

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6259753号
(P6259753)

(45) 発行日 平成30年1月10日(2018.1.10)

(24) 登録日 平成29年12月15日(2017.12.15)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 M 11/00 (2006.01) GO 1 M 11/00 Q

請求項の数 8 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2014-249243 (P2014-249243)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成26年12月9日 (2014.12.9)		日本電信電話株式会社
(65) 公開番号	特開2016-109624 (P2016-109624A)		東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(43) 公開日	平成28年6月20日 (2016.6.20)	(74) 代理人	100108855
審査請求日	平成28年12月8日 (2016.12.8)		弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100103034
			弁理士 野河 信久
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100179062
			弁理士 井上 正
		(72) 発明者	岡本 達也
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日 本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光反射計測装置及び光反射計測方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザ光源から出射される光を用いて被測定デバイスの反射率分布を測定する光反射計測装置であって、

前記レーザ光源から出射した光を2分岐する光分岐手段と、

前記光分岐手段により分岐された一方の光の位相を、与えられる第1の任意信号で変調する第1の光位相変調手段と、

前記第1の光位相変調手段に対し、前記第1の任意信号を出力する第1の任意信号発生手段と、

前記光分岐手段により分岐された他方の光の位相を、第1の任意信号と同一波形の第2の任意信号で変調する第2の光位相変調手段と、

前記第2の光位相変調手段に対し、前記第2の任意信号を出力する第2の任意信号発生手段と、

前記第2の任意信号を前記第1の任意信号に対し遅延するべく前記第1の任意信号発生手段及び前記第2の任意信号発生手段を制御する制御手段と、

前記第1の光位相変調手段により位相変調された光を、被測定デバイスに入射し、前記被測定デバイスからの後方散乱光を導波させるサーキュレータと、

前記第2の光位相変調手段により位相変調された光を参照光とし、前記参照光と前記後方散乱光を合波する光合波手段と、

前記光合波手段で合波された光から前記参照光と前記後方散乱光との干渉を検出し、干

10

20

渉信号を出力する干渉検出手段と、

前記干渉信号を取得するデータ取得手段と
を具備し、

前記第2の任意信号発生手段から出力される前記第2の任意信号が、位相変調された光の前記被測定デバイスの任意の位置での往復に要する時間相当の遅延時間で遅延するように前記制御手段にて遅延の調整を行うことで、前記データ取得手段で取得される前記干渉信号から前記被測定デバイスの反射率分布を測定することを特徴とする光反射計測装置。

【請求項2】

前記制御手段は、前記第2の任意信号発生手段が前記第2の任意信号を出力する時刻を、前記第1の任意信号発生手段が前記第1の任意信号を出力する時刻に対し遅延することで、前記被測定デバイスにおける反射率分布の測定可能範囲よりさらに広げることを特徴とする請求項1記載の光反射計測装置。

10

【請求項3】

前記干渉検出手段は、前記合波された光から検出された前記参照光と前記後方散乱光との干渉を用いて、前記被測定デバイスの任意の位置における反射率を求める機能を備えることを特徴とする請求項1記載の光反射計測装置。

【請求項4】

前記干渉検出手段は、前記光合波手段で合波された光の光電流を検出し、前記光電流と前記レーザ光源から出射した光の振幅とに基づいて、前記被測定デバイスの任意の位置における反射率を求めることを特徴とする請求項3記載の光反射計測装置。

20

【請求項5】

レーザ光源から出射される光を用いて被測定デバイスの反射率分布を測定する光反射計測方法であって、

前記レーザ光源から出射した光を2分岐し、

前記分岐された一方の光の位相を、第1の光位相変調手段により第1の任意信号発生手段から出力される第1の任意信号で変調し、

前記分岐された他方の光の位相を、第2の光位相変調手段により第2の任意信号発生手段から出力される第1の任意信号と同一波形の第2の任意信号で変調し、

前記第2の任意信号を前記第1の任意信号に対し制御手段により遅延させ、

前記第1の光位相変調手段により位相変調された光を、サーキュレータにより被測定デバイスに入射し、前記被測定デバイスからの後方散乱光を前記サーキュレータにより導波させ、

30

前記第2の光位相変調手段により位相変調された光を参照光とし、前記参照光と前記後方散乱光を合波し、

前記合波された光から前記参照光と前記後方散乱光との干渉を検出し、干渉信号を出力し、

前記干渉信号をデータ取得手段により取得し、

前記第2の任意信号発生手段から出力される前記第2の任意信号が、位相変調された光の前記被測定デバイスの任意の位置での往復に要する時間相当の遅延時間で遅延するように前記制御手段にて遅延の調整を行うことで、前記データ取得手段で取得される前記干渉信号から前記被測定デバイスの反射率分布を測定することを特徴とする光反射計測方法。

40

【請求項6】

前記制御手段によって、前記第2の任意信号発生手段が前記第2の任意信号を出力する時刻を、前記第1の任意信号発生手段が前記第1の任意信号を出力する時刻に対し遅延することで、前記被測定デバイスにおける反射率分布の測定可能範囲よりさらに広げることを特徴とする請求項5記載の光反射計測方法。

【請求項7】

前記合波された光から検出された前記参照光と前記後方散乱光との干渉を用いて、前記被測定デバイスの任意の位置における反射率を求めることを特徴とする請求項5記載の光反射計測方法。

50

【請求項 8】

前記合波された光の光電流を検出し、前記光電流と前記レーザー光源から出射した光の振幅とに基づいて、前記被測定デバイスの任意の位置における反射率を求めることを特徴とする請求項 7 記載の光反射計測方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光反射計測装置及び光反射計測方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の光反射計測については、非特許文献 1（以下、従来技術 1 と呼ぶ）や非特許文献 2（以下、従来技術 2 と呼ぶ）が報告されている。従来技術 1 は低コヒーレンス光源と片アームが遅延量可変な干渉計から構成され、以下のように反射計測を実現する。

【0003】

低コヒーレンス光源から出射した光を干渉計に入力し、2 分岐する。2 分岐された光のうち、一方はプローブ光として、被測定デバイスに入射し、もう一方は参照光として、遅延量可変なアームに入射する。被測定デバイスのある地点において、プローブ光は後方散乱され、後方散乱された光は被測定デバイスを往復することで、 DUT の遅延を受ける。一方、遅延量可変なアームに入射した参照光は Ref の遅延を受ける。後方散乱された光と参照光を合波し、それらの干渉信号（相関）を測定する。

【0004】

低コヒーレンスであるから、干渉信号は Ref と一致する DUT からの後方散乱光強度を表し、高空間分解能の測定を実現できる。そして、 Ref を変化させることで、位置分解を行い、被測定デバイスの後方散乱光強度分布を測定することができる。

【0005】

従来技術 2 は、低コヒーレンス光源と A / D（アナログ / デジタル）ボードから構成され、以下のように反射計測を実現する。

【0006】

低コヒーレンス光を 2 分岐し、一方は参照光とし、もう一方は被測定デバイスに入射するプローブ光とする。時間経過に対する参照光の強度と、被測定デバイス内部で反射したプローブ光の強度を同時に A / D ボードで集録する。

【0007】

被測定デバイスで反射したプローブ光は参照光に対して、遅延しているため、その強度波形は参照光強度波形と同一で、被測定デバイス内部を伝搬した分遅延している。その遅延量は反射したプローブ光強度と参照光強度の相互相関を計算することで測定でき、被測定デバイスの反射光強度分布を測定できる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献 1】R. C. Youngquist, S. Carr, and D. E. N. Davies, "Optical coherence-domain reflectometry: a new optical evaluation technique," Opt. Lett., vol. 12, no. 3, 1987.

【非特許文献 2】Y. Wang, B. Wang, and A. Wang, "Chaotic correlation optical time domain reflectometer using laser diode," IEEE Photon. Tech. Lett., vol. 20, no. 19, 2008.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、従来技術 1 では、 Ref の遅延量可変範囲が測定可能範囲となる。可動ミラーによる遅延付与が代表的であるが、その最大遅延量は数 ns（長さ換算では、数 1

10

20

30

40

50

0 cm)であり、長尺な被測定デバイスを評価することはできなかった。

【0010】

また、従来技術2では、広帯域な光の強度変化を測定するために、受信系の帯域が求められる。そして、長距離測定では、参照光の強度と後方散乱されたプローブ光の強度を長時間集録する必要がある。従って、高空間分解能かつ長距離測定を実現するためには、A/Dボードのメモリ長が求められ、数100m程度の測定距離までしか報告されていない。

【0011】

以上のように、相関を利用した光反射計測の従来技術では、長距離かつ高空間分解能を実現することは難しかった。

10

【0012】

本発明は、従来技術の上記問題を鑑み、相関を利用した光反射計測技術において、長距離かつ高空間分解能を実現する光反射計測装置及び光反射計測方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記課題を解決するため、本発明に係る光反射計測装置は、以下で構成される。

レーザ光源から出射される光を用いて被測定デバイスの反射率分布を測定する光反射計測装置であって、前記レーザ光源から出射した光を2分岐する光分岐手段と、前記光分岐手段により分岐された一方の光の位相を、与えられる第1の任意信号で変調する第1の光位相変調手段と、前記第1の光位相変調手段に対し、前記第1の任意信号を出力する第1の任意信号発生手段と、前記光分岐手段により分岐された他方の光の位相を、第1の任意信号と同一波形の第2の任意信号で変調する第2の光位相変調手段と、前記第2の光位相変調手段に対し、前記第2の任意信号を出力する第2の任意信号発生手段と、前記第2の任意信号を前記第1の任意信号に対し遅延するべく前記第1の任意信号発生手段及び前記第2の任意信号発生手段を制御する制御手段と、前記第1の光位相変調手段により位相変調された光を、被測定デバイスに入射し、前記被測定デバイスからの後方散乱光を導波させるサーキュレータと、前記第2の光位相変調手段により位相変調された光を参照光とし、前記参照光と前記後方散乱光を合波する光合波手段と、前記光合波手段で合波された光から前記参照光と前記後方散乱光との干渉を検出し、干渉信号を出力する干渉検出手段と、前記干渉信号を取得するデータ取得手段とを具備し、前記第2の任意信号発生手段から出力される前記第2の任意信号が、位相変調された光の前記被測定デバイスの任意の位置での往復に要する時間相当の遅延時間で遅延するように前記制御手段にて遅延の調整を行うことで前記データ取得手段で取得される前記干渉信号から前記被測定デバイスの反射率分布を測定するようにしたものである。

20

30

【0014】

この構成によれば、被測定デバイスにおける反射率分布の測定可能範囲を、レーザ光源から出射される光(プローブ光)と参照光を変調する時刻間の遅延量によって決定することに着目し、これを活用することで、プローブ光と参照光の強度波形を集録し、相互相関をとるためのA/Dボードのメモリ長を不要とする。また、プローブ光と参照光を変調する時刻間に数秒を超えるような遅延量を容易に与えることができ、これにより被測定デバイスが長尺なデバイスであっても反射率分布測定を行うことができる。

40

【0015】

また、本発明に係る光反射計測装置は、以下の態様で構成される。

第1の態様は、前記制御手段において、前記第2の任意信号発生手段が前記第2の任意信号を出力する時刻を、前記第1の任意信号発生手段が前記第1の任意信号を出力する時刻に対し遅延することで、前記被測定デバイスにおける反射率分布の測定可能範囲よりさらに広げることとを特徴とする。

第1の態様によれば、制御手段を用いて、第2の任意信号発生手段が第2の任意信号を出力する時刻を、第1の任意信号発生手段が第1の任意信号を出力する時刻に対し遅延す

50

るだけで、被測定デバイスにおける反射率分布の測定可能範囲よりさらに広げることができる。

【0016】

第2の態様は、干渉検出手段において、前記合波された光から検出された前記参照光と前記後方散乱光との干渉を用いて、前記被測定デバイスの任意の位置における反射率を求める機能を備えることを特徴とする。具体的には、前記光合波手段で合波された光の光電流を検出し、前記光電流と前記レーザー光源から出射した光の振幅とに基づいて、前記被測定デバイスの任意の位置における反射率を求める。

【0017】

第2の態様によれば、レーザー光源から出射した光の振幅が既知であることに着目することで、光合波手段で合波された光の光電流から被測定デバイスの任意の位置における反射率を求めることができる。

10

【発明の効果】

【0018】

本発明による光反射計測装置は、従来技術1に対して以下の優位性を持つ。

本発明では、測定可能範囲をプローブ光と参照光を変調する時刻間の遅延量によって決定することができる。信号発生器等のトリガ源制御手段を用いれば、プローブ光と参照光を変調する時刻間に数秒（長さ換算では、数 10^8 m）をこえるような遅延量を容易に与えることができ、長尺なデバイスの反射率分布測定を行うことができる。

【0019】

20

また、本発明は従来技術2に対して以下の優位点を持つ。

本発明では、位置分解をプローブ光と参照光を変調する時刻間の遅延で行えることから、プローブ光と参照光の強度波形を集録し、相互相関をとる必要がないため、A/Dボードのメモリ長を必要としない。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明に係る光反射計測装置の一実施形態を示すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

30

【0022】

図1は、本発明に係る光反射計測装置の一実施形態を示す。

ここで、1はレーザー光源、2は光分岐手段、3-1と3-2は光位相変調手段、4-1と4-2は任意信号発生手段、5は光サーキュレータ、6は被測定デバイス、7-1と7-2はトリガ源、8はトリガ源制御手段、9は光合波手段、10はバランス型受光器、11はデータ取得手段を表す。

【0023】

レーザー光源1から出射された光は光分岐手段2により分岐される。この分岐された光の一方は、光位相変調手段3-1により任意信号発生手段4-1から出力される変調信号（任意信号）で位相変調され、プローブ光となる。

40

【0024】

光位相変調手段3-1で位相変調されたプローブ光は、光サーキュレータ5を通過して被測定デバイス6に入射される。被測定デバイス6では、入射したプローブ光が往復することで、後方散乱光が発生する。この後方散乱光は、光サーキュレータ5を通過して光合波手段9に入射される。

【0025】

一方、光分岐手段2により分岐された光は、光位相変調手段3-2により任意信号発生手段4-2から出力される変調信号（任意信号）で位相変調されて参照光になるとともに、制御手段として構成されるトリガ源7-2及びトリガ源制御手段8にて遅延制御される。

50

【0026】

光位相変調手段3-2で位相変調された参照光は、光合波手段9にて後方散乱光と合波される。当該合波された光は、干渉検出手段としてのバランス型受光器10で受光され、合波された光強度の干渉成分が検出される。この干渉成分は、光電流としてデータ取得手段11に入力され、デジタル信号に変換される。バランス型受光器10は、合波された光から検出された参照光と後方散乱光との干渉を用いて、被測定デバイス6の任意の位置における反射率を求める機能を備える。

【0027】

データ取得手段11で変換されたデジタル信号は、被測定デバイス6の反射率分布の測定結果として、例えば図示しない表示部に表示される。

10

【0028】

上記任意信号発生手段4-1はトリガ源7-1から発生するトリガ信号により駆動し、任意信号発生手段4-2はトリガ源7-2から発生するトリガ信号により駆動する。トリガ源7-2から発生するトリガ信号の時刻は、トリガ源制御手段8によりトリガ源7-1から発生するトリガ信号の時刻より遅延するように制御される。この遅延量は、位相変調されたプローブ光の被測定デバイス6の任意の位置での往復に要する時間に相当する。

【0029】

図1の構成で長距離かつ高空間分解能を実現できることを以下に説明する。レーザ光源1から出射される光の複素電界振幅 $E(t)$ を次式で表す。

【数1】

20

$$E(t) = A \exp[j\{2\pi\nu t + \theta(t)\}] \quad (1)$$

【0030】

ここで、 A はレーザ光源1から出射する光の振幅、 ν はレーザ光源1から出射する光の周波数、 $\theta(t)$ はレーザ光源1から出射する光の位相雑音を表す。光分岐手段2によって、光は2分岐され、一方は光位相変調手段3-1、もう一方は光位相変調手段3-2に送られる。

【0031】

光位相変調手段3-1に入射される光は、任意信号発生手段4-1から出力される変調信号で変調され、プローブ光となる。ここで、光を位相変調する時刻は、トリガ源7-1からのトリガ信号を任意信号発生手段4-1が受け付けた時刻である。

30

【0032】

任意信号発生手段4-1から変調信号を $f(t)$ とすると、光位相変調手段3-1で変調されたプローブ光の複素電界振幅は次式で表される。

【数2】

$$E_{pr}(t) = \frac{A}{\sqrt{2}} \exp[j\{2\pi\nu t + f(t) + \theta(t)\}] \quad (2)$$

【0033】

40

プローブ光は光サーキュレータ5を介して被測定デバイス6に入射され、被測定デバイス6内部において、後方散乱される。被測定デバイス6のある地点からの後方散乱光を考える。

【0034】

後方散乱光は被測定デバイス6をプローブ光が往復で伝搬することで、式(2)のプローブ光に対して、遅延しているものとする。後方散乱光は次式で表される。

【数3】

$$E_{sig}(t) = \sqrt{R(\tau)} \frac{A}{\sqrt{2}} \exp[j\{2\pi\nu(t - \tau) + f(t - \tau) + \theta(t - \tau)\}] \quad (3)$$

50

【 0 0 3 5 】

ここで、 $R(\)$ は遅延 τ を与える地点における光の反射率を表す。後方散乱光は光サーキュレータ 5 を介して、光合波手段 9 に送られる。

【 0 0 3 6 】

次に、光分岐手段 2 によって、光位相変調手段 3 - 2 に送られる光を考える。

光位相変調手段 3 - 2 に入射された光は、任意信号発生手段 4 - 2 から出力される変調信号で変調され、ローカル光（参照光）となる。ここで、光を位相変調する時刻は、トリガ源 7 - 2 からのトリガ信号を任意信号発生手段 4 - 2 が受け付けた時刻である。

【 0 0 3 7 】

任意信号発生手段 4 - 2 から変調信号を $g(t)$ とすると、光位相変調手段 3 - 2 で変調されたローカル光の複素電界振幅は次式で表される。

【数 4】

$$E_{L_o}(t) = \frac{A}{\sqrt{2}} \exp[j\{2\pi\nu t + g(t) + \theta(t)\}] \quad (4)$$

【 0 0 3 8 】

ローカル光は、光合波手段 9 に送られる。光合波手段 9 は、後方散乱光とローカル光を合波する。そして、合波された光強度の干渉成分がバランス型受光器 10 で検出される。検出された干渉成分は光電流 $I(t)$ として出力され、データ取得手段 11 でデジタル信号に変換される。

【 0 0 3 9 】

バランス型受光器 10 の帯域を B とすると、 $I(\)$ は次式で表される。

【数 5】

$$I(\tau) = \frac{1}{2B} \int 2 \cdot \text{Re}[E_{S_{ig}}^*(t) \cdot E_{L_o}(t)] dt$$

$$= \frac{\sqrt{R(\tau)} A^2}{2B} \int \cos\{g(t) - f(t - \tau) + \theta(t) - \theta(t - \tau) + 2\pi\nu\tau\} dt \quad (5)$$

【 0 0 4 0 】

ここで、レーザのコヒーレンス時間 τ_c が τ に対して、十分長ければ、レーザの位相雑音 $\theta(t)$ は次式を満たす。

【数 6】

$$\theta(t) - \theta(t - \tau) \ll 1 \quad (6)$$

【 0 0 4 1 】

式(5)、(6)より、光電流 $I(\)$ は式(7)となる。

【数 7】

$$I(\tau) = \frac{\sqrt{R(\tau)} A^2}{2B} \int \cos\{g(t) - f(t - \tau) + 2\pi\nu\tau\} dt \quad (7)$$

【 0 0 4 2 】

任意信号発生手段 4 - 2 から出力される変調信号 $g(t)$ が任意信号発生手段 4 - 1 から出力される変調信号 $f(t)$ と同一の波形かつ、トリガ源制御手段 8 で任意信号発生手段 4 - 2 が駆動する時刻を任意信号発生手段 4 - 1 が駆動する時刻に対して、遅延させることで、 $g(t)$ は次式で表される。

10

20

30

40

50

【数 8】

$$g(t) = f(t - \tau) \quad (8)$$

【0043】

式(7)、(8)より光電流 $I(\tau)$ は式(9)となり、被測定デバイス 6 の における反射率を測定できる。

【数 9】

$$I(\tau) \propto \sqrt{R(\tau)} A^2 \quad (9) \quad 10$$

【0044】

トリガ源制御手段 8 は、任意信号発生手段 4 - 1 と 4 - 2 を駆動させる時刻を変化させる。これにより、被測定デバイス 6 の任意の位置における反射率を測定することができる。本測定法の分解能 は、変調信号 $f(t)$ 、 $g(t)$ の帯域 F で決定し、 F の逆数程度である。

【0045】

以上のように、本発明の一実施形態は、コヒーレンス時間 τ_c を持つレーザ光源 1 から出射される光を 2 分岐し、一方をプローブ光、もう一方を参照光とし、それぞれの光を変調する時間の間に遅延を設けること、かつ同一の波形で変調し、被測定デバイス 6 内部から後方散乱されたプローブ光と参照光の相関をとることで、光反射計測を行う技術である。20
つまり、トリガ源制御手段 8 を用いて、任意信号発生手段 4 - 2 が任意信号を出力する時刻を、任意信号発生手段 4 - 1 が任意信号を出力する時刻に対し遅延するだけで、被測定デバイス 6 における反射率分布の測定可能範囲（例えば、数 100 m 程度）よりさらに広げた測定可能範囲（例えば数 10^8 m ）とすることもできる。

【0046】

また、一実施形態によれば、トリガ源制御手段 8 を用いて、任意信号発生手段 4 - 2 が任意信号を出力する時刻を、任意信号発生手段 4 - 1 が任意信号を出力する時刻に対し遅延するだけで、被測定デバイス 6 の任意の位置における反射率を測定することができる。30
測定距離はレーザのコヒーレンス時間 τ_c によって決まり、式(6)が満たされる限り、光反射計測を行うことができる。

【0047】

（その他の実施形態）

なお、この発明は上記実施形態に限定されるものではない。

例えば、干渉検出手段としてバランス型受光器 10 を用いる例について説明したが、バランス型受光器 10 以外のものであってもよい。また、制御手段を構成するものとして、トリガ源 7 - 1、7 - 2 及びトリガ源制御手段 8 を用いる例について説明したが、それ以外のものであってもよい。

【0048】

また、トリガ信号の発生時刻を制御する手段や、任意信号を発生する手段、バランス型受光器 10 及びデータ取得手段 11 を 1 つのコンピュータで実行することも可能である。この場合、コンピュータは、光位相変調手段 3 - 1、3 - 2、光サーキュレータ 5 を制御することにより、本発明の光反射計測方法を実行する。

【0049】

要するに、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態に亘る構成要素を適宜組み合わせてもよい。

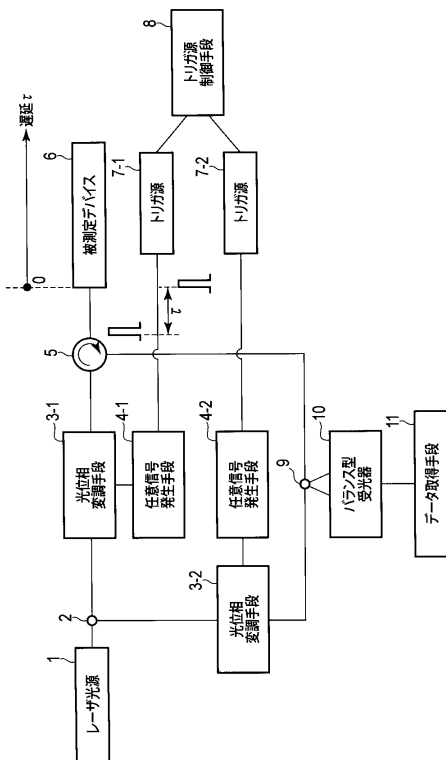
【符号の説明】

【 0 0 5 0 】

1 ... レーザ光源、2 ... 光分岐手段、3 - 1 ... 光位相変調手段、3 - 2 ... 光位相変調手段、4 - 1 ... 任意信号発生手段、4 - 2 ... 任意信号発生手段、5 ... サーキュレータ、6 ... 被測定デバイス、7 - 1 ... トリガ源、7 - 2 ... トリガ源、8 ... トリガ源制御手段、9 ... 光合波手段、10 ... バランス型受光器、11 ... データ取得手段。

【 図 1 】

図 1



フロントページの続き

- (72)発明者 飯田 大輔
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 戸毛 邦弘
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 真鍋 哲也
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 田中 秀直

- (56)参考文献 特開平02-140639(JP,A)
特開2013-007695(JP,A)
特開平07-159281(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0274926(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01M 11/00 - 11/08