

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7407729号
(P7407729)

(45)発行日 令和6年1月4日(2024.1.4)

(24)登録日 令和5年12月21日(2023.12.21)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 6/44 (2006.01) G 0 2 B 6/44 3 3 1

請求項の数 9 (全11頁)

(21)出願番号	特願2020-553894(P2020-553894)	(73)特許権者	000005290
(86)(22)出願日	令和1年10月28日(2019.10.28)		古河電気工業株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2019/042179		東京都千代田区大手町二丁目6番4号
(87)国際公開番号	WO2020/090742	(74)代理人	110002147
(87)国際公開日	令和2年5月7日(2020.5.7)		弁理士法人酒井国際特許事務所
審査請求日	令和4年7月20日(2022.7.20)	(72)発明者	武笠 和則
(31)優先権主張番号	特願2018-204298(P2018-204298)		東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(32)優先日	平成30年10月30日(2018.10.30)		古河電気工業株式会社内
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	審査官	佐藤 宙子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光ファイバ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

石英系ガラスからなるコア部と、
前記コア部の外周を覆い、前記コア部の最大屈折率よりも低い屈折率を有する石英系ガラスからなるクラッド部と、
前記クラッド部の外周を覆うコーティング部と、
を備え、
前記クラッド部の外径は100μm以下であり、
前記コア部の比屈折率差Δ1は0.25%以上0.5%以下であり、
前記コーティング部の厚さは10μm以上であり、
前記コーティング部は、前記クラッド部側に位置するプライマリーコーティング層と、前記プライマリーコーティング層の外周側に位置するセカンダリーコーティング層とを有し、前記プライマリーコーティング層の厚さが10μm以上30μm以下であり、
波長1550nmにおけるマイクロバンド損失が、ITU-T G.652で定義される規格に準拠する特性を有しかつクラッド部の外周に厚さが62.5μmの樹脂コーティング部を有する標準光ファイバの波長1550nmにおけるマイクロバンド損失の10倍以下であり、
ステップ型、W型、トレンチ型のいずれかの屈折率プロファイルを有することを特徴とする光ファイバ。

【請求項2】

前記クラッド部の外径が $95\text{ }\mu\text{m}$ 以下である

__ことを特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバ。

【請求項 3】

前記マイクロバンド損失は、研磨紙法にて測定した値である

__ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

【請求項 4】

前記コア部は、ゲルマニウムが添加されている

__ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

【請求項 5】

ステップ型の屈折率プロファイルを有する

__ことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一つに記載の光ファイバ。

【請求項 6】

W型の屈折率プロファイルを有し、

前記コア部は、直径が $2a$ のセンタコア部と、センタコア部の外周を囲んでおり、屈折率がクラッド部の屈折率よりも小さく内径が $2a$ で外径が $2b$ のディプレスト層とで構成され、

前記ディプレスト層の比屈折率差 $\Delta 2$ は、 -0.7% 以上 -0.1% 以下であり、

b/a が 1.5 以上 6.0 以下である

__ことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一つに記載の光ファイバ。

【請求項 7】

トレンチ型の屈折率プロファイルを有し、

前記コア部は、直径が $2a$ のセンタコア部と、センタコア部の外周を囲んでおり、屈折率がセンタコア部の屈折率よりも小さく内径が $2a$ で外径が $2b$ の中間層と、前記中間層の外周を囲んでおり、屈折率が前記クラッド部の屈折率よりも小さく内径が $2b$ で外径が $2c$ のトレンチ層とで構成され、

前記中間層の比屈折率差 $\Delta 2$ は -0.2% 以上 0.2% 以下であり、

前記トレンチ層の比屈折率差 $\Delta 3$ は -0.7% 以上 -0.1% 以下であり、

b/a が 1.5 以上 5.0 以下であり、

c/a が 2.0 以上 7.0 以下である

__ことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一つに記載の光ファイバ。

【請求項 8】

波長 1310 nm におけるモードフィールド径が $8.0\text{ }\mu\text{m}$ から $10.0\text{ }\mu\text{m}$ までの範囲内である

__ことを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか一つに記載の光ファイバ。

【請求項 9】

波長 1550 nm におけるモードフィールド径が $9\text{ }\mu\text{m}$ 以上である

__ことを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか一つに記載の光ファイバ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ファイバに関する。

【背景技術】

【0002】

データコムやテレコムの分野において、高密度光ファイバケーブルを実現する光ファイバとして、細径の光ファイバが注目されている。ここで、細径光ファイバとは、主に光ファイバのガラスからなる部分を細径化したものであり、クラッド径が細径のものである。ただし、クラッド径が細径化されたことによって、クラッド部の外周を覆うように形成されたコーティング部を含む外径が細径化されたものも細径光ファイバに含まれる。

【0003】

従来、細径の光ファイバとして、クラッド部に対するコア部の比屈折率差を高くした構

10

20

30

40

50

成が開示されている（非特許文献1）。非特許文献1の光ファイバは、比屈折率差を高くしているので、その特性が、ITU-T（国際電気通信連合）G.652で定義される標準的なシングルモード光ファイバの規格（以下、G.652規格）に準拠するものではない。また、細径の光ファイバとして、比屈折率差が -0.08% 以上のトレチ層を設けた構成が開示されている（特許文献1）。特許文献1の光ファイバは、G.652規格に準拠するものであり、そのクラッド径（ファイバ径）は $100\mu\text{m}\sim 125\mu\text{m}$ 程度である。また、細径の光ファイバとして、プライマリコート層とセカンダリコート層とをコーティング部として有し、セカンダリコーティング層を $25\mu\text{m}$ 以下にした構成が開示されている（特許文献2）。特許文献2の光ファイバは、ファイバ径は $125\mu\text{m}$ であるが、コーティング厚を小さくすることによって細径化を実現している。

10

【0004】

また、特許文献3には、有効コア断面積（ A_{eff} ）が $130\mu\text{m}^2$ 以上と比較的大きい光ファイバにて、マイクロバンド損失を抑制する構成が開示されている。特許文献3の光ファイバは、プライマリコーティング層の外径が $185\mu\text{m}$ 以上 $220\mu\text{m}$ 以下であり、セカンダリコーティング層の外径が $225\mu\text{m}$ 以上 $260\mu\text{m}$ 以下である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】国際公開第2016/190297号

【文献】特開平5-19144号公報

20

【文献】特開2015-219271号公報

【非特許文献】

【0006】

【文献】村瀬 他、「細径クラッドファイバの開発」、昭和電線レビュー、vol. 53、No. 1（2003）、pp. 32-36

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ここで、石英系ガラスからなる光ファイバにおいて、クラッド径を細径化、たとえば $100\mu\text{m}$ 以下にした場合には、その細径化が光ファイバのマイクロバンド損失に影響を及ぼし、マイクロバンド損失が増加すると考えられる。特に、マイクロバンド損失の増加は、最も実用化されている光ファイバである、G.652規格に準拠する特性、またはそれに近い特性を有する光ファイバにおいて重要である。

30

【0008】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、その目的は、細径であるとともにマイクロバンド損失の増加が抑制された光ファイバを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の一態様に係る光ファイバは、石英系ガラスからなるコア部と、前記コア部の外周を覆い、前記コア部の最大屈折率よりも低い屈折率を有する石英系ガラスからなるクラッド部と、前記クラッド部の外周を覆うコーティング部と、を備え、前記クラッド部の外径は $100\mu\text{m}$ 以下であり、前記コア部の比屈折率差 $\Delta 1$ は 0.5% 以下であり、前記コーティング部の厚さは $10\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする。

40

【0010】

本発明の一態様に係る光ファイバは、前記コーティング部は、前記クラッド部側に位置するプライマリコーティング層と、前記プライマリコーティング層の外周側に位置するセカンダリコーティング層とを有し、前記プライマリコーティング層の厚さが $10\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする。

【0011】

50

本発明の一態様に係る光ファイバは、前記プライマリコーティング層の厚さが $30\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【0012】

本発明の一態様に係る光ファイバは、前記クラッド部の外径が $95\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【0013】

本発明の一態様に係る光ファイバは、波長 $1550\ \text{nm}$ におけるマイクロバンド損失が、ITU-T G.652で定義される規格に準拠する特性を有しかつクラッド部の外周に厚さが $62.5\ \mu\text{m}$ の樹脂コーティング部を有する標準光ファイバの波長 $1550\ \text{nm}$ におけるマイクロバンド損失の10倍以下であることを特徴とする。

10

【0014】

本発明の一態様に係る光ファイバは、前記マイクロバンド損失は、研磨紙法にて測定した値であることを特徴とする。

【0015】

本発明の一態様に係る光ファイバは、ステップ型の屈折率プロファイルを有することを特徴とする。

【0016】

本発明の一態様に係る光ファイバは、W型の屈折率プロファイルを有することを特徴とする。

【0017】

本発明の一態様に係る光ファイバは、トレンチ型の屈折率プロファイルを有することを特徴とする。

20

【0018】

本発明の一態様に係る光ファイバは、波長 $1310\ \text{nm}$ におけるモードフィールド径が $8.0\ \mu\text{m}$ から $10.0\ \mu\text{m}$ までの範囲内であることを特徴とする。

【0019】

本発明の一態様に係る光ファイバは、波長 $1550\ \text{nm}$ におけるモードフィールド径が $9\ \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする。

【0020】

本発明の一態様に係る光ファイバは、前記コア部の比屈折率差 $\Delta 1$ が 0.25% 以上であることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、細径であるとともにマイクロバンド損失の増加が抑制された光ファイバを実現できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】図1は、実施形態に係る光ファイバの模式的な断面図である。

【図2A】図2Aは、実施形態に係る光ファイバにおいて用いることができるステップ型の屈折率プロファイルの模式図である。

40

【図2B】図2Bは、実施形態に係る光ファイバにおいて用いることができるW型の屈折率プロファイルの模式図である。

【図2C】図2Cは、実施形態に係る光ファイバにおいて用いることができるトレンチ型の屈折率プロファイルの模式図である。

【図3】図3は、センタコア Δ と、モードフィールド径または限界ファイバ径との関係の一例を示す図である。

【図4】図4は、有効コア断面積と規格化マイクロバンド損失との関係の一例を示す図である。

【図5】図5は、プライマリ厚と規格化マイクロバンド損失との関係の一例を示す図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下に、図面を参照しながら、本発明の実施形態を詳細に説明する。なお、以下に説明する実施形態により本発明が限定されるものではない。また、各図面において、同一または対応する構成要素には適宜同一の符号を付している。また、本明細書においては、カットオフ波長とは、ITU-T G. 650. 1で定義するケーブルカットオフ波長をいう。また、その他、本明細書で特に定義しない用語についてはG. 650. 1およびG. 650. 2における定義、測定方法に従うものとする。

【0024】

(実施形態)

図1は、実施形態に係る光ファイバの模式的な断面図である。光ファイバ1は、略中心に位置するコア部1aと、コア部1aの外周を覆うクラッド部1bと、クラッド部1bの外周を覆うコーティング部1cとを備えている。

【0025】

コア部1aとクラッド部1bとは、いずれも石英系ガラスからなる。たとえば、コア部1aは、ゲルマニウム(Ge)やフッ素(F)などの屈折率調整用のドーパントが添加された石英ガラスからなる。クラッド部1bは、コア部1aの最大屈折率よりも低い屈折率を有する。クラッド部1bは、たとえば屈折率調整用のドーパントを含まない純石英ガラスからなる。

【0026】

クラッド部1bの外径(クラッド径)は、100 μm 以下、好ましくは100 μm 未満であり、G. 652規格に準拠するシングルモード光ファイバのクラッド径である約125 μm よりも細径化されている。なお、クラッド径は95 μm 以下であることが細径化の観点からはより好ましい。以下、G. 652規格に準拠するシングルモード光ファイバを標準光ファイバとして標準SMFと記載する場合がある。このような標準SMFは、通常はクラッド部の外周に厚さが約62.5 μm の樹脂コーティング部を有している。したがって、樹脂コーティング部の外径は約250 μm となる。

【0027】

光ファイバ1は、たとえば図2A、図2B、および図2Cに示すような屈折率プロファイルを有する。図2A、図2B、および図2Cはいずれも、光ファイバ1のコア部1aの中心軸から半径方向における屈折率プロファイルを示している。

【0028】

図2Aは、ステップ型の屈折率プロファイルを示している。図2Aにおいて、プロファイルP11がコア部1aの屈折率プロファイルを示し、プロファイルP12がクラッド部1bの屈折率プロファイルを示す。なお、屈折率プロファイルは、クラッド部1bに対する比屈折率差で示している。ステップ型の屈折率プロファイルでは、コア部1aの直径(コア径)は2aであり、クラッド部1bに対するコア部1aの比屈折率差は $\Delta 1$ である。

【0029】

図2Bは、いわゆるW型の屈折率プロファイルを示している。図2Bにおいて、プロファイルP21がコア部1aの屈折率プロファイルを示し、プロファイルP22がクラッド部1bの屈折率プロファイルを示す。W型の屈折率プロファイルでは、コア部1aは、直径が2aのセンタコア部と、センタコア部の外周を囲んでおり、屈折率がクラッド部の屈折率よりも小さく内径が2aで外径が2bのディプレスト層とで構成されている。クラッド部1bに対するセンタコア部の比屈折率差は $\Delta 1$ である。クラッド部1bに対するディプレスト層の比屈折率差は $\Delta 2$ である。

【0030】

図2Cは、いわゆるトレンチ型の屈折率プロファイルを示している。図2Cにおいて、プロファイルP31がコア部1aの屈折率プロファイルを示し、プロファイルP32がクラッド部1bの屈折率プロファイルを示す。トレンチ型の屈折率プロファイルでは、コア部1aは、直径が2aのセンタコア部と、センタコア部の外周を囲んでおり、屈折率がセ

10

20

30

40

50

ンタコア部の屈折率よりも小さく内径が $2a$ で外径が $2b$ の中間層と、中間層の外周を囲んでおり、屈折率がクラッド部の屈折率よりも小さく内径が $2b$ で外径が $2c$ のトレレンチ層とで構成されている。中間層に対するセンタコア部の比屈折率差は $\Delta 1$ である。クラッド部 $1b$ に対する中間層の比屈折率差は $\Delta 2$ である。なお、 $\Delta 2$ は、通常は 0% またはその近傍、たとえば $-0.2\% \sim 0.2\%$ の間の範囲に設定される。クラッド部 $1b$ に対するトレレンチ層の比屈折率差は $\Delta 3$ である。

【0031】

図1に戻って、コーティング部 $1c$ は、たとえば樹脂からなり、光ファイバ1のガラス部分を保護する機能を有する。コーティング部 $1c$ は、たとえばUV硬化樹脂等からなり、1層または2層以上の層構造を有する。コーティング部 $1c$ が2層構造の場合、コーティング部 $1c$ は、クラッド部側に位置するプライマリーコーティング層と、プライマリーコーティング層の外周側に位置するセカンダリーコーティング層とからなる。コーティング部 $1c$ に用いられるUV硬化樹脂としては、たとえばウレタンアクリレート系、ポリブタジエンアクリレート系、エポキシアクリレート系、シリコンアクリレート系、ポリエステルアクリレート系などがあるが、光ファイバのコーティングに使用されるものであれば特に限定されない。

【0032】

コーティング部 $1c$ は、1層構造の場合は、ヤング率が $10 \sim 800 \text{ MPa}$ の程度であり、本実施形態では 200 MPa である。一方、コーティング部 $1c$ が2層構造の場合は、プライマリーコーティング層のヤング率は $0.2 \sim 1.5 \text{ MPa}$ の程度であり、本実施形態では 0.5 MPa である。セカンダリーコーティング層のヤング率は $500 \sim 2000 \text{ MPa}$ の程度であり、本実施形態では 1000 MPa である。

【0033】

コーティング部 $1c$ の厚さは $10 \mu\text{m}$ 以上であり、特に2層構造の場合はプライマリーコーティング層の厚さが $10 \mu\text{m}$ 以上である。

【0034】

本実施形態に係る光ファイバ1は、上記構成を備えることによって、クラッド部 $1b$ が $100 \mu\text{m}$ 以下と細径であるとともに、マイクロバンド損失の増加が抑制されたものとなる。したがって、光ファイバ1は、高密度光ファイバケーブルの実現に好適なものである。

【0035】

以下、具体的に説明する。本発明者らは、マイクロバンド損失の増加が抑制された細径光ファイバを実現するために、以下のような検討を行った。

【0036】

まず、細径光ファイバを実現するためには、リーケージ損失（漏れ損失）が小さいことが重要である。リーケージ損失は、たとえば波長 1625 nm にて 0.001 dB/km 以下に抑制されていることが好ましい。また、細径光ファイバを標準SMFと光接続した際に接続損失を抑制するためには、細径光ファイバの波長 1550 nm におけるモードフィールド径（MFD）が $9 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。そこで、図2に例示する3種の屈折率プロファイルの場合に、図2に示す屈折率プロファイルに関するパラメータの様々な組み合わせに対してシミュレーション計算を行ない、各組み合わせにおける光ファイバの光学特性を算出した。そして、リーケージ損失が波長 1625 nm にて 0.001 dB/km 以下とできる最小のクラッド径（限界ファイバ径）と、波長 1550 nm におけるMFDとを、シミュレーション計算によって調査した。なお、限界ファイバ径が小さい程、光ファイバの細径化に適したパラメータの組み合わせといえる。

【0037】

表1は、図2に示したパラメータである $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 、 $\Delta 3$ 、 b/a 、 c/a について、シミュレーション計算に用いた値の範囲を示している。なお、 $2a$ は、 $6.5 \mu\text{m}$ から $10 \mu\text{m}$ までの範囲内の値とした。

【0038】

10

20

30

40

50

【表 1】

(表1)

	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	b/a	c/a
	[%]	[%]	[%]		
ステップ型	0.20~0.65	-	-	-	-
W型		-0.7~-0.1	-	1.5~6.0	-
トレンチ型		-0.2~0.2	-0.7~-0.1	1.5~5.0	2.0~7.0

10

【0039】

図3は、上記計算結果に基づく、センタコア Δ と、MFDまたは限界ファイバ径との関係の一例を示す図である。ここで、センタコア Δ は $\Delta 1$ を意味する。また、図3では、シミュレーション計算の結果においてカットオフ波長が1530nm以下であったデータのみをプロットしている。また、図3では、白四角または黒菱形の凡例で示したデータ点について、データ点の輪郭が重なっている部分では輪郭の図示を省略している。また、図3では、屈折率プロファイルによって凡例を区別していないので、屈折率プロファイルによらない傾向を示しているといえる。

20

【0040】

図3から明らかなように、波長1550nmにおけるMFDを9 μ m以上にする場合には、屈折率プロファイルによらず、センタコア Δ ($\Delta 1$) を0.5%以下にすることが好ましい。また、限界ファイバ径を100 μ m以下にする場合には、センタコア Δ を0.25%以上にすることが好ましく、限界ファイバ径を95 μ m以下にする場合には、センタコア Δ を0.3%以上にすることが好ましい。したがって、 $\Delta 1$ は0.5%以下が好ましく、0.25%以上が好ましく、0.3%以上がより好ましい。なお、細径光ファイバの波長1550nmにおけるMFDを10.5 μ m以下程度とし、標準SMFのMFDとの差を小さくする観点からも、 $\Delta 1$ は0.25%以上が好ましい。このように2つ光ファイバのMFDの差を小さくすることによって、2つ光ファイバの接続特性等の適合性が確保される。

30

【0041】

なお、細径光ファイバのMFDを近づけ、適合性を高くする対象の光ファイバとしては、標準SMFの他に、たとえば以下の光ファイバが例示できる。すなわち、ITU-TのG.654規格に準拠する光ファイバ(いわゆるカットオフシフト光ファイバ)やG.657規格に準拠する光ファイバ(いわゆる曲げ耐性光ファイバ)などである。したがって、細径光ファイバの特性としては、波長1310nmにおけるMFDが8.0 μ mから10.0 μ mまでの範囲内であることも好ましい。なお、G.652規格では、波長1310nmにおけるMFDは8.6 μ mから9.5 μ mまでの範囲内である。

40

【0042】

つづいて、マイクロバンド損失の検討結果について説明する。通常、光ファイバの伝送損失は、光ファイバケーブルとされた状態では増加する。このときの伝送損失の増加量はマイクロバンド損失と密接な関係があり、マイクロバンド損失が大きいと増加量も大きい。

【0043】

細径光ファイバのマクロバンド損失を検討する上で、まず、現在、海底光ケーブルなどの用途で実用化されている、Aeffが大きい光ファイバ(Aeff拡大光ファイバとも呼ばれる)におけるマイクロバンド損失の程度を検討した。

【0044】

図4は、標準SMFおよび幾つかのAeff拡大光ファイバの波長1550nmにおけ

50

る A_{eff} と、規格化マイクロバンド損失との関係の一例を示す図である。ここで、規格化マイクロバンド損失とは、或る光ファイバのマイクロバンド損失を、標準 SMF のマイクロバンド損失で規格化した値である。なお、標準 SMF の A_{eff} は約 $80 \mu m^2$ であり、標準 SMF 自身の規格化マイクロバンド損失は 1 である。なお、標準 SMF は、クラッド部の外周に厚さが約 $62.5 \mu m$ の 2 層構造の樹脂コーティング部を有しているものとする。

【0045】

細径光ファイバのマイクロバンド損失についても、実用化されている、 A_{eff} が $150 \mu m^2$ 程度までの A_{eff} 拡大光ファイバのマイクロバンド損失程度に抑制することが、実用上好ましい。したがって、図 4 からわかるように、規格化マイクロバンド損失は 10 以下が好ましく、5 以下がより好ましい。すなわち、細径光ファイバのマイクロバンド損失は、標準 SMF の 10 倍以下が好ましく、5 倍以下がより好ましい。なお、図 4 に示すマイクロバンド損失は、JIS C 6823:2010_10 で規定された固定径ドラム法（研磨紙法の一つ）で測定されたものである。

【0046】

以上の検討結果をもとに、屈折率プロファイルをステップ型、W 型、またはトレンチ型に設定して、各プロファイルにおける $\Delta 1$ 等の設計パラメータをシミュレーション計算にて最適化した。ここで、最適化とは、G.652 規格、G.654 規格、または G.657 規格で規定される光ファイバに対する適合性を最適化することを意味する。このシミュレーション計算結果に基づき、クラッド径を $75 \mu m$ から $100 \mu m$ までの範囲の異なる値とした複数の細径光ファイバを作製した。なお、コーティング部については、プライマリーコーティング層とセカンダリーコーティング層との 2 層構造とした。プライマリーコーティング層のヤング率は $0.5 MPa$ とし、セカンダリーコーティング層のヤング率は $1000 MPa$ とした。セカンダリーコーティング層の厚さは $120 \mu m$ とし、プライマリーコーティング層の厚さは $5 \mu m$ から $30 \mu m$ までの範囲の異なる値とした。そして、作製したこれらの細径光ファイバのマイクロバンド損失を、固定ドラム径法にて測定した。

【0047】

図 5 は、上記測定におけるプライマリ厚と規格化マイクロバンド損失との関係の一例を示す図である。ここで、プライマリ厚とはプライマリーコーティング層の厚さである。図 5 に示すように、規格化マイクロバンド損失を 10 以下にするには、プライマリ厚を $10 \mu m$ 以上とする必要がある。つまり、コーティング部の厚さは $10 \mu m$ 以上とする必要がある。また、プライマリ厚が $30 \mu m$ であれば、規格化マイクロバンド損失を 1 程度とできるので、プライマリ厚は $30 \mu m$ 以下でもよい。また、セカンダリーコーティング層の厚さと規格化マイクロバンド損失との間にはあまり相関がなく、プライマリ厚が重要であることも確認された。

【0048】

なお、上記実施形態では、屈折率プロファイルとしてステップ型、W 型、トレンチ型を例示しているが、セグメントコア型や W+サイドコア型などのその他の屈折率プロファイルについても適用できる。

【0049】

また、上記実施形態により本発明が限定されるものではない。上述した各構成要素を適宜組み合わせる構成したものも本発明に含まれる。また、さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。よって、本発明のより広範な態様は、上記の実施形態に限定されるものではなく、様々な変更が可能である。

【産業上の利用可能性】

【0050】

本発明に係る光ファイバは、データコムやテレコムなどの光通信分野に好適に利用できる。

【符号の説明】

【0051】

1 光ファイバ

1 a コア部

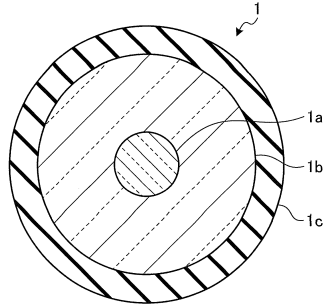
1 b クラッド部

1 c コーティング部

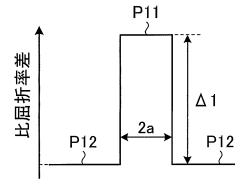
P 1 1、P 1 2、P 2 1、P 2 2、P 3 1、P 3 2 プロファイル

【図面】

【図 1】



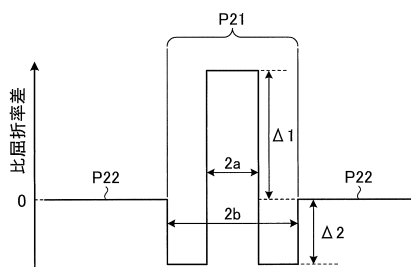
【図 2 A】



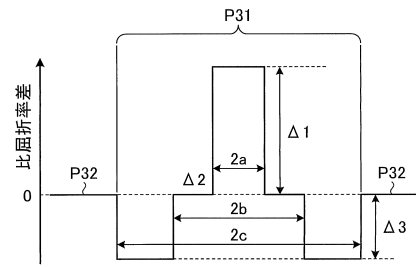
10

20

【図 2 B】



【図 2 C】

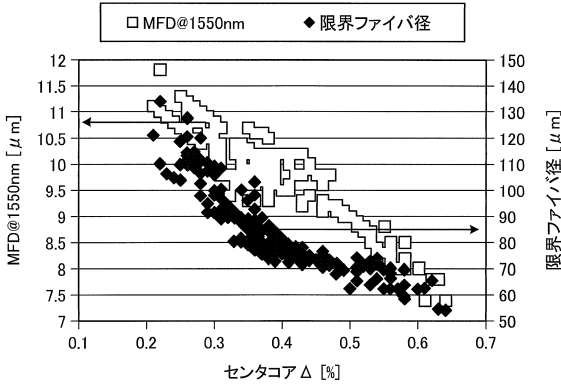


30

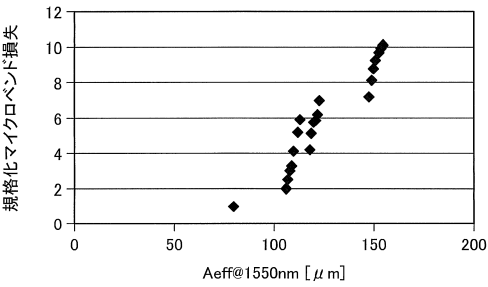
40

50

【図 3】

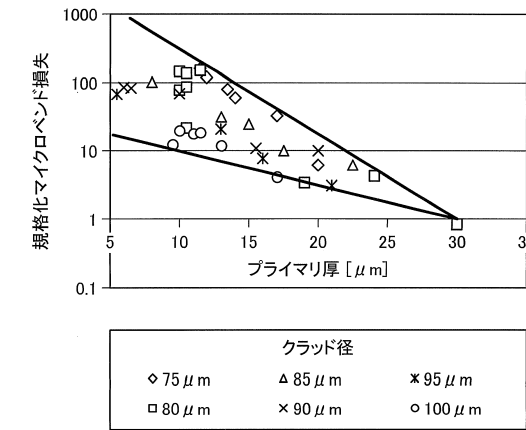


【図 4】



10

【図 5】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開２００７－０３３４６６（ＪＰ，Ａ）
 国際公開第２０１８／１５９１４６（ＷＯ，Ａ１）
 米国特許出願公開第２０１１／００５８７８０（ＵＳ，Ａ１）
 特表２０１６－５２２４２８（ＪＰ，Ａ）
 特開２０１３－１２５０６４（ＪＰ，Ａ）
 欧州特許出願公開第３０９８６３１（ＥＰ，Ａ１）
- (58)調査した分野 (Int.Cl., ＤＢ名)
 Ｇ０２Ｂ ６／０２－６／１０
 Ｇ０２Ｂ ６／４４