

(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  
2009年10月22日(22.10.2009)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2009/128200 A1

- (51) 国際特許分類:  
G02B 6/028 (2006.01) G02B 6/036 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/001141
- (22) 国際出願日: 2009年3月13日(13.03.2009)
- (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 2008-106744 2008年4月16日(16.04.2008) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 三菱電線工業株式会社(MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1008303 東京都千代田区丸の内三丁目4番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 大泉晴郎(OOIZUMI, Haruo) [JP/JP]; 〒6600856 兵庫県尼崎市東向島西之町8番地 三菱電線工業株式会社 尼崎事業所内 Hyogo (JP). 楠修一(KUSUNOKI, Syuichi) [JP/JP]; 〒6600856 兵庫県尼崎市東向島西

之町8番地 三菱電線工業株式会社 尼崎事業所内 Hyogo (JP). 木下貴陽(KINOSHITA, Takaharu) [JP/JP]; 〒6600856 兵庫県尼崎市東向島西之町8番地 三菱電線工業株式会社 尼崎事業所内 Hyogo (JP). 八若正義(HACHIWAKA, Masayoshi) [JP/JP]; 〒6600856 兵庫県尼崎市東向島西之町8番地 三菱電線工業株式会社 尼崎事業所内 Hyogo (JP).

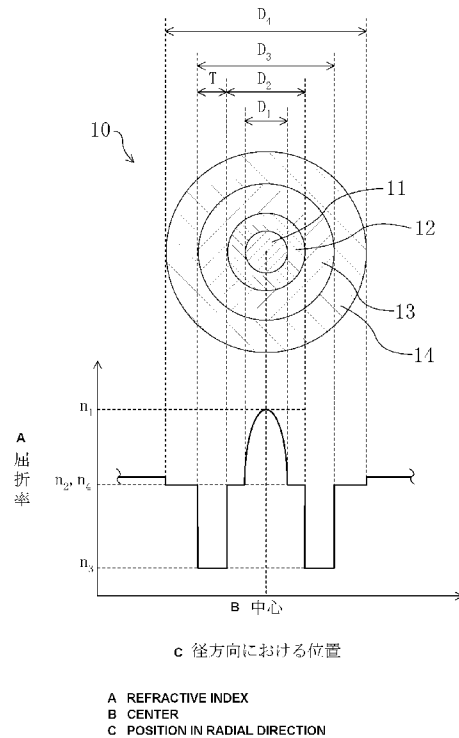
- (74) 代理人: 前田弘, 外(MAEDA, Hiroshi et al.); 〒5410053 大阪府大阪市中央区本町2丁目5番7号 大阪丸紅ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ,

[続葉有]

(54) Title: GRADED INDEX MULTIMODE OPTICAL FIBER

(54) 発明の名称: グレーデッドインデックス形マルチモード光ファイバ

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is a GI multimode optical fiber (10) comprising a core (11) having an outer diameter of 45-65  $\mu\text{m}$ , a first cladding (12) so formed as to cover the core (11), a second cladding (13) so formed as to cover the first cladding (12) and composed of a material having a lower refractive index than that of the first cladding (12), and a third cladding (14) so formed as to cover the second cladding (13) and composed of a material having a higher refractive index than that of the second cladding (13). The ratio of the outer diameter of the first cladding (12) to the outer diameter of the core (11) is 1.15-1.25.

(57) 要約: GI形マルチモード光ファイバ(10)は、外径が45~65  $\mu\text{m}$ のコア(11)と、それを覆うように設けられた第1クラッド(12)と、それを覆うように設けられた第1クラッド(12)よりも屈折率の低い材料で形成された第2クラッド(13)と、さらにそれを覆うように設けられた第2クラッド(13)よりも屈折率の高い材料で形成された第3クラッド(14)と、を備えたものである。第1クラッド(12)の外径のコア(11)の外径に対する比は1.15~1.25である。



TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,

GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

### グレーデッドインデックス形マルチモード光ファイバ

#### 技術分野

[0001] 本発明は、グレーデッドインデックス形マルチモード光ファイバに関するものである。

#### 背景技術

[0002] 複数のモードが伝搬するマルチモード光ファイバとして、ステップインデックス形（S I 形）ものとグレーデッドインデックス形（G I 形）のものがある。S I 形マルチモード光ファイバは、コア部分が、例えば純粋石英で構成され、屈折率分布が一様となっている。一方、G I 形マルチモード光ファイバは、コア部分が、例えばゲルマニウム（G e）を添加した石英で構成され、コアの径方向にグレーデッド形と呼ばれる屈折率分布を形成したものである。S I 形マルチモード光ファイバでは、高次モードになるほど伝搬遅延時間が大きくなるというモード分散の問題があるが、G I 形マルチモード光ファイバでは、モード毎の伝搬遅延時間が揃うようにグレーデッド形を設計するので、モード分散を小さな値に抑えることが可能となる。このグレーデッド形としては、一般に、2乗分布のものが挙げられる。

[0003] 特許文献1には、2乗分布の屈折率分布を有するG I 形コアと、コアを覆うように設けられたコア径の $1/100 \sim 1/20$ の厚さの第1クラッドと、第1クラッドの周囲に設けられた第1クラッドより低屈折率の第2クラッドと、第2クラッドの周囲に設けられた第2クラッドより低屈折率の第3クラッドと、を備えた構成の光伝送用ファイバが開示されている。

[0004] 特許文献2には、 $\alpha$ 乗屈折率分布を有するコアと、コアを覆うように設けられたクラッドと、を備えたG I 形マルチモード光ファイバにおいて、クラッドは、その外周部にその内周部よりも低屈折率なデプレッド領域を有し、そのデプレッド領域をその外周側ほど高屈折率となる多層階段状の屈折率分布となるように構成したマルチモード光ファイバが開示されている。そして

、これによって、G I 形マルチモード光ファイバの曲げ損失特性を優れたものとすることができると記載されている。

特許文献1：特開昭59-232302号公報

特許文献2：特開2006-47719号公報

### 発明の開示

- [0005] 本発明のG I 形マルチモード光ファイバは、  
外径が $45 \sim 65 \mu\text{m}$ のコアと、  
上記コアを覆うように設けられた第1クラッドと、  
上記第1クラッドを覆うように設けられ該第1クラッドよりも屈折率の低い材料で形成された第2クラッドと、  
上記第2クラッドを覆うように設けられ該第2クラッドよりも屈折率の高い材料で形成された第3クラッドと、  
を備えたものであって、  
上記第1クラッドの外径の上記コアの外径に対する比が $1.15 \sim 1.25$ であることを特徴とする。
- [0006] 本発明のG I 形マルチモード光ファイバは、  
上記第2クラッドの厚さが $7.5 \sim 15 \mu\text{m}$ であつてもよい。
- [0007] 本発明のG I 形マルチモード光ファイバは、  
上記第1クラッドに対する上記第2クラッドの比屈折率差が $0.5 \sim 1.5\%$ であつてもよい。

### 図面の簡単な説明

- [0008] [図1]本実施形態に係るG I 形マルチモード光ファイバの横断面図と、それに対応する屈折率分布図とを併せて模式的に示した模式図である。
- [図2]第1クラッド径のコア径に対する比と曲げ損失及び接続損失との関係を示すグラフである。
- [図3]第2クラッド厚と曲げ損失との関係を示すグラフである。
- [図4]第2クラッドの第1クラッドに対する比屈折率差と曲げ損失及び伝送損失との関係を示すグラフである。

## 発明を実施するための最良の形態

[0009] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、本発明は、以下の実施形態に限定されるものではない。このG I形マルチモード光ファイバ10は、例えば、通信用ケーブルや機器内への配線に用いられるものである。

[0010] 図1は、本実施形態のG I形マルチモード光ファイバ10の横断面図と、それに対応する屈折率分布図とを併せて示したものである。

[0011] G I形マルチモード光ファイバ10は、ファイバ中心のコア11と、コア11を覆うように設けられた第1クラッド12と、第1クラッド12を覆うように設けられた第2クラッド13と、第2クラッド13を覆うように設けられた第3クラッド14と、第3クラッド14を覆うように設けられた被覆層（図示せず）と、を備えたものである。このG I形マルチモード光ファイバ10は、例えば、ファイバ径125  $\mu\text{m}$ に形成されている。

[0012] コア11は、例えば、ゲルマニウムなどがドーピングされた石英により構成されている。

[0013] コア11の屈折率分布は、中心部ほど屈折率が高く外周側に行くほど屈折率が低くなるG I形のものである。屈折率分布は、モード毎の伝搬遅延時間が一樣になるように設計された2乗分布のものである。この屈折率分布は、コア11の中心部ほどゲルマニウムのドーピング濃度を高くし、外周側に行くに従ってドーピング量を少なくすることによって、形成される。屈折率の最大値（つまり、コア中心における屈折率） $n_1$ の屈折率の最小値（つまり、コア11の外周位置における屈折率） $n_2$ に対する比屈折率差 $\Delta_1$ は、例えば1.0%である。なお、 $n_1$ の $n_2$ に対する比屈折率差 $\Delta_1$ は、

$$\Delta_1 = (n_1 - n_2) / n_2 \times 100 [\%]$$

で表される。

[0014] コア11は、例えば外径 $D_1$ が45～65  $\mu\text{m}$ である。コア径 $D_1$ は、例えば、JIS C6832にSGI-50/125として規定されたマルチモード光ファイバ素線のコアの外径（50  $\mu\text{m}$ ）と同寸、あるいは、IEC（

国際電気標準会議)の規格に準じた光ファイバのコア径(62.5  $\mu\text{m}$ )と同寸であることが、既存の光ファイバやその他の光学素子との整合性の観点から好ましい。

[0015] 第1クラッド12は、例えば純粋石英により構成されている。第1クラッド12の屈折率 $n_2$ は、例えば、1.456である。

[0016] 第1クラッド12の外径 $D_2$ は、例えば50~80  $\mu\text{m}$ である。この第1クラッド径のコア径に対する比 $D_2/D_1$ は1.15~1.25であり、好ましくは1.17~1.23である。

[0017] 第2クラッド13は、例えばフッ素やボロン等がドーピングされた石英により構成されている。

[0018] 第2クラッド13は、曲げ損失を小さくする観点から、第2クラッド厚 $T$ が7.5  $\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、10  $\mu\text{m}$ 以上であることがより好ましい。一方、第2クラッド13は、GI形マルチモード光ファイバ10の全体のファイバ径の設計上の観点から、第2クラッド厚 $T$ は15  $\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。つまり、第2クラッド厚 $T$ は、7.5~15  $\mu\text{m}$ であることが好ましく、10~15  $\mu\text{m}$ であることがより好ましい。

[0019] 第2クラッド13の屈折率 $n_3$ は、第1クラッド12の屈折率 $n_2$ よりも低いものである。第2クラッド13の屈折率 $n_3$ は、例えば1.434~1.449である。第2クラッド13の第1クラッド12に対する比屈折率差 $\Delta_2$ は、伝送損失を大きくすることなく曲げ損失を小さくする観点から、0.5~1.5%であることが好ましく、0.7~1.4%であることがより好ましい。ここで、第2クラッド13の第1クラッド12に対する比屈折率差 $\Delta_2$ とは、

$$\Delta_2 = (n_2 - n_3) / n_2 \times 100 [\%]$$

で表される値である。

[0020] 第3クラッド14は、例えば純粋石英により構成されている。第3クラッド14の屈折率 $n_4$ は、例えば1.456である。第3クラッド14の外径 $D_4$ は、例えば110~140  $\mu\text{m}$ である。第3クラッド14の外径 $D_4$ は、例

例えば、J I S C 6 8 3 2 に S G I - 5 0 / 1 2 5 として規定されたマルチモード光ファイバ素線のクラッドの外径（ $125\mu\text{m}$ ）と同寸であることが、既存の光ファイバやその他の光学素子との整合性の観点から好ましい。

[0021] 被覆層は、例えばポリアミド樹脂、紫外線硬化樹脂、シリコン樹脂等で形成されている。被覆層は、厚さが例えば $60\sim400\mu\text{m}$ である。

[0022] このG I 形マルチモード光ファイバ10は、例えば、C V D（Chemical Vapor Deposition）法、O V D（Outside Vapor Deposition）法、V A D（Vapor-phase Axial Deposition）法又はロッドインチューブ法等により光ファイバと同じ比率の屈折率分布構造を有するプリフォームを作製し、これを加熱して線引きすることによって得た光ファイバ素線の表面を被覆層で保護し、機械的強度を上げるためのスクリーニング試験を行う、従来の方法によって製造することができる。

[0023] 近年、光ファイバを家庭にまで引き込むF T T H（Fiber To The Home）と呼ばれる高速インターネットサービスが広く利用されている。このF T T Hでは、光ファイバが屋内に引き込まれるので、小さな曲げ径に対応可能な光ファイバが求められている。

[0024] 光ファイバの許容曲げ径を小さくするために、コア屈折率を大きくする方法がある。ところが、これによると、伝送帯域特性が低下する問題や伝送損失が大きくなる問題が生じる。さらには、汎用のG I 形光ファイバとの接続損失が大きくなる問題がある。

[0025] しかしながら、このG I 形マルチモード光ファイバ10によれば、光が入射されると、低次モードはコア11の中心近くで全反射して伝搬され、高次モードはコア11の外側近くで全反射して伝搬される。そして、このG I 形マルチモード光ファイバ10は、第1クラッド径とコア径との比 $D_2/D_1$ が $1.15\sim1.25$ であるので、外力により曲げ半径が $5\text{mm}$ や $10\text{mm}$ 程度の曲げが加えられても、曲げによる損失を抑えて光伝送することができる。

[0026]        [試験評価]

以上の構成のG I 形マルチモード光ファイバとして、以下の実施例 1 及び実施例 2 を作成した。各々の構成及び結果は、表 1 にも示す。

[0027]        <実施例 1>

上記実施形態において説明したG I 形マルチモード光ファイバを作成し、これを実施例 1 とした。このG I 形マルチモード光ファイバは、コア径 $D_1$ が $47.5\mu\text{m}$ 、第 1 クラッド径 $D_2$ のコア径 $D_1$ に対する比 $D_2/D_1$ が $1.21$ 、第 2 クラッド厚 $T$ が $7.65\mu\text{m}$ 、第 3 クラッド径 $D_4$ が $125\mu\text{m}$ 、及び被覆層の層厚が $62.5\mu\text{m}$ であった。また、各屈折率 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 及び $n_4$ は、それぞれ $1.472$ 、 $1.456$ 、 $1.442$ 、及び $1.456$ であり、第 2 クラッドの第 1 クラッドに対する比屈折率差 $\Delta_2$ は $0.95\%$ であった。

[0028]        この光ファイバを半径 $5\text{mm}$ のマンドレルに $10$ 回巻き付けた。J I S C 6 8 2 3 のカットバック法に準じて、巻き付けの前後においてそれぞれ光強度試験を行った。この結果より曲げ損失を求めたところ、曲げ損失は $0\text{dB}$ であった。

[0029]        <実施例 2>

上記実施形態において説明したG I 形マルチモード光ファイバを作成し、これを実施例 2 とした。このG I 形マルチモード光ファイバは、コア径 $D_1$ が $49.3\mu\text{m}$ 、第 1 クラッド径 $D_2$ のコア径 $D_1$ に対する比 $D_2/D_1$ が $1.16$ 、第 2 クラッド厚 $T$ が $10.1\mu\text{m}$ 、第 3 クラッド径 $D_4$ が $125\mu\text{m}$ 、及び被覆層の層厚が $62.5\mu\text{m}$ であった。また、各屈折率 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 及び $n_4$ は、それぞれ $1.472$ 、 $1.456$ 、 $1.435$ 、及び $1.456$ であり、第 2 クラッドの第 1 クラッドに対する比屈折率差 $\Delta_2$ は $1.42\%$ であった。

[0030]        そして、実施例 1 と同様にして曲げ損失を求めたところ、実施例 2 の曲げ損失は $0.03\text{dB}$ であった。

[0031]

[表1]

|                                 | 実施例 1 | 実施例 2 |
|---------------------------------|-------|-------|
| コア径 $D_1$ ( $\mu\text{m}$ )     | 47.5  | 49.3  |
| 第1クラッド径 $D_2$ ( $\mu\text{m}$ ) | 57.6  | 57    |
| 第1クラッド径／コア径 $D_2/D_1$           | 1.21  | 1.16  |
| 第2クラッド厚 $T$ ( $\mu\text{m}$ )   | 72.9  | 77.2  |
| 第3クラッド径 $D_4$ ( $\mu\text{m}$ ) | 7.65  | 10.1  |
| コア屈折率 $n_1$                     | 1.472 | 1.472 |
| 第1クラッド屈折率 $n_2$                 | 1.456 | 1.456 |
| 第2クラッド屈折率 $n_3$                 | 1.442 | 1.435 |
| 第3クラッド屈折率 $n_4$                 | 1.456 | 1.456 |
| 第2クラッド比屈折率差 $\Delta_2$          | 0.95  | 1.42  |
| 曲げ損失 ( $\text{dB}$ )            | 0     | 0.03  |

[0032] この実施例1及び実施例2の結果より、第1クラッド径 $D_2$ のコア径 $D_1$ に対する比 $D_2/D_1$ が1.15～1.25、第2クラッド厚 $T$ が7.5～15  $\mu\text{m}$ 、第1クラッドに対する第2クラッドの比屈折率差 $\Delta_2$ が0.5～1.5%であれば、小さな許容曲げ径のG I形マルチモード光ファイバにおいても帯域特性及び接続特性が低下しないことが分かる。

[0033] 次に、G I形マルチモード光ファイバについて、以下の評価試験1～3を行った。

[0034] <評価試験1>

以下のテストファイバ1～5を作製し、第1クラッド径のコア径に対する比 $D_2/D_1$ と曲げ損失及び接続損失との関係を調べる評価試験1を行った。

[0035] ーテストファイバ1ー

上記実施形態において説明したG I形マルチモード光ファイバを作成し、これをテストファイバ1とした。このG I形マルチモード光ファイバは、コア径 $D_1$ が50  $\mu\text{m}$ 、第1クラッド径 $D_2$ のコア径 $D_1$ に対する比 $D_2/D_1$ が1.02、第2クラッド厚 $T$ が4.5  $\mu\text{m}$ 、第3クラッド径 $D_4$ が125  $\mu\text{m}$ 、及び被覆層の層厚が62.5  $\mu\text{m}$ であった。また、各屈折率 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 及び $n_4$ は、それぞれ1.472、1.456、1.450、及び1.456で

あり、第2クラッドの第1クラッドに対する比屈折率差 $\Delta_2$ は0.4%であった。

[0036] この光ファイバを実施例1と同様にして曲げ損失を求めた。また、融着接続器を用いてJIS C6823のカットバック法に準じて測定した接続前及び接続後の光強度から、接続損失を求めた。テストファイバ1の曲げ損失及び接続損失は、それぞれ、0.25 dB及び0.40 dBであった。

[0037] ーテストファイバ2ー

第1クラッド径 $D_2$ のコア径 $D_1$ に対する比 $D_2/D_1$ が1.38であることを除いてテストファイバ1と同一構成のGI形マルチモード光ファイバを作製し、これをテストファイバ2とした。

[0038] テストファイバ2の曲げ損失及び接続損失は、それぞれ、0.20 dB及び0.12 dBであった。

[0039] ーテストファイバ3ー

第1クラッド径 $D_2$ のコア径 $D_1$ に対する比 $D_2/D_1$ が1.2であることを除いてテストファイバ1と同一構成のGI形マルチモード光ファイバを作製し、これをテストファイバ3とした。

[0040] テストファイバ3の曲げ損失及び接続損失は、それぞれ、0.18 dB及び0.09 dBであった。

[0041] ーテストファイバ4ー

第1クラッド径 $D_2$ のコア径 $D_1$ に対する比 $D_2/D_1$ が1.14であることを除いてテストファイバ1と同一構成のGI形マルチモード光ファイバを作製し、これをテストファイバ4とした。

[0042] テストファイバ4の曲げ損失及び接続損失は、それぞれ、0.20 dB及び0.10 dBであった。

[0043] ーテストファイバ5ー

第1クラッド径 $D_2$ のコア径 $D_1$ に対する比 $D_2/D_1$ が2.5であることを除いてテストファイバ1と同一構成のGI形マルチモード光ファイバを作製し、これをテストファイバ5とした。

[0044] テストファイバ5曲げ損失及び接続損失は、それぞれ、0.472 dB及び0.08 dBであった。

[0045] <評価試験2>

以下のテストファイバ6～11を作製し、第2クラッド厚Tと曲げ損失との関係を調べる評価試験2を行った。

[0046] ーテストファイバ6ー

上記実施形態において説明したG I形マルチモード光ファイバを作成し、これをテストファイバ6とした。このG I形マルチモード光ファイバは、コア径 $D_1$ が $50\mu\text{m}$ 、第1クラッド径 $D_2$ のコア径 $D_1$ に対する比 $D_2/D_1$ が1.38、第2クラッド厚Tが $8\mu\text{m}$ 、第3クラッド径 $D_4$ が $125\mu\text{m}$ 、及び被覆層の層厚が $62.5\mu\text{m}$ であった。また、各屈折率 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 及び $n_4$ は、それぞれ1.470、1.456、1.449、及び1.456であり、第2クラッドの第1クラッドに対する比屈折率差 $\Delta_2$ は0.50%であった。

[0047] この光ファイバを実施例1と同様にして曲げ損失を求めたところ、0.20 dBであった。

[0048] ーテストファイバ7ー

第2クラッド厚Tが $3\mu\text{m}$ であることを除いてテストファイバ6と同一構成のG I形マルチモード光ファイバを作製し、これをテストファイバ7とした。

[0049] テストファイバ7の曲げ損失は0.32 dBであった。

[0050] ーテストファイバ8ー

第2クラッド厚Tが $1\mu\text{m}$ であることを除いてテストファイバ6と同一構成のG I形マルチモード光ファイバを作製し、これをテストファイバ8とした。

[0051] テストファイバ8の曲げ損失は0.472 dBであった。

[0052] ーテストファイバ9ー

第2クラッド厚Tが $10\mu\text{m}$ であることを除いてテストファイバ6と同一

構成のG I 形マルチモード光ファイバを作製し、これをテストファイバ9とした。

[0053] テストファイバ9の曲げ損失は0.32 dBであった。

[0054] ーテストファイバ10ー

第2クラッド厚Tが13  $\mu\text{m}$ であることを除いてテストファイバ6と同一構成のG I 形マルチモード光ファイバを作製し、これをテストファイバ10とした。

[0055] テストファイバ10の曲げ損失は0.09 dBであった。

[0056] ーテストファイバ11ー

第2クラッド厚Tが15  $\mu\text{m}$ であることを除いてテストファイバ6と同一構成のG I 形マルチモード光ファイバを作製し、これをテストファイバ11とした。

[0057] テストファイバ11の曲げ損失は0.05 dBであった。

[0058] <評価試験3>

以下のテストファイバ12～19を作製し、第2クラッドの第1クラッドに対する比屈折率差 $\Delta_2$ と曲げ損失及び伝送損失との関係を調べる評価試験3を行った。

[0059] ーテストファイバ12ー

上記実施形態において説明したG I 形マルチモード光ファイバを作成し、これをテストファイバ12とした。このG I 形マルチモード光ファイバは、コア径 $D_1$ が50  $\mu\text{m}$ 、第1クラッド径 $D_2$ のコア径 $D_1$ に対する比 $D_2/D_1$ が1.24、第2クラッド厚Tが6  $\mu\text{m}$ 、第3クラッド径 $D_4$ が125  $\mu\text{m}$ 、及び被覆層の層厚が62.5  $\mu\text{m}$ であった。また、各屈折率 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 及び $n_4$ は、それぞれ1.472、1.456、1.450、及び1.456であり、第2クラッドの第1クラッドに対する比屈折率差 $\Delta_2$ は0.4%であった。

[0060] この光ファイバを実施例1と同様にして曲げ損失を求めた。また、JIS C 6823のOTDR法に準じて伝送損失を求めた。テストファイバ12

の曲げ損失及び伝送損失は、それぞれ、0.25 dB及び2.20 dBであった。

[0061] ーテストファイバ13ー

第2クラッドの屈折率 $n_3$ が1.452及び第2クラッドの第1クラッドに対する比屈折率差 $\Delta_2$ が0.3であることを除いてテストファイバ12と同一構成のG I形マルチモード光ファイバを作製し、これをテストファイバ13とした。

[0062] テストファイバ13の曲げ損失及び伝送損失は、それぞれ、0.31 dB及び2.31 dBであった。

[0063] ーテストファイバ14ー

第2クラッドの屈折率 $n_3$ が1.455及び第2クラッドの第1クラッドに対する比屈折率差 $\Delta_2$ が0.1であることを除いてテストファイバ12と同一構成のG I形マルチモード光ファイバを作製し、これをテストファイバ14とした。

[0064] テストファイバ14の曲げ損失及び伝送損失は、それぞれ、0.30 dB及び2.16 dBであった。

[0065] ーテストファイバ15ー

第2クラッドの屈折率 $n_3$ が1.452及び第2クラッドの第1クラッドに対する比屈折率差 $\Delta_2$ が0.25であることを除いてテストファイバ12と同一構成のG I形マルチモード光ファイバを作製し、これをテストファイバ15とした。

[0066] テストファイバ15の曲げ損失及び伝送損失は、それぞれ、0.30 dB及び2.22 dBであった。

[0067] ーテストファイバ16ー

第2クラッドの屈折率 $n_3$ が1.451及び第2クラッドの第1クラッドに対する比屈折率差 $\Delta_2$ が0.35であることを除いてテストファイバ12と同一構成のG I形マルチモード光ファイバを作製し、これをテストファイバ16とした。

[0068] テストファイバ16の曲げ損失及び伝送損失は、それぞれ、0.30dB及び2.20dBであった。

[0069] ーテストファイバ17ー

第2クラッドの屈折率 $n_3$ が1.435及び第2クラッドの第1クラッドに対する比屈折率差 $\Delta_2$ が1.45であることを除いてテストファイバ12と同一構成のGI形マルチモード光ファイバを作製し、これをテストファイバ17とした。

[0070] テストファイバ17の曲げ損失及び伝送損失は、それぞれ、0.03dB及び2.94dBであった。

[0071] ーテストファイバ18ー

第2クラッドの屈折率 $n_3$ が1.442及び第2クラッドの第1クラッドに対する比屈折率差 $\Delta_2$ が0.95であることを除いてテストファイバ12と同一構成のGI形マルチモード光ファイバを作製し、これをテストファイバ18とした。

[0072] テストファイバ18の曲げ損失及び伝送損失は、それぞれ、0dB及び2.21dBであった。

[0073] ーテストファイバ19ー

第2クラッドの屈折率 $n_3$ が1.449及び第2クラッドの第1クラッドに対する比屈折率差 $\Delta_2$ が0.5であることを除いてテストファイバ12と同一構成のGI形マルチモード光ファイバを作製し、これをテストファイバ19とした。

[0074] テストファイバ19の曲げ損失及び伝送損失は、それぞれ、0.10dB及び2.20dBであった。

[0075] <評価試験結果及び考察>

図2によると、第1クラッド径のコア径に対する比 $D_2/D_1$ が1.15～1.25のとき、光ファイバの接続損失を低減させることなく曲げ損失を低減できることが分かる。

[0076] 図3によると、第2クラッド厚 $T$ が7.5 $\mu\text{m}$ 以上のとき、曲げ損失を低

減できることが分かる。

- [0077] 図4によると、第1クラッドに対する第2クラッドの比屈折率差 $\Delta_2$ が0.5～1.5のとき、光ファイバの伝送特性を低下させることなく曲げ損失を低減できることが分かる。

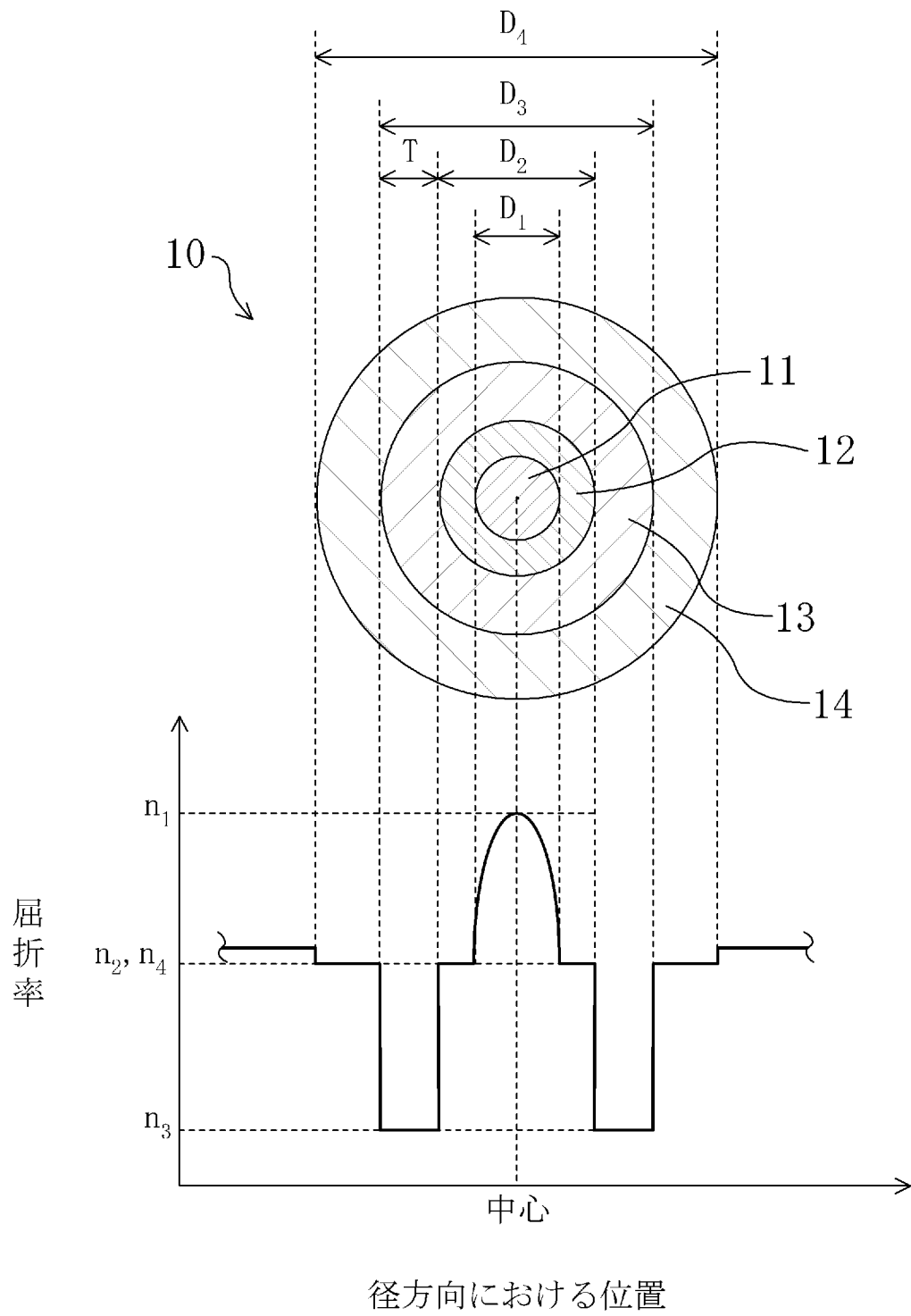
### 産業上の利用可能性

- [0078] 以上説明したように、本発明は許容曲げ径の小さなG I形マルチモード光ファイバについて有用である。

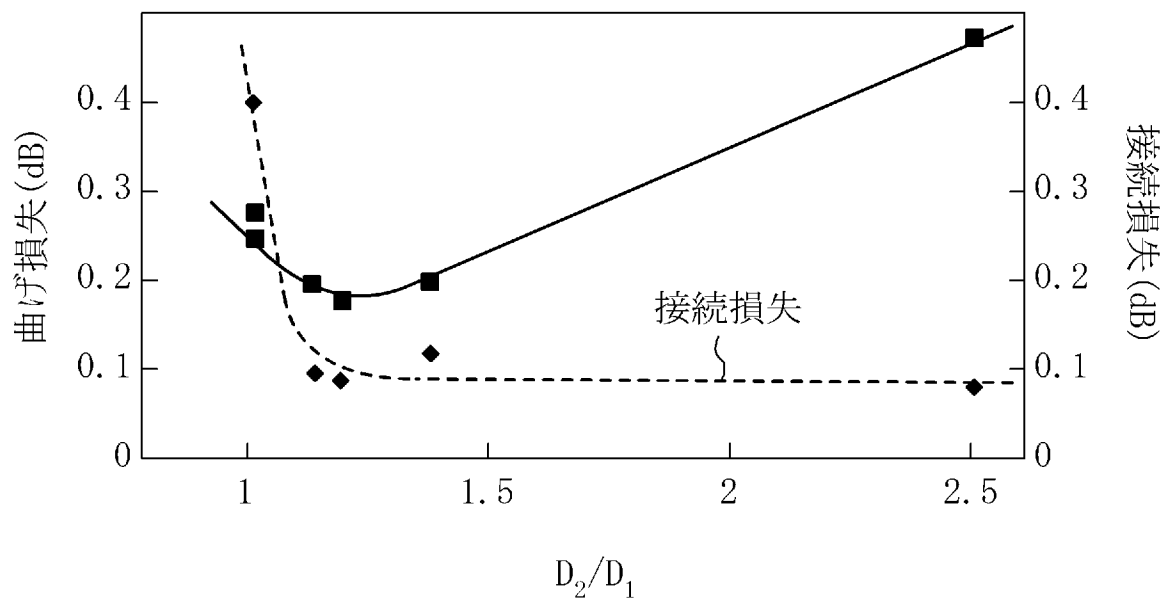
### 請求の範囲

- [1] 外径が  $4.5 \sim 6.5 \mu\text{m}$  のコアと、  
上記コアを覆うように設けられた第1クラッドと、  
上記第1クラッドを覆うように設けられ該第1クラッドよりも屈折率の低い材料で形成された第2クラッドと、  
上記第2クラッドを覆うように設けられ該第2クラッドよりも屈折率の高い材料で形成された第3クラッドと、  
を備えたグレーデッドインデックス形マルチモード光ファイバであって、  
上記第1クラッドの外径の上記コアの外径に対する比が  $1.15 \sim 1.25$  であることを特徴とするグレーデッドインデックス形マルチモード光ファイバ。
- [2] 請求項1に記載されたグレーデッドインデックス形マルチモード光ファイバにおいて、  
上記第2クラッドの厚さが  $7.5 \sim 15 \mu\text{m}$  であることを特徴とするグレーデッドインデックス形マルチモード光ファイバ。
- [3] 請求項1又は2に記載されたグレーデッドインデックス形マルチモード光ファイバにおいて、  
上記第1クラッドに対する上記第2クラッドの比屈折率差が  $0.5 \sim 1.5\%$  であることを特徴とするグレーデッドインデックス形マルチモード光ファイバ。

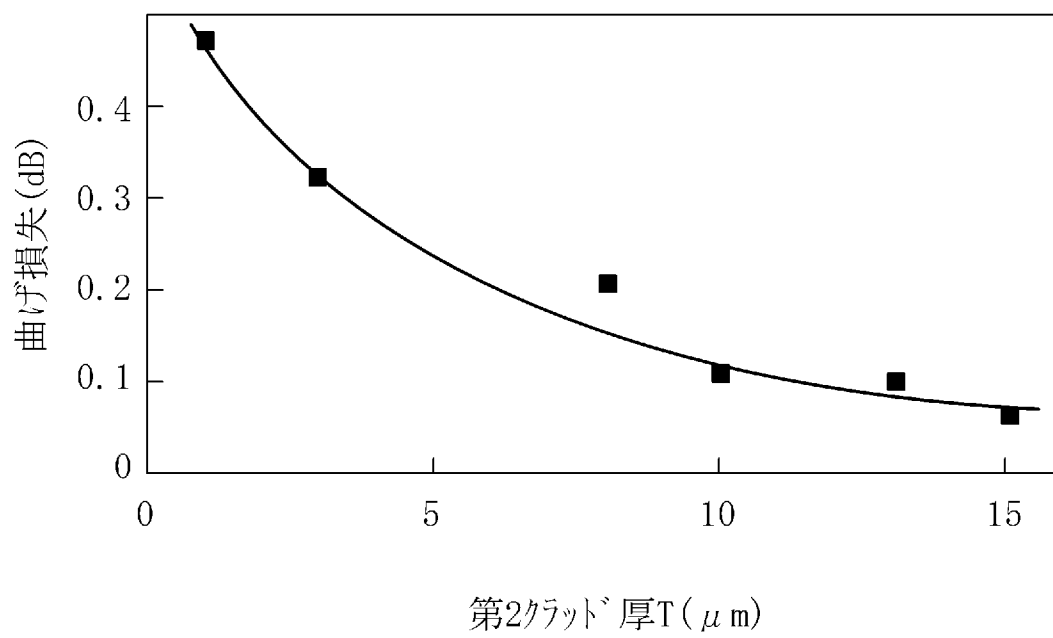
[図1]



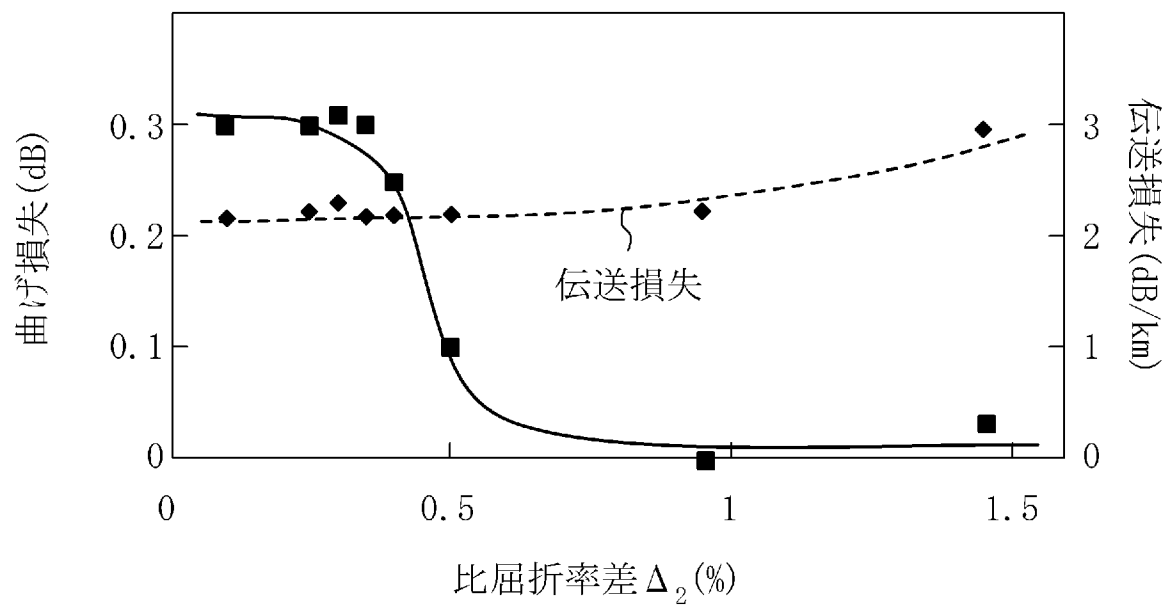
[図2]



[図3]



[図4]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/001141

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/028(2006.01) i, G02B6/036(2006.01) i

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)

C03B37/00-37/16, G02B6/02-6/036

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2009

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009

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

CiNii

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                 | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | JP 2006-047719 A (Fujikura Ltd.),<br>16 February, 2006 (16.02.06),<br>Par. Nos. [0017], [0024]; Fig. 2<br>(Family: none)                                                                           | 1-3                   |
| Y         | Takatoshi KATO et al., "Hacho Taju (WDM)<br>Densoyo Bunsan Shift Fiber", IEICE Technical<br>Report, OCS, Hikari Tsushin System, Vol.96,<br>No.335, 01 November, 1996 (01.11.96), pages 43<br>to 48 | 1-3                   |

☐ 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
27 April, 2009 (27.04.09)Date of mailing of the international search report  
12 May, 2009 (12.05.09)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））  
Int.Cl. G02B6/028(2006.01)i, G02B6/036(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. C03B37/00-37/16, G02B6/02-6/036,

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

|             |                     |
|-------------|---------------------|
| 日本国実用新案公報   | 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1 9 7 1 - 2 0 0 9 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 0 9 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 0 9 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）

CiNii

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 |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Y               | JP 2006-047719 A（株式会社フジクラ）2006.02.16, 段落【0017】 ,<br>【0024】 , 【図 2】<br>（ファミリーなし）                            | 1-3            |
| Y               | 加藤考利他, 波長多重(WDM)伝送用分散シフトファイバ, 電子情報<br>通信学会技術研究報告. OCS, 光通信システム, Vol. 96, No. 335,<br>1996.11.01, 第 43-48 頁 | 1-3            |

☐ 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。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「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矛盾するものではなく、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

2 7 . 0 4 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

1 2 . 0 5 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

大石 敏弘

2 X

3 9 1 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4