

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第3776357号
(P3776357)

(45) 発行日 平成18年5月17日(2006.5.17)

(24) 登録日 平成18年3月3日(2006.3.3)

(51) Int. Cl.	F I
HO 4 B 10/08 (2006.01)	HO 4 B 9/00 K
HO 4 B 10/16 (2006.01)	HO 4 B 9/00 J
HO 4 B 10/17 (2006.01)	HO 4 B 17/00 G
HO 4 B 17/00 (2006.01)	

請求項の数 18 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2002-11717 (P2002-11717)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成14年1月21日 (2002.1.21)		日本電信電話株式会社
(65) 公開番号	特開2003-218796 (P2003-218796A)		東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(43) 公開日	平成15年7月31日 (2003.7.31)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成16年2月3日 (2004.2.3)		弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108453
			弁理士 村山 靖彦
		(72) 発明者	富沢 将人
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
			本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	平野 章
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
			本電信電話株式会社内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 光伝送システムおよび光伝送方法

(57) 【特許請求の範囲】
【請求項1】

第1の主信号を送信する第1の光送信手段と、該第1の主信号が伝搬される第1の光ファイバと、該第1の光ファイバを伝搬してきた前記第1の主信号を受信する第1の光受信手段とを有し、前記第1の光受信手段側に、第1の励起光を出力する第1の励起光源と、該第1の励起光を前記第1の光ファイバに前記第1の主信号とは逆方向に注入する第1の励起光注入手段とを有する第1の光伝送路と、

第2の主信号を送信する第2の光送信手段と、該第2の主信号が伝搬される第2の光ファイバと、該第2の光ファイバを伝搬してきた前記第2の主信号を受信する第2の光受信手段とを有し、前記第2の光受信手段側に、第2の励起光を出力する第2の励起光源と、該第2の励起光を前記第2の光ファイバに前記第2の主信号とは逆方向に注入する第2の励起光注入手段とを有し、前記第1の光伝送路と逆向きに設置された第2の光伝送路とを備える光伝送システムにおいて、

前記第1の光受信手段側に、

前記第1の光ファイバにおける前記第1の主信号のロスを検出する第1の光信号断検出手段と、

前記第1の光信号断検出手段により前記第1の主信号のロスが検出されると、前記第1の励起光源による前記第1の励起光を遮断する第1の励起光遮断手段と、

前記第1の光信号断検出手段により前記第1の主信号のロスが検出されると、前記第2の光送信手段による前記第2の主信号を遮断する第1の信号光遮断手段とを具備し、

前記第2の光受信手段側に、

前記第2の光ファイバにおける前記第2の主信号のロスを検出する第2の光信号断検出手段と、

前記第2の光信号断検出手段により前記第2の主信号のロスが検出されると、前記第2の励起光源による前記第2の励起光を遮断する第2の励起光遮断手段と、

前記第2の光信号断検出手段により前記第2の主信号のロスが検出されると、前記第1の光送信手段による前記第1の主信号を遮断する第2の信号光遮断手段と

を具備することを特徴とする光伝送システム。

【請求項2】

第1の主信号を送信する第1の光送信手段と、該第1の主信号が伝搬される第1の光ファイバと、該第1の光ファイバを伝搬してきた前記第1の主信号を受信する第1の光受信手段とを有し、前記第1の光送信手段側に、第1の励起光を出力する第1の励起光源と、該第1の励起光を前記第1の光ファイバに前記第1の主信号と同一の方向に注入する第1の励起光注入手段とを有する第1の光伝送路と、

第2の主信号を送信する第2の光送信手段と、該第2の主信号が伝搬される第2の光ファイバと、該第2の光ファイバを伝搬してきた前記第2の主信号を受信する第2の光受信手段とを有し、前記第2の光送信手段側に、第2の励起光を出力する第2の励起光源と、該第2の励起光を前記第2の光ファイバに前記第2の主信号と同一の方向に注入する第2の励起光注入手段とを有し、前記第1の光伝送路と逆向きに設置された第2の光伝送路とを備える光伝送システムにおいて、

前記第1の光受信手段側に、

前記第1の光ファイバにおける前記第1の主信号のロスを検出する第1の光信号断検出手段と、

前記第1の光信号断検出手段により前記第1の主信号のロスが検出されると、前記第2の励起光源による前記第2の励起光を遮断する第1の励起光遮断手段と、

前記第1の光信号断検出手段により前記第1の主信号のロスが検出されると、前記第2の光送信手段による前記第2の主信号を遮断する第1の信号光遮断手段とを具備し、

前記第2の光受信手段側に、

前記第2の光ファイバにおける前記第2の主信号のロスを検出する第2の光信号断検出手段と、

前記第2の光信号断検出手段により前記第2の主信号のロスが検出されると、前記第1の励起光源による前記第1の励起光を遮断する第2の励起光遮断手段と、

前記第2の光信号断検出手段により前記第2の主信号のロスが検出されると、前記第1の光送信手段による前記第1の主信号を遮断する第2の信号光遮断手段と

を具備することを特徴とする光伝送システム。

【請求項3】

前記第1または第2の光信号断検出手段は、前記第1または第2の光受信手段における前記第1または第2の主信号のロスを検出する主信号パワーモニタで構成されることを特徴とする請求項1または2に記載の光伝送システム。

【請求項4】

第1の主信号を送信する第1の光送信手段と、該第1の主信号が伝搬される第1の光ファイバと、該第1の光ファイバを伝搬してきた前記第1の主信号を受信する第1の光受信手段とを有し、前記第1の光受信手段側に、第1の励起光を出力する第1の励起光源と、該第1の励起光を前記第1の光ファイバに前記第1の主信号とは逆方向に注入する第1の励起光注入手段とを有する第1の光伝送路と、

第2の主信号を送信する第2の光送信手段と、該第2の主信号が伝搬される第2の光ファイバと、該第2の光ファイバを伝搬してきた前記第2の主信号を受信する第2の光受信手段とを有し、前記第2の光受信手段側に、第2の励起光を出力する第2の励起光源と、該第2の励起光を前記第2の光ファイバに前記第2の主信号とは逆方向に注入する第2の励起光注入手段とを有し、前記第1の光伝送路と逆向きに設置された第2の光伝送路と

を備える光伝送システムにおいて、

前記第1の光受信手段側に、

前記第1の光ファイバにおける前記第1の励起光のフレネル反射を検出する第1の光信号断検出手段と、

前記第1の光信号断検出手段により前記第1の励起光のフレネル反射が検出されると、前記第1の励起光源による前記第1の励起光を遮断する第1の励起光遮断手段と、

前記第1の光信号断検出手段により前記第1の励起光のフレネル反射が検出されると、前記第2の光送信手段による前記第2の主信号を遮断する第1の信号光遮断手段とを具備し、

前記第2の光受信手段側に、

前記第2の光ファイバにおける前記第2の励起光のフレネル反射を検出する第2の光信号断検出手段と、

前記第2の光信号断検出手段により前記第2の励起光のフレネル反射が検出されると、前記第2の励起光源による前記第2の励起光を遮断する第2の励起光遮断手段と、

前記第2の光信号断検出手段により前記第2の励起光のフレネル反射が検出されると、前記第1の光送信手段による前記第1の主信号を遮断する第1の信号光遮断手段とを具備することを特徴とする光伝送システム。

【請求項5】

前記第1または第2の光信号断検出手段は、前記第1または第2の光受信手段側の光ファイバ上に配置され、方向性結合器と励起光反射パワーモニタとで構成され、前記第1または第2の光ファイバの断による前記第1または第2の励起光のフレネル反射を検出することを特徴とする請求項4に記載の光伝送システム。

【請求項6】

第1の主信号を送信する第1の光送信手段と、該第1の主信号が伝搬される第1の光ファイバと、該第1の光ファイバを伝搬してきた前記第1の主信号を受信する第1の光受信手段と、前記第1の光ファイバを伝搬してきた第1の励起光を終端する第1の励起光終端手段とを有し、前記第1の光受信手段側に、前記第1の励起光を出力する第1の励起光源と、該第1の励起光を前記第1の光ファイバに前記第1の主信号とは逆方向に注入する第1の励起光注入手段とを有する第1の光伝送路と、

第2の主信号を送信する第2の光送信手段と、該第2の主信号が伝搬される第2の光ファイバと、該第2の光ファイバを伝搬してきた前記第2の主信号を受信する第2の光受信手段と、前記第2の光ファイバを伝搬してきた第2の励起光を終端する第2の励起光終端手段とを有し、前記第2の光受信手段側に、前記第2の励起光を出力する第2の励起光源と、該第2の励起光を前記第2の光ファイバに前記第2の主信号とは逆方向に注入する第2の励起光注入手段とを有し、前記第1の光伝送路と逆向きに設置された第2の光伝送路と

を備える光伝送システムにおいて、

前記第1の光送信手段側に、

前記第1の励起光注入手段により注入された前記第1の励起光のロスを検出する第1の光信号断検出手段と、

前記第1の光信号断検出手段により前記第1の励起光のロスが検出されると、前記第2の励起光源による前記第2の励起光を遮断する第1の励起光遮断手段と、

前記第1の光信号断検出手段により前記第1の励起光のロスが検出されると、前記第1の光送信手段による前記第1の主信号を遮断する第1の信号光遮断手段とを具備し、

前記第2の光送信手段側に、

前記第2の励起光注入手段により注入された前記第2の励起光のロスを検出する第2の光信号断検出手段と、

前記第2の光信号断検出手段により前記第2の励起光のロスが検出されると、前記第1の励起光源による前記第1の励起光を遮断する第2の励起光遮断手段と、

前記第2の光信号断検出手段により前記第2の励起光のロスが検出されると、前記第2の

10

20

30

40

50

光送信手段による前記第2の主信号を遮断する第2の信号光遮断手段とを具備することを特徴とする光伝送システム。

【請求項7】

前記第1または第2の励起光終端手段は、前記第1のまたは第2の光送信手段側の光ファイバ上に配置され、サーキュレータで構成され、

前記第1または第2の光信号断検出手段は、前記第1または第2の励起光終端手段から出力される励起光のロスを検出する励起光パワーモニタで構成される

ことを特徴とする請求項6に記載の光伝送システム。

【請求項8】

前記励起光遮断手段は、前記励起光源の励起電流を制御することにより、前記励起光源の光出力を遮断することを特徴とする請求項1ないし7のいずれかに記載の光伝送システム

10

【請求項9】

前記励起光遮断手段は、光スイッチにより前記励起光源の光出力を遮断することを特徴とする請求項1ないし7のいずれかに記載の光伝送システム。

【請求項10】

第1の主信号を送信する第1の光送信手段と、該第1の主信号が伝搬される第1の光ファイバと、該第1の光ファイバを伝搬してきた前記第1の主信号を受信する第1の光受信手段とを有し、前記第1の光受信手段側に、第1の励起光を出力する第1の励起光源と、該第1の励起光を前記第1の光ファイバに前記第1の主信号とは逆方向に注入する第1の励起光注入手段とを有する第1の光伝送路と、

20

第2の主信号を送信する第2の光送信手段と、該第2の主信号が伝搬される第2の光ファイバと、該第2の光ファイバを伝搬してきた前記第2の主信号を受信する第2の光受信手段とを有し、前記第2の光受信手段側に、第2の励起光を出力する第2の励起光源と、該第2の励起光を前記第2の光ファイバに前記第2の主信号とは逆方向に注入する第2の励起光注入手段とを有し、前記第1の光伝送路と逆向きに設置された第2の光伝送路とを備える光伝送システムにおける光伝送方法において、

前記第1の光受信手段側にて、

前記第1の光ファイバにおける前記第1の主信号のロスを検出するステップと、

前記第1の主信号のロスを検出すると、前記第1の励起光源による前記第1の励起光を遮断するステップと、

30

前記第1の主信号のロスを検出すると、前記第2の光送信手段による前記第2の主信号を遮断するステップと、

前記第2の光受信手段側にて、

前記第2の光ファイバにおける前記第2の主信号のロスを検出するステップと、

前記第2の主信号のロスを検出すると、前記第2の励起光源による前記第2の励起光を遮断するステップと、

前記第2の主信号のロスを検出すると、前記第1の光送信手段による前記第1の主信号を遮断するステップと、

を含むことを特徴とする光伝送方法。

40

【請求項11】

第1の主信号を送信する第1の光送信手段と、該第1の主信号が伝搬される第1の光ファイバと、該第1の光ファイバを伝搬してきた前記第1の主信号を受信する第1の光受信手段とを有し、前記第1の光送信手段側に、第1の励起光を出力する第1の励起光源と、該第1の励起光を前記第1の光ファイバに前記第1の主信号と同一の方向に注入する第1の励起光注入手段とを有する第1の光伝送路と、

第2の主信号を送信する第2の光送信手段と、該第2の主信号が伝搬される第2の光ファイバと、該第2の光ファイバを伝搬してきた前記第2の主信号を受信する第2の光受信手段とを有し、前記第2の光送信手段側に、第2の励起光を出力する第2の励起光源と、該第2の励起光を前記第2の光ファイバに前記第2の主信号と同一の方向に注入する第2

50

の励起光注入手段とを有し、前記第１の光伝送路と逆向きに設置された第２の光伝送路とを備える光伝送システムにおける光伝送方法において、
前記第１の光受信手段側にて、
前記第１の光ファイバにおける前記第１の主信号のロスを検出するステップと、
前記第１の主信号のロスを検出すると、前記第２の励起光源による前記第２の励起光を遮断するステップと、
前記第１の主信号のロスを検出すると、前記第２の光送信手段による前記第２の主信号を遮断するステップと、
前記第２の光受信手段側にて、
前記第２の光ファイバにおける前記第２の主信号のロスを検出するステップと、
前記第２の主信号のロスを検出すると、前記第１の励起光源による前記第１の励起光を遮断するステップと、
前記第２の主信号のロスを検出すると、前記第１の光送信手段による前記第１の主信号を遮断するステップと、
を含むことを特徴とする光伝送方法。

【請求項１２】

前記第１または第２の主信号のロスの検出は、前記第１または第２の光受信手段に具備される主信号パワーモニタにより行われることを特徴とする請求項１０または１１に記載の光伝送方法。

【請求項１３】

第１の主信号を送信する第１の光送信手段と、該第１の主信号が伝搬される第１の光ファイバと、該第１の光ファイバを伝搬してきた前記第１の主信号を受信する第１の光受信手段とを有し、前記第１の光受信手段側に、第１の励起光を出力する第１の励起光源と、該第１の励起光を前記第１の光ファイバに前記第１の主信号とは逆方向に注入する第１の励起光注入手段とを有する第１の光伝送路と、

第２の主信号を送信する第２の光送信手段と、該第２の主信号が伝搬される第２の光ファイバと、該第２の光ファイバを伝搬してきた前記第２の主信号を受信する第２の光受信手段とを有し、前記第２の光受信手段側に、第２の励起光を出力する第２の励起光源と、該第２の励起光を前記第２の光ファイバに前記第２の主信号とは逆方向に注入する第２の励起光注入手段とを有し、前記第１の光伝送路と逆向きに設置された第２の光伝送路と

を備える光伝送システムにおける光伝送方法において、

前記第１の光受信手段側にて、

前記第１の光ファイバにおける前記第１の励起光のフレネル反射を検出するステップと、
前記第１の励起光のフレネル反射を検出すると、前記第１の励起光源による前記第１の励起光を遮断するステップと、

前記第１の励起光のフレネル反射を検出すると、前記第２の光送信手段による前記第２の主信号を遮断するステップと、

前記第２の光受信手段側にて、

前記第２の光ファイバにおける前記第２の励起光のフレネル反射を検出するステップと、
前記第２の励起光のフレネル反射を検出すると、前記第２の励起光源による前記第２の励起光を遮断するステップと、

前記第２の励起光のフレネル反射を検出すると、前記第１の光送信手段による前記第１の主信号を遮断するステップと、

を含むことを特徴とする光伝送方法。

【請求項１４】

前記第１または第２の励起光のフレネル反射は、前記第１または第２の光受信手段側の光ファイバ上に配置される方向性結合器と励起光反射パワーモニタとにより、前記第１または第２の光ファイバの断に基づいて検出されることを特徴とする請求項１３に記載の光伝送方法。

【請求項１５】

10

20

30

40

50

第 1 の主信号を送信する第 1 の光送信手段と、該第 1 の主信号が伝搬される第 1 の光ファイバと、該第 1 の光ファイバを伝搬してきた前記第 1 の主信号を受信する第 1 の光受信手段と、前記第 1 の光ファイバを伝搬してきた第 1 の励起光を終端する第 1 の励起光終端手段とを有し、前記第 1 の光受信手段側に、前記第 1 の励起光を出力する第 1 の励起光源と、該第 1 の励起光を前記第 1 の光ファイバに前記第 1 の主信号とは逆方向に注入する第 1 の励起光注入手段とを有する第 1 の光伝送路と、

第 2 の主信号を送信する第 2 の光送信手段と、該第 2 の主信号が伝搬される第 2 の光ファイバと、該第 2 の光ファイバを伝搬してきた前記第 2 の主信号を受信する第 2 の光受信手段と、前記第 2 の光ファイバを伝搬してきた第 2 の励起光を終端する第 2 の励起光終端手段とを有し、前記第 2 の光受信手段側に、前記第 2 の励起光を出力する第 2 の励起光源と、該第 2 の励起光を前記第 2 の光ファイバに前記第 2 の主信号とは逆方向に注入する第 2 の励起光注入手段とを有し、前記第 1 の光伝送路と逆向きに設置された第 2 の光伝送路と

10

を備える光伝送システムにおける光伝送方法において、

前記第 1 の光送信手段側にて、

前記第 1 の励起光注入手段により注入された前記第 1 の励起光のロスを検出するステップと、

前記第 1 の励起光のロスを検出すると、前記第 2 の励起光源による前記第 2 の励起光を遮断するステップと、

前記第 1 の励起光のロスを検出すると、前記第 1 の光送信手段による前記第 1 の主信号を遮断するステップと、

20

前記第 2 の光送信手段側にて、

前記第 2 の励起光注入手段により注入された前記第 2 の励起光のロスを検出するステップと、

前記第 2 の励起光のロスを検出すると、前記第 1 の励起光源による前記第 1 の励起光を遮断するステップと、

前記第 2 の励起光のロスを検出すると、前記第 2 の光送信手段による前記第 2 の主信号を遮断するステップと、

を含むことを特徴とする光伝送方法。

【請求項 16】

30

前記第 1 または第 2 の励起光終端手段は、前記第 1 のまたは第 2 の光送信手段側の光ファイバ上に配置され、サーキュレータで構成され、

前記第 1 または第 2 の励起光のロスの検出は、前記第 1 または第 2 の励起光終端手段から出力される励起光のロスを検出する励起光パワーモニタにより行われる

ことを特徴とする請求項 15 に記載の光伝送方法。

【請求項 17】

前記第 1 または第 2 の励起光の遮断は、前記励起光源の励起電流を制御することにより、前記励起光源の光出力を遮断して行われることを特徴とする請求項 10 ないし 16 のいずれかに記載の光伝送方法。

【請求項 18】

40

前記第 1 または第 2 の励起光の遮断は、光スイッチにより前記励起光源の光出力が遮断されることにより行われることを特徴とする請求項 10 ないし 16 のいずれかに記載の光伝送方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、特に、ラマン分布増幅技術を用いた光伝送システムおよび光伝送方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

50

光増幅器の発明と市場への投入により、信号対雑音比（S N R）に対する要求は大幅に緩和され、1 0 G b i t / s を超える超高速光伝送システムが実用化されて、全世界的に導入されている。さらに光増幅器の広帯域性を利用して、ある波長帯を一括増幅できる線形中継器が導入され、さらなる低コスト化が図られている。

【0003】

一方、この光増幅器の導入は、自動的に、光ファイバに入力する光パワーの増大を招いた。単一波長では通常最大17 dBm（50 mW）、波長多重の場合は簡単にその整数倍もの光パワーが光ファイバに入力される。レーザ安全基準から見ると、光ファイバシステムは、光がファイバ内に閉じ込められていれば本質的に安全であるが、ひとたびコネクタ着脱やファイバ断などにより、光が漏れてしまう。

10

【0004】

I E C（International Electro technical Commission）では、I E C 6 0 8 2 5－2（Safety of laser products-part2 Safety of optical fiber communication systems）という国際標準勧告を策定し、前述したような観点より、「ハザードレベル：潜在的な露光レベル」を定義し、保守・サービス時の危険性を推定する量として、安全基準を策定している。その中で、コネクタ着脱やファイバ断時に、速やかにパワーを一定量以下に下げる機能A P R（Automatic Power Reduction）が要求機能として記述されている。

【0005】

この要求を受けて、I T U－T（International Telecommunication Union-Telecommunication）では、国際標準勧告G．664（Optical safety procedures and requirements for optical transport systems）を策定した。この勧告では、システムがコネクタ着脱やファイバ断時に自動的かつ速やかに主信号光を遮断するシステムについての手順A L S（Automatic Laser Shutdown）が示されている。I E CおよびI T U-Tのこの2つの勧告により、光増幅器を用いた光伝送システムの安全性は確保されていた。

20

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

一方、さらなる長距離化と低コスト化を目指して、分布増幅システムの研究が盛んに行われ始めている。特に、伝送路（ファイバ）におけるラマン増幅原理を用いて、分布的に増幅する技術が急速に立ち上がってきている。この技術を用いれば、高いコストの電気再生中継器が極端に減る可能性があり、また高い主信号パワーを光ファイバに注入しなくてもよくなるので、主信号に対する非線型光学効果などの好ましくない影響を回避できるというメリットがある。ラマン分布増幅技術は、受信器側から非常に高い励起光（通常主信号光波長より100 nmほど短波長側である）を光ファイバに注入し、伝送路全体がいわば増幅媒体になるところに特徴がある。従来の光増幅器では、励起光（波長1480 nmあるいは980 nm）は増幅器内で終端されており、伝送路に励起光が伝播されることはなかった。

30

【0007】

今のところ、ラマン分布増幅に関するシステムの主信号伝送機能は確認されてはいるが、そのシステムの安全性についての検討はなされていない。従来の光増幅器では、出力が1波長あたり50 mW程度なのに対し、ラマン増幅の励起光は、100倍もの1～2 Wにも達する。このような非常に高い光パワーを有する光ファイバが切断されたり、コネクタが着脱されたりすると、非常に高い光パワーの光が放出されるという問題がある。

40

【0008】

前述したG．664は、主信号のみに関する遮断機能を記述しているので、この機能は、励起光が伝送路を伝播するような分布増幅系には適用できない。さらに、I E C 6 0 8 2 5－2によれば、光ファイバに入力できる最大パワーは、ファイバ断からの光遮断までの時間に依存する。ラマン分布増幅のような数Wものファイバ入力を許容させるには、従来の遮断時間の仕様よりも数段厳しい仕様が求められることになる。G．664に規定されている遮断時間は、およそ800 msから1秒である。

【0009】

50

このように、ラマン分布増幅に関するシステムにおいて、従来技術では、ファイバ断あるいはコネクタ着脱時に、自動的かつ速やかに主信号光を遮断する技術が確立されていないという問題がある。

【0010】

この発明は上述した事情に鑑みてなされたもので、ラマン分布増幅を用いた系においても、ファイバ断あるいはコネクタ着脱時に、自動的かつ速やかに励起光を遮断することができる光伝送システムおよび光伝送方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上述した問題点を解決するために、本発明は、第1の主信号を送信する第1の光送信手段と、該第1の主信号が伝搬される第1の光ファイバと、該第1の光ファイバを伝搬してきた前記第1の主信号を受信する第1の光受信手段とを有し、前記第1の光受信手段側に、第1の励起光を出力する第1の励起光源と、該第1の励起光を前記第1の光ファイバに前記第1の主信号とは逆方向に注入する第1の励起光注入手段とを有する第1の光伝送路と、第2の主信号を送信する第2の光送信手段と、該第2の主信号が伝搬される第2の光ファイバと、該第2の光ファイバを伝搬してきた前記第2の主信号を受信する第2の光受信手段とを有し、前記第2の光受信手段側に、第2の励起光を出力する第2の励起光源と、該第2の励起光を前記第2の光ファイバに前記第2の主信号とは逆方向に注入する第2の励起光注入手段とを有し、前記第1の光伝送路と逆向きに設置された第2の光伝送路とを備える光伝送システムにおいて、前記第1の光受信手段側に、前記第1の光ファイバにおける前記第1の主信号のロスを検出する第1の光信号断検出手段と、前記第1の光信号断検出手段により前記第1の主信号のロスが検出されると、前記第1の励起光源による前記第1の励起光を遮断する第1の励起光遮断手段と、前記第1の光信号断検出手段により前記第1の主信号のロスが検出されると、前記第2の光送信手段による前記第2の主信号を遮断する第1の信号光遮断手段とを具備し、前記第2の光受信手段側に、前記第2の光ファイバにおける前記第2の主信号のロスを検出する第2の光信号断検出手段と、前記第2の光信号断検出手段により前記第2の主信号のロスが検出されると、前記第2の励起光源による前記第2の励起光を遮断する第2の励起光遮断手段と、前記第2の光信号断検出手段により前記第2の主信号のロスが検出されると、前記第1の光送信手段による前記第1の主信号を遮断する第2の信号光遮断手段とを具備することを特徴とする光伝送システムである。

【0012】

また、本発明は、第1の主信号を送信する第1の光送信手段と、該第1の主信号が伝搬される第1の光ファイバと、該第1の光ファイバを伝搬してきた前記第1の主信号を受信する第1の光受信手段とを有し、前記第1の光送信手段側に、第1の励起光を出力する第1の励起光源と、該第1の励起光を前記第1の光ファイバに前記第1の主信号と同一の方向に注入する第1の励起光注入手段とを有する第1の光伝送路と、第2の主信号を送信する第2の光送信手段と、該第2の主信号が伝搬される第2の光ファイバと、該第2の光ファイバを伝搬してきた前記第2の主信号を受信する第2の光受信手段とを有し、前記第2の光送信手段側に、第2の励起光を出力する第2の励起光源と、該第2の励起光を前記第2の光ファイバに前記第2の主信号と同一の方向に注入する第2の励起光注入手段とを有し、前記第1の光伝送路と逆向きに設置された第2の光伝送路とを備える光伝送システムにおいて、前記第1の光受信手段側に、前記第1の光ファイバにおける前記第1の主信号のロスを検出する第1の光信号断検出手段と、前記第1の光信号断検出手段により前記第1の主信号のロスが検出されると、前記第2の励起光源による前記第2の励起光を遮断する第1の励起光遮断手段と、前記第1の光信号断検出手段により前記第1の主信号のロスが検出されると、前記第2の光送信手段による前記第2の主信号を遮断する第1の信号光遮断手段とを具備し、前記第2の光受信手段側に、前記第2の光ファイバにおける前記第2の主信号のロスを検出する第2の光信号断検出手段と、前記第2の光信号断検出手段により前記第2の主信号のロスが検出されると、前記第1の励起光源による前記第1の励起

光を遮断する第2の励起光遮断手段と、前記第2の光信号断検出手段により前記第2の主信号のロスが検出されると、前記第1の光送信手段による前記第1の主信号を遮断する第2の信号光遮断手段とを具備することを特徴とする光伝送システムである。

【0013】

また、本発明は、上記に記載の発明において、前記第1または第2の光信号断検出手段は、前記第1または第2の光受信手段における前記第1または第2の主信号のロスを検出する主信号パワーモニタで構成されることを特徴とする。

【0014】

また、本発明は、第1の主信号を送信する第1の光送信手段と、該第1の主信号が伝搬される第1の光ファイバと、該第1の光ファイバを伝搬してきた前記第1の主信号を受信する第1の光受信手段とを有し、前記第1の光受信手段側に、第1の励起光を出力する第1の励起光源と、該第1の励起光を前記第1の光ファイバに前記第1の主信号とは逆方向に注入する第1の励起光注入手段とを有する第1の光伝送路と、第2の主信号を送信する第2の光送信手段と、該第2の主信号が伝搬される第2の光ファイバと、該第2の光ファイバを伝搬してきた前記第2の主信号を受信する第2の光受信手段とを有し、前記第2の光受信手段側に、第2の励起光を出力する第2の励起光源と、該第2の励起光を前記第2の光ファイバに前記第2の主信号とは逆方向に注入する第2の励起光注入手段とを有し、前記第1の光伝送路と逆向きに設置された第2の光伝送路とを備える光伝送システムにおいて、前記第1の光受信手段側に、前記第1の光ファイバにおける前記第1の励起光のフレネル反射を検出する第1の光信号断検出手段と、前記第1の光信号断検出手段により前記第1の励起光のフレネル反射が検出されると、前記第1の励起光源による前記第1の励起光を遮断する第1の励起光遮断手段と、前記第1の光信号断検出手段により前記第1の励起光のフレネル反射が検出されると、前記第2の光送信手段による前記第2の主信号を遮断する第1の信号光遮断手段とを具備し、前記第2の光受信手段側に、前記第2の光ファイバにおける前記第2の励起光のフレネル反射を検出する第2の光信号断検出手段と、前記第2の光信号断検出手段により前記第2の励起光のフレネル反射が検出されると、前記第2の励起光源による前記第2の励起光を遮断する第2の励起光遮断手段と、前記第2の光信号断検出手段により前記第2の励起光のフレネル反射が検出されると、前記第1の光送信手段による前記第1の主信号を遮断する第1の信号光遮断手段とを具備することを特徴とする光伝送システムである。

【0015】

また、本発明は、上記に記載の発明において、前記第1または第2の光信号断検出手段は、前記第1または第2の光受信手段側の光ファイバ上に配置され、方向性結合器と励起光反射パワーモニタとで構成され、前記第1または第2の光ファイバの断による前記第1または第2の励起光のフレネル反射を検出することを特徴とする。

【0016】

また、本発明は、第1の主信号を送信する第1の光送信手段と、該第1の主信号が伝搬される第1の光ファイバと、該第1の光ファイバを伝搬してきた前記第1の主信号を受信する第1の光受信手段と、前記第1の光ファイバを伝搬してきた第1の励起光を終端する第1の励起光終端手段とを有し、前記第1の光受信手段側に、前記第1の励起光を出力する第1の励起光源と、該第1の励起光を前記第1の光ファイバに前記第1の主信号とは逆方向に注入する第1の励起光注入手段とを有する第1の光伝送路と、第2の主信号を送信する第2の光送信手段と、該第2の主信号が伝搬される第2の光ファイバと、該第2の光ファイバを伝搬してきた前記第2の主信号を受信する第2の光受信手段と、前記第2の光ファイバを伝搬してきた第2の励起光を終端する第2の励起光終端手段とを有し、前記第2の光受信手段側に、前記第2の励起光を出力する第2の励起光源と、該第2の励起光を前記第2の光ファイバに前記第2の主信号とは逆方向に注入する第2の励起光注入手段とを有し、前記第1の光伝送路と逆向きに設置された第2の光伝送路とを備える光伝送システムにおいて、前記第1の光送信手段側に、前記第1の励起光注入手段により注入された前記第1の励起光のロスを検出する第1の光信号断検出手段と、前記第1の光信号断検出

10

20

30

40

50

手段により前記第1の励起光のロスが検出されると、前記第2の励起光源による前記第2の励起光を遮断する第1の励起光遮断手段と、前記第1の光信号断検出手段により前記第1の励起光のロスが検出されると、前記第1の光送信手段による前記第1の主信号を遮断する第1の信号光遮断手段とを具備し、前記第2の光送信手段側に、前記第2の励起光注入手段により注入された前記第2の励起光のロスを検出する第2の光信号断検出手段と、前記第2の光信号断検出手段により前記第2の励起光のロスが検出されると、前記第1の励起光源による前記第1の励起光を遮断する第2の励起光遮断手段と、前記第2の光信号断検出手段により前記第2の励起光のロスが検出されると、前記第2の光送信手段による前記第2の主信号を遮断する第2の信号光遮断手段とを具備することを特徴とする光伝送システムである。

10

【0017】

また、本発明は、上記に記載の発明において、前記第1または第2の励起光終端手段は、前記第1のまたは第2の光送信手段側の光ファイバ上に配置され、サーキュレータで構成され、前記第1または第2の光信号断検出手段は、前記第1または第2の励起光終端手段から出力される励起光のロスを検出する励起光パワーモニタで構成されることを特徴とする。

【0018】

また、本発明は、上記に記載の発明において、前記励起光遮断手段は、前記励起光源の励起電流を制御することにより、前記励起光源の光出力を遮断することを特徴とする。

【0019】

また、本発明は、上記に記載の発明において、前記励起光遮断手段は、光スイッチにより前記励起光源の光出力を遮断することを特徴とする。

20

【0020】

また、本発明は、第1の主信号を送信する第1の光送信手段と、該第1の主信号が伝搬される第1の光ファイバと、該第1の光ファイバを伝搬してきた前記第1の主信号を受信する第1の光受信手段とを有し、前記第1の光受信手段側に、第1の励起光を出力する第1の励起光源と、該第1の励起光を前記第1の光ファイバに前記第1の主信号とは逆方向に注入する第1の励起光注入手段とを有する第1の光伝送路と、第2の主信号を送信する第2の光送信手段と、該第2の主信号が伝搬される第2の光ファイバと、該第2の光ファイバを伝搬してきた前記第2の主信号を受信する第2の光受信手段とを有し、前記第2の光受信手段側に、第2の励起光を出力する第2の励起光源と、該第2の励起光を前記第2の光ファイバに前記第2の主信号とは逆方向に注入する第2の励起光注入手段とを有し、前記第1の光伝送路と逆向きに設置された第2の光伝送路とを備える光伝送システムにおける光伝送方法において、前記第1の光受信手段側にて、前記第1の光ファイバにおける前記第1の主信号のロスを検出するステップと、前記第1の主信号のロスを検出すると、前記第1の励起光源による前記第1の励起光を遮断するステップと、前記第1の主信号のロスを検出すると、前記第2の光送信手段による前記第2の主信号を遮断するステップと、前記第2の光受信手段側にて、前記第2の光ファイバにおける前記第2の主信号のロスを検出するステップと、前記第2の主信号のロスを検出すると、前記第2の励起光源による前記第2の励起光を遮断するステップと、前記第2の主信号のロスを検出すると、前記第1の光送信手段による前記第1の主信号を遮断するステップと、を含むことを特徴とする光伝送方法である。

30

40

【0021】

また、本発明は、第1の主信号を送信する第1の光送信手段と、該第1の主信号が伝搬される第1の光ファイバと、該第1の光ファイバを伝搬してきた前記第1の主信号を受信する第1の光受信手段とを有し、前記第1の光送信手段側に、第1の励起光を出力する第1の励起光源と、該第1の励起光を前記第1の光ファイバに前記第1の主信号と同一の方向に注入する第1の励起光注入手段とを有する第1の光伝送路と、第2の主信号を送信する第2の光送信手段と、該第2の主信号が伝搬される第2の光ファイバと、該第2の光ファイバを伝搬してきた前記第2の主信号を受信する第2の光受信手段とを有し、前記第2

50

の光送信手段側に、第2の励起光を出力する第2の励起光源と、該第2の励起光を前記第2の光ファイバに前記第2の主信号と同一の方向に注入する第2の励起光注入手段とを有し、前記第1の光伝送路と逆向きに設置された第2の光伝送路とを備える光伝送システムにおける光伝送方法において、前記第1の光受信手段側にて、前記第1の光ファイバにおける前記第1の主信号のロスを検出するステップと、前記第1の主信号のロスを検出すると、前記第2の励起光源による前記第2の励起光を遮断するステップと、前記第1の主信号のロスを検出すると、前記第2の光送信手段による前記第2の主信号を遮断するステップと、前記第2の光受信手段側にて、前記第2の光ファイバにおける前記第2の主信号のロスを検出するステップと、前記第2の主信号のロスを検出すると、前記第1の励起光源による前記第1の励起光を遮断するステップと、前記第2の主信号のロスを検出すると、前記第1の光送信手段による前記第1の主信号を遮断するステップと、を含むことを特徴とする光伝送方法である。

10

【0022】

また、本発明は、上記に記載の発明において、前記第1または第2の主信号のロスの検出は、前記第1または第2の光受信手段に具備される主信号パワーモニタにより行われることを特徴とする。

【0023】

また、本発明は、第1の主信号を送信する第1の光送信手段と、該第1の主信号が伝搬される第1の光ファイバと、該第1の光ファイバを伝搬してきた前記第1の主信号を受信する第1の光受信手段とを有し、前記第1の光受信手段側に、第1の励起光を出力する第1の励起光源と、該第1の励起光を前記第1の光ファイバに前記第1の主信号とは逆方向に注入する第1の励起光注入手段とを有する第1の光伝送路と、第2の主信号を送信する第2の光送信手段と、該第2の主信号が伝搬される第2の光ファイバと、該第2の光ファイバを伝搬してきた前記第2の主信号を受信する第2の光受信手段とを有し、前記第2の光受信手段側に、第2の励起光を出力する第2の励起光源と、該第2の励起光を前記第2の光ファイバに前記第2の主信号とは逆方向に注入する第2の励起光注入手段とを有し、前記第1の光伝送路と逆向きに設置された第2の光伝送路とを備える光伝送システムにおける光伝送方法において、前記第1の光受信手段側にて、前記第1の光ファイバにおける前記第1の励起光のフレネル反射を検出するステップと、前記第1の励起光のフレネル反射を検出すると、前記第1の励起光源による前記第1の励起光を遮断するステップと、前記第1の励起光のフレネル反射を検出すると、前記第2の光送信手段による前記第2の主信号を遮断するステップと、前記第2の光受信手段側にて、前記第2の光ファイバにおける前記第2の励起光のフレネル反射を検出するステップと、前記第2の励起光のフレネル反射を検出すると、前記第2の励起光源による前記第2の励起光を遮断するステップと、前記第2の励起光のフレネル反射を検出すると、前記第1の光送信手段による前記第1の主信号を遮断するステップと、を含むことを特徴とする光伝送方法である。

20

30

【0024】

また、本発明は、上記に記載の発明において、前記第1または第2の励起光のフレネル反射は、前記第1または第2の光受信手段側の光ファイバ上に配置される方向性結合器と励起光反射パワーモニタとにより、前記第1または第2の光ファイバの断に基づいて検出されることを特徴とする。

40

【0025】

また、本発明は、第1の主信号を送信する第1の光送信手段と、該第1の主信号が伝搬される第1の光ファイバと、該第1の光ファイバを伝搬してきた前記第1の主信号を受信する第1の光受信手段と、前記第1の光ファイバを伝搬してきた前記第1の励起光を終端する第1の励起光終端手段とを有し、前記第1の光受信手段側に、第1の励起光を出力する第1の励起光源と、該第1の励起光を前記第1の光ファイバに前記第1の主信号とは逆方向に注入する第1の励起光注入手段とを有する第1の光伝送路と、第2の主信号を送信する第2の光送信手段と、該第2の主信号が伝搬される第2の光ファイバと、該第2の光ファイバを伝搬してきた前記第2の主信号を受信する第2の光受信手段と、前記第2の光

50

ファイバを伝搬してきた第2の励起光を終端する第2の励起光終端手段とを有し、前記第2の光受信手段側に、前記第2の励起光を出力する第2の励起光源と、該第2の励起光を前記第2の光ファイバに前記第2の主信号とは逆方向に注入する第2の励起光注入手段とを有し、前記第1の光伝送路と逆向きに設置された第2の光伝送路とを備える光伝送システムにおける光伝送方法において、前記第1の光送信手段側にて、前記第1の励起光注入手段により注入された前記第1の励起光のロスを検出するステップと、前記第1の励起光のロスを検出すると、前記第2の励起光源による前記第2の励起光を遮断するステップと、前記第1の励起光のロスを検出すると、前記第1の光送信手段による前記第1の主信号を遮断するステップと、前記第2の光送信手段側にて、前記第2の励起光注入手段により注入された前記第2の励起光のロスを検出するステップと、前記第2の励起光のロスを検出すると、前記第1の励起光源による前記第1の励起光を遮断するステップと、前記第2の励起光のロスを検出すると、前記第2の光送信手段による前記第2の主信号を遮断するステップと、を含むことを特徴とする光伝送方法である。

10

【0026】

また、本発明は、上記に記載の発明において、前記第1または第2の励起光終端手段は、前記第1のまたは第2の光送信手段側の光ファイバ上に配置され、サーキュレータで構成され、前記第1または第2の励起光のロスの検出は、前記第1または第2の励起光終端手段から出力される励起光のロスを検出する励起光パワーモニタにより行われることを特徴とする。

【0027】

また、本発明は、上記に記載の発明において、前記第1または第2の励起光の遮断は、前記励起光源の励起電流を制御することにより、前記励起光源の光出力を遮断して行われることを特徴とする。

20

【0028】

また、本発明は、上記に記載の発明において、前記第1または第2の励起光の遮断は、光スイッチにより前記励起光源の光出力が遮断されることにより行われることを特徴とする。

【0029】

この発明では、光信号断検出手段により、光ファイバにおける光信号ロスを検出されると、励起光遮断手段により、励起光源による励起光を遮断する。したがって、ラマン分布増幅を用いた系においても、ファイバ断あるいはコネクタ着脱時に、自動的かつ速やかに励起光を遮断することが可能となる。

30

【0030】

【発明の実施の形態】

以下、図面を用いて本発明の実施の形態を説明する。

A. 第1実施形態

図1は、本発明の第1実施形態による光伝送システムの構成を示すブロック図である。図1において、左側から送信して右側で受信する光伝送システム1と、右側から送信して左側で受信する光伝送システム2の双方が示されている。しかしながら、第1実施形態に限れば、上下いずれか片方向の光伝送システムだけでもよい。なお、本第1実施形態では、励起光源が受信側に配置される、いわゆるBackward励起方法についてのみ示すが、送信側に励起光源があるForward励起方法でも、あるいは両方具備されていてもよい。これらの場合には、両方向のシステムが必要となる。具体的な遮断機構については第2実施形態に示す。

40

【0031】

光伝送システム1は、光送信器（ここでは光増幅器あるいは中継器の送信部でもよい）1-1と励起光終端部（第1実施形態に限ればなくともよい）1-2、光ファイバ1-3、励起光注入部（光カップラなどでもよい）1-4、励起光源1-5、光受信器（ここでは光増幅器あるいは中継器の受信部でもよい）1-6、光信号断検出部1-7、励起光遮断部1-8から構成されている。

50

【0032】

同様に、光伝送システム2は、光送信器（ここでは光増幅器あるいは中継器の送信部でもよい）2-1と励起光終端部（第1実施形態に限ればなくともよい）2-2、光ファイバ2-3、励起光注入部（光カップラなどでもよい）2-4、励起光源2-5、光受信器（ここでは光増幅器あるいは中継器の受信部でもよい）2-6、光信号断検出部2-7、励起光遮断部2-8から構成されている。

【0033】

第1実施形態では、光信号断検出部1-7（2-7）は、主信号のパワーモニタで構成される。通常、LOS（Loss of Signal）という警報を発出するために、ほぼ全ての装置では、主信号パワーモニタを有している。第1実施形態は、主信号パワー断の検出時に、励起光遮断部1-8（2-8）により受信器内にある励起光源1-5（2-5）を遮断するというものである。因みに、励起光遮断部1-8（2-8）は、励起電流を制御することにより、励起光源1-5（2-5）の光出力を遮断するか、光スイッチにより励起光源の光出力を遮断するようになっている。

10

【0034】

図2は、本第1実施形態による光ファイバ断時の遮断プロセスを示す概念図である。ここでは、光伝送システム1についてのみ説明するが、光伝送システム2についても同様である。光ファイバ断が起きると（Sa1）、大パワーの励起光が空中に放出されることになる。このような状態では、主信号は、受信器まで到達できず、光受信器1-6と光信号断検出部1-7とが主信号LOSを検出する（Sa2）。このとき、直ちに、励起光遮断部1-8により、装置内にある励起光源1-5を遮断する（Sa3）。

20

【0035】

従来技術による主信号光遮断方法（G. 664）は、1）ファイバ断、2）LOS検出、3）対向する逆向きの主信号光遮断、4）逆向きのLOS検出、5）該当する主信号光遮断、というプロセスをとっていた。本第1実施形態では、G. 664のものよりも、およそ半分程度のプロセスで遮断可能であり、遮断時間も半分程度（数100ms程度）にすることが可能である。

【0036】

B. 第2実施形態

次に、本発明の第2実施形態について説明する。図3は、第2実施形態による光ファイバ断時のプロセスを示す概念図である。なお、図1に対応する部分には同一の符号を付けて説明を省略する。図3において、信号光遮断部1-9は、光信号断検出部1-7によるLOS検出により、光送信器2-1からの主信号を遮断する。また、信号光遮断部2-9は、光信号断検出部2-7によるLOS検出により、光送信器1-1からの主信号を遮断する。

30

【0037】

本第2実施形態の特徴は、励起光源とともに、主信号光をも遮断するところにある。図3において、光ファイバ1-3が断となると（Sb1）、励起光および主信号光も空中に放出されることになる。通常、ラマン分布増幅だけではなく、従来の光増幅器をも併用したハイブリッド構成になる場合が多いと考えられる。この場合、主信号光だけでも50mWから波長数倍の数100mW程度のパワーが放出されることになる。ファイバ断の状態でも、光受信器1-6および光信号断検出部1-7が主信号のLOSを検出する（Sb2）。次に、励起光遮断部1-8により、励起光源1-5を遮断し、速やかに励起光を遮断する（Sb3）。ここで断となった光ファイバ1-3からの励起光の漏れはなくなる。

40

【0038】

同時に、信号光遮断部1-9により、光送信器2-1を遮断し、反対向きの主信号光をも遮断する（Sb4）。ここで主信号が光受信器2-6まで到達しなくなり、反対向き下側の左側にある光受信器2-6および光信号断検出部2-7がLOSを検出する（Sb5）。このLOSを受けて、励起光遮断部2-8により、反対向きの励起光源2-5を遮断する（Sb6）。この状態では、下側の光ファイバ2-3は、断ではないのだが、主信号・

50

励起光ともに遮断される。

【0039】

同時に、光信号断検出部2-7のLOS検出に基づき、信号光遮断部2-9により、上光送信器1-1を遮断し、段・左側の主信号光を遮断する(Sb7)。この最後のプロセスをもって、断となった光ファイバ1-3からの励起光、主信号光の放出を止めることができる。主信号光遮断に比較して、励起光遮断時間がほぼ半分となる。主信号光パワー数100mWと比較して励起光パワーは数Wであり、本第2実施形態は、パワーと遮断時間に対するIECの要求条件に合致する。

【0040】

以上は、励起光源が受信側に配置される、いわゆるBackward励起方法についての説明であるが、前述した通り、送信側に配置されるForward励起方法でも、あるいは両方具備されていてもよい。両方具備されている場合について簡単に説明する。図3に示す光送信器1-1と励起光終端部1-2との間に、励起光注入部が必要で、さらに、この励起光注入部に接続される励起光源が必要である。励起光源は、信号光遮断部2-9によるシャットダウン(Sb7)に従って遮断される構成となる。すなわち、主信号と同時に送信側に配置された励起光源をも遮断する。同様に、光送信器2-1と励起光終端部2-2との間に、励起光注入部が必要で、さらに、この励起光注入部に接続される励起光源が必要である。励起光源は、信号光遮断部1-9によるシャットダウン(Sb4)に従って遮断される構成となる。すなわち、主信号と同時に送信側にある励起光源をも遮断する。

【0041】

C. 第3実施形態

次に、本発明の第3実施形態について説明する。図4は、本第3実施形態による光伝送システムの構成を示すブロック図である。本第4実施形態で特徴的なのは、光信号断検出部3-7、4-7が、送信器側に配備される励起光のパワーモニタを行ない、励起光LOSを検出し、励起光遮断部3-8、4-8が、光信号断検出部3-7、4-8による励起光LOSの検出に従って、励起光源1-5、2-5を遮断する点である。因みに、励起光遮断部1-8(2-8)は、前述した第1実施形態と同様に、励起電流を制御することにより、励起光源1-5(2-5)の光出力を遮断するか、光スイッチにより励起光源の光出力を遮断するようになっている。

【0042】

ここで、図5は、本第3実施形態による光信号断検出部の具体的な構成例を示すブロック図である。励起光終端部1-2(2-2)は、サーキュレータで実現される。光信号断検出部3-7(4-7)は、バンドパスフィルタ5と励起光パワーモニタ6とから構成されている。ラマン分布増幅系では、自然放出光ASE(Amplified Spontaneous Emission)が反対側にRayleigh散乱され、さらにこの散乱光がラマン増幅されるというDRS(Double Rayleigh Scattering)という効果が、受信SNを劣化させることが知られている(P. B. Hansen et al., "Rayleigh Scattering limitations in distributed Raman pre-amplifiers", IEEE Photon. Technol., Lett., Vol.10, No.1, 1998)。

【0043】

この効果は、多重反射散乱効果を伴うと、よりシステム性能が劣化するので、通常は励起光終端により反射を抑えることが行われている。アイソレータなどを用いる構成が一般的だが、本発明ではサーキュレータを用いて、励起光パワーモニタへの応用を可能とする。本第3実施形態では、光信号断検出時には、反対向きの光伝送システムの励起光源を遮断する。

【0044】

図6は、本第3実施形態による光ファイバ断のプロセスを示す概念図である。光ファイバ1-3が断になると(Sc1)、励起光が送信器側にある終端手段にまで届かなくなる。したがって、光信号断検出部3-7により、励起光LOSを検出する(Sc2)。このとき、励起光遮断部3-8により、励起光源2-5を遮断し、下側に描かれている反対向き

10

20

30

40

50

の励起光を遮断する（Sc3）。下側の光ファイバ2-3は断ではないのだが、励起光が遮断されたので、下側・右側にある送信器側の光信号断検出部4-7が、励起光LOSを検出する（Sc4）。そこで、励起光遮断部4-8により、速やかに反対の上側のシステムの励起光源1-5を遮断する（Sc5）。このプロセスによって、光ファイバ断による励起光の空中放出が回避できる。

【0045】

D. 第4実施形態

次に、本発明の第4実施形態について説明する。図7は、本第4実施形態による光伝送システムの構成例および光ファイバ断のプロセスを示すブロック図である。なお、図4に対応する部分には同一の符号を付けて説明を省略する。図において、光信号断検出部5-7、6-7は、送信器側に配備される励起光のパワーモニタを行ない、励起光LOSを検出する。信号光遮断部5-9、6-9は、上記光信号断検出部5-7、6-7による励起光LOSの検出に従って、光送信器1-1、2-1を遮断する。また、励起光遮断部3-8、4-8は、第3実施形態と同様に、光信号断検出部3-7、4-8による励起光LOSの検出に従って、励起光源1-5、2-5を遮断する。

【0046】

図において、光ファイバ1-3が断になると（Sd1）、励起光が送信器側にある終端手段にまで届かなくなる。したがって、光信号断検出部5-7により励起光LOSを検出する（Sd2）。このとき、励起光遮断部3-8により、励起光源2-5を遮断し、下側に描かれている反対向きの励起光を遮断する（Sd3）。同時に、信号光遮断部5-9により、光送信器1-1を遮断し、直近の主信号光をも遮断する（Sd3'）。

【0047】

励起光遮断により、下側の光ファイバ2-3は断ではないのだが、下側・右側にある送信器側の光信号断検出部6-7が、励起光LOSを検出する（Sd4）。そこで、励起光遮断部4-8により、速やかに反対の上側のシステムの励起光源1-5を遮断する（Sd5）。さらに、同時に、信号光遮断部6-9により、光送信器2-1を遮断し、直近の主信号光をも遮断する。このプロセスによって、光ファイバ断による励起光および主信号光の空中放出が回避できる。

【0048】

E. 第5実施形態

次に、本発明の第5実施形態について説明する。図8は、本第5実施形態の光伝送システムの一部の構成を示すブロック図である。本第5実施形態では、光伝送システムの構成は、前述した第1もしくは第2実施形態と同様に、受信器側に光信号断検出部1-7（もしくは2-7）を配置している。但し、光信号断検出部1-7（2-7）が、光受信器1-6（2-6）および励起光注入部1-8（2-8）よりも伝送路側（光ファイバ側）に配置されているところが異なる。該光信号断検出部1-7（2-7）は、方向性結合器（あるいは光カプラ）8、バンドパスフィルタ9および励起光パワーモニタ10から構成されている。

【0049】

光ファイバ断あるいはコネクタ着脱が起きると、励起光が空中に放出されてしまう。特に、コネクタ着脱時には、光ファイバ1-3のコネクタ端面において励起光がフレネル反射を起こし、送信している励起光より約14dB減衰した光パワーが受信器側に戻ってくる。

【0050】

通常運用時には、光ファイバ1-3の反射減衰量は27dBほどであるので、このフレネル反射光をモニタすれば、コネクタ着脱あるいはファイバ断をモニタ可能である。ゆえに、フレネル反射検出時に速やかに励起光が遮断され、安全な運用が可能となる。主信号光をも同時に遮断する方法・構成については図3と同様である。

【0051】

上述した第1ないし第5実施形態によれば、ラマン分布増幅を用いた系においても、フ

10

20

30

40

50

イバ断あるいはコネクタ着脱時に、自動的に励起光を遮断することができ、かつ遮断時間を従来の半分以下（数100ms程度）にすることができる。

【0052】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、光信号断検出手段により、光ファイバにおける光信号ロスを検出されると、励起光遮断手段により、励起光源による励起光を遮断するようにしたので、ラマン分布増幅を用いた系においても、ファイバ断あるいはコネクタ着脱時に、自動的にかつ速やかに励起光を遮断することができるという利点が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態による光伝送システムの構成を示すブロック図である。 10

【図2】 本第1実施形態による光ファイバ断時の遮断プロセスを示す概念図である。

【図3】 第2実施形態による光ファイバ断時のプロセスを示す概念図である。

【図4】 本第3実施形態による光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図5】 本第3実施形態による光信号断検出部の具体的な構成例を示すブロック図である。

【図6】 本第3実施形態による光ファイバ断のプロセスを示す概念図である。

【図7】 本第4実施形態による光伝送システムの構成例および光ファイバ断のプロセスを示すブロック図である。

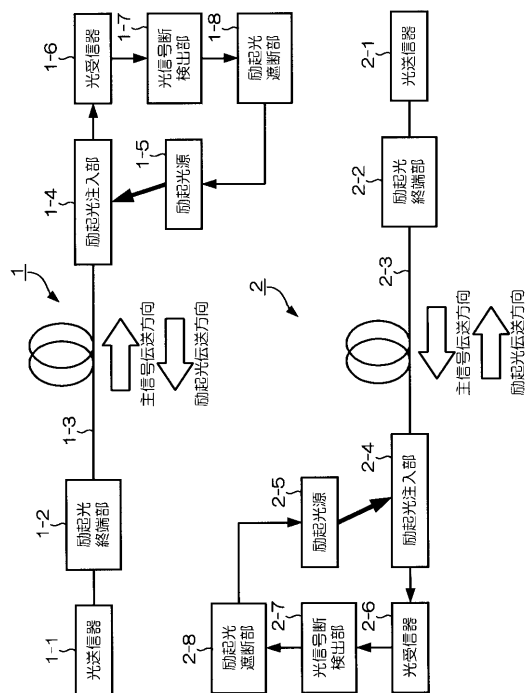
【図8】 本第5実施形態の光伝送システムの一部の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】 20

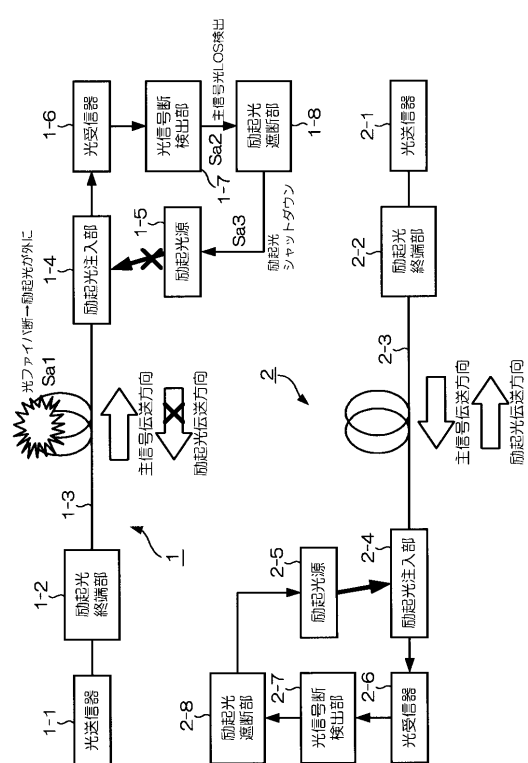
- 1 光伝送システム
- 1-1 光送信器（光送信手段）
- 1-2 励起光終端部
- 1-3 光ファイバ
- 1-4 励起光注入部（励起光注入手段）
- 1-5 励起光源
- 1-6 光受信器（光受信手段）
- 1-7 光信号断検出部（光信号断検出手段）
- 1-8 励起光遮断部（励起光遮断手段）
- 1-9 信号光遮断部（信号光遮断手段） 30
- 2 光伝送システム（他方の光伝送路）
- 2-1 光送信器（光送信手段）
- 2-2 励起光終端部
- 2-3 光ファイバ
- 2-4 励起光注入部（励起光注入手段）
- 2-5 励起光源
- 2-6 光受信器（光受信手段）
- 2-7 光信号断検出部（光信号断検出手段）
- 2-8 励起光遮断部（励起光遮断手段）
- 2-9 信号光遮断部（信号光遮断手段） 40
- 3-7 光信号断検出部（光信号断検出手段）
- 3-8 励起光遮断部（励起光遮断手段）
- 4-7 光信号断検出部（光信号断検出手段）
- 4-8 励起光遮断部（励起光遮断手段）
- 6 励起光パワーモニタ
- 5-7 光信号断検出部（光信号断検出手段）
- 5-9 信号光遮断部（信号光遮断手段）
- 6-7 光信号断検出部（光信号断検出手段）
- 6-9 信号光遮断部（信号光遮断手段）
- 8 方向性結合器 50

10 励起光パワーモニタ

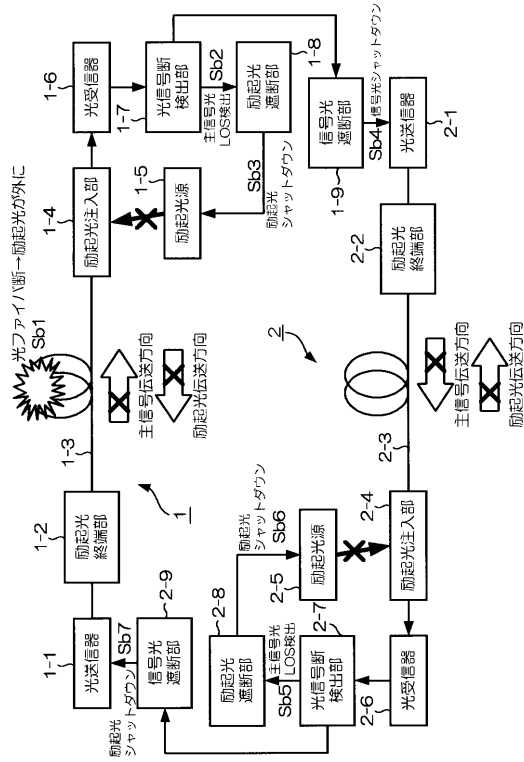
【図 1】



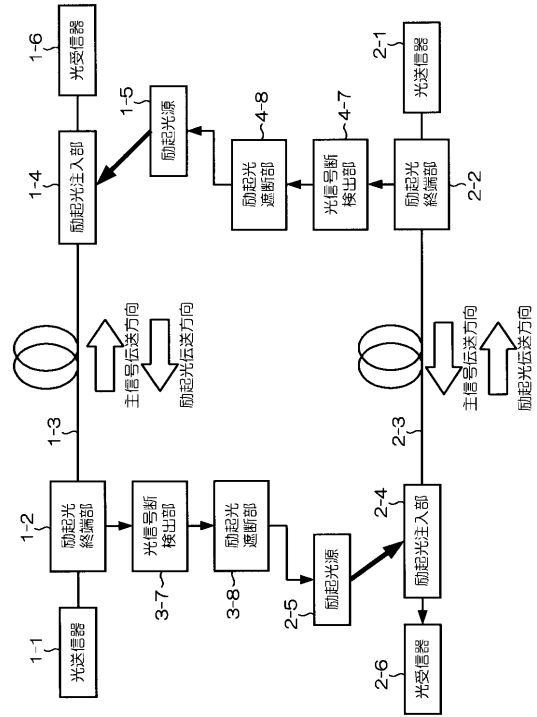
【図 2】



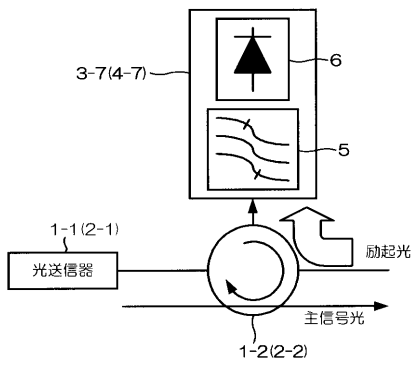
【図 3】



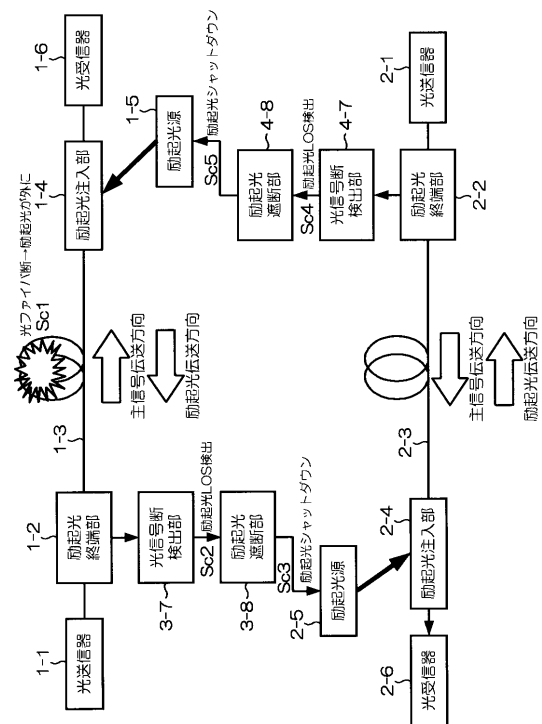
【図 4】



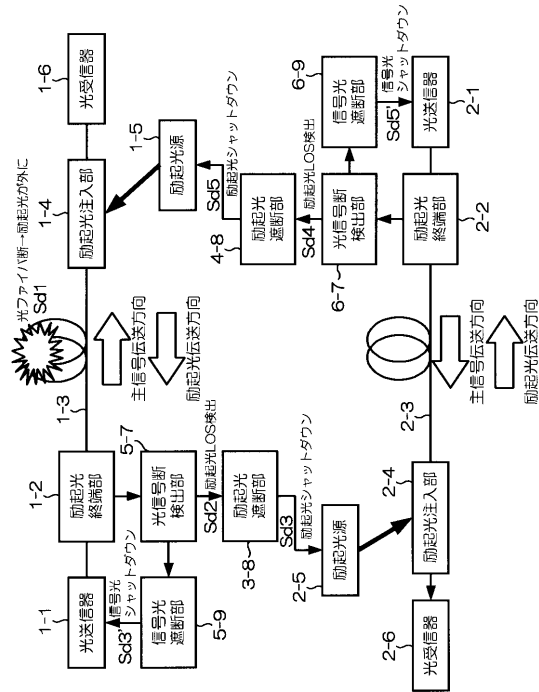
【図 5】



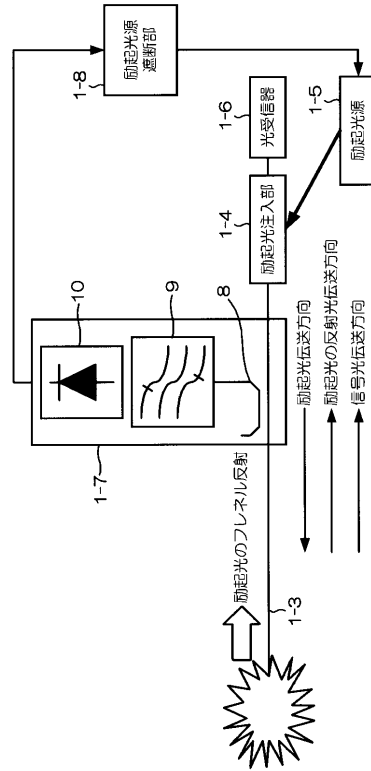
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 宮本 裕
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 望月 章俊

(56)参考文献 特開平08-256118 (JP, A)
特開2002-182253 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04B10/00-10/28
H04J14/00-14/08