

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5092080号  
(P5092080)

(45) 発行日 平成24年12月5日(2012.12.5)

(24) 登録日 平成24年9月28日(2012.9.28)

(51) Int.Cl. F I  
**G02F 1/01 (2006.01)** G02F 1/01 B

請求項の数 3 (全 27 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-70136 (P2007-70136)                  (22) 出願日 平成19年3月19日 (2007.3.19)                  (65) 公開番号 特開2008-233307 (P2008-233307A)                  (43) 公開日 平成20年10月2日 (2008.10.2)                  審査請求日 平成22年1月13日 (2010.1.13)</p> <p>(出願人による申告) 平成18年度、総務省、研究テーマ「広帯域無線信号の一括光伝送による放送・通信の融合に関する研究」に関する委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受ける特許出願</p>	<p>(73) 特許権者 503420833                  学校法人常翔学園                  大阪府大阪市旭区大宮五丁目16番1号                  (73) 特許権者 393031586                  株式会社国際電気通信基礎技術研究所                  京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2                  (73) 特許権者 504176911                  国立大学法人大阪大学                  大阪府吹田市山田丘1番1号                  (74) 代理人 100112715                  弁理士 松山 隆夫                  (72) 発明者 安川 交二                  大阪府大阪市旭区大宮5丁目16番1号                  大阪工業大学内</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光変調装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザ光を出射するレーザ光源と、  
前記レーザ光源から入射されたレーザ光の透過強度を印加電圧に比例した透過強度に設定して出力する光変調器と、  
前記光変調器から出力されたレーザ光の透過強度を透過特性によって調整して出力する光フィルタと、  
前記光変調器の出力と前記印加電圧との関係における非線形歪みを抑制するための透過特性を前記光フィルタが有するように前記レーザ光源が出射するレーザ光の波長または前記光フィルタのパラメータを調整する調整手段とを備え、  
 前記調整手段は、前記光フィルタが前記非線形歪みを抑制するための透過特性を有するように前記レーザ光の波長を調整し、  
 前記レーザ光源は、前記調整手段によって調整された波長を有するレーザ光を出射する、  
光変調装置。

【請求項2】

レーザ光を出射するレーザ光源と、  
前記レーザ光源から入射されたレーザ光の透過強度を印加電圧に比例した透過強度に設定して出力する光変調器と、  
前記光変調器から出力されたレーザ光の透過強度を透過特性によって調整して出力する光フィルタと、

前記光変調器の出力と前記印加電圧との関係における非線形歪みを抑制するための透過特性を前記光フィルタが有するように前記レーザ光源が射出するレーザ光の波長または前記光フィルタのパラメータを調整する調整手段とを備え、

前記調整手段は、前記光フィルタの透過特性が前記非線形歪みを抑制するための透過特性を有するように前記光フィルタのパラメータを調整し、

前記レーザ光源は、無線信号に応じて変動する波長成分を有するレーザ光を射出し、

前記調整手段は、前記光フィルタが前記非線形歪みを抑制するための透過特性を有するように前記光フィルタに含まれる2つの鏡の間隔または前記光フィルタの屈折率を調整する、光変調装置。

【請求項3】

レーザ光を射出するレーザ光源と、

前記レーザ光源から入射されたレーザ光の透過強度を印加電圧に比例した透過強度に設定して出力する光変調器と、

前記光変調器から出力されたレーザ光の透過強度を透過特性によって調整して出力する光フィルタと、

前記光変調器の出力と前記印加電圧との関係における非線形歪みを抑制するための透過特性を前記光フィルタが有するように前記レーザ光源が射出するレーザ光の波長または前記光フィルタのパラメータを調整する調整手段とを備え、

前記調整手段は、前記光フィルタの透過特性が前記非線形歪みを抑制するための透過特性を有するように前記光フィルタのパラメータを調整し、

前記レーザ光源は、任意の単一波長を有するレーザ光を射出し、

前記調整手段は、前記光フィルタが前記非線形歪みを抑制するための透過特性を有するように前記光フィルタの屈折率を無線信号に応じて調整する、光変調装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、光変調装置に関し、特に、非線形歪みを抑制可能な光変調装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、放送と通信との融合に関するサービスシステムが注目されており、放送と通信との融合システムを実現する基盤ネットワークとしてソフトウェア光ファイバ無線ネットワーク(SDNW: Software Defined Radio-on-Fiber Network)に関する研究が行なわれている。

【0003】

SDNWにおいては、RoF(Radio-on-Fiber)ネットワークがユーザの端末(携帯電話機およびPDA(Personal Digital Assistant)等)および高度道路交通システム(ITS: Intelligent Transport System)等と、インターネットとの間のリンクを構築する機能を果たす。

【0004】

そして、RoFネットワークは、UHF(Ultra High Frequency)帯のデジタル放送、2GHz帯の3G携帯電話および5GHz帯の無線LAN(IEEE 802.11a, IEEE 802.11n)等、強度が複雑に変化するRF信号を一括して直接光変調する必要があるため、非常にダイナミックレンジが高い、即ち、低歪/低雑音の電波の光変換技術を必要とする。

【0005】

従来、電気信号を光信号に変換する装置として電界吸収型光変調器(EAM: Electro-Absorption Modulator)が知られている(非特許文献1)。この電界吸収型光変調器は、入射された光の透過強度を印加された電圧に比例する透過

10

20

30

40

50

強度に設定して出力するものであり、一般に歪が最小となるバイアス電圧で動作される。

【非特許文献1】Young - Shik Kang, Jiyouun Lim, Sung - Bock Kim, Jeha Kim, "Improvement of linearity in EAM by composite QWs", International Topical Meeting on Microwave Photonics, 10 - 12 September, 2003.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、従来の電界吸収型光変調器においては、マルチオクターブ伝送時の歪の原因となる2次の非線形歪と3次の非線形歪とを同時に抑制することが困難である。

10

【0007】

そこで、この発明は、かかる問題を解決するためになされたものであり、その目的は、2次の非線形歪と3次の非線形歪とを同時に抑制可能な光変調装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明によれば、光変調装置は、レーザ光源と、光変調器と、光フィルタと、調整手段とを備える。レーザ光源は、レーザ光を出射する。光変調器は、レーザ光源から入射されたレーザ光の透過強度を印加電圧に比例した透過強度に設定して出力する。光フィルタは、光変調器から出力されたレーザ光の透過強度を透過特性によって調整して出力する。調整手段は、光変調器の出力と印加電圧との関係における非線形歪みを抑制するための透過特性を光フィルタが有するようにレーザ光源が出射するレーザ光の波長または光フィルタのパラメータを調整する。

20

【0009】

好ましくは、調整手段は、光フィルタが非線形歪みを抑制するための透過特性を有するようにレーザ光の波長を調整する。レーザ光源は、調整手段によって調整された波長を有するレーザ光を出射する。

【0010】

好ましくは、調整手段は、光フィルタの透過特性が非線形歪みを抑制するための透過特性を有するように光フィルタのパラメータを調整する。

30

【0011】

好ましくは、レーザ光源は、無線信号に応じて変動する波長成分を有するレーザ光を出射する。調整手段は、光フィルタが非線形歪みを抑制するための透過特性を有するように光フィルタに含まれる2つの鏡の間隔または光フィルタの屈折率を調整する。

【0012】

好ましくは、レーザ光源は、任意の単一波長を有するレーザ光を出射する。調整手段は、光フィルタが非線形歪みを抑制するための透過特性を有するように光フィルタの屈折率を無線信号に応じて調整する。

【発明の効果】

40

【0013】

この発明による光変調装置においては、調整手段は、光フィルタが光変調器から出力されたレーザ光の非線形歪みを抑制するための透過特性を有するようにレーザ光の波長または光フィルタのパラメータを調整し、光フィルタは、透過特性によって光変調器から出力されたレーザ光の非線形歪みを抑制する。つまり、光フィルタは、光変調器から出力されたレーザ光の非線形歪みを自己が有する非線形歪みによって抑制する。

【0014】

従って、この発明によれば、2次の非線形歪みおよび3次の非線形歪みを同時に抑制できる。

【発明を実施するための最良の形態】

50

## 【 0 0 1 5 】

本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

## 【 0 0 1 6 】

## [ 実施の形態 1 ]

図 1 は、この発明の実施の形態 1 による光変調装置の構成を示す概略ブロック図である。図 1 を参照して、この発明の実施の形態 1 による光変調装置 10 は、レーザ光源 1 と、光変調器 2 と、電圧電流変換部 3 と、光フィルタ 4 と、歪み検出部 5 と、レーザ駆動部 6 とを備える。

## 【 0 0 1 7 】

レーザ光源 1 は、レーザ駆動部 6 からの制御によって、中心波長を有するレーザ光と、無線信号 (= R F 電圧) に比例した変動波長を有するレーザ光とを合成したレーザ光 L B 1 を発生し、その発生したレーザ光 L B 1 を光変調器 2 へ導く。

## 【 0 0 1 8 】

光変調器 2 は、光の透過強度が印加電圧に比例する電界吸収型光変調器 ( E A M ) からなる。そして、光変調器 2 は、レーザ光源 1 からのレーザ光 L B 1 の透過強度を外部から受けた R F 電圧に比例する透過強度に設定してレーザ光 L B 2 を光フィルタ 4 へ出力する。

## 【 0 0 1 9 】

電圧電流変換部 3 は、外部から受けた R F 電圧を R F 電流に変換し、その変換した R F 電流をレーザ駆動部 6 へ出力する。

## 【 0 0 2 0 】

光フィルタ 4 は、光変調器 2 から受けたレーザ光 L B 2 の波長に応じて透過強度を調整してレーザ光 L B 3 を歪み検出部 5 および外部へ出力する。

## 【 0 0 2 1 】

歪み検出部 5 は、光フィルタ 4 からレーザ光 L B 3 を受け、その受けたレーザ光 L B 3 の非線形歪を後述する方法によって検出する。そして、歪み検出部 5 は、その検出した非線形歪をレーザ駆動部 6 へ出力する。

## 【 0 0 2 2 】

レーザ駆動部 6 は、歪み検出部 5 から非線形歪を受け、電圧電流変換部 3 から R F 電流を受ける。そして、レーザ駆動部 6 は、非線形歪および R F 電流に基づいて、非線形歪を抑制するためのレーザ光の中心波長  $\lambda_0$  を後述する方法によって検出し、その検出した中心波長  $\lambda_0$  と、R F 電圧 (= R F 電流) による変動波長  $\lambda$  とを有するレーザ光 L B 1 を出射するようにレーザ光源 1 を駆動する。

## 【 0 0 2 3 】

図 2 は、図 1 に示す歪み検出部 5 における非線形歪の検出方法を説明するための図である。図 2 を参照して、光フィルタ 4 は、レーザ光の波長に対する透過特性 T 1 を有する。この透過特性 T 1 は、透過率がレーザ光の波長に対して極大値を有する特性からなる。

## 【 0 0 2 4 】

そして、中心波長  $\lambda_0$  および変動波長  $\lambda$  を有するレーザ光 L B 2 が光フィルタ 4 に入射すると、光フィルタ 4 は、レーザ光 L B 2 の透過強度を透過特性 T 1 によって調整してレーザ光 L B 3 を出射する。そして、レーザ光 L B 3 は、中心軸から上側に振幅 I 1 を有し、中心軸から下側に振幅 I 2 を有する。

## 【 0 0 2 5 】

振幅 I 1 が振幅 I 2 よりも大きい領域において、非線形歪が相対的に大きいとき、振幅 I 1 と振幅 I 2 との比  $I_1 / I_2$  は、“ 1 ” よりも大きくなり、非線形歪が相対的に小さいとき、振幅 I 1 と振幅 I 2 との比  $I_1 / I_2$  は、“ 1 ” に近づく。

## 【 0 0 2 6 】

また、振幅 I 1 が振幅 I 2 よりも小さい領域において、非線形歪が相対的に大きいとき、振幅 I 1 と振幅 I 2 との比  $I_1 / I_2$  は、“ 1 ” よりも小さくなり、非線形歪が相対的

10

20

30

40

50

に小さいとき、振幅  $I_1$  と振幅  $I_2$  との比  $I_1 / I_2$  は、“1” に近づく。

【0027】

従って、歪み検出部 5 は、光フィルタ 4 から受けたレーザ光  $L B 3$  の振幅  $I_1$  と振幅  $I_2$  とを検出し、その検出した振幅  $I_1$  と振幅  $I_2$  との比  $I_1 / I_2$  を演算することによって非線形歪を検出する。

【0028】

図 3 は、図 1 に示すレーザ駆動部 6 における中心波長  $\lambda_0$  の検出方法を説明するための図である。図 3 の (a) は、中心波長が  $\lambda_{01}$  であり、RF 電圧 (= RF 電流) による変動波長  $\lambda$  を有するレーザ光  $L B 2 - \lambda_{01}$  に対する光フィルタ 4 の出力 (レーザ光  $L B 3 - 1$ ) を示す。この場合、レーザ光  $L B 3 - 1$  の振幅  $I_1$  は、振幅  $I_2$  に略等しい (=  $I_1 / I_2 \approx 1$ )。即ち、レーザ光  $L B 3 - 1$  における非線形歪は、小さい。

10

【0029】

また、図 3 の (b) は、中心波長が  $\lambda_{02}$  であり、RF 電圧 (= RF 電流) による変動波長  $\lambda$  を有するレーザ光  $L B 2 - \lambda_{02}$  に対する光フィルタ 4 の出力 (レーザ光  $L B 3 - 2$ ) を示す。この場合、レーザ光  $L B 3 - 2$  の振幅  $I_1$  は、振幅  $I_2$  よりも大きい ( $I_1 / I_2 > 1$ )。即ち、レーザ光  $L B 3 - 2$  における非線形歪は、大きい。

【0030】

更に、図 3 の (c) は、中心波長が  $\lambda_{03}$  であり、RF 電圧 (= RF 電流) による変動波長  $\lambda$  を有するレーザ光  $L B 2 - \lambda_{03}$  に対する光フィルタ 4 の出力 (レーザ光  $L B 3 - 3$ ) を示す。この場合、レーザ光  $L B 3 - 3$  の振幅  $I_1$  は、振幅  $I_2$  よりも小さい ( $I_1 / I_2 < 1$ )。即ち、レーザ光  $L B 3 - 3$  における非線形歪は、大きい。

20

【0031】

レーザ駆動部 6 は、透過特性  $T_1$  を保持している。そして、レーザ駆動部 6 は、歪み検出部 5 から比  $I_1 / I_2$  を受けると、比  $I_1 / I_2$  および透過特性  $T_1$  に基づいて、現在の中心波長を検出する。即ち、レーザ駆動部 6 は、歪み検出部 5 から比  $I_1 / I_2 \approx 1$  を受けると、現在の中心波長が中心波長  $\lambda_{01}$  であると検出し、比  $I_1 / I_2 > 1$  を歪み検出部 5 から受けると、現在の中心波長が中心波長  $\lambda_{02}$  であると検出し、比  $I_1 / I_2 < 1$  を歪み検出部 5 から受けると、現在の中心波長が中心波長  $\lambda_{03}$  であると検出する。

【0032】

レーザ駆動部 6 は、現在の中心波長として中心波長  $\lambda_{01}$  を検出すれば、その検出した中心波長  $\lambda_{01}$  を維持してレーザ光源 1 を駆動し、現在の中心波長として中心波長  $\lambda_{02}$  または中心波長  $\lambda_{03}$  を検出すれば、中心波長  $\lambda_{02}$  または  $\lambda_{03}$  が中心波長  $\lambda_{01}$  に近づくようにレーザ光源 1 を駆動する。

30

【0033】

図 4 は、図 1 に示す変調器 2 の透過特性を示す図である。光変調器 2 は、透過特性  $T_2$  を有する。そして、透過特性  $T_2$  は、バイアス電圧 (負のバイアス電圧) が大きくなるに従って透過率が指数関数的に減少する特性である。

【0034】

RF 電圧  $V$  が中心電圧  $V_{01}$ 、および変動電圧  $V$  からなる場合、即ち、RF 電圧  $V$  が電圧  $V_{01} - V \sim V_{01} + V$  の範囲で変化する場合、光変調器 2 は、レーザ光  $L B 2 - V_{01}$  を出力する。レーザ光  $L B 2 - V_{01}$  において、振幅  $I_1$  は、振幅  $I_2$  にほぼ等しい (=  $I_1 / I_2 \approx 1$ )。従って、光変調器 2 は、 $V_{01} - V \sim V_{01} + V$  の範囲で変化する RF 電圧  $V$  が印加されると、非線形歪が小さいレーザ光  $L B 2 - V_{01}$  を出力する (図 4 の (a) 参照)。

40

【0035】

一方、RF 電圧  $V$  が中心電圧  $V_{02}$ 、および変動電圧  $V$  からなる場合、即ち、RF 電圧  $V$  が電圧  $V_{02} - V \sim V_{02} + V$  の範囲で変化する場合、光変調器 2 は、レーザ光  $L B 2 - V_{02}$  を出力する。レーザ光  $L B 2 - V_{02}$  において、振幅  $I_1$  は、振幅  $I_2$  よりも小さい ( $I_1 / I_2 < 1$ )。従って、光変調器 2 は、 $V_{02} - V \sim V_{02} + V$

50

の範囲で変化するRF電圧Vが印加されると、非線形歪が大きいレーザ光LB2 -  $V_{02}$  を出力する(図4の(b)参照)。

【0036】

図5および図6は、それぞれ、非線形歪を抑制する方法を説明するための第1および第2の図である。図4に示すレーザ光LB2 -  $V_{01}$  およびLB2 -  $V_{02}$  の各々は、中心波長 $\lambda_0$ (中心波長 $\lambda_{01}$ ,  $\lambda_{02}$ ,  $\lambda_{03}$ のいずれか)および変動波長 $\Delta\lambda$ を有するため、光フィルタ4は、レーザ光LB2 -  $V_{01}$  およびLB2 -  $V_{02}$  の中心波長 $\lambda_0$ および変動波長 $\Delta\lambda$ に応じた透過特性を示す(図3参照)。

【0037】

即ち、非線形歪が小さいレーザ光LB2 -  $V_{01}$ (図5の(a)参照)が中心波長 $\lambda_{01}$ を有する場合、光フィルタ4は、非線形歪が小さいレーザ光LB3 -  $\lambda_{01}$ を出力し(図5の(b)参照)、非線形歪が小さいレーザ光LB2 -  $V_{01}$ が中心波長 $\lambda_{02}$ または中心波長 $\lambda_{03}$ を有する場合、光フィルタ4は、非線形歪が大きいレーザ光LB3 -  $\lambda_{02}$ またはLB3 -  $\lambda_{03}$ を出力する(図5の(c)または(d)参照)。

10

【0038】

また、非線形歪が大きいレーザ光LB2 -  $V_{02}$ (図6の(a)参照)が中心波長 $\lambda_{01}$ を有する場合、光フィルタ4は、非線形歪が小さいレーザ光LB3 -  $\lambda_{01}$ を出力し(図6の(b)参照)、非線形歪が大きいレーザ光LB2 -  $V_{02}$ が中心波長 $\lambda_{02}$ または中心波長 $\lambda_{03}$ を有する場合、光フィルタ4は、非線形歪が大きいレーザ光LB3 -  $\lambda_{02}$ またはLB3 -  $\lambda_{03}$ を出力する(図6の(c)または(d)参照)。

20

【0039】

このように、光変調器2から出力されるレーザ光LB2がバイアス電圧に対して非線形歪を持っていても、光フィルタ4に入射するレーザ光LB2の中心波長が中心波長 $\lambda_{01}$ であれば、光フィルタ4は、非線形歪が小さいレーザ光LB3 -  $\lambda_{01}$ を出力する。

【0040】

従って、この発明においては、レーザ駆動部6は、歪み検出部5からの比 $I_1/I_2$ に基づいて、光フィルタ4に入射するレーザ光LB2の中心波長が中心波長 $\lambda_{01}$ になるようにレーザ光源1を駆動する。

【0041】

より具体的には、比 $I_1/I_2$ が $I_1/I_2 \ll 1$ である場合、レーザ光源1が出射しているレーザ光LB1の中心波長が中心波長 $\lambda_{03}$ に近いことを意味するので、レーザ駆動部6は、歪み検出部5から比 $I_1/I_2 \ll 1$ を受けると、現在の中心波長から $\lambda_0$ だけ長い中心波長 $\lambda_0 + \lambda_{01}$ を有するレーザ光LB1を出射するための中心電流 $I_{01}$ を決定し、その決定した中心電流 $I_{01}$ にRF電流の変動分 $I$ を加算して駆動電流 $I_{d1} = I_{01} \pm I$ を生成し、その生成した駆動電流 $I_{d1} = I_{01} \pm I$ をレーザ光源1に供給して中心波長 $\lambda_0 + \lambda_{01}$ を有するレーザ光LB1を出射するようにレーザ光源1を駆動する。この場合、レーザ光源1は、波長 $\lambda_0 + \lambda_{01} \pm \Delta\lambda$ を有するレーザ光LB1を出射する。

30

【0042】

その後、レーザ駆動部6は、歪み検出部5から $I_1/I_2 \gg 1$ である比 $I_1/I_2$ を受けると、中心波長が $\lambda_0$ だけ短いレーザ光LB1を出射するための中心電流 $I_{02}$ を決定し、その決定した中心電流 $I_{02}$ にRF電流の変動分 $I$ を加算して駆動電流 $I_{d2} = I_{02} \pm I$ を生成し、その生成した駆動電流 $I_{d2} = I_{02} \pm I$ をレーザ光源1に供給して中心波長 $\lambda_0 + \lambda_{01} - \lambda_{02}$ を有するレーザ光LB1を出射するようにレーザ光源1を駆動する。この場合、レーザ光源1は、波長 $\lambda_0 + \lambda_{01} - \lambda_{02} \pm \Delta\lambda$ を有するレーザ光LB1を出射する。

40

【0043】

以後、レーザ駆動部6は、上述した動作を繰り返し実行してレーザ光源1から出射されるレーザ光LB1の中心波長を中心波長 $\lambda_{01}$ に近づける。これによって、光フィルタ4は、非線形歪が小さいレーザ光LB3を出力する。

50

## 【 0 0 4 4 】

このように、実施の形態 1 においては、光変調器 2 で生じた透過強度と印加電圧 (= R F 電圧) との関係における非線形歪を光フィルタ 4 で生じる透過強度と波長との関係における非線形歪によって抑制することが可能な中心波長および変動波長を有するレーザー光を発生させることによって光変調装置 10 から出力されるレーザー光 L B 3 の非線形歪を小さくする。つまり、光変調器 2 で生じた透過強度と印加電圧 (= R F 電圧) との関係における非線形歪を光フィルタ 4 で生じる透過強度と波長との関係における非線形歪によって吸収することによって光変調装置 10 から出力されるレーザー光 L B 3 の非線形歪を小さくする。

## 【 0 0 4 5 】

従って、この発明によれば、2 次の非線形歪および 3 次の非線形歪を同時に抑制できる。

## 【 0 0 4 6 】

光変調装置 10 における全体動作について説明する。電圧電流変換部 3 は、無線信号 (= R F 電圧) を受けると、その受けた R F 電圧を R F 電流に変換し、その変換した R F 電流をレーザー駆動部 6 へ出力する。

## 【 0 0 4 7 】

そして、レーザー駆動部 6 は、電圧電流変換部 3 から R F 電流を受け、歪み検出部 5 から比  $I_1 / I_2$  を受ける。レーザー駆動部 6 が最初に受ける比  $I_1 / I_2$  は、“ 0 ” であるので、レーザー駆動部 6 は、レーザー光源 1 が最初に射出するレーザー光 L B 1 の中心波長を任意に決定し、その決定した中心波長を有するレーザー光 L B 1 をレーザー光源 1 が射出するための中心電流を決定する。

## 【 0 0 4 8 】

その後、レーザー駆動部 6 は、その決定した中心電流に R F 電流の変動分を加算して駆動電流を生成し、その生成した駆動電流をレーザー光源 1 に供給してレーザー光源 1 を駆動する。

## 【 0 0 4 9 】

そうすると、レーザー光源 1 は、レーザー光 L B 1 を射出し、その射出したレーザー光 L B 1 を光変調器 2 へ導く。そして、光変調器 2 は、レーザー光 L B 1 をレーザー光源 1 から受け、その受けたレーザー光 L B 1 の透過強度を R F 電圧に比例した透過強度に設定してレーザー光 L B 2 を光フィルタ 4 へ出力する。

## 【 0 0 5 0 】

光フィルタ 4 は、光変調器 2 からレーザー光 L B 2 を受け、その受けたレーザー光 L B 2 の透過強度をレーザー光 L B 2 の中心波長および変動波長に応じた透過強度に設定してレーザー光 L B 3 を歪み検出部 5 および外部へ出力する。

## 【 0 0 5 1 】

歪み検出部 5 は、光フィルタ 4 からレーザー光 L B 3 を受け、その受けたレーザー光 L B 3 の非線形歪 (= 比  $I_1 / I_2$ ) を検出し、その検出した比  $I_1 / I_2$  をレーザー駆動部 6 へ出力する。

## 【 0 0 5 2 】

そうすると、レーザー駆動部 6 は、歪み検出部 5 から受けた比  $I_1 / I_2$  に基づいて、レーザー光 L B 3 の非線形歪を減少させる中心波長を有するレーザー光 L B 1 をレーザー光源 1 が射出するための中心電流を決定し、その決定した中心電流に R F 電流の変動分を加算して駆動電流を生成する。そして、レーザー駆動部 6 は、その生成した駆動電流をレーザー光源 1 に供給してレーザー光源 1 を駆動する。

## 【 0 0 5 3 】

レーザー光源 1 は、レーザー光 L B 1 を射出し、その射出したレーザー光 L B 1 を光変調器 2 へ導く。そして、光変調器 2 は、レーザー光 L B 1 をレーザー光源 1 から受け、その受けたレーザー光 L B 1 の透過強度を R F 電圧に比例した透過強度に設定してレーザー光 L B 2 を光フィルタ 4 へ出力する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 4 】

光フィルタ 4 は、光変調器 2 からレーザ光 L B 2 を受け、その受けたレーザ光 L B 2 の透過強度をレーザ光 L B 2 の中心波長および変動波長に応じた透過強度に設定してレーザ光 L B 3 を歪み検出部 5 および外部へ出力する。

## 【 0 0 5 5 】

歪み検出部 5 は、光フィルタ 4 からレーザ光 L B 3 を受け、その受けたレーザ光 L B 3 の非線形歪 (= 比  $I_1 / I_2$ ) を検出し、その検出した比  $I_1 / I_2$  をレーザ駆動部 6 へ出力する。

## 【 0 0 5 6 】

光変調装置 10 においては、上述した動作が繰り返し実行され、レーザ光源 1 は、最終的に、波長  $\lambda_0 \pm \Delta\lambda$  を有するレーザ光 L B 1 を出射し、光フィルタ 4 は、最終的に、非線形歪が小さいレーザ光 L B 3 -  $\lambda_0 \pm \Delta\lambda$  (図 5 および図 6 の (b) 参照) を出力する。これによって、光変調装置 10 における全体動作が終了する。

10

## 【 0 0 5 7 】

図 7 は、非線形歪の抑制に用いる光フィルタ 4 の透過特性 T 1 の領域を示す概念図である。上記においては、光フィルタ 4 は、透過特性 T 1 のうち、領域 R E G 1 における透過特性を用いて光変調器 2 から出力されたレーザ光 L B 2 の非線形歪を抑制すると説明したが、この発明においては、これに限らず、透過特性 T 1 のうち、領域 R E G 2 における透過特性を用いて光変調器 2 から出力されたレーザ光 L B 2 の非線形歪を抑制してもよい。

## 【 0 0 5 8 】

なお、実施の形態 1 においては、歪み検出部 5 およびレーザ駆動部 6 は、光変調器 2 の出力と R F 電圧との関係における非線形歪みを抑制するための透過特性を光フィルタ 4 が有するようにレーザ光源 1 が出射するレーザ光の波長を調整する「調整手段」を構成する。

20

## 【 0 0 5 9 】

また、レーザ駆動部 6 が比  $I_1 / I_2$  および R F 電流に基づいてレーザ光 L B 1 の波長を波長  $\lambda_0 \pm \Delta\lambda$  に近づけてレーザ光源 1 を駆動することは、光フィルタ 4 が光変調器 2 の出力と印加電圧との関係における非線形歪みを抑制するための透過特性を有するようにレーザ光の波長を調整することに相当する。

## 【 0 0 6 0 】

## [ 実施の形態 2 ]

図 8 は、実施の形態 2 による光変調装置の構成を示す概略ブロック図である。図 8 を参照して、実施の形態 2 による光変調装置 10 A は、図 1 に示す光変調装置 10 の光フィルタ 4 を光フィルタ 4 A に代えたものであり、その他は、光変調装置 10 と同じである。

30

## 【 0 0 6 1 】

なお、光変調装置 10 A においては、歪み検出部 5 は、比  $I_1 / I_2$  を光フィルタ 4 A へ出力する。また、レーザ駆動部 6 は、中心電流  $I_0$  に R F 電流の変動部  $I$  を加算した駆動電流  $I_0 \pm I$  を生成し、その生成した駆動電流  $I_0 \pm I$  をレーザ光源 1 へ供給してレーザ光源 1 を駆動する。即ち、レーザ駆動部 6 は、中心波長が一定である波長  $\lambda_0 \pm \Delta\lambda$  を有するレーザ光 L B 1 を出射するようにレーザ光源 1 を駆動する。

40

## 【 0 0 6 2 】

光フィルタ 4 A は、歪み検出部 5 から比  $I_1 / I_2$  を受けると、その受けた比  $I_1 / I_2$  に基づいて、透過特性を光変調器 2 から出力されたレーザ光 L B 2 の非線形歪を抑制するための透過特性に変える。そして、光フィルタ 4 A は、光変調器 2 から出力されたレーザ光 L B 2 の非線形歪を抑制したレーザ光 L B 3 を出力する。

## 【 0 0 6 3 】

図 9 は、図 8 に示す光フィルタ 4 A の構成を示す概略図である。図 9 を参照して、光フィルタ 4 A は、ファイバ 4 1 と、ミラー 4 2 , 4 3 と、 piezo 素子 4 4 と、駆動部 4 5 とを含む。

## 【 0 0 6 4 】

50

ファイバ 4 1 は、エルビウムがドープされており、方向 D R 1 において長さ d を有する。ミラー 4 2 , 4 3 は、方向 D R 1 においてファイバ 4 1 を両側から挟む。 piezo素子 4 4 は、ファイバ 4 1 の側面に接触する。駆動部 4 5 は、 piezo素子 4 4 に電圧を印加してファイバ 4 1 を方向 D R 1 において伸縮させ、ファイバ 4 1 の長さ d を変える。

【 0 0 6 5 】

駆動部 4 5 が電圧 V 1 を piezo素子 4 4 に印加すると、 piezo素子 4 4 は、方向 D R 1 において伸縮し、ファイバ 4 1 の長さ d は、 d 1 に設定される。また、駆動部 4 5 が電圧 V 2 を piezo素子 4 4 に印加すると、 piezo素子 4 4 は、方向 D R 1 において伸縮し、ファイバ 4 1 の長さ d は、 d 2 に設定される。

【 0 0 6 6 】

光フィルタ 4 A は、ミラー 4 2 側から入射したレーザ光 L B 2 をミラー 4 2 , 4 3 によって繰り返し反射し、レーザ光 L B 2 の中心波長と波長の変動分とによって決定される透過率を有するレーザ光 L B 3 をミラー 4 3 側から出力する。そして、ファイバ 4 1 の長さ d が d 1 に設定された場合と、ファイバ 4 1 の長さ d が d 2 に設定された場合とでは、レーザ光 L B 2 に対する光フィルタ 4 A の透過特性が異なる。

【 0 0 6 7 】

図 1 0 は、図 8 に示す光フィルタ 4 A の透過特性を示す図である。図 1 0 を参照して、光フィルタ 4 A は、ファイバ 4 1 の長さ d が d 1 であるとき、透過特性 T 3 を有し、ファイバ 4 1 の長さ d が d 2 ( > d 1 ) であるとき、透過特性 T 4 を有する。

【 0 0 6 8 】

このように、光フィルタ 4 A は、ファイバ 4 1 の長さ d が変化することによってレーザ光に対する透過特性が変化する。そして、この発明においては、例えば、透過特性 T 4 の領域 R E G 3 を用いて光変調器 2 から出力されたレーザ光 L B 2 の非線形歪を抑制する。

【 0 0 6 9 】

図 1 1 は、実施の形態 2 における非線形歪の抑制方法を説明するための概念図である。図 1 1 を参照して、レーザ光源 1 は、波長  $\lambda_0 \pm \Delta\lambda$  を有するレーザ光 L B 1 を出射するので、波長  $\lambda_0 \pm \Delta\lambda$  を有するレーザ光 L B 2 が光フィルタ 4 A へ入射する。

【 0 0 7 0 】

ファイバ 4 1 の長さ d が d 1 に設定されている場合に、中心波長が  $\lambda_0$  であり、変動波長が  $\Delta\lambda$  であるレーザ光 L B 2 が光フィルタ 4 A へ入射すると、光フィルタ 4 A は、透過特性 T 3 に従ってレーザ光 L B 3 - 4 を出力する。

【 0 0 7 1 】

一方、ファイバ 4 1 の長さ d が d 2 に設定されている場合に、中心波長が  $\lambda_0$  であり、変動波長が  $\Delta\lambda$  であるレーザ光 L B 2 が光フィルタ 4 A へ入射すると、光フィルタ 4 A は、透過特性 T 4 に従ってレーザ光 L B 3 - 5 を出力する。

【 0 0 7 2 】

レーザ光 L B 3 - 4 においては、比  $I_1 / I_2$  は、  $I_1 / I_2 \gg 1$  であり、レーザ光 L B 3 - 5 においては、比  $I_1 / I_2$  は、  $I_1 / I_2 \approx 1$  である。

【 0 0 7 3 】

従って、光フィルタ 4 A のファイバ 4 1 の長さ d を d 2 に設定することによって、光フィルタ 4 A は、光変調器 2 が出力したレーザ光 L B 2 の非線形歪を抑制できる。

【 0 0 7 4 】

光フィルタ 4 A において、透過特性 T 3 を透過特性 T 4 に調整する動作は、次のようになる。光フィルタ 4 A の駆動部 4 5 は、歪み検出部 5 から比  $[ I_1 / I_2 ]_1$  (  $\gg 1$  ) を受けると、その受けた比  $[ I_1 / I_2 ]_1$  に基づいて、ファイバ 4 1 の長さ d を  $d_{2,1}$  に設定するための電圧 V 2 1 を piezo素子 4 1 に印加する。

【 0 0 7 5 】

そして、ファイバ 4 1 の長さ d が  $d_{2,1}$  に設定されると、光フィルタ 4 A は、長さ  $d_{2,1}$  に対応した透過特性によってレーザ光 L B 2 の透過率を調整してレーザ光 L B 3 を出力する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 6 】

その後、駆動部 4 5 は、歪み検出部 5 から比  $[ I 1 / I 2 ]_1$  よりも小さい比  $[ I 1 / I 2 ]_2$  ( $> > 1$ ) を受けると、その受けた比  $[ I 1 / I 2 ]_2$  に基づいて、ファイバ 4 1 の長さ  $d$  を  $d_{2 1}$  よりも長い  $d_{2 2}$  に設定するための電圧  $V_{2 2}$  をピエゾ素子 4 1 に印加する。

## 【 0 0 7 7 】

そして、ファイバ 4 1 の長さ  $d$  が  $d_{2 2}$  に設定されると、光フィルタ 4 A は、長さ  $d_{2 2}$  に対応した透過特性によってレーザ光 L B 2 の透過率を調整してレーザ光 L B 3 を出力する。

## 【 0 0 7 8 】

以後、光フィルタ 4 A は、上述した動作を繰り返し実行し、透過特性を透過特性 T 4 に設定する。そして、光フィルタ 4 A は、光変調器 2 から出力されたレーザ光 L B 2 の非線形歪を抑制したレーザ光 L B 3 を出力する。

10

## 【 0 0 7 9 】

光フィルタ 4 A を用いた光変調装置 1 0 A における全体動作について説明する。電圧電流変換部 3 は、無線信号 (= R F 電圧) を受けると、その受けた R F 電圧を R F 電流に変換し、その変換した R F 電流をレーザ駆動部 6 へ出力する。

## 【 0 0 8 0 】

そして、レーザ駆動部 6 は、電圧電流変換部 3 から R F 電流を受け、レーザ光源 1 が出射するレーザ光 L B 1 の中心波長を決定し、その決定した中心波長を有するレーザ光 L B 1 をレーザ光源 1 が出射するための中心電流を決定する。

20

## 【 0 0 8 1 】

その後、レーザ駆動部 6 は、その決定した中心電流に R F 電流の変動分を加算して駆動電流を生成し、その生成した駆動電流を供給してレーザ光源 1 を駆動する。

## 【 0 0 8 2 】

そうすると、レーザ光源 1 は、レーザ光 L B 1 を出射し、その出射したレーザ光 L B 1 を光変調器 2 へ導く。そして、光変調器 2 は、レーザ光源 1 から受けたレーザ光 L B 1 の透過強度を R F 電圧に比例した透過強度に設定してレーザ光 L B 2 を光フィルタ 4 A へ出力する。

## 【 0 0 8 3 】

光フィルタ 4 A の駆動部 4 5 は、最初、比  $I 1 / I 2 = 0$  を受けるので、ピエゾ素子 4 4 に印加する電圧を任意に決定し、その決定した電圧をピエゾ素子 4 4 に印加する。これによって、ファイバ 4 1 の長さ  $d$  は、ある 1 つの長さに設定される。

30

## 【 0 0 8 4 】

そして、光フィルタ 4 A は、光変調器 2 から受けたレーザ光 L B 2 の透過強度をファイバ 4 1 の長さ  $d$  に応じた透過強度に設定してレーザ光 L B 3 を歪み検出部 5 および外部へ出力する。

## 【 0 0 8 5 】

歪み検出部 5 は、光フィルタ 4 A からレーザ光 L B 3 を受け、その受けたレーザ光 L B 3 の非線形歪 (= 比  $I 1 / I 2$ ) を検出し、その検出した比  $I 1 / I 2$  を光フィルタ 4 A へ出力する。

40

## 【 0 0 8 6 】

そうすると、光フィルタ 4 A の駆動部 4 5 は、歪み検出部 5 から受けた比  $I 1 / I 2$  に基づいて、ファイバ 4 1 の長さ  $d$  をレーザ光 L B 3 の非線形歪が減少する長さに設定するための電圧を決定し、その決定した電圧をピエゾ素子 4 4 に印加する。これによって、ファイバ 4 1 の長さは、レーザ光 L B 3 の非線形歪が減少する長さに設定される。

## 【 0 0 8 7 】

そして、光フィルタ 4 A は、レーザ光 L B 2 の非線形歪を減少してレーザ光 L B 3 を出力する。

## 【 0 0 8 8 】

50

光フィルタ 4 A を用いた光変調装置 10 A においては、上述した動作が繰り返し実行され、光フィルタ 4 A は、最終的に非線形歪が小さいレーザ光 L B 3 - 5 (図 11 参照) を出力する。これによって、光フィルタ 4 A を用いた光変調装置 10 A における全体動作が終了する。

【 0 0 8 9 】

図 12 は、図 8 に示す光フィルタ 4 A の他の構成を示す概略図である。図 8 に示す光フィルタ 4 A は、図 12 に示す光フィルタ 4 A - 1 であってもよい。図 12 を参照して、光フィルタ 4 A - 1 は、液晶 46 と、ミラー 47, 48 と、電極 49, 50 と、駆動部 51 とを含む。

【 0 0 9 0 】

液晶 46 は、例えば、TN 液晶からなる。ミラー 47, 48 は、方向 DR 1 において液晶 46 の両側を挟む。電極 49, 50 は、方向 DR 2 において、液晶 46 の両側に配置される。駆動部 51 は、電極 49, 50 間に電圧を印加する。

【 0 0 9 1 】

TN 液晶は、電圧が印加されていないとき、約 1.50 の屈折率を有し、電圧が印加されると、その印加される電圧の大きさによって屈折率が約 1.75 まで大きくなる。

【 0 0 9 2 】

光フィルタ 4 A - 1 は、ミラー 47 側から入射したレーザ光 L B 2 をミラー 47, 48 によって繰り返し反射し、レーザ光 L B 2 の中心波長と波長の変動分とによって決定される透過率を有するレーザ光 L B 3 をミラー 48 側から出力する。そして、液晶 46 の屈折率が 1.50 に設定された場合と、液晶 46 の屈折率が 1.75 に設定された場合とでは、レーザ光 L B 2 に対する光フィルタ 4 A - 1 の透過特性が異なる。つまり、液晶 46 の屈折率が 1.50 から 1.75 へ変化すると、光フィルタ 4 A - 1 の透過特性が図 10 に示す透過特性 T3 から透過特性 T4 に変わる。

【 0 0 9 3 】

その結果、光フィルタ 4 A - 1 を用いた場合にも、光フィルタ 4 A を用いた場合と同様に、光変調器 2 から出力されたレーザ光 L B 2 の非線形歪を抑制できる。

【 0 0 9 4 】

光フィルタ 4 A - 1 を用いた光変調装置 10 A における全体動作は、光フィルタ 4 A を用いた光変調装置 10 A における全体動作のファイバ 41 の長さをレーザ光 L B 3 の非線形歪が減少する長さに設定する点を液晶 46 の屈折率をレーザ光 L B 3 の非線形歪が減少する屈折率に設定する点に変えればよい。

【 0 0 9 5 】

なお、実施の形態 2 においては、図 10 に示す領域 REG 3 に限らず、その他の領域を用いて光変調器 2 から出力されたレーザ光 L B 2 の非線形歪を抑制してもよい。

【 0 0 9 6 】

また、実施の形態 2 においては、ファイバ 41 の長さ d および液晶 46 の屈折率は、光フィルタ 4 A, 4 A - 1 のパラメータを構成し、歪み検出部 5 および駆動部 45 または歪み検出部 5 および駆動部 51 は、光変調器 2 の出力と RF 電圧との関係における非線形歪みを抑制するための透過特性を光フィルタ 4 A, 4 A - 1 が有するように光フィルタ 4 A, 4 A - 1 のパラメータを調整する「調整手段」を構成する。

【 0 0 9 7 】

[ 実施の形態 3 ]

図 13 は、実施の形態 3 による光変調装置の構成を示す概略ブロック図である。図 13 を参照して、実施の形態 3 による光変調装置 10 B は、図 1 に示すレーザ駆動部 6 をレーザ駆動部 6 A に代え、光フィルタ 4 を光フィルタ 4 B に代え、電圧電流変換部 3 を削除したものであり、その他は、光変調装置 10 と同じである。

【 0 0 9 8 】

なお、光変調装置 10 B においては、歪み検出部 5 は、比  $I_1 / I_2$  を光フィルタ 4 B へ出力する。

10

20

30

40

50

## 【0099】

レーザ駆動部6Aは、中心波長 $\lambda_0$ を有するレーザ光LB1を出射するようにレーザ光源1を駆動する。即ち、レーザ駆動部6Aは、RF電圧に比例した変動波長を有しない1つの波長 $\lambda_0$ を有するレーザ光LB1を出射するようにレーザ光源1を駆動する。

## 【0100】

光フィルタ4Bは、歪み検出部5から比 $I_1/I_2$ を受け、外部からRF電圧を受ける。そして、光フィルタ4Bは、その受けた比 $I_1/I_2$ に基づいて、透過特性を光変調器2から出力されたレーザ光LB2の非線形歪を抑制するための透過特性に変える。そして、光フィルタ4Bは、光変調器2から出力されたレーザ光LB2の非線形歪を抑制したレーザ光LB3を出力する。

10

## 【0101】

図14は、図13に示す光フィルタ4Bの構成を示す概略図である。図14を参照して、光フィルタ4Bは、ニオブ酸リチウム(LiNbO<sub>3</sub>)61と、ミラー62, 63と、電極64, 65と、駆動部66とを含む。

## 【0102】

ミラー62, 63は、方向DR1においてニオブ酸リチウム61を両側から挟む。電極64, 65は、方向DR2においてニオブ酸リチウム61を両側から挟む。

## 【0103】

駆動部66は、歪み検出部5から受けた比 $I_1/I_2$ に基づいて、中心電圧 $V_0$ を決定し、その決定した中心電圧 $V_0$ にRF電圧の変動電圧 $V$ を加算して電圧 $V = V_0 \pm V$ を生成する。そして、駆動部66は、その生成した電圧 $V = V_0 \pm V$ を電極64, 65間に印加する。この電圧 $V = V_0 \pm V$ は、電圧 $V_0$ を中心として振幅が $\pm V$ の範囲で数十GHzの周波数で変化する電圧である。

20

## 【0104】

ニオブ酸リチウム61は、電極64, 65間に印加された電圧 $V = V_0 \pm V$ に応じて、電圧 $V$ が有する数十GHzの周波数で屈折率が変化する。その結果、光フィルタ4Bは、透過特性がRF電圧に同期して変化する。

## 【0105】

図15は、図14に示す光フィルタ4Bの透過特性を示す図である。ニオブ酸リチウム61の両端に印加される電圧 $V$ の中心電圧 $V_0$ が $V_{01}$ であり、変動電圧が $V$ であるとき、光フィルタ4Bは、透過特性T5を有する。また、ニオブ酸リチウム61の両端に印加される電圧 $V$ の中心電圧 $V_0$ が $V_{02}$ であり、変動電圧が $V$ であるとき、光フィルタ4Bは、透過特性T6を有する。

30

## 【0106】

透過特性T5は、透過特性T51, T52, T53からなる。そして、ニオブ酸リチウム61の両端に電圧 $V_{01} - V$ が印加された場合、光フィルタ4Bは、透過特性T51を有し、ニオブ酸リチウム61の両端に電圧 $V_{01}$ が印加された場合、光フィルタ4Bは、透過特性T52を有し、ニオブ酸リチウム61の両端に電圧 $V_{01} + V$ が印加された場合、光フィルタ4Bは、透過特性T53を有する。その結果、電圧 $V_{01} \pm V$ がニオブ酸リチウム61の両端に印加された場合、光フィルタ4Bの透過特性は、透過特性T51, T52, T53の間で数十GHzの周波数で変化する。

40

## 【0107】

また、透過特性T6は、透過特性T61, T62, T63からなる。そして、ニオブ酸リチウム61の両端に電圧 $V_{02} - V$ が印加された場合、光フィルタ4Bは、透過特性T61を有し、ニオブ酸リチウム61の両端に電圧 $V_{02}$ が印加された場合、光フィルタ4Bは、透過特性T62を有し、ニオブ酸リチウム61の両端に電圧 $V_{02} + V$ が印加された場合、光フィルタ4Bは、透過特性T63を有する。その結果、電圧 $V_{02} \pm V$ がニオブ酸リチウム61の両端に印加された場合、光フィルタ4Bの透過特性は、透過特性T61, T62, T63の間で数十GHzの周波数で変化する。

## 【0108】

50

そうすると、光フィルタ4Bは、単一の波長 $\lambda_0$ を有するレーザ光LB2を受けるので、電圧 $V_{0,1} \pm V$ がニオブ酸リチウム61の両端に印加された場合、波長 $\lambda_0$ を有するレーザ光LB2の振幅を透過特性T51, T52, T53によって変調してレーザ光LB3-6を出力し、電圧 $V_{0,2} \pm V$ がニオブ酸リチウム61の両端に印加された場合、波長 $\lambda_0$ を有するレーザ光LB2の振幅を透過特性T61, T62, T63によって変調してレーザ光LB3-7を出力する。

【0109】

レーザ光LB3-6において、比 $I_1 / I_2$ は、 $I_1 / I_2 > 1$ であり、レーザ光LB3-7において、比 $I_1 / I_2$ は、 $I_1 / I_2 < 1$ であるので、ニオブ酸リチウム61の両端に電圧 $V_{0,2} \pm V$ を印加することによって、光フィルタ4Bは、光変調器2の非線形歪を抑制することができる。

10

【0110】

光変調装置10Bにおける全体動作について説明する。レーザ駆動部6Aは、中心波長 $\lambda_0$ を有するレーザ光LB1をレーザ光源1が射出するための駆動電流を生成し、その生成した駆動電流を供給してレーザ光源1を駆動する。

【0111】

そうすると、レーザ光源1は、レーザ光LB1を射出し、その射出したレーザ光LB1を光変調器2へ導く。そして、光変調器2は、レーザ光LB1をレーザ光源1から受け、その受けたレーザ光LB1の透過強度をRF電圧に比例した透過強度に設定してレーザ光LB2を光フィルタ4Bへ出力する。

20

【0112】

光フィルタ4Bの駆動部66は、最初、比 $I_1 / I_2 = 0$ を受けるので、ニオブ酸リチウム61に印加する電圧を任意に決定し、その決定した電圧をニオブ酸リチウム61に印加する。これによって、光フィルタ4Bの透過特性は、ある1つの透過特性に設定される。

【0113】

そして、光フィルタ4Bは、光変調器2から受けたレーザ光LB2の透過強度をニオブ酸リチウム61の屈折率に応じた透過強度に設定してレーザ光LB3を歪み検出部5および外部へ出力する。

【0114】

歪み検出部5は、光フィルタ4Bから受けたレーザ光LB3の非線形歪(=比 $I_1 / I_2$ )を検出し、その検出した比 $I_1 / I_2$ を光フィルタ4Bへ出力する。

30

【0115】

そうすると、光フィルタ4Bの駆動部66は、歪み検出部5から受けた比 $I_1 / I_2$ に基づいて、ニオブ酸リチウム61の屈折率をレーザ光LB3の非線形歪が減少する屈折率に設定するための電圧を決定し、その決定した電圧にRF電圧の変動電圧を加算した電圧をニオブ酸リチウム61の両端に印加する。これによって、ニオブ酸リチウム61の屈折率は、レーザ光LB3の非線形歪が減少する屈折率に設定される。

【0116】

そして、光フィルタ4Bは、レーザ光LB2の非線形歪を減少してレーザ光LB3を出力する。

40

【0117】

光変調装置10Bにおいては、上述した動作が繰り返し実行され、光フィルタ4Bは、最終的に非線形歪が小さいレーザ光LB3-7(図15参照)を出力する。これによって、光変調装置10Bにおける全体動作が終了する。

【0118】

このように、実施の形態3においては、レーザ光源1は、単一の波長を有するレーザ光LB1を射出し、光フィルタ4Bは、RF電圧に同期して屈折率を変化させて自己の透過特性を光変調器2で生じた非線形歪を抑制する透過特性に設定し、光変調器2で生じた非線形歪を抑制する。

50

## 【 0 1 1 9 】

従って、この発明によれば、2次の非線形歪および3次の非線形歪を同時に抑制できる。

## 【 0 1 2 0 】

なお、実施の形態3においては、ニオブ酸リチウム61の屈折率は、光フィルタ4Bのパラメータを構成し、歪み検出部5および駆動部66は、光変調器2の出力とRF電圧との関係における非線形歪みを抑制するための透過特性を光フィルタ4Bが有するように光フィルタ4Bのパラメータを調整する「調整手段」を構成する。

## 【 0 1 2 1 】

## 〔 応用例 1 〕

図16は、この発明の実施の形態による光変調装置を用いた中継システムの構成を示す概略ブロック図である。図16を参照して、中継システム100は、光変調装置10と、受信機20と、光ファイバ伝送線路30と、光電変換器40と、送信機60とを備える。

## 【 0 1 2 2 】

なお、中継システム100においては、レーザ光源1は、光ファイバ伝送線路7によって光変調器2に接続され、光変調器2は、光ファイバ伝送線路8によって光フィルタ4に接続される。

## 【 0 1 2 3 】

光変調装置10は、光ファイバ伝送線路30によって光電変換器40に接続される。受信機20は、光変調装置10の光変調器2および電圧電流変換部3に接続される。光電変換器40は、光ファイバ伝送線路30によって光フィルタ4に接続されるとともに、送信機60に接続される。

## 【 0 1 2 4 】

受信機20は、無線通信空間から無線信号RFを受信し、その受信した無線信号RFを電圧Vからなる電気信号ES(V)に変換して光変調装置10の光変調器2および電圧電流変換部3へ出力する。光変調装置10において、電圧電流変換部3は、受信機20から受けた電気信号ES(V)をRF電流に変換してレーザ駆動部6へ出力する。

## 【 0 1 2 5 】

そして、光変調装置10において、レーザ駆動部6は、電圧電流変換部3からRF電流を受け、歪み検出部5から比 $I_1 / I_2$ を受け、その受けたRF電流および比 $I_1 / I_2$ に基づいて、上述した動作によってレーザ光源1を駆動する。

## 【 0 1 2 6 】

そうすると、光変調装置10において、レーザ光源1は、レーザ光LB1を発生し、その発生したレーザ光LB1を光ファイバ伝送線路7を介して光変調器2へ導く。そして、光変調器2は、レーザ光源1からのレーザ光LB1の透過強度を受信機20から受けた電気信号ES(V)の電圧Vに比例する透過強度に変換し、その変換した透過強度を有するレーザ光LB2を光フィルタ4へ出力する。光フィルタ4は、光変調器2からレーザ光LB2を受け、上述した方法によってレーザ光LB2の非線形歪みを抑制し、光信号OSを光ファイバ伝送線路30へ出射する。これによって、光変調装置10は、受信機20から受けた電気信号ES(V)を非線形歪みを抑制して光信号OSに変換し、その変換した光信号OSを光ファイバ伝送線路30へ出力する。

## 【 0 1 2 7 】

光ファイバ伝送線路30は、光変調装置10からの光信号OSを光電変換器40へ伝送する。光電変換器40は、光ファイバ伝送線路30から光信号OSを受信し、その受信した光信号OSを電気信号ES(V)に変換して送信機60へ出力する。

## 【 0 1 2 8 】

送信機60は、光電変換器40から受けた電気信号ES(V)を無線信号に変換して無線通信空間へ送信する。

## 【 0 1 2 9 】

このように、中継システム100は、受信機20が無線通信空間から受信した無線信号

10

20

30

40

50

RFを非線形歪を抑制して光信号OSに変換して光電変換器40へ送信し、光電変換器40および送信機60は、光信号OSを無線信号に変換して無線通信空間へ送信する。即ち、中継システム100は、受信機20が無線通信空間から受信した無線信号RFを中継する。

【0130】

なお、中継システム100においては、光変調装置10に代えて光変調装置10Aまたは光変調装置10Bを用いてもよい。

【0131】

[応用例2]

図17は、この発明の実施の形態による光変調装置を用いた中継システムの構成を示す他の概略ブロック図である。図17を参照して、中継システム200は、送受信機210、260と、送受信モジュール220、250と、光ファイバ伝送線路230、240とを備える。

10

【0132】

送受信モジュール220は、光変調装置221と、光電変換器222とを含む。光変調装置221は、図1に示す光変調装置10と同じ構成からなる。また、送受信モジュール250は、光変調装置251と、光電変換器252とを含む。光変調装置251は、図1に示す光変調装置10と同じ構成からなる。

【0133】

送受信機210は、光変調装置221の光変調器2および電圧電流変換部3と、光電変換器222とに接続される。光ファイバ伝送線路230は、光変調装置221の光フィルタ4を送受信モジュール250の光電変換器252に接続する。

20

【0134】

光ファイバ伝送線路240は、光変調装置251の光フィルタ4を送受信モジュール220の光電変換器222に接続する。送受信機260は、光変調装置251の光変調器2および電圧電流変換部3と、光電変換器252とに接続される。

【0135】

送受信機210は、無線通信空間から無線信号RF1を受信し、その受信した無線信号RF1を電圧V1からなる電気信号ES1(V1)に変換して光変調装置221の光変調器2および電圧電流変換部3へ出力する。また、送受信機210は、光電変換器222から受けた電気信号ES2(V2)(電圧V2からなる)を無線信号RF1に変換して無線通信空間へ送信する。

30

【0136】

光変調装置221は、送受信機210から受けた電気信号ES1(V1)を非線形歪を抑制して光信号OS1に変換し、その変換した光信号OS1を光ファイバ伝送線路230へ出力する。

【0137】

光電変換器222は、光ファイバ伝送線路240から受けた光信号OS2を電圧V2からなる電気信号ES2(V2)に変換し、その変換した電気信号ES2(V2)を送受信機210へ出力する。

40

【0138】

光ファイバ伝送線路230は、光変調装置221から出力された光信号OS1を送受信モジュール250の光電変換器252へ伝搬する。光ファイバ伝送線路240は、送受信モジュール250の光変調装置251から出力された光信号OS2を送受信モジュール220の光電変換器222へ伝搬する。

【0139】

光変調装置251は、送受信機260から受けた電気信号ES4(V4)(電圧V4からなる)を非線形歪を抑制して光信号OS2に変換し、その変換した光信号OS2を光ファイバ伝送線路240へ出力する。

【0140】

50

光電変換器 252 は、光ファイバ伝送線路 230 から光信号 OS1 を受信し、その受信した光信号 OS1 を電圧 V3 からなる電気信号 ES3 (V3) に変換して送受信機 260 へ出力する。

【0141】

送受信機 260 は、光電変換器 252 から受けた電気信号 ES3 (V3) を無線信号 RF2 に変換して無線通信空間へ送信する。また、送受信機 260 は、無線通信空間から無線信号 RF2 を受信し、その受信した無線信号 RF2 を電圧 V4 からなる電気信号 ES4 (V4) に変換して光変調装置 251 へ出力する。

【0142】

中継システム 200 の全体動作について説明する。送受信機 210 は、無線通信空間から無線信号 RF1 を受信し、その受信した無線信号 RF1 を電圧 V1 からなる電気信号 ES1 (V1) に変換して光変調装置 221 の光変調器 2 および電圧電流変換部 3 へ出力する。光変調装置 221 において、電圧電流変換部 3 は、電気信号 ES1 (V1) を RF 電流に変換してレーザ駆動部 6 へ出力する。

10

【0143】

そして、光変調装置 221 において、レーザ駆動部 6 は、電圧電流変換部 3 から RF 電流を受け、歪み検出部 5 から比  $I1 / I2$  を受け、その受けた RF 電流および比  $I1 / I2$  に基づいて、上述した動作によってレーザ光源 1 を駆動する。

【0144】

そして、光変調装置 221 のレーザ光源 1 は、レーザ光 LB1 を発生し、その発生したレーザ光 LB1 を光ファイバ伝送線路 7 を介して光変調器 2 へ導く。そうすると、光変調器 2 は、レーザ光源 1 からのレーザ光 LB1 の透過強度を送受信機 210 から受けた電気信号 ES1 (V1) の電圧 V1 に比例する透過強度に変換し、その変換した透過強度を有するレーザ光 LB2 を光フィルタ 4 へ出力する。そして、光変調装置 221 の光フィルタ 4 は、上述した方法によってレーザ光 LB2 の非線形歪を抑制し、光信号 OS1 を光ファイバ伝送線路 230 へ出射する。これによって、光変調装置 221 は、送受信機 210 から受けた電気信号 ES1 (V1) を非線形歪を抑制して光信号 OS1 に変換し、その変換した光信号 OS1 を光ファイバ伝送線路 230 へ出力する。

20

【0145】

光ファイバ伝送線路 230 は、光変調装置 221 からの光信号 OS1 を光電変換器 252 へ伝送する。そして、光電変換器 252 は、光ファイバ伝送線路 230 から光信号 OS1 を受信し、その受信した光信号 OS1 を電気信号 ES3 (V3) に変換して送受信機 260 へ出力する。

30

【0146】

送受信機 260 は、光電変換器 252 から受けた電気信号 ES3 (V3) を無線信号 RF2 に変換して無線通信空間へ送信する。

【0147】

また、送受信機 260 は、無線通信空間から無線信号 RF2 を受信し、その受信した無線信号 RF2 を電圧 V4 からなる電気信号 ES4 (V4) に変換して光変調装置 251 の光変調器 2 および電圧電流変換部 3 へ出力する。光変調装置 251 において、電圧電流変換部 3 は、電気信号 ES4 (V4) を RF 電流に変換してレーザ駆動部 6 へ出力する。

40

【0148】

そして、光変調装置 251 において、レーザ駆動部 6 は、電圧電流変換部 3 から RF 電流を受け、歪み検出部 5 から比  $I1 / I2$  を受け、その受けた RF 電流および比  $I1 / I2$  に基づいて、上述した動作によってレーザ光源 1 を駆動する。

【0149】

そうすると、光変調装置 251 のレーザ光源 1 は、レーザ光 LB1 を発生し、その発生したレーザ光 LB1 を光ファイバ伝送線路 7 を介して光変調器 2 へ導く。そして、光変調器 2 は、レーザ光源 1 からのレーザ光 LB1 の透過強度を送受信機 260 から受けた電気信号 ES4 (V4) の電圧 V4 に比例する透過強度に変換し、その変換した透過強度を有

50

するレーザ光LB2を光フィルタ4へ出力する。そして、光変調装置251の光フィルタ4は、上述した方法によってレーザ光LB2の非線形歪を抑制し、光信号OS2を光ファイバ伝送線路240へ出射する。これによって、光変調装置251は、送受信機260から受けた電気信号ES4(V4)を非線形歪を抑制して光信号OS2に変換し、その変換した光信号OS2を光ファイバ伝送線路240へ出力する。

【0150】

光ファイバ伝送線路240は、光変調装置251からの光信号OS2を光電変換器222へ伝送する。そして、光電変換器222は、光ファイバ伝送線路240から光信号OS2を受信し、その受信した光信号OS2を電気信号ES2(V2)に変換して送受信機210へ出力する。

10

【0151】

送受信機210は、光電変換器222から受けた電気信号ES2(V2)を無線信号RF1に変換して無線通信空間へ送信する。

【0152】

このように、中継システム200は、送受信機210が無線通信空間から受信した無線信号RF1を送受信モジュール220において非線形歪を抑制して光信号OS1に変換して送受信モジュール250へ送信し、送受信モジュール250および送受信機260は、光信号OS1を無線信号RF2に変換して無線通信空間へ送信するとともに、送受信機260が無線通信空間から受信した無線信号RF2を送受信モジュール250において非線形歪を抑制して光信号OS2に変換して送受信モジュール220へ送信し、送受信モジュール220および送受信機210は、光信号OS2を無線信号RF1に変換して無線通信空間へ送信する。即ち、中継システム200は、無線通信空間から受信した無線信号RF1, RF2を双方向で中継する。

20

【0153】

なお、中継システム200においては、光変調装置221, 251の各々は、光変調装置10に代えて光変調装置10Aまたは光変調装置10Bからなってもよい。

【0154】

[応用例3]

図18は、この発明の実施の形態による光変調装置を用いたネットワークシステムの構成を示す概略図である。図18を参照して、ネットワークシステム300は、ゲートウェイ310と、送受信モジュール320, 340, 360, 400, 420と、光ファイバ伝送線路330, 350, 390, 410と、携帯電話機370と、デジタル家電装置380と、無線LAN(Local Area Network)システム430と、AV(Audio Video)機器440とを備える。

30

【0155】

ゲートウェイ310、送受信モジュール320, 340, 360, 400, 420、光ファイバ伝送線路330, 350, 390, 410、携帯電話機370、デジタル家電装置380、無線LANシステム430、およびAV機器440は、家屋460内に配置される。従って、ネットワークシステム300は、オフィスまたは家庭内におけるネットワークを構成する。また、送受信モジュール320, 340, 360, 400, 420の各々は、図17に示す送受信モジュール220, 250と同じ構成からなる。

40

【0156】

ゲートウェイ310は、IP(Internet Protocol)ネットワーク450に接続される。送受信モジュール320は、ゲートウェイ310に接続される。光ファイバ伝送線路330は、送受信モジュール340を送受信モジュール320に接続する。送受信モジュール340は、アンテナ341を有し、光ファイバ伝送線路330を介して送受信モジュール320に接続される。

【0157】

光ファイバ伝送線路350は、送受信モジュール360を送受信モジュール340に接続する。送受信モジュール360は、光ファイバ伝送線路350を介して送受信モジュール

50

ル 3 4 0 に接続される。デジタル家電装置 3 8 0 は、送受信モジュール 3 6 0 に接続される。

【 0 1 5 8 】

光ファイバ伝送線路 3 9 0 は、送受信モジュール 4 0 0 を送受信モジュール 3 2 0 に接続する。送受信モジュール 4 0 0 は、アンテナ 4 0 1 を有し、光ファイバ伝送線路 3 9 0 を介して送受信モジュール 3 2 0 に接続される。

【 0 1 5 9 】

光ファイバ伝送線路 4 1 0 は、送受信モジュール 4 2 0 を送受信モジュール 4 0 0 に接続する。送受信モジュール 4 2 0 は、光ファイバ伝送線路 4 1 0 を介して送受信モジュール 4 0 0 に接続される。A V 機器 4 4 0 は、送受信モジュール 4 2 0 に接続される。

10

【 0 1 6 0 】

ゲートウェイ 3 1 0 は、I P ネットワーク 4 5 0 との間でデジタル信号を送受信する。そして、ゲートウェイ 3 1 0 は、I P ネットワーク 4 5 0 から受信したデジタル信号をアナログ信号に変換して送受信モジュール 3 2 0 へ送信し、送受信モジュール 3 2 0 から受けたアナログ信号をデジタル信号に変換して I P ネットワーク 4 5 0 へ送信する。

【 0 1 6 1 】

送受信モジュール 3 2 0 は、ゲートウェイ 3 1 0 から受けたアナログ信号 A N S ( 電圧 V からなる ) を非線形歪みを抑制して光信号 O S 1 に変換し、その変換した光信号 O S 1 を光ファイバ伝送線路 3 3 0 を介して送受信モジュール 3 4 0 へ送信する。また、送受信モジュール 3 2 0 は、ゲートウェイ 3 1 0 から受けたアナログ信号 A N S を非線形歪みを抑制して光信号 O S 2 に変換し、その変換した光信号 O S 2 を光ファイバ伝送線路 3 9 0 を介して送受信モジュール 4 0 0 へ送信する。更に、送受信モジュール 3 2 0 は、光ファイバ伝送線路 3 3 0 から光信号 O S 1 を受信し、その受信した光信号 O S 1 をアナログ信号 A N S に変換してゲートウェイ 3 1 0 へ送信する。更に、送受信モジュール 3 2 0 は、光ファイバ伝送線路 3 9 0 から光信号 O S 2 を受信し、その受信した光信号 O S 2 をアナログ信号 A N S に変換してゲートウェイ 3 1 0 へ送信する。

20

【 0 1 6 2 】

光ファイバ伝送線路 3 3 0 は、送受信モジュール 3 2 0 , 3 4 0 間で光信号 O S 1 を伝送する。送受信モジュール 3 4 0 において、光変調器 2 および光電変換器 2 2 2 ( 図 1 7 参照 ) は、アンテナ 3 4 1 に接続され、光変調器 2 は、光ファイバ伝送線路 3 3 0 , 3 5 0 に接続され、光電変換器 2 2 2 は、光ファイバ伝送線路 3 3 0 , 3 5 0 に接続される。従って、送受信モジュール 3 4 0 は、光変調器 2 によって、光ファイバ伝送線路 3 3 0 から光信号 O S 1 を受信するとともに、その受信した光信号 O S 1 を非線形歪みを抑制して光信号 O S 3 に変換して光ファイバ伝送線路 3 5 0 へ送信する。また、送受信モジュール 3 4 0 は、光変調器 2 によって、光ファイバ伝送線路 3 5 0 から光信号 O S 3 を受信するとともに、その受信した光信号 O S 3 を非線形歪みを抑制して光信号 O S 1 に変換して光ファイバ伝送線路 3 3 0 へ送信する。更に、送受信モジュール 3 4 0 は、光電変換器 2 2 2 によって、光ファイバ伝送線路 3 3 0 から光信号 O S 1 を受信し、その受信した光信号 O S 1 を電圧 V 1 からなる電気信号 E S 1 ( V 1 ) に変換してアンテナ 3 4 1 へ出力する。更に、送受信モジュール 3 4 0 は、光電変換器 2 2 2 によって、光ファイバ伝送線路 3 5 0 から光信号 O S 3 を受信し、その受信した光信号 O S 3 を電圧 V 1 からなる電気信号 E S 1 ( V 1 ) に変換してアンテナ 3 4 1 へ出力する。更に、送受信モジュール 3 4 0 は、アンテナ 3 4 1 から受けた電気信号 E S 1 ( V 1 ) を非線形歪みを抑制して光信号 O S 1 に変換し、その変換した光信号 O S 1 を光ファイバ伝送線路 3 3 0 へ送信する。更に、送受信モジュール 3 4 0 は、アンテナ 3 4 1 から受けた電気信号 E S 1 ( V 1 ) を非線形歪みを抑制して光信号 O S 3 に変換し、その変換した光信号 O S 3 を光ファイバ伝送線路 3 5 0 へ送信する。

30

40

【 0 1 6 3 】

アンテナ 3 4 1 は、送受信モジュール 3 4 0 から受けた電気信号 E S 1 ( V 1 ) を無線信号 R F 1 に変換して携帯電話機 3 7 0 へ送信するとともに、携帯電話機 3 7 0 から無線

50

信号 R F 1 を受信し、その受信した無線信号 R F 1 を電気信号 E S 1 ( V 1 ) に変換して送受信モジュール 3 4 0 へ出力する。

【 0 1 6 4 】

光ファイバ伝送線路 3 5 0 は、送受信モジュール 3 4 0 , 3 6 0 間で光信号 O S 3 を伝搬する。

【 0 1 6 5 】

送受信モジュール 3 6 0 は、光ファイバ伝送線路 3 5 0 から光信号 O S 3 を受信し、その受信した光信号 O S 3 を電圧 V 2 からなる電気信号 E S 2 ( V 2 ) に変換してデジタル家電装置 3 8 0 へ送信する。また、送受信モジュール 3 6 0 は、デジタル家電装置 3 8 0 から受けた電気信号 E S 2 ( V 2 ) を非線形歪みを抑制して光信号 O S 3 に変換し、その変換した光信号 O S 3 を光ファイバ伝送線路 3 5 0 へ出力する。

10

【 0 1 6 6 】

携帯電話機 3 7 0 は、アンテナ 3 4 1 との間で無線信号 R F 1 を送受信する。デジタル家電装置 3 8 0 は、送受信モジュール 3 6 0 から受信した電気信号 E S 2 ( V 2 ) の信号処理を行ない、所定の動作を行なう。

【 0 1 6 7 】

光ファイバ伝送線路 3 9 0 は、送受信モジュール 3 2 0 , 4 4 0 間で光信号 O S 2 を伝搬する。送受信モジュール 4 0 0 において、光変調器 2 および光電変換器 2 2 2 ( 図 1 7 参照 ) は、アンテナ 4 0 1 に接続され、光変調器 2 は、光ファイバ伝送線路 3 9 0 , 4 1 0 に接続され、光電変換器 2 2 2 は、光ファイバ伝送線路 3 9 0 , 4 1 0 に接続される。従って、送受信モジュール 4 0 0 は、光変調器 2 によって、光ファイバ伝送線路 3 9 0 から光信号 O S 2 を受信するとともに、その受信した光信号 O S 2 を非線形歪みを抑制して光信号 O S 4 に変換して光ファイバ伝送線路 4 1 0 へ送信する。また、送受信モジュール 4 0 0 は、光変調器 2 によって、光ファイバ伝送線路 4 1 0 から光信号 O S 4 を受信するとともに、その受信した光信号 O S 4 を非線形歪みを抑制して光信号 O S 2 に変換して光ファイバ伝送線路 3 9 0 へ送信する。更に、送受信モジュール 4 0 0 は、光電変換器 2 2 2 によって、光ファイバ伝送線路 3 9 0 から光信号 O S 2 を受信し、その受信した光信号 O S 2 を電圧 V 3 からなる電気信号 E S 3 ( V 3 ) に変換してアンテナ 4 0 1 へ出力する。更に、送受信モジュール 4 0 0 は、光電変換器 2 2 2 によって、光ファイバ伝送線路 4 1 0 から光信号 O S 4 を受信し、その受信した光信号 O S 4 を電圧 V 3 からなる電気信号 E S 3 ( V 3 ) に変換してアンテナ 4 0 1 へ出力する。更に、送受信モジュール 4 0 0 は、アンテナ 4 0 1 から受けた電気信号 E S 3 ( V 3 ) を非線形歪みを抑制して光信号 O S 2 に変換し、その変換した光信号 O S 2 を光ファイバ伝送線路 3 9 0 へ送信する。更に、送受信モジュール 4 0 0 は、アンテナ 4 0 1 から受けた電気信号 E S 3 ( V 3 ) を非線形歪みを抑制して光信号 O S 4 に変換し、その変換した光信号 O S 4 を光ファイバ伝送線路 1 0 へ送信する。

20

30

【 0 1 6 8 】

アンテナ 4 0 1 は、送受信モジュール 4 0 0 から受けた電気信号 E S 3 ( V 3 ) を無線信号 R F 2 に変換して無線 L A N システム 4 3 0 へ送信するとともに、無線 L A N システム 4 3 0 から無線信号 R F 2 を受信し、その受信した無線信号 R F 2 を電気信号 E S 3 ( V 3 ) に変換して送受信モジュール 4 0 0 へ出力する。

40

【 0 1 6 9 】

光ファイバ伝送線路 4 1 0 は、送受信モジュール 4 0 0 , 4 2 0 間で光信号 O S 4 を伝搬する。

【 0 1 7 0 】

送受信モジュール 4 2 0 は、光ファイバ伝送線路 4 1 0 から光信号 O S 4 を受信し、その受信した光信号 O S 4 を電圧 V 4 からなる電気信号 E S 4 ( V 4 ) に変換して A V 機器 4 4 0 へ送信する。また、送受信モジュール 4 2 0 は、A V 機器 4 4 0 から受けた電気信号 E S 4 ( V 4 ) を非線形歪みを抑制して光信号 O S 4 に変換し、その変換した光信号 O S 4 を光ファイバ伝送線路 4 1 0 へ出力する。

50

## 【 0 1 7 1 】

無線LANシステム430は、アンテナ401との間で無線信号RF2を送受信する。AV機器440は、送受信モジュール420から受信した電気信号ES4(V4)の信号処理を行ない、音声または映像をユーザに与える。

## 【 0 1 7 2 】

携帯電話機370がIPネットワーク450との間で通信を行なう動作について説明する。携帯電話機370は、無線信号RF1をアンテナ341へ送信し、アンテナ341は、携帯電話機370から無線信号RF1を受信し、その受信した無線信号RF1を電気信号ES1(V1)に変換して送受信モジュール340へ出力する。

## 【 0 1 7 3 】

そうすると、送受信モジュール340において、光変調装置221(図17参照)は、アンテナ341からの電気信号ES1(V1)を非線形歪みを抑制して光信号OS1に変換し、その変換した光信号OS1を光ファイバ伝送線路330を介して送受信モジュール320へ送信する。

## 【 0 1 7 4 】

送受信モジュール320は、光電変換器222(図17参照)によって、光ファイバ伝送線路330を介して送受信モジュール340から光信号OS1を受信し、その受信した光信号OS1をアナログ信号ANSに変換してゲートウェイ310へ送信する。そして、ゲートウェイ310は、アナログ信号ANSをデジタル信号に変換してIPネットワーク450へ送信する。

## 【 0 1 7 5 】

その後、ゲートウェイ310は、IPネットワーク450からデジタル信号を受信すると、その受信したデジタル信号をアナログ信号ANSに変換して送受信モジュール320へ送信する。そして、送受信モジュール320は、ゲートウェイ310から受信したアナログ信号ANSを非線形歪みを抑制して光信号OS1に変換し、その変換した光信号OS1を光ファイバ伝送線路330を介して送受信モジュール340へ送信する。

## 【 0 1 7 6 】

送受信モジュール340は、光ファイバ伝送線路330を介して送受信モジュール320から光信号OS1を受信し、その受信した光信号OS1を電気信号ES1(V1)に変換してアンテナ341へ出力する。そして、アンテナ341は、電気信号ES1(V1)を無線信号RF1に変換して携帯電話機370へ送信し、携帯電話機370は、アンテナ341から無線信号RF1を受信する。

## 【 0 1 7 7 】

このようにして、携帯電話機370は、IPネットワーク450との間で通信を行なう。

## 【 0 1 7 8 】

デジタル家電装置380、無線LANシステム430およびAV機器440も、携帯電話機370と同じ動作に従ってIPネットワーク450との間で通信を行なう。

## 【 0 1 7 9 】

次に、携帯電話機370とデジタル家電装置380との間で通信を行なう動作について説明する。携帯電話機370は、無線信号RF1をアンテナ341へ送信し、アンテナ341は、携帯電話機370から無線信号RF1を受信し、その受信した無線信号RF1を電気信号ES1(V1)に変換して送受信モジュール340へ出力する。

## 【 0 1 8 0 】

そうすると、送受信モジュール340において、光変調装置221(図17参照)は、アンテナ341からの電気信号ES1(V1)を非線形歪みを抑制して光信号OS3に変換し、その変換した光信号OS3を光ファイバ伝送線路350を介して送受信モジュール360へ送信する。

## 【 0 1 8 1 】

送受信モジュール360は、光電変換器222(図17参照)によって、光ファイバ伝

10

20

30

40

50

送線路 350 を介して送受信モジュール 340 から光信号 OS3 を受信し、その受信した光信号 OS3 を電気信号 ES2 (V2) に変換してデジタル家電装置 380 へ送信する。

【0182】

その後、デジタル家電装置 380 は、電気信号 ES2 (V2) を送受信モジュール 360 へ送信する。そして、送受信モジュール 360 は、デジタル家電装置 380 から受信した電気信号 ES2 (V2) を非線形歪みを抑制して光信号 OS3 に変換し、その変換した光信号 OS3 を光ファイバ伝送線路 350 を介して送受信モジュール 340 へ送信する。

【0183】

送受信モジュール 340 は、光ファイバ伝送線路 350 を介して送受信モジュール 360 から光信号 OS3 を受信し、その受信した光信号 OS3 を電気信号 ES1 (V1) に変換してアンテナ 341 へ出力する。そして、アンテナ 341 は、電気信号 ES1 (V1) を無線信号 RF1 に変換して携帯電話機 370 へ送信し、携帯電話機 370 は、アンテナ 341 から無線信号 RF1 を受信する。

【0184】

このようにして、携帯電話機 370 は、デジタル家電装置 380 との間で通信を行なう。

【0185】

携帯電話機 370、デジタル家電装置 380、無線 LAN システム 430 および AV 機器 440 は、上述した携帯電話機 370 とデジタル家電装置 380 との間の通信と同じ方法によって相互に通信を行なう。

【0186】

上述したように、オフィスまたは家庭内に設置された携帯電話機 370、デジタル家電装置 380、無線 LAN システム 430 および AV 機器 440 は、IP ネットワーク 450 との間で通信を行なうとともに、相互に通信を行なう。従って、家屋 460 内のあらゆる場所において、携帯電話、無線 LAN、およびテレビジョン放送等のサービスを受けることができる。

【0187】

そして、このような各種のサービスにおいては、各種の周波数帯域からなる電気信号を非線形歪みを抑制して光信号に変換する必要があるが、送受信モジュール 320, 340, 360, 400, 420 は、非線形歪みを抑制して電気信号を光信号に変換するので、ネットワークシステム 300 においては、各種の周波数帯域からなる電気信号を非線形歪みを抑制して光信号に変換して通信を行なうことができる。

【0188】

また、送受信モジュール 320, 340, 360, 400, 420 は、同じ構成からなるので、相互に異なる周波数を有する信号を送受信する携帯電話機 370、デジタル家電装置 380、無線 LAN 430 および AV 機器 440 と接続する位置に送受信モジュールを配置する場合にも、携帯電話機 370、デジタル家電装置 380、無線 LAN 430 および AV 機器 440 にそれぞれ対応した送受信モジュールを作製する必要がなく、ネットワークシステム 300 を容易に構築できる。

【0189】

なお、ゲートウェイ 310 は、「通信装置」を構成する。

【0190】

また、携帯電話機 370、デジタル家電装置 380、無線 LAN 430 および AV 機器 440 は、「通信機器」を構成する。

【0191】

更に、送受信モジュール 320 は、「第 1 の送受信モジュール」を構成し、送受信モジュール 340, 360, 400, 420 の各々は、「第 2 の送受信モジュール」を構成する。

【0192】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えら

10

20

30

40

50

れるべきである。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【産業上の利用可能性】

【0193】

この発明は、2次の非線形歪と3次の非線形歪とを同時に抑制可能な光変調装置に適用される。

【図面の簡単な説明】

【0194】

【図1】この発明の実施の形態1による光変調装置の構成を示す概略ブロック図である。 10

【図2】図1に示す歪み検出部における非線形歪の検出方法を説明するための図である。

【図3】図1に示すレーザ駆動部における中心波長の検出方法を説明するための図である。

【図4】図1に示す変調器の透過特性を示す図である。

【図5】非線形歪を抑制する方法を説明するための第1の図である。

【図6】非線形歪を抑制する方法を説明するための第2の図である。

【図7】非線形歪の抑制に用いる光フィルタの透過特性の領域を示す概念図である。

【図8】実施の形態2による光変調装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図9】図8に示す光フィルタの構成を示す概略図である。

【図10】図8に示す光フィルタの透過特性を示す図である。 20

【図11】実施の形態2における非線形歪の抑制方法を説明するための概念図である。

【図12】図8に示す光フィルタの他の構成を示す概略図である。

【図13】実施の形態3による光変調装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図14】図13に示す光フィルタの構成を示す概略図である。

【図15】図14に示す光フィルタの透過特性を示す図である。

【図16】この発明の実施の形態による光変調装置を用いた中継システムの構成を示す概略ブロック図である。

【図17】この発明の実施の形態による光変調装置を用いた中継システムの構成を示す他の概略ブロック図である。

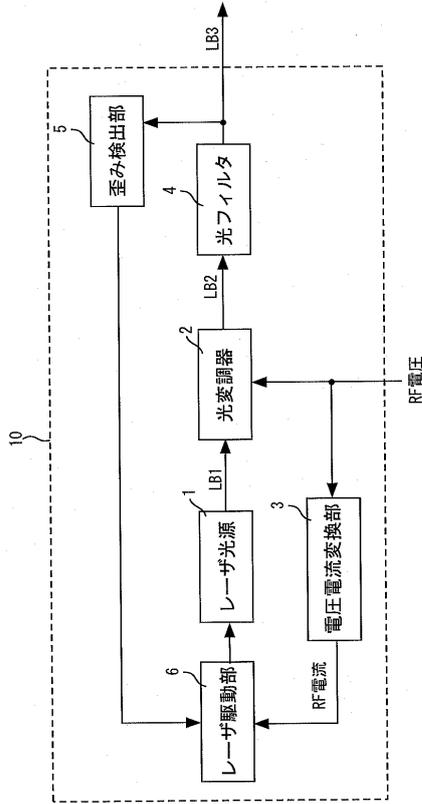
【図18】この発明の実施の形態による光変調装置を用いたネットワークシステムの構成を示す概略図である。 30

【符号の説明】

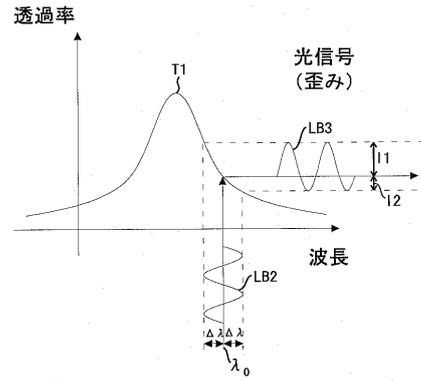
【0195】

1 レーザ光源、2 光変調器、3 電圧電流変換部、4, 4A, 4A-1, 4B 光フィルタ、6, 6A レーザ駆動部、7, 8, 30, 230, 240, 330, 350, 390, 410 光ファイバ伝送線路、10, 10A, 10B, 221, 251 光変調装置、20 受信機、40, 222, 252 光電変換器、41 ファイバ、42, 43, 47, 48, 62, 63 ミラー、44 ピエゾ素子、45, 51, 66 駆動部、46 液晶、49, 50, 64, 65 電極、60 送信機、61 ニオブ酸リチウム、100, 200 中継システム、210, 260 送受信機、220, 250, 320, 340, 360, 400, 420 送受信モジュール、300 ネットワークシステム、310 ゲートウェイ、341, 401 アンテナ、370 携帯電話機、380 デジタル家電装置、430 無線LAN、440 AV機器、450 IPネットワーク、460 家屋。 40

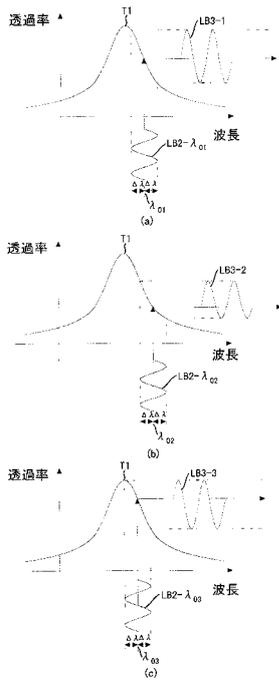
【図1】



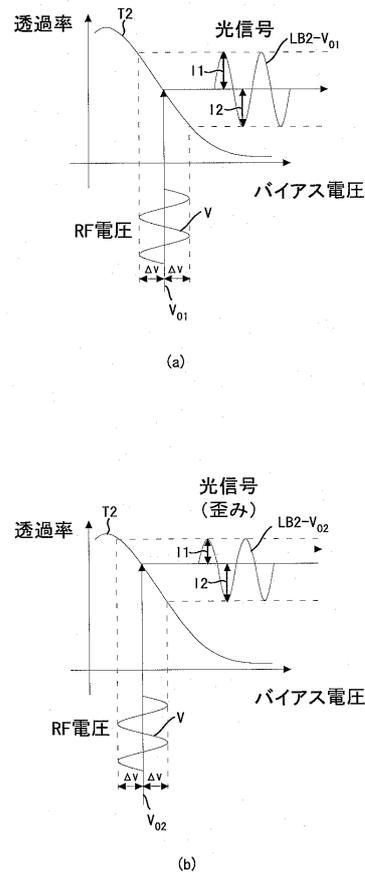
【図2】



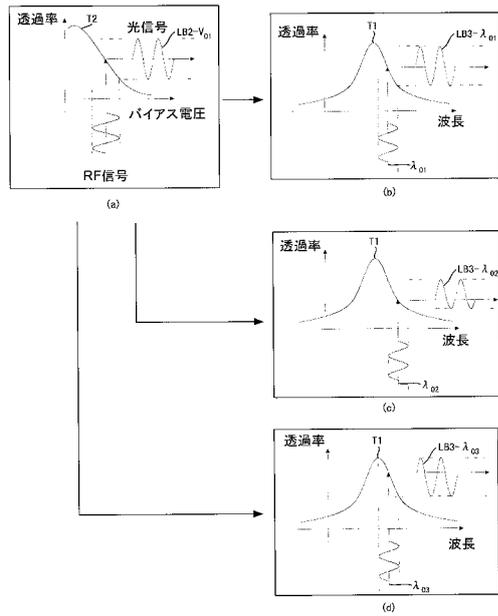
【図3】



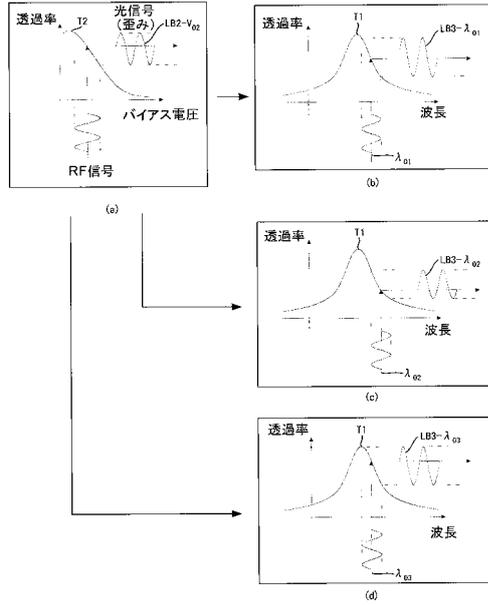
【図4】



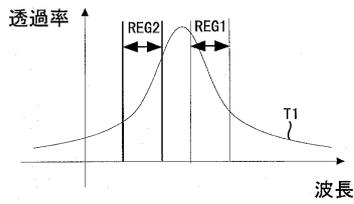
【図5】



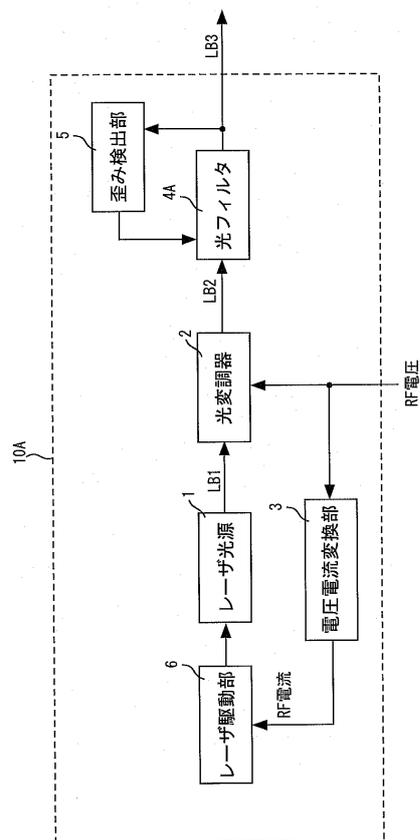
【図6】



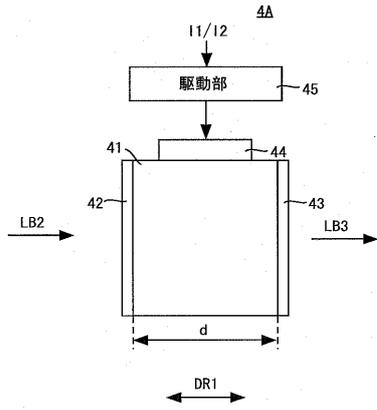
【図7】



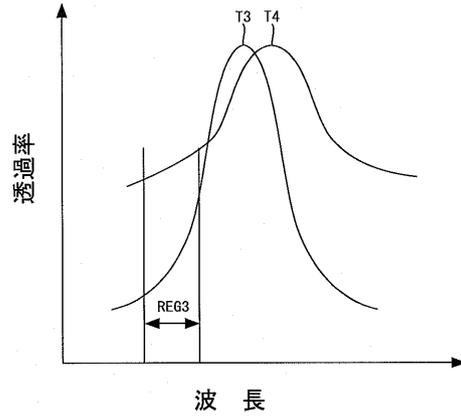
【図8】



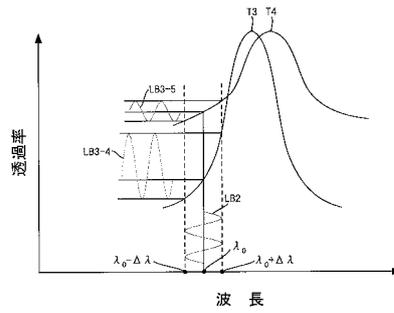
【図9】



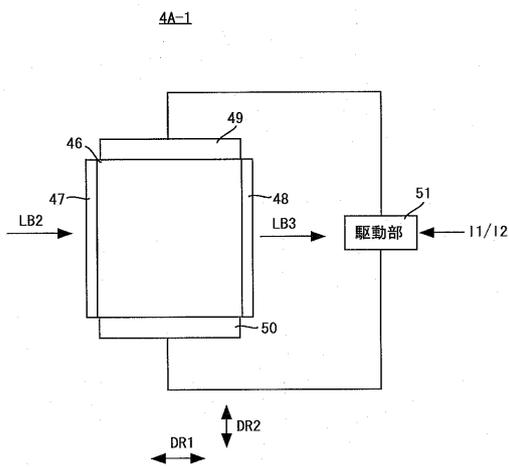
【図10】



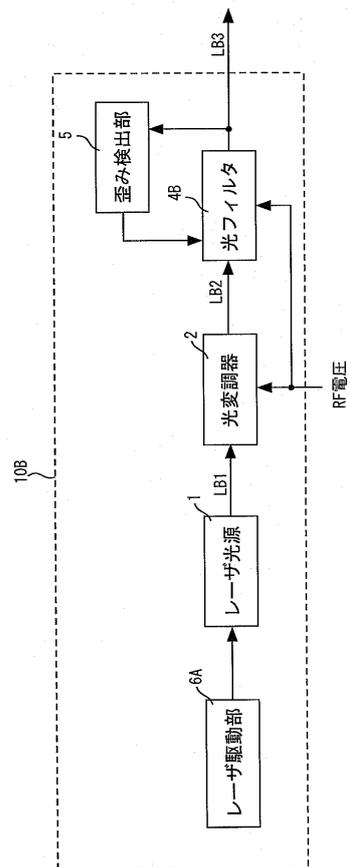
【図11】



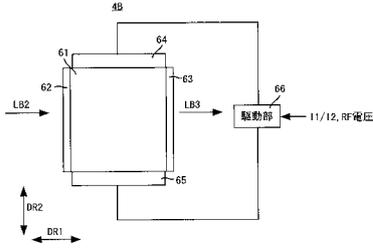
【図12】



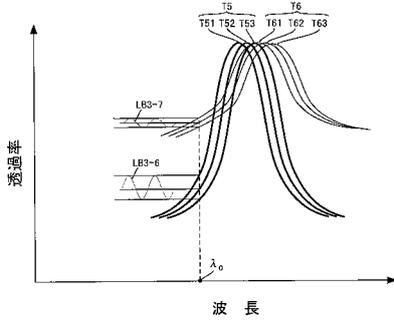
【図13】



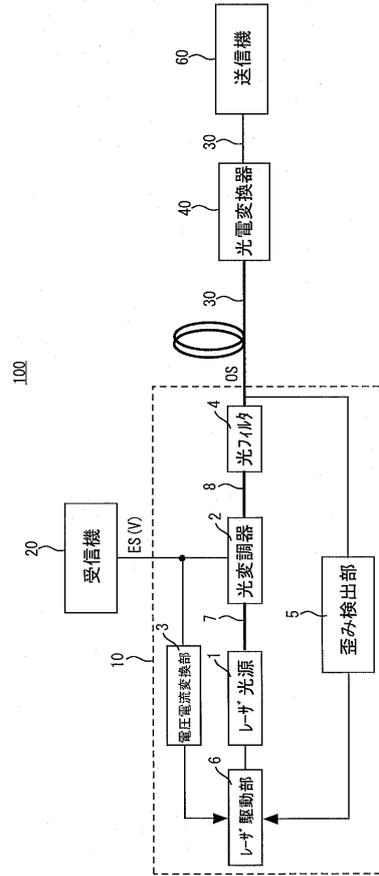
【図14】



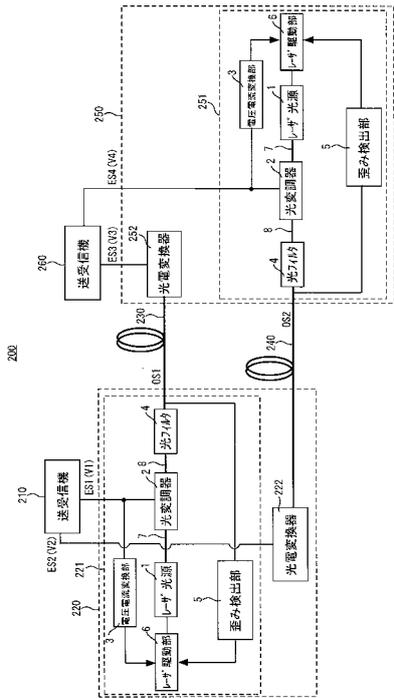
【図15】



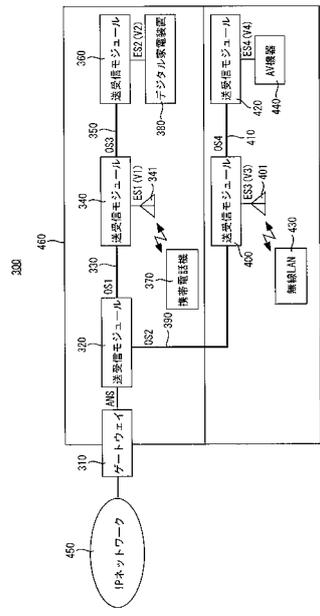
【図16】



【図17】



【図18】



## フロントページの続き

- (72)発明者 熊本 和夫  
大阪府大阪市旭区大宮5丁目1番1号 大阪工業大学内
- (72)発明者 稲垣 恵三  
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 小牧 省三  
大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 塚本 勝俊  
大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 東野 武史  
大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内

審査官 吉田 英一

- (56)参考文献 右田翼、山下真、熊本和夫、安川交二、稲垣恵三、東野武史、塚本勝俊、小牧省三、EAMを用いた2次および3次非線形歪み同時抑圧方式～直列・並列接続型方式の実験的比較検討～，電子情報通信学会技術研究報告，日本，社団法人電子情報通信学会，2006年7月20日，Vol. 106，No. 186，p. 25 - 30
- 上垣孝介、熊本和夫、安川交二、稲垣恵三、東野武史、塚本勝俊、小牧省三、光フィルタを用いたRoFシステムの非線形歪み抑圧，2007年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会講演論文集1，日本，社団法人電子情報通信学会，2007年8月29日，p. 243
- 上垣孝介、山下真、熊本和夫、安川交二、稲垣恵三、東野武史、塚本勝俊、小牧省三、直列接続EAMを用いた広帯域無線信号の歪み抑圧実験，2006年電子情報通信学会総合大会講演論文集，日本，社団法人電子情報通信学会，2006年3月8日，通信1，p. 559
- 吉川祐生、山下真、熊本和夫、安川交二、稲垣恵三、東野武史、塚本勝俊、小牧省三、直列接続EAMを用いたRoFのダイナミックレンジ改善，2006年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会講演論文集1，日本，社団法人電子情報通信学会，2006年9月7日，p. 250
- Sang-Kook HAN, Duk-Ho JEON, and Hyun-Do JUNG, Linear Electroabsorption Modulation for Radio on Fiber Systems, IEICE transactions on electronics, 日本，社団法人電子情報通信学会，2002年3月，Vol. E85-C, No. 3, p. 527 - 533
- Sung-Il Sohn, and Sang-Kook Han, Linear optical modulation in a serially cascaded electroabsorption modulator, Microwave and Optical Technology Letters, 2000年12月20日，Vol. 27, No. 6, p. 447 - 450

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 F 1 / 0 1  
H 0 4 B 1 0 / 1 8  
C i N i i  
J S T P l u s ( J D r e a m I I )  
J S T 7 5 8 0 ( J D r e a m I I )