(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
2020年6月25日(25.06.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/129619 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 6/12 (2006.01) *G02B 6/42* (2006.01)
G02B 6/30 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/047221

(22) 国際出願日： 2019年12月3日(03.12.2019)

(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 2018-235211 2018年12月17日(17.12.2018) JP

(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).

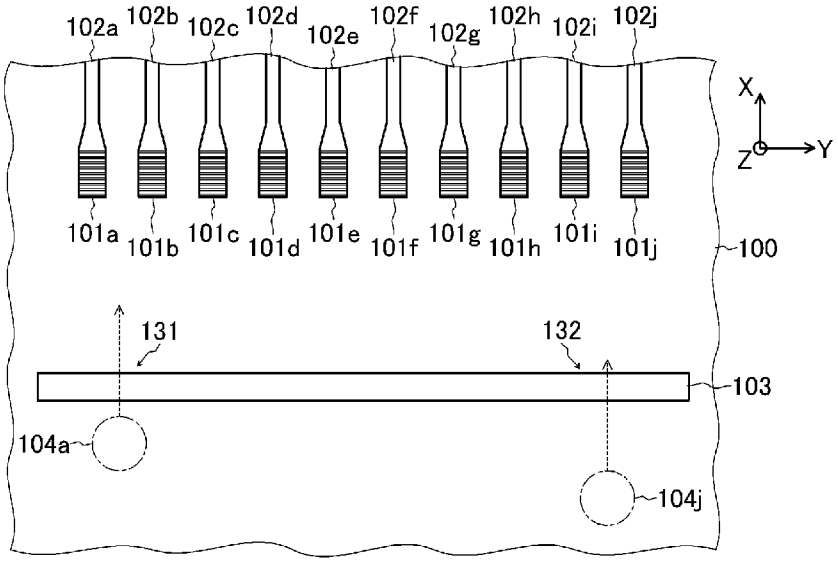
(72) 発明者: 三浦 達(**MIURA, Toru**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 前田 圭穂(**MAEDA, Yoshiho**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 福田 浩(**FUKUDA, Hiroshi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 山川 茂樹, 外(**YAMAKAWA, Shigeki** et al.); 〒1006104 東京都千代田区永田町２丁目１１番１号 山王パークタワー４階 山川国際特許事務所内 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,

(54) **Title:** ALIGNING OPTICAL CIRCUIT AND ALIGNING METHOD

(54) 発明の名称： 調芯用光回路および調芯方法



(57) **Abstract:** This aligning optical circuit is provided with: a plurality of grating couplers (101a), (101b), (101c), (101d), (101e), (101f), (101g), (101h), (101i), (101j) that are formed on a substrate (100) and arrayed in a straight line; and a plurality of optical waveguides (102a) to (102j) that are respectively connected to the grating couplers (101a) to (101j). The aligning optical circuit is further provided with an optical sensor (103) that is formed on the substrate (100), and that measures light intensities at first and second light receiving portions (131), (132) on the straight line along the array direction (Y-axis direction) of the grating couplers (101a) to (101j).

WO 2020/129619 A1

［続葉有］

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, JO, 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, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, 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：基板（１００）の上に形成されて、直線上に配列する複数のグレーティングカプラ（１０１ａ），（１０１ｂ），（１０１ｃ），（１０１ｄ），（１０１ｅ），（１０１ｆ），（１０１ｇ），（１０１ｈ），（１０１ｉ），（１０１ｊ）と、複数のグレーティングカプラ（１０１ａ）～（１０１ｊ）の各々に接続された複数の光導波路（１０２ａ）～（１０２ｊ）とを備える。また、基板（１００）の上に形成されて、複数のグレーティングカプラ（１０１ａ）～（１０１ｊ）の配列方向（Ｙ軸方向）に沿った直線上の第１受光箇所（１３１），第２受光箇所（１３２）で光強度を測定する光センサ（１０３）を備える。

明　細　書

発明の名称 ： 調芯用光回路および調芯方法

技術分野

[0001] 本発明は、調芯用光回路および調芯方法に関し、より詳しくは、グレーティングカプラと光ファイバとの光接続に用いる調芯用光回路および調芯方法に関する。

背景技術

[0002] シリコン光回路と光ファイバとの光学的な接続（光接続）には、これまで、導波路端面と光ファイバの光接続の効率を向上させるために、スポットサイズコンバータや先球ファイバなどが使用されてきた。近年、微細加工の技術の進展により、シリコン導波路に、幅が数百ｎｍの溝からなるグレーティングを設け、光導波路から基板表面に対して上方、下方に光を放射させるグレーティングカプラとして機能させ、光ファイバと光接続させる例が多くみられるようになった。

[0003] 例えば、シリコンフォトニクスにおいて、光ファイバとの光接続にグレーティングカプラを用いる技術が提案されている（非特許文献１参照）。この技術では、グレーティングカプラからの光の上面への光の出射角度は、非特許文献１の７８７０頁に記載されている式（１）を満たす角度となり、基板に対して垂直な方向から２０ｄｅｇ．以内の傾き角とされている。グレーティングカプラを用いる利点は，基板表面に対して上方から光を入出力できることにある。このため、グレーティングカプラを用いた光接続の技術は、光回路をウエハに複数形成している状態での各光回路の検査などに適している。

[0004] グレーティングカプラに光を結合させる場合には、シングルモードファイバ（ＳＭＦ）やファイバアレイなどが用いられる。例えば、光回路では、光回路の光入力端に入力用グレーティングカプラを設け、光回路の光出力端に出力用グレーティングカプラを設け、光回路の検査に利用している。例えば

、入力用ＳＭＦから出射される光を入力用グレーティングカプラに光接続させる。一方で、出力用グレーティングカプラより出射される光を出力用ＳＭＦに光接続させて取り出し、光回路の検査に用いる。

[0005] この場合、入力用ＳＭＦと入力用グレーティングカプラとの調芯と、出力用ＳＭＦと出力用グレーティングカプラとの調芯とが必要となる。これらの調芯を１つの調芯装置で実施するために、図１３に示すように、複数のＳＭＦが束ねられたファイバアレイ３０４を用い、また、検査対象の光回路３００の光導波路３０２に接続されている複数のグレーティングカプラ３０１を、ファイバアレイ３０４のＳＭＦの配列ピッチで配置することが考えられる。

[0006] 例えば、ファイバアレイ３０４の中の一端のＳＭＦと、対応するグレーティングカプラ３０１を入力用とし、ファイバアレイ３０４の中の他端のＳＭＦと、対応するグレーティングカプラ３０１を出力用として用いれば、１つの光学調芯系（装置）で、入力用と出力用の両者の調芯を実施することができる。また、上述した構成とすることで、各グレーティングカプラ３０１を用いた、光回路３００の複数のグレーティングカプラにおける、光結合の状態の測定も可能となる。

先行技術文献

非特許文献

[0007] 非特許文献1：C. Li et al., "CMOS-compatible high efficiency double-etched apodized waveguide grating coupler", Optics Express, vol. 21, no. 7, pp. 7868-7874, 2013.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、上述したようにファイバアレイ３０４を用いる場合、複数のＳＭＦと複数のグレーティングカプラ３０１と間の調芯を、同時に行うことになる。ファイバアレイ３０４を用いた場合は、図１４に示すように、光

回路３００の平面の法線方向であるＺ軸周り、およびファイバアレイの複数のＳＭＦの配列方向に垂直な方向であるＸ軸周りに、ファイバアレイ３０４が回転していると（ずれていると）、複数のグレーティングカプラ３０１と複数のＳＭＦとを、同時に、最適な状態で光接続させることが困難である。

[0009] 本発明は、以上のような問題点を解消するためになされたものであり、複数の光ファイバが束ねられたファイバアレイの複数の光ファイバと対応するグレーティングカプラとの光学的な接続を得るための調芯が、容易に実施できるようにすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明に係る調芯用光回路は、基板の上に形成されて、直線上に配列する複数のグレーティングカプラと、複数のグレーティングカプラの各々に接続された複数の光導波路と、基板の上に形成されて、複数のグレーティングカプラの配列方向に沿った直線上の２つの受光箇所で光強度を測定する光センサとを備え、２つの受光箇所の間隔は、複数のグレーティングカプラの中のいずれか２つの間隔とされている。

[0011] 上記調芯用光回路の一構成例において、光センサは、２つの受光箇所を含んで配列方向に沿って延在する受光領域を備える。

[0012] 上記調芯用光回路の一構成例において、光センサは、２つの受光箇所の各々に形成されている。

[0013] 上記調芯用光回路の一構成例において、２つの受光箇所は、複数のグレーティングカプラの両端の間隔とされている。

[0014] 本発明に係る調芯用光回路は、基板の上に形成されて、直線上に配列する複数のグレーティングカプラと、複数のグレーティングカプラの各々に接続された複数の光導波路と、基板の上に形成されて、複数のグレーティングカプラの配列方向に沿って配列された複数の光センサとを備える。

[0015] 本発明に係る調芯方法は、基板の上に形成されて、直線上に配列する複数のグレーティングカプラと、複数のグレーティングカプラの各々に接続された複数の光導波路と、基板の上に形成されて、複数のグレーティングカプラ

の配列方向に沿った直線上の２つの受光箇所で光強度を測定する光センサとを備える調芯用光回路と、複数のグレーティングカプラのいずれか２つの第１グレーティングカプラおよび第２グレーティングカプラと、複数の光ファイバが直線上に１列に配列して形成されたファイバアレイのいずれか２つの第１光ファイバおよび第２光ファイバの各々とを調芯する調芯方法であって、複数の光ファイバの各々の光出射方向を調芯用光回路の側に向けてファイバアレイを配置する第１工程と、第１光ファイバおよび第２光ファイバより調芯用光回路の側に光を出射させている状態で、調芯用光回路の平面に平行な平面内で、ファイバアレイを、グレーティングカプラの配列方向に垂直な方向に移動させて光センサの上を通過させ、第１光ファイバから出射される第１光および第２光ファイバから出射される第２光の各々の強度変化を、２つの受光箇所で計測する第２工程と、光センサにより計測した第１光の強度変化と第２光の強度変化との違いから、調芯用光回路の平面に平行な平面内で、複数のグレーティングカプラの配列方向と、複数の光ファイバの配列方向とのなす角度を求める第３工程と調芯用光回路の平面に平行な平面内で、複数の光ファイバの配列方向を、第３工程で求めた角度回転させることで調芯を実施する第４工程とを備える。

[0016] 本発明に係る調芯方法は、基板の上に形成されて、直線上に配列する複数のグレーティングカプラと、複数のグレーティングカプラの各々に接続された複数の光導波路と、複数のグレーティングカプラの配列方向に沿って配列された複数の光センサとを備える調芯用光回路と、複数のグレーティングカプラのいずれか２つの第１グレーティングカプラおよび第２グレーティングカプラと、複数の光ファイバが直線上に１列に配列して形成されたファイバアレイのいずれか２つの第１光ファイバおよび第２光ファイバの各々とを調芯する調芯方法であって、複数の光ファイバの各々より出射される光が、複数の光センサのいずれかに受光される状態にファイバアレイを配置する第１工程と、第１光ファイバおよび第２光ファイバより調芯用光回路の側に光を出射させている状態で、ファイバアレイを、調芯用光回路の平面より離れる

方向に移動させ、第１光ファイバから出射される第１光および第２光ファイバから出射される第２光の各々の強度変化を、複数の光センサにより計測する第２工程と、複数の光センサにより計測した第１光の強度変化と第２光の強度変化との違いから、複数のグレーティングカプラの配列方向に垂直な軸を中心とした、基板の平面と複数の光ファイバの配列方向とのなす角度を求める第３工程と、軸を中心として複数の光ファイバの配列方向を、第３工程で求めた角度回転させることで調芯を実施する第４工程とを備える。

発明の効果

[0017] 以上説明したように、本発明によれば、複数のグレーティングカプラが形成されている基板の上に複数の受光箇所を設けるようにしたので、複数の光ファイバが束ねられたファイバアレイの複数の光ファイバと対応するグレーティングカプラとの光学的な接続を得るための調芯が、容易に実施できるようになる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1A]図１Ａは、本発明の実施の形態１に係る調芯用光回路の構成を示す平面図である。

[図1B]図１Ｂは、本発明の実施の形態１に係る調芯方法を説明するためのフローチャートある。

[図2]図２は、ファイバアレイを構成している複数の光ファイバの配列方向が、Ｙ軸に対して、Ｚ軸周りに角度θ回転している状態を説明するための説明図である。

[図3]図３は、Ｚ軸周りに回転していない状態と、Ｚ軸周りにθｄｅｇ．だけ回転している状態との間で、第１光ファイバ１０４ａと第２光ファイバ１０４ｊとの間のＸ軸方向の位置ずれ量Δｘと回転角度θとの関係を示す特性図である。

[図4]図４は、ファイバアレイの移動による、第１受光箇所１３１で計測される強度変化（ａ）、および、第２受光箇所１３２で計測される強度変化（ｂ）を示す特性図である。

[図5]図５は、本発明の実施の形態１に係る他の調芯用光回路の一部構成を示す平面図である。

[図6A]図６Ａは、本発明の実施の形態２に係る調芯用光回路の構成を示す平面図である。

[図6B]図６Ｂは、本発明の実施の形態２に係る調芯方法を説明するためのフローチャートある。

[図7]図７は、ファイバアレイを構成している複数の光ファイバの配列方向が、Ｙ軸に対して、Ｘ軸周りに角度θ２回転している状態を説明するための説明図である。

[図8]図８は、距離Ｈを１００μｍとした場合の、θ２の変化による、ずれ量ΔＹ＿ａおよびΔＹ＿ｊの変化を示す特性図である。

[図9]図９は、ファイバアレイを構成している複数の光ファイバの配列方向が、Ｙ軸に対して、Ｘ軸周りに角度θ２回転している状態を説明するための説明図である。

[図10]図１０は、複数の光センサ２０３ａ～２０３ｈを用た、ΔＹ２の測定について説明するための説明図である。

[図11]図１１は、距離Ｈの場合の光の強度プロファイルＨと、距離Ｈ２の場合の光の強度プロファイルＨ２とを示す特性図である。

[図12]図１２は、Ｈ２－Ｈ＝１００μｍとした場合のθ２とΔＹ２との関係を示す特性図である。

[図13]図１３は、複数のＳＭＦが束ねられたファイバアレイ３０４と複数のグレーティングカプラ３０１との調芯の状態を説明するための斜視図である。

[図14]図１４は、複数のＳＭＦが束ねられたファイバアレイ３０４と複数のグレーティングカプラ３０１との調芯の状態を説明するための斜視図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の実施の形態に係る調芯用光回路および調芯方法について説

明する。

[0020] ［実施の形態１］

はじめに、本発明の実施の形態１に係る調芯用光回路について、図１Ａを参照して説明する。この調芯用光回路は、まず、基板１００の上に形成されて、直線上に配列する複数のグレーティングカプラ１０１ａ，１０１ｂ，１０１ｃ，１０１ｄ，１０１ｅ，１０１ｆ，１０１ｇ，１０１ｈ，１０１ｉ，１０１ｊと、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊの各々に接続された複数の光導波路１０２ａ，１０２ｂ，１０２ｃ，１０２ｄ，１０２ｅ，１０２ｆ，１０２ｇ，１０２ｈ，１０２ｉ，１０２ｊとを備える。複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊは、同一の直線上（Ｙ軸に平行な線上）に、等しい間隔で配列されている。また、光導波路１０２ａ～１０２ｊは、基板１００の上に形成されている図示しない光回路に光接続している。なお、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊが配列されている方向が、Ｙ軸の方向である。

[0021] また、この調芯用光回路は、基板１００の上に形成されて、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊの配列方向（Ｙ軸方向）に沿った直線上の第１受光箇所１３１，第２受光箇所１３２で光強度を測定する光センサ１０３を備える。実施の形態１において、光センサ１０３は、２つの第１受光箇所１３１，第２受光箇所１３２を含んで、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊの配列方向（Ｙ軸方向）に沿って延在する受光領域を備える。

[0022] この調芯用光回路は、調芯対象のファイバアレイを構成している複数の光ファイバの配列方向と、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊの配列方向（Ｙ軸方向）との、Ｚ軸周りの回転ずれに関する調芯を実施する。つまり、この調芯用光回路により、調芯対象のファイバアレイを構成している複数の光ファイバの配列方向と、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊの配列方向（Ｙ軸方向）との、Ｚ軸周りの回転ずれ角を求める。なお、Ｚ軸は、基板１００の平面に垂直な軸である。

[0023] 光センサ１０３が光強度測定を実施する第１受光箇所１３１，第２受光箇所１３２は、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊの中のいずれか２つの間隔とされている。第１受光箇所１３１，第２受光箇所１３２は、例えば、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊの両端の間隔とされている。なお、この調芯用光回路を用いて調芯を実施する対象は、複数の光ファイバが直線上に１列に配列して形成されたファイバアレイである。例えば、１０個の光ファイバが、一列に配列したファイバアレイである。

[0024] 光センサ１０３は、例えば、よく知られた面入射型のフォトダイオード（Photo Diode：ＰＤ）から構成できる。面入射型のＰＤは、ゲルマニウムからなる光吸収層を備えるＧｅＰＤや、シリコンからなる光吸収層を備えるＳｉＰＤなどを用いることができる。光センサ１０３は、受光領域のＹ軸方向の長さが、ファイバアレイの中の、調芯対象となる２つの第１光ファイバ１０４ａ，第２光ファイバ１０４ｊの各々から出射される光が受光できる長さとなっていることが必要である。例えば、ファイバアレイが１０本の光ファイバから構成され、隣り合う光ファイバの間隔が、１２７μｍとされている場合、ファイバアレイの両端の第１光ファイバ１０４ａと第２光ファイバ１０４ｊとの間隔は、１１４３μｍとなる。この場合、光センサ１０３は、受光領域のＹ軸方向の長さは、１１４３μｍより長くする。

[0025] 次に、実施の形態１に係る調芯方法について、図１Ｂのフローチャートを用いて説明する。まず、第１工程Ｓ１０１で、ファイバアレイの複数の光ファイバの各々の光出射方向を調芯用光回路の側に向けてファイバアレイを配置する。なお、ファイバアレイは、複数の光ファイバが配列されている方向であるＹ軸の周りに、所定角度回転させている。この角度は、グレーティングカプラの構造によって決まる光の入出射角であり、例えば、非特許文献１では、調芯用光回路の基板平面に対して垂直な方向から２０ｄｅｇ．以内の傾き角とされている。

[0026] 次に、第２工程Ｓ１０２で、第１光ファイバ１０４ａおよび第２光ファイバ１０４ｊより調芯用光回路の側に光を出射させている状態で、調芯用光回

路の平面に平行な平面内で、ファイバアレイを、グレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊの配列方向に垂直な方向（Ｘ軸方向）に移動させて光センサ１０３の上を通過（移動）させる。

[0027] 例えば、ステッピングモータなどを有する電動ステージの上に調芯用光回路（ファイバアレイでも良い）を固定し、電動ステージを移動させることで、ファイバアレイに対して相対的に調芯用光回路を移動させることで、上述したファイバアレイの通過を実施することができる。これにより、第１光ファイバ１０４ａから出射される第１光および第２光ファイバ１０４ｊから出射される第２光の各々の強度変化を、光センサ１０３の第１受光箇所１３１および第２受光箇所１３２の各々で計測する（強度変化計測）。例えば、光センサ１０３の第１受光箇所１３１および第２受光箇所１３２に流れる各々の光電流を同時に計測する。ファイバアレイのθｚ方向のずれ量が小さい場合、２つの光が同時にＰＤに入射される状態となり、２つの光によって生じる光電流が分離できないことが起こり得る。この場合は、２つの光を同時測定せず、１方のファイバから光を出した状態で測定し、この後、もう１方のファイバから光を出した状態で測定することで、光電流を分離して測定することができる。

[0028] 次に、第３工程Ｓ１０３で、光センサ１０３により計測した第１光の強度変化と第２光の強度変化との違いから、調芯用光回路の基板平面に平行な平面内で、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊの配列方向（Ｙ軸方向）と、ファイバアレイにおける複数の光ファイバの配列方向とのなす角度θを求める（角度算出）。

[0029] 例えば、図２に示すように、ファイバアレイを構成している複数の光ファイバの配列方向が、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊが配列されている方向（Ｙ軸）に対して、Ｚ軸周りに角度θ回転している状態では、全ての光ファイバとグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊとの各々を、同時に調芯することが困難である。例えば、ファイバアレイの中心付近の光ファイバと、これに対するグレーティングカプラとの光接続が最適になる

ように調芯しても、ファイバアレイの中心から離れている光ファイバと、これに対するグレーティングカプラとの光接続は、結合損失が大きくなる。結合損失が大きい状態では、光回路に対する光信号の挿入損失のポート依存性も生じてしまう。

[0030] 例えば、ファイバアレイが１０本の光ファイバから構成されている場合、ファイバアレイの中心を回転中心として、Ｚ軸周りにθｄｅｇ．だけ回転しているときの、ファイバアレイの両端の第１光ファイバ１０４ａと第２光ファイバ１０４ｊとの位置関係は、図２に示す状態となる。ファイバアレイの隣り合う光ファイバの間隔を、典型的な１２７μｍとすると、第１光ファイバ１０４ａと第２光ファイバ１０４ｊとの間隔Ｄは、１１４３μｍとなる。

[0031] この場合、Ｚ軸周りに回転していない状態と、Ｚ軸周りにθｄｅｇ．だけ回転している状態との間で、第１光ファイバ１０４ａと第２光ファイバ１０４ｊとの間のＸ軸方向の位置ずれ量Δｘと回転角度θとの関係は、図３に示すものとなる。θが０なら、第１光ファイバ１０４ａと第２光ファイバ１０４ｊとの間のＸ軸方向の位置ずれ量Δｘは、０となる。これに対し、例えば，θが０．５ｄｅｇ．となるだけで，ΔＸは約１０μｍとなり、第１光ファイバ１０４ａおよび第２光ファイバ１０４ｊの各々の、対応するグレーティングカプラからの位置ずれは、５μｍとなることが分かる。光ファイバのコア径が１０μｍで程度あることを考慮すると、上述した数値は、致命的な位置ずれにつながる。

[0032] この、ファイバアレイのＺ軸周りの回転による位置ずれを、前述した第１工程Ｓ１０１～第３工程Ｓ１０３により求める。第２工程Ｓ１０２の強度変化計測により、図４に示すように、ファイバアレイの移動により第１受光箇所１３１で強度変化（ａ）が計測され、第２受光箇所１３２で強度変化（ｂ）が計測される。この強度変化（ａ）と強度変化（ｂ）との違いから、角度θが求められる。例えば、強度変化（ａ）のピーク位置と強度変化（ｂ）のピーク位置のずれが、ΔＸに対応する。図４に示す例では、ΔＸ＝６μｍとなる。ΔＸ＝６μｍであるなら、図２，図３を用いて説明したΔＸとθとの

関係より、θ＝０．３ｄｅｇ．であることが分かる。

[0033] 以上のように、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊの配列方向（Ｙ軸方向）と、ファイバアレイにおける複数の光ファイバの配列方向とのなす角度θが求められた後、第４工程Ｓ１０４で、調芯用光回路の基板平面に平行な平面内で、ファイバアレイの複数の光ファイバの配列方向を、第３工程で求めた角度回転させることで調芯を実施する（回転）。また、上述したように、Ｚ軸周りの角度調整による調芯を実施したファイバアレイを、調整した角度を維持した状態で、基板１００の平面上を平行に移動させ、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊとの光接続位置に配置する。

[0034] ところで、上述では、第１受光箇所１３１から第２受光箇所１３２を含んでＹ軸方向に延在する受光領域を備える１つの光センサ１０３を用いるようにしたが、図５に示すように、基板１００の上に形成された、第１光センサ１０３ａおよび第２光センサ１０３ｂを用いるようにしてもよい。第１光センサ１０３ａおよび第２光センサ１０３ｂは、第１受光箇所１３１および第２受光箇所１３２の各々に形成されている。光センサ１０３（第１光センサ１０３ａ、第２光センサ１０３ｂ）は、基板１００の上の任意の場所に配置されていればよい。

[0035] また、上述では、第１光ファイバから出射される第１光および第２光ファイバから出射される第２光の各々の強度変化の違いとして、ピーク位置の違いより、調芯用光回路の平面に平行な平面内で、複数のグレーティングカプラの配列方向（Ｙ軸方向）と、複数の光ファイバの配列方向とのなす角度を求めたが、これに限るものではない。例えば、第１光ファイバから出射される第１光および第２光ファイバから出射される第２光の各々の強度変化の違いとして、同じ強度となる位置の違い（ずれ量）より、調芯用光回路の平面に平行な平面内で、複数のグレーティングカプラの配列方向（Ｙ軸方向）と、複数の光ファイバの配列方向とのなす角度を求めることができる。

[0036] 例えば、光センサ１０３の幅（Ｘ軸方向の長さ）が大きく、ファイバアレイを、Ｘ軸方向に移動させる範囲では、一方の強度変化のピーク位置が出現

しない場合がある。このような場合、強度変化の中で、同一の状態で変化しているスロープの箇所（同じ強度となる位置）の違いより、上記角度を求める。

[0037] なお、第１光ファイバから出射される第１光および第２光ファイバから出射される第２光の各々の強度変化の違いとして、ピーク位置を用いるためには、光センサ１０３の幅を、以下に示すように、検出したい角度と光ファイバから出射される光のスポットサイズを考慮した所定の大きさに収めることが望ましい。

[0038] 例えば、ファイバアレイが１０本の光ファイバから構成され、隣り合う光ファイバの間隔が、１２７μｍとされ、スポットサイズが２０μｍの場合、θ＝０．５ｄｅｇ．の角度ずれを検出したい場合、光センサ１０３の幅は、３０μｍ以下とすることが望ましい。なお、光センサ１０３の最小幅の限界値は、光センサ１０３の製造上の制約で決定される。

[0039] 以上に説明したように、実施の形態１によれば、複数のグレーティングカプラが形成されている基板の上に、配列方向に沿って延在する直線上の２箇所で光強度を測定する光センサを備えるようにしたので、複数の光ファイバが束ねられたファイバアレイの複数の光ファイバと対応するグレーティングカプラとの光学的な接続を得るための調芯が、容易に実施できるようになる。

[0040] ［実施の形態２］

次に、本発明の実施の形態２に係る調芯用光回路について、図６Ａを参照して説明する。この調芯用光回路は、まず、基板１００ａの上に形成され、直線上に配列する複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊと、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊの各々に接続された複数の光導波路１０２ａ～１０２ｊとを備える。これらは、前述した実施の形態１と同様である。

[0041] また、この調芯用光回路は、基板１００ａの上に形成されて、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊの配列方向（Ｙ軸方向）に沿って配列

された複数の光センサ２０３ａ，２０３ｂ，２０３ｃ，２０３ｄ，２０３ｅ，２０３ｆ，２０３ｇ，２０３ｈを備える。光センサ２０３ａ～２０３ｈの各々は、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊの配列方向に直交する方向（Ｘ軸方向）延在する受光領域を備える。光センサ２０３ａ～２０３ｈの各々の配置箇所が、受光箇所となる。この調芯用光回路は、調芯対象のファイバアレイを構成している複数の光ファイバの配列方向の、Ｘ軸周りの回転ずれに関する調芯を実施する。つまり、この調芯用光回路により、調芯対象のファイバアレイを構成している複数の光ファイバの配列方向と、基板１００ａの平面との間の、Ｘ軸周りの回転ずれ角を求める。

[0042] 実施の形態２の調芯用光回路を用いて調芯を実施する対象は、複数の光ファイバが直線上に１列に配列して形成されたファイバアレイである。例えば、１０個の光ファイバが、一列に配列したファイバアレイである。

[0043] 光センサ２０３ａ～２０３ｈの各々は、例えば、よく知られた面入射型のＰＤから構成できる。面入射型のＰＤは、ゲルマニウムからなる光吸収層を備えるＧｅＰＤや、シリコンからなる光吸収層を備えるＳｉＰＤなどを用いることができる。

[0044] 光センサ２０３ａ～２０３ｈの各々は、受光領域のＸ軸方向の長さが、ファイバアレイの中の、調芯対象となる２つの第１光ファイバ１０４ａ，第２光ファイバ１０４ｊの各々から出射される光が受光できる長さとなっていることが必要である。

[0045] 調芯の対象となるファイバアレイは、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊとの光接続において、前述したように、調芯用光回路の基板平面に対して垂直な方向から、グレーティングの設計で決まる所定の角度だけＹ軸の周りに回転させて配置する。例えば、非特許文献１では、上述した角度を２０ｄｅｇ．以内としている。このＹ軸の周りの回転角度を、θＹとすると、上述した受光領域のＸ軸方向の長さは、θＹと、後述するファイバアレイの上昇量の関係から決まる、光ファイバの光軸のＸ軸方向のシフト量と光のスポットサイズとを考慮に入れた長さが必要である。この点については

、後述する。

[0046] 次に、実施の形態２に係る調芯方法について、図６Ｂのフローチャートを用いて説明する。まず、第１工程Ｓ１１１で、ファイバアレイの複数の光ファイバの各々の光出射方向を調芯用光回路の側に向けてファイバアレイを配置する。なお、前述同様に、ファイバアレイは、複数の光ファイバが配列されている方向であるＹ軸の周りに、所定角度回転させておく。

[0047] 次に、第２工程Ｓ１１２で、第１光ファイバ１０４ａおよび第２光ファイバ１０４ｊより調芯用光回路の側に光を出射させている状態で、ファイバアレイを、調芯用光回路の平面より離れる方向に移動させる。例えば、ステッピングモータなどを有する電動ステージの上に調芯用光回路（ファイバアレイでも良い）を固定し、電動ステージを移動（上下動）させることで、ファイバアレイに対して相対的に調芯用光回路を移動させることで、上述したファイバアレイの移動が実施できる。

[0048] この移動により、第１光ファイバ１０４ａから出射される第１光および第２光ファイバ１０４ｊから出射される第２光の各々を、複数の光センサ２０３ａ～２０３ｈの上を通過させ、第１光および第２光の各々の強度変化を、複数の光センサ２０３ａ～２０３ｈにより計測する。

[0049] 次に、第３工程Ｓ１１３で、複数の光センサ２０３ａ～２０３ｈにより計測した第１光の強度変化と第２光の強度変化との違いから、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊの配列方向（Ｙ軸）に垂直な軸（Ｘ軸）を中心とした、基板１００の平面と、ファイバアレイの複数の光ファイバの配列方向とのなす角度θ２を求める（角度算出）。

[0050] 例えば、図７に示すように、ファイバアレイ１０４を構成している複数の光ファイバの配列方向が、基板平面に対してＸ軸周りに角度θ２回転している状態では、全ての光ファイバとグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊとの各々を、同時に調芯することが困難である。

[0051] ここで、ファイバアレイ１０４の複数の光ファイバの配列方向が、基板平面に対して平行ではなく、Ｘ軸周りに回転している場合と、回転していなく

両者が互いに平行な場合（θ２＝０ｄｅｇ．）と比較する。まず、第１光ファイバ１０４ａから出射された光の基板上の照射位置は、回転している場合と回転していない場合とで、ΔＹ＿ａずれる。また、第２光ファイバ１０４ｊから出射された光の基板上の照射位置は、回転している場合と回転していない場合とで、ΔＹ＿ｊずれる。なお、これらのずれ量は、ファイバアレイ１０４と調芯用光回路の基板面とが、距離Ｈ離れている場合とする。

[0052] 上述した距離Ｈを１００μｍとした場合に、上述したずれ量ΔＹ＿ａと、ΔＹ＿ｊは、θ２が変化すると図８に示すように変化する。なお、図８の結果は、計算の結果得られたものである。θ２が大きくなるにつれ、ずれ量ΔＹ＿ａと、ΔＹ＿ｊは大きくなる。また、θ２が大きくなるにつれ、ずれ量ΔＹ＿ａと、ずれ量ΔＹ＿ｊとの差が大きくなる。

[0053] 上述したずれ量ΔＹ＿ａと、ΔＹ＿ｊは、θ２が一定であっても、ファイバアレイ１０４と調芯用光回路の基板面との距離の変化によっても変化する。図９に示すように、ファイバアレイ１０４と調芯用光回路の基板面との距離Ｈを距離Ｈ２に変更すると、まず、第１光ファイバ１０４ａから出射された光の基板上の照射位置のずれ量は、ΔＹ＿ａからΔＹ２増加する。また、ファイバアレイ１０４と調芯用光回路の基板面との距離Ｈを距離Ｈ２に変更すると、第２光ファイバ１０４ｊから出射された光の基板上の照射位置のずれ量は、ΔＹ＿ｊからΔＹ２増加する。距離Ｈを距離Ｈ２に変更したことによ両者のずれ量の変化は、いずれもΔＹ２となる。

[0054] この、ファイバアレイ１０４を、調芯用光回路の平面より離れる方向に移動させたことにより発生するΔＹ２を、前述した第１工程Ｓ１１１～第３工程Ｓ１１３により求める。図１０に示すように、各々の受光領域の平面視の形状がＸ軸の方向に延在するストライプ形状の複数の光センサ２０３ａ～２０３ｈを用い、ΔＹ２を測定する。

[0055] 複数の光センサ２０３ａ～２０３ｈは、各々の受光領域のＸ軸方向の長さを、θＹと、ファイバアレイの上昇量（Ｈ２－Ｈ）の関係から決まる光ファイバの光軸のＸ軸方向のシフト量と光のスポットサイズとを考慮に入れた長

さとしておく。また、複数の光センサ２０３ａ～２０３ｈの配列間隔は、求めたいθ２、距離Ｈから距離Ｈ２への上昇量で決めることができる。また、複数の光センサ２０３ａ～２０３ｈの、各々の受光領域のＹ軸方向の長さは、上述した配列間隔以下とする必要がある。

[0056] 上述したように各条件を設定した光センサ２０３ａ～２０３ｈに照射された第１光ファイバ１０４ａ，第２光ファイバ１０４ｊからの光の光強度を、光センサ２０３ａ～２０３ｈの各々で測定することで得られる光の強度プロファイルを、移動前と移動した後とで比較することで、ΔＹ２を算出する。

[0057] 例えば、図１１に示すように、ファイバアレイと調芯用光回路の基板面との距離がＨの場合の光の強度プロファイルＨと、ファイバアレイと調芯用光回路の基板面との距離がＨ２の場合の光の強度プロファイルＨ２とが得られた場合を考える。この強度プロファイルは、横軸を光センサ２０３ａ～２０３ｈとしており、強度プロファイルＨと強度プロファイルＨ２とのシフト量ΔＹは、隣り合う２つの光センサの間隔となる。例えば、光センサ２０３ａ～２０３ｈの配列間隔を２μｍとすると、ΔＹ＝２μｍとなる。また、Ｈ２－Ｈ＝１００μｍとした場合のθ２とΔＹ２との関係は、図１２に示すものとなり、この場合、ΔＹ＝２μｍであれば、θ２はおよそ１ｄｅｇ．となる。

[0058] 以上のように、Ｘ軸を中心とした、基板１００の平面と、ファイバアレイにおける複数の光ファイバの配列方向とのなす角度θ２が求められた後、第４工程Ｓ１１４で、調芯用光回路の基板平面に平行な平面内で、ファイバアレイの複数の光ファイバの配列方向を、第３工程で求めた角度回転させることで調芯を実施する（回転）。また、上述したように、Ｘ軸周りの角度調整による調芯を実施したファイバアレイを、調整した角度を維持した状態で、基板１００の平面上を平行に移動させ、複数のグレーティングカプラ１０１ａ～１０１ｊとの光接続位置に配置する。

[0059] ところで、上述した実施の形態２では、８つの光センサ２０３ａ～２０３ｈを用いる場合を例に説明したが、光センサは２個以上であればよい。また

、より多くの光センサを用いることで、ΔＹ２＞光センサの配列間隔の場合でも、ΔＹ２を求めることが可能になるという利点がある。

[0060] 以上に説明したように、実施の形態２によれば、複数のグレーティングカプラが形成されている基板の上に、複数のグレーティングカプラの配列方向に沿って配列された複数の光センサを備えるようにしたので、複数の光ファイバが束ねられたファイバアレイの複数の光ファイバと対応するグレーティングカプラとの光学的な接続を得るための調芯が、容易に実施できるようになる。

[0061] 以上に説明したように、本発明によれば、複数のグレーティングカプラが形成されている基板の上に複数の受光箇所を設けるようにしたので、複数の光ファイバが束ねられたファイバアレイの複数の光ファイバと対応するグレーティングカプラとの光学的な接続を得るための調芯が、容易に実施できるようになる。

[0062] なお、本発明は以上に説明した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想内で、当分野において通常の知識を有する者により、多くの変形および組み合わせが実施可能であることは明白である。

符号の説明

[0063] １００…基板、１００ａ…基板、１０１ａ～１０１ｊ…グレーティングカプラ、１０２ａ～１０２ｊ…光導波路、１０３…光センサ、１０３ａ…第１光センサ、１０３ｂ…第２光センサ、１０４…ファイバアレイ、１０４ａ…第１光ファイバ、１０４ｊ…第２光ファイバ、１３１…第１受光箇所、１３２…第２受光箇所、２０３ａ～２０３ｈ…光センサ。

請求の範囲

[請求項1] 基板の上に形成されて、直線上に配列する複数のグレーティングカプラと、

前記複数のグレーティングカプラの各々に接続された複数の光導波路と、

前記基板の上に形成されて、前記複数のグレーティングカプラの配列方向に沿った直線上の２つの受光箇所で光強度を測定する光センサと

を備え、

前記２つの受光箇所の間隔は、前記複数のグレーティングカプラの中のいずれか２つの間隔とされた

ことを特徴とする調芯用光回路。

[請求項2] 請求項１記載の調芯用光回路において、

前記光センサは、前記２つの受光箇所を含んで前記配列方向に沿って延在する受光領域を備えることを特徴とする調芯用光回路。

[請求項3] 請求項１記載の調芯用光回路において、

前記光センサは、２つの受光箇所の各々に形成されていることを特徴とする調芯用光回路。

[請求項4] 請求項１～３のいずれか１項に記載の調芯用光回路において、

前記２つの受光箇所は、前記複数のグレーティングカプラの両端の間隔とされた

ことを特徴とする調芯用光回路。

[請求項5] 基板の上に形成されて、直線上に配列する複数のグレーティングカプラと、

前記複数のグレーティングカプラの各々に接続された複数の光導波路と、

前記基板の上に形成されて、前記複数のグレーティングカプラの配列方向に沿って配列された複数の光センサと

を備える調芯用光回路。

[請求項6] 基板の上に形成されて、直線上に配列する複数のグレーティングカプラと、

前記複数のグレーティングカプラの各々に接続された複数の光導波路と、

基板の上に形成されて、前記複数のグレーティングカプラの配列方向に沿った直線上の２つの受光箇所で光強度を測定する光センサと

を備える調芯用光回路と、

前記複数のグレーティングカプラのいずれか２つの第１グレーティングカプラおよび第２グレーティングカプラと、複数の光ファイバが直線上に１列に配列して形成されたファイバアレイのいずれか２つの第１光ファイバおよび第２光ファイバの各々とを調芯する調芯方法であって、

前記複数の光ファイバの各々の光出射方向を調芯用光回路の側に向けて前記ファイバアレイを配置する第１工程と、

前記第１光ファイバおよび前記第２光ファイバより前記調芯用光回路の側に光を出射させている状態で、前記調芯用光回路の平面に平行な平面内で、前記ファイバアレイを、前記グレーティングカプラの配列方向に垂直な方向に移動させて前記光センサの上を通過させ、前記第１光ファイバから出射される第１光および前記第２光ファイバから出射される第２光の各々の強度変化を、前記２つの受光箇所で計測する第２工程と、

前記光センサにより計測した前記第１光の強度変化と前記第２光の強度変化との違いから、前記調芯用光回路の平面に平行な平面内で、前記複数のグレーティングカプラの配列方向と、前記複数の光ファイバの配列方向とのなす角度を求める第３工程と

前記調芯用光回路の平面に平行な平面内で、前記複数の光ファイバの配列方向を、前記第３工程で求めた角度回転させることで調芯を実

施する第４工程と

を備えることを特徴とする調芯方法。

[請求項7] 基板の上に形成されて、直線上に配列する複数のグレーティングカプラと、

前記複数のグレーティングカプラの各々に接続された複数の光導波路と、

前記複数のグレーティングカプラの配列方向に沿って配列された複数の光センサと

を備える調芯用光回路と、

前記複数のグレーティングカプラのいずれか２つの第１グレーティングカプラおよび第２グレーティングカプラと、複数の光ファイバが直線上に１列に配列して形成されたファイバアレイのいずれか２つの第１光ファイバおよび第２光ファイバの各々とを調芯する調芯方法であって、

前記複数の光ファイバの各々より出射される光が、前記複数の光センサのいずれかに受光される状態に前記ファイバアレイを配置する第１工程と、

前記第１光ファイバおよび前記第２光ファイバより前記調芯用光回路の側に光を出射させている状態で、前記ファイバアレイを、前記調芯用光回路の平面より離れる方向に移動させ、前記第１光ファイバから出射される第１光および前記第２光ファイバから出射される第２光の各々の強度変化を、前記複数の光センサにより計測する第２工程と、

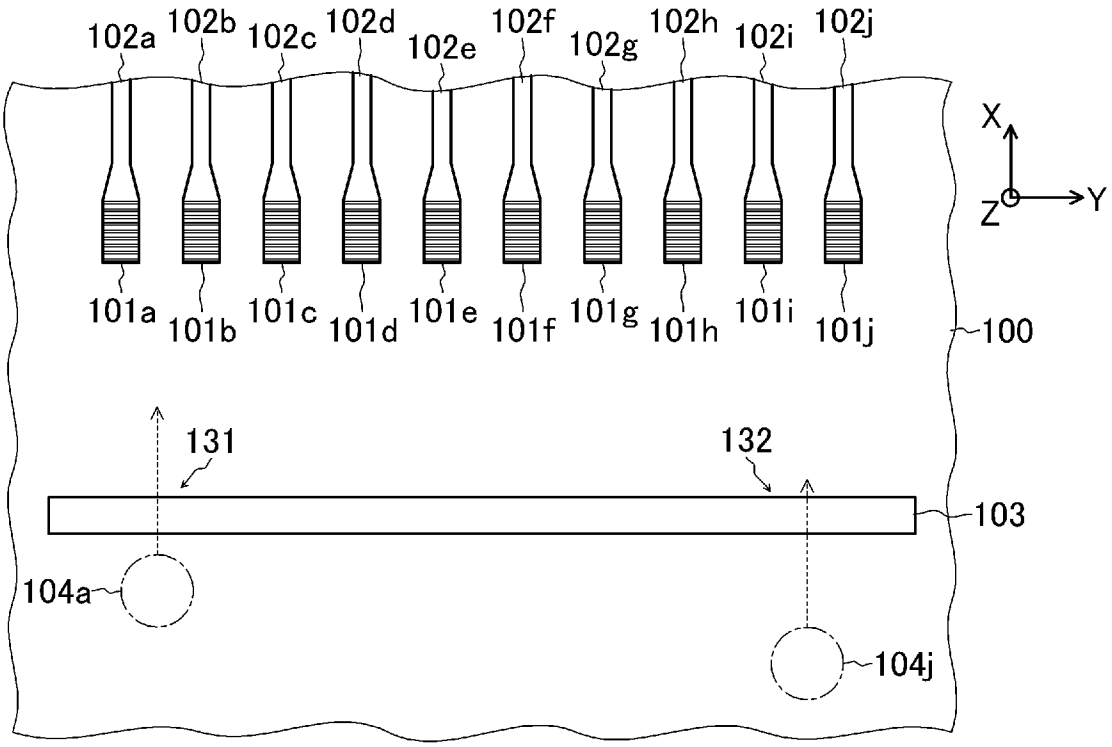
前記複数の光センサにより計測した前記第１光の強度変化と前記第２光の強度変化との違いから、前記複数のグレーティングカプラの配列方向に垂直な軸を中心とした、前記基板の平面と前記複数の光ファイバの配列方向とのなす角度を求める第３工程と、

前記軸を中心として前記複数の光ファイバの配列方向を、前記第３

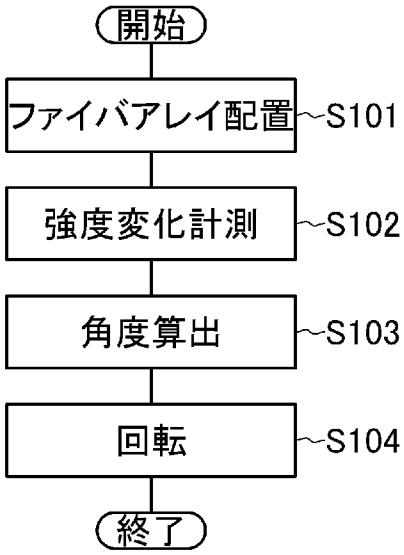
工程で求めた角度回転させることで調芯を実施する第４工程と

を備えることを特徴とする調芯方法。

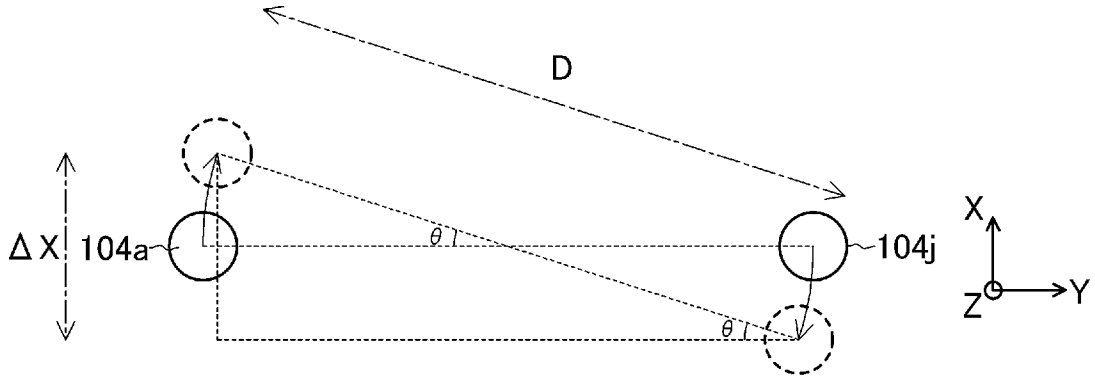
[図1A]


102a
102b
102c
102d
102e
102f
102g
102h
102i
102j
X
Y
Z
101a
101b
101c
101d
101e
101f
101g
101h
101i
101j
100
131
132
103
104a
104j

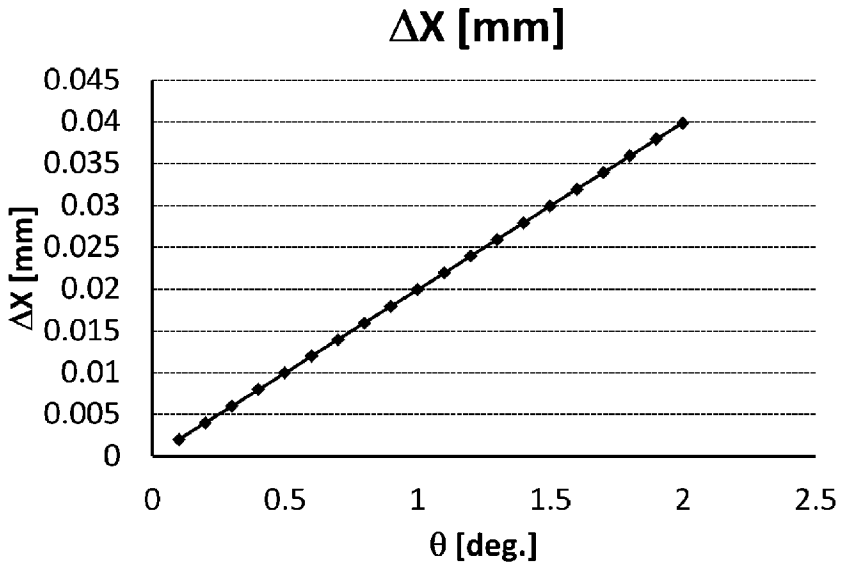
[図1B]


開始
ファイバアレイ配置
S101
強度変化計測
S102
角度算出
S103
回転
S104
終了

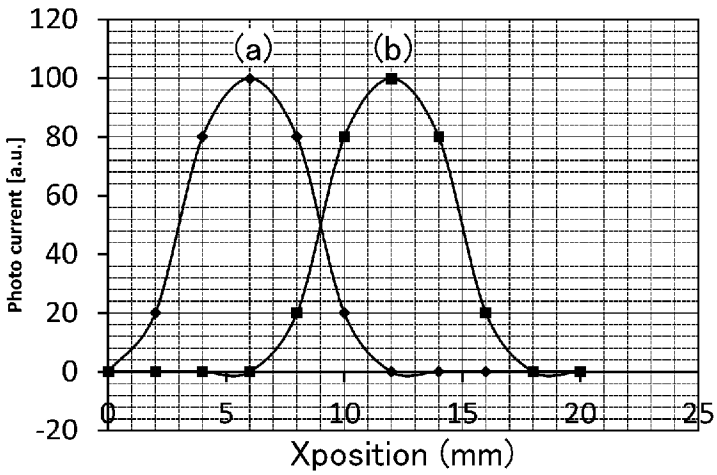
[図2]


D
ΔX
104a
θ1
θ1
104j
X
Y
Z

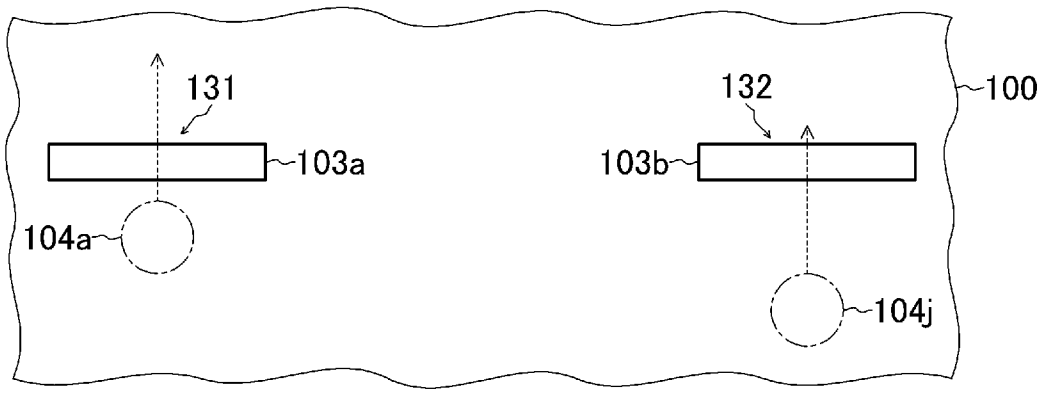
[図3]


ΔX [mm]
0.045
0.04
0.035
0.03
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
ΔX [mm]
0
0.5
1
1.5
2
2.5
θ [deg.]

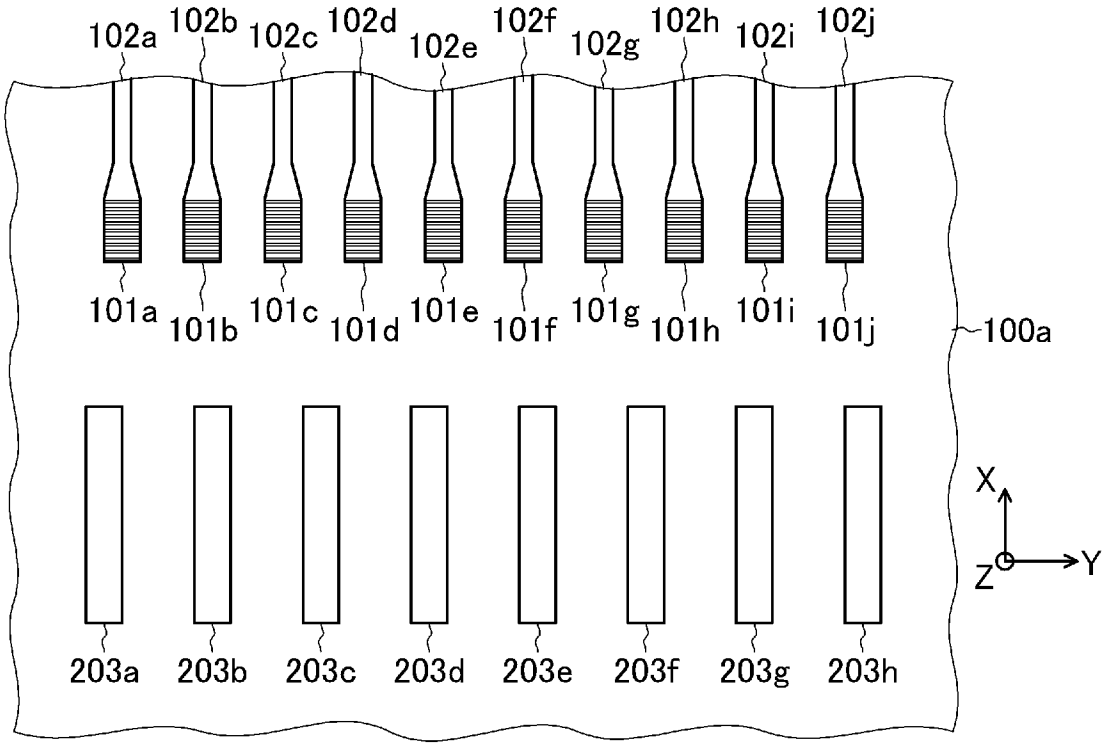
[図4]


120
100
80
60
40
20
0
-20
(a)
(b)
Photo current [a.u.]
0
5
10
15
20
25
Xposition (mm)

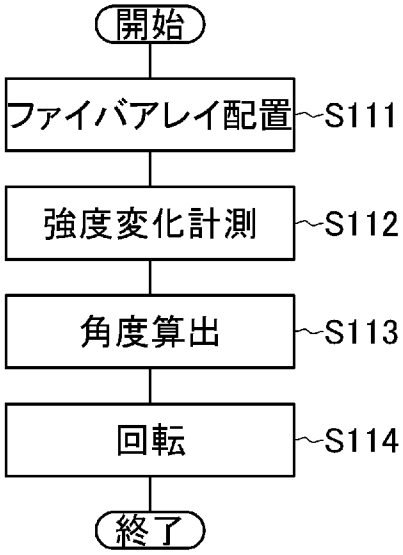
[図5]


131
132
100
103a
103b
104a
104j

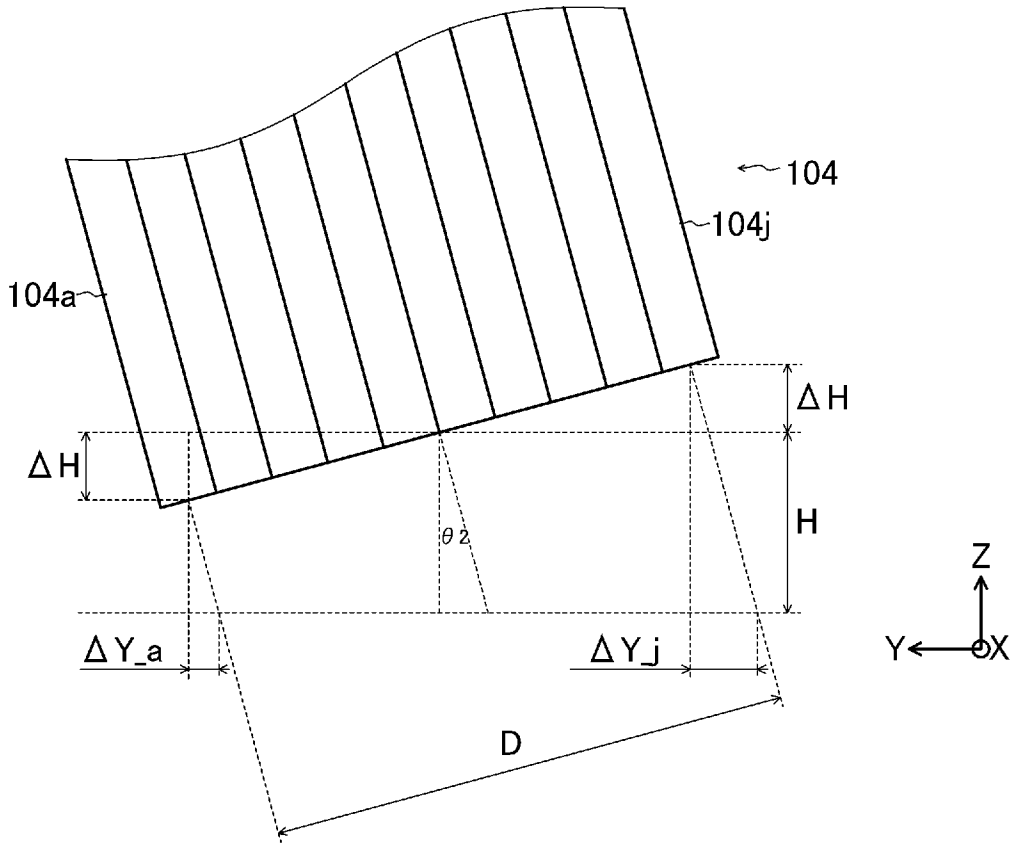
[図6A]


102a
102b
102c
102d
102e
102f
102g
102h
102i
102j
101a
101b
101c
101d
101e
101f
101g
101h
101i
101j
100a
X
Y
Z
203a
203b
203c
203d
203e
203f
203g
203h

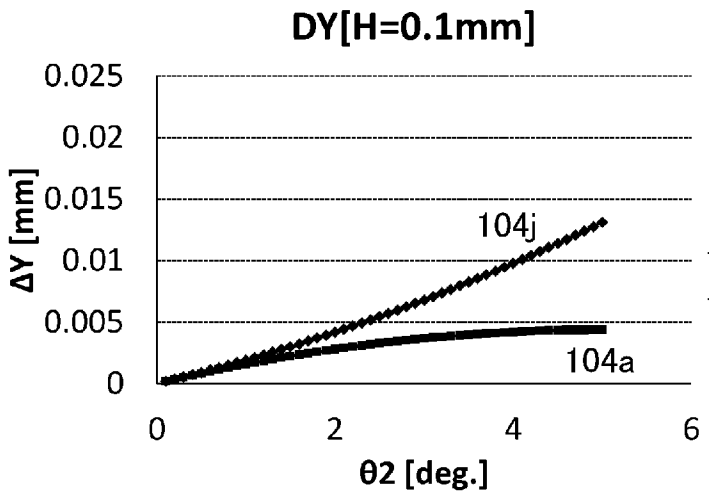
[図6B]


開始
ファイバアレイ配置
S111
強度変化計測
S112
角度算出
S113
回転
S114
終了

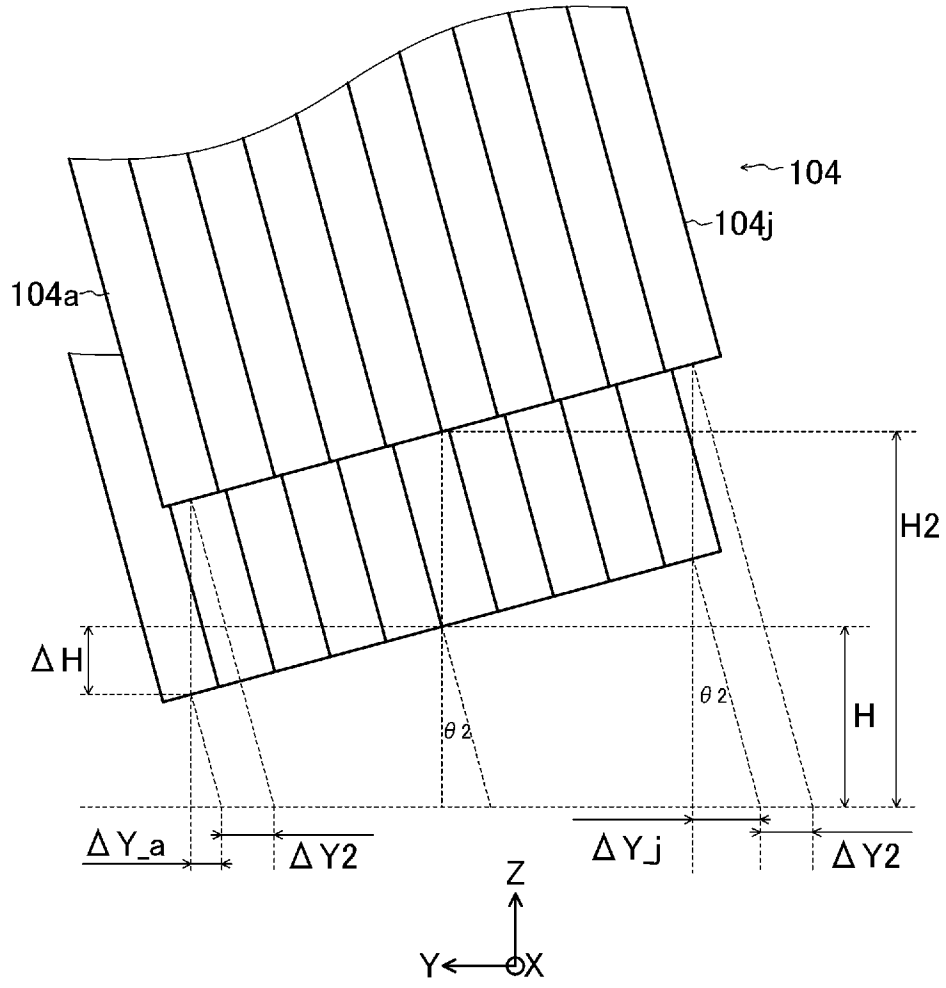
[図7]


104
104j
104a
ΔH
ΔH
H
θ2
ΔY_a
ΔY_j
D
Z
Y
X

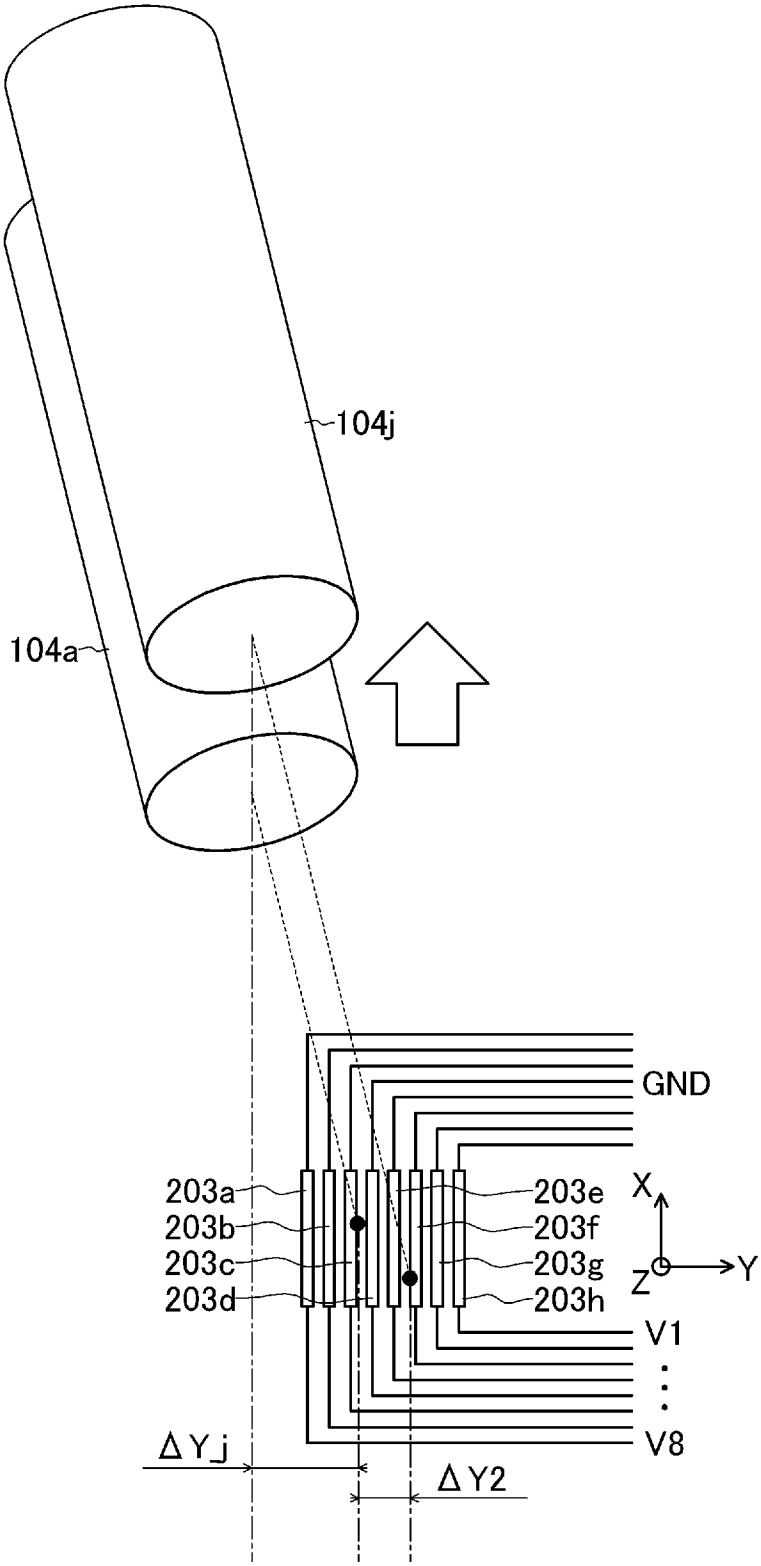
[図8]


DY[H=0.1mm]
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
ΔY [mm]
104j
104a
0
2
4
6
θ2 [deg.]

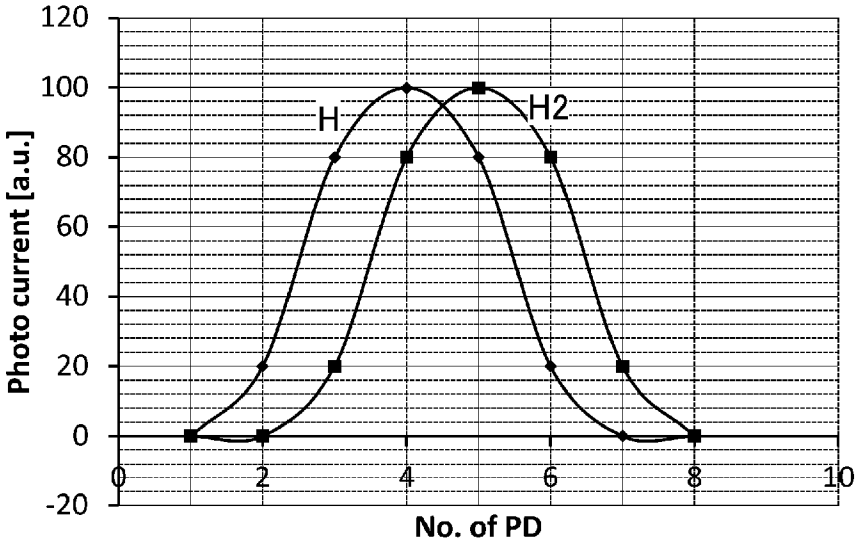
[図9]


104
104j
104a
H2
ΔH
H
θ2
θ2
ΔY_a
ΔY2
ΔY_j
ΔY2
Z
Y
X

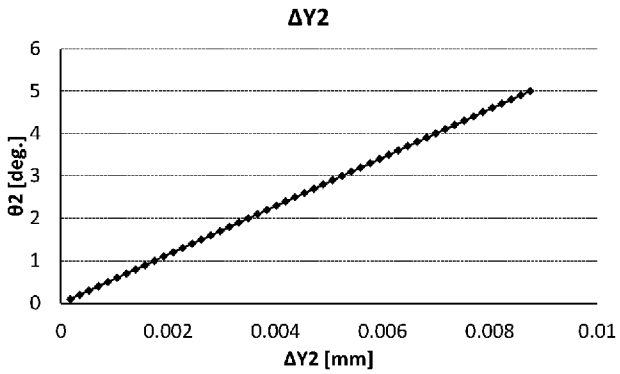
[図10]


104j
104a
GND
203a
203b
203c
203d
203e
203f
203g
203h
X
Y
Z
V1
V8
ΔYj
ΔY2

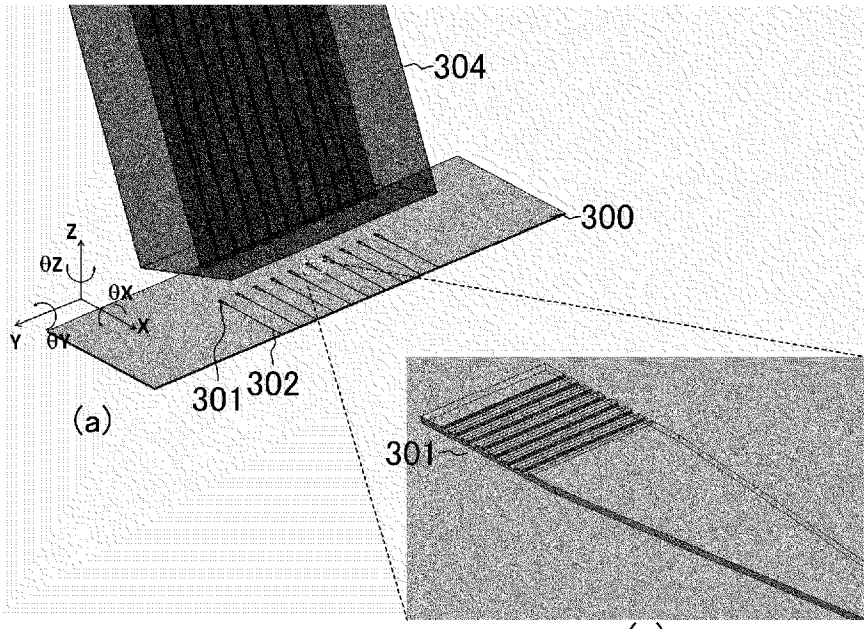
[図11]


120
100
80
60
40
20
0
-20
0
2
4
6
8
10
Photo current [a.u.]
No. of PD
H
H2

[図12]

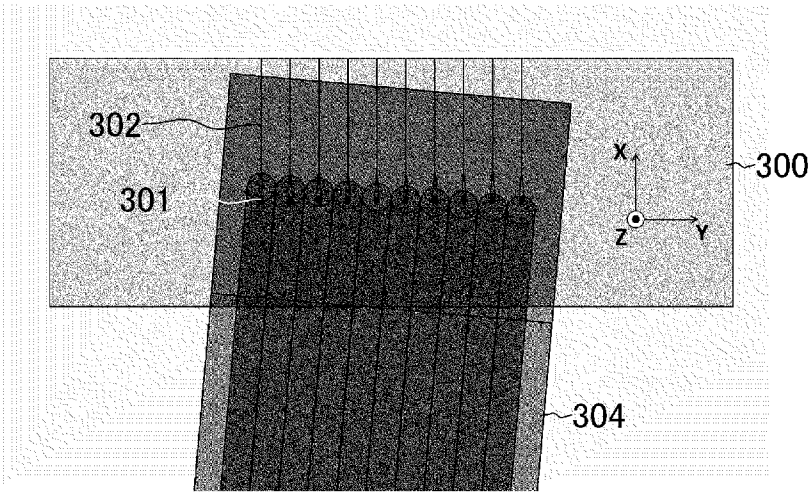

ΔY2
6
5
4
3
2
1
0
θ2 [deg.]
0
0.002
0.004
0.006
0.008
0.01
ΔY2 [mm]

[図13]



(a)

[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/047221

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G02B6/12(2006.01)i, G02B6/30(2006.01)i, G02B6/42(2006.01)i
FI: G02B6/30, G02B6/42, G02B6/12301

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)
Int.Cl. G02B6/12, G02B6/30, G02B6/42

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2015-212781 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 26 November 2015, paragraphs [0020]-[0041], fig. 1, 5	1-3, 5 4, 6-7
X A	JP 2016-148717 A (FUJITSU LIMITED) 18 August 2016, paragraphs [0013]-[0043], fig. 1, 7, 8	1-3, 5 4, 6-7
A	JP 2017-198778 A (FUJITSU LIMITED) 02 November 2017, entire text, all drawings	1-7
A	US 2013/0209026 A1 (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 15 August 2013, entire text, all drawings	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	Date of mailing of the international search report
10.01.2020	28.01.2020

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2019/047221

JP 2015-212781 A	26 November 2015	US 2015/0323753 A1 paragraphs [0030]-[0052], fig. 1, 5
JP 2016-148717 A	18 August 2016	(Family: none)
JP 2017-198778 A	02 November 2017	(Family: none)
US 2013/0209026 A1	15 August 2013	US 2016/0195678 A1 entire text, all drawings US 2017/0261704 A1 entire text, all drawings

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2019/047221

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G02B 6/12(2006.01)i; G02B 6/30(2006.01)i; G02B 6/42(2006.01)i
FI: G02B6/30; G02B6/42; G02B6/12 301

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））

G02B6/12; G02B6/30; G02B6/42

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	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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

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
X	JP 2015-212781 A (住友電気工業株式会社) 26.11.2015 (2015-11-26) 段落【0020】-【0041】, 図1,5	1-3,5
A	段落【0020】-【0041】, 図1,5	4,6-7
X	JP 2016-148717 A (富士通株式会社) 18.08.2016 (2016-08-18) 段落【0013】-【0043】, 図1,7-8	1-3,5
A	段落【0013】-【0043】, 図1,7-8	4,6-7
A	JP 2017-198778 A (富士通株式会社) 02.11.2017 (2017-11-02) 全文, 全図	1-7
A	US 2013/0209026 A1 (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 15.08.2013 (2013-08-15) 全文, 全図	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
10.01.2020	28.01.2020

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）

山本　貴一　2L 4086

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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/JP2019/047221

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2015-212781 A	26.11.2015	US 2015/0323753 A1 段落[0030]-[0052], 図1,5	
JP 2016-148717 A	18.08.2016	（ファミリーなし）	
JP 2017-198778 A	02.11.2017	（ファミリーなし）	
US 2013/0209026 A1	15.08.2013	US 2016/0195678 A1 全文, 全図 US 2017/0261704 A1 全文, 全図	