

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5636712号

(P5636712)

(45) 発行日 平成26年12月10日 (2014.12.10)

(24) 登録日 平成26年10月31日 (2014.10.31)

(51) Int.Cl.		F I			
H04B	10/291	(2013.01)	H04B	9/00	2 9 1
H04J	14/00	(2006.01)	H04B	9/00	E
H04J	14/02	(2006.01)	H04B	9/00	2 5 3
H04B	10/2513	(2013.01)			

請求項の数 8 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2010-66933 (P2010-66933)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成22年3月23日 (2010.3.23)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2011-199779 (P2011-199779A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成23年10月6日 (2011.10.6)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	平成25年2月6日 (2013.2.6)		弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	宿南 宣文
			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	續木 達也
			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	中村 健太郎
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 信号光処理装置、光伝送装置及び信号光処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力される波長多重信号光を波長毎に分離して、分離した信号光の波長に応じて該信号光を第1出力ポート又は第2出力ポートから出力する第1波長選択スイッチと、

前記第1波長選択スイッチによって前記第1出力ポートから出力された信号光に対して波長分散補償を行う波長分散補償部と、

前記波長分散補償部によって波長分散補償が行われた信号光と、前記第1波長選択スイッチによって前記第2出力ポートから出力された信号光とを合波する第2波長選択スイッチと

を備え、

前記第1波長選択スイッチは、デジタルコヒーレント信号処理がされる波長の信号光を、前記第2出力ポートから出力し、直接検波信号を、前記第1出力ポートから出力し、

前記第1波長選択スイッチは、

信号光が入力される第1入力ポート及び第2入力ポートと、

前記第1入力ポート又は前記第2入力ポートに入力される信号光に含まれる少なくとも一部の波長の信号光を出力する第1出力ポート及び第2出力ポートと、

前記第1入力ポート又は前記第2入力ポートに入力される信号光を波長毎に分離し、入射される複数の信号光を合波する分離合波器と、

前記第1入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第1波長の信号光を前記分離合波器を介して前記第1出力ポートに反射させ、前記第2入力

10

20

ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第1波長の信号光を前記分離合波器を介して前記第2出力ポートに反射させる第1反射部と、

前記第1入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第2波長の信号光を前記分離合波器を介して前記第2出力ポートに反射させる第2反射部とを備え、

デジタルコヒーレント信号処理がされる波長の信号光を、波長分散補償部が接続されるポートとは異なるポートから出力し、直接検波信号を、前記波長分散補償部が接続されるポートから出力することを特徴とする信号光処理装置。

【請求項2】

入力される波長多重信号光を波長に応じて第1信号光と第2信号光とに分離する波長選択スイッチと、

前記波長選択スイッチによって分離された第1信号光に対して波長分散補償を行う波長分散補償部とを有し、

前記波長選択スイッチは、デジタルコヒーレント信号処理がされる波長の前記第2信号光を、前記波長分散補償部が接続されるポートとは異なるポートから出力し、直接検波信号を、前記波長分散補償部が接続されるポートから出力すると共に、前記波長分散補償部によって波長分散補償が行われた信号光と、前記第2信号光とを合波し、

前記波長選択スイッチは、

信号光が入力される第1入力ポート及び第2入力ポートと、

前記第1入力ポート又は前記第2入力ポートに入力される信号光に含まれる少なくとも一部の波長の信号光を出力する第1出力ポート及び第2出力ポートと、

前記第1入力ポート又は前記第2入力ポートに入力される信号光を波長毎に分離し、入射される複数の信号光を合波する分離合波器と、

前記第1入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第1波長の信号光を前記分離合波器を介して前記第1出力ポートに反射させ、前記第2入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第1波長の信号光を前記分離合波器を介して前記第2出力ポートに反射させる第1反射部と、

前記第1入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第2波長の信号光を前記分離合波器を介して前記第2出力ポートに反射させる第2反射部とを備え、

デジタルコヒーレント信号処理がされる波長の信号光を、波長分散補償部が接続されるポートとは異なるポートから出力し、直接検波信号を、前記波長分散補償部が接続されるポートから出力することを特徴とする信号光処理装置。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の信号光処理装置と、

前記信号光処理装置によって合波された波長多重信号光を受信し、受信した波長多重信号光を送信する光分岐挿入装置と

を備えることを特徴とする光伝送装置。

【請求項4】

前記第1反射部は、前記第1入力ポート及び前記第1出力ポートを両端とする線分の中点と、前記第2入力ポート及び前記第2出力ポートを両端とする線分の中点とを結ぶ直線上に配置される反射鏡を有することを特徴とする請求項1に記載の信号光処理装置。

【請求項5】

入力される信号光を相互に送受する第1中継ポート及び第2中継ポートをさらに備え、前記第1反射部は、

前記第1入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第1波長の信号光を前記第1出力ポートに反射させる第1反射鏡と、

前記第2入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第1波長の信号光を前記第2出力ポートに反射させる第2反射鏡と

を有し、

10

20

30

40

50

前記第 2 反射部は、

前記第 1 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 2 波長の信号光を前記第 1 中継ポートに反射させる第 3 反射鏡と、

前記第 3 反射鏡によって前記第 1 中継ポートに反射させられることにより前記第 2 中継ポートから出力される信号光を前記第 2 出力ポートに反射させる第 4 反射鏡と

を有することを特徴とする請求項 1 に記載の信号光処理装置。

【請求項 6】

前記第 1 反射部は、

前記第 1 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 1 波長の信号光を前記第 1 出力ポートに反射させる第 1 反射鏡と、

前記第 2 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 1 波長の信号光を前記第 2 出力ポートに反射させる第 2 反射鏡と

を有し、

前記第 2 反射部は、

前記第 1 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 2 波長の信号光を第 3 反射鏡に反射させる第 4 反射鏡と、

前記第 4 反射鏡によって前記第 3 反射鏡に反射させられることにより該第 3 反射鏡から入射される信号光を前記第 2 出力ポートに反射させる第 5 反射鏡と

を有することを特徴とする請求項 1 に記載の信号光処理装置。

【請求項 7】

前記第 1 入力ポートに入力される信号光を前記分離合波器方向へ出力し、前記第 1 反射部又は前記第 2 反射部から入射される信号光を前記第 2 出力ポートへ出力する第 1 サーキュレータと、

前記第 2 入力ポートに入力される信号光を前記分離合波器方向へ出力し、前記第 1 反射部又は前記第 2 反射部から入射される信号光を前記第 1 出力ポートへ出力する第 2 サーキュレータと、

入力される信号光を相互に送受する第 1 中継ポート及び第 2 中継ポートと

をさらに備え、

前記第 1 反射部は、

前記第 1 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 1 波長の信号光を前記第 1 中継ポートに反射させ、前記第 1 中継ポートから出力される信号光を前記第 1 サーキュレータに反射させる第 1 反射鏡と、

前記第 2 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 1 波長の信号光を前記第 2 中継ポートに反射させ、前記第 2 中継ポートから出力される信号光を前記第 2 サーキュレータに反射させる第 2 反射鏡と

を有し、

前記第 2 反射部は、

前記第 1 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 2 波長の信号光を前記第 1 サーキュレータに反射させる第 3 反射鏡と、

前記第 2 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 2 波長の信号光を前記第 2 サーキュレータに反射させる第 4 反射鏡と

を有することを特徴とする請求項 1 に記載の信号光処理装置。

【請求項 8】

信号光処理装置によって実行される信号光処理方法であって、

前記信号光処理装置が、

入力される波長多重信号光を波長毎に分離して、分離した信号光の波長に応じて該信号光を第 1 出力ポート又は第 2 出力ポートから出力する第 1 波長選択ステップと、

前記第 1 波長選択ステップによって前記第 1 出力ポートから出力された信号光に対して波長分散補償を行う波長分散補償ステップと、

前記波長分散補償ステップによって波長分散補償が行われた信号光と、前記第 1 波長選

10

20

30

40

50

択ステップによって前記第 2 出力ポートから出力された信号光とを合波する第 2 波長選択ステップとを実行し、

前記第 1 波長選択ステップでは、デジタルコヒーレント信号処理がされる波長の信号光を、前記第 2 出力ポートから出力し、直接検波信号を、前記第 1 出力ポートから出力し、
前記信号光を第 1 入力ポート及び第 2 入力ポートに入力し、

前記第 1 入力ポート又は前記第 2 入力ポートに入力される信号光に含まれる少なくとも一部の波長の信号光を前記第 1 出力ポート及び前記第 2 出力ポートから出力し、

前記第 1 入力ポート又は前記第 2 入力ポートに入力される信号光を波長毎に分離し、入射される複数の信号光を合波し、

前記第 1 入力ポートに入力される信号光のうち、分離合波器によって分離された第 1 波長の信号光を前記分離合波器を介して前記第 1 出力ポートに反射させ、前記第 2 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 1 波長の信号光を前記分離合波器を介して前記第 2 出力ポートに反射させ、

前記第 1 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 2 波長の信号光を前記分離合波器を介して前記第 2 出力ポートに反射させ、

デジタルコヒーレント信号処理がされる波長の信号光を、波長分散補償部が接続されるポートとは異なるポートから出力し、直接検波信号を、前記波長分散補償部が接続されるポートから出力することを特徴とする信号光処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、信号光処理装置、光伝送装置、波長選択スイッチ及び信号光処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、WDM (Wavelength Division Multiplexing: 波長分割多重) 伝送システムには、伝送速度「10 Gbit/s」や「40 Gbit/s」用の受信方式として、例えば直接検波方式が採用される。直接検波方式とは、信号光の強度変化を受光素子によって電気信号の変化に直接変換することにより受信処理を行う方式である。

【0003】

直接検波方式が採用される場合、送信側から送信される波長多重信号光には、光ファイバ等の伝送路において波形歪みが発生する。したがって、直接検波方式が採用される光伝送システムでは、伝送路上に設けられる中継器や光受信器にDCM (Dispersion Compensation Module: 波長分散補償器) が配置されており、かかるDCMによって波長分散補償が行われる。

【0004】

ところで、近年、光伝送システムの大容量化に向けて、伝送速度を100 Gbit/sに向上することが検討されており、100 Gbit/s用の受信方式として、デジタルコヒーレント受信方式の開発が進んでいる。デジタルコヒーレント受信方式とは、光送信器において位相変調された信号を光受信器が高速デジタル信号処理により波長分散補償を行う方式である。このようなデジタルコヒーレント受信方式が実現すると、中継器や光受信器にDCMやDCMにおける損失を補償する光増幅器が不要になる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2008-167297号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記の従来技術には、デジタルコヒーレント受信方式が導入された場合

10

20

30

40

50

に、直接検波方式用の中継器と、デジタルコヒーレント受信方式用の中継器とを設計・製造することになるという問題があった。

【 0 0 0 7 】

具体的には、今後、デジタルコヒーレント受信方式が導入された場合には、デジタルコヒーレント受信方式により受信する信号（以下、「デジタルコヒーレント信号」と言う）と、直接検波方式により受信する信号（以下、「直接検波信号」と言う）のいずれかが受信器に用いられる。かかる場合に、直接検波信号を中継する従来の中継器は、デジタルコヒーレント信号に対しても波長分散補償を行うことになる。このことは、デジタルコヒーレント信号の S N 比 (Signal Noise Ratio) が劣化し、その結果、デジタルコヒーレント信号の伝送距離が短くなるという問題を招く。

10

【 0 0 0 8 】

したがって、S N 比を劣化させることなくデジタルコヒーレント信号を中継させるには、D C M や光増幅器を有しない中継器を設計・製造することになる。また、デジタルコヒーレント受信方式が導入された場合であっても、直接検波信号も伝送するので、D C M や光増幅器を有する中継器も設計・製造することになる。すなわち、直接検波方式用の中継器と、デジタルコヒーレント受信方式用の中継器とを設計・製造することになるので、設計や製造に手間がかかる。

【 0 0 0 9 】

開示の技術は、上記に鑑みてなされたものであって、設計や製造にかかる手間を省くことができる信号光処理装置、光伝送装置、波長選択スイッチ及び信号光処理方法を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本願の開示する信号光処理装置は、一つの態様において、入力される波長多重信号光を波長毎に分離して、分離した信号光の波長に応じて該信号光を第 1 出力ポート又は第 2 出力ポートから出力する第 1 波長選択スイッチと、前記第 1 波長選択スイッチによって前記第 1 出力ポートから出力された信号光に対して波長分散補償を行う波長分散補償部と、前記波長分散補償部によって波長分散補償が行われた信号光と、前記第 1 波長選択スイッチによって前記第 2 出力ポートから出力された信号光とを合波する第 2 波長選択スイッチとを備える。

30

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本願の開示する信号光処理装置の一つの態様によれば、設計や製造にかかる手間を省くことができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】図 1 は、実施例 1 に係る信号光処理装置の構成例を示すブロック図である。

【図 2】図 2 は、実施例 2 に係る中継器を含む W D M システムの構成例を示すブロック図である。

【図 3】図 3 は、実施例 2 に係る中継器の構成例を示すブロック図である。

40

【図 4】図 4 は、図 3 に示した分岐部の構成例を示す図である。

【図 5】図 5 は、図 4 に示した分岐部の模式図である。

【図 6】図 6 は、図 4 に示した分岐部の模式図である。

【図 7】図 7 は、実施例 3 に係る中継器の構成例を示すブロック図である。

【図 8】図 8 は、図 5 に例示した W S S に 1 個のポートが追加された W S S 9 2 1 の模式図である。

【図 9】図 9 は、図 5 に例示した W S S に 1 個のポートが追加された W S S 9 2 1 の模式図である。

【図 1 0】図 1 0 は、図 7 に示した W S S の模式図である。

【図 1 1】図 1 1 は、図 7 に示した W S S の模式図である。

50

【図 1 2】図 1 2 は、実施例 4 における W S S の模式図である。

【図 1 3】図 1 3 は、実施例 4 における W S S の模式図である。

【図 1 4】図 1 4 は、実施例 4 における W S S の模式図である。

【図 1 5】図 1 5 は、実施例 5 に係る中継器の構成例を示すブロック図である。

【図 1 6】図 1 6 は、実施例 6 に係る W D M システムの構成例を示す図である。

【図 1 7】図 1 7 は、実施例 7 に係る W D M システムの構成例を示す図である。

【図 1 8】図 1 8 は、図 1 7 に示した W S S の模式図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

以下に、本願の開示する信号光処理装置、光伝送装置、波長選択スイッチ及び信号光処理方法の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例により本願の開示する信号光処理装置、光伝送装置、波長選択スイッチ及び信号光処理方法が限定されるものではない。

【実施例 1】

【 0 0 1 4 】

まず、図 1 を用いて、実施例 1 に係る信号光処理装置について説明する。図 1 は、実施例 1 に係る信号光処理装置の構成例を示すブロック図である。図 1 に示すように、実施例 1 に係る信号光処理装置 1 は、第 1 波長選択スイッチ 2 と、波長分散補償部 3 と、第 2 波長選択スイッチ 4 とを有する。

【 0 0 1 5 】

第 1 波長選択スイッチ 2 は、入力される波長多重信号光を波長毎に分離する。そして、第 1 波長選択スイッチ 2 は、信号光の波長に応じて、分離後の信号光を第 1 出力ポート又は第 2 出力ポートから出力する。

【 0 0 1 6 】

具体的には、第 1 波長選択スイッチ 2 は、波長多重信号光を波長毎に分離し、波長分散補償対象の信号光を第 1 出力ポートから出力し、波長分散補償対象外の信号光を第 2 出力ポートから出力する。なお、ここでは、第 1 出力ポートは波長分散補償部 3 と接続されており、第 2 出力ポートは第 2 波長選択スイッチ 4 と接続されているものとする。

【 0 0 1 7 】

波長分散補償部 3 は、第 1 波長選択スイッチ 2 によって第 1 出力ポートから出力された信号光に対して波長分散補償を行う。第 2 波長選択スイッチ 4 は、波長分散補償部 3 によって波長分散補償が行われた信号光と、第 1 波長選択スイッチ 2 によって第 2 出力ポートから出力された信号光とを合波する。

【 0 0 1 8 】

このように、実施例 1 に係る信号光処理装置 1 は、入力される波長多重信号光を波長分散補償対象の信号光と、波長分散補償対象外の信号光とに分離する。そして、信号光処理装置 1 は、波長分散補償対象の信号光を波長分散補償部 3 へ出力し、波長分散補償対象外の信号光を第 2 波長選択スイッチ 4 へ出力する。そして、信号光処理装置 1 は、波長分散補償後の信号光と、波長分散補償対象外の信号光とを合波する。これにより、実施例 1 に係る信号光処理装置 1 は、波長分散補償対象の信号光と波長分散補償対象外の信号光とを含む波長多重信号光が入力される場合であっても、かかる波長多重信号光を劣化させずに伝送することができる。

【 0 0 1 9 】

例えば、信号光処理装置 1 は、入力される波長多重信号光を、デジタルコヒーレント信号の波長に対応する信号光と、直接検波信号の波長に対応する信号光とに分離する。そして、信号光処理装置 1 は、デジタルコヒーレント信号に対して波長分散補償を行わず、直接検波信号に対して波長分散補償を行う。そして、信号光処理装置 1 は、デジタルコヒーレント信号と、波長分散補償後の直接検波信号とを合波して出力する。これにより、信号光処理装置 1 は、直接検波信号とデジタルコヒーレント信号とが波長多重された波長多重信号光が入力される場合であっても、直接検波信号に対しては波長分散補償を行うので、

10

20

30

40

50

伝送路で発生する直接検波信号の波形歪みを補償することができる。また、信号光処理装置 1 は、デジタルコヒーレント信号に対しては波長分散補償を行わないので、デジタルコヒーレント信号の S N 比が劣化することを防止することができる。以上のように、信号光処理装置 1 は、波長多重信号光に含まれる信号光の種類に適した信号光処理を行うことができる。すなわち、実施例 1 によれば、信号光の種類毎に信号光処理装置を設計・製造することを要しないので、設計や製造にかかる手間を省くことができる。

【実施例 2】

【0020】

次に、実施例 2 では、上記実施例 1 において説明した信号光処理装置 1 を中継器に適用する例について説明する。なお、実施例 2 では、まず、実施例 2 に係る中継器を含む W D M システムについて説明し、次に、実施例 2 に係る中継器について説明する。

【0021】

【実施例 2 に係る中継器を含む W D M システムの構成】

まず、図 2 を用いて、実施例 2 に係る中継器を含む W D M システムについて説明する。図 2 は、実施例 2 に係る中継器を含む W D M システムの構成例を示すブロック図である。図 2 に示すように、実施例 2 における W D M システム 10 は、送信装置 20 と、受信装置 30 と、中継器 100 とを含む。

【0022】

図 2 に示した例において、送信装置 20 と中継器 100 とは、伝送路 11 によって接続されており、受信装置 30 と中継器 100 とは、伝送路 12 によって接続されている。伝送路 11 及び 12 は、例えば、光ファイバ等である。なお、図 2 では、送信装置 20 と受信装置 30 との間に 1 台の中継器 100 が設置される例を示したが、送信装置 20 と受信装置 30 との間には、2 台以上の中継器が設置されてもよい。

【0023】

送信装置 20 は、図 2 に示すように、光送信器 21 - 1 ~ 21 - n と、A W G (Arrayed Waveguide Grating) 22 と、E D F A (Erbium Doped Fiber Amplifiers) 23 とを有する。

【0024】

光送信器 21 - 1 ~ 21 - n は、信号光を生成し、生成した信号光を A W G 22 へ出力する。例えば、光送信器 21 - 1 ~ 21 - n は、図示しないルータやスイッチ等の外部装置が接続されており、かかる外部装置から入力された信号を予め設定されている所定の波長の信号光に変換して、変換後の信号光を A W G 22 へ出力する。

【0025】

なお、図 2 に示した例において、光送信器 21 - 1 及び 21 - 2 は 100 G b i t / s の伝送速度に対応し、光送信器 21 - 3 は 40 G b i t / s の伝送速度に対応し、光送信器 21 - n は 10 G b i t / s の伝送速度に対応するものとする。また、図 2 に示した例において、光送信器 21 - 1 は波長 λ_1 の信号光を送信し、光送信器 21 - 2 は波長 λ_2 の信号光を送信し、光送信器 21 - n は波長 λ_n の信号光を送信するものとする。すなわち、光送信器 21 - 1 は、波長 λ_1 のデジタルコヒーレント信号を送信し、光送信器 21 - 2 は、波長 λ_2 のデジタルコヒーレント信号を送信する。また、光送信器 21 - 3 は、波長 λ_3 の直接検波信号を送信し、光送信器 21 - n は、波長 λ_n の直接検波信号を送信する。

【0026】

A W G 22 は、複数の異なる波長の信号光を波長多重し、波長多重後の波長多重信号光を E D F A 23 へ出力する。具体的には、A W G 22 は、光送信器 21 - 1 ~ 21 - n から入力される信号光を波長多重し、波長多重後の波長多重信号光を E D F A 23 へ出力する。

【0027】

E D F A 23 は、入力される信号光を光増幅する。具体的には、E D F A 23 は、A W G 22 から入力される波長多重信号光を光増幅し、光増幅後の波長多重信号光を伝送路 1

10

20

30

40

50

1へ送信する。

【0028】

このようにして送信装置20によって伝送路11へ送信された波長多重信号光は、中継器100、伝送路12を介して受信装置30へ伝送される。ここで、実施例2に係る中継器100は、送信装置20から送信される波長多重信号光のうち、デジタルコヒーレント信号に対しては波長分散補償を行わず、直接検波信号に対しては波長分散補償を行う。そして、中継器100は、デジタルコヒーレント信号と、波長分散補償後の直接検波信号とを合波して、合波後の波長多重信号光を受信装置30へ送信する。

【0029】

ここで、図3を用いて、実施例2に係る中継器100の構成について説明する。図3は、実施例2に係る中継器100の構成例を示すブロック図である。図3に示すように、実施例2に係る中継器100は、例えば光伝送装置であり、EDFA110と、分岐部121と、合波部122と、光信号処理部130と、OADM(Optical Add Drop Multiplexing: 光分岐挿入)装置140と、EDFA150とを有する。

10

【0030】

EDFA110は、外部から入力される波長多重信号光を光増幅する。図3に示した例では、EDFA110は、伝送路11から波長多重信号光を入力され、かかる波長多重信号光を光増幅する。

【0031】

分岐部121は、例えばWSS(Wavelength Selectable Switch)等の波長選択スイッチであり、1個の入力ポートと2個の出力ポートとを有する。図3に示した例において、分岐部121の入力ポートはEDFA110と接続される。また、分岐部121の第1出力ポートは光信号処理部130と接続され、第2出力ポートは合波部122と接続される。

20

【0032】

分岐部121は、EDFA110から入力される波長多重信号光を波長毎に分離する。そして、分岐部121は、分離した信号光のうち、デジタルコヒーレント信号を合波部122へ出力し、直接検波信号を光信号処理部130へ出力する。なお、分岐部121は、図1に示した第1波長選択スイッチ2に対応する。かかる分岐部121の構成については、図4を用いて後述する。

30

【0033】

光信号処理部130は、入力される信号光に対して光信号処理を行う。図3に示した例では、光信号処理部130は、DCM131と、EDFA132とを有する。DCM131は、分岐部121から入力される直接検波信号に対して波長分散補償を行う。EDFA132は、DCM131から入力される波長分散補償後の直接検波信号を光増幅し、光増幅後の直接検波信号を合波部122へ出力する。なお、DCM131は、図1に示した波長分散補償部3に対応する。

【0034】

合波部122は、例えばWSS等の波長選択スイッチであり、2個の入力ポートと1個の出力ポートとを有する。図3に示した例において、合波部122の第1入力ポートは光信号処理部130と接続され、第2入力ポートは分岐部121と接続される。また、合波部122の出力ポートはOADM装置140と接続される。

40

【0035】

合波部122は、分岐部121から入力されるデジタルコヒーレント信号と、EDFA132から入力される直接検波信号とを合波して、合波後の波長多重信号光をOADM装置140へ出力する。なお、合波部122は、図1に示した第2波長選択スイッチ4に対応する。

【0036】

このように、分岐部121は、波長多重信号光に含まれるデジタルコヒーレント信号を合波部122へ出力し、直接検波信号を光信号処理部130へ出力する。そして、合波部

50

122は、デジタルコヒーレント信号と、光信号処理部130によって波長分散補償が行われた直接検波信号とを合波する。これにより、中継器100は、デジタルコヒーレント信号と直接検波信号とが波長多重された波長多重信号光を中継する場合であっても、デジタルコヒーレント信号に対しては波長分散補償を行わず、直接検波信号に対しては波長分散補償を行うことができる。

【0037】

OADM装置140は、波長多重信号光に含まれる一部の信号光を他のネットワークや他の受信器に分岐(Drop)させたり、他のネットワークや他の送信器から送信される信号光を挿入(Add)したりする。図3に示した例では、OADM装置140は、分岐部141と、合波部142とを有する。

10

【0038】

分岐部141は、例えば、光カプラやWSS等の波長選択スイッチであり、1個の入力ポートとN個の出力ポートとを有する。そして、分岐部141は、合波部122から入力される波長多重信号光を波長毎に分離する。そして、分岐部141は、分離後の一部の信号光を図示しない他のネットワークや他の受信器へDropする。また、分岐部141は、分離後の一部の信号光を合波部142へ出力する。

【0039】

合波部142は、例えば、光カプラやWSS等の波長選択スイッチであり、N個の入力ポートと1個の出力ポートとを有する。そして、合波部142は、分岐部141から入力される信号光と、図示しない他の送信器等から入力される信号光とを合波し、合波後の波長多重信号光をEDFA150へ出力する。

20

【0040】

EDFA150は、合波部142から入力される波長多重信号光を光増幅する。そして、EDFA150は、光増幅後の波長多重信号光を外部へ送信する。図3に示した例では、EDFA150は、波長多重信号光を伝送路12へ送信する。

【0041】

図2の説明に戻って、受信装置30の構成について説明する。受信装置30は、光受信器31-1~31-nと、EDFA32と、分岐部33aと、合波部33bと、DCM34aと、EDFA34bと、AWG35と、EDFA36と、TDC(Tunable Dispersion Compensator:可変分散補償器)37とを有する。

30

【0042】

光受信器31-1~31-nは、入力される信号光に対して復調処理等の受信処理を行う。なお、図2に示した例において、光受信器31-1及び31-2は100Gb/sの伝送速度に対応し、光受信器31-3は40Gb/sの伝送速度に対応し、光受信器31-nは10Gb/sの伝送速度に対応するものとする。また、図2に示した例において、光受信器31-1は波長 λ_1 の信号光に対して受信処理を行い、光送信器21-2は波長 λ_2 の信号光に対して受信処理を行い、光送信器21-nは波長 λ_n の信号光に対して受信処理を行うものとする。

【0043】

EDFA32は、伝送路12を介して中継器100から受信した波長多重信号光を全波長一括で光増幅する。分岐部33aは、図2に示した分岐部121と同様に、例えばWSS等の波長選択スイッチであり、1個の入力ポートと2個の出力ポートとを有する。かかる分岐部33aは、EDFA32から入力される波長多重信号光を波長毎に分離する。そして、分岐部33aは、分離した信号光のうち、デジタルコヒーレント信号を合波部33bへ出力し、直接検波信号をDCM34aへ出力する。

40

【0044】

DCM34aは、分岐部33aから入力される直接検波信号に対して波長分散補償を行う。EDFA34bは、DCM34aから入力される波長分散補償後の直接検波信号を光増幅し、光増幅後の直接検波信号を合波部33bへ出力する。

【0045】

50

合波部 3 3 b は、例えば W S S 等の波長選択スイッチであり、2 個の入力ポートと 1 個の出力ポートとを有する。かかる合波部 3 3 b は、分岐部 3 3 a から入力されるデジタルコヒーレント信号と、E D F A 3 4 b から入力される直接検波信号とを合波して、合波後の波長多重信号光を A W G 3 5 へ出力する。

【 0 0 4 6 】

A W G 3 5 は、E D F A 3 4 から出力される波長多重信号光を波長毎に分離する。そして、A W G 3 5 は、分離後の信号光の波長に応じて、分離後の信号光を光受信器 3 1 - 1 ~ 3 1 - n のいずれかへ出力する。図 2 に示した例では、A W G 3 5 は、分離後の信号光のうち、波長 λ_1 の信号光を光受信器 3 1 - 1 へ出力し、波長 λ_2 の信号光を光受信器 3 1 - 2 へ出力し、波長 λ_3 の信号光を E D F A 3 6 へ出力し、波長 λ_n の信号光を光受信器 3 1 - n へ出力する。

10

【 0 0 4 7 】

E D F A 3 6 は、A W G 3 5 から出力される信号光を光増幅する。T D C 3 7 は、E D F A 3 6 から出力される光増幅後の信号光に対して波長分散補償を行う。このように T D C 3 7 によって波長分散補償を行う理由は、伝送速度「4 0 G b i t / s」によって伝送される信号光は、伝送速度「1 0 G b i t / s」によって伝送される信号光よりも波長分散耐力が低いからである。言い換えれば、T D C 3 7 は、中継器 1 0 0 によって行われる波長分散補償の不足分を補うために波長分散補償を行う。

【 0 0 4 8 】

このように、実施例 2 における W D M システム 1 0 では、デジタルコヒーレント信号と直接検波信号とが波長多重された波長多重信号光を中継器 1 0 0 によって中継することができる。

20

【 0 0 4 9 】

[実施例 2 における分岐部の構成]

次に、図 4 を用いて、図 3 に示した分岐部 1 2 1 の構成について説明する。図 4 は、図 3 に示した分岐部 1 2 1 の構成例を示す図である。図 4 には、1 個の入力ポートと 2 個の出力ポートとを有する W S S の構成例を示す。

【 0 0 5 0 】

図 4 に示すように、分岐部 1 2 1 を実現する W S S は、入力ポート 1 2 1 I n 1 と、第 1 出力ポート 1 2 1 O u t 1 と、第 2 出力ポート 1 2 1 O u t 2 とを有する。入力ポート 1 2 1 I n 1、第 1 出力ポート 1 2 1 O u t 1、第 2 出力ポート 1 2 1 O u t 2 は、例えば、光ファイバアレイである。

30

【 0 0 5 1 】

入力ポート 1 2 1 I n 1 は、信号光が入力されるポートであり、図 3 に示した E D F A 1 1 0 と接続される。また、第 1 出力ポート 1 2 1 O u t 1 及び第 2 出力ポート 1 2 1 O u t 2 は、信号光を出力するポートであり、合波部 1 2 2 又は光信号処理部 1 3 0 と接続される。図 4 に示した例では、第 1 出力ポート 1 2 1 O u t 1 は光信号処理部 1 3 0 と接続され、第 2 出力ポート 1 2 1 O u t 2 は合波部 1 2 2 と接続されるものとする。

【 0 0 5 2 】

また、分岐部 1 2 1 は、回析格子 1 2 1 G と、レンズ 1 2 1 L と、ミラー 1 2 1 M - 1 ~ 1 2 1 M - n とを有する。回析格子 1 2 1 G は、信号光を波長毎に分離したり、複数の信号光を合波したりする分離合波器である。例えば、回析格子 1 2 1 G は、入力ポート 1 2 1 I n 1 から入射される信号光を波長毎に分離する。また、例えば、回析格子 1 2 1 G は、レンズ 1 2 1 L から入射される信号光を合波する。レンズ 1 2 1 L は、複数の信号光を集光する。例えば、レンズ 1 2 1 L は、ミラー 1 2 1 M - 1 ~ 1 2 1 M - n から入射される信号光を回析格子 1 2 1 G 方向へ集光する。

40

【 0 0 5 3 】

ミラー 1 2 1 M - 1 ~ 1 2 1 M - n は、回析格子 1 2 1 G によって分離された信号光を反射させる。かかるミラー 1 2 1 M - 1 ~ 1 2 1 M - n は、例えば、M E M S (Micro Electro Mechanical Systems) や L C O S (Liquid Crystal On Silicon) 等であり

50

、反射角を変動させることができる。

【 0 0 5 4 】

このようなミラー 1 2 1 M - 1 ~ 1 2 1 M - n の数 (n 個) は、例えば、回析格子 1 2 1 G によって分離される信号光の波長の数に対応する。そして、各々のミラー 1 2 1 M - 1 ~ 1 2 1 M - n は、所定の波長の信号光が入射される位置に配置される。例えば、ミラー 1 2 1 M - 1 は、波長 λ_1 の信号光が入射される位置に配置され、ミラー 1 2 1 M - 2 は、波長 λ_2 の信号光が入射される位置に配置され、ミラー 1 2 1 M - n は、波長 λ_n の信号光が入射される位置に配置される。すなわち、かかる例の場合には、ミラー 1 2 1 M - 1 は、波長 λ_1 の信号光を反射させ、ミラー 1 2 1 M - 2 は、波長 λ_2 の信号光を反射させ、ミラー 1 2 1 M - n は、波長 λ_n の信号光を反射させる。

10

【 0 0 5 5 】

そして、各々のミラー 1 2 1 M - 1 ~ 1 2 1 M - n の反射角は、ミラー 1 2 1 M - 1 ~ 1 2 1 M - n によって反射される信号光の出力先に応じて調整される。例えば、ミラー 1 2 1 M - 1 が波長 λ_1 の信号光を反射する位置に配置され、第 2 出力ポート 1 2 1 O u t 2 が波長 λ_1 の信号光を出力するものとする。かかる場合には、波長 λ_1 の信号光が第 2 出力ポート 1 2 1 O u t 2 に入射されるように、ミラー 1 2 1 M - 1 の反射角が調整される。

【 0 0 5 6 】

図 4 に示した例では、ミラー 1 2 1 M - 1 やミラー 1 2 1 M - 2 は、入射される信号光をレンズ 1 2 1 L の下部方向へ反射させている。これにより、ミラー 1 2 1 M - 1 やミラー 1 2 1 M - 2 によって反射された信号光は、回析格子 1 2 1 G を介して第 2 出力ポート 1 2 1 O u t 2 へ入射される。また、例えば、ミラー 1 2 1 M - 3 やミラー 1 2 1 M - n は、入射される信号光をレンズ 1 2 1 L の上部方向へ反射させている。これにより、ミラー 1 2 1 M - 3 やミラー 1 2 1 M - n によって反射された信号光は、回析格子 1 2 1 G を介して第 1 出力ポート 1 2 1 O u t 1 へ入射される。

20

【 0 0 5 7 】

ここでは、上記のように、第 1 出力ポート 1 2 1 O u t 1 が光信号処理部 1 3 0 と接続され、第 2 出力ポート 1 2 1 O u t 2 が合波部 1 2 2 と接続される。したがって、直接検波信号に対応する波長の信号光を反射させるミラーの反射角は、図 4 に示したミラー 1 2 1 M - 3 等のように、反射光が第 1 出力ポート 1 2 1 O u t 1 に入射されるように調整される。また、デジタルコヒーレント信号に対応する波長の信号光を反射させるミラーの反射角は、図 4 に示したミラー 1 2 1 M - 1 等のように、反射光が第 2 出力ポート 1 2 1 O u t 2 に入射されるように調整される。これにより、分岐部 1 2 1 は、デジタルコヒーレント信号を合波部 1 2 2 へ出力し、直接検波信号を光信号処理部 1 3 0 へ出力することができる。

30

【 0 0 5 8 】

ここで、図 5 及び図 6 に、図 4 に示した分岐部 1 2 1 の模式図を示す。図 5 及び図 6 では、図 4 に示したミラー 1 2 1 M - 1 及びミラー 1 2 1 M - 3 を例に挙げて説明する。なお、図 5 及び図 6 に示した例において、ミラー 1 2 1 M - 3 は、波長 λ_3 の信号光を反射させる位置に配置されているものとする。また、ミラー 1 2 1 M - 3 は、反射光が第 1 出力ポート 1 2 1 O u t 1 に入射されるように、所定の基準線 S L 1 とのなす角が「 - θ 」になるように配置されているものとする。また、ミラー 1 2 1 M - 1 は、波長 λ_1 の信号光を反射させる位置に配置されているものとする。また、ミラー 1 2 1 M - 1 は、反射光が第 2 出力ポート 1 2 1 O u t 2 に入射されるように、所定の基準線 S L 1 とのなす角が「 + θ 」になるように配置されているものとする。

40

【 0 0 5 9 】

図 5 の (状態 1) に示した例において、ミラー 1 2 1 M - 3 は、回析格子 1 2 1 G によって分離された信号光のうち、波長 λ_3 の信号光が入射される。そして、ミラー 1 2 1 M - 3 は、入射される波長 λ_3 の信号光を反射させる。ここでは、ミラー 1 2 1 M - 3 の反射光が第 1 出力ポート 1 2 1 O u t 1 に入射されるようにミラー 1 2 1 M - 3 の反射角が

50

調整されている。したがって、ミラー 1 2 1 M - 3 によって反射された波長 λ_3 の信号光は、第 1 出力ポート 1 2 1 O u t 1 に入射される。これにより、入力ポート 1 2 1 I n 1 に入力される信号光のうち、波長 λ_3 の信号光は、第 1 出力ポート 1 2 1 O u t 1 へ出力される。すなわち、図 5 の (状態 1) に示した例では、図 6 の (状態 1) に示すように、入力ポート 1 2 1 I n 1 と第 1 出力ポート 1 2 1 O u t 1 との間で信号光が送受される。

【 0 0 6 0 】

また、図 5 の (状態 2) に示した例において、ミラー 1 2 1 M - 1 は、回析格子 1 2 1 G によって分離された信号光のうち、波長 λ_1 の信号光が入射される。そして、ミラー 1 2 1 M - 1 は、反射光が第 2 出力ポート 1 2 1 O u t 2 に入射されるように、波長 λ_1 の信号光を反射させる。これにより、入力ポート 1 2 1 I n 1 に入力される信号光のうち、波長 λ_1 の信号光は、第 2 出力ポート 1 2 1 O u t 2 へ出力される。すなわち、図 6 の (状態 2) に示すように、入力ポート 1 2 1 I n 1 と第 2 出力ポート 1 2 1 O u t 2 とは接続される。

【 0 0 6 1 】

なお、図 3 に示した合波部 1 2 2 の構成は、図 4 に示した W S S の構成と同様である。ただし、合波部 1 2 2 は、図 4 に示した入力ポート 1 2 1 I n 1 が出力ポートであり、図 4 に示した第 1 出力ポート 1 2 1 O u t 1 及び第 2 出力ポート 1 2 1 O u t 2 が入力ポートになる。

【 0 0 6 2 】

[実施例 2 の効果]

上述してきたように、実施例 2 に係る中継器 1 0 0 は、受信した波長多重信号光に含まれるデジタルコヒーレント信号に対しては波長分散補償を行わず、直接検波信号に対しては波長分散補償を行う。そして、中継器 1 0 0 は、デジタルコヒーレント信号と、波長分散補償後の直接検波信号とを合波して伝送する。これにより、中継器 1 0 0 は、デジタルコヒーレント信号と直接検波信号とが波長多重された波長多重信号光を受信する場合であっても、直接検波信号の波形歪みを補償することができ、デジタルコヒーレント信号の S N 比が劣化することを防止することができる。すなわち、実施例 2 によれば、信号光の種類毎に中継器を設計・製造することを要しないので、設計や製造にかかる手間を省くことができる。

【 0 0 6 3 】

なお、上記実施例 2 では、図 2 に示した例のように、送信装置 2 0 と受信装置 3 0 との間に中継器 1 0 0 が設置される W D M システムの構成を例に挙げて説明した。しかし、実施例 2 に係る中継器 1 0 0 は、図 2 に示した構成以外の W D M システムにも適用することもできる。例えば、実施例 2 に係る中継器 1 0 0 は、複数の中継器 1 0 0 がリング型に接続されるリング型ネットワークの W D M システムにも適用することができる。

【 実施例 3 】

【 0 0 6 4 】

上記実施例 2 では、1 個の入力ポートと 2 個の出力ポートとを有する W S S である分岐部 1 2 1 と、2 個の入力ポートと 1 個の出力ポートとを有する W S S である合波部 1 2 2 とを用いる例を示した。しかし、中継器は、1 個の W S S により信号光を分離及び合波してもよい。実施例 3 では、1 個の W S S を用いて信号光を分離及び合波する中継器の例について説明する。

【 0 0 6 5 】

[実施例 3 に係る中継器の構成]

まず、図 7 を用いて、実施例 3 に係る中継器の構成について説明する。図 7 は、実施例 3 に係る中継器の構成例を示すブロック図である。図 7 に示すように、実施例 3 に係る中継器 2 0 0 は、E D F A 1 1 0 と、光信号処理部 1 3 0 と、O A D M 装置 1 4 0 と、E D F A 1 5 0 と、W S S 2 2 1 とを有する。なお、以下では、既を示した構成部位と同様の機能を有する部位には同一符号を付すこととして、その詳細な説明を省略する。

【 0 0 6 6 】

WSS221は、第1入力ポート221In1と、第2入力ポート221In2と、第1出力ポート221Out1と、第2出力ポート221Out2とを有する。図7に示した例では、第1入力ポート221In1はEDFA110と接続され、第2入力ポート221In2は、光信号処理部130のEDFA132と接続されている。また、第1出力ポート221Out1は光信号処理部130のDCM131と接続され、第2出力ポート221Out2はOADM装置140と接続されている。

【0067】

そして、WSS221は、EDFA110から第1入力ポート221In1に波長多重信号光が入力された場合に、かかる波長多重信号光を分離する。そして、WSS221は、第2出力ポート221Out2を介して、分離後のデジタルコヒーレント信号をOADM装置140へ出力し、第1出力ポート221Out1を介して、直接検波信号を光信号処理部130へ出力する。ここで、光信号処理部130に出力された直接検波信号は、光信号処理部130によって波長分散補償が行われ、WSS221の第2入力ポート221In2に入力される。このとき、WSS221は、EDFA110から入力される波長多重信号光に含まれるデジタルコヒーレント信号と、光信号処理部130から入力される波長分散補償後の直接検波信号とを合波し、合波後の波長多重信号光をOADM装置140へ出力する。

【0068】

このように、実施例3に係る中継器200は、1個のWSS221を用いて、波長多重信号光を分離するとともに、デジタルコヒーレント信号と、波長分散補償後の直接検波信号とを合波することができる。

【0069】

[実施例3におけるWSSの構成]

次に、図7に示したWSS221の構成について説明する。WSS221は、少なくとも以下の(1)及び(2)に示すスイッチングを行うことが求められる。

【0070】

(1) 所定の第1波長の信号光を第1入力ポート221In1から第1出力ポート221Out1へスイッチングするとともに、かかる第1波長と同一の波長の信号光を第2入力ポート221In2から第2出力ポート221Out2へスイッチングする。

(2) 所定の第2波長の信号光を第1入力ポート221In1から第2出力ポート221Out2へスイッチングする。

【0071】

なお、上記の(1)に示した第1波長は、例えば、直接検波信号の波長に対応する。また、上記の(2)に示した第2波長は、例えば、デジタルコヒーレント信号の波長に対応する。

【0072】

WSS221が上記(1)及び(2)に示したスイッチングを行うことが求められる理由について説明する。WSS221は、上記(1)のスイッチングを行うことにより、直接検波信号を光信号処理部130へ出力することができるとともに、デジタルコヒーレント信号と波長分散補償後の直接検波信号とを合波することができる。また、WSS221は、上記(2)のスイッチングを行うことにより、デジタルコヒーレント信号を光信号処理部130を介さずにOADM装置140へ出力することができる。すなわち、WSS221は、上記(1)及び(2)に示したスイッチングを行うことにより、デジタルコヒーレント信号と波長分散補償後の直接検波信号とを合波することが可能になる。

【0073】

このようなWSS221は、図5に例示したWSSに1個のポートを追加することで実現できるとも考えられる。例えば、2個の入力ポートと1個の出力ポートとを有するWSSに1個の出力ポートを追加することでWSS221を実現できるとも考えられる。しかし、図5に例示したWSSに1個のポートを追加しただけでは、上記(1)及び(2)に示したスイッチングが可能なWSSを実現できるとは限らない。以下に、図5に例示した

10

20

30

40

50

W S S に 1 個のポートを追加した W S S の例について説明し、次に、図 7 に示した W S S 2 2 1 の構成について説明する。

【 0 0 7 4 】

図 8 及び図 9 は、図 5 に例示した W S S に 1 個のポートが追加された W S S 9 2 1 の模式図である。図 8 に示すように、W S S 9 2 1 は、入力ポート 9 2 1 I n 1 及び 9 2 1 I n 2 と、出力ポート 9 2 1 O u t 1 及び 9 2 1 O u t 2 と、回析格子 9 2 1 G と、レンズ 9 2 1 L と、ミラー 9 2 1 M とを有する。なお、図 8 に示した W S S 9 2 1 は、2 個の入力ポート 9 2 1 I n 1 及び 9 2 1 I n 2 と 1 個の出力ポート 9 2 1 O u t 2 とを有する W S S に、1 個の出力ポート 9 2 1 O u t 1 が追加されたものとする。

【 0 0 7 5 】

まず、図 8 の（状態 1）に示した例では、入力ポート 9 2 1 I n 1 に入力される信号光が出力ポート 9 2 1 O u t 2 へ反射されるように、ミラー 9 2 1 M が設置されている。かかる場合には、図 9 の（状態 1）に示すように、入力ポート 9 2 1 I n 1 と出力ポート 9 2 1 O u t 2 との間で信号光が送受される。しかし、図 8 の（状態 1）や図 9 の（状態 1）に示すように、入力ポート 9 2 1 I n 2 に入力される信号光は、出力ポート 9 2 1 O u t 1 へ反射されない。したがって、図 8 の（状態 1）に示した例では、上記（1）に示したスイッチングを行うことができない。

【 0 0 7 6 】

また、図 8 の（状態 2）に示した例では、入力ポート 9 2 1 I n 1 に入力される信号光が出力ポート 9 2 1 O u t 1 へ反射されるように、ミラー 9 2 1 M が設置されている。かかる場合には、図 9 の（状態 2）に示すように、入力ポート 9 2 1 I n 1 と出力ポート 9 2 1 O u t 1 との間で信号光が送受される。しかし、図 8 の（状態 2）や図 9 の（状態 2）に示すように、入力ポート 9 2 1 I n 2 に入力される信号光は、出力ポート 9 2 1 O u t 2 へ反射されない。したがって、図 8 の（状態 2）に示した例では、上記（1）に示したスイッチングを行うことができない。

【 0 0 7 7 】

また、図 8 の（状態 3）に示した例では、入力ポート 9 2 1 I n 2 に入力される信号光が出力ポート 9 2 1 O u t 2 へ反射されるように、ミラー 9 2 1 M が設置されている。かかる場合には、図 9 の（状態 3）に示すように、入力ポート 9 2 1 I n 2 と出力ポート 9 2 1 O u t 2 との間で信号光が送受される。しかし、図 8 の（状態 3）や図 9 の（状態 3）に示すように、入力ポート 9 2 1 I n 1 に入力される信号光は、出力ポート 9 2 1 O u t 1 へ反射されない。したがって、図 8 の（状態 3）に示した例では、上記（1）に示したスイッチングを行うことができない。

【 0 0 7 8 】

また、図 8 の（状態 4）に示した例では、入力ポート 9 2 1 I n 2 に入力される信号光が出力ポート 9 2 1 O u t 1 へ反射されるように、ミラー 9 2 1 M が設置されている。かかる場合には、図 9 の（状態 4）に示すように、入力ポート 9 2 1 I n 2 と出力ポート 9 2 1 O u t 1 との間で信号光が送受される。しかし、図 8 の（状態 4）や図 9 の（状態 4）に示すように、入力ポート 9 2 1 I n 1 に入力される信号光は、出力ポート 9 2 1 O u t 2 へ反射されない。したがって、図 8 の（状態 4）に示した例では、上記（1）に示したスイッチングを行うことができない。

【 0 0 7 9 】

このように、2 個の入力ポートと 1 個の出力ポートとを有する W S S に 1 個の出力ポートを追加しても、上記（1）及び（2）に示したスイッチングを行うことができる W S S を実現することはできない。

【 0 0 8 0 】

次に、図 1 0 及び図 1 1 を用いて、図 7 に示した W S S 2 2 1 の構成について説明する。図 1 0 及び図 1 1 は、図 7 に示した W S S 2 2 1 の模式図である。なお、図 1 0 及び図 1 1 の（状態 1）～（状態 3）には、W S S 2 2 1 が有するミラー（後述するミラー 2 2 1 M - 1 ～ 2 2 1 M - 3）の反射角が異なる例を示している。

10

20

30

40

50

【0081】

図10の(状態1)に示すように、WSS221は、第1入力ポート221In1と、第2入力ポート221In2と、第1出力ポート221Out1と、第2出力ポート221Out2とを有する。第1入力ポート221In1及び第2入力ポート221In2は、信号光が入力される。第1出力ポート221Out1及び第2出力ポート221Out2は、第1入力ポート221In1又は第2入力ポート221In2に入力される信号光に含まれる少なくとも一部の波長の信号光を出力する。

【0082】

また、図10の(状態1)に示すように、WSS221は、回析格子221Gと、第1反射部221R1とを有する。回析格子221Gは、第1入力ポート221In1又は第2入力ポート221In2に入力される信号光を波長毎に分離したり、複数の信号光を合波したりする分離合波器である。

10

【0083】

第1反射部221R1は、第1入力ポート221In1に入力される信号光のうち、回析格子221Gによって分離された第1波長の信号光を第1出力ポート221Out1に反射させる。さらに、第1反射部221R1は、第2入力ポート221In2に入力される信号光のうち、回析格子221Gによって分離された第1波長の信号光を第2出力ポート221Out2に反射させる。

【0084】

具体的には、第1反射部221R1は、レンズ221Lと、第1ミラー221M-1とを有する。レンズ221Lは、図5に示したレンズ121Lと同様である。第1ミラー221M-1は、第1入力ポート221In1及び第1出力ポート221Out1を両端とする線分の中点M1と、第2入力ポート221In2及び第2出力ポート221Out2を両端とする線分の中点M2とを結ぶ直線L1上に配置される。

20

【0085】

ここで、図10の(状態1)に示すように、第1ミラー221M-1は、第1入力ポート221In1から入射される信号光を第1出力ポート221Out1に反射させる角度で配置されるものとする。図10の(状態1)に示した例では、第1ミラー221M-1は、所定の基準線SL1とのなす角が「0°」になるように配置されている。かかる場合に、第1ミラー221M-1は、第2入力ポート221In2から入射される信号光を第2出力ポート221Out2に反射させることができる。これは、第1ミラー221M-1が、中点M1と中点M2とを結ぶ直線L1上に配置されているからである。

30

【0086】

このように、WSS221は、図10の(状態1)に示した例のように、上記(1)に示したスイッチングを行うことができる。具体的には、図10の(状態1)では、図11の(状態1)に示すように、第1入力ポート221In1と第1出力ポート221Out1との間で信号光が送受され、第2入力ポート221In2と第2出力ポート221Out2との間で信号光が送受される。

【0087】

また、図10の(状態2)に示した例では、WSS221は、第2反射部221R2を有する。第2反射部221R2は、第1入力ポート221In1に入力される信号光のうち、回析格子221Gによって分離された第2波長の信号光を第2出力ポート221Out2に反射させる。

40

【0088】

具体的には、第2反射部221R2は、第1入力ポート221In1から入射される信号光を第2出力ポート221Out2に反射させる第2ミラー221M-2を有する。図10の(状態2)に示した例では、第2ミラー221M-2は、基準線SL1とのなす角が「-θ」になるように配置されている。

【0089】

このように、WSS221は、図10の(状態2)に示した例のように、上記(2)に

50

示したスイッチングを行うことができる。具体的には、図10の(状態2)に示した例では、図11の(状態2)に示すように、第1入力ポート221In1と第2出力ポート221Out2との間で信号光が送受される。

【0090】

また、図10の(状態3)に示した例では、WSS221は、第3反射部221R3を有する。第3反射部221R3は、第2入力ポート221In2から入射される信号光を第1出力ポート221Out1に反射させる第3ミラー221M-3を有する。図10の(状態3)に示した例では、第3ミラー221M-3は、基準線SL1とのなす角が「 $+\theta$ 」になるように配置されている。すなわち、図10の(状態3)に示した例では、図11の(状態3)に示すように、第2入力ポート221In2と第1出力ポート221Out1との間で信号光が送受される。

10

【0091】

このように、実施例3におけるWSS221は、図10に示した中点M1と中点M2とを結ぶ直線L1上に配置される第1ミラー221M-1及び第2ミラー221M-2を有することにより、上記(1)及び(2)に示したスイッチングを行うことができる。

【0092】

例えば、WSS221が有するミラーのうち、直接検波信号に対応する波長の信号光が入射されるミラーは、図10の(状態1)に例示した位置及び角度に配置される。また、例えば、WSS221が有するミラーのうち、デジタルコヒーレント信号に対応する波長の信号光が入射されるミラーは、図10の(状態2)に例示した位置及び角度に配置される。これにより、WSS221は、波長多重信号光に含まれる直接検波信号を第1出力ポート221Out1を介して光信号処理部130へ出力することができる。また、WSS221は、光信号処理部130から第2入力ポート221In2を介して入力される直接検波信号と、波長多重信号光に含まれるデジタルコヒーレント信号とを合波することができる。さらに、WSS221は、合波後の波長多重信号光を第2出力ポート221Out2を介してOADM装置140へ出力することができる。

20

【0093】

[実施例3の効果]

上述してきたように、実施例3に係る中継器200は、1個のWSS221を用いて、波長多重信号光をデジタルコヒーレント信号と直接検波信号とに分離するとともに、デジタルコヒーレント信号と波長分散補償後の直接検波信号とを合波する。これにより、実施例3に係る中継器200は、小規模の構成によりデジタルコヒーレント信号と直接検波信号とが波長多重された波長多重信号光を中継することができる。すなわち、実施例3によれば、設計や製造にかかる手間を省くことができる。

30

【実施例4】

【0094】

上記実施例3では、図10及び図11に図示したWSS221を有する中継器200について説明した。しかし、2個の入力ポートと2個の出力ポートとを有するWSSの構成は、図10及び図11に示した例に限られない。実施例4では、2個の入力ポートと2個の出力ポートとを有するWSSの他の構成例について説明する。

40

【0095】

[2×2WSSの構成例(1)]

まず、図12を用いて、2個の入力ポートと2個の出力ポートとを有するWSS321の構成例について説明する。図12は、実施例4におけるWSS321の模式図である。なお、図12の(状態1)～(状態3)には、WSS321が有するミラー(後述するミラー321M-1～321M-3)の反射角が異なる例を示している。

【0096】

図12の(状態1)に示すように、WSS321は、第1入力ポート321In1と、第2入力ポート321In2と、第1出力ポート321Out1と、第2出力ポート321Out2とを有する。第1入力ポート321In1、第2入力ポート321In2は、

50

それぞれ図10に示した第1入力ポート221In1、第2入力ポート221In2に対応する。また、第1出力ポート321Out1、第2出力ポート321Out2は、それぞれ図10に示した第1出力ポート221Out1、第2出力ポート221Out2に対応する。

【0097】

また、WSS321は、第1サーキュレータ321C1と、第2サーキュレータ321C2とを有する。第1サーキュレータ321C1は、第1入力ポート321In1に入力される信号光を回析格子221G方向へ出力し、回析格子221G方向から入射される信号光を第2出力ポート321Out2へ出力する。第2サーキュレータ321C2は、第2入力ポート321In2に入力される信号光を回析格子221G方向へ出力し、回析格子221G方向から入射される信号光を第1出力ポート321Out1へ出力する。

10

【0098】

また、WSS321は、ポート321P1とポート321P2とを有する。ポート321P1は、例えば光ファイバアレイであり、第1サーキュレータ321C1との間で信号光を送受する。ポート321P2は、例えば光ファイバアレイであり、第2サーキュレータ321C2との間で信号光を送受する。

【0099】

また、図12の(状態1)に示すように、WSS321は、第1反射部321R1を有する。第1反射部321R1は、第1ミラー321M-1を有する。第1ミラー321M-1は、第1入力ポート321In1及び第1出力ポート321Out1を両端とする線分の中点と、第2入力ポート321In2及び第2出力ポート221Out2を両端とする線分の中点とを結ぶ直線上に配置される。

20

【0100】

ここで、第1ミラー321M-1は、図12の(状態1)に示すように、第1サーキュレータ321C1から入射される信号光を第2サーキュレータ321C2に反射させる角度で配置される。図12の(状態1)に示した例では、第1ミラー321M-1は、基準線SL1とのなす角が「0°」になるように配置されている。かかる場合に、第1ミラー321M-1は、第2サーキュレータ321C2から入射される信号光を第1サーキュレータ321C1に反射させることができる。

【0101】

30

したがって、図12の(状態1)に示した例において、第1入力ポート321In1に入力される信号光は、第1サーキュレータ321C1、回析格子221Gを介して第1ミラー321M-1に入射される。そして、第1ミラー321M-1は、入射された信号光を第2サーキュレータ321C2に反射させる。第2サーキュレータ321C2に入射された信号光は、第1出力ポート321Out1から出力される。

【0102】

また、図12の(状態1)に示した例において、第2入力ポート321In2に入力される信号光は、第2サーキュレータ321C2、回析格子221Gを介して第1ミラー321M-1に入射される。そして、第1ミラー321M-1は、入射された信号光を第1サーキュレータ321C1に反射させる。第1サーキュレータ321C1に入射された信号光は、第2出力ポート321Out2から出力される。

40

【0103】

このように、WSS321は、図12の(状態1)に示した例のように、上記(1)に示したスイッチングを行うことができる。具体的には、図12の(状態1)に示した例では、第1入力ポート321In1と第1出力ポート321Out1との間で信号光が送受されるとともに、第2入力ポート321In2と第2出力ポート321Out2との間で信号光が送受される。

【0104】

また、図12の(状態2)に示した例では、WSS321は、第2反射部321R2を有する。第2反射部321R2は、第1サーキュレータ321C1から入射される信号光

50

を第1サーキュレータ321C1に反射させる角度で配置される第2ミラー321M-2を有する。

【0105】

図12の(状態2)に示した例において、第1入力ポート321In1に入力される信号光は、第1サーキュレータ321C1、回析格子221Gを介して第2ミラー321M-2に入射される。そして、かかる信号光は、第2ミラー321M-2によって第1サーキュレータ321C1に反射される。第1サーキュレータ321C1に入射された信号光は、第2出力ポート321Out2から出力される。

【0106】

このように、WSS321は、図12の(状態2)に示した例のように、上記(2)に示したスイッチングを行うことができる。具体的には、図12の(状態2)に示した例では、第1入力ポート321In1と第2出力ポート321Out2との間で信号光が送受される。

10

【0107】

また、図12の(状態3)に示した例では、WSS321は、第3反射部321R3を有する。第3反射部321R3は、第2サーキュレータ321C2から入射される信号光を第2サーキュレータ321C2に反射させる角度で配置される第3ミラー321M-3を有する。

【0108】

図12の(状態3)に示した例において、第2入力ポート321In2に入力される信号光は、第2サーキュレータ321C2、回析格子221Gを介して第3ミラー321M-3に入射される。そして、かかる信号光は、第3ミラー321M-3によって第2サーキュレータ321C2に反射される。第2サーキュレータ321C2に入射された信号光は、第1出力ポート321Out1から出力される。すなわち、図12の(状態3)に示した例では、第2入力ポート321In2と第1出力ポート321Out1との間で信号光が送受される。

20

【0109】

このように、図12に示したWSS321は、上記(1)及び(2)に示したスイッチングを行うことができる。したがって、実施例3に示した中継器200は、WSS221の代わりに、図12に示したWSS321を用いてもよい。

30

【0110】

[2×2WSSの構成例(2)]

次に、図13を用いて、2個の入力ポートと2個の出力ポートとを有するWSS421の構成例について説明する。図13は、実施例4におけるWSS421の模式図である。なお、図13の(状態1)～(状態3)には、WSS421が有するミラー(後述するミラー421M-1～421M-6)の反射角が異なる例を示している。

【0111】

図13の(状態1)に示すように、WSS421は、第1入力ポート421In1と、第2入力ポート421In2と、第1出力ポート421Out1と、第2出力ポート421Out2とを有する。第1入力ポート421In1、第2入力ポート421In2は、それぞれ図10に示した第1入力ポート221In1、第2入力ポート221In2に対応する。また、第1出力ポート421Out1、第2出力ポート421Out2は、それぞれ図10に示した第1出力ポート221Out1、第2出力ポート221Out2に対応する。

40

【0112】

また、WSS421は、第1中継ポート421P1と、第2中継ポート421P2とを有する。第1中継ポート421P1及び第2中継ポート421P2は、例えば光ファイバレイであり、相互に接続される。例えば、第1中継ポート421P1に入力される信号光は、第2中継ポート421P2から出力される。また、例えば、第2中継ポート421P2に入力される信号光は、第1中継ポート421P1から出力される。

50

【 0 1 1 3 】

また、図 1 3 の (状態 1) に示すように、W S S 4 2 1 は、第 1 反射部 4 2 1 R 1 を有する。第 1 反射部 4 2 1 R 1 は、第 1 ミラー 4 2 1 M - 1 と、第 2 ミラー 4 2 1 M - 2 とを有する。第 1 ミラー 4 2 1 M - 1 は、図 1 3 の (状態 1) に示すように、第 1 入力ポート 4 2 1 I n 1 から入射される信号光を第 1 出力ポート 4 2 1 O u t 1 に反射させる角度で配置される。また、第 2 ミラー 4 2 1 M - 2 は、図 1 3 の (状態 1) に示すように、第 2 入力ポート 4 2 1 I n 2 から入射される信号光を第 2 出力ポート 4 2 1 O u t 2 に反射させる角度で配置される。

【 0 1 1 4 】

このように、W S S 4 2 1 は、図 1 3 の (状態 1) に示した例のように、上記 (1) に示したスイッチングを行うことができる。具体的には、図 1 3 の (状態 1) に示した例では、第 1 入力ポート 4 2 1 I n 1 と第 1 出力ポート 4 2 1 O u t 1 との間で信号光が送受されるとともに、第 2 入力ポート 4 2 1 I n 2 と第 2 出力ポート 4 2 1 O u t 2 との間で信号光が送受される。

【 0 1 1 5 】

また、図 1 3 の (状態 2) に示した例では、W S S 4 2 1 は、第 2 反射部 4 2 1 R 2 を有する。第 2 反射部 4 2 1 R 2 は、第 3 ミラー 4 2 1 M - 3 と、第 4 ミラー 4 2 1 M - 4 とを有する。第 3 ミラー 4 2 1 M - 3 は、図 1 3 の (状態 2) に示すように、第 1 入力ポート 4 2 1 I n 1 から入射される信号光を第 1 中継ポート 4 2 1 P 1 に反射させる角度で配置される。また、第 4 ミラー 4 2 1 M - 4 は、第 2 中継ポート 4 2 1 P 2 から出力される信号光を第 2 出力ポート 4 2 1 O u t 2 に反射させる角度で配置される。すなわち、第 4 ミラー 4 2 1 M - 4 は、第 3 ミラー 4 2 1 M - 3 によって第 1 中継ポート 4 2 1 P 1 に反射させられた信号光を第 2 出力ポート 4 2 1 O u t 2 に反射させることになる。

【 0 1 1 6 】

このように、W S S 4 2 1 は、図 1 3 の (状態 2) に示した例のように、上記 (2) に示したスイッチングを行うことができる。具体的には、図 1 3 の (状態 2) に示した例では、第 1 入力ポート 4 2 1 I n 1 と第 2 出力ポート 4 2 1 O u t 2 との間で信号光が送受される。

【 0 1 1 7 】

また、図 1 3 の (状態 3) に示した例では、W S S 4 2 1 は、第 3 反射部 4 2 1 R 3 を有する。第 3 反射部 4 2 1 R 3 は、第 5 ミラー 4 2 1 M - 5 と、第 6 ミラー 4 2 1 M - 6 とを有する。第 6 ミラー 4 2 1 M - 6 は、図 1 3 の (状態 3) に示すように、第 2 入力ポート 4 2 1 I n 2 から入射される信号光を第 2 中継ポート 4 2 1 P 2 に反射させる角度で配置される。また、第 5 ミラー 4 2 1 M - 5 は、第 1 中継ポート 4 2 1 P 1 から出力される信号光を第 1 出力ポート 4 2 1 O u t 1 に反射させる角度で配置される。すなわち、第 5 ミラー 4 2 1 M - 5 は、第 6 ミラー 4 2 1 M - 6 によって第 2 中継ポート 4 2 1 P 2 に反射させられた信号光を第 1 出力ポート 4 2 1 O u t 1 に反射させることになる。

【 0 1 1 8 】

このように、図 1 3 に示した W S S 4 2 1 は、上記 (1) 及び (2) に示したスイッチングを行うことができる。したがって、実施例 3 に示した中継器 2 0 0 は、W S S 2 2 1 の代わりに、図 1 3 に示した W S S 4 2 1 を用いてもよい。

【 0 1 1 9 】

[2 × 2 W S S の構成例 (3)]

次に、図 1 4 を用いて、2 個の入力ポートと 2 個の出力ポートとを有する W S S 5 2 1 の構成例について説明する。図 1 4 は、実施例 4 における W S S 5 2 1 の模式図である。なお、図 1 4 の (状態 1) ~ (状態 3) には、W S S 5 2 1 が有するミラー (後述するミラー 5 2 1 M - 1 ~ 5 2 1 M - 8) の反射角が異なる例を示している。

【 0 1 2 0 】

図 1 4 の (状態 1) に示すように、W S S 5 2 1 は、第 1 入力ポート 5 2 1 I n 1 と、第 2 入力ポート 5 2 1 I n 2 と、第 1 出力ポート 5 2 1 O u t 1 と、第 2 出力ポート 5 2

10

20

30

40

50

1 Out 2 とを有する。第 1 入力ポート 5 2 1 In 1、第 2 入力ポート 5 2 1 In 2 は、それぞれ図 1 0 に示した第 1 入力ポート 2 2 1 In 1、第 2 入力ポート 2 2 1 In 2 に対応する。また、第 1 出力ポート 5 2 1 Out 1、第 2 出力ポート 5 2 1 Out 2 は、それぞれ図 1 0 に示した第 1 出力ポート 2 2 1 Out 1、第 2 出力ポート 2 2 1 Out 2 に対応する。

【 0 1 2 1 】

また、図 1 4 の (状態 1) に示すように、W S S 5 2 1 は、第 1 反射部 5 2 1 R 1 を有する。第 1 反射部 5 2 1 R 1 は、第 1 ミラー 5 2 1 M - 1 と、第 2 ミラー 5 2 1 M - 2 と、ミラー 5 2 1 M - x とを有する。

【 0 1 2 2 】

第 1 ミラー 5 2 1 M - 1 は、図 1 4 の (状態 1) に示すように、第 1 入力ポート 5 2 1 In 1 から入射される信号光を第 1 出力ポート 5 2 1 Out 1 に反射させる角度で配置される。また、第 2 ミラー 5 2 1 M - 2 は、図 1 4 の (状態 1) に示すように、第 2 入力ポート 5 2 1 In 2 から入射される信号光を第 2 出力ポート 5 2 1 Out 2 に反射させる角度で配置される。なお、図 1 4 の (状態 1) に示した例では、ミラー 5 2 1 M - x は用いられない。

【 0 1 2 3 】

このように、W S S 5 2 1 は、図 1 4 の (状態 1) に示した例のように、上記 (1) に示したスイッチングを行うことができる。具体的には、図 1 4 の (状態 1) に示した例では、第 1 入力ポート 5 2 1 In 1 と第 1 出力ポート 5 2 1 Out 1 との間で信号光が送受されるとともに、第 2 入力ポート 5 2 1 In 2 と第 2 出力ポート 5 2 1 Out 2 との間で信号光が送受される。

【 0 1 2 4 】

また、図 1 4 の (状態 2) に示した例では、W S S 5 2 1 は、第 2 反射部 5 2 1 R 2 を有する。第 2 反射部 5 2 1 R 2 は、第 3 ミラー 5 2 1 M - 3 と、第 4 ミラー 5 2 1 M - 4 と、第 5 ミラー 5 2 1 M - 5 とを有する。

【 0 1 2 5 】

第 4 ミラー 5 2 1 M - 4 は、図 1 4 の (状態 2) に示すように、第 1 入力ポート 5 2 1 In 1 から入射される信号光を第 3 ミラー 5 2 1 M - 3 に反射させる角度で配置される。また、第 5 ミラー 5 2 1 M - 5 は、第 4 ミラー 5 2 1 M - 4 によって第 3 ミラー 5 2 1 M - 3 に反射させられることにより、かかる第 3 ミラー 5 2 1 M - 3 から入射される信号光を第 2 出力ポート 5 2 1 Out 2 に反射させる角度で配置される。

【 0 1 2 6 】

このように、W S S 5 2 1 は、図 1 4 の (状態 2) に示した例のように、上記 (2) に示したスイッチングを行うことができる。具体的には、図 1 4 の (状態 2) に示した例では、第 1 入力ポート 5 2 1 In 1 と第 2 出力ポート 5 2 1 Out 2 との間で信号光が送受される。

【 0 1 2 7 】

また、図 1 4 の (状態 3) に示した例では、W S S 5 2 1 は、第 3 反射部 5 2 1 R 3 を有する。第 3 反射部 5 2 1 R 3 は、第 6 ミラー 5 2 1 M - 6 と、第 7 ミラー 5 2 1 M - 7 と、第 8 ミラー 5 2 1 M - 8 とを有する。

【 0 1 2 8 】

第 7 ミラー 5 2 1 M - 7 は、図 1 4 の (状態 3) に示すように、第 2 入力ポート 5 2 1 In 2 から入射される信号光を第 6 ミラー 5 2 1 M - 6 に反射させる角度で配置される。また、第 8 ミラー 5 2 1 M - 8 は、第 7 ミラー 5 2 1 M - 7 によって第 6 ミラー 5 2 1 M - 6 に反射させられることにより、かかる第 6 ミラー 5 2 1 M - 6 から入射される信号光を第 1 出力ポート 5 2 1 Out 1 に反射させる角度で配置される。

【 0 1 2 9 】

このように、図 1 4 に示した W S S 5 2 1 は、上記 (1) 及び (2) に示したスイッチングを行うことができる。したがって、実施例 3 に示した中継器 2 0 0 は、W S S 2 2 1

10

20

30

40

50

の代わりに、図 1 4 に示した W S S 5 2 1 を用いてもよい。

【 0 1 3 0 】

[実施例 4 の効果]

上述してきたように、実施例 4 に係る W S S 3 2 1、4 2 1、5 2 1 は、上記 (1) 及び (2) に示したスイッチングを行うことができる。したがって、実施例 3 に示した中継器 2 0 0 は、W S S 3 2 1、4 2 1、5 2 1 を用いて、波長多重信号光をデジタルコヒーレント信号と直接検波信号とに分離するとともに、デジタルコヒーレント信号と波長分散補償後の直接検波信号とを合波することができる。

【 実施例 5 】

【 0 1 3 1 】

上記実施例 2 では、O A D M 装置 1 4 0 が分岐部 1 4 1 と合波部 1 4 2 とを有する例を示した。しかし、O A D M 装置は、実施例 3 に示した W S S 2 2 1 や、実施例 4 に示した W S S 3 2 1、4 2 1、5 2 1 のように、2 個の入力ポートと 2 個の出力ポートを有する W S S を有してもよい。実施例 5 では、O A D M 装置が実施例 3 に示した W S S を有する例について説明する。

【 0 1 3 2 】

図 1 5 は、実施例 5 に係る中継器の構成例を示すブロック図である。図 1 5 に示すように、実施例 5 に係る中継器 3 0 0 は、図 3 に示した中継器 2 0 0 と比較して、O A D M 装置 1 4 0 の代わりに O A D M 装置 3 4 0 を有する。

【 0 1 3 3 】

O A D M 装置 3 4 0 は、図 1 5 に示すように、W S S 2 2 2 と、A W G 3 4 1 と、A W G 3 4 2 とを有する。W S S 2 2 2 の構成は、実施例 3 に示した W S S 2 2 1 の構成と同様である。なお、W S S 2 2 2 の構成は、実施例 4 に示した W S S 3 2 1、4 2 1、5 2 1 の構成と同様であってもよい。

【 0 1 3 4 】

W S S 2 2 2 は、第 1 入力ポート 2 2 2 I n 1 と、第 2 入力ポート 2 2 2 I n 2 と、第 1 出力ポート 2 2 2 O u t 1 と、第 2 出力ポート 2 2 2 O u t 2 とを有する。図 1 5 に示した例では、第 1 入力ポート 2 2 2 I n 1 は W S S 2 2 1 と接続され、第 2 入力ポート 2 2 2 I n 2 は A W G 3 4 2 と接続される。また、第 1 出力ポート 2 2 2 O u t 1 は A W G 3 4 1 と接続され、第 2 出力ポート 2 2 2 O u t 2 は E D F A 1 5 0 と接続される。

【 0 1 3 5 】

このような構成の下、W S S 2 2 2 は、第 1 入力ポート 2 2 2 I n 1 を介して W S S 2 2 1 から入力される波長多重信号光を分離する。そして、W S S 2 2 2 は、分離後の信号光のうち、所定の波長の信号光を第 1 出力ポート 2 2 2 O u t 1 を介して A W G 3 4 1 へ分岐 (D r o p) させる。A W G 3 4 1 へ分岐 (D r o p) された信号光は、A W G 3 4 1 によって他の光受信器等へ送信される。また、W S S 2 2 2 は、第 2 入力ポート 2 2 2 I n 2 を介して A W G 3 4 2 から入力される所定の波長の信号光を挿入 (A d d) する。

【 0 1 3 6 】

例えば、W S S 2 2 2 は、W S S 2 2 1 から波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 5$ の信号光を含む波長多重信号光が入力されるものとする。また、O A D M 装置 3 4 0 は、波長 $\lambda 2$ の信号光を A W G 3 4 1 へ分岐 (D r o p) させることが決められているものとする。また、O A D M 装置 3 4 0 は、A W G 3 4 2 から入力される信号光のうち、波長 $\lambda 4$ の信号光を挿入 (A d d) することが決められているものとする。

【 0 1 3 7 】

かかる場合に、W S S 2 2 2 は、第 1 入力ポート 2 2 2 I n 1 を介して入力される波長多重信号光を波長 $\lambda 1$ の信号光と、波長 $\lambda 2$ の信号光と、波長 $\lambda 3$ の信号光と、波長 $\lambda 5$ の信号光とに分離する。そして、W S S 2 2 2 は、分離後の波長 $\lambda 2$ の信号光を第 1 出力ポート 2 2 2 O u t 1 を介して A W G 3 4 1 へ分岐 (D r o p) させる。

【 0 1 3 8 】

そして、W S S 2 2 2 は、A W G 3 4 2 から第 2 入力ポート 2 2 2 I n 2 を介して入力

10

20

30

40

50

される信号光を分離して、分離後の波長 λ_4 の信号光と、前述において分離した波長 λ_1 の信号光と、波長 λ_3 の信号光と、波長 λ_5 の信号光とを合波する。そして、WSS222は、合波後の波長多重信号光を第2出力ポート222Out2を介してEDFA150へ出力する。

【0139】

上記例の場合、WSS222が有するミラーのうち、波長 λ_2 及び λ_4 の信号光が入射されるミラーは、図10の(状態1)に例示した位置及び角度に配置される。また、例えば、WSS222が有するミラーのうち、波長 λ_1 、 λ_3 及び λ_5 の信号光が入射されるミラーは、図10の(状態2)に例示した位置及び角度に配置される。これにより、WSS222は、波長 λ_2 の信号光をDropすることができるとともに、波長 λ_4 の信号光をAddすることができる。

10

【0140】

[実施例5の効果]

上述してきたように、実施例5に係る中継器300は、1個のWSS222により実現されるOADM装置340を有する。これにより、実施例5に係る中継器300は、小規模の構成によりOADM装置を実現することができる。このような中継器300は、3R(Reshaping Retiming Regeneration)再生中継器に適用することができる。

【実施例6】

【0141】

上記実施例3に示したWSS221や、実施例4に示したWSS321、421、521は、クロスコネクトを実現するWDM伝送路で用いられる中継器に適用することもできる。実施例6では、クロスコネクトを実現する中継器に実施例3に示したWSSを適用する例を示す。

20

【0142】

図16は、実施例6に係るWDMシステムの構成例を示す図である。図16に示すように、実施例6に係るWDMシステム60は、WSS621と、WSS622とによってクロスコネクトが実現される。WSS621及びWSS622の構成は、実施例3に示したWSS221の構成と同様である。なお、WSS621及びWSS622の構成は、実施例4に示したWSS321、421、521の構成と同様であってもよい。

【0143】

WSS621は、伝送路13に配置され、入力ポートIn11及びIn21と、出力ポートOut11及びOut21とを有する。また、WSS622は、伝送路14に配置され、入力ポートIn12及びIn22と、出力ポートOut12及びOut22とを有する。

30

【0144】

例えば、伝送路13には、波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_5 の信号光を含む波長多重信号光が伝送するものとする。また、WSS621は、波長 λ_2 の信号光を伝送路14へ中継するものとする。また、伝送路14には、波長 λ_1 、 λ_3 、 λ_4 、 λ_5 の信号光を含む波長多重信号光が伝送するものとする。また、WSS622は、波長 λ_4 の信号光を伝送路13へ中継するものとする。

40

【0145】

かかる場合に、WSS621は、伝送路13から入力ポートIn11を介して入力される波長多重信号光を波長 λ_1 の信号光と、波長 λ_2 の信号光と、波長 λ_3 の信号光と、波長 λ_5 の信号光とに分離する。そして、WSS621は、分離後の波長 λ_2 の信号光を出力ポートOut21から出力する。出力ポートOut21から出力された波長 λ_2 の信号光は、入力ポートIn12を介してWSS622に入力される。

【0146】

また、WSS622は、伝送路14から入力ポートIn22を介して入力される波長多重信号光を波長 λ_1 の信号光と、波長 λ_3 の信号光と、波長 λ_4 の信号光と、波長 λ_5 の信号光とに分離する。そして、WSS622は、分離後の波長 λ_4 の信号光を出力ポート

50

Out 22 から出力する。出力ポート Out 22 から出力された波長 λ_4 の信号光は、入力ポート In 21 を介して WSS 621 に入力される。

【0147】

そして、WSS 621 は、入力ポート In 21 から入力される波長 λ_4 の信号光と、入力ポート In 11 から入力される波長多重信号光に含まれる波長 λ_1 の信号光と、波長 λ_3 の信号光と、波長 λ_5 の信号光とを合波する。そして、WSS 621 は、合波後の波長多重信号光を出力ポート Out 11 を介して伝送路 13 へ出力する。

【0148】

また、WSS 621 は、入力ポート In 12 から入力される波長 λ_2 の信号光と、入力ポート In 22 から入力される波長多重信号光に含まれる波長 λ_1 の信号光と、波長 λ_3 の信号光と、波長 λ_5 の信号光とを合波する。そして、WSS 622 は、合波後の波長多重信号光を出力ポート Out 12 を介して伝送路 14 へ出力する。

【0149】

[実施例 6 の効果]

上述してきたように、実施例 6 に係る WDM システム 60 は、上記実施例 3 に示した WSS 221 や、実施例 4 に示した WSS 321、421、521 を用いてクロスコネクトを実現することができる。

【実施例 7】

【0150】

上記実施例 6 では、2 個の WSS を用いてクロスコネクトを実現する例を示した。しかし、1 個の WSS を用いてクロスコネクトを実現することもできる。実施例 7 では、1 個の WSS を用いてクロスコネクトを実現する WDM システムの例について説明する。

【0151】

図 17 は、実施例 7 に係る WDM システム 70 の構成例を示す図である。図 17 に示すように、実施例 7 に係る WDM システム 70 は、WSS 721 によってクロスコネクトが実現される。具体的には、WSS 721 は、第 1 入力ポート 721 In 1 と、第 2 入力ポート 721 In 2 と、第 1 出力ポート 721 Out 1 と、第 2 出力ポート 721 Out 2 とを有する。

【0152】

WSS 721 は、伝送路 15 を伝送する波長多重信号光を波長毎に分離し、分離後の信号光を第 1 出力ポート 721 Out 1 又は第 2 出力ポート 721 Out 2 から出力する。また、WSS 721 は、伝送路 16 を伝送する波長多重信号光を波長毎に分離し、分離後の信号光を第 1 出力ポート 721 Out 1 又は第 2 出力ポート 721 Out 2 から出力する。

【0153】

例えば、伝送路 15 には、波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_5 の信号光を含む波長多重信号光が伝送するものとする。また、WSS 721 は、伝送路 15 を伝送する波長多重信号光に含まれる波長 λ_2 の信号光を伝送路 16 へ中継するものとする。また、伝送路 16 には、波長 λ_1 、 λ_3 、 λ_4 、 λ_5 の信号光を含む波長多重信号光が伝送するものとする。また、WSS 721 は、伝送路 16 を伝送する波長多重信号光に含まれる波長 λ_4 の信号光を伝送路 15 へ中継するものとする。

【0154】

かかる場合に、WSS 721 は、伝送路 15 から第 1 入力ポート 721 In 1 を介して入力される波長多重信号光を波長 λ_1 の信号光と、波長 λ_2 の信号光と、波長 λ_3 の信号光と、波長 λ_5 の信号光とに分離する。そして、WSS 721 は、分離後の波長 λ_2 の信号光を第 1 出力ポート 721 Out 1 から出力する。

【0155】

また、WSS 721 は、伝送路 16 から第 2 入力ポート 721 In 2 を介して入力される波長多重信号光を波長 λ_1 の信号光と、波長 λ_3 の信号光と、波長 λ_4 の信号光と、波長 λ_5 の信号光とに分離する。そして、WSS 721 は、分離後の波長 λ_4 の信号光を第

10

20

30

40

50

2 出力ポート 7 2 1 O u t 2 から出力する。

【 0 1 5 6 】

このとき、W S S 7 2 1 は、伝送路 1 5 から入力される波長多重信号光に含まれる波長 $\lambda 1$ の信号光と、波長 $\lambda 3$ の信号光と、波長 $\lambda 5$ の信号光と、伝送路 1 6 から入力される波長多重信号光に含まれる波長 $\lambda 4$ の信号光とを合波する。そして、W S S 7 2 1 は、合波後の波長多重信号光を第 2 出力ポート 7 2 1 O u t 2 を介して伝送路 1 5 へ出力する。

【 0 1 5 7 】

また、W S S 7 2 1 は、伝送路 1 6 から入力される波長多重信号光に含まれる波長 $\lambda 1$ の信号光と、波長 $\lambda 3$ の信号光と、波長 $\lambda 5$ の信号光と、伝送路 1 5 から入力される波長多重信号光に含まれる波長 $\lambda 2$ の信号光とを合波する。そして、W S S 7 2 1 は、合波後の波長多重信号光を第 1 出力ポート 7 2 1 O u t 1 を介して伝送路 1 6 へ出力する。

【 0 1 5 8 】

[実施例 7 における W S S の構成]

次に、図 1 8 を用いて、図 1 7 に示した W S S 7 2 1 の構成について説明する。図 1 8 は、図 1 7 に示した W S S 7 2 1 の模式図である。なお、図 1 8 の (状態 1) 及び (状態 2) には、W S S 7 2 1 が有するミラー (後述するミラー 7 2 1 M - 1 ~ 7 2 1 M - 4) の反射角が異なる例を示している。

【 0 1 5 9 】

図 1 8 の (状態 1) に示すように、W S S 7 2 1 は、第 1 入力ポート 7 2 1 I n 1 と、第 2 入力ポート 7 2 1 I n 2 と、第 1 出力ポート 7 2 1 O u t 1 と、第 2 出力ポート 7 2 1 O u t 2 とを有する。第 1 入力ポート 7 2 1 I n 1、第 2 入力ポート 7 2 1 I n 2 は、それぞれ図 1 0 に示した第 1 入力ポート 2 2 1 I n 1、第 2 入力ポート 2 2 1 I n 2 に対応する。また、第 1 出力ポート 7 2 1 O u t 1、第 2 出力ポート 7 2 1 O u t 2 は、それぞれ図 1 0 に示した第 1 出力ポート 2 2 1 O u t 1、第 2 出力ポート 2 2 1 O u t 2 に対応する。

【 0 1 6 0 】

また、W S S 7 2 1 は、第 1 サーキュレータ 7 2 1 C 1 と、第 2 サーキュレータ 7 2 1 C 2 とを有する。第 1 サーキュレータ 7 2 1 C 1 は、第 1 入力ポート 7 2 1 I n 1 に入力される信号光を回析格子 2 2 1 G 方向へ出力し、回析格子 2 2 1 G 方向から入射される信号光を第 2 出力ポート 7 2 1 O u t 2 へ出力する。第 2 サーキュレータ 7 2 1 C 2 は、第 2 入力ポート 7 2 1 I n 2 に入力される信号光を回析格子 2 2 1 G 方向へ出力し、回析格子 2 2 1 G 方向から入射される信号光を第 1 出力ポート 7 2 1 O u t 1 へ出力する。

【 0 1 6 1 】

また、W S S 7 2 1 は、第 1 中継ポート 7 2 1 P 1 と、第 2 中継ポート 7 2 1 P 2 と、ポート 7 2 1 P 3 及びポート 7 2 1 P 4 とを有する。第 1 中継ポート 7 2 1 P 1 及び第 2 中継ポート 7 2 1 P 2 は、相互に接続される。例えば、第 1 中継ポート 7 2 1 P 1 に入力される信号光は、第 2 中継ポート 7 2 1 P 2 から出力される。また、例えば、第 2 中継ポート 7 2 1 P 2 に入力される信号光は、第 1 中継ポート 7 2 1 P 1 から出力される。

【 0 1 6 2 】

また、図 1 8 の (状態 1) に示すように、W S S 7 2 1 は、第 1 反射部 7 2 1 R 1 を有する。第 1 反射部 7 2 1 R 1 は、第 1 ミラー 7 2 1 M - 1 と、第 2 ミラー 7 2 1 M - 2 とを有する。第 1 ミラー 7 2 1 M - 1 は、図 1 8 の (状態 1) に示すように、第 1 サーキュレータ 7 2 1 C 1 から入射される信号光を第 1 中継ポート 7 2 1 P 1 に反射させる角度で配置される。つまり、第 1 ミラー 7 2 1 M - 1 は、図 1 8 の (状態 1) に示すように、第 1 中継ポート 7 2 1 P 1 から入射される信号光を第 1 サーキュレータ 7 2 1 C 1 に反射させる。

【 0 1 6 3 】

また、第 2 ミラー 7 2 1 M - 2 は、図 1 8 の (状態 1) に示すように、第 2 サーキュレータ 7 2 1 C 2 から入射される信号光を第 2 中継ポート 7 2 1 P 2 に反射させる角度で配置される。つまり、第 2 ミラー 7 2 1 M - 2 は、図 1 8 の (状態 1) に示すように、第 2

中継ポート 7 2 1 P 2 から入射される信号光を第 2 サーキュレータ 7 2 1 C 2 に反射させる。

【 0 1 6 4 】

図 1 8 の (状態 1) に示した例において、第 1 入力ポート 7 2 1 I n 1 に入力される信号光は、第 1 サーキュレータ 7 2 1 C 1 を介して第 1 ミラー 7 2 1 M - 1 に入射される。そして、かかる信号光は、第 1 ミラー 7 2 1 M - 1 によって第 1 中継ポート 7 2 1 P 1 に反射される。第 1 中継ポート 7 2 1 P 1 に入射された信号光は、第 2 中継ポート 7 2 1 P 2 から出力される。第 2 中継ポート 7 2 1 P 2 から出力される信号光は、第 2 ミラー 7 2 1 M - 2 によって第 2 サーキュレータ 7 2 1 C 2 に反射される。第 2 サーキュレータ 7 2 1 C 2 に入射された信号光は、第 1 出力ポート 7 2 1 O u t 1 から出力される。

10

【 0 1 6 5 】

また、図 1 8 の (状態 1) に示した例において、第 2 入力ポート 7 2 1 I n 2 に入力される信号光は、第 2 サーキュレータ 7 2 1 C 2 を介して第 2 ミラー 7 2 1 M - 2 に入射される。そして、かかる信号光は、第 2 ミラー 7 2 1 M - 2 によって第 2 中継ポート 7 2 1 P 2 に反射される。第 2 中継ポート 7 2 1 P 2 に入射された信号光は、第 1 中継ポート 7 2 1 P 1 から出力される。第 1 中継ポート 7 2 1 P 1 から出力される信号光は、第 1 ミラー 7 2 1 M - 1 によって第 1 サーキュレータ 7 2 1 C 1 に反射される。第 1 サーキュレータ 7 2 1 C 1 に入射された信号光は、第 2 出力ポート 7 2 1 O u t 2 から出力される。

【 0 1 6 6 】

すなわち、図 1 8 の (状態 1) に示した例では、第 1 入力ポート 7 2 1 I n 1 と第 1 出力ポート 7 2 1 O u t 1 との間で信号光が送受されるとともに、第 2 入力ポート 7 2 1 I n 2 と第 2 出力ポート 7 2 1 O u t 2 との間で信号光が送受される。

20

【 0 1 6 7 】

また、図 1 8 の (状態 2) に示した例では、W S S 7 2 1 は、第 2 反射部 7 2 1 R 2 を有する。第 2 反射部 7 2 1 R 2 は、第 3 ミラー 7 2 1 M - 3 と、第 4 ミラー 7 2 1 M - 4 とを有する。

【 0 1 6 8 】

第 3 ミラー 7 2 1 M - 3 は、第 1 サーキュレータ 7 2 1 C 1 から入射される信号光を第 1 サーキュレータ 7 2 1 C 1 に反射させる角度で配置される。また、第 4 ミラー 7 2 1 M - 4 は、第 2 サーキュレータ 7 2 1 C 2 から入射される信号光を第 2 サーキュレータ 7 2 1 C 2 に反射させる角度で配置される。

30

【 0 1 6 9 】

図 1 8 の (状態 2) に示した例において、第 1 入力ポート 7 2 1 I n 1 に入力される信号光は、第 1 サーキュレータ 7 2 1 C 1 を介して第 3 ミラー 7 2 1 M - 3 に入射される。そして、かかる信号光は、第 3 ミラー 7 2 1 M - 3 によって第 1 サーキュレータ 7 2 1 C 1 に反射される。第 1 サーキュレータ 7 2 1 C 1 に入射された信号光は、第 2 出力ポート 7 2 1 O u t 2 から出力される。

【 0 1 7 0 】

また、図 1 8 の (状態 2) に示した例において、第 2 入力ポート 7 2 1 I n 2 に入力される信号光は、第 2 サーキュレータ 7 2 1 C 2 を介して第 4 ミラー 7 2 1 M - 4 に入射される。そして、かかる信号光は、第 4 ミラー 7 2 1 M - 4 によって第 2 サーキュレータ 7 2 1 C 2 に反射される。第 2 サーキュレータ 7 2 1 C 2 に入射された信号光は、第 1 出力ポート 7 2 1 O u t 1 から出力される。

40

【 0 1 7 1 】

すなわち、図 1 8 の (状態 2) に示した例では、第 1 入力ポート 7 2 1 I n 1 と第 2 出力ポート 7 2 1 O u t 2 との間で信号光が送受されるとともに、第 2 入力ポート 7 2 1 I n 2 と第 1 出力ポート 7 2 1 O u t 1 との間で信号光が送受される。

【 0 1 7 2 】

[実施例 7 の効果]

上述してきたように、実施例 7 に係る W D M システム 7 0 は、1 個の W S S 7 2 1 を用

50

いてクロスコネクトを実現することができる。

【0173】

なお、上記実施例において説明した各処理のうち、自動的におこなわれるものとして説明した処理の全部または一部を手動的におこなうこともできる。この他、上記文章中や図面中で示した処理手順、制御手順、具体的名称、各種のデータやパラメータを含む情報については、特記する場合を除いて任意に変更することができる。

【0174】

また、図示した各装置の各構成要素は機能概念的なものであり、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。すなわち、各装置の分散・統合の具体的形態は図示のものに限られず、その全部または一部を、各種の負荷や使用状況などに応じて、任意の単位で機能的または物理的に分散・統合して構成することができる。

10

【0175】

以上の各実施例を含む実施形態に関し、さらに以下の付記を開示する。

【0176】

(付記1) 入力される波長多重信号光を波長毎に分離して、分離した信号光の波長に応じて該信号光を第1出力ポート又は第2出力ポートから出力する第1波長選択スイッチと、

前記第1波長選択スイッチによって前記第1出力ポートから出力された信号光に対して波長分散補償を行う波長分散補償部と、

前記波長分散補償部によって波長分散補償が行われた信号光と、前記第1波長選択スイッチによって前記第2出力ポートから出力された信号光とを合波する第2波長選択スイッチと

20

を備えることを特徴とする信号光処理装置。

【0177】

(付記2) 入力される波長多重信号光を波長に応じて第1信号光と第2信号光とに分離する波長選択スイッチと、

前記波長選択スイッチによって分離された第1信号光に対して波長分散補償を行う波長分散補償部とを有し、

前記波長選択スイッチは、前記波長分散補償部によって波長分散補償が行われた信号光と、前記第2信号光とを合波することを特徴とする信号光処理装置。

30

【0178】

(付記3) 前記波長分散補償部は、波長分散補償後の信号光を光増幅する光増幅器をさらに備え、

前記波長選択スイッチは、前記光増幅器によって光増幅された信号光と、前記第2信号光とを合波することを特徴とする付記2に記載の信号光処理装置。

【0179】

(付記4) 付記1～3のいずれか一つに記載の信号光処理装置と、

前記信号光処理装置によって合波された波長多重信号光を受信し、受信した波長多重信号光を送信する光分岐挿入装置と

を備えることを特徴とする光伝送装置。

【0180】

40

(付記5) 信号光が入力される第1入力ポート及び第2入力ポートと、

前記第1入力ポート又は前記第2入力ポートに入力される信号光に含まれる少なくとも一部の波長の信号光を出力する第1出力ポート及び第2出力ポートと、

前記第1入力ポート又は前記第2入力ポートに入力される信号光を波長毎に分離し、入射される複数の信号光を合波する分離合波器と、

前記第1入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第1波長の信号光を前記分離合波器を介して前記第1出力ポートに反射させ、前記第2入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第1波長の信号光を前記分離合波器を介して前記第2出力ポートに反射させる第1反射部と、

前記第1入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第

50

2 波長の信号光を前記分離合波器を介して前記第 2 出力ポートに反射させる第 2 反射部とを備えることを特徴とする波長選択スイッチ。

【0181】

(付記 6) 前記第 1 反射部は、前記第 1 入力ポート及び前記第 1 出力ポートを両端とする線分の中点と、前記第 2 入力ポート及び前記第 2 出力ポートを両端とする線分の中点とを結ぶ直線上に配置される反射鏡を有することを特徴とする付記 5 に記載の波長選択スイッチ。

【0182】

(付記 7) 入力される信号光を相互に送受する第 1 中継ポート及び第 2 中継ポートをさらに備え、

10

前記第 1 反射部は、

前記第 1 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 1 波長の信号光を前記第 1 出力ポートに反射させる第 1 反射鏡と、

前記第 2 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 1 波長の信号光を前記第 2 出力ポートに反射させる第 2 反射鏡と

を有し、

前記第 2 反射部は、

前記第 1 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 2 波長の信号光を前記第 1 中継ポートに反射させる第 3 反射鏡と、

前記第 3 反射鏡によって前記第 1 中継ポートに反射させられることにより前記第 2 中継ポートから出力される信号光を前記第 2 出力ポートに反射させる第 4 反射鏡と

20

を有することを特徴とする付記 5 に記載の波長選択スイッチ。

【0183】

(付記 8) 前記第 1 反射部は、

前記第 1 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 1 波長の信号光を前記第 1 出力ポートに反射させる第 1 反射鏡と、

前記第 2 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 1 波長の信号光を前記第 2 出力ポートに反射させる第 2 反射鏡と

を有し、

前記第 2 反射部は、

30

前記第 1 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 2 波長の信号光を第 3 反射鏡に反射させる第 4 反射鏡と、

前記第 4 反射鏡によって前記第 3 反射鏡に反射させられることにより該第 3 反射鏡から入射される信号光を前記第 2 出力ポートに反射させる第 5 反射鏡と

を有することを特徴とする付記 5 に記載の波長選択スイッチ。

【0184】

(付記 9) 前記第 1 入力ポートに入力される信号光を前記分離合波器方向へ出力し、前記第 1 反射部又は前記第 2 反射部から入射される信号光を前記第 2 出力ポートへ出力する第 1 サーキュレータと、

前記第 2 入力ポートに入力される信号光を前記分離合波器方向へ出力し、前記第 1 反射部又は前記第 2 反射部から入射される信号光を前記第 1 出力ポートへ出力する第 2 サーキュレータと、

40

入力される信号光を相互に送受する第 1 中継ポート及び第 2 中継ポートと

をさらに備え、

前記第 1 反射部は、

前記第 1 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 1 波長の信号光を前記第 1 中継ポートに反射させ、前記第 1 中継ポートから出力される信号光を前記第 1 サーキュレータに反射させる第 1 反射鏡と、

前記第 2 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 1 波長の信号光を前記第 2 中継ポートに反射させ、前記第 2 中継ポートから出力される信

50

号光を前記第 2 サーキュレータに反射させる第 2 反射鏡と
を有し、

前記第 2 反射部は、

前記第 1 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 2 波長の信号光を前記第 1 サーキュレータに反射させる第 3 反射鏡と、

前記第 2 入力ポートに入力される信号光のうち、前記分離合波器によって分離された第 2 波長の信号光を前記第 2 サーキュレータに反射させる第 4 反射鏡と

を有することを特徴とする付記 5 に記載の波長選択スイッチ。

【 0 1 8 5 】

(付記 1 0) 前記光分岐挿入装置は、付記 5 ~ 9 のいずれか一つに記載の波長選択スイッチを有し、

10

前記第 1 入力ポートは、前記信号光処理装置によって合波された波長多重信号光が入力され、

前記第 1 出力ポートは、前記第 1 入力ポートに入力された波長多重信号光に含まれる第 1 波長の信号光を出力し、

前記第 2 入力ポートは、外部から波長多重信号光が入力され、

前記第 2 出力ポートは、前記第 1 入力ポートに入力された波長多重信号光に含まれる第 1 波長以外の波長の信号光と、前記第 2 入力ポートに入力された波長多重信号光に含まれる第 2 波長の信号光とが合波された波長多重信号光を出力する付記 4 に記載の光伝送装置

20

【 0 1 8 6 】

(付記 1 1) 第 1 伝送路と第 2 伝送路とを有する波長分割多重伝送システムであって、

付記 5 ~ 8 のいずれか一つに記載の波長選択スイッチであって、前記第 1 伝送路を伝送する波長多重信号光に含まれる信号光の経路を前記第 2 伝送路に切り替える第 1 中継器と

、

付記 5 ~ 8 のいずれか一つに記載の波長選択スイッチであって、前記第 2 伝送路を伝送する波長多重信号光に含まれる信号光の経路を前記第 1 伝送路に切り替える第 2 中継器とを備えることを特徴とする波長分割多重伝送システム。

【 0 1 8 7 】

(付記 1 2) 第 1 伝送路と第 2 伝送路とを有する波長分割多重伝送システムであって、

30

付記 9 に記載の波長選択スイッチであって、前記第 1 伝送路を伝送する波長多重信号光に含まれる信号光の経路を前記第 2 伝送路に切り替えるとともに、前記第 2 伝送路を伝送する波長多重信号光に含まれる信号光の経路を前記第 1 伝送路に切り替える中継器を備えることを特徴とする波長分割多重伝送システム。

【 0 1 8 8 】

(付記 1 3) 信号光処理装置によって実行される信号光処理方法であって、

前記信号光処理装置が、

入力される波長多重信号光を波長毎に分離して、分離した信号光の波長に応じて該信号光を第 1 出力ポート又は第 2 出力ポートから出力する第 1 波長選択ステップと、

前記第 1 波長選択ステップによって前記第 1 出力ポートから出力された信号光に対して波長分散補償を行う波長分散補償ステップと、

40

前記波長分散補償ステップによって波長分散補償が行われた信号光と、前記第 1 波長選択ステップによって前記第 2 出力ポートから出力された信号光とを合波する第 2 波長選択ステップと

を実行することを特徴とする信号光処理方法。

【符号の説明】

【 0 1 8 9 】

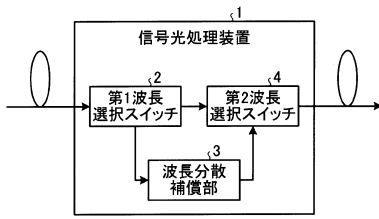
- 1 信号光処理装置
- 2 第 1 波長選択スイッチ
- 3 波長分散補償部

50

4	第2波長選択スイッチ	
10、60、70	WDMシステム	
20	送信装置	
21-1~21-n	光送信器	
22、35	AWG	
23、32、34b、36、110、132、150	EDFA	
30	受信装置	
31-1~31-n	光受信器	
34a、131	DCM	
37	TDC	10
100、200、300	中継器	
121M-1~121M-n	ミラー	
121L、221L	レンズ	
121G、221G	回析格子	
121In1	入力ポート	
121Out1	第1出力ポート	
121Out2	第2出力ポート	
33a、121、141	分岐部	
33b、122、142	合波部	
130	光信号処理部	20
140、340	OADM装置	
221M-1~221M-3	第1ミラー~第3ミラー	
221In1、222In1、321In1、421In1、521In1、721In1	第1入力ポート	
221In2、222In2、321In2、421In2、521In2、721In2	第2入力ポート	
221Out1、222Out1、321Out1、421Out1、521Out1、721Out1	第1出力ポート	
221Out2、222Out2、321Out2、421Out2、521Out2、721Out2	第2出力ポート	30
221R1~221R3	第1反射部~第3反射部	
321M-1~321M-3	第1ミラー~第3ミラー	
321C1、721C1	第1サーキュレータ	
321C2、721C2	第2サーキュレータ	
321R1~321R3	第1反射部~第3反射部	
421M-1~421M-6	第1ミラー~第6ミラー	
421P1、721P1	第1中継ポート	
421P2、721P2	第2中継ポート	
421R1~421R3	第1反射部~第3反射部	
521M-1~521M-9	第1ミラー~第9ミラー	40
521R1~521R3	第1反射部~第3反射部	
721M-1~721M-4	第1ミラー~第4ミラー	
721R1	第1反射部	
721R2	第2反射部	

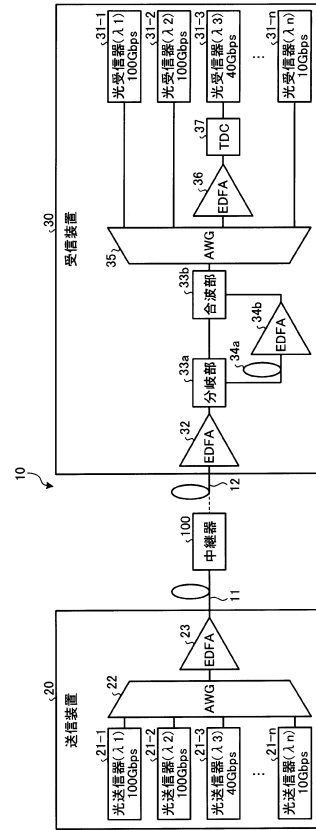
【図 1】

実施例1に係る信号光処理装置の構成例を示すブロック図



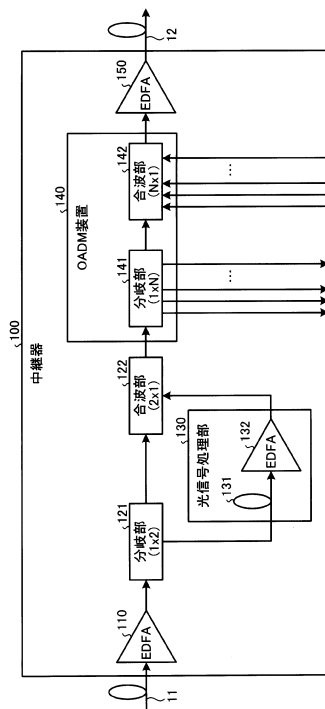
【図 2】

実施例2に係る中継器を含むWDMシステムの構成例を示すブロック図



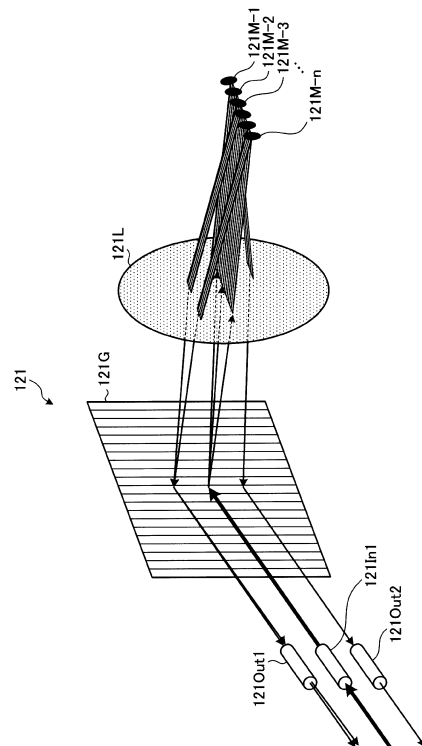
【図 3】

実施例2に係る中継器の構成例を示すブロック図



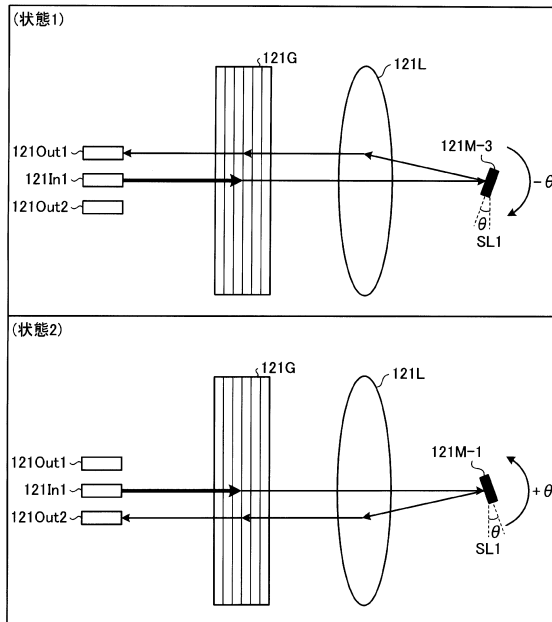
【図 4】

図3に示した分岐部の構成例を示す図



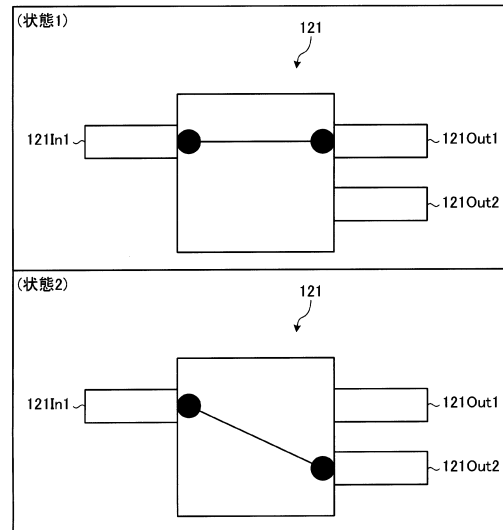
【図 5】

図4に示した分岐部の模式図



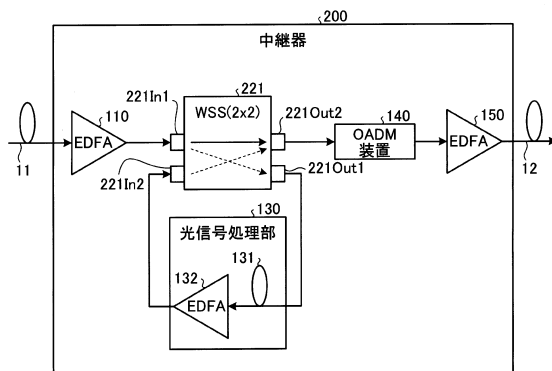
【図 6】

図4に示した分岐部の模式図



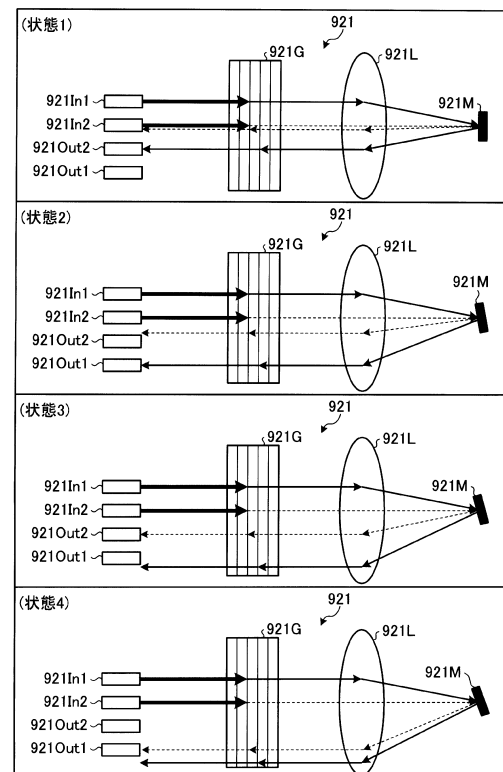
【図 7】

実施例3に係る中継器の構成例を示すブロック図



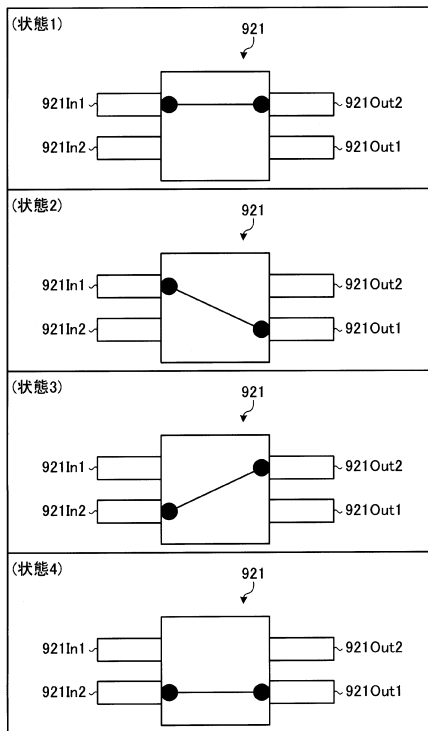
【図 8】

図5に例示したWSSに1個のポートが追加されたWSS921の模式図



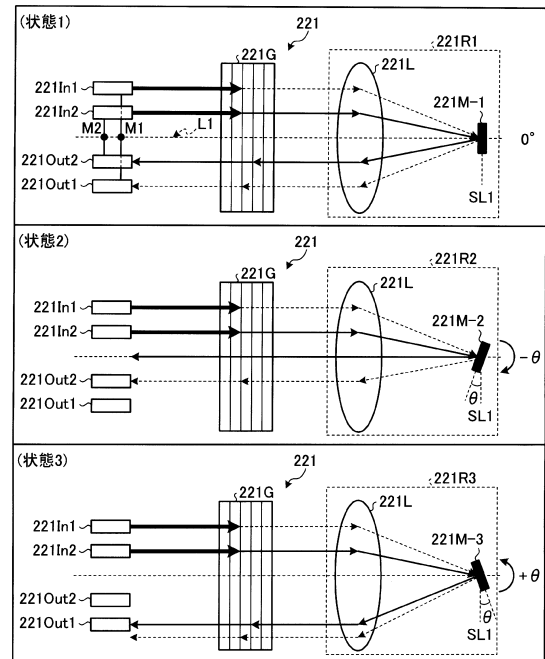
【図 9】

図5に例示したWSSに1個のポートが追加されたWSS921の模式図



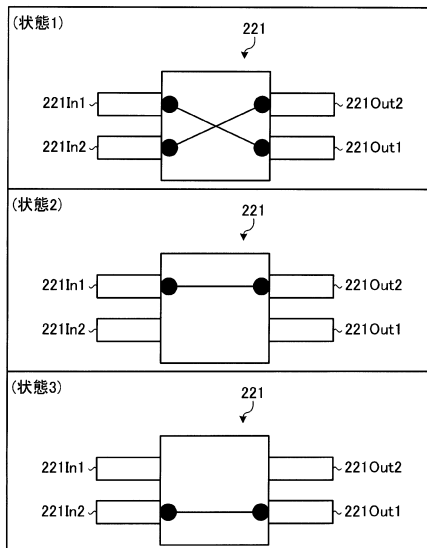
【図 10】

図7に示したWSSの模式図



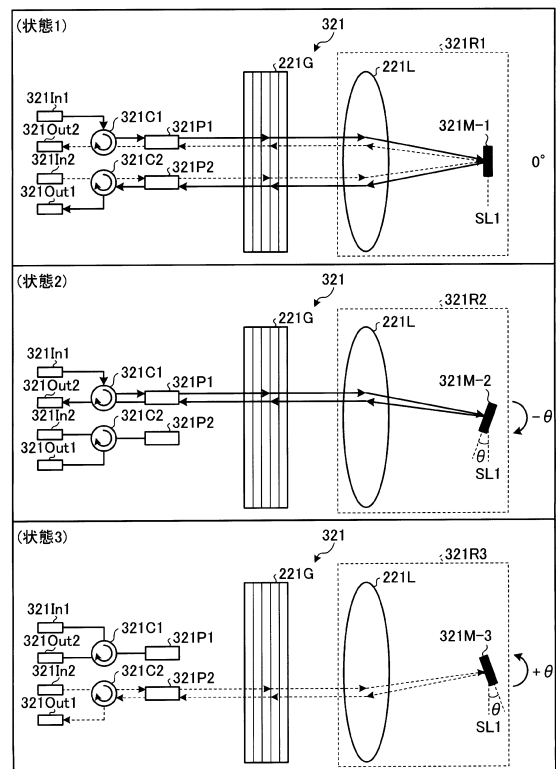
【図 11】

図7に示したWSSの模式図



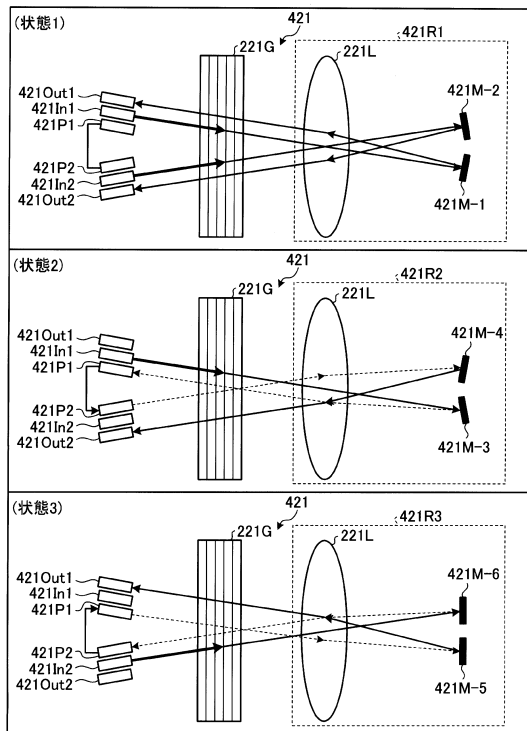
【図 12】

実施例4におけるWSSの模式図



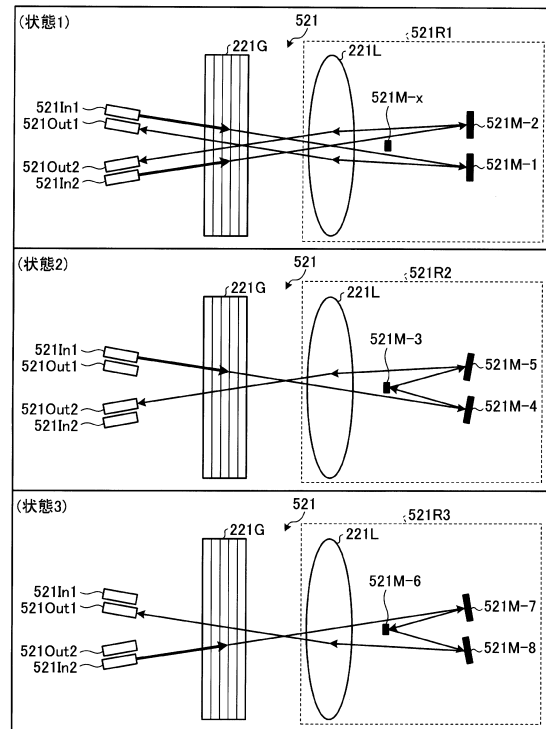
【図 13】

実施例4におけるWSSの模式図



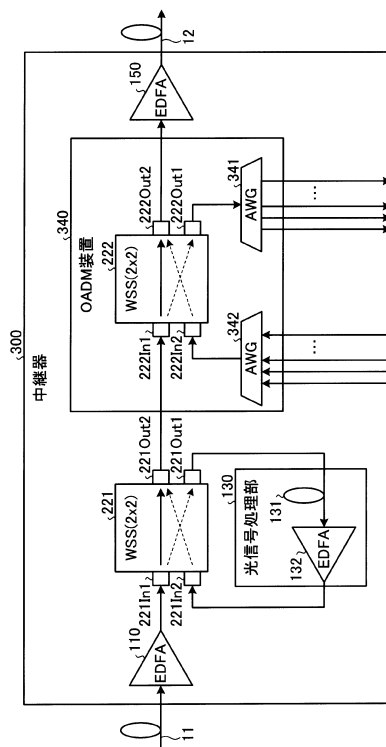
【図 14】

実施例4におけるWSSの模式図



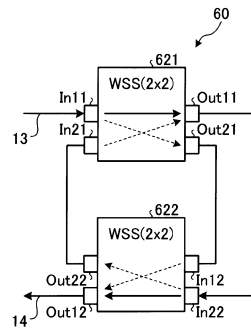
【図 15】

実施例5に係る中継器の構成例を示すブロック図



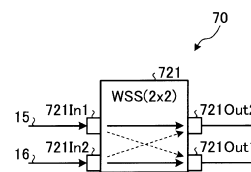
【図 16】

実施例6に係るWDMシステムの構成例を示す図



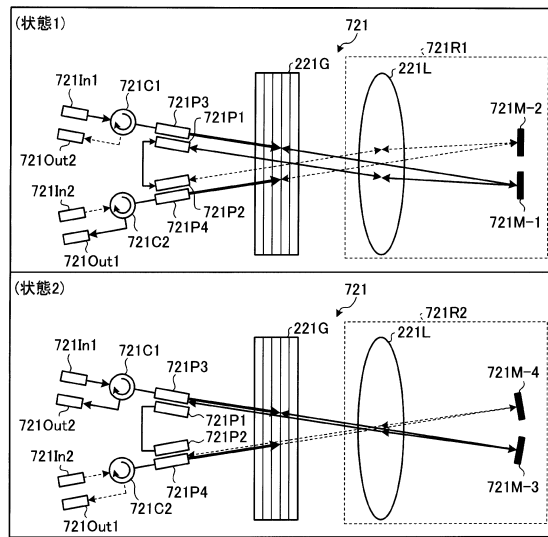
【図 17】

実施例7に係るWDMシステムの構成例を示す図



【図 18】

図17に示したWSSの模式図



フロントページの続き

審査官 後澤 瑞征

- (56)参考文献 特開2008-167297(JP,A)
特開2004-193974(JP,A)
特開2009-198969(JP,A)
国際公開第2008/114352(WO,A1)
田中 俊毅 他,「デジタルコヒーレントによる100Gbps/λ長距離伝送」,2010年電子情報通信学会総合大会講演論文集,日本,2010年 3月 2日,通信(2),"SS-85"- "SS-86"

- (58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
H04B10/00-10/90
H04J14/00-14/08