

(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
2023年4月13日(13.04.2023)



(10) 国際公開番号

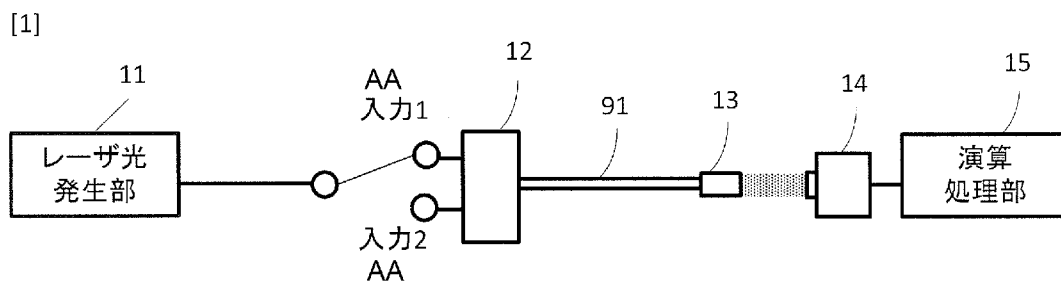
WO 2023/058219 A1

- (51) 国際特許分類:
G01M 11/02 (2006.01) *G02B 6/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/037323
- (22) 国際出願日: 2021年10月8日(08.10.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 小田 友和(ODA, Tomokazu); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 中村 篤志(NAKAMURA, Atsushi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 岡田 賢治, 外 (OKADA, Kenji et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋二丁目12番5号 瀬戸口ビル3階アイル知財事務所 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR MEASURING INTER-CORE CROSSTALK

(54) 発明の名称: コア間クロストークを測定する装置及び方法

[図1]



11... LASER LIGHT GENERATION UNIT
15... COMPUTATIONAL PROCESSING UNIT
AA... INPUT

(57) Abstract: The purpose of the present disclosure is to make it possible to easily measure inter-core crosstalk without connecting a fiber. The present disclosure is a method for measuring inter-core crosstalk for an optical fiber that has a plurality of cores. The method is characterized by inputting light into one core of the optical fiber, collimating the output light from each of the cores of the optical fiber to produce parallel light that has respective angular differences, measuring an intensity distribution for an interference waveform for the parallel light, using the interference waveform for the parallel light to independently acquire each of an interference component between the one core and a core of the optical fiber that is different from the one core and a direct-current component that is not the interference component, and using the interference component and the direct-current component to acquire the crosstalk from the one core to the core that is different from the one core.

WO 2023/058219 A1

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, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, 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, 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 : 本開示は、ファイバ接続を行うことなく、簡易にコア間クロストークを測定可能にすることを目的とする。本開示は、複数コアを有する光ファイバのコア間クロストークの測定方法であって、前記光ファイバの一つのコアに光を入射すること、前記光ファイバに備わる各コアからの出射光がそれぞれ角度差を有した状態で平行光にすること、前記平行光の干渉波形の強度分布を測定すること、前記平行光の干渉波形を用いて、前記一つのコアと前記光ファイバに備わる前記一つのコアと異なるいずれかのコアとの間の干渉成分と前記干渉成分以外の直流成分をそれぞれ独立に取得すること、前記干渉成分及び直流成分を用いて、前記一つのコアから前記一つのコアと異なるいずれかのコアへのクロストークを取得すること、を特徴とするコア間クロストークの測定方法である。

明 細 書

発明の名称： コア間クロストークを測定する装置及び方法

技術分野

[0001] 複数コアを有する光ファイバのコア間クロストークを取得できる測定装置及びその測定方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、伝送トラフィックの急激な増加に伴い、現在の伝送路で用いられているシングルモードファイバ（SMF）に代わって複数のコアを有するマルチコアファイバ（MCF）が更なる大容量化を可能にするものとして大きな注目を集めている。MCFを用いた伝送では、従来のSMFに対してコア数分だけ伝送容量の拡大が可能である。一方で、MCFでは、コア間クロストーク（XT）が伝送容量を制限するため、XTを可能な限り抑圧する必要がある。また、MCFのXTが所望の値を満たすか評価するために、発生するXTの測定が必要となる。

[0003] MCFのXTを測定するためには、各コアから出射される光強度を測定し、コア間での光強度比を取得する必要がある。各コアからの出射光強度の測定には、MCFの各コアとSMFを直接融着接続するパワーメータ法が一般的に用いられる。パワーメータ法は構成がシンプルである利点を有するが、コア数分だけ調心を行い接続する必要があり、測定に時間を要する。したがって、MCFの各コアとSMFを接続不要にできる手法が望ましい。

[0004] MCFの各コアとSMFを接続不要にするための手法として、MCFからの出射光をイメージセンサで測定し、その強度からXTを取得する手法が提案されている（非特許文献1）。この手法では、MCF出射光を拡大光学系で結像し、これをイメージセンサで測定することで、各コアにおける電界強度分布をそれぞれ独立に測定する。これにより、ファイバ等と接続せずにXTの測定が可能である。

[0005] 一方で、イメージセンサではセンサ内の各ピクセルで感度が異なる場合が

あり、各コアからの出射光強度が同じ場合でも、イメージセンサが取得する光強度が異なる場合がある。したがって、各ピクセルの感度の違いを補正する必要がある。

[0006] また測定可能な最低XTは、イメージセンサのダイナミックレンジに依存するため、非特許文献1では基準となるコアからの信号光強度の測定後に、基準コア端面を遮光テープで物理的にマスキングをし、それ以外のコアからの出射光を測定する。したがって、非特許文献1においてもXTの測定が容易ではないという問題がある。

先行技術文献

非特許文献

[0007] 非特許文献1：S. Saitoh, Y. Amma, Y. Sasaki, K. Takenaga, and K. Aikawa, “Improved Method for Measuring Inter-Core Crosstalk in Multi-Core Fibres Using a Near-Infrared Camera”, in 2016 European Conference on Optical Communication (ECOC) p728 (2016).

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 本開示の目的は、複数コアを有するファイバのXTを簡易に測定できる手法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示では、複数コアを有するファイバから出射した各コアの干渉光を測定する。この干渉光を解析することでコア間のXTを取得可能にする。

[0010] 具体的には、本開示のコア間クロストーク測定装置は、複数コアを有する光ファイバの一つのコアにレーザ光を入射する手段と、

前記光ファイバに備わる各コアからの出射光がそれぞれ角度差を有した状態で平行光する手段と、

前記平行光の干渉波形の強度分布を測定できる電界強度分布測定手段と、
測定した前記干渉波形の強度分布を用いて、前記一つのコアと前記光ファイバに備わる前記一つのコアと異なるいずれかのコアとの間の干渉成分及び前記干渉成分以外の直流成分をそれぞれ独立に取得できる干渉波形解析手段と、

前記干渉成分及び前記直流成分を用いて、前記一つのコアから前記一つのコアと異なるいずれかのコアへのクロストークを取得できるクロストーク解析手段と、

を有することを特徴とする。

- [0011] 具体的には、本開示のコア間クロストークの測定方法は、
複数コアを有する光ファイバのコア間クロストークの測定方法であって、
前記光ファイバの一つのコアに光を入射すること、
前記光ファイバに備わる各コアからの出射光が角度差を有する状態で平行光にすること、
前記平行光の干渉波形の強度分布を測定すること、
前記平行光の干渉波形を用いて、前記一つのコアと前記光ファイバに備わる前記一つのコアと異なるいずれかのコアとの間の干渉成分及び前記干渉成分以外の直流成分をそれぞれ独立に取得すること、
前記干渉成分及び直流成分を用いて、前記一つのコアから前記一つのコアと異なるいずれかのコアへのクロストークを取得すること、
を特徴とする。

発明の効果

- [0012] 本開示では、光ファイバを接続することなく、かつ基準コア端面のマスキングを行うことなく、複数コアを有するファイバのXTを取得することができる。このため、本開示は、複数コアを有するファイバのXTを簡易に測定することができる。

図面の簡単な説明

- [0013] [図1]本実施形態の測定装置の一例を示す。
[図2A]被測定光ファイバのコアC 1からの出射光の一例を示す。
[図2B]被測定光ファイバのコアC 2からの出射光の一例を示す。
[図3]出射光の電界強度分布の測定例を示す。
[図4]観測される干渉縞の例を示す。
[図5]2次元の空間周波数スペクトルの例を示す。
[図6]本実施形態の測定方法の一例を示す。

発明を実施するための形態

- [0014] 以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。
なお、本開示は、以下に示す実施形態に限定されるものではない。これらの実施の例は例示に過ぎず、本開示は当業者の知識に基づいて種々の変更、改良を施した形態で実施することができる。なお、本明細書及び図面において符号が同じ構成要素は、相互に同一のものを示すものとする。
- [0015] 図1に本開示を実施するための一例を示す。本実施形態の測定装置は、レーザ光発生部11、入力コア選択部12、コリメート部13、電界強度分布測定部14、演算処理部15、を備える。本実施形態の測定装置は、これらの構成を用いて、複数コアを有する被測定光ファイバ91のコア間クロストークの測定方法を実行する。
- [0016] レーザ光発生部11及び入力コア選択部12は、被測定光ファイバ91の一つのコアにレーザ光を入射する手段として機能する。
コリメート部13は、被測定光ファイバ91に備わる各コアからの出射光がそれぞれ角度差を有した状態で平行光にする手段として機能する。
電界強度分布測定部14は、前記平行光の干渉波形の強度分布を測定できる電界強度分布測定手段として機能する。
- [0017] 演算処理部15は、干渉波形解析手段及びクロストーク解析手段として機能する。
干渉波形解析手段は、測定した前記干渉波形の強度分布を用いて、前記一

つのコアと被測定光ファイバ91に備わる前記一つのコアと異なるいずれかのコアとの間の干渉成分、及び前記干渉成分以外の直流成分を、それぞれ独立に取得する。

クロストーク解析手段は、前記干渉成分及び前記直流成分を用いて、前記一つのコアから前記一つのコアと異なるいずれかのコアへのクロストークを取得する。

[0018] 演算処理部15は、コンピュータとプログラムによっても実現でき、プログラムを記録媒体に記録することも、ネットワークを通して提供することも可能である。本開示のプログラムは、本開示に係る装置に備わる各機能部としてコンピュータを実現させるためのプログラムであり、本開示に係る装置が実行する方法に備わる各ステップをコンピュータに実行させるためのプログラムである。

[0019] レーザ光発生部11により発生したコヒーレントなレーザ光は、被測定光ファイバ91の任意のコアへ入射される。ここで、本実施形態の測定装置は、入力コア選択部12を備えるため、被測定光ファイバ19の所望のコアへ入射することができる。被測定光ファイバ91の出射光は、コリメートレンズ等のコリメート部13を通過後、空間へと出射される。

[0020] ここで、コリメート部13は、出射光を平行光へと変換できる任意のレンズであり、中心にコアを一つ有する汎用SMF出射光をコリメートする汎用的なものを用いることができる。このコリメート部13を被測定光ファイバ91の出射端に配置することで、各コアからの出射光に角度差が生じる。

[0021] 図2A及び図2Bに被測定光ファイバ91の各コアからの出射光の一例を示す。図2A及び図2Bに示すように、被測定ファイバ91の中心軸 A_F から距離 d ずれた位置にコアC1及びC2が配置されているため、コリメート部13を通過したコアC1及びC2からの出射光L1及びL2には、中心軸 A_F からコアC1及びC2までのずれ量 d とコリメート部13の焦点距離 f に応じた角度差が生じる。ここで、図2A及び図2Bにおいて、各コアC1及びC2の出射光L1及びL2がコリメート部13のレンズの中心を通過する成

分について着目すると、コリメート部 13 からの出射光 L 1 及び L 2 の角度差 2θ は、以下の関係となる。

[数1]

$$2\theta = 2 \tan^{-1} \frac{d}{f} \quad (1)$$

[0022] コリメート部 13 からの各出射光 L 1 及び L 2 は、イメージセンサ等の電界強度分布測定部 14 で測定される。図 3 に出射光の電界強度分布測定について示す。図 3 では、各コア C 1 及び C 2 からの出射光 L 1 及び L 2 が角度差を有した状態で重なり、この強度分布が電界強度分布測定部 14 の受光面で測定され様子を表している。ここで、各コア C 1 及び C 2 からの出射光 L 1 及び L 2 はコヒーレントなレーザ光であることから、電界強度分布測定部 14 では出射光 L 1 及び L 2 の干渉縞の強度波形が測定できる。

[0023] なお、図 2 では、中心軸 A_F からコア C 1 及び C 2 までのずれ量 d が等しい例を示すが、本開示はこれに限定されない。また図 3 では、コリメート部 13 の光軸が被測定ファイバ 91 の中心軸 A_F と一致しており、被測定ファイバ 91 の中心軸 A_F 上に電界強度分布測定部 14 の受光面が配置されている例を示すが、本開示はこれに限定されない。

[0024] 被測定光ファイバ 91 がコア C 1、C 2、C 3、C 4 を有する 4 コアファイバであり、入力コア選択部 12 がコア C 1 にのみにレーザ光を入射する場合を考える。4 コアファイバの出射端では、コア C 1 からの出射光に加えてコア C 1 からの X T 成分がコア C 2、C 3、及び C 4 から出射され、これらの出射光 L 1、L 2、L 3 及び L 4 の干渉縞が測定される。

[0025] 図 4 に、電界強度分布測定部 14 で観測される干渉縞の例を示す。図 4 は、電界強度分布測定部 14 における観測領域内に各コア C 1、C 2、C 3、C 4 からの出射光 L 1、L 2、L 3 及び L 4 が全て同じ黒の実線の形状で存在し、それらが重なった状態で測定される様子を示している。

[0026] ここで、本開示では、出射光 L 1、L 2、L 3 及び L 4 は重なっているため、各出射光 L 1、L 2、L 3 及び L 4 の角度差に対応した干渉縞 S 1、S

2、S3が測定できる。測定される干渉縞S1、S2、S3の強度波形Iは以下の式で表すことができる。

[数2]

$$I = |E_1 + E_2 + E_3 + E_4|^2 \quad (2)$$

$$\approx |A_1|^2 + 2A_1A_2 \cos(\phi_1 - \phi_2) + 2A_1A_3 \cos(\phi_1 - \phi_3) + 2A_1A_4 \cos(\phi_1 - \phi_4)$$

[0027] ここで、 E_1 、 E_2 、 E_3 、 E_4 はコアC1、C2、C3、C4からの出射光の電界複素振幅である。また、 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 および ϕ_1 、 ϕ_2 、 ϕ_3 、 ϕ_4 はそれぞれ E_1 、 E_2 、 E_3 、 E_4 の振幅および初期位相である。 E_2 、 E_3 、 E_4 はXT成分であるため、これらの直流成分および干渉による成分は無視でき、 E_1 の直流成分および E_1 との干渉成分のみ観測される。

[0028] この強度波形を2次元フーリエ変換すると、図5のような2次元の空間周波数スペクトルが取得できる。このスペクトルのうち原点には、式(2)の第1項の成分である I_{DC} が存在し、式(1)の角度差に依存して原点からシフトした位置には第2項、第3項、第4項の成分である $I_{\phi_1 - \phi_2}$ 、 $I_{\phi_1 - \phi_3}$ 、 $I_{\phi_1 - \phi_4}$ がそれぞれ存在する。この空間周波数スペクトルから求められる I_{DC} 、 $I_{\phi_1 - \phi_2}$ 、 $I_{\phi_1 - \phi_3}$ 、 $I_{\phi_1 - \phi_4}$ 成分をそれぞれバンドパスフィルタで抽出する。

[0029] コアC1からコアC2、C3、C4へのXTをそれぞれ XT_{1-2} 、 XT_{1-3} 、 XT_{1-4} とすると、抽出した I_{DC} 、 $I_{\phi_1 - \phi_2}$ 、 $I_{\phi_1 - \phi_3}$ 、 $I_{\phi_1 - \phi_4}$ を用いて以下の式で表せる。

[数3]

$$XT_{1-2} = 10 \log_{10} \left(\frac{I_{\phi_1 - \phi_2}}{2I_{DC}} \right)^2$$

$$= 10 \log_{10} \left(\frac{A_1 A_2}{|A_1|^2} \right)^2 \quad (3)$$

$$= 10 \log_{10} \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

[数4]

$$\begin{aligned} XT_{1-3} &= 10 \log_{10} \left(\frac{I_{\phi 1-\phi 3}}{2I_{DC}} \right)^2 \\ &= 10 \log_{10} \left(\frac{P_3}{P_1} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

[数5]

$$\begin{aligned} XT_{1-4} &= 10 \log_{10} \left(\frac{I_{\phi 1-\phi 4}}{2I_{DC}} \right)^2 \\ &= 10 \log_{10} \left(\frac{P_4}{P_1} \right) \end{aligned} \quad (5)$$

ここで、 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 はそれぞれコアC1、コアC2、コアC3、コアC4からの出射光の光パワーである。式(3)～(5)より、測定される干渉縞の強度波形から、コアC1からのコア間XTを取得できる。

[0030] そこで、本開示は、図1の構成を用いて、図6に示す測定手順を実行することで、MCFのコア間XTを測定する。

S101. 被測定対象のMCFの所望のコアにコヒーレントなレーザ光を入射する。

S102. MCFの全コアからの出射光をコリメートし、電界強度分布を測定する。

S103. 測定した電界強度分布をフーリエ変換することで、DC成分および各コアからの出射光の角度差に対応した空間周波数の高周波成分をそれぞれ抽出する。

S104. 抽出した成分を用いて所望のコアからのXTを取得する。

[0031] 以上説明したように、本開示は、測定対象のマルチコア光ファイバに備わる全てのコアからの出射光の光軸が電界強度分布測定部14の受光面に対して互いに異なる角度を有するようにすることで、マルチコア光ファイバの出射光の干渉強度波形を用いて、光を入射したコアから他の各コアへのクロストークをそれぞれ求めることができる。したがって、本開示は、ファイバ接

続を行うことなく、簡易にコア間クロストークを測定することができる。

[0032] 上述の実施形態では、被測定光ファイバ91の中心軸にコアの配置されていない2コア光ファイバ及び4コア光ファイバの例を示したが、本開示はこれに限定されない。本開示の被測定光ファイバ91は、中心軸にコアが配置されていてもよい。この場合、コリメート部13は、被測定光ファイバ91の中心に配置されているコアからの出射光を、被測定光ファイバ91の中心軸と平行な平行光にする。これにより、被測定光ファイバ91に備わる全てのコアからの出射光の光軸が互いに異なる角度を有するようにすることができる。

産業上の利用可能性

[0033] 本開示は情報通信産業に適用することができる。

符号の説明

- [0034] 11：レーザ光発生部
12：入力コア選択部
13：コリメート部
14：電界強度分布測定部
15：演算処理部
91：被測定光ファイバ

請求の範囲

- [請求項1] 複数コアを有する光ファイバの一つのコアにレーザ光を入射する手段と、
前記光ファイバに備わる各コアからの出射光がそれぞれ角度差を有した状態で平行光にする手段と、
前記平行光の干渉波形の強度分布を測定できる電界強度分布測定手段と、
測定した前記干渉波形の強度分布を用いて、前記一つのコアと前記光ファイバに備わる前記一つのコアと異なるいずれかのコアとの間の干渉成分及び前記干渉成分以外の直流成分をそれぞれ独立に取得できる干渉波形解析手段と、
前記干渉成分及び前記直流成分を用いて、前記一つのコアから前記一つのコアと異なるいずれかのコアへのクロストークを取得できるクロストーク解析手段と、
を有することを特徴とするコア間クロストークの測定装置。
- [請求項2] 前記コア間クロストークの測定装置において、前記光ファイバの中心に配置されているコアからの出射光を、前記光ファイバの中心軸と平行な平行光にする手段を有する、
ことを特徴とする請求項1記載のコア間クロストークの測定装置。
- [請求項3] 前記干渉波形解析手段は、
前記干渉波形から2次元の空間周波数スペクトルを取得し、
前記2次元の空間周波数スペクトルで得られた周波数成分を抽出することで、前記干渉成分及び前記直流成分を取得する、
請求項1又は2に記載のコア間クロストークの測定装置。
- [請求項4] 前記干渉波形解析手段は、
前記2次元の空間周波数スペクトルで得られた原点に位置する周波数成分を抽出することで、前記直流成分を取得し、
前記2次元の空間周波数スペクトルで得られた原点以外に位置する

周波数成分を抽出することで、前記干渉成分を取得する、

請求項3に記載のコア間クロストークの測定装置。

[請求項5] 前記干渉波形解析手段は、前記干渉波形を2次元フーリエ変換することで、2次元の空間周波数スペクトルを取得する、
請求項3又は4に記載のコア間クロストークの測定装置。

[請求項6] 複数コアを有する光ファイバのコア間クロストークの測定方法であって、

前記光ファイバの一つのコアに光を入射すること、

前記光ファイバに備わる各コアからの出射光が角度差を有する状態で平行光にすること、

前記平行光の干渉波形の強度分布を測定すること、

前記平行光の干渉波形を用いて、前記一つのコアと前記光ファイバに備わる前記一つのコアと異なるいずれかのコアとの間の干渉成分及び前記干渉成分以外の直流成分をそれぞれ独立に取得すること、

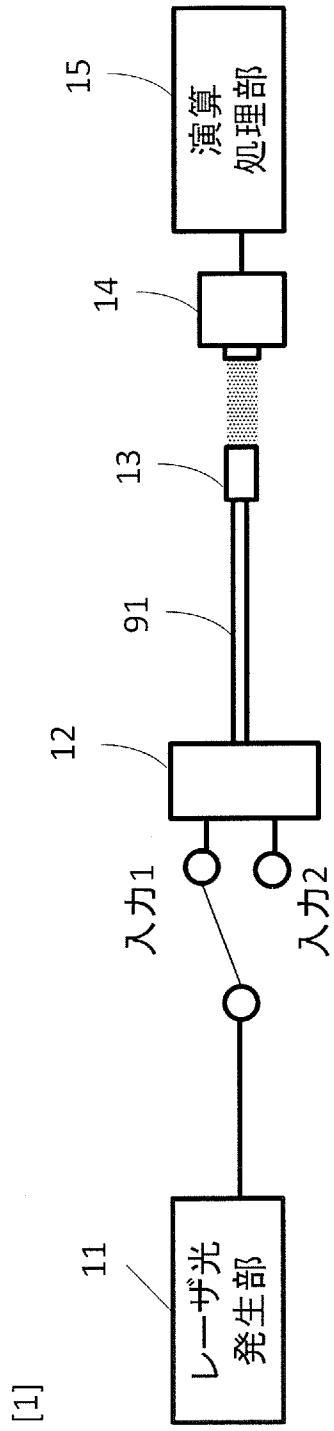
前記干渉成分及び直流成分を用いて、前記一つのコアから前記一つのコアと異なるいずれかのコアへのクロストークを取得すること、

を特徴とするコア間クロストークの測定方法。

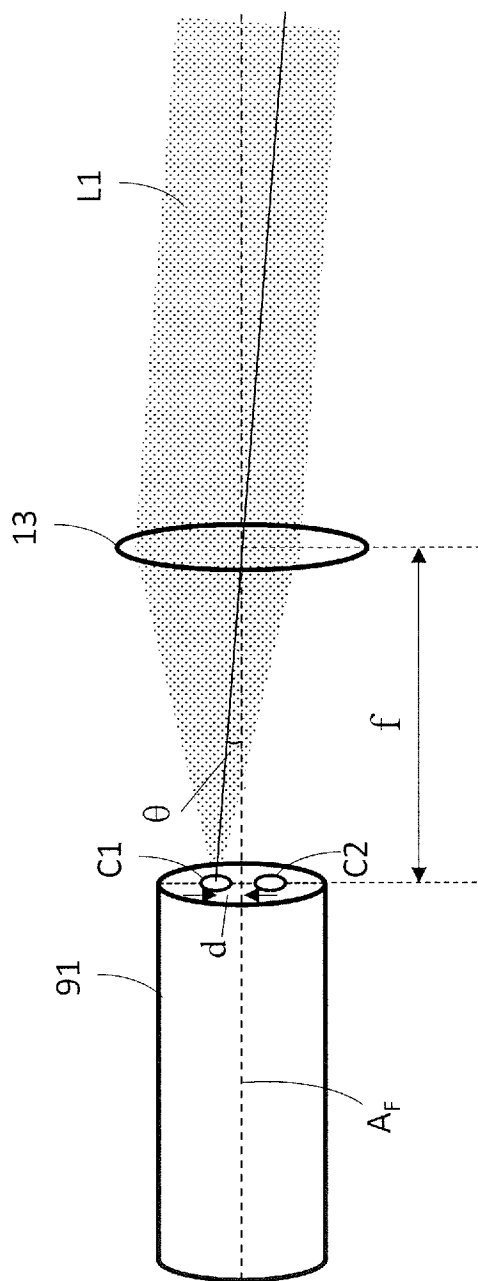
[請求項7] 前記コア間クロストーク測定方法において、前記光ファイバの中心に配置されているコアからの出射光を、前記光ファイバの中心軸と平行な平行光にすること、

を特徴とする請求項6に記載のコア間クロストークの測定方法。

[図1]

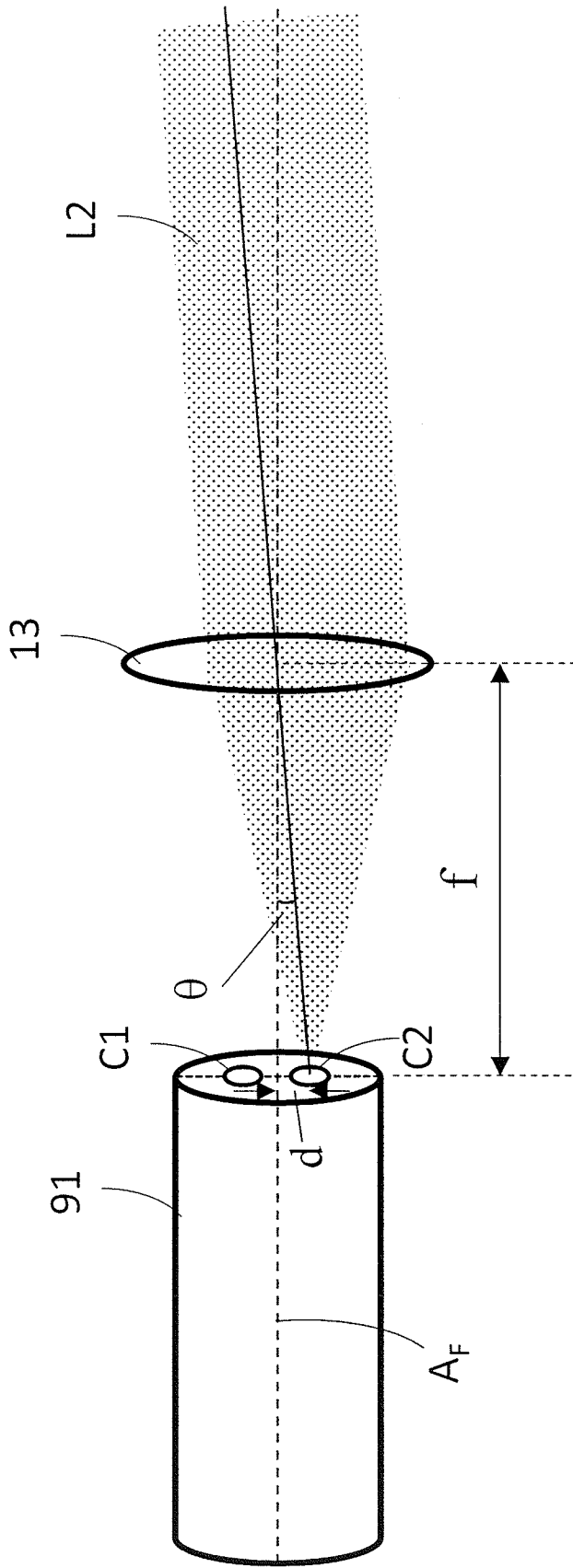


[2A]



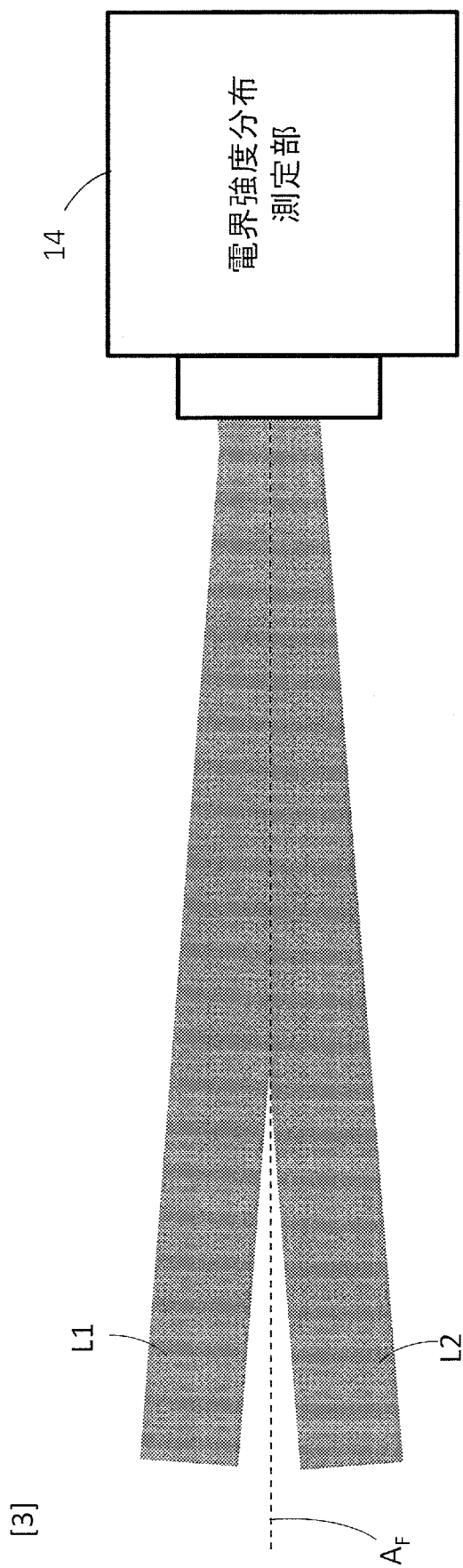
[2A]

[2B]

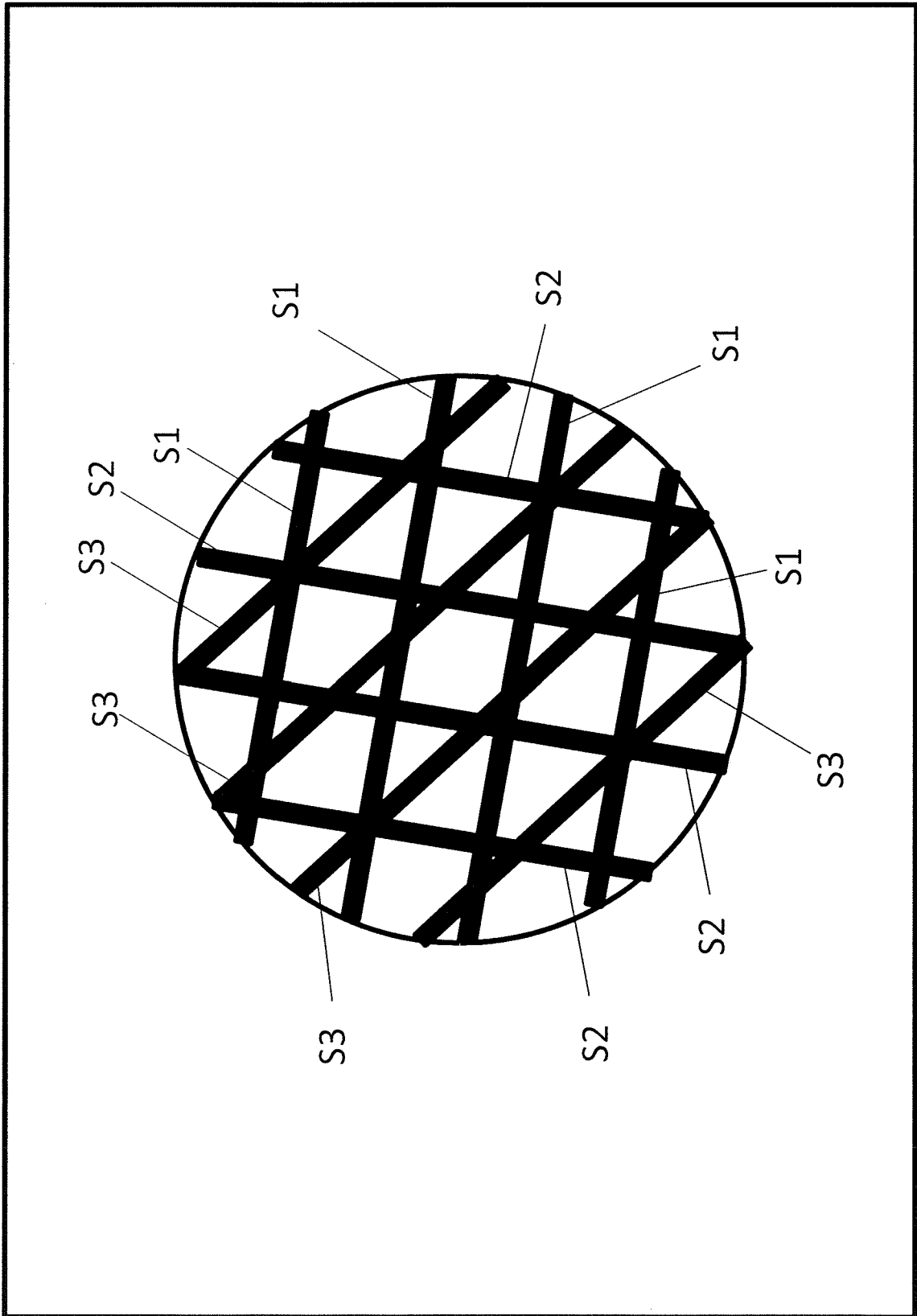


[2B]

[図3]

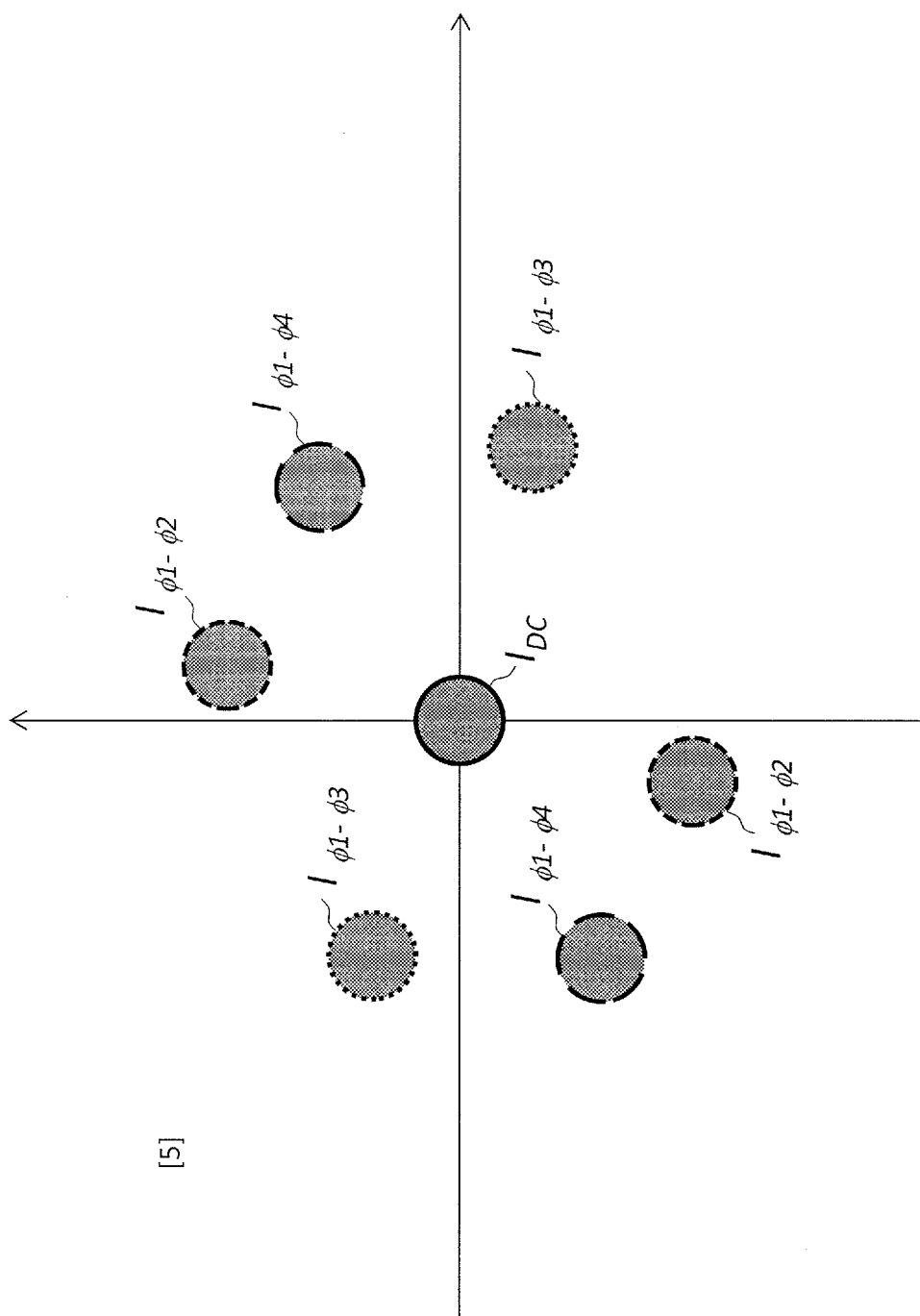


[図4]



[4]

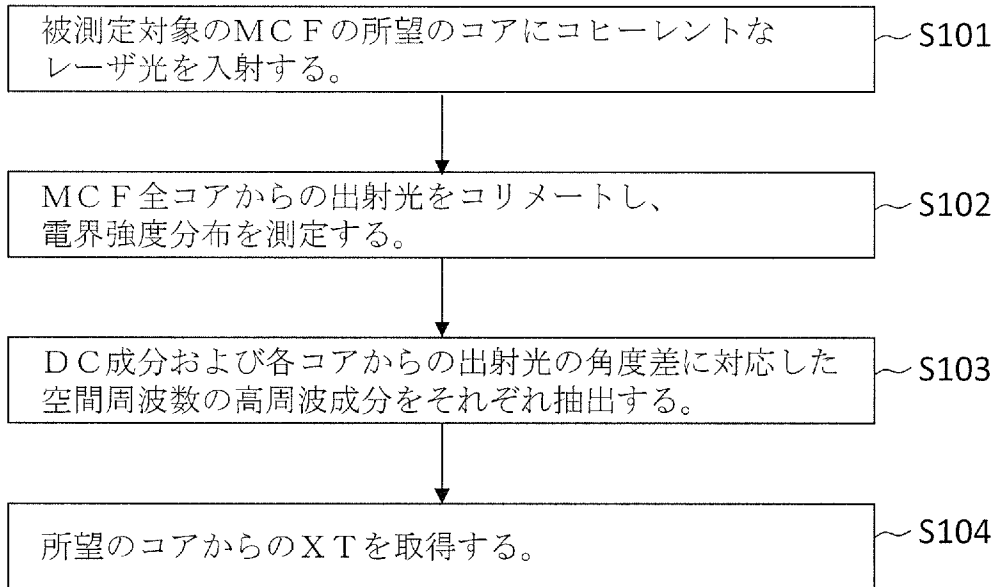
[5]



[5]

[図6]

[6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/037323

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G01M 11/02</i> (2006.01)i; <i>G02B 6/00</i> (2006.01)i FI: G01M11/02 N; G02B6/00 A		
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; G02B6/00; G02B6/02; G01J3/00-G01J3/52; G01J9/00-G01J9/04; G01B9/00-G01B9/10; G01B11/00-G01B11/30; G01N21/00-G01N21/61		
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 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021		
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 2017-156335 A (FUJIKURA LIMITED) 07 September 2017 (2017-09-07) entire text, all drawings	1-7
A	JP 56-168506 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 24 December 1981 (1981-12-24) entire text, all drawings	1-7
A	JP 2013-505441 A (LUNA INNOVATIONS INCORPORATED) 14 February 2013 (2013-02-14) entire text, all drawings	1-7
A	US 2021/0080644 A1 (NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY) 18 March 2021 (2021-03-18) entire text, all drawings	1-7
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 07 December 2021		Date of mailing of the international search report 21 December 2021
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/JP2021/037323

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2017-156335	A	07 September 2017	US	2018/0246007	A1	
					entire text, all drawings		
				WO	2017/145629	A1	
				CN	107709954	A	
JP	56-168506	A	24 December 1981	US	4443698	A	
					entire text, all drawings		
				EP	38950	A2	
				DE	3016104	A1	
JP	2013-505441	A	14 February 2013	US	2011/0109898	A1	
					entire text, all drawings		
				WO	2011/034584	A2	
				EP	2478331	A2	
				CN	102695938	A	
US	2021/0080644	A1	18 March 2021	WO	2019/013701	A1	
					entire text, all drawings		
				EP	3652571	A1	

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; G02B 6/00(2006.01)i FI: G01M11/02 N; G02B6/00 A		
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; G02B6/00; G02B6/02; G01J3/00-G01J3/52; G01J9/00-G01J9/04; G01B9/00-G01B9/10; G01B11/00-G01B11/30; G01N21/00-G01N21/61 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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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/JMEDPlus/JST7580 (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 2017-156335 A (株式会社フジクラ) 07.09.2017 (2017-09-07) 全文、全図	1-7
A	JP 56-168506 A (シーメンス・アクチエンゲゼルシャフト) 24.12.1981 (1981-12-24) 全文、全図	1-7
A	JP 2013-505441 A (ルナ イノベーションズ インコーポレイテッド) 14.02.2013 (2013-02-14) 全文、全図	1-7
A	US 2021/0080644 A1 (NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY) 18.03.2021 (2021-03-18) 全文、全図	1-7
<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 “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	国際調査報告の発送日	
07.12.2021	21.12.2021	
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） 横尾 雅一 2W 3716 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/JP2021/037323

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2017-156335	A	07.09.2017	US	2018/0246007	A1	
				全文、全図			
				WO	2017/145629	A1	
				CN	107709954	A	
JP	56-168506	A	24.12.1981	US	4443698	A	
				全文、全図			
				EP	38950	A2	
				DE	3016104	A1	
JP	2013-505441	A	14.02.2013	US	2011/0109898	A1	
				全文、全図			
				WO	2011/034584	A2	
				EP	2478331	A2	
				CN	102695938	A	
US	2021/0080644	A1	18.03.2021	WO	2019/013701	A1	
				全文、全図			
				EP	3652571	A1	