

(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
2023年8月31日(31.08.2023)



(10) 国際公開番号

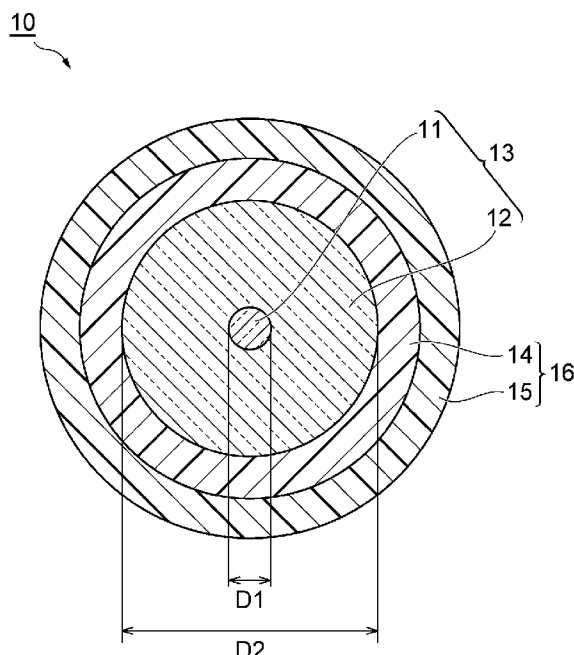
WO 2023/162569 A1

- (51) 国際特許分類:
C03C 25/1065 (2018.01) C08F 290/06 (2006.01)
C03C 25/285 (2018.01) G02B 6/44 (2006.01)
C03C 25/6226 (2018.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/002488
- (22) 国際出願日: 2023年1月26日(26.01.2023)
- (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 2022-026878 2022年2月24日(24.02.2022) 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: 本間 祐也(HOMMA Yuya); 〒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
(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, 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,

(54) Title: RESIN COMPOSITION, OPTICAL FIBER, OPTICAL FIBER MANUFACTURING METHOD, OPTICAL FIBER RIBBON, AND OPTICAL FIBER CABLE

(54) 発明の名称: 樹脂組成物、光ファイバ、光ファイバの製造方法、光ファイバリボン、及び光ファイバケーブル



(57) Abstract: The resin composition for the primary coating of an optical fiber, according to the present disclosure, comprises a photopolymerizable compound and a photopolymerization initiator, wherein the photopolymerizable compound comprises urethane(meth)acrylate and an ethylene oxide chain-containing (meth)acrylate, and the value obtained by dividing the formula weight of the ethylene oxide chain of the ethylene oxide chain-containing (meth)acrylate by the molecular weight of the ethylene oxide chain-containing (meth)acrylate is 0.50-0.93, inclusive.

(57) 要約: 本開示に係る光ファイバのプライマリ被覆用の樹脂組成物は、光重合性化合物及び光重合開始剤を含有し、光重合性化合物が、ウレタン(メタ)アクリレートと、エチレンオキシド鎖含有(メタ)アクリレートと、を含み、エチレンオキシド鎖含有(メタ)アクリレートが有するエチレンオキシド鎖の式量をエチレンオキシド鎖含有(メタ)アクリレートの分子量で除した値が0.50以上0.93以下である。

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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

樹脂組成物、光ファイバ、光ファイバの製造方法、光ファイバリボン、及び光ファイバケーブル

技術分野

[0001] 本開示は、光ファイバのプライマリ被覆用の樹脂組成物、光ファイバ、光ファイバの製造方法、光ファイバリボン、及び光ファイバケーブルに関する。

本出願は、2022年2月24日出願の日本出願第2022-026878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] 近年、データセンタ用途において、光ファイバの充填密度を高めた高密度ケーブルの需要が高まっている。一般的に、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備えている。被覆樹脂層は、例えば、ガラスファイバと接するプライマリ樹脂層と、プライマリ樹脂層の外層に形成されるセカンダリ樹脂層の2層から構成される。光ファイバの充填密度が高くなると、光ファイバに外力（側圧）が加わり、マイクロベンドロスが大きくなり易い。光ファイバの耐マイクロベンド特性を向上するために、プライマリ樹脂層のヤング率を低くすること、セカンダリ樹脂層のヤング率を高くすることが知られている。例えば、特許文献1～5には、ポリオールと、ジイソシアネートと、水酸基含有（メタ）アクリレートとの反応物であるウレタン（メタ）アクリレートを含有するプライマリ被覆用の樹脂組成物が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-197163号公報

特許文献2：特開 2 0 1 2 － 1 1 1 6 7 4 号公報

特許文献3：特開 2 0 1 3 － 1 3 6 7 8 3 号公報

特許文献4：特表 2 0 1 3 － 5 0 1 1 2 5 号公報

特許文献5：特開 2 0 1 4 － 1 1 4 2 0 8 号公報

発明の概要

- [0004] 本開示の一態様に係る光ファイバのプライマリ被覆用の樹脂組成物は、光重合性化合物及び光重合開始剤を含有し、光重合性化合物が、ウレタン（メタ）アクリレートと、エチレンオキサイド鎖含有（メタ）アクリレートと、を含み、エチレンオキサイド鎖含有（メタ）アクリレートが有するエチレンオキサイド鎖の式量をエチレンオキサイド鎖含有（メタ）アクリレートの分子量で除した値が0.50以上0.93以下である。

図面の簡単な説明

- [0005] [図1]図1は本実施形態に係る光ファイバの一例を示す概略断面図である。
[図2]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。
[図3]図3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。
[図4]図4は一実施形態に係る光ファイバリボンの外観を示す平面図である。
[図5]図5は一実施形態に係る光ファイバケーブルを示す概略断面図である。
[図6]図6は一実施形態に係る光ファイバケーブル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]

プライマリ樹脂層のヤング率を低くすると、架橋密度が小さくなり、耐水性が劣ることがある。具体的には、光ファイバが水に浸漬されると、プライマリ樹脂層に水泡が生じ、伝送損失が増加し易くなる。

- [0007] 本開示は、耐水性に優れ、光ファイバのプライマリ被覆に好適な樹脂層を形成することができる樹脂組成物、及び耐水性に優れる光ファイバ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、耐水性に優れ、光ファイバのプライマリ被覆に好適な樹

脂層を形成することができる樹脂組成物、及び耐水性に優れる光ファイバ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。本開示の一態様に係る光ファイバのプライマリ被覆用樹脂組成物は、光重合性化合物及び光重合開始剤を含有し、光重合性化合物が、ウレタン（メタ）アクリレートと、エチレンオキサイド鎖含有（メタ）アクリレートと、を含み、エチレンオキサイド鎖含有（メタ）アクリレートが有するエチレンオキサイド鎖の式量をエチレンオキサイド鎖含有（メタ）アクリレートの分子量で除した値が0.50以上0.93以下である。以下、エチレンオキサイド鎖を「EO鎖」という。

[0010] このような樹脂組成物は、光ファイバのプライマリ被覆に好適な樹脂層を形成することができ、光ファイバの耐水性を向上することができる。

[0011] 耐水性をより向上する観点から、EO鎖の式量をEO鎖含有（メタ）アクリレートの分子量で除した値が、0.60以上0.93以下であってもよい。

[0012] 耐水性と耐油性のバランスの観点から、EO鎖含有（メタ）アクリレートの含有量は、樹脂組成物の総量100質量部を基準として、0.3質量部以上25質量部以下又は0.5質量部以上20質量部以下であってもよい。

[0013] 耐水性をより高める観点から、EO鎖含有（メタ）アクリレートが、メトキシポリエチレングリコールアクリレート、ノニルフェノキシポリエチレングリコールアクリレート、ポリエチレングリコールジアクリレート、エトキシ化ビスフェノールAジアクリレート、及びエトキシ化トリメチロールプロパントリアクリレート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。

[0014] 樹脂組成物の硬化速度を向上するために、光重合性化合物は、N-ビニル化合物を更に含み、N-ビニル化合物の含有量が樹脂組成物の総量100質量部を基準として、1質量部以上15質量部以下であってもよい。

[0015] 光ファイバの耐マイクロバンド特性を向上する観点から、本実施形態に係る樹脂組成物を、積算光量 $10 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 及び照度 $100 \text{ mW} / \text{cm}^2$ の条件で紫外線硬化させた際の樹脂フィルムのヤング率は、 23°C で 0.10 MPa 以上 0.80 MPa 以下であることが好ましく、 23°C で 0.10 MPa 以上 0.60 MPa 以下であってもよい。

[0016] 本開示の一態様に係る光ファイバは、コア及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該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を備え、プライマリ樹脂層が、上記樹脂組成物の硬化物を含む。このような光ファイバは、耐水性に優れる。

[0017] 本開示の一態様に係る光ファイバの製造方法は、コア及びクラッドを含むガラスファイバの外周に、上記樹脂組成物を塗布する塗布工程と、塗布工程の後に紫外線を照射することにより樹脂組成物を硬化させる硬化工程と、を含む。これにより、耐水性に優れる光ファイバを作製することができる。

[0018] 本開示の一態様に係る光ファイバリボンには、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。このような光ファイバリボンは、耐水性に優れ、光ファイバケーブル内に高密度に充填することができる。

[0019] 本開示の一態様に係る光ファイバケーブルは、上記光ファイバリボンが、ケーブル内に収納されている。本開示に係る光ファイバケーブルは、上記光ファイバが、ケーブル内に複数収納された態様でもよい。本実施形態に係る光ファイバ又は光ファイバリボンを備える光ファイバケーブルは、耐水性に優れる。

[0020] [本開示の実施形態の詳細]

本実施形態に係る樹脂組成物及び光ファイバの具体例を、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、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及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、アクリレート又はそれに対応するメタクリレートを意味し、(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。

[0021] (樹脂組成物)

本実施形態に係る樹脂組成物は、光重合性化合物及び光重合開始剤を含有し、光重合性化合物が、ウレタン(メタ) アクリレートと、EO鎖含有(メタ) アクリレートと、を含み、EO鎖含有(メタ) アクリレートが有するEO鎖の式量をEO鎖含有(メタ) アクリレートの分子量で除した値が0.50以上0.93以下である。

[0022] ウレタン(メタ) アクリレートは、ウレタン結合を有する光重合性化合物である。ウレタン(メタ) アクリレートとしては、例えば、ジオールと、ジイソシアネートと、水酸基含有(メタ) アクリレートとの反応物(以下、「ウレタン(メタ) アクリレート(A)」という場合がある。)を用いることができる。

[0023] ジオールとしては、例えば、ポリエーテルジオール、ポリエステルジオール、ポリカプロラクトンジオール、ポリカーボネートジオール、ポリブタジエンジオール、及びビスフェノールA・エチレンオキサイド付加ジオールが挙げられる。ポリエーテルジオールとしては、例えば、ポリテトラメチレングリコール(PTMG)、ポリエチレングリコール(PEG)、ポリプロピレングリコール(PPG)、PTMG-PPG-PTMGのブロック共重合体、PEG-PPG-PEGのブロック共重合体、PTMG-PEGのランダム共重合体、及びPTMG-PPGのランダム共重合体が挙げられる。樹脂層のヤング率を調整し易いことから、ジオールとして、ポリプロピレングリコールを用いることが好ましい。

[0024] プライマリ樹脂層に適したヤング率を得る観点から、ジオールの数平均分子量(M_n)は、1800以上20000以下、2000以上19000以下、又は2500以上18500以下であってもよい。

[0025] ジイソシアネートとしては、例えば、2,4-トリレンジイソシアネート、2,6-トリレンジイソシアネート、イソホロンジイソシアネート、ジシ

クロヘキシルメタンジイソシアネート、ジフェニルメタンジイソシアネート、ヘキサメチレンジイソシアネート、キシリレンジイソシアネート、水添キシリレンジイソシアネート、1, 5-ナフタレンジイソシアネート、ノルボルネンジイソシアネート、1, 5-ペンタメチレンジイソシアネート、テトラメチルキシリレンジイソシアネート、及びトリメチルヘキサメチレンジイソシアネートが挙げられる。

[0026] 水酸基含有（メタ）アクリレートとしては、例えば、2-ヒドロキシエチル（メタ）アクリレート、2-ヒドロキシプロピル（メタ）アクリレート、2-ヒドロキシブチル（メタ）アクリレート、カプロラクトン（メタ）アクリレート、2-ヒドロキシ-3-フェノキシプロピル（メタ）アクリレート、2-（メタ）アクリロイロキシエチル-2-ヒドロキシエチルフタル酸、2-ヒドロキシ- α -フェニルフェノールプロピル（メタ）アクリレート、2-ヒドロキシ-3-メタクリルプロピルアクリレート、トリメチロールプロパンジ（メタ）アクリレート、及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。反応性の観点から、2-ヒドロキシエチルアクリレートが好ましい。

[0027] ウレタン（メタ）アクリレートを合成する際の触媒として、有機スズ化合物が使用される。有機スズ化合物としては、例えば、ジブチルスズジラウレート、ジブチルスズジアセテート、ジブチルスズマレート、ジブチルスズビス（メルカプト酢酸2-エチルヘキシル）、ジブチルスズビス（メルカプト酢酸イソオクチル）、及びジブチルスズオキシドが挙げられる。易入手性又は触媒性能の点から、触媒としてジブチルスズジラウレート又はジブチルスズジアセテートを使用することが好ましい。

[0028] ウレタン（メタ）アクリレートを合成する際は、重合禁止剤として、4-メトキシフェノール又は2, 6-ジ-*tert*-ブチル-p-クレゾールを添加してもよい。

[0029] ウレタン（メタ）アクリレート（A）を調製する方法としては、例えば、ジオールとジイソシアネートとを反応させて、イソシアネート基（NCO）

末端プレポリマーを合成した後、水酸基含有（メタ）アクリレートを反応させる方法；ジイソシアネートと、水酸基含有（メタ）アクリレートを反応させた後、ジオールを反応させる方法；ジオールとジイソシアネートと、水酸基含有（メタ）アクリレートを同時に反応させる方法が挙げられる。ウレタン（メタ）アクリレートを調製する際には、必要に応じて、水酸基含有（メタ）アクリレートを1価アルコール又は活性水素含有シラン化合物と混合して用いてもよい。

[0030] ウレタン（メタ）アクリレート（A）に、1価アルコールに基づく基を導入することで、光重合性基である（メタ）アクリロイル基の割合を低減し、プライマリ樹脂層のヤング率を低減することができる。

[0031] 1価アルコールとしては、例えば、メタノール、エタノール、1-プロパノール、2-プロパノール、1-ブタノール、2-ブタノール、2-メチル-2-プロパノール、1-ペンタノール、2-ペンタノール、3-ペンタノール、2-メチル-1-ブタノール、3-メチル-1-ブタノール、2-メチル-2-ブタノール、及び3-メチル-2-ブタノールが挙げられる。

[0032] ウレタン（メタ）アクリレート（A）に、活性水素含有シラン化合物に基づく基を導入することで、光重合性基である（メタ）アクリロイル基の割合を低減し、プライマリ樹脂層のヤング率を低減することができ、ガラスファイバとの密着力を向上することができる。

[0033] 活性水素含有シラン化合物としては、例えば、N-2-（アミノエチル）-3-アミノプロピルメチルジメトキシシラン、N-2-（アミノエチル）-3-アミノプロピルトリメトキシシラン、3-アミノプロピルトリメトキシシラン、3-アミノプロピルトリエトキシシラン、3-トリエトキシシリル-N-（1, 3-ジメチル-ブチリデン）プロピルアミン、N-フェニル-3-アミノプロピルトリメトキシシラン、3-メルカプトプロピルメチルジメトキシシラン、及び3-メルカプトプロピルトリメトキシシランが挙げられる。

[0034] ジオールとジイソシアネートとを反応させる際のNCOとOHのモル比（

NCO/OH)は、1.1以上4.0以下が好ましく、1.2以上3.5以下がより好ましく、1.4以上3.0以下が更に好ましい。NCO末端プレポリマーのNCOに対する、水酸基含有(メタ)アクリレートのモル比は、1.00以上1.15以下が好ましく、1.03以上1.10以下がより好ましい。水酸基含有(メタ)アクリレートを活性水素含有シラン化合物又は1価アルコールと混合して用いる場合は、NCO末端プレポリマーのNCOに対する、水酸基含有(メタ)アクリレート、活性水素含有シラン化合物、及び1価アルコールの合計のモル比は、1.00以上1.15以下が好ましく、1.03以上1.10以下がより好ましく、NCO末端プレポリマーのNCOに対する、活性水素含有シラン化合物及び1価アルコールの合計のモル比は、0.01以上0.5以下であることが好ましい。

[0035] ウレタン(メタ)アクリレートは、ポリオキシアルキレンモノアルキルエーテルと、ジイソシアネートと、水酸基含有(メタ)アクリレートの反応物(以下、「ウレタン(メタ)アクリレート(B)」という場合がある。)を更に含んでもよい。

[0036] ポリオキシアルキレンモノアルキルエーテルは、オキシアルキレン基、アルコキシ基及び水酸基を有する化合物である。本実施形態に係るポリオキシアルキレンモノアルキルエーテルとしては、例えば、ポリオキシエチレンオレイルエーテル、ポリオキシエチレンラウリルエーテル、ポリオキシエチレンセチルエーテル、ポリオキシエチレンステアリルエーテル、ポリオキシエチレンアルキル(C₁₂~C₁₄)エーテル、ポリオキシエチレントリデシルエーテル、ポリオキシエチレンミリスチルエーテル、ポリオキシエチレンイソステアリルエーテル、ポリオキシエチレンオクチルドデシルエーテル、ポリオキシエチレンコレステリルエーテル、ポリオキシプロピレンブチルエーテル、ポリオキシプロピレンミリスチルエーテル、ポリオキシプロピレンセチルエーテル、ポリオキシプロピレンステアリルエーテル、ポリオキシプロピレンラノリンアルコールエーテル、ポリオキシエチレンポリオキシプロピレンブチルエーテル、ポリオキシエチレンポリオキシプロピレンラウリルエー

テル、ポリオキシエチレンポリオキシプロピレンセチルエーテル、ポリオキシエチレンポリオキシプロピレンステアシルエーテル、及びポリオキシエチレンポリオキシプロピレンデシルテトラデシルエーテルが挙げられる。

[0037] プライマリ樹脂組成物の相溶性の観点から、ポリオキシアルキレンモノアルキルエーテルは、ポリオキシプロピレンモノブチルエーテルであることが好ましい。

[0038] プライマリ樹脂層に適したヤング率を得る観点から、ポリオキシアルキレンモノアルキルエーテルの M_n は、2000以上10000以下が好ましく、2100以上又は2200以上であってもよく、8000以下又は7000以下であってもよい。

[0039] ジオール及びポリオキシアルキレンモノアルキルエーテルの M_n は、JIS K 0070に基づいて水酸基価を測定し、以下の式(1)から算出することができる。ジオールの官能基数は2、ポリオキシアルキレンモノアルキルエーテルの官能基数は1である。

$$M_n = 56.1 \times \text{官能基数} \times 1000 / \text{水酸基価} \quad (1)$$

[0040] ウレタン(メタ)アクリレート(A)の M_n は、プライマリ樹脂層に適したヤング率を得る観点から、6000以上50000以下、8000以上45000以下、9000以上40000以下、又は10000以上30000以下であってもよい。ウレタン(メタ)アクリレート(A)の重量平均分子量(M_w)は、6000以上80000以下、8000以上70000以下、10000以上60000以下、又は15000以上40000以下であってもよい。ウレタン(メタ)アクリレート(B)の M_n は、4000以上20000以下、5000以上18000以下、又は6000以上15000以下であってもよい。ウレタン(メタ)アクリレート(B)の M_w は、4000以上30000以下、4500以上25000以下、又は5000以上20000以下であってもよい。

[0041] ウレタン(メタ)アクリレート(A)及びウレタン(メタ)アクリレート(B)の M_n 及び M_w は、ゲル浸透クロマトグラフィー(GPC)により測

定することができる。

[0042] プライマリ樹脂層のヤング率を調整する観点から、ウレタン（メタ）アクリレート（A）の含有量は、樹脂組成物の総量100質量部を基準として、15質量部以上85質量部以下が好ましく、20質量部以上80質量部以下がより好ましく、25質量部以上75質量部以下が更に好ましい。

[0043] ウレタン（メタ）アクリレート（B）の含有量は、樹脂組成物の総量100質量部を基準として、0質量部以上70質量部以下、10質量部以上50質量部以下、又は20質量部以上45質量部以下であってもよい。

[0044] ウレタン（メタ）アクリレートの含有量は、樹脂組成物の総量100質量部を基準として、30質量部以上90質量部以下、40質量部以上80質量部以下、又は45質量部以上75質量部以下であってもよい。

[0045] EO鎖含有（メタ）アクリレートは、EO鎖を有し、ウレタン結合を有しない光重合性化合物である。本実施形態に係るEO鎖含有（メタ）アクリレート（以下、「EO鎖含有（メタ）アクリレート（A）」という。）は、EO鎖の式量をEO鎖含有（メタ）アクリレートの分子量で除した値が0.50以上0.93以下である。この値が0.50以上であると、耐水性を向上することができ、0.93以下であると、樹脂組成物に均一に混合することができる。

[0046] 耐水性をより向上する観点から、EO鎖含有（メタ）アクリレート（A）におけるEO鎖の式量をEO鎖含有（メタ）アクリレートの分子量で除した値は、0.54以上0.93以下、0.58以上0.93以下、又は0.60以上0.93以下であってもよい。

[0047] EO鎖の構造は、 $(CH_2CH_2O)_n$ で表すことができる。EO鎖含有（メタ）アクリレートの例として、 $CH_2=CHCOO-(CH_2CH_2O)_8-Ph-C_9H_{19}$ を挙げて説明する。この場合、 CH_2CH_2O （分子量44）の数は8になるので、EO鎖の式量は352（ $=44 \times 8$ ）であり、EO鎖の式量（352）をEO鎖含有（メタ）アクリレートの分子量（626）で除した値は、0.56となる。

- [0048] E O鎖含有（メタ）アクリレート（A）としては、例えば、メトキシ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、ポリエチレングリコールジ（メタ）アクリレート、エトキシ化ビスフェノールAジ（メタ）アクリレート、エトキシ化トリメチロールプロパントリ（メタ）アクリレート、エトキシ化グリセリントリアクリレート、及びエトキシ化ペンタエリスリトールテトラ（メタ）アクリレートが挙げられる。
- [0049] 耐水性をより高める観点から、E O鎖含有（メタ）アクリレート（A）は、メトキシポリエチレングリコールアクリレート、ノニルフェノキシポリエチレングリコールアクリレート、ポリエチレングリコールジアクリレート、エトキシ化ビスフェノールAジアクリレート、及びエトキシ化トリメチロールプロパントリアクリレート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。
- [0050] メトキシポリエチレングリコールアクリレートが有するオキシエチレン基（ $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$ ）の数（n）は、例えば、2以上25以下、3以上24以下、又は4以上23以下であってもよい。ノニルフェノキシポリエチレングリコールアクリレートが有するオキシエチレン基の数は、7以上30以下、7以上20以下、又は8以上10以下であってもよい。ポリエチレングリコールジアクリレートが有するオキシエチレン基の数は、4以上30以下、4以上20以下、又は4以上15以下であってもよい。エトキシ化ビスフェノールAジアクリレートが有するオキシエチレン基の数は、8以上50以下、9以上40以下、又は10以上30以下であってもよい。エトキシ化トリメチロールプロパントリアクリレートが有するオキシエチレン基の数は、6以上50以下、9以上40以下、又は10以上30以下であってもよい。エトキシ化グリセリントリアクリレートが有するオキシエチレン基の数は、6以上50以下、9以上40以下、又は10以上30以下であってもよい。エトキシ化ペンタエリスリトールテトラアクリレートが有するオキシエチレン基の数は、8以上50以下、9以上40以下、又は10以上35以下であっても

よい。

[0051] E O鎖含有（メタ）アクリレート（A）の含有量は、耐水性をより向上する観点から、0.3質量部以上であってもよく、耐油性を向上する観点から2.5質量部以下であってもよい。E O鎖含有（メタ）アクリレート（A）の含有量は、樹脂組成物の総量100質量部を基準として、0.3質量部以上2.5質量部以下が好ましく、0.5質量部以上2.0質量部以下がより好ましく、0.8質量部以上1.5質量部以下が更に好ましい。

[0052] 本実施形態に係る樹脂組成物は、E O鎖の式量をE O鎖含有（メタ）アクリレートの分子量で除した値が0.50未満のE O鎖含有（メタ）アクリレート（以下、「E O鎖含有（メタ）アクリレート（B）」という。）を更に含んでもよい。E O鎖含有（メタ）アクリレート（B）におけるE O鎖の式量をE O鎖含有（メタ）アクリレートの分子量で除した値は、0.25以上0.48以下、0.30以上0.45以下、又は0.35以上0.42以下であってもよい。

[0053] E O鎖含有（メタ）アクリレート（B）としては、例えば、 $\text{CH}_2=\text{CHCOO}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n-\text{Ph}-\text{C}_9\text{H}_{19}$ （ $n:1\sim6$ ）、 $\text{CH}_2=\text{CHCOO}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n-\text{Ph}$ （ $n:1$ 又は2）、 $\text{CH}_2=\text{CHCOO}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}-\text{CH}_3$ 、 $\text{CH}_2=\text{CHCOO}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n-\text{CH}_2\text{CH}_3$ （ $n:1$ 又は2）、 $\text{CH}_2=\text{CHCOO}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n-\text{OOC}-\text{CH}=\text{CH}_2$ （ $n:1$ 又は2）、ビスフェノールAのEO（ n ）付加物ジ（メタ）アクリレート（ $n:2\sim7$ ）、トリメチロールプロパンのEO（ n ）付加物トリ（メタ）アクリレート（ $n:3\sim6$ ）、ペンタエリスリトールEO（ n ）付加物テトラ（メタ）アクリレート（ $n:4\sim7$ ）等が挙げられる。

[0054] 本実施形態に係る光重合性化合物は、ウレタン（メタ）アクリレート及びE O鎖含有（メタ）アクリレート以外の光重合性化合物（以下、単に「モノマー」という。）を更に含んでもよい。モノマーとしては、例えば、（メタ）アクリル酸エステル、N-ビニル化合物、及び（メタ）アクリルアミド化合物が挙げられる。モノマーは、光重合性のエチレン性不飽和基を1つ有す

る単官能モノマーであってもよく、エチレン性不飽和基を2つ以上有する多官能モノマーであってもよい。

[0055] 単官能の(メタ)アクリル酸エステルとしては、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、*t*-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、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、環状トリメチロールプロパンホルマールアクリレート、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、イソボルニル(メタ)アクリレート、3-フェノキシベンジル(メタ)アクリレート、2-ヒドロキシ-3-フェノキシプロピルアクリレート、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、及び ω -カルボキシ-ポリカプロラクトン(メタ)アクリレートが挙げられる。

[0056] 多官能の(メタ)アクリル酸エステルとしては、例えば、ポリプロピレングリコールジ(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、トリプロピレングリコールジ(メタ)アクリレート、シクロヘキサンジメタノールジ(メタ)アクリレート、ジプロピレングリコールジ(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、1,3-ブチレングリコールジ(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、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、トリシクロデカノールジ（メタ）アクリレート、9，9－ビス〔4－（2－ヒドロキシエトキシ）フェニル〕フルオレンジ（メタ）アクリレート、ビスフェノールAエポキシジ（メタ）アクリレート、ビスフェノールFエポキシジ（メタ）アクリレート、ビスフェノールAのPO付加物ジ（メタ）アクリレート、ビスフェノールFのPO付加物ジ（メタ）アクリレート等の2官能モノマー；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、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〕イソシアヌレート等の3官能以上のモノマーが挙げられる。

[0057] （メタ）アクリルアミド化合物としては、例えば、ジメチル（メタ）アクリルアミド、ジエチル（メタ）アクリルアミド、（メタ）アクリロイルモルホリン、ヒドロキシメチル（メタ）アクリルアミド、ヒドロキシエチル（メタ）アクリルアミド、イソプロピル（メタ）アクリルアミド、ジメチルアミノプロピル（メタ）アクリルアミド、ジメチルアミノプロピルアクリルアミド・塩化メチル塩、ダイアセトンアクリルアミド、（メタ）アクリロイルピペリジン、（メタ）アクリロイルピロリジン、（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－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

ド、及びN-メチロールプロパン（メタ）アクリルアミドが挙げられる。

[0058] N-ビニル化合物としては、例えば、N-ビニルピロリドン、N-ビニルカプロラクタム、N-ビニルメチルオキサゾリジノン、N-ビニルイミダゾール、及びN-ビニル-N-メチルアセトアミドが挙げられる。

[0059] 光重合性化合物がN-ビニル化合物を含むことで、樹脂組成物の硬化速度を向上させることができる。N-ビニル化合物としては、特にN-ビニルカプロラクタム及びN-ビニルメチルオキサゾリジノンが好ましい。N-ビニル化合物の含有量は、樹脂組成物の総量100質量部を基準として、1質量部以上15質量部以下、2質量部以上14質量部以下、又は3質量部以上13質量部以下であってもよい。

[0060] 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（Omni rad 651、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）、エチル（2,4,6-トリメチルベンゾイル）-フェニルホスフィネート（Omni rad TPO-L、IGM Resins社製）、2-ベンジル-2-ジメチルアミノ-4'-モルホリノブチロフェノン（Omni rad 369、IGM Resins社製）、2-ジメチルアミノ-2-（4-メチル-ベンジル）-1-（4-モルホリン-4-イル-フェニル）-ブタン-1-オン（Omni rad 379、IGM Resins社製）、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）、及び2-メチル-1-〔4-（メチルチオ）フェニル〕-2-モルホリノブチロパン-1-オン（Omni rad 907、IGM Resins社製）が挙げられる。

[0061] 光重合開始剤は、2種以上を混合して用いてもよい。樹脂組成物の速硬化

性に優れることから、光重合開始剤は、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含むことが好ましい。

[0062] 光重合開始剤の含有量は、樹脂組成物の総量100質量部を基準として0.1質量部以上5質量部以下が好ましく、0.3質量部以上4質量部以下がより好ましく、0.4質量部以上3質量部以下が更に好ましい。

[0063] 本実施形態に係る樹脂組成物は、増感剤、光酸発生剤、シランカップリング剤、レベリング剤、消泡剤、酸化防止剤、紫外線吸収剤等を更に含有してもよい。

[0064] 増感剤としては、例えば、9，10-ジブトキシアントラセン、9，10-ジエトキシアントラセン、9，10-ジプロポキシアントラセン、9，10-ビス（2-エチルヘキシルオキシ）アントラセン等のアントラセン化合物、2，4-ジエチルチオキサントン、2，4-ジエチルチオキサンテン-9-オン、2-イソプロピルチオキサントン、4-イソプロピルチオキサントン等のチオキサントン化合物、トリエタノールアミン、メチルジエタノールアミン、トリイソプロパノールアミン等のアミン化合物、ベンゾイン化合物、アントラキノン化合物、ケタール化合物、及びベンゾフェノン化合物が挙げられる。

[0065] 光酸発生剤としては、 A^+B^- の構造をしたオニウム塩を用いてもよい。光酸発生剤としては、例えば、CPI-100P、101A、110P、200K、210S、310B、410S（サンアプロ株式会社製）、Omnicat 270、290（IGM Resins社製）等のスルホニウム塩、CPI-1K-1（サンアプロ株式会社製）、Omnicat 250（IGM Resins社製）、WPI-113、116、124、169、170（富士フイルム和光純薬株式会社製）等のヨードニウム塩が挙げられる。

[0066] 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-

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 - (メタ) 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 - アミノプロピルトリ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、及び γ - トリメトキシシリルプロピルベンゾチアジルテトラスルフィドが挙げられる。

[0067] 本実施形態に係る樹脂組成物の25℃での粘度は、塗工性の観点から、0.5 Pa・s以上20 Pa・s以下であることが好ましく、0.8 Pa・s以上18 Pa・s以下であることがより好ましく、1 Pa・s以上15 Pa・s以下であることが更に好ましい。樹脂組成物の25℃における粘度は、レオメータ (Anton Paar社製の「MCR-102」) を用いて、コーンプレートCP25-2、せん断速度10 s⁻¹の条件で測定することができる。

[0068] 樹脂組成物を積算光量10 mJ / cm²及び照度100 mW / cm²の条件で紫外線硬化させた際の樹脂フィルムのヤング率は、23℃で0.10 MPa以上0.80 MPa以下であることが好ましい。樹脂フィルムのヤング率が0.10 MPa以上であると、光ファイバの低温特性を向上し易くなり、樹脂フィルムのヤング率が0.80 MPa以下であると、光ファイバの耐マイクロバンド特性を向上し易くなる。耐側圧特性を向上する観点から、樹脂フィルムのヤング率は、0.10 MPa以上0.60 MPa以下であること

がより好ましく、 0.10 MPa 以上 0.50 MPa 以下であることが更に好ましい。

[0069] (光ファイバ)

図1は、本実施形態に係る光ファイバの一例を示す概略断面図である。光ファイバ10は、コア11及びクラッド12を含むガラスファイバ13と、ガラスファイバ13の外周に設けられたプライマリ樹脂層14及びセカンダリ樹脂層15を含む被覆樹脂層16とを備えている。

[0070] クラッド12はコア11を取り囲んでいる。コア11及びクラッド12は石英ガラス等のガラスを主に含み、例えば、コア11にはゲルマニウムを添加した石英ガラス、又は、純石英ガラスを用いることができ、クラッド12には純石英ガラス、又は、フッ素が添加された石英ガラスを用いることができる。

[0071] 図1において、例えば、ガラスファイバ13の外径($D2$)は $100\text{ }\mu\text{m}$ から $125\text{ }\mu\text{m}$ 程度であり、ガラスファイバ13を構成するコア11の直径($D1$)は、 $7\text{ }\mu\text{m}$ から $15\text{ }\mu\text{m}$ 程度である。被覆樹脂層16の厚さは、通常、 $22\text{ }\mu\text{m}$ から $70\text{ }\mu\text{m}$ 程度である。プライマリ樹脂層14及びセカンダリ樹脂層15の各層の厚さは、 $5\text{ }\mu\text{m}$ から $50\text{ }\mu\text{m}$ 程度であってもよい。

[0072] ガラスファイバ13の外径が $125\text{ }\mu\text{m}$ 程度で、被覆樹脂層16の厚さが $60\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $70\text{ }\mu\text{m}$ 以下の場合、プライマリ樹脂層14及びセカンダリ樹脂層15の各層の厚さは、 $10\text{ }\mu\text{m}$ から $50\text{ }\mu\text{m}$ 程度であってよく、例えば、プライマリ樹脂層14の厚さが $35\text{ }\mu\text{m}$ で、セカンダリ樹脂層15の厚さが $25\text{ }\mu\text{m}$ であってよい。光ファイバ10の外径は、 $245\text{ }\mu\text{m}$ から $265\text{ }\mu\text{m}$ 程度であってよい。

[0073] ガラスファイバ13の外径が $125\text{ }\mu\text{m}$ 程度で、被覆樹脂層16の厚さが $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $48\text{ }\mu\text{m}$ 以下の場合、プライマリ樹脂層14及びセカンダリ樹脂層15の各層の厚さは、 $8\text{ }\mu\text{m}$ から $38\text{ }\mu\text{m}$ 程度であってよく、例えば、プライマリ樹脂層14の厚さが $25\text{ }\mu\text{m}$ で、セカンダリ樹脂層15の厚さが $10\text{ }\mu\text{m}$ であってよい。光ファイバ10の外径は、 $165\text{ }\mu\text{m}$ から $221\text{ }\mu\text{m}$

m程度であってよい。

[0074] ガラスファイバ13の外径が100 μ m程度で、被覆樹脂層16の厚さが22 μ m以上37 μ m以下の場合、プライマリ樹脂層14及びセカンダリ樹脂層15の各層の厚さは、5 μ mから32 μ m程度であってよく、例えば、プライマリ樹脂層14の厚さが25 μ mで、セカンダリ樹脂層15の厚さが10 μ mであってよい。光ファイバ10の外径は、144 μ mから174 μ m程度であってよい。

[0075] 本実施形態に係る樹脂組成物は、プライマリ樹脂層に適用することで、耐マイクロベンド特性及び耐水性に優れる光ファイバを作製することができる。

[0076] 本実施形態に係る光ファイバの製造方法は、コア及びクラッドを含むガラスファイバの外周に、上記樹脂組成物を塗布する塗布工程と、塗布工程の後に紫外線を照射することにより樹脂組成物を硬化させる硬化工程と、を含む。

[0077] プライマリ樹脂層のヤング率は、光ファイバの耐マイクロベンド特性を向上する観点から、23℃ $\pm$ 2℃で0.80MPa以下が好ましく、0.70MPa以下がより好ましく、0.60MPa以下が更に好ましく、0.50MPa以下がより一層好ましい。プライマリ樹脂層のヤング率が0.80MPaを超えると、外力がガラスファイバに伝わり易くなり、マイクロベンドによる伝送損失増が大きくなる場合がある。プライマリ樹脂層のヤング率は、光ファイバの低温特性を向上する観点から、23℃ $\pm$ 2℃で0.10MPa以上、0.15MPa以上、又は0.20MPa以上であってもよい。

[0078] プライマリ樹脂層のヤング率は、23℃でのPullout Modulus (POM) 法により測定できる。光ファイバの2箇所を2つのチャック装置で固定し、2つのチャック装置の間の被覆樹脂層（プライマリ樹脂層及びセカンダリ樹脂層）部分を除去し、次いで、一方のチャック装置を固定し、他方のチャック装置を固定したチャック装置の反対方向に緩やかに移動させる。光ファイバにおける移動させるチャック装置に挟まれている部分の長

さを L 、チャックの移動量を Z 、プライマリ樹脂層の外径を D_p 、ガラスファイバの外径を D_f 、プライマリ樹脂層のポアソン比を n 、チャック装置の移動時の荷重を W とした場合、下記式からプライマリ樹脂層のヤング率を求めることができる。

$$\text{ヤング率 (MPa)} = ((1 + n) W / \pi L Z) \times \ln (D_p / D_f)$$

[0079] セカンダリ樹脂層15は、例えば、ウレタン（メタ）アクリレートを含む光重合性化合物、光重合開始剤等を含有する樹脂組成物を硬化させて形成することができる。セカンダリ樹脂層を形成する樹脂組成物は、プライマリ被覆用の樹脂組成物と異なる組成を有している。セカンダリ被覆用の樹脂組成物は、従来公知の技術を用いて調製することができる。

[0080] 光ファイバの耐マイクロバンド特性を向上する観点から、セカンダリ樹脂層のヤング率は、 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ で800MPa以上が好ましく、1000MPa以上がより好ましく、1200MPa以上が更に好ましい。セカンダリ樹脂層のヤング率の上限値は特に制限されないが、セカンダリ樹脂層に適度の靱性を付与する観点から、 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ で3000MPa以下、2500MPa以下、又は2000MPa以下であってもよい。

[0081] セカンダリ樹脂層のヤング率は、以下の方法で測定することができる。まず、光ファイバをアセトンとエタノールの混合溶剤に浸漬し、被覆樹脂層のみを筒状に抜き出す。この際、プライマリ樹脂層とセカンダリ樹脂層は一体となっているが、プライマリ樹脂層のヤング率はセカンダリ樹脂層の $1/1000$ 以上 $1/10000$ 以下のヤング率であるため、プライマリ樹脂層のヤング率は無視することができる。次に、被覆樹脂層から真空乾燥により溶剤を除いた後、 23°C で引張試験（引張速度は1mm/分）を行い、2.5%歪の割線式によりヤング率を求めることができる。

[0082] 本実施形態に係る光ファイバの製造方法は、プライマリ被覆用の樹脂組成物として本実施形態に係る樹脂組成物を使用することにより、耐マイクロバンド特性と耐水性に優れる光ファイバを製造することができる。

[0083] （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。

[0084] 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10と、光ファイバ10がリボン用樹脂により（一体的に）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10が示されているが、その本数は特に限定されるものではない。

[0085] 光ファイバ10は接して並列された状態で一体化されていてもよく、一部又は全部の光ファイバ10が一定間隔をあけて並列された状態で一体化されていてもよい。隣り合う光ファイバ10同士の中心間距離Fは、 $220\mu\text{m}$ 以上 $280\mu\text{m}$ 以下であってもよい。中心間距離を $220\mu\text{m}$ 以上 $280\mu\text{m}$ 以下とした場合は、既存のV溝に光ファイバを載せ易く、一括融着性に優れる光ファイバリボンを得ることができる。光ファイバリボン100の厚さTは、光ファイバ10の外径にもよるが、 $164\mu\text{m}$ 以上 $285\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0086] 図3は、光ファイバが一定間隔をあけて並列された状態で一体化された光ファイバリボンの一例を示す概略断面図である。図3に示す光ファイバリボン100Aは、2本の光ファイバ10がリボン用樹脂により一定の間隔をあけて12本連結されている。リボン用樹脂は、連結樹脂層40を形成している。

[0087] 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10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、又は、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。

[0088] 光ファイバ10が一定間隔をあけて並列されている場合、すなわち隣り合う光ファイバ10が接することなくリボン用樹脂を介して接合されている場

合、光ファイバ10同士の中央における連結部の厚さは、 $150\mu\text{m}$ 以上 $220\mu\text{m}$ 以下であってもよい。光ファイバリボンをケーブルに収納する際に変形し易いことから、光ファイバリボンは、光ファイバの連結部に凹みを有していてもよい。凹みは、連結部の一方側の面に角度が狭くなる三角形状に形成されていてもよい。

[0089] 本実施形態に係る光ファイバリボンは、長手方向及び幅方向に間欠的に連結部と非連結部とを有してもよい。図4は、一実施形態に係る光ファイバリボンの外観を示す平面図である。光ファイバリボン100Bは、複数本の光ファイバと、複数の連結部20と、非連結部（分断部）21とを有している。非連結部21は、光ファイバリボンの長手方向に間欠的に形成されている。光ファイバリボン100Bは、2本の光ファイバ10A毎に、連結部20と非連結部21とが長手方向に間欠的に設けられた間欠連結型の光ファイバリボンである。「連結部」とは、隣り合う光ファイバが連結樹脂層を介して一体化している部分をいい、「非連結部」とは、隣り合う光ファイバが連結樹脂層を介して一体化しておらず、光ファイバ間にギャップがある部分をいう。

[0090] 上記構成を有する光ファイバリボンには、2心毎に設けられた連結部20に非連結部21が間欠的に設けられているので、光ファイバリボンを変形し易い。よって、光ファイバリボン光ファイバケーブルに実装する際に、容易に丸めて実装できるので、高密度実装に適した光ファイバリボンとすることができる。また、非連結部21を起点として連結部20を容易に裂くことができるので、光ファイバリボンにおける光ファイバ10の単心分離が容易になる。

[0091] 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、耐マイクロベンド特性及び耐水性に優れ、光ファイバケーブル内に高密度に充填することができる。

[0092] （光ファイバケーブル）

本実施形態に係る光ファイバケーブルは、上記光ファイバリボンがケーブ

ル内に収納されている。光ファイバケーブルとしては、例えば、複数のスロット溝を有するスロット型の光ファイバケーブルが挙げられる。スロット溝内には、上記光ファイバリボン、各スロット溝における実装密度が25%から65%程度となるように実装することができる。実装密度とは、スロット溝の断面積に対するスロット溝内に実装される光ファイバリボンの断面積の割合を意味する。本実施形態に係る光ファイバケーブルは、上記複数の光ファイバをリボン用樹脂で被覆せずにケーブル内に収納した態様であってもよい。

[0093] 本実施形態に係る光ファイバケーブルの一例について、図5及び6を参照しつつ説明する。図5及び6では、間欠連結型の光ファイバリボンを収納しているが、リボン用樹脂で被覆されていない光ファイバを複数本束ねた状態で収納してもよい。

[0094] 図5は、上述した間欠連結型の光ファイバリボン100Bを使用するスロットレス型の光ファイバケーブル60の概略断面図である。光ファイバケーブル60は、円筒型のチューブ61と、複数の光ファイバリボン100Bとを有する。複数の光ファイバリボン100Bは、アラミド繊維等の介在62で束ねられていてもよい。また、複数の光ファイバリボン100Bは、それぞれ異なるマーキングを有していてもよい。光ファイバケーブル60は、束ねられた複数の光ファイバリボン100Bを撚り合わせ、その周囲にチューブ61となる樹脂を押し出し成形し、テンションメンバ63と共に外被64を被せて形成された構造となっている。防水性が要求される場合は、吸水ヤーンをチューブ61の内側に挿入してもよい。チューブ61は、例えば、ポリブチレンテレフタレート、高密度ポリエチレン等の樹脂を用いて形成することができる。チューブ61の外側には、引き裂き紐65を設けてもよい。

[0095] 図6は、上述した間欠連結型の光ファイバリボン100Bを使用するスロット型の光ファイバケーブル70の概略断面図である。光ファイバケーブル70は、複数のスロット溝71を有するスロットロッド72と、複数の光ファイバリボン100Bとを有する。光ファイバケーブル70は、中央にテン

ションメンバ73を有するスロットロッド72に、放射状に複数のスロット溝71が設けられた構造となっている。複数のスロット溝71は、光ファイバケーブル70の長手方向に螺旋状又はS Z状に撚られた形状で設けられていてもよい。各スロット溝71には、並列状態からばらされて密集状態にされた光ファイバリボン100Bがそれぞれ複数収納されている。各光ファイバリボン100Bは、識別用のバンドル材で束ねられていてもよい。スロットロッド72の周囲には押さえ巻きテープ74が巻かれ、押さえ巻きテープ74の周囲には外被75が形成されている。

[0096] 本実施形態に係る光ファイバ又は光ファイバリボンを備える光ファイバケーブルは、耐マイクロベンド特性及び耐水性に優れる。

実施例

[0097] 以下、本開示に係る実施例及び比較例を用いた評価試験の結果を示し、本開示を更に詳細に説明する。なお、本開示はこれら実施例に限定されない。

[0098] [ウレタンアクリレート (A) の合成]

(A-1)

反応釜に M_n 3000のポリプロピレングリコール（三洋化成工業株式会社製の商品名「サンニックス PP-3000」）と2, 4-トリレンジイソシアネート (TDI) とを、NCOとOHのモル比 (NCO/OH) が1. 5になるように投入した。続いて、触媒として、ジブチルスズジラウレートを経済的な全仕込み量に対して、200 ppmを添加し、重合禁止剤として、2, 6-ジ-tert-ブチル-p-クレゾール (BHT) を最終的な全仕込み量に対して、500 ppm添加した。その後、60℃で1時間反応させ、NCO末端プレポリマーを調製した。次に、NCO末端プレポリマーのNCOに対して、メタノールのOHのモル比 ($MeOH/NCO$) が0. 2となるようにメタノールを添加し、2-ヒドロキシエチルアクリレート (HEA) のOHのモル比が0. 85となるようにHEAを添加し、60℃で1時間反応させて、ウレタンアクリレート (A-1) を得た。ウレタンアクリレート (A-1) は、 M_n が13100であり、 M_w が17700であっ

た。

[0099] (A-2)

反応釜に M_n 4000のポリプロピレングリコール（三洋化成工業株式会社製の商品名「サンニックス PP-4000」）とTDIとを、NCO/OHが1.5になるように投入した。続いて、触媒として、ジブチルスズジウレートを経済的な全仕込み量に対して、200 ppmを添加し、重合禁止剤として、BHTを経済的な全仕込み量に対して、500 ppm添加した。その後、60℃で1時間反応させ、NCO末端プレポリマーを調製した。次に、NCO末端プレポリマーのNCOに対して、HEAのOHのモル比が1.05となるようにHEAを添加し、60℃で1時間反応させて、ウレタンアクリレート（A-2）を得た。ウレタンアクリレート（A-2）は、 M_n が18100であり、 M_w が23400であった。

[0100] ポリプロピレングリコールの M_n は、水酸基価から求めた値であり、各商品のカタログに記載された値である。ウレタンアクリレートの M_n 及び M_w は、Waters製のACQUITY APC RIシステムを用い、サンプル濃度：0.2質量% THF溶液、注入量：20 μ L、サンプル温度：15℃、移動相：THF、有機溶媒用XTカラム：粒子径2.5 μ m、ポアサイズ450 Å、カラム内径4.6×カラム長150 mm+粒子径2.5 μ m、ポアサイズ125 Å、カラム内径4.6×カラム長150 mm+粒子径1.7 μ m、ポアサイズ45 Å、カラム内径4.6×カラム長150 mm、カラム温度：40℃、流速：0.8 mL/分の条件で測定した。

[0101] EO鎖含有（メタ）アクリレートとして、表1に示すEO-1～EO-15を準備した。

[0102]

[表1]

	化合物名	会社名	製品名	EO 鎖の式量/ アクリレート分子の分子量
EO-1 ($n \equiv 8$)	ノニルフェノキシポリエチレングリコールアクリレート	Miwon Specialty Chemical	Miramer M166	0. 56
EO-2 ($n \equiv 3$)	メトキシトリエチレングリコールアクリレート	共栄社化学株式会社	ライトアクリレート MTG-A	0. 61
EO-3 ($n \equiv 9$)	メトキシポリエチレングリコールアクリレート		ライトアクリレート 130A	0. 82
EO-4 ($n \equiv 13$)	メトキシポリエチレングリコールアクリレート	新中村化学工業株式会社	AM-130G	0. 87
EO-5 ($n \equiv 23$)	メトキシポリエチレングリコールアクリレート		AM-230G	0. 92
EO-6 ($n \equiv 4$)	ポリエチレングリコールジアクリレート	Miwon Specialty Chemical	Miramer M282	0. 55
EO-7 ($n \equiv 13$)	ポリエチレングリコールジアクリレート		Miramer M286	0. 80
EO-8 ($n \equiv 15$)	エトキシ化トリメチロールプロパンリアクリレート		Miramer M3150	0. 69
EO-9 ($n \equiv 10$)	エトキシ化ビスフェノールAジアクリレート		Miramer M2100	0. 57
EO-10 ($n \equiv 30$)	エトキシ化ビスフェノールAジアクリレート		Miramer M2300	0. 80
EO-11 ($n \equiv 4$)	ノニルフェノキシポリエチレングリコールアクリレート		Miramer M164	0. 39
EO-12 ($n \equiv 1$)	フェノキシエチルアクリレート		Miramer M140	0. 23
EO-13 ($n \equiv 2$)	エトキシポリエチレングリコールアクリレート		Miramer M170	0. 47
EO-14 ($n \equiv 3$)	エトキシ化トリメチロールプロパンリアクリレート		Miramer M3130	0. 31
EO-15 ($n \equiv 4$)	エトキシ化ビスフェノールAジアクリレート		Miramer M240	0. 34

[0103] プライマリ被覆用の樹脂組成物のモノマーとして、N-ビニルカプロラクタム（NVC L）を準備した。光重合開始剤として、Omni rad TPOを準備した。シランカップリング剤として、3-アクリロキシプロピルトリメトキシシラン（APTMS）を準備した。

[0104] [プライマリ被覆用の樹脂組成物]

表2又は表3に示す配合量（質量部）で、ウレタンアクリレート、EO鎖含有（メタ）アクリレート、モノマー、光重合開始剤、及びシランカップリング剤を混合して、各試験例のプライマリ被覆用の樹脂組成物を作製した。試験例1～12は実施例に相当し、試験例13～18は比較例に相当する。

[0105] [樹脂フィルム]

スピンコータを用いて、樹脂組成物をポリエチレンテレフタレート（PET）フィルムの上に塗布した後、無電極UVランプシステム（Dバルブ、ヘレウス製）を用いて、 $10\text{ mJ}/\text{cm}^2$ 及び $100\text{ mW}/\text{cm}^2$ の条件で硬化させ、PETフィルム上に厚み $200\text{ }\mu\text{m}$ の樹脂フィルムを形成した。PETフィルムから剥がし、樹脂フィルムを得た。

[0106] (ヤング率)

樹脂フィルムをJIS K 7127 タイプ5のダンベル形状に打ち抜き、 $23\pm 2^\circ\text{C}$ 、 $50\pm 10\%\text{RH}$ の条件下で、引張試験機を用いて $1\text{ mm}/\text{分}$ の引張速度、標線間 25 mm の条件で引張り、応力-歪み曲線を得た。2.5%歪の割線式により求めた応力を樹脂フィルムの断面積で割ることで、樹脂フィルムのヤング率を求めた。

[0107] [セカンダリ被覆用の樹脂組成物]

Mn600のポリプロピレングリコール（三洋化成工業株式会社製の商品名「PP-600」）とTDIとをNCO/OHが2.0で反応させ、NCO末端プレポリマーを調製した。触媒として、ジブチルスズジラウレートを経最終的な全仕込み量に対して、 200 ppm 添加し、重合禁止剤として、BHTを経最終的な全仕込み量に対して、 500 ppm 添加した。次に、NCO末端プレポリマーのNCOに対して、HEAのOHのモル比が1.05とな

るようにH E Aを添加し、60℃で1時間反応させて、ウレタンアクリレート（Z-1）を得た。ウレタンアクリレート（Z-1）は、Mnが2300であり、Mwが2700であった。

[0108] ウレタンアクリレート（Z-1）を25質量部、トリプロピレングリコールジアクリレートを36質量部、ビスコート#540（大阪有機化学工業株式会社製）を37質量部、Omni rad TPOを1質量部、Omni rad 184を1質量部混合して、セカンダリ被覆用の樹脂組成物を得た。

[0109] [光ファイバ]

直径125 μ mのガラスファイバ13の外周面に、プライマリ被覆用の樹脂組成物とセカンダリ被覆用の樹脂組成物とをそれぞれ塗布した。次いで、紫外線を照射することでそれぞれの樹脂組成物を硬化し、プライマリ樹脂層14及びセカンダリ樹脂層15を備える被覆樹脂層16を形成し、光ファイバ10を作製した。プライマリ樹脂層14の厚さを20 μ m、セカンダリ樹脂層15の厚さを15 μ mとし、外径195 μ mの光ファイバを得た。光ファイバの作製は、製造速度3000m/分で行った。

[0110] (耐水性)

光ファイバ10を、被覆樹脂層16全体が完全に浸るように23℃の水に浸漬し、1550nmの波長の光の伝送損失を測定した。次いで、120日間浸漬した後、1550nmの波長の光の伝送損失を測定した。伝送損失の増加が0.03dB/km未満を「A」、0.03dB/km以上0.05dB/km未満を「B」、0.05dB/km以上を「C」とした。

[0111] (耐油性)

光ファイバ10を、被覆樹脂層16全体が完全に浸るように85℃に加熱したジェリーに120日間浸漬した。Mnが300～600程度の鉱油に増粘剤を添加したものをジェリーとした。23℃と-40℃のそれぞれの温度条件下で、1550nmの波長の光の伝送損失を測定した。-40℃での伝送損失から23℃での伝送損失を引いた差（伝送損失差）が0dB/km未満（-40℃の方が伝送損失が小さい）を「A」、0dB/km以上0.0

1 d B / k m 未満を「B」、0.01 d B / k m 以上を「C」と評価した。

[0112] (耐マイクロバンド特性)

サンドペーパーで表面を覆った280mm径のボビンに、光ファイバ10を単層状に巻き付けた時の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。また、サンドペーパーのない280mm径のボビンに、光ファイバ10を単層状に巻き付けた時の1550nmの波長の光の伝送損失差が0.5 d B / k m 未満を「A」、0.5 d B / k m 以上1.0 d B / k m 以下を「B」、1.0 d B / k m 超を「C」と評価した。

[0113] [表2]

試験例	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75	75
A-2	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	-	-
EO-1	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	-
EO-2	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EO-3	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	23
EO-4	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
EO-5	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
EO-6	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
EO-7	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-
EO-8	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-
EO-9	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-
EO-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
EO-11	-	6	12	16	17	13	13	15	13	13	-	-
NVCL	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-
Omnirad TPO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
APTMS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ヤング率[MPa]	0.33	0.29	0.36	0.35	0.35	0.58	0.47	0.44	0.76	0.45	0.41	0.39
耐水性	B	A	A	A	A	B	A	A	B	A	B	A
耐油性	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B
耐マイクロバンド特性	A	A	A	A	A	B	A	A	B	A	A	A

[0114]

[表3]

試験例	13	14	15	16	17	18
A-1	-	-	-	-	-	75
A-2	75	75	75	75	75	-
EO-11	18	-	-	15	15	23
EO-12	-	18	-	-	-	-
EO-13	-	-	18	-	-	-
EO-14	-	-	-	3	-	-
EO-15	-	-	-	-	3	-
NVCL	5	5	5	5	5	-
Omnirad TPO	1	1	1	1	1	1
APTMS	1	1	1	1	1	1
ヤング率[MPa]	0.36	0.52	0.18	0.74	0.66	0.45
耐水性	C	C	C	C	C	C
耐油性	A	A	A	A	A	A
耐マイクロベンド特性	A	B	A	B	B	A

符号の説明

- [0115] 1 0 光ファイバ
- 1 1 コア
- 1 2 クラッド
- 1 3 ガラスファイバ
- 1 4 プライマリ樹脂層
- 1 5 セカンダリ樹脂層
- 1 6 被覆樹脂層
- 2 0 連結部
- 2 1 非連結部
- 4 0 連結樹脂層
- 6 0, 7 0 光ファイバケーブル
- 6 1 円筒型のチューブ
- 6 2 介在
- 6 3, 7 3 テンションメンバ
- 6 4, 7 5 外被

6 5 引き裂き紐

7 1 スロット溝

7 2 スロットロッド

7 4 押さえ巻きテープ

1 0 0, 1 0 0 A, 1 0 0 B 光ファイバリボン

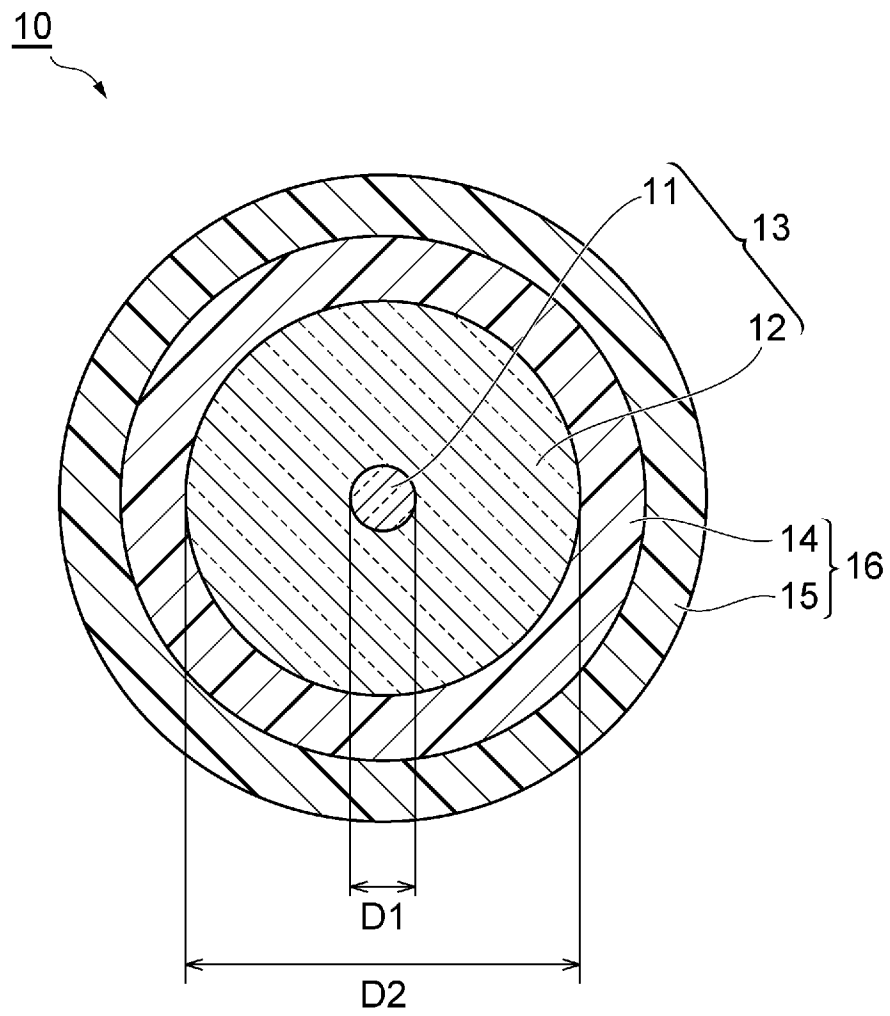
請求の範囲

- [請求項1] 光重合性化合物及び光重合開始剤を含有し、
前記光重合性化合物が、ウレタン（メタ）アクリレートと、エチレンオキサイド鎖含有（メタ）アクリレートと、を含み、
前記エチレンオキサイド鎖含有（メタ）アクリレートが有するエチレンオキサイド鎖の式量を前記エチレンオキサイド鎖含有（メタ）アクリレートの分子量で除した値が0.50以上0.93以下である、
光ファイバのプライマリ被覆用の樹脂組成物。
- [請求項2] 前記エチレンオキサイド鎖の式量を前記エチレンオキサイド鎖含有（メタ）アクリレートの分子量で除した値が0.60以上0.93以下である、請求項1に記載の樹脂組成物。
- [請求項3] 前記エチレンオキサイド鎖含有（メタ）アクリレートの含有量が、前記樹脂組成物の総量100質量部を基準として、0.3質量部以上25質量部以下である、請求項1又は請求項2に記載の樹脂組成物。
- [請求項4] 前記エチレンオキサイド鎖含有（メタ）アクリレートの含有量が、前記樹脂組成物の総量100質量部を基準として、0.5質量部以上20質量部以下である、請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の樹脂組成物。
- [請求項5] 前記エチレンオキサイド鎖含有（メタ）アクリレートが、メトキシポリエチレングリコールアクリレート、ノニルフェノキシポリエチレングリコールアクリレート、ポリエチレングリコールジアクリレート、エトキシ化ビスフェノールAジアクリレート、及びエトキシ化トリメチロールプロパントリアクリレートからなる群より選ばれる少なくとも1種を含む、請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の樹脂組成物。
- [請求項6] 前記光重合性化合物がN-ビニル化合物を更に含み、N-ビニル化合物の含有量が前記樹脂組成物の総量100質量部を基準として、1質量部以上15質量部以下である、請求項1から請求項5のいずれか

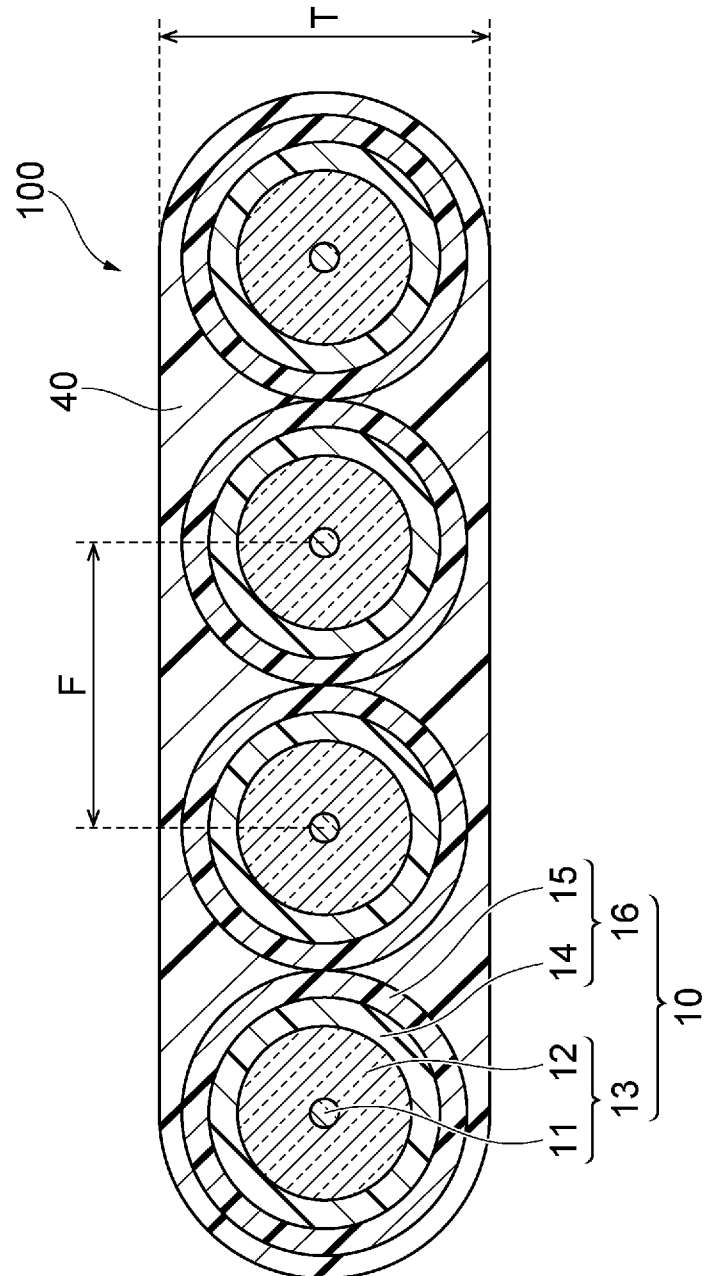
一項に記載の樹脂組成物。

- [請求項7] 前記樹脂組成物を、積算光量 $10 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 及び照度 $100 \text{ mW} / \text{cm}^2$ の条件で紫外線硬化させた際の樹脂フィルムのヤング率が、 23°C で 0.10 MPa 以上 0.80 MPa 以下である、請求項1から請求項6のいずれか一項に記載の樹脂組成物。
- [請求項8] 前記樹脂フィルムのヤング率が、 23°C で 0.10 MPa 以上 0.60 MPa 以下である、請求項7に記載の樹脂組成物。
- [請求項9] コア及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該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、を備え、
前記プライマリ樹脂層が、請求項1から請求項8のいずれか一項に記載の樹脂組成物の硬化物を含む、光ファイバ。
- [請求項10] コア及びクラッドを含むガラスファイバの外周に、請求項1から請求項8のいずれか一項に記載の樹脂組成物を塗布する塗布工程と、
前記塗布工程の後に紫外線を照射することにより前記樹脂組成物を硬化させる硬化工程と、
を含む、光ファイバの製造方法。
- [請求項11] 請求項9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。
- [請求項12] 請求項11に記載の光ファイバリボンが、ケーブル内に収納された、光ファイバケーブル。
- [請求項13] 請求項9に記載の光ファイバが、ケーブル内に複数収納された、光ファイバケーブル。

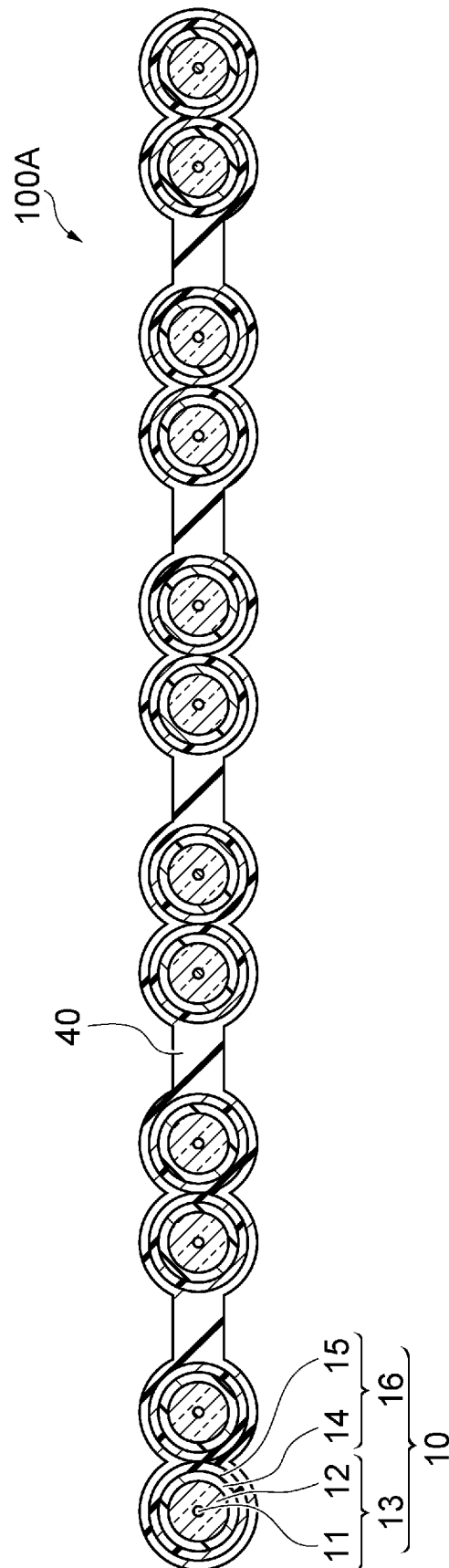
[図1]



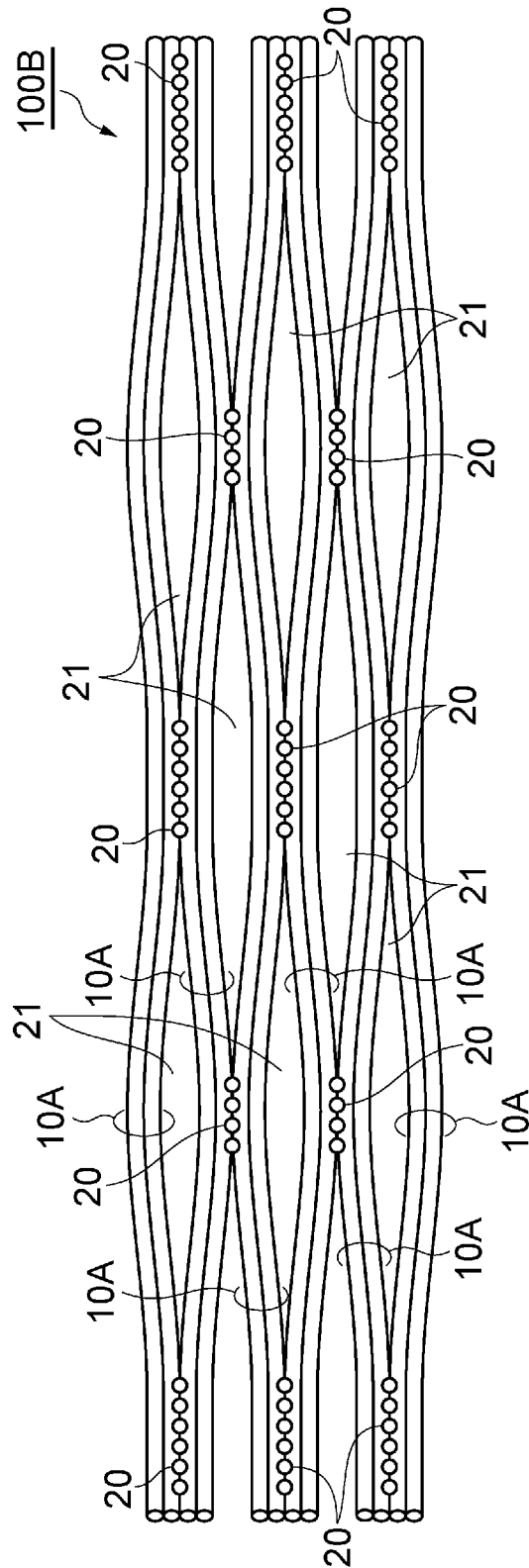
[図2]



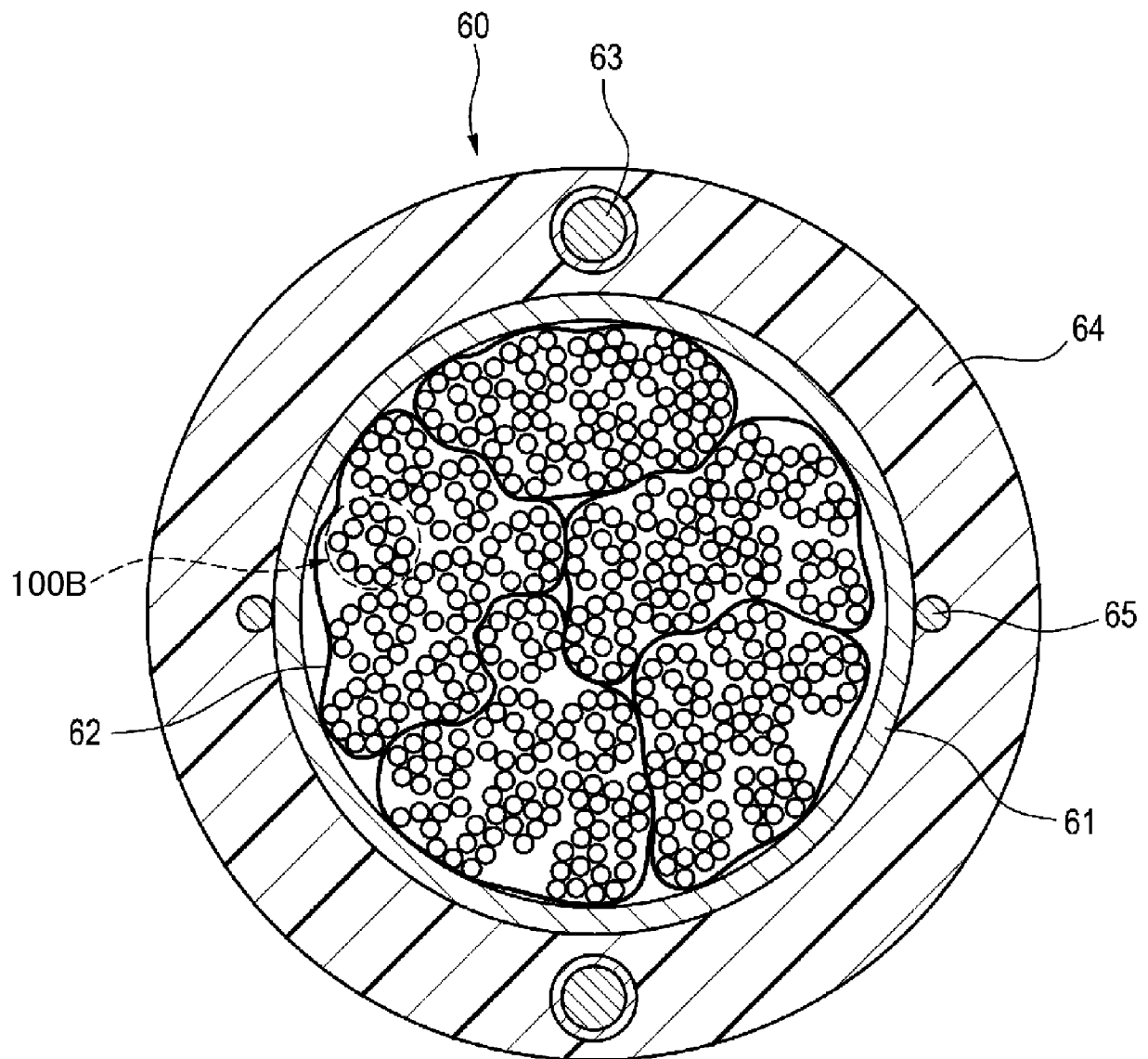
[図3]



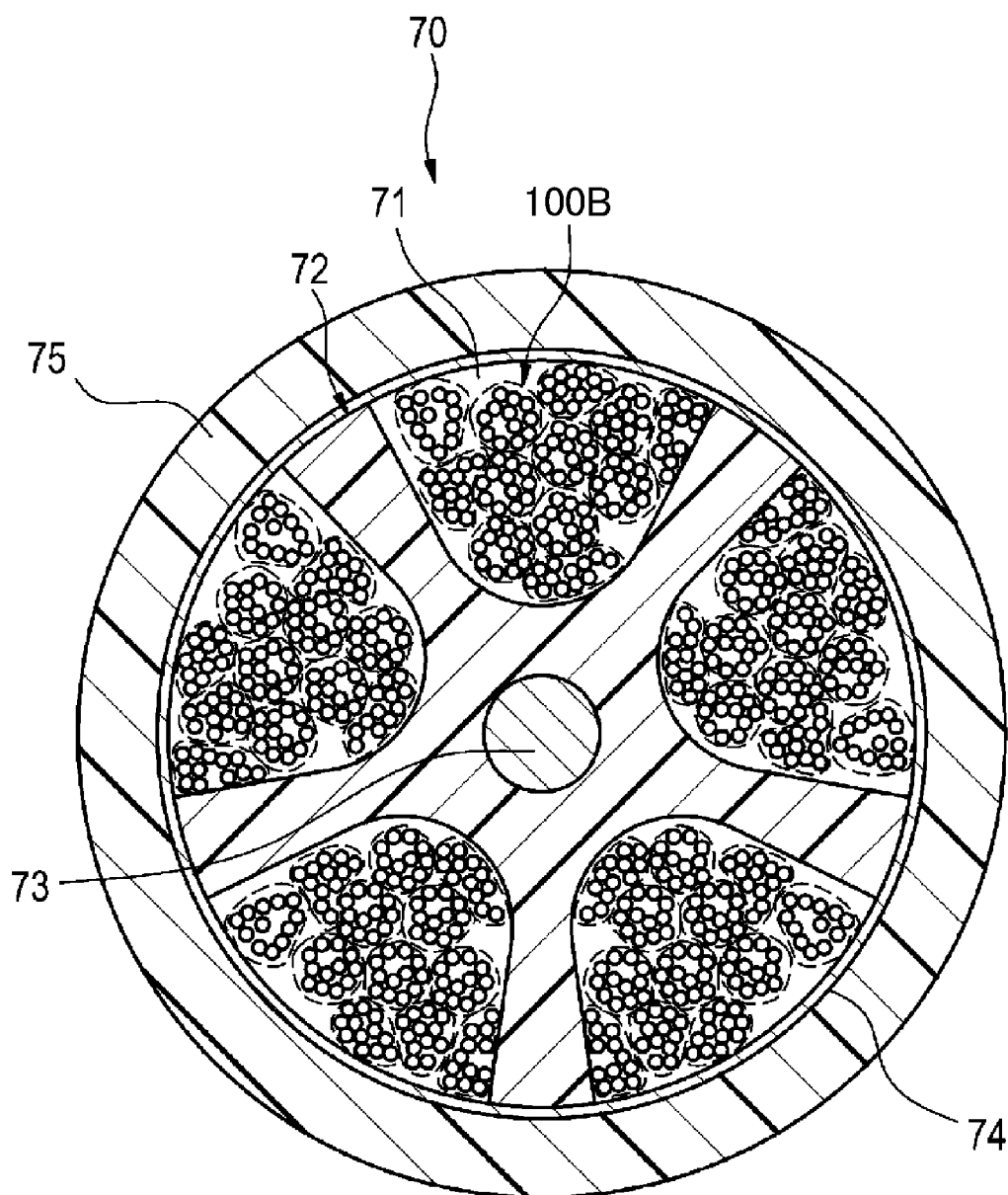
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/002488

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03C 25/1065(2018.01)i; **C03C 25/285**(2018.01)i; **C03C 25/6226**(2018.01)i; **C08F 290/06**(2006.01)i; **G02B 6/44**(2006.01)i
 FI: C03C25/1065; G02B6/44 301A; G02B6/44 301B; C08F290/06; C03C25/285; C03C25/6226

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)

C03C25/00-25/70; C08F283/01; C08F290/00-290/14; C08F299/00-299/08; 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 2004-051677 A (TOAGOSEI CO LTD) 19 February 2004 (2004-02-19) paragraphs [0026], [0032], [0037], table 1	1-8, 10
Y		9, 11-13
X	JP 10-316886 A (JSR CORP) 02 December 1998 (1998-12-02) paragraphs [0001], [0041], [0058], [0064], [0068], [0085], table 1	1, 3-10
Y		11-13
X	JP 11-060657 A (JSR CORP) 02 March 1999 (1999-03-02) paragraphs [0001], [0041], [0044]-[0046], table 1	1, 3-8, 10
Y		9, 11-13
Y	WO 2021/019908 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 04 February 2021 (2021-02-04) paragraphs [0009], [0018], [0056], [0059], fig. 2	9, 11-13

☐ 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

22 March 2023

Date of mailing of the international search report

04 April 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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/002488

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2004-051677	A	19 February 2004	(Family: none)	
JP	10-316886	A	02 December 1998	US 6136880 A column 1, lines 13-26, column 13, lines 19-45, column 18, lines 1-7, column 26, lines 36-56, column 29, line 51 to column, line 9, table 3 US 6359025 B1 WO 1998/047954 A1 EP 975693 A1 AU 7084798 A BR 9808960 A DK 975693 T CN 1260812 A KR 10-0593519 B1 JP 2002-512585 A	
JP	11-060657	A	02 March 1999	(Family: none)	
WO	2021/019908	A1	04 February 2021	US 2021/0263255 A1 paragraphs [0011], [0020], [0061], [0062], fig. 2 EP 4005993 A1 CN 114127605 A TW 202111037 A	

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 25/285(2018.01)i; C03C 25/6226(2018.01)i; C08F 290/06(2006.01)i; G02B 6/44(2006.01)i FI: C03C25/1065; G02B6/44 301A; G02B6/44 301B; C08F290/06; C03C25/285; C03C25/6226		
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）） C03C25/00-25/70; C08F283/01; C08F290/00-290/14; C08F299/00-299/08; 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 2004-051677 A（東亜合成株式会社）19.02.2004（2004-02-19） 段落[0026], [0032], [0037], 表1	1-8, 10
Y		9, 11-13
X	JP 10-316886 A（ジェイエスアール株式会社）02.12.1998（1998-12-02） 段落[0001], [0041], [0058], [0064], [0068], [0085], 表1	1, 3-10
Y		11-13
X	JP 11-060657 A（ジェイエスアール株式会社）02.03.1999（1999-03-02） 段落[0001], [0041], [0044]-[0046], 表1	1, 3-8, 10
Y		9, 11-13
Y	WO 2021/019908 A1（住友電気工業株式会社）04.02.2021（2021-02-04） 段落[0009], [0018], [0056], [0059], 図2	9, 11-13
☐ 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、一般的な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 22.03.2023		国際調査報告の発送日 04.04.2023
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） 若土 雅之 4T 3774 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/JP2023/002488

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2004-051677	A	19.02.2004	(ファミリーなし)	
JP	10-316886	A	02.12.1998	US 6136880 A	
				column 1 lines 13-26, column 13 lines 19-45, column 18 lines 1-7, column 26 lines 36-56, column 29 line 51 - column line 9, TABLE 3	
				US 6359025 B1	
				WO 1998/047954 A1	
				EP 975693 A1	
				AU 7084798 A	
				BR 9808960 A	
				DK 975693 T	
				CN 1260812 A	
				KR 10-0593519 B1	
				JP 2002-512585 A	
JP	11-060657	A	02.03.1999	(ファミリーなし)	
WO	2021/019908	A1	04.02.2021	US 2021/0263255 A1	
				paragraphs [0011], [0020], [0061], [0062], Fig. 2	
				EP 4005993 A1	
				CN 114127605 A	
				TW 202111037 A	