

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第6部門第2区分  
 【発行日】令和5年6月7日(2023.6.7)

【国際公開番号】WO2022/085244  
 【出願番号】特願2022-556403(P2022-556403)

【国際特許分類】

G 0 2 B 6 / 4 4 ( 2 0 0 6 . 0 1 )

【 F I 】

G 0 2 B 6 / 4 4 3 6 6

10

G 0 2 B 6 / 4 4 3 3 1

【手続補正書】

【提出日】令和5年4月20日(2023.4.20)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

20

上記目的の達成のため、本発明は、コア及び前記コアを囲うクラッドを含むガラス部、前記クラッドを覆うプライマリ被覆層、及び前記プライマリ被覆層を覆うセカンダリ被覆層を含む複数の光ファイバと、複数の前記光ファイバを内部空間に収容するシースと、を備える光ファイバケーブルであって、前記光ファイバは、前記ガラス部の曲げ剛性を  $H_f$  ( $\text{Pa} \cdot \text{m}^4$ )、前記セカンダリ被覆層の耐変形性を  $D_o$  ( $\text{Pa}$ )、前記セカンダリ被覆層の曲げ剛性を  $H_o$  ( $\text{Pa} \cdot \text{m}^4$ )、前記ガラス部のヤング率を  $E_g$  ( $\text{GPa}$ )、前記プライマリ被覆層のヤング率を  $E_p$  ( $\text{MPa}$ )、前記セカンダリ被覆層のヤング率を  $E_s$  ( $\text{MPa}$ )、前記ガラス部の外径を  $d_f$  ( $\mu\text{m}$ )、前記プライマリ被覆層の外周面の半径を  $R_p$  ( $\mu\text{m}$ )、前記セカンダリ被覆層の外周面の半径を  $R_s$  ( $\mu\text{m}$ )、前記プライマリ被覆層の厚さを  $t_p$  ( $\mu\text{m}$ )、及び前記セカンダリ被覆層の厚さを  $t_s$  ( $\mu\text{m}$ ) とする場合に、

30

$$F_{\mu\text{BL}_G} = \frac{K_s^2}{H_f^2 \times D_o^{0.375} \times H_o^{0.625}}$$

$$K_s = \frac{E_p d_f}{t_p}, H_f = \frac{\pi}{4} E_g \left(\frac{d_f}{2}\right)^4, D_o = E_p + \left(\frac{t_s}{R_s \times 2}\right)^3 E_s, H_o = \frac{\pi}{4} E_s (R_s^4 - R_p^4)$$

で表される前記光ファイバのジオメトリマイクロバンドロス特性  $F_{\mu\text{BL}_G}$  ( $\text{Pa}^{-1} \cdot \text{m}^{-10.5}$ ) と、前記光ファイバを伝搬する導波モードにおける伝搬定数と放射モードにおける伝搬定数との差を伝搬定数差 ( $\text{rad/m}$ ) とする場合に、

40

$$F_{\mu\text{BL}_{\Delta\beta}} = \frac{1}{(\Delta\beta)^8}$$

で表される前記光ファイバの光学マイクロバンドロス特性  $F_{\mu\text{BL}_}$  ( $1 / (\text{rad} / \text{m})^8$ ) と、を有し、前記内部空間の空隙率  $a$  と前記内部空間に収容される前記光ファイバの心数  $b$  とを用いて前記光ファイバケーブルのケーブル特性  $D_c$  を以下の式で規定する

50

場合に、

$$Dc=(0.5-a)^2/b$$

以下の式で表されるマイクロバンドロス特性因子  $F_{\mu BL\_G}$  の値が  $1.2 \times 10^{-9}$  以下であることを特徴とするものである。

$$F_{\mu BL\_G\Delta\beta}=F_{\mu BL\_G} \times F_{\mu BL\_G\Delta\beta} \times Dc$$

10

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0050

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0050】

20

30

40

50

表1

サンプルNO.	1	2	3	4	5
ガラス部の外径( $\mu\text{m}$ )	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
プライマリ被覆層の外径( $\mu\text{m}$ )	115.0	115.0	115.0	115.0	115.0
セカンダリ被覆層の外径( $\mu\text{m}$ )	153.0	153.0	153.0	153.0	153.0
ガラス部のヤング率(GPa)	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0
プライマリ被覆層のヤング率(MPa)	0.15	0.15	0.17	0.14	0.15
セカンダリ被覆層のヤング率(MPa)	1751	1724	1242	1143	1751
プライマリ被覆層の厚さ( $\mu\text{m}$ )	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
セカンダリ被覆層の厚さ( $\mu\text{m}$ )	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
被覆厚さ( $\mu\text{m}$ )	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5
ガラス部の曲げ剛性( $\text{Pa}\cdot\text{m}^4$ )	$1.49\times 10^{-7}$	$1.49\times 10^{-7}$	$1.49\times 10^{-7}$	$1.49\times 10^{-7}$	$1.49\times 10^{-7}$
セカンダリ被覆層の曲げ剛性( $\text{Pa}\cdot\text{m}^4$ )	$3.21\times 10^{-8}$	$3.16\times 10^{-8}$	$2.28\times 10^{-8}$	$2.09\times 10^{-8}$	$3.21\times 10^{-8}$
$\kappa_s(\text{Pa})$	$7.0\times 10^5$	$6.9\times 10^5$	$7.8\times 10^5$	$6.5\times 10^5$	$7.0\times 10^5$
セカンダリ被覆層の耐変形性(Pa)	$3.5\times 10^6$	$3.5\times 10^6$	$2.6\times 10^6$	$2.3\times 10^6$	$3.5\times 10^6$
$\mu$ (a.u.)	3	3	3	3	3
$F_{\mu\text{BL}_G}(\text{Pa}^{-1}\cdot\text{m}^{-10.5})$	$3.8\times 10^{27}$	$3.7\times 10^{27}$	$6.6\times 10^{27}$	$5.0\times 10^{27}$	$3.8\times 10^{27}$
モードフィールド径( $\mu\text{m}$ )	8.6	7.7	8.3	8.6	8.6
ケーブルカットオフ波長( $\mu\text{m}$ )	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
MAC値	7.08	6.51	7.05	7.00	7.08
マクロベンドロス(dB/turn)	0.17	0.08	0.06	0.03	0.17
伝搬定数差(rad/m)	$1.16\times 10^4$	$1.25\times 10^4$	$1.53\times 10^4$	$1.32\times 10^4$	$1.16\times 10^4$
$F_{\mu\text{BL}_\Delta\beta}(1/(\text{rad}/\text{m})^8)$	$3.02\times 10^{-33}$	$1.63\times 10^{-33}$	$3.28\times 10^{-34}$	$1.08\times 10^{-33}$	$3.02\times 10^{-33}$
空隙率	0.31	0.31	0.31	0.31	0.42
心数	288	288	288	288	288
$F_{\mu\text{BL}_G\Delta\beta}$	$1.5\times 10^{-9}$	$8.0\times 10^{-10}$	$2.9\times 10^{-10}$	$7.1\times 10^{-10}$	$2.9\times 10^{-10}$
温度特性試験ロス増加分(dB/km)	0.18	0.06	0.11	0.09	0.06

【 手続補正 3 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 0 5 1

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 0 0 5 1 】

10

20

30

40

50

表2

サンプルNO.	6	7	8	9	10
ガラス部の外径( $\mu\text{m}$ )	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
プライマリ被覆層の外径( $\mu\text{m}$ )	115.0	115.0	115.0	115.0	115.0
セカンダリ被覆層の外径( $\mu\text{m}$ )	153.0	153.0	153.0	153.0	153.0
ガラス部のヤング率(GPa)	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0
プライマリ被覆層のヤング率(MPa)	0.15	0.15	0.15	0.17	0.14
セカンダリ被覆層のヤング率(MPa)	1761	1724	1711	1242	1143
プライマリ被覆層の厚さ( $\mu\text{m}$ )	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
セカンダリ被覆層の厚さ( $\mu\text{m}$ )	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
被覆厚さ( $\mu\text{m}$ )	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5
ガラス部の曲げ剛性( $\text{Pa}\cdot\text{m}^4$ )	$1.49\times 10^{-7}$	$1.49\times 10^{-7}$	$1.49\times 10^{-7}$	$1.49\times 10^{-7}$	$1.49\times 10^{-7}$
セカンダリ被覆層の曲げ剛性( $\text{Pa}\cdot\text{m}^4$ )	$3.22\times 10^{-8}$	$3.16\times 10^{-8}$	$3.13\times 10^{-8}$	$2.28\times 10^{-8}$	$2.09\times 10^{-8}$
$\kappa_s(\text{Pa})$	$6.8\times 10^5$	$6.9\times 10^5$	$7.1\times 10^5$	$7.8\times 10^5$	$6.5\times 10^5$
セカンダリ被覆層の耐変形性(Pa)	$3.5\times 10^6$	$3.5\times 10^6$	$3.4\times 10^6$	$2.6\times 10^6$	$2.3\times 10^6$
$\mu(\text{a.u.})$	3	3	3	3	3
$F_{\mu\text{BLG}}(\text{Pa}^{-1}\cdot\text{m}^{-10.5})$	$3.5\times 10^{27}$	$3.7\times 10^{27}$	$3.9\times 10^{27}$	$6.6\times 10^{27}$	$5.0\times 10^{27}$
モードフィールド径( $\mu\text{m}$ )	8.7	7.7	8.4	8.3	8.6
ケーブルカットオフ波長( $\mu\text{m}$ )	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
MAC値	7.03	6.51	7.07	7.05	7.00
マクロバンドロス(dB/turn)	0.03	0.08	0.09	0.06	0.03
伝搬定数差(rad/m)	$1.32\times 10^4$	$1.25\times 10^4$	$1.53\times 10^4$	$1.53\times 10^4$	$1.32\times 10^4$
$F_{\mu\text{BL}\Delta\beta}(1/(\text{rad/m})^8)$	$1.10\times 10^{-33}$	$1.63\times 10^{-33}$	$3.37\times 10^{-34}$	$3.28\times 10^{-34}$	$1.08\times 10^{-33}$
空隙率	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
心数	288	288	288	288	288
$F_{\mu\text{BLG}\Delta\beta}$	$9.6\times 10^{-11}$	$1.5\times 10^{-10}$	$3.3\times 10^{-11}$	$5.4\times 10^{-11}$	$1.4\times 10^{-10}$
温度特性試験ロス増加分(dB/km)	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05

【 手続補正 4 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 0 5 2

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 0 0 5 2 】

10

20

30

40

50

表3

サンプルNO.	11	12	13	14	15
ガラス部の外径( $\mu\text{m}$ )	90.0	80.4	81.1	81.0	81.0
プライマリ被覆層の外径( $\mu\text{m}$ )	122.0	115.5	115.9	109.6	119.1
セカンダリ被覆層の外径( $\mu\text{m}$ )	161.0	152.5	153.2	152.5	152.1
ガラス部のヤング率(GPa)	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0
プライマリ被覆層のヤング率(MPa)	0.22	0.13	0.13	0.13	0.14
セカンダリ被覆層のヤング率(MPa)	1254	1249	1261	1231	1272
プライマリ被覆層の厚さ( $\mu\text{m}$ )	16.0	17.6	17.4	14.3	19.1
セカンダリ被覆層の厚さ( $\mu\text{m}$ )	19.5	18.5	18.7	21.5	16.5
被覆厚さ( $\mu\text{m}$ )	35.5	36.1	36.1	35.8	35.6
ガラス部の曲げ剛性( $\text{Pa}\cdot\text{m}^4$ )	$2.38\times 10^{-7}$	$1.52\times 10^{-7}$	$1.57\times 10^{-7}$	$1.56\times 10^{-7}$	$1.56\times 10^{-7}$
セカンダリ被覆層の曲げ剛性( $\text{Pa}\cdot\text{m}^4$ )	$2.77\times 10^{-8}$	$2.22\times 10^{-8}$	$2.29\times 10^{-8}$	$2.40\times 10^{-8}$	$2.09\times 10^{-8}$
$\kappa_s(\text{Pa})$	$1.2\times 10^6$	$6.2\times 10^5$	$6.2\times 10^5$	$7.5\times 10^5$	$6.0\times 10^5$
セカンダリ被覆層の耐変形性(Pa)	$2.4\times 10^6$	$2.4\times 10^6$	$2.4\times 10^6$	$3.6\times 10^6$	$1.8\times 10^6$
$\mu(\text{a.u.})$	3	3	3	3	3
$F_{\mu\text{BLG}}(\text{Pa}^{-1}\cdot\text{m}^{-10.5})$	$5.7\times 10^{27}$	$4.1\times 10^{27}$	$3.7\times 10^{27}$	$4.7\times 10^{27}$	$4.2\times 10^{27}$
モードフィールド径( $\mu\text{m}$ )	8.4	8.6	7.6	8.3	8.3
ケーブルカットオフ波長( $\mu\text{m}$ )	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2
MAC値	6.86	7.08	6.01	6.98	6.98
マクロバンドロス(dB/turn)	0.08	0.05	0.01	0.13	0.13
伝搬定数差(rad/m)	$1.35\times 10^4$	$1.32\times 10^4$	$1.45\times 10^4$	$1.10\times 10^4$	$1.13\times 10^4$
$F_{\mu\text{BL}\Delta\beta}(1/(\text{rad}/\text{m})^8)$	$8.99\times 10^{-34}$	$1.09\times 10^{-33}$	$5.17\times 10^{-34}$	$4.74\times 10^{-33}$	$3.72\times 10^{-33}$
空隙率	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
心数	288	1728	1728	1728	1728
$F_{\mu\text{BLG}\Delta\beta}$	$1.3\times 10^{-10}$	$1.6\times 10^{-11}$	$6.8\times 10^{-12}$	$7.8\times 10^{-11}$	$5.4\times 10^{-11}$
温度特性試験ロス増加分(dB/km)	0.04	0.02	0.01	0.03	0.00

【 手続補正 5 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 0 5 3

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 0 0 5 3 】

10

20

30

40

50

表4

サンプルNO.	16	17	18	19
ガラス部の外径( $\mu\text{m}$ )	80.2	81.0	80.8	80.0
プライマリ被覆層の外径( $\mu\text{m}$ )	114.1	113.3	114.2	114.6
セカンダリ被覆層の外径( $\mu\text{m}$ )	150.8	151.0	153.6	151.4
ガラス部のヤング率(GPa)	74.0	74.0	74.0	74.0
プライマリ被覆層のヤング率(MPa)	0.15	0.15	0.14	0.22
セカンダリ被覆層のヤング率(MPa)	1252	1305	1332	1357
プライマリ被覆層の厚さ( $\mu\text{m}$ )	17.0	16.2	16.7	17.3
セカンダリ被覆層の厚さ( $\mu\text{m}$ )	18.4	18.9	19.7	18.4
被覆厚さ( $\mu\text{m}$ )	35.3	35.0	36.4	35.7
ガラス部の曲げ剛性( $\text{Pa}\cdot\text{m}^4$ )	$1.50\times 10^{-7}$	$1.56\times 10^{-7}$	$1.55\times 10^{-7}$	$1.49\times 10^{-7}$
セカンダリ被覆層の曲げ剛性( $\text{Pa}\cdot\text{m}^4$ )	$2.14\times 10^{-8}$	$2.27\times 10^{-8}$	$2.53\times 10^{-8}$	$2.35\times 10^{-8}$
$\kappa_s(\text{Pa})$	$7.2\times 10^5$	$7.3\times 10^5$	$6.5\times 10^5$	$1.0\times 10^6$
セカンダリ被覆層の耐変形性(Pa)	$2.4\times 10^6$	$2.7\times 10^6$	$2.9\times 10^6$	$2.7\times 10^6$
$\mu$ (a.u.)	3	3	3	3
$F_{\mu\text{BL}_G}(\text{Pa}^{-1}\cdot\text{m}^{-10.5})$	$5.7\times 10^{27}$	$5.1\times 10^{27}$	$3.8\times 10^{27}$	$1.1\times 10^{28}$
モードフィールド径( $\mu\text{m}$ )	8.3	8.3	8.5	8.5
ケーブルカットオフ波長( $\mu\text{m}$ )	1.2	1.2	1.2	1.2
MAC値	6.98	6.98	7.23	7.07
マクロベンドロス(dB/turn)	0.13	0.13	0.10	0.13
伝搬定数差(rad/m)	$1.13\times 10^4$	$1.13\times 10^4$	$1.12\times 10^4$	$1.15\times 10^4$
$F_{\mu\text{BL}_\Delta\beta}(1/(\text{rad}/\text{m})^8)$	$3.65\times 10^{-33}$	$3.65\times 10^{-33}$	$4.15\times 10^{-33}$	$3.20\times 10^{-33}$
空隙率	0.42	0.42	0.42	0.42
心数	1728	1728	1728	1728
$F_{\mu\text{BL}_G\Delta\beta}$	$7.4\times 10^{-11}$	$6.5\times 10^{-11}$	$5.5\times 10^{-11}$	$1.2\times 10^{-10}$
温度特性試験ロス増加分(dB/km)	0.04	0.04	0.01	0.01

10

20

30

40

【 手続補正 6 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 0 5 4

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 0 0 5 4 】

50

表5

サンプルNO.	20	21
ガラス部の外径( $\mu\text{m}$ )	81.1	80.5
プライマリ被覆層の外径( $\mu\text{m}$ )	114.6	114.7
セカンダリ被覆層の外径( $\mu\text{m}$ )	152.8	151.0
ガラス部のヤング率(GPa)	74.0	74.0
プライマリ被覆層のヤング率(MPa)	0.18	0.19
セカンダリ被覆層のヤング率(MPa)	1279	1246
プライマリ被覆層の厚さ( $\mu\text{m}$ )	16.8	17.1
セカンダリ被覆層の厚さ( $\mu\text{m}$ )	19.1	18.2
被覆厚さ( $\mu\text{m}$ )	35.9	35.3
ガラス部の曲げ剛性( $\text{Pa}\cdot\text{m}^4$ )	$1.57\times 10^{-7}$	$1.53\times 10^{-7}$
セカンダリ被覆層の曲げ剛性( $\text{Pa}\cdot\text{m}^4$ )	$2.34\times 10^{-8}$	$2.12\times 10^{-8}$
$\kappa_s(\text{Pa})$	$8.9\times 10^5$	$8.8\times 10^5$
セカンダリ被覆層の耐変形性(Pa)	$2.7\times 10^6$	$2.4\times 10^6$
$\mu$ (a.u.)	3	3
$F_{\mu\text{BLG}}(\text{Pa}^{-1}\cdot\text{m}^{-10.5})$	$7.3\times 10^{27}$	$8.5\times 10^{27}$
モードフィールド径( $\mu\text{m}$ )	8.5	8.2
ケーブルカットオフ波長( $\mu\text{m}$ )	1.2	1.2
MAC値	7.07	6.99
マクロバンドロス(dB/turn)	0.13	0.08
伝搬定数差(rad/m)	$1.15\times 10^4$	$1.11\times 10^4$
$F_{\mu\text{BL}\Delta\beta}(1/(\text{rad}/\text{m})^8)$	$3.20\times 10^{-33}$	$4.48\times 10^{-33}$
空隙率	0.42	0.42
心数	1728	1728
$F_{\mu\text{BLG}\Delta\beta}$	$8.2\times 10^{-11}$	$1.3\times 10^{-10}$
温度特性試験ロス増加分(dB/km)	0.01	0.02

10

20

30

40

## 【 手続補正 7 】

【 補正対象書類名 】 特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】 全文

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

【 請求項 1 】

コア及び前記コアを囲うクラッドを含むガラス部、前記クラッドを覆うプライマリ被覆層、及び前記プライマリ被覆層を覆うセカンダリ被覆層を含む複数の光ファイバと、複数

50

の前記光ファイバを内部空間に収容するシースと、を備える光ファイバケーブルであって、

前記光ファイバは、

前記ガラス部の曲げ剛性を  $H_f$  (Pa・m<sup>4</sup>)、前記セカンダリ被覆層の耐変形性を  $D_0$  (Pa)、前記セカンダリ被覆層の曲げ剛性を  $H_0$  (Pa・m<sup>4</sup>)、前記ガラス部のヤング率を  $E_g$  (GPa)、前記プライマリ被覆層のヤング率を  $E_p$  (MPa)、前記セカンダリ被覆層のヤング率を  $E_s$  (MPa)、前記ガラス部の外径を  $d_f$  (μm)、前記プライマリ被覆層の外周面の半径を  $R_p$  (μm)、前記セカンダリ被覆層の外周面の半径を  $R_s$  (μm)、前記プライマリ被覆層の厚さを  $t_p$  (μm)、及び前記セカンダリ被覆層の厚さを  $t_s$  (μm) とする場合に、

10

$$F_{\mu BL\_G} = \frac{K_s^2}{H_f^2 \times D_0^{0.375} \times H_0^{0.625}}$$

$$K_s = \frac{E_p d_f}{t_p}, H_f = \frac{\pi}{4} E_g \left(\frac{d_f}{2}\right)^4, D_0 = E_p + \left(\frac{t_s}{R_s \times 2}\right)^3 E_s, H_0 = \frac{\pi}{4} E_s (R_s^4 - R_p^4)$$

で表される前記光ファイバのジオメトリマイクロバンドロス特性  $F_{\mu BL\_G}$  (Pa<sup>-1</sup>・m<sup>-10.5</sup>) と、

20

前記光ファイバを伝搬する導波モードにおける伝搬定数と放射モードにおける伝搬定数との差を伝搬定数差 (rad/m) とする場合に、

$$F_{\mu BL\_Δβ} = \frac{1}{(\Delta\beta)^8}$$

で表される前記光ファイバの光学マイクロバンドロス特性  $F_{\mu BL\_}$  (1/(rad/m)<sup>8</sup>) と、を有し、

前記内部空間の空隙率  $a$  と前記内部空間に収容される前記光ファイバの心数  $b$  とを用いて前記光ファイバケーブルのケーブル特性  $D_c$  を以下の式で規定する場合に、

30

$$D_c = (0.5 - a)^2 / b$$

以下の式で表されるマイクロバンドロス特性因子  $F_{\mu BL\_G}$  の値が  $1.2 \times 10^{-9}$  以下であることを特徴とする光ファイバケーブル。

40

$$F_{\mu BL\_G\Delta\beta} = F_{\mu BL\_G} \times F_{\mu BL\_Δβ} \times D_c$$

#### 【請求項 2】

前記マイクロバンドロス特性因子  $F_{\mu BL\_G}$  の値が  $9.9 \times 10^{-10}$  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ケーブル。

#### 【請求項 3】

前記マイクロバンドロス特性因子  $F_{\mu BL\_G}$  の値が  $7.9 \times 10^{-10}$  以下であることを特徴とする請求項 2 に記載の光ファイバケーブル。

50