

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7636555号
(P7636555)

(45)発行日 令和7年2月26日(2025.2.26)

(24)登録日 令和7年2月17日(2025.2.17)

(51)国際特許分類 F I
G 0 2 B 6/44 (2006.01) G 0 2 B 6/44 3 6 1
G 0 2 B 6/44 3 9 1

請求項の数 6 (全14頁)

(21)出願番号	特願2023-538283(P2023-538283)	(73)特許権者	000005186 株式会社フジクラ 東京都江東区木場1丁目5番1号
(86)(22)出願日	令和4年4月19日(2022.4.19)	(74)代理人	110000176 弁理士法人一色国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/018194	(72)発明者	清水 正砂 千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会 社フジクラ佐倉事業所内
(87)国際公開番号	WO2023/007881	(72)発明者	金子 総一郎 千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会 社フジクラ佐倉事業所内
(87)国際公開日	令和5年2月2日(2023.2.2)	(72)発明者	鯨江 彰 千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会 社フジクラ佐倉事業所内
審査請求日	令和5年12月12日(2023.12.12)	(72)発明者	大里 健
(31)優先権主張番号	特願2021-124564(P2021-124564)		
(32)優先日	令和3年7月29日(2021.7.29)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光ケーブル及び光ケーブルの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の光ファイバで構成されたファイバ束を有する光ファイバユニットを複数備え、
複数の前記光ファイバユニットは、撚り方向を反転させることによってS Z状に撚り合
わせられており、

前記撚り方向の反転部から次の前記反転部までの間に前記光ファイバユニットが周方向
に撚られる撚り角度は、540度以上であり、1800度以下である
ことを特徴とする光ケーブル。

【請求項2】

請求項1に記載の光ケーブルであって、

前記撚り角度は、1440度以下であることを特徴とする光ケーブル。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の光ケーブルであって、

前記光ファイバユニットは、前記複数の光ファイバを束ねるバンドル材を備えることを
特徴とする光ケーブル。

【請求項4】

請求項3に記載の光ケーブルであって、

前記光ファイバユニットは、間欠連結型の光ファイバテープで構成されていることを特
徴とする光ケーブル。

【請求項5】

請求項 1 又は 2 に記載の光ケーブルであって、

S 方向の撚り角度と Z 方向の撚り角度が等しいことを特徴とする光ケーブル。

【請求項 6】

請求項 1 又は 2 に記載の光ケーブルの製造方法であって、

前記光ファイバユニットを巻き付ける部材を設けずに、複数の前記光ファイバユニットは、撚り方向を反転させることによって S Z 状に撚り合わせられていることを特徴とする光ケーブルの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ケーブル及び光ケーブル製造方法に関する。

本願は、2021年7月29日に日本に出願された特願2021-124564号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【背景技術】

【0002】

光ケーブルを曲げたときの光ファイバの線長差を抑制するため、複数の光ファイバを束ねた複数の光ファイバユニットを相互に撚り合わせて、光ケーブルを構成することが知られている。特許文献1には、複数の光ファイバユニットを S Z 状に（又は一方向に）撚り合わせることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2019-159078号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

光ケーブルの許容曲げ半径を小さくするためには、短ピッチで光ファイバユニットを撚ることが望ましい。一方、短ピッチで光ファイバユニットを S Z 状に撚ると、撚り方向の反転部において撚りが解け易くなり（撚りが戻り易くなり）、この結果、反転部付近において、光ファイバが光ケーブルの長手方向に沿った状態になるおそれがある。長手方向に沿った光ファイバの部位（ストレート部）の割合が多くなると、光ケーブルを曲げたときに、伝送損失が増加するおそれがある。

【0005】

本発明は、光ケーブルの伝送損失を抑制することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するための主たる発明は、複数の光ファイバで構成されたファイバ束を有する光ファイバユニットを複数備え、複数の前記光ファイバユニットは、撚り方向を反転させることによって S Z 状に撚り合わせられており、前記撚り方向の反転部から次の前記反転部までの間に前記光ファイバユニットが周方向に撚られる撚り角度は、540度以上であることを特徴とする光ケーブルである。

【0007】

本発明の他の特徴については、後述する明細書及び図面の記載により明らかにする。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、光ケーブルの伝送損失を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1Aは、光ケーブル1の説明図である。図1Bは、光ファイバユニット10の説明図である。

10

20

30

40

50

【図 2】別の光ケーブルの説明図である。

【図 3】図 3 は、光ケーブル 1 の製造システム 40 の説明図である。

【図 4】図 4 A ~ 図 4 C は、複数の光ファイバユニット 10 の撚り方の説明図である。

【図 5】図 5 は、第 1 実施例の比較表である。

【図 6】図 6 は、第 2 実施例の比較表である。

【図 7】図 7 は、第 3 実施例の比較表である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

後述する明細書及び図面の記載から、少なくとも以下の態様が明らかとなる。

【0011】

態様 1 は、複数の光ファイバで構成されたファイバ束を有する光ファイバユニットを複数備え、複数の前記光ファイバユニットは、撚り方向を反転させることによって S Z 状に撚り合わせられており、前記撚り方向の反転部から次の前記反転部までの間に前記光ファイバユニットが周方向に撚られる撚り角度は、540 度以上であることを特徴とする光ケーブルである。このような光ケーブルによれば、伝送損失を抑制することができる。

【0012】

態様 2 は、態様 1 の光ケーブルであって、前記撚り角度は、1800 度以下であることを特徴とする光ケーブルである。

また、態様 3 は、態様 2 の光ケーブルであって、前記撚り角度は、1440 度以下であることを特徴とする光ケーブルである。これにより、伝送損失を抑制することができる。

【0013】

態様 4 は、態様 1 ~ 3 のいずれかの光ケーブルであって、前記光ファイバユニットは、前記複数の光ファイバを束ねるバンドル材を備えることを特徴とする光ケーブルである。これにより、バンドル材で光ファイバを束ねることができる。

【0014】

態様 5 は、態様 4 の光ケーブルであって、前記光ファイバユニットは、間欠連結型の光ファイバテープで構成されていることを特徴とする光ケーブルである。これにより、光ファイバユニットを構成する複数の光ファイバを束ねやすくなる。

【0015】

態様 6 は、態様 1 ~ 5 のいずれかの光ケーブルであって、S 方向の撚り角度と Z 方向の撚り角度が略等しいことを特徴とする光ケーブルである。

【0016】

=== 実施形態 ===

< 光ケーブル 1 の構成 >

図 1 A は、光ケーブル 1 の説明図である。図 1 B は、光ファイバユニット 10 の説明図である。

【0017】

光ケーブル 1 は、光ファイバ 11 を収容したケーブルである。本実施形態の光ケーブル 1 は、スロット（光ファイバ 11 を収容する溝）が形成されたスロットロッドを有さない光ケーブルであり、いわゆるスロットレス型の光ケーブルである。光ケーブル 1 は、複数の光ファイバユニット 10 と、外被 20 とを有する。

【0018】

光ファイバユニット 10 は、複数の光ファイバ 11 を束ねた構造体である。図中に示す光ファイバユニット 10 は、ファイバ束と、バンドル材 12 とを有する。

【0019】

ファイバ束は、複数の光ファイバ 11 の束である。本実施形態では、ファイバ束は、複数枚の間欠連結型の光ファイバテープを束ねて構成されている。間欠連結型の光ファイバテープは、複数の光ファイバ 11 が間欠的に連結部によって連結されており、連結部以外の部位（分離部）では光ファイバ 11 同士が拘束されていない。このため、間欠連結型の光ファイバテープを用いて光ファイバユニット 10 を構成することによって、複数の光フ

10

20

30

40

50

ファイバ 11 を束ねやすくなる。但し、ファイバ束は、複数枚の間欠連結型の光ファイバテープで構成されていなくても良く、例えば、1枚の間欠連結型の光ファイバテープで構成されても良いし、複数の単心光ファイバで構成されても良い。光ファイバユニット 10 を構成する複数の光ファイバ 11 は、撚り合わせられていても良いし、撚られていなくても良い。

【0020】

バンドル材 12 は、ファイバ束を構成する複数の光ファイバ 11 を束ねる部材である。バンドル材 12 は、例えば紐状の部材である。バンドル材 12 は、ファイバ束の外周上に巻き付けられている。図中の光ファイバユニット 10 は一対のバンドル材 12 を有しており、それぞれのバンドル材 12 は接合点で巻付方向が逆になるように、S Z 状にファイバ束の外周に巻き付けられている。但し、バンドル材 12 は、S Z 状に巻き付けるものに限られず、ファイバ束の外周に一方向に螺旋状に巻き付けられても良い。また、バンドル材 12 の数は 2 本に限られるものではない。また、光ファイバユニット 10 は、バンドル材 12 を備えなくても良い。例えば、光ファイバユニット 10 が 1 枚の間欠連結型の光ファイバテープで構成されるような場合、光ファイバ 11 の束がバラバラにならないため、光ファイバユニット 10 はバンドル材 12 を備えなくても良い。また、チューブやフィルムのようなバンドル材がファイバ束を覆うことによって、ファイバユニット 12 が構成されても良い。

10

【0021】

本実施形態では、光ケーブル 1 は複数の光ファイバユニット 10 を有する。図 1 A 及び図 1 B では、光ファイバユニット 10 が長手方向に直線状に延在して描かれているが、本実施形態では、後述するように、複数の光ファイバユニット 10 は、S Z 状に撚り合わせられている。このため、それぞれの光ファイバユニット 10 は、光ケーブル 1 の長手方向に沿った軸の軸周りに所定の撚り角度で撚られている。複数の光ファイバユニット 10 の撚り方については、後述する。

20

【0022】

図 1 A に示すように、複数の光ファイバユニット 10 は、押え巻きテープ 15 の包まれた状態で外被 20 に収容されている。但し、光ケーブル 1 は、押え巻きテープ 15 を備えていなくても良い。

【0023】

外被 20 は、複数の光ファイバユニット 10 (及び押え巻きテープ 15) を被覆する部材である。外被 20 の外形は、ここでは断面が略円形状であるが、外被 20 の外形形状は円形状に限られるものではない。外被 20 には、テンションメンバ 21 が埋設されている。また、外被 20 には、テンションメンバ 21 だけでなく、他の部材 (例えばリップコード 22) が埋設されても良い。また、外被 20 の内側に、複数の光ファイバユニット 10 や押え巻きテープ 15 とは別の部材が収容されても良い。

30

【0024】

なお、光ケーブルの形状は、図 1 に示す光ケーブルに限られるものではない。図 2 は、別の光ケーブル 1 の説明図である。

図 2 に示す光ケーブル 1 は、断面が略矩形の平型光ケーブル (角型光ケーブル) である。この光ケーブル 1 も、複数の光ファイバユニット 10 と、外被 20 とを有する。それぞれの光ファイバユニット 10 は、例えば 1 枚の間欠連結型の光ファイバテープで構成されている。なお、光ファイバユニット 10 が 1 枚の光ファイバテープで構成されるため、図 2 に示す光ケーブル 1 の光ファイバユニット 10 は、バンドル材 12 を備えていない。複数 (例えば 6 つ) の光ファイバユニット 10 は、S Z 状に撚り合わせられており、押え巻きテープ 15 の包まれた状態で外被 20 に収容されている。また、押え巻きテープ 15 の内側には、空間を埋めるための介在物 17 が収容されている。但し、光ケーブル 1 は、押え巻きテープ 15 や介在物 17 を備えていなくても良い。複数の光ファイバユニット 10 の撚り方については、後述する。

40

図 2 に示すように、外被 20 には、ノッチ 20 A が設けられている。ノッチ 20 A は、

50

長手方向に沿った溝である。分割工具で外被 20 のノッチ 20 A に切り込みを入れることにより、外被 20 を分割して光ファイバユニット 10 を取り出すことができる。但し、光ケーブル 1 にノッチ 20 A が設けられていなくても良い。

また、図 2 に示すように、外被 20 には、一对のテンションメンバが埋設されているとともに、セパレータ 23 が埋設されている。セパレータ 23 は、シート状の部材であり、ノッチ 20 A の直下に配置されている。複数の光ファイバユニット 10 は、一对のセパレータ 23 に挟み込まれた状態で外被 20 に収容されている。セパレータ 23 は、分割工具の刃から光ファイバ 11 を保護する機能や、外被 20 の内側から光ファイバ 11 の取り出す作業を容易にする機能を有する。但し、光ケーブル 1 がセパレータ 23 を有していなくても良い。

10

光ケーブルの形状や構成は、図 1 や図 2 に示すものに限られるものではない。本実施形態の光ケーブルは、S Z 状に撚り合わせられた複数の光ファイバユニット 10 を備えていれば良い。

【0025】

<光ケーブル 1 の製造方法>

図 3 は、光ケーブル 1 の製造システム 40 の説明図である。図中の製造システム 40 は、図 1 に示す光ケーブル 1 を製造するシステムである。但し、製造システムは、図 2 に示す光ケーブル 1 を製造しても良いし、他の形状・構成の光ケーブルを製造しても良い。製造システム 40 は、供給部 42 と、目板 44 を有する撚り合わせ部（不図示）と、押出成型部 46 と、制御部 48 とを有する。

20

【0026】

供給部 42 は、光ファイバユニット 10 を供給する装置（供給源）である。供給部 42 は、例えば、複数の光ファイバテープを供給するボビンと、複数の光ファイバテープで構成されたファイバ束の外周にバンドル材 12 を巻き付けるバンドル装置とにより構成される。但し、供給部 42 は、光ファイバテープを供給するボビンの代わりに、光ファイバテープを製造するテープ製造装置や、光ファイバ 11 を製造するファイバ製造装置を備えていても良い。また、供給部 42 は、ファイバ束にバンドル材 12 を巻き付けるバンドル装置を備えていなくても良い。供給部 42 は、目板 44 に光ファイバユニット 10 を供給する。供給部 42 が光ファイバユニット 10 を供給する速度は、制御部 48 によって調整可能である。

30

【0027】

撚り合わせ部は、複数の光ファイバユニット 10 を撚り合わせる装置であり、目板 44 と、目板 44 を回転（揺動）させる駆動部とを有する。目板 44 は、複数の光ファイバユニット 10 を撚り合わせるための部材であり、複数の挿通穴を有する板状の部材である。目板 44 のそれぞれの挿通穴には、光ファイバユニット 10 が挿通されている。目板 44 が中央の回転軸を中心にして揺動することによって、複数の光ファイバユニット 10 が S Z 状に撚り合わせられる。目板 44 を通過した複数の光ファイバユニット 10 は、S Z 状に撚り合わせられた状態で押出成型部 46 に供給される。目板 44 の回転速度や揺動の反転タイミングは、制御部 48 によって調整可能である。なお、目板 44 の回転角度と光ファイバユニット 10 の撚り角度（光ファイバユニットが周方向に撚られる角度；後述）は一致しないため（光ファイバユニット 10 の撚りが緩むため）、目板 44 の回転角度は、光ファイバユニット 10 の撚り角度よりも大きく設定されることになる。例えば、光ファイバユニット 10 の撚り角度を 540 度にするためには、目板 44 は 540 度よりも大きい回転角度で揺動することになる。光ファイバユニット 10 の撚り角度に対応する目板 44 の回転角度（揺動角度）は、複数の光ファイバユニット 10 の撚り合わせの緩みを防止するための部材（緩み防止部材）を施すまでの時間や距離など他の製造条件を考慮して適宜決定される。緩み防止部材は、本実施形態では外被 20 である。但し、緩み防止部材は、外被 20 に限られるものではない。例えば、外被 20 を押出成形する前に、紐状やテープ状の緩み防止部材を複数の光ファイバユニット 10 に巻き付けることによって、複数の光ファイバユニット 10 の撚り合わせの緩みが防止されても良い。

40

50

【 0 0 2 8 】

押出成型部 4 6 は、外被 2 0 を形成する装置である。押出成型部 4 6 は、複数の光ファイバユニット 1 0 の外周に外被 2 0 となる樹脂を押し出成型することによって、光ケーブル 1 を製造する。押出成型部 4 6 には、S Z 状に撚り合わせられた複数の光ファイバユニット 1 0 だけでなく、押え巻きテープ 1 5 やテンションメンバ 2 1 なども供給される。押出成型部 4 6 によって製造された光ケーブル 1 は、冷却装置によって冷却された後、巻取部（例えばドラム）に巻き取られることになる。

【 0 0 2 9 】

制御部 4 8 は、製造システム 4 0 の制御を司る装置である。制御部 4 8 は、例えばコンピュータで構成されており、供給部 4 2、目板 4 4 及び押し出成型部 4 6 の動作を制御する。ここでは、制御部 4 8 は、供給部 4 2 を制御して光ファイバユニット 1 0 の供給速度を制御したり、目板 4 4 の駆動部（不図示）を制御して目板 4 4 の回転動作（回転速度や揺動の反転タイミングなど）を制御したりする。

10

【 0 0 3 0 】

< 光ファイバユニット 1 0 の撚りについて >

図 4 A ~ 図 4 C は、複数の光ファイバユニット 1 0 の撚り方の説明図である。図中には、複数の光ファイバユニット 1 0 を撚り合わせた集合体（コア）が描かれている。複数の光ファイバユニット 1 0 を撚り合わせたコアは、光ケーブル 1 の外被 2 0 の内側に收容されている。なお、本図では、光ファイバユニット 1 0 を構成する光ファイバ 1 1 を個々に描くことは省略されており、光ファイバユニット 1 0 の外形のみが概念的に描かれている。

20

【 0 0 3 1 】

図中には、S Z 状に撚り合わせられた複数の光ファイバユニット 1 0 が示されている。図中の反転部は、複数の光ファイバユニット 1 0 の撚られる方向（撚り方向）が反転する位置を示している。反転部では、S 方向（又は Z 方向）に撚られている複数の光ファイバユニット 1 0 が Z 方向（又は S 方向）に撚られるように、撚り方向が反転している。また、図中のピッチ P は、反転部の間隔を示している。ピッチ P は、或る反転部と、その隣の反転部との間隔である。詳しくは、ピッチ P は、S 方向（又は Z 方向）に撚られている複数の光ファイバユニット 1 0 が Z 方向（又は S 方向）に反転する反転部と、Z 方向（又は S 方向）に撚られている複数の光ファイバユニット 1 0 が S 方向（又は Z 方向）に反転する反転部との間隔となる。ここでは、S 方向の撚り角度と Z 方向の撚り角度とが略等しくなるように、複数の光ファイバユニット 1 0 が S Z 状に撚り合わされている。なお、撚り角度は、光ケーブル 1 の内部において反転部から次の反転部までの間に光ファイバユニット 1 0 が周方向（光ケーブル 1 の軸周りの方向；S 方向又は Z 方向）に撚られた角度である。光ファイバユニット 1 0 の S 方向の撚り角度と Z 方向の撚り角度とが異なっても良いが、S 方向の撚り角度と Z 方向の撚り角度とが略等しいことによって、光ケーブル 1 の捻れを抑制できる。

30

【 0 0 3 2 】

光ファイバユニット 1 0 が S Z 状に撚られた場合、撚り方向の反転部において撚りが解けることによって（撚り戻りが起こることによって）、反転部付近の光ファイバ 1 1 が光ケーブル 1 の長手方向に沿った状態になるおそれがある。図中には、反転部における撚り戻りによって光ファイバ 1 1 が長手方向に沿った状態になり得る部位（領域）を「ストレート部」として示している。

40

【 0 0 3 3 】

図 4 A に示すように、複数の光ファイバユニット 1 0 が螺旋状に撚り合わせられることによって、光ケーブル 1 を曲げたときの光ファイバ 1 1 の線長差を抑制することが可能となる。なお、一方向に螺旋状に複数の光ファイバユニット 1 0 を撚り合わせると、製造システム 4 0 が複雑な構成になったり、光ケーブル 1 の中間分岐の際に光ファイバユニット 1 0 の取り出す作業が困難になったりするおそれがある。このため、図 4 A に示すように、撚り方向を途中で反転させることによって、複数の光ファイバユニット 1 0 を S Z 状に撚り合わせることが行われている。

50

【 0 0 3 4 】

図 4 B は、図 4 A よりも、短ピッチで光ファイバユニット 1 0 を撚った場合の説明図である。光ケーブル 1 の許容曲げ半径を小さくするためには、ピッチ P を短縮化することが望ましい。言い換えると、光ケーブル 1 の許容曲げ半径を小さくするためには、光ファイバユニット 1 0 の単位長さ当たりの撚り角度 (= N / P) を大きくすることが望ましい。つまり、光ケーブル 1 の許容曲げ半径を小さくするためには、図 4 A に示す撚り方よりも、図 4 B に示す撚りの方が望ましい。

【 0 0 3 5 】

一方、撚り角度 N を変更せずにピッチ P を短縮化した場合、光ファイバユニット 1 0 の単位長さ当たりの撚り角度 (= N / P) が大きくなる。このため、短ピッチで光ファイバユニット 1 0 を S Z 状に撚ると、撚り方向の反転部において撚りが解け易くなる (撚りが戻り易くなる)。この結果、反転部付近において、光ファイバ 1 1 が光ケーブル 1 の長手方向に沿った状態になる可能性が高くなり、反転部付近にストレート部が形成される可能性が高くなる。長手方向に沿った光ファイバの部位 (ストレート部) の割合が多くなると、光ケーブル 1 を曲げたときに、伝送損失が増加するおそれがある。なお、後述する実施例に示すように、短ピッチで光ファイバユニット 1 0 を S Z 状に撚ると、撚り方向の反転部において撚りが解け易くなり (撚りが戻り易くなり)、この結果、光ファイバユニット 1 0 を S Z 状に撚った状態を保つことができないおそれもある。

【 0 0 3 6 】

図 4 C は、図 4 B よりも、撚り角度を大きく設定した場合の説明図である。ここでは説明のため、図 4 C に示す光ファイバユニット 1 0 の単位長さ当たりの撚り角度 (= N / P) は、図 4 B に示す光ファイバユニット 1 0 の単位長さ当たりの撚り角度と同じにしている。

【 0 0 3 7 】

図 4 C に示す撚り方においても、光ファイバユニット 1 0 の単位長さ当たりの撚り角度 (= N / P) が図 4 B に示す撚り方と同じであるため、撚り方向の反転部において撚りが解け易くなり (撚りが戻り易くなり)、この結果、反転部付近にストレート部が形成される可能性が高くなる。但し、図 4 C に示す撚り方では、図 4 B よりも撚り角度が大きく設定されており、この結果、図 4 C に示す反転ピッチ P は、図 4 B に示す反転ピッチよりも長くなる。これにより、図 4 C に示す撚り方では、図 4 B に示す撚り方と比べて、光ケーブル 1 の長手方向全体の長さに対する反転部の数を減らすことができ、ストレート部になり得る部分の割合を抑制することができる。このため、図 4 C に示す撚り方では、図 4 B に示す撚り方と比べて、光ケーブル 1 を曲げたときの伝送損失を抑制することができる (後述する曲げ特性を向上させることができる)。

【 0 0 3 8 】

そこで、通常では光ファイバユニット 1 0 の撚り角度が 2 7 0 度程度 ($N = 2 7 0$) であるのに対し、本実施形態では、光ファイバユニット 1 0 の撚り角度を 5 4 0 度以上にしている。

【 0 0 3 9 】

・ 第 1 実施例

図 5 は、第 1 実施例の比較表である。なお、前述の図 4 A、図 4 B 及び図 4 C に示す撚り方は、それぞれ、表中の比較例 1 A、比較例 1 B 及び実施例 1 A の撚り方の関係に相当する。

【 0 0 4 0 】

第 1 実施例として、図 1 A に示す構造の光ケーブル 1 を作成した。ここでは、1 つの光ファイバユニット 1 0 を 6 枚の間欠連結型の 1 2 心光ファイバテープで構成し、6 つの光ファイバユニット 1 0 を S Z 状に撚ることによって、間欠連結型の光ファイバテープを 3 6 枚備えた 4 3 2 心光ケーブルを作成した。光ケーブル 1 の外径を約 1 1 mm とし、外被 2 0 内の収容面積を約 6 0 mm² とし、撚り角度 N 及びピッチ P の異なる光ケーブル 1 を複数種類作成した。なお、表中の撚り角度 N は、光ケーブル 1 の内部において反転部から次

10

20

30

40

50

の反転部までの間に光ファイバユニット10が周方向（光ケーブル1の軸周りの方向）に撚られた角度を示している（表中の撚り角度Nは、光ケーブル1を製造するときの目板44の回転角度ではない）。

【0041】

作成した複数種類の光ケーブル1について、それぞれリボン状態、撚り状態、心線引抜き、伝送損失、曲げ特性を評価した。

リボン状態の評価のため、間欠連結型の光ファイバテープの連結部（隣接する2本の光ファイバ11を間欠的に連結する部位）の破壊の有無を確認した。連結部が破壊されていない場合には「（優）」と評価し、連結部が破壊されていた場合には「×（不合格）」と評価した。

撚り状態の評価のため、光ファイバユニット10が所定の撚り角度で撚られているか否かを確認した。光ファイバユニット10が所定の撚り角度で撚られていた場合には「（優）」と評価し、光ファイバユニット10が所定の撚り角度で撚られていない場合には「×（不合格）」と評価した。

心線引抜きの評価のため、10mに切断した光ファイバケーブルの光ファイバ11（光ファイバ心線）を引き抜いたときに光ファイバ11が引張端逆側で移動を開始したときの張力（心線引抜き）を測定した。この心線引抜きが25N/10m以上である場合には「（優）」と評価し、25N/10m未満であり15N/10m以上である場合には「（良）」と評価し、15N/10m以上未満である場合には「×（不合格）」と評価した。

伝送損失の評価のため、ドラム巻きされた光ケーブル1に対してOTDR法にて波長1550nmで伝送損失を測定した。伝送損失が0.25dB/km以下である場合には「（優）」とし、伝送損失が0.30dB/km以下（且つ0.25dB/kmより大きい）である場合には「（良）」とし、伝送損失が0.30dB/kmより大きい場合には「×（不合格）」とした。

曲げ特性の評価のため、IEC60794-1-21E11A/IEC60794-3-10に基づいた巻き付き試験を行い、光ケーブル1の伝送損失を測定した。巻き付き試験では、マンドレル直径をケーブル外径の20倍とし、巻き付け回数を4ターンとし、サイクル数（同じ試験を繰り返す回数）を3サイクルとした。巻き付き試験の試験後の伝送損失の増加が光ファイバ1本あたり0.05dB以下であり、且つ、試験中の伝送損失の増加も光ファイバ1本あたり0.05dB以下であれば「（優）」とし、巻き付き試験後の伝送損失の増加が光ファイバ1本あたり0.05dB以下であれば「（良）」とし、巻き付き試験後の伝送損失の増加が光ファイバ1本あたり0.05dBより大きければ「×（不合格）」と評価した。

また、総合判定として、全ての評価項目が「（優）」である場合には「（優）」とし、全ての評価項目に「×（不合格）」が含まれていない場合には「（良）」とし、いずれかの評価項目に「×（不合格）」が含まれている場合には「×（不良）」とした。

【0042】

比較例1A及び比較例1Bでは、撚り角度Nを同じに設定しつつ、比較例1Bは、比較例1Aと比べて、ピッチPを半分に短縮して設定した。但し、比較例1Bでは、単位長さ当たりの撚り角度（ $=N/P$ ）が大きいため、反転部において撚りが解けてしまい、この結果、光ファイバユニット10をSZ状に撚った状態を保てなかった（このため、比較例1Bでは、引抜き、伝送損失及び曲げ特性を評価できなかった）。

一方、実施例1Aでは、単位長さ当たりの撚り角度（ $=N/P$ ）が比較例1Bと同じに設定されている。但し、実施例1Aでは、比較例1Bと比べて、ピッチPが長く設定されているため、反転部付近にストレート部が形成されるものの、光ファイバユニット10をSZ状に撚った状態を保つことが可能である。このように、単位長さ当たりの撚り角度（ $=N/P$ ）が大きい場合であっても（撚り角度Nが360度のときに撚り状態が×（不合格）になるほどN/Pが大きい値であっても）、撚り角度Nを大きく設定し、ピッチPを長く設定することによって、撚り状態が改善することが確認された。なお、実施例1Bにおいても、実施例1Aと同様に、比較例1Bと比べて、撚り角度Nが大きく設定されてお

10

20

30

40

50

り、ピッチPが長く設定されており、撚り状態が改善することが確認された。

【0043】

また、実施例1Aでは、比較例1Aと比べて、曲げ特性が向上した。これは、実施例1Aでは、比較例1Aと比べて、光ファイバユニット10の単位長さ当たりの撚り角度(=N/P)を大きいため、光ケーブル1を曲げたときの伝送損失を抑制できたと考えられる。なお、実施例1Bにおいても、実施例1Aと同様に、比較例1Aと比べて曲げ特性が向上した。この理由も、実施例1Bでは、比較例1Aと比べて、光ファイバユニット10の単位長さ当たりの撚り角度(=N/P)を大きいため、光ケーブル1を曲げたときの伝送損失を抑制できたためだと考えられる。

【0044】

実施例1Cでは、単位長さ当たりの撚り角度(=N/P)が比較例1Aと同じに設定されている。一方、実施例1Cでは、比較例1Aと比べて、撚り角度が大きく設定されており、ピッチPが長く設定されている。このような比較例1Aと実施例1Cとの関係は、前述の図4Bの撚り方と図4Cに示す撚り方の関係に相当する。このため、実施例1Cでは、比較例1Aと比べて、光ケーブル1の長手方向全体の長さに対するストレート部の割合を抑制することができる。したがって、実施例1Cが、比較例1Aと比べて、心線引抜力及び曲げ特性が若干向上した理由は、光ケーブル1の長手方向全体の長さに対するストレート部の割合を抑制できたためだと考えられる。このように、比較例1Bと実施例1Aとの比較だけでなく、比較例1Aと実施例1Cとの比較からも、撚り角度Nを大きく設定し、ピッチPを長く設定することが有効であることが確認された。

【0045】

・第2実施例

図6は、第2実施例の比較表である。なお、前述の図5の比較例1A、実施例1A及び実施例1Bは、図6の比較例2、実施例2F及び実施例2Gに相当する。

【0046】

第2実施例においても、第1実施例と同様に、図1Aに示す構造の光ケーブル1を作成した。具体的には、1つの光ファイバユニット10を6枚の間欠連結型の12心光ファイバテープで構成し、6つの光ファイバユニット10をSZ状に撚ることによって、間欠連結型の光ファイバテープを36枚備えた432心光ケーブルを作成した。光ケーブル1の外径を約11mmとし、外被20内の収容面積を約60mm²とし、ピッチPを800mmとし、撚り角度Nを360~720度の範囲で異なる光ケーブル1を複数種類作成した。なお、表中の撚り角度Nは、光ケーブル1の内部において反転部から次の反転部までの間に光ファイバユニット10が周方向(光ケーブル1の軸周りの方向)に撚られた角度を示している。

【0047】

図6に示すように、撚り角度Nが540度以上の場合には、比較例2と比べて、曲げ特性が向上した。これは、実施例2A~2Jでは、比較例2と比べて、光ファイバユニット10の単位長さ当たりの撚り角度(=N/P)を大きいため、光ケーブル1を曲げたときの伝送損失を抑制できたと考えられる。このため、図6に示すように、光ファイバユニット10の撚り角度Nは、540度以上であることが望ましい。

【0048】

また、図6に示すように、撚り角度Nが2160度の場合には、間欠連結型の光ファイバテープの連結部に破壊が確認されることがあった。連結部が破壊された理由は、光ファイバテープが強く擦られたためだと考えられる。このため、光ファイバユニット10の撚り角度Nは、2160度未満であることが望ましい。つまり、光ファイバユニット10の撚り角度Nは、540度以上、1800度以下であることが望ましい。

【0049】

また、図6に示すように、撚り角度Nが1800度以上の場合には、伝送損失が悪化した。この理由は、光ファイバテープが強く擦られたため、局所的に光ファイバ11の実装密度が上昇し、マイクロベンドロスが増加したためだと考えられる。このため、光ファイ

10

20

30

40

50

バユニット10の撚り角度Nは、1800度未満であることが更に望ましい。つまり、光ファイバユニット10の撚り角度Nは、540度以上、1440度以下であることが更に望ましい。

【0050】

・第3実施例

図7は、第3実施例の比較表である。

【0051】

第3実施例として、図2に示す光ケーブルを作成した。ここでは、1つの光ファイバユニット10を1枚の間欠連結型の4心光ファイバテープで構成し、6つの光ファイバユニット10をS Z状に撚ることによって、間欠連結型の光ファイバテープを6枚備えた24心光ケーブルを作成した。短径を3.5mmとし、長径を5.5mmとする平型の光ケーブルとし、外被20内の収容面積を2.5mm²とし、撚り角度N及びピッチPの異なる光ケーブルを複数種類作成した。なお、表中の撚り角度Nは、光ケーブルの内部において反転部から次の反転部までの間に光ファイバユニット10が周方向（光ケーブルの軸周りの方向）に撚られた角度を示している。

【0052】

図7に示すように、撚り角度Nが540度以上の場合には、比較例3と比べて、曲げ特性が向上した。これは、実施例3A～3Fでは、比較例3と比べて、光ファイバユニット10の単位長さ当たりの撚り角度（=N/P）を大きいため、光ケーブルを曲げたときの伝送損失を抑制できたと考えられる。このため、図7に示すように、光ファイバユニット10の撚り角度Nは、540度以上であることが望ましい。

【0053】

また、図7に示すように、撚り角度Nが2160度の場合には、間欠連結型の光ファイバテープの連結部に破壊が確認されることがあった。連結部が破壊された理由は、光ファイバテープが強く擦られたためだと考えられる。このため、第3実施例においても、光ファイバユニット10の撚り角度Nは、2160度未満であることが望ましい。つまり、光ファイバユニット10の撚り角度Nは、540度以上、1800度以下であることが望ましい。

【0054】

また、図7に示すように、撚り角度Nが1800度以上の場合には、伝送損失が悪化した。この理由は、光ファイバテープが強く擦られたため、局所的に光ファイバ11の実装密度が上昇し、マイクロベンドロスが増加したためだと考えられる。このため、光ファイバユニット10の撚り角度Nは、1800度未満であることが更に望ましい。つまり、光ファイバユニット10の撚り角度Nは、540度以上、1440度以下であることが更に望ましい。

【0055】

なお、外被20内の収容面積を1.8mm²、2.0mm²とし、同様に撚り角度N及びピッチPを異ならせた平型の光ケーブルを複数種類作成した。外被20内の収容面積を1.8mm²とする平型の光ケーブルでは、どの条件においても、複数の光ファイバユニット10にS Z状の撚りをいれることができなかった。一方、外被20内の収容面積を2.0mm²とする平型の光ケーブルでは、図7と同様の結果が得られた。このため、複数の光ファイバユニット10をS Z状に撚ることが可能な条件下では、光ファイバユニット10の撚り角度Nは、540度以上であることが確認された。

【0056】

=== その他の実施形態 ===

上述の実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更・改良され得ると共に、本発明には、その等価物が含まれることは言うまでもない。また、上述の各実施形態が適宜組み合わせられてもよい。

【符号の説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

- 1 光ケーブル、 1 0 光ファイバユニット、
- 1 1 光ファイバ、 1 2 バンドル材、
- 1 5 押え巻きテープ、 1 7 介在物、
- 2 0 外被、 2 0 A ノッチ、
- 2 1 テンションメンバ、 2 2 リップコード、
- 2 3 セパレータ、
- 4 0 製造システム、 4 2 供給部、
- 4 4 目板、 4 6 押出成型部、 4 8 制御部

【 図 面 】

【 図 1 】

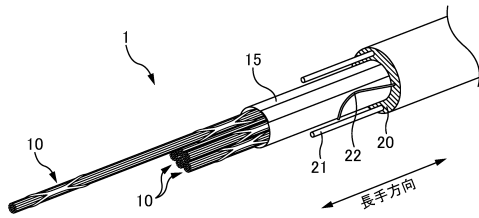


図1A

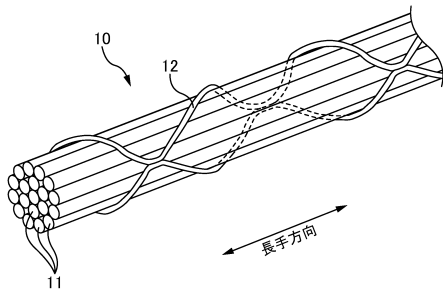
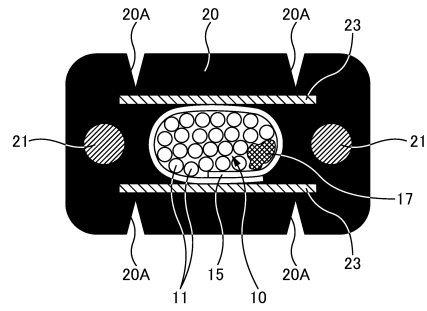


図1B

【 図 2 】



10

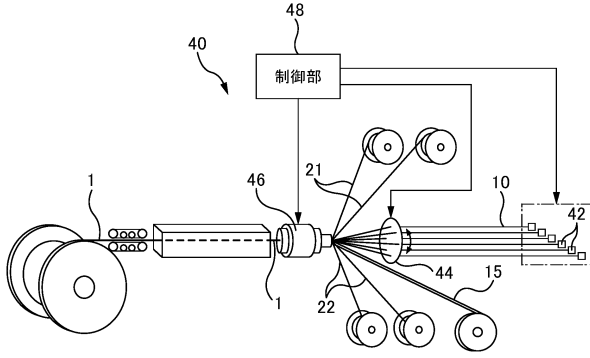
20

30

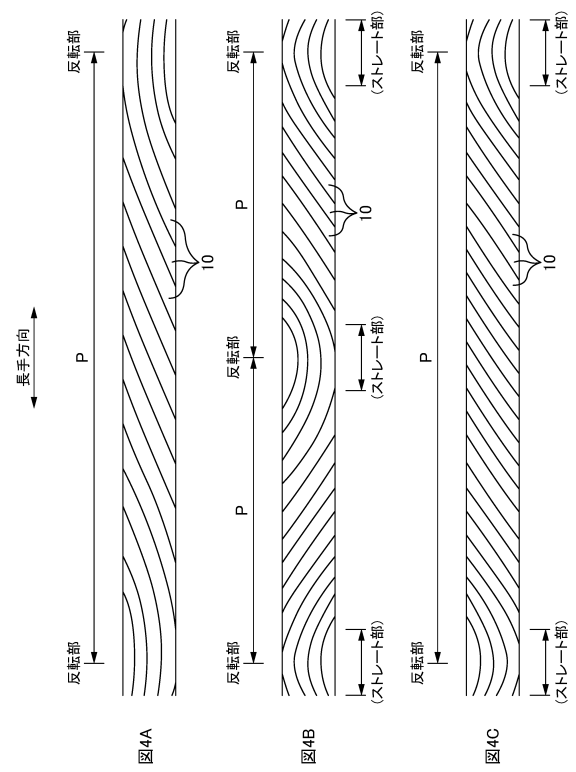
40

50

【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

	比較例1A	比較例1B	実施例1A	実施例1B	実施例1C
燃り角度 N	~360°	~360°	720°	1080°	720°
ピッチ P	800mm	400mm	800mm	800mm	1600mm
N/P	360° / 800mm	360° / 400mm	360° / 400mm	360° / 267mm	360° / 800mm
リボン状態	◎	◎	◎	◎	◎
燃り状態	◎	×	◎	◎	◎
引抜き	○	×	◎	◎	◎
伝送損失	○	×	◎	◎	○
曲げ特性	○	×	◎	◎	◎
判定	○	×	◎	◎	○

【 図 6 】

	比較例2	実施例2A	実施例2B	実施例2C	実施例2D	実施例2E	実施例2F	実施例2G	実施例2H	実施例2I	実施例2J
燃り角度 N	~360°	340°	360°	610°	660°	680°	720°	1080°	1440°	1800°	2160°
ピッチ P	800mm	800mm	800mm	800mm	800mm	800mm	800mm	800mm	800mm	800mm	800mm
N/P	360° / 800mm	340° / 800mm	360° / 800mm	360° / 472mm	360° / 448mm	360° / 424mm	360° / 400mm	360° / 267mm	360° / 200mm	360° / 160mm	360° / 133mm
リボン状態	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	×
燃り状態	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
引抜き	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
伝送損失	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	×
曲げ特性	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
判定	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	×

10

20

30

40

50

【 図 7 】

	比較例3 ~360°	実施例3A 540°	実施例3B 720°	実施例3C 1080°	実施例3D 1440°	実施例3E 1800°	実施例3F 2160°
繰り角 度 N	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
リボンの状態	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
繰り状態	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
引張力	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
伝送損失	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
曲り特性	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
判定	○	◎	◎	◎	◎	○	◎

10

20

30

40

50

フロントページの続き

千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内

審査官 大西 孝宣

- (56)参考文献 国際公開第 2 0 2 0 / 0 5 4 4 9 3 (W O , A 1)
特開 2 0 2 0 - 1 0 6 7 3 4 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 1 2 8 3 6 3 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 0 9 0 9 2 9 (J P , A)
特表 2 0 0 2 - 5 0 6 9 9 7 (J P , A)
特表 2 0 1 6 - 5 2 7 5 6 8 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 1 4 6 7 6 0 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 0 4 1 3 5 4 (U S , A 1)
中国特許出願公開第 1 1 1 0 7 7 6 1 8 (C N , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 2 B 6 / 4 4