

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第5041450号  
(P5041450)

(45) 発行日 平成24年10月3日 (2012. 10. 3)

(24) 登録日 平成24年7月20日 (2012. 7. 20)

(51) Int. Cl.

F I

GO2B 6/44 (2006.01)

GO2B 6/44 3 1 1

CO3C 25/24 (2006.01)

GO2B 6/44 3 3 6

GO2B 6/44 3 7 1

CO3C 25/02 B

請求項の数 2 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2010-261209 (P2010-261209)	(73) 特許権者	000005290
(22) 出願日	平成22年11月24日 (2010. 11. 24)		古河電気工業株式会社
(65) 公開番号	特開2012-113091 (P2012-113091A)		東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(43) 公開日	平成24年6月14日 (2012. 6. 14)	(74) 代理人	100094112
審査請求日	平成24年5月17日 (2012. 5. 17)		弁理士 岡部 譲
早期審査対象出願		(74) 代理人	100064447
			弁理士 岡部 正夫
		(74) 代理人	100085176
			弁理士 加藤 伸晃
		(74) 代理人	100104352
			弁理士 朝日 伸光
		(74) 代理人	100128657
			弁理士 三山 勝巳
		(74) 代理人	100160967
			弁理士 ▲濱▼口 岳久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバ着色心線

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガラス光ファイバと、  
前記ガラス光ファイバを被覆する一次被覆層と、  
前記一次被覆層を被覆する二次被覆層と、  
前記二次被覆層を被覆する着色層とを備え、  
前記二次被覆層の体積膨張係数に対する、前記二次被覆層と該二次被覆層を被覆する前記着色層とを有する積層体の体積膨張係数の比が0.98以上1.03以下であり、かつ、

前記二次被覆層の - 100 ~ 150 の温度範囲における動的粘弾性のガラス転移温度に対する、前記積層体のガラス転移温度の比が0.96以上1.03以下であることを特徴とする光ファイバ着色心線。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の光ファイバ着色心線を複数本並べ、テープ樹脂で一括化したことを特徴とする光ファイバテープ心線。

【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内に収納される光ファイバ着色心線に関するものであり、具体的には、使用環境や経年劣化による光ファイバの伝送ロス増加を抑制した光ファイ

バ着色心線に関し、特に水浸漬においても長期にわたり伝送損失が増加しにくい光ファイバ着色心線に関するものである。

【背景技術】

【0002】

光ファイバの製造に関しては石英ガラスの線引き工程において、光ファイバの強度低下を防ぐため、直ちにその外周に被覆樹脂が被覆され、識別のために着色層を設けている。光ファイバ用被覆樹脂としては、主に紫外線硬化樹脂が用いられている。紫外線硬化樹脂としてはウレタンアクリレートやエポキシアクリレートが用いられている。

【0003】

光ファイバは様々な外的応力やそれによって発生するマイクロベンドによって伝送ロス増が発生する。そのため、そのような外的応力から光ファイバを保護するために一般的に光ファイバ素線は軟質層と硬質層の2層構造からなる被覆が施されている。石英ガラスと接触する内層には比較的弾性率の低い軟質樹脂を用いることでバッファー層とし（以下プライマリ層）、外層には比較的ヤング率の高い硬質樹脂を用いることで保護層としている（以下、セカンダリ層）。一般的にはプライマリ層の弾性率は3 MPa以下、セカンダリ層は弾性率500 MPa以上の樹脂が用いられている。

【0004】

光ファイバの製造方法では、石英ガラスを主成分とするプリフォームから線引き炉によって加熱溶融、線引きされた石英ガラス製光ファイバにコーティングダイスを用いて液状の紫外線硬化樹脂を塗布し、続いてこれに紫外線を照射して紫外線硬化樹脂を硬化させる。このような方法により、プライマリ層とセカンダリ層とを光ファイバに被覆して光ファイバ素線が製造される。

さらに次工程において、得られた光ファイバ素線の外周に着色樹脂からなる被覆層を被覆することにより光ファイバ着色心線が製造される。

【0005】

本明細書においてはこのようにガラス光ファイバをプライマリ層及びセカンダリ層により被覆したものを光ファイバ素線と称し、光ファイバ素線の外周に着色樹脂からなる被覆層をさらに被覆してなるものを光ファイバ着色心線、さらに光ファイバ着色心線を複数本平面上に並べ、テープ樹脂により一括被覆したものを光ファイバテープ心線と称するものとする。

【0006】

さて、光ファイバ着色心線を60℃温水に浸漬した状態で使用しても伝送ロス増大を防いだ信頼性の高いファイバとするために、特許文献1では、着色層の弾性率をセカンダリ層の弾性率よりも高くすること、および着色層のガラス転移温度をセカンダリ層のガラス転移温度より高くすることが提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2002-255590号公報

【特許文献2】特許2925099号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

近年光ファイバの著しい普及によって、光ファイバケーブルは適用範囲が拡大しており、光ファイバケーブルの長期信頼性に対する要求は非常に厳しくなっている。そのため、水に浸漬した状態で使用した場合においてもよりいっそう伝送ロスが増加しにくい光ファイバ着色心線が求められている。

【0009】

しかしながら、各層界面の接着力のバランスを取りながら、上記問題を対処することには限界があり、引用文献1に記載の光ファイバ着色心線を用いてもその長期信頼性は十分

10

20

30

40

50

ではなかった。

【 0 0 1 0 】

本発明の目的は、水に浸漬した状態でも伝送ロスが増加しにくい光ファイバ着色心線を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

このような目的を達成するために、本発明は、光ファイバ着色心線であって、ガラス光ファイバと、前記ガラス光ファイバを被覆する一次被覆層と、前記一次被覆層を被覆する二次被覆層と、前記二次被覆層を被覆する着色層とを備え、前記二次被覆層の体積膨張係数に対する、前記二次被覆層と該二次被覆層を被覆する前記着色層とを有する積層体の体積膨張係数の比が  $0.98$  以上  $1.03$  以下であり、かつ、前記二次被覆層の  $-100 \sim 150$  の温度範囲における動的粘弾性のガラス転移温度に対する、前記積層体のガラス転移温度の比が  $0.96$  以上  $1.03$  以下であることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、水に浸漬した状態で使用しても伝送ロスが増加しにくい光ファイバ着色心線を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

20

【図 1】本発明の一実施形態に係る光ファイバ素線の断面図である。

【図 2】本発明の一実施形態に係る光ファイバ着色心線の断面図である。

【図 3】本発明の一実施形態に係る光ファイバテープ心線の断面図である。

【図 4】本発明の一実施形態に係るチューブ被覆サンプルの線膨張率の温度依存性を示す図である。

【図 5】本発明の一実施形態に係るファイバサンプルの線膨張率の温度依存性を示す図である。

【図 6】本発明の一実施形態に係るガラス転移温度の求め方を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

30

以下、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。なお、以下で説明する図面で、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

水浸漬状態に曝された光ファイバ心線の伝送ロスが増大する原因を鋭意研究した結果、伝送ロスが増大した光ファイバ心線は、ガラス光ファイバ/プライマリ界面における剥離、すなわちデラミネーションが観察されることを見出した。さらには、セカンダリ/着色層界面や着色/テープ層界面における剥離も観察されることを見出している。

ガラス光ファイバと被覆層界面において被覆層を引き剥がそうとする力が、ガラス光ファイバと被覆層界面の接着力を超えた時にデラミネーションが発生する。そしてガラス光ファイバに不均一な力が加わることで伝送ロスが発生する。

【 0 0 1 5 】

40

本発明を実施するための形態としては、ガラス光ファイバにプライマリ層、セカンダリ層を被覆した光ファイバ素線を作製し、当該光ファイバ素線に着色層を被覆することにより光ファイバ着色心線を作製する。各被覆層に用いられる樹脂は紫外線硬化樹脂を用いる。さらにこの光ファイバ着色心線を複数本平面上に並行に並べ、紫外線硬化樹脂からなるテープ樹脂で一括被覆することで光ファイバテープ心線とすることができる。

【 0 0 1 6 】

図 1 は、本発明の一実施形態に係る光ファイバ素線 1 4 の断面図であり、図 2 は、本発明の一実施形態に係る光ファイバ着色心線 1 6 の断面図であり、図 3 は、本発明の一実施形態に係る光ファイバテープ心線 1 8 の断面図である。

【 0 0 1 7 】

50

図 1 において、光ファイバ素線 1 4 は、ガラス光ファイバ 1 1 と、該ガラス光ファイバ 1 1 を被覆する被覆層 2 0 とを備える。該被覆層 2 0 は、ガラス光ファイバ 1 1 を被覆するプライマリ層（以降、“一次被覆層”とも呼ぶ）1 2 と、該一次被覆層 1 2 を被覆するセカンダリ層（以降、“二次被覆層”とも呼ぶ）1 3 とを有する。上記一次被覆層 1 2 は軟質樹脂であるので比較的弾性率が低い。一方、二次被覆層 1 3 は硬質樹脂であるので、一次被覆層 1 2 よりも弾性率が高い。なお、一次被覆層 1 2 上に二次被覆層 1 3 が形成されているので、被覆層 2 0 は、一次被覆層 1 2 と二次被覆層 1 3 とをこの順番で円筒状に積層させた積層体と言える。

【0018】

また、図 2 において、光ファイバ着色心線 1 6 は、ガラス光ファイバ 1 1 と、該ガラス光ファイバ 1 1 を被覆する被覆層 2 2 とを備える。該被覆層 2 2 は、上記一次被覆層 1 2 と、上記二次被覆層 1 3 と、該二次被覆層 1 3 を被覆する着色層 1 5 とを有する。すなわち、光ファイバ着色心線 1 6 は、着色層 1 5 により光ファイバ素線 1 4 を被覆した構造を有する。なお、一次被覆層 1 2 上に二次被覆層 1 3 が形成され、さらに該二次被覆層 1 3 上に着色層 1 5 が形成されているので、被覆層 2 2 は、一次被覆層 1 2 と二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 とをこの順番で円筒状に積層させた積層体と言える。また、図 2 において、符号 2 1 は、二次被覆層 1 3 と該二次被覆層 1 3 を被覆するように形成された着色層 1 5 との積層体である。

【0019】

さらに、図 3 において、光ファイバテープ心線 1 8 は、平面状に並べられた複数の光ファイバ着色心線 1 6 と、平面状に並べられた複数の光ファイバ着色心線 1 6 を被覆するテープ樹脂 1 7 とを備える。

【0020】

なお、光ファイバ素線 1 4 の一次被覆層 1 2 および二次被覆層 1 3 の原材料となる被覆樹脂や、光ファイバ着色心線 1 6 の着色層 1 5 の原材料となる着色樹脂として用いる紫外線硬化樹脂は、例えば、主なるものとして、オリゴマー、希釈モノマー、光開始剤、シランカップリング剤、増感剤、顔料、各種添加剤を含む。オリゴマーとしては、ポリエーテル系ウレタンアクリレート、エポキシアクリレート、ポリエステルアクリレート、シリコンアクリレートなどが主に用いられる。希釈モノマーとして単官能モノマーもしくは、多官能モノマーが用いられる。

【0021】

本発明の特徴の 1 つは、ガラス光ファイバ 1 1 と、該ガラス光ファイバ 1 1 上に形成された、一次被覆層 1 2 および二次被覆層 1 3 とを備える光ファイバ素線 1 4 の外周に着色層 1 5 を有する光ファイバ着色心線 1 6 において、二次被覆層 1 3 の熱膨張係数に対する、二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 の積層体 2 1 の熱膨張係数の比が 0.98 以上 1.03 以下であることである。

【0022】

また、本発明の他の特徴は、二次被覆層 1 3 の -100 ~ 150 の温度範囲における動的粘弾性のガラス転移温度  $T_g$  に対する、二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 の積層体 2 1 のガラス転移温度  $T_g$  の比が 0.96 以上 1.03 以下であることである。

【0023】

本発明では、上記 2 つの特徴によって水浸漬したときのセカンダリ層としての二次被覆層と着色層との間の内部歪を抑えることができる。

すなわち、本発明の光ファイバ着色心線によれば、上記第 1 の特徴により、温度変化や光ファイバ着色心線 1 6 を温水浸漬した場合、二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 とを同じように膨張、収縮させることができ、二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 との間の内部歪を小さくすることができる。これにより、二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 の接合面のずれを低減することができる。従って、伝送ロスの増加に寄与するガラス光ファイバ 1 1 と一次被覆層 1 2 との界面などのガラス光ファイバ 1 1 と被覆樹脂との界面へのダメージを減少させることができ、ロス増の原因であるデラミネーションを抑制することができる。

## 【 0 0 2 4 】

また、上記第 2 の特徴によっても、温度変化や光ファイバ着色心線 1 6 を温水浸漬した場合、二次被覆層 1 3 および着色層 1 5 の両者が同じように膨張、収縮することで、二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 との間の内部歪を小さくすることができる。従って、ガラス光ファイバ 1 1 とプライマリ層としての一次被覆層 1 2 との界面において、ガラス光ファイバ 1 1 から一次被覆層 1 2 を引き剥がそうとする力を抑えることができる。

## 【 0 0 2 5 】

また、光ファイバ着色心線 1 6 を水に浸漬したとき、水が着色層 1 5 を通過して二次被覆層 1 3 と一次被覆層 1 2 中に侵入し、ガラス光ファイバ 1 1 と一次被覆層 1 2 との界面の密着力が弱い部分が剥がれデラミネーションを起こすことがある。このようにデラミネーションが生じると、浸透圧の影響によりデラミネーションした部分に濃度を薄めようと浸透圧が発生し、たくさんの水を取り込もうとするが、二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 とのガラス転移温度や熱膨張係数を合わせることににより、光ファイバ着色心線 1 6 内に水が溜め込まれないようにすることができる。

10

## 【 0 0 2 6 】

例えば、特許文献 1 では、プライマリ層、セカンダリ層、および着色層の弾性率およびガラス転移温度を内側から外側に向かって高くなるように配列することにより、各被覆層の歪などに起因する内部応力の不均一な伝達を緩和し、各層間の密着力の弱い部分の剥離やブリスタの発生を抑えることができる、としている。しかしながら、セカンダリ層より着色層の弾性率が高く、またセカンダリ層より着色層のガラス転移温度が高くなるように配列することによって、セカンダリ層と着色層界面には内部歪が発生しやすくなる。

20

## 【 0 0 2 7 】

また、弾性率が高いと熱膨張係数が小さくなる傾向にある。これにより、特許文献 1 に開示された光ファイバ着色心線を温水浸漬した場合、セカンダリ層と着色層界面には内部歪が発生し、該内部歪によってガラス光ファイバとプライマリ層界面の密着力が弱い部分が剥がれデラミネーションを起こすことがある。そのデラミネーションした部分に溶出成分が溜まると特許文献 2 で述べているように濃度を薄めようと浸透圧が発生し、たくさんの水を取り込もうとする。しかし、特許文献 1 に開示された光ファイバ着色心線では、弾性率の高い着色層があるために、光ファイバ着色心線内に溜め込まれた水が該光ファイバ着色心線外に出られない状態が生じると推定できる。

30

## 【 0 0 2 8 】

従来では、着色層の架橋密度が高くセカンダリ層の架橋密度が低いので、着色層を通過して内部に水が浸入すると、該内部に侵入した水は架橋密度が高い着色層にせき止められ、着色層から外部へと出づら。すなわち、従来では、光ファイバ着色心線に水は浸入するが、浸入した水は外部に出にくい。これに対して、本発明では、二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 とのガラス転移温度および熱膨張係数を同程度にすることにより、着色層 1 5 を通過して光ファイバ着色心線 1 6 内部に水が浸入しても、該浸入した水が着色層 1 5 を通過し易くなる。すなわち、着色層 1 5 において水が出入りできるようになるので、光ファイバ着色心線 1 6 内部に不意に水が浸入しても、該浸入した水を外部へと排出するのが容易となり、光ファイバ着色心線 1 6 内に浸透圧が発生し難くすることができる。

40

## 【 0 0 2 9 】

このように、本発明では、二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 とを温度変化によって同様に膨張、収縮させることが重要であり、このために、二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 との熱膨張係数およびガラス転移温度を同じ、ないしは略同じにしている。本発明では、これを実現するために、二次被覆層 1 3 と積層体 2 1 とに着目し、二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 の熱膨張係数およびガラス転移温度を同程度にする指標として、上記第 1 および第 2 の特徴を採用している。

## 【 0 0 3 0 】

本発明において、二次被覆層 1 3 と、該二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 の積層体 2 1 とにおいて、着色層 1 5 と二次被覆層 1 3 の熱膨張係数やガラス転移温度に大きな差があれば

50

、二次被覆層 1 3 と積層体 2 1 とにおける熱膨張係数およびガラス転移温度も大きな差が生じる。一方、着色層 1 5 と二次被覆層 1 3 の熱膨張係数およびガラス転移温度が同程度であれば、二次被覆層 1 3 と積層体 2 1 とにおける熱膨張係数およびガラス転移温度も同程度になるはずである。本発明では、二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 の両者を同様に膨張、収縮させることが重要であり、二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 との熱膨張係数およびガラス転移温度を同程度にすることが重要なのである。上述のように、二次被覆層 1 3 と積層体 2 1 との熱膨張係数およびガラス転移温度が、二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 との熱膨張係数およびガラス転移温度に連動しているので、本発明では、二次被覆層 1 3 の熱膨張係数およびガラス転移温度が着色層 1 5 の熱膨張係数およびガラス転移温度と同程度であるかについて、二次被覆層 1 3 および積層体 2 1 の熱膨張係数およびガラス転移温度を指標に間接的に決定しているのである。

10

#### 【 0 0 3 1 】

##### ( 実施例 )

本実施例として、図 1 の石英ガラスからなるガラス光ファイバ 1 1 を、一次被覆層 1 2 、二次被覆層 1 3 の 2 層を有する被覆樹脂層 ( 被覆層 2 0 ) により被覆した光ファイバ素線 1 4 を作製した。各樹脂として紫外線硬化樹脂を用いた。紫外線硬化樹脂は、オリゴマー、希釈モノマー、光開始剤、連鎖移動剤、添加剤を含み、構成材を変えることで数種の光ファイバ素線 1 4 を得た。また、光ファイバ着色心線 1 6 は、図 2 に示すように、石英ガラスからなるガラス光ファイバ 1 1 の外径を 1 2 5  $\mu\text{m}$ 、一次被覆層 1 2 の外径を 1 8 3  $\mu\text{m}$  及び 1 9 6  $\mu\text{m}$ 、二次被覆層 1 3 の外径を 2 4 5  $\mu\text{m}$  とした光ファイバ 1 4 を作製した後、別工程にて着色層 1 5 を被覆して外径 2 5 5  $\mu\text{m}$  の光ファイバ着色心線 1 6 を得た。なお、光ファイバ素線 1 4 としての特性を維持するために、通常、ガラス光ファイバ 1 1 の外径は 8 0  $\mu\text{m}$  ~ 1 2 5  $\mu\text{m}$ 、一次被覆層 1 2 の外径は 1 2 0  $\mu\text{m}$  ~ 2 0 0  $\mu\text{m}$ 、二次被覆層 1 3 の外径は 1 6 5  $\mu\text{m}$  ~ 2 4 5  $\mu\text{m}$ 、着色層 1 5 ( 光ファイバ着色心線 1 6 ) の外径は 1 3 5  $\mu\text{m}$  ~ 2 5 5  $\mu\text{m}$  が採用される。さらに、得られた光ファイバ着色心線 1 6 を図 3 に示すように、4 本平面状に並行に並べ、紫外線硬化樹脂からなるテープ樹脂 1 7 で一括被覆して光ファイバテープ心線 1 8 とした。

20

なお、本発明で用いる光ファイバ素線 1 4 のガラス光ファイバ 1 1 と一次被覆層 1 2 の密着力は 5 N ~ 2 0 N である。ここで密着力の測定方法は、48th International Wire and Cable Symposium “ Polymer coatings For Optical fibers “ の Pullout force を使用している。速度は 5 mm / min を採用した。

30

#### 【 0 0 3 2 】

着色層 1 5 は、二次被覆層 1 3 に使用した被覆樹脂と同等の組成物で構成することによって、二次被覆層 1 3 と熱膨張係数をほぼ同じにすることができる。この場合、着色層 1 5 に用いる紫外線硬化型樹脂の硬化度の低下が懸念されるが、これは、光開始剤の種類を変えることや、添加量を増量することで調整可能である。本実施例では、着色層に用いる紫外線硬化樹脂の光開始剤としてはアルキルフェノン系光重合開始剤やアシルフォスフィンオキサイド系光重合開始剤を添加している。また、イソボルニルアクリレートのような単官能モノマーを使用することによりガラス転移温度を上昇させずに弾性率を上げることが可能である。

40

#### 【 0 0 3 3 】

##### ( 熱膨張係数測定方法 )

熱膨張係数 ( 体積膨張係数 ) を求める方法を説明する。光ファイバ素線 1 4 の二次被覆層 1 3 および光ファイバ着色心線 1 6 の積層体 2 1 の熱膨張係数を測定するために、二次被覆層 1 3 、積層体 2 1 のそれぞれに対して、2 種類の被覆サンプルを作製した。1 つは、ガラス光ファイバ上に被覆層 ( 被覆層 2 0 または被覆層 2 2 ) を被覆したファイバサンプル ( 光ファイバ素線 1 4 または光ファイバ着色心線 1 6 ) である。また、もう 1 つは、ファイバサンプル ( 光ファイバ素線 1 4 または光ファイバ着色心線 1 6 ) からガラス光ファイバを抜いた被覆層 ( 被覆層 2 0 または被覆層 2 2 ) のみからなるチューブ被覆サンプルである。熱膨張係数測定には T M A 熱機械分析 ( Mettler Toledo TMA-40 ) を用いて長

50

手方向と外径方向の測定を行った。測定条件は、印加荷重 0 荷重、温度範囲 - 1 0 0 ~ 1 0 0 、昇温速度 1 0 /minであり、長手方向については引張モードによりチューブ被覆サンプルを用いて測定を行い、外径方向についてはファイバサンプルを用いてガラス光ファイバが入った状態で圧縮モードにより測定を行った。被覆層の線膨張係数は、被覆層のガラス転移点近傍で大きく変化ため、測定する温度範囲は全ての被覆層のガラス転移点を含む範囲に設定することが好ましい。

測定された長手方向の温度と線膨張率の関係を図 4 に、外径方向の温度と線膨張率の関係を図 5 に示す。それぞれの線膨張係数は測定結果が直線的に変化する範囲、すなわち - 5 0 ~ 2 5 の温度範囲の傾きから求めた。

#### 【 0 0 3 4 】

通常、一次被覆層 1 2 (プライマリ層) のガラス転移温度は - 5 0 程度と低い。ガラス転移温度以上の温度範囲においてはチューブ被覆サンプルの一次被覆層 1 2 (プライマリ層) は、弾性率が二次被覆層 1 3 (セカンダリ層) や着色層 1 5 に比べて著しく小さいことから、被覆層 2 0 における二次被覆層 1 3、ならびに被覆層 2 2 における二次被覆層 1 3 および着色層 1 5 は自由に伸縮することができる。

すなわち、被覆層 2 0 の体積膨張係数は二次被覆層 1 3 の体積膨張係数とほぼ同じであると言え、また、被覆層 2 2 の体積膨張係数は、二次被覆層 1 3 と着色層 1 5 の積層体 2 1 の体積膨張係数とほぼ同じであると言える。

したがって、二次被覆層 1 3、および積層体 2 1 の線膨張係数からそれぞれの体積熱膨張係数を式 1 ) を用いて求めることができる。

$$s = SL + 2 \times SR \quad (1)$$

s : 二次被覆層 1 3、積層体 2 1 の体積膨張係数

SL : 二次被覆層 1 3、積層体 2 1 の長手方向の線膨張係数

SR : 二次被覆層 1 3、積層体 2 1 の外径方向の線膨張係数

#### 【 0 0 3 5 】

このようにして算出された体積膨張係数について、表 1 では、各実施例において、二次被覆層 1 3 についての体積膨張係数を「二次被覆層の体積膨張係数」欄に記載し、積層体 2 1 についての体積膨張係数を「積層体の体積膨張係数」欄に記載する。

#### 【 0 0 3 6 】

( 二次被覆層 1 3 及び積層体 2 1 のガラス転移温度測定方法 )

ガラス転移温度 Tg を求める方法を説明する。二次被覆層 1 3、積層体 2 1 のガラス転移温度 Tg 測定は、DMA 動的粘弾性試験 ( TA 社 RSA 3 ) を用いて、図 6 に示すように tan の最大値が現れる温度をガラス転移温度とし、上記チューブ被覆サンプルを用いて引張法にて標線間 2 0 mm , 周波数 1 H z , 昇温速度 2 / m i n の条件で測定を行った。なお、 - 1 0 0 ~ 1 5 0 の温度範囲で、チューブ被覆サンプルを測定すると、tan ピークは低温側と高温側に 2 つ現れる。低温側が一次被覆層 1 2 (プライマリ層) のガラス転移温度を示すものであり、高温側が二次被覆層 1 3、着色層 1 5 のガラス転移温度を示すものである。

#### 【 0 0 3 7 】

このようにして得られたガラス転移温度について、表 1 では、各実施例において、二次被覆層 1 3 についてのガラス転移温度を「二次被覆層のガラス転移温度」欄に記載し、積層体 2 1 についての体積膨張係数を「積層体の被覆層のガラス転移温度」欄に記載する。

#### 【 0 0 3 8 】

( 伝送損失の測定方法 )

製造された光ファイバ素線 1 4 及び光ファイバ着色心線 1 6 を用いて、長さ約 1 k m の光ファイバ素線あるいは着色心線を 6 0 温水に浸漬し、該浸漬後の伝送損失を測定した。伝送損失の測定は、アンリツ ( 株 ) 製 光パルス試験器 MW 9 0 7 6 B を用い、光後方散乱損失係数 ( O T D R ) により、波長 1 . 5 5 μ m の伝送ロスを長手方向に測定することにより行った。そして、水温を 6 0 まで上昇させ、9 0 日浸漬した後、伝送ロスが 0 . 1 d B / k m 以上増加していると認められた場合には、使用環境に対する耐性がないと判

10

20

30

40

50

断し、表 1 には × 印で記した。

【 0 0 3 9 】



【 表 1 】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7	実施例 8	比較例 1	比較例 2	比較例 3
一次被覆層弾性率 (MPa)	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8	0.6	0.8	0.7
二次被覆層弾性率 (MPa)	900	900	710	710	600	600	710	900	600	900	710
積層体 (二次被覆層+着色層) 弾性率 (MPa)	930	900	710	740	730	700	810	700	880	1400	1300
一次被覆層外径 ( $\mu\text{m}$ )	195	195	196	196	183	183	196	195	183	195	196
二次被覆層の体積膨張係数 ( $\times 10^{-4} \text{K}^{-1}$ )	2.72	2.72	2.68	2.68	2.52	2.52	2.68	2.72	2.52	2.72	2.68
積層体の体積膨張係数 ( $\times 10^{-4} \text{K}^{-1}$ )	2.68	2.70	2.72	2.75	2.52	2.47	2.61	2.60	2.43	2.39	2.80
積層体/二次被覆層 (体積膨張係数)	0.99	0.99	1.01	1.03	1.00	0.98	0.97	0.96	0.96	0.88	1.04
二次被覆層のガラス転移温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	85	85	82	82	75	75	82	85	75	85	82
積層体のガラス転移温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	85	86	84	80	77	72	86	81	82	93	95
積層体/二次被覆層 (ガラス転移温度)	1.00	1.01	1.02	0.98	1.03	0.96	1.05	0.95	1.09	1.09	1.16
温水伝送ロス増 (dB/km) 60 $^{\circ}\text{C} \times 30$ 日後, 1550nm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.07	0.15	0.24
温水伝送ロス増 (dB/km) 60 $^{\circ}\text{C} \times 90$ 日後, 1550nm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.05	0.15	0.31	0.55
判定	○	○	○	○	○	○	△	△	×	×	×

以上の説明から明かなように、本発明の光ファイバ着色心線は、プライマリ層としての一次被覆層とセカンダリ層としての二次被覆層との2層の被覆層により被覆されたガラス光ファイバを備える光ファイバ素線に、着色樹脂からなる被覆層よりさらに被覆してなる光ファイバ着色心線であって、二次被覆層13と、積層体21（二次被覆層13＋着色層15）との熱膨張係数の比が0.98以上1.03以下、かつ、上記二次被覆層13と積層体21（二次被覆層13＋着色層15）の-100～150の温度範囲における動的粘弾性のガラス転移温度  $T_g$  の比が0.96以上1.03以下である光ファイバ着色心線である。よって、表1に示されるように、本実施例では、60の温水に30日間浸漬しても伝送ロスが増大せず、さらには60の温水に90日間浸漬しても伝送ロスが増大しない、という効果を得ることができた。

10

#### 【0041】

以上の結果から二次被覆層と着色層との間に熱膨張に差がある場合、温度変化が加わると二次被覆層と着色層との界面に歪が発生し、被覆層に不均一な力が発生することでガラス光ファイバと一次被覆層とに不均一な力が加わり界面が剥離してロス増を及ぼす。そのため、積層体21（二次被覆層13＋着色層15）と二次被覆層13との熱膨張係数およびガラス転移温度は等しい、ないしは略等しいことが望ましい。

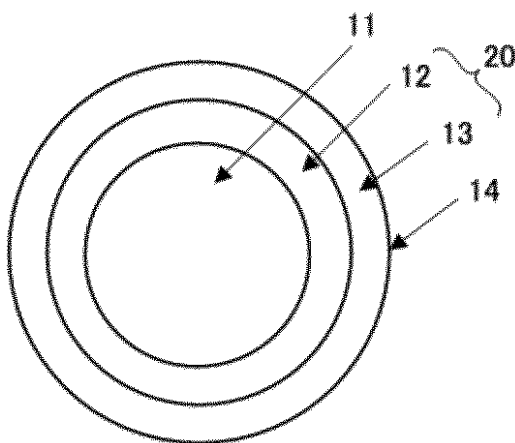
#### 【符号の説明】

#### 【0042】

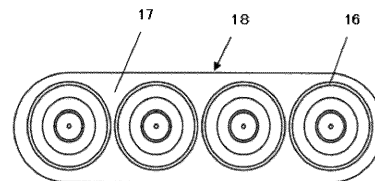
- 11 ガラス光ファイバ
- 12 一次被覆層
- 13 二次被覆層
- 14 光ファイバ素線
- 15 着色層
- 16 光ファイバ着色心線

20

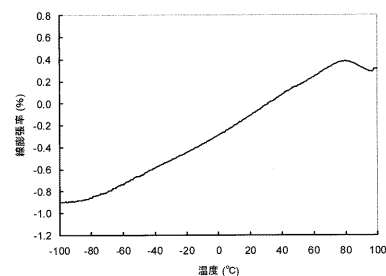
【図1】



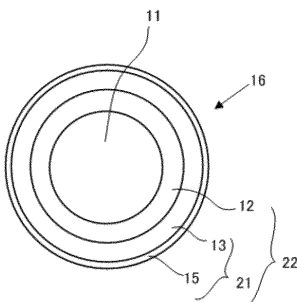
【図3】



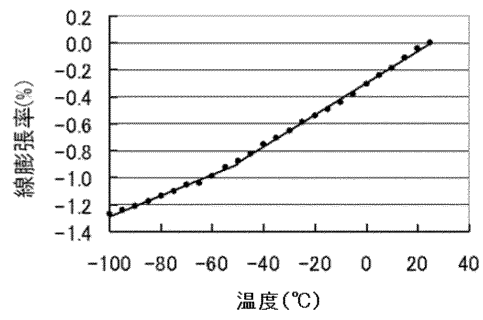
【図4】



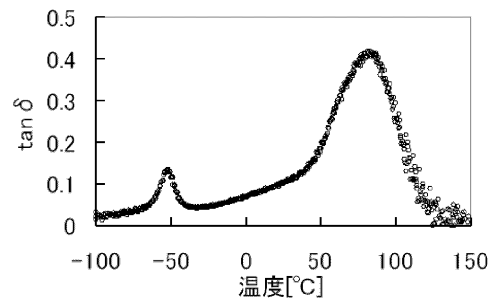
【図2】



【図 5】



【図 6】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 田中 広樹  
東京都千代田区丸の内2 - 2 - 3 古河電気工業株式会社内
- (72)発明者 中島 康雄  
東京都千代田区丸の内2 - 2 - 3 古河電気工業株式会社内
- (72)発明者 望月 浩二  
東京都千代田区丸の内2 - 2 - 3 古河電気工業株式会社内
- (72)発明者 新子谷 悦宏  
東京都千代田区丸の内2 - 2 - 3 古河電気工業株式会社内

審査官 吉田 英一

- (56)参考文献 特開2004 - 4423 (JP, A)  
特開2001 - 240433 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |         |           |
|---------|-----------|
| G 0 2 B | 6 / 4 4   |
| C 0 3 C | 2 5 / 2 4 |