(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11月21日(21.11.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/237213 A1

(51) 国際特許分類:
C03C 25/1065 (2018.01) *C08F 290/06* (2006.01)
C03C 25/326 (2018.01) *G02B 6/44* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/017506

(22) 国際出願日： 2024年5月10日(10.05.2024)

(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 2023-080640 2023年5月16日(16.05.2023) 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: 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).

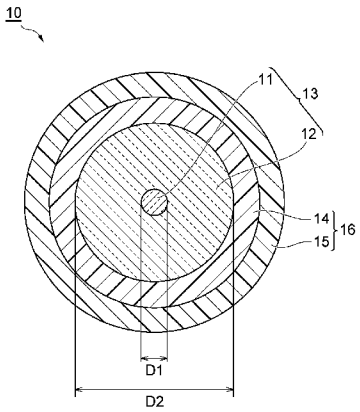
(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号丸の内 ＭＹ ＰＬＡＺＡ（明治安田生命ビル） ９階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

(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,

WO 2024/237213 A1

(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、および光ファイバケーブル



(57) **Abstract:** This resin composition for an optical fiber primary coating contains: a photopolymerizable compound containing a bifunctional urethane (meth)acrylate (A) and a monofunctional urethane (meth)acrylate (B); a photopolymerization initiator; and a silane coupling agent. The urethane (meth)acrylate (A) is a reaction product of a diol having a number average molecular weight of 8000-20000, a diisocyanate, and a hydroxyl group-containing (meth)acrylate. The total amount of the resin composition is 100 parts by mass, and in the resin composition the total amount of a vinyl group is 70-200 mmol. The ratio of the vinyl group amount of the urethane (meth)acrylate (B) to the vinyl group amount of the urethane (meth)acrylate (A) is 3.7-15.0.

(57) 要約：光ファイバのプライマリ被覆用の樹脂組成物は、２官能のウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）および単官能のウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）を含む光重合性化合物と、光重合開始剤と、シランカップリング剤とを含有し、ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）が、数平均分子量８０００以上２００００以下のジオールと、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であり、樹脂組成物の総量１００質量部におけるビニル基の総量が７０ｍｍｏｌ以上２００ｍｍｏｌ以下であり、ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）のビニル基量に対する、ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）のビニル基量の比が３．７以上１５．０以下である。

［続葉有］

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))

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、およ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、および光ファイバケーブルに関する。

本出願は、２０２３年５月１６日出願の日本出願第２０２３－０８０６４０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２０１２－１１１６７４号公報

特許文献3：特開２０１３－１３６７８３号公報

特許文献4：特表２０１３－５０１１２５号公報

特許文献5：特開２０１４－１１４２０８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、２官能のウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）および単官能のウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）を含む光重合性化合物と、光重合開始剤と、シランカップリング剤と、を含有し、ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）が、数平均分子量８０００以上２００００以下のジオールと、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であり、樹脂組成物の総量１００質量部におけるビニル基の総量が７０ｍｍｏｌ以上２００ｍｍｏｌ以下であり、ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）のビニル基量に対する、ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）のビニル基量の比が３．７以上１５．０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］

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と、低温で伝送損失が増加し易くなる。光ファイバの製造速度を上げると、プライマリ樹脂層のヤング率が更に低くなり、低温で伝送損失が増加し易くなる。

[0007] 本開示は、耐マイクロベンド特性と低温特性に優れる光ファイバのプライマリ樹脂層を形成することができる樹脂組成物、および耐マイクロベンド特

性と低温特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、耐マイクロベンド特性と低温特性に優れる光ファイバのプライマリ樹脂層を形成することができる樹脂組成物、および耐マイクロベンド特性と低温特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。

[0010] （１）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、２官能のウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）および単官能のウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）を含む光重合性化合物と、光重合開始剤と、シランカップリング剤と、を含有し、ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）が、数平均分子量８０００以上２００００以下のジオールと、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であり、樹脂組成物の総量１００質量部におけるビニル基の総量が７０ｍｍｏｌ以上２００ｍｍｏｌ以下であり、ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）のビニル基量に対する、ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）のビニル基量の比が３．７以上１５．０以下である。

[0011] 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、光ファイバの耐マイクロベンド特性と低温特性を向上することができる。

[0012] （２）上記（１）において、低温特性をより向上する観点から、樹脂組成物の総量１００質量部におけるビニル基の総量は８０ｍｍｏｌ以上１８０ｍｍｏｌ以下であってもよい。

[0013] （３）上記（１）または（２）において、プライマリ樹脂層の厚さをより均一にする観点から、上記ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）のビニル基量に対する、上記ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）のビニル基量の比が４．０以上１０．０以下であってもよい。

[0014] （４）上記（１）から（３）のいずれかにおいて、プライマリ樹脂層のヤ

ング率を調整する観点から、樹脂組成物の総量１００質量部を基準として、ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）の含有量が１０質量部以上４０質量部以下であり、ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）の含有量が３０質量部以上８０質量部以下であってもよい。

[0015] （５）上記（１）から（４）のいずれかにおいて、プライマリ樹脂層のヤング率を低減する観点から、ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）は、数平均分子量２０００以上６０００以下のモノオールと、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ってもよい。

[0016] （６）上記（１）から（５）のいずれかにおいて、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。

[0017] （７）上記（１）から（６）のいずれかにおいて、耐マイクロベンド特性をより向上する観点から、本実施形態に係る樹脂組成物を、積算光量１０ｍＪ／ｃｍ^{2}および照度１００ｍＷ／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℃で０．２０ＭＰａ以上０．８０ＭＰａ以下であってもよい。

[0018] （８）上記（７）において、光ファイバの低温特性および耐マイクロベンド特性をより向上する観点から、樹脂フィルムのヤング率は、２３℃で０．２５ＭＰａ以上０．８０ＭＰａ以下であってもよい。

[0019] （９）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（１）から（８）のいずれかに記載の樹脂組成物の硬化物を含む。このような光ファイバは、耐マイクロベンド特性および低温特性に優れる。

[0020] （１０）本開示の一態様に係る光ファイバの製造方法は、コアおよびクラッドを含むガラスファイバの外周に、上記（１）から（８）のいずれかに記

載の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、耐マイクロベンド特性および低温特性に優れる光ファイバを作製することができる。

[0021] （１１）本開示の一態様に係る光ファイバリボンは、上記（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ている。このような光ファイバリボンは、耐マイクロベンド特性および低温特性に優れ、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。

[0022] （１２）本開示の一態様に係る光ファイバケーブルは、上記（１１）に記載の光ファイバリボンが、ケーブル内に収納されている。このような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および低温特性に優れる。

[0023] （１３）本開示の一態様に係る光ファイバケーブルは、上記（９）に記載の光ファイバが、ケーブル内に複数収納されている。このような光ファイバケーブルは、耐マイクロベンド特性および低温特性に優れる。

[0024] ［本開示の実施形態の詳細］

本実施形態に係る樹脂組成物およ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。

[0025] （樹脂組成物）

本実施形態に係る樹脂組成物は、２官能のウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）および単官能のウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）を含む光重合性化合物と、光重合開始剤と、シランカップリング剤と、を含有する光ファイ

バのプライマリ被覆用の樹脂組成物である。本実施形態に係る樹脂組成物は、紫外線硬化型樹脂組成物である。

[0026] 本実施形態に係る樹脂組成物１００質量部におけるビニル基の総量は、７０ｍｍｏｌ以上２００ｍｍｏｌ以下であり、７５ｍｍｏｌ以上１９０ｍｍｏｌ以下、８０ｍｍｏｌ以上１８０ｍｍｏｌ以下、または８４ｍｍｏｌ以上１７０ｍｍｏｌ以下であってもよい。ビニル基の総量が７０ｍｍｏｌ未満では、プライマリ層のヤング率が低下し、光ファイバの低温特性が低下し易くなり、２００ｍｍｏｌを超えると、樹脂組成物が硬化する際にウレタン（メタ）アクリレートが架橋に組み込まれ難くなり、光ファイバの製造速度を上げた時に低温特性が低下し易くなる。

[0027] ビニル基は、樹脂組成物が含有する光重合性のエチレン性不飽和基を有する化合物に由来する基である。光重合性のエチレン性不飽和基を有する化合物としては、例えば、ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）、ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）等のウレタン結合を有する光重合性化合物、ウレタン結合を有しない光重合性化合物、および光重合性のエチレン性不飽和基を有するシラン化合物が挙げられる。

[0028] 各化合物のビニル基量（ｍｍｏｌ／ｇ）は、ビニル基の数／分子量×１０００で求めることができる。例えば、２－エチルヘキシルアクリレートの場合、ビニル基の数が１で、分子量が１８４．２８なので、１／１８４．２８×１０００＝５．４２７（ｍｍｏｌ／ｇ）となる。また、ネオペンチルグリコールジアクリレートの場合、ビニル基の数が２で、分子量が２１２．２５なので、２／２１２．２５×１０００＝９．４２３（ｍｍｏｌ／ｇ）となる。樹脂組成物１００質量部中のビニル基の総量は、各化合物のビニル基量（ｍｍｏｌ／ｇ）×各化合物の質量百分率の総和で求めることができる。

[0029] 樹脂組成物中のウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）のビニル基量に対するウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）のビニル基量の比（ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）のビニル基量／ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）のビニル基量）は、３．７以上１５．０以下である。上記比が３．７以上で

あると、ガラスファイバに対するプライマリ樹脂層の偏肉率が低下し難くなり、１５．０以下であると、プライマリ樹脂層の架橋密度が低下し難くなり、光ファイバの低温特性を向上し易くなる。上記比は、３．８以上１４．０以下、３．９以上１２．０以下、または４．０以上１０．０以下であってもよい。

[0030] 例えば、樹脂組成物が、ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）を２０質量％、ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）を５０質量％含み、ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）のビニル基量が０．１５ｍｍｏｌ／ｇ、ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）のビニル基量が０．３０ｍｍｏｌ／ｇである場合、樹脂組成物中のウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）のビニル基量に対する、ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）のビニル基量は、（０．３０×５０％）／（０．１５×２０％）＝５．０と計算できる。

[0031] 樹脂組成物中のビニル基の総量における、ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）のビニル基量の割合は、１．０％以上５．０％以下、１．５％以上４．５％以下、または２．０％以上４．０％以下であってもよい。樹脂組成物中のビニル基の総量における、ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）のビニル基量の割合は５．０％以上３５％以下、７．０％以上３０％以下、８．０％以上２８％以下、または９．５％以上２７％以下であってもよい。樹脂組成物中のビニル基の総量における、ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）とウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）の合計ビニル基量の割合は、６．０％以上４０％、８．０％以上３５％以下、または１０％以上３０％以下であってもよい。

[0032] ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）は、２つの（メタ）アクリロイル基を有し、数平均分子量８０００以上２００００以下のジオールと、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である。

[0033] 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、およびビスフェノール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、および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てもよい。

[0034] ジオールの数平均分子量（Ｍｎ）は、８０００以上２００００以下、１００００以上２００００以下、１１０００以上２００００以下、１２０００以上２００００以下、または１５０００以上１９０００以下であってもよい。

[0035] 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ナート、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、およ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。

[0036] 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－ｏ－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、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。反応性の観点から、水酸基含有（メタ）アクリレートとして２－ヒドロキシエチルアクリレートを用いてもよい。

[0037] 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）アクリレートとを反応させた後、ジオールを反応させる方法；およびジオールとジイソシアネートと水酸基含有（メタ）アクリレートとを同時に反応させる方法が挙げられる。

[0038] 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、１．２以上３．５以下、または１．４以上３．０以下であってもよい。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、１．０１以上１．１２以下、または１．０３以上１．１０以下であってもよい。

[0039] ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）は、プライマリ樹脂層のヤング率を低減する観点から、１つの（メタ）アクリロイル基を有する。ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）は数平均分子量２０００以上１００００以下のモノオールと、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ってもよい。

[0040] モノオールとしては、例えば、ポリオキシアルキレンモノアルキルエーテルが挙げられる。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、アルコキシ基および水酸基を有する化合物である。

[0041] 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（C_{12}～C_{14}）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リルエーテル、およ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。

[0042] 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ってもよい。

[0043] 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Ｍｎは、２０００以上、２１００以上、２２００以上、または２５００以上であってもよく、１００００以下、８０００以下、７０００以下、または６０００以下であってもよい。

[0044] ジオールおよびモノオールのＭｎは、ＪＩＳ　Ｋ　００７０に基づいて水酸基価を測定し、以下の式から算出することができる。ジオールの官能基数は２、モノオールの官能基数は１である。

Ｍｎ＝５６．１×官能基数×１０００／水酸基価

[0045] ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）のＭｎは、プライマリ樹脂層に適したヤング率を得る観点から、１００００以上５００００以下、１２０００以上４８０００以下、１４０００以上４６０００以下、１６０００以上４４０００以下、または２００００以上４００００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（Ｍｗ）は、１００００以上８００００以下、１２０００以上７８０００以下、１５０００以上７５０００以下、２００００以上７００００以下、または２５０００以上６００００以下であってもよい。

[0046] ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）のＭｎは、４０００以上２００００以下、５０００以上１８０００以下、６０００以上１５０００以下、または６２００以上１２０００以下であってもよい。ウレタン（メタ）アクリレー

ト（Ｂ）のＭｗは、４０００以上３００００以下、４５００以上２５０００以下、５０００以上２００００以下、または６０００以上１８０００以下であってもよい。

[0047] ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）およびウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）のＭｎおよびＭｗ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。

[0048] 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、１０質量部以上４０質量部以下、１５質量部以上３５質量部以下、または１５質量部以上３０質量部以下であってもよい。

[0049] ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）の含有量は、プライマリ樹脂層のヤング率を調整する観点から、樹脂組成物の総量１００質量部を基準として、３０質量部以上８０質量部以下、３５質量部以上７５質量部以下、または４０質量部以上７０質量部以下であってもよい。

[0050] ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）とウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）の合計量は、樹脂組成物の総量１００質量部を基準として、５０質量部以上９５質量部以下、６０質量部以上９０質量部以下、または６５質量部以上８５質量部以下であってもよい。

[0051] 本実施形態に係る光重合性化合物は、ウレタン結合を有しない光重合性化合物（以下、「モノマー」という。）を更に含んでもよい。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、および（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。

[0052] 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、フェノキシエチル（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、メトキシポリエチレングリコール（メタ）アクリレート、ブ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、３－フェノキシベンジル（メタ）アクリレート、メチルフェノキシエチル（メタ）アクリレート、フェノキシジエチレングリコール（メタ）アクリレート、フェノキシポリエチレングリコール（メタ）アクリレート、ｍ－フェノキシベンジル（メタ）アクリレート、２－（２－エトキシエトキシ）エチル（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、および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。

[0053] 多官能の（メタ）アクリル酸エステルとしては、例えば、エチレングリコールジ（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、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、トリエチレングリコールジ（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、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、１，３－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、ジエチレングリコールジ（メタ）アクリレート、１，６－ヘキサンジオールジ（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ＥＯ付加物ジ（メタ）アクリレート、ビスフェノールＦのＥＯ付加物ジ（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、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。

[0054] （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、および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。

[0055] 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、およびＮ－ビニル－Ｎ－メチルアセトアミドが挙げられる。Ｎ－ビニル化合物として、Ｎ－ビニルカプロラクタムまたはＮ－ビニルメチルオキサゾリジノンを用いてもよい。

[0056] 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、または２．５質量部以上１３質量部以下であってもよい。

[0057] モノマーの含有量は、樹脂組成物の総量１００質量部を基準として、５質量部以上４０質量部以下、７量部以上３７質量部以下、または１０質量部以上３５質量部以下であってもよい。

[0058] 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（Ｏｍｎｉｒａｄ　１８４、ＩＧＭ　Ｒｅｓｉｎｓ社製）、２，２－ジメトキシ－２－フェニルアセトフェノン（Ｏｍｎｉｒａｄ　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（Ｏｍｎｉｒａｄ　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（Ｏｍｎｉｒａｄ　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（Ｏｍｎｉｒａｄ　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（Ｏｍｎｉｒａｄ　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（Ｏｍｎｉｒａｄ　８１９、ＩＧＭ　Ｒｅｓｉｎｓ社製）、および２－メチル－１－［４－（メチルチオ）フェニル］－２－モルホリノプロパン－１－オン（Ｏｍｎｉｒａｄ　９０７、ＩＧＭ　Ｒｅｓｉｎｓ社製）が挙げられる。

[0059] 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またはエチル（２，４，６－トリメチルベンゾイル）－フェニルホスフィネートを含んでもよい。

[0060] 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、０．３質量部以上４質量部以下、または０．４質量部以上３質量部以下であってもよい。

[0061] 本実施形態に係る樹脂組成物は、増感剤、光酸発生剤、界面活性剤、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。

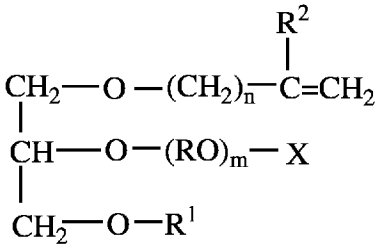
[0062] 増感剤としては、例えば、９，１０－ジブトキシアントラセン、９，１０－ジエトキシアントラセン、９，１０－ジプロポキシアントラセン、９，１０－ビス（２－エチルヘキシルオキシ）アントラセン等のアントラセン化合物、２，４－ジエチルチオキサントン、２，４－ジエチルチオキサンテン－９－オン、２－イソプロピルチオキサントン、４－イソプロピルチオキサントン等のチオキサントン化合物、トリエタノールアミン、メチルジエタノー

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、およびベンゾフェノン化合物が挙げられる。

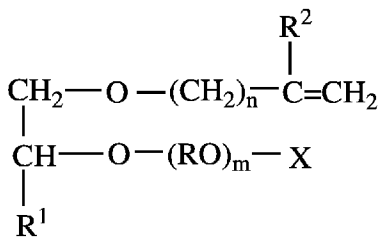
[0063] 光酸発生剤としては、A^+B^-の構造をしたオニウム塩を用いてもよい。光酸発生剤としては、例えば、ＣＰＩ－１００Ｐ、１０１Ａ、１１０Ｐ、２００Ｋ、２１０Ｓ、３１０Ｂ、４１０Ｓ（サンアプロ株式会社製）、Ｏｍｎｉｃａｔ　２７０、２９０（ＩＧＭ　Ｒｅｓｉｎｓ社製）等のスルホニウム塩、ＣＰＩ－ＩＫ－１（サンアプロ株式会社製）、Ｏｍｎｉｃａｔ　２５０（ＩＧＭ　Ｒｅｓｉｎｓ社製）、ＷＰＩ－１１３、１１６、１２４、１６９、１７０（富士フイルム和光純薬株式会社製）等のヨードニウム塩が挙げられる。

[0064] 界面活性剤としては、例えば、ポリオキシエチレンアルキルエーテル、ポリオキシエチレンソルビタン脂肪酸エステル、ポリオキシエチレンソルビトール脂肪酸エステル、ポリオキシエチレンモノエステル、ポリオキシエチレジエステル、イソステアリン酸ポリオキシエチレングリセリル、トリイソステアリン酸ポリオキシエチレングリセリル、ソルビタン脂肪酸エステル、下記式（１）で表される化合物、および下記式（２）で表される化合物が挙げられる。

[0065] [化1]



(1)



(2)

[0066] 式（１）および式（２）において、Ｒは、炭素数２～４のアルキレン基を示し、R^1は、炭素数１～２０の炭化水素基を示し、R^2は、水素原子またはメチル基を示し、Ｘは水素原子またはSO_3NH_4を示し、ｍは０～１００の整数を示し、ｎは０～１２の整数を示す。ｍが２以上の場合、複数のＲは同じであっても異なっていてもよい。

[0067] Ｒで示される炭素数２～４のアルキレン基としては、例えば、エチレン基、プロピレン基、およびブチレン基が挙げられる。耐水性および耐油性により優れる観点から、Ｒは、エチレン基であってもよい。R^1で示される炭化水素基の炭素数は、耐水性および耐油性により優れる観点から、５～２０、８～１８、または１０～１５であってもよい。R^1で示される炭化水素基は、直鎖状、分岐鎖状または環状であってもよい。R^1で示される炭化水素基は、脂肪族炭化水素基または芳香族炭化水素基であってもよい。脂肪族炭化水素基としては、例えば、炭素数１～２０のアルキル基が挙げられる。芳香族炭化水素基としては、例えば、アルキル基で置換されたフェニル基が挙げられる。アルキル基で置換されたフェニル基におけるアルキル基の炭素数は、１～１４または１～１０であってもよい。アルキル基で置換されたフェニル基としては、例えば、オクチルフェニル基およびノニルフェニル基が挙げられる。R^2は、耐水性および耐油性により優れる観点から、水素原子であってもよい。ｍは、１～５０、２～４０、３～３０、４～２５、または５～２０の整数であってもよい。ｎは、０～１０、０～８、０～６、０～３、または１～３の整数であってもよい。

[0068] 式（１）で表される化合物としては、例えば、株式会社ＡＤＥＫＡ製アデカリアソープＳＲ－１０、ＳＲ－２０、ＳＲ－１０２５、ＳＲ－２０２５、ＳＲ－３０２５、ＳＥ－１０Ｎ、ＳＥ－１０２５Ａ、ＥＲ－１０、ＥＲ－２０、ＥＲ－３０、ＥＲ－４０、ＮＥ－１０、ＮＥ－２０、およびＮＥ－３０が挙げられる。式（２）で表される化合物としては、例えば、第一工業製薬株式会社製アクアロンＫＨ－０５、ＫＨ－１０、およびＫＨ－２０が挙げられる。

[0069] 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、３－（メタ）アクリロキシプロピルトリメトキシシラン、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、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、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モイ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テトラスルフィドが挙げられる。シランカップリング剤として、樹脂組成物中のビニル基量を調整する観点から、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、３－（メタ）アクリロキシプロピルトリメトキシシラン等の光重合性のエチレン性不飽和基を有するシラン化合物を用いてもよい。

[0070] 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、０．５Ｐａ・ｓ以上２０Ｐａ・ｓ以下、０．８Ｐａ・ｓ以上１８Ｐａ・ｓ以下、または１Ｐａ・ｓ以上１５Ｐａ・ｓ以下であってもよい。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１０s^{-1}の条件で測定することができる。

[0071] 樹脂組成物を積算光量１０ｍＪ／ｃｍ^{2}および照度１００ｍＷ／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℃で０．２０ＭＰａ以上０．８０ＭＰａ以下であってもよい。樹脂フィルムのヤング率が０．２０ＭＰａ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０．８０ＭＰａ以下であると、光ファイバの耐マイクロベンド特性を向上し易くなる。樹脂フィルムのヤング率は、０．２２ＭＰａ以上、０．２４ＭＰａ以上、または０．２５ＭＰａ以上であってもよく、

０．７５ＭＰａ以下、０．７０ＭＰａ以下、０．６５ＭＰａ以下、または０．６０ＭＰａ以下であってもよい。耐マイクロベンド特性と低温特性を両立する観点から、樹脂フィルムのヤング率は、０．２５ＭＰａ以上０．６０ＭＰａ以下であってもよい。

[0072]（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およびクラッド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およ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。

[0073] クラッド１２はコア１１を取り囲んでいる。コア１１およびクラッド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、または、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、または、フッ素が添加された石英ガラスを用いることができる。

[0074] 図１において、例えば、ガラスファイバ１３の外径（Ｄ２）は１００μｍから１２５μｍ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、７μｍから１５μｍ程度である。被覆樹脂層１６の厚さは、通常、２２μｍから７０μｍ程度である。プライマリ樹脂層１４およびセカンダリ樹脂層１５の各層の厚さは、５μｍから５０μｍ程度であってもよい。

[0075] ガラスファイバ１３の外径が１２５μｍ程度で、被覆樹脂層１６の厚さが６０μｍ以上７０μｍ以下の場合、プライマリ樹脂層１４およびセカンダリ樹脂層１５の各層の厚さは、１０μｍから５０μｍ程度であってよく、例えば、プライマリ樹脂層１４の厚さが３５μｍで、セカンダリ樹脂層１５の厚さが２５μｍであってよい。光ファイバ１０の外径は、２４５μｍから２６５μｍ程度であってよい。

[0076] ガラスファイバ１３の外径が１２５μｍ程度で、被覆樹脂層１６の厚さが２０μｍ以上４８μｍ以下の場合、プライマリ樹脂層１４およびセカンダリ樹脂層１５の各層の厚さは、８μｍから３８μｍ程度であってよく、例えば

、プライマリ樹脂層１４の厚さが２５μｍで、セカンダリ樹脂層１５の厚さが１０μｍであってよい。光ファイバ１０の外径は、１６５μｍから２２１μｍ程度であってよい。

[0077] ガラスファイバ１３の外径が１００μｍ程度で、被覆樹脂層１６の厚さが２２μｍ以上３７μｍ以下の場合、プライマリ樹脂層１４およびセカンダリ樹脂層１５の各層の厚さは、５μｍから３２μｍ程度であってよく、例えば、プライマリ樹脂層１４の厚さが２５μｍで、セカンダリ樹脂層１５の厚さが１０μｍであってよい。光ファイバ１０の外径は、１４４μｍから１７４μｍ程度であってよい。

[0078] 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および低温特性に優れる光ファイバを作製することができる。

[0079] 本実施形態に係る光ファイバの製造方法は、コアおよ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。

[0080] 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℃±２℃で０．８０ＭＰａ以下、０．７５ＭＰａ以下、０．７０ＭＰａ以下、０．６５ＭＰａ以下、または０．６０ＭＰａ以下であってもよい。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℃±２℃で０．０５ＭＰａ以上、０．０７ＭＰａ以上、０．１０ＭＰａ以上、０．２０ＭＰａ以上、または０．２５ＭＰａ以上であってもよい。

[0081] 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（プライマリ樹脂層お

よ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Ｄｐ、ガラスファイバの外径をＤｆ、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。

ヤング率（ＭＰａ）＝（（１＋ｎ）Ｗ／πＬＺ）×ｌｎ（Ｄｐ／Ｄｆ）

[0082] 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。

[0083] 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、セカンダリ樹脂層のヤング率は、２３℃±２℃で６００ＭＰａ以上、７００ＭＰａ以上、または８００ＭＰａ以上であってもよい。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靭性を付与する観点から、２３℃±２℃で３０００ＭＰａ以下、２５００ＭＰａ以下、または２０００ＭＰａ以下であってもよい。

[0084] 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１／５００００以上１／１０００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℃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。

[0085] 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、耐マイクロベンド特性と低温特性に優れる光ファイバを製造することができる。

[0086]（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。

[0087] 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。

[0088] 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、一部また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、２２０μｍ以上２８０μｍ以下であってもよい。中心間距離を２２０μｍ以上２８０μｍ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、１６４μｍ以上２８５μｍ以下であってもよい。

[0089] 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。

[0090] 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、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。

[0091] 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、１５０μｍ以上２２０μｍ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。

[0092] 本実施形態に係る光ファイバリボンは、長手方向およ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。

[0093] 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、光ファイバリボンを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。

[0094] 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および低温特性に優れ、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。

[0095] （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。スロット内には、上記光ファイバリボンを、各スロット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、スロットの断面積に対するスロット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。

[0096] 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および６を参照しつつ説明する。図５および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。

[0097] 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。

[0098] 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７１が設けられた構造となっている。複数のスロット７１は、光ファイバケーブル７０の長手方向に螺旋状またはＳＺ状に撚られた形状で設けられていてもよい。各スロット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。外被６４および７５は、例えば、ポリ塩化ビニル、ポリエチレン等から構成される。

[0099] 本実施形態に係る光ファイバまた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および低温特性に優れる。

実施例

[0100] 以下、本開示に係る実施例およ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。

[0101] ［ウレタンアクリレート（Ａ）の合成］

（Ａ－１）

Ｍｎ１２０００のポリプロピレングリコール（ＡＧＣ株式会社製の商品名「ＰＲＥＭＩＮＯＬ　Ｓ４０１３Ｆ」）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２．０で、６０℃で１時間反応させ、ＮＣＯ末端プレポリマーを調製した。上記反応の際、触媒としてジブチルスズジラウレートを最終的な全仕込み量に対して、２００ｐｐｍ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、５００ｐｐｍ添加した。次に、ＮＣＯ末端プレポリマーのＮＣＯに対して、ＯＨのモル比が１

．０５となるように２－ヒドロキシエチルアクリレート（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、Ｍｎが２４５００、Ｍｗが２９７００、ビニル基量が０．１５９ｍｍｏｌ／ｇであった。

[0102] （Ａ－２）

Ｍｎ１２０００のポリプロピレングリコールをＭｎ１８０００のポリプロピレングリコール（ＡＧＣ株式会社製の商品名「ＰＲＥＭＩＮＯＬ　Ｓ４３１８Ｆ」）に変更した以外はウレタンアクリレート（Ａ－１）の合成と同様にして、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、Ｍｎが３６７００、Ｍｗが４９０００、ビニル基量が０．１０８ｍｍｏｌ／ｇであった。

[0103] ［ウレタンアクリレート（Ｂ）の合成］

（Ｂ－１）

Ｍｎ１２０００のポリプロピレングリコールをＭｎ３０００のポリオキシプロピレンモノブチルエーテル（ＡＧＣ株式会社製の商品名「ＰＲＥＭＩＮＯＬ　Ｓ１００４Ｆ」）に変更した以外はウレタンアクリレート（Ａ－１）の合成と同様にして、ウレタンアクリレート（Ｂ－１）を得た。ウレタンアクリレート（Ｂ－１）は、Ｍｎが６５００、Ｍｗが７３００、ビニル基量が０．３０４ｍｍｏｌ／ｇであった。

[0104] （Ｂ－２）

Ｍｎ１２０００のポリプロピレングリコールをＭｎ５０００のポリオキシプロピレンモノブチルエーテル（日油株式会社製の商品名「アクロビュートＭＢ－９０」）に変更した以外はウレタンアクリレート（Ａ－１）の合成と同様にして、ウレタンアクリレート（Ｂ－２）を得た。ウレタンアクリレート（Ｂ－２）は、Ｍｎが１００００、Ｍｗが１６７００、ビニル基量が０．１８９ｍｍｏｌ／ｇであった。

[0105] （Ｂ－３）

アクロビュートＭＢ－９０と２－アクリロイルオキシエチルイソシアネー

ト（株式会社レゾナック製の商品名「カレンズＡＯＩ」）とをＮＣＯ／ＯＨが１．０で、６０℃で１時間反応させ、ウレタンアクリレート（Ｂ－３）を得た。上記反応の際、触媒として、ジブチルスズジラウレートを最終的な全仕込み量に対して、２００ｐｐｍを添加し、重合禁止剤として、ＢＨＴを最終的な全仕込み量に対して、５００ｐｐｍ添加した。ウレタンアクリレート（Ｂ－３）は、Ｍｎが８５００、Ｍｗが１５７００、ビニル基量が０．１９５ｍｍｏｌ／ｇであった。

[0106] プライマリ被覆用の樹脂組成物のモノマーとして、ノニルフェノールポリエチレングリコールアクリレート（Ｍｉｗｏｎ製の商品名「Ｍｉｒａｍｅｒ Ｍ１６４」、ビニル基量：２．２２２ｍｍｏｌ／ｇ）、アクリロイルモルホリン（ＡＣＭＯ、ビニル基量：７．０８４ｍｍｏｌ／ｇ）、Ｎ－ビニルカプロラクタム（ＮＶＣＬ、ビニル基量：７．１８４ｍｍｏｌ／ｇ）、ネオペンチルグリコールジアクリレート（ＮＰＧ、ビニル基量：９．４２３ｍｍｏｌ／ｇ）を準備した。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（Ｏｍｎｉｒａｄ 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、ビニル基量：４．２６８ｍｍｏｌ／ｇ）を準備した。

[0107] ポリプロピレングリコールおよびポリオキシプロピレンブチルモノエーテルのＭｎ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ＭｎおよびＭｗ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：２０μＬ、サンプル温度：１５℃、移動相：ＴＨＦ、有機溶媒用ＸＴカラム：粒子径２．５μｍ、ポアサイズ４５０Å、カラム内径４．６×カラム長１５０ｍｍ＋粒子径２．５μｍ、ポアサイズ１２５Å、カラム内径４．６×カラム長１５０ｍｍ＋粒子径１．７μｍ、ポアサイズ４５Å、カラム内径４．６×カラム長１５０ｍｍ、カラム温度：４０℃、流速：０．８ｍＬ／分の条件で測定した。

[0108] ［プライマリ被覆用の樹脂組成物］

表１または表２に示す配合量（質量部）で、ウレタンアクリレート、モノマー、光重合開始剤、およ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１～１１は、実施例に相当し、試験例１２～１４は比較例に相当する。

[0109] ［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、１０ｍＪ／ｃｍ^{2}および１００ｍＷ／ｃｍ^{2}の条件で硬化させ、ＰＥＴフィルム上に厚さ２００μｍ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。

[0110] （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±２℃、５０±１０％ＲＨの条件下で、引張試験機を用いて１ｍｍ／分の引張速度、標線間距離２５ｍｍ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。

[0111] ［セカンダリ被覆用の樹脂組成物］

Ｍｎ１２０００のポリプロピレングリコールを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」）に変更した以外はウレタンアクリレート（Ａ－１）の合成と同様にして、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。

[0112] 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、Ｏｍｎｉｒａｄ　ＴＰＯを１質量部、１－ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトン（Ｏｍｎｉｒａｄ　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。

[0113] ［光ファイバ］

直径１２５μｍ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およ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２０μｍ、セカンダリ樹脂層１５の厚さを１５μｍとし、外径１９５μｍの光ファイバを得た。光ファイバの作製は、製造速度２０００ｍ／分および３０００ｍ／分で行った。

[0114]（低温特性）

ガラスボビンに張力５０ｇで一層巻に光ファイバを巻き付け、２３℃、－４０℃および－６０℃のそれぞれの温度条件下で、波長１５５０ｎｍの信号光の伝送特性を測定し、伝送損失を求めた。－４０℃での伝送損失から２３℃での伝送損失を引いた伝送損失差が０ｄＢ未満の場合を「Ａ」、０ｄＢ以上０．０１ｄＢ／ｋｍ以下の場合を「Ｂ」、０．０１ｄＢ／ｋｍを超える場合を「Ｃ」と評価した。

[0115]（耐マイクロベンド特性）

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。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との差が０．５ｄＢ／ｋｍ未満の場合を「Ａ」、０．５ｄＢ／ｋｍ以上１．０ｄＢ／ｋｍ以下の場合を「Ｂ」、１．０ｄＢ／ｋｍを超える場合を「Ｃ」と評価した。

[0116]（偏肉率）

プライマリ樹脂層の最小厚みをプライマリ樹脂層の最大厚みで割ることでプライマリ樹脂層の偏肉率（プライマリ樹脂層の最小厚み／プライマリ樹脂層の最大厚み×１００）を算出した。偏肉率が８０％以上の場合を「Ａ」、

７０％以上８０％未満の場合を「Ｂ」、７０％未満の場合を「Ｃ」と評価した。

[0117] [表1]

	ビニル基量 (mmol/g)	試験例							
		1	2	3	4	5	6	7	8
A－1	0.159	20.0	20.0	25.0	－	－	－	－	－
A－2	0.108	－	－	－	30.0	25.0	15.0	20.0	36.0
B－1	0.304	50.0	50.0	60.0	45.0	50.0	75.0	70.0	48.0
B－2	0.189	－	－	－	－	－	－	－	－
B－3	0.195	－	－	－	－	－	－	－	－
NVC	7.184	14.0	7.0	7.0	14.0	7.0	4.0	4.0	7.0
ACMO	7.084	5.0	2.0	2.0	5.0	2.0	4.0	4.0	7.0
M164	2.222	9.0	19.0	4.0	4.0	14.0	－	－	－
NPG	9.423	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
APTMS	4.268	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
TPO	－	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
総ビニル基量(mmol/100g)		181.2	131.9	102.4	168.6	120.3	88.3	87.3	125.2
ウレタンアクリレート(B)のビニル基量／ウレタンアクリレート(A)のビニル基量		4.8	4.8	4.6	4.2	5.6	14.1	9.9	3.8
ヤング率(MPa)		0.42	0.41	0.67	0.42	0.35	0.23	0.29	0.43
低温特性	2000m／分	A	A	A	A	A	A	A	A
	3000m／分	B	A	A	A	A	B	A	A
耐マイクロベンド特性	2000m／分	A	A	B	A	A	A	A	A
	3000m／分	A	A	B	A	A	A	A	A
偏肉率	2000m／分	A	A	A	A	A	A	A	A
	3000m／分	A	A	A	A	A	A	A	B

[0118]

[表2]

	ビニル基量（mmol/g）	試験例					
		9	10	11	12	13	14
A－1	0.159	－	－	－	15.0	10.0	－
A－2	0.108	20.0	25.0	15.0	－	－	15.0
B－1	0.304	－	－	－	40.0	80.0	－
B－2	0.189	60.0	－	75.0	－	－	75.0
B－3	0.195	－	60.0	－	－	－	－
NVC	7.184	7.0	7.0	4.0	14.0	4.0	4.0
ACMO	7.084	－	－	4.0	5.0	4.0	－
M164	2.222	11.0	6.0	－	24.0	－	4.0
NPG	9.423	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
APTMS	4.268	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
TPO	―	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
総ビニル基量（mmol/100g）		95.1	84.8	79.7	210.7	89.8	60.3
ウレタンアクリレート（B）のビニル基量／ウレタンアクリレート（A）のビニル基量		5.3	4.3	8.8	5.1	15.3	8.8
ヤング率（MPa）		0.25	0.31	0.23	0.25	0.35	0.19
低温特性	2000m／分	A	A	B	B	C	C
	3000m／分	A	A	B	C	C	C
耐マイクロベンド特性	2000m／分	A	A	A	A	A	A
	3000m／分	A	A	A	A	A	A
偏肉率	2000m／分	A	A	A	A	A	A
	3000m／分	A	A	A	A	A	A

符号の説明

[0119] １０，１０Ａ…光ファイバ

１１…コア

１２…クラッド

１３…ガラスファイバ

１４…プライマリ樹脂層

１５…セカンダリ樹脂層

１６…被覆樹脂層

２０…連結部

２１…非連結部

４０…連結樹脂層

６０，７０…光ファイバケーブル

６１…円筒型のチューブ

６２…介在

６３，７３…テンションメンバ

６４，７５…外被

６５…引き裂き紐

７１…スロット

７２…スロットロッド

７４…押さえ巻きテープ

１００，１００Ａ，１００Ｂ…光ファイバリボン

Ｄ１…直径

Ｄ２…外径

Ｆ…中心間距離

Ｔ…厚さ

請求の範囲

[請求項1] ２官能のウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）および単官能のウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）を含む光重合性化合物と、光重合開始剤と、シランカップリング剤と、を含有する樹脂組成物であり、

前記ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）が、数平均分子量８０００以上２００００以下のジオールと、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であり、

前記樹脂組成物の総量１００質量部におけるビニル基の総量が７０ｍｍｏｌ以上２００ｍｍｏｌ以下であり、前記ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）のビニル基量に対する、前記ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）のビニル基量の比が３．７以上１５．０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] 前記樹脂組成物の総量１００質量部におけるビニル基の総量が８０ｍｍｏｌ以上１８０ｍｍｏｌ以下である、請求項１に記載の樹脂組成物。

[請求項3] 前記ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）のビニル基量に対する、前記ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）のビニル基量の比が４．０以上１０．０以下である、請求項１または請求項２に記載の樹脂組成物。

[請求項4] 前記樹脂組成物の総量１００質量部を基準として、前記ウレタン（メタ）アクリレート（Ａ）の含有量が１０質量部以上４０質量部以下であり、前記ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）の含有量が３０質量部以上８０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] 前記ウレタン（メタ）アクリレート（Ｂ）が、数平均分子量２０００以上１００００以下のモノオールと、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、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、前記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１０ｍＪ／ｃｍ^{2}および照度１００ｍＷ／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℃で０．２０ＭＰａ以上０．８０ＭＰａ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℃で０．２５ＭＰａ以上０．６０ＭＰａ以下である、請求項７に記載の樹脂組成物。

[請求項9] 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] コアおよ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、

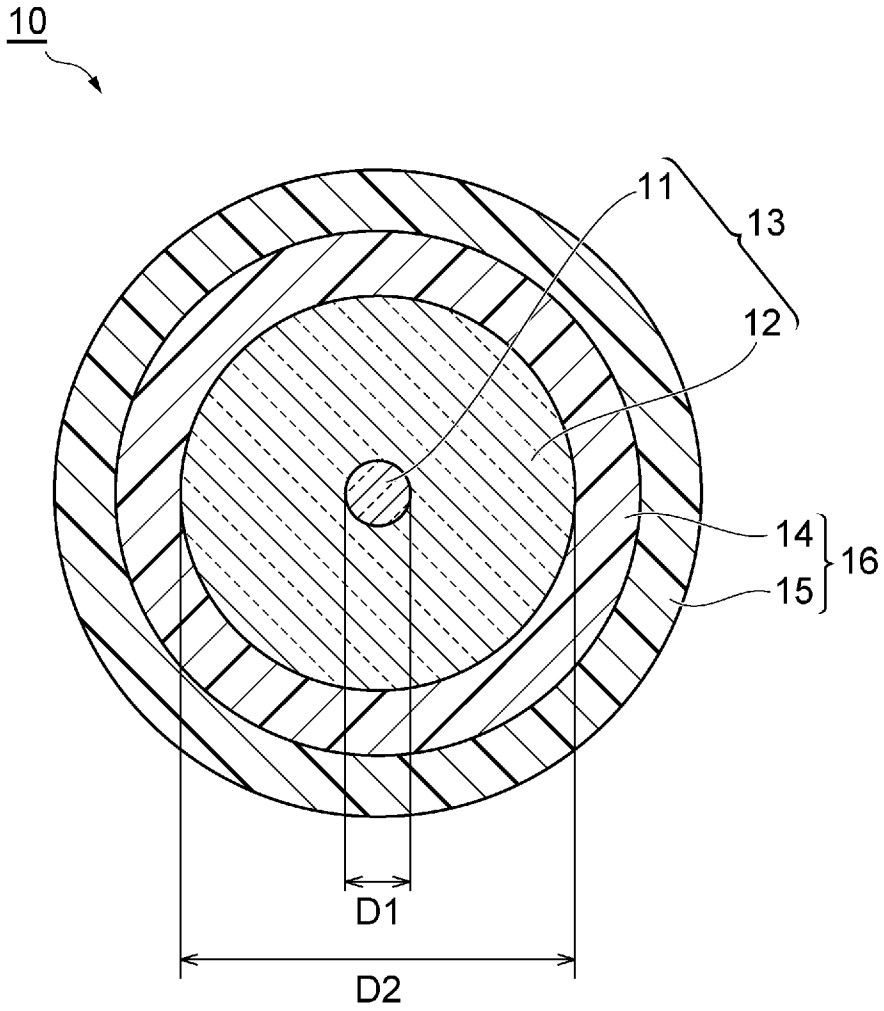
を含む、光ファイバの製造方法。

[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。

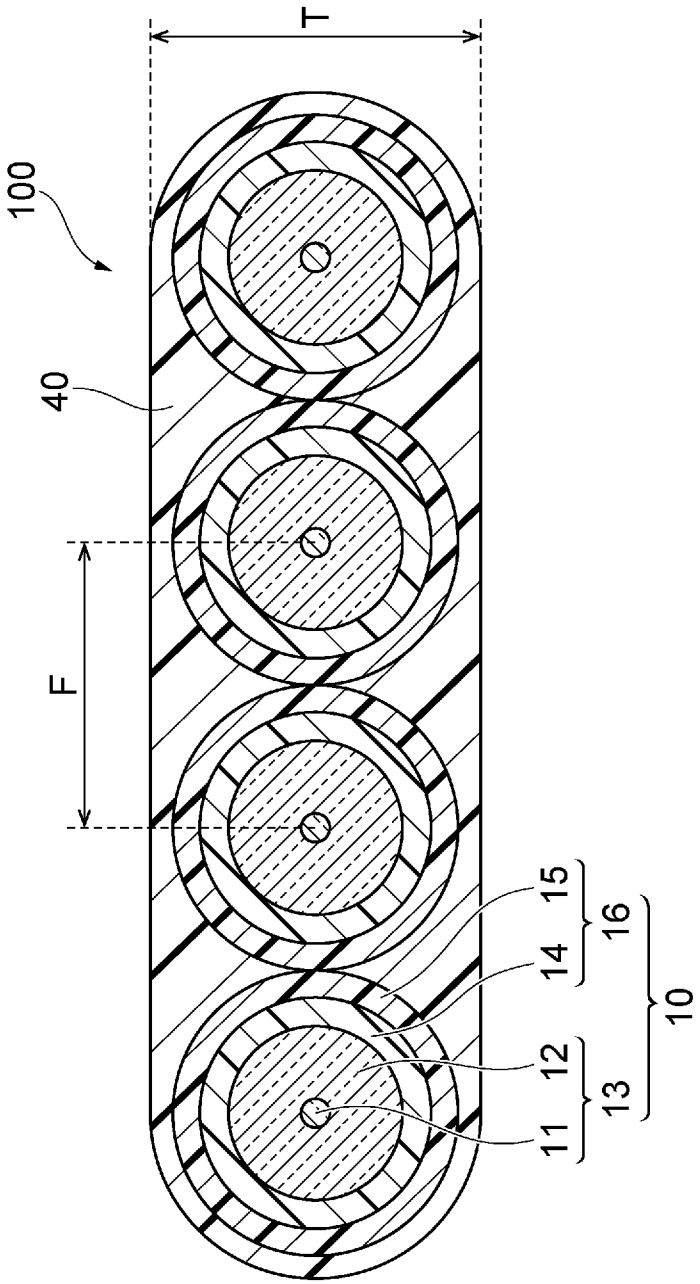
[請求項12] 請求項１１に記載の光ファイバリボンが、ケーブル内に収納された、光ファイバケーブル。

[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。

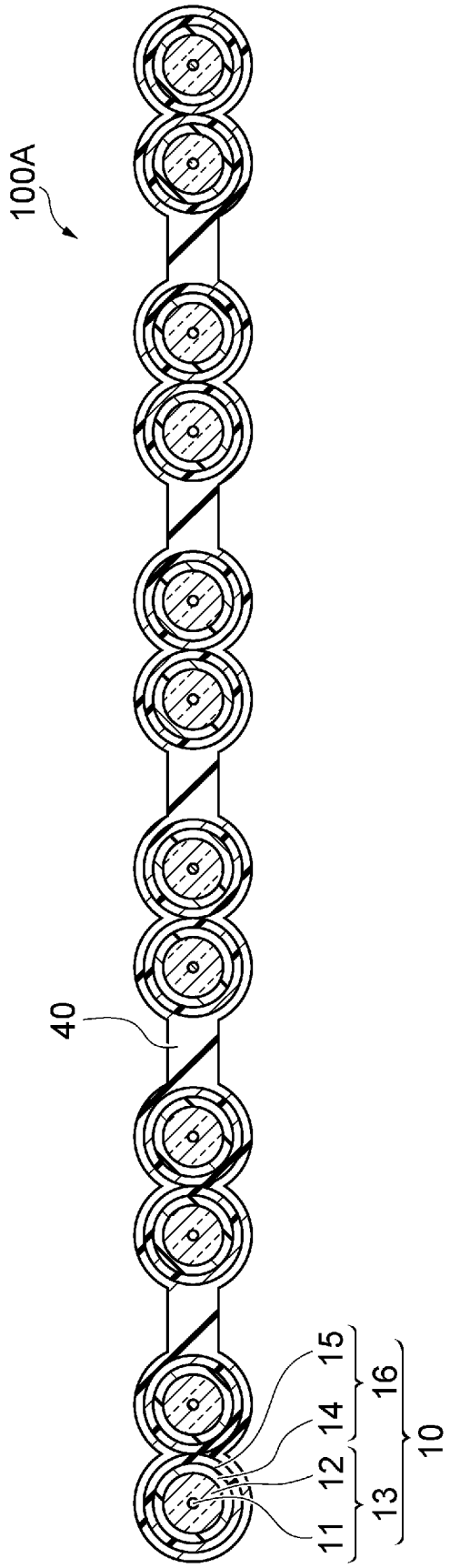
[図1]



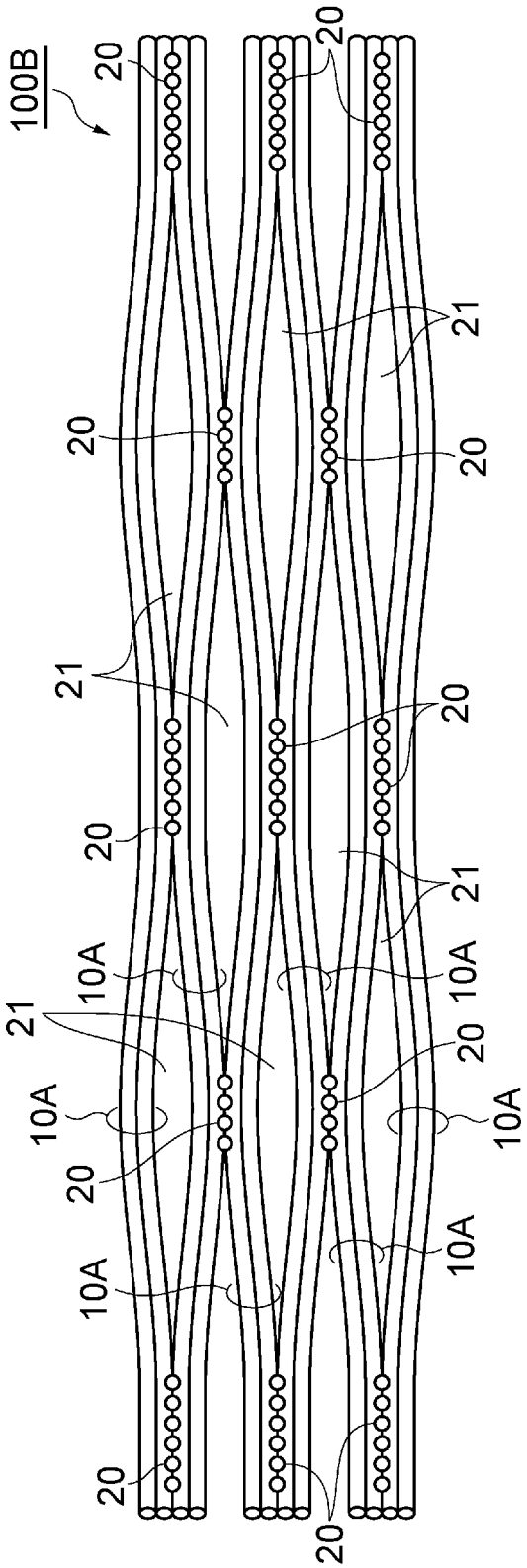
[図2]



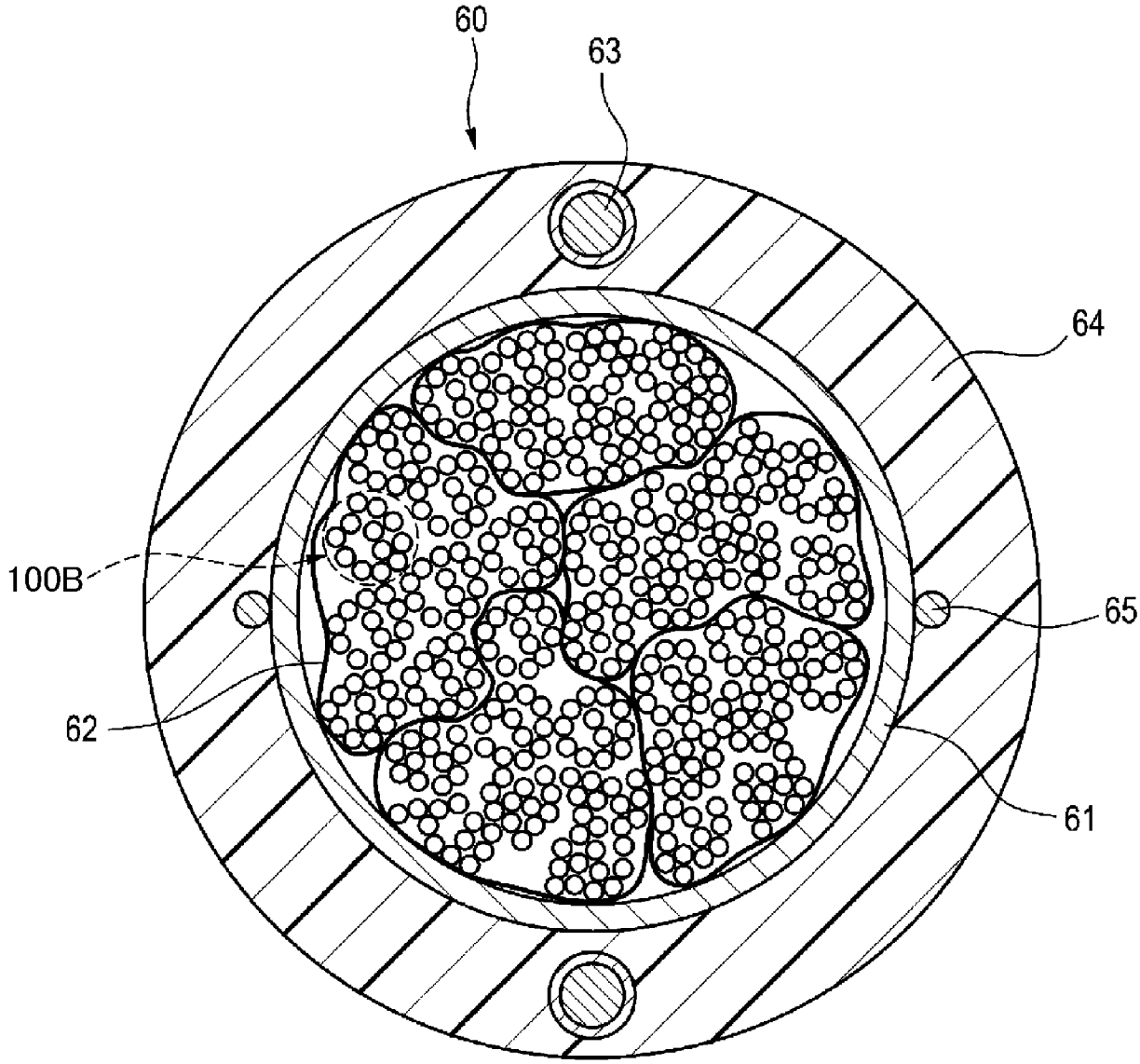
[図3]



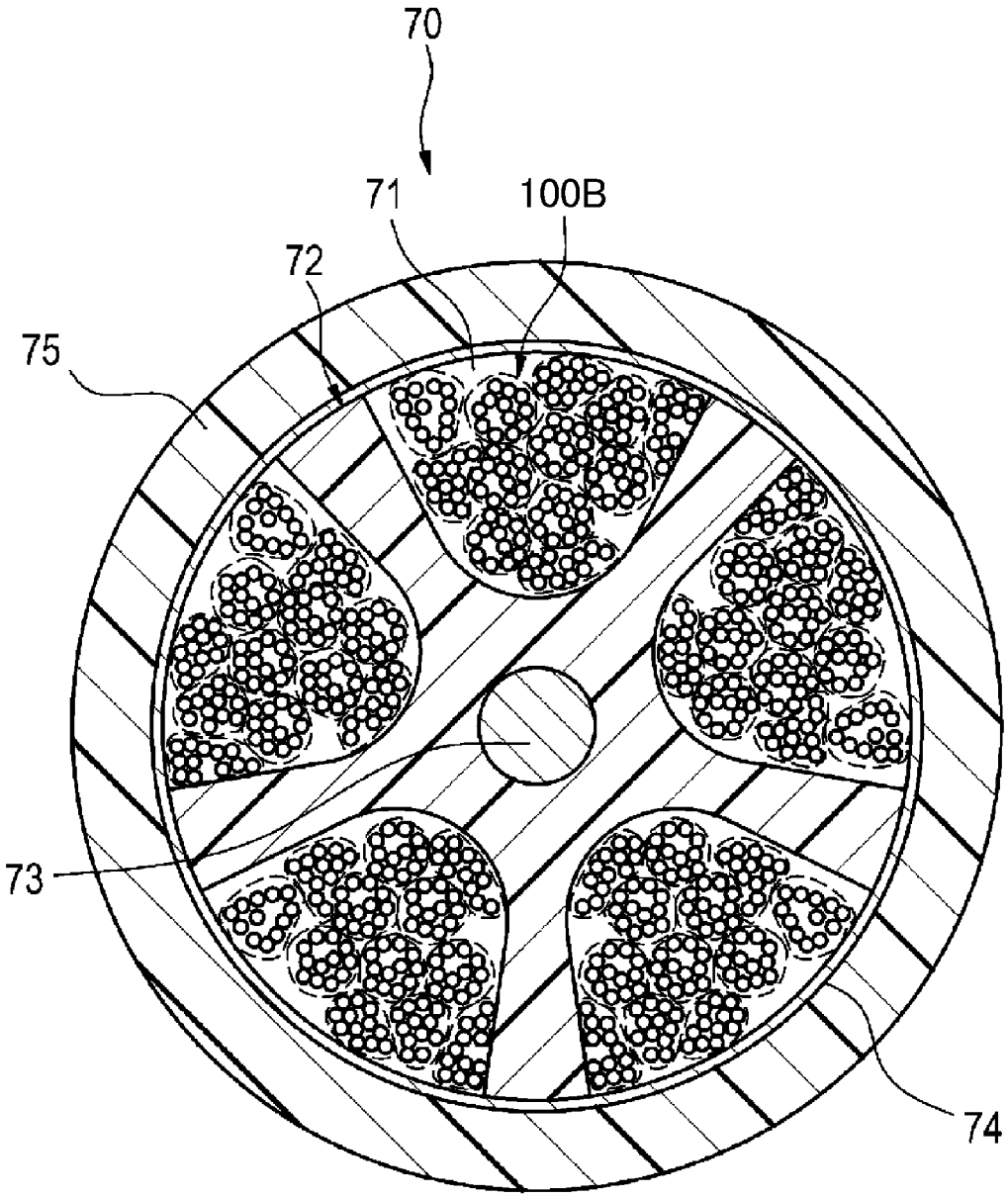
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/017506

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03C 25/1065(2018.01)i; ***C03C 25/326***(2018.01)i; ***C08F 290/06***(2006.01)i; ***G02B 6/44***(2006.01)i
FI: C03C25/1065; C08F290/06; G02B6/44 331; G02B6/44 301A; G02B6/44 371; G02B6/44 366; C03C25/326

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; C08F290/06; 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 1971-2024
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.
A	WO 2022/138119 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 30 June 2022 (2022-06-30)	1-13
A	WO 2022/168476 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 11 August 2022 (2022-08-11)	1-13
A	JP 2007-297467 A (JSR CORPORATION) 15 November 2007 (2007-11-15)	1-13
A	JP 2001-226150 A (DAINIPPON INK & CHEMICALS INC.) 21 August 2001 (2001-08-21)	1-13
P, A	WO 2023/139898 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 27 July 2023 (2023-07-27)	1-13

☐ 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
"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	Date of mailing of the international search report
05 July 2024	**30 July 2024**

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/017506

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2022/138119 A1	30 June 2022	US 2024/0116807 A1	
		EP 4265578 A1	
		CN 116568651 A	
WO 2022/168476 A1	11 August 2022	US 2024/0101474 A1	
		EP 4289876 A1	
		CN 116710497 A	
JP 2007-297467 A	15 November 2007	(Family: none)	
JP 2001-226150 A	21 August 2001	(Family: none)	
WO 2023/139898 A1	27 July 2023	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/017506

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 25/326(2018.01)i; C08F 290/06(2006.01)i; G02B 6/44(2006.01)i
FI: C03C25/1065; C08F290/06; G02B6/44 331; G02B6/44 301A; G02B6/44 371; G02B6/44 366; C03C25/326

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; C08F290/06; 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	１９７１－２０２４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
A	WO 2022/138119 A1 (住友電気工業株式会社) 30.06.2022 (2022-06-30)	1-13
A	WO 2022/168476 A1 (住友電気工業株式会社) 11.08.2022 (2022-08-11)	1-13
A	JP 2007-297467 A (ＪＳＲ株式会社) 15.11.2007 (2007-11-15)	1-13
A	JP 2001-226150 A (大日本インキ化学工業株式会社) 21.08.2001 (2001-08-21)	1-13
P, A	WO 2023/139898 A1 (住友電気工業株式会社) 27.07.2023 (2023-07-27)	1-13

☐ 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	国際調査報告の発送日
05.07.2024	30.07.2024

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）
山本　佳 4T 3837
電話番号 03-3581-1101 内線 3435

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/JP2024/017506

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2022/138119 A1	30.06.2022	US 2024/0116807 A1	
		EP 4265578 A1	
		CN 116568651 A	
WO 2022/168476 A1	11.08.2022	US 2024/0101474 A1	
		EP 4289876 A1	
		CN 116710497 A	
JP 2007-297467 A	15.11.2007	（ファミリーなし）	
JP 2001-226150 A	21.08.2001	（ファミリーなし）	
WO 2023/139898 A1	27.07.2023	（ファミリーなし）	