

(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  
2023年5月19日(19.05.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/085134 A1

(51) 国際特許分類:  
G02B 6/036 (2006.01) C03C 25/1065 (2018.01)  
C03B 37/027 (2006.01) G02B 6/44 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/040547

(22) 国際出願日: 2022年10月28日(28.10.2022)

(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 2021-183517 2021年11月10日(10.11.2021) JP

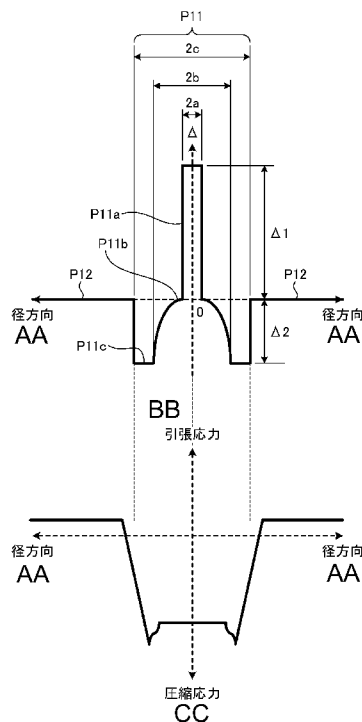
(71) 出願人: 古河電気工業株式会社(FURUKAWA  
ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008322 東京  
都千代田区大手町二丁目6番4号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 竹内 脩 悟 (TAKEUCHI, Shugo);  
〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目6番  
4号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 相  
曽 景一(AISO, Keiichi); 〒1008322 東京都千代  
田区大手町二丁目6番4号 古河電気工業  
株式会社内 Tokyo (JP). 武笠 和則(MUKASA,  
Kazunori); 〒1008322 東京都千代田区大手町二  
丁目6番4号 古河電気工業株式会社内 Tokyo  
(JP). 新子谷 悦宏(ARASHITANI, Yoshihiro);  
〒1008322 東京都千代田区大手町二丁目6番4  
号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人 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



AA Radial direction  
BB Tensile stress  
CC Compressive stress

(57) Abstract: An optical fiber (1) according to one embodiment of the present invention is provided with: a core part (1a); and a cladding part (1b) which surrounds the outer periphery of the core part, while having a refractive index that is lower than the maximum refractive index of the core part. The core part comprises: a center core to which germanium is added; and a low refractive index layer which surrounds the outer periphery of the center core, while having a negative  $-\Delta_{\max}$  that is the minimum value of the relative refractive index difference with respect to the average refractive index

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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, CV, 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, ME, 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))

of the cladding part. The residual compressive stress in the center core is from 40 MPa to 150 MPa; and  $\Delta 1$  that is the average maximum relative refractive index difference of the center core with respect to the average refractive index of the cladding part is 0.8% or less.

(57) 要約: 本発明の一態様である光ファイバ(1)は、コア部(1a)と、前記コア部の最大屈折率よりも屈折率が低く、前記コア部の外周を取り囲むクラッド部(1b)と、を備え、前記コア部は、ゲルマニウムが添加されたセンタコアと、前記センタコアの外周を取り囲み、前記クラッド部の平均屈折率に対する比屈折率差の最小値である $-\Delta_{\max}$ が負である低屈折率層と、を含み、前記センタコアにおける残留圧縮応力が40MPa以上150MPa以下であり、前記クラッド部の平均屈折率に対する前記センタコアの平均の最大比屈折率差である $\Delta 1$ は0.8%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] 次世代通信インフラの実現に向けて、様々な環境で安定した通信を可能とする低曲げ損失光ファイバの注目が高まっている。低曲げ損失を実現する取組として、主に屈折率プロファイルの制御が挙げられる。例えばトレンチ型プロファイルの場合、クラッド領域にトレンチ層を設けることで容易に曲げ損失を低減することが可能であり、かつMFD（モードフィールド径）などの他の特性についても良好な特性を実現する事が可能である。

[0003] 一方、光ファイバにおける破断特性などの特性改善のために、残留応力を有する光ファイバが開示されている（特許文献1～5）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2007-297254号公報

特許文献2：特許第4663277号公報

特許文献3：特開2003-207675号公報

特許文献4：特許第5831189号公報

特許文献5：特許第6020045号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] 屈折率プロファイル制御技術は、ドーパントによる制御が主な手段であった。たとえば、曲げ損失低減のためにコア部の屈折率を大きくする場合、クラッド部の屈折率を下げる、あるいはコア部のドーパント量を増やすことにより、コア部のクラッド部に対する比屈折率差を大きくする手段が採用されていた。そのためドーパント添加に伴うレイリー散乱の増加による伝送損失

の悪化や、ドーパント添加技術の確立などの懸念点があった。

[0006] 一方、光ファイバにおける残留応力と光ファイバ特性、特に耐曲げ特性との関係については、十分な検討がされていなかった。

[0007] 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、伝送損失の増加が抑制されながら低曲げ損失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

[0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の一態様は、コア部と、前記コア部の最大屈折率よりも屈折率が低く、前記コア部の外周を取り囲むクラッド部と、を備え、前記コア部は、ゲルマニウムが添加されたセンタコアと、前記センタコアの外周を取り囲み、前記クラッド部の平均屈折率に対する比屈折率差の最小値である $-\Delta_{\max}$ が負である低屈折率層と、を含み、前記センタコアにおける残留圧縮応力が40MPa以上150MPa以下であり、前記クラッド部の平均屈折率に対する前記センタコアの平均の最大比屈折率差である $\Delta_1$ は0.8%以下である、光ファイバである。

[0009] 前記 $-\Delta_{\max}$ が $-0.5\%$ 以上 $-0.1\%$ 以下であるものでもよい。

[0010] 前記低屈折率層は、前記センタコアと離隔したトレンチ層であるものでもよい。

[0011] 前記センタコアの直径が $3\mu\text{m}$ 以上 $8\mu\text{m}$ 以下であり、前記トレンチ層の外径が $9\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下であるものでもよい。

[0012] 前記センタコアの直径が $3.5\mu\text{m}$ 以上 $7.5\mu\text{m}$ 以下であり、前記トレンチ層の外径が $9.5\mu\text{m}$ 以上 $19\mu\text{m}$ 以下であるものでもよい。

[0013] 前記センタコアの直径が $3.5\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下であり、前記トレンチ層の外径が $12\mu\text{m}$ 以上 $16\mu\text{m}$ 以下であるものでもよい。

[0014] 前記低屈折率層は、前記センタコアと隣接したディプレスト層であるものでもよい。

[0015] 前記センタコアの直径が $3\mu\text{m}$ 以上 $8\mu\text{m}$ 以下であり、前記ディプレスト層の外径が $9\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下であるものでもよい。

[0016] 前記センタコアの直径が $3.5\mu\text{m}$ 以上 $7.5\mu\text{m}$ 以下であり、前記ディ

プレスト層の外径が $9.5\mu\text{m}$ 以上 $19\mu\text{m}$ 以下であるものでもよい。

[0017] 前記センタコアの直径が $3.5\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下であり、前記ディプレスト層の外径が $12\mu\text{m}$ 以上 $16\mu\text{m}$ 以下であるものでもよい。

[0018] 径方向において、前記センタコアから前記低屈折率層へ比屈折率差が連続的に変化しているものでもよい。

[0019] 前記比屈折率差が連続的に変化するとは、前記比屈折率差を表す屈折率プロファイルが急激に屈曲せずに滑らかに変化し、その変化量が径方向において $1\mu\text{m}$ 当たり $0.1\%$ 以下であることを意味するものでもよい。

[0020] 前記低屈折率層における残留圧縮応力が $20\text{MPa}$ 以上 $200\text{MPa}$ 以下であるものでもよい。

[0021] 前記低屈折率層は、フッ素を含むものでもよい。

[0022] 波長 $1550\text{nm}$ において伝送損失が $0.190\text{dB/km}$ 以下であり、波長 $1310\text{nm}$ においてモードフィールド径が $8.6\mu\text{m}$ 以上であり、ケーブルカットオフ波長が $1260\text{nm}$ 以下であり、零分散波長が $1300\text{nm}$ 以上であるものでもよい。

[0023] 波長 $1550\text{nm}$ において、直径 $20\text{mm}$ で巻いたときのマクロベンド損失が $0.1\text{dB/turn}$ 以下であるものでもよい。

[0024] クラッド径が $125\mu\text{m}\pm 10\mu\text{m}$ の範囲内であるものでもよい。

[0025] クラッド径が $115\mu\text{m}\pm 10\mu\text{m}$ の範囲内であるものでもよい。

[0026] クラッド径が $105\mu\text{m}\pm 10\mu\text{m}$ の範囲内であるものでもよい。

[0027] クラッド径が $95\mu\text{m}\pm 10\mu\text{m}$ の範囲内であるものでもよい。

[0028] クラッド径が $85\mu\text{m}\pm 10\mu\text{m}$ の範囲内であるものでもよい。

[0029] 前記クラッド部の外周を取り囲むプライマリ層と、前記プライマリ層の外周を取り囲むセカンダリ層とを含むコーティング部をさらに備え、前記セカンダリ層の外径は $260\mu\text{m}$ 以下であり、前記プライマリ層はヤング率が $0.2\text{MPa}$ 以上 $3\text{MPa}$ 以下の樹脂からなり、前記セカンダリ層はヤング率が $5\text{MPa}$ 以上 $2000\text{MPa}$ 以下の樹脂からなるものでもよい。

[0030] 前記コア部と前記クラッド部とで、残留応力の差の最大値が $40\text{MPa}$ 以

上 2 2 0 M P a 以下であるものでもよい。

[0031] 前記コア部と前記クラッド部とで、残留応力の差の最大値が 7 0 M P a 以上 2 2 0 M P a 以下であるものでもよい。

### 発明の効果

[0032] 本発明によれば、伝送損失の増加が抑制されながら低曲げ損失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

[0033] [図1]図 1 は、実施形態 1 に係る光ファイバの長手方向に垂直な面における模式的な断面図である。

[図2]図 2 は、実施形態 1 に係る光ファイバの屈折率プロファイルおよび対応する残留応力の模式図である。

[図3]図 3 は、実施形態 2 に係る光ファイバの屈折率プロファイルの模式図である。

[図4]図 4 は、比較例に係る光ファイバの屈折率プロファイルの模式図である。

### 発明を実施するための形態

[0034] 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、国際通信連合（ITU）のITU-T G. 650. 1で定義するケーブルカットオフ波長（ $\lambda_{cc}$ ）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。

[0035] （実施形態 1）

図 1 は、実施形態 1 に係る光ファイバの長手方向に垂直な面における模式的な断面図である。光ファイバ 1 は、石英系ガラスからなり、コア部 1 a と、コア部 1 a の外周を取り囲み、コア部 1 a の最大屈折率よりも屈折率が低

いクラッド部 1 b とを備える。なお、光ファイバ 1 におけるコア部 1 a とクラッド部 1 b とを備える部分は、光ファイバにおいてガラスからなる部分であり、ガラス光ファイバと記載する場合がある。また、光ファイバ 1 は、クラッド部 1 b の外周を取り囲むコーティング部 1 c を備える。コーティング部 1 c は、クラッド部 1 b の外周を取り囲むプライマリ層 1 c a と、プライマリ層 1 c a の外周を取り囲むセカンダリ層 1 c b とを有する。コーティング部 1 c を備える光ファイバは、光ファイバ心線と記載する場合がある。

[0036] クラッド部 1 b の外径（クラッド径）は、特に限定されないが、 $125\mu\text{m} \pm 10\mu\text{m}$  の範囲内であることが好ましい。また、クラッド径は、光ファイバ 1 の細径化の観点から、 $115\mu\text{m} \pm 10\mu\text{m}$  の範囲内であってもよく、 $105\mu\text{m} \pm 10\mu\text{m}$  の範囲内であってもよく、 $95\mu\text{m} \pm 10\mu\text{m}$  の範囲内であってもよく、 $85\mu\text{m} \pm 10\mu\text{m}$  の範囲内であってもよい。

[0037] セカンダリ層 1 c b の外径は、たとえば  $260\mu\text{m}$  以下であるが、クラッド径の細径化に応じて細径にしてもよい。また、プライマリ層 1 c a は、たとえばヤング率が  $0.2\text{MPa}$  以上  $3\text{MPa}$  以下の樹脂からなる。また、セカンダリ層 1 c b は、たとえばヤング率が  $5\text{MPa}$  以上  $2000\text{MPa}$  以下の樹脂からなる。

[0038] プライマリ層 1 c a を構成する樹脂、およびセカンダリ層 1 c b を構成する樹脂は、たとえば、紫外線硬化樹脂である。紫外線硬化樹脂は、たとえば、オリゴマー、希釈モノマー、光重合開始剤、シランカップリング剤、増感剤、滑剤等、各種の樹脂材料と添加剤とを配合したものである。オリゴマーとしては、ポリエーテル系ウレタンアクリレート、エポキシアクリレート、ポリエステルアクリレート、シリコンアクリレート等、従来公知の材料を用いることができる。希釈モノマーとしては、単官能モノマー、多官能モノマー等、従来公知の材料を用いることができる。また、添加剤は、上記したものに限定されず、紫外線硬化樹脂等に対して使用される従来公知の添加剤等を広く用いることができる。

[0039] 図 2 は、実施形態 1 に係る光ファイバの屈折率プロファイルおよび対応す

る残留応力の模式図である。図2に示す屈折率プロファイルは、いわゆるトレンチ型の屈折率プロファイルであり、比屈折率差を表している。図2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。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のセンタコアと、センタコアの外周を取り囲むように形成されており、屈折率がセンタコアの最大屈折率よりも小さく内径が2aで外径が2bの中間層と、中間層の外周を取り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2bで外径が2cのトレンチ層とで構成されている。プロファイルP11aはセンタコアの屈折率プロファイルであり、プロファイルP11bは中間層の屈折率プロファイルであり、プロファイルP11cはトレンチ層の屈折率プロファイルである。

[0040] センタコアは、コア部1aのなかで平均の屈折率が最大である部分である。クラッド部1bの平均屈折率に対するセンタコアの平均の最大比屈折率差は $\Delta 1$ である。トレンチ層は、センタコアの外周を取り囲み、クラッド部1bの平均屈折率に対する比屈折率差の最小値である $-\Delta_{\max}$ が負であり、低屈折率層の一例である。なお、図2において、 $-\Delta_{\max}$ は $\Delta 2$ と記載している。トレンチ層は、中間層が介在することによってセンタコアと離隔している。

[0041] 中間層では、径方向において、内側から外側へ比屈折率差が連続的に変化している。その結果、光ファイバ1では、径方向において、センタコアからトレンチ層へ比屈折率差が連続的に変化している。ここで、比屈折率差が連続的に変化するとは、当該比屈折率差を表す屈折率プロファイルが急激に屈曲せずに滑らかに変化し、その変化量が径方向において $1\mu\text{m}$ 当たり0.1%以下であることを意味する。これに対して、中間層とトレンチ層との境界は、比屈折率差の変化量で定義できる。たとえば、比屈折率差の変化量を中心側から見ていった場合、径方向において $1\mu\text{m}$ 当たり0.1%以下であればそこは中間層であり、0.1%を超えたら境界を越えてトレンチ層に移ったと言える。

[0042] なお、コア部 1 a のセンタコアの屈折率プロファイルは、幾何学的に理想的な形状のステップ型である場合だけでなく、頂部の形状が平坦ではなく製造特性により凹凸が形成されたり、頂部から裾を引くような形状となったりする場合がある。この場合、製造設計上のコア部 1 a のコア直径  $2a$ （センタコアの直径）の範囲内における、屈折率プロファイルの頂部で略平坦である領域の屈折率が、 $\Delta 1$  を決定する指標となる。なお、略平坦である領域が複数個所に分かれていると思われる場合や、あるいは連続的な変化が起こっていて略平坦である領域の定義が難しい場合も、隣の層に向かって急激に屈折率が変化する部分以外のコア部の少なくともいずれかの部分が下記の  $\Delta 1$  の範囲に入っていて、最大値と最小値との  $\Delta$  の差が、或る値  $\pm 30\%$  以内であれば、所望に近い特性を出すことが可能であることを確認しており、特に問題はない。

[0043] つぎに、光ファイバ 1 のコア部 1 a およびクラッド部 1 b の構成材料について説明する。コア部 1 a のセンタコアは、ゲルマニウム (Ge) が添加された石英ガラスからなる。Ge は、石英ガラスの屈折率を上昇させるドーパントである。また、トレンチ層は、その少なくとも一部が、屈折率を低下させるドーパントであるたとえばフッ素 (F) またはホウ素 (B) を含む石英ガラスからなる。中間層は、クラッド部 1 b と同じ成分またはそれに近い成分の石英ガラスからなる。

[0044] クラッド部 1 b は、たとえば、純石英ガラスからなる。純石英ガラスとは、屈折率を変化させるドーパントを実質的に含まず、波長  $1550\text{ nm}$  における屈折率が約  $1.444$  である、きわめて高純度の石英ガラスである。ただし、クラッド部 1 b にドーパントが添加されていてもよい。

[0045] ここで、図 2 にも示すように、光ファイバ 1 では、コア部 1 a が残留圧縮応力を有しており、特にセンタコアにおける残留圧縮応力は  $40\text{ MPa}$  以上  $150\text{ MPa}$  以下である。このようにセンタコアに大きな残留圧縮応力がある結果、センタコアには光弾性効果が働き、Ge などの屈折率を上昇させるドーパントによる屈折率上昇効果に加えて、光弾性効果により屈折率が上昇

する。したがって、同じ $\Delta 1$ を実現するためのドーパントの添加量を少なくできる。これにより、ドーパントによるレイリー散乱の発生を比較的少なくできるので、伝送損失を低減できる。また、 $\Delta 1$ を光弾性効果によって上昇させて低曲げ損失特性を実現できる。

[0046] センタコアにおける残留圧縮応力が40 MPa以上であれば、光弾性効果による屈折率上昇の効果が十分であり、実用上は150 MPa以下が好ましい。150 MPaより大きい残留圧縮応力が有るような場合は、後述する線引きの際の温度が低温であり、ガラス構造欠陥の生成により伝送損失が悪化してしまう可能性がある。

[0047] さらに、光ファイバ1では、クラッド部1bが残留引張応力を有している。その結果、コア部1aとクラッド部1bとで、残留応力の差が大きくなるので、比屈折率差も大きくなり、伝送損失の増加が抑制されながら低曲げ損失を実現する上で好ましい。

[0048] したがって、実施形態1に係る光ファイバ1は、伝送損失の増加が抑制されながら低曲げ損失であるという特性を有する。

[0049] なお、センタコアの $\Delta 1$ は、0.8%以下であれば、Geなどのドーパントを少なくでき、伝送損失の増加を抑制する点で好ましい。また、センタコアの $\Delta 1$ は、0.8%以下であれば、製造時に発泡が発生することを抑制する点でも好ましい。

[0050] また、センタコアの $\Delta 1$ は、0.25%よりも大きいことが好ましい。何故ならば、センタコアの $\Delta 1$ が0.25%以下であると、光の閉じ込め効果が弱くなり、曲げ損失の劣化や零分散波長が短波長に遷移するなどの恐れが発生するからである。

[0051] また、トレンチ層の $-\Delta_{\max} (\Delta 2)$ が $-0.5\%$ 以上 $-0.1\%$ 以下であれば、低曲げ損失を実現する点で好ましい。

[0052] また、光ファイバ1のコア部1aでは、センタコアの直径であるコア直径2a（図2参照）が $3\mu\text{m}$ 以上 $8\mu\text{m}$ 以下であり、トレンチ層の外径2c（図2参照）が $9\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。さらには、コ

コア直径  $2a$  が  $3.5\ \mu\text{m}$  以上  $7.5\ \mu\text{m}$  以上であり、トレんチ層の外径  $2c$  が  $9.5\ \mu\text{m}$  以上  $19\ \mu\text{m}$  以下であることがより好ましい。特に、コア直径  $2a$  が  $3.5\ \mu\text{m}$  以上  $5\ \mu\text{m}$  以下であり、トレんチ層の外径  $2c$  が  $12\ \mu\text{m}$  以上  $16\ \mu\text{m}$  以下であることがより一層好ましい。

[0053] コア直径  $2a$  を上記の範囲内にすることは、低曲げ損失、モードフィールド径、カットオフ波長および零分散波長といった光ファイバ1の特性をバランスよく得られる点で好ましい。たとえば、波長  $1550\ \text{nm}$  において伝送損失が  $0.190\ \text{dB/km}$  以下であり、波長  $1310\ \text{nm}$  においてモードフィールド径が  $8.6\ \mu\text{m}$  以上であり、ケーブルカットオフ波長が  $1260\ \text{nm}$  以下であり、零分散波長が  $1300\ \text{nm}$  以上である、という光ファイバ1の良好な特性をバランスよく得られる。特に、トレんチ層の外径  $2c$  の制御は、曲げ損失の低減を図るうえで有効である。

[0054] また、コア部1aとクラッド部1bとで、残留応力の差の最大値が  $40\ \text{MPa}$  以上  $220\ \text{MPa}$  以下であれば、伝送損失の増加が抑制されながら低曲げ損失を実現する上で好ましく、当該差の最大値が  $70\ \text{MPa}$  以上であればさらに好ましい。

[0055] また、トレんチ層における残留圧縮応力が  $20\ \text{MPa}$  以上  $200\ \text{MPa}$  以下であれば、トレんチ層が柔らかいことによって、コア部1aの構造緩和による低伝送損失化の効果が得られる。さらには、コア部1a全体を圧縮雰囲気にすることができるので、結果として光弾性効果による屈折率上昇が起こりやすい効果が得られる。

[0056] 図2に示すような残留応力を有する光ファイバ1は、たとえばVAD (Vapor-phase Axial Deposition) 法など、各種の母材作製方法を用いて作製した光ファイバ母材から光ファイバ1を線引きする際の線速や張力や温度を適切に調整することによって実現することができる。

[0057] (実施形態2)

つぎに、実施形態2に係る光ファイバについて説明する。実施形態2に係る光ファイバは、屈折率プロファイルがいわゆるW型である点が実施形態1

とは異なる。そこで以下では実施形態2に係る光ファイバの屈折率プロファイルの説明し、他の説明は適宜省略する。

[0058] 図3は、実施形態2に係る光ファイバの屈折率プロファイルの模式図である。図3に示す屈折率プロファイルは、W型の屈折率プロファイルであり、比屈折率差を表している。図3において、プロファイルP21がコア部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、コア部は、直径が $2a$ のセンタコアと、センタコアの外周を取り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。プロファイルP21aはセンタコアの屈折率プロファイルであり、プロファイルP21bはディプレスト層の屈折率プロファイルである。

[0059] センタコアは、コア部のなかで平均の屈折率が最大である部分である。クラッド部の平均屈折率に対するセンタコアの平均の最大比屈折率差は $\Delta 1$ である。ディプレスト層は、センタコアの外周を取り囲み、クラッド部の平均屈折率に対する比屈折率差での最小値である $-\Delta_{\max}$ が負であり、低屈折率層の一例である。なお、図3において、 $-\Delta_{\max}$ は $\Delta 2$ と記載している。ディプレスト層は、センタコアと隣接している。

[0060] ディプレスト層は、径方向において、内側から外側へ比屈折率差が連続的に変化している。その結果、実施形態2に係る光ファイバでは、径方向において、センタコアからディプレスト層へ比屈折率差が連続的に変化している。ここで、比屈折率差が連続的に変化するとは、当該比屈折率差を表す屈折率プロファイルが急激に屈曲せずに滑らかに変化し、その変化量が径方向において $1\mu\text{m}$ 当たり $0.1\%$ 以下であることを意味する。

[0061] 実施形態2に係る光ファイバでも、コア部が残留圧縮応力を有しており、特にセンタコアにおける残留圧縮応力は $40\text{MPa}$ 以上 $150\text{MPa}$ 以下である。このようにセンタコアに大きな残留圧縮応力がある結果、実施形態1の場合と同様に、同じ $\Delta 1$ を実現するためのドーパントの添加量を少なくで

きるので、伝送損失が低減できる。また、 $\Delta 1$  を光弾性効果によって上昇させて低曲げ損失特性を実現できる。

[0062] さらに、実施形態 2 に係る光ファイバでも、クラッド部が残留引張応力を有している。その結果、実施形態 1 の場合と同様に、伝送損失の増加が抑制されながら低曲げ損失を実現する上で好ましい。

[0063] したがって、実施形態 2 に係る光ファイバは、伝送損失の増加が抑制されながら低曲げ損失であるという特性を有する。

[0064] なお、センタコアの  $\Delta 1$  は、0.8%以下であれば、伝送損失の増加を抑制する点や、製造時に発泡が発生することを抑制する点で好ましい。また、センタコアの  $\Delta 1$  は、0.25%よりも大きいことが好ましい。何故ならば、センタコアの  $\Delta 1$  が 0.25%以下であると、光の閉じ込め効果が弱くなり、曲げ損失の劣化や零分散波長が短波長に遷移するなどの恐れが発生するからである。

[0065] また、ディプレスト層の  $-\Delta_{\max} (\Delta 2)$  が  $-0.5\%$  以上  $-0.1\%$  以下であれば、低曲げ損失を実現する点で好ましい。

[0066] また、実施形態 2 に係る光ファイバのコア部では、センタコアの直径であるコア直径  $2a$  (図 3 参照) が  $3\mu\text{m}$  以上  $8\mu\text{m}$  以下であり、ディプレスト層の外径  $2b$  (図 3 参照) が  $9\mu\text{m}$  以上  $20\mu\text{m}$  以下であることが好ましい。さらには、コア直径  $2a$  が  $3.5\mu\text{m}$  以上  $7.5\mu\text{m}$  以上であり、ディプレスト層の外径  $2b$  が  $9.5\mu\text{m}$  以上  $19\mu\text{m}$  以下であることがより好ましい。特に、コア直径  $2a$  が  $3.5\mu\text{m}$  以上  $5\mu\text{m}$  以下であり、ディプレスト層の外径  $2b$  が  $12\mu\text{m}$  以上  $16\mu\text{m}$  以下であることがより一層好ましい。

[0067] コア直径  $2a$  を上記の範囲内にすることは、低曲げ損失、モードフィールド径、カットオフ波長および零分散波長といった実施形態 2 に係る光ファイバの特性をバランスよく得られる点で好ましい。たとえば、波長  $1550\text{nm}$  において伝送損失が  $0.190\text{dB/km}$  以下であり、波長  $1310\text{nm}$  においてモードフィールド径が  $8.6\mu\text{m}$  以上であり、ケーブルカットオフ波長が  $1260\text{nm}$  以下であり、零分散波長が  $1300\text{nm}$  以上である、と

いう実施形態2に係る光ファイバの良好な特性をバランスよく得られる。特に、ディプレスト層の外径 $2b$ の制御は、曲げ損失の低減を図るうえで有効である。

[0068] また、コア部とクラッド部とで、残留応力の差の最大値が $40\text{ MPa}$ 以上 $220\text{ MPa}$ 以下であれば、伝送損失の増加が抑制されながら低曲げ損失を実現する上で好ましく、当該差の最大値が $70\text{ MPa}$ 以上であればさらに好ましい。

[0069] また、ディプレスト層における残留圧縮応力が $20\text{ MPa}$ 以上 $200\text{ MPa}$ 以下であれば、低曲げ損失を実現する点で好ましい。

[0070] また、実施形態1、2に係る光ファイバは、波長 $1550\text{ nm}$ において伝送損失が $0.190\text{ dB/km}$ 以下であれば、低伝送損失であり好ましい。

[0071] また、波長 $1310\text{ nm}$ においてモードフィールド径が $8.6\text{ }\mu\text{m}$ 以上であり、ケーブルカットオフ波長が $1260\text{ nm}$ 以下であり、零分散波長が $1300\text{ nm}$ 以上であれば、ITU-T G652.Dの規格の少なくとも一部を満たす光ファイバであるので好ましい。

[0072] また、波長 $1550\text{ nm}$ において、直径 $20\text{ mm}$ で巻いたときのマクロベンド損失が $0.1\text{ dB/turn}$ 以下であれば、低曲げ損失であり、ITU-T G657.A2の規格の少なくとも一部を満たす光ファイバであるので好ましい。

[0073] (実施例)

本発明の実施例として、図2に示す屈折率プロファイルを有する実施例1～6の光ファイバを製造した。実施例1～6の光ファイバを製造する際は、線引き時の線速や張力や温度を適切に調整することによって残留応力を調整した。

[0074] 一方、比較例として、図4に示す屈折率プロファイルを有する光ファイバを製造した。比較例の光ファイバを製造する際は、線引き時の線速や張力や温度を適切に調整することによってセンタコアの残留圧縮応力がゼロになるように調整した。

- [0075] 図4は、比較例に係る光ファイバの屈折率プロファイルの模式図である。図4において、プロファイルP31がコア部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。プロファイルP31aはセンタコアの屈折率プロファイルであり、プロファイルP31bは中間層の屈折率プロファイルであり、プロファイルP31cはトレンチ層の屈折率プロファイルである。
- [0076] 図4の屈折率プロファイルでは、図2の屈折率プロファイルとは異なり、径方向において、センタコアからトレンチ層へ比屈折率差が非連続的に変化している。すなわち、屈折率プロファイルが中間層とトレンチ層との境界付近で急激に屈曲し、その変化量は径方向において1  $\mu\text{m}$  当たり0.1%よりも大きい。
- [0077] 比較例と実施例1～6の光ファイバの特性とを表1に示す。「コア圧縮応力」は、センタコアの残留圧縮応力の最大値である。「クラッド引張応力」は、クラッド部の残留引張応力の最大値である。「圧縮応力付与前 $\Delta 1$ 」は、Geによる屈折率の上昇に起因する $\Delta 1$ の量である。「圧縮応力付与後 $\Delta 1$ 」は、線引きにより圧縮応力を付与した後の $\Delta 1$ の量である。「圧縮応力による $\Delta 1$ 上昇」は、圧縮応力による光弾性効果に起因する $\Delta 1$ の上昇量である。「MFD」は、波長1310nmでの値である。「マクロベンド損失」は、波長1550nmにおける値であり、「 $\phi 30$ 」、「 $\phi 20$ 」は、光ファイバを巻くときの直径である。
- [0078] 表1に示すように、実施例1～6のいずれも、伝送損失の増加が抑制されながら低曲げ損失であった。特に、「 $\phi 20$ 」の特性については、実施例1～6のいずれも、ITU-T G657.A2の規格を満たしていた。具体的には、実施例1では、コア圧縮応力が80MPaであり、クラッド引張応力が30MPaであり、圧縮応力により $\Delta 1$ は0.33%から0.42%と0.09%だけ上昇した。この場合、波長1550nmにおいて伝送損失が0.176dB/kmであり、波長1310nmにおいてMFDが9.02  $\mu\text{m}$ であり、ケーブルカットオフ波長が1236nmであり、零分散波長が

1311 nmであった。また、波長1550 nmにおけるマクロバンド損失は、直径20 mmで巻いたときに0.048 dB／turnであり、直径30 mmで巻いたときに0.014 dB／turnであった。

[0079]

[表1]

(表1)

| 実施例  | コア<br>圧縮<br>応力<br>[MPa] | クラッド<br>引張<br>応力<br>[MPa] | 圧縮<br>応力<br>付与前<br>$\Delta 1$ [%] | 圧縮<br>応力<br>付与後<br>$\Delta 1$ [%] | 圧縮応力<br>による<br>$\Delta 1$ 上昇<br>[%] | $-\Delta_{\max}$<br>[%] | 伝送損失[dB/km]                |                            | MFD<br>[ $\mu\text{m}$ ] | $\lambda_{\text{cc}}$<br>[nm] | $\lambda_0$<br>[nm] | マクロバンド損失<br>[dB/turn] |                   |
|------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|
|      |                         |                           |                                   |                                   |                                     |                         | @1.31<br>[ $\mu\text{m}$ ] | @1.55<br>[ $\mu\text{m}$ ] |                          |                               |                     | $\phi 30$<br>[mm]     | $\phi 20$<br>[mm] |
| 比較例  | 0                       | 5                         | 0.33                              | —                                 | —                                   | −0.27                   | 0.331                      | 0.187                      | 9.37                     | 1170                          | 1307                | 0.551                 | 1.506             |
| 実施例1 | 80                      | 30                        | 0.33                              | 0.42                              | 0.09                                | −0.18                   | 0.326                      | 0.176                      | 9.02                     | 1236                          | 1311                | 0.014                 | 0.048             |
| 実施例2 | 50                      | 22                        | 0.46                              | 0.54                              | 0.08                                | −0.13                   | 0.331                      | 0.188                      | 8.261                    | 1267                          | 1310                | 0.001                 | 0.001             |
| 実施例3 | 90                      | 22                        | 0.40                              | 0.50                              | 0.10                                | −0.16                   | 0.332                      | 0.186                      | 8.312                    | 1270                          | 1310                | 0.002                 | 0.005             |
| 実施例4 | 50                      | 20                        | 0.36                              | 0.38                              | 0.02                                | −0.22                   | 0.341                      | 0.192                      | 9.13                     | 1238                          | 1306                | 0.15                  | 0.058             |
| 実施例5 | 150                     | 50                        | 0.36                              | 0.46                              | 0.10                                | −0.14                   | 0.348                      | 0.194                      | 8.95                     | 1372                          | 1305                | 0.001                 | 0.004             |
| 実施例6 | 40                      | 15                        | 0.40                              | 0.46                              | 0.06                                | −0.2                    | 0.330                      | 0.186                      | 8.399                    | 1189                          | 1309                | 0.006                 | 0.014             |

[0080] なお、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で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

[0081] 以上のように、本発明に係る光ファイバは、伝送損失の増加が抑制されながら低曲げ損失である光ファイバの実現に適している。

### 符号の説明

[0082] 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 : プライマリ層  
1 c b : セカンダリ層  
P 1 1、P 1 1 a、P 1 1 b、P 1 1 c、P 1 2、P 2 1、P 2 1 a、P 2 1 b、P 2 2、P 3 1、P 3 1 a、P 3 1 b、P 3 1 c、P 3 2 : プロファイル

## 請求の範囲

- [請求項1]           コア部と、  
                    前記コア部の最大屈折率よりも屈折率が低く、前記コア部の外周を取り囲むクラッド部と、  
                    を備え、  
                    前記コア部は、ゲルマニウムが添加されたセンタコアと、前記センタコアの外周を取り囲み、前記クラッド部の平均屈折率に対する比屈折率差の最小値である $-\Delta_{\max}$ が負である低屈折率層と、を含み、  
                    前記センタコアにおける残留圧縮応力が40MPa以上150MPa以下であり、  
                    前記クラッド部の平均屈折率に対する前記センタコアの平均の最大比屈折率差である $\Delta_1$ は0.8%以下である  
                    光ファイバ。
- [請求項2]           前記 $-\Delta_{\max}$ が $-0.5\%$ 以上 $-0.1\%$ 以下である  
                    請求項1に記載の光ファイバ。
- [請求項3]           前記低屈折率層は、前記センタコアと離隔したトレンチ層である  
                    請求項1または2に記載の光ファイバ。
- [請求項4]           前記センタコアの直径が $3\mu\text{m}$ 以上 $8\mu\text{m}$ 以下であり、前記トレンチ層の外径が $9\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下である  
                    請求項3に記載の光ファイバ。
- [請求項5]           前記センタコアの直径が $3.5\mu\text{m}$ 以上 $7.5\mu\text{m}$ 以下であり、前記トレンチ層の外径が $9.5\mu\text{m}$ 以上 $19\mu\text{m}$ 以下である  
                    請求項4に記載の光ファイバ。
- [請求項6]           前記センタコアの直径が $3.5\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下であり、前記トレンチ層の外径が $12\mu\text{m}$ 以上 $16\mu\text{m}$ 以下である  
                    請求項5に記載の光ファイバ。
- [請求項7]           前記低屈折率層は、前記センタコアと隣接したディプレスト層である

請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

[請求項 8] 前記センタコアの直径が  $3\ \mu\text{m}$  以上  $8\ \mu\text{m}$  以下であり、前記ディプレスト層の外径が  $9\ \mu\text{m}$  以上  $20\ \mu\text{m}$  以下である

請求項 7 に記載の光ファイバ。

[請求項 9] 前記センタコアの直径が  $3.5\ \mu\text{m}$  以上  $7.5\ \mu\text{m}$  以下であり、前記ディプレスト層の外径が  $9.5\ \mu\text{m}$  以上  $19\ \mu\text{m}$  以下である

請求項 8 に記載の光ファイバ。

[請求項 10] 前記センタコアの直径が  $3.5\ \mu\text{m}$  以上  $5\ \mu\text{m}$  以下であり、前記ディプレスト層の外径が  $12\ \mu\text{m}$  以上  $16\ \mu\text{m}$  以下である

請求項 9 に記載の光ファイバ。

[請求項 11] 径方向において、前記センタコアから前記低屈折率層へ比屈折率差が連続的に変化している

請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

[請求項 12] 前記比屈折率差が連続的に変化するとは、前記比屈折率差を表す屈折率プロファイルが急激に屈曲せずに滑らかに変化し、その変化量が径方向において  $1\ \mu\text{m}$  当たり  $0.1\%$  以下であることを意味する

請求項 11 に記載の光ファイバ。

[請求項 13] 前記低屈折率層における残留圧縮応力が  $20\text{MPa}$  以上  $200\text{MPa}$  以下である

請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

[請求項 14] 前記低屈折率層は、フッ素を含む

請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

[請求項 15] 波長  $1550\text{nm}$  において伝送損失が  $0.190\text{dB/km}$  以下であり、波長  $1310\text{nm}$  においてモードフィールド径が  $8.6\ \mu\text{m}$  以上であり、ケーブルカットオフ波長が  $1260\text{nm}$  以下であり、零分散波長が  $1300\text{nm}$  以上である

請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

[請求項 16] 波長  $1550\text{nm}$  において、直径  $20\text{mm}$  で巻いたときのマクロベ

ンド損失が0. 1 d B / t u r n 以下である

請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

[請求項17] クラッド径が  $125\text{ }\mu\text{m} \pm 10\text{ }\mu\text{m}$  の範囲内である

請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

[請求項18] クラッド径が  $115\text{ }\mu\text{m} \pm 10\text{ }\mu\text{m}$  の範囲内である

請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

[請求項19] クラッド径が  $105\text{ }\mu\text{m} \pm 10\text{ }\mu\text{m}$  の範囲内である

請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

[請求項20] クラッド径が  $95\text{ }\mu\text{m} \pm 10\text{ }\mu\text{m}$  の範囲内である

請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

[請求項21] クラッド径が  $85\text{ }\mu\text{m} \pm 10\text{ }\mu\text{m}$  の範囲内である

請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

[請求項22] 前記クラッド部の外周を取り囲むプライマリ層と、前記プライマリ層の外周を取り囲むセカンダリ層とを含むコーティング部をさらに備え、

前記セカンダリ層の外径は  $260\text{ }\mu\text{m}$  以下であり、

前記プライマリ層はヤング率が  $0.2\text{ MPa}$  以上  $3\text{ MPa}$  以下の樹脂からなり、

前記セカンダリ層はヤング率が  $5\text{ MPa}$  以上  $2000\text{ MPa}$  以下の樹脂からなる

請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

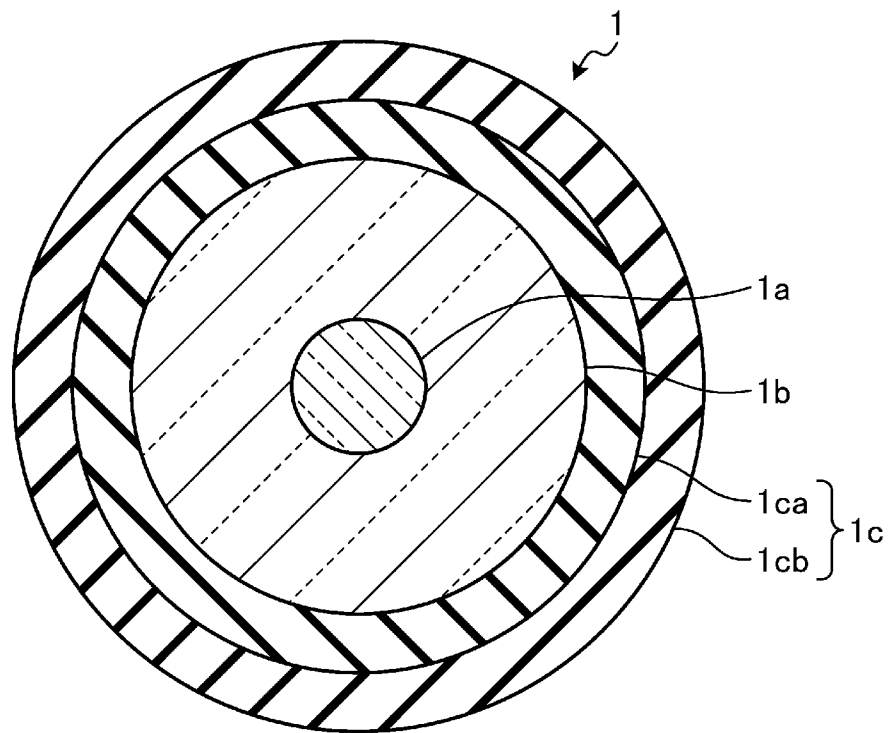
[請求項23] 前記コア部と前記クラッド部とで、残留応力の差の最大値が  $40\text{ MPa}$  以上  $220\text{ MPa}$  以下である

請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

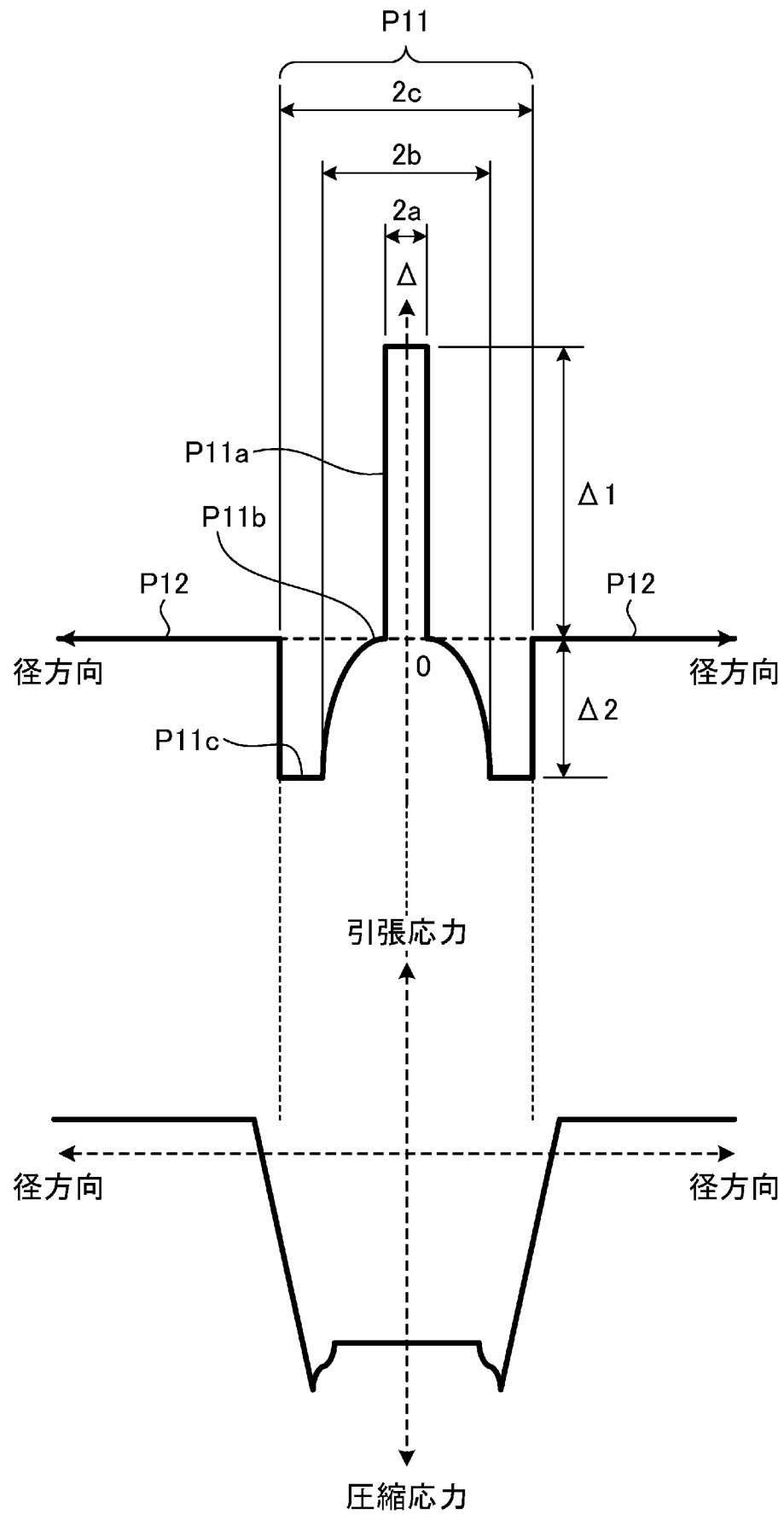
[請求項24] 前記コア部と前記クラッド部とで、残留応力の差の最大値が  $70\text{ MPa}$  以上  $220\text{ MPa}$  以下である

請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

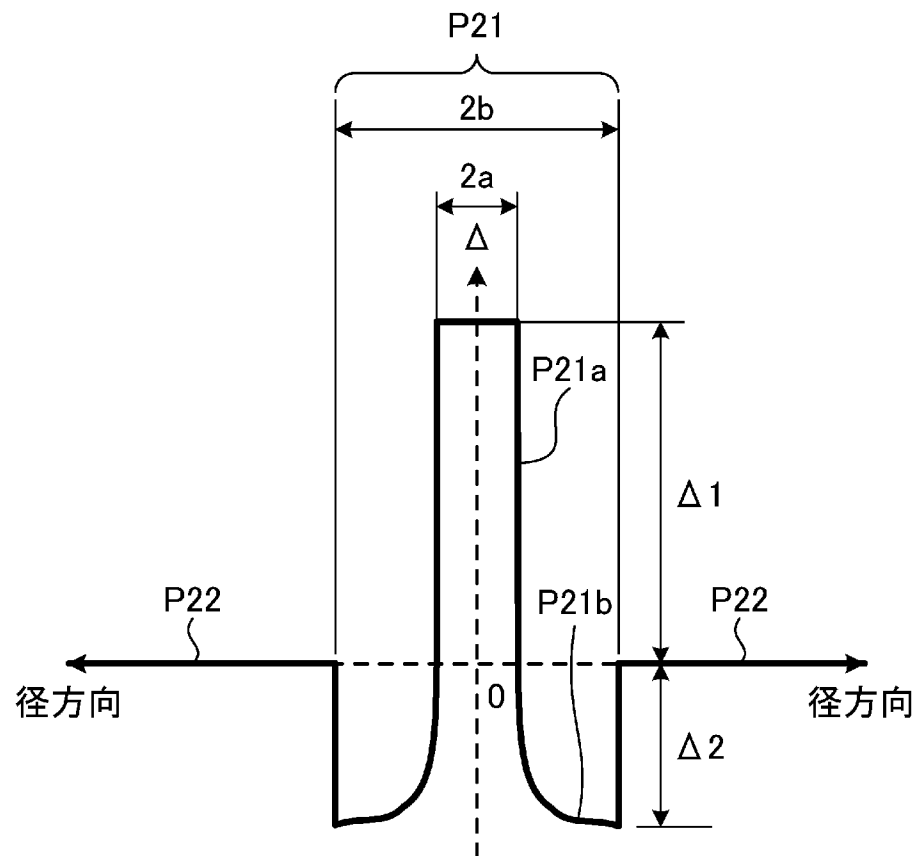
[図1]



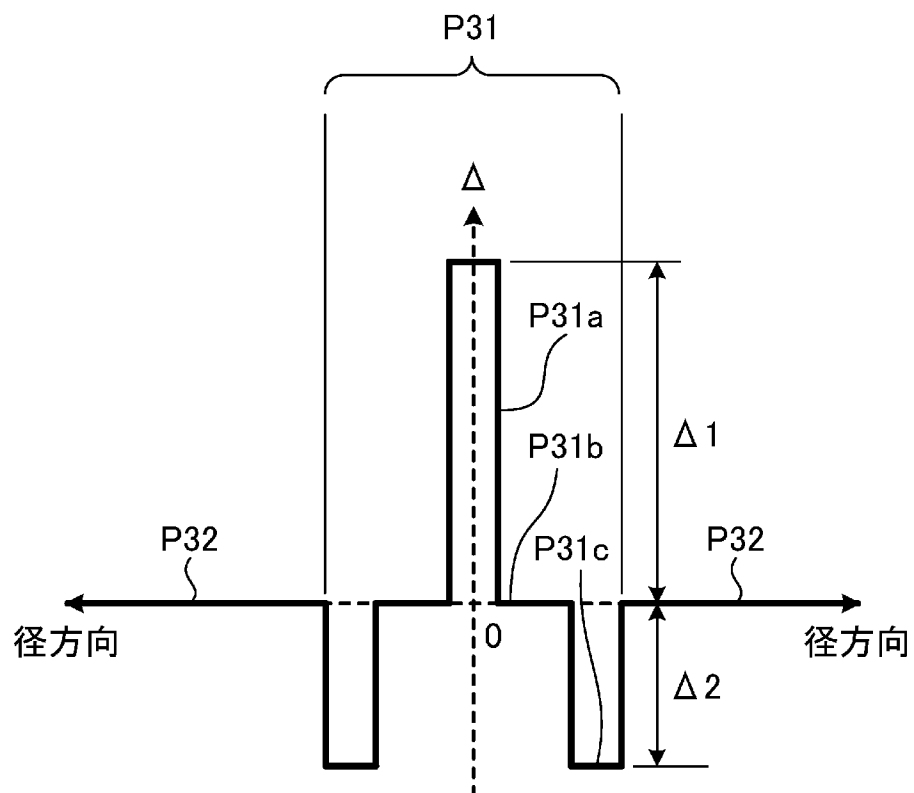
[図2]



[図3]



[図4]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/040547

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G02B 6/036**(2006.01)i; **C03B 37/027**(2006.01)i; **C03C 25/1065**(2018.01)i; **G02B 6/44**(2006.01)i

FI: G02B6/036; G02B6/44 331; C03B37/027 A; 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)

G02B6/02-6/10; G02B6/44; C03B37/027; C03C25/1065;

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 1971-2022  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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         | JP 2013-235264 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD) 21 November 2013 (2013-11-21)<br>paragraphs [0029]-[0035], [0039], [0047], fig. 2, 4     | 1, 3, 11-12,<br>14-21, 23-24 |
| Y         |                                                                                                                                               | 13                           |
| A         |                                                                                                                                               | 2, 4-10, 22                  |
| Y         | WO 2020/013297 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD) 16 January 2020 (2020-01-16)<br>paragraphs [0020], [0034], [0048]-[0049], fig. 2, 7, 10 | 13                           |
| A         |                                                                                                                                               | 1-12, 14-24                  |
| A         | JP 2003-207675 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD) 25 July 2003 (2003-07-25)<br>paragraphs [0048]-[0053], fig. 4                            | 1-24                         |
| A         | US 2011/0044596 A1 (ZHANG, Fanghai et al.) 24 February 2011 (2011-02-24)<br>paragraph [0007], fig. 1                                          | 1-24                         |

☐ 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

16 December 2022

Date of mailing of the international search report

10 January 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)  
 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/JP2022/040547**

| Patent document<br>cited in search report |              |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s)                                                                                             | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|--------------|----|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| JP                                        | 2013-235264  | A  | 21 November 2013                     | US 2013/0302000 A1<br>paragraphs [0035]-[0041],<br>[0045], [0053], fig. 2, 4<br>CN 103389541 A                      |                                      |
| WO                                        | 2020/013297  | A1 | 16 January 2020                      | US 2021/0132291 A1<br>paragraphs [0034], [0052],<br>[0076]-[0077], fig. 2, 7, 10<br>EP 3822673 A1<br>CN 112384835 A |                                      |
| JP                                        | 2003-207675  | A  | 25 July 2003                         | (Family: none)                                                                                                      |                                      |
| US                                        | 2011/0044596 | A1 | 24 February 2011                     | WO 2011/020315 A1<br>EP 2420875 A1<br>CN 101634728 A                                                                |                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                |                              |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |             |            |             |            |             |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>G02B 6/036(2006.01)i; C03B 37/027(2006.01)i; C03C 25/1065(2018.01)i; G02B 6/44(2006.01)i<br>FI: G02B6/036; G02B6/44 331; C03B37/027 A; 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））<br>G02B6/02-6/10; G02B6/44; C03B37/027; C03C25/1065;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                |                              |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |             |            |             |            |             |            |
| 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>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022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 | 1971-2022年 | 日本国実用新案登録公報 | 1996-2022年 | 日本国登録実用新案公報 | 1994-2022年 |
| 日本国実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1922-1996年                                                                                                                                                                                                     |                              |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |             |            |             |            |             |            |
| 日本国公開実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1971-2022年                                                                                                                                                                                                     |                              |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |             |            |             |            |             |            |
| 日本国実用新案登録公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1996-2022年                                                                                                                                                                                                     |                              |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |             |            |             |            |             |            |
| 日本国登録実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1994-2022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<br>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<br>請求項の番号               |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |             |            |             |            |             |            |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | JP 2013-235264 A（住友電気工業株式会社）21.11.2013（2013-11-21）<br>段落[0029]-[0035], [0039], [0047], 図2, 4                                                                                                                   | 1, 3, 11-12,<br>14-21, 23-24 |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |             |            |             |            |             |            |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                | 13                           |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |             |            |             |            |             |            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                | 2, 4-10, 22                  |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |             |            |             |            |             |            |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | WO 2020/013297 A1（住友電気工業株式会社）16.01.2020（2020-01-16）<br>段落[0020], [0034], [0048]-[0049], 図2, 7, 10                                                                                                              | 13                           |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |             |            |             |            |             |            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                | 1-12, 14-24                  |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |             |            |             |            |             |            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | JP 2003-207675 A（住友電気工業株式会社）25.07.2003（2003-07-25）<br>段落[0048]-[0053], 図4                                                                                                                                      | 1-24                         |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |             |            |             |            |             |            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | US 2011/0044596 A1（ZHANG Fanghai, et al.）24.02.2011（2011-02-24）<br>段落[0007], 図1                                                                                                                                | 1-24                         |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |             |            |             |            |             |            |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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<br/>           “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの<br/>           “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<br/>           “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）<br/>           “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br/>           “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>           “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<br/>           “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<br/>           “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<br/>           “&amp;” 同一パテントファミリー文献         </td> </tr> </table> |                                                                                                                                                                                                                |                              | * 引用文献のカテゴリー<br>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの<br>“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<br>“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）<br>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>“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<br>“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<br>“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<br>“&” 同一パテントファミリー文献 |             |            |             |            |             |            |
| * 引用文献のカテゴリー<br>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの<br>“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<br>“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）<br>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>“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<br>“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<br>“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<br>“&” 同一パテントファミリー文献 |                              |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |             |            |             |            |             |            |
| 国際調査を完了した日<br>16.12.2022                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 国際調査報告の発送日<br>10.01.2023                                                                                                                                                                                       |                              |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |             |            |             |            |             |            |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>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）<br><br>坂上 大貴 2L 1567<br><br>電話番号 03-3581-1101 内線 3293                                                                                                                                          |                              |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                |             |            |             |            |             |            |

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/JP2022/040547

| 引用文献 |              |    | 公表日        | パテントファミリー文献                                                                                             | 公表日 |
|------|--------------|----|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| JP   | 2013-235264  | A  | 21.11.2013 | US 2013/0302000 A1<br>段落[0035]-[0041], [0045],<br>[0053], 図2, 4<br>CN 103389541 A                       |     |
| WO   | 2020/013297  | A1 | 16.01.2020 | US 2021/0132291 A1<br>段落[0034], [0052], [0076]-<br>[0077], 図2, 7, 10<br>EP 3822673 A1<br>CN 112384835 A |     |
| JP   | 2003-207675  | A  | 25.07.2003 | (ファミリーなし)                                                                                               |     |
| US   | 2011/0044596 | A1 | 24.02.2011 | WO 2011/020315 A1<br>EP 2420875 A1<br>CN 101634728 A                                                    |     |