

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6281228号
(P6281228)

(45) 発行日 平成30年2月21日 (2018. 2. 21)

(24) 登録日 平成30年2月2日 (2018. 2. 2)

(51) Int. Cl.	F I
G O 2 B 6/44 (2006.01)	G O 2 B 6/44 3 O 1 Z
G O 2 B 6/02 (2006.01)	G O 2 B 6/02 A
G O 1 K 11/32 (2006.01)	G O 1 K 11/32 Z

請求項の数 7 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2013-209945 (P2013-209945)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成25年10月7日 (2013. 10. 7)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2015-75519 (P2015-75519A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成27年4月20日 (2015. 4. 20)	(74) 代理人	100091672
審査請求日	平成28年6月6日 (2016. 6. 6)		弁理士 岡本 啓三
		(72) 発明者	武井 文雄
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	宇野 和史
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	大城 貴士
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバケーブル及び温度分布測定システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

温度分布測定に用いる光ファイバケーブルにおいて、
 少なくとも周面が有機材料により形成されたワイヤ状のテンションメンバと、
 前記テンションメンバの周囲に巻き付けられた光ファイバ心線と、
 前記光ファイバ心線の長さ方向に沿って所定のピッチで配置され、前記光ファイバ心線を部分的に前記テンションメンバに固定する固定部とを有し、
 前記テンションメンバ及び前記光ファイバ心線が測定環境中に露出していることを特徴とする光ファイバケーブル。

【請求項 2】

前記テンションメンバの周面の熱伝導率が、 0.1 W/mK 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバケーブル。

【請求項 3】

前記テンションメンバの曲げ応力 G が、 $0.1 \text{ MPa} \leq G \leq 30 \text{ MPa}$ であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光ファイバケーブル。

【請求項 4】

前記テンションメンバの 1 m 当たりの前記光ファイバ心線の巻き数が、100 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の光ファイバケーブル。

【請求項 5】

前記テンションメンバの外周面が撥水性であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のい

10

20

れか1項に記載の光ファイバケーブル。

【請求項6】

ワイヤ状のテンションメンバと前記テンションメンバの周囲に巻き付けられた光ファイバ心線とを有する光ファイバケーブルと、

前記光ファイバケーブルの前記光ファイバ心線に光学的に接続される温度分布測定装置とを具備し、

前記光ファイバケーブルの前記テンションメンバは少なくとも周面が樹脂材料により形成され、

前記光ファイバ心線はその長さ方向に沿って所定のピッチで配置された固定部において前記テンションメンバに固定され、

前記テンションメンバ及び前記光ファイバ心線が測定環境中に露出していることを特徴とする温度分布測定システム。

10

【請求項7】

前記テンションメンバの外周面が撥水性であることを特徴とする請求項6に記載の温度分布測定システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ファイバケーブル及び温度分布測定システムに関する。

【背景技術】

20

【0002】

近年、農作物の育成環境を管理して、収穫量の増加や品質の向上、及び病虫害の忌避を図ることが試みられている。農作物の育成環境を管理するためには、育成環境の温度測定が重要となる。特にハウス栽培における高付加価値農産物では、ハウス内の各所の温度を検出し、育成環境を均一化することが求められる。

【0003】

従来は、例えば農作地100m²あたりに1個程度の割合で温度センサを設置している。しかし、育成環境をより詳細に管理するためには、より高密度な温度測定が重要となる。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】WO2010/125712

【特許文献2】特開2010-160081号公報

【特許文献3】特開平7-280664号公報

【特許文献4】特開平2-154127号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

曲げ応力や引張り応力に対する耐性が高く、広範囲な場所の温度測定に好適な光ファイバケーブル、及びその光ファイバケーブルを使用した温度分布測定システムを提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

開示の技術の一観点によれば、温度分布測定に用いる光ファイバケーブルにおいて、少なくとも周面が有機材料により形成されたワイヤ状のテンションメンバと、前記テンションメンバの周囲に巻き付けられた光ファイバ心線と、前記光ファイバ心線の長さ方向に沿って所定のピッチで配置され、前記光ファイバ心線を部分的に前記テンションメンバに固定する固定部とを有し、前記テンションメンバ及び前記光ファイバ心線が測定環境中に露出している光ファイバケーブルが提供される。

50

【0007】

開示の技術の他の一観点によれば、ワイヤ状のテンションメンバと前記テンションメンバの周囲に巻き付けられた光ファイバ心線とを有する光ファイバケーブルと、前記光ファイバケーブルの前記光ファイバ心線に光学的に接続される温度分布測定装置とを具備し、前記光ファイバケーブルの前記テンションメンバは少なくとも周面が樹脂材料により形成され、前記光ファイバ心線はその長さ方向に沿って所定のピッチで配置された固定部において前記テンションメンバに固定され、前記テンションメンバ及び前記光ファイバ心線が測定環境中に露出している温度分布測定システムが提供される。

【発明の効果】

【0008】

10

上記一観点に係る光ファイバケーブルは、曲げ応力や引張り応力に対する耐性が高く、温度変化に対する応答性もよい。

【0009】

上記一観点に係る温度分布測定装置は、上記の曲げ応力や引張り応力に対する耐性が高く、温度変化に対する応答性がよい光ファイバケーブルを使用するので、農作物の育成環境の温度管理に好適である。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1(a)は実施形態に係る光ファイバケーブルの一部を拡大して示す模式図であり、図1(b)は図1(a)のI-I線による断面図である。

20

【図2】図2(a)は曲げ応力及び引張り応力が印加されていないときの光ファイバケーブルの模式図、図2(b)は曲げ応力が印加されたときの光ファイバケーブルの模式図、図2(c)は引張り応力が印加されたときの光ファイバケーブルの模式図である。

【図3】図3は、温度分布測定システムを示す図である。

【図4】図4は、テンションメンバの曲げ応力Gと曲げ半径Rとの関係を表した図である。

【図5】図5は、テンションメンバの周面の熱伝導率kと温度偏差 ΔT との関係を調べた結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

30

以下、実施形態について説明する前に、実施形態の理解を容易にするための予備的事項について説明する。

【0012】

前述したように、従来は農作地 100m^2 あたりに1個程度の割合で温度センサを設置して、農作物の育成環境の温度を測定している。しかし、農作物の育成環境をより詳細に管理するためには、より高密度な温度測定が重要になる。

【0013】

その場合、温度センサとしてサーミスタ、白金抵抗体及び熱電対等のいわゆるポイント型温度センサを使用すると、温度センサと測定装置とを接続するために多数の配線が必要になり、設置コストやメンテナンスコストが膨大となるという問題が発生する。

40

【0014】

このような問題を回避するために、赤外線サーモグラフィを使用して農作物の育成環境の温度分布を測定することも考えられる。しかし、赤外線サーモグラフィでは、物体の表面温度を測定することはできるものの、空間の温度分布を測定することはできない。

【0015】

そこで、温度センサとして光ファイバを使用することが考えられる。本願発明者らは、光ファイバにより検出した温度分布に対し伝達関数を用いた補正計算を行う温度測定方法を提案している(特許文献1, 2等)。この方法によれば、光ファイバの長さ方向に沿って 10cm ～数 10cm の間隔で設定された測定ポイントの温度を精度よく検出することができる。

50

【0016】

ところで、通常、光ファイバは、その周面を樹脂等の被覆材で被覆しており、傷や汚れから光ファイバを保護している。しかし、被覆材の厚さを過度に厚くすると、温度変化に対する応答性が悪くなる。

【0017】

そのため、温度センサとして使用される光ファイバの場合、被覆材の厚さはできるだけ薄くすることが好ましい。例えばデータセンターで温度測定に使用している光ファイバのファイバ径は125 μm 、被覆材の厚さは0.06 mm～0.3 mm程度である。以下、被覆材により被覆された光ファイバを、光ファイバ心線と呼ぶ。

【0018】

光ファイバ心線を農作物の育成環境の温度測定に使用する場合、例えば農作物の成長にともなって光ファイバ心線の敷設位置を変更することが必要になることがある。また、農作業の邪魔になるため、一時的に光ファイバ心線を撤去することもある。

【0019】

それらの作業中に光ファイバに強い曲げ応力や引張り応力が印加されると、光ファイバの光学特性が変化して、温度の測定精度が著しく低下してしまう。また、光ファイバ心線は細いため、強い応力の印加により光ファイバ心線が断線してしまうことも考えられる。

【0020】

このような問題を解消するために、例えば光ファイバ心線に沿って鋼線を配置し、光ファイバ心線と鋼線とを二次被覆材で被覆して一体化してしまうことが考えられる。これにより、鋼線がテンションメンバとして機能し、光ファイバ心線に印加される応力が軽減されて、光ファイバの断線や光学特性の劣化を回避することができる。

【0021】

しかし、その場合は、光ファイバ心線と鋼線とが密着しており、且つ鋼線の熱伝導率が高く熱容量が大きいため、光ファイバの温度は鋼線の温度の影響を強く受けてしまう。このため、光ファイバの温度が周囲の温度変化に追従できなくなり、温度変化に対する応答性が著しく劣化するという新たな問題が発生する。

【0022】

以下の実施形態では、曲げ応力や引張り応力に対する耐性が高く、広範囲な場所の温度測定に好適な光ファイバケーブル、及びその光ファイバケーブルを使用した温度分布測定システムについて説明する。

【0023】

(実施形態)

図1(a)は実施形態に係る光ファイバケーブルの一部を拡大して示す模式図であり、図1(b)は図1(a)のI-I線による断面図である。

【0024】

図1(a)に示すように、本実施形態に係る光ファイバケーブル10は、少なくとも周面が有機材料よりなるワイヤ状のテンションメンバ11と、テンションメンバ11の周囲に比較的大きなピッチで螺旋状に巻き付けられた光ファイバ心線12とを有する。そして、光ファイバ心線12は、光ファイバ心線12の長さ方向に所定のピッチで点状に塗布された接着剤13により、テンションメンバ11に部分的に接着されている。

【0025】

光ファイバ心線12は、図1(b)に示すように、光ファイバ12aと、光ファイバ12aの周囲を被覆する被覆材12bとを有する。光ファイバ12aは例えばファイバ径が125 μm 、コア径が50 μm のマルチモード石英光ファイバであり、被覆材12bは例えばポリウレタン樹脂又はポリエステル樹脂により形成されている。また、被覆材12bの厚さは、例えば0.06 mm～0.3 mmである。光ファイバ心線12は、テンションメンバ11の周囲に、大きな弛みができない程度に緩く巻き付けられている。

【0026】

テンションメンバ11は、例えばシリコーンゴム(ポリオルガノシロキサン系エラスト

10

20

30

40

50

マー)により形成されており、直径が例えば8mmである。本実施形態では、図1(b)に示すように、テンションメンバ11として断面がリング状(中空)のワイヤを使用しているが、断面が円形のワイヤを使用してもよい。また、テンションメンバ11の材料として、他の有機材料を使用してもよい。更に、テンションメンバ11は単線であってもよく、撚り線であってもよい。

【0027】

テンションメンバ11の外周面は、水分の付着による温度の測定誤差を小さくするために撥水性であることが好ましい。例えば、テンションメンバ11の外周面は、水に対する接触角が100°以上となる撥水性を備えていることが好ましい。また、例えばテンションメンバ11を2層構造とし、内周側に強度が高い樹脂の層を配置し、外周側に撥水性を有する樹脂の層を配置してもよい。

10

【0028】

テンションメンバ11と光ファイバ心線12との接着に用いられる接着剤13は柔軟性を有するものが好ましく、例えばシリコン系接着剤、ポリウレタン系接着剤、アクリル系接着剤、又はクロロプレンゴム系接着剤等を使用することができる。

【0029】

図2(a)は、曲げ応力及び引張り応力が印加されていないときの光ファイバケーブル10の模式図である。また、図2(b)は、曲げ応力が印加されたときの光ファイバケーブル10の模式図であり、図2(c)は引張り応力が印加されたときの光ファイバケーブル10の模式図である。

20

【0030】

図2(a)に示すように、光ファイバ心線12は、光ファイバ心線12の長さ方向に所定のピッチで点状に塗布された接着剤により、テンションメンバ11に部分的に接着されている。図2(a)～図2(c)では、接着剤により光ファイバ心線12とテンションメンバ11とが接着された部分(以下、「固定部」という)を、符号13bで示している。

【0031】

図2(b)に示すように、光ファイバケーブル10に曲げ応力が印加されてテンションメンバ11が湾曲すると、テンションメンバ11の一方の側(図2(b)では上側)に引張り応力が働き、他方の側に(図2(b)では下側)に圧縮応力が働く。これにより、固定部13b間の距離(テンションメンバ11の長さ方向に沿った距離)が変化する。

30

【0032】

光ファイバ心線12はテンションメンバ11の周りに大きな弛みができない程度に緩く巻回されているため、固定部13b間の距離が変化しても、固定部13b間の光ファイバ心線12には大きな応力は印加されない。これにより、光ファイバ12aの断線や光学特性の劣化が回避される。

【0033】

図2(c)に示すように、光ファイバケーブル10に引張り応力が印加されると、引張り応力に応じてテンションメンバ11が伸長し、固定部13b間の距離が変化する。この場合も、光ファイバ心線12はテンションメンバ11の周りに緩く巻回されているので、固定部13b間の距離が変化しても固定部13b間の光ファイバ心線12に大きな応力は印加されることはなく、光ファイバ12aの断線や光学特性の劣化が回避される。

40

【0034】

図3は、本実施形態に係る光ファイバケーブル10を用いた温度分布測定システムを示す図である。

【0035】

光ファイバ心線12は、光ファイバケーブル10の端部でテンションメンバ11と分離される。そして、光ファイバ心線12は、温度分布測定装置(Distributed Temperature Sensor: DTS)14と光学的に接続される。

【0036】

温度分布測定装置14はレーザ光源と受光部(いずれも図示せず)とを有する。レーザ

50

光源から出射されたレーザ光は、光ファイバ12aの端部から光ファイバ12a内に進入する。温度分布測定装置14は、光ファイバ12a内をレーザ光が通る際に発生する反射光（ラマン散乱光）を受光部で検出し、反射光の強度と時間とから、光ファイバ12aの長さ方向の温度分布を取得する。

【0037】

データ処理装置15は、温度分布測定装置14から出力される光ファイバ12aの長さ方向の温度分布に対し、伝達関数を用いた補正計算を行う。これにより、光ファイバ12aの長さ方向に沿って10cm～数10cmの間隔で設定された測定ポイントの温度を精度よく検出することができる。

【0038】

データ処理装置15に光ファイバケーブル10の敷設経路（平面又は立体空間における敷設経路）を記憶しておけば、光ファイバ12aの長さ方向の温度分布から、光ファイバケーブル10が敷設された平面又は立体空間の温度分布を取得することも可能である。

【0039】

上述したように、本実施形態に係る光ファイバケーブル10では、光ファイバ心線12をテンションメンバ11の周囲に螺旋状に緩く巻き付けている。また、光ファイバ心線12は、テンションメンバ11の長さ方向に所定のピッチで点状に塗布された接着剤13により、テンションメンバ11に部分的に接着されている。

【0040】

このため、光ファイバケーブル10にかかる応力は主にテンションメンバ11に印加され、光ファイバ心線12に大きな応力が印加されることはない。これにより、応力の印加による光ファイバ12aの光学特性の劣化が回避されるという効果を奏する。

【0041】

また、本実施形態に係る光ファイバケーブル10では、少なくともテンションメンバ11の周面が有機材料により形成されているため、テンションメンバ11の周面の熱伝導率が小さい。このため、光ファイバ12aの温度がテンションメンバ11の温度に影響されにくく、環境温度の変化を迅速かつ高精度に測定することができる。

【0042】

以下、本実施形態に係る光ファイバケーブル10の各部の詳細について説明する。

【0043】

（テンションメンバの直径）

テンションメンバ11の直径が大きすぎると、重量が重くなって作業性が悪くなったり、剛性が高くなって曲げにくくなったりする。また、テンションメンバ11の直径が小さすぎると、テンションメンバ11の強度が低くなって、光ファイバ心線12を保護することができなくなってしまう。このため、テンションメンバ11の直径は1mm～50mm程度とすることが好ましい。テンションメンバ11の直径のより好ましい範囲は2mm～20mmである。

【0044】

（テンションメンバの曲げ応力）

テンションメンバ11には、曲げに対する強度（曲げ応力G）が要求される。テンションメンバ11の曲げ応力Gの好適な範囲は、光ファイバ心線12の最小許容曲げ半径に係る。

【0045】

光ファイバ心線12の最小許容曲げ半径はメーカーにより設定されており、最小許容曲げ半径よりも小さい半径で光ファイバ心線12を曲げると、光ファイバ心線12の光学特性が劣化する。ここでは、光ファイバ心線12の最小許容曲げ半径を20mmとする。

【0046】

図4は、横軸にテンションメンバ11の曲げ応力Gをとり、縦軸にテンションメンバ11の曲げ半径Rをとって、両者の関係を表した図である。なお、ここではテンションメンバ11に10Nの応力を印加したときの曲げ半径を示している。

10

20

30

40

50

【0047】

図4からわかるように、テンションメンバ11の曲げ応力Gが0.1MPaよりも小さいと、10Nの応力の印加でテンションメンバ11の曲げ半径Rが光ファイバ心線12の最小許容曲げ半径(20mm)以下となってしまう。

【0048】

一方、テンションメンバ11の曲げ応力Gが30MPaを超えると、光ファイバケーブル10を敷設したり撤去したりする際の作業性が著しく低下する。

【0049】

これらのことから、テンションメンバ11の曲げ応力Gは、0.1MPa～30MPaの範囲内とすることが好ましい。

10

【0050】

(光ファイバ心線の巻回ピッチ)

本実施形態に係る光ファイバケーブル10では、光ファイバ心線12をテンションメンバ11の周囲に巻き付けている。ここでは、テンションメンバ1m当たりの光ファイバ心線の巻き数を巻回ピッチLと呼んでいる。

【0051】

テンションメンバ11の半径方向からテンションメンバ11に巻き付けた光ファイバ心線12を見たときの光ファイバ心線12の形状は、サインカーブで近似される。そして、光ファイバ心線12をテンションメンバ11の周囲に密に巻き付けた場合、すなわち光ファイバ心線12の巻回ピッチLが大きい場合は、光ファイバ心線12の曲げ半径はテンションメンバ11の半径に近づく。

20

【0052】

テンションメンバ11の直径が1mm～5mmの場合、光ファイバ心線12の巻回ピッチLを 100m^{-1} 以下とすれば、光ファイバ心線12の曲げ半径を最小許容曲げ半径よりも大きくすることができる。

【0053】

一方、光ファイバ心線12の巻回ピッチLが 1m^{-1} よりも小さいと、テンションメンバ11が湾曲したときに、テンションメンバ11の湾曲した向きによっては光ファイバ心線12に大きな引張り応力が印加されることがある。

【0054】

このため、光ファイバ心線12の巻回ピッチLは、 $1\text{m}^{-1} \sim 100\text{m}^{-1}$ の範囲内とすることが好ましい。

30

【0055】

(固定部のピッチ)

実施形態では、光ファイバ心線12の長さ方向に一定の間隔で塗布された接着剤13により、光ファイバ心線12を部分的にテンションメンバ11に固定している。固定部13bの間隔が短すぎると、テンションメンバ11に印加された応力が光ファイバ心線12にも印加され、光学特性の劣化を招いてしまう。このため、光ファイバ心線12がテンションメンバ11を1周する間の固定部13bの数は、4箇所以下とすることが好ましい。

【0056】

一方、固定部13bの間隔が大きすぎると、光ファイバ心線12がテンションメンバ11の長さ方向に移動して、温度分布の空間位置精度が低下してしまう。光ファイバ心線12がテンションメンバ11を1周する間に固定部13bが1箇所以上あれば、そのようなおそれはなくなる。

40

【0057】

すなわち、テンションメンバ1m当たりの固定部13bのピッチLfとしたときに、固定部のピッチLfの好ましい範囲は、前述の巻回ピッチLを用いて、 $L \leq Lf \leq 4L$ と表すことができる。

【0058】

(テンションメンバの周面の熱伝導率)

50

テンションメンバ 11 の周面の熱伝導率がある程度以上大きいと、光ファイバ心線 12 の温度がテンションメンバ 11 の温度に影響されてしまうため、環境温度の変化に対する応答性が悪くなる。

【0059】

図5は、横軸にテンションメンバ 11 の周面の熱伝導率 k をとり、縦軸に温度偏差 ΔT をとって、両者の関係を調べた結果を示す図である。ここでは、テンションメンバとして、表面を粗化したシリコングムを使用している。そして、テンションメンバの周囲に光ファイバ心線を 5 m^{-1} の巻回ピッチで巻回し、光ファイバ心線の一部区間の温度を 10°C から 30°C にステップ状に変化させて、30秒後の検出温度と実際の温度との差を温度偏差 ΔT として示している。

10

【0060】

図5からわかるように、テンションメンバの周面の熱伝導率 k が 0.1 W/mK 以下であれば、温度偏差 ΔT を 1°C 以下とすることができる。このことから、テンションメンバの周面の熱伝導率は、 0.1 W/mK 以下とすることが好ましい。

【0061】

(テンションメンバの材質)

前述の実施形態ではテンションメンバの材質をシリコングムとしているが、その他に、エチレンプロピレングム (EPDM)、クロロプレングム (CR)、スチレンブタジエングム (SBR) などを用いることができる。また、オレフィン系、スチレン系、ウレタン系、エステル系、又は塩化ビニル系の熱可塑性エラストマー (TPE) を用いることも

20

【0062】

以下、実施形態に係る光ファイバケーブルを実際に作製し、温度測定を行った実験例について説明する。

【0063】

(実験例1)

光ファイバ心線として、マルチモード・グレーデッドインデックス型石英光ファイバ (古河電工製、HFR-2Z-1) を用意した。この光ファイバ心線の直径は 0.9 mm である。

【0064】

また、テンションメンバとして、外径が 8 mm 、内径が 6 mm のシリコングムのワイヤを用意した。このテンションメンバの曲げ応力は 5 MPa である。

30

【0065】

そして、テンションメンバに光ファイバ心線を巻回ピッチが 10 m^{-1} となるように巻き付け、約 25 cm 毎に点状に塗布した接着剤 (信越シリコン製 RVT KE-1862) により、光ファイバ心線をテンションメンバに接着した。

【0066】

このようにして作製した光ファイバケーブルを、広さが 300 m^2 のイチゴ栽培ハウス内に 300 m にわたり張り巡らし、光ファイバ心線の端部を温度分布測定装置 (SENSA 社製 DTS ULTRA) に接続して、生育環境の温度測定を行った。

【0067】

イチゴの成長に合わせて光ファイバケーブルの設置位置を調整したが、その際に光ファイバ心線の破断や光学特性の劣化はなかった。

40

【0068】

また、この光ファイバケーブルの一部を加熱してステップ状の温度変化を与え、応答特性を調べた。その結果、30秒後に実温度と検出温度との差は 1°C 未満となり、十分な応答特性を備えていることが確認された。

【0069】

(実験例2)

テンションメンバとして、外径が 6 mm の軟質ポリ塩化ビニル製のワイヤを用意した。このテンションメンバの曲げ応力は 20 MPa である。

50

【0070】

このテンションメンバに、実験例1と同様の光ファイバ心線を巻回ピッチが 5 m^{-1} となるように巻き付け、約 50 cm 毎に点状に塗布した接着剤により、光ファイバ心線をテンションメンバに接着した。

【0071】

このようにして作製した光ファイバ温度センサを、メロン栽培の温室中に 500 m にわたり張り巡らして、6箇月間温度管理に用いた。その間、光ファイバ心線の破断や光学特性の劣化はなかった。

【0072】

また、この光ファイバケーブルの一部を加熱してステップ状の温度変化を与え、応答特性を調べた。その結果、30秒後に実温度と検出温度との差は 1°C 未満となり、十分な応答特性を備えていることが確認された。

【0073】

以上の諸実施形態に関し、更に以下の付記を開示する。

【0074】

(付記1) 少なくとも周面が有機材料により形成されたワイヤ状のテンションメンバと、
前記テンションメンバの周囲に巻き付けられた光ファイバ心線と、
前記光ファイバ心線の長さ方向に沿って所定のピッチで配置され、前記光ファイバ心線を部分的に前記テンションメンバに固定する固定部と
を有することを特徴とする光ファイバケーブル。

【0075】

(付記2) 前記テンションメンバの周面の熱伝導率が、 0.1 W/mK 以下であることを特徴とする付記1に記載の光ファイバケーブル。

【0076】

(付記3) 前記テンションメンバの曲げ応力 G が、 $0.1\text{ MPa} \leq G \leq 30\text{ MPa}$ であることを特徴とする付記1又は2に記載の光ファイバケーブル。

【0077】

(付記4) 前記テンションメンバの 1 m 当たりの前記光ファイバ心線の巻き数が、 100 以下であることを特徴とする付記1乃至3のいずれか1項に記載の光ファイバケーブル。

【0078】

(付記5) 前記テンションメンバの周面が、水に対する接触角が 100° 以上の撥水性を有することを特徴とする付記1乃至4のいずれか1項に記載の光ファイバケーブル。

【0079】

(付記6) 前記テンションメンバの直径が、 1 mm 以上、 50 mm 以下であることを特徴とする付記1乃至5のいずれか1項に記載の光ファイバケーブル。

【0080】

(付記7) ワイヤ状のテンションメンバと前記テンションメンバの周囲に巻き付けられた光ファイバ心線とを有する光ファイバケーブルと、

前記光ファイバケーブルの前記光ファイバ心線に光学的に接続される温度分布測定装置とを具備し、

前記光ファイバケーブルの前記テンションメンバは少なくとも周面が樹脂材料により形成され、

前記光ファイバ心線はその長さ方向に沿って所定のピッチで配置された固定部において前記テンションメンバに固定されている

ことを特徴とする温度分布測定システム。

【0081】

(付記8) 更に、前記温度分布測定装置から出力される温度分布に対し伝達関数を用いて補正計算を行うデータ処理装置を有することを特徴とする付記7に記載の温度分布測定

10

20

30

40

50

システム。

【0082】

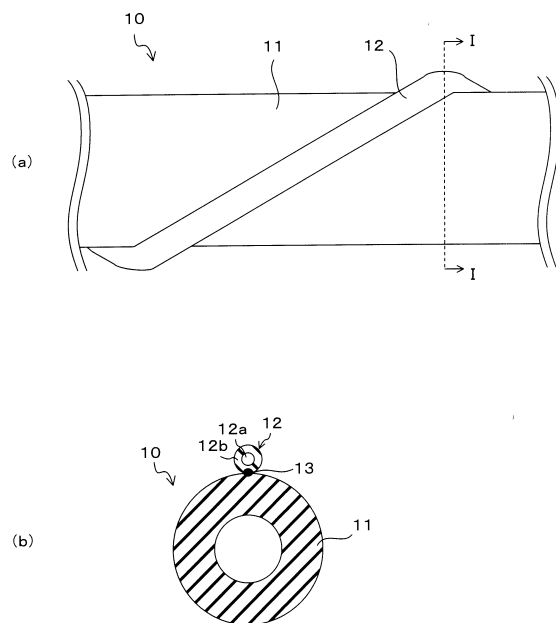
(付記9) 前記テンションメンバの周面の熱伝導率が、 0.1 W/mK 以下であることを特徴とする付記7又は8に記載の温度分布測定システム。

【符号の説明】

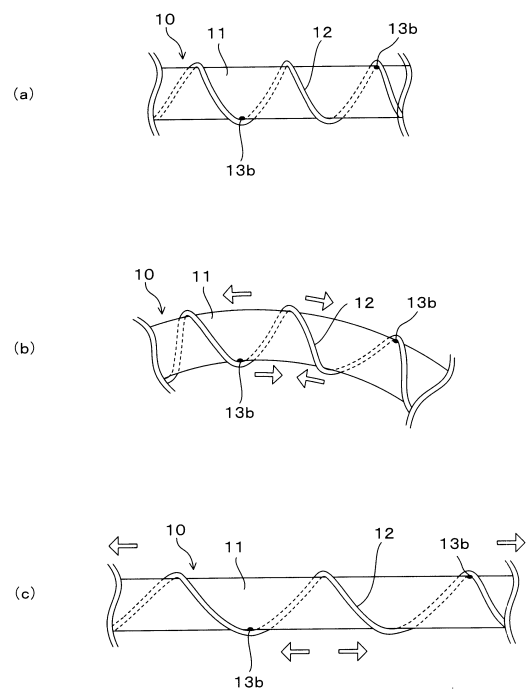
【0083】

10…光ファイバケーブル、11…テンションメンバ、12…光ファイバ心線、12a…光ファイバ、12b…被覆材、13…接着剤、13b…固定部、14…温度分布測定装置、15…データ処理装置。

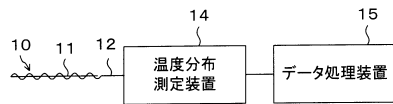
【図1】



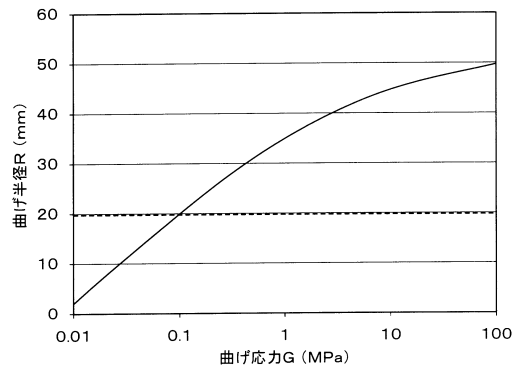
【図2】



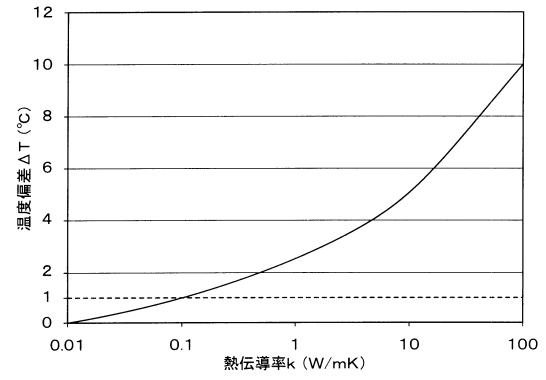
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 宗 朱沙

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

審査官 右田 昌士

- (56)参考文献 特開昭61-294710 (JP, A)
実開平05-033039 (JP, U)
特開平07-280664 (JP, A)
特開2003-083816 (JP, A)
特開2003-057125 (JP, A)
特開2003-028729 (JP, A)
特開平08-226857 (JP, A)
特開昭63-201610 (JP, A)
特開2008-180866 (JP, A)
特開2007-333968 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	6/44		
G02B	6/02	—	6/036
G02B	6/10		
G01K	1/00	—	19/00