世界知的所有権機関
国際事務局

PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類6 **G01M 11/00, H04B 10/08**	**A1**	(11) 国際公開番号	**WO99/42803**
		(43) 国際公開日	1999年8月26日(26.08.99)

(21) 国際出願番号 PCT/JP99/00510

(22) 国際出願日 1999年2月5日(05.02.99)

(30) 優先権データ
特願平10/40277 1998年2月23日(23.02.98) JP

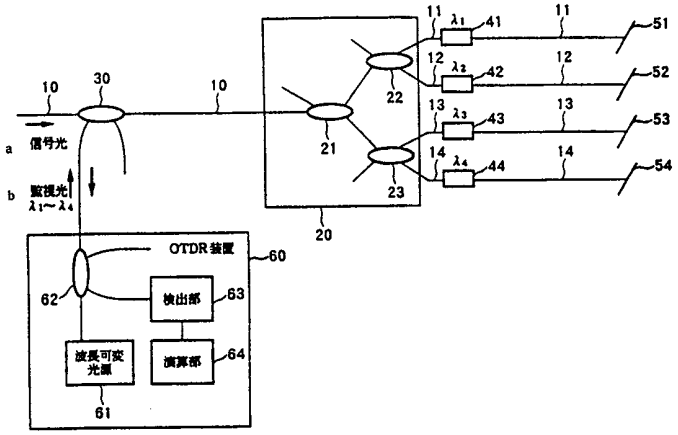
(71) 出願人（米国を除くすべての指定国について）
住友電気工業株式会社
(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)[JP/JP]
〒541-0041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
Osaka, (JP)
(72) 発明者；および
(75) 発明者／出願人（米国についてのみ）
茂原政一(SHIGEHARA, Masakazu)[JP/JP]
金森弘雄(KANAMORI, Hiroo)[JP/JP]
〒244-8588 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地
住友電気工業株式会社 横浜製作所内 Kanagawa, (JP)
(74) 代理人
弁理士 長谷川芳樹, 外(HASEGAWA, Yoshiki et al.)
〒104-0031 東京都中央区京橋二丁目13番10号
京橋ナショナルビル6F 創英国際特許法律事務所 Tokyo, (JP)

(81) 指定国 AU, BR, CA, CN, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)

添付公開書類
国際調査報告書

(54)Title: BRANCH LINE MONITORING SYSTEM AND BRANCH LINE MONITORING METHOD

(54)発明の名称 分岐線路監視システム及び分岐線路監視方法



61 ... VARIABLE WAVELENGTH LIGHT SOURCE
62 ... OTDR DEVICE
63 ... DETECTING SECTION
64 ... OPERATING SECTION
a ... SIGNAL LIGHT BEAM
b ... MONITORING LIGHT BEAM λ1-λ4

(57) Abstract

A branch line monitoring system and branch line monitoring method by which the SN ratio of measurement information is improved and which has a structure realized at low cost. In the system, an optical filter is provided for each optical fiber line to be monitored as a branch line. Each optical filter has cut-off characteristics such that it cuts off one of the monitoring light beams and transmits the other monitoring light beams and the signal light beam. The optical fiber lines are monitored using the monitoring light beams except the monitoring light beams cut off by the respective optical filters. Therefore, compared to the case where one optical fiber line is monitored by one monitoring light beam, the SN ratio of measurement information is improved and high-precision monitoring is possible.

(57)要約

この発明は、測定情報のＳＮ比を改善するとともに安価に実現可能な構成を備えた分岐線路監視システム及び分岐線路監視方法に関する。当該システムでは、分岐線路として監視対象となる光ファイバ線路それぞれに対応して、光フィルタが設けられている。これら光フィルタは、いずれも監視光のうちいずれか1波を遮断する一方、残る監視光及び信号光を透過する遮断特性を有する。このような遮断特性を有する光フィルタを設けることにより、光ファイバ線路それぞれは、対応して設けられた光フィルタにより遮断された監視光を除く他の複数の監視光を利用して監視されるため、1本の光ファイバ線路の監視を対応する1波の監視光により実施する場合と比較して、測定情報のＳＮ比が改善され高精度の監視が可能になる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE アラブ首長国連邦
AL アルバニア
AM アルメニア
AT オーストリア
AU オーストラリア
AZ アゼルバイジャン
BA ボズニア・ヘルツェゴビナ
BB バルバドス
BE ベルギー
BF ブルギナ・ファソ
BG ブルガリア
BJ ベナン
BR ブラジル
BY ベラルーシ
CA カナダ
CF 中央アフリカ
CG コンゴー
CH スイス
CI コートジボアール
CM カメルーン
CN 中国
CU キューバ
CY キプロス
CZ チェッコ
DE ドイツ
DK デンマーク
EE エストニア
ES スペイン
FI フィンランド
FR フランス
GA ガボン
GB 英国
GD グレナダ
GE グルジア
GH ガーナ
GM ガンビア
GN ギニア
GW ギニア・ビサオ
GR ギリシャ
HR クロアチア
HU ハンガリー
ID インドネシア
IE アイルランド
IL イスラエル
IN インド
IS アイスランド
IT イタリア
JP 日本
KE ケニア
KG キルギスタン
KP 北朝鮮
KR 韓国
KZ カザフスタン
LC セントルシア
LI リヒテンシュタイン
LK スリ・ランカ
LR リベリア
LS レソト
LT リトアニア
LU ルクセンブルグ
LV ラトヴィア
MC モナコ
MD モルドヴァ
MG マダガスカル
MK マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国
ML マリ
MN モンゴル
MR モーリタニア
MW マラウイ
MX メキシコ
NE ニジェール
NL オランダ
NO ノールウェー
NZ ニュー・ジーランド
PL ポーランド
PT ポルトガル
RO ルーマニア
RU ロシア
SD スーダン
SE スウェーデン
SG シンガポール
SI スロヴェニア
SK スロヴァキア
SL シエラ・レオネ
SN セネガル
SZ スワジランド
TD チャード
TG トーゴー
TJ タジキスタン
TM トルクメニスタン
TR トルコ
TT トリニダッド・トバゴ
UA ウクライナ
UG ウガンダ
US 米国
UZ ウズベキスタン
VN ヴィェトナム
YU ユーゴースラビア
ZA 南アフリカ共和国
ZW ジンバブエ

明細書

分岐線路監視システム及び分岐線路監視方法

技術分野

この発明は、１対ｎ（≧３）光通信線路におけるｎ本に分岐された各分岐線路について、該分岐線路の破断を含む長手方向に沿った損失分布状態を監視するための分岐線路監視システム及び分岐線路監視方法に関するものである。

背景技術

従来から、光通信線路である光ファイバ線路の破断を含む長手方向に沿った損失分布状態を監視する光線路監視システムとして、ＯＴＤＲ（Optical Time Domain Reflectometer）を利用したシステムが知られている。ＯＴＤＲは、光ファイバ線路に監視光を導入し、その光ファイバ線路中の損失等により後方に散乱された監視光の一部（後方散乱光）の強度を時間の関数として検出し、その検出結果に基づいて該光ファイバ線路の破断、該光ファイバ線路の長手方向に沿った損失分布状態を監視する。

このＯＴＤＲが複数本に分岐された各光ファイバ線路の監視に適用された例としては、例えば特開平２－１４１６４１号公報（以下、第１従来例という）に開示された装置がある。この第１従来例に係る損失分布測定装置では、分岐線路である複数本の光ファイバ線路それぞれに対応して、互いに波長が異なる複数の監視光のうちいずれか１波を選択的に透過させるバンドパスフィルタが設けられている。そして、この第１従来例は、１波の監視光のみを対応する１本の光ファイバ線路中に伝搬させることにより、光ファイバ線路それぞれの状態（破断、損失分布変動を含む）を順次に監視する構成を備えている。

また、信学会１９９７年春季ＳＢ－１１－３に記載された装置（以下、第２従来例という）は、監視光の分岐器としてＡＷＧ（Arrayed Waveguide Grati

ng ）が適用されており、分岐された複数本の光ファイバ線路それぞれの状態を個別に監視する構成を備えている。

発明の開示

発明者らは上述の従来技術を検討した結果、以下のような課題を発見した。

通常、分岐された複数本の光ファイバ線路を監視する場合、それぞれに略等しい光量の監視光が分配されるよう、すなわち、各光ファイバ線路に導かれる分岐後の各監視光の強度がそれぞれ１／ｎになるよう構成される。このような構成において、上記第１従来例では、複数本の光ファイバ線路それぞれを対応する１波の監視光を伝搬させることにより監視しているため、各監視光波長のダイナミックレンジ（測定波長帯域）が小さくＳＮ比が悪い。一方、上記第２従来例では、ＡＷＧの動作が温度変化に敏感であることから、ペルチエ素子等を用いた温度制御が必要となり高価になる。

さらに、信学会１９９１年秋季Ｂ－５８８に記載されているように、監視光の発振波長帯域が狭い光源を用いたＯＴＤＲ装置では、光源のコヒーレンス性の高さに起因して fading noise が発生し、良好な測定を行うことができない。

この発明は上述のような課題を解決するためになされたものであり、測定情報のＳＮ比を改善し高精度な測定を可能にするとともに安価に製造可能な構造を有する分岐線路監視システム及び分岐線路監視方法を提供することを目的としている。

この発明に係る分岐線路監視システム及び分岐線路監視方法は、分岐器を介して所定波長の信号光が導かれるｎ（≧３）本の分岐線路それぞれを監視するシステム及び方法であって、光通信線路である各光ファイバ線路の測定波長帯域を広げることにより測定情報のＳＮ比を改善し高精度な線路監視を可能にする構成を備えている。

すなわち、この発明に係る分岐線路監視方法を実現する分岐線路監視システム

は、信号光の波長と異なりかつ互いに異なる波長を有するｎ波の監視光を出射する光源と、この光源から出射されたｎ波の監視光を、分岐器を介して各分岐線路へ導くための監視光導入構造と、分岐線路それぞれに対応して該分岐線路上または該分岐線路の端部に設けられた光フィルタと、これら分岐線路で生じた各監視光の後方散乱光を、分岐器を介して検出する後方散乱光検出器と、この後方散乱光検出器により得られた検出結果に基づいて、少なくとも分岐線路それぞれの長手方向に沿った損失分布状態（各分岐線路の断線、各分岐線路における長手方向に沿った損失変動、これらの発生部位等を含む）を特定する演算器とを備えている。

特に、上記光フィルタは、導かれた監視光のうちいずれか１波を遮断（反射、吸収を含む）する一方、残る（ｎ－１）波及び信号光を透過させる。このような遮断特性を有する光フィルタを各分岐線路に設けることにより、分岐線路それぞれは対応して設けられた光フィルタにより遮断された監視光を除く（ｎ－１）波の監視光によって監視されることになるため、従来よりも広い測定波長帯域を利用して各分岐線路の監視が可能となり測定情報のＳＮ比が改善される。すなわち、この発明に係る分岐線路監視システム及び分岐線路監視方法によれば、各監視光について得られる測定結果（後方散乱光検出器による検出結果）は、それぞれ遮断される光フィルタが設けられた分岐線路を除く（ｎ－１）本の分岐線路の情報を含んでいるため、監視対象となった１本の分岐線路に着目すれば、係る監視対象は遮断された監視光を除く（ｎ－１）波の監視光により監視されることとなる。したがって、従来のシステムと比較して測定情報のＳＮ比が改善されるので、ｎ本の分岐線路それぞれの断線部位、損失変動部位等の高精度な特定が可能となる。なお、このような各分岐線路の状態は、上記後方散乱光検出器により、分岐線路で生じた上記監視光それぞれの後方散乱光の強度が検出された後、この検出結果に基づいた上記演算器による特殊な演算行程を経て得られる。また、上記ｎ波の監視光は、同時に上記光源から各分岐線路へ出射されても、所定の時間間隔で順

次各分岐線路へ出射されてもよい。

図面の簡単な説明

図１は、この発明に係る分岐線路監視システムの実施例の基本構成を示す図である。

図２は、波長可変光源から出射される監視光に含まれる４波の監視光の波長スペクトルを示す図である。

図３Ａ～図３Ｄは、波長可変光源から出射された監視光それぞれの伝搬の様子を説明するための図であり、図３Ａは波長λ1を有する監視光の伝搬の様子、図３Ｂは波長λ２を有する監視光の伝搬の様子、図３Ｃは波長λ３を有する監視光の伝搬の様子、図３Ｄは波長λ４を有する監視光の伝搬の様子をそれぞれ示す。

図４Ａ～図４Ｄは、波長可変光源から出射された監視光について、検出部により検出される後方散乱光の強度の時間変化を説明するための図であり、図４Ａは波長λ1を有する監視光の後方散乱光強度の時間変化、図４Ｂは波長λ２を有する監視光の後方散乱光強度の時間変化、図４Ｃは波長λ３を有する監視光の後方散乱光強度の時間変化、図４Ｄは波長λ４を有する監視光の後方散乱光強度の時間変化をそれぞれ示す。

図５Ａ及び図５Ｂは、波長可変光源から出射された波長λ5を有するプローブ光の伝搬の様子を説明するための図であり、図５Ａは正常時における各分岐線路の伝搬の様子、図５Ｂは分岐線路の一部に故障が発生している場合の伝搬の様子を示す。

図６Ａ及び図６Ｂは、波長可変光源から出射された波長λ5を有するプローブ光について、検出部により検出される後方散乱光の強度の時間変化を説明するための図であり、図６Ａは図５Ａに示されたような正常時における後方散乱光強度の時間変化、図６Ｂは図５Ｂに示されたような故障発生時における後方散乱光強度の時間変化をそれぞれ示す。

図７は、４個の光フィルタのうち１個の光フィルタの遮断率が３０％である場合の監視光の伝搬を説明するための図である。

図８は、４個の光フィルタのうち１個の光フィルタの遮断率が３０％である場合に検出部により検出される後方散乱光の強度の時間変化を説明するための図である。

図９は、４個の光フィルタそれぞれの遮断率が９０％である場合の監視光の伝搬を説明するための図である。

図１０は、４個の光フィルタそれぞれの遮断率が９０％である場合に検出部により検出される後方散乱光の強度の時間変化を説明するための図である。

図１１Ａ及び図１１Ｂは、波長可変光源から出力される監視光の波長と４個の光フィルタそれぞれの遮断特性との関係について説明するための図であり、図１１Ａは各監視光波長が対応する光フィルタの遮断波長範囲内にある状態（正常状態)、図１１Ｂは光フィルタの遮断波長範囲から監視光波長がずれた状態を示す図である。

図１２は、４個の光フィルタ４１～４４それぞれを光ファイバグレーティングで実現した場合における遮断波長を温度によらず一定にするための装置を示す斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、この発明に係る分岐線路監視システム及び分岐線路監視方法の各実施例を、図１、図２、図３Ａ～図６Ｂ、図７～図１０、図１１Ａ、図１１Ｂ、及び図１２を用いて説明する。なお、図面中の同一要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

この発明に係る分岐光線路監視システムでは、分岐器を介してｎ（≧３）本に分岐された光ファイバ線路（分岐線路）それぞれに対応して、ｎ波の監視光のうちいずれか１波を遮断（反射、吸収を含む）する一方、残る（ｎ－１）波の監視

光及び信号光を透過する遮断特性を有する光フィルタが設けられたことを特徴としている。すなわち、当該分岐線路監視システムは、信号光の波長と異なりかつ互いに異なるｎ（≧３）波の監視光を出射する光源と、この光源から出射されたこれらｎ波の監視光を各光ファイバ線路に導くための監視光導入構造と、ｎ本の分岐線路それぞれに対応して、該光線路上または該光線路の端部に設けられたｎ個の上記光フィルタと、ｎ本の分岐線路で生じた各監視光の後方散乱光を分岐器を介して検出する後方散乱光検出器と、この後方散乱光検出器による後方散乱光の検出結果に基づいて、ｎ本の分岐線路それぞれの状態（分岐線路である光ファイバの破断、長手方向に沿った損失変動の様子を含む）を特定する演算器とを、少なくとも備えている。なお、上記ｎ波の監視光は同時に上記光源から各光ファイバ線路へ出射されても、所定の時間間隔で各光ファイバ線路へ出射されてもよい。

光源から出射されたｎ波の監視光は、それぞれ監視光導入構造により分岐器を介して各分岐線路に導かれる。したがって、ｎ本の分岐線路それぞれでは、各光ファイバ線路に対応して用意された光フィルタにより遮断される監視光を除き、（ｎ－１）波の監視光が各分岐線路中を伝搬することとなる。このように光フィルタにより遮断される監視光を除き（ｎ－１）波の監視光がｎ本の分岐線路を伝搬していくと、これら分岐線路の状態に応じて後方散乱光が生じる。そして、後方散乱光検出器により検出された検出結果（測定された後方散乱光の強度）に基づいて、演算器が特殊な演算を行うことによりｎ本の分岐線路それぞれの状態、例えば、分岐線路の長手方向に沿った損失分布状態（分岐線路の破断を含む）が特定される。換言すれば、この発明に係る分岐線路監視システムにおいて、分岐線路それぞれは、対応した光フィルタにより遮断された監視光を除く（ｎ－１）波の監視光によって監視されることになる。その結果、従来よりも広い測定波長帯域を利用することにより測定情報のＳＮ比が改善され、より高精度な各分岐線路の監視が可能となる。

なお、上記ｎ個の光フィルタそれぞれは、ｎ波の監視光のうち遮断すべき監視光に対して３０％以上、さらには９０％以上の遮断率を有するのが好ましい。遮断率が３０％以上であれば、従来のバンドパスフィルタを用いた測定におけるＳＮ比と比較して、良好なＳＮ比でｎ本の分岐線路それぞれの状態の測定が可能になる。加えて、遮断率が９０％以上であれば、ノイズ成分は僅かであり、良好なＳＮ比でｎ本の分岐線路それぞれの状態の測定が可能になる。

また、上記ｎ個の光フィルタそれぞれには、光ファイバグレーティングを適用するのが好ましい。これは、光ファイバグレーティングの反射波長は狭帯域であるので各監視光の波長間隔を狭めて監視波長帯域光全体の波長帯域を狭くすることができるとともに温度補償が容易になるためである。一方、上記分岐器には、スターカプラを適用することが好ましい。この場合、分岐器はより低コストで実現される。

また、この発明に係る分岐線路監視システムは、上記光源から出射される各監視光の波長帯域幅は有限であり、上記ｎ個の光フィルタそれぞれの遮断波長帯域幅も有限であり、そして、該各監視光の波長帯域は上記ｎ個の光フィルタのうちいずれかの遮断波長帯域に含まれることを特徴とする。このように、各監視光の波長帯域を各光フィルタのいずれかの遮断波長帯域に含めるように設定することにより、透過するノイズが低減され、良好なＳＮ比でｎ本の分岐線路それぞれの状態測定が可能になる。

この発明に係る分岐線路監視システムは、上記ｎ個の光フィルタそれぞれの温度を制御する温度制御装置をさらに備えてもよく、また、ｎ個の光フィルタそれぞれの遮断波長は温度に依らず一定であるのがより好ましい。いずれの場合にも、安定してｎ本の分岐線路それぞれの状態測定が可能になる。

この発明の第１実施例では、上記演算器は、監視光の波長をλi（$i=1,2,\cdots,n$）とし、この波長λiの監視光の後方散乱光についての検出結果を$m(\lambda i)$とし、比例係数をｋとするとき、ｎ本の分岐線路のうち該波長λiの監視光を遮断

する光フィルタが設けられた分岐線路の長手方向に沿った損失分布状態（分岐路の破断を含む）を示すパラメータＲｉを、

$$M = \sum_{i=1}^{n} m(\lambda i)$$

$$Ri = k\{M - (n-1)\cdot(\lambda i)\}(i = 1,2,\ldots,n)$$

なる演算式により求める。すなわち、この第１実施例によれば、このような簡単な演算式を用いて、測定情報のＳＮ比が改善されたｎ本の分岐線路それぞれの状態を高精度に求めることができる。なお、上述の第１実施例では、信号光波長とは異なるｎ波の監視光を利用して各分岐線路の状態を監視しているが、該信号光波長や該ｎ波の監視光波長とも異なる波長（いずれの光フィルタによっても遮断されない波長）のプローブ光を利用しても、いずれかの分岐線路における故障（例えば１以上の分岐線路の破断等）の発生を検出することは可能である。このような構成をこの第１実施例の構成に組み合わせることにより、ｎ本の分岐線路全てを同時に監視することができるとともに通常時の監視を簡素化することができる。

さらに、この発明に係る分岐線路監視システムの第２実施例では、上述のようなプローブ光（いずれの光フィルタによっても遮断されない波長を有する）とｎ波の監視光（波長λｉ）を利用して各分岐線路の状態を関する構成を備える。すなわち、この第２実施例に係る演算器は、プローブ光の波長をλ０とし、上記後方散乱光検出器により得られた該プローブ光の後方散乱光についての検出結果をｍ(λ０)とするとき、波長λｉの監視光を遮断する光フィルタが設けられた分岐線路の長手方向に沿った損失分布状態（分岐線路の破断を含む）を示すパラメータＲｉを、

$$Ri = k\{m(\lambda o) - m(\lambda i)\}(i = 1,2,\ldots,n)$$

なる演算式により求める。この構成によれば、少なくとも２回の後方散乱光の測定により所望の分岐線路の状態を特定することが可能となる。なお、測定対象である分路の損失に波長依存性がある場合（例えば曲げ損失）には、損失の絶対値

（測定値）に誤差が生じるが、少なくとも断線部位や大きな損失変動部位を特定する程度の分岐線路の状態特定は十分可能である。

次に、上述の各実施例形態のより具体的な構成として、１対４に分岐された分岐線路の監視について、すなわち、ｎ＝４の分岐線路監視システムについて説明する。

まず、各実施例に共通な分岐線路監視システムの構成について説明する。図１は、分岐器を介して分岐された４本の分岐線路を監視する分岐線路監視システムの構成を示す図である。

この図に示された１対４光通信線路は、主幹線路である光ファイバ線路１０、分岐線路である４本の光ファイバ線路１１～１４、及び分岐部２０を備えている。また、分岐部２０は、それぞれ２分岐する３つの分岐素子２１～２３から構成されている。なお、分岐部２０としてはスターカプラの適用が安価に構成できる点で好ましい。この１対４光通信線路において、光ファイバ線路１０中を伝搬してきた信号光は、分岐部２０により４分岐され、光ファイバ線路１１～１４それぞれを伝搬していく。

この１対４光通信線路において、分岐部２０手前に位置する光ファイバ線路１０の所定位置には方向性結合器３０(監視光導入構造に含まれる)が設けられている。この方向性結合器３０は、信号光をそのまま光ファイバ伝送路１０中を伝搬させる一方、分岐部２０を介して各光ファイバ線路１１～１４中を伝搬させるようＯＴＤＲ装置６０から出力された監視光を光ファイバ線路１０中に導く。また、この方向性結合器３０は、分岐部２０を介して光りファイバ線路１０中を伝搬する各監視光の後方散乱光をＯＴＤＲ装置６０へ導く。

４本の光ファイバ線路１１～１４それぞれには、その光ファイバ線路上あるいはこれら光ファイバ線路１１～１４の少なくともいずれかの端部に光フィルタ４１～４４が設けられている。光フィルタ４１～４４それぞれは、ＯＴＤＲ装置６０から出射された４波の監視光λ1～λ4（λ1～λ4は互いに異なる波長）のう

ちいずれか１波を選択的に遮断（反射や吸収を含む）する。すなわち、光フィルタ４１は、信号光のほか、波長λ2、λ3、及びλ4の監視光を透過させるが、波長λ1の監視光を遮断する。光フィルタ４２は、信号光のほか、波長λ1、λ3、及びλ4の監視光を透過させるが、波長λ2の監視光を遮断する。光フィルタ４３は、信号光のほか、波長λ1、λ2、及びλ4の監視光を透過させるが、波長λ3の監視光を遮断する。そして、光フィルタ４４は、信号光のほか、波長λ1、λ2、及びλ3の監視光を透過させるが、波長λ4の監視光を遮断する。なお、光フィルタ４１～４４それぞれは分岐部２０のすぐ後方の位置に設けられているのが、監視可能な線路区間を長くすることができる点で好ましい。また、光フィルタ４１～４４それぞれは光ファイバグレーティングであるのが、反射波長帯域が狭いので４波の監視光λ1～λ4の波長間隔が互いに接近したとしても全体の測定波長帯域を狭くできる点、及び温度補償が容易である点で好ましい。

また、４本の光ファイバ線路１１～１４それぞれの監視可能な線路区間の終端には、監視光反射光フィルタ５１～５４が設けられている。この監視光反射光フィルタ５１～５４それぞれは、到達した監視光（少なくとも一部は光フィルタ４１～４４で遮断されている）を反射する。

ＯＴＤＲ装置６０は、波長可変光源６１、方向性結合器６２、検出部６３、及び演算部６４を備えている。波長可変光源６１は、図２に示されたように、信号光の波長と異なりかつ互いに波長が異なる４波の監視光λ1～λ4を順次出射する。方向性結合器６２は、波長可変光源６１から出力された監視光λ1～λ4を方向性結合器３０へ導くとともに、方向性結合器３０から到達した各監視光の後方散乱光を検出部６３へ導く。検出部６３は、その後方散乱光を時間の関数として検出し、演算部６４は、検出部６３による検出結果（検出された後方散乱光の強度）に基づいて演算を行い、４本の光ファイバ線路１１～１４それぞれの状態を監視する。

次に、この発明に係る分岐線路監視システムの実施例について、その作用を説

明するとともに、この発明に係る分岐線路監視方法について、図３Ａ～図３Ｄ及び図４Ａ～図４Ｄを用いて説明する。図３Ａ～図３Ｄは、波長可変光源から出射された監視光それぞれの伝搬の様子を説明するための図であり、図３Ａは波長λ1を有する監視光の伝搬の様子、図３Ｂは波長λ２を有する監視光の伝搬の様子、図３Ｃは波長λ３を有する監視光の伝搬の様子、図３Ｄは波長λ４を有する監視光の伝搬の様子をそれぞれ示す。なお、これらの図において、光ファイバ線路１０～１４のうち太線で示された部分は、監視光ごとにが伝搬する経路を示している。また、図４Ａ～図４Ｄは、波長可変光源から出射された監視光について、検出部６３により検出される後方散乱光の強度の時間変化を説明するための図であり、図４Ａは波長λ1を有する監視光の後方散乱光強度の時間変化、図４Ｂは波長λ２を有する監視光の後方散乱光強度の時間変化、図４Ｃは波長λ３を有する監視光の後方散乱光強度の時間変化、図４Ｄは波長λ４を有する監視光の後方散乱光強度の時間変化をそれぞれ示す。

波長可変光源６１から監視光λ1が出射されたときには、図３Ａに示されたように、その監視光λ1は、分岐部２０により４分岐される。なお、この監視光λ1は光フィルタ４１により遮断されるため、これ以降の光ファイバ線路１１を伝搬することはないが、光ファイバ線路１２では光フィルタ４２を透過し、光ファイバ線路１３では光フィルタ４３を透過し、そして、光ファイバ線路１４では光フィルタ４４を透過する。したがって、光ファイバ線路１１～１４それぞれの状態をR1～R4とすると、このとき検出部６３により検出される監視光λ1の後方散乱光の強度m(λ1)は、図４Ａに示されたように、

$$m(\lambda 1) = R2 + R3 + R4$$

で表される。なお、R1～R4は、光ファイバ線路１１～１４それぞれを単独で測定したときの後方散乱光の強度を表す。

波長可変光源６１から監視光λ2が出射されたときには、図３Ｂに示されたように、その監視光λ2は、分岐部２０により４分岐された後、光フィルタ４２に

より遮断されるため、これ以降の光ファイバ線路１２を伝搬することはない。しかし、この監視光λ2は、光ファイバ線路１１では光フィルタ４１を透過し、光ファイバ線路１３では光フィルタ４３を透過し、そして、光ファイバ線路１４では光フィルタ４４を透過していく。したがって、このとき検出部６３により検出される監視光λ2の後方散乱光の強度m(λ2)は、図４Ｂに示されたように、

$$m(\lambda 2) = R1 + R3 + R4$$

で表される。

また、波長可変光源６１から監視光λ3が出射されたときには、図３Ｃに示されたように、その監視光λ3は、分岐部２０により４分岐された後、光フィルタ４３により遮断されて、これ以降の光ファイバ線路１３を伝搬することはない。しかし、この監視光λ3は、光ファイバ線路１１では光フィルタ４１を透過し、光ファイバ１２では光フィルタ４２を透過し、そして、光ファイバ線路１４では光フィルタ４４を透過していく。したがって、このとき検出部６３により検出される監視光λ3の後方散乱光の強度m(λ3)は、図４Ｃに示されたように、

$$m=(\lambda 3)=R1+R2+R4$$

で表される。

さらに、波長可変光源６１から監視光λ4が出射されたときには、図３Ｄに示されたように、その監視光λ4は、分岐部２０により４分岐された後、光フィルタ４４により遮断されて、これ以降の光ファイバ線路１４を伝搬することはない。しかし、この監視光λ4は、光ファイバ線路１１では光フィルタ４１を透過し、光ファイバ線路１２では光フィルタ４２を透過し、そして、光ファイバ線路１３では光フィルタ４３を透過していく。したがって、このとき検出部６３により検出される監視光λ4の後方散乱光の強度m(λ4)は、図４Ｄに示されたように、

$$m(\lambda 4) = R1 + R2 + R3 \quad \cdots(1)$$

で表される。

そして、演算部６４は、上記のｍ(λ1)～ｍ(λ4)の総和Ｍ

$$M = \sum_{i=1}^{n} m(\lambda i) = 3\cdot(R1+R2+R3+R4) \quad \cdots(2)$$

を求め、光ファイバ線路１１～１４それぞれの状態Ｒ1～Ｒ4を

$$R1 = M/3 - m(\lambda 1) \quad \cdots(3a)$$

$$R2 = M/3 - m(\lambda 2) \quad \cdots(3b)$$

$$R3 = M/3 - m(\lambda 3) \quad \cdots(3c)$$

$$R4 = M/3 - m(\lambda 4) \quad \cdots(3d)$$

なる式で求める。あるいは、光ファイバ線路１１～１４それぞれの状態Ｒ1～Ｒ4を

$$R1 = M - 3\cdot m(\lambda 1)$$

$$R2 = M - 3\cdot m(\lambda 2)$$

$$R3 = M - 3\cdot m(\lambda 3)$$

$$R4 = M - 3\cdot m(\lambda 4)$$

なる式で求めてもよい。

あるいは、一般に、光ファイバ線路１１～１４それぞれの状態Ｒ1～Ｒ4を

$$R1 = k\{M - 3\cdot m(\lambda 1)\}$$

$$R2 = k\{M - 3\cdot m(\lambda 2)\}$$

$$R3 = k\{M - 3\cdot m(\lambda 3)\}$$

$$R4 = k\{M - 3\cdot m(\lambda 4)\}$$

なる式で求めてもよい。ここで、ｋは比例係数である。

このように、上述の具体例によれば、監視光を有効に利用することができるので（ｎ（＝４）本の光ファイバ線路それぞれの監視に（n-1）波の監視光を利用している）、１本の光ファイバ線路の監視に１波の監視光を利用している従来技術と比較しても測定波長帯域が大きく測定情報のＳＮ比が改善される。また、分岐部２０に高価なＡＷＧを用いることなく一般的に利用される分波素子を用いる

ことができるので、安価に構成することができる。さらに、上述の具体例によれば、４波の監視光分それぞれの後方散乱光の強度m(λ1)～m(λ4)を加算するので、監視光のコヒーレンス性に起因するfading noiseが低減される。

なお、波長可変光源６１は、監視光λ1～λ4の他に、信号光及びこれら波長成分のいずれとも異なる波長λ5（いずれの光フィルタ４１～４４にも遮断されない波長）を含むプローブ光を出射する構成であってもよい。図５Ａ及び図５Ｂは、波長可変光源６１から出射された波長λ5を有するプローブ光の伝搬の様子を説明するための図であり、図５Ａは正常時における各分岐線路の伝搬の様子、図５Ｂは分岐線路の一部に故障が発生している場合の伝搬の様子を示す。また、図６Ａ及び図６Ｂは、波長可変光源６１から出射された波長λ5を有するプローブ光について、検出部６３により検出される後方散乱光の強度の時間変化を説明するための図であり、図６Ａは図５Ａに示されたような正常時における後方散乱光強度の時間変化、図６Ｂは図５Ｂに示されたような故障発生時における後方散乱光強度の時間変化をそれぞれ示す。

この具体例では、波長可変光源６１から監視光λ5が出射されたとき、図５Ａに示されたように、その監視光λ5は、分岐部２０により４分岐された後、光フィルタ４１～４４それぞれを透過して、光ファイバ線路１１～１４それぞれを伝搬していく。したがって、このとき検出部６３により検出される監視光λ5の後方散乱光の強度m(λ5)は、図６Ａに示されたように、光ファイバ線路１１～１４それぞれで生じた後方散乱光を全て加算したものになる。しかし、例えば、図５Ｂに示されたように光ファイバ線路１４の途中に破断（図中の×印）が発生すると、検出部６３により検出される監視光λ5の後方散乱光の強度m(λ5)は、図６Ｂに示されたように、光ファイバ線路１４については破断地点までに生じた後方散乱光を加えたものになる。

すなわち、通常は、波長可変光源６１による監視光λ5の出射と、検出部６３によるその後方散乱光の強度の検出により、演算部６４は１対４光通信線路全体

の監視が可能となる。このような構成により分岐線路である光ファイバ線路のいずれかの箇所で破断等の故障が発生したことを検出した場合に、改めて波長可変光源６１が波長λ1～λ4の監視光をそれぞれ出射し、検出部６３がその監視光の後方散乱光の強度を検出することにより、演算部６４は光ファイバ線路１１～１４のいずれが故障したかその故障個所も含めて検出する。このようにすることにより、通常時の監視が簡素化され効率がよい。

なお、第２実施例に対応する具体例の場合には、波長λ5の上記プローブ光と４波の監視光λ1～λ4により光ファイバ線路１１～１４それぞれの監視が行われる。すなわち、演算部６４は、光ファイバ１１～１４それぞれの状態Ｒ１～Ｒ４を

$$R1 = k\{m(\lambda 5) - m(\lambda 1)\}$$
$$R2 = k\{m(\lambda 5) - m(\lambda 2)\}$$
$$R3 = k\{m(\lambda 5) - m(\lambda 3)\}$$
$$R4 = k\{m(\lambda 5) - m(\lambda 4)\}$$

なる式で求める。このような構成であれば、２回の測定で所望の光ファイバ線路の測定が可能になるとともに、少なくとも破断部位や損失が大きく変化している部位の特定が可能になる。

また、以上の説明においては、波長λ1の監視光に対する光フィルタ４１の遮断率を１００％とし、波長λ2の監視光に対する光フィルタ４２の遮断率を１００％とし、波長λ3の監視光に対する光フィルタ４３の遮断率を１００％とし、波長λ4の監視光に対する光フィルタ４４の遮断率を１００％とした。しかし、各光フィルタの遮断率は１００％でなくとも、９０％以上あれば好適であり、少なくとも３０％以上あれば十分である。

次に、４個の光フィルタ４１～４４のうち光フィルタ４１の遮断率Ｒが３０％であって、残りの光フィルタ４２～４４それぞれの遮断率Ｒが１００％である場合について説明する。図７は、４個の光フィルタ４１～４４のうち光フィルタ４

１の遮断率Ｒが３０％である場合の監視光の伝搬を説明するための図である。また、図８は、４個の光フィルタ４１～４４のうち光フィルタ４１の遮断率Ｒが３０％である場合に検出部６３により検出される後方散乱光の強度の時間変化を説明するための図である。

この場合、波長可変光源６１から出射された波長λ1の監視光は、図７に示されたように、分岐部２０により４分岐された後、光ファイバ線路１１へ向かった監視光成分は光フィルタ４１により３０％が遮断され残り７０％が透過して該光ファイバ線路１１中を伝搬していき、光ファイバ線路１２へ向かった監視光成分は光フィルタ４２を１００％透過して該光ファイバ線路１２中を伝搬していき、光ファイバ線路１３へ向かった監視光成分は光フィルタ４３を１００％透過して該光ファイバ線路１３を伝搬していき、そして、光ファイバ線路１４へ向かった監視光成分は光フィルタ４４を１００％透過して該光ファイバ線路１４を伝搬していく。したがって、このとき検出部６３により検出される光ファイバ線路１１～１４それぞれを伝搬した監視光（波長λ1）の後方散乱光の強度ｍ(λ1)は、図８に示されたように、

$$m(\lambda 1) = 0.7 \times R1 + R2 + R3 + R4$$

で表される。

そして、演算部６４は、ｍ(λ1)～ｍ(λ4)の総和の３分の１からｍ(λ1)を差し引いて、光ファイバ線路１１の状態として、

$$0.53 \times R1$$

を得る。これは、光フィルタ４１の遮断率Ｒが１００％である場合と比較すれば、ＳＮ比が２分の１に低下するものの、従来技術１のバンドパスフィルタを用いたときにＳＮ比が４分の１に低下する場合と比較すれば、良好なＳＮ比を有している。

次に、４個の光フィルタ４１～４４それぞれの遮断率Ｒが９０％である場合について説明する。図９は、４個の光フィルタ４１～４４それぞれの遮断率Ｒが９

０％である場合の監視光の伝搬を説明するための図である。図１０は、４個の光フィルタ４１～４４それぞれの遮断率Ｒが９０％である場合に検出部６３により検出される後方散乱光の強度の時間変化を説明するための図である。

この場合、波長可変光源６１から出射された波長λ1の監視光は、図９に示されたように、分岐部２０により４分岐された後、光ファイバ線路１１へ向かった監視光成分は光フィルタ４１により９０％が遮断され、残り１０％が該光ファイバ線路１１を伝搬していく。光ファイバ線路１２へ向かった監視光成分は光フィルタ４２を１００％透過して該光ファイバ線路１２を伝搬していき、光ファイバ線路１３へ向かった監視光成分は光フィルタ４３を１００％透過して該光ファイバ線路１３を伝搬していき、そして、光ファイバ線路１４へ向かった監視光成分は光フィルタ４４を１００％透過して該光ファイバ線路１４を伝搬していく。他の波長の監視光についても同様である。したがって、このとき検出部６３により検出される後方散乱光の強度m(λ1)～m(λ4)それぞれは、図１０に示されたように、

$$m(\lambda 1) = 0.1 \times R1 + R2 + R3 + R4$$
$$m(\lambda 2) = R1 + 0.1 \times R2 + R3 + R4$$
$$m(\lambda 3) = R1 + R2 + 0.1 \times R3 + R4$$
$$m(\lambda 4) = R1 + R2 + R3 + 0.1 \times R4$$

で表される。

そして、演算部６４は、m(λ1)～m(λ4)の総和の３分の１からm(λ1)を差し引いて、光ファイバ線路１１の状態として、

$$0.93 \times R1 - 0.03 \times (R2 + R3 + R4) \quad \cdots (4)$$

を得る。この(4)式の第２項はノイズとなるが、第１項と比較すれば第２項の影響は十分に小さいので、実用上問題はない。

なお、上記で説明した２つのケース、すなわち、４個の光フィルタ４１～４４のうち光フィルタ４１の遮断率Ｒが３０％であって他の３個の光フィルタ４２～

４４それぞれの遮断率Ｒが１００％であるケース、および、４個の光フィルタ４１～４４それぞれの遮断率Ｒが９０％であるケースを含め、４個の光フィルタ４１～４４のうちの何れかの光フィルタの遮断率Ｒが１００％未満であるケースには、検出部６３により検出される後方散乱光の強度m(λ1)～m(λ4)それぞれに、４個の光フィルタ４１～４４それぞれの遮断率Ｒに応じた係数を乗じた後に、(1)式、(2)式、(3a)式～(3d)式に従って演算を行って、光ファイバ線路１１～１４それぞれの状態Ｒ1～Ｒ4を求めることにより、(4)式の第２項に現れるようなノイズ成分を除去することができる。

次に、波長可変光源６１から出射された監視光の波長と光フィルタ４１～４４それぞれの遮断特性との関係について、図１１Ａ及び図１１Ｂを用いて説明する。図１１Ａに示されたように、波長可変光源６１から出射された４波の監視光それぞれは、波長帯域幅が有限であり、ｎ個の光フィルタ４１～４４それぞれも、遮断波長帯域幅が有限である。そして、波長λ1の監視光の波長帯域は光フィルタ４１の遮断波長帯域に含まれ、波長λ2の監視光の波長帯域は光フィルタ４２の遮断波長帯域に含まれ、波長λ3の監視光の波長帯域は光フィルタ４３の遮断波長帯域に含まれ、そして、波長λ4の監視光の波長帯域は光フィルタ４４の遮断波長帯域に含まれるのが好ましい。

しかし、図１１Ｂに示されたように、ある波長の監視光の波長帯域が、光フィルタの遮断波長帯域に含まれない部分（図中の斜線部分）を有する場合には、監視光のその部分は、光フィルタにより遮断されることなくノイズとなる。そこで、４個の光フィルタ４１～４４それぞれの遮断波長が温度に依らず一定であるのが好ましい。あるいは、４個の光フィルタ４１～４４それぞれの遮断波長が温度に依存する場合には、これらの温度を制御する温度制御装置をさらに備えるのが好ましい。

図１２は、４個の光フィルタ４１～４４それぞれを光ファイバグレーティングで実現した場合における遮断波長を温度によらず一定にするための装置を示す斜

視図である。この図に示されたように、この装置は、断面が凹形状の鉄製部材７１と、その鉄製部材７１の上に互いに離れて配された矩形状の２つのアルミ製部材７２、７３とを備えており、光ファイバ線路１１～１４それぞれは、光ファイバグレーティングからなる光フィルタ４１～４４がアルミ製部材７２とアルミ製部材７３との間に位置するよう、適当な張力が加えられた状態で該アルミ製部材７２、７３の上に接着剤７４、７５により固定配置される。この接着剤７４、７５の位置（接着位置）は、アルミ製部材７２、７３が鉄製部材７１に固定される位置より内側に位置する。

そして、もし温度が上昇した場合には、鉄製部材７１より熱膨張係数が大きいアルミ製部材７２、７３それぞれが熱膨張することにより、光ファイバグレーティングの張力が弛み、遮断波長が短波長側にシフトすることになる一方、光ファイバグレーティングの平均屈折率が上昇することにより、遮断波長が長波長側にシフトすることになり、結局、遮断波長のシフトは相殺され、遮断波長は温度によらず一定に保たれる。同様に、温度が低下した場合には、アルミ製部材７２、７３それぞれが熱収縮することにより遮断波長が長波長側にシフトすることになる一方、光ファイバグレーティングの平均屈折率が低下することにより遮断波長が短波長側にシフトすることになり、結局、遮断波長のシフトは相殺され、遮断波長は温度によらず一定に保たれる。

産業上の利用可能性

以上のようにこの発明によれば、光源から出射された互いに波長が異なるｎ波の監視光それぞれは、分岐器を介して監視対象であるｎ本の分岐線路に導かれるが、ｎ本の分岐線路のうち各監視光を遮断する光フィルタが設けられた分岐線路をこれ以降伝搬したい一方、残る（ｎ－１）本の分岐線路を伝搬していき、これらの分岐線路の状態に応じて後方散乱光を生じる。そして、検出されたｎ波の監視光それぞれの後方散乱光に関する検出結果に基づく演算により、ｎ本の分岐線

路それぞれの状態が特定される。

このように、監視光を有効に利用することができるので（１本の分岐線路の監視に（ｎ－１）波の監視光が利用される)、従来よりも測定波長帯域が大きくＳＮ比が改善される。また、分岐部に高価なＡＷＧを用いることなく通常の分岐素子を用いることができるので、安価なシステムが実現できる。さらに、ｎ波の監視光それぞれの後方散乱光の強度を加算するので、監視光のコヒーレンス性に起因するfading noiseが低減される。

ｎ個の光フィルタそれぞれが、ｎ波の監視光のうちの遮断すべき波長の監視光に対して３０％以上の遮断率を有する場合であっても、従来のバンドパスフィルタを用いたときのＳＮ比と比較して、良好なＳＮ比でｎ本の分岐線路それぞれの状態が求められる。また、ｎ個の光フィルタそれぞれがｎ波の監視光のうちの遮断すべき波長の監視光に対して９０％以上の遮断率で遮断するものである場合には、ノイズ成分は僅かであり、良好なＳＮ比でｎ本の分岐線路それぞれの状態が求められる。

ｎ個の光フィルタそれぞれが光ファイバグレーティングである場合には、狭帯域であるのでｎ波の監視光における各波長帯域が互いに近接した場合であっても全体の測定波長帯域を狭くでき、温度補償が容易である。また、分岐部がスターカプラである場合には、安価な分岐線路監視システムが実現できる。

光源から出射されるｎ波の監視光それぞれの波長帯域幅が有限であり、ｎ個の光フィルタそれぞれの遮断波長帯域幅が有限であり、ｎ波の監視光それぞれの波長帯域がｎ個の光フィルタのうちいずれかの遮断波長帯域に含まれる場合には、光フィルタを透過するノイズが低減され、良好なＳＮ比でｎ本の分岐線路それぞれの状態が求められる。

当該分岐線路監視システムは、ｎ個の光フィルタそれぞれの温度を制御する温度制御装置をさらに備えてもよく、ｎ個の光フィルタそれぞれの遮断波長が温度に依らず一定であってもよい。いずれの場合にも、安定してｎ本の分岐線路それ

ぞれの状態が求められる。

また、ｎ波の監視光のうちいずれかの波長をλｉ（ｉ=1,2,…,ｎ）とし、後方散乱光検出器による検出結果をｍ(λｉ)とし、比例係数をｋをとするとき、ｎ本の分岐線路のうち波長λｉの監視光を遮断する光フィルタが設けられた分岐線路の状態Ｒｉを所定の演算式により求める場合には、ｎ本の分岐線路それぞれの状態は、この簡単な演算式を用いるだけで、良好なＳＮ比で求められる。

さらに、光源が信号光及びｎ波の監視光それぞれの波長のいずれとも異なる波長のプローブ光をも出力する場合には、ｎ本の分岐線路の全てを同時に監視することができ、通常時の監視を簡素化することができる。また、このプローブ光とｎ波の監視光とを利用してもｎ本の分岐線路の状態が求められる。

請求の範囲

1． 分岐器を介して所定波長の信号光が導かれるｎ（≧３）本の分岐線路を監視する分岐線路監視システムであって、

前記信号光の波長と異なりかつ互いに異なる波長を有するｎ波の監視光を出射する光源と、

前記光源から出射された前記ｎ波の監視光を、前記分岐器を介して前記ｎ本の分岐線路それぞれへ導くための監視光導入構造と、

前記ｎ本の分岐線路それぞれに対応して、該分岐線路上または該分岐線路の端部に設けられ、前記ｎ波の監視光のうちいずれか１波を遮断する一方、残る（ｎ－１）波及び信号光を透過させるｎ個の光フィルタと、

前記ｎ本の分岐線路で生じた前記ｎ波の監視光それぞれの後方散乱光を、前記分岐器を介して検出する後方散乱光検出器と、

前記後方散乱光検出器により得られた後方散乱光に関する検出結果に基づいて、少なくとも、前記ｎ本の分岐線路それぞれの長手方向に沿った損失分布状態を特定する演算器とを備えた分岐線路監視システム。

2． 前記ｎ個の光フィルタそれぞれは、前記ｎ波の監視光のうち遮断されるべき波長の監視光に対して３０％以上の遮断率を有することを特徴とする請求項１記載の分岐線路監視システム。

3． 前記ｎ個の光フィルタそれぞれは、前記ｎ波の監視光のうち遮断されるべき波長の監視光に対して９０％以上の遮断率を有することを特徴とする請求項２記載の分岐線路監視システム。

4． 前記ｎ個の光フィルタそれぞれは、光ファイバグレーティングを含むことを特徴とする請求項１記載の分岐線路監視システム。

5． 前記分岐器は、スターカプラを含むことを特徴とする請求項１記載の分岐線路監視システム。

6． 前記光源から出射される前記ｎ波の監視光それぞれの波長帯域は

有限であり、前記ｎ個の光フィルタそれぞれの遮断波長帯域幅は有限であり、前記ｎ波の監視光それぞれの波長帯域は前記ｎ個の光フィルタのうちいずれかの遮断波長帯域に含まれることを特徴とする請求項１記載の分岐線路監視システム。

７．　前記ｎ個の光フィルタそれぞれの温度を制御する温度制御装置を、さらに備えることを特徴とする請求項１記載の分岐線路監視システム。

８．　前記ｎ個の光フィルタそれぞれの遮断波長は、温度に依らず一定であることを特徴とする請求項１記載の分岐線路監視システム。

９．　前記演算器は、前記ｎ波の監視光それぞれの波長をλｉ（1,2,…,ｎ）とし、前記後方散乱光検出器により得られた検出結果をｍ(λｉ)とし、そして、比例係数をｋとするとき、前記ｎ本の分岐線路のうち該波長λｉの監視光を遮断する光フィルタが設けられた分岐線路の長手方向に沿った損失分布状態を示すパラメータＲｉを、

$$M = \sum_{i=1}^{n} m(\lambda i)$$

$$Ri = k\{M - (n-1)\cdot m(\lambda i)\} \quad (i = 1,2,...,n)$$

なる演算式により求めることを特徴とする請求項１記載の分岐線路監視システム。

１０．　前記光源は、前記信号光及び前記ｎ波の監視光のいずれとも異なる波長のプローブ光を出射することを特徴とする請求項１記載の分岐線路監視システム。

１１．　前記演算器は、前記ｎ波の監視光それぞれの波長をλｉ（1,2,…,ｎ）とし、前記プローブ光の波長をλ0とし、前記後方散乱光検出器により得られた検出結果をｍ(λｉ)及びｍ(λ0)とし、そして、比例係数をｋとするとき、前記ｎ本の分岐線路のうち前記波長λｉの監視光を遮断する光フィルタが設けられた分岐線路の長手方向に沿った損失分布状態を示すパラメータＲｉを、

$$Ri = k\{m(\lambda o) - m(\lambda i)\}(i = 1,2,...,n)$$

なる演算式により求めることを特徴とする請求項１０記載の分岐線路監視システ

ム。

１２．　分岐器を介して所定波長の信号光が導かれるｎ（≧３）本の分岐線路を監視する分岐線路監視方法であって、

前記信号光の波長と異なりかつ互いに異なる波長を有するｎ波の監視光を出射する光源を用意し、

前記ｎ波の監視光のうちいずれか１波を遮断する一方、残る（ｎ－１）波及び信号光を透過させるｎ個の光フィルタを、前記ｎ本の分岐線路それぞれに対応して、該分岐線路上または該分岐線路の端部に用意し、

前記ｎ本の分岐線路で生じた前記ｎ波の監視光それぞれの後方散乱光を、前記分岐器を介して検出し、

得られた前記後方散乱光に関する検出結果に基づいて、少なくとも、前記ｎ本の分岐線路それぞれの長手方向に沿った損失分布状態を特定する分岐線路監視方法。

１３．　前記ｎ波の監視光それぞれの波長をλｉ（1,2,…,n）とし、該波長λｉの後方散乱光に関する検出結果をｍ(λｉ)とし、そして、比例係数をｋとするとき、前記ｎ本の分岐線路のうち該波長λｉの監視光を遮断する光フィルタが設けられた分岐線路の長手方向に沿った損失分布状態を示すパラメータＲｉは、

$$M = \sum_{i=1}^{n} m(\lambda i)$$

$$Ri = k\{M - (n-1)\cdot m(\lambda i)\} \quad (i = 1,2,...,n)$$

なる演算式により求められることを特徴とする請求項１２記載の分岐線路監視方法。

１４．　前記光源は、前記信号光及び前記ｎ波の監視光のいずれとも異なる波長のプローブ光を出射することを特徴とする請求項１２記載の分岐線路監視方法。

１５．　前記ｎ波の監視光それぞれの波長をλｉ（1,2,…,n）とし、前記プローブ光の波長をλ0とし、該波長λｉの監視光及びプローブ光の後方散乱光に関する検出結果をｍ(λｉ)及びｍ(λ0)とし、比例係数をｋとするとき、前記ｎ本の分岐線路のうち前記波長λｉの監視光を遮断する光フィルタが設けられた分岐線路の長手方向に沿った損失分布状態を示すパラメータＲｉは、

$$Ri = k\{m(\lambda o) - m(\lambda i)\} \quad (i = 1,2,...,n)$$

なる演算式により求められることを特徴とする請求項１４記載の分岐線路監視方法。

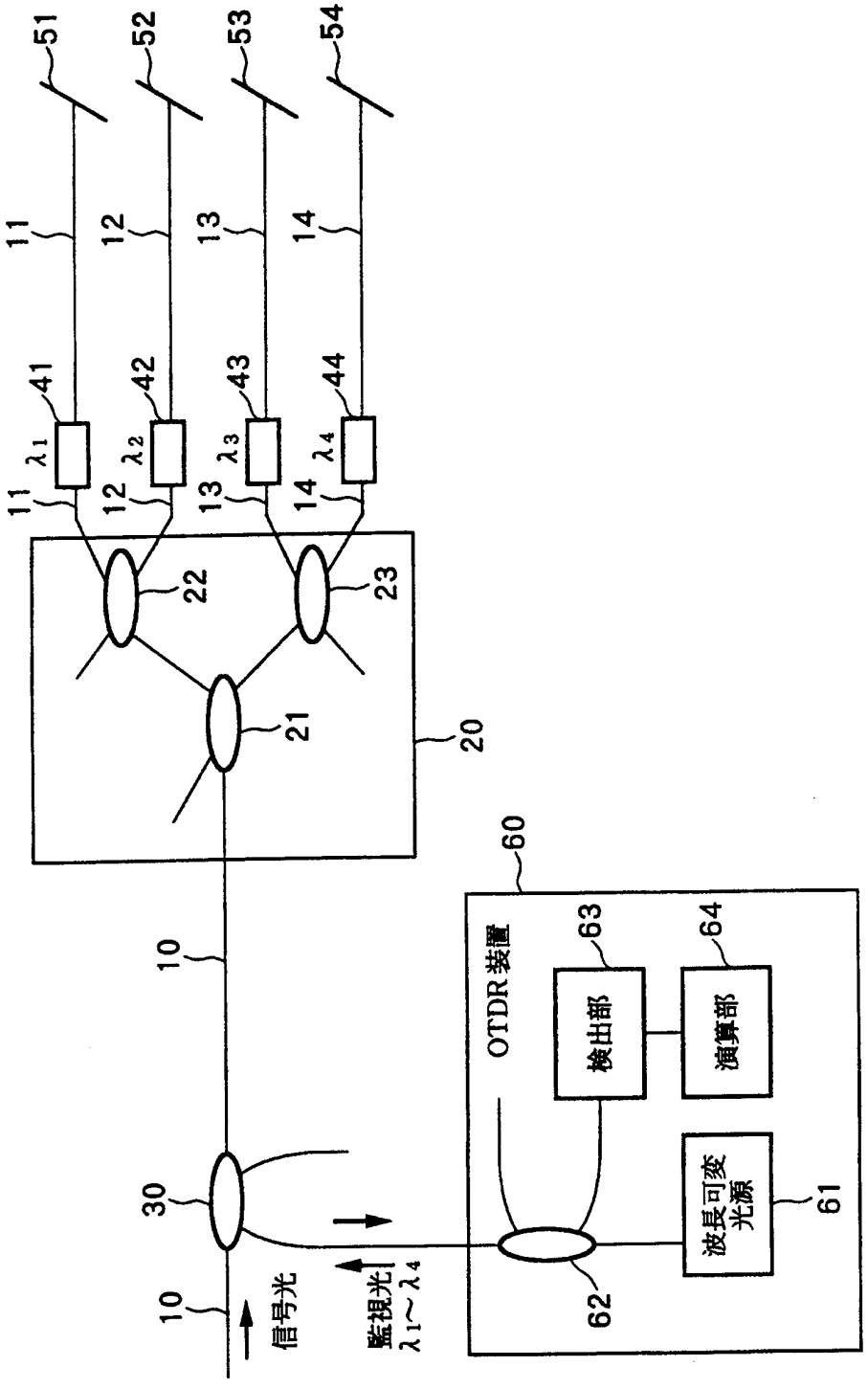
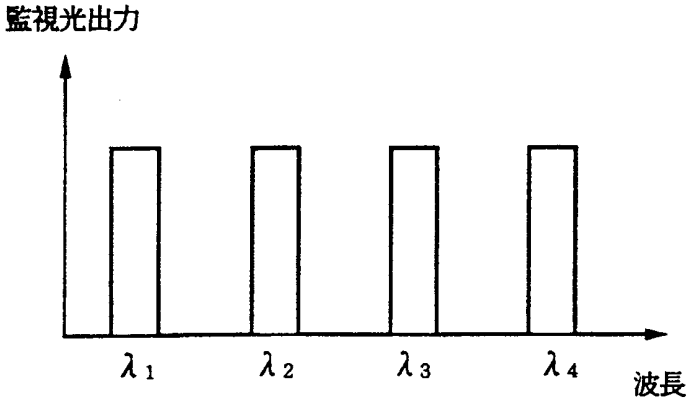

51
52
53
54
11
12
13
14
41
42
43
44
λ1
λ2
λ3
λ4
22
23
21
20
60
OTDR装置
63
検出部
64
演算部
波長可変光源
61
62
30
10
信号光
監視光
λ1～λ4

図1

図2



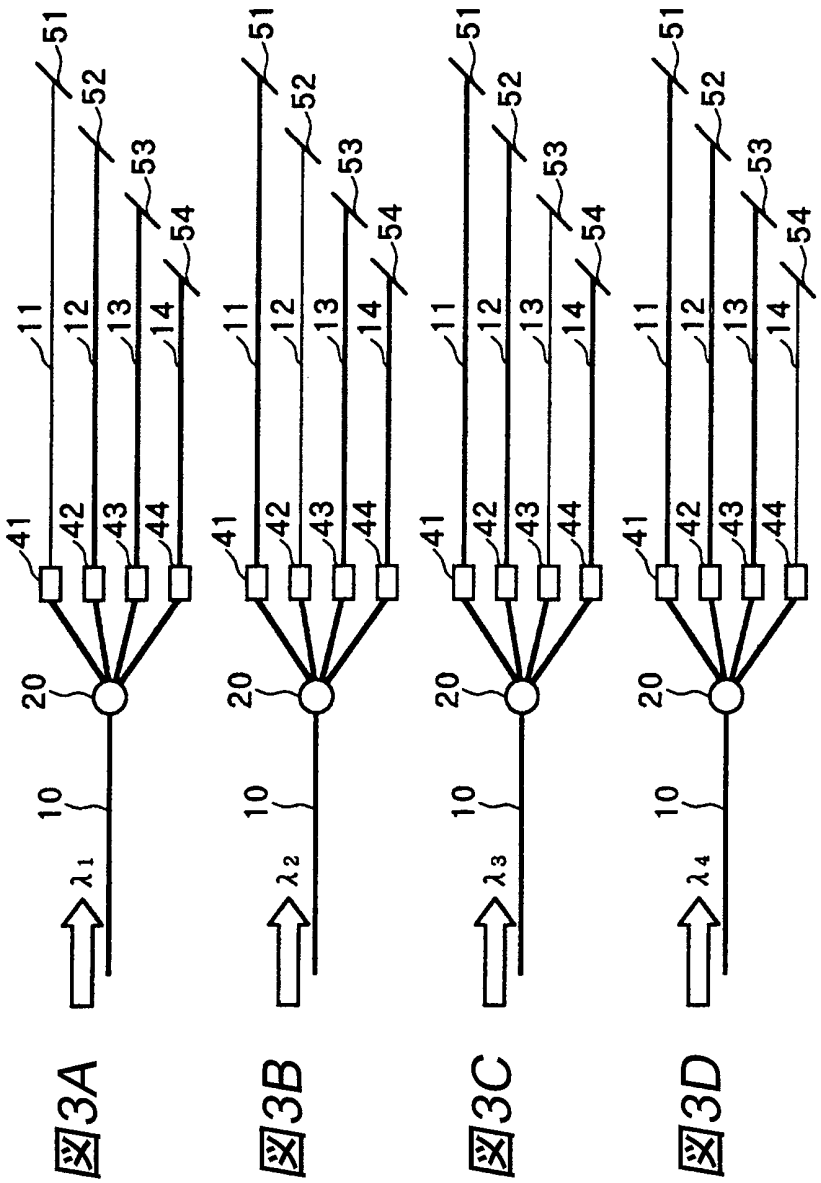


図3A 図3B 図3C 図3D

図4A

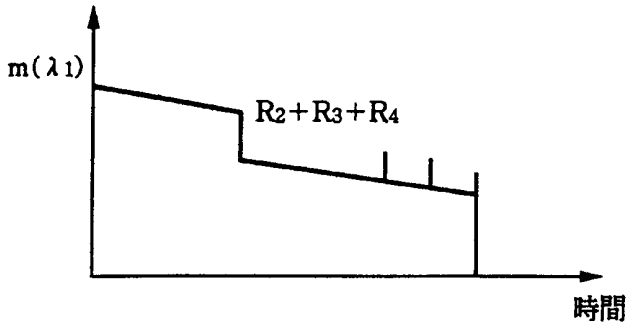


図4B

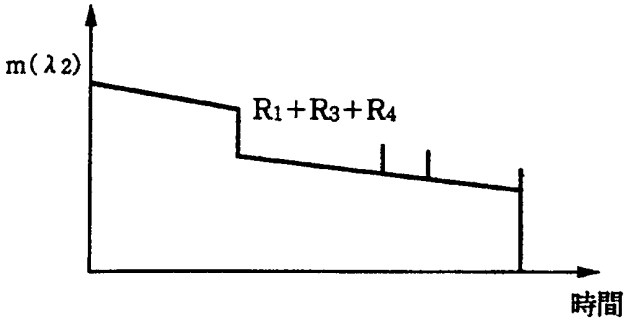


図4C

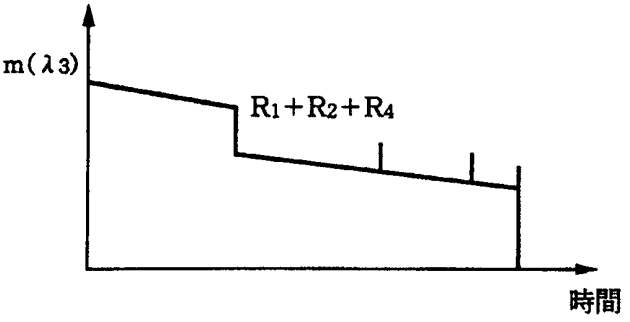
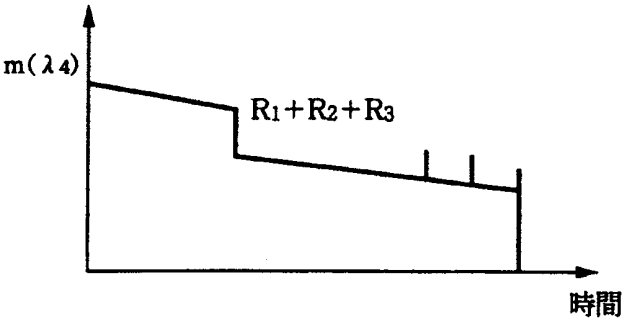


図4D



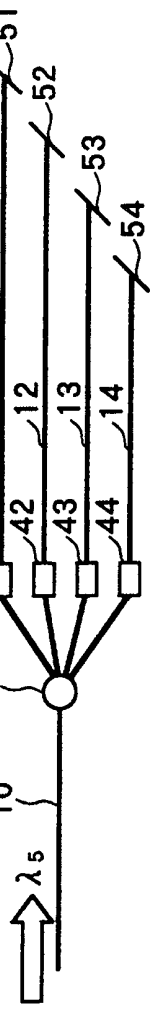

51
52
53
54
11
12
13
14
41
42
43
44
20
10
λ5

図5A

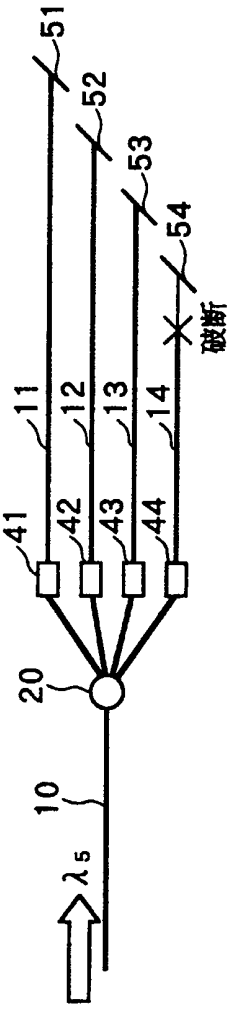

51
52
53
54
破断
11
12
13
14
41
42
43
44
20
10
λ5

図5B

図6A

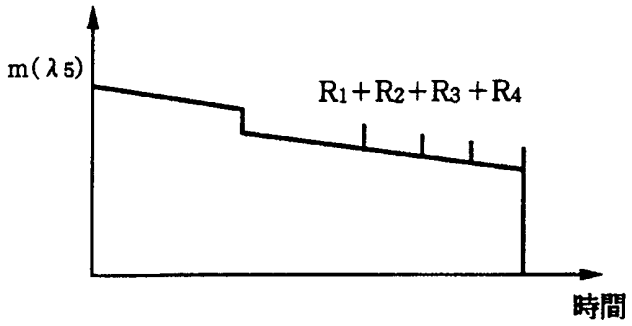
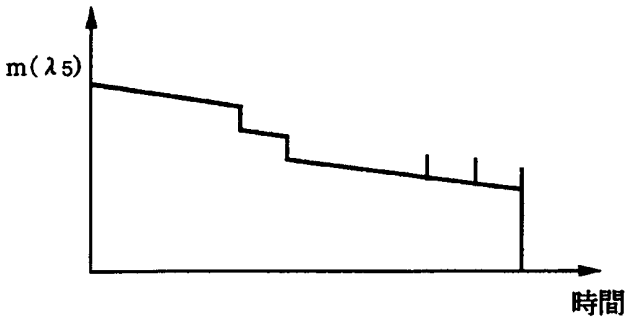


図6B



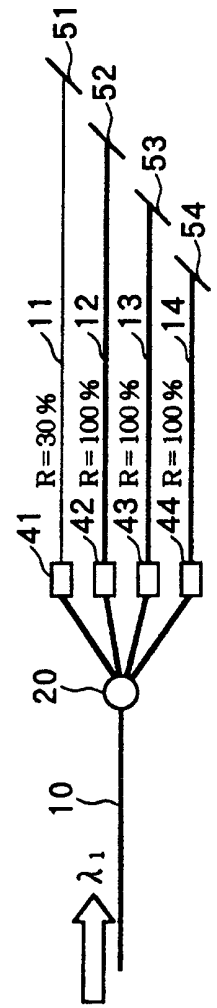
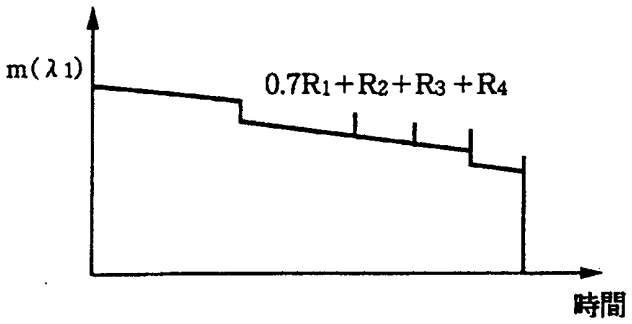


図7

図8



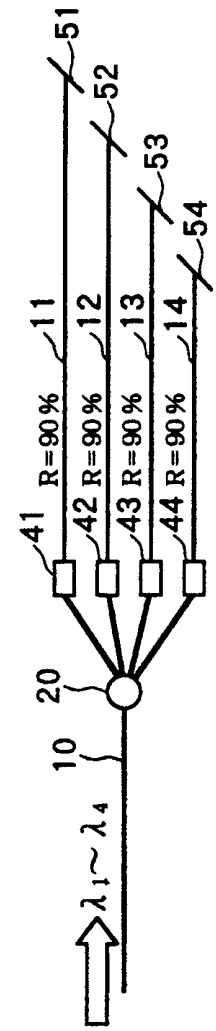


図9

図10

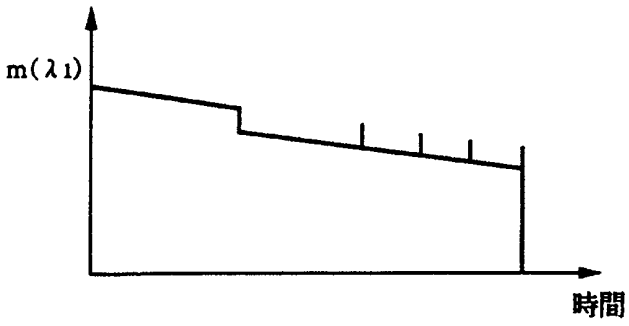


図11A

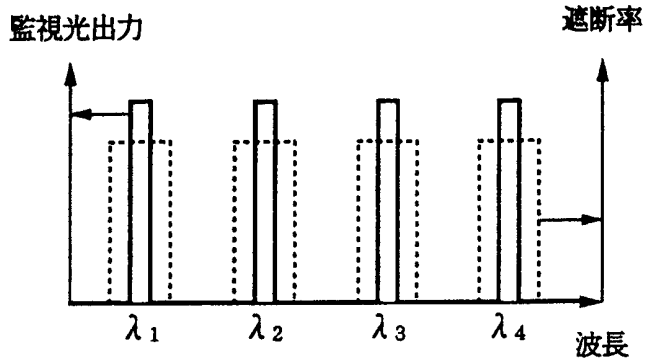
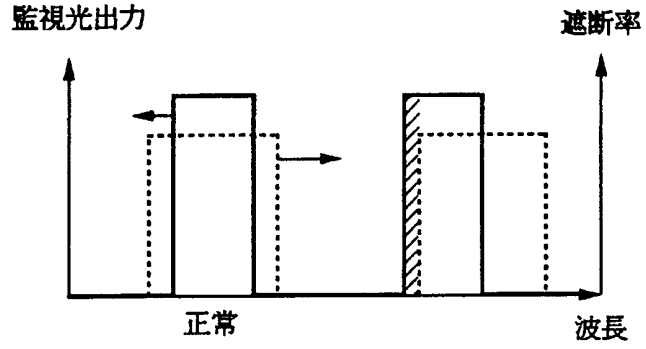


図11B



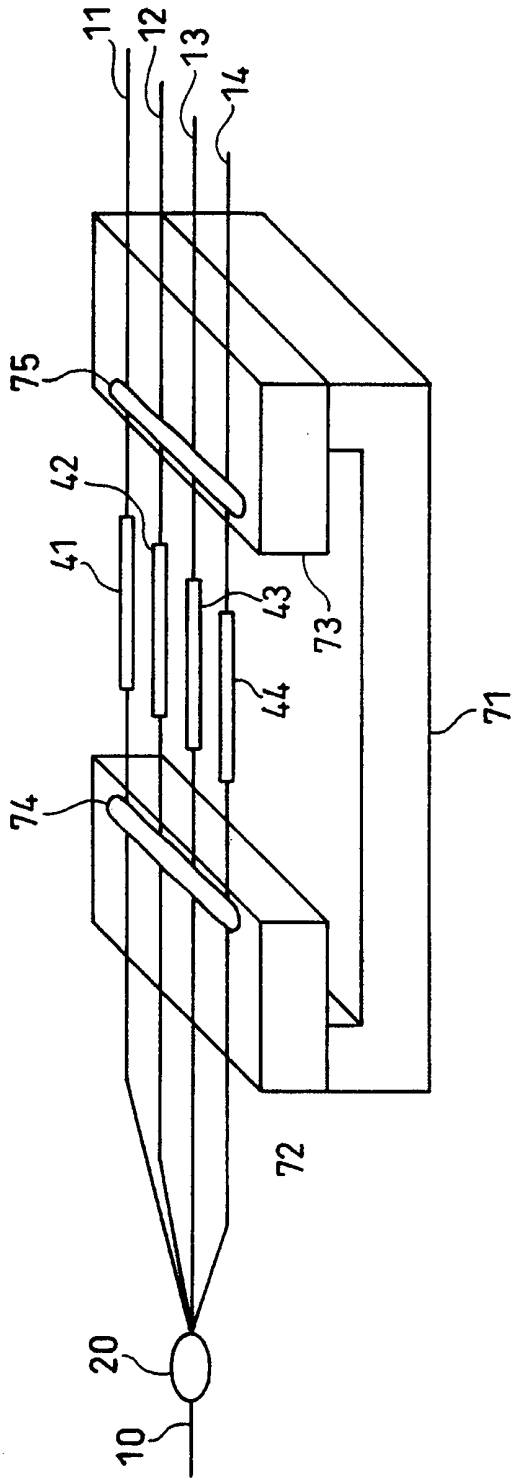


図12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP99/00510

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[6] G01M11/00, H04B10/08

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)
Int.Cl[6] G01M11/00-11/02, H04B10/08, G02B6/00-6/43

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	JP, 9-135206, A (Hitachi Cable,Ltd.), 20 May, 1997 (20. 05. 97),	
X	Full text ; Figs. 1 to 4	1-6, 12
Y	Full text ; Figs. 1 to 4	7-8
A	Full text ; Figs. 1 to 4 (Family: none)	9-11, 13-15
	JP, 6-350530, A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 22 December, 1994 (22. 12. 94),	
X	Full text ; Figs. 1 to 4	1-3, 5-6, 12
A	Full text ; Figs. 1 to 4 (Family: none)	4, 7-11, 13-15
	JP, 9-145941, A (AT&T Corp.), 6 June, 1997 (06. 06. 97),	
Y	Full text ; Figs. 1 to 8	7
Y	Par. No. [0005] & EP, 767391, A2 & US, 5703978, A	8
A	JP, 4-220541, A (The Fujikura Cable Works, Ltd.), 11 August, 1992 (11. 08. 92), Full text ; Figs. 1 to 8 (Family: none)	1-15

☐ 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 document 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
5 April, 1999 (05. 04. 99)	13 April, 1999 (13. 04. 99)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ９９／００５１０

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl[6] Ｇ０１Ｍ１１／００，Ｈ０４Ｂ１０／０８

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[6] Ｇ０１Ｍ１１／００－１１／０２，Ｈ０４Ｂ１０／０８，Ｇ０２Ｂ６／００－６／４３

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	１９７１－１９９９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－１９９９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－１９９９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）

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
X Y A	ＪＰ，９－１３５２０６，Ａ（日立電線株式会社） ２０．５月．１９９７（２０．０５．９７） 全文，第１－４図 全文，第１－４図 全文，第１－４図 （ファミリーなし）	１－６，１２ ７－８ 9-11, 13-15
X A	ＪＰ，６－３５０５３０，Ａ（古河電気工業株式会社） ２２．１２月．１９９４（２２．１２．９４） 全文，第１－４図 全文，第１－４図 （ファミリーなし）	1-3, 5-6, 12 4, 7-11, 13-15

☒ 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 ０５．０４．９９	国際調査報告の発送日 13 April 1999 (13.04.99)
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） 鈴木　俊光　　２Ｗ　９１１５ 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　６６２９

様式ＰＣＴ／ＩＳＡ／２１０（第２ページ）（１９９８年７月）

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ９９／００５１０

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
	ＪＰ，９－１４５９４１，Ａ（エイ・ティ・アンド・ティ・コーポレーション） ６．６月．１９９７（０６．０６．９７）	
Ｙ	全文，第１－８図	7
Ｙ	段落番号【０００５】 ＆ ＥＰ，７６７３９１，Ａ２ ＆ ＵＳ，５７０３９７８，Ａ	8
Ａ	ＪＰ，４－２２０５４１，Ａ（藤倉電線株式会社） １１．８月．１９９２（１１．０８．９２） 全文，第１－８図 （ファミリーなし）	１－１５