

(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
2021年9月23日(23.09.2021)



(10) 国際公開番号
WO 2021/187514 A1

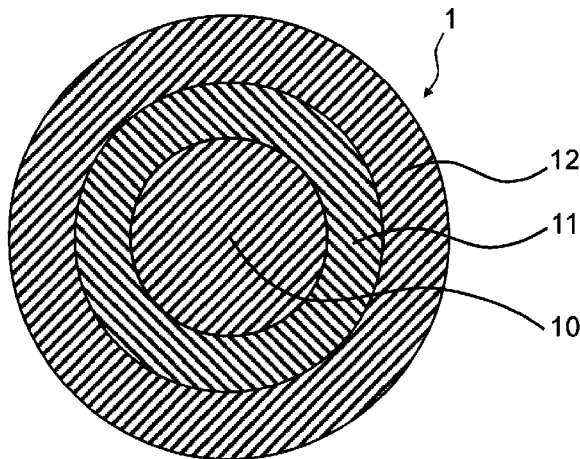
- (51) 国際特許分類:
G02B 6/44 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/010778
- (22) 国際出願日: 2021年3月17日(17.03.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-047923 2020年3月18日(18.03.2020) JP
- (71) 出願人: 古河電気工業株式会社(FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目6番4号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 笠原 稔 (KASAHARA, Minoru); 〒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). 新子谷 悦宏 (ARASHITANI, Yoshihiro); 〒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). 望月 浩二 (MOCHIDUKI, Kouji); 〒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). 矢部 昌宏 (YABE, Masahiro); 〒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: 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, OPTICAL FIBER CABLE, AND OPTICAL FIBER TAPE CORE

(54) 発明の名称: 光ファイバ心線、光ファイバケーブル及び光ファイバテープ心線

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

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



(57) Abstract: [Problem] To provide an optical fiber core, an optical fiber cable, and an optical fiber tape core whereby transmission loss in a low-temperature environment of -60 ° C can be suppressed even in an optical fiber having high microbend sensitivity. [Solution] The present invention provides an optical fiber core 1 which, due to comprising at least one condition from among a degree-of-freedom condition of a primary layer 11 indicated by formula (I) and a rigidity condition of a secondary layer 12 indicated by formula (II), has a large effective core



WO 2021/187514 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, IT, 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, 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, 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))

cross-sectional area A_{eff} of an optical fiber 10 at a wavelength of 1550 nm, and can suppress transmission loss in a low-temperature environment, and can suppress transmission loss in a low-temperature environment even when an optical fiber 10 having high microbend sensitivity is used. An optical fiber cable, etc., comprising this optical fiber core 1 has the effect exhibited by the aforementioned optical fiber core 1, and is an optical fiber cable, etc., comprising the optical fiber core 1, whereby transmission loss in a low-temperature environment can be suppressed.

(57) 要約 : 【課題】 マイクロバンド感度が高い光ファイバでも、 -60°C 程度の低温環境下での伝送損失を抑制することができる光ファイバ心線、光ファイバケーブル及び光ファイバテープ心線を提供すること。 【解決手段】 本発明は、式 (I) に示したプライマリ層 11 の自由度の条件、及び式 (II) に示したセカンダリ層 12 の剛直性の条件のうち少なくとも1つを具備するので、光ファイバ 10 の波長 1550 nm における有効コア断面積 A_{eff} が大きい、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、低温環境下における伝送損失を抑え、低温環境下での伝送損失を抑制することができる光ファイバ心線 1 を提供する。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等は、前記した光ファイバ心線 1 が奏する効果を楽しみ、低温環境下における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等となる。

明 細 書

発明の名称：

光ファイバ心線、光ファイバケーブル及び光ファイバテープ心線

技術分野

[0001] 本発明は光ファイバ心線、光ファイバケーブル及び光ファイバテープ心線に関する。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、光ファイバケーブル及び光ファイバテープ心線に関する。

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さを薄くする一方、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。）。

[0005] 加えて、海底や陸上寒地等での適用を可能とするため、光ファイバは－6

0℃程度の低温環境下でも良好な伝送特性が望まれている。低温環境下で良好な伝送特性を維持するためには、プライマリ層のガラス転移点を低くすることが一般的である。また、例えば、被覆層の-40℃におけるヤング率、断面積、そして実効線膨張係数等に基づいて定義される収縮応力指数の総和を一定値以下にする等の調整が必要であるという技術が提供されている（例えば、特許文献2等を参照。）。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平6-11634号公報（[請求項2]～[請求項4]等。）

特許文献2：国際公開第2002/066390号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 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、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や、特許文献2に記載されるような収縮応力指数等のパラメータの調整だけでは、-60℃等の低温環境下での伝送損失を抑えることが困難であった。

[0008] 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、-60℃等の低温環境下での伝送損失（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、光ファイバケーブル及び光ファイバテープ心線を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 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、

前記光ファイバの波長1550nmにおける有効コア断面積 A_{eff} が130 μm^2 以上であり、

前記プライマリ層の被覆厚さを P (μm)、

前記セカンダリ層の被覆厚さを S (μm)、

前記プライマリ層の熱膨張係数を β_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）の条件及び式（II）の条件のうち少なくとも1つの条件を具備することを特徴とする。

[0010] [数1]

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

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

[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。

[0014] 本発明に係る光ファイバテープ心線は、前記した本発明に係る光ファイバ心線を複数本備えたことを特徴とする。

発明の効果

[0015] 本発明は、式（I）に示したプライマリ層の自由度の条件、及び式（II）に示したセカンダリ層の剛直性の条件のうち少なくとも1つの条件を具備するようにしているので、光ファイバの波長1550nmにおける有効コア断面積 A_{eff} が大きい、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、低温環境下（例えば、 -60°C 等。）における伝送損失（マイクロバンドロス）を抑えることができ、低温環境下での伝送損失を抑制することができる光ファイバ心線を提供する。

[0016] 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や光ファイバテープ心線は、前記した光ファイバ心線が奏する効果を享受し、低温環境下（例えば、 -60°C 等。）における伝送損失を抑えることができる光ファイバ心線を備えた光ファイバケーブルや光ファイバテープ心線となる。

図面の簡単な説明

[0017] [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

[0018] 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。

[0019] (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。

[0020] 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バ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り、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。

[0021] 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、本発明にあつては、光ファイバ10の波長 1550nm における有効コア断面積 A_{eff} （詳しくは後記する。）が大きい、マイクロバ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。

- [0022] 本発明にあっては、光ファイバ10として、波長1550nmにおける有効コア断面積（実効コア断面積） A_{eff} が $130\mu m^2$ 以上（ $\geq 130\mu m^2$ ）の光ファイバ10を使用する。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、 A_{eff} が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 $130\mu m^2$ 以上であることは、マイクロバンド感度が問題なく高い光ファイバ10となり、本発明はそのようなものにも対応できる。波長1550nmにおける有効コア断面積（実効コア断面積） A_{eff} は、 $130\mu m^2$ より大きい（ $> 130\mu m^2$ ）ことが特に好ましい。
- [0023] なお、波長1550nmにおける有効コア断面積（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（ μm ）、 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。
- [0024] 光ファイバ10の周囲に形成されるプライマリ層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る。また、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。
- [0025] 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。

[0026] 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 (μm)、

セカンダリ層12の被覆厚さをS (μm)、

プライマリ層11の熱膨張係数を β_P ($1/\text{K}$)、

プライマリ層11の弾性率(プライマリ弾性率)を P_{ISM} (MPa)、

セカンダリ層12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)の条件及び式(II)の条件のうち少なくとも1つの条件を具備するものである。

[0027] [数2]

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

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

[0028] まず、式(I)は、プライマリ層11の熱膨張係数 β_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)を示す条件となる(なお、単位はMPa/Kとなるが、式(I)には特に載せていない。)

[0029] 一般に、常温等の通常の条件下では、式(I)で求められる自由度が高く、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と考えられる。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と考えられている。

[0030] また、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の剛直性の条件を示す。

[0031] セカンダリ層12は、基本的には光ファイバ心線1の最外層となり、式(I

I) で求められるセカンダリ層 1 2 の剛直性は、いわば光ファイバ心線 1 全体の剛直性を左右する。セカンダリ層 1 2 の剛直性が比較的高い場合には、光ファイバ心線 1 に微細な曲げが生じた場合には、セカンダリ層 1 2 ないしは光ファイバ心線 1 を曲げにくくなるため、セカンダリ層 1 2 の剛直性が過大であれば、光ファイバ 1 0 の微細な曲げに対してセカンダリ層 1 2 からストレスを逃がすことが難しくなる。以上より、低温環境下も含め、式 (II) で示されるセカンダリ層 1 2 の剛直性は、ある程度の大きさに抑えておく必要がある。

[0032] ここで、前記した式 (I) の条件及び式 (II) の条件のうち少なくとも 1 つの条件を具備することは、換言すれば、下記式 (I') の条件及び式 (II') の条件の両方の条件を満たす場合を排除しているものである。

[0033] [数3]

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

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

[0034] 以下、本発明において、かかる式 (I') の条件及び式 (II') の条件の両方の条件を満たす場合を排除する理由について説明する。−60℃等の低温環境下では、常温では比較的柔らかいプライマリ層 1 1 も硬くなるため（なお、セカンダリ層 1 2 は常温でも硬い。）、前記したプライマリ層 1 1 による緩和効果もそれほど機能しなくなる。

[0035] ここで、セカンダリ層 1 2 の剛直性が 1000 以下と低い（式 (II) に示す条件を具備する。）場合には、プライマリ層 1 1 の自由度に影響されず、セカンダリ層 1 2 にストレスを逃がすことができると考えられる。一方、セカンダリ層 1 2 の剛直性が 1000 より高い（式 (II') に示す条件を具備する。）場合に、プライマリ層 1 1 の自由度が 600 以上（式 (I') に示す条件を具備する。）であると、微細な曲げにより発生したストレスを剛直なセカンダリ層 1 2 に逃がすことができない。この場合、発生したストレスは光ファイバ 1 0 側に伝わってしまい、その結果、伝送損失（マイクロベンドロス）の増加につながってしまうことになる。

- [0036] なお、セカンダリ層12の剛直性が1000より高い場合でも、プライマリ層11の自由度が600より低い（式（I）に示す条件を具備する。）場合は、プライマリ層11の自由度が低いために低温で硬くなってさらに屈曲しにくくなるため、ストレスが光ファイバ10側には伝わりにくく、伝送損失（マイクロバンドロス）を抑えることができると考えられる。
- [0037] 式（I）で示されるプライマリ層11の自由度は、式（II）で示されるセカンダリ層12の剛直性が1000より高い（すなわち、式（II）の条件を具備しない（式（II'）の条件を具備する。））場合には、50MPa/K以上600MPa/K未満とすることが好ましい。また、セカンダリ層12の剛直性が1000以下（すなわち、式（II）の条件を具備する。）である場合には、50～7500MPa/Kとすることが好ましい。
- [0038] 式（II）で示されるセカンダリ層12の剛直性は、式（I）で示されるプライマリ層11の自由度が600MPa/Kより低い（すなわち、式（I）の条件を具備する。）場合には、25～9000MPa/Kとすることが好ましい。また、プライマリ層11の自由度が600MPa/K以上（すなわち、式（I）の条件を具備しない（式（I'）の条件を具備する。））の場合には、1000未満（<1000）とすることが好ましく、25～1000とすることが特に好ましい。
- [0039] なお、式（I）で求められるプライマリ層11の自由度、あるいは式（II）で求められるセカンダリ層12の剛直性が前記した条件を具備する光ファイバ心線1（すなわち、プライマリ層11の自由度 $\beta_P \times P_{ISM}$ （MPa/K）が600より低い、または、セカンダリ層12の剛直性 $(S/P) \times (S_{SM}/P_{ISM})$ が1000以下の光ファイバ心線1ではない。）にあつては、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の剛直性が高くなるにつれてプライマリ層11の自由度が低くなる傾向にある。
- [0040] 本発明にあつては、伝送損失の抑制については、波長1550nmにおける有効コア断面積 A_{eff} が $130\mu m^2$ 以上である光ファイバ心線1の低温環

境下における1550nmの波長での伝送損失のロスレベルの基準（例えば、0.05dB/km以下。）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の自由度の条件（式（I））、あるいはセカンダリ層12の剛直性と伝送損失の関係よりセカンダリ層12の剛直性の条件（式（II））を、前記した範囲として選定している。

[0041] プライマリ層11の熱膨張係数 β_p の値は、前記式（I）のパラメータを左右するが、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 β_p は、250~2500/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。

[0042] 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、0.2~3.0MPa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。

[0043] 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、2000MPa以下（ ≤ 2000 MPa）とすることが好ましい。セカンダリ層12の弾性率を2000MPa以下とすることにより、式（II）で表されるセカンダリ層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、500~2000MPaとすることが特に好ましい。

[0044] 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（S

ecant Modulus) に相当する。

- [0045] 本発明にあっては、前記したように、式 (I) の条件及び式 (II) の条件の少なくとも1つの条件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。伝送損失の抑制については、波長1550nm (1.55 μ m) において、1550nmの波長での伝送損失のロスレベルを0.05dB/kmより小さい値に抑えることができると考えられる。
- [0046] プライマリ層11の被覆厚さPは、10~60 μ 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、10~60 μ 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。
- [0047] 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。
- [0048] 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。
- [0049] 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。
- [0050] 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。

[0051] (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。

[0052] 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。

[0053] 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。

[0054] 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12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。

[0055] (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11の自由度の条件、及び式(II)に示したセカンダリ層12の剛直性の条件のうち少なくとも1つの条件を具備するようにしているので、光ファイバ10の波長1550nmにおける有効コア断面積 A_{eff} が大きい、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、低温環境下（例えば、 -60°C ）における伝送損失（マイクロバンドロス）を抑えることができ、低温環境下での伝送損失を抑制することができる光ファイバ心線

1を提供する。

- [0056] 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、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や光ファイバテープ心線は、前記した光ファイバ心線1が奏する効果を楽しむ。すなわち、本発明は、光ファイバの波長1550nmにおける有効コア断面積 A_{eff} が大きい、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、低温環境下（例えば、 -60°C ）における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や光ファイバテープ心線を提供する。
- [0057] 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。
- [0058] 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。
- [0059] 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。
- [0060] また、光ファイバ心線1を複数本備えた光ファイバテープ心線の構成も、

特に図示しないが、本発明に係る光ファイバ心線 1 を複数本並列配置等して備え、所定のテープ材料等で連結ないし被覆して構成された、従来公知の光ファイバテープ心線の構成を採用することができ、光ファイバテープ心線には、フラットリボン線、ローラブルリボン線等のいずれも含まれる。光ファイバテープ心線の構成としては、例えば、複数本の光ファイバ心線 1 を並列に配し、紫外線硬化樹脂等からなる連結部で連結一体化した構成としてもよい。光ファイバテープ心線における光ファイバ心線 1 の本数（心数）も、例えば、4 心、8 心、12 心、24 心等とすることができ、光ファイバテープ心線の構成及び光ファイバ心線 1 の本数等については、特に制限はなく、自由に選定することができる。

[0061] (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。

[0062] 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。

[0063] 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。

[0064] 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。

[0065] 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

[0066] 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。

[0067] [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に示した波長1550nmにおけるファイバ有効断面積 A_{eff} (μm^2)、プライマリ層の被覆厚さ P (μm)、セカンダリ層の被覆厚さ S (μm)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、波長1550nmにおける A_{eff} が $130\mu\text{m}^2$ 以上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 (μm)、 S (μm))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。なお、光ファイバ心線のケーブルカットオフ波長は1260nm~1520nmである。また、光ファイバ径は $125\mu\text{m}$ 程度のガラス径としたものを中心に検討を行ったが、ガラス径を $100\mu\text{m}$ や $80\mu\text{m}$ として検討を行った場合で

も、式（I）、式（II）の条件を具備する所望の特性が確認された。

[0068] 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、希釈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（調整）することにより実施した。

[0069] 具体的には、実施例1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2及び比較例2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をそれぞれ変更（調整）して製造した。

[0070] 実施例3ないし実施例5は、実施例3と実施例4はプライマリ層の材料が異なりセカンダリ層の材料が共通、実施例4と実施例5はプライマリ層の材料が共通でセカンダリ層の材料が異なり（実施例3と実施例5はプライマリ層、セカンダリ層とも材料が異なる。）、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をそれぞれ変更（調整）して製造した。実施例6及び実施例7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をそれぞれ変更（調整）して製造した。

[0071] [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」を測定した。結果を表1に示す。

[0072] (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 δ 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。

[0073] [数4]

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

[0074] ここで、 P_{ISM} はプライマリ層の弾性率(MPa)、 F/δ は荷重(F)に対する変位(δ)のグラフが示す傾き、 l はサンプル長(例えば10mm)、 D_P/D_G はプライマリ層の外径(D_P)(μm)と光ファイバの外径(D_G)(μm)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。)

[0075] (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℃、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。

[0076] (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 ($-50^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 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。

[0077] 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 : $25^{\circ}\text{C}\sim -100^{\circ}\text{C}$ における冷却速度は $-10^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 、 -100°C における保持時間は10分、 $-100^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ における昇温速度は $10^{\circ}\text{C}/\text{分}$ とした。

[0078] 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。

[0079] 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°C 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 $-50^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ の温度範囲の傾きから線膨張係数を求めるようにした。

[0080] プライマリ層とセカンダリ層の熱膨張係数 ($-50^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ の体積熱膨

張係数)は、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。

[0081] 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。

[0082] 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、 β_s はセカンダリ層の熱膨張係数(体積熱膨張係数)(/K)、 α_{sL} はセカンダリ層の長手方向の線膨張係数(/K)、 α_{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。

[0083] [数5]

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

[0084] 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℃~25℃の体積熱膨張係数)は下記式(Z)から算出した。

[0085] なお、式(Z)中、 β_p はプライマリ層の熱膨張係数(体積熱膨張係数)(/K)、 β_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。)、 α_{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 μ m)、 D_p はプライマリ層の外

径 (μm)、 D_S はセカンダリ層の外径 (μm)、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。)

[0086] [数6]

$$D_G + (D_P - D_G) \times (1 + (\beta_P / 2)) + (D_S - D_P) \times (1 + (\beta_S / 2)) \\ = D_S \times (1 + \alpha_{FR}) \quad \dots\dots (Z)$$

[0087] (4) 伝送損失 :

低温環境下 (-60°C) における伝送損失を測定した。具体的には、光ファイバ心線をヒートサイクル槽に入れて、 $-60^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ のヒートサイクル試験を3サイクル行いながら、伝送損失を測定した。

[0088] なお、伝送損失の測定は、 -60°C における波長 1550nm ($1.55\mu\text{m}$) の伝送ロスを測定することにより行い、伝送損失が、 $0.05\text{dB}/\text{km}$ 以下であること ($0.05\text{dB}/\text{km}$ 以下の場合を合格、 $0.05\text{dB}/\text{km}$ を超えた場合を不合格。)、を判定基準とした。

[0089] (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III)	プライマリ層の自由度(式I)	伝送損失(-60°C)
	A_{eff}	μm^2	P	S	P_{ISM}	S_{ISM}				
		μm	μm	μm	MPa	MPa	/K	-	MPa/K	dB/km
実施例1	150	45	21	21	1.10	1453	1072	627	1180	0.017
比較例1	150	33	31	31	1.03	1473	813	1340	837	1.100
比較例2	131	33	25	25	0.71	1806	953	1899	673	0.100
実施例2	131	20	13	13	0.60	1780	654	1854	392	0.003
実施例3	131	36	23	23	0.75	956	969	809	726	0.003
実施例4	131	29	30	30	0.35	1141	860	3400	299	0.005
実施例5	131	34	24	24	0.47	339	1039	497	491	0.001
実施例6	131	40	25	25	0.63	651	885	641	556	0.008
実施例7	131	30	29	29	0.52	650	782	1190	406	0.006

[0090] 表1に示すように、式(Ⅰ)及び式(Ⅱ)の少なくとも1つの条件を具備する実施例1ないし実施例7(実施例5及び実施例6は式(Ⅰ)及び式(Ⅱ)の両方の条件を具備する。)の光ファイバ心線は、光ファイバとして波長1550nmにおけるファイバ有効断面積が130 μm^2 以上である、マイクロバンド感度が高い光ファイバを用いた場合において、低温環境下の伝送損失(マイクロバンドロス)が0.05dB/km以下と伝送損失を抑えることができた。一方、式(Ⅰ)及び式(Ⅱ)の両方の条件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、伝送損失が0.05dB/kmを超え、伝送損失を抑えることができなかった。

産業上の利用可能性

[0091] 本発明は、例えば、-60 $^{\circ}\text{C}$ 等の低温環境下における伝送損失が抑制された、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や光ファイバテープ心線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

[0092] 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、

前記光ファイバの波長1550nmにおける有効コア断面積 A_{eff} が $130\mu m^2$ 以上であり、

前記プライマリ層の被覆厚さを $P(\mu m)$ 、

前記セカンダリ層の被覆厚さを $S(\mu m)$ 、

前記プライマリ層の熱膨張係数を $\beta_P(1/K)$ 、

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）の条件及び式（II）の条件のうち少なくとも1つの条件を具備することを特徴とする光ファイバ心線。

[数1]

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

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

[請求項2] 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に記載の光ファイバ心線。

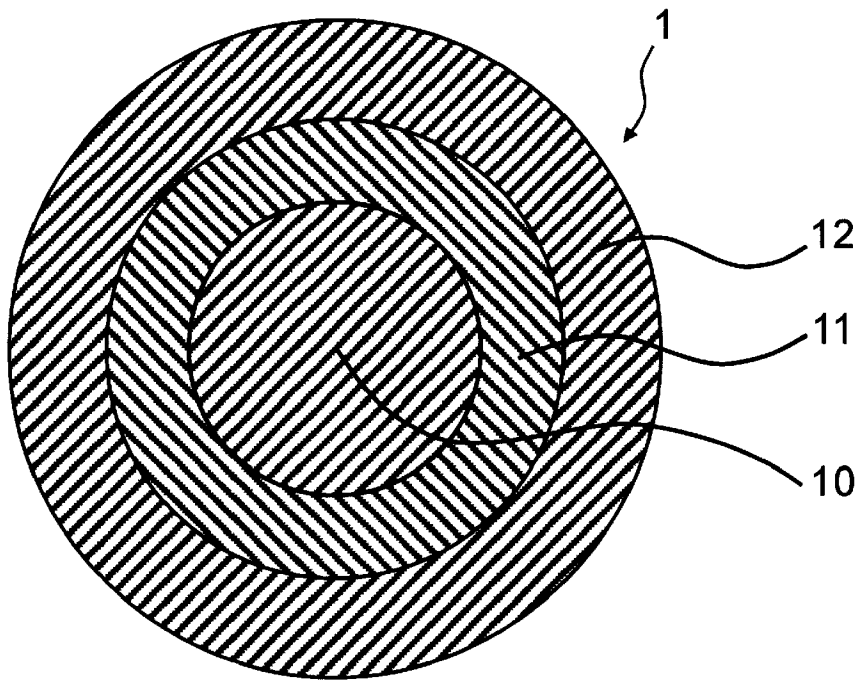
[請求項3] 前記セカンダリ層の弾性率（セカンダリ弾性率） S_{ISM} が2000MPa以下であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の光ファイバ心線。

[請求項4] 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を備えたことを特徴とする光ファイバケーブル。

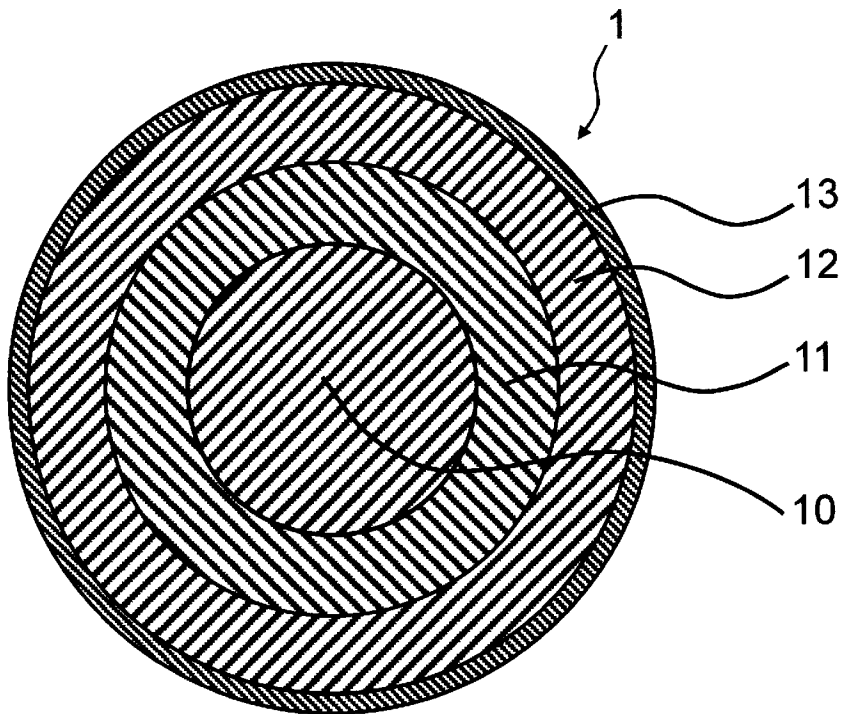
[請求項5] 請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の光ファイバ心線を複数

本備えたことを特徴とする光ファイバテープ心線。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/010778

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 6/44 (2006.01) i
 FI: G02B6/44 331; G02B6/44 371

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)
 G02B6/02-6/036; 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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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 2015-219271 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 07 December 2015 (2015-12-07) paragraphs [0027]-[0031], fig. 3	1-5
X	JP 2019-112293 A (OFS FITELE, LLC) 11 July 2019 (2019-07-11) paragraphs [0011]-[0020], fig. 2-6	1-5
X	WO 02/066390 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 29 August 2002 (2002-08-29) page 3, lines 10-25, page 12, line 3 to page 33, line 8, claims 11-12	1-5
X	WO 2008/012926 A1 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 31 January 2008 (2008-01-31) page 6, line 8 to page 11, line 15	1-5

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

"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
 "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
 27 May 2021 (27.05.2021)

Date of mailing of the international search report
 08 June 2021 (08.06.2021)

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/JP2021/010778

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 3-155510 A (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 03 July 1991 (1991-07-03) page 2, upper left column, line 10 to lower left column, line 20	1-5
A	WO 2018/159146 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 07 September 2018 (2018-09-07) entire text, all drawings	1-5
A	JP 2016-519333 A (CORNING INCORPORATED) 30 June 2016 (2016-06-30) entire text, all drawings	1-5
A	US 2013/0330050 A1 (LS CABLE & SYSTEM LTD.) 12 December 2013 (2013-12-12) entire text, all drawings	1-5
A	US 2003/0215196 A1 (DSM N. V.) 20 November 2003 (2003-11-20) entire text, all drawings	1-5
A	JP 2004-59420 A (FUJIKURA LTD.) 26 February 2004 (2004-02-26) entire text, all drawings	1-5
P, X	WO 2020/054753 A1 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 19 March 2020 (2020-03-19) entire text, all drawings	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/010778

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2015-219271 A	07 Dec. 2015	US 2017/0031092 A1 paragraphs [0032]- [0039], fig. 3 GB 2541814 A WO 2015/174410 A1 FR 3021121 A1 CN 106233179 A DK 201670793 A1	
JP 2019-112293 A	11 Jul. 2019	US 2019/0146150 A1 paragraphs [0016]- [0025], fig. 2-6 EP 3486698 A1 CN 109799570 A	
WO 02/066390 A1	29 Aug. 2002	US 2004/0022510 A1 paragraphs [0022]- [0023][0067]-[0127], claims 11-12 EP 1362835 A1 TW 241281 B CN 1457328 A KR 10-0889698 B1	
WO 2008/012926 A1	31 Jan. 2008	US 2009/0269015 A1 paragraphs [0038]- [0054] EP 2048529 A1 CN 101194196 A	
JP 3-155510 A	03 Jul. 1991	(Family: none)	
WO 2018/159146 A1	07 Sep. 2018	US 2019/0384000 A1 EP 3591450 A1 CN 110383130 A	
JP 2016-519333 A	30 Jun. 2016	US 2014/0294355 A1 WO 2014/168739 A1 EP 2979119 A1 CN 105229507 A	
US 2013/0330050 A1	12 Dec. 2013	WO 2012/111959 A2 KR 10-2012-0093605 A CN 103380388 A	
US 2003/0215196 A1	20 Nov. 2003	US 2002/0146225 A1	
JP 2004-59420 A	26 Feb. 2004	US 6804442 B1 CN 1487319 A	
WO 2020/054753 A1	19 Mar. 2020	CN 112654908 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 6/44(2006.01)i FI: G02B6/44 331; G02B6/44 371		
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）） G02B6/02-6/036; 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 - 2021年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2021年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2021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 2015-219271 A（住友電気工業株式会社）07.12.2015（2015 - 12 - 07） 段落 [0027] - [0031]，第3図	1-5
X	JP 2019-112293 A（オーエフエス ファイテル，エルエルシー）11.07.2019（2019 - 07 - 11） 段落 [0011] - [0020]，第2-6図	1-5
X	WO 02/066390 A1（住友電気工業株式会社）29.08.2002（2002 - 08 - 29） 第3頁第10-25行，第12頁第3行-第33頁第8行，請求の範囲11-12	1-5
X	WO 2008/012926 A1（古河電気工業株式会社）31.01.2008（2008 - 01 - 31） 第6頁第8行-第11頁第15行	1-5
X	JP 3-155510 A（古河電気工業株式会社）03.07.1991（1991 - 07 - 03） 第2頁左上欄第10行-左下欄第20行	1-5
A	WO 2018/159146 A1（住友電気工業株式会社）07.09.2018（2018 - 09 - 07） 全文，全図	1-5
A	JP 2016-519333 A（コーニング インコーポレイテッド）30.06.2016（2016 - 06 - 30） 全文，全図	1-5
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 27.05.2021	国際調査報告の発送日 08.06.2021	
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） 山本 元彦 2L 3914 電話番号 03-3581-1101 内線 3295	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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	US 2013/0330050 A1 (LS CABLE & SYSTEM LTD.) 12.12.2013 (2013 - 12 - 12) 全文, 全図	1-5
A	US 2003/0215196 A1 (DSM N.V.) 20.11.2003 (2003 - 11 - 20) 全文, 全図	1-5
A	JP 2004-59420 A (株式会社フジクラ) 26.02.2004 (2004 - 02 - 26) 全文, 全図	1-5
P, X	WO 2020/054753 A1 (古河電気工業株式会社) 19.03.2020 (2020 - 03 - 19) 全文, 全図	1-5

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/JP2021/010778

引用文献			公表日	パテントファミリー文献		公表日
JP	2015-219271	A	07.12.2015	US	2017/0031092 A1	
					段落 [0032] - [0039] , 第3図	
				GB	2541814 A	
				WO	2015/174410 A1	
				FR	3021121 A1	
				CN	106233179 A	
				DK	201670793 A1	
JP	2019-112293	A	11.07.2019	US	2019/0146150 A1	
					段落 [0016] - [0025] , 第2-6図	
				EP	3486698 A1	
				CN	109799570 A	
WO	02/066390	A1	29.08.2002	US	2004/0022510 A1	
					段落 [0022] - [0023] , [0067] - [0127] , 請求の範囲11-12	
				EP	1362835 A1	
				TW	241281 B	
				CN	1457328 A	
				KR	10-0889698 B1	
WO	2008/012926	A1	31.01.2008	US	2009/0269015 A1	
					段落 [0038] - [0054]	
				EP	2048529 A1	
				CN	101194196 A	
JP	3-155510	A	03.07.1991		(ファミリーなし)	
WO	2018/159146	A1	07.09.2018	US	2019/0384000 A1	
				EP	3591450 A1	
				CN	110383130 A	
JP	2016-519333	A	30.06.2016	US	2014/0294355 A1	
				WO	2014/168739 A1	
				EP	2979119 A1	
				CN	105229507 A	
US	2013/0330050	A1	12.12.2013	WO	2012/111959 A2	
				KR	10-2012-0093605 A	
				CN	103380388 A	
US	2003/0215196	A1	20.11.2003	US	2002/0146225 A1	
JP	2004-59420	A	26.02.2004	US	6804442 B1	
				CN	1487319 A	
WO	2020/054753	A1	19.03.2020	CN	112654908 A	