

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5274748号
(P5274748)

(45) 発行日 平成25年8月28日 (2013. 8. 28)

(24) 登録日 平成25年5月24日 (2013. 5. 24)

(51) Int. Cl.	F I
GO 2 B 6/12 (2006. 01)	GO 2 B 6/12 D
GO 2 B 26/06 (2006. 01)	GO 2 B 26/06

請求項の数 10 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2004-549319 (P2004-549319)	(73) 特許権者	501297550
(86) (22) 出願日	平成15年11月3日 (2003. 11. 3)		キネティック リミテッド
(65) 公表番号	特表2006-505001 (P2006-505001A)		イギリス ロンドン エスタブリッシュ 1 イ
(43) 公表日	平成18年2月9日 (2006. 2. 9)		ー 6ピーディー バッキンガム ゲート
(86) 国際出願番号	PCT/GB2003/004723		8 5
(87) 国際公開番号	W02004/042443	(74) 代理人	100082005
(87) 国際公開日	平成16年5月21日 (2004. 5. 21)		弁理士 熊倉 禎男
審査請求日	平成18年9月11日 (2006. 9. 11)	(74) 代理人	100067013
(31) 優先権主張番号	0225595. 8		弁理士 大塚 文昭
(32) 優先日	平成14年11月2日 (2002. 11. 2)	(74) 代理人	100065189
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		弁理士 穴戸 嘉一
		(74) 代理人	100082821
			弁理士 村社 厚夫
		(74) 代理人	100088694
			弁理士 弟子丸 健

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 中空コアのマルチモード干渉光学装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも2つであって断面が正方形又は長方形の中空コア基本モード導波路に光学的に結合された中空コアマルチモード導波路を包含する中空コアマルチモード干渉 (MMI) 装置であって、

(a) 前記中空コア基本モード導波路は、前記少なくとも2つの中空コア基本モード導波路を通して伝搬する2つ又はそれ以上のビームの間の相対位相を変更するための手段を含み、及び

(b) 前記2つ又はそれ以上のビームの間の相対位相を変更するための手段は、前記中空コア基本モード導波路の1つ又はそれ以上の部分の幅方向の両側壁を歪み無しで幅方法に直線的に移動させるための手段を含み、前記2つ又はそれ以上のビーム間の前記位相を相対変更する

ことを特徴とする中空コアマルチモード干渉 (MMI) 装置。

【請求項 2】

前記中空コアの導波路の内面が、反射材料からなる少なくとも1つの層によって被覆されたことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項 3】

前記装置が半導体材料で形成されたことを特徴とする請求項1又は2に記載の装置。

【請求項 4】

前記装置がシリコンで形成されたことを特徴とする請求項3に記載の装置。

【請求項 5】

前記中空コア基本モード導波路の1つ又はそれ以上の部分の幅方向の両側壁を歪み無しで幅方法に直線的に移動させるための手段が、マイクロ電子機械的(MEMS)作動手段を含むことを特徴とする請求項1から4のいずれか1つに記載の装置。

【請求項 6】

請求項1から5のいずれか1つに記載の装置の少なくとも1つを含む放射線経路指定装置。

【請求項 7】

前記中空コア基本モード導波路の1つ又はそれ以上の部分の幅方向の両側壁を歪み無しで幅方向に直線的に移動させるための手段が、外力を加えることによって前記中空コア基本モード導波路の幅を変化させることができるように配置されたことを特徴とする請求項1から4のいずれか1つに記載の装置。

【請求項 8】

中空コアMMIビーム・スプリッタに光学的に結合された少なくとも1つの基本モードの中空コア入力導波路を含み、前記中空コアMMIビームスプリッタが、断面が正方形又は長方形の2つ又はそれ以上の基本モードの中空コアリレー導波路を介して2つ又はそれ以上の基本モードの中空コア出力導波路を有する中空コアMMIビーム再結合器に光学的に結合されており

前記基本モードの中空コアリレー導波路が、該中空コアリレー導波路を通り伝搬する2つ又はそれ以上のビーム間の相対位相を変更させるための手段を含み、それにより、前記2つ又はそれ以上の基本モードの中空コア出力導波路のいずれか1つに、前記基本モードの中空コア入力導波路から受信された放射線を選択的に経路指定することができ、

前記2つ又はそれ以上のビーム間の前記相対位相を変更するための手段が、前記基本モードの中空コアリレー導波路の1つ又はそれ以上の部分の幅方向の両側壁を歪み無しで幅方向に直線的に移動させるための手段を含むことを特徴とする、中空コア光ルータ。

【請求項 9】

複数の中空コア入力／出力基本モード導波路と、断面が正方形又は長方形の複数の基本モードの中空コアリレー導波路とに、光学的に結合される中空コアマルチモード導波路領域を含み、

前記複数の中空コア入力／出力基本モード導波路の1つを介し、かつ、前記中空コアマルチモード導波路領域のモード分散を介して放射線ビームを受信し、該受信されたビームを前記基本モードの中空コアリレー導波路に結合される複数のビームに分割するように構成されており、

前記基本モードの中空コアリレー導波路は前記複数のビーム間の相対位相を変更するための手段を含み、かつ、前記基本モードの中空コアリレー導波路の各々が反射手段で終了しており、それにより、前記中空コアマルチモード導波路領域に放射線が戻され、戻されたビームの前記相対位相に依存して、前記放射線が前記中空コア入力／出力基本モード導波路のいずれか1つに経路指定されるようになった中空コア光ルータであって、

前記複数のビーム間の前記相対位相を変更するための前記手段が、前記基本モードの中空コアリレー導波路の1つ又はそれ以上の部分の幅方向の両側壁を歪み無しで幅方向に直線的に移動させるための手段を含むことを特徴とする、中空コア光ルータ。

【請求項 10】

断面が正方形又は長方形の中空コア基本モード導波路を含む光位相シフタであって、

中空コア基本モード導波路が、前記中空コア基本モード導波路を通して伝搬されるビームの位相シフトをなすための手段を含み、

前記位相シフトをなすための手段が、前記中空コア基本モード導波路の1つ又はそれ以上の部分の幅方向の両側壁を歪み無しで幅方法に直線的に移動させるための手段を含み、前記位相シフトをなす

10

20

30

40

50

ことを特徴とする光位相シフタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マルチモード干渉（MMI）装置に関し、特に、1つ又はそれ以上のマルチモード干渉装置を組み込んだ光経路指定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

米国特許第5410625号には、ビームを分割し再結合するためのマルチモード干渉（MMI）装置が記載されている。この装置は、第1結合導波路と、中央のマルチモード導波路領域に光学的に接続される2つ又はそれ以上の第2結合導波路とを含む。結合導波路は基本モードにおいてのみ動作し、かつ、中央のマルチモード導波路領域内のモード分散が第1結合導波路に入力された光の単一ビームを提供して2つ又はそれ以上の第2結合導波路に分割されるように、結合及びマルチモード導波路の領域に対する物理的特性が選択される。この装置を、逆にビーム再結合器として動作させてもよい。

10

【0003】

米国特許第5410625号の基本となるMMI装置に対する変形及び改良もまた、公知である。米国特許第5379354号には、入力放射線を分割して異なる強度を有する出力ビームにする多路ビーム・スプリッタを得るために、入力導波路位置の変形を使用することが記載されている。MMI装置を用いてレーザ空洞を形成することもまた示されており、例えば、米国特許第5675603号を参照されたい。

20

【0004】

米国特許第542698号には、中空及び中実コアの光学装置を組み込んだ様々な単一経路指定装置が記載されている。こうした装置の1つにおいて、MMIのビーム・スプリッタ装置の出力は、1組のリレー導波路を介してMMIのビーム再結合器装置の入力部に光学的に接続される。この配置は、MMIのビーム・スプリッタへの単一レーザビームの入力がリレー導波路を通して伝搬する際に、光に対して異なる組の位相シフトを適用することによって、そのMMIのビーム再結合器の出力導波路のいずれか1つ又はそれ以上に、それを送信することができるようにしたものである。単一MMI装置がビーム・スプリッタ及びビーム再結合器のいずれでも動作するように構成される、いわゆる「星形カプラ」装置もまた、記載されている。

30

【0005】

米国特許第5428698号は、反射型又は透過型の位相シフト手段を用いてリレー導波路を通り伝搬する光に対し必要とされる相対位相シフトを導入する方法を教示する。中空コア装置においては、透過型の位相シフト手段（典型的には、電気光学変調器）がリレー導波路を規定する中空チャンネルに位置する。リレー導波路の経路長さを変更する可動ミラーを組み込むことにより反射型の位相シフト手段として動作する中空コアのリレー導波路を用いることもまた、記載されている。

【0006】

透過型の位相シフト手段を組み込んだ中空コアの単一経路指定装置による不都合な点は、透過型の位相シフト要素により取り扱うことができる光出力によって、装置を通することができる光出力全体が制限されることである。米国特許第5428698号に記載されたような反射型の位相シフタを組み込んだ単一経路指定装置もまた、ある種の不都合な点を有する。例えば、リレー導波路に伝搬するビームの重複が必須であり、装置の効率全体を減少させる漏話を導入することになる。ミラー位置の位置合せ及びミラー動作の正確な制御もまた重要であり、位置合せエラーのいずれもがリレー導波路における光損失を相当程度増加させ、それにより、経路指定装置の効率全体を減少させる。

40

【発明の開示】

【0007】

本発明の第1態様によれば、中空コアマルチモード干渉（MMI）装置は、少なくとも

50

2つの基本モードの導波路に光学的に結合されたマルチモード導波路を含み、該装置は、少なくとも2つの基本モード導波路の1つ又はそれ以上の部分の内部断面寸法を変化させるための手段を含むことを特徴とする。

本発明のMMI装置における基本モード導波路の断面寸法の変化は、基本モード導波路の一定の長さを光が通過する際に、光の位相を制御するのに便利な手段を提供する。この位相シフトは、導波路の断面寸法の変化が導波路の基本モードの波長（すなわち位相定数）を変更することによって発生する。必要とされる位相シフトを与えるのに必要な変化量は、以下で図5を参照してより詳細に記載される。

【0008】

一例として、ビーム・スプリッタとして動作するMMI装置を考察する。単一入射ビームは、マルチモード導波路領域におけるモード分散によってN個の（ $N \geq 2$ ）ビームに分割されることになり、これらビームの各々は、基本モード導波路に結合されることになる。次に、1つ又はそれ以上の基本モード導波路の断面寸法の変化は、位相差が基本モード導波路の各々を通り伝搬するNビーム間に導入されることを可能にする。同様に、MMIのN-ビーム再結合器においては、マルチモード領域における再結合に先立ちビームの相対位相を制御することが可能になる。

本発明のMMI装置を用いて製造された光学装置（ルータ、スイッチなど）は、透過型の位相シフト要素を包含することを必要としない。このことは、操作されるべきより高い光出力を使用可能にする。従前には、ミラー動作が基本モード導波路の経路長さを効果的に変更した光学レイアウトに配置された高性能の反射型ミラーを用いて、可動ミラーの位相シフタが実装された。角度の反射率が、本来的には、ほぼ通常の入射反射率より高いことに注視すると、高性能の反射型ミラー付きの表面を提供するための要件は、本発明によって克服されることになる。さらに、本発明は、可動ミラーの位相シフトすることを実行する従来技術に開示された特定光学レイアウトを必要としない。

【0009】

基本モード導波路の内部断面寸法の変化は、種々の方法で達成することができる。図1及び図3を参照して記載されている実施例においては、光はz軸に沿って、断面が実質的に正方形の基本モード導波路を通り伝搬する。したがって、導波路の断面はx-y面にあり、y軸方向における側壁移動（すなわち、導波路の幅を変えること）が、導波路の断面寸法を変化させることになる。代替的又は付加的に、導波路の寸法は、x軸方向において変化させられることになる（すなわち、導波路の高さが変更されることになる）。

中空コアの光導波路構造が生成される場合には、中空コアは空気で満たされやすいことに注意すべきである。この点でコアの屈折率は、したがって、大気圧及び温度（すなわち $n=1$ ）における空気の屈折率であると仮定される。しかしながら、このことは、決して本発明の範囲を限定するものとして理解されるべきではない。中空コアは、流体（例えば、窒素などの不活性ガス）のいかなるものも含むことができ、また、真空とすることもできる。中空コアという用語は、単に、いかなる固体物質も存在しないコアを意味する。

【0010】

基本モード導波路の少なくとも1つは、実質的に断面が正方形を有することが好都合である。実質的に断面が正方形という用語は、ある程度の側壁移動を有するものでも約正方形である導波路を含むように解釈されるべきである。以下で図1及び図3を参照して記載されるように、1つ又はそれ以上の中空コアの実質的に正方形の基本モード導波路は、材料の底部に及びそこに配置された蓋に形成されることになる。中空導波路は側壁を有しており、これら側壁の1つ又は両方を可動にし、導波路の断面寸法（例えば、幅）の変更を可能にすることができる。

【0011】

実質的に正方形の導波路は、製造を容易にするのには好ましいが、当業者であれば、本発明が（例えば、v形状、長方形、円形、楕円などの）いかなる形状の基本モード導波路を用いても、実行することができるということを理解するであろう。

中空コアの導波路の内面は、反射材料で被覆されるのが便利である。

【0012】

(その内容を引用によりここに組み入れる) WO 03/065088号に記載されるように、中空コアの導波路を形成する表面にもまた反射用被覆を適用し、動作波長における反射率を増大させて装置に関連する光損失を減少させることができる。

【0013】

中空コアの導波路は、例えばシリコン又はGaAs、InGaAs、AlGaAs又はInSbのようなIII-Vの半導体材料などの半導体材料で形成されることが便利である。半導体材料は、ウェハ形態で提供することができる。好都合なことには、装置は半導体マイクロ製造技術を用いて形成される。こうしたマイクロ製造技術が3mmより小さい、又はより好ましくは1mmより小さい断面を有する基本モード導波路を提供することが好ましい。

10

様々な方法で装置を製造できることに注目すべきである。導波路を単体の材料部品で形成することができ、それらを2つの別個の(底と蓋のような)材料部品から形成することができ、又は、それらを複数の異なる材料部品(例えば、共に位置するときに必要なとされる基本モード及びマルチモード導波路領域を規定する別個の材料部分)から形成することができる。

【0014】

前記基本モード導波路の部分に対する断面寸法を変化させるための手段は、マイクロ電子機械的・システム(MEMS)の作動手段を含むことが好都合である。

例えば、導波路は、MEMS技術を用いて可動となる側壁を含むことができる。導波路の可動部分は基板の一体化部分として形成されるか、又は別個に製造されハイブリッド様式で一体化されるかして導波路の可動部分を形成することができる。底と蓋とから形成される装置の場合には、MEMS手段は、蓋部分に形成され、蓋をする処理の間に底と一体化されることになる。

20

或いは、基本モード導波路の部分の内部断面寸法を変化させるための手段は、基本モード導波路の寸法が外部から加えられた力に応答して可変となるように、配置することができる。このように、外力を用いて基本モード導波路の内部断面寸法を変更する運動又は変位センサを提供することができる。

【0015】

本発明の第2態様によれば、放射線を経路指定するための装置は、本発明の第1態様による装置の少なくとも1つを含む。

30

本発明の第3の態様によれば、光ルータは、MMIのビーム・スプリッタに光学的に結合される少なくとも1つの基本モード入力導波路を含み、そのMMIのビーム・スプリッタはまた、2つ又はそれ以上のリレー導波路を介して、2つ又はそれ以上の基本モード出力導波路を有するMMIのビーム再結合器に光学的に結合され、そこで、リレー導波路は、そのリレー導波路を通り伝搬する2つ又はそれ以上のビーム間の相対位相を変更するための手段を含み、それにより、2つ又はそれ以上の基本モード出力導波路のいずれか1つに、基本モード入力導波路から受信された放射線を選択可能に経路指定することができるようにし、その2つ又はそれ以上のビーム間の相対位相を変更するための手段が、リレー導波路の1つ又はそれ以上の部分の断面寸法を変更するための手段を含むことを特徴とする。

40

【0016】

本発明の第4の態様によれば、光ルータは、複数の入力/出力基本モード導波路と複数のリレー導波路とに光学的に結合されるマルチモード導波路領域を含み、そのルータは、複数の入力/出力基本モード導波路の1つを介し、かつ、マルチモード導波路領域のモード分散を介した放射線ビームを受信し、その受信されたビームをそのリレー導波路に結合される複数のビームに分割するように構成されており、そこでは、リレー導波路は複数のビーム間の相対位相を変更するための手段を含み、かつ、リレー導波路の各々が反射手段で終了し、それにより、マルチモード導波路領域に放射線が戻され、戻されたビームの相対位相に依存して、放射線が入力/出力基本モード導波路のいずれか1つに対して経路指

50

定されるようにし、複数のビーム間の相対位相を変更するための手段が、リレー導波路の1つ又はそれ以上の部分の断面寸法を変化させるための手段を含むことを特徴とする。

【0017】

本発明の第5の実施形態によれば、光位相シフタは中空コア光導波路を含み、その光位相シフタが中空コアの光導波路の部分の内部断面寸法を変化させるための手段を含むことに特徴がある。光位相シフタは、MMI装置において又は位相シフト機能が求められる光学装置のいずれにおいても用いることができる。

本発明は、ここで、以下の図面を参照して実施例のみによって記載される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

図1を参照すると、本発明による光経路指定装置2が示される。光経路指定装置2は、マルチモード干渉(MMI)のビーム分割部分4とMMIのビーム再結合部分6とを含む。

ビーム分割部分4は、マルチモード導波路領域10に光学的に結合される基本モードの入力導波路8を含む。マルチモード導波路領域10の寸法は、モード分散が入力導波路8から受信された基本モードのビームを4つの基本モードのリレー導波路12aから12d(まとめて12という)の間で実質的に均等に分割されるように、選択される。

【0019】

ビーム再結合部分6のマルチモード導波路領域14は、光を4つの基本モードのリレー導波路12の各々から受信する。マルチモード導波路領域14の寸法は、基本モードの出力導波路16aから16d(まとめて16という)のいずれか1つ又はそれ以上において、リレー導波路から受信された光の相対位相に応じて基本モードを励起することができるように、選択される。

マルチモード領域10及び14の必要な寸法についての詳細な説明は、別に見出すことができる、例えば、米国特許第5428698号を参照されたい。

【0020】

リレー導波路からマルチモード導波路領域14に注入された光の相対位相の制御は、中空導波路を形成する側壁の1つを移動させ、1つ又はそれ以上のリレー導波路幅(d)を変化させることによって、達成される。必要とされる位相シフトを与えるのに必要とされる側壁移動量の詳細な説明は、図5を参照してさらに詳細に記載される。リレー導波路12dの拡大図も図1に与えられており、いかにリレー導波路幅を d_1 と d_2 との間で変化させることができるかを表す。

【0021】

当業者であれば、図1に示すように側壁の1つが移動させられることになるか、又は、装置が両側壁の移動を提供するように構成されることになるということを認識するであろう。また、当業者によっては、リレー導波路の一部が幅を変化させられることになる一方で、残りの部分の幅が一定に保たれるか又は異なる量で変化させられることも認識されるであろう。側壁移動によって導入される位相シフトは、側壁移動量と移動される側壁部分の長さの両方に依存することになり、このことは、以下で図5を参照してさらに詳細に記載される。このように、リレー導波路における側壁移動量の制御を用いて相対位相シフトを導入することができ、それにより、基本モードのビームが必要に応じて基本モードの出力導波路16のいずれか1つ又はそれ以上に結合される。

【0022】

上記したように、リレー導波路幅の変化は、リレー導波路を通り伝搬する光の間に相対位相シフトを導入する便利な方法を提供する。このように、本発明の装置は、透過型の電気光学変調器を用いる米国特許第5428698号に記載された種類のルータに比べ、高い光出力を操作することができる。さらに、可動ミラーの位相シフト手段を用いることにもなうある種の不都合な点(例えば、ビーム交差についての要件及びミラーの位置合せ精度)もまた、軽減される。

リレー導波路幅を、上記したように所望の位相シフトを与えるために(例えば、MEM

10

20

30

40

50

Sアクチュエータを用いて)制御可能に変化させることができる。或いは、導波路の幅を、外部から加えられる力と結果として生じる測定される位相シフトとによって変化させることができる。このように、外力が用いられ導波路の内部断面寸法を変更する運動又は変位センサを提供することができる。

【0023】

特に、運動及び／又は変位センサ配置は、図1を参照して記載されるが、2つのリレー導波路及び2つの出力導波路のみを有する種類の装置を用いて、容易に実行されることになる。こうした配置において、外力を加えることによりリレー導波路幅を変えることによって与えられる位相シフトが用いられ、2つの出力導波路との間の光分割比率を変更することができる。こうした移動検出装置において、(以下で図5を参照して記載されるよう

10

【0024】

図2を参照すると、図1を参照して記載される種類の装置において、ビームの分割及びビームの再結合を提供するマルチモード干渉効果の基礎となる基本原理が示される。

図2aは、MMIのビーム分割部分4のマルチモード導波路領域10に沿う4つの部分における電磁放射線の横断強度のグラフを表す。入力導波路8を介してマルチモード導波路領域10に入る基本モードの入力ビームが、リレー導波路12に結合される4つの等しい強度のビームに分割されるということが明らかになる。

20

【0025】

図2b及び2cは、リレー導波路12を通り伝搬する光に加えられる位相シフトの2つの異なる組をもつMMIのビーム再結合部分6のマルチモード導波路領域14に沿う13個の位置における電磁放射線の横断強度のグラフを示す。

図2bは、リレー導波路12によって加えられる位相シフトの第1組が、出力導波路16aに対していかに放射線が経路指定されるようにするかを表す一方で、図2cは、位相シフトの第2組が、出力導波路16bに対していかに放射線を経路指定することになるかを表す。放射線は、適当な位相シフトを加えることによって出力導波路16c及び16dに対して経路指定されることにもなる。適当な位相シフトに関するより詳細な記載は、米国特許第5428698号に見出すことができる。

30

【0026】

図3を参照すると、本発明の星形カプラの経路指定装置22が示される。装置22は、入力／出力導波路24aから24d(まとめて24という)と、マルチモード導波路領域26と、リレー導波路28aから28d(まとめて28という)とを含む。リレー導波路28aから28dの各々は、可動側壁を有しており、固定ミラー30aから30d(まとめて30という)によって終了する。したがって、装置22は、追加された固定ミラーを備えた実質的に装置2の半分であることが分る。こうした星形カプラ装置のマルチモード領域に対して必要とされる寸法の詳細な記載はまた、別に提供される、例えば米国特許第5428698号を参照されたい。

40

【0027】

動作中に、放射線は、入力／出力導波路24のいずれか1つを通りマルチモード導波路領域26に入り、マルチモード導波路領域26におけるモード分散は、放射線がリレー導波路28の各々に対して結合される4つの等しい強度のビームに分割されるようにする。固定ミラー30による反射の後にリレー導波路の各々によってマルチモード領域に戻される基本モードの放射線の相対位相は、リレー導波路幅を変化させることによって制御される。必要とされる位相シフトを与えるのに必要とされる側壁移動量の計算は、以下でより詳細に記載される。

50

ビームが星形カプラ装置におけるリレー導波路を2回（すなわち、ミラーからの反射の前と後に）通過することに注目すべきである。それゆえに、導波路を通る単一通路によって生成されることになる誘起される位相シフトは、2倍である。図1を参照して記載されたものと類似する方法でリレー導波路によって与えられる相対位相シフトの適当な選択は、したがって、出力ビームが入力／出力導波路24のいずれか1つ又はそれ以上を介して装置から経路指定されるようにする。

【0028】

図4を参照すると、図3を参照して記載される装置のマルチモード導波路領域26を通り伝搬する電磁放射線の横断強度のグラフが示される。

図4aは、入力／出力導波路24dからのマルチモード導波路領域26に結合される基本モードの放射線が、いかにモード分散によって4つの等しい強度のビームに分割されるかを表す。図4b及び4cは、適当な相対位相シフトがリレー導波路によって加えられた後に、その4つの等しい強度のビームのモード分散が、いかに入力／出力導波路24b又は24aのそれぞれに結合されるような位置にビームを形成することができるかを表す。また、リレー導波路によって適当な位相シフトを加えることは、入力／出力導波路24のいずれか1つ又はそれ以上に対する出力信号を経路指定することができるということに注目すべきである。

【0029】

図1及び図3により4つの通路の分割／再結合機能を提供する装置が示されるが、本発明は、一般的には、Nが2つより多いか又は等しいN個の通路の分割／再結合機能を提供するMMI装置に適用可能である。N個の通路の経路指定に必要とされる寸法の詳細は、別に記載されている、例えば、米国特許第5428698号又は米国特許第5410625号を参照されたい。

図1及び図3を参照して記載される種類の装置は、様々な公知の半導体マイクロ製造技術、例えば、フォトリソグラフィ又はディープ・ドライエッチングを用いて、シリコンベースの基板に中空チャンネルとして形成されるのが便利である。こうした装置の製造における使用に適するシリコンベースの基板は、バルクシリコン、シリコン・オン・インシュレータ（SOI）、シリコン・オン・ガラス（SOG）及びシリコン・オン・サファイア（SOS）を含む。或いは、公知のマイクロエンジニアリング技術（例えば、高温エンボス加工又はレーザ・アブレーション）を用いてウェハ表面に位置するポリマなどの層に中空チャンネルを形成することができる。

【0030】

中空チャンネルは、マイクロシステム技術（MST）とも言われるマイクロ電子機械的・システム（MEMS）技術を用いて可動側壁に提供されてもよい。MEMSに用いられる公知の作動機構は、静電、電熱、電磁、圧電、電気歪、磁気歪、バイメタル、形状記憶合金、化学的及び物理的（機械的）特性を用いるものを含む。MEMS装置の作動技術及びそれに関連する製造技術に関する詳細な記載は、CRCプレス（Boca Raton）が1997年に出版したMarc Madouによる「Fundamental of Microfabrication」、ISBN 0-8493-9451-1に見ることができる。

【0031】

特に、可動側壁は、現在のところMEMSの可動ミラーを提供するのに用いられる技術を用いて実装されてもよい。例えば、2000年のP. Rai-Choudhury、SPIE（ペリンガム）の「MEMS and MOEMS Technology and Applications」（ISBN 0-8194-3716-6）及び1998年のG. T. A. Kovacs、McGraw Hill（ニューヨーク）の「Micromachined transducers sourcebook」（ISBN 0-07-290722-3）を参照されたい。公知であるMEMSの可動ミラーは、ほぼ数ミクロン程度の寸法から数ミリメートルまでの大きさに変化させ、運動量は、深度サブミクロンからほぼ数百ミクロン程度までの範囲で変動する。（以下で図5を参照して記

載されるように) 本発明を実行するのに必要とされる側壁移動量は、こうしたMEMS技術を用いて容易に達成することができる。

【0032】

可動側壁区域は、固定側壁部分に一体化して形成されるか又は別個に製造され固定中空チャネルを規定する基板にハイブリッド法で一体化されてもよいということに注目すべきである。

最適な装置性能を保証するためには、可動側壁(すなわち側壁の関連部分)は、その形状に深刻な歪のいずれをも誘起させることなく直線的に移動可能となるようにすべきである。このことは、直線運動を効果的に強制する適当な懸垂装置、すなわち、所望の運動方向に順応するが他の(例えば、回転)運動には順応しない装置を有することによって、達成することができる。適切な懸垂装置は、ねじれを防ぐ高いアスペクト比(すなわち高い奥行き対幅比)のばねを用いるものが提供されることになる。同様に、懸垂要素は、可動壁に対して適当に寸法付けすることができるため、効果的に、移動が懸垂において完全に適応され(例えば、さらに一層順応して)、それにより歪を防ぐものである。

【0033】

WO03/065088号に記載されるように、反射用被覆は、中空コア導波路を形成している表面に適用されて反射率を高め、それにより装置に関連した光損失を減少させることができる。

当業者であれば、光は、多くの方法で図1から図4を参照して記載される装置の基本モード導波路内に結合され、又はそこから出て行くことができるということを理解するであろう。例えば、本発明の光経路指定装置は、光ファイバケーブルを介して他の光構成要素に結合されることになるか又は引用によりここに組み入れる内容のWO03/065091号で記載された種類の光集積回路の一体化部分を形成することになる。

【0034】

図5を参照すると、10mm長の基本モード導波路において伝搬している光に対して π 位相シフトを与えるのに必要とされる側壁移動量が、導波路の幅に対比して示される。

その導波路の有効屈折率の変化として基本モード導波路幅における変化のいずれも考察することは可能である。波長 λ の光について近軸の近似値(すなわち、 $\{\lambda/2w\}^2 \ll 1.0$)内においては、したがって、導波路幅(∂w)における所与の変化についての基本モード(EH_{11})の位相($\partial \phi$)における変化は、長さがLで最初の幅がwの導波路について、

【数1】

$$\frac{\partial \phi}{\partial w} = \frac{L\pi\lambda}{2w^3} \quad (1)$$

と表すことができる。

このように、その導波路を通り伝搬している基本モードの放射線に対して π 位相シフトを与えるための基本モード導波路幅における変化は、以下の数式によって与えられることになる。

【数2】

$$\partial w = \frac{2w^3}{L\lambda} \quad (2)$$

【0035】

図5aは、1.55 μ m波長の光に対する π 位相シフトを長さ10mmで最大50 μ m幅の導波路に提供するのに必要とされる導波路幅における変化と対比して導波路幅をグラフ化したものを示す。参照を容易にするために、図5bは、最大10 μ mの導波路幅について図1にグラフ化されたデータの拡大図を提供する。

このように、図5は、約10 μ m幅を有する基本モード導波路について、0.1 μ m幅における変化(すなわち、約1%)が、図1及び図3を参照して記載される種類の光経路

指定装置を実行するのに必要な π 位相シフトを与えるために必要とされることを示す。このレベルの導波路幅の変化は、MEMS技術を用いて容易に達成することができる。

【0036】

実質的に断面が正方形の導波路の側壁移動を上記したが、本発明を、いかなる断面形状の導波路にも適用することができることに注意すべきである。側壁だけでなく導波路のいかなる寸法も必要とされる位相シフトを生成するために変更することができることに注意すべきである。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本発明による光経路指定装置を示す。

10

【図2a】図1を参照して記載される種類の装置における放射線伝搬を表す。

【図2b】図1を参照して記載される種類の装置における放射線伝搬を表す。

【図2c】図1を参照して記載される種類の装置における放射線伝搬を表す。

【図3】本発明による星形カプラの光経路指定装置を示す。

【図4a】図3を参照して記載される種類の装置における放射線伝搬を表す。

【図4b】図3を参照して記載される種類の装置における放射線伝搬を表す。

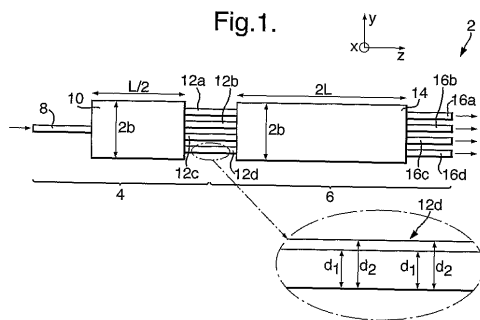
【図4c】図3を参照して記載される種類の装置における放射線伝搬を表す。

【図5a】10mm長の基本モード導波路を通り伝搬する $1.55\mu\text{m}$ 波長の光に対して π 位相シフトを与えるのに必要とされる導波路の側壁移動量の理論的なグラフを示す。

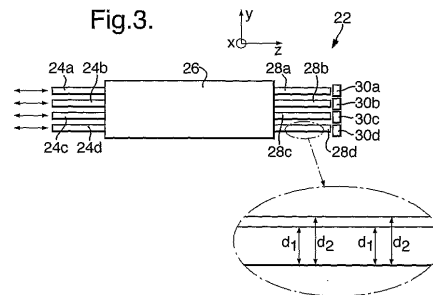
【図5b】10mm長の基本モード導波路を通り伝搬する $1.55\mu\text{m}$ 波長の光に対して π 位相シフトを伝えるのに必要とされる導波路の側壁移動量の理論的なグラフを示す。

20

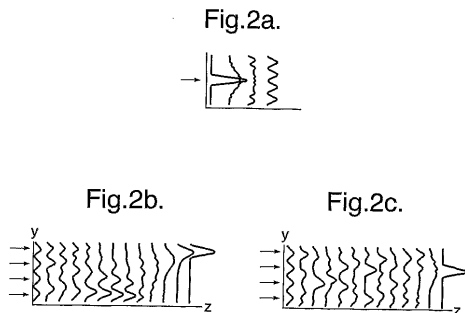
【図1】



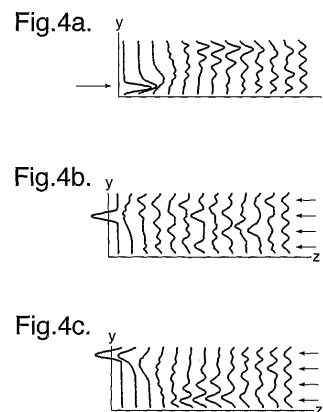
【図3】



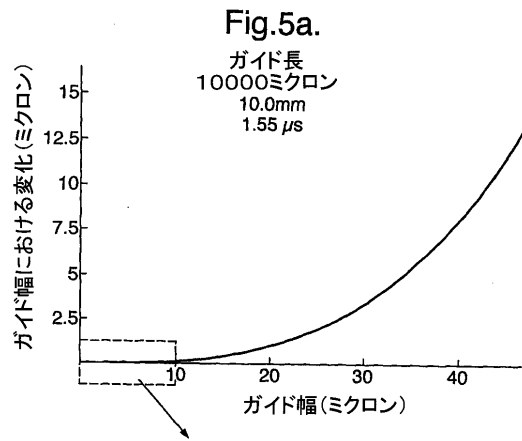
【図2】



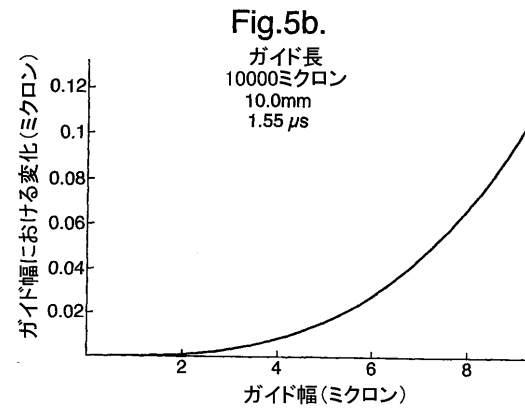
【図4】



【図 5 a】



【図 5 b】



フロントページの続き

(74)代理人 100103609

弁理士 井野 砂里

(72)発明者 ジェンキンズ リチャード マイケル

イギリス ダブリューアール14 3ピーエス ウスターシャー モルヴァーン セント アンド
リューズ ロード キネティック リミテッド モルヴァーン テクノロジー センター内

(72)発明者 マックニー マーク エドワード

イギリス ダブリューアール14 3ピーエス ウスターシャー モルヴァーン セント アンド
リューズ ロード モルヴァーン テクノロジー パーク キネティック リミテッド内

審査官 ▲高▼ 芳徳

(56)参考文献 特表平06-503898 (JP, A)

T.Miura et al., Japanese Journal of Applied Physics, 2002年 7月, Vol.41, Part 1,
No.7B, p.4785-4789

三浦達 他, 2002年(平成14年)秋季第63回応用物理学会学術講演会講演予稿集 第3分冊, 200
2年 9月24日, p.1015 (講演番号24p-A-8)

三浦達 他, 2002年(平成14年)秋季第63回応用物理学会学術講演会講演予稿集 第3分冊, 200
2年 9月24日, p.1014 (講演番号24p-A-6)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/00 - 6/43

G02B 26/00 - 26/08

JSTPlus (JDreamII)

JST7580 (JDreamII)