(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2008 年12 月4 日 (04.12.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/146684 A1

(51) 国際特許分類:
G01J 11/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2008/059367

(22) 国際出願日: 2008 年5 月21 日 (21.05.2008)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2007-138934 2007 年5 月25 日 (25.05.2007) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): アンリツ株式会社 (ANRITSU CORPORATION) [JP/JP]; 〒2438555 神奈川県厚木市恩名五丁目１番１号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大谷 昭仁 (OTANI, Akihito) [JP/JP]. 谷本 隆生 (TANIMOTO, Takao) [JP/JP].

(74) 代理人: 鈴江 武彦, 外(SUZUYE, Takehiko et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門１丁目１２番９号 鈴榮特許綜合事務所内 Tokyo (JP).

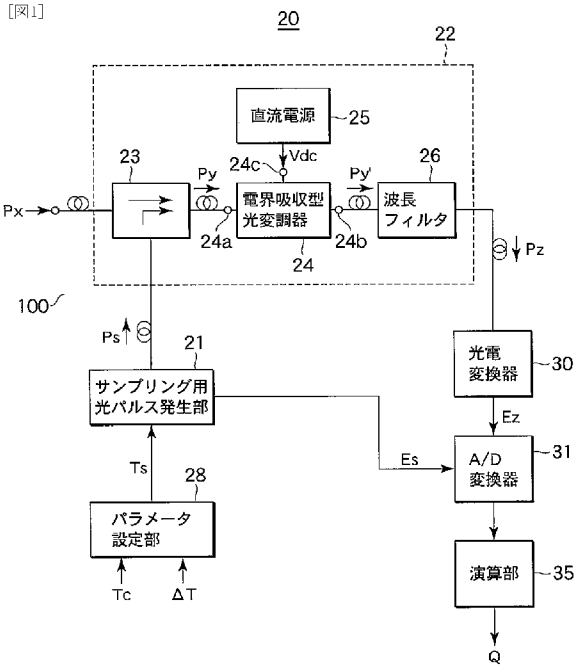
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE,

[続葉有]

(54) **Title:** OPTICAL SIGNAL SAMPLING DEVICE AND ITS METHOD, AND OPTICAL MONITOR DEVICE USING SAME AND ITS METHOD

(54) 発明の名称: 光信号サンプリング装置及びその方法並びにそれを用いる光信号モニタ装置及びその方法

[図1]



25 DIRECT CURRENT ELECTRIC POWER SOURCE
24 ELECTRIC FIELD ABSORPTION TYPE OPTICAL MODULATOR
26 WAVELENGTH FILTER
21 SAMPLING OPTICAL PULSE GENERATING UNIT
28 PARAMETER SETTING UNIT
30 PHOTOELECTRIC CONVERTER
31 A/D CONVERTER
35 ARITHMETIC OPERATION UNIT

(57) Abstract: An optical sampling device and an optical signal monitor device are comprised of an optical synthesizing unit for synthesizing a sampling subject optical signal and a sampling optical pulse, and an electric field absorption type optical modulator. The electric field absorption type optical modulator is provided with two optical terminals for projecting and receiving light, and an electric power source terminal to apply an electric field to an optical path to connect the two optical terminals. The electric field absorption type optical modulator has a characteristic that changes an absorption rate of light propagating through the optical pathin response to the magnitude of the electric field, receives projected light through one of the two optical terminals from the optical synthesizing unit, and makes the absorption rate high when the sampling optical pulse is not incident while lowering the absorption rate when the sampling optical pulse is incident. The optical sampling device and the optical signal monitor device further include a direct current electric power source to supply a predetermined direct current to the electric power source terminal, and an optical separating unit for selectively projecting the sampling subject optical signal component out of the optical signals projected from the other terminal of the two optical terminals.

(57) 要約: 本発明の光信号サンプリング装置及び光信号モニタ装置は、サンプリング対象の光信号とサンプリング用光パルスとを合波する光合波部と電界吸収型光変調器から構成され、前記電界吸収型光変調器は、光を入出射するための２つの光端子と、該２つの光端子間を結ぶ光路に電界を与えるための電源端子とを有し、前記光路を伝搬する光に対する吸収率が前記電界の大きさに応

[続葉有]

WO 2008/146684 A1

SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

じて変化する特性を有し、前記２つの光端子の一方の光端子で前記光合波部からの出射光を受け、サンプリング用光パルスが入射していないときには前記吸収率を高くし、且つ、前記サンプリング用光パルスが入射したときには前記吸収率を低くする。 さらに本発明の装置は、所定の直流電圧を前記電源端子に与える直流電源と、前記２つの光端子の他方の光端子から出射される光信号のうち、前記サンプリング対象の光信号成分を選択的に出射する光分離部とを含む。

明 細 書

光信号サンプリング装置及びその方法並びにそれを用いる光信号モニタ装置及びその方法

技術分野

[0001] 本発明は光信号サンプリング装置及びその方法並びにそれを用いる光信号モニタ装置及びその方法に係り、特に、高速のデータ信号で変調された光信号の波形情報を十分な分解能で精度よくサンプリングすることができるようにするための技術を採用した光信号サンプリング装置及びその方法並びにそれを用いて該光信号を正確にモニタできるようにした光信号モニタ装置及びその方法に関する。

背景技術

[0002] データ信号で変調された光信号によるネットワークを構成するにあたり、光信号モニタ装置によりネットワーク上を伝搬する光信号の品質の監視することが必要になる。

[0003] 一般的に、光信号モニタ装置は、伝送路上の信号の波形情報を取得し、その波形情報から信号品質を表す値を算出して、その算出結果を出力するものであって、数10Gb／sという極めて高いビットレートのデータ信号で変調された光信号を直接受光器で受けてその波形情報を取得することは極めて困難である。

[0004] そこで、従来の光信号モニタ装置では、このような高速な光信号の波形情報を得るために等価時間サンプリング方式が用いられている。

[0005] この等価時間サンプリング方式は、図15の(a)に示すように、周期Taで同一波形が繰り返される光信号Pに対して、図15の(b)に示すように、周期TaのN倍(Nは整数)に対して僅かな時間ΔTだけ長い周期Ts＝N･Ta＋ΔTのサンプリングパルスSでサンプリングを行うことにより、図15の(c)に示すように、光信号Pの繰り返し波形内でΔTずつ異なる位置の瞬時振幅値(瞬時強度)を取得する。

[0006] そして、この取得した瞬時振幅値を結ぶ包絡線が描く波形P′は、光信号Pの波形を時間軸上でTs／ΔT倍に拡大された波形であり、元の光信号Pの波形の特徴を保持している。

[0007] したがって、この等価時間サンプリングで得られた波形情報に対して、例えば、2値

レベルの一方を表す振幅と他方を表す振幅の確率分布を求め、その標準偏差を算出することにより、信号品質を表すQ値を得ることができる。

[0008] 上記のように光信号に対する等価時間サンプリングを行い、得られた波形情報から信号品質を表すQ値を算出する技術は、特許文献1に開示されている。

[0009] この特許文献1では、光信号を等価時間サンプリングするための素子として、通常、バルク型の非線形光学材が用いられている。

[0010] この非線形光学材は、一般的に、サンプリング効率が悪い(波長変換現象を用いたサンプリング効率、つまり波長変換効率が－20dB以下)ため、強い光信号の波形情報については高S／Nで得ることができるものの、弱い光信号の波形情報については十分なS／Nを得ることができないという問題がある。

[0011] そこで、光信号を等価時間サンプリングするための素子として非線形光学材に比べて格段に透過損失が少ない、言い換えれば実質的にサンプリング効率が高い電界吸収型光変調器を用いることが考えられる。

[0012] この電界吸収型光変調器は、2つの光端子間を結ぶ光路内に与える電界の大きさに応じてその光路を通過する光に対する吸収率が変化する特性を持っており、一方の光端子に光信号を入射し、電源端子に電気のサンプリング用パルス信号を与えて、そのサンプリング用パルス信号が入力しているときだけ、光信号に対する吸収率を低下させて他方の光端子から出射させることにより、光信号に対するサンプリングを行う。

[0013] このように電界吸収型光変調器の電源端子に電気のサンプリング用パルス信号を与えることによって光信号に対するサンプリングを行う技術は、例えば、特許文献2に開示されている。

[0014] ところが、この特許文献2で用いられる電気のサンプリング用パルス信号は、高周波のインピーダンス整合を必要とし、そのパルス幅を安定に且つリンギングなく狭くすることが極めて困難であり、上記のような数10Gb／sで変調された光信号の波形情報を十分な分解能で精度よく取得することができないという新たな問題を生じる。

[0015] また、上記特許文献1による等価時間サンプリング方式を用いた光信号品質モニタ装置は、取得した波形を所定ビット数分重ね合わせるによってアイパターンを生成し

、そのアイパターンに対して品質の演算処理を行う場合に、サンプリング周期Tsが厳密にN・Tc＋ΔTに一致していないと、重ね合わされる波形の時間軸が徐々にずれてしまい、品質演算を正確に行うことができないという別の問題を有している。

特許文献1:日本国特許第3796357号公報

特許文献2:特開2004－222252公報

発明の開示

[0016] 本発明の目的は、上記従来技術の問題を解決し、高いサンプリング効率をもち、高速な光信号の波形情報を十分な分解能で精度よくサンプリングすることができるようにした光信号サンプリング装置及びその方法並びにそれを用いて該光信号を正確にモニタすることができると共に、該光信号のアイパターンを安定に得ることができるようにした光信号モニタ装置及びその方法を提供することである。

[0017] 前記目的を達成するために、本発明の第1の態様によると、

サンプリング対象の光信号(Px)をサンプリングするための所定周期のサンプリング用光パルス(Ps)を発生するサンプリング用光パルス発生部(21)と、

前記サンプリング対象の光信号(Px)を前記サンプリング用光パルス発生部(21)からの前記サンプリング用光パルス(Ps)によってサンプリングし、そのサンプリングによって得られた光パルス信号(Pz)を出射する光サンプリング部(22)とを有する光信号サンプリング装置(100)であって、

前記光サンプリング部(22)は、

前記サンプリング対象の光信号(Px)と前記サンプリング用光パルス発生部(21)からの前記サンプリング用光パルス(Ps)とを合波する光合波部(23)と、

光を入出射するための2つの光端子(24a、24b)と、該2つの光端子(24a、24b)間を結ぶ光路に電界を与えるための電源端子(24c)とを有し、前記光路を伝搬する光に対する吸収率が前記電界の大きさに応じて変化する特性を有し、前記2つの光端子(24a、24b)の一方の光端子(24a)で前記光合波部(23)からの出射光(Py)を受ける電界吸収型光変調器(24)と、

前記電界吸収型光変調器(24)に前記サンプリング用光パルス(Ps)が入射していないときには前記吸収率を高くし、且つ、前記サンプリング用光パルス(Ps)が入射し

たときには前記吸収率を低くすることにより、前記電界吸収型光変調器(24)において前記サンプリング用光パルス(Ps)で前記サンプリング対象の光信号(Px)をサンプリングして前記2つの光端子(24a、24b)の他方の光端子(24b)から前記サンプリングによって得られた光信号(Py′)を出射させるための所定の直流電圧(Vdc)を前記電界吸収型光変調器(24)の前記電源端子(24c)に与える直流電源(25)と、

前記電界吸収型光変調器(24)の前記2つの光端子(24a、24b)の前記他方の光端子(24b)から出射される光信号(Py′)のうち、前記サンプリング対象の光信号成分(Pz)を選択的に出射する光分離部(26、26′)と、

を含むことを特徴とする光信号サンプリング装置が提供される。

[0018] 前記目的を達成するために、本発明の第2の態様によると、

前記サンプリング対象の光信号(Px)の波長に対して前記サンプリング用光パルス(Ps)の波長が異なっており、

前記光分離部(26、26′)は、前記電界吸収型光変調器(24)の前記2つの光端子(24a、24b)の前記他方の光端子から出射される光信号(Py′)のうち、前記サンプリング対象の光信号(Px)の波長成分を有する光信号(Pz)を選択的に出射する波長フィルタ(26)により構成されていることを特徴とする第1の態様に従う光信号サンプリング装置が提供される。

[0019] 前記目的を達成するために、本発明の第3の態様によると、

前記光合波部(23)は、前記サンプリング対象の光信号(Px)と前記サンプリング用光パルス(Ps)とを互いに直交した偏波で合波するように構成されており、

前記光分離部(26、26′)は、前記電界吸収型光変調器(24)の前記2つの光端子(24a、24b)の前記他方の光端子(24b)から出射される光信号(Py′)のうち、前記サンプリング対象の光信号(Px)の偏波成分を有する光信号(Pz)を選択的に出射する偏光フィルタ(26′)により構成されていることを特徴とする第1の態様に従う光信号サンプリング装置が提供される。

[0020] 前記目的を達成するために、本発明の第4の態様によると、

前記サンプリング用光パルス発生部(21)は、

前記サンプリング用光パルス(Ps)の周期に対応した周期(Ts)を有する安定な信

号(Ra)を生成するシンセサイザ構成の基準信号発生器(21a)と、

前記基準信号発生器(21a)によって生成される前記周期(Ts)を有する安定な信号(Ra)をM(Mは1より大きい整数)逓倍した信号(Rb)として出力する逓倍器(21b)と、

連続光(Pcw)を出射する光源(21d)と、

前記逓倍器(21b)から出力される前記M逓倍した信号(Rb)によって前記光源(21d)から出射される前記連続光(Pcw)を変調することにより、周期(Ts／M)を有する光パルス(Pa)を出射する光変調器(21c)と、

前記光変調器(21c)から出射される前記光パルス(Pa)を1／Mに間引いて、周期(Ts)を有する光パルス(Pb)に変換する光ゲート回路(21e)と、

前記光ゲート回路(21e)により変換された前記周期(Ts)を有する光パルス(Pb)についてそのパルス幅をさらに狭めて、前記サンプリング用光パルス(Ps)として出射する分散減少ファイバ(21f)とを含むことを特徴とする第1の態様に従う光信号サンプリング装置が提供される。

[0021] 前記目的を達成するために、本発明の第5の態様によると、

前記サンプリング対象の光信号(Px)を変調しているデータ信号のクロック周期(Tc)又はそのビットレートと所定のオフセット時間(ΔT)の情報を受けて、前記サンプリング用光パルス(Ps)のサンプリング周期(Ts)を、

Ts＝N･Tc＋ΔT(ここで、Nの値は、前記データ信号のクロック周期(Tc)と前記サンプリング用光パルス発生部(21)が出力可能な信号の周波数可変範囲によって決まる)

の演算で求めて、前記サンプリング用光パルス発生部(21)に設定するパラメータ設定部(28)をさらに含むことを特徴とする第4の態様に従う光信号サンプリング装置が提供される。

[0022] 前記目的を達成するために、本発明の第6の態様によると、

前記サンプリング用光パルス発生部(21)は、

前記サンプリング対象の光信号(Px)の周波数の整数分の1異なる周波数を有する短パルスを自励発振可能であると共に、前記短パルスの周波数をシフトする機能を

有する短パルス発生部(21g)で構成されていることを特徴とする第1の態様に従う光信号サンプリング装置が提供される。

[0023] 前記目的を達成するために、本発明の第7の態様によると、

監視対象の光信号(Px)を変調しているデータ信号のクロック周期(Tc)の整数倍に対して所定のオフセット時間だけ異なる周期のサンプリング用光パルス(Ps)を出射するサンプリング用光パルス発生部(21)と、

前記監視対象の光信号(Px)を前記サンプリング用光パルス発生部(21)からの前記サンプリング用光パルス(Ps)によってサンプリングし、そのサンプリングによって得られた光パルス信号(Pz)を出射する光サンプリング部(22)とを有する光信号サンプリング装置(100)と、

前記光信号サンプリング装置(100)の前記光サンプリング部(22)から出射される前記光パルス信号(Pz)を受けて電気信号(Ez)に変換することにより、前記監視対象の光信号(Px)の波形情報を取得する光電変換器(30)とを有する光信号モニタ装置(20)であって、

前記光信号サンプリング装置(100)の前記光サンプリング部(22)は、

前記監視対象の光信号(Px)と前記サンプリング用光パルス発生部(21)からの前記サンプリング用光パルス(Ps)とを合波する光合波部(23)と、

光を入出射するための2つの光端子(24a、24b)と、該2つの光端子(24a、24b)間を結ぶ光路に電界を与えるための電源端子(24c)とを有し、前記光路を伝搬する光に対する吸収率が前記電界の大きさに応じて変化する特性を有し、前記2つの光端子(24a、24b)の一方の光端子(24a)で前記光合波部(23)からの出射光(Py)を受ける電界吸収型光変調器(24)と、

前記電界吸収型光変調器(24)に前記サンプリング用光パルス(Ps)が入射していないときには前記吸収率を高くし、且つ、前記サンプリング用光パルス(Ps)が入射したときには前記吸収率を低くすることにより、前記電界吸収型光変調器(24)において前記サンプリング用光パルス(Ps)で前記サンプリング対象の光信号(Px)をサンプリングして前記2つの光端子(24a、24b)の他方の光端子(24b)から前記サンプリングによって得られた光信号(Py′)を出射させるための所定の直流電圧(Vdc)を前

記電界吸収型光変調器(24)の前記電源端子(24c)に与える直流電源(25)と、

前記電界吸収型光変調器(24)の前記2つの光端子(24a、24b)の前記他方の光端子(24b)から出射される光信号(Py′)のうち、前記サンプリング対象の光信号成分(Pz)を選択的に出射する光分離部(26、26′)と、

を含むことを特徴とする光信号モニタ装置が提供される。

[0024] 前記目的を達成するために、本発明の第8の態様によると、

前記監視対象の光信号(Px)の波長に対して前記サンプリング用光パルス(Ps)の波長が異なっており、

前記光信号サンプリング装置(100)の前記光分離部(26、26′)は、前記電界吸収型光変調器(24)の前記2つの光端子(24a、24b)の前記他方の光端子(24b)から出射される光信号(Py′)のうち、前記監視対象の光信号(Px)の波長成分を有する光信号(Pz)を選択的に出射する波長フィルタ(26)により構成されていることを特徴とする第7の態様に従う光信号モニタ装置が提供される。

[0025] 前記目的を達成するために、本発明の第9の態様によると、

前記光信号サンプリング装置(100)の前記光合波部(23)は、前記監視対象の光信号(Px)と前記サンプリング用光パルス(Ps)とを互いに直交した偏波で合波するように構成されており、

前記光信号サンプリング装置(100)の前記光分離部(26、26′)は、前記電界吸収型光変調器(24)の前記2つの光端子(24a、24b)の前記他方の光端子(24b)から出射される光信号(Py′)のうち、前記監視対象の光信号(Px)の偏波成分を有する光信号(Pz)を選択的に出射する偏光フィルタ(26′)により構成されていることを特徴とする第7の態様に従う光信号モニタ装置が提供される。

[0026] 前記目的を達成するために、本発明の第10の態様によると、

前記光信号サンプリング装置(100)の前記サンプリング用光パルス発生部(21)は、

前記サンプリング用光パルス(Ps)の周期に対応した周期(Ts)を有する安定な信号(Ra)を生成するシンセサイザ構成の基準信号発生器(21a)と、

前記基準信号発生器(21a)によって生成される前記周期(Ts)を有する安定な信

号(Ra)をM(Mは1より大きい整数)逓倍した信号(Rb)として出力する逓倍器(21b)と、

連続光(Pcw)を出射する光源(21d)と、

前記逓倍器(21b)から出力される前記M逓倍した信号(Rb)によって前記光源(21d)から出射される前記連続光(Pcw)を変調することにより、周期(Ts／M)を有する光パルス(Pa)を出射する光変調器(21c)と、

前記光変調器(21c)から出射される前記光パルス(Pa)を1／Mに間引いて、周期(Ts)を有する光パルス(Pb)に変換する光ゲート回路(21e)と、

前記光ゲート回路(21e)により変換された前記周期(Ts)を有する光パルス(Pb)についてそのパルス幅をさらに狭めて、前記サンプリング用光パルス(Ps)として出射する分散減少ファイバ(21f)とを含むことを特徴とする第7の態様に従う光信号モニタ装置が提供される。

[0027] 前記目的を達成するために、本発明の第11の態様によると、

前記光信号サンプリング装置(100)の前記サンプリング用光パルス発生部(21)は、

前記監視対象の光信号(Px)を変調しているデータ信号のクロック周期(Tc)又はそのビットレートと所定のオフセット時間(ΔT)の情報を受けて、前記サンプリング用光パルス(Ps)のサンプリング周期(Ts)を、

Ts＝N・Tc＋ΔT(ここで、Nの値は、前記データ信号のクロック周期(Tc)と前記サンプリング用光パルス発生部(21)が出力可能な信号の周波数可変範囲によって決まる)

の演算で求めて、前記サンプリング用光パルス発生部(21)に設定するパラメータ設定部(28)をさらに含むことを特徴とする第10の態様に従う光信号モニタ装置が提供される。

[0028] 前記目的を達成するために、本発明の第12の態様によると、

前記光信号サンプリング装置(100)の前記サンプリング用光パルス発生部(21)は、

前記監視対象の光信号(Px)の周波数の整数分の1異なる周波数を有する短パル

スを自励発振可能であると共に、前記短パルスの周波数をシフトする機能を有する短パルス発生部(21g)で構成されていることを特徴とする第7の態様に従う光信号モニタ装置が提供される。

[0029] 前記目的を達成するために、本発明の第13の態様によると、

前記光電変換器(30)からの出力信号(Ez)の包絡線波の基本波成分と等しい周波数の基本波成分信号(U)を出力する基本波成分信号出力部(41)と、

前記基本波成分信号出力部(41)からの前記基本波成分信号(U)と所定のしきい値(Vr)とを比較するコンパレータ(42)と、

前記コンパレータ(42)による比較において、前記基本波成分信号(U)が前記所定のしきい値(Vr)を超えるタイミングから前記光電変換器(30)からの出力信号(Ez)に対する波形情報の取得を開始するデータ取得制御部(44)とをさらに有していることを特徴とする第7の態様に従う光信号モニタ装置が提供される。

[0030] 前記目的を達成するために、本発明の第14の態様によると、

前記光電変換器(30)と前記データ取得制御部(44)との間に挿入され、前記光電変換器(30)からの電気信号(Ez)を前記サンプリング用光パルス(Ps)と同期したサンプリングクロック(Es)によってサンプリングすることにより、デジタル値(Dy)に変換して前記データ取得制御部(44)にデータ信号(Dz)として出力するアナログ／デジタル(A／D)変換器(31)をさらに有していることを特徴とする第13の態様に従う光信号モニタ装置が提供される。

[0031] 前記目的を達成するために、本発明の第15の態様によると、

前記サンプリングクロック(Es)は、前記サンプリング用光パルス発生部(21)により前記サンプリング用光パルス(Ps)と同期して出力されることを特徴とする第14の態様に従う光信号モニタ装置が提供される。

[0032] 前記目的を達成するために、本発明の第16の態様によると、

前記基本波成分信号出力部(41)は, PLL(位相ロックループ)方式として、

前記監視対象の光信号(Px)を変調している前記データ信号のクロック周波数(Fc)と等しい中心周波数あるいは前記クロック周波数(Fc)の2倍に等しい中心周波数を有し、前記光電変換器(30)からの電気信号(Ez)から正弦波の基本波成分信号(U

)を抽出する狭帯域な帯域通過フィルタ(41a)と、

所定の発振周波数を有する発振出力信号を出力する電圧制御発振器(41b)と、

前記帯域通過フィルタ(41a)の出力信号と前記電圧制御発振器(41b)の出力信号との位相差に応じた制御信号(Vc)を出力する位相比較器(41c)とを含み、

前記位相比較器(41c)から出力される前記制御信号(Vc)により前記電圧制御発振器(41b)の発振周波数を制御して、前記発振出力信号の位相を前記帯域通過フィルタ(41a)の出力信号の位相に同期させることにより、この同期した正弦波の発振出力信号を前記基本波成分信号(U)として出力することを特徴とする第13の態様に従う光信号モニタ装置が提供される。

[0033] 前記目的を達成するために、本発明の第17の態様によると、

前記データ取得制御部(44)により、前記コンパレータ(42)からの出力信号に基づいて、前記A／D変換器(31)から出力されるデータ信号(Dz)が書き込まれる複数(H)の異なる領域を有する波形メモリ(45)をさらに含むことを特徴とする第14の態様に従う光信号モニタ装置が提供される。

[0034] 前記目的を達成するために、本発明の第18の態様によると、

前記データ取得制御部(44)は、前記コンパレータ(42)において、前記基本波成分信号(U)が前記しきい値(Vr)を越えたタイミングから、前記波形メモリ(45)に対する前記データ信号(Dz)の書き込みを開始し、所定数(W)のデータ信号の書き込みが終了した後で、前記基本波成分信号(U)が再度前記しきい値(Vr)を越えるタイミングまで待機するという動作を所定回数(H)繰り返し、前記所定数(W)のデータ信号(Dz)の書き込みを、前記波形メモリ(45)の前記複数(H)の異なる領域に対してそれぞれアドレス順に行うことを特徴とする第14の態様に従う光信号モニタ装置が提供される。

[0035] 前記目的を達成するために、本発明の第19の態様によると、

前記波形メモリ(45)に書き込まれたデータ信号(Dz)に基づいて、前記監視対象の光信号(Px)の品質を表す値を算出する演算部(35′)をさらに含むことを特徴とする第18の態様に従う光信号モニタ装置が提供される。

[0036] 前記目的を達成するために、本発明の第20の態様によると、

前記演算部(35′)は、前記波形メモリ(45)に書き込まれた前記データ信号(Dz)を所定のしきい値と比較して、データ「1」に属するサンプル値と、データ「0」に属するサンプル値とに分け、それぞれのデータについてのサンプル値群の平均値、標準偏差を求め、その平均値の差(μ)と標準偏差の和(γ)の比(μ／γ)を品質値(Q)として求めることを特徴とする第19の態様に従う光信号モニタ装置が提供される。

[0037] 前記目的を達成するために、本発明の第21の態様によると、

前記演算部(35′)は、前記所定数(W)のデータ信号(Dz)が前記波形メモリ(45)の前記複数(H)の異なる領域に対してそれぞれアドレス順に各回ごとに記憶された所定ビット分の波形データ(Dz)をアドレス順に重ね合わせることにより、アイパターンを得ることを可能とすることを特徴とする第19の態様に従う光信号モニタ装置が提供される。

[0038] 前記目的を達成するために、本発明の第22の態様によると、

サンプリング対象の光信号(Px)をサンプリングするための所定周期のサンプリング用光パルス(Ps)を発生するサンプリング用光パルス発生段階と、

前記サンプリング対象の光信号(Px)を前記サンプリング用光パルス発生部(21)からの前記サンプリング用光パルス(Ps)によってサンプリングし、そのサンプリングによって得られた光パルス信号(Pz)を出射する光サンプリング段階とを有する光信号サンプリング方法であって、

前記光サンプリング段階は、

前記サンプリング対象の光信号(Px)と前記サンプリング用光パルス(Ps)とを合波する光合波部(23)を準備する段階と、

光を入出射するための2つの光端子(24a、24b)と、該2つの光端子(24a、24b)間を結ぶ光路に電界を与えるための電源端子(24c)とを有し、前記光路を伝搬する光に対する吸収率が前記電界の大きさに応じて変化する特性を有し、前記2つの光端子(24a、24b)の一方の光端子(24a)で前記光合波部(23)からの出射光(Py)を受ける電界吸収型光変調器(24)を準備する段階と、

前記電界吸収型光変調器(24)に前記サンプリング用光パルス(Ps)が入射していないときには前記吸収率を高くし、且つ、前記サンプリング用光パルス(Ps)が入射し

たときには前記吸収率を低くすることにより、前記電界吸収型光変調器(24)において前記サンプリング用光パルス(Ps)で前記サンプリング対象の光信号(Px)をサンプリングして前記2つの光端子(24a、24b)の他方の光端子(24b)から前記サンプリングによって得られた光信号(Py′)を出射させるための所定の直流電圧(Vdc)を前記電界吸収型光変調器(24)の前記電源端子(24c)に与える直流電源(25)を準備する段階と、

前記電界吸収型光変調器(24)の前記2つの光端子(24a、24b)の前記他方の光端子(24b)から出射される光信号(Py′)のうち、前記サンプリング対象の光信号成分(Pz)を選択的に出射する光分離部(26、26′)を準備する段階と、

を含むことを特徴とする光信号サンプリング方法が提供される。

[0039] 前記目的を達成するために、本発明の第23の態様によると、

監視対象の光信号(Px)を変調しているデータ信号のクロック周期(Tc)の整数倍に対して所定のオフセット時間だけ異なる周期のサンプリング用光パルス(Ps)を出射するサンプリング用光パルス発生段階と、

前記監視対象の光信号(Px)を前記サンプリング用光パルス(Ps)によってサンプリングし、そのサンプリングによって得られた光パルス信号(Pz)を出射する光サンプリング段階と、

前記光信号サンプリング装置(100)の前記光サンプリング部(22)から出射される前記光パルス信号(Pz)を受けて電気信号(Ez)に変換することにより、前記監視対象の光信号(Px)の波形情報を取得する光電変換段階とを有する光信号モニタ方法であって、

前記光サンプリング段階は、

前記監視対象の光信号(Px)と前記サンプリング用光パルス(Ps)とを合波する光合波部(23)を準備する段階と、

光を入出射するための2つの光端子(24a、24b)と、該2つの光端子(24a、24b)間を結ぶ光路に電界を与えるための電源端子(24c)とを有し、前記光路を伝搬する光に対する吸収率が前記電界の大きさに応じて変化する特性を有し、前記2つの光端子(24a、24b)の一方の光端子(24a)で前記光合波部(23)からの出射光(Py)を

受ける電界吸収型光変調器(24)を準備する段階と、

前記電界吸収型光変調器(24)に前記サンプリング用光パルス(Ps)が入射していないときには前記吸収率を高くし、且つ、前記サンプリング用光パルス(Ps)が入射したときには前記吸収率を低くすることにより、前記電界吸収型光変調器(24)において前記サンプリング用光パルス(Ps)で前記サンプリング対象の光信号(Px)をサンプリングして前記2つの光端子(24a、24b)の他方の光端子(24b)から前記サンプリングによって得られた光信号(Py′)を出射させるための所定の直流電圧(Vdc)を前記電界吸収型光変調器(24)の前記電源端子(24c)に与える直流電源(25)を準備する段階と、

前記電界吸収型光変調器(24)の前記2つの光端子(24a、24b)の前記他方の光端子(24b)から出射される光信号(Py′)のうち、前記サンプリング対象の光信号成分(Py′)を選択的に出射する光分離部(26、26′)を準備する段階と、

を含むことを特徴とする光信号モニタ方法が提供される。

[0040] このように、本発明の光サンプリング装置及び光サンプリング方法では、サンプリング用素子として電界吸収型光変調器を用い、その一方の光端子にサンプリング対象の光信号とサンプリング用光パルスを合波して入射させ、電源端子には、サンプリング用光パルスが入射していないときに高い吸収率を示し、サンプリング用光パルスが入射したときに低い吸収率を示す所定の直流電圧を与え、サンプリング用光パルスが入射したときに他方の光端子から出射される光から光信号の成分を選択的に出射させるようにしている。

[0041] このため、本発明の光サンプリング装置及び光サンプリング方法では、サンプリング用として狭い幅の光パルスが使用でき、しかも、光信号に対する損失を少なくすることができ、実質的にサンプリング効率を向上させ、弱い光信号であってもその波形情報を精度よく得ることができる。

[0042] また、本発明の光信号モニタ装置及び光信号モニタ方法では、光信号に対するサンプリングで得られた信号から基本波成分信号を抽出し、その基本波成分信号がしきい値を越えたタイミングから波形情報の取得を開始するようにしているので、実際に入射された光信号を変調しているデータ信号に対して波形情報の取得開始タイミン

グを同期させることができ、その開始タイミングで得られた複数組の波形情報を重ね合わせることで、アイパターンを安定に得ることができる。

図面の簡単な説明

[0043] [図1]図1は、本発明による第1の実施形態の光信号サンプリング装置及びその方法並びにそれを用いる光信号モニタ装置及びその方法が適用される構成を説明するために示すブロック図である。

[図2]図2は、図1の要部の構成例を説明するために示すブロック図である。

[図3]図3は、図1の要部の特性例を説明するために示す図である。

[図4]図4は、図1の構成による第1の実施形態の動作として繰り返し波形の光信号に対する動作を説明するために示す波形図である。

[図5]図5は、図1の構成による第1の実施形態の動作として繰り返し波形でない光信号に対する動作を説明するために示す波形図である。

[図6]図6は、本発明による第2の実施形態の光信号サンプリング装置及びその方法並びにそれを用いる光信号モニタ装置及びその方法が適用される構成を説明するために示すブロック図である。

[図7]図7は、図6の要部の構成例を説明するために示すブロック図である。

[図8]図8は、図6の構成による第2の実施形態の動作として繰り返し波形の光信号に対する動作を説明するために示す波形図である。

[図9]図9は、図6の構成による第2の実施形態の動作としてサンプリングによって得られた波形の記憶例を説明するために示す波形図である。

[図10]図10は、図9で記憶した波形の重ね合わせによって得られるアイパターンを説明するために示す波形図である。

[図11]図11は、図6の構成による第2の実施形態の動作として繰り返し波形でない光信号に対する動作を説明するために示す波形図である。

[図12]図12は、本発明による第3の実施形態の光信号サンプリング装置及びその方法並びにそれを用いる光信号モニタ装置及びその方法が適用される構成を説明するために示すブロック図である。

[図13]図13は、本発明による第4の実施形態の光信号サンプリング装置及びその方

法並びにそれを用いる光信号モニタ装置及びその方法が適用される構成を説明するために示すブロック図である。

[図14]図14は、本発明による第5の実施形態の光信号サンプリング装置及びその方法並びにそれを用いる光信号モニタ装置及びその方法が適用される構成を説明するために示すブロック図である。

[図15]図15は、従来の光信号サンプリング装置に採用されている等価時間サンプリング方式を説明するために示す波形図である。

発明を実施するための最良の形態

[0044] 以下、図面を参照して本発明による光信号サンプリング装置及びそれを用いる光信号モニタ装置が適用される幾つかの代表的な実施形態について説明する。

[0045] (第1の実施形態)

図1は、本発明による第1の実施形態の光信号サンプリング装置100及びそれを用いる光信号モニタ装置20の構成を説明するために示すブロック図である。

[0046] 本発明による光信号サンプリング装置100の基本的な構成は、サンプリング対象の光信号Pxをサンプリングするための所定周期のサンプリング用光パルスPsを発生するサンプリング用光パルス発生部21と、前記サンプリング対象の光信号Pxを前記サンプリング用光パルス発生部21からの前記サンプリング用光パルスPsによってサンプリングし、そのサンプリングによって得られた光パルス信号Pzを出射する光サンプリング部22とを有する光信号サンプリング装置100であって、前記光サンプリング部22は、前記サンプリング対象の光信号Pxと前記サンプリング用光パルス発生部21からの前記サンプリング用光パルスPsとを合波する光合波部23と、光を入出射するための2つの光端子24a、24bと、該2つの光端子24a、24b間を結ぶ光路に電界を与えるための電源端子24cとを有し、前記光路を伝搬する光に対する吸収率が前記電界の大きさに応じて変化する特性を有し、前記2つの光端子24a、24bの一方の光端子24a、で前記光合波部23からの出射光Pyを受ける電界吸収型光変調器24と、前記電界吸収型光変調器24に前記サンプリング用光パルスPsが入射していないときには前記吸収率を高くし、且つ、前記サンプリング用光パルスPsが入射したときには前記吸収率を低くすることにより、前記電界吸収型光変調器24において前記サンプリ

ング用光パルスPsで前記サンプリング対象の光信号Pxをサンプリングして前記2つの光端子24a、24bの他方の光端子24bから前記サンプリングによって得られた光信号Py′を出射させるための所定の直流電圧Vdcを前記電界吸収型光変調器24の前記電源端子24cに与える直流電源25と、前記電界吸収型光変調器24の前記2つの光端子24a、24bの前記他方の光端子24bから出射される光信号Py′のうち、前記サンプリング対象の光信号成分Pzを選択的に出射する光分離部26、26′とを含むことを特徴としている。

[0047] また、本発明による光信号サンプリング方法の基本的な構成は、サンプリング対象の光信号Pxをサンプリングするための所定周期のサンプリング用光パルスPsを発生するサンプリング用光パルス発生段階と、前記サンプリング対象の光信号Pxを前記サンプリング用光パルス発生部21からの前記サンプリング用光パルスPsによってサンプリングし、そのサンプリングによって得られた光パルス信号Pzを出射する光サンプリング段階とを有する光信号サンプリング方法であって、前記光サンプリング段階は、前記サンプリング対象の光信号Pxと前記サンプリング用光パルスPsとを合波する光合波部23を準備する段階と、光を入出射するための2つの光端子24a、24bと、該2つの光端子24a、24b間を結ぶ光路に電界を与えるための電源端子24cとを有し、前記光路を伝搬する光に対する吸収率が前記電界の大きさに応じて変化する特性を有し、前記2つの光端子24a、24bの一方の光端子24aで前記光合波部23からの出射光Pyを受ける電界吸収型光変調器24を準備する段階と、前記電界吸収型光変調器24に前記サンプリング用光パルスPsが入射していないときには前記吸収率を高くし、且つ、前記サンプリング用光パルスPsが入射したときには前記吸収率を低くすることにより、前記電界吸収型光変調器24において前記サンプリング用光パルスPsで前記サンプリング対象の光信号Pxをサンプリングして前記2つの光端子24a、24bの他方の光端子24bから前記サンプリングによって得られた光信号Py′を出射させるための所定の直流電圧Vdcを前記電界吸収型光変調器24の前記電源端子24cに与える直流電源25を準備する段階と、前記電界吸収型光変調器24の前記2つの光端子24a、24bの前記他方の光端子24bから出射される光信号Py′のうち、前記サンプリング対象の光信号成分Pzを選択的に出射する光分離部26、26′を

準備する段階とを含むことを特徴としている。

[0048] また、本発明による光信号モニタ装置20の基本的な構成は、監視対象の光信号Pxを変調しているデータ信号のクロック周期Tcの整数倍に対して所定のオフセット時間だけ異なる周期のサンプリング用光パルスPsを出射するサンプリング用光パルス発生部21と、前記監視対象の光信号Pxを前記サンプリング用光パルス発生部21からの前記サンプリング用光パルスPsによってサンプリングし、そのサンプリングによって得られた光パルス信号Pzを出射する光サンプリング部22とを有する光信号サンプリング装置100と、前記光信号サンプリング装置100の前記光サンプリング部22から出射される前記光パルス信号Pzを受けて電気信号Ezに変換することにより、前記監視対象の光信号Pxの波形情報を取得する光電変換器30とを有する光信号モニタ装置20であって、前記光信号サンプリング装置100の前記光サンプリング部22は、前記監視対象の光信号Pxと前記サンプリング用光パルス発生部21からの前記サンプリング用光パルスPsとを合波する光合波部23と、光を入出射するための2つの光端子24a、24bと、該2つの光端子24a、24b間を結ぶ光路に電界を与えるための電源端子24cとを有し、前記光路を伝搬する光に対する吸収率が前記電界の大きさに応じて変化する特性を有し、前記2つの光端子24a、24bの一方の光端子24aで前記光合波部23からの出射光Pyを受ける電界吸収型光変調器24と、前記電界吸収型光変調器24に前記サンプリング用光パルスPsが入射していないときには前記吸収率を高くし、且つ、前記サンプリング用光パルスPsが入射したときには前記吸収率を低くすることにより、前記電界吸収型光変調器24において前記サンプリング用光パルスPsで前記サンプリング対象の光信号Pxをサンプリングして前記2つの光端子24a、24bの他方の光端子24bから前記サンプリングによって得られた光信号Py′を出射させるための所定の直流電圧Vdcを前記電界吸収型光変調器24の前記電源端子24cに与える直流電源25と、前記電界吸収型光変調器24の前記2つの光端子24a、24bの前記他方の光端子24bから出射される光信号Py′のうち、前記サンプリング対象の光信号成分Pzを選択的に出射する光分離部26、26′と、を含む構成されていることを特徴としている。

[0049] また、本発明による光信号モニタ方法の基本的な構成は、監視対象の光信号Pxを

変調しているデータ信号のクロック周期Tcの整数倍に対して所定のオフセット時間だけ異なる周期のサンプリング用光パルスPsを出射するサンプリング用光パルス発生段階と、前記監視対象の光信号Pxを前記サンプリング用光パルスPsによってサンプリングし、そのサンプリングによって得られた光パルス信号Pzを出射する光サンプリング段階と、前記光信号サンプリング装置100の前記光サンプリング部22から出射される前記光パルス信号Pzを受けて電気信号Ezに変換することにより、前記監視対象の光信号Pxの波形情報を取得する光電変換段階とを有する光信号モニタ方法であって、前記光サンプリング段階は、前記監視対象の光信号Pxと前記サンプリング用光パルスPsとを合波する光合波部23を準備する段階と、光を入出射するための2つの光端子24a、24bと、該2つの光端子24a、24b間を結ぶ光路に電界を与えるための電源端子24cとを有し、前記光路を伝搬する光に対する吸収率が前記電界の大きさに応じて変化する特性を有し、前記2つの光端子24a、24bの一方の光端子24aで前記光合波部23からの出射光Pyを受ける電界吸収型光変調器24を準備する段階と、前記電界吸収型光変調器24に前記サンプリング用光パルスPsが入射していないときには前記吸収率を高くし、且つ、前記サンプリング用光パルスPsが入射したときには前記吸収率を低くすることにより、前記電界吸収型光変調器24において前記サンプリング用光パルスPsで前記サンプリング対象の光信号Pxをサンプリングして前記2つの光端子24a、24bの他方の光端子24bから前記サンプリングによって得られた光信号Py′を出射させるための所定の直流電圧Vdcを前記電界吸収型光変調器24の前記電源端子24cに与える直流電源25を準備する段階と、前記電界吸収型光変調器24の前記2つの光端子24a、24bの前記他方の光端子24bから出射される光信号Py′のうち、前記サンプリング対象の光信号成分Pzを選択的に出射する光分離部26、26′を準備する段階とを含むことを特徴としている。

[0050] 具体的には、以下に、本発明を適用した光信号同期サンプリング装置100及びその方法を用いる光信号モニタ装置20及びその方法について図1を参照して説明される。

[0051] 本発明を適用した光信号サンプリング装置100及びその方法を用いる光信号モニタ装置20及びその方法では、図示しない光ネットワーク上に伝送される所定クロック

周期Tcのデータ信号で変調された光信号Pxを監視（サンプリング）対象としているものである。

[0052] サンプリング用光パルス発生部21は、その監視（サンプリング）対象の光信号Pxを変調しているデータ信号のクロック周期Tcの整数N倍に対して所定のオフセット時間ΔTだけ異なる周期Tsのサンプリング用光パルスPsを生成して光サンプリング部22に入射する。

[0053] ここで、サンプリング用光パルス発生部21及び光サンプリング部22は、本発明を適用した光信号サンプリング装置100を構成する。

[0054] サンプリング用光パルス発生部21は、前記したように幅の狭い光パルスを指定された周期Tsで生成できるものであればその構成は任意である。

[0055] 図2は、サンプリング用光パルス発生部21の一例を示すブロック図である。

[0056] このサンプリング用光パルス発生部21は、前記サンプリング用光パルスPsの周期に対応した周期Tsを有する安定な信号Raを生成するシンセサイザ構成の基準信号発生器21aと、前記基準信号発生器21aによって生成される前記周期Ts（周波数Fs）を有する安定な信号RaをM（Mは、1より大きい整数）逓倍した信号Rbとして出力する逓倍器21bと、連続光Pcwを出射する光源21dと、前記逓倍器21bから出力される前記M逓倍した信号Rbによって前記光源21dから出射される前記連続光Pcwを変調することにより、周期Ts／Mを有する光パルスPaを出射する光変調器21cと、前記光変調器21cから出射される前記光パルスPaを1／Mに間引いて、周期Tsを有する光パルスPbに変換する光ゲート回路21eと、前記光ゲート回路21eにより周期Tsを有する光パルスPbに変換された前記光パルスPbについてそのパルス幅をさらに狭めて、前記サンプリング用光パルスPsとして出射する分散減少ファイバ21fとを含んでいる。

[0057] すなわち、シンセサイザ構成の基準信号発生器21aにより後述するパラメータ設定部28から指定された周期Ts（周波数Fs）の安定な信号Raが生成され、逓倍器21bに入力されてM（Mは、1より大きい整数）逓倍された後、その出力信号Rbが光変調器21cに入力されて、光源21dから出射される連続光Pcwを変調し、周期Ts／Mの光パルスPaが生成される。

[0058] この光パルスPaのパルス幅は、信号Raで連続光Pcwを直接変調した場合に比べて1／Mに狭められている。

[0059] そして、この光パルスPaは、光ゲート回路21eにより1／Mに間引かれて、周期Tsの光パルスPbに変換された後、分散減少ファイバ21fに入射されてそのパルス幅がさらに狭められ、最終的にサンプリング用光パルスPsとして出射される。

[0060] 一方、光サンプリング部22は、サンプリング用光パルス発生部21から出射されたサンプリング用光パルスPsにより、監視（サンプリング）対象の光信号Pxをサンプリングし、そのサンプリングで得られた光パルス信号Pzを出射する。

[0061] この光サンプリング部22は、監視対象の光信号Pxの波長に対してサンプリング用光パルスPsの波長が異なっている場合に対応したものであり、光合波部としての光カプラ23、電界吸収型光変調器24、直流電源25及び光分離部として波長フィルタ26を有している。

[0062] 電界吸収型光変調器24は、前記したように、光を入出射するための2つの光端子24a、24b及びこれら2つの光端子24a、24b間の光路に電界を与えるための電源端子24cを有し、その光路を伝搬する光に対する吸収率が光路に与えられた電界の大きさに応じて変化する特性をもっている。

[0063] 通常、この種の電界吸収型光変調器に対しては、前記特許文献2に開示されているように、電源端子24cにサンプリング用の電気のパルス信号を与えるようにしている。

[0064] しかるに、前記したように数10Gb／sの波形情報の取得に必要な狭い幅の電気のパルス信号を生成することは極めて困難である。

[0065] そこで、この実施形態では、図1に示しているように、光信号Pxと前記した幅の狭いサンプリング用光パルスPsとの合波光Pyを一方の光端子24aに入射させると共に、図3の光吸収特性Fに示すように、サンプリング用光パルスPsが入射していないときには高い吸収率α（例えば、20dB）を示し、サンプリング用光パルスPsが入射したときには、相互吸収飽和特性により低い吸収率β（例えば、3dB）となるような所定の直流電圧Vdcを直流電源25から電源端子24cに与えている。

[0066] なお、図3の特性Fは模式的なものである。

[0067] このため、サンプリング用光パルスPsが入射したときだけ電界吸収型光変調器24の吸収率が低下し、合波光Py′が他方の光端子24bから出射されることになる。

[0068] ただし、この合波光Py′には、サンプリング用光パルスPsの成分も含まれているので、光分離部としての波長フィルタ26によって合波光Py′から光信号Pxの波長成分のみを抽出して、光パルス信号Pzとして出射している。

[0069] なお、このときのサンプリング効率は電界吸収型光変調器24の挿入損失で決定され、約－10dB程度となり、バルク型の非線形光学材を用いた場合と比較して10dB以上向上している。

[0070] また、サンプリング用光パルス発生部21が出力するサンプリング用光パルスPs及びサンプリングクロックEsの周期Tsは、パラメータ設定部28により設定される。

[0071] パラメータ設定部28は、監視対象の光信号Pxを変調しているデータ信号のクロック周期Tc(ビットレートでもよい)とオフセット時間ΔTの情報を受け、サンプリング周期Tsを、

$$Ts = N \cdot Tc + \Delta T$$

の演算で求め、サンプリング用光パルス発生部21に設定する。

[0072] ここでNの値は、データ信号のクロック周期Tcとサンプリング用光パルス発生部21が出力可能な信号の周波数可変範囲によって決まる。

[0073] 例えば、ΔTがTsに対して無視できる程小さく、Tcが約0．1ns(10GHz)で、Tsが0．1μs(10MHz)の近傍で可変できるものとすれば、Nの値は大凡Ts／Tc＝1000となる。

[0074] そして、サンプリング部22から出射される光パルス信号Pzは、光電変換器30に入射され、電気の信号Ezに変換される。

[0075] 光電変換器30の出力信号Ezは、アナログ／デジタル(A／D)変換器31によりサンプリングされてデジタル値に変換され、演算部35に入力される。

[0076] A／D変換器31のサンプリングは、サンプリング用光パルスPsと同期したサンプリングクロックEsによって行われる。

[0077] この実施形態では、この電気のサンプリングクロックEsもサンプリング用光パルス発生部21(前記した基準信号発生器21a)から出力されるものとする。

[0078] 演算部35は、A／D変換器31でデジタル値に変換された信号Ezに基づいて、監視対象の光信号Pxの品質を表す値を算出する。

[0079] この演算は任意であるが、例えば、前記特許文献1に記載されているように、信号Ezを一定時間分サンプル値として取込み、これを所定のしきい値と比較して、データ「1」に属するサンプル値と、データ「0」に属するサンプル値とに分け、それぞれのデータについてのサンプル値群の平均値、標準偏差を求め、その平均値の差μと標準偏差の和γの比μ／γを品質値Qとして求める。

[0080] なお、このQ値が大きい程、監視対象の光信号Pxの信号品質が高い。

[0081] この品質値Qの算出は、例えば、所定時間毎に行なわれ、その結果が所定タイミングに別装置へ通知される。

[0082] 監視対象の光信号Pxの信号品質を表す値は、上記Q値に限定されるものではなく、他の統計量であってもよい。

[0083] 次に、監視対象の光信号Pxの品質を表す値を算出するために必要となる。監視対象の光信号Pxの波形と、その取得タイミングとの関係について説明する。

[0084] 監視対象の光信号Pxが試験用であって、図4の(a)に示すように所定ビット長Lの所定符号列で繰り返し変調されている場合、図4の(b)に示すように、サンプリング用光パルスPsの周期Tsを決めるNの値がビット長Lの整数K倍に等しくなるようにすることで、光信号Pxの繰り返し波形に対するサンプリングを図4の(c)に示すようにΔT時間毎に時系列に行うことができる。

[0085] そして、このサンプリングを、例えば、図4の(d)に示すようにU・Tc／ΔT回(Uは整数)連続して行うことで、サンプリング開始タイミングからUビット分の波形データを時系列に得ることができる。

[0086] 光ネットワーク上に実際に伝送されているような光信号Pxは、図5の(a)に示すように、必ずしも繰り返し波形と限らない。

[0087] しかし、この光信号Pxに対して、図5の(b)に示すようにN・Tc＋ΔTの周期Tsでサンプリングを行った場合、光信号PxのNビットおきのデータについてΔTずつ異なるタイミングでサンプリングを行っていることから、そのサンプリングによって得られる値は、図5の(c)に示すように、データ「1」、「0」に対応した振幅あるいはその間の遷移

状態における振幅となり、光信号Pxの一定期間の連続した波形に対するサンプリング結果とはならない。

[0088] ただし、そのサンプリングを前記のように複数ビット分連続して行い、前記統計量を得ることで、品質値Qを求めることができる。

[0089] また、同期サンプリングに適用した場合には、複数ビット分のサンプリング結果を1ビット幅に重ね合わせることで、図5の(d)に示すようなアイパターンが得られ、このアイパターンから信号品質を求めるようにしてもよい。

[0090] なお、光信号を変調しているデータ信号のビットレートに対してサンプリング周期がずれている場合(非同期状態)、重ね合わせて得た観測波形が流れてしまい、アイパターンを観測することはできない。

[0091] しかるに、上記のようにサンプリングを所定期間行うことで前記統計量を得て、品質値Qを求めることができる。

[0092] (第2の実施形態)

図6は、本発明による第2の実施形態の光信号同期サンプリング装置100及びそれを用いる光信号モニタ装置20′の構成を説明するために示すブロック図である。

[0093] この図6は、上記同期状態を常に保持することが可能な光信号モニタ装置20′の構成例を示している。

[0094] この光信号モニタ装置20′のサンプリング用光パルス発生部21、光サンプリング装置22、パラメータ設定部28、光電変換器30、A/D変換器31は、前記第1の実施形態の場合と同等であるので、その説明を省略する。

[0095] この光信号モニタ装置20′の場合、光電変換器30からの出力信号Ezは、基本波成分信号出力部41に入力されている。

[0096] この基本波成分信号出力部41は、光電変換器30からパルス状に出力される信号Ezの包絡線波の基本波成分の周波数と等しい周波数の基本波成分信号Uを出力するためのものである。

[0097] この基本波成分信号出力部41の構成としてはフィルタ方式とPLL(位相ロックループ)方式とが考えられる。

[0098] フィルタ方式の場合、光信号を変調しているデータ信号のクロック周波数Fcと等し

い中心周波数(RZ方式の場合)、あるいはそのクロック周波数Fcの2倍に等しい中心周波数(NRZ方式の場合)の狭帯域な帯域通過フィルタによって正弦波の基本波成分信号Uを抽出する。

[0099] また、PLL方式の場合には、図7に示すように、上記した狭帯域な帯域通過フィルタ41aの出力信号と電圧制御発振器41bの出力信号とを位相比較器41cに入力し、その位相差に応じた制御信号Vcで電圧制御発振器41bの発振周波数を制御して、その発振出力信号の位相を帯域通過フィルタ41aの出力信号に同期させ、この同期した正弦波の発振出力信号を基本波成分信号Uとして用いる。

[0100] また、別の例として、光電変換器30からの出力信号Ezを高速フーリェ変換(FFT)演算部に入力してその周波数解析を行い、基本波成分の周波数を求め、その求めた周波数と等しい基本波成分信号Uを信号発生器により生成して出力する構成であってもよい。

[0101] ここで、光信号Pxのクロック周波数Fcを10GHz、オフセット時間ΔTを0.1psとすれば、光信号Pxの1ビット分の波形データを得るのに、1000回のサンプリングが必要となり、その1000回のサンプリングをほぼ10MHzの周波数Fsで行うために必要な時間はおよそ0.1msとなり、この時間が信号Ezの包絡線波の基本波成分の周期に等しく、その周波数はおよそ10kHzとなる。

[0102] この基本波成分信号Uは、コンパレータ42に入力され、しきい値設定器43によって予め設定されたしきい値Vrと比較され、その比較結果がデータ取得制御部44に入力される。

[0103] データ取得制御部44は、コンパレータ42からの出力信号に基づいて、A/D変換器31から出力されるデータ信号Dzを波形メモリ45に書き込む。

[0104] すなわち、基本波成分信号Uが、例えば、低い方からしきい値Vrを越えたタイミングから、波形メモリ45に対するデータ信号Dzの書き込みを開始し、所定数Wのデータ信号の書き込みが終了した後で、基本波成分信号Uが低い方からしきい値Vrを越えるタイミングまで待機するという動作を所定回H繰り返す。

[0105] なお、この所定数Wのデータ信号Dzの書き込みは、波形メモリ45の複数Hの異なる領域に対してそれぞれアドレス順に行う。

[0106] 演算部35′は、前記第1実施形態の演算部35と同様に、波形メモリ45に書き込まれたデータ信号Dzに基づいて、監視対象の光信号Pxの品質を表す値を算出する。

[0107] 次に、この第2実施形態の監視対象の光信号Pxの波形と、その取得タイミングとの関係について説明する。

[0108] 監視対象の光信号Pxが、例えば、試験用であって、図8の(a)に示すように所定ビット長Lの所定符号列で繰り返し変調されている場合、図8の(b)に示すように、サンプリング用光パルスPsの周期Tsを決めるNの値がビット長Lの整数K倍に等しい状態でサンプリングを行うことにより、図8の(c)、(d)に示すように、光信号Pxの時間軸を拡大した包絡線波形をもつ光パルス信号Pzが得られる。

[0109] そして、この光パルス信号Pzの受光信号Ezから、例えば、図8の(e)に示すような正弦波の基本波成分信号Uが得られる。

[0110] そして、基本波成分信号Uがしきい値Vrを越えたタイミングから図8の(f)に示すようにデータ取得が開始され、例えば、J・Tc／ΔT回(Uは整数)のサンプリングで得られたデータが取得される。

[0111] このJビット分の波形データに対し前記演算を行うことによりQ値を求めることができる。

[0112] なお、図8の(d)～(f)は、時間軸を狭めて示したものである。

[0113] また、アイパターンを得る場合には、図8の(d)～(f)に示しているように、波形データの取得を基本波成分信号Uがしきい値Vrを超えるタイミングから開始してJビット分行う処理を複数H回行い、図9に示すように波形メモリ45の異なる領域1～Hにそれぞれ記憶する。

[0114] そして、これらの複数領域の波形データDzをアドレス順に重ね合わせることで、図10に示すようなアイパターンを得ることができる。

[0115] これらの波形データの先頭データは基本波成分信号Uがしきい値Vrを超えたタイミングの直後にサンプリングされた値で、データ信号に正確に同期しているので、波形データの時間軸が大きくずれて重ね合わされることはなく、光信号の振幅のバラツキをほぼ正確に表している。

[0116] このアイパターン上でビット内の位置と品質との関係を求める。

[0117] 例えば、図10に示しているように2つのクロス点の中間点L(1ビットの中間点)におけるサンプル値に基づいて上記Qの値を算出して、前記した位置と無関係な全体データについてのQ値とともに図示しない通信手段を介して他装置へ通知する。

[0118] なお、光ネットワーク上に実際に伝送されているような光信号Pxは、図11の(a)に示すように繰り返し波形と限らない。

[0119] しかるに、この光信号Pxに対して、図11の(b)に示すように、N・Tc+ΔTの周期Tsでサンプリングを行った場合、光信号PxのNビットおきのデータについてΔTずつ異なるタイミングでサンプリングを行っていることになり、そのサンプリングによって得られる光パルス信号Pzのピーク値は、図11の(c)及びその時間軸を狭めた図11の(d)に示すように、データ「1」、「0」に対応した振幅あるいはその間の遷移状態における振幅のいずれにもなり、光信号Pxの一定期間の連続した波形を拡大した包絡線波は得られない。

[0120] しかるに、この包絡線波には、光信号Pxを変調しているデータ信号の基本波成分が含まれており、その基本波成分信号Uが図11の(e)に示すように得られる。

[0121] そして、前記と同様に、その基本波成分信号Uがしきい値Vrを越えたタイミングから図 11の(f)に示すようにデータ取得が開始され、例えば、J・Tc/ΔT回(Uは整数)のサンプリングで得られたデータが取得される。

[0122] このJビット分の波形データに対し前記と同様な演算を行うことによりQ値を求めることができる。

[0123] なお、図11の(d)～(f)は、時間軸を狭めて示したものである。

[0124] このJビット分の波形データはそれ自身がアイパターンを表しているとも言えるが、より多くのサンプル値を用いて光信号の品質をより正確に表すアイパターンを得る場合には、図11の(d)～(f)に示しているように、波形データの取得を基本波成分信号Uがしきい値Vrを超えるタイミングから開始してJビット分行う処理を複数H回行い、前記と同様に、波形メモリ45の異なる領域1～Hにそれぞれ記憶し、これをアドレス順に重ね合わせることで、正確なアイパターンを得ることができる。

[0125] この場合でも、各波形データの先頭データは基本波成分信号Uがしきい値Vrを超えたタイミングの直後にサンプリングされた値で、データ信号に正確に同期している

ので、波形データの時間軸が大きくずれて重ね合わされることはなく、光信号の振幅のバラツキをほぼ正確に表している。

[0126] 上記した各実施形態の光信号モニタ装置20、20′に用いた光サンプリング部22は、サンプリング用素子として電界吸収型光変調器24を用い、その一方の光端子にサンプリング対象の光信号とサンプリング用光パルスを合波して入射させ、電源端子には、サンプリング用光パルスが入射していないときに高い吸収率を示し、サンプリング用光パルスが入射したときに低い吸収率を示す所定の直流電圧を与え、サンプリング用光パルスが入射したときに他方の光端子から出射される光から光信号の成分を選択的に出射させるようにしている。

[0127] このため、サンプリング用として狭い幅の光パルスが使用でき、しかも、光信号に対する損失を少なくすることができ、実質的にサンプリング効率を向上させ、弱い光信号であってもその波形情報を精度よく得ることができる。

[0128] また、第2の実施形態の光信号モニタ装置20′のように、サンプリングによって得られた信号から基本波成分信号Uを得て、波形取得の開始タイミングを同期させるようにしたものでは、異なる期間に取得されたデータ信号Dzの重ね合わせても、時間軸が大きくずれる恐れがなく、光信号のアイパターンを安定に得ることができる。

[0129] なお、上記第1及び第2の実施形態のように、演算部35、35′により品質値やアイパターンを求めているのに代えて、演算部35′を省略して、波形メモリ45の各領域に書き込まれたデータを図示しない通信手段を介して外部の他装置へ伝送して、その他装置側で品質の演算処理やアイパターンを表示するようにしてもよい。

[0130] また、上記第1及び第2実施形態の光信号モニタ装置20、20′に用いられる光サンプリング部22は、波長の異なる光信号Pxとサンプリング用光パルスPsとを合波して電界吸収型光変調器24の一方の光端子24aに入射して、他方の光端子24bから出射される光から光信号の波長成分を分離抽出することにより光信号に対するサンプリングを行っている。

[0131] しかるに、後述する第3実施形態のように、監視用の光信号Pxとサンプリング用光パルスPsの偏波を制御することにより、波長に無関係に光信号のサンプリングを行うこともできる。

[0132] また、上記第1及び第2の実施形態の光信号モニタ装置20、20′に用いられる光信号サンプリング装置100を構成するサンプリング用光パルス発生部21は、前記したように監視用の光信号Pxをサンプリングするためのサンプリング用光パルスPsとして幅の狭い光パルスをパラメータ設定部28から指定された周期Ts＝N・Tc＋ΔTで生成するものであって、監視用の光信号Pxの繰り返し波形に対するサンプリングを、例えば、図4の(c)に示すようにΔT時間毎に時系列に行うと共に、例えば、図4の(d)に示すようにU・Tc／ΔT回(Uは整数)連続して行うことにより、サンプリング開始タイミングからUビット分の波形データを時系列に得ることができるようになされている。

[0133] すなわち、この場合、最終的に得られる波形データの時間軸が較正されていることになるので、波形データの評価を行うのに好ましい形態である反面、例えば、図2に示すような複雑な構成で高価なサンプリング用光パルス発生部21が必要となる。

[0134] しかるに、光信号モニタ装置として最終的に得られる波形データの時間軸が較正されていることを必要としない場合も考えられるので、そのような場合には、後述する第4及び第5の実施形態のように、図2に示すような複雑な構成で高価なサンプリング用光パルス発生部21でなく、簡易な構成で安価なサンプリング用光パルス発生部を用いるようにしてやればよい。

[0135] (第3の実施形態)

図12は、本発明による第3の実施形態の光信号サンプリング装置100A及びそれを用いる光信号モニタ装置20Aの構成を説明するために示すブロック図である。

[0136] すなわち、図12に示す光信号サンプリング装置100Aを構成する光サンプリング部22Aでは、監視用の光信号Pxを偏波制御器23aに入射して、その偏光方向をサンプリング用光パルスPsの偏光方向に対して直交させてから、サンプリング用光パルスPsと共に光合波部23を構成する偏波合波型の光カプラ23bに入射して合波し、その合波光Py′を電界吸収型光変調器24の一方の光端子24aに入射して、他方の光端子24bから出射される光のうち、光信号Pxの偏光成分Pzのみを光分離部としての偏光フィルタ26′で選択するようにしている。

[0137] この光信号モニタ装置20Aのサンプリング用光パルス発生部21は、監視用の光信号Pxの偏光方向に対して直交する偏光方向を有するサンプリング用光パルスPsを

発生するようにしている。

[0138] ここで、偏波制御器23aとしては、偏波コントローラ、偏光板、偏光ビームスプリッタ等を使用することができ、偏光フィルタ26′としては、偏光板、偏光ビームスプリッタ等を使用することができる。

[0139] この光信号モニタ装置20Aのその他の構成は、前記第1実施形態または前記第2実施形態の場合と同等であるので、それらの説明を省略する。

[0140] (第4の実施形態)

図13は、本発明による第4の実施形態の光信号サンプリング装置100B及びそれを用いる光信号モニタ装置20Bの構成を説明するために示すブロック図である。

[0141] すなわち、図13に示す光信号サンプリング装置100Bを構成するサンプリング用光パルス発生部21Bは、最終的に得られる波形データの時間軸が較正されていることを必要としないので、サンプリング対象の光信号Pxの周波数の整数分の1異なる周波数を有する短パルスPs′を自励発振可能であると共に、前記短パルスPs′の周波数を該短パルスPs′の周波数(例えば、10MHz)の±5%(例えば、5kHz)程度シフトする機能を有する短パルス発生部21gで構成されている。

[0142] このような短パルス発生部21gとしては、例えば、下記の特許文献3に開示されているようなモードロックファイバレーザ(MLFL)を用いて、簡易な構成で安価なサンプリング用光パルス発生部を実現することができる。

[0143] この光信号モニタ装置20Bのその他の構成は、前記図1に示されるような第1の実施形態の場合と同等であるので、それらの説明を省略する(但し、パラメータ設定部28は不要である)。

[0144] (第5の実施形態)

図14は、本発明による第5の実施形態の光信号サンプリング装置100C及びそれを用いる光信号モニタ装置20Cの構成を説明するために示すブロック図である。

[0145] すなわち、図14に示す光信号サンプリング装置100Cを構成するサンプリング用光パルス発生部21Cは、最終的に得られる波形データの時間軸が較正されていることを必要としないので、サンプリング対象の光信号Pxの周波数の整数分の1異なる周波数を有する短パルスを自励発振可能であると共に、前記短パルスの周波数をシフ

トする機能を有する短パルス発生部21gで構成されている。

[0146] このような短パルス発生部21gとしては、例えば、下記の特許文献3に開示されているようなモードロックファイバレーザ(MLFL)を用いて、簡易な構成で安価なサンプリング用光パルス発生部を実現することができる。

[0147] この光信号モニタ装置20Cのその他の構成は、前記図6に示されるような第2の実施形態の場合と同等であるので、それらの説明を省略する(但し、パラメータ設定部28は不要である)。

特許文献3:特開2002－368313号公報:USP6, 819, 689号公報に対応

[0148] 以上詳述したように、本発明によれば、従来技術の問題を解決し、高いサンプリング効率をもち、高速な光信号の波形情報を十分な分解能で精度よくサンプリングすることができるようにした光信号サンプリング装置及びその方法並びにそれを用いて該光信号を正確にモニタすることができると共に、該光信号のアイパターンを安定に得ることができるようにした光信号モニタ装置及びその方法を提供することができる。

請求の範囲

[1] サンプリング対象の光信号をサンプリングするための所定周期のサンプリング用光パルスを発生するサンプリング用光パルス発生部と、

前記サンプリング対象の光信号を前記サンプリング用光パルス発生部からの前記サンプリング用光パルスによってサンプリングし、そのサンプリングによって得られた光パルス信号を出射する光サンプリング部とを有する光信号サンプリング装置であって、

前記光サンプリング部は、

前記サンプリング対象の光信号と前記サンプリング用光パルス発生部からの前記サンプリング用光パルスとを合波する光合波部と、

光を入出射するための2つの光端子と、該2つの光端子間を結ぶ光路に電界を与えるための電源端子とを有し、前記光路を伝搬する光に対する吸収率が前記電界の大きさに応じて変化する特性を有し、前記2つの光端子の一方の光端子で前記光合波部からの出射光を受ける電界吸収型光変調器と、

前記電界吸収型光変調器に前記サンプリング用光パルスが入射していないときには前記吸収率を高くし、且つ、前記サンプリング用光パルスが入射したときには前記吸収率を低くすることにより、前記電界吸収型光変調器において前記サンプリング用光パルスで前記サンプリング対象の光信号をサンプリングして前記2つの光端子の他方の光端子から前記サンプリングによって得られた光信号を出射させるための所定の直流電圧を前記電界吸収型光変調器の前記電源端子に与える直流電源と、

前記電界吸収型光変調器の前記2つの光端子の前記他方の光端子から出射される光信号のうち、前記サンプリング対象の光信号成分を選択的に出射する光分離部と、

を含むことを特徴とする光信号サンプリング装置。

[2] 前記サンプリング対象の光信号の波長に対して前記サンプリング用光パルスの波長が異なっており、

前記光分離部は、前記電界吸収型光変調器の前記2つの光端子の前記他方の光端子から出射される光信号のうち、前記サンプリング対象の光信号の波長成分を有

する光信号を選択的に出射する波長フィルタにより構成されていることを特徴とする請求項1に記載の光信号サンプリング装置。

[3] 前記光合波部は、前記サンプリング対象の光信号と前記サンプリング用光パルスとを互いに直交した偏波で合波するように構成されており、

前記光分離部は、前記電界吸収型光変調器の前記2つの光端子の前記他方の光端子から出射される光信号のうち、前記サンプリング対象の光信号の偏波成分を有する光信号を選択的に出射する偏光フィルタにより構成されていることを特徴とする請求項1に記載の光信号サンプリング装置。

[4] 前記サンプリング用光パルス発生部は、

前記サンプリング用光パルスの周期に対応した周期Tsを有する安定な信号を生成するシンセサイザ構成の基準信号発生器と、

前記基準信号発生器によって生成される前記周期Tsを有する安定な信号をM(Mは1より大きい整数)逓倍した信号として出力する逓倍器と、

連続光を出射する光源と、

前記逓倍器から出力される前記M逓倍した信号によって前記光源から出射される前記連続光を変調することにより、周期Ts／Mを有する光パルスを出射する光変調器と、

前記光変調器から出射される前記光パルスを1／Mに間引いて、周期Tsを有する光パルスに変換する光ゲート回路と、

前記光ゲート回路により変換された前記周期を有する光パルスについてそのパルス幅をさらに狭めて、前記サンプリング用光パルスとして出射する分散減少ファイバとを含むことを特徴とする請求項1に記載の光信号サンプリング装置。

[5] 前記サンプリング対象の光信号を変調しているデータ信号のクロック周期Tc又はそのビットレートと所定のオフセット時間ΔTの情報を受けて、前記サンプリング用光パルスのサンプリング周期Tsを、

Ts＝N・Tc＋ΔT(ここで、Nの値は、前記データ信号のクロック周期Tcと前記サンプリング用光パルス発生部が出力可能な信号の周波数可変範囲によって決まる)

の演算で求めて、前記サンプリング用光パルス発生部に設定するパラメータ設定部

をさらに含むことを特徴とする請求項4に記載の光信号サンプリング装置。

[6] 前記サンプリング用光パルス発生部は、

前記サンプリング対象の光信号の周波数の整数分の1異なる周波数を有する短パルスを自励発振可能であると共に、前記短パルスの周波数をシフトする機能を有する短パルス発生部で構成されていることを特徴とする請求項1に記載の光信号サンプリング装置。

[7] 監視対象の光信号を変調しているデータ信号のクロック周期の整数倍に対して所定のオフセット時間だけ異なる周期のサンプリング用光パルスを出射するサンプリング用光パルス発生部と、

前記監視対象の光信号を前記サンプリング用光パルス発生部からの前記サンプリング用光パルスによってサンプリングし、そのサンプリングによって得られた光パルス信号を出射する光サンプリング部とを有する光信号サンプリング装置と、

前記光信号サンプリング装置の前記光サンプリング部から出射される前記光パルス信号を受けて電気信号に変換することにより、前記監視対象の光信号の波形情報を取得する光電変換器とを有する光信号モニタ装置であって、

前記光信号サンプリング装置の前記光サンプリング部は、

前記監視対象の光信号と前記サンプリング用光パルス発生部からの前記サンプリング用光パルスとを合波する光合波部と、

光を入出射するための2つの光端子と、該2つの光端子間を結ぶ光路に電界を与えるための電源端子とを有し、前記光路を伝搬する光に対する吸収率が前記電界の大きさに応じて変化する特性を有し、前記2つの光端子の一方の光端子で前記光合波部からの出射光を受ける電界吸収型光変調器と、

前記電界吸収型光変調器に前記サンプリング用光パルスが入射していないときには前記吸収率を高くし、且つ、前記サンプリング用光パルスが入射したときには前記吸収率を低くすることにより、前記電界吸収型光変調器において前記サンプリング用光パルスで前記サンプリング対象の光信号をサンプリングして前記2つの光端子の他方の光端子から前記サンプリングによって得られた光信号を出射させるための所定の直流電圧を前記電界吸収型光変調器の前記電源端子に与える直流電源と、

前記電界吸収型光変調器の前記2つの光端子の前記他方の光端子から出射される光信号のうち、前記サンプリング対象の光信号成分を選択的に出射する光分離部と、

を含むことを特徴とする光信号モニタ装置。

[8] 前記監視対象の光信号の波長に対して前記サンプリング用光パルスの波長が異なっており、

前記光信号サンプリング装置の前記光分離部は、前記電界吸収型光変調器の前記2つの光端子の前記他方の光端子から出射される光信号のうち、前記監視対象の光信号の波長成分を有する光信号を選択的に出射する波長フィルタにより構成されていることを特徴とする請求項7に記載の光信号モニタ装置。

[9] 前記光信号サンプリング装置の前記光合波部は、前記監視対象の光信号と前記サンプリング用光パルスとを互いに直交した偏波で合波するように構成されており、

前記光信号サンプリング装置の前記光分離部は、前記電界吸収型光変調器の前記2つの光端子の前記他方の光端子から出射される光信号のうち、前記監視対象の光信号の偏波成分を有する光信号を選択的に出射する偏光フィルタにより構成されていることを特徴とする請求項7に記載の光信号モニタ装置。

[10] 前記光信号サンプリング装置の前記サンプリング用光パルス発生部は、

前記サンプリング用光パルスの周期に対応した周期Tsを有する安定な信号を生成するシンセサイザ構成の基準信号発生器と、

前記基準信号発生器によって生成される前記周期Tsを有する安定な信号をM(Mは1より大きい整数)逓倍した信号として出力する逓倍器と、

連続光を出射する光源と、

前記逓倍器から出力される前記M逓倍した信号によって前記光源から出射される前記連続光を変調することにより、周期Ts／Mを有する光パルスを出射する光変調器と、

前記光変調器から出射される前記光パルスを1／Mに間引いて、周期Tsを有する光パルスに変換する光ゲート回路と、

前記光ゲート回路により変換された前記周期を有する光パルスについてそのパル

ス幅をさらに狭めて、前記サンプリング用光パルスとして出射する分散減少ファイバとを含むことを特徴とする請求項7に記載の光信号モニタ装置。

[11] 前記光信号サンプリング装置の前記サンプリング用光パルス発生部は、

前記監視対象の光信号を変調しているデータ信号のクロック周期Tc又はそのビットレートと所定のオフセット時間ΔTの情報を受けて、前記サンプリング用光パルスのサンプリング周期Tsを、

Ts＝N・Tc＋ΔT（ここで、Nの値は、前記データ信号のクロック周期Tcと前記サンプリング用光パルス発生部が出力可能な信号の周波数可変範囲によって決まる）

の演算で求めて、前記サンプリング用光パルス発生部に設定するパラメータ設定部をさらに含むことを特徴とする請求項10に記載の光信号モニタ装置。

[12] 前記光信号サンプリング装置の前記サンプリング用光パルス発生部は、

前記監視対象の光信号の周波数の整数分の1異なる周波数を有する短パルスを自励発振可能であると共に、前記短パルスの周波数をシフトする機能を有する短パルス発生部で構成されていることを特徴とする請求項7に記載の光信号モニタ装置。

[13] 前記光電変換器からの出力信号の包絡線波の基本波成分と等しい周波数の基本波成分信号を出力する基本波成分信号出力部と、

前記基本波成分信号出力部からの前記基本波成分信号と所定のしきい値とを比較するコンパレータと、

前記コンパレータによる比較において、前記基本波成分信号が前記所定のしきい値を超えるタイミングから前記光電変換器からの出力信号に対する波形情報の取得を開始するデータ取得制御部とをさらに有していることを特徴とする請求項7に記載の光信号モニタ装置。

[14] 前記光電変換器と前記データ取得制御部との間に挿入され、前記光電変換器からの電気信号を前記サンプリング用光パルスと同期したサンプリングクロックによってサンプリングすることにより、デジタル値に変換して前記データ取得制御部にデータ信号として出力するアナログ／デジタル（A／D）変換器をさらに有していることを特徴とする請求項13に記載の光信号モニタ装置。

[15] 前記サンプリングクロックは、前記サンプリング用光パルス発生部により前記サンプ

リング用光パルスと同期して出力されることを特徴とする請求項14に記載の光信号モニタ装置。

[16] 前記基本波成分信号出力部は，PLL（位相ロックループ）方式として、

前記監視対象の光信号を変調している前記データ信号のクロック周波数と等しい中心周波数あるいは前記クロック周波数の2倍に等しい中心周波数を有し、前記光電変換器からの電気信号から正弦波の基本波成分信号を抽出する狭帯域な帯域通過フィルタと、

所定の発振周波数を有する発振出力信号を出力する電圧制御発振器と、

前記帯域通過フィルタの出力信号と前記電圧制御発振器の出力信号との位相差に応じた制御信号を出力する位相比較器とを含み、

前記位相比較器から出力される前記制御信号により前記電圧制御発振器の発振周波数を制御して、前記発振出力信号の位相を前記帯域通過フィルタの出力信号の位相に同期させることにより、この同期した正弦波の発振出力信号を前記基本波成分信号として出力することを特徴とする請求項13に記載の光信号モニタ装置。

[17] 前記データ取得制御部により、前記コンパレータからの出力信号に基づいて、前記A／D変換器から出力されるデータ信号が書き込まれる複数の異なる領域を有する波形メモリをさらに含むことを特徴とする請求項14に記載の光信号モニタ装置。

[18] 前記データ取得制御部は、前記コンパレータにおいて、前記基本波成分信号が前記しきい値を越えたタイミングから、前記波形メモリに対する前記データ信号の書き込みを開始し、所定数のデータ信号の書き込みが終了した後で、前記基本波成分信号が再度前記しきい値を越えるタイミングまで待機するという動作を所定回数繰り返し、前記所定数のデータ信号の書き込みを、前記波形メモリの前記複数の異なる領域に対してそれぞれアドレス順に行うことを特徴とする請求項14に記載の光信号モニタ装置。

[19] 前記波形メモリに書き込まれたデータ信号に基づいて、前記監視対象の光信号の品質を表す値を算出する演算部をさらに含むことを特徴とする請求項14に記載の光信号モニタ装置。

[20] 前記演算部は、前記波形メモリに書き込まれた前記データ信号を所定のしきい値と

比較して、データ「1」に属するサンプル値と、データ「0」に属するサンプル値とに分け、それぞれのデータについてのサンプル値群の平均値、標準偏差を求め、その平均値の差μと標準偏差の和γの比μ/γを品質値Qとして求めることを特徴とする請求項19に記載の光信号モニタ装置。

[21] 前記演算部は、前記所定数のデータ信号が前記波形メモリの前記複数の異なる領域に対してそれぞれアドレス順に各回ごとに記憶された所定ビット分の波形データをアドレス順に重ね合わせることにより、アイパターンを得ることを可能とすることを特徴とする請求項19に記載の光信号モニタ装置。

[22] サンプリング対象の光信号をサンプリングするための所定周期のサンプリング用光パルスを発生するサンプリング用光パルス発生段階と、

前記サンプリング対象の光信号を前記サンプリング用光パルス発生部からの前記サンプリング用光パルスによってサンプリングし、そのサンプリングによって得られた光パルス信号を出射する光サンプリング段階とを有する光信号サンプリング方法であって、

前記光サンプリング段階は、

前記サンプリング対象の光信号と前記サンプリング用光パルスとを合波する光合波部を準備する段階と、

光を入出射するための2つの光端子と、該2つの光端子間を結ぶ光路に電界を与えるための電源端子とを有し、前記光路を伝搬する光に対する吸収率が前記電界の大きさに応じて変化する特性を有し、前記2つの光端子の一方の光端子で前記光合波部からの出射光を受ける電界吸収型光変調器を準備する段階と、

前記電界吸収型光変調器に前記サンプリング用光パルスが入射していないときには前記吸収率を高くし、且つ、前記サンプリング用光パルスが入射したときには前記吸収率を低くすることにより、前記電界吸収型光変調器において前記サンプリング用光パルスで前記サンプリング対象の光信号をサンプリングして前記2つの光端子の他方の光端子から前記サンプリングによって得られた光信号を出射させるための所定の直流電圧を前記電界吸収型光変調器の前記電源端子に与える直流電源を準備する段階と、

前記電界吸収型光変調器の前記2つの光端子の前記他方の光端子から出射される光信号のうち、前記サンプリング対象の光信号成分を選択的に出射する光分離部を準備する段階と、

を含むことを特徴とする光信号サンプリング方法。

[23] 監視対象の光信号を変調しているデータ信号のクロック周期の整数倍に対して所定のオフセット時間だけ異なる周期のサンプリング用光パルスを出射するサンプリング用光パルス発生段階と、

前記監視対象の光信号を前記サンプリング用光パルスによってサンプリングし、そのサンプリングによって得られた光パルス信号を出射する光サンプリング段階と、

前記光信号サンプリング装置の前記光サンプリング部から出射される前記光パルス信号を受けて電気信号に変換することにより、前記監視対象の光信号の波形情報を取得する光電変換段階とを有する光信号モニタ方法であって、

前記光サンプリング段階は、

前記監視対象の光信号と前記サンプリング用光パルスとを合波する光合波部を準備する段階と、

光を入出射するための2つの光端子と、該2つの光端子間を結ぶ光路に電界を与えるための電源端子とを有し、前記光路を伝搬する光に対する吸収率が前記電界の大きさに応じて変化する特性を有し、前記2つの光端子の一方の光端子で前記光合波部からの出射光を受ける電界吸収型光変調器を準備する段階と、

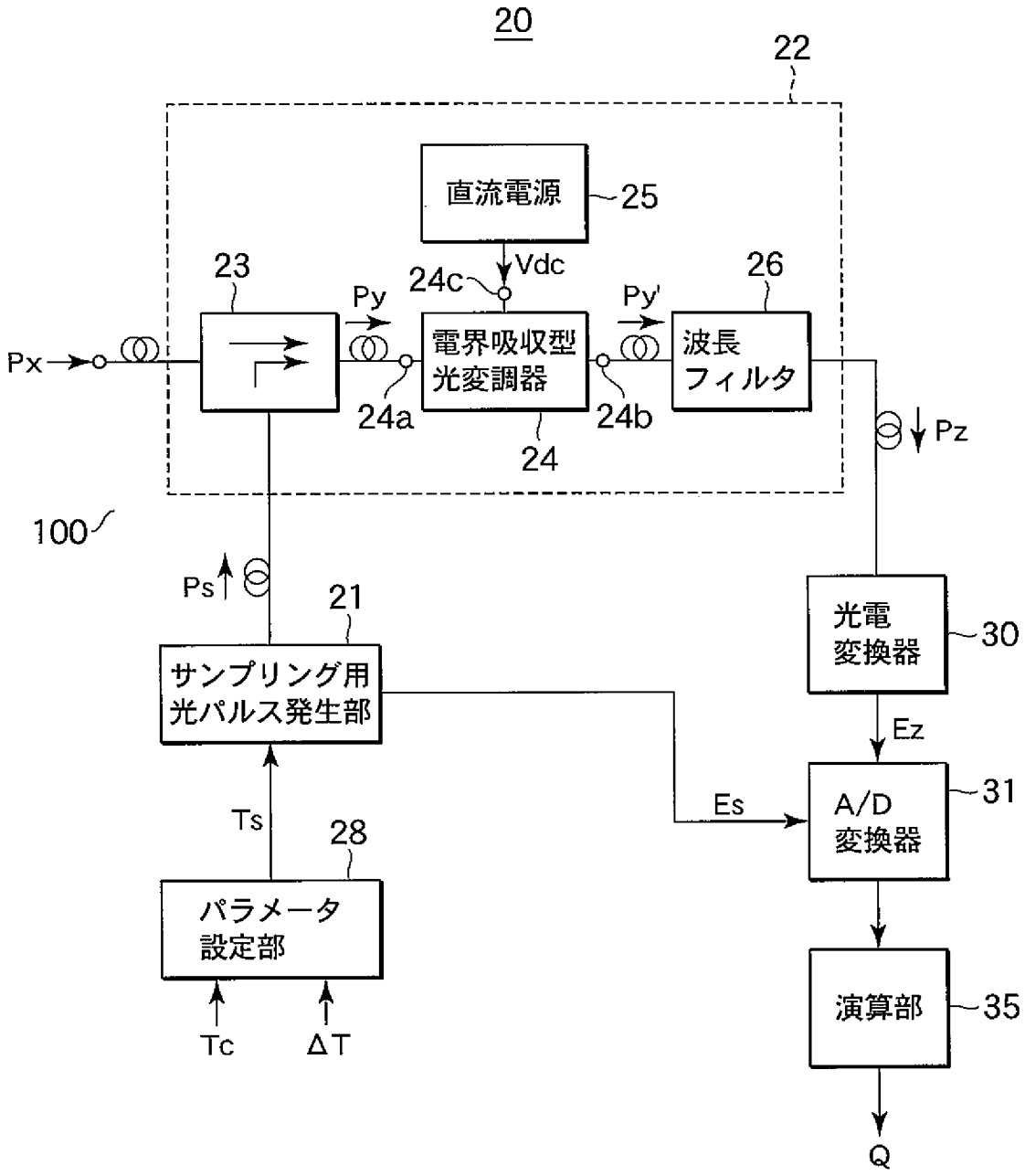
前記電界吸収型光変調器に前記サンプリング用光パルスが入射していないときには前記吸収率を高くし、且つ、前記サンプリング用光パルスが入射したときには前記吸収率を低くすることにより、前記電界吸収型光変調器において前記サンプリング用光パルスで前記サンプリング対象の光信号をサンプリングして前記2つの光端子の他方の光端子から前記サンプリングによって得られた光信号を出射させるための所定の直流電圧を前記電界吸収型光変調器の前記電源端子に与える直流電源を準備する段階と、

前記電界吸収型光変調器の前記2つの光端子の前記他方の光端子から出射される光信号のうち、前記サンプリング対象の光信号成分を選択的に出射する光分離部

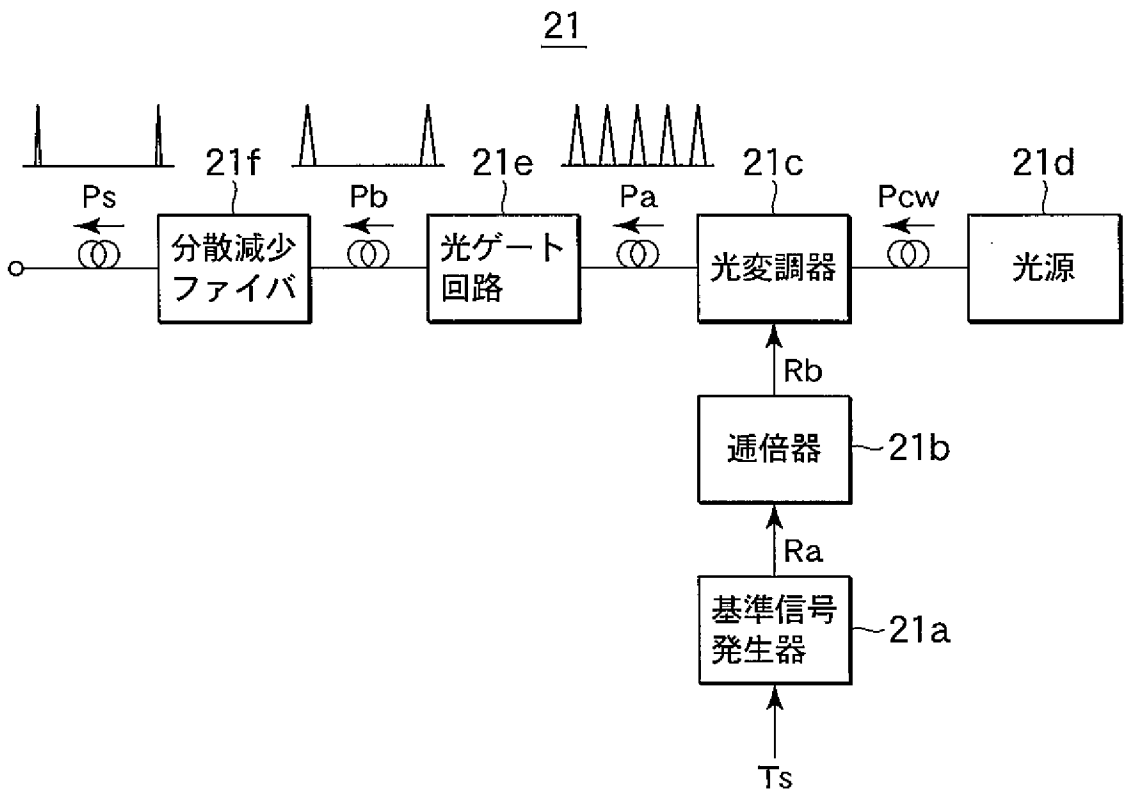
を準備する段階と、

を含むことを特徴とする光信号モニタ方法。

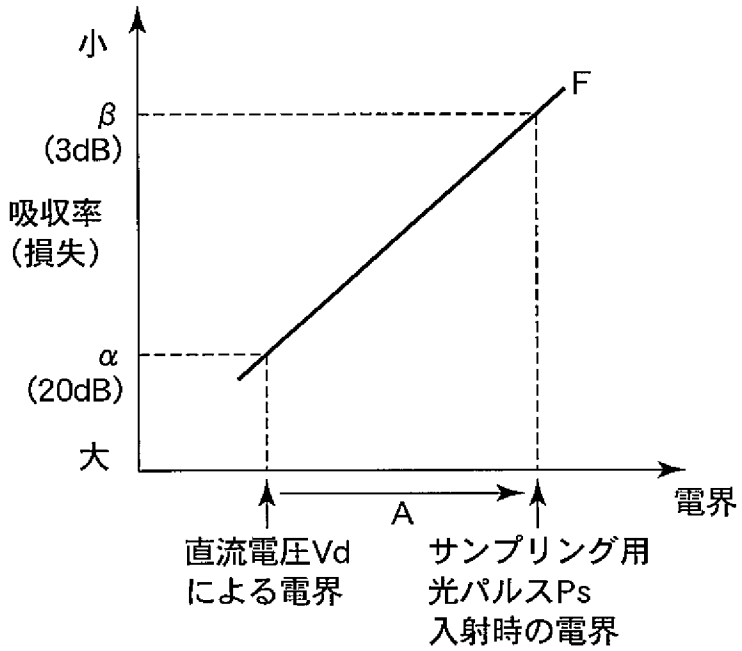
[図1]


20
22
直流電源
25
Vdc
23
24c
Py
Py'
26
Px
電界吸収型
光変調器
波長
フィルタ
24a
24b
24
Pz
100
Ps
21
光電
変換器
30
サンプリング用
光パルス発生部
Ez
Es
A/D
変換器
31
Ts
28
パラメータ
設定部
演算部
35
Tc
ΔT
Q

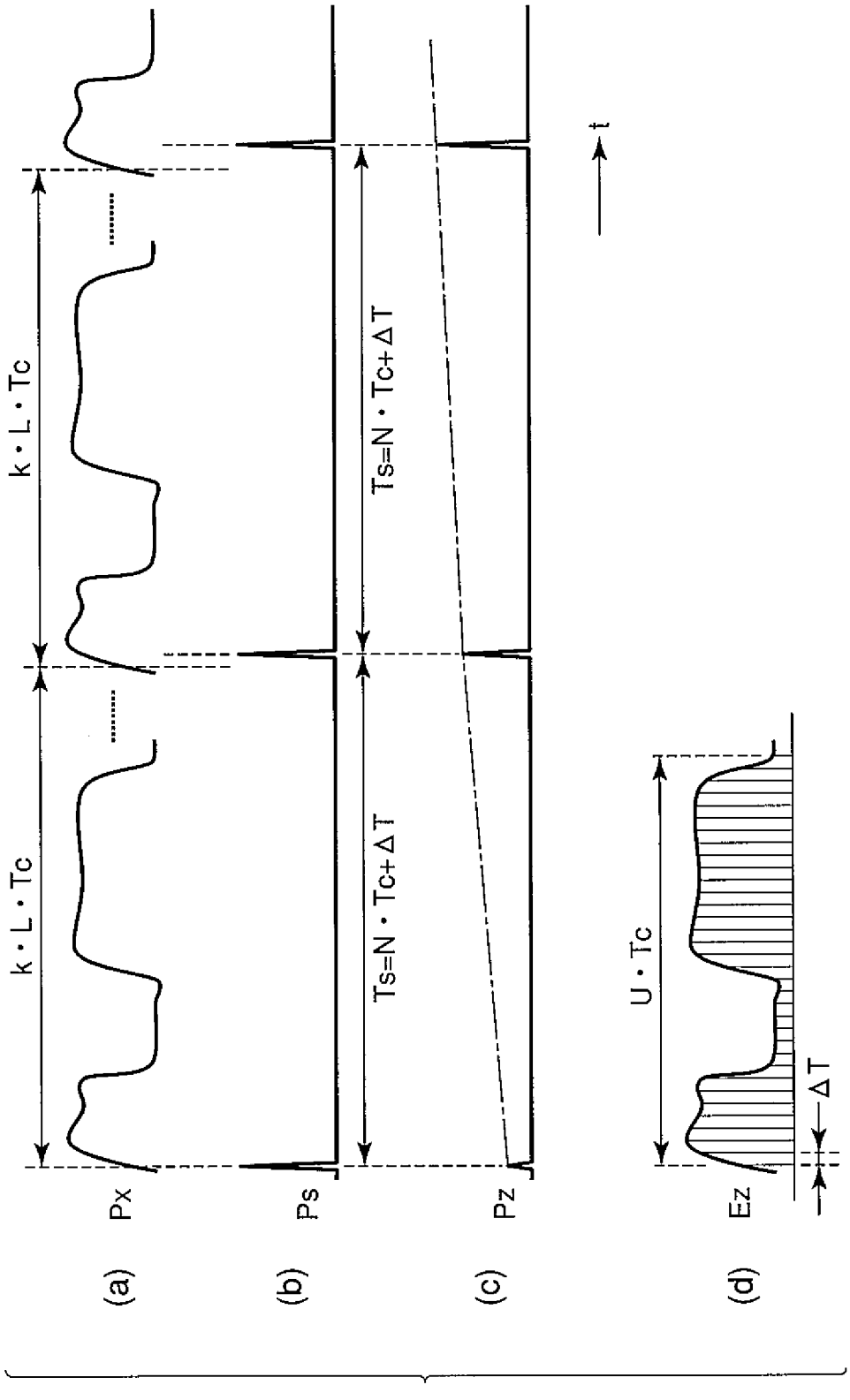
[図2]


21
21f
21e
21c
21d
Ps
Pb
Pa
Pcw
分散減少
ファイバ
光ゲート
回路
光変調器
光源
Rb
逓倍器
21b
Ra
基準信号
発生器
21a
Ts

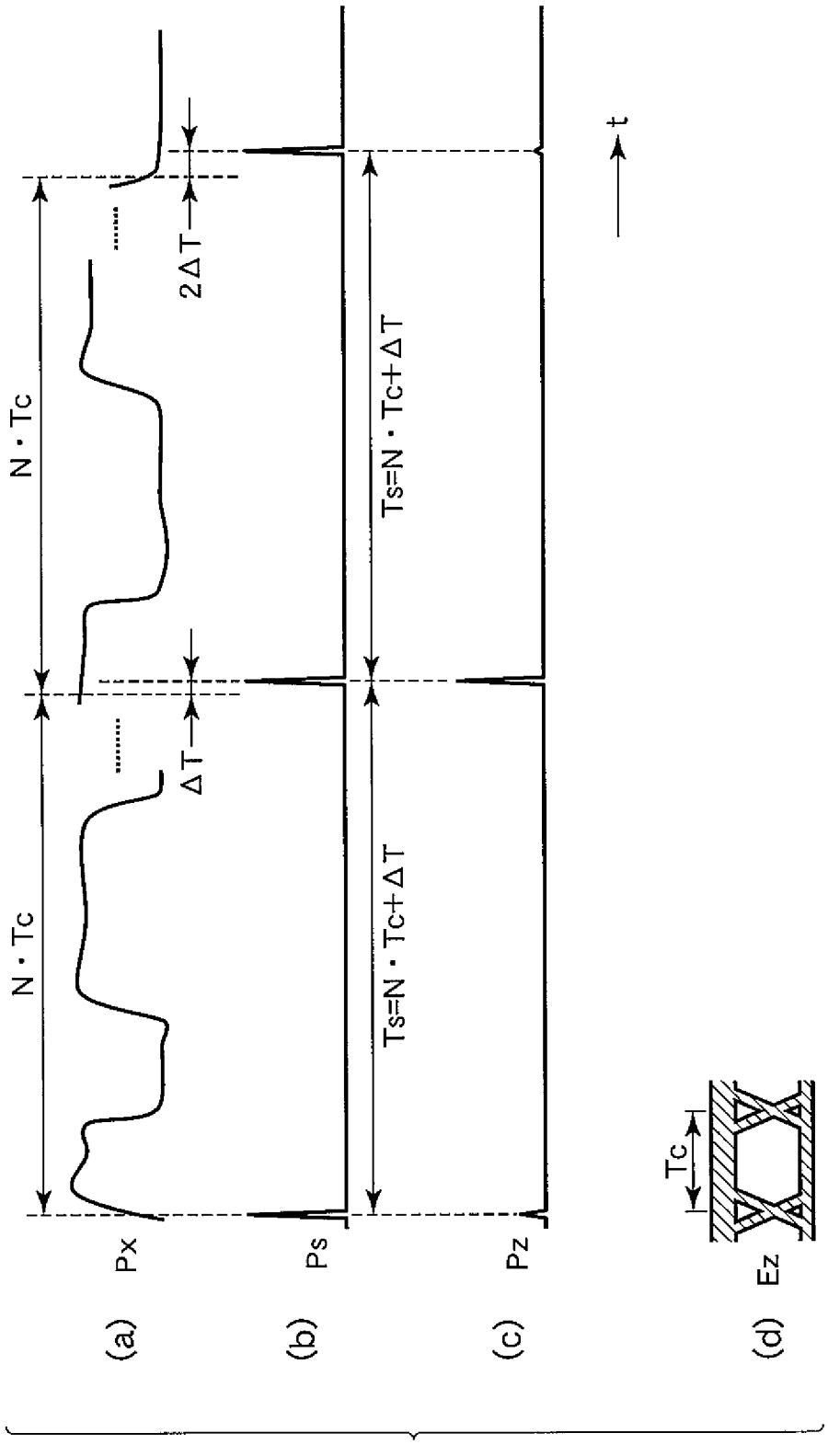
[図3]


小
β
(3dB)
吸収率
(損失)
α
(20dB)
大
F
A
電界
直流電圧Vd
による電界
サンプリング用
光パルスPs
入射時の電界

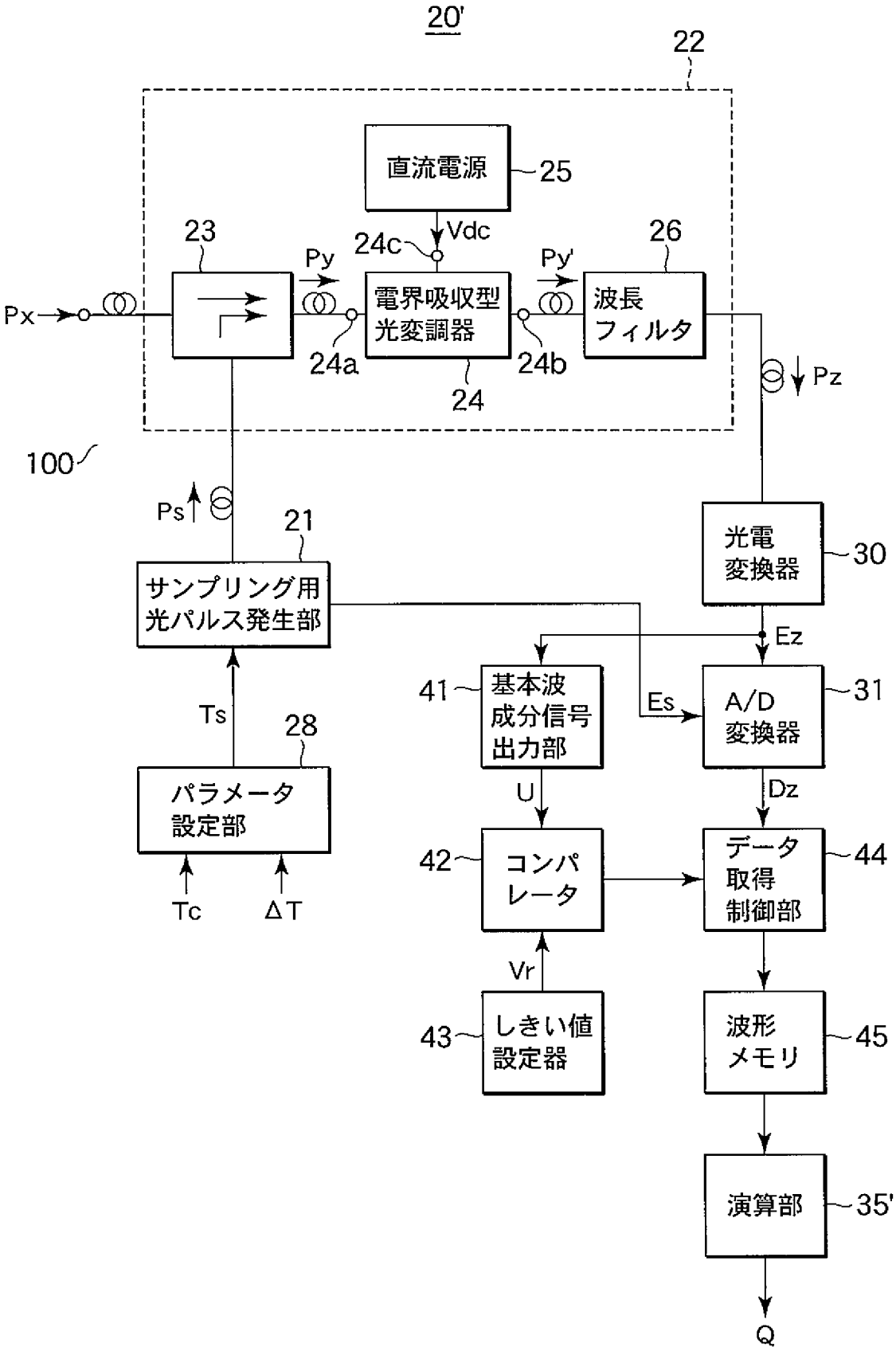
[図4]



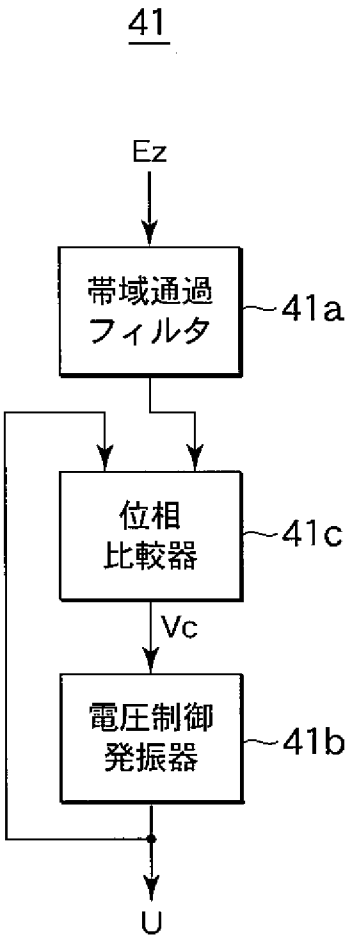
[図5]



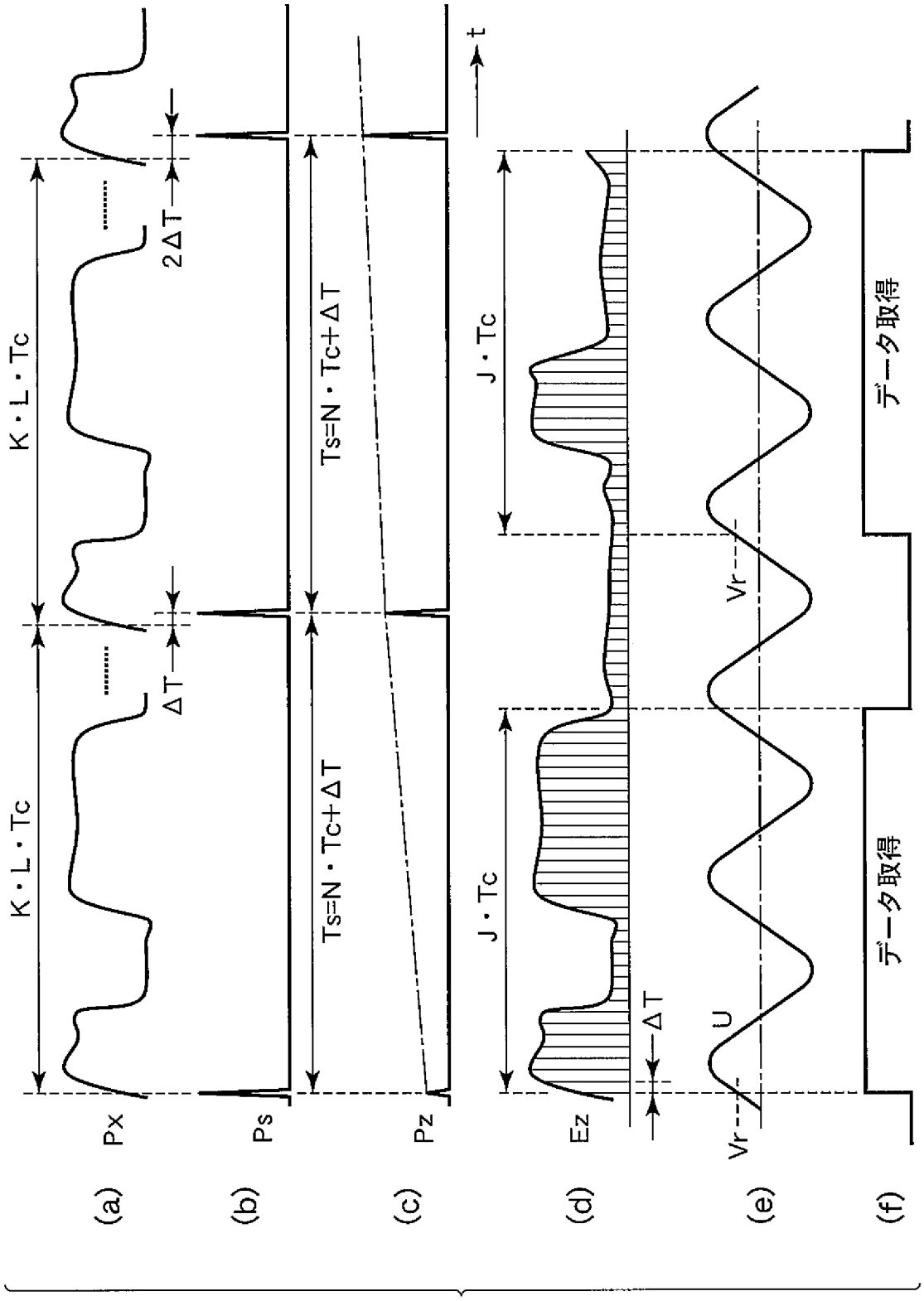
[図6]


20'
22
直流電源
25
Vdc
24c
23
26
Py
Py'
Px
電界吸収型
光変調器
波長
フィルタ
24a
24b
24
Pz
100
Ps
21
光電
変換器
30
サンプリング用
光パルス発生部
Ez
41
基本波
成分信号
出力部
Es
A/D
変換器
31
Ts
28
U
Dz
パラメータ
設定部
42
コンパ
レータ
データ
取得
制御部
44
Tc
ΔT
Vr
43
しきい値
設定器
波形
メモリ
45
演算部
35'
Q

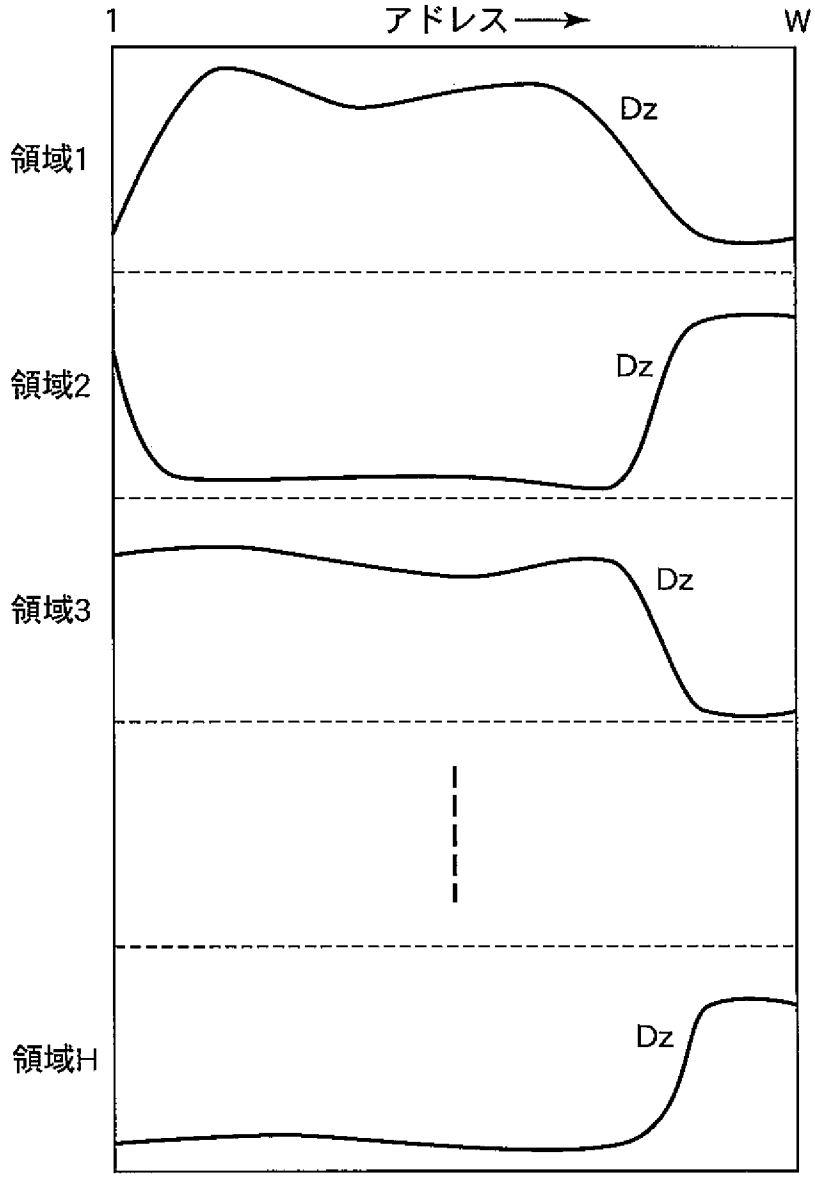
[図7]



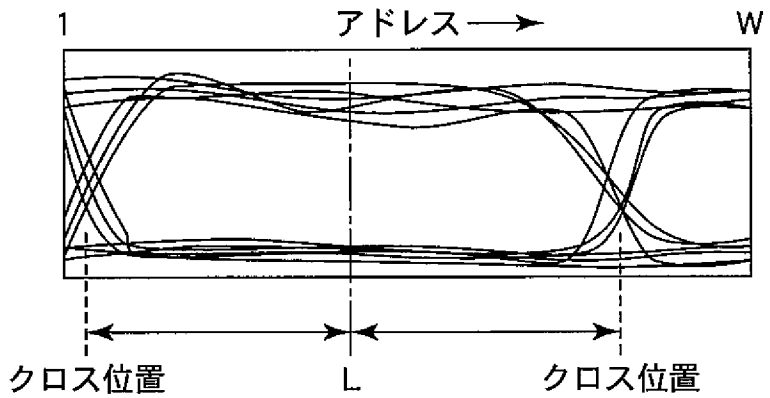
[図8]


(a)
Px
K・L・Tc
K・L・Tc
ΔT
2ΔT
(b)
Ps
Ts=N・Tc+ΔT
Ts=N・Tc+ΔT
(c)
Pz
t
(d)
Ez
J・Tc
J・Tc
ΔT
(e)
Vr
U
Vr
(f)
データ取得
データ取得

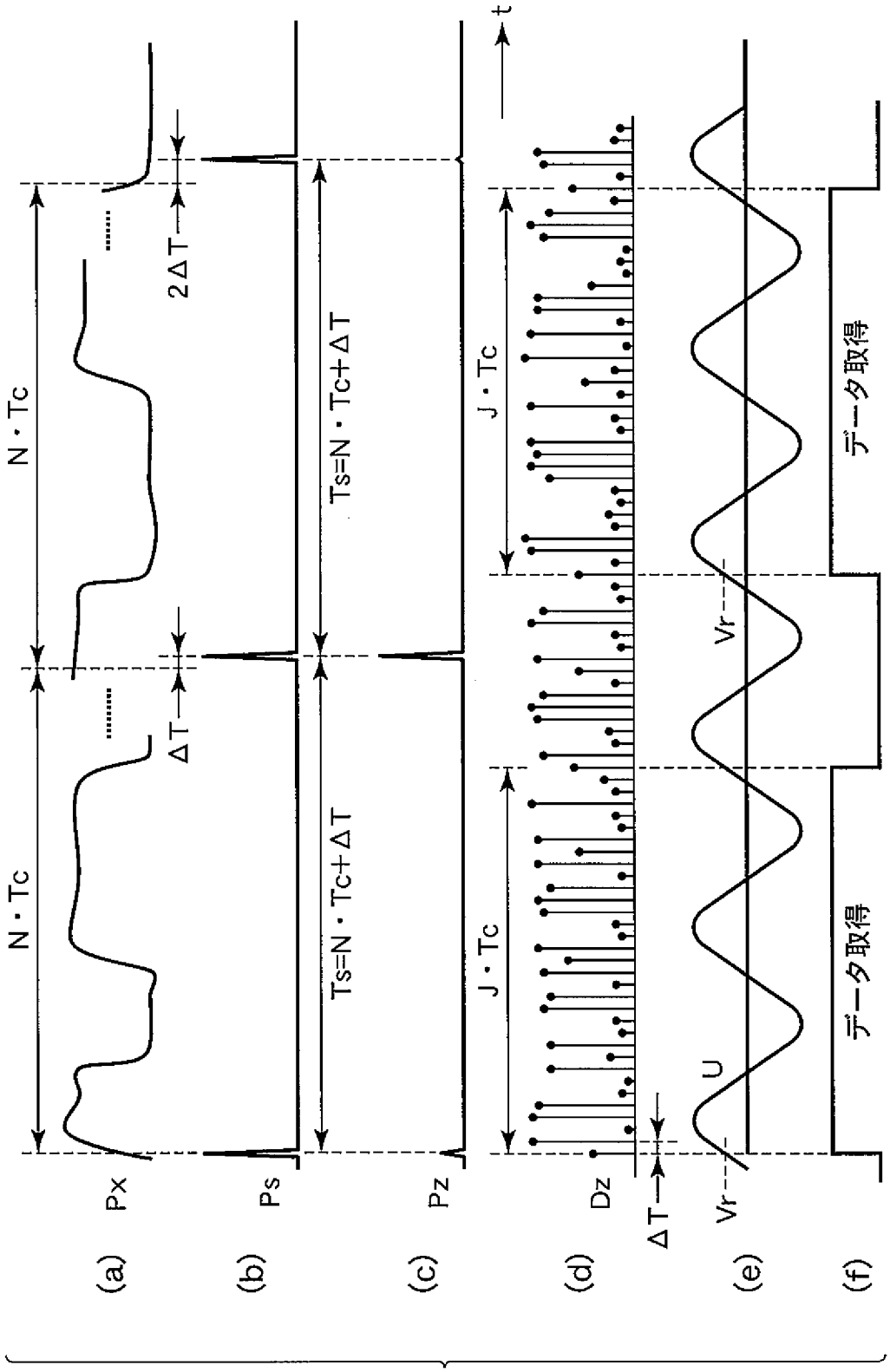
[図9]



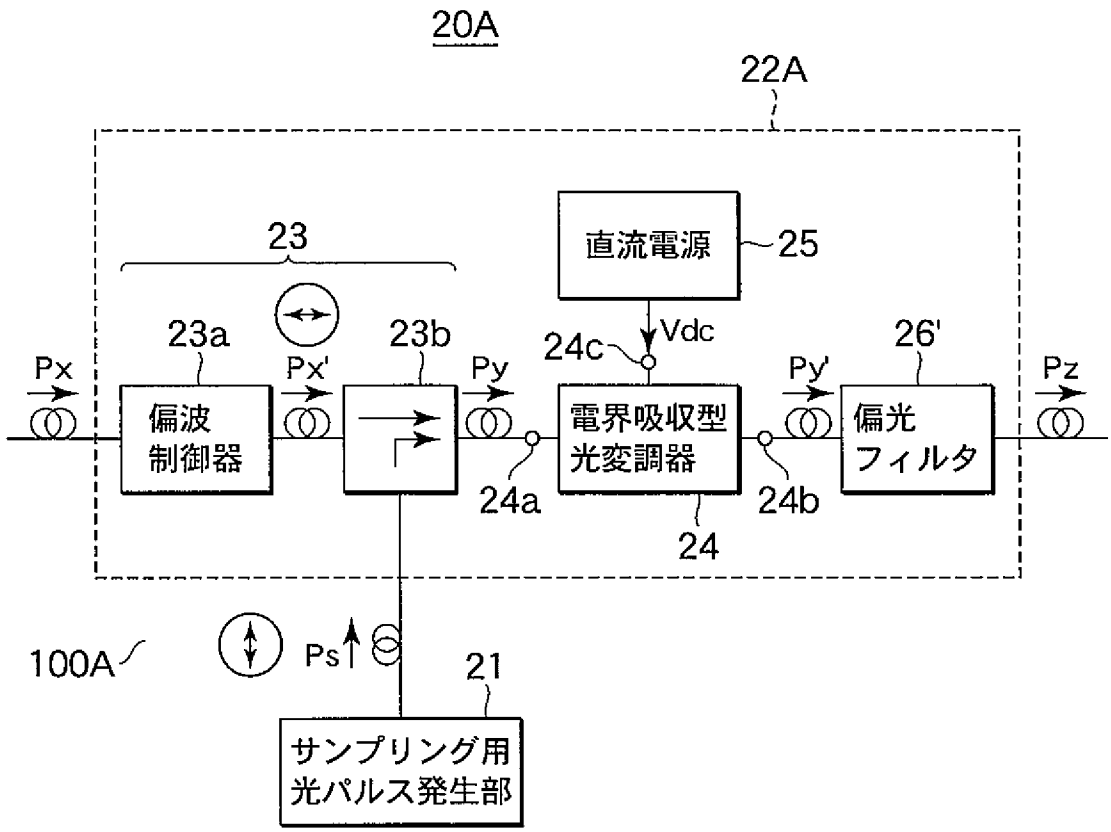
[図10]



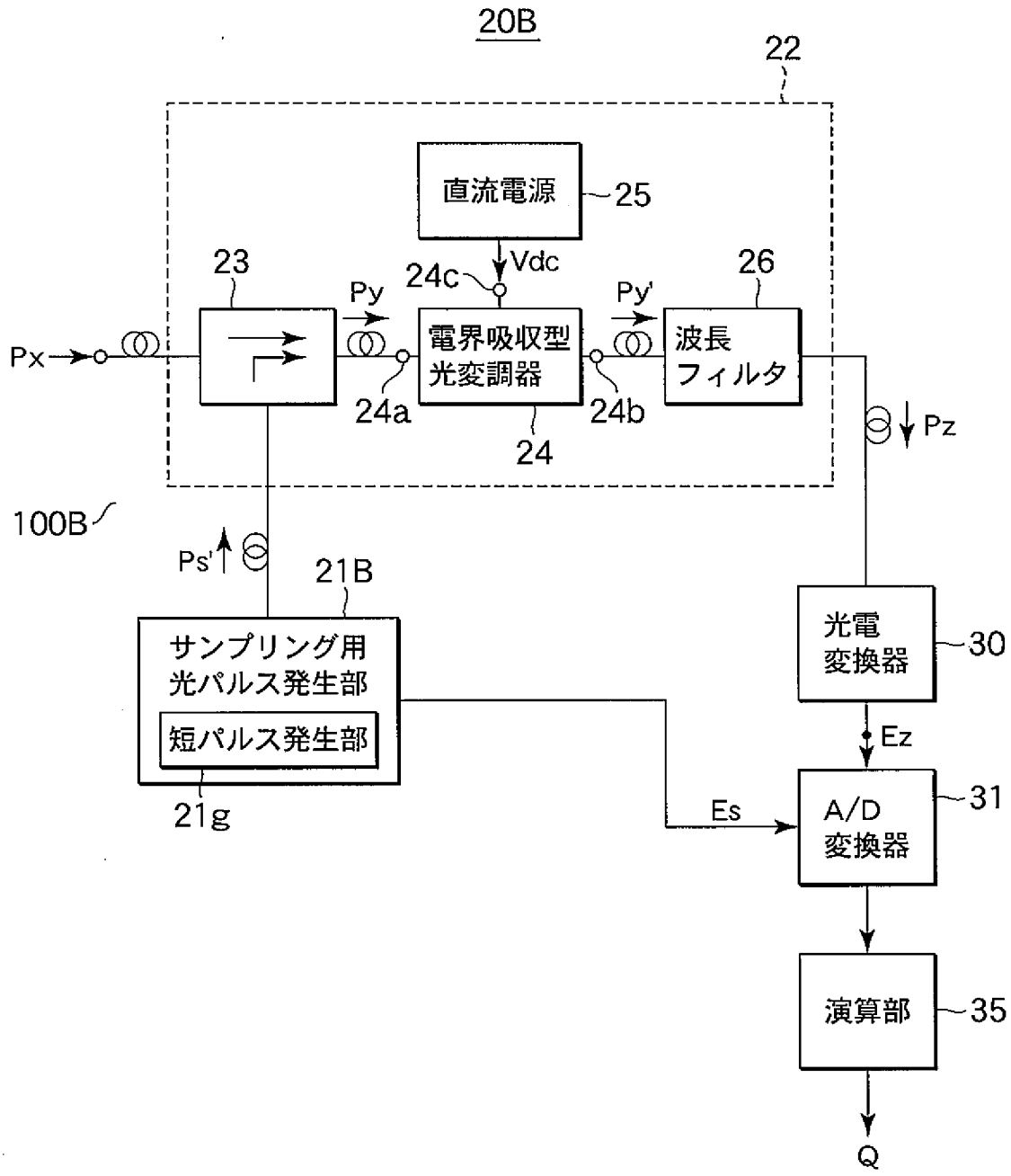
[図11]



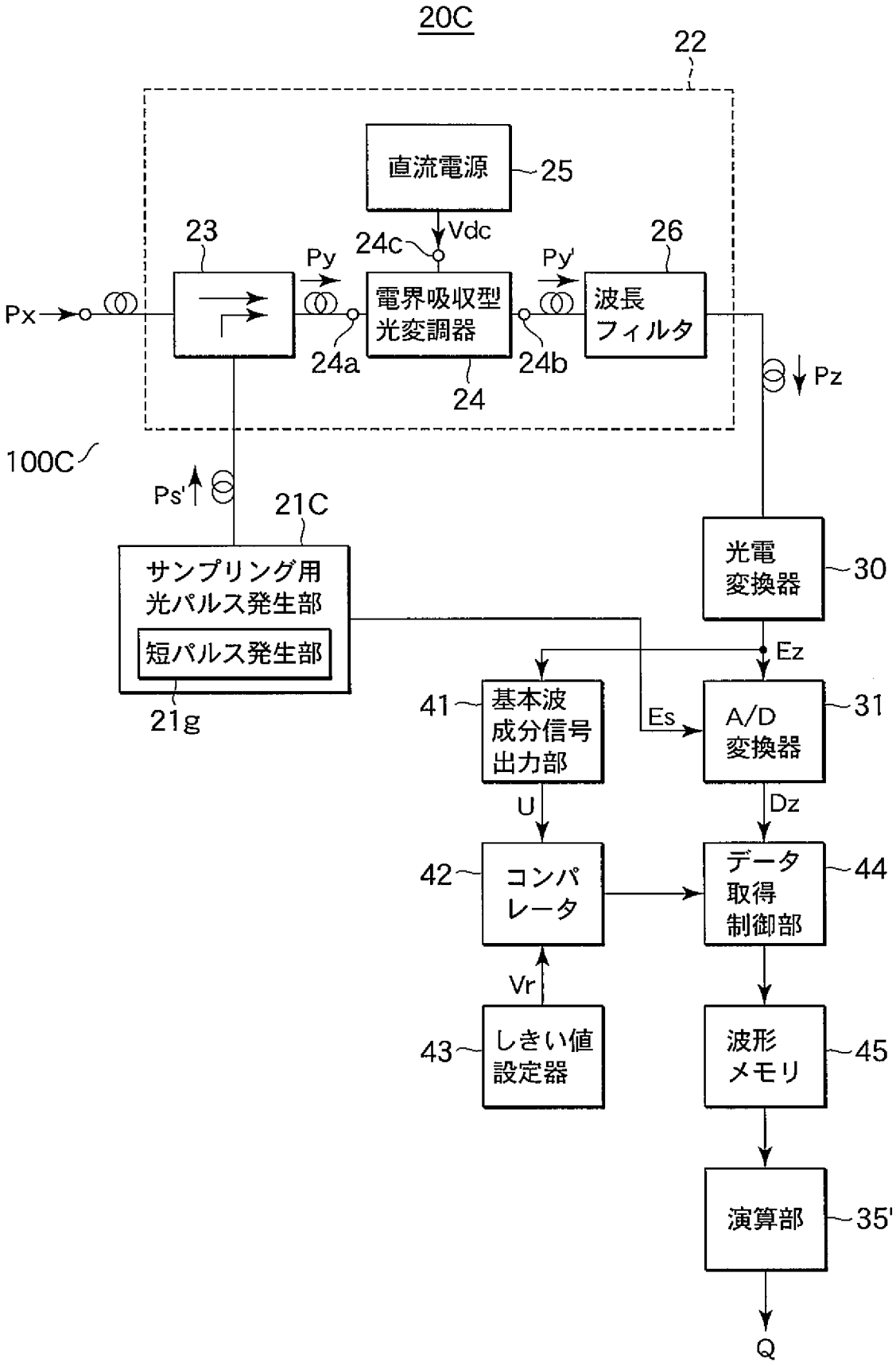
[図12]


20A
22A
23
直流電源
25
23a
23b
24c
Vdc
26'
Px
Px'
Py
Py'
Pz
偏波
制御器
電界吸収型
光変調器
偏光
フィルタ
24a
24b
24
100A
Ps
21
サンプリング用
光パルス発生部

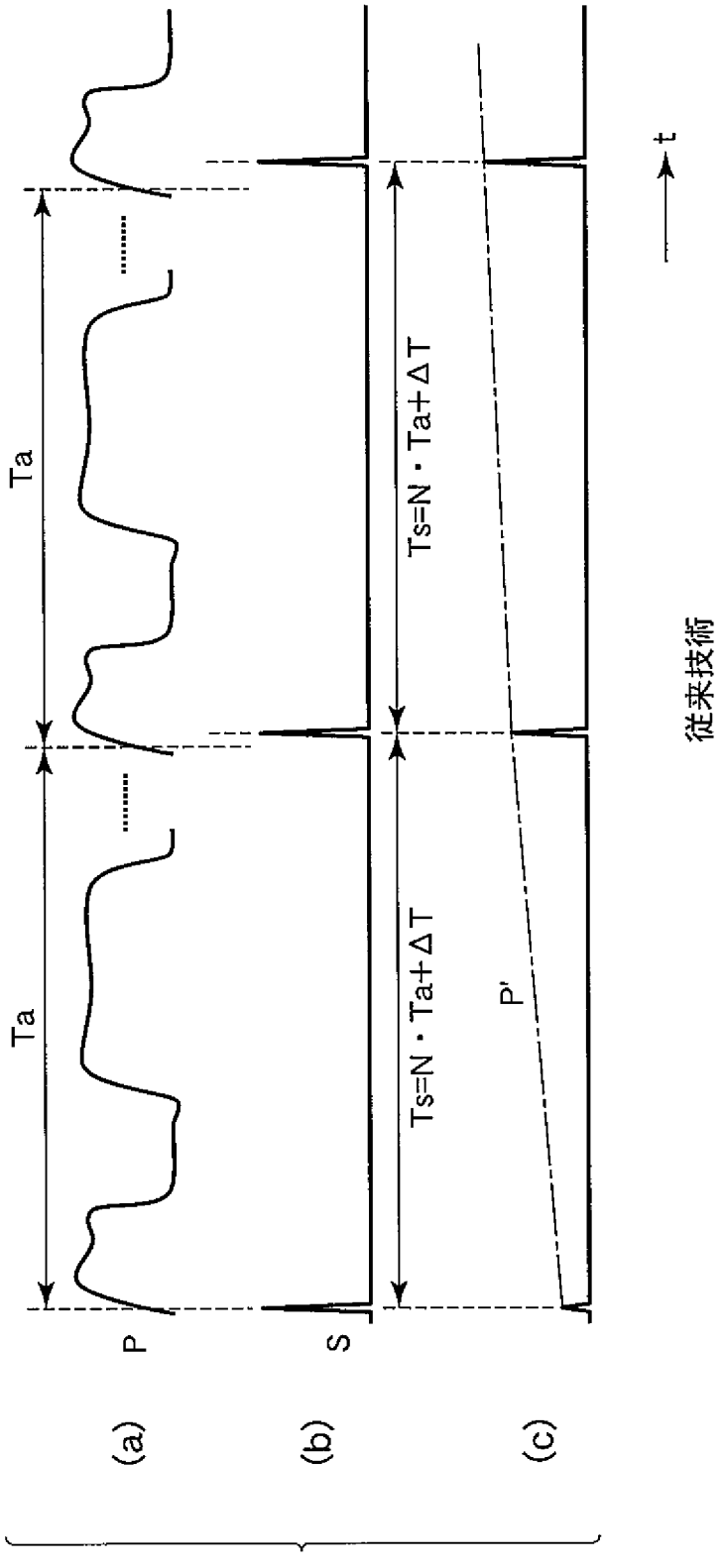
[図13]


20B
22
直流電源
25
Vdc
24c
23
Py
Py'
26
Px
電界吸収型
光変調器
波長
フィルタ
24a
24b
24
Pz
100B
Ps'
21B
サンプリング用
光パルス発生部
短パルス発生部
21g
光電
変換器
30
Ez
Es
A/D
変換器
31
演算部
35
Q

[図14]


20C
22
直流電源
25
Vdc
24c
23
Py
Py'
26
Px
電界吸収型
光変調器
波長
フィルタ
24a
24b
24
Pz
100C
Ps'
21C
サンプリング用
光パルス発生部
短パルス発生部
21g
光電
変換器
30
Ez
41
基本波
成分信号
出力部
Es
A/D
変換器
31
U
Dz
42
コンパ
レータ
データ
取得
制御部
44
Vr
43
しきい値
設定器
波形
メモリ
45
演算部
35'
Q

[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/059367

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01J11/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01J1/00-1/60, G01J11/00, H04B10/00, G01M11/00-11/02, G01R13/34, G02F1/00-1/125

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JMEDPlus(JDreamII), JST7580(JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-072757 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 16 March, 1999 (16.03.99), Par. Nos. [0022] to [0024]; Fig. 4 (Family: none)	1-23
Y	Noboru EDAGAWA et al., "Denki Kyushugata Hikari Henchoki o Mochiita Hacho Henkan", 1997 The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Sogo Taikai Koen Ronbunshu, 1997, B-10-218, 727	1-23
Y	JP 06-063869 B2 (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 22 August, 1994 (22.08.94), Full text; all drawings (Family: none)	3,9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
18 June, 2008 (18.06.08)	01 July, 2008 (01.07.08)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/059367

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-286511 A (Anritsu Corp.), 14 October, 2004 (14.10.04), Full text; all drawings (Family: none)	5,7-21,23
Y	JP 08-204678 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 09 August, 1996 (09.08.96), Full text; all drawings (Family: none)	6,12
Y	JP 62-215917 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 22 September, 1987 (22.09.87), Page 3, upper left column, lines 12 to 16; Fig. 5 (Family: none)	16
Y	JP 2003-344168 A (Ando Electric Co., Ltd.), 03 December, 2003 (03.12.03), Par. Nos. [0002] to [0004], [0027]; Fig. 3 (Family: none)	19-21
A	JP 2005-345312 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 15 December, 2005 (15.12.05), Full text; all drawings (Family: none)	1-23
A	JP 08-233662 A (Ando Electric Co., Ltd.), 13 September, 1996 (13.09.96), Full text; all drawings (Family: none)	1-23

国際調査報告

国際出願番号 PCT／JP2008／059367

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01J11/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01J1/00-1/60, G01J11/00, H04B10/00, G01M11/00-11/02, G01R13/34, G02F1/00-1/125

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922－1996年
日本国公開実用新案公報	1971－2008年
日本国実用新案登録公報	1996－2008年
日本国登録実用新案公報	1994－2008年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JMEDPlus(JDreamII), JST7580(JDreamII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
Y	JP 11-072757 A（日本電信電話株式会社）1999.03.16, 【0022】－【0024】、図4（ファミリーなし）	1-23
Y	枝川 登 他, 電気吸収型光変調器を用いた波長変換, 1997年電子情報通信学会総合大会講演論文集, 1997, B-10-218, 727	1-23
Y	JP 06-063869 B2（日本電信電話株式会社）1994.08.22, 全文、全図（ファミリーなし）	3,9

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊ 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
18. 06. 2008	01. 07. 2008

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ISA／JP）
郵便番号100－8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員） 2W 3720
豊田 直樹
電話番号 03－3581－1101 内線 3292

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
Y	JP 2004-286511 A (アンリツ株式会社) 2004.10.14, 全文、全図（ファミリーなし）	5, 7-21, 23
Y	JP 08-204678 A (日本電信電話株式会社) 1996.08.09, 全文、全図（ファミリーなし）	6, 12
Y	JP 62-215917 A (浜松ホトニクス株式会社) 1987.09.22, 第３頁左上欄第１２行－第１６行、第５図（ファミリーなし）	16
Y	JP 2003-344168 A (安藤電気株式会社) 2003.12.03, 【０００２】－【０００４】、【００２７】、図３（ファミリーなし）	19-21
A	JP 2005-345312 A (日本電信電話株式会社) 2005.12.15, 全文、全図（ファミリーなし）	1-23
A	JP 08-233662 A (安藤電気株式会社) 1996.09.13, 全文、全図（ファミリーなし）	1-23