

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3180959号
(P3180959)

(45)発行日 平成13年7月3日(2001.7.3)

(24)登録日 平成13年4月20日(2001.4.20)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	
G 0 2 B 6/00		G 0 2 B 6/00	B
G 0 1 B 11/16		G 0 1 B 11/16	Z
G 0 1 D 5/26		G 0 1 D 5/26	D
G 0 1 K 11/12		G 0 1 K 11/12	C

請求項の数8(全 6 頁)

(21)出願番号	特願平10-502656	(73)特許権者	999999999 株式会社インターアクション 神奈川県横浜市金沢区福浦1丁目1 横 浜金沢ハイテクセンタービル1階
(86) (22)出願日	平成9年5月26日(1997.5.26)	(73)特許権者	999999999 渡辺 一弘 神奈川県逗子市桜山2丁目4番29号
(86)国際出願番号	PCT/JP97/01766	(72)発明者	渡辺 一弘 神奈川県逗子市桜山2丁目4番29号
(87)国際公開番号	WO97/48994	(72)発明者	木地 英雄 神奈川県三浦郡葉山町長柄705番の261
(87)国際公開日	平成9年12月24日(1997.12.24)	(74)代理人	999999999 弁理士 吉田 芳春
審査請求日	平成10年10月30日(1998.10.30)	審査官	吉田 英一
(31)優先権主張番号	特願平8-162179		
(32)優先日	平成8年6月21日(1996.6.21)		
(33)優先権主張国	日本 (JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 センサ用光ファイバおよびセンサシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】光伝送路として配設される光ファイバである本線体と、本線体の中途部に融着により接続され本線体のコアと径の異なるコアを有した長さの短い光ファイバであるセンサ素子とを備え、本線体とセンサ素子との界面で光をリークさせてなるセンサ用光ファイバ。

【請求項2】請求の範囲1のセンサ用光ファイバにおいて、センサ素子は本線体の中途部に規則的または不規則的な間隔を介して多数個接続されていることを特徴とするセンサ用光ファイバ。

【請求項3】請求の範囲1または2のセンサ用光ファイバにおいて、本線体の光ファイバとセンサ素子の光ファイバとの伝送モードが異なることを特徴とするセンサ用光ファイバ。

【請求項4】光伝送路として配設される光ファイバであ

る本線体と、本線体の中途部に融着により接続され本線体のコアと屈折率の異なる光伝送可能な材質で長さが短く形成されたセンサ素子とを備え、本線体とセンサ素子との界面で光をリークさせてなるセンサ用光ファイバ。

【請求項5】請求の範囲4のセンサ用光ファイバにおいて、センサ素子は本線体の中途部に規則的または不規則的な間隔を介して多数個接続されていることを特徴とするセンサ用光ファイバ。

【請求項6】請求の範囲4のセンサ用光ファイバにおいて、センサ素子は本線体の中途部に1個のみ接続されていることを特徴とするセンサ用光ファイバ。

【請求項7】センサ用光ファイバと、センサ用光ファイバの後方散乱光を利用してセンサ用光ファイバの配設ラインの周囲の情報を検出する測定機器とを備えてなるセンサシステムにおいて、センサ用光ファイバは、光伝送

路として配設される光ファイバである本線体と、本線体の中途部に接続され本線体のコアと径の異なるコアを有した長さの短い光ファイバであるセンサ素子とを備えて本線体とセンサ素子との界面で光をリークさせてなり、センサ素子の個数、接続間隔、コアの径を異ならせて複数本が配設され、センサ用光ファイバと測定機器との間には、検出に利用するセンサ用光ファイバを選択切換える光スイッチが接続されていることを特徴とするセンサシステム。

【請求項8】センサ用光ファイバと、センサ用光ファイバの後方散乱光を利用してセンサ用光ファイバの配設ラインの周囲の情報を検出する測定機器とを備えてなるセンサシステムにおいて、センサ用光ファイバは、光伝送路として配設される光ファイバである本線体と、本線体の中途部に接続され本線体のコアと屈折率の異なる光伝送可能な材質で長さが短く形成されたセンサ素子とを備えて本線体とセンサ素子との界面で光をリークさせてなり、センサ素子の個数、接続間隔を異ならせて複数本が配設され、センサ用光ファイバと測定機器との間には、検出に利用するセンサ用光ファイバを選択切換える光スイッチが接続されていることを特徴とするセンサシステム。

【発明の詳細な説明】

「技術分野」

本発明は、光伝送路、センサ素子の両機能を備えて光の伝送損失から各種の情報を検出するセンサ用光ファイバ、センサシステムに係る技術分野に属する。さらに詳しくは、光の伝送損失からの検出情報の検出感度、検出情報の種類についての改良の技術に関する。

「背景技術」

光ファイバの光伝送路情報の検出手段として、OTDR (Optical Time Domain Reflectometry) 法がある。この手段は、光ファイバにレーザ光等の光パルスを入射させ、光伝送の途中から入射側（後方）に反射して戻ってくる後方散乱光を時間分解して測定するもので、光伝送路の任意の位置の情報を実時間で測定することができるものである。

この検出手段を利用するものとしては、測定機器であるOTDR装置に光ファイバを接続して光伝送路として配設するとともに線状センサとして機能させ、後方散乱光のうち温度依存性の高いラマン散乱光を利用して、光ファイバの配設ライン周囲の温度に係る情報を検出したり、後方散乱光のうち散乱強度の高いレーリ散乱光を利用して、光ファイバの配設ライン周囲の歪みに係る情報を検出する技術が知られている。

なお、ラマン散乱光については、散乱強度が微弱で入射光の波長と散乱光の波長とが異なるという特徴があり、測定機器であるOTDR装置や付属機器が複雑で高価になる傾向がある。このため、レーリ散乱光を利用する技術の汎用化が期待されている。

前述の従来のレーリ散乱光を利用する技術では、レーリ散乱光が温度、歪み等に対する検出感度が低いという特徴から、光ファイバの配設ライン周囲の温度、歪み等に係る情報を検出する手段としての実用化が困難であるという問題点がある。

「発明の開示」

本発明の第1の技術的課題は、レーリ散乱光によるOTDR法を利用した検出情報の検出感度を高めることのできるセンサ用光ファイバを提供することにある。

本発明の第2の技術的課題は、レーリ散乱光によるOTDR法を利用した多種類の同時的に得られる検出情報の検出感度を高めることのできるセンサシステムを提供することにある。

本発明の第1の技術的課題の解決方法は、光伝送路として配設される光ファイバである本線体と、本線体の中途部に融着により接続され本線体のコアと径の異なるコアを有した長さの短い光ファイバであるセンサ素子とを備え、本線体とセンサ素子との界面で光をリークさせてなるセンサ用光ファイバとして構成される。

この解決方法では、光伝送路である本線体の中途部にヘテロ構造体であるセンサ素子が配置され、本線体を伝送された光の一部をセンサ素子との界面でクラッドへリークさせて、本線体の配設ラインの周囲の温度、歪み等によるレーリ散乱光の変化を大きくすることにより、検出情報の検出感度を高めることができる。また、本線体、センサ素子が汎用化されている融着技術で接続され、製造が安価、容易に行われる。さらに、外装構造が従来とほとんど変わらないため、一般的な光ファイバ布設技術を利用して配設することができる。

また、本発明の第1の技術的課題の他の解決方法は、前述の構成において、センサ素子は本線体の中途部に規則的または不規則的な間隔を介して多数個接続されていることを特徴とするセンサ用光ファイバとして構成される。

この解決方法では、本線体の配設ラインに沿ったレーリ散乱光の変化が分布把握され、検出情報の検出感度がより高められるとともに検出情報の検出範囲が長帯化する。

また、本発明の第1の技術的課題の他の解決方法は、前述の構成において、本線体の光ファイバとセンサ素子の光ファイバとの伝送モードが異なることを特徴とするセンサ用光ファイバとして構成される。

この解決方法では、センサ素子で伝送モードのモード変換が起こるため、本線体の配設ラインの周囲の温度、歪み、液体の付着等によるレーリ散乱光の変化がより大きくなって、検出情報の検出感度がより高められる。

また、本発明の第1の技術的課題の他の解決方法は、光伝送路として配設される光ファイバである本線体と、本線体の中途部に融着により接続され本線体のコアと屈折率の異なる光伝送可能な材質で長さが短く形成された

センサ素子とを備え、本線体とセンサ素子との界面で光をリークさせてなるセンサ用光ファイバとして構成される。

この解決方法では、前述と同様の作用、効果が奏されるが、本線体を伝送された光のほとんど全部をセンサ素子との界面でリークさせることができ、本線体の配設ラインの周囲の温度、歪み等によるレーリ散乱光の変化が極端に大きくなる。従って、センサ素子における光の伝送損失が高くなるものの、検出情報の検出感度がより高められることになる。

また、本発明の第1の技術的課題の他の解決方法は、前述の構成において、センサ素子は本線体の中途部に規則的または不規則的な間隔を介して多数個接続されていることを特徴とするセンサ用光ファイバとして構成される。

この解決方法では、前述と同様の作用、効果が奏される。

また、本発明の第1の技術的課題の他の解決方法は、前述の構成において、センサ素子は本線体の中途部に1個のみ接続されていることを特徴とするセンサ用光ファイバとして構成される。

この解決方法では、センサ素子における光の伝送損失が高くなるため、本線体の配設ラインの一点集中の検出に有効的に使用される。

本発明の第2の技術的課題の解決方法は、センサ用光ファイバと、センサ用光ファイバの後方散乱光を利用してセンサ用光ファイバの配設ラインの周囲の情報を検出する測定機器とを備えてなるセンサシステムにおいて、センサ用光ファイバは、光伝送路として配設される光ファイバである本線体と、本線体の中途部に接続され本線体のコアと径の異なるコアを有した長さの短い光ファイバであるセンサ素子とを備えて本線体とセンサ素子との界面で光をリークさせてなり、センサ素子の個数、接続間隔、コアの径を異ならせて複数本が配設され、センサ用光ファイバと測定機器との間には、検出に利用するセンサ用光ファイバを選択切換えする光スイッチが接続されていることを特徴とするセンサシステムとして構成される。

この解決方法では、前述と同様の作用、効果を奏する各センサ用光ファイバからそれぞれ異なる検出情報が同時に伝送され、光スイッチで選択切換えされた検出情報が測定機器で測定されるため、多種類の同時的に得られる検出情報の検出感度を高めることができる。

また、本発明の第2の技術的課題の他の解決方法は、センサ用光ファイバと、センサ用光ファイバの後方散乱光を利用してセンサ用光ファイバの配設ラインの周囲の情報を検出する測定機器とを備えてなるセンサシステムにおいて、センサ用光ファイバは、光伝送路として配設される光ファイバである本線体と、本線体の中途部に接続される本線体のコアと屈折率の異なる光伝送可能な材

質で長さが短く形成されたセンサ素子とを備えて本線体とセンサ素子との界面で光をリークさせてなり、センサ素子の個数、接続間隔を異ならせて複数本が配設され、センサ用光ファイバと測定機器との間には、検出に利用するセンサ用光ファイバを選択切換えする光スイッチが接続されていることを特徴とするセンサシステムとして構成される。

この解決方法では、前述の請求の範囲4の作用、効果を奏する各センサ用光ファイバからそれぞれ異なる検出情報が同時に伝送され、光スイッチで選択切換えされた検出情報が測定機器で測定されるため、多種類の同時的に得られる検出情報の検出感度を高めることができる。

前述の各解決方法の検出情報の対象となるものとしては、歪み、温度、火災、浸水、振動、破断、角度等が挙げられる。また、前述の各解決方法は、他のセンサ類との協同が可能である。

「図面の簡単な説明」

図1は、本発明に係るセンサ用光ファイバを示す使用状態図である。図2は、図1の表示部の表示の拡大図である。図3は、図1の要部の拡大断面図である。図4は、図3の変形例を示す図である。図5は、図3、図4の変形例を示す図である。図6は、図1の別の使用例を示す使用状態図である。図7は、本発明に係るセンサシステムを示すブロック図である。

「発明を実施するための最良の形態」

以下、本発明に係るセンサ用光ファイバおよびセンサシステムを実施するための最良の形態を図面に基いて説明する。

図1～図6は、本発明に係るセンサ用光ファイバの形態を示している。

この形態では、図1に示すように、測定機器であるOTDR装置1に光ファイバを接続したOTDR法の実施装置からなる構成に組込まれてなるものを示してある。なお、OTDR装置1は、波形表示が可能な表示部11や光パルスの発振を制御可能な操作部12等を備えている。

この形態は、図3～図5に詳細に示されるように、OTDR装置1に接続された光ファイバが本線体2と長さcが比較的短いセンサ素子3とから構成されてなるものである。そして、本線体2、センサ素子3からなる光ファイバは、被検出対象Sに沿って配設される。なお、本線体2、センサ素子3からなる光ファイバの外装構造が従来とほとんど変わらないため、一般的な光ファイバ布設技術を利用することができる。

本線体2、センサ素子3は、ともに、コア21、31と、コア21、31と外周を囲むクラッド22、32と、クラッド22、32の外周を囲む図示しない外皮部とからなる。ただし、本線体2のコア21の径aとセンサ素子3のコア31の径bとは、本線体2のコア21の径aが大(図3参照)またはセンサ素子3のコア31の径bが大(図4参照)のように異なっている。本線体2、センサ素子3の伝送モー

ド(単一モード型、多モード型)は、同一、非同ーの組合せを選択することが可能である。さらに、センサ素子3については、図5に示すように、本線体2のコア21と屈折率の異なる光伝送可能な材質で形成して、コア31、クラッド32の内外積層構造を備えないようにすることもできる。

なお、図3に示したセンサ素子3については、波長 $1.3\mu\text{m}$ で単一モード型である本線体2のコア21の径 a が約 $9.0\mu\text{m}$ (OZ Optics社製、SMJ-3Y-1300-9/125)に対して、単一モードであるセンサ素子3のコア31の径 b が約 $3.0\mu\text{m}$ (Newport社製、F-SA)または約 $5.0\mu\text{m}$ (Newport社製、F-SF)を融着したところ、センサ素子3の長さ c が $2\sim 10\text{mm}$ 程度で検出感度を顕著に高めることができた。

また、本線体2、センサ素子3は、軸線に直交する界面4で同軸に接続されている。この接続には、汎用化されている放電による融着手段が採用される。従って、安価、容易な製造が可能である。なお、センサ素子3は、図面では本線体2の軸方向へ規則的な間隔を介して4個配置されている。

この形態によると、配設された本線体2が光伝送路となつて、OTDR装置1から光パルスが伝送される。伝送された光パルスは、本線体2の中途部にあるヘテロ構造体である各センサ素子3との界面4で一部がクラッド22、32にリークする(図5に示したセンサ素子3では、ほとんど全部がセンサ素子3全体にリークする)。また、本線体2、センサ素子3の伝送モードが異なる場合には、モード変換に伴う伝送損失も生ずる。従って、OTDR装置1の表示部11には、図2に示すように、リーク、モード変換による伝送損失がレーリ散乱光の変化として4つの段差A、B、C、Dで表示されることになる。なお、本線体2、センサ素子3が機械的なコネクタ等で接続されず融着で接続され、各接続点の接続精度が均等化されているため、各段差A、B、C、Dの波形が近似することになる。なお、段差A、B、C、Dの前には、屈折率の差によって生じるフレネル反射成分の小さなピークが生じる場合もある。

この結果、被検出対象Sに温度、歪み等に係る変化が生ずると、前述のリークによる伝送損失が増加したり、モード変換効率が変化するため、前記段差A、B、C、Dが増減してOTDR装置1の表示部11に表示されることになる。即ち、段差A、B、C、Dがない場合に比して、被検出対象Sの温度、歪み等に係る変化の検出感度が高くなる。また、段差A、B、C、Dの増減の対比から、被検出対象Sの温度、歪み等に係る変化の位置を確実に検出することができる。

なお、図5に示したセンサ素子3では、本線体2を伝送された光のほとんど全部をセンサ素子3との界面でリークさせるため、本線体2の配設ラインの周囲の温度、歪み等によるレーリ散乱光の変化が極端に大きくなる。

従って、検出情報の検出感度がより高められるものの、センサ素子3における光の伝送損失が高くなることから、本線体2にセンサ素子3を1個のみ接続するのが有効な接続構造となる。

図6は、被検出対象Sに対して、本線体2、センサ素子3を2ライン配設した例を示してある。各ラインは、スプリッタ等の接続器5を介して分岐されている。

図6に示した使用例によると、被検出対象Sの温度、歪み等に係る変化を多面的に検出することが可能になる。なお、この使用例では、2ラインを個別に検出動作させることもできるし、比較、演算手段を備えて2ラインを同時に検出動作させて総合表示させることもできる。

図7は、本発明に係るセンサシステムの形態を示している。

この形態では、前述の本発明に係るセンサ用光ファイバがセンサ素子3の個数、接続間隔、コア31の径 b 等を異ならせて複数本配設され、異なる検出情報を同時に伝送するように構成されている。各センサ用光ファイバの検出情報は、センサ用光ファイバが集束された光スイッチ6により選択切換えされて、測定機器であるOTDR装置1に入力されるようになっている。光スイッチ6は、コントローラ7で選択切換制御される。コントローラ7は、演算装置を内蔵してOTDR装置1から送信された検出情報を総合、解析してモニタ8に表示する。

この形態によると、各センサ用光ファイバからそれぞれ異なる検出情報が同時に伝送され、光スイッチ6で選択切換えされた検出情報がOTDR装置1で測定されるため、多種類の同時的に得られる検出情報の検出感度を高めることができる。また、これ等の検出情報は、コントローラ7で解析されてモニタ8に波形よりも高度の表現手段(グラフ、動画等)で表示される。なお、コントローラ7は、複数の検出情報を総合して解析することも可能である。

「産業上の利用可能性」

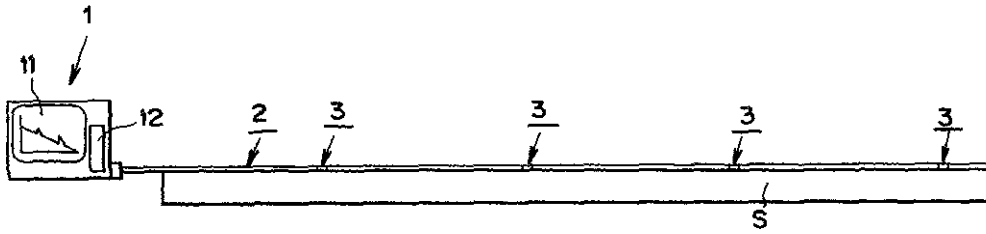
本発明の用途としては、以下のものが考えられる。

- (1) 一般ビル、高層ビル、高速道路、高架橋、トンネル、ダム、飛行場、港湾設備、工場設備等の建築構造物の歪み、疲労、破断等の検出。
- (2) 航空機の機体、船舶の船体、自動車の車体、鉄道車両の車体、宇宙船の船体、宇宙ステーションの船体等の移動構造物の歪み、疲労、破断等の検出。
- (3) 鉄骨、壁材、床材、天井材、接続用ボルト等の一般建築材料の歪み、疲労、破断等の検出。
- (4) オイルパイプライン、ガスライン、水道ライン、電力ケーブル、通信ケーブル(地上、海底)等のライフラインの歪み、疲労、破断等の検出。
- (5) 建造物、公園、屋外施設の侵入、環境保全の監視。
- (6) 地殻変動、地盤沈下の監視(地震予知)。

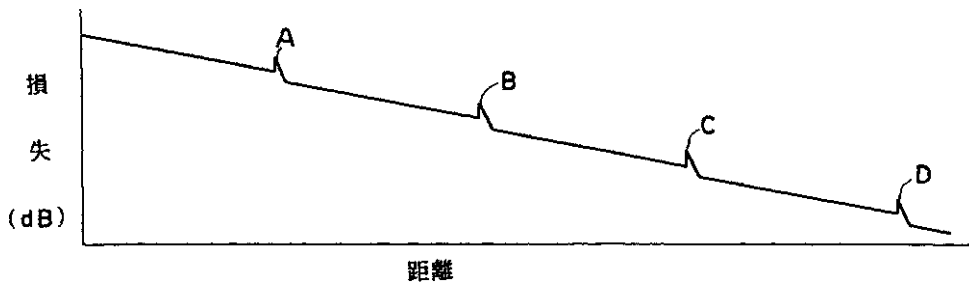
(7) 生体の監視、観察。

(8) 液体付着の検知。

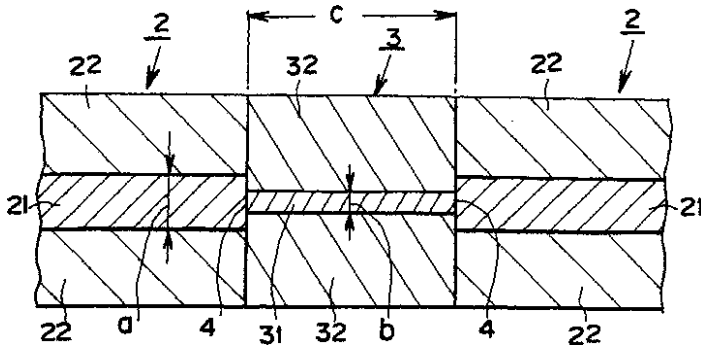
【第1図】



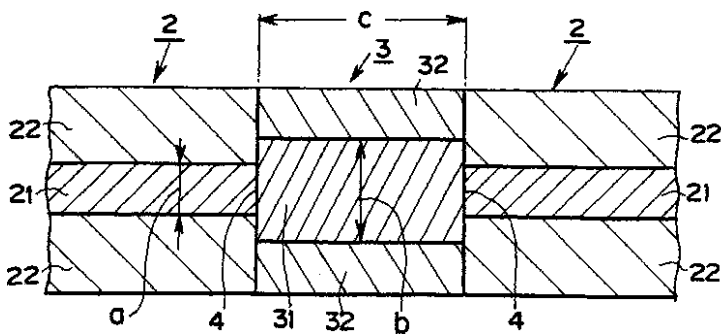
【第2図】



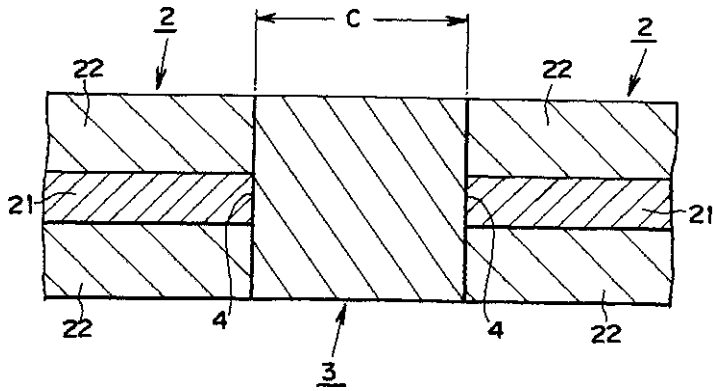
【第3図】



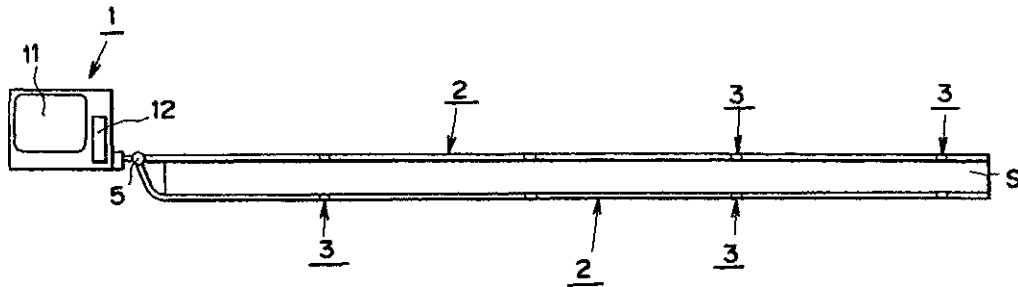
【第4図】



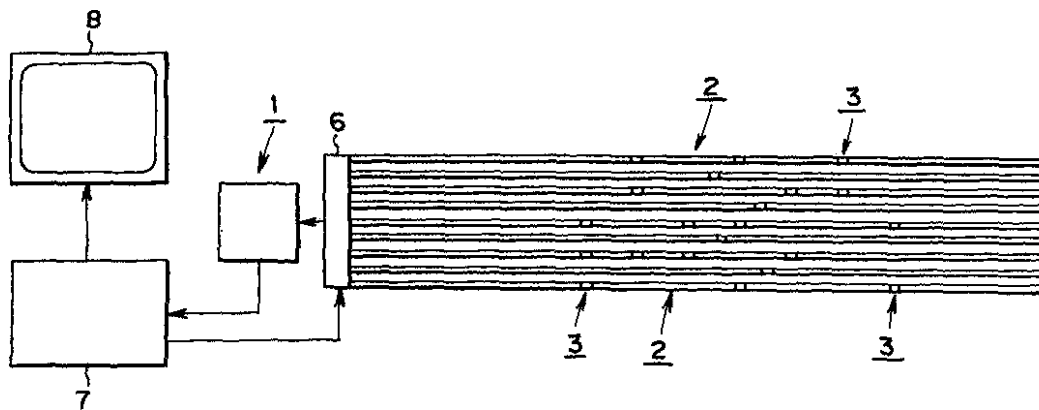
【第5図】



【第6図】



【第7図】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平8 - 125607 (J P , A)
 特開 昭57 - 78002 (J P , A)
 特開 昭63 - 286739 (J P , A)
 特開 平2 - 130447 (J P , A)
 特開 平4 - 86510 (J P , A)
 特開 平7 - 63921 (J P , A)
 実開 昭55 - 57706 (J P , U)

(58)調査した分野(Int.Cl.7, D B名)
 G02B 6/00
 G01B 11/16
 G01D 5/26
 G01K 11/12
 G01M 11/00