

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7601238号
(P7601238)

(45)発行日 令和6年12月17日(2024.12.17)

(24)登録日 令和6年12月9日(2024.12.9)

(51)国際特許分類		F I		
G 0 2 B	26/08 (2006.01)	G 0 2 B	26/08	E
G 0 2 B	6/35 (2006.01)	G 0 2 B	6/35	

請求項の数 7 (全19頁)

(21)出願番号	特願2023-544865(P2023-544865)	(73)特許権者	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(86)(22)出願日	令和3年9月1日(2021.9.1)	(74)代理人	100119677 弁理士 岡田 賢治
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/032108	(74)代理人	100160495 弁理士 畑 雅明
(87)国際公開番号	WO2023/032071	(74)代理人	100115794 弁理士 今下 勝博
(87)国際公開日	令和5年3月9日(2023.3.9)	(72)発明者	藤本 達也 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
審査請求日	令和6年2月16日(2024.2.16)	(72)発明者	川野 友裕 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光スイッチ及び光スイッチシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

厚さ方向に溝が設けられた板状のクラッドと、
前記溝に露出する対向レンズと、
前記クラッドの内部で同軸上にそれぞれ配置され、それぞれの一端が前記クラッドの表面に露出し、それぞれ他端が前記対向レンズを介して前記溝で向かい合う2本の光導波路と、
前記溝内で前記対向レンズに挟まれた際に前記対向レンズの光を透過する移動可能な透明体と、
前記溝内で前記対向レンズに挟まれた際に前記対向レンズから入射された光を入射方向と逆方向に反射する移動可能な両面ミラーと、
前記透明体及び前記両面ミラーが前記厚さ方向に重なって構成される可動部と、
前記可動部と前記溝の底とを接続するバネと、
前記両面ミラーの上部に接触する押し込み面を有し、前記押し込み面が動くことにより、前記両面ミラーの前記溝への押し込み量を制御する押し込み部材と、
を備える光スイッチ。

【請求項2】

前記押し込み部材は、前記押し込み面が前記クラッドに対して斜めであり、前記押し込み面が前記厚さ方向と垂直な方向に動くことで、前記両面ミラーの前記溝への押し込み量を制御する

10

20

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光スイッチ。

【請求項 3】

前記溝に露出する第 2 対向レンズと、

前記クラッドの内部で、前記 2 本の光導波路の軸に平行な軸上にそれぞれ配置され、それぞれの一端が前記クラッドの表面に露出し、それぞれ他端が前記第 2 対向レンズを介して前記溝で向かい合う 2 本の第 2 光導波路と、をさらに備え、

前記透明体は、前記第 2 対向レンズに挟まれた際に前記第 2 対向レンズの光を透過し、

前記両面ミラーは、前記第 2 対向レンズに挟まれた際に前記第 2 対向レンズから入射された光を入射方向と逆方向に反射する

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光スイッチ。

10

【請求項 4】

請求項 1 又は 2 に記載の光スイッチと、

第 1 ポートからの光の入力を第 2 のポートへ出力し、第 2 ポートからの光の入力を第 3 ポートに出力する 2 つの 3 ポートの光サーキュレータと、

前記 2 つの 3 ポートの光サーキュレータの第 1 ポートに接続される 2 本の上部側光ファイバと、

前記 2 つの 3 ポートの光サーキュレータの第 2 のポートと前記 2 本の光導波路の前記一端とを接続する 2 本の接続光ファイバと、

前記 2 つの 3 ポートの光サーキュレータの第 3 ポートに接続される 2 本の下部側光ファイバと、を備える光スイッチシステムであって、

20

任意の前記上部側光ファイバから入射された光を任意の前記下部側光ファイバに出射し、2 入力 2 出力光スイッチとして機能する

ことを特徴とする光スイッチシステム。

【請求項 5】

請求項 3 に記載の光スイッチと、

第 1 ポートからの光の入力を第 2 のポートへ出力し、第 2 ポートからの光の入力を第 3 ポートに出力し、第 3 ポートからの光の入力を第 4 ポートに出力し、第 4 ポートからの光の入力を第 1 ポートに出力する 2 つの 4 ポートの光サーキュレータと、

前記 2 つの 4 ポートの光サーキュレータの第 1 ポートに接続される 2 本の上部側光ファイバと、

30

前記 2 つの 4 ポートの光サーキュレータの第 2 のポートと前記 2 本の光導波路の前記一端とを接続する 2 本の第 1 接続光ファイバと、

前記 2 つの 4 ポートの光サーキュレータの第 3 ポートに接続される 2 本の下部側光ファイバと、

前記 2 つの 4 ポートの光サーキュレータの第 4 のポートと前記 2 本の第 2 光導波路の前記一端とを接続する 2 本の第 2 接続光ファイバと、を備える光スイッチシステムであって、

任意の前記上部側光ファイバから入射された光を任意の前記下部側光ファイバに出射し、任意の前記下部側光ファイバから入射された光を任意の前記上部側光ファイバに出射し、2 入力 2 出力光スイッチとして機能する

ことを特徴とする光スイッチシステム。

40

【請求項 6】

請求項 4 又は 5 に記載の光スイッチシステムを組み合わせる N 入力 N 出力光スイッチとして機能する

ことを特徴とする光スイッチシステム。

【請求項 7】

前記光サーキュレータは、導波路型サーキュレータである

ことを特徴とする請求項 4 から 6 のいずれかに記載の光スイッチシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本開示は、主に光ファイバネットワークにおいてシングルモード光ファイバを用いた光線路の経路を切り替えるために用いる光スイッチ及び光スイッチシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

光を光のまま経路切替を行う全光スイッチには、光ファイバあるいは光コネクタ同士の突合せをロボットアームやモータ等で制御する光ファイバ型機械式光スイッチなど、様々な方式が提案されている（例えば、非特許文献1参照。）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開平3-11303 光サーキュレータ

【文献】特開平11-119158 光サーキュレータアレイ

【文献】特開平11-125724 光集積回路

【非特許文献】

【0004】

【文献】M. Stepanovsky, "A Comparative Review of MEMS-Based Optical Cross-Connects for All-Optical Networks From the Past to the Present Day," IEEE Communications Surveys & Tutorials, v 1.21, n .3, pp. 2928 - 2946, 2019.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、前述の非特許文献1に記載の従来技術においては、さらなる低電力化および小型化、経済化が困難であるという問題がある。一般に非特許文献に記載されているような光スイッチは数百mW以上の大電力を要するという課題があった。屋外の架空光接続点など、光ファイバのみしかない環境においてはこれらの光スイッチを駆動させるのに十分な電力を確保することは困難であった。

【0006】

前記課題を解決するために、本開示は、少ない電力で光路切替が実現できる光スイッチ及び光スイッチシステムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するため、本開示の光スイッチ及び光スイッチシステムは、光路上に両面ミラーを挿入することで、光路切替を実現することとした。

【0008】

具体的には、本開示に係る光スイッチは、
厚さ方向に溝が設けられた板状のクラッドと、
前記溝に露出する対向レンズと、

前記クラッドの内部で同軸上にそれぞれ配置され、それぞれの一端が前記クラッドの表面に露出し、それぞれの他端が前記対向レンズを介して前記溝で向かい合う2本の光導波路と、

前記溝内で前記対向レンズに挟まれた際に前記対向レンズの光を透過する移動可能な透明体と、

前記溝内で前記対向レンズに挟まれた際に前記対向レンズから入射された光を入射方向と逆方向に反射する移動可能な両面ミラーと、
を備える。

【0009】

具体的には、本開示に係る光スイッチシステムは、
前記光スイッチと、

10

20

30

40

50

第1ポートからの光の入力を第2のポートへ出力し、第2ポートからの光の入力を第3ポートに出力する2つの3ポート光サーキュレータと、

前記2つの3ポート光サーキュレータの第1ポートに接続される2本の上部側光ファイバと、

前記2つの3ポート光サーキュレータの第2のポートと前記2本の光導波路の前記一端とを接続する2本の接続光ファイバと、

前記2つの3ポート光サーキュレータの第3ポートに接続される2本の下部側光ファイバと、を備える光スイッチシステムであって、

任意の前記上部側光ファイバから入射された光を任意の前記下部側光ファイバに出射し、2入力2出力光スイッチとして機能する。

10

【0010】

具体的には、本開示に係る光スイッチシステムは、

前記光スイッチと、

第1ポートからの光の入力を第2のポートへ出力し、第2ポートからの光の入力を第3ポートに出力し、第3ポートからの光の入力を第4ポートに出力し、第4ポートからの光の入力を第1ポートに出力する2つの4ポート光サーキュレータと、

前記2つの4ポート光サーキュレータの第1ポートに接続される2本の上部側光ファイバと、

前記2つの4ポート光サーキュレータの第2のポートと前記2本の光導波路の前記一端とを接続する2本の第1接続光ファイバと、

20

前記2つの4ポート光サーキュレータの第3ポートに接続される2本の下部側光ファイバと、

前記2つの4ポート光サーキュレータの第4のポートと前記2本の第2光導波路の前記一端とを接続する2本の第2接続光ファイバと、を備える光スイッチシステムであって、

任意の前記上部側光ファイバから入射された光を任意の前記下部側光ファイバに出射し、任意の前記下部側光ファイバから入射された光を任意の前記上部側光ファイバに出射し、2入力2出力光スイッチとして機能する。

【発明の効果】

【0011】

本開示によれば、少ない電力で光路切替が実現できる光スイッチ及び光スイッチシステムを提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】実施形態1に係る光スイッチシステムの構成を説明する図である。

【図2】実施形態1に係る光スイッチシステムの構成を説明する図である。

【図3】実施形態1に係る光スイッチシステムの構成を説明する図である。

【図4】実施形態1に係る光サーキュレータの構成を説明する図である。

【図5】実施形態1に係る光スイッチシステムの構成を説明する図である。

【図6】実施形態1に係る光スイッチシステムの構成を説明する図である。

【図7】実施形態1に係る光スイッチシステムの構成を説明する図である。

40

【図8】実施形態1に係る光スイッチシステムの構成を説明する図である。

【図9】実施形態1に係る光スイッチシステムにおける光路を説明する図である。

【図10】実施形態1に係る光スイッチシステムにおける光路を説明する図である。

【図11】実施形態1に係る光スイッチシステムの構成を説明する図である。

【図12】実施形態1に係る光路切替パターンを説明する図である。

【図13】実施形態1に係る光スイッチシステムの構成を説明する図である。

【図14】実施形態1に係る光路切替パターンを説明する図である。

【図15】実施形態2に係る光スイッチシステムの構成を説明する図である。

【図16】実施形態2に係る双方向光サーキュレータの構成を説明する図である。

【図17】実施形態2に係る双方向光サーキュレータの構成を説明する図である。

50

【図 18】実施形態 2 に係る光スイッチシステムにおける光路を説明する図である。

【図 19】実施形態 2 に係る光スイッチシステムにおける光路を説明する図である。

【図 20】実施形態 2 に係る光スイッチシステムにおける光路を説明する図である。

【図 21】実施形態 2 に係る光スイッチシステムにおける光路を説明する図である。

【図 22】実施形態 3 に係る光スイッチシステムの構成を説明する図である。

【図 23】実施形態 3 に係る光スイッチシステムの構成を説明する図である。

【図 24】実施形態 4 に係る光スイッチシステムの構成を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

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。

10

【0014】

(実施形態 1)

図 1 は実施形態 1 の構成図である。この光スイッチ 10 は光ファイバ FA 及び光ファイバ FB の上部側ファイバ群と、光ファイバ FC 及び光ファイバ FD の下部側ファイバ群を光路切替して接続するものである。

【0015】

光サーキュレータ 30A は、本実施形態で後述する 3 ポート光サーキュレータである。光ファイバ FA と光ファイバ FC は光サーキュレータ 30A で接続されており、光ファイバ FB と光ファイバ FD は光サーキュレータ 30B で接続されている。光サーキュレータ 30A は光ファイバ FE を経由して PLC (Planar Lightwave Circuit) 11 へ接続され、光サーキュレータ B は光ファイバ FF を経由して PLC 11 へ接続される。

20

【0016】

PLC 11 には板状のクラッドに導波路 12 があり、その導波路 12 上には両面ミラーを差し込むための溝 13 が導波路 12 を横断するように配置されている。溝 13 は、クラッドの厚さ方向に形成されている。本実施形態では、溝 13 で分断された導波路 12 を符号 12-1 及び 12-2 と表記し、これらを区別しない場合は導波路 12 と記載する。また以下の実施形態では、導波路 12 が直線状に形成されている例を示すが、導波路 12 は PLC の設計に応じた任意の形状でありうる。また光導波路 12-1 及び 12-2 の長さは、同じであってもよいが、異なっても本開示の作用・効果は得られる。

30

【0017】

本実施形態では、溝 13 へ差し込むことができる両面ミラー MA が配置されている。両面ミラー MA は、クラッドの厚さ方向に移動可能である。両面ミラー MA は、溝 13 内で光導波路 12-1 及び 12-2 に挟まれた際に、光導波路 12-1 及び 12-2 から入射された光を入射方向と逆方向に反射する。

【0018】

本実施形態では、溝 13 へ差し込むことができるプリズム (図 5 に示す符号 16) が配置されている。プリズム 16 は、クラッドの厚さ方向に移動可能である。プリズム 16 は、溝 13 内で光導波路 12-1 及び 12-2 に挟まれた際に、光導波路 12-1 及び 12-2 から入射された光を透過する。ここで、プリズム 16 は、光導波路 12-1 及び 12-2 の伝搬光を透過する透明な任意の媒体であり、空気であってもよい。

40

【0019】

本実施形態では、溝 13 に露出する対向レンズ (図 5 に示す符号 14-4 及び 14-5) を備える。対向レンズ 14-4 が備わる場合、光導波路 12-1 から溝 13 への光は対向レンズ 14-4 を介して溝 13 に出射される。対向レンズ 14-5 が備わる場合、光導波路 12-2 から溝 13 への光は対向レンズ 14-5 を介して溝 13 に出射される。

50

【 0 0 2 0 】

PLC 11の内部には、一端がPLC 11の表面で光ファイバFEに接続された光導波路12-1、及び一端がPLC 11の光ファイバFFに接続された光導波路12-2が同軸上に配置されている。光導波路12-1の他端及び光導波路12-2の他端の間には、両面ミラーMAを差し込むための溝13が設けられている。光導波路12-1の他端及び光導波路12-2の他端を光学的に接続するために、溝13の内部かつ光導波路12-1及び光導波路12-2の軸上に、光を透過するプリズム（後述する符号16）のような透明体が配置されてもよい。両面ミラーMAは、溝13に挿入可能な位置、例えば、溝13の上や、溝13内に両面ミラーMAを配置され、溝13に挿入されたり、溝13から抜き出されたりすることで、光導波路12-1及び光導波路12-2の間の光学的接続状態（遮断又は接続）を変化させる。

10

【 0 0 2 1 】

ここで、図1では、光ファイバFAを光路1Aとし、光ファイバFCを光路1Cとし、光路1A及び光路1Cをまとめて光路1とする。また、光ファイバFBを光路2Bとし、光ファイバFDを光路2Dとし、光路2B及び光路2Dをまとめて光路2とする。さらに、光ファイバFE、光導波路12-1、光導波路12-2及び光ファイバFFをまとめて光路3とする。

【 0 0 2 2 】

溝13と両面ミラーMAの位置関係の一例を説明するため、光ファイバFA及び光ファイバFBの長軸方向からみたPLC 11の側面図を図2に示す。光路3は、PLC 11の内部を直線状に貫通しており、溝13が光路3に垂直に設けられている。そして、この溝13に対して両面ミラーMAを挿入することで、光路3を遮断する。また、溝13に挿入された両面ミラーMAは、光路3に対して垂直な方向に抜き出されることで、光路3の光学的な接続を可能とする。両面ミラーMAの駆動方法は後述する。

20

【 0 0 2 3 】

バルク部品で構成される光サーキュレータ30Aと光導波路12との間の構成の一例を図3で説明する。光導波路12に接続された光ファイバFEと、光サーキュレータ30Aの有するレンズ14-2とが光学的に接続されることで、光サーキュレータ30Aと光導波路12との間での光の入出力が実現される。一方、既存技術である導波路型光サーキュレータも用いることもできる（例えば、特許文献1～3を参照。）。

30

【 0 0 2 4 】

図1における光サーキュレータ30Aの動作原理を図4で説明する。図4では、光サーキュレータ30Aの一例として、バルク部品で構成される光サーキュレータを表す。光路1Aから送信された光は、偏光ビームスプリッタSAでS偏光とP偏光に分けられる。P偏光はそのまま、S偏光は片面ミラーCMAで反射された後に、それぞれ1/2波長板、ファラデー回転子の順でこれらを通り、偏光ビームスプリッタSBで合波されて光路3へ進む。なお、P偏光及びS変更は、1/2波長板、ファラデー回転子の順に、これらを通過する場合は偏光状態が変化しない。

【 0 0 2 5 】

また、光路3から来た光は偏光ビームスプリッタSBでS偏光とP偏光に分けられる。偏光ビームスプリッタSBで分けられたS偏光及びP偏光はそれぞれ、ファラデー回転子、1/2波長板の順にこれらを通過することで、偏光状態が90度回転し、偏光ビームスプリッタSAで合波した後に、片面ミラーCMB、片面ミラーCMC及び両面ミラーCMBで反射されて光路1Cへ進む。図1の光サーキュレータ30Bは光サーキュレータ30Aと左右対称の構造となる。

40

【 0 0 2 6 】

両面ミラーMAを溝13に挿入する方法について図5から図8を用いて説明する。両面ミラーMAを溝13に挿入する前の状態の一例を図5(a)に示す。図5(a)に示すように、PLC 11には、前述したように溝13が光路3に垂直に設けられている。PLC 11は、溝13に露出し、互いに対向する対向レンズ17-1及び対向レンズ17-2を

50

有する。また、光導波路 12 - 1 は、一端が光路 1 を構成する光ファイバ F E (不図示) に接続され、他端が対向レンズ 17 - 1 に接続する。光導波路 12 - 2 は、一端が光路 2 を構成する光ファイバ F F (不図示) に接続され、他端が対向レンズ 17 - 2 に接続する。

【0027】

両面ミラー M A の構造例を図 5 (b) に示す。図 5 (b) に示すように、両面ミラー M A はプリズム 16 と接着されており、またプリズム 16 の下には、プリズム 16 の押し込みに対して反発力を持つパネ等 15 を取り付ける。パネ等 15 は、図 5 (a) に示すように溝 13 の底と接続される。両面ミラー M A とプリズム 16 との位置関係はこれに限定されない。例えば、両面ミラー M A とプリズム 16 とが図 5 (a) に示す位置関係と上下が反対で、両面ミラー M A と溝 13 の底とがパネ等 15 で接続されてもよい。光スイッチ 10 は、窪みの有る板 21 を備えてもよい。窪みの有る板 21 は、押し込み部材として機能し、両面ミラー M A の上部が窪み 21 D に入るように配置され、この状態から P L C 11 の厚さ方向と垂直な光路方向に移動可能である。窪み 21 D は、板 21 の押し込み面 21 S に配置され、P L C 11 のクラッドに対して斜めになっている。押し込み面 21 S が光路方向に動くことで、両面ミラーの溝 13 への押し込み量を制御することができる。また、両面ミラー M A が窪みに入っている場合に、プリズム 16 が光導波路 12 - 1 及び光導波路 12 - 2 の軸上に配置されるように、パネ等 15 の長さ及び強度並びに板 21 と P L C 11 との距離が調整されることが望ましい。両面ミラー M A が窪みに入っている場合は、光路 3 を通る光が光導波路 12 - 1、対向レンズ 17 - 1、プリズム 16、光導波路 12 - 2 及び対向レンズ 17 - 2 を通過する。ここで、対向レンズ 17 - 1、プリズム 16 及び対向レンズ 17 - 2 はそれぞれ光路 3 に含まれるとする。

【0028】

窪みの有る板 21 を P L C 11 の光路 3 に対して平行移動させた図が図 6 である。窪みの有る板 21 の平行移動により両面ミラー M A は窪みから外れ、P L C 11 へ押し込まれる形で両面ミラー M A が溝 13 へ挿入される。これにより、光路 3 上にあったプリズム 16 が両面ミラー M A に変わり、光路 1 から来た光は光路 1 方向へ、光路 2 方向から来た光は光路 2 方向へ全反射する。窪みの有る板 21 代わりに、斜面を有する板を用いて同様である。図 7 及び図 8 は窪みの有る板 21 の代わりに、押し込み部材 22 により両面ミラー M A の押し込みを実行する構成である。押し込み部材 22 は、温度変化などにより意図的に膨張収縮を制御できる部材や、モータ等の回転をピストン運動等へ変換する機構を用いても良い。プリズム 16 により遮断された光路 3 については、光路 3 のうち、両面ミラー M A より光路 1 側の部分を光路 3 E とし、両面ミラー M A より光路 2 側の部分を光路 3 F とする。

【0029】

図 1 の光スイッチ 10 において、両面ミラー M A を用いた光路切替の一例を図 9 及び図 10 で説明する。図 9 は、両面ミラー M A (不図示) が溝 13 へ挿入されていない状態の光スイッチ 10 を表す。本実施形態に係る光スイッチ 10 では、図 9 のように、光ファイバ F A から光サーキュレータ 30 A に向けて入射された光は、光サーキュレータ 30 A を通って光路 3 へ出射された後、光サーキュレータ 30 B を通って光ファイバ F D へ出射される。同様に、光ファイバ F B から光サーキュレータ 30 B に向けて入射された光は、光サーキュレータ 30 B を通って光路 3 へ出射された後、光サーキュレータ 30 A を通って光ファイバ F C へ出射される。

【0030】

次に、両面ミラー M A を溝 13 に挿入した場合について図 10 で説明する。図 10 に示すように、両面ミラー M A を溝 13 へ挿入すると、光ファイバ F A から光サーキュレータ 30 A へ向けて入射された光は、光サーキュレータ 30 A を通って光路 3 E へ出射されるが、その後両面ミラー M A によって反射され、再び光路 3 E を光サーキュレータ 30 A に向かって伝搬し、光サーキュレータ 30 A を通って光ファイバ F C へ出射される。同様に、光ファイバ F B から光サーキュレータ 30 B に向かって入射された光も両面ミラー M A で反射されることで、最終的に光ファイバ F D へ出射される。よって、本実施形態に係る

光スイッチ 10 は、図 9 及び図 10 に示すように、両面ミラー MA を溝 13 に挿入するか否かによって、光路を変えることができ、光スイッチとして機能する。

【0031】

上記では、2 入力 2 出力として機能する光スイッチ 10 を説明したが、光スイッチ 10 を組み合わせることで、3 入力 3 出力以上の光スイッチを実現できる。3 入力 3 出力として機能する光スイッチの一例を図 11 に示す。図 11 では、A 軸、B 軸及び C 軸の 3 軸上に光ファイバ及び光サーキュレータを配置する。具体的には、A 軸上に、3 本の光ファイバと、それぞれの上に光サーキュレータ 30A 又は 30E を配置する。B 軸上に、4 本の光ファイバと、それぞれの上に光サーキュレータ 30B、30C 又は 30F を配置する。C 軸上に、2 本の光ファイバと、その間に光サーキュレータ 30D を配置する。そして、A 軸及び B 軸の間には、PLC 11A を配置する。PLC 11A は、前述した光路 3 を平行に 2 つ有し、それぞれの光路 3 に対して前述した両面ミラー MA と同じ構造及び動作の両面ミラー MA 及び両面ミラー MC が配置された構成である。PLC 11A は、光サーキュレータ 30A 及び 30B の間と、光サーキュレータ 30E 及び 30F の間のそれぞれを 2 つの光路 3 で結ぶ。B 軸及び C 軸の間には、前述した PLC 11 と同一である PLC 11B を配置し、光サーキュレータ 30C 及び 30D の間を光路 3 で結ぶ。図 11 に示す光スイッチは、両面ミラー MA、B 及び C の挿入・未挿入状態は独立して制御することにより任意の光路切替を実現し、3 入力 3 出力光スイッチとして機能する。

10

【0032】

3 入力 3 出力光スイッチの光路切替のパターンの組合せと駆動ミラーの番号を図 12 に表す。駆動ミラーとは、溝に挿入された状態の両面ミラーを意味する。図 12 に示す組合せは、左から A 軸に入力された光の出力先、B 軸に入力された光の出力先、C 軸に入力された光の出力先を表す。例えば、図 12 の 1 行目は、図 12 で番号 1 として表現される両面ミラー M1、図 12 で番号 2 として表現される両面ミラー M2、及び図 12 で番号 3 として表現される両面ミラー M3 のいずれも駆動させなかった場合であり、その場合、A 軸に入力した光が A 軸に出力され、B 軸に入力された光が B 軸に出力され、C 軸に入力された光が C 軸に出力されることを意味する。3 入力 3 出力光スイッチにおける光路切替のパターンの組合せは、入力及び出力が 3 つなので、光路切替のパターンの組合せは 3 の階乗で計算でき、6 通りとなる。

20

【0033】

4 入力 4 出力光スイッチの一例を図 13 に示す。図 11 に示す 3 入力 3 出力光スイッチと同様に、複数の光ファイバ、光サーキュレータ及び PLC を組み合わせることで、4 入力 4 出力光スイッチを実現することができる。また、4 入力 4 出力光スイッチの光路切替のパターンの組合せと駆動ミラーの番号を図 14 に表す。4 入力 4 出力光スイッチは入力及び出力が 4 つなので、光路切替のパターンの組合せは 4 の階乗で計算でき、24 通りとなる。

30

【0034】

以上のようにして、上部側ファイバ群から入射された光を任意の下部側ファイバ群へ出射される光路切替を実行する光スイッチを構成する。

【0035】

(実施形態 2)

実施形態 1 に係る光スイッチ 10 は、上部側ファイバ群である光ファイバ FA 及び光ファイバ FB のいずれかから入射された光を、下部側ファイバ群である光ファイバ FC 及び光ファイバ FD のいずれかへ出射するものであり、上部側ファイバ群から下部側ファイバ群に向けた片方向への光信号にしか適用できない光スイッチであった。

40

【0036】

本実施形態に係る光スイッチ 40 を図 15 に示す。本実施形態に係る光スイッチ 40 は、光ファイバ FE 及び光ファイバ FF の上部側ファイバ群からの光でも、光ファイバ FG 及び光ファイバ FH の下部側ファイバ群からの光でも光路切替をできる、双方向の光スイッチである。

50

【 0 0 3 7 】

本実施形態では、図 1 5 に示すように、光ファイバ F E と光ファイバ F G は光サーキュレータ 3 1 A で接続されており、光ファイバ F F と光ファイバ F H は光サーキュレータ 3 1 B で接続されている。また、光ファイバ F E を光路 4 E とし、光ファイバ F G を光路 4 G として、光路 4 E 及び光路 4 G をまとめて光路 4 とする。同様に、光ファイバ F F を光路 5 F とし、光ファイバ F H を光路 5 H として、光路 5 F 及び光路 5 H をまとめて光路 5 とする。

【 0 0 3 8 】

光サーキュレータ 3 1 A 及び光サーキュレータ 3 1 B の間は、光路 6 及び光路 7 の 2 つの光路が配置される。光路 6 及び光路 7 のそれぞれは、実施形態 1 における光路 3 と同様の構成であり、互いに平行である。ただし、光路 6 及び光路 7 の両方の光路上にある溝 1 3 は共通であり、共通の両面ミラー M A が溝 1 3 に挿入されることにより光路 6 及び光路 7 を同時に遮断できる。また、光路 6 及び光路 7 を構成するプリズムも共通である。なお、両面ミラー M A の構造及び動作は実施形態 1 と同様である。

10

【 0 0 3 9 】

双方向光サーキュレータ 3 1 A の構成及び動作の一例を図 1 6 及び図 1 7 に示す。双方向光サーキュレータ 3 1 A は、図 4 に示す光サーキュレータ 3 0 A と比較して、光路 7 との界面となるレンズ 1 4 - 4 と、レンズ 1 4 - 4 へ光を反射し、又はレンズ 1 4 - 4 から光を反射する片面ミラー C M G をさらに備えることが特徴である。

【 0 0 4 0 】

図 1 6 では、光路 4 E、光路 4 G 及び光路 6 がそれぞれ、実施形態 1 における光路 1 A、光路 1 C 及び光路 3 に対応する。そして、図 1 6 に示す双方向光サーキュレータ 3 1 A は、図 4 に示す光サーキュレータ 3 0 A と同様の動作を行う。すなわち、図 1 6 は、上部側ファイバ群から下部側ファイバ群へ向けて進行する光の光路切替時における光ファイバ 4 0 の動作を表している。上部側ファイバ群である光ファイバ F E から入射された光は光路 4 E から双方向光サーキュレータ 3 1 A へ入り、図 4 の光サーキュレータ 3 0 A と同様に進行して光路 6 へ進む。また光路 6 から入射した光も図 4 の光サーキュレータ 3 0 A と同じように進行して下部ファイバ群側の光路 4 G へ進行する。

20

【 0 0 4 1 】

一方で、図 1 7 は下部側ファイバ群から上部側ファイバ群へ向けて進行する光の光路切替時における双方向光サーキュレータ 3 1 A の動作を表しており、これは実施形態 1 の光サーキュレータ 3 0 A がない動作である。図 1 7 は下部側ファイバ群である光ファイバ F G から入射された光は光路 4 G から双方向光サーキュレータ 3 1 A へ入り、片面ミラー C M F、片面ミラー C M E 及び両面ミラー C M C の順にそれぞれで反射された後に、偏光ビームスプリッタ S C で P 偏光と S 偏光へ分波される。その後、S 偏光はそのまま、P 偏光は片面ミラー C M D で反射された後に、それぞれ 1 / 2 波長板、ファラデー回転子でこれらを通し、偏光ビームスプリッタ S D で合波された後に、片面ミラー C M G で反射されて光路 7 へ進む。なお、P 偏光及び S 変更は、1 / 2 波長板、ファラデー回転子の順に、これらを通過する場合は偏光状態が変化しない。

30

【 0 0 4 2 】

また、光路 7 から双方向光サーキュレータ 3 1 A へ入射した光は、片面ミラー C M G で反射された後、偏光ビームスプリッタ S D で P 偏光と S 偏光へ分波される。そして、P 偏光はそのまま、S 偏光は片面ミラー C M C で反射された後に、それぞれファラデー回転子、1 / 2 波長板の順にこれらを通過することで、偏光状態が 9 0 度回転し、偏光ビームスプリッタ S C で合波されて上部側ファイバ群に向けて光路 4 E へ出射される。

40

【 0 0 4 3 】

以上のように、双方向光サーキュレータ 3 1 A は、上部側ファイバ群の光路 4 E から光が入射したら光路 6 へ出射し、光路 6 から光が入射したら下部側ファイバ群の光路 4 G へ出射し、また下部側ファイバ群の光路 4 G から光が入射したら光路 7 へ出射し、光路 7 から入射したら上部側ファイバ群の光路 4 E へ出射する特徴を持つ。図 1 5 における双方向

50

光サーキュレータ 3 1 B は双方向光サーキュレータ 3 1 A と左右逆の構造をとる。

【 0 0 4 4 】

図 1 5 の光スイッチ 4 0 において、両面ミラー M A を用いた光路切替の一例を図 1 8 から図 2 1 で説明する。図 1 8 は、両面ミラー M A (不図示) が溝 1 3 へ挿入されていない状態で上部側ファイバ群から光が入射された場合の光の伝搬経路を表す。光ファイバ F E から光サーキュレータ 3 1 A に向けて入射された光は、光サーキュレータ 3 1 A を通って光路 6 へ出射された後、光サーキュレータ 3 1 B を通って光ファイバ F H へ出射される。同様に、光ファイバ F F から光サーキュレータ 3 1 B に向けて入射された光は、光サーキュレータ 3 1 B を通って光路 6 へ出射された後、光サーキュレータ 3 1 A を通って光ファイバ F G へ出射される。

10

【 0 0 4 5 】

図 1 9 は、両面ミラー M A (不図示) が溝 1 3 へ挿入されていない状態で下部側ファイバ群から光が入射された場合の光の伝搬経路を表す。光ファイバ F G から光サーキュレータ 3 1 A に向けて入射された光は、光サーキュレータ 3 1 A を通って光路 7 へ出射された後、光サーキュレータ 3 1 B を通って光ファイバ F F へ出射される。同様に、光ファイバ F H から光サーキュレータ 3 1 B に向けて入射された光は、光サーキュレータ 3 1 B を通って光路 7 へ出射された後、光サーキュレータ 3 1 A を通って光ファイバ F E へ出射される。以上より、双方向光スイッチ 4 0 では、光の進行方向が上部側ファイバ群から下部側ファイバ群であっても、下部側ファイバ群から上部側ファイバ群であっても同じ光接続状態、すなわち、入射された光が P L C 1 1 を通って、入射軸と異なる軸から出力される状態が形成される。

20

【 0 0 4 6 】

図 2 0 は、双方向光スイッチ 4 0 に両面ミラー M A が挿入された状態で上部側ファイバ群から光が入射された場合の光の伝搬経路を表す。図 2 0 及び後述する図 2 1 では、両面ミラー M A により遮断された光路 6 については、光路 6 のうち、両面ミラー M A 及び光サーキュレータ 3 1 A の間の部分を光路 6 E とし、両面ミラー M A 及び光サーキュレータ 3 1 B の間の部分を光路 6 F とする。光路 7 についても同様に両面ミラー M A で光路 7 E と光路 7 F に分割されるとする。

【 0 0 4 7 】

図 2 0 に示すように、両面ミラー M A を溝 1 3 へ挿入すると、光ファイバ F E から光サーキュレータ 3 1 A へ向けて入射された光は、光サーキュレータ 3 1 A を通って光路 6 E へ出射されるが、その後両面ミラー M A によって反射され、再び光路 6 E を光サーキュレータ 3 1 A に向かって伝搬し、光サーキュレータ 3 1 A を通って光ファイバ F G へ出射される。同様に、光ファイバ F F から光サーキュレータ 3 1 B に向かって入射された光も両面ミラー M A で反射されることで、最終的に光ファイバ F H へ出射される。

30

【 0 0 4 8 】

図 2 1 は、双方向光スイッチ 4 0 に両面ミラー M A が挿入された状態で下部側ファイバ群から光が入射された場合の光の伝搬経路を表す。図 2 1 に示すように、両面ミラー M A を溝 1 3 へ挿入すると、光ファイバ F G から光サーキュレータ 3 1 A へ向けて入射された光は、光サーキュレータ 3 1 A を通って光路 7 E へ出射されるが、その後両面ミラー M A によって反射され、再び光路 7 E を光サーキュレータ 3 1 A に向かって伝搬し、光サーキュレータ 3 1 A を通って光ファイバ F E へ出射される。同様に、光ファイバ F H から光サーキュレータ 3 1 B に向かって入射された光も両面ミラー M A で反射されることで、最終的に光ファイバ F F へ出射される。以上より、双方向光スイッチ 4 0 では、光の進行方向が上部側ファイバ群から下部側ファイバ群であっても、下部側ファイバ群から上部側ファイバ群であっても同じ光接続状態、すなわち、入射された光が P L C 1 1 で反射されて、入射軸と同じ軸から出力される状態が形成される。

40

【 0 0 4 9 】

このように、本実施形態に係る光スイッチ 4 0 は、実施形態 1 とは異なり、双方向に光通信する場合においても使用可能な光路切替機能を持つ光スイッチとなる。また双方向光

50

スイッチも実施形態 1 における図 1 1、図 1 3 と同様に 3 入力 3 出力以上の N 入力 N 出力スイッチも構成可能である。

【 0 0 5 0 】

(実施形態 3)

実施形態 1 や実施形態 2 では、光路上にある複数の両面ミラー M A の挿入状態の組み合わせによって上部側ファイバ群と下部側ファイバ群の光路切替を伴う接続を実現する。4 入力 4 出力光スイッチを図 2 2 に示す。図 2 2 では、光サーキュレータ 3 0 としているが、双方向サーキュレータ 3 1 でもよい。図 2 2 に示すような光スイッチシステム内に複数の両面ミラーがあった場合、複数の両面ミラー M A を一斉に制御してもよい。具体的には、光スイッチシステムは、各両面ミラー M A の位置に対応した窪みを有する窪み制御部材 5 0 を有してもよい。図 2 3 のように各両面ミラー M A に対応した位置に窪みが彫ってある窪み制御部材を移動させることで、一斉に全ての両面ミラー M A の挿入・非挿入状態を制御しても良い。これにより、各両面ミラー M A 1 つ 1 つで両面ミラー M A の駆動を制御する場合に比べて少ないパーツ数で光路切替が実現できる。

10

【 0 0 5 1 】

(実施形態 4)

実施形態 1 の光サーキュレータ 3 0 や実施形態 2 の双方向光サーキュレータ 3 1 に関して、図 2 4 のように導波路型サーキュレータ 3 2 (例えば、特許文献 1 ~ 3 を参照。)によりアレイ化し集積することにより、製造の簡易化やそれに伴う低コスト製造をしても良い。

20

【 0 0 5 2 】

(発明の効果)

小さく軽量の両面ミラーの駆動のみで光路が切り替わるため従来よりも小さなエネルギーで動作する光スイッチとなる。また、1 x N スイッチを複数組み合わせると N x N スイッチを構築する際は 1 x N スイッチ同士をフルメッシュ状に接続する必要があり、N の 2 乗回の融着接続などが発生してスイッチの大型化が課題となるが、本スイッチは小型での製造が可能である。

【 0 0 5 3 】

(発明のポイント)

P L C と光サーキュレータで構成された光路に両面ミラーを差し込むことによって、光路で形成されたあみだくじのように上部側ファイバ群と下部側ファイバ群のあらゆる接続状態を表現することができる。

30

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 4 】

本開示に係る光スイッチ及び光スイッチシステムは、情報通信産業に適用することができる。

【符号の説明】

【 0 0 5 5 】

1 0、4 0 : 光スイッチ

1 1 : P L C

1 2、1 2 - 1、1 2 - 2 : 光導波路

1 3 : 溝

1 4 : レンズ

1 5 : パネ等

1 6 : プリズム

1 7 - 1、1 7 - 2 : 対向レンズ

2 1 : 窪みの有る板

2 1 D : 窪み

2 1 S : 押し込み面

2 2 : 押し込み部材

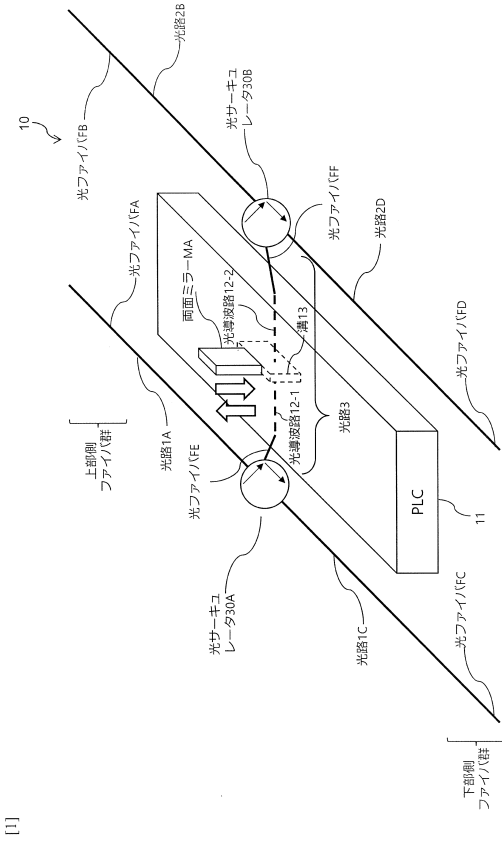
40

50

- 30 : 光サーキュレータ
- 31 : 双方向光サーキュレータ
- 32 : 導波路型サーキュレータ

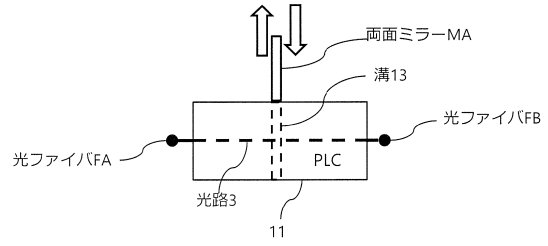
【図面】

【図1】



【図2】

[2]



10

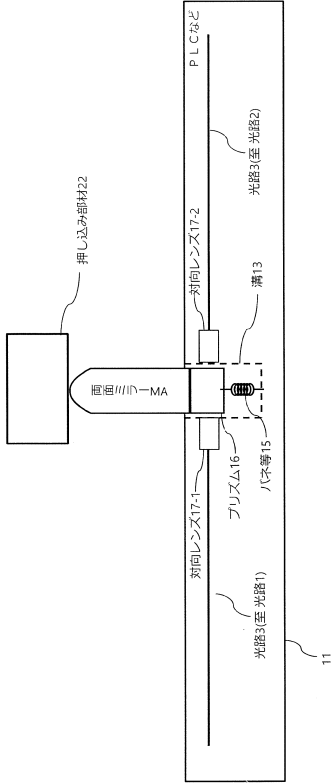
20

30

40

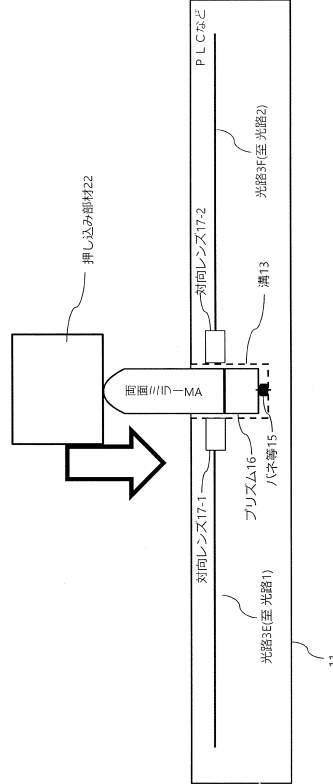
50

【図7】



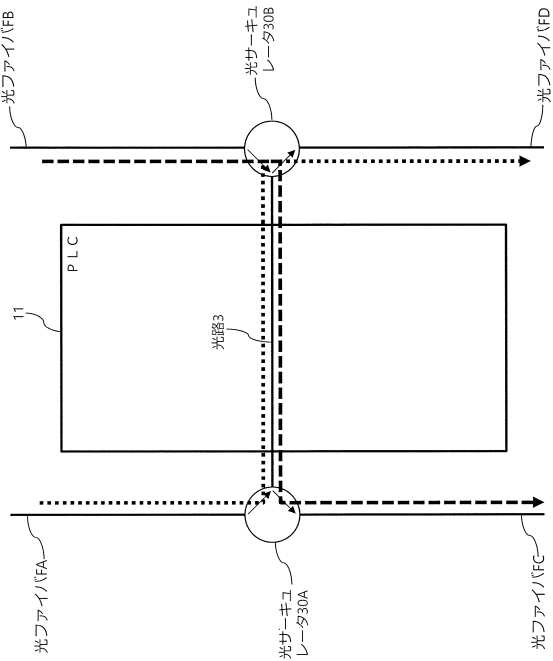
[7]

【図8】



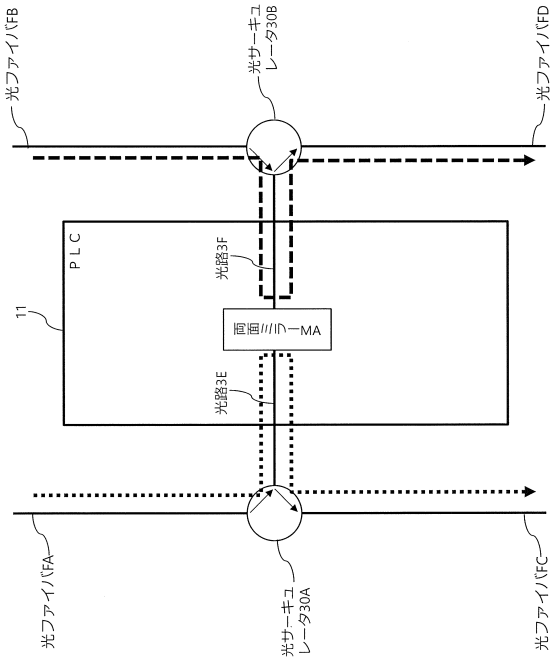
[8]

【図9】



[9]

【図10】



[10]

10

20

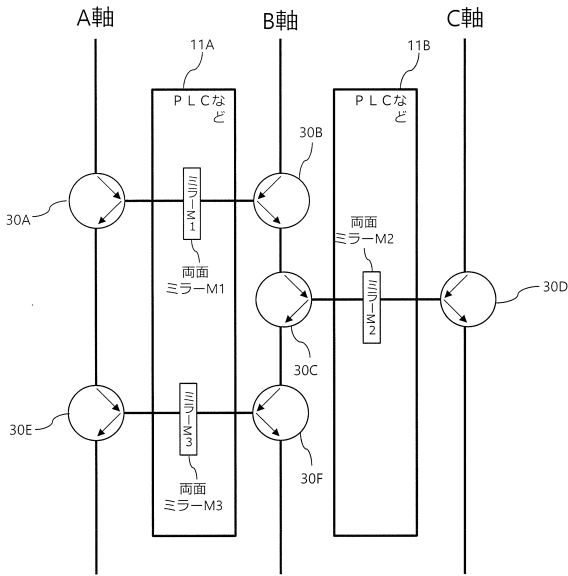
30

40

50

【図 1 1】

[11]



【図 1 2】

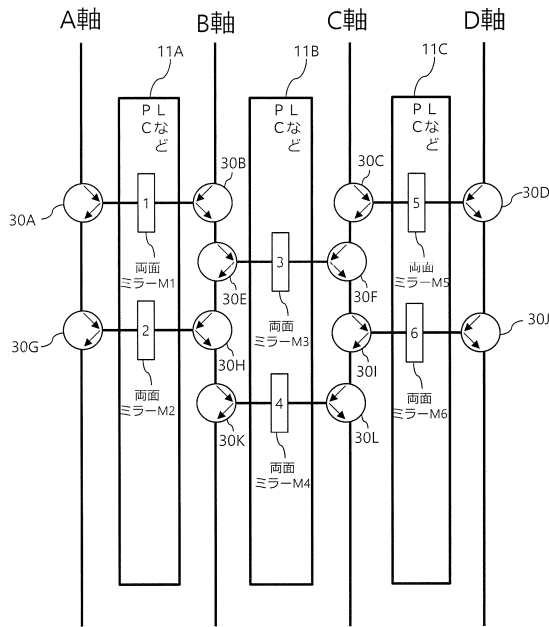
[12]

組合せ	駆動ミラー
ABC	
ACB	2
CAB	23
BAC	1
BCA	12
CBA	123

10

【図 1 3】

[13]



【図 1 4】

[14]

組合せ	駆動ミラー
ADBC	35
ADCB	356
CDAB	2346
BDAC	135
BDCA	1356
CDBA	12346
DABC	235
DACB	2356
DCAB	23456
DBAC	1235
DBCA	12356
DCBA	123456

20

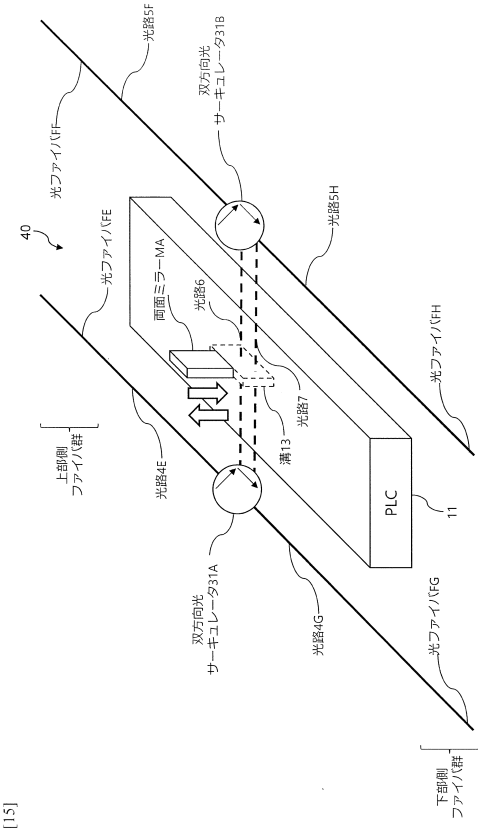
組合せ	駆動ミラー
ABCD	
ACBD	3
CABD	23
BACD	1
BCAD	13
CBAD	123
ABDC	5
ACDB	36
CADB	236
BADC	15
BCDA	136
CBDA	1236

30

40

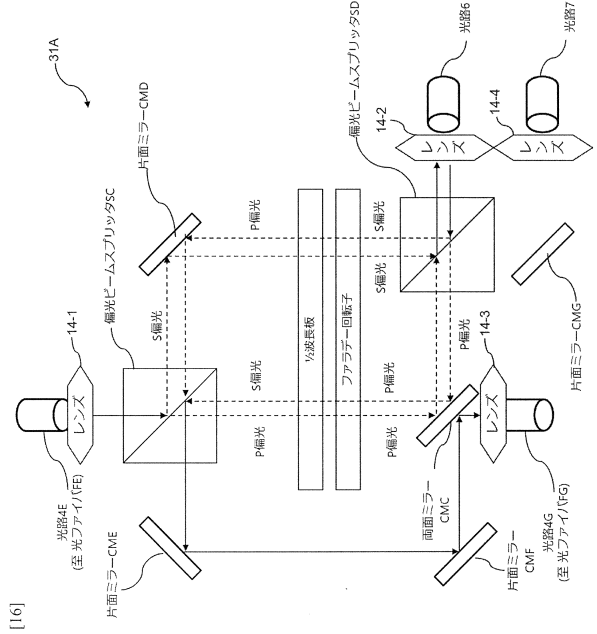
50

【図 15】



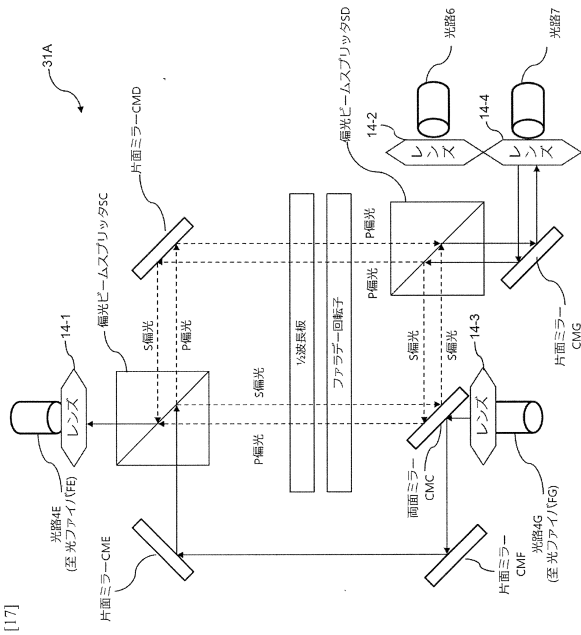
[15]

【図 16】



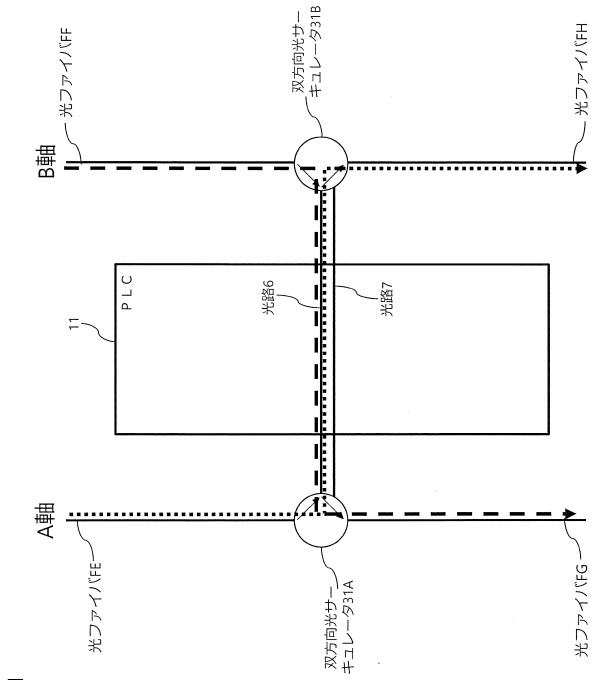
[16]

【図 17】



[17]

【図 18】



[18]

10

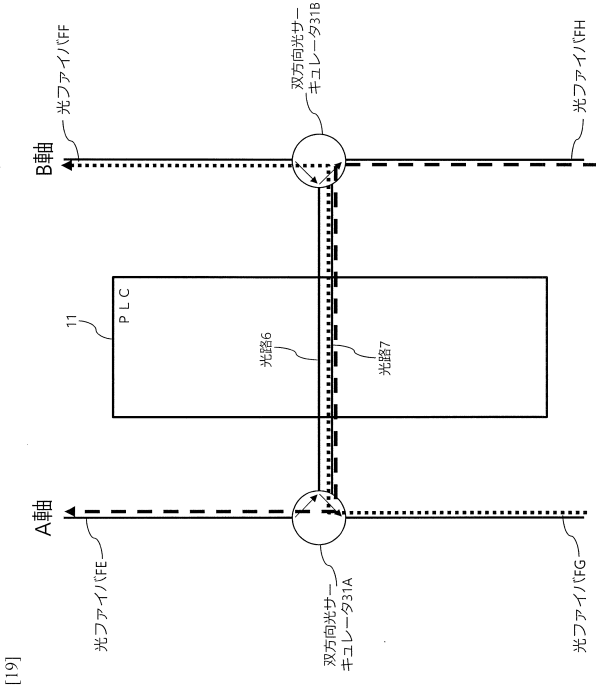
20

30

40

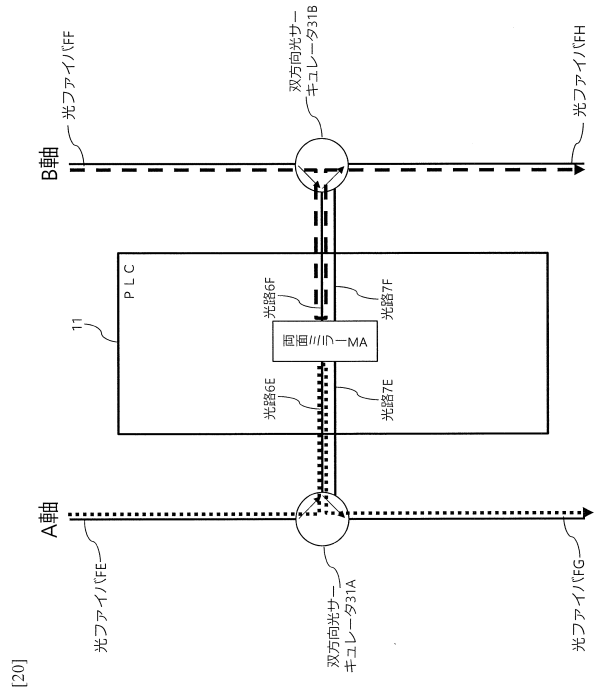
50

【図 19】



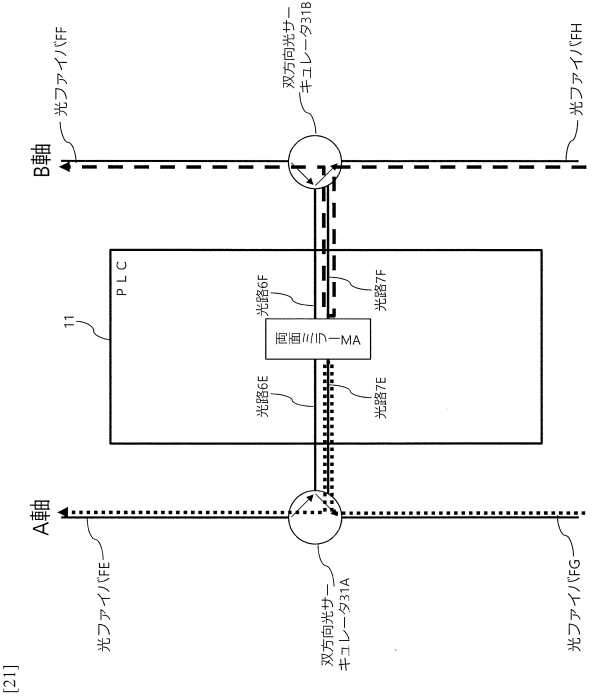
[19]

【図 20】



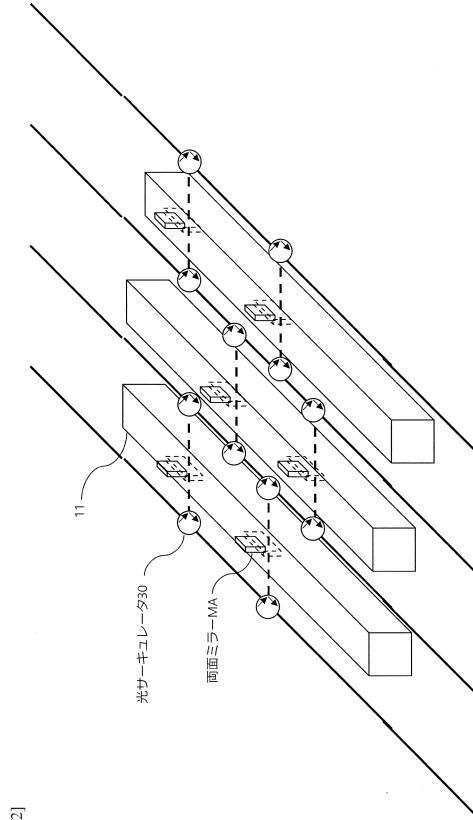
[20]

【図 21】



[21]

【図 22】



[22]

10

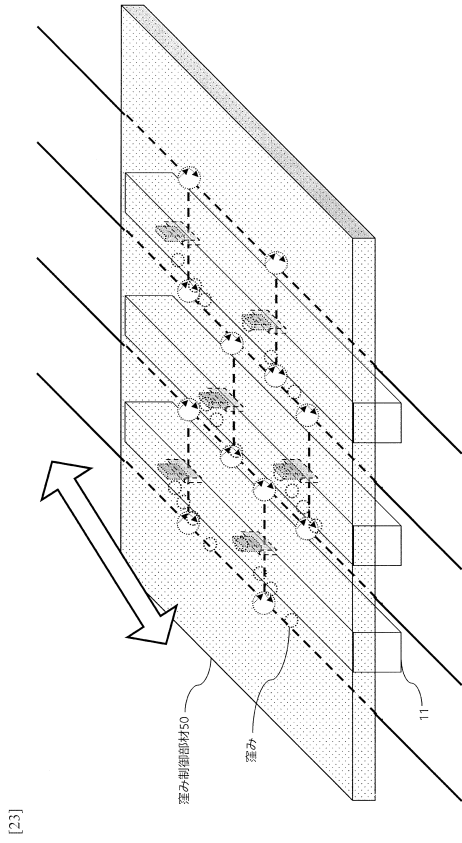
20

30

40

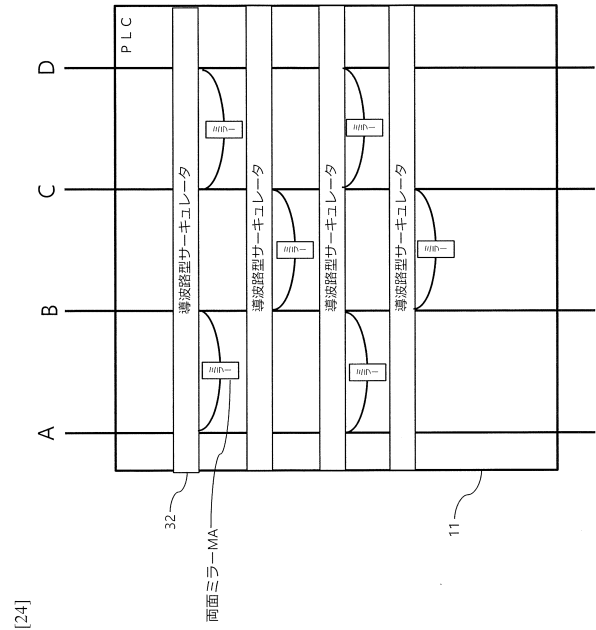
50

【図 23】



[23]

【図 24】



[24]

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 中江 和英
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 渡邊 ひろし
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 片山 和典
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- 審査官 横井 亜矢子
- (56)参考文献 特開2002-023069(JP,A)
特開昭57-088404(JP,A)
実開昭56-128608(JP,U)
特開2005-333458(JP,A)
特開2010-284738(JP,A)
特開2004-205631(JP,A)
特開2000-010027(JP,A)
米国特許第04315147(US,A)
米国特許第06424759(US,B1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G02B 26/00 - 26/08
G02B 6/35
Japio - GPG/FX