

(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
2022年3月10日(10.03.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/050116 A1

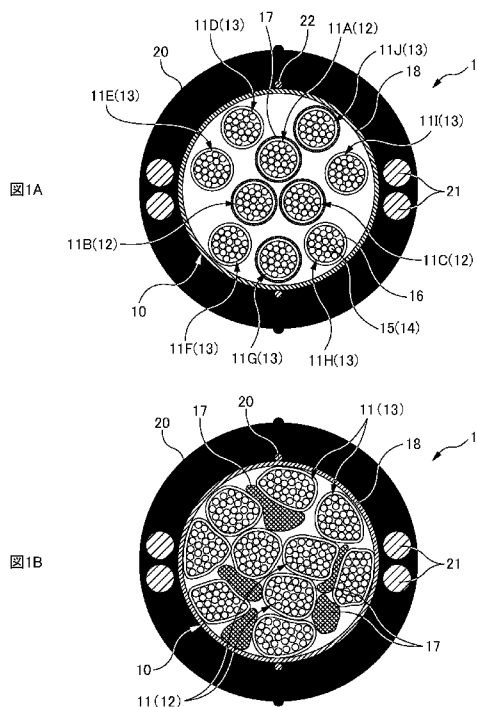
- (51) 国際特許分類:
G02B 6/44 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/030854
- (22) 国際出願日: 2021年8月23日(23.08.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-147296 2020年9月2日(02.09.2020) JP
- (71) 出願人: 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.) [JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場一丁目5番1号 Tokyo (JP). 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 大野 正敏 (OHNO, Masatoshi); 〒2858550 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 Chiba (JP). 鯨江 彰(NAMAZUE, Akira); 〒2858550 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 Chiba (JP). 大里 健(OSATO, Ken); 〒2858550 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 Chiba (JP). 山田 裕介(YAMADA, Yusuke); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 丸尾 勇太(MARUO, Yuta); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 櫻井 信(SAKURAI, Akira); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 鉄谷 成且(TETSUTANI, Shigekatsu); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 谷岡 裕明(TANIOKA, Hiroaki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 一色国際特許業務法人 (ISSHIKI & CO.); 〒1080073 東京都港区三田三丁目11番36号三田日東ダイビル Tokyo (JP).

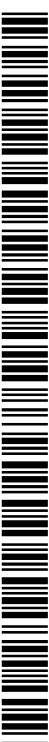
(54) Title: OPTICAL CABLE AND OPTICAL CABLE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 光ケーブル及び光ケーブル製造方法



(57) Abstract: An optical cable (1) according to the present disclosure is characterized by: being provided with a plurality of optical fiber units (11) each of which includes a fiber bundle (14) constituted by a plurality of optical fibers (15); the plurality of optical fiber units (11) being twisted in a fibrous manner; and an interposing member (17) being wound around the outer circumference of at least one of the fiber bundles (14).

(57) 要約: 本開示に係る光ケーブル(1)は、複数の光ファイバ(15)で構成されたファイバ束(14)を有する光ファイバユニット(11)を複数備え、複数の前記光ファイバユニット(11)は、S Z状に撚り合わせられており、少なくとも1つのファイバ束(14)の外周に介在部材(17)が巻き付けられていることを特徴とする。



WO 2022/050116 A1

(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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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：光ケーブル及び光ケーブル製造方法

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。

背景技術

[0002] 複数本の光ファイバを束ねた光ファイバの集合体を光ファイバユニットとし、複数の光ファイバユニットを外被の内部に収容して光ケーブルを構成する技術が知られている。特許文献1には、複数の光ファイバユニットをS Z状に撚り合わせたときに、撚りが解消される方向に光ファイバが移動する「撚り戻り」が生じることを抑制するため、複数の光ファイバユニットを包む押え巻きテープの内側に介在物を配置することが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2020-76915号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 「撚り戻り」を抑制するためには、光ファイバユニットの周囲に介在物を多く配置して、光ケーブル内の空隙を減らすことが望ましい。一方、光ケーブル内の介在物が増えてしまうと、光ファイバにかかる側圧が増加してしまい、マイクロバンド損失が増加するおそれがある。このため、介在物を減らすとともに、光ファイバユニットの撚り戻りを抑制するという相反する課題を解決することが望まれている。

[0005] 本発明は、介在物を減らしつつ撚り戻り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、S Z状に撚り合わせられており、少なくとも1つのファイバ束

の外周に介在部材が巻き付けられてい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、介在部材を減らしつつ、光ファイバユニットの撚り戻りを抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、光ケーブル1の説明図である。

[図2]図2Aは、光ファイバユニット11の説明図である。図2Bは、別の光ファイバユニット11の説明図である。

[図3]図3は、或る光ファイバユニット11Aの介在部材17Aの配置の説明図である。

[図4]図4は、光ケーブル1の解体作業性の評価結果を示す表である。

[図5]図5は、光ケーブル1の製造システム40の説明図である。

[図6]図6A及び図6Bは、目板44の説明図である。

[図7]図7A～図7Cは、目板44が回転するときの様子の説明図である。

[図8]図8は、変形例の製造システム40の説明図である。

[図9]図9Aは、圧縮率Rの測定の様子の説明図である。図9Bは、側圧を付加する前後における断面形状の変化の説明図である。

[図10]図10は、介在部材、バンドル材及びケブラーの圧縮率の測定結果である。

[図11]図11は、印加荷重Pと、圧縮率Rとの関係を示すグラフである。

[図12]図12は、光ケーブル1内の介在部材17の断面説明図である。

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、少なくとも以下の事項が明らかとなる。

[0011] 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、S Z 状に撚り合わせられており、少なくとも1つのファイバ束の外周に介在部材が巻き付けられていることを特徴とする光ケーブルが明らかとなる。このような光ケーブルによれば、介在部材を減らしつつ、光ファイバユニットの撚り戻りを抑制することができる。

[0012] 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が望ましい。これにより、光ファイバをバラバラにせず束ねることができる。

[0013] 前記介在部材は、前記バンドル材の外側に巻き付けられていることが望ましい。これにより、介在部材が周囲の光ファイバユニットに接触し易くなるため、介在部材を減らしつつ、光ファイバユニットの撚り戻りを更に抑制することができる。

[0014] 前記介在部材を有する前記光ファイバユニットと、前記介在部材を有しない前記光ファイバユニットとを備えることが望ましい。これにより、介在部材を減らし易くなる。

[0015] 前記光ファイバユニットによって内層ユニットが構成され、前記内層ユニットの外側に周方向に複数の前記光ファイバユニットを配置することによって外層ユニットが構成されており、前記内層ユニットを構成する前記光ファイバユニットは、前記介在部材を有することが望ましい。また、このような状況下において、前記外層ユニットは、前記介在部材を有する前記光ファイバユニットと、前記介在部材を有しない前記光ファイバユニットとを備えることが望ましい。これにより、介在部材を減らしつつ、光ファイバユニットの撚り戻りを更に抑制することができる。

[0016] 前記外層ユニットの前記介在部材を有する2つの前記光ファイバユニットの間に、前記介在部材を有しない前記光ファイバユニットが配置されていることが望ましい。これにより、介在部材を減らしつつ、光ファイバユニットの撚り戻りを更に抑制することができる。

[0017] 前記介在部材の巻き付けピッチをP1とし、複数の前記光ファイバユニッ

トの撚りピッチを P_2 としたとき、 P_1/P_2 が 0.1 以上であることが望ましい。これにより、光ケーブルの解体作業性が向上する。

[0018] 前記介在部材は、他の部材と接合されずに、前記ファイバ束の外周にS Z状に巻き付けられていることが望ましい。介在部材は、複数の光ファイバを束ねる機能が不要であるため、他の部材と接合されずにファイバ束の外周にS Z状に巻き付けることが可能である。

[0019] 前記介在部材の外周に巻き付けた巻回部材に印加する荷重を $P(N)$ とし、前記巻回部材に前記荷重 P を印加して前記介在部材に側圧を付加したときの前記介在部材の圧縮率を R としたとき、前記荷重 P が $1N$ 以上において、荷重 P が増加するほど前記圧縮率 R の増加することが望ましい。これにより、光ファイバユニットの撚り戻りを抑制することができる。

[0020] 前記荷重 P が $1.5 \sim 2.0N$ の範囲において、荷重 P が増加するほど前記圧縮率 R の増加することが望ましい。これにより、光ファイバユニットの撚り戻りを抑制することができる。

[0021] 前記荷重 P が $1.5 \sim 2.0N$ の範囲における荷重 P の増加量に対する前記圧縮率 R の増加量の割合を $\alpha(N^{-1})$ とすると、 α は 0.17 以上であることが望ましい。これにより、光ファイバユニットの撚り戻りを抑制することができる。

[0022] 前記介在部材の外周に巻き付けた巻回部材に印加する荷重を $P(N)$ とし、前記巻回部材に前記荷重 P を印加して前記介在部材に側圧を付加したときの前記介在部材の圧縮率を R としたとき、前記介在物は、圧縮率 R が 0.57 以上に变形可能であることが望ましい。これにより、光ファイバユニットの撚り戻りを抑制することができる。

[0023] 目板の複数の挿通穴のそれぞれにファイバ束を挿通すること、前記目板の少なくとも1つの前記挿通穴に介在部材を挿通すること、及び、前記目板を揺動させることによって、少なくとも1つの前記ファイバ束の外周に前記介在部材を巻き付けること、を行う光ケーブル製造方法が明らかとなる。このような光ケーブル製造方法によれば、介在部材を減らしつつ光ファイバユニ

ットの撚り戻りを抑制した光ケーブルを製造することができる。

[0024] ===第1実施形態===

<光ケーブル1の構成>

図1A及び図1Bは、光ケーブル1の説明図である。以下では、説明の都合上、図1Bに示すように断面形状が歪んだ光ファイバユニット11を、図1Aに示すように円形状の断面にして示すことがある。同様に、図1Bに示すように断面形状が歪んだ介在部材17を、断面形状の整った円形状、楕円形状等の断面にして示すことがある。

[0025] 光ケーブル1は、光ファイバ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。但し、光ケーブル1は、スロットロッドを有するスロット型の光ケーブルでも良い。光ケーブル1は、コア10と、外被20とを有する。

[0026] コア10は、外被20に収容される部材である。コア10は、複数の光ファイバユニット11（11A～11J）と、押え巻きテープ18とを有する。図1A（又は図1B）に示すように、本実施形態のコア10は10本の光ファイバユニット11を有するが、光ファイバユニット11の数は、10に限られるものではない。また、本実施形態のコア10は、複数の光ファイバユニット11をSZ状に撚り合わせることによって構成されている。押え巻きテープ18は、複数の光ファイバユニット11を包む部材である。

[0027] 本実施形態では、コア10を構成する複数の光ファイバユニット11によって、内層ユニット12と、外層ユニット13とが構成されている。内層ユニット12は、コア10の中央部に配置される光ファイバユニット11である。外層ユニット13は、内層ユニット12の外側に配置される光ファイバユニット11である。本実施形態では、内層ユニット12は、3本の光ファイバユニット11により構成されており、外層ユニット13は、7本の光ファイバユニット11により構成されている。但し、内層ユニット12や外層ユニット13を構成する光ファイバユニット11の数は、これに限られるも

のではない。以下の説明では、内層ユニット 1 2 を構成する光ファイバユニット 1 1 の符号に A ~ C を添字し、外層ユニット 1 3 を構成する光ファイバユニット 1 1 の符号に D ~ J を添字することがある。また、以下の説明では、光ファイバユニット 1 1 に対応する部材（例えば図 7 の挿通穴 4 4 1）の符号に対して、対応する光ファイバユニット 1 1 と同様の添字を付けることがある。

[0028] 外被 2 0 は、複数の光ファイバユニット 1 1（及び押え巻きテープ 1 8）を被覆する部材である。外被 2 0 の外形は、ここでは断面が略円形状であるが、外被 2 0 の外形形状は円形状に限られるものではない。外被 2 0 には、テンションメンバ 2 1 が埋設されている。また、外被 2 0 には、テンションメンバ 2 1 だけでなく、他の部材（例えばリップコード 2 2）が埋設されても良い。

[0029] 図 2 A は、光ファイバユニット 1 1 の説明図である。

光ファイバユニット 1 1 は、複数の光ファイバ 1 5 を束ねた構造体である。図 2 A に示す光ファイバユニット 1 1 は、ファイバ束 1 4 と、バンドル材 1 6 とを有する。ファイバ束 1 4 は、複数の光ファイバ 1 5 の束である。本実施形態では、ファイバ束 1 4 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。但し、ファイバ束 1 4 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。バンドル材 1 6 は、ファイバ束 1 4 を構成する複数の光ファイバ 1 5 を束ねる部材である。バンドル材 1 6 は、ファイバ束 1 4 の外周上に巻き付けられている。これにより、ファイバ束 1 4 を構成する複数の光ファイバ 1 5 がバラバラにならないように束ねられている。本実施形態では、光ファイバユニット 1 1 は一対のバンドル材 1 6 を有しており、それぞれのバンドル材 1 6 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 1 4 の外周に巻き付けられている。但し、バンドル材 1 6 は、S Z 状に巻き付けるものに限られず、ファイバ束 1 4 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 16 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 11 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には、光ファイバ 15 の束がバラバラにならないため、光ファイバユニット 11 がバンドル材 16 を備えなくても良い。

[0030] 図 2 B は、別の光ファイバユニット 11 の説明図である。

本実施形態の幾つかの光ファイバユニット 11 (11 A ~ 11 C、11 G、11 J ; 図 1 A 参照) は、更に介在部材 17 を有する。

[0031] 介在部材 17 は、光ケーブル 1 の内部空間の隙間を埋める部材である。光ケーブル 1 の内部に介在部材 17 を配置することによって、光ファイバ 15 の実装密度を高めることができる。なお、光ファイバ 15 の実装密度とは、光ケーブル 1 の内部空間の全体の断面面積から光ファイバ 15 以外の部材 (押え巻きテープ 18、バンドル材 16、介在部材 17 など) の断面面積を除いた面積に対する複数の光ファイバ 15 の断面面積の割合である。つまり、光ケーブル 1 の内部空間の全体の断面面積を S_0 とし、光ケーブル 1 の内部における光ファイバ 15 以外の部材 (押え巻きテープ 18、バンドル材 16、介在部材 17 など) の断面面積の合計を S_1 とし、光ケーブル 1 の内部の光ファイバ 15 の断面面積の合計を S_f とし、光ファイバ 15 の実装密度を ρ とするとき、 $\rho = S_f / (S_0 - S_1)$ となる。

[0032] ところで、光ファイバ 15 の実装密度が低い場合、光ケーブル 1 の内部空間の空隙が多くなるため、S Z 状に撚り合わされた複数の光ファイバユニット 11 は、撚りが解消される方向に移動するおそれがある。つまり、光ファイバ 15 の実装密度が低い場合、光ファイバユニット 11 の「撚り戻り」が生じるおそれがある。一方、「撚り戻り」を抑制するために、光ケーブル 1 の内部に配置する介在部材 17 を増やし過ぎてしまうと、光ファイバ 15 にかかる側圧が増加してしまい、光ファイバ 15 のマイクロベンド損失が増加するおそれがある。特に、光ケーブル 1 の伝送区間を長くするために採用される低損失の光ファイバ (例えば I T U - T G. 6 5 4. E に準拠する低損失特性を有する光ファイバ) は、I T U - T G. 6 5 7. A 1 に準拠す

るような光ファイバと比較すると、マイクロバンド特性が劣るため、このような光ファイバを採用した光ケーブル1の内部に多くの介在部材17を配置してしまうと、マイクロバンド損失が増加しやすくなる。そこで、本実施形態では、次述するように、介在部材17を減らしつつ、光ファイバユニット11の「撚り戻り」を抑制している。

[0033] 本実施形態の介在部材17は、長尺状の部材であり、ファイバ束14の外周に長手方向に沿って螺旋状又はS Z状に巻き付けられている。本実施形態の介在部材17は、紐状の部材であるが、紐状に限られるものではなく、例えばテープ状でも良い。なお、本実施形態の介在部材17は、ポリプロピレン製の紐で構成されているが、介在部材17の材質は、ポリプロピレンに限られず、他の材質でも良い。例えば、介在部材17は、吸水ヤーンのように吸水性を有する部材でも良い。介在部材17が吸水性を有することにより、光ケーブル1の内部の走水を抑制できる。図2Bでは、介在部材17は、ファイバ束14の外周に一方向に螺旋状に巻き付けられている。但し、介在部材17は、巻付方向を途中で反転させることによって、ファイバ束14の外周にS Z状に巻き付けられても良い。

[0034] 介在部材17は、バンドル材16と比べてクッション性を有する部材であることが望ましい。このため、介在部材17は、側圧を付加すると断面形状が大きく変化する部材である（これに対し、バンドル材16は、側圧をかけても断面形状がほとんど変形しない変形量の小さな部材である）。また、介在部材17は、小さな側圧であっても断面形状が変形するとともに、側圧が除去されたときには断面形状が元に戻りやすい性質（高復元率）を有する。介在部材17は、このようなクッション性を有するため、ケーブル湾曲時に光ケーブル1の内部空間が変形しても、内部空間の変形に追従して光ケーブル1の内部の隙間を埋め続けることができ、これにより、光ケーブル1の内部空間の部材（例えば光ファイバユニット11）の姿勢を保持することが可能であり、光ファイバユニット11の「撚り戻り」を抑制することが可能である。

[0035] なお、図2Bでは、光ファイバユニット11（及びファイバ束14）が長手方向に直線状に延在して描かれているが、本実施形態では光ケーブル1の内部で複数の光ファイバユニット11が撚り合わされているため、光ファイバユニット11の長手方向は、光ケーブル1の長手方向に沿ってS Z状に延在している。すなわち、光ファイバユニット11（及びファイバ束14）は光ケーブル1の内部で長手方向にS Z状に配置されており、本実施形態の介在部材17は、このようなS Z状のファイバ束14の長手方向に沿って螺旋状又はS Z状に介在部材17が巻き付けられていることになる。

[0036] 図3は、或る光ファイバユニット11Aの介在部材17Aの配置の説明図である。ここでは、或る光ファイバユニット11Aの介在部材17Aのみが示されており、他の光ファイバユニット11の介在部材17は不図示としている。図3には、光ケーブル1の長手方向の異なる箇所での光ケーブル1の断面が示されている。なお、図3では、光ケーブル1の断面の周方向の位置を変えることによって、光ケーブル1内の複数の光ファイバユニット11が同じ位置になるように描かれている（本実施形態では、光ケーブル1の内部で複数の光ファイバユニット11がS Z状に撚り合わされているため、光ケーブル1の断面における光ファイバユニット11の位置は光ケーブル1の長手方向の位置に応じて異なることになる）。

[0037] 本実施形態では、介在部材17がファイバ束14の外周に長手方向に沿って螺旋状又はS Z状に巻き付けられているため（図2B参照）、図3に示すように、或る光ファイバユニット11Aの介在部材17Aは、特定の光ファイバユニット11に隣接するだけでなく、周囲の他の光ファイバユニット11にも隣接することが可能である。例えば、図3に示す或る光ファイバユニット11Aの介在部材17Aは、或る断面では、外層ユニット13の光ファイバユニット11Dに隣接し、別の断面では、内層ユニット12の光ファイバユニット11Bに隣接する。このように、図3に示す或る光ファイバユニット11Aの介在部材17Aは、異なる複数の光ファイバユニット11に隣接している。同様に、他の光ファイバユニット11の介在部材17も、ファ

イバ束14の外周に長手方向に沿って螺旋状又はS Z状に巻き付けられることによって、異なる複数の光ファイバユニット11に隣接することになる。このように、或る光ファイバユニット11の介在部材17が周囲の異なる複数の光ファイバユニット11に隣接することによって、介在部材17が多くの光ファイバユニット11に隣接した状態になる。介在部材17に隣接する光ファイバユニット11は、介在部材17によって姿勢（S Z状に撚られた姿勢）を保持され易くなるため、介在部材17が多くの光ファイバユニット11に隣接した状態になることによって、光ファイバユニット11の「撚り戻り」を抑制することができる。つまり、本実施形態では、介在部材17がファイバ束14の外周に長手方向に沿って螺旋状又はS Z状に巻き付けられることによって、介在部材17を減らしつつ、光ファイバユニット11の「撚り戻り」を抑制することができる。

[0038] また、本実施形態では、図2Bに示すように、介在部材17は、バンドル材16の外側に巻き付けられている。これにより、本実施形態では、介在部材17がバンドル材16の内側に配置された場合と比べて、介在部材17が周囲の光ファイバユニット11に接触し易くなるため、光ファイバユニット11の「撚り戻り」を更に抑制することができる。

[0039] 図1Aに示すように、本実施形態では、全ての光ファイバユニット11は介在部材17を有しておらず、介在部材17を有する光ファイバユニット11（11A～11C、11G、11J；図2B参照）と、介在部材17を有しない光ファイバユニット11（11D～11F、11H、11I；図2A参照）とが混在している。これにより、全ての光ファイバユニット11が介在部材17を有する場合と比べて、光ケーブル1の内部の介在部材17を減らすことが可能である。なお、介在部材17を有しない光ファイバユニット11は、隣接する光ファイバユニット11の介在部材17と隣接することによって「撚り戻り」が抑制されるため、介在部材17を有しない光ファイバユニット11が混在することは許容されている。但し、全ての光ファイバユニット11が介在部材17を有していても良い。

[0040] また、本実施形態では、図1Aに示すように、内層ユニット12を構成する3つの光ファイバユニット11(11A~11C)は、それぞれ介在部材17を有している。内層ユニット12を構成する光ファイバユニット11は、外層ユニット13を構成する光ファイバユニット11(11D~11J)と比べて、周囲に隣接する光ファイバユニット11の数が多いため、本実施形態のように内層ユニット12を構成する光ファイバユニット11が介在部材17を有することによって、介在部材17が多くの光ファイバユニット11に隣接した状態になる。これにより、光ファイバユニット11はSZ状に撚られた姿勢を保持され易くなるため、光ファイバユニット11の「撚り戻り」を抑制し易くなる。但し、内層ユニット12を構成する光ファイバユニット11が介在部材17を有していなくても良い。

[0041] 更に、本実施形態では、図1Aに示すように、外層ユニット13には、介在部材17を有する光ファイバユニット11と、介在部材17を有しない光ファイバユニット11とが混在している。これにより、光ケーブル1の内部の介在部材17を減らすことが可能である。なお、本実施形態では、内層ユニット12の光ファイバユニット11は介在部材17を有する状況下であるため、外層ユニット13に介在部材17を有しない光ファイバユニット11が存在しても、その外層ユニット13の光ファイバユニット11は、少なくとも内層ユニット12の光ファイバユニット11の介在部材17とは隣接するため、外層ユニット13の光ファイバユニット11の「撚り戻り」を抑制することが可能である。

[0042] なお、介在部材17を有する光ファイバユニット11と、介在部材17を有しない光ファイバユニット11とを外層ユニット13に混在させる場合には、介在部材17を有する2つの光ファイバユニット11の周方向の間に、介在部材17を有しない光ファイバユニット11が配置されることが望ましい。これにより、外層ユニット13において介在部材17を有する2つの光ファイバユニット11が周方向に隣接する場合と比べて、光ケーブル1の内部の介在部材17を減らしても、光ファイバユニット11の「撚り戻り」を

抑制し易くなる。

[0043] ところで、介在部材17がファイバ束14に巻き付けられている場合、介在部材17の巻き付けるピッチが狭すぎると、介在部材17の除去作業に手間がかかり、光ケーブル1の分岐作業に時間がかかってしまうおそれがある。そこで、介在部材17の巻付ピッチをP1とし、複数の光ファイバユニット11の撚りピッチをP2とし、 $P1/P2$ の変更した複数種類の光ケーブル1を作成し、それぞれの光ケーブル1の解体作業性を評価した。なお、介在部材17の巻付ピッチをP1は、ファイバ束14の外周に螺旋状に巻き付けられた介在部材17がファイバ束14の外周を周方向に1周するまでの間のファイバ束14の長手方向の長さである。また、撚りピッチP2は、SZ状に撚られた光ファイバユニット11の撚り方向が反転してから、次に同じ方向に撚り方向が反転するまでの間の光ケーブル1の長手方向の長さである。作成した光ケーブル1は、図1A（又は図1B）に示す構造であり、5枚の4心間欠連結型光ファイバテープで光ファイバユニット11を構成するとともに、10本の光ファイバユニット11をSZ状に撚り合わせて構成した。また、10本のうちの5本の光ファイバユニット11には、介在部材17を螺旋状に巻き付けた。介在部材17をファイバ束14に巻き付けずに縦添えした場合（P1を無限大とした場合）の光ケーブル1の解体作業性を基準とし、解体作業性がほぼ変わらない場合を優良（◎）とし、解体作業性が問題ない場合を良（○）とし、解体可能だが解体に時間を要する場合を可（△）として、それぞれの光ケーブル1の解体作業性を評価した。

[0044] 図4は、光ケーブル1の解体作業性の評価結果を示す表である。図に示す通り、 $P1/P2$ は、0.1以上であることが望ましい（ $P1/P2 \geq 0.1$ ）。また、 $P1/P2$ は、0.5以上であることが更に望ましい（ $P1/P2 \geq 0.5$ ）。

[0045] なお、介在部材17をファイバ束14の外周に螺旋状に巻き付ける代わりに、介在部材17をファイバ束14の外周にSZ状に巻き付けても良い。介在部材17をファイバ束14の外周にSZ状に巻き付けた場合には、螺旋状

に巻き付けた場合と比べて、介在部材 17 の除去作業が容易になる。また、介在部材 17 は、他の部材（例えば光ファイバユニット 11 が 2 本以上の介在部材 17 を有する場合における別の介在部材 17）と接合されずに、ファイバ束 14 の外周に S Z 状に巻き付けられていることが望ましい。これにより、介在部材 17 の除去作業が容易になる。なお、介在部材 17 は、バンドル材 16 とは異なり、複数の光ファイバ 15 を束ねる機能が不要であるため、他の部材と接合させずにファイバ束 14 の外周に S Z 状に巻き付けて光ファイバユニット 11 を構成することが可能である。また、介在部材 17 は、バンドル材 16 とは異なり、複数の光ファイバ 15 を束ねる機能が不要であるため、光ファイバユニット 11 のファイバ束 14 の外周に巻き付けられる介在部材 17 の数を 1 本とし、その 1 本のファイバ束 14 をファイバ束 14 の外周に S Z 状に巻き付けても良い。バンドル材 16 は、S Z 状に巻き付ける場合には複数の光ファイバ 15 を束ねるため、対となる別のバンドル材 16 と接合させるのに対し、介在部材 17 は、S Z 状に巻き付ける場合であっても介在部材の数を 1 本にすることが可能なため、光ケーブル 1 に含まれる介在部材 17 の数を抑制し易くなる。

[0046] 上記の通り、本実施形態の光ケーブル 1 は、複数の光ファイバ 15 で構成されたファイバ束 14 を有する光ファイバユニット 11 を複数備えており、複数の光ファイバユニット 11 は S Z 状に撚り合わせられており、少なくとも 1 つのファイバ束 14 の外周に介在部材 17 が巻き付けられている。このような構成の光ケーブル 1 によれば、図 3 に示すように、介在部材 17 が周囲の異なる複数の光ファイバユニット 11 に隣接することができる。これにより、介在部材 17 に隣接する光ファイバユニット 11 は、介在部材 17 によって S Z 状に撚られた姿勢を保持され易くなる。この結果、介在部材 17 を減らしつつ、光ファイバユニット 11 の「撚り戻り」を抑制することができる。なお、上記の実施形態では、5 本の光ファイバユニット 11 がそれぞれ介在部材 17 を備えていたが、複数の光ファイバユニット 11 のうちの少なくとも 1 本の光ファイバユニット 11 が介在部材 17 を備えており、その

介在部材 17 がファイバ束 14 の外周に巻き付いていれば、介在部材 17 を減らしつつ、光ファイバユニット 11 の「撚り戻り」を抑制することが可能である。

[0047] <製造方法>

図 5 は、光ケーブル 1 の製造システム 40 の説明図である。製造システム 40 は、ファイバ供給部 41 と、バンドル装置 42 と、介在供給部 43 と、目板 44 と、押出成形部 45 と、巻取部 47 とを有する。

[0048] ファイバ供給部 41 は、光ファイバ 15 を供給する装置（供給源）である。本実施形態では、ファイバ供給部 41 は、間欠連結型の光ファイバテープを供給する装置（供給源）であり、複数の光ファイバ 15 を供給可能である。具体的には、ファイバ供給部 41 は、予め間欠連結型の光ファイバテープが巻き回されたドラム（又はポビン）で構成されている。なお、ファイバ供給部 41 は、間欠連結型の光ファイバテープの製造装置で構成されても良い。本実施形態では、ファイバ供給部 41 から供給された光ファイバテープは、ファイバ束 14 としてバンドル装置 42 に供給されることになる。

[0049] バンドル装置 42 は、ファイバ束 14 の外周にバンドル材 16 を巻き付ける装置である。本実施形態では、バンドル装置 42 は、2 本のバンドル材 16 を互いに逆方向に S Z 状に巻き付けるとともに、巻付方向の反転箇所では 2 本のバンドル材 16 を接合する。但し、バンドル装置 42 は、バンドル材 16 をファイバ束 14 の外周に一方方向に螺旋状に巻き付けても良い。バンドル装置 42 がファイバ束 14 にバンドル材 16 を巻き付けることによって、図 2A に示す光ファイバユニット 11 が形成される。なお、バンドル材 16 を備えずに光ファイバユニット 11 を構成する場合には、バンドル装置 42 は無くても良い。

[0050] 介在供給部 43 は、介在部材 17 を供給する装置（供給源）である。例えば、介在供給部 43 は、予め介在部材 17 が巻き回されたドラム（又はポビン）で構成されている。

[0051] 図 6A 及び図 6B は、目板 44 の説明図である。図 6A は、目板 44 の説

明図である。図6Bは、目板44の挿通穴441に光ファイバユニット11（ファイバ束14及びバンドル材16）と介在部材17とを挿通させた状態の説明図である。

[0052] 目板44は、複数の挿通穴441を有する板状の部材である。挿通穴441は、目板44を貫通した貫通穴であり、ファイバ束14及び介在部材17を挿通させるための穴である。本実施形態では、挿通穴441は、円形状に構成されている。目板44のそれぞれの挿通穴441に向かって、バンドル装置42から光ファイバユニット11（ファイバ束14）が供給されるとともに、介在供給部43から介在部材17が供給されることになる。図5に示すように、目板44への光ファイバユニット11の供給方向と、介在部材17の供給方向とが異なっている。具体的には、目板44への光ファイバユニット11の供給方向は、目板44に対してほぼ垂直な方向であるのに対し、目板44への介在部材17の供給方向は、目板44の垂直方向に対して傾斜している。

[0053] 目板44は、挿通穴441にファイバ束14及び介在部材17を挿通させた状態で、中央の回転軸を中心にして揺動する。目板44が揺動することによって、複数の光ファイバユニット11がS Z状に撚り合わせられることになる。また、本実施形態の目板44は、揺動することによって、介在部材17をファイバ束14の外周にS Z状に配置させる機能も有する。

[0054] 図7A～図7Cは、目板44が回転するときの様子説明図である。ここでは、説明のため、1つの挿通穴441Aだけにファイバ束14及び介在部材17Aを挿通させた状態が図示されている。

[0055] 図7A～図7Cに示すように、目板44が揺動することによって、ファイバ束14の周方向の位置が変化する。これにより、光ケーブル1の内部でファイバ束14（光ファイバユニット11A）が長手方向に沿ってS Z状に配置されることになる。

[0056] 既に説明したように、本実施形態では、目板44への介在部材17の供給方向は、目板44の垂直方向に対して傾斜している。この結果、介在部材1

7は、挿通穴441の内部において、介在供給部43の側に偏って配置され易くなる。例えば、図7A～図7Cに示す介在部材17の介在供給部43（図5参照）は目板44の挿通穴441よりも図中の上側に配置されており、この結果、図7A～図7Cに示す介在部材17Aは、挿通穴441Aの内部において、挿通穴441の上側（上縁）に偏って配置され易くなる。本実施形態では、このように介在部材17を挿通穴441の内部で特定方向に偏って配置させた状態で目板44が揺動することによって、介在部材17をファイバ束14の外周に長手方向に沿ってS Z状に巻き付けることができる。

[0057] なお、本実施形態では、挿通穴441は、円形状に構成されている。これにより、図7A～図7Cに示すように目板44を揺動させたときに、ファイバ束14及び介在部材17と挿通穴441の周縁とが周方向（挿通穴441の周縁に沿う方向）に滑り易くなり、介在部材17を挿通穴441の内部で特定方向（ここでは上側）に偏って配置させ易くなる。但し、介在部材17を挿通穴441の内部で特定方向に偏って配置させることができれば、挿通穴441の形状は円形状でなくても良く、他の形状でも良い。

[0058] また、本実施形態では、介在部材17を挿通穴441の内部で特定方向に偏って配置させた状態で目板44が揺動することによって、介在部材17は、特定の光ファイバユニット11に隣接するだけでなく、周囲の他の光ファイバユニット11と隣接することが可能になる。例えば、図7Aに示す介在部材17Aは、図7Bに示す状態では、挿通穴441Dに挿通される光ファイバユニット11D（図7Bでは不図示；図3参照）に隣接し、図7Cに示す状態では、挿通穴441Bに挿通される光ファイバユニット11B（図7Cでは不図示；図3参照）に隣接する。同様に、他の挿通穴441に挿通される介在部材17も、挿通穴441の内部で特定方向に偏って配置させた状態で目板44が揺動することによって、異なる複数の光ファイバユニット11に隣接することが可能になる。

[0059] 図5に示すように、目板44を通過した複数の光ファイバユニット11は、S Z状に撚り合わせられた状態で押出成形部45に供給されることになる

。押出成形部45には、複数の光ファイバユニット11だけでなく、押え巻きテープ18、テンションメンバ21、リップコード22などの他の部材も供給される。

[0060] 押出成形部45は、外被20を形成する装置である。押出成形部45において、複数の光ファイバユニット11に押え巻きテープ18が巻き回され、外被20となる樹脂が押出成型されることによって、図1A（又は図1B）に示す本実施形態の光ケーブル1が製造されることになる。押出成形部45によって製造された光ケーブル1は、冷却装置46によって冷却された後、巻取部47（例えばドラム）に巻き取られることになる。

[0061] 上記の通り、本実施形態の光ケーブル1の製造方法では、目板44の複数の挿通穴441のそれぞれにファイバ束14を挿通すること、目板44の少なくとも1つの挿通穴441に介在部材17を挿通すること、及び、目板44を揺動させることによって少なくとも1つのファイバ束14の外周に介在部材17を巻き付けること、が行われる。このような製造方法によれば、介在部材17を減らしつつ、光ファイバユニット11の「撚り戻り」を抑制した光ケーブル1を製造することができる。

[0062] 図8は、変形例の製造システム40の説明図である。変形例の製造システム40は、ファイバ供給部41と、バンドル装置42と、介在巻付部43'と、目板44と、押出成形部45と、巻取部47とを有する。図5に示す製造システム40と比較すると、変形例の製造システム40は、前述の介在供給部43（図5参照）の代わりに、介在巻付部43'を有する。介在巻付部43'は、介在部材17をファイバ束14の外周に巻き付ける装置である。ここでは、介在巻付部43'は、介在部材17をファイバ束14の外周に螺旋状に巻き付ける装置である。但し、介在部材17が外れなければ、介在部材17がファイバ束14の外周にS Z状に巻き付けられても良い。

[0063] 変形例においても、目板44は、挿通穴441にファイバ束14及び介在部材17を挿通させた状態で、中央の回転軸を中心にして揺動する。目板44が揺動することによって、複数の光ファイバユニット11がS Z状に撚り

合わせられることになる。変形例では、介在部材 17 がファイバ束 14 の外周に螺旋状又は S Z 状に巻き付けられた状態で、複数の光ファイバユニット 11 が S Z 状に撚り合わせられることになる。このため、変形例では、介在部材 17 の巻き付けピッチ P 1 と、複数の光ファイバユニット 11 の撚りピッチ P 2 とを別々に設定し易くなる。

[0064] <介在部材 17 のクッション性について>

既に説明した通り、介在部材 17 は、側圧を付加すると断面形状が大きく変化する部材である。側圧を付加したときの断面形状の変化を示す指標の一例として、圧縮率がある。側圧を付加する前の部材の直径を D 1 (mm) とし、側圧を付加したときの部材の直径を D 2 (mm) とするとき、その部材の圧縮率 R は、次式の通りである。

$$[0065] \quad R = (D 1 - D 2) / D 2$$

[0066] また、側圧を付加する前の部材の外周の長さ（初期円周長）を L 1 (mm) とし、側圧を付加したときの部材の外周の長さ（円周長）を L 2 (mm) とするとき、その部材の圧縮率 R は、次式の通りである。

$$[0067] \quad R = (L 1 - L 2) / L 2$$

[0068] 図 9 A は、圧縮率 R の測定の様子の説明図である。図 9 B は、側圧を付加する前後における断面形状の変化の説明図である。

[0069] 図 9 A に示すように、被測定部材 19（例えば介在部材 17）の一端を固定し、他端に錘を取り付けて、被測定部材 19 に張力を付与する。ここでは、光ケーブル 1 内の介在部材 17 と同様の張力がかかるように、200g の錘を付与する（約 2 N の張力を付与する）。

[0070] 図 9 B の左側には、巻回部材 53 に荷重を印加する前の状態が示されている。図 9 B の右側には、巻回部材 53 に荷重を印加した状態が示されている。

図 9 A 及び図 9 B に示すように、被測定部材 19（例えば介在部材 17）の外周には、紐状の巻回部材 53 が巻き付けられている。また、図 9 A 及び図 9 B に示すように、被測定部材 19 の一端は固定されており、他端には測

定装置 5 2 が取り付けられている。測定装置 5 2 は、巻回部材 5 3 に印加する荷重 P (N) と、巻回部材 5 3 の端部の基準位置 X_0 に対する変位 X (mm) とを測定する。

[0071] 図 9 A に示すように、巻回部材 5 3 に荷重を印加する前の基準位置 X_0 では、被測定部材 1 9 の初期円周長は L_1 であり、直径は D_1 である。図 9 B に示すように、巻回部材 5 3 に荷重 P (引っ張り荷重) が印加されると、被測定部材 1 9 の外周に均等に側圧が付与されるとともに、被測定部材 1 9 の断面形状が圧縮変形し、被測定部材 1 9 の円周長は L_2 になり、直径は D_2 になる (被測定部材 1 9 の密度が高くなる)。図 9 B に示すように、巻回部材 5 3 に荷重が印加されると、巻回部材 5 3 の端部が変位する。巻回部材 5 3 の端部の基準位置 X_0 に対する変位 X を測定装置 5 2 によって測定することによって、被測定部材 1 9 の円周長 L_2 (若しくは直径 D_2) を測定することができ、これにより、圧縮率 R を算出することができる。

[0072] 図 1 0 は、介在部材、バンドル材及びケブラーの圧縮率の測定結果である。ここでは、被測定部材として、3 種類の介在部材 (介在部材 1 ~ 3) と、バンドル材と、ケブラーを測定した。なお、測定対象のバンドル材やケブラーを光ファイバユニットの外周に巻き付けて構成した光ケーブルでは、撚り合わせられた複数の光ファイバユニットに撚り戻りが生じるのに対し、測定対象の介在部材 (介在部材 1 ~ 3) を光ファイバユニットの外周に巻き付けて構成した光ケーブルでは光ファイバユニットの撚り戻りが抑制されていた。介在部材 2, 3 は、吸水性を有する介在部材であり、具体的には吸水ヤーンである。また、ここでは、印加荷重 P を 0.0 ~ 2.5 N の範囲で異ならせ、図 9 B に示すように巻回部材 5 3 に荷重 P を印加したときの円周長 L_2 を測定し、初期円周長 L_1 と円周長 L_2 とに基づいて圧縮率 R を測定した。

[0073] 図 1 1 は、印加荷重 P と、圧縮率 R との関係を示すグラフである。グラフの横軸は、図 9 A 及び図 9 B の巻回部材 5 3 に印加した引っ張り荷重 P (N) を示している。グラフの縦軸は、被測定部材 1 9 の圧縮率 R を示している。

[0074] 図11に示すように、バンドル材及びケブラーの場合、印加荷重Pが1.0N以上において、圧縮率Rがほぼ変化しておらず、圧縮率Rの変化量は測定誤差の程度であった。これに対し、介在部材（介在部材1～3）の場合、印加荷重Pが1.0N以上の範囲において、印加荷重Pが増加するほど圧縮率Rが増加した。つまり、バンドル材及びケブラーは側圧が付加されたときに断面形状が変化し難い部材であるのに対し、介在部材は、バンドル材やケブラーと比べて、側圧が付加されたときに断面形状が大きく変化する部材であることが示されている。側圧が付加されたときに断面形状が大きく変化する部材であれば、光ケーブル1の内部の隙間を埋め続けることができ、これにより、光ケーブル1の内部空間の部材（例えば光ファイバユニット11）の姿勢を保持することが可能である。このため、介在部材は、図11に示すように、印加荷重Pが増加するほど圧縮率Rが増加することが望ましい。特に、介在部材は、印加荷重Pが1.0N以上において印加荷重Pが増加するほど圧縮率Rが増加することが望ましい。なお、印加荷重Pが1.0Nを超える範囲で印加荷重Pが増加するほど圧縮率Rが増加することは、光ファイバのマイクロバンド損失の抑制にも効果があると考えられる。

[0075] 図10及び図11に示すように、バンドル材及びケブラーの場合、印加荷重Pが1.5～2.0Nの範囲において、圧縮率Rが変化しなかった。これは、印加荷重Pが1.5～2.0Nに達した状態では、バンドル材及びケブラーは、側圧が変化しても断面形状が変化しないことを意味しており、印加荷重Pが1.5Nを超えるとバンドル材及びケブラーの断面形状が変化しないことを意味している。これに対し、介在部材（介在部材1～3）の場合、印加荷重Pが1.5～2.0Nの範囲において、印加荷重Pが増加するほど圧縮率Rが増加している。これは、介在部材（介在部材1～3）は、バンドル材及びケブラーとは異なり、印加荷重Pが1.5Nを超えても断面形状が変化可能であることを意味している。このように、介在部材（介在部材1～3）とバンドル材及びケブラーとを対比すると、印加荷重Pが1.5～2.0Nの範囲において、圧縮率Rの変化に大きな差が現れ、このような圧縮率

Rの変化の差によって、介在部材（介在部材1～3）を光ファイバユニットの外周に巻き付けて構成した光ケーブルでは光ファイバユニットの撚り戻りが抑制されたものと思われる。このため、介在物は、少なくとも印加荷重Pが1.5～2.0Nの範囲において、印加荷重Pが増加するほど圧縮率Rが増加する性質を有することが望ましい。

[0076] 図10の右側には、印加荷重Pが1.5～2.0Nの範囲における圧縮率の変化率 α （印加荷重Pの増加量に対する圧縮率Rの増加量の割合）が示されている。圧縮率の変化率 α の値が大きい部材は、印加荷重Pの増加するほど圧縮率Rが増加し易い特性を有する。図10に示す各部材の圧縮率の変化率 α は、図11の印加荷重Pが1.5～2.0Nの範囲におけるグラフの傾きに相当し、図11における印加荷重Pが1.5～2.0Nの範囲の2つの測定結果を結ぶ線の傾きに相当する。介在部材の圧縮率の変化率 α は、0.17～0.26（単位： N^{-1} ）である（これに対し、バンドル材やケブラーの圧縮率の変化率はほぼゼロである）。このように、前述のファイバ束14の外周に巻き付ける介在部材17は、印加荷重Pが1.5～2.0Nの範囲における圧縮率の変化率 α （印加荷重Pの増加量に対する圧縮率Rの増加量の割合）が0.17以上の部材であることが望ましい。

[0077] 図10及び図11に示すように、バンドル材の圧縮率Rの最大値は0.40であり、ケブラーの圧縮率Rの最大値は0.33であった。これに対し、介在部材1～3では、圧縮率Rの最大値がそれぞれ0.91、0.57、0.66であり、バンドル材やケブラーと比べて圧縮率Rが大きかった。この理由は、バンドル材及びケブラーの場合、印加荷重Pが1.0N以上において圧縮率Rがほぼ変化しないのに対し、介在部材（介在部材1～3）の場合、印加荷重Pが1.0N以上においても圧縮率Rが変化するため、断面形状が大きく変化するからである。このような点からも、バンドル材及びケブラーは側圧が付加されたときに断面形状が変化し難い部材であるのに対し、介在部材は、バンドル材やケブラーと比べて、側圧が付加されたときに断面形状が大きく変化する部材であることが示されている。上記の通り、側圧が付

加されたときに断面形状が大きく変化する部材であれば、光ケーブル1の内部の隙間を埋め続けることができ、これにより、光ケーブル1の内部空間の部材（例えば光ファイバユニット11）の姿勢を保持することが可能である。このため、介在部材は、圧縮率Rが0.57以上に変形可能であることが望ましい。

[0078] 圧縮率の測定後に巻回部材53の印加荷重を解除したとき（被測定部材19にかけた側圧を除去したとき）、介在部材（介在部材1～3）の断面形状は大きく変化する、測定前の断面形状にほぼ戻ることが確認された。このように、前述のファイバ束14の外周に巻き付ける介在部材17は、側圧が除去されたときに断面形状が元に戻りやすい性質（高復元率）を有することが望ましい。

[0079] 図12は、光ケーブル1内の介在部材17の断面説明図である。図12は、図1Bに示す光ケーブル1の或る介在部材17の周辺の拡大説明図である。図中の介在部材17の断面には、密度に応じたハッチングが施されている。ここでは、介在部材17の密度の高い部位には濃いハッチングを施しており、密度の低い部位には淡いハッチングを施している。

[0080] 図12に示すように、介在部材17の断面において、密度の異なる領域が存在する。光ケーブル1の内部の比較的広い隙間を埋める部位では、介在部材17の密度が比較的低くなり（淡いハッチング）、光ケーブル1の内部の比較的狭い隙間を埋める部位では、介在部材17の密度が比較的高くなる（濃いハッチング）。このため、密度の濃い領域では、密度の淡い領域と比べて、周囲から大きな側圧を受けており、この結果、大きく圧縮変形していると考えられる。このように、介在部材17の或る断面において、密度の異なる領域が存在することが望ましい。つまり、介在部材17の或る断面において、介在部材17の密度が不均一であることが望ましい。言い換えると、介在部材17は、或る断面において、異なる密度の領域が存在するように変形可能であることが望ましい（領域に応じて密度が異なるように変形可能であることが望ましい）。このような介在部材17を用いることによって、内部

空間の変形に追従して光ケーブル1の内部の隙間を埋め続けることができ、これにより、光ケーブル1の内部空間の部材（例えば光ファイバユニット11）の姿勢を保持することが可能である。

[0081] ===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

[0082] 1 光ケーブル、10 コア、
11 光ファイバユニット、
12 内層ユニット、13 外層ユニット、
14 ファイバ束、15 光ファイバ、
16 バンドル材、17 介在部材、
18 押え巻きテープ、19 被測定部材、
20 外被、21 テンションメンバ、22 リップコード、
40 製造システム、41 ファイバ供給部、42 バンドル装置、
43 介在供給部、43' 介在巻付部、
44 目板、441 挿通穴、
45 押出成形部、46 冷却装置、47 巻取部、
51 錘、52 測定装置、53 巻回部材

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、S Z 状に撚り合わせられており、
少なくとも1つのファイバ束の外周に介在部材が巻き付けられている
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3] 請求項2に記載の光ケーブルであって、
前記介在部材は、前記バンドル材の外側に巻き付けられていることを特徴とする光ケーブル。
- [請求項4] 請求項1～3のいずれかに記載の光ケーブルであって、
前記介在部材を有する前記光ファイバユニットと、前記介在部材を有しない前記光ファイバユニットとを備えることを特徴とする光ケーブル。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれかに記載の光ケーブルであって、
前記光ファイバユニットによって内層ユニットが構成され、
前記内層ユニットの外側に周方向に複数の前記光ファイバユニットを配置することによって外層ユニットが構成されており、
前記内層ユニットを構成する前記光ファイバユニットは、前記介在部材を有することを特徴とする光ケーブル。
- [請求項6] 請求項5に記載の光ケーブルであって、
前記外層ユニットは、前記介在部材を有する前記光ファイバユニットと、前記介在部材を有しない前記光ファイバユニットとを備えることを特徴とする光ケーブル。

- [請求項7] 請求項6に記載の光ケーブルであって、
前記外層ユニットの前記介在部材を有する2つの前記光ファイバユニットの間に、前記介在部材を有しない前記光ファイバユニットが配置されていることを特徴とする光ケーブル。
- [請求項8] 請求項1～7のいずれかに記載の光ケーブルであって、
前記介在部材の巻き付けピッチを $P1$ とし、複数の前記光ファイバユニットの撚りピッチを $P2$ としたとき、 $P1/P2$ が 0.1 以上であることを特徴とする光ケーブル。
- [請求項9] 請求項1～7のいずれかに記載の光ケーブルであって、
前記介在部材は、他の部材と接合されずに、前記ファイバ束の外周にS Z状に巻き付けられていることを特徴とする光ケーブル。
- [請求項10] 請求項1～9のいずれかに記載の光ケーブルであって、
前記介在部材の外周に巻き付けた巻回部材に印加する荷重を $P(N)$ とし、
前記巻回部材に前記荷重 P を印加して前記介在部材に側圧を付加したときの前記介在部材の圧縮率を R としたとき、
前記荷重 P が $1N$ 以上において、荷重 P が増加するほど前記圧縮率 R の増加することを特徴とする光ケーブル。
- [請求項11] 請求項10に記載の光ケーブルであって、
前記荷重 P が $1.5\sim 2.0N$ の範囲において、荷重 P が増加するほど前記圧縮率 R の増加することを特徴とする光ケーブル。
- [請求項12] 請求項10又は11に記載の光ケーブルであって、
前記荷重 P が $1.5\sim 2.0N$ の範囲における荷重 P の増加量に対する前記圧縮率 R の増加量の割合を $\alpha(N^{-1})$ とするとき、
 α は 0.17 以上であることを特徴とする光ケーブル。
- [請求項13] 請求項1～12のいずれかに記載の光ケーブルであって、
前記介在部材の外周に巻き付けた巻回部材に印加する荷重を $P(N)$ とし、

前記巻回部材に前記荷重 P を印加して前記介在部材に側圧を付加したときの前記介在部材の圧縮率を R としたとき、

前記介在物は、圧縮率 R が 0.57 以上に変形可能であることを特徴とする光ケーブル。

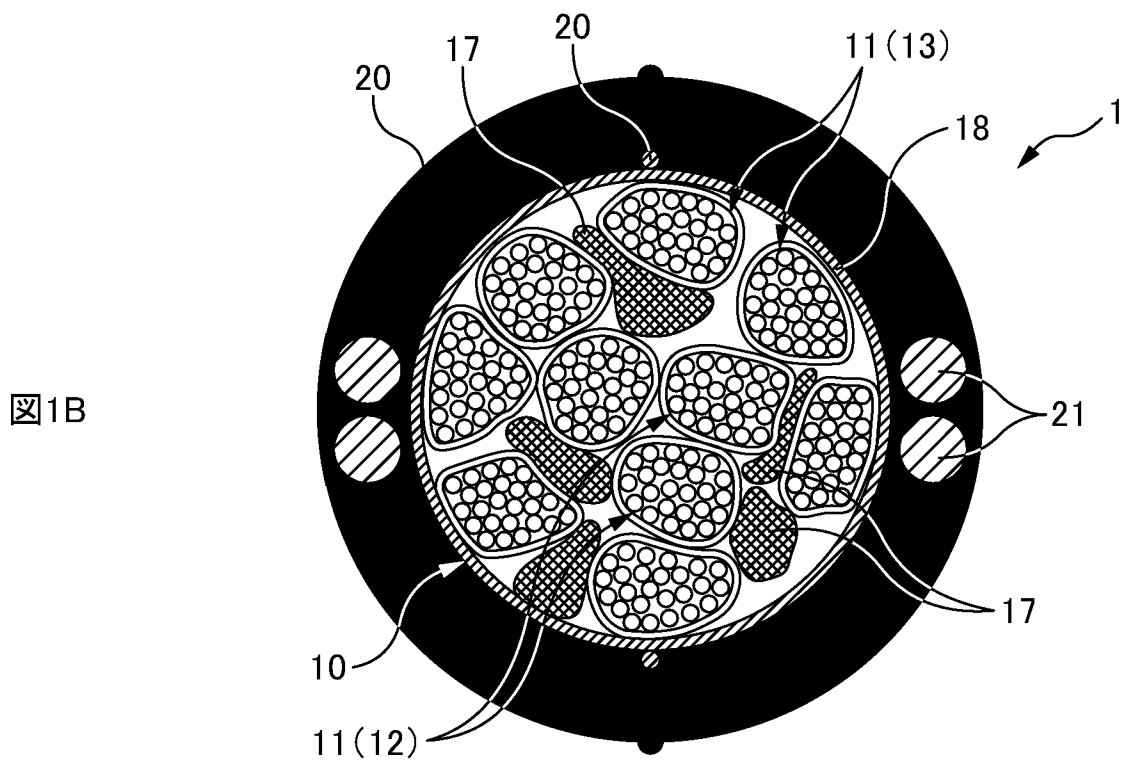
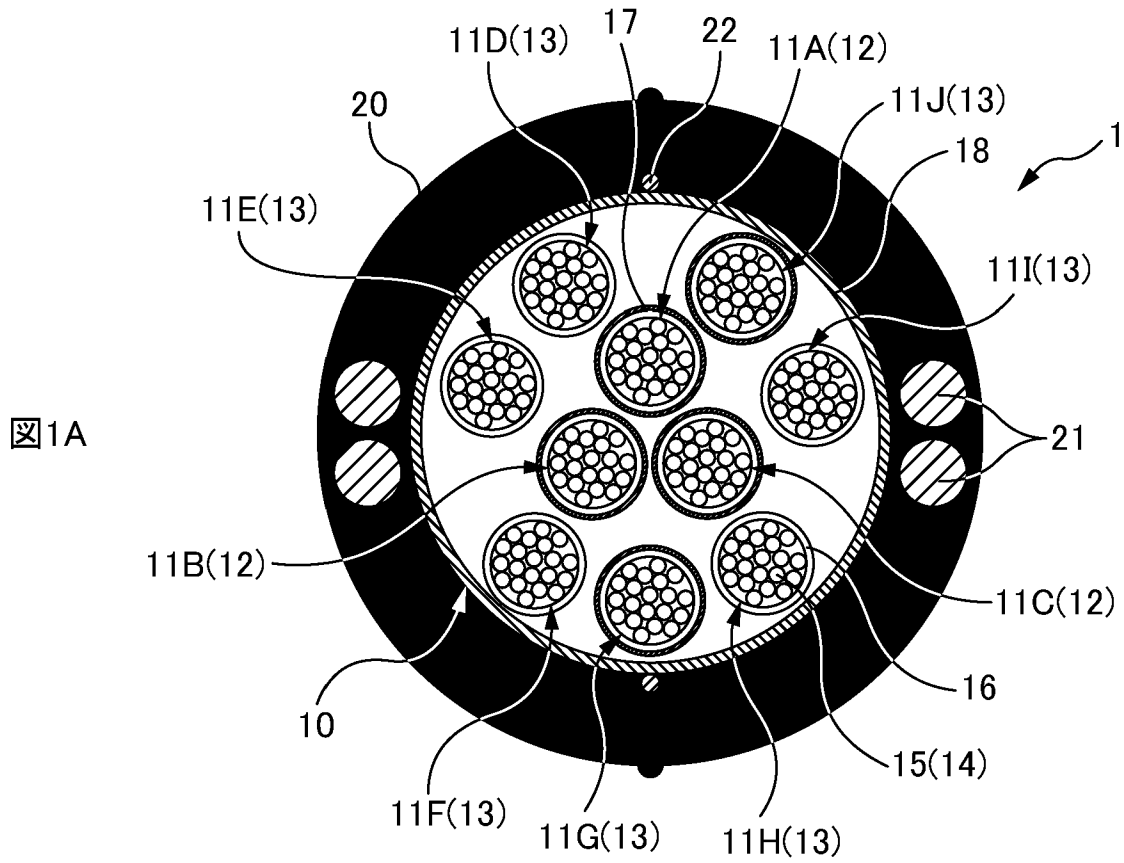
[請求項14]

目板の複数の挿通穴のそれぞれにファイバ束を挿通すること、

前記目板の少なくとも1つの前記挿通穴に介在部材を挿通すること、及び

前記目板を揺動させることによって、少なくとも1つの前記ファイバ束の外周に前記介在部材を巻き付けること、
を行う光ケーブル製造方法。

[図1]



[図2]

図2A

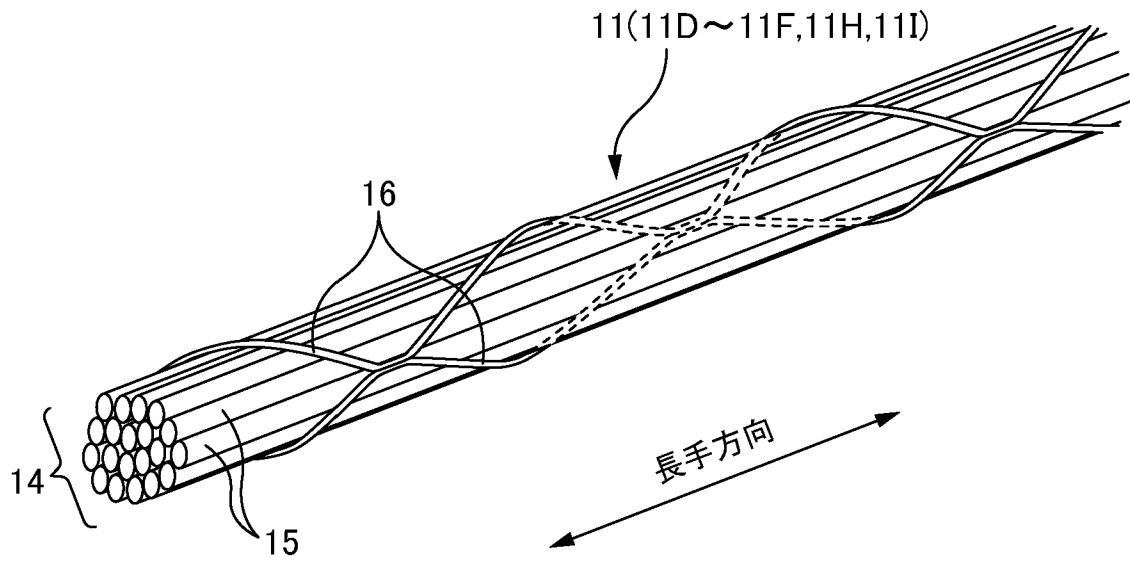
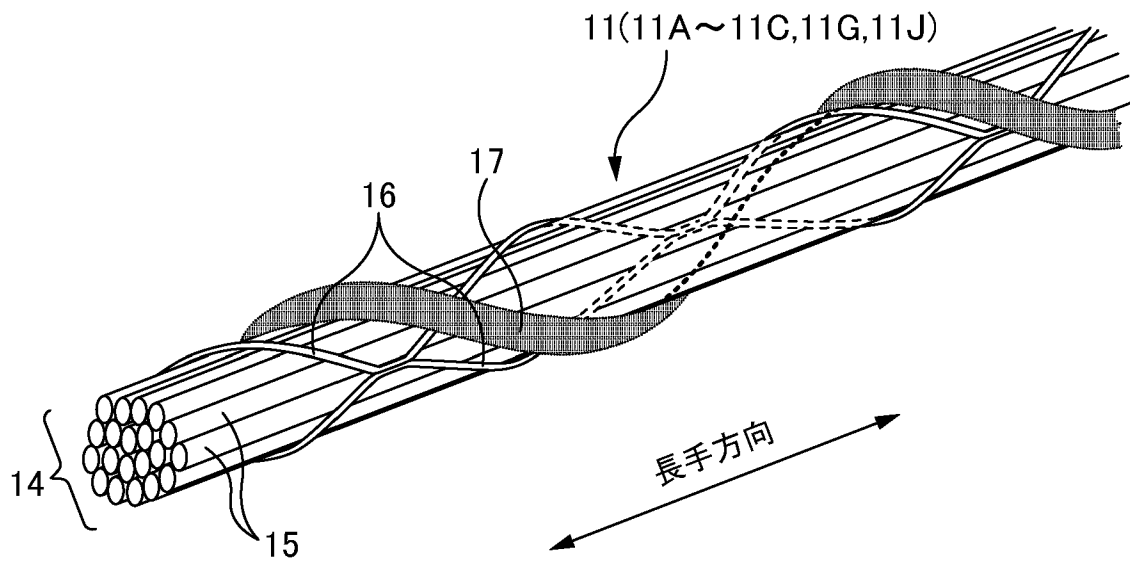
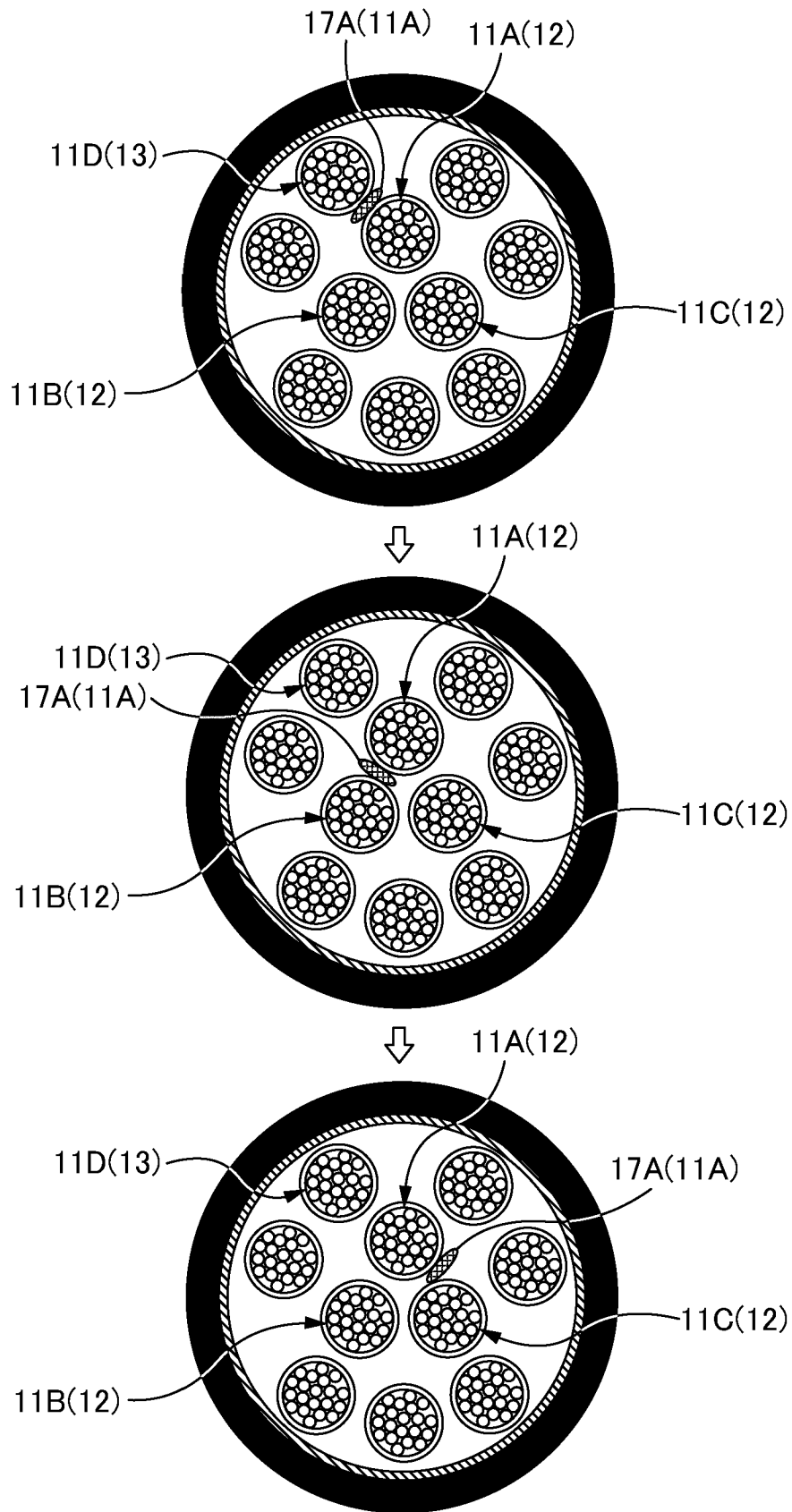


図2B



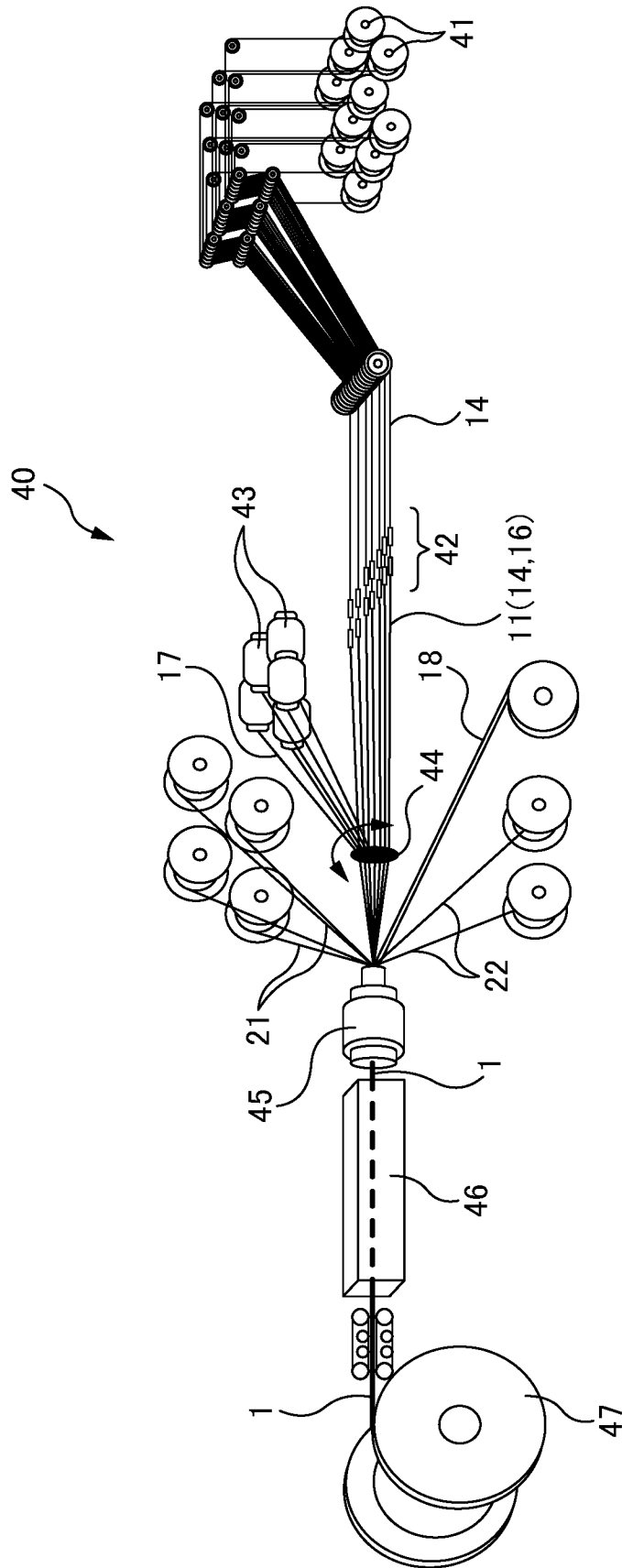
[図3]



[図4]

P1/P2	解体作業性
0.05	△
0.1	○
0.3	○
0.5	◎
0.7	◎
1.0	◎

[図5]



[図6]

図6A

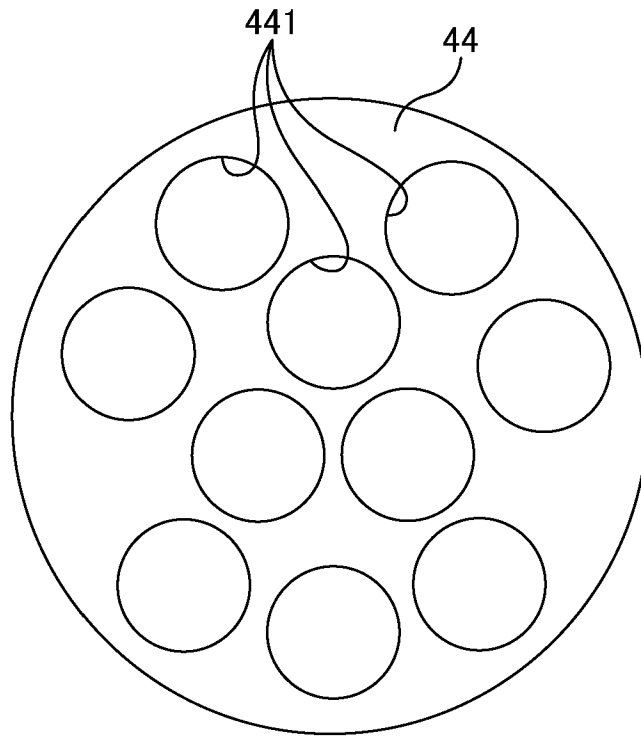
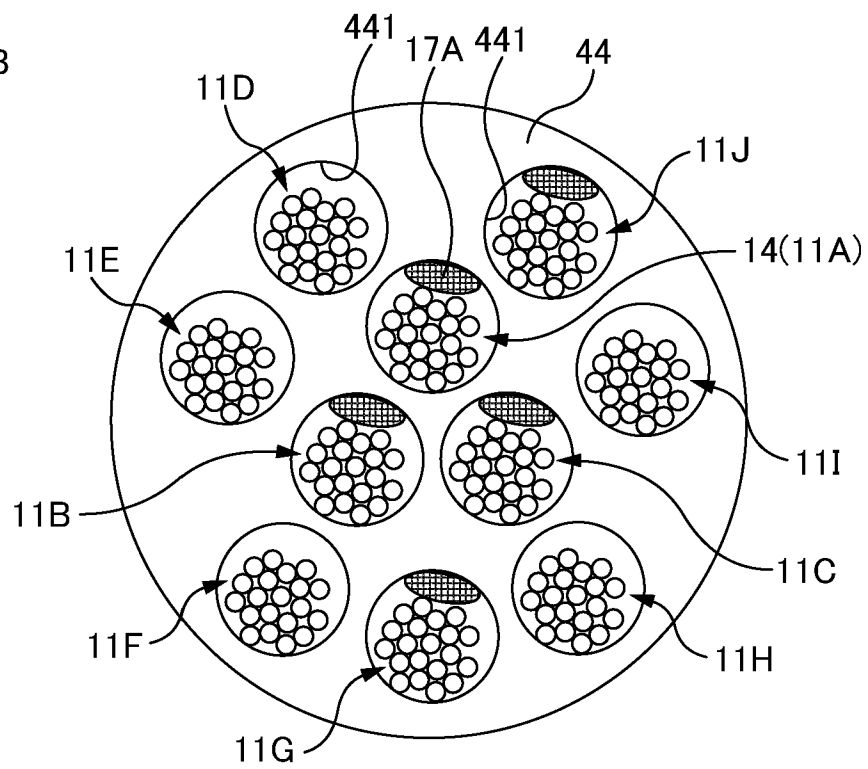
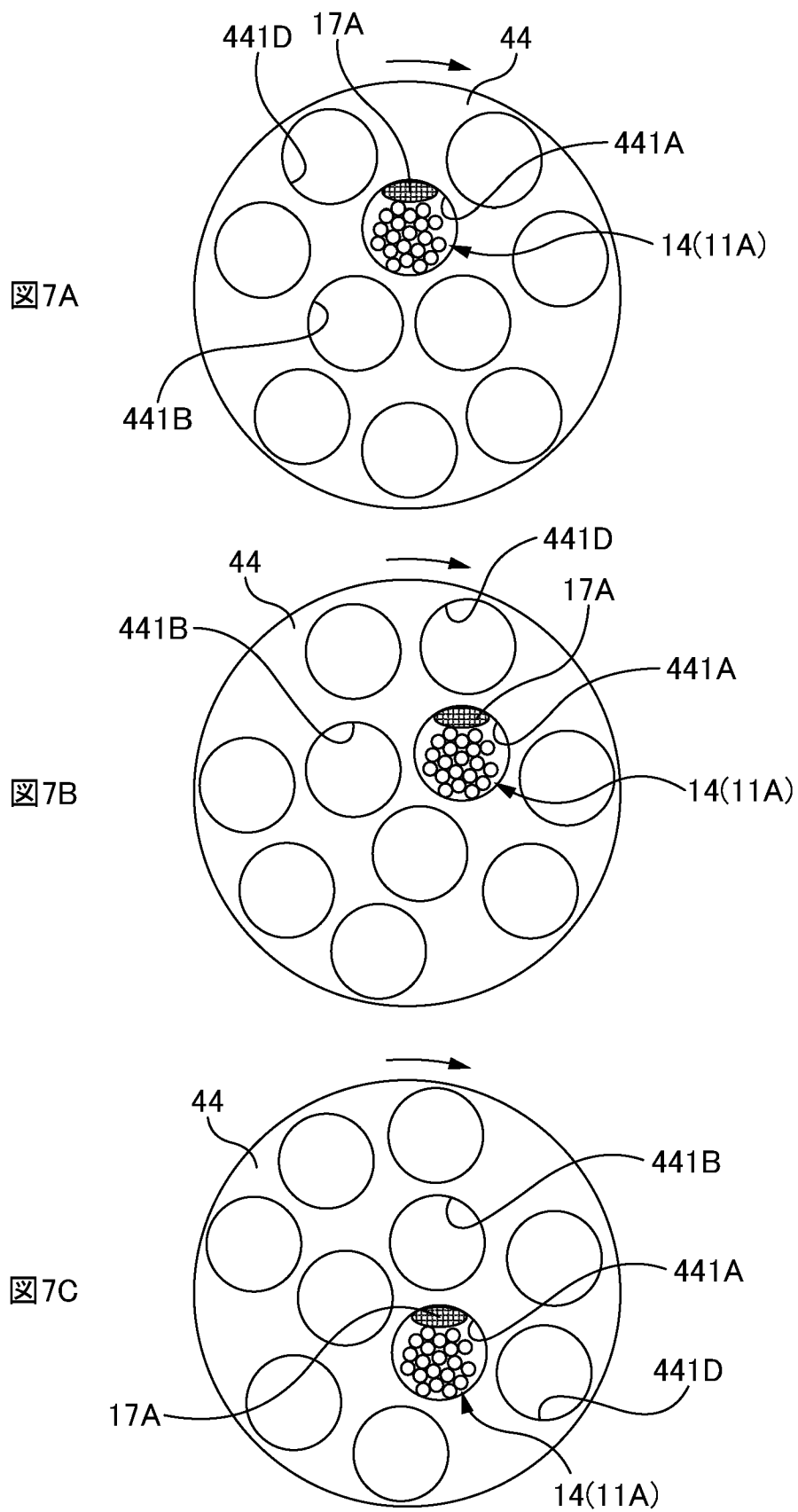


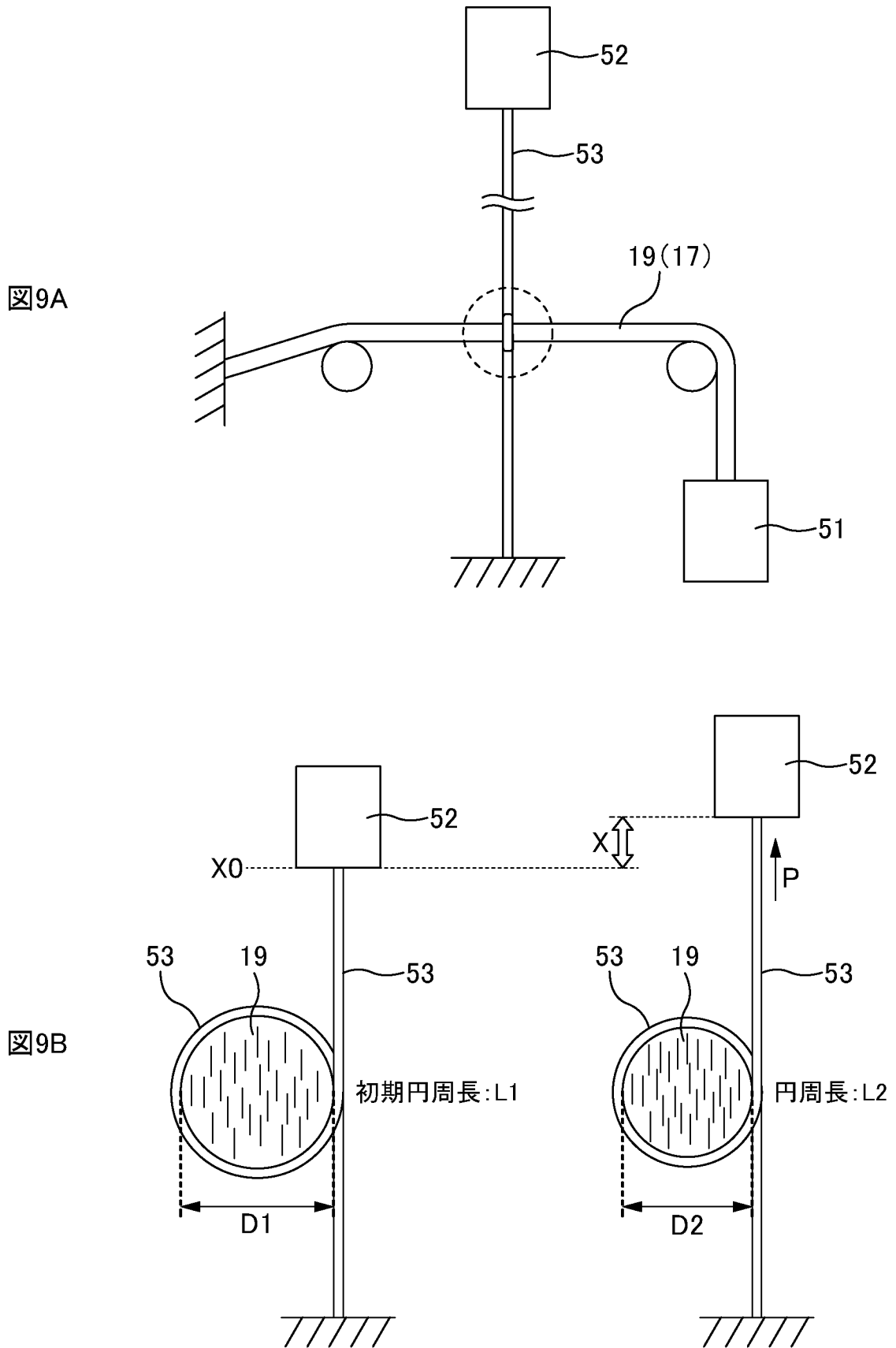
図6B



[図7]



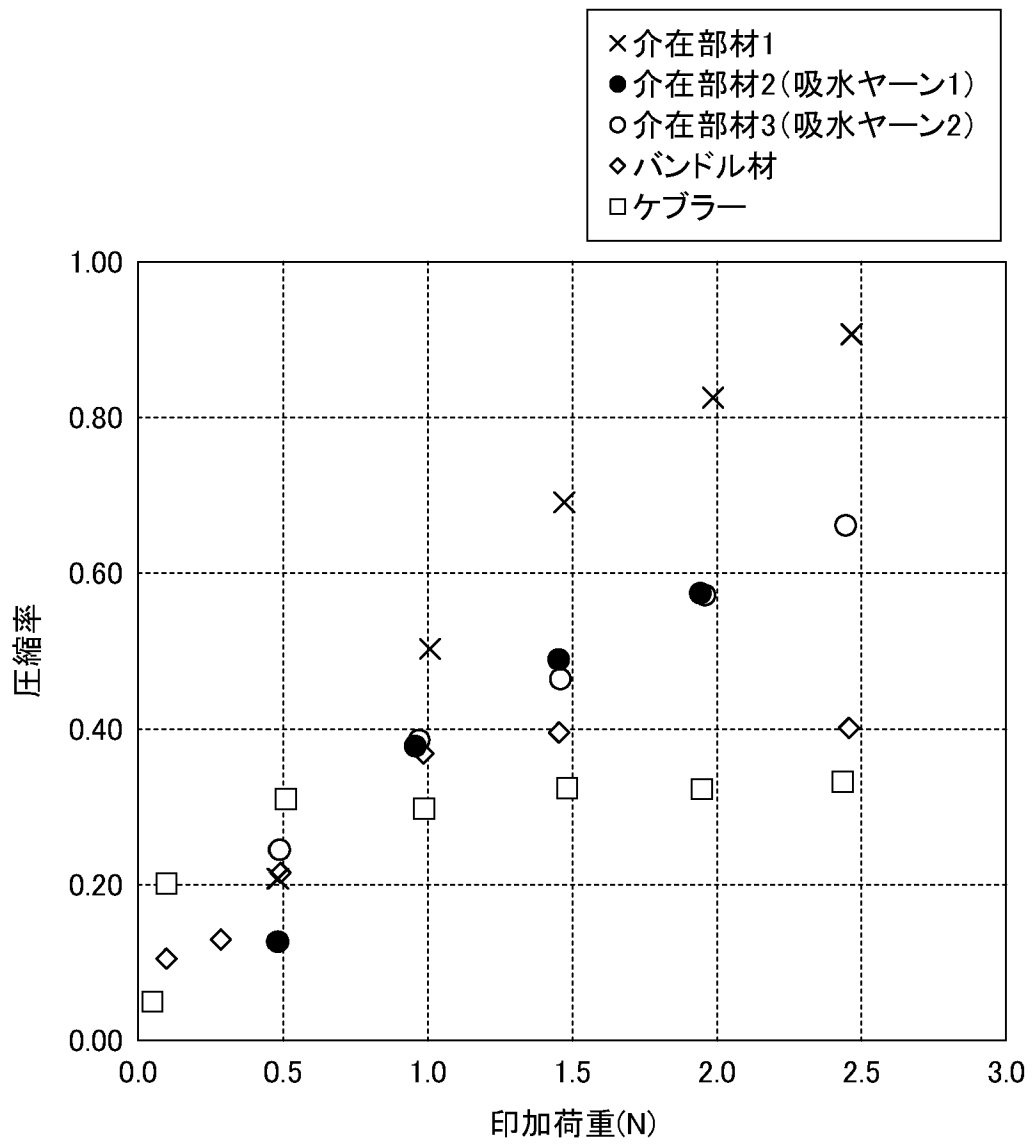
[図9]



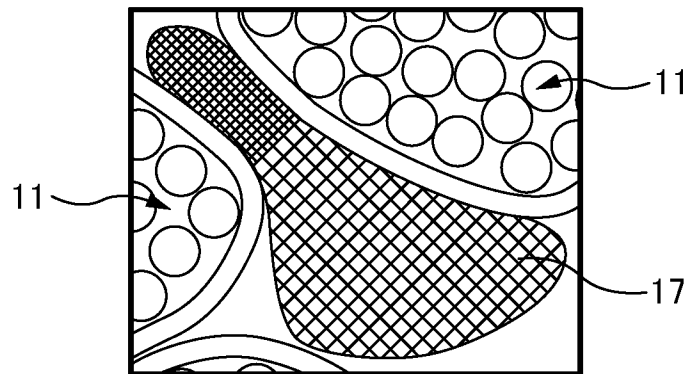
[図10]

介在部材1	荷重(N)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	初期円周長L1(mm)	5.59
	円周長L2(mm)	4.63	3.72	3.31	3.06	2.93		
	圧縮率	0.21	0.50	0.69	0.83	0.91		
介在部材2 (吸水ヤーン1)	荷重(N)	0.5	1.0	1.5	1.9		初期円周長L1(mm)	3.14
	円周長L2(mm)	2.79	2.28	2.11	1.99			
	圧縮率	0.13	0.38	0.49	0.57			
介在部材3 (吸水ヤーン2)	荷重(N)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.4	初期円周長L1(mm)	7.1
	円周長L2(mm)	5.70	5.12	4.85	4.52	4.27		
	圧縮率	0.25	0.39	0.46	0.57	0.66		
バンドル材	荷重(N)	0.1	0.3	0.5	1.0	1.5	初期円周長L1(mm)	3.26
	円周長L2(mm)	2.95	2.89	2.68	2.38	2.33		
	圧縮率	0.11	0.13	0.22	0.37	0.40		
ケブラー	荷重(N)	0.0	0.1	0.5	1.0	1.5	初期円周長L1(mm)	2.98
	円周長L2(mm)	2.84	2.48	2.27	2.30	2.25		
	圧縮率	0.05	0.20	0.31	0.30	0.32		

[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/030854

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G02B 6/44</i> (2006.01)i FI: G02B6/44 366; G02B6/44 391		
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) 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 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021		
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.
X	JP 2019-128363 A (FUJIKURA LTD) 01 August 2019 (2019-08-01) paragraphs [0025]-[0029], [0031], [0051]-[0054], [0067], fig. 1-2, 10	1-14
A	JP 2020-76915 A (FUJIKURA LTD) 21 May 2020 (2020-05-21) paragraphs [0017]-[0024], fig. 1	1-14
A	JP 2019-056837 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 11 April 2019 (2019-04-11) paragraphs [0025]-[0031], fig. 1	1-14
A	JP 2014-077869 A (FUJIKURA LTD) 01 May 2014 (2014-05-01) paragraphs [0052]-[0056], fig. 9-11	1-14
A	US 2015/0370026 A1 (CORNING OPTICAL COMMUNICATIONS LLC) 24 December 2015 (2015-12-24) entire text, all drawings	1-14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "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 12 October 2021		Date of mailing of the international search report 02 November 2021
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/030854

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2019-128363	A	01 August 2019	(Family: none)	
JP	2020-76915	A	21 May 2020	US 2021/271042 A1	paragraphs [0093]-[0101], fig. 4
				WO 2020/054493 A1	
				EP 3800492 A1	
				CN 112400130 A	
				AU 2019338756 A1	
JP	2019-056837	A	11 April 2019	(Family: none)	
JP	2014-077869	A	01 May 2014	(Family: none)	
US	2015/0370026	A1	24 December 2015	WO 2015/200116 A1	
				EP 3158378 A1	
				CA 2953338 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 6/44(2006.01)i FI: G02B6/44 366; G02B6/44 391		
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）） 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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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
X	JP 2019-128363 A (株式会社フジクラ) 01.08.2019 (2019-08-01) 段落[0025]-[0029], [0031], [0051]-[0054], [0067], 図1-2, 10	1-14
A	JP 2020-76915 A (株式会社フジクラ) 21.05.2020 (2020-05-21) 段落[0017]-[0024], 図1	1-14
A	JP 2019-056837 A (住友電気工業株式会社) 11.04.2019 (2019-04-11) 段落[0025]-[0031], 図1	1-14
A	JP 2014-077869 A (株式会社フジクラ) 01.05.2014 (2014-05-01) 段落[0052]-[0056], 図9-11	1-14
A	US 2015/0370026 A1 (CORNING OPTICAL COMMUNICATIONS LLC) 24.12.2015 (2015-12-24) 全文, 全図	1-14
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 “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 12.10.2021	国際調査報告の発送日 02.11.2021	
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） 野口 晃一 2L 5708 電話番号 03-3581-1101 内線 3295	

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/JP2021/030854

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2019-128363	A	01.08.2019	(ファミリーなし)	
JP	2020-76915	A	21.05.2020	US 2021/271042 A1	
				段落[0093]-[0101], 図4	
				WO 2020/054493 A1	
				EP 3800492 A1	
				CN 112400130 A	
				AU 2019338756 A1	
JP	2019-056837	A	11.04.2019	(ファミリーなし)	
JP	2014-077869	A	01.05.2014	(ファミリーなし)	
US	2015/0370026	A1	24.12.2015	WO 2015/200116 A1	
				EP 3158378 A1	
				CA 2953338 A1	