

(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
2024年2月15日(15.02.2024)



(10) 国際公開番号
WO 2024/034636 A1

(51) 国際特許分類:
G01M 11/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/029089

(22) 国際出願日: 2023年8月9日(09.08.2023)

(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 2022-128675 2022年8月12日(12.08.2022) JP

(71) 出願人: 住友電気工業株式会社
(**SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.**)
[JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜
四丁目5番33号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 鄭 鐘大(**JEONG Jongde**); 〒3213231 栃
木県宇都宮市清原工業団地18番5号 清
原住電株式会社内 Tochigi (JP).

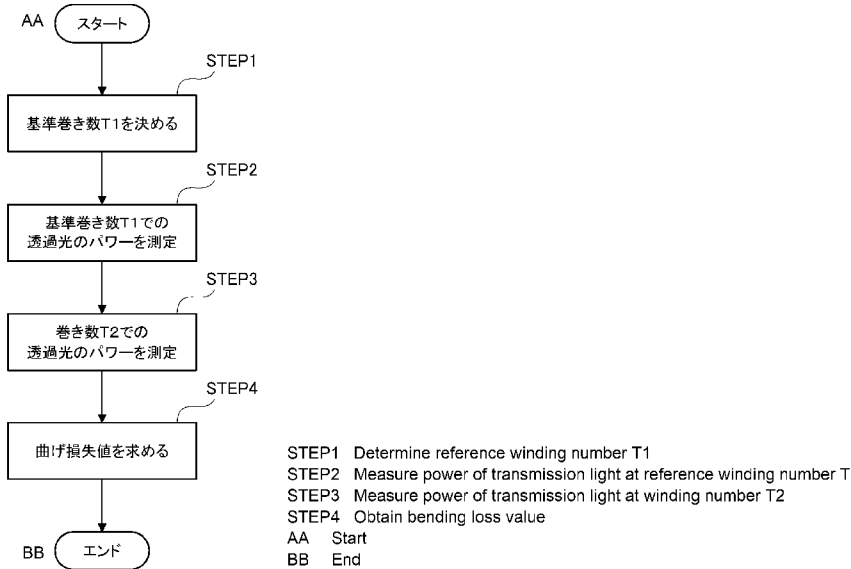
(74) 代理人: 弁理士法人信栄事務所(**SHIN-EI, P.C.**);
〒1050003 東京都港区西新橋一丁目7番13号
虎ノ門イーストビルディング8階 Tokyo (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,
EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) Title: OPTICAL FIBER BENDING LOSS MEASURING METHOD

(54) 発明の名称: 光ファイバの曲げ損失測定方法

FIG. 1



(57) Abstract: This bending loss measuring method for resin-coated optical fibers comprises: a first step for determining a reference winding number such that the wavelength dependence of a bending loss value of an optical fiber in a region at a prescribed transmission wavelength or lower, in a case when the optical fiber is wound on a mandrel having a prescribed diameter, represents an exponential function-shape with respect to the transmission wavelength; a second step for measuring the power of light resulting from causing light having a prescribed transmission wavelength and having prescribed

MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

power to enter a first end of the optical fiber, in a state of being wound on the mandrel by the reference winding number, to thereby be emitted from a second end of the optical fiber; a third step for measuring the power of light resulting from causing light having the prescribed transmission wavelength and having the prescribed power to enter the first end of the optical fiber, in a state of being wound by the mandrel by a winding number greater than the reference winding number, to thereby be emitted from a second end of the optical fiber; and a fourth step for obtaining, on the basis of the power of light measured in the second step and the power of light measured in the third step, a bending loss value of the optical fiber at the prescribed transmission wavelength at bending of the optical fiber with the prescribed diameter.

(57) 要約: 樹脂被覆された光ファイバの曲げ損失を測定する方法は、所定の直径を有するマンドレルに光ファイバを巻いた時の、所定の伝送波長以下の領域における光ファイバの曲げ損失値の波長依存性が、伝送波長に対して指数関数形状となる基準巻き数を決める第一工程と、マンドレルに基準巻き数で巻いた状態で光ファイバの第一端に所定の伝送波長で所定パワーの光を入射させ、光ファイバの第二端から出射される光のパワーを測定する第二工程と、マンドレルに基準巻き数より多い巻き数で巻いた状態で光ファイバの第一端に前記所定の伝送波長で所定パワーの光を入射させ、光ファイバの第二端から出射される光のパワーを測定する第三工程と、第二工程で測定した光のパワーと第三工程で測定した光のパワーとに基づいて、所定の直径で光ファイバを曲げたときの光ファイバの所定の伝送波長における曲げ損失値を求める第四工程と、を備えている。

明 細 書

発明の名称：光ファイバの曲げ損失測定方法

技術分野

- [0001] 本開示は、光ファイバの曲げ損失測定方法に関する。
- [0002] 本出願は、2022年8月12日出願の日本出願第2022-128675号に基づく優先権を主張し、前記日本出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。

背景技術

- [0003] 特許文献1は、光ファイバの曲げ損失の測定方法を開示している。この測定方法では、光ファイバを曲げていない場合の透過光パワーと、光ファイバに曲げを与えた場合の透過光パワーとの、差分をとることにより光ファイバの曲げ損失を測定している。

先行技術文献

特許文献

- [0004] 特許文献1：日本国特開2012-194004号公報

発明の概要

- [0005] 本開示の光ファイバの曲げ損失測定方法は、
- 樹脂被覆された光ファイバの曲げ損失を測定する方法であって、
- 所定の直径を有するマンドレルに前記光ファイバを巻いた時の、所定の伝送波長以下の領域における前記光ファイバの曲げ損失値の波長依存性が、伝送波長に対して指数関数形状となる基準巻き数を決める第一工程と、
- 前記マンドレルに前記基準巻き数で巻いた状態で前記光ファイバの第一端に前記所定の伝送波長で所定パワーの光を入射させ、前記光ファイバの第二端から出射される光のパワーを測定する第二工程と、
- 前記マンドレルに前記基準巻き数より多い巻き数で巻いた状態で前記光ファイバの前記第一端に前記所定の伝送波長で前記所定パワーの光を入射させ、前記光ファイバの前記第二端から出射される光のパワーを測定する第三工

程と、

前記第二工程で測定した光のパワーと前記第三工程で測定した光のパワーとに基づいて、前記所定の直径で前記光ファイバを曲げたときの前記光ファイバの前記所定の伝送波長における曲げ損失値を求める第四工程と、を備えている。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図1は、本実施形態に係る光ファイバの曲げ損失測定方法の流れを示す図である。

[図2]図2は、光ファイバの伝送損失値を測定する方法を説明するための図である。

[図3]図3は、光ファイバの伝送損失値の波長依存性を示すグラフである。

[図4]図4は、光ファイバの曲げ損失値の波長依存性を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0007] [本開示が解決しようとする課題]

光ファイバの曲げ部分においてコアからクラッドに漏れた光（ウィスパーリングギャラリーモード光）の一部が被覆層と空気との界面でフレネル反射されてコアモード光と再結合すると、コアモード光とウィスパーリングギャラリーモード光との干渉が生じ、光ファイバの曲げ損失を正確に測定することが困難となる。

[0008] 本開示の目的は、光ファイバの曲げ損失をより正確に測定することである。

[0009] [本開示の効果]

本開示によれば、光ファイバの曲げ損失をより正確に測定できる。

[0010] [本開示の実施形態の説明]

最初に本開示の実施形態の内容を列記して説明する。

本開示の光ファイバの曲げ損失測定方法は、

（１）樹脂被覆された光ファイバの曲げ損失を測定する方法であって、所定の直径を有するマンドレルに前記光ファイバを巻いた時の、所定の伝

送波長以下の領域における前記光ファイバの曲げ損失値の波長依存性が、伝送波長に対して指数関数形状となる基準巻き数を決める第一工程と、

前記マンドレルに前記基準巻き数で巻いた状態で前記光ファイバの第一端に前記所定の伝送波長で所定パワーの光を入射させ、前記光ファイバの第二端から出射される光のパワーを測定する第二工程と、

前記マンドレルに前記基準巻き数より多い巻き数で巻いた状態で前記光ファイバの前記第一端に前記所定の伝送波長で前記所定パワーの光を入射させ、前記光ファイバの前記第二端から出射される光のパワーを測定する第三工程と、

前記第二工程で測定した光のパワーと前記第三工程で測定した光のパワーとに基づいて、前記所定の直径で前記光ファイバを曲げたときの前記光ファイバの前記所定の伝送波長における曲げ損失値を求める第四工程と、を備えている。

[0011] 上記方法によれば、ウィスパリングギャラリーモード光の影響を受けない二つの透過光のパワーに基づいて、光ファイバの曲げ損失を算出している。これにより、より正確に光ファイバの曲げ損失値を求めることができる。

[0012] (2) 上記の(1)において、前記所定の直径を有するマンドレルに前記光ファイバを巻き付け、前記所定の伝送波長以下の領域における前記光ファイバの曲げ損失値の波長依存性が、伝送波長に対して指数関数形状となる巻き数を求め、求めた前記光ファイバの巻き数を、前記第一工程の前記基準巻き数として用いてもよい。

[0013] 上記方法によれば、測定対象である光ファイバを用いて基準巻き数を設定するので、ウィスパリングギャラリーモード光の影響を受けない曲げ損失値を求めることができる。

[0014] (3) 上記の(1)において、標準光ファイバを用意して前記所定の直径を有するマンドレルに前記標準光ファイバを巻き付け、前記所定の伝送波長以下の領域における前記標準光ファイバの曲げ損失値の波長依存性が、伝送波長に対して指数関数形状となる巻き数を求め、求めた前記標準光ファイバ

の巻き数を、前記第一工程の前記基準巻き数として用いてもよい。

[0015] 上記方法によれば、標準光ファイバを用いて基準巻き数を予め設定することにより、光ファイバの曲げ損失を測定する度に基準巻き数を設定する手間を省くことができる。

[0016] (4) 上記の(3)において、前記第四工程で求めた曲げ損失値から求めた前記光ファイバの巻き数1あたりの曲げ損失値が、前記所定の伝送波長における前記標準光ファイバの曲げ損失値から求めた前記標準光ファイバの巻き数1あたりの曲げ損失値より小さい場合は、前記光ファイバを前記標準光ファイバとしてもよい。

[0017] 上記方法によれば、曲げにより強い光ファイバに基づいて基準巻き数が再度算出されるので、ウィスパリングギャラリーモード光の影響を受けない曲げ損失値を求めることができる。

[0018] [本開示の実施形態の詳細]

本開示の実施形態に係る光ファイバの曲げ損失測定方法の具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。なお、本発明はこれらの例示に限定されるものではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

[0019] 図1は、本実施形態に係る光ファイバ1の曲げ損失を測定する方法の流れを示す図である。図2は、光ファイバ1の一端（第一端）から入射されて他端（第二端）から出射される光のパワーを測定する方法を説明するための図である。測定対象である光ファイバ1は、ガラスからなるコアおよびクラッドを有し、クラッドの周囲は樹脂からなる被覆層で覆われている。

[0020] 光ファイバ1の所定の伝送波長における曲げ損失値を測定する方法としては、図1に例示されるように、まずマンドレル2に巻き付ける光ファイバ1の基準巻き数T1を決める（STEP1）。基準巻き数T1とは、光ファイバ1の曲げ損失値を求めるために用いられる基準となる巻き数である。基準巻き数T1は、所定の伝送波長以下の領域における光ファイバ1の曲げ損失値の波長依存性がウィスパリングギャラリーモード光の影響を受けない巻き

数に設定される。所定の伝送波長は、例えば1550nmまたは1625nmである。具体的には、基準巻き数T1は、マンドレル2に光ファイバ1を巻いた時の、所定の伝送波長以下の領域における光ファイバ1の曲げ損失値の波長依存性が、伝送波長に対して指数関数形状となる巻き数に設定される。なお、「ウィスパリングギャラリーモード光の影響を受けない」という表現は、ウィスパリングギャラリーモード光の影響を全く受けない状態に限定されず、ウィスパリングギャラリーモード光の影響が無視できる程度に小さい状態を含む。

[0021] 標準巻き数T1は、光ファイバ1の曲げ損失値を求める度に算出されてもよい。具体的には、図2において、まず、光ファイバ1をマンドレル2に巻きつけない状態で、光源3から光ファイバ1の一端に所定のパワーの光を入射させ、光ファイバ1の他端から出射される光のパワー（以下、透過光パワーP0と称する）をパワーメータ4により測定する。この測定を、所定の伝送波長以下の各波長（λ）の光を用いて行い、波長（λ）ごとの透過光パワー（P0（λ））を得る。

[0022] 続いて、光ファイバ1をマンドレル2に巻きつけた状態で、光源3から光ファイバ1の一端に所定パワーの光を入射させ、光ファイバ1の他端から出射される光のパワー（以下、透過光パワーP1と称する）をパワーメータ4により測定する。この測定を、所定の伝送波長以下の各波長（λ）の光を用いて行い、波長（λ）ごとの透過光パワー（P1（λ））を得る。

[0023] 続いて、各波長（λ）における曲げ損失値L（λ）を計算する。具体的には、曲げ損失値L（λ）は、 $L(\lambda) [dB] = -10 \log(P1(\lambda) [W] / P0(\lambda) [W])$ により算出される。これにより、光ファイバ1の曲げ損失値の波長依存性が求められる。

[0024] そして、求めた曲げ損失値の波長依存性が伝送波長に対して指数関数形状となるまで、マンドレル2に巻き付けられる光ファイバ1の巻き数を変えながら、所定の伝送波長以下の領域における光ファイバ1の曲げ損失値の波長依存性を求める。求めた曲げ損失値の波長依存性が伝送波長に対して指数関

数形状となった場合には、この時の光ファイバ1のマンドレル2への巻き数を基準巻き数 T_1 として設定する。

[0025] 続いて、マンドレル2に基準巻き数 T_1 で巻いた状態で光源3から光ファイバ1の一端に所定の伝送波長で所定のパワーの光を入射させ、光ファイバ1の他端から出射される光のパワー（以下、透過光パワー P_{10} と称する）をパワーメータ4により測定する（STEP2）。

[0026] 続いて、マンドレル2に巻き数 T_2 で巻いた状態で光源3から光ファイバ1の一端に所定の伝送波長で所定のパワーの光を入射させ、光ファイバ1の他端から出射される光のパワー（以下、透過光パワー P_{11} と称する）をパワーメータ4により測定する（STEP3）。巻き数 T_2 は、基準巻き数 T_1 よりも多くなるように設定される。

[0027] 続いて、STEP2で測定した透過光パワー P_{10} とSTEP3で測定した透過光パワー P_{11} とに基づいて、所定の直径 D で光ファイバ1を曲げたときの所定の伝送波長における光ファイバ1の曲げ損失値を求める（STEP4）。具体的には、透過光パワー P_{10} と透過光パワー P_{11} とに基づいて、光ファイバ1の所定の伝送波長における曲げ損失値 L [dB] を、 $L = -10 \log (P_{11} [W] / P_{10} [W])$ により求める。なお、巻き数1あたりの曲げ損失値を求める場合は、曲げ損失値 L を巻き数 T_2 と巻き数 T_1 との差で除して求める。

[0028] ここで、光ファイバ1の曲げ損失は、光ファイバ1の曲げ部分においてコアモード光の一部がクラッドに漏れることにより生じる。このクラッドに漏れた光（ウィスパリングギャラリーモード光）の一部は、被覆層と空気との界面でフレネル反射して再びコアモード光に結合し、この再結合の際にコアモード光とウィスパリングギャラリーモード光との干渉が生じる。この干渉により、曲げられた光ファイバの透過スペクトルに一定の光周波数間隔の振動成分が生じ、その結果、曲げ損失の正確な測定が困難となる。光ファイバの曲げ径が小さいほど、ウィスパリングギャラリーモード光の発生は顕著になるため、光ファイバ1の曲げ径が小さい場合には、正確な曲げ損失を測定

することは困難となる。

[0029] 一方、ウィスパリングギャラリモード光は、マンドレル2への光ファイバ1の巻き付ける回数を増やすことにより発生しにくくなる性質をもっている。そこで、本実施形態の光ファイバの曲げ損失測定方法では、ウィスパリングギャラリモード光の発生が少ない基準巻き数 T_1 で巻かれた光ファイバ1の所定の伝送波長における透過光パワー P_{10} を基準としている。そして、当該透過光パワー P_{10} と、基準巻き数 T_1 よりも多い巻き数 T_2 で巻かれた光ファイバ1の所定の伝送波長における透過光パワー P_{11} とに基づき、光ファイバ1の所定の伝送波長における曲げ損失値を算出している。すなわち、ウィスパリングギャラリモード光の影響を受けない二つの透過光パワー P_{10} 、 P_{11} に基づいて、光ファイバ1の所定の伝送波長における曲げ損失値を算出している。これにより、より正確に光ファイバ1の曲げ損失を測定することができる。

[0030] なお、本実施形態では、標準巻き数 T_1 は、光ファイバ1の曲げ損失値を求める度に算出されている。しかしながら、標準巻き数 T_1 は、光ファイバ1の曲げ損失値を求める度に算出されるのではなく、予め設定されてもよい。

[0031] 例えば、測定対象の光ファイバとは別に標準光ファイバを用いて基準巻き数 T_1 を求めてもよい。具体的には、標準光ファイバを所定の直径 D を有するマンドレル2に巻きつけて、所定の伝送波長以下の領域における標準光ファイバの曲げ損失値を求める。なお、マンドレル2は、光ファイバ1の曲げ損失値を求めるために用いられるマンドレルであってもよいし、所定の直径 D を有する異なるマンドレルであってもよい。そして、求めた標準光ファイバの曲げ損失値の波長依存性が、伝送波長に対して指数関数形状となる巻き数を、基準巻き数 T_1 として設定する。なお、「標準光ファイバ」という用語は、基準巻き数 T_1 を設定するための基準となる光ファイバを意味する。例えば、標準光ファイバとしては、測定対象の光ファイバと同じ種類の光ファイバが用いられる。

- [0032] あるいは、標準巻き数 T_1 として、過去の曲げ損失測定において用いられた標準巻き数が利用されてもよい。この場合、過去の曲げ損失測定において標準巻き数を算出する際に用いられた光ファイバが、基準巻き数 T_1 を設定するために用いられる標準光ファイバとなる。
- [0033] このように標準光ファイバを用いて基準巻き数 T_1 を予め設定することにより、光ファイバ 1 の曲げ損失を測定する度に基準巻き数 T_1 を設定する手間を省くことができる。
- [0034] なお、標準巻き数 T_1 を予め設定する場合においては、STEP 4 で求めた曲げ損失値から求めた光ファイバの巻き数 1 あたりの曲げ損失値が、所定の伝送波長における標準光ファイバの曲げ損失値から求めた標準光ファイバの巻き数 1 あたりの曲げ損失値より小さい場合は、光ファイバ 1 に基づいて基準巻き数 T_1 が再設定されてもよい。すなわち、光ファイバ 1 を標準光ファイバとし、所定の伝送波長以下の領域における光ファイバ 1 の伝送損失値の曲げ損失値が、伝送波長に対して指数関数形状となる巻き数を求めて、求めた巻き数を基準巻き数 T_1 として使用してもよい。これにより、曲げにより強い光ファイバ 1 に基づいて基準巻き数 T_1 が再度算出されるので、ウィスパーリングギャラリモード光の影響を受けない曲げ損失値を求めることができる。
- [0035] なお、所定の伝送波長における標準光ファイバの曲げ損失値から求めた標準光ファイバの巻き数 1 あたりの曲げ損失値を求める場合は、マンドレル 2 に標準光ファイバを基準巻き数 T_1 で巻いた状態での透過光パワー P_{10} とマンドレル 2 に標準光ファイバを巻き数 T_2 で巻いた状態での透過光パワー P_{11} とに基づいて、まず所定の伝送波長における標準光ファイバの曲げ損失値 L を、 $L \text{ [dB]} = -10 \log (P_{11} \text{ [W]} / P_{10} \text{ [W]})$ により求め、次に曲げ損失値 L を巻き数 T_2 と巻き数 T_1 との差で除することで求めることができる。
- [0036] (実施例)

以下、実施例を示して本開示を更に具体的に説明する。本開示は以下の実

施例によって何ら限定されるものではない。

[0037] まず光ファイバ1の巻き数に対する曲げ損失値の波長依存性を評価した。具体的には、直径30mmのマンドレル2を用いて、マンドレル2に巻き付けた光ファイバ1の巻き数 T を変化させて、光源3に入射する光の波長を変化させて、各巻き数の光ファイバ1の曲げ損失値を測定した。巻き数 T は、2巻き（ $2T$ ）から20巻き（ $20T$ ）の間で2巻き毎に変化させた。その結果を図3に示す。

[0038] 図3に示されるように、光ファイバ1の巻き数 T が多くなるほど、光ファイバ1の曲げ損失値の波長依存性が、伝送波長に対して指数関数形状となる傾向であることを確認できた。これは、光ファイバ1のマンドレル2に巻き付ける回数が増えることにより、ウィスパリングギャラリーモード光の発生が抑制されて、曲げ損失値がウィスパリングギャラリーモード光の影響を受けなくなると考えられる。本例においては、巻き数 T が8巻き以上であれば、光ファイバ1の曲げ損失値の波長依存性が、伝送波長に対して指数関数形状となっていることが分かった。

[0039] また、光ファイバ1の曲げ損失値の波長依存性を評価した。図4は、図3で算出された光ファイバ1の曲げ損失値に基づいて算出された光ファイバ1の曲げ損失値の波長依存性を示している。具体的には、2巻き分だけ異なる巻き数の二つの曲げ損失値の差分に基づいて光ファイバ1の曲げ損失値を算出した。

[0040] 図4に示されるように、例えば巻き数 T が4巻き（ $4T$ ）の曲げ損失値と巻き数 T が2巻き（ $2T$ ）の曲げ損失値との差分により算出された曲げ損失値（図中の $4T - 2T$ の指標により示される値）は、指数関数形状の波長依存性が保たれていないことが分かった。これは、巻き数 T が少なく曲げ損失値がウィスパリングギャラリーモード光の影響を受けているためと考えられる。

[0041] 一方、例えば巻き数 T が20巻き（ $20T$ ）の曲げ損失値と巻き数 T が18巻き（ $18T$ ）の曲げ損失値との差分により算出された曲げ損失値（図中

の $20T - 18T$ の指標により示される値) は、指数関数形状の波長依存性が保たれていることが分かった。これは、巻き数 T が多く曲げ損失値がウィスパリングギャラリモード光の影響を受けないためと考えられる。

[0042] 以上、本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。また、上記説明した構成部材の数、位置、形状等は上記実施の形態に限定されず、本発明を実施する上で好適な数、位置、形状等に変更することができる。

[0043] 上記の実施形態において、光ファイバ 1 の曲げ損失値は、2 巻き分だけ異なる巻き数の光ファイバ 1 について求められた二つの曲げ損失値に基づいて算出されている。しかしながら、光ファイバ 1 の曲げ損失値は、1 巻き分だけ異なる、あるいは、3 巻き分以上異なる巻き数の光ファイバ 1 について求められた二つの曲げ損失値により算出されてもよい。

符号の説明

[0044] 1 : 光ファイバ
2 : マンドレル
3 : 光源
4 : パワーメータ
P 0 : 入射された光のパワー
P 1 : 出射された光のパワー

請求の範囲

[請求項1]

樹脂被覆された光ファイバの曲げ損失を測定する方法であって、

所定の直径を有するマンドレルに前記光ファイバを巻いた時の、所定の伝送波長以下の領域における前記光ファイバの曲げ損失値の波長依存性が、伝送波長に対して指数関数形状となる基準巻き数を決める第一工程と、

前記マンドレルに前記基準巻き数で巻いた状態で前記光ファイバの第一端に前記所定の伝送波長で所定パワーの光を入射させ、前記光ファイバの第二端から出射される光のパワーを測定する第二工程と、

前記マンドレルに前記基準巻き数より多い巻き数で巻いた状態で前記光ファイバの前記第一端に前記所定の伝送波長で前記所定パワーの光を入射させ、前記光ファイバの前記第二端から出射される光のパワーを測定する第三工程と、

前記第二工程で測定した光のパワーと前記第三工程で測定した光のパワーとに基づいて、前記所定の直径で前記光ファイバを曲げたときの前記光ファイバの前記所定の伝送波長における曲げ損失値を求める第四工程と、を備えている、光ファイバの曲げ損失測定方法。

[請求項2]

前記所定の直径を有するマンドレルに前記光ファイバを巻き付け、前記所定の伝送波長以下の領域における前記光ファイバの曲げ損失値の波長依存性が、伝送波長に対して指数関数形状となる巻き数を求め、求めた前記光ファイバの巻き数を、前記第一工程の前記基準巻き数として用いる、請求項1に記載の光ファイバの曲げ損失測定方法。

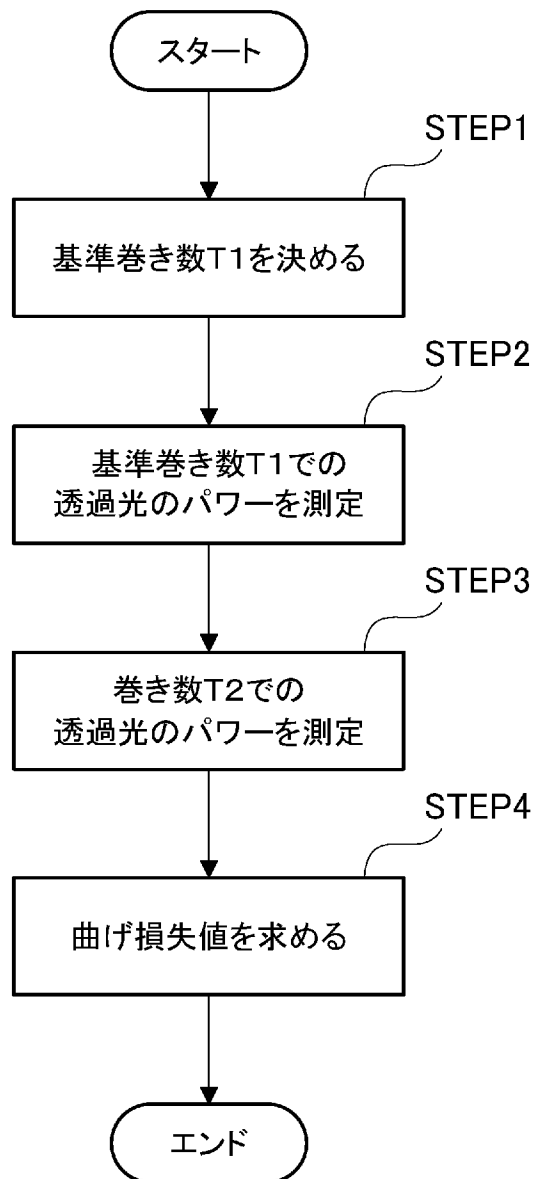
[請求項3]

標準光ファイバを用意して前記所定の直径を有するマンドレルに前記標準光ファイバを巻き付け、前記所定の伝送波長以下の領域における前記標準光ファイバの曲げ損失値の波長依存性が、伝送波長に対して指数関数形状となる巻き数を求め、求めた前記標準光ファイバの巻き数を、前記第一工程の前記基準巻き数として用いる、請求項1に記載の光ファイバの曲げ損失測定方法。

[請求項4] 前記第四工程で求めた曲げ損失値から求めた前記光ファイバの巻き数 1 あたりの曲げ損失値が、前記所定の伝送波長における前記標準光ファイバの曲げ損失値から求めた前記標準光ファイバの巻き数 1 あたりの曲げ損失値より小さい場合は、前記光ファイバを前記標準光ファイバとする、請求項 3 に記載の光ファイバの曲げ損失測定方法。

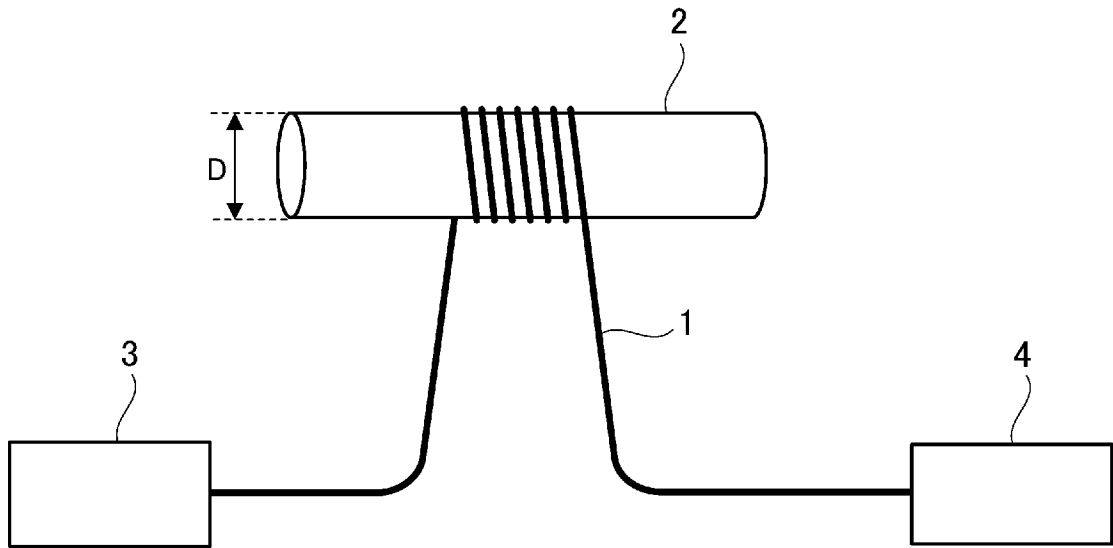
[図1]

FIG. 1



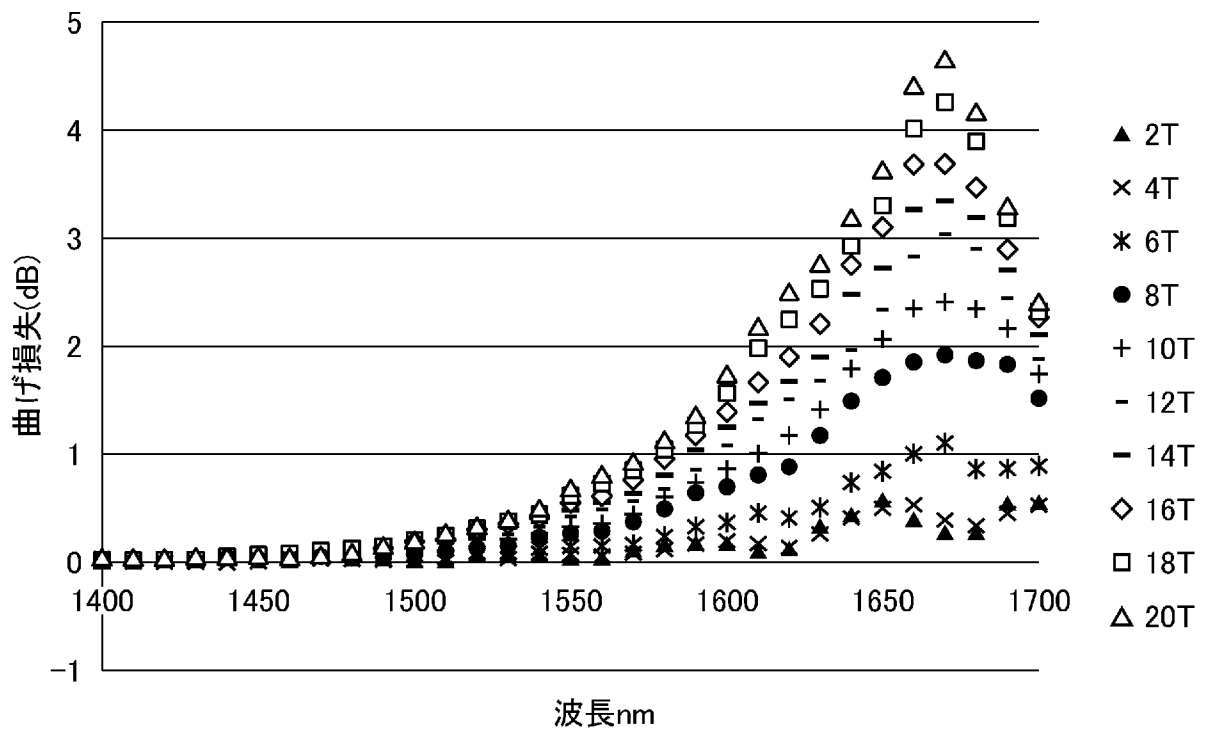
[図2]

FIG. 2



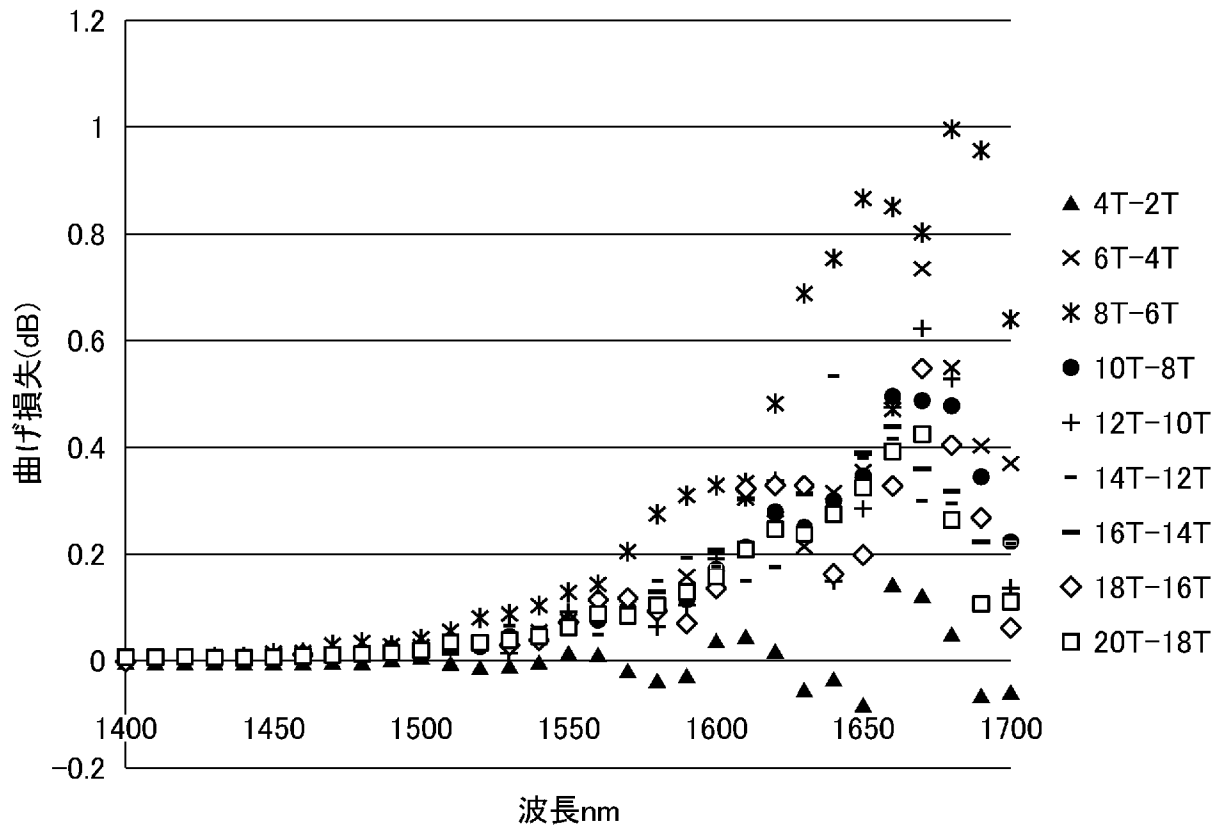
[図3]

FIG. 3



[図4]

FIG. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/029089

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01M 11/00**(2006.01)i

FI: G01M11/00 Q

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)

G01M 11/00-G01M 11/08; G02B 6/00; G02B 6/02; G02B 6/245-G02B 6/25; G02B 6/46-G02B 6/54

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-194004 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD) 11 October 2012 (2012-10-11) paragraph [0022]	1-4
A	JP 6-288865 A (SHOWA ELECTRIC WIRE & CABLE CO LTD) 18 October 1994 (1994-10-18) paragraph [0002]	1-4
A	JP 2007-57328 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD) 08 March 2007 (2007-03-08) paragraph [0033], fig. 7	1-4
A	JP 2005-181664 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 07 July 2005 (2005-07-07) paragraphs [0029], [0048]	1-4
A	US 2014/0205250 A1 (COMING CABLE SYSTEMS LLC) 24 July 2014 (2014-07-24) tables 2-4	1-4
A	WO 2021/251473 A1 (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD) 16 December 2021 (2021-12-16) paragraph [0016]	1-4



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

05 September 2023

Date of mailing of the international search report

12 September 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/029089

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2012-194004	A	11 October 2012	US 2012/0236295 A1 paragraph [0024]	
JP	6-288865	A	18 October 1994	(Family: none)	
JP	2007-57328	A	08 March 2007	(Family: none)	
JP	2005-181664	A	07 July 2005	(Family: none)	
US	2014/0205250	A1	24 July 2014	(Family: none)	
WO	2021/251473	A1	16 December 2021	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01M 11/00(2006.01)i FI: G01M11/00 Q										
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）） G01M 11/00-G01M 11/08; G02B 6/00; G02B 6/02; G02B 6/245-G02B 6/25; G02B 6/46-G02B 6/54 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2023年</td> </tr> </table> 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） JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2023年	日本国実用新案登録公報	1996-2023年	日本国登録実用新案公報	1994-2023年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2023年									
日本国実用新案登録公報	1996-2023年									
日本国登録実用新案公報	1994-2023年									
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	JP 2012-194004 A（住友電気工業株式会社）11.10.2012（2012-10-11） [0022]	1-4								
A	JP 6-288865 A（昭和電線電纜株式会社）18.10.1994（1994-10-18） [0002]	1-4								
A	JP 2007-57328 A（住友電気工業株式会社）08.03.2007（2007-03-08） [0033], [図7]	1-4								
A	JP 2005-181664 A（古河電気工業株式会社）07.07.2005（2005-07-07） [0029], [0048]	1-4								
A	US 2014/0205250 A1（COMING CABLE SYSTEMS LLC）24.07.2014（2014-07-24） TABLE 2-4	1-4								
A	WO 2021/251473 A1（住友電気工業株式会社）16.12.2021（2021-12-16） [0016]	1-4								
☐ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 05.09.2023		国際調査報告の発送日 12.09.2023								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 井上 徹 2W 3607 電話番号 03-3581-1101 内線 3258								

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/029089

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2012-194004	A	11.10.2012	US 2012/0236295 A1 [0024]	
JP	6-288865	A	18.10.1994	(ファミリーなし)	
JP	2007-57328	A	08.03.2007	(ファミリーなし)	
JP	2005-181664	A	07.07.2005	(ファミリーなし)	
US	2014/0205250	A1	24.07.2014	(ファミリーなし)	
WO	2021/251473	A1	16.12.2021	(ファミリーなし)	