(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7509147号
(P7509147)

(45)発行日　令和6年7月2日(2024.7.2)

(24)登録日　令和6年6月24日(2024.6.24)

(51)国際特許分類

		FI		
Ｇ０２Ｂ	*6/44 (2006.01)*	Ｇ０２Ｂ	6/44	３７１
Ｃ０３Ｃ	*25/106 (2018.01)*	Ｇ０２Ｂ	6/44	３８１
Ｃ０３Ｃ	*25/285 (2018.01)*	Ｃ０３Ｃ	25/106	
Ｃ０３Ｃ	*25/47 (2018.01)*	Ｃ０３Ｃ	25/285	
Ｃ０３Ｃ	*25/255 (2018.01)*	Ｃ０３Ｃ	25/47	

請求項の数　6　（全14頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2021-536639(P2021-536639)
(86)(22)出願日　令和2年6月4日(2020.6.4)
(86)国際出願番号　PCT/JP2020/022108
(87)国際公開番号　WO2021/019908
(87)国際公開日　令和3年2月4日(2021.2.4)
審査請求日　令和5年4月5日(2023.4.5)
(31)優先権主張番号　特願2019-137900(P2019-137900)
(32)優先日　令和1年7月26日(2019.7.26)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　000002130
住友電気工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号
(74)代理人　100088155
弁理士　長谷川 芳樹
(74)代理人　100113435
弁理士　黒木 義樹
(74)代理人　100136722
弁理士　▲高▼木 邦夫
(74)代理人　100174399
弁理士　寺澤 正太郎
(72)発明者　岩口 矩章
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　光ファイバリボン及び光ファイバケーブル

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

複数本の光ファイバがリボン用樹脂により被覆されてなる光ファイバリボンであって、

前記リボン用樹脂が、オリゴマー、モノマー及び光重合開始剤を含有するベース樹脂と、無機酸化物粒子と、を含む樹脂組成物の硬化物であり、

前記無機酸化物粒子が二酸化ケイ素を含み、

前記無機酸化物粒子が疎水性であり、前記無機酸化物粒子の表面に（メタ）アクリロイル基が導入されている、光ファイバリボン。

【請求項２】

前記無機酸化物粒子の含有量が、前記リボン用樹脂の総量を基準として、１質量％以上４５質量％以下である、請求項１に記載の光ファイバリボン。

【請求項３】

前記無機酸化物粒子の平均一次粒径が６５０ｎｍ以下である、請求項１又は請求項２に記載の光ファイバリボン。

【請求項４】

前記樹脂組成物が、さらに滑剤を含む、請求項１から請求項３のいずれか一項に記載の光ファイバリボン。

【請求項５】

前記リボン用樹脂のヤング率が、２３℃で１１００ＭＰａ以上２５００ＭＰａ以下である、請求項１から請求項４のいずれか一項に記載の光ファイバリボン。

【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リボンがケーブル内に収納されてなる、光ファイバケーブル。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、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、２０１９年７月２６日出願の日本出願第２０１９－１３７９００号に基づく優先権を主張し、当該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】
光ファイバ素線を複数本並べて一括被覆層により一体化した光ファイバテープ心線が知られている（例えば、特許文献１）。一括被覆層は紫外線硬化性樹脂から形成される。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【文献】特開平０５－０１９１５０号公報
【発明の概要】
【０００４】
本開示の一態様に係る光ファイバリボンは、複数本の光ファイバがリボン用樹脂により被覆されてなる光ファイバリボンであって、リボン用樹脂が、オリゴマー、モノマー及び光重合開始剤を含有するベース樹脂と、無機酸化物粒子と、を含む樹脂組成物の硬化物である、光ファイバリボンである。
【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、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。
【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]
光ファイバテープ心線の側圧特性をより向上するべく、一括被覆層のヤング率を高めることが考えられる。しかしながら、例えばベース樹脂のオリゴマー分子量や、配合物の比率を調整することでヤング率を高めようとすると、ヤング率の上昇とともに、光ファイバに加わる硬化歪が上昇する虞がある。この硬化歪により、テープ心線の伝送損失が増加する傾向がある。
【０００７】
本開示は上記事情に鑑みてなされたものであり、高い側圧特性を実現できると共に、伝送損失の増加を抑制することのできる、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、高い側圧特性を実現できると共に、伝送損失の増加を抑制することのできる、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。
本開示の一態様に係る光ファイバリボンは、複数本の光ファイバがリボン用樹脂により被覆されてなる光ファイバリボンであって、リボン用樹脂が、オリゴマー、モノマー及び光重合開始剤を含有するベース樹脂と、無機酸化物粒子と、を含む樹脂組成物の硬化物である。このような光ファイバリボンによれば、高い側圧特性を実現できると共に、伝送損失の増加を抑制することができる。リボン用樹脂に無機酸化物粒子を含めることにより、

硬化歪を上昇させることなくヤング率を高めることができる。また、当該無機酸化物粒子により、光ファイバリボンの表面の滑り性が向上し、リボン同士の貼り付きを抑制できる。これは、無機酸化物粒子による微小な凹凸がリボン表面に形成されるためと考えられる。さらに、無機物が含まれることで、有機物だけで同程度のヤング率を得ようとする場合に比して表面硬度を高めることができる。これらの効果により、ケーブル化時にも損失増加し難い光ファイバリボンとなると考えられる。本実施形態に係る光ファイバリボンは、高密度に収納する際などに急峻に曲げることが可能である。例えば側圧特性が低いとされるφ２００以下の光ファイバを用いた場合であっても、ボビン巻き時やケーブル化時における伝送損失増加を抑制することができる。

【００１０】

一態様において、無機酸化物粒子が、二酸化ケイ素、二酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化チタン、酸化スズ及び酸化亜鉛からなる群より選ばれる少なくとも１種を含む粒子であってよい。これらの粒子は、樹脂組成物中での分散性に優れ、ヤング率を調整し易い。

【００１１】

一態様において、無機酸化物粒子が疎水性であってよい。疎水性の基が導入された無機酸化物粒子は、樹脂組成物中での分散性に優れる。

【００１２】

一態様において、無機酸化物粒子の含有量が、リボン用樹脂の総量を基準として、１質量％以上４５質量％以下であってよい。

【００１３】

一態様において、無機酸化物粒子の平均一次粒径が６５０ｎｍ以下であってよい。

【００１４】

一態様において、樹脂組成物が、さらに滑剤を含んでよい。

【００１５】

一態様において、リボン用樹脂のヤング率が、２３℃で１１００ＭＰａ以上２５００ＭＰａ以下であってよい。

【００１６】

本開示の一態様に係る光ファイバリボンは、複数本の光ファイバがリボン用樹脂により被覆されてなる光ファイバリボンであって、リボン用樹脂が、無機酸化物粒子を含み、リボン用樹脂のヤング率が、２３℃で１１００ＭＰａ以上２５００ＭＰａ以下である。このような光ファイバリボンによれば、高い側圧特性を実現できると共に、伝送損失の増加を抑制することができる。

【００１７】

一態様において、リボン用樹脂が、さらに滑剤を含んでよい。

【００１８】

本開示の一態様に係る光ファイバケーブルは、上記の光ファイバリボンがケーブル内に収納されてなるものである。上記光ファイバリボンを備える光ファイバケーブルもまた、高い側圧特性と、低伝送損失を両立することができる。

【００１９】

［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リボン及び光ファイバケーブルの具体例を、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。

【００２０】

＜光ファイバリボン＞

光ファイバリボンは、複数本の光ファイバがリボン用樹脂により被覆されてなるものである。

【００２１】
（リボン用樹脂）
リボン用樹脂（連結樹脂）は、ベース樹脂と、無機酸化物粒子と、を含む樹脂組成物の硬化物とすることができる。ベース樹脂は、オリゴマー、モノマー及び光重合開始剤を含有する。
【００２２】
オリゴマーは、ウレタン（メタ）アクリレートオリゴマーを含有することが好ましい。ウレタン（メタ）アクリレートオリゴマーとしては、ポリオール化合物、ポリイソシアネート化合物及び水酸基含有（メタ）アクリレート化合物を反応させて得られるオリゴマーを用いることができる。ここで、（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する。（メタ）アクリル酸についても同様である。
【００２３】
ポリオール化合物としては、例えば、ポリテトラメチレングリコール、ポリプロピレングリコ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。ポリイソシアネート化合物としては、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及びジシクロヘキシルメタン４，４’－ジイソシアナートが挙げられる。水酸基含有（メタ）アクリレート化合物としては、例えば、２－ヒドロキシエチル（メタ）アクリレート、２－ヒドロキシブチル（メタ）アクリレート、１，６－ヘキサンジオールモノ（メタ）アクリレート、ペンタエリスリトールトリ（メタ）アクリレート、２－ヒドロキシプロピル（メタ）アクリレート及びトリプロピレングリコールジ（メタ）アクリレートが挙げられる。
【００２４】
硬化物のヤング率を調整する観点から、ポリオール化合物の数平均分子量（Ｍｎ）は、３００以上３０００以下であってもよい。
【００２５】
ウレタン（メタ）アクリレートオリゴマーを合成する際の触媒として、一般に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。
【００２６】
ウレタン（メタ）アクリレートオリゴマー合成時に炭素数５以下の低級アルコールを使用してもよい。低級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、３－メチル－２－ブタノール及び２，２－ジメチル－１－プロパノールが挙げられる。
【００２７】
オリゴマーは、エポキシ（メタ）アクリレートオリゴマーを更に含有してもよい。エポキシ（メタ）アクリレートオリゴマーとしては、グリシジル基を２以上有するエポキシ樹脂に（メタ）アクリロイル基を有する化合物を反応させて得られるオリゴマーを用いることができる。
【００２８】
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。
【００２９】
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、ノニルフェノールＥＯ変性アクリレート、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－ポリカプロラクトン（メタ）アクリレート等のカルボキシル基含有モノマー；Ｎ－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－アクリロイルピペリジン、Ｎ－メタクリロイルピペリジン、Ｎ－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（メタ）アクリレート；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－ブチル（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Ｎ－置換アミド系モノマー；（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－オキシオ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。

【００３０】

多官能モノマーとしては、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、ビスフェノールＡのアルキレンオキシド付加物のジ（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、１，４－ブタンジオールジ（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、ビスフェノールＡのＥＯ付加物ジ（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、ジペンタエリトリトールヘキサ（メタ）アクリレート及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。

【００３１】

光重合開始剤としては、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、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、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－プロパン－１－オン（Ｏｍｎｉｒａｄ　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（Ｏｍｎｉｒａｄ　ＴＰＯ、ＩＧＭ　Ｒｅｓｉｎｓ社製）及びビス（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（Ｏｍｎｉｒａｄ　８１９、ＩＧＭ　Ｒｅｓｉｎｓ社製）が挙げられる。

【００３２】

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、滑剤等を更に含有してもよい。

【００３３】

シランカップリング剤としては、樹脂組成物の硬化の妨げにならなければ、特に限定されない。シランカップリング剤として、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－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。

【００３４】

滑剤として、例えば、シリコーンオイルが用いられる。シリコーンオイルは高分子量シリコーンオイル、またはジメチルシロキサン骨格の一部を有機基に変性した変性シリコーンオイル等、経時的に表面析出しにくいものがのぞましい。変性シリコーンオイルとしては、ポリエーテル変性、アミン変性、エポキシ変性、メルカプト変性、（メタ）アクリル変性、カルボキシル変性等されたシリコーンオイルが挙げられる。滑剤を含むことでさらにリボン同士の貼り付きを抑制することができ、ケーブル化した際に損失増加し難いリボンを得ることができる。

【００３５】

樹脂組成物の粘度は、４５℃で３００ｍＰａ・ｓ以上３５００ｍＰａ・ｓ以下であることが好ましく、３００ｍＰａ・ｓ以上２５００ｍＰａ・ｓ以下であることがより好ましく、３００ｍＰａ・ｓ以上２０００ｍＰａ・ｓ以下であることが更に好ましい。樹脂組成物の粘度が高すぎると塗布性が低下し易くなる。一方、樹脂組成物の粘度が低すぎると、偏肉が発生し易くなる。また、樹脂組成物は、後述のとおり光ファイバの被覆材料として用いることができるが、その際、樹脂組成物の粘度が高すぎると塗布性が低下し、樹脂層を

形成する際の被覆径が安定せずに光ファイバが断線し易くなる。一方、樹脂組成物の粘度が低すぎると、自己調芯力が働きにくく、偏肉が発生し易くなる。

【００３６】

（無機酸化物粒子）

無機酸化物粒子としては特に制限されないが、樹脂組成物中での分散性に優れ、ヤング率を調製し易いという観点から、二酸化ケイ素（シリカ）、二酸化ジルコニウム（ジルコニア）、酸化アルミニウム（アルミナ）、酸化マグネシウム（マグネシア）、酸化チタン（チタニア）、酸化スズ及び酸化亜鉛からなる群より選ばれる少なくとも１種を含む粒子であることが好ましい。廉価である、表面処理がし易い、紫外線透過性を有する、硬化物に適度な硬さを付与し易い等の観点から、無機酸化物粒子として、シリカ粒子を用いることがより好ましい。

【００３７】

無機酸化物粒子は疎水性であることが好ましい。具体的には、無機酸化物粒子の表面は、シラン化合物で疎水処理されていることが好ましい。ここで疎水処理とは、無機酸化物粒子の表面に疎水性の基を導入することを言う。疎水性の基が導入された無機酸化物粒子は、樹脂組成物中での分散性に優れる。疎水性の基としては、（メタ）アクリロイル基、ビニル基等の紫外線硬化性の反応性基、又は、炭化水素基（例えば、アルキル基）、アリール基（例えば、フェニル基）等の非反応性基であってもよい。無機酸化物粒子が反応性基を有する場合、ヤング率が高い樹脂層を形成し易くなる。

【００３８】

反応性基を有するシラン化合物としては、例えば、３－メタクリロキシプロピルトリメトキシシラン、３－アクリロキシプロピルトリメトキシシラン、３－メタクリロキシプロピルトリエトキシシラン、３－アクリロキシプロピルトリエトキシシラン、８－メタクリロキシオクチルトリメトキシシラン、８－アクリロキシオクチルトリメトキシシラン、７－オクテニルトリメトキシシラン、ビニルトリメトキシシラン及びビニルトリエトキシシラン等のシラン化合物が挙げられる。

【００３９】

アルキル基を有するシラン化合物としては、例えば、メチルトリメトキシシラン、ジメチルジメトキシシラン、エチルトリメトキシシラン、プロピルトリメトキシシラン、ブチルトリメトキシシラン、ペンチルトリメトキシシラン、ヘキシルトリメトキシシラン、オクチルトリメトキシシラン、メチルトリエトキシシラン、ジメチルジエトキシシラン、エチルトリエトキシシラン、プロピルトリエトキシシラン、ブチルトリエトキシシラン、ペンチルトリエトキシシラン、ヘキシルトリエトキシシラン及びオクチルトリエトキシシランが挙げられる。

【００４０】

無機酸化物粒子は、樹脂組成物への添加時に、分散媒に分散されていてよい。分散媒に分散された無機酸化物粒子を用いることで、樹脂組成物中に無機酸化物粒子を均一に分散でき、樹脂組成物の保存安定性を向上することができる。分散媒としては、樹脂組成物の硬化を阻害しなければ、特に限定されない。分散媒は、反応性であっても、非反応性であってもよい。

【００４１】

反応性の分散媒として、（メタ）アクリロイル化合物、エポキシ化合物等のモノマーを用いてもよい。（メタ）アクリロイル化合物としては、例えば、１，６－ヘキサンジオールジ（メタ）アクリレート、ＥＯ変性ビスフェノールＡ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、ＰＯ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、ポリテトラメチレングリコールジ（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、プロピレングリコールジグリシジルエーテルの（メタ）アクリル酸付加物、トリプロピレングリコールジグリシジルエーテルの（メタ）アクリル酸付加物、及びグリセリン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。分散媒として、後述するモノ

マーで例示する（メタ）アクリロイル化合物を用いてもよい。

【００４２】

非反応性の分散媒として、メチルエチルケトン（ＭＥＫ）、メチルイソブチルケトン（ＭＩＢＫ）等のケトン系溶媒、メタノール（ＭｅＯＨ）、プロピレングリコールモノメチルエーテル（ＰＧＭＥ）等のアルコール系溶媒、又は、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート（ＰＧＭＥＡ）等のエステル系溶媒を用いてもよい。非反応性の分散媒の場合、ベース樹脂と分散媒に分散された無機酸化物粒子とを混合した後、分散媒の一部を除去して樹脂組成物を調製してもよい。

【００４３】

樹脂組成物中での分散性に優れる観点から、無機酸化物粒子の平均一次粒径は、６５０ｎｍ以下であってもよく、６００ｎｍ以下が好ましく、５００ｎｍ以下がより好ましく、４００ｎｍ以下が更に好ましい。硬化後の強度に優れる観点から、無機酸化物粒子の平均一次粒径は、５ｎｍ以上が好ましく、１０ｎｍ以上がより好ましい。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。無機酸化物粒子の一次粒子が分散された分散媒は、一次粒子の粒径が小さい場合は目視で透明に見える。一次粒子の粒径が比較的大きい（４０ｎｍ以上）場合は、一次粒子が分散された分散媒は白濁して見えるが沈降物は観察されない。

【００４４】

無機酸化物粒子の含有量は、樹脂組成物の総量（ベース樹脂及び無機酸化物粒子の総量）を基準として１質量％以上４５質量％以下であり、２質量％以上４０質量％以下が好ましく、３質量％以上３５質量％以下がより好ましい。無機酸化物粒子の含有量が１質量％以上であると、強靭な硬化物を形成し易くなる。無機酸化物粒子の含有量が４５質量％以下であると、無機酸化物粒子が好適に分散された硬化物を形成し易くなる。樹脂組成物の総量と樹脂組成物の硬化物の総量は実質的に同一とすることができるため、上記無機酸化物粒子の含有量の規定は、リボン用樹脂の総量に対しても適用することができる。

【００４５】

リボン用樹脂のヤング率は、２３℃で１１００ＭＰａ以上２５００ＭＰａ以下とすることができるが、１１００ＭＰａ以上２０００ＭＰａ以下であることが好ましく、１４００ＭＰａ以上２０００ＭＰａ以下であることがより好ましい。リボン用樹脂のヤング率が１１００ＭＰａ以上であると、側圧特性を向上し易く、２５００ＭＰａ以下であると、リボン用樹脂に適度な靭性を付与できるため、リボン用樹脂に割れ等が発生し難くなる。

【００４６】

（光ファイバ）

図１は、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。

【００４７】

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。

【００４８】

図１において、例えば、ガラスファイバ１３の外径（Ｄ２）は１００μｍ以上１２５μｍ以下程度であり、ガラスファイバ１３を構成するコア１１の直径（Ｄ１）は、７μｍ以上１５μｍ以下程度である。被覆樹脂層１６の厚さは、通常、２２μｍ以上７０μｍ以下程度である。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、５μｍ以上５０μｍ以下程度であってもよい。

【００４９】

ガラスファイバ１３の外径（Ｄ２）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及びセカンダリ樹脂層１５の各層の

厚さは、１０μｍ以上５０μｍ以下程度であってよく、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以上２６５μｍ以下程度であってよい。

【００５０】

ガラスファイバ１３の外径（Ｄ２）が１２５μｍ程度で、被覆樹脂層１６の厚さが２７μｍ以上４８μｍ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、１０μｍ以上３８μｍ以下程度であってよく、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、１７９μｍ２２１μｍ以下程度であってよい。

【００５１】

ガラスファイバ１３の外径（Ｄ２）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及びセカンダリ樹脂層１５の各層の厚さは、５μｍ以上３２μｍ以下程度であってよく、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以上１７４μｍ以下程度であってよい。

【００５２】

リボン用樹脂を形成するための上記樹脂組成物は、セカンダリ樹脂層に適用することができる。セカンダリ樹脂層は、上記無機酸化物粒子とベース樹脂とを含む樹脂組成物を硬化させて形成することができる。これにより、光ファイバの側圧特性を向上することができる。

【００５３】

光ファイバの製造方法は、コア及びクラッドから構成される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。

【００５４】

セカンダリ樹脂層のヤング率は、２３℃で１３００ＭＰａ以上が好ましく、１３００ＭＰａ以上３６００ＭＰａ以下がより好ましく、１４００ＭＰａ以上３０００ＭＰａ以下が更に好ましい。セカンダリ樹脂層のヤング率が１３００ＭＰａ以上であると、側圧特性を向上し易く、３６００ＭＰａ以下であると、セカンダリ樹脂層に適度な靭性を付与できるため、セカンダリ樹脂層に割れ等が発生し難くなる。

【００５５】

プライマリ樹脂層１４は、例えば、ウレタン（メタ）アクリレートオリゴマー、モノマー、光重合開始剤及びシランカップリング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。ウレタン（メタ）アクリレートオリゴマー、モノマー、光重合開始剤及びシランカップリング剤としては、上記ベース樹脂で例示した化合物から適宜、選択してもよい。ただし、プライマリ樹脂層を形成する樹脂組成物は、セカンダリ樹脂層を形成するベース樹脂とは異なる組成を有している。

【００５６】

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。上記のとおり、光ファイバリボン１００は、複数本の光ファイバ１０がリボン用樹脂４０により（一体的に）被覆されてなるものである。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。

【００５７】

光ファイバ１０は隣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。ただし、隣り合う光ファイバ１０同士の中心間距離Ｆは２５０±３０μｍ以下であることが好ましい。中心間距離を２５０μｍ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。

【００５８】

光ファイバリボン１００の厚さＴは、光ファイバ１０の径にも依るが、１６４μｍ以上２８５μｍ以下であることが好ましい。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４０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リボン用樹脂の厚さは、２０μｍ以上４０μｍ以下とすることができる。

【００５９】

＜光ファイバケーブル＞

光ファイバケーブルは、上記の光ファイバリボンがケーブル内に収納されてなるものである。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を、各スロット溝における実装密度が２５％以上６５％以下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。

【実施例】

【００６０】

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。

【００６１】

[リボン用樹脂形成用の樹脂組成物]

（オリゴマー）

オリゴマーとして、分子量１０００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及び２－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たウレタンアクリレートオリゴマーを準備した。

【００６２】

（モノマー）

モノマーとして、２－フェノキシエチルアクリレート、トリプロピレングリコールジアクリレート、及びＮ－ビニルカプロラクタムを準備した。

【００６３】

（光重合開始剤）

光重合開始剤として、１－ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトン及び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を準備した。

【００６４】

（無機酸化物粒子）

無機酸化物粒子として、平均一次粒径が１０ｎｍ以上１５ｎｍ以下の疎水性シリカ粒子、平均一次粒径が７０ｎｍ以上１００ｎｍ以下の疎水性シリカ粒子、及び平均一次粒径が２５０ｎｍ以上３５０ｎｍ以下の疎水性シリカ粒子を準備した。これらのシリカ粒子は、メタクリロイル基を有しており、メチルエチルケトン（ＭＥＫ）に分散されていた。

【００６５】

ウレタンアクリレートオリゴマー７０質量部、２－フェノキシエチルアクリレート１０質量部、トリプロピレングリコールジアクリレート１３質量部、Ｎ－ビニルカプロラクタム５質量部、１－ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトン１質量部、及び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１質量部を混合して、ベース樹脂を調製した。

【００６６】

次いで、表１に示すシリカ粒子の含有量となるように、各シリカゾルをベース樹脂と混合した後、分散媒であるＭＥＫの大部分を減圧除去して、実施例及び比較例の樹脂組成物（リボン用樹脂形成用の樹脂組成物）をそれぞれ調製した。なお、実施例７では、樹脂組成物に滑剤としてシリコーンオイルを表１に示す量添加した。

【００６７】

【表１】

	実施例							比較例
	1	2	3	4	5	6	7	1
シリカ粒子の平均一次粒径（nm）	10～15	10～15	10～15	10～15	70～100	250～350	10～15	－
シリカ粒子の含有量（質量%）	10	20	30	45	20	45	20	－
シリコーンオイルの含有量（質量%）	－	－	－	－	－	－	1	－

【００６８】
［セカンダリ樹脂層用の樹脂組成物］
分子量１０００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及び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６０質量部と、イソボルニルアクリレート１９質量部と、トリメチロールプロパントリアクリレート２０質量部と、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１質量部とを混合して、セカンダリ樹脂層用の樹脂組成物を調製した。
【００６９】
［プライマリ樹脂層用の樹脂組成物］
分子量２０００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、２－ヒドロキシエチルアクリレート及びメタノールの反応物であるウレタンアクリレートオリゴマー７５質量部、ノニルフェノールＥＯ変性アクリレート１２質量部、Ｎ－ビニルカプロラクタム６質量部、１，６－ヘキサンジオールジアクリレート２質量部、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１質量部、及びγ－メルカプトプロピルトリメトキシシラン１質量部を混合して、プライマリ樹脂層用の樹脂組成物を調製した。
【００７０】
［光ファイバの作製］
コア及びクラッドから構成される直径１２５μmのガラスファイバの外周に、プライマリ樹脂層用の樹脂組成物と、セカンダリ樹脂層用の樹脂組成物とを塗布し、その後、紫外線を照射させることで樹脂組成物を硬化させ、厚さ２０μmのプライマリ樹脂層とその外周に厚さ１７．５μmのセカンダリ樹脂層を形成して、直径２００μmの光ファイバを作製した。線速は１５００m／分とした。
【００７１】
［光ファイバリボンの作製］
隣接して並列された４本の上記光ファイバの外周に、リボン用樹脂形成用の樹脂組成物を塗布し、その後、紫外線を照射させることで樹脂組成物を硬化させた。これにより、厚さ（図２で示すところの厚さＴ）が２３０μmの光ファイバリボンを作製した。樹脂組成物を硬化させる際の線速は５００m／分とした。
【００７２】
［光ファイバケーブルの作製］
６つ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を準備した。上記光ファイバリボンは、各スロット溝における実装密度が５０%となるようにスロット溝内に実装された。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。
【００７３】
［各種評価］
実施例及び比較例で得られたリボン用樹脂形成用の樹脂組成物、光ファイバケーブルを

用いて、以下の評価を行った。結果を表２に示す。

【００７４】

（ヤング率）

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、１０００±１００ｍＪ／ｃｍ^{2}の条件で硬化させた。これによりＰＥＴフィルム上に厚み２００±２０μｍの樹脂層を形成した。樹脂層をＰＥＴフィルムから剥がし、樹脂フィルムを得た。

【００７５】

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いて評価サンプルとした。この評価サンプルを、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２５ｍｍの条件で引張り、応力－歪み曲線を得た。そして２．５％割線によりヤング率を求めた。

【００７６】

（ケーブル損失特性）

光ファイバケーブルを低温（－４０℃）環境下に静置し、信号光の波長が１．５５μｍの時の伝送損失の値を測定した。測定値を以下の基準に従い評価した。

Ａ：伝送損失が０．３ｄＢ／ｋｍ以下。

Ｂ：伝送損失が０．３ｄＢ／ｋｍ超０．５ｄＢ／ｋｍ以下。

Ｃ：伝送損失が０．５ｄＢ／ｋｍ超。

【００７７】

【表２】

	実施例							比較例
	1	2	3	4	5	6	7	1
ヤング率（MPa）	1100	1300	1500	2000	1200	1400	1300	1000
ケーブル損失特性	B	B	A	A	B	B	A	C

【００７８】

実施例の光ファイバリボンは優れた側圧特性を有しており、かつ伝送損失の増加を抑制することができた。

【符号の説明】

【００７９】

１０　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

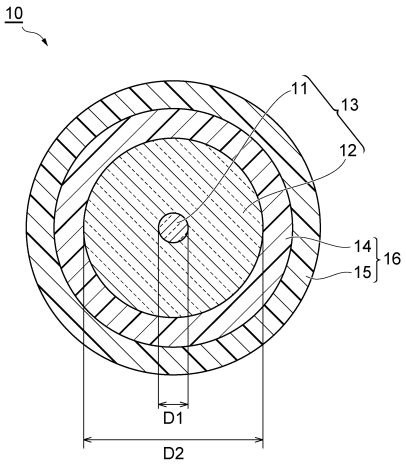
１６　被覆樹脂層

４０　リボン用樹脂

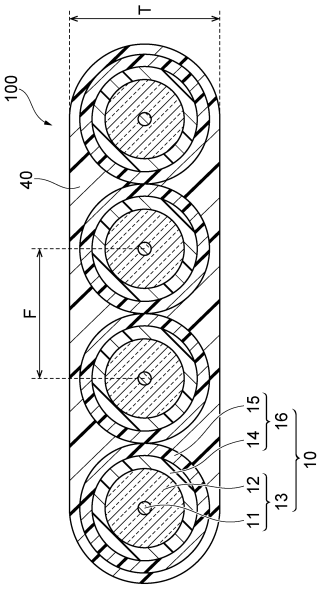
１００　光ファイバリボン

【図面】

【図１】



【図２】



フロントページの続き

(51)国際特許分類
Ｃ０３Ｃ　25/6226(2018.01)
Ｃ０３Ｃ　25/48　(2006.01)

ＦＩ
Ｃ０３Ｃ　25/255
Ｃ０３Ｃ　25/6226
Ｃ０３Ｃ　25/48

(72)発明者　浜窪 勝史
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
(72)発明者　徳田 千明
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

審査官　野口 晃一

(56)参考文献
国際公開第２０１８／１１７０６８（WO，Ａ１）
国際公開第２０１７／０９４５６０（WO，Ａ１）
米国特許出願公開第２０１８／０３２０００３（ＵＳ，Ａ１）
特表２００９－５１８６６４（ＪＰ，Ａ）
特表２０１８－５２６６８７（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１９／１７２４４３（WO，Ａ１）
中国特許出願公開第１０４３１２０６５（ＣＮ，Ａ）
特開平０２－１１８６０８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－０３７１９２（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－１００３２６（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２００８／００４５６２３（ＵＳ，Ａ１）
特開２００５－３０１２３７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｃ０３Ｃ　２５／００－２５／７０
Ｇ０２Ｂ　６／４４