4) + 2\lambda_4\lambda_6}$$

30

第二の広帯域一括波長変換部20は、第二の光合波器21、波長 λ_{p2} にポンプ光波長がある第二のポンプ光源22、零分散波長が上記 λ_{p2} 近傍にある第二の波長変換用光ファイバ23および波長 λ_{p2} よりも短波長側の光の透過率が大きな第二の光フィルタ（不要波除去用光フィルタ）24で構成される。第二の広帯域一括域波長変換部20で変換されることで、入射光では波長 λ_3 にのっている第3ch.の情報と、波長 λ_6 にのっている第6ch.の情報を各々波長 λ_1 および波長 λ_4 にのせる事ができるようになる。

【0032】

40

（波長変換装置の実施形態5）

本願の波長変換装置の第5の実施形態を図10、図11に基づいて説明する。この波長変換装置は請求項6の実施形態である。図11は図10の波長変換装置により波長変換される光の様子を示す説明図である。この波長変換装置は波長変換対象信号光と波長変換対象外信号光とを分離するためにWDM信号をN=2チャンネルの周波数間隔（2チャンネルおき）で取り出すことができる光フィルタをN=2段で用いる2系統の構成にしたものである。

【0033】

図10の波長変換装置では入射したWDM信号光から1段目の光フィルタ1によって図11の様にN=2のチャンネル間隔で第1の波長変換対象信号光が取り出され、これが1

50

段目の光合波器 3 で 1 段目のポンプ光源 2 からのポンプ光と合波され、1 段目の波長変換用光ファイバ 4 に入射されて四光波混合が起こり、光フィルタ 5 を透過することによって第 1 の波長変換光が得られる。

【 0 0 3 4 】

前記 1 段目の光フィルタ (エタロンフィルタ) 1 により取り出されなかった信号光からは、2 段目の光フィルタ (エタロンフィルタ) 2 5 によって 1 チャンネルおき (すなわち入力 WDM 信号光に対しては、 $N = 2$ チャンネルの周波数間隔) で第 2 の波長変換対象信号光が取り出され、これが 2 段目の光合波器 2 2 において 2 段目のポンプ光源 2 1 からのポンプ光と合波され、2 段目の波長変換用光ファイバ 2 3 に入射されて四光波混合が起き、光フィルタ 2 4 を透過することによって第二の波長変換光が得られる。この波長変換光は 2 段目の光フィルタ 2 5 で取り出されなかった波長変換対象外信号光と光合波器 2 6 で合波されて新たな WDM 信号光となる。この WDM 信号光と第一の波長変換光とが光合波器 2 7 で合波されて出力される。この出力は図 1 1 に示す様に元の WDM 信号光よりも周波数間隔が 3 倍 (すなわち $N + 1$ 倍) に広がった新たな WDM 信号光となる。

10

【 0 0 3 5 】

図 1 0 に示す波長変換装置は実施形態 2 におけるチャンネル間隔 $N = 1$ で行ったことを $N = 2$ に拡張したものである。同様にして任意の N (N は整数) の場合に拡張することができる。例えば、図 1 0 に示す波長変換装置により波長変換を行う場合に、入射される信号光を K チャンネルの WDM 信号光とし、それらの波長を $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_K$ とし、この WDM 信号光は等周波数間隔で配置されているものとして、実施形態 2 に示したように WDM 信号光を i チャンネルおきで取り出すには、その間隔で透過率のピークを周期的に有するエタロンフィルタを前記した 1 段目及び 2 段目の光フィルタに用いることで実現される。

20

【 0 0 3 6 】

1 段目の光フィルタ (エタロンフィルタ) 1 から得られる波長変換対象信号光の信号波長を短波長側から $\lambda_1', \lambda_2', \dots, \lambda_m'$ とする。同じく 2 段目の光フィルタ (エタロンフィルタ) 2 5 から得られる波長変換対象信号光の信号波長を短波長側から $\lambda_1'', \lambda_2'', \dots, \lambda_m''$ とする。1 段目と 2 段目のどちらのエタロンフィルタでも取り出せない信号光波長を短波長側から $\lambda_{10}, \lambda_{20}, \dots, \lambda_{m0}$ とする。このとき 1 段目のポンプ光源 2 のポンプ光波長を次式 (5) に設定する。

30

【 0 0 3 7 】

【数式 5】

$$\lambda_{p1} = 2 \left(\frac{\lambda_{mc} \lambda_{mc}'}{\lambda_{mc} + \lambda_{mc}'} \right)$$

ここで $\lambda_1', \lambda_2', \dots, \lambda_m'$ の変換先を $\lambda_{1c}', \lambda_{2c}', \dots, \lambda_{mc}'$ とした。

【 0 0 3 8 】

2 段目のポンプ光源 2 1 のポンプ光波長に関しては、 $\lambda_1'', \lambda_2'', \dots, \lambda_m''$ の変換先を $\lambda_{1c}'', \lambda_{2c}'', \dots, \lambda_{mc}''$ と考えたときに、 $\lambda_{1c}' < \lambda_{mc}''$ とする事ができる様に λ_{mc}'' を選ぶ事でポンプ光波長 λ_{p2} を次式 (6) で決めることができる。

40

【 0 0 3 9 】

【数式 6】

$$\lambda_{p2} = 2 \left(\frac{\lambda_m'' \lambda_{mc}''}{\lambda_m'' + \lambda_{mc}''} \right)$$

この様に1段目、2段目のポンプ光源の波長を選択すれば、図11に示す様に入射した元のWDM信号光の周波数間隔が3倍に広がるようにすることができる。

【0040】

(波長変換装置の実施形態6)

本願の波長変換装置の第6の実施形態を以下に説明する。この波長変換装置は請求項7の実施形態である。図12はこの波長変換装置の構成図である。図13に本発明を説明する上で基礎になるサブバンド(sub-band)の考え方を示す。図13には20ch.の異なる波長からなる信号光を波長分割多重化したWDM信号光の概念図が示されている。従来、128ch.のWDM伝送技術が実験で示されている。この様に多数のチャンネルを取り扱う事になると、管理するための負荷が増大する。そこで、全チャンネルを幾つかのサブブロックに分けて少量のチャンネル数のWDM信号でまとめて取り扱う事が考えられる。これが本説明で用いるサブバンドの概念である。図13では全20ch.のWDM信号を5ch.毎に4つのサブバンドに分けた概念図を示した。信号の各波長を λ_j ($j = 1, 2, \dots$)のように表すのに対して、サブバンドは λ_k ($k = 1, 2, \dots$)と表現する。図14にWDM信号光を用いた光クロスコネクタの一例を示す。図14のAからB方向へと伝送されるWDM信号がある。いま、C方向で入射信号における λ_2 のサービスから λ_3 のサブバンドに付加された情報サービスに変更したいという状況が発生したとする。一般には光分岐器の先にあるC方向の系はサブバンド λ_2 に含まれるWDM信号を取り扱うように最適な光学設計がなされていると考えられる。ここでいう最適化という意味はサブバンド λ_2 に含まれるWDM信号光の波長 $\lambda_{2S}, \lambda_{21}, \dots, \lambda_{2L}$ のいずれか一つ、もしくは複数の波長を抜き出すための分波器やその波長で最も感度良く受光するための受光器によりCの先のシステムが構成されているという事である。このような場合、図12に記載の波長変換装置を用いれば、サブバンド λ_3 の情報がサブバンド λ_2 にのるように変更できる。具体的には図14に図12の波長変換装置(サブバンドコンバータ)を図15の様に配置することで問題は解決する。

【0041】

図12の波長変換装置を特にサブバンドコンバータとよび、その作用を図16に基づいて説明する。全20ch.の信号光で構成されたWDM信号が図12の波長変換装置の入射ポート30から入射される。信号光は図12、図16の誘電体多層膜フィルタ1によりサブバンド λ_3 のみが取り出される。取り出されたサブバンド λ_3 は図12の光合波器3でポンプ光源2からのポンプ光と合波される。このサブバンド λ_3 は広帯域一括波長変換部10により λ_2 に波長変換される。サブバンド λ_3 を構成する5つの異なる波長のWDM信号のうち、最も短波長側にある信号光の波長を λ_{3S} とする。また、サブバンド λ_2 を構成する5つの異なる波長のWDM信号のうち、最も長波長側にある信号光の波長を λ_{2L} とする。サブバンドコンバータは次式(7)

【0042】

【数式7】

$$\lambda_p = \frac{2\lambda_{2L}\lambda_{3S}}{\lambda_{2L} + \lambda_{3S}}$$

与えられる波長のポンプ光源2と、上記 λ_p 近傍に零分散波長を有する四光波混合発生用の光ファイバ4および少なくともサブバンド λ_2 の波長帯での透過率が大きく、それに比べてポンプ光およびサブバンド λ_3 における波長帯の信号の透過率が小さい不要波除去

10

20

30

40

50

フィルタ5からなる。不要波除去フィルタ5を通過した信号は出射ポート31から変換器の外に出射される。このサブバンドコンバータを用いる事で、サブバンドコンバータ入射前に λ_3 の波長帯の信号光が有していた情報をサブバンド λ_2 の波長帯に乗せてC方向に送出できる。

【0043】

(波長変換装置の実施形態7)

図17に本願の波長変換装置の第7の実施形態を示す。この波長変換装置は請求項8の実施形態である。図18は図17の波長変換装置により波長変換される光の説明図である。この実施形態は実施形態2、実施形態4および実施形態5とは逆に、即ち、波長変換器から出力されたWDM信号光の周波数間隔を、入射されるWDM信号光の周波数間隔より

10

【0044】

も狭くするものである。図17では光フィルタ1を誘電体多層膜フィルタとしてある。誘電体多層膜フィルタを使用することによりWDM信号の長波長側のサブバンド λ_2 の信号光を取り出すことができる。図18のWDM信号光は等周波数間隔で配置されている。

【0045】

図17では光フィルタ(誘電体多層膜フィルタ)1により図18のWDM信号光から長波長側のサブバンド λ_2 の信号光が波長変換対象信号光として取り出され、それが光合波器3でポンプ光源2からのポンプ光と合波され、合波光が波長変換用光ファイバ4においてFWMを生じ、光フィルタ5を透過することによって波長変換光 λ_2' のみが出力される。

20

【0046】

図17において光フィルタ5を透過して得られる波長変換光 λ_2' と、誘電体多層膜フィルタ1によって取り出されなかった波長変換対象外信号光 λ_1 とを光合波器6によって合波することにより、周波数間隔が元のWDM信号光の周波数間隔の半分となった新たなWDM信号光が得られる。このように周波数間隔の狭いWDM信号光が得られることにより、クロストークの影響の大きな伝送路でチャンネル間の周波数間隔を大きくして伝送する必要のあった信号を、クロストークの影響の小さな高品質の伝送路に送り出す際に、波長帯域の狭い部分に情報(周波数間隔の狭いWDM信号光)を押し込んで送信することが可能になる。

30

【0047】

図17の波長変換装置におけるポンプ光波長 λ_p は次の条件を満たす必要がある。

$$\lambda_4 < \lambda_p < \lambda_5$$

チャンネル間隔を半分にするにはポンプ光波長 λ_p を次式(8)に設定すればよい。

【0048】

【数式8】

$$\lambda_p = \frac{4\lambda_3\lambda_4\lambda_5}{2\lambda_3\lambda_4 + \lambda_5(3\lambda_3 - \lambda_4)}$$

【0048】

(波長変換装置の実施形態8)

図19に本願の波長変換装置の第8の実施形態を示す。この波長変換装置は請求項9の実施形態である。これは実施形態2又は実施形態5に示した周波数間隔を拡げる波長変換装置35と光分波モジュール36とを組合わせたものである。アレー導波路型回折格子(AWG: Arrayed Waveguide Grating)は光分波器(波長分離デバイス)の代表的な一つである。しかし、AWGもクロストークなしに分波できる周波数間隔が決まっており、周波数間隔27GHzで典型的なクロストークは16dB程度である。そこで、クロストークを改善するために本実施形態は、周波数間隔を拡げることができる実施形態2及び実施形態4の波長変換装置35を用い、その出力側にAWG36を接続して複合化したものである。この実施形態では波長変換装置35によりWDM信号の周波数間隔を拡げて新たなWDM信号光に変換してから、そのWDM信号光をAWG36で波長毎に分波することが

40

50

できる。この波長変換装置と接続した光分波モジュールはクロストークの少ない光分波モジュールとなる。

【0049】

(波長変換装置の実施形態9)

図20に本願の波長変換装置の第9の実施形態を示す。この波長変換装置は請求項8の別の実施形態である。図21は図20の波長変換装置により波長変換される光の様子を示す説明図である。図20の波長変換装置は実施形態2及び実施形態4で周波数間隔を拡張した様に任意のn(nは整数)の場合に拡張できる。図20はn=2の場合の構成である。この波長変換装置では周波数間隔を1/(n+1)にすることができる。

【0050】

図20の1段目のフィルタ1は誘電体多層膜フィルタである。これに入射されるWDM信号光は周波数間隔が一定である。このWDM信号光から誘電体多層膜フィルタ1により第1の波長変換対象信号が取り出され、それが光合波器3でポンプ光源2からのポンプ光と合波され、合波光が波長変換用光ファイバ4においてFWMを引き起こし、フィルタ6を透過することで第1の波長変換光が得られる。

【0051】

1段目の誘電体多層膜フィルタ1で取り出されなかった波長変換対象外信号光は2段目の誘電体多層膜フィルタ25に入射され、同信号光の一部が第2の波長変換対象信号光として取り出され、それが2段目の光合波器22で2段目のポンプ光源21からのポンプ光と合波され、その合波光が2段目の波長変換用光ファイバ23においてFWMを引き起こし、2段目のフィルタ24を透過することで第2の波長変換光を得ている。この第2の波長変換光は2段目の誘電体多層膜フィルタ25で取り出されなかった波長変換対象外信号光と光合波器26により合波されて出力される。この合波光は光合波器27において、第1の波長変換光と合波されて出力される。これにより得られる新たなWDM信号光の周波数間隔を1/(n+1)とすることができる。

【0052】

この場合、1段目の誘電体多層膜フィルタ1で取り出された第1の波長変換対象信号光の波長を $\lambda_{m+1}, \lambda_{m+2}, \dots, \lambda_M$ とおく(図ではm=4、M=6)。また、2段目の誘電体多層膜フィルタ25で取り出された第2の波長変換対象信号光の波長を $\lambda_{s+1}, \lambda_{s+2}, \dots, \lambda_m$ とおく(図ではs=2)。このとき1段目のポンプ光源2のポンプ光波長を次式(9)とおき、2段目のポンプ光源21のポンプ光の波長を次式(10)と設定することで、元のWDM信号に対して周波数間隔が1/3になるWDM信号を得ることができる。一般のnの場合も同様に論ずることができる。

【0053】

【数式9】

$$\lambda_{p1} = \frac{6\lambda_1\lambda_2\lambda_M}{3\lambda_1\lambda_2 + \lambda_M(2\lambda_1 + \lambda_2)}$$

【0054】

【数式10】

$$\lambda_{p2} = \frac{6\lambda_1\lambda_2\lambda_m}{3\lambda_1\lambda_2 + \lambda_m(\lambda_1 + 2\lambda_2)}$$

【0055】

(波長変換装置の実施形態10)

本願の波長変換装置の第10の実施形態を図22に基づいて説明する。この波長変換装置は請求項10~13の基本的な実施形態である。図22におけるポンプ光源2、光合波器3、波長変換用光ファイバ4、フィルタ5は広帯域一括波長変換部10を構成する。波

10

20

30

40

50

長変換用光ファイバ4はS O Aに置き換えることも可能である。

【0056】

図23は図22の波長変換装置により波長変換される光の様子を示す説明図である。図23におけるWDM信号光も周波数間隔が均等である。入射WDM信号光は3dBの光分岐器(バンドパスフィルタ)37で、元のWDM信号光のパワーが半分ずつに分岐される。このうち片方の信号光が波長変換対象信号光として光合波器3に入射され、その光合波器3によってポンプ光源2からのポンプ光と合波され、合波光が波長変換用光ファイバ4に入射して四光波混合を引き起こし、それがフィルタ5を透過して波長変換光のみが取り出される。この波長変換光が光分岐器37の他のポートから出力される波長変換対象外信号光と光合波器6によって合波されて出力する。この場合、元のWDM信号よりも帯域が2倍に広がったWDM信号を作り出すことができる。

10

【0057】

YチャンネルのWDM信号光を入射信号光とし、そのY番目の信号光の波長を λ_Y 、波長変換光のうち最も波長の短い波長を $\lambda_{Y'}$ とし、長波長側になるにつれて λ_{Y-1}' 、 λ_{Y-2}' 、 \dots 、 λ_2' 、 λ_1' とした場合、本実施例におけるポンプ光波長 λ_p は次式(11)となる。

【0058】

【数式11】

$$\lambda_p = 2 \left(\frac{\lambda_Y \lambda_{Y'}}{\lambda_Y + \lambda_{Y'}} \right)$$

20

【0059】

(波長変換装置の実施形態11)

本願の波長変換装置の第11の実施形態を図24に基づいて説明する。これは請求項10~13の実施形態である。図24に示す波長変換装置は実施例10を拡張した例である。図24の光分岐器40に入射されるWDM信号はYチャンネルであり、その波長は λ_1 、 λ_2 、 \dots 、 λ_Y である。この波長変換装置ではWDM信号光は3つのポートを備えた光分岐器40によって多重分岐され、第一、第二のポートから出力された夫々の波長変換対象信号光が第一、第二の広帯域一括波長変換部10、20で波長変換され、夫々の波長変換光と第三のポートから出力された波長変換対象外信号光とが二段目の光合波器41によって合波される。

30

【0060】

この場合、図24の第一の広帯域一括波長変換部10により得られる波長変換光の波長を λ_1' 、 λ_2' 、 \dots 、 λ_Y' とすると、波長の短い方から波長軸上に λ_Y' 、 \dots 、 λ_2' 、 λ_1' と配列される。第二の広帯域一括波長変換部20により得られる波長変換光の波長を λ_1'' 、 λ_2'' 、 \dots 、 λ_Y'' とすると、波長の短い方から波長軸上に λ_Y'' 、 \dots 、 λ_2'' 、 λ_1'' と配列される。ここで、全ての λ_k'' ($k=1, 2, \dots, Y$)、 λ_k' ($k=1, 2, \dots, Y$)が一致しないように配置することができる。例えば、 $\lambda_1' < \lambda_Y''$ と選べばよい。図24の第一の広帯域一括波長変換部10におけるポンプ光波長を数式(12)に設定し、第二の広帯域一括波長変換部20におけるポンプ光波長を数式(13)とする。

40

【0061】

【数式12】

$$\lambda_{p1} = 2 \left(\frac{\lambda_Y \lambda_{Y'}}{\lambda_Y + \lambda_{Y'}} \right)$$

【0062】

【数式13】

50

$$\lambda_{p2} = 2 \left(\frac{\lambda_Y \lambda_{Y''}}{\lambda_Y + \lambda_{Y''}} \right)$$

【 0 0 6 3 】

第一、第二の広帯域一括波長変換部 10、20 で用いる波長変換用光ファイバとして、零分散波長が各々のポンプ光の零分散波長近傍に存在するものを選択すれば、図 24 の様に元の入射 WDM 信号光の波長のいずれもが変換光のいずれの波長とも一致しないように配置することができる。

【 0 0 6 4 】

(波長変換装置の実施形態 12)

本願の波長変換装置の第 12 の実施形態を図 25 に基づいて説明する。これは請求項 7 の実施形態である。図 25 の波長変換装置では波長帯域透過フィルタ (バンドパスフィルタ) 37 を使用して、WDM 信号の一部 (サブバンド) だけを変換するようにしてある。図 25 のように WDM 信号光を構成する帯域の中にあるサブバンドをバンドパスフィルタ 37 で取り出して波長変換対象信号光とし、それをポンプ光源 2 からのポンプ光と光合波器 3 で合波し、波長変換用光ファイバ 4 で四光波混合を起こし、光フィルタ 5 で波長変換光のみを取り出し、それを光合波器 6 においてバンドパスフィルタ 37 で取り出されなかった波長変換対象外信号光と合波させて、出射信号光が入射信号光の一部だけを波長変換した形になるようにしてある。図 25 における波長変換用光ファイバ 4 は S O A に置き換えることも可能である。

【 0 0 6 5 】

(波長分割多重伝送方法の実施形態 1)

請求項 15 ~ 17 の波長分割多重伝送方法の実施形態を図 26 に示す。一般に長距離大容量の WDM 通信において、幹線系は通常 1310 nm 近傍に零分散波長を有するシングルモード光ファイバ (以下、SMF : Single Mode Fiber) と分散補償光ファイバを組み合わせた分散補償伝送路を用いて伝送を行うことが多い。この場合、分散補償用の光ファイバとして、例えば R D F (Reverse Dispersion Fiber) の優位性が最近の実験等で示されている。幹線系システムはこの様に SMF + R D F による分散補償系で構成された伝送路を用いて、F W M などにより発生する F W M 信号光間のクロストーク (チャンネル間クロストーク) を低減するように伝送路の設計が最適化されている。

【 0 0 6 6 】

これに対して、幹線系システムの信号を引き落とすメトロ系システムなどでは必ずしも SMF + R D F の様な高品質な伝送路が用いられているとは限らない。この実験例ではメトロ系システムは通常の分散シフトファイバ (D S F : Dispersion Shifted Fiber) が用いられている。幹線系システムは大容量の情報を伝送する必要があるため、限られた波長帯域内に多くのチャンネルの信号を詰め込むことが多く、WDM 信号光のチャンネル間隔 (周波数間隔) が一般に狭い。この様な狭いチャンネル間隔の信号をそのまま幹線系からメトロ系システムの D S F 線路に引き落とすと、F W M が発生しやすく、チャンネル間クロストークが増大して信号光の品質が劣化する。このため、請求項 4 および請求項 5 で述べた波長変換装置を用いて、幹線系システムから引き落とした信号の周波数間隔を拡げた上でメトロ系システムの D S F 上を伝送させるとチャンネル間クロストークは低減する。

【 0 0 6 7 】

逆に、メトロ系システムの D S F を流れる信号を幹線系システムに追加して流す事を考えると、D S F を伝送させるのに最適化したチャンネル間隔では広すぎて、幹線系システムの線路を流すには余裕があり過ぎる。この結果、幹線系システムで送信できる情報量を著しく減少させて経済的な損失を与える。そこで、請求項 6 および請求項 7 で示した波長変換装置を用いて周波数間隔を狭めることで、SMF + R D F の線路で最適化されたチャンネル間隔での WDM 伝送を達成することができる。

【 0 0 6 8 】

10

20

30

40

50

幹線系システムとメトロ系システムを結ぶ光合分波器（OADM, Optical Add Drop Multiplexer）に、実施形態2（又は5）に示す波長変換装置及び実施形態6（又は9）で示した波長変換装置を組み込むことでこの機能は実現できる。図27に図26中に示したOADMの概念図を示す。図27中、OXCは光クロスコネクタ機能を表す。

【0069】

【発明の効果】

本願の波長変換装置は次のような効果がある。

1. FWMを利用した広帯域WDM信号の中から、波長変換したい波長の信号光だけを取り出して波長変換できる。

2. 波長変換した光と、その変換光帯域外の信号光を合波することで新たな広帯域WDM信号を構成することができる。

3. 元のWDM信号よりも周波数間隔が狭いWDM信号も、広いWDM信号も構成できるため、WDMシステム間を低コストで結んで波長分割多重光伝送することができる。

【0070】

本願の波長分割多重伝送方法は次のような効果がある。

1. 本願の波長変換装置を利用して、波長変換の自由度が高いWDMネットワークを構成することができる。

2. 本願の波長変換装置を利用して、無相関に作られた異なるWDMシステム間を低コストで結んで、波長分割多重伝送することができる。

3. クロストークの影響を受けやすい伝送路と受けにくい伝送路との間で各々の伝送路の能力をより有効に利用できるように信号配置を構成してWDM信号の授受ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本願の波長変換装置の第1の実施形態を示す説明図。

【図2】 本願の波長変換装置の第2の実施形態を示す説明図。

【図3】 図2の波長変換装置における光の波長変換説明図

【図4】 本願の波長変換装置の第3の実施形態を示す説明図。

【図5】 図4の波長変換装置における光の波長変換説明図。

【図6】 本願の波長変換装置の第4の実施形態を示す説明図。

【図7】 WDM信号用いた光クロスコネクタの一例を示す説明図。

【図8】 図7に図6の波長変換装置を付加した場合の説明図。

【図9】 図6の波長変換装置における光の波長変換説明図。

【図10】 本願の波長変換装置の第5の実施形態を示す説明図。

【図11】 図10の波長変換装置における光の波長変換説明図

【図12】 本願の波長変換装置の第6の実施形態を示す説明図。

【図13】 サブバンドの説明図。

【図14】 WDM信号用いた光クロスコネクタの一例を示す説明図。

【図15】 図14に図12の波長変換装置を付加した場合の説明図。

【図16】 サブバンドコンバータの動作説明図

【図17】 本願の波長変換装置の第7の実施形態を示す説明図。

【図18】 図17の波長変換装置における光の波長変換説明図

【図19】 本願の波長変換装置の第8の実施形態における光分波方法を示す説明図。

【図20】 本願の波長変換装置の第8の実施形態を示す説明図。

【図21】 図20の波長変換装置における光の波長変換説明図

【図22】 本願の波長変換装置の第9の実施形態を示す説明図。

【図23】 図22の波長変換装置における光の波長変換説明図

【図24】 本願の波長変換装置の第10の実施形態を示す説明図。

【図25】 本願の波長変換装置の第11の実施形態を示す説明図。

【図26】 本願の波長分割多重伝送方法の実施形態を示す説明図。

【図27】 図26におけるOADMの使用説明図。

【符号の説明】

10

20

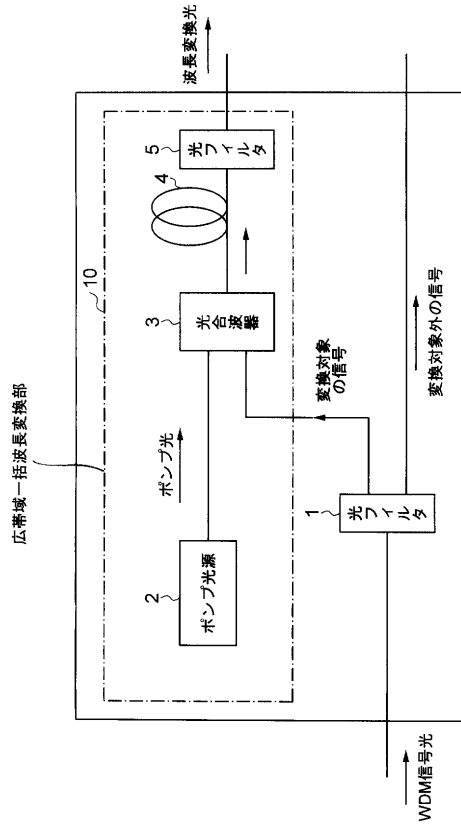
30

40

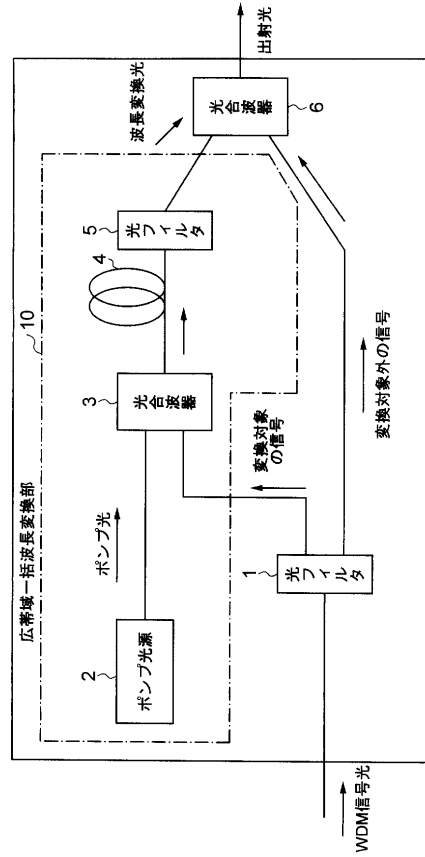
50

1	光フィルタ (エタロンフィルタ)	
2	ポンプ光源	
3	光合波器	
4	波長変換用光ファイバ	
5	変換対象の信号とポンプ光を除去するための光フィルタ	
6	光合波器	
7	光合波器	
10	広帯域波長変換部 (第一の広帯域波長変換部)	
11	入射ポート	
12	出射ポート	10
14	光分岐器	
15	光増幅器	
16	光合波器	
17	透過ポート	
20	第二の広帯域波長変換部	
21	2段目の光合波器	
22	2段目のポンプ光源	
23	2段目の波長変換用光ファイバ	
24	2段目の不要波除去用フィルタ	
25	第二のフィルタ	20
26	光合波器	
27	光合波器	
30	入射ポート	
31	出射ポート	
35	波長間隔を広げる波長変換装置	
36	光分波モジュール	
37	光分岐器 (バンドパスフィルタ)	
40	光分岐器	
41	光合波器	
50	波長変換装置	30

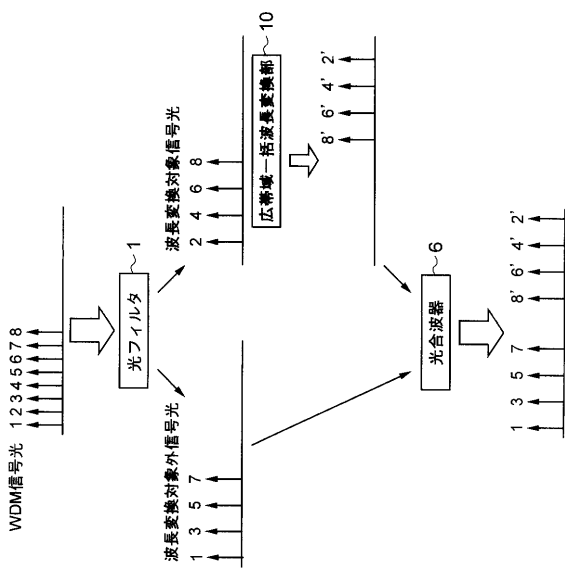
【図1】



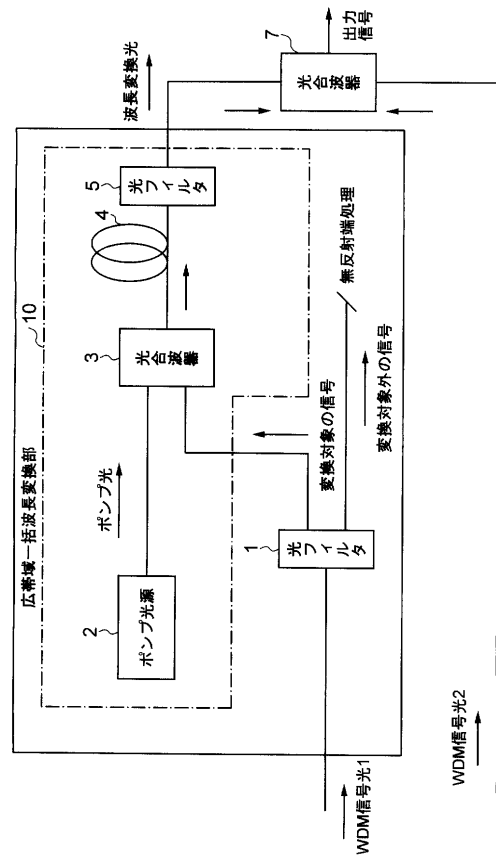
【図2】



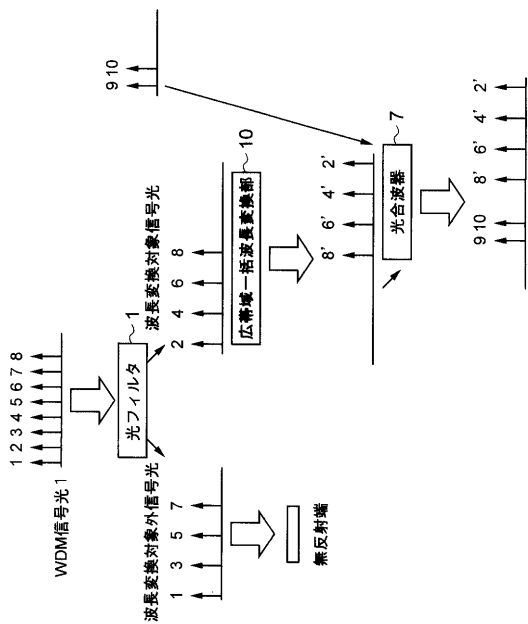
【図3】



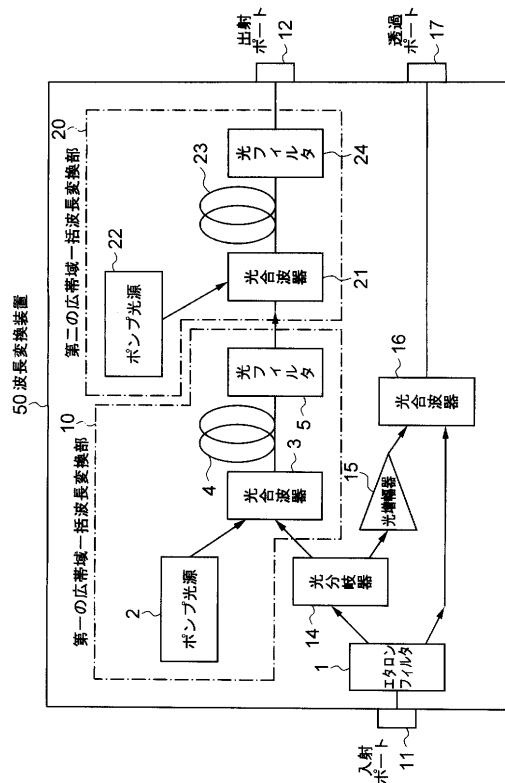
【図4】



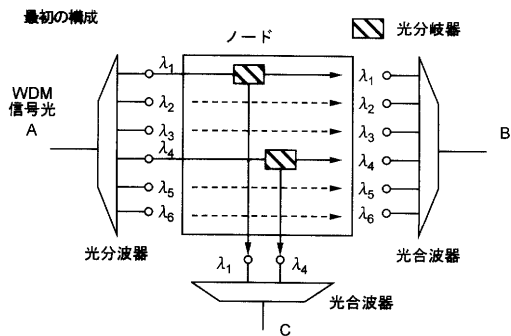
【図5】



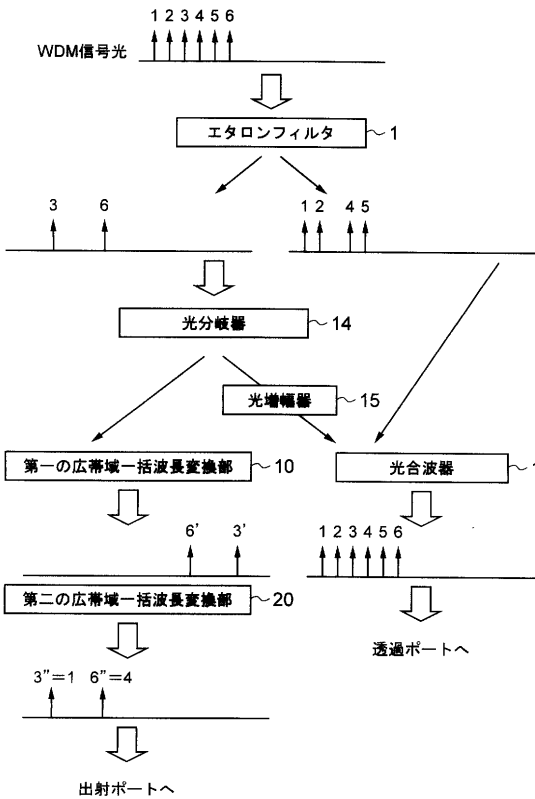
【図6】



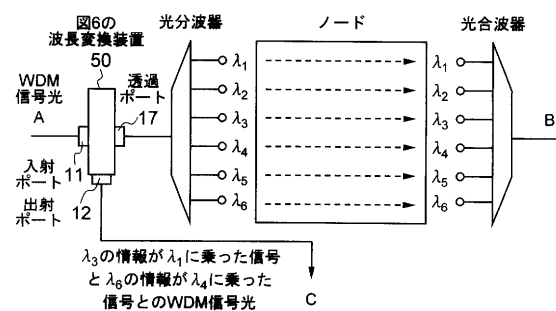
【図7】



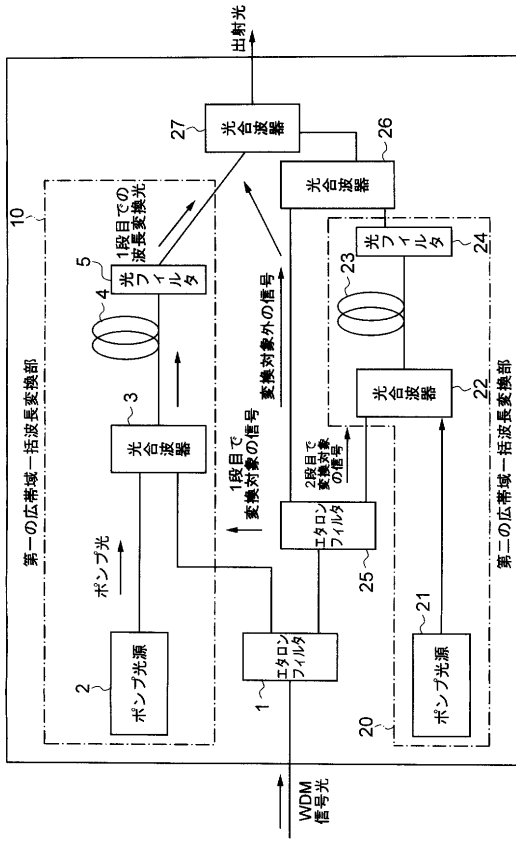
【図9】



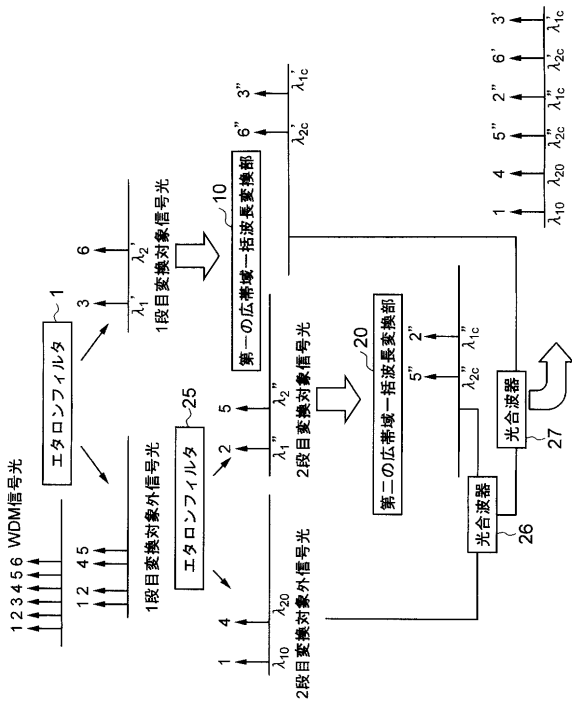
【図8】



【図10】

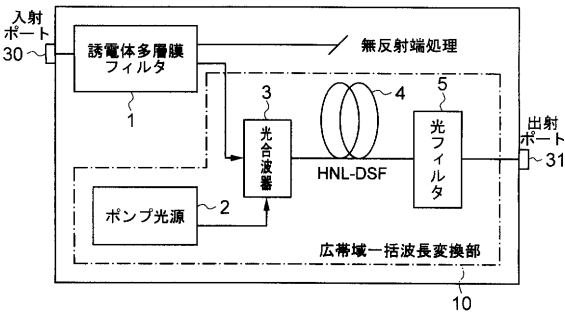


【図11】

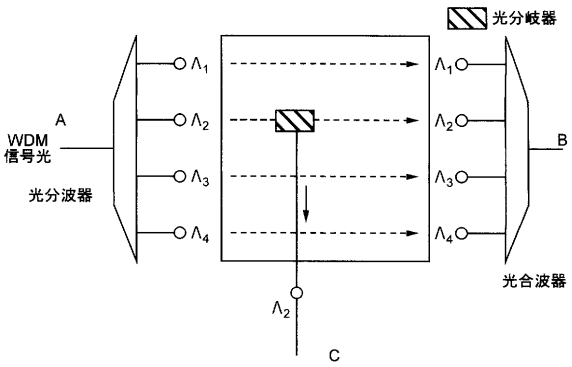


【図12】

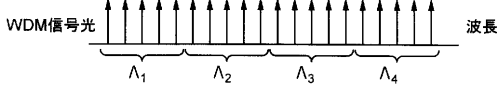
サブバンドコンバータ(波長変換装置)



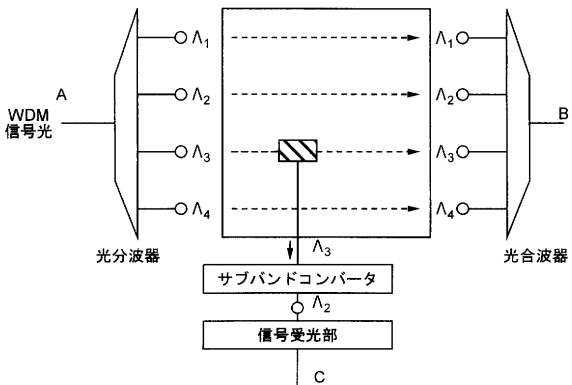
【図14】



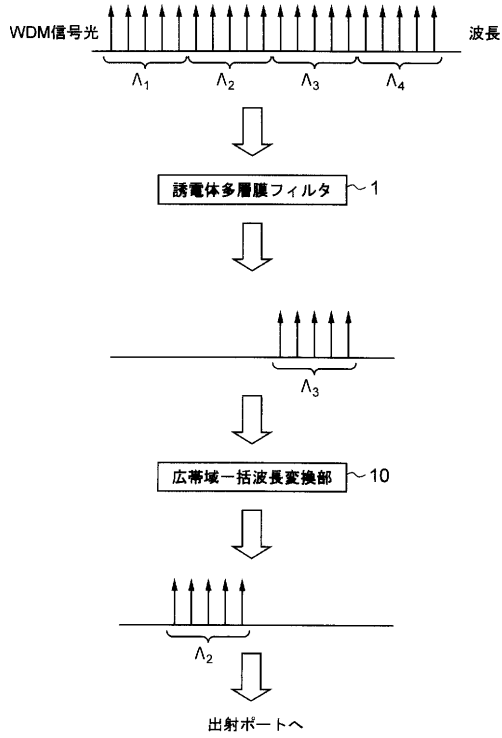
【図13】



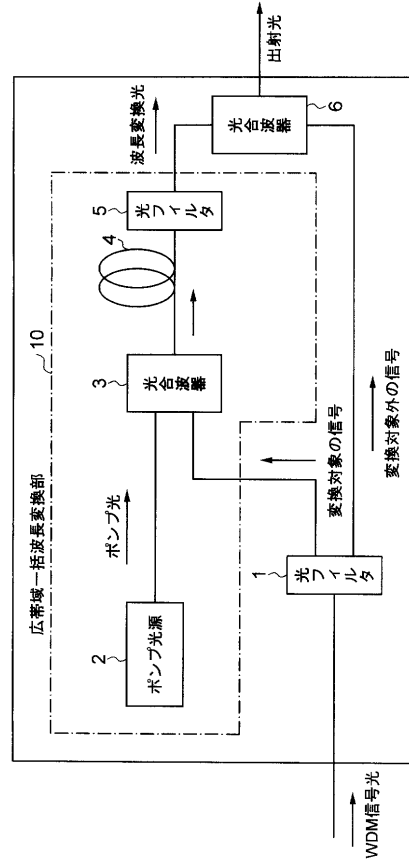
【図15】



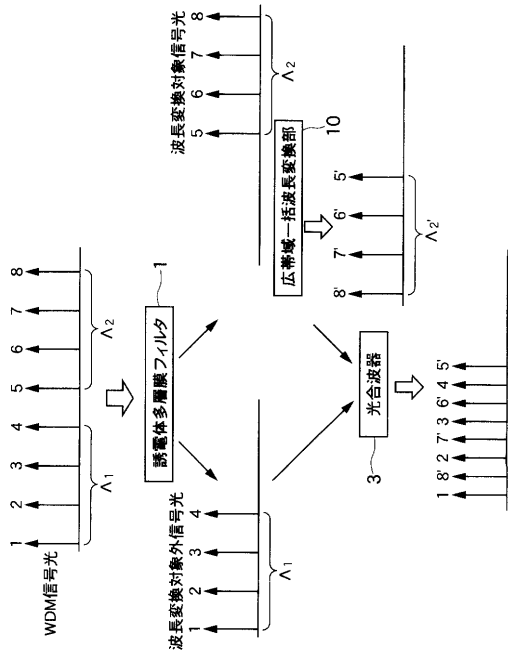
【図16】



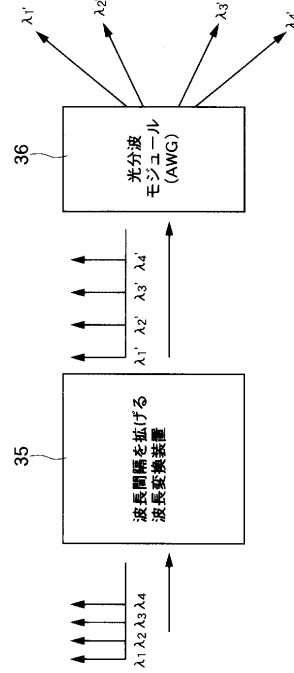
【図17】



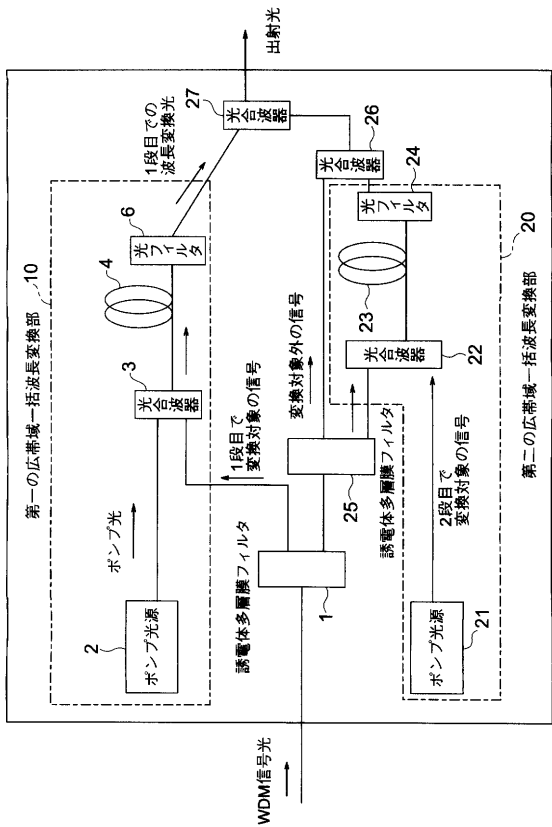
【図18】



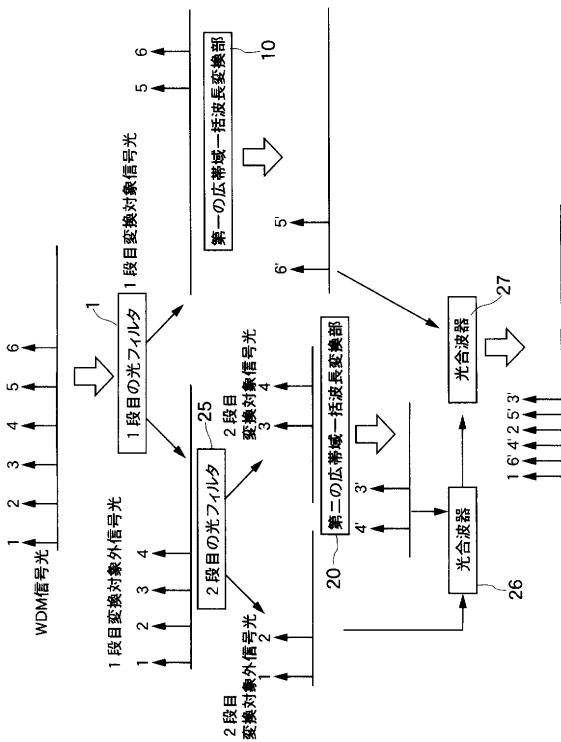
【図19】



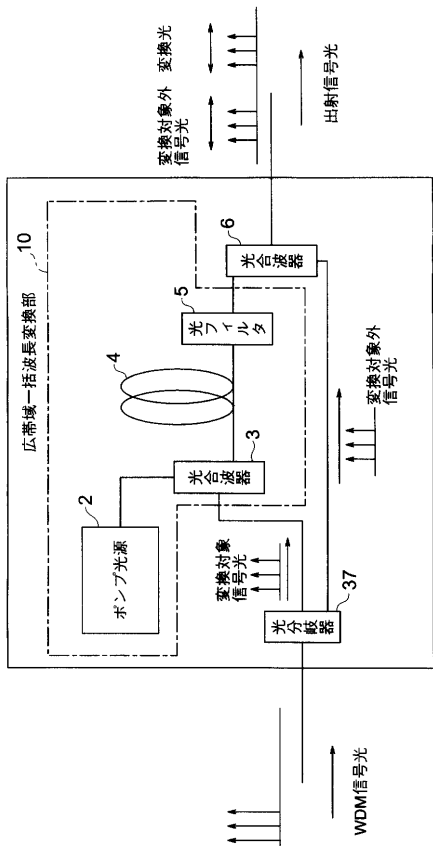
【図20】



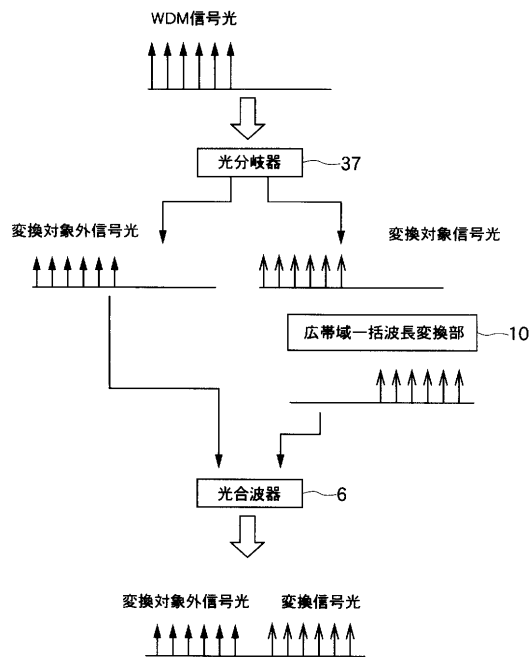
【図21】



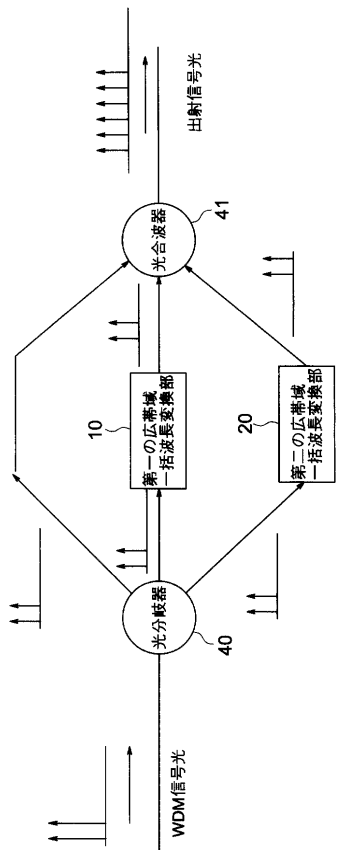
【図22】



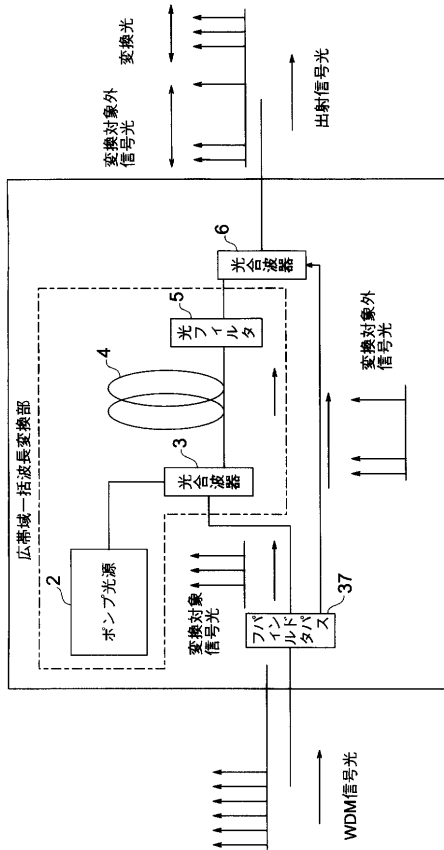
【図23】



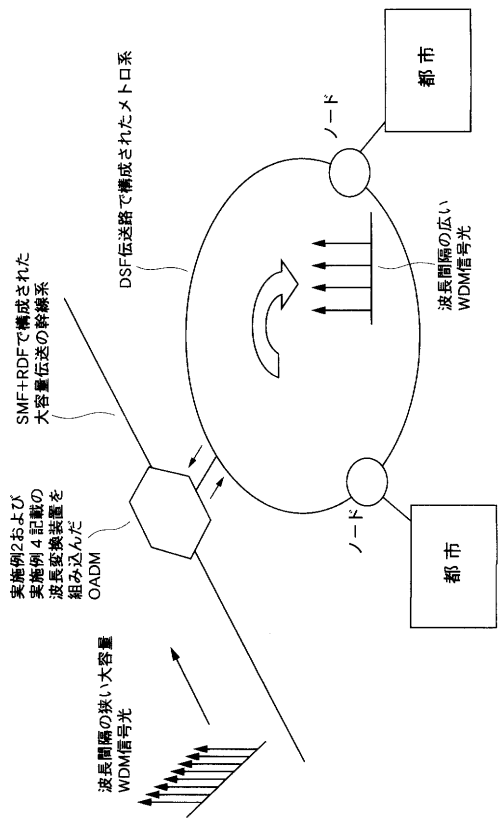
【図24】



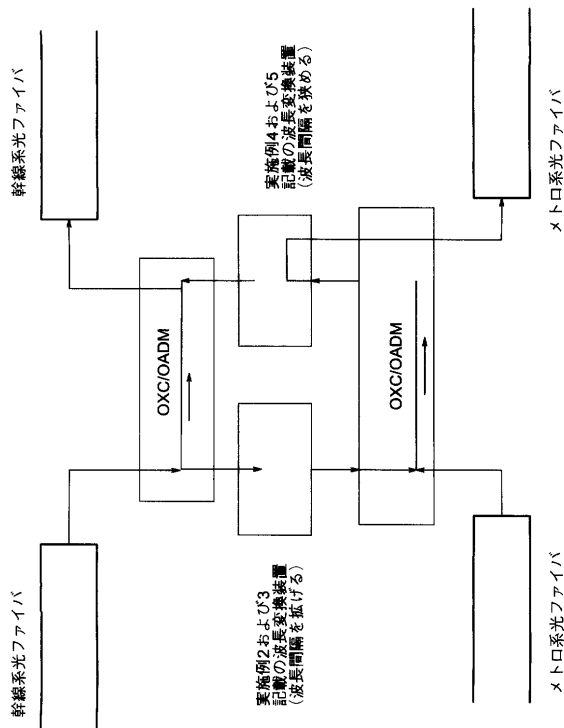
【図25】



【図26】



【図27】



フロントページの続き

(72)発明者 仁村 聖

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

審査官 日夏 貴史

(56)参考文献 特開平09-018452(JP,A)

特開平11-177502(JP,A)

特開平10-232415(JP,A)

特開平05-100254(JP,A)

特開2000-298297(JP,A)

国際公開第98/08138(WO,A1)

伊藤敏夫 et al., 1999年電子情報通信学会エレクトロニクスサイエティ大会講演論文集1,

1999年 8月16日, p.219

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04J 14/00 - 14/02

H04B 10/00 - 10/28

G02F 1/35 - 1/365