

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-50758

(P2010-50758A)

(43) 公開日 平成22年3月4日(2010.3.4)

(51) Int. Cl.		F I			テーマコード (参考)	
H O 4 B	10/02	(2006.01)	H O 4 B	9/00	M	2 H O 7 9
H O 4 B	10/18	(2006.01)	H O 4 B	9/00	E	5 K 1 0 2
H O 4 J	14/00	(2006.01)	H O 4 B	9/00	L	
H O 4 J	14/02	(2006.01)	G O 2 F	1/035		
H O 4 B	10/04	(2006.01)				

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2008-213422 (P2008-213422)	(71) 出願人	000004226
(22) 出願日	平成20年8月22日 (2008.8.22)		日本電信電話株式会社
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号
		(74) 代理人	100078499
			弁理士 光石 俊郎
		(74) 代理人	100102945
			弁理士 田中 康幸
		(74) 代理人	100120673
			弁理士 松元 洋
		(72) 発明者	坂本 泰志
			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	山本 貴司
			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

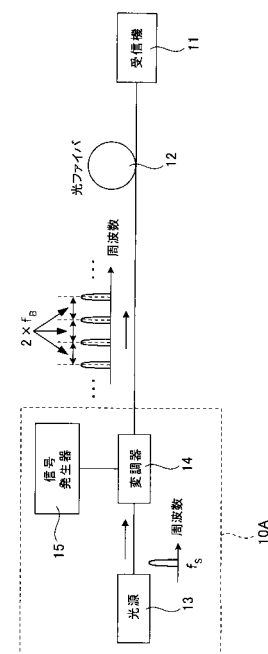
(54) 【発明の名称】 多波長光発生装置及び多波長光伝送システム

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバに入射する光の周波数制御が容易であり、安定的にSBSを抑圧することができる多波長光発生装置及び多波長光伝送システムを提供する。

【解決手段】 多波長光を発生する多波長光発生装置10Aと、多波長光発生装置10Aと多波長光発生装置10Aが発生した多波長光を受信する受信機11とを結ぶ光ファイバ12とを有する多波長光伝送システムにおいて、多波長光発生装置10Aは、単一周波数の光を発振するCW光源13と、CW光源13から発振した光を変調する変調器14と、光ファイバ12のブリルアン周波数シフト量の2倍の周波数を持つ電気信号を発生させて、変調器14に印加する信号発生器15とを有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

多波長光を発生する多波長光発生装置において、
単一周波数の光を発振する CW 光源と、
前記 CW 光源から発振した光を変調する変調器と、
当該多波長光発生装置の伝送対象となる光ファイバのブリルアン周波数シフト量の 2 倍の周波数を持つ電気信号を発生させて、前記変調器に印加する信号発生器とを有することを特徴とする多波長光発生装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の多波長光発生装置において、
前記変調器を、前記 CW 光源から発振した光の強度を変調するマッハツェンダ型強度変調器と、前記マッハツェンダ型強度変調器で変調した光の位相を変調する位相変調器とし、
前記信号発生器を、前記光ファイバのブリルアン周波数シフト量の 2 倍の周波数を持つ正弦波電気信号を発生させて、前記マッハツェンダ型強度変調器及び前記位相変調器に印加する正弦波発生器としたことを特徴とする多波長光発生装置。

【請求項 3】

多波長光を発生する多波長光発生装置において、
複数の線スペクトルからなる光を発振するモード同期レーザと、
当該多波長光発生装置の伝送対象となる光ファイバのブリルアン周波数シフト量の 2 倍の周波数を持つ電気信号を発生させて、前記モード同期レーザ内の変調器に印加する信号発生器とを有することを特徴とする多波長光発生装置。

【請求項 4】

多波長光を発生する多波長光発生装置と、
前記多波長光発生装置と前記多波長光発生装置が発生した多波長光を受信する受信機とを結ぶ光ファイバとを有する多波長光伝送システムにおいて、
前記多波長光発生装置は、
単一周波数の光を発振する CW 光源と、
前記 CW 光源から発振した光を変調する変調器と、
前記光ファイバのブリルアン周波数シフト量の 2 倍の周波数を持つ電気信号を発生させて、前記変調器に印加する信号発生器とを有することを特徴とする多波長光伝送システム。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の多波長光伝送システムにおいて、
前記変調器を、前記 CW 光源から発振した光の強度を変調するマッハツェンダ型強度変調器と、前記マッハツェンダ型強度変調器で変調した光の位相を変調する位相変調器とし、
前記信号発生器を、前記光ファイバのブリルアン周波数シフト量の 2 倍の周波数を持つ正弦波電気信号を発生させて、前記マッハツェンダ型強度変調器及び前記位相変調器に印加する正弦波発生器としたことを特徴とする多波長光伝送システム。

【請求項 6】

多波長光を発生する多波長光発生装置と、
前記多波長光発生装置と前記多波長光発生装置が発生した多波長光を受信する受信機とを結ぶ光ファイバとを有する多波長光伝送システムにおいて、
前記多波長光発生装置は、
複数の線スペクトルからなる光を発振するモード同期レーザと、
前記光ファイバのブリルアン周波数シフト量の 2 倍の周波数を持つ電気信号を発生させて、前記モード同期レーザ内の変調器に印加する信号発生器とを有することを特徴とする多波長光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光伝送システムにおける多波長光発生装置及び多波長光伝送システムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、光ファイバ通信において、大容量・長距離化が進んでいる。伝送容量については、波長多重（Wavelength Division Multiplexing：WDM）技術の発展に伴い、急速に増加している。研究レベルでは、1心の光ファイバへ多重される光は数千波にまで達している。しかしながら、必要となる光源の数も膨大なものとなっている。そこで、一台の光源から複数の波長の光を発生させる多波長光発生装置の検討が進められている。

10

【0003】

一方で光ファイバは低損失という特徴を有しており、これを用いた、長距離光ファイバ通信が実現されている。又、エルビウム添加光ファイバ増幅器（EDFA；Erbium Doped Fiber Amplifier）等の光増幅器の登場によって、更なる長距離化が実現されている。海底通信等の長距離通信システムでは、光増幅器を伝送路に複数配置し、伝送に伴う光損失を補っているが、伝送システムのコスト削減の観点からも、EDFAによる光増幅の中継間隔は、できる限り広げる必要がある。光ファイバへ入射する信号光のパワーを増加させることにより、更なる長距離化が可能であるが、光ファイバ中で発生する非線形現象の一つである誘導ブリルアン散乱（SBS；Stimulated Brillouin Scattering）により、入射光強度が制限される。

20

【0004】

以上のことから、更なる大容量化、長距離化を進めるにあたり、前述の多波長光発生装置を用いたWDM伝送においても、SBSによる入射光強度の制限が発生するため、SBSを抑圧する必要がある。SBSとは、入射光と音響フォノンとの相互作用によって生じる散乱現象であり、光を光ファイバに入射すると、入射光と反対の伝播方向に、ブリルアンシフト周波数 f_B と呼ばれる周波数だけ低い周波数を持つストークス光を発生する。

【0005】

これは、周波数が f_s である光を光ファイバへ入射した場合、図10に示すような、 $(f_s - f_B)$ を中心としたゲインが発生するためである。又、周波数 $(f_s + f_B)$ にはロスが生じ、そのロスのスペクトル特性は、ゲイン特性の正負反転の特性である。

30

【0006】

入射光強度がSBS閾値と呼ばれる値よりも大きくなると、強いストークス光が発生し、入射光にデプレッションと呼ばれる飽和現象が発生する。これは、光ファイバへの入射光強度の増加に対して、光ファイバの出力端で観測される透過光の強度が、ある一定の値で飽和する現象であり、発生した周波数 $(f_s - f_B)$ のストークス光が周波数 f_s にロスを発生させ、入射光にロスを与えるためである。又、SBSが発生することにより、伝送品質が劣化するため、入射光強度をSBS閾値以下の値としなければならない。

【0007】

そこで、ブリルアンシフト周波数が、光ファイバに添加されるフッ素や二酸化ゲルマニウムなどの添加量や、光ファイバの温度、光ファイバに加わる張力によって変化することを利用し、光ファイバの長手方向に添加するフッ素・二酸化ゲルマニウムの量を変化させたり、光ファイバの温度・光ファイバに加わる張力を変化させたりすることでブリルアンゲインスペクトルを広げ、SBSを抑圧する技術が提案されている。

40

【0008】

しかしながら、これらの技術では、特殊なSBS抑圧用光ファイバや張力を付加した光ファイバケーブルを新たに敷設し、光ファイバ伝送路を変更する必要がある、既に敷設されている光ファイバを用いた伝送システムに適応できず、経済的ではない。

【0009】

そこで、SBSを抑圧したい光に対し、光ファイバのブリルアン周波数シフト量の2倍

50

だけ小さい周波数を持つ光を発する光源を用意し、ＳＢＳを抑圧したい光と合波して光ファイバに入射することで、ストークス光の発生を抑圧する技術が提案されている。

【００１０】

ＳＢＳ抑圧の構成と原理を、図１１、図１２を用いて説明する。ＳＢＳ閾値以上の強度を有する光（周波数を f_s とする）を光ファイバに入射すると、図１１（ａ）に示すとおり、ＳＢＳにより（ $f_s - f_B$ ）の周波数を持つストークス光が発生するため、入射光にデプレッションが発生し、透過光の強度は制限される。

【００１１】

ここで、周波数 f_s の光をＳＢＳ抑圧対象光とすると、ＳＢＳ抑圧対象光と、周波数が（ $f_s - 2 \times f_B$ ）のＳＢＳ抑圧光とを合波して光ファイバに入射することで、図１１（ｂ）に示すとおり、ＳＢＳ抑圧光のＳＢＳによって周波数（ $f_s - f_B$ ）に発生するロスと、ＳＢＳ抑圧対象光のＳＢＳによるゲインと打ち消しあい、ＳＢＳ抑圧対象光のストークス光の発生を抑圧し、ＳＢＳの発生を抑圧することができる。

10

【００１２】

ＳＢＳ抑圧対象光の光強度を増加させると、発生するゲインが増加するが、これを打ち消すためにＳＢＳ抑圧光の光強度を増加させることで、ＳＢＳ抑圧対象光のＳＢＳを抑圧することができる。結果、ＳＢＳ抑圧対象光のＳＢＳ閾値が増加する。

【００１３】

但し、ＳＢＳ抑圧対象光の光強度を更に増加させ、それによって発生するゲインを打ち消すためにＳＢＳ抑圧光の光強度を更に増加させ、その結果、ある値以上の光強度となると、ＳＢＳ抑圧光自身にデプレッションが発生し、ＳＢＳ抑圧対象光のＳＢＳによって発生するゲインを、ＳＢＳ抑圧光のＳＢＳによって発生するロスで打ち消すことができなくなる。このＳＢＳ抑圧光のデプレッションにより、ＳＢＳ抑圧対象光に対するＳＢＳ抑圧効果には上限が存在する。このＳＢＳ抑圧効果の上限は、波長多重数 n を増加させることで、拡大することができる。

20

【００１４】

以下、その原理を、 n が３の場合（図１１（ｃ））を用いて説明する。３つの光の周波数間隔を $2 \times f_B$ とすることで、隣り合う信号光のＳＢＳによるゲインとロスが重なり合い、ストークス光の発生を抑圧し、ＳＢＳの発生を抑圧することができる。３つの周波数の光を左から x 、 y 、 z と呼ぶこととすると、 z のＳＢＳによって発生するゲインを y のＳＢＳによって発生するロスが打ち消しあい、 y のＳＢＳによって発生するゲインを x のＳＢＳによって発生するロスが打ち消しあうことになる。

30

【００１５】

つまり、 z はＳＢＳ抑圧対象光である。 y はＳＢＳ抑圧対象光であり、ＳＢＳ抑圧光の役割も果たす。 x はＳＢＳ抑圧光となる。 n が２の場合の例で述べたように、 z の光強度を増加させると、そのＳＢＳによって発生するゲインを打ち消すために y の光強度を増加させる必要がある。しかし、 y の光強度がある値以上となると、 y にＳＢＳによるデプレッションが発生し、 z のＳＢＳによって発生するゲインを打ち消すことができなくなる。しかし、 n が３の場合では、 y のＳＢＳによるゲインを x が打ち消すことができるため、 y のＳＢＳを抑圧することができる。つまり、 x 、 y の光強度を増加させることで、 z に対するＳＢＳ抑圧効果が、 n が２の場合と比較して増加する。

40

【００１６】

このように、ＳＢＳ抑圧対象光に対し、これより周波数の小さいＳＢＳ抑圧光の数を増加させることで、ＳＢＳ抑圧対象光のＳＢＳ抑圧効果を増大させることが可能である。

【００１７】

ＳＢＳを抑圧する構成の例を、図１２を用いて説明する。周波数 f_s のＳＢＳ抑圧対象光を発する光源３３に対し、ＳＢＳ抑圧対象光の周波数 f_s より光ファイバ３２のブリルアン周波数シフト量 f_B の２倍だけ低い周波数（ $f_s - 2 \times f_B$ ）を有するＳＢＳ抑圧光を発する光源３４を設置し、多波長光を受信する受信機３１との間を結ぶ光ファイバ３２へ、光カプラ３５を介して合波して入射する構成をとっている。波長多重数 n が３以上の

50

場合においても、光源を n 個用意し、それぞれの光源の周波数間隔を光ファイバのブリルアン周波数シフト量の 2 倍とすることで、SBS を抑圧することができる

【 0 0 1 8 】

【非特許文献 1】T. Ohara et al., "Over-1000-Channel Ultradense WDM Transmission With Supercontinuum Multicarrier Source", JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, Vol. 24, No. 6, JUNE 2006, pp.2311-2317

【非特許文献 2】K. Shiraki et al., "Performance of Strain-Free Stimulated Brillouin Scattering Suppression Fiber", JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, Vol. 14, No. 4, APRIL 1996, pp.549-554

【非特許文献 3】J. Hansryd et al., "Increase of the SBS Threshold in a Short Highly Nonlinear Fiber by Applying a Temperature Distribution", JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, Vol. 19, No. 11, NOVEMBER 2001, pp.1691-1697 10

【非特許文献 4】P. WeBels et al., "Novel suppression scheme for Brillouin scattering", OPTICS EXPRESS, Vol. 12, No. 19, 20 SEPTEMBER 2004, pp.4443-4448

【非特許文献 5】Y. Aoki et al., "Input Power Limits of Single-Mode Optical Fibers due to Stimulated Brillouin Scattering in Optical Communication Systems", JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, Vol. 6, No. 5, MAY 1988, pp.710-719

【非特許文献 6】K. Mori, "Stabilisation of optical frequency of modelocked laser diode with Fabry-Perot filter for supercontinuum-based optical ITU grid", Electronics Letters, Vol. 41, 2005, pp.328-329 20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 9 】

しかしながら、光源を複数個用意する上記技術では、光ファイバに入射する光の周波数を制御するために、全ての光源において各々発振周波数制御を行う必要があり、光源同士の周波数間隔を所望の間隔に制御することが容易でなく、安定的に SBS を抑圧できないおそれがあり、又、経済性の面からも効果的ではない。

【 0 0 2 0 】

本発明は上記課題に鑑みなされたもので、光ファイバに入射する光の周波数制御が容易であり、安定的に SBS を抑圧することができる多波長光発生装置及び多波長光伝送システムを提供することを目的とする。 30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 1 】

上記課題を解決する第 1 の発明に係る多波長光発生装置は、
多波長光を発生する多波長光発生装置において、
単一周波数の光を発振する CW 光源と、
前記 CW 光源から発振した光を変調する変調器と、
当該多波長光発生装置の伝送対象となる光ファイバのブリルアン周波数シフト量の 2 倍の周波数を持つ電気信号を発生させて、前記変調器に印加する信号発生器とを有することを特徴とする。 40

【 0 0 2 2 】

上記課題を解決する第 2 の発明に係る多波長光発生装置は、
上記第 1 発明に記載の多波長光発生装置において、
前記変調器を、前記 CW 光源から発振した光の強度を変調するマッハツェンダ型強度変調器と、前記マッハツェンダ型強度変調器で変調した光の位相を変調する位相変調器とし、
前記信号発生器を、前記光ファイバのブリルアン周波数シフト量の 2 倍の周波数を持つ正弦波電気信号を発生させて、前記マッハツェンダ型強度変調器及び前記位相変調器に印加する正弦波発生器としたことを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

上記課題を解決する第3の発明に係る多波長光発生装置は、
多波長光を発生する多波長光発生装置において、
複数の線スペクトルからなる光を発振するモード同期レーザと、
当該多波長光発生装置の伝送対象となる光ファイバのブリルアン周波数シフト量の2倍の周波数を持つ電気信号を発生させて、前記モード同期レーザ内の変調器に印加する信号発生器とを有することを特徴とする。

【0024】

上記課題を解決する第4の発明に係る多波長光伝送システムは、
多波長光を発生する多波長光発生装置と、
前記多波長光発生装置と前記多波長光発生装置が発生した多波長光を受信する受信機とを結ぶ光ファイバとを有する多波長光伝送システムにおいて、
前記多波長光発生装置は、
単一周波数の光を発振するCW光源と、
前記CW光源から発振した光を変調する変調器と、
前記光ファイバのブリルアン周波数シフト量の2倍の周波数を持つ電気信号を発生させて、前記変調器に印加する信号発生器とを有することを特徴とする。

10

【0025】

上記課題を解決する第5の発明に係る多波長光伝送システムは、
上記第4の発明に記載の多波長光伝送システムにおいて、
前記変調器を、前記CW光源から発振した光の強度を変調するマッハツェンダ型強度変調器と、前記マッハツェンダ型強度変調器で変調した光の位相を変調する位相変調器とし、
前記信号発生器を、前記光ファイバのブリルアン周波数シフト量の2倍の周波数を持つ正弦波電気信号を発生させて、前記マッハツェンダ型強度変調器及び前記位相変調器に印加する正弦波発生器としたことを特徴とする。

20

【0026】

上記課題を解決する第6の発明に係る多波長光伝送システムは、
多波長光を発生する多波長光発生装置と、
前記多波長光発生装置と前記多波長光発生装置が発生した多波長光を受信する受信機とを結ぶ光ファイバとを有する多波長光伝送システムにおいて、
前記多波長光発生装置は、
複数の線スペクトルからなる光を発振するモード同期レーザと、
前記光ファイバのブリルアン周波数シフト量の2倍の周波数を持つ電気信号を発生させて、前記モード同期レーザ内の変調器に印加する信号発生器とを有することを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、発生させる多波長光同士の周波数間隔を電気信号の繰り返し周波数のみで制御するので、制御が容易となり、光ファイバ中で発生するSBSを安定的に抑圧することができる。

40

【0028】

又、本発明によれば、光ファイバ中で発生するSBSを安定的に抑圧できるので、光ファイバ出力端からの透過光強度を増加させることが可能となり、伝送距離を拡大することができ、又、入射信号の品質を向上させることができる。つまり、光ファイバ通信の大容量化、長距離化、高品質化を実現することが可能となる。

【0029】

又、本発明によれば、既設の光ファイバ伝送路に変更を加えることなく、SBSを抑圧できるため、経済的である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

50

以下、本発明に係る多波長光発生装置及び多波長光伝送システムの実施形態について、図 1 ~ 図 9 を用いて説明する。

【実施例】

【0031】

〔実施形態 1〕

図 1 に、本実施形態に係る多波長光発生装置及び多波長光伝送システムの構成を示す。

本実施形態に係る多波長光伝送システムは、後述する本実施形態に係る多波長光発生装置 10A と、多波長光発生装置 10A と多波長光発生装置 10A からの多波長光を受信する受信機 11 とを結ぶ伝送用光ファイバ 12 とを有する。

【0032】

そして、本実施形態に係る多波長光発生装置 10A は、多波長光を発生するものであり、単一周波数の CW (Continuous Wave) 光を発振する CW 光源 13 と、CW 光源 13 から発振した光を変調する変調器 14 と、変調器 14 に印加する電気信号を発生させる信号発生器 15 とを有し、信号発生器 15 は、光ファイバ 12 のブリルアン周波数シフト量 f_B の 2 倍の繰り返し周波数を持つ電気信号を発生させるものである。

【0033】

本実施形態では、単一周波数 f_s の CW 光を発振する CW 光源 13 に対し、変調器 14 において変調を行うようにしている。変調器 14 から出力される光は、変調器 14 に印加する電気信号の繰り返し周波数に応じた周波数間隔の線スペクトルを有する光となる。つまり、変調器 14 に印加する電気信号を発生させる信号発生器 15 の周波数を、光ファイバ 12 のブリルアン周波数シフト量 f_B の 2 倍に設定することで、SBS を抑圧する周波数間隔 $[2 \times f_B]$ の多波長光を発生させることができる。

【0034】

本実施形態では、CW 光源 13 の周波数が変わっても、発生する多波長光の周波数間隔は、信号発生器 15 における電気信号の繰り返し周波数が変わらなければ、一定である。つまり、従来技術では、光ファイバへ入射する光を発振する光源自体で光周波数制御が必要であったが、これが不要となった。このように、本実施形態では、精度が良く、安定している電気信号の繰り返し周波数の制御のみでよいので、光源自体での光周波数制御と比較して、精度良く、安定して、周波数間隔 $[2 \times f_B]$ の多波長光を発生させることができる。

【0035】

ここで、上記変調器としてマッハツェンダ型 LN 強度変調器を用い、波長多重数 n を 3 とした場合の実験結果を示す。実験では、ブリルアン周波数シフト量 f_B が 9.467 GHz である分散補償ファイバ (DCF; Dispersion Compensation Fiber) 10 km を用いた。又、正弦波発生器により発生させられる $[2 \times f_B]$ の周波数を持つ正弦波電気信号を用いて、マッハツェンダ型 LN 強度変調器で CW 光を強度変調し、図 2 に示すように、3 つの周波数を持つ多波長光を発生させ、これを入射光として用いた。発生した 3 つの多波長光を、図 2 において、左から Pump 1、Pump 2、Pump 3 とする。

【0036】

図 3 は、実験で用いた DCF に、単一周波数を有する CW 光を入射した場合において、その入射光強度に対する透過光、反射光の強度を示している。入射光強度が 8 dBm 以上の領域では、透過光強度が飽和し、透過光強度は約 -1.6 dBm 以上に増加しないことがわかる。

【0037】

一方、図 4 は、実験で用いた DCF に、図 2 に示した 3 つの多波長光を同時に入射した場合において、その入射光強度に対する透過光、反射光の強度を示している。図 3 の結果と比較すると、Pump 1 では、透過光強度が 2.6 dBm まで増加していることから、SBS が抑圧されていることが分かる。又、Pump 2 の場合、透過光強度が 1.4 dBm まで増加していることから、Pump 2 に対しても SBS の抑圧効果が確認できた。Pump 3 に関しては、図 3 の結果と同じであり、SBS の抑圧効果は無い。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

実験で用いた D C F のブリルアン周波数シフト量 f_B の 2 倍からのずれを Δf とし、図 2 に示した 3 つの多波長光の周波数間隔を $\Delta f = -100 \text{ MHz} \sim +100 \text{ MHz}$ の範囲で変化させたときの各入射光の後方散乱光（ストークス光）強度を、図 5 に示す。図 5 において、P u m p 1、P u m p 2 のグラフからわかるように、周波数間隔を $[2 \times f_B]$ とすることで（つまり、 $\Delta f = 0$ ）、ストークス光の抑圧効果が最大となっていることがわかる。

【 0 0 3 9 】

図 6 に、本実施形態に係る多波長光発生装置を用いた伝送特性の実験系を示す。

この実験系では、図 2 に示す 3 つの周波数を持つ多波長光を、正弦波電気信号を発生する正弦波発生器 1 6 に接続された前段のマッハツェンダ型 L N 強度変調器 1 7 で発生させている。そして、発生させた多波長光を、信号用パルスが発生するパルスパターン発生器 1 8 に接続された後段のマッハツェンダ型 L N 強度変調器 1 9 において強度変調を行い、2 . 5 G b p s の N R Z 信号を 3 つ発生させた。これを、光増幅器 2 0 によって 2 0 d B m まで増幅し、ブリルアン周波数シフト量 f_B が 9 . 4 6 7 G H z である光ファイバ 1 2 （分散補償ファイバ（D C F）1 0 k m）へ入射した。

【 0 0 4 0 】

光ファイバ 1 2 （D C F）からの出力光のうち、最も短波長側の光を光フィルタ 2 1 で取り出し、ビット誤り率（B E R）を測定結果した。その測定結果を図 7 に示す。図 7 において、「抑圧有り」の場合は、発生した 3 つの光の周波数間隔を $[2 \times f_B]$ とし、「抑圧無し」の場合は、 $[2 \times f_B - 100 \text{ MHz}]$ とした。なお、「Back to back」は、D C F を実験系から取り除いた場合の B E R である。この実験の結果、S B S を抑圧しない場合はエラーフロアが観測されたが、周波数間隔 Δf を $[2 \times f_B]$ とすることで、「Back to back」の特性と同様の結果が得られた。このように、本実施形態を用いることにより、S B S 抑圧効果が安定して得られることが分かる。

【 0 0 4 1 】

〔実施形態 2〕

図 8 に、本実施形態に係る多波長光発生装置及び多波長光伝送システムの構成を示す。

本実施形態に係る多波長光伝送システムは、後述する本実施形態に係る多波長光発生装置 1 0 B と、多波長光発生装置 1 0 B と多波長光発生装置 1 0 B からの多波長光を受信する受信機 1 1 とを結ぶ伝送用光ファイバ 1 2 とを有する。つまり、多波長光発生装置 1 0 B の構成が、実施形態 1 に係る多波長光発生装置 1 0 A と相違する。従って、実施形態 1 における構成と同等のものには同じ符号を付し、重複する説明は省略する。

【 0 0 4 2 】

本実施形態に係る多波長光発生装置 1 0 B も、多波長光を発生するものであり、図 8 に示すように、C W 光源 1 3 と、C W 光源 1 3 から発振した光の強度を変調するマッハツェンダ型強度変調器 1 7 と、マッハツェンダ型強度変調器 1 7 で変調した光の位相を変調する位相変調器 2 2 と、マッハツェンダ型強度変調器 1 7 及び位相変調器 2 2 に印加する正弦波電気信号を発生させる正弦波発生器 1 6 とを有し、正弦波発生器 1 6 は、光ファイバ 1 2 のブリルアン周波数シフト量 f_B の 2 倍の繰り返し周波数を持つ正弦波電気信号を発生させるものである。

【 0 0 4 3 】

つまり、本実施例に係る多波長光発生装置 1 0 B は、実施形態 1 に係る多波長光発生装置 1 0 A において、変調器 1 4 をマッハツェンダ型強度変調器 1 7 及び位相変調器 2 2 とし、信号発生器 1 5 を正弦波発生器 1 6 としたものである。

【 0 0 4 4 】

従って、本実施形態に係る多波長光発生装置及び多波長光伝送システムは、実施形態 1 に係る多波長光発生装置及び多波長光伝送システムと同等の効果を得ることができる。

【 0 0 4 5 】

加えて、本実施例に係る多波長光発生装置 1 0 B では、上記構成をとることにより、マッ

10

20

30

40

50

ハツェンダ型強度変調器 17 及び位相変調器 22 に印加する正弦波発生器 16 の電気信号の振幅を増加させるだけで、発生する各線スペクトルの数を増加させることができ、かつ、発生する線スペクトルの強度偏差を少なくすることができるため、波長多重数の大きな伝送システムの多波長光源にも適用することができる（非特許文献 5）。

【0046】

〔実施形態 3〕

図 9 に、本実施形態に係る多波長光発生装置及び多波長光伝送システムの構成を示す。

本実施形態に係る多波長光伝送システムは、後述する本実施形態に係る多波長光発生装置 10C と、多波長光発生装置 10C と多波長光発生装置 10C からの多波長光を受信する受信機 11 とを結ぶ伝送用光ファイバ 12 とを有する。つまり、多波長光発生装置 10C の構成が、実施形態 1 に係る多波長光発生装置 10A、実施形態 2 に係る多波長光発生装置 10B と相違する。従って、実施形態 1、2 における構成と同等のものには同じ符号を付し、重複する説明は省略する。

【0047】

本実施形態に係る多波長光発生装置 10C も、多波長光を発生するものであり、図 9 に示すように、複数の線スペクトルからなる光を発振するモード同期レーザ 24 と、モード同期レーザ 24 内の変調器に印加する電気信号を発生させる信号発生器 23 とを有し、信号発生器 23 は、光ファイバ 12 のブリルアン周波数シフト量 f_B の 2 倍の繰り返し周波数を持つ電気信号を発生させるものである。

【0048】

モード同期レーザ 24 から発振される光パルスのスペクトルは、印可される電気信号のパルスの繰り返し周波数と一致した間隔で並ぶ線スペクトルからなる。従って、モード同期レーザ 24 のキャビティ内に設置してある変調器に、信号発生器 23 から印加する電気信号の周波数を、光ファイバ 12 のブリルアン周波数シフト量 f_B の 2 倍とすることで、各線スペクトルの間隔が光ファイバ 12 のブリルアン周波数シフト量 f_B の 2 倍となり、SBS を抑圧することができる多波長光を発生することができる。

【0049】

上記構成により、本実施形態に係る多波長光発生装置及び多波長光伝送システムは、実施形態 1、2 に係る多波長光発生装置及び多波長光伝送システムと同等の効果を得ることができる。

【0050】

なお、発生した多波長光を光ファイバ 12 へ入射する前に、多波長光発生用光ファイバへ入射し、非線形効果を起こすことで、発生する線スペクトル数を増加させることができる（非特許文献 6）。

【0051】

〔他の実施形態〕

SBS を抑圧する技術として、本発明で用いた技術の他に、入射信号に位相変調を加え、入射信号のスペクトル幅を広げる技術があるが、本発明は、この技術と組み合わせることが可能であり、更なる SBS 抑圧効果を実現することができる。

【0052】

又、本発明は、上記実施形態例そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。又、上記実施形態例に開示されている複数の構成要素の適宜な組合せにより種々の発明を形成できる。例えば、実施形態例に示される全構成要素からいくつかの構成要素を削除しても良い。更に、異なる実施形態例に亘る構成要素を適宜組み合わせても良い。

【産業上の利用可能性】

【0053】

本発明は、誘導ブリルアン散乱（SBS）の発生を抑圧することが可能であり、光ファイバに入射することのできる光信号の強度を増加させることができ、伝送システムにおいて、長距離伝送を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 4 】

【図 1】本発明に係る多波長光発生装置及び多波長光伝送システムの実施形態の一例を示す概略構成図である。

【図 2】実験において用いた入射光スペクトルを示すグラフである。

【図 3】単一周波数の C W 光を D C F に入射した場合において、入射光強度に対する透過光、反射光強度の変化を示すグラフである。

【図 4】図 2 に示す多波長光を D C F に入射した場合において、入射光強度に対する透過光、反射光強度の変化を示すグラフである。

【図 5】図 2 に示す多波長光を D C F に入射した場合において、周波数間隔 Δf を $[2 \times f_B]$ から $\pm 100 \text{ MHz}$ の範囲で変化させたときの各入射光のストークス光の強度変化を示すグラフである。

10

【図 6】本実施形態に係る多波長光発生装置を用いた伝送特性の実験系を示す概略構成図である。

【図 7】図 6 に示した伝送特性の実験系におけるビット誤り率の測定結果を示すグラフである。

【図 8】本発明に係る多波長光発生装置及び多波長光伝送システムの実施形態の他の一例を示す概略構成図である。

【図 9】本発明に係る多波長光発生装置及び多波長光伝送システムの実施形態の他の一例を示す概略構成図である。

20

【図 10】誘導ブリルアン散乱によって発生するブリルアンゲインとロスのスペクトルを示すグラフである。

【図 11】誘導ブリルアン散乱の抑圧技術の原理を説明する図である。

【図 12】従来の光伝送システムを示す概略構成図である。

【符号の説明】

【 0 0 5 5 】

10 A、10 B、10 C 多波長光発生装置

11 受信機

12 光ファイバ

13 C W 光源

14 変調器

15 信号発生器

16 正弦波発生器

17 マッハツェンダ型強度変調器

18 パルスパターン発生器

19 マッハツェンダ型強度変調器

20 光増幅器

21 光フィルタ

22 位相変調器

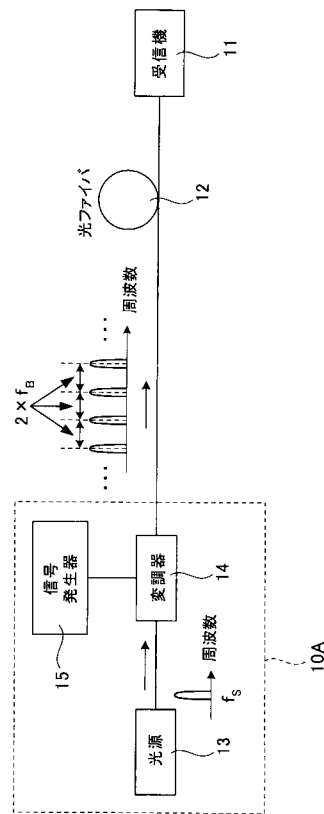
23 信号発生器

24 モード同期レーザ

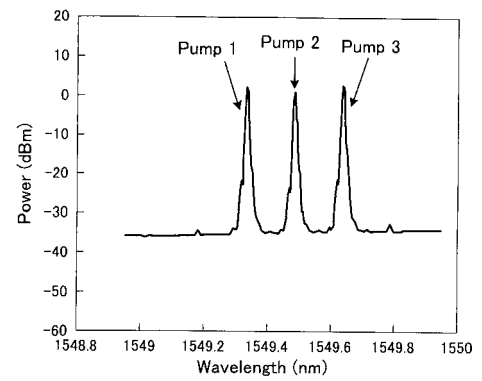
30

40

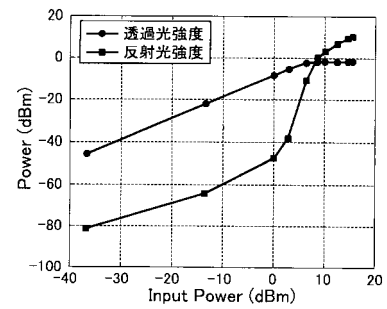
【図 1】



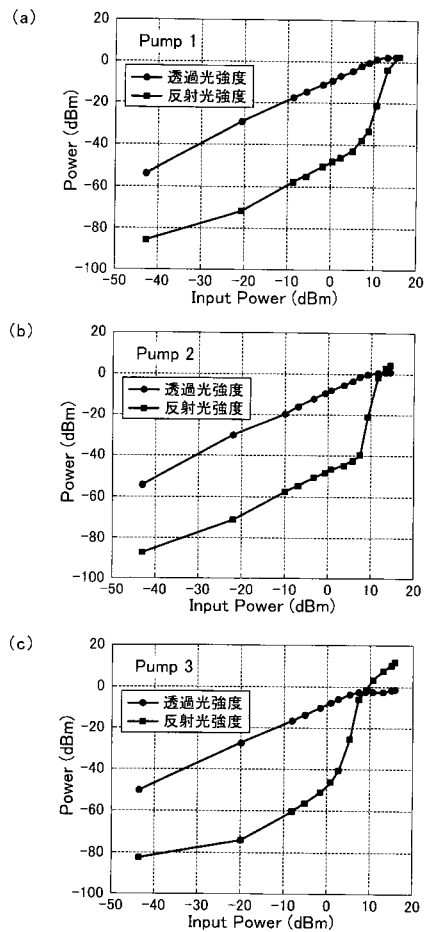
【図 2】



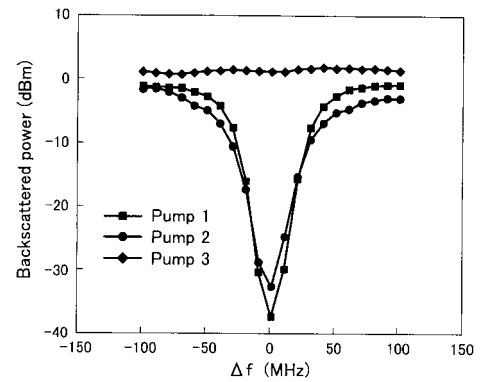
【図 3】



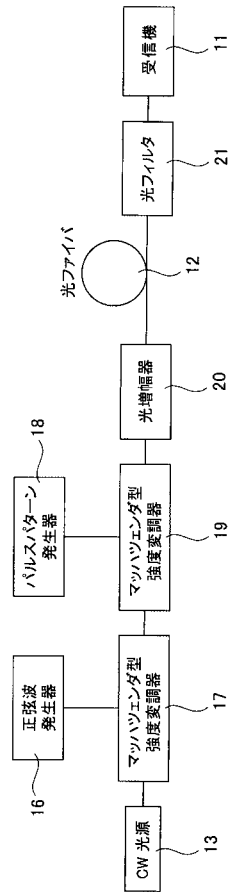
【図 4】



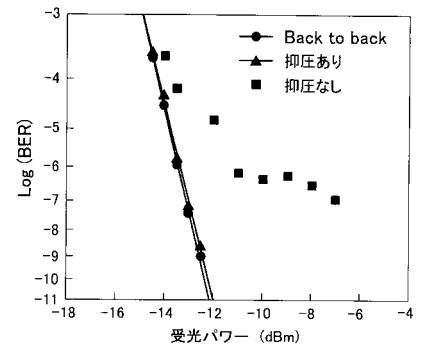
【図 5】



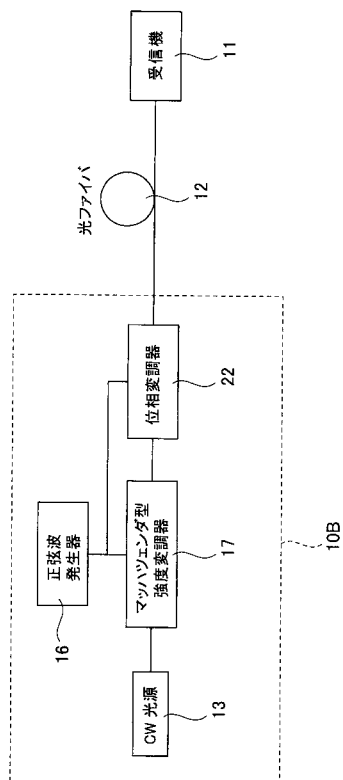
【図 6】



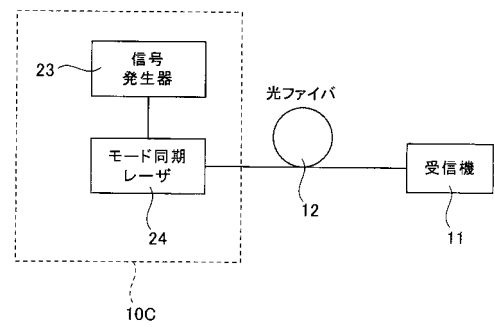
【図 7】



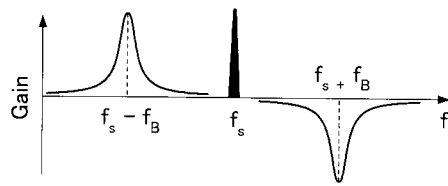
【図 8】



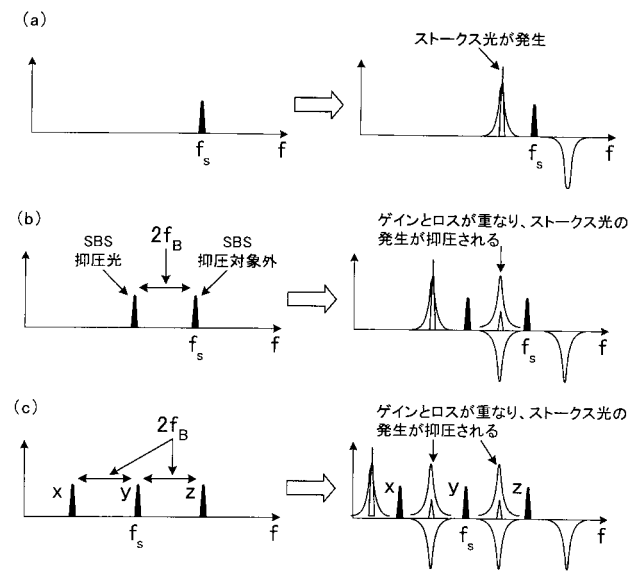
【図 9】



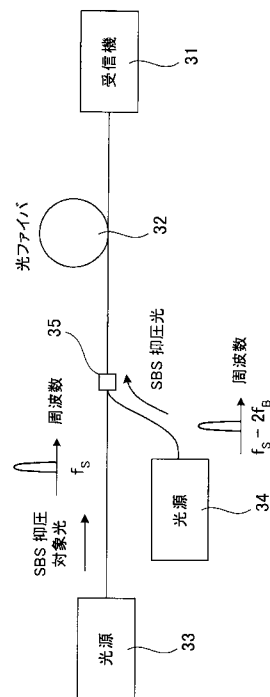
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H 0 4 B 10/06 (2006.01)		
H 0 4 B 10/142 (2006.01)		
H 0 4 B 10/152 (2006.01)		
G 0 2 F 1/035 (2006.01)		

(72)発明者 白木 和之

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

F ターム(参考) 2H079 AA02 AA12 BA03 CA04 DA03 EA05 GA01 KA18
5K102 AA01 AD01 AH02 AH23 AH26 AH27 KA10 KA12 KA39 PA04
PB19 PC12 PH02 PH11