(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7687395号
(P7687395)

(45)発行日　令和7年6月3日(2025.6.3)

(24)登録日　令和7年5月26日(2025.5.26)

(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　4　（全20頁）

(21)出願番号　特願2023-527162(P2023-527162)
(86)(22)出願日　令和3年6月7日(2021.6.7)
(86)国際出願番号　PCT/JP2021/021584
(87)国際公開番号　WO2022/259318
(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　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　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　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であって、

前記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の各光信号が多重化された波長多重信号光を、Ｍ個の入力側ＷＳＳ（Wavelength Selective Switch）で前記Ｍよりも大きい数のＮに分岐し、Ｎ分岐された波長多重信号光を、前記入力側ＷＳＳにメッシュ接続されたＭ個の出力側ＷＳＳを介して方路変更して出力する中継処理を行っており、

前記波長クロスコネクト装置は、

前記入力側ＷＳＳと、前記入力側ＷＳＳ毎にＮ分岐された波長多重信号光の内、波長帯変換が不要な光信号が多重化された波長多重信号光が入力される前記出力側ＷＳＳとを有するＷＸＣ（Wavelength Cross Connect）部と、

前記入力側ＷＳＳ毎にＮ分岐された波長多重信号光から波長帯変換が必要な光信号が多重化された波長多重信号光の波長帯を、異なる波長帯に変換すると共に方路変更して前記出力側ＷＳＳへ出力する波長帯切替部と、を備えており、

前記波長帯切替部は、

前記入力側ＷＳＳからの複数の波長多重信号光を１つずつ順次選択して出力する第１ＷＳＳと、前記第１ＷＳＳからの波長多重信号光に多重化された波長帯を、異なる波長帯に変換した波長多重信号光を出力する波長帯切替処理部と、前記波長帯切替処理部からの波長多重信号光を分岐して方路変更されるように前記出力側ＷＳＳ毎に入力する第２ＷＳＳ

とを１組の構成として備え、
　前記１組の構成は、前記入力側ＷＳＳ毎のＮ分岐された波長多重信号光の内の波長帯変換が必要な光信号が多重化された波長多重信号光の数と同数備えられる
　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１ＷＳＳ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２ＷＳＳ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１ＷＳＳ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３ＷＳＳと、
　前記第３ＷＳＳ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２ＷＳＳへ出力する第４ＷＳＳ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】
　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、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の各光信号が多重化された波長多重信号光を、Ｍ個の入力側ＷＳＳ（Wavelength Selective Switch）で前記Ｍよりも大きい数のＮに分岐し、Ｎ分岐された波長多重信号光を、前記入力側ＷＳＳにメッシュ接続されたＭ個の出力側ＷＳＳを介して方路変更して出力する中継処理を行っており、
　前記波長クロスコネクト装置は、ＷＸＣ（Wavelength Cross Connect）部および波長帯切替部を有しており、
　前記ＷＸＣ部は、前記入力側ＷＳＳ毎にＮ分岐された波長多重信号光の内、波長帯変換が不要な光信号が多重化された波長多重信号光を前記出力側ＷＳＳへ出力するステップを実行し、
　前記波長帯切替部は、前記入力側ＷＳＳ毎にＮ分岐された波長多重信号光から波長帯変換が必要な光信号が多重化された波長多重信号光の波長帯を、異なる波長帯に変換すると共に方路変更して前記出力側ＷＳＳへ出力するステップを実行し、
　前記波長帯切替部は、
　前記入力側ＷＳＳからの複数の波長多重信号光を１つずつ順次選択して出力する第１ステップと、当該第１ステップから出力された波長多重信号光に多重化された波長帯を、異なる波長帯に変換した波長多重信号光を出力する第２ステップと、当該第２ステップにより出力された波長多重信号光を分岐して方路変更されるように前記出力側ＷＳＳ毎に入力する第３ステップとを１組の構成として実行し、
　前記１組の構成は、前記入力側ＷＳＳ毎のＮ分岐された波長多重信号光の内の波長帯変

換が必要な光信号が多重化された波長多重信号光の数と同数実行される
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部の構成において、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、
前記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の各光信号が多重化された波長多重信号光を、Ｍ個の入力側ＷＳＳ（Wavelength Selective Switch）で前記Ｍよりも大きい数のＮに分岐し、Ｎ分岐された波長多重信号光を、前記入力側ＷＳＳにメッシュ接続されたＭ個の出力側ＷＳＳを介して方路変更して出力する中継処理を行っており、
前記波長クロスコネクト装置は、
前記入力側ＷＳＳと、前記入力側ＷＳＳ毎にＮ分岐された波長多重信号光の内、波長帯変換が不要な光信号が多重化された波長多重信号光が入力される前記出力側ＷＳＳとを有するＷＸＣ（Wavelength Cross Connect）部と、
前記入力側ＷＳＳ毎にＮ分岐された波長多重信号光から波長帯変換が必要な光信号が多重化された波長多重信号光の波長帯を、異なる波長帯に変換すると共に方路変更して前記出力側ＷＳＳへ出力する波長帯切替部と、を備えており、
前記波長帯切替部は、
前記入力側ＷＳＳからの複数の波長多重信号光を１つずつ順次選択して出力する第１ＷＳＳと、前記第１ＷＳＳからの波長多重信号光に多重化された波長帯を、異なる波長帯に変換した波長多重信号光を出力する波長帯切替処理部と、前記波長帯切替処理部からの波長多重信号光を分岐して方路変更されるように前記出力側ＷＳＳ毎に入力する第２ＷＳＳとを１組の構成として備え、
前記１組の構成は、前記入力側ＷＳＳ毎のＮ分岐された波長多重信号光の内の波長帯変換が必要な光信号が多重化された波長多重信号光の数と同数備えられる
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】本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】本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】本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】本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。
【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１０は、ＷＸＣ部２０と、波長帯切替部３０とを備えて構成されている。
【００１５】
ＷＸＣ部２０は、１本又は複数本の光ファイバから構成される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×Ｎ＞ＷＳＳ（Wavelength Selective Switch）２１ａ，２１ｂ，…，２１ｍを備える。更に、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。なお、入力側の＜１×Ｎ＞ＷＳＳ２１ａ～２１ｍを、入力側ＷＳＳ２１ａ～２１ｍとも称し、出力側の＜Ｎ×１＞ＷＳＳ２２ａ～２２ｍを、出力側ＷＳＳ２２ａ～２２ｍとも称す。
【００１６】
ＷＸＣ部２０は、符号Ｍｉで示す光ファイバによる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，１ｂ，…，１ｍに多重化された異なる波長帯の光信号の内、波長帯変換が必要な光信号を波長帯切替部３０へ出力し、波長帯変換が不要な光信号を、方路変更されるように出力側ＷＳＳ２２ａ～２２ｍへ出力する。
【００１７】
但し、ＷＸＣ部２０は、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。Ｎ，Ｍは、Ｎ＞Ｍの大小関係があり、例えばＮ＝５、Ｍ＝４とする。また、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。
【００１８】
また、入力側ＷＳＳ２１ａ～２１ｍは、図示の上から順に１番目の入力側ＷＳＳ２１ａ、２番目の入力側ＷＳＳ２１ｂ、Ｍ番目の入力側ＷＳＳ２１ｍであるとする。出力側ＷＳＳ２２ａ～２２ｍも、上から順に１番目の出力側ＷＳＳ２２ａ、２番目の出力側ＷＳＳ２２ｂ、Ｍ番目の出力側ＷＳＳ２２ｍであるとする。
【００１９】
フルメッシュ接続は次の通りである。即ち、入力側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、この内の（Ｍ－１）＝４－１＝３個の出力ポートが、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、入力側ＷＳＳ２１ａ～２１ｍ毎の（Ｍ－１）＝３個の出力ポートが、入力側ＷＳＳと同番目の方路の出力側ＷＳＳを除く、出力側ＷＳＳ２２ａ～２２ｍ毎のＮ入力ポートの内、（Ｍ－１）＝３個の入力ポートに接続されている。この接続によって、上述した波長帯変換が不要な光信号が方路変更のために伝

送される経路が構成されている。

【００２０】

また、入力側の１番目のＷＳＳ２１ａの（Ｍ－１）＝３個の出力ポートを除く、（Ｎ－Ｍ＋１）＝５－４＋１＝２個の出力ポートは、波長帯切替部３０に接続されている。この他の２番目からＭ番目の入力側ＷＳＳ２１ｂ～２１ｍにおいても同様に接続されている。

【００２１】

出力側の１番目のＷＳＳ２２ａの（Ｍ－１）＝３個の入力ポートを除く、（Ｎ－Ｍ＋１）＝２個の入力ポートは、波長帯切替部３０に接続されている。この他の２番目からＭ番目の出力側ＷＳＳ２２ｂ～２２ｍにおいても同様に接続されている。この（Ｎ－Ｍ＋１）本の接続によって、上述した波長帯変換が必要な光信号が、波長帯切替部３０へ伝送されるように構成されている。

【００２２】

入力側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）の波長多重信号光１ａ～１ｍ毎にＮ分岐する機能を備える。但し、ＷＳＳは、カプラ等による単純なＮ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Ｎ分岐を行う機能を有する。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。

【００２３】

出力側ＷＳＳ２２ａ～２２ｍは同機能であり、マルチバンドの波長多重信号光を順次選択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。

【００２４】

次に、波長帯切替部３０は、入力側ＷＳＳ２１ａ～２１ｍからの（Ｎ－Ｍ＋１）本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、所定の波長帯に変換し、更に方路変更して出力側ＷＳＳ２２ａ～２２ｍへ出力する。

【００２５】

波長帯切替部３０は、入力側の＜Ｍ×１＞ＷＳＳ２５ａ，２５ｂと、波長帯切替処理部２６ａ，２６ｂと、出力側の＜１×Ｍ＞ＷＳＳ２７ａ，２７ｂとを備えて構成されている。入力側の＜Ｍ×１＞ＷＳＳ２５ａ，２５ｂは、Ｍ個のＭ入力ポート及び１出力ポートを有する。出力側の＜１×Ｍ＞ＷＳＳ２７ａ，２７ｂは、１入力ポート及びＭ出力ポートを有する。

【００２６】

但し、入力側の＜Ｍ×１＞ＷＳＳ２５ａ，２５ｂは、Ｍ×１の光ファイバカプラ等の光カプラであってもよい。出力側の＜１×Ｍ＞ＷＳＳ２７ａ，２７ｂは、１×Ｍの光カプラであってもよい。また、＜Ｍ×１＞ＷＳＳ２５ａ，２５ｂは、請求項記載の第１ＷＳＳを構成する。＜１×Ｍ＞ＷＳＳ２７ａ，２７ｂは、請求項記載の第２ＷＳＳを構成する。

【００２７】

また、入力側ＷＳＳ２５ａ、波長帯切替処理部２６ａ及び出力側ＷＳＳ２７ａで１組の構成を成す。この組の構成が、ＷＸＣ部２０の入力側ＷＳＳ２１ａの（Ｎ－Ｍ＋１）＝２個の出力ポート数と同数備えられている。本例では、１組目構成と、２組目構成とを有する。

【００２８】

１組目構成において、入力側の＜Ｍ×１＞ＷＳＳ２５ａのＭ入力ポートには、ＷＸＣ部２０の入力側ＷＳＳ２１ａ～２１ｍにおける（Ｎ－Ｍ＋１）＝２個の出力ポートの内の１つが接続されている。＜Ｍ×１＞ＷＳＳ２５ａの出力ポートは、波長帯切替処理部２６ａの入力ポートに接続されている。波長帯切替処理部２６ａの出力ポートは、出力側の＜１×Ｍ＞ＷＳＳ２７ａの入力ポートに接続されている。

【００２９】

＜１×Ｍ＞ＷＳＳ２７ａは、波長帯切替処理部２６ａで変換された波長帯の光信号をＭ本のどの出力方路へ出力するかの方路変更を行う。＜１×Ｍ＞ＷＳＳ２７ａのＭ出力ポートは、ＷＸＣ部２０の出力側ＷＳＳ２２ａ～２２ｍにおける（Ｎ－Ｍ＋１）＝２個の入力ポートの内の１つに接続されている。２組目構成も、１組目構成と同様に接続されている。

【００３０】

＜波長帯切替処理部の構成＞

波長帯切替処理部２６ａ，２６ｂは、図２に波長帯切替処理部２６ａ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。

【００３１】

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。

【００３２】

波長帯分波部３１は、入力側の＜Ｍ×１＞ＷＳＳ２５ａ（図１）から入力された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。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。

【００３３】

＜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。

【００３４】

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。

【００３５】

＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４は、波長クロスコネクト装置１０（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、出力側の光伝送路Ｍｏ（図１）に伝送するための波長帯への切り替えを行う役割を担っている。

【００３６】

この＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４は、波長多重信号光に多重化された波長帯数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。

【００３７】

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へ入力され、ここで、Ｓ帯の光信号に変換される。この例は、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。

【００３８】

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、変換された波長多重信号光を、図１に示す出力側の＜１×Ｍ＞ＷＳＳ２７ａへ出力する。

【００３９】

＜１×Ｍ＞ＷＳＳ２７ａ，２７ｂは、波長多重信号光を、出力側ＷＳＳ２２ａ～２２ｍ

における（Ｎ－Ｍ＋１）＝２個の入力ポートへ出力する。

【００４０】

出力側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、出力ポートからＭ本の出力方路へ出力することにより、波長多重信号光を方路変更する。

【００４１】

＜実施形態の動作＞

次に、本実施形態に係る波長クロスコネクト装置１０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。

【００４２】

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、ＷＸＣ部２０のＭ個の入力側ＷＳＳ２１ａ～２１ｍの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。

【００４３】

ステップＳ２において、各入力側ＷＳＳ２１ａ～２１ｍは、各波長多重信号光１ａ～１ｍを分岐し、分岐した波長多重信号光の内、波長帯変換が不要な光信号を所定の出力側ＷＳＳ２２ａ～２２ｍのＮ入力ポートへ出力する。また、波長帯変換が必要な光信号を波長帯切替部３０の＜Ｍ×１＞ＷＳＳ２５ａ，２５ｂのＭ入力ポートへ出力する。

【００４４】

ステップＳ３において、＜Ｍ×１＞ＷＳＳ２５ａ，２５ｂは、Ｓ帯、Ｃ帯及びＬ帯が多重化されたＭ個の波長多重信号光を順次選択しながら、波長帯切替処理部２６ａ，２６ｂへ出力する。

【００４５】

ステップＳ４において、波長帯切替処理部２６ａ，２６ｂ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。

【００４６】

ステップＳ５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。また、波長帯分波部３１で分波されたＣ帯の光信号は無変換で＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４へ出力される。

【００４７】

ステップＳ６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。

【００４８】

ステップＳ７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。上記Ｃ帯以外に＜Ｋ×Ｋ＞ＷＳＳ３４から出力されるＣ帯の光信号は無変換で波長帯合波部３７へ出力される。

【００４９】

ステップＳ８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た波長多重信号光を、図１に示す＜１×Ｍ＞ＷＳＳ２７ａ，２７ｂの入力ポートへ出力する。

【００５０】

ステップＳ９において、＜１×Ｍ＞ＷＳＳ２７ａ，２７ｂは、波長多重信号光を方路変

更されるように、ＷＸＣ部２０の出力側ＷＳＳ２２ａ～２２ｍのＮ入力ポートの内の（Ｎ－Ｍ＋１）＝２個の入力ポート（所定の入力ポート）へ出力する。

【００５１】

ステップＳ１０において、出力側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、所定の出力ポートからＭ本の出力方路へ出力する。

【００５２】

＜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１０の効果について説明する。

波長クロスコネクト装置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）の各光信号が多重化された波長多重信号光１ａ～１ｍを、入力側ＷＳＳ２１ａ～２１ｍでＭよりも大きい数のＮに分岐する。更に、Ｎ分岐された波長多重信号光を、入力側ＷＳＳ２１ａ～２１ｍにメッシュ接続された出力側ＷＳＳ２２ａ～２２ｍで方路変更して出力側の方路へ出力する中継処理を行う。

【００５３】

（１ａ）波長クロスコネクト装置１０は、ＷＸＣ部２０及び波長帯切替部３０を備える。ＷＸＣ部２０は、入力側ＷＳＳ２１ａ～２１ｍと、入力側ＷＳＳ２１ａ～２１ｍでＮ分岐された波長多重信号光の内、波長帯変換が不要な光信号が多重化された波長多重信号光が入力される出力側ＷＳＳ２２ａ～２２ｍとを備える。

【００５４】

波長帯切替部３０は、入力側ＷＳＳ２１ａ～２１ｍ毎にＮ分岐された波長多重信号光から波長帯変換が必要な光信号が多重化された波長多重信号光の波長帯を、異なる波長帯に変換すると共に方路変更して出力側ＷＳＳ２２ａ～２２ｍへ出力する構成とした。

【００５５】

この構成によれば、波長クロスコネクト装置１０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１ａ～１ｍを、ＷＸＣ部２０の入力側ＷＳＳ２１ａ～２１ｍでＮ分岐する。このＮ分岐された波長多重信号光から波長帯変換が必要な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３０によって、異なる波長帯に変換すると共に方路変更して出力側ＷＳＳ２２ａ～２２ｍを介して出力側の方路Ｍｏへ出力できる。

【００５６】

このため、波長クロスコネクト装置１０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１０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。

【００５７】

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１０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。

【００５８】

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。

【００５９】

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。

【００６０】

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。

【００６１】

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。

【００６２】

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。

【００６３】

これに対して、本実施形態では、波長クロスコネクト装置１０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。

【００６４】

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。

【００６５】

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。

【００６６】

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。

【００６７】

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１０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。

【００６８】

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。

【００６９】

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。

【００７０】

しかし、本実施形態では、波長クロスコネクト装置１０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。

【００７１】

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。

【００７２】

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緩和できる。

【００７３】

＜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。

【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、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。

【００７５】

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。
【００７６】
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。
【００７７】
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。
【００７８】
しかし、本実施形態では、波長クロスコネクト装置１０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。
【００７９】
＜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。
【００８０】
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。
【００８１】
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。
【００８２】
上述したように帯域間誘導ラマンの影響を緩和してノード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緩和できる。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。

【００８３】

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１０によれば、そのネットワーク効率の低下を抑制できる。

【００８４】

（２ａ）波長帯切替部３０は、入力側ＷＳＳ２１ａ～２１ｍからの複数の波長多重信号光を１つずつ順次選択して出力する第１ＷＳＳとしての＜Ｍ×１＞ＷＳＳ２５ａを備える。また、＜Ｍ×１＞ＷＳＳ２５ａからの波長多重信号光に多重化された波長帯を、異なる波長帯に変換した波長多重信号光を出力する波長帯切替処理部２６ａを備える。更に、波長帯切替処理部２６ａからの波長多重信号光を分岐して方路変更されるように出力側ＷＳＳ２２ａ～２２ｍ毎に入力する第２ＷＳＳとしての＜１×Ｍ＞ＷＳＳ２７ａを備える。

【００８５】

上記の＜Ｍ×１＞ＷＳＳ２５ａ、波長帯切替処理部２６ａ及び＜１×Ｍ＞ＷＳＳ２７ａを１組の構成として備える。１組の構成は、入力側ＷＳＳ２１ａ～２１ｍ毎のＮ分岐された波長多重信号光の内の波長帯変換が必要な光信号が多重化された波長多重信号光の数と同数備えられる構成とした。

【００８６】

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３０での波長帯の切替数を増加したい場合、１組の構成単位で増やしてゆけば良いので、容易に増加できる。

【００８７】

（３ａ）波長帯切替処理部２６ａ，２６ｂ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。

【００８８】

波長帯分波部３１は、入力側の第１ＷＳＳとしての＜Ｍ×１＞ＷＳＳ２５ａ，２５ｂ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。

【００８９】

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。

【００９０】

＜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。

【００９１】

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、第２ＷＳＳとしての＜１×Ｍ＞ＷＳＳ２７ａ，２７ｂへ出力する。

【００９２】

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２６ａ，２６ｂを小型化できる。

【００９３】
＜波長帯切替処理部の他の構成＞
波長帯切替処理部２６ａ，２６ｂを、図２に示した構成の他に、図１２に波長帯切替処理部２６ａを代表して示すように構成してもよい。
【００９４】
図１２に示す波長帯切替処理部２６ａ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。
【００９５】
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３ＷＳＳを構成する。＜Ｐ×１＞ＷＳＳ６３は、請求項記載の第４ＷＳＳを構成する。
【００９６】
＜１×Ｐ＞ＷＳＳ６１は、＜Ｍ×１＞ＷＳＳ２５ａ（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。
【００９７】
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。
【００９８】
＜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＜１×Ｍ＞ＷＳＳ２７ａへ出力する。
【００９９】
この構成によれば、簡単な構成の波長帯切替処理部２６ａ，２６ｂで、ＷＸＣ部２０から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。
【０１００】
以上の他、図２又は図１２に示した波長帯切替処理部２６ａ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。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。
【０１０１】
＜効果＞
（１）波長クロスコネクト装置であって、前記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の各光信号が多重化された波長多重信号光を、Ｍ個の入力側ＷＳＳ（Wavelength Selective Switch）で前記Ｍよりも大きい数のＮに分岐し、Ｎ分岐された波長多重信号光を、前記入力側ＷＳＳにメッシュ接続されたＭ個の出力側ＷＳＳを介して方路変更して出力する中継処理を行っており、前記入力側ＷＳＳと、当該入力側ＷＳＳ毎にＮ分岐され

た波長多重信号光の内、波長帯変換が不要な光信号が多重化された波長多重信号光が入力される前記出力側ＷＳＳとを有するＷＸＣ（Wavelength Cross Connect）部と、前記入力側ＷＳＳ毎にＮ分岐された波長多重信号光から波長帯変換が必要な光信号が多重化された波長多重信号光の波長帯を、異なる波長帯に変換すると共に方路変更して前記出力側ＷＳＳへ出力する波長帯切替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。

【０１０２】

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を、ＷＸＣ部の入力側ＷＳＳでＮ分岐する。このＮ分岐された波長多重信号光から波長帯変換が必要な光信号が多重化された波長多重信号光の波長帯を、波長帯切替部によって、異なる波長帯に変換すると共に方路変更して出力側ＷＳＳを介して出力側の方路へ出力できる。

【０１０３】

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。

【０１０４】

（２）前記波長帯切替部は、前記入力側ＷＳＳからの複数の波長多重信号光を１つずつ順次選択して出力する第１ＷＳＳと、前記第１ＷＳＳからの波長多重信号光に多重化された波長帯を、異なる波長帯に変換した波長多重信号光を出力する波長帯切替処理部と、前記波長帯切替処理部からの波長多重信号光を分岐して方路変更されるように前記出力側ＷＳＳ毎に入力する第２ＷＳＳとを１組の構成として備え、前記１組の構成は、前記入力側ＷＳＳ毎のＮ分岐された波長多重信号光の内の波長帯変換が必要な光信号が多重化された波長多重信号光の数と同数備えられ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。

【０１０５】

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、１組の構成単位で増やしてゆけば良いので、容易に増加できる。

【０１０６】

（３）前記波長帯切替処理部は、前記第１ＷＳＳ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２ＷＳＳ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。

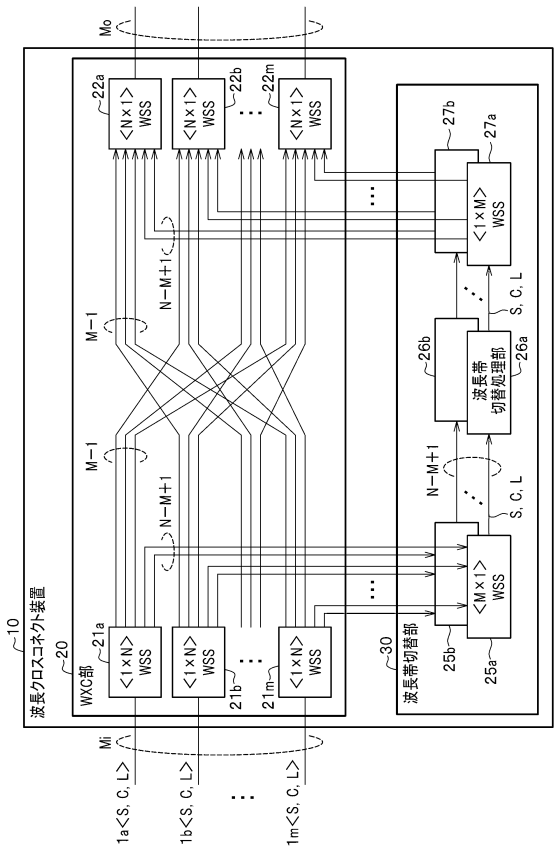
【０１０７】

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。

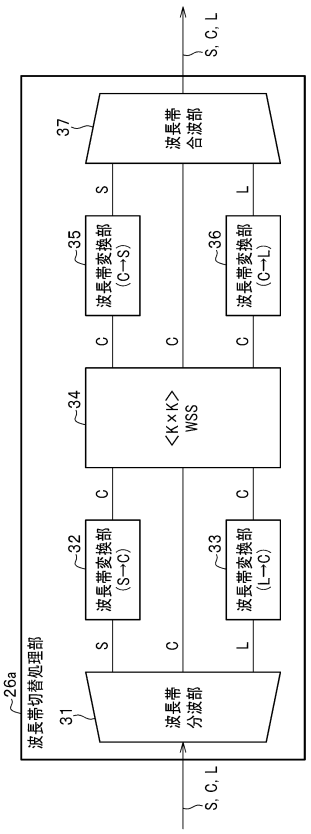
【０１０８】
（４）前記波長帯切替処理部は、前記第１ＷＳＳからの波長多重信号光に多重化された異なる波長帯を、同じ波長帯の光信号を所定数含んで分岐する第３ＷＳＳと、前記第３ＷＳＳで分岐された波長帯の光信号を、異なる波長帯の光信号に変換する前記分岐の数と同数の波長帯変換部と、前記波長帯変換部で変換された各波長帯の光信号を多重化して波長多重信号光に変換し、前記第２ＷＳＳへ出力する第４ＷＳＳとを備えて構成されることを特徴とする上記（２）に記載の波長クロスコネクト装置である。
【０１０９】
この構成によれば、簡単な構成の波長帯切替処理部で、ＷＸＣ部からの波長多重信号光に多重化された異なる波長帯を、他の異なる波長帯の光信号に変換できる。
【０１１０】
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】
【０１１１】
１０　波長クロスコネクト装置
２０　ＷＸＣ部
２１ａ～２１ｍ　＜１×Ｎ＞ＷＳＳ（入力側ＷＳＳ）
２２ａ～２２ｍ　＜Ｎ×１＞ＷＳＳ（出力側ＷＳＳ）
３０　波長帯切替部
２５ａ，２５ｂ　＜Ｍ×１＞ＷＳＳ（第１ＷＳＳ）
２６ａ，２６ｂ　波長帯切替処理部
２７ａ，２７ｂ　＜１×Ｍ＞ＷＳＳ（第２ＷＳＳ）
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３ＷＳＳ）
６２ａ～６２ｆ　波長帯変換部
６３　＜Ｐ×１＞ＷＳＳ（第４ＷＳＳ）

【図面】

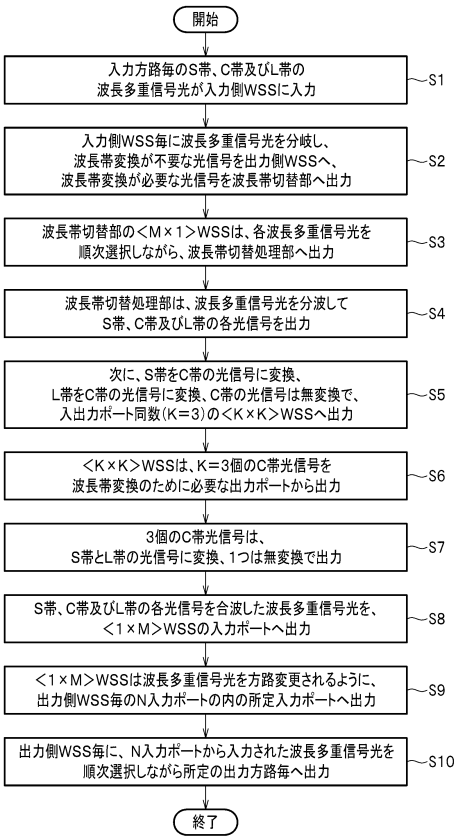
【図１】


Mo
Mi
10
波長クロスコネクト装置
20
WXC部
21a
<1×N>
WSS
22a
22b
22m
21b
21m
N−M+1
M−1
30
波長帯切替部
25a
25b
26a
26b
波長帯
切替処理部
27a
27b
<1×M>
WSS
S, C, L
1a<S, C, L>
1b<S, C, L>
1m<S, C, L>

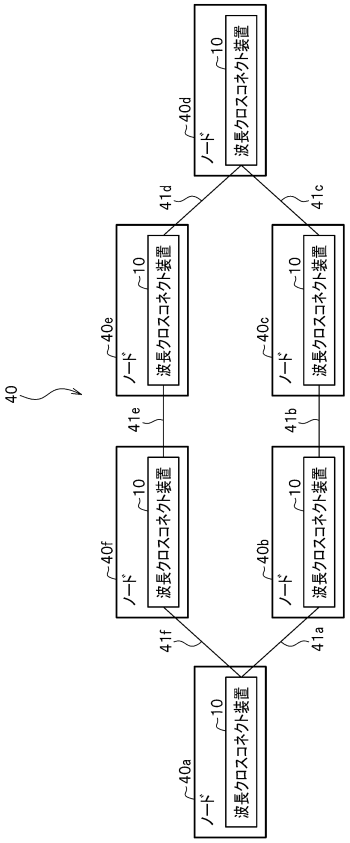
【図２】


S, C, L
37
波長帯
合波部
35
波長帯変換部
(C→S)
36
波長帯変換部
(C→L)
34
<K×K>
WSS
32
波長帯変換部
(S→C)
33
波長帯変換部
(L→C)
31
波長帯
分波部
26a
波長帯切替処理部
S
C
L

【図３】


開始
入力方路毎のS帯、C帯及びL帯の
波長多重信号光が入力側WSSに入力
S1
入力側WSS毎に波長多重信号光を分岐し、
波長帯変換が不要な光信号を出力側WSSへ、
波長帯変換が必要な光信号を波長帯切替部へ出力
S2
波長帯切替部の<M×1>WSSは、各波長多重信号光を
順次選択しながら、波長帯切替処理部へ出力
S3
波長帯切替処理部は、波長多重信号光を分波して
S帯、C帯及びL帯の各光信号を出力
S4
次に、S帯をC帯の光信号に変換、
L帯をC帯の光信号に変換、C帯の光信号は無変換で、
入出力ポート同数(K=3)の<K×K>WSSへ出力
S5
<K×K>WSSは、K=3個のC帯光信号を
波長帯変換のために必要な出力ポートから出力
S6
3個のC帯光信号は、
S帯とL帯の光信号に変換、1つは無変換で出力
S7
S帯、C帯及びL帯の各光信号を合波した波長多重信号光を、
<1×M>WSSの入力ポートへ出力
S8
<1×M>WSSは波長多重信号光を方路変更されるように、
出力側WSS毎のN入力ポートの内の所定入力ポートへ出力
S9
出力側WSS毎に、N入力ポートから入力された波長多重信号光を
順次選択しながら所定の出力方路毎へ出力
S10
終了

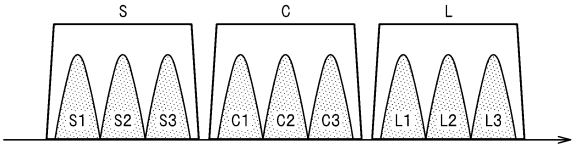
【図４】


40
40a
40b
40c
40d
40e
40f
ノード
10
波長クロスコネクト装置
41a
41b
41c
41d
41e
41f

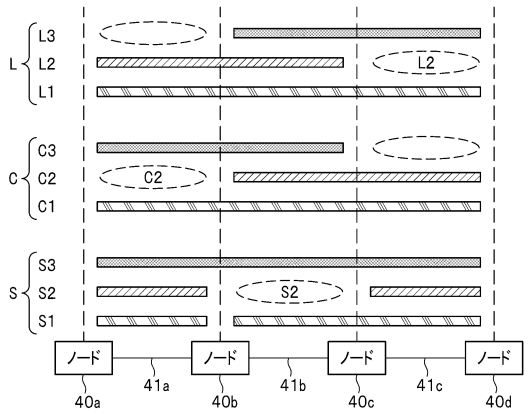
【図５】

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

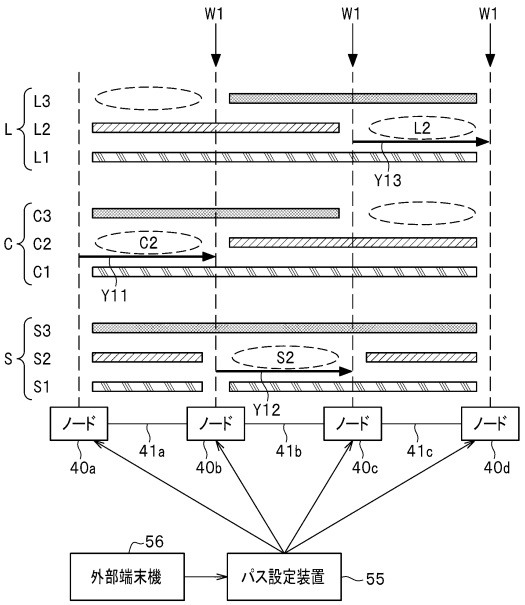
【図６】



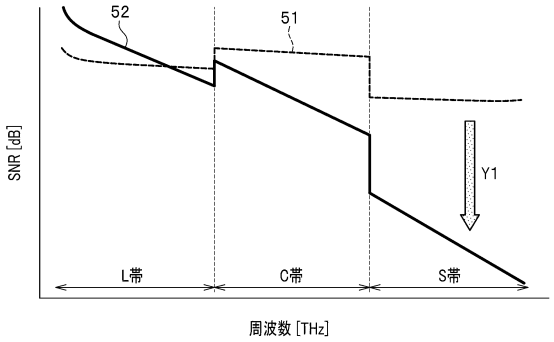
【図７】



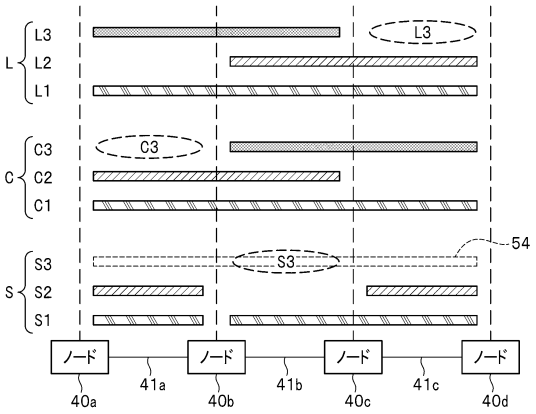
【図８】



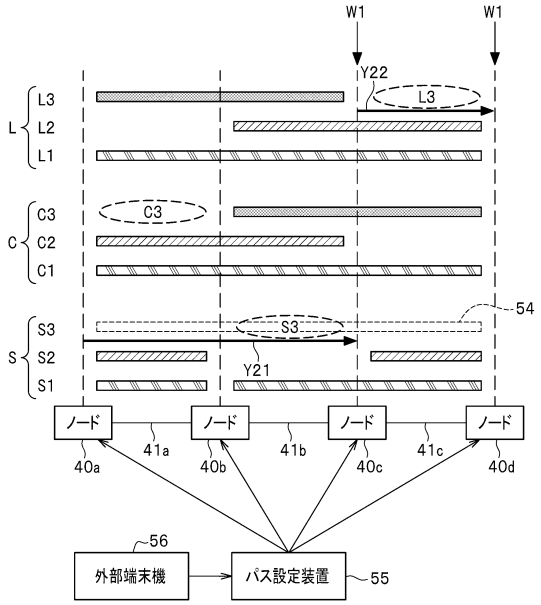
【図９】



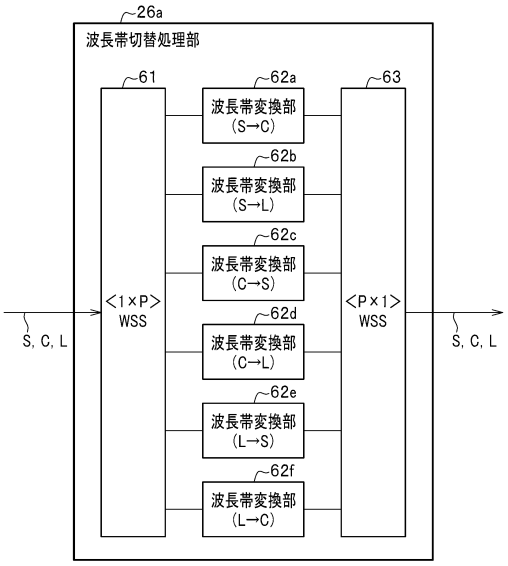
【図１０】



【図１１】



【図１２】



フロントページの続き

(56)参考文献　欧州特許出願公開第０２７７３０５７（ＥＰ，Ａ１）
特開２０１８－１９１１０９（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－１９１２１２（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－２１９４４０（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２００４／０１５３４９２（ＵＳ，Ａ１）

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