

(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2月13日(13.02.2020)



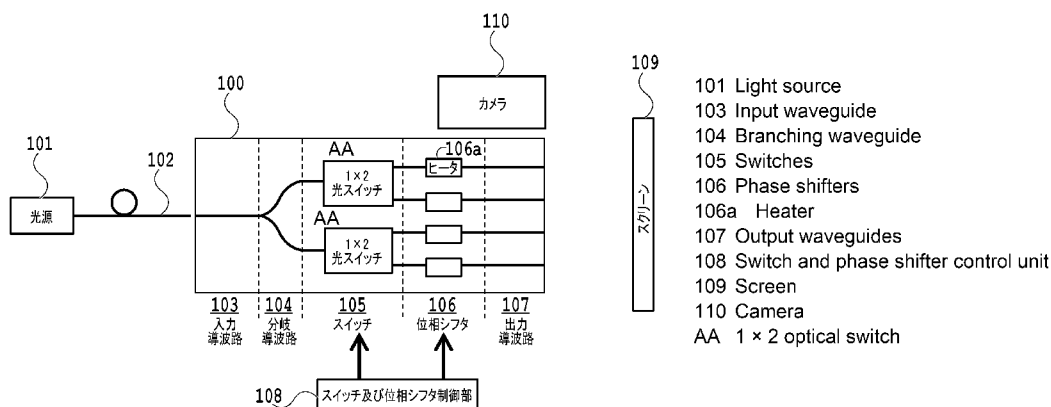
(10) 国際公開番号

WO 2020/031861 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 11/25 (2006.01) *G02F 1/313* (2006.01)
G02F 1/225 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/030325
- (22) 国際出願日: 2019年8月1日(01.08.2019)
- (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 2018-150406 2018年8月9日(09.08.2018) 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: 片寄里美 (KATAYOSE Satomi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 笠原亮一 (KASAHARA Ryoichi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 藤原裕士 (FUJIWARA Yuji); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 谷・阿部特許事務所 (TANI & ABE, P.C.); 〒1070052 東京都港区赤坂2丁目6番20号 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,

(54) Title: VARIABLE INTERFERENCE-FRINGE-INTERVAL OPTICAL CIRCUIT AND FRINGE PROJECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 干渉縞間隔可変光回路及び縞投影装置



(57) Abstract: The present invention provides a fringe projection device capable of adjusting resolution and measurement accuracy without increasing the number of light sources, adjusting the positions of an emission point and surface to be inspected, increasing device cost, or increasing measurement steps. A waveguide type optical phase modulator according to the present invention comprises a waveguide-type optical element in which optical waveguides are provided on a substrate. The waveguide-type optical element comprises at least one input waveguide into which an optical signal is input, a branching waveguide that has one input and N outputs (where N is an integer greater than or equal to 2) and is optically connected to the output of the input waveguide, $1 \times M$ (where M is an integer greater than or equal to 2) optical switches that are optically connected to the outputs of the branching waveguide, $(N \times M)$ phase shifters that are optically connected to the outputs of the optical switches, and $(N \times M)$ output waveguides that are optically connected to the outputs of the phase shifters.

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：光源の増設、出射点と被検面の位置調整を行わずに、装置コストや測定手順を増やすことなく解像度・測定精度を調整することが可能な縮投影装置を提供する。本発明の導波路型光位相変調器は、基板上に光導波路が設けられた導波路型光素子からなり、前記導波路型光素子は、光信号が入力される少なくとも1本の入力導波路と、前記入力導波路の出力に光学的に接続された1入力N出力（Nは2以上の整数）の分岐導波路と、前記分岐導波路の出力に光学的に接続された1×M（Mは2以上の整数）光スイッチと、前記光スイッチの出力に光学的に接続された（N×M）本の位相シフトと、前記位相シフトの出力に光学的に接続された（N×M）本の出力導波路とを備える。

明 細 書

発明の名称： 干渉縞間隔可変光回路及び縞投影装置

技術分野

[0001] 本発明は、干渉縞間隔が可変な光回路および縞投影装置に関する。

背景技術

[0002] 非接触で物体表面の三次元形状を計測する方法として、縞走査法がある。

この方法は、可干渉性の光源から生成される、明度が正弦波状に変化する干渉縞を計測物体に投影し、この干渉縞の位相を一定間隔でずらして複数回撮影した画像を解析することにより、形状計測を行う手法である。この方法では、干渉縞の走査量と投影像の各点の光強度の変化から、各点での凹凸の深さ及び高さが求められる。干渉縞の走査量は、干渉させる二以上の光束の位相差を変えることで制御される。例えば、二分岐された光導波路の一方の位相を電気光学効果等を利用して変化させることにより、投影される干渉縞の走査量が制御される（例えば、特許文献1参照）。干渉縞を走査する導波路型光位相変調器は、同一基板上に、光を入力する入力導波路、光を分岐する分岐導波路、光の位相を変化させる位相シフタ、光を出射する出力導波路から構成されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平5－87543号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 光源の波長が一定で、被検面と光源およびカメラ（撮像面）の位置関係が固定された測定系において、縞走査法により3次元形状計測を行う場合を考える。

[0005] 縞走査法における測定のダイナミックレンジは、基本的に位相が 2π の範囲に限られる。測定対象のダイナミックレンジが大きく、位相値に換算して

2π を越える場合、 $(-\pi, \pi)$ の主値の間に折り畳まれ、位相分布に 2π の整数倍の不確定値を持つことになる。そのため、折り畳みにより生じた不連続段差を取り除き、元の位相分布を復元する位相接続法を必要とするが、この場合、干渉縞の縞間隔を変えることが考えられる。

[0006] また、ある測定条件にて計測した結果から、さらに測定精度または解像度（分解能）を調整したい場合も、干渉縞の縞間隔を変えることが考えられる。測定精度に着目すると、干渉縞の数が少なく縞間隔が広い間隔で配置された方が、たくさんの干渉縞が狭い間隔に配置された場合より測定精度が増す。一方、分解能を上げるには干渉縞の縞間隔を狭くする必要があるので、測定精度を上げるために縞間隔を広めると、分解能が犠牲になる。そのため、測定対象に合わせ、測定精度・分解能を調整することが必要となる。

[0007] 干渉縞の縞間隔を変えるには、測定波長、被検面と出射点の位置関係、干渉させる光束の出射間隔を調整する方法がある。例えば、干渉縞の縞間隔を狭くするには、光源の波長を短くするか、被検面と出射点の位置関係を遠ざけるか、干渉させる光束の出射間隔を長くする必要がある。いずれにおいても、光源の増設や光学系（光源、スクリーン、カメラ）の位置調整、導波路型光位相変調器を用いる場合においては再設計・再作製が必要で、設備・稼働コストがかかるという問題あった。また、被検面と光源およびカメラの可動域が限られた条件下では、所望の縞間隔を得る位置関係を構築することが困難という問題があった。

[0008] 本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、1チップ上で縞間隔が可変な導波路型光位相変調器に関するもので、三次元形状計測の測定レンジ・解像度・測定精度の制御が可能な縞投影装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] このような目的を達成するために、本発明のある態様は、導波路型光位相変調器を備える縞投影装置に関する。縞投影装置は、光源、スクリーン（被検面）、カメラ（撮像面）の他、光源からの入力光を受ける入力導波路部と

、入力導波路に接続された分岐導波路と、分岐導波路に接続された光スイッチと、光スイッチに接続された位相シフタと、位相シフタに接続された出力導波路とを有する位相変調器を備える。

[0010] また、本発明の導波路型光位相変調器の第一の態様は、基板上に光導波路が設けられた導波路型光素子からなり、前記導波路型光素子は、光信号が入力される少なくとも1本の入力導波路と、前記入力導波路の出力に光学的に接続された1入力N出力（Nは2以上の整数）の分岐導波路と、前記分岐導波路の出力に光学的に接続された $1 \times M$ （Mは2以上の整数）光スイッチと、前記光スイッチの出力に光学的に接続された（ $N \times M$ ）本の位相シフタと、前記位相シフタの出力に光学的に接続された（ $N \times M$ ）本の出力導波路と、を含んでいることを特徴とする。

[0011] 本発明の導波路型光位相変調器の第二の態様は、前記第一の態様において、前記 $1 \times M$ 光スイッチのうち同一の $1 \times M$ 光スイッチから延伸した出力導波路端間の間隔の長さ、と、別々の $1 \times M$ 光スイッチから延伸し、隣接した出力導波路端間の間隔の長さとは異なっていることを特徴とする。

[0012] 本発明の導波路型光位相変調器の第三の態様は、前記第一の態様又は前記第二の態様において、前記分岐導波路の出力のうち少なくとも1出力に、多段構造の $1 \times M$ 光スイッチが光学的に接続されていることを特徴とする。

[0013] 本発明の導波路型光位相変調器の第四の態様は、前記第一の態様又は前記第二の態様において、前記分岐導波路の出力のうち少なくとも1出力に、多段構造の $1 \times M$ 光スイッチが光学的に接続され、前記分岐導波路の出力のうち少なくとも1出力に、単段構造の $1 \times M$ 光スイッチが光学的に接続されていることを特徴とする。

[0014] 本発明の導波路型光位相変調器の第五の態様は、前記第一の態様から前記第四の態様のいずれか一において、前記（ $N \times M$ ）本の位相シフタに、1本以上（ $N \times M$ ）本未満のヒータが設けられていることを特徴とする。

[0015] 本発明の導波路型光位相変調器の第六の態様は、前記第一の態様から前記第五の態様のいずれか一において、前記分岐導波路はY分岐導波路、方向性

結合器、マルチモード干渉（MMI）カプラ、スターカプラのいずれかにより構成されることを特徴とする。

[0016] 本発明の導波路型光位相変調器の第七の態様は、前記第一の態様から前記第六の態様のいずれか一において、前記導波路型光素子の両端のうち少なくとも一方にファイバが接続されていることを特徴とする。

[0017] 本発明の縞投影装置の一態様は、前記第一の態様から前記第七の態様のいずれか一に記載の導波路型光位相変調器と、前記導波路型光位相変調器の出力導波路から出力される光の干渉により生成される干渉縞の投影パターンを制御するスイッチおよび位相シフタ制御部と、前記導波路型光位相変調器へ入力する、可干渉性のある光を出力する光源と、を備えることを特徴とする。

[0018] なお、以上の構成要素の任意の組み合わせ、本発明の表現を方法、装置、システム、などの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、縞投影装置において、スイッチ機能を有する導波路型光位相変調器を備えることにより、光源の増設、出射点と被検面の位置調整を行わずに、装置コストや測定手順を増やすことなく解像度・測定精度を調整することが可能となり、設備・稼動コストの低減が期待できる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]実施例1に係る位相変調器の構成を模式的に示す上面図である。

[図2]実施例1に係る位相変調器の動作を模式的に示す上面図である。

[図3]変形例1に係る位相変調器の構成を模式的に示す上面図である。

[図4]変形例2に係る位相変調器の構成を模式的に示す上面図である。

[図5]変形例3に係る位相変調器の構成を模式的に示す上面図である。

[図6]変形例4に係る位相変調器の構成を模式的に示す上面図である。

[図7]変形例5に係る位相変調器の構成を模式的に示す上面図である。

[図8]変形例6に係る位相変調器の構成を模式的に示す上面図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明の干渉縞間隔可変光回路及び縞投影装置の形態について、図を用いて説明する。但し、本発明は以下に示す実施形態及び実施例の記載内容に限定されず、本明細書等において開示する発明の趣旨から逸脱することなく形態および詳細を様々に変更し得ることは当業者にとって自明である。

[0022] はじめに、本発明に係る実施形態の概要を説明する。本発明の一態様は、光源、スクリーン（被検面）、カメラ（撮像面）の他、導波路型光位相変調器を備える縞投影装置に関する。ある縞投影装置において、被検面と光源およびカメラの位置関係が固定されている時、干渉縞の縞間隔は、干渉させる光束の出射間隔を短くするほど広くなり、出射間隔を長くするほど狭くなる。本発明は、光学系（光源、スクリーン、カメラなど）の位置関係を動かすことなく、１チップの導波路型光位相変調器上で干渉させる光束の出射間隔を制御することにより、縞間隔を制御するものである。

[0023] 縞投影装置は、光源からの入力光を受ける入力導波路部と、入力導波路に接続された分岐導波路と、分岐導波路に接続された光スイッチと、光スイッチに接続された位相シフタと、位相シフタに接続された出力導波路とを有する導波路型光位相変調器を備える。なお、以上の構成要素の任意の組み合わせ、本発明の表現を方法、装置、システム、などの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

[0024] 以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態について詳細に説明する。以下に述べる構成は例示であり、本発明の範囲を何ら限定するものではない。

[0025] （実施例１）

本実施例の縞投影装置は、光源１０１、スクリーン１０９、カメラ１１０、導波路型光位相変調器１００を備える。導波路型光位相変調器１００には、干渉縞パターンを生成するため可干渉性のある光を入力する。例えば、単波長のレーザ光を入力する。入力光は、ファイバ（光ファイバ）１０２を介して光源１０１から導波路型光位相変調器１００に入力される。導波路型光位相変調器１００は、光源から出力される光を受ける１本の入力導波路１０

3と、入力導波路103の出力に光学的に接続された分岐導波路104、例えば、分割比1:1のY分岐導波路と、Y分岐導波路の各出力に光学的に接続されたスイッチ105の1×2のマッハツェンダ型の光スイッチと、光スイッチの出力に光学的に接続された光の位相を変化させる位相シフタ106と、位相シフタの出力に光学的に接続された出力導波路107からなる。スイッチ105は、配線によりスイッチ及び位相シフタ制御部108のスイッチ制御部と電氣的に接続されている。スイッチ及び位相シフタ制御部108は、出力導波路107から出力される光の干渉により生成される干渉縞の投影パターンを制御する。

[0026] 光導波路は、いわゆる平面型光集積回路（PLC；Planar Light wave Circuit）であり、例えば、シリコン基板の表面には石英系ガラスで形成されたクラッド層が設けられているとともに、このクラッド層の中層には石英系ガラスで形成されたコア部が設けられ、光導波路が形成されている。また、マッハツェンダ型の光スイッチおよび位相シフタ106は、熱光学効果を用いた熱光学位相シフタによって構成され、クラッド層の表面に薄膜のヒータ106aが形成されている。

[0027] 位相シフタ106において、クラッド層の表面に備えられた薄膜のヒータ106aは導波路を加熱し、導波路の位相を変化させる。ヒータ106aは、配線によりスイッチ及び位相シフタ制御部108の位相シフタ制御部と電氣的に接続されており、位相シフタ制御部からの制御信号に基づいて動作する。縞走査法において、位相シフタは干渉させる光束の位相を変化させ、生成される干渉縞の位相を操作する役割を担う。

[0028] 図2に示すように、マッハツェンダ型の光スイッチは、2個の3dB方向性結合器200と、これら方向性結合器間に設けられた薄膜のヒータ201a～201dを用いた相シフタで構成されている。この光スイッチが、図1の1×2光スイッチに対応する。なお、図2においては、図1の位相シフタに相当する部分を省略している。2個の方向性結合器200を結んでいる2本の導波路の光学的な光路長差 $|\Delta L_{opt}|$ は、用途に応じ、0（ $|\Delta L_{opt}|$

= 0) または信号光波長 λ の 2 分の 1 ($|\Delta L_{opt}| = \lambda / 2$) に設計されている。

[0029] ここで、出力導波路の間隔が $50\ \mu\text{m}$ の場合について、マッハツェンダ型の光スイッチにより、干渉させる光束の出射間隔を制御する（ひいては、干渉縞の縞間隔を変える）動作について説明する。

[0030] 光路長差 0 のマッハツェンダ型の光スイッチの場合について、以下に説明する。光路長差 $|\Delta L_{opt}|$ が 0 に設計されている場合、2 つの 1×2 のマッハツェンダ型の光スイッチの両方において薄膜のヒータ 201 a ~ 201 d が無通電〔オフ (OFF) 時〕のときは、公知の干渉原理によりマッハツェンダ光干渉計回路はクロス状態となるので、入力導波路端に入射された信号光は出力導波路 202 a および 202 d 端に伝搬し、光が出射される導波路の間隔は $150\ \mu\text{m}$ となる（図 2 (a)）。

[0031] また、2 つある 1×2 のマッハツェンダ型の光スイッチの一方について、方向性結合器を結んでいる 2 本の導波路の片側の薄膜のヒータ（この場合、薄膜のヒータ 201 a）へ通電〔オン (ON) 時〕し、熱光学効果により光学的な光路長を信号光波長の 2 分の 1 相当分位相変化させると、方向性結合器を結んでいる 2 本の導波路の光路長差 $|\Delta L_{opt}|$ は $\lambda / 2$ となる。すると、マッハツェンダ光干渉計回路は、ヒータを駆動させた回路のみバー状態となるので、入力導波路端に入射された信号光は出力導波路 202 b および 202 d 端に伝搬し、光が出射される導波路の間隔は $100\ \mu\text{m}$ となる（図 2 (b)）。

[0032] また、2 つある 1×2 のマッハツェンダ型の光スイッチの両方について、方向性結合器を結んでいる 2 本の導波路の片側の薄膜のヒータ（この場合、薄膜のヒータ 201 a および 201 c）へ通電〔オン (ON) 時〕し、熱光学効果により光学的な光路長を信号光波長の 2 分の 1 相当分位相変化させると、方向性結合器を結んでいる 2 本の導波路の光路長差 $|\Delta L_{opt}|$ は $\lambda / 2$ となる。すると、マッハツェンダ光干渉計回路は両方バー状態となるので、入力導波路端に入射された信号光は出力導波路 202 b および 202 c 端に

伝搬し、光が出射される導波路の間隔は $50\ \mu\text{m}$ となる（図 2（c））。

[0033] このように、1チップの導波路型光位相変調器上で干渉させる光束の出射間隔を制御することで、光源の増設や光学系（光源、スクリーン、カメラ）の位置調整、導波路型光位相変調器を用いる場合においては再設計・再作製の必要なく、干渉縞の縞間隔を変えることができる。

[0034] 一方、光路長差 $|\Delta L_{\text{opt}}|$ が $\lambda/2$ に設計されている場合は、2つの 1×2 のマッハツェンダ型光のスイッチの両方において薄膜のヒータが無通電〔オフ（OFF）時〕のときは、公知の干渉原理によりマッハツェンダ光干渉計回路はバー状態となるので、入力導波路端に入射された信号光は出力導波路 202b および 202c 端に伝搬し、光が出射される導波路の間隔は $50\ \mu\text{m}$ となる。

[0035] また、2つある 1×2 のマッハツェンダ型の光スイッチの一方について、方向性結合器を結んでいる2本の導波路の片側の薄膜のヒータ（この場合、薄膜のヒータ 202a）へ通電〔オン（ON）時〕し、熱光学効果により光学的な光路長を信号光波長の2分の1相当分位相変化させると、方向性結合器を結んでいる2本の導波路の光路長差 $|\Delta L_{\text{opt}}|$ は0となる。すると、マッハツェンダ光干渉計回路は、ヒータを駆動させた回路のみクロス状態となるので、入力導波路端に入射された信号光は出力導波路 202a および 202c（または 202b および 202d）端に伝搬し、光が出射される導波路の間隔は $100\ \mu\text{m}$ となる。

[0036] また、2つある 1×2 のマッハツェンダ型の光スイッチの両方について、方向性結合器を結んでいる2本の導波路の片側の薄膜のヒータ（この場合、薄膜のヒータ 202a および 202c）へ通電〔オン（ON）時〕し、熱光学効果により光学的な光路長を信号光波長の2分の1相当分位相変化させると、方向性結合器を結んでいる2本の導波路の光路長差 $|\Delta L_{\text{opt}}|$ は0となる。すると、マッハツェンダ光干渉計回路は両方クロス状態となるので、入力導波路端に入射された信号光は出力導波路 202a および 202d 端に伝搬し、光が出射される導波路の間隔は $150\ \mu\text{m}$ となる。

- [0037] 以上、本発明を、実施例をもとに説明した。この実施例は例示であり、それらの各構成要素の組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。
- [0038] 例えば、分岐導波路の分割比は干渉縞のコントラスト比が高まるように 1 : 1 で分割させることが好ましいが、任意であっても良い。分岐導波路は Y 分岐導波路の他、方向性結合器、マルチモード干渉カプラまたはスターカプラであっても良い。
- [0039] 位相変調器は、電気光学効果、キャリアプラズマ分散効果、光弾性効果などを利用して良い。導波路は全体が直線状に構成されなくてもよく、曲線部を含むように構成されてもよい。
- [0040] 位相変調器には、断熱のための断熱溝や、迷光を除去するための遮光剤充填溝が形成されていてもよい。位相変調器は、ファイバブロックを介して光ファイバと結合されていてもよい。位相変調器は、光源からレンズを介して光を入力させても良いし、光源から直接光を入力させても良い。位相変調器は、直接光を出力させても良いし、ファイバを介して光を出力させても良い。縞走査法のみならず、構造化照明法を利用する計測技術に上述の実施例および変形例を適用しても良い。縞投影装置にスクリーンやカメラが備わっていても良い。
- [0041] 本実施例では、光信号が入力される 1 本の入力導波路と、前記入力導波路の出力に光学的に接続された 1 入力 2 出力の分岐導波路と、前記分岐導波路の出力に光学的に接続された 1×2 光スイッチと、前記 1×2 光スイッチの出力に光学的に接続された 4 本の位相シフタと、前記位相シフタの出力に光学的に接続された 4 本の出力導波路とを含んでいる導波路型光素子の例を示したが、光信号が入力される少なくとも 1 本の入力導波路と、前記入力導波路の出力に光学的に接続された 1 入力 N 出力（N は 2 以上の整数）の分岐導波路と、前記分岐導波路の出力に光学的に接続された $1 \times M$ （M は 2 以上の整数）光スイッチと、前記光スイッチの出力に光学的に接続された（ $N \times M$ ）本の位相シフタと、前記位相シフタの出力に光学的に接続された（ $N \times M$ ）

）本の出力導波路と、を含んでいる導波路型光素子も提供が可能である。

[0042] （変形例 1）

図 3 に、変形例 1 に係る導波路型光位相変調器 300 の構成を示す。導波路型光位相変調器 300 は、入力導波路 301 と、分岐導波路 302 と、スイッチ 303 と、ヒータ 304a を設けた位相シフタ 304 と、出力導波路 305 とを有する。図 3 に示すように、隣り合う出力導波路の間隔 306 は、非等間隔でも良い。スイッチ 303 の同一の 1×2 光スイッチから延伸した出力導波路端間の間隔の長さ、と、別々の 1×2 光スイッチから延伸し、隣接した出力導波路端間の間隔の長さとは異なってもよい。本変形例では、 1×2 光スイッチを用いたが、 M が 3 以上の $1 \times M$ 光スイッチを用いてもよい。

[0043] （変形例 2）

図 4 に、変形例 2 に係る導波路型光位相変調器 400 の構成を示す。導波路型光位相変調器 400 は、入力導波路 401 と、分岐導波路 402 と、スイッチ 403 と、ヒータ 404a を設けた位相シフタ 404 と、出力導波路 405 とを有する。スイッチ 403 の点枠内の $1 \times M$ （この場合、 $M = 4$ ）光スイッチは、多段構成でも良い。

[0044] 光信号が入力される少なくとも 1 本の入力導波路と、前記入力導波路の出力に光学的に接続された 1 入力 N 出力（ N は 2 以上の整数）の分岐導波路と、前記分岐導波路の出力に光学的に接続された $1 \times M$ （ M は 2 以上の整数）光スイッチと、前記光スイッチの出力に光学的に接続された（ $N \times M$ ）本の位相シフタと、前記位相シフタの出力に光学的に接続された（ $N \times M$ ）本の出力導波路と、を含んでいる導波路型光素子の場合には、前記分岐導波路の出力のうち少なくとも 1 出力に、多段構造の $1 \times M$ 光スイッチが光学的に接続されていればよい。

[0045] （変形例 3）

図 5 に、変形例 3 に係る導波路型光位相変調器 500 の構成を示す。導波路型光位相変調器 500 は、入力導波路 501 と、分岐導波路 502 と、スイッチ 503 と、ヒータ 504a を設けた位相シフタ 504 と、出力導波路 5

05とを有する。スイッチ503内の、各分岐導波路に接続されているスイッチのポート数は、異なっても良い。

[0046] また、光信号が入力される少なくとも1本の入力導波路と、前記入力導波路の出力に光学的に接続された1入力N出力（Nは2以上の整数）の分岐導波路と、前記分岐導波路の出力に光学的に接続された $1 \times M$ （Mは2以上の整数）光スイッチと、前記光スイッチの出力に光学的に接続された（ $N \times M$ ）本の位相シフトと、前記位相シフトの出力に光学的に接続された（ $N \times M$ ）本の出力導波路と、を含んでいる導波路型光素子の場合には、前記分岐導波路の出力のうち少なくとも1出力に、多段構造の $1 \times M$ 光スイッチが光学的に接続され、前記分岐導波路の出力のうち少なくとも1出力に、単段構造の $1 \times M$ 光スイッチが光学的に接続されている。

[0047] （変形例4）

図6に、変形例4に係る導波路型光位相変調器600の構成を示す。導波路型光位相変調器600は、入力導波路601と、分岐導波路602と、スイッチ603と、ヒータ604aを設けた位相シフト604と、出力導波路605とを有する。位相シフト604においてヒータ604aが設けられていないポートがあっても良い。図6の 1×2 光スイッチは、ヒータが設けられていない導波路を介して出力導波路505端と接続し、かつ、ヒータ604aが設けられた導波路を介して出力導波路505端と接続している。

[0048] また、光信号が入力される少なくとも1本の入力導波路と、前記入力導波路の出力に光学的に接続された1入力N出力（Nは2以上の整数）の分岐導波路と、前記分岐導波路の出力に光学的に接続された $1 \times M$ （Mは2以上の整数）光スイッチと、前記光スイッチの出力に光学的に接続された（ $N \times M$ ）本の位相シフトと、前記位相シフトの出力に光学的に接続された（ $N \times M$ ）本の出力導波路と、を含んでいる導波路型光素子の場合には、前記（ $N \times M$ ）本の位相シフトに、1本以上（ $N \times M$ ）本未満のヒータが設けられていればよい。

[0049] （変形例5）

図 7 に、変形例 5 に係る導波路型光位相変調器 700 の構成を示す。導波路型光位相変調器 700 は、入力導波路 701 と、分岐導波路 702 と、4 個の 1×2 光スイッチを有するスイッチ 703 と、ヒータ 704a を設けた位相シフタ 704 と、出力導波路 705 とを有する。分岐導波路 702 は、スターカプラを用いてもよい。

[0050] (変形例 6)

図 8 に、変形例 6 に係る導波路型光位相変調器 800 の構成を示す。導波路型光位相変調器 800 は、入力導波路 803 と、分岐導波路 804 と、スイッチ 805 と、ヒータ 806a を設けた位相シフタ 806 と、出力導波路 807 とを有する。導波路型光位相変調器 800 の両端にファイバ 802、811 が接続されており、ファイバ 802 は光源と接続する。縞投影装置は、導波路型光位相変調器 800、光源 801 と、スイッチ及び位相シフタ制御部 808 と、スクリーン 809 と、カメラ 810 とを備える。スイッチ及び位相シフタ制御部 808 は、出力導波路 807 から出力される光の干渉により生成される干渉縞の投影パターンを制御する。

産業上の利用可能性

[0051] 本発明は、干渉縞を走査する導波路型光位相変調器およびそれを用いた縞投影装置に関する技術分野に適用できる。

符号の説明

[0052] 100、300、400、500、600、700、800 導波路型光位相変調器

101、801 光源

102、802、811 ファイバ

103、301、401、501、601、701、803 入力導波路

104、302、402、502、602、702、803 分岐導波路

105、303、403、503、603、703、805 スイッチ

106、304、404、504、604、704、806 位相シフタ

106a、201a、201b、201c、201d、304a、404a、

504 a、604 a、704 a、806 a ヒータ
107、202 a、202 b、202 c、202 d、305、405、50
5、605、705、807 出力導波路
108、808 スイッチ及び位相シフタ制御部
109、809 スクリーン
110、810 カメラ
200 3 dB方向性結合器
306 間隔

請求の範囲

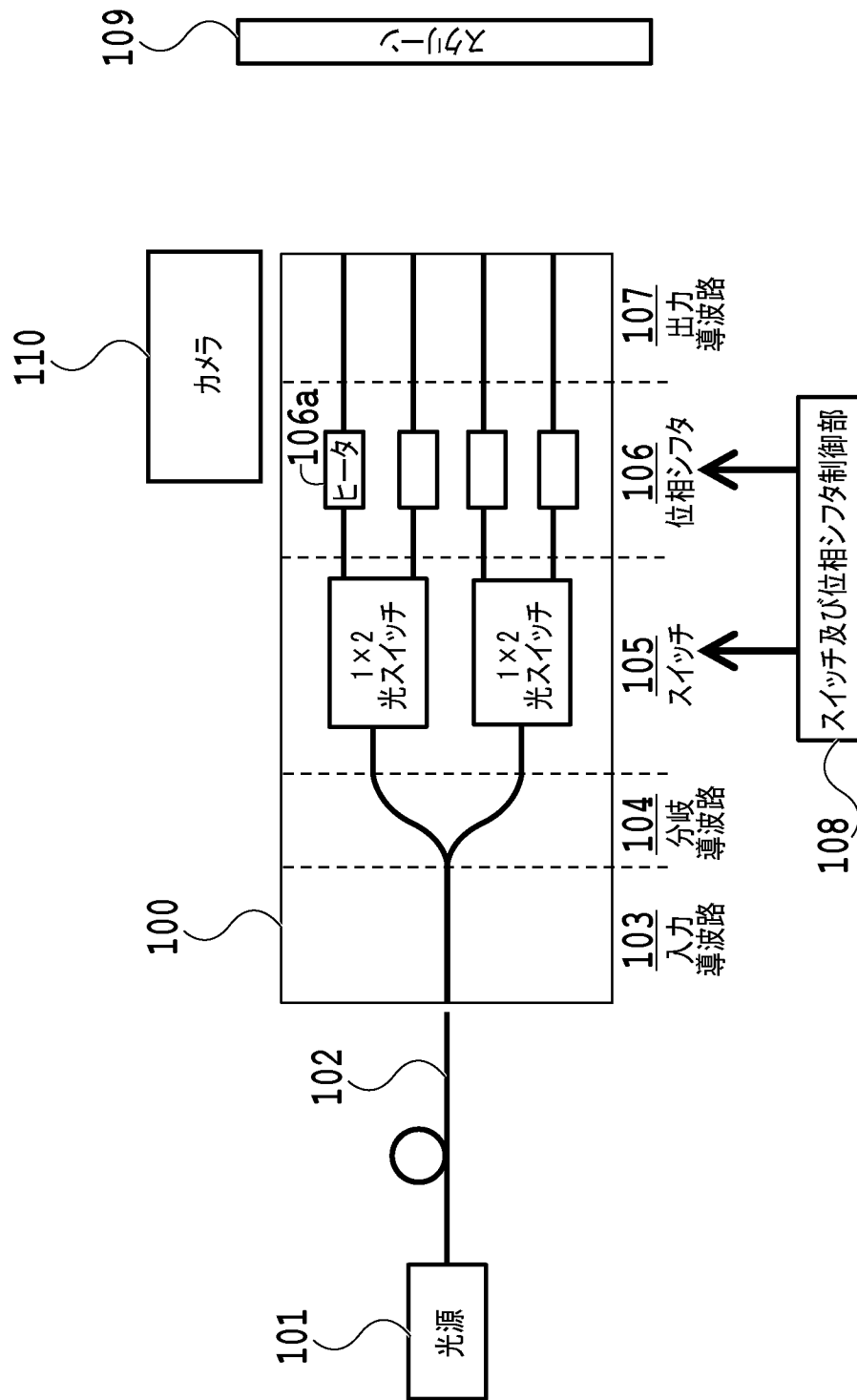
- [請求項1] 基板上に光導波路が設けられた導波路型光素子からなり、
前記導波路型光素子は、
光信号が入力される少なくとも1本の入力導波路と、
前記入力導波路の出力に光学的に接続された1入力N出力（Nは2以上の整数）の分岐導波路と、
前記分岐導波路の出力に光学的に接続された $1 \times M$ （Mは2以上の整数）光スイッチと、
前記光スイッチの出力に光学的に接続された（ $N \times M$ ）本の位相シフタと、前記位相シフタの出力に光学的に接続された（ $N \times M$ ）本の出力導波路と、
を含んでいることを特徴とする導波路型光位相変調器。
- [請求項2] 前記 $1 \times M$ 光スイッチのうち同一の $1 \times M$ 光スイッチから延伸した出力導波路端間の間隔の長さ、と、別々の $1 \times M$ 光スイッチから延伸し、隣接した出力導波路端間の間隔の長さとは異なっていることを特徴とする請求項1に記載の導波路型光位相変調器。
- [請求項3] 前記分岐導波路の出力のうち少なくとも1出力に、多段構造の $1 \times M$ 光スイッチが光学的に接続されていることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の導波路型光位相変調器。
- [請求項4] 前記分岐導波路の出力のうち少なくとも1出力に、多段構造の $1 \times M$ 光スイッチが光学的に接続され、前記分岐導波路の出力のうち少なくとも1出力に、単段構造の $1 \times M$ 光スイッチが光学的に接続されていることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の導波路型光位相変調器。
- [請求項5] 前記（ $N \times M$ ）本の位相シフタに1本以上（ $N \times M$ ）本未満のヒータが設けられている請求項1乃至請求項4のいずれか一項に記載の導波路型光位相変調器。
- [請求項6] 前記分岐導波路はY分岐導波路、方向性結合器、マルチモード干渉

(MMI) カプラ、スターカプラのいずれかにより構成される請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の導波路型光位相変調器。

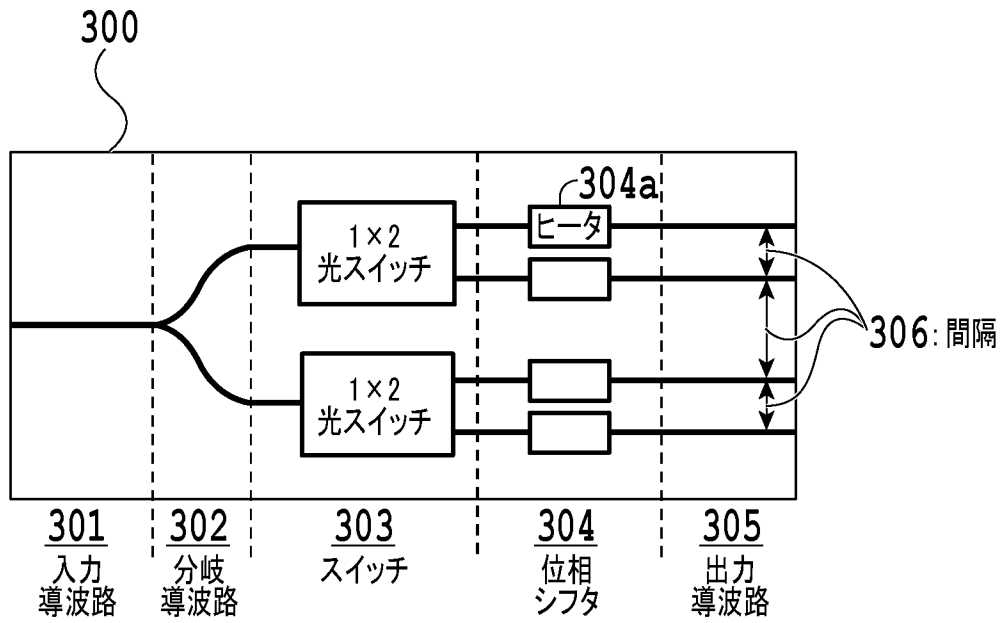
[請求項7] 前記導波路型光素子の両端のうち少なくとも一方にファイバが接続されていることを特徴とする、請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の導波路型光位相変調器。

[請求項8] 請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の導波路型光位相変調器と、
前記導波路型光位相変調器の出力導波路から出力される光の干渉により生成される干渉縞の投影パターンを制御するスイッチおよび位相シフタ制御部と、
前記導波路型光位相変調器へ入力する、可干渉性のある光を出力する光源と、
を備えることを特徴とする縞投影装置。

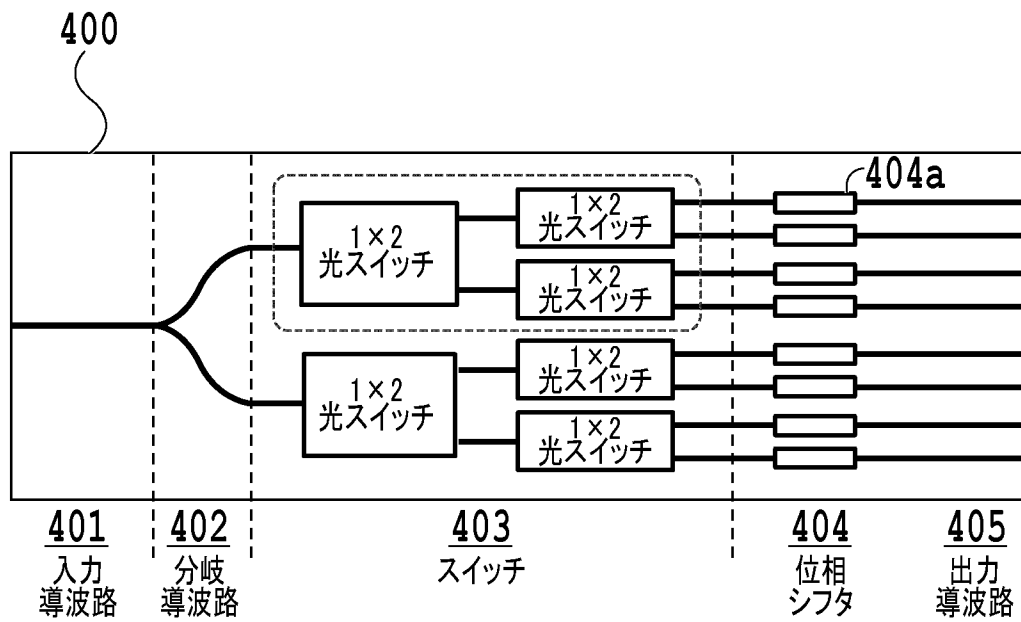
[図1]



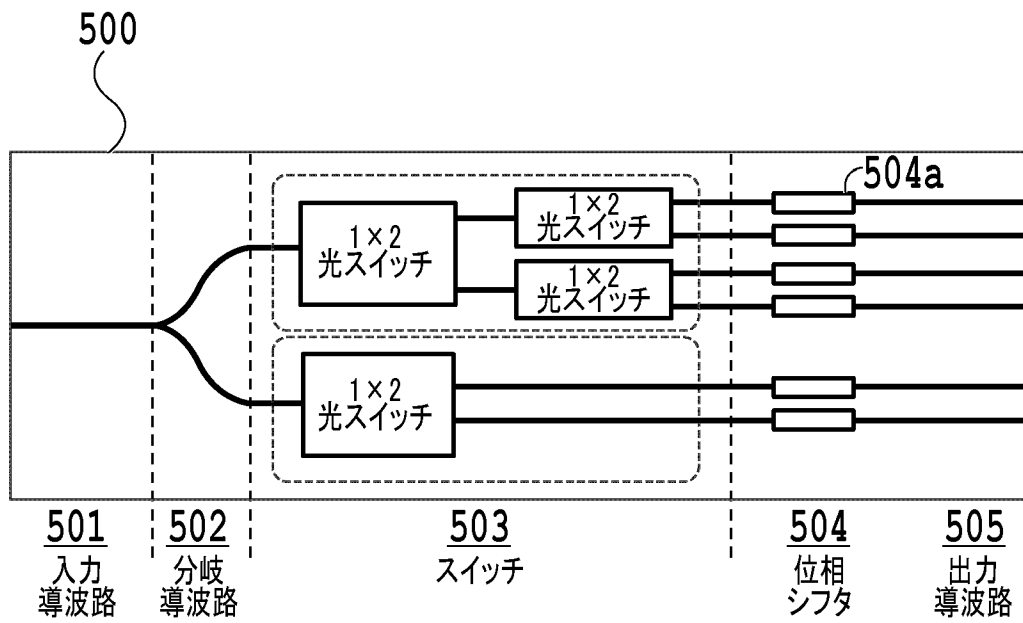
[図3]



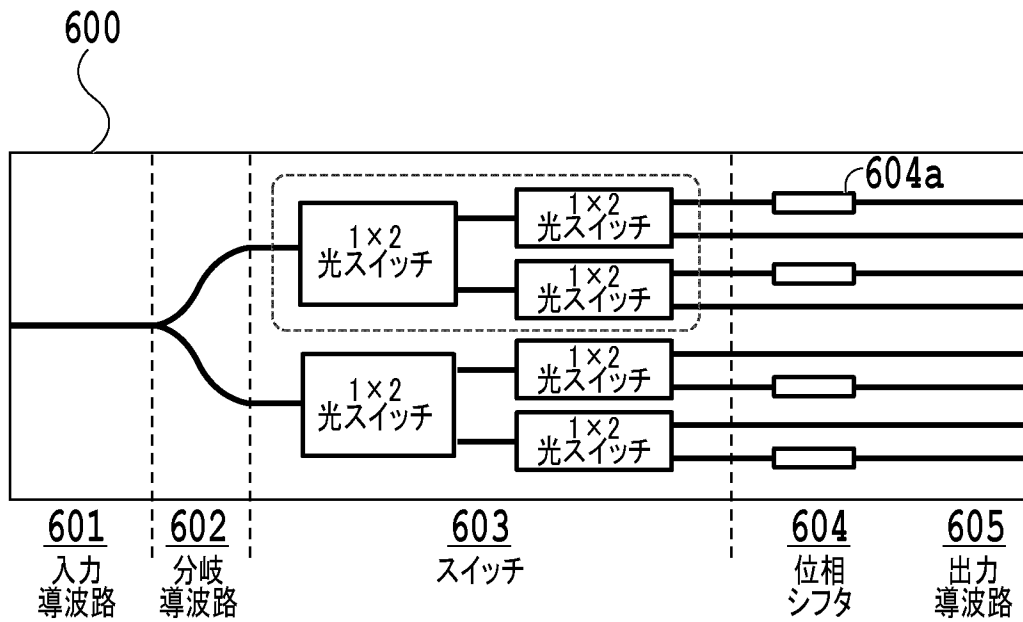
[図4]



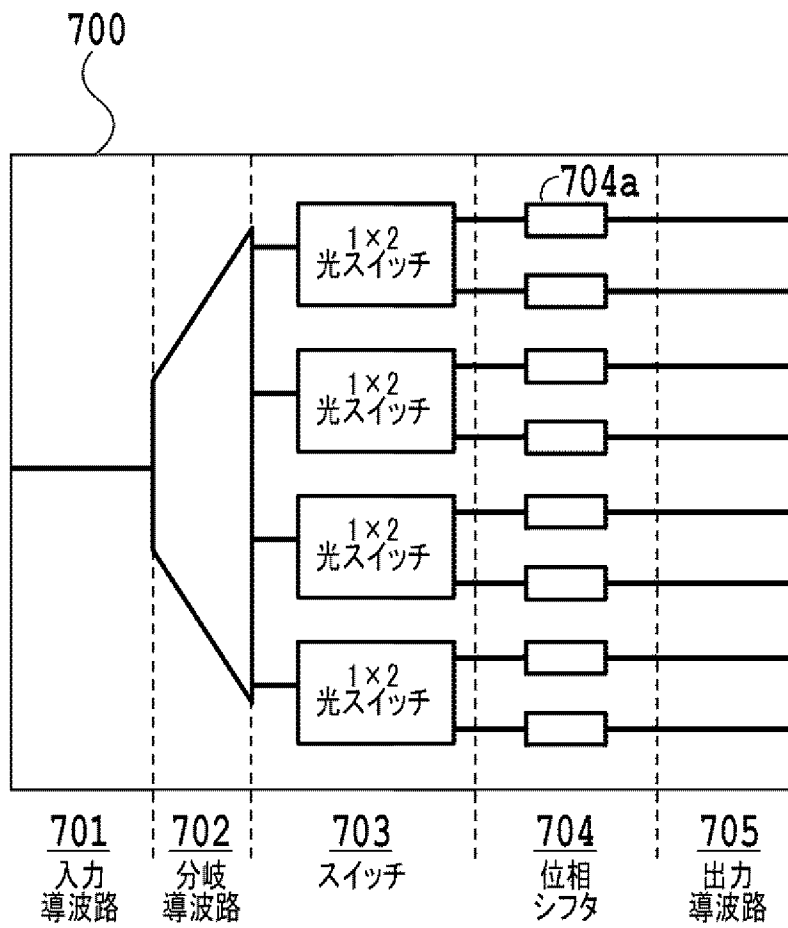
[図5]



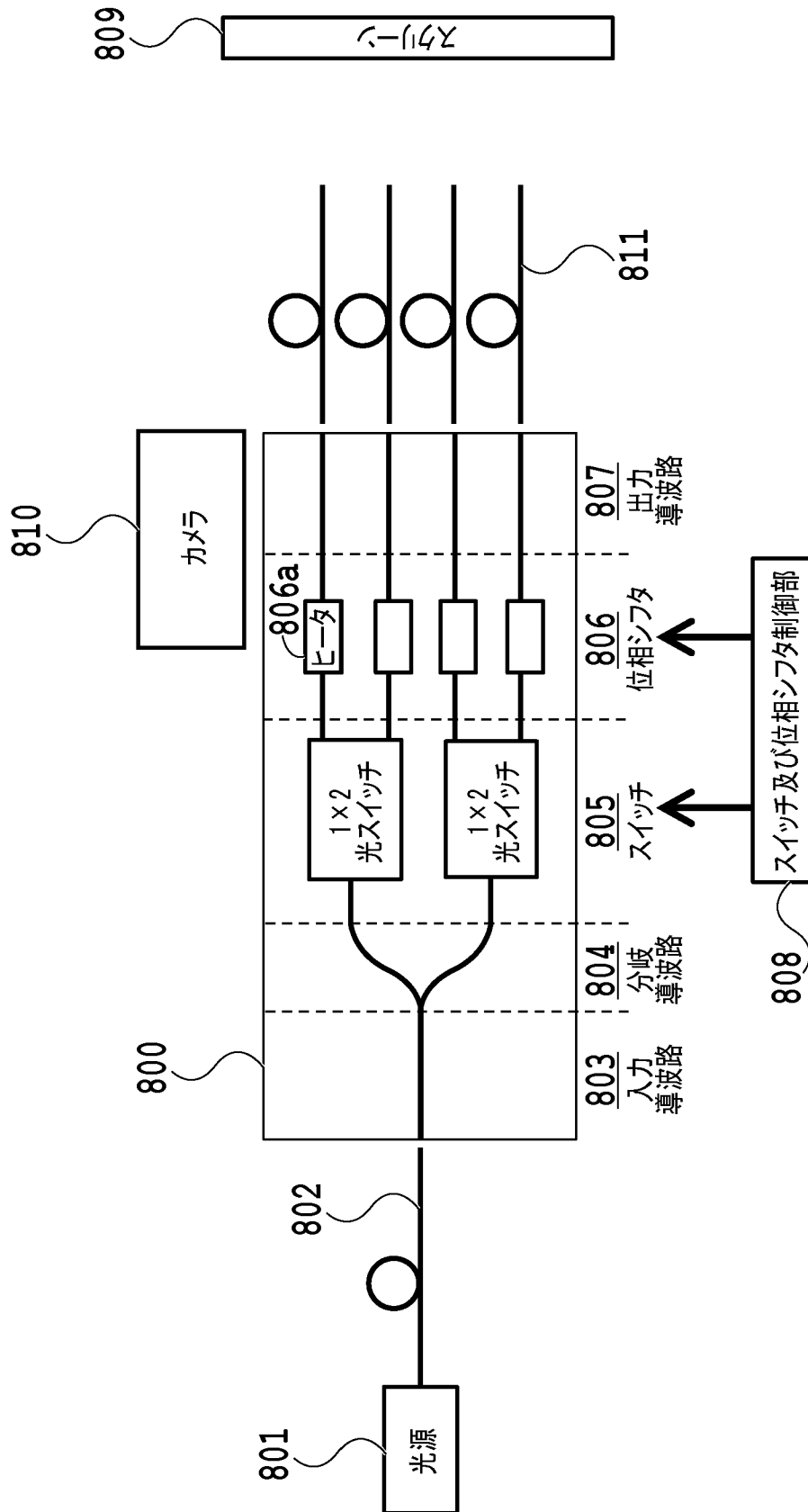
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/030325

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01B11/25 (2006.01) i, G02F1/225 (2006.01) i, G02F1/313 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G01B11/00-11/30, G02F1/00-1/125, G02F1/21-7/00

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2010/0290060 A1 (MOHAZZAB, M. et al.) 18 November 2010, paragraphs [0059], [0060], [0109]-[0113], fig. 3, 13 & WO 2010/132802 A2	1-8
A	WO 2009/104631 A1 (NEC CORPORATION) 27 August 2009, entire text, all drawings & US 2010/0329690 A1 & EP 2262132 A1 & CN 101946428 A	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 27.08.2019	Date of mailing of the international search report 10.09.2019
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/030325

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2018/139510 A1 (OLYMPUS CORPORATION) 02 August 2018, entire text, all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2016-206303 A (OLYMPUS CORPORATION) 08 December 2016, entire text, all drawings (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01B11/25(2006.01)i, G02F1/225(2006.01)i, G02F1/313(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01B11/00-11/30, G02F1/00-1/125, G02F1/21-7/00

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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）

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	US 2010/0290060 A1 (MOHAZZAB Masoud et al.) 2010.11.18, 段落[0059], [0060], [0109]-[0113], 第3, 13 図 & WO 2010/132802 A2	1-8
A	WO 2009/104631 A1 (日本電気株式会社) 2009.08.27, 全文, 全図 & US 2010/0329690 A1 & EP 2262132 A1 & CN 101946428 A	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27.08.2019

国際調査報告の発送日

10.09.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

丑田 真悟

2S

3100

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 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	WO 2018/139510 A1 (オリンパス株式会社) 2018.08.02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2016-206303 A (オリンパス株式会社) 2016.12.08, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8