(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年2月8日(08.02.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/029592 A1

(51) 国際特許分類:
C03C 25/1065 (2018.01) *C03C 25/475* (2018.01)
C03C 25/12 (2006.01) *C03C 25/50* (2006.01)
C03C 25/25 (2018.01) *C03C 25/6226* (2018.01)
C03C 25/285 (2018.01) *G02B 6/44* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/028382

(22) 国際出願日： 2023年8月3日(03.08.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2022-125352 2022年8月5日(05.08.2022) JP

(71) 出願人: 古河電気工業株式会社(**FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目６番４号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 石附 邦彬 (**ISHIZUKI, Kuniaki**); 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目６番４号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 岩屋 光洋(**IWAYA, Mitsuhiro**); 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目６番４号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 岡部 譲, 外 (**OKABE, Yuzuru** et al.); 〒1070062 東京都港区南青山１－１－１新青山ビル東館８階 Tokyo (JP).

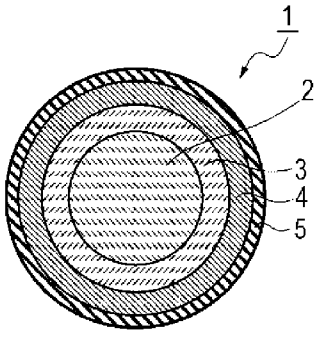
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,

(54) **Title:** COLORED OPTICAL FIBER CORE WIRE AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) 発明の名称： 光ファイバ着色心線及びその製造方法

［図1A］



(57) **Abstract:** The present invention provides: a colored optical fiber core wire which is capable of reducing the Young's modulus of a primary layer to a desired value without making a major change in the resin composition, and which is also capable of suppressing or preventing an increase in the Young's modulus; and a method for producing this colored optical fiber core wire. A colored optical fiber core wire according to the present invention comprises a bare optical fiber, a primary layer which is formed of a first ultraviolet curable resin and covers the bare optical fiber, and a secondary layer which is formed of a second ultraviolet curable resin and covers the primary layer. With respect to this colored optical fiber core wire, the primary layer has a carbon-sulfur bond and contains 0.03 wt% to 0.65 wt% of sulfur atoms; and the amount of increase in the Young's modulus of the primary layer due to additional ultraviolet irradiation on the primary layer is 0.09 MPa or less.

WO 2024/029592 A1

［続葉有］

CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：樹脂組成の大きな変更を伴うことなく、プライマリ層のヤング率を所望のヤング率に低減するとともに、そのヤング率の上昇を抑制又は防止することができる光ファイバ着色心線及びその製造方法を提供する。光ファイバ着色心線は、光ファイバ裸線と、光ファイバ裸線を覆う第１紫外線硬化型樹脂により形成されたプライマリ層と、プライマリ層を覆う第２紫外線硬化型樹脂により形成されたセカンダリ層と、を備え、プライマリ層は、炭素－硫黄結合を有し、硫黄原子を０．０３ｗｔ％以上０．６５ｗｔ％以下含有し、プライマリ層への追加の紫外線照射によるプライマリ層のヤング率の上昇量は、０．０９ＭＰａ以下である。

明　細　書

発明の名称 ： 光ファイバ着色心線及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、光ファイバ着色心線及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 光ファイバ裸線を覆うプライマリ層、プライマリ層を覆うセカンダリ層、及びセカンダリ層を覆う着色層のそれぞれを紫外線硬化型樹脂により所望のヤング率となるように形成し、光ファイバ着色心線を製造する技術が知られている（特許文献１）。プライマリ層のヤング率を低く設定した場合には、光ファイバ裸線に加わる外力を緩衝し、光ファイバ裸線の微小変形による光の伝送損失（以下、「マイクロベンドロス」と称する。）を抑えることができる。

[0003] プライマリ層のヤング率を低くするためには、プライマリ層を構成する紫外線硬化型樹脂が発現しうる最大のヤング率である飽和ヤング率を低く設計する必要がある。しかしながら、飽和ヤング率を低くするには一般的に紫外線硬化型樹脂の大半を構成するモノマー、オリゴマーについて組成変更を施す必要があり、樹脂組成を大きく変更する必要がある。

[0004] 樹脂組成の大きな変更を伴うことなく低ヤング率化を図るためには、光ファイバ製造において照射する紫外線の照度・照射量を低減することが考えられる。しかしながら、この場合、製造直後の光ファイバではプライマリ層のヤング率が低くても、その後、光ファイバリボンの製造工程において紫外線照射が行われると、プライマリ層のヤング率が上昇しうる。これに対しては、プライマリ層が飽和ヤング率に近いヤング率を有する光ファイバ着色心線や光ファイバリボンの製造方法が提案されている（特許文献２、３）。

[0005] 一方、光ファイバ被覆に用いられる紫外線硬化型樹脂には、一般的にいくつかの添加剤が添加されている。添加剤としては、ガラスとプライマリ層との密着力を向上させるシランカップリング剤がある。メルカプト基含有シラ

ンカップリング剤を使用した場合、メルカプト基が重合阻害剤として働き、被覆樹脂の硬化性が低下することが知られている（特許文献４）。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２００５－１６２５２２号公報

特許文献2：特許第６８４１８３６号公報

特許文献3：特許第６８４１８３７号公報

特許文献4：特開２０１３－８８５０８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] マイクロベンドロスの低減により光ファイバの光伝送能力を向上するためには、上述のように光ファイバ裸線を覆うプライマリ層のヤング率を低く設定する必要がある。しかしながら、樹脂の硬化が不十分で、硬化に関与できる反応性基が樹脂に残存している状態の場合、光ファイバ製造後の着色工程、テープ化工程等における紫外線照射や、紫外線を含む光にプライマリ層が暴露されることによって予期しないヤング率上昇が生じるおそれがある。

[0008] 一方、特許文献２、３に記載されるようにプライマリ層が飽和ヤング率に近いヤング率を有する光ファイバ着色心線の場合、樹脂の飽和ヤング率は樹脂の大半を構成するモノマー、オリゴマー等から決定されるため、低ヤング率化の実現には樹脂組成を大きく変更する必要がある。また、特許文献４に記載されるガラスとプライマリ層との密着力を向上させる添加剤としてのメルカプト基含有シランカップリング剤では、硬化性が低下するとしてもプライマリ層の低ヤング率化を十分に図ることはできない。

[0009] 本発明の目的は、上述した課題を鑑み、樹脂組成の大きな変更を伴うことなく、プライマリ層のヤング率を所望のヤング率に低減するとともに、そのヤング率の上昇を抑制又は防止することができる光ファイバ着色心線及びその製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の一観点によれば、光ファイバ裸線と、前記光ファイバ裸線を覆う第１紫外線硬化型樹脂により形成されたプライマリ層と、前記プライマリ層を覆う第２紫外線硬化型樹脂により形成されたセカンダリ層と、を備え、前記プライマリ層は、炭素－硫黄結合を有し、硫黄原子を０．０３ｗｔ％以上０．６５ｗｔ％以下含有し、前記プライマリ層への追加の紫外線照射による前記プライマリ層のヤング率の上昇量は、０．０９ＭＰａ以下であることを特徴とする光ファイバ着色心線が提供される。

[0011] 本発明の他の観点によれば、光ファイバ母材から光ファイバ裸線を線引きする工程と、前記光ファイバ裸線の周囲に第１紫外線硬化型樹脂を塗布し、プライマリ層を形成する工程と、前記プライマリ層の周囲に第２紫外線硬化型樹脂を塗布し、セカンダリ層を形成する工程と、前記プライマリ層は、炭素－硫黄結合を有し、硫黄原子を０．０３ｗｔ％以上０．６５ｗｔ％以下含有し、前記プライマリ層への追加の紫外線照射による前記プライマリ層のヤング率の上昇量は、０．０９ＭＰａ以下であることを特徴とする光ファイバ着色心線の製造方法が提供される。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、樹脂組成の大きな変更を伴うことなく、プライマリ層のヤング率を所望のヤング率に低減するとともに、そのヤング率の上昇を抑制又は防止することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1A]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1B]一実施形態に係る光ファイバ素線の断面図である。

[図2A]一実施形態に係る光ファイバ着色心線の製造方法に用いる製造装置の一部分を示す模式図である。

[図2B]一実施形態に係る光ファイバ着色心線の製造方法に用いる製造装置の他の部分を示す模式図である。

[図3A]一実施形態に係る光ファイバリボンの一例の断面図である。

[図3B]一実施形態に係る光ファイバリボンの他の例の断面図である。

[図3C]一実施形態に係る光ファイバリボンの他の例の断面図である。

[図4]一実施形態に係る光ファイバリボンの製造方法に用いるリボン化装置の模式図である。

[図5]一実施形態に係る光ファイバ着色心線及び光ファイバリボンの製造方法のフローチャートである。

[図6]複数の光ファイバ着色心線のプライマリ層の光ファイバ着色心線のプライマリ層のヤング率差とマイクロベンドロス差が０．０５ｄＢ／ｋｍ以上となる割合との関係を示すグラフ図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明に係る実施形態について図面を参照しつつ詳細に説明する。各図面を通じて共通する機能を有する要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略又は簡略化することがある。

[0015] 図１Ａは、本実施形態に係る光ファイバ着色心線１の断面図である。光ファイバ着色心線１は、光ファイバ裸線２と、光ファイバ裸線２の外周に被膜されたプライマリ層３と、プライマリ層３の外周に被覆されたセカンダリ層４と、セカンダリ層４の外周に被覆された着色層５とを備える。光ファイバ裸線２は、プライマリ層３、セカンダリ層４及び着色層５の３層の被覆層により被覆される。図１Ｂは、本実施形態に係る光ファイバ素線６の断面図である。光ファイバ素線６は、着色層５が形成される前の状態のファイバである。

[0016] 光ファイバ裸線２は、例えば石英系ガラス等から形成され、光を伝達する。プライマリ層３、セカンダリ層４及び着色層５は、それぞれ紫外線の照射によって紫外線硬化型樹脂を硬化させることによって形成される。紫外線硬化型樹脂は、紫外線の照射によって重合可能なものであれば特に限定されるものではない。紫外線硬化型樹脂は、例えば、光ラジカル重合などにより重合可能なものである。

[0017] 紫外線硬化型樹脂は、例えば、ポリエーテル系ウレタン（メタ）アクリレ

ート及びポリエステル系ウレタン（メタ）アクリレートのようなウレタン（メタ）アクリレート、エポキシ（メタ）アクリレート、ポリエステル（メタ）アクリレートなどの紫外線で重合及び硬化するエチレン性不飽和基などの重合性不飽和基を有する紫外線硬化型樹脂であり、重合性不飽和基を少なくとも２つ有するものであることが好ましい。

[0018] 紫外線硬化型樹脂における重合性不飽和基としては、例えば、ビニル基、アリル基、アクリロイル基、メタクリロイル基などの不飽和二重結合を有する基、プロパルギル基などの不飽和三重結合を有する基などが挙げられる。これらの中でも、アクリロイル基、メタクリロイル基が重合性の面で好ましい。

[0019] また、紫外線硬化型樹脂は、紫外線の照射により重合を開始して硬化するモノマー、オリゴマー又はポリマーでありうるが、好ましくはオリゴマーである。なお、オリゴマーとは、重合度が２～１００の重合体である。また、本明細書において、「（メタ）アクリレート」とは、アクリレート及びメタクリレートの一方又は両方を意味する。紫外線硬化型樹脂は、紫外領域に感度を有する任意の光重合開始剤（以下、「光開始剤」と称する。）を含む。

[0020] ポリエーテル系ウレタン（メタ）アクリレートとは、ポリエーテル骨格を有するポリオールと、有機ポリイソシアネート化合物及びヒドロキシアルキル（メタ）アクリレートとの反応物のように、ポリエーテルセグメント、（メタ）アクリレート及びウレタン結合を有する化合物である。また、ポリエステル系ウレタン（メタ）アクリレートとは、ポリエステル骨格を有するポリオールと、有機ポリイソシアネート化合物及びヒドロキシアルキル（メタ）アクリレートとの反応物のように、ポリエステルセグメント、（メタ）アクリレート及びウレタン結合を有する化合物である。

[0021] さらに、紫外線硬化型樹脂は、オリゴマー及び光開始剤に加えて、例えば希釈モノマー、光増感剤、紫外線吸収剤、酸化防止剤、シランカップリング剤、連鎖移動剤及び各種添加剤を含んでもよい。希釈モノマーとしては、単官能（メタ）アクリレート又は多官能（メタ）アクリレートが用いられる。

ここで、希釈モノマーとは、紫外線硬化型樹脂を希釈するためのモノマーを意味する。

[0022] プライマリ層３は、軟質層であり、光ファイバ裸線２に加わる外力を緩衝するための機能を有している。光ファイバ素線６を形成した時のプライマリ層３には、まだ硬化する余地が残されている可能性があるが、その余地が無くなるまで硬化した状態のときに、プライマリ層３のヤング率は最大となる。本実施形態では、光ファイバ素線６のプライマリ層３が示し得る最大のヤング率を「飽和ヤング率」と定義する。

[0023] プライマリ層３を構成する紫外線硬化型樹脂は、後述するように炭素－硫黄結合を有するようにプライマリ層３を構成するため、メルカプト基含有化合物を含みうる。メルカプト基含有化合物は、１分子内に少なくとも１つのメルカプト基を有する化合物である。メルカプト基含有化合物は、紫外線硬化型樹脂に含まれるウレタン（メタ）アクリレートなどの重合性化合物とメルカプト基により反応して重合性化合物の重合を停止させる効果を有する。メルカプト基含有化合物としては、特に限定されるものではないが、後述する実施例で使用した（３－メルカプトプロピル）トリメトキシシラン、３－メルカプトプロピオン酸イソオクチル、１－ペンタンチオールのほか、エチルメルカプタン、１－ブタンチオール、１－ヘプタンチオール、１－ウンデカンチオール、４－ヒドロキシベンゼンチオール、（２－メルカプトエチル）ピラジン、２，３－ブタンジチオール、３－メチル－２－ブタンチオール、３－メルカプト－１，２，４－トリアゾール、１，３，４－チアジアゾール－２－チオール、イソブチルメルカプタン、４－メトキシ－α－トルエンチオール、４，４′－ビフェニルジチオール、トリメチルシリルメタンチオール、１，４－ブタンジチオール、１，８－オクタンジチオール、（３－メルカプトプロピル）トリエトキシシラン、３－エトキシベンゼンチオール、ペンタエリトリトールテトラ（３－メルカプトプロピオナート）が例示される。

[0024] 紫外線の照射は、例えば、水銀ランプやＵＶ－ＬＥＤなどを用いて、随時

、適切な照度・照射量にて行う。また、飽和ヤング率は、光ファイバ製造条件（例えば、線速、ＵＶ照射強度、ＵＶ光源種、樹脂塗布温度など）で変化するものであり、使用する紫外線硬化型樹脂によって一義的には決定し得ない。

[0025] セカンダリ層４は、好ましくは５００ＭＰａ以上のヤング率を有する硬質層であり、光ファイバ裸線２及びプライマリ層３を外力から保護するための機能を有している。

[0026] 着色層５は、光ファイバ着色心線１の最外層であり、光ファイバ裸線２、プライマリ層３及びセカンダリ層４を外力から保護するための機能を有している。着色層５には、顔料や滑剤等を混合した着色剤により、光ファイバ着色心線１を識別するための着色がなされている。色の種類としては、例えば、白色、黒色、灰色、紫色、青色、水色、緑色、茶色、黄色、橙色、桃色、赤色などが挙げられる。

[0027] 光ファイバ裸線２の直径は、例えば８０μｍ以上１５０μｍ以下であり、好ましくは１２４μｍ以上１２６μｍ以下であり得る。プライマリ層３の厚さは、好ましくは５μｍ以上６０μｍ以下であり得る。セカンダリ層４の厚さは、好ましくは５μｍ以上６０μｍ以下であり得る。また、着色層５の厚さは、好ましくは数μｍ程度であり得る。ここで、光ファイバ素線６の直径は、光ファイバ裸線２の直径と、プライマリ層３の厚さの２倍の長さと、セカンダリ層４の厚さの２倍の長さとの和によって定められ得る。したがって、光ファイバ素線６の直径が例えば１９０～２５０μｍ程度となるように、光ファイバ裸線２の直径、プライマリ層３の厚さ、セカンダリ層４の厚さがそれぞれ選択され得る。

[0028] なお、本実施形態では、セカンダリ層４とは別個に着色層５を形成する場合について説明するが、着色層５を形成せずに、セカンダリ層４に着色を施してセカンダリ層４を着色層としても機能させることができる。この場合、着色層５に着色を施す着色剤と同様の着色剤を、セカンダリ層４を構成する紫外線硬化型樹脂に含有させることによりセカンダリ層４に着色を施すこと

ができる。

[0029] また、光ファイバのマイクロベンドロスの生じやすさを表す指標として有効コア断面積（実効コア断面積）Ａｅｆｆが挙げられる。有効コア断面積Ａｅｆｆは以下の式（１）によって表される。なお、有効コア断面積Ａｅｆｆは、例えば、１９９９年　電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会予稿集のＣ－３－７６及びＣ－３－７７等に記載されている。

$$Aeff=(\pi k/4)*(MFD)^2 \quad \cdots (1)$$

ここで、有効コア断面積Ａｅｆｆは、波長１５５０ｎｍにおける値であり、ＭＦＤはモードフィールド径（μｍ）、ｋは定数である。有効コア断面積Ａｅｆｆは、光ファイバ裸線２の軸に直交する断面のうち、所定の強度を有する光が通過する部分の面積を表す。一般的に、光ファイバ裸線２の有効コア断面積Ａｅｆｆが大きくなるほど、光ファイバ裸線２の断面における光学的閉じ込めが弱くなる。すなわち、光ファイバ裸線２の有効コア断面積Ａｅｆｆが大きい場合、光ファイバ裸線２に加わる外力によって光ファイバ裸線２内の光が漏出しやすくなる。このため、光ファイバ裸線２の有効コア断面積Ａｅｆｆが大きくなると、光ファイバ着色心線１のマイクロベンドロスが生じやすくなる。

[0030] 光ファイバ裸線２としては、有効コア断面積Ａｅｆｆが８０μｍ^{2}以上（≧８０μｍ^2）のものを用いることができる。光ファイバにおいてＡｅｆｆはマイクロベンド感度の指標となり、Ａｅｆｆが大きいほどマイクロベンド感度が高いことを示す（一般に、Ａｅｆｆ＞１００μｍ^{2}であればマイクロベンド感度が高いといわれている。）。とりわけ、Ａｅｆｆが１３０μｍ^{2}以上１５０μｍ^{2}以下であることは、マイクロベンド感度が問題なく高い光ファイバとなる。

[0031] 図２Ａは、本実施形態に係る光ファイバ着色心線１の製造方法に用いる製造装置１０の一部分を示す模式図である。図２Ａにおいて、製造装置１０は、加熱装置２０、プライマリ層被覆装置３０、セカンダリ層被覆装置４０、ガイドローラ４５及び第１巻取り装置５０を有する。

[0032] 光ファイバ母材ＢＭは、例えば石英系のガラスからなり、ＶＡＤ法、ＯＶＤ法、ＭＣＶＤ法など周知の方法により製造される。加熱装置２０は、ヒータ２１を有する。ヒータ２１は、テープヒータ、リボンヒータ、ラバーヒータ、オーブンヒータ、セラミックヒータ、ハロゲンヒータなどの任意の熱源であり得る。光ファイバ母材ＢＭの端部は、光ファイバ母材ＢＭの周囲に配置されたヒータ２１によって加熱されて溶融し、線引きされて光ファイバ裸線２が引き出される。

[0033] 加熱装置２０の下方には、プライマリ層被覆装置３０が設けられる。プライマリ層被覆装置３０は、樹脂塗布装置３１及び紫外線照射装置３２を有する。樹脂塗布装置３１には、プライマリ層３を形成するための被覆材料である紫外線硬化型樹脂（以下、「第１紫外線硬化型樹脂」と称する。）が保持される。光ファイバ母材ＢＭから引き出された光ファイバ裸線２には、樹脂塗布装置３１によって第１紫外線硬化型樹脂が塗布される。

[0034] 樹脂塗布装置３１の下方には、紫外線照射装置３２が設けられる。紫外線照射装置３２は、メタルハライドランプ、水銀ランプ、ＵＶ－ＬＥＤなどの任意の紫外線光源を備える。光ファイバ裸線２には樹脂塗布装置３１によって第１紫外線硬化型樹脂が塗布され、光ファイバ裸線２は紫外線照射装置３２に入り、第１紫外線硬化型樹脂に紫外線が照射される。その結果、第１紫外線硬化型樹脂は硬化され、プライマリ層３が形成される。

[0035] プライマリ層被覆装置３０の下方には、セカンダリ層被覆装置４０が設けられる。セカンダリ層被覆装置４０は、樹脂塗布装置４１及び紫外線照射装置４２を有する。樹脂塗布装置４１には、セカンダリ層４を形成するための被覆材料である紫外線硬化型樹脂（以下、「第２紫外線硬化型樹脂」と称する。）が保持される。プライマリ層３には、樹脂塗布装置４１によって第２紫外線硬化型樹脂が塗布される。

[0036] 樹脂塗布装置４１の下方には、紫外線照射装置４２が設けられる。紫外線照射装置４２は、紫外線照射装置３２と同様に構成され得る。プライマリ層３の上に第２紫外線硬化型樹脂が被覆された光ファイバ裸線２は紫外線照射

装置４２に入り、第２紫外線硬化型樹脂に紫外線が照射される。その結果、第２紫外線硬化型樹脂は硬化され、セカンダリ層４が形成される。プライマリ層３及びセカンダリ層４が光ファイバ裸線２に被覆されることで、光ファイバ素線６が形成される。

[0037] なお、樹脂塗布装置３１は、第１紫外線硬化型樹脂と第２紫外線硬化型樹脂とを別々に保持するように構成されてもよい。この場合、樹脂塗布装置３１は、第１紫外線硬化型樹脂を光ファイバ裸線２に塗布し、続いて、第１紫外線硬化型樹脂の上に第２紫外線硬化型樹脂を塗布する。さらにこの場合、紫外線照射装置３２は、光ファイバ裸線２に塗布された第１紫外線硬化型樹脂及び第２紫外線硬化型樹脂に紫外線を照射する。これにより、プライマリ層３及びセカンダリ層４が形成される。この場合、製造装置１０は、必ずしもセカンダリ層被覆装置４０を有することを要しない。

[0038] セカンダリ層被覆装置４０の下方には、ガイドローラ４５及び第１巻取り装置５０が設けられる。製造後の光ファイバ素線６は、ガイドローラ４５にガイドされ、第１巻取り装置５０に巻き取られる。

[0039] 図２Ｂは、本実施形態に係る光ファイバ着色心線１の製造方法に用いる製造装置１０の他の部分を示す模式図である。図２Ｂにおいて、製造装置１０は、素線保持装置５５、ガイドローラ５６、着色層被覆装置６０、ガイドローラ６５及び第２巻取り装置７０を有する。製造装置１０は、図２Ａに示す複数の装置によって製造された光ファイバ素線６から光ファイバ着色心線１を製造する。

[0040] 素線保持装置５５は、製造された光ファイバ素線６を巻き取った状態で保持する。なお、図２Ｂでは、素線保持装置５５は、第１巻取り装置５０とは別の装置としているが、第１巻取り装置５０が素線保持装置５５を兼ねてもよい。

[0041] 素線保持装置５５の下方には、着色層被覆装置６０が設けられる。素線保持装置５５から引き出された光ファイバ素線６は、素線保持装置５５と着色層被覆装置６０との間に設けられたガイドローラ５６にガイドされ、着色層

被覆装置６０の内部に搬送される。

[0042] 着色層被覆装置６０は、樹脂塗布装置６１及び紫外線照射装置６２を有する。樹脂塗布装置６１には、着色層５を形成するための被覆材料である紫外線硬化型樹脂（以下、「第３紫外線硬化型樹脂」と称する。）が保持される。

[0043] 光ファイバ素線６には、樹脂塗布装置６１によって第３紫外線硬化型樹脂が塗布される。樹脂塗布装置６１の下方には、紫外線照射装置６２が設けられる。紫外線照射装置６２は、紫外線照射装置３２及び４２と同様に構成され得る。

[0044] セカンダリ層４の外周に第３紫外線硬化型樹脂が塗布された光ファイバ素線６は、紫外線照射装置６２に入り、第３紫外線硬化型樹脂及び光ファイバ素線６に紫外線が照射される。これにより、第３紫外線硬化型樹脂は硬化され、着色層５が形成される。

[0045] プライマリ層３、セカンダリ層４及び着色層５が光ファイバ裸線２に被覆されることにより、光ファイバ着色心線１が形成される。製造後の光ファイバ着色心線１は、着色層被覆装置６０の下方に設けられたガイドローラ６５にガイドされ、第２巻取り装置７０に巻き取られる。

[0046] なお、着色層５を形成せずにセカンダリ層４に着色を施してセカンダリ層４を着色層としても機能させる場合、製造装置１０の図２Ｂに示す他の部分による上述した工程を省略することができる。この場合、樹脂塗布装置４１により塗布する第２紫外線硬化型樹脂に着色剤を添加して着色を施し、着色を施した第２紫外線硬化型樹脂をプライマリ層３の周囲に塗布することができる。これにより、着色剤により着色が施されたセカンダリ層４を形成することができる。

[0047] 図３Ａは、本実施形態に係る光ファイバリボン１００の一例の断面図である。光ファイバリボン１００は、接着層１０１を介してｎ（ｎは２以上の自然数。）本の光ファイバ着色心線１－１～１－ｎが帯状に束ねられることによって構成される。なお、光ファイバリボン１００は、図３Ａに示すように

光ファイバ着色心線１－１～１－ｎの全部が１本に束ねられた構造を有するものに限定されるものではなく、図３Ｂ及び図３Ｃに示す間欠接着型の構造を有するものであってもよい。間欠接着型の構造を有する光ファイバリボン１００では、その幅方向に連続して並ぶ２本以上の光ファイバ着色心線１ごとに接着層１０１を介して１本の帯状に束ねられている。図３Ｂ及び図３Ｃでは、幅方向に互いに隣接して並ぶ２本の光ファイバ着色心線１ごとに接着層１０１を介して１本の帯状に束ねられている構造を示している。この場合、図３Ｂに示すように、各光ファイバ着色心線１が他の光ファイバ着色心線１と束ねられていてもよいし、図３Ｃに示すように、複数の光ファイバ着色心線１のうちの一部が他の光ファイバ着色心線１と束ねられていなくてもよい。

[0048] また、本実施形態では、同じ光ファイバリボン１００の中には異なる色の着色層５を有する２種類以上の光ファイバ着色心線１が含まれる。

[0049] また、着色層５の色によって紫外線に対する吸光度に差が無いことが好ましい。例えば、光ファイバ着色心線１－１が白色の着色層５を有し、光ファイバ着色心線１－ｎが黒色の着色層５を有するような場合には、これら２本の光ファイバ着色心線１の間では紫外線に対する吸光度が異なる場合がある。この場合の解決策の一つとして、着色層５を形成する第３紫外線硬化型樹脂に、所定波長の紫外線に対する吸光度を調整するための添加剤を、形成対象の着色層５の色に応じて添加する方法が考えられる。着色層５の色ごとに添加剤の種類及び添加量を適宜調整することで、複数の光ファイバ着色心線１－１～１－ｎの間における吸光度の差を小さくすることができる。

[0050] なお、第３紫外線硬化型樹脂に添加される添加剤が紫外線を吸収する波長範囲（第１波長範囲）の少なくとも一部は、第１紫外線硬化型樹脂に添加される光開始剤が紫外線を吸収する波長範囲（第２波長範囲）と重なり合うと好適である。

[0051] 接着層１０１は、紫外線硬化型樹脂を含む被覆材料に紫外線を照射して硬化させることによって形成される。本明細書では、接着層１０１をリボン層

とも称する。接着層１０１を形成する紫外線硬化型樹脂は、プライマリ層３、セカンダリ層４及び着色層５を形成する紫外線硬化型樹脂と同様の樹脂で構成される。光ファイバ着色心線１は、光ファイバリボン１００の形態をとることによって、高密度に束ねることができる。なお、光ファイバリボン１００は、図３Ａ、図３Ｂ及び図３Ｃに示した構成に限定されない。また、光ファイバリボン１００がシースにより収容された光ファイバリボンケーブルの形態をとってもよい。

[0052] 図４は、本実施形態に係る光ファイバリボン１００の製造方法に用いるリボン化装置８０の模式図である。リボン化装置８０は、樹脂塗布装置８１及び紫外線照射装置８２を有する。樹脂塗布装置８１には、接着層１０１の被覆材料である紫外線硬化型樹脂（以下、「第４紫外線硬化型樹脂」と称する。）が保持される。

[0053] 色違いで複数用意された光ファイバ着色心線１は、リボン化装置８０に入り、樹脂塗布装置８１によって第４紫外線硬化型樹脂が塗布される。第４紫外線硬化型樹脂が塗布された光ファイバ着色心線１は、第４紫外線硬化型樹脂が塗布された他の複数の光ファイバ着色心線１とともに束ねられる。束ねられた複数の光ファイバ着色心線１には、リボン化装置８０に設けられた紫外線照射装置８２により紫外線が照射される。その結果、第４紫外線硬化型樹脂は硬化され、接着層１０１となる。接着層１０１を介して並列された複数の光ファイバ着色心線１が連結される。このようにして、複数の光ファイバ着色心線１から光ファイバリボン１００が形成される。

[0054] なお、リボン化装置８０は、例えば特開２０１２－１１８３５８に記載のリボン化装置でもよい。これにより、接着層１０１は、隣接する光ファイバ着色心線１の長手方向に所定の間隔をあけて間欠的に形成され、間欠接着型の光ファイバリボン１００が形成される。

[0055] 図５は、本実施形態に係る光ファイバ着色心線１及び光ファイバリボン１００の製造方法のフローチャートである。まず、ユーザは製造装置１０に光ファイバ母材ＢＭを設置する（ステップＳ１０１）。

[0056] 次いで加熱装置２０に設けられたヒータ２１は、光ファイバ母材ＢＭを加熱し、光ファイバ裸線２の線引きを開始する（ステップＳ１０２）。

[0057] プライマリ層被覆装置３０は、線引きされた光ファイバ裸線２の周囲に第１紫外線硬化型樹脂を塗布し、第１紫外線硬化型樹脂に紫外線を照射し、プライマリ層３を形成する（ステップＳ１０３）。

[0058] 次に、セカンダリ層被覆装置４０は、プライマリ層３の周囲に第２紫外線硬化型樹脂を塗布し、第２紫外線硬化型樹脂に紫外線を照射してセカンダリ層４を形成する（ステップＳ１０４）。これにより、光ファイバ素線６が得られる。製造後の光ファイバ素線６は、第１巻取り装置５０に巻き取られる。

[0059] 続いて、着色層被覆装置６０は、素線保持装置５５もしくは第１巻取り装置５０から光ファイバ素線６を引き出すと、光ファイバ素線６のセカンダリ層４の周囲に第３紫外線硬化型樹脂を塗布し、第３紫外線硬化型樹脂に紫外線を照射して着色層５を形成する（ステップＳ１０５）。光ファイバ素線６の周囲に着色層５を被覆することにより、光ファイバ着色心線１が得られる。製造後の光ファイバ着色心線１は、第２巻取り装置７０に巻き取られる。なお、ステップＳ１０５を省略してステップＳ１０４においてセカンダリ層４に着色を施してセカンダリ層４を着色層として機能させることもできる。

[0060] なお、本実施形態では、着色層５の色が異なる複数の光ファイバ着色心線１を製造する。このため、ステップＳ１０５の処理は、色ごとに第３紫外線硬化型樹脂の組成等の製造条件を変更して行われるものとする。

[0061] また、プライマリ層３を形成する工程（ステップＳ１０３）において必ずしも紫外線を照射することを要しない。この場合、プライマリ層３は、セカンダリ層４を形成する工程（ステップＳ１０４）において硬化され得る。

[0062] ステップＳ１０５において着色層５が形成された後、リボン化装置８０は色違いで複数用意された光ファイバ着色心線１を覆うように第４紫外線硬化型樹脂を塗布し、第４紫外線硬化型樹脂に紫外線を照射して複数の光ファイバ着色心線１を互いに連結する（ステップＳ１０６）。これにより、光ファ

イバリボン１００が製造される。

[0063] 本実施形態に係る光ファイバ着色心線１において、プライマリ層３は、メルカプト基含有化合物を含む紫外線硬化型樹脂（第１紫外線硬化型樹脂）により構成されているため、メルカプト基含有化合物又はメルカプト基含有化合物に由来する構造を有している。メルカプト基含有化合物がウレタン（メタ）アクリレートなどの重合性化合物と反応する結果、プライマリ層３は、炭素－硫黄結合を有し、硫黄原子を具体的には０．０３ｗｔ％以上０．６５ｗｔ％以下含有する。なお、炭素－硫黄結合は、炭素原子と硫黄原子との間の共有結合である。

[0064] なお、プライマリ層３中の炭素－硫黄結合の有無は、例えばフーリエ変換赤外分光法（ＦＴ－ＩＲ）を用いて測定することにより確認することができる。また、プライマリ層３中の硫黄原子の含有量は、例えば元素分析（ＥＡ）を用いて測定することができる。

[0065] メルカプト基含有化合物は、上述のように紫外線硬化型樹脂に含まれるウレタン（メタ）アクリレートなどの重合性化合物とメルカプト基により反応して重合性化合物の重合を停止させる効果を有する。このため、プライマリ層３は、メルカプト基含有化合物を含まない紫外線硬化型樹脂により構成された場合と比較して低い飽和ヤング率を有している。

[0066] すなわち、プライマリ層３は、低いヤング率を有する一方、プライマリ層３への追加の紫外線照射によるヤング率の上昇量が０．０９ＭＰａ以下と低く抑えられたものになっている。プライマリ層３は、好ましくは０．１５ＭＰａ以上、２．３１ＭＰａ以下のヤング率を有するものとなっている。追加の紫外線照射は、後述するように、紫外線照射時の周囲環境温度を室温とし、照度１０００ｍＷ／ｃｍ^{2}及び照射量１０００ｍＪ／ｃｍ^2、照度１０００ｍＷ／ｃｍ^{2}及び照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2、照度５００ｍＷ／ｃｍ^{2}及び照射量１０００ｍＪ／ｃｍ^2、並びに照度５００ｍＷ／ｃｍ^{2}及び照射量５００ｍＪ／ｃｍ^{2}のいずれかの条件で行うことができる。

[0067] また、メルカプト基含有化合物を含む紫外線硬化型樹脂により構成された

プライマリ層３の飽和ヤング率は、メルカプト基含有化合物の添加前の紫外線硬化型樹脂、すなわちメルカプト基含有化合物を含まない紫外線硬化型樹脂により構成されたプライマリ層の飽和ヤング率に対して好ましくは１０％以上低下している。

[0068] 従来、特許文献４に記載されるように、紫外線硬化型樹脂にメルカプト基含有シランカップリング剤を使用することで硬化性が低下するという負の面が注目されていた。一方、本実施形態では、メルカプト基含有化合物を紫外線硬化型樹脂に適切に添加することで容易に所望のヤング率を達成することができる。さらに、本実施形態では、低ヤング率であってもプライマリ層３中に紫外線照射で光開始剤から発生したラジカルによって反応する反応性基が、未反応の状態で残存しているわけではないので、光ファイバ製造後の紫外線照射や紫外線暴露によって新たな反応を抑制又は防止することができ、プライマリ層３の硬化後におけるヤング率が上昇を抑制又は防止することができる。

[0069] ここで、プライマリ層３を構成する紫外線硬化型樹脂へのメルカプト基含有化合物の添加量とプライマリ層３の飽和ヤング率の低減量との間には相関が見られる。このため、両者の間の相関に基づきメルカプト基含有化合物の添加量を制御することにより、容易にプライマリ層３のヤング率を低減して所望の値に制御することができる。

[0070] なお、プライマリ層３のヤング率を十分に低減する観点から、プライマリ層３を構成する紫外線硬化型樹脂は、メルカプト基含有化合物を好ましくは０．２ｗｔ％以上含有する。なお、プライマリ層３の硬化性を確保する観点から、プライマリ層３を構成する紫外線硬化型樹脂は、メルカプト基含有化合物を好ましくは４ｗｔ％以下含有する。ただし、硬化性は添加するメルカプト基の数で決まるため、メルカプト基含有化合物の分子量によっては４ｗｔ％以上添加しても問題ない。

[0071] メルカプト基含有化合物のメルカプト基が重合反応を停止させることでヤング率を低減することができるため、炭素－硫黄結合はプライマリ層３の主

鎖骨格の繰り返し単位の中には含まれない。

[0072] ここで、ガラス転移温度は、紫外線硬化型樹脂の硬化状態を表す指標の一つである。プライマリ層３のガラス転移温度は、追加の紫外線照射の前後で大きく変化しないことが好ましい。具体的には、追加の紫外線照射によるプライマリ層３は、追加の紫外線照射によるガラス転移温度の変化が±１．３℃以内であることが好ましい。プライマリ層３のガラス転移温度は、－５５℃以上室温以下であることが好ましい。なお、本明細書において、室温とは２５℃を意味する。

[0073] このように、本実施形態によれば、プライマリ層３を構成する紫外線硬化型樹脂にメルカプト基含有化合物を意図的に添加するだけでより簡便に飽和ヤング率を所望の値に低減することができる。しかも、本実施形態によれば、光ファイバ製造後における紫外線照射や紫外線暴露によるプライマリ層３のヤング率を抑制又は防止することができる。こうして、樹脂組成の大きな変更を伴うことなく、プライマリ層３のヤング率を所望のヤング率に十分に低減するとともに、プライマリ層３のヤング率の上昇を抑制又は防止することができる。

実施例

[0074] 以下、実施例及び比較例を用い、プライマリ層３として用いられる紫外線硬化型樹脂の硬化物の特性を実験的に評価した結果について説明する。

[0075] 実施例及び比較例では、厚さ１００μｍ程度のシート状に成形した紫外線硬化型樹脂に、追加で紫外線を照射してもそれ以上ヤング率が上昇しないように紫外線を照射して硬化させた際のヤング率を飽和ヤング率とした。なお、紫外線照射時の周囲環境温度は室温とした。紫外線の照射には、水銀ランプ、ＵＶ－ＬＥＤなどのＵＶ光を発するものを用いた。また、主な照射条件としては、「照度１０００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量１０００ｍＪ／ｃｍ^2」、「照度１０００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2」、「照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量１０００ｍＪ／ｃｍ^2」、「照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2」などを用いた。なお、照度や照射量はこれ以外の条件も

あり得る。照度測定には、水銀ランプであれば、例えば、株式会社オーク製作所のＵＶ－３５１、ＵＶ－ＬＥＤであれば、例えば、トプコンテクノハウス社製のＵＶＲＴ２　／　ＵＤ－Ｔ３０４０Ｔ２を使用した。なお、ヤング率は、温度２３℃、相対湿度５０％の雰囲気中で、テンシロン万能引張試験機を用いて、幅６ｍｍ、標線間隔２５ｍｍ、引張速度１ｍｍ／分で試料を引張り、２．５％伸張時における力を測定することで算出した。

[0076] また、プライマリ層３のヤング率は、ＩＳＭ（Ｉｎ　Ｓｉｔｕ　Ｍｏｄｕｌｕｓ）とし、以下の方法で測定したものと定義した。

[0077] まず、市販のストリッパーを用いて、サンプルとなる光ファイバの中間部のプライマリ層およびセカンダリ層を数ｍｍの長さだけ剥ぎ取った後、被覆層が形成されている光ファイバの一端を接着剤でスライドガラス上に固定するとともに、被覆層が形成されている光ファイバの他端に荷重Ｆを印加する。この状態において、被覆層を剥ぎ取った部分と被覆が形成されている部分との境目におけるプライマリ層の変位δを顕微鏡で読み取る。そして、荷重Ｆを１０、２０、３０、５０および７０ｇｆ（すなわち順次９８、１９６、２９４、４９０および６８６ｍＮ）とすることで、荷重Ｆに対する変位δのグラフを作成する。そして、グラフから得られる傾きと以下の式（２）を用いてプライマリ弾性率を算出する。算出されるプライマリ弾性率は、いわゆるＩＳＭに相当するので、以下では適宜Ｐ－ＩＳＭと記載する。なお、光ファイバ着色心線１を線引きする際、Ｐ－ＩＳＭを調整するために線引き速度及び紫外線の照度を制御した。

Ｐ－ＩＳＭ＝（３Ｆ／δ）＊（１／２πｌ）＊ｌｎ（ＤＰ／ＤＧ）　・・・（２）

[0078] Ｐ－ＩＳＭの単位は［ＭＰａ］である。また、Ｆ／δは荷重（Ｆ）［ｇｆ］に対する変位（δ）［μｍ］のグラフが示す傾き、ｌはサンプル長（例えば１０ｍｍ）、ＤＰ／ＤＧはプライマリ層３の外径（ＤＰ）［μｍ］と光ファイバのクラッド部の外径（ＤＧ）［μｍ］との比である。したがって、用いたＦ、δ、ｌから上式（２）を用いてＰ－ＩＳＭを算出する場合は、所定

の単位変換をする必要がある。なお、プライマリ層の外径およびクラッド部の外径は、ファイバカッターにより切断した光ファイバの断面を顕微鏡で観察することにより計測できる。

[0079] マイクロベンドロスの測定方法については様々なものが考えられる。ここでは、番手が＃１０００のサンドペーパーを巻いた大きめのボビンに、１００ｇｆの張力で、４００ｍ以上の長さの光ファイバを互いに重ならないように１層巻きに巻き付けた状態Ａにおける測定対象の光ファイバの伝送損失と、状態Ａと同じボビンに状態Ａと同じ張力、同じ長さで巻き付けた、サンドペーパーが巻かれていない状態Ｂの光ファイバの伝送損失との差をマイクロベンドロスの値として定義した。ここで状態Ｂの光ファイバの伝送損失はマイクロベンドロスを含まず、光ファイバそのものに固有の伝送損失と考えられる。

[0080] なお、この測定方法は、ＪＩＳ　Ｃ６８２３：２０１０に規定される固定径ドラム法に類似するものである。また、この測定方法は、サンドペーパー法とも呼ばれる。また、この測定方法では、伝送損失は波長１５５０ｎｍで測定しているので、本実施形態に関わるマイクロベンドロスも波長１５５０ｎｍでの値である。

[0081] 実施例及び比較例では、厚さ１００μｍ程度のシート状に成形した紫外線硬化型樹脂に水銀ランプを照射して得た硬化物について各種特性を測定した。紫外線硬化型樹脂には、光開始剤として２，４，６－トリメチルベンゾイル－ジフェニルホスフィンオキシドを添加した。なお、本実施例及び比較例では水銀ランプを紫外線光源に使用したが、紫外線光源は水銀ランプに限られるものではなく、様々な波長のＵＶ－ＬＥＤなどでも構わない。

[0082] 実施例では、紫外線硬化型樹脂に添加して含有させるメルカプト含有化合物として添加剤Ａ、Ｂ、Ｃを使用した。添加剤Ａは、（３－メルカプトプロピル）トリメトキシシランである。添加剤Ｂは、３－メルカプトプロピオン酸イソオクチルである。添加剤Ｃは、１－ペンタンチオールである。

[0083] 実施例及び比較例における追加の紫外線照射後のヤング率とは、紫外線硬

化型樹脂の硬化物に対して水銀ランプを用いて５００ｍＷ／ｃｍ^2、５００ｍＪ／ｃｍ^{2}の照射条件で再照射した際の硬化物のヤング率とした。なお、光ファイバ着色心線１に対しても同様に追加の紫外線照射を行うことで、本発明の効果の有無を確認することができる。

[0084] ガラス転移温度は、示差走査熱分析（ＤＳＣ）、熱機械分析（ＴＭＡ）および動的機械分析（ＤＭＡ）といった各種の分析装置を用いることで測定することができる。しかしながら、測定方法の種類によって得られるガラス転移温度の値も変わってくるため、本実施例においては、動的機械分析を用いてガラス転移温度を測定した。本明細書におけるガラス転移温度とは、動的機械分析を用いて測定したものを意味する。

[0085] 動的機械分析は、ガラス転移領域では分子運動が著しく増大し、弾性率が大きく変化することを利用して測定する方法である。すなわち、ガラス状態からゴム状態に移行することによって、樹脂のヤング率は約１０００ＭＰａから約１ＭＰａ、すなわち３桁も大きく変化することから、高感度でガラス転移を測定可能となることを利用して測定するものである。

[0086] ところで、動的機械分析とは、物体に周期的に変化する歪みまたは応力を加えたときに観測される粘弾性を測定するものである。動的機械分析による測定を行うことによって、貯蔵弾性率（Ｇ′）、損失弾性率（Ｇ″）、そして損失正接値（ｔａｎδ＝Ｇ″／Ｇ′）のデータを得ることができる。ここで、貯蔵弾性率は物質の弾性要素、損失弾性率は物質の粘性要素を表現しており、損失正接値は損失弾性率を貯蔵弾性率で割った値で弾性要素と粘性要素のバランスを表している。完全な弾性体の場合、応力と歪が比例し、与えられた応力に対して遅れなく（位相差ゼロ）応力が検出される。一方、完全な粘性体の場合は、応力と歪み速度が比例するため、応力をｓｉｎ（ωｔ）で与えると応答の歪みは、－ｃｏｓ（ωｔ）＝ｓｉｎ（ωｔ－π／２）となり、応力に対して歪が１／４波長分（位相差π／２）遅れて検出される。測定は試料に交流力を与えたときの、試料の変位量を検出し、試料に加えた交流力と検出した変位量からフーリエ演算処理を行い、位相差を求めるもので

ある。一般的な高分子は完全弾性体と粘性体の中間の性質を有しており、位相差は０～π／２の間となる。動的機械分析は、応力と歪みの関係を測定し、力学特性である弾性成分の貯蔵弾性率と粘性成分の損失弾性率の比を表す損失正接値を出力するものである。そして、本発明においては、この損失正接値が極大値を示す温度をガラス転移温度、すなわちガラス転移温度としている。ここで、損失正接値は、動的粘弾性装置として、ティー・エイ・インスツルメント製のＲＳＡ－Ｇ２（登録商標）を用い、紫外線硬化型樹脂の硬化シートから短冊状のサンプルを切り出し、これを引張型治具に固定して下記の動的粘弾性試験条件にて測定した。本測定において、極大値が現われる温度をガラス転移温度とした。

＜動的粘弾性試験条件＞

振動周波数　　：　１Ｈｚ

試料の昇温速度：　５℃／分

[0087] なお、光ファイバにおけるプライマリ層３のガラス転移温度は、液体窒素中に光ファイバを浸漬し、ストリッパーにより被覆を剥ぐことで光ファイバからガラス光ファイバを引き抜いた被覆のみの試料を用いることで、同様に測定することができる。その際はセカンダリ層４に由来する損失正接値の極大値も観測されるが、セカンダリ層４とプライマリ層３のガラス転移温度は大きく異なるため、プライマリ層３に由来する損失正接値の極大値は容易に判別することができる。

[0088] 実施例及び比較例に示したメルカプト基含有化合物の添加剤を添加する前のプライマリ層３の飽和ヤング率を求める際に作製したシート状の硬化物は、水銀ランプ（照度１０００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量１０００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて硬化した。メルカプト基含有化合物の添加剤を添加する前のプライマリ層は、メルカプト基含有化合物の添加剤を添加しない場合のプライマリ層である。

[0089] なお、実施例及び比較例に示したプライマリ層３の飽和ヤング率は一例にすぎず、一般的に、プライマリ層３のヤング率は、０．１～３．０ＭＰａの

範囲を取り得る。セカンダリ層４のヤング率は、５００～２０００ＭＰａの範囲を取り得る。

[0090] セカンダリ層４のヤング率は、次の測定方法により測定することができる。まず、液体窒素中に光ファイバを浸漬し、ストリッパーにより被覆層を剥ぐことで光ファイバからガラス光ファイバを引き抜いた被覆層のみの試料を作成し、試料の末端部分を接着剤でアルミ板に固定した。温度２３℃、相対湿度５０％の雰囲気中で、テンシロン万能引張試験機を用いて、アルミ板部分をチャックする。次に、標線間隔２５ｍｍ、引張速度１ｍｍ／分で試料を引張り、２．５％伸張時における力を測定することで、セカンダリ層４の弾性率（セカンダリ弾性率）Ｓ－ＩＳＭ（２．５％セカント弾性率（Ｓｅｃａｎｔ　Ｍｏｄｕｌｕｓ））を算出する。

[0091] 実施例１では、飽和ヤング率１．４８ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラス転移温度が－２８．５℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ａを０．５ｗｔ％添加した。その添加剤Ａを添加した紫外線硬化型樹脂の飽和ヤング率は１．２１ＭＰａで、添加剤添加前の飽和ヤング率に対して１８．２％低下した。水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて硬化した硬化物のヤング率は１．１７ＭＰａで、ガラス転移温度は－３０．５℃であった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率は１．２１ＭＰａで上昇量は＋０．０４ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ以下であった。また、ガラス転移温度は－３０．１℃で変化量は＋０．４℃となり、±１．３℃以内であった。

[0092] 実施例２では、飽和ヤング率１．４８ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラス転移温度が－２８．５℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ａを１．０ｗｔ％添加した。その添加剤Ａを添加した紫外線硬化型樹脂の飽和ヤング率は１．０３ＭＰａで、添加剤添加前の飽和ヤング率に対して３０．４％低下した。水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて硬化した硬化物のヤング率は１．００ＭＰａで、ガラス転移温度は－３

１．０℃であった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率は１．０３ＭＰａで上昇量は＋０．０３ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ以下であった。また、ガラス転移温度は－２９．７℃で変化量は＋１．３℃となり、±１．３℃以内であった。

[0093] 実施例３では、飽和ヤング率１．４８ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラス転移温度が－２８．５℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ａを２．０ｗｔ％添加した。その添加剤Ａを添加した紫外線硬化型樹脂の飽和ヤング率は０．７５ＭＰａで、添加剤添加前の飽和ヤング率に対して４９．３％低下した。水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて硬化した硬化物のヤング率は０．６６ＭＰａで、ガラス転移温度は－３１．０℃であった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率は０．７５ＭＰａで上昇量は＋０．０９ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ以下であった。また、ガラス転移温度は－３１．５℃で変化量は－０．５℃となり、±１．３℃以内であった。

[0094] 実施例４では、飽和ヤング率１．４８ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラス転移温度が－２８．５℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ａを３．０ｗｔ％添加した。その添加剤Ａを添加した紫外線硬化型樹脂の飽和ヤング率は０．４６ＭＰａで、添加剤添加前の飽和ヤング率に対して６８．９％低下した。水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて硬化した硬化物のヤング率は０．３９ＭＰａで、ガラス転移温度は－３３．２℃であった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率は０．４６ＭＰａで上昇量は＋０．０７ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ以下であった。また、ガラス転移温度は－３２．０℃で変化量は＋１．２℃となり、±１．３℃以内であった。

[0095] 実施例５では、飽和ヤング率１．４８ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラ

ス転移温度が－２８．５℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ａを４．０ｗｔ％添加した。その添加剤Ａを添加した紫外線硬化型樹脂の飽和ヤング率は０．２１ＭＰａで、添加剤添加前の飽和ヤング率に対して８５．８％低下した。水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて硬化した硬化物のヤング率は０．１５ＭＰａで、ガラス転移温度は－３３．８℃であった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率は０．２１ＭＰａで上昇量は＋０．０６ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ以下であった。また、ガラス転移温度は－３３．０℃で変化量は＋０．８℃となり、±１．３℃以内であった。

[0096] 実施例６では、飽和ヤング率１．４８ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラス転移温度が－２８．５℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ｂを１．０ｗｔ％添加した。その添加剤Ｂを添加した紫外線硬化型樹脂の飽和ヤング率は０．９６ＭＰａで、添加剤添加前の飽和ヤング率に対して３５．１％低下した。水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて硬化した硬化物のヤング率は０．９５ＭＰａで、ガラス転移温度は－３１．７℃であった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率は０．９６ＭＰａで上昇量は＋０．０１ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ以下であった。また、ガラス転移温度は－３０．８℃で変化量は＋０．９℃となり、±１．３℃以内であった。

[0097] 実施例７では、飽和ヤング率１．４８ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラス転移温度が－２８．５℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ｃを０．３ｗｔ％添加した。その添加剤Ｃを添加した紫外線硬化型樹脂の飽和ヤング率は１．３２ＭＰａで、添加剤添加前の飽和ヤング率に対して１０．８％低下した。水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて硬化した硬化物のヤング率は１．３２ＭＰａで、ガラス転移温度は－３０．０℃であった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５

００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率は１．３２ＭＰａで上昇量は０．００ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ以下であった。また、ガラス転移温度は－３０．２℃で変化量は－０．２℃となり、±１．３℃以内であった。

[0098] 実施例８では、飽和ヤング率２．５７ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラス転移温度が－５４．０℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ａを０．５ｗｔ％添加した。その添加剤Ａを添加した紫外線硬化型樹脂の飽和ヤング率は２．０２ＭＰａで、添加剤添加前の飽和ヤング率に対して２１．４％低下した。水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて硬化した硬化物のヤング率は２．００ＭＰａで、ガラス転移温度は－５３．６℃であった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率は２．０２ＭＰａで上昇量は＋０．０２ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ以下であった。また、ガラス転移温度は－５３．７℃で変化量は－０．１℃となり、±１．３℃以内であった。

[0099] 実施例９では、飽和ヤング率２．５７ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラス転移温度が－５４．０℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ａを１．０ｗｔ％添加した。その添加剤Ａを添加した紫外線硬化型樹脂の飽和ヤング率は１．７３ＭＰａで、添加剤添加前の飽和ヤング率に対して３２．７％低下した。水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて硬化した硬化物のヤング率は１．６９ＭＰａで、ガラス転移温度は－５２．８℃であった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率は１．７３ＭＰａで上昇量は＋０．０４ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ以下であった。また、ガラス転移温度は－５３．０℃で変化量は－０．２℃となり、±１．３℃以内であった。

[0100] 実施例１０では、飽和ヤング率２．５７ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラス転移温度が－５４．０℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ａを２．０

ｗｔ％添加した。その添加剤Ａを添加した紫外線硬化型樹脂の飽和ヤング率は１．１２ＭＰａで、添加剤添加前の飽和ヤング率に対して５６．４％低下した。水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて硬化した硬化物のヤング率は１．１２ＭＰａで、ガラス転移温度は－５２．８℃であった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率は１．１２ＭＰａで上昇量は０．００ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ以下であった。また、ガラス転移温度は－５２．８℃で変化量は０℃となり、±１．３℃以内であった。

[0101] 実施例１１では、飽和ヤング率２．５７ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラス転移温度が－５４．０℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ａを３．０ｗｔ％添加した。その添加剤Ａを添加した紫外線硬化型樹脂の飽和ヤング率は０．５５ＭＰａで、添加剤添加前の飽和ヤング率に対して７８．６％低下した。水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて硬化した硬化物のヤング率は０．５３ＭＰａで、ガラス転移温度は－５２．８℃であった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率は０．５５ＭＰａで上昇量は＋０．０２ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ以下であった。また、ガラス転移温度は－５２．８℃で変化量は０℃となり、±１．３℃以内であった。

[0102] 実施例１２では、飽和ヤング率２．５７ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラス転移温度が－５４．０℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ｂを０．２ｗｔ％添加した。その添加剤Ｂを添加した紫外線硬化型樹脂の飽和ヤング率は２．３１ＭＰａで、添加剤添加前の飽和ヤング率に対して１０．１％低下した。水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて硬化した硬化物のヤング率は２．３０ＭＰａで、ガラス転移温度は－５３．７℃であった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率

は２．３１ＭＰａで上昇量は＋０．０１ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ以下であった。また、ガラス転移温度は－５３．９℃で変化量は－０．２℃となり、±１．３℃以内であった。

[0103] 実施例１３では、飽和ヤング率２．５７ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラス転移温度が－５４．０℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ｂを０．５ｗｔ％添加した。その添加剤Ｂを添加した紫外線硬化型樹脂の飽和ヤング率は２．０３ＭＰａで、添加剤添加前の飽和ヤング率に対して２１．０％低下した。水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて硬化した硬化物のヤング率は２．００ＭＰａで、ガラス転移温度は－５３．６℃であった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率は２．０３ＭＰａで上昇量は＋０．０３ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ以下であった。また、ガラス転移温度は－５３．７℃で変化量は－０．１℃となり、±１．３℃以内であった。

[0104] 実施例１４は、飽和ヤング率２．５７ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラス転移温度が－５４．０℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ｂを１．０ｗｔ％添加した。その添加剤Ｂを添加した紫外線硬化型樹脂の飽和ヤング率は１．７３ＭＰａで、添加剤添加前の飽和ヤング率に対して３２．７％低下した。水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて硬化した硬化物のヤング率は１．７３ＭＰａで、ガラス転移温度は－５２．８℃であった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率は１．７３ＭＰａで上昇量は０ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ以下であった。また、ガラス転移温度は－５３．０℃で変化量は－０．２℃となり、±１．３℃以内であった。

[0105] 実施例１５では、飽和ヤング率２．５７ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラス転移温度が－５４．０℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ｂを２．０ｗｔ％添加した。その添加剤Ｂを添加した紫外線硬化型樹脂の飽和ヤング率

は１．２８ＭＰａで、添加剤添加前の飽和ヤング率に対して５０．２％低下した。水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて硬化した硬化物のヤング率は１．２７ＭＰａで、ガラス転移温度は－５２．８℃であった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率は１．２８ＭＰａで上昇量は＋０．０１ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ以下であった。また、ガラス転移温度は－５２．８℃で変化量は０℃となり、±１．３℃以内であった。

[0106] 比較例１では、飽和ヤング率１．４８ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラス転移温度が－２８．５℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ａ、Ｂ、Ｃのいずれも添加せず、照射量を１２．５ｍＪ／ｃｍ^{2}として硬化した。その硬化物のヤング率は０．５４ＭＰａで、飽和ヤング率に対して６３．５％低下した。また、ガラス転移温度－３６．９℃となった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率は１．４８ＭＰａで上昇量は＋０．９４ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ超となった。また、ガラス転移温度は－２９．８℃で変化量は＋７．１℃となり、±１．３℃超となった。

[0107] 比較例２では、飽和ヤング率２．５７ＭＰａ、飽和ヤング率におけるガラス転移温度が－５４．０℃の紫外線硬化型樹脂に対して添加剤Ａ、Ｂ、Ｃのいずれも添加せず、照射量を１２．５ｍＪ／ｃｍ^{2}として硬化した。その硬化物のヤング率は２．１５ＭＰａで、飽和ヤング率に対して１６．３％低下した。また、ガラス転移温度－５５．３℃となった。その硬化物に対し追加のＵＶ照射を水銀ランプ（照度５００ｍＷ／ｃｍ^2、照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2）を用いて行うと、ヤング率は２．５７ＭＰａで上昇量は＋０．４２ＭＰａとなり、０．０９ＭＰａ超となった。また、ガラス転移温度は－５３．９℃で変化量は＋１．４℃となり、±１．３℃超となった。

[0108] 上述した実施例及び比較例の測定結果について表１にまとめて示す。

[0109]

[表1]

	プライマリ層							追加の紫外線照射前		追加の紫外線照射後		
	添加剤添加前の飽和ヤング率	添加剤添加前のガラス転移温度	添加剤	添加量	残渣量	添加剤添加後の飽和ヤング率	添加剤添加によるヤング率の低下割合	ヤング率	ガラス転移温度	ヤング率	ヤング率上昇量	ガラス転移温度	ガラス転移温度変化量
	MPa	℃		wt%	wt%	MPa	%	MPa	℃	MPa	MPa	℃	℃
実施例 1	1.48	-28.5	A	0.5	0.08	1.21	18.2	1.17	-30.5	1.21	0.04	-30.1	0.4
実施例 2	1.48	-28.5	A	1.0	0.16	1.03	30.4	1.00	-31.0	1.03	0.03	-29.7	1.3
実施例 3	1.48	-28.5	A	2.0	0.33	0.75	49.3	0.66	-31.0	0.75	0.09	-31.5	-0.5
実施例 4	1.48	-28.5	A	3.0	0.49	0.46	68.9	0.39	-33.2	0.46	0.07	-32.0	1.2
実施例 5	1.48	-28.5	A	4.0	0.65	0.21	85.8	0.15	-33.8	0.21	0.06	-32.9	0.8
実施例 6	1.48	-28.5	B	1.0	0.13	0.96	35.1	0.95	-31.7	0.96	0.01	-30.8	0.9
実施例 7	1.48	-28.5	C	0.3	0.09	1.32	10.8	1.32	-30.0	1.32	0.00	-30.2	-0.2
実施例 8	2.57	-54.0	A	0.5	0.08	2.02	21.4	2.00	-53.6	2.02	0.02	-53.7	-0.1
実施例 9	2.57	-54.0	A	1.0	0.16	1.73	32.7	1.69	-52.8	1.73	0.04	-53.0	-0.2
実施例 10	2.57	-54.0	A	2.0	0.33	1.12	56.4	1.12	-52.8	1.12	0.00	-52.8	0.0
実施例 11	2.57	-54.0	A	3.0	0.49	0.55	78.6	0.53	-52.8	0.55	0.02	-52.8	0.0
実施例 12	2.57	-54.0	B	0.2	0.03	2.31	10.1	2.30	-53.7	2.31	0.01	-52.9	-0.2
実施例 13	2.57	-54.0	B	0.5	0.07	2.03	21.0	2.00	-53.6	2.03	0.03	-53.7	-0.1
実施例 14	2.57	-54.0	B	1.0	0.15	1.73	32.7	1.73	-52.8	1.73	0.00	-53.0	-0.2
実施例 15	2.57	-54.0	B	2.0	0.29	1.28	50.2	1.27	-52.6	1.28	0.01	-52.8	0.0
比較例 1	1.48	-28.5	-	-	-	1.48	-	0.54	-36.9	1.48	0.94	-29.8	7.1
比較例 2	2.57	-54.0	-	-	-	2.57	-	2.15	-55.3	2.57	0.42	-50.8	1.4

[0110] また、光ファイバ着色心線１において、セカンダリ層４のヤング率が１０００ＭＰａ程度で、プライマリ層３のヤング率が異なるものを無作為に１９種選択し、それぞれのプライマリ層３のヤング率差とマイクロベンドロス差を算出した。

[0111] 図６は、光ファイバ着色心線１において、セカンダリ層４のヤング率が１０００ＭＰａ程度で、プライマリ層３のヤング率が異なるものを無作為に１９種選択し、それぞれのプライマリ層３のヤング率差とマイクロベンドロス差を算出し、プライマリ層３のヤング率差とマイクロベンドロス差が０．０５ｄＢ／ｋｍ以上となる割合との関係を示すグラフ図である。図６に示されるように、プライマリ層３のヤング率差０．０５ＭＰａごとに、マイクロベンドロス差が０．０５ｄＢ／ｋｍ以上となる割合を計算したところ、プライマリ層３のヤング率差０．１ＭＰａを境にマイクロベンドロス差が０．０５ｄＢ／ｋｍ以上となる割合が急激に上昇することが確認できた。このことから、ある光ファイバ心線に追加のＵＶ照射を施した場合においても、追加ＵＶ照射前から追加ＵＶ照射後のプライマリ層のヤング率上昇量は０．０９ＭＰａ以下であることが好ましいと考えられる。

符号の説明

[0112]

１	光ファイバ着色心線
２	光ファイバ裸線
３	プライマリ層
４	セカンダリ層
５	着色層
６	光ファイバ素線
１００	光ファイバリボン
１０１	接着層

請求の範囲

[請求項1] 光ファイバ裸線と、

前記光ファイバ裸線を覆う第１紫外線硬化型樹脂により形成されたプライマリ層と、

前記プライマリ層を覆う第２紫外線硬化型樹脂により形成されたセカンダリ層と、

を備え、

前記プライマリ層は、炭素－硫黄結合を有し、硫黄原子を０．０３ｗｔ％以上０．６５ｗｔ％以下含有し、

前記プライマリ層への追加の紫外線照射による前記プライマリ層のヤング率の上昇量は、０．０９ＭＰａ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] 前記追加の紫外線照射は、紫外線照射時の周囲環境温度を室温とし、照度１０００ｍＷ／ｃｍ^{2}及び照射量１０００ｍＪ／ｃｍ^2、照度１０００ｍＷ／ｃｍ^{2}及び照射量５００ｍＪ／ｃｍ^2、照度５００ｍＷ／ｃｍ^{2}及び照射量１０００ｍＪ／ｃｍ^2、並びに照度５００ｍＷ／ｃｍ^{2}及び照射量５００ｍＪ／ｃｍ^{2}のいずれかの条件で行われることを特徴とする請求項１に記載の光ファイバ着色心線。

[請求項3] 前記追加の紫外線照射による前記プライマリ層のガラス転移温度変化は、±１．３℃以内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着色心線。

[請求項4] 前記プライマリ層は、メルカプト基含有化合物を含有す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着色心線。

[請求項5] 前記第１紫外線硬化型樹脂にメルカプト基含有化合物が０．２ｗｔ％以上添加されてい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着色心線。

[請求項6] 前記プライマリ層のヤング率は、０．１５ＭＰａ以上、２．３１ＭＰａ以下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

着色心線。

[請求項7] 前記プライマリ層のガラス転移温度は、－５５℃以上室温以下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着色心線。

[請求項8] 前記プライマリ層は、前記炭素－硫黄結合を前記プライマリ層の主鎖骨格の繰り返し単位の中に含まないことを特徴とする請求項１又は２に記載の光ファイバ着色心線。

[請求項9] 前記プライマリ層の飽和ヤング率は、メルカプト基含有化合物を含まない紫外線硬化型樹脂により構成されたプライマリ層の飽和ヤング率に対して１０％以上低下してい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着色心線。

[請求項10] 請求項１又は２に記載された光ファイバ着色心線を複数有する光ファイバリボン。

[請求項11] 光ファイバ母材から光ファイバ裸線を線引きする工程と、

前記光ファイバ裸線の周囲に第１紫外線硬化型樹脂を塗布し、プライマリ層を形成する工程と、

前記プライマリ層の周囲に第２紫外線硬化型樹脂を塗布し、セカンダリ層を形成する工程と、

前記プライマリ層は、炭素－硫黄結合を有し、硫黄原子を０．０３ｗｔ％以上０．６５ｗｔ％以下含有し、

前記プライマリ層への追加の紫外線照射による前記プライマリ層のヤング率の上昇量は、０．０９ＭＰａ以下であることを特徴とする光ファイバ着色心線の製造方法。

[請求項12] 前記光ファイバ心線の周囲に第３紫外線硬化型樹脂を塗布し、着色層を形成する工程を有することを特徴とする請求項１１に記載の光ファイバ着色心線の製造方法。

[請求項13] 前記セカンダリ層を形成する工程において、着色を施した前記第２紫外線硬化型樹脂を前記プライマリ層の周囲に塗布することを特徴とする請求項１１に記載の光ファイバ着色心線の製造方法。

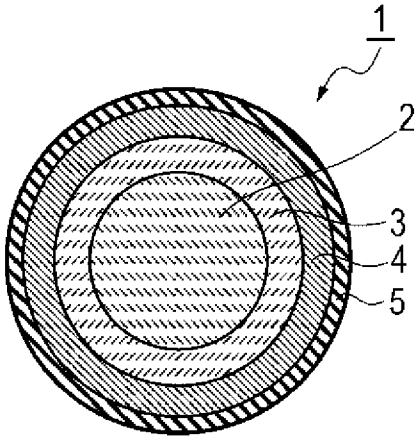
[請求項14] 前記第１紫外線硬化型樹脂は、メルカプト基含有化合物を含むことを特徴とする請求項１１乃至１３のいずれか１項に記載の光ファイバ着色心線の製造方法。

[請求項15] 前記プライマリ層を形成する工程において、前記第１紫外線硬化型樹脂に紫外線を照射することを特徴とする請求項１１乃至１３のいずれか１項に記載の光ファイバ着色心線の製造方法。

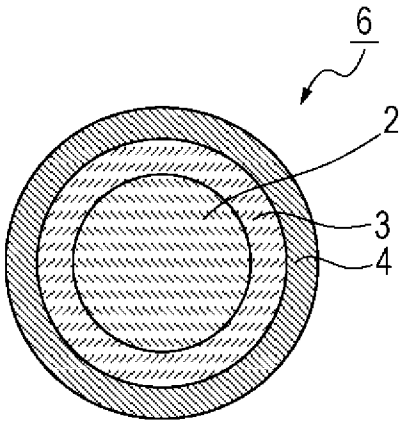
[請求項16] 前記セカンダリ層を形成する工程において、前記第１紫外線硬化型樹脂及び前記第２紫外線硬化型樹脂に紫外線を照射することを特徴とする請求項１１乃至１３のいずれか１項に記載の光ファイバ着色心線の製造方法。

[請求項17] 請求項１又は２に記載された光ファイバ着色心線を複数有する光ファイバリボンを製造する光ファイバリボンの製造方法。

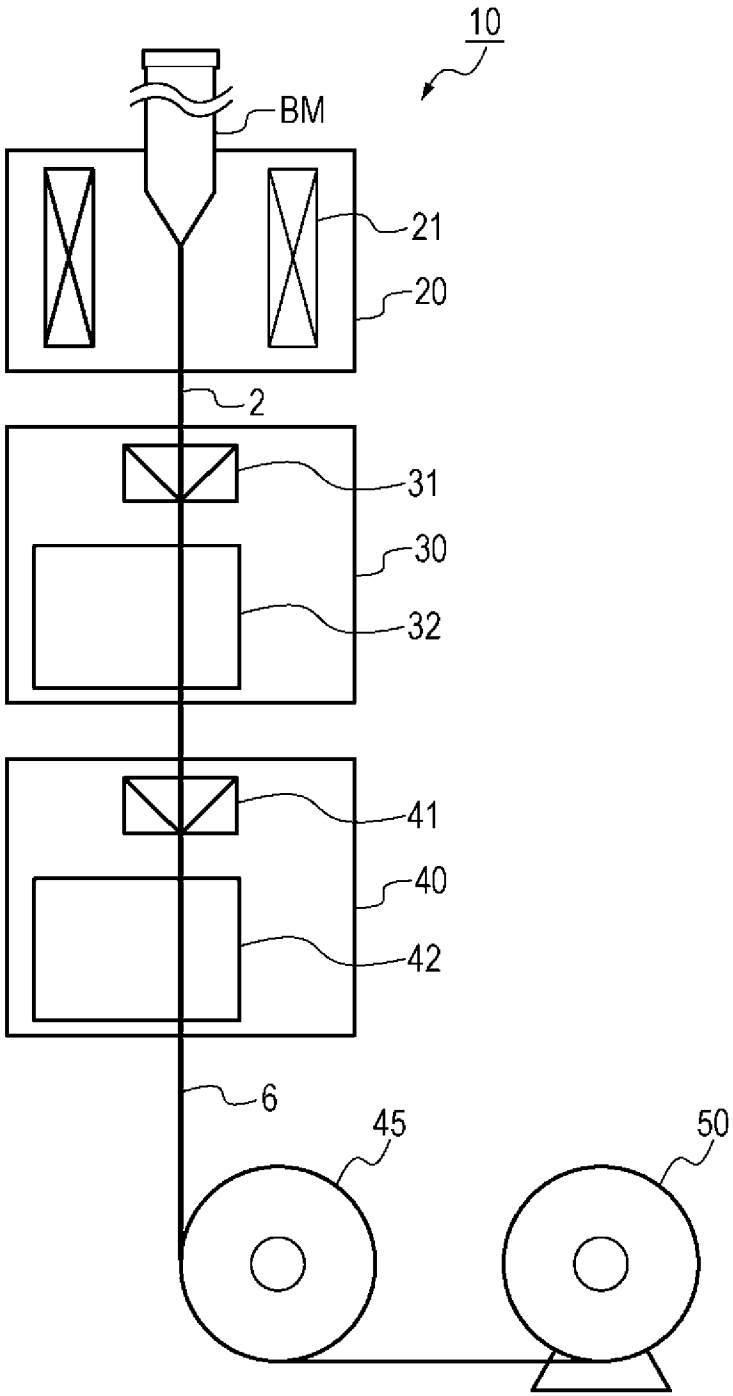
[図1A]



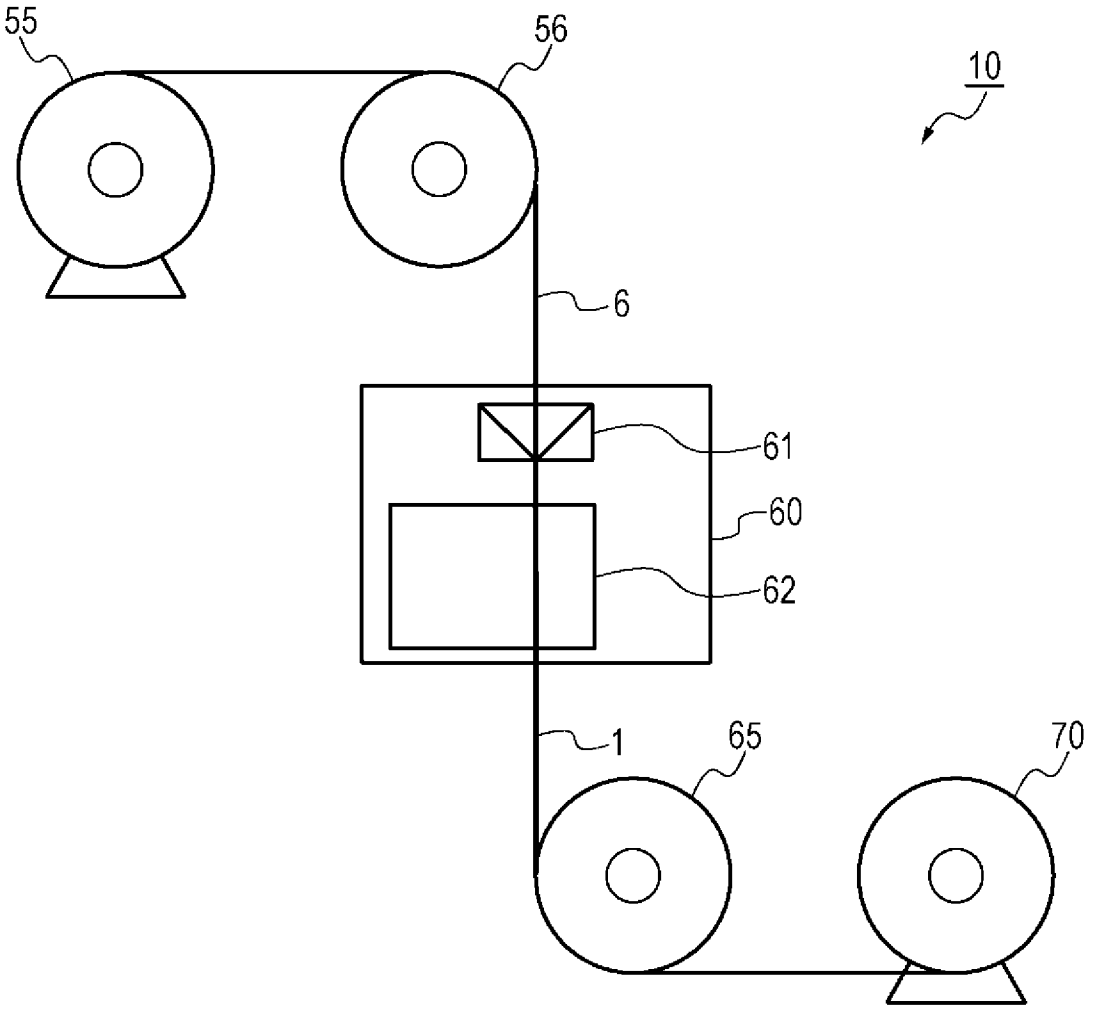
[図1B]



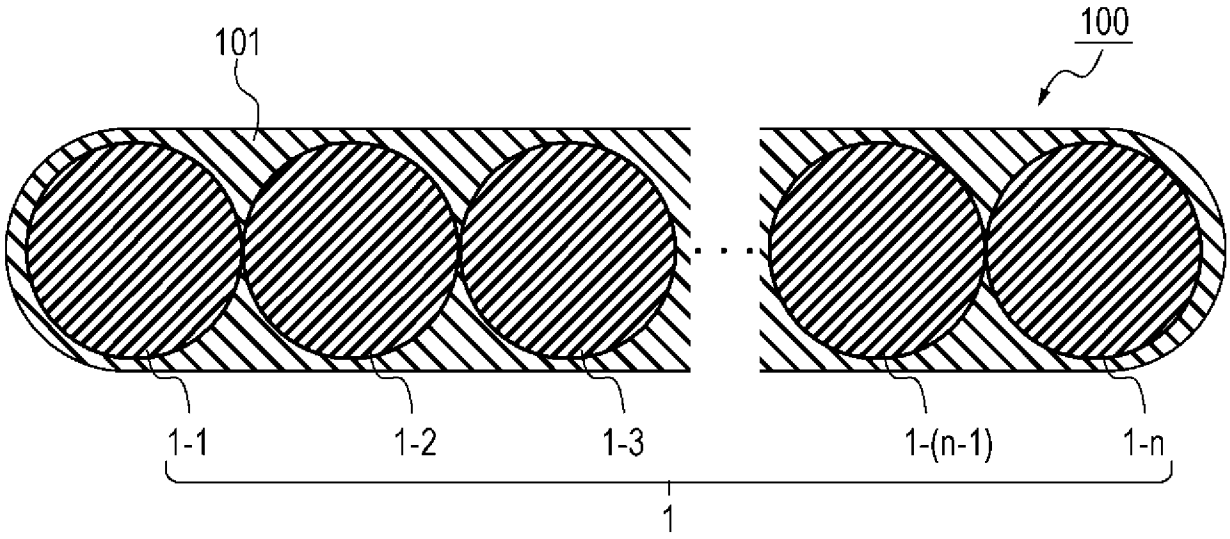
[図2A]



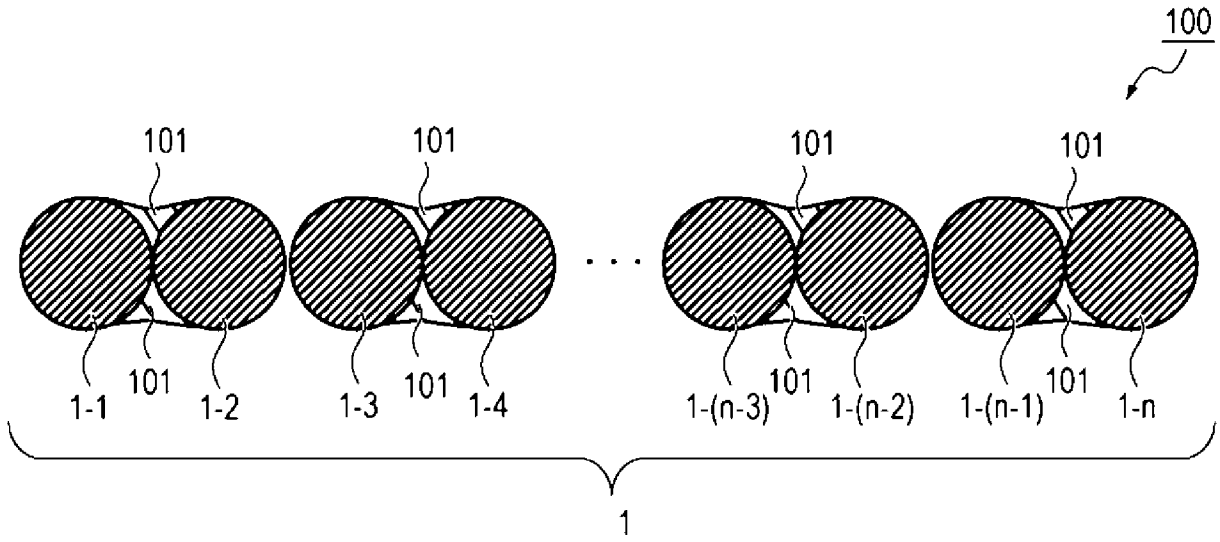
[図2B]



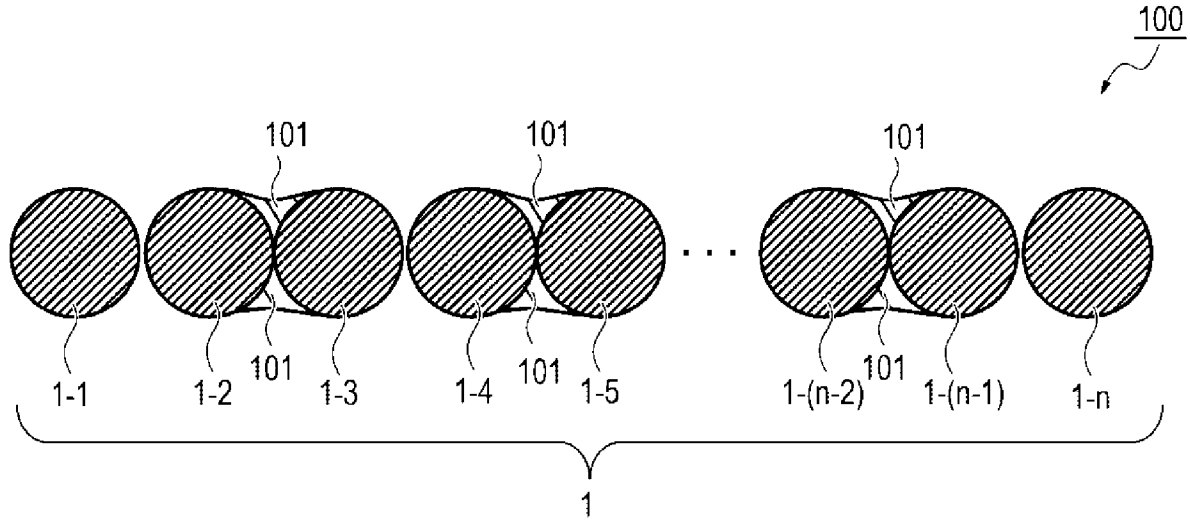
[図3A]



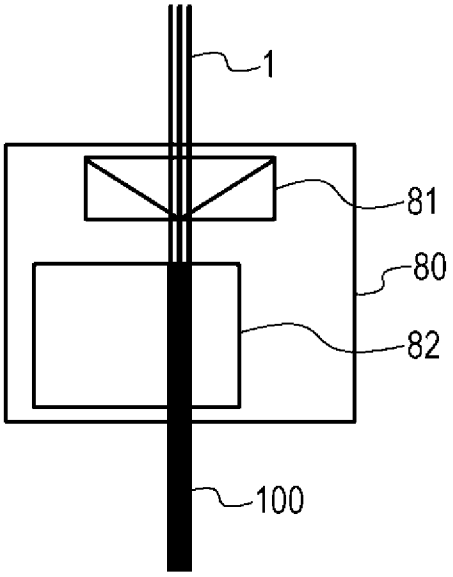
[図3B]


100
101
101
101
101
1-1
101
1-2
1-3
101
1-4
1-(n-3)
101
1-(n-2)
1-(n-1)
101
1-n
1

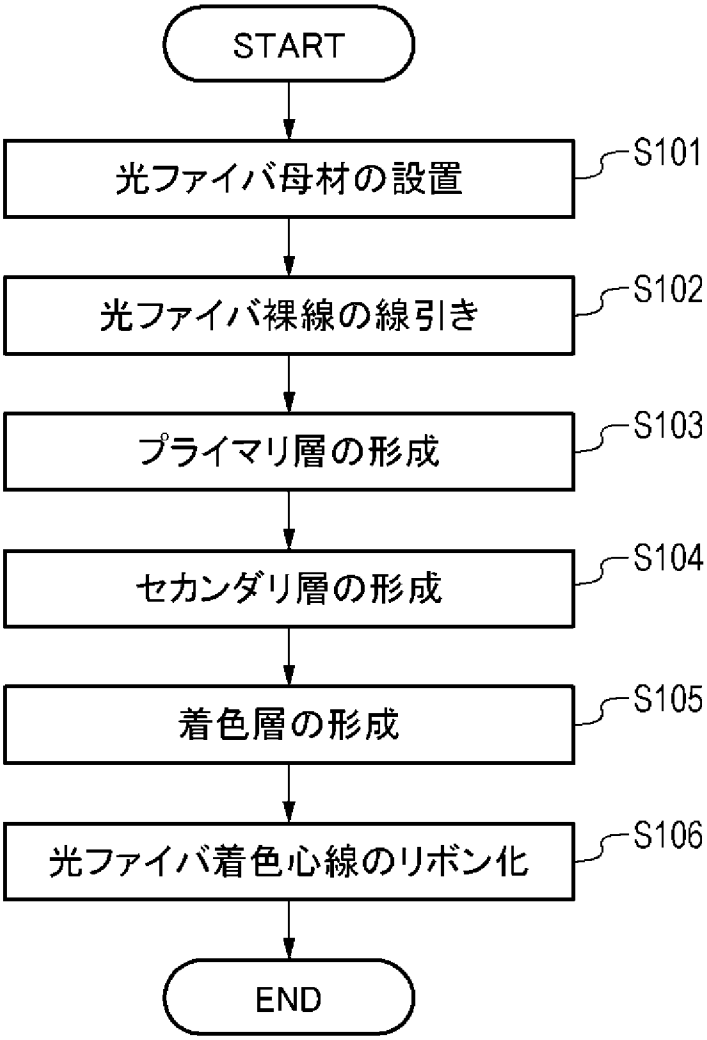
[図3C]


100
101
101
101
1-1
1-2
101
1-3
1-4
101
1-5
1-(n-2)
101
1-(n-1)
1-n
1

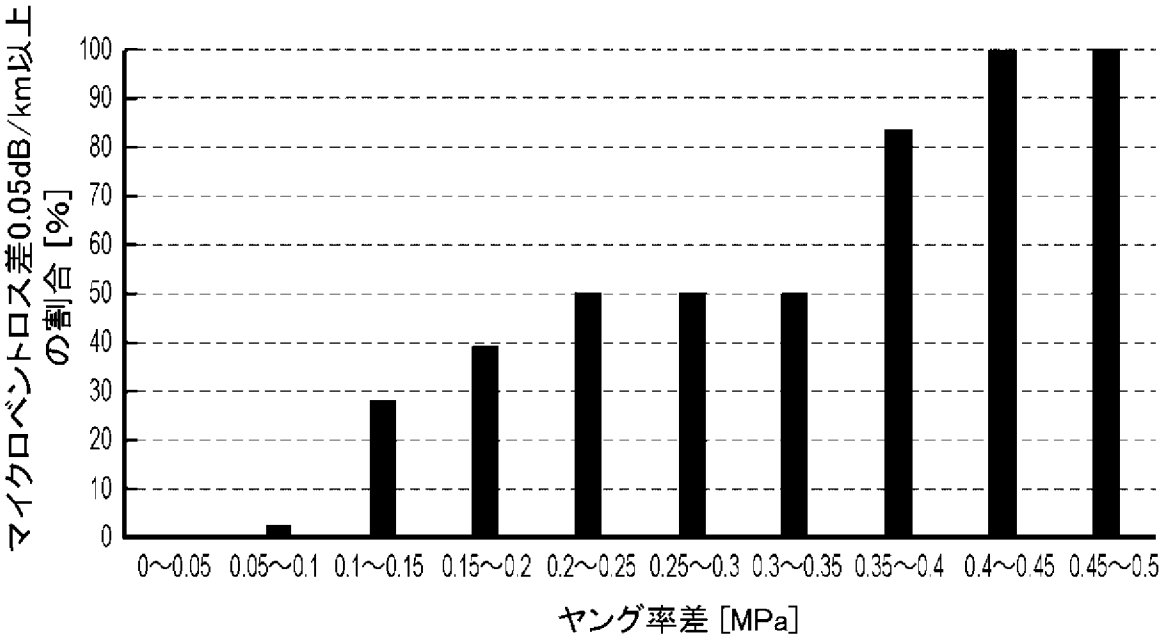
[図4]


1
81
80
82
100

[図5]


START
光ファイバ母材の設置
S101
光ファイバ裸線の線引き
S102
プライマリ層の形成
S103
セカンダリ層の形成
S104
着色層の形成
S105
光ファイバ着色心線のリボン化
S106
END

[図6]


マイクロベントロス差0.05dB/km以上の割合 [%]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0~0.05
0.05~0.1
0.1~0.15
0.15~0.2
0.2~0.25
0.25~0.3
0.3~0.35
0.35~0.4
0.4~0.45
0.45~0.5
ヤング率差 [MPa]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/028382

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03C 25/1065(2018.01)i; ***C03C 25/12***(2006.01)i; ***C03C 25/25***(2018.01)i; ***C03C 25/285***(2018.01)i; ***C03C 25/475***(2018.01)i; ***C03C 25/50***(2006.01)i; ***C03C 25/6226***(2018.01)i; ***G02B 6/44***(2006.01)i

FI: C03C25/1065; C03C25/6226; C03C25/12; C03C25/285; C03C25/50; C03C25/475; C03C25/25; G02B6/44 331; G02B6/44 371; G02B6/44 301B; G02B6/44 391

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)

C03C25/10-25/608; G02B6/44

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
X	JP 2003-95706 A (DAINIPPON INK & CHEMICALS INC.) 03 April 2003 (2003-04-03) examples, paragraph [0070], tables 2, 3	1-17
X	WO 2022/123969 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 16 June 2022 (2022-06-16) tables 1, 2	1-11, 14-17
X	CN 101906235 A (CHINA NATIONAL OFFSHORE OIL CORP.) 08 December 2010 (2010-12-08) example 4	1-11, 14-17
A	US 2003/0077059 A1 (CHIEN, Ching-Kee) 24 April 2003 (2003-04-24) claim 5	1-17
A	WO 2008/012926 A1 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 31 January 2008 (2008-01-31) examples, table 1	1-17

☑ 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 application or patent 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
16 October 2023	**31 October 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/028382

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5773486 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC.) 30 June 1998 (1998-06-30) examples 6, 9, 10, 13	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/028382

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2003-95706 A	03 April 2003	(Family: none)	
WO 2022/123969 A1	16 June 2022	TW 202231672 A tables 1-2	
CN 101906235 A	08 December 2010	(Family: none)	
US 2003/0077059 A1	24 April 2003	WO 2002/072498 A1 claim 4	
WO 2008/012926 A1	31 January 2008	US 2009/026015 A1 examples, table 1 EP 2048529 A1 CN 101194196 A	
US 5773486 A	30 June 1998	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/028382

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

C03C 25/1065(2018.01)i; C03C 25/12(2006.01)i; C03C 25/25(2018.01)i; C03C 25/285(2018.01)i; C03C 25/475(2018.01)i; C03C 25/50(2006.01)i; C03C 25/6226(2018.01)i; G02B 6/44(2006.01)i
FI: C03C25/1065; C03C25/6226; C03C25/12; C03C25/285; C03C25/50; C03C25/475; C03C25/25; G02B6/44 331; G02B6/44 371; G02B6/44 301B; G02B6/44 391

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））

C03C25/10-25/608; G02B6/44

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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	関連する請求項の番号
X	JP 2003-95706 A (大日本インキ化学工業株式会社) 03.04.2003 (2003-04-03) 実施例, [0070], 表2-3	1-17
X	WO 2022/123969 A1 (住友電気工業株式会社) 16.06.2022 (2022-06-16) 表1-2	1-11,14-17
X	CN 101906235 A (CHINA NATIONAL OFFSHORE OIL CORPORATION) 08.12.2010 (2010-12-08) 実施例4	1-11,14-17
A	US 2003/0077059 A1 (CHIEN CHING-KEE) 24.04.2003 (2003-04-24) 請求項5	1-17
A	WO 2008/012926 A1 (古河電気工業株式会社) 31.01.2008 (2008-01-31) 実施例, 表1	1-17
A	US 5773486 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC.) 30.06.1998 (1998-06-30) 実施例6,9,10,13	1-17

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
16.10.2023	31.10.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
本多　仁 4T 3447

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/028382

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2003-95706 A	03.04.2003	（ファミリーなし）	
WO 2022/123969 A1	16.06.2022	TW 202231672 A Table 1-2	
CN 101906235 A	08.12.2010	（ファミリーなし）	
US 2003/0077059 A1	24.04.2003	WO 2002/072498 A1 claim 4	
WO 2008/012926 A1	31.01.2008	US 2009/026015 A1 EXAMPLES, TABLE 1 EP 2048529 A1 CN 101194196 A	
US 5773486 A	30.06.1998	（ファミリーなし）	