

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6286832号  
(P6286832)

(45) 発行日 平成30年3月7日(2018.3.7)

(24) 登録日 平成30年2月16日(2018.2.16)

(51) Int.Cl. F I  
**GO2B 6/44 (2006.01)** GO2B 6/44 381  
**HO1B 11/22 (2006.01)** HO1B 11/22

請求項の数 9 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2013-18435 (P2013-18435)	(73) 特許権者	000002130
(22) 出願日	平成25年2月1日(2013.2.1)		住友電気工業株式会社
(65) 公開番号	特開2014-149438 (P2014-149438A)		大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(43) 公開日	平成26年8月21日(2014.8.21)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	平成28年1月21日(2016.1.21)		弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100108257
			弁理士 近藤 伊知良
		(74) 代理人	100136722
			弁理士 ▲高▼木 邦夫
		(72) 発明者	本間 祐也
			神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ケーブル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コア及び前記コアを取り囲むクラッドを有する光ファイバと、  
熱可塑性樹脂からなり、前記光ファイバを囲む外被と、  
編組目を有し、前記外被の内側に配置される編組と、を備え、  
前記外被の内周面が前記編組と密着されていて前記外被が前記編組目によって前記編組と一体化され、  
前記外被と前記編組との密着力が 0.25 N/mm 以上 3.0 N/mm 以下であることを特徴とする光ケーブル。

【請求項 2】

110 で 2 時間加熱した際の前記外被の収縮率が 1.0 % 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の光ケーブル。

【請求項 3】

前記編組の内側に配置されるインナーチューブと、抗張力体繊維と、を更に備え、  
 前記インナーチューブの内部空間に前記光ファイバと前記抗張力体繊維とを配置することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光ケーブル。

【請求項 4】

前記編組の内側にメタル線を更に備えることを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の光ケーブル。

【請求項 5】

前記メタル線が同軸線であることを特徴とする請求項 4 に記載の光ケーブル。

【請求項 6】

前記編組の内側にプラスチックヤーンを更に備えることを特徴とする請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載の光ケーブル。

【請求項 7】

前記光ファイバがテープ心線の形状であることを特徴とする請求項 1 ~ 6 の何れか一項に記載の光ケーブル。

【請求項 8】

前記光ファイバを構成するガラス領域の径が 105 μm 以下であることを特徴とする請求項 1 ~ 7 の何れか一項に記載の光ケーブル。

10

【請求項 9】

前記光ファイバの前記コアがガラスからなり、前記光ファイバの前記クラッドがプラスチックからなることを特徴とする請求項 1 ~ 8 の何れか一項に記載の光ケーブル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ケーブルに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、信号伝送のために機器間又は機器内の部品を接続する分野（以下「インターコネクト分野」と記す）では、メタルケーブルが用いられてきたが、伝送容量の増大や伝送速度の高速化に伴い、近年は、メタルケーブルに代えて、光ケーブルが用いられ始めている（例えば特許文献 1 参照）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2012 - 043557 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、一般的に用いられる幹線系の光ケーブルをインターコネクト分野にそのまま用いようとした場合、かかる光ケーブルに組み込まれている鋼線が、インターコネクト分野で必要とされる光ケーブルの柔軟性を損なう。他方、幹線系の光ケーブルから鋼線を単に取り除く構成とした場合、光ケーブルの外被が低温によって収縮した際、内部の光ファイバが蛇行し伝送損失が増加してしまうという問題もあった。このため、インターコネクト分野に用いられる光ケーブルでは、光ケーブルの柔軟性を維持しつつ光ケーブルが収縮等した際の伝送損失の増加を防止することが必要であった。

30

【0005】

そこで、本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであり、柔軟性の維持と伝送損失の増加防止とを両立させることができる光ケーブルを提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するため、本発明に係る光ケーブルは、コア及びコアを取り囲むクラッドを有する光ファイバと、光ファイバを囲む外被と、編組目を有し外被の内側に配置される編組とを備え、外被が編組目によって編組と一体化されていることを特徴としている。

【0007】

この光ケーブルでは、外被が編組目によって編組と一体化されている。この場合、編組を抗張力体として機能させることができるため、編組と一体化された外被の収縮が抑制され、これにより、低温時における外被の収縮に伴う光ファイバの蛇行も抑制され、光ケー

50

ブルの伝送損失の増加が防止される。また、編組を抗収縮体として用いているため、光ケーブルの柔軟性を維持することもできる。

【0008】

上記光ケーブルにおいて、外被と編組との密着力が $0.25\text{ N/mm}$ 以上 $3.0\text{ N/mm}$ 以下であることが好ましい。外被と編組との密着力が $0.25\text{ N/mm}$ 未満だと光ケーブルの温度特性が劣ってしまう一方、外被と編組との密着力が $3.0\text{ N/mm}$ を超えると外被の除去が難しくなり、端末の加工性が劣ってしまう。なお、「温度特性」とは、寒暖の温度変化があった場合でも伝送損失への影響が少なくすむ特性をいい、温度特性のよい光ケーブルであれば、例えば、低温と高温との間でヒートサイクルを複数回行った場合であっても光ケーブルの伝送損失が少なくすむ。

10

【0009】

上記光ケーブルにおいて、光ケーブルを $110^\circ\text{C}$ で2時間加熱した際の外被の収縮率が $1.0\%$ 以下であることが好ましい。外被の収縮率が $1.0\%$ 以下である場合、光ケーブルの温度特性が更に良好になる。

【0010】

上記光ケーブルは、編組の内側に配置されるインナーチューブと、抗張力体繊維とを更に備えており、インナーチューブの内部空間に光ファイバと抗張力体繊維とを配置してもよい。この場合、光ファイバと編組との間にインナーチューブがあることになり、光ファイバが編組と直接接触し、光ファイバに傷がつくことを防止することができる。また、インナーチューブの存在により、衝撃特性を向上させることができる。また、抗張力体繊維と光ファイバとを同一空間に配置することで、更に衝撃特性を向上させることができる。なお、「衝撃特性」とは、外部から光ケーブルに対して衝撃があった場合でも伝送損失への影響が少なくすむ特性をいい、衝撃特性のよい光ケーブルであれば、例えば、重りを所定の高さから光ケーブルの同じ箇所にも所定回数落下させた場合であっても光ケーブルの伝送損失が少なくすむ。

20

【0011】

上記光ケーブルは、編組の内側に導体を絶縁被覆した電線であるメタル線を更に備えてもよい。この場合、メタル線により、光ケーブルに給電機能や低速信号通信機能を持たせることができる。なお、メタル線が同軸線であってもよく、同軸線であることにより、より長距離の低速信号の通信を行うことができる。

30

【0012】

上記光ケーブルは、編組の内側にプラスチックヤーンを更に備えていてもよい。編組前のコアが円形でない場合、ケーブルに凹凸が生じて外観不良になってしまう。例えば、上記メタル線を配置した場合、その外周の空間にプラスチックヤーンを配置し埋めることで、編組前のコアを円形にすることができる。

【0013】

また、上記メタル線やプラスチックヤーンは長手方向に撚られて配置されることが好ましい。撚ることでケーブルの曲げ方向性が生じず、どの方向にも一様に曲げることが出来る。

【0014】

上記光ケーブルにおいて、光ファイバがテープ心線の形状であることが好ましい。この場合、光ファイバ同士が交差することを防止して、光ケーブルの側圧特性を向上させることができる。なお、「側圧特性」とは、光ケーブルに側圧負荷がかかった場合でも伝送損失への影響が少なくすむ特性をいい、側圧特性のよい光ケーブルであれば、例えば、マンドレルを用いて光ケーブルに所定の負荷を与えた場合であっても光ケーブルの伝送損失が少なくすむ。

40

【0015】

上記光ケーブルにおいて、光ファイバを構成するガラス領域の径が $105\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。この場合、光ケーブルが曲げにより破断する可能性を低減させることができる。なお、上記光ケーブルにおいて、光ファイバのコアがガラスからなり、光ファ

50

イバのクラッドがプラスチックからなってもよい。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、柔軟性の維持と伝送損失の増加防止とを両立させることができる光ケーブルを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】第1実施形態の光ケーブルの断面図である。

【図2】第2実施形態の光ケーブルの断面図である。

【図3】第3実施形態の光ケーブルの断面図である。

【図4】第4実施形態の光ケーブルの断面図である。

【図5】第5実施形態の光ケーブルの断面図である。

【図6】光ファイバテープ心線10Aの断面構成例を示す図である。

【図7】光ファイバテープ心線10Bの断面構成例を示す図である。

【図8】光ファイバテープ心線10Cの断面構成例を示す図である。

【図9】光ファイバテープ心線10Dの断面構成例を示す図である。

【図10】光ファイバテープ心線10Eの断面構成例を示す図である。

【図11】外被と編組との密着力を測定するための方法を模式的に示した図である。

【図12】実施例及び比較例の各光ケーブルの構造をまとめた図表である。

【図13】実施例及び比較例の各光ケーブルに用いられる光ファイバの構造をまとめた図表である。

【図14】実施例及び比較例の各光ケーブルの評価結果をまとめた図表である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には、同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

【0019】

図1は、第1実施形態の光ケーブル1の断面図である。図1は、光ケーブルの軸方向に垂直な断面を示す。光ケーブル1は、光ファイバテープ心線10、抗張力体繊維20、インナーチューブ30、プラスチックヤーン40、同軸電線50（メタル線）、編組60および外被70を備えている。

【0020】

光ファイバテープ心線10（10A～10E、図6～図10参照）は、複数の光ファイバが並列配置され、一体化されて構成される。複数の光ファイバは、一般的には、偶数の光ファイバである。この光ファイバテープ心線10を囲むようにインナーチューブ30が設けられている。つまり、光ファイバテープ心線10は、インナーチューブ30の内部空間に挿入されている。インナーチューブ30は、例えば、ポリ塩化ビニル（PVC）からなり、インナーチューブ30の内部空間に1つの光ファイバテープ心線10が挿入されている。インナーチューブ30内に光ファイバを含む光ファイバテープ心線10が挿入されていることで、光ファイバが編組60と接触して側圧特性が悪化することがないようになっており、また、衝撃特性も向上するようになっている。

【0021】

インナーチューブ30の内部空間には、光ファイバテープ心線10の周囲を覆うように抗張力体繊維20が設けられている。抗張力体繊維20としては、例えばアラミド繊維（東レ・デュポン株式会社製の「ケブラー（登録商標）」や帝人株式会社製の「テクノラ（登録商標）」）などを用いることが好ましい。このような抗張力体繊維20を設けることにより、光ケーブル1が引っ張られた際に光ファイバに伸び歪み加わりにくくなるだけでなく、抗張力体繊維20のクッション効果により、光ファイバを外部衝撃から保護する役割を果たすことができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 2 】

インナーチューブ 30 を囲むように、外被 70 が設けられている。外被 70 は、光ケーブル 1 を保護するものであり、例えば熱可塑性樹脂から構成され、具体的には、熱可塑性ポリウレタン ( T P U )、ポリ塩化ビニル ( P V C )、フッ素樹脂 ( 低融点 T H V ( 四フッ化エチレン、六フッ化プロピレン及びフッ化ビニリデンの三元重合体ポリマー ) が好ましい ) 又は、シリコンなどから構成される。

## 【 0 0 2 3 】

外被 70 の内部には、複数の編組目を有する編組 60 が外被 70 の内周面と密着するように配置されている。編組 60 は、例えば、数十  $\mu\text{m}$  の銅線を網目状にしたものであり、各編み目である編組目が外被 70 の内周面に食い込むように配置されている。このように編組 60 と外被 70 とが密着して一体化しており、編組 60 が光ケーブル 1 の抗収縮体として機能するようになっている。一方、編組 60 は数十  $\mu\text{m}$  の銅線から形成されておりその厚みが薄いため、十分な柔軟性も有している。なお、ここでいう「編組 60 が外被 70 に食い込む」とは、外被 70 を編組 60 から除去したときに、外被 70 の内側に編組 60 の網目の跡がついている状態をいう。

10

## 【 0 0 2 4 】

光ケーブル 1 では、低温と高温とのヒートサイクルを繰り返すことにより、外被 70 には収縮しようとする力が働くが、編組 60 と外被 70 とが一体化していることにより、編組 60 が抗収縮体として機能し、外被 70 の収縮を抑制する。この結果、外被 70 が収縮することに伴って光ファイバが蛇行したり又は蛇行による伝送損失が増加したりすることが好適に抑制される。

20

## 【 0 0 2 5 】

編組 60 と外被 70 とを一体化するには、例えば、外被 70 を押出成形する際に充実押出を行う方法が一例として挙げられる。充実押出により、編組 60 に圧力を加えながら樹脂を押出すことができるため、編組 60 と外被 70 との密着力を向上させることができる。外被 70 の材料の M F R ( メルトフローレート ) が高い樹脂を使用すると、押出時の樹脂粘度を下げるため、編組 60 への樹脂 ( つまり外被 70 ) の食い込み量を増加させて、両者の密着力をより一層向上させることができる。

## 【 0 0 2 6 】

このように、光ケーブル 1 では、編組 60 と外被 70 との密着力が向上されており、編組 60 と外被 70 との密着力は、例えば  $0.25\text{ N/mm}$  以上となっており、且つ、 $3.0\text{ N/mm}$  以下となっている。編組 60 と外被 70 との密着力が  $0.25\text{ N/mm}$  未満では密着力が不十分であり、温度特性が劣ってしまう場合がある。一方、編組 60 と外被 70 との密着力が  $3.0\text{ N/mm}$  を超えると、端末加工の際に外被 70 を編組 60 から除去するのが困難となり、加工性が低下してしまう。

30

## 【 0 0 2 7 】

ここでいう「密着力」とは、図 11 に示すようにして測定される。具体的には、まず光ケーブル 1 の外被 70 だけを剥ぎ、編組 60 を露出させる。続いて、光ケーブル 1 を編組 60 が通る程度の穴 102 が開いた治具 100 に挿入する。治具 100 は、光ケーブルの長さ方向 ( 図 11 の上下方向 ) に動かないように固定される。そして、光ケーブル 1 を矢印 S の方向に  $200\text{ mm/min}$  で引き上げ、編組 60 と残りの外被 70 とが引き剥される際の引き抜き力 [ N ] を測定する。最後に、測定された引き抜き力 [ N ] を外被 70 の内側の円周 [ mm ] で割ると、密着力 [ N/mm ] が算出される。なお、外被 70 の内側の円周は、外被 70 の内径  $\times$  円周率より算出される。

40

## 【 0 0 2 8 】

また、外被 70 とインナーチューブ 30 との間には、2 本の同軸電線 50 が対称となるように配置されており、その周りの空間をプラスチックヤーン 40 が埋められた構造となっている。プラスチックヤーン 40 は、例えば、ポリプロピレンからなる P P ヤーンであり、低収縮処理がなされているものが好ましい。同軸電線 50 を備えることにより、低速信号の通信機能を光ケーブル 1 に持たせることができる。また、同軸電線 50 を配置した

50

空間をプラスチックヤーン 40 で埋めたことで、ケーブルの内側に空間が生じて、外被に凹凸が生じるのを防ぐことができ、図 1 のように光ケーブル 1 の長さ方向に垂直な断面で光ケーブル 1 の形状を円形に保つことができる。

【 0 0 2 9 】

同軸電線 50 とプラスチックヤーン 40 は、例えば、光ケーブル 1 の軸方向に 60 mm ピッチでインナーチューブ 30 の外周を擦るように配置されている。なお、プラスチックヤーン 40 と同軸電線 50 との外周は、形状崩れを防止するために、紙テープ、PET テープ又はアルミテープなどによって押え巻を施すことが好ましい。押え巻を施した場合、光ケーブル 1 の製造工程において、押え巻した半製品を編組を被せて編んでいくときに、編組の断面（長さ方向に垂直な断面）を円形にすることができる。

10

【 0 0 3 0 】

このように構成される光ケーブル 1 は唯一つの光ファイバテープ心線 10 を備えるので、光ファイバテープ心線同士が交差することはなく、また、一つの光ファイバテープ心線 10 に含まれる複数の光ファイバが互いに交差することもなく、側圧が加えられたときの伝送損失の増加が抑制され得る。これにより、光ファイバがテープ心線の形状で抗張力繊維 20 と共にインナーチューブ 30 内に配置されている。

【 0 0 3 1 】

続いて、光ケーブル 1 に用いられる光ファイバテープ心線 10 の例について、図 6 ~ 図 10 を参照して説明する。

【 0 0 3 2 】

図 6 ~ 図 10 それぞれは、光ファイバテープ心線 10 の断面構成例を示す図である。これらの図に示される光ファイバテープ心線 10 A ~ 10 E それぞれは、本実施形態の光ケーブル 1 及び後述する光ケーブル 2 ~ 5 の光ファイバテープ心線 10 として用いられ得るものである。以下では光ファイバテープ心線 10 A ~ 10 E それぞれが 4 芯のものであるとして説明するが、これに限定されるものではない。

20

【 0 0 3 3 】

図 6 に示される光ファイバテープ心線 10 A は、4 本の光ファイバ 80 A が並列配置されて被覆 88 により一体化されたものである。各光ファイバ 80 A は、HPCF (Hard Plastic Clad Fiber) であり、ガラスからなるコア 81 と、プラスチックからなりコア 81 を取り囲むクラッド 82 と、クラッド 82 を取り囲む着色層 85 とを有する。光ファイバ 80 A では、例えば、コア 81 の径が 80  $\mu\text{m}$  であり、クラッド 82 の外径が 125  $\mu\text{m}$  であり、着色層 85 の外径が 135  $\mu\text{m}$  である。クラッド 82 は、例えばフッ素を含む紫外線硬化型樹脂などから形成される。

30

【 0 0 3 4 】

着色層 85 は、顔料等が添加されて色が付けられた紫外線硬化型樹脂などを使用することができる。各光ファイバテープ心線が異なる色で着色されることで、各光ファイバテープ心線をその色で識別することができる。また、光ファイバ 80 A は、曲げられた場合でも伝送損失の増加を抑えるために、その開口数 NA が 0.20 以上であることが好ましく、0.24 以上であることがより好ましいが、本実施形態の光ファイバ 80 A では、例えば開口数が 0.29 である。

40

【 0 0 3 5 】

このような光ファイバ 80 A は、ケーブル端末において接続される際、着色層 85 を除去してファイバ径を 125  $\mu\text{m}$  にし、フェルールと呼ばれるファイバ固定部材に挿入して固定される。

【 0 0 3 6 】

図 7 に示される光ファイバテープ心線 10 B は、4 本の光ファイバ 80 B が並列配置されて被覆 88 により一体化されたものである。各光ファイバ 80 B は、HPCF であり、ガラスからなるコア 81 と、プラスチックからなりコア 81 を取り囲むクラッド 82 と、クラッド 82 を取り囲むプライマリ被覆層 83 と、プライマリ被覆層 83 を取り囲むセカンダリ被覆層 84 と、セカンダリ被覆層 84 を取り囲む着色層 85 とを有する。光ファイ

50

バ 8 0 B では、例えば、コアの径が  $80 \mu\text{m}$  であり、クラッド 8 2 の外径が  $125 \mu\text{m}$  であり、プライマリ被覆層 8 3 の径が  $200 \mu\text{m}$  であり、セカンダリ被覆層 8 4 の径が  $245 \mu\text{m}$  であり、着色層 8 5 の外径が  $255 \mu\text{m}$  である。

【 0 0 3 7 】

プライマリ被覆層 8 3 およびセカンダリ被覆層 8 4 は通常の光ファイバケーブル心線に使用されるものと同様のものを使用することができる。例えば、ウレタン（メタ）アクリレート系の紫外線硬化型樹脂を使用することができる。プライマリ被覆層 8 3 はヤング率が比較的低い（ $0.1 \sim 10 \text{MPa}$ ）比較的柔らかい樹脂が使用され、セカンダリ被覆層 8 4 はヤング率が比較的高い（ $200 \sim 1500 \text{MPa}$ ）比較的硬い樹脂が使用される。図 6 に示される光ファイバケーブル心線に比べて、プライマリ被覆層 8 3 およびセカンダリ被覆層 8 4 が有る分、さらに側圧特性に優れる。

10

【 0 0 3 8 】

このような光ファイバ 8 0 B は、ケーブル端末において接続される際、プライマリ被覆層 8 3、セカンダリ被覆層 8 4 及び着色層 8 5 を除去してファイバ径を  $125 \mu\text{m}$  にし、フェルールと呼ばれるファイバ固定部材に挿入して固定される。光ファイバ 8 0 B は、曲げられた場合でも伝送損失の増加を抑えるため、例えばその開口数 NA が  $0.29$  となっている。

【 0 0 3 9 】

図 8 に示される光ファイバケーブル心線 1 0 C は、4 本の光ファイバ 8 0 C が並列配置されて被覆 8 8 により一体化されたものである。各光ファイバ 8 0 C は、AGF (All Glass Fiber) であり、ガラスからなるコア 8 1 と、ガラスからなりコア 8 1 を取り囲むクラッド 8 2 a と、クラッド 8 2 a を取り囲む密着被覆層 8 6 と、密着被覆層 8 6 を取り囲むプライマリ被覆層 8 3 と、プライマリ被覆層 8 3 を取り囲むセカンダリ被覆層 8 4 と、セカンダリ被覆層 8 4 を取り囲む着色層 8 5 とを有する。

20

【 0 0 4 0 】

光ファイバ 8 0 C では、例えば、コアの径が  $80 \mu\text{m}$  であり、クラッド 8 2 a の外径が  $100 \mu\text{m}$  であり、密着被覆層 8 6 の径が  $125 \mu\text{m}$  であり、プライマリ被覆層 8 3 の径が  $200 \mu\text{m}$  であり、セカンダリ被覆層 8 4 の径が  $245 \mu\text{m}$  であり、着色層 8 5 の外径が  $255 \mu\text{m}$  である。光ファイバ 8 0 C は、曲げられた場合でも伝送損失の増加を抑えるため、例えばその開口数 NA が  $0.29$  となっている。

30

【 0 0 4 1 】

なお、図 9 に示される光ファイバケーブル心線 1 0 D は、基本的な構成は、光ファイバケーブル心線 1 0 C と同様であり、4 本の光ファイバ 8 0 D が並列配置されて被覆 8 8 により一体化され、ガラスからなるコア 8 1 と、ガラスからなるクラッド 8 2 a と、密着被覆層 8 6 と、プライマリ被覆層 8 3 と、セカンダリ被覆層 8 4 と、着色層 8 5 とを有する。但し、具体的な径が異なっており、光ファイバ 8 0 D では、例えば、コアの径が  $50 \mu\text{m}$  であり、クラッド 8 2 a の外径が  $105 \mu\text{m}$  であり、密着被覆層 8 6 の径が  $125 \mu\text{m}$  であり、プライマリ被覆層 8 3 の径が  $200 \mu\text{m}$  であり、セカンダリ被覆層 8 4 の径が  $245 \mu\text{m}$  であり、着色層 8 5 の外径が  $255 \mu\text{m}$  である。光ファイバ 8 0 D は、曲げられた場合でも伝送損失の増加を抑えるために、例えばその開口数 NA が  $0.20$  となっている。

40

【 0 0 4 2 】

図 8 及び図 9 に示す光ファイバケーブル心線 1 0 C、1 0 D の光ファイバ 8 0 C、8 0 D をフェルールに挿入固定する際には、ガラスと密着力が高く、容易に剥がれない密着被覆層 8 6 が設けられているので、プライマリ被覆層 8 3、セカンダリ被覆層 8 4 及び着色層 8 5 を除去し、密着被覆径が  $125 \mu\text{m}$  である密着被覆層 8 6 を除去せずに、フェルールに挿入する。なお、汎用品のフェルールは外径  $125 \mu\text{m}$  のファイバを挿入する穴径となっていることが多いため、このような密着被覆径の光ファイバ 8 0 C、8 0 D であれば、挿入固定が容易である。

【 0 0 4 3 】

図 1 0 に示される光ファイバケーブル心線 1 0 E は、4 本の光ファイバ 8 0 E が並列配置

50

されて被覆 88 により一体化されたものである。各光ファイバ 80E は、AGF であり、ガラスからなるコア 81 と、ガラスからなりコア 81 を取り囲むクラッド 82a と、クラッド 82a を取り囲むプライマリ被覆層 83 と、プライマリ被覆層 83 を取り囲むセカンダリ被覆層 84 と、セカンダリ被覆層 84 を取り囲む着色層 85 とを有する。

【0044】

光ファイバ 80E では、例えば、コアの径が  $80\ \mu\text{m}$  であり、クラッド 82a の外径が  $125\ \mu\text{m}$  であり、プライマリ被覆層 83 の径が  $200\ \mu\text{m}$  であり、セカンダリ被覆層 84 の径が  $245\ \mu\text{m}$  であり、着色層 85 の外径が  $255\ \mu\text{m}$  である。光ファイバ 80E は、曲げられた場合でも伝送損失の増加を抑えるため、例えばその開口数 NA が  $0.29$  となっている。

10

【0045】

光ファイバ 80A ~ 80E それぞれにおいて、コア 81 は、クラッド 82, 82a の屈折率より高い屈折率を有し、光を導波することができる。光ファイバ 80A ~ 80E それぞれは、例えばマルチモードファイバであることが好ましい。シングルモードファイバに比べてコア径が大きいマルチモードファイバを用いることで、光ファイバ 80A ~ 80E それぞれを VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting LASER) や PD (Photodiode) と光結合する際の結合効率を高めることができる。そして、これによりコストを低減することもできる。

【0046】

光ファイバ 80A ~ 80E は、マルチモードファイバの場合、広帯域を確保するために、グレーデッドインデックス型であることが好ましい。また、曲げによる伝送損失の増加を抑えるために、コアのすぐ外の領域の屈折率を通常のクラッド部分よりも小さくした、トレンチ付きのマルチモードファイバを用いてもよい。なお、光ファイバ 80A ~ 80E は、上述した例に限定されるものではなく、他の光ファイバを適宜用いることができる。

20

【0047】

また、上述したように、光ファイバ 80A ~ 80D それぞれにおいて、開口数 NA は  $0.20$  以上であるのが好適であり、 $0.24$  以上であることがより好適である。

【0048】

光ファイバ 80A ~ 80E それぞれにおいて、コア又はクラッドを構成するガラス領域の径は  $105\ \mu\text{m}$  以下であるのが好適である。インターコネク分野やデータセンター用途では、パソコンなどの機器周辺で光ケーブルが用いられるため、長距離通信用の光ケーブルに比べると、人に触れられる機会も多い。この場合、光ケーブルに過度な曲げが加わることもあり、光ケーブルを  $180$  度に折り曲げられたまま放置されていても、長期間、光ファイバが破断しないことが求められる。光ファイバを破断しにくくするための 1 つの手段として、ガラス径を細くすることが挙げられ、通常的光ファイバのガラス径  $125\ \mu\text{m}$  よりも細い  $105\ \mu\text{m}$  以下とすることで、曲げ径が小さい場合であっても、光ファイバ 80A ~ 80E を破断しにくくすることができる。

30

【0049】

図 2 は、第 2 実施形態の光ケーブル 2 の断面図である。図 2 は、光ケーブル 2 の軸方向に垂直な断面を示す。光ケーブル 2 は、第 1 実施形態に係る光ケーブル 1 と同様に、光ファイバテープ心線 10、抗張力体繊維 20、プラスチックヤーン 40、同軸電線 50、編組 60 および外被 70 を備えている。但し、第 2 実施形態に係る光ケーブル 2 は、第 1 実施形態と異なり、インナーチューブ 30 を備えておらず、抗張力体繊維 20 をプラスチックヤーン 40 が取り囲む構成となっている。

40

【0050】

図 3 は、第 3 実施形態の光ケーブル 3 の断面図である。図 3 は、光ケーブル 3 の軸方向に垂直な断面を示す。光ケーブル 3 は、第 1 実施形態に係る光ケーブル 1 と同様に、光ファイバテープ心線 10、抗張力体繊維 20、インナーチューブ 30、プラスチックヤーン 40、同軸電線 50、編組 60 および外被 70 を備えている。但し、第 3 実施形態に係る光ケーブル 3 は、第 1 実施形態と異なり、更に、6 つの絶縁電線 52 を備えている。

50

## 【 0 0 5 1 】

絶縁電線 5 2 は、例えば給電機能を付与したりするために用いられ、3 つを 1 つの組として、各組の絶縁電線 5 2 がインナーチューブ 3 0 と編組 6 0 との間の空間に、互いの組が対称となるように配置されている。このように配置された絶縁電線 5 2 は、同軸電線 5 0 と共に、その周りの空間をプラスチックヤーン 4 0 に埋められた構造となっている。また、同軸電線 5 0、絶縁電線 5 2 及びプラスチックヤーン 4 0 は、第 1 及び第 2 実施形態と同様に、例えば、光ケーブル 3 の軸方向に 6 0 m m ピッチでインナーチューブ 3 0 の外周を撚るように配置されて、その外周は、形状崩れを防止するために、紙テープなどによって押え巻を施すことが好ましい。

## 【 0 0 5 2 】

図 4 は、第 4 実施形態の光ケーブル 4 の断面図である。図 4 は、光ケーブル 4 の軸方向に垂直な断面を示す。光ケーブル 4 は、第 1 実施形態に係る光ケーブル 1 と同様に、光ファイバテープ心線 1 0、抗張力体繊維 2 0、インナーチューブ 3 0、編組 6 0 および外被 7 0 を備えている。但し、第 4 実施形態に係る光ケーブル 4 は、第 1 実施形態と異なり、同軸電線 5 0 及び同軸電線 5 0 を覆うプラスチックヤーン 4 0 を備えておらず、インナーチューブ 3 0 のすぐ外周に編組 6 0 が配置される構成となっている。

## 【 0 0 5 3 】

図 5 は、第 5 実施形態の光ケーブル 5 の断面図である。図 5 は、光ケーブル 5 の軸方向に垂直な断面を示す。光ケーブル 5 は、第 1 実施形態に係る光ケーブル 1 と同様に、光ファイバテープ心線 1 0、抗張力体繊維 2 0、プラスチックヤーン 4 0、編組 6 0 および外被 7 0 を備えている。但し、第 5 実施形態に係る光ケーブル 5 は、第 1 実施形態と異なり、インナーチューブ 3 0 及び同軸電線 5 0 を備えておらず、抗張力体繊維 2 0 をプラスチックヤーン 4 0 が取り囲む構成となっている。

## 【 0 0 5 4 】

以上、実施形態 1 ~ 5 に係る光ケーブル 1 ~ 5 によれば、外被 7 0 が編組目によって編組 6 0 と一体化されているため、編組 6 0 を抗収縮体として機能させることができるため、編組 6 0 と一体化された外被 7 0 の収縮が抑制され、これにより、低温時における外被 7 0 の収縮に伴う光ファイバの蛇行も抑制され、光ケーブル 1 ~ 5 の伝送損失の増加が防止される。また、編組 6 0 を抗収縮体として用いているため、光ケーブル 1 ~ 5 の柔軟性を維持することもできる。

## 【 0 0 5 5 】

光ケーブル 1 ~ 5 において、外被 7 0 と編組 6 0 との密着力が  $0.25 \text{ N/mm}$  以上  $3.0 \text{ N/mm}$  以下となっている。外被 7 0 と編組 6 0 との密着力が  $0.25 \text{ N/mm}$  未満だと光ケーブルの温度特性が劣ってしまう一方、外被 7 0 と編組 6 0 との密着力が  $3.0 \text{ N/mm}$  を超えると外被 7 0 の除去が難しくなり、端末の加工性が劣ってしまうが、光ケーブル 1 ~ 5 であれば、係る問題が発生しない。つまり、所定の温度特性を有すると共に、加工性も高くすることができる。

## 【 0 0 5 6 】

光ケーブル 1 ~ 5 では、光ケーブル 1 ~ 5 を  $15 \text{ cm}$  に切断して、 $110^\circ \text{C}$  で 2 時間加熱した際の外被 7 0 の収縮率が  $1.0\%$  以下となっている。このような外被 7 0 を用いることにより、光ケーブル 1 ~ 5 の温度特性を更に良好なものとすることができる。

## 【 0 0 5 7 】

光ケーブル 1, 3, 4 は、編組 6 0 の内側に配置されるインナーチューブ 3 0 と、抗張力体繊維 2 0 とを更に備えており、インナーチューブ 3 0 の内部空間に光ファイバと抗張力体繊維 2 0 とを配置している。このため、光ファイバと編組 6 0 との間にインナーチューブ 3 0 があることになり、光ファイバが編組 6 0 と直接接触するのを防止することができる。また、インナーチューブ 3 0 の存在により、衝撃特性を向上させることができる。また、抗張力体繊維 2 0 と光ファイバとを同一空間に配置することで、更に衝撃特性を向上させることができる。

## 【 0 0 5 8 】

光ケーブル 1 ~ 3 は、編組 60 の内側に電線 50, 52 を更に備えている。これにより、光ケーブルに給電機能や低速信号通信機能を持たせることができる。

【0059】

光ケーブル 1 ~ 3, 5 は、編組 60 の内側にプラスチックヤーン 40 を更に備えている。編組前のコアが円形でない場合、ケーブルに凹凸が生じて外観不良になってしまう。例えば、メタル線を配置した場合、その外周の空間にプラスチックヤーン 40 を配置し埋めることで、編組前のコアを円形に維持することができる。

【0060】

光ケーブル 1 ~ 5 では、光ファイバがテープ心線の形状である。これにより、光ファイバ同士が交差することを防止して、光ケーブルの側圧特性を向上させることができる。

10

【0061】

光ケーブル 1 ~ 5 では、光ファイバを構成するガラス領域の径が 105  $\mu\text{m}$  以下である。これにより、光ケーブル 1 ~ 5 が曲げにより破断する可能性を低減させることができる。

【実施例】

【0062】

以下、本発明を実施例により詳細に説明するが、本発明は、これらの実施例に限定されるものではない。

【0063】

まず、実施例 1 ~ 10 及び比較例として、図 12 に示す条件の光ケーブルを作製した。図 12 に示すケーブル構造の A - 1 ~ A - 5 それぞれは、図 1 ~ 5 に示す光ケーブル 1 ~ 5 の構造それぞれに対応する。また、図 12 に示す光ファイバの構造の B - 1 ~ B - 5 は、図 6 ~ 図 10 に示す光ファイバテープ心線 10A ~ 10E の構造それぞれに対応しており、具体的な径は図 13 に示すとおりである。なお、比較例の光ケーブルでは、外被と編組とがほぼ密着しておらず一体化されていない。前述の方法で外被と編組の引き抜き力および密着力を求めた。

20

【0064】

続いて、実施例 1 ~ 10 及び比較例に係る光ケーブルに対して、外被収縮率、温度特性試験、側圧試験、曲げ試験、衝撃試験、ピンチ試験を以下の条件で行い、各測定を実施した。測定結果は、図 14 に示すとおりである。なお、光ケーブルへの光入射部として、光出射領域の一辺のサイズが 10  $\mu\text{m}$  である VCSEL (面発光レーザ) を用い、レンズを介して光ファイバの端面と光結合させた。一方、光ケーブルからの光出射部として、受光領域の一辺のサイズが 100  $\mu\text{m}$  であるフォトダイオード (PD) を用い、光ファイバの端面と光結合させた。

30

【0065】

< 外被収縮率 >

ケーブルを 15 cm に切断し、タルクの上に乗せて、110 で 2 時間加熱した。加熱前後のケーブルの外被長を測定し、収縮率を測定した。

【0066】

< 温度特性 >

0 (4 時間) 85 (4 時間) のヒートサイクルを 10 回行い、伝送損失 [dB] を求めた。評価基準は下記の通りである。

○・・・0.5 dB / km 未満

・・・0.5 dB / km 以上 ~ 2.0 dB / km 未満

×・・・2.0 dB / km 以上

40

【0067】

< 側圧試験 >

直径 60 mm のマンドレルをケーブル上に乗せ、マンドレルの上から 350 N の負荷を与えた時の伝送損失 [dB] を求めた。評価基準は下記の通りである。

○・・・0.5 dB 未満

50

・・・0.5 dB以上～2.0 dB未満

×・・・2.0 dB以上

【0068】

<曲げ試験>

ケーブルを直径10mmのマンドレルに10回巻き付けた時の伝送損失[dB]を求めた。評価基準は下記の通りである。

○・・・0.5 dB未満

・・・0.5 dB以上～2.0 dB未満

×・・・2.0 dB以上

【0069】

<衝撃試験>

先端がR12.5mmの0.5kgの重りを15cmの高さからケーブルの同じ箇所に2回落下させた時の伝送損失[dB]を求めた。評価基準は下記の通りである。

○・・・0.5 dB未満

・・・0.5 dB以上～2.0 dB未満

×・・・2.0 dB以上あるいはファイバ破断

【0070】

<ピンチ試験>

ケーブルを1箇所180度に折り曲げた状態で保持して、光ファイバの破断時間を求めた。評価基準は下記の通りである。

○・・・1か月以上

・・・1週間以上～1か月未満

×・・・1週間未満

【0071】

上述した各試験における評価基準は、「○(良好)」であるものが信頼性上好ましいが、「(標準)」でも実用上使用可能であるため、「(標準)」以上を合格とした。

【0072】

その結果、実施例1～10は、全て外被の内側に編組目があり、外被と編組の密着力が0.25N/mm以上3.0N/mm以下であり、「温度特性」は「良好」であった。また、実施例1～10の光ケーブルは、外被収縮率が1.0%以下であり、この点でも「温度特性」は「良好」であった。一方、比較例の光ケーブルは、外被の内側に編組目がなく、密着力が0.2[N/mm]と低かったため、「温度特性」で「×(不良)」となった。また、比較例の光ケーブルでは、外被収縮率が3.8%と高くなってしまい、この点でも「温度特性」が「×(不良)」であった。比較例では、ヒートサイクル後にケーブル内の光ファイバの蛇行が観察された。実施例では、ヒートサイクル後もケーブル内の光ファイバの蛇行は観察されなかった。

【0073】

また、実施例1～3, 5～10の光ケーブルでは、開口数NAが0.29と大きいため、「曲げ試験」は「良好」であった。また、実施例1～4, 6～10は、光ファイバのガラス径が105μm以下であるため、「ピンチ試験」が「良好」であった。また、実施例1～5, 7～9の光ケーブルはインナーチューブを有しているため、側圧時にメタル線や編組と光ファイバが接触しづらいため、「側圧試験」及び「衝撃試験」で「良好」となった。

【符号の説明】

【0074】

1～5...光ケーブル、10...光ファイバテープ心線、20...抗張力繊維、30...インナーチューブ、40...プラスチックヤーン、50...同軸電線、52...絶縁電線、60...編組、70...外被、80A～80E...光ファイバ、81...コア、82, 82a...クラッド。

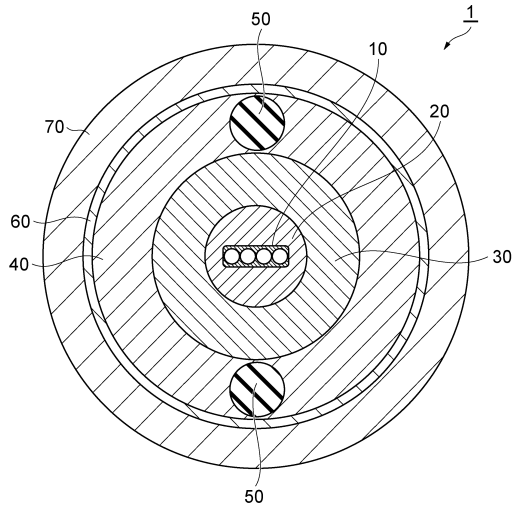
10

20

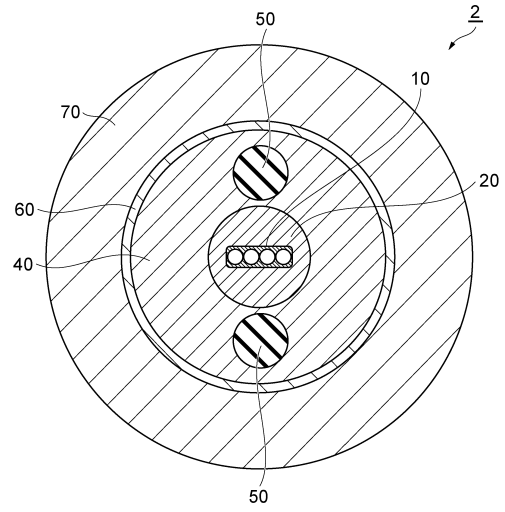
30

40

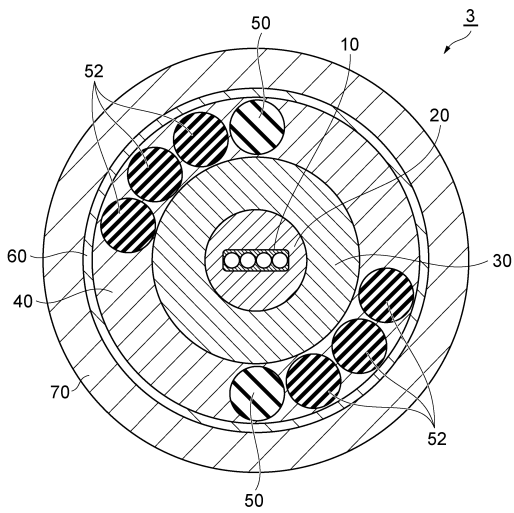
【図 1】



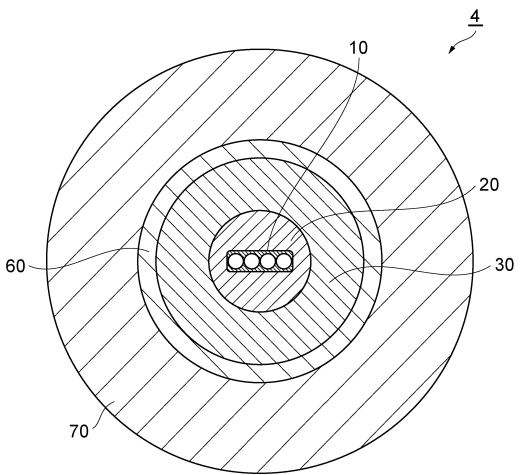
【図 2】



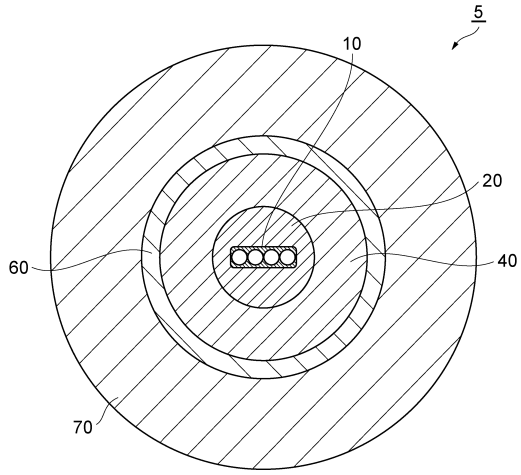
【図 3】



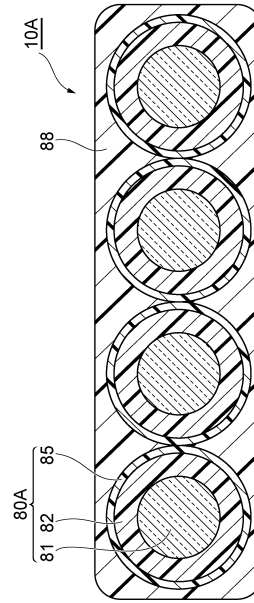
【図 4】



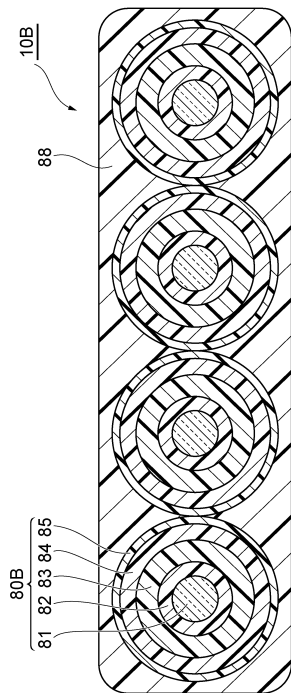
【 図 5 】



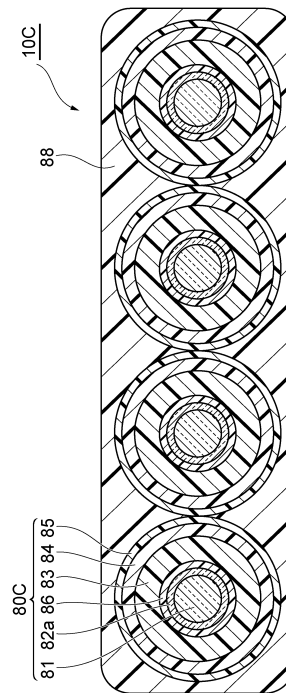
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】





【図13】

	光ファイバの構造の種類				
	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
ファイバ種	HPCF	HPCF	AGF	AGF	AGF
開口数NA	0.29	0.29	0.29	0.20	0.29
コア径[ $\mu\text{m}$ ]	80	80	80	50	80
クラッド径[ $\mu\text{m}$ ]	125	125	100	105	125
密着被覆径[ $\mu\text{m}$ ]	—	—	125	125	—
プライマリ径[ $\mu\text{m}$ ]	—	200	200	200	200
セカンダリ径[ $\mu\text{m}$ ]	—	245	245	245	245
着色径[ $\mu\text{m}$ ]	135	255	255	255	255

【図14】

	実施例										比較例
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
外被収縮率	0.10%	0.05%	0.08%	0.15%	0.05%	0.04%	0.30%	1.00%	0.01%	0.02%	3.8%
温度特性	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	×
耐圧試験	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○
曲げ試験	○	○	○	△	○	△	○	○	○	△	○
衝撃試験	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ピンチ試験	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○
特性											

---

フロントページの続き

(72)発明者 坂部 至

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

審査官 里村 利光

(56)参考文献 特開2003-004997(JP,A)

特開2012-059430(JP,A)

実開昭59-109304(JP,U)

米国特許第05042903(US,A)

特開2003-045237(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/44

H01B 11/00 - 11/22