

(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  
2020年3月19日(19.03.2020)



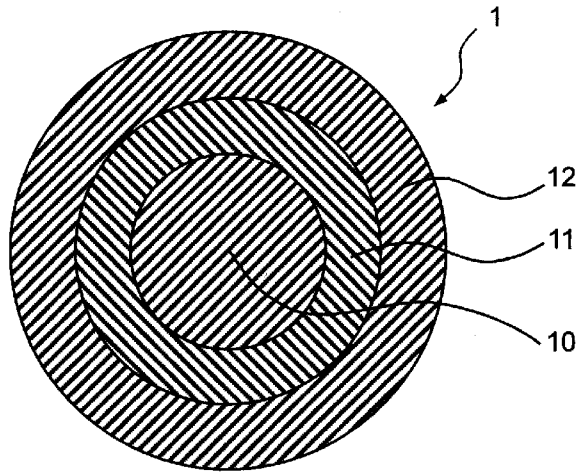
(10) 国際公開番号

**WO 2020/054753 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*G02B 6/44* (2006.01)      *C03C 25/104* (2018.01)
- (21) 国際出願番号:                      PCT/JP2019/035634
- (22) 国際出願日:                      2019年9月11日(11.09.2019)
- (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 2018-171881    2018年9月13日(13.09.2018)    JP
- (71) 出願人: 古河電気工業株式会社 (**FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 笠原 稔 (**KASAHARA, Minoru**); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 新子谷 悦宏 (**ARASHITANI, Yoshihiro**); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 望月 浩二 (**MOCHIDUKI, Kouji**); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 矢部 昌宏 (**YABE, Masahiro**); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 秦 正則 (**HATA, Masanori**); 〒1690075 東京都新宿区高田馬場一丁目17番18号 菱川ビル5F Tokyo (JP).

(54) Title: OPTICAL FIBER CORE WIRE AND OPTICAL FIBER CABLE

(54) 発明の名称: 光ファイバ心線及び光ファイバケーブル



(57) Abstract: [Problem] To provide an optical fiber core wire and an optical fiber cable which can suppress transmission loss (micro-band loss), even when the micro-band sensitivity of the optical fiber is high. [Solution] The present invention provides an optical fiber core wire 1 which can suppress transmission loss, even when an effective core cross section  $A_{\text{eff}}$  is large and an optical fiber 10 such as a BI fiber, etc., of which micro-band sensitivity is high, is used, since the degree of freedom of a primary layer 11, which is indicated in Equation (I),



**WO 2020/054753 A1**

(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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, 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))

and the rigidity of a secondary layer 12, which is indicated in Equation (II), are respectively set in specific ranges. The present invention can be widely used as an optical fiber core wire 1 that composes an optical fiber tape core wire or an optical fiber core wire 1 that is contained in an optical fiber cable. In addition, an optical fiber cable including such an optical fiber core wire 1 provides an effect shown by the aforementioned optical fiber core wire 1. (I):  $\beta_p \times PP_{ISM} \geq 600$   
(II):  $(S/P) \times (S_{ISM}/P_{ISM}) \leq 1000$

(57) 要約: 【課題】マイクロバンド感度が高い光ファイバでも、伝送損失(マイクロバンドロス)を抑制することができる光ファイバ心線及び光ファイバケーブルを提供すること。【解決手段】本発明は、式(Ⅰ)に示したプライマリ層11の自由度、及び式(Ⅱ)に示したセカンダリ層12の剛直性をそれぞれ特定範囲としているので、光ファイバの有効コア断面積 $A_{eff}$ が大きい、B1ファイバ等のマイクロバンド感度が高い光ファイバ10を用いた場合であっても、伝送損失を抑えることができる光ファイバ心線1を提供する。本発明は、光ファイバテープ心線を構成する光ファイバ心線1や、光ファイバケーブルに収納される光ファイバ心線1として広く利用することができる。また、かかる光ファイバ心線1を備えた光ファイバケーブルは、前記した光ファイバ心線1が奏する効果を楽しむ。  $\beta_p \times PP_{ISM} \geq 600 \dots (I)$   $(S/P) \times (S_{ISM}/P_{ISM}) \leq 1000 \dots (II)$

## 明 細 書

発明の名称：光ファイバ心線及び光ファイバケーブル

### 技術分野

[0001] 本発明は光ファイバ心線及び光ファイバケーブルに関する。さらに詳しくは、マイクロバンドによる伝送損失（マイクロバンドロス）を抑制することができる光ファイバ心線及び光ファイバケーブルに関する。

### 背景技術

[0002] 近年、インターネットの普及に伴い、光ファイバを一般家庭に直接引き込んで高速通信サービスを実現するFTTH（Fiber To The Home）が急速に拡大している。

[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バンド等によって伝送損失（光伝送損失）が増加する一方、光ファイバの伝送損失を低減させるべく、光ファイバの耐マイクロバンド特性の向上が求められている。外的応力から光ファイバを保護するために、ガラス光ファイバ等の光ファイバには、プライマリ層（一次被覆層とも呼ばれる。）及びセカンダリ層（二次被覆層とも呼ばれる。）といった少なくとも2つの被覆層が形成され、これを光ファイバ心線として用いている。

[0004] マイクロバンドが原因で生じる伝送損失（本発明において「マイクロバンドロス」と同視する。以下同じ。）についてかかる被覆層を形成して抑制するためには、プライマリ層の弾性率を小さく、かつセカンダリ層の弾性率を大きくすることが一般的であった。また、光ケーブルを高密度多心化するために光ファイバにおける被覆層の被覆厚を薄くする一方、側圧特性等を補償するために、セカンダリ層の弾性率（ヤング率）をさらに大きくするような技術が提供されている（例えば、特許文献1等を参照。）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献1：特開平6-11634号公報（〔請求項2〕～〔請求項4〕等。

)

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、例えば、光ファイバの有効コア断面積  $A_{eff}$  が大きい、B I (Bend insensitive: 曲げ不感、曲げ強) ファイバ等のマイクロバンド感度が高い光ファイバにあっては、前記した特許文献 1 に記載されるような弾性率の調整だけでは伝送損失を抑えることが困難であった。

[0007] 本発明は、前記の課題に鑑みてなされたものであり、マイクロバンド感度が高い光ファイバでも、伝送損失（マイクロバンドロス）を抑制することができる光ファイバ心線及び光ファイバケーブルを提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0008] 前記の課題を解決するために、本発明に係る光ファイバ心線は、光ファイバの周囲に当該光ファイバを被覆するプライマリ層、前記プライマリ層の周囲に当該プライマリ層を被覆するセカンダリ層がこの順で形成された光ファイバ心線であって、

前記プライマリ層の被覆厚さを  $P$  ( $\mu\text{m}$ )、

前記セカンダリ層の被覆厚さを  $S$  ( $\mu\text{m}$ )、

前記プライマリ層の熱膨張係数を  $\beta_P$  ( $/\text{K}$ )、

前記プライマリ層の弾性率（プライマリ弾性率）を  $P_{ISM}$  (MPa)、

前記セカンダリ層の弾性率（セカンダリ弾性率）を  $S_{ISM}$  (MPa)、

とした場合に、下記式 (I) 及び式 (II) の関係が成り立つことを特徴とする。

[0009] [数1]

$$\beta_P \times P_{ISM} \geq 600 \dots\dots (I)$$

$$(S/P) \times (S_{ISM}/P_{ISM}) \leq 1000 \dots\dots (II)$$

[0010] 本発明に係る光ファイバ心線は、前記した本発明において、前記光ファイバの有効コア断面積  $A_{eff}$  が  $100 \mu\text{m}^2$  より大きいことを特徴とする。

- [0011] 本発明に係る光ファイバ心線は、前記した本発明において、前記プライマリ層の被覆厚さP及び前記セカンダリ層の被覆厚さSの比(S/P)が1未満であることを特徴とする。
- [0012] 本発明に係る光ファイバ心線は、前記した本発明において、前記セカンダリ層の弾性率(セカンダリ弾性率) $S_{ISM}$ が2000MPa以下であることを特徴とする。
- [0013] 本発明に係る光ファイバケーブルは、前記した本発明に係る光ファイバ心線を備えたことを特徴とする。

### 発明の効果

- [0014] 本発明は、式(Ⅰ)に示したプライマリ層の自由度、及び式(Ⅱ)に示したセカンダリ層の剛直性をそれぞれ特定範囲としているので、光ファイバの有効コア断面積 $A_{eff}$ が大きい、B1ファイバ等のマイクロバンド感度が高い光ファイバを用いた場合であっても、伝送損失(マイクロバンドロス)を抑えることができる光ファイバ心線を提供する。
- [0015] また、本発明に係る光ファイバ心線を備えた光ファイバケーブルは、前記した光ファイバ心線が奏する効果を享受する。

### 図面の簡単な説明

- [0016] [図1]光ファイバ心線の構造の一例を示した断面図である。  
[図2]光ファイバ心線の構造の他の例を示した断面図である。

### 発明を実施するための形態

- [0017] 以下、本発明の一態様を説明する。本発明に係る光ファイバ心線1は、光ファイバ10の周囲にかかる光ファイバ10を被覆する少なくとも2つの被覆層(プライマリ層11及びセカンダリ層12)が形成されている。
- [0018] (1) 光ファイバ心線1の構造：  
図1は、光ファイバ心線1の構造の一例を示した断面図である。図1中、1は光ファイバ心線、10は光ファイバ、11はプライマリ層(一次被覆層)、12はセカンダリ層(二次被覆層)、をそれぞれ示す。
- [0019] 図1の構成にあつては、光ファイバ10の周囲にプライマリ層(一次被覆

層) 11、プライマリ層11の周囲にセカンダリ層(二次被覆層)12が形成されている。光ファイバ10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等によって伝送損失が増加するため、そのような外的応力から光ファイバ10を保護する必要がある、一般的には、保護層として、プライマリ層11とセカンダリ層12との二層構造からなる被覆が施されている。

[0020] ガラス光ファイバ等の光ファイバ10は、特に制限はないが、本発明にあっては、光ファイバの有効コア断面積 $A_{eff}$ (詳しくは後記する。)が大きい、BI(Bend insensitive: 曲げ不感)ファイバ等のマイクロベンド感度が高い光ファイバ10を好ましく使用することができる。

[0021] プライマリ層11は、例えば、光ファイバ10がガラス光ファイバの場合には、ガラス光ファイバを構成する石英ガラスと接触する内層となり、一般には、比較的弾性率の小さい軟質の樹脂が用いられ、プライマリ層11の外層には、一般には、比較的弾性率の大きい硬質の樹脂を用いたセカンダリ層12が被覆される。

[0022] プライマリ層11及びセカンダリ層12の構成材料としては、紫外線硬化樹脂である、例えば、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、滑剤等、前記した各種の添加剤等の成分を好ましく使用することができる(なお、添加剤はこれらに限定されず、紫外線硬化樹脂等に対して使用される従来公知の添加剤等を広く用いることができる。)。例えば、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、シリコーンアクリレート等、従来公知の材料を用いることができる。また、希釈モノマーとしては、単官能モノマーもしくは多官能モノマー等を用いることができる。

[0023] 本発明に係る光ファイバ心線1にあっては、かかるプライマリ層11及びセカンダリ層12について、

プライマリ層11の被覆厚さを $P$ ( $\mu\text{m}$ )、

セカンダリ層12の被覆厚さを $S$ ( $\mu\text{m}$ )、

プライマリ層 11 の熱膨張係数を  $\beta_P$  ( / K ) 、  
 プライマリ層 11 の弾性率 ( プライマリ弾性率 ) を  $P_{ISM}$  ( MP a ) 、  
 セカンダリ層 12 の弾性率 ( セカンダリ弾性率 ) を  $S_{ISM}$  ( MP a ) 、  
 とした場合に、下記式 ( I ) 及び式 ( II ) の関係が成り立つ。

[0024] [数2]

$$\beta_P \times P_{ISM} \geq 600 \dots\dots (I)$$

$$(S/P) \times (S_{ISM}/P_{ISM}) \leq 1000 \dots\dots (II)$$

[0025] まず、式 ( I ) は、プライマリ層 11 の熱膨張係数  $\beta_P$  とプライマリ層 11 の弾性率  $P_{ISM}$  を乗じたものであり、プライマリ層 11 の自由度 ( 動きやすさ ) の指標となる ( なお、単位は MP a / K となるが、式 ( I ) には特に載せていない。 ) 。式 ( I ) で求められる自由度が大きく、光ファイバ心線 1 の内部 ( 光ファイバ 10 とセカンダリ層 12 の間 ) でプライマリ層 11 が動きやすい状態であれば、光ファイバ心線 1 に微細な曲げが生じた場合であっても、微細な曲げをプライマリ層 11 により緩和することができる。その結果、光ファイバ 10 に微細な曲げ挙動を伝えにくくなるので、伝送損失 ( マイクロベンドロス ) を抑えることができる。

[0026] 本発明にあっては、式 ( I ) にあるように、かかる自由度を 600 MP a / K 以上 (  $\geq 600$  MP a / K ) とすることにより、プライマリ層 11 の動きやすさが適度となり、伝送損失を抑えることができる。一方、自由度が 600 MP a / K より小さい場合には、プライマリ層 11 が動きにくくなり、光ファイバ心線 1 に微細な曲げが生じた場合に微細な曲げをプライマリ層 11 により緩和することが難しくなり、伝送損失が大きくなる。式 ( I ) で示される自由度は、600 ~ 7500 MP a / K とすることが好ましい。

[0027] 次に、式 ( II ) は、プライマリ層を基準とした被覆厚さの比 ( S / P ) と弾性率の比 (  $S_{ISM}/P_{ISM}$  ) を乗じたものであり、セカンダリ層 12 の剛直性を示す。プライマリ層 11 の自由度 ( 動きやすさ ) については前記したとおりであるが、式 ( II ) で求められるセカンダリ層 12 の剛直性が比較的大きい場合にあっては、その内層となるプライマリ層 11 も動きにくくなり、

光ファイバ心線 1 に微細な曲げが生じた場合には、光ファイバ 10 の微細な曲げをプライマリ層 11 により緩和することが難しくなる。よって、式 (II) で示されるセカンダリ層 12 の剛直性は、ある程度の大きさに抑えておく必要がある。

[0028] 本発明にあっては、式 (II) にあるように、かかるセカンダリ層 12 の剛直性を 1000 以下 ( $\leq 1000$ ) とすることで、内部のプライマリ層 11 の動きやすさを適度に維持することが可能となるので、光ファイバ 10 でなくセカンダリ層 12 にストレスを逃がすことができ、伝送損失を抑えることができる。一方、剛直性が 1000 を超えると、セカンダリ層 12 を屈曲させることが困難となるためプライマリ層 11 が動きにくくなる場合がある。よって、光ファイバ心線 1 に微細な曲げが生じた場合に微細な曲げをプライマリ層 11 により緩和することが難しくなり、伝送損失が大きくなる。式 (I) で示されるセカンダリ層 12 の剛直性は、25~1000 とすることが好ましい。

[0029] なお、式 (I) で求められるプライマリ層 11 の自由度と伝送損失（マイクロバンドロス）の関係は、自由度が大きければプライマリ層 11 が動きやすくなるため、伝送損失は小さくなると考えられる。また、かかるプライマリ層 11 の自由度、及び式 (II) で求められるセカンダリ層 12 の剛直性が前記した範囲にある光ファイバ心線 1 にあっては、式 (II) で表されるセカンダリ層 12 の剛直性を横軸、式 (I) で表されるプライマリ層 11 の自由度を縦軸の範囲では、概ね、セカンダリ層 12 の剛直性が大きくなるにつれてプライマリ層 11 の自由度が小さくなる傾向にある。

[0030] そして、本発明にあっては、伝送損失の抑制については、有効コア断面積  $A_{eff}$ （後記する。）の違いにより決定された 1550 nm の波長での伝送損失のロスレベルの基準（1.0 dB/km 以下あるいは 0.1 dB/km 以下。詳しくは後記する。）を設けているが、これらの基準を目安として、前記したプライマリ層 11 の自由度と伝送損失の関係よりプライマリ層 11 の自由度を選定し、及びそれにより選択されるセカンダリ層 12 の剛直性を、

前記した範囲として選定している。

[0031] 前記式 (I) のパラメータを具備するため等の理由で、プライマリ層 11 の熱膨張係数  $\beta_p$  は、 $250 \sim 2500 / K$  とすることが好ましい。プライマリ層 11 の熱膨張係数にかかる範囲とすることにより、式 (I) で示されるプライマリ層 11 の自由度を適正範囲とすることができる。なお、プライマリ層 11 の熱膨張係数は、例えば、下記 [実施例] に載せた方法等により測定すればよい。

[0032] また、前記の式 (I) 及び式 (II) で表されるパラメータを具備するためのプライマリ層 11 の弾性率 (プライマリ弾性率)  $P_{ISM}$  は、 $0.2 \sim 3.0$  MPa とすることが好ましいが、かかる範囲には特には限定されない。なお、一般に、弾性率を高くすると熱膨張係数は低くなり、両者のバランスを考慮してプライマリ層 11 の弾性率  $P_{ISM}$  を決定することが好ましい。

[0033] また、式 (II) で表されるパラメータを具備するためのセカンダリ層 12 の弾性率 (セカンダリ弾性率)  $S_{ISM}$  は、 $2000$  MPa 以下 ( $\leq 2000$  MPa) とすることが好ましい。セカンダリ層 12 の弾性率を  $2000$  MPa 以下とすることにより、セカンダリ層 12 の剛直性を適正範囲とすることができる。セカンダリ層 12 の弾性率は、 $500 \sim 2000$  MPa とすることが特に好ましい。なお、プライマリ層 11 及びセカンダリ層 12 のそれぞれの弾性率は、例えば、下記 [実施例] に載せた方法等により測定すればよい。プライマリ層 11 の弾性率は、いわゆる *In-situ Modulus (ISM)* に相当し、セカンダリ層 12 の弾性率は、いわゆる  $2.5\%$  セカント弾性率 (*Secant Modulus*) に相当する。

[0034] 本発明にあっては、光ファイバ 10 の有効コア断面積 (実効コア断面積)  $A_{eff}$  は、 $100 \mu m^2$  より大きい ( $> 100 \mu m^2$ ) ことが好ましい。光ファイバ 10 において  $A_{eff}$  はマイクロバンド感度の指標となり、大きいほどマイクロバンド感度が高いことを示す (一般に、 $A_{eff} > 100 \mu m^2$  であればマイクロバンド感度が高いといわれている。)。よって、 $A_{eff}$  が  $100 \mu m^2$  より大きいことは、マイクロバンド感度が高い光ファイバ 10 となり、本発

明はそのようなものにも対応できる。有効コア断面積（実効コア断面積） $A_{eff}$ は、 $130\mu m^2$ 以上（ $\geq 130\mu m^2$ ）であることが特に好ましい。

[0035] なお、有効コア断面積（実効コア断面積） $A_{eff}$ とは、 $(MFD)^2 \times \pi \times k / 4$ の式で示されるものであり（なお、MFDはモードフィールド径（ $\mu m$ ）、 $k$ は定数である。）、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。

[0036] 本発明にあっては、前記したように、式（I）及び式（II）を具備することにより、マイクロバンド感度が高い光ファイバを用いた場合であっても、伝送損失を抑えることができるが、伝送損失（マイクロバンドロス）の抑制については、波長 $1550nm$ （ $1.55\mu m$ ）において、後記する有効コア断面積 $A_{eff}$ が $100\mu m^2$ より大きい光ファイバ10（すなわち、マイクロバンド感度が高い光ファイバ10）を用いた場合にあっては、 $1550nm$ の波長での伝送損失のロスレベルを $1.0dB/km$ 以下とすることができ、有効コア断面積 $A_{eff}$ が $100\mu m^2$ 以下の光ファイバ10を用いた場合にあっては、伝送損失のロスレベルを $0.1dB/km$ 以下とすることができる。

[0037] プライマリ層11の被覆厚さ $P$ は、 $10\sim 60\mu m$ とすることが好ましく、セカンダリ層12の被覆厚さ $S$ は、 $10\sim 60\mu m$ とすることが好ましい。なお、各層の厚さはこれらの値に制限されず、任意に変更することができる。

[0038] プライマリ層11の被覆厚さ $P$ とセカンダリ層12の被覆厚さ $S$ については、その比（ $S/P$ ）が1未満（ $<1$ ）であることが好ましい。比が1未満（すなわち、プライマリ層11がセカンダリ層12より厚い。）であれば、セカンダリ層12が比較的屈曲性があり、プライマリ層11が動きやすくなることに繋がり、伝送損失の抑制を効率よく図ることができる。

[0039] なお、プライマリ層11やセカンダリ層12の弾性率やプライマリ層11の熱膨張係数の調整は、例えば、プライマリ層11やセカンダリ層12を構

成する紫外線硬化樹脂等の成分や、これらの層の製造条件等を調整することによって実施することができる。

[0040] 具体的には、プライマリ層 11 やセカンダリ層 12 を構成する紫外線硬化樹脂等におけるオリゴマーの種類、分子量や含有量、希釈モノマーの種類と添加量、あるいはその他の成分の種類や含有量、照射強度等の紫外線硬化の条件等によって、プライマリ層 11 やセカンダリ層 12 の弾性率等を調整することができる。

[0041] 例えば、オリゴマーの分子量を小さくすることや、添加する希釈モノマーの含有量や官能基を増やすことで、弾性率を高くすることができるので、これらをパラメータにして調整するようにしてもよい。一方、このようにすると、架橋密度が高くなり、収縮も多くなるので、バランスを考慮して調整するようにすることが好ましい。

[0042] (2) 光ファイバ心線 1 の製造方法：

本発明に係る光ファイバ心線 1 の製造方法の一例を説明する。なお、以下において、光ファイバ 10 としてガラス光ファイバ 10 を例に挙げて説明している。

[0043] 光ファイバ心線 1 を製造するには、例えば、まず、石英ガラスを主成分とするプリフォームを図示しない線引炉によって加熱溶融して、石英ガラス製光ファイバ（ガラス光ファイバ 10）とする。

[0044] 次に、このガラス光ファイバ 10 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、図示しない紫外線照射装置（UV 照射装置）で塗布された紫外線硬化樹脂に紫外線を照射してかかる成分を硬化させる。このようにして、ガラス光ファイバ 10 にプライマリ層 11 とセカンダリ層 12 が被覆された光ファイバ心線 1 が製造される。なお、線引き後、ガラス光ファイバ 10 の外周に直ちに紫外線硬化樹脂を被覆してプライマリ層 11 及びセカンダリ層 12 を形成することにより、得られる光ファイバ心線 1 の強度低下を防止することができる。

[0045] 本発明にあつては、プライマリ層 11 の熱膨張係数や弾性率、セカンダリ

層 1 2 の弾性率等が所定の範囲となるように、紫外線硬化樹脂の種類等や硬化処理時の紫外線照射強度等を適宜制御することが好ましい。

[0046] (3) 発明の効果：

以上説明した本発明に係る光ファイバ心線 1 は、式 (I) に示したプライマリ層 1 1 の自由度、及び式 (II) に示したセカンダリ層 1 2 の剛直性をそれぞれ特定範囲としているので、光ファイバの有効コア断面積  $A_{eff}$  が大きい、B 1 ファイバ等のマイクロバンド感度が高い光ファイバ 1 0 を用いた場合であっても、伝送損失を抑えることができる光ファイバ心線 1 を提供する。本発明は、光ファイバテープ心線を構成する光ファイバ心線 1 や、光ファイバケーブルに収納される光ファイバ心線 1 として広く利用することができる。

[0047] 本発明に係る光ファイバ心線 1 を備えることにより構成される光ファイバケーブルは、前記した光ファイバ心線 1 が奏する効果を享受する。すなわち、本発明は、光ファイバの有効コア断面積  $A_{eff}$  が大きい、B 1 ファイバ等のマイクロバンド感度が高い光ファイバ 1 0 を用いた場合であっても、伝送損失を抑えることができる光ファイバ心線 1 を備えた光ファイバケーブルを提供する。

[0048] 光ファイバケーブルの構成は、特に図示しないが、例えば、本発明に係る光ファイバ心線 1 を備え、その外周に外皮（シース）を被覆した構成等、従来公知の光ファイバケーブルとすることができ、その構成は特に限定はない。例えば、光ファイバ心線 1 と、かかる光ファイバ心線 1 の両側に光ファイバ心線 1 と長手方向に平行に並んで配置されたテンションメンバと、光ファイバ心線 1 等の外周を外皮（シース）により被覆した光ファイバケーブル等の構成等、その構成は任意である。よって、前記した構成以外の構成も含め、従来公知の光ファイバケーブルの構成とすることができる。

[0049] また、例えば、光ファイバケーブルの両脇に、長手方向に亘って形成された一对のノッチが形成され、必要により支持線を内蔵した支持部を配設した、いわゆる光ファイバドロップケーブルの構成としても構わない。

[0050] なお、光ファイバケーブルの構成は前記の構成に限定されないことに加え、例えば、外皮（シース）を構成する材料の種類、厚さ等や、光ファイバ心線 1 の数やサイズ、テンションメンバの種類、数やサイズ等についても、自由に選定することができる。また、光ファイバケーブルの外径や断面形状、ノッチの形状やサイズ、ノッチの形成の有無等も、自由に選定することができる。

[0051] （４）実施形態の変形：

なお、以上説明した態様は、本発明の一態様を示したものであって、本発明は、前記した実施形態に限定されるものではなく、本発明の構成を備え、目的及び効果を達成できる範囲内での変形や改良が、本発明の内容に含まれるものであることはいうまでもない。また、本発明を実施する際における具体的な構造及び形状等は、本発明の目的及び効果を達成できる範囲内において、他の構造や形状等としても問題はない。本発明は前記した各実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形や改良は、本発明に含まれるものである。

[0052] 例えば、前記した実施形態では、光ファイバ心線 1 の構成について、光ファイバ 10 の周囲にプライマリ層 11、プライマリ層 11 の周囲にセカンダリ層 12 がこの順で形成されている構成を示して説明したが、セカンダリ層 12 の周囲に着色された着色層 13 を形成する（光ファイバ着色心線 1 とする。）ようにしてもよい。

[0053] 図 2 は、光ファイバ心線 1 の構造の他の例を示した断面図である。図 2 に示した、セカンダリ層 12 の周囲に着色層 13 を形成して光ファイバ着色心線 1 とした構成において、着色層 13 の構成材料としては、前記したプライマリ層 11 やセカンダリ層 12 を構成する成分として挙げた紫外線硬化樹脂である、例えば、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、滑剤等、前記した各種の添加剤等の成分を好ましく使用することができる。

[0054] なお、図 1 に示した構成にあっても、セカンダリ層 12 を着色して、着色

されたセカンダリ層12として、光ファイバ心線1の最外層としてもよい。セカンダリ層12が着色される場合には、顔料や滑剤等を混合した着色材をセカンダリ層12に添加することにより、着色されたセカンダリ層12とすることができる。

[0055] 着色されたセカンダリ層12における着色材の含有量は、着色材に含まれる顔料の含有量や、紫外線硬化樹脂等他の成分の種類等により適宜決定すればよい。

その他、本発明の実施の際の具体的な構造及び形状等は、本発明の目的を達成できる範囲で他の構造等としてもよい。

### 実施例

[0056] 以下、本発明を実施例及び比較例に基づいてさらに詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0057] [実施例1ないし実施例7、比較例1及び比較例2]

光ファイバ心線の製造：

表1に示したファイバ有効断面積 $A_{eff}$  ( $\mu\text{m}^2$ )、プライマリ層の被覆厚さ $P$  ( $\mu\text{m}$ )、セカンダリ層の被覆厚さ $S$  ( $\mu\text{m}$ )として、光ファイバとしてマイクロバンド感度が高いと考えられる光ファイバ ( $A_{eff}$ が $100\mu\text{m}^2$ より大きい実施例1ないし実施例6、比較例1)を含む3種類の光ファイバを用いて、かかる石英ガラスからなるガラス光ファイバの周囲に、プライマリ層及びセカンダリ層を表1に示した被覆厚さ ( $P$  ( $\mu\text{m}$ )、 $S$  ( $\mu\text{m}$ ))となるようにこの順で被覆して、図1に示した構成の光ファイバ心線を製造した。

[0058] なお、プライマリ層及びセカンダリ層は、市販の紫外線硬化樹脂 (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、滑剤等。)を用いて製造した。なお、パラメータとなる、プライマリ層及びセカンダリ層の弾性率、プライマリ層の熱膨張係数の調整については、それぞれが表1に示した値となるように、紫外線硬化樹脂の種類や紫外線照射条件 (例えば、紫外線硬化樹脂を構成するオリゴマー等の重量平均分子量、含有量、希

積性モノマーにおける官能基の種類や数、含有量、光開始剤の種類、紫外線の照射強度等)により紫外線硬化の条件等をそれぞれ変更することにより実施した。

[0059] 具体的には、実施例1ないし実施例4、及び比較例1は、プライマリ層及びセカンダリ層は共通する材料を用いて、プライマリ層及びセカンダリ層の被覆厚さ及び製造条件（紫外線の照射強度等。製造条件について以下同じ。）をそれぞれ変更（調整）して製造した。実施例5及び実施例6は、プライマリ層の材料を共通させ、セカンダリ層の材料及び被覆厚さをそれぞれ変え、製造条件をそれぞれ変更して製造した。実施例7及び比較例2は、プライマリ層及びセカンダリ層の材料及び被覆厚さをそれぞれ変え、製造条件は共通として製造した。

[0060] [試験例1]

得られた実施例1ないし実施例7、比較例1及び比較例2の光ファイバ心線について、下記に示した測定方法等を用いて、「(1)プライマリ層の弾性率」、「(2)セカンダリ層の弾性率」、「(3)プライマリ層の熱膨張係数」及び「(4)伝送損失（マイクロベンドロス）」を測定した。結果を表1に示す。

[0061] (1) プライマリ層の弾性率：

プライマリ層の弾性率 (In-situ Modulus: ISM) を下記の方法で測定した。まず、市販のストリッパーを用いて光ファイバの中間部のプライマリ層及びセカンダリ層を数mm剥ぎ取った後、被覆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、被覆を剥ぎ取った部分と被覆が形成されている部分の境目におけるプライマリ層の変位 $\delta$ を顕微鏡で読み取った。また、負荷の荷重を10、20、30、50及び70gf（順に、98、196、294、490、686(mN)。）とすることで、荷重に対する変位のグラフを作成した。そして、グラフから得られる傾きと、下記式(X)を用いてプライマリ層の弾性率

(プライマリ弾性率)  $P_{ISM}$  を算出した。

[0062] [数3]

$$P_{ISM} = (3F/\delta) \times (1/2\pi l) \ln(D_P/D_G) \dots\dots (X)$$

[0063] ここで、 $P_{ISM}$  はプライマリ層の弾性率 (MPa)、 $F/\delta$  は荷重 (F) に対する変位 ( $\delta$ ) のグラフが示す傾き、 $l$  はサンプル長 (例えば 10 mm)、 $D_P/D_G$  はプライマリ層の外径 ( $D_P$ ) ( $\mu\text{m}$ ) と光ファイバの外径 ( $D_G$ ) ( $\mu\text{m}$ ) の比である。なお、プライマリ層の外径及び光ファイバの外径は、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した (後記する (3) も参照。)

[0064] (2) セカンダリ層の弾性率 :

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作成し、かかる試料の末端部分を接着剤でアルミ板に固定した。温度 23°C、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した。次に、標線間隔 25 mm、引張速度 1 mm/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)) を算出した。

[0065] (3) プライマリ層の熱膨張係数 :

プライマリ層の熱膨張係数 (-50°C ~ 25°C の体積熱膨張係数) の算出方法を以下に説明する (具体的には、古河電工時報 第 122 号 (平成 20 年 9 月)、「光ファイバ被覆層に発生する熱ひずみ・熱応力の測定方法」、「4-3」の記載に従って行った。以下、概要を示す。)。まず、プライマリ層について、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プライマリ層及びセカンダリ層を被覆したサンプル (以下、「ファイバサンプル」とする。) であり、もう 1 つは、光ファイバ心線からガラス光ファイバを抜いた被覆層のみからなるサンプル (以下、「チューブ被覆サンプル (チューブサンプル)」とする。) である。

- [0066] 熱膨張係数測定には市販のTMA熱機械分析 (Mettler Toledo TMA 40) を用いて長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：25℃～-100℃における冷却速度は-10℃/分、-100℃における保持時間は10分、-100℃～100℃における昇温速度は10℃/分とした。
- [0067] また、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 (チューブサンプル) を用いて測定を行い、外径方向については圧縮モードによりファイバサンプル及びチューブ被覆サンプル (チューブサンプル) を用いて測定を行った。
- [0068] そして、測定された長手方向の温度と線膨張率の関係、外径方向の温度と線膨張率の関係をそれぞれグラフ化した。なお、被覆層の線膨張係数は、被覆層のガラス転移温度 ( $T_g$ ) 近傍で大きく変化するため、本測定では、プライマリ層のガラス転移温度近傍である-50℃を基準とし、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である-50℃～25℃の温度範囲の傾きから線膨張係数を求めるようにした。
- [0069] プライマリ層とセカンダリ層の熱膨張係数 (-50℃～25℃の体積熱膨張係数) は、チューブ被覆サンプル (チューブサンプル) の引張モード (長手方向) 及びファイバサンプル及びチューブサンプルそれぞれの圧縮モード (外径方向) の線膨張係数から推定した。
- [0070] また、プライマリ層の熱膨張係数 (-50℃～25℃の体積熱膨張係数。以下、セカンダリ層も含め、単に「熱膨張係数」とする。) を算出するため、まず、セカンダリ層の熱膨張係数を算出した。通常、プライマリ層のガラス転移温度は-50℃程度と低い。温度範囲が-50℃～25℃といった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 (チューブサンプル) のプライマリ層はゴム状態であり、弾性率がセカンダリ層に比べて著しく小さいことから、セカンダリ層は自由に伸縮することができる。
- [0071] セカンダリ層の熱膨張係数は、外径方向の線膨張係数を2倍したものに長手方向の線膨張係数を加えたものとなり、セカンダリ層の熱膨張係数は下記

式 (Y) により求められる。ここで、 $\beta_s$  はセカンダリ層の熱膨張係数 (体積熱膨張係数) ( $/K$ )、 $\alpha_{sL}$  はセカンダリ層の長手方向の線膨張係数 ( $/K$ )、 $\alpha_{sR}$  はセカンダリ層の外径方向の線膨張係数 ( $/K$ )、をそれぞれ示す。

[0072] [数4]

$$\beta_s = \alpha_{sL} + (2 \times \alpha_{sR}) \dots\dots (Y)$$

[0073] 得られたファイバサンプルに関しては、プライマリ層が光ファイバに接着しているためにセカンダリ層は自由に伸縮できないので、被覆層の熱膨張は光ファイバによって拘束される。また、光ファイバを構成する石英ガラスの熱膨張係数は被覆層に比べると著しく小さいので熱膨張を無視することができる。以上より、プライマリ層の熱膨張係数 ( $-50^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$  の体積熱膨張係数) は下記式 (Z) から算出した。

[0074] なお、式 (Z) 中、 $\beta_p$  はプライマリ層の熱膨張係数 (体積熱膨張係数) ( $/K$ )、 $\beta_s$  はセカンダリ層の熱膨張係数 (体積熱膨張係数) ( $/K$ ) (式 (Y) により算出。)、 $\alpha_{FR}$  はファイバサンプルの外径方向の線膨張係数 ( $/K$ )、 $D_G$  は光ファイバの外径 (約  $125 \mu\text{m}$ )、 $D_p$  はプライマリ層の外径 ( $\mu\text{m}$ )、 $D_s$  はセカンダリ層の外径 ( $\mu\text{m}$ )、をそれぞれ示す (プライマリ層の外径は、「光ファイバの外径 + (プライマリ層の被覆厚さ  $\times 2$ )」、セカンダリ層の外径は、「プライマリ層の外径 + (セカンダリ層の被覆厚さ  $\times 2$ )」としてそれぞれ算出した。 )。

[0075] [数5]

$$D_G + (D_p - D_G) \times (1 + (\beta_p / 2)) + (D_s - D_p) \times (1 + (\beta_s / 2)) \\ = D_s \times (1 + \alpha_{FR}) \dots\dots (Z)$$

[0076] (4) 伝送損失 (マイクロバンドロス) :

伝送損失を測定し、耐マイクロバンド特性を評価した。伝送損失の測定方法として、IEC TR 62221 (固定ドラム法) を用いた。具体的には、まず、 $\phi 400 \text{mm}$  のドラムに #150 のメッシュを巻き、その上に 850

mの光ファイバ心線を1Nの張力で単層巻きし、24時間放置後の伝送損失を測定した。そして、得られた伝送損失から束状態（ドラムに巻いていない状態）での伝送損失を差し引いた値を伝送損失（マイクロベンドロス）とした。

[0077] なお、伝送損失の測定は、波長1550nm（1.55 $\mu$ m）の伝送ロスを測定することにより行い、1550nmの波長でマイクロベンドによる伝送損失（マイクロベンドロス）が、光ファイバの有効コア断面積 $A_{eff}$ が150 $\mu$ m<sup>2</sup>である実施例1ないし実施例4、比較例1、並びに光ファイバの有効コア断面積 $A_{eff}$ が130 $\mu$ m<sup>2</sup>である実施例5及び実施例6は、1.0dB/km以下であること（1.0dB/km以下を合格、1.0dB/kmを超えると不合格。）とした。また、光ファイバの有効コア断面積 $A_{eff}$ が85 $\mu$ m<sup>2</sup>である実施例7及び比較例2は、0.1dB/km以下であること（0.1dB/km以下を合格、0.1dB/kmを超えると不合格。）として、それぞれ判定基準とした。

[0078] （構成及び結果）

[表1]

	ファイバ有効断面積		被覆厚さ		弾性率		プライマリ層の熱膨張係数	セカンダリ層の剛直性(式(II))	プライマリ層の自由度(式(I))	伝送損失(マイクロベン トロス: @1550nm)
	$A_{\text{eff}}$	P	S	$P_{\text{ISM}}$	$S_{\text{ISM}}$	$\beta_P$	$(S/P) \times (S_{\text{ISM}}/P_{\text{ISM}})$	$\beta_P \times P_{\text{ISM}}$	dB/km	
	$\mu\text{m}^2$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	MPa	MPa	/K	-	MPa/K		
比較例1	150	45	21	0.92	2003	650	1019	598	1.09	
実施例1	150	46	22	1.28	1545	702	569	899	0.94	
実施例2	150	45	21	1.10	1453	1072	627	1180	0.88	
実施例3	150	46	20	1.29	792	1458	265	1883	0.47	
実施例4	150	44	22	1.33	195	1986	73	2640	0.22	
実施例5	130	41	24	0.75	1095	889	881	662	0.29	
実施例6	130	41	25	0.94	1299	741	819	697	0.07	
比較例2	85	30	29	0.52	650	782	1190	406	0.19	
実施例7	85	35	23	0.68	1001	1005	991	681	0.08	

[0079] 表1に示すように、式(Ⅰ)及び式(Ⅱ)を具備する実施例1ないし実施例7の光ファイバ心線は、光ファイバとしてマイクロバンド感度が高い光ファイバを用いた場合であっても、伝送損失(マイクロバンドロス)が実施例1ないし実施例6は $1.0 \text{ dB/km}$ 以下と伝送損失を抑えることができ、また、実施例7は伝送損失が $0.1 \text{ dB/km}$ 以下であり、こちらも伝送損失を抑えることができた。一方、式(Ⅰ)及び式(Ⅱ)を具備しない比較例1及び比較例2の光ファイバ心線は、比較例1は伝送損失が $1.0 \text{ dB/km}$ を超え、また、比較例2は $0.1 \text{ dB/km}$ を超え、伝送損失を抑えることができなかった。

[0080] なお、本実施の形態として、光ファイバの外径が $125 \mu\text{m}$ の場合について説明したが、本発明はこれによらず、例えば外径が $80 \sim 125 \mu\text{m}$ の光ファイバにおいても適用が可能である。

### 産業上の利用可能性

[0081] 本発明は、マイクロバンド感度が高い光ファイバを備えた光ファイバ心線及びかかる光ファイバ心線を備えた光ファイバケーブルを提供する手段として有効に利用することができ、産業上の利用可能性は高い。

### 符号の説明

[0082]

1	……	光ファイバ心線(光ファイバ着色心線)
10	……	光ファイバ
11	……	プライマリ層(一次被覆層)
12	……	セカンダリ層(二次被覆層)
13	……	着色層

## 請求の範囲

[請求項1] 光ファイバの周囲に当該光ファイバを被覆するプライマリ層、前記プライマリ層の周囲に当該プライマリ層を被覆するセカンダリ層がこの順で形成された光ファイバ心線であって、  
 前記プライマリ層の被覆厚さを $P$  ( $\mu\text{m}$ )、  
 前記セカンダリ層の被覆厚さを $S$  ( $\mu\text{m}$ )、  
 前記プライマリ層の熱膨張係数を $\beta_P$  ( $/\text{K}$ )、  
 前記プライマリ層の弾性率（プライマリ弾性率）を $P_{ISM}$  (MPa)、  
 前記セカンダリ層の弾性率（セカンダリ弾性率）を $S_{ISM}$  (MPa)とした場合に、下記式 (I) 及び式 (II) の関係が成り立つことを特徴とする光ファイバ心線。

[数1]

$$\beta_P \times P_{ISM} \geq 600 \dots\dots (I)$$

$$(S/P) \times (S_{ISM}/P_{ISM}) \leq 1000 \dots\dots (II)$$

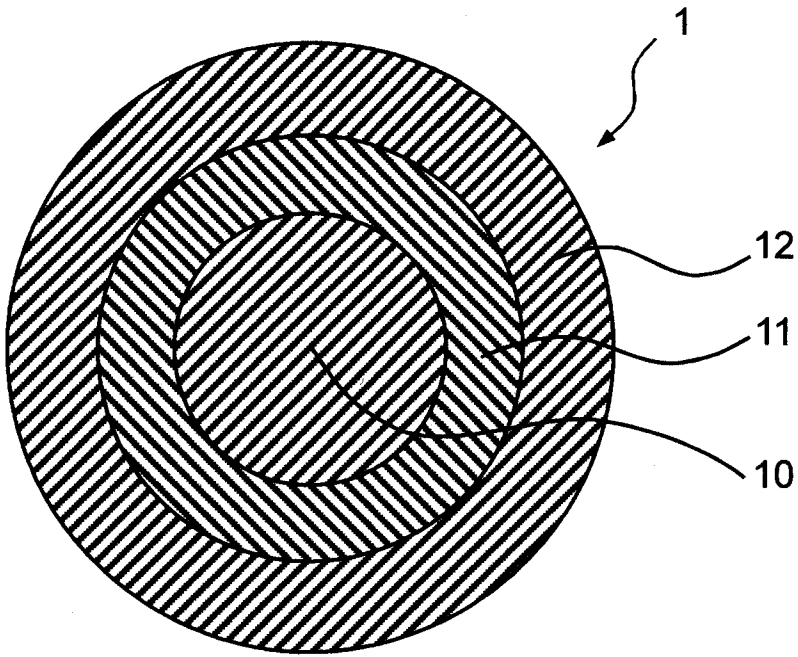
[請求項2] 前記光ファイバの有効コア断面積 $A_{eff}$ が $100 \mu\text{m}^2$ より大きいことを特徴とする請求項1に記載の光ファイバ心線。

[請求項3] 前記プライマリ層の被覆厚さ $P$ 及び前記セカンダリ層の被覆厚さ $S$ の比 $(S/P)$ が1未満であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の光ファイバ心線。

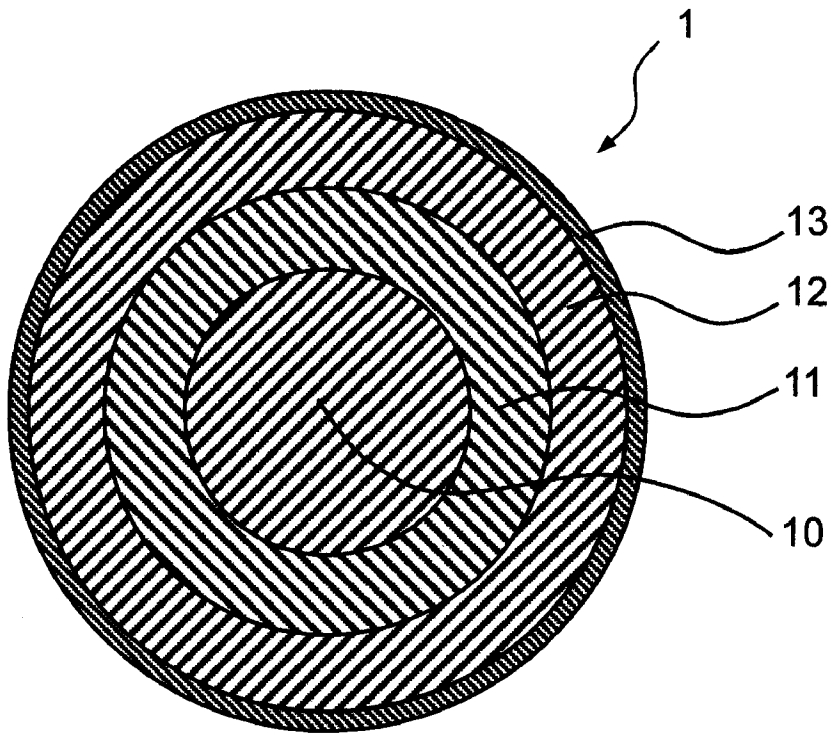
[請求項4] 前記セカンダリ層の弾性率（セカンダリ弾性率） $S_{ISM}$ が $2000$  MPa以下であることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の光ファイバ心線。

[請求項5] 請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の光ファイバ心線を備えたことを特徴とする光ファイバケーブル。

[図1]



[図2]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2019/035634

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.Cl. G02B6/44 (2006.01) i, C03C25/104 (2018.01) i

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. G02B6/44, C03C25/104

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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	WO 2002/066390 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 29 August 2002, page 3, line 10 to page 20, fig. 1, 4 & US 2004/0022510 A1, paragraphs [0022]-[0067], fig. 1, 4 & EP 1362835 A1 & TW 241281 B & CN 1457328 A	1-5
A	US 2017/0153389 A1 (CORNING INC.) 01 June 2017, entire text, all drawings & WO 2017/095828 A1 & EP 3383815 A1	1-5

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" 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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 22 November 2019 (22.11.2019)	Date of mailing of the international search report 03 December 2019 (03.12.2019)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2019/035634

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-530374 A (CORNING INC.) 17 November 2014, entire text, all drawings & US 2013/0071115 A1, entire text, all drawings & WO 2013/039751 A1 & EP 2756339 A1 & KR 10-2014-0060509 A & CN 103946729 A & RU 2014115209 A	1-5
A	JP 2004-59420 A (FUJIKURA LTD.) 26 February 2004, entire text, all drawings & US 6804442 B1, entire text, all drawings & CN 1487319 A	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G02B6/44(2006.01)i, C03C25/104(2018.01)i		
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. G02B6/44, C03C25/104		
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 1971-2019年 日本国実用新案登録公報 1996-2019年 日本国登録実用新案公報 1994-2019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	WO 2002/066390 A1（住友電気工業株式会社）2002.08.29, 第3頁第10行-第20頁, 図1,4 & US 2004/0022510 A1 段落0022-0067, 図1,4 & EP 1362835 A1 & TW 241281 B & CN 1457328 A	1-5
A	US 2017/0153389 A1（CORNING INC.）2017.06.01, 全文, 全図 & WO 2017/095828 A1 & EP 3383815 A1	1-5
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <span style="margin-left: 200px;"><input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</span>		
* 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 22.11.2019	国際調査報告の発送日 03.12.2019	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 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） 佐藤 宙子 電話番号 03-3581-1101 内線 3295	2L 9316

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 請求項の番号
A	JP 2014-530374 A (コーニング インコーポレイテッド) 2014.11.17, 全文, 全図 & US 2013/0071115 A1, 全文, 全図 & WO 2013/039751 A1 & EP 2756339 A1 & KR 10-2014-0060509 A & CN 103946729 A & RU 2014115209 A	1-5
A	JP 2004-59420 A (株式会社フジクラ) 2004.02.26, 全文, 全図 & US 6804442 B1, 全文, 全図 & CN 1487319 A	1-5