(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7694655号
(P7694655)

(45)発行日　令和7年6月18日(2025.6.18)

(24)登録日　令和7年6月10日(2025.6.10)

(51)国際特許分類

Ｈ０４Ｂ　10/27　(2013.01)		Ｈ０４Ｂ	10/27
Ｈ０４Ｊ　14/02　(2006.01)		Ｈ０４Ｊ	14/02

ＦＩ

請求項の数　7　（全24頁）

(21)出願番号　特願2023-527163(P2023-527163)
(86)(22)出願日　令和3年6月7日(2021.6.7)
(86)国際出願番号　PCT/JP2021/021585
(87)国際公開番号　WO2022/259319
(87)国際公開日　令和4年12月15日(2022.12.15)
審査請求日　令和5年10月27日(2023.10.27)

(73)特許権者　000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町一丁目５番１号
(74)代理人　110001807
弁理士法人磯野国際特許商標事務所
(72)発明者　中川 雅弘
東京都千代田区大手町一丁目５番１号
日本電信電話株式会社内
(72)発明者　河原 光貴
東京都千代田区大手町一丁目５番１号
日本電信電話株式会社内
(72)発明者　関 剛志
東京都千代田区大手町一丁目５番１号
日本電信電話株式会社内
審査官　対馬 英明

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　波長クロスコネクト装置及び波長クロスコネクト方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

波長クロスコネクト装置は、

１本又は複数本の光ファイバから構成される複数の光伝送路毎にマルチバンド伝送されてきた異なる波長帯の各光信号を多重化した波長多重信号光の各々を、予め定められた数に分岐し、分岐された所定数の波長多重信号光毎に波長帯の変換を行って出力する波長帯切替部と、

前記波長帯切替部から出力される各々の波長多重信号光を分岐して出力する複数の第１入力側ＷＳＳと、当該第１入力側ＷＳＳにメッシュ接続された複数の第１出力側ＷＳＳとを備え、前記第１入力側ＷＳＳで分岐された波長多重信号光を前記第１出力側ＷＳＳへ入力して方路変更を行った後に出力伝送路へ出力するＷＸＣ（Wavelength Cross Connect）部と

を備えており、

前記波長帯切替部は、

前記光伝送路毎の波長多重信号光の各々を所定数に分岐して出力する複数の第２入力側ＷＳＳと、

前記第２入力側ＷＳＳで分岐されて出力される波長多重信号光に多重化された光信号の波長帯を、異なる波長帯に変換した波長多重信号光を出力する複数の波長帯切替処理部と、

前記複数の波長帯切替処理部から出力される波長多重信号光と、前記第２入力側ＷＳＳから直接出力された波長多重信号光とを１つずつ選択しながら前記ＷＸＣ部の前記第１入

力側ＷＳＳへ出力する第２出力側ＷＳＳと
を備えることを特徴とする波長クロスコネクト装置。
【請求項２】
前記波長帯切替処理部は、
前記第２入力側ＷＳＳからの波長多重信号光に多重化された異なる波長帯の光信号を分波して出力する波長帯分波部と、
前記分波された異なる波長帯の光信号の内、予め定められた特定波長帯以外の波長帯の光信号を、当該特定波長帯の光信号に変換する入力側変換部と、
前記分波の数と同数の入力ポート及び出力ポートを有し、前記特定波長帯のみを処理可能であり、当該入力ポートから入力された前記入力側変換部で変換された特定波長帯、又は前記分波された異なる波長帯内の特定波長帯を、所定の波長帯に変換するように前記出力ポートから出力する特定ＷＳＳと、
前記出力ポートから出力された特定波長帯の光信号を、所定の波長帯の光信号に変換する出力側変換部と、
前記出力側変換部からの異なる波長帯の各光信号を合波して波長多重信号光に変換し、前記第２出力側ＷＳＳへ出力する波長帯合波部とを備える
ことを特徴とする請求項１に記載の波長クロスコネクト装置。
【請求項３】
前記波長帯切替処理部は、
前記第２入力側ＷＳＳからの波長多重信号光に多重化された異なる波長帯を、同じ波長帯の光信号を所定数含んで分岐する第１ＷＳＳと、
前記第１ＷＳＳで分岐された波長帯の光信号を、異なる波長帯の光信号に変換する前記分岐の数と同数の波長帯変換部と、
前記波長帯変換部で変換された各波長帯の光信号を多重化して波長多重信号光に変換し、前記第２出力側ＷＳＳへ出力する第２ＷＳＳとを備えて構成される
ことを特徴とする請求項１に記載の波長クロスコネクト装置。
【請求項４】
前記第２入力側ＷＳＳは、光伝送路毎の波長多重信号光を何れかの波長帯の光信号に分岐し、分岐した内の何れか１つの波長帯の光信号を何れか１つの出力ポートから出力する処理を行い、
前記波長帯切替処理部に代え、前記第２入力側ＷＳＳの１出力ポートから出力される１波長帯の光信号を異なる波長帯に変換する波長帯変換部を備える
ことを特徴とする請求項１に記載の波長クロスコネクト装置。
【請求項５】
前記波長帯変換部は、
前記第２入力側ＷＳＳの１出力ポートから出力される１波長帯の光信号の波長を、長波長側又は短波長側にシフトして異なる波長帯の波長に変換する
ことを特徴とする請求項４に記載の波長クロスコネクト装置。
【請求項６】
前記波長帯切替部は、前記第２出力側ＷＳＳを備えず、
前記ＷＸＣ部は前記第１入力側ＷＳＳに代え、前記第２入力側ＷＳＳから無変換で出力される波長多重信号光と、前記波長帯切替処理部から出力される波長多重信号光とが入力される複数の入力ポート及び、前記第１出力側ＷＳＳの入力ポートにメッシュ接続された複数の出力ポートを備える第３入力側ＷＳＳを備え、
前記第３入力側ＷＳＳは、複数の入力ポートに、前記第２入力側ＷＳＳから無変換で入力される波長多重信号光と、前記波長帯切替処理部から入力される波長多重信号光とを、複数の出力ポートの内の何れか１つの出力ポートに選択的に出力する
ことを特徴とする請求項１～５の何れか１項に記載の波長クロスコネクト装置。
【請求項７】
波長クロスコネクト装置による波長クロスコネクト方法であって、

前記波長クロスコネクト装置は、波長帯切替部およびＷＸＣ部と有しており、
前記波長帯切替部は、
１本又は複数本の光ファイバから構成される複数の光伝送路毎にマルチバンド伝送されてきた異なる波長帯の各光信号を多重化した波長多重信号光の各々を、予め定められた数にＱ分岐するステップと、
前記Ｑ分岐された所定数の波長多重信号光毎に各光信号の波長帯変換を行うステップと、
を実行し、
前記ＷＸＣ部は、
前記波長帯変換された各光信号を多重化した各波長多重信号光と、前記Ｑ分岐後の無変換の波長多重信号光とをＮ分岐し、Ｎ分岐された波長多重信号光を方路変更して出力伝送路へ出力するステップ
を実行し、
波長帯切替部は、複数の第２入力側ＷＳＳと、複数の波長帯切替処理部と、第２出力側ＷＳＳとを備え、前記ＷＸＣ部は、第１入力側ＷＳＳを備えており、
前記第２入力側ＷＳＳは、前記光伝送路毎の波長多重信号光の各々を所定数に分岐して出力するステップを実行し、
前記波長帯切替処理部は、前記第２入力側ＷＳＳで分岐されて出力される波長多重信号光に多重化された光信号の波長帯を、異なる波長帯に変換した波長多重信号光を出力するステップを実行し、
前記第２出力側ＷＳＳは、前記複数の波長帯切替処理部から出力される波長多重信号光と、前記第２入力側ＷＳＳから直接出力された波長多重信号光とを１つずつ選択しながら前記ＷＸＣ部の前記第１入力側ＷＳＳへ出力するステップを実行する
ことを特徴とする波長クロスコネクト方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、異なる波長帯の各光信号を多重化した波長多重信号光を、光ファイバで伝送するマルチバンド伝送に用いられる波長クロスコネクト装置及び波長クロスコネクト方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
マルチバンド伝送システムに用いられる波長クロスコネクト装置は、異なる波長帯の各光信号を多重化した波長多重信号光を伝送する１本又は複数本の光ファイバや、マルチコアファイバから構成される光伝送路に対して、光ネットワーク内の任意の方路間を接続する光ノードである。この波長クロスコネクト装置においては、入力側の方路から伝送されてくる波長多重信号光が、複数のＷＳＳ（Wavelength Selective Switch：波長選択スイッチ）を経由して任意の出力側の方路へ出力される。
【０００３】
従来の波長クロスコネクト装置は、まず、入力側のＭ本の方路毎において、マルチバンド伝送されてきた波長多重信号光の各波長帯の光信号を分波する。例えば、波長多重信号光に多重化されたＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯の各波長帯の光信号を分波する。
【０００４】
但し、各波長帯は、短波長側から順に、１４６０ｎｍ～１５３０ｎｍのＳ帯、１５３０ｎｍ～１５６５ｎｍのＣ帯、１５６５ｎｍ～１６２５ｎｍのＬ帯となっている。Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯の各光信号は、伝送時に、方路としての光ファイバのＳ帯域、Ｃ帯域及びＬ帯域に割り当てられる。
【０００５】
上述の分波されたＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯（各波長帯）の各光信号は、波長帯毎に設けられた各ＷＸＣ（Wavelength Cross Connect：波長クロスコネクト）部に入力される。各ＷＸＣでは、ＷＸＣの入力側に配備された各波長帯のＷＳＳで、各波長帯の光信号におけ

る減衰量調整等の処理が施され、入力側のＷＳＳにメッシュ接続された出力側の各波長帯のＷＳＳに入力される。この入力されたＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯の各光信号は出力側のＷＳＳで合波され、この合波による波長多重信号光が、Ｍ本の出力側の方路へマルチバンド伝送される。

【０００６】

この種の波長クロスコネクト装置に係る従来の技術として、非特許文献１に記載のものがある。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【０００７】

【文献】A. Napoli,et al.,“ Perspectives of multi-band optical communication systems,” Proc. OECC 2018, paper 5B3-1, July 2018.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

しかし、上述した従来の波長クロスコネクト装置においては、Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯の各ＷＸＣの構成において、各波長帯の違いによる光学特性の差分があるため、Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯の各光信号の伝送性能に偏差が生じる。例えば、ＷＳＳや光アンプのスペックである透過帯域や光損失において波長帯依存性が生じ、この波長帯依存性によってＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯間で光信号の伝送性能の偏差が生じる。この偏差によって光ネットワークの各波長帯の利用効率が低下する。

【０００９】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、光ネットワークにおける異なる波長帯の各光信号の伝送性能の差分を抑制し、光ネットワークの各波長帯の利用効率を向上させることを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

上記課題を解決するため、本発明は、波長クロスコネクト装置であって、

１本又は複数本の光ファイバから構成される複数の光伝送路毎にマルチバンド伝送されてきた異なる波長帯の各光信号を多重化した波長多重信号光の各々を、予め定められた数に分岐し、分岐された所定数の波長多重信号光毎に波長帯の変換を行って出力する波長帯切替部と、

前記波長帯切替部から出力される各々の波長多重信号光を分岐して出力する複数の第１入力側ＷＳＳと、当該第１入力側ＷＳＳにメッシュ接続された複数の第１出力側ＷＳＳとを備え、前記第１入力側ＷＳＳで分岐された波長多重信号光を前記第１出力側ＷＳＳへ入力して方路変更を行った後に出力伝送路へ出力するＷＸＣ（Wavelength Cross Connect）部と

を備えており、

前記波長帯切替部は、

前記光伝送路毎の波長多重信号光の各々を所定数に分岐して出力する複数の第２入力側ＷＳＳと、

前記第２入力側ＷＳＳで分岐されて出力される波長多重信号光に多重化された光信号の波長帯を、異なる波長帯に変換した波長多重信号光を出力する複数の波長帯切替処理部と、

前記複数の波長帯切替処理部から出力される波長多重信号光と、前記第２入力側ＷＳＳから直接出力された波長多重信号光とを１つずつ選択しながら前記ＷＸＣ部の前記第１入力側ＷＳＳへ出力する第２出力側ＷＳＳと

を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【００１１】

本発明によれば、光ネットワークにおける異なる波長帯の各光信号の伝送性能の差分を

抑制し、光ネットワークの各波長帯の利用効率を向上させることができる。
【図面の簡単な説明】
【００１２】
【図１】本発明の実施形態に係るマルチバンド伝送システムに適用される波長クロスコネクト装置の構成を示すブロック図である。
【図２】実施形態の波長クロスコネクト装置の波長帯切替処理部の構成を示すブロック図である。
【図３】実施形態の波長クロスコネクト装置による波長クロスコネクト動作を説明するためのフローチャートである。
【図４】実施形態の波長クロスコネクト装置を備える各ノードを光伝送路でリング状に接続して構成されるマルチバンド伝送システムの構成を示すブロック図である。
【図５】図４に示すマルチバンド伝送システムにおけるノード間の各パスに伝送される異なる波長帯の表を示す図である。
【図６】異なる波長帯としてのＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯毎の各波長を示す図である。
【図７】波長連続性制約の説明のための、複数のノード間に伝送される異なる波長帯であるＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯毎の各波長の光信号を示す図である。
【図８】パス設定例１の説明図である。
【図９】Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯における光信号対雑音比（ＳＮＲ）を示すグラフの図である。
【図１０】帯域間誘導ラマン散乱による容量制約の説明のための、複数のノード間に伝送される異なる波長帯であるＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯毎の各波長の光信号を示す図である。
【図１１】パス設定例２の説明図である。
【図１２】実施形態の波長クロスコネクト装置の波長帯切替処理部の他の構成を示すブロック図である。
【図１３】本実施形態の変形例１に係る波長クロスコネクト装置の構成を示すブロック図である。
【図１４】波長帯の波長を異なる波長帯の波長に変換する処理の説明図である。
【図１５】本実施形態の変形例２に係る波長クロスコネクト装置の構成を示すブロック図である。
【発明を実施するための形態】
【００１３】
以下、本発明の実施形態を、図面を参照して説明する。但し、本明細書の全図において機能が対応する構成部分には同一符号を付し、その説明を適宜省略する。
＜実施形態の構成＞
図１は、本発明の実施形態に係るマルチバンド伝送システムに適用される波長クロスコネクト装置の構成を示すブロック図である。
【００１４】
図１に示す波長クロスコネクト装置１は、波長帯切替部１０と、ＷＸＣ部２０とを備えて構成されている。
【００１５】
波長帯切替部１０は、符号Ｍｉで示すＭ本の入力方路毎に接続され、入力方路毎にマルチバンド伝送されてきた波長多重信号光１ａ，１ｂ，…，１ｍが入力されるＭ個の＜１×Ｑ＞ＷＳＳ（Wavelength Selective Switch）１１ａ，１１ｂ，…，１１ｍと、出力側の各々のＭ個の＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａ，１２ｂ，…，１２ｍとを備える。更に、入力側の＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａ～１１ｍと、出力側の＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａ～１２ｍとの間に、ｊ個を１組とする波長帯切替処理部＃１～＃ｊをＭ組備える。
【００１６】
但し、Ｍ本の方路Ｍｉは、各々が、１本又は複数本の光ファイバから構成されている。また、入力方路毎にマルチバンド伝送されてきた各々の波長多重信号光１ａ～１ｍには、図１に１ａ＜Ｓ，Ｃ，Ｌ＞、１ｂ＜Ｓ，Ｃ，Ｌ＞、１ｍ＜Ｓ，Ｃ，Ｌ＞で示すように、Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯の各光信号が多重化されているとする。また、入力側の＜１×Ｑ＞ＷＳ

Ｓ１１ａ～１１ｍは、請求項記載の第２入力側ＷＳＳを構成する。出力側の＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａ～１２ｍは、請求項記載の第２出力側ＷＳＳを構成する。

【００１７】

入力側の＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａ～１１ｍは１つの入力ポートとＱ個の出力ポート（Ｑ出力ポートという）とを備え、出力側の＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａ～１２ｍはＱ個の入力ポート（Ｑ入力ポート）と１つの出力ポートとを備える。但し、Ｑ＝ｊ＋１であるとする。また、本例において、出力ポート及び入力ポートは、図示の上から順に１番目、２番目、…と数える。

【００１８】

１入力経路に係る＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａのＱ出力ポートの内の１番目の出力ポートと、出力側の＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａ～１２ｍのＱ入力ポートの内の１番目の入力ポートとは直接接続されている。２番目～Ｑ番目の出力ポートと、２番目～Ｑ番目の入力ポートとの間には、ｊ個の波長帯切替処理部＃１～＃ｊ（後述）が接続されている。このような接続構成は、他の入力経路に係る入力側の＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ｂ～１１ｍと、出力側の＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ｂ～１２ｍとの間においても同様である。

【００１９】

入力側の＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａ～１１ｍは同機能であるため、１番目の＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａを代表して説明する。１番目の＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａは、マルチバンド（Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯の波長帯）伝送されてきた波長多重信号光１ａをＱ分岐し、Ｑ分岐した波長多重信号光１ａをＱ出力ポートから出力する。この出力されたＱ本の波長多重信号光１ａにおいて、１番目の波長多重信号光１ａは出力側の＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａの１番目の入力ポートへ出力される。２番目からＱ番目の波長多重信号光１ａは、後述の波長帯切替処理部＃１～＃ｊで波長帯変換等が行われた後、＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａの２番目からＱ番目の入力ポートに入力される。但し、ＷＳＳは、カプラ等による単純なＱ分岐ではなく、入力ポートから入力された波長多重信号光の各光信号を、任意の出力ポートから出力することによりＱ分岐を行う機能を有する。

【００２０】

出力側の＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａ～１２ｍは同機能であり、Ｑ入力ポートから入力されたマルチバンドの波長多重信号光を順次選択して１出力ポートから、ＷＸＣ部２０の＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ～２１ｍへ出力する処理機能を備える。

【００２１】

＜波長帯切替処理部の構成＞

各波長帯切替処理部＃１～＃ｊは、同機能を備え、図２に波長帯切替処理部＃１を代表して示すように、波長帯分波部３１と、複数の入力側の波長帯変換部３２，３３と、＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４と、複数の出力側の波長帯変換部３５，３６と、波長帯合波部３７とを備えて構成されている。

【００２２】

Ｋは波長帯数であり、本例ではＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯のＫ＝３である。なお、＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４は、請求項記載の特定ＷＳＳを構成する。また、入力側の波長帯変換部３２，３３は、請求項記載の入力側変換部を構成する。出力側の波長帯変換部３５，３６は、請求項記載の出力側変換部を構成する。

【００２３】

波長帯分波部３１は、波長帯切替部１０の＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａ～１２ｍ（図１）から入力されたＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯の光信号が多重化された波長多重信号光を分波し、この分波されたＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯の各光信号を出力する。但し、Ｃ帯は、＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４が処理可能な１つの波長帯（特定波長帯）であるとする。＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４は特定波長帯（Ｃ帯）の光信号のみを処理可能となっている。このため、上記分波されたＣ帯の光信号は、そのままの状態で＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４に入力される。

【００２４】

＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４の入力側の波長帯変換部３２は、Ｓ帯の光信号をＣ帯の光信号に

変換して＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４へ出力する。波長帯変換部３３は、Ｌ帯の光信号をＣ帯の光信号に変換して＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４へ出力する。

【００２５】

出力側の波長帯変換部３５は、Ｃ帯の光信号をＳ帯の光信号に変換して波長帯合波部３７へ出力する。波長帯変換部３６は、Ｃ帯の光信号をＬ帯の光信号に変換して波長帯合波部３７へ出力する。

【００２６】

＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４は、波長クロスコネクト装置１（図１）の入力側の光伝送路Ｍｉから入力された波長多重信号光１ａ～１ｍに多重化された光信号の波長帯を、異なる波長帯に変換する処理を行う。

【００２７】

この＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４は、波長多重信号光に多重化された光信号の波長帯数Ｋ＝３と同数の入力ポート及び出力ポートを有する。＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４において、Ｋ＝３個の入力ポートから入力されたＣ帯の光信号が、所定の波長帯への変換を行う波長帯変換部３５，３６又は波長帯合波部３７へ接続されるＫ＝３個の出力ポートから出力される。

【００２８】

例えば、波長帯分波部３１で分波されたＣ帯の光信号が、＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４の２番目の入力ポートに入力された後、１番目の出力ポートから波長帯変換部３５へ入力され、この波長帯変換部３５でＳ帯の光信号に変換される。この例は、入力方路Ｍｉから入力されたＣ帯の光信号をＳ帯の光信号に変換して出力側の光伝送路Ｍｏ（図１）に伝送するための変換処理である。

【００２９】

波長帯合波部３７は、Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯の各光信号を合波し、図１に示す出力側の＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａ～１２ｍの２番目の入力ポートへ出力する。

【００３０】

次に、図１に示すＷＸＣ部２０は、波長帯切替部１０のＭ個の＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａ～１２ｍの出力ポートに接続されたＭ個の＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ，２１ｂ，…，２１ｍと、この入力側のＭ個の＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ～２１ｍにフルメッシュ接続（後述）された出力側のＭ個の＜Ｎ×１＞ＷＳＳ２２ａ，２２ｂ，…，２２ｍを備える。但し、Ｎ，Ｍは、Ｍ＞Ｎの大小関係があり、Ｎ＝Ｍ－１とする。なお、入力側のＭ個の＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ～２１ｍは、請求項記載の第１入力側ＷＳＳを構成する。出力側のＭ個の＜Ｎ×１＞ＷＳＳ２２ａ～２２ｍは、請求項記載の第１出力側ＷＳＳを構成する。

【００３１】

出力側の＜Ｎ×１＞ＷＳＳ２２ａ～２２ｍの出力ポートは、波長多重信号光を出力する符号Ｍｏで示すＭ本の出力方路に接続されている。また、入力側の＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ～２１ｍは、１×Ｎの光ファイバカプラ等の光カプラであってもよい。

【００３２】

フルメッシュ接続は次の通りである。即ち、入力側の＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ～２１ｍにおいて、１番目のＷＳＳ２１ａのＮ個の出力ポート（Ｎ出力ポート）は、出力側の１番目を除く２番目からＭ番目のＷＳＳ２２ｂ～２２ｍのＮ入力ポートに接続されている。このように、＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ～２１ｍ毎のＮ出力ポートが、入力側ＷＳＳと同番目の方路の出力側ＷＳＳを除く、＜Ｎ×１＞ＷＳＳ２２ａ～２２ｍ毎のＮ入力ポートに接続されている。この接続によって、＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ～２１ｍのＮ出力ポートから出力された波長多重信号光が方路変更される経路が構成されている。

【００３３】

入力側の＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ～２１ｍは同機能であり、マルチバンド（Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯の波長帯）を一括で波長選択切替可能な機能を備える。１番目の入力側ＷＳＳ２１ａを代表すると、そのＷＳＳ２１ａは、１入力ポートから入力された波長多重信号光１ａを分岐し、この分岐した波長多重信号光１ａをＮ出力ポートから出力する。

【００３４】

出力側の＜Ｎ×１＞ＷＳＳ２２ａ～２２ｍは同機能であり、マルチバンドを一括で波長選択切替可能な機能を備える。１番目の出力側ＷＳＳ２２ａを代表すると、そのＷＳＳ２２ａは、Ｎ入力ポートから入力された各波長多重信号光を順次選択して、１出力ポートから１出力方路へ出力する。

【００３５】

＜実施形態の動作＞

次に、実施形態に係る波長クロスコネクト装置１の波長クロスコネクト動作を、図３のフローチャートを参照して説明する。

【００３６】

図３に示すステップＳ１において、図１に示すＭ本の入力方路毎にマルチバンド伝送されてきた波長多重信号光１ａ～１ｍが、波長帯切替部１０のＭ個の＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａ～１１ｍ毎の１入力ポートに入力される。なお、波長多重信号光１ａ～１ｍ毎に、Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯の各光信号が多重化されている。

【００３７】

ステップＳ２において、＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａ～１１ｍの各々は、各波長多重信号光１ａ～１ｍをＱ分岐し、出力側の＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａ～１２ｍの１番目の入力ポートへ直接出力すると共に、波長帯切替処理部＃１～＃ｊへ出力する。

【００３８】

ステップＳ３において、波長帯切替処理部＃１～＃ｊは、図２に示す波長帯分波部３１において、入力されたＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯の波長多重信号光を分波し、この分波されたＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯の各光信号を出力する。この際、Ｃ帯の光信号は、そのままの状態で＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４に入力される。Ｓ帯の光信号は波長帯変換部３２へ出力され、Ｌ帯の光信号は波長帯変換部３３へ出力される。

【００３９】

ステップＳ４において、波長帯変換部３２は、Ｓ帯の光信号をＣ帯の光信号に変換して＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４へ出力する。波長帯変換部３３は、Ｌ帯の光信号をＣ帯の光信号に変換して＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４へ出力する。Ｃ帯の光信号は無変換で＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４へ出力される。

【００４０】

ステップＳ５において、＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４は、Ｋ（３個）入力ポートから入力されたＣ帯の光信号を波長帯変換のために必要なＫ出力ポートから出力する。例えば、＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４の２番目の入力ポートから入力されたＣ帯の光信号が、１番目の出力ポートから波長帯変換部３５へ出力される。

【００４１】

ステップＳ６において、波長帯変換部３５は、Ｃ帯の光信号をＳ帯の光信号に変換して波長帯合波部３７へ出力する。波長帯変換部３６は、Ｃ帯の光信号をＬ帯の光信号に変換して波長帯合波部３７へ出力する。

【００４２】

ステップＳ７において、波長帯合波部３７は、Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯の各光信号を合波して波長多重信号光に変換し、図１に示す＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａ～１２ｍ毎の２番目～Ｑ番目の入力ポートへ出力する。

【００４３】

ステップＳ８において、＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａ～１２ｍの各々は、Ｑ入力ポートから入力されたＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯の波長多重信号光を順次選択しながら、出力ポートからＷＸＣ部２０の各＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ～２１ｍの１入力ポートへ出力する。

【００４４】

ステップＳ９において、＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ～２１ｍは、１入力ポートから入力された波長多重信号光１ａをＮ分岐し、Ｎ分岐した波長多重信号光をＮ出力ポートから＜Ｎ×１＞ＷＳＳ２２ａ～２２ｍのＮ入力ポートへ出力する。例えば、１番目のＷＳＳ２１ａであれば、このＮ出力ポートから出力側の１番目を除く２番目からＭ番目のＷＳＳ２２ｂ

～２２ｍのＮ入力ポートへ波長多重信号光を出力する。このような出力によって波長多重信号光が方路変更される。

【００４５】

ステップＳ１０において、出力側の＜Ｎ×１＞ＷＳＳ２２ａ～２２ｍの各々は、Ｎ入力ポートから入力されたＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯の波長多重信号光を順次選択しながら、１出力ポートから１出力方路へ出力する。

【００４６】

＜実施形態の効果＞

本発明の実施形態に係る波長クロスコネクト装置１の効果について説明する。

【００４７】

（１ａ）波長クロスコネクト装置１は、波長帯切替部１０及びＷＸＣ部２０を備える。波長帯切替部１０は、１本又は複数本の光ファイバから構成されるＭ本の光伝送路毎にマルチバンド伝送されてきた異なる波長帯（Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯）の各光信号を多重化した波長多重信号光の各々を、予め定められた数に分岐し、分岐された所定数の波長多重信号光毎に波長帯の変換を行って出力する構成とした。

【００４８】

ＷＸＣ部２０は、波長帯切替部１０から出力される各々の波長多重信号光を分岐して出力する複数の第１入力側ＷＳＳとしての＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ～２１ｍと、当該＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ～２１ｍにメッシュ接続された複数の第２出力側ＷＳＳとしての＜Ｎ×１＞ＷＳＳ２２ａ～２２ｍとを備える。＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ～２１ｍで分岐された波長多重信号光を＜Ｎ×１＞ＷＳＳ２２ａ～２２ｍへ入力して方路変更を行った後に出力伝送路Ｍｏへ出力する構成とした。

【００４９】

この構成によれば、波長クロスコネクト装置１は、マルチバンド伝送されてきた異なる波長帯の各光信号が多重化された波長多重信号光の波長帯を波長帯切替部で変換した後、ＷＸＣ部で方路変更して出力側の方路へ出力できる。

【００５０】

このため、波長クロスコネクト装置を適用した複数のノードがリンク接続されたマルチバンド伝送システム４０（図４）において、後述のリンク単位及び波長単位で波長帯の変換ができる。この変換により、例えばノード４０ａ，４０ｂ間の光伝送路の空き波長帯の波長（例えば、Ｃ帯の波長Ｃ１）を、当該ノード４０ａ，４０ｂ区間の前方側の波長クロスコネクト装置１で変換して用いることができる。このように波長空き区間の波長帯の波長を使用可能に設定できるので、ネットワークの使用容量を向上できる。つまり、マルチバンド伝送システムのネットワークの利用効率を向上できる。

【００５１】

図４に示すマルチバンド伝送システム（システムともいう）４０は、波長クロスコネクト装置１を備える通信装置としての各ノード４０ａ，４０ｂ，４０ｃ，４０ｄ，４０ｅ，４０ｆが、光ファイバによる光伝送路４１ａ，４１ｂ，４１ｃ，４１ｄ，４１ｅ，４１ｆでリング状に接続されて構成されている。

【００５２】

上述のリンク単位とは、システム４０において、２つの隣接するノード（例えばノード４０ａ，４０ｂ）区間を接続する光伝送路４１ａの単位である。言い換えれば、２つの隣接するノード区間の単位である。

【００５３】

従来技術では、例えばノード４０ａを始点、ノード４０ｄを終点とするノード４０ａ－４０ｂ－４０ｃ－４０ｄ間を光伝送路４１ａ，４１ｂ，４１ｃを介して、異なる波長帯の光信号を複数本のパスでマルチバンド伝送する場合、１つのパスにおいて１波長帯での伝送に限定されていた。なお、ノード４０ａ－４０ｂ－４０ｃ－４０ｄ間を、ノード４０ａ…４０ｄ間とも称す。

【００５４】

例えば、ノード４０ａ…４０ｄ間において、Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯の各光信号をマルチバンド伝送する場合、光伝送路４１ａ～４１ｃを通したパス１はＳ帯の光信号のみを伝送し、パス２はＣ帯の光信号のみを伝送し、パス３はＬ帯の光信号のみを伝送することに限定されていた。

【００５５】

ここで、マルチバンド伝送においては、波長が短い光信号から波長が長い光信号にパワーが遷移するという特徴がある。このため、上記の例では、パス１のＳ帯の光信号の伝送は伝送性能が悪く、パス２のＣ帯での光信号の伝送は伝送性能が普通であり、パス３のＬ帯での光信号の伝送は伝送性能が良くなるという場合が多い。このように、パス１，２，３の間で伝送性能に偏差が生じていた。

【００５６】

伝送性能は、光ファイバ等のデバイス（光学製品）の性能としての透過帯域や損失量等のパラメータ、非線形光学効果の１つである誘導ラマン散乱（ＳＲＳ：Stimulated Raman Scattering）にも依存して決まる。上記パラメータはバンド依存性が強い。伝送性能は、上述したように使用波長帯に依存するので、異なる波長帯間で偏差が生じることになる。

【００５７】

これに対して、本実施形態では、波長クロスコネクト装置１によって、各ノード４０ａ…４０ｄ間における１区間（リンク単位）毎に波長帯を変えることができる。

【００５８】

例えば、図５に示すように、ノード４０ａ－４０ｂ－４０ｃ－４０ｄ間のパス１では、１区間目（ノード４０ａ－４０ｂ間目）にＳ帯の光信号を伝送させ、２区間目（ノード４０ｂ－４０ｃ間目）にＣ帯の光信号を伝送させる。３区間目（ノード４０ｃ－４０ｄ間目）にＬ帯の光信号を伝送させる。パス２では、１区間目にＣ帯の光信号を伝送させ、２区間目にＬ帯の光信号を伝送させ、３区間目にＳ帯の光信号を伝送させる。パス３では、１区間目にＬ帯の光信号を伝送させ、２区間目にＳ帯の光信号を伝送させ、３区間目にＣ帯の光信号を伝送させる。

【００５９】

このように各区間のパス１，２，３毎に異なる波長帯の光信号を伝送すると、各区間のパス１，２，３毎の異なる波長帯の伝送性能が平均化される。この平均化によって、パス１～３間の伝送性能の偏差が抑制される。この偏差の抑制によってマルチバンド伝送システムのネットワークの利用効率を向上できる。

【００６０】

次に、波長単位で波長帯の変換ができる効果について説明する。図６に示すように、光信号のＳ帯が波長Ｓ１，Ｓ２，Ｓ３から構成され、Ｃ帯が波長Ｃ１，Ｃ２，Ｃ３から構成され、Ｌ帯が波長Ｌ１，Ｌ２，Ｌ３から構成されているとする。

【００６１】

従来技術では、全区間の１つのパスでは１波長帯での設定に限定されていた。しかし、本実施形態では、波長クロスコネクト装置１によって、ノード４０ａ－４０ｂ－４０ｃ－４０ｄ区間毎においてパス１，２，３毎に異なる波長帯の何れかの波長を設定できる。例えば、ノード４０ａ－４０ｂ区間の光伝送路４１ａのパス１にＳ帯の波長Ｓ１を設定し、ノード４０ｂ－４０ｃ区間の光伝送路４１ｂのパス２にＣ帯の波長Ｃ１を設定し、ノード４０ｃ－４０ｄ区間の光伝送路４１ｃのパス３にＬ帯の波長Ｌ１を設定し、この設定された波長Ｓ１，Ｃ１，Ｌ１で光信号を伝送できる。

【００６２】

このように波長単位で波長帯の変換が可能な本実施形態の場合、従来技術の波長連続性の制約を回避できる。波長連続性制約とは、ノード４０ａ…４０ｄ間における１つのパスでは１波長帯内における同一の波長で連続して伝送する必要性をいう。

【００６３】

例えば、図７に示すように、各ノード４０ａ…４０ｄ間において、５つの楕円破線枠で示す区間以外にＳ帯の波長Ｓ１，Ｓ２，Ｓ３と、Ｃ帯の波長Ｃ１，Ｃ２，Ｃ３と、Ｌ帯の

波長Ｌ１，Ｌ２，Ｌ３とが設定されているとする。この場合、従来技術では、波長連続性制約によって、楕円破線枠で示す波長空き区間では、同パスの同波長が衝突するため、該当波長が使用できなかった。例えば、ノード４０ａ－４０ｂ間のＣ帯に楕円破線枠で示す波長空き区間では、既にノード４０ｂ－４０ｄ間に波長Ｃ２が設定されているため、これと衝突する同波長の波長Ｃ２が設定できなかった。

【００６４】

しかし、本実施形態では、波長クロスコネクト装置１によって波長単位で波長帯の変換ができるので、例えば、ノード４０ａ－４０ｂ間のＣ帯の楕円破線枠内に示す波長Ｃ２が設定可能である。更に、ノード４０ｂ－４０ｃ間のＳ帯の楕円破線枠内に示す波長Ｓ２が設定可能であり、ノード４０ｃ－４０ｄ間のＬ帯の楕円破線枠内に示す波長Ｌ２が設定可能である。この場合、ノード４０ａ－４０ｂ間では波長帯Ｃの波長Ｃ２を使用し、ノード４０ｂ－４０ｃ間では波長帯Ｓの波長Ｓ２を使用し、ノード４０ｃ－４０ｄ間では波長帯Ｌの波長Ｌ２を使用して光信号を伝送できる。

【００６５】

このように楕円破線枠で示す空き波長を使用し、波長衝突回避可能に光信号を伝送できるので、ネットワークの使用容量を向上できる。つまり、マルチバンド伝送システムのネットワークの利用効率を向上できる。

【００６６】

更に、このような波長帯の波長単位での変換によって、Ｓ帯において生じる帯域間誘導ラマン散乱による容量制約も回避できる。

【００６７】

＜パス設定例１＞

ここで、パス設定例１について図８を参照して説明する。

各ノード４０ａ～４０ｄに、パス設定装置５５を接続する。このパス設定装置５５には、パス設定オーダを行うパソコン等の外部端末機５６が接続されている。また、複数の矢印Ｗ１は、波長帯切替点を示す。

【００６８】

パス設定装置５５は、ノード４０ａ…４０ｄ間の波長の利用状況を管理する。例えば、外部端末機５６によって、新たにノード４０ａ…４０ｄ間にパスを設定するオーダが追加された場合、同じ波長を使って、ノード４０ａ…４０ｄ間にパスを設定することができないため、パス設定装置５５は、波長の空き状態を確認する。

【００６９】

パス設定装置５５は、上記波長の空き状態の確認に応じて、次の（１）～（４）に記載する指示を行う。

（１）パス設定装置５５は、ノード４０ａに、光伝送路４１ａに光パスを設定するために、矢印Ｙ１１で示すように、Ｃ帯の波長Ｃ２を、ノード４０ｂへ送信するように指示する。

（２）パス設定装置５５は、ノード４０ｂに、光伝送路４１ｂに光パスを設定するために、入力された波長Ｃ２の光信号のＣ帯を、Ｓ帯に切り替えて、矢印Ｙ１２で示すように、波長Ｓ２の光信号に変換して、ノード４０ｃへ送信するように指示する。

（３）パス設定装置５５は、ノード４０ｃに、光伝送路４１ｃに光パスを設定するために、入力された波長Ｓ２の光信号のＳ帯を、Ｌ帯に切り替えて、矢印Ｙ１３で示すように、波長Ｌ２の光信号に変換して、ノード４０ｄへ送信するように指示する。

（４）パス設定装置５５は、ノード４０ｄに対して、Ｓ帯の波長Ｓ２に戻すように指示してもよい。これは、パスの開始点と終端点で、使用できる波長帯が決まっている場合に実行される。

【００７０】

次に、図９に示すように、Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯において、帯域間誘導ラマン散乱が生じていない場合は、Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯の光信号対雑音比｛縦軸のＳＮＲ（Signal-to-Noise Ratio）［ｄＢ］｝は、破線５１で示すように略同じである。

【００７１】
一方、帯域間誘導ラマン散乱が生じている場合は、Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯のＳＮＲは、実線５２で示すように、波長帯の周波数が高くなる程、言い換えれば、波長帯の波長が短くなる程に低下する。ＳＮＲはＳ帯が最悪となる。このため、図１０に符号５４の破線横棒で示すように、ノード４０ａ－４０ｂ－４０ｃ－４０ｄ間ではＳ帯を通しての光信号の伝送が行えなくなっていた。
【００７２】
しかし、本実施形態では、波長クロスコネクト装置１によって波長単位で波長帯の変換ができるので、楕円破線枠で示す波長空き区間に異なる波長帯の波長を、次のように設定すればよい。即ち、ノード４０ａ－４０ｂ間に波長Ｃ３を設定し、ノード４０ｂ－４０ｃ間に波長Ｓ３を設定し、ノード４０ｃ－４０ｄ間に波長Ｌ３を設定すればよい。この設定により、ノード４０ａ－４０ｂ間では波長帯Ｃの波長Ｃ３を使用し、ノード４０ｂ－４０ｃ間では波長帯Ｓの波長Ｓ３を使用し、ノード４０ｃ－４０ｄ間では波長帯Ｌの波長Ｌ３を使用して、帯域間誘導ラマン散乱の影響を緩和しながら光信号を伝送できる。
【００７３】
＜パス設定例２＞
ここで、パス設定例２について図１１を参照して説明する。但し、上記図８に示したと同様に、各ノード４０ａ～４０ｄには、外部端末機５６が接続されたパス設定装置５５が接続されている。
【００７４】
パス設定装置５５は、ノード４０ａ…４０ｄ間の波長の利用状況を管理する。例えば、外部端末機５６によって、新たにノード４０ａ…４０ｄ間にパスを設定するオーダが追加された場合、パス設定装置５５は、波長の空き状態を確認する。図１１の例の場合、波長Ｓ３で、ノード４０ａ～４０ｄ間にパスを設定することは可能である。しかし、設定条件として、例えば、波長Ｓ３が連続２リンク迄の設定可能と規定されている場合、波長Ｓ３では、光伝送路４１ａ，４１ｂ，４１ｃにパスを設定できない。
【００７５】
そこで、パス設定装置５５は、上記波長の空き状態の確認に応じて、次の（１）～（４）に記載する指示を行う。
（１）パス設定装置５５は、ノード４０ａに、光伝送路４１ａに光パスを設定するために、矢印Ｙ２１で示すように、Ｓ帯の波長Ｓ３の光信号を、ノード４０ｂへ送信するように指示する。
（２）パス設定装置５５は、ノード４０ｂに対して、光伝送路４１ｂに光パスを設定するために、矢印Ｙ２１で示すように、入力された波長Ｓ３の光信号をそのままで、ノード４０ｃへ送信するように指示する。
（３）パス設定装置５５は、ノード４０ｃに、光伝送路４１ｃに光パスを設定するために、入力された波長Ｓ３の光信号のＳ帯を、Ｌ帯に切り替え、矢印Ｙ２２で示すように、波長Ｌ３の光信号に変換して、ノード４０ｄへ送信するように指示する。
（４）パス設定装置５５は、ノード４０ｄに対して、Ｓ帯の波長Ｓ２に戻すように指示してもよい。これは、パスの開始点と終端点で、使用できる波長帯が決まっている場合に実行される。
【００７６】
上述したように帯域間誘導ラマン散乱を回避してノード４０ａ…４０ｄ間に光信号を伝送できるので、帯域間誘導ラマン散乱による容量制約も回避できる。従って、マルチバンド伝送システムにおけるネットワークの使用容量を向上でき、ネットワークの利用効率を向上できる。
【００７７】
つまり、一般的には、ネットワーク効率が１００％の状態から、波長連続性制約によって低下し、更に、帯域間誘導ラマン散乱の影響による容量制約によって低下する。しかし、本実施形態の波長クロスコネクト装置１によれば、そのネットワーク効率の低下を抑制

できる。
【００７８】
（２ａ）波長帯切替部１０は、光伝送路毎の波長多重信号光１ａ～１ｍの各々を所定数に分岐して出力する複数（Ｍ個）の第２入力側ＷＳＳとしての＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａ～１１ｍを備える。また、＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａ～１１ｍでＱ分岐されて出力される波長多重信号光に多重化された光信号の波長帯を、異なる波長帯に変換した波長多重信号光を出力する複数（Ｍ個）の波長帯切替処理部＃１～＃ｊを備える。更に、波長帯切替処理部＃１～＃ｊから出力される波長多重信号光と、＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａ～１１ｍから直接出力された波長多重信号光とを１つずつ選択しながらＷＸＣ部２０の＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ～２１ｍへ出力する第２出力側ＷＳＳとしての＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａ～１２ｍを備える構成とした。
【００７９】
この構成によれば、マルチバンド伝送される波長多重信号光の通信量が増加し、波長帯切替部１０での波長帯の切替数を増加したい場合、波長帯切替処理部（例えば波長帯切替処理部＃１）の単位で増やしてゆけば良いので、容易に増加できる。
【００８０】
（３ａ）波長帯切替処理部＃１～＃ｊは、波長帯分波部３１と、入力側変換部としての波長帯変換部３２，３３と、特定ＷＳＳとしての＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４と、出力側変換部としての波長帯変換部３５，３６と、波長帯合波部３７とを備える構成とした。
【００８１】
波長帯分波部３１は、入力側の＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａ～１１ｍ毎の１出力ポートからの波長多重信号光に多重化された異なる波長帯の光信号を分波して出力する。
【００８２】
入力側変換部としての波長帯変換部３２，３３は、波長帯分波部３１で分波された異なる波長帯の光信号の内、予め定められた特定波長帯以外の波長帯の光信号を、当該特定波長帯の光信号に変換する。
【００８３】
＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４は、波長帯分波部３１での分波の数と同数の入力ポート及び出力ポートを有し、特定波長帯のみを処理可能であり、入力ポートから入力された波長帯変換部３２，３３で変換された特定波長帯、又は上記分波された異なる波長帯内の特定波長帯を、所定の波長帯に変換するように出力ポートから出力する。
【００８４】
出力側変換部としての波長帯変換部３５，３６は、出力ポートから出力された特定波長帯の光信号を、所定の波長帯の光信号に変換する。
波長帯合波部３７は、波長帯変換部３５，３６からの異なる波長帯の各光信号を合波して波長多重信号光に変換し、出力側の＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａ～１２ｍ毎へ出力する。
【００８５】
この構成によれば、＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４によって、入力側の波長帯変換部３２，３３で変換された特定波長帯、又は波長帯分波部３１で分波された異なる波長帯内の特定波長帯が、所定の波長帯に変換するように出力ポートから出力される。このように、１つの＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４によって、異なる波長帯の各光信号を所定の波長帯の光信号に変換できるので、波長帯切替処理部＃１～＃ｊを小型化できる。
【００８６】
＜波長帯切替処理部の他の構成＞
図１に示す波長帯切替処理部＃１～＃ｊを、図２に示した構成の他に、図１２に波長帯切替処理部＃１を代表して示すように構成してもよい。
【００８７】
図１２に示す波長帯切替処理部＃１は、＜１×Ｐ＞ＷＳＳ６１と、Ｐ個の波長帯変換部６２ａ，６２ｂ，６２ｃ，６２ｄ，６２ｅ，６２ｆと、＜Ｐ×１＞ＷＳＳ６３とを備えて構成されている。Ｐは、＜１×Ｐ＞ＷＳＳ６１の出力ポート数及び＜Ｐ×１＞ＷＳＳ６３

の入力ポート数、波長帯変換部６２ａ～６２ｆの個数と同じ数である。
【００８８】
但し、＜１×Ｐ＞ＷＳＳ６１及び＜Ｐ×１＞ＷＳＳ６３の何れか一方は、１×Ｐ又はＰ×１の光ファイバカプラ等の光カプラであってもよい。なお、＜１×Ｐ＞ＷＳＳ６１は、請求項記載の第１ＷＳＳを構成する。＜Ｐ×１＞ＷＳＳ６３は、請求項記載の第２ＷＳＳを構成する。
【００８９】
＜１×Ｐ＞ＷＳＳ６１は、＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａ（図１）から入力された波長多重信号光に多重化された異なる波長帯のＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯の各光信号をＰ分岐する。このＰ分岐は、同じ波長帯の光信号を所定数含んで行われる。本例では、Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯の光信号を次のように２つずつ含んでＰ分岐される。即ち、Ｓ帯の光信号が波長帯変換部６２ａ，６２ｂへ出力され、Ｃ帯の光信号が波長帯変換部６２ｃ，６２ｄへ出力され、Ｌ帯の光信号が波長帯変換部６２ｅ，６２ｄへ出力される。
【００９０】
波長帯変換部６２ａはＳ帯をＣ帯の光信号に変換し、波長帯変換部６２ｂはＳ帯をＬ帯の光信号に変換して＜Ｐ×１＞ＷＳＳ６３の入力ポートへ出力する。波長帯変換部６２ｃはＣ帯をＳ帯の光信号に変換し、波長帯変換部６２ｄはＣ帯をＬ帯の光信号に変換して＜Ｐ×１＞ＷＳＳ６３の入力ポートへ出力する。波長帯変換部６２ｅはＬ帯をＳ帯の光信号に変換し、波長帯変換部６２ｆはＬ帯をＣ帯の光信号に変換して＜Ｐ×１＞ＷＳＳ６３の入力ポートへ出力する。
【００９１】
＜Ｐ×１＞ＷＳＳ６３は、Ｐ個の入力ポートに入力された２つずつのＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯を多重化し、波長多重信号光を、図１に示す＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａへ出力する。
【００９２】
この構成によれば、簡単な構成の波長帯切替処理部＃１で、入力伝送路毎の波長多重信号光に多重化された異なる波長帯を、他の異なる波長帯の光信号に変換できる。
【００９３】
この他、図２又は図１２に示した波長帯切替処理部＃１においては、少なくとも２波長帯以上を扱えるＷＳＳを用いてもよい。また、図１に示す波長帯切替部１０の入力側ＷＳＳ１１ａ～１１ｍと出力側ＷＳＳ１２ａ～１２ｍ、並びに、ＷＸＣ部２０の入力側ＷＳＳ２１ａ～２１ｍと出力側ＷＳＳ２２ａ～２２ｍについても、少なくとも２波長帯以上を扱えるＷＳＳを用いてもよい。例えば、図２に示すＳ帯、Ｃ帯及びＬ帯を処理可能なＷＳＳ３４に代え、Ｓ帯のＷＳＳと、Ｃ帯及びＬ帯のＷＳＳとを１組として構成してもよい。また、Ｅ帯、Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯を使う場合、Ｅ帯及びＳ帯のＷＳＳと、Ｃ帯及びＬ帯バンドのＷＳＳとを備えて構成してもよい。つまり、４つの波長帯を半分ずつ処理可能な構成にしてもよい。
【００９４】
＜実施形態の変形例１＞
図１３は、本発明の実施形態の変形例１に係る波長クロスコネクト装置の構成を示すブロック図である。
【００９５】
図１３に示す変形例１の波長クロスコネクト装置１Ａが、上記実施形態の波長クロスコネクト装置１（図１）と異なる点は、波長帯切替部１０の入力側の＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａ～１１ｍ及び波長帯切替処理部＃１～＃ｊ（図１）に代え、波長帯切替部１０Ａの入力側の＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａＡ～１１ｍＡ及び波長帯変換部＃１Ａ～＃ｊＡを備えたことにある。
【００９６】
入力側の＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａＡ～１１ｍＡは同機能であるため、１番目の＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａＡを代表して説明する。１番目の＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａＡは、マルチバンド（Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯の波長帯）伝送されてきた波長多重信号光１ａをＳ帯、Ｃ帯及

びＬ帯の何れかの光信号にＱ分岐し、Ｑ分岐した内の何れか１つの波長帯の光信号をＱ出力ポートの内の何れか１つの出力ポートから出力する。例えば、Ｑ出力ポートの１番目の出力ポートからＬ帯の光信号を出力し、２番目の出力ポートからＳ帯の光信号を出力し、ｊ番目の出力ポートからＣ帯の光信号を出力する。

【００９７】

波長帯変換部＃１Ａ～＃ｊＡは、入力側＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａＡ～１１ｍＡから出力される波長帯（Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯）を、異なる波長帯に変換する処理を行う。例えば、＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａＡの出力ポートに接続された波長帯変換部＃１Ａは、波長帯のＳ帯をＣ帯に変換し、波長帯変換部＃ｊＡは、Ｃ帯をＬ帯に変換するように設定される。

【００９８】

＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａＡの１番目の出力ポートから出力されたＬ帯の光信号は、出力側の＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａの１番目の入力ポートへ出力される。２番目の出力ポートから出力されたＳ帯の光信号は、波長帯変換部＃１Ａへ出力され、Ｃ帯の光信号に変換される。ｊ番目の出力ポートから出力されたＣ帯の光信号は、波長帯変換部＃ｊＡへ出力され、Ｌ帯の光信号に変換される。

【００９９】

この変形例１の波長クロスコネクト装置１Ａにおいても、上述した実施形態と同様の効果を得ることができる。また、変形例１の波長帯変換部＃１Ａ～＃ｊＡは、実施形態の波長帯切替処理部＃１～＃ｊよりも簡易で小型な構成で済むので、その分、波長クロスコネクト装置１Ａの小型化を図ることができる。

【０１００】

この他、波長帯変換部＃１Ａ～＃ｊＡは、波長多重信号光１ａ～１ｍの波長帯の波長（例えばＳ帯の波長Ｓ１）を、長波長側又は短波長側にシフトして異なる波長帯の波長（Ｃ帯の波長Ｃ２）に変換するようしてもよい。

【０１０１】

このシフトは次のように設定して行う。例えば、入力側ＷＳＳ１１ａＡ（＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａＡ）に接続された波長帯変換部＃１Ａにおいて、図１４に矢印Ｙ１で示すように、光信号におけるＳ帯の波長Ｓ１を長波長側にシフト量＜＋３＞だけシフトして、Ｃ帯の波長Ｃ１に変換するように設定する。これによって、入力側ＷＳＳ１１ａＡで分岐された波長多重信号光１ａのＳ帯の波長Ｓ１が、波長帯変換部＃１ＡでＣ帯の波長Ｃ１に変換され、出力側ＷＳＳ１２ｂの２番目の入力ポートへ出力される。

【０１０２】

同様に、入力側ＷＳＳ１１ａＡに接続された波長帯変換部＃１ｊにおいて、図１４に矢印Ｙ２で示すように、光信号におけるＳ帯の波長Ｓ２を長波長側にシフト量＜＋４＞だけシフトして、Ｃ帯の波長Ｃ３に変換するように設定する。これによって、上記分岐された波長多重信号光１ａのＳ帯の波長Ｓ２が、波長帯変換部＃ｊＡでＣ帯の波長Ｃ３に変換され、出力側ＷＳＳ１２ｂのｊ番目の入力ポートへ出力される。

【０１０３】

また、入力側ＷＳＳ１１ａＡに接続された他の組（１＋ｊ）の波長帯変換部＃１Ａにおいて、図１４に矢印Ｙ３で示すように、光信号におけるＬ帯の波長Ｌ３を短波長側にシフト量＜－８＞だけシフトして、Ｓ帯の波長Ｓ１に変換するように設定する。これによって、上記分岐された波長多重信号光１ａのＬ帯の波長Ｌ３が、他の組（１＋ｊ）の波長帯変換部＃１ＡでＳ帯の波長Ｓ１に変換され、出力側ＷＳＳ１２ｂの他の組（１＋ｊ）の１番目の入力ポートへ出力される。

【０１０４】

更に、入力側ＷＳＳ１１ａＡに接続された他の組（１＋ｊ）の波長帯変換部＃ｊＡにおいて、図１４に矢印Ｙ４で示すように、光信号におけるＣ帯の波長Ｃ３を短波長側にシフト量＜－５＞だけシフトして、Ｓ帯の波長Ｓ１に変換するように設定する。これによって、上記分岐された波長多重信号光１ａのＣ帯の波長Ｃ３が、他の組（１＋ｊ）の波長帯変換部＃ｊＡでＳ帯の波長Ｓ１に変換され、出力側ＷＳＳ１２ｂの他の組（１＋ｊ）のｊ番

目の入力ポートへ出力される。

【０１０５】

このように、波長クロスコネクト装置１Ａの波長帯変換部＃１Ａ～＃ｊＡによって、波長多重信号光１ａ～１ｍにおいて、波長単位で、複数の波長帯を跨いだ波長変換が可能となる。

【０１０６】

＜実施形態の変形例２＞

図１５は、本発明の実施形態の変形例２に係る波長クロスコネクト装置の構成を示すブロック図である。

【０１０７】

図１５に示す変形例２の波長クロスコネクト装置１Ｂが、上記実施形態の波長クロスコネクト装置１（図１）と異なる点は、波長帯切替部１０Ｂが＜Ｑ×１＞ＷＳＳ１２ａ～１２ｍ（図１）を備えない。また、ＷＸＣ部２０Ｂが＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ～２１ｍ（図１）に代え、＜Ｑ×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａＢ～２１ｍＢを備え、＜Ｑ×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａＢ～２１ｍＢのＮ出力ポートが、＜Ｎ×１＞ＷＳＳ２２ａ～２２ｍのＮ入力ポートにメッシュ接続されている構成としたことにある。

【０１０８】

なお、＜Ｑ×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａＢ～２１ｍＢは、請求項記載の第３入力側ＷＳＳを構成する。

【０１０９】

＜Ｑ×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａＢ～２１ｍＢは、Ｑ入力ポートとＮ出力ポートとを備え、＜１×Ｑ＞ＷＳＳ１１ａ～１１ｍ及び波長帯切替処理部＃１～＃ｊからＱ入力ポートに入力された波長多重信号光を、Ｎ出力ポートの内の何れか１つの出力ポートに選択的に出力する処理を行う。

【０１１０】

この構成によれば、波長帯切替部１０ＢとＷＸＣ部２０Ｂとの光信号の伝達を、Ｎ本の波長多重信号光で伝達できる光デバイス（＜Ｑ×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａＢ～２１ｍＢ）を用いて実現できる。

【０１１１】

この図１５に示した波長クロスコネクト装置１Ｂにおける＜Ｑ×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａＢ～２１ｍＢは、図１３に示す波長クロスコネクト装置１Ａにおいても同様に置き換えて適用できる。

【０１１２】

以上の波長クロスコネクト装置１，１Ａ，１Ｂによれば、波長帯切替処理部＃１～＃ｊ又は波長帯変換部＃１Ａ～＃ｊＡの使用状況をモニタリングし、動的に電源オフすることで、運用中の消費電力削減が可能となる。また、波長帯変換部＃１Ａ～＃ｊＡにおける波長シフト量は任意に選択可能であり、波長帯変換部＃１Ａ～＃ｊＡの何れかが故障した場合においても、遠隔制御によって他の波長帯変換部に代替させ、故障の影響を抑制することが可能となる。

【０１１３】

＜効果＞

（１）波長クロスコネクト装置であって、１本又は複数本の光ファイバから構成される複数の光伝送路毎にマルチバンド伝送されてきた異なる波長帯の各光信号を多重化した波長多重信号光の各々を、予め定められた数に分岐し、分岐された所定数の波長多重信号光毎に波長帯の変換を行って出力する波長帯切替部と、前記波長帯切替部から出力される各々の波長多重信号光を分岐して出力する複数の第１入力側ＷＳＳと、当該第１入力側ＷＳＳにメッシュ接続された複数の第１出力側ＷＳＳとを備え、前記第１入力側ＷＳＳで分岐された波長多重信号光を前記第１出力側ＷＳＳへ入力して方路変更を行った後に出力伝送路へ出力するＷＸＣ（Wavelength Cross Connect）部とを備えることを特徴とする波長クロスコネクト装置である。

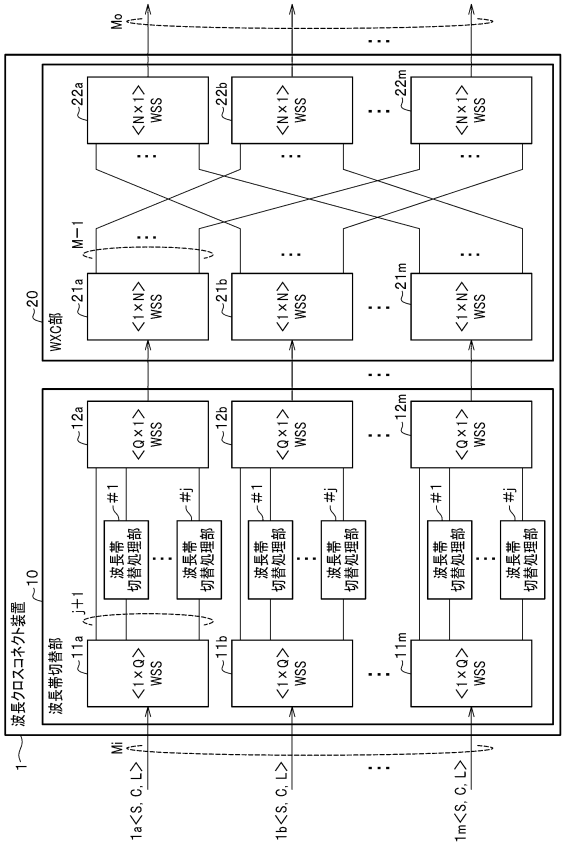
【０１１４】
この構成によれば、波長クロスコネクト装置は、マルチバンド伝送されてきた異なる波長帯の各光信号が多重化された波長多重信号光の波長帯を波長帯切替部で変換した後、ＷＸＣ部で方路変更して出力側の方路へ出力できる。
【０１１５】
このため、波長クロスコネクト装置を適用した複数のノードがリンク接続（光伝送路接続）されたマルチバンド伝送システムにおいて、リンク単位及び波長単位で波長帯の変換ができる。この変換により、ノード区間の光伝送路の空き波長帯の波長（例えば、Ｃ帯の波長Ｃ１）を、当該ノード区間の前方側の波長クロスコネクト装置で変換して用いることができる。このように波長空き区間の波長帯の波長を使用可能に設定できるので、ネットワークの使用容量を向上できる。つまり、マルチバンド伝送システムのネットワークの利用効率を向上できる。
【０１１６】
（２）前記波長帯切替部は、前記光伝送路毎の波長多重信号光の各々を所定数に分岐して出力する複数の第２入力側ＷＳＳと、前記第２入力側ＷＳＳで分岐されて出力される波長多重信号光に多重化された光信号の波長帯を、異なる波長帯に変換した波長多重信号光を出力する複数の波長帯切替処理部と、前記複数の波長帯切替処理部から出力される波長多重信号光と、前記第２入力側ＷＳＳから直接出力された波長多重信号光とを１つずつ選択しながら前記ＷＸＣ部の第１入力側ＷＳＳへ出力する第２出力側ＷＳＳとを備えることを特徴とする上記（１）に記載の波長クロスコネクト装置である。
【０１１７】
この構成によれば、マルチバンド伝送される波長多重信号光の通信量が増加し、波長帯切替部での波長帯の切替数を増加したい場合、波長帯切替処理部の単位で増やしてゆけば良いので、容易に増加できる。
【０１１８】
（３）前記波長帯切替処理部は、前記第２入力側ＷＳＳからの波長多重信号光に多重化された異なる波長帯の光信号を分波して出力する波長帯分波部と、前記分波された異なる波長帯の光信号の内、予め定められた特定波長帯以外の波長帯の光信号を、当該特定波長帯の光信号に変換する入力側変換部と、前記分波の数と同数の入力ポート及び出力ポートを有し、前記特定波長帯のみを処理可能であり、当該入力ポートから入力された前記入力側変換部で変換された特定波長帯、又は前記分波された異なる波長帯内の特定波長帯を、所定の波長帯に変換するように前記出力ポートから出力する特定ＷＳＳと、前記出力ポートから出力された特定波長帯の光信号を、所定の波長帯の光信号に変換する出力側変換部と、前記出力側変換部からの異なる波長帯の各光信号を合波して波長多重信号光に変換し、前記第２出力側ＷＳＳへ出力する波長帯合波部とを備えることを特徴とする上記（２）に記載の波長クロスコネクト装置である。
【０１１９】
この構成によれば、特定ＷＳＳによって、入力側変換部で変換された特定波長帯、又は波長帯分波部で分波された異なる波長帯内の特定波長帯が、所定の波長帯に変換するように出力ポートから出力される。このように、１つの特定ＷＳＳによって、異なる波長帯の各光信号を所定の波長帯の光信号に変換できるので、波長帯切替処理部を小型化できる。
【０１２０】
（４）前記波長帯切替処理部は、前記第２入力側ＷＳＳからの波長多重信号光に多重化された異なる波長帯を、同じ波長帯の光信号を所定数含んで分岐する第１ＷＳＳと、前記第１ＷＳＳで分岐された波長帯の光信号を、異なる波長帯の光信号に変換する前記分岐の数と同数の波長帯変換部と、前記波長帯変換部で変換された各波長帯の光信号を多重化して波長多重信号光に変換し、前記第２出力側ＷＳＳへ出力する第２ＷＳＳとを備えて構成されることを特徴とする上記（２）に記載の波長クロスコネクト装置である。
【０１２１】
この構成によれば、簡単な構成の波長帯切替処理部で、入力伝送路毎の波長多重信号光

に多重化された異なる波長帯を、他の異なる波長帯の光信号に変換できる。
【０１２２】
（５）前記第２入力側ＷＳＳは、光伝送路毎の波長多重信号光を何れかの波長帯の光信号に分岐し、分岐した内の何れか１つの波長帯の光信号を何れか１つの出力ポートから出力する処理を行い、前記波長帯切替処理部に代え、前記第２入力側ＷＳＳの１出力ポートから出力される１波長帯の光信号を異なる波長帯に変換する波長帯変換部を備えることを特徴とする上記（２）に記載の波長クロスコネクト装置である。
【０１２３】
この構成によれば、波長帯変換部は、波長帯切替処理部よりも簡易で小型な構成なので、その分、波長クロスコネクト装置の小型化を図ることができる。
【０１２４】
（６）前記波長帯変換部は、前記第２入力側ＷＳＳの１出力ポートから出力される１波長帯の光信号の波長を、長波長側又は短波長側にシフトして異なる波長帯の波長に変換することを特徴とする上記（５）に記載の波長クロスコネクト装置である。
【０１２５】
この構成によれば、波長多重信号光において波長帯の波長単位での波長帯変換が可能となる。
【０１２６】
（７）前記波長帯切替部は、前記第２出力側ＷＳＳを備えず、前記ＷＸＣ部は前記第１入力側ＷＳＳに代え、前記第２入力側ＷＳＳから無変換で出力される波長多重信号光と、前記波長帯切替処理部から出力される波長多重信号光とが入力される複数の入力ポート及び、前記第１出力側ＷＳＳの入力ポートにメッシュ接続された複数の出力ポートを備える第３入力側ＷＳＳを備え、前記第３入力側ＷＳＳは、複数の入力ポートに、前記第２入力側ＷＳＳから無変換で入力される波長多重信号光と、前記波長帯切替処理部から入力される波長多重信号光とを、複数の出力ポートの内の何れか１つの出力ポートに選択的に出力することを特徴とする上記（２～６）の何れか１つに記載の波長クロスコネクト装置である。
【０１２７】
この構成によれば、波長帯切替部とＷＸＣ部との光信号の伝達を、複数の波長多重信号光で伝達できる光デバイス（第２出力側ＷＳＳ及び第２入力側ＷＳＳ）を用いて実現できる。
【０１２８】
その他、具体的な構成について、本発明の主旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能である。
【符号の説明】
【０１２９】
１，１Ａ，１Ｂ　波長クロスコネクト装置
１０　波長帯切替部
１１ａ～１１ｍ，１１ａＡ～１１ｍＡ　＜１×Ｑ＞ＷＳＳ（第２入力側ＷＳＳ）
１２ａ～１２ｍ　＜Ｑ×１＞ＷＳＳ（第２出力側ＷＳＳ）
２０　ＷＸＣ部
２１ａ～２１ｍ　＜１×Ｎ＞ＷＳＳ（第１入力側ＷＳＳ）
２１ａＢ～２１ｍＢ　＜Ｑ×Ｎ＞ＷＳＳ（第３入力側ＷＳＳ）
２２ａ～２２ｍ　＜Ｎ×１＞ＷＳＳ（第１出力側ＷＳＳ）
３１　波長帯分波部
３２，３３　波長帯変換部（入力側変換部）
３４　＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ（特定ＷＳＳ）
３５，３６　波長帯変換部（出力側変換部）
３７　波長帯合波部
６１　＜１×Ｐ＞ＷＳＳ（第１ＷＳＳ）

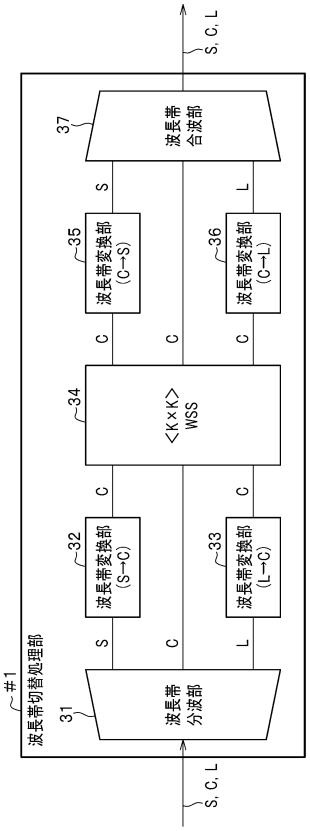
６２ａ～６２ｆ　波長帯変換部
６３　＜Ｐ×１＞ＷＳＳ（第２ＷＳＳ）
＃１～＃ｊ　波長帯切替処理部
＃１Ａ～＃ｊＡ　波長帯変換部

【図面】

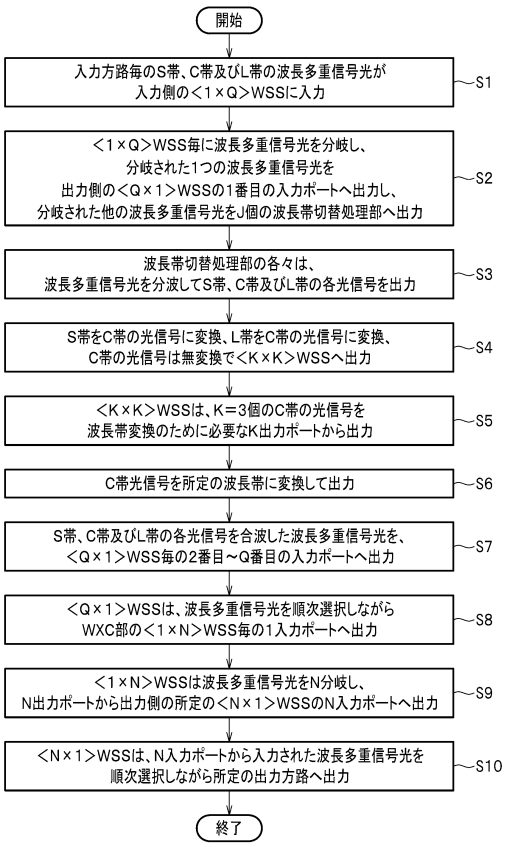
【図１】



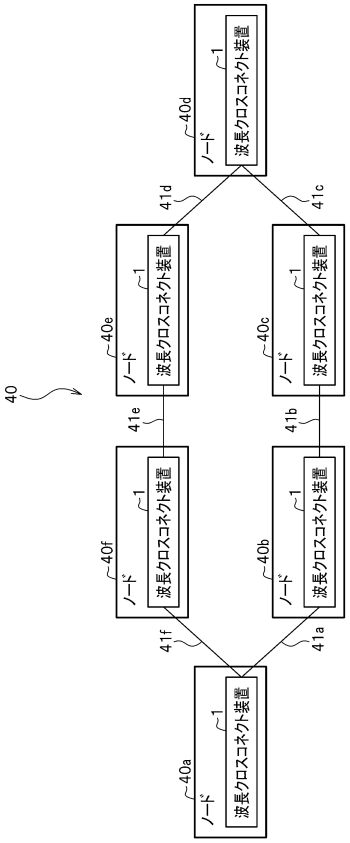
【図２】



【図３】



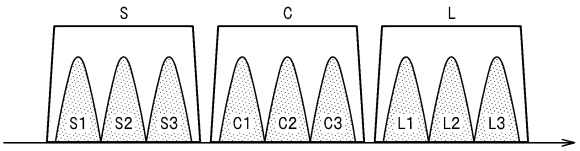
【図４】



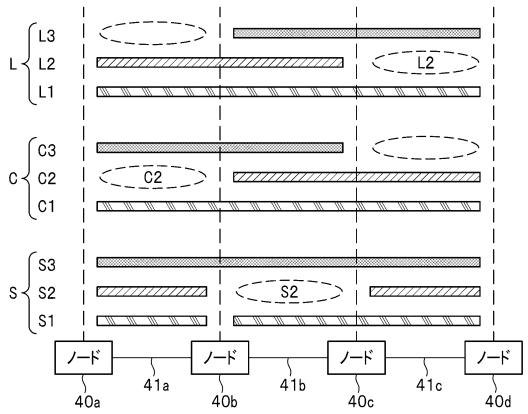
【図５】

3区間のパス	1区間目	2区間目	3区間目
パス1	S	C	L
パス2	C	L	S
パス3	L	S	C

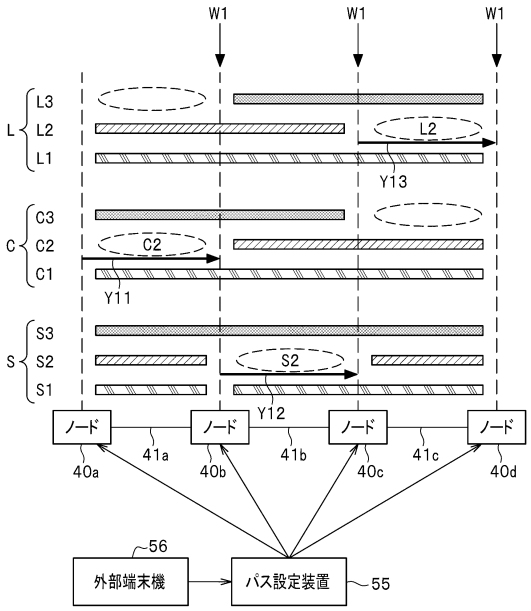
【図６】



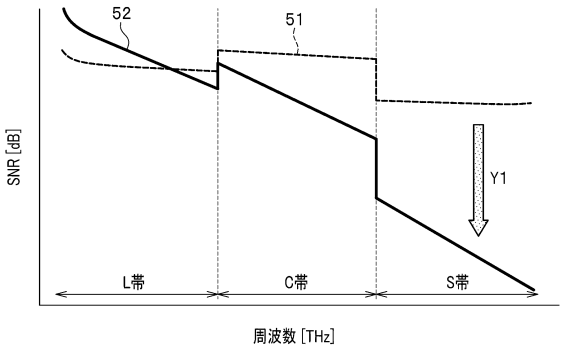
【図７】


L
L3
L2
L1
C
C3
C2
C1
S
S3
S2
S1
L2
C2
S2
ノード
ノード
ノード
ノード
40a
41a
40b
41b
40c
41c
40d

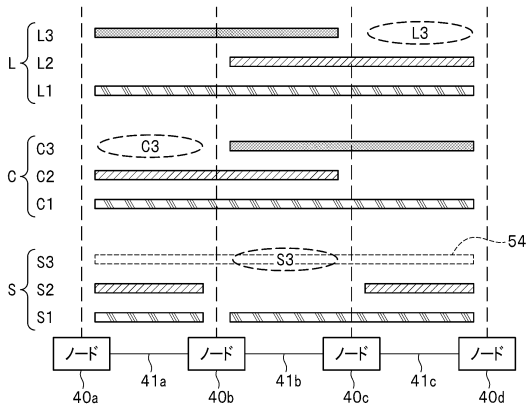
【図８】


W1
W1
W1
L
L3
L2
L1
L2
Y13
C
C3
C2
C1
C2
Y11
S
S3
S2
S1
S2
Y12
ノード
ノード
ノード
ノード
40a
41a
40b
41b
40c
41c
40d
56
外部端末機
パス設定装置
55

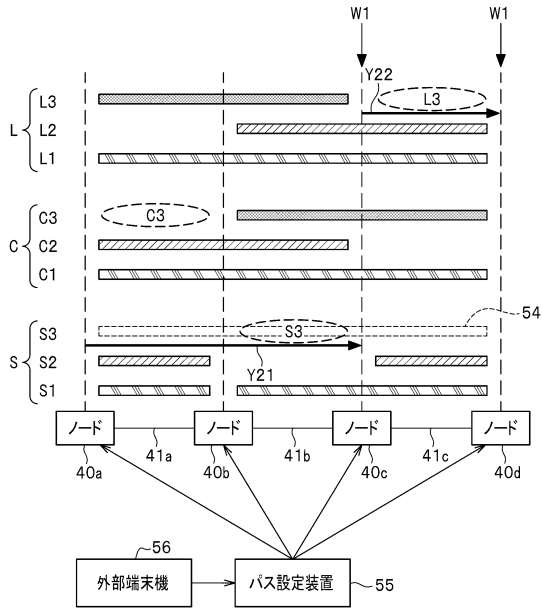
【図９】


52
51
SNR [dB]
Y1
L帯
C帯
S帯
周波数 [THz]

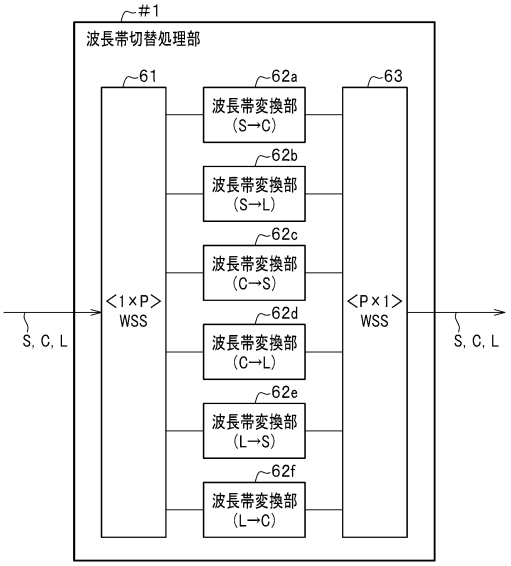
【図１０】


L
L3
L2
L1
L3
C
C3
C2
C1
C3
S
S3
S2
S1
S3
54
ノード
ノード
ノード
ノード
40a
41a
40b
41b
40c
41c
40d

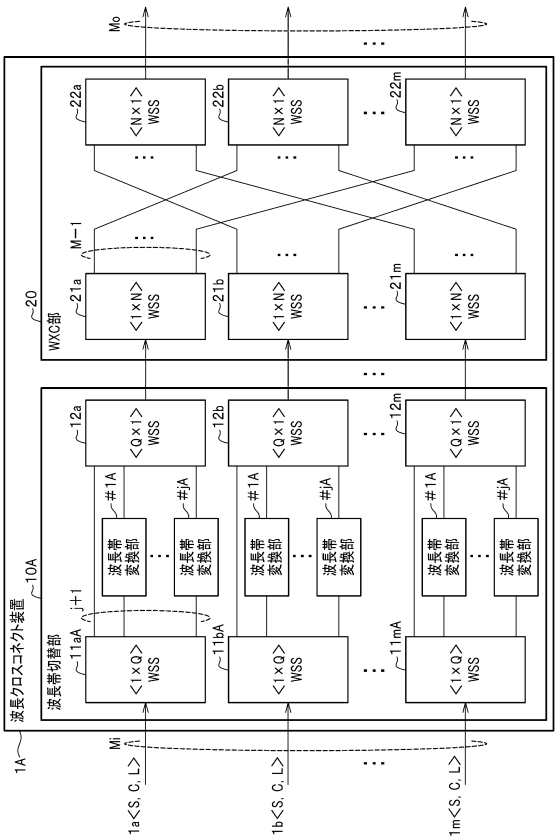
【図１１】



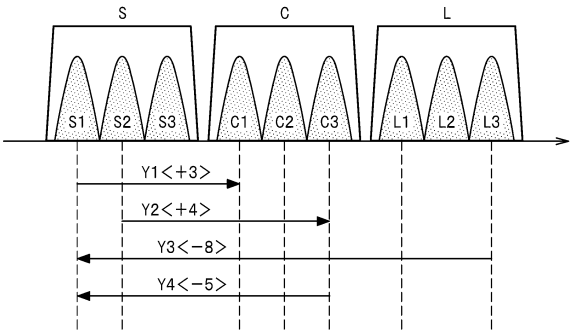
【図１２】



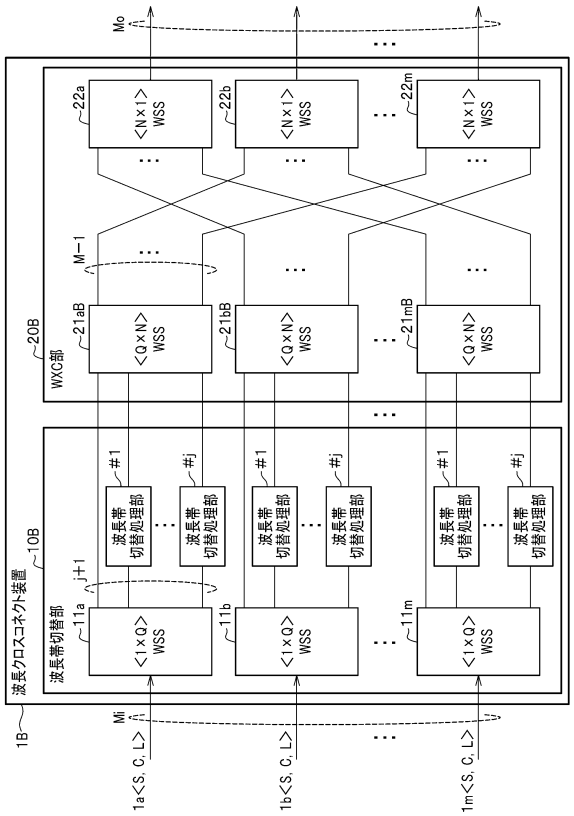
【図１３】



【図１４】



【図１５】


1B
波長クロスコネクト装置
10B
波長帯切替部
11a
11b
11m
<I×Q>
WSS
20B
WXC部
21aB
21bB
21mB
<Q×N>
WSS
22a
22b
22m
<N×1>
WSS
波長帯
切替処理部
#1
#j
M−1
Mo
Mi
1a<S, C, L>
1b<S, C, L>
1m<S, C, L>

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２０２０－１３７０４２（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２００４／０１５３４９２（ＵＳ，Ａ１）
欧州特許出願公開第０２７７３０５７（ＥＰ，Ａ１）
特開２００３－１９８４８５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０４Ｂ １０／００－１０／９０
Ｈ０４Ｊ １４／００－１４／０８