

(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10月24日(24.10.2024)



(10) 国際公開番号
WO 2024/219126 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 6/44 (2006.01) *C03C 25/285* (2018.01)
C03C 25/1065 (2018.01) *C03C 25/47* (2018.01)
C03C 25/26 (2018.01) *C03C 25/48* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/010302

(22) 国際出願日: 2024年3月15日(15.03.2024)

(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 2023-069880 2023年4月21日(21.04.2023) JP

(71) 出願人: 住友電気工業株式会社
(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)

[JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).

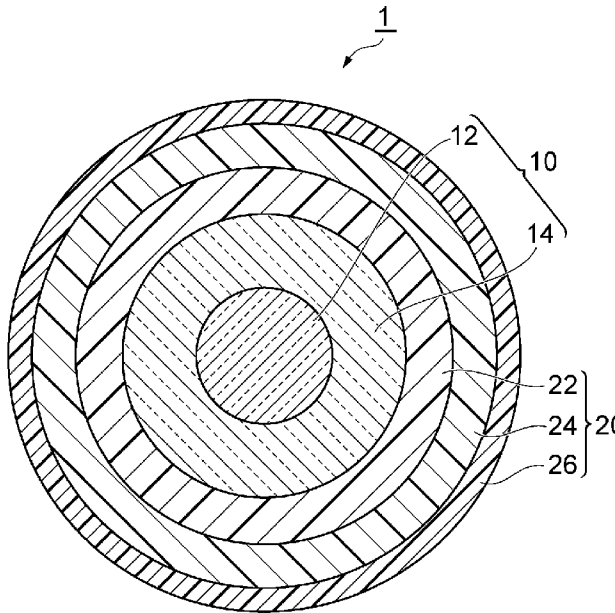
(72) 発明者: 池川 未歩(IKEGAWA Miho); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 岩口 矩章(IWAGUCHI Noriaki); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 浜窪 勝史(HAMAKUBO Katsushi); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A

(54) Title: OPTICAL FIBER AND OPTICAL FIBER RIBBON

(54) 発明の名称: 光ファイバおよび光ファイバリボン

[図1]



(57) Abstract: This optical fiber (1) comprises: a glass fiber (10) including a core (12) and a cladding (14); a primary resin layer (22) that is in contact with the glass fiber (10) and covers the glass fiber (10); a secondary resin layer (24) that covers the primary resin layer (22); and a colored resin layer (26) that covers the secondary resin layer (24), wherein the colored resin layer (26) includes a cured product of a resin composition containing a photopolymerizable compound, a photopolymerization initiator, a polydimethylsiloxane compound, and titanium oxide particles, the number of titani-



WO 2024/219126 A1

(明治安田生命ビル) 9階 創英国際特
許法律事務所 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, JP, 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,
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))

um-containing particles having a diameter of 5 μ m or more contained in the colored resin layer (26) is less than 15/mm in the longitudinal direction of the colored resin layer (26), and the amount of silicon on the surface of the colored resin layer (26) is 0.9-11 at%.

(57) 要約: 光ファイバ (1) は、コア (1 2) およびクラッド (1 4) を含むガラスファイバ (1 0) と、前記ガラスファイバ (1 0) に接して前記ガラスファイバ (1 0) を被覆するプライマリ樹脂層 (2 2) と、前記プライマリ樹脂層 (2 2) を被覆するセカンダリ樹脂層 (2 4) と、前記セカンダリ樹脂層 (2 4) を被覆する着色樹脂層 (2 6) と、を備え、前記着色樹脂層 (2 6) が、光重合性化合物と、光重合開始剤と、ポリジメチルシロキサン化合物と、酸化チタン粒子とを含有する樹脂組成物の硬化物を含み、前記着色樹脂層 (2 6) に含まれる直径 5 μ m 以上のチタン含有粒子の数が前記着色樹脂層 (2 6) の長さ方向において 1 5 個 / mm 未満であり、前記着色樹脂層 (2 6) の表面におけるケイ素の量が 0. 9 a t % 以上 1 1 a t % 以下である。

明 細 書

発明の名称：光ファイバおよび光ファイバリボン

技術分野

[0001] 本開示は、光ファイバおよび光ファイバリボンに関する。

本出願は、2023年4月21日出願の日本出願第2023-069880号に基づく優先権を主張し、前記日本出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。

背景技術

[0002] 一般に、光ファイバは、光伝送体であるガラスファイバを保護するための被覆樹脂層を有している。被覆樹脂層は、例えば、プライマリ樹脂層およびセカンダリ樹脂層を有している。被覆樹脂層の最外層は、光ファイバの識別のための着色樹脂層から構成される（例えば、特許文献1および2参照。）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2016/017060号

特許文献2：特表2002-516377号公報

発明の概要

[0004] 本開示の一態様に係る光ファイバは、コアおよびクラッドを含むガラスファイバと、ガラスファイバに接してガラスファイバを被覆するプライマリ樹脂層と、プライマリ樹脂層を被覆するセカンダリ樹脂層と、セカンダリ樹脂層を被覆する着色樹脂層と、を備え、着色樹脂層が、光重合性化合物と、光重合開始剤と、ポリジメチルシロキサン化合物と、酸化チタン粒子とを含有する樹脂組成物の硬化物を含み、着色樹脂層に含まれる直径5 μ m以上のチタン含有粒子の数が着色樹脂層の長さ方向において15個/mm未満であり、着色樹脂層の表面におけるケイ素の量が0.9at%以上11at%以下である。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]図1は、光ファイバの一例を示す概略断面図である。

[図2]図2は、光ファイバリボンの一例を示す概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0006] [本開示が解決しようとする課題]

近年、光ケーブルの多芯化および細径化に伴い、光ケーブルに使用される光ファイバの細径化が進んでいる。光ファイバの細径化に伴い、ガラスファイバを保護するための被覆樹脂層も薄くなり、光ファイバの耐側圧特性が悪化することがある。また、光ファイバを温水に浸漬した場合、ガラスファイバから被覆樹脂層が剥離して伝送損失が増加することがある。

[0007] 本開示は、耐側圧特性および耐温水性に優れる光ファイバおよび光ファイバリボンを提供することを目的とする。

[0008] [本開示の効果]

本開示によれば、耐側圧特性および耐温水性に優れる光ファイバおよび光ファイバリボンを提供することができる。

[0009] [本開示の実施形態の説明]

最初に、本開示の実施形態の内容を列記して説明する。

(1) 本開示の一態様に係る光ファイバは、コアおよびクラッドを含むガラスファイバと、ガラスファイバに接してガラスファイバを被覆するプライマリ樹脂層と、プライマリ樹脂層を被覆するセカンダリ樹脂層と、セカンダリ樹脂層を被覆する着色樹脂層と、を備え、着色樹脂層が、光重合性化合物と、光重合開始剤と、ポリジメチルシロキサン化合物と、酸化チタン粒子とを含有する樹脂組成物の硬化物を含み、着色樹脂層に含まれる直径 $5\mu\text{m}$ 以上のチタン含有粒子の数が着色樹脂層の長さ方向において $15\text{個}/\text{mm}$ 未満であり、着色樹脂層の表面におけるケイ素の量が $0.9\text{at}\%$ 以上 $11\text{at}\%$ 以下である。

[0010] このような光ファイバは、直径 $5\mu\text{m}$ 以上のチタン含有粒子の数が長さ方向において $15\text{個}/\text{mm}$ 未満であり、かつ、表面におけるケイ素の量が $0.$

9 a t %以上 1 1 a t %以下である着色樹脂層を備えることにより、耐側圧特性および耐温水性に優れている。

[0011] (2) 上記(1)において、着色樹脂層の視認性および上記樹脂組成物の硬化性の観点から、上記酸化チタン粒子の含有量は上記樹脂組成物の総量を基準として、0.6質量%以上20.0質量%以下であってもよい。

[0012] (3) 上記(1)または(2)において、耐側圧特性および耐温水性をより向上させる観点から、上記ポリジメチルシロキサン化合物は、(メタ)アクリロイル基、エポキシ基、およびポリエーテル基からなる群より選ばれる少なくとも1種の有機基を有してもよい。

[0013] (4) 上記(1)から(3)のいずれかにおいて、耐側圧特性および上記樹脂組成物の安定性の観点から、上記ポリジメチルシロキサン化合物に含まれるケイ素原子の量は6質量%以上40質量%以下であってもよい。

[0014] (5) 上記(1)から(4)のいずれかにおいて、光ファイバの細径化の観点から、上記光ファイバの外径は140 μ m以上255 μ m以下であってもよい。

[0015] (6) 本開示の一態様に係る光ファイバリボンには、上記(1)から(5)のいずれかに記載の光ファイバが複数並列され、リボン用樹脂で被覆されている。このような光ファイバリボンは、耐側圧特性および耐温水性に優れている。

[0016] [本開示の実施形態の詳細]

本開示の実施形態に係る光ファイバおよび光ファイバリボンの具体例を、必要により図面を参照しつつ説明する。なお、本開示はこれらの例示に限定されず、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。以下の説明では、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。本明細書における(メタ)アクリレートとは、アクリレートまたはそれに対応するメタアクリレートを意味する。(メタ)アクリロイル等の他の類似表現についても同様である。

[0017] (光ファイバ)

本実施形態に係る光ファイバは、コアおよびクラッドを含むガラスファイバと、ガラスファイバに接してガラスファイバを被覆するプライマリ樹脂層と、プライマリ樹脂層を被覆するセカンダリ樹脂層と、セカンダリ樹脂層を被覆する着色樹脂層と、を備える。着色樹脂層は、光重合性化合物と、光重合開始剤と、ポリジメチルシロキサン化合物と、酸化チタン粒子とを含有する樹脂組成物（以下、「着色樹脂層用の樹脂組成物」ともいう）の硬化物を含む。

[0018] ポリジメチルシロキサン化合物は、主鎖中にケイ素原子に結合した2つのメチル基と酸素原子から構成されるジメチルシロキサン骨格（ $-\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{O}-$ ）を繰り返し単位として有する化合物である。

[0019] ポリジメチルシロキサン化合物に含まれるケイ素原子（Si）の量は、耐側圧特性をより向上させる観点から、6質量%以上、8質量%以上、10質量%以上または12質量%以上であってもよい。Siの量は、樹脂組成物の安定性を向上する観点から、40質量%以下、30質量%以下、25質量%以下または21質量%以下であってもよい。Siの量は、耐側圧特性および樹脂組成物の安定性の観点から、6質量%以上40質量%以下、8質量%以上30質量%以下、10質量%以上25質量%以下、または12質量%以上21質量%以下であってもよい。ポリジメチルシロキサン化合物に含まれるSiの量は、ポリジメチルシロキサン化合物の誘導結合プラズマ発光分光分析（ICP-OES）により測定することができる。

[0020] ポリジメチルシロキサン化合物は、耐側圧特性および耐温水性をより向上させる観点から、（メタ）アクリロイル基、エポキシ基、およびポリエーテル基からなる群より選ばれる少なくとも1種の有機基を有してもよい。すなわち、ポリジメチルシロキサン化合物は、耐側圧特性および耐温水性をより向上させる観点から、（メタ）アクリロイル基を有するポリジメチルシロキサン化合物、エポキシ基を有するポリジメチルシロキサン化合物、およびポリエーテル基を有するポリジメチルシロキサン化合物からなる群より選ばれ

る少なくとも1種を含んでもよい。ポリジメチルシロキサン化合物は、これらの有機基を側鎖または末端に有していてもよい。これらの有機基の中でも、耐側圧特性および耐温水性の観点から、(メタ)アクリロイル基およびエポキシ基が好ましく、(メタ)アクリロイル基がより好ましい。

[0021] (メタ)アクリロイル基を有するポリジメチルシロキサン化合物は、後述する光重合性化合物と共重合することができる。(メタ)アクリロイル基を有するポリジメチルシロキサン化合物は、後述する光重合性化合物には含まない。ポリジメチルシロキサン化合物が有する(メタ)アクリロイル基の数は、1以上または2以上であってもよく、10以下または8以下であってもよい。

[0022] ポリジメチルシロキサン化合物が有するエポキシ基の数は、1以上または2以上であってもよく、10以下または8以下であってもよい。

[0023] ポリジメチルシロキサン化合物が有するポリエーテル基の数は、1以上または2以上であってもよく、10以下または8以下であってもよい。

[0024] 耐側圧特性および耐温水性の観点から、ポリジメチルシロキサン化合物の含有量は、樹脂組成物の総量を基準として、0.3質量%以上4.5質量%以下であってもよい。ポリジメチルシロキサン化合物の含有量が0.3質量%以上であると、樹脂組成物に含まれる酸化チタン粒子の分散性が向上し易いので、酸化チタン粒子に起因して生じる直径5 μ m以上の凝集物を低減することができる。これにより、形成される着色樹脂層の表面の凹凸を低減して着色樹脂層の摩擦力を低減することができるので、光ファイバの耐側圧特性をより向上させることができる。ポリジメチルシロキサン化合物の含有量が4.5質量%以下であると、着色樹脂層とセカンダリ樹脂層との密着力の低減を抑制し、耐温水性をより向上させることができる。

[0025] 耐側圧特性をより向上させる観点から、ポリジメチルシロキサン化合物の含有量は、樹脂組成物の総量を基準として、0.4質量%以上または0.5質量%以上であってもよく、耐温水性をより向上させる観点から、ポリジメチルシロキサン化合物の含有量は、樹脂組成物の総量を基準として、4.0

質量%以下、3.5質量%以下、3.0質量%以下または2.5質量%以下であってもよい。耐側圧特性および耐温水性をより向上させる観点から、ポリジメチルシロキサン化合物の含有量は、樹脂組成物の総量を基準として、0.4質量%以上4.0質量%以下、0.4質量%以上3.5質量%以下、0.5質量%以上3.0質量%以下、または0.5質量%以上2.5質量%以下であってもよい。

[0026] 光重合性化合物は、ジメチルシロキサン骨格を有しない点で、(メタ)アクリロイル基を有するポリジメチルシロキサン化合物と区別される。着色樹脂層の強度を高める観点から、光重合性化合物は、エポキシジ(メタ)アクリレートを含んでもよい。エポキシジ(メタ)アクリレートとしては、例えば、ビスフェノール骨格を有するジグリシジルエーテル化合物と、(メタ)アクリル酸等の(メタ)アクリロイル基を有する化合物との反応物を用いることができる。

[0027] エポキシジ(メタ)アクリレートとしては、例えば、ビスフェノールAジグリシジルエーテルの(メタ)アクリル酸付加物、ビスフェノールAFジグリシジルエーテルの(メタ)アクリル酸付加物、およびビスフェノールFジグリシジルエーテルの(メタ)アクリル酸付加物が挙げられる。

[0028] 着色樹脂層の強度をより高める観点から、エポキシジ(メタ)アクリレートの含有量は、ポリジメチルシロキサン化合物および光重合性化合物の総量100質量部に対して、30質量部以上、40質量部以上、または45質量部以上であってもよく、70質量部以下、65質量部以下、または60質量部以下であってもよい。エポキシジ(メタ)アクリレートの含有量は、ポリジメチルシロキサン化合物および光重合性化合物の総量100質量部に対して、30質量部以上70質量部以下、40質量部以上65質量部以下、または45質量部以上60質量部以下であってもよい。エポキシジ(メタ)アクリレートの含有量は、光重合性化合物の総量を基準として、30質量%以上70質量%以下、40質量%以上65質量%以下、45質量%以上60質量%以下、または50質量%以上60質量%以下であってもよい。

- [0029] 光重合性化合物は、エポキシジ（メタ）アクリレート以外の光重合性化合物（以下、「モノマー」という。）を更に含んでもよい。
- [0030] モノマーとしては、重合性基を1つ有する単官能モノマー、重合性基を2つ以上有する多官能モノマーを用いることができる。モノマーは、2種以上を混合して用いてもよい。
- [0031] 単官能モノマーとしては、例えば、メチル（メタ）アクリレート、エチル（メタ）アクリレート、プロピル（メタ）アクリレート、*n*-ブチル（メタ）アクリレート、*s*-ブチル（メタ）アクリレート、*tert*-ブチル（メタ）アクリレート、イソブチル（メタ）アクリレート、*n*-ペンチル（メタ）アクリレート、イソペンチル（メタ）アクリレート、ヘキシル（メタ）アクリレート、ヘプチル（メタ）アクリレート、イソアミル（メタ）アクリレート、2-エチルヘキシル（メタ）アクリレート、*n*-オクチル（メタ）アクリレート、イソオクチル（メタ）アクリレート、イソデシル（メタ）アクリレート、ラウリル（メタ）アクリレート、2-フェノキシエチル（メタ）アクリレート、3-フェノキシベンジルアクリレート、フェノキシジエチレングリコールアクリレート、フェノキシポリエチレングリコールアクリレート、4-*tert*-ブチルシクロヘキサノールアクリレート、テトラヒドロフルフリル（メタ）アクリレート、ベンジル（メタ）アクリレート、ジシクロペンテニル（メタ）アクリレート、ジシクロペンテニルオキシエチル（メタ）アクリレート、ジシクロペンタニル（メタ）アクリレート、ノニルフェノールポリエチレングリコール（メタ）アクリレート、ノニルフェノキシポリエチレングリコール（メタ）アクリレート、イソボルニル（メタ）アクリレート等の（メタ）アクリレート系モノマー；（メタ）アクリル酸、（メタ）アクリル酸ダイマー、カルボキシエチル（メタ）アクリレート、カルボキシペンチル（メタ）アクリレート、 ω -カルボキシーポリカプロラクトン（メタ）アクリレート等のカルボキシ基含有モノマー；*N*-（メタ）アクリロイルモルホリン、*N*-ビニルピロリドン、*N*-ビニルカプロラクタム、*N*-（メタ）アクリロイルペリジン、*N*-（メタ）アクリロイルピロリジン、

3-(3-ピリジン)プロピル(メタ)アクリレート、環状トリメチロールプロパンホルマールアクリレート等の複素環含有モノマー；マレイミド、N-シクロヘキシルマレイミド、N-フェニルマレイミド等のマレイミド系モノマー；(メタ)アクリルアミド、N,N-ジメチル(メタ)アクリルアミド、N,N-ジエチル(メタ)アクリルアミド、N-ヘキシル(メタ)アクリルアミド、N-メチル(メタ)アクリルアミド、N-エチル(メタ)アクリルアミド、N-ブチル(メタ)アクリルアミド、N-メチロール(メタ)アクリルアミド、N-メチロールプロパン(メタ)アクリルアミド等のアミド系モノマー；(メタ)アクリル酸アミノエチル、(メタ)アクリル酸アミノプロピル、(メタ)アクリル酸N,N-ジメチルアミノエチル、(メタ)アクリル酸tert-ブチルアミノエチル等の(メタ)アクリル酸アミノアルキル系モノマー；N-(メタ)アクリロイルオキシメチレンスクシンイミド、N-(メタ)アクリロイル-6-オキシヘキサメチレンスクシンイミド、N-(メタ)アクリロイル-8-オキソクタメチレンスクシンイミド等のスクシンイミド系モノマーが挙げられる。

[0032] 多官能モノマーとしては、例えば、ポリエチレングリコールジ(メタ)アクリレート、イソシアヌル酸エチレンオキサイド変性ジ(メタ)アクリレート、エチレンオキサイド変性ビスフェノールFジ(メタ)アクリレート、エチレンオキサイド変性ビスフェノールAジ(メタ)アクリレート、ポリプロピレングリコールジ(メタ)アクリレート、プロピレンオキサイド変性ビスフェノールAジ(メタ)アクリレート、プロピレンオキサイド変性ネオペンチルグリコールジ(メタ)アクリレート、ポリテトラエチレングリコールジ(メタ)アクリレート、ヒドロキシピバリン酸ネオペンチルグリコールジ(メタ)アクリレート、1,4-ブタンジオールジ(メタ)アクリレート、1,6-ヘキサジオールジ(メタ)アクリレート、1,9-ノナンジオールジ(メタ)アクリレート、1,12-ドデカンジオールジ(メタ)アクリレート、1,14-テトラデカンジオールジ(メタ)アクリレート、1,16-ヘキサデカンジオールジ(メタ)アクリレート、1,20-エイコサンジ

オールジ（メタ）アクリレート、ネオペンチルグリコールジ（メタ）アクリレート、イソペンチルジオールジ（メタ）アクリレート、3-エチル-1,8-オクタンジオールジ（メタ）アクリレート；トリメチロールプロパントリ（メタ）アクリレート、トリメチロールオクタントリ（メタ）アクリレート、トリメチロールプロパンポリエトキシトリ（メタ）アクリレート、トリメチロールプロパンポリプロポキシトリ（メタ）アクリレート、トリメチロールプロパンポリエトキシポリプロポキシトリ（メタ）アクリレート、トリス〔（メタ）アクリロイルオキシエチル〕イソシアヌレート、ペンタエリスリトールトリ（メタ）アクリレート、ペンタエリスリトールポリエトキシテトラ（メタ）アクリレート、ペンタエリスリトールポリプロポキシテトラ（メタ）アクリレート、ペンタエリスリトールテトラ（メタ）アクリレート、ジトリメチロールプロパンテトラ（メタ）アクリレート、ジペンタエリスリトールテトラ（メタ）アクリレート、ジペンタエリスリトールペンタ（メタ）アクリレート、ジペンタエリスリトールヘキサ（メタ）アクリレート、およびカプロラクトン変性トリス〔（メタ）アクリロイルオキシエチル〕イソシアヌレートが挙げられる。

[0033] 光重合性化合物は、着色樹脂層のヤング率を調整する観点から、アルキレンオキサイド変性された多官能モノマーを含んでもよい。アルキレンオキサイド変性された多官能モノマーは、エチレンオキサイド（EO）鎖およびプロピレンオキサイド（PO）鎖からなる群より選ばれる少なくとも1種を有してもよい。エチレンオキサイド鎖を「（EO） n 」、プロピレンオキサイド鎖を「（PO） n 」と表すことができる。 n は1以上の整数であり、2以上または3以上であってもよく、30以下、25以下、または20以下であってもよい。

[0034] アルキレンオキサイド変性された多官能モノマーとしては、例えば、アルキレンオキサイド変性ジ（メタ）アクリレート、およびアルキレンオキサイド変性トリ（メタ）アクリレートが挙げられる。

[0035] アルキレンオキサイド変性ジ（メタ）アクリレートとしては、例えば、ポ

リエチレングリコールジ（メタ）アクリレート、イソシアヌル酸エチレンオキサイド変性ジ（メタ）アクリレート、エチレンオキサイド変性ビスフェノールFジ（メタ）アクリレート、エチレンオキサイド変性ビスフェノールAジ（メタ）アクリレートポリプロピレングリコールジ（メタ）アクリレート、プロピレンオキサイド変性ビスフェノールAジ（メタ）アクリレート、およびプロピレンオキサイド変性ネオペンチルグリコールジ（メタ）アクリレートが挙げられる。

[0036] アルキレンオキサイド変性トリ（メタ）アクリレートとしては、例えば、トリメチロールプロパントリ（メタ）アクリレート、トリメチロールオクタントリ（メタ）アクリレート、トリメチロールプロパンポリエトキシトリ（メタ）アクリレート、トリメチロールプロパンポリプロポキシトリ（メタ）アクリレート、トリメチロールプロパンポリエトキシポリプロポキシトリ（メタ）アクリレート、トリス〔（メタ）アクリロイルオキシエチル〕イソシアヌレート、およびペンタエリスリトールトリ（メタ）アクリレートが挙げられる。

[0037] アルキレンオキサイド変性された多官能モノマーの含有量は、特に限定されないが、光重合性化合物の総量を基準として、20質量%以上70質量%以下、30質量%以上60質量%以下、または40質量%以上50質量%以下であってもよい。

[0038] 光重合開始剤は、公知のラジカル光重合開始剤の中から適宜選択して使用することができる。光重合開始剤としては、例えば、1-ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトン（Omni rad 184、IGM Resins社製）、2,2-ジメトキシ-2-フェニルアセトフェノン、1-(4-イソプロピルフェニル)-2-ヒドロキシ-2-メチルプロパン-1-オン、ビス(2,6-ジメトキシベンゾイル)-2,4,4-トリメチルペンチルホスフィンオキサイド、2-メチル-1-[4-(メチルチオ)フェニル]-2-モルホリノープロパン-1-オン（Omni rad 907、IGM Resins社製）、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 (Omni rad TPO、IGM Resins社製)、およびビス (2, 4, 6-トリメチルベンゾイル) フェニルホスフィンオキシド (Omni rad 819、IGM Resins社製) が挙げられる。

[0039] 光重合開始剤の含有量は、ポリジメチルシロキサン化合物および光重合性化合物の総量100質量部に対して、1質量部以上10質量部以下、2質量部以上8質量部以下、または3質量部以上7質量部以下であってもよい。

[0040] 樹脂層を着色する観点から、本実施形態に係る樹脂組成物は、酸化チタン粒子を含有する。酸化チタン粒子としては、表面処理酸化チタン粒子を用いてもよい。表面処理酸化チタン粒子は、酸化チタンが無機物により表面処理が施された粒子であり、樹脂組成物中の分散性に優れている。酸化チタンとしては、例えば、アナターゼ型酸化チタン、ルチル型酸化チタン、およびブルックイト型酸化チタンが挙げられる。安定性の観点から、酸化チタンは、ルチル型酸化チタンであってもよい。

[0041] 表面処理に用いる無機物としては、例えば、酸化アルミニウム、二酸化ケイ素および二酸化ジルコニウムが挙げられる。表面処理酸化チタン粒子が、酸化アルミニウム、二酸化ケイ素および二酸化ジルコニウムからなる群より選ばれる少なくとも1種を含む表面処理層を有することで、分散性をより向上させることができる。表面処理層は、酸化チタンの表面の少なくとも一部に形成されていてもよく、酸化チタンの全表面に形成されていてもよい。表面処理層は、酸化チタンの表面処理によって形成されたものである。

[0042] 表面処理酸化チタン粒子における表面処理層の量は、分散性を向上する観点から、1.0質量%以上、1.5質量%以上、または2.0質量%以上であってもよく、隠蔽力を高める観点から、10.0質量%以下、9.0質量%以下、または8.0質量%以下であってもよい。表面処理酸化チタン粒子における表面処理層の量は、分散性および隠蔽力の観点から、1.0質量%以上10.0質量%以下、1.5質量%以上9.0質量%以下、または2.0質量%以上8.0質量%以下であってもよい。表面処理層の量は、誘導結

合質量分析（ICP-MS）を用いて、表面処理酸化チタン粒子に含まれるチタン元素およびチタン以外の無機物の元素の量を測定することで算出することができる。

[0043] 表面処理酸化チタン粒子の平均一次粒径は、耐側圧特性をより向上させる観点から、300nm以下、295nm以下、または290nm以下であってもよい。表面処理酸化チタン粒子の平均一次粒径は、隠蔽力を高める観点から、100nm以上、150nm以上、または200nm以上であってもよく、200nm以上300nm以下が好ましい。平均一次粒径は、例えば、電子顕微鏡写真の画像解析、光散乱法、BET法等によって測定することができる。

[0044] 酸化チタン粒子の含有量は、着色樹脂層の視認性を向上する観点から、樹脂組成物の総量を基準として0.6質量%以上、1.0質量%以上、2.0質量%以上または3.0質量%以上であってもよく、樹脂組成物の硬化性を高める観点から、20.0質量%以下、15.0質量%以下、10.0質量%以下または8.0質量%以下であってもよい。酸化チタン粒子の含有量は、着色樹脂層の視認性および樹脂組成物の硬化性の観点から、樹脂組成物の総量を基準として0.6質量%以上20.0質量%以下、1.0質量%以上15.0質量%以下、2.0質量%以上10.0質量%以下、または3.0質量%以上8.0質量%以下であってもよい。

[0045] 樹脂組成物は、シランカップリング剤、レベリング剤、消泡剤、酸化防止剤、増感剤等を更に含有してもよい。

[0046] シランカップリング剤は、樹脂組成物の硬化の妨げにならない限り、特に限定されない。シランカップリング剤としては、例えば、テトラメチルシリケート、テトラエチルシリケート、メルカプトプロピルトリメトキシシラン、ビニルトリクロロシラン、ビニルトリエトキシシラン、ビニルトリス（ β -メトキシーエトキシ）シラン、 β -（3,4-エポキシシクロヘキシル）-エチルトリメトキシシラン、ジメトキシジメチルシラン、ジエトキシジメチルシラン、3-アクリロキシプロピルトリメトキシシラン、 γ -グリシド

キシプロピルトリメトキシシラン、 γ -グリシドキシプロピルメチルジエトキシシラン、 γ -メタクリロキシプロピルトリメトキシシラン、N-(β -アミノエチル)- γ -アミノプロピルトリメトキシシラン、N-(β -アミノエチル)- γ -アミノプロピルメチルジメトキシシラン、N-フェニル- γ -アミノプロピルトリメトキシシラン、 γ -クロロプロピルトリメトキシシラン、 γ -メルカプトプロピルトリメトキシシラン、 γ -アミノプロピルトリメトキシシラン、ビス-[3-(トリエトキシシリル)プロピル]テトラスルフィド、ビス-[3-(トリエトキシシリル)プロピル]ジスルフィド、 γ -トリメトキシシリルプロピルジメチルチオカルバミルテトラスルフィド、および γ -トリメトキシシリルプロピルベンゾチアジルトテトラスルフィドが挙げられる。

[0047] 本実施形態に係る樹脂組成物を $900 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上 $1100 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下の積算光量で硬化させた樹脂フィルムの破断伸びは、 23°C で 6% 以上 50% 以下であると、靱性に優れる樹脂層を形成することができる。樹脂フィルムの破断伸びは、 6.5% 以上、 7% 以上、または 10% 以上であってもよく、 45% 以下、 40% 以下、または 30% 以下であってもよい。

[0048] 光ファイバの湿熱耐性の観点から、樹脂フィルムのヤング率は、 23°C で 400 MPa 以上、 450 MPa 以上、または 500 MPa 以上であってもよい。靱性に優れる樹脂層を形成する観点から、樹脂フィルムのヤング率は、 23°C で 1500 MPa 以下、 1200 MPa 以下、または 1000 MPa 以下であってもよい。

[0049] 図1は、一実施形態に係る光ファイバの構成を示す概略断面図である。図1に示されるように、光ファイバ1は、ガラスファイバ10と、ガラスファイバ10に接してガラスファイバ10の外周を覆う被覆樹脂層20とを備えている。ガラスファイバ10は、コア12とクラッド14とを備えている。被覆樹脂層20は、プライマリ樹脂層22と、セカンダリ樹脂層24と、着色樹脂層26とを備えている。

[0050] ガラスファイバ10は、光ファイバ1に導入された光を伝送する導光性の

光伝送体である。ガラスファイバ10は、ガラス製の部材であって、例えば、シリカ (SiO_2) ガラスを基材 (主成分) として構成される。ガラスファイバ10は、コア12と、コア12を覆うクラッド14とを備えている。ガラスファイバ10は、光ファイバ1に導入された光を伝送する。コア12は、例えば、ガラスファイバ10の中心軸線を含む領域に設けられている。コア12は、例えば、純シリカ (SiO_2) ガラス、または、 SiO_2 ガラスに二酸化ゲルマニウム (GeO_2) および/またはフッ素元素等が含まれたものからなっている。クラッド14は、コア12を囲む領域に設けられている。クラッド14は、コア12の屈折率より低い屈折率を有している。クラッド14は、例えば、純 SiO_2 ガラス、またはフッ素元素が添加された SiO_2 ガラスからなっている。ガラスファイバ10の外径は、例えば $100\mu\text{m}$ から $125\mu\text{m}$ 程度であり、ガラスファイバ10を構成するコア12の直径は、例えば $7\mu\text{m}$ から $15\mu\text{m}$ 程度である。

[0051] 被覆樹脂層20は、クラッド14を覆う紫外線硬化型の樹脂層である。被覆樹脂層20は、ガラスファイバ10の外周を被覆するプライマリ樹脂層22と、プライマリ樹脂層22の外周を被覆するセカンダリ樹脂層24と、セカンダリ樹脂層24の外周を被覆する着色樹脂層26とを備えている。プライマリ樹脂層22は、クラッド14の外周面に接しており、クラッド14の全体を被覆している。セカンダリ樹脂層24は、プライマリ樹脂層22の外周面に接しており、プライマリ樹脂層22の全体を被覆している。着色樹脂層26は、セカンダリ樹脂層24の外周面に接しており、セカンダリ樹脂層24の全体を被覆している。プライマリ樹脂層22の厚さは、例えば $10\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下である。セカンダリ樹脂層24の厚さは、例えば $10\mu\text{m}$ 以上 $40\mu\text{m}$ 以下である。着色樹脂層26の厚さは、例えば $3\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下である。

[0052] 光ファイバ1の外径は、細径化の観点から、 $255\mu\text{m}$ 以下、 $220\mu\text{m}$ 以下、 $180\mu\text{m}$ 以下または $160\mu\text{m}$ 以下であってもよく、 $140\mu\text{m}$ 以上であってもよい。光ファイバ1の外径は、 $140\mu\text{m}$ 以上 $255\mu\text{m}$ 以下

、 $140\ \mu\text{m}$ 以上 $220\ \mu\text{m}$ 以下、 $140\ \mu\text{m}$ 以上 $180\ \mu\text{m}$ 以下、または $140\ \mu\text{m}$ 以上 $160\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0053] ガラスファイバ10の外径が $125\ \mu\text{m}$ 程度で、被覆樹脂層20の厚さが $20\ \mu\text{m}$ 以上 $48\ \mu\text{m}$ 以下の場合、プライマリ樹脂層22およびセカンダリ樹脂層24の各層の厚さは、 $8\ \mu\text{m}$ から $38\ \mu\text{m}$ 程度であってもよく、例えば、プライマリ樹脂層22の厚さが $25\ \mu\text{m}$ で、セカンダリ樹脂層24の厚さが $10\ \mu\text{m}$ であってもよい。光ファイバ1の外径は、 $165\ \mu\text{m}$ から $221\ \mu\text{m}$ 程度であってもよい。

[0054] ガラスファイバ10の外径が $100\ \mu\text{m}$ 程度で、被覆樹脂層20の厚さが $22\ \mu\text{m}$ 以上 $37\ \mu\text{m}$ 以下の場合、プライマリ樹脂層22およびセカンダリ樹脂層24の各層の厚さは、 $5\ \mu\text{m}$ から $32\ \mu\text{m}$ 程度であってもよく、例えば、プライマリ樹脂層22の厚さが $25\ \mu\text{m}$ で、セカンダリ樹脂層24の厚さが $10\ \mu\text{m}$ であってもよい。光ファイバ1の外径は、 $144\ \mu\text{m}$ から $174\ \mu\text{m}$ 程度であってもよい。

[0055] プライマリ樹脂層22は、例えば、ウレタン（メタ）アクリレート、モノマーおよび光重合開始剤を含む樹脂組成物を硬化させて形成することができる。プライマリ樹脂層用の樹脂組成物は、従来公知の技術を用いることができる。

[0056] セカンダリ樹脂層24は、例えば、ウレタン（メタ）アクリレート、モノマーおよび光重合開始剤を含む樹脂組成物を硬化させて形成することができる。セカンダリ樹脂層用の樹脂組成物は、従来公知の技術を用いることができる。

[0057] 着色樹脂層26は、上記着色樹脂層用の樹脂組成物を硬化させて形成することができる。着色樹脂層26に含まれる直径 $5\ \mu\text{m}$ 以上のチタン含有粒子（以下、「直径 $5\ \mu\text{m}$ 以上の粒子」ともいう）の数は、耐側圧特性の観点から、着色樹脂層の長さ方向において $15\ \text{個}/\text{mm}$ 未満である。耐側圧特性をより向上させる観点から、着色樹脂層26に含まれる直径 $5\ \mu\text{m}$ 以上の粒子の数は、着色樹脂層の長さ方向において $14\ \text{個}/\text{mm}$ 以下、 $13\ \text{個}/\text{mm}$ 以

下、12個/mm以下、11個/mm以下、10個/mm以下または5個/mm以下であってもよい。着色樹脂層26に含まれる直径5 μ m以上の粒子の数は着色樹脂層の長さ方向において0個/mmであってもよい。直径5 μ m以上の粒子とは、光学顕微鏡を用いて観察した場合、5 μ m以上の直径（球状以外の形状の場合は最大径）を有する粒子等である。着色樹脂層26に含まれる直径5 μ m以上の粒子は、酸化チタン粒子に起因して生じた凝集物等を含む。直径5 μ m以上の粒子の数は、光学顕微鏡を用いて測定することができ、チタン元素が含まれるかどうかは、X線分析を行うことにより判断することができる。

[0058] 着色樹脂層26の表面におけるケイ素（Si）の量は、耐側圧特性および耐温水性の観点から、0.9at%以上11at%以下である。at%は、原子パーセントである。すなわち、着色樹脂層26の表面における元素中のケイ素元素の比率は、0.9原子パーセント以上11原子パーセント以下である。着色樹脂層26の表面におけるSi量は、耐側圧特性の観点から、1at%以上、1.5at%以上または2at%以上であってもよく、耐温水特性の観点から、10.5at%以下または10at%以下であってもよい。着色樹脂層26の表面におけるSi量は、1at%以上10.5at%以下、1at%以上10at%以下、1.5at%以上10at%以下、または2at%以上10at%以下であってもよい。

[0059] （光ファイバリボン）

本実施形態に係る光ファイバを用いて光ファイバリボンを作製することができる。光ファイバリボンは、上記光ファイバが複数並列され、リボン用樹脂で被覆されている。

[0060] 図2は、一実施形態に係る光ファイバリボンを示す概略断面図である。光ファイバリボン100は、複数の光ファイバ1と、光ファイバ1がリボン用樹脂により被覆されて連結された連結樹脂層40とを有している。図2では、一例として4本の光ファイバ1が示されているが、その本数は特に限定されない。

- [0061] リボン用樹脂としては、一般にリボン材として知られている樹脂材料を用いることができる。リボン用樹脂は、光ファイバの損傷防止性、分断容易性等の観点から、シリコーン樹脂、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂等の熱硬化型樹脂、または、エポキシアクリレート、ウレタンアクリレート、ポリエステルアクリレート等の紫外線硬化型樹脂を含有してもよい。
- [0062] 本実施形態に係る光ファイバリボンは、上記光ファイバを用いることで、耐側圧特性および耐温水性に優れている。

実施例

- [0063] 以下、実施例により本開示を更に詳細に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。
- [0064] [着色樹脂層用の樹脂組成物]

(ポリジメチルシロキサン化合物)

表1に示すポリジメチルシロキサン化合物(PDMS)を準備した。ポリジメチルシロキサン化合物に含まれるSiの量は、ICP-OESにより以下の手順で測定した。まず、ポリジメチルシロキサン化合物0.1gにフッ酸2mLおよび硝酸6mLを添加した後、マイクロウェーブ分解装置を用いて30分で200℃まで昇温し20分保持した後、常温(25℃)まで降温することで、ポリジメチルシロキサン化合物の分解液を得た。次いで、分解液を超純水で50倍に希釈し試料を作製した。ICP発光分光分析装置(サーモフィッシャーサイエンティフィック株式会社製の「iCAP6300」)を用いて、試料中のSiを定量することで、ポリジメチルシロキサン化合物に含まれるSiの量を算出した。

- [0065] [表1]

PDMS	メチル基以外の有機基	Siの量(質量%)
PDMS-1	アクリロイル基	10
PDMS-2	エポキシ基	10
PDMS-3	—	10
PDMS-4	メタクリロイル基	10

[0066] (光重合性化合物)

光重合性化合物として、ビスフェノールAエポキシジアクリレート (E A)、トリプロピレングリコールジアクリレート (T P G D A)、E O変性トリメチロールプロパントリアクリレート (T M P (E O)₃T A) およびE O変性ビスフェノールAジアクリレート (B P A (E O)₃₀D A) を準備した。

[0067] (光重合開始剤)

光重合開始剤として、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 (O m n i r a d T P O) および1-ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトン (O m n i r a d 1 8 4) を準備した。

[0068] (酸化チタン粒子)

酸化チタン粒子として、酸化アルミニウム (A l₂O₃) を含む表面処理層を有する表面処理酸化チタン粒子を準備した。表面処理酸化チタン粒子の平均一次粒径は、200~300nmであり、ICP-MSの測定により算出されるA l₂O₃の量は、2.5質量%であった。

[0069] 表2に示す配合量(質量部)の光重合性化合物および光重合開始剤を混合した後、樹脂組成物中の表面処理酸化チタン粒子およびPDMSの含有量が表2に示す質量%となるように混合して、試験例1~10の樹脂組成物を調製した。試験例1~8が実施例に相当し、試験例9および10が比較例に相当する。

[0070] [プライマリ樹脂層用の樹脂組成物]

分子量4000のポリプロピレングリコール、イソホロンジイソシアネートおよびヒドロキシエチルアクリレートを反応させることにより得られるウレタンアクリレートオリゴマーを準備した。このウレタンアクリレートオリゴマーを65質量部、ノニルフェノールポリエチレングリコール(メタ)アクリレート(25質量部)、N-ビニルカプロラクタム(10質量部)、および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(B A S F社製、商品名「ルシリンT P O」)を1質量部混合して、樹脂組成物P

を調製した。

[0071] [セカンダリ樹脂層用の樹脂組成物]

分子量600のポリプロピレングリコール、2,4-トリレンジイソシアネートおよび2-ヒドロキシエチルアクリレートの反応物であるウレタンアクリレートオリゴマー(UA)を40質量部、イソボルニルアクリレート(İBOA)を35質量部、ビスフェノールAジグリシジルエーテルのアクリル酸付加物であるエポキシアクリレート(EA)を24質量部、およびOmni-rad TPOを1質量部、Omni-rad 184を1質量部混合して、樹脂組成物Sを調製した。

[0072] [光ファイバの作製]

コアおよびクラッドから構成される直径125 μm のガラスファイバの外周に、樹脂組成物Pを用いて厚さ35 μm のプライマリ樹脂層を形成し、更にその外周に樹脂組成物Sを用いて厚さ25 μm のセカンダリ樹脂層を形成して、直径245 μm の光ファイバを作製した。次いで、光ファイバを一旦巻き取った後に、着色機で光ファイバを改めて繰り出しながらセカンダリ樹脂層の外周に試験例1~10の樹脂組成物により、厚さ5 μm の着色樹脂層を形成することで、着色樹脂層を有する直径255 μm の光ファイバ(以下、「着色光ファイバ」という。)を作製した。各樹脂層を形成する際の線速は1500m/分とした。

[0073] (直径5 μm 以上の粒子の数)

着色光ファイバをシリコンオイルに浸した状態で着色光ファイバの側面から光学顕微鏡(倍率300倍)で観察して、着色光ファイバの長さ方向において1mmあたりの直径(球状以外の形状の場合は最大径)5 μm 以上の粒子の数を測定した。測定領域の数は10として、その平均値を求めた。粒子がチタン元素を含有するかどうかは、着色光ファイバのX線分析を行い、チタン元素が検出されるかどうかで判断した。

[0074] (着色樹脂層の表面におけるSi量)

着色光ファイバの着色樹脂層の表面におけるSi量を、ULVAC PH

I社製QuanterasXMを用いて、X線光電分光法により測定した。測定は、下記条件で行った。測定結果は、表2に示す。

X線条件：20 μ m、4.5W、15kV

透過エネルギー：ナロー 55eV、デプス 112eV

光電子取り出し角：45°

デプス時のイオンガン条件：0.5kV・1kV・2kV 1×1

平均スパッター速度：1.04nm/分

[0075] (耐側圧特性)

サンドペーパー(番手240番)で表面を覆った280mm径のボビンに着色光ファイバを単層状に巻き付けたものと、着色光ファイバとをそれぞれ直径40mmのマンドレルに巻き付けて、1550nmの波長の光の伝送損失をOTDR(Optical Time Domain Reflectometer)法により測定した。測定した伝送損失の差を求め、伝送損失差が0.5dB/km以下の場合を「A」、伝送損失差が0.5dB/km超の場合を「B」として、耐側圧特性を評価した。

[0076] (耐温水性)

着色光ファイバの1000m束を60°Cの温水に30日間浸漬した後、1550nmの波長の光の伝送損失を、OTDR(Optical Time Domain Reflectometer)法により測定した。温水に浸漬前の伝送損失と温水に30日間浸漬後の伝送損失との差が0.05dB/km以下の場合を「A」、0.05dB/km超の場合を「B」として、耐温水性を評価した。

[0077]

[表2]

試験例	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EA	55.0	56.0	55.0	56.0	55.0	56.0	55.0	56.0	52.5	56.4
TPGDA	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
TMP(EO) ₃ TA	9.5	10.0	9.5	10.0	9.5	10.0	9.5	10.0	9.5	10.0
BPA(EO) ₃₀ DA	19.5	20.0	19.5	20.0	19.5	20.0	19.5	20.0	19.5	20.0
Omnirad 184	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Omnirad TPO	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
TiO ₂ (質量%)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
PDMS-1(質量%)	2.5	0.5	—	—	—	—	—	—	5.0	0.1
PDMS-2(質量%)	—	—	2.5	0.5	—	—	—	—	—	—
PDMS-3(質量%)	—	—	—	—	2.5	0.5	—	—	—	—
PDMS-4(質量%)	—	—	—	—	—	—	2.5	0.5	—	—
直径5 μm以上の粒子の数	5	10	5	10	5	10	5	10	5	15
Si量(at%)	8	2	5	1	10	2	8	2	12	0.8
耐側圧特性	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B
耐温水性	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A

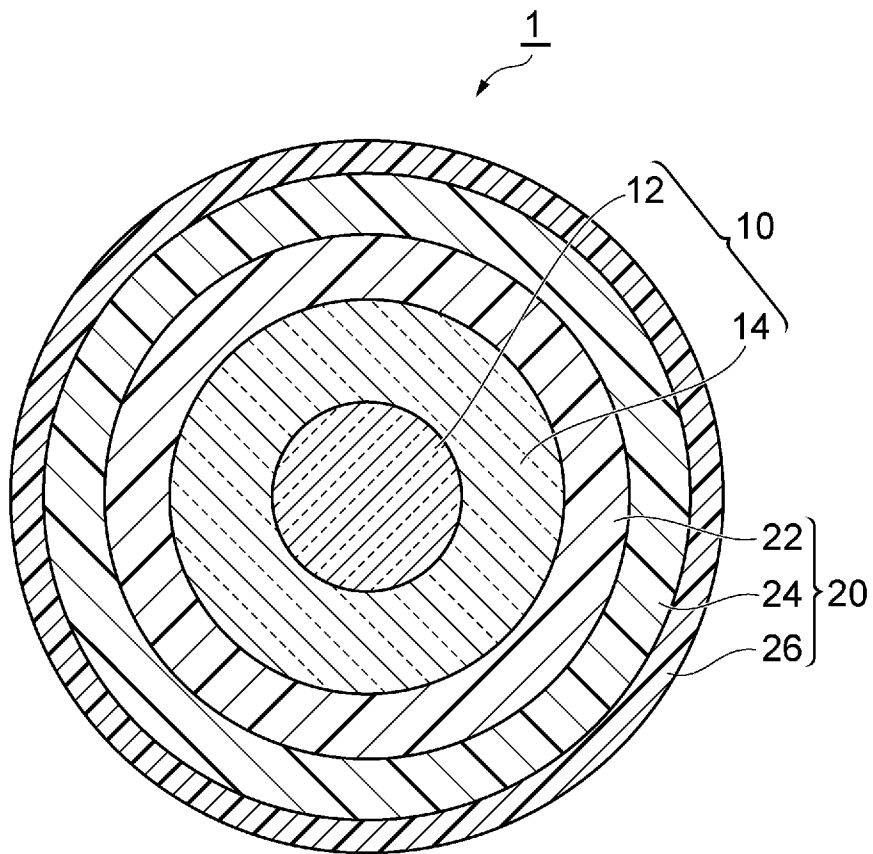
符号の説明

- [0078] 1…光ファイバ
 1 0…ガラスファイバ
 1 2…コア
 1 4…クラッド
 2 0…被覆樹脂層
 2 2…プライマリ樹脂層
 2 4…セカンダリ樹脂層
 2 6…着色樹脂層
 4 0…連結樹脂層
 1 0 0…光ファイバリボン

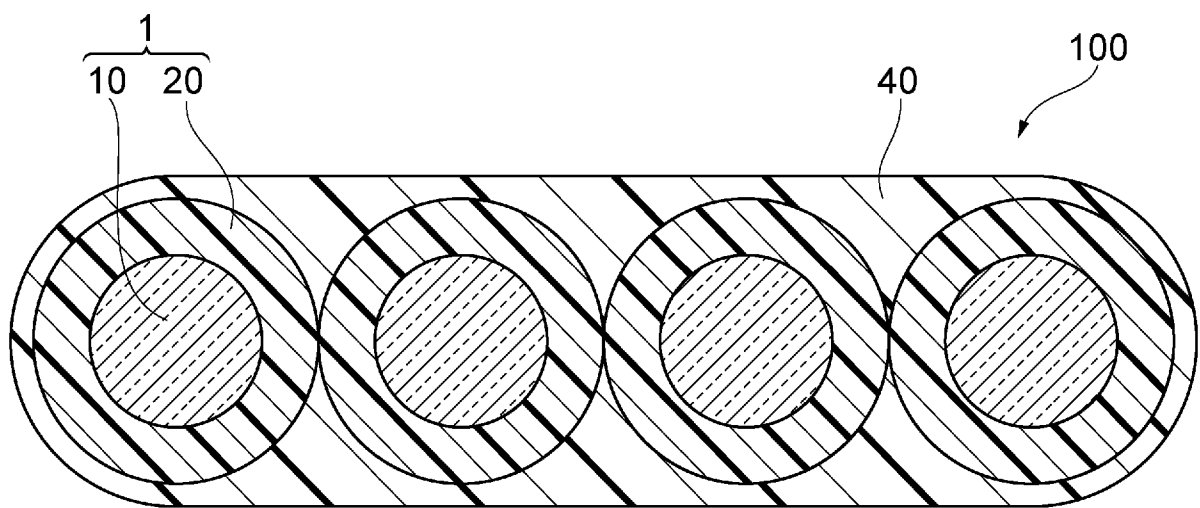
請求の範囲

- [請求項1] コアおよびクラッドを含むガラスファイバと、
前記ガラスファイバに接して前記ガラスファイバを被覆するプライマリ樹脂層と、
前記プライマリ樹脂層を被覆するセカンダリ樹脂層と、
前記セカンダリ樹脂層を被覆する着色樹脂層と、を備え、
前記着色樹脂層が、光重合性化合物と、光重合開始剤と、ポリジメチルシロキサン化合物と、酸化チタン粒子とを含有する樹脂組成物の硬化物を含み、
前記着色樹脂層に含まれる直径 $5 \mu\text{m}$ 以上のチタン含有粒子の数が、前記着色樹脂層の長さ方向において 15 個/mm 未満であり、
前記着色樹脂層の表面におけるケイ素の量が $0.9 \text{ at}\%$ 以上 $11 \text{ at}\%$ 以下である、光ファイバ。
- [請求項2] 前記酸化チタン粒子の含有量が前記樹脂組成物の総量を基準として、 0.6 質量%以上 20.0 質量%以下である、請求項1に記載の光ファイバ。
- [請求項3] 前記ポリジメチルシロキサン化合物が、(メタ)アクリロイル基、エポキシ基、およびポリエーテル基からなる群より選ばれる少なくとも1種の有機基を有する、請求項1に記載の光ファイバ。
- [請求項4] 前記ポリジメチルシロキサン化合物に含まれるケイ素原子の量が 6 質量%以上 40 質量%以下である、請求項1に記載の光ファイバ。
- [請求項5] 外径が $140 \mu\text{m}$ 以上 $255 \mu\text{m}$ 以下である、請求項1に記載の光ファイバ。
- [請求項6] 請求項1から請求項5のいずれか一項に記載の光ファイバが複数並列され、リボン用樹脂で被覆された、光ファイバリボン。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/010302

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G02B 6/44</i> (2006.01)i; <i>C03C 25/1065</i> (2018.01)i; <i>C03C 25/26</i> (2018.01)i; <i>C03C 25/285</i> (2018.01)i; <i>C03C 25/47</i> (2018.01)i; <i>C03C 25/48</i> (2006.01)i FI: G02B6/44 301A; G02B6/44 336; G02B6/44 371; C03C25/1065; C03C25/47; C03C25/48; C03C25/285; C03C25/26		
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) G02B6/44; C03C25/00-25/70		
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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
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.
Y	JP 2005-165227 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 23 June 2005 (2005-06-23) paragraphs [0014]-[0073], fig. 1-5	1-6
Y	JP 2019-504339 A (CORNING INC.) 14 February 2019 (2019-02-14) paragraphs [0089], [0103]	1-6
Y	JP 2006-84770 A (HITACHI CABLE, LTD.) 30 March 2006 (2006-03-30) paragraphs [0028]-[0030]	1-6
A	JP 2016-70966 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 09 May 2016 (2016-05-09) entire text, all drawings	1-6
A	US 2017/0371122 A1 (CORNING INC.) 28 December 2017 (2017-12-28) entire text, all drawings	1-6
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 08 May 2024		Date of mailing of the international search report 21 May 2024
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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/010302

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2005-165227	A	23 June 2005	(Family: none)	
JP	2019-504339	A	14 February 2019	US 2017/0146715 A1 paragraphs [0107], [0121]	
				WO 2017/091528 A2	
				EP 3380783 A2	
JP	2006-84770	A	30 March 2006	(Family: none)	
JP	2016-70966	A	09 May 2016	US 2017/0307814 A1 entire text, all drawings	
				WO 2016/047002 A1	
				CN 106716208 A	
				KR 10-2017-0065580 A	
US	2017/0371122	A1	28 December 2017	WO 2018/005329	A1
WO	2023/074296	A1	04 May 2023	TW 202328355	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; C03C 25/1065(2018.01)i; C03C 25/26(2018.01)i; C03C 25/285(2018.01)i; C03C 25/47(2018.01)i; C03C 25/48(2006.01)i FI: G02B6/44 301A; G02B6/44 336; G02B6/44 371; C03C25/1065; C03C25/47; C03C25/48; C03C25/285; C03C25/26		
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）） G02B6/44; C03C25/00-25/70 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 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024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
Y	JP 2005-165227 A (住友電気工業株式会社) 23.06.2005 (2005-06-23) 段落[0014]-[0073], 図1-5	1-6
Y	JP 2019-504339 A (コーニング インコーポレイテッド) 14.02.2019 (2019-02-14) 段落[0089], [0103]	1-6
Y	JP 2006-84770 A (日立電線株式会社) 30.03.2006 (2006-03-30) 段落[0028]-[0030]	1-6
A	JP 2016-70966 A (住友電気工業株式会社) 09.05.2016 (2016-05-09) 全文, 全図	1-6
A	US 2017/0371122 A1 (CORNING INCORPORATED) 28.12.2017 (2017-12-28) 全文, 全図	1-6
P, A	WO 2023/074296 A1 (住友電気工業株式会社) 04.05.2023 (2023-05-04) 全文, 全図	1-6
<input 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 “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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	08.05.2024	国際調査報告の発送日 21.05.2024
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） 堀部 修平 2L 9215 電話番号 03-3581-1101 内線 3295	

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/JP2024/010302

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2005-165227 A	23.06.2005	(ファミリーなし)	
JP 2019-504339 A	14.02.2019	US 2017/0146715 A1 段落[0107], [0121] WO 2017/091528 A2 EP 3380783 A2	
JP 2006-84770 A	30.03.2006	(ファミリーなし)	
JP 2016-70966 A	09.05.2016	US 2017/0307814 A1 全文, 全図 WO 2016/047002 A1 CN 106716208 A KR 10-2017-0065580 A	
US 2017/0371122 A1	28.12.2017	WO 2018/005329 A1	
WO 2023/074296 A1	04.05.2023	TW 202328355 A	