

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02016/047675

発行日 平成29年6月1日(2017.6.1)

(43) 国際公開日 平成28年3月31日(2016.3.31)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
GO2B 6/02 (2006.01) GO2B 6/02 401 2H150
 GO2B 6/02 356A

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 27 頁)

出願番号	特願2016-550352 (P2016-550352)	(71) 出願人	000005186 株式会社フジクラ
(21) 国際出願番号	PCT/JP2015/076899		東京都江東区木場1丁目5番1号
(22) 国際出願日	平成27年9月24日(2015.9.24)	(74) 代理人	100064908
(31) 優先権主張番号	特願2014-195937 (P2014-195937)		弁理士 志賀 正武
(32) 優先日	平成26年9月26日(2014.9.26)	(74) 代理人	100106909
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 棚井 澄雄
(31) 優先権主張番号	特願2014-195938 (P2014-195938)	(74) 代理人	100126882
(32) 優先日	平成26年9月26日(2014.9.26)		弁理士 五十嵐 光永
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100160093
(31) 優先権主張番号	特願2014-249846 (P2014-249846)		弁理士 小室 敏雄
(32) 優先日	平成26年12月10日(2014.12.10)	(74) 代理人	100169764
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 清水 雄一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバおよびその製造方法

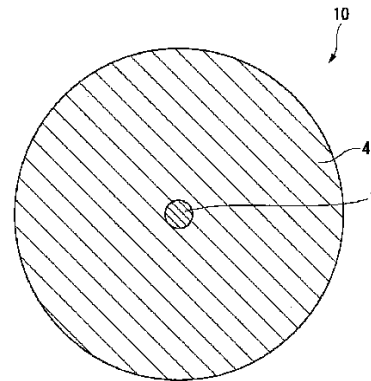
(57) 【要約】

光ファイバは、コアと、コアの外周を取り囲むクラッドと、を備え、コアの中心からの距離 r に対する比屈折率差が (r) で表される屈折率分布を有し、下記の数式(ここで、 r の単位は μm であり、比屈折率差 (r) の単位は%であり、 $r_{ref}(r) = -0.064r + 0.494$ であり、 $MFD_{1.31}$ は波長 $1.31\mu\text{m}$ におけるモードフィールド径である。)で表される A の値が、 $0.3\% \cdot \mu\text{m}$ 以下である。

【数1】

$$A = -\int_0^{0.22MFD_{1.31}} (\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)) dr + \int_{0.22MFD_{1.31}}^{0.44MFD_{1.31}} (\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)) dr$$

$$A = -\int_0^{0.22MFD_{1.31}} (\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)) dr + \int_{0.22MFD_{1.31}}^{0.44MFD_{1.31}} (\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)) dr$$



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コアと、前記コアの外周を取り囲むクラッドと、を備え、
前記コアの中心からの距離 r に対する比屈折率差が (r) で表される屈折率分布を有し、

【数 1】

$$A = -\int_0^{0.22\text{MFD}_{1.31}} (\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)) dr + \int_{0.22\text{MFD}_{1.31}}^{0.44\text{MFD}_{1.31}} (\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)) dr$$

10

(ここで、 r の単位は μm であり、比屈折率差 (r) の単位は % であり、 $\Delta_{ref}(r) = -0.064r + 0.494$ であり、 $\text{MFD}_{1.31}$ は波長 $1.31\mu\text{m}$ におけるモードフィールド径である。) で表される A の値が、 $0.3\% \cdot \mu\text{m}$ 以下である、光ファイバ。

【請求項 2】

波長 $1.31\mu\text{m}$ におけるモードフィールド径 $\text{MFD}_{1.31}$ が $8.93\mu\text{m}$ 以上 $9.4\mu\text{m}$ 以下である、請求項 1 に記載の光ファイバ。

【請求項 3】

コア全体における最大比屈折率差 m_{ax} と、コアの中心からの距離 r が $1\mu\text{m}$ 以下の範囲内における最大比屈折率差 c とが等しい、請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

20

【請求項 4】

コア全体における最大比屈折率差 m_{ax} が 0.39% よりも大きい、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の光ファイバ。

【請求項 5】

コア全体における最大比屈折率差 m_{ax} が 0.50% よりも小さい、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の光ファイバ。

【請求項 6】

ケーブルカットオフ波長 c_c が 1260nm 以下である、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の光ファイバ。

30

【請求項 7】

ケーブルカットオフ波長 c_c が 1170nm 以上である、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の光ファイバ。

【請求項 8】

波長 $1.31\mu\text{m}$ におけるモードフィールド径 $\text{MFD}_{1.31}$ とケーブルカットオフ波長 c_c との比、 $\text{MFD}_{1.31} / c_c$ で表される MAC 値が 7.38 以上 7.7 以下である、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の光ファイバ。

【請求項 9】

コアの中心からの距離 r に対する比屈折率差が (r) で表される屈折率分布を有する、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の光ファイバの製造方法であって、

40

【数 2】

$$A = -\int_0^{0.22\text{MFD}_{1.31}} (\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)) dr + \int_{0.22\text{MFD}_{1.31}}^{0.44\text{MFD}_{1.31}} (\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)) dr$$

(ここで、 r の単位は μm であり、比屈折率差 (r) の単位は % であり、 $\Delta_{ref}(r) = -0.064r + 0.494$ であり、 $\text{MFD}_{1.31}$ は波長 $1.31\mu\text{m}$ におけるモードフィールド径である。) で表される A の値を算出する工程と、前記 A の値が、 $0.3\% \cdot \mu\text{m}$ 以下であることを確認する工程を有する、光ファイバの製造方法。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、低い曲げ損失を有する光ファイバおよびその製造方法に関する。

本願は、2014年9月26日に出願された日本国特許出願2014-195937号及び日本国特許出願2014-195938号、及び2014年12月10日に出願された2014-249846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】

低い曲げ損失を有する光ファイバ（低曲げ損失光ファイバ）は、特に、オフィスや家庭等へ光ファイバを導入するFTTH（Fiber To The Home）のために必要とされている。例えばビルや宅内に光ファイバを引き回す際に、小さな曲げが入る可能性がある。また、引き回しで余った長さの部分（余長部）は所定半径以上に巻回されて収納されるが、余長部を小さく曲げることで、収納スペースを削減することができる。そのため、小さな曲げを入れても損失が増加しない、いわゆる曲げ損失（マクロバンド損失）を低減した光ファイバが重要となる。宅内配線用の光ファイバにおいては、基地局とユーザ宅とを結ぶ光ファイバとの接続損失が小さいことから、低コストであることも要求される。基地局とユーザ宅とを結ぶ光ファイバは、距離が長いことから、汎用のシングルモード（SM）ファイバが使用されている。

標準シングルモード光ファイバ（S-SMF）の規格であるITU-T Recommendation G.652に準拠しつつ、標準シングルモード光ファイバに比べて曲げ損失が低減された光ファイバの規格として、ITU-T Recommendation G.657がある。

【0003】

これまで、低曲げ損失光ファイバを得るには、例えば、モードフィールド径（MFD）を小さくする（例えば特許文献1、2、及び非特許文献1参照）、コアの周囲にトレンチ（低屈折率部）を設ける（例えば特許文献3～5参照）、コアの屈折率分布を乗分布（グレーデッドインデックス型）とする（例えば特許文献4、6参照）等が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】日本国特許第4268115号公報

【特許文献2】国際公開第2006/016572号パンフレット

【特許文献3】日本国特開2013-88818号公報

【特許文献4】米国特許第8428411号明細書

【特許文献5】日本国特開昭63-43107号公報

【特許文献6】米国特許第8588569号明細書

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】K. Okamoto and T. Okoshi, "Computer-aided synthesis of the optimum refractive index profile for a multimode fiber," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-25, pp.213-221, 1976

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1の図2に示されるように、MFDを小さくすると、汎用SMファイバとの接続損失が増加する。このため、汎用SMファイバと同等のMFD（波長1.31μmで9.2μm程度）が好ましい。

【0007】

10

20

30

40

50

コアの周囲にトレンチを設けた場合、MFDを小さくすることなく、低い曲げ損失を実現することができる。しかし、外付け法（OVD法）や低屈折率ガラス（例えば石英管）のジャケット等によりトレンチを作製する場合には、光ファイバの製造工程が増える。内付け法（CVD法）でコア部からトレンチ部まで一括で作製することもできるが、作製できる母材サイズが小さく、一つの母材から紡糸により製造可能な光ファイバが短くなる。

結果として、いずれの方法でも製造コストが増大する。

【0008】

以上の考察から、低曲げ損失光ファイバは、汎用光ファイバと同等のMFDを維持したまま、コアおよびクラッドから構成される単峰型の屈折率分布を有することが望まれる。これまで、コアの屈折率分布を 乗分布とすることで、曲げ損失を低減することが知られている。そこで、 乗分布よりも曲げ損失が小さくなるコア屈折率分布を有する光ファイバが求められる。また、コアの周囲にトレンチを設けた場合であっても、 乗分布よりも曲げ損失が小さくなるコア屈折率分布を有する光ファイバが求められる。

10

【0009】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、 乗分布よりも曲げ損失が小さくなるコア屈折率分布を有する光ファイバおよびその製造方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の第1態様は、コアと、コアの外周を取り囲むクラッドと、を備え、コアの中心からの距離 r に対する比屈折率差が (r) で表される屈折率分布を有し、

20

【0011】

【数1】

$$A = -\int_0^{0.22MFD_{1.31}} (\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)) dr + \int_{0.22MFD_{1.31}}^{0.44MFD_{1.31}} (\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)) dr$$

【0012】

(ここで、 r の単位は μm であり、比屈折率差 (r) の単位は%であり、 $\Delta_{ref}(r) = -0.064r + 0.494$ であり、 $MFD_{1.31}$ は波長 $1.31\mu m$ におけるモードフィールド径である。)で表されるAの値が、 $0.3\% \cdot \mu m$ 以下である。

30

【0013】

本発明の第2態様は、上記第1態様の光ファイバにおいて、波長 $1.31\mu m$ におけるモードフィールド径 $MFD_{1.31}$ が $8.93\mu m$ 以上 $9.4\mu m$ 以下であることが好ましい。

本発明の第3態様は、上記第1または第2態様の光ファイバにおいて、コア全体における最大比屈折率差 m_{ax} と、コアの中心からの距離 r が $1\mu m$ 以下の範囲内における最大比屈折率差 c とが等しいことが好ましい。

本発明の第4態様は、上記第1～第3態様のうちいずれか1態様の光ファイバにおいて、コア全体における最大比屈折率差 m_{ax} が 0.39% よりも大きいことが好ましい。

40

本発明の第5態様は、上記第1～第4態様のうちいずれか1態様の光ファイバにおいて、コア全体における最大比屈折率差 m_{ax} が 0.50% よりも小さいことが好ましい。

【0014】

本発明の第6態様は、上記第1～第5態様のうちいずれか1態様の光ファイバにおいて、ケーブルカットオフ波長 c_c が $1260nm$ 以下であることが好ましい。

本発明の第7態様は、上記第1～第6態様のうちいずれか1態様の光ファイバにおいて、ケーブルカットオフ波長 c_c が $1170nm$ 以上であることが好ましい。

本発明の第8態様は、上記第1～第7態様のうちいずれか1態様の光ファイバにおいて、波長 $1.31\mu m$ におけるモードフィールド径 $MFD_{1.31}$ とケーブルカットオフ波長 c_c との比、 $MFD_{1.31} / c_c$ で表されるMAC値が 7.38 以上 7.7 以下

50

であることが好ましい。

【0015】

本発明の第9態様は、上記第1～第8態様のうちいずれか1態様の光ファイバの製造方法であって、コアの中心からの距離 r に対する比屈折率差が (r) で表される屈折率分布を有し、

【数2】

$$A = -\int_0^{0.22\text{MFD}_{1.31}} (\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)) dr + \int_{0.22\text{MFD}_{1.31}}^{0.44\text{MFD}_{1.31}} (\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)) dr$$

10

(ここで、 r の単位は μm であり、比屈折率差 (r) の単位は%であり、 $\Delta_{ref}(r) = -0.064r + 0.494$ であり、 $\text{MFD}_{1.31}$ は波長 $1.31\mu\text{m}$ におけるモードフィールド径である。)で表される前記Aの値を算出する工程と、前記Aの値が、 $0.3\% \cdot \mu\text{m}$ 以下であることを確認する工程を有する。

【発明の効果】

【0016】

上記本発明に係る態様によれば、コアの中心部に近いほど比屈折率差が高く、コアの中心に光を閉じ込めやすい光ファイバが得られ、光ファイバに曲げが生じた際の損失を低減することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の第1実施形態に係る光ファイバを模式的に示す断面図である。

【図2】第1実施形態の実施例におけるAの値と曲げ損失との関係を示すグラフである。

【図3】例1の光ファイバの屈折率分布を示すグラフである。

【図4】例2の光ファイバの屈折率分布を示すグラフである。

【図5】例3の光ファイバの屈折率分布を示すグラフである。

【図6】例4の光ファイバの屈折率分布を示すグラフである。

【図7】例5の光ファイバの屈折率分布を示すグラフである。

30

【図8】例6の光ファイバの屈折率分布を示すグラフである。

【図9】例7の光ファイバの屈折率分布を示すグラフである。

【図10】例8の光ファイバの屈折率分布を示すグラフである。

【図11】例9の光ファイバの屈折率分布を示すグラフである。

【図12】本発明の第1実施形態に係る光ファイバの屈折率分布を模式的に示す図である。

【図13A】シミュレーションで用いた屈折率分布を模式的に示す図である。

【図13B】シミュレーションで用いた屈折率分布を模式的に示す図である。

【図13C】シミュレーションで用いた屈折率分布を模式的に示す図である。

【図14A】曲げ損失の計算結果を示す図である。

40

【図14B】曲げ損失の計算結果を示す図である。

【図14C】曲げ損失の計算結果を示す図である。

【図15】基準屈折率分布における規格化した電界強度分布を示す図である。

【図16】第2実施形態に係る光ファイバを模式的に示す断面図である。

【図17】前図に示す光ファイバの屈折率分布を模式的に示す図である。

【図18】第3実施形態に係る光ファイバを模式的に示す断面図である。

【図19】前図に示す光ファイバの屈折率分布を模式的に示す図である。

【図20】第4実施形態に係る光ファイバを模式的に示す断面図である。

【図21】前図に示す光ファイバの屈折率分布を模式的に示す図である。

【図22】他の実施形態に係る光ファイバの屈折率分布を模式的に示す図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0018】

(第1実施形態)

以下、本発明の好適な第1実施形態を説明する。

本実施形態の光ファイバ5は、図1に示すように、光ファイバ5の中心部に設けられるコア1と、コア1の外周を取り囲むクラッド4とを有する。クラッド4は、一般にコア1に対して同心状であるが、許容範囲内でクラッド4とコア1とが偏心することがあり得る。

【0019】

コアの屈折率分布は、コアの中心からの距離 r に対する比屈折率差 $\Delta(r)$ の関数として、 $\Delta(r)$ で表される。距離 r は非負である ($r \geq 0$)。コアの比屈折率差 $\Delta(r)$ は、クラッドの屈折率を基準とした比屈折率差を意味する。クラッドでは、比屈折率差が0である。本実施形態では、低曲げ損失光ファイバを得るための条件として、次の数式 (Aの定義式) により定義されるAの値の範囲が特定される。定義式の導出については、後述する。

【0020】

【数3】

$$A = -\int_0^{0.22\text{MFD}_{1.31}} (\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)) dr + \int_{0.22\text{MFD}_{1.31}}^{0.44\text{MFD}_{1.31}} (\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)) dr$$

10

20

【0021】

ここで、 r の単位は μm であり、比屈折率差 $\Delta(r)$ の単位は%である。 $\Delta_{ref}(r) = -0.064r + 0.494$ である。 $\text{MFD}_{1.31}$ は波長 $1.31\mu\text{m}$ におけるモードフィールド径である。

【0022】

SMファイバにおいて、MFDは必ずしもコア径(直径)に等しいわけではないが、一般にコア径と同程度である。そうすると、 $0.5\text{MFD}_{1.31}$ は、ほぼコア半径に等しいから、 $r \leq 0.44\text{MFD}_{1.31}$ となる領域は、コアの大部分(周辺部を除く。)を表す。 $r \leq 0.22\text{MFD}_{1.31}$ となる領域は、コアの中心部を表す。

30

【0023】

前記Aの定義式は、 $0 \leq r \leq 0.22\text{MFD}_{1.31}$ の区間における定積分(第1の定積分)と、 $0.22\text{MFD}_{1.31} \leq r \leq 0.44\text{MFD}_{1.31}$ の区間における定積分(第2の定積分)とを含む。第1の定積分と第2の定積分は、積分区間の幅($0.22\text{MFD}_{1.31}$)が等しく、被積分関数($\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)$)も同一であるが、符号が反対であり、Aに対する寄与が異なる。その結果、コアの中心部に近いほど比屈折率差が高い屈折率分布は、Aの値が小さくなる傾向がある。

【0024】

そこで、Aの値は、 $0.3\% \cdot \mu\text{m}$ 以下が好ましい。これにより、コアの中心に光を閉じ込めやすい光ファイバが得られ、光ファイバに曲げが生じた際の損失を低減することができる。Aの値は、 $0.2\% \cdot \mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $0.1\% \cdot \mu\text{m}$ 以下がさらに好ましい。

40

【0025】

前記Aの定義式における $\Delta_{ref}(r)$ は、前記Aの定義式において参照される屈折率分布(参照屈折率分布)を表す。本実施形態においては、 $\Delta_{ref}(r)$ が r の一次式で表される。具体的には、上述したとおり、 $\Delta_{ref}(r) = -0.064r + 0.494$ である。コアの屈折率分布が、参照屈折率分布 $\Delta_{ref}(r)$ と同じく、 $\Delta(r) = -0.064r + 0.494$ で表される場合、前記Aの定義式における被積分関数 ($\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)$) が恒等的に0になるので、Aの値も0になる。Aの値は、例えば、0

50

%・ μm 以上、 -0.01% ・ μm 以上、 -0.02% ・ μm 以上、 -0.03% ・ μm 以上、 -0.05% ・ μm 以上、 -0.1% ・ μm 以上、 -0.2% ・ μm 以上、 -0.3% ・ μm 以上、等であってもよい。

【0026】

本実施形態の光ファイバの製造方法は、前記Aの定義式を使用してAの値を算出する工程と、Aの値が所定の範囲内（例えば、 0.3% ・ μm 以下）であることを確認する工程を有する。このAの算出工程および確認工程は、光ファイバの製造に際して行われる一連の工程、例えば光ファイバの屈折率分布を設計する工程、前記屈折率分布を有する光ファイバ母材を製造する工程、前記光ファイバ母材から光ファイバを紡糸する工程等に対して前後を問わず、任意の段階で行うことができる。

10

【0027】

本実施形態の光ファイバは、軸付け法（VAD法）、外付け法（OVD法）、内付け法（CVD法）などの公知の母材作製方法により光ファイバ母材を作製した後、光ファイバ母材から光ファイバを紡糸することによって製造することができる。光ファイバ母材の作製方法の一例として、少なくともコアを構成するガラスをOVD法またはCVD法で作製し、残りのガラス部分をさらなるシリカ（ SiO_2 ）ガラスの堆積、石英管のジャケット等により作製することが挙げられる。より具体的には、コアの全部またはコアの全部とクラッドの一部をVAD法で作製し、クラッドの残部をOVD法で製造する方法が挙げられる。OVD法またはCVD法で作製する部分は、コアを構成するガラス（一部または全部）のみであってもよく、それに加えてクラッドを構成するガラスの一部を含んでもよい。光ファイバのサイズは特に限定されないが、例えばクラッド径として $125\mu\text{m}$ 、 $80\mu\text{m}$ 等が挙げられる。紡糸後の光ファイバには、クラッドの外周に樹脂等の被覆が1層または2層以上積層されてもよい。

20

【0028】

基地局とユーザ宅とを結ぶ光ファイバに多用される、汎用SMファイバとの接続損失を抑制するためには、汎用SMファイバと同程度のMFDを有することが好ましい。例えば、波長 $1.31\mu\text{m}$ におけるモードフィールド径 $\text{MFD}_{1.31}$ として、 $9.2\mu\text{m}$ 程度が好ましい。具体的には、 $\text{MFD}_{1.31}$ が $9.2\mu\text{m} \pm 0.2\mu\text{m}$ 、あるいは $8.93\mu\text{m}$ 以上 $9.4\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【0029】

30

コアの屈折率分布は、コア直径の範囲内でピークを1つのみ有する、単峰型であることが好ましい。ここで、単峰型とは、コアの比屈折率差が最大値をとる点が、コア直径の範囲内で1点のみであることを意味する。コア直径の範囲は、コア中心を0として、半径上の座標値が正となる側だけでなく、半径上の座標値が負となる側を含む。もしコアの屈折率分布が同心状であれば、コア中心において比屈折率差が最大値をとる。そこで、コア全体における最大比屈折率差 Δn_{max} と、コアの中心からの距離 r が $1\mu\text{m}$ 以下の範囲内における最大比屈折率差 Δn_c とが等しいことが好ましい。

【0030】

光ファイバにおいてコアに光を閉じ込めるには、クラッドに比べてコアの屈折率が高ければよいが、比屈折率差が小さすぎると光の閉じ込めが弱くなる。このため、コア全体における最大比屈折率差 Δn_{max} が 0.39% よりも大きいことが好ましい。その反対に、比屈折率差が大きすぎるとドーパントの必要量が増えてコストが増加する。このため、コア全体における最大比屈折率差 Δn_{max} が 0.50% よりも小さいことが好ましい。

40

【0031】

光ファイバが曲げ損失の影響を受けにくい場合、光ファイバがシングルモード伝搬を行う波長範囲の下限値であるカットオフ波長が短くなり、シングルモード伝搬の波長範囲が拡大される。そのため、光ファイバのケーブルカットオフ波長 λ_{cc} （すなわち、 22m のカットオフ波長 $\lambda_{22\text{m}}$ ）は、 1260nm 以下であることが好ましい。 λ_{cc} は 1170nm 以上でよい。さらに、波長 $1.31\mu\text{m}$ におけるモードフィールド径 $\text{MFD}_{1.31}$ とケーブルカットオフ波長 λ_{cc} との比（ $\text{MFD}_{1.31} / \lambda_{\text{cc}}$ ）で表されるM

50

AC値は、7.38以上7.7以下であることがより好ましい。

【0032】

以上、本発明を好適な実施形態に基づいて説明してきたが、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

石英系光ファイバの製造に使用されるドーパントは、ゲルマニウム(Ge)、リン(P)、フッ素(F)、ホウ素(B)、アルミニウム(Al)等が挙げられる。2種以上のドーパントを使用してもよい。コアおよびクラッドの組成の一例として、コア材料はGe添加シリカ、クラッド材料は純シリカが挙げられる。

以上、本発明の第1実施形態を説明してきたが、これらは本発明の例示であり、追加、省略、置換、およびその他の変更は、本発明の範囲から逸脱することなく行うことができる。

10

【実施例】

【0033】

以下、実施例をもって本発明を具体的に説明する。

(定義式の導出)

まず、コア形状及び曲げ損失の関係を確認するために、コア形状が異なるが、ケーブルカットオフ波長 λ_c 、波長 $1.31\mu\text{m}$ のMFDが一定となる屈折率分布でシミュレーションを実施した。コア径 r_1 、コア中心部の比屈折率差 Δ_c 、半径 r_1 における比屈折率差 $\Delta(r_1)$ を変数として特性を調整した(図12)。

【0034】

20

使用した屈折率分布を図13A~図13Cに示す。図13A~図13Cはそれぞれ、 $(\lambda_c[\mu\text{m}]/\text{MFD}[\mu\text{m}])$ が順に $(1.20/9.00)$ 、 $(1.23/9.15)$ 、 $(1.26/9.3)$ である。なお、分散値をITU-T G.652.D規格に準拠させるため、クラッド部に若干の低屈折率部(ディプレスト部)を持たせることで屈折率分布によっては調整を行っている。

これらの屈折率分布における曲げ損失の計算結果を図14A~図14Cに示す。これらの結果からコア中心部の比屈折率差が大きくなるほど(またはコア形状の傾き $\Delta(r_1)/\Delta_c$ が小さくなるほど)、曲げ損失が小さくなることがわかる。

【0035】

30

しかしながら、実際のプロファイルではズレが生じ、コア中心部の比屈折率差や傾きを用いて表すことが難しい。そこで、シミュレーションで最も曲げ損失が小さくなった屈折率分布(基準屈折率分布)とのズレから、曲げ損失との関係を表現することを見出した。基準屈折率分布は $r_1 = 5.45\mu\text{m}$ 、 $\Delta_c = 0.494\%$ 、 $\Delta(r_1) = 0.145\%$ 、 $(\Delta(r) = 0.064r + 0.494(r - 5.45))$ であり、これを用いてズレを下記のように表した。

【0036】

【数4】

$$A = -\int_0^{0.22\text{MFD}_{1.31}} (\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)) dr + \int_{0.22\text{MFD}_{1.31}}^{0.44\text{MFD}_{1.31}} (\Delta(r) - \Delta_{ref}(r)) dr$$

40

(ここで、 r の単位は μm であり、比屈折率差 $\Delta(r)$ の単位は%であり、 $\Delta_{ref}(r) = -0.064r + 0.494$ であり、 $\text{MFD}_{1.31}$ は波長 $1.31\mu\text{m}$ におけるモードフィールド径である。)

【0037】

図15に基準屈折率分布における規格化した電界強度分布を表す。規格化した電界強度が0.5になる半径はおおよそ $0.44 \times \text{MFD} =$ となる位置で、この場合 $4\mu\text{m}$ であった。コア中心における光の閉じ込めが曲げ損失に影響を与えたと考え、このより内側の形状でズレを表現している。また、この範囲内でも、内周部($0 < r < =$ / 12)

50

・外側 ($r_1 = r_2 < r < r_3$) で重み付けをしている。

【 0 0 3 8 】

(光ファイバの作製)

コア部およびその周囲に設けられたクラッド部を有する光ファイバを作製した。光ファイバは、光ファイバ母材を線引き (紡糸) することで、製造した。光ファイバ母材は、VAD法またはCVD法でコアの全部とクラッドの一部からなるコア部材を作製した後、コア部材の周囲にOVD法で残りのクラッド部を形成する方法で製造した。例 1 ~ 8 ではコア母材をVAD法で作製し、例 9 ではコア母材をCVD法で作製した。

【 0 0 3 9 】

得られた光ファイバの屈折率分布を、半径 [μm] に対する比屈折率差 Δ で表す。例 1 ~ 9 の光ファイバの屈折率分布の形状を、それぞれ図 3 ~ 11 に示す。これらのグラフ中、半径 [μm] は、コア中心を 0 [μm] とし、正負いずれの値もとりに得る。A の定義式におけるコアの中心からの距離 r [μm] は、半径 [μm] の絶対値であり、0 または正の値をとる。

【 0 0 4 0 】

表 1 に、例 1 ~ 9 の光ファイバの各パラメータを示す。

【 0 0 4 1 】

【 表 1 】

	Δ_{\max} [%]	Δ_c [%]	r_1 [μm]	Δ_{\min} [%]	A [% $\cdot\mu\text{m}$]	λ_{cc} [μm]	$MFD_{1.31}$ [μm]	MAC	曲げ損失 [dB/10turns]
例1	0.41	0.41	4.5	-0.01	0.16	1.24	9.26	7.47	0.017
例2	0.42	0.42	4.4	-0.04	0.15	1.17	8.94	7.64	0.023
例3	0.43	0.43	4.7	-0.02	0.10	1.25	9.28	7.42	0.007
例4	0.45	0.45	4.6	-0.04	0.11	1.22	9.20	7.54	0.019
例5	0.41	0.41	4.2	0	0.20	1.23	9.16	7.45	0.013
例6	0.40	0.40	4.5	-0.01	0.21	1.21	9.11	7.53	0.022
例7	0.39	0.28	4.4	-0.01	0.35	1.22	9.20	7.54	0.053
例8	0.39	0.28	4.5	-0.01	0.36	1.23	9.24	7.51	0.040
例9	0.49	0.49	5.5	0	0.00	1.23	9.17	7.46	0.007

【 0 0 4 2 】

Δ_{\max} は、コア全体における最大の比屈折率差 [%] である。 Δ_c は、コアの中心からの距離 r が $1 \mu\text{m}$ 以下の範囲内 (つまり、 $-1 \mu\text{m}$ 半径 $1 \mu\text{m}$) における最大の比屈折率差 [%] である。 r_1 は、コアの半径 [μm] である。コアの中心からの距離 r がコア半径 r_1 より大きい領域はクラッドであり、クラッドにおける比屈折率差は 0 である。 Δ_{\min} は、コア全体における最小の比屈折率差 [%] である。

【 0 0 4 3 】

λ_{cc} は、ケーブルカットオフ波長 [μm] である。 $MFD_{1.31}$ は、波長 $1.31 \mu\text{m}$ におけるモードフィールド径 [μm] である。MAC は、 $MFD_{1.31} / \lambda_{cc}$ で表される比の値を表す。曲げ損失は、曲げ半径 15mm 、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における曲げ

損失 [dB / 10 turn] である。

【 0044 】

例 1 ~ 9 の光ファイバは、ITU-T G.652.D 規格に準拠した特性となっている。この規格では、 $MFD_{1.31}$ が $8.6 \sim 9.5 \mu\text{m}$ 、クラッド径が $125.0 \pm 1 \mu\text{m}$ 、コア偏心量が $0.6 \mu\text{m}$ 以下、クラッド非円率が 1.0% 以下、ケーブルカットオフ波長が 1260 nm 以下、マクロバンド損失 (波長 1625 nm 、半径 30 mm 、 100 ターン) が 0.1 dB 以下、ゼロ分散波長 λ_0 が 1300 nm 以上 1324 nm 以下、ゼロ分散スロープ係数 S_0 が $0.092 \text{ ps} / \text{nm}^2 \times \text{km}$ 以下と規定されている。

【 0045 】

前記 A の定義式により、 $A [\% \cdot \mu\text{m}]$ の値を算出した。例 1 ~ 9 における、A の値と、曲げ損失 (波長 $1.55 \mu\text{m}$ 、半径 15 mm 、 10 ターン) との関係を示す。図 1 のグラフに示す。A の値が小さくなるにつれ、曲げ損失が小さな値をとる傾向が見出された。表 1 で、 $A = 0.3\% \cdot \mu\text{m}$ に該当するのは、例 1 ~ 6 および例 9 である。

10

【 0046 】

図 1 の破線は、乗屈折率分布 ($n = 3$) の光ファイバについて求めた曲げ損失の値を示す。乗屈折率分布 ($n = 3$) の光ファイバでは、曲げ損失が $0.034 \text{ dB} / 10 \text{ turn}$ 、モードフィールド径 $MFD_{1.31}$ が $9.2 \mu\text{m}$ 、ケーブルカットオフ波長 λ_c が $1.20 \mu\text{m}$ であった。これらの結果から、A の値を $0.3\% \cdot \mu\text{m}$ 以下とすることにより、乗屈折率分布 ($n = 3$) の光ファイバよりも低曲げ損失の光ファイバが得られることが分かった。

20

【 0047 】

(第 2 実施形態)

上記実施形態では、光ファイバ 5 がコア 1 とクラッド 4 とを有する形態を説明したが、クラッド 4 について、以下の構成を有していてもよい。

【 0048 】

図 16 に、本発明の第 2 実施形態に係る光ファイバ 10 の概略構成を示す。

光ファイバ 10 は、中心部に配されるコア 1 と、コア 1 の外周側にコア 1 と同心状に設けられたクラッド 4 とを有する。

【 0049 】

クラッド 4 は、少なくとも、コア 1 の外周側に隣接した内クラッド部 2 と、内クラッド部 2 の外周側に形成された外クラッド部 3 とを有する。

30

【 0050 】

図 17 に、光ファイバ 10 の屈折率分布を模式的に示す。

コア 1 の屈折率を n_1 とし、最大屈折率を $n_{1 \text{ max}}$ とする。

内クラッド部 2 の屈折率を n_2 とし、最小屈折率を $n_{2 \text{ min}}$ とする。

外クラッド部 3 の屈折率を n_3 とする。

【 0051 】

コア 1 の最大屈折率 $n_{1 \text{ max}}$ は、コア 1 の中心から外周までの径方向範囲において最大となるコア 1 の屈折率である。図 17 に示す屈折率分布では、コア 1 の屈折率 n_1 は径方向位置にかかわらず一定であるため、屈折率 n_1 は全範囲で最大屈折率 $n_{1 \text{ max}}$ に等しい。

40

内クラッド部 2 の最小屈折率 $n_{2 \text{ min}}$ は、内クラッド部 2 の内周から外周までの径方向範囲において最小となる内クラッド部 2 の屈折率である。図 17 に示す屈折率分布では、内クラッド部 2 の屈折率 n_2 は径方向位置にかかわらず一定であるため、屈折率 n_2 は全範囲で最小屈折率 $n_{2 \text{ min}}$ に等しい。

【 0052 】

光ファイバ 10 では、次の式 (11) が成り立つ。

$$n_{1 \text{ max}} > n_{2 \text{ min}}, \text{ かつ } n_{1 \text{ max}} > n_3 \quad \dots (11)$$

式 (11) に示すように、コア 1 の最大屈折率 $n_{1 \text{ max}}$ は、内クラッド部 2 の最小屈折率 $n_{2 \text{ min}}$ および外クラッド部 3 の屈折率 n_3 より大きく設定されている。

50

また、光ファイバ10では、内クラッド部2の最小屈折率 $n_{2\min}$ は、外クラッド部3の屈折率 n_3 より小さく設定されている。

【0053】

光ファイバ10では、さらに、次の式(12)が成り立つ。

$$0.01\% < |n_{2\min} - n_3| < 0.03\% \quad \dots (12)$$

式(12)は、内クラッド部2の最小屈折率 $n_{2\min}$ と外クラッド部3の屈折率 n_3 との差の絶対値が、0.01%を越え、かつ0.03%未満であることを意味する。

【0054】

$n_{2\min}$ と n_3 との差の絶対値が小さすぎると、曲げ損失を十分に低減できないおそれがある。一方、 $n_{2\min}$ と n_3 との差の絶対値が大きすぎると、モードフィールド径が小さくなり、他の光ファイバ(例えば通常のシングルモード光ファイバ(S-SMF))と接続した際の接続損失が大きくなるおそれがある。

光ファイバ10では、 $n_{2\min}$ と n_3 との差の絶対値を0.01%を越える範囲とすることによって、曲げ損失を低減することができる。また、 $n_{2\min}$ と n_3 との差の絶対値を0.03%未満とすることによって、モードフィールド径(MFD)を適正化し、他の光ファイバと接続した際の接続損失を低く抑えることができる。

【0055】

第1実施形態の光ファイバ10では、 $n_{1\max}$ と、 $n_{2\min}$ と、 n_3 との大小関係に関して、次の式(11A)が成り立つ。

$$n_{1\max} > n_3 > n_{2\min} \quad \dots (11A)$$

式(11A)に示すように、コア1の最大屈折率 $n_{1\max}$ は、外クラッド部3の屈折率 n_3 より大きく設定されている。

外クラッド部3の屈折率 n_3 は、内クラッド部2の最小屈折率 $n_{2\min}$ より大きく設定されている。

【0056】

n_3 が $n_{2\min}$ より大きいいため、上述の式(12)は、次のように記載することができる。

$$0.01\% < (n_3 - n_{2\min}) < 0.03\% \quad \dots (12A)$$

式(12A)は、外クラッド部3の屈折率 n_3 と内クラッド部2の最小屈折率 $n_{2\min}$ との差が、0.01%を越え、かつ0.03%未満であることを意味する。

【0057】

コア1、内クラッド部2および外クラッド部3の外周半径を、それぞれ r_1 、 r_2 、 r_3 とする。

コア1と内クラッド部2と外クラッド部3との外周半径 $r_1 \sim r_3$ の間には、次の式(13)に示す関係がある。

$$r_1 < r_2 < r_3 \quad \dots (13)$$

【0058】

コア1の外周半径 r_1 と内クラッド部2の外周半径 r_2 との比 r_1/r_2 は、次の式(14)に示す範囲にある。

$$0.2 < r_1/r_2 < 0.5 \quad \dots (14)$$

【0059】

r_1/r_2 が小さすぎると、モードフィールド径が小さくなり、他の光ファイバ(例えばS-SMF)と接続した際の接続損失が大きくなるおそれがある。一方、 r_1/r_2 が大きすぎると、曲げ損失が増大するおそれがある。

光ファイバ10では、 r_1/r_2 を0.2以上とすることによって、モードフィールド径を適正化し、他の光ファイバと接続した際の接続損失を低く抑えることができる。 r_1/r_2 を0.5以下とすることによって、曲げ損失を低減することができる。

【0060】

光ファイバ10は、ケーブルカットオフ波長 λ_c が1260nm以下とされる。すなわち、次の式(15)が成立する。

10

20

30

40

50

$\lambda_c = 1260 \text{ nm} \dots (15)$

これによって、ITU-T Recommendation G.652の規定を満足することができる。

カットオフ波長 λ_c は、例えばITU-T Recommendation G.650に記載の測定法により測定することができる。

【0061】

光ファイバ10は、上述の屈折率および外周半径の調整によって、波長1310 nmにおけるモードフィールド径(MFD)が、 $8.6 \mu\text{m}$ 以上、かつ $9.5 \mu\text{m}$ 以下となるように設定される。すなわち、次の式(16)が成立する。

$$8.6 \mu\text{m} < \text{MFD} < 9.5 \mu\text{m} \dots (16)$$

モードフィールド径をこの範囲にすることによって、他の光ファイバ(例えばS-SMF)と接続した際の接続損失を低く抑えることができる。

光ファイバ10は、モードフィールド径をこの範囲とすることによって、ITU-T G.652の規定を満たす。

【0062】

光ファイバ10は、直径15 mmの円筒形のマンドレルに10回巻回したときの波長1550 nmにおける損失増加は 0.25 dB 以下となることが好ましい。

また、直径15 mmの円筒形のマンドレルに10回巻回したときの波長1625 nmにおける損失増加は 1.0 dB 以下となることが好ましい。

【0063】

コア1は、例えばゲルマニウム(Ge)等のドーパントを添加することによって屈折率を高めたシリカガラスで構成することができる。

内クラッド部2は、例えばフッ素(F)等のドーパントを添加することによって屈折率を低くしたシリカガラスで構成することができる。内クラッド部2は、例えば塩素(Cl)等のドーパントを添加することによって屈折率を高くしたシリカガラスで構成してもよい。

外クラッド部3は、例えば純粋シリカガラスで構成することができる。外クラッド部3は、ドーパント(例えばGe、Fなど)を添加することによって屈折率を調整してもよい。

【0064】

光ファイバ10を構成する各層は、MCVD法、PCVD法、VAD法、OVD法などの公知の方法、またはこれらの組み合わせにより形成することができる。

例えば、MCVD法を採用する場合には、光ファイバ母材を次のようにして作製することができる。

【0065】

外クラッド部3となるシリカガラス管(例えば純粋シリカガラスからなるガラス管)の内側に、例えばフッ素(F)等のドーパントを含む原材料を用いて、内クラッド部2となるガラス堆積層を形成する。内クラッド部2の屈折率はドーパントの添加量によって調整することができる。

【0066】

次いで、上記ガラス堆積層の内側に、例えばゲルマニウム(Ge)等のドーパントを含む原材料を用いて、コア1となるガラス堆積層を形成する。なお、コア1は、別途作製したコアロッドを用いて形成することもできる。

ガラス堆積層が形成されたシリカガラス管は、透明化、中実化などの工程を経て光ファイバ母材とする。この光ファイバ母材を線引きすることによって、図16に示す光ファイバ10を得る。

CV D法は、ドーパントの添加によって屈折率分布を精度よく調整できる点で好ましい。

光ファイバ10の製造には、VAD法、OVD法も適用可能である。VAD法、OVD法には、生産性が高いという利点がある。

10

20

30

40

50

【0067】

光ファイバ10では、内クラッド部2と外クラッド部3の屈折率の差を上記範囲(式(12))を参照)とし、かつコア1と内クラッド部2の外周半径の比を上記範囲(式(14))を参照)とすることによって、他の光ファイバと接続した際の接続損失を低く抑え、かつ曲げ損失を低減できる。

【0068】

コアに近い部分のクラッドの屈折率が光ファイバの光学特性に大きな影響を与えることは周知であるが、本発明者は、詳細な検討の結果、モードフィールド径を小さくすることなく、曲げ損失を低減できる屈折率分布を見出した。

光ファイバ10は、この屈折率分布を採用することにより、他の光ファイバと接続した際の接続損失の抑制と曲げ損失の低減とを両立させている。

10

【0069】

光ファイバ10は、内クラッド部2と外クラッド部3の屈折率の差が小さいため、従来の製造方法(例えば通常のS-SMFの製造方法)を大きく変更することなく利用して、内クラッド部2および外クラッド部3の屈折率を容易に、かつ精度よく調整することができる。

また、内クラッド部2と外クラッド部3の屈折率の差が小さいため、製造方法に基づく制約が少ない。例えば、屈折率分布の調整に適しているとされるCVD法だけでなく、VAD法、OVD法を採用することもできる。

従って、光ファイバ10の製造が容易であり、製造コストを低く抑えることができる。

20

【0070】

光ファイバ10は、内クラッド部2と外クラッド部3の屈折率の差が小さいため、内クラッド部2を形成するためのフッ素(F)、塩素(Cl)等のドーパントの添加量を削減できる。

フッ素(F)等のドーパントに用いられる原料ガス(例えばSiF₄)は高価であるため、ドーパント添加量の削減によって、原料コストを抑制し、製造コストを低く抑えることができる。

【0071】

光ファイバ10は、図17に示すように、内クラッド部2の最小屈折率 n_{2min} が外クラッド部3の屈折率 n_3 より小さいため、コア1への光の閉じ込めが良好であり、曲げ損失を低減できる。

30

【0072】

(第3実施形態)

本発明の実施形態において、光ファイバはさらに以下の構成を有していてもよい。

図18に、本発明の第2実施形態に係る光ファイバ20の概略構成を示す。

光ファイバ20は、中心部に配されるコア1と、コア1の外周側にコア1と同心状に設けられたクラッド14とを有する。

クラッド14は、少なくとも、コア1の外周側に隣接した内クラッド部12と、内クラッド部12の外周側に形成された外クラッド部13とを有する。

【0073】

図19に、光ファイバ20の屈折率分布を模式的に示す。

コア1の屈折率を n_1 とし、最大屈折率を n_{1max} とする。内クラッド部12の屈折率を n_2 とし、最小屈折率を n_{2min} とする。外クラッド部13の屈折率を n_3 とする。

40

光ファイバ20では、第1実施形態の光ファイバ10と同様に、次の式(17)が成り立つ。

$$n_{1max} > n_{2min}, \text{ かつ } n_{1max} > n_3 \quad \dots (17)$$

【0074】

光ファイバ20では、内クラッド部12の最小屈折率 n_{2min} が、外クラッド部13の屈折率 n_3 より大きくされている点で、第1実施形態の光ファイバ10と異なる。

50

【 0 0 7 5 】

光ファイバ 2 0 では、第 1 実施形態の光ファイバ 1 0 と同様に、次の式 (1 8) が成り立つ。

$$0.01\% < |2 \text{ min} - 3| < 0.03\% \quad \dots (18)$$

2 min と 3 との差の絶対値を上記範囲とすることによって、モードフィールド径 (M F D) を適正化し、他の光ファイバと接続した際の接続損失を低く抑え、かつ曲げ損失を低減することができる。

【 0 0 7 6 】

コア 1 と内クラッド部 1 2 と外クラッド部 1 3 との外周半径 $r_1 \sim r_3$ の間には、第 1 実施形態の光ファイバ 1 0 と同様に、次の式 (1 9) 、 (2 0) に示す関係がある。

$$r_1 < r_2 < r_3 \quad \dots (19)$$

$$0.2 < r_1 / r_2 < 0.5 \quad \dots (20)$$

r_1 / r_2 を 0.2 以上とすることによって、モードフィールド径を適正化し、他の光ファイバと接続した際の接続損失を低く抑え、かつ曲げ損失を低減することができる。

【 0 0 7 7 】

光ファイバ 2 0 は、第 1 実施形態の光ファイバ 1 0 と同様に、ケーブルカットオフ波長 λ_c が 1 2 6 0 nm 以下とされる。

また、波長 1 3 1 0 nm におけるモードフィールド径 (M F D) は、8.6 μm 以上、かつ 9.5 μm 以下とされる。

光ファイバ 2 0 は、直径 1 5 mm の円筒形のマンドレルに 1 0 回巻回したときの波長 1 5 5 0 nm における損失増加は 0.2 5 dB 以下となることが好ましい。また、直径 1 5 mm の円筒形のマンドレルに 1 0 回巻回したときの波長 1 6 2 5 nm における損失増加は 1.0 dB 以下となることが好ましい。

【 0 0 7 8 】

コア 1 は、例えばゲルマニウム (G e) 等のドーパントを添加することによって屈折率を高めたシリカガラスで構成することができる。

内クラッド部 1 2 は、例えば純粋シリカガラスで構成することができる。内クラッド部 1 2 は、例えば塩素 (C l) 等のドーパントを添加することによって屈折率を調整してもよい。

外クラッド部 1 3 は、例えば純粋シリカガラスで構成することができる。外クラッド部 3 は、例えばフッ素 (F) 等のドーパントを添加することによって屈折率を低くしたシリカガラスで構成してもよい。

【 0 0 7 9 】

光ファイバ 2 0 は、第 1 実施形態の光ファイバ 1 0 と同様に、M C V D 法、P C V D 法、V A D 法、O V D 法などにより製造することができる。

例えば、M C V D 法を採用する場合には、光ファイバ母材を次のようにして作製することができる。

外クラッド部 1 3 となるシリカガラス管 (例えばフッ素 (F) 等のドーパントを含むシリカガラス管) の内側に、純粋シリカガラスなどの原材料を用いて、内クラッド部 1 2 となるガラス堆積層を形成する。

次いで、ガラス堆積層の内側に、例えばゲルマニウム (G e) 等のドーパントを含む原材料を用いて、コア 1 となるガラス堆積層を形成する。なお、コア 1 は、別途作製したコアロッドを用いて形成することもできる。

ガラス堆積層が形成されたシリカガラス管は、透明化、中実化などの工程を経て光ファイバ母材とする。この光ファイバ母材を線引きすることによって、図 1 8 に示す光ファイバ 2 0 を得る。

【 0 0 8 0 】

光ファイバ 2 0 では、内クラッド部 1 2 と外クラッド部 1 3 の屈折率の差を上記範囲とし、かつコア 1 と内クラッド部 1 2 の外周半径の比を上記範囲とすることによって、他の光ファイバと接続した際の接続損失を低く抑え、かつ曲げ損失を低減できる。

10

20

30

40

50

光ファイバ 20 は、従来の製造方法を大きく変更せずに利用できるため、製造が容易であり、製造コストを低く抑えることができる。

【0081】

以上、本発明の好ましい実施形態を説明したが、これらは本発明の例示であり、追加、省略、置換、およびその他の変更は、本発明の範囲から逸脱することなく行うことができる。

例えば、図 17、図 19 に示す光ファイバ 10, 20 では、クラッド 4, 14 は 2 つのクラッド部（内クラッド部および外クラッド部）からなるが、クラッドは、内クラッド部および外クラッド部以外の層を有していてもよい。

【0082】

（第 4 実施形態）

本発明の実施形態において、光ファイバはさらに以下の構成を有していてもよい。

図 20 に、本発明の第 4 実施形態に係る光ファイバ 30 の概略構成を示す。

光ファイバ 30 は、中心部に配されるコア 21 と、コア 21 の外周側にコア 21 と同心状に設けられたクラッド 25 とを有する。

クラッド 25 は、少なくとも、コア 21 の外周側に隣接した内クラッド部 22 と、内クラッド部 22 の外周側に隣接して形成されたトレンチ部 23 と、トレンチ部 23 の外周側に形成された外クラッド部 24 とを有する。

【0083】

図 21 に、光ファイバ 30 の屈折率分布を模式的に示す。

コア 21 の屈折率を n_1 とし、最大屈折率を n_{1max} とする。

内クラッド部 22 の屈折率を n_2 とし、最小屈折率を n_{2min} とする。

トレンチ部 23 の屈折率を n_3 とし、最小屈折率を n_{3min} とする。

外クラッド部 24 の屈折率を n_4 とする。

【0084】

コア 21 の最大屈折率 n_{1max} は、コア 21 の中心から外周までの径方向範囲において最大となるコア 21 の屈折率である。図 21 に示す屈折率分布では、コア 21 の屈折率 n_1 は径方向位置にかかわらず一定であるため、屈折率 n_1 は全範囲で最大屈折率 n_{1max} に等しい。

【0085】

内クラッド部 22 の最小屈折率 n_{2min} は、内クラッド部 22 の内周から外周までの径方向範囲において最小となる内クラッド部 22 の屈折率である。図 21 に示す屈折率分布では、内クラッド部 22 の屈折率 n_2 は径方向位置にかかわらず一定であるため、屈折率 n_2 は全範囲で最小屈折率 n_{2min} に等しい。

トレンチ部 23 の最小屈折率 n_{3min} は、トレンチ部 23 の内周から外周までの径方向範囲において最小となるトレンチ部 23 の屈折率である。図 21 に示す屈折率分布では、トレンチ部 23 の屈折率 n_3 は径方向位置にかかわらず一定であるため、屈折率 n_3 は全範囲で最小屈折率 n_{3min} に等しい。

【0086】

光ファイバ 30 では、次の式 (21) が成り立つ。

$$n_{1max} > n_2 > n_{3min} \quad \dots (21)$$

式 (21) に示すように、コア 21 の最大屈折率 n_{1max} は、内クラッド部 22 の屈折率 n_2 より大きく設定されている。

内クラッド部 22 の屈折率 n_2 は、トレンチ部 23 の n_{3min} より大きく設定されている。

【0087】

光ファイバ 30 では、さらに、次の式 (22) が成り立つ。

$$n_{1max} > n_4 > n_{3min} \quad \dots (22)$$

式 (22) に示すように、コア 21 の最大屈折率 n_{1max} は、外クラッド部 24 の屈折率 n_4 より大きく設定されている。

10

20

30

40

50

外クラッド部 24 の屈折率 n_4 は、トレンチ部 23 の $n_{3 \min}$ より大きく設定されている。

【0088】

光ファイバ 30 では、さらに、次の式 (23) が成り立つ。

$$0.01\% < (n_4 - n_{3 \min}) < 0.03\% \quad \dots (23)$$

式 (23) は、外クラッド部 24 の屈折率 n_4 とトレンチ部 23 の最小屈折率 $n_{3 \min}$ との差が、0.01% を越え、かつ 0.03% 未満であることを意味する。

【0089】

n_4 と $n_{3 \min}$ との差が小さすぎると、曲げ損失を十分に低減できないおそれがある。一方、 n_4 と $n_{3 \min}$ との差が大きすぎると、モードフィールド径が小さくなり、他の光ファイバ（例えば通常のシングルモード光ファイバ (S-SMF)）と接続した際の接続損失が大きくなるおそれがある。

10

光ファイバ 30 では、 n_4 と $n_{3 \min}$ との差を 0.01% を越える範囲とすることによって、曲げ損失を低減することができる。また、 n_4 と $n_{3 \min}$ との差を 0.03% 未満とすることによって、モードフィールド径 (MFD) を適正化し、他の光ファイバと接続した際の接続損失を低く抑えることができる。

【0090】

コア 21、内クラッド部 22、トレンチ部 23 および外クラッド部 24 の外周半径を、それぞれ r_1 、 r_2 、 r_3 、 r_4 とする。

コア 21 と内クラッド部 22 とトレンチ部 23 と外クラッド部 24 との外周半径 $r_1 \sim r_4$ の間には、次の式 (24) に示す関係がある。

20

$$r_1 < r_2 < r_3 < r_4 \quad \dots (24)$$

【0091】

内クラッド部 22 の外周半径 r_2 とコア 21 の外周半径 r_1 との比 r_2 / r_1 は、次の式 (25) に示す範囲にある。

$$1 < r_2 / r_1 < 5 \quad \dots (25)$$

【0092】

r_2 / r_1 が小さすぎると、曲げ損失が増大するおそれがある。一方、 r_2 / r_1 が大きすぎると、モードフィールド径が小さくなり、他の光ファイバ（例えば S-SMF）と接続した際の接続損失が大きくなるおそれがある。

30

光ファイバ 30 では、 r_2 / r_1 を 1 以上とすることによって、曲げ損失を低減することができる。 r_2 / r_1 を 5 以下とすることによって、モードフィールド径を適正化し、他の光ファイバと接続した際の接続損失を低く抑えることができる。

【0093】

トレンチ部 23 の外周半径 r_3 と内クラッド部 22 の外周半径 r_2 との比 r_3 / r_2 は、次の式 (26) に示す範囲にある。

$$1 < r_3 / r_2 < 2 \quad \dots (26)$$

【0094】

r_3 / r_2 が小さすぎると、曲げ損失が増大するおそれがある。一方、 r_3 / r_2 が大きすぎると、モードフィールド径が小さくなり、他の光ファイバ（例えば S-SMF）と接続した際の接続損失が大きくなるおそれがある。

40

光ファイバ 30 では、 r_3 / r_2 を 1 より大きくとすることによって、曲げ損失を低減することができる。 r_3 / r_2 を 2 以下とすることによって、モードフィールド径を適正化し、他の光ファイバと接続した際の接続損失を低く抑えることができる。

【0095】

光ファイバ 30 は、ケーブルカットオフ波長 λ_c が 1260 nm 以下とされる。すなわち、次の式 (27) が成立する。

$$\lambda_c < 1260 \text{ nm} \quad \dots (27)$$

これによって、ITU-T Recommendation G.652 の規定を満足することができる。

50

ケーブルカットオフ波長 λ_c は、例えば I T U - T R e c o m m e n d a t i o n G . 6 5 0 に記載の測定法により測定することができる。

【 0 0 9 6 】

光ファイバ 3 0 は、上述の屈折率および外周半径の調整によって、波長 1 3 1 0 n m におけるモードフィールド径 (M F D) が、 $8.6 \mu\text{m}$ 以上、かつ $9.5 \mu\text{m}$ 以下となるように設定される。すなわち、次の式 (2 8) が成立する。

$$8.6 \mu\text{m} \leq \text{M F D} \leq 9.5 \mu\text{m} \quad \dots (28)$$

モードフィールド径をこの範囲にすることによって、他の光ファイバ (例えば S - S M F) と接続した際の接続損失を低く抑えることができる。

光ファイバ 3 0 は、モードフィールド径をこの範囲とすることによって、I T U - T G . 6 5 2 の規定を満たす。

10

【 0 0 9 7 】

光ファイバ 3 0 は、直径 1 5 m m の円筒形のマンドレルに 1 0 回巻回したときの波長 1 5 5 0 n m における損失増加は 0.25 dB 以下となることが好ましい。

また、直径 1 5 m m の円筒形のマンドレルに 1 0 回巻回したときの波長 1 6 2 5 n m における損失増加は 1.0 dB 以下となることが好ましい。

【 0 0 9 8 】

コア 2 1 は、例えばゲルマニウム (G e) 等のドーパントを添加することによって屈折率を高めたシリカガラスで構成することができる。

内クラッド部 2 2 およびトレンチ部 2 3 は、例えばフッ素 (F) 等のドーパントを添加することによって屈折率を低くしたシリカガラスで構成することができる。

20

外クラッド部 2 4 は、例えば純粋シリカガラスで構成することができる。外クラッド部 2 4 は、ドーパント (例えば G e、F など) を添加することによって屈折率を調整してもよい。

【 0 0 9 9 】

光ファイバ 3 0 を構成する各層は、M C V D 法、P C V D 法、V A D 法、O V D 法などの公知の方法、またはこれらの組み合わせにより形成することができる。

例えば、M C V D 法を採用する場合には、光ファイバ母材を次のようにして作製することができる。

【 0 1 0 0 】

外クラッド部 2 4 となるシリカガラス管 (例えば純粋シリカガラスからなるガラス管) の内側に、例えばフッ素 (F) 等のドーパントを含む原材料を用いて、トレンチ部 2 3 となるガラス堆積層を形成する。

30

前記ガラス堆積層の内側に、例えばフッ素 (F) 等のドーパントを含む原材料を用いて、内クラッド部 2 2 となるガラス堆積層を形成する。

トレンチ部 2 3 および内クラッド部 2 2 の屈折率はドーパントの添加量によって調整することができる。

【 0 1 0 1 】

次いで、ガラス堆積層の内側に、例えばゲルマニウム (G e) 等のドーパントを含む原材料を用いて、コア 2 1 となるガラス堆積層を形成する。なお、コア 2 1 は、別途作製したコアロッドを用いて形成することもできる。

40

ガラス堆積層が形成されたシリカガラス管は、透明化、中実化などの工程を経て光ファイバ母材とする。この光ファイバ母材を線引きすることによって、図 2 0 に示す光ファイバ 3 0 を得る。

C V D 法は、ドーパントの添加によって屈折率分布を精度よく調整できる点で好ましい。

光ファイバ 3 0 の製造には、V A D 法、O V D 法も適用可能である。V A D 法、O V D 法には、生産性が高いという利点がある。

【 0 1 0 2 】

光ファイバ 3 0 では、トレンチ部 2 3 と外クラッド部 2 4 の屈折率の差を前記範囲 (式

50

(23)を参照)とし、かつコア21、内クラッド部22、およびトレンチ部23の外周半径の比を前記範囲(式(25)~(27)を参照)とすることによって、他の光ファイバと接続した際の接続損失を低く抑え、かつ曲げ損失を低減できる。

【0103】

コアに近い部分のクラッドの屈折率が光ファイバの光学特性に大きな影響を与えることは周知であるが、本発明者は、詳細な検討の結果、モードフィールド径を小さくすることなく、曲げ損失を低減できる屈折率分布を見出した。

光ファイバ30は、この屈折率分布を採用することにより、他の光ファイバと接続した際の接続損失の抑制と曲げ損失の低減とを両立させた点に技術的意義がある。

【0104】

光ファイバ30は、トレンチ部23と外クラッド部24の屈折率の差が小さいため、従来の製造方法(例えば通常のS-SMFの製造方法)を大きく変更することなく利用して、トレンチ部23および外クラッド部24の屈折率を容易に、かつ精度よく調整することができる。

また、トレンチ部23と外クラッド部24の屈折率の差が小さいため、製造方法に基づく制約が少ない。例えば、屈折率分布の調整に適しているとされるCVD法だけでなく、VAD法、OVD法を採用することもできる。

従って、光ファイバ30の製造が容易であり、製造コストを低く抑えることができる。

【0105】

光ファイバ30は、トレンチ部23と外クラッド部24の屈折率の差が小さいため、トレンチ部23を形成するためのフッ素(F)等のドーパントの添加量を削減できる。

フッ素(F)等のドーブに用いられる原料ガス(例えばSiF₄)は高価であるため、ドーパント添加量の削減によって、原料コストを抑制し、製造コストを低く抑えることができる。

【0106】

上述のように、コア21と内クラッド部22とトレンチ部23と外クラッド部24との外周半径r₁~r₄の間には、式(24)に示す関係がある。

$$r_1 \leq r_2 < r_3 < r_4 \quad \dots (24)$$

図20および図21に示す光ファイバ30では、r₁とr₂とr₃とは互いに異なる値であるが、本発明は、r₁=r₂、かつr₂ < r₃の場合を含む。

【0107】

図22は、本発明の他の実施形態の光ファイバの屈折率分布図であり、r₁=r₂、かつr₂ < r₃の場合を示す。

この光ファイバでは、r₁とr₂とが等しいため、クラッド25は、トレンチ部23と、トレンチ部23の外周側に形成された外クラッド部24のみからなる。

【0108】

以上、本発明の好ましい実施形態を説明したが、これらは本発明の例示であり、追加、省略、置換、およびその他の変更は、本発明の範囲から逸脱することなく行うことができる。

例えば、図20に示す光ファイバ30では、クラッド25は3つの層(内クラッド部、トレンチ部および外クラッド部)からなるが、クラッドは、これら以外の層を有していてもよい。

【符号の説明】

【0109】

1、5、21...コア 2、12、22...内クラッド部 3、13、24...外クラッド部
4、14...クラッド 23...トレンチ部 10、20、30...光ファイバ ...比屈折率差。

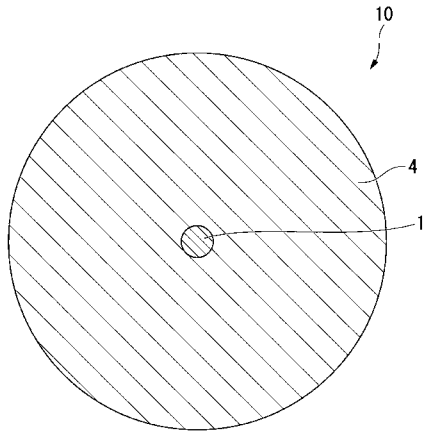
10

20

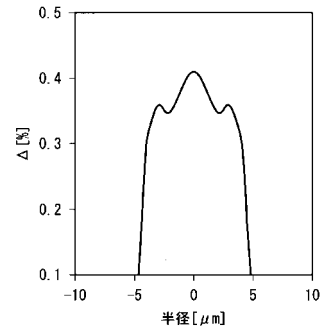
30

40

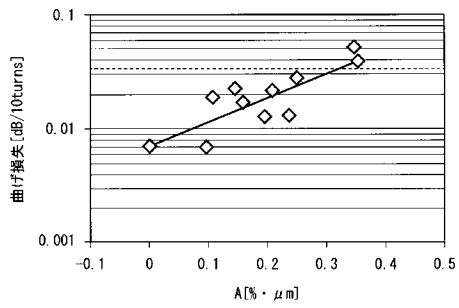
【 図 1 】



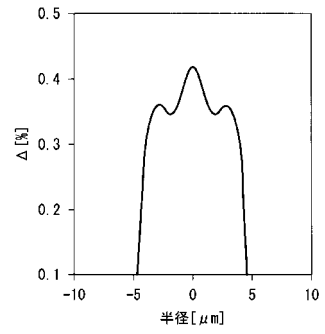
【 図 3 】



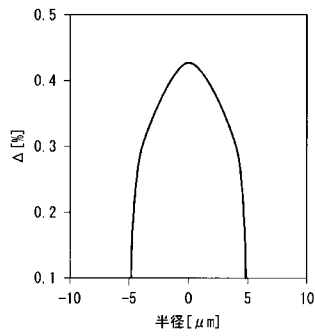
【 図 2 】



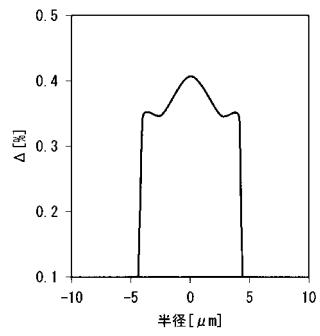
【 図 4 】



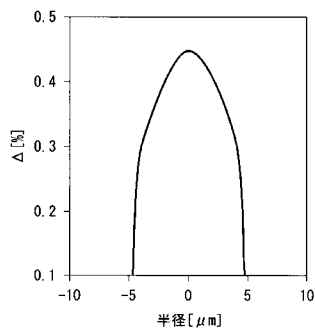
【 図 5 】



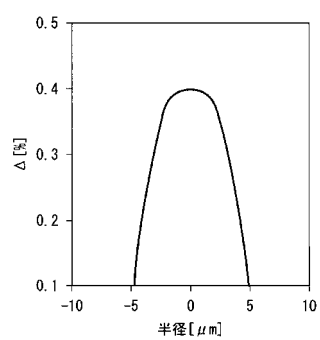
【 図 7 】



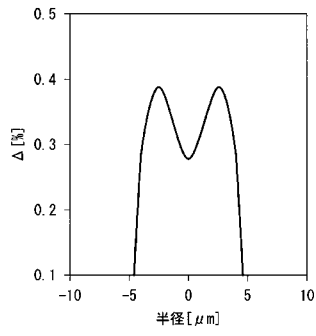
【 図 6 】



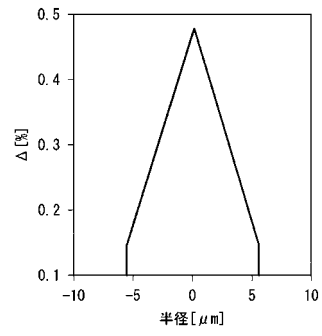
【 図 8 】



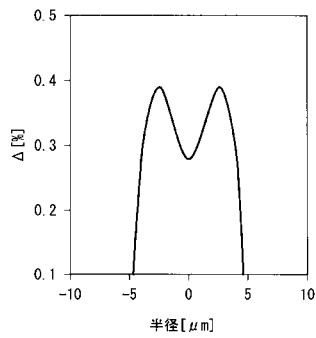
【 図 9 】



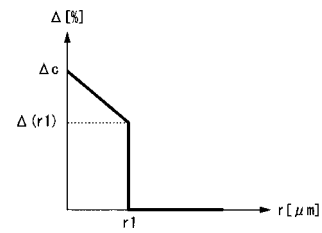
【 図 1 1 】



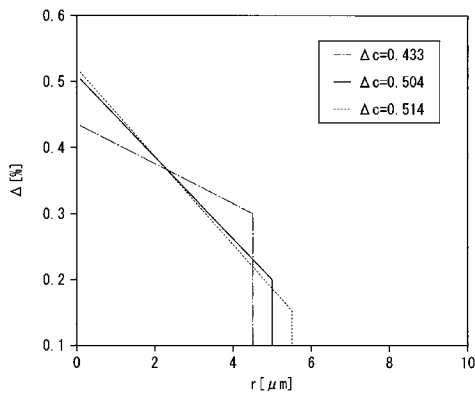
【 図 1 0 】



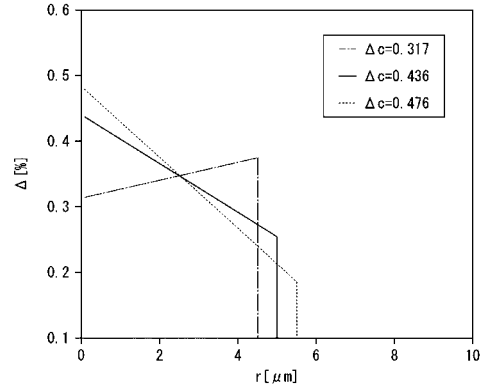
【 図 1 2 】



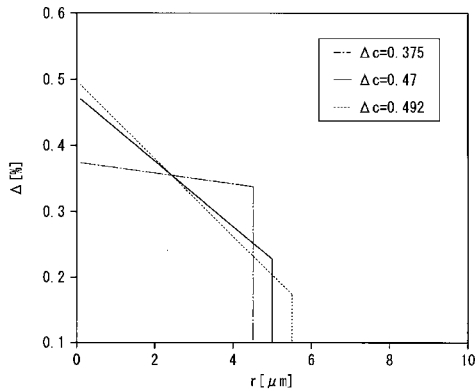
【 図 1 3 A 】



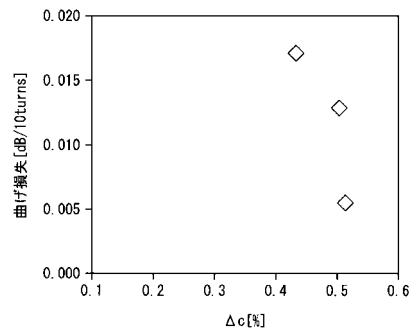
【 図 1 3 C 】



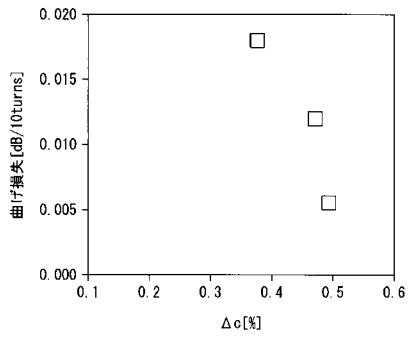
【 図 1 3 B 】



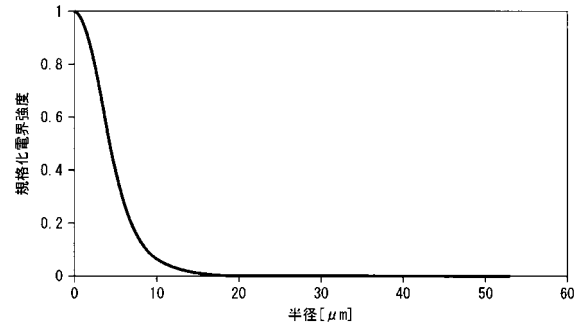
【 図 1 4 A 】



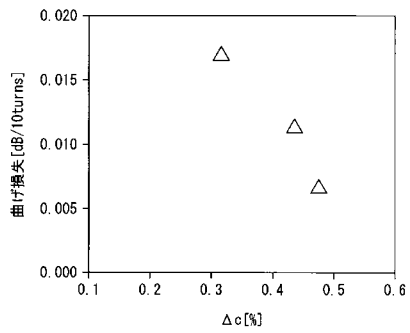
【图 1 4 B】



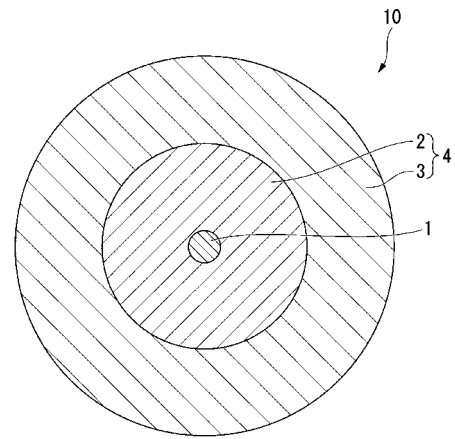
【图 1 5】



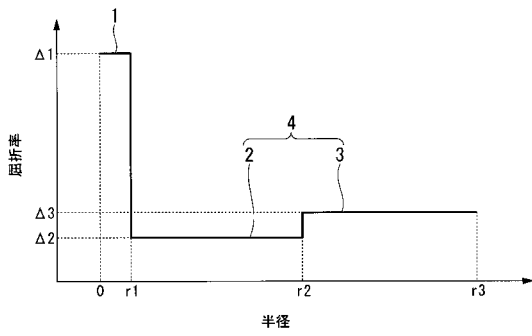
【图 1 4 C】



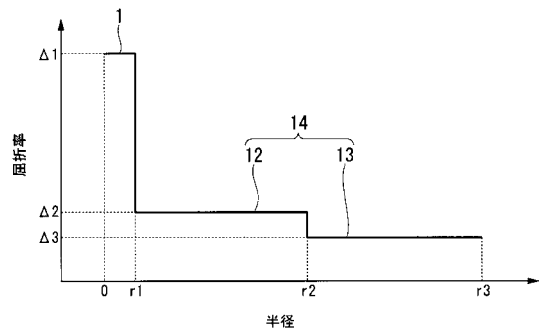
【图 1 6】



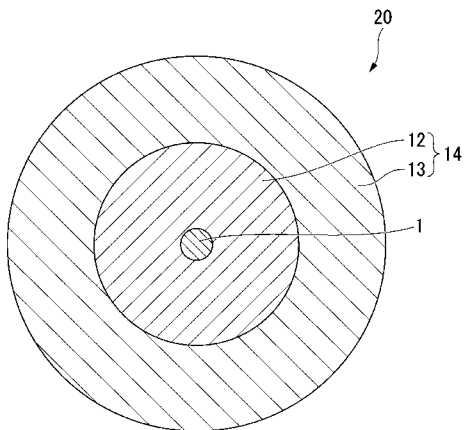
【图 1 7】



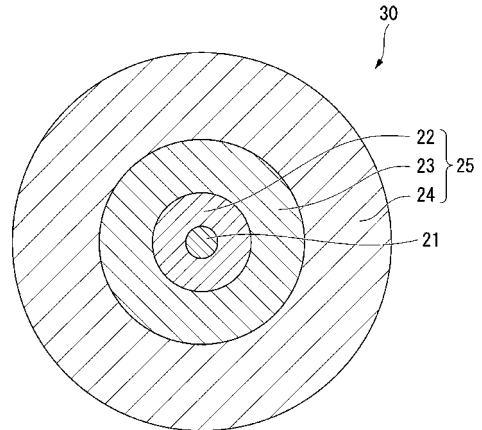
【图 1 9】



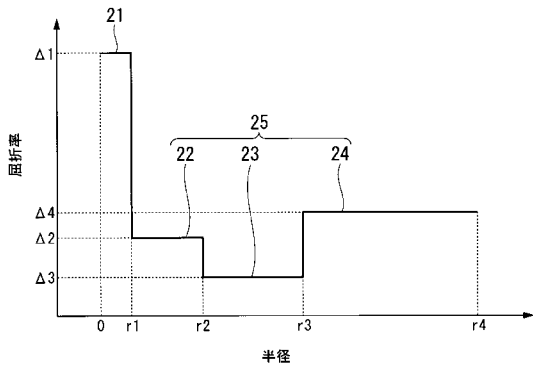
【图 1 8】



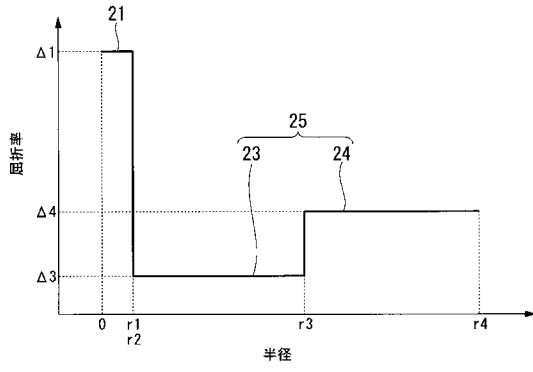
【图 2 0】



【 図 2 1 】



【 図 2 2 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2015/076899
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G02B6/028(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) G02B6/02-6/036, 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 1996-2015 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015 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	WO 2006/118362 A1 (LS Cable Ltd.), 09 November 2006 (09.11.2006), paragraphs [0079] to [0091]; fig. 3 & KR 10-0635688 B1	1-9
X	WO 2006/049279 A1 (Fujikura Ltd.), 11 May 2006 (11.05.2006), paragraphs [0069] to [0070]; fig. 9 & US 2008/0013906 A1 paragraphs [0131] to [0139] & EP 1808717 A1 & KR 10-2007-0084041 A & CN 101048684 A	1-9
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input 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 03 December 2015 (03.12.15)		Date of mailing of the international search report 22 December 2015 (22.12.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/076899

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2013-512463 A (Corning Inc.), 11 April 2013 (11.04.2013), paragraphs [0029] to [0048]; fig. 3 & WO 2011/066061 A2 paragraphs [0034] to [0053] & US 7876990 B1 & CN 102667554 A & KR 10-2012-0102718 A	1-3, 6-9 4-5
X A	JP 2008-547049 A (Corning Inc.), 25 December 2008 (25.12.2008), paragraphs [0115] to [0116]; fig. 10 & WO 2007/053198 A2 paragraphs [0095] to [0096] & US 2007/0116416 A1	1, 3-4, 9 2, 5-8
A	JP 07-209539 A (Corning Inc.), 11 August 1995 (11.08.1995), paragraphs [0017] to [0022]; fig. 4G & US 5504829 A column 4, line 17 to column 5, line 54 & EP 664464 A1	1-9

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2015/076899									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02B6/028(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. G02B6/02-6/036, 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2015年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2015年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2015年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2015年	日本国実用新案登録公報	1996-2015年	日本国登録実用新案公報	1994-2015年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2015年										
日本国実用新案登録公報	1996-2015年										
日本国登録実用新案公報	1994-2015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	WO 2006/118362 A1 (LS Cable Ltd.) 2006.11.09, [0079]-[0091], 図3 & KR 10-0635688 B1	1-9									
X	WO 2006/049279 A1 (株式会社フジクラ) 2006.05.11, [0069]-[0070], 図9 & US 2008/0013906 A1, [0131]-[0139] & EP 1808717 A1 & KR 10-2007-0084041 A & CN 101048684 A	1-9									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input 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 03.12.2015		国際調査報告の発送日 22.12.2015									
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) 奥村 政人	2 X 4752								
		電話番号 03-3581-1101 内線 3294									

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 5 / 0 7 6 8 9 9
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 請求項の番号
X A	JP 2013-512463 A (コーニング インコーポレイテッド) 2013.04.11, [0029]-[0048], 図 3 & WO 2011/066061 A2, [0034]-[0053] & US 7876990 B1 & CN 102667554 A & KR 10-2012-0102718 A	1-3, 6-9 4-5
X A	JP 2008-547049 A (コーニング インコーポレイテッド) 2008.12.25, [0115]-[0116], 図 10 & WO 2007/053198 A2, [0095]-[0096] & US 2007/0116416 A1	1, 3-4, 9 2, 5-8
A	JP 07-209539 A (コーニング インコーポレイテッド) 1995.08.11, [0017]-[0022], 図 4G & US 5504829 A, column4 line17 to column5 line54 & EP 664464 A1	1-9

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 遠藤 祥

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

(72)発明者 岸 達也

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

(72)発明者 北村 隆之

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

Fターム(参考) 2H150 AB04 AB05 AB07 AB08 AB09 AB10 AD03 AD04 AD12 AD15
AD17 AD20 AD32 AD33 AD35 AD36 AE25 AE28 AE29 AE30
AH22 AH50

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。