

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4707399号  
(P4707399)

(45) 発行日 平成23年6月22日 (2011.6.22)

(24) 登録日 平成23年3月25日 (2011.3.25)

(51) Int. Cl.

F I

HO 4 J 14/00 (2006.01)  
 HO 4 J 14/02 (2006.01)  
 HO 4 B 10/02 (2006.01)  
 HO 4 B 10/08 (2006.01)

HO 4 B 9/00 E  
 HO 4 B 9/00 H  
 HO 4 B 9/00 K  
 HO 4 B 9/00 U  
 HO 4 B 9/00 V

請求項の数 15 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2005-7046 (P2005-7046)  
 (22) 出願日 平成17年1月14日 (2005.1.14)  
 (65) 公開番号 特開2006-67546 (P2006-67546A)  
 (43) 公開日 平成18年3月9日 (2006.3.9)  
 審査請求日 平成19年7月26日 (2007.7.26)  
 (31) 優先権主張番号 特願2004-224210 (P2004-224210)  
 (32) 優先日 平成16年7月30日 (2004.7.30)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(出願人による申告) 平成16年度、独立行政法人情報  
 通信研究機構、「フォトリックネットワークに関する光  
 アクセス網高速広帯域通信技術の研究開発」委託研究、  
 産業再生法第30条の適用を受ける特許出願

(73) 特許権者 000005223  
 富士通株式会社  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号  
 (74) 代理人 100078330  
 弁理士 笹島 富二雄  
 (72) 発明者 中川 剛二  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72) 発明者 甲斐 雄高  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内

審査官 工藤 一光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光分岐挿入装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

波長の異なる複数の信号光を含んだ波長多重光が伝搬する伝送路に接続され、該伝送路から入力される波長多重光に対して少なくとも1つの波長の信号光を分岐および挿入して前記伝送路に出力する光分岐挿入装置において、

前記伝送路から入力される波長多重光に含まれる複数の信号光のうちの少なくとも1つの波長の信号光をブロックし、残りの信号光を透過するブロック部と、

前記ブロック部を透過した信号光に対して前記ブロック部でブロックされた信号光と同一波長の信号光を挿入して出力する挿入部と、

前記挿入部から出力される全ての波長の信号光を増幅して出力する増幅部と、

前記増幅部から出力される波長多重光を2つに分岐し、一方の分岐光から前記挿入部で挿入された信号光とは波長の異なる少なくとも1つの波長の信号光を取り出すと共に、他方の分岐光を前記伝送路に出力する分岐部と、を備えて構成されたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【請求項2】

波長の異なる複数の信号光を含んだ波長多重光が伝搬する伝送路に接続され、該伝送路から入力される波長多重光に対して少なくとも1つの波長の信号光を分岐または挿入することが可能であり、該信号光の分岐または挿入された前記波長多重光を前記伝送路に出力する光分岐挿入装置において、

前記伝送路から入力される波長多重光に含まれる複数の信号光のうち、当該光分岐挿入

10

20

装置で挿入される信号光の波長に一致する波長の光をブロックするブロック部と、  
前記ブロック部を出力した光に信号光を挿入して出力する挿入部と、  
前記挿入部から出力される全ての波長の信号光を増幅して出力する増幅部と、  
前記増幅部から出力される波長多重光を2つに分岐し、一方の分岐光から前記挿入部に挿入された信号光とは波長の異なる信号光を取り出すと共に、他方の分岐光を前記伝送路に出力する分岐部と、を備えて構成されたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【請求項3】

請求項1または2に記載の光分岐挿入装置であって、

前記ブロック部は、前記挿入部に挿入される信号光の波長を含んだブロック波長帯域を有する波長ブロックを備え、

10

前記挿入部は、2つの入力ポートおよび1つの出力ポートを有し、一方の入力ポートに与えられる前記波長ブロックを透過した信号光と、他方の入力ポートに与えられる前記ブロック部でブロックされた信号光と同一波長の信号光とを合波して出力ポートから出力する光カプラを備え、

前記分岐部は、1つの入力ポートおよび2つの出力ポートを有し、前記増幅部から出力される波長多重光が入力ポートに与えられ、その入力光を2つに分岐して各出力ポートから出力する光分岐カプラと、該光分岐カプラの一方の出力ポートから出力される波長多重光から前記挿入部に挿入された信号光とは波長の異なる少なくとも1つの波長の信号光を取り出す光フィルタ回路と、を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【請求項4】

20

請求項3に記載の光分岐挿入装置であって、

前記波長ブロックおよび前記光カプラとしてリジェクション・アドフィルタを用いたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【請求項5】

請求項3に記載の光分岐挿入装置であって、

前記分岐部は、前記光分岐カプラの分岐比を変化させることが可能であると共に、前記光フィルタ回路で取り出す信号光の波長数に基づいて前記光分岐カプラの分岐比を制御する制御回路を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【請求項6】

請求項3に記載の光分岐挿入装置であって、

30

前記挿入部は、前記光カプラの少なくとも一方の入力ポートに接続する光路上に挿入した可変光減衰器と、前記光カプラの出力ポートから出力される各波長の信号光パワーが略等しくなるように前記可変光減衰器の減衰量を制御する制御回路と、を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【請求項7】

請求項3に記載の光分岐挿入装置であって、

前記挿入部は、前記光カプラの各入力ポートに与えられる光のパワーの合波比率を変化させることが可能であると共に、前記光カプラの出力ポートから出力される各波長の信号光パワーが略等しくなるように前記合波比率を制御する制御回路を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

40

【請求項8】

請求項1または2に記載の光分岐挿入装置であって、

前記増幅部の入力端および出力端に接続する各光路上にそれぞれ設けた2つの光スイッチと、該各光スイッチの間を直接接続する迂回光路と、前記増幅部が正常に動作しているときに波長多重光が前記増幅部を通り、前記増幅部に故障が発生しているときに波長多重光が前記迂回光路を通るように前記各光スイッチを制御するスイッチ制御回路と、を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【請求項9】

請求項1または2に記載の光分岐挿入装置であって、

前記伝送路から入力される監視制御光を受信して信号光の波長情報を取得すると共に、

50

監視制御光を生成して前記伝送路に送信する監視制御光処理回路を備えるとき、

該監視制御光処理回路は、停電時に前記伝送路から入力される監視制御光をそのまま前記伝送路に出力する機能を有することを特徴とする光分岐挿入装置。

【請求項 10】

波長の異なる複数の信号光を含んだ波長多重光が伝搬する伝送路に接続され、該伝送路から入力される波長多重光に対して少なくとも 1 つの波長の信号光を分岐または挿入することが可能であり、該信号光の分岐または挿入された前記波長多重光を前記伝送路に出力する光分岐挿入装置において、

前記伝送路から入力される波長多重光に対して少なくとも 1 つの波長の信号光を挿入して出力する挿入部と、

前記挿入部から出力される全ての波長の信号光を増幅して出力する増幅部と、

前記増幅部から出力される波長多重光を 2 つに分岐し、一方の分岐光から前記挿入部で挿入された信号光とは波長の異なる少なくとも 1 つの波長の信号光を取り出す分岐部と、

前記分岐部から出力される他方の分岐光に含まれる複数の信号光のうちの前記分岐部で取り出された信号光と同一波長の信号光をブロックし、残りの信号光を前記伝送路に出力するブロック部と、を備えて構成されたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の光分岐挿入装置であって、

前記挿入部は、2 つの入力ポートおよび 1 つの出力ポートを有し、一方の入力ポートに与えられる前記伝送路からの波長多重光と、他方の入力ポートに与えられる前記少なくとも 1 つの波長の信号光を合波して出力ポートから出力する光カプラを備え、

前記分岐部は、1 つの入力ポートおよび 2 つの出力ポートを有し、前記増幅部から出力される波長多重光が入力ポートに与えられ、その入力光を 2 つに分岐して各出力ポートから出力する光分岐カプラと、該光分岐カプラの一方の出力ポートから出力される波長多重光から前記挿入部で挿入された信号光とは波長の異なる少なくとも 1 つの波長の信号光を取り出す光フィルタ回路と、を備え、

前記ブロック部は、前記光フィルタ回路で取り出される信号光の波長を含んだブロック波長帯域を有する波長ブロックを備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【請求項 12】

請求項 1 または 2 に記載の光分岐挿入装置であって、

前記挿入部よりも前段の光路上に、前記伝送路の波長分散特性に対して逆の波長分散特性を有する分散補償部を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【請求項 13】

請求項 1 または 2 に記載の光分岐挿入装置であって、

前記ブロック部および前記挿入部は、複数の入力ポートと 1 つの出力ポートを有する第 1 波長選択スイッチを用いて構成され、

前記分岐部は、1 つの入力ポートと複数の出力ポートを有する第 2 波長選択スイッチを備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【請求項 14】

請求項 10 に記載の光分岐挿入装置であって、

前記挿入部よりも前段の光路上に、前記伝送路の波長分散特性に対して逆の波長分散特性を有する分散補償部を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【請求項 15】

請求項 10 に記載の光分岐挿入装置であって、

前記挿入部は、複数の入力ポートと 1 つの出力ポートを有する第 1 波長選択スイッチを用いて構成され、

前記分岐部および前記ブロック部は、1 つの入力ポートと複数の出力ポートを有する第 2 波長選択スイッチを備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 1 】

本発明は、波長の異なる複数の信号光を合波した波長多重（WDM：Wavelength Division Multiplexing）光から特定の波長の信号光を分岐または挿入する光分岐挿入装置（OADM：Optical Add/Drop Multiplexer）に関し、特に、光増幅器を用いて構成される光分岐挿入装置に関する。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

従来の光分岐挿入装置の1つ構成としては、例えば図24に示すように、アレイ導波路格子（AWG：Arrayed Waveguide Grating）101A、101Bを2つ組み合わせたものが知られている。このAWG101A、101Bは、光合波または光分波機能を持つデバイスで、入力ポートにWDM光が入力されると、出力側では波長毎に分波された光が各ポートから出力される。また逆に、予め決められた波長の光を各ポートにそれぞれ入力すると、出力側ではこれらが合波されたWDM光が1つのポートから出力される。このようなAWG101A、101Bを用いて構成した光分岐挿入装置では、光アンプを介して入力されるWDM光 $S_{IN}$ がAWG101Aで各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の信号光に分波され、各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ に対応した光分岐カプラ（CPL）102および $2 \times 1$ 光スイッチ（SW）103によって、各々の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ についての分岐（ドロップ）、挿入（アド）または透過（スルー）がそれぞれ制御される。そして、各 $2 \times 1$ 光スイッチ103から出力される各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の信号光がAWG101Bで再び合波され、それが光アンプを介して伝送路に送信される。上記の光分岐挿入装置では、伝送されるWDM光の各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ に対応させてAWG101A、101Bの透過波長特性が予め設計されており、AWG101A、101Bの各ポートの入出力波長特性は一般に固定である。このため、AWG101A、101Bの各ポートと信号光波長とが常に明確に管理されていることが上記の光分岐挿入装置の機能として重要になる。

## 【 0 0 0 3 】

また、従来の光分岐挿入装置の他の構成としては、例えば図25に示すように、4つのポートを有する音響光学チューナブルフィルタ（AOTF：Acousto-Optic Tunable Filter）を利用して信号光の分岐および挿入を制御する構成もある（例えば、特許文献1参照）。この光分岐挿入装置では、光アンプを介して入力されるWDM光 $S_{IN}$ がAOTF111の一方の入力ポートに与えられ、RF発振器112からAOTF111に与えられるRF信号の周波数に応じて、AOTF111で分岐され一方の出力ポートから出力される分岐光の波長 $\lambda_D$ と、AOTF111の他方の入力ポートに与えられる挿入光の波長 $\lambda_A (= \lambda_D)$ とが制御される。AOTF111の他方の出力ポートからは透過光および挿入光を合波したWDM光が出力され、それが光アンプを介して伝送路に送信される。

## 【 0 0 0 4 】

さらに、従来の光分岐挿入装置の別の構成としては、例えば図26に示すように、分岐部121、ブロック部122および挿入部123を順に接続するようにしたものもある（例えば、特許文献2、3参照）。この光分岐挿入装置の分岐部121では、入力されるWDM光 $S_{IN}$ の一部が $1 \times N$ 光カプラで分岐され、その分岐光がさらに $1 \times N$ 光カプラで分岐された後にドロップフィルタで分岐光の波長 $\lambda_D$ が選択される。ブロック部122では、分岐部121を透過したWDM光がリジ렉션フィルタに与えられ挿入光の波長 $\lambda_A$ に一致した信号光の通過が阻止される。挿入部123では、ブロック部122から出力される透過光に対して挿入光が合波され、そのWDM光が光アンプを介して伝送路に送信される。このような順番でWDM光 $S_{IN}$ に対する信号光の分岐および挿入を行うことにより、当該光ノードで生じる損失が低く抑えられるようになる。このため、上記のような配置を基本とした構成が従来の光分岐挿入装置の多くで採用されている。

【特許文献1】特開平11-218790号公報

【特許文献2】特開2003-198477号公報

【特許文献3】特開2003-279909号公報

【発明の開示】

10

20

30

40

50

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかしながら、上記のような従来の光分岐挿入装置には、次のような問題点がある。

図24に示した2つのAWGを組み合わせた構成については、AWGの各ポートの入出力波長特性が固定であるため、処理する信号光の波長数が多くなると各ポートと信号光波長の管理が複雑になり、柔軟なOADMノードを構成することが難しいという欠点がある。また、2つのAWG、光分岐カプラおよび $2 \times 1$ 光スイッチ等の損失を補償するための光アンプが入力段と出力段にそれぞれ配置されるため、装置のサイズが大きくなり、かつ、コストの上昇を招いてしまうという課題もある。

## 【0006】

一方、図25に示したAOTFを利用した構成については、RF信号の周波数に応じて分岐光、挿入光および透過光の各波長を任意に設定できるため、柔軟なOADMノードを構成することが可能である。しかし、AOTFは非常に高価であり、かつ、AOTFの4つのポートにそれぞれ対応させて光アンプを配置する必要があるため、光分岐挿入装置の高コスト化および大型化が避けられないという課題がある。

## 【0007】

また、図26に示した分岐部、ブロック部および挿入部を順に配置した構成についても、入力ポート、分岐ポート、挿入ポートおよび出力ポートのそれぞれに対応させて光アンプが配置されるため、高コストでサイズの大きな光分岐挿入装置になってしまうという問題点がある。

なお、本出願人は、上記図26に示したような従来の構成に関連して、初期導入時の装置コストの低減等を図るために、例えば図27に示すようなリジェクション・アドフィルタを用いた構成を提案している（例えば、特願2003-19067号参照）。この図27の構成例は、分岐部131にチューナブルフィルタを用いて分岐光に波長可変機能をもたせる一方、挿入部132における挿入光の波長を固定にしてリジェクション・アドフィルタを使用する。リジェクション・アドフィルタは、伝送路へ信号光を挿入するフィルタと、挿入光と同じ波長の信号光がネットワーク上を多重周回しないようにするリジェクションフィルタとを兼用したものであり、当該装置における透過光の光損失を小さくすることができる。このような構成を適用することにより、低コストで柔軟な光ネットワークを構成できる光分岐挿入装置が提供されるようになる。しかし、この先願発明の構成については、分岐部131のドロップポートにWDM用光アンプを配置しているが、入力ポートと出力ポートの間のインライン上には光アンプを配置していないため、光ノード間の伝送距離を延ばすことが難しいという課題が残されており、これを解決するためにインラインアンプを別途設けた場合にはコストアップを招いてしまう。また、挿入部132には挿入光の波長ごとに1波用光アンプが配置されているため、アド光の波長数が多くなった場合にもコストアップとなる。

## 【0008】

本発明は上記の点に着目してなされたもので、柔軟なOADMノードを構成できる小型で低コストの光分岐挿入装置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】

## 【0009】

上記の目的を達成するため、本発明の1つの態様は、例えば図1に示すように、波長の異なる複数の信号光を含んだWDM光が伝搬する伝送路Lに接続され、伝送路Lから入力されるWDM光 $S_{IN}$ に対して少なくとも1つの波長の信号光を分岐および挿入して伝送路Lに出力する光分岐挿入装置において、伝送路Lから入力されるWDM光 $S_{IN}$ に含まれる複数の信号光のうちの少なくとも1つの波長の信号光をブロックし、残りの信号光を透過するブロック部1と、ブロック部1を透過した信号光に対してブロック部1でブロックされた信号光と同一波長の信号光を挿入して出力する挿入部2と、挿入部2から出力される全ての波長の信号光を増幅して出力する増幅部3と、増幅部3から出力されるWDM光を2つに分岐し、一方の分岐光から挿入部2で挿入された信号光とは波長の異なる少な

10

20

30

40

50

くとも1つの波長の信号光を取り出すと共に、他方の分岐光 $S_{OUT}$ を伝送路 $L$ に出力する分岐部4と、を備えて構成されたことを特徴とする。

また、本発明の他の態様は、波長の異なる複数の信号光を含んだWDM光が伝搬する伝送路 $L$ に接続され、伝送路 $L$ から入力されるWDM光 $S_{IN}$ に対して少なくとも1つの波長の信号光を分岐または挿入することが可能であり、該信号光の分岐または挿入されたWDM光を伝送路 $L$ に出力する光分岐挿入装置において、伝送路 $L$ から入力されるWDM光に含まれる複数の信号光のうち、当該光分岐挿入装置で挿入される信号光の波長に一致する波長の光をブロックするブロック部1と、ブロック部1を出力した光に信号光を挿入して出力する挿入部2と、挿入部2から出力される全ての波長の信号光を増幅して出力する増幅部3と、増幅部3から出力されるWDM光を2つに分岐し、一方の分岐光から挿入部2で挿入された信号光とは波長の異なる信号光を取り出すと共に、他方の分岐光 $S_{OUT}$ を伝送路 $L$ に出力する分岐部4と、を備えて構成されたことを特徴とする。

10

#### 【0010】

また、本発明の他の態様は、例えば図2に示すように、波長の異なる複数の信号光を含んだWDM光が伝搬する伝送路 $L$ に接続され、伝送路 $L$ から入力されるWDM光 $S_{IN}$ に対して少なくとも1つの波長の信号光を分岐または挿入することが可能であり、該信号光の分岐または挿入されたWDM光を伝送路に出力する光分岐挿入装置において、伝送路 $L$ から入力されるWDM光 $S_{IN}$ に対して少なくとも1つの波長の信号光を挿入して出力する挿入部2と、挿入部2から出力される全ての波長の信号光を増幅して出力する増幅部3と、増幅部3から出力されるWDM光を2つに分岐し、一方の分岐光から挿入部2で挿入された信号光とは波長の異なる少なくとも1つの波長の信号光を取り出す分岐部4と、分岐部4から出力される他方の分岐光に含まれる複数の信号光のうちの分岐部4で取り出された信号光と同一波長の信号光をブロックし、残りの信号光 $S_{OUT}$ を伝送路 $L$ に出力するブロック部1'と、を備えて構成されたことを特徴とする。

20

#### 【0011】

上記のような各態様の光分岐挿入装置では、挿入光の波長 $\lambda_A$ および分岐光の波長 $\lambda_D$ を相違させることを前提として、伝送路 $L$ から入力されるWDM光 $S_{IN}$ に対する波長 $\lambda_A$ の信号光の挿入、WDM光(挿入部から出力される全ての波長の信号光)の増幅および波長 $\lambda_D$ の信号光の分岐がこの順番で行われる。また、信号光の挿入前または信号光の分岐後に、WDM光に含まれる挿入光と同一波長または分岐光と同一波長の信号光のブロッ

30

ックが行われる。これにより、従来の構成のように光分岐挿入装置内に複数台の光アンプを設ける必要がなくなる。

#### 【発明の効果】

#### 【0012】

本発明の光分岐挿入装置によれば、伝送路から入力されるWDM光に対する特定の波長の信号光の挿入、分岐および透過を実現するために1つの増幅部を配置するだけで済むため、小型で低コストの光分岐挿入装置を提供することができる。また、上記の増幅部がインライン上に配置されるため、光ネットワーク上のノード間の伝送距離を延ばすことも可能になる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

40

#### 【0013】

以下、本発明の光分岐挿入装置を実施するための最良の形態について添付図面を参照しながら説明する。なお、全図を通して同一の符号は同一または相当部分を示すものとする。

図3は、本発明の第1実施形態による光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

図3において、本実施形態の光分岐挿入装置は、例えば、前述の図1に示した基本構成におけるブロック部1としての波長ブロック(WB)11と、挿入部2としての光カプラ(CPL)21およびWDMカプラ22と、増幅部3としてのWDM光アンプ31と、分岐部4としての光分岐カプラ(CPL)41および光フィルタ回路42と、を備えて構成される。

50

## 【 0 0 1 4 】

波長ブロッカ 1 1 は、例えば、本光分岐挿入装置を用いて O A M D ノードを構成した光ネットワークの伝送路 L を伝搬する W D M 光  $S_{IN}$  が入力ポートに与えられる。この波長ブロッカ 1 1 は、入力光に対して予め選択した波長帯域の光の通過を阻止（ブロック）し、その他の光を透過して出力ポートから出力する公知の光デバイスである。以下では、波長ブロッカ 1 1 でブロックされる光の波長帯域をブロック波長帯域  $B$  と呼ぶことにする。このブロック波長帯域  $B$  は、ここでは、本光分岐挿入装置における挿入光の波長  $A$  を含み、かつ、分岐光の波長  $D$  および透過光の波長  $T$  を含まない波長帯域に設定される。すなわち、本光分岐挿入装置において波長の隣り合う複数の信号光が挿入されるとき、その挿入光の波長帯域  $A$  に対してブロック波長帯域  $B$  が略一致するように、波長ブロッカ 1 1 の波長特性が設定される。したがって、上記の波長ブロッカ 1 1 では、入力光  $S_{IN}$  に含まれる複数の波長の信号光のうち、本光分岐挿入装置における挿入光の波長  $A$  に一致した波長を有する信号光がブロックされ、分岐光の波長  $D$  および透過光の波長  $T$  に一致した波長を有する信号光が出力ポートから後段の光カプラ 2 1 に出力されることになる。なお、本実施形態における波長ブロッカ 1 1 は、上記の関係を満たすそのブロック波長帯域  $B$  を有していれば、そのブロック波長帯域  $B$  が固定のものであっても可変のものであっても構わない。

10

## 【 0 0 1 5 】

光カプラ 2 1 は、2つの入力ポートと1つの出力ポートを有する一般的な光カプラであり、一方の入力ポートが波長ブロッカ 1 1 の出力ポートに接続され、他方の入力ポートが W D M カプラ 2 2 の合波側ポートに接続され、出力ポートが W D M 光アンプ 3 1 の入力ポートに接続されている。この光カプラ 2 1 では、波長ブロッカ 1 1 を通過した信号光と W D M カプラ 2 2 から出力される挿入光とが合波され、それが出力ポートから後段の W D M 光アンプ 3 1 に出力される。

20

## 【 0 0 1 6 】

W D M カプラ 2 2 は、本光分岐挿入装置において挿入される複数の波長の信号光が各波長に対応した分波側ポートにそれぞれ与えられ、各々の信号光を波長多重して合波側ポートから出力するものである。

W D M 光アンプ 3 1 は、光カプラ 2 1 からの出力光を一括して増幅することのできる公知の光アンプであり、具体的には例えば、希土類添加光ファイバ増幅器やラマン増幅器、半導体光増幅器等を用いることが可能である。

30

## 【 0 0 1 7 】

光分岐カプラ 4 1 は、1つの入力ポートと2つの出力ポートを有し、入力ポートに与えられる光を所定のパワー比率で2つに分岐して各出力ポートから出力する一般的な光カプラである。ここでは、光分岐カプラ 4 1 の分岐比を  $A1 : A2$  として表すことにする。本実施形態の光分岐カプラ 4 1 では、W D M 光アンプ 3 1 で増幅された W D M 光が入力ポートに与えられ、 $A1 / (A1 + A2)$  のパワーに分岐された光が本光分岐挿入装置の出力光  $S_{OUT}$  として一方の出力ポートから出力され、 $A2 / (A1 + A2)$  のパワーに分岐された光が他方の出力ポートから光フィルタ回路 4 2 に出力される。

40

## 【 0 0 1 8 】

光フィルタ回路 4 2 は、光分岐カプラ 4 1 で分岐された光が入力ポートに与えられ、その入力光から本光分岐挿入装置で分岐（ドロップ）する波長  $D$  の信号光を取り出して対応する出力ポートからそれぞれ出力する。

次に、第 1 実施形態の光分岐挿入装置の動作について説明する。

上記のような構成の光分岐挿入装置では、伝送路 L を伝搬する W D M 光が入力されると、その入力光  $S_{IN}$  が最初に波長ブロッカ 1 1 に与えられることによって、入力光  $S_{IN}$  に含まれる各波長の信号光のうちで後段の光カプラ 2 1 で合波される挿入光と同じ波長をもつ信号光がブロックされる。このように挿入光と同じ波長をもつ信号光を挿入光の合波前にブロックして、当該波長の信号光がリング状の光ネットワーク上を 1 周以上伝送されないようにすることによって、例えば図 4 に示すように、波長  $\lambda_1$  の信号光をノード  $N_A$  から挿

50

入してノード $N_C$ で分岐するような光パスを設定する場合に、ノード $N_C$ の下流となるノード $N_D$ 以降の区間でも波長 $\lambda_1$ の光パスを設定することが可能になる。すなわち、リング状の光ネットワークの各ノードに用いられる光分岐挿入装置が上記のような波長ブロック11を備えていない場合、ノード $N_A \sim N_C$ 間で伝送される波長 $\lambda_1$ の信号光の一部（ノード $N_C$ の光分岐カブラ41で2分岐されてネットワーク上に送信される出力光 $S_{OUT}$ の波長 $\lambda_1$ 成分）がノード $N_D$ 以降も周回してしまうため、ノード $N_D \sim N_E$ 間に波長 $\lambda_1$ の光パスを別途設定することができなくなる。一方、本実施形態の構成では、ノード $N_C$ からネットワーク上に出力される波長 $\lambda_1$ の信号光がノード $N_D$ の光分岐挿入装置の初段でブロックされるため、ノード $N_D \sim N_E$ 間でも波長 $\lambda_1$ の信号光を伝送することができ、光ネットワークの効率的な運用が可能になる。

10

#### 【0019】

波長ブロック11（図3）を通過した信号光に対しては、WDMカブラ22で波長多重された挿入光が光カブラ21で合波される。このとき合波される挿入光のパワーは、光カブラ21の後段に配置されたWDM光アンプ31において所要のレベルまで増幅することが可能であるため、従来の挿入部の構成（例えば図26や図27）のように光カブラの挿入ポート側に接続する光路上に光アンプを配置する必要がなくなる。なお、光カブラ21で合波したWDM光に関しては、挿入光の1波あたりのパワーが波長ブロック11を通過した信号光の1波あたりのパワーと略等しくなるようにするのが望ましい。このためには、例えば、光カブラ21の合波特性を挿入光の供給状態等に応じて最適化しておく。

#### 【0020】

20

光カブラ21で挿入光が合波されたWDM光は、WDM光アンプ31で全ての波長の信号光が一括して増幅された後、光分岐カブラ41に送られてA1：A2のパワー分岐比に従って2分岐される。この光分岐カブラ41の分岐比は、WDM光アンプ31における利得を考慮して、例えば、出力光 $S_{OUT}$ のトータルパワーが下流の光ノードの入力ダイナミックレンジに対応したレベルとなり、かつ、本光ノードにおける分岐光の1波あたりのパワーが予め設定された規定値を満たすように設定されている。従来の構成の分岐部においては、透過光に対する光損失を小さくするために、光分岐カブラの透過ポート側のパワー比率（A1）に対して分岐ポート側のパワー比率（A2）が十分に小さくなるように分岐比が設定されていた（例えば、A1：A2 = 20：1等）。このため、従来の構成では分岐光を増幅するための光アンプを分岐ポートに接続する光路上に配置する必要があった。これに対して本実施形態の構成では、光分岐カブラ41に入力されるWDM光のパワーをWDM光アンプ31で必要なレベルまで増幅することができるため、分岐ポート側のパワー比率（A2）を相対的に大きくしても（例えば、A1：A2 = 1：1等）、十分なパワーレベルの出力光 $S_{OUT}$ を確保することが可能になる。したがって、WDM光アンプ31の利得と、光分岐カブラ41の分岐比とを適切に設定することにより、1台のWDM光アンプ31だけでOADMノードに要求される性能を満たすことができるようになる。また、WDM光アンプ31の利得を高くして出力光 $S_{OUT}$ のパワーを増大させれば、ノード間の伝送距離を延ばすことも可能になる。

30

#### 【0021】

上記のように第1実施形態によれば、挿入光の波長 $\lambda_A$ および分岐光の波長 $\lambda_D$ を相違させ、入力光 $S_{IN}$ に対する挿入光と同一波長のブロック、波長 $\lambda_A$ の信号光の挿入および波長 $\lambda_D$ の信号光の分岐をこの順番で行うと同時に、波長 $\lambda_A$ の信号光を挿入した後で、波長 $\lambda_D$ の信号光を分岐する前のWDM光の増幅を行うようにしたことで、従来の構成のように光分岐挿入装置内に複数台の光アンプを設ける必要がなくなるため、光分岐挿入装置の小型化および低コスト化を実現することが可能になる。また、光分岐挿入装置の入力ポートと出力ポートの間のインライン上にWDM光アンプが配置されるため、光ネットワーク上のノード間の伝送距離を延ばすことも可能である。

40

#### 【0022】

次に、本発明の第2実施形態について説明する。

図5は、本発明の第2実施形態による光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

50



図5において、本光分岐挿入装置の構成が上記第1実施形態の構成(図3)と異なる部分は、第1実施形態で用いた波長ブロック11および光カプラ21に代えて、リジェクション・アドフィルタ12を備えるようにした部分である。上記以外の他の構成は第1実施形態の場合と同様であるため説明を省略する。

#### 【0023】

リジェクション・アドフィルタ12は、例えば図6(A)に示すように、共通ポート $P_1$ 、挿入ポート $P_2$ および反射ポート $P_3$ の3つのポートを有し、内部に設けられた薄膜フィルタ(TFF: Thin Film Filter)によって、図6(B)に示すような共通ポート $P_1$ から反射ポート $P_3$ への透過(または反射)波長特性と、挿入ポート $P_2$ から反射ポート $P_3$ への透過(または反射)波長特性とを実現する公知の光フィルタである。ここでは、上記リジェクション・アドフィルタ12の共通ポート $P_1$ に対して伝送路Lから入力されるWDM光 $S_{IN}$ が与えられ、挿入ポート $P_2$ に対してWDMカプラ22から出力される挿入光が与えられ、反射ポート $P_3$ がWDM光アンプ31の入力ポートに接続されるようにすることで、第1実施形態における波長ブロック11および光カプラ21の双方の機能が1つのデバイスで実現される。このリジェクション・アドフィルタ12は、一般的にブロック波長 $\lambda_B$ および挿入波長 $\lambda_A$ がいずれも固定波長となるため、その特性を生かした装置構成とすることにより、装置の小型化および低コスト化を実現するのに有用な光部品である。このようなリジェクション・アドフィルタ12の具体例としては、fibernet社製の“4 Skip 1 Filter”という名称で市販されている製品等を使用することが可能である。なお、上記のような市販品を使用する際、ブロック波長 $\lambda_B$ に対する遮断損失等の特性が不足する場合には、当該フィルタを多段接続(共通ポート $P_1$ と反射ポート $P_3$ を互いに接続)することにより、所望の遮断特性を売ることが可能である。

#### 【0024】

上記のようなリジェクション・アドフィルタ12を適用することにより、入力光 $S_{IN}$ に含まれる各波長の信号光のうちで本光ノードにおける挿入光の波長 $\lambda_A$ と同じ波長の信号光をブロックし、かつ、入力光 $S_{IN}$ に含まれるその他の波長の信号光とWDMカプラ22から出力される挿入光とを合波する2つの機能が1つのデバイスで実現されるようになる。これにより、本光分岐挿入装置における透過光の光損失を小さくすることができると共に、より小型で低コストの光分岐挿入装置を提供することが可能になる。

#### 【0025】

次に、本発明の第3実施形態について説明する。ここでは、上述した第1実施形態の光分岐挿入装置についての具体的な応用例を示す。

図7は、本発明の第3実施形態による光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

図7に示す光分岐挿入装置の1つの特徴は、第1実施形態における分波部の光分岐カプラ41に代えて、分岐比を変化させることのできる可変光分岐カプラ41'を設け、本ノードにおける分岐光の波長設定等に応じて可変光分岐カプラ41'の分岐比を調整して、下流のノードに送信されるWDM光 $S_{IN}$ および分岐光のパワーを制御できるようにしたことである。また、本光分岐挿入装置の他の特徴は、波長ブロック11'の前段に可変光減衰器24を挿入して、光カプラ21で合波される透過光および挿入光のパワーのバランスを制御できるようにしたことである。

#### 【0026】

具体的には、分岐光の波長設定の変化に対応できるようにするために、可変光分岐カプラ41'の分岐ポートの先には $1 \times J$ 光分岐カプラ43、 $J$ 個のチューナブルフィルタ44<sub>1</sub>~44<sub>J</sub>および $J$ 個の受信器(O/E)45<sub>1</sub>~45<sub>J</sub>が設けられる。ただし、ここでは本ノードに対して設定され得る分岐光の最大波長数を $J$ としている。また、可変光分岐カプラ41'の透過ポートの先には、出力光 $S_{IN}$ のパワーをモニタするための光分岐カプラ46および受光器(PD)47が配置される。なお、上記の可変光分岐カプラ41'の具体的な構成としては、例えば、論文: Kaname Jinguji et al., “Two-port optical wavelength circuits composed of cascaded Mach-Zehnder interferometers with point-symmetrical configurations”, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY VOL.14, No.10, October

10

20

30

40

50

1996,に記載された構成や、特許第2691097号明細書に記載の「導波路型光合分波器」を応用して実現することが可能である。また、C.I.R.社製の“POLARIZATION MAINTAINING VARIABLE RATIO EVANESCENT WAVE COUPLERS”(Product Data 905(P)/905(P)-E)等を使用することもできる。

#### 【0027】

また、挿入光の波長設定の変化に対応できるようにするために、K個の波長可変送信器( $E/O$ ) $23_1 \sim 23_K$ が設けられ、各波長可変送信器 $23_1 \sim 23_K$ から出力される光がWDMカブラ22で合波されて光カブラ21に与えられるようにする。ここでは本ノードに対して設定され得る挿入光の最大波長数をKとしている。さらに、ダイナミック波長ブロッカ11'を使用することにしてブロック波長帯域 $B$ も可変とする。加えて、可変光減衰器24およびダイナミック波長ブロッカ11'の間には、可変光減衰器24からの出力光パワーをモニタするための光分岐カブラ25および受光器(PD)26が配置される。なお、上記のダイナミック波長ブロッカ11'の具体例としては、JDS Uniphase社製の“Dynamically Reconfigurable Wavelength Blocker for C or Extended L Band”という名称で市販されている製品や、AVANEX社製の“PowerBlocker™”などを使用することが可能である。

#### 【0028】

上記の受光器26でモニタされる可変光減衰器24からの出力光パワーを示す信号および受光器47でモニタされる出力光 $S_{IN}$ のパワーを示す信号は、制御回路51に送られる。この制御回路51には、各受光器26,47のモニタ結果の他にOSC処理回路53によって取得される信号光の波長情報も与えられ、これらの情報に基づいて、可変光分岐カブラ41'の分岐比、WDM光アンプ31の設定利得、各チューナブルフィルタ $44_1 \sim 44_J$ の透過波長、各波長可変送信器 $23_1 \sim 23_K$ の出力波長、可変光減衰器24の減衰量、およびダイナミック波長ブロッカ11'のブロック波長帯域 $B$ がそれぞれ制御される。なお、OSC処理回路53は、上流のノードから信号光と共に伝送される監視制御光(OSC)を本光分岐挿入装置の入力端に設けた分波器52で取り出し、その監視制御光に含まれる信号光の波長情報の識別処理を行うと共に、下流のノードに伝達する監視制御光を生成し、それを本光分岐挿入装置の出力端に設けた合波器54で出力光 $S_{OUT}$ と合波して光ネットワーク上に送信するものである。

#### 【0029】

ここで、上記の制御回路51による、可変光分岐カブラ41'の分岐比およびWDM光アンプの設定利得の制御、並びに、可変光減衰器24の減衰量の制御について詳しく説明する。

本光分岐挿入装置では、前述したように、分岐光の波長設定等に応じて可変光分岐カブラ41'の分岐比を調整することで、下流のノードに送信されるWDM光 $S_{IN}$ および分岐光のパワーが制御される。具体的には、OSC処理回路53から制御回路51に送られる信号光の波長情報に従って本ノードにおける分岐光の波長数および波長配置等の波長設定が決まると、その分岐光の波長設定に対応させて各チューナブルフィルタ $44_1 \sim 44_J$ の透過波長が制御回路51により最適化される。また、これと同時に、上記の波長設定に対応した各分岐光のパワーが予め設定された規定値を満たし、かつ、出力光 $S_{OUT}$ のトータルパワーが下流のノードの入力ダイナミックレンジに対応したレベルとなるように、可変光分岐カブラ41'の分岐比( $A1:A2$ )が制御回路51により最適化される。例えば、分岐光の波長数が増加するような設定変更が生じた場合を考えると、可変光分岐カブラ41'の分岐ポート側に出力される光のパワーが増加するように分岐比が調整される。この分岐比の調整によって透過ポート側に出力される光 $S_{OUT}$ のトータルパワーが減少することになるので、その変化が光分岐カブラ46および受光器47でモニタされる。そして、出力光 $S_{OUT}$ のトータルパワーが下流のノードの入力ダイナミックレンジに対応しなくなるレベルまで低下した場合には、WDM光アンプ31の利得設定を調整して出力光 $S_{OUT}$ のトータルパワーが制御される。なお、分岐比調整後の出力光 $S_{OUT}$ のトータルパワーが下流のノードの入力ダイナミックレンジに対応したレベルであれば、WDM光アンプ31

10

20

30

40

50

の利得設定を調整する必要は特にない。

#### 【0030】

また、本光分岐挿入装置では、挿入光の波長設定に応じて可変光減衰器24の減衰量を調整することで、光カプラ21で合波される透過光および挿入光のパワーのバランスも制御される。具体的には、OSC処理回路53から制御回路51に送られる信号光の波長情報に従って本ノードにおける挿入光の波長数および波長配置等の波長設定が決まると、その挿入光の波長設定に対応させて、各波長可変送信器 $23_1 \sim 23_K$ の出力波長およびダイナミック波長ブロック11'のブロック波長帯域 $B$ が制御回路51によりそれぞれ最適化される。また、これと同時に、光カプラ21で合波される透過光および挿入光の1波あたりのパワーが略等しくなるように、可変光減衰器24の減衰量が制御回路51により受光器26のモニタ値を参照しながら最適化される。

10

#### 【0031】

上記のような制御回路51による各可変デバイスの制御により、分岐光や挿入光の波長設定に変更が生じた場合でも、信号光の挿入および分岐を安定して行うことができるため、柔軟なOADMノードを構成することが可能になる。

なお、上記の第3実施形態では、光カプラ21で合波される透過光および挿入光のパワーのバランスを制御するために、ダイナミック波長ブロック11'の前段に可変光減衰器24を配置した構成例を示したが、例えば図8に示すように、光カプラ21の挿入ポートに接続する光路上に可変光減衰器24を配置し、WDMカプラ22で合波された挿入光のパワーを可変光減衰器24で調整してパワーのバランスの制御を行うようにしてもよい。また、ここでは図示しないが、ダイナミック波長ブロック11'の前段および光カプラ21の挿入ポートに接続する光路上の両方に可変光減衰器を配置してパワーのバランスの制御を行うことも勿論可能である。

20

#### 【0032】

さらに、上記透過光および挿入光のパワー制御は、可変光減衰器の減衰量の調整による構成に限定されるものではなく、例えば図9に示すように、各入力ポートに与えられる光のパワーの合波比率を可変にした光カプラ21'を使用して透過光および挿入光の合波を行うようにし、その光カプラ21'の合波特性を調整することで透過光および挿入光のパワー制御を行うようにしてもよい。なお、上記可変の合波特性を有する光カプラ21'の具体例は、前述した可変光分岐カプラ41'の場合と同様である。

30

#### 【0033】

加えて、上記の第3実施形態では、上述した第1実施形態の構成についての応用例を示したが、リジェクション・アドフィルタを用いた第2実施形態の構成についても同様にして応用することが可能である。

次に、本発明の第4実施形態について説明する。

図10は、本発明の第4実施形態による光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

#### 【0034】

図10において、本光分岐挿入装置の構成が上述した第1実施形態の構成(図3)と異なる部分は、第1実施形態において光カプラ21の前段に配置していた波長ブロック11に代えて、光分岐カプラ41の透過ポートに接続する光路上に波長ブロック13を配置するようにした部分である。上記以外の他の構成は第1実施形態の場合と同様であるため説明を省略する。

40

#### 【0035】

波長ブロック13は、そのブロック波長帯域 $B$ が本光分岐挿入装置における分岐光の波長 $D$ を含み、かつ、挿入光の波長 $A$ および透過光の波長 $T$ を含まない波長帯域に設定される。すなわち、本光分岐挿入装置において波長の隣り合う複数の信号光が分岐されるとき、その分岐光の波長帯域 $D$ に対してブロック波長帯域 $B$ が略一致するように、波長ブロック13の波長特性が設定される。したがって、上記の波長ブロック13では、出力光 $S_{OUT}$ に含まれる複数の波長の信号光のうち、本光分岐挿入装置における分岐

50

光の波長  $\lambda_D$  に一致した波長を有する信号光がブロックされ、波長  $\lambda_A$  の挿入光のおよび波長  $\lambda_T$  の透過光が下流のノードに向けて出力されることになる。

【0036】

上記のような構成の光分岐挿入装置では、出力光  $S_{OUT}$  に含まれる波長  $\lambda_D$  の信号光が分岐光の分岐後にブロックされることで、波長  $\lambda_D$  の信号光がリング状の光ネットワーク上を1周以上伝送することが回避される。これにより、上述の図4に示したように、波長  $\lambda_1$  の信号光をノード  $N_A$  から挿入してノード  $N_C$  で分岐するような光パスを設定する場合に、ノード  $N_C$  の下流となるノード  $N_D$  以降の区間でも波長  $\lambda_1$  の光パスを設定することが可能になる。よって、第4実施形態の光分岐挿入装置でも第1実施形態の場合と同様の効果を得ることができる。

10

【0037】

次に、本発明の第5実施形態について説明する。ここでは、上記第4実施形態の光分岐挿入装置についての具体的な応用例を示す。

図11は、本発明の第5実施形態による光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

図11に示す光分岐挿入装置の構成は、前述した第3実施形態の構成（図7）と基本的に同様であり、その相違点は、上記第4実施形態の構成に対応させて光分岐カプラ41の透過ポートに接続する光路上にダイナミック波長ブロック13'を配置した点である。このような構成の光分岐挿入装置においても、前述した第3実施形態の場合と同様の作用および効果を得ることができる。

20

【0038】

なお、上記の第5実施形態では、前述の図7に示した構成に対応する第4実施形態の具体的な応用例を考えたが、これと同様に、前述の図8または図9に示した構成に対応する応用例を考えることも勿論可能である。

次に、本発明の第6実施形態について説明する。ここでは、光分岐挿入装置に異常（例えば、WDM光アンプの故障や停電等）が発生した場合においても、光ネットワーク上の他のノード間における通信が中断されないようにした応用例を示す。

【0039】

図12は、本発明の第6実施形態による光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

30

図12において、本光分岐挿入装置は、例えば上述した第1実施形態の構成（図3）について、WDM光アンプ31の故障時にWDM光を迂回させるための迂回光路32を設けると共に、本ノードに伝達される監視制御光を停電時に通過させる機能を付加したOSC処理回路53'を備えるようにしたものである。

【0040】

迂回光路32は、例えば、WDM光アンプ31の前後に1×2光スイッチ32A、32Bを挿入し、各1×2光スイッチ32A、32Bのクロス端子間を直接接続して形成される。各1×2光スイッチ32A、32Bの切り替え動作は、図示しないスイッチ制御回路によって制御され、WDM光アンプ31が正常に動作しているときにはバー状態、WDM光アンプ31に異常が発生したときにはクロス状態となる。

40

【0041】

OSC処理回路53'は、例えば、2×2光スイッチ53A、OSC受信器53BおよびOSC送信器53Cを有し、本光分岐挿入装置の入力端に設けた分波器52で取り出される監視制御光（OSC）が2×2光スイッチ53Aを介してOSC受信器53Bに与えられると共に、OSC送信器53Cで生成された監視制御光が2×2光スイッチ53Aを介して本光分岐挿入装置の出力端に設けた合波器54に与えられるように各々が接続されている。2×2光スイッチ53Aの切り替え動作は、図示しないスイッチ制御回路によって制御され、通電時にはクロス状態、停電時にはバー状態となる。

【0042】

上述した第1実施形態の光分岐挿入装置では、WDM光アンプ31に故障が発生した場

50

合、そのWDM光アンプ31は前段からのWDM光を後段に伝達することができなくなるため、光ネットワーク全体の通信が中断されてしまうことになる。このような状況を回避するため、本実施形態の光分岐挿入装置では、WDM光アンプ31が故障すると、各1×2光スイッチ32A, 32Bがバー状態からクロス状態に切り替えられ、光カプラ21から出力されるWDM光が迂回光路32を通過して光分岐カプラ41に送られる。これにより、OADMノードとしての正常な動作はできなくなるものの、光ネットワーク上の他のノード間の通信は維持されるようになる。なお、WDM光アンプ31に故障が発生していても、OSC処理回路53'による監視制御光の処理は主信号光とは別に行われるため、本ノードでの故障発生を監視制御光に載せて下流のノードに伝達することができる。

#### 【0043】

一方、停電等により本光分岐挿入装置への電源供給が途絶えてしまった場合には、OSC処理回路53'による監視制御光の処理も不能になり、上流のノードからの監視制御情報を下流のノードに伝達することができなくなってしまう。これを回避するために本実施形態の光分岐挿入装置では、停電が発生すると、2×2光スイッチ53Aがクロス状態からバー状態に切り替えられ、上流のノードから送られてくる監視制御光がそのまま下流のノードに送信される。これにより、本ノードの停電状態を下流のノードに伝えることはできなくなるものの、光ネットワーク上の他のノード間で監視制御光を伝達することは可能になる。

#### 【0044】

上記のように第6実施形態の光分岐挿入装置によれば、1つのノードでWDM光アンプ31の故障や停電が発生しても、光ネットワーク全体の通信が中断されるといった事態は回避でき、他のノード間の通信を維持することが可能になる。

なお、上記の第6実施形態では、各1×2光スイッチ32A, 32BをWDM光アンプ31の前後に配置した一例を示したが、各1×2光スイッチ32A, 32Bの配置は上記の一例に限られるものではなく、例えば図13に示すように、OSC用の分波器52と波長ブロッカ11の間に1×2光スイッチ32Aを配置し、光分岐カプラ41とOSC用の合波器54の間に1×2光スイッチ32Bを配置するようにしてもよい。図13の構成によれば、WDM光アンプの故障時に本ノードを通過する信号光に生じる損失を最小にすることが可能になる。

#### 【0045】

また、上記の第6実施形態では、第1実施形態の構成について迂回光路32等を設けた場合を説明したが、これと同様にして上述した第2～第5実施形態の各構成にも応用することが可能である。

次に、本発明の第7実施形態について説明する。ここでは、光分岐挿入装置において波長分散補償を行う場合の好ましい構成例を示す。

#### 【0046】

図14は、本発明の第7実施形態による光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

図14において、本光分岐挿入装置は、例えば上述した第2実施形態の構成(図5)について、伝送路Lを伝搬するWDM光 $S_{IN}$ が与えられる入力ポートとリジェクション・アドフィルタ12との間に、分散補償部としての分散補償ファイバ(DCF)61を挿入してWDM光 $S_{IN}$ の波長分散補償を行うようにしたものである。この分散補償ファイバ61は、伝送路Lの波長分散特性に対して逆の波長分散特性を有する周知の光ファイバである。なお、ここでは分散補償ファイバを用いて波長分散補償を行う一例を示すが、本発明の分散補償部は分散補償ファイバに限定されるものではなく、公知の波長分散補償デバイスを適用することが可能である。また、分散補償部における波長分散の補償量は固定であっても可変であっても構わない。

#### 【0047】

一般に、光ネットワーク上のノード装置において波長分散補償を行う場合には、例えば図15の上段に示すように、分散補償ファイバ(DCF)141を2つの光アンプ142

10

20

30

40

50

、143で挟み込む構成が知られている。この構成では、分散補償ファイバ141において非線形効果による特性劣化を起こさない程度に前段の光アンプ142の光出力を抑制するとともに、後段の光アンプ143の光出力レベルを高くして伝送距離を延ばすような制御が行われる。このような従来の構成を上述した本発明の第2実施形態に適用した場合、図15の下段に示すように、リジェクション・アドフィルタ12とWDM光アンプ31との間に光アンプ142および分散補償ファイバ141を設けることになる。

【0048】

しかしながら、上記のような波長分散補償のための従来構成を組み合わせた光分岐挿入装置は、光アンプが2つ必要となるためコストアップになるという欠点がある。また、リジェクション・アドフィルタ12を透過する光の波長分散値と、その透過光に対してリジェクション・アドフィルタ12で合波される挿入光の波長分散値とは基本的に大きく異なるため、それらの光の波長分散補償を共通の分散補償ファイバ141によって同時に行うことができないという問題点もある。

【0049】

そこで、第7実施形態では、波長分散補償の位置をリジェクション・アドフィルタ12と光分岐カプラ41の間の光路上とするのではなく、リジェクション・アドフィルタ12の前段、つまり、挿入部よりも前段の光路上に分散補償ファイバ61を配置する構成を採る。このような構成では、分散補償ファイバ前段の光アンプ142を省略することが可能であるためコストアップを抑えることができるとともに、透過光に対して挿入光が合波される前の段階で波長分散補償が行われるため、補償前の透過光の波長分散値と挿入光の波長分散値とが大きく異なっても透過光に対してのみ波長分散補償を行うことができ、補償後の透過光および挿入光の各波長分散値を揃えることが可能となる。

【0050】

図16は、本発明の構成について波長分散補償を行う位置による優劣比較を行った結果を示すものである。ここでは、挿入部、増幅部および分岐部に対する分散補償ファイバの各配置について、透過光および挿入光の波長分散値を揃えることが可能であるかということと、分散補償ファイバ内での非線形効果による劣化を抑制できるかということとをポイントとして優劣を比較している。

【0051】

前述したように分散補償ファイバを挿入部の前段に配置した場合には(図16の1段目)、透過光および挿入光の波長分散値を揃えることができ、かつ、分散補償ファイバ内での非線形効果による劣化を抑制することができる。一方、分散補償ファイバを挿入部と増幅部の間に配置した場合には(図16の2段目)、分散補償ファイバ内での非線形効果による劣化を抑制することはできるものの、透過光および挿入光の波長分散値を揃えることはできない。また、分散補償ファイバを増幅部と分岐部の間、または分岐部の後段に配置した場合には(図16の3, 4段目)、透過光および挿入光の波長分散値を揃えることも、分散補償ファイバ内での非線形効果による劣化を抑制することも困難である。

【0052】

なお、上記第7実施形態では、分散補償ファイバ前段の光アンプを省略した構成例を示したが、例えば図17に示すように、分散補償ファイバ61の挿入損失を補う程度の利得の小さな光アンプ62を分散補償ファイバ61の前段に設けるようにしても構わない。この場合、光アンプ62によるコストアップは生じるものの、透過光および挿入光の波長分散値を揃えるという効果は得ることができる。

【0053】

また、上記第7実施形態では、第2実施形態について波長分散補償に対応した構成例を示したが、他の実施形態についても上記と同様の構成を適用することが可能である。

次に、本発明の第8実施形態について説明する。ここでは、波長選択スイッチ(Wavelength Selective Switch: WSS)を利用して挿入部および分岐部を構成した変形例を示す。

【0054】

図 18 は、本発明の第 8 実施形態による光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

図 18 において、本実施形態の光分岐挿入装置は、例えば前述した第 7 実施形態の構成（図 14）について、リジェクション・アドフィルタ 12 および WDM カプラ 22 に代えて波長選択スイッチ 27 を設けるとともに、光分岐カプラ 41 および光フィルタ回路 42 に代えて波長選択スイッチ 48 を設けるようにしたものである。

【0055】

各波長選択スイッチ 27, 48 は、例えば図 19 に示すように、1つの入出力ポート  $P_A$  および複数の入出力ポート  $P_B$  と、回折格子および MEMS ミラーを備えた光学系とを有し、入出力ポート  $P_A$  に与えられる WDM 光から任意の波長を選択して任意の入出力ポート  $P_B$  に出力することができ、また、各入出力ポート  $P_B$  に逆向きに同じ波長を入力すると入出力ポート  $P_A$  に戻すことのできる可逆の特性を備えた公知の光スイッチである。図 20 は、上記のような波長選択スイッチの特性を模式的に示したものである。

【0056】

図 18 の構成例では、波長選択スイッチ 27 の複数の入出力ポート  $P_B$  のうちの 1 つに対して分散補償ファイバ 61 を通過した WDM 光が入力され、波長選択スイッチ 27 の残りの入出力ポート  $P_B$  に対して挿入光が入力されて、波長選択スイッチ 27 の 1 つの入出力ポート  $P_A$  から出力される WDM 光が WDM 光アンプ 31 に与えられる。また、波長選択スイッチ 48 の 1 つの入出力ポート  $P_A$  に対して WDM 光アンプ 31 の出力光が入力されて、波長選択スイッチ 48 の複数の入出力ポート  $P_B$  のうちの 1 つから透過光が出力され、残りの入出力ポート  $P_B$  から分岐光が出力される。

【0057】

上記のような構成の光分岐挿入装置では、伝送路 L を伝搬して本装置の入力ポートに与えられる WDM 光  $S_{IN}$  が分散補償ファイバ 61 に送られ、分散補償ファイバ 61 を通過した WDM 光が波長選択スイッチ 27 の複数の入出力ポート  $P_B$  のうちの 1 つに入力される。波長選択スイッチ 27 では、MEMS ミラーの角度が制御されることにより、入力光に含まれる各波長の信号光のうちで他の入出力ポート  $P_B$  に入力される挿入光の波長  $\lambda_A$  とは異なる波長の信号光が入出力ポート  $P_A$  に与えられるとともに、他の入出力ポート  $P_B$  に入力される挿入光が入出力ポート  $P_A$  に与えられ、それらの光を合波した WDM 光が WDM 光アンプ 31 に出力される。ここでは、波長選択スイッチ 27 がブロック部および挿入部としての機能を備える。

【0058】

WDM 光アンプ 31 で増幅された WDM 光は、波長選択スイッチ 48 の入出力ポート  $P_A$  に入力される。波長選択スイッチ 48 では、MEMS ミラーの角度が制御されることにより、入力光に含まれる波長  $\lambda_D$  以外の信号光が伝送路 L に接続された入出力ポート  $P_B$  に送られ、波長  $\lambda_D$  の信号光が分岐光として対応する入出力ポート  $P_B$  から出力される。

なお、図 18 に示した構成例では、波長選択スイッチ 48 において波長  $\lambda_D$  の信号光がすべてドロップされるため、光ネットワーク上に存在する複数の拠点のうちの特定の拠点で同じ波長の信号光を同時にドロップする所謂マルチキャスト伝送や、全ての拠点で同じ波長の信号光を同時にドロップする所謂ブロードキャスト伝送を行うことは困難である。マルチキャスト伝送やブロードキャスト伝送に対応するためには、例えば図 21 に示すように、WDM 光アンプ 31 と波長選択スイッチ 48 の間に光分岐カプラ 49 を設け、WDM 光アンプ 31 から出力される WDM 光を光分岐カプラ 49 で 2 つに分岐し、一方の WDM 光を波長選択スイッチ 48 の入出力ポート  $P_A$  に与え、他方の WDM 光をそのまま伝送路 L に出力するような構成を適用すればよい。

【0059】

上記のように第 8 実施形態によれば、波長選択スイッチを利用して光分岐挿入装置を構成しても前述した第 7 実施形態と同様の作用効果を得ることができ、より小型で低コストの光分岐挿入装置を実現することが可能になる。また、波長選択スイッチを利用して光分岐挿入装置を構成することにより、例えばリングネットワークの増設を行う場合に、増設

10

20

30

40

50

に伴って新たに波長選択スイッチを準備する必要がないため、増設時におけるコストアップを抑えることができるという効果も得られる。

【 0 0 6 0 】

このリングネットワーク増設時の効果について具体的に説明すると、波長選択スイッチを用いた光分岐挿入装置では、リングネットワーク上を伝送されるWDM光に含まれる任意の信号光を波長選択スイッチ48の所望の入出力ポートに選択的に出力できるため、その波長選択スイッチ48の入出力ポートを用いてリングネットワークの増設を行うことが可能である。上述の図26等にしたような分岐部の後段に挿入部を配置する従来の構成について波長選択スイッチを適用した場合を考えると、リングネットワークの増設を行うためには、例えば図22に示すように、前段の波長選択スイッチの分岐光出力ポートおよび後段の波長選択スイッチの挿入光入力ポートに対して別途用意した一对の波長選択スイッチを接続することが必要となる。この場合、リングネットワークの増設に伴って部品点数が増大するため光分岐挿入装置のコストアップが避けられない。仮に、一对の波長選択スイッチを別途設けることなく増設リングネットワークを接続しようとしても、増設リングネットワークのみで閉じたネットワークを構成することはできない。

10

【 0 0 6 1 】

一方、挿入部の後段に分岐部を配置する本発明の構成に波長選択スイッチを適用すれば、例えば図23に示すように、前段の波長選択スイッチ27の挿入光入力ポートの1つと、後段の波長選択スイッチ48の分岐光出力ポートの1つとを、増設リングネットワークのための入出力ポートとして用いることができるため、前述の図22に示した場合のように一对の波長選択スイッチを別途設けることなく、増設リングネットワークのみで閉じたネットワークを構成することが可能である。

20

【 0 0 6 2 】

なお、上記第8実施形態では、第7実施形態について波長選択スイッチを利用した構成例を示したが、これと同様にして第1～第6実施形態についても波長選択スイッチを利用して挿入部、分岐部およびブロック部を構成することが可能である。

以上、本明細書で開示した主な発明について以下にまとめる。

【 0 0 6 3 】

(付記1) 波長の異なる複数の信号光を含んだ波長多重光が伝搬する伝送路に接続され、該伝送路から入力される波長多重光に対して少なくとも1つの波長の信号光を分岐および挿入して前記伝送路に出力する光分岐挿入装置において、

30

前記伝送路から入力される波長多重光に含まれる複数の信号光のうちの少なくとも1つの波長の信号光をブロックし、残りの信号光を透過するブロック部と、

前記ブロック部を透過した信号光に対して前記ブロック部でブロックされた信号光と同一波長の信号光を挿入して出力する挿入部と、

前記挿入部から出力される波長多重光を増幅して出力する増幅部と、

前記増幅部から出力される波長多重光を2つに分岐し、一方の分岐光から前記挿入部に挿入された信号光とは波長の異なる少なくとも1つの波長の信号光を取り出すと共に、他方の分岐光を前記伝送路に出力する分岐部と、を備えて構成されたことを特徴とする光分岐挿入装置。

40

【 0 0 6 4 】

(付記2) 付記1に記載の光分岐挿入装置であって、

前記ブロック部は、前記挿入部に挿入される信号光の波長を含んだブロック波長帯域を有する波長ブロックを備え、

前記挿入部は、2つの入力ポートおよび1つの出力ポートを有し、一方の入力ポートに与えられる前記波長ブロックを透過した信号光と、他方の入力ポートに与えられる前記ブロック部でブロックされた信号光と同一波長の信号光とを合波して出力ポートから出力する光カプラを備え、

前記分岐部は、1つの入力ポートおよび2つの出力ポートを有し、前記増幅部から出力される波長多重光が入力ポートに与えられ、その入力光を2つに分岐して各出力ポートか

50



ら出力する光分岐カプラと、該光分岐カプラの一方の出力ポートから出力される波長多重光から前記挿入部で挿入された信号光とは波長の異なる少なくとも1つの波長の信号光を取り出す光フィルタ回路と、を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【0065】

(付記3) 付記2に記載の光分岐挿入装置であって、

前記波長ブロックおよび前記光カプラとしてリジェクション・アドフィルタを用いたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【0066】

(付記4) 付記2に記載の光分岐挿入装置であって、

前記分岐部は、前記光分岐カプラの分岐比を変化させることが可能であると共に、前記光フィルタ回路で取り出す信号光の波長数に基づいて前記光分岐カプラの分岐比を制御する制御回路を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

10

【0067】

(付記5) 付記2に記載の光分岐挿入装置であって、

前記挿入部は、前記光カプラの少なくとも一方の入力ポートに接続する光路上に挿入した可変光減衰器と、前記光カプラの出力ポートから出力される各波長の信号光パワーが略等しくなるように前記可変光減衰器の減衰量を制御する制御回路と、を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【0068】

(付記6) 付記2に記載の光分岐挿入装置であって、

前記挿入部は、前記光カプラの各入力ポートに与えられる光のパワーの合波比率を変化させることが可能であると共に、前記光カプラの出力ポートから出力される各波長の信号光パワーが略等しくなるように前記合波比率を制御する制御回路を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

20

【0069】

(付記7) 付記1に記載の光分岐挿入装置であって、

前記増幅部の入力端および出力端に接続する各光路上にそれぞれ設けた2つの光スイッチと、該各光スイッチの間を直接接続する迂回光路と、前記増幅部が正常に動作しているときに波長多重光が前記増幅部を通り、前記増幅部に故障が発生しているときに波長多重光が前記迂回光路を通るように前記各光スイッチを制御するスイッチ制御回路と、を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

30

【0070】

(付記8) 付記7に記載の光分岐挿入装置であって、

前記2つの光スイッチは、一方が前記ブロック部前段の光路上に設けられ、他方が前記分岐部後段の光路上に設けられたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【0071】

(付記9) 付記1に記載の光分岐挿入装置であって、

前記伝送路から入力される監視制御光を受信して信号光の波長情報を取得すると共に、監視制御光を生成して前記伝送路に送信する監視制御光処理回路を備えるとき、

該監視制御光処理回路は、停電時に前記伝送路から入力される監視制御光をそのまま前記伝送路に出力する機能を有することを特徴とする光分岐挿入装置。

40

【0072】

(付記10) 波長の異なる複数の信号光を含んだ波長多重光が伝搬する伝送路に接続され、該伝送路から入力される波長多重光に対して少なくとも1つの波長の信号光を分岐および挿入して前記伝送路に出力する光分岐挿入装置において、

前記伝送路から入力される波長多重光に対して少なくとも1つの波長の信号光を挿入して出力する挿入部と、

前記挿入部から出力される波長多重光を増幅して出力する増幅部と、

前記増幅部から出力される波長多重光を2つに分岐し、一方の分岐光から前記挿入部で挿入された信号光とは波長の異なる少なくとも1つの波長の信号光を取り出す分岐部と、

50

前記分岐部から出力される他方の分岐光に含まれる複数の信号光のうちの前記分岐部で取り出された信号光と同一波長の信号光をブロックし、残りの信号光を前記伝送路に出力するブロック部と、を備えて構成されたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【0073】

(付記11) 付記10に記載の光分岐挿入装置であって、

前記挿入部は、2つの入力ポートおよび1つの出力ポートを有し、一方の入力ポートに与えられる前記伝送路からの波長多重光と、他方の入力ポートに与えられる前記少なくとも1つの波長の信号光を合波して出力ポートから出力する光カプラを備え、

前記分岐部は、1つの入力ポートおよび2つの出力ポートを有し、前記増幅部から出力される波長多重光が入力ポートに与えられ、その入力光を2つに分岐して各出力ポートから出力する光分岐カプラと、該光分岐カプラの一方の出力ポートから出力される波長多重光から前記挿入部で挿入された信号光とは波長の異なる少なくとも1つの波長の信号光を取り出す光フィルタ回路と、を備え、

前記ブロック部は、前記光フィルタ回路で取り出される信号光の波長を含んだブロック波長帯域を有する波長ブロックを備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【0074】

(付記12) 付記11に記載の光分岐挿入装置であって、

前記分岐部は、前記光分岐カプラの分岐比を変化させることが可能であると共に、前記光フィルタ回路で取り出す信号光の波長数に基づいて前記光分岐カプラの分岐比を制御する制御回路を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【0075】

(付記13) 付記11に記載の光分岐挿入装置であって、

前記挿入部は、前記光カプラの少なくとも一方の入力ポートに接続する光路上に挿入した可変光減衰器と、前記光カプラの出力ポートから出力される各波長の信号光パワーが略等しくなるように前記可変光減衰器の減衰量を制御する制御回路と、を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【0076】

(付記14) 付記11に記載の光分岐挿入装置であって、

前記挿入部は、前記光カプラの各入力ポートに与えられる光のパワーの合波比率を変化させることが可能であると共に、前記光カプラの出力ポートから出力される各波長の信号光パワーが略等しくなるように前記合波比率を制御する制御回路を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【0077】

(付記15) 付記10に記載の光分岐挿入装置であって、

前記増幅部の入力端および出力端に接続する各光路上にそれぞれ設けた2つの光スイッチと、該各光スイッチの間を直接接続する迂回光路と、前記増幅部が正常に動作しているときに波長多重光が前記増幅部を通り、前記増幅部に故障が発生しているときに波長多重光が前記迂回光路を通るように前記各光スイッチを制御するスイッチ制御回路と、を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【0078】

(付記16) 付記15に記載の光分岐挿入装置であって、

前記2つの光スイッチは、一方が前記挿入部前段の光路上に設けられ、他方が前記ブロック部後段の光路上に設けられたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【0079】

(付記17) 付記10に記載の光分岐挿入装置であって、

前記伝送路から入力される監視制御光を受信して信号光の波長情報を取得すると共に、前記監視制御光を生成して前記伝送路に送信する監視制御光処理回路を備えるとき、

該監視制御光処理回路は、停電時に前記伝送路から入力される監視制御光をそのまま前記伝送路に出力する機能を有することを特徴とする光分岐挿入装置。

【0080】

(付記 18) 付記 1 に記載の光分岐挿入装置であって、

前記挿入部よりも前段の光路上に、前記伝送路の波長分散特性に対して逆の波長分散特性を有する分散補償部を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

【0081】

(付記 19) 付記 18 に記載の光分岐挿入装置であって、

前記分散補償部の前段に、前記分散補償部の挿入損失を補償するための光アンプを設けたことを特徴とする特徴とする光分岐挿入装置。

【0082】

(付記 20) 付記 18 に記載の光分岐挿入装置であって、

前記分散補償部は、分散補償ファイバを用いて構成されたことを特徴とする光分岐挿入装置。

10

【0083】

(付記 21) 付記 18 に記載の光分岐挿入装置であって、

前記分散補償部は、波長分散の補償量が可変であることを特徴とする光分岐挿入装置。

【0084】

(付記 22) 付記 1 に記載の光分岐挿入装置であって、

前記ブロック部および前記挿入部は、複数の入力ポートと 1 つの出力ポートを有する第 1 波長選択スイッチを用いて構成され、

前記分岐部は、1 つの入力ポートと複数の出力ポートを有する第 2 波長選択スイッチを備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

20

【0085】

(付記 23) 付記 22 に記載の光分岐挿入装置であって、

前記第 1 波長選択スイッチは、複数の入力ポートのうちの 1 つに対して前記伝送路から入力される波長多重光が与えられるとともに、残りの入力ポートに対して挿入光が与えられ、前記波長多重光に含まれる各波長の信号光のうちで前記挿入光の波長とは異なる波長の信号光と前記挿入光とを合波して出力ポートから出力することを特徴とする光分岐挿入装置。

【0086】

(付記 24) 付記 22 に記載の光分岐挿入装置であって、

前記第 2 波長選択スイッチは、入力ポートに対して前記増幅部から出力される波長多重光が与えられ、前記挿入部で挿入された信号光とは波長の異なる少なくとも 1 つの波長の信号光を前記波長多重光から取り出して対応する出力ポートから出力するとともに、残りの信号光を前記伝送路に接続された出力ポートから出力することを特徴とする光分岐挿入装置。

30

【0087】

(付記 25) 付記 22 に記載の光分岐挿入装置であって、

前記分岐部は、前記増幅部から出力される波長多重光を 2 つに分岐する光分岐カプラを備え、該光分岐カプラから出力される一方の分岐光を前記第 2 波長選択スイッチの入力ポートに与え、他方の分岐光を前記伝送路に出力することを特徴とする光分岐挿入装置。

【0088】

(付記 26) 付記 10 に記載の光分岐挿入装置であって、

前記挿入部よりも前段の光路上に、前記伝送路の波長分散特性に対して逆の波長分散特性を有する分散補償部を備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

40

【0089】

(付記 27) 付記 26 に記載の光分岐挿入装置であって、

前記分散補償部の前段に、前記分散補償部の挿入損失を補償するための光アンプを設けたことを特徴とする特徴とする光分岐挿入装置。

【0090】

(付記 28) 付記 26 に記載の光分岐挿入装置であって、

前記分散補償部は、分散補償ファイバを用いて構成されたことを特徴とする光分岐挿入

50

装置。

【0091】

(付記29) 付記26に記載の光分岐挿入装置であって、

前記分散補償部は、波長分散の補償量が可変であることを特徴とする光分岐挿入装置。

【0092】

(付記30) 付記10に記載の光分岐挿入装置であって、

前記挿入部は、複数の入力ポートと1つの出力ポートを有する第1波長選択スイッチを用いて構成され、

前記分岐部および前記ブロック部は、1つの入力ポートと複数の出力ポートを有する第2波長選択スイッチを備えたことを特徴とする光分岐挿入装置。

10

【0093】

(付記31) 付記30に記載の光分岐挿入装置であって、

前記第1波長選択スイッチは、複数の入力ポートのうちの1つに対して前記伝送路から入力される波長多重光が与えられるとともに、残りの入力ポートに対して挿入光が与えられ、前記波長多重光と前記挿入光とを合波して出力ポートから出力することを特徴とする光分岐挿入装置。

【0094】

(付記32) 付記30に記載の光分岐挿入装置であって、

前記第2波長選択スイッチは、入力ポートに対して前記増幅部から出力される波長多重光が与えられ、前記挿入部で挿入された信号光とは波長の異なる少なくとも1つの波長の信号光を前記波長多重光から取り出して対応する出力ポートから出力するとともに、残りの信号光を前記伝送路に接続された出力ポートから出力することを特徴とする光分岐挿入装置。

20

【図面の簡単な説明】

【0095】

【図1】本発明の光分岐挿入装置の一態様を示す構成図である。

【図2】本発明の光分岐挿入装置の他の態様を示す構成図である。

【図3】本発明の第1実施形態による光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

【図4】上記第1実施形態について光ネットワーク上での光パスの設定例を示した図である。

30

【図5】本発明の第2実施形態による光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

【図6】上記第2実施形態に用いられるリジェクション・アドフィルタの具体例を示す図である。

【図7】本発明の第3実施形態による光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

【図8】上記第3実施形態に関連した他の構成例を示すブロック図である。

【図9】上記第3実施形態に関連した別の構成例を示すブロック図である。

【図10】本発明の第4実施形態による光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

【図11】本発明の第5実施形態による光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

【図12】本発明の第6実施形態による光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

【図13】上記第6実施形態に関連した他の構成例を示すブロック図である。

40

【図14】本発明の第7実施形態による光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

【図15】波長分散補償のための従来構成を図14の光分岐挿入装置に適用した一例を示す図である。

【図16】本発明の構成について波長分散補償を行う位置による優劣比較を行った結果を示す図である。

【図17】上記第7実施形態について分散補償ファイバの前段に光アンプを設けた変形例を示すブロック図である。

【図18】本発明の第8実施形態による光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

【図19】上記第8実施形態に用いられる波長選択スイッチの具体例を示す図である。

【図20】波長選択スイッチの特性を説明するための模式図である。

50

【図 2 1】上記第 8 実施形態についてマルチキャスト伝送やブロードキャスト伝送に対応可能な構成例を示すブロック図である。

【図 2 2】従来の構成に波長選択スイッチを適用した場合についてリングネットワークの増設を行うための一例を示した図である。

【図 2 3】上記第 8 実施形態についてリングネットワークの増設を行うための一例を示した図である。

【図 2 4】従来の光分岐挿入装置の構成例を示す図である。

【図 2 5】従来の光分岐挿入装置の他の構成例を示す図である。

【図 2 6】従来の光分岐挿入装置の別の構成例を示す図である。

【図 2 7】先願発明による光分岐挿入装置の構成を示す図である。

10

【符号の説明】

【 0 0 9 6 】

1 , 1 ' ... ブロック部

2 ... 挿入部

3 ... 増幅部

4 ... 分岐部

1 1 , 1 3 ... 波長ブロック

1 1 ' , 1 3 ' ... ダイナミック波長ブロック

1 2 ... リジエクション・アドフィルタ

2 1 , 2 1 ' ... 光カプラ

2 2 ... W D M カプラ

2 3 <sub>1</sub> ~ 2 3 <sub>K</sub> ... 波長可変送信器

2 4 ... 可変光減衰器

2 5 , 4 6 , 4 9 ... 光分岐カプラ

2 6 , 4 7 ... 受光器

2 7 , 4 8 ... 波長選択スイッチ

3 1 ... W D M 光アンプ

3 2 ... 迂回光路

3 2 A , 3 2 B ... 1 × 2 光スイッチ

4 1 ... 光分岐カプラ

4 2 ... 光フィルタ回路

4 4 ... チューナブルフィルタ

4 5 <sub>1</sub> ~ 4 5 <sub>J</sub> ... 受信器

5 1 ... 制御回路

5 2 ... 分波器

5 3 ... O S C 処理回路

5 3 A ... 2 × 2 光スイッチ

5 3 B ... O S C 受信器

5 3 C ... O S C 送信器

5 4 ... 合波器

6 1 ... 分散補償ファイバ

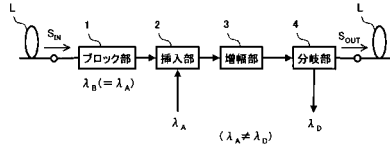
6 2 ... 光アンプ

20

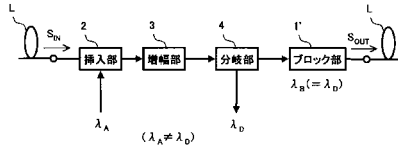
30

40

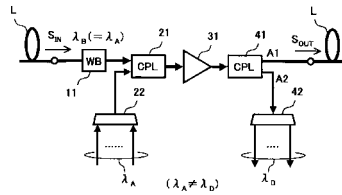
【図 1】



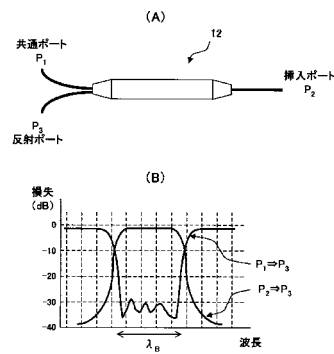
【図 2】



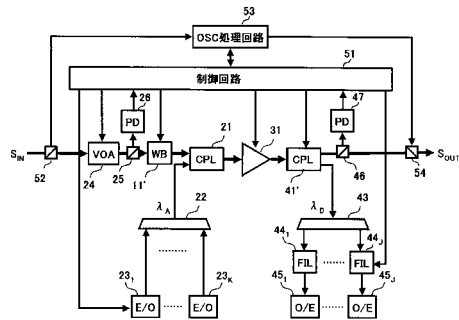
【図 3】



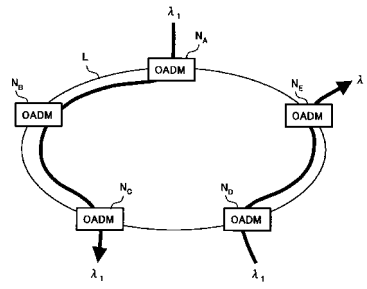
【図 6】



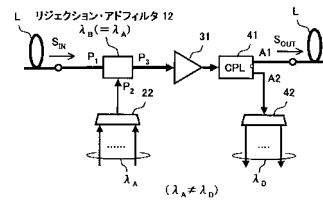
【図 7】



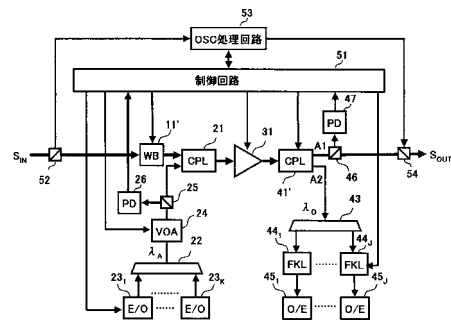
【図 4】



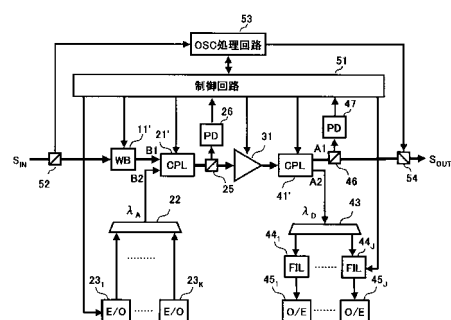
【図 5】



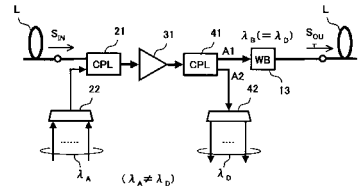
【図 8】



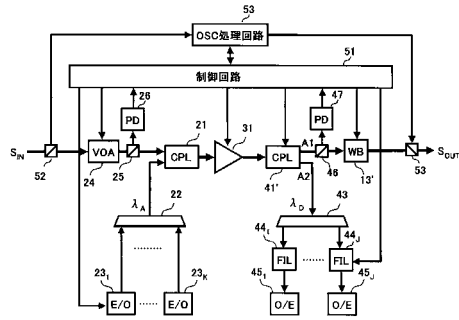
【図 9】



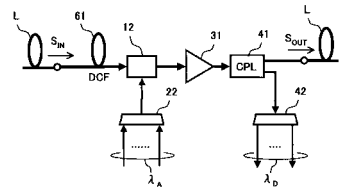
【図10】



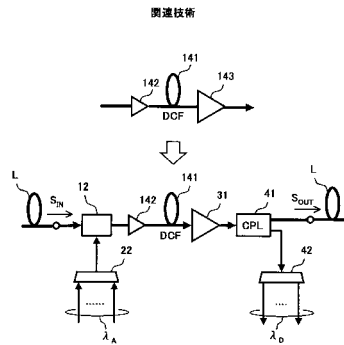
【図11】



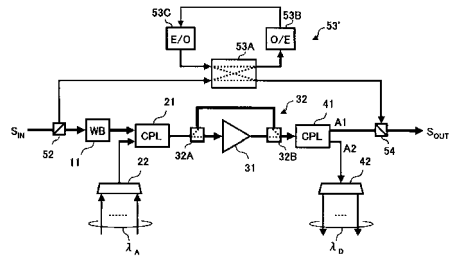
【図14】



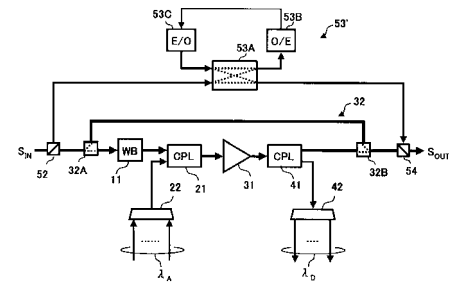
【図15】



【図12】



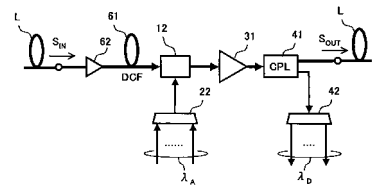
【図13】



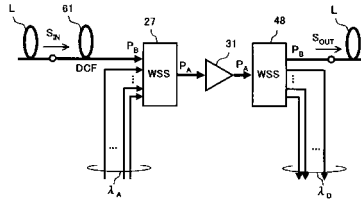
【図16】

構成	透過光と挿入光の波長分散値を揃える	DCF内での非線形効果による劣化を抑制する	総合評価
$\text{DCF} \rightarrow \text{ADD} \rightarrow \text{DROP}$	○	○	○
$\text{ADD} \rightarrow \text{DCF} \rightarrow \text{DROP}$	×	○	×
$\text{ADD} \rightarrow \text{DROP} \rightarrow \text{DCF}$	×	×	×
$\text{ADD} \rightarrow \text{DROP} \rightarrow \text{DCF}$	×	×	×

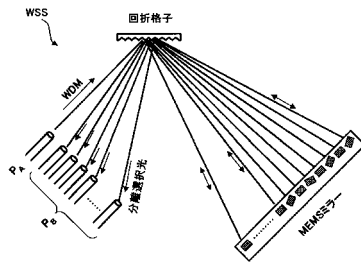
【図17】



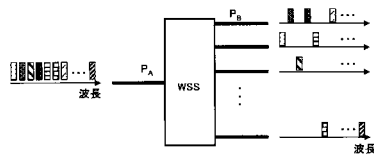
【図18】



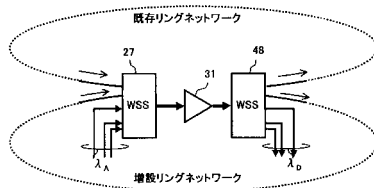
【図19】



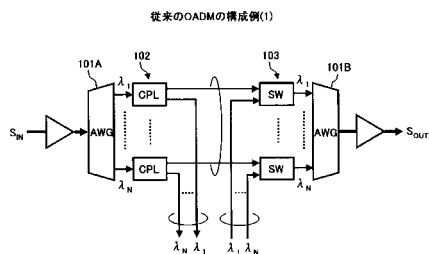
【図20】



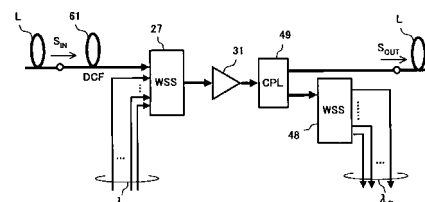
【図23】



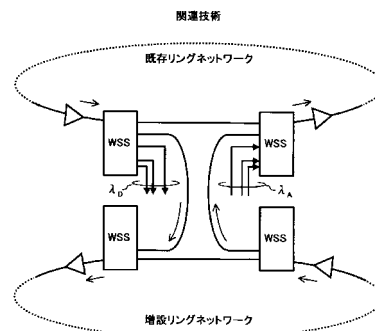
【図24】



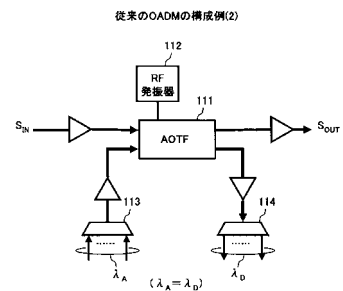
【図21】



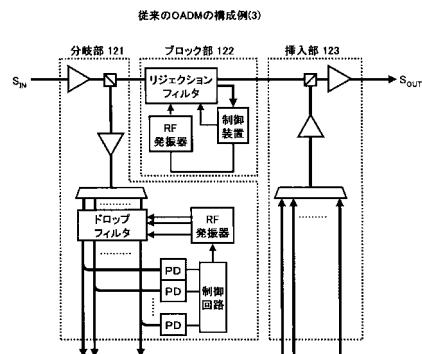
【図22】



【図25】

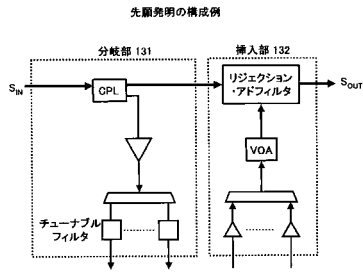


【図26】





【図 27】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-064431(JP,A)

特開2003-069499(JP,A)

特開平02-304421(JP,A)

特表平11-501777(JP,A)

特開2005-236402(JP,A)

特開2002-214473(JP,A)

WILLNER A E, IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS US IEEE INC NEW YORK, 1994年 6月  
1日, V6 N6, P760-763

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/28

H04J14/00-14/08