

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6507818号
(P6507818)

(45) 発行日 令和1年5月8日(2019.5.8)

(24) 登録日 平成31年4月12日(2019.4.12)

(51) Int.Cl.		F I			
GO2B	6/44	(2006.01)	GO2B	6/44	366
GO2B	6/02	(2006.01)	GO2B	6/44	371
GO2B	6/036	(2006.01)	GO2B	6/44	376
			GO2B	6/02	386
			GO2B	6/036	

請求項の数 12 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2015-87496 (P2015-87496)
 (22) 出願日 平成27年4月22日(2015.4.22)
 (65) 公開番号 特開2016-206396 (P2016-206396A)
 (43) 公開日 平成28年12月8日(2016.12.8)
 審査請求日 平成30年2月21日(2018.2.21)

(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 110001416
 特許業務法人 信栄特許事務所
 (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
 (72) 発明者 佐藤 登志久
 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 奥村 政人

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】

並列された光ファイバの周囲を樹脂で被覆して一体化した光ファイバリボンと、抗張力繊維と、前記光ファイバリボンおよび前記抗張力繊維を収納するチューブ状の外被と、を備えた光ケーブルであって、

前記外被には複数本の光ファイバリボンが収納され、

前記複数本の光ファイバリボンの幅の合計値がケーブル直線状態での前記外被の内径よりも大きく、

前記光ケーブルを180度曲げた際に、前記外被の180度曲げた箇所の内径の長径よりも前記複数本の光ファイバリボンの前記合計値が小さく、

前記直線状態での前記外被の内径は、前記外被の外径の45%以上61%以下の値であり、

前記外被の内部空間の断面積であって前記光ファイバリボンの部分を含む断面積に対して、前記抗張力繊維が1270デニール/mm²以上1600デニール/mm²以下の収容密度で収容されている、光ケーブル。

【請求項2】

前記光ファイバを1.75mmの曲げ半径で180度曲げて1分間保持したときの前記光ファイバの破断確率が10-5以下である、請求項1に記載の光ケーブル。

【請求項3】

前記光ファイバのガラス部分の外径が、100μm以下である、請求項2に記載の光ケ

10

20

ーブル。

【請求項 4】

前記ガラス部分の周囲に前記ガラス部分に密着する被覆層が設けられている、請求項3に記載の光ケーブル。

【請求項 5】

前記光ファイバのコアがガラスから構成され、クラッドが樹脂から構成されている、請求項2に記載の光ケーブル。

【請求項 6】

前記光ファイバの疲労係数が 2.1 以上である、請求項2から請求項5のいずれか一項に記載の光ケーブル。

10

【請求項 7】

前記光ファイバリボンにおいて並列された前記光ファイバを被覆して一体化させる前記樹脂は、並列された前記光ファイバの外周に沿って波板状に形成され、当該波板状の樹脂の最も薄い部分の厚さが $10\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 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光ケーブル。

【請求項 8】

前記光ケーブルを $1.75\ \text{mm}$ の曲げ半径で 180 度曲げて 1 分間保持したときの前記光ファイバの伝送損失変化は、前記光ケーブルを曲げる前の伝送損失と比べて、 $2.0\ \text{dB}$ 以下である、請求項 1 から請求項7のいずれか一項に記載の光ケーブル。

【請求項 9】

20

前記光ファイバのコアの周囲にクラッドよりも屈折率の低いトレンチが設けられ、前記トレンチの周囲に前記クラッドが設けられる、請求項8に記載の光ケーブル。

【請求項 10】

伸ばした状態の前記光ケーブルの長さ方向に直交する方向から、当該光ケーブルに接する部分が半径 $12.5\ \text{mm}$ の球面となっている重りであって、当該重りの重さと落とす高さの積が $0.74\ \text{N}\cdot\text{m}$ となるように設定された重りを落とすことで耐衝撃性を評価する耐衝撃試験における前記光ファイバの伝送損失の増加が $0.5\ \text{dB}$ 以下であるとともに、前記外被に亀裂が生じることがない、請求項 1 から請求項9のいずれか一項に記載の光ケーブル。

【請求項 11】

30

伸ばした状態の前記光ケーブルに対して光ケーブル $1\ \text{mm}$ 当たり $3.5\ \text{N}$ の荷重を 10 分間かけることで行われる側圧試験における前記光ファイバの伝送損失の増加が $0.5\ \text{dB}$ 以下であるとともに、前記外被に亀裂が生じることがない、請求項 1 から請求項10のいずれか一項に記載の光ケーブル。

【請求項 12】

前記光ファイバの開口数 (NA) は、光ファイバ長が $2\ \text{m}$ であるときに 0.22 以下である、請求項11に記載の光ケーブル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、例えば、機器間の接続に使用される光ケーブルに関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献 1 は、並列された複数本の光ファイバを一体化した 1 本の光ファイバテープ心線と、抗張力体と、光ファイバテープ心線および抗張力体を被覆する外被とを備えた光ケーブルを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2013 - 109003 号公報

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1に記載のような光ケーブルを180度折り曲げる（いわゆる、ケーブルピンチする）と、光ケーブル内に收容された光ファイバテープ心線の光ファイバが折れたり亀裂が生じたりすることがある。

【0005】

本発明は、180度曲げても内部に收容された光ファイバが折れてしまうことのない光ケーブルの提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明による光ケーブルは、
並列された光ファイバの周囲を樹脂で被覆して一体化した光ファイバリボンと、抗張力繊維と、前記光ファイバリボンおよび前記抗張力繊維を収納するチューブ状の外被と、を備えた光ケーブルであって、

前記外被には複数本の光ファイバリボンが収納され、

前記複数本の光ファイバリボンの幅の合計値がケーブル直線状態での前記外被の内径よりも大きく、

前記光ケーブルを180度曲げた際に、前記外被の180度曲げた箇所の内径の長径よりも前記複数本の光ファイバリボンの幅の前記合計値が小さい。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、180度曲げても内部に收容された光ファイバが折れてしまうことのない光ケーブルを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】(a)は、本実施形態の光ケーブルの一例を示す断面図であり、(b)は、光ケーブルに收容された光ファイバリボンの一例を示す断面図である。

【図2】(a)は、図1に示す光ファイバリボンを構成する光ファイバの一例を示す図であり、(b)は、当該光ファイバの屈折率分布の一例を示す図である。

【図3】(a)は、本実施形態の光ケーブルを180度折り曲げた状態を示す図であり、(b)は、(a)のI-I線断面図である。

【図4】光ファイバの曲げ半径と破断確率との関係を示す図である。

【図5】光ファイバの曲げ半径と曲げ損失との関係を示す図である。

【図6】光ファイバのファイバ長と開口数(NA)との関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

[本願発明の実施形態の説明]

最初に本願発明の実施形態の内容を列記して説明する。

本願発明の実施形態に係る光ケーブルは、

(1) 並列された光ファイバの周囲を樹脂で被覆して一体化した光ファイバリボンと、抗張力繊維と、前記光ファイバリボンおよび前記抗張力繊維を収納するチューブ状の外被と、を備えた光ケーブルであって、

前記外被には複数本の光ファイバリボンが収納され、

前記複数本の光ファイバリボンの幅の合計値がケーブル直線状態での前記外被の内径よりも大きく、

前記光ケーブルを180度曲げた際に、前記外被の180度曲げた箇所の内径の長径よりも前記複数本の光ファイバリボンの幅の前記合計値が小さく、

前記直線状態での前記外被の内径は、前記外被の外径の45%以上61%以下の値であり、

10

20

30

40

50

前記外被の内部空間の断面積であって前記光ファイバリボンの部分を含む断面積に対して、前記抗張力繊維が1270デニール/mm²以上1600デニール/mm²以下の収容密度で収容されている。

この構成によれば、180度曲げて内部に収容された光ファイバが折れてしまうことのない光ケーブルを提供することができる。また、この構成によれば、外被を容易に曲げることが可能であるとともに、180度曲げて外被がキンクする（折れて潰れる）ことがなく、光ファイバの破断を十分に防止することができる。さらに、この構成によれば、光ケーブルの抗張力を満足させるとともに、光ケーブルを容易に180度曲げることができる。

【0011】

(3) 前記光ファイバを1.75mmの曲げ半径で180度曲げて1分間保持したときの前記光ファイバの破断確率が 10^{-5} 以下であることが好ましい。

本実施形態に係る光ケーブルは、当該光ケーブルを上記条件でピンチしたときでも光ファイバの破断確率を低く抑えることができる。

【0012】

(4) 前記光ファイバのガラス部分の外径が、100μm以下であることが好ましい。

この構成によれば、光ファイバの破断確率をさらに低くすることができる。

【0013】

(5) 前記ガラス部分の周囲に前記ガラス部分に密着する被覆層が設けられていることが好ましい。

この構成によれば、細径化された光ファイバのガラス部分の周囲に容易に剥がれない被覆層を設けることで、様々な径の接続端子、例えばガラス径が125μmの一般的な光ファイバに対応するコネクタに取り付けることができる。

【0014】

(6) 前記光ファイバのコアがガラスから構成され、クラッドが樹脂から構成されることが好ましい。

この構成によれば、光ファイバのガラス部分がさらに細径化されるため、破断確率をより低く抑えることができる。

【0015】

(7) 前記光ファイバの疲労係数が2.1以上であることが好ましい。

この構成によれば、光ファイバが歪み等に強くなるため、さらに破断しにくくなる。

【0017】

(9) 前記光ファイバリボンにおいて並列された前記光ファイバを被覆して一体化させる前記樹脂は、並列された前記光ファイバの外周に沿って波板状に形成され、当該波板状の樹脂の最も薄い部分の厚さが10μm以上20μm以下であることが好ましい。

この構成によれば、光ファイバリボンが薄型化されるため、光ケーブルを容易に曲げることができる。

【0018】

(10) 前記光ケーブルを1.75mmの曲げ半径で180度曲げて1分間保持したときの前記光ファイバの伝送損失変化は、前記光ケーブルを曲げる前の伝送損失と比べて、2.0dB以下であることが好ましい。

本実施形態に係る光ケーブルは、当該光ケーブルをピンチしたときでも光ファイバの伝送損失を上記範囲内に抑えることができる。

【0019】

(11) 前記光ファイバのコアの周囲にクラッドよりも屈折率の低いトレンチが設けられ、前記トレンチの周囲に前記クラッドが設けられることが好ましい。

この構成によれば、光ファイバが曲げに強い屈折率分布を有することとなり、曲げ損失を抑えることができる。

【0020】

(12) 伸ばした状態の前記光ケーブルの長さ方向に直交する方向から、当該光ケーブ

10

20

30

40

50

ルに接する部分が半径12.5mmの球面となっている重りであって、当該重りの重さと落とす高さの積が0.74N・mとなるように設定された重りを落とすことで耐衝撃性を評価する耐衝撃試験における前記光ファイバの伝送損失の増加が0.5dB以下であるとともに、前記外被に亀裂が生じることがないことが好ましい。

本実施形態に係る光ケーブルは、衝撃に対しても十分な強度を有している。

【0021】

(13) 伸ばした状態の前記光ケーブルに対して光ケーブル1mmあたりに3.5Nの荷重を10分間かけることで行われる側圧試験における前記光ファイバの伝送損失の増加が0.5dB以下であるとともに、前記外被に亀裂が生じることがないことが好ましい。

本実施形態に係る光ケーブルは、側圧に対しても十分な強度を有している。

10

【0022】

(14) 前記光ファイバの開口数(NA)は、光ファイバ長が2mであるときに0.22以下であることが好ましい。

本実施形態に係る光ケーブルは、NAが上記範囲内に抑えられているため、例えば受光素子との結合時に光信号の伝送損失を抑えることができる。

【0023】

[本願発明の実施形態の詳細]

以下、本発明に係る光ケーブルの例を、図面を参照して説明する。

図1(a)は、本実施形態の光ケーブル10の一例を示す断面図であり、図1(b)は、光ケーブル10に收容された光ファイバリボン20の一例を示す断面図である。

20

図1(a)に示すように、光ケーブル10は、複数本(ここでは、2本)の光ファイバリボン20と、複数本の光ファイバリボン20に沿って配置された抗張力繊維11と、光ファイバリボン20および抗張力繊維11の周囲を被覆するチューブ状の外被12と、を備えている。本実施形態に係る光ケーブル10は、例えばデータセンター内の機器間接続に用いられる。そのため、光ケーブル10は、10~100mの長さ、好ましくは10~20mの長さで用いられることが多い。

【0024】

抗張力繊維11は、多数本のアラミド繊維やスフ系等から構成されている。抗張力繊維11は、外被12の内部空間(光ファイバリボン20がある部分を含む)の断面積に対して、1270デニール/mm²以上1600デニール/mm²以下の收容密度で收容されている。抗張力繊維11の收容密度が1270デニール/mm²より少ない場合、光ケーブル10の抗張力を満足させることができない。一方、抗張力繊維11の收容密度が1600デニール/mm²より多い場合、光ケーブル10を180度曲げることが難しくなる。

30

【0025】

チューブ状の外被12は、例えば、外径D1が3.5±0.1mmであり、内径D2が2.0±0.1mmである。外被12の内径D2は、外径D1の45%以上61%以下の値であることが好ましい。外被12の内径D2が外径D1の45%未満の値であると、光ケーブル10を180度曲げることが難しくなる。一方、外被12の内径D2が外径D1の61%より大きい値であると、光ケーブル10を180度曲げた場合に外被12が折れてキックが発生することがある。

40

【0026】

外被12は、ポリビニルアルコール(PVA)、あるいはポリエチレン等から構成されている。外被12の樹脂材料としては、ハロゲンを含まない材料であることが好ましい。焼却時に環境汚染が少ないためである。また、外被12は、難燃性の樹脂材料から構成されていることが好ましい。この難燃性の材料は、ライザー燃焼試験(適用安全規格UL1666)に合格する材料である。詳細には、外被12が、例えばケーブルを多条垂直に敷設して既定のガスバーナで30分燃焼させても12フィート上まで炎が伝搬しないことに該当する材料から構成されることが好ましい。このような材料を構成するため、外被12としては、上記PVAやポリエチレン系の樹脂に、各種難燃剤(窒素系難燃剤、リン系難

50

燃剤など)を加えたものが用いられる。

【0027】

図1(b)に示すように、本実施形態に係る光ファイバリボン20は、複数本(ここでは、例えば4本)の光ファイバ心線21(光ファイバの一例)を平面上に並列させ、これらの光ファイバ心線21を被覆層30で一括被覆して形成される。

【0028】

並列された光ファイバ心線21を一体化させる被覆層30としては、紫外線硬化型樹脂等を用いることが好ましい。被覆層30は、並列された光ファイバ心線21の外周に沿って形成され、波板状になっている。被覆層30には、隣り合う光ファイバ心線21の間の窪みに応じて凹部30aが形成されている。波板状の被覆層30の最も薄い部分の厚さは、例えば10 μ m以上20 μ m以下である。当該厚さが10 μ mより薄いと被覆層30の強度や耐久性が劣り、当該厚さが20 μ mよりも厚いと光ファイバリボン20が曲げにくくなるため当該光ファイバリボン20が収容される光ケーブル10を180度曲げる際の曲げ易さに影響が出る。

10

【0029】

光ファイバリボン20の光ファイバ心線21の並列方向に沿った方向の幅 W_R は、例えば1.1 \pm 0.1mmである。本実施形態においては、2本の光ファイバリボン20の幅 W_R の合計値は例えば2.2mmとなり、光ケーブル10が曲げられていない状態(ケーブル直線状態)での外被12の内径 D_2 (2.0mm)よりも大きい。

【0030】

図2(a)は、図1に示す光ファイバリボン20を構成する光ファイバ心線21の一例を示す図であり、図2(b)は、当該光ファイバ心線21の屈折率分布の一例を示す図である。

20

図1(b)および図2(a)に示すように、光ファイバ心線21は、光ファイバ素線22と、樹脂被覆層25とを有している。光ファイバ素線22は、コア22aと、コア22aの周囲のクラッド22bと、クラッド22bの周囲の密着被覆層23を有している。コア22aの外径は例えば50 \pm 3 μ mであり、クラッド22bの外径は例えば100 μ m以下である。また、密着被覆層23の外径は、例えば125 \pm 2 μ mである。本実施形態においては、光ファイバ素線22の破断確率を低く抑えるために、ガラス部分の外径(クラッド22bの外径)を一般的な外径の125 μ mよりも細い100 μ m以下としている。光ファイバ素線22としては、コア22aとクラッド22bとがいずれも石英ガラスである光ファイバ(AGF:All Glass Fiber)を用いることができる。

30

【0031】

密着被覆層23は、紫外線硬化型樹脂等から構成され、光ファイバ素線22のガラス部分であるクラッド22bの周囲に密着被覆されている。光ファイバ心線のガラス部分の直径(クラッド径)は通常125 μ mであるので、一般的に、ガラス径125 μ mの光ファイバ心線が取り付けられるようなコネクタ等が作製されている。本実施形態においては、光ファイバ素線22のガラス部分が通常の光ファイバよりも細径化されている。そのため、一般的な125 μ m径の光ファイバ用のコネクタに取り付けられるように、光ファイバ素線22のクラッド22bの周囲に密着被覆層23を設けて、密着被覆層23の径を125 \pm 2 μ mとしている。密着被覆層23は、密着被覆層23の周囲に被覆された樹脂被覆層25が密着被覆層23から剥がれても、密着被覆層23がクラッド22bから剥がれないようにクラッド22bに密着被覆されている。例えば、密着被覆層23は、クラッド22bから密着被覆層23を90度ピール試験で剥がすときに、剥がす力が3N/m以上、好ましくは、15N/m以上のものである。

40

【0032】

樹脂被覆層25は、紫外線硬化型樹脂等から構成されている。樹脂被覆層25は、径方向へ複数の層が積層された構造であることが好ましい。本実施形態においては、樹脂被覆層25は、光ファイバ素線22の周囲を被覆するプライマリ被覆層25aと、プライマリ被覆層25aの周囲を被覆するセカンダリ被覆層25bとから構成される。セカンダリ被

50

覆層 25 b の外径（すなわち、光ファイバ心線 21 の外径）は、例えば $250 \pm 15 \mu\text{m}$ である。

【0033】

図 2 (b) に示されるように、本実施形態においては、光ファイバ素線 22 のコア 22 a とクラッド 22 b との間にトレんチ 22 c が設けられている。すなわち、コア 22 a の周囲にトレんチ 22 c が設けられ、トレんチ 22 c の周囲にクラッド 22 b が設けられている。トレんチ 22 c は、クラッド 22 b よりも屈折率の低い部分であり、その幅 W_t は例えば $3 \mu\text{m}$ である。コア 22 a のクラッド 22 b に対する比屈折率差 Δn_1 は、例えば 1.1% である。トレんチ 22 c のクラッド 22 b に対する比屈折率差 Δn_2 は、 -0.5% 以下、好ましくは -0.6% 程度である。すなわち、トレんチ 22 c の屈折率を n_t 、クラッド 22 b の屈折率を n_c としたときに、 $\Delta n_2 = (n_t - n_c) / n_c < -0.5\%$ を満たすことが好ましい。

10

【0034】

図 3 (a) は、本実施形態の光ケーブル 10 を 180 度折り曲げた状態を示し、図 3 (b) は、図 3 (a) の I - I 線断面図（180 度折り曲げられた箇所での光ケーブル 10 の断面図）を示している。

本実施形態に係る光ケーブル 10 は、例えば機器間接続に用いられる。このとき、光ケーブル 10 を狭い場所へ収容あるいは配設させるために光ケーブル 10 が曲げられることがある。その場合も、光ケーブル内の光ファイバが破断しないこと、または伝送損失が増えて信号が途絶えることがないことが要求される。光ケーブル 10 が、故意に 180 度曲げられた場合にも光ファイバが破断しないこと、または信号が途絶えるほどに伝送損失が増加しないことが確かめられるべきである。図 3 (a) に示すように、光ケーブル 10 が指 F 等により 180 度曲げられた場合は、図 3 (b) に示すように、光ケーブル 10 が最も変形する箇所（ピンチされた箇所）は光ケーブル 10 の外被 12 が横に広がって長円形となる。外被 12 の 180 度曲げられた箇所の内径の長径 D_3 は、例えば 3.0 mm 程度となり、2 本の光ファイバリボン 20 の幅 W_R の合計値である 2.2 mm よりも大きくなる。

20

【0035】

以上のように、本実施形態に係る光ケーブル 10 は、外被 12 に収容される 2 本の光ファイバリボン 20 の幅 W_R の合計値がケーブル直線状態での外被 12 の内径 D_2 よりも大きい一方、光ケーブル 10 を 180 度曲げた際に、2 本の光ファイバリボン 20 の幅 W_R の合計値が外被 12 の 180 度曲げた箇所の内径の長径 D_3 よりも小さくなるように設定されている。そのため、図 3 (b) に示すように、外被 12 の 180 度曲げられた箇所においては、横に広がって長円形となった外被 12 の内部空間において、2 本の光ファイバリボン 20 が重なり合うことなく横一列に並列して収容されることが可能となる。

30

【0036】

折り曲げ箇所でも光ファイバリボン 20 が重なり合うと破断確率が増すが、本実施形態によれば、光ケーブル 10 を 180 度曲げた箇所では 2 本の光ファイバリボン 20 が並列して重ならないため、光ファイバの破断確率を大きく下げることができる。具体的には、本実施形態の光ケーブル 10 は、光ファイバ心線 21 を 1.75 mm の曲げ半径で 180 度曲げて 1 分間保持したときの破断確率が 10^{-5} 以下である。さらに、本実施形態によれば、光ケーブル 10 を 180 度曲げたときの光ファイバ心線 21 の伝送損失変化は、光ケーブル 10 を曲げる前の伝送損失と比べて、 2.0 dB 以下である。したがって、本実施形態の光ケーブル 10 は、ピンチしても光ファイバ心線 21 が破断しないだけでなく、光ファイバ心線 21 の伝送損失も低く抑えることができる。

40

【0037】

なお、光ファイバ心線をリボン化することなく一本ずつバラバラの状態の外被内に入れると、折り曲げ箇所でも重なり易くなる。しかし、本実施形態においては、複数本の光ファイバ心線 21 を一体化して光ファイバリボン 20 として形成しているため、光ファイバリボン 20 の内部で光ファイバ心線 21 が重なることがない。さらに、例えば 8 本の光ファイバ心線を多芯化した一つの光ファイバリボンを形成すると、光ファイバリボンの幅が広

50

くなり、当該光ファイバリボンを収容するケーブル外被の径が大きくなってしまふ。一方、本実施形態においては、8本の光ファイバ心線21を4本ずつ二つの光ファイバリボン20として形成し、当該2本の光ファイバリボン20を外被12内に収容することで、光ケーブル10の径をできるだけ小さくすることができる。

【0038】

また、本実施形態においては、直線状態での外被12の外径に対する内径の比が45%以上61%以下である。これにより、外被12を容易に曲げることが可能であるとともに、180度曲げても外被12がキンクすることがない。外被がキンクすると外被内の光ファイバ心線にも折り曲げの力がかかってしまい、光ファイバ心線が折れ易くなる。しかし、本実施形態においては、外被12がキンクすることがないため、光ファイバ心線21の破断を防止することができる。

10

【0039】

さらに、本実施形態においては、光ファイバ心線21のガラス部分の外径(クラッド22bの外径)が100 μm 以下である。通常よりも光ファイバ心線21のガラス部分が細径化されているため、光ファイバ心線21の破断確率をさらに低くすることができる。

【0040】

さらに、本実施形態においては、光ファイバ心線21のクラッド22b(ガラス部分)の周囲にクラッド22bに密着する密着被覆層23が設けられている。細径化されたクラッド22bの周囲に容易に剥がれない密着被覆層23を設け、密着被覆層23の外径を125 μm とすることで、一般的な125 μm 対応のコネクタに取り付けることができる。

20

【0041】

さらに、本実施形態においては、外被12内の内部空間(光ファイバリボン20がある部分も含む)の断面積に対して、抗張力繊維11が1270デニール/ mm^2 以上1600デニール/ mm^2 以下の収容密度で収容されている。これにより、光ケーブル10の抗張力を満足させるとともに、光ケーブル10を容易に180度曲げることができる。

【0042】

さらに、本実施形態においては、光ファイバ心線21を一体化して光ファイバリボン20を構成する樹脂被覆層25が、光ファイバ心線21の外周に沿って波板状になっており、当該樹脂被覆層25の最も薄い部分の厚さが10 μm 以上20 μm 以下である。これにより、光ファイバリボン20が薄型化され、光ファイバリボン20が曲げ易くなるため、光ケーブル10を容易にピンチすることができる。

30

【0043】

さらに、本実施形態においては、光ファイバ心線21のコア22aの周囲にクラッド22bよりも屈折率の低いトレンチ22cが設けられ、トレンチ22cの周囲にクラッド22bが設けられている。これにより、光ファイバ心線21が曲げに強い屈折率分布を有することとなり、曲げ損失を抑えることができる。

【0044】

本実施形態に係る光ケーブル10のように、曲げ応力が加えられることを前提としたケーブルの場合、厳しい使用条件に耐えうる疲労特性を有することが重要となる。この疲労係数(以下、 n 値とする)は、光ファイバ表面におけるクラックの成長速度に関連する強度を表すパラメータの一つである。当該 n 値は、光ファイバ(光ファイバ心線)に繰り返し応力変動が加えられたときの、光ファイバの破断に対する信頼保障性を示す指標として用いられる。 n 値と破断確率との間には相関関係があり、 n 値が大きいほど破断確率が下がる(すなわち、破断しにくくなる)。 n 値の測定方法にはいくつかの方法があるが、本実施形態においては、その一例として巻付け静疲労特性により n 値が測定される(巻付け静疲労特性については、本出願人による出願である出願公開公報：特開2011-154107を参照されたい。)

40

なお、実際の使用形態に近づけるために、上記 n 値は180度折り曲げ試験により求めることもできる。

【0045】

50

本実施形態に係る光ファイバ心線 2 1 においては、要求される n 値は、例えば 2 1 以上である。すなわち、本実施形態の光ファイバ心線 2 1 は、2 1 以上の n 値を達成することができる。このように、本実施形態によれば、疲労係数が高く歪み等に強い光ファイバ心線 2 1 を用いているため、光ケーブル 1 0 を 1 8 0 度曲げた場合でも光ファイバ心線 2 1 がさらに破断しにくくなっている。

【 0 0 4 6 】

〔 評価 〕

表 1 は、本実施形態に係る光ケーブルの構造の一例および当該光ケーブルの機械特性の評価結果を示している。

【 0 0 4 7 】

【 表 1 】

表 1

構造	光ファイバ	コア径[μm]	50
		クラッド径[μm]	125
		ファイバ径[μm]	250
		NA	0.2
	光ファイバリボン	厚さ[mm]	0.28
		幅[mm]	1.1
	光ケーブル外被	内径[mm]	2.0
		外径[mm]	3.5
		外被厚[mm]	0.75
		伝送損失[dB/10mm]	≤ 0.2
機械特性	側圧特性[dB]	≤ 0.5	
	衝撃特性[dB]	≤ 0.5	

10

20

【 0 0 4 8 】

表 1 の衝撃特性[dB]は、米国 T I A / E I A F O T P - 2 5 C 規格に基づく耐衝撃試験をしたときの光ファイバ心線の伝送損失の増加を示す。この耐衝撃試験は、伸ばした状態の光ケーブルに、当該光ケーブルに接する部分が半径 1 2 . 5 m m の球面となっている重りを落とすことで行われる。このとき、重りの重さと落とす高さの積が 0 . 7 4 N · m となるように重りの重さと落下高さを設定する。例えば、5 0 0 g の重りであれば 1 5 c m の高さから落とす。

表 1 に示すように、このような耐衝撃試験をしたときの光ファイバ心線の伝送損失の増加は 0 . 5 d B 以下であった。また、外被に亀裂が生じることがなかった。これにより、本実施形態に係る光ケーブルは衝撃に対して十分な強度を有していることが確認できた。

【 0 0 4 9 】

表 1 の側圧特性[dB]は、米国 T I A / E I A F O T P - 4 1 A 規格に基づく側圧試験をしたときの光ファイバ心線の伝送損失の増加を示す。この側圧試験は、伸ばした状態の光ケーブルの上に鉄板を置いて、光ケーブル 1 m m 当たり 3 . 5 N の荷重を 1 0 分間かけることで行われる。

表 1 に示すように、このような側圧試験をしたときの光ファイバ心線の伝送損失の増加は 0 . 5 d B 以下であるとともに、外被に亀裂が生じることがなかった。これにより、本実施形態に係る光ケーブルは側圧に対しても十分な強度を有していることが確認できた。

【 0 0 5 0 】

次に、表 2 に示す例 1 ~ 3 に係る光ファイバ心線について評価試験を行った。例 1 は、本実施形態に係る光ケーブルの光ファイバ心線（クラッド径：1 0 0 μm ）であり、例 2 , 3 は本実施形態に係る光ファイバ心線よりも太径の光ファイバ心線（クラッド径：1 2 5 μm ）である。その結果を、図 4 ~ 図 6 に示す。

【 0 0 5 1 】

30

40

【表 2】

表2

条件	例1	例2	例3
ガラス径[μm] (クラッド径)	100	125	125
動疲労係数 (Nd)	21	20	25
スクリーニング レベル[%]	1.6	1.0	1.0

【0052】

図4は、光ファイバ心線の曲げ半径Rと、光ファイバ心線を曲げ半径Rで曲げたときの破断確率との関係を示している。

10

図4に示すように、曲げ半径Rが小さくなるほど、光ファイバ心線の破断確率が高くなる。破断確率の目標値は、光ファイバ心線を1.75mmの曲げ半径Rで180度曲げて1分間保持したときに 10^{-5} 以下となる値である。例1においては、光ファイバ心線を1.75mmの曲げ半径Rで180度曲げて1分間保持したときの光ファイバ心線の破断確率が 10^{-5} 以下であった。一方、例1よりもガラス径の太い例2, 3では、同条件下での光ファイバ心線の破断確率が 10^{-5} よりも高かった。したがって、例1においては、光ファイバ心線を折り曲げたときの破断確率が、従来例である例2, 3よりも低く維持できるとともに目標値を達成できることが確認できた。

【0053】

20

図5は、光ファイバ心線の曲げ半径Rと、光ファイバ心線を曲げ半径Rで曲げたときの曲げ損失との関係を示している。

図5に示すように、曲げ半径Rが小さくなるほど、光ファイバ心線の曲げ損失が増える。曲げ損失の目標値は、光ファイバ心線を1.75mmの曲げ半径Rで180度曲げて1分間保持したときに、伝送損失変化が光ファイバ心線を曲げる前の伝送損失と比べて2.0dB以下となる値である。例1においては、光ファイバ心線を1.75mmの曲げ半径Rで180度曲げて1分間保持したときの伝送損失変化は、光ファイバ心線を曲げる前の伝送損失と比べて、2.0dB以下であった。一方、例1よりもガラス径の太い例2では、伝送損失変化は2.0dBよりも高い値であった。また、例3では、伝送損失変化は2.0dB以下であるものの、例1よりは高い値であった。したがって、例1においては、光ファイバ心線を折り曲げたときの曲げ損失が例2, 3よりも抑えられるとともに目標値を達成できることが確認できた。

30

【0054】

図6は、光ファイバ心線のファイバ長と開口数(NA)との関係を示す図である。

図6に示すように、光ファイバ心線が長くなるほど、NAの値が低くなる。NAの目標値は、光ファイバ長が2m(NA測定で規定されている光ファイバ長)の場合に0.22以下となる値である。例1の光ファイバ心線のNAは、長さ2mの場合に0.22以下であり、NAが低く抑えられていることが確認できた。光ファイバ心線の開口数をこの範囲とすることで、例えばフォトダイオード(PD)等の受光素子との結合時に光信号の伝送損失を少なくすることができ、光ケーブルがPD等への接続に適したものとなる。

40

【0055】

以上、本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。また、上記説明した構成部材の数、位置、形状等は上記実施の形態に限定されず、本発明を実施する上で好適な数、位置、形状等に変更することができる。

【0056】

上記実施形態においては、光ファイバ素線22として、コア22aとクラッド22bが石英ガラスである光ファイバを用いているが、この例に限られない。例えば、光ファイバ素線として、クラッド22bが硬質プラスチックからなる光ファイバ(HPCF: Hard Plastic Clad Fiber)を用いることもできる。HPCFは、光ファイバのガラス部分がA

50

G F よりも細いため、同クラッド径の A G F に比べて破断耐性に優れている。

【 0 0 5 7 】

上記実施形態においては、光ファイバ素線 2 2 のコア 2 2 a とクラッド 2 2 b との間に、クラッド 2 2 b よりも屈折率の低い部分であるトレンチ 2 2 c が設けられているが、この例に限られない。例えば、トレンチが設けられることなく、コアの周囲に直接クラッドが形成される構成としてもよい。

また、コアの周囲に直接クラッドが形成されるとともに、当該クラッドの周囲にトレンチが形成され、さらにトレンチの周囲にクラッドが形成される構成としてもよい。すなわち、第一層のクラッドと第二層のクラッドとの間にトレンチが設けられる構成としてもよい。この構成によっても光ファイバ心線が曲げに強い屈折率分布を有することとなり、曲げ損失を十分に抑えることができる。

10

【符号の説明】

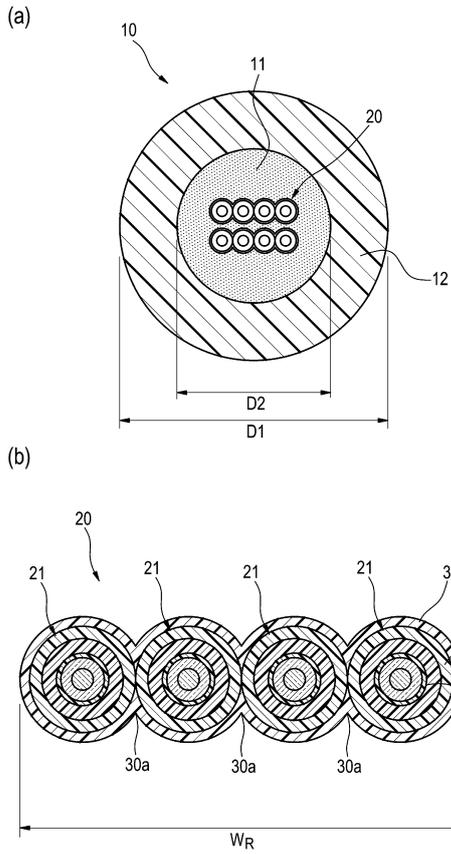
【 0 0 5 8 】

- 1 0 : 光ケーブル
- 1 1 : 抗張力繊維
- 1 2 : 外被
- 2 0 : 光ファイバリボン
- 2 1 : 光ファイバ心線 (光ファイバの一例)
- 2 2 : 光ファイバ素線
- 2 2 a : コア
- 2 2 b : クラッド
- 2 2 c : トレンチ
- 2 3 : 密着被覆層
- 2 5 : 樹脂被覆層
- 2 5 a : プライマリ被覆層
- 2 5 b : セカンダリ被覆層
- 3 0 : 被覆層
- D 1 : 外被の外径
- D 2 : 外被の内径
- D 3 : 1 8 0 度曲げたときの外被の内径の長径
- W_R : ファイバリボンの幅
- W_t : トレンチの幅

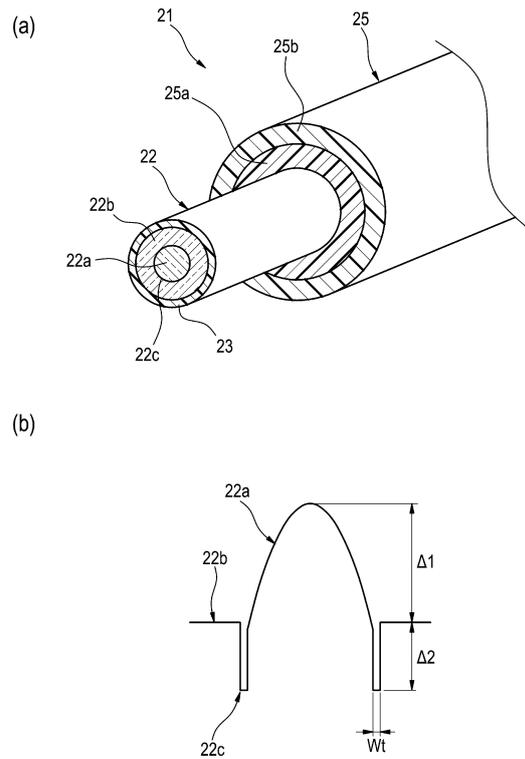
20

30

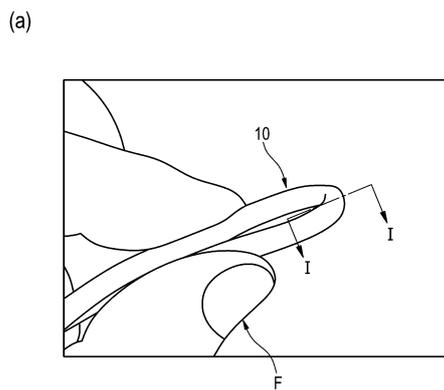
【 図 1 】



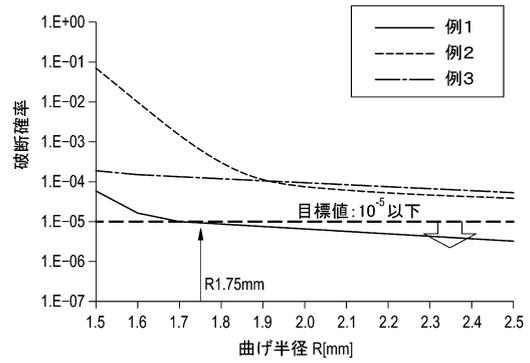
【 図 2 】



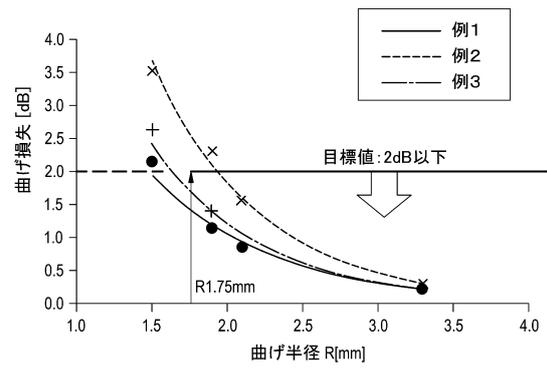
【 図 3 】



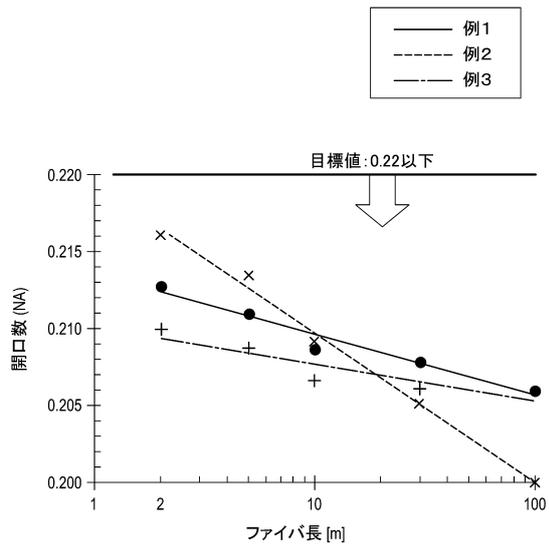
【 図 4 】



【 図 5 】



【図6】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-208430(JP,A)
特開2011-243318(JP,A)
国際公開第2013/100051(WO,A1)
特開2005-043877(JP,A)
特開2014-149438(JP,A)
特開2015-132647(JP,A)
米国特許出願公開第2015/0003795(US,A1)
米国特許出願公開第2012/0315004(US,A1)
米国特許第9170389(US,B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/02 - 6/08
G02B 6/44