

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2006年6月29日 (29.06.2006)

PCT

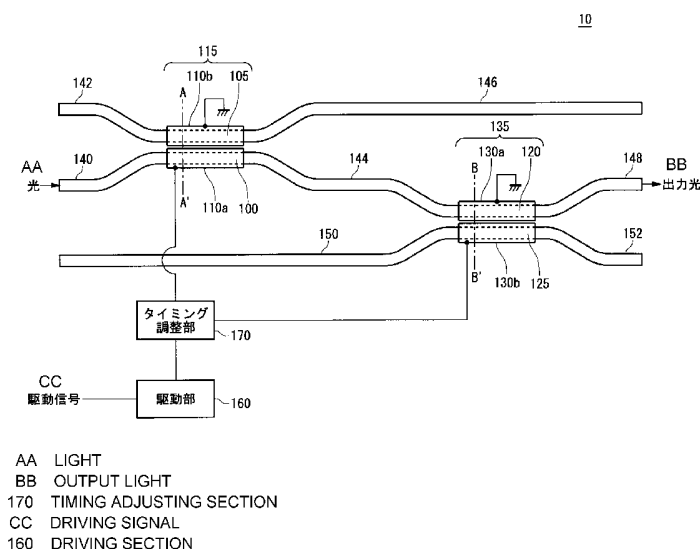
(10) 国際公開番号
WO 2006/067941 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/313 (2006.01) G02B 6/122 (2006.01)
G02B 6/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/022101
- (22) 国際出願日: 2005年12月1日 (01.12.2005)
- (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 2004-372108
2004年12月22日 (22.12.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社アドバンテスト (ADVANTEST CORPORATION)
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 桜井 孝夫 (SAKURAI, Takao) [JP/JP]; 〒1790071 東京都練馬区旭町1丁目3番2号 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 龍華 明裕 (RYUKA, Akihiro); 〒1631105 東京都新宿区西新宿6-22-1 新宿スクエアタワー5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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW,

/ 続葉有 /

(54) Title: OPTICAL SWITCH AND OPTICAL TEST DEVICE

(54) 発明の名称: 光スイッチ及び光試験装置



(57) Abstract: An optical switch is provided with a distributed coupled type first optical coupler, which has a first light guide and a second light guide provided parallel, and outputs input light inputted from an input side end part of the first light guide as output light from one output side end part of the first light guide and the second light guide; a first electrode, which applies a magnetic field corresponding to a first input voltage to the first light guide and the second light guide and controls whether to output the input light inputted to the first optical coupler as output light or not, corresponding to the first input voltage; and a phase modulation reducing section for reducing an output light phase change corresponding to a change of the magnetic field applied to the first light guide and the second light guide.

(57) 要約: 平行に設けられた第1光導波路及び第2光導波路を有し、第1光導波路の入力側端部に入力された入力光を、第1光導波路及び第2光導波路の一方の出力側端部から出力光として出力する分布結合型の第1の光結合器と、第1の入力電圧に応じた電界を第1光導波路及び第2光導波路に印加して、第1の光結合器に入力された入力光を出力光として出力させるか否かを第1の入力電圧に応じて制御する第1の電極と、第

/ 続葉有 /



MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

光スイッチ及び光試験装置

技術分野

[0001] 本発明は、光スイッチ及び光試験装置に関する。特に本発明は、分布結合型の光結合器を用いた光スイッチ及び光試験装置に関する。本出願は、下記の日本出願に関連する。文献の参照による組み込みが認められる指定国については、下記の出願に記載された内容を参照により本出願に組み込み、本出願の一部とする。

1. 特願2004-372108 出願日 2004年12月22日

背景技術

[0002] 従来、光スイッチの一形態として分布結合型の光スイッチが用いられている。分布結合型の光スイッチは、近接して平行に設けられた第1光導波路及び第2光導波路を有する光結合器と、第1光導波路及び第2光導波路に電界を印加して電気光学効果を生じさせる電極とを有する。分布結合型の光スイッチにおいては、電極に電圧を印加するか否かにより、第1光導波路に入力した入力光を、第1光導波路及び第2光導波路のいずれから出力するかを制御することができる。

[0003] 分布結合型の光スイッチは、電圧のオン又はオフにより制御可能であり、マッハツェンダー型の光スイッチのように規定のDCバイアスを常に印加する必要がない。このため、DCバイアスの印加により基板等がチャージし、光スイッチの動作点が変わるドリフト現象が生じにくく、安定した動作特性が得られる。このため、高い消光比が必要な光路切替用に多用される。

[0004] 特許文献1は、分布結合型の光スイッチを複数用いて $M \times N$ の光接続の切り替えを可能とするマトリクス型の光スイッチを開示する。

[0005] 特許文献2は、第1光導波路及び第2光導波路を有し、入力光をいずれの光導波路から出力させるかを切り替える第1光結合器と、第1光導波路の出力光の出力ポートと第1光結合器との間に設けられた第2光結合器とを備える光制御デバイスを開示する。特許文献2においては、第2光結合器は、第1光結合器のスイッチングに伴う消光比を高めるために用いられる。より具体的には、第1光結合器が第1光導波路に出力

光を出力しないように制御された場合に、第2光結合器は、第1光導波路からの漏話光を光通信に使用しない光導波路に出力し、出力ポートから出力されないようにスイッチングする。

[0006] 以上に示した特許文献1及び2によれば、光結合器を多段構成とすることにより、消光比を更に高めることができる。

[0007] また、特許文献3においては、方向性結合器型変調器内に設けたクロス状態方向性結合器を構成する2つの光導波路に対応して電極を配置し、直流電圧を印加することにより方向性結合型変調器のチャープパラメータを設定可能としている(図18等参照。)。

特許文献1:特開昭60－76722号公報

特許文献2:特開平5－53157号公報

特許文献3:特開2004－354960号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0008] 分布結合型の光スイッチをダイナミックに駆動し高速にオン／オフした場合、光導波路に電界を印加することによる位相変調が生じ、出力光の周波数にチャープが発生する。このため、分布結合型の光スイッチを光パルス試験装置(OTDR:Optical Time Domain Reflectometer)に用いた場合、出力光のチャープに伴い試験対象の光ファイバへ入射される光の周波数が変化してしまう。この結果、光パルス試験装置の測定精度が低くなるという問題がある。

特許文献3においてはチャープパラメータを制御できるものの、光スイッチをダイナミックに駆動したことに伴いダイナミックに発生する位相変調を適切に抑えることができない。

[0009] そこで本発明は、上記の課題を解決することのできる光スイッチ及び光試験装置を提供することを目的とする。この目的は請求の範囲における独立項に記載の特徴の組み合わせにより達成される。また従属項は本発明の更なる有利な具体例を規定する。

課題を解決するための手段

- [0010] 本発明の第1の形態によると、平行に設けられた第1光導波路及び第2光導波路を有し、前記第1光導波路の入力側端部に入力された入力光を、前記第1光導波路及び前記第2光導波路の一方の出力側端部から出力光として出力する分布結合型の第1の光結合器と、第1の入力電圧に応じた電界を前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加して、前記第1の光結合器に入力された前記入力光を前記出力光として出力させるか否かを前記第1の入力電圧に応じて制御する第1の電極と、前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加される電界の変化に応じた前記出力光の位相の変化を低減させる位相変調低減部とを備える光スイッチを提供する。
- [0011] 前記位相変調低減部は、前記出力光の位相を、前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加される電界の変化に応じた前記出力光の位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させてもよい。
- [0012] 前記位相変調低減部は、前記第1光導波路の前記出力側端部から出力される前記出力光を入力する第3光導波路と、前記第3光導波路に平行に設けられた第4光導波路とを有し、前記第1の光結合器における位相の変化を低減させた前記出力光を前記第3光導波路から出力する分布結合型の第2の光結合器と、前記第1の入力電圧に応じて、前記第1の電極が前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加する電界と逆方向の電界を前記第3光導波路及び前記第4光導波路に印加して、前記第3光導波路を伝搬する前記出力光の位相を、前記第1の光結合器における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる第2の電極とを有してもよい。
- [0013] 前記位相変調低減部は、前記出力光を入力する第3光導波路と、前記第1の入力電圧に応じて、前記第1の電極が前記第1光導波路に印加する電界と逆方向の電界を前記第3光導波路に印加して、前記第3光導波路を伝播する前記出力光の位相を、前記第1の光結合器における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる第2の電極とを有してもよい。
- [0014] 前記第1の入力電圧を前記第1の電極に印加してから前記第1の入力電圧を前記第2の電極に印加するまでの時間を、前記第1の光結合器に前記入力光が入力されてから前記第3の光導波路に前記出力光が入力されるまでの時間と実質的に同一となるように調整するタイミング調整部を更に備えてもよい。

- [0015] 前記位相変調低減部は、外部から光を入力して前記入力光として前記第1光導波路に入力する第3光導波路と、前記第3光導波路に平行に設けられた第4光導波路とを有する分布結合型の第2の光結合器と、前記第1の入力電圧に応じて、前記第1の電極が前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加する電界と逆方向の電界を前記第3光導波路及び前記第4光導波路に印加して、前記第3光導波路を伝搬する前記入力光の位相を、前記第1の光結合器における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる第2の電極とを有してもよい。
- [0016] 前記位相変調低減部は、外部から光を入力して前記入力光として前記第1光導波路に入力する第3光導波路と、前記第1の入力電圧に応じて、前記第1の電極が前記第1光導波路に印加する電界と逆方向の電界を前記第3光導波路に印加して、前記第3光導波路を伝搬する前記入力光の位相を、前記第1の光結合器における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる第2の電極とを有してもよい。
- [0017] 前記第1の入力電圧を前記第2の電極に印加してから前記第1の入力電圧を前記第1の電極に印加するまでの時間を、前記第3の光導波路に光が入力されてから前記第1の光結合器に前記入力光が入力されるまでの時間と実質的に同一となるように調整するタイミング調整部を更に備えてもよい。
- [0018] 前記位相変調低減部は、前記第1光導波路の前記出力側端部から出力される前記出力光を入力する第3光導波路と、前記第3光導波路に平行に設けられた第4光導波路とを有し、前記第1の光結合器における位相の変化を低減させた前記出力光を前記第4光導波路から出力する分布結合型の第2の光結合器と、予め定められた基準電圧から前記第1の入力電圧を減じて前記第2の入力電圧を生成する入力電圧変換部と、前記第2の入力電圧に応じて、前記第1の電極が前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加する電界と同方向の電界を前記第3光導波路及び前記第4光導波路に印加して、前記第3光導波路及び前記第4光導波路を伝搬する前記出力光の位相を、前記第1の光結合器における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる第2の電極とを有してもよい。
- [0019] 前記第1の入力電圧を前記第1の電極に印加してから前記第2の入力電圧を前記第2の電極に印加するまでの時間を、前記第1の光結合器に前記入力光が入力され

てから前記第3の光導波路に前記出力光が入力されるまでの時間と実質的に同一となるように調整するタイミング調整部を更に備えてもよい。

[0020] 前記位相変調低減部は、外部から光を入力する第3光導波路と、前記第3光導波路に平行に設けられ、前記第3光導波路が入力した入力光を前記第1光導波路に入力する第4光導波路とを有する分布結合型の第2の光結合器と、予め定められた基準電圧から前記第1の入力電圧を減じて前記第2の入力電圧を生成する入力電圧変換部と、前記第2の入力電圧に応じて、前記第1の電極が前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加する電界と同方向の電界を前記第3光導波路及び前記第4光導波路に印加して、前記第3光導波路を伝搬する前記入力光の位相を、前記第1の光結合器における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる第2の電極とを有してもよい。

[0021] 前記第2の入力電圧を前記第2の電極に印加してから前記第1の入力電圧を前記第1の電極に印加するまでの時間を、前記第3の光導波路に光が入力されてから前記第1の光結合器に前記入力光が入力されるまでの時間と実質的に同一となるように調整するタイミング調整部を更に備えてもよい。

[0022] 本発明の第2の形態によれば、光を発生する発光部と、パルス信号を発生するパルス発生器と、前記パルス信号に基づいて、前記発光部により発生された光を出力するか否かを切り替える光スイッチと、前記光スイッチから出力された光を外部の光導波路に入力し、前記外部の光導波路から反射光を取得する方向性結合器と、前記外部の光導波路から取得された反射光の検波を行う検波部とを備え、前記光スイッチは、平行に設けられた第1光導波路及び第2光導波路を有し、前記発光部により発生されて前記第1光導波路の入力側端部に入力された入力光を、前記第1光導波路及び前記第2光導波路の一方の出力側端部から出力光として出力する分布結合型の第1の光結合器と、前記パルス信号に基づく第1の入力電圧に応じた電界を前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加して、前記第1の光結合器に入力された前記入力光を前記出力光として出力させるか否かを前記第1の入力電圧に応じて制御する第1の電極と、前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加される電界の変化に応じた前記出力光の位相の変化を低減させる位相変調低減部とを有する

光試験装置を提供する。

- [0023] なお、上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものではなく、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となりうる。

発明の効果

- [0024] 本発明によれば、スイッチングによるチャープの発生を抑える光スイッチ及び光試験装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0025] [図1]本発明の実施形態に係る光スイッチ10の構成を示す。
[図2]本発明の実施形態に係る光スイッチ10のAA'の断面((a))及びBB'の断面((b))を示す。
[図3]本発明の実施形態に係る光スイッチ10における位相変調を示す。
[図4]本発明の実施形態の第1変形例に係る光スイッチ10の構成を示す。
[図5]本発明の実施形態の第2変形例に係る光スイッチ10の構成を示す。
[図6]本発明の実施形態の第2変形例に係る光スイッチ10のCC'の断面を示す。
[図7]本発明の実施形態の第3変形例に係る光スイッチ10の構成を示す。
[図8]本発明の実施形態の第4変形例に係る光スイッチ10の構成を示す。
[図9]本発明の実施形態の第4変形例に係る光スイッチ10における位相変調を示す。
。
[図10]本発明の実施形態の第5変形例に係る光スイッチ10の構成を示す。
[図11]本発明の実施形態の第6変形例に係る光スイッチ10の構成を示す。
[図12]本発明の実施形態の第7変形例に係る光スイッチ10の構成を示す。
[図13]本発明の実施形態に係る光試験装置20の構成を示す。

符号の説明

- [0026] 10 光スイッチ
20 光試験装置
115、135 光結合器
100、105、120、125、140、141、142、144、146、148、150、152 光導波路
110a～b、130a～b、410a～b、430a～b、830a～b、910a～b、1030a～b、113

0a～b 電極

160 駆動部

170 タイミング調整部

880 入力電圧変換部

1300 光ファイバ

1310 発光部

1320 パルス発生器

1330 方向性結合器

1340 検波器

1350 平均算出部

発明を実施するための最良の形態

[0027] 図1は、本実施形態に係る光スイッチ10の構成を示す。光スイッチ10は、光結合器115により入力光を光スイッチ10から出力するか否かを切り替える。本実施形態に係る光スイッチ10は、光結合器115により生じた出力光の位相変調を光結合器135により低減して出力し、チャープの発生を抑える。

[0028] 光スイッチ10は、光結合器115と、電極110(110a、b)と、光結合器135と、電極130(130a、b)と、複数の光導波路(140、142、144、146、148、150、及び152)と、駆動部160と、タイミング調整部170とを備える。

[0029] 光結合器115は、平行に設けられた第1光導波路100及び第2光導波路105を有する分布結合型の光結合器である。光結合器115は、第1光導波路100の入力側端部に入力された入力光を、第1光導波路100及び第2光導波路105の一方の出力側端部から出力光として出力する光スイッチとして機能する。

[0030] 電極110は、駆動部160からタイミング調整部170を介して入力される第1の入力電圧に応じた電界を、第1光導波路100及び第2光導波路105に印加する。これにより、光結合器115に入力された入力光を光結合器115の出力光として光導波路100の出力側端部から出力させるか否かを、第1の入力電圧に応じて制御する。本実施形態に係る電極110は、光導波路100の上面に設けられ、正の入力電圧が印加される電極110aと、光導波路105の上面に設けられ、接地された電極110bとを有する。

- [0031] 光結合器135は、第1光導波路100の出力側端部から出力される出力光を入力する第3光導波路120と、第3光導波路120に平行に設けられた第4光導波路125とを有する分布結合型の光結合器である。光結合器135は、光結合器115におけるスイッチングに伴う位相の変化を低減させた出力光を第3光導波路120から出力する。
- [0032] 電極130は、駆動部160からタイミング調整部170を介して入力される第1の入力電圧に応じて、電極110が第1光導波路100及び第2光導波路105に印加する電界と逆方向の電界を、第3光導波路120及び第4光導波路125に印加する。これにより電極130は、第3光導波路120を伝搬する出力光の位相を、光結合器115における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる。本実施形態に係る電極130は、光導波路120の上面に設けられ、接地された電極130aと、光導波路125の上面に設けられ、正の入力電圧が印加される電極130bとを有する。本実施形態において、光結合器135及び電極130は、本発明に係る位相変調低減部の一例である。
- [0033] 光導波路140、第1光導波路100、光導波路144、第3光導波路120、及び光導波路148は、例えばリチウム・ナイオベート(LiNbO_3)やリチウム・タンタレート等の強誘電体結晶を材料とする基板にチタン等の金属を拡散することにより、一体の導波路として形成される。光導波路140は、光スイッチ10の光入力ポートを入力側端部に有し、外部から光を入力して、第1光導波路100の入力側端部に入力光として入力する。光導波路144は、光結合器115及び電極110によるスイッチングの結果第1光導波路100の出力側端部から出力される出力光を第3光導波路120へ導く。第3光導波路120へ入力された出力光は、光結合器135により位相変調され、光導波路148に入力される。光導波路148の出力側端部は、光スイッチ10の出力光を出力する光出力ポートとして用いられ、光スイッチ10の出力光を入力する光ファイバ等が接続される。
- [0034] 光導波路142、第2光導波路105、及び光導波路146は、光導波路140から光導波路148の導波路と同様にして、一体として形成される。光導波路146は、光導波路140から光結合器115に入力された入力光が、第2光導波路105の出力側端部から出力光として出力された場合に、当該出力光を伝播させる。光導波路146の出力側端部は、一例として光スイッチ10の出力光を出力する光出力ポートとしては用いられ

ず、光ファイバ等は接続されない構成をとる。

[0035] 光導波路150、第4光導波路125、及び光導波路152は、光導波路140から光導波路148の導波路と同様にして、一体として形成される。光導波路150から光導波路152の導波路は、光結合器115とほぼ同一構造の光結合器135を実現するために設けられる。これにより、スイッチング時に光結合器115において発生する位相変調とほぼ逆の位相変調を光結合器135において発生させることができる。

[0036] 駆動部160は、光スイッチ10の駆動を指示する駆動信号を入力し、駆動信号に応じて電極110及び電極130に印加する入力電圧を生成する。すなわち例えば、駆動信号が論理値Lの場合、駆動部160は、0Vの入力電圧を生成し、タイミング調整部170を介して電極110a及び電極130bに印加する。ここで、本実施形態に係る光導波路100及び光導波路105は、入力電圧が0Vの場合において、完全結合長に相当する長さ分が平行に設けられている。したがって、入力電圧が0Vの場合、光導波路140からの入力光は光導波路105から出力され、光導波路146を介して放射される。

一方、駆動信号が論理値Hの場合、駆動部160は、予め定められた正の入力電圧を生成し、タイミング調整部170を介して電極110a及び電極130bに印加する。この場合、光導波路100及び光導波路105の屈折率が変化するため、光導波路100及び光導波路105が平行して設けられた部分の長さが完全結合長と一致しなくなる。この結果、光導波路140からの入力光は光導波路100から出力され、光導波路144、光導波路120、及び光導波路148を介して光スイッチ10から出力される。なお、駆動信号が論理値Hの場合に電極110a及び電極130bに印加される入力電圧は、入力光が光導波路100から出力される割合を最大化し、光導波路105から出力される割合を最小化する電圧値であることが望ましい。

[0037] タイミング調整部170は、第1の入力電圧を電極110に印加してから第1の入力電圧を電極130に印加するまでの時間を、光結合器115に入力光が入力されてから光結合器135内の第3光導波路120に出力光が入力されるまでの時間と実質的に同一となるように調整する。すなわち、本実施形態において、タイミング調整部170は、電極110aに第1の入力電圧を印加してから電極130bに第1の入力電圧を印加する

までの遅延時間を、入力光が光導波路100に入力されてから、光導波路100及び光導波路144を介して光導波路120に入力されるまでの遅延時間とほぼ同一とする。これによりタイミング調整部170は、光結合器115のスイッチングにより位相変調された光に対し、同一タイミングで逆位相の位相変調を行い、光結合器115による位相変調を打ち消すことができる。

[0038] なお、電極110及び電極130は、光の入力側近傍においてタイミング調整部170と接続される進行波型の電極とすることが望ましい。この場合、電極110及び電極130に印加された入力電圧は、光結合器115及び光結合器135内を光が伝播するのと同じ速度で電極110及び電極130内を伝播する。これにより、光結合器115及び光結合器135内を伝播する光のタイミングに応じた電界を適切に加えることができ、より高速にスイッチングを行うことができる。

[0039] 以上に示した光スイッチ10によれば、光結合器135及び電極130を有する位相変調低減部を備えることにより、第1光導波路100及び第2光導波路105に印加される電界の変化に応じた出力光の位相の変化を低減させることができる。より具体的には、当該位相変調低減部は、光導波路100の出力側端部から出力された出力光の位相を、第1光導波路100及び第2光導波路105に印加される電界の変化に応じた出力光の位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させ、光結合器115による位相変調を打ち消すことができる。

[0040] 図2は、本実施形態に係る光スイッチ10の断面を示す。

図2(a)は、光スイッチ10の光結合器115におけるAA'断面を示す。本実施形態に係る光スイッチ10は、リチウム・ナイオベート結晶のZ軸方向が基板の垂直方向となるように切り出された基板上に設けられる。光導波路100及び光導波路105は、当該基板にチタン等の金属を拡散することにより設けられる。電極110aは、基板における光導波路100の上面に設けられ、タイミング調整部170から入力電圧の供給を受ける。電極110bは、基板における光導波路105の上面に設けられ、0Vに接地される。

[0041] 電極110aに正の入力電圧が印加されると、電極110aから電極110bへと向かう電界が生じる。これにより、光導波路100は、基板の上面方向から下面方向へと向かう電界を受ける。また、光導波路105は、基板の下面方向から上面方向へと向かう電

界を受ける。このように光導波路100及び光導波路105が受ける電界は、基板のほぼ垂直方向の電界、すなわちリチウム・ナイオベート結晶のZ軸方向の電界であるから、最も大きな電気光学効果が発生する。

[0042] 図2(b)は、光スイッチ10の光結合器135におけるBB'断面を示す。光導波路120及び光導波路125は、リチウム・ナイオベートの基板にチタン等の金属を拡散することにより設けられる。電極130aは、基板における光導波路120の上面に設けられ、0Vに接地される。電極130bは、基板における光導波路125の上面に設けられ、タイミング調整部170から入力電圧の供給を受ける。

[0043] 電極130bに正の入力電圧が印加されると、電極130bから電極130aへと向かう電界が生じる。これにより、光導波路125は、基板の上面方向から下面方向へと向かう電界を受ける。また、光導波路120は、基板の下面方向から上面方向へと向かう電界を受ける。

[0044] 図3は、本実施形態に係る光スイッチ10における位相変調を示す。

光導波路140を介して光導波路100にコヒーレントなレーザー光を入力した状態で、駆動信号の論理値をLからHへ切り替えると、光導波路105側で導波される奇モードの光より光導波路100側で導波される偶モードの光の強度が高くなる。この際、光導波路100及び光導波路105に印加される電界の変化に伴って奇モード及び偶モードの光の位相が変調され、光の周波数のチャープが発生する。このチャープの正負はリチウム・ナイオベート結晶の方位により異なるが、図3においては正のチャープとして示す。同様に、駆動信号の論理値がHからLへ切り替わると、負のチャープが発生する。光導波路100の入力及び出力間のチャープは、以下の数1に示すように、位相の変化量、すなわち微分値により表される。

[0045] [数1]

$$\frac{1}{2\pi} \frac{d\phi}{dt} = \frac{\Delta\beta'}{\gamma} \cdot \frac{(\kappa^2 \sin(\gamma L) \cdot \cos(\gamma L) + \gamma L \Delta\beta^2)}{(\kappa^2 \cos(\gamma L) + \Delta\beta^2)}$$

[0046] ただし、 ϕ は光波の位相、 L は完全結合長、 κ はモード結合定数($\kappa = \pi / (2L)$)、 $\Delta\beta (= (\beta_2 - \beta_3) / 2$)、ただし β_2 は光導波路100の光の伝播定数、 β_3 は光導波

路105の光の伝播定数)は光導波路100及び光導波路105の光の伝播定数の差分値、 $\Delta \beta'$ は $\Delta \beta$ の時間微分、 γ は $(\kappa^2 + \Delta \beta^2)^{1/2}$ である。

- [0047] 高速光伝送又はヘテロダイン検波による光計測等においては、このチャープの発生により伝送精度又は計測精度が劣化してしまう。そこで、本実施形態に係る光スイッチ10においては、光結合器115の後段に光結合器135を設け、光結合器115で発生したチャープを打ち消す。
- [0048] より具体的には、タイミング調整部170は、電極110aの入力電圧を0Vから正の電圧値に変化させたのと同位相で電極130bの入力電圧を0Vから同一の電圧値に変化させる。この場合、光導波路144から光導波路120に入力される光導波路100の出力光は、電極130bの電圧値によらず光導波路148を介して出力され、光導波路152に対しては漏波光を除き出力されない。しかし、光導波路120には光導波路100と逆方向で大きさがほぼ同一の電界が印加され、光導波路125には光導波路105と逆方向で大きさがほぼ同一の電界が印加されるため、光結合器135は、出力光に対し光結合器115と逆方向で大きさがほぼ同一のチャープを発生させる。この結果、光結合器115で発生したチャープを打ち消すことができる。
- [0049] なお、光結合器115で発生したチャープを精度良く打ち消すため、光結合器115及び光結合器135は、同一のプロセスによりモノシリックに集積し、同一の特性とすることが望ましい。
- [0050] 図4は、本実施形態の第1変形例に係る光スイッチ10の構成を示す。本変形例に係る光スイッチ10は、光出力ポートに近い光結合器135を用いて光のスイッチングを行い、光入力ポートに近い光結合器115を用いて光結合器135による位相変調を打ち消す構成をとる。図4における図1と同一符号を付した部材は、図1とほぼ同一の機能及び構成をとるため、以下相違点を除き説明を省略する。
- [0051] 光結合器135は、平行に設けられた第1光導波路120及び第2光導波路125を有する分布結合型の光結合器である。光結合器135は、第1光導波路120の入力側端部に入力された入力光を、第1光導波路120及び第2光導波路125の一方の出力側端部から出力光として出力する光スイッチとして機能する。
- [0052] 電極430(430a、b)は、電極110a及び電極110bと同様に、駆動部160からタイミ

ング調整部170を介して入力される第1の入力電圧に応じた電界を、第1光導波路120及び第2光導波路125に印加する。これにより、光結合器135に入力された入力光を光結合器135の出力光として光導波路120の出力側端部から出力させるか否かを、第1の入力電圧に応じて制御する。本変形例に係る電極430は、光導波路120の上面に設けられ、正の入力電圧が印加される電極430aと、光導波路125の上面に設けられ、接地された電極430bとを有する。

[0053] 光結合器115は、平行に設けられた第3光導波路100及び第4光導波路105を有する分布結合型の光結合器である。第3光導波路100は、外部から光導波路140を介して光を入力し、光導波路144を介して光結合器135へ導波させ、光結合器135への入力光として第1光導波路120に入力する。

[0054] 電極410(410a、b)は、駆動部160からタイミング調整部170を介して入力される第1の入力電圧に応じて、電極430が第1光導波路120及び第2光導波路125に印加する電界と逆方向の電界を、第3光導波路100及び第4光導波路105に印加する。これにより電極410は、第3光導波路100を伝搬する入力光の位相を、光結合器135における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる。本変形例に係る電極130は、光導波路100の上面に設けられ、接地された電極410aと、光導波路105の上面に設けられ、正の入力電圧が印加される電極410bとを有する。本変形例に係る光結合器115及び電極410は、本発明に係る位相変調低減部の一例である。

[0055] タイミング調整部170は、図1のタイミング調整部170と同様にして、第1の入力電圧を電極410に印加してから第1の入力電圧を電極430に印加するまでの時間を、第3光導波路100に光が入力されてから光結合器135に入力光が入力されるまでの時間と実質的に同一となるように調整する。

[0056] 本変形例に係る光スイッチ10によれば、外部から入力されたレーザー光に対し、光結合器135におけるスイッチング動作により発生する位相変調と逆方向でほぼ同一量の位相変調を光結合器115において予め加えておくことにより、光結合器135で発生するチャープを打ち消すことができる。

[0057] 図5は、本実施形態の第2変形例に係る光スイッチ10の構成を示す。本変形例に

係る光スイッチ10は、入力光を光スイッチ10から出力するか否かを、光結合器115により切り替える。そして、光結合器115により生じた出力光の位相変調を光導波路120及び電極130により低減して出力し、チャープの発生を抑える。図5において、図1と同一符号を付した部材は、図1とほぼ同一の機能及び構成をとるため、以下相違点を除き説明を省略する。

[0058] 本変形例に係る光スイッチ10は、光結合器115と、電極110(110a、b)と、第3光導波路120と、電極130(130a、b)と、複数の光導波路(140、142、144、146、及び148)と、駆動部160と、タイミング調整部170とを備える。

[0059] 光導波路120は、第1光導波路100が出力する光結合器115の出力光を入力し、光導波路148を介して出力する。電極130は、駆動部160からタイミング調整部170を介して入力される第1の入力電圧に応じて、電極110が第1光導波路100に印加する電界と逆方向の電界を第3光導波路120に印加する。これにより、電極130は、第3光導波路120を伝播する出力光の位相を、光結合器115における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる。本変形例に係る電極130は、光導波路120の上面に設けられ、接地された電極130aと、光スイッチ10を形成した基板上における電極130aの近傍に平行して設けられ、正の入力電圧が印加される電極130bとを有する。本変形例において、光導波路120及び電極130は、本発明に係る位相変調低減部の一例である。

[0060] 図6は、本実施形態の第2変形例に係る光スイッチ10のCC'の断面を示す。本変形例に係る光スイッチ10は、リチウム・ナイオベート結晶のZ軸方向が基板の垂直方向となるように切り出された基板上に設けられる。光導波路120は、当該基板にチタン等の金属を拡散することにより設けられる。電極130aは、基板における光導波路120の上面に設けられ、0Vに接地される。電極130bは、基板上における電極130aの近傍に平行して設けられ、タイミング調整部170から入力電圧の供給を受ける。

[0061] 電極130bに正の入力電圧が印加されると、電極130bから電極130aへと向かう電界が生じる。これにより、光導波路120は、基板の下面方向から上面方向へと向かう電界を受ける。一方、光導波路100は、図2(a)に示したように、基板の上面方向から下面方向へと向かう電界を受ける。

- [0062] このように、光導波路120には光導波路100と逆方向で大きさがほぼ同一の電界が印加されるため、光導波路120は、出力光に対し光結合器115と逆方向で大きさがほぼ同一のチャープを発生させる。この結果、光導波路120及び電極130を有する位相変調低減部は、光結合器115で発生したチャープを打ち消すことができる。
- [0063] 図7は、本実施形態の第3変形例に係る光スイッチ10の構成を示す。本変形例に係る光スイッチ10は、光結合器115より入力側ポートに近い個所に光導波路120及び電極130を有する位相変調低減部を設けた構成をとる。図7における図5と同一符号を付した部材は、図5とほぼ同一の機能及び構成をとるため、以下相違点を除き説明を省略する。
- [0064] 本変形例に係る光スイッチ10は、光結合器115と、電極110(110a、b)と、第3光導波路120と、電極130(130a、b)と、複数の光導波路(140、141、142、144、146)と、駆動部160と、タイミング調整部170とを備える。
- [0065] 光導波路120は、外部から光導波路140を介して光を入力して光導波路141へ出力することにより、入力光として第1光導波路100に入力する。電極130は、駆動部160からタイミング調整部170を介して入力される第1の入力電圧に応じて、電極110が第1光導波路100に印加する電界と逆方向の電界を第3光導波路120に印加する。これにより、電極130は、第3光導波路120を伝搬する入力光の位相を、光結合器115における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる。本変形例において、光導波路120及び電極130は、本発明に係る位相変調低減部の一例である。
- [0066] タイミング調整部170は、図4に示したタイミング調整部170と同一の機能及び構成をとる。
- [0067] 本変形例に係る光スイッチ10によれば、外部から入力されたレーザー光に対し、光結合器135におけるスイッチング動作により発生する位相変調と逆方向でほぼ同一量の位相変調を光結合器115において予め加えておくことにより、光結合器135で発生するチャープを打ち消すことができる。
- [0068] 図8は、本実施形態の第4変形例に係る光スイッチ10の構成を示す。本変形例に係る光スイッチ10は、入力側ポートに近い側に設けられたノーマリー・オフ型の光結合器115を用いて光のスイッチングを行い、出力側ポートに近い側に設けられたノー

マリー・オン型の光結合器135を用いて光結合器115による位相変調を打ち消す構成をとる。そして、入力電圧変換部880は、光結合器135が光結合器115と同時にオン又はオフとなるように、光結合器135に供給する入力電圧を生成する。図8における図1と同一符号を付した部材は、図1とほぼ同一の機能及び構成をとるため、以下相違点を除き説明を省略する。

- [0069] 本変形例に係る光スイッチ10は、光結合器115と、電極110(110a、b)と、光結合器135と、電極830(830a、b)と、複数の光導波路(140、142、144、146、148、150、及び152)と、駆動部160と、タイミング調整部170と、入力電圧変換部880とを備える。
- [0070] 光結合器135は、平行に設けられた第3光導波路120及び第4光導波路125を有する分布結合型の光結合器である。光結合器135は、第1光導波路100の出力側端部から出力される出力光を第3光導波路120に投入し、光結合器115における位相の変化を低減させた出力光を第4光導波路125から出力する。
- [0071] 入力電圧変換部880は、予め定められた基準電圧から光結合器115に供給する第1の入力電圧を減じて、光結合器135に供給する第2の入力電圧を生成する。この基準電圧は、例えば光スイッチ10をオンとする場合に光結合器115に供給する第1の入力電圧の値 V_1 であってよい。この場合、光スイッチ10をオフとするために第1の入力電圧0Vが電極110に印加されると、第2の入力電圧 V_1 が電極830に印加される。また、光スイッチ10をオンとするために第1の入力電圧 V_1 が電極110に印加されると、第2の入力電圧0Vが電極830に印加される。
- [0072] 電極830は、第2の入力電圧に応じて、電極110が第1光導波路100及び第光導波路105に印加する電界と同方向の電界を第3光導波路120及び第4光導波路125に印加する。ここで、第2の入力電圧は、例えば基準電圧 V_1 から第1の入力電圧を減じた電圧値をとるため、電極830は、第3光導波路120及び第4光導波路125を伝搬する出力光の位相を、光結合器115における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる。本実施形態に係る電極130は、光導波路120の上面に設けられ、接地された電極830aと、光導波路125の上面に設けられ、正の入力電圧が印加される電極830bとを有する。本変形例において、光結合器135及び電極830は、本

発明に係る位相変調低減部の一例である。

- [0073] 光導波路148は、図1と異なり光スイッチ10の光出力ポートとして用いられず、光ファイバ等は接続されない。一方、光導波路152の出力側端部は、光スイッチ10の出力光を出力する光出力ポートとして用いられ、光スイッチ10の出力光を入力する光ファイバ等が接続される。
- [0074] タイミング調整部170は、第1の入力電圧を電極110に印加してから第2の入力電圧を電極830に印加するまでの時間を、光結合器115に入力光が入力されてから第3光導波路120に出力光が入力されるまでの時間と実質的に同一となるように調整する。
- [0075] 図9は、本実施形態の第4変形例に係る光スイッチ10における位相変調を示す。
- まず、光スイッチ10がオフの状態において、駆動部160は、第1の入力電圧0Vを電極110に印加する。また、入力電圧変換部880は、基準電圧 V_1 から第1の入力電圧0Vを減じた第2の入力電圧 V_1 を、電極830に印加する。この結果、光導波路100に入力された入力光は、光導波路105の出力側端部から出力され、光スイッチ10の光出力ポートからは出力されない。
- [0076] 次に、駆動信号の論理値をLからHへ切り替えると、駆動部160は、第1の入力電圧を0Vから V_1 に切り替えて電極110に供給し、光結合器115をオンとする。この際、図3に関連して示したように、光結合器115において、一例として正のチャープが発生する。一方、入力電圧変換部880は、第1の入力電圧の変化に応じて、基準電圧 V_1 から第1の入力電圧 V_1 を減じた第2の入力電圧0Vを電極830に供給し、光結合器135をオンとする。これにより、第3光導波路120及び第4光導波路125に印加される電界に対し、第1光導波路100及び第2光導波路105に印加される電界の変化と逆の変化が生じる。この結果、光結合器135は、出力光に対し光結合器115と逆方向で大きさがほぼ同一の負のチャープを発生させる。
- [0077] 次に、駆動信号の論理値をHからLへ切り替えると、駆動部160は、第1の入力電圧を V_1 から0Vに切り替えて電極110に供給し、光結合器135をオフとする。この際、図3に関連して示したように、光結合器115において、一例として負のチャープが発生する。一方、入力電圧変換部880は、第1の入力電圧の変化に応じて、基準電圧

V_1 から第1の入力電圧0Vを減じた第2の入力電圧 V_1 を電極830に供給し、光結合器135をオフとする。これにより、第3光導波路120及び第4光導波路125に印加される電界に対し、第1光導波路100及び第2光導波路105に印加される電界の変化と逆の変化が生じる。この結果、光結合器135は、出力光に対し光結合器115と逆方向で大きさがほぼ同一の正のチャープを発生させる。

[0078] 以上に示した通り、光結合器135は、出力光に対し光結合器115と逆方向で大きさがほぼ同一のチャープを発生させる。この結果、光結合器115で発生したチャープを打ち消すことができる。

[0079] 図10は、本実施形態の第5変形例に係る光スイッチ10の構成を示す。本実施形態に係る光スイッチ10は、出力側ポートに近い側に設けられたノーマリー・オフ型の光結合器135を用いて光のスイッチングを行い、入力側ポートに近い側に設けられたノーマリー・オン型の光結合器115を用いて光結合器135による位相変調を打ち消す構成をとる。そして、入力電圧変換部880は、光結合器115が光結合器135と同時にオン又はオフとなるように、光結合器115に供給する入力電圧を生成する。図10における図4と同一符号を付した部材は、図4とほぼ同一の機能及び構成をとるため、以下相違点を除き説明を省略する。

[0080] 本変形例に係る光スイッチ10は、光結合器115と、第2電極910(910a、b)と、光結合器135と、第1電極430(430a、b)と、複数の光導波路(140、142、144、146、148、150、及び152)と、駆動部160と、タイミング調整部170と、入力電圧変換部880とを備える。

[0081] 光結合器115は、平行に設けられた第3光導波路105及び第4光導波路100を有する分布結合型の光結合器である。第3光導波路105は、光導波路142を介して外部から光を入力する。第4光導波路100は、第3光導波路に平行に設けられ、第3光導波路105が入力した入力光を光導波路144を介して第1光導波路120に入力する。

[0082] 入力電圧変換部880は、図8と同様にして、予め定められた基準電圧から光結合器135に供給する第1の入力電圧を減じて、光結合器115に供給する第2の入力電圧を生成する。

- [0083] 電極910は、第2の入力電圧に応じて、電極430が第1光導波路120及び第2光導波路125に印加する電界と同方向の電界を第3光導波路105及び第4光導波路100に印加する。ここで、第2の入力電圧は、例えば基準電圧 V_1 から第1の入力電圧を減じた電圧値をとるため、電極910は、第3光導波路105及び第4光導波路100を伝搬する入力光の位相を、光結合器115における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる。本実施形態に係る電極910は、第3光導波路105の上面に設けられ、接地された電極910bと、第4光導波路100の上面に設けられ、正の入力電圧が印加される電極910aとを有する。本変形例において、光結合器115及び電極910は、本発明に係る位相変調低減部の一例である。
- [0084] 光導波路142は、光スイッチ10の光入力ポートを入力側端部に有し、外部から光を入力して第3光導波路105の入力側端部に入力する。光導波路140は、図8と異なり外部の光ファイバ等に接続されず、外部から光を入力しない。
- [0085] タイミング調整部170は、図4のタイミング調整部170と同様にして、第2の入力電圧を電極910に印加してから第1の入力電圧を電極430に印加するまでの時間を、第3光導波路105に光が入力されてから光結合器135に入力光が入力されるまでの時間と実質的に同一となるように調整する。
- [0086] 本変形例に係る光スイッチ10によれば、外部から入力されたレーザー光に対し、光結合器135におけるスイッチング動作により発生する位相変調と逆方向でほぼ同一量の位相変調を光結合器115において予め加えておくことにより、光結合器135で発生するチャープを打ち消すことができる。
- [0087] 図11は、本実施形態の第6変形例に係る光スイッチ10の構成を示す。本変形例に係る光スイッチ10は、光結合器115により入力光を光スイッチ10から出力するか否かを切り替える。そして、光結合器115により生じた出力光の位相変調を光導波路120及び電極1030により低減して出力し、チャープの発生を抑える。図11において、図5と同一符号を付した部材は、図5とほぼ同一の機能及び構成をとるため、以下相違点を除き説明を省略する。
- [0088] 入力電圧変換部880は、図8と同様にして、予め定められた基準電圧から光結合器135に供給する第1の入力電圧を減じて、光結合器115に供給する第2の入力電

圧を生成する。

[0089] 電極1030(1030a、b)は、入力電圧変換部880から入力される第2の入力電圧に応じて、電極110が第4光導波路100に印加する電界と同方向の電界を光導波路120に印加する。ここで、第2の入力電圧は、例えば基準電圧 V_1 から第1の入力電圧を減じた電圧値をとるため、電極1030は、第3光導波路100及び第4光導波路105を伝搬する出力光の位相を、光結合器115における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる。本実施形態に係る電極1030は、第3光導波路120の上面に設けられ、接地された電極1030aと、光スイッチ10を形成した基板上における電極1030aの近傍に平行して設けられ、正の入力電圧が印加される電極1030bとを有する。本変形例において、光導波路120及び電極1030は、本発明に係る位相変調低減部の一例である。

[0090] 本変形例に係る光スイッチ10によれば、光導波路120の電界に対し、光導波路100に印加される電界の変化と逆の変化を生じさせることができる。これにより、光導波路120及び電極1030を有する位相変調低減部は、出力光に対し光結合器115と逆方向で大きさがほぼ同一のチャープを発生させる。この結果、光導波路120及び電極1030を有する位相変調低減部は、光結合器115で発生したチャープを打ち消すことができる。

[0091] 図12は、本実施形態の第7変形例に係る光スイッチ10の構成を示す。本変形例に係る光スイッチ10は、光結合器115より光入力ポートに近い個所に光導波路120及び電極1130を有する位相変調低減部を設けた構成をとる。図12における図7と同一符号を付した部材は、図7とほぼ同一の機能及び構成をとるため、以下相違点を除き説明を省略する。

[0092] 本変形例に係る光スイッチ10は、光結合器115と、電極110(110a、b)と、第3光導波路120と、電極1130(1130a、b)と、複数の光導波路(140、141、142、144、146)と、駆動部160と、タイミング調整部170と、入力電圧変換部880とを備える。

[0093] 入力電圧変換部880は、図8と同様にして、予め定められた基準電圧から光結合器115に供給する第1の入力電圧を減じて、電極1130に供給する第2の入力電圧を生成する。

- [0094] 電極1130は、第2の入力電圧に応じて、電極110が第1光導波路100に印加する電界と同方向の電界を第3光導波路120に印加する。ここで、第2の入力電圧は、例えば基準電圧 V_1 から第1の入力電圧を減じた電圧値をとるため、電極1130は、第3光導波路120を伝搬する入力光の位相を、光結合器115における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる。本実施形態に係る電極1130は、第3光導波路120の上面に設けられ、正の入力電圧が印加される電極1130aと、光スイッチ10が形成された基板上における電極1130aの近傍に平行して設けられ、接地される電極1130bとを有する。本変形例において、光導波路120及び電極1130は、本発明に係る位相変調低減部の一例である。
- [0095] 本変形例に係る光スイッチ10によれば、光導波路120の電界に対し、光導波路100に印加される電界の変化と逆の変化を生じさせることができる。これにより、光導波路120及び電極1130を有する位相変調低減部は、外部から入力されたレーザー光に対し、光結合器115におけるスイッチング動作により発生するチャープと逆方向で大きさがほぼ同一のチャープを予め加えておくことができる。この結果、光導波路120及び電極1130を有する位相変調低減部は、光結合器115で発生したチャープを打ち消すことができる。
- [0096] 図13は、本実施形態に係る光試験装置20の構成を示す。光試験装置20は、本実施形態に係る光スイッチ10により生成した光パルス信号を試験対象の光ファイバ1300に入力し、光ファイバ1300からの反射光等に基づいて光ファイバ1300を試験する。これにより、光試験装置20は、周波数のチャープを低減した光パルス信号を用いて、精度良く光ファイバ1300を試験することができる。
- [0097] 光試験装置20は、発光部1310と、パルス発生器1320と、光スイッチ10と、方向性結合器1330と、検波器1340と、平均算出部1350とを備える。発光部1310は、例えばレーザーダイオードであり、コヒーレントなレーザー光を発生する。パルス発生器1320は、予め定められたパルス幅を有するパルス信号を発生する。
- [0098] 光スイッチ10は、発光部1310により発生された光を光入力ポートから入力し、パルス発生器1320により発生されたパルス信号を駆動信号として入力する。これにより、光スイッチ10は、パルス信号に基づいて、発光部1310により発生された光を出力す

るか否かを切り替える。より具体的には、光スイッチ10は、パルス信号が論理値Lの間、発光部1310により発生された光を遮断し、光出力ポートから出力しない。一方、パルス信号が論理値Hの間、発光部1310により発生された光を通過させ、光出力ポートから出力する。

[0099] 方向性結合器1330は、光スイッチから出力された光を、外部の光導波路の一例である光ファイバ1300に inputs。また、方向性結合器1330は、光ファイバ1300から後方散乱光及び反射光を取得して検波器1340に供給する。検波器1340は、光ファイバ1300から取得された後方散乱光及び反射光の検波を行う。本実施形態に係る検波器1340は、光ファイバ1300から取得された後方散乱光及び反射光を、発光部1310が発生した光に基づいてヘテロダイン検波を行う。平均算出部1350は、検波器1340の出力信号を平均化して、測定者に対し表示する。

[0100] 以上に示した光試験装置20によれば、光スイッチ10を用いることにより、周波数のチャープが低減されたレーザーパルス光を用いて光ファイバ1300の試験を行うことができる。これにより、ヘテロダイン検波において受信信号に発生する周波数変動を低減することができる。

[0101] 以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、請求の範囲の記載から明らかである。

[0102] 例えば、光スイッチ10は、リチウム・ナイオベート結晶のZ軸方向を垂直方向とした基板(Z板)上に設ける形態に代えて、リチウム・ナイオベート結晶のX軸方向を垂直方向とした基板(X板)上に設ける形態を採ってもよい。この場合、電極110、電極130、電極410、電極430、電極830、電極910、電極1030、及び電極1130は、電極の延伸方向と垂直な基板の水平方向の電界を光導波路に印加する。

[0103] また、スイッチングを行う光結合器115又は光結合器135は、完全結合長の2倍の長さを有し、光の入力側に近い完全結合長の部分と、出力側に近い完全結合長の部分とで電極のプラス／マイナスを反転させた反転結合型の光スイッチを構成しても

よい。この場合、位相変調低減部は、反転結合型の電極の構造に合わせ、完全結合長の2倍の長さを有し、光の入力側に近い完全結合長の部分と、出力側に近い完全結合長の部分とで電極のプラス／マイナスを反転させた構造により光導波路に電界を印加してよい。

- [0104] また、光スイッチ10は、スイッチングを行う光結合器115又は光結合器135に対し、位相変調低減部内の光導波路がドメイン反転(分極反転)された構造をとってもよい。この場合、光結合器115又は光結合器135に印加する電界に対し、分極状態に応じた逆方向の電界を印加するためには、位相変調低減部内の電極は、物理的に同一方向かつ同一量の電界を印加する構成をとる。これにより、位相変調低減部は、分極反転していない光導波路に対し逆方向で同一量の電界を印加するのと同じ効果を得ることができる。

産業上の利用可能性

- [0105] 本発明によれば、スイッチングによるチャープの発生を抑える光スイッチ及び光試験装置を提供することができる。

請求の範囲

- [1] 平行に設けられた第1光導波路及び第2光導波路を有し、前記第1光導波路の入力側端部に入力された入力光を、前記第1光導波路及び前記第2光導波路の一方の出力側端部から出力光として出力する分布結合型の第1の光結合器と、
第1の入力電圧に応じた電界を前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加して、前記第1の光結合器に入力された前記入力光を前記出力光として出力させるか否かを前記第1の入力電圧に応じて制御する第1の電極と、
前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加される電界の変化に応じた前記出力光の位相の変化を低減させる位相変調低減部と
を備える光スイッチ。
- [2] 前記位相変調低減部は、前記出力光の位相を、前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加される電界の変化に応じた前記出力光の位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる請求項1記載の光スイッチ。
- [3] 前記位相変調低減部は、
前記第1光導波路の前記出力側端部から出力される前記出力光を入力する第3光導波路と、前記第3光導波路に平行に設けられた第4光導波路とを有し、前記第1の光結合器における位相の変化を低減させた前記出力光を前記第3光導波路から出力する分布結合型の第2の光結合器と、
前記第1の入力電圧に応じて、前記第1の電極が前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加する電界と逆方向の電界を前記第3光導波路及び前記第4光導波路に印加して、前記第3光導波路を伝搬する前記出力光の位相を、前記第1の光結合器における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる第2の電極と
を有する請求項2記載の光スイッチ。
- [4] 前記位相変調低減部は、
前記出力光を入力する第3光導波路と、
前記第1の入力電圧に応じて、前記第1の電極が前記第1光導波路に印加する電界と逆方向の電界を前記第3光導波路に印加して、前記第3光導波路を伝播する前記出力光の位相を、前記第1の光結合器における位相の変化量と実質的に同一量

逆方向に変化させる第2の電極と

を有する請求項2記載の光スイッチ。

- [5] 前記第1の入力電圧を前記第1の電極に印加してから前記第1の入力電圧を前記第2の電極に印加するまでの時間を、前記第1の光結合器に前記入力光が入力されてから前記第3の光導波路に前記出力光が入力されるまでの時間と実質的に同一となるように調整するタイミング調整部を更に備える請求項3又は4に記載の光スイッチ。

- [6] 前記位相変調低減部は、

外部から光を入力して前記入力光として前記第1光導波路に入力する第3光導波路と、前記第3光導波路に平行に設けられた第4光導波路とを有する分布結合型の第2の光結合器と、

前記第1の入力電圧に応じて、前記第1の電極が前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加する電界と逆方向の電界を前記第3光導波路及び前記第4光導波路に印加して、前記第3光導波路を伝搬する前記入力光の位相を、前記第1の光結合器における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる第2の電極と

を有する請求項2記載の光スイッチ。

- [7] 前記位相変調低減部は、

外部から光を入力して前記入力光として前記第1光導波路に入力する第3光導波路と、

前記第1の入力電圧に応じて、前記第1の電極が前記第1光導波路に印加する電界と逆方向の電界を前記第3光導波路に印加して、前記第3光導波路を伝搬する前記入力光の位相を、前記第1の光結合器における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる第2の電極と

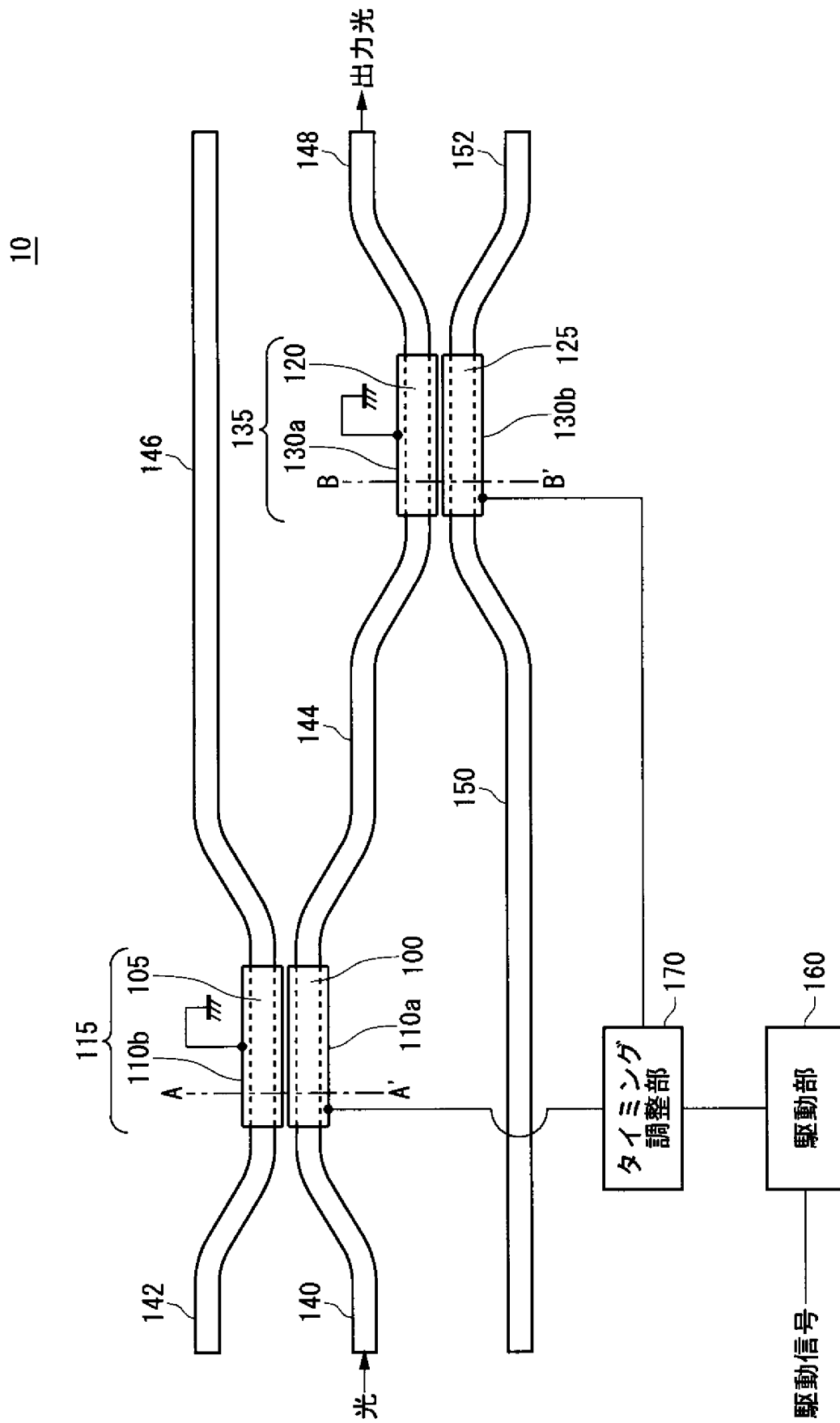
を有する請求項2記載の光スイッチ。

- [8] 前記第1の入力電圧を前記第2の電極に印加してから前記第1の入力電圧を前記第1の電極に印加するまでの時間を、前記第3の光導波路に光が入力されてから前記第1の光結合器に前記入力光が入力されるまでの時間と実質的に同一となるように調整するタイミング調整部を更に備える請求項6又は7に記載の光スイッチ。

- [9] 前記位相変調低減部は、
前記第1光導波路の前記出力側端部から出力される前記出力光を入力する第3光導波路と、前記第3光導波路に平行に設けられた第4光導波路とを有し、前記第1の光結合器における位相の変化を低減させた前記出力光を前記第4光導波路から出力する分布結合型の第2の光結合器と、
予め定められた基準電圧から前記第1の入力電圧を減じて前記第2の入力電圧を生成する入力電圧変換部と、
前記第2の入力電圧に応じて、前記第1の電極が前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加する電界と同方向の電界を前記第3光導波路及び前記第4光導波路に印加して、前記第3光導波路及び前記第4光導波路を伝搬する前記出力光の位相を、前記第1の光結合器における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる第2の電極と
を有する請求項2記載の光スイッチ。
- [10] 前記第1の入力電圧を前記第1の電極に印加してから前記第2の入力電圧を前記第2の電極に印加するまでの時間を、前記第1の光結合器に前記入力光が入力されてから前記第3の光導波路に前記出力光が入力されるまでの時間と実質的に同一となるように調整するタイミング調整部を更に備える請求項9に記載の光スイッチ。
- [11] 前記位相変調低減部は、
外部から光を入力する第3光導波路と、前記第3光導波路に平行に設けられ、前記第3光導波路が入力した入力光を前記第1光導波路に入力する第4光導波路とを有する分布結合型の第2の光結合器と、
予め定められた基準電圧から前記第1の入力電圧を減じて前記第2の入力電圧を生成する入力電圧変換部と、
前記第2の入力電圧に応じて、前記第1の電極が前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加する電界と同方向の電界を前記第3光導波路及び前記第4光導波路に印加して、前記第3光導波路を伝搬する前記入力光の位相を、前記第1の光結合器における位相の変化量と実質的に同一量逆方向に変化させる第2の電極と
を有する請求項2記載の光スイッチ。

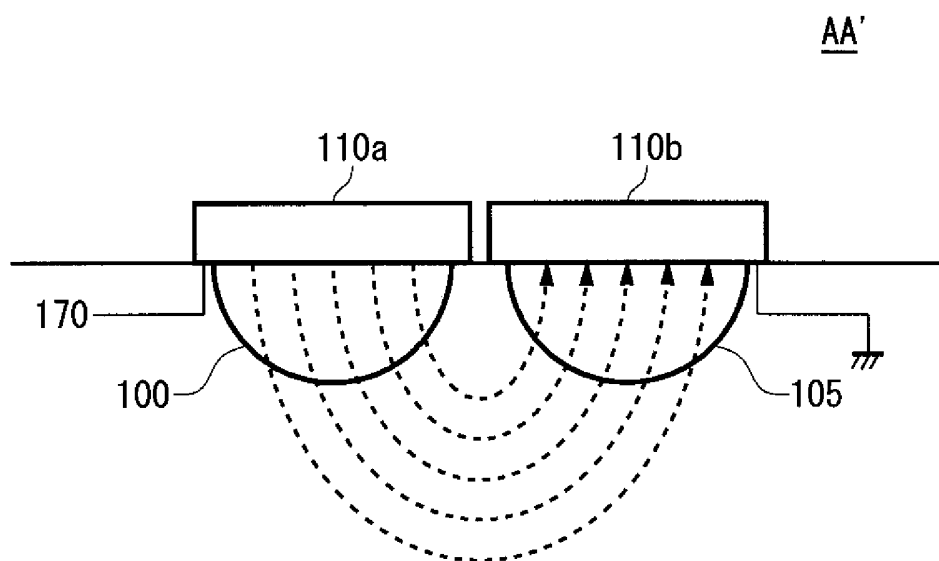
- [12] 前記第2の入力電圧を前記第2の電極に印加してから前記第1の入力電圧を前記第1の電極に印加するまでの時間を、前記第3の光導波路に光が入力されてから前記第1の光結合器に前記入力光が入力されるまでの時間と実質的に同一となるように調整するタイミング調整部を更に備える請求項11に記載の光スイッチ。
- [13] 光を発生する発光部と、
パルス信号を発生するパルス発生器と、
前記パルス信号に基づいて、前記発光部により発生された光を出力するか否かを切り替える光スイッチと、
前記光スイッチから出力された光を外部の光導波路に入力し、前記外部の光導波路から反射光を取得する方向性結合器と、
前記外部の光導波路から取得された反射光の検波を行う検波部と
を備え、
前記光スイッチは、
平行に設けられた第1光導波路及び第2光導波路を有し、前記発光部により発生されて前記第1光導波路の入力側端部に入力された入力光を、前記第1光導波路及び前記第2光導波路の一方の出力側端部から出力光として出力する分布結合型の第1の光結合器と、
前記パルス信号に基づく第1の入力電圧に応じた電界を前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加して、前記第1の光結合器に入力された前記入力光を前記出力光として出力させるか否かを前記第1の入力電圧に応じて制御する第1の電極と、
前記第1光導波路及び前記第2光導波路に印加される電界の変化に応じた前記出力光の位相の変化を低減させる位相変調低減部と
を有する光試験装置。

[図1]

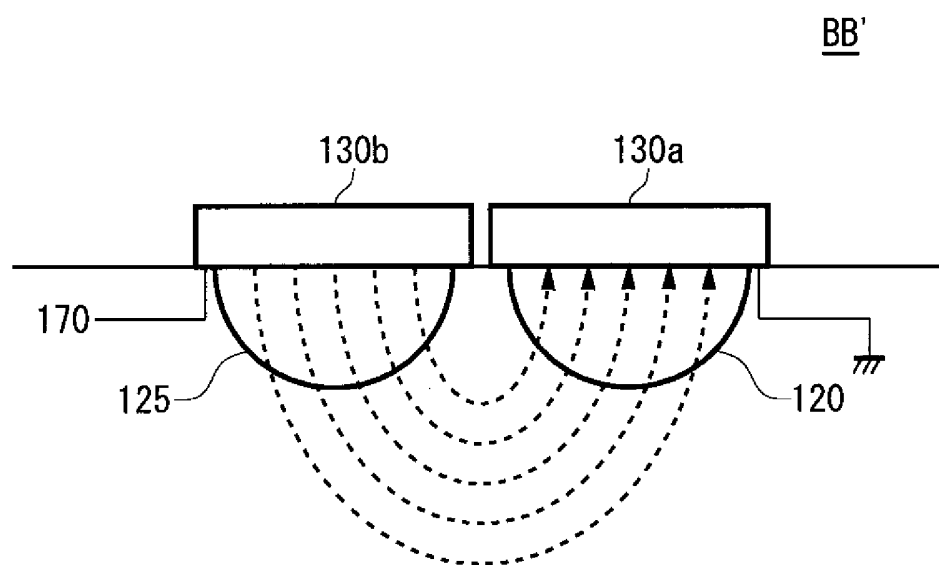


[図2]

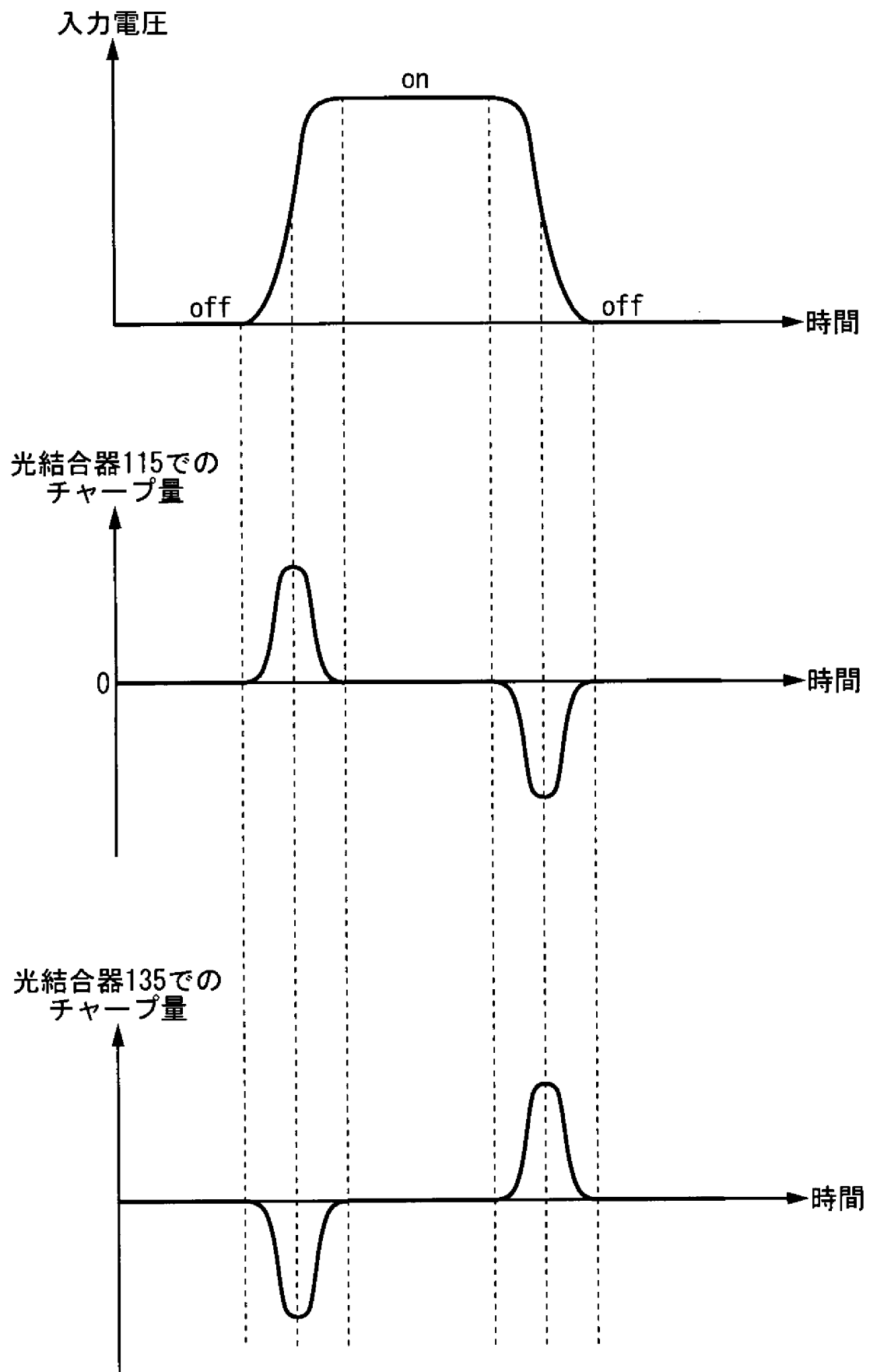
(a)



(b)

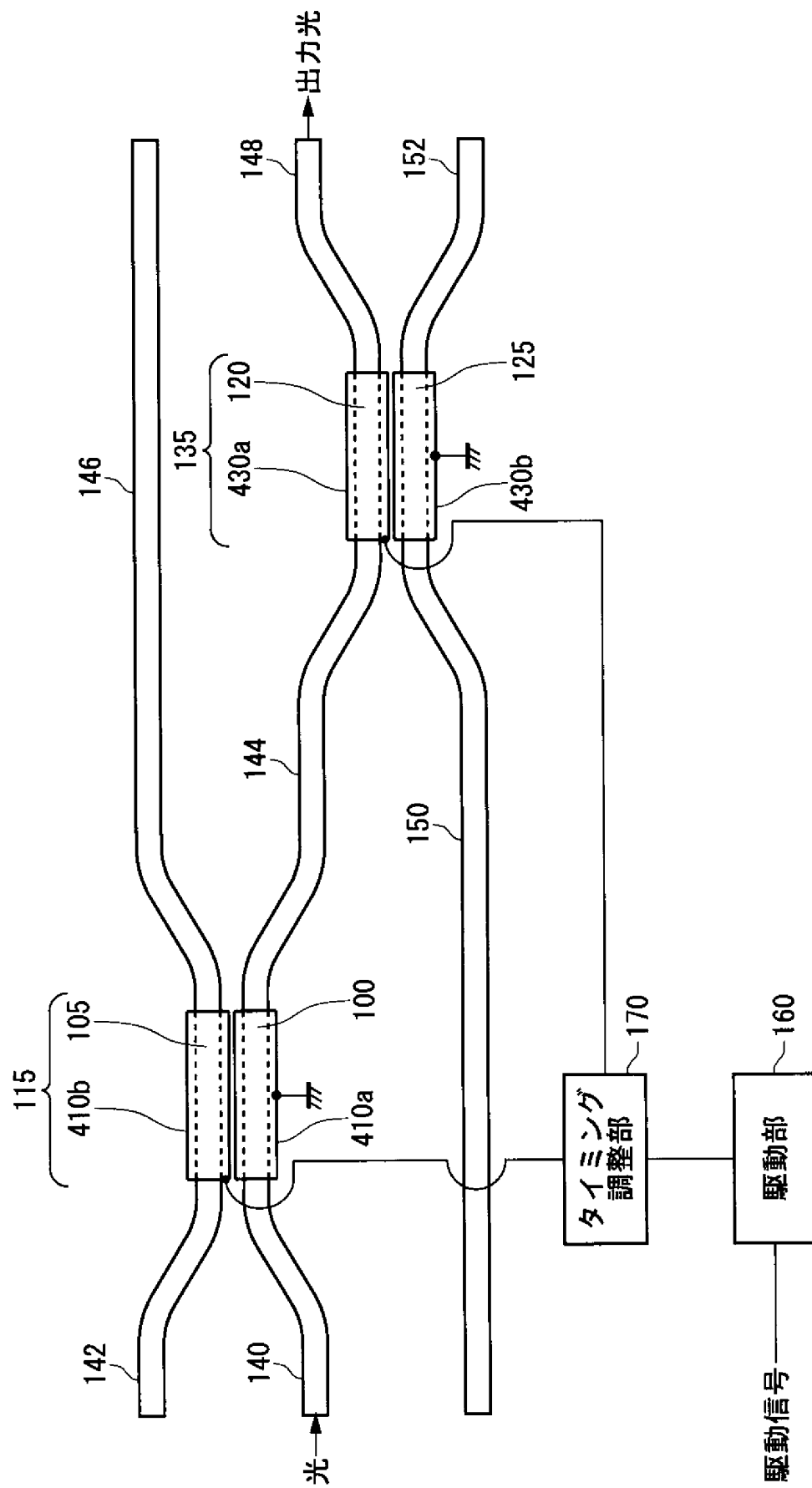


[図3]



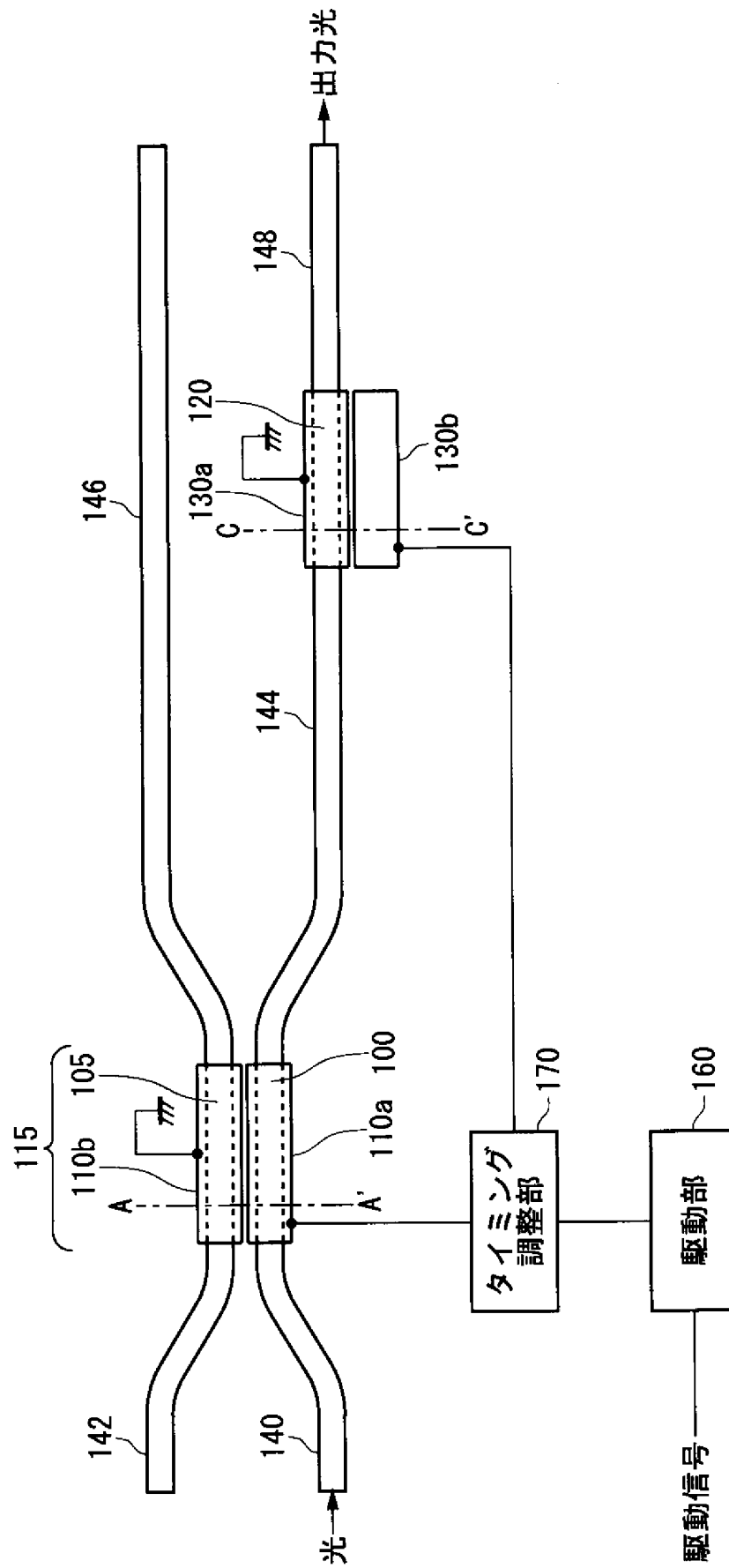
[図4]

10

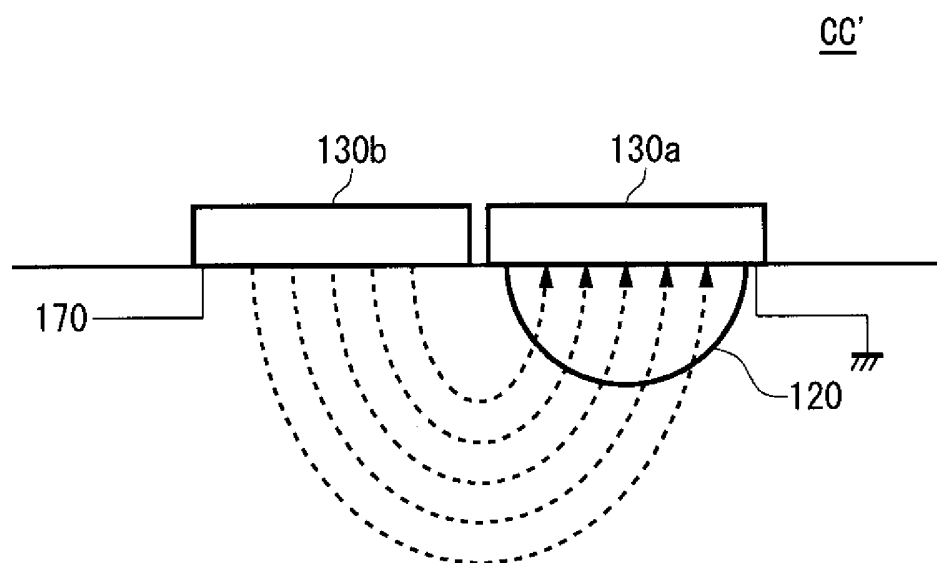


[図5]

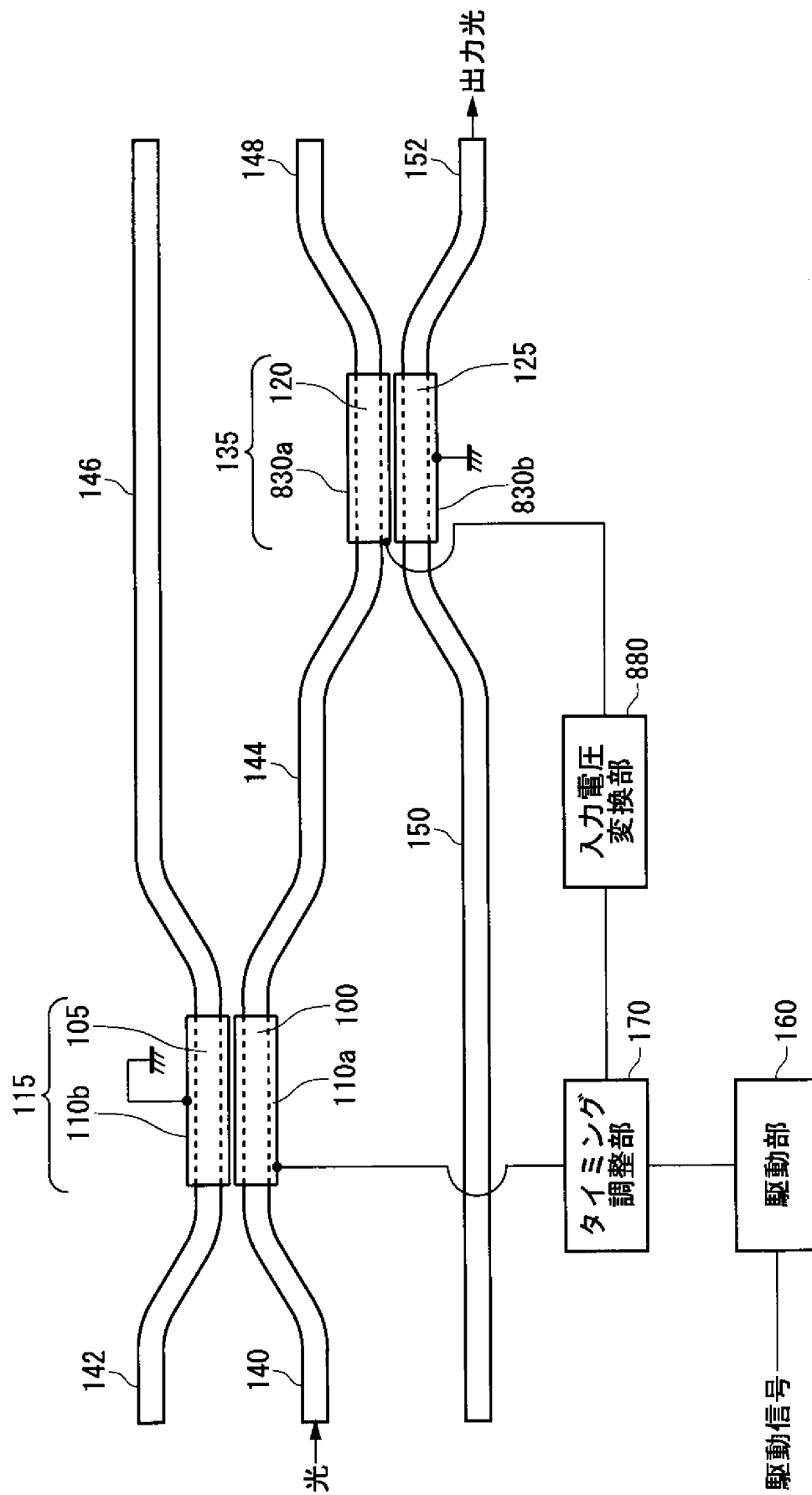
10



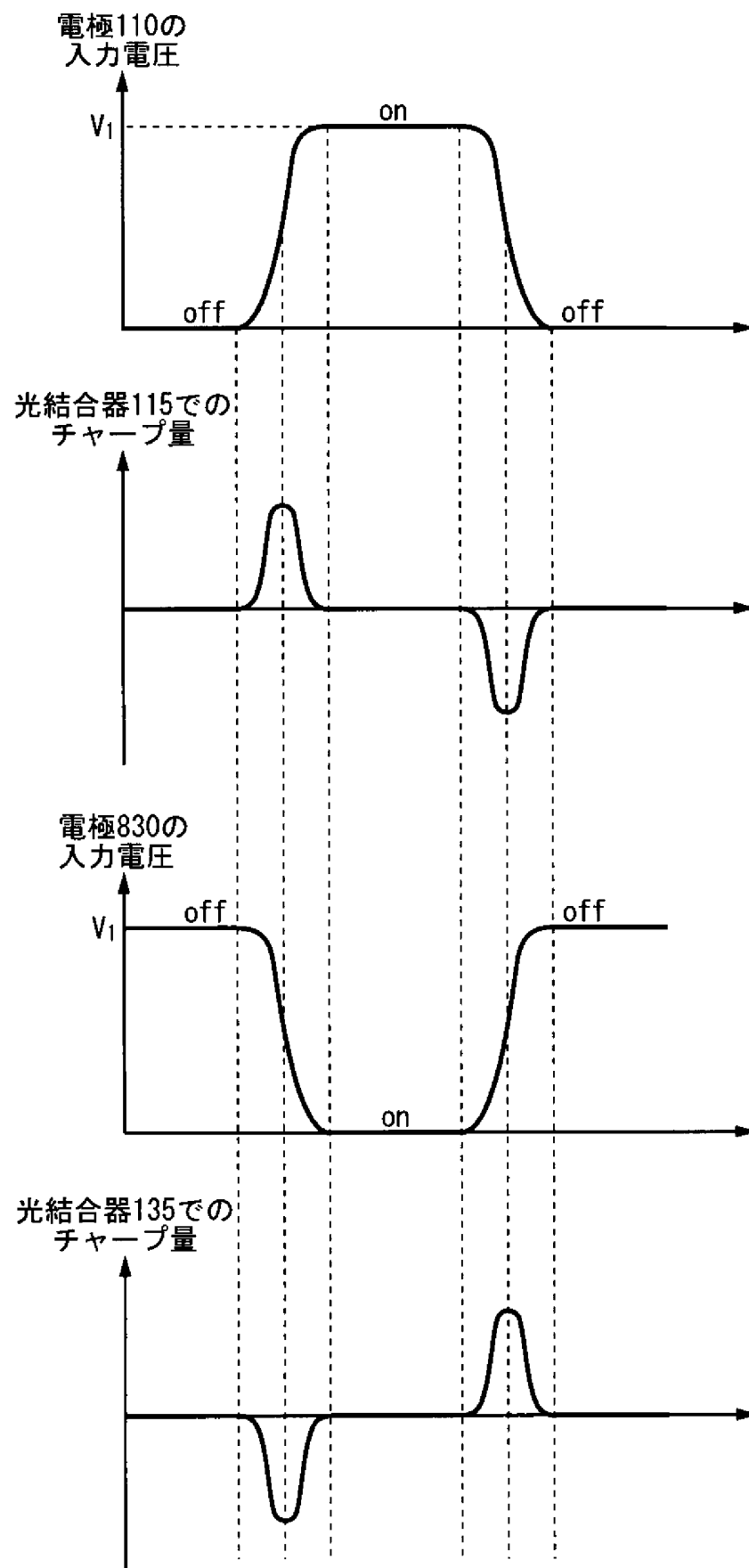
[図6]



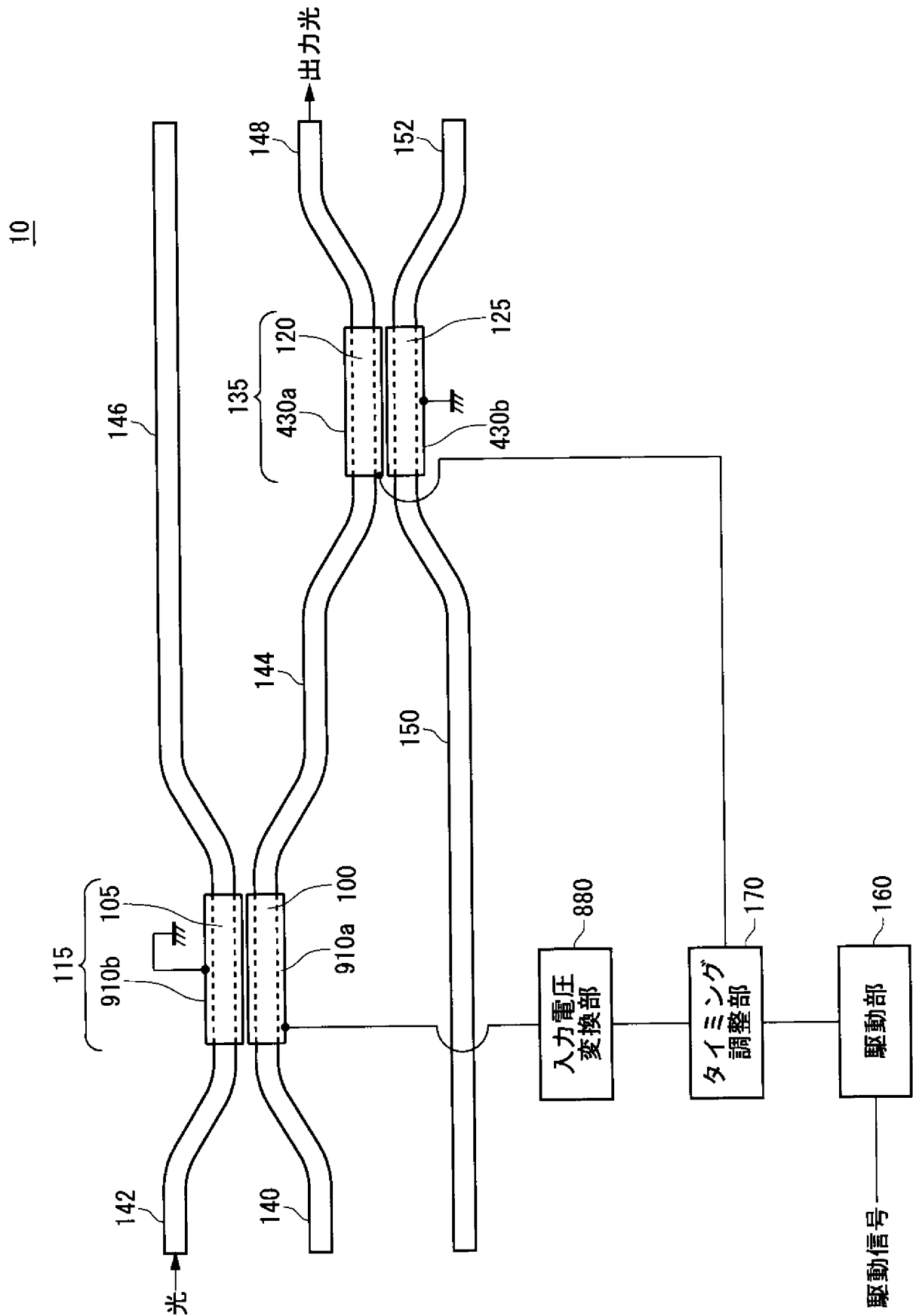
[図8]



[図9]

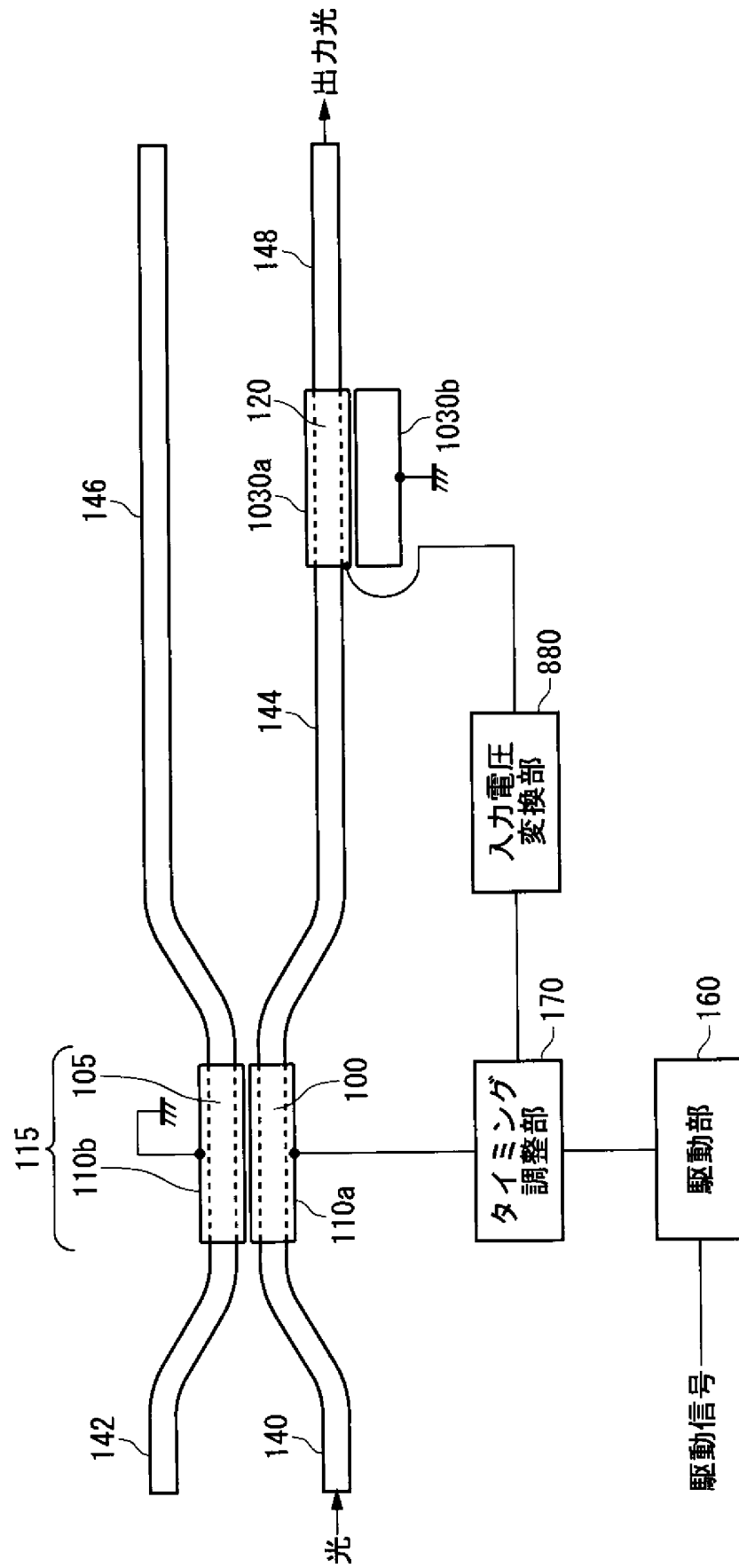


[図10]

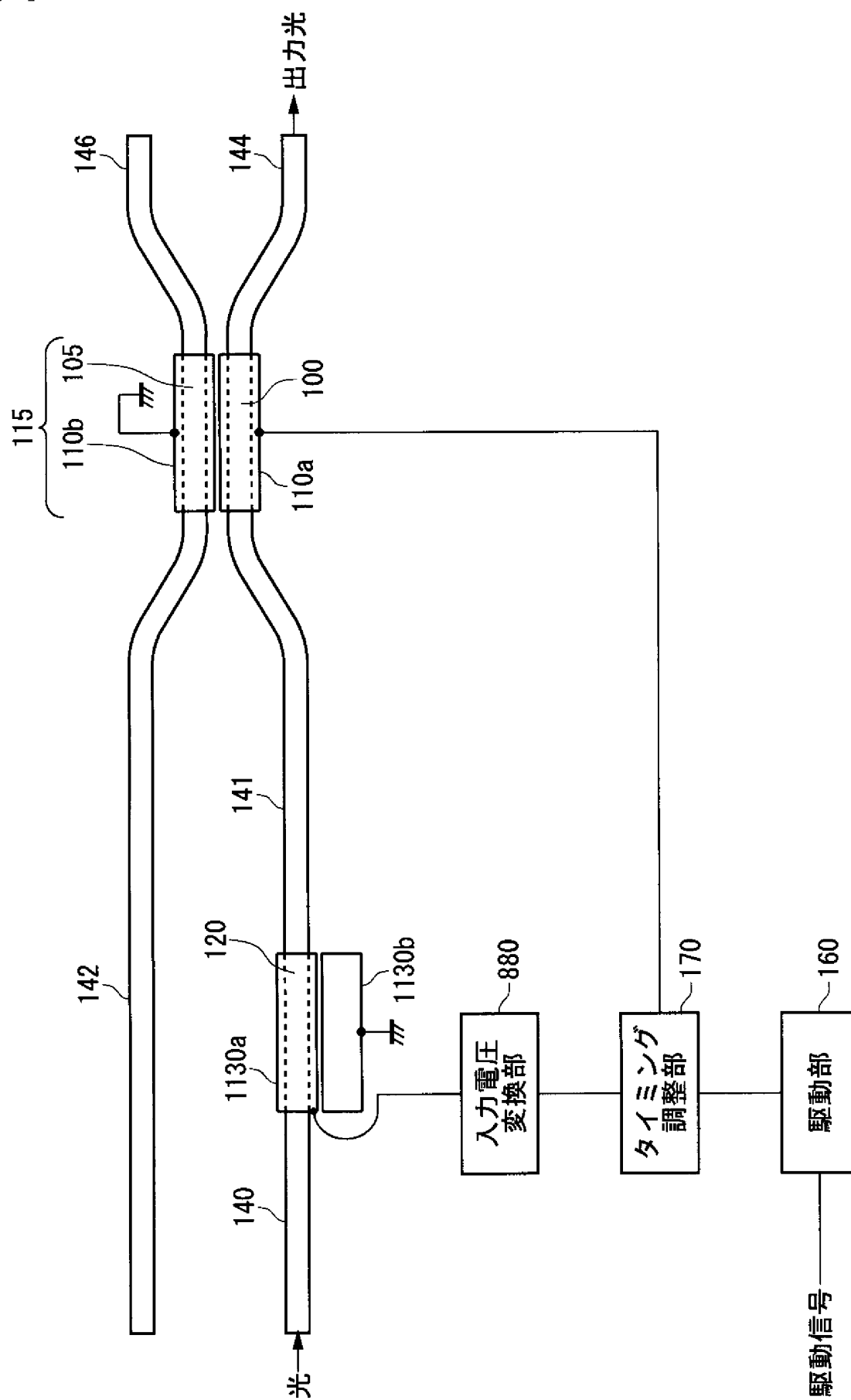


[図11]

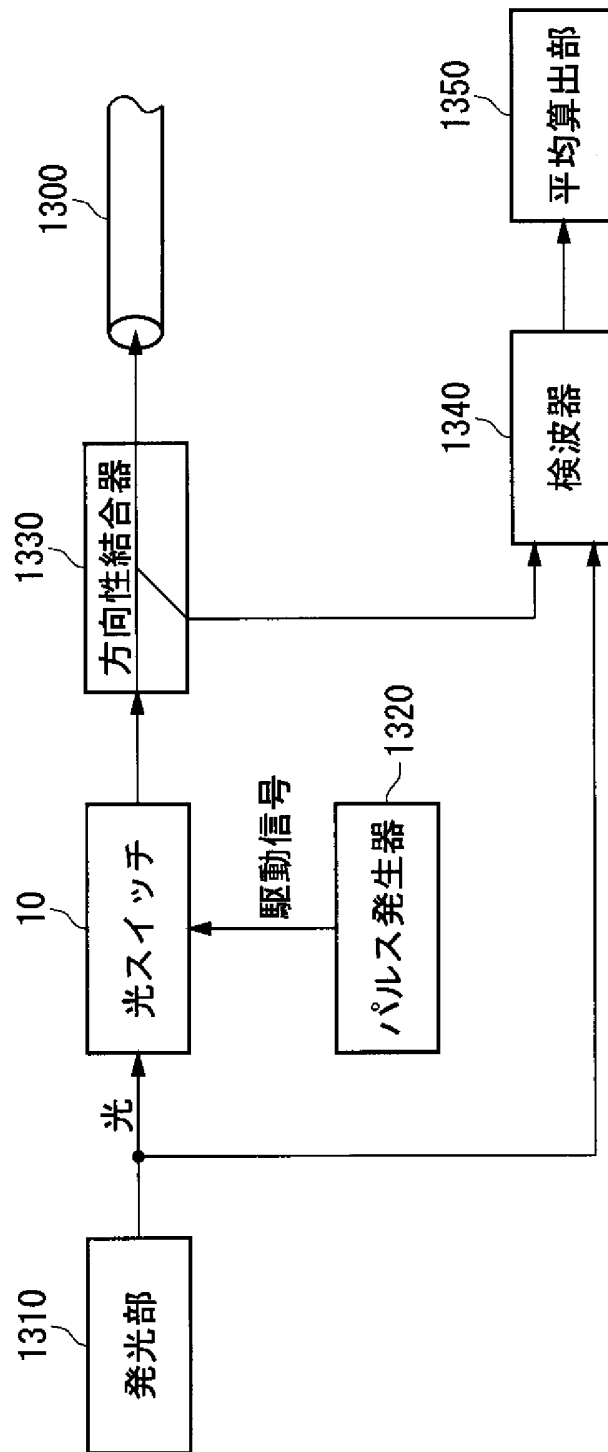
10



[図12]



[図13]

20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/022101

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/313(2006.01), G02B6/12(2006.01), G02B6/122(2006.01)

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)

G02F1/29-1/335, G02B6/12, G02B6/122, G02B26/00-26/08, G02F1/00-1/125

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

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

JICST FILE(JOIS), HIKARI SUICCHI*(CHAPU+CHAPINGU) (in Japanese)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-19574 A (NEC Corp.), 21 January, 2000 (21.01.00), Full text; all drawings & US 2000/6323992 B1	1-13
A	JP 7-64031 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 10 March, 1995 (10.03.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 2004-354960 A (FiBest Ltd.), 16 December, 2004 (16.12.04), Full text; all drawings & EP 1406115 A2 & US 2004/0081389 A1 & US 2004/0047529 A1	1-13

☐ 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
12 January, 2006 (12.01.06)

Date of mailing of the international search report
24 January, 2006 (24.01.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02F1/313 (2006.01), G02B6/12 (2006.01), G02B6/122 (2006.01)

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. G02F1/29-1/335, G02B 6/12, G02B 6/122, G02B26/00-26/08, G02F1/00-1/125

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	1971-2006年
日本国実用新案登録公報	1996-2006年
日本国登録実用新案公報	1994-2006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)

JICSTファイル (JOIS) 光スイッチ* (チャープ+チャープピング)

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 請求の範囲の番号
A	JP 2000-19574 A (日本電気株式会社) 2000.01.21, 全文, 全図 & US 2000/6323992 B1	1-13
A	JP 7-64031 A (日本電信電話株式会社) 1995.03.10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13

☒ 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

12.01.2006

国際調査報告の発送日

24.01.2006

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

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)

河原 正

電話番号 03-3581-1101 内線 3294

2X

3497

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 請求の範囲の番号
A	JP 2004-354960 A (ファイベスト株式会社) 2004.12.16, 全文, 全図 & EP 1406115 A2 & US 2004/0081389 A1 & US 2004/0047529 A1	1-13