

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)特許公報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3393081号

(P 3 3 9 3 0 8 1)

(45)発行日 平成15年4月7日(2003.4.7)

(24)登録日 平成15年1月24日(2003.1.24)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

G01M 11/00

G01M 11/00

T

請求項の数 7 (全6頁)

(21)出願番号 特願平11 - 60413

(22)出願日 平成11年3月8日(1999.3.8)

(65)公開番号 特開2000 - 258299(P 2000 - 258299 A)

(43)公開日 平成12年9月22日(2000.9.22)

審査請求日 平成13年3月2日(2001.3.2)

(73)特許権者 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72)発明者 後藤 俊夫

愛知県日進市五色園3 - 2110

(72)発明者 西澤 典彦

愛知県名古屋市熱田区大宝2 - 4 - 43

白鳥住宅5 - 34

(74)代理人 100089635

弁理士 清水 守

審査官 田邊 英治

(56)参考文献 特開 平6 - 94571 (J P , A)

特開 平10 - 209483 (J P , A)

特開 平7 - 226549 (J P , A)

特開 平9 - 79941 (J P , A)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光デバイスの特性評価システム

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 光デバイスの特性評価システムにおいて、

- (a) 波長可変フェムト秒短パルス光源と、
- (b) 該波長可変フェムト秒短パルス光源から出力される短パルス光を導入する被測定デバイスと、
- (c) 該被測定デバイスの広帯域の周波数特性や時間応答特性を評価する装置とを具備することを特徴とする光デバイスの特性評価システム。

【請求項2】 請求項1記載の光デバイスの特性評価システムにおいて、前記被測定デバイスは光受光器であることを特徴とする光デバイスの特性評価システム。

【請求項3】 請求項1記載の光デバイスの特性評価システムにおいて、前記被測定デバイスは光増幅器であることを特徴とする光デバイスの特性評価システム。

2

【請求項4】 請求項1記載の光デバイスの特性評価システムにおいて、前記被測定デバイスは光ファイバーであることを特徴とする光デバイスの特性評価システム。

【請求項5】 請求項1記載の光デバイスの特性評価システムにおいて、前記波長可変フェムト秒短パルス光源から出力されるソリトンパルスとソリトンパルスに変換されなかった励起パルスを前記被測定デバイスに入射し、出力において励起パルスとソリトンパルスの時間差を測定し、波長分散の波長依存性を評価することを特徴とする光デバイスの特性評価システム。

【請求項6】 請求項1記載の光デバイスの特性評価システムにおいて、前記波長可変フェムト秒短パルス光源から得られる2つのソリトンパルスで前記被測定デバイスを励起し、後から入射されるソリトンパルスで反作用の時間変化を測定し、その2つの出力を分波して、それ

10

ぞれ受光器で検波して観測し、観測結果をコンピュータに取り込み、解析し、前記被測定デバイスの時間応答を得ることを特徴とする光デバイスの特性評価システム。

【請求項 7】 請求項 6 記載の光デバイスの特性評価システムにおいて、前記被測定デバイスは可飽和吸収素子であることを特徴とする光デバイスの特性評価システム。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、光デバイスの特性評価システムに係り、特に波長可変短パルス光源を用いた光デバイスの特性評価システムに関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】近年の光通信技術の発展に伴い、光デバイスの時間応答にますます高速化が求められるようになり、それらの特性を評価することは徐々に難しくなっている。また、広い波長帯を用いる波長多重光通信の発展に伴い、デバイスの波長依存性を評価することが重要な課題となってきた。

【 0 0 0 3 】短パルス光を光デバイスに外部から入射し、その時間応答を測定することによって、デバイスの周波数特性を評価することはできるが、これまで、短パルス光源は、装置が大きく、取り扱いが困難であった。また、これまで短パルス光の波長を変化させるには、複雑な光学装置が必要で、波長依存性の測定は容易ではなかった。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】そこで、本願発明者らは、光ファイバーとフェムト秒 (fs) ファイバーレーザーの組み合わせによって、コンパクトで安定な波長可変 fs ソリトンパルス生成装置を既に特願平 1 0 - 2 7 5 6 0 4 号として提案している。

【 0 0 0 5 】本発明は、かかる波長可変フェムト秒短パルス光源を用いて、光デバイスの特性を的確に、かつ、容易に評価することができる光デバイスの特性評価システムを提供することを目的とする。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、

〔 1 〕光デバイスの特性評価システムにおいて、波長可変フェムト秒短パルス光源と、この波長可変フェムト秒短パルス光源から出力される短パルス光を導入する被測定デバイスと、この被測定デバイスの広帯域の周波数特性や時間応答特性を評価する装置とを具備するようになったものである。

【 0 0 0 7 〕〔 2 〕上記〔 1 〕記載の光デバイスの特性評価システムにおいて、前記被測定デバイスは光受光器である。

【 0 0 0 8 〕〔 3 〕上記〔 1 〕記載の光デバイスの特性評価システムにおいて、前記被測定デバイスは光増幅器

である。

【 0 0 0 9 〕〔 4 〕上記〔 1 〕記載の光デバイスの特性評価システムにおいて、前記被測定デバイスは光ファイバーである。

【 0 0 1 0 〕〔 5 〕上記〔 1 〕記載の光デバイスの特性評価システムにおいて、前記波長可変フェムト秒短パルス光源から出力されるソリトンパルスとソリトンパルスに変換されなかった励起パルスを前記被測定デバイスに入射し、出力において励起パルスとソリトンパルスの時間差を測定し、波長分散の波長依存性を評価するようにしたものである。

【 0 0 1 1 〕〔 6 〕上記〔 1 〕記載の光デバイスの特性評価システムにおいて、前記波長可変フェムト秒短パルス光源から得られる 2 つのソリトンパルスで前記被測定デバイスを励起し、後から入射されるソリトンパルスで反作用の時間変化を測定し、その 2 つの出力を分波して、それぞれ受光器で検波して観測し、観測結果をコンピュータに取り込み、解析し、前記被測定デバイスの時間応答を得るようにしたものである。

【 0 0 1 2 〕〔 7 〕上記〔 6 〕記載の光デバイスの特性評価システムにおいて、前記被測定デバイスは可飽和吸収素子である。

【 0 0 1 3 〕

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【 0 0 1 4 〕図 1 は本発明の第 1 実施例を示す波長可変 fs 短パルス光源を用いた光デバイスの特性評価装置の模式図、図 2 は本発明の第 1 実施例を示すサンプリングオシロスコープで観測した光受光器の時間応答の測定例を示す図、図 3 は時間応答から求めた光受光器の周波数応答の解析例を示す図である。

【 0 0 1 5 〕図 1 において、1 は短パルス光源 (fs ファイバーレーザー)、2 は短パルス光源 1 からの光特性を調整する光特性調整器、3 はこの光特性調整器 2 から入射パルスを入射するとともに、出力パルスの波長を線形に変化させることができる光ファイバー、R は励起パルス、S はソリトンパルス、4 はそのソリトンパルス S が入射される被測定デバイス (光受光器)、5 はサンプリングオシロスコープ、6 はパーソナルコンピュータである。

【 0 0 1 6 〕このように、fs ファイバーレーザー 1 から出力される短パルスを光ファイバー 3 に入射し、光ファイバー 3 中の非線形効果によって、波長をシフトした fs ソリトンパルス S を生成する。このソリトンパルス S の波長は励起パルスの強度を変化させるだけで、ほぼ線形に変化させることができる。この fs ソリトンパルス S を被測定デバイス 4 に入射し、サンプリングオシロスコープ 5 を用いて時間応答を観測する。更に、その観測結果をパーソナルコンピュータ 6 を用いてフーリエ変換することにより、光デバイスの周波数応答特性を得る

ことができる。

【 0 0 1 7 】また、ソリトンパルスの波長を変化させることによって、光受光器 4 の周波数応答や光デバイスの量子効率の波長依存性を測定することができる。

【 0 0 1 8 】被測定デバイス 4 が光受光器である場合には、図 2 に示すように、サンプリングオシロスコープ 5 で観測した光受光器 4 の時間応答の測定を行うことができる。なお、図 2 において、縦軸は強度（相対単位）、横軸は時間を示している。

【 0 0 1 9 】そして、図 3 に示すように、その時間応答から求めた光受光器 4 の周波数応答の測定を行うことができる。図 3 において、縦軸は応答、横軸は周波数を表している。

【 0 0 2 0 】図 4 は本発明の第 2 実施例を示す波長可変 f_s 短パルス光源を用いた光デバイスの特性評価装置の模式図である。なお、上記した実施例と同様の部分には同じ符号を付している。

【 0 0 2 1 】図 4 において、1 は短パルス光源（ f_s ファイバーレーザー）、2 は短パルス光源 1 からの光特性を調整する光特性調整器、3 はこの光特性調整器 2 から入射パルスを入射するとともに、出力パルスの波長を線形に変化させることができる光ファイバー、R は励起パルス、S はソリトンパルス、7 はそのソリトンパルス S が入射される被測定デバイスとしての光発光素子、5 はサンプリングオシロスコープ、6 はパーソナルコンピュータである。

【 0 0 2 2 】このように被測定デバイスとしては、光発光素子 7 を挙げることができ、その光発光素子 7 の時間応答から求める周波数測定と、その波長依存性の測定を行うことができる。

【 0 0 2 3 】図 5 は本発明の第 3 実施例を示す波長可変短パルス光源を用いた光デバイスの特性評価装置の模式図である。なお、上記した実施例と同様の部分には同じ符号を付してそれらの説明は省略する。

【 0 0 2 4 】この実施例では、光デバイスとして、被測定光増幅器を用いて、その特性評価を行う。すなわち、短パルス光源 1 から波長可変ソリトンパルス S を被測定光増幅器 3 1 に入射し、透過光を高速受光器 1 3 で検波し、サンプリングオシロスコープ（光パワーメータでもよい）1 4 で観測する。

【 0 0 2 5 】すると、透過光の波形の変化から、被測定光増幅器 3 1 の周波数特性を測定することができる。

【 0 0 2 6 】また、ソリトンパルス S の強度を調整することによって、被測定光増幅器 3 1 の入射光強度依存性を測定することができる。

【 0 0 2 7 】さらに、ソリトンパルス S の波長を変化させることによって、波長依存性を測定することができる。

【 0 0 2 8 】図 6 は本発明の第 4 実施例を示す波長可変 f_s ソリトンパルス光源を用いた光ファイバーの波長分

散の測定系を示す図である。なお、第 1 実施例と同じ部分については、同じ符号を付してそれらの説明は省略する。

【 0 0 2 9 】この図において、1 は短パルス光源（波長可変 f_s ソリトンパルス光源）、1 1 は光結合器（カブラ）、1 2 は被測定ファイバー、1 3 は高速受光器、1 4 はサンプリングオシロスコープ、1 5 はパーソナルコンピュータである。

【 0 0 3 0 】図 6 に示すように、短パルス光源（波長可変 f_s ソリトンパルス光源）1 からは、波長を可変にできるソリトンパルス S と、ソリトンパルス S に変換されなかった励起パルス R₁ が光結合器（カブラ）1 1 を介して被測定ファイバー 1 2 へ出力される。この 2 つのパルスを、被測定ファイバー 1 2 に入射し、2 つのパルス R₁、S の時間差の変化を測定することによって、被測定ファイバー 1 2 の波長分散を測定する。また、ソリトンパルス S の波長をシフトさせることによって、波長分散の波長依存性を得ることができる。時間波形は高速光受光器 1 3 で受光し、サンプリングオシロスコープ 1 4 を用いて観測する。観測された時間波形はパーソナルコンピュータ 1 5 にて解析され、被測定ファイバー 1 2 の分散値の波長依存性が規定される。

【 0 0 3 1 】図 7 は本発明に係る波長可変 f_s ソリトンパルス光源から得られる 2 つのパルスの時間波形の測定例を示す図であり、ここで、縦軸は強度、横軸は時間を示している。図 7 (a) は 1 0 k m ファイバーの入射前のパルスの時間波形、図 7 (b) は 1 0 k m ファイバーの伝搬後のパルスの時間波形図である。

【 0 0 3 2 】図 8 はその 2 つのパルスの時間差から求めた波長分散の測定例を示す図である。ここで、横軸は波長 (nm)、縦軸は群速度分散 τ_2 (p s² / km) を示している。

【 0 0 3 3 】なお、この実施例では、波長分散の 2 次分散 τ_2 について述べたが、波長分散の 3 次分散 τ_3 についての測定を行うこともできる。また、光損失の波長依存性についての測定を行うこともできる。

【 0 0 3 4 】図 9 は本発明の第 5 実施例を示す波長可変 f_s 短パルス光源を用いた光デバイスの特性評価装置の模式図である。なお、上記実施例と同じ部分については、同じ符号を付してそれらについては説明を省略する。

【 0 0 3 5 】この実施例においては、波長可変短パルス光源 1 から得られる光ファイバー 3 に 2 つのパルス S₁、S₂ を生成させて、この 2 つのソリトンパルス S₁、S₂ を光結合器（カブラ）1 1 を介して前記被測定デバイスである光ファイバー 1 2 に入射し、該 2 つのパルス S₁、S₂ の時間差の変化を測定し、波長分散の波長依存性を評価するようにしている。

【 0 0 3 6 】図 1 0 は本発明の第 6 実施例を示す波長可変短パルス光源を用いた被測定デバイスの時間応答の測

定例を示す模式図である。なお、上記した実施例と同様の部分については、同じ符号を付してそれらの説明は省略する。

【 0 0 3 7 】この図に示すように、短パルス光源（波長可変短パルス光源）1 を用いると、時間差を持った2つの $f s$ パルス S_1 , S_2 を生成することができる。この2つのパルス S_1 , S_2 を被測定デバイス4（例えば、半導体可飽和吸収光素子）に入射し、先に入射するパルス S_2 で被測定デバイス4 を励起し、2つ目のパルス S_1 でその反作用の時間変化を測定する。2つの出力は P B S（偏光ビームスプリッタ）2 1 で分波され、それぞれ受光器 2 2 , 2 3 で検波され、デジタルオシロスコープ 2 4 で観測される。観測結果はパーソナルコンピュータ 2 5 に取り込まれ、解析の結果、被測定デバイス4 の時間応答が得られる。このような、半導体可飽和吸収光素子の場合、時間応答（周波数特性）とその波長特性、光吸収率の波長依存性、光吸収率の強度依存性についての測定を行うことができる。

【 0 0 3 8 】図 1 1 は本発明の第 7 実施例を示す波長可変 $f s$ 短パルス光源を用いた光デバイスの特性評価装置の模式図である。なお、上記実施例と同じ部分については、同じ符号を付してそれらについては説明を省略する。

【 0 0 3 9 】この実施例においては、波長可変短パルス光源 1 から先に出されるソリトンパルスに変換されなかった励起パルス R_1 で前記被測定デバイス 4 を励起し、後から入射するソリトンパルス S_2 で反作用の時間変化を測定し、その2つの出力を分波して、それぞれ受光器 2 2 , 2 3 で検波して観測し、観測結果をコンピュータ 2 5 に取り込み、解析し、前記被測定デバイス 4 の時間応答を得る。

【 0 0 4 0 】このように、本発明によれば、1つのシステムで光デバイスの周波数特性と、その波長依存性を従来よりも広帯域に測定することができる。

【 0 0 4 1 】また、システムが従来と比較して非常にコンパクトであり、操作が容易である。

【 0 0 4 2 】更に、光源の調整、特に波長の調整が容易なため、特性評価を容易に行うことができる。

【 0 0 4 3 】本発明は、特に、光通信の分野に広く用いられることが期待される。

【 0 0 4 4 】なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【 0 0 4 5 】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、以下のような効果を奏することができる。

【 0 0 4 6 】 $f s$ ファイバーレーザーから出力される短パルス光を光ファイバーに入射し、ファイバー中の非線形効果によって、波長のシフトした $f s$ ソリトンパルス

を生成する。このソリトンパルスの波長は励起パルスの強度を変化させるだけで、ほぼ線形に変化させることができる。この $f s$ ソリトンパルスを被測定デバイスに入射し、サンプリングオシロスコープを用いて時間応答を観測する。更に、観測結果をコンピュータを用いてフーリエ変換し、被測定デバイスの周波数応答特性を評価することができる。

【 0 0 4 7 】また、ソリトンパルスの波長を変化させることによって、周波数応答や光デバイスの量子効率の波長依存性を測定することができる。

【 0 0 4 8 】更に、励起光とソリトンパルスを用いて、光ファイバーの波長分散の測定を広帯域に渡って行うこともできる。

【 0 0 4 9 】また、2つの短パルスを生成することによって、光スイッチ等に用いられる半導体可飽和吸収素子の時間応答特性を測定できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施例を示す波長可変 $f s$ 短パルス光源を用いた光デバイスの特性評価装置の模式図である。

【図 2】本発明の第 1 実施例を示すサンプリングオシロスコープで観測した光受光器の時間応答の測定例を示す図である。

【図 3】時間応答から求めた光受光器の周波数応答の解析例を示す図である。

【図 4】本発明の第 2 実施例を示す波長可変短パルス光源を用いた光デバイスの特性評価装置の模式図である。

【図 5】本発明の第 3 実施例を示す波長可変短パルス光源を用いた光デバイスの特性評価装置の模式図である。

【図 6】本発明の第 4 実施例を示す波長可変 $f s$ ソリトンパルス光源を用いた光ファイバーの波長分散の測定系を示す図である。

【図 7】本発明に係る波長可変 $f s$ ソリトンパルス光源から得られる2つのパルスの時間波形の測定例を示す図である。

【図 8】本発明に係る2つのパルスの時間差から求めた波長分散の測定例を示す図である。

【図 9】本発明の第 5 実施例を示す波長可変 $f s$ 短パルス光源を用いた光デバイスの特性評価装置の模式図である。

【図 1 0】本発明の第 6 実施例を示す波長可変 $f s$ 短パルス光源を用いた光デバイスの特性評価装置の模式図である。

【図 1 1】本発明の第 7 実施例を示す波長可変短パルス光源を用いた光デバイスの特性評価装置の模式図である。

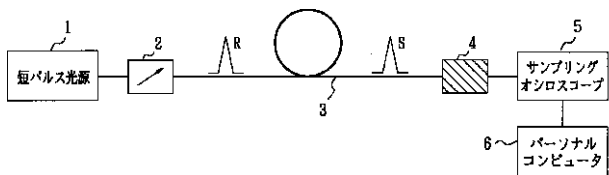
【符号の説明】

- 1 短パルス光源
- 2 光特性調整器
- 3 光ファイバー

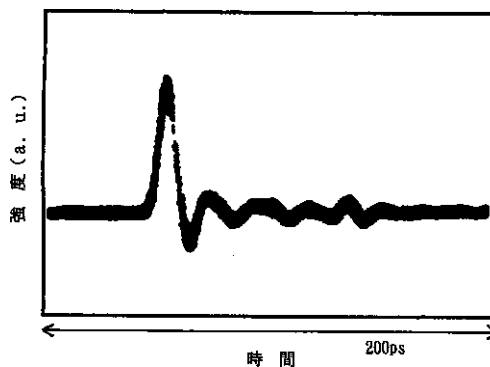
- 4 被測定デバイス
- 5, 14 サンプリングオシロスコープ
- 6, 15, 25 パーソナルコンピュータ
- 7 光発光素子
- 11 光結合器(カプラ)
- 12 被測定ファイバー
- 13 高速受光器

- 21 P B S (偏光ビームスプリッタ)
- 22, 23 受光器
- 24 デジタルオシロスコープ
- 31 被測定光増幅器
- R 励起パルス
- R₁ ソリトンパルスに変換されなかった励起パルス
- S, S₁, S₂, S₃ ソリトンパルス

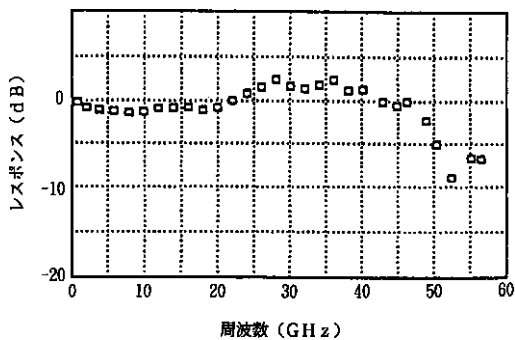
【 図 1 】



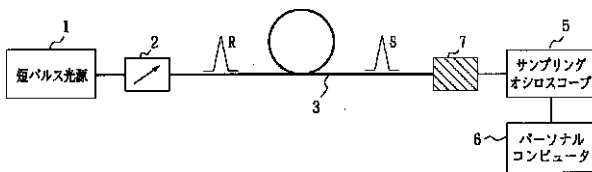
【 図 2 】



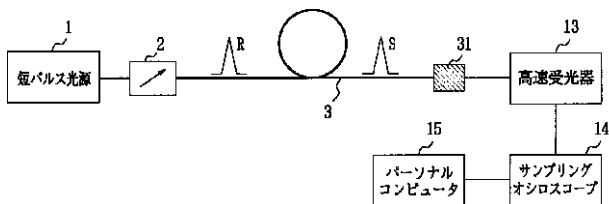
【 図 3 】



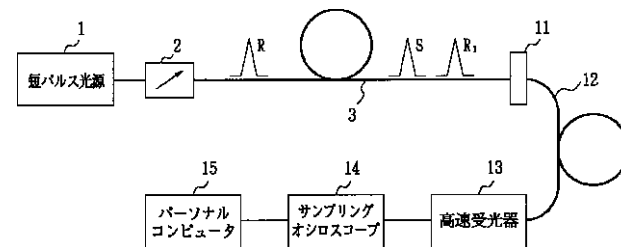
【 図 4 】



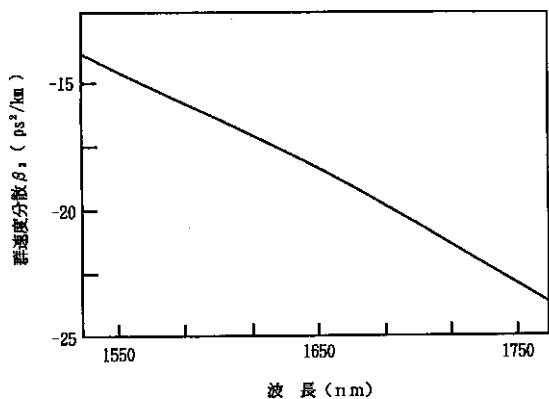
【 図 5 】



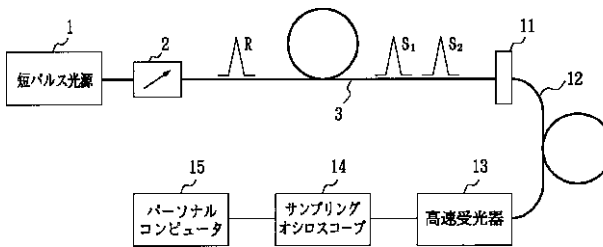
【 図 6 】



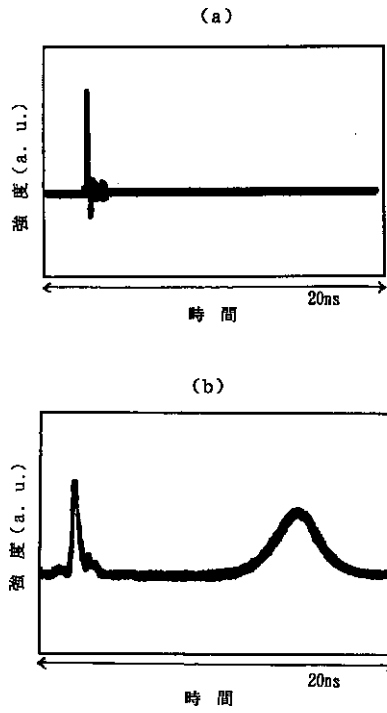
【 図 8 】



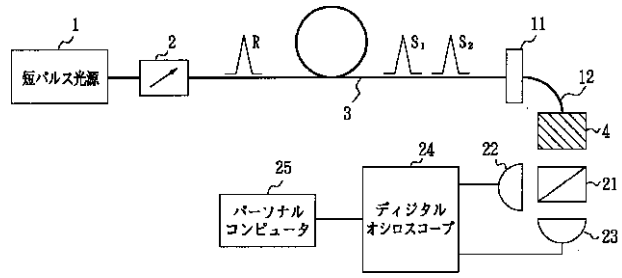
【 図 9 】



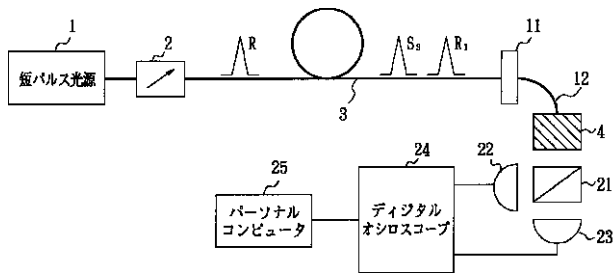
【 図 7 】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G01M 11/00 - 11/08

G01J 1/00 - 1/60