

(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
2013年8月22日(22.08.2013)



(10) 国際公開番号

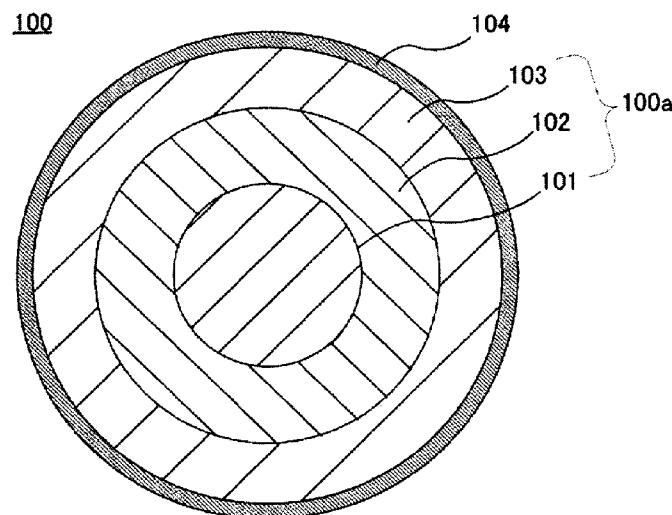
WO 2013/121494 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/44 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/008037
- (22) 国際出願日: 2012年12月17日(17.12.2012)
- (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 2012-033088 2012年2月17日(17.02.2012) JP
- (71) 出願人: 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: 笠原 稔(KASAHARA, Minoru); 〒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). 齋藤 稔(SAITO, Minoru); 〒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). 新子谷 悦宏(ARASHITANI, Yoshihiro); 〒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, BN, 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, PA, 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), ユーロパ (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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL FIBER CORE WIRE, OPTICAL FIBER TAPE CORE WIRE, AND OPTICAL CABLE

(54) 発明の名称: 光ファイバ心線、光ファイバテープ心線および光ケーブル



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide, by a configuration or method different from conventional art, an optical fiber core wire enabling reduced interface delamination between glass fibers and a primary coating layer when the core wire is under water, and a reduction in transmission loss increase. An optical fiber core wire (100) according to one embodiment of the present invention is provided with glass fibers (101), a primary coating layer (102) coated onto the outer circumference of the glass fibers (101), a secondary coating layer (103) coated onto the outer circumference of the primary coating layer (102), and a colored layer (104) coated onto the outer circumference of the secondary coating layer (103). According to the optical fiber core wire (100), small water bubbles that are generated in a substantially uniform manner within the primary coating layer when the core wire is immersed for 200 days in warm water of 60°C, and as a result, stress on the glass primary interface from the secondary coating layer is alleviated and an increase in transmission loss is reduced.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2013/121494 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

本発明は、従来とは異なる構成または方法によって、浸水時に発生するガラスファイバと 1 次被覆層との間の界面の剥離を抑制し、伝送ロス増を低減できる光ファイバ心線を提供することを目的とする。本発明の一実施形態に係る光ファイバ心線 100 は、ガラスファイバ 101 と、ガラスファイバ 101 の外周に被覆された 1 次被覆層 102 と、1 次被覆層 102 の外周に被覆された 2 次被覆層 103 と、2 次被覆層 103 の外周に被覆された着色層 104 とを備える。光ファイバ心線 100 によれば、60℃、200 日間の温水浸漬時に 1 次被覆層中に小さい水泡がほぼ一様に発生することによって、2 次被覆層からガラスプライマリ界面への応力が緩和され、伝送ロス増が低減される。

明 細 書

発明の名称：

光ファイバ心線、光ファイバテープ心線および光ケーブル

技術分野

[0001] 本発明は、耐水性に優れた光ファイバ心線、光ファイバテープ心線および光ケーブルに関するものである。

背景技術

[0002] 近年の大容量通信の需要に伴い、光ファイバは広い範囲に敷設されるようになってきた。このような光ファイバに用いられる例示的な光ファイバ心線は、ガラスファイバと、ガラスファイバの外周に被覆された１次被覆層と、１次被覆層の外周に被覆された２次被覆層と、２次被覆層の外周に被覆された着色層とを備える。

このような構成を有する光ファイバ心線が、水中、特に温水中に長期間浸漬されると、１次被覆層中に水泡が発生し、ガラスファイバと１次被覆層との間の界面（ガラスプライマリ界面ともいう）に剥離が起こり、その結果浸水前に比べて伝送ロスが増加する問題が発生する場合があることが知られている。

[0003] この問題を解決するために、従来から様々な試みがなされてきた。例えば、特許文献１においては、光ファイバ心線の１次被覆層に用いられる材料をガラス板に被覆して温水に浸漬した後、該ガラス板から角度が９０度になるように該材料を剥離する際の剥離力を測定する。該剥離力が所定の値となるように調整された材料を１次被覆層として用いることによって、温水浸漬時に大きな水泡の発生が抑制され、伝送ロス増が低減されることが開示されている。

また、特許文献２には、光ファイバ心線の１次被覆層および２次被覆層のガラス転移温度がそれぞれ所定の値となるように調整することによって、温水浸漬時に大きな水泡の発生が抑制され、伝送ロス増が低減されることが開

示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2004-54138号公報

特許文献2：特開2008-40369号公報

特許文献3：特開2010-217800号公報

非特許文献

[0005] 非特許文献1：Charles Aloisio et al., "Optical Fiber Coating Delamination Using Model Coating Materials", Proceedings of the 51st IWCS, 2002, pp. 738-747

発明の概要

[0006] 特許文献1には、ポリプロピレングリコールまたはポリテトラメチレングリコールの単量体をオリゴマー骨格構成成分として、1次被覆層の材料に用いることによって、温水浸漬時の大きな水泡の発生を抑制できることが開示されている。また、特許文献2には、1次被覆層の T_g （ガラス転移温度）を2次被覆層の T_g より低くし、かつ1次被覆層の厚さを2次被覆層の厚さ以下にすることによって、温水浸漬時の大きな水泡の発生を抑制できることが開示されている。このように、従来では、ガラスプライマリ界面の剥離を抑制し、伝送ロス増を低減するために、水泡の生成を抑制することが求められてきた。

[0007] 本発明者は、鋭意研究により、浸水時に1次被覆層中に形成される水泡の分布が不均一であることが、ガラスファイバと1次被覆層との間の界面の剥離および伝送ロス増の一因となっていることを新たに見出した。そのため、本発明では、浸水時に1次被覆層中への水泡の生成を抑制するのではなく、むしろ1次被覆層中に一様に水泡が生成させることによって耐水性を改善するという、従来とは異なるアプローチを行う。

本発明の目的は、浸水時に1次被覆層中に一様に水泡を生成させることに

よって、ガラスファイバと１次被覆層との間の界面の剥離を抑制し、伝送ロス増を低減できる、耐水性に優れた光ファイバ心線を提供することである。

[0008] 本発明の第１の態様は、ガラスファイバと、該ガラスファイバの外周に被覆される１次被覆層と、該１次被覆層の外周に被覆される２次被覆層と、該２次被覆層の外周に被覆される弾性率が１００ＭＰa以上の３次被覆層とを備える光ファイバ心線であって、前記光ファイバ心線は、６０℃の温水に２００日間浸漬された場合に、前記１次被覆層の内部にほぼ一様に水泡が生じ、前記水泡は、前記光ファイバ心線の長手方向に沿って切断した断面において、前記１次被覆層中に前記１次被覆層の厚さを１単位とした単位面積あたり１個以上存在し、前記水泡の直径は１０μm以下であることを特徴とする。

[0009] 本発明に係る光ファイバ心線によれば、浸水時に１次被覆層の内部にほぼ一様に水泡が生じるため、該水泡によって応力を緩和することができる。その結果、ガラスファイバと１次被覆層との間の界面の剥離を抑制し、伝送ロス増を低減することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図１]本発明の一実施形態に係る、光ファイバ心線の概略図である。

[図２]本発明の一実施形態に係る、光ファイバテープ心線の概略図である。

[図３]本発明の一実施形態に係る、光ファイバケーブルの概略図である。

[図４]１次被覆層からガラスファイバが抜けるまでの時間と荷重との関係を示す図である。

[図５]荷重試験を行うために用いる荷重試験装置の概略図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明するが、本発明は本実施形態に限定されるものではない。なお、以下で説明する図面で、同機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略することもある。

[0012] (実施形態)

図１に、本実施形態に係る光ファイバ心線１００の概略図を示す。すなわ

ち、光ファイバ心線 100 は、ガラスファイバ 101 と、ガラスファイバ 101 の外周に被覆された 1 次被覆層 102 と、1 次被覆層 102 の外周に被覆された 2 次被覆層 103 からなる光ファイバ素線 100a と、光ファイバ素線 100a の外周に被覆された着色層 104 とを備える。

[0013] 1 次被覆層 102、2 次被覆層 103、着色層 104 は、それぞれ所定の性質を有するように調整された被覆材料からなる。各層の被覆材料には一般的に紫外線硬化型樹脂が用いられ、該紫外線硬化型樹脂はオリゴマー、希釈モノマー、光重合開始剤を少なくとも含み、さらに様々な性質を調整するためのシランカップリング剤、連鎖移動剤などの添加剤を含む。

ここで、1 次被覆層 102 の弾性率は低く、2 次被覆層 103 の弾性率は高くなるように、各層の被覆材料を調整することが望ましい。これにより、1 次被覆層 102 が軟質のバッファ層となり、2 次被覆層 103 が硬質の保護層として機能することによって、光ファイバ素線 100a に外力が加えられた場合においても、伝送ロス増加を抑制することができる。具体的には、光ファイバとしての機能を保持するためには、1 次被覆層 102 の弾性率は 0.2~3 MPa、2 次被覆層 103 の弾性率は 500~1200 MPa、着色層 104 の弾性率は 100~2000 MPa とすることが好ましい。

着色層 104 の被覆材料は、視認のために染料または顔料で着色される。しかしながら、着色層 104 は必ずしも着色されている必要はなく、強度維持等のための着色されていない 3 次被覆層であっても構わない。

[0014] 近年、コストダウンの目的で、1 次被覆層 102 または 2 次被覆層 103 を染料または顔料で着色し、着色層 104 を設けないタイプの光ファイバ心線も普及しつつある。このような 2 層構造の光ファイバ心線の場合は、光ファイバ心線を複数本平行に並べて一括被覆して光ファイバテープ心線を作成する際の一括被覆層が、3 次被覆層として作用する。

[0015] 光ファイバ素線 100a の外周に弾性率が 100 MPa 以上の着色層や一括被覆層等の硬質の被覆層があると、2 次被覆層の動きが拘束され、ガラスファイバと 1 次被覆層の間の界面にかかる応力が増大し、界面剥離が起こり

やすくなる。さらに、光ファイバ心線が温水中に長期間浸漬されると、ガラスファイバと1次被覆層の間の剥離部分に水が溜まることがある。そのため、2次被覆層の外側に着色層や一括被覆層などの硬質の被覆層が存在する場合に、ガラスファイバと1次被覆層との間の界面の剥離および伝送ロス増が特に問題になりやすい。したがって、本発明は2次被覆層の外周に弾性率が100MPa以上の3次被覆層が被覆されている構成を前提としている。

なお、ガラスファイバと1次被覆層の間の剥離部分に溜まった水には、被覆層中の可溶成分が溶け出し水溶液となる。2次被覆層の外側に着色層があると、着色層が半透膜として作用し、層間剥離部分の水溶液と着色層外部の水の濃度差により浸透圧が発生し、更に水が層間剥離部分に移動してくることで層間剥離が成長することがある。

したがって、着色層を有する光ファイバ心線においては、特に伝送ロスが著しく増加する場合がある。

[0016] 本実施形態においては、各層の大きさとしては、一般的な値を採用する。すなわち、ガラスファイバ101は90～150 μ m、好ましくは125 μ m程度の直径とし、1次被覆層102および2次被覆層103は、それぞれ10～60 μ m、好ましくは20～50 μ mの厚さとし、着色層104は、5～20 μ mの厚さとする。各層の大きさはこれらの値に制限されず、任意に変更することができる。

[0017] 複数の光ファイバ心線100をテープ状にまとめてもよい。そのように構成された光ファイバテープ心線200の模式図を図2に示す。光ファイバテープ心線200は、複数平行に並べられた4本の光ファイバ心線100の外側を一括被覆層201が覆っている構成を有する。一括被覆層201の弾性率は、強度維持等の観点から100～2000MPaとすることが好ましい。光ファイバテープ心線200の大きさは、厚さ320 μ m、幅1.1mm程度である。光ファイバテープ心線200の大きさ、および光ファイバ心線100の本数はこれらの値に制限されず、任意に変更することができる。

なお、光ファイバテープ心線200を構成するために、光ファイバ心線1

00の代わりに、光ファイバ素線100aを用いてもよい。その場合には、光ファイバ素線100aの2次被覆層103の外側を、3次被覆層として一括被覆層201が覆う構成となる。

[0018] さらに、複数の光ファイバテープ心線200を収容体に収容して光ファイバケーブルを構成してもよい。そのように構成された光ファイバケーブル300の模式図を図3に示す。光ファイバケーブル300は、一例として、40心SZケーブルである。光ファイバケーブル300は、5溝のSZスロット302を有するスペーサ301を備える。それぞれのSZスロット302内には、2本の光ファイバテープ心線200が収容されている。スペーサ301の周囲には押え巻きテープ303が巻かれ、押え巻きテープ303の外側はシース304により被覆されている。また、スペーサ301の断面中央には、テンションメンバ305が設けられている。スペーサ301の外周にはトレーサマーク306が設けられ、押え巻きテープ303の外周の一部に引裂紐307が設けられている。

上記SZスロット302は、5溝のタイプに限定されるものではなく、溝数は適宜選択することができる。さらにSZスロット302内の光ファイバテープ心線200の本数も、2本に限定されず、その本数は適宜選択することができる。また、SZスロットに代えてSスロットを用いてもよい。

[0019] (弾性率の測定方法)

各被覆層の硬さを表す指標として、弾性率（ヤング率ともいう）を用いる。弾性率は、光ファイバの作製後に各被覆層に対して測定される。弾性率の具体的な測定手法としては、周知のものを用いてよい。

[0020] (限界密着力の測定方法)

限界密着力は、湿熱下でのガラスファイバと1次被覆層との間の界面の密着力を表す指標である。限界密着力は以下のように定義される。なお、限界密着力の定義は、特許文献3の記載に基づいている。

一端から10mm離れた位置においてガラスファイバのみを残すよう被覆層の全周に渡って切り込みを入れた光ファイバ心線を用意し、該光ファイバ

心線の該一端から 10 mm の範囲の被覆層を接着剤でサンドペーパーに固定する。温度 60℃、湿度 98%RH の雰囲気下で、該光ファイバ心線の該一端が上になるように該サンドペーパーを固定し、該光ファイバ心線他端に錘を取り付ける。これにより、切り込みより上の長さ 10 mm の部分のガラスファイバと 1 次被覆層との間に一定荷重が与えられる。この状態でガラスファイバが 1 次被覆層から抜けるまでの時間を測定する。そして、ガラスファイバに与える荷重、すなわち、錘の質量を徐々に変えてガラスファイバが抜けるまでの時間との関係を求める。

図 4 には、限界密着力の典型的な測定結果の例を示す。図 4 は限界密着力の定義の理解を助けるための例として示す図であるため、本実施例の実施結果を表しているものではなく、縦軸および横軸の具体的な数値は省略されていることを理解されたい。図 4 によれば、ガラスファイバと 1 次被覆層との間に加える荷重を小さくするにつれて、1 次被覆層からガラスファイバが抜けるまでの時間が長くなっていく。しかしながら、ある荷重 C 以下になるとガラスファイバが抜けるまでの時間が急激に長くなり傾きが緩くなる。このように、ガラスファイバが抜けるまでの時間が急激に長くなり傾きが緩くなる変曲点 D が存在する。この傾きが緩くなる変曲点 D における荷重 C を、限界密着力と定義する。特許文献 3 には、この限界密着力が大きいほど、温水浸漬後の伝送ロス増が低減されることが示されている。

[0021] (D50、T50 の測定方法)

本明細書において、ガラスプライマリ界面が剥離することをデラミネーションと呼び、1 次被覆層の内部が裂けること、または空隙ができることをテアーと呼ぶ。デラミネーションの起こりやすさ、およびテアーの起こりやすさは、ガラスプライマリ界面の剥離の起こりやすさ、および水泡のできやすさに関連すると考えられる。デラミネーションの起こりやすさ、およびテアーの起こりやすさの定量的な指標として、それぞれ D50 および T50 を以下のように定義する。

デラミネーションおよびテアーの測定装置の一例として、荷重試験装置 9

00の概略図を図5に示す。荷重試験装置900は、測定対象の光ファイバ心線100を載置するためのステージ901と、ステージ901から離間して設けられている荷重の大きさを調整可能な荷重部902と、荷重部902のステージ901側に固定されているロッド903と、荷重部902およびロッド903をステージ901の法線方向Aに沿って移動させることが可能な駆動部904とを備える。ロッド903は、ステージ901に載置された状態の光ファイバ心線100の長手方向に垂直であって、ステージ901の表面に平行になるように設けられている。

駆動部904が荷重部902を解放すると、荷重部902およびロッド903が自重によりステージ901の方へ移動する。ロッド903とステージ901は光ファイバ心線100を挟み込み、荷重部902は光ファイバ心線100上の一点Bに荷重を与える。その後、所定の時間が経過すると、駆動部904は、荷重部902およびロッド903を光ファイバ心線100から離れる方向に移動させ、荷重部902は荷重を光ファイバ心線100に与えなくなる。

なお、荷重付与の開始と終了をユーザの手で制御してもよく、制御部を設けて自動で行ってもよい。測定装置としては光ファイバ心線100の一点Bに、該光ファイバ心線の長手方向の垂直方向から所定の荷重を所定の時間与えられるものであればよく、図5の装置構成に限定されない。

[0022] 測定時には、まず測定対象の光ファイバ心線100を荷重試験装置900に固定する。そして、ある地点において所定の荷重を4.5秒間与え、さらに、約6mmの間隔ごとに30箇所について該荷重を与えることを繰り返す。その後、光学顕微鏡を用いて、各地点におけるデラミネーションまたはテアーの有無を観察する。さらに、荷重を大きくし、その度に、先の観察とは異なる30箇所の荷重付与および観察を繰り返す。これにより荷重の大きさとデラミネーションまたはテアーの個数とのプロットを作成する。なお、荷重を与える地点の数は30に限られない。

荷重が与えられた全地点数の50%以上においてデラミネーションまたは

テアーが観察される場合の最低荷重を、それぞれD50、T50と定義する。つまり、該プロットにおいて、荷重を与えられた30箇所のうち、50%（15箇所）以上の地点でデラミネーションが観察される場合の最低荷重をD50とする。また、該プロットにおいて、荷重を与えられた30箇所のうち、50%（15箇所）以上の地点でテアーが観察される場合の最低荷重をD50とする。

D50が低いほど、デラミネーションを起こすために必要な荷重が小さい、つまりデラミネーションが起こりやすいといえる。同様に、T50が低いほど、テアーを起こすために必要な荷重が小さい、つまりテアーが起こりやすいといえる。したがって、D50およびT50は、それぞれデラミネーションおよびテアーの起こりやすさの指標として用いることができるのである。

なお、この測定方法は、非特許文献1に記載の方法に基づいている。

[0023] （試料の調整）

特許文献1および2に示されているように、従来、浸水時に1次被覆層中に水泡が発生すること自体が伝送ロス増の原因であると考えられてきた。それに対して、本発明者は鋭意研究した結果、浸水時に1次被覆層中に形成される水泡の分布が不均一であることが、ガラスファイバと1次被覆層との間の界面の剥離および伝送ロス増の一因となっていることを新たに見出した。

浸水により、1次被覆層中に水泡が生成されない、または不均一に生成される場合には、2次被覆層からの応力がガラスプライマリ界面にそのまま、または一部の領域に集中して伝わるため、剥離が発生しやすいと考えられる。一方で、浸水により1次被覆層中に均一に水泡が生成されると、一様に分布した水泡により2次被覆層からの応力が緩和され、その結果、ガラスプライマリ界面の剥離が抑制されることが考えられる。

したがって、浸水時に発生する水泡の数を低減しなくとも、水泡が1次被覆層中に均一に生成されるように光ファイバ心線の材料を調整することによって、ガラスプライマリ界面に均一な力が加わり、その結果、剥離の抑制お

よび伝送ロスの低減を実現できるのである。

[0024] 温水浸漬時に1次被覆層中に均一に水泡が生成されるようにするために、以下のように各被覆層の材料の調整を行う。

本発明者は、デラミネーションよりもテアーを起こりやすくすることによって、温水浸漬時に1次被覆層中に均一の水泡が生成され、伝送ロス増が低減できることを見出した。デラミネーションよりもテアーが起こりやすい、つまりD50がT50より大きいと、温水浸漬時に2次被覆層からの応力が起因となってデラミネーションより先に1次被覆層内部に水泡が形成される。その結果、応力が該水泡により緩和されるため、伝送ロス増を低減できるものと考えられる。

デラミネーションを起こりにくくする（つまり、D50を上げる）には、1次被覆層の弾性率を低くし、2次被覆層の弾性率を高くして、ガラスプライマリ界面に伝わる外力を緩和すればよい。または、1次被覆層材料に、例えばシランカップリング剤のような添加剤を加えてガラスファイバの表面と1次被覆層との密着力を上げればよい。

テアーを起こりやすくする（つまり、T50を下げる）には、1次被覆層の弾性率を下げる、つまり1次被覆層の架橋密度を下げればよい。

さらに、1次被覆層中に均一に水泡を分布させるために、1次被覆層材料として、ポリテトラメチレングリコール（PTMG）等の疎水性のオリゴマーを用いて局所的な水泡ができることを防ぎ、アクリルアミド等の親水性のモノマーを加えて吸水率を調整することができる。

したがって、D50およびT50が所定の値になるように各被覆層の材料を調整することと、均一に水泡を分布させるように1次被覆層材料の疎水性物質および親水性物質の混合割合を調整することと総合的に行うことによって、温水浸漬時に1次被覆層中に均一に水泡を生成される光ファイバ心線を得ることができる。

[0025] （実施例）

図2に示す構成を有する光ファイバテープ心線であって、各被覆層の性質

を様々に変えた光ファイバテープ心線である実施例 1～4 および比較例 1～3 を用意し、その光ファイバテープ心線から光ファイバ心線を取り出して上述の弾性率、D 5 0、T 5 0、限界密着力の測定を行った。また、光ファイバテープ心線を用いて温水浸漬前の伝送ロスの測定を行った。

また、各実施例および比較例を 2 0 0 日間、6 0℃の温水に浸漬した後、水泡の観察と伝送ロスの測定を行った。その実施結果を表 1 に示す。

[0026] [表1]

番号	実施例				比較例		
	1	2	3	4	1	2	3
1 次被覆層の弾性率 (M P a)	0.4	0.5	0.7	0.4	0.5	0.3	0.5
2 次被覆層の弾性率 (M P a)	700	800	1000	1000	600	800	600
3 次被覆層の弾性率 (M P a)	800	800	800	800	800	800	800
D 5 0 (g)	550	550	550	1000	200	550	550
T 5 0 (g)	200	300	450	800	200	550	150
限界密着力 (N)	0.8	0.8	1.0	0.6	0.5	0.5	1.0
デラミネーション有無	無	無	無	無	有	無	無
微小泡の最多個数 (個)	>10	>10	8	>10	0	0	>10
微小泡の最少個数 (個)	1	5	3	7	0	0	1
微小泡の最大直径 (μm)	10	7	6	3	-	-	>10
伝送ロス増 (d b / k m)	0.095	0.03	0.06	0.05	0.2	0.12	0.15
判定	○	◎	◎	◎	×	×	×

[0027] 2 0 0 日間、6 0℃の温水浸漬後の各実施例および比較例に対して、光学顕微鏡によりガラスプライマリ界面におけるデラミネーション発生の有無、水泡（微小泡）の個数、水泡の大きさを観察した。

具体的には、温水浸漬後に約 1 0 c m 分の光ファイバ心線を切り出し、該光ファイバ心線の一端から約 3 c m ごとに 3 つの地点（3 c m、6 c m、9 c m）で観察を行い、さらに該光ファイバ心線を断面の円周方向に 9 0 度回転させ、該 3 つの地点で再度観察を行った。以上の計 6 つの観察箇所において、光ファイバ心線の長手方向の垂直方向から、それぞれ 1 次被覆層内の厚

さ方向 $30\ \mu\text{m}$ 、長手方向 $30\ \mu\text{m}$ の範囲（1次被覆層の厚さが $30\ \mu\text{m}$ なので、1次被覆層の厚さを1単位とした単位面積という）でデラミネーション発生の有無、水泡の個数および大きさを測定した。このように測定することにより、光ファイバ心線の長手方向だけでなく、断面の円周方向についても、水泡が一様に発生しているか否かを判定することができる。

[0028] デラミネーション有無は、該6つの観察箇所のおいずれかにおいて、ガラスプライマリ界面のデラミネーションが1つ以上発生していれば有、1つも発生していなければ無とした。

微小泡の最多個数は、該6つの観察箇所の中で、観察された最も多い水泡の個数を表す。また、微小泡の最少個数は、該6つの観察箇所の中で、観察された最も少ない水泡の個数を表す。水泡の個数が10個より多い場合には、「 >10 」と表記している。

微小泡の最大直径は、該6つの観察箇所の中で、最も大きい水泡の直径を表す。なお、水泡の形状が楕円状の場合、水泡の中心を通る最も長い距離を水泡の直径とした。水泡の直径が $10\ \mu\text{m}$ より大きい場合には、「 >10 」と表記している。

[0029] 温水浸漬の前後の各実施例および比較例に対して、伝送ロスを測定した。伝送ロス増は、温水浸漬前の光ファイバ心線を用いて測定した伝送ロスに対する、200日間、 60°C の温水浸漬後の光ファイバ心線を用いて測定した伝送ロスの増分である。伝送ロスの測定には、 $1.55\ \mu\text{m}$ の波長の光を用いた。

一般的に、伝送ロス増が $0.1\ \text{dB}/\text{km}$ 未満であれば、実用上問題ないとされている。そのため、 $0.1\ \text{dB}/\text{km}$ 以上の場合は耐水性が不十分である（判定が×）とし、 $0.1\ \text{dB}/\text{km}$ 未満の場合は耐水性が十分である（判定が○）とし、さらに $0.07\ \text{dB}/\text{km}$ 未満の場合は耐水性が優れている（判定が◎）として評価した。

[0030] 表1に示す実施結果より、水泡が発生していない場合（比較例1、2）よりも、水泡が1個以上発生している場合（実施例1～4）の方が、伝送ロス

増が低減されていることがわかる。さらに、水泡が発生していない場合（比較例 1）には、デラミネーションの発生も観察されている。

また、水泡が 1 個以上発生している場合であっても、水泡の最大直径が $10\ \mu\text{m}$ より大きい場合（比較例 3）よりも、水泡の最大直径が $10\ \mu\text{m}$ 以下の場合（実施例 1～4）の方が、伝送ロス増が低減されていることがわかる。

観測した全ての地点において最低 1 個以上の水泡が発生しているということは、1 次被覆層中にほぼ一様に水泡が形成されているといえる。したがって、 60°C 、200 日間の温水浸漬時に 1 次被覆層中に小さい水泡がほぼ一様に発生することによって、2 次被覆層からガラスプライマリ界面への応力が緩和され、伝送ロス増が低減されていると考えられる。具体的には、水泡が 1 次被覆層中にほぼ一様に形成され、水泡の大きさが直径 $10\ \mu\text{m}$ 以下であり、水泡が 1 次被覆層の長手方向断面の単位面積あたり 1 個以上存在しているときに、伝送ロス増が低減されている。該単位面積は、1 次被覆層の厚さを 1 単位とし、該 1 次被覆層の厚さの自乗の範囲として定義する。

[0031] また、表 1 に示す実施結果より、D50 が T50 より大きい場合（実施例 1～4）に、伝送ロス増が低減されていることがわかる。一方で、T50 が $200\ \text{g}$ より小さい場合（比較例 3）に、伝送ロス増が増加している。これは、T50 が小さすぎると 1 次被覆層中に水泡が生成されやすくなり、水泡が凝集して大きくなった結果ガラスプライマリ界面へ不均一に応力がかかり、伝送ロスが増加しているものと考えられる。そのため、D50 が $500\ \text{g}$ 以上であり、かつ T50 は $200\ \text{g}$ 以上であることがより好ましい。

請求の範囲

- [請求項1] ガラスファイバと、該ガラスファイバの外周に被覆される1次被覆層と、該1次被覆層の外周に被覆される2次被覆層を有する光ファイバ素線と、該光ファイバ素線の外周に被覆される弾性率が100MPa以上の3次被覆層とを備える光ファイバ心線であって、
- 前記光ファイバ心線は、60℃の温水に200日間浸漬された場合に、前記1次被覆層の内部にほぼ一様に水泡が生じ、
- 前記水泡は、前記光ファイバ心線の長手方向に沿って切断した断面において、前記1次被覆層中に前記1次被覆層の厚さを1単位とした単位面積あたり1個以上存在し、
- 前記水泡の直径は10μm以下である
- ことを特徴とする光ファイバ心線。
- [請求項2] 前記光ファイバ心線の長手方向の垂直方向から荷重を掛けた場合に50%の割合でデラミネーションが起こるときの第1の荷重が、前記光ファイバ心線の長手方向の垂直方向から荷重を掛けた場合に50%の割合でテアーが起こるときの第2の荷重より大きいことを特徴とする請求項1に記載の光ファイバ心線。
- [請求項3] 前記第1の荷重が500g以上であり、前記第2の荷重が200g以上であること特徴とする請求項2に記載の光ファイバ心線。
- [請求項4] 前記3次被覆層が着色層であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の光ファイバ心線。
- [請求項5] 請求項4に記載の光ファイバ心線を複数本平行に並べて一括被覆してなることを特徴とする光ファイバテープ心線。
- [請求項6] ガラスファイバと、該ガラスファイバの外周に被覆される1次被覆層と、該1次被覆層の外周に被覆される2次被覆層を有する光ファイバ素線を複数本平行に並べ、弾性率が100MPa以上の3次被覆層である一括被覆層によって一括被覆してなる光ファイバテープ心線であって、

前記光ファイバテープ心線は、60℃の温水に200日間浸漬された場合に、前記1次被覆層の内部にほぼ一様に水泡が生じ、

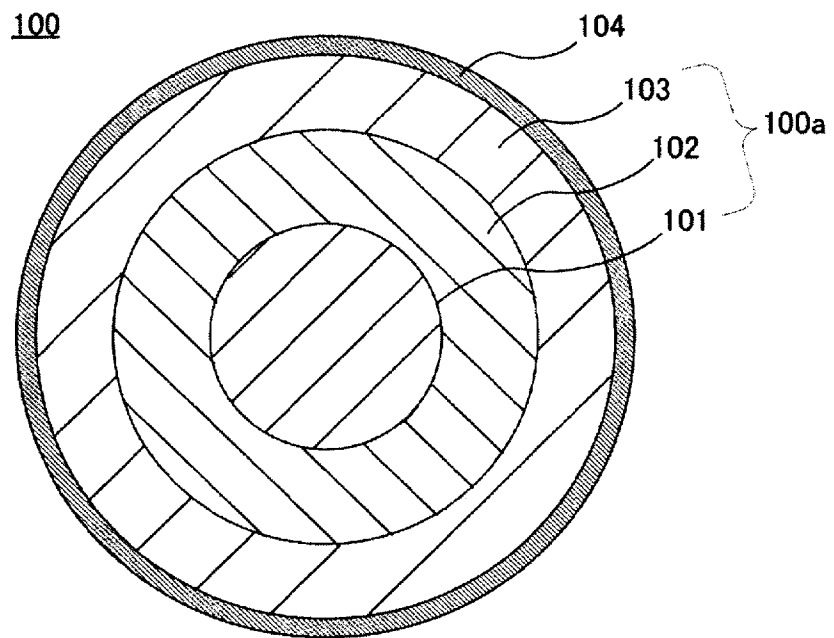
前記水泡は、前記光ファイバテープ心線の長手方向に沿って切断した断面において、前記1次被覆層中に前記1次被覆層の厚さを1単位とした単位面積あたり1個以上存在し、

前記水泡の直径は10μm以下である

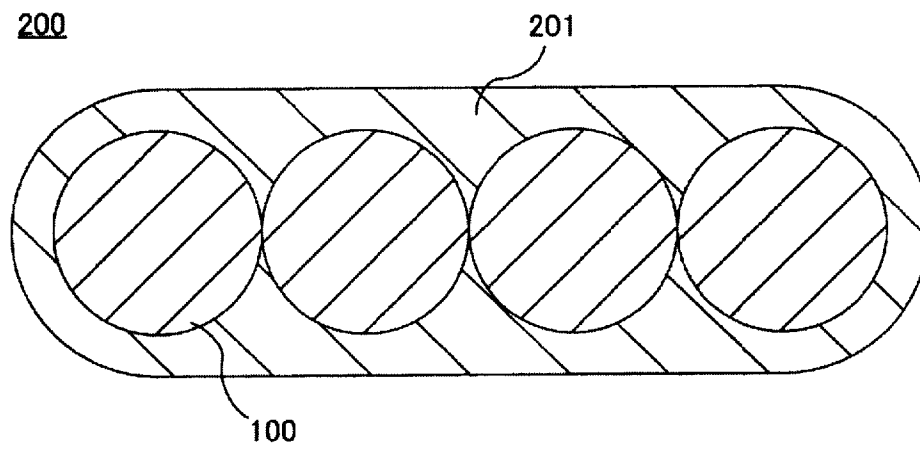
ことを特徴とする光ファイバテープ心線。

[請求項7] 請求項5または6に記載の光ファイバテープ心線を複数枚重ねて収容体に収容してなることを特徴とする光ファイバケーブル。

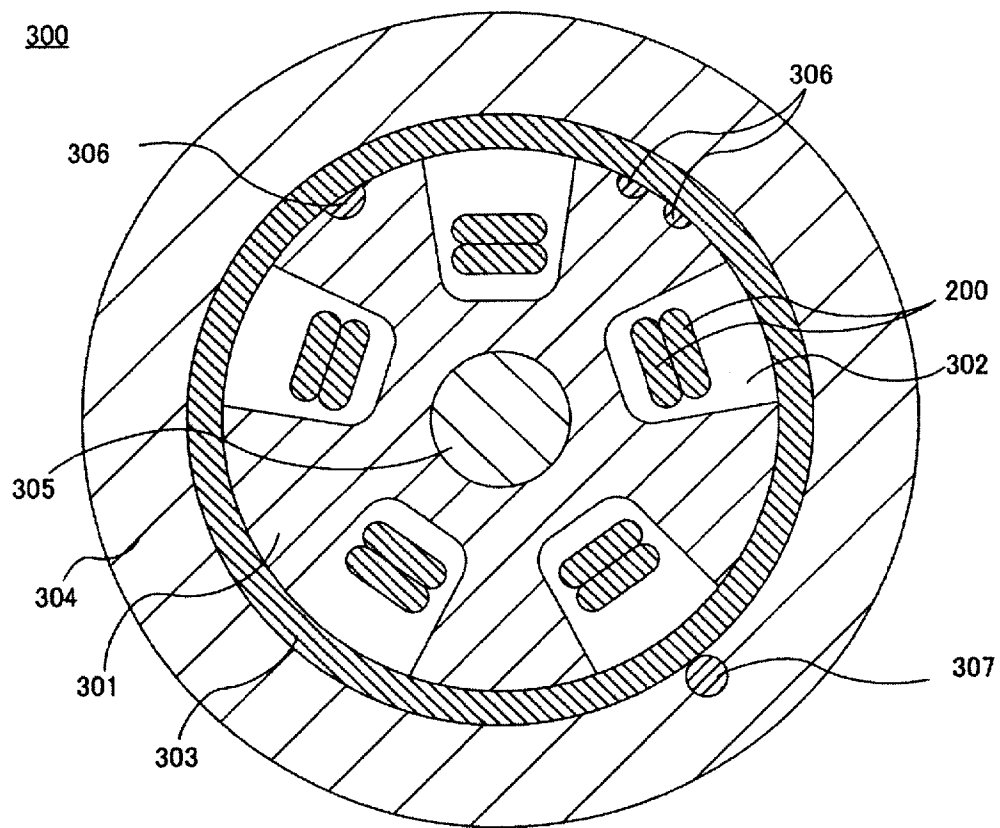
[図1]



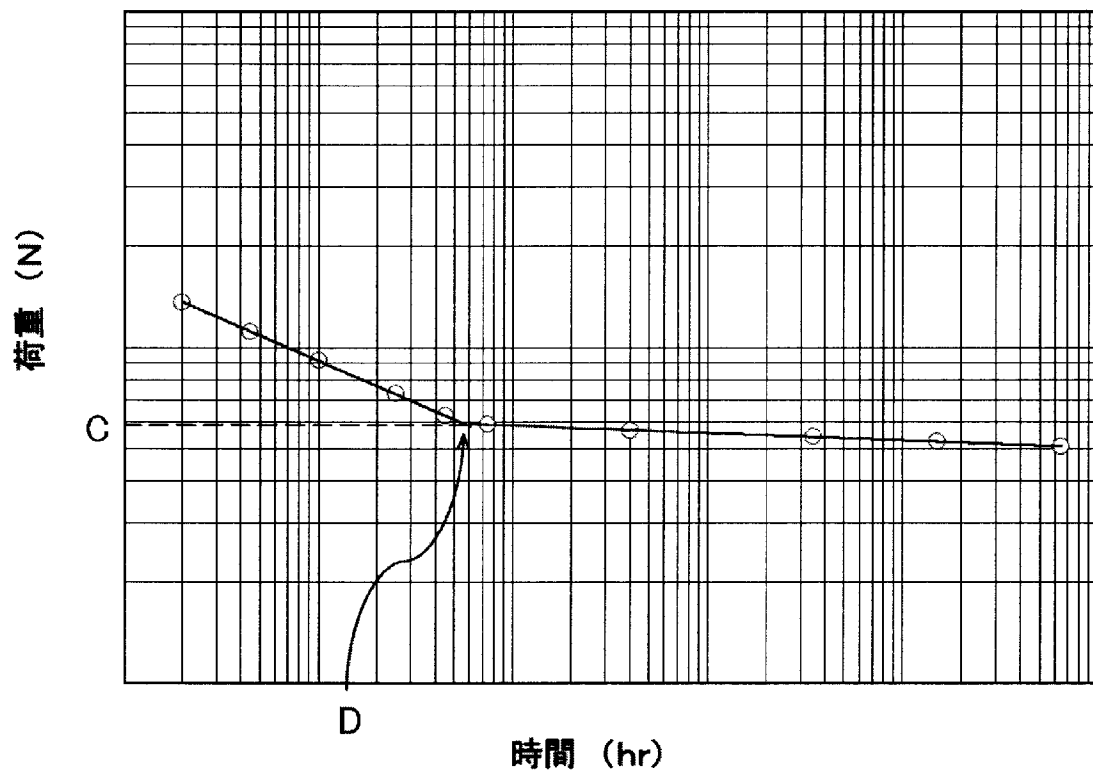
[図2]



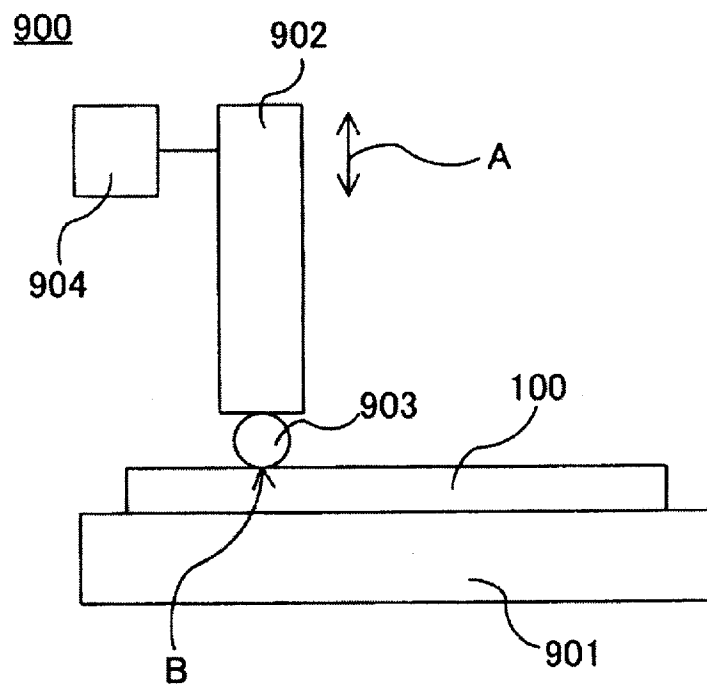
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/008037

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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)

G02B6/00-6/44

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 1996-2013

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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

IEEE Xplore, CiNii, WPI, JSTPlus (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-197258 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 28 August 2008 (28.08.2008), paragraph [0020] & JP 2009-181119 A & US 2010/0322572 A1 & EP 2075605 A1 & WO 2008/096637 A1 & CN 101622564 A	1-7
Y	JP 2004-54138 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 19 February 2004 (19.02.2004), claims (Family: none)	1-7

☒ 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
11 March, 2013 (11.03.13)Date of mailing of the international search report
19 March, 2013 (19.03.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/008037

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 6-109955 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 22 April 1994 (22.04.1994), claims; paragraphs [0008] to [0015] (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. 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 (I P C))

Int.Cl. G02B6/00-6/44

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	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 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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)

IEEE Xplore, CiNii, WPI, JSTPlus(JDreamII)

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
Y	JP 2008-197258 A (住友電気工業株式会社) 2008.08.28, 段落【0020】 & JP 2009-181119 A & US 2010/0322572 A1 & EP 2075605 A1 & WO 2008/096637 A1 & CN 101622564 A	1-7
Y	JP 2004-54138 A (古河電気工業株式会社) 2004.02.19, 【特許請求の範囲】等 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 6-109955 A (三菱電線工業株式会社) 1994.04.22, 【特許請求の範囲】, 段落【0008】～【0015】 (ファミリーなし)	1-7

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

1 1 . 0 3 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 3 . 2 0 1 3

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)

大森 伸一

2 X

9 2 2 9

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