

(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  
2025年1月30日(30.01.2025)



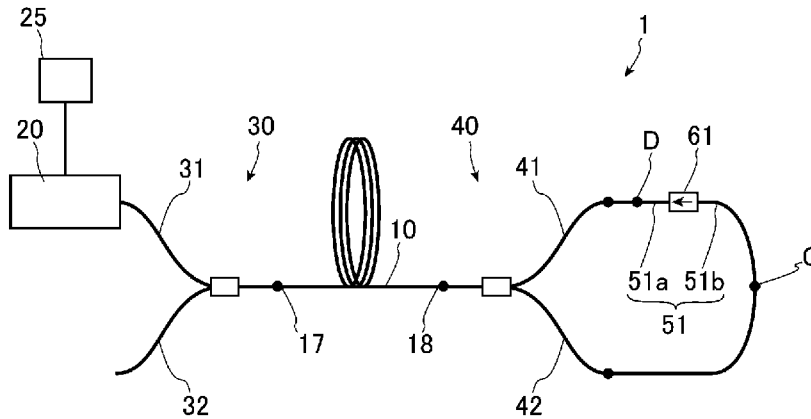
(10) 国際公開番号

WO 2025/023063 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01M 11/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/025228
- (22) 国際出願日: 2024年7月12日(12.07.2024)
- (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 2023-121994 2023年7月26日(26.07.2023) JP
- (71) 出願人: 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.)  
[JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場 1  
- 5 - 1 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 竹永 勝宏 (TAKENAGA, Katsuhiko);  
〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 株式  
会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP). 中  
川 茉優 (NAKAGAWA, Mayu); 〒2858550 千葉  
県佐倉市六崎 1 4 4 0 株式会社フジクラ  
佐倉事業所内 Chiba (JP).
- (74) 代理人: 森村 靖男 (MORIMURA Yasuo);  
〒1010032 東京都千代田区岩本町三丁目 1 0 番  
9 号 秋葉原花岡ビル 6 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,

(54) Title: CROSSTALK MEASUREMENT DEVICE AND CROSSTALK MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称: クロストーク測定装置、及びクロストーク測定方法



(57) Abstract: This crosstalk measurement device (1) for an optical device, which has a core (11) and a core (12) that include one end and another end and are parallel to each other, comprises: a connection optical fiber (51) that optically connects the other end (18) of the core (11) and the other end (18) of the core (12); an optical component that is provided more on the core (11) side than a midpoint (C) of the connection optical fiber (51) and has a larger loss of light incident on the core (12) side from the core (11) side than the loss of light incident on the core (11) side from the core (12) side; an OTDR (20) that causes incident light to be incident from the one end (17) of the core (11) and measures the power of emitted light which is emitted from the one end (17) of the core (11) and includes crosstalk light (CL1) generated by crosstalk of the incident light from the core (11) to the core (12); and a processing unit (25) that obtains the magnitude of crosstalk between the core (11) and the core (12) using the measured power of the emitted light.

WO 2025/023063 A1

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, 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))
- 

(57) 要約: 一端及び他端を含み互いに並列されるコア (11) 及びコア (12) を有する光デバイスのクロストーク測定装置 (1) は、コア (11) の他端 (18) とコア (12) の他端 (18) とを光学的に接続する接続用光ファイバ (51) と、接続用光ファイバ (51) の中点 (C) よりもコア (11) 側に設けられ、コア (11) 側からコア (12) 側に入射する光の損失がコア (12) 側からコア (11) 側に入射する光の損失よりも大きい光学部品と、入射光をコア (11) の一端 (17) から入射させ、前記入射光がコア (11) からコア (12) にクロストークすることで生じるクロストーク光 (CL1) を含み、コア (11) の一端 (17) から出射する出射光のパワーを測定するOTDR (20) と、測定された前記出射光のパワーを用いてコア (11) とコア (12) とのクロストークの大きさを求める処理部 (25) と、を備える。

## 明 細 書

発明の名称：クロストーク測定装置、及びクロストーク測定方法  
技術分野

[0001] 本発明は、クロストーク測定装置、及びクロストーク測定方法に関する。

### 背景技術

[0002] 近年の情報通信量の増大を受け、光ファイバの伝送容量の拡大が求められている。マルチコアファイバは、空間利用効率を高めることが可能で、限られたスペースで大容量の情報伝送が可能であるため注目されている。しかし、1つの光ファイバに複数のコアが配置されているため、シングルコアファイバに比べ、特性を評価することが大変である。そこで、効率よくマルチコアファイバを評価する技術が求められている。特に、クロストークの測定はマルチコアファイバでは重要な測定項目であり、シングルコアファイバの測定項目にはないため、新たに測定機器等を準備する必要がある。

[0003] クロストーク測定方法として、下記非特許文献に記載の方法が知られている。下記非特許文献1には、PM (Power Meter) 法が示されている。PM法は、マルチコアファイバの所定のコアの一端から光を当該コアに光を入射させ、このコアとクロストークするコアの他端から出射する光のパワーを測定する方法である。下記非特許文献2, 3には、OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) 法が記載されている。OTDR法では、多チャンネルOTDRを用いて、所定のコアに光を入射させ、当該光の後方散乱光が他のコアにクロストークする光を検出して、クロストークの測定を行っている。

[0004] 非特許文献2, 3に記載のクロストーク測定方法では、クロストークした後の光の後方散乱光を測定するため、測定する光のパワーが小さく、クロストークの測定がしづらい懸念がある。クロストークが小さいタイプのマルチコアファイバでは、更にクロストークの測定が困難である。

[0005] 他方、PM法では、マルチコアファイバの一端から光を入射させて、他端から出射する光を受光する必要がある。OTDR法では、マルチコアファイ

バの一端から光を入射させ、当該一端から出射する光を受光すればよい。このため、OTDRを用いてクロストークを測定したいとのニーズがある。

[0006] 上記のニーズから、非特許文献4に記載のクロストーク測定方法では、マルチコアファイバの他端において所定のコアと当該所定のコアとのクロストークを測定する他のコアとを光ファイバで光学的に接続しOTDRを用いてクロストークによって生じたクロストーク光のパワーを測定する。このクロストーク測定方法では、OTDRが所定のコアの一端に入射光を入射させ、この入射光により、光ファイバが光学的に接続された他のコアにクロストーク光を発生させ、当該他のコアから光ファイバを介して所定のコアに入射したクロストーク光を含む光を所定のコアの一端から出射させる。この出射した光のパワーをOTDRで測定する。更に、このクロストーク測定方法は、測定された光のパワーに基づいて所定のコアと他のコアとのクロストークを求める。

[0007] 非特許文献1：K. Takenaga, Y. Arakawa, S. Tanigawa, N. Guan, S. Matsuo, K. Saitoh and M. Koshiba, "An Investigation on Crosstalk in Multi-Core Fibers by Introducing Random Fluctuation along Longitudinal Direction," IEICE TRAN. COMMUN., Vol.E94-B, No.2, 2011.

非特許文献2：M. Ohashi, K. Kawazu, A. Nakamura, and Y. Miyoshi, "Simple backscattered power technique for measuring crosstalk of multi-core fibers," OptoElectronics and Communications Conference, Busan, South Korea, P1-25, 2012, DOI: <https://doi.org/10.1109/OECC.2012.6276724>

非特許文献3：M. Nakazawa, M. Yoshida, and T. Hirooka, "Nondestructive measurement of mode couplings along a multi-core fiber using a synchronous multi-channel OTDR," Optics Express, vol. 20, Issue 11, pp. 12530-12540, 2012

非特許文献4：M. Nakagawa, M. Ohzeki, K. Takenaga and K. Ichii, "Novel Inter-Core Crosstalk Measurement Method Using a Loopback and Bidire

ctional OTDR Technique,” Journal of Lightwave Technology, vol. 41, Issue 12, pp. 3842-3848, 2023

### 発明の概要

- [0008] ところで、光ファイバ内において入射光による後方散乱光が発生する。このため、光ファイバ内において後方散乱光を減らして、クロストークが小さい場合であっても、OTDRを用いてクロストークを正確に測定したいとの要請がある。
- [0009] そこで、本発明は、OTDRを用いて、クロストークを正確に測定するクロストーク測定装置、及びクロストーク測定方法を提供することを目的とする。
- [0010] 上記課題を解決するため、本発明の態様1は、一端及び他端を含み互いに並列される第1光導波路及び第2光導波路を有する光デバイスのクロストーク測定装置であって、前記第1光導波路の前記他端と前記第2光導波路の前記他端とを光学的に接続する接続用光導波路と、前記接続用光導波路の midpoint よりも前記第1光導波路側に設けられ、前記第1光導波路側から前記第2光導波路側に入射する光の損失が前記第2光導波路側から前記第1光導波路側に入射する光の損失よりも大きい光学部品と、入射光を前記第1光導波路の前記一端から入射させ、前記入射光が前記第1光導波路から前記第2光導波路にクロストークすることで生じるクロストーク光を含み、前記第1光導波路の前記一端から出射する出射光のパワーを測定するOTDRと、測定された前記出射光のパワーを用いて前記第1光導波路と前記第2光導波路とのクロストークの大きさを求める処理部と、を備えることを特徴とするクロストーク測定装置である。
- [0011] 第1光導波路の一端から他端に伝搬する入射光は、第1光導波路から第2光導波路にクロストークしながら伝搬する。第1光導波路の他端に到達する入射光は接続用光導波路に入射する。接続用光導波路に入射する入射光は、接続用光導波路の midpoint より第1光導波路側において光学部品によって減衰する。

- [0012] また、第1光導波路から第2光導波路にクロストークするクロストーク光は、入射光と概ね並走しながら第2光導波路の一端側から他端に伝搬する。第2光導波路の他端に伝搬するクロストーク光は、接続用光導波路に入射光と反対側から入射する。接続用光導波路に入射するクロストーク光は、光学部品を通過して第1光導波路に入射する。このとき、クロストーク光は、入射光ほどは減衰しない。第1光導波路に入射するクロストーク光は、第1光導波路を通過してOTDRで受光される。当該クロストーク測定装置は、OTDRで受光されたクロストーク光のパワーを測定し、測定結果に基づいてクロストークの大きさを求める。
- [0013] クロストーク光と減衰された入射光とは、接続用光導波路の概ね中点で交差する。OTDRは、クロストーク光と減衰された入射光の後方散乱光との合成光のパワーを接続用光導波路の概ね中点での光のパワーとして測定する。本態様では、光学部品が接続用光導波路の中点よりも第1光導波路側に設けられているため、入射光は、接続用光導波路の中点では既に減衰している。よって、クロストーク光と入射光とが交差する中点における入射光の後方散乱光は小さく、クロストーク光に後方散乱光、及び後方散乱光から生じるノイズが重畳されることが抑制され得る。したがって、本態様のクロストーク測定装置は、クロストーク光のパワーを正確に測定しクロストークをより正確に測定し得る。
- [0014] 本発明の態様2は、前記光学部品は、順方向が前記第2光導波路側から前記第1光導波路側への方向であるアイソレータであることを特徴とする態様1に記載のクロストーク測定装置である。
- [0015] 本発明の態様3は、前記光学部品は、第1ポートと、前記第1ポートに入射する光を出射する第2ポートと、入射する光を第1ポートに伝搬する第3ポートと、を含むサーキュレータであり、前記第1ポートは、前記接続用光導波路の一部を介して前記第1光導波路に光学的に接続され、前記第3ポートは、前記接続用光導波路の他の一部を介して前記第2光導波路に光学的に接続されることを特徴とする態様1に記載のクロストーク測定装置である。

- [0016] 本発明の態様4は、前記第2ポートは、所定の光導波路の一端に光学的に接続され、前記所定の光導波路の他端は、無反射終端に光学的に接続されることを特徴とする態様3に記載のクロストーク測定装置である。
- [0017] 第2ポートに入射する入射光が所定の光導波路の他端で反射する場合であっても、無反射終端により反射が抑制され反射する入射光が第2ポートに入射することが抑制され得る。そのため、サーキュレータの第1ポートから第1導波路側に、入射光が入射することが抑制され得る。したがって、OTDRで検出される反射光及び接続用光導波路の midpoint 付近における後方散乱光が抑制され、クロストーク光パルスに近い位置に反射光パルス及びその反射光パルスの後方散乱光、後方散乱光から生じるノイズが重畳されることが抑制され得る。したがって、本態様のクロストーク測定装置は、クロストーク光のパワーの正確に測定しクロストークをより正確に測定し得る。
- [0018] 本発明の態様5は、前記第2ポートは、所定の光導波路の一端に光学的に接続され、前記第1ポートと前記所定の光導波路の他端との間の光路は、前記第1ポートと前記接続用光導波路の midpoint との間の光路の半分以上の長さであることを特徴する態様3に記載のクロストーク測定装置である。
- [0019] 入射光は、所定の光導波路の他端で反射すると、第1ポートから第1光導波路側の接続用光導波路に入射する。前記第1ポートと前記所定の光導波路の他端との間の光路が前記第1ポートと前記接続用光導波路の midpoint との間の光路の半分以上の長さであるため、所定の光導波路の他端で入射光が反射する場合であっても所定の光導波路の終端で反射する入射光とクロストーク光とが重畳する及び交差することが抑制され得る。よって、クロストーク光に反射光及び後方散乱光から生じるノイズが重畳されることが抑制され得る。したがって、本態様のクロストーク測定装置は、クロストーク光のパワーの正確に測定しクロストークをより測定し得る。
- [0020] 本発明の態様6は、前記光学部品は、第1ポートと、前記第1ポートに入射する前記入射光の一部を出射する第2ポートと、前記第1ポートに入射する前記入射光の他の一部を出射し入射する光を前記第1ポートに伝搬する第

3ポートと、を含むカプラであり、前記第1ポートは、前記接続用光導波路の一部を介して前記第1光導波路に光学的に接続され、前記第3ポートは、前記接続用光導波路の他の一部を介して前記第2光導波路に光学的に接続されることを特徴とする態様1に記載のクロストーク測定装置である。

[0021] 本発明の態様7は、前記第2ポートは、所定の光導波路の一端に光学的に接続され、前記所定の光導波路の他端は、無反射終端に光学的に接続されることを特徴とする態様6に記載のクロストーク測定装置である。

[0022] 第2ポートに入射する入射光が所定の光導波路の他端で反射する場合であっても、無反射終端により反射が抑制され反射する入射光が第2ポートに入射することが抑制され得る。そのため、カプラの第1ポートから第1光導波路側に入射光が入射することが抑制され得る。したがって、第1光導波路側においてクロストーク光に入射光などが重畳されることが抑制され得る。したがって、本態様のクロストーク測定装置は、クロストーク光のパワーの正確に測定しクロストークをより正確に測定し得る。

[0023] 本発明の態様8は、前記光デバイスは、前記第1光導波路及び前記第2光導波路の少なくとも1つを覆うトレンチ層を有することを特徴とする態様1から7の何れかのクロストーク測定装置である。

[0024] トレンチ層によって第1光導波路と第2光導波路とのクロストークは、トレンチ層がない場合と比較して減少し得る。そのため、クロストーク光のパワーが小さくなり、クロストーク光に対する接続用光導波路の後方散乱光の影響が大きくなり得る。したがって、本態様のクロストーク測定装置では、クロストーク光のパワーの測定に対する後方散乱光を抑制しクロストークを正確に測定し得るという効果が顕著になり得る。

[0025] 本発明の態様9は、前記入射光の波長幅が1nm以上であることを特徴とする態様1から8の何れかのクロストーク測定装置である。

[0026] この場合、本態様のクロストーク測定装置は、OTDRで測定される出射光のパワーの誤差を小さくし得る。

[0027] 本発明の態様10は、前記接続用光導波路の長さは、前記入射光の半値時

間幅に相当する長さよりも長いことを特徴とする態様1から8の何れかのクロストーク測定装置である。

[0028] 上記のように、減衰された入射光とクロストーク光とは、接続用光導波路の概ね中点ですれ違う。このため、OTDRでは、クロストークにより生じるパルス状の光が接続用光導波路の概ね中点で生じたように見える。また、入射光のパルス幅とクロストーク光のパルス幅は概ね同じである。したがって、本態様のクロストーク測定装置は、接続用光導波路の端部における反射等のノイズがパルス状のクロストーク光を含む出射光に影響することを抑制することができ、クロストークをより正確に測定し得る。

[0029] 本発明の態様11は、一端及び他端を含み互いに並列される第1光導波路及び第2光導波路を有する光デバイスのクロストーク測定方法であって、前記第1光導波路の前記他端と前記第2光導波路の前記他端とを接続用光導波路を介して光学的に接続する接続ステップと、OTDRから出射する入射光を前記第1光導波路の前記一端から入射させ、前記入射光が前記第1光導波路から前記第2光導波路にクロストークすることで生じるクロストーク光を含み、前記第1光導波路の前記一端から出射する出射光のパワーを前記OTDRで測定する測定ステップと、測定された前記出射光のパワーを用いて前記第1光導波路と前記第2光導波路とのクロストークの大きさを求める処理ステップと、を備え、前記第1光導波路側から前記第2光導波路側に入射する光の損失が前記第2光導波路側から前記第1光導波路側に入射する光の損失よりも大きい光学部品が前記接続用光導波路の中点よりも前記第1光導波路側に設けられることを特徴とするクロストーク測定方法である。

[0030] 上記の通り、第1光導波路の一端から他端に伝搬する入射光は、第1光導波路から第2光導波路にクロストークしながら伝搬し、接続用光導波路の中点より第1光導波路側において光学部品によって減衰する。

[0031] また、第1光導波路から第2光導波路にクロストークするクロストーク光は、光学部品を通過しても入射光ほどは減衰しない。当該クロストーク測定方法は、OTDRで受光されたクロストーク光のパワーを測定し、測定結果

に基づいてクロストークの大きさを求める。

[0032] 本態様では、光学部品が接続用光導波路の midpoint よりも第1光導波路側に設けられているため、入射光は、接続用光導波路の midpoint では減衰している。よって、クロストーク光と入射光とが交差する位置における入射光の後方散乱が抑制され、クロストーク光に後方散乱光、及び後方散乱光から生じるノイズが重畳されることが抑制され得る。したがって、本態様のクロストーク測定方法は、OTDRを用いて、クロストーク光のパワーの正確に測定しクロストークをより正確に測定し得る。また、事前に、ファン・インーファン・アウトデバイス（FIFO）のクロストークによる損失、光学部品の損失、接続用導波路の損失および後方散乱係数、捕獲率を事前に測定することで、クロストークした光の損失を考慮して、クロストークを正確に測定することもできる。さらに、第2光導波路の一端側にOTDRをつなぎ、第2光導波路、接続用導波路の損失、光学部品の損失、第1光導波路の損失、ファン・インーファン・アウトデバイスのクロストークによる損失、挿入損失を正確に求めることで、クロストークした光の損失を考慮して、クロストークをより正確に測定することもできる。

[0033] 以上のように、本発明によれば、OTDRを用いてクロストークを正確に測定し得るクロストーク測定装置、及びクロストーク測定方法が提供される。

### 図面の簡単な説明

[0034] [図1]本発明の第1実施形態に係るマルチコアファイバの長手方向に垂直な断面を示す図である。

[図2]第1実施形態におけるクロストーク測定装置を示す図である。

[図3]本発明の第1実施形態におけるクロストーク測定方法の手順を示すフローチャートである。

[図4]図3のクロストーク測定装置における光の伝搬の様子を示す図である。

[図5]OTDRでの測定結果を示す図である。

[図6]本発明の第2実施形態に係るマルチコアファイバの長手方向に垂直な断

面を示す図である。

[図7]図6のコア要素の屈折率分布を示す図である。

[図8]第2実施形態に係るOTDRでの測定結果を示す図である。

[図9]第3実施形態におけるクロストーク測定装置を示す図である。

[図10]第4実施形態におけるクロストーク測定装置を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0035] 以下、本発明に係るクロストーク測定方法、及びクロストーク測定装置を実施するための形態が添付図面とともに例示される。以下に例示する実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明は、請求項の範囲内において、その趣旨を逸脱することなく、以下の実施形態から変更、改良することができる。なお、以下で参照する図面では、理解を容易にするために、各部材の寸法を変えて示す場合がある。

[0036] (第1実施形態)

図1は、本実施形態のマルチコアファイバの長手方向に垂直な断面を示す図である。マルチコアファイバ10は、光の伝搬が可能な複数のコア11及びコア12と、それぞれのコア11及びコア12の外周面を囲うクラッド15と、を有する。なお、クラッド15の外周面が樹脂から成る被覆層で囲われてもよい。また、クラッド15は、それぞれのコア11及びコア12の外周面を囲うため、共通クラッドとも呼ばれる。

[0037] それぞれのコア11及びコア12は、一端及び他端を有しており、マルチコアファイバ10の長手方向に沿って、互いに並列している。コア11及びコア12の屈折率は、クラッド15の屈折率よりも高く、それぞれのコア11及びコア12は光の伝搬が可能である。このため、それぞれのコア11及びコア12は、第1光導波路及び第2光導波路とであり、マルチコアファイバ10は、互いに並列される複数の光導波路を有する光デバイスである。コア11とコア12とは、螺旋状に形成されて並列していてもよく、コア11、12が直線状に形成されて、並列していてもよい。

[0038] 本実施形態では、コア11及びコア12はゲルマニウム（Ge）等の屈折率が高くなるドーパントが添加されたシリカガラスから成り、クラッド15は何ら添加物の無いシリカガラスから成る。なお、例えば、コア11及びコア12は、何ら添加物の無いシリカガラスから成り、クラッド15はフッ素（F）等の屈折率が低くなるドーパントが添加されたシリカガラスから成ってもよい。また、コア11及びコア12は、屈折率が高くなるドーパントが添加されたシリカガラスから成り、クラッド15は屈折率が低くなるドーパントが添加されたシリカガラスから成っていてもよい。また、屈折率が高くなるドーパント及び屈折率が低くなるドーパントは特に制限されるものではない。

[0039] 次に、本実施形態の光デバイスにおけるクロストーク測定装置について説明する。図2は、本実施形態におけるクロストーク測定装置を示す図である。図2に示すように本実施形態のクロストーク測定装置1は、OTDR20と、処理部25と、接続用光ファイバ51と、アイソレータ61と、を主な構成として備え、マルチコアファイバ10におけるクロストークを測定する。マルチコアファイバ10は、一端17及び他端18を有する。なお、以下の説明において、一端17及び他端18をコア11及びコア12の一端17及び他端18としても説明する場合がある。

[0040] OTDR20は、光ファイバ等に光学的に接続されて用いられ、パルス状の光を出射し、マルチコアファイバ10から入射する光のパワーの測定、及びパルス状の光を出射してから測定される光が入射するまでの時間の測定を行うことができる。また、OTDR20は、光ファイバ等の伝送損失や曲げ損失、接続損失等といった光の損失測定、光ファイバ等の断線箇所の検出、光の反射量等を測定することができる機器である。本実施形態では、OTDR20にファン・インーファン・アウトデバイス30が光学的に接続されている。

[0041] ファン・インーファン・アウトデバイス30は、マルチコアファイバ10の一端17においてコア11及びコア12と個別に光学的に接続可能な不図

示の複数の光導波路と、それぞれの光導波路に個別に光学的に接続されているコアを含む光ファイバ31及び光ファイバ32と、を有する。光ファイバ31と光ファイバ32とは、概ね同じ長さである。本例では、OTDR20に光ファイバ31のコアが光学的に接続されている。また、本例では、光ファイバ31のコアに光学的に接続される光導波路がマルチコアファイバ10のコア11に光学的に接続されている。従って、光ファイバ31とコア11とは、光学的に接続されており、OTDR20から出射する光はコア11に入射する。

[0042] マルチコアファイバ10の他端18には、ファン・インーファン・アウトデバイス40が光学的に接続されている。ファン・インーファン・アウトデバイス40は、ファン・インーファン・アウトデバイス30と同様の構成であり、マルチコアファイバ10のコア11及びコア12と個別に光学的に接続可能な不図示の複数の光導波路と、それぞれの光導波路に個別に光学的に接続されているコアを含む光ファイバ41及び光ファイバ42と、を有する。光ファイバ41と光ファイバ42とは、概ね同じ長さである。本例ではコア11と光ファイバ41のコアとが光学的に接続されており、コア12と光ファイバ42のコアとが光学的に接続されている。

[0043] 接続用光ファイバ51は、シングルコアファイバであり、例えばシングルモードファイバである。接続用光ファイバ51は、一部51aと他の一部51bとに分かれている。接続用光ファイバ51の一部51aの一端は、光ファイバ41に光学的に接続され、他端は、アイソレータ61の一端に光学的に接続される。また、接続用光ファイバ51の他の一部51bの一端は、アイソレータ61の他端に光学的に接続され、他端は、光ファイバ42に光学的に接続される。従って、光ファイバ41のコアと光ファイバ42のコアとは、接続用光ファイバ51のコア及びアイソレータ61を介して光学的に接続されている。接続用光ファイバ51のコアは、コア11である第1光導波路の他端とコア12である第2光導波路の他端とを光学的に接続する接続用光導波路である。なお、接続用光ファイバ51の一部51aのコア及び他の

一部51bのコアは、それぞれ接続用光導波路の一部及び他の一部である。

[0044] アイソレータ61は、接続用光ファイバ51において、接続用光ファイバ51の midpoint Cよりも光ファイバ41側に設けられている。アイソレータ61の順方向は、光ファイバ42側から光ファイバ41側への方向である。アイソレータ61は、光ファイバ41側からの光を減衰させ、光ファイバ42側からの光を光ファイバ41側に透過させる。なお、アイソレータ61は、光ファイバ41側から光ファイバ42への光の伝搬を遮断するものであってもよい。

[0045] このため、アイソレータ61は、コア11である第1光導波路側からコア12である第2光導波路側に入射する光の損失が第2光導波路側から第1光導波路側に入射する光の損失よりも大きい光学部品である。また、アイソレータ61の順方向は、第2光導波路側から第1光導波路側への方向である。

[0046] midpoint Cは、コア11の他端18との間の光路と、コア12の他端18との間の光路と、が概ね同一となる点である。

[0047] OTDR20には、処理部25が光学的に接続されており、OTDR20が受光する光のパワーに係るデータが処理部25に出力される。処理部25は、OTDR20が測定する光のパワーを用いて、クロストークの大きさを求める演算装置である。処理部25は、例えば、マイクロコントローラ、IC (Integrated Circuit)、LSI (Large-scale Integrated Circuit)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) などの集積回路やNC (Numerical Control) 装置を用いることができる。また、処理部25は、機械学習器を用いたものであってもよく、機械学習器を用いないものであってもよい。処理部25は、OTDR20から光のパワーに係るデータが入力すると、このデータに基づいて、後述のように、コア11とコア12とのクロストークの大きさを求めて、求めたクロストークの大きさに係るデータを出力する。なお、処理部25とOTDR20とが1つの筐体内に入れられ、部品の一部が共用されてもよい。

[0048] 次に、本実施形態の光デバイスにおけるクロストーク測定方法について説

明する。図3は、本実施形態におけるクロストーク測定方法の手順を示すフローチャートである。図3に示すように、本実施形態のクロストーク測定方法は、接続ステップS1と、測定ステップS2と、処理ステップS3と、を備える。

[0049] (接続ステップS1)

本ステップに先立ち、被測定光デバイスとしてのマルチコアファイバ10を準備し、クロストーク測定装置1にセットする。マルチコアファイバ10の長さは、例えば21kmである。このとき、本ステップでは、コア11の他端18とコア12の他端18とを、中点Cよりも光ファイバ41側にアイソレータ61が設けられた接続用光ファイバ51のコアを介して光学的に接続する。接続用光ファイバ51の長さは、例えば10kmである。具体的には、ファン・インーファン・アウトデバイス40における光ファイバ41と光学的に接続される光導波路をマルチコアファイバ10のコア11に光学的に接続し、光ファイバ42と光学的に接続される光導波路をコア12に光学的に接続する。従って、本ステップでは、第1光導波路の他端と第2光導波路の他端とを接続用光導波路を介して光学的に接続する。本ステップの後に、コア11の一端17から光が入射する場合、当該光は、接続用光ファイバ51のコアを介してコア12の他端18からコア12に入射する。

[0050] また、OTDR20とコア11とを光学的に接続する。具体的には、ファン・インーファン・アウトデバイス30における光ファイバ31と光学的に接続される光導波路をマルチコアファイバ10のコア11に光学的に接続する。従って、OTDR20から出射する光はコア11の一端17からコア11に入射する。

[0051] このように、マルチコアファイバ10のコア11とOTDR20とが光学的に接続され、コア11とコア12とが接続用光ファイバ51のコアを介して光学的に接続された状態が図2に示す状態である。

[0052] (測定ステップS2)

本ステップでは、OTDR20から出射するパルス状の入射光を第1光導

波路であるコア11の一端17から入射させ、入射光がコア11から第2光導波路であるコア12にクロストークすることで生じるパルス状の光を含み、コア11の一端17から出射する出射光のパワーをOTDR20で測定する。

[0053] 図4は、図3のクロストーク測定装置における光の伝搬の様子を示す図である。本図を用いて、上記を具体的に説明する。なお、図4では、ファン・インーファン・アウトデバイス30、40は簡略化して記載されている。まず、OTDR20からパルス状の光を出射する。この光の波長幅は、1nm以上であることが、後述のクロストーク測定を安定して行い得る観点から好ましく、3nm以上であることがより好ましく、5nm以上であることがさらに好ましい。また、この光の波長幅は、30nm以下であることが、ある特定の波長でクロストークを測定するという観点から好ましい。また、OTDR20から出射する光は、後述のクロストーク光を含む出射光が飽和しないよう適宜パルス幅や強度が調整されることが好ましい。この場合、OTDR20と光ファイバ31との間にアッテネータを介在させてもよい。

[0054] OTDR20から出射するパルス状の光は、入射光Lとして、コア11の一端17からコア11に入射し、コア11を一端17から他端18に伝搬する。コア11を伝搬するパルス状の入射光Lは、コア11からコア12にクロストークしながら伝搬する。入射光Lがパルス状であるため、コア11からコア12にクロストークするクロストーク光CL1もパルス状となり、入射光Lと概ね並走しながらコア12の一端17側から他端18に伝搬する。この間、コア11からコア12にクロストークするため、入射光Lのパワーは、コア11を伝搬する距離に応じて低下し、クロストーク光CL1のパワーは、コア12を伝搬する距離に応じて増加する。コア11及びコア12を伝搬する光の速度は同じであるため、入射光Lとクロストーク光CL1とは概ね同時に他端18に達する。

[0055] 次に、入射光Lとクロストーク光CL1とは、ファン・インーファン・アウトデバイス40を介して、概ね同時に接続用光ファイバ51のコアに入射

する。

- [0056] 光ファイバ41から接続用光ファイバ51に入射した入射光Lは、接続用光ファイバ51の一部51aの点Dを通過し、アイソレータ61に入射する。アイソレータ61は、中点Cよりもコア11側に設けられているため、入射光Lは、中点Cよりもコア11側で減衰する。アイソレータ61で減衰された入射光Lは、ファン・インーファン・アウトデバイス40を介して、コア12の他端18からコア12に入射しコア12を伝搬する。減衰された入射光Lは、コア12を伝搬する間にコア11にクロストークするが、入射光Lは、例えば、十分に減衰されるためコア12からコア11へのクロストークは、概ね無視できるほど小さい。
- [0057] また、クロストーク光CL1は、接続用光ファイバ51のコアに入射光Lが入射する側と反対側から入射する。クロストーク光CL1は、アイソレータ61を通過する。クロストーク光CL1は、接続用光ファイバ51の概ね中点Cで減衰された入射光Lとすれ違う。減衰された入射光Lとクロストーク光CL1とは、接続用光ファイバ51の互いに異なる端部にそれぞれ概ね同時に達する。
- [0058] 接続用光ファイバ51を通過したクロストーク光CL1は、ファン・インーファン・アウトデバイス40を介してコア11の他端18からコア11に入射し、コア11を伝搬してコア11の一端17が出射する。コア11から出射するクロストーク光CL1を含む出射光は、ファン・インーファン・アウトデバイス30を介してOTDR20に入射し、OTDR20で受光され、OTDR20で出射光のパワーが測定される。
- [0059] 従って、OTDR20は、入射光が第1光導波路から第2光導波路にクロストークすることで生じるクロストーク光を含み、第1光導波路の前記一端から出射する出射光のパワーを測定する。
- [0060] 図5は、OTDR20で受光される出射光の測定結果を示す図である。図5において、横軸は、入射光Lの伝搬距離を示し、縦軸は、OTDR20が受光する出射光のパワーを示す。なお、図5の縦軸は、出射光のパワーが、

OTDR 20に定められる所定のパワーに対する比としてデシベルで示している。例えば、この所定のパワーが1 mWであれば、縦軸の単位はdBmで示されてもよい。図5に示すように、コア11の区間、及び、接続用光ファイバ51におけるコア11の他端18からアイソレータ61までの区間では、入射光Lの後方散乱光が出射光として測定されている。これら区間における出射光を示す線の傾きは、後方散乱による単位長さ当たりの入射光Lの損失を示す。

[0061] また、コア11の区間と接続用光ファイバ51の区間との境界において、パルス状の光が測定されているが、この光は、ファン・インーファン・アウトデバイス40等における反射を示している。さらに接続用光ファイバ51の区間の中でアイソレータ61とファン・インーファン・アウトデバイス40の間に接続用光ファイバの後方散乱光による波形が観測されている。ここに図2に示した点Dが含まれる。

[0062] また、アイソレータ61よりもコア12側の区間では、入射光Lが減衰しているため、当該区間では入射光Lの後方散乱光が概ね測定されない。

[0063] 接続用光ファイバ51を示す区間の概ね中点Cにおいて、パルス状の光が測定されている。上記のように、減衰された入射光Lとクロストーク光CL1とは、接続用光ファイバ51の概ね中点Cですれ違うため、このパルス状の光が、クロストーク光CL1を示している。また、中点Cでは、後方散乱光が概ね測定されないため、接続用光ファイバ51の概ね中点Cで測定される出射光のパワーは、概ねクロストーク光CL1のパワーである。

[0064] このように接続用光ファイバ51を示す区間の概ね中点において、クロストーク光CL1のパワーを示すパルスが示されている。入射光Lのパルス幅とクロストーク光CL1のパルス幅とは概ね同じである。従って、クロストーク光CL1を示すパルスが接続用光ファイバ51の端部にかからない様にするため、接続用光導波路である接続用光ファイバ51のコアの長さは、入射光Lのパルスの半値時間幅に相当する長さよりも長いことが好ましい。つまり、接続用光ファイバ51の長さを $L_{SCF}$ とし、入射光Lの半値時間幅を $\Delta T$

$L_{\text{pulse}}$ とし、接続用光ファイバ51のコアの実効屈折率を $n$ とし、光速を $c$ とする場合、次の式を満たすことが好ましい。

$$L_{\text{SCF}} > \Delta T_{\text{pulse}} \times c / n$$

[0065] なお、下記式を満たすことが、接続用光ファイバ51の端部の影響がパルスに及ぶことをより抑制する観点からより好ましい。

$$L_{\text{SCF}} > 1.2 \times \Delta T_{\text{pulse}} \times c / n$$

[0066] OTDR20は、測定した出射光のパワーに係るデータを処理部25に出力する。

[0067] (処理ステップS3)

本ステップでは、処理部25は、測定された出射光のパワーを用いてコア11とコア12とのクロストークの大きさを求める。上記のようにパルス状の光が示される領域においても、減衰された入射光 $L$ により後方散乱光が生じている。しかし、当該領域において減衰された入射光 $L$ により生じた後方散乱光のパワーをパワー $P_{\text{BS}}$ は、前述の通り、無視できるほど小さいため、入射光強度の基準となるパワー $P_{\text{BS}}$ の情報が得られないことがある。そこで、アイソレータよりコア11側の接続用光ファイバ51の一部51a上の点Dのパワー $P'_{\text{BS}}$ を基準とするのが望ましい。処理部25は、当該領域における出射光のパワー $P_{\text{OUT}}$ と $P'_{\text{BS}}$ の比にファン・インーファン・アウトデバイス30、40のクロストーク、点Dと中点C間の距離に相当する接続用光ファイバ51の損失係数、順方向でのアイソレータの挿入損失、接続用光ファイバ51の後方散乱係数、捕獲率を考慮してクロストークを取得する。

[0068] パルス状の光のパワーには、クロストーク光CL1のパワー $P_{\text{XT\_MCF}}$ とファン・インーファン・アウトデバイス30、40におけるクロストークのパワー $P_{\text{XT\_FIFO}}$ が含まれている。パワー $P_{\text{XT\_FIFO}}$ が無視できるくらい小さい場合、パルス状の光のパワーをクロストーク光CL1のパワー $P_{\text{XT\_MCF}}$ とすればよい。ただし、このパルス状の光のパワーからパワー $P_{\text{XT\_FIFO}}$ を取り除いたパワーをクロストーク光CL1のパワー $P_{\text{XT\_MCF}}$ とすることが、より正確にパワー $P_{\text{XT\_MCF}}$ を求める観点から好ましい。

[0069] パワー $P_{XT\_FIFO}$ は、事前に測定することができる。例えば、クロストーク測定装置1において、ファン・イン・ファン・アウトデバイス30とファン・イン・ファン・アウトデバイス40とを光学的に直接接続する。こうすることで、マルチコアファイバ10の長さが0の状態になり、上記の測定ステップS2と同様にして、出射光のパワーを測定すると、接続用光ファイバ51の概ね中点Cに測定されるパルス状の光のパワー $P_{OUT}$ は、パワー $P_{XT\_FIFO}$ である。

[0070] 処理部25は、求めたクロストーク光CL1のパワー $P_{XT\_MCF}$ をクロストークの大きさに変換して出力する。このとき、処理部25は、クロストークの大きさを接続用光ファイバ51の一部51a上の点Dから入射光の後方散乱光としてコア11の他端18、一端17を通りOTDRに戻ってきた入射光Lの後方散乱光のパワー $P'_{BS}$ とパワー $P_{XT\_MCF}$ の比に対して、ファン・イン・ファン・アウトデバイス30、40のクロストーク、点Dと中点Cとの間の距離に相当する接続用光ファイバ51の損失、順方向でのアイソレータの損失、接続用光ファイバ51の後方散乱係数、捕獲率を考慮してクロストークの大きさを求める。この時、上記パワーの比をデシベルに換算して、出力してもよい。また、処理部25は、OTDR20に定められる所定のパワーに対する比を示すデシベル換算して出力してもよい。こうして、クロストークの大きさが求められる。ここで求められるクロストークは、マルチコアファイバ10の片道分のクロストークである。

[0071] なお、処理部25は、パワー $P_{BS}$ を算出してもよい。例えば、処理部25は、パルス状の光が示される領域以外の領域における出射光のパワーからパワー $P_{BS}$ を求めてもよい。この場合、処理部25は、パルス状の光が示される領域の出射光のパワー $P_{OUT}$ と求めた後方散乱光のパワー $P_{BS}$ との差をパルス状の光のパワーとして取得してもよい。

[0072] また、クロストーク測定方法は、測定ステップS2の後に第2測定ステップを実行してもよい。第2測定ステップでは、コア12からコア11へのクロストークを測定する。例えば、光ファイバ41及び光ファイバ42に光学

的に接続されている接続用光ファイバ51の両端を入れ替え、OTDR20を光ファイバ32に光学的に接続する。この状態において、OTDR20は、出射光のパワー $P_{OUT}$ を測定し処理部25に出力する。処理部25は、出力された出射光のパワー $P_{OUT}$ に基づいてコア12からコア11へのクロストークを求める。処理部25は、コア11からコア12へのクロストークとコア12からコア11へのクロストークを平均してコア11とコア12との間のクロストークを求めてもよい。

[0073] また、光ファイバ41と光ファイバ42とは、異なる長さであってもよい。この場合、中点Cは、コア11の他端18との間の光路と、コア12の他端18との間の光路と、が概ね同一となる点であればよい。

さらに、上記では接続用光ファイバ51の一部51a上の点Dにおける後方散乱光パワーを基準としてクロストークを求めたが、コア11の損失、ファン・インーファン・アウトデバイス30、40のクロストーク、損失を考慮すれば、コア11上の後方散乱光パワーを用いてもクロストークを求めることが出来る。

[0074] 以上説明したように、本実施形態のクロストーク測定方法は、アイソレータ61を用いて中点Cよりもコア11側において入射光Lを減衰させ、中点Cにおいて入射光Lにより生じる後方散乱光を減衰させ得る。そのため、クロストーク光CL1に後方散乱光、及び後方散乱光から生じるノイズが重畳されることが抑制され得る。したがって、本実施形態のクロストーク測定方法は、クロストーク光CL1のパワーを正確に測定し、クロストークを正確に測定し得る。

[0075] (第2実施形態)

次に、第2実施形態について説明する。なお、第1実施形態と同一又は同等の構成要素については、同一の参照符号を付して特に説明する場合を除き重複する説明は省略する。本実施形態は、マルチコアファイバ10がトレンチ層を有する点で第1実施形態と異なる。

[0076] 図6は、本実施形態に係るマルチコアファイバの長手方向に垂直な断面を

示す図である。本実施形態のマルチコアファイバ10は、コア要素110、コア要素120、それぞれのコア要素110及びコア要素120の外周面を隙間なく囲うクラッド15、及びクラッド15の外周面を被覆する被覆層130を備える。

[0077] コア要素110は、コア11、コア11の外周面を隙間なく囲う外側コア112、及び外側コア112の外周面を隙間なく囲うトレンチ層113を含む。また、コア要素120は、コア12、コア12の外周面を隙間なく囲う外側コア122、及び外側コア122の外周面を隙間なく囲うトレンチ層123を含む。

[0078] コア要素110とコア要素120とは、同様の構成であり、外側コア112、及びトレンチ層113は、外側コア122、及びトレンチ層123と同様であるため、以下では、コア要素110について説明する。

[0079] コア11の直径は、例えば $5.5\mu\text{m}$ 以上 $13.5\mu\text{m}$ 以下である。外側コア112の外径すなわちトレンチ層113の内径は、 $9\mu\text{m}$ 以上 $35\mu\text{m}$ 以下である。また、トレンチ層113の外径は、 $14\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下である。

[0080] コア11の屈折率は、外側コア112やクラッド15の屈折率よりも高く、コア11のクラッド15に対する比屈折率差は、例えば、 $0.2\%$ 以上 $0.9\%$ 以下である。トレンチ層113の屈折率は、外側コア112やクラッド15の屈折率よりも低い。トレンチ層113のクラッド15に対する比屈折率差は、例えば、 $-0.9\%$ 以上 $-0.1\%$ 以下である。外側コア112の屈折率は、クラッド15の屈折率と同じであってもよく、クラッド15の屈折率よりも高くても低くてもよい。外側コア112のクラッド15に対する比屈折率差は、例えば、 $-0.3\%$ 以上 $0.3\%$ 以下である。

[0081] トレンチ層113は、フッ素等の屈折率が低くなるドーパントが添加されたシリカガラスから成る。外側コア112は、クラッド15の屈折率との関係により、屈折率が高くなるドーパントが添加されたり、屈折率の低くなるドーパントが添加されたり、何らドーパントが添加されなかったりする。な

お、コア11、外側コア112、トレンチ層113、クラッド15にドーパントが添加されるか否か、添加される場合のドーパントの種類は、上記に限定されない。また、外側コア112、122が無いW型屈折率分布コアを有するマルチコアファイバであってもよい。

[0082] 被覆層130は、クラッド15の外周面を被覆する内側被覆層131、及び内側被覆層131の外周面を被覆する外側被覆層132を備える。内側被覆層131及び外側被覆層132はそれぞれ紫外線硬化性樹脂等の樹脂から成り、内側被覆層131及び外側被覆層132は互いに異なる樹脂から成る。

[0083] 次に、マルチコアファイバ10の特性について説明する。なお、以下の説明において、有効数字を3桁として説明する場合がある。

[0084] 図7は、図6のマルチコアファイバ10のコア要素110の所定の屈折率分布を示す図である。図7において、コア11、外側コア112、トレンチ層113、及びクラッド15の比屈折率差を示す位置に同様の符号を記している。本例では、外側コア112のクラッド15に対する比屈折率差は、0.01%である。コア11の外側コア112に対する比屈折率差は0.35%である。トレンチ層113のクラッド15に対する比屈折率差は-0.4%である。

[0085] クロストーク測定装置1、及びクロストーク測定方法の手順は、第1実施形態に係るクロストーク測定装置1、及びクロストーク測定方法の手順と同様であるため説明を省略する。

[0086] 図8は、OTDR20で受光される出射光の測定結果を示す図である。図8において、横軸は、入射光Lの伝搬距離を示し、縦軸は、OTDR20が受光する出射光のパワーを示す。なお、図8の縦軸は、出射光のパワーが、OTDR20に定められる所定のパワーに対する比としてデシベルで示している。例えば、この所定のパワーが1mWであれば、縦軸の単位はdBmで示されてもよい。

[0087] 図8に示す測定結果は、パルス状の光のパワーが小さい点において図5に

示す測定結果と異なる。

[0088] なお、マルチコアファイバ10は、外側コア112及び外側コア122の少なくとも1つを備えなくともよい。また、トレンチ層113及びトレンチ層123の少なくとも1つを備えなくともよい。また、内側被覆層131及び外側被覆層132の少なくとも1つを備えなくともよい。

[0089] 以上説明したように、本実施形態のクロストーク測定方法では、トレンチ層が設けられているコア11及びコア12との間のクロストークを求める。上記の通り、トレンチ層によりコア11とコア12との間のクロストークが小さくクロストーク光CL1も小さい。そのため、クロストーク光CL1に重畳される後方散乱光、及び後方散乱光から生じるノイズの影響が大きくなり得る。したがって、本実施形態のクロストーク測定方法では、クロストーク光CL1に重畳されるノイズを抑制しクロストークを正確に測定し得るといふ効果が顕著になり得る。

[0090] (第3実施形態)

次に、第3実施形態について説明する。なお、第2実施形態と同一又は同等の構成要素については、同一の参照符号を付して特に説明する場合を除き重複する説明は省略する。本実施形態は、クロストーク測定装置1がアイソレータ61の代わりにサーキュレータ71を備える点で第2実施形態と異なる。

[0091] 図9は、本実施形態におけるクロストーク測定装置1を示す図である。図9が示すように、接続用光ファイバ51には、接続用光ファイバ51の midpoint Cよりも光ファイバ41側にサーキュレータ71が設けられている。サーキュレータ71は、第1ポート71a、第2ポート71b及び第3ポート71cを有する。

[0092] 第1ポート71aは、第3ポート71cに入射した光を出射する。第2ポート71bは、第1ポート71aに入射した光を出射する。第2ポート71bに入射した光は、第1ポート71a、及び第3ポート71cから概ね出射しない。

[0093] 第1ポート71aは、接続用光ファイバ51の一部51aの他端に光学的に接続されている。従って、第1ポート71aは、接続用光ファイバ51の一部51aを介して光ファイバ41のコアに光学的に接続されている。また、第2ポート71bは、所定の光導波路である光ファイバ72のコアの一端に光学的に接続されている。また、第3ポート71cは、接続用光ファイバ51の他の一部51bの一端に光学的に接続されている。従って、第3ポート71cは、接続用光ファイバ51の他の一部51bを介して光ファイバ42のコアに光学的に接続されている。サーキュレータ71は、光ファイバ41からの光を第2ポート71bから出射し、光ファイバ42からの光を光ファイバ41へ出射する。

[0094] よって、サーキュレータ71は、コア11である第1光導波路側からコア12である第2光導波路側に入射する光の損失が第2光導波路側から第1光導波路側に入射する光の損失よりも大きい光学部品である。

[0095] 一端が第2ポート71bに光学的に接続されている光ファイバ72は、シングルコアファイバであり、例えばシングルモードファイバである。光ファイバ72のコアの他端は、無反射終端73に光学的に接続されている。

[0096] 無反射終端73は、光ファイバ72のコアの他端において光が反射して光ファイバ72のコアに戻ることを抑制する。光ファイバ41からの光が光ファイバ72の他端で反射した光は、第1ポート71a、及び第3ポート71cのどちらからもほとんど出てこないが、無反射終端73があることで、光ファイバ72の他端で反射した光が第1ポート71a、及び第3ポート71cから出射することをより抑制することが出来る。

[0097] 次に、本実施形態の光デバイスにおけるクロストーク測定方法について説明する。

[0098] (接続ステップS1)

接続ステップS1は、コア11の他端18とコア12の他端18とを、中点Cよりも光ファイバ41側にサーキュレータ71が設けられた接続用光ファイバ51のコアを介して光学的に接続する点で、第1実施形態に係る接続

ステップS 1と異なる。その他の動作については、第1実施形態に係る接続ステップS 1と同様であるため説明を省略する。

[0099] (測定ステップS 2)

測定ステップS 2では、光ファイバ4 1から接続用光ファイバ5 1に入射した入射光Lがサーキュレータ7 1の第1ポート7 1 aに入射し第2ポート7 1 bから出射する。第2ポート7 1 bから出射した入射光Lは、光ファイバ7 2を介して無反射終端7 3に到達し無反射終端7 3において概ね消失する。

[0100] また、クロストーク光CL 1は、光ファイバ4 2側からサーキュレータ7 1の第3ポート7 1 cに入射し、第1ポート7 1 aから光ファイバ4 1側に出射する。

その他の動作については、第1実施形態に係る測定ステップS 2と同様であるため説明を省略する。

[0101] 処理ステップS 3については、第1実施形態に係る処理ステップS 3と同様であるため説明を省略する。

[0102] なお、無反射終端7 3は、光ファイバ7 2のコアの他端に設けられなくともよい。この場合、光ファイバ7 2のコアの他端で反射した入射光Lとクロストーク光CL 1とがすれ違わないように、光ファイバ7 2の長さを調整することが望ましい。具体的には、第1ポート7 1 aと光ファイバ7 2のコアの他端との間の光路が第1ポート7 1 aと中点Cとの間の光路の半分以外の長さとなるように、光ファイバ7 2の長さが調整される。上記の通り光ファイバ7 2の長さが調整されると、入射光Lが光ファイバ7 2の他端で反射してサーキュレータ7 1から光ファイバ4 1側または光ファイバ4 2側にわずかに出射した場合であっても入射光Lとクロストーク光CL 1とが重畳することまたは中点Cですれ違ふことが抑制され得る。

[0103] また、本実施形態のクロストーク測定装置1は、トレンチ層を有するマルチコアファイバ1 0のコア1 1とコア1 2との間のクロストークを測定したが、第1実施形態のようにトレンチ層を有しないマルチコアファイバ1 0の

コア11とコア12との間のクロストークを測定してもよい。

[0104] 以上説明したように、本実施形態のクロストーク測定方法は、サーキュレータ71を用いて中点Cよりもコア11側において入射光Lを減衰させ、中点Cにおいて入射光Lにより生じる後方散乱光を減衰させ得る。また、コア12からのクロストーク光CL1は、サーキュレータ71を透過してコア11に入射する。そのため、クロストーク光CL1に入射光Lの後方散乱光、及び後方散乱光から生じるノイズが重畳されることが抑制され得る。したがって、本実施形態のクロストーク測定方法は、クロストーク光CL1のパワーを正確に測定し、クロストークを正確に測定し得る。

[0105] また、本実施形態のクロストーク測定方法では、入射光Lが出射される第2ポート側に光ファイバ72を介して無反射終端73が設けられる。そのため、第2ポートから出射した入射光Lが光ファイバ72のコアの終端で反射することが抑制され、第1ポート71aから光ファイバ41に出射すること、第3ポートから光ファイバ42側に出射することが抑制され得る。したがって、入射光Lとクロストーク光CL1とが重畳すること、及び入射光Lとクロストーク光CL1とがすれ違うことが抑制され、クロストーク光CL1に入射光L、入射光Lの後方散乱光、及び後方散乱光から生じるノイズが重畳されることが抑制され得る。したがって、本実施形態のクロストーク測定方法は、クロストーク光CL1のパワーを正確に測定し、クロストークを正確に測定し得る。ただし、入射光Lが光ファイバ72の他端で反射する場合であっても反射した入射光Lは減衰するため、無反射終端73は、必須ではない。

[0106] また、本実施形態のクロストーク測定方法では、第1ポート71aと光ファイバ72のコアの他端との間の光路が第1ポート71aと中点Cとの間の光路の半分以外の長さとなるように、光ファイバ72の長さが調整される。そのため、入射光Lとクロストーク光CL1とが重畳すること、及び入射光Lとクロストーク光CL1とがすれ違うことが抑制され、クロストーク光CL1に入射光L、入射光Lの後方散乱光、及び後方散乱光から生じるノイズ

が重畳されることが抑制され得る。したがって、本実施形態のクロストーク測定方法は、クロストーク光CL1のパワーを正確に測定し、クロストークを正確に測定し得る。ただし、入射光Lが光ファイバ72の他端で反射する場合であっても反射した入射光Lは減衰するため、光ファイバ72の長さの調整は、必須ではない。

[0107] なお、接続用光ファイバ51の一部51aの他端は、サーキュレータ71の第2ポート71bに光学的に接続されてもよい。また、サーキュレータ71は、4つ以上のポートを有するものであってもよい。

[0108] (第4実施形態)

次に、第4実施形態について説明する。なお、第2実施形態と同一又は同等の構成要素については、同一の参照符号を付して特に説明する場合を除き重複する説明は省略する。本実施形態は、クロストーク測定装置1がアイソレータ61の代わりにカプラ81を備える点で第2実施形態と異なる。

[0109] 図10は、本実施形態におけるクロストーク測定装置1を示す図である。図10が示すように、接続用光ファイバ51には、接続用光ファイバ51の中点Cよりも光ファイバ41側にカプラ81が設けられている。カプラ81は、第1ポート81a、第2ポート81b及び第3ポート81cを有する。カプラ81は、第1ポート81aに入射した光を第2ポート81bと第3ポート81cとに所定の割合で分配して出射する。

[0110] 第1ポート81aは、第2ポート81b及び第3ポート81cに入射した光を出射する。第2ポート81bは、第1ポート81aに入射した光の一部を出射する。第3ポート81cは、第1ポート81aに入射した光の他の一部を出射し、入射した光を第1ポート81aに伝搬する。例えば、第2ポート81bから出射される光の強度は、第3ポート81cから出射される光の強度よりも強い。例えば、第2ポート81bから出射される光の強度と第3ポート81cから出射される光の強度との比は、99対1であってもよい。

[0111] 第1ポート81aは、接続用光ファイバ51の一部51aの他端に光学的に接続されている。従って、第1ポート81aは、接続用光ファイバ51の

一部5 1 aを介して光ファイバ4 1のコアに光学的に接続されている。また、第2ポート8 1 bは、所定の光導波路である光ファイバ8 2のコアの一端に光学的に接続されている。また、第3ポート8 1 cは、接続用光ファイバ5 1の他の一部5 1 bの一端に光学的に接続されている。従って、第3ポート8 1 cは、接続用光ファイバ5 1の他の一部5 1 bを介して光ファイバ4 2のコアに光学的に接続されている。カップラ8 1は、光ファイバ4 1からの光の一部を光ファイバ8 2に出射し、他の一部を光ファイバ4 2に出射する。また、カップラ8 1は、光ファイバ4 2からの光及び光ファイバ8 2からの光を光ファイバ4 1へ出射する。

[0112] カプラ8 1は、コア1 1である第1光導波路側からコア1 2である第2光導波路側に入射する光の損失が第2光導波路側から第1光導波路側に入射する光の損失よりも大きい光学部品である。

[0113] 一端が第2ポート8 1 bに光学的に接続されている光ファイバ8 2は、シングルコアファイバであり、例えばシングルモードファイバである。光ファイバ8 2のコア他端は、無反射終端8 3に光学的に接続されている。

[0114] 無反射終端8 3は、光ファイバ8 2のコア他端において光が反射して光ファイバ8 2のコアに戻ることを抑制する。無反射終端8 3は、光ファイバ4 1からカップラ8 1を通じて入射した光が光ファイバ8 2の他端で反射して第1ポート8 1 aから光ファイバ4 1側に出射することを抑制する。

[0115] 次に、本実施形態の光デバイスにおけるクロストーク測定方法について説明する。

[0116] (接続ステップS 1)

接続ステップS 1は、コア1 1の他端1 8とコア1 2の他端1 8とを、中点Cよりも光ファイバ4 1側にカップラ8 1が設けられた接続用光ファイバ5 1のコアを介して光学的に接続する点で、第1実施形態に係る接続ステップS 1と異なる。その他の動作については、第1実施形態に係る接続ステップS 1と同様であるため説明を省略する。

[0117] (測定ステップS 2)

測定ステップS 2では、光ファイバ4 1から接続用光ファイバ5 1に入射した入射光Lがカプラ8 1の第1ポート8 1 aに入射し、入射した入射光Lの一部は、第2ポート8 1 bから出射する。第2ポート8 1 bから出射した入射光Lの一部は、光ファイバ8 2を介して無反射終端8 3に到達し無反射終端8 3において概ね消失する。また、第1ポート8 1 aに入射した入射光Lの他の一部は、カプラ8 1の第3ポート8 1 cから光ファイバ4 2側に出射する。

[0118] また、クロストーク光CL 1は、光ファイバ4 2側からカプラ8 1の第3ポート8 1 cに入射し、第1ポート8 1 aから光ファイバ4 1側に出射する。

その他の動作については、第1実施形態に係る測定ステップS 2と同様であるため説明を省略する。

[0119] 処理ステップS 3については、第1実施形態に係る処理ステップS 3と同様であるため説明を省略する。

[0120] なお、無反射終端8 3は、光ファイバ8 2のコアの他端に設けられなくともよい。また、第2ポート8 1 bは、光ファイバ8 2に光学的に接続されていなくともよい。光ファイバ8 2の他端または光ファイバ8 2が光学的に接続されていない第2ポート8 1 bの他端が無反射終端されていなくても、フレネル反射で反射する光は最大4 %程度であり、入射光Lの一部はおおむね減衰する。

[0121] また、第1ポート8 1 aから第2ポート8 1 bの他端までの光路は、第1ポート8 1 aから中点Cまでの光路と異なってもよい。この場合、第2ポート8 1 bの他端で光ファイバ4 1からの入射光Lが反射して第1ポート8 1 aから出射しても、反射した入射光Lとクロストーク光CL 1とが重なることが抑制され得る。さらに、第1ポート8 1 aから第2ポート8 1 bの他端までの光路は、第1ポート8 1 aから中点Cまでの光路の半分より短い場合、光ファイバ8 2の後方散乱光が、クロストーク光CL 1と重畳することを抑制し得る。

[0122] また、本実施形態のクロストーク測定装置1は、第1実施形態に係るマル

チコアファイバ10のコア11とコア12との間のクロストークを測定してもよい。

[0123] 以上説明したように、本実施形態のクロストーク測定方法は、カプラ81を用いて中点Cよりもコア11側において入射光Lの一部を光ファイバ82側に出射させる。そのため、クロストーク測定方法は、中点Cよりもコア11側において入射光Lを減衰させ、中点Cにおいて入射光Lにより生じる後方散乱光を減衰させ得る。また、コア12からのクロストーク光CL1は、カプラ81を透過してコア11に入射する。よって、クロストーク光CL1に入射光Lの後方散乱光、及び後方散乱光から生じるノイズが重畳されることが抑制され得る。したがって、本実施形態のクロストーク測定方法は、クロストーク光CL1のパワーを正確に測定し、クロストークを正確に測定し得る。

[0124] また、本実施形態のクロストーク測定方法では、入射光Lが出射される第2ポート側に光ファイバ82を介して無反射終端83が設けられる。そのため、第2ポートから出射した入射光Lが光ファイバ82のコアの終端で反射することが抑制され、第1ポートから光ファイバ41側に出射することが抑制され得る。したがって、入射光Lなどがクロストーク光CL1に重なることが抑制され、クロストーク光CL1に入射光Lなどが重畳されることが抑制され得る。したがって、本実施形態のクロストーク測定方法は、クロストーク光CL1のパワーを正確に測定し、クロストークを正確に測定し得る。ただし、入射光Lが光ファイバ72の他端で反射する場合であっても反射した入射光Lは減衰するため、無反射終端83は、必須ではない。

[0125] 以上、本発明について、上記実施形態を例に説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0126] 例えば、マルチコアファイバ10のコアの配置や数は、上記実施形態と異なってもよい。例えば、マルチコアファイバ10は、4つのコアを含んでもよい。この場合、処理部25は、求められたコア11とコア12とのクロストークの大きさに基づいて、コア11と他のコアとのクロストークの大きさ

を更に求めてもよい。例えば、処理部25は、コア11とコア12とのクロストークの大きさとコア11と他のコアとのクロストークの大きさとの関係を示す関係式を用いて、コア11と他のとのクロストークの大きさを求める。また、他のコア同士は、他端18において光学的に接続されてもよい。

[0127] また、上記実施形態では、光導波路が並列される光デバイスとして、マルチコアファイバを例に説明したが、本発明の光デバイスはマルチコアファイバに限定されない。例えば、複数の光ファイバが配列して配置される光ファイバケーブルや、複数の光ファイバが平面状に配列して配置される光ファイバテープや、複数の光ファイバ裸線が1つの被覆層内に配置されるマルチエレメントファイバや、伝送システム全体のクロストーク測定に適用し得る。

[0128] また、上記実施形態では、例えば、図5に示すように、OTDR20が測定する後方散乱光のパワーの傾きがコア11、及び接続用光ファイバ51の区間において概ね同じである。これは、コア11、及び接続用光ファイバ51の区間において後方散乱による単位長さ当たりの入射光Lの損失が概ね同じことを示す。従って、上記実施形態では、コア11、及び接続用光ファイバ51の開口数(NA)がおおよそ同じであり、それぞれに同じパワーの光を伝搬させる場合に、それぞれの区間で生じる単位長さ当たりの後方散乱光のパワーはそれぞれ概ね同じ大きさである。しかし、コア11、及び接続用光ファイバ51に同じパワーの光を伝搬させる場合に、接続用光ファイバ51で生じる単位長さ当たりの後方散乱光のパワーが、コア11のそれぞれで生じる単位長さ当たりの後方散乱光のパワーよりも小さいことが好ましい。このような接続用光ファイバ51としては、例えば、コアが中空である中空コア光ファイバを挙げることができる。或いは、このような接続用光ファイバ51として、マルチコアファイバ10のコアを伝搬する光よりも接続用光ファイバ51のコアの比屈折率差が小さく、伝搬する光の実効断面積が大きい光ファイバであってもよい。これは、後方散乱光のパワーは、比屈折率差に対応する開口数(NA)に比例するためである。後方散乱光のパワーに対するクロストーク光のパワーの比が大きくなり、クロストーク光が検出され易く

なる。

- [0129] また、上記実施形態の測定ステップS2において、クロストーク測定装置1は、OTDR20により、マルチコアファイバ10等の光デバイスにおける光の損失、反射強度、曲げ損失、及び断線の少なくとも1つを更に測定してもよい。
- [0130] また、ファン・インーファン・アウトデバイス30、40の形態は特に限定されない。また、クロストーク測定装置1は、ファン・インーファン・アウトデバイス30、40の少なくとも一方を備えなくてもよい。この場合、例えば、マルチコアファイバ10のコア11及びコア12と接続用光ファイバ51のコアとを光学的に直接接続する。また、接続用光ファイバ51は、複数の光ファイバの接続体から成ってもよい。
- [0131] 以上説明したように、本発明によれば、OTDRを用いて、クロストークを正確に求め得るクロストーク測定方法、及びクロストーク測定装置が提供され、光ファイバ通信等の分野で利用することが期待される。

## 請求の範囲

- [請求項1] 一端及び他端を含み互いに並列される第1光導波路及び第2光導波路を有する光デバイスのクロストーク測定装置であって、
- 前記第1光導波路の前記他端と前記第2光導波路の前記他端とを光学的に接続する接続用光導波路と、
- 前記接続用光導波路の midpoint よりも前記第1光導波路側に設けられ、前記第1光導波路側から前記第2光導波路側に入射する光の損失が前記第2光導波路側から前記第1光導波路側に入射する光の損失よりも大きい光学部品と、
- 入射光を前記第1光導波路の前記一端から入射させ、前記入射光が前記第1光導波路から前記第2光導波路にクロストークすることで生じるクロストーク光を含み、前記第1光導波路の前記一端から出射する出射光のパワーを測定するOTDR (Optical Time Domain Reflectometer) と、
- 測定された前記出射光のパワーを用いて前記第1光導波路と前記第2光導波路とのクロストークの大きさを求める処理部と、
- を備える
- ことを特徴とするクロストーク測定装置。
- [請求項2] 前記光学部品は、順方向が前記第2光導波路側から前記第1光導波路側への方向であるアイソレータである
- ことを特徴とする請求項1に記載のクロストーク測定装置。
- [請求項3] 前記光学部品は、第1ポートと、前記第1ポートに入射する光を出射する第2ポートと、入射する光を前記第1ポートに伝搬する第3ポートと、を含むサーキュレータであり、
- 前記第1ポートは、前記接続用光導波路の一部を介して前記第1光導波路に光学的に接続され、
- 前記第3ポートは、前記接続用光導波路の他の一部を介して前記第2光導波路に光学的に接続される

ことを特徴とする請求項 1 に記載のクロストーク測定装置。

[請求項4] 前記第 2 ポートは、所定の光導波路の一端に光学的に接続され、  
前記所定の光導波路の他端は、無反射終端に光学的に接続される  
ことを特徴とする請求項 3 に記載のクロストーク測定装置。

[請求項5] 前記第 2 ポートは、所定の光導波路の一端に光学的に接続され、  
前記第 1 ポートと前記所定の光導波路の他端との間の光路は、前記  
第 1 ポートと前記接続用光導波路の midpoint との間の光路の半分以上の長  
さである

ことを特徴する請求項 3 に記載のクロストーク測定装置。

[請求項6] 前記光学部品は、第 1 ポートと、前記第 1 ポートに入射する前記入  
射光の一部を出射する第 2 ポートと、前記第 1 ポートに入射する前記  
入射光の他の一部を出射し入射する光を前記第 1 ポートに伝搬する第  
3 ポートと、を含むカップラであり、

前記第 1 ポートは、前記接続用光導波路の一部を介して前記第 1 光  
導波路に光学的に接続され、

前記第 3 ポートは、前記接続用光導波路の他の一部を介して前記第  
2 光導波路に光学的に接続される

ことを特徴とする請求項 1 に記載のクロストーク測定装置。

[請求項7] 前記第 2 ポートは、所定の光導波路の一端に光学的に接続され、  
前記所定の光導波路の他端は、無反射終端に光学的に接続される  
ことを特徴とする請求項 6 に記載のクロストーク測定装置。

[請求項8] 前記光デバイスは、前記第 1 光導波路及び前記第 2 光導波路の少な  
くとも 1 つを覆うトレンチ層を有する

ことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載のクロストー  
ク測定装置。

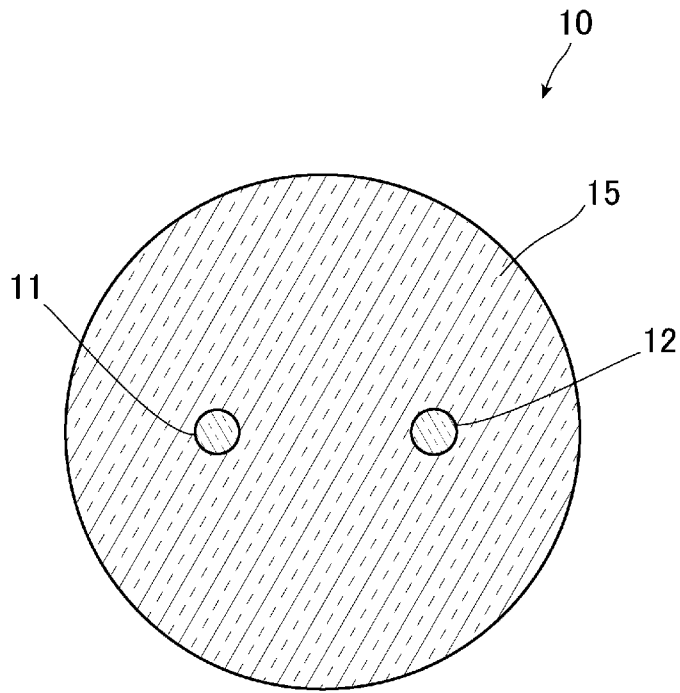
[請求項9] 前記入射光の波長幅が 1 nm 以上である

ことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載のクロストー  
ク測定装置。

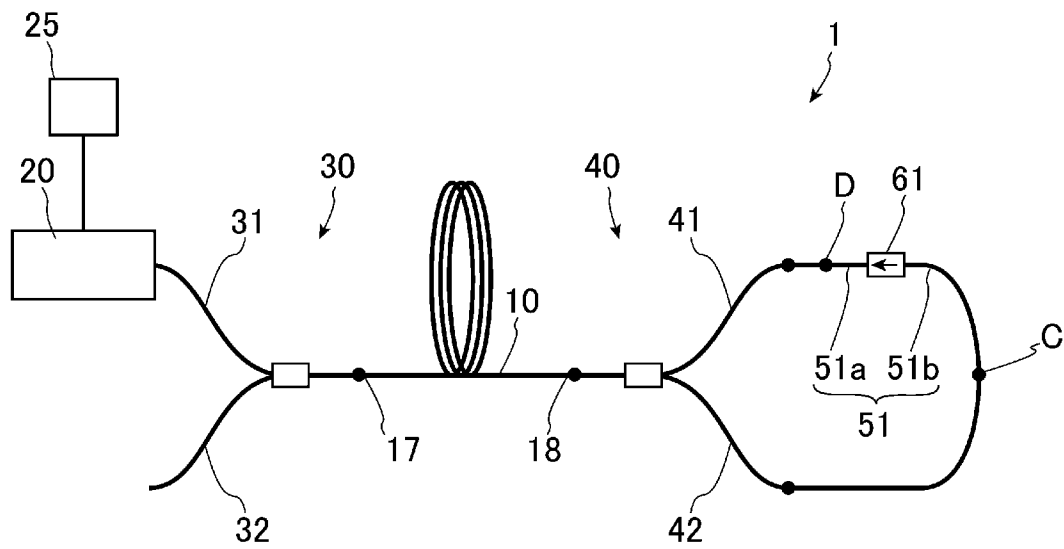
[請求項10] 前記接続用光導波路の長さは、前記入射光の半値時間幅に相当する長さよりも長いことを特徴とする請求項1から9のいずれか1項に記載のクロストーク測定装置。

[請求項11] 一端及び他端を含み互いに並列される第1光導波路及び第2光導波路を有する光デバイスのクロストーク測定方法であって、  
前記第1光導波路の前記他端と前記第2光導波路の前記他端とを接続用光導波路を介して光学的に接続する接続ステップと、  
OTDRから出射する入射光を前記第1光導波路の前記一端から入射させ、前記入射光が前記第1光導波路から前記第2光導波路にクロストークすることで生じるクロストーク光を含み、前記第1光導波路の前記一端から出射する出射光のパワーを前記OTDRで測定する測定ステップと、  
測定された前記出射光のパワーを用いて前記第1光導波路と前記第2光導波路とのクロストークの大きさを求める処理ステップと、  
を備え、  
前記第1光導波路側から前記第2光導波路側に入射する光の損失が前記第2光導波路側から前記第1光導波路側に入射する光の損失よりも大きい光学部品が前記接続用光導波路の midpoint よりも前記第1光導波路側に設けられることを特徴とするクロストーク測定方法。

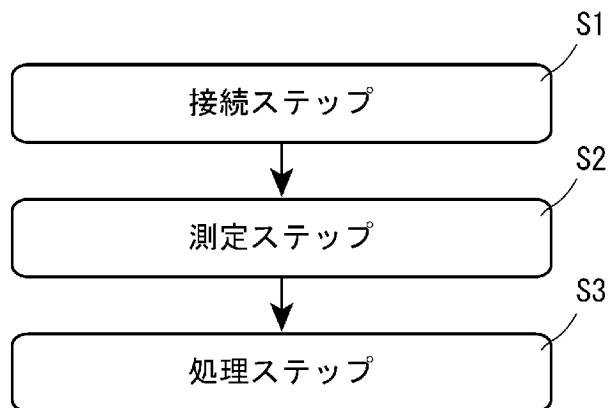
[図1]



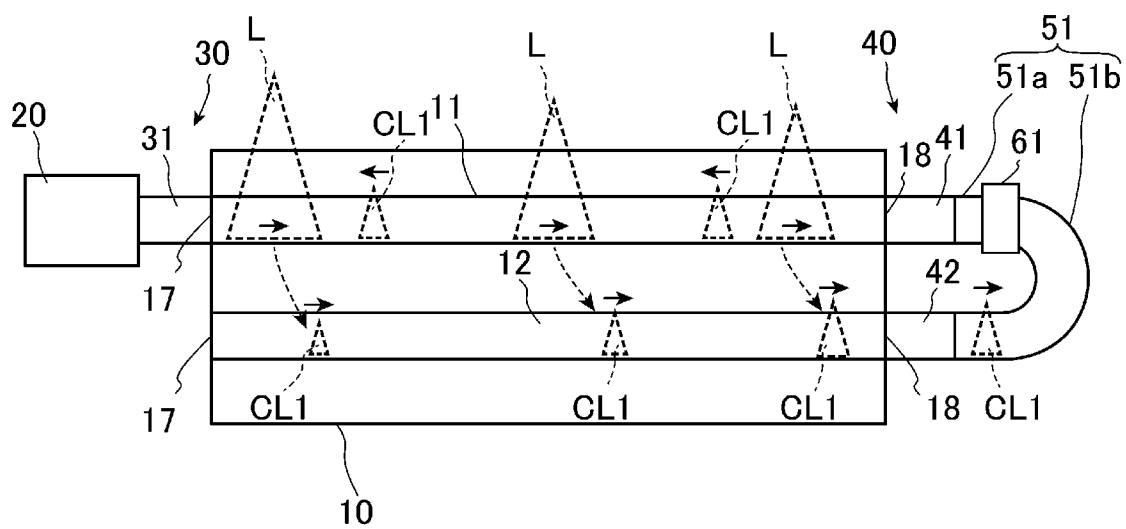
[図2]



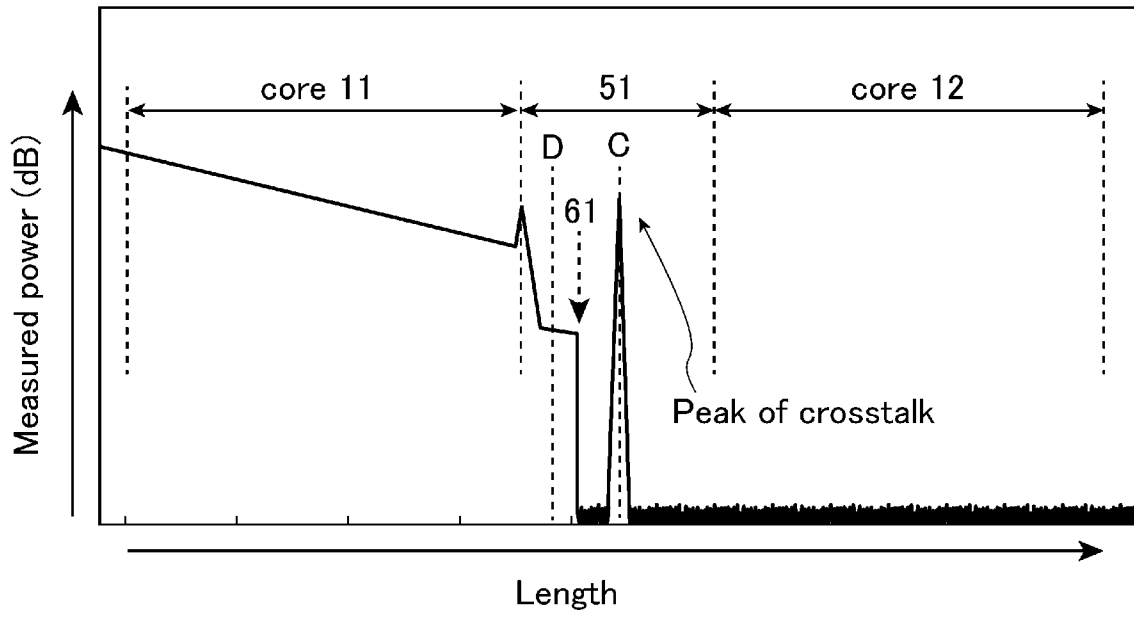
[図3]



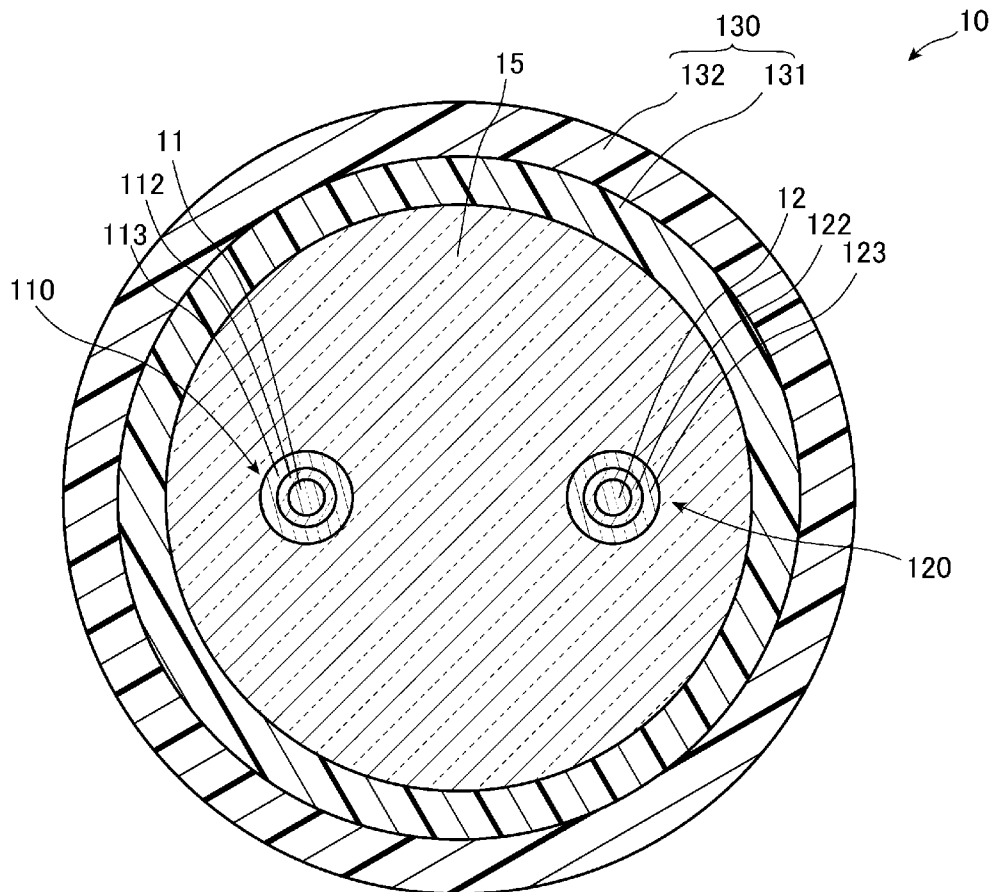
[図4]



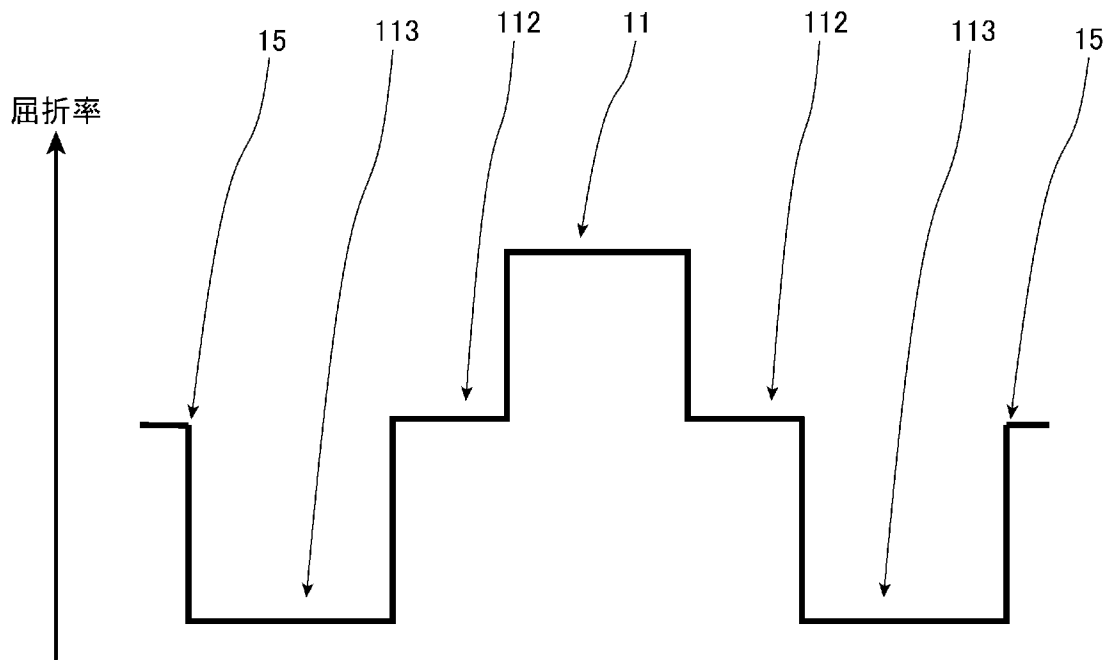
[図5]



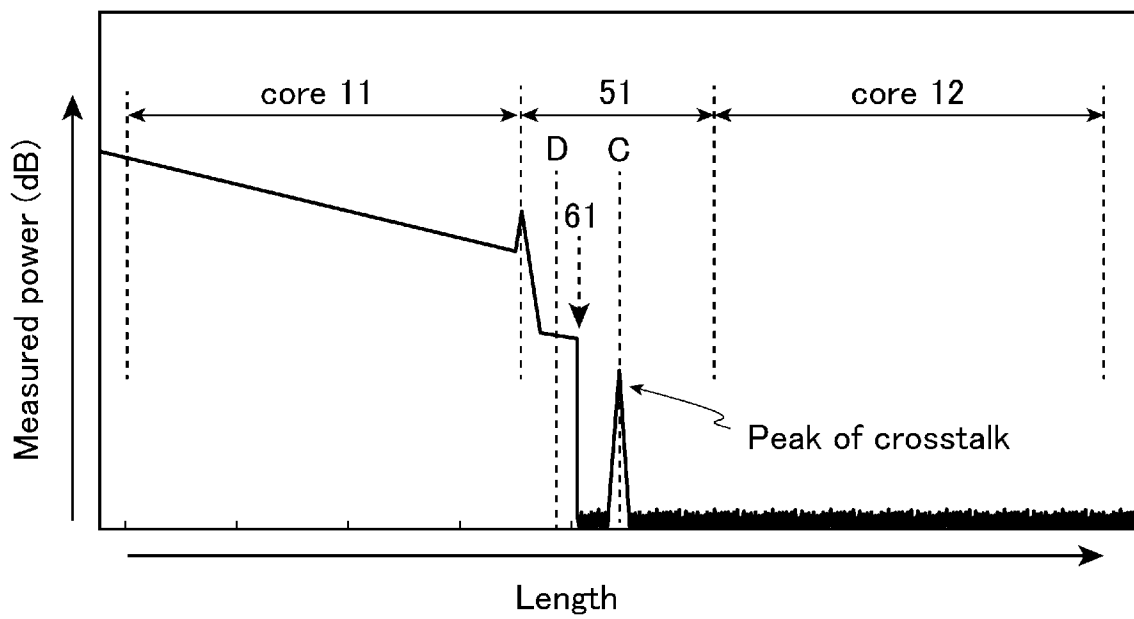
[図6]



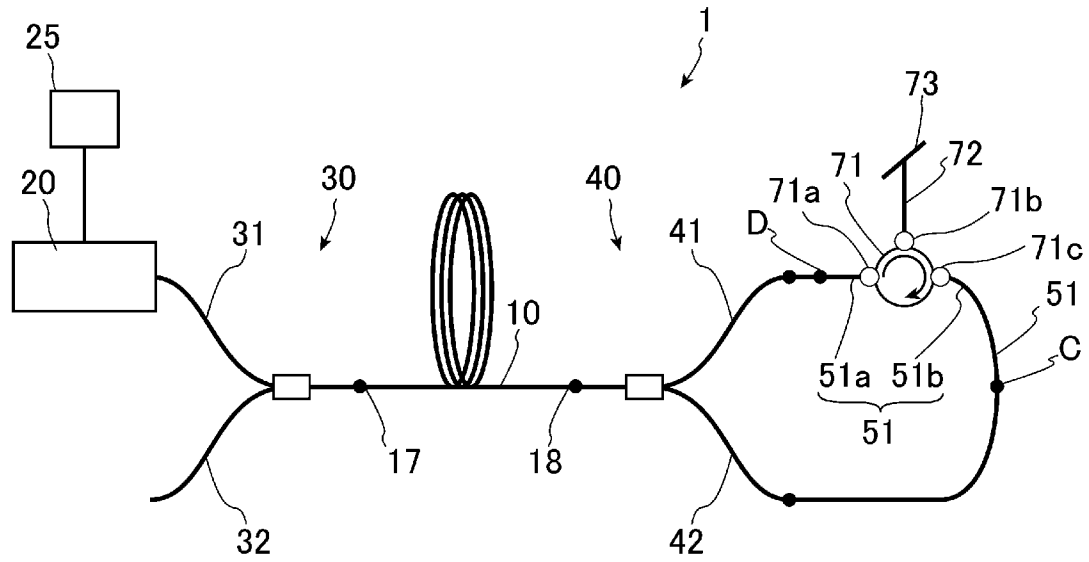
[圖7]



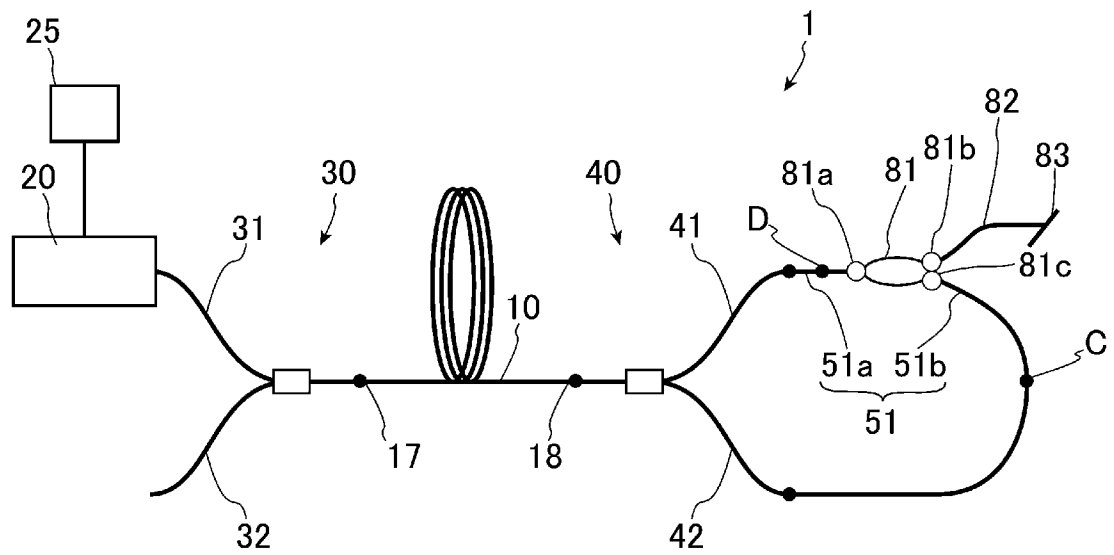
[圖8]



[図9]



[図10]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/025228

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G01M 11/02**(2006.01)i

FI: G01M11/02 J

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)

G01M11/00-G01M11/02

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 1971-2024  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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

JSTPlus (JDreamIII); JST7580 (JDreamIII); JSTChina (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 2022-111486 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 01 August 2022 (2022-08-01)	1-11
A	NAKAGAWA, M. et al., Novel Inter-Core Crosstalk Measurement Method Using a Loopback and Bidirectional OTDR Technique, Journal of Lightwave Technology, 15 June 2023, volume: 41, Issue: 12, pp. 3842-3848, DOI: 10.1109/JLT.2023.3263633	1-11

 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  
 “D” document cited by the applicant in the international application  
 “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

23 August 2024

Date of mailing of the international search report

03 September 2024

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/JP2024/025228**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2022-111486	A 01 August 2022	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01M 11/02(2006.01)i FI: G01M11/02 J		
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）） G01M11/00-G01M11/02		
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 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024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） JSTPlus (JDreamIII); JST7580 (JDreamIII); JSTChina (JDreamIII)		
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 2022-111486 A (日本電信電話株式会社) 01.08.2022 (2022-08-01)	1-11
A	NAKAGAWA, M. et al., Novel Inter-Core Crosstalk Measurement Method Using a Loopback and Bidirectional OTDR Technique, Journal of Lightwave Technology, 2023.06.15, Volume: 41, Issue: 12, pp.3842-3848, DOI: 10.1109/JLT.2023.3263633	1-11
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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 23.08.2024	国際調査報告の発送日 03.09.2024	
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）  小野寺 麻美子 2W 9505  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/JP2024/025228

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2022-111486 A	01.08.2022	(ファミリーなし)	