

(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



(10) 国際公開番号

WO 2009/104724 A1

PCT

(43) 国際公開日
2009年8月27日(27.08.2009)

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/036 (2006.01) G02B 6/44 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/052982
- (22) 国際出願日: 2009年2月20日(20.02.2009)
- (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 2008-041821 2008年2月22日(22.02.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友電気工業株式会社(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中西 哲也 (NAKANISHI, Tetsuya) [JP/JP]; 〒2448588 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 Kanagawa (JP). 佐藤 文昭 (SATOU, Fumiaki) [JP/JP]; 〒2448588 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 Kanagawa (JP). 栗飯原 勝行(AI-HARA, Katsuyuki) [JP/JP]; 〒2448588 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 Kanagawa (JP). 宮野 寛(MIYANO, Hiroshi) [JP/JP]; 〒2448588 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 Kanagawa (JP). 佐々木 隆(SASAKI, Takashi) [JP/JP]; 〒2448588 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 Kanagawa (JP).

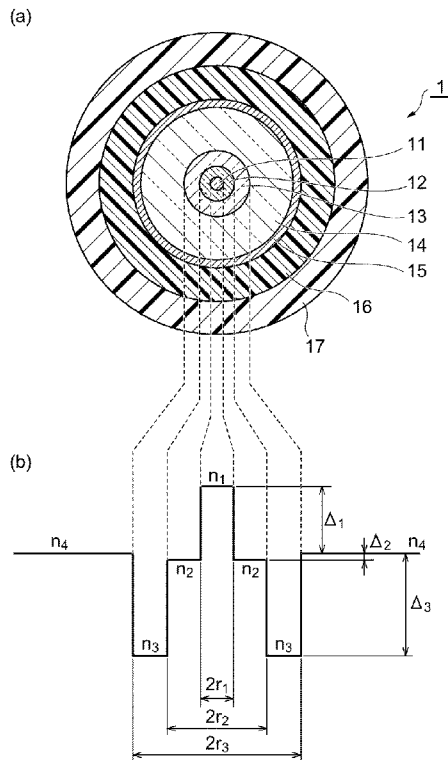
- (74) 代理人: 中野 稔, 外(NAKANO, Minoru et al.); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL FIBER CABLE AND OPTICAL CABLE

(54) 発明の名称: 光ファイバおよび光ケーブル

[図1]



(57) Abstract: Provided is an optical fiber conforming to standard G.652 wherein the bending loss is small and breakage due to incidental bending at the time of laying work can be prevented. An optical fiber (1) comprises a core (11), a first clad (12), a second clad (13), and a third clad (14). The relative index difference Δ_1 of the core (11) is in the range of 0.3%~0.38%, the relative index difference Δ_2 of the first clad (12) is 0% or less, and the relative index difference Δ_3 of the second clad (13) is in the range of -1.8% and -0.5%. The inner diameter r_2 and the outer diameter r_3 of the second clad (13) satisfy a relation " $0.4r_2+10.5 < r_3 < 0.2r_2+16$ ", and the inner diameter r_2 of the second clad (13) is 8 μm or more. Bending loss at a radius of curvature of 7.5 mm is smaller than 0.1 dB/turn for a wavelength of 1550 nm, and bending loss at a radius of curvature of 4 mm is larger than 0.1 dB/turn for a wavelength of 1625 nm.

(57) 要約: 曲げ損失が小さく、かつ、敷設等の作業時における偶発的な曲げに因る破断を十分に防止することができ、G.652規格に準拠する光ファイバを提供する。光ファイバ1は、コア11、第1クラッド12、第2クラッド13、第3クラッド14を備える。コア11の比屈折率差 Δ_1 が0.3%~0.38%の範囲にあり、第1クラッド12の比屈折率差 Δ_2 が0%以下であり、第2クラッド13の比屈折率差 Δ_3 が-1.8%~-0.5%の範囲にある。第2クラッド13の内半径 r_2 および外半径 r_3 が" $0.4r_2+10.5 < r_3 < 0.2r_2+16$ "なる関係式を満たし、第2クラッド13の内半径 r_2 が8 μm 以上である。波長1550nmにおける曲率半径7.5mmでの曲げ損失が0.1dB/ターンより小さく、波長1625nmにおける曲率半径4mmでの曲げ損失が0.1dB/ターンより大きい。

WO 2009/104724 A1



MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

光ファイバおよび光ケーブル

技術分野

[0001] 本発明は、G. 652規格に準拠する光ファイバ、および、その光ファイバを含む光ケーブルに関する。

背景技術

[0002] 光伝送システムにおいて最も広く使われているシングルモード光ファイバは、国際電気通信連合(ITU:International Telecommunication Union)によりG. 652規格として規定されている。G. 652規格では、このシングルモード光ファイバが満たすべき諸条件として、波長1310nmにおけるモードフィールド径、ケーブルカットオフ波長、ゼロ分散波長、およびゼロ分散波長における分散スロープそれぞれの数値範囲が規定されている。

[0003] ところで、各家庭まで敷設されるFTTH(fiber to the home)や道路脇または電柱まで敷設されるFTTC(fiber to the Curb)等の光伝送システムでは、光ファイバの余長処理が必要となる。この余長処理に際して、光ファイバの余長部分は巻かれて収納箱に入れられる。このとき、光ファイバの曲げ損失が小さければ、光ファイバの巻き径を小さくすることができて収納箱を小型化することができる。よって、曲げ損失が小さい光ファイバが望まれている。特開2007-140510号公報は、G. 652規格に準拠しつつ曲げ損失を大幅に低減し得る光ファイバを開示している。しかしながら、この光ファイバは、敷設等の作業時における偶発的な曲げに因る破断を防止するには充分ではない。

特許文献1:特開2007-140510号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] 本発明は、信号光波長における曲げ損失が小さく、かつ、敷設等の作業時における偶発的な曲げに因る破断を防止することができる、G. 652規格に準拠する光ファイバを提供することを課題とする。また、このような光ファイバを含む光ケーブルを提供

することをも課題とする。

課題を解決するための手段

[0005] 課題を解決するため、屈折率 n_1 を有するコアと、コアを取り囲み屈折率 n_1 より小さい屈折率 n_2 を有する第1クラッドと、第1クラッドを取り囲み屈折率 n_2 より小さい屈折率 n_3 を有する第2クラッドと、第2クラッドを取り囲み屈折率 n_3 より大きい屈折率 n_4 を有する第3クラッドとを備える光ファイバが提供される。この光ファイバでは、第3クラッドの屈折率 n_4 を基準として、コアの比屈折率差が0.3%~0.38%の範囲にあり、第1クラッドの比屈折率差が-0.3%~0.2%の範囲にあり、第2クラッドの比屈折率差が-1.8%~-0.5%の範囲にある。また、第2クラッドの内半径 r_2 、第2クラッドの外半径 r_3 とが式:

[数1]

$$0.4r_2 + 10.5 < r_3 < 0.2r_2 + 16$$

を満たし、かつ、第2クラッドの内半径 r_2 が $8\mu\text{m}$ 以上である。さらに、波長 1550nm における曲率半径 7.5mm での曲げ損失が $0.1\text{dB}/\text{ターン}$ より小さく、波長 1625nm における曲率半径 4mm での曲げ損失が $0.1\text{dB}/\text{ターン}$ より大きい。

[0006] コアの半径 r_1 と第1クラッドの外半径 r_2 とは式:

[数2]

$$\frac{r_2}{r_1} > -\frac{1}{3.3} \times \ln\left(\frac{0.1}{310 \times C_{OH}}\right)$$

を満たし、波長 1380nm における伝送損失が $0.38\text{dB}/\text{km}$ より小さくてもよい。また、波長 1310nm におけるモードフィールド径が $8.6\mu\text{m}$ ~ $9.2\mu\text{m}$ の範囲にあり、波長 1550nm におけるモードフィールド径が $9.6\mu\text{m}$ ~ $10.5\mu\text{m}$ の範囲にあってもよい。さらに、ガラス部の表面にカーボンコート層が設けられていてもよい。

[0007] 本発明の他の態様として、本発明の光ファイバと、光ファイバの周囲に設けられた外被と、光ファイバと外被との間に設けられたケブラーとを備える光ケーブル、および、本発明の光ファイバと、光ファイバを覆う外被とを備え、ケブラーを有さず、外径が 3mm より小さい光ケーブルが提供される。これらの光ケーブルは、好適には、温度 -30°C での波長 1550nm におけるロス増が $0.1\text{dB}/\text{km}$ より小さい。

[0008] また、本発明の光ファイバと、光ファイバと平行して設けられたテンションメンバと、光ファイバおよびテンションメンバを覆う外被とを備え、光ファイバに沿って外被の表面に凹部を有する光ケーブル、および、本発明の光ファイバと、光ファイバを覆う外被とを備え、テンションメンバを有さず、光ファイバに沿って外被の表面に凹部を有する光ケーブルが提供される。本発明の光ファイバを複数本備え、これら複数本の光ファイバが並列配置され一括して樹脂で被覆されてなり、活線分岐作業中の作業中の波長1550nmにおけるロス増が0.5dB/km/秒より小さい光ケーブルが提供される。本発明の光ファイバ一本または複数本と、螺旋形に形成された光ファイバを覆う外被とを含み、これら一本または複数本の光ファイバの曲率半径が7.5mm以下である光ケーブルが提供される。

[0009] 加えて、本発明の光ファイバが収納されてなる光モジュールと、本発明の光ケーブルにより信号光を伝送する光伝送システムとが提供される。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の実施形態に係る光ファイバを説明する図であり、(a)領域は光ファイバをファイバ軸に垂直に切断した断面図、(b)領域は光ファイバの屈折率プロファイルを示す概念図である。

[0011] [図2]本発明の実施形態である光ファイバA～D、および、比較例である光ファイバE～Jそれぞれの諸元をまとめた図表である。

[0012] [図3]第2クラッドの比屈折率差と波長1550nmにおける曲げ損失との関係を示すグラフである。

[0013] [図4]第2クラッドの内半径 r_2 および外半径 r_3 に対して、G.652規格を満たし、かつ、波長1550nmにおける曲率半径7.5mmでの曲げ損失が0.1dB/ターンより小さい領域を示すグラフである。

[0014] [図5]第2クラッドの比屈折率差と波長1625nmにおける曲げ損失との関係を示すグラフである。

[0015] [図6]曲率半径と破断確率Fsとの関係を示すグラフである。

[0016] [図7]比 (r_2/r_1) と波長1380nmにおけるOHに因るロス増との関係を示すグラフである。

- [0017] [図8]光ファイバA, Jと汎用SMFとを融着接続したときの融着損失のヒストグラムである。
- [0018] [図9]本発明の実施形態であるルースケーブルタイプの光ケーブルの断面図である。
- [0019] [図10]本発明の実施形態であるタイトケーブルタイプの光ケーブルの断面図である。
- [0020] [図11]本発明の実施形態であるドロップケーブルタイプの光ケーブルの断面図である。
- [0021] [図12]本発明の実施形態であるドロップケーブルタイプの光ケーブルの断面図である。
- [0022] [図13]本発明の実施形態であるリボンファイバタイプの光ケーブルの断面図である。
- [0023] [図14]図13の光ケーブルの心線分割の様子を示す概念図である。
- [0024] [図15] (a) 領域は本発明の実施形態である、螺旋保護構造が付与された光ケーブルを示す概念図であり、(b) 領域はこの光ケーブルから外被を除去した状態を示した概念図である。
- [0025] [図16]本発明の実施形態である光ケーブル(光カールコード)の斜視図である。
- [0026] [図17]本発明の実施形態である光ケーブル(光カールコード)の斜視図である。
- [0027] [図18]本発明の実施形態である光モジュールの概念図である。
- [0028] [図19]本発明の実施形態である光伝送システムの概念図である。

発明を実施するための最良の形態

- [0029] 本発明の実施形態が、以下において、図面を参照して説明される。図面は、説明を目的とし、発明の範囲を限定しようとするものではない。図面において、説明の重複を避けるため、同じ符号は同一部分を示す。図面中の寸法の比率は、必ずしも正確ではない。
- [0030] 図1は、本発明の実施形態に係る光ファイバ1を説明する図であり、(a) 領域は光ファイバ1をファイバ軸に垂直に切断した断面図、(b) 領域は光ファイバ1の屈折率プロファイルを示す概念図である。光ファイバ1は、ガラス部として、コア11、第1クラッド12、第2クラッド13および第3クラッド14を備える。また、ガラス部の表面にはカーボンコート層15が設けられ、さらに、その周囲にプライマリ樹脂層16およびセカンダリ樹脂層17が順に設けられている。なお、図1では、光ファイバ1の屈折率プロファイルを

各々の領域中での屈折率が一定という単純な構造として示しているが、これに準ずる構造(例えば、各々の領域中での屈折率が傾斜していたり、製法に由来する揺らぎを有していたりする構造)についても、同業者であれば容易に想定可能である。

[0031] コア11は、半径 r_1 であって、屈折率 n_1 を有する。第1クラッド12は、コア11を取り囲み、内半径 r_1 、外半径 r_2 であって、屈折率 n_1 より小さい屈折率 n_2 を有する。第2クラッド13は、第1クラッド12を取り囲み、内半径 r_2 、外半径 r_3 であって、屈折率 n_2 より小さい屈折率 n_3 を有する。また、第3クラッド14は、第2クラッド13を取り囲み、内半径 r_3 であって、屈折率 n_3 より大きい屈折率 n_4 を有する。光ファイバ1では半径 r_1 、 r_2 、 r_3 等の数値を屈折率の最大変化率となる箇所により決めているが、プロファイルがなだらかに変動している実施形態の場合は、光学的に等価となるステップ形状での半径で決めてもよい。

[0032] 本明細書では、屈折率が n である部分の比屈折率差 Δ を、第3クラッド14の屈折率 n_4 を基準として

[数3]

$$\Delta = \frac{n - n_4}{n_4}$$

で表すことにする。光ファイバ1では、コア11の比屈折率差 Δ_1 が0.3%~0.38%の範囲にあり、第1クラッド12の比屈折率差 Δ_2 が-0.3%~0.2%の範囲にあり、第2クラッド13の比屈折率差 Δ_3 が-1.8%~-0.5%の範囲にある。

[0033] 光ファイバ1は、第2クラッド13の内半径 r_2 および外半径 r_3 について、式:

[数4]

$$0.4r_2 + 10.5 < r_3 < 0.2r_2 + 16$$

を満たし、第2クラッド13の内半径 r_2 は8 μ m以上である。さらに、光ファイバ1は、波長1550nmにおける曲率半径7.5mmでの曲げ損失が0.1dB/ターンより小さく、光伝送システムにおける監視光の波長である波長1625nmにおける曲率半径4mmでの曲げ損失が0.1dB/ターンより大きい。

[0034] 第2クラッド13の作製方法は、コアおよび第1クラッドを含むコアロッドに対し外付け気相合成法(OVD)でスス付けを行ってSiF₄雰囲気下で焼結を行う第1の方法、プラ

ズマ外付け法によりF元素が添加されたSiO₂粒子を直接コアロッドに吹き付ける第2の方法、および、予め所定の濃度のF元素が添加されたガラスパイプを用いてロッドインコーパスを行う第3の方法がある。一般に第1の方法により作成したF添加SiO₂のOH濃度は低い、到達可能な比屈折率差 Δ_3 は-0.75%以上に限られる。一方、第2の方法で到達可能な比屈折率差 Δ_3 は-2%以上の範囲で可能である。

- [0035] ガラス部の表面にカーボンコート層15が設けられていない場合には静疲労係数nは20~25であるが、ガラス部の表面にカーボンコート層15が設けられることにより静疲労係数nを30より大きくすることができる。これにより曲率半径が小さくなくても、長期信頼性を保つことができる。
- [0036] プライマリ樹脂層16およびセカンダリ樹脂層17については以下のとおりである。プライマリ樹脂層16のヤング率は1.1MPaより小さく、セカンダリ樹脂層17のヤング率は600MPaより大きいことが望ましい。これにより、汎用SMF (Single Mode Fiber) に比較して良好なマイクロバンド特性を得ることができ、また、敷設時に過渡的に発生する損失の増加を有為に抑制することができる。
- [0037] 図2は、本発明の実施形態である光ファイバA~D、および、比較例である光ファイバE~Jそれぞれの諸元をまとめた図表である。この図表には、左から順に、コア11の半径 r_1 、第1クラッド12の外半径 r_2 、第2クラッド13の外半径 r_3 、コア11の比屈折率差 Δ_1 、第1クラッド12の比屈折率差 Δ_2 、および、第2クラッド13の比屈折率差 Δ_3 、が示されている。さらに続いて、波長1625nmにおける曲率半径4mmでの曲げ損失、波長1550nmにおける曲率半径5mmでの曲げ損失、波長1550nmにおける曲率半径7.5mmでの曲げ損失、波長1550nmにおける曲率半径10mmでの曲げ損失、1310nmにおけるモードフィールド径MFD、ケーブルカットオフ波長 λ_{cc} 、ゼロ分散波長における分散スロープ、および、ゼロ分散波長 λ_0 、が示されている。
- [0038] 光ファイバA~Dそれぞれは、G. 652規格を満たしつつ、波長1550nmにおける曲率半径7.5mmでの曲げ損失が0.1dB/ターンより小さくなっている。また、光ファイバA~Dそれぞれは、光伝送システムにおける監視光の波長である波長1625nmにおける曲率半径4mmでの曲げ損失が0.1dB/ターンより大きくなっている。これにより、後述するように、信頼性が低下する領域における使用を防止することができる

。一方、光ファイバE～Jは、G. 652規格を満たさないか、あるいは、波長1550nmにおける曲率半径7.5mmでの曲げ損失が0.1dB/ターンより大きくなっている。

[0039] 図3は、比屈折率差 Δ_3 と波長1550nmにおける曲げ損失との関係を示すグラフである。ここでは、曲率半径を7.5mmおよび10mmそれぞれとしている。比屈折率差 Δ_3 の絶対値が大きいほど、曲げ損失が小さくなる。曲率半径が7.5mmである場合、比屈折率差 Δ_3 が-0.5%以下であれば、曲げ損失は0.1dB/ターンより小さくなる。

[0040] 図4は、第2クラッド13の内半径 r_2 および外半径 r_3 に対して、G. 652規格を満たし、かつ、波長1550nmにおける曲率半径7.5mmでの曲げ損失が0.1dB/ターンより小さい領域を示すグラフである。図4では、2つの条件を満たす場合を黒丸で示し、何れかの条件を満たさない場合を白抜き三角で示している。

[0041] 図4において、「 $r_3 < 0.2r_2 + 16$ 」であると、ケーブルカットオフ波長 λ_{cc} が1260nm以下となる。「 $r_3 > 0.4r_2 + 10.5$ 」であると、波長1550nmにおける曲率半径7.5mmでの曲げ損失が0.1dB/ターンより小さくなる。第2クラッド13の内半径 r_2 が8 μ mより大きいと、ゼロ分散波長 λ_0 が1300nmより大きくなる。本発明の光ファイバは、式:

[数5]

$$0.4r_2 + 10.5 < r_3 < 0.2r_2 + 16$$

を満たし、第2クラッド13の内半径 r_2 が8 μ m以上であるので、G. 652規格を満たし、かつ、波長1550nmにおける曲率半径7.5mmでの曲げ損失が0.1dB/ターン以下と信号光波長における曲げ損失が小さい。

[0042] 図5は、比屈折率差 Δ_3 と、波長1625nmにおける曲げ損失との関係を示すグラフである。ここでは、曲率半径を4mmとしている。波長1625nmにおいても、比屈折率差 Δ_3 の絶対値が大きいほど、曲げ損失が小さくなっている。

[0043] 図6は、曲率半径と破断確率Fsとの関係を示すグラフである。破断確率Fsは、

[数6]

$$F_s = 1 - \exp \left\{ -N_p L \left(\frac{m_2}{n-2} \frac{k_s}{\sigma^{2p} L_{pe}} \right) \right\}$$

なる式で定義される(文献「J. Appl. Phys. 53(7), 1982」を参照)。ここで、使用長Lは0.05mであり、静疲労係数nは23であり、m値mは3であり、スクリーニング強度 σ^{sp} (2%伸び)は0.02であり、スクリーニング時間 t_{pe} は0.6秒であり、スクリーニング時の破断頻度 N_p は1/100000kmである。光ファイバの曲率半径が小さいほど、破断確率Fsは大きい。

[0044] 図5および図6から、比屈折率差 Δ_3 が-1.8%以上であると、一日間における破断確率Fsが 10^{-5} 回/0.05mと高くなる曲率半径4mmの曲げが光ファイバに加わったとき、波長1625nmにおける曲げ損失が0.1dB/ターン以上となる。本発明の光ファイバは、比屈折率差 Δ_3 が-1.8%以上であり、波長1625nmにおける曲率半径4mmでの曲げ損失が0.1dB/ターン以上であるので、信頼性が保てない曲率半径4mm以下の曲げの有無を波長1625nmの監視光によりを発見することが可能である。よって、敷設等の作業時における偶発的な曲げに因る破断を防止することができる。

[0045] 図7は、比 (r_2/r_1) と波長1380nmにおけるOHに因るロス増との関係を示すグラフである。比屈折率差 Δ_1 が0.35%でありコア11の半径が4.1 μ mであるとき、第2クラッド13におけるOH(濃度 C_{OH} ppm)に因る波長1380nmにおけるロス増 $\Delta\alpha$ は、式:

[数7]

$$\Delta\alpha = 310 \times C_{OH} \exp\left(-3.3 \times \frac{r_2}{r_1}\right)$$

で表される。波長1380nmにおけるロスが0.38dB/kmより小さいためには、ロス増 $\Delta\alpha$ は0.1dB/kmより小さいことが必要である。上式を変形することにより、「 $\Delta\alpha < 0.1\text{dB/km}$ 」を満たす比 (r_2/r_1) の範囲は、式:

[数8]

$$\frac{r_2}{r_1} > -\frac{1}{3.3} \times \ln\left(\frac{0.1}{310 \times C_{OH}}\right)$$

で表される。

[0046] 比屈折率差 Δ_3 を低減するために第2クラッド13におけるF濃度を高くすると、水素

特性の劣化を招く。また一般にプラズマCVD法により、 $\Delta < -0.8\%$ が得られるような高濃度のFを添加したSiO₂ガラスを作成した場合、ガラス中に混入するOHの濃度が増加し伝送損失の増加を招く。しかし、上記のように比(r_2/r_1)の範囲を設定することにより、波長1380nmにおけるロスを0.38dB/kmより小さくすることができ、G.652D規格(G.652規格+低OH)に安定的に準拠することができる。より好ましくは、式:

[数9]

$$\frac{r_2}{r_1} > -\frac{1}{3.3} \times \ln\left(\frac{0.1}{100 \times C_{OH}}\right)$$

を満たすよう、比(r_2/r_1)を設定する。

[0047] 光ファイバ1の長手方向における同じ曲率半径における曲げ損失の増加量は10%以内の変動に抑制されていることが望ましい。このように、光ファイバの曲げ半径と曲げ損失が対応することにより、敷設時の損失のレベルの増加をモニタすることで、偶発的な局所曲げの発生を発見することが容易となる。

[0048] 図8は、光ファイバA、Jと汎用SMFとを融着接続したときの融着損失のヒストグラムである。光ファイバAのモードフィールド径は8.9 μ mであり、光ファイバJのモードフィールド径は8.3 μ mである。また、汎用SMFのモードフィールド径は9.2 μ mである。このように、光ファイバAは、汎用SMFと融着接続したときの融着損失が小さい。本発明に係る光ファイバでは、波長1310nmにおけるモードフィールド径が8.6 μ m~9.2 μ mの範囲にあるのが好適であり、波長1550nmにおけるモードフィールド径が9.6 μ m~10.5 μ mの範囲にあるのが好適である。

[0049] 以下では、本発明に係る光ファイバを含む光ケーブルの様々な態様について説明する。図9は、本発明の実施形態であるルースケーブルタイプの光ケーブル2Aの断面図である。光ケーブル2Aは、本発明に係る光ファイバ1と、光ファイバ1の周囲に設けられた外被21と、光ファイバ1と外被21との間に設けられたケブラー(テンションメンバ)22とを備えている。光ケーブル2Aでは、光ファイバ1の破断を防止しつつ、曲率半径を小さくすることができる。

[0050] 図10は、本発明の実施形態であるタイトケーブルタイプの光ケーブル2Bの断面図

である。光ケーブル2Bは、本発明に係る光ファイバ1と、光ファイバ1を覆う外被23とを備え、ケブラーを有さず外径が3mmより小さい。光ケーブル2Bは、光ファイバ1を使用することにより、ケブラーを有していなくても曲げに強く、細径で収納性に優れたタイトケーブルとすることができる。また、タイトケーブルの構成としても、温度 -30°C での波長1550nmにおけるロス増を0.1dB/kmより小さくすることができる。

[0051] 図11は、本発明の実施形態であるドロップケーブルタイプの光ケーブル2Cの断面図である。光ケーブル2Cは、本発明に係る光ファイバ1と、光ファイバ1と平行して設けられたテンションメンバ24と、光ファイバ1およびテンションメンバ24を覆う外被25とを備える。2本のテンションメンバ24は、光ファイバ1を挟んで設けられている。テンションメンバ24の周囲にはポリエチレンからなる被覆が設けられている。また、外被24には光ファイバ1を挟む両側の表面に凹部が設けられている。この凹部に沿って外被24を裂くことが可能で、光ファイバ1を容易に取り出すことができる。光ケーブル2Cでも、光ファイバ1の破断を防止しつつ、曲率半径を小さくすることができる。

[0052] 図12は、本発明の実施形態であるドロップケーブルタイプの光ケーブル2Dの断面図である。光ケーブル2Dは、本発明に係る光ファイバ1と、この光ファイバを覆う外被25とを備え、テンションメンバを有さず、光ファイバ1に沿って外被25の表面に凹部を有する。光ファイバ1を使用することにより曲げ損失を低減することができるので、光ケーブル2Dではテンションメンバを省略している。光ケーブル2Dでは、テンションメンバを有しないことにより、外被25の断面積を小さくでき、ケーブルの収納スペースを小さくすることができる。

[0053] 図13は、本発明の実施形態であるリボンファイバタイプの光ケーブル2Fの断面図である。光ケーブル2Fは、本発明に係る光ファイバ1を複数本備え、これら複数本の光ファイバ1が着色インク層26で被覆され並列配置されて一括して樹脂27で被覆されている。光ファイバ1を使用することにより曲げ損失が小さくなるので、テープ化された心線を分岐して切断する際(図14)に、信号光の伝送されている光ファイバ(活線)の損失増加を抑制できる。これにより、分岐作業中の活線における波長1550nmにおけるロス増を0.5dB/km/秒より小さくでき、信号光の瞬断を防止することができる。また、分岐の際の光ファイバ1に掛かる応力を緩和する目的で使用される分割治

具が不要となり、手による分割が可能になる。

- [0054] 図15において、(a)領域は本発明の実施形態である、螺旋保護構造28が付与された光ケーブル2Gを示す概念図であり、(b)領域は光ケーブル2Gから外被を除去した状態を示した概念図である。光ケーブル2Gは、ポリアミド系合成繊維(ナイロン)帯からなる螺旋保護構造28が本発明に係る光ファイバ1の周囲に付与されたものである。螺旋構造28を光ファイバ1の周囲に設けることにより、ある一定以上の曲げに対する反発力を大きくすることができる。これにより、信頼性の低下する曲率半径以下に曲がらないようにすることができる。
- [0055] 図16は、本発明の実施形態である光ケーブル2H(光カールコードとも言う)の斜視図である。光ケーブル2Hは、本発明に係る光ファイバ1が曲率半径7.5mm以下で螺旋状にカールコードされてなるものであり、光ファイバ1の一端に光コネクタ29が接続されている。光ファイバ1を使用することにより、光ファイバ1が曲率半径7.5mm以下で螺旋状にカールコードされても、ロス増が小さい。
- [0056] 図17は、本発明の実施形態である光ケーブル2E(光カールコードとも言う)の斜視図である。光ケーブル2Eは、本発明に係る光ファイバ1を複数本備え、これら複数本の光ファイバ1それぞれが曲率半径7.5mm以下でカールコードされてなるものであり、これら複数本の光ファイバ1が外被30により覆われ、中心にテンションメンバ31が設けられている。光ケーブル2Eでは、個々の光ファイバ1を引き出して使用することができる。
- [0057] また、図18に示されるように、本発明に係る光ファイバ1が巻かれて筐体41内に収納された光モジュール3を構成するのが好適である。また、図19に示されるように、本実施形態に係る光ケーブル2A~2Hの何れかを光伝送路2として用いて、光送信部51から出力された信号光を光伝送路2により光受信部52へ伝送する光伝送システム4を構成するのが好適である。これらでは、光ファイバ1の破断を簡易に防止しつつ、曲率半径7.5mmφまたはそれ以下の曲率半径でも曲げ損失を低減させることができるので、システムの小型化や配線作業スペースの簡略化を図ることができる。

産業上の利用可能性

- [0058] FTTHやFTTC等の光伝送システムにおいて、光ケーブルを小径で収納しかつ光

ファイバの破断を防止するために有用である。

請求の範囲

- [1] 屈折率 n_1 を有するコアと、前記コアを取り囲み屈折率 n_1 より小さい屈折率 n_2 を有する第1クラッドと、前記第1クラッドを取り囲み屈折率 n_2 より小さい屈折率 n_3 を有する第2クラッドと、前記第2クラッドを取り囲み屈折率 n_3 より大きい屈折率 n_4 を有する第3クラッドとを備え、

前記第3クラッドの屈折率 n_4 を基準として、前記コアの比屈折率差が0.3%~0.38%の範囲にあり、前記第1クラッドの比屈折率差が-0.3%~0.2%の範囲にあり、前記第2クラッドの比屈折率差が-1.8%~-0.5%の範囲にあり、

前記第2クラッドの内半径 r_2 、前記第2クラッドの外半径 r_3 とが式:

[数1]

$$0.4r_2 + 10.5 < r_3 < 0.2r_2 + 16$$

を満たし、かつ、前記第2クラッドの内半径 r_2 が $8\mu\text{m}$ 以上であり、

波長1550nmにおける曲率半径7.5mmでの曲げ損失が0.1dB/ターンより小さく、波長1625nmにおける曲率半径4mmでの曲げ損失が0.1dB/ターンより大きい

ことを特徴とする光ファイバ。

- [2] 請求項1に記載の光ファイバにおいて、

前記コアの半径 r_1 と前記第1クラッドの外半径 r_2 とが式:

[数2]

$$\frac{r_2}{r_1} > -\frac{1}{3.3} \times \ln\left(\frac{0.1}{310 \times C_{OH}}\right)$$

を満たし、波長1380nmにおける伝送損失が0.38dB/kmより小さい光ファイバ。

- [3] 請求項1に記載の光ファイバにおいて、

波長1310nmにおけるモードフィールド径が $8.6\mu\text{m}$ ~ $9.2\mu\text{m}$ の範囲にあり、波長1550nmにおけるモードフィールド径が $9.6\mu\text{m}$ ~ $10.5\mu\text{m}$ の範囲にある光ファイバ。

- [4] 請求項1に記載の光ファイバにおいて、

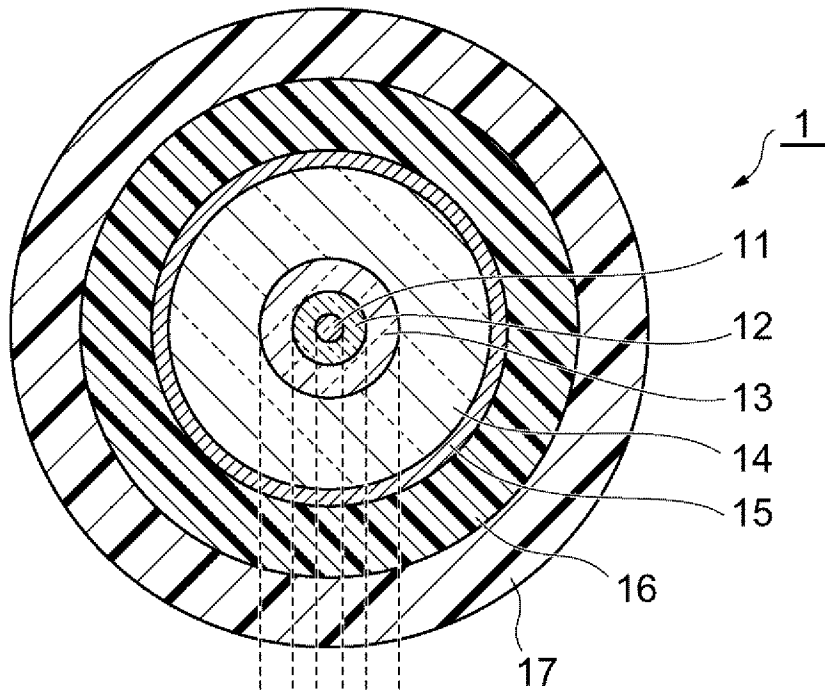
ガラス部の表面にカーボンコート層が設けられている光ファイバ。

- [5] 請求項1～4の何れか1項に記載の光ファイバと、
前記光ファイバの周囲に設けられた外被と、
前記光ファイバと前記外被との間に設けられたケブラーと
を備える光ケーブル。
- [6] 請求項1～4の何れか1項に記載の光ファイバと、
前記光ファイバを覆う外被と
を備え、ケブラーを有さず、外径が3mmより小さい光ケーブル。
- [7] 請求項6に記載の光ケーブルにおいて、
温度 -30°C での波長1550nmにおけるロス増が $0.1\text{dB}/\text{km}$ より小さい光ケーブル。
- [8] 請求項1～4の何れか1項に記載の光ファイバと、
前記光ファイバと平行して設けられたテンションメンバと、
前記光ファイバおよび前記テンションメンバを覆う外被と
を備え、前記光ファイバに沿って前記外被の表面に凹部を有する光ケーブル。
- [9] 請求項1～4の何れか1項に記載の光ファイバと、
前記光ファイバを覆う外被と
を備え、テンションメンバを有さず、前記光ファイバに沿って前記外被の表面に凹部
を有する光ケーブル。
- [10] 請求項1～4の何れか1項に記載の光ファイバを複数本備え、
これら複数本の光ファイバが並列配置され一括して樹脂で被覆されてなり、活線分
岐作業中の作業中の波長1550nmにおけるロス増が $0.5\text{dB}/\text{km}/\text{秒}$ より小さい光
ケーブル。
- [11] 請求項1～4の何れか1項に記載の光ファイバと、
螺旋形に形成された前記光ファイバを覆う外被と
を含み、前記光ファイバの曲率半径が 7.5mm 以下である光ケーブル。
- [12] 請求項1～4の何れか1項に記載の光ファイバ複数本と、
螺旋形に形成された前記複数本の光ファイバを覆う外被と
を含み、前記複数本の光ファイバ各々の曲率半径が 7.5mm 以下である光ケーブル

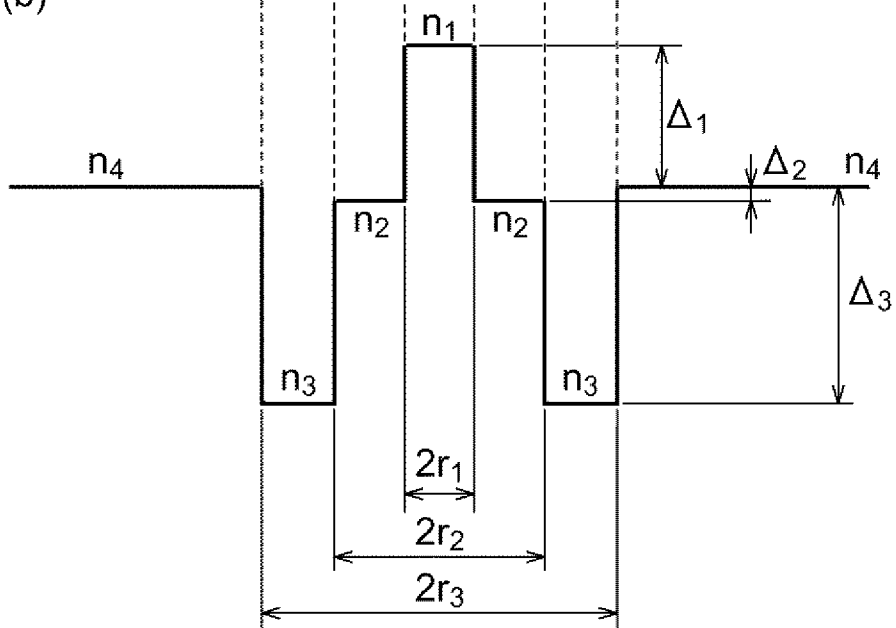
-
- [13] 請求項1～4の何れか1項に記載の光ファイバが収納されてなる光モジュール。
- [14] 請求項5～12の何れか1項に記載の光ケーブルにより信号光を伝送する光伝送システム。

[図1]

(a)



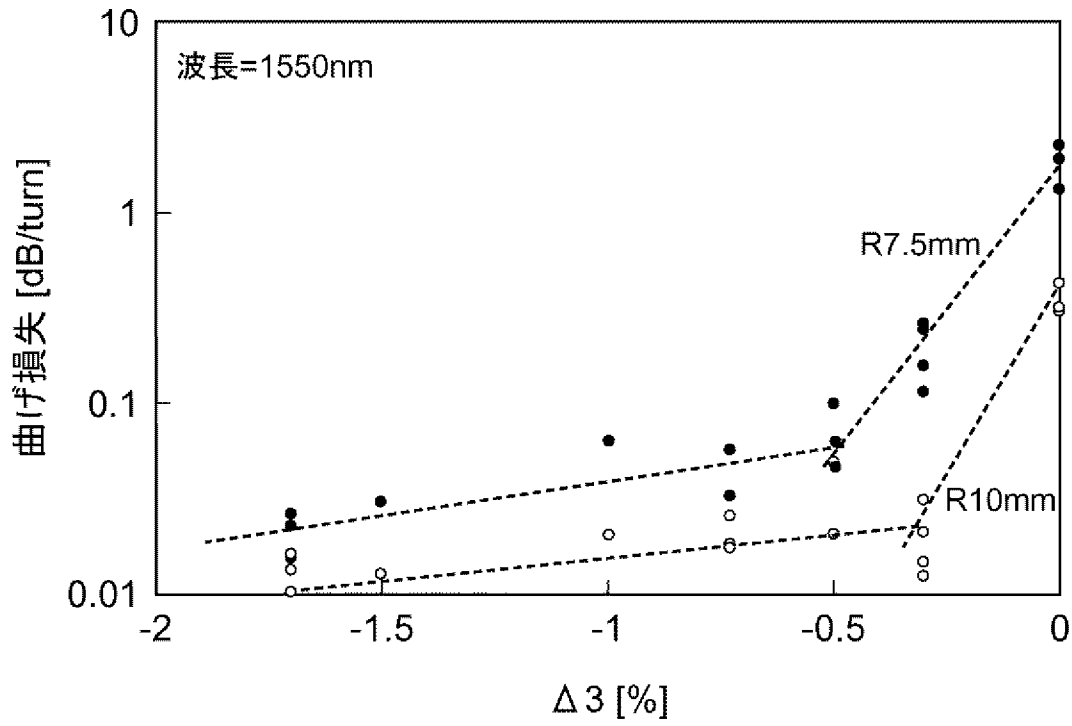
(b)



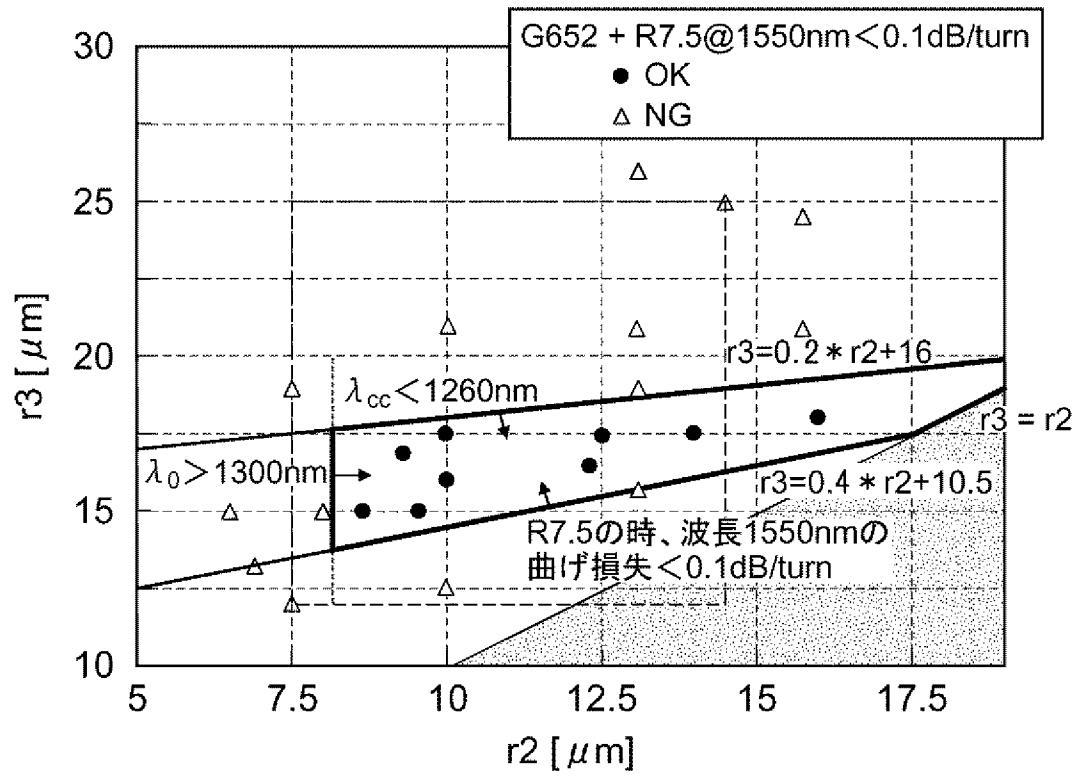
[図2]

光ファイバ	r1 [μm]	r2 [μm]	r3 [μm]	Δ1 [%]	Δ2 [%]	Δ3 [%]	曲げ損失				MFD [μm]	λ _{cc} [nm]	分散 スロープ [ps/nm ² /km]	λ ₀ [nm]
							R4@1625nm [dB/ターン]	R5@1550nm [dB/ターン]	R7.5@1550nm [dB/ターン]	R10@1550nm [dB/ターン]				
A	3.99	9.98	16.01	0.34	-0.01	-0.73	1.020	0.334	0.056	0.01719	8.9	1160	0.0895	1301
B	4.19	13.78	17.46	0.35	-0.01	-1.02	0.400	0.279	0.082	0.025	8.9	1180	0.0852	1306
C	4.00	15.12	18.75	0.34	-0.02	-1.70	0.214	0.045	0.015	0.013	9	1230	0.0851	1304
D	4.02	9.55	15.02	0.36	-0.04	-0.53	1.450	0.784	0.098	0.048	9	1240	0.0899	1302
E	4.22	13.10	19.00	0.35	-0.02	-0.73	0.200	0.059	0.012	0.01335	8.9	1275	0.0853	1303
F	3.95	13.10	15.75	0.33	-0.02	-0.53	1.681	2.820	0.235	0.1536	8.9	1160	0.8908	1312
G	3.95	8.02	15.11	0.35	-0.03	-1.00	0.105	0.118	0.024	0.0123	8.8	1235	0.0908	1282
H	3.80	6.50	15.10	0.34	-0.08	-0.53	0.320	0.513	0.066	0.035	8.7	1200	0.0915	1272
I	3.67	15.75	24.55	0.36	-0.01	-0.53	0.078	0.037	0.008	0.00245	8.9	1410	0.844	1330
J	3.28	8.21	13.18	0.34	-0.01	-0.73	39.851	32.631	2.175	6.72E-01	8.3	1000	0.0923	1310

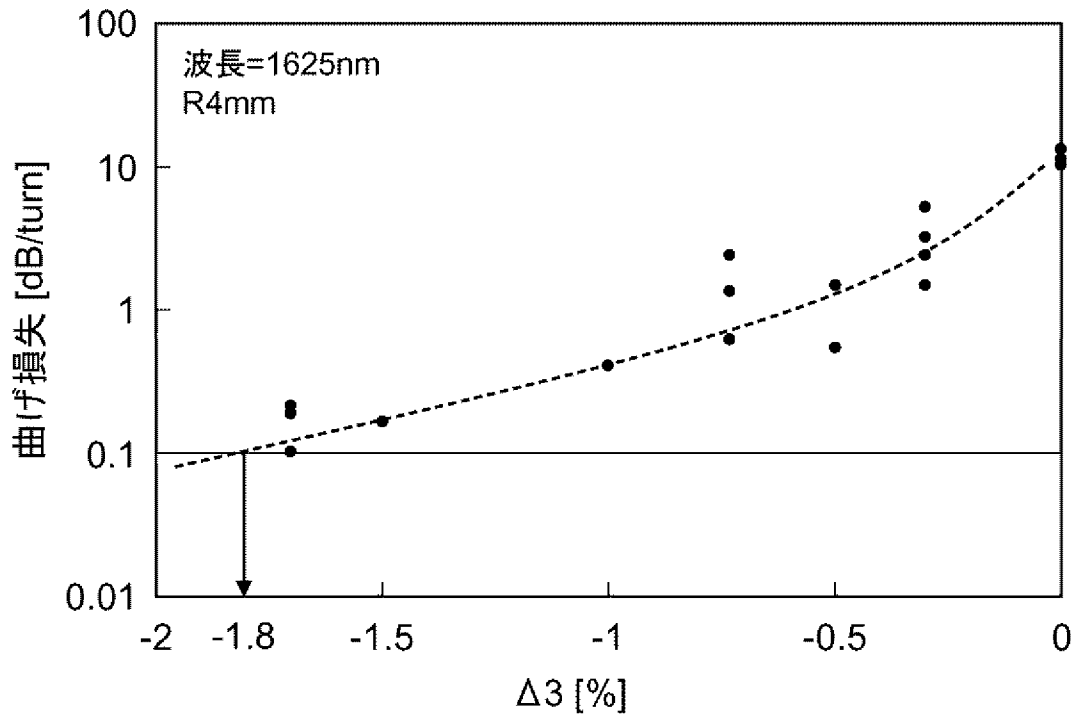
[図3]



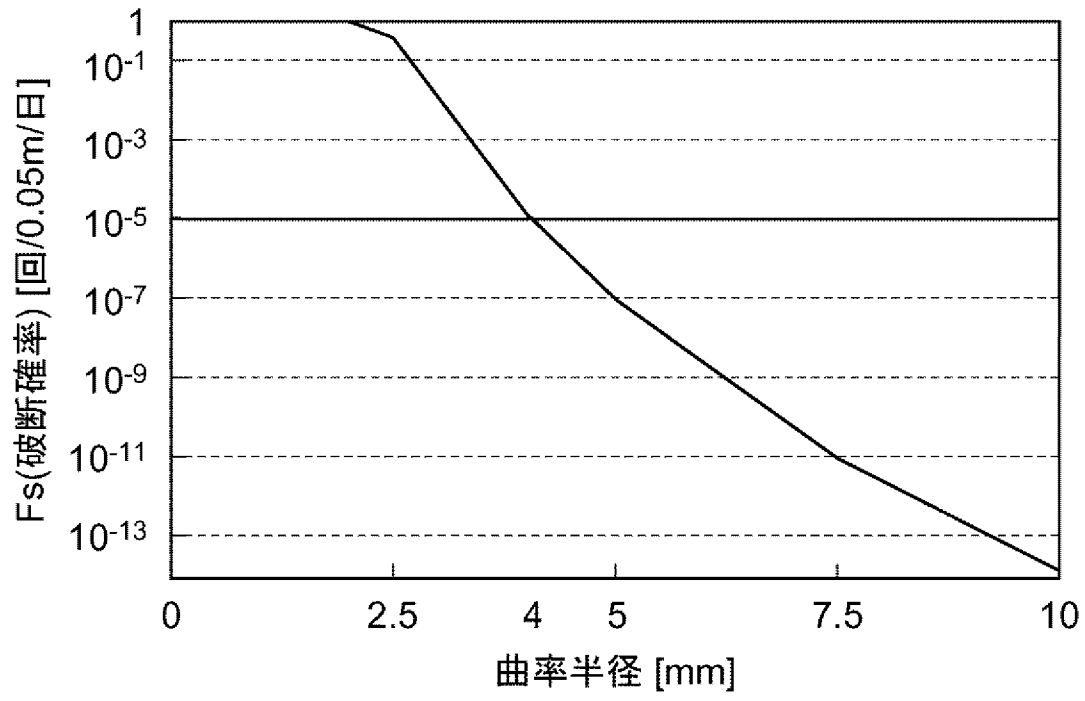
[図4]



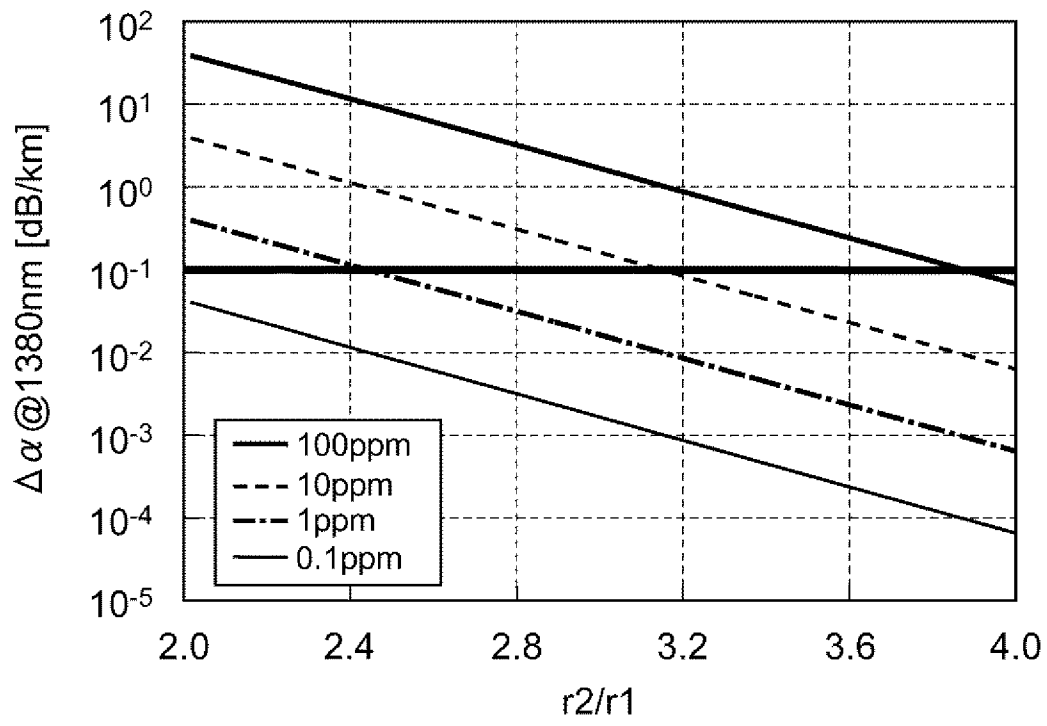
[図5]



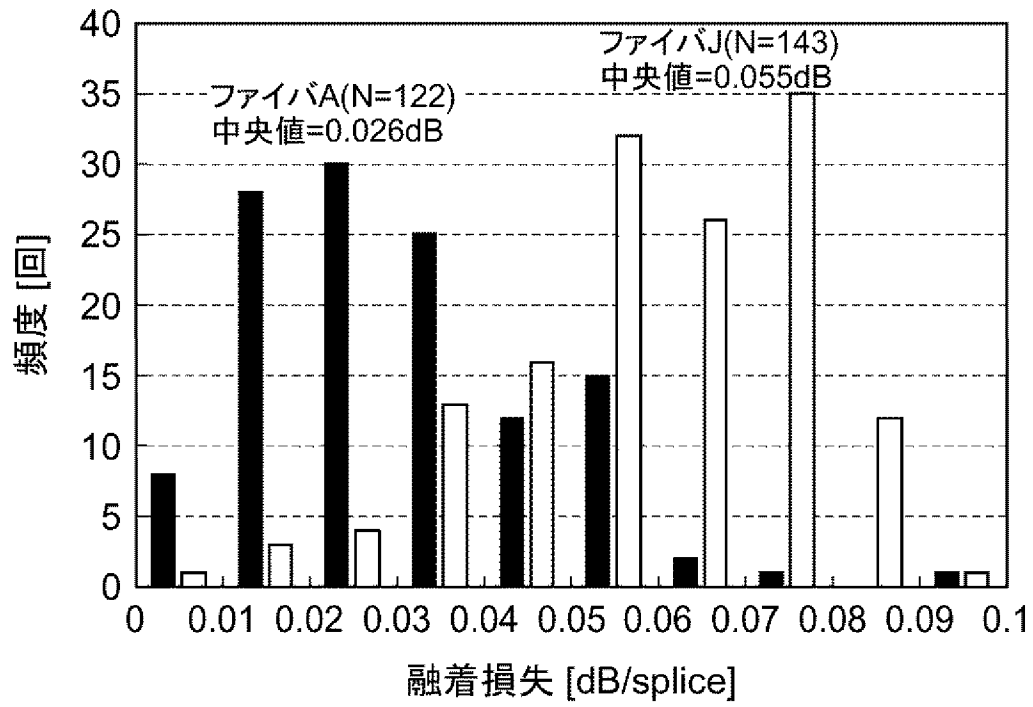
[図6]



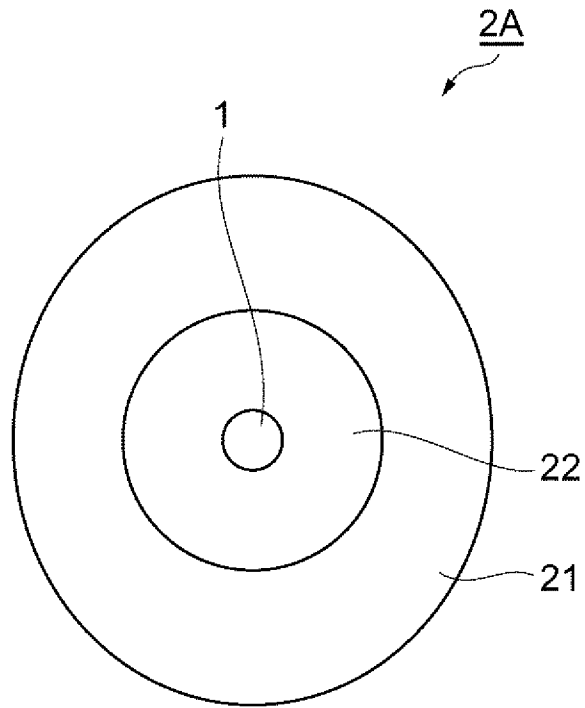
[図7]



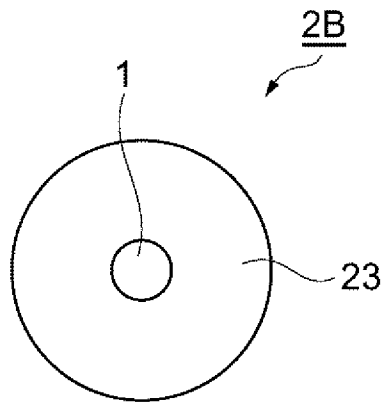
[図8]



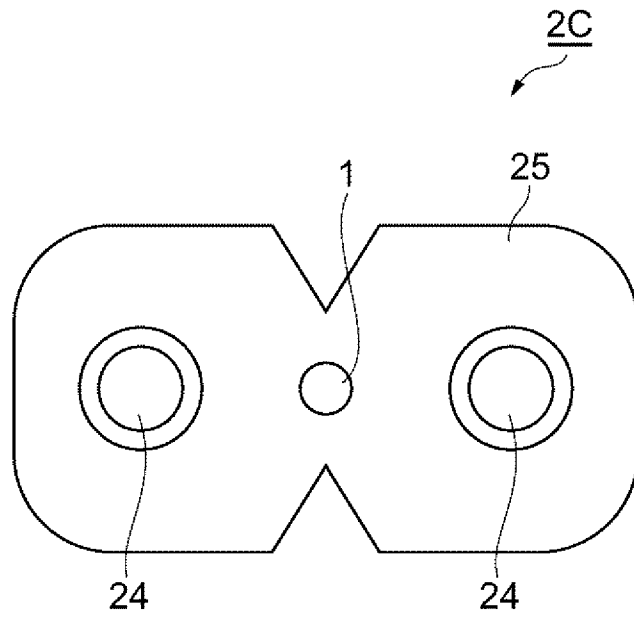
[図9]



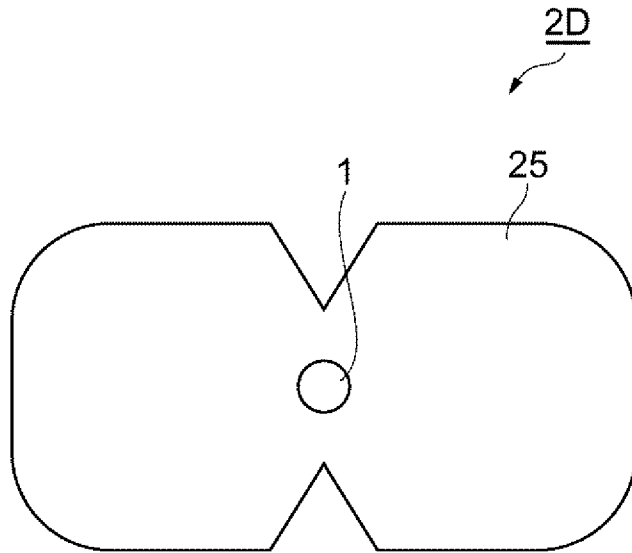
[図10]



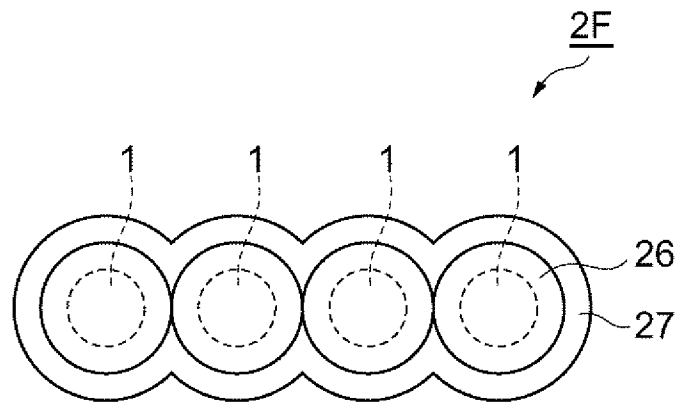
[図11]



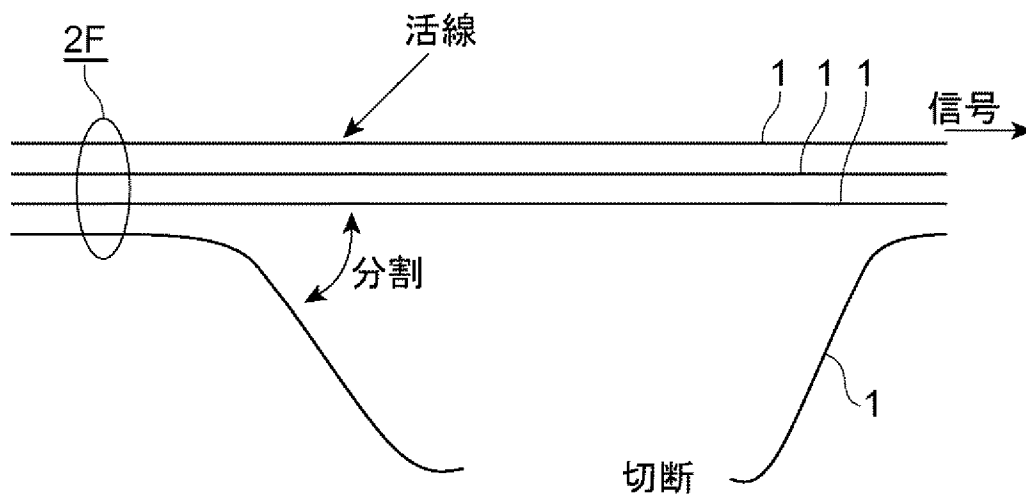
[図12]



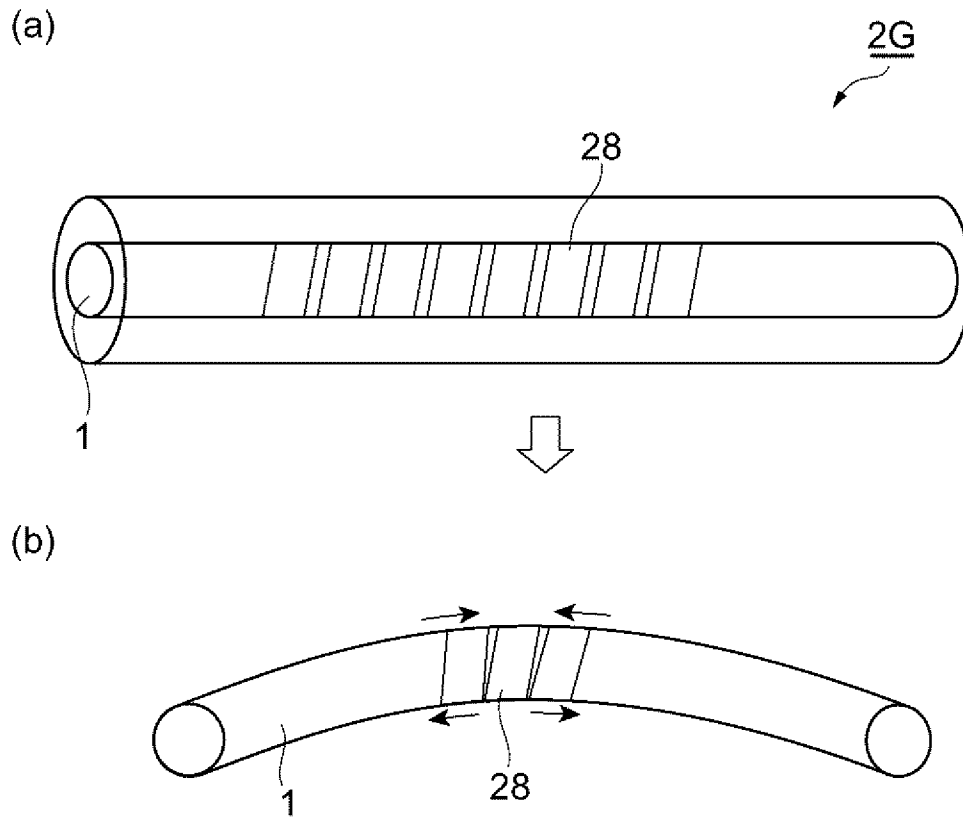
[図13]



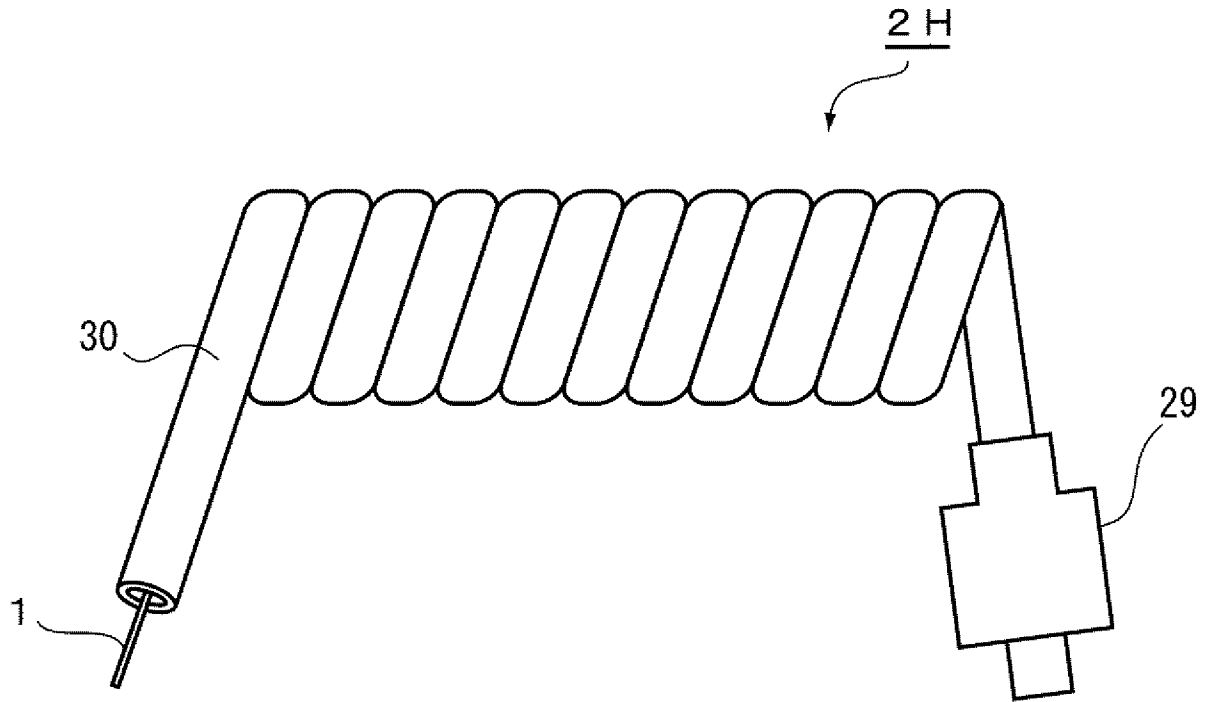
[図14]



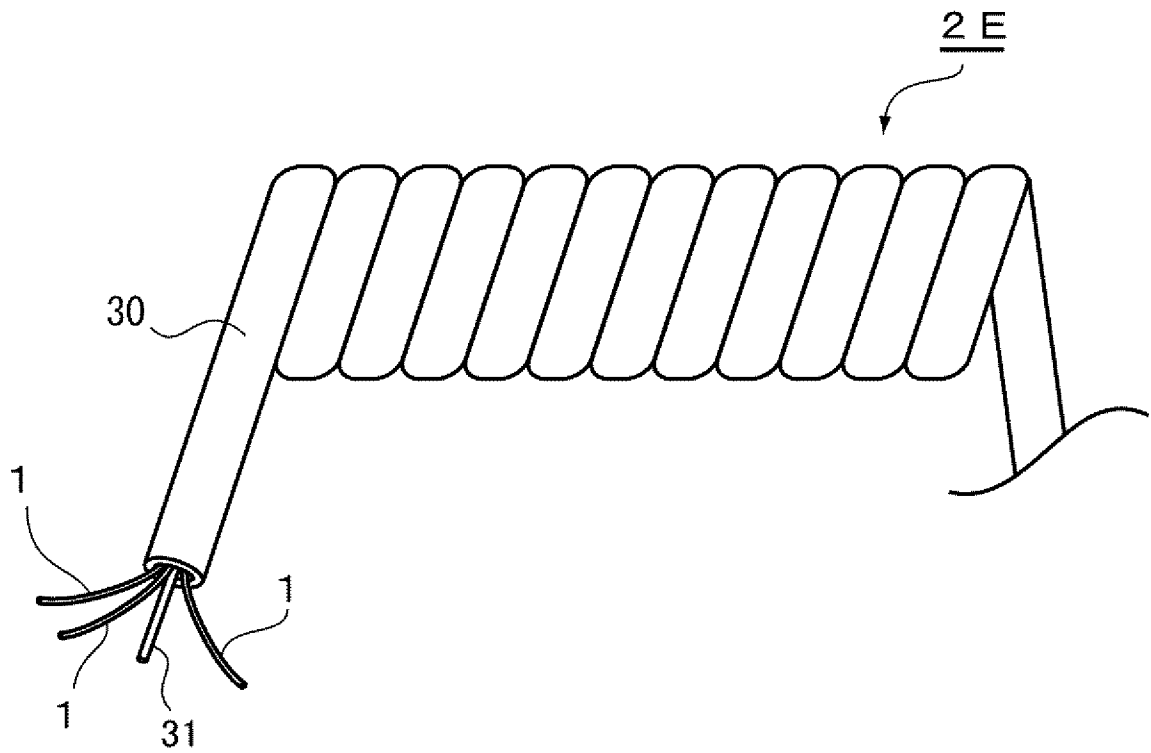
[図15]



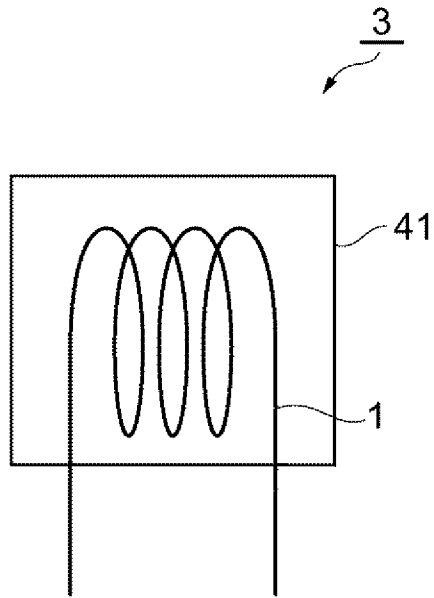
[図16]



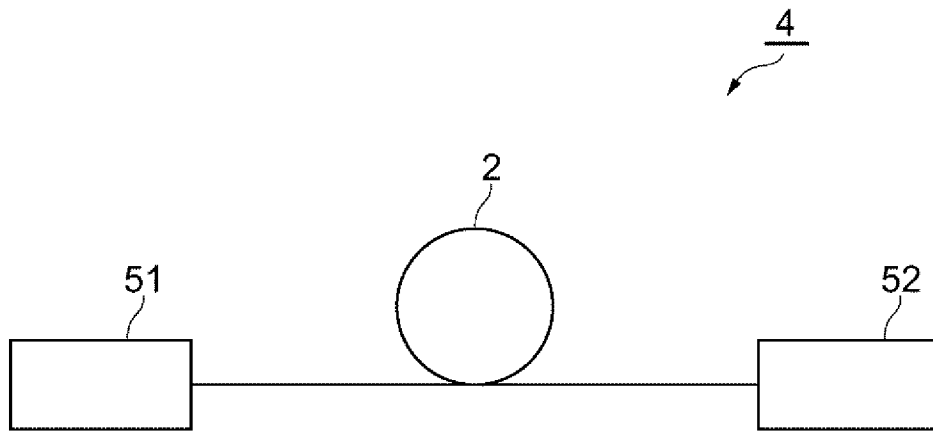
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/052982

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B6/036(2006.01) i, G02B6/44(2006.01) i

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)
G02B6/036, G02B6/44

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
WPI, JSTPlus (JDreamII), JST7580 (JDreamII)

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2004/092794 A1 (Fujikura Ltd.), 28 October, 2004 (28.10.04), Description, page 3, line 20 to page 4, line 3; page 4, lines 12 to 16; page 8, lines 12 to 15; page 10, lines 1 to 8; page 13, line 26 to page 14, line 5; tables 1 to 4; Figs. 1 to 3 & JP 3853833 B & US 2006/0039665 A1 & EP 1657575 A1 & KR 10-2006-0009839 A & CN 1768282 A & CN 101055330 A	1-14
Y	JP 2006-154421 A (Fujikura Ltd.), 15 June, 2006 (15.06.06), Par. Nos. [0044] to [0048]; Fig. 3 & US 2006/0115224 A1	1-14

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 24 March, 2009 (24.03.09)	Date of mailing of the international search report 07 April, 2009 (07.04.09)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/052982

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-140510 A (Draka Comteq, B.V.), 07 June, 2007 (07.06.07), Par. No. [0039]; Fig. 2 & US 2007/0127878 A1 & EP 1785754 A1 & FR 2893149 A1 & CN 1982928 A & KR 10-2007-0050380 A	1-14
Y	JP 2007-279739 A (Draka Comteq, B.V.), 25 October, 2007 (25.10.07), Par. No. [0036]; Fig. 2 & US 2007/0280615 A1 & EP 1845399 A1 & FR 2899693 A1 & KR 10-2007-0101145 A & CN 101055331 A	1-14
Y	MATSUO, S. et al., Low-Bending-Loss and Low-Splice-Loss Single-Mode Fibers Employing a Trench Index Profile, IEICE Transactions on Electronics, 2005.05.01, Vol.E88-C, No.5, p.889-895	1-14
Y	Sasataka IKEDA et al., "Setsuzoku Sonshitsu Teigengata Tei Mage Sonshitsu Hikari Fiber", IEICE Technical Report, Vol.103, No.255, 14 August, 2003 (14.08.03), pages 35 to 40 (OFT2003-25)	1-14
Y	HIMENO, K. et al., Low-Bending-Loss Single-Mode Fibers for Fiber-to-the-Home, Journal of Lightwave Technology, November 2005, Vol.23, No.11, p.3494-3499	1-14
Y	WO 2006/016572 A1 (Fujikura Ltd.), 16 February, 2006 (16.02.06), Par. Nos. [0039], [0076]; Fig. 10 & US 2007/0189684 A1 & US 2008/0101755 A1 & EP 1777559 A1 & CN 101006371 A	1-14
Y	Tomohiro NUNOME et al., "Trench-gata Tei Mage Sonshitsu Hikari Fiber no Hacho Bunsan Tokusei Oyobi Setsuzoku Tokusei", IEICE Technical Report, Vol.107, No.52, 17 May, 2007 (17.05.07), pages 11 to 14 (OFT2007-3)	1-14
Y	Tomohiro NUNOME et al., "Torenchi-gata Tei Mage Sonshitsu Hikari Fiber no Setsuzoku Tokusei", 2007 Nen IEICE Communications Society Conference Koen Ronbunshu 2, 29 August, 2007 (29.08.07), page 207 (lecture No.B-10-13)	1-14
Y	MONTMORILLON, L.A.D. et al., Bend-Optimized G.652D Compatible Trench-Assisted Single Mode Fibers, Proceedings of the 55th International Wire & Cable Symposium (IWCS), 2006.11.12, p.342-347	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/052982

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KUYT, G. et al., The Impact of New Bend-insensitive Single Mode Fibers on FTTH Connectivity and Cable Designs, Proceedings of the 56th International Wire & Cable Symposium (IWCS), 2007.11.11, p.363-371	1-14
Y	JP 9-288220 A (Kokusai Denshin Denwa Co., Ltd.), 04 November, 1997 (04.11.97), Par. Nos. [0009], [0015], [0025]; Fig. 1 (Family: none)	1-14
A	WO 2006/025231 A1 (Fujikura Ltd.), 09 March, 2006 (09.03.06), Par. Nos. [0015], [0032], [0034], [0037], [0053], [0066] to [0068]; Figs. 1 to 8 & US 2007/0147756 A1 & EP 1788411 A1 & KR 10-2007-0041618 A & CN 101006372 A	1-14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. G02B6/036(2006.01)i, G02B6/44(2006.01)i

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))
 Int.Cl. G02B6/036, 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 1971-2009年
 日本国実用新案登録公報 1996-2009年
 日本国登録実用新案公報 1994-2009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)
 WPI, JSTPlus(JDreamII), JST7580(JDreamII)

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 請求の範囲の番号
Y	WO 2004/092794 A1 (株式会社フジクラ) 2004.10.28, 明細書第3頁第20行-第4頁第3行, 第4頁第12-16行, 第8頁第12-15行, 第10頁第1-8行, 第13頁第26行-第14頁第5行, 表1-4, 第1-3図 & JP 3853833 B & US 2006/0039665 A1 & EP 1657575 A1 & KR 10-2006-0009839 A & CN 1768282 A & CN 101055330 A	1-14
Y	JP 2006-154421 A (株式会社フジクラ) 2006.06.15, 段落【0044】-【0048】, 第3図 & US 2006/0115224 A1	1-14

C欄の続きにも文献が列挙されている。 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、一般的技术水準を示すもの 「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矛盾するものではなく、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 24.03.2009	国際調査報告の発送日 07.04.2009
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 2X 9813 ▲高▼ 芳徳 電話番号 03-3581-1101 内線 3294

C (続き) . 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 請求の範囲の番号
Y	JP 2007-140510 A (ドラカ・コムテック・ベー・ベー) 2007.06.07, 段落【0039】, 第2図 & US 2007/0127878 A1 & EP 1785754 A1 & FR 2893149 A1 & CN 1982928 A & KR 10-2007-0050380 A	1-14
Y	JP 2007-279739 A (ドラカ・コムテック・ベー・ベー) 2007.10.25, 段落【0036】, 第2図 & US 2007/0280615 A1 & EP 1845399 A1 & FR 2899693 A1 & KR 10-2007-0101145 A & CN 101055331 A	1-14
Y	MATSUO,S. et al., Low-Bending-Loss and Low-Splice-Loss Single-Mode Fibers Employing a Trench Index Profile, IEICE Transactions on Electronics, 2005.05.01, Vol.E88-C, No. 5, p. 889-895	1-14
Y	池田真拳 他, 接続損失低減型低曲げ損失光ファイバ, 電子情報通信学会 技術研究報告, Vol.103, No. 255, 2003.08.14, p. 35-40 (OFT2003-25)	1-14
Y	HIMENO,K. et al., Low-Bending-Loss Single-Mode Fibers for Fiber-to-the-Home, Journal of Lightwave Technology, November 2005, Vol.23, No. 11, p. 3494-3499	1-14
Y	WO 2006/016572 A1 (株式会社フジクラ) 2006.02.16, 段落[0039], [0076], 第10図 & US 2007/0189684 A1 & US 2008/0101755 A1 & EP 1777559 A1 & CN 101006371 A	1-14
Y	布目智宏 他, トレンチ型低曲げ損失光ファイバの波長分散特性及び接続 特性, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.107, No. 52, 2007.05.17, p. 11-14 (OFT2007-3)	1-14
Y	布目智宏 他, トレンチ型低曲げ損失光ファイバの接続特性, 2007年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会講演論文集 2, 2007.08.29, p. 207 (講演番号 B-10-13)	1-14
Y	MONTMORILLON,L.A.D. et al., Bend-Optimized G.652D Compatible Trench-Assisted Single Mode Fibers, Proceedings of the 55th International Wire & Cable Symposium (IWCS), 2006.11.12, p. 342-347	1-14
Y	KUYT,G. et al., The Impact of New Bend-insensitive Single Mode Fibers on FTTH Connectivity and Cable Designs, Proceedings of the 56th International Wire & Cable Symposium (IWCS), 2007.11.11, p. 363-371	1-14
Y	JP 9-288220 A (国際電信電話株式会社) 1997.11.04, 段落【0009】, 【0015】, 【0025】, 第1図 (ファミリーなし)	1-14

C (続き) . 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 請求の範囲の番号
A	WO 2006/025231 A1 (株式会社フジクラ) 2006. 03. 09, 段落[0015], [0032], [0034], [0037], [0053], [0066]-[0068], 第 1-8 図 & US 2007/0147756 A1 & EP 1788411 A1 & KR 10-2007-0041618 A & CN 101006372 A	1-14