

(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6月22日(22.06.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/112968 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 6/036 (2006.01) **G02B 6/028** (2006.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/046080
(22) 国際出願日: 2022年12月14日(14.12.2022)
(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 2021-202601 2021年12月14日(14.12.2021) JP
(71) 出願人: 住友電気工業株式会社
(**SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.**)
[JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜
四丁目5番33号 Osaka (JP).

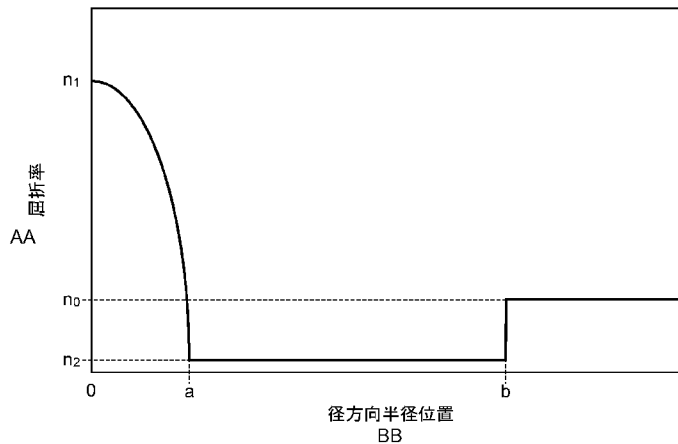
(72) 発明者: 井上 裕基(**INOUE Hiroki**); 〒5410041
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住
友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 森田 圭省
(**MORITA Keisei**); 〒5410041 大阪府大阪市中央
区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会
社内 Osaka (JP). 斎藤 崇広(**SAITO Takahiro**);
〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番
33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).
(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(**HASEGAWA Yoshiki**
et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二
丁目1番1号丸の内 **M Y P L A Z A**
(明治安田生命ビル) 9階 創英国際特
許法律事務所 Tokyo (JP).

(54) Title: OPTICAL FIBER

(54) 発明の名称: 光ファイバ

$$n(r) = n_1 \left[1 - 2\Delta_1 \left(\frac{r}{a} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \quad (0 \leq r \leq a) \quad (1)$$

$$\Delta_1 = \frac{n_1^2 - n_0^2}{2n_1^2} \quad (2)$$



AA Refractive index
BB Radial position in radial direction

(57) Abstract: An optical fiber (1) is provided with: a core (10) having a maximum refractive index n_1 ; cladding (30) which is disposed around the core (10) and which has a refractive index n_0 lower than the maximum refractive index n_1 ; and a depressed part (20) which is disposed between the core (10) and the cladding (30) and which has a refractive index n_2 lower than the refractive index n_0 . The relative refractive index difference between the maximum refractive index n_1 and the refractive index n_0 is denoted by Δ_1 , the shape of the refractive index

(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))

distribution $n(r)$ of the core (10) is defined by equation (1) and equation (2) with respect to the radial distance r from the central axis of the core (10). The multiplier α in equation (1) is 1.5-10. The outer diameter $2a$ of the core (10) is 8-14 μm . The ratio b/a of the outer diameter $2b$ of the depressed part (20) to the outer diameter $2a$ of the core is 4.2-7.0.

(57) 要約: 光ファイバ(1)は、最大屈折率 n_1 を有するコア(10)と、コア(10)の周囲に設けられ、最大屈折率 n_1 より低い屈折率 n_0 を有するクラッド(30)と、コア(10)とクラッド(30)との間に設けられ、屈折率 n_0 より低い屈折率 n_2 を有するディプレスト(20)と、を備える。最大屈折率 n_1 と屈折率 n_0 との比屈折率差を Δ_1 としたとき、コア(10)の屈折率分布 $n(r)$ は、コア(10)の中心軸からの径方向距離 r に対して式(1)及び式(2)によりその形状が規定される。式(1)における α 乗数は、1.5以上10以下である。コア(10)の外径 $2a$ は、8 μm 以上14 μm 以下である。ディプレスト(20)の外径 $2b$ とコアの外径 $2a$ との比 b/a は、4.2以上7.0以下である。

明 細 書

発明の名称：光ファイバ

技術分野

[0001] 本開示は、光ファイバに関する。本出願は、2021年12月14日出願の日本出願第2021-202601号に基づく優先権を主張し、前記日本出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。

背景技術

[0002] 特許文献1には、ITU-T G. 652勧告に準拠する汎用的なシングルモード光ファイバ(SMF)と同様のMAC値を有すると共に、曲げ損失を抑制することができる光ファイバが開示されている。MAC値は、波長1310nmにおけるモードフィールド径(MFD) [μm] をファイバカットオフ波長 λ_c [μm] で割った値である。この光ファイバでは、コアの径方向の屈折率分布が、 α 乗数により規定される分布になっている。

[0003] 特許文献2には、曲げ損失及び波長別損失差を最小化すると共に、短い遮断波長特性を維持することができる光ファイバが開示されている。この光ファイバでは、コアの外側にトレンチ層が設けられている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2018-189914号公報

特許文献2：特開2013-88818号公報

発明の概要

[0005] 本開示の光ファイバは、最大屈折率 n_1 を有するコアと、コアの周囲に設けられ、最大屈折率 n_1 より低い屈折率 n_0 を有するクラッドと、コアとクラッドとの間に設けられ、屈折率 n_0 より低い屈折率 n_2 を有するディプレストと、を備える。最大屈折率 n_1 と屈折率 n_0 との比屈折率差を Δ_1 としたとき、コアの屈折率分布 $n(r)$ は、コアの中心軸からの径方向距離 r に対して式(1)及び式(2)によりその形状が規定される。式(1)における α 乗数は

、1.5以上10以下である。コアの外径 $2a$ は、 $8\mu\text{m}$ 以上 $14\mu\text{m}$ 以下である。ディプレストの外径 $2b$ とコアの外径 $2a$ との比 b/a は、4.2以上7.0以下である。

[数1]

$$n(r) = n_1 \left[1 - 2\Delta_1 \left(\frac{r}{a} \right)^\alpha \right]^{\frac{1}{2}} \quad (0 \leq r \leq a) \quad (1)$$

[数2]

$$\Delta_1 = \frac{n_1^2 - n_0^2}{2n_1^2} \quad (2)$$

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図1は、実施形態に係る光ファイバの断面を示す図である。

[図2]図2は、光ファイバの屈折率プロファイルである。

[図3]図3は、比 b/a と曲げ損失との関係を示すグラフである。

[図4]図4は、比 b/a と零分散波長との関係を示すグラフである。

[図5]図5は、比 b/a と波長 $1.55\mu\text{m}$ における波長分散との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0007] [本開示が解決しようとする課題]

特許文献1に開示された光ファイバでは、コアが α 乗型の屈折率分布を有することによって曲げ損失が抑制されるものの、十分ではない。特許文献2に開示された光ファイバでは、トレンチ層によって曲げ損失特性が改善するものの、分散特性及びファイバカットオフ波長 λ_c などの他の光学特性が変化するので、屈折率プロファイルの設計が複雑になる。

[0008] 本開示は、他の光学特性に影響を与えることなく、曲げ損失を更に抑制することが可能な光ファイバを提供することを目的とする。

[本開示の効果]

[0009] 本開示によれば、他の光学特性に影響を与えることなく、曲げ損失を更に抑制することが可能な光ファイバを提供することができる。

[本開示の実施態様の説明]

最初に本開示の実施態様を列記して説明する。本開示の一実施態様に係る光ファイバは、最大屈折率 n_1 を有するコアと、コアの周囲に設けられ、最大屈折率 n_1 より低い屈折率 n_0 を有するクラッドと、コアとクラッドとの間に設けられ、屈折率 n_0 より低い屈折率 n_2 を有するディプレストと、を備える。最大屈折率 n_1 と屈折率 n_0 との比屈折率差を Δ_1 としたとき、コアの屈折率分布 $n(r)$ は、コアの中心軸からの径方向距離 r に対して式(1)及び式(2)によりその形状が規定される。式(1)における α 乗数は、1.5以上10以下である。コアの外径 $2a$ は、 $8\mu\text{m}$ 以上 $14\mu\text{m}$ 以下である。ディプレストの外径 $2b$ とコアの外径 $2a$ との比 b/a は、4.2以上7.0以下である。

[0010] この光ファイバでは、コアが α 乗型の屈折率分布を有し、 α 乗数が10以下なので、曲げ損失を抑制することができる。また、 α 乗数が1.5以上なので、分散特性を調整することができる。ディプレストの外径 $2b$ とコアの外径 $2a$ との比 b/a は、4.2以上なので、曲げ損失を更に抑制することができる。また、比 b/a は、7.0以下なので、コア換算長が短くなって製造効率が低下することを抑制できる。ここで、コア換算長とは、所定長のコア部のガラス母材から得られる光ファイバの長さである。

[0011] 比 b/a は、6.0より大きくてもよい。この場合、曲げ損失を一層抑制することができる。

[0012] 式(2)で示される比屈折率差 Δ_1 は、0.30%以上0.50%以下であってもよい。比屈折率差 Δ_1 を0.30%以上とすることにより、零分散波長を1300nm以上とすることができる。比屈折率差 Δ_1 を0.50%以下とすることにより、零分散波長を1324nm以下とすることができる。これにより、ITU-T G.657.Aシリーズの規格である零分散波長1300nm以上1324nm以下を満たすことができる。

[0013] 式(3)で示される比屈折率差 Δ_2 は、-0.12%以上0%未満であってもよい。-0.12%以上であれば、ディプレスト層に添加する添加物の量

が少なく済む。したがって、製造が容易であり、添加する際に使用するガスの量を削減することができる。また、0%未満であることにより、ディプレスト層による曲げ損失の抑制効果を確実に得ることができる。

[数3]

$$A_2 = \frac{n_2^2 - n_0^2}{2n_2^2} \quad (3)$$

[0014] 零分散波長は、1300nm以上1324nm以下であってもよい。この場合、零分散波長の規格が満足される。

[0015] 波長1.55μmにおける波長分散は、13.3ps/nm/km以上18.6ps/nm/km以下であってもよい。この場合、波長1.55μmにおける波長分散の規格が満足される。

[0016] [本開示の実施形態の詳細]

本開示の光ファイバの具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。なお、本発明はこれらの例示に限定されるものではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及び範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0017] 図1は、実施形態に係る光ファイバの断面を示す図である。図1に示されるように、光ファイバ1は、コア10と、ディプレスト20と、クラッド30とを備える。コア10は、中心軸10aを有している。中心軸10aは、光ファイバ1の中心軸と一致している。コア10は、最大屈折率 n_1 と外径2aとを有する。コア10は、中心軸10aで最大屈折率 n_1 を有する。外径2aは、8μm以上14μm以下である。コア10は、たとえば、GeO₂を含むシリカガラスからなる。

[0018] コア10の屈折率を高くすると、光エネルギーの閉じ込め力が強くなる結果、曲げ損失特性が向上する。しかしながら、MFDが小さくなるので、汎用的なSMFとの間でMFD不整合が大きくなる。よって、融着時の接続損失が大きくなる。加えて、コア10のGeドーパント濃度を高くすると、光

の散乱による伝送損失が増大する。よって、光ファイバ1では、他の手法により曲げ損失の抑制を図っている。

[0019] ディプレスト20は、コア10の周囲に設けられている。ディプレスト20は、コア10とクラッド30との間に設けられている。ディプレスト20は、コア10とクラッド30とに接している。ディプレスト20は、屈折率 n_2 と外径 $2b$ とを有する。屈折率 n_2 は、最大屈折率 n_1 より低い($n_2 < n_1$)。ディプレスト20は、たとえば、フッ素を含むシリカガラスからなる。ディプレスト20を設けることで曲げ損失特性を改善できる。

[0020] クラッド30は、コア10及びディプレスト20の周囲に設けられている。クラッド30は、屈折率 n_0 を有する。屈折率 n_0 は、最大屈折率 n_1 より低く、屈折率 n_2 より高い($n_2 < n_0 < n_1$)。クラッド30は、たとえば、純シリカガラスからなる。上記式(2)で示される比屈折率差 Δ_1 は、 0.30% 以上 0.55% 以下である($0.30\% \leq \Delta_1 \leq 0.55\%$)。比屈折率差 Δ_1 は、コア10の中心軸10aとクラッド30との比屈折率差である。上記式(3)で示される比屈折率差 Δ_2 は、 -0.12% 以上 0% 未満である($-0.12\% \leq \Delta_2 < 0\%$)。比屈折率差 Δ_2 は、ディプレスト20とクラッド30との比屈折率差である。

[0021] 光ファイバ1の零分散波長は、たとえば、 1300 nm 以上 1324 nm 以下である。波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における波長分散は、 13.3 ps/nm/km 以上 18.6 ps/nm/km 以下である。

[0022] 光ファイバ1は、G.657.Aシリーズに準拠する汎用的SMFと同等のMAC値を有している。光ファイバ1のMAC値は、たとえば、 6.7 以上、かつ、 7.5 以下(7.1 ± 0.4)である。MAC値は、 7.1 以下であってもよい。

[0023] 一般的に、曲げ損失特性はMAC値で整理することができ、MAC値が大きいほど曲げ損失特性は悪化する。MAC値が 7.5 を超えると、屈折率分布次第で曲げ損失が、G.657.Aシリーズの規格から外れる可能性がある。MAC値が 6.7 を下回ると、ファイバカットオフ波長 λ_c が大きくな

ってG. 657. Aシリーズの規格 ($\leq 1260\text{ nm}$) を上回り、信号光のシングルモード動作を保証できなくなる。

[0024] 外径2bと外径2aとの比 b/a は、4.2以上7.0以下である。比 b/a は、6.0より大きくてもよい。コア／ディプレストの界面と、ディプレスト／クラッドの界面との間の距離（界面間距離）が長いほど、光エネルギーの閉じ込め力が強くなる。よって、光ファイバ1を曲げたときの光エネルギーの漏れが抑制され、曲げ損失が向上する。特許文献1に記載の発明では、比 b/a が2.4から4.0である。このように比 b/a が小さい場合、界面間距離が短くなるため、光エネルギーの閉じ込め力が弱くなる。よって、曲げ損失特性が悪化する。

[0025] 一方、比 b/a が大き過ぎる場合、コア換算長が短くなるので、製造効率の低下及び製造コストの増加を招く。MAC値が汎用的SMFのMAC値の範囲 (7.1 ± 0.4) の上限である7.5の場合でも、G. 657. A2規格を満たすことができる比 b/a は7.0である。よって、光ファイバ1では、比 b/a の上限を7.0に設定した。

[0026] 図2は、光ファイバの屈折率プロファイルである。横軸は、径方向半径位置、すなわち、中心軸10aからの径方向距離 r を示す。縦軸は、屈折率を示す。コアは、 α 乗数が1.5以上10以下である α 乗型の屈折率分布を有する。すなわち、コア10の径方向の屈折率分布 $n(r)$ は、中心軸10aからの径方向距離 r に対して式(1)に示す α 乗数によりその形状が規定される。 α 乗数は、1.5以上10以下である。

[0027] 光ファイバ1となるプリフォーム母材は、VAD (Vapor-phase Axial Deposition) 法、多層付け法であるOVD (Outside Vapor Deposition) 法、及び、複数本バーナによる多層付け法であるMMD法のいずれかを用いて製造される。コア部の作製時に導入される SiCl_4 及び GeCl_4 の流量、水素及び酸素などの助燃性ガスの流量、回転速度、トラバース速度を変更することにより、 α 乗数を調整することができる。

[0028] 特許文献2に開示された光ファイバでは、トレンチ層によって曲げ損失特

性が向上する。しかしながら、VAD法又はOVD法で低屈折率部を形成するためには、屈折率が異なる複数の層を形成する必要がある。また、深いトレンチ層を形成するために、添加物を多く添加する必要がある。よって、プリフォーム母材の作製に必要な工程及び製造コストが増加する。本実施形態では、 CF_4 ガスを流すことによって浅いディプレスト部を形成するので、生産性を向上させることができる。光ファイバ1は、ディプレスト20を備えることにより、曲げ損失を抑制することができる。

[0029] 続いて、シミュレーションによる実験結果について説明する。G. 657. Aシリーズの規格を満たすようにMFD及びファイバカットオフ波長 λ_c を設定し、比 b/a を変化させたときに、各特性がどうなるかを計算した。

[0030] 表1は、実験例1から26の光ファイバの緒元をまとめた表である。表1では、比屈折率差 Δ_1 [%]、比屈折率差 Δ_2 [%]、 α 乗数、外径 $2a$ 、外径 $2b$ 、比 b/a 、MAC値、曲げ半径10mmで10ターン巻いたときの波長1550nmにおける曲げ損失[dB/10turn]、零分散波長[nm]、及び、波長1.55 μm における波長分散[ps/nm/km]が示されている。規格であるG. 657. A2では、波長1550nmにおける曲げ損失が1.0dB/10turn以下であることが求められている。また、G657. A1では、波長1550nmにおける曲げ損失が7.5dB/10turn以下であることが求められている。

[0031]

[表1]

実験例	Δ_1 [%]	Δ_2 [%]	α 乗数	2a [μm]	2b [μm]	b/a	MAC	曲げ損失 [dB/10turn@1550nm]	零分散波長 [nm]	1.55 μm 分散 [ps/nm/km]
1	0.36	-0.06	2	10.2	40.8	4.0	7.1	8.83	1312.94	16.16
2	0.36	-0.06	2	10.3	43.3	4.2	7.1	7.17	1312.96	16.16
3	0.36	-0.06	2	10.1	44.4	4.4	7.1	5.83	1312.99	16.16
4	0.36	-0.06	2	10.5	48.3	4.6	7.1	4.74	1313.01	16.16
5	0.36	-0.06	2	9.8	47.0	4.8	7.1	3.85	1313.04	16.17
6	0.36	-0.06	2	10.0	50.0	5.0	7.1	3.13	1313.06	16.17
7	0.36	-0.06	2	10.6	55.1	5.2	7.1	2.54	1313.09	16.17
8	0.36	-0.06	2	9.5	51.3	5.4	7.1	2.06	1313.11	16.17
9	0.36	-0.06	2	9.7	54.3	5.6	7.1	1.68	1313.14	16.17
10	0.36	-0.06	2	10.1	58.6	5.8	7.1	1.36	1313.16	16.18
11	0.36	-0.06	2	10.2	61.2	6.0	7.1	1.11	1313.19	16.18
12	0.36	-0.06	2	9.8	60.8	6.2	7.1	0.90	1313.21	16.18
13	0.36	-0.06	2	9.9	63.4	6.4	7.1	0.73	1313.24	16.18
14	0.36	-0.06	2	10.2	67.3	6.6	7.1	0.59	1313.26	16.19
15	0.36	-0.06	2	10.2	69.4	6.8	7.1	0.48	1313.29	16.19
16	0.36	-0.06	2	9.9	69.3	7.0	7.1	0.39	1313.35	16.20
17	0.36	-0.06	2	9.6	67.2	7.0	7.5	0.98	1320.95	15.69
18	0.36	-0.06	2	10.2	69.4	6.8	7.5	1.21	1320.45	15.71
19	0.26	-0.06	2	10.0	54.0	5.4	7.1	5.05	1298.45	13.98
20	0.46	-0.06	2	10.2	55.1	5.4	7.1	0.92	1321.22	15.32
21	0.56	-0.06	2	9.8	52.9	5.4	7.1	0.38	1328.65	17.67
22	0.36	-0.06	30	9.9	41.6	4.2	7.1	7.61	1303.76	17.38
23	0.36	-0.06	10	10.2	42.8	4.2	7.1	7.42	1305.41	16.38
24	0.36	-0.06	5	10.0	42.0	4.2	7.1	7.30	1307.73	16.32
25	0.36	-0.06	1.5	10.1	42.4	4.2	7.1	7.26	1320.86	15.86
26	0.36	-0.06	1.3	10.0	42.0	4.2	7.1	7.34	1324.51	15.42

[0032] 図3は、比 b/a と曲げ損失との関係を示すグラフである。横軸は、比 b/a を示す。縦軸は、曲げ半径10mmで10ターン巻いたときの波長1550nmにおける曲げ損失[dB/10turn]を示す。図3では、実験例1から16の結果が示されている。実施例1から16では、比屈折率差 Δ_1 [%]、比屈折率差 Δ_2 [%]、MFD、及びファイバカットオフ波長 λ_c が同じ値に設定されている。図3に示されるように、比 b/a が大きいほど曲げ損失が低くなる。比 b/a を4.2よりも小さくすると($b/a < 4.2$)、曲げ損失がG. 657. A1規格よりも大きくなってしまふ。比 b/a を6.0よりも大きくすると($b/a > 6.0$)、曲げ損失をG. 657. A2規格よりも小さくすることができる。

[0033] 図4は、比 b/a と零分散波長との関係を示すグラフである。横軸は、比 b/a を示す。縦軸は、零分散波長[nm]を示す。図4では、実験例1か

ら16の結果が示されている。図4に示されるように、零分散波長は、比 b/a の大小に関わらず、ほとんど一定である。

[0034] 図5は、比 b/a と波長 $1.55\mu\text{m}$ における波長分散との関係を示すグラフである。横軸は、比 b/a を示す。縦軸は、波長 $1.55\mu\text{m}$ における波長分散 $[\text{ps}/\text{nm}/\text{km}]$ を示す。図5では、実験例1から16の結果が示されている。図5に示されるように、波長 $1.55\mu\text{m}$ における波長分散は、比 b/a の大小に関わらず、ほとんど一定である。

[0035] 実験例15と実験例18との比較、及び、実験例16と実験例17との比較により、MAC値が大きくなると曲げ損失が悪化することが確認できる。

[0036] 実験例17、18の結果から、MAC値が7.5の場合、比 b/a を6.8よりも大きくすることで($b/a > 6.8$)、G.657.A2規格を満たすことができる。上述のように、比 b/a が大き過ぎると生産性が低下するので、比 b/a の上限を7.0として評価を行った。

[0037] 実験例8及び実験例19から21の結果から、比屈折率差 Δ_1 が0.3%未満($\Delta_1 < 0.3\%$)であると、零分散波長が規格である 1300nm よりも短くなることがわかる。比屈折率差 Δ_1 が0.5%を超えると($\Delta_1 > 0.5\%$)、零分散波長が規格である 1324nm よりも長くなることがわかる。よって、比屈折率差 Δ_1 は、0.30%以上0.50%以下を満たす必要がある。

[0038] 実験例22から26の結果から、 α 乗数が大きいと曲げ損失が規格よりも大きくなることがわかる。 α 乗数が小さいと零波長分散が規格よりも長くなることがわかる。

[0039] これらの結果から、比 b/a が4.2以上7.0以下の範囲で、G.657.Aシリーズの規格を満足できること、及び、比 b/a の大小は零分散波長や $1.55\mu\text{m}$ 分散などの他の光学特性にほとんど影響を与えないことが確認できた。

符号の説明

[0040] 1…光ファイバ

10…コア

10a…中心軸

20…ディプレスト

30…クラッド

請求の範囲

- [請求項1] 最大屈折率 n_1 を有するコアと、
 前記コアの周囲に設けられ、前記最大屈折率 n_1 より低い屈折率 n_0 を有するクラッドと、
 前記コアと前記クラッドとの間に設けられ、前記屈折率 n_0 より低い屈折率 n_2 を有するディプレストと、
 を備え、
 前記最大屈折率 n_1 と前記屈折率 n_0 との比屈折率差を Δ_1 としたとき、前記コアの屈折率分布 $n(r)$ は、前記コアの中心軸からの径方向距離 r に対して式(1)及び式(2)によりその形状が規定され、
 式(1)における α 乗数は、1.5以上10以下であり、
 前記コアの外径 $2a$ は、 $8\mu\text{m}$ 以上 $14\mu\text{m}$ 以下であり、
 前記ディプレストの外径 $2b$ と前記コアの外径 $2a$ との比 b/a は、4.2以上7.0以下である、
 光ファイバ。

[数1]

$$n(r) = n_1 \left[1 - 2\Delta_1 \left(\frac{r}{a} \right)^{\alpha} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (0 \leq r \leq a) \quad (1)$$

[数2]

$$\Delta_1 = \frac{n_1^2 - n_0^2}{2n_1^2} \quad (2)$$

- [請求項2] 前記比 b/a は、6.0より大きい、
 請求項1に記載の光ファイバ。
- [請求項3] 前記式(2)で示される比屈折率差 Δ_1 は、0.30%以上0.50%以下である、
 請求項1または請求項2に記載の光ファイバ。
- [請求項4] 前記屈折率 n_2 と前記屈折率 n_0 との比屈折率差を Δ_2 としたとき、
 式(3)で示される比屈折率差 Δ_2 は、 -0.12% 以上0%未満で

ある、

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の光ファイバ。

[数3]

$$\Delta_2 = \frac{n_2^2 - n_0^2}{2n_2^2} \quad (3)$$

[請求項5] 零分散波長は、1 3 0 0 n m 以上 1 3 2 4 n m 以下である、

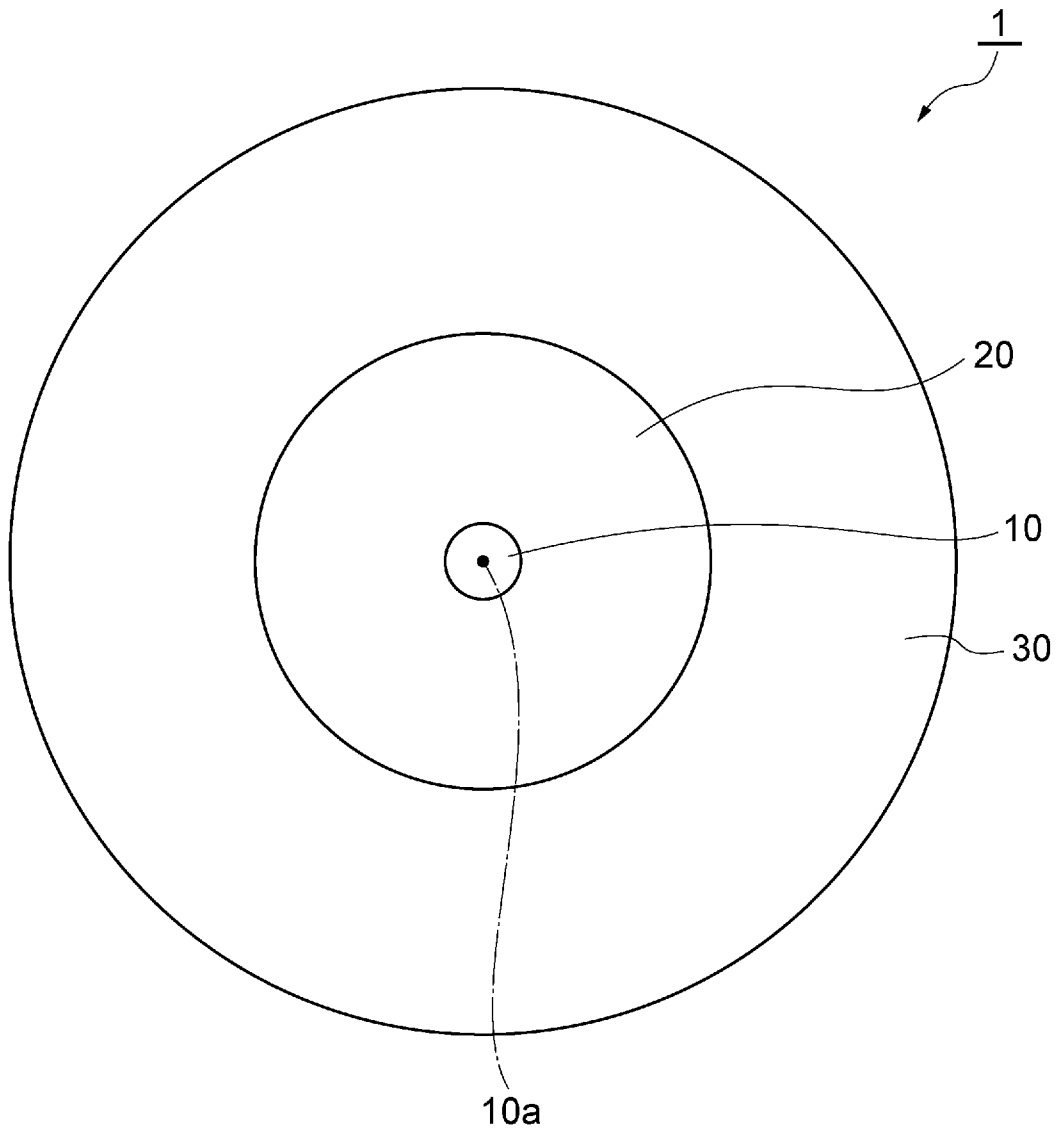
請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の光ファイバ。

[請求項6] 波長 1 . 5 5 μ m における波長分散は、1 3 . 3 p s / n m / k m

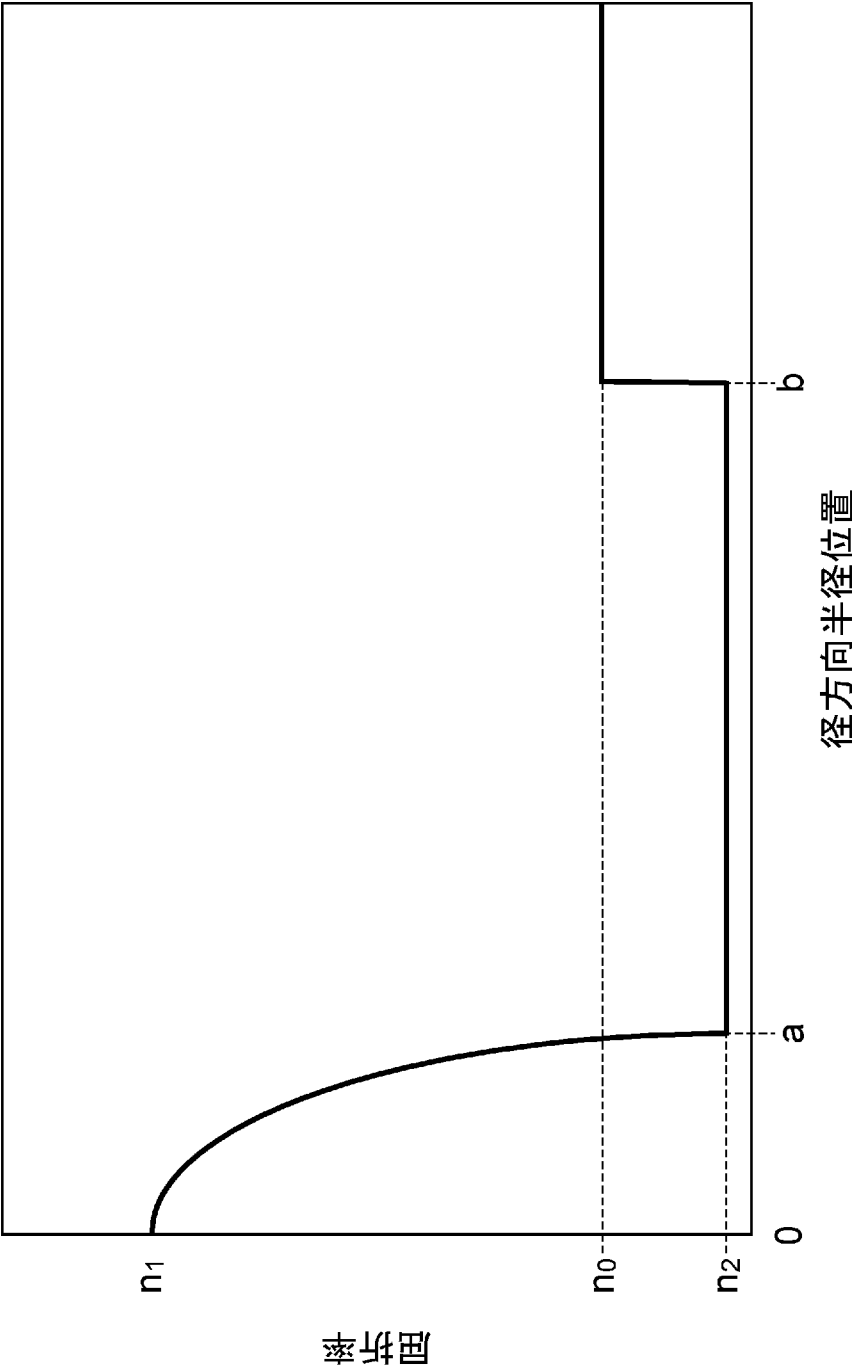
以上 1 8 . 6 p s / n m / k m 以下である、

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の光ファイバ。

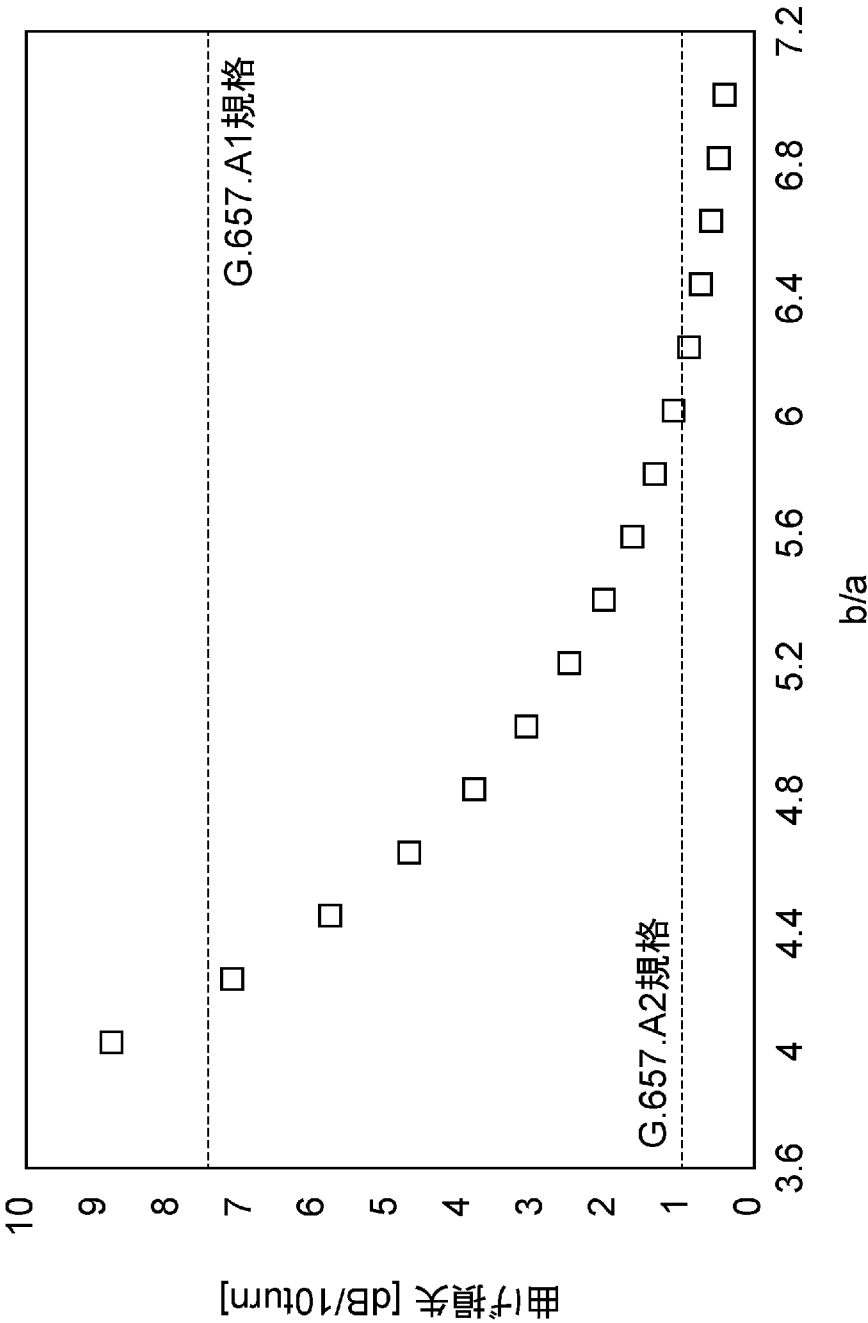
[図1]



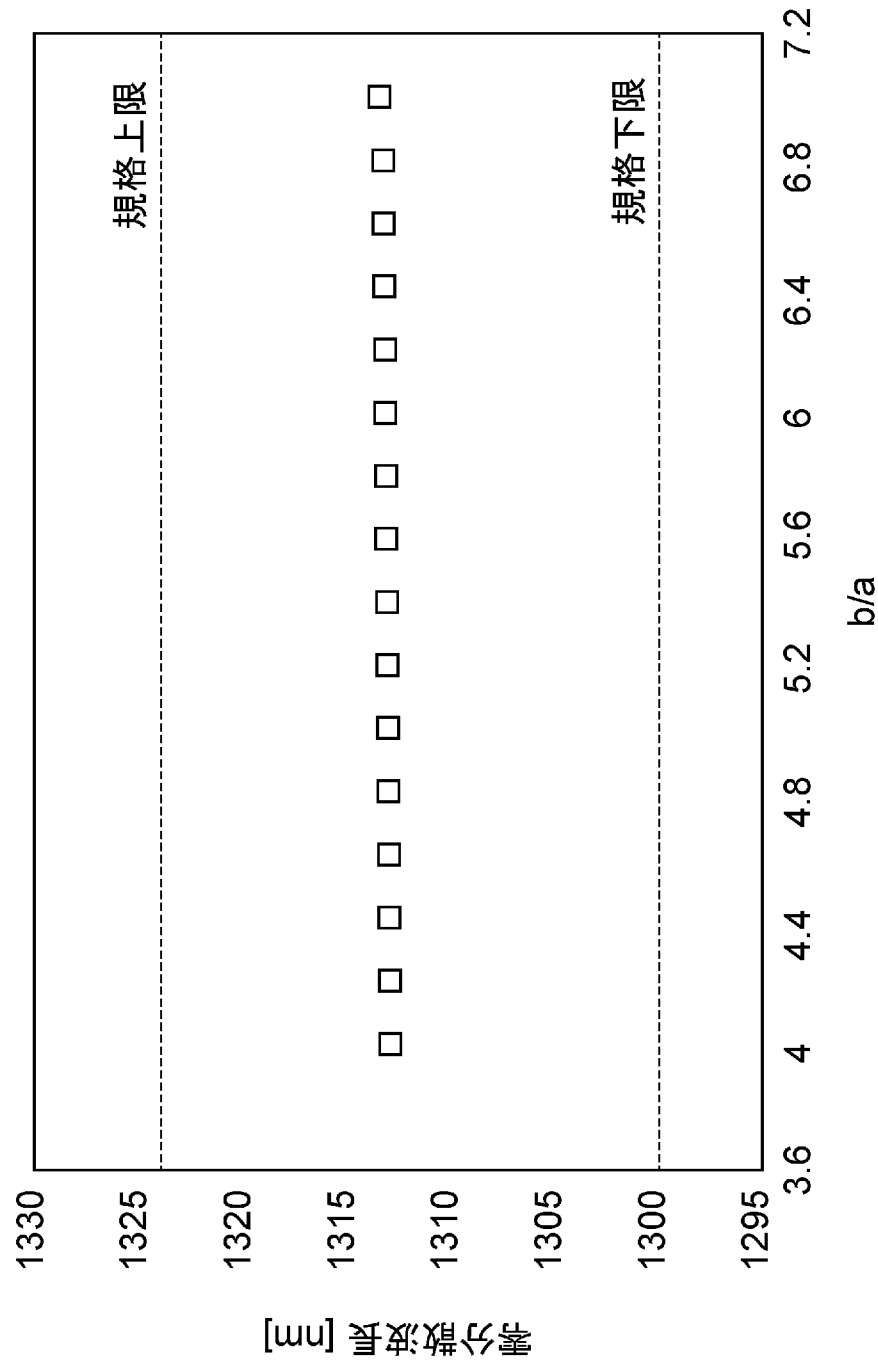
[図2]



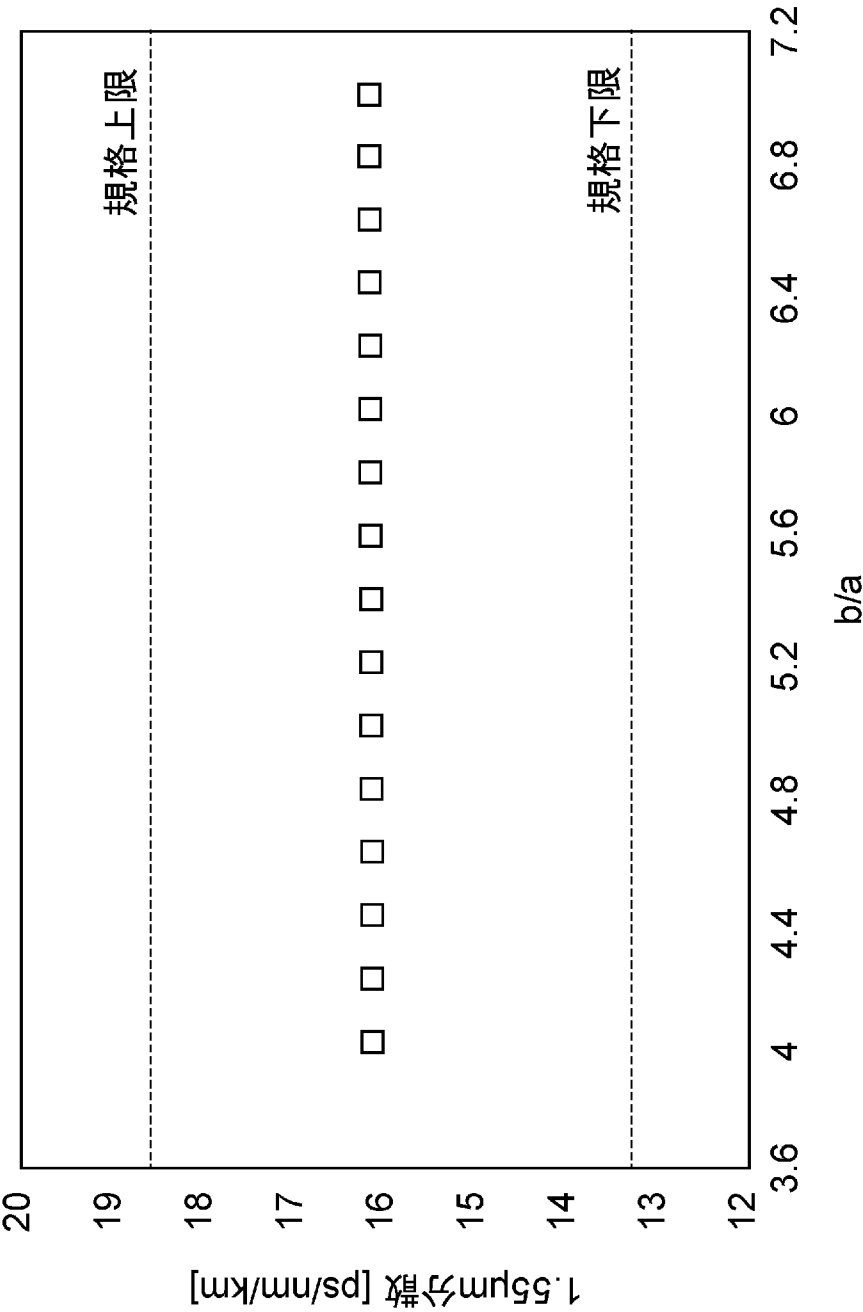
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/046080

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G02B 6/036**(2006.01)i; **G02B 6/028**(2006.01)i

FI: G02B6/036; G02B6/028

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

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 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2019/017324 A1 (FUJIKURA LTD.) 24 January 2019 (2019-01-24) paragraphs [0022]-[0036], [0056]-[0071], fig. 1, 2, tables 1, 2	1-6
A	JP 2014-526066 A (CORNING INC.) 02 October 2014 (2014-10-02) entire text, all drawings	1-6
A	WO 2019/172022 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD) 12 September 2019 (2019-09-12) entire text, all drawings	1-6
A	JP 2010-526749 A (CORNING INC.) 05 August 2010 (2010-08-05) entire text, all drawings	1-6
A	JP 2018-533079 A (CORNING INC.) 08 November 2018 (2018-11-08) entire text, all drawings	1-6



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 January 2023

Date of mailing of the international search report

31 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/JP2022/046080

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2019/017324	A1	24 January 2019	EP 3657223 A1 paragraphs [0023]-[0037], [0052]-[0057], fig. 1, 2, tables 1, 2	
				CN 110914726 A	
JP	2014-526066	A	02 October 2014	US 2013/0044987 A1 entire text, all drawings	
				WO 2013/028513 A1	
				EP 3505983 A1	
				KR 10-2014-0051315 A	
				CN 103827709 A	
WO	2019/172022	A1	12 September 2019	US 2020/0393614 A1 entire text, all drawings	
				CN 111788506 A	
				KR 10-2020-0128548 A	
JP	2010-526749	A	05 August 2010	US 2008/0279515 A1 entire text, all drawings	
				WO 2008/136929 A1	
				EP 2145218 A1	
				CN 101688947 A	
JP	2018-533079	A	08 November 2018	US 2017/0075061 A1 entire text, all drawings	
				WO 2017/048827 A1	
				EP 3350633 A1	
				CN 108055866 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 6/036(2006.01)i; G02B 6/028(2006.01)i FI: G02B6/036; G02B6/028										
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）） G02B6/02-6/10; G02B6/44										
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの										
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2023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	1971-2023年	日本国実用新案登録公報	1996-2023年	日本国登録実用新案公報	1994-2023年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2023年									
日本国実用新案登録公報	1996-2023年									
日本国登録実用新案公報	1994-2023年									
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）										
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
X	WO 2019/017324 A1 (株式会社フジクラ) 24.01.2019 (2019-01-24) 段落[0022]-[0036], [0056]-[0071], 図1-2, 表1-2	1-6								
A	JP 2014-526066 A (コーニング インコーポレイテッド) 02.10.2014 (2014-10-02) 全文, 全図	1-6								
A	WO 2019/172022 A1 (住友電気工業株式会社) 12.09.2019 (2019-09-12) 全文, 全図	1-6								
A	JP 2010-526749 A (コーニング インコーポレイテッド) 05.08.2010 (2010-08-05) 全文, 全図	1-6								
A	JP 2018-533079 A (コーニング インコーポレイテッド) 08.11.2018 (2018-11-08) 全文, 全図	1-6								
☐ 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 “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 </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 “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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 “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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 “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 23.01.2023		国際調査報告の発送日 31.01.2023								
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） 堀部 修平 2L 2647 電話番号 03-3581-1101 内線 3255								

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/JP2022/046080

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2019/017324	A1	24.01.2019	EP	3657223	A1	
				段落[0023]-[0037], [0052]-[0057], 図 1 - 2, 表 1 - 2			
				CN	110914726	A	
JP	2014-526066	A	02.10.2014	US	2013/0044987	A1	
				全文, 全図			
				WO	2013/028513	A1	
				EP	3505983	A1	
				KR	10-2014-0051315	A	
				CN	103827709	A	
WO	2019/172022	A1	12.09.2019	US	2020/0393614	A1	
				全文, 全図			
				CN	111788506	A	
				KR	10-2020-0128548	A	
JP	2010-526749	A	05.08.2010	US	2008/0279515	A1	
				全文, 全図			
				WO	2008/136929	A1	
				EP	2145218	A1	
				CN	101688947	A	
JP	2018-533079	A	08.11.2018	US	2017/0075061	A1	
				全文, 全図			
				WO	2017/048827	A1	
				EP	3350633	A1	
				CN	108055866	A	