

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7119110号

(P7119110)

(45)発行日 令和4年8月16日(2022.8.16)

(24)登録日 令和4年8月5日(2022.8.5)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 B 10/291 (2013.01)

H 0 4 B 10/291

H 0 1 S 3/067 (2006.01)

H 0 1 S 3/067

H 0 1 S 3/10 (2006.01)

H 0 1 S 3/10

D

請求項の数 22 (全29頁)

(21)出願番号	特願2020-549010(P2020-549010)	(73)特許権者	521037097
(86)(22)出願日	平成30年8月27日(2018.8.27)		エイチエムエヌ・テクノロジーズ・カン
(65)公表番号	特表2021-524169(P2021-524169		パニー・リミテッド
	A)		中華人民共和国・テンジン・3 0 0 4 6
(43)公表日	令和3年9月9日(2021.9.9)		7・テンジン・エコ・シティ・シノ・シ
(86)国際出願番号	PCT/CN2018/102511		ンガポール・インフォメーション・パー
(87)国際公開番号	WO2020/041931		ク・シンジ・センター・ビルディング・
(87)国際公開日	令和2年3月5日(2020.3.5)		1・ゲート・8・6・フロアー
審査請求日	令和2年9月14日(2020.9.14)	(74)代理人	110002860
			特許業務法人秀和特許事務所
		(72)発明者	▲許▼ 昌武
			中華人民共和国・3 0 0 4 5 7・天津市
			・経済技術開発区・第三大街・金融街・
			西区・W 3 C 棟・5 - 6 層
		(72)発明者	李 羽赫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 海底ネットワーク設備

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光ファイバ群、ポンプレーザ群、エルビウム添加光ファイバ増幅器 E D F A 群、1 次光ファイバカプラ C P L 群、及び 2 次 C P L 群を含み、

前記 1 次 C P L 群は、N 個の 1 次 C P L を含み、前記 2 次 C P L 群は、N 個の 2 次 C P L を含み、前記 N は、3 以上の整数であり、

前記光ファイバ群は、前記ポンプレーザ群、前記 1 次 C P L 群、前記 2 次 C P L 群、及び前記 E D F A 群を接続させ、

前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L の入力ポートには、少なくとも 1 つのポンプレーザが接続され、前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L の出力ポートには、少なくとも 1 つの E D F A が接続され、

前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L は、いずれも前記 1 次 C P L 群内の他の 2 つの 1 次 C P L に隣接し、前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L は、いずれも前記 2 次 C P L 群内の他の 2 つの 2 次 C P L に隣接し、

前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L の出力ポートは、それぞれ異なる 2 つの 2 次 C P L に接続され、前記異なる 2 つの 2 次 C P L は、1 つの 2 次 C P L を挟んで配置され、

前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L の入力ポートは、それぞれ異なる 2 つの 1 次 C P L に接続され、前記異なる 2 つの 1 次 C P L は、1 つの 1 次 C P L を挟んで配置され、

前記ポンプレーザ群内の各ポンプレーザは、ポンプレーザ光を出射し、

前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L は、受信したポンプレーザ光を結合させて 2 本の

10

20

1 次ポンプレーザー光を出力し、前記 2 本の 1 次ポンプレーザー光は、それぞれ前記異なる 2 つの 2 次 C P L に出力され、

前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L は、受信した 1 次ポンプレーザー光を結合させて少なくとも 1 本の 2 次ポンプレーザー光を前記少なくとも 1 つの E D F A に出力する海底ネットワーク設備。

【請求項 2】

前記 E D F A 群内の各 E D F A は、1 本の光ファイバに対応し、前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L の出力ポートには 2 つの E D F A が接続されることを特徴とする請求項 1 に記載の海底ネットワーク設備。

【請求項 3】

前記各 2 次 C P L の出力ポートに接続される 2 つの E D F A に対応する 2 本の光ファイバは、1 組の光ファイバペアを構成することを特徴とする請求項 2 に記載の海底ネットワーク設備。

【請求項 4】

前記各 2 次 C P L の出力ポートに接続される一方の E D F A に対応する 1 本の光ファイバと、前記各 2 次 C P L に隣接する 1 つの 2 次 C P L の出力ポートに接続される一方の E D F A に対応する 1 本の光ファイバとは、1 組の光ファイバペアを構成することを特徴とする請求項 2 に記載の海底ネットワーク設備。

【請求項 5】

前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L の入力ポートには、2 つのポンプレーザーが接続され、

前記各 1 次 C P L から出力される各々の 1 次ポンプレーザー光は、前記各 1 次 C P L の入力ポートに接続される 2 つのポンプレーザーから出射される各 5 0 % のエネルギーを含み、

前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L から出力される各々の 2 次ポンプレーザー光は、2 つの 1 次 C P L の入力ポートに接続される 4 つのポンプレーザーから出射される各 2 5 % のエネルギーを含み、

前記各 2 次 C P L は、前記 2 つの 1 次 C P L に接続されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の海底ネットワーク設備。

【請求項 6】

前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L の入力ポートには、1 つのポンプレーザーが接続され、

前記各 1 次 C P L から出力される各々の 1 次ポンプレーザー光は、前記各 1 次 C P L の入力ポートに接続される 1 つのポンプレーザーから出射される 5 0 % のエネルギーを含み、

前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L から出力される各々の 2 次ポンプレーザー光は、2 つの 1 次 C P L の入力ポートに接続される 2 つのポンプレーザーから出射される各 2 5 % のエネルギーを含み、

前記各 2 次 C P L は、前記 2 つの 1 次 C P L に接続されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の海底ネットワーク設備。

【請求項 7】

前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L の入力ポートには、偏光ビームコンバイナーを介して 4 つのポンプレーザーが接続され、

前記各 1 次 C P L から出力される各々の 1 次ポンプレーザー光は、前記各 1 次 C P L の入力ポートに接続される 4 つのポンプレーザーから出射される各 5 0 % のエネルギーを含み、

前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L から出力される各々の 2 次ポンプレーザー光は、2 つの 1 次 C P L の入力ポートに接続される 8 つのポンプレーザーから出射される各 2 5 % のエネルギーを含み、

前記各 2 次 C P L は、前記 2 つの 1 次 C P L に接続されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の海底ネットワーク設備。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

前記ポンプレーザー群、前記 E D F A 群、前記 1 次 C P L 群、及び前記 2 次 C P L 群は、それぞれ異なる平面に設けられることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の海底ネットワーク設備。

【請求項 9】

前記ポンプレーザー群内の各ポンプレーザー、前記 E D F A 群内の各 E D F A、前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L、及び前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L は、いずれも環状に配置されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の海底ネットワーク設備。

【請求項 10】

光ファイバ群、ポンプレーザー群、エルビウム添加光ファイバ増幅器 E D F A 群、1 次光ファイバカプラ C P L 群、2 次 C P L 群、及び 3 次 C P L 群を含み、

前記 1 次 C P L 群は、N 個の 1 次 C P L を含み、前記 2 次 C P L 群は、N 個の 2 次 C P L を含み、前記 3 次 C P L 群は、N 個の 3 次 C P L を含み、前記 N は、5 以上の整数であり、

前記光ファイバ群は、前記ポンプレーザー群、前記 1 次 C P L 群、前記 2 次 C P L 群、前記 3 次 C P L 群、及び前記 E D F A 群を接続させ、

前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L の入力ポートには、少なくとも 1 つのポンプレーザーが接続され、前記 3 次 C P L 群内の各 3 次 C P L の出力ポートには、少なくとも 1 つの E D F A が接続され、

前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L は、いずれも前記 1 次 C P L 群内の他の 2 つの 1 次 C P L に隣接し、前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L は、いずれも前記 2 次 C P L 群内の他の 2 つの 2 次 C P L に隣接し、前記 3 次 C P L 群内の各 3 次 C P L は、いずれも前記 3 次 C P L 群内の他の 2 つの 3 次 C P L に隣接し、

前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L の出力ポートは、それぞれ異なる 2 つの 2 次 C P L に接続され、各 1 次 C P L の出力ポートに接続される異なる 2 つの 2 次 C P L は、2 つの 2 次 C P L を挟んで配置され、

前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L の入力ポートは、それぞれ異なる 2 つの 1 次 C P L に接続され、前記異なる 2 つの 1 次 C P L は、2 つの 1 次 C P L を挟んで配置され、

前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L の出力ポートは、それぞれ異なる 2 つの 3 次 C P L に接続され、前記異なる 2 つの 3 次 C P L は、1 つの 3 次 C P L を挟んで配置され、

前記 3 次 C P L 群内の各 3 次 C P L の入力ポートは、それぞれ異なる 2 つの 2 次 C P L に接続され、各 3 次 C P L の入力ポートに接続される異なる 2 つの 2 次 C P L は 1 つの 1 次 C P L を挟んで配置され、

前記ポンプレーザー群内の各ポンプレーザーは、ポンプレーザー光を出射し、

前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L は、受信したポンプレーザー光を結合させて 2 本の 1 次ポンプレーザー光を出力し、前記 2 本の 1 次ポンプレーザー光は、それぞれ各 1 次 C P L の出力ポートに接続される前記異なる 2 つの 2 次 C P L に出力され、

前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L は、受信した 1 次ポンプレーザー光を結合させて 2 本の 2 次ポンプレーザー光を前記異なる 2 つの 3 次 C P L に出力し、

前記 3 次 C P L 群内の各 3 次 C P L は、受信した 2 次ポンプレーザー光を結合させて少なくとも 1 本の 3 次ポンプレーザー光を前記少なくとも 1 つの E D F A に出力することを特徴とする海底ネットワーク設備。

【請求項 11】

前記 E D F A 群内の各 E D F A は、1 本の光ファイバに対応し、前記 3 次 C P L 群内の各 3 次 C P L の出力ポートには 2 つの E D F A が接続されることを特徴とする請求項 10 に記載の海底ネットワーク設備。

【請求項 12】

前記各 3 次 C P L の出力ポートに接続される 2 つの E D F A に対応する 2 本の光ファイバは、1 組の光ファイバペアを構成することを特徴とする請求項 11 に記載の海底ネット

10

20

30

40

50

ワーク設備。

【請求項 1 3】

前記各 3 次 C P L の出力ポートに接続される一方の E D F A に対応する 1 本の光ファイバと、前記各 3 次 C P L に隣接する 1 つの 3 次 C P L の出力ポートに接続される一方の E D F A に対応する 1 本の光ファイバとは、1 組の光ファイバペアを構成することを特徴とする請求項 1 1 に記載の海底ネットワーク設備。

【請求項 1 4】

前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L の入力ポートには、2 つのポンプレーザが接続され、

前記各 1 次 C P L から出力される各々の 1 次ポンプレーザ光は、前記各 1 次 C P L の入力ポートに接続される 2 つのポンプレーザから出射される各 5 0 % のエネルギーを含み、

10

前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L から出力される各々の 2 次ポンプレーザ光は、2 つの 1 次 C P L の入力ポートに接続される 4 つのポンプレーザから出射される各 2 5 % のエネルギーを含み、

前記各 2 次 C P L は、前記 2 つの 1 次 C P L に接続され、

前記 3 次 C P L 群内の各 3 次 C P L から出力される各々の 3 次ポンプレーザ光は、4 つの 1 次 C P L の入力ポートに接続される 8 つのポンプレーザから出射される各 1 2 . 5 % のエネルギーを含み、

前記各 3 次 C P L は、2 つの 2 次 C P L に接続され、前記 2 つの 2 次 C P L は、前記 4 つの 1 次 C P L に接続されることを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の海底ネットワーク設備。

20

【請求項 1 5】

前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L の入力ポートには、1 つのポンプレーザが接続され、

前記各 1 次 C P L から出力される各々の 1 次ポンプレーザ光は、前記各 1 次 C P L の入力ポートに接続される 1 つのポンプレーザから出射される各 5 0 % のエネルギーを含み、

前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L から出力される各々の 2 次ポンプレーザ光は、2 つの 1 次 C P L の入力ポートに接続される 2 つのポンプレーザから出射される各 2 5 % のエネルギーを含み、

30

前記各 2 次 C P L は、前記 2 つの 1 次 C P L に接続され、

前記 3 次 C P L 群内の各 3 次 C P L から出力される各々の 3 次ポンプレーザ光は、4 つの 1 次 C P L の入力ポートに接続される 4 つのポンプレーザから出射される各 1 2 . 5 % のエネルギーを含み、

前記各 3 次 C P L は、2 つの 2 次 C P L に接続され、前記 2 つの 2 次 C P L は、前記 4 つの 1 次 C P L に接続されることを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の海底ネットワーク設備。

【請求項 1 6】

前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L の入力ポートには、偏光ビームコンバイナーを介して 4 つのポンプレーザが接続され、

40

前記各 1 次 C P L から出力される各々の 1 次ポンプレーザ光は、前記各 1 次 C P L の入力ポートに接続される 4 つのポンプレーザから出射される各 5 0 % のエネルギーを含み、

前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L から出力される各々の 2 次ポンプレーザ光は、2 つの 1 次 C P L の入力ポートに接続される 8 つのポンプレーザから出射される各 2 5 % のエネルギーを含み、

前記各 2 次 C P L は、前記 2 つの 1 次 C P L に接続され、

前記 3 次 C P L 群内の各 3 次 C P L から出力される各々の 3 次ポンプレーザ光は、4 つの 1 次 C P L の入力ポートに接続される 1 6 つのポンプレーザから出射される各 1 2

50

． 5 % のエネルギーを含み、

前記各 3 次 C P L は、 2 つの 2 次 C P L に接続され、前記 2 つの 2 次 C P L は、前記 4 つの 1 次 C P L に接続されることを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の海底ネットワーク設備。

【請求項 1 7】

前記ポンプレーザ群、前記 E D F A 群、前記 1 次 C P L 群、前記 2 次 C P L 群、及び前記 3 次 C P L 群は、それぞれ異なる平面に設けられることを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の海底ネットワーク設備。

【請求項 1 8】

前記ポンプレーザ群内の各ポンプレーザ、前記 E D F A 群内の各 E D F A、前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L、前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L、及び前記 3 次 C P L 群内の各 3 次 C P L は、いずれも環状に配置されることを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の海底ネットワーク設備。

【請求項 1 9】

ポンプレーザ群、エルビウム添加光ファイバ増幅器 E D F A 群、 1 次光ファイバカプラ C P L 群、及び 2 次 C P L 群を含み、

前記 1 次 C P L 群は少なくとも 3 つの 1 次 C P L を含み、前記 2 次 C P L 群は少なくとも 3 つの 2 次 C P L を含み、

前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L の入力ポートには、少なくとも 1 つのポンプレーザが接続され、

前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L の出力ポートは、前記 E D F A 群内の少なくとも 1 つの E D F A に接続され、

前記 1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L の出力ポートがそれぞれ異なる 2 つの 2 次 C P L に接続され且つ前記異なる 2 つの 2 次 C P L が 1 つの 2 次 C P L を挟むことにより、前記少なくとも 3 つの 1 次 C P L が環状に配置され、

前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L の入力ポートがそれぞれ異なる 2 つの 1 次 C P L に接続され且つ前記異なる 2 つの 1 次 C P L が 1 つの 1 次 C P L を挟むことにより、前記少なくとも 3 つの 2 次 C P L が環状に配置され、

前記ポンプレーザ群内の各ポンプレーザは、ポンプレーザ光を出射し、

前記 1 次 C P L 群内の少なくとも 1 つの 1 次 C P L は、受信したポンプレーザ光を結合させて 2 本の 1 次ポンプレーザ光を出力し、前記 2 本の 1 次ポンプレーザ光は、それぞれ前記異なる 2 つの 2 次 C P L に出力され、

前記 2 次 C P L 群内の少なくとも 1 つの 2 次 C P L は、受信した 1 次ポンプレーザ光を結合させて少なくとも 1 本の 2 次ポンプレーザ光を前記少なくとも 1 つの E D F A に出力することを特徴とする海底ネットワーク設備。

【請求項 2 0】

前記 E D F A 群内の各 E D F A は 1 本の光ファイバに対応し、

前記 2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L の出力ポートには 2 つの E D F A が接続されることを特徴とする請求項 1 9 に記載の海底ネットワーク設備。

【請求項 2 1】

前記各 2 次 C P L の出力ポートに接続される 2 つの E D F A に対応する 2 本の光ファイバは、 1 組の光ファイバペアを構成することを特徴とする請求項 2 0 に記載の海底ネットワーク設備。

【請求項 2 2】

前記各 2 次 C P L の出力ポートに接続される一方の E D F A に対応する 1 本の光ファイバと、前記各 2 次 C P L に隣接する 1 つの 2 次 C P L の出力ポートに接続される一方の E D F A に対応する 1 本の光ファイバとは、 1 組の光ファイバペアを構成することを特徴とする請求項 2 0 に記載の海底ネットワーク設備。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本願は、光海底ケーブル通信の分野に関し、特に海底ネットワーク設備に関するものである。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

長距離の光ファイバ海底ケーブル通信システム（通常、500 km以上のリンク）は、伝送光信号の増幅を実現するために光海底中継器を装備する必要がある。現在、比較的成熟した光海底中継器は、利得媒質がエルビウム添加光ファイバであるエルビウム添加光ファイバ増幅器（erbium doped fiber amplifier、EDFA）技術を基にしたものであり、EDFAが正常に動作するとき、ポンプレーザ（Pump Laser）でエルビウム添加光ファイバに励起エネルギーを供給することを必要とする。

10

【 0 0 0 3 】

ポンプレーザは、他の受動光デバイスと比較して故障率（failure rate）が高い能動光デバイスに属し、ポンプレーザが故障すると光中継器が正常に動作できなくなり、光中継器の全体的な信頼性を高めるためには、通常ポンプ冗長化設計を行う。例えば、図1に示したシングル光ファイバペア4×2アーキテクチャ（4本のポンプレーザ×2本の光ファイバ）において、4本のポンプレーザから出力される4本のポンプレーザ光が光ファイバカプラ（Fiber Coupler、CPL）モジュールによって結合及びパワーの再分配が行った後、各ポンプレーザはポンプエネルギーを半分ずつ2本のエルビウム添加光ファイバに供給する。そのうちの一部（最多3本）のポンプレーザが故障した場合、正常に動作している残りのポンプレーザは、2チャンネルのEDFAモジュールが一定の増幅能力を維持するように、2本のエルビウム添加光ファイバに一部のエネルギーを依然として供給することができる。

20

【 0 0 0 4 】

しかしながら、このようなポンプ冗長化設計案では、ポンプレーザの数がEDFAモジュールの数の2倍であり、光ファイバ1組あたり2つのEDFAモジュールが対応しているため、光ファイバペアが1組増えるごとにポンプレーザの数を倍増させる必要があり、コストや、ワット損及び熱損の増大を招く。

【 発明の概要 】

【 0 0 0 5 】

本願の実施例は、海底ネットワーク設備のコストや、ワット損及び熱損を低減することができる海底ネットワーク設備を提供する。

30

【 0 0 0 6 】

上記に鑑みて、本願の実施例の第1の態様に係る海底ネットワーク設備は、光ファイバ群、ポンプレーザ群、エルビウム添加光ファイバ増幅器EDFA群、1次光ファイバカプラCPL群及び2次CPL群を含み、

1次CPL群は、N個の1次CPLを含み、2次CPL群は、N個の2次CPLを含み、Nは、3以上の整数であり、

光ファイバ群は、ポンプレーザ群、1次CPL群、2次CPL群及びEDFA群を接続させ、

40

1次CPL群内の各1次CPLの入力ポートには、少なくとも1つのポンプレーザが接続され、2次CPL群内の各2次CPLの出力ポートには、少なくとも1つのEDFAが接続され、

1次CPL群内の各1次CPLは、いずれも1次CPL群内の他の2つの1次CPLに隣接し、2次CPL群内の各2次CPLは、いずれも2次CPL群内の他の2つの2次CPLに隣接し、

1次CPL群内の各1次CPLの出力ポートは、それぞれ異なる2つの2次CPLに接続され、異なる2つの2次CPLは、1つの2次CPLを挟んで配置され、

2次CPL群内の各2次CPLの入力ポートは、それぞれ異なる2つの1次CPLに接続され、異なる2つの1次CPLは1つの1次CPLを挟んで配置され、

50

ポンプレーザー群内の各ポンプレーザーは、ポンプレーザー光を出射し、

1次CPL群内の各1次CPLは、受信したポンプレーザー光を結合させて2本の1次ポンプレーザー光を出力し、2本の1次ポンプレーザー光は、それぞれ異なる2つの2次CPLに出力され、

2次CPL群内の各2次CPLは、受信した1次ポンプレーザー光を結合させて少なくとも1本の2次ポンプレーザー光を少なくとも1つのEDFAに出力する。

【0007】

本願の実施形態では、少なくとも2本のポンプレーザーで各々のEDFAのポンプレーザー光エネルギーを共同して供給し、各々のEDFAに対応するポンプレーザーの一部が故障したとしても、EDFAモジュールが依然として一定の増幅能力を維持し、さらに、各1次CPLの入力ポートに少なくとも1つのポンプレーザーが接続され、各2次CPLの出力ポートに少なくとも1つのEDFAが接続されるので、ポンプレーザーの数をEDFAモジュールの数の2倍に維持する必要がなく、海底ネットワーク設備のコスト、ワット損及び熱損を低減させることができる。

【0008】

ある実施形態では、

EDFA群内の各EDFAは、1本の光ファイバに対応し、2次CPL群内の各2次CPLの出力ポートには2つのEDFAが接続されることが好ましい。

【0009】

ある実施形態では、

各2次CPLの出力ポートに接続される2つのEDFAに対応する2本の光ファイバが、1組の光ファイバペアを構成することが好ましい。

【0010】

ある実施形態では、

各2次CPLの出力ポートに接続される一方のEDFAに対応する1本の光ファイバと、各2次CPLに隣接する1つの2次CPLの出力ポートに接続される一方のEDFAに対応する1本の光ファイバとが、1組の光ファイバペアを構成することが好ましい。

【0011】

なお、1組の光ファイバペア(fiber pair、FP)とは、1つの通信伝送設備(line transmission equipment、LTE)の受信ポート及び送信ポートに接続される2本の光ファイバであり、この2本の光ファイバは、1本が受信し、もう1本が送信する通信リンクを構成し、異なる光ファイバペア同士は互いに分離されている。

【0012】

本願の実施形態では、海底ネットワーク設備と光ファイバペアとの間の異なる2つの接続方式を提供することにより、本案の融通性を向上させる。

【0013】

ある実施形態では、

1次CPL群内の各1次CPLの入力ポートには、2つのポンプレーザーが接続され、各1次CPLから出力される各々の1次ポンプレーザー光は、各1次CPLの入力ポートに接続される2つのポンプレーザーから出射される各50%のエネルギーを含み、

2次CPL群内の各2次CPLから出力される各々の2次ポンプレーザー光は、2つの1次CPLの入力ポートに接続される4つのポンプレーザーから出射される各25%のエネルギーを含み、

各2次CPLは、2つの1次CPLに接続されることが好ましい。

【0014】

本願の実施形態では、各々のEDFAのポンプレーザー光エネルギーは、その対応する4本のポンプレーザーによって共同して供給され、各ポンプレーザーは、25%のエネルギーを供給し、本案は、最多3本のポンプレーザーが故障することを許容し、EDFAモジュールは、依然として一定の増幅能力を維持し、システムの信頼性を向上させ、また、

10

20

30

40

50

ポンプレーザの数はE D F Aの数と同数であり、ポンプレーザの使用量が少なく、低コストとなり、総ワット損及び総熱損が小さい。

【0015】

ある実施形態では、

1次C P L群内の各1次C P Lの入力ポートには、1つのポンプレーザが接続され、各1次C P Lから出力される各々の1次ポンプレーザ光は、各1次C P Lの入力ポートに接続される1つのポンプレーザから出射される50%のエネルギーを含み、

2次C P L群内の各2次C P Lから出力される各々の2次ポンプレーザ光は、2つの1次C P Lの入力ポートに接続される2つのポンプレーザから出射される各25%のエネルギーを含み、

各2次C P Lは、2つの1次C P Lに接続されることが好ましい。

10

【0016】

ある実施形態では、

1次C P L群内の各1次C P Lの入力ポートには、4つのポンプレーザが接続され、各1次C P Lから出力される各々の1次ポンプレーザ光は、各1次C P Lの入力ポートに接続される4つのポンプレーザから出射される各50%のエネルギーを含み、

2次C P L群内の各2次C P Lから出力される各々の2次ポンプレーザ光は、2つの1次C P Lの入力ポートに接続される8つのポンプレーザから出射される各25%のエネルギーを含み、

各2次C P Lは、2つの1次C P Lに接続されることが好ましい。

20

【0017】

以上の実施形態では、各1次C P Lの入力ポートに1つ又は4つのポンプレーザが接続される実施形態も提供して、本案の柔軟性を向上させる。

【0018】

ある実施形態では、

ポンプレーザ群、E D F A群、1次C P L群、及び2次C P L群は、それぞれ異なる平面に設けられることが好ましい。

【0019】

本願の実施形態では、海底ネットワーク設備内の異なるタイプのコンポーネントは、それぞれ異なる平面に設けられることで、異なるタイプのコンポーネントの間の配線スペースが大きくなる。

30

【0020】

ある実施形態では、

ポンプレーザ群内の各ポンプレーザ、E D F A群内の各E D F A、1次C P L群内の各1次C P L、及び2次C P L群内の各2次C P Lは、いずれも環状に配置される。

【0021】

本願の実施形態では、海底ネットワーク設備における各コンポーネントは、環状に配置され、完全な閉ループを形成し、構造的な対称性を有し、さらに、無限的な拡張をサポートすることができる。

【0022】

40

本願の実施例の第2の態様に係る海底ネットワーク設備は、光ファイバ群、ポンプレーザ群、エルビウム添加光ファイバ増幅器E D F A群、1次光ファイバカプラC P L群、2次C P L群、及び3次C P L群を含み、

1次C P L群は、N個の1次C P Lを含み、2次C P L群は、N個の2次C P Lを含み、3次C P L群は、N個の3次C P Lを含み、Nは、5以上の整数であり、

光ファイバ群は、ポンプレーザ群、1次C P L群、2次C P L群、3次C P L群、及びE D F A群を接続させ、

1次C P L群内の各1次C P Lの入力ポートには、少なくとも1つのポンプレーザが接続され、3次C P L群内の各3次C P Lの出力ポートには、少なくとも1つのE D F Aが接続され、

50

1次CPL群内の各1次CPLは、いずれも1次CPL群内の他の2つの1次CPLに隣接し、2次CPL群内の各2次CPLは、いずれも2次CPL群内の他の2つの2次CPLに隣接し、3次CPL群内の各3次CPLは、いずれも3次CPL群内の他の2つの3次CPLに隣接し、

1次CPL群内の各1次CPLの出力ポートは、それぞれ異なる2つの2次CPLに接続され、各1次CPLの出力ポートに接続される異なる2つの2次CPLは、2つの2次CPLを挟んで配置され、

2次CPL群内の各2次CPLの入力ポートは、それぞれ異なる2つの1次CPLに接続され、異なる2つの1次CPLは、2つの1次CPLを挟んで配置され、

2次CPL群内の各2次CPLの出力ポートは、それぞれ異なる2つの3次CPLに接続され、異なる2つの3次CPLは、1つの3次CPLを挟んで配置され、

10

3次CPL群内の各3次CPLの入力ポートは、それぞれ異なる2つの2次CPLに接続され、各3次CPLの入力ポートに接続される異なる2つの2次CPLは、1つの1次CPLを挟んで配置され、

ポンプレーザ群内の各ポンプレーザは、ポンプレーザ光を出射し、

1次CPL群内の各1次CPLは、受信したポンプレーザ光を結合させて2本の1次ポンプレーザ光を出力し、2本の1次ポンプレーザ光は、それぞれ各1次CPLの出力ポートに接続される異なる2つの2次CPLに出力され、

2次CPL群内の各2次CPLは、受信した1次ポンプレーザ光を結合させて2本の2次ポンプレーザ光を異なる2つの3次CPLに出力し、

20

3次CPL群内の各3次CPLは、受信した2次ポンプレーザ光を結合させて少なくとも1本の3次ポンプレーザ光を少なくとも1つのEDFAに出力する。

【0023】

本願の実施形態では、各々のEDFAのポンプレーザ光エネルギーは、その対応する少なくとも4本のポンプレーザによって共同して供給され、各々路のEDFAに対応するポンプレーザの一部が故障したとしても、EDFAモジュールは依然として一定の増幅能力を維持し、さらに、各1次CPLの入力ポートに少なくとも1つのポンプレーザが接続され、各3次CPLの出力ポートに少なくとも1つのEDFAが接続されるので、本案の海底ネットワーク設備において、ポンプレーザの数はEDFAモジュールの数よりも必ずしも多くならないため、ポンプレーザの使用量が少なく、海底ネットワーク設備のコスト、ワット損及び熱損を低減させることができる。

30

【0024】

ある実施形態では、

EDFA群内の各EDFAは、1本の光ファイバに対応し、3次CPL群内の各3次CPLの出力ポートに2つのEDFAが接続されることが好ましい。

【0025】

ある実施形態では、

各3次CPLの出力ポートに接続される2つのEDFAに対応する2本の光ファイバは、1組の光ファイバペアを構成することが好ましい。

【0026】

40

ある実施形態では、

各3次CPLの出力ポートに接続される一方のEDFAに対応する1本の光ファイバと、各3次CPLに隣接する1つの3次CPLの出力ポートに接続される一方のEDFAに対応する1本の光ファイバとは、1組の光ファイバペアを構成することが好ましい。

【0027】

本願の実施形態では、海底ネットワーク設備と光ファイバペアとの間の異なる2つの接続方式を提供することにより、本案の柔軟性を向上させる。

【0028】

ある実施形態では、

1次CPL群内の各1次CPLの入力ポートには、2つのポンプレーザが接続され、

50

各 1 次 C P L から出力される各々の 1 次ポンプレーザ光は、各 1 次 C P L の入力ポートに接続される 2 つのポンプレーザから出射される各 5 0 % のエネルギーを含み、

2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L から出力される各々の 2 次ポンプレーザ光は、2 つの 1 次 C P L の入力ポートに接続される 4 つのポンプレーザから出射される各 2 5 % のエネルギーを含み、

各 2 次 C P L は、2 つの 1 次 C P L に接続され、

3 次 C P L 群内の各 3 次 C P L から出力される各々の 3 次ポンプレーザ光は、4 つの 1 次 C P L の入力ポートに接続される 8 つのポンプレーザから出射される各 1 2 . 5 % のエネルギーを含み、

各 3 次 C P L は 2 つの 2 次 C P L に接続され、2 つの 2 次 C P L は 4 つの 1 次 C P L に接続される。

10

【 0 0 2 9 】

本願の実施形態では、各々の E D F A のポンプレーザ光エネルギーは、その対応する 8 本のポンプレーザによって共同して供給され、各ポンプレーザは 1 2 . 5 % のエネルギーを供給し、本案は、最多 7 本のポンプレーザが故障することを許容し、E D F A モジュールは依然として一定の増幅能力を維持し、システムの信頼性を向上させ、また、ポンプレーザの数は E D F A の数と同数であり、ポンプレーザの使用量が少なく、低コストとなり、総ワット損及び総熱損が小さい。

【 0 0 3 0 】

ある実施形態では、

20

1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L の入力ポートには、1 つのポンプレーザが接続され、各 1 次 C P L から出力される各々の 1 次ポンプレーザ光は、各 1 次 C P L の入力ポートに接続される 1 つのポンプレーザから出射される各 5 0 % のエネルギーを含み、

2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L から出力される各々の 2 次ポンプレーザ光は、2 つの 1 次 C P L の入力ポートに接続される 2 つのポンプレーザから出射される各 2 5 % のエネルギーを含み、

各 2 次 C P L は、2 つの 1 次 C P L に接続され、

3 次 C P L 群内の各 3 次 C P L から出力される各々の 3 次ポンプレーザ光は、4 つの 1 次 C P L の入力ポートに接続される 4 つのポンプレーザから出射される各 1 2 . 5 % のエネルギーを含み、

30

各 3 次 C P L は、2 つの 2 次 C P L に接続され、2 つの 2 次 C P L は、4 つの 1 次 C P L に接続されることが好ましい。

【 0 0 3 1 】

ある実施形態では、

1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L の入力ポートには、4 つのポンプレーザが接続され、各 1 次 C P L から出力される各々の 1 次ポンプレーザ光は、各 1 次 C P L の入力ポートに接続される 4 つのポンプレーザから出射される各 5 0 % のエネルギーを含み、

2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L から出力される各々の 2 次ポンプレーザ光は、2 つの 1 次 C P L の入力ポートに接続される 8 つのポンプレーザから出射される各 2 5 % のエネルギーを含み、

40

各 2 次 C P L は、2 つの 1 次 C P L に接続され、

3 次 C P L 群内の各 3 次 C P L から出力される各々の 3 次ポンプレーザ光は、4 つの 1 次 C P L の入力ポートに接続される 1 6 つのポンプレーザから出射される各 1 2 . 5 % のエネルギーを含み、

各 3 次 C P L は、2 つの 2 次 C P L に接続され、2 つの 2 次 C P L は、4 つの 1 次 C P L に接続されることが好ましい。

【 0 0 3 2 】

以上の実施形態では、各 1 次 C P L の入力ポートに 1 つ又は 4 つのポンプレーザが接続される実施形態も提供することにより、本案の柔軟性を向上させる。

【 0 0 3 3 】

50

ある実施形態では、

ポンプレーザ群、E D F A群、1次C P L群、2次C P L群、及び3次C P L群は、それぞれ異なる平面に設置されることが好ましい。

【0034】

本願の実施形態では、海底ネットワーク設備内の異なるタイプのコンポーネントは、それぞれ異なる平面に設けられることで、異なるタイプのコンポーネントの間の配線スペースが大きくなる。

【0035】

ある実施形態では、

ポンプレーザ群内の各ポンプレーザ、E D F A群内の各E D F A、1次C P L群内の各1次C P L、2次C P L群内の各2次C P L、及び3次C P L群内の各3次C P Lは、いずれも環状に配置されることが好ましい。

【0036】

本願の実施形態では、海底ネットワーク設備における各コンポーネントは、環状に配置され、完全な閉ループを形成し、構造的な対称性を有し、さらに、無限的な拡張をサポートすることができる。

【0037】

本願の実施例の第3の態様に係る海底ネットワーク設備は、ポンプレーザ群、エルビウム添加光ファイバ増幅器E D F A群、1次光ファイバカプラC P L群、及び2次C P L群を含み、

前記1次C P L群は少なくとも3つの1次C P Lを含み、前記2次C P L群は少なくとも3つの2次C P Lを含み、

前記1次C P L群内の各1次C P Lの入力ポートには、少なくとも1つのポンプレーザが接続され、

前記2次C P L群内の各2次C P Lの出力ポートは、前記E D F A群内の少なくとも1つのE D F Aに接続され、

前記1次C P L群内の少なくとも1つの1次C P Lの出力ポートは、それぞれ異なる2つの2次C P Lに接続され、前記異なる2つの2次C P Lは、1つの2次C P Lを挟んで配置され、

前記2次C P L群内の少なくとも1つの2次C P Lの入力ポートは、それぞれ異なる2つの1次C P Lに接続され、前記異なる2つの1次C P Lは、1つの1次C P Lを挟んで配置され、

前記ポンプレーザ群内の各ポンプレーザは、ポンプレーザ光を出射し、

前記1次C P L群内の少なくとも1つの1次C P Lは、受信したポンプレーザ光を結合させて2本の1次ポンプレーザ光を出力し、前記2本の1次ポンプレーザ光は、それぞれ前記異なる2つの2次C P Lに出力され、

前記2次C P L群内の少なくとも1つの2次C P Lは、受信した1次ポンプレーザ光を結合させて少なくとも1本の2次ポンプレーザ光を前記少なくとも1つのE D F Aに出力する。

【0038】

本願の実施形態では、各々のE D F Aのポンプレーザ光エネルギーは、少なくとも2本のポンプレーザによって共同して供給され、各々のE D F Aに対応するポンプレーザの一部が故障したとしても、E D F Aモジュールは依然として一定の増幅能力を維持し、さらに、各1次C P Lの入力ポートに少なくとも1つのポンプレーザが接続されるので、各2次C P Lの出力ポートに接続される少なくとも1つのE D F Aの数をE D F Aモジュールの数の2倍に維持する必要がなく、海底ネットワーク設備のコスト、ワット損及び熱損を低減させることができる。

【0039】

ある実施形態では、

E D F A群内の各E D F Aは、1本の光ファイバに対応し、2次C P L群内の各2次C

10

20

30

40

50

P L の出力ポートには 2 つの E D F A が接続されることが好ましい。

【 0 0 4 0 】

ある実施形態では、

各 2 次 C P L の出力ポートに接続される 2 つの E D F A に対応する 2 本の光ファイバは、1 組の光ファイバペアを構成することが好ましい。

【 0 0 4 1 】

ある実施形態では、

各 2 次 C P L の出力ポートに接続される一方の E D F A に対応する 1 本の光ファイバと、各 2 次 C P L に隣接する 1 つの 2 次 C P L の出力ポートに接続される一方の E D F A に対応する 1 本の光ファイバとは、1 組の光ファイバペアを構成することが好ましい。

10

【 0 0 4 2 】

本願の実施形態では、海底ネットワーク設備と光ファイバペアとの間の異なる 2 つの接続方式を提供することにより、本案の柔軟性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 3 】

【図 1】従来技術におけるシングル光ファイバペア 4 × 2 アーキテクチャのポンプ冗長化案を示す図である。

【図 2】従来技術におけるシングル光ファイバ 2 × 1 アーキテクチャのポンプ冗長化案を示す図である。

【図 3】従来技術におけるシングル光ファイバペア 2 × 2 アーキテクチャのポンプ冗長化案を示す図である。

20

【図 4】従来技術における別のシングル光ファイバペア 2 × 2 アーキテクチャのポンプ冗長性案を示す図である。

【図 5】従来技術における別のシングル光ファイバペア 2 × 2 アーキテクチャのポンプ冗長化案を示す図である。

【図 6】本願の実施例に係る海底ネットワーク設備の 5 光ファイバペアシナリオでの立体構造図である。

【図 7】本願の実施例に係る海底ネットワーク設備の 5 光ファイバペアシナリオでの平面展開図である。

【図 8】本願の実施例に係る海底ネットワーク設備の内部デバイスの接続を示す図である。

30

【図 9】本願の実施例に係る海底ネットワーク設備の 5 光ファイバペアシナリオでの側方解剖図である。

【図 10】本願の実施例に係る海底ネットワーク設備の 3 光ファイバペアシナリオでの平面展開図である。

【図 11】本願の実施例に係る海底ネットワーク設備の 8 光ファイバペアシナリオでの平面展開図である。

【図 12】本願の実施例に係る別の海底ネットワーク設備の 5 光ファイバペアシナリオでの平面展開図である。

【図 13】本願の実施例に係る別の海底ネットワーク設備の 5 光ファイバペアシナリオでの側方解剖図である。

40

【図 14】本願の実施例に係る別の海底ネットワーク設備の 5 光ファイバペアシナリオでの側方解剖図である。

【図 15】本願の実施例に係る海底ネットワーク設備の 10 光ファイバペアシナリオでの側方解剖図である。

【図 16】本願の実施例に係る光ファイバペアを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 4 4 】

本願の実施例は、海底ネットワーク設備のコスト、ワット損及び熱損を低減することができる海底ネットワーク設備を提供する。

【 0 0 4 5 】

50

本願の明細書、特許請求の範囲及び上記の図面における用語「第1」、「第2」、「第3」、「第4」など（存在する場合）の用語は、類似の対象を区別するために使用されるものであり、特定の順序又は先後順を記述するために使用されるものではない。このように使用されるデータは、本明細書に記載の実施例が図示又は記載以外の順序で実施され得るように、必要に応じて交換され得る。さらに、「含む」及び「有する」並びにそれらの任意の変形による用語は、排他的な包含を意図しており、例えば、一連のステップ又はユニットを含むプロセス、方法、システム、製品又は設備は、必ずしも明確に列挙されたそれらのステップ又はユニットに限定されるものではなく、明確に列挙されていないか又はそれらのプロセス、方法、製品又は設備に固有の他のステップ又はユニットを含み得る。

【0046】

10

本願は、光ファイバ海底ケーブル通信の分野に適用可能であり、本願における海底ネットワーク設備は、具体的には光海底中継器であり、長距離の光ファイバ海底ケーブル通信システム（通常、500 km以上のリンク（ライン））は、伝送光信号の増幅を実現するために光海底中継器を装備する必要がある。光海底中継器は、長期間水中で動作することから、25年間の設計寿命を確保する必要がある。また、海底ケーブルシステムの水中設備の保守に工事船を使用する必要があることにより、水中保守の難易度が高く、周期が長く、費用が高いなどの特徴があるため、故障や保守のリスクを低減するためには、水中光中継器に高い信頼性が要求される。

【0047】

20

本願における光海底中継器は、利得媒質がエルビウム添加光ファイバであるEDFA技術を基にしたものであり、EDFAが正常に動作するとき、ポンプレーザでエルビウム添加光ファイバに励起エネルギーを供給することを必要とし、ポンプレーザからのポンプレーザ光は、波長分割マルチプレクサによって信号光と結合されて同一の光ファイバに進入されてエルビウム添加光ファイバに入力され、エルビウム添加光ファイバがポンプレーザ光を吸収してエルビウムイオンが励起状態に遷移し、光信号の光子が通過する際に誘導放出（stimulated radiation）されて信号光の光子と同一周波数、同一方向、同一偏光の光子を発生させて信号光の増幅を実現する。

【0048】

ポンプレーザは、他の受動光デバイスと比較して故障率が高い能動光デバイスに属し、ポンプレーザが故障すると光中継器が正常に動作できなくなる。従って、光中継器の全体的な信頼性を高めるために、通常はポンプ冗長化設計を行う。当該技術分野におけるポンプ冗長化案は、主には、シングル光ファイバ2×1アーキテクチャ、シングル光ファイバペア2×2アーキテクチャ及びシングル光ファイバペア4×2アーキテクチャである。

30

【0049】

図2は、シングル光ファイバ2×1アーキテクチャ（2本のポンプレーザ×1本の光ファイバ）のポンプ冗長化設計案を示し、2本のポンプレーザから出力されるポンプレーザ光は、偏光ビームコンバイナーを介して結合された後に1本の光ファイバにおけるエルビウム添加光ファイバに入力され、即ち2本のポンプレーザは1つのEDFAモジュールを共通にサポートする。そのうち一方のポンプレーザが故障した場合には、エルビウム添加光ファイバに依然として半分のポンプパワーが入力されることにより、EDFAモジュールが一定の増幅能力を維持することができる。

40

【0050】

この設計案に係るシステムの信頼性は低く、同一の光ファイバをサポートする2本のポンプレーザが同時に故障した場合には、その光ファイバにおけるEDFAモジュールが動作できず、システムサービスが中断される。また、ポンプレーザの数は、EDFAモジュールの数の2倍であることから、コストが高く、ワット損及び熱損が大きい。

【0051】

図3は、シングル光ファイバペア2×2アーキテクチャ（2本のポンプレーザ×2本の光ファイバ）のポンプ冗長化設計案を示し、2本のポンプレーザが、1対（2つ）のEDFAモジュールを共通にサポートする。2本のポンプレーザから出力される2本の

50

ポンプレーザー光は、光ファイバカブラによって結合された後にそのルミナスパワーが再分配され、各々のポンプレーザーは、それぞれ2本のエルビウム添加光ファイバに半分のポンプエネルギーを供給する。そのうちの一方のポンプレーザーが故障した場合、他方のポンプレーザーが2本のエルビウム添加光ファイバに依然としてエネルギーを供給することにより、2つのEDFAモジュールが一定の増幅能力を維持することができる。

【0052】

図4は、シングル光ファイバペア2×2アーキテクチャ(2本のポンプレーザー×2本の光ファイバ)の別のポンプ冗長化設計案を示し、各ポンプレーザーから出力されるポンプレーザー光は、光ファイバスプリッタによって2つの分岐ポンプレーザー光に分岐される。その後、光ファイバカブラで一方の分岐ポンプレーザー光と他方の分岐ポンプレーザー光とを結合させてから、1本のエルビウム添加光ファイバにポンプエネルギーを供給する。一方のポンプレーザーが故障した場合、他方のポンプレーザーが2本のエルビウム添加光ファイバに依然としてエネルギーを供給することにより、2つのEDFAモジュールが一定の増幅能力を維持することができる。

10

【0053】

図5は、シングル光ファイバペア2×2アーキテクチャ(2本のポンプレーザー×2本のファイバ)の別のポンプ冗長化設計案を示し、第1のポンプレーザー光は、第1の分岐ポンプレーザー光と第2の分岐ポンプレーザー光とに分けられ、それぞれ2本の光ファイバにおけるエルビウム添加光ファイバに入力される。第2のポンプレーザー光は、第3の分岐ポンプレーザー光と第4の分岐ポンプレーザー光とに分けられ、それぞれ2本の光ファイバにおけるエルビウム添加光ファイバに入力される。一方のポンプレーザーが故障した場合、他方のポンプレーザーは、2つのEDFAモジュールが2本のエルビウム添加光ファイバにエネルギーを依然として供給することにより、一定の増幅能力を維持することができる。

20

【0054】

この設計案に係るシステムの信頼性は低く、最多1本のポンプレーザーが故障することのみを許容し、同一の光ファイバペアをサポートする2本のポンプレーザーが同時に故障した場合には、この光ファイバペアにおける2つのEDFAモジュールのいずれも動作できなくなり、システムサービスの中断を招く。

【0055】

また、図1に示されるようなシングル光ファイバペア4×2アーキテクチャ(4本のポンプレーザー×2本の光ファイバ)のポンプ冗長化設計案もあり、このポンプ冗長化設計案では、ポンプレーザーの数はEDFAモジュールの数の2倍であり、光ファイバ1組あたり2つのEDFAモジュールが対応しているため、光ファイバペアが1組増えるごとにポンプレーザーの数を倍増させる必要があり、コストの増加を招く。

30

【0056】

以上のいくつかのポンプ冗長化設計案をまとめれば、マルチ光ファイバペアの場合においては、何れかも任意の光ファイバペアのポンプ共有を実現することができなかったため、本願は、マルチ光ファイバペアの場合における任意の光ファイバペア間のポンプ共有を可能のようにし、ポンプレーザーの数を増やすことなく、各々のEDFAに4本のポンプレーザーのポンプ光入力を同時に行って4×4ポンプ冗長化を実現することができる新規的なポンプ冗長化設計案を提供する。

40

【0057】

図6を参照すると、図6は、本願の実施例に係る光海底中継器の立体構造図であり、光海底中継器は、光ファイバ、ポンプレーザー、EDFA、1次CPL、及び2次CPLを含む。

【0058】

本願は、主にマルチ光ファイバペアの場合に適用され、従来技術と区別するために、一般には少なくとも3つの光ファイバペア(6本の光ファイバ)の場合であるため、上記のポンプレーザー、1次CPL及び2次CPLの数は少なくとも3本以上であり、上記のE

50

D F A の数は光ファイバペアの数に対応する必要がある、即ち、各々の光ファイバ当たり
に 1 本の E D F A が対応する必要となるため、E D F A の数は少なくとも 6 本以上である。
なお、上記の 1 次 C P L 及び 2 次 C P L は、同じ構造の C P L でもよく、本願では機能
的に区別されるのみであり、具体的には、本願における 1 次 C P L 及び 2 次 C P L は、ポ
ートでの損失が 3 d B である、2 つの入力ポートと 2 つの出力ポートとを含む C P L でも
よい。

【 0 0 5 9 】

ここで、例として、図 1 6 を参照すると、1 組の光ファイバペア (f i b e r p a i r 、 F P) とは、1 つの通信伝送設備 (l i n e t r a n s m i s s i o n e q u i p m e n t 、 L T E) の受信ポート及び送信ポートに接続される 2 本の光ファイバであり、
この 2 本の光ファイバは、1 本が受信し、もう 1 本が送信する通信リンクを構成し、異なる
光ファイバペア同士は互いに分離されており、即ち異なる光ファイバペアの間は物理的
に接続されていない。

10

【 0 0 6 0 】

以下、上記各デバイスの位置関係及び機能についてさらに説明する。

理解の便宜上、図 7 を参照すると、図 7 は上記図 6 の平面展開図であり、ポンプレーザ
ー、E D F A、1 次 C P L、及び 2 次 C P L は、それぞれ異なる平面に設けられ、各ポン
プレーザー、各 E D F A、各 1 次 C P L、及び各 2 次 C P L は、いずれも環状に配置され
て閉構造を形成し、各 1 次 C P L の入力ポートには少なくとも 1 つのポンプレーザーが接
続されており (例えば、図 6 又は図 7 に示すように、各 1 次 C P L の入力ポートには 2 つ
のポンプレーザーが接続され得る)、各 2 次 C P L の出力ポートには 2 つの E D F A が接
続されており、1 次 C P L 群内の各 1 次 C P L はいずれも 1 次 C P L 群内の他の 2 つの 1
次 C P L に隣接し、2 次 C P L 群内の各 2 次 C P L はいずれも 2 次 C P L 群内の他の 2 つ
の 2 次 C P L に隣接し、1 次 C P L の出力ポートと 2 次 C P L の入力ポートとの間は光フ
ァイバによって交差接続されており、各 1 次 C P L に接続される 2 つの異なる 2 次 C P L
の間に 1 つの 2 次 C P L があり、各 2 次 C P L に接続される 2 つの異なる 1 次 C P L の間
に 1 つの 1 次 C P L があり、また、各 1 次 C P L は、それと対称に配置された 1 つの 2 次
C P L を有し、即ち、当該 1 次 C P L は、当該 2 次 C P L と同一の軸上にあり、当該軸は
、各 1 次 C P L 及び各 2 次 C P L が位置する平面にそれぞれ垂直である。

20

【 0 0 6 1 】

ポンプレーザーは、ポンプレーザー光を出射するために用いられ、1 次 C P L は、受信
したポンプレーザー光を結合して 2 本の 1 次ポンプレーザー光を出力するために用いられ
、その出力された 2 本の 1 次ポンプレーザー光をそれぞれ異なる 2 つの 2 次 C P L に出力
し、1 次 C P L の出力ポートと 2 次 C P L の入力ポートとの間が光ファイバによって交差
接続されているため、この 2 つの 2 次 C P L の間に 1 つの他の 2 次 C P L があり、2 次 C
P L は、受信した 1 次ポンプレーザー光を結合して 2 本の 2 次ポンプレーザー光を異なる
2 つの E D F A に出力するために用いられる。

30

【 0 0 6 2 】

なお、上記の各デバイスの間は、いずれも光ファイバによって接続される。

【 0 0 6 3 】

なお、E D F A は、入力ポート、出力ポート、及びポンプパワー入力口を含み、信号光
は E D F A の入力ポートから光ファイバを介して入力され、2 次 C P L から出力された 2
次ポンプレーザー光はポンプパワー入力口から E D F A に入力され、E D F A によって処
理された光信号は、さらに当該光ファイバを介して E D F A の出力ポートから出力される
。

40

【 0 0 6 4 】

以下、本願に記載の案によれば、任意に 3 本の 1 次 C P L 及びそれと対称に配置された
3 本の 2 次 C P L を採用して、1 次 C P L と 2 次 C P L との接続関係についてさらに説明
する。

【 0 0 6 5 】

50

図 8 を参照すると、任意の 3 本の 1 次 C P L は、それぞれ第 1 の 1 次 C P L、第 2 の 1 次 C P L 及び第 3 の 1 次 C P L であり、それと対称に配置された 3 本の 2 次 C P L は、それぞれ第 1 の 2 次 C P L、第 2 の 2 次 C P L 及び第 3 の 2 次 C P L であり、第 2 の 1 次 C P L は、それぞれ第 1 の 1 次 C P L 及び第 3 の 1 次 C P L に隣接し、第 2 の 2 次 C P L は、それぞれ第 1 の 2 次 C P L 及び第 3 の 2 次 C P L に隣接し、第 1 の 1 次 C P L の出力ポートが第 2 の 2 次 C P L の入力ポートに接続され、第 2 の 1 次 C P L の出力ポートが第 1 の 2 次 C P L の入力ポートに接続され、第 2 の 1 次 C P L の出力ポートが第 3 の 2 次 C P L の入力ポートに接続され、第 3 の 1 次 C P L の出力ポートが第 2 の 2 次 C P L の入力ポートに接続され、第 1 の 2 次 C P L の出力ポートが第 1 の E D F A のポンプパワー入力口に接続され、第 2 の 2 次 C P L の出力ポートが第 2 の E D F A のポンプパワー入力口に接続され、第 2 の 2 次 C P L の出力ポートが第 3 の E D F A のポンプパワー入力口に接続され、第 3 の 2 次 C P L の出力ポートが第 4 の E D F A のポンプパワー入力口に接続される。

10

【 0 0 6 6 】

なお、本願の実施例に係る光海底中継器は、必ずしも図 5 に示される円柱構造ではなく、上記の各内部デバイスを包むような他の外部構造であってもよく、例えば、直方体構造であってもよく、具体的にはここでは限定しない。

【 0 0 6 7 】

なお、実際の応用において、1 次 C P L 及び 2 次 C P L の数は一般にいずれも 3 本以上であるが、これに厳密に限定されるものではないので、図 8 に示す実施例は、対応する 1 次 C P L 及び 2 次 C P L を任意に 3 組選択しただけであり、それらの間の接続関係について説明する例であり、本願によって提供される光海底中継器の完全な構造ではなく、本願の実施例によって提供される光海底中継器は、異なる数のマルチ光ファイバを結合して以下でさらに説明する。

20

図 9 を参照すると、図 9 は上記の図 6 の側方解剖図であり、本願の実施例に係る光海底中継器の 5 光ファイバペアの場合における構造に対応するものであり、10 本のポンプレーザー (P 0 1 ~ P 1 0)、5 本の 1 次 C P L (C P L 1 - 1 ~ C P L 1 - 5)、5 本の 2 次 C P L (C P L 2 - 1 ~ C P L 2 - 5)、及び 10 本の E D F A モジュール (A 0 1 ~ A 1 0) を含み、

ポンプレーザー 2 本ずつを 1 組とし、各 1 次 C P L の入力ポートには 1 組のポンプレーザーが接続され、具体的には、C P L 1 - 1 の入力ポートには P 0 1 及び P 0 2 が接続され、C P L 1 - 2 の入力ポートには P 0 3 及び P 0 4 が接続され、C P L 1 - 3 の入力ポートには P 0 5 及び P 0 6 が接続され、C P L 1 - 4 の入力ポートには P 0 7 及び P 0 8 が接続され、C P L 1 - 5 の入力ポートには P 0 9 及び P 1 0 が接続され、

30

1 次 C P L と 2 次 C P L との間の接続方式として、具体的には、C P L 1 - 1 の出力ポートがそれぞれ C P L 2 - 2 の入力ポート及び C P L 2 - 5 の入力ポートに接続され、C P L 1 - 2 の出力ポートがそれぞれ C P L 2 - 1 の入力ポート及び C P L 2 - 3 の入力ポートに接続され、C P L 1 - 3 の出力ポートがそれぞれ C P L 2 - 2 の入力ポート及び C P L 2 - 4 の入力ポートに接続され、C P L 1 - 4 の出力ポートがそれぞれ C P L 2 - 3 の入力ポート及び C P L 2 - 5 の入力ポートに接続され、C P L 1 - 5 の出力ポートがそれぞれ C P L 2 - 1 の入力ポート及び C P L 2 - 4 の入力ポートに接続され、

40

各 2 次 C P L の出力ポートには 2 本の E D F A が接続され、具体的には、C P L 2 - 1 の出力ポートには A 0 1 及び A 1 0 が接続され、C P L 2 - 2 の出力ポートには A 0 2 及び A 0 3 が接続され、C P L 2 - 3 の出力ポートには A 0 4 及び A 0 5 が接続され、C P L 2 - 4 の出力ポートには A 0 6 及び A 0 7 が接続され、C P L 2 - 5 の出力ポートには A 0 8 及び A 0 9 が接続され、

なお、本願の実施例では、各 E D F A に 1 本の光ファイバが対応しており、当該光ファイバには E D F A の入力ポート及び出力ポートが接続され、異なる 2 つの 2 次 C P L に接続される 2 つの E D F A に対応する 2 本の光ファイバが 1 組の光ファイバペアを構成し、具体的には、A 0 1 及び A 0 2 に対応する光ファイバは光ファイバペア F P 1 を構成し、A 0 3 及び A 0 4 に対応する光ファイバは光ファイバペア F P 2 を構成し、A 0 5 及び A

50

06に対応する光ファイバは光ファイバペアFP3を構成し、A07及びA08に対応する光ファイバは光ファイバペアFP4を構成し、A09及びA10に対応する光ファイバは光ファイバペアFP5を構成する。

【0068】

上記の各デバイスの機能に関して、以下でさらに説明する。

各組のポンプレーザから発射された2本のポンプレーザ光は、1次CPLによって結合され、その後、1次CPLが2本の1次ポンプレーザ光を出力し、各々の1次ポンプレーザ光は、この組(2本)のポンプレーザの各50%のエネルギーを含み、例えば、P01、P02のポンプ光がCPL1-1に入力されてから、CPL1-1はP01及びP02の各50%のエネルギーをそれぞれCPL2-2及びCPL2-5に出力し、即ちCPL1-1はP01の100%のエネルギー及びP02の100%のエネルギーを受信し、CPL2-2はP01の50%のエネルギー及びP02の50%のエネルギーを受信し、CPL2-5もP01の50%のエネルギー及びP02の50%のエネルギーを受信し、

10

異なる2本の1次CPLからの1次ポンプレーザ光は、2次CPLによって結合され、2次CPLは2本の2次ポンプレーザ光を出力し、各々の2次ポンプレーザ光は1本のEDFAにエネルギーを供給し、各々の2次ポンプレーザ光は4本のポンプレーザの各25%のエネルギーを含み、例えば、CPL2-1はCPL1-2及びCPL1-5から出力される2本の1次ポンプレーザ光を受信し、即ち、CPL2-1はP03、P04、P09及びP10の各50%のエネルギーを受信し、CPL2-1は、2本の2次ポンプレーザ光をそれぞれA01及びA10に出力し、各々の2次ポンプレーザ光は、P03、P04、P09及びP10の各25%のエネルギーを含む。

20

【0069】

なお、本案は、EDFAのパワー出力の変動を検出することにより、どの組のポンプレーザに異常が発生するかを判断することができる。例えば、A01、A10とA04、A05とに同じ程度のパワーの低下が発生した場合、逆に推定することにより、A01、A10、A04、A05に共同してエネルギーを供給する1組のポンプレーザがそれぞれP03、P04であることを確定することができ、これにより、CPL1-2に接続されているポンプレーザP03又はP04に異常が発生したと判断することができる。

【0070】

30

なお、本案における各1次CPLから出力される2本の1次ポンプレーザ光及び各2次CPLから出力される2本の2次ポンプレーザ光は、いずれも1:1の割合で結合するが、その以外に、実際の応用では、異なる必要に応じて、出力された2本のポンプレーザ光の割合を調整することができ、ここでは具体的に限定しないが、例えば、P01、P02のポンプ光がCPL1-1に入力されてから、CPL1-1からP01の30%のエネルギーとP02の70%のエネルギーとがCPL2-2に出力されるとともに、CPL1-1からP01の70%のエネルギーとP02の30%のエネルギーとがCPL2-5に出力されることができる。

【0071】

本願の実施例では、各々のEDFAのポンプレーザ光エネルギーは、それに対応する4本のポンプレーザによって共同して供給され、各ポンプレーザはそれぞれ25%のエネルギーを供給し、本案は、最多3本のポンプレーザが故障することを許容し、EDFAモジュールは依然として一定の増幅能力を維持し、システムの信頼性を向上させ、また、ポンプレーザの数はEDFAの数と同数であり、ポンプレーザの使用量が少なく、低コストとなり、総ワット損及び総熱損小さい。また、EDFAのパワー出力の変動を検出することにより、どの組のポンプレーザに異常が発生するかを判断することができ、システムのメンテナンスに効果的なサポートを提供することができる。

40

【0072】

図10を参照すると、図10は本願の実施例に係る光海底中継器の3光ファイバペアの場合における構造に対応するものであり、6本のポンプレーザ(P01~P06)、3

50

本の1次CPL(CPL1-1~CPL1-3)、3本の2次CPL(CPL2-1~CPL2-3)、及び6本のEDFAモジュール(A01~A06)を含み、

ポンプレーザ2本ずつを1組とし、各1次CPLの入力ポートには1組のポンプレーザが接続され、具体的には、CPL1-1の入力ポートにはP01及びP02が接続され、CPL1-2の入力ポートにはP03及びP04が接続され、CPL1-3の入力ポートにはP05及びP06が接続され、

1次CPLと2次CPLとの間の接続方式として、具体的には、CPL1-1の出力ポートがそれぞれCPL2-2の入力ポート及びCPL2-3の入力ポートに接続され、CPL1-2の出力ポートがそれぞれCPL2-1の入力ポート及びCPL2-3の入力ポートに接続され、CPL1-3の出力ポートがそれぞれCPL2-1の入力ポート及びCPL2-2の入力ポートに接続され、

10

各2次CPLの出力ポートには2つのEDFAが接続され、具体的には、CPL2-1の出力ポートにはA01及びA06が接続され、CPL2-2の出力ポートにはA02及びA03が接続され、CPL2-3の出力ポートにはA04及びA05が接続され、

なお、本願の実施例では、各EDFAに1本の光ファイバが対応しており、当該光ファイバにはEDFAの入力ポート及び出力ポートが接続され、異なる2つの2次CPLに接続される2つのEDFAに対応する2本の光ファイバが1組の光ファイバペアを構成し、具体的には、A01及びA02に対応する光ファイバは光ファイバペアFP1を構成し、A03及びA04に対応する光ファイバは光ファイバペアFP2を構成し、A05及びA06に対応する光ファイバは光ファイバペアFP3を構成する。

20

【0073】

上記の各デバイスの機能に関して、以下でさらに説明する。

各組のポンプレーザから発射された2本のポンプレーザ光は、1次CPLによって結合され、その後、1次CPLが2本の1次ポンプレーザ光を出力し、各々の1次ポンプレーザ光は、この組(2本)のポンプレーザの各50%のエネルギーを含み、例えば、P01、P02のポンプ光がCPL1-1に入力されてから、CPL1-1はP01及びP02の各50%のエネルギーをそれぞれCPL2-2及びCPL2-3に出力し、即ちCPL1-1はP01の100%のエネルギー及びP02の100%のエネルギーを受信し、CPL2-2はP01の50%のエネルギー及びP02の50%のエネルギーを受信し、CPL2-3もP01の50%のエネルギー及びP02の50%のエネルギーを受信し、

30

異なる2本の1次CPLからの1次ポンプレーザ光は、2次CPLによって結合され、2次CPLは2本の2次ポンプレーザ光を出力し、各々の2次ポンプレーザ光は1本のEDFAにエネルギーを供給し、各々の2次ポンプレーザ光は4本のポンプレーザの各25%のエネルギーを含み、例えば、CPL2-1はCPL1-2及びCPL1-3から出力される2本の1次ポンプレーザ光を受信し、即ち、CPL2-1はP03、P04、P05及びP06の各50%のエネルギーを受信し、CPL2-1は、2本の2次ポンプレーザ光をそれぞれA01及びA06に出力し、各々の2次ポンプレーザ光は、P03、P04、P05及びP06の各25%のエネルギーを含む。

【0074】

40

なお、本案は、EDFAのパワー出力の変動を検出することにより、どの組のポンプレーザに異常が発生するかを判断することができる。例えば、A01、A06とA04、A05とに同じ程度のパワーの低下が発生した場合、逆に推定することにより、A01、A06、A04、A05に共同してエネルギーを供給する1組のポンプレーザがそれぞれP03、P04であることを確定することができ、これにより、CPL1-2に接続されているポンプレーザP03又はP04に異常が発生したと判断することができる。

【0075】

なお、本案における各1次CPLから出力される2本の1次ポンプレーザ光及び各2次CPLから出力される2本の2次ポンプレーザ光は、いずれも1:1の割合で結合するが、その以外に、実際の応用では、異なる必要に応じて、出力された2本のポンプレー

50

ザー光の割合を調整することができ、ここでは具体的に限定しないが、例えば、P 0 1、P 0 2のポンプ光がC P L 1 - 1に入力されてから、C P L 1 - 1からP 0 1の30%のエネルギーとP 0 2の70%のエネルギーとがC P L 2 - 2に出力されるとともに、C P L 1 - 1からP 0 1の70%のエネルギーとP 0 2の30%のエネルギーとがC P L 2 - 5に出力される。

【0076】

以下、図11を参照すると、図11は本願の実施例に係る光海底中継器の8光ファイバペアの場合における構造に対応するものであり、16本のポンプレーザー(P 0 1～P 1 6)、8本の1次C P L(C P L 1 - 1～C P L 1 - 8)、8本の2次C P L(C P L 2 - 1～C P L 2 - 8)、及び16本のE D F Aモジュール(A 0 1～A 1 6)を含み、

ポンプレーザー2本ずつを1組とし、各1次C P Lの入力ポートには1組のポンプレーザーが接続され、具体的には、C P L 1 - 1の入力ポートにはP 0 1及びP 0 2が接続され、C P L 1 - 2の入力ポートにはP 0 3及びP 0 4が接続され、C P L 1 - 3の入力ポートにはP 0 5及びP 0 6が接続され、C P L 1 - 4の入力ポートにはP 0 7及びP 0 8が接続され、C P L 1 - 5の入力ポートにはP 0 9及びP 1 0が接続され、C P L 1 - 6の入力ポートにはP 1 1及びP 1 2が接続され、C P L 1 - 7の入力ポートにはP 1 3及びP 1 4が接続され、C P L 1 - 8の入力ポートにはP 1 5及びP 1 6が接続され、

1次C P Lと2次C P Lとの間の接続方式として、具体的には、C P L 1 - 1の出力ポートがそれぞれC P L 2 - 2の入力ポート及びC P L 2 - 8の入力ポートに接続され、C P L 1 - 2の出力ポートがそれぞれC P L 2 - 1の入力ポート及びC P L 2 - 3の入力ポートに接続され、C P L 1 - 3の出力ポートがそれぞれC P L 2 - 2の入力ポート及びC P L 2 - 4の入力ポートに接続され、C P L 1 - 4の出力ポートがそれぞれC P L 2 - 3の入力ポート及びC P L 2 - 5の入力ポートに接続され、C P L 1 - 5の出力ポートがそれぞれC P L 2 - 4の入力ポート及びC P L 2 - 6の入力ポートに接続され、C P L 1 - 6の出力ポートがそれぞれC P L 2 - 5の入力ポート及びC P L 2 - 7の入力ポートに接続され、C P L 1 - 7の出力ポートがそれぞれC P L 2 - 6の入力ポート及びC P L 2 - 8の入力ポートに接続され、C P L 1 - 8の出力ポートがそれぞれC P L 2 - 7の入力ポート及びC P L 2 - 1の入力ポートに接続され、

各2次C P Lの出力ポートには2本のE D F Aが接続され、具体的には、C P L 2 - 1の出力ポートにはA 0 1及びA 1 6が接続され、C P L 2 - 2の出力ポートにはA 0 2及びA 0 3が接続され、C P L 2 - 3の出力ポートにはA 0 4及びA 0 5が接続され、C P L 2 - 4の出力ポートにはA 0 6及びA 0 7が接続され、C P L 2 - 5の出力ポートにはA 0 8及びA 0 9が接続され、C P L 2 - 6の出力ポートにはA 1 0及びA 1 1が接続され、C P L 2 - 7の出力ポートにはA 1 2及びA 1 3が接続され、C P L 2 - 8の出力ポートにはA 1 4及びA 1 5が接続され、

なお、本願の実施例では、各E D F Aに1本の光ファイバが対応しており、当該光ファイバにはE D F Aの入力ポート及び出力ポートが接続され、異なる2つの2次C P Lに接続される2つのE D F Aに対応する2本の光ファイバが1組の光ファイバペアを構成し、具体的には、A 0 1及びA 0 2に対応する光ファイバは光ファイバペアF P 1を構成し、A 0 3及びA 0 4に対応する光ファイバは光ファイバペアF P 2を構成し、A 0 5及びA 0 6に対応する光ファイバは光ファイバペアF P 3を構成し、A 0 7及びA 0 8に対応する光ファイバは光ファイバペアF P 4を構成し、A 0 9及びA 1 0に対応する光ファイバは光ファイバペアF P 5を構成し、A 1 1及びA 1 2に対応する光ファイバは光ファイバペアF P 6を構成し、A 1 3及びA 1 4に対応する光ファイバは光ファイバペアF P 7を構成し、A 1 5及びA 1 6に対応する光ファイバは光ファイバペアF P 8を構成する。

【0077】

上記の各デバイスの機能に関して、以下でさらに説明する。

各組のポンプレーザーから発射された2本のポンプレーザー光は、1次C P Lによって結合され、その後、1次C P Lが2本の1次ポンプレーザー光を出力し、各々の1次ポンプレーザー光は、この組(2本)のポンプレーザーの各50%のエネルギーを含み、例え

ば、P 0 1、P 0 2 のポンプ光がC P L 1 - 1 に入力されてから、C P L 1 - 1 はP 0 1 及びP 0 2 の各5 0 %のエネルギーをそれぞれC P L 2 - 2 及びC P L 2 - 8 に出力し、即ち、C P L 1 - 1 はP 0 1 の1 0 0 %のエネルギー及びP 0 2 の1 0 0 %のエネルギーを受信し、C P L 2 - 2 はP 0 1 の5 0 %のエネルギー及びP 0 2 の5 0 %のエネルギーを受信し、C P L 2 - 8 もP 0 1 の5 0 %のエネルギー及びP 0 2 の5 0 %のエネルギーを受信し、

異なる2本の1次C P Lからの1次ポンプレーザ光は、2次C P Lによって結合され、2次C P Lは2本の2次ポンプレーザ光を出力し、各々の2次ポンプレーザ光は1つのE D F Aにエネルギーを供給し、各々の2次ポンプレーザ光は4本のポンプレーザの各2 5 %のエネルギーを含み、例えば、C P L 2 - 1 はC P L 1 - 2 及びC P L 1 - 8 から出力される2本の1次ポンプレーザ光を受信し、即ち、C P L 2 - 1 はP 0 3、P 0 4、P 1 5 及びP 1 6 の各5 0 %のエネルギーを受信し、C P L 2 - 1 は、2本の2次ポンプレーザ光をそれぞれA 0 1 及びA 1 6 に出力し、各々の2次ポンプレーザ光は、P 0 3、P 0 4、P 1 5 及びP 1 6 の各2 5 %のエネルギーを含む。

【0078】

なお、本案は、E D F Aのパワー出力の変動を検出することにより、どの組のポンプレーザに異常が発生するかを判断することができる。例えば、A 0 1、A 1 6 とA 0 4、A 0 5 とに同じ程度のパワーの低下が発生した場合、逆に推定することにより、A 0 1、A 1 6、A 0 4、A 0 5 に共同してエネルギーを供給する1組のポンプレーザがそれぞれP 0 3、P 0 4 であることを確定することができ、これにより、C P L 1 - 2 に接続されているポンプレーザP 0 3 又はP 0 4 に異常が発生したと判断することができる。

【0079】

なお、本案における各1次C P Lから出力される2本の1次ポンプレーザ光及び各2次C P Lから出力される2本の2次ポンプレーザ光は、いずれも1：1の割合で結合するが、その以外に、実際の応用では、異なる必要に応じて、出力された2本のポンプレーザ光の割合を調整することができ、ここでは具体的に限定しないが、例えば、P 0 1、P 0 2 のポンプ光がC P L 1 - 1 に入力されてから、C P L 1 - 1 からP 0 1 の3 0 %のエネルギーとP 0 2 の7 0 %のエネルギーとがC P L 2 - 2 に出力されるとともに、C P L 1 - 1 からP 0 1 の7 0 %のエネルギーとP 0 2 の3 0 %のエネルギーとがC P L 2 - 5 に出力される。

【0080】

上記図9～図11に示した実施例では、異なる2つの2次C P Lに接続される2つのE D F Aに対応する2本の光ファイバが1つの光ファイバペアを構成する場合であり、その以外に、本案では、同一の2次C P Lに、2つのE D F Aに対応する2本の光ファイバによって構成された1つの光ファイバペアが接続されることもできる。以下、そのような光海底中継器の構造を、5光ファイバペアの場合を例として紹介する。

図12を参照すると、本願の実施例に係る光海底中継器は、10本のポンプレーザ（P 0 1～P 1 0）、5本の1次C P L（C P L 1 - 1～C P L 1 - 5）、5本の2次C P L（C P L 2 - 1～C P L 2 - 5）、10本のE D F Aモジュール（A 0 1～A 1 0）を含み、

ポンプレーザ2本ずつを1組とし、各1次C P Lの入力ポートには1組のポンプレーザが接続され、具体的には、C P L 1 - 1の入力ポートにはP 0 1 及びP 0 2 が接続され、C P L 1 - 2の入力ポートにはP 0 3 及びP 0 4 が接続され、C P L 1 - 3の入力ポートにはP 0 5 及びP 0 6 が接続され、C P L 1 - 4の入力ポートにはP 0 7 及びP 0 8 が接続され、C P L 1 - 5の入力ポートにはP 0 9 及びP 1 0 が接続され、

1次C P Lと2次C P Lとの間の接続方式として、具体的には、C P L 1 - 1の出力ポートがそれぞれC P L 2 - 2の入力ポート及びC P L 2 - 5の入力ポートに接続され、C P L 1 - 2の出力ポートがそれぞれC P L 2 - 1の入力ポート及びC P L 2 - 3の入力ポートに接続され、C P L 1 - 3の出力ポートがそれぞれC P L 2 - 2の入力ポート及びC P L 2 - 4の入力ポートに接続され、C P L 1 - 4の出力ポートがそれぞれC P L 2 - 3

10

20

30

40

50

の入力ポート及びC P L 2 - 5の入力ポートに接続され、C P L 1 - 5の出力ポートがそれぞれC P L 2 - 1の入力ポート及びC P L 2 - 4の入力ポートに接続され、

各2次C P Lの出力ポートには2本のE D F Aが接続され、具体的には、C P L 2 - 1の出力ポートにはA 0 1及びA 0 2が接続され、C P L 2 - 2の出力ポートにはA 0 2及びA 0 3が接続され、C P L 2 - 3の出力ポートにはA 0 4及びA 0 5が接続され、C P L 2 - 4の出力ポートにはA 0 7及びA 0 8が接続され、C P L 2 - 5の出力ポートにはA 0 9及びA 1 0が接続され、ここで、A 0 1及びA 0 2に対応する光ファイバは光ファイバペアF P 1を構成し、A 0 3及びA 0 4に対応する光ファイバは光ファイバペアF P 2を構成し、A 0 5及びA 0 6に対応する光ファイバは光ファイバペアF P 3を構成し、A 0 7及びA 0 8に対応する光ファイバは光ファイバペアF P 4を構成し、A 0 9及びA 1 0に対応する光ファイバは光ファイバペアF P 5を構成する。

10

【0081】

このように、各2次C P Lに接続される2つのE D F Aに対応する光ファイバが1つの光ファイバペアを構成し、図9～図11に示す実施例の案と異なる。

【0082】

上記の実施例では、いずれも各1次C P Lの入力ポートに2本のポンプレーザが接続された場合について説明したが、その以外に、各1次C P Lの入力ポートにその以外の数のポンプレーザが接続されてもよく、その詳細な説明は以下の通りである。

図13を参照すると、図13も本願の実施例に係る光海底中継器の5光ファイバペアの場合における構造であり、5本のポンプレーザ(P 0 1～P 0 5)、5本の1次C P L(C P L 1 - 1～C P L 1 - 5)、5本の2次C P L(C P L 2 - 1～C P L 2 - 5)、及び10本のE D F Aモジュール(A 0 1～A 1 0)を含み、

20

本実施例と図9に示す実施例との相違は、各1次C P Lの入力ポートに1つのポンプレーザが接続され、具体的には、C P L 1 - 1の入力ポートにP 0 1が接続され、C P L 1 - 2の入力ポートにP 0 2が接続され、C P L 1 - 3の入力ポートにはP 0 3が接続され、C P L 1 - 4の入力ポートにP 0 4が接続され、C P L 1 - 5の入力ポートにはP 0 5が接続されていることにあり、

本実施例のその他の部分の構成は、図9に示す実施例と類似しているので、その説明は省略する。

【0083】

30

図14を参照すると、図14も本願の実施例に係る光海底中継器の5光ファイバペアの場合における構造であり、20本のポンプレーザ(P 0 1～P 2 0)、5本の1次C P L(C P L 1 - 1～C P L 1 - 5)、5本の2次C P L(C P L 2 - 1～C P L 2 - 5)、10本のE D F Aモジュール(A 0 1～A 1 0)、及び10本の偏光ビームコンバイナ(optical polarization beam combiner、P B C)を含み、

各1次C P Lは、4本のポンプレーザから供給されるエネルギーを受信し、具体的には、ポンプレーザ2本ずつを1組とし、各組のポンプレーザの出力ポートが1本のP B Cの入力ポートに接続され、各1次C P Lの入力ポートには、2本の異なるP B Cが接続され、そのうち、P B Cは、偏光方向が直交する2本の偏光を1本のビームに合成することができ、例えば、一方のP B Cは、P 0 1とP 0 2との2本のポンプレーザから出力されるポンプレーザ光を1本のビームに合成してC P L 1 - 1に出力することができ、他方のP B Cは、P 0 3とP 0 4との2本のポンプレーザから出力されるポンプレーザ光を1本のビームに合成して同様にC P L 1 - 1に出力することができる。

40

【0084】

本実施例のその他の部分の構造は、図9に示す実施例と類似しているので、その説明は省略する。

【0085】

なお、上記の実施例で説明した光海底中継器におけるC P Lは、1次C P Lと2次C P Lに分けられ、その以外に、本案は、そのうえで3次のC P Lをさらに追加してもよく、

50

以下で詳細に説明する。

図 15 を参照すると、図 15 は本願の実施例に係る光海底中継器の 10 光ファイバペアの場合における構造であり、20 本のポンプレーザー (P01 ~ P20)、10 本の 1 次 CPL (CPL1 - 1 ~ CPL1 - 10)、10 本の 2 次 CPL (CPL2 - 1 ~ CPL2 - 10)、10 本の 3 次 CPL (CPL3 - 1 ~ CPL3 - 10)、及び 20 本の EDFA モジュール (A01 ~ A20) を含み、

ポンプレーザー、EDFA、1 次 CPL、2 次 CPL、及び 3 次 CPL は、それぞれ異なる平面に設けられ、各ポンプレーザー、各 EDFA、各 1 次 CPL、各 2 次 CPL、及び各 3 次 CPL は、いずれも環状に配置されて閉構造を形成し、各 1 次 CPL の入力ポートには少なくとも 1 つのポンプレーザーが接続され (例えば、図 15 に示すように、各 1 次 CPL の入力ポートには 2 つのポンプレーザーが接続され得る)、各 3 次 CPL の出力ポートには 2 つの EDFA が接続され、1 次 CPL 群内の各 1 次 CPL はいずれも前記 1 次 CPL 群内の他の 2 つの 1 次 CPL に隣接し、2 次 CPL 群内の各 2 次 CPL はいずれも 2 次 CPL 群内の他の 2 つの 2 次 CPL に隣接し、3 次 CPL 群内の各 3 次 CPL はいずれも 3 次 CPL 群内の他の 2 つの 3 次 CPL に隣接し、1 次 CPL の出力ポートと 2 次 CPL の入力ポートとの間は光ファイバによって交差接続されており、各 1 次 CPL に接続される 2 つの 2 次 CPL の間に他の 2 つの 2 次 CPL があり、例えば、図 15 に示すように、CPL1 - 1 の出力ポートには CPL2 - 2 と CPL2 - 9 とが接続され、CPL2 - 2 と CPL2 - 9 とは、その間に CPL2 - 1 及び CPL2 - 10 を挟んで配置され、同様に、2 次 CPL の出力ポートと 3 次 CPL の入力ポートとの間も光ファイバによって交差接続されており、各 2 次 CPL に接続される 2 つの 3 次 CPL の間には他の 3 次 CPL があり、例えば、図 15 に示すように、CPL2 - 1 の出力ポートに CPL3 - 2 と CPL3 - 10 とが接続され、CPL3 - 2 と CPL3 - 10 とは、その間に 1 つの CPL3 - 1 を挟んで配置される。

【0086】

ポンプレーザーは、ポンプレーザー光を出射するために用いられ、1 次 CPL は、受信したポンプレーザー光を結合して 2 本の 1 次ポンプレーザー光を出力するために用いられ、その出力された 2 本の 1 次ポンプレーザー光をそれぞれ異なる 2 つの 2 次 CPL に出力し、2 次 CPL は、受信した 1 次ポンプレーザー光を結合して 2 本の 2 次ポンプレーザー光を異なる 2 つの 3 次 CPL に出力するために用いられ、3 次 CPL は、受信した 2 次ポンプレーザー光を結合して 2 本の 3 次ポンプレーザー光を異なる 2 つの EDFA に出力するために用いられる。

【0087】

ポンプレーザー 2 本ずつを 1 組とし、各 1 次 CPL の入力ポートには 1 組のポンプレーザーが接続され、具体的には、CPL1 - 1 の入力ポートには P01 及び P02 が接続され、CPL1 - 2 の入力ポートには P03 及び P04 が接続され、CPL1 - 3 の入力ポートには P05 及び P06 が接続され、CPL1 - 4 の入力ポートには P07 及び P08 が接続され、CPL1 - 5 の入力ポートには P09 及び P10 が接続され、CPL1 - 6 の入力ポートには P11 及び P12 が接続され、CPL1 - 7 の入力ポートには P13 及び P14 が接続され、CPL1 - 8 の入力ポートには P15 及び P16 が接続され、CPL1 - 9 の入力ポートには P17 及び P18 が接続され、CPL1 - 10 の入力ポートには P19 及び P20 が接続され、

1 次 CPL と 2 次 CPL との間の接続方式として、具体的には、CPL1 - 1 の出力ポートがそれぞれ CPL2 - 2 の入力ポート及び CPL2 - 9 の入力ポートに接続され、CPL1 - 2 の出力ポートがそれぞれ CPL2 - 3 の入力ポート及び CPL2 - 10 の入力ポートに接続され、CPL1 - 3 の出力ポートがそれぞれ CPL2 - 1 の入力ポート及び CPL2 - 4 の入力ポートに接続され、CPL1 - 4 の出力ポートがそれぞれ CPL2 - 2 の入力ポート及び CPL2 - 5 の入力ポートに接続され、CPL1 - 5 の出力ポートがそれぞれ CPL2 - 3 の入力ポート及び CPL2 - 6 の入力ポートに接続され、CPL1 - 6 の出力ポートがそれぞれ CPL2 - 4 の入力ポート及び CPL2 - 7 の入力ポートに

10

20

30

40

50

接続され、C P L 1 - 7 の出力ポートがそれぞれ C P L 2 - 5 の入力ポート及び C P L 2 - 8 の入力ポートに接続され、C P L 1 - 8 の出力ポートがそれぞれ C P L 2 - 6 の入力ポート及び C P L 2 - 9 の入力ポートに接続され、C P L 1 - 9 の出力ポートがそれぞれ C P L 2 - 7 の入力ポート及び C P L 2 - 10 の入力ポートに接続され、C P L 1 - 10 の出力ポートがそれぞれ C P L 2 - 8 の入力ポート及び C P L 2 - 1 の入力ポートに接続され、

2 次 C P L と 3 次 C P L との間の接続方式として、具体的には、C P L 2 - 1 の出力ポートがそれぞれ C P L 3 - 2 の入力ポート及び C P L 3 - 10 の入力ポートに接続され、C P L 2 - 2 の出力ポートがそれぞれ C P L 3 - 1 の入力ポート及び C P L 3 - 3 の入力ポートに接続され、C P L 2 - 3 の出力ポートがそれぞれ C P L 3 - 2 の入力ポート及び C P L 3 - 4 の入力ポートに接続され、C P L 2 - 4 の出力ポートがそれぞれ C P L 3 - 3 の入力ポート及び C P L 3 - 5 の入力ポートに接続され、C P L 2 - 5 の出力ポートがそれぞれ C P L 3 - 4 の入力ポート及び C P L 3 - 6 の入力ポートに接続され、C P L 2 - 6 の出力ポートがそれぞれ C P L 3 - 5 の入力ポート及び C P L 3 - 7 の入力ポートに接続され、C P L 2 - 7 の出力ポートがそれぞれ C P L 3 - 6 の入力ポート及び C P L 3 - 8 の入力ポートに接続され、C P L 2 - 8 の出力ポートがそれぞれ C P L 3 - 7 の入力ポート及び C P L 3 - 9 の入力ポートに接続され、C P L 2 - 9 の出力ポートがそれぞれ C P L 3 - 8 の入力ポート及び C P L 3 - 10 の入力ポートに接続され、C P L 2 - 10 の出力ポートがそれぞれ C P L 3 - 9 の入力ポート及び C P L 3 - 1 の入力ポートに接続され、

各 3 次 C P L の出力ポートには 2 本の E D F A が接続され、具体的には、C P L 3 - 1 の出力ポートには A 0 1 及び A 2 0 が接続され、C P L 3 - 2 の出力ポートには A 0 2 及び A 0 3 が接続され、C P L 3 - 3 の出力ポートには A 0 4 及び A 0 5 が接続され、C P L 3 - 4 の出力ポートには A 0 6 及び A 0 7 が接続され、C P L 3 - 5 の出力ポートには A 0 8 及び A 0 9 が接続され、C P L 3 - 6 の出力ポートには A 1 0 及び A 1 1 が接続され、C P L 3 - 7 の出力ポートには A 1 2 及び A 1 3 が接続され、C P L 3 - 8 の出力ポートには A 1 4 及び A 1 5 が接続され、C P L 3 - 9 の出力ポートには A 1 6 及び A 1 7 が接続され、C P L 3 - 10 の出力ポートには A 1 8 及び A 1 9 が接続され、

本願の実施例では、各 E D F A に 1 本の光ファイバが対応しており、当該光ファイバには E D F A の入力ポートと出力ポートが接続され、異なる 2 つの 3 次 C P L に接続される 2 つの E D F A に対応する 2 本の光ファイバは 1 つの光ファイバペアを構成し、具体的には、A 0 1 及び A 0 2 に対応する光ファイバは光ファイバペア F P 1 を構成し、A 0 3 及び A 0 4 に対応する光ファイバは光ファイバペア F P 2 を構成し、A 0 5 及び A 0 6 に対応する光ファイバは光ファイバペア F P 3 を構成し、A 0 7 及び A 0 8 に対応する光ファイバは光ファイバペア F P 4 を構成し、A 0 9 及び A 1 0 に対応する光ファイバは光ファイバペア F P 5 を構成し、A 1 1 及び A 1 2 に対応する光ファイバは光ファイバペア F P 6 を構成し、A 1 3 及び A 1 4 に対応する光ファイバは光ファイバペア F P 7 を構成し、A 1 5 及び A 1 6 に対応する光ファイバは光ファイバペア F P 8 を構成し、A 1 7 及び A 1 8 に対応する光ファイバは光ファイバペア F P 9 を構成し、A 1 9 及び A 2 0 に対応する光ファイバは光ファイバペア F P 10 を構成する。

【0088】

上記の各デバイスの機能に関して、以下でさらに説明する。

各組のポンプレーザから発射された 2 本のポンプレーザ光は、1 次 C P L によって結合され、その後、1 次 C P L が 2 本の 1 次ポンプレーザ光を出力し、各々の 1 次ポンプレーザ光は、この組 (2 本) のポンプレーザの各 50 % のエネルギーを含み、例えば、P 0 1、P 0 2 のポンプ光が C P L 1 - 1 に入力されてから、C P L 1 - 1 は P 0 1 及び P 0 2 の各 50 % のエネルギーをそれぞれ C P L 2 - 2 及び C P L 2 - 9 に出力し、即ち、C P L 1 - 1 は P 0 1 の 100 % のエネルギー及び P 0 2 の 100 % のエネルギーを受信し、C P L 2 - 2 は P 0 1 の 50 % のエネルギー及び P 0 2 の 50 % のエネルギーを受信し、C P L 2 - 9 も P 0 1 の 50 % のエネルギー及び P 0 2 の 50 % のエネルギー

を受信し、

異なる2本の1次CPLからの1次ポンプレーザー光は、2次CPLによって結合され、2次CPLは2本の2次ポンプレーザー光を出力し、各々の2次ポンプレーザー光は、4本のポンプレーザーの各25%のエネルギーを含み、例えば、CPL2-1がCPL1-3及びCPL1-10からの2本の1次ポンプレーザー光を受信し、即ち、CPL2-1がP05、P06、P19及びP20の各50%のエネルギーを受信し、CPL2-1は、2本の2次ポンプレーザー光をそれぞれCPL3-2及びCPL3-10に出力し、各々の2次ポンプレーザー光は、P05、P06、P19及びP20の各25%のエネルギーを含み、

異なる2本の2次CPLからの2次ポンプレーザー光は、3次CPLによって結合され、3次CPLは2本の3次ポンプレーザー光を出力し、各々の3次ポンプレーザー光は、8本のポンプレーザーの各12.5%のエネルギーを含み、例えば、CPL3-1がCPL2-2及びCPL2-10からの2本の2次ポンプレーザー光を受信し、CPL2-2がCPL1-1及びCPL1-4からの2本の1次ポンプレーザー光を受信し、CPL2-10がCPL1-2及びCPL1-9からの2本の1次ポンプレーザー光を受信し、CPL1-1にはP01とP02とが接続され、CPL1-4にはP07とP08とが接続され、CPL1-2にはP03とP04とが接続され、CPL1-9にはP17とP18とが接続されるため、CPL3-1は2つの3次ポンプレーザー光をA01とA20とに出力し、そのうち各々の3次ポンプレーザー光は、P01、P02、P03、P04、P07、P08、P17、及びP18との8本のポンプレーザーの各12.5%のエネルギーを含む。

【0089】

なお、実際の応用では、異なる必要に応じて、各次CPLから出力される2本のポンプレーザー光の割合を調整することができ、ここでは具体的に限定しないが、例えば、P01、P02のポンプ光がCPL1-1に入力されてから、CPL1-1からP01の30%のエネルギーとP02の70%のエネルギーとがCPL2-2に出力され、CPL1-1からP01の70%のエネルギーとP02の30%のエネルギーとがCPL2-9に出力されることができる。

【0090】

なお、本案でも、同一の3次CPLに、接続される2つのEDFAに対応する2本の光ファイバによって構成された1つの光ファイバペアが接続されることができる。

【0091】

なお、各1次CPLの入力ポートに上記以外の数のポンプレーザーが接続されてもよく、例えば、各1次CPLの入力ポートには、1本又は4本のポンプレーザーが接続されるが、ここでは具体的に限定しない。

【0092】

本願の実施例では、各々のEDFAのポンプレーザー光エネルギーは、それに対応する8本のポンプレーザーによって共同してに供給され、各ポンプレーザーはそれぞれ12.5%のエネルギーを供給し、本案は、最多7本のポンプレーザーが故障することを許容し、EDFAモジュールは依然として一定の増幅能力を維持し、システムの信頼性を向上させ、また、ポンプレーザーの数はEDFAの数と同数であり、ポンプレーザーの使用量が少なく、低コストとなり、総ワット損及び総熱損が小さい。また、EDFAのパワー出力の変動を検出することにより、どの組のポンプレーザーに異常が発生するかを判断することができ、システムのメンテナンスに効果的なサポートを提供することができる。

10

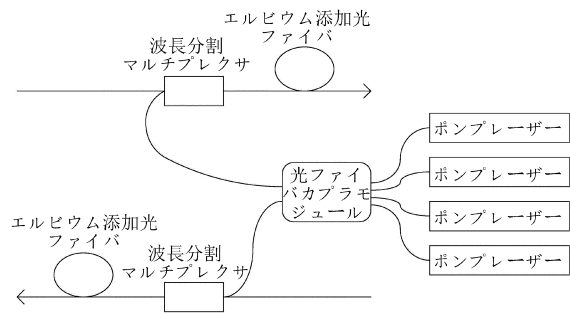
20

30

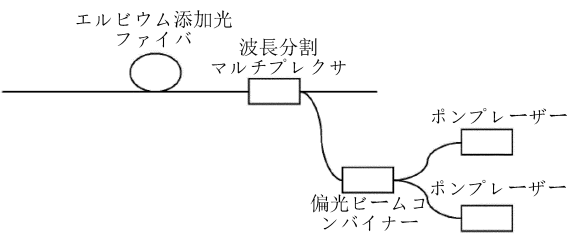
40

【図面】

【図 1】

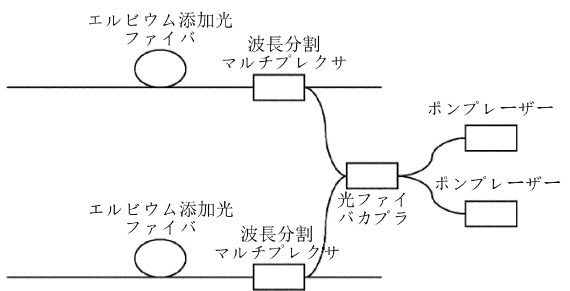


【図 2】

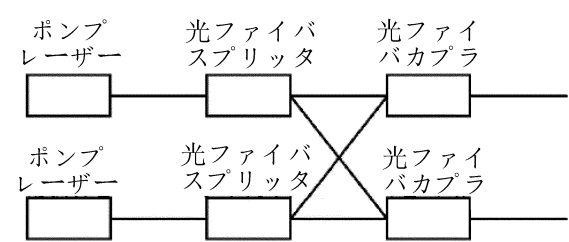


10

【図 3】

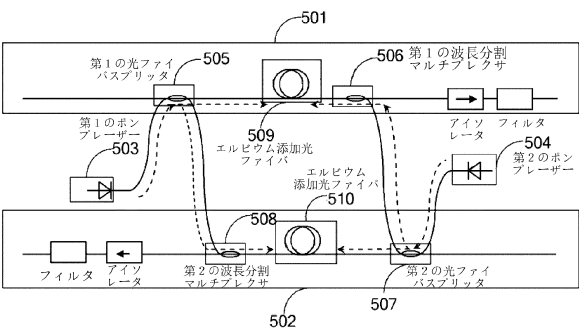


【図 4】

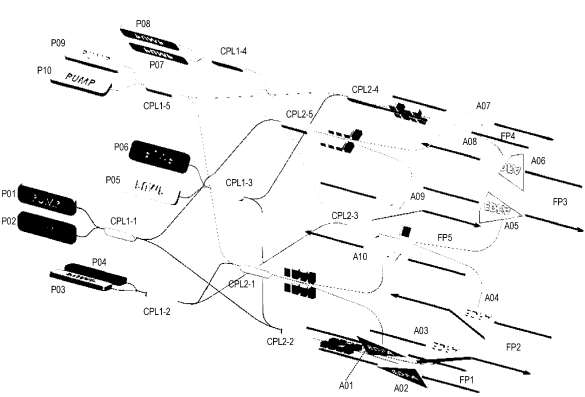


20

【図 5】



【図 6】

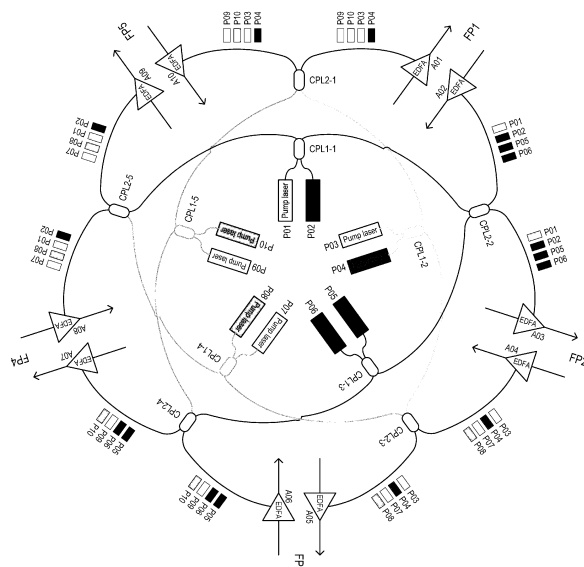


30

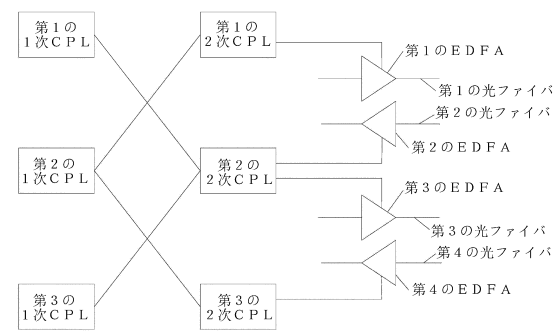
40

50

【図 7】

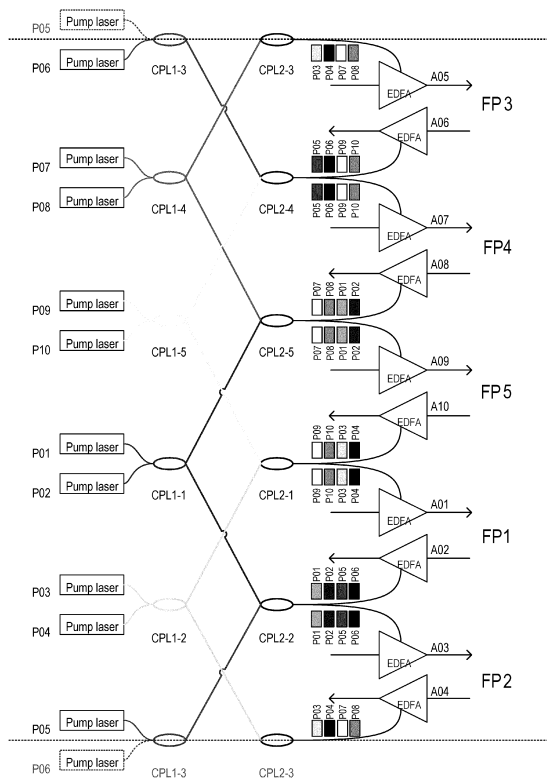


【図 8】

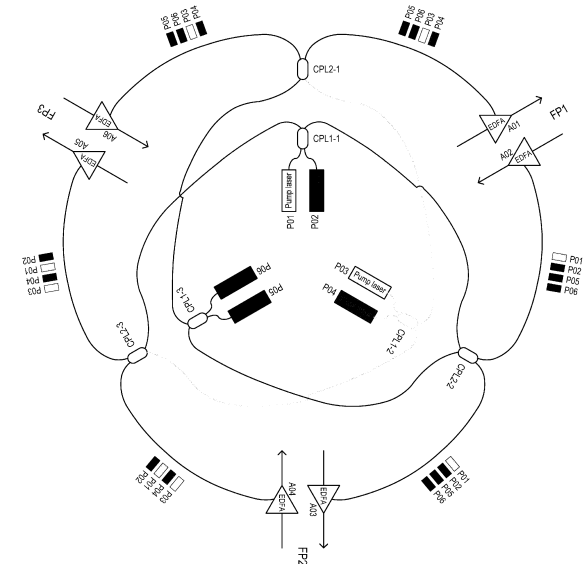


10

【図 9】



【図 10】



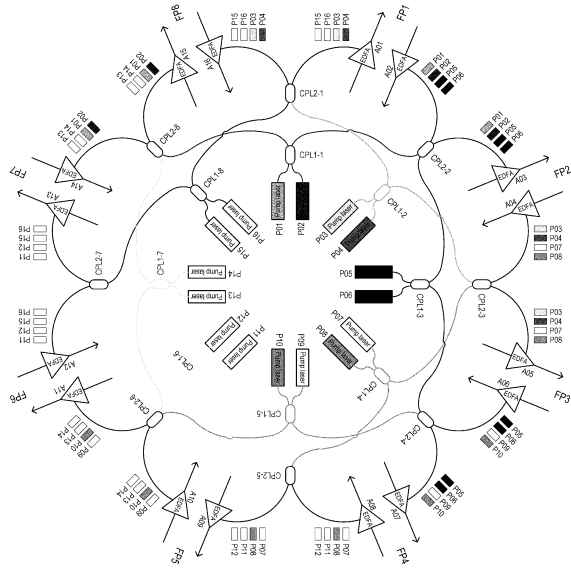
20

30

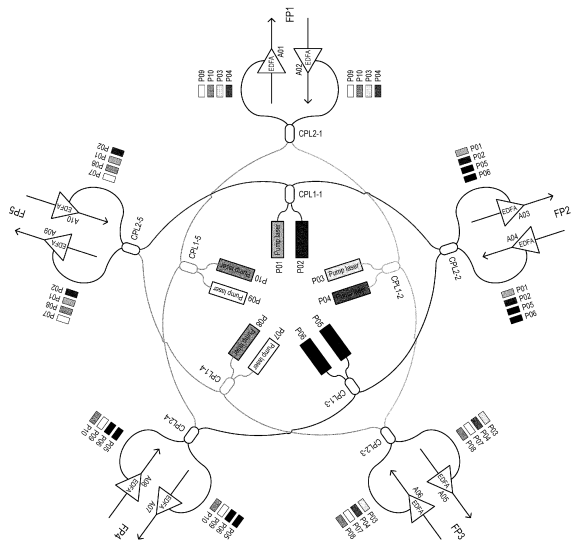
40

50

【図 1 1】

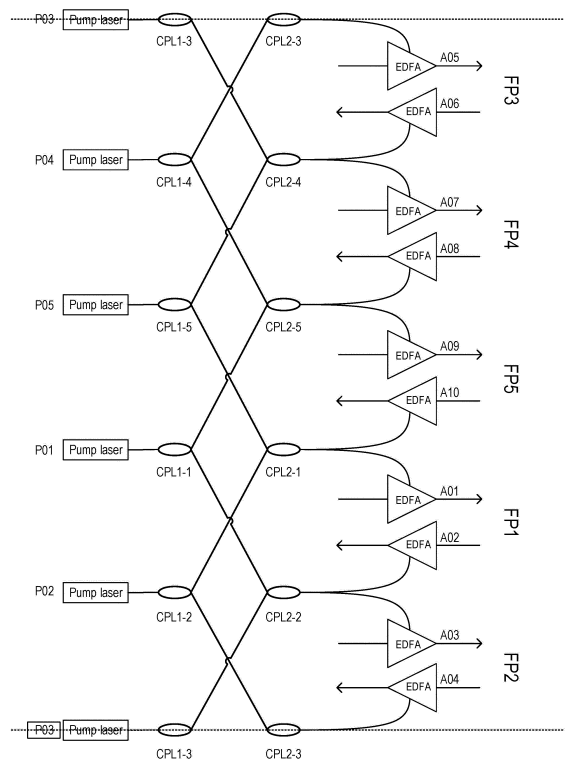


【図 1 2】

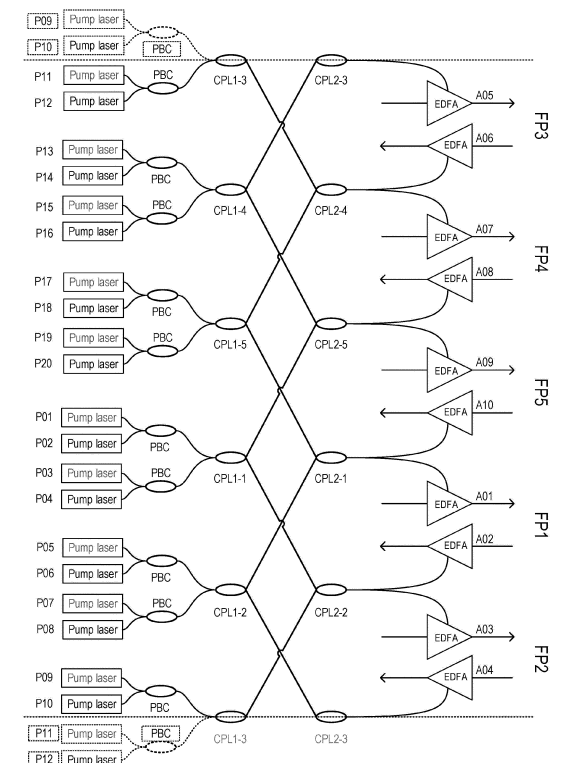


10

【図 1 3】



【図 1 4】



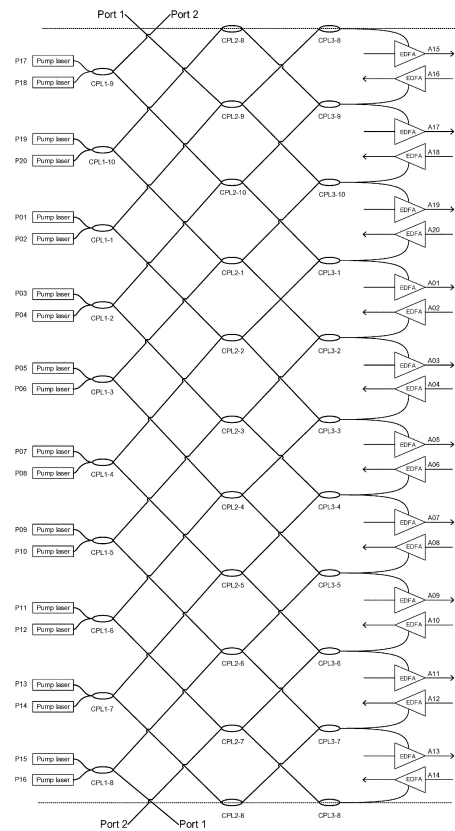
20

30

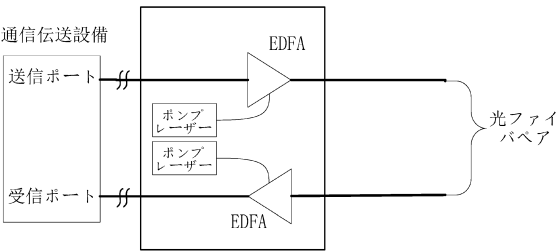
40

50

【図 15】



【図 16】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

中華人民共和国・300457・天津市・経済技術開発区・第三大街・金融街・西区・W3C棟・
5 - 6 層

(72)発明者 金 戈

中華人民共和国・300457・天津市・経済技術開発区・第三大街・金融街・西区・W3C棟・
5 - 6 層

(72)発明者 王 燕

中華人民共和国・300457・天津市・経済技術開発区・第三大街・金融街・西区・W3C棟・
5 - 6 層

(72)発明者 ▲馬▼ 立苹

中華人民共和国・300457・天津市・経済技術開発区・第三大街・金融街・西区・W3C棟・
5 - 6 層

審査官 対馬 英明

(56)参考文献

国際公開第2019/176205(WO, A1)

米国特許出願公開第2004/0042064(US, A1)

国際公開第2018/047029(WO, A1)

米国特許出願公開第2005/0226622(US, A1)

国際公開第2017/056438(WO, A1)

国際公開第2018/097075(WO, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H04B 10/00 - 10/90

H04J 14/00 - 14/08

H01S 3/00 - 3/02

H01S 3/04 - 3/0959

H01S 3/098 - 3/102

H01S 3/105 - 3/131

H01S 3/136 - 3/213

H01S 3/23 - 4/00