

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-15341

(P2009-15341A)

(43) 公開日 平成21年1月22日(2009.1.22)

(51) Int.Cl.
G02B 6/036 (2006.01)

F I
G02B 6/22

テーマコード(参考)
2H150

審査請求有 請求項の数6 O L (全11頁)

(21) 出願番号 特願2008-234750 (P2008-234750)
 (22) 出願日 平成20年9月12日 (2008.9.12)
 (62) 分割の表示 特願2004-46063 (P2004-46063)
 の分割
 原出願日 平成16年2月23日 (2004.2.23)

(71) 出願人 000005290
 古河電気工業株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
 (74) 代理人 100096231
 弁理士 稲垣 清
 (72) 発明者 今村 勝徳
 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古
 河電気工業株式会社内
 (72) 発明者 武笠 和則
 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古
 河電気工業株式会社内
 Fターム(参考) 2H150 AB04 AB05 AB10 AD04 AD12
 AD14 AD15 AD17 AD18 AD20
 AD22 AD23 AD32 AD33 AD36
 AE25 AE26 AE28 AE29 AE38
 AE39 AE47 AH14 AH22 AH35

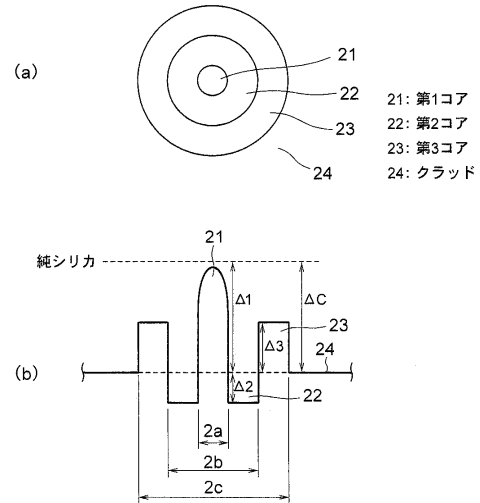
(54) 【発明の名称】 光ファイバ

(57) 【要約】

【課題】 低累積分散、及び、低損失を有するW-セグメント型プロファイルを有する光ファイバを提供する。

【解決手段】 光ファイバは、最大屈折率が n_{c1} の第1コア、最小屈折率が n_{c2} の第2コア、最大屈折率が n_{c3} の第3コア、及び、屈折率が n_c のクラッドを有し、 $n_{c1} > n_{c3} > n_{c2}$ であり、波長1550nmにおける分散が $+5\text{ps/nm/km}$ 以上で $+15\text{ps/nm/km}$ 以下の範囲、波長1550nmにおける伝送損失が 0.19dB/km 以下である。第1コアのクラッドに対する比屈折率差 Δ_1 が 0.35% 以上で 0.6% 以下の範囲、第2コアのクラッドに対する比屈折率差 Δ_2 が -0.40% 以上で 0.20% 以下の範囲、第3コアのクラッドに対する比屈折率差 Δ_3 が 0.1% 以上で 0.3% 以下の範囲にある。第3コアの直径(2c)に対する第1コアの直径(2a)の比(2a/2c)が 0.35 以上で 0.6 以下の範囲、かつ前記第3コアの直径(2c)に対する第2コアの直径(2b)の比(2b/2c)が 0.6 以上で 0.9 以下の範囲にある。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

中心から外周方向に向かって順次に配列された、最大屈折率が n_{c1} の第 1 コア、最小屈折率が n_{c2} の第 2 コア、最大屈折率が n_{c3} の第 3 コア、及び、屈折率が n_c のクラッドを少なくとも有し、 $n_{c1} > n_{c3} > n_{c2}$ である光ファイバにおいて、

波長 1550 nm における分散が +5 ps / nm / km 以上で +15 ps / nm / km 以下の範囲にあり、かつ波長 1550 nm における伝送損失が 0.19 dB / km 以下であり、

前記第 1 コアのクラッドに対する比屈折率差 Δn_1 が 0.35% 以上で 0.6% 以下の範囲にあり、

前記第 2 コアのクラッドに対する比屈折率差 Δn_2 が -0.40% 以上で 0.20% 以下の範囲にあり、

前記第 3 コアのクラッドに対する比屈折率差 Δn_3 が 0.1% 以上で 0.3% 以下の範囲にあり、

前記第 3 コアの直径 ($2c$) に対する前記第 1 コアの直径 ($2a$) の比 ($2a / 2c$) が 0.35 以上で 0.6 以下の範囲にあり、かつ前記第 3 コアの直径 ($2c$) に対する前記第 2 コアの直径 ($2b$) の比 ($2b / 2c$) が 0.6 以上で 0.9 以下の範囲にあることを特徴とする光ファイバ。

【請求項 2】

波長 1550 nm における分散が +8 ps / nm / km 以上で +15 ps / nm / km 以下の範囲にある、請求項 1 に記載の光ファイバ。

【請求項 3】

直径 20 mm で曲げたときの波長 1550 nm における曲げ損失が 10 dB / m 以下であり、波長 1550 nm における PMD が 0.1 ps / km^{1/2} 以下である、請求項 1 又は 2 に記載の光ファイバ。

【請求項 4】

波長 1550 nm における分散スロープが 0.08 ps / nm² / km 以下である、請求項 1 ~ 3 の何れか一に記載の光ファイバ。

【請求項 5】

クラッドがフッ素 (F) を含むことを特徴とする、請求項 1 ~ 4 の何れか一に記載の光ファイバ。

【請求項 6】

前記クラッドの純シリカに対する比屈折率差 Δn_c が -0.2% 以下である、請求項 1 ~ 5 の何れか一に記載の光ファイバ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、低累積分散、及び、低損失を有する光ファイバに関するものである。

【背景技術】

【0002】

分散マネージメント線路で、40 Gb / s を越える高速大容量伝送に対応する光伝送路を得るためには、光伝送路中の累積分散を低減する必要がある。単一モードファイバ (single mode fiber: SMF) では、分散が波長 1550 nm において 16 ps / nm / km 程度と大きいため、伝送中の累積分散の影響により、40 Gb / s の高速伝送においては伝送後の波形が著しく劣化してしまう。その点、非零分散シフトファイバ (non-zero dispersion shifted fiber: NZ-DSF) では、波長 1550 nm における分散を 5 ps / nm / km 程度にまで低減しており、高速伝送に適した光ファイバであると言える。しかし、この NZ-DSF を用いて長距離大容量伝送を行う際には、高パワーの光信号を伝送すると、四波混合 (four-wave mixing: FWM) が生じてしまうという別の問題が発生する。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

そこで、分散マネジメント線路に好適に用いられる光ファイバとして、SMFとNZ-DSFの中間の分散を有するMDF (medial dispersion fiber) が提案され、FWMを発生することなく累積分散を低減することに成功している。このMDFで、大容量化に伴い生じてくる非線形現象の影響を抑制するためには、その実効コア断面積 (Aeff) を拡大する必要がある。また、長距離大容量伝送に必須の低損失特性も満たす必要がある。

【 0 0 0 4 】

上記要求特性を満たすべく、MDFの1つの形式として、中心に位置する第1コアの屈折率はその外周側に位置する第2コアの屈折率よりも小さい、凹ガイド型プロファイルを有する光ファイバが提案されている。特許文献1には、第1コア及び第2コアのクラッドに対する比屈折率差をそれぞれ - 0.1% ~ - 0.4%、及び、0.6% ~ 0.7%とした凹ガイド型のプロファイルの光ファイバが記載されており、この構成によって、波長1550nmにおいて、分散が8ps/nm/kmと小さく、かつ伝送損失が0.21dB/km以下である光ファイバが実現されており、低累積分散と低損失の両立に成功している。しかし、この光ファイバにおいても、波長1550nmにおけるAeffは、100μm²程度であり、十分な非線形性は得られていない。

10

【 0 0 0 5 】

一方、高速大容量伝送に適した光ファイバとして、中心に位置する第1コアとその外周側に位置し、第1コアよりも低い屈折率を有する第2コアと、第2コアの外周側に位置し、第2コアよりも低い屈折率を有するクラッドから成るデュアルシェイプ型のプロファイルを有する光ファイバも検討されている (例えば、非特許文献1)。この形式の光ファイバでは、波長1550nmにおいて、0.195dB/kmの低損失特性と、8ps/nm/kmの分散と、65μm²のAeffとが実現されている。しかし、この形式の光ファイバでは、伝送損失を0.19dB/km以下にまで低減する技術は未だ開発されていない。

20

【 0 0 0 6 】

【特許文献1】特開2003-232950号公報

【非特許文献1】2000年電子情報通信学会総合大会予稿集「超広帯域伝送用分散シフトファイバ(C-3-44)」

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記2種類の光ファイバの中で、W-セグメント型プロファイルを有する光ファイバを改良し、もって低累積分散と、低損失とを実現できる光ファイバを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明の光ファイバは、中心から外周方向に向かって順次に配列された、最大屈折率が n_{c1} の第1コア、最小屈折率が n_{c2} の第2コア、最大屈折率が n_{c3} の第3コア、及び、屈折率が n_c のクラッドを少なくとも有し、 $n_{c1} > n_{c3} > n_{c2}$ である光ファイバにおいて、波長1550nmにおける分散が+5ps/nm/km以上で+15ps/nm/km以下の範囲にあり、かつ波長1550nmにおける伝送損失が0.19dB/km以下であり、

40

前記第1コアのクラッドに対する比屈折率差 1が0.35%以上で0.6%以下の範囲にあり、

前記第2コアのクラッドに対する比屈折率差 2が-0.40%以上で0.20%以下の範囲にあり、

前記第3コアのクラッドに対する比屈折率差 3が0.1%以上で0.3%以下の範囲にあり、

50

前記第3コアの直径(2c)に対する前記第1コアの直径(2a)の比(2a/2c)が0.35以上で0.6以下の範囲にあり、かつ前記第3コアの外形(2c)に対する前記第2コアの直径(2b)の比(2b/2c)が0.6以上で0.9以下の範囲にあることを特徴とする。

【0009】

なお、本明細書で使用する比屈折率差 1、 2、 3、 Cは以下の式(1)~(4)により定義される。

$$1 = [(n_{c1} - n_c) / n_{c1}] \cdot 100 \quad (1)$$

$$2 = [(n_{c2} - n_c) / n_{c2}] \cdot 100 \quad (2)$$

$$3 = [(n_{c3} - n_c) / n_{c3}] \cdot 100 \quad (3)$$

$$C = [(n_c - n_g) / n_c] \cdot 100 \quad (4)$$

ここで、図1に示すW-セグメント型プロファイルの光ファイバでは、 n_{c1} は第1コアの最大屈折率、 n_{c2} は第2コアの最小屈折率、 n_{c3} は第3コアの最大屈折率、 n_g は純シリカの屈折率、そして n_c はクラッドの屈折率である。

【0010】

また、本明細書において、カットオフ波長 c とは、ITU-T(国際電気通信連合)G.650で定義するカットオフ波長 c をいう。その他、本明細書で特に定義しない用語についてはITU-TG.650における定義、測定方法に従うものとする。

【発明の効果】

【0011】

本発明のW-セグメント型プロファイルを有する光ファイバは、第1コア、第2コア及び第3コアとクラッドとを有し、典型的には、図1に示した3層コア構造のプロファイルを採用し、好ましくは、クラッドにフッ素を添加し、クラッドの純シリカに対する比屈折率差 Cを小さな値(例えば、-0.2%以下)に設定することで、波長1550nmにおける分散が+5ps/nm/km以上で+15ps/nm/km以下の範囲にあり、かつ波長1550nmにおける伝送損失が0.19dB/km以下の特性を実現する。つまり、本発明の光ファイバは、W-セグメント型プロファイルを有する光ファイバにおいて、低分散を維持しながら、伝送損失を0.19dB/km以下にまで低減できる効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、図面を参照し、本発明の好適な実施形態例に基づいて本発明を更に説明する。図1(a)及び(b)はそれぞれ、本発明の一実施形態例である、W-セグメント型プロファイルを有する光ファイバの横断面、及び、軸方向断面での屈折率プロファイルを示す。本実施形態例の光ファイバは、中心から外周方向に向かって、第1コア21、第2コア22、第3コア23、及び、クラッド24を有する。尚、クラッド24の外側の線は省略されている。

【0013】

クラッド24は、フッ素(F)がドーピングされて、純シリカ(SiO₂)よりも低い屈折率を有する。このようにクラッド24を純シリカ(SiO₂)よりも低い屈折率とすることにより、第1コアに添加するゲルマニウム(Ge)の量を少なくすることができることから、低損失の光ファイバが実現できる。また、本実施形態例の光ファイバでは、第1~第3コアの屈折率が全て純シリカの屈折率よりも低い値に設定してあるが、本発明の光ファイバの屈折率プロファイルはこれに限定されるものではない。

【0014】

上記構成により、本実施形態例に係る光ファイバでは、波長1550nmにおける分散が+8ps/nm/km以上で+15ps/nm/km以下の範囲にある。また、この光ファイバを直径20mmで曲げたときの波長1550nmにおける曲げ損失が10dB/m以下であり、波長1550nmにおけるPMDが0.1ps/km^{1/2}以下である。更に、波長1550nmにおける分散スロープが0.08ps/nm²/km以下である。

10

20

30

40

50

【0015】

本発明の光ファイバの好ましい態様では、第1コア21の比屈折率差 Δ_1 は、0.35%以上で0.6%以下の範囲にある。第2コア22の比屈折率差 Δ_2 は、-0.40%以上で0.20%以下の範囲にある。第3コア23の比屈折率差 Δ_3 は、0.1%以上で0.3%以下の範囲にある。クラッド24の純シリカ(屈折率 n_g)に対する比屈折率差 Δ_c は、低損失を得るために-0.2%以下が好ましく、さらに好ましくは-0.3%以下である。

【0016】

また、第3コア23の直径(2c)に対する第1コア21の直径(2a)の比($R_{a1} = 2a/2c$)は、0.35以上で0.6以下の範囲にあり、第3コア23の直径(2c)に対する第2コア22の直径(2b)の比($R_{a2} = 2b/2c$)は、0.6以上で0.9以下の範囲にある。なお、本発明では、W-セグメント型プロファイルを有する光ファイバの各部の直径は以下のように定義する。図1において、第1コア21の直径2aは、第1コア21にあってクラッドと等しい屈折率を有し、且つ中心を挟んで対向する2つの位置を結ぶ線の長さである。第2コア22の直径2bは、第2コア22と第3コア23との境界領域でクラッド24と等しい屈折率を有し、且つ中心を挟んで対向する2つの位置を結ぶ線の長さである。第3コア23の直径2cは、第3コア23とクラッド24の境界領域で Δ_3 の1/10の比屈折率差を有し、且つ中心を挟んで対向する2つの位置を結ぶ線の長さである。

【0017】

本実施形態例の光ファイバによると、40Gb/sを超える高速大容量伝送路に対応するために、図1に示すようなW-セグメント型プロファイルを用いて、波長1550nmにおける分散が+5ps/nm/km以上+15ps/nm/km以下であり、かつ伝送損失が0.19dB/km以下である光ファイバが実現できる。なお、入射光の高パワー化に伴うFWM発生を考慮すると、波長1550nmにおける分散が+8ps/nm/km以上であることがより好ましい。

【実施例】

【0018】

図2(a)、(b)に示す比較例の凹ガイド型プロファイルを有する光ファイバは、同図(a)に示すように、中心から外周方向に向かって、第1コア11、第2コア12、第3コア13、及び、クラッド14が順次に配設される。尚、クラッド14の外側の線は省略されている。比較例の光ファイバでは、各コアの比屈折率差 $\Delta_1 \sim \Delta_3$ 及び直径比率 R_{a1} 、 R_{a2} を含むパラメータを変化させたときの、分散、分散スロープ(slope)、実効コア断面積(Aeff)、カットオフ波長(λ_c)に及ぼす影響は、表1に示すとおりである。

【表1】

	分散	Slope	Aeff	λ_c
Δ_1 を大きくする	大きくなる	最大値を有する	小さくなる	小さくなる
Δ_2 を大きくする	小さくなる	大きくなる	小さくなる	小さくなる
Δ_3 を大きくする	大きくなる	大きくなる	大きくなる	大きくなる
R_{a1} を大きくする	小さくなる	最大値を有する	大きくなる	大きくなる
R_{a2} を大きくする	最小値を有する	大きくなる	小さくなる	小さくなる

ここで、各パラメータとしては、分散は例えば+5ps/nm/km以上で+15ps/nm/km程度以下が好ましく、分散スロープは小さい方が好ましく、Aeffは大きい方が好ましく、 λ_c は使用波長より小さいことが好ましい。

【0019】

表1に示したパラメータのうちでも、特に、第2コアの比屈折率比 Δ_2 は、Aeffや

、分散、伝送損失に大きく影響を及ぼす因子である。そこで、第2コアの比屈折率差 $\Delta 2$ と、波長 1550 nm における A_{eff} 、分散及び伝送損失との関係を調べるために、他のパラメータを固定し、 $\Delta 2$ のみを変えて、上記実施形態例の凹ガイド型プロファイルを有する光ファイバを試作した。他のパラメータとしては、 $\Delta 1$ を -0.1% 、 $\Delta 3$ を -0.3% 、 $R_{a1} (= 2a/2c)$ を 0.4 、 $R_{a2} (= 2b/2c)$ を 0.8 程度に設定した。また第3コアの直径 $2c$ は直径 20 mm で曲げたときの波長 1550 nm における曲げ損失が 10 dB/m 以下になるように調整した。

【0020】

試作品から得られた、 $\Delta 2$ と A_{eff} 及び分散との関係を図3のグラフに示す。同図から、図2に示した凹ガイド型プロファイルで、波長 1550 nm において、分散を $+5\text{ ps/nm/km}$ 以上で $+15\text{ ps/nm/km}$ 以下に維持しながら A_{eff} を $110\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上に拡大するためには、 $\Delta 2$ を 0.55% 以下にする必要があることが判る。ここで、他のパラメータを最適化することにより、分散を所望の範囲に維持しながら A_{eff} をさらに拡大するプロファイルを選択することも可能であるが、伝送損失や曲げ損失を同時に維持することが難しい。

10

【0021】

図4に、上記試作品で得られた、 $\Delta 2$ と波長 1550 nm における伝送損失との関係を示す。同図から、低損失特性を維持しながら A_{eff} を拡大するためには、 $\Delta 2$ を 0.55% 以下に設定する必要がある。他の各パラメータに関しても、同様に試作品の特性を測定することにより、表2に示すような主要因及び副要因に基づいて、同表に示す好ましい下限及び上限が決定された。

20

【表2】

	下限	主要因	副要因
$\Delta 1$	-0.6	損失大	λ_{c} 大
$\Delta 2$	0.2	分散大	—
$\Delta 3$	-0.6	λ_{c} 大	—
R_{a1}	0.2	分散大	—
R_{a2}	0.7	λ_{c} 大	—

30

	上限	主要因	副要因
$\Delta 1$	0.2	分散大	Slope大
$\Delta 2$	0.55	損失大	A_{eff} 小
$\Delta 3$	0.2	Slope大	—
R_{a1}	0.45	Slope大	—
R_{a2}	0.9	A_{eff} 小	—

40

【0022】

さらに、パラメータ $\Delta 1$ を種々に変え、他のパラメータを固定して、比較例の光ファイバを試作した。他のパラメータとしては、 $\Delta 2$ を 0.5% 、 $\Delta 3$ を -0.3% 、 $R_{a1} (= 2a/2c)$ を 0.4 、 $R_{a2} (= 2b/2c)$ を 0.8 程度に設定した。また第3コアの直径 $2c$ は直径 20 mm で曲げたときの波長 1550 nm における曲げ損失が 10 dB/m 以下になるように調整した。試作品から、図5に示す、 $\Delta 1$ と波長 1550 nm における伝送損失との関係が得られた。同図から、 $\Delta 1$ には伝送損失に関して最適領域が存在することが判明した。すなわち、凹ガイド型プロファイルを有する光ファイバで、より低損失特性を得るためには、 $\Delta 1$ が $-0.35\% \sim 0.0\%$ の間の領域に設定されることが

50

好ましい。

【 0 0 2 3 】

図 1 に示した、本発明の実施形態例の W - セグメント型プロファイルを有する光ファイバについて、 $\Delta 1 \sim \Delta 3$ 及び $Ra1$, $Ra2$ から成る各パラメータを変化させたときの、分散、分散スロープ、 A_{eff} 、 λ_c に及ぼす影響は、表 3 に示すとおりである。

【表 3】

	分散	Slope	A_{eff}	λ_c
$\Delta 1$ を大きくする	小さくなる	大きくなる	小さくなる	小さくなる
$\Delta 2$ を大きくする	大きくなる	小さくなる	最大値を有する	小さくなる
$\Delta 3$ を大きくする	大きくなる	最大値を有する	大きくなる	最大値を有する
$Ra1$ を大きくする	大きくなる	小さくなる	小さくなる	小さくなる
$Ra2$ を大きくする	小さくなる	最大値を有する	最大値を有する	最大値を有する

10

【 0 0 2 4 】

種々のパラメータを有する試作品を製作して、その特性を調べた。それらの特性から、各パラメータの最適範囲（下限及び上限）は、表 4 に示すような主要因、副要因により、同表に示したように決定された。

【表 4】

	下限	主要因	副要因
$\Delta 1$	0.35	分散大	—
$\Delta 2$	-0.4	A_{eff} 小	—
$\Delta 3$	0.1	分散大	—
$Ra1$	0.35	λ_c 大	Slope大
$Ra2$	0.6	Slope大	—

20

	上限	主要因	副要因
$\Delta 1$	0.6	Slope大	—
$\Delta 2$	0.2	分散大	—
$\Delta 3$	0.3	Slope大	—
$Ra1$	0.6	分散大	A_{eff} 小
$Ra2$	0.9	分散大	A_{eff} 小

30

【 0 0 2 5 】

表 5 及び表 6 はそれぞれ、表 2 及び表 4 に示した範囲で各パラメータの値の幾つかを選択して製作された、凹ガイド型プロファイルを有する比較例の光ファイバの試作品、及び、W - セグメント型プロファイルを有する上記実施形態の光ファイバの試作品の構成及びその特性を示す。

40

【表 5】

$\Delta 1$ [%]	$\Delta 2$ [%]	$\Delta 3$ [%]	2a/2c	2b/2c	2c [μm]	分散 [ps/nm/km]	Slope [ps/nm ² /km]	Aeff [μm^2]	λ_c [nm]	曲げ@20 ϕ [dB/m]	損失 [dB/km]	PMD [ps/km ^{1/2}]
-0.59	0.38	-0.02	0.23	0.72	15.9	14.8	0.067	134.6	1519	8.2	0.212	0.03
0	0.45	-0.57	0.42	0.89	12.7	14.8	0.066	120.5	1418	0.5	0.210	0.07
-0.4	0.43	-0.58	0.3	0.83	16.5	12.4	0.061	130.9	1515	6.7	0.202	0.08
-0.6	0.53	0.17	0.35	0.77	10.3	11.7	0.071	121.2	1463	2.8	0.228	0.03
-0.18	0.55	-0.41	0.4	0.9	10.9	9.9	0.071	110.7	1396	7.6	0.205	0.04
-0.58	0.54	-0.58	0.33	0.88	11.8	7.1	0.070	114.8	1463	4.9	0.221	0.05

10

20

30

40

【表 6】

$\Delta 1$ [%]	$\Delta 2$ [%]	$\Delta 3$ [%]	Δ クラッド [%]	$2a/2c$	$2b/2c$	$2c$ [μm]	分散 [ps/nm/km]	Slope [ps/nm ² /km]	A_{eff} [μm^2]	λ_c [nm]	曲げ@20 ϕ [dB/m]	損失 [dB/km]	PMD [ps/km ^{1/2}]
0.35	-0.39	0.2	-0.3	0.58	0.73	14	14.8	0.065	90.0	1314	7.5	0.175	0.03
0.45	0.01	0.29	-0.48	0.41	0.71	13.4	13.4	0.077	99.3	1496	2.1	0.182	0.06
0.6	0	0.29	-0.42	0.37	0.59	10.7	13.0	0.076	85.5	1268	6.7	0.185	0.03
0.42	-0.28	0.2	-0.22	0.55	0.7	14.1	10.9	0.062	72.4	1192	5.6	0.180	0.02
0.48	0.02	0.11	-0.47	0.37	0.61	15.5	7.3	0.069	63.2	1137	8.7	0.187	0.08
0.51	-0.03	0.32	-0.36	0.36	0.84	15.4	5.5	0.077	70.4	1457	3.2	0.176	0.05

【0026】

なお、表 5、表 6 における分散、分散スロープ (slope)、 A_{eff} 、20 mm で曲げたときの損失 (曲げ@20)、伝送損失 (損失)、及び、PMD は全て波長 1550 nm における値である。

試作品は、分散、分散スロープ、 A_{eff} 、 λ_c 、20 mm で曲げたときの損失、伝送

10

20

30

40

50

損失、及び、PMDの何れの特性においても、良好な値が得られた。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】(a)は本発明の一実施形態例に係る、W-セグメント型プロファイルを有する光ファイバの断面図、(b)はその軸方向断面で見た屈折率分布を示すグラフ。

【図2】(a)は比較例の凹ガイド型プロファイルを有する光ファイバの断面図、(b)はその軸方向断面で見た屈折率分布を示すグラフ。

【図3】図2の光ファイバの Δ と、Aeff及び分散との関係を示すグラフ。

【図4】図2の光ファイバの Δ と損失との関係を示すグラフ。

【図5】図2の光ファイバの Δ と損失との関係を示すグラフ。

【符号の説明】

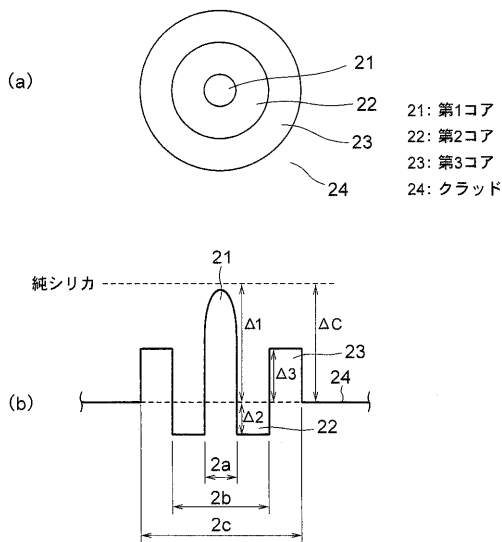
【0028】

- 21：第1コア
- 22：第2コア
- 23：第3コア
- 24：クラッド
- 11：第1コア
- 12：第2コア
- 13：第3コア
- 14：クラッド

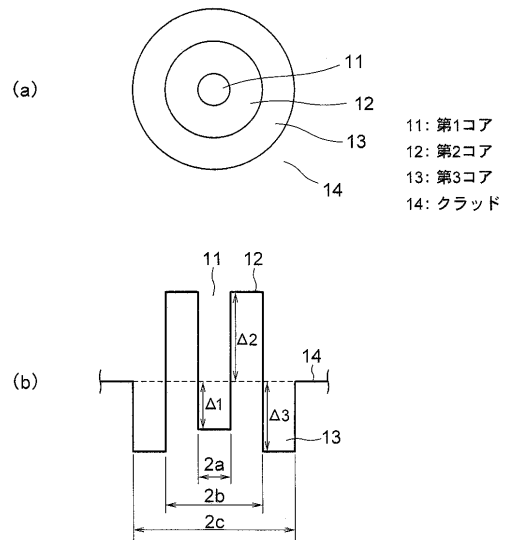
10

20

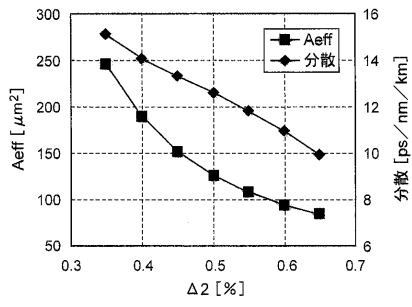
【図1】



【図2】

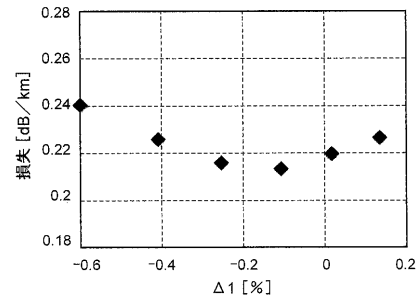


【 図 3 】



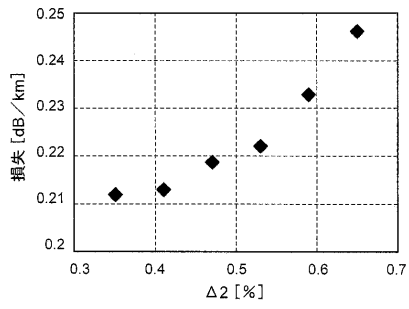
比較例における $\Delta 2$ と A_{eff} , 分散の関係

【 図 5 】



比較例における $\Delta 1$ と損失の関係

【 図 4 】



比較例における $\Delta 2$ と損失の関係