

(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
2012年8月9日(09.08.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/105246 A1

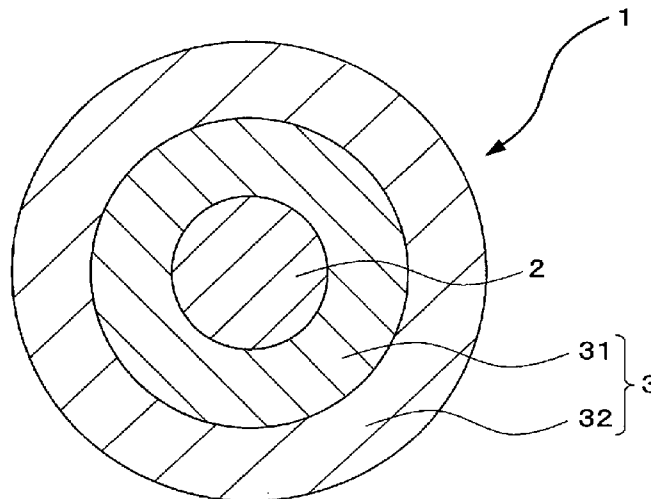
- (51) 国際特許分類:
C03C 25/24 (2006.01) G02B 6/44 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/000661
- (22) 国際出願日: 2012年2月1日(01.02.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-022588 2011年2月4日(04.02.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 古河電気工業株式会社(FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内2丁目2番3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): 齋藤 稔(SAITO, Minoru) [JP/JP]; 〒1008322 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 Tokyo (JP). 笠原 稔(KASAHARA, Minoru) [JP/JP]; 〒1008322 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 Tokyo (JP). 望月 浩二(MOCHIDUKI, Kouji) [JP/JP]; 〒1008322 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 Tokyo (JP). 田中 広樹(TANA-
- KA, Hiroki) [JP/JP]; 〒1008322 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 Tokyo (JP). 中島 康雄(NAKAJIMA, Yasuo) [JP/JP]; 〒1008322 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 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 岡部 譲, 外(OKABE, Yuzuru et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内3-2-3 富士ビル602号室 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL FIBER

(54) 発明の名称: 光ファイバ心線

[図1]



(57) Abstract: The present invention provides an optical fiber in which transmission loss does not tend to increase even if the optical fiber is submerged in water and dried, and which has solvent resistance and microbending resistance properties. The optical fiber (1) according to one embodiment of the present invention is coated with at least two layers of a coating resin (3) around the outer periphery of a glass optical fiber (2). When the Young's modulus of a first coating layer (31) of the coating resin (3) is PY (MPa) and the leaching rate of the coating resin (3) when the optical fiber (1) is immersed in warm water at 60°C for 168 hours is E (mass%), $PY \leq 0.55$ MPa and the formula $1.8 \leq E \leq 8.61 \times PY + 1.40$ is fulfilled.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/105246 A1

ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

本発明は、光ファイバ心線を浸水して乾燥させても伝送損失が増加しにくく、かつ耐溶剤性と耐マイクロバンド特性を有する光ファイバ心線を提供する。本発明の一実施形態に係る光ファイバ心線(1)は、ガラス光ファイバ(2)の外周に少なくとも2層の、被覆樹脂(3)を被覆した光ファイバ心線(1)である。被覆樹脂(3)の1層目被覆層(31)のヤング率をPY(MPa)、光ファイバ心線(1)を60℃の温水に168時間浸漬した際の被覆樹脂(3)の溶出率をE(質量%)としたとき、 $PY \leq 0.55 \text{ MPa}$ 、かつ、 $1.8 \leq E \leq 8.61 \times PY + 1.40$ なる式を満たす。

明 細 書

発明の名称：光ファイバ心線

技術分野

[0001] 光ファイバ心線に関し、特に光ファイバケーブル内に収納される光ファイバ心線に関する。

背景技術

[0002] 近年、FTTH (Fiber To The Home) の進展により光ファイバの伝送損失を低減させるべく光ファイバの耐マイクロバンド特性の向上が求められている。

光ファイバは、様々な外的応力やそれによって発生するマイクロバンドによって伝送損失が増加する。その外的応力から光ファイバを保護するために、一般的に光ファイバはガラス光ファイバに2層構造からなる樹脂被覆が施されている。なお、ガラス光ファイバに何らかの被覆を施した光ファイバを光ファイバ心線と呼ぶ。

[0003] 2層構造の被覆層を有する光ファイバ心線として、光ファイバ心線を60℃の温水に168時間浸漬した際に、光ファイバを被覆する被覆樹脂の溶出率が1.5質量%以下である光ファイバ心線が開示されている(特許文献1参照)。

また、光ファイバを被覆する被膜の飽和帯電圧が0.2kV~0.7kVであり、かつ60℃の温水浸漬試験における重量変化割合が、浸漬前の重量に対して3重量%未満である被膜を有する光ファイバが開示されている(特許文献2参照)。さらに、着色層を有する着色光ファイバにおいて、その着色層を60℃の温水に30日間浸水したときの溶出率が3%以下の樹脂で形成し、またその着色光ファイバの第一次被覆層のヤング率が0.5MPa以上10MPa以下であることが開示されている(特許文献3参照)。

先行技術文献

特許文献

- [0004] 特許文献1：再公表2008-029488号公報
特許文献2：特開2003-96336号公報
特許文献3：特開2006-113103号公報
特許文献4：特開2007-333795号公報

発明の概要

- [0005] 耐マイクロバンド特性を向上させるには、1層目の被覆層のヤング率を低くすることが効果的であるが、1層目の被覆層のヤング率が低い光ファイバ心線が水に浸漬され、乾燥すると、図6に示すように、1層目被覆層31に部分的にボイド51が発生し、光ファイバ心線1の伝送損失が増加することがあった。なお、1層目被覆層31の外側には2層目被覆層32が被覆され、光ファイバ心線1は、ガラス光ファイバ2、1層目被覆31、2層目被覆層32とを備えている。
- [0006] また、光ファイバ同士を接続する作業やコネクタ付けする作業では、光ファイバ表面や端面を溶剤で洗浄する作業が一般的に行われる。特に防水用ジェリーなどを充填した構造のケーブルで光ファイバ表面のジェリーを除去する場合には、長時間にわたって光ファイバが溶剤（主にエタノール）にさらされる。このため、光ファイバ心線は耐溶剤性を持つことが求められる。
- [0007] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、光ファイバ心線を浸水して乾燥させても伝送損失が増加しにくく、かつ耐溶剤性と耐マイクロバンド特性を有する光ファイバ心線を提供することにある。
- [0008] 本発明の一態様は、ガラス光ファイバの外周に設けられ、少なくとも2層の被覆層が積層された被覆樹脂を備える光ファイバ心線であって、前記少なくとも2層の被覆層の、最も前記ガラス光ファイバ側に設けられた1層目の前記被覆層のヤング率を PY (MPa)、前記光ファイバ心線を60℃の温水に168時間浸漬した際の前記被覆樹脂の溶出率を E (質量%)としたとき、 $PY \leq 0.55 \text{ MPa}$ 、かつ、 $1.8 \leq E \leq 8.61 \times PY + 1.40$ なる式を満たすことを特徴とする。

[0009] 本発明によれば、光ファイバ心線を浸水して乾燥させても伝送損失が増加しにくく、かつ耐溶剤性と耐マイクロバンド特性を有する光ファイバ心線を提供できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の一実施形態に係る光ファイバ心線を示した断面図である。

[図2]本発明の一実施形態に係る光ファイバ心線を示した断面図である。

[図3]本発明の一実施形態に係る光ファイバテープ心線を示した断面図である。

[図4]本発明の一実施形態に係る、1層目被覆層のヤング率測定のためのISM試験法を説明する光ファイバ心線の断面図である。

[図5]本発明の一実施形態に係る、被覆樹脂の溶出率Eと1層目被覆層のヤング率PYとの関係から求めたボイドの発生の有無についての試験結果を示した図である。

[図6]従来の光ファイバ心線における1層目被覆層に発生したボイドを説明するための断面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 本発明の光ファイバ心線の好ましい一実施形態を図1によって説明する。

図1に示すように、光ファイバ心線1は、石英ガラスからなるガラス光ファイバ2に少なくとも2層の被覆樹脂3を被覆したものである。被覆樹脂3の1層目被覆層31は、そのヤング率PYが0.55MPa以下であり、かつ、光ファイバ心線1を60℃の温水に168時間浸漬した際の被覆樹脂3の溶出率をE（質量%）としたとき、上記被覆樹脂の溶出率Eは下記（1）式を満たしている。また上記ヤング率PYの下限は、ハンドリング時に加わる側圧やしごきなどの外力に対する1層目被覆層の耐久性の観点から好ましくは0.1MPa以上、より好ましくは0.14MPa以上である。

[0012] [数1]

$$1.8 \leq E \leq 8.61 \times PY + 1.40 \quad (1)$$

[0013] 上記(1)式の $E \leq 8.61 \times PY + 1.40$ なる関係は、光ファイバ心線1の浸水後の乾燥時における1層目被覆層31のボイド発生の有無と1層目被覆層31のヤング率 PY 、溶出率 E の関係を調べて導出されたものである。詳細は後述するが、溶出率 E が上記 $E \leq 8.61 \times PY + 1.40$ なる関係を満たす場合にボイドの発生が抑制される。また、上記(1)式の $1.8 \leq E$ なる関係を満たす場合に優れた耐溶剤(耐エタノール)性が得られる。さらに $PY \leq 0.55 MPa$ なる関係を満たす場合に、1層目被覆層31に十分な弾力性が与えられ、光ファイバ心線1に外力が加えられてもマイクロベンドの発生が抑制され、優れた耐マイクロベンド特性が得られる。

[0014] また被覆樹脂3の2層目被覆層32には、 $500 MPa$ から $1500 MPa$ のヤング率を有するものを用いている。このように、2層目被覆層32のヤング率を高く設定することにより、光ファイバ心線1に必要とされる十分な機械的強度が与えられる。

[0015] 上記被覆樹脂3は、主に紫外線硬化型樹脂が用いられる。紫外線硬化型樹脂は、オリゴマー、希釈モノマーおよび添加剤を含む。添加剤としては、光開始剤、酸化防止剤、連鎖移動剤、光安定剤、可塑剤、着色顔料、重合禁止剤、増感剤、滑剤などが挙げられる。オリゴマーとしては、ウレタンアクリレート系樹脂、エポキシアクリレート系樹脂、ポリエステルアクリレート系樹脂が主に用いられる。希釈モノマーとしては、単官能アクリレート、多官能アクリレートもしくは N -ビニルピロリドン、 N -ビニルカプロラクタム等のビニルモノマーが用いられる。

被覆樹脂3のヤング率は、オリゴマーの分子量や希釈モノマーの種類により調整することができる。つまりオリゴマーの分子量を大きくするほど、また希釈モノマーとして多官能のモノマーよりも単官能のモノマーを多くすることにより、架橋密度が低くなり低ヤング率の被覆樹脂が得られる。したがって、1層目被覆層31では、数平均分子量が 500 ないし 10000 のオリゴマーを用いることにより、また希釈モノマーとして多官能のモノマーよりも単官能のモノマーの配合量を多くすることにより、架橋密度を低くして

、好ましくは0.55MPa以下、より好ましくは0.50MPa以下という低いヤング率を得る。一方、2層目被覆層32は、希釈モノマーとして単官能モノマーよりも多官能モノマーの配合量を多くすることで架橋密度を高くして、500MPa以上1500MPa以下という高いヤング率を得ている。本明細書では、1分子中に反応基である二重結合(>C=C<)を1個持つものを単官能モノマーとし、2個以上持つものを多官能モノマーとする。

[0016] また酸化防止剤や連鎖移動剤などの非反応性添加剤は、溶出成分となるので、これらの配合量により樹脂の溶出量を調整できる。すなわち、非反応性添加剤の配合量を多くするほど樹脂の溶出量を多くすることができる。またこれらの非反応性添加剤と架橋した部分の分子構造との親和性なども浸水時の溶出しやすさに影響する。すなわち、水酸基やエステルのような極性の高い官能基間には強い静電的引力が発生するため、非反応性添加剤が極性の高い構造であり、架橋部分の極性が低い構造の被覆層を浸水すると、非反応性添加剤と水分子間の静電的引力が弱くなり、溶出量が多くなる。逆に架橋部分の極性が高いと溶出量が少なくなる。

連鎖移動剤のような架橋反応抑制剤を用いた場合、架橋密度を低くすることができるので1層目被覆層31を低ヤング率化できるが、一方では低分子量成分も副生しやすく、溶出成分が増加する。したがってそれらを考慮して、オリゴマー分子量、希釈モノマーの種類、連鎖移動剤の配合量などにより、1層目被覆層31および2層目被覆層32のそれぞれのヤング率と溶出成分の量や種類とを適宜調整できる。

[0017] 本実施形態の光ファイバ心線1によれば、1層目被覆層31のヤング率PYが好ましくは0.55MPa以下、より好ましくは0.50MPa以下の低ヤング率の樹脂を用いたことから、マイクロベンドの発生が抑えられ、優れた耐マイクロベンド特性が得られる。

[0018] また、 $E \leq 8.61 \times PY + 1.40$ なる式を満たしていることから、光ファイバ心線1を浸水させて乾燥させた際に1層目被覆層31にボイドが発

生しにくい。

光ファイバ心線 1 の被覆樹脂 3 からの溶出成分は架橋密度の低い 1 層目被覆層 3 1 から出てくる。したがって、溶出率 E が高いほど 1 層目被覆層 3 1 の体積減少量が大きくなる。浸水中は 1 層目被覆層 3 1 が水を吸収することによりこの体積変化の影響はほとんどないが、乾燥するとこの溶出成分により発生する上述の体積減少が 1 層目被覆層 3 1 中に引張応力を発生させる。このため、溶出率 E が高いほど乾燥時に発生する引張応力が大きくなり、ボイドが発生しやすくなる。また 1 層目被覆層 3 1 は、架橋密度が低い、つまりヤング率が低いほど引張強度が弱くなるため、ボイドが発生しやすくなる。

[0019] さらに、 $1.8 \leq E$ であることから、耐溶剤性（耐エタノール性）が良好である。

光ファイバ心線 1 の耐溶剤性試験として、光ファイバ心線 1 をエタノールに 1 時間浸漬して外観の変化を観察したところ、 60°C の温水に 168 時間浸漬した後の溶出率 E が 1.8 質量%以上であれば、被覆樹脂 3 に割れや裂け目などの被覆異常が発生しないことがわかった。これは以下のためである。エタノールに浸漬すると光ファイバ心線 1 の被覆樹脂 3 にエタノールが浸透し被覆樹脂 3 が膨潤する。膨潤が著しく大きくなると被覆樹脂 3 が破壊されて割れや裂け目が発生する。しかし溶出率 E が高い光ファイバ心線 1 は、被覆樹脂 3 中に低分子量の未架橋成分が多く含まれており、エタノール浸漬時のこれらの低分子量成分が被覆層外部に移行する。それにより被覆樹脂 3 の膨潤が抑制されるためである。

また、1 層目被覆層 3 1 のヤング率 P Y が一定の場合、浸水時の被覆樹脂 3 からの溶出率 E が高いほど、ボイドが発生しやすくなる。

[0020] 以上より、1 層目被覆層 3 1 のヤング率を P Y として、被覆樹脂 3 の溶出率 E（質量%）が、上記（1）式の $E \leq 8.61 P Y + 1.40$ を満たす範囲であれば、浸水してから乾燥後のボイド（空隙）の発生が抑制される。従って、伝送損失が増加しにくく、かつ上記（1）式の $1.8 \leq E$ を満たす範囲

であれば、耐溶剤性が良好な光ファイバ心線 1 を得ることができる。

[0021] 次に、本発明の光ファイバ心線の好ましい別の実施形態を図 2 によって説明する。

図 2 に示すように、光ファイバ心線 1 B は、ガラス光ファイバ 2 に 1 層目被覆層 3 1、2 層目被覆層 3 2、着色層 3 3 の 3 層を有する被覆樹脂 3 を被覆したものである。各樹脂には紫外線硬化型樹脂を用いている。紫外線硬化型樹脂は、オリゴマー、希釈モノマー、光開始剤、連鎖移動剤、添加剤等を含むが、その構成材料を変えることで、所望のヤング率 $P Y$ および溶出率 E を有する被覆層とすることができる。この場合の溶出率 E は、着色層 3 3 を含む被覆樹脂全体の溶出率とする。またガラス光ファイバ 2 の外径を $125 \mu m$ 、1 層目被覆層 3 1 の外径を $195 \mu m$ 、2 層目被覆層 3 2 の外径を $245 \mu m$ 、着色層 3 3 の外径を $255 \mu m$ とする。これらの値は一例であって適宜変更可能である。したがって、光ファイバ心線 1 B は、着色層 3 3 以外、前述の第 1 実施形態の光ファイバ心線 1 と同様の構成である。このような構成の光ファイバ心線 1 B は着色光ファイバ心線とも称する。

[0022] 次に、本発明の光ファイバテープ心線の好ましい実施形態を図 3 によって説明する。

図 3 に示すように、本発明の一実施形態に係る光ファイバテープ心線は、上述の光ファイバ心線 1 B を 4 本平面状に並行に並べ、紫外線硬化型樹脂からなる被覆層 5 で一括被覆して光ファイバテープ心線 1 C とした構成であってもよい。この場合、光ファイバテープ心線 1 C から単心に分離することで光ファイバ心線の着色樹脂および被覆樹脂の両方からの溶出率を測定することができる。

[0023] 上述の光ファイバ心線 1 B、光ファイバテープ心線 1 C においても、光ファイバ心線 1 B は、上述の光ファイバ心線 1 と同様に、被覆樹脂 3 の 1 層目被覆層 3 1 は、ヤング率 $P Y$ が $0.55 MPa$ 以下であり、かつ、光ファイバ心線 1 を $60^{\circ}C$ の温水に 168 時間浸漬した際の被覆樹脂 3 の溶出率を E (質量%) とし、前述の (1) 式を満たしている。

[0024] したがって、光ファイバ心線 1 B、1 C は、光ファイバ心線 1 と同様に、溶出率 E が上記 (1) 式の $E \leq 8.61 \times PY + 1.40$ なる関係を満たす場合にボイドの発生を抑制できる。また、上記 (1) 式の $1.8 \leq E$ なる関係を満たす場合に優れた耐溶剤 (耐エタノール) 性を有する。さらに $PY \leq 0.55$ なる関係を満たす場合に優れた耐マイクロバンド特性を有する。

[0025] (実施例)

以下に前述の各実施形態で説明した光ファイバ心線の実施例について、以下に説明する。

[0026] 上述のような光ファイバ心線 1 の構成において、1 層目被覆層 3 1 のヤング率と被覆樹脂 3 の溶出率の異なる光ファイバ心線 1 を作製し、ボイドの発生の有無、耐溶剤性、および耐マイクロバンド特性を調べた。

[0027] サンプルの光ファイバ心線の製造にあたって、ガラス光ファイバ 2 として、外径 (直径) 約 $\phi 125 \mu\text{m}$ のガラス光ファイバを用い、その外周に 1 層目被覆層 3 1 を形成し、さらにその外周に 2 層目被覆層 3 2 を形成して、光ファイバ心線 1 を製造した。1 層目被覆層 3 1 の外径は $195 \mu\text{m}$ とし、2 層目被覆層 3 2 の外径は $245 \mu\text{m}$ とした。これらの値は一例であって適宜変更可能である。

[0028] 1 層目被覆層 3 1、2 層目被覆層 3 2 の樹脂材料としては、ともにウレタンアクリレート系紫外線硬化型樹脂を用い、1 層目被覆層 3 1、2 層目被覆層 3 2 の各々のヤング率、被覆樹脂 3 の溶出率については、オリゴマー分子量、希釈モノマーの種類、連鎖移動剤の配合量などにより適宜調整した。

[0029] 次に、ボイドの発生の有無、耐溶剤性、および耐マイクロバンド特性の各試験方法について説明する。

[0030] 1. ボイド試験

1 層目被覆層 3 1 のヤング率 PY と被覆樹脂 3 の溶出率 E の異なる光ファイバ心線 1 を、 60°C の温水に所定の時間浸水した後に取り出し、1 日 (24 時間) 乾燥させてから、顕微鏡で観察した。顕微鏡観察では、1 層目被覆層 3 1 にボイドが見られた場合を X、ボイドなどの異常が見られなかった場

合を○とした。なお、本試験では同一の光ファイバ心線に対しても、浸水時間をいくつか変化させることで溶出率を変化させている。

[0031] 上記1層目被覆層31のヤング率PYは、特許文献4などに記載のISM (In Situ Modulus) 試験法により測定した。

具体的には、図4に示すように、片端10mmのみ被覆を残し、それ以外の部分は被覆を除去してガラス光ファイバ2を露出させたサンプルを用意し、被覆している部分の被覆樹脂3を接着剤等で固定する。23℃の温度下で、固定されていない端方向にガラス光ファイバ2を引き抜くように徐々に力をかけ、ガラス光ファイバ2の変位を測定する。ガラス光ファイバ2の固定されていない端に加えられる力をF、ガラス光ファイバ2の変位をu、ガラス光ファイバ2の半径をRf、1層目被覆層31の半径をRp、被覆が残された部分の長さ（この場合は10mm）をLembすると、1層目被覆層31の剪断弾性率Gpは下記（2）式を用いて計算される。

[0032] [数2]

$$G_p = \frac{F \cdot \ln(R_p / R_f)}{2\pi L_{emb} \cdot u} \quad (2)$$

[0033] ポアソン比をν、ヤング率をPYとすれば、 $PY = 2(1 + \nu) \times G_p$ の関係がある。ここで、1層目被覆層31は延ばされたことによる体積変化は生じないと仮定し、ポアソン比νを0.5とした。したがって、1層目被覆層31のヤング率PYは3Gpとなる。

[0034] 上記溶出率Eは下記の方法によって測定した。

長さ5mの光ファイバ心線1を23℃、50%RH（RHは相対湿度であり、ある気温で大気中に含まれる水蒸気量を、その温度の飽和水蒸気量で割ったもの（単位は%）である。）の恒温室にて24時間放置した後、光ファイバ心線1の質量からガラス光ファイバ2の質量を差し引くことで被覆樹脂3部分の質量（w1）を測定する。次に、その光ファイバ心線1を60℃に加熱した温水に168時間浸漬した後に温水から取り出し、60℃で24

時間かけて乾燥させる。その後、被覆樹脂 3 部分の質量 (w 2) を測定する。測定した w 1 と w 2 から、下記 (3) 式により溶出率 E (質量%) を求めた。

[0035] [数3]

$$E = (w1 - w2) / w1 \times 100 \quad (3)$$

[0036] 2. 光ファイバの耐溶剤性試験

光ファイバの耐溶剤性試験は、10cm長の光ファイバ心線1をエタノールに1時間浸漬してから外観の変化を顕微鏡により観察し、被覆樹脂3に変化が無ければ○、割れや裂け目などの被覆異常が発生したら×と判定した。

[0037] 3. 光ファイバの耐マイクロバンド特性試験

光ファイバ心線1の耐マイクロバンド特性としてプラスチックボビン(外径: 28cm)の胴部分にJISで規定する#1000のサンドペーパーを貼りつけ、ここに、100gの巻き付け張力で光ファイバ心線1を1層(約500m)巻き付ける。そして巻き付けてから30分以内にカットバック法により測定波長1550nmで伝送損失(L1)を測定する。一方、同じ光ファイバ心線1の束状態(ボビンに巻き付けていない状態で約1000m)につき同じくカットバック法により測定波長1550nmで伝送損失(L2)を測定する。

カットバック法は、試験用の光ファイバ心線1からの出力と、試験用の光ファイバ心線1をカットバック長(たとえば2m)に切断したあとの出力差から損失を求める方法である。このため、試験用の光ファイバ心線1と試験装置の接続点の損失は差し引かれるため、試験用の光ファイバ心線1のガラス光ファイバ2の正確な損失を測定できる。

そして、L1-L2を計算し、その値を損失増分とする。この値が0.5dB/km以下を○、それより大きい場合を×とした。なお、上記損失増分が0.5dB/km以下であれば、この光ファイバ心線を用いた光ファイバケーブルを通信用ケーブル等に好適に用いることができる。

[0038] [実施例 1 - 6]

実施例 1 (サンプル N o. 2) は、1 層目被覆層 3 1、2 層目被覆層 3 2 にウレタンアクリレート系紫外線硬化型樹脂を用い、1 層目被覆層 3 1、2 層目被覆層 3 2 の各々のヤング率、被覆樹脂 3 の溶出率については、オリゴマー分子量、希釈モノマーの種類、連鎖移動剤の配合量などを調整して、1 層目被覆層 3 1 のヤング率 PY を 0.14 MPa 、被覆樹脂 3 の 60°C 温水 168 時間浸漬時の溶出率 E を 2.4 質量% に調整したものである。なお、168 時間としたのは、168 時間を経過することで被覆樹脂からの溶出がほぼ飽和するからである。

実施例 2 (サンプル N o. 3) は、オリゴマー分子量、希釈モノマーの種類、連鎖移動剤の配合量などを調整して、1 層目被覆層 3 1 のヤング率 PY を 0.20 MPa 、被覆樹脂 3 の 60°C 温水 168 時間浸漬時の溶出率 E を 1.8 質量% に調整した以外前述の実施例 1 と同様のものである。

実施例 3 (サンプル N o. 6) は、オリゴマー分子量、希釈モノマーの種類、連鎖移動剤の配合量などを調整して、1 層目被覆層 3 1 のヤング率 PY を 0.22 MPa 、被覆樹脂 3 の 60°C 温水 168 時間浸漬時の溶出率 E を 2.9 質量% に調整した以外前述の実施例 1 と同様のものである。

実施例 4 (サンプル N o. 12) は、オリゴマー分子量、希釈モノマーの種類、連鎖移動剤の配合量などを調整して、1 層目被覆層 3 1 のヤング率 PY を 0.33 MPa 、被覆樹脂 3 の 60°C 温水 168 時間浸漬時の溶出率 E を 3.8 質量% に調整した以外前述の実施例 1 と同様のものである。

実施例 5 (サンプル N o. 15) は、オリゴマー分子量、希釈モノマーの種類、連鎖移動剤の配合量などを調整して、1 層目被覆層 3 1 のヤング率 PY を 0.49 MPa 、被覆樹脂 3 の 60°C 温水 168 時間浸漬時の溶出率 E を 4.4 質量% に調整した以外前述の実施例 1 と同様のものである。

実施例 6 (サンプル N o. 16) は、オリゴマー分子量、希釈モノマーの種類、連鎖移動剤の配合量などを調整して、1 層目被覆層 3 1 のヤング率 PY を 0.50 MPa 、被覆樹脂 3 の 60°C 温水 168 時間浸漬時の溶出率 E

を3.8質量%に調整した以外前述の実施例1と同様のものである。

[0039] [比較例1-3]

比較例1 (サンプルNo. 18) は、オリゴマー分子量、希釈モノマーの種類、連鎖移動剤の配合量などを調整して、1層目被覆層31のヤング率PYを0.60MPa、被覆樹脂3の60℃温水168時間浸漬時の溶出率Eを1.5質量%に調整した以外前述の実施例1と同様のものである。

比較例2 (サンプルNo. 19) は、オリゴマー分子量、希釈モノマーの種類、連鎖移動剤の配合量などを調整して、1層目被覆層31のヤング率PYを0.81MPa、被覆樹脂3の60℃温水168時間浸漬時の溶出率Eを1.8質量%に調整した以外前述の実施例1と同様のものである。

比較例3 (サンプルNo. 20) は、オリゴマー分子量、希釈モノマーの種類、連鎖移動剤の配合量などを調整して、1層目被覆層31のヤング率PYを0.95MPa、被覆樹脂3の60℃温水168時間浸漬時の溶出率Eを1.4質量%に調整した以外前述の実施例1と同様のものである。

[0040] ボイドの発生の有無についての試験結果を図5および下記表1に示す。表1は、図5中の測定点の測定値を示した。試験項目の「ボイドの発生の有無」では、ボイドの発生がない場合を○、ボイドが発生した場合を×で示した。また図5中、黒塗りのひし形で表した測定点はボイドの発生がない場合 (試験結果は○) であり、黒塗りの四角形で表した測定点はボイドの発生が認められた場合 (試験結果は×) である。

図5から、被覆樹脂3の溶出率Eが高くなるほど、また1層目被覆層31のヤング率PYが低くなるほどボイドが発生し易いことがわかる。また被覆樹脂3の溶出率Eは、1層目被覆層31のヤング率をPYとして、上記の(1)式の $E \leq 8.61 \times PY + 1.40$ の範囲であればボイドが発生しないことが判明した。

上記(1)式の右辺は以下のようにして求めた。

ボイドが発生しない上限値の溶出率2.4質量%、ヤング率0.14MPaの点と、溶出率5.5質量%、ヤング率0.5MPaの点とを結んだ線の

勾配と定数項を求めた。その勾配の値は8.61であり、定数項の値は1.20となる。また、ボイドが発生する下限値の溶出率2.8質量%、ヤング率0.14MPaの点と、溶出率5.9質量%、ヤング率0.5MPaの点とを結んだ線の勾配と定数項を求めた。その勾配の値は8.61であり、定数項の値は1.59となる。これらの値の間をとって、勾配の値を8.61とし、定数項の値を1.40として、上記 $E \leq 8.61PY + 1.40$ なる式を導出した。

[0041]

[表1]

サンプル No.	1層目被覆層の ヤング率(MPa)	溶出率(%)	ポイド発生 の有無
1	0.14	1.2	○
2	0.14	2.4	○
3	0.2	1.8	○
4	0.22	1.4	○
5	0.22	2.3	○
6	0.22	2.9	○
7	0.27	1.3	○
8	0.27	2.7	○
9	0.27	3.5	○
10	0.33	1.8	○
11	0.33	3.2	○
12	0.33	3.8	○
13	0.39	2.4	○
14	0.39	3.8	○
15	0.49	4.4	○
16	0.5	3.8	○
17	0.5	5.5	○
18	0.6	1.5	○
19	0.81	1.8	○
20	0.95	1.4	○
21	0.14	2.8	×
22	0.14	4.3	×
23	0.14	5.1	×
24	0.22	3.5	×
25	0.22	4.0	×
26	0.22	5.1	×
27	0.27	3.8	×
28	0.27	4.3	×
29	0.5	5.9	×

[0042] また、上記実施例1から6および上記比較例1から3の試験条件と結果を

下記表 2 に示す。

さらに耐溶剤性試験の結果を下記表 2 に示す。

表 2 から、60℃の温水に 168 時間浸漬した後、24 時間乾燥させて求めた溶出率 E が、実施例 1 から 6 および比較例 2 のように、1.8 質量%以上あれば耐溶剤性が得られる（試験結果は○）ことが判明した。

[0043] さらにまた耐マイクロバンド特性試験の結果を下記表 2 に示す。

表 2 から、実施例 1 から 6 のように、1 層目被覆層 31 のヤング率 P Y が 0.55 MP a 以下、より好ましくは 0.5 MP a 以下であれば、耐マイクロバンド特性が得られる（試験結果は○）ことが判明した。

[0044] [表2]

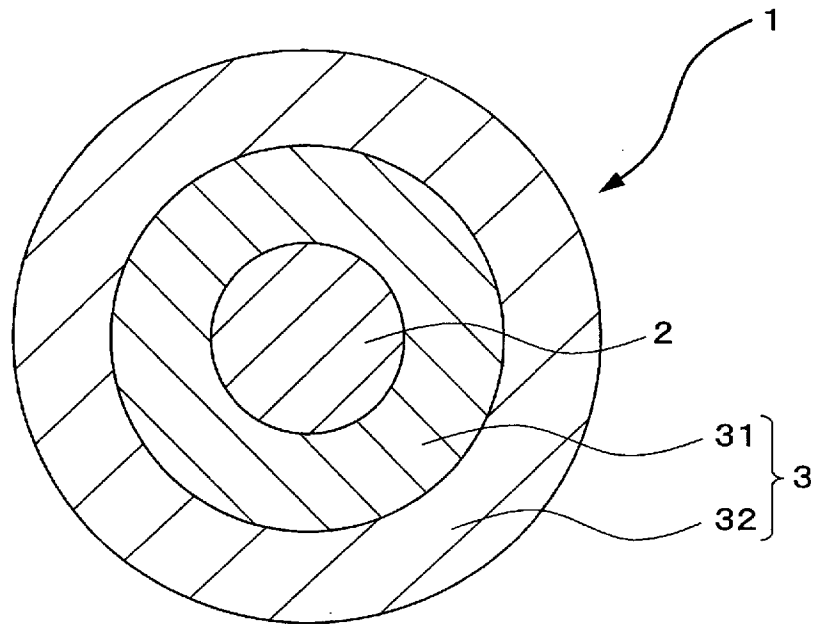
	1層目被覆層の ヤング率 (MPa)	60℃、168時間 浸漬後の溶出率 (質量%)	ボイド 試験	耐溶剤性 試験	マイクロバンド 特性試験	総合評価
実施例1	0.14	2.4	○	○	○	○
実施例2	0.2	1.8	○	○	○	○
実施例3	0.22	2.9	○	○	○	○
実施例4	0.33	3.8	○	○	○	○
実施例5	0.49	4.4	○	○	○	○
実施例6	0.5	3.8	○	○	○	○
比較例1	0.6	1.5	○	×	×	×
比較例2	0.81	1.8	○	○	×	×
比較例3	0.95	1.4	○	×	×	×

[0045] したがって、1 層目被覆層 31 のヤング率 P Y ≤ 0.55 MP a、かつ被覆樹脂 3 の溶出率 E が上記 (1) 式を満たす場合には、ボイドの発生がなく、耐マイクロバンド特性、耐溶剤性に優れているという総合評価（評価結果は○）が得られた。

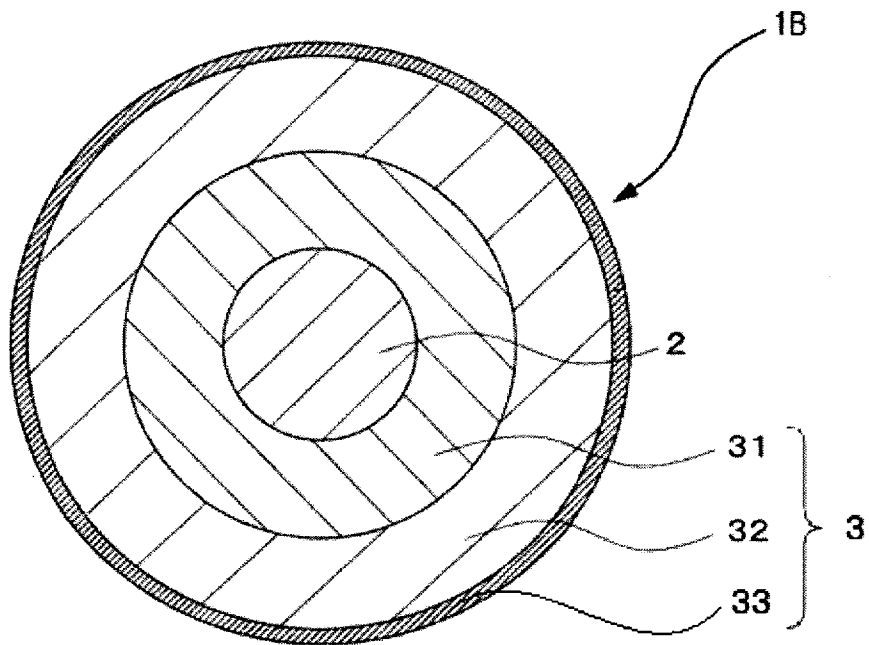
請求の範囲

- [請求項1] ガラス光ファイバの外周に設けられ、少なくとも2層の被覆層が積層された被覆樹脂を備える光ファイバ心線であって、
- 前記少なくとも2層の被覆層の、最も前記ガラス光ファイバ側に設けられた1層目の前記被覆層のヤング率を PY (MPa)、
- 前記光ファイバ心線を 60°C の温水に168時間浸漬した際の前記被覆樹脂の溶出率を E (質量%) としたとき、
- $PY \leq 0.55 \text{ MPa}$ 、
- かつ、
- $1.8 \leq E \leq 8.61 \times PY + 1.40$
- なる式を満たすことを特徴とする光ファイバ心線。
- [請求項2] 前記被覆樹脂の最も外側の前記被覆層は、着色樹脂からなる着色層であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ心線。
- [請求項3] 請求項2に記載の光ファイバ心線を複数本並行に配置し、それらの光ファイバ心線を一括して被覆する被覆層をさらに備えることを特徴とする光ファイバテープ心線。

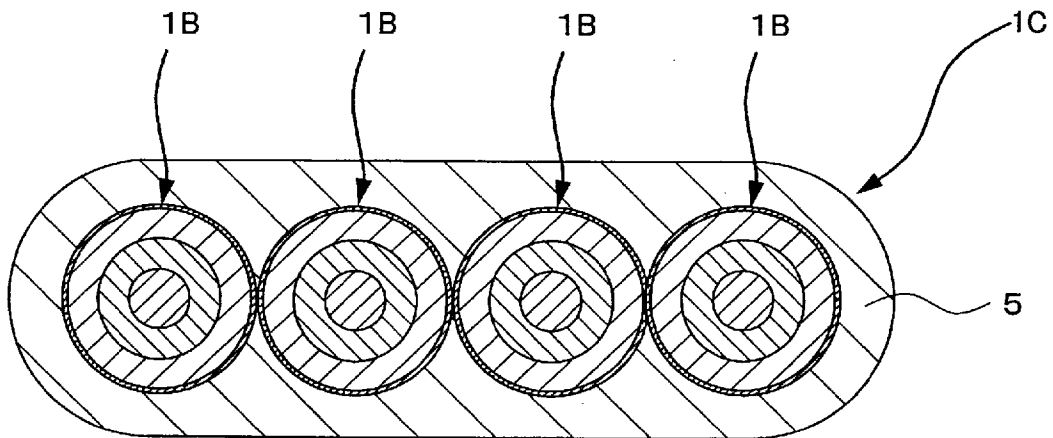
[図1]



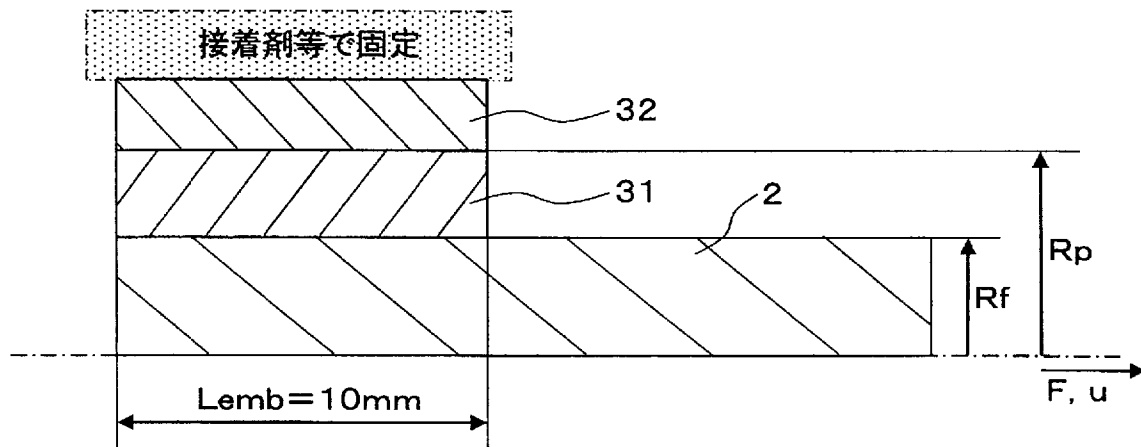
[図2]



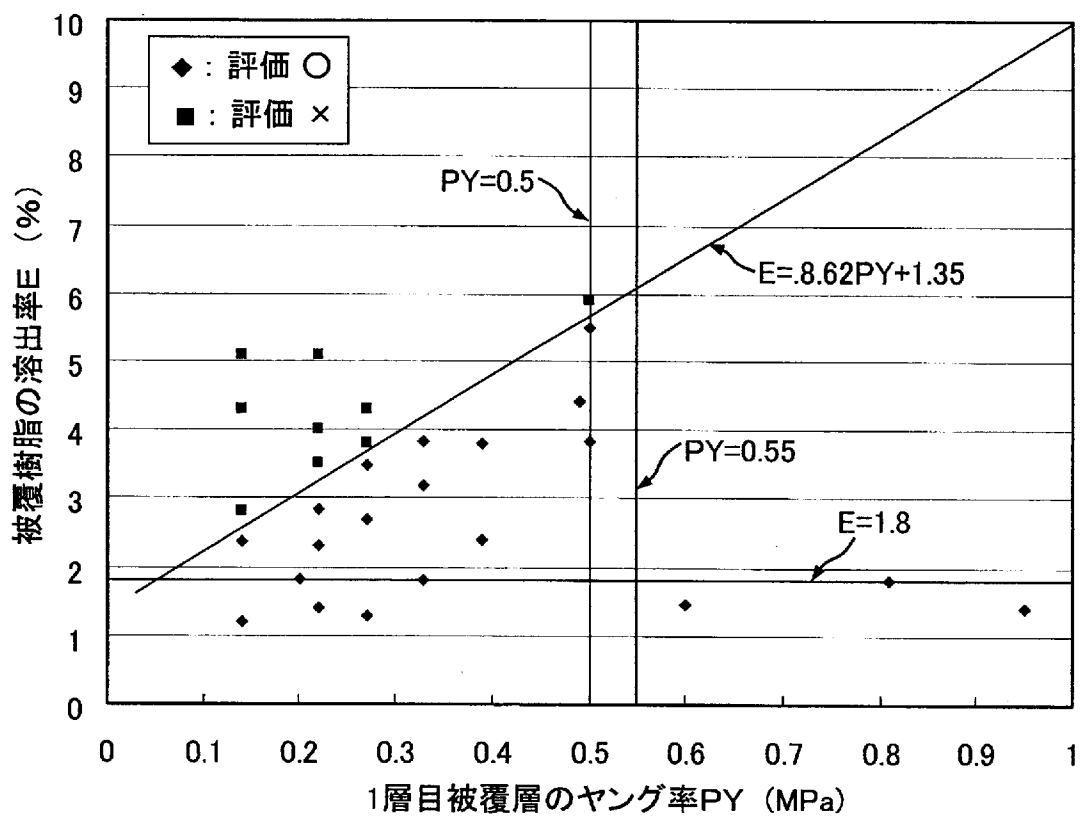
[図3]



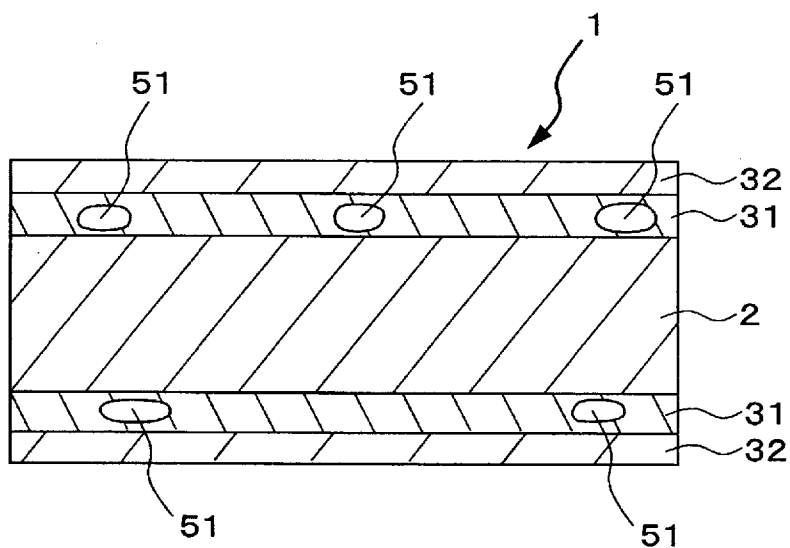
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/000661

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03C25/24(2006.01) i, G02B6/44(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)

C03C25/00-25/70, G02B6/44

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
A	WO 2008/029488 A1 (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 13 March 2008 (13.03.2008), claims & EP 2060941 A1 & WO 2008/029488 A1	1-3
A	JP 2007-334111 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 27 December 2007 (27.12.2007), claims (Family: none)	1-3
A	JP 2003-96336 A (Kansai Paint Co., Ltd.), 03 April 2003 (03.04.2003), claims (Family: none)	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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 April, 2012 (09.04.12)

Date of mailing of the international search report
17 April, 2012 (17.04.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/000661

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-113103 A (Hitachi Cable, Ltd.), 27 April 2006 (27.04.2006), claims (Family: none)	1-3

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C03C25/24(2006.01)i, G02B6/44(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 (IPC))

Int.Cl. C03C25/00-25/70, 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

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012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
A	WO 2008/029488 A1 (古河電気工業株式会社) 2008.03.13, 特許請求の範囲 & EP 2060941 A1 & WO 2008/029488 A1	1-3
A	JP 2007-334111 A (古河電気工業株式会社) 2007.12.27, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 2003-96336 A (関西ペイント株式会社) 2003.04.03, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	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

09.04.2012

国際調査報告の発送日

17.04.2012

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 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)

山崎 直也

電話番号 03-3581-1101 内線 3465

4T

3234

C (続き) . 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
A	JP 2006-113103 A (日立電線株式会社) 2006.04.27, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-3