

(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
2020年5月7日(07.05.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/090742 A1

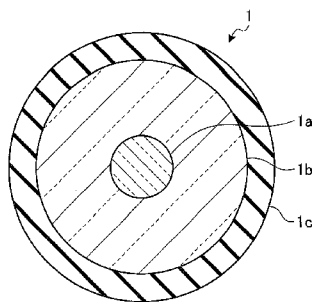
- (51) 国際特許分類:
G02B 6/44 (2006.01) G02B 6/036 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/042179
- (22) 国際出願日: 2019年10月28日(28.10.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-204298 2018年10月30日(30.10.2018) JP
- (71) 出願人: 古河電気工業株式会社(FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 武笠 和則 (MUKASA, Kazunori); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が

関 3 丁目 8 番 1 号 虎の門三井ビルディング Tokyo (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, 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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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,

(54) Title: OPTICAL FIBER

(54) 発明の名称: 光ファイバ



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to obtain an optical fiber which has a small diameter and in which an increase in microbending loss is suppressed. The optical fiber comprises: a core part that is made of silica-based glass; a cladding part that covers the outer periphery of the core part and is made of silica-based glass having a refractive index lower than the maximum refractive index of the core part; and a coating part that covers the outer periphery of the cladding part, wherein the outer diameter of the cladding part is 100 μm or less, the relative refractive index difference $\Delta 1$ of the core part is 0.5 % or less, and the thickness of the coating part is 10 μm or more.

(57) 要約: 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得ることを目的とする。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 μm 以下であり、前記コア部の比屈折率差 $\Delta 1$ が 0.5 % 以下であり、前記コーティング部の厚さは 10 μm 以上である。



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：光ファイバ

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ため、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%以上のトレン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 μ m～125 μ 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 μ 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 μ 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。

[0004] また、特許文献3には、有効コア断面積（ A_{eff} ）が130 μ m²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 μm 以上220 μm 以下であり、セカンダリコーティング層の外径が225 μm 以上260 μm 以下である。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第2016/190297号

特許文献2：特開平5-19144号公報

特許文献3：特開2015-219271号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：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 μm 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。

[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 μm 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 μ m以上であることを特徴とする。

[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10 μ m以上であることを特徴とする。

[0011] 本発明の一態様に係る光ファイバは、前記プライマリーコーティング層の厚さが30 μ 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 μ 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62.5 μ 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1550nm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。

[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。

[0018] 本発明の一態様に係る光ファイバは、波長1310nmにおけるモードフィールド径が8.0 μ mから10.0 μ 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1550nmにおけるモードフィールド径が9 μ 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。

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。

[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。

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 μ m以下、好ましくは100 μ m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 μ mよりも細径化されている。なお、クラッド径は95 μ m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 μ m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 μ m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P 2 2がクラッド部1 b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1 aは、直径が2 a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2 aで外径が2 bのディプレスト層とで構成されている。クラッド部1 b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1 b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2 C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2 Cにおいて、プロファイルP 3 1がコア部1 aの屈折率プロファイルを示し、プロファイルP 3 2がクラッド部1 b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1 aは、直径が2 a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2 aで外径が2 b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2 bで外径が2 cのト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1 b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%~0.2%の間の範囲に設定される。クラッド部1 bに対するト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1 c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1 c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1 cが2層構造の場合、コーティング部1 c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1 c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10～800MPaの程度であり、本実施形態では200MPa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0.2～1.5MPaの程度であり、本実施形態では0.5MPaである。セカンダリーコーティング層のヤング率は500～2000MPaの程度であり、本実施形態では1000MPaである。
- [0033] コーティング部1cの厚さは10 μ 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 μ 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 μ 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1625nmにて0.001dB/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1550nmにおけるモードフィールド径（MFD）が9 μ 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1625nmにて0.001dB/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1550nm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] [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

[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 $1530\ \text{nm}$ 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。

[0040] 図3から明らかなように、波長 $1550\ \text{nm}$ におけるMFDを $9\ \mu\text{m}$ 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 $100\ \mu\text{m}$ 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 $95\ \mu\text{m}$ 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 $1550\ \text{nm}$ におけるMFDを $10.5\ \mu\text{m}$ 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。

- [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。
- [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におけるAeff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Aeffは約80 μ m²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 μ 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、Aeffが150 μ m²程度までのAeff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 C6823:2010_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 μm から100 μm 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0.5MPaとし、セカンダリコーティング層のヤング率は1000MPaとした。セカンダリコーティング層の厚さは120 μm とし、プライマリーコーティング層の厚さは5 μm から30 μm 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 μm 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 μm 以上とする必要がある。また、プライマリ厚が30 μm 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 μm 以下でもよい。また、セカンダリコーティング層の厚さと規格化マイクロバンド損失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

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 $100\mu\text{m}$ 以下であり、
前記コア部の比屈折率差 Δn 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光ファイバ。
- [請求項2] 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請求項1に記載の光ファイバ。
- [請求項3] 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請求項2に記載の光ファイバ。
- [請求項4] 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請求項1～3のいずれか一つに記載の光ファイバ。
- [請求項5] 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 $62.5\mu\text{m}$ の樹脂コーティング部を有する標準光ファイバの波長 1550nm 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請求項1～4のいずれか一つに記載の光ファイバ。
- [請求項6] 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5に記載の光ファイバ。
- [請求項7] 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

1～6のいずれか一つに記載の光ファイバ。

[請求項8] W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1～6のいずれか一つに記載の光ファイバ。

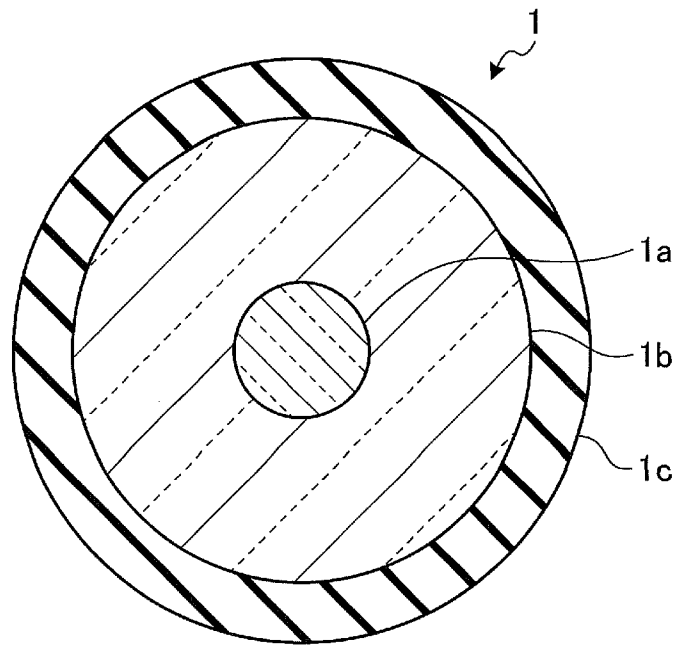
[請求項9] トレンチ型の屈折率プロファイルを有することを特徴とする請求項1～6のいずれか一つに記載の光ファイバ。

[請求項10] 波長1310nmにおけるモードフィールド径が8.0μmから10.0μmまでの範囲内であることを特徴とする請求項1～9のいずれか一つに記載の光ファイバ。

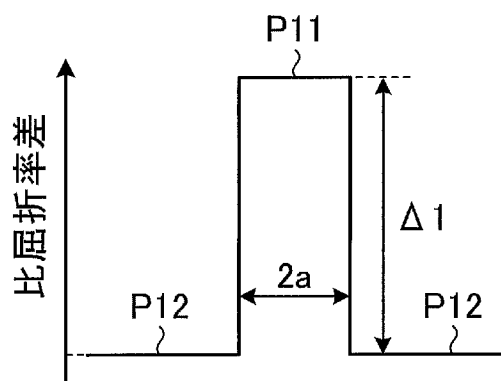
[請求項11] 波長1550nmにおけるモードフィールド径が9μm以上であることを特徴とする請求項1～10のいずれか一つに記載の光ファイバ。

[請求項12] 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請求項1～11のいずれか一つに記載の光ファイバ。

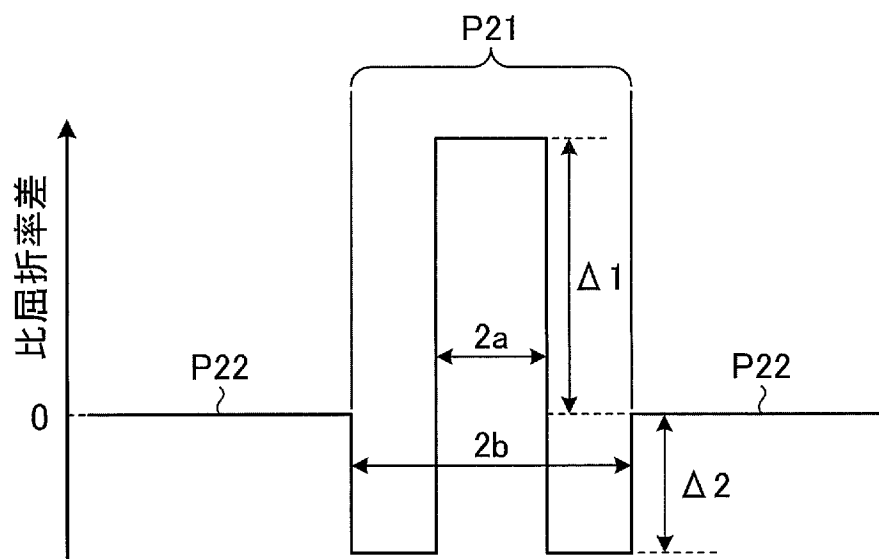
[図1]



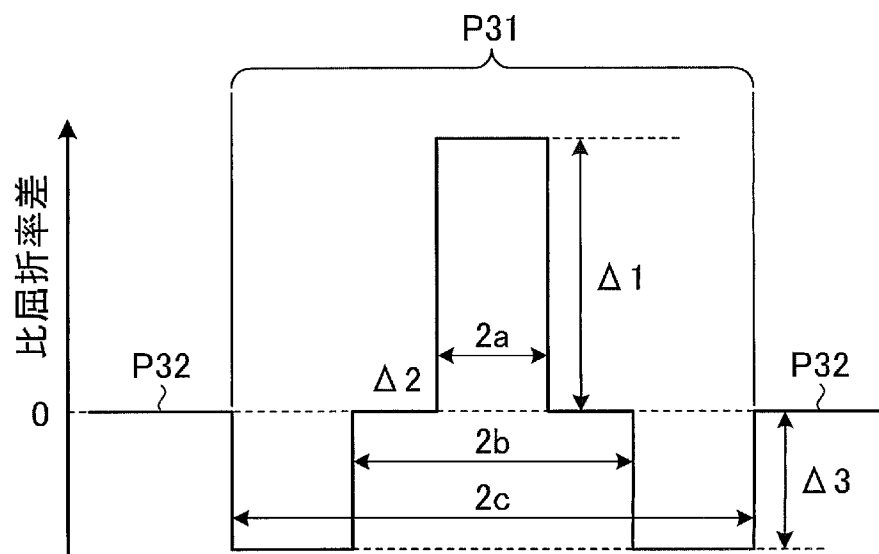
[図2A]



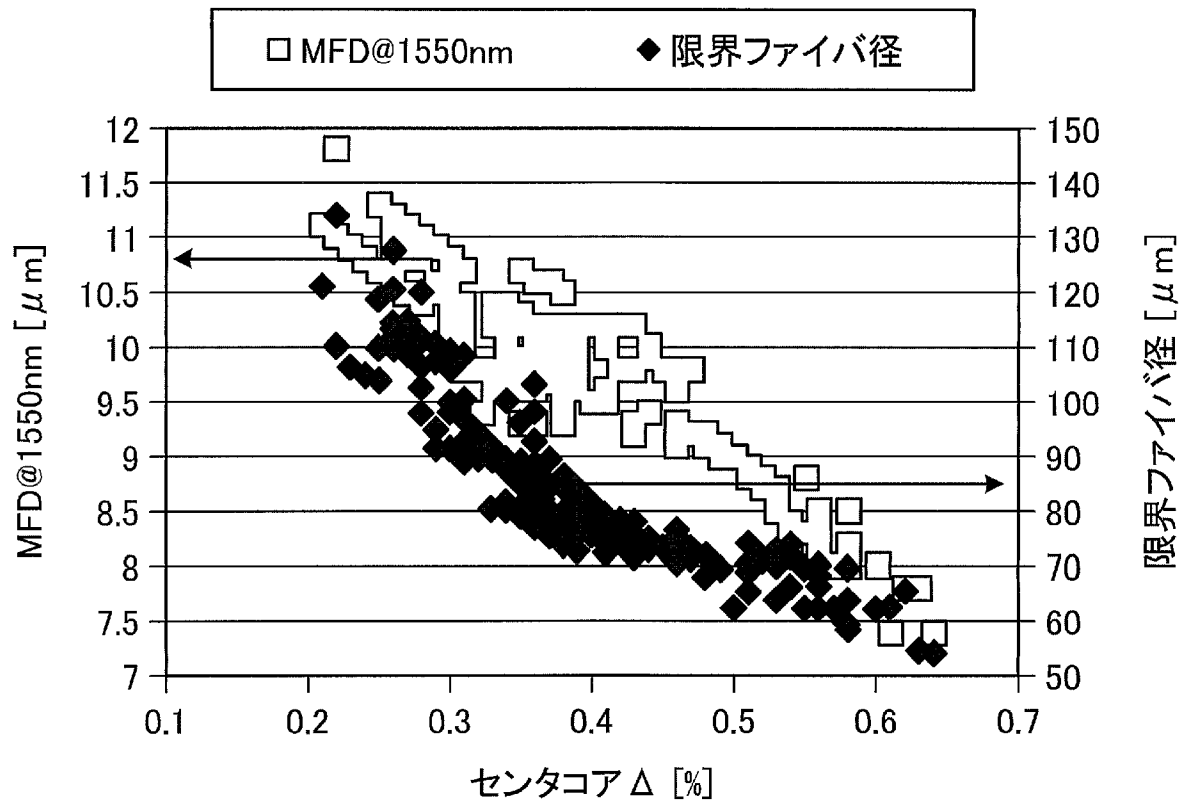
[図2B]



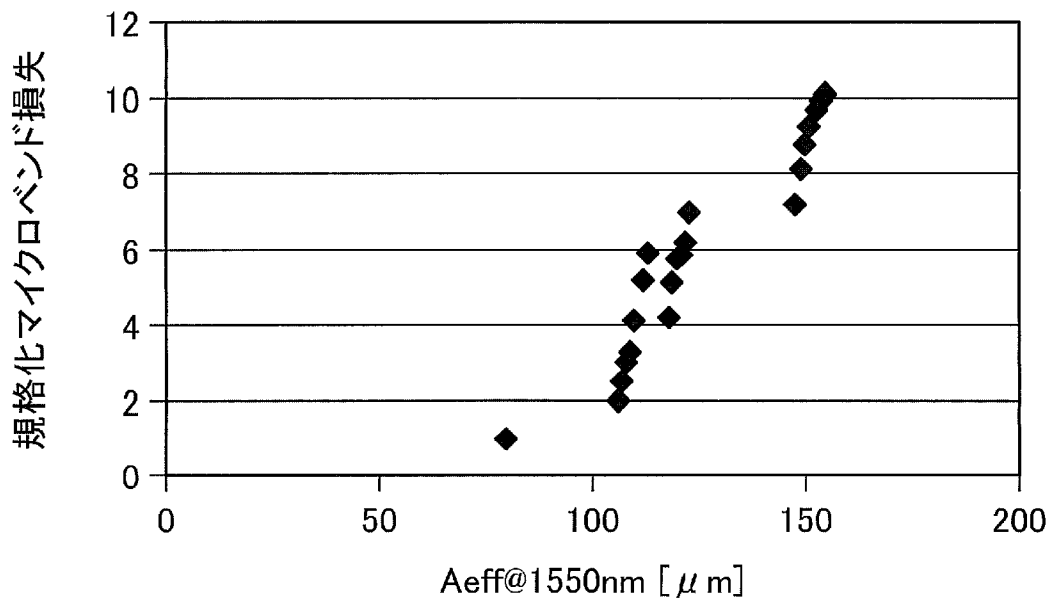
[図2C]



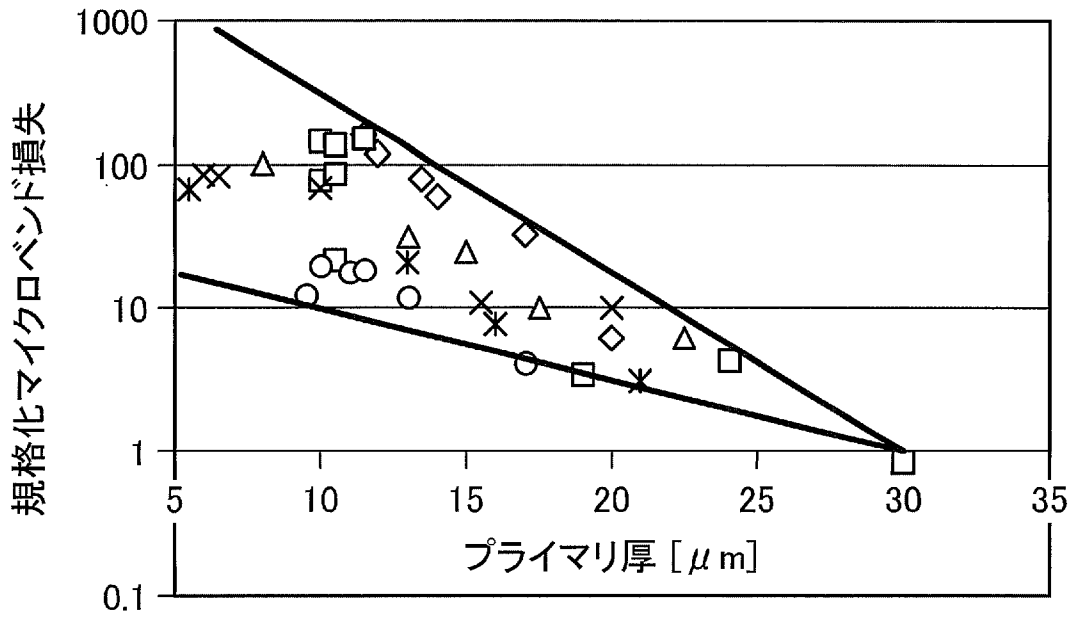
[図3]



[図4]



[図5]



クラッド径		
◇ $75\ \mu\text{m}$	△ $85\ \mu\text{m}$	* $95\ \mu\text{m}$
□ $80\ \mu\text{m}$	× $90\ \mu\text{m}$	○ $100\ \mu\text{m}$

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/042179

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. G02B6/44(2006.01) i, G02B6/036(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) Int.Cl. G02B6/44, G02B6/036 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <table border="0"> <tr> <td>Published examined utility model applications of Japan</td> <td>1922-1996</td> </tr> <tr> <td>Published unexamined utility model applications of Japan</td> <td>1971-2019</td> </tr> <tr> <td>Registered utility model specifications of Japan</td> <td>1996-2019</td> </tr> <tr> <td>Published registered utility model applications of Japan</td> <td>1994-2019</td> </tr> </table> Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)			Published examined utility model applications of Japan	1922-1996	Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019	Registered utility model specifications of Japan	1996-2019	Published registered utility model applications of Japan	1994-2019				
Published examined utility model applications of Japan	1922-1996													
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019													
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019													
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019													
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT														
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
A	JP 2007-33466 A (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 08 February 2007, paragraphs [0025]-[0039], [0048], fig. 2-5, 7 & US 2006/0034575 A1, paragraphs [0031]-[0047], fig. 2-5, 7 & EP 1628149 A1 & EP 2017660 A2 & CN 1734300 A	1-4, 8-9, 12												
Y	WO 2018/159146 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 07 September 2018, paragraphs [0016]-[0017], [0024]-[0041], fig. 1-2 (Family: none)	1-12												
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.														
<table border="0"> <tr> <td>* Special categories of cited documents:</td> <td>"I" 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</td> </tr> <tr> <td>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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)</td> <td>"&" document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> </tr> </table>			* Special categories of cited documents:	"I" 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	
* Special categories of cited documents:	"I" 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 18 December 2019 (18.12.2019)		Date of mailing of the international search report 07 January 2020 (07.01.2020)												
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/JP2019/042179

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2011/0058780 A1 (YANGTZE OPTICAL FIBRE AND CABLE COMPANY, LTD.) 10 March 2011, paragraphs [0022]-[0031], [0047]-[0048] & WO 2010/148661 A1 & EP 2420876 A1 & CN 101598834 A	1-12
A	JP 2016-522428 A (CORNING INC.) 28 July 2016, entire text, all drawings & US 2014/0308015 A1, entire text, all drawings & WO 2014/172143 A1 & EP 2987009 A1 & CN 105393149 A & KR 10-2016-0039567 A	1-12
A	EP 3098631 A1 (FIBERHOME TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES CO., LTD.) 30 November 2016, entire text, all drawings & WO 2015/109861 A1 & CN 103869410 A & KR 10-2016-0113601 A	1-12
A	JP 2013-125064 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 24 June 2013, entire text, all drawings (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B6/44(2006.01)i, G02B6/036(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. G02B6/44, G02B6/036

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 2007-33466 A（古河電気工業株式会社）2007.02.08, 段落 0025-0039, 0048, 図 2-5, 7 & US 2006/0034575 A1, 段落 0031-0047, 図 2-5, 7& EP 1628149 A1 & EP 2017660 A2 & CN 1734300 A	1-4, 8-9, 12
Y	WO 2018/159146 A1（住友電気工業株式会社）2018.09.07, 段落 0016-0017, 0024-0041, 図 1-2（ファミリーなし）	1-12

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

18.12.2019

国際調査報告の発送日

07.01.2020

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）

佐藤 宙子

2L

9316

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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
Y	US 2011/0058780 A1 (YANGTZE OPTICAL FIBRE AND CABLE COMPANY, LTD.) 2011. 03. 10, 段落 0022-0031, 0047-0048 & WO 2010/148661 A1 & EP 2420876 A1 & CN 101598834 A	1-12
A	JP 2016-522428 A (コーニング インコーポレイテッド) 2016. 07. 28, 全文, 全図 & US 2014/0308015 A1, 全文, 全図 & WO 2014/172143 A1 & EP 2987009 A1 & CN 105393149 A & KR 10-2016-0039567 A	1-12
A	EP 3098631 A1 (FIBERHOME TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES CO. LTD.) 2016. 11. 30, 全文, 全図 & WO 2015/109861 A1 & CN 103869410 A & KR 10-2016-0113601 A	1-12
A	JP 2013-125064 A (日本電信電話株式会社) 2013. 06. 24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12