

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-78378

(P2006-78378A)

(43) 公開日 平成18年3月23日(2006.3.23)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO 1 M 11/00 (2006.01)</b>	GO 1 M 11/00 G	2 F 0 6 5
<b>GO 1 B 11/02 (2006.01)</b>	GO 1 M 11/00 R	2 G 0 8 6
	GO 1 B 11/02 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2004-263697 (P2004-263697)	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(22) 出願日	平成16年9月10日 (2004.9.10)	(74) 代理人	100116182 弁理士 内藤 照雄
		(74) 代理人	100099195 弁理士 宮越 典明
		(72) 発明者	築谷 正夫 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内
		Fターム(参考)	2F065 AA21 BB12 BB22 CC23 FF00 FF31 FF48 JJ01 LL02 QQ42 2G086 BB04 CC02 CC03 CC07

(54) 【発明の名称】 光ファイバの測長方法

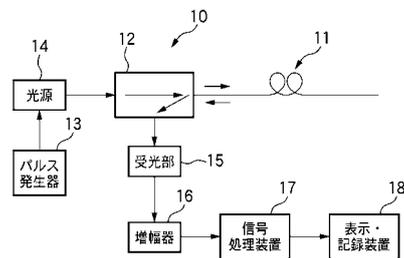
(57) 【要約】

【課題】 各種光ファイバを組み合わせたハイブリッド伝送路における光ファイバの測長を、OTDRを用いて高精度に行う。

【解決手段】 OTDR 10にて光ファイバ11の長さを測定する際の設定値として用いる群屈折率nを、ハイブリッド伝送路を構成するシングルモードファイバ及び分散補償ファイバの長さ比率P<sub>smf</sub>、P<sub>dcf</sub>によって重み付けされたそれぞれの群屈折率n<sub>smf</sub>、n<sub>dcf</sub>から求める。

。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

群屈折率が 0.003 以上離れる複数種類の光ファイバを組み合わせたハイブリッド伝送路における光ファイバ長を OTDR によって測定する光ファイバの測長方法であって、前記 OTDR にて前記光ファイバ長を測定する際の設定値として用いる群屈折率を、前記ハイブリッド伝送路を構成する複数種類の各光ファイバの長さ比率によって重み付けされた平均値を実効群屈折率とし、前記実効群屈折率を前記ハイブリッド伝送路の群屈折率とみなして、前記ハイブリッド伝送路の長さを前記実効群屈折率と前記 OTDR によって求めることを特徴とする光ファイバの測長方法。

## 【請求項 2】

群屈折率が 0.003 以上離れる複数種類の光ファイバを組み合わせたハイブリッド伝送路における光ファイバ長を OTDR によって測定する光ファイバの測長方法であって、前記 OTDR にて前記光ファイバ長を測定する際の設定値として用いる群屈折率を、前記ハイブリッド伝送路の各光ファイバの各分散値によって決定される長さ比率によって重み付けされたそれぞれの群屈折率から求めることを特徴とする光ファイバの測長方法。

## 【請求項 3】

群屈折率が 0.003 以上離れる複数種類の光ファイバを組み合わせたハイブリッド伝送路における光ファイバ長を OTDR によって測定する光ファイバの測長方法であって、個々の光ファイバ領域毎に測長する領域を指定し、指定した領域毎に対応する光ファイバの群屈折率を設定して、個々の光ファイバ領域の長さを算出し、それらの合計を前記ハイブリッド伝送路の長さとすることを特徴とする光ファイバの測長方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、光ファイバの長さを測定する光ファイバの測長方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

現在、光ファイバの伝送損失を測定する技術として、後方散乱光法によるものが知られている。この後方散乱光法とは、OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) と呼ばれる光パルス試験器を用い、光ファイバのコアの屈折率の不均一分布により光ファイバ内を伝搬する光が散乱して生じるレーリ散乱光のうち、入射端に戻ってくる後方散乱光及び接続部分などにて生じるフレネル反射光と呼ばれる反射光を測定するものである。そして、この OTDR によって測定した波形に基づいて、光ファイバの全長にわたる伝送損失や接続損失の測定、破断点の検出などを行っている。

また、図 4 に示すように、OTDR 1 を用い、多分岐光伝送路 2 から得られる OTDR 波形データに基づいて、障害回線、障害距離及び障害発生時間を自動的に検出することも行われている（例えば、特許文献 1 参照）。

## 【0003】

【特許文献 1】特開 2000 - 19065 号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

近年、長距離大容量のファイバとして、通常の 1.3  $\mu\text{m}$  帯に零分散波長をもつシングルモードファイバ (SMF) とその 1550 nm 帯の分散を補償する分散補償ファイバ (DCF) とを組み合わせたハイブリッドタイプの分散マネジメント伝送路が実用化されている。このハイブリッド伝送路は、前半部分のシングルモードファイバと後半部分の分散補償ファイバの構造が異なるため、それぞれの伝送損失や群屈折率も大きく異なる。

ところで、光ファイバは、最終検査工程にてポピンに巻かれた光ファイバの長さが要求長であることを確認するときや、ケーブル状態での光ファイバ長を求めるとき等に、OT

10

20

30

40

50

D Rによって光ファイバの測長を実施しているが、このO T D Rによる光ファイバの測長には、正確な群屈折率を用いる必要がある。

しかしながら、上記ハイブリッド伝送路にあっては、伝送損失や群屈折率の異なる光ファイバを組み合わせていることより、全体の群屈折率を一意的に決定することができず、O T D Rによる測長を精度良く行うことが困難であった。

#### 【0005】

本発明は、各種光ファイバを組み合わせたハイブリッド伝送路における光ファイバの測長を、O T D Rを用いて高精度に行うことが可能な光ファイバの測長方法を提供することを目的としている。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0006】

上記目的を達成するために、本発明の光ファイバの測長方法は、群屈折率が0.003以上離れる複数種類の光ファイバを組み合わせたハイブリッド伝送路における光ファイバ長をO T D Rによって測定する光ファイバの測長方法であって、前記O T D Rにて前記光ファイバ長を測定する際の設定値として用いる群屈折率を、前記ハイブリッド伝送路を構成する複数種類の各光ファイバの長さ比率によって重み付けされた平均値を実効群屈折率とし、前記ハイブリッド伝送路を前記実効群屈折率の1本の光ファイバからなるとみなして、前記ハイブリッド伝送路の長さを前記実効群屈折率と前記O T D Rによって求めることを特徴とする。

#### 【0007】

また、本発明の光ファイバの測長方法は、群屈折率が0.003以上離れる複数種類の光ファイバを組み合わせたハイブリッド伝送路における光ファイバ長をO T D Rによって測定する光ファイバの測長方法であって、前記ハイブリッド伝送路の各光ファイバ及び前記ハイブリッド伝送路全体の平均分散を測定・算出し、得られた平均分散より、前記ハイブリッド伝送路の長さに対する前記各ファイバのファイバ長の比率を算出し、前記ハイブリッド伝送路全体の実効群屈折率とし、前記ハイブリッド伝送路を前記実効群屈折率の1本のファイバからなるとみなして、前記ハイブリッド伝送路の長さを前記実効群屈折率と前記O T D Rで計測された前記ハイブリッド伝送路終端からの戻り光の戻り時間とから算出することを特徴としている。

#### 【0008】

また、本発明の光ファイバの測長方法は、群屈折率が0.003以上離れる複数種類の光ファイバを組み合わせたハイブリッド伝送路における光ファイバ長をO T D Rによって測定する光ファイバの測長方法であって、各光ファイバ領域毎に、各光ファイバの群屈折率を設定値としてO T D Rにより測長してファイバ長を算出し、それらの合計を前記ハイブリッド伝送路の長さとすることを特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【0009】

本発明の光ファイバの測長方法によれば、各種光ファイバを組み合わせたハイブリッド伝送路における光ファイバの測長を、O T D Rを用いて高精度に行うことができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0010】

以下、本発明を実施するための最良の形態について図面を参照して説明する。

#### (第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係る光ファイバの測長方法を実施するための装置の構成図、図2は、被測定光ファイバであるハイブリッド伝送路を示す図である。

#### 【0011】

図に示すように、ハイブリッド伝送路からなる光ファイバ11は、その一端が、O T D R 10(12~18で構成される)を構成する方向性結合器12に接続されている。

ここで、このO T D R 10によって測長を行うハイブリッド伝送路は、図2に示すように、通常の1.3 $\mu$ m帯に零分散波長をもつシングルモードファイバ(SMF)11Aと

10

20

30

40

50

その1550nm帯の分散を補償する分散補償ファイバ(DCF)11Bとを組み合わせたもので、それぞれの群屈折率は0.003以上離れている。

【0012】

方向性結合器12には、パルス発生器13によって光源14から発生した光パルスが入射されるようになっている。

また、方向性結合器12には、受光部15、増幅器16、信号処理装置17及び表示・記録装置18が順に接続されている。

上記OTDR10では、光源14から方向性結合器12を介して光ファイバ11へ光パルスを入射させると、光ファイバ11にてレーリ散乱光を生じるとともに、接続部などにてフレネル反射を生じ、後方レーリ散乱光及びフレネル反射光として入射端に戻る。

10

【0013】

この入射端に戻った散乱光及び反射光は、方向性結合器12を介して受光部15に入射して光電変換され、さらに、増幅器16にて所定のレベルまで増幅され、信号処理装置17で信号処理され、表示・記録装置18の表示部に波形として出力される。

そして、このOTDR10では、到達した光のパワー及び到達時間から、光損失、接続損失、長さの測定及び破断の検出を行う。

ここで、光ファイバ11の長さLは、光ファイバ11の群屈折率をn、光の到達時間をt、真空中の光速をCとすると、次式によって求められる。

【0014】

$$L = C \cdot t / 2 \cdot n \dots \dots (1)$$

20

【0015】

そして、この式にて求められる光ファイバ11の長さLは、正確な群屈折率nを用いることにより割り出される。

ところで、ハイブリッド伝送路は、それぞれ異なる群屈折率を有するシングルモードファイバ11A及び分散補償ファイバ11Bを組み合わせたものであり、しかも、これらシングルモードファイバ11A及び分散補償ファイバ11Bは、その長さの比率も異なる。

【0016】

したがって、上式(1)にて、単に、シングルモードファイバ11Aあるいは分散補償ファイバ11Bのいずれかの群屈折率を設定値として用いたのでは、求められる長さLに大きな誤差が生じてしまう。

30

このため、本実施形態では、次のようにして正確な群屈折率を割り出し、この割り出した群屈折率を設定値として長さLを求めている。

【0017】

ハイブリッド伝送路の光ファイバ11を測長するには、まず、それぞれのシングルモードファイバ11A及び分散補償ファイバ11Bの長さ比率を求める。長さ比率の決定の方法としては、次に示す方法によるものが一般的である。すなわち、各光ファイバの分散値D<sub>smf</sub>、D<sub>dcf</sub>及びハイブリッド伝送路の平均分散値D<sub>ave</sub>から、シングルモードファイバ11A及び分散補償ファイバ11Bのそれぞれの長さ比率P<sub>smf</sub>、P<sub>dcf</sub>を次式にて求める。

【0018】

$$P_{smf} = (D_{ave} - D_{dcf}) / (D_{smf} - D_{dcf}) \dots \dots (2)$$

$$P_{dcf} = (D_{smf} - D_{ave}) / (D_{smf} - D_{dcf}) \dots \dots (3)$$

40

【0019】

次に、上記(2)、(3)の式から求めたそれぞれの長さ比率P<sub>smf</sub>、P<sub>dcf</sub>とそれぞれの群屈折率n<sub>smf</sub>、n<sub>dcf</sub>から、光ファイバ11の群屈折率nを次式にて求める。

【0020】

$$n = P_{smf} \cdot n_{smf} + P_{dcf} \cdot n_{dcf} \dots \dots (4)$$

【0021】

そして、上記(4)式にて求めた光ファイバ11の群屈折率nを設定値とし、上式(1)から光ファイバ11の長さLを求める。

50

## 【0022】

このように、上記第1の実施形態に係る光ファイバの測長方法によれば、シングルモードファイバ11A及び分散補償ファイバ11Bを組み合わせたハイブリッド伝送路における光ファイバの測長を、OTDR10を用いて高精度に行うことができる。特に、ハイブリッド伝送路における光ファイバの測長を一度の測定で行うことができるので、測定時間の短縮化を図ることができる。

なお、長さ比率の決定は上記方法によるものに限られず、例えば、3種類以上の光ファイバから構成されるハイブリッド伝送路では、上記のような分散の制御に加えて、非線形性の最適化（最小とする）や、S/N比の最適化（最高とする）、もしくは数種類のファイバの長さ比率を固定するといった方法によって各ファイバの長さ比率が決定されることもある。また、第1、第2の光ファイバ測長方法は、3種類以上の複数種の光ファイバで構成されるハイブリッド伝送路についての適用も有効である。

10

## 【0023】

（第2の実施形態）

次に、第2の実施形態に係る光ファイバの測長方法について説明する。

ハイブリッド伝送路からなる光ファイバ11を測長する他の方法としては、それぞれのシングルモードファイバ11A及び分散補償ファイバ11Bの群屈折率 $n_{smf}$ 、 $n_{dcf}$ をそのまま用いる方法がある。

この測長方法は、まず、シングルモードファイバ11Aの群屈折率 $n_{smf}$ を設定値として用い、この群屈折率 $n_{smf}$ に該当するシングルモードファイバ11Aに相当する部分の長さ $L_{smf}$ を、上式(1)に基づいて求める。

20

## 【0024】

次に、分散補償ファイバ11Bの群屈折率 $n_{dcf}$ を設定値として用い、この群屈折率 $n_{dcf}$ に該当する分散補償ファイバ11Bに相当する部分の長さ $L_{dcf}$ を、上式(1)に基づいて求める。

なお、それぞれのシングルモードファイバ11A及び分散補償ファイバ11Bに相当する部分は、OTDR10を構成する表示・記録装置18の表示部上で、個々の光ファイバ領域ごとに、接続部で発生する段差波形の位置や、フレネル反射部を見ながら、測長する領域を指定する。その指定された領域毎に対応する光ファイバの群屈折率を設定することにより、個々の光ファイバ領域の長さを算出する。

30

そして、これら求めたシングルモードファイバ11A及び分散補償ファイバ11Bのそれぞれの長さ $L_{smf}$ と $L_{dcf}$ との合計から、光ファイバ11の全長 $L$ を求める。

## 【0025】

そして、この第2の実施形態による光ファイバの測長方法の場合も、シングルモードファイバ11A及び分散補償ファイバ11Bを組み合わせたハイブリッド伝送路における光ファイバの測長を、OTDR10を用いて高精度に行うことができる。特に、シングルモードファイバ11A及び分散補償ファイバ11Bの長さをそれぞれ測定するので、測定の正確性を向上させることができる。

## 【0026】

なお、この第2の実施形態に係る光ファイバの測定方法を、上記第1の測定方法による測長後に行っても良く、このようにすると、光ファイバの測長値を確認することができ、さらなる測長の高精度化を図ることができる。

40

また、特に、この第2の実施形態の場合は、OTDR10による光パルスの入射を光ファイバ11のそれぞれの端部から入射させる両端入射を行うことが好ましい。そして、このように、両端入射を行うことにより、ハイブリッド伝送路におけるシングルモードファイバ11Aと分散補償ファイバ11Bとの接合箇所を、より正確に把握することができる。

なお、上記第1および第2の測定方法において、ハイブリッド伝送路の光ファイバの長さの計算は、OTDR10に計算機能を内蔵させても良いし、OTDRの波形を用いて外部パソコンで計算させても良い。

50

## 【実施例 1】

## 【0027】

表 1 に示すように、シングルモードファイバ S M F 及び分散補償ファイバ D C F を組み合わせた全長 5 0 . 5 k m のハイブリッド伝送路からなる光ファイバについて、シングルモードファイバ S M F 及び分散補償ファイバ D C F のそれぞれの群屈折率  $n_{smf}$ 、 $n_{dcf}$  に、それぞれの長さ比率  $P_{smf} = 59.1\%$ 、 $P_{dcf} = 40.9\%$  の重み付けを行って、実効的な群屈折率  $n$  を求めた。この結果、上式 ( 4 ) から、実効的な群屈折率  $n$  は、1 . 4 6 7 となった。

## 【0028】

## 【表 1】

ファイバ種類	ハイブリッド 伝送路長	長さ比率 [%]	群屈折率	平均群屈折率
SMF(純シリカコア)	50.5	59.1	1.462	1.467
DCF		40.9	1.474	

10

## 【0029】

次に、この光ファイバについて、O T D R 1 0 における設定値とする群屈折率  $n$  を変化させながら、光ファイバの測長を行った。その結果を図 3 に示す。

20

図 3 に示すように、O T D R 1 0 による測長結果では、光ファイバの実際の全長 5 0 . 5 k m にて、群屈折率  $n$  は、1 . 4 6 7 となった。

## 【0030】

このように、O T D R 1 0 による測長結果に基づいて、5 0 . 5 k m となる実測値の群屈折率  $n$  は、1 . 4 6 7 となり、長さ比率  $P_{smf}$ 、 $P_{dcf}$  によって重み付けをして計算で求めた実効的な群屈折率  $n$  である 1 . 4 6 7 と一致した。

つまり、ハイブリッド伝送路においては、各種の光ファイバの長さ比率  $P_{smf}$ 、 $P_{dcf}$  によって重み付けをして求めた実効的な群屈折率  $n$  を設定値として用いて O T D R 1 0 を使用することにより、極めて正確な測長を行うことが可能であることがわかった。

なお、本発明の上記第 1 の測定方法では、例えば I E C 6 0 7 9 3 - 1 - 2 2 に示された光ファイバの測長に関する方法のうち A n n e x A に示されたパルスの遅延時間より求める方法について説明しているが、この方法とは別の方法である例えば I E C 6 0 7 9 3 - 1 - 2 の A n n e x E に示された位相法による光ファイバ長の測定方法においても、群屈折率として本発明の第一の測定方法で説明した光ファイバの長さ比率によって重み付けされた実効群屈折率を用いることによって、ハイブリッド伝送路のファイバ長を測定することが有効である。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【0031】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係る光ファイバの測長方法を実施するための装置の構成図である。

40

【図 2】被測定光ファイバであるハイブリッド伝送路を示す図である。

【図 3】実施例における光ファイバの長さとの群屈折率との関係を示すグラフ図である。

【図 4】O T D R を用いた従来の光ファイバの各種測定方法を示す図である。

## 【符号の説明】

## 【0032】

1 0 O T D R

1 1 光ファイバ

1 1 A シングルモードファイバ ( 光ファイバ )

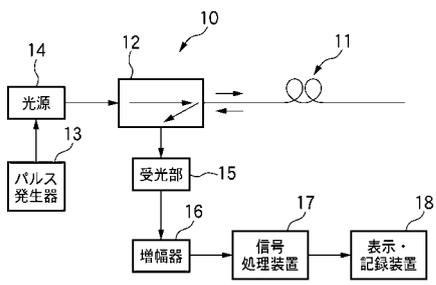
1 1 B 分散補償ファイバ ( 光ファイバ )

D s m f、D d c f 分散値

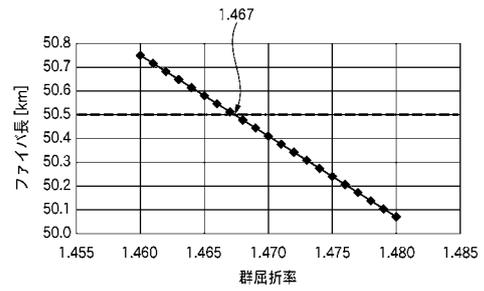
50

P<sub>smf</sub>、P<sub>dcf</sub> 長さ比率  
n、n<sub>smf</sub>、n<sub>dcf</sub> 群屈折率

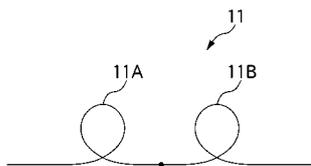
【 図 1 】



【 図 3 】



【 図 2 】



【 図 4 】

