

(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
2021年3月4日(04.03.2021)



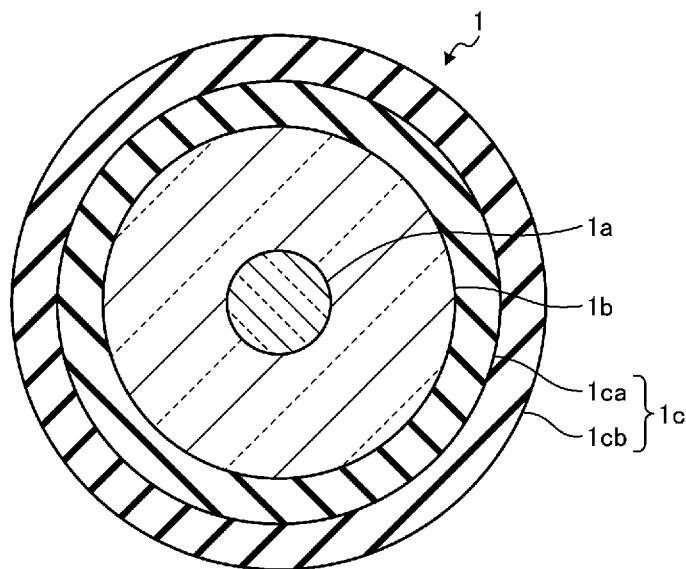
(10) 国際公開番号

WO 2021/039914 A1

- (51) 国際特許分類:
C03C 25/1065 (2018.01) *G02B 6/036* (2006.01)
C03C 25/36 (2006.01) *G02B 6/44* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/032396
- (22) 国際出願日: 2020年8月27日(27.08.2020)
- (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 2019-158333 2019年8月30日(30.08.2019) 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). ミハルフィ タマーシュ(MIHALFFY, Tamas); 1158 ブタペスト ケーシュマールク ウツア 28/A フルカワ・エレクトリック・インスティテュート・オブ・テクノロジー内 Budapest (HU). ヴァーラヤイ ゾルターン (VARALLYAY, Zoltan); 1158 ブタペスト ケーシュマールク ウツア 28/A フルカワ・エレクトリック・インスティテュート・オブ・テクノロジー内 Budapest (HU).
- (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

(54) Title: OPTICAL FIBER

(54) 発明の名称: 光ファイバ



(57) **Abstract:** In order to provide an optical fiber that is highly compatible with the G.652 standard and that has a smaller diameter, this optical fiber comprises: a core part made of quartz glass; a clad part that covers the outer periphery of the core part and that is made of quartz glass having a refractive index which is smaller than the greatest refractive index of the core part; and a coating part including a primary coating layer that covers the outer periphery of the clad part and that is located on the clad part side, and a secondary coating layer located on the outer periphery side of the primary coating layer. The outer diameter of the clad part is less than 100 μm , the thickness of the primary coating layer is 15 μm or more. The

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, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

mode field diameter at a wavelength of 1,310 nm is 8.6-9.2 μm . The effective cutoff wavelength is 1,260 μm or less. If the optical fiber has a diameter of 60 mm and is bent, the bending loss at a wavelength of 1,550 nm is 0.1 dB/100 turns or less.

(57) 要約: G. 6 5 2 規格への適合性が高く、かつより細径である光ファイバを提供するために、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い、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するコーティング部と、を備え、前記クラッド部の外径は 1 0 0 μm 未満であり、前記プライマリーコーティング層の厚さが 1 5 μm 以上であり、波長 1 3 1 0 nm におけるモードフィールド径が 8. 6 μm 以上 9. 2 μm 以下であり、実効カットオフ波長が 1 2 6 0 μm 以下であり、直径 6 0 mm で曲げた場合の波長 1 5 5 0 nm における曲げ損失が 0. 1 dB / 1 0 0 t u r n 以下である。

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、プライマリーコーティング層とセカンダリコーティング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、クラッド径は $125\mu\text{m}$ 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。

[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、プライマリー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] G. 652規格に準拠する光ファイバは、たとえば、陸上に敷設される用途などに広く用いられている。そこで、G. 652規格への適合性が高く、かつより細径である光ファイバが求められている。

[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、G. 652規格への適合性が高く、かつより細径である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い、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コーティング層とを有するコーティング部と、を備え、前記クラッド部の外径は100 μm 未満であり、前記プライマリーコーティング層の厚さが15 μm 以上であり、波長1310nmにおけるモードフィールド径

が $8.6\ \mu\text{m}$ 以上 $9.2\ \mu\text{m}$ 以下であり、実効カットオフ波長が $1260\ \mu\text{m}$ 以下であり、直径 $60\ \text{mm}$ で曲げた場合の波長 $1550\ \text{nm}$ における曲げ損失が $0.1\ \text{dB}/100\ \text{turn}$ 以下であることを特徴とする。

[0010] 前記コア部の比屈折率差 $\Delta 1$ が 0.33% 以上 0.40% 以下であってもよい。

[0011] 零分散波長が $1300\ \text{nm}$ 以上 $1324\ \text{nm}$ 以下あり、前記零分散波長での分散スロープが $0.092\ \text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ 以下であってもよい。

[0012] 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 20 倍以下であってもよい。

[0013] 前記マイクロバンド損失は、研磨紙法またはワイヤメッシュ法にて測定した値であってもよい。

[0014] 前記コア部は、実効カットオフ波長が $1000\ \text{nm}$ 以上 $1260\ \text{nm}$ 以下になるように設定されていてもよい。

[0015] 前記コア部は、中心コア部と、前記中心コア部の外周に形成されたディプレスト層とを有しており、W型の屈折率プロファイルを有してもよい。

[0016] 前記クラッド部に対する前記ディプレスト層の比屈折率差を $\Delta 2$ とすると、 $\Delta 2$ が -0.20% 以上 0% 未満であり、前記中心コア部のコア径を $2a$ 、前記ディプレスト層の外径を $2b$ としたときに、 b/a が 5 以下であってもよい。

[0017] ステップ型の屈折率プロファイルを有してもよい。

[0018] 前記クラッド部の外径が $75\ \mu\text{m}$ 以下であり、前記プライマリコーティング層の厚さが $30\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0019] 前記コーティング部を含む当該光ファイバの外径が $210\ \mu\text{m}$ 以下であってもよい。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、G.652規格への適合性が高く、かつより細径である

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

[0021] [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3]図3は、ガラス径と、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

[0022] 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、カットオフ波長または実効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。

[0023] (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。

[0024] 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系ガラスからなる。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。コア部1aとクラッド部1bからなる部分をガラス光ファイバと記載する場合がある。

[0025] クラッド部 1 b の外径（以下、クラッド径またはガラス径と記載する場合がある）は、 $100\text{ }\mu\text{m}$ 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 $125\text{ }\mu\text{m}$ よりも細径化されている。なお、クラッド径は $85\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが細径化の観点からはより好ましく、 $82\text{ }\mu\text{m}$ 以下がさらに好ましい。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 $62.5\text{ }\mu\text{m}$ の樹脂コーティング部を有している。樹脂コーティング部は、たとえば 2 層構造の場合は、厚さが約 $37.5\text{ }\mu\text{m}$ の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し厚さが約 $25\text{ }\mu\text{m}$ のセカンダリーコーティング層とからなる。したがって、樹脂コーティング部の外径は約 $250\text{ }\mu\text{m}$ となる。

[0026] 光ファイバ 1 は、たとえば図 2 A および図 2 B に示すような屈折率プロファイルを有する。図 2 A、図 2 B は、いずれも、光ファイバ 1 のコア部 1 a 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。

[0027] 図 2 A は、ステップ型の屈折率プロファイルを示している。図 2 A において、プロファイル P 1 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 1 2 がクラッド部 1 b 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 1 b 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 1 a の直径（コア径）は $2a$ であり、クラッド部 1 b に対するコア部 1 a の比屈折率差は $\Delta 1$ である。 $\Delta 1$ はたとえば 0.33% 以上 0.40% 以下が好ましい。

[0028] 図 2 B は、いわゆる W 型の屈折率プロファイルを示している。図 2 B において、プロファイル P 2 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 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 $2a$ の中心コア部と、中心コア部の外周を囲むように形成されており、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 1 b に対する中心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。 $\Delta 1$ はたとえば 0.33% 以上 0.40% 以下が好ましい。 $\Delta 2$ はたとえば -0.20% 以上 0% 未満が好ましい。 b/a はたとえば 5 以下が好ましい。

[0029] 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。

[0030] コーティング部 1 c は、クラッド部 1 b 側に位置するプライマリーコーティング層 1 c a と、プライマリーコーティング層 1 c a の外周側に位置するセカンダリーコーティング層 1 c b とを有する。プライマリーコーティング層 1 c a のヤング率は 0.2 ~ 1.5 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 1 c b のヤング率は 500 ~ 2000 MPa の程度であり、本実施形態では 1000 MPa である。

[0031] コーティング部 1 c を含む光ファイバ 1 の外径は、たとえば $210\ \mu\text{m}$ 以下である。プライマリーコーティング層 1 c a の厚さは、たとえば $15\ \mu\text{m}$ 以上である。

[0032] 本実施形態に係る光ファイバ 1 は、コア径が $7\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 以下（コア半径 a は、 $3.5\ \mu\text{m}$ 以上 $5.0\ \mu\text{m}$ 以下）であり、波長 $1310\ \text{nm}$ におけるモードフィールド径（MFD）が $8.6\ \mu\text{m}$ 以上 $9.2\ \mu\text{m}$ 以下であり、実効カットオフ波長（ λ_{cc} ）が $1260\ \text{nm}$ 以下であり、直径 $60\ \text{mm}$ で曲げた場合の波長 $1550\ \text{nm}$ における曲げ損失（以下、適宜マクロバンド損失と記載する）が $0.1\ \text{dB}/100\ \text{turn}$ 以下、好適には、直径 $60\ \text{mm}$ で曲げた場合の波長 $1625\ \text{nm}$ におけるマクロバンド損失が $0.1\ \text{dB}/100\ \text{turn}$ 以下であるという特性を有する。これにより、光フ

ファイバ1は、MFD、 λ_{cc} 、マクロバンド損失について、G. 652規格に準拠し、G. 652規格への適合性が高い光ファイバである。

[0033] また、光ファイバ1は、零分散波長が1300nm以上1324nm以下あり、零分散波長での分散スロープが $0.092\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下という特性を満たすのが好ましく、分散スロープが $0.073\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以上という特性を満たすのがより好ましい。

[0034] さらに、光ファイバ1は、クラッド径が100 μm 未満と、標準SMFのクラッド径である約125 μm よりも一桁細い細径化がされている。これにより、光ファイバ1は、ガラス径が顕著に細くなっており、光ファイバ1の断面積が顕著に縮小されているので、高密度光ファイバケーブルを実現するのに適する。

[0035] また、上記実効カットオフを実現するために、実効カットオフ波長が1260nm以下になるようにコア部1aが設定されていることが好ましいが、特に実効カットオフ波長が1260nm以下になるように直径2aが設定されていることが好ましい。また、実効カットオフ波長が1000nm以上になるようにコア部1a、特に直径2aが設定されていれば、マクロバンド損失を低減できるので好ましい。

[0036] また、コーティング部1cを含む光ファイバ1の外径が210 μm 以下であれば、標準SMFの樹脂コーティング部を含む外径である約250 μm よりも細径とでき、光ファイバ1の断面積が顕著に縮小される。

[0037] ここで、光ファイバにおいて、ガラス径すなわちクラッド径を縮小すると、マイクロバンド損失（側圧損失とも呼ばれる）が増大する。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。

[0038] 本実施形態に係る光ファイバ1において、標準SMFの波長1550nmにおけるマイクロバンド損失の20倍以下のマイクロバンド損失とすれば、実用的な程度のマイクロバンド損失とできる。なお、マイクロバンド損失を

標準SMFにおけるマイクロバンド損失で規格化した値を規格化マイクロバンド損失と規定すると、本実施形態に係る光ファイバ1の規格化マイクロバンド損失は20以下が好ましく、さらに10以下が好ましい。マイクロバンド損失の抑制のためには、2層構造のコーティング部1cにおいて、プライマリコーティング層1caの厚さが15 μ m以上であることが好ましい。ここで、規格化マイクロバンド損失が20以下であるとした場合の20の値は、ケーブル化後においても、実用的な程度のマイクロバンド損失に抑えることができる値である。

[0039] なお、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（研磨紙法的一种）で測定された値や、研磨紙法的一种である伸長ドラム法で測定された値を用いることができる。また、マイクロバンド損失は、ワイヤメッシュ法や、さらにその他の測定方法（たとえば斜め巻付け法）で測定された値でもよい。

[0040] 以下、実施形態に係る光ファイバについて、シミュレーション計算の結果を参照して説明する。

[0041] まず、図2に示すステップ型、W型の屈折率プロファイルを有する光ファイバについて、 $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 、2a、2bなどの構造パラメータを様々な値に網羅的に変化させて組み合わせて光学特性の計算を行った。このとき、光学特性のうちMFD、 λ_{cc} 、およびマイクロバンド損失が、G.652規格を満たすように組み合わせを最適化した。以下、MFD、 λ_{cc} 、およびマイクロバンド損失を主要特性と記載する場合がある。

[0042] 計算の結果、ステップ型、W型のいずれにおいても、比屈折率差 $\Delta 1$ が0.33%以上0.40%以下の場合に、主要特性が、G.652規格を満たす構造パラメータの組み合わせが存在することを確認した。さらに、W型の場合、 $\Delta 2$ が-0.20%以上0%未満であり、 b/a が5以下の場合に、主要特性が、G.652規格をより良好に満たす構造パラメータの組み合わせが存在することを確認した。

[0043] つづいて、主要特性がG.652規格を満たすような構造パラメータの組

み合わせに対して、ガラス径、プライマリコーティング層の外径（プライマリ径）、セカンダリコーティング層の外径（セカンダリ径）を様々な値に変化させて検証し、体系的な検討を行った。検討の結果、ステップ型、W型のいずれにおいても、ガラス径とプライマリ径（またはプライマリコーティング層の厚さであるプライマリ厚）が、光ファイバのマイクロバンド損失特性の支配的要因であることを確認した。

[0044] 図3は、プライマリ厚が $10\mu\text{m}$ 、 $15\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ の場合の、ガラス径と、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。なお、ガラス径については、 $80\mu\text{m}$ 、 $90\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ 、 $110\mu\text{m}$ 、 $120\mu\text{m}$ のそれぞれを中心に値を変化させたので、値の変化の範囲を横軸方向に延びるバーで示している。また、規格化マイクロバンド損失については、計算に用いた、主要特性がG. 652規格を満たす構造パラメータの組み合わせおよびセカンダリ径によって、値に幅があるので、幅の範囲を縦軸方向に延びるバーで示している。

[0045] なお、図3において、ガラス径が $100\mu\text{m}$ 、プライマリ厚が $15\mu\text{m}$ の縦軸方向のエラーバーの下限が20以下まで延びていることに留意すべきである。

[0046] 図3に示すような体系的な検討の結果、ガラス径を $100\mu\text{m}$ 未満にする場合、プライマリ厚を $15\mu\text{m}$ またはそれ以上にするによって、規格化マイクロバンド損失を20以下にできる場合があることが確認された。また、プライマリ厚を $20\mu\text{m}$ 以上にするによって、規格化マイクロバンド損失をより小さくでき、かつ規格化マイクロバンド損失を20以下にできる範囲が広がることが確認された。

[0047] また、本実施形態に係る光ファイバは、公知の線引き装置を用いて、光ファイバ母材からガラス光ファイバを線引きし、ガラス光ファイバにコーティングを形成することによって製造可能である。セカンダリコーティング層を形成する工程の操作性を考慮すると、セカンダリ厚は $10\mu\text{m}$ 以上であることが望ましい。

[0048] 以上の検討結果から、本実施形態に係る光ファイバ1によれば、主要特性がG. 652規格を満たし、ガラス径が100 μ m未満であり、プライマリ厚が15 μ mまたはそれ以上であって好適には20 μ m以上であり、セカンダリ厚が10 μ m以上であり、かつ規格化マイクロバンド損失が20以下とすることができる。この場合、コーティング部1cを含めた光ファイバ1の外径（ファイバ径）はガラス径に対して50 μ m以上増加した値、または好適には60 μ m以上増加した値となる。したがって、ガラス径が75 μ m、80 μ m、85 μ m、90 μ m、および95 μ mのそれぞれにおける最小ファイバ径および好適なファイバ径は表1に示す値となる。表1に示すように、本実施形態に係る光ファイバ1によれば、ファイバ径を125 μ mから155 μ mの範囲とすることができる。なお、ガラス径を75 μ m以上にすれば、取り扱い性もよく、マイクロバンド損失も比較的小さいので好ましい。

[0049] [表1]

(表1)

ガラス径[μ m]	75	80	85	90	95
最小ファイバ径[μ m]	125	130	135	140	145
好適なファイバ径[μ m]	135	140	145	150	155

[0050] (実施例)

本発明の実施例として、W型の屈折率プロファイルを有する光ファイバを公知の方法にて作製した。構造パラメータは、 $\Delta 1$ を0.37%、 $\Delta 2$ を-0.03%、 b/a を2、 $2a$ を8 μ mに設定した。また、ガラス径を90 μ m、プライマリ径を135 μ m、セカンダリ径を170 μ mとした。コーティング部の材料やヤング率は実施形態と同じにした。

[0051] 実施例の光ファイバの光学特性を表2に示す。なお、規格化マイクロバンド損失は研磨紙法で測定したものである。表2に示すように、実施例の光ファイバは、波長1550nmでの伝送損失が0.19dB/kmと低く、 λ_{cc} 、マクロバンド損失、MFD、ゼロ分散波長(λ_0)、および分散スロープがG. 652規格を満たし、G. 652規格への適合性が高かった。また

、実施例の光ファイバは、直径60mmで曲げた場合の波長1625nmにおける曲げ損失も、G. 652規格を十分に満たす値であった。また、実施例の光ファイバは、規格化マイクロバンド損失が11.9と小さく、かつガラス径が90 μ m、ファイバ径が170 μ mと細径であった。

[0052] [表2]

(表2)

伝送損失 @1550nm [dB/km]	λ_{cc} [nm]	マクロバンド 損失(60mm) @1550nm [dB/ 100turn]	MFD @1310nm [μ m]	ゼロ分散 波長 [nm]	分散 スロープ @ゼロ分散 波長 [ps/nm ² / km]	規格化 マイクロ バンド 損失 @1550nm
0.19	1237	0.03	8.82	1319	0.084	11.9

[0053] なお、実施例の光ファイバを直径30mmで曲げた場合の波長1550nmにおける曲げ損失を測定したところ、0.25dB/10turnより大きかった。したがって、実施例の光ファイバは、G. 657規格の曲げ損失の規定を満足しないものであった。

[0054] また、比較例として、実施例と同じW型の屈折率プロファイルを有し、ガラス径が90 μ mのガラス光ファイバに、プライマリ径を110 μ mすなわちプライマリ厚を10 μ m、セカンダリ径を145 μ mとした光ファイバを作製した。すると、規格化マイクロバンド損失は73.1であり、実施例と比較して大幅に増大した。このことは、プライマリ厚を15 μ m以上の適切な値にすることが、マイクロバンド損失の抑制に効果的であることを意味すると考えられる。

[0055] 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およびW型を例示している。ステップ型およびW型は、シンプルな屈折率プロファイルであり、製造性も高いので好ましい。ただし、本発明はこれに限られず、トレンチ型や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。

[0056] 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

[0057] 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の分野に好適に利用できる。

符号の説明

- [0058] 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
 - 1 c a プライマリコーティング層
 - 1 c b セカンダリコーティング層
 - P 1 1、P 1 2、P 2 1、P 2 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い、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するコーティング部と、
を備え、
前記クラッド部の外径は $100\mu\text{m}$ 未満であり、
前記プライマリコーティング層の厚さが $15\mu\text{m}$ 以上であり、
波長 1310nm におけるモードフィールド径が $8.6\mu\text{m}$ 以上 $9.2\mu\text{m}$ 以下であり、
実効カットオフ波長が $1260\mu\text{m}$ 以下であり、
直径 60mm で曲げた場合の波長 1550nm における曲げ損失が $0.1\text{dB}/100\text{turn}$ 以下であることを特徴とする光ファイバ。
- [請求項2] 前記コア部の比屈折率差 $\Delta 1$ が 0.33% 以上 0.40% 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] 零分散波長が 1300nm 以上 1324nm 以下あり、前記零分散波長での分散スロープが $0.092\text{ps}^2/\text{nm}^2/\text{km}$ 以下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] 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20倍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] 前記マイクロバンド損失は、研磨紙法またはワイヤメッシュ法にて

測定した値であることを特徴とする請求項4に記載の光ファイバ。

[請求項6] 前記コア部は、実効カットオフ波長が1000nm以上1260nm以下になるように設定されていることを特徴とする請求項1～5のいずれか一つに記載の光ファイバ。

[請求項7] 前記コア部は、中心コア部と、前記中心コア部の外周に形成されたディプレスト層とを有しており、

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8] 前記クラッド部に対する前記ディプレスト層の比屈折率差を $\Delta 2$ とすると、 $\Delta 2$ が -0.20% 以上 0% 未満であり、

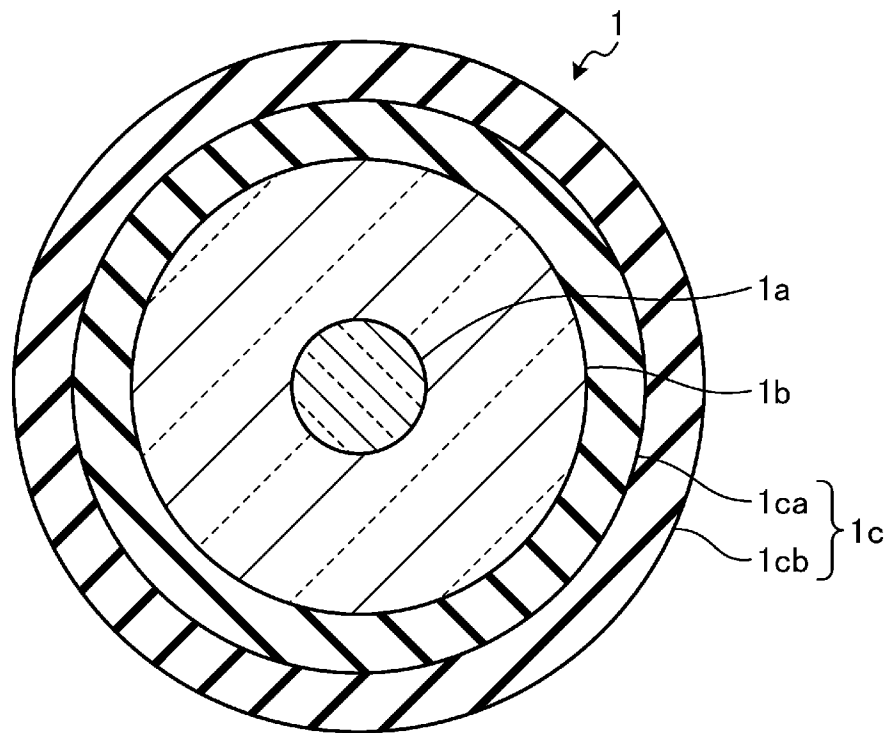
前記中心コア部のコア径を $2a$ 、前記ディプレスト層の外径を $2b$ としたときに、 b/a が5以下であることを特徴とする請求項7に記載の光ファイバ。

[請求項9] 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。

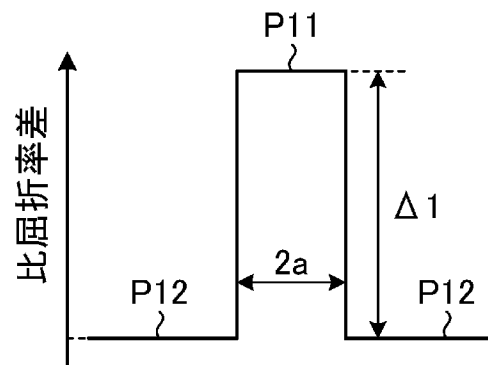
[請求項10] 前記クラッド部の外径が $75\mu\text{m}$ 以下であり、前記プライマリコーティング層の厚さが $30\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1～9のいずれか一つに記載の光ファイバ。

[請求項11] 前記コーティング部を含む当該光ファイバの外径が $210\mu\text{m}$ 以下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。

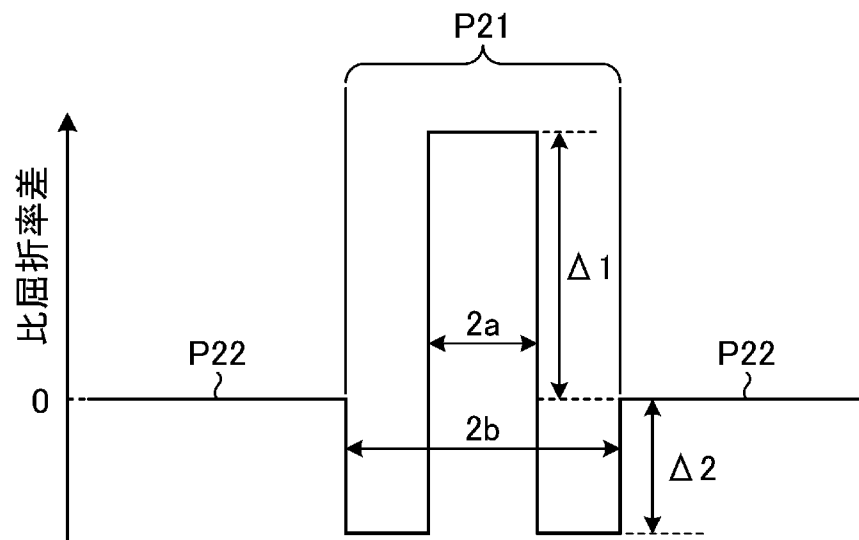
[図1]



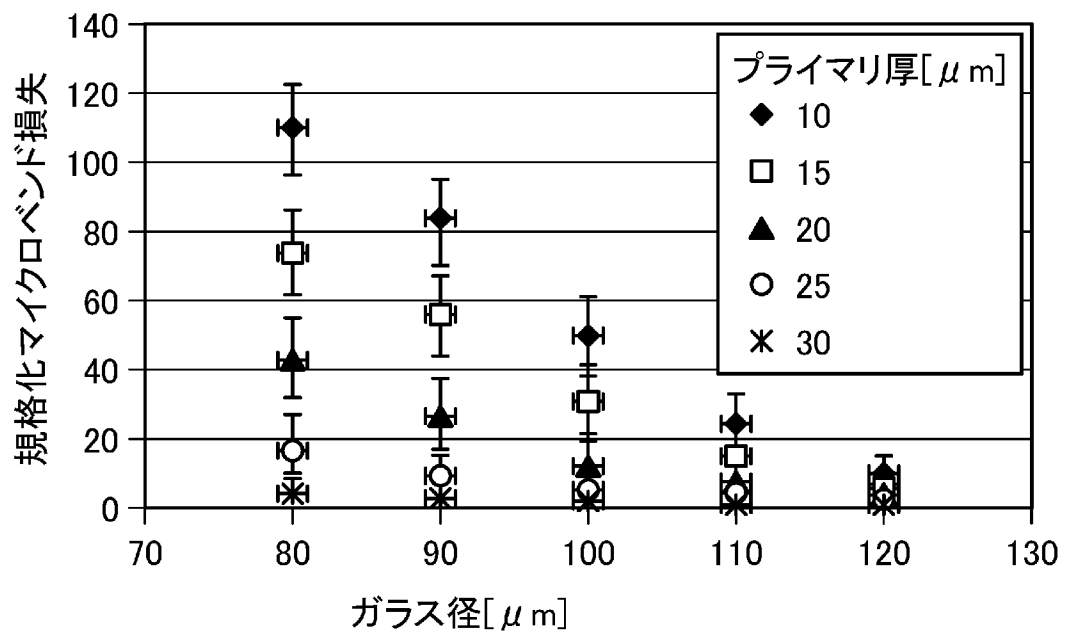
[図2A]



[図2B]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/032396

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03C 25/1065(2018.01)i; C03C 25/36(2006.01)i; C02B 6/036(2006.01)i; C02B 6/44(2006.01)i

FI: C02B6/44 331; C02B6/036; C03C25/36; C03C25/1065

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)

C02B6/02-6/036, C02B6/10, C02B6/44, C03C25/1065; C03C25/36

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
Y	JP 2013-125064 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 24 June 2013 (2013-06-24) paragraphs [0001], [0038]-[0061], fig. 5-8	1-11
Y	WO 2018/159146 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 07 September 2018 (2018-09-07) paragraphs [0012], [0023]-[0025], [0032]-[0041], fig. 1-4	1-11
A	US 2017/0343751 A1 (CORNINC OPTICAL COMMUNICATIONS LLC) 30 November 2017 (2017-11-30) entire text, all drawings	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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
23 October 2020 (23.10.2020)Date of mailing of the international search report
10 November 2020 (10.11.2020)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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/032396

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2013-125064 A	24 Jun. 2013	(Family: none)	
WO 2018/159146 A1	07 Sep. 2018	US 2019/0384000 A1 paragraphs [0023]- [0025], [0032]- [0034], [0041]- [0051], fig. 1-4	
US 2017/0343751 A1	30 Nov. 2017	EP 3591450 A1 CN 110383130 A CA 3025152 A1 CN 109416435 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C03C 25/1065(2018.01)i; C03C 25/36(2006.01)i; G02B 6/036(2006.01)i; G02B 6/44(2006.01)i FI: G02B6/44 331; G02B6/036; C03C25/36; C03C25/1065														
B. 調査を行った分野														
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G02B6/02-6/036, G02B6/10, G02B6/44, C03C25/1065; C03C25/36														
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>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020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	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2020年													
日本国実用新案登録公報	1996-2020年													
日本国登録実用新案公報	1994-2020年													
国際調査で使用了電子データベース（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												
Y	JP 2013-125064 A（日本電信電話株式会社）24.06.2013（2013-06-24） 段落 [0001]、[0038] - [0061]、[図5] - [図8]	1-11												
Y	WO 2018/159146 A1（住友電気工業株式会社）07.09.2018（2018-09-07） 段落 [0012]、[0023] - [0025]、[0032] - [0041]、[図1] - [図4]	1-11												
A	US 2017/0343751 A1（CORNING OPTICAL COMMUNICATIONS LLC）30.11.2017（2017-11-30） 全文、全図	1-11												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 23.10.2020	国際調査報告の発送日 10.11.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 井部 紗代子 2L 1170 電話番号 03-3581-1101 内線 3295													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/032396

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2013-125064	A	24.06.2013	(ファミリーなし)	
WO	2018/159146	A1	07.09.2018	US 2019/0384000 A1 段落 [0023] - [0025]、[0032] - [0034]、[0041] - [0051]、[図1] - [図4] EP 3591450 A1 CN 110383130 A	
US	2017/0343751	A1	30.11.2017	CA 3025152 A1 CN 109416435 A	