

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-251563
(P2006-251563A)

(43) 公開日 平成18年9月21日(2006.9.21)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
G02F 1/01 (2006.01) G02F 1/01 C 2H079

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

| | | | |
|-----------|----------------------------|----------|--------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2005-70063 (P2005-70063) | (71) 出願人 | 000147350 株式会社精工技研 |
| (22) 出願日 | 平成17年3月11日 (2005.3.11) | | 千葉県松戸市松飛台296番地の1 |
| | | (74) 代理人 | 100083806 弁理士 三好 秀和 |
| | | (74) 代理人 | 100100712 弁理士 岩▲崎▼ 幸邦 |
| | | (74) 代理人 | 100100929 弁理士 川又 澄雄 |
| | | (74) 代理人 | 100095500 弁理士 伊藤 正和 |
| | | (74) 代理人 | 100101247 弁理士 高橋 俊一 |
| | | (74) 代理人 | 100098327 弁理士 高松 俊雄 |

最終頁に続く

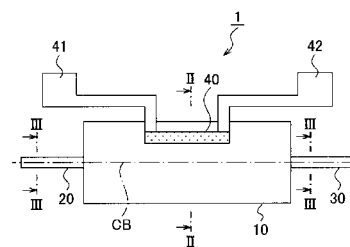
(54) 【発明の名称】 導波路型可変光減衰器

(57) 【要約】

【課題】低コストで量産性に優れ、しかも小型化に適した導波路型可変光減衰器を提供する。

【解決手段】導波路型可変光減衰器(1)は、マルチモード干涉光導波路(10)と、マルチモード干涉光導波路(10)より幅が狭く、マルチモード干涉光導波路(10)の中心光軸(CB)に連なる入力光導波路(20)および出力光導波路(30)と、マルチモード干涉光導波路(10)の中心光軸(CB)から左右いずれか片方寄りにおいて一部のフィールド(F)を含む所定位置に配置された薄膜ヒータ(40)と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マルチモード干渉光導波路を用いた導波路型可変光減衰器であって、
マルチモード干渉光導波路の左右いずれか片側において一部のフィールドを含む所定位置に、薄膜ヒータを備えたことを特徴とする導波路型可変光減衰器。

【請求項 2】

マルチモード干渉光導波路と、
前記マルチモード干渉光導波路より幅が狭く、マルチモード干渉光導波路の中心光軸に連なる入力光導波路および出力光導波路と、

前記マルチモード干渉光導波路の中心光軸から左右いずれか片方寄りにおいて一部のフィールドを含む所定位置に配置された薄膜ヒータと、
を備えたことを特徴とする導波路型可変光減衰器。 10

【請求項 3】

前記入力光導波路および前記出力光導波路は、マルチモード干渉光導波路に向けて幅が広がる入力テーパ導波路および出力テーパ導波路をそれぞれ介して前記マルチモード干渉光導波路に接続されることを特徴とする請求項 2 記載の導波路型可変光減衰器。

【請求項 4】

前記薄膜ヒータは、前記マルチモード干渉光導波路の入射端におけるフィールドが再現されるフィールド群のうち左右いずれか片側における複数のフィールドを含む所定位置に配置されることを特徴とする請求項 1 記載の導波路型可変光減衰器。 20

【請求項 5】

前記薄膜ヒータは、前記マルチモード干渉光導波路の入射端におけるフィールドが再現されるフィールド群のうち中心光軸から左右いずれか片方寄りにおける複数のフィールドを含む所定位置に配置されることを特徴とする請求項 2 または請求項 3 記載の導波路型可変光減衰器。

【請求項 6】

前記薄膜ヒータの幅は、前記入力光導波路および前記出力光導波路の幅とほぼ同程度に形成されることを特徴とする請求項 2、3、5 のいずれかに記載の導波路型可変光減衰器。

【請求項 7】

前記光導波路を構成するコアおよびクラッドは、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、シリコン樹脂、フッ素化ポリイミド樹脂、ポリシラン樹脂、ポリシロキサン樹脂および石英ガラスの中から選ばれるいずれか 1 種、または 2 種以上の組合せからなることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の導波路型可変光減衰器。 30

【請求項 8】

前記薄膜ヒータは、Cr、Ni、Au、Ti、Al、Cu、Ta、Ta₂N₅、Pt のの中から選ばれるいずれか 1 種、または 2 種以上の組合せからなる導電性薄膜材料を用いて、スパッタリング、蒸着またはメッキ等により成膜され、フォトリソグラフィ処理により形成される加熱薄膜ヒータであることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の導波路型可変光減衰器。 40

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載の導波路型可変光減衰器を複数個、基板上に並列に備えたことを特徴とする導波路型可変光減衰器アレイ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、光通信システムや光信号処理システムにおいて、光信号強度の調節や光減衰量の調節に適用される導波路型可変光減衰器に関し、また、WDM (Wavelength Division Multiplexing: 波長分割多重) を利用した波長多重通信システムにおいて、波長多重光信号が増幅されて分波した各信号光の強度調節に適用される導波路型可変光減衰器に関 50

するものである。

【背景技術】

【0002】

一般に、光通信システムには、信号光の強度を適正值に調節する可変光減衰器（VOA：Variable Optical Attenuator）が不可欠である。

【0003】

特に近年は、DWDM（Dense Wavelength Division Multiplexing：高密度波長分割多重）やCWDM（Coarse Wavelength Division Multiplexing：低密度波長分割多重）などの波長多重通信システムや、並列多チャンネル光通信システムにおいて、複数チャンネルの信号光強度を同時に調節することが求められる。

10

【0004】

このため、多チャンネルの並列光通信システムに対応できる小型で集積しやすい可変光減衰器または可変光減衰器アレイが求められている。

【0005】

導波路型の可変光減衰器は、機械駆動型のものに比べ、フォトリソグラフィ技術を用いることで任意のパターンの光導波路を形成することができ、しかも構成の柔軟性が高く集積し易い利点があるため、熱光学効果や電気光学効果を用いる導波路型のものが多数提案されている。

【0006】

特に、マッハツェンダー（MZ）干渉系を用いる導波路型可変光減衰器は、消費電力が低い利点を有することから、熱光学効果を利用するタイプのものや、電気光学効果を利用するタイプのものなど、広く検討されてきた。従来の熱光学効果を利用するタイプの例を図12、図13に示す。

20

【0007】

図12、図13に示すように、マッハツェンダー（MZ）干渉系は、入力光を2分岐するY分岐導波路と、各分岐光をそれぞれ伝搬する一对の並行導波路アームと、各伝搬光を結合するY結合導波路とによって構成される。

【0008】

そして、片方の導波路アーム上に、熱光学効果をもたらすことでこの導波路アームを伝搬する光の位相を制御する薄膜ヒータが形成される。このため、薄膜ヒータへの通電電力を変化させることで、2つの導波路アームを伝搬する光間の位相差が変化し、位相干渉による出力光強度を制御することができるものである。

30

【特許文献1】特開2003-29219号公報

【特許文献2】特開2003-5139号公報

【特許文献3】特開2000-221345号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、上記のようなマッハツェンダー（MZ）干渉系を用いる導波路型可変光減衰器では、その構造上、Y分岐導波路およびY結合導波路、並びに一对の並行導波路アームが必要不可欠である。

40

【0010】

Y分岐導波路およびY結合導波路におけるY状分岐の均等性を確保し、挿入損失の低減を図るには、Y状分岐を対称性の高い分岐構造にすることと、分岐角度そのものをできるだけ小さい角度にすることが要求される。

【0011】

また、並行導波路アームの相互の対称性を保つには、両導波路アームが互いに同一のものであることが理想であり、それには両導波路アームの作製許容誤差をできるだけ小さく抑えることが要求される。

【0012】

50

このような要求に応えるためには、最低限、高精細なフォトリソグラフィプロセスを処理する高価なフォトリソグラフィ処理装置が必要であり、そのため、導波路型可変光減衰器の製造コストが高くなる。

【0013】

しかも、高精細なフォトリソグラフィプロセスを用いてもなお、上記の要求を十分に満たす性能を導波路型可変光減衰器にもたせることは困難で、製作再現性に問題があり、要求される性能に対して製品の歩留まりが悪い。

【0014】

また、Y状分岐の分岐角度そのものをできるだけ小さくすると、必然的に、導波路型可変光減衰器の長さがY分岐導波路およびY結合導波路部分で長くなる。そのため、導波路型可変光減衰器の小型化の要求と矛盾することになる。

10

【0015】

さらに、例えば、大きい減衰量が求められた場合には、複数のマッハツェンダー(MZ)干渉系を直列に多段接続する構造が必要になり、ますます導波路型可変光減衰器が大きくなってしまふ。

【0016】

この発明は、上記課題を解決するために為されたものであり、低コストで量産性に優れ、しかも小型化に適した導波路型可変光減衰器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】

【0017】

この発明の請求項1に係る導波路型可変光減衰器は、マルチモード干渉光導波路を用いた導波路型可変光減衰器であって、マルチモード干渉光導波路の左右いずれか片側において一部のフィールドを含む所定位置に、薄膜ヒータを備えたことを特徴とするものである。

20

【0018】

この発明の請求項2に係る導波路型可変光減衰器は、マルチモード干渉光導波路と、前記マルチモード干渉光導波路より幅が狭く、マルチモード干渉光導波路の中心光軸に連なる入力光導波路および出力光導波路と、前記マルチモード干渉光導波路の中心光軸から左右いずれか片方寄りにおいて一部のフィールドを含む所定位置に配置された薄膜ヒータと、を備えたことを特徴とするものである。

30

【0019】

この発明の請求項3に係る導波路型可変光減衰器は、請求項2記載の導波路型可変光減衰器において、前記入力光導波路および前記出力光導波路は、マルチモード干渉光導波路に向けて幅が広がる入力テーパ導波路および出力テーパ導波路をそれぞれ介して前記マルチモード干渉光導波路に接続されることを特徴とするものである。

【0020】

この発明の請求項4に係る導波路型可変光減衰器は、請求項1記載の導波路型可変光減衰器において、前記薄膜ヒータは、前記マルチモード干渉光導波路の入射端におけるフィールドが再現されるフィールド群のうち左右いずれか片側における複数のフィールドを含む所定位置に配置されることを特徴とするものである。

40

【0021】

この発明の請求項5に係る導波路型可変光減衰器は、請求項2または請求項3記載の導波路型可変光減衰器において、前記薄膜ヒータは、前記マルチモード干渉光導波路の入射端におけるフィールドが再現されるフィールド群のうち中心光軸から左右いずれか片方寄りにおける複数のフィールドを含む所定位置に配置されることを特徴とするものである。

【0022】

この発明の請求項6に係る導波路型可変光減衰器は、請求項2、3、5のいずれかに記載の導波路型可変光減衰器において、前記薄膜ヒータの幅は、前記入力光導波路および前記出力光導波路の幅とほぼ同程度に形成されることを特徴とするものである。

【0023】

50

この発明の請求項 7 に係る導波路型可変光減衰器は、請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の導波路型可変光減衰器において、前記光導波路を構成するコアおよびクラッドは、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、シリコン樹脂、フッ素化ポリイミド樹脂、ポリシラン樹脂、ポリシロキサン樹脂および石英ガラスの中から選ばれるいずれか 1 種、または 2 種以上の組合せからなることを特徴とするものである。

【0024】

この発明の請求項 8 に係る導波路型可変光減衰器は、請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の導波路型可変光減衰器において、前記薄膜ヒータは、Cr、Ni、Au、Ti、Al、Cu、Ta、Ta_N、Ptの中から選ばれるいずれか 1 種、または 2 種以上の組合せからなる導電性薄膜材料を用いて、スパッタリング、蒸着またはメッキ等により成膜され、フォトリソグラフィ処理により形成される加熱薄膜ヒータであることを特徴とするものである。

10

【0025】

この発明の請求項 9 に係る導波路型可変光減衰器アレイは、請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載の導波路型可変光減衰器を複数個、基板上に並列に備えたことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0026】

この発明は以上のように、マルチモード干渉光導波路を用いた導波路型可変光減衰器であって、マルチモード干渉光導波路の左右いずれか片側において一部のフィールドを含む所定位置に、薄膜ヒータを備えた構成としたので、構造がきわめてシンプルで小型であり、また、高精細なフォトリソグラフィプロセスが不要であるため低コストで量産性に優れている。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

この発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。

【0028】

図 1 は、この発明による導波路型可変光減衰器の第 1 の実施形態を示し、この導波路型可変光減衰器 1 は、マルチモード干渉 (MMI: Multimode Interference) 光導波路を用いた導波路型可変光減衰器であって、マルチモード干渉光導波路 (以下、MMI 光導波路と称する。) 10 の左右いずれか片側において一部のフィールドを含む所定位置に、薄膜ヒータ 40 を備えたものである。

30

【0029】

一般に、MMI 光導波路は、入射端におけるフィールドが再現される自己収束効果を持っている。そのため、MMI 光導波路の幅の値によって決まる特定の距離において、1 つから複数の収束するフィールドを得ることができる。

【0030】

すなわち、図 4 に示すように、MMI 光導波路 10 は、入射端から出射端に至る長さ方向所定距離ごとに、収束するフィールド F が幅方向に分散して現れる。

【0031】

図 4 に示す MMI 光導波路 10 の場合、例えば、入射端から出射端までの距離 L の 1 / 2 の距離 (1 / 2) L の位置には、左右 2 つのフィールド F a 1 , F a 2 が現れる。

40

【0032】

また、入射端から距離 (1 / 3) L の位置には、左右 3 つのフィールド F b 1 , F b 2 , F b 3 が現れる。

【0033】

一方、入射端から距離 (2 / 3) L の位置には、左右 3 つのフィールド F c 1 , F c 2 , F c 3 が現れる。

【0034】

また、入射端から距離 (1 / 4) L の位置には、左右 4 つのフィールド F d 1 , F d 2

50

, F d 3 , F d 4 が現れる。

【 0 0 3 5 】

一方、入射端から距離 (3 / 4) L の位置には、左右 4 つのフィールド F e 1 , F e 2 , F e 3 , F e 4 が現れる。

【 0 0 3 6 】

以下同様に、入射端からの所定の距離に応じて、左右 (幅方向) に分散した複数のフィールド F が現れる。これらのフィールド群は、適宜の光導波路解析ソフトを用いることで、容易に画面表示できるものである。

【 0 0 3 7 】

このような M M I 光導波路 1 0 は、図 2 に示すように、シリコン (S i) 基板 1 1 上に、下部クラッド層 1 2、コア部 1 3、上部クラッド層 1 4 を順次形成することで得られる。

10

【 0 0 3 8 】

すなわち、シリコン基板 1 1 上に、クラッド用の感光性ポリマー材料を例えばスピコートにより塗布し、現像・ベイクすることで下部クラッド層 1 2 が形成される。

【 0 0 3 9 】

つぎに、下部クラッド層 1 2 上に、クラッド用の感光性ポリマー材料よりも屈折率の大きいコア用の感光性ポリマー材料を例えばスピコートにより塗布し、コアパターンが形成されたフォトリソマスクを用いて露光後、現像・ベイクすることでコア部 1 3 が形成される。

20

【 0 0 4 0 】

つぎに、下部クラッド層 1 2 およびコア部 1 3 上に、クラッド用の感光性ポリマー材料を例えばスピコートにより塗布し、現像・ベイクすることで上部クラッド層 1 4 が形成される。

【 0 0 4 1 】

M M I 光導波路 1 0 を構成するコア用の感光性ポリマー材料およびクラッド用の感光性ポリマー材料は、例えば、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、シリコン樹脂、フッ素化ポリイミド樹脂、ポリシラン樹脂、ポリシロキサン樹脂の中から選ばれるいずれか 1 種、または 2 種以上の組合せを用いることができる。

【 0 0 4 2 】

また、M M I 光導波路 1 0 の前後には、M M I 光導波路 1 0 より幅が狭く、M M I 光導波路 1 0 の中心光軸 C B に連なる入力光導波路 2 0 および出力光導波路 3 0 が接続されている。

30

【 0 0 4 3 】

図 3 に示すように、入力光導波路 2 0 および出力光導波路 3 0 は、コア部の幅が異なる以外は、M M I 光導波路 1 0 と同様に形成されるものである。

【 0 0 4 4 】

すなわち、シリコン基板 2 1 , 3 1 上に、クラッド用の感光性ポリマー材料を例えばスピコートにより塗布し、現像・ベイクすることで下部クラッド層 2 2 , 3 2 が形成される。

40

【 0 0 4 5 】

つぎに、下部クラッド層 2 2 , 3 2 上に、クラッド用の感光性ポリマー材料よりも屈折率の大きいコア用の感光性ポリマー材料を例えばスピコートにより塗布し、コアパターンが形成されたフォトリソマスクを用いて露光後、現像・ベイクすることでコア部 2 3 , 3 3 が形成される。

【 0 0 4 6 】

つぎに、下部クラッド層 2 2 , 3 2 およびコア部 2 3 , 3 3 上に、クラッド用の感光性ポリマー材料を例えばスピコートにより塗布し、現像・ベイクすることで上部クラッド層 2 4 , 3 4 が形成される。

【 0 0 4 7 】

50

入力光導波路 20 および出力光導波路 30 を構成するコア用およびクラッド用の感光性ポリマー材料は、MMI 光導波路 10 と同様に、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、シリコン樹脂、フッ素化ポリイミド樹脂、ポリシラン樹脂、ポリシロキサン樹脂の中から選ばれるいずれか 1 種、または 2 種以上の組合せを用いることができる。

【0048】

そして、この導波路型可変光減衰器 1 は、MMI 光導波路 10 の左右いずれか片側（図 1 では上側または下側）に位置するフィールド群のうち、一部のフィールドを含む所定位置に、薄膜ヒータ 40 を例えばスパッタリングにより成膜し、パターンニングにより形成したものである。

【0049】

具体的には、MMI 光導波路 10 の中心光軸 CB 上に位置するフィールド（例えば、図 4 の F b 2 , F c 2 等）は含まず、MMI 光導波路 10 の中心光軸 CB から左右いずれか片方寄り（図 1 では上方寄りまたは下方寄り）に位置するフィールド群の中から選ばれる一部のフィールドを含む所定位置に、薄膜ヒータ 40 は形成される。

【0050】

すなわち、薄膜ヒータ 40 の形成位置は、MMI 光導波路 10 のフィールドパターンが例えば図 4 に示すような場合、一例として、図 5 (a) に示すように、MMI 光導波路 10 の左側（図 1 では上側）に位置するフィールド F a 1 および F b 1 , F c 1 をカバーする領域に設定することができる。

【0051】

この場合は、MMI 光導波路 10 の右側（図 1 では下側）に位置するフィールド F a 2 および F b 3 , F c 3 をカバーする領域に設定しても同様である。

【0052】

また、別の例として、図 5 (b) に示すように、MMI 光導波路 10 の左側（図 1 では上側）に位置するフィールド F a 1 および F b 1 , F c 1 に加えて、さらにその前後のフィールド F d 1 , F e 1 をカバーする領域に設定することができる。

【0053】

この場合は、MMI 光導波路 10 の右側（図 1 では下側）に位置するフィールド F a 2 および F b 3 , F c 3 に加えて、さらにその前後のフィールド F d 4 , F e 4 をカバーする領域に設定しても同様である。

【0054】

薄膜ヒータ 40 は、Cr、Ni、Au、Ti、Al、Cu、Ta、Ta_N、Pt のの中から選ばれるいずれか 1 種、または 2 種以上の組合せからなる導電性薄膜材料を用いて、スパッタリング、蒸着またはメッキ等により成膜され、フォトリソグラフィ処理によりパターンニング形成される加熱薄膜ヒータとして構成することができる。

【0055】

そして、薄膜ヒータ 40 の幅は、例えば、入力光導波路 20 および出力光導波路 30 の幅とほぼ同程度に形成される。また、薄膜ヒータ 40 の前後両端には、電極 41 , 42 が形成される。

【0056】

上記のような導波路型可変光減衰器 1 は、薄膜ヒータ 40 の両電極 41 , 42 間に電流を流すと、薄膜ヒータ 40 が発熱し、この薄膜ヒータ 40 の発熱が、MMI 光導波路 10 の対応する部分に伝わる。

【0057】

すなわち、例えば、薄膜ヒータ 40 が、例えば図 5 (a) に示すように、MMI 光導波路 10 の左側（図 1 では上側）に位置するフィールド F a 1 および F b 1 , F c 1 をカバーする領域に形成されている場合、この領域（一方の導波路干渉アームに相当）とその周辺部分の屈折率が、反対側に位置するフィールド F a 2 および F b 3 , F c 3 が含まれる領域（他方の導波路干渉アームに相当）の屈折率に対して変化する。

【0058】

10

20

30

40

50

この屈折率の変化により、フィールド F a 1 および F b 1 , F c 1 の領域 (一方の導波路干渉アーム) を伝搬する光の光路長が、フィールド F a 2 および F b 3 , F c 3 の領域 (他方の導波路干渉アーム) を伝搬する光の光路長に対して変化する。

【 0 0 5 9 】

そして、光路長の変化により、フィールド F a 1 および F b 1 , F c 1 の領域 (一方の導波路干渉アーム) を伝搬する光の位相が、フィールド F a 2 および F b 3 , F c 3 の領域 (他方の導波路干渉アーム) を伝搬する光の位相に対して変化する。

【 0 0 6 0 】

この位相の変化により、フィールド F a 1 および F b 1 , F c 1 領域 (一方の導波路干渉アーム) の伝搬光と、フィールド F a 2 および F b 3 , F c 3 領域 (他方の導波路干渉アーム) の伝搬光とが、出力導波路 3 0 側で位相干渉を引き起こし、出力導波路 3 0 における伝搬光が減衰する。

10

【 0 0 6 1 】

したがって、薄膜ヒータ 4 0 の通電電力を変化させることによって、屈折率の変化量、光路長の変化量、位相の変化量を制御し、その結果、出力導波路 3 0 における伝搬光の減衰量を制御することができる。

【 0 0 6 2 】

上記の導波路型可変光減衰器 1 を、つぎのようにして試作した。

【 0 0 6 3 】

まず、シリコン (S i) 基板 1 1 の上に、導波路材料として感光性ポリシロキサン樹脂を用いてスピンコート、バイク、パターニングすることにより、下部クラッド層 1 2 、コア部 1 3 、上部クラッド層 1 4 を形成して M M I 光導波路 1 0 を作製した。このとき、入力光導波路 2 0 および出力光導波路 3 0 も一括して作製した。

20

【 0 0 6 4 】

得られた M M I 光導波路 1 0 の所定位置に、薄膜スパッタリング、パターニングすることにより、薄膜ヒータ 4 0 を形成した。

【 0 0 6 5 】

感光性ポリシロキサン樹脂の熱光学 (T O) 係数は $-1.3 \times 10^{-4} /$ である。また、導波路コア (コア部 1 3) の屈折率 n_c を 1.446、コア (コア部 1 3) とクラッド (下部クラッド層 1 2 および上部クラッド層 1 4) との屈折率差 n を 0.004 とした。

30

【 0 0 6 6 】

M M I 光導波路 1 0 の幅 W は $56 \mu\text{m}$ 、M M I 光導波路 1 0 の長さ L は 3.6mm とした。入力光導波路 2 0 および出力光導波路 3 0 のコア部 2 3 , 3 3 の寸法は $7 \times 7 \mu\text{m}$ とした。

【 0 0 6 7 】

M M I 光導波路 1 0 の中心光軸 C B より $19 \mu\text{m}$ 離れた位置に薄膜ヒータ 4 0 を形成し、薄膜ヒータ 4 0 の幅は $7 \mu\text{m}$ 、薄膜ヒータ 4 0 の長さは $800 \mu\text{m}$ とした。

【 0 0 6 8 】

この導波路型可変光減衰器 1 を用いてシミュレーション解析したところ、図 6 に示すように、薄膜ヒータ 4 0 による加熱温度差 (加熱温度と周囲温度との差) が 18 のとき、最大減衰量 39dB が得られた。

40

【 0 0 6 9 】

このときの薄膜ヒータ 4 0 による消費電力の計算値は 2.7mW 、挿入損失は 0.31dB 、偏波依存損失 (P D L : Polarization Dependent Loss) も非常に小さい結果が得られた。図 7 に示すように、各光減衰量に対する波長特性も良好であった。

【 0 0 7 0 】

さらに、この導波路型可変光減衰器 1 を複数個、チャンネル間隔 $250 \mu\text{m}$ で並列に配置することで構成した導波路型可変光減衰器アレイは、チャンネル間のクロストークが小さく、 -70dB 以下を実現することができた。

50

【0071】

図8は、この発明による導波路型可変光減衰器の第2の実施形態を示し、この導波路型可変光減衰器2は、薄膜ヒータ40の平面形状が、図1に示す導波路型可変光減衰器1と異なるものである。

【0072】

すなわち、図1に示す導波路型可変光減衰器1の場合、薄膜ヒータ40の平面形状は、矩形状に形成されている。

【0073】

これに対し、この導波路型可変光減衰器2の薄膜ヒータ40の平面形状は、図8(a)に示すように、円弧状または湾曲状に形成されている。

10

【0074】

具体的には、図8(b)に示すように、MMI光導波路10の左側(図では上側)に位置するフィールドF a 1, F b 1, F c 1, F d 1およびF e 1を円弧状または湾曲状にカバーする領域に、薄膜ヒータ40が形成される。

【0075】

この場合、MMI光導波路10の右側(図では下側)に位置するフィールドF a 2, F b 3, F c 3, F d 4およびF e 4を円弧状または湾曲状にカバーする領域に、薄膜ヒータ40を形成しても同様である。

【0076】

この導波路型可変光減衰器2も、図1の導波路型可変光減衰器1と実質的に同様の加熱温度による出力光減衰量の変化特性を示す。

20

【0077】

図9は、この発明による導波路型可変光減衰器の第3の実施形態を示し、この導波路型可変光減衰器3は、薄膜ヒータ40の平面形状が、図1に示す導波路型可変光減衰器1および図8に示す導波路型可変光減衰器2と異なり、図9(a)に示すように、階段状に形成されている。

【0078】

具体的には、図9(b)に示すように、MMI光導波路10の左側(図では上側)に位置するフィールドF a 1, F b 1, F c 1, F d 1およびF e 1を階段状にカバーする領域に、薄膜ヒータ40が形成される。

30

【0079】

この場合、MMI光導波路10の右側(図では下側)に位置するフィールドF a 2, F b 3, F c 3, F d 4およびF e 4を階段状にカバーする領域に、薄膜ヒータ40を形成しても同様である。

【0080】

この導波路型可変光減衰器3も、図1の導波路型可変光減衰器1および図8に示す導波路型可変光減衰器2と実質的に同様の加熱温度による出力光減衰量の変化特性を示す。

【0081】

図10は、この発明による導波路型可変光減衰器の第4の実施形態を示し、この導波路型可変光減衰器4は、入力光導波路20が、MMI光導波路10に直接接続されるのではなく、MMI光導波路10に向けて幅が広がる入力テーパ導波路50を介して、MMI光導波路10に接続されている。

40

【0082】

また、出力光導波路30も、MMI光導波路10に直接接続されるのではなく、MMI光導波路10に向けて幅が広がる出力テーパ導波路60を介して、MMI光導波路10に接続されている。

【0083】

図11に示すように、入力テーパ導波路50および出力テーパ導波路60は、コア部の幅が連続的に変化する以外は、MMI光導波路10、入力光導波路20および出力光導波路30と同様に形成されるものである。

50

【0084】

すなわち、シリコン基板51, 61上に、クラッド用の感光性ポリマー材料を例えばスピコートにより塗布し、現像・ベイクすることで下部クラッド層52, 62が形成される。

【0085】

つぎに、下部クラッド層52, 62上に、クラッド用の感光性ポリマー材料よりも屈折率の大きいコア用の感光性ポリマー材料を例えばスピコートにより塗布し、コアパターンが形成されたフォトリソマスクを用いて露光後、現像・ベイクすることでコア部53, 63が形成される。

【0086】

つぎに、下部クラッド層52, 62およびコア部53, 63上に、クラッド用の感光性ポリマー材料を例えばスピコートにより塗布し、現像・ベイクすることで上部クラッド層54, 64が形成される。

【0087】

入力テーパ導波路50および出力テーパ導波路60を構成するコア用およびクラッド用の感光性ポリマー材料は、MMI光導波路10、入力光導波路20および出力光導波路30と同様に、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、シリコン樹脂、フッ素化ポリイミド樹脂、ポリシラン樹脂、ポリシロキサン樹脂の中から選ばれるいずれか1種、または2種以上の組合せを用いることができる。

【0088】

これ以外について、この導波路型可変光減衰器4は、図1に示す導波路型可変光減衰器1と同様のものであるので、対応する部分に同一の符号を付けて示すことで、重複した説明は省略する。

【0089】

一般に、MMI光導波路10の幅Wが変化した場合、それに対応したフィールドの特定距離が変化し、出射光の過剰損失が生じる。

【0090】

そこで、上記の導波路型可変光減衰器4は、入力光導波路20および出力光導波路30が、MMI光導波路10に向けて幅が広がる入力テーパ導波路50および出力テーパ導波路60をそれぞれ介して、MMI光導波路10に接続してある。

【0091】

これにより、導波路型可変光減衰器4は、MMI光導波路10の入射端において放射角を小さくして、MMI光導波路10での幅変化に伴う出射フィールドの位置変動に対するトレランスを向上させ、MMI光導波路10の挿入損失の低減や導波路作製歩留まりの向上を図ることができる。

【0092】

また、この導波路型可変光減衰器4において、薄膜ヒータ40の平面形状を、図8に示すように、円弧状または湾曲状に形成することが可能であり、また、図9に示すように、階段状に形成することも可能である。

【0093】

上記のように、導波路型可変光減衰器1~4はいずれも、MMI光導波路10と薄膜ヒータ40と、これに入力光導波路20および出力光導波路30とで構成される。MMI光導波路10は構造が極めて簡単であり、原理的に損失が極めて小さく、他の導波路と比較して、製作誤差に対する許容度が高いため、大規模な光集積回路を作製するのに最も適している。

【0094】

つまり、導波路型可変光減衰器1~4によれば、従来のMZ干渉系導波路において製作再現性に問題のあるY分岐導波路およびY結合導波路を必要としないため、構造が非常に簡単で小型であり、また、高精細なフォトリソグラフィプロセスを処理する高価なフォトリソグラフィ処理装置を必要としないため、製造コストの低減、歩留まりの向上に高いに

10

20

30

40

50

寄与することができる。

【0095】

さらに、導波路型可変光減衰器1～4によれば、構造がきわめてシンプルで小型であり、また、高精細なフォトリソグラフィプロセスが不要であるため低コストで量産性に優れている。また、構造が小型で消費電力が低く、チャンネル間のクロストークが低いため、複数チャンネルの導波路型可変光減衰器アレイの構成に最適である。

【0096】

なお、上記の実施形態においては、光導波路の形成材料として感光性のポリマー樹脂材料を用いたが、これらのポリマー樹脂のほかに、石英ガラスや半導体などの光導波路を構成できる材料を用いてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0097】

【図1】この発明による導波路型可変光減衰器の第1の実施形態を示す概略的平面図である。

【図2】図1のII-II線に沿ってとられたマルチモード干渉(MMI)光導波路の断面図である。

【図3】図1のIII-III線に沿ってとられた入力光導波路および出力光導波路の断面図である。

【図4】マルチモード干渉(MMI)光導波路のフィールドパターンの一例を示す概略的平面図である。

【図5】薄膜ヒータの配置位置の例を示す概略的平面図である。

【図6】薄膜ヒータの加熱温度による出力光減衰量の変化特性を示すグラフである。

【図7】この発明による導波路型可変光減衰器の波長特性を示すグラフである。

【図8】この発明による導波路型可変光減衰器の第2の実施形態を示す概略的平面図である。

【図9】この発明による導波路型可変光減衰器の第3の実施形態を示す概略的平面図である。

【図10】この発明による導波路型可変光減衰器の第4の実施形態を示す概略的平面図である。

【図11】図10のXI-XI線に沿ってとられた入力テーパ導波路および出力テーパ導波路の断面図である。

【図12】従来の導波路型可変光減衰器の一例を示す概略的平面図である。

【図13】従来の導波路型可変光減衰器の他の例を示す概略的平面図である。

【符号の説明】

【0098】

- 1, 2, 3, 4 導波路型可変光減衰器
- 10 マルチモード干渉(MMI)光導波路
- 11, 21, 31, 51, 61 シリコン(Si)基板
- 12, 22, 32, 52, 62 下部クラッド層
- 13, 23, 33, 53, 63 コア部
- 14, 24, 34, 54, 64 上部クラッド層
- 20 入力光導波路
- 30 出力光導波路
- 40 薄膜ヒータ
- 50 入力テーパ導波路
- 60 出力テーパ導波路

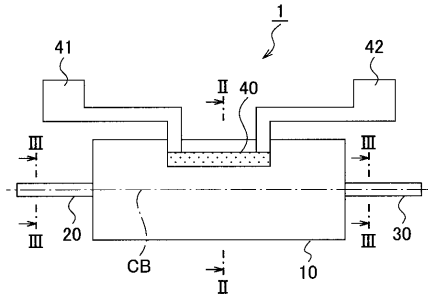
10

20

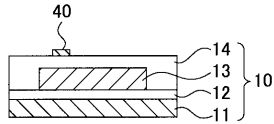
30

40

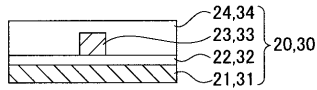
【 図 1 】



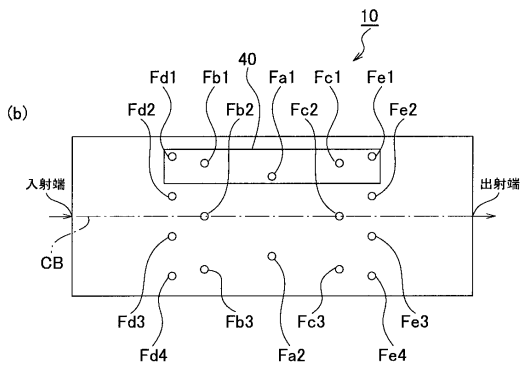
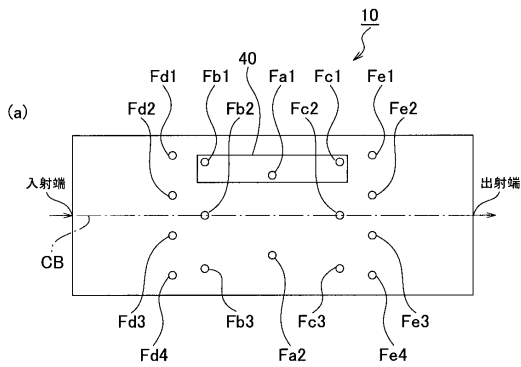
【 図 2 】



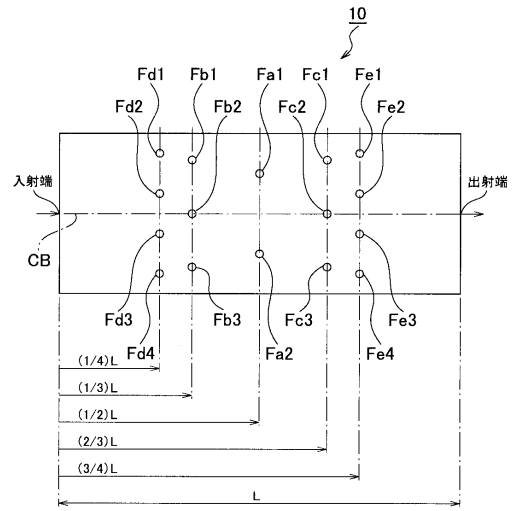
【 図 3 】



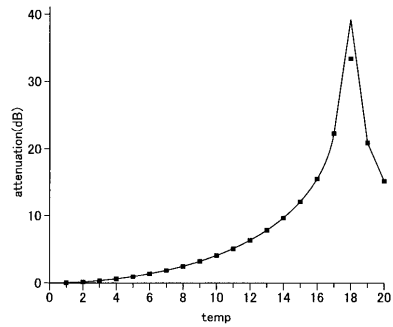
【 図 5 】



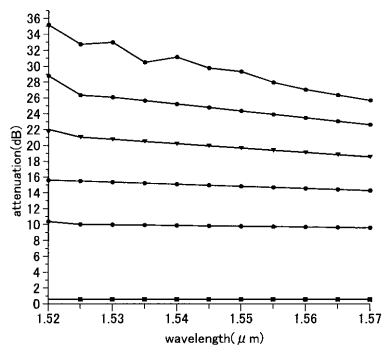
【 図 4 】



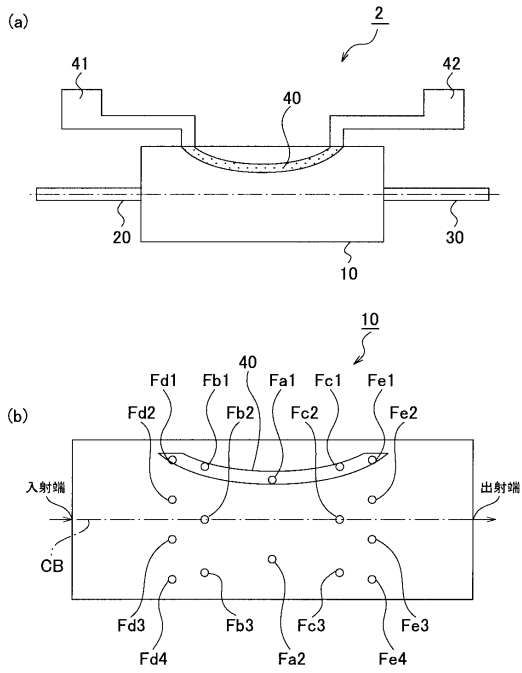
【 図 6 】



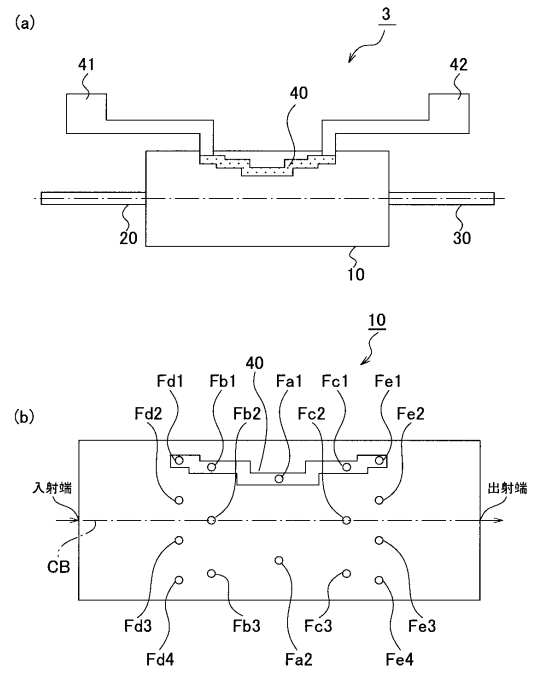
【 図 7 】



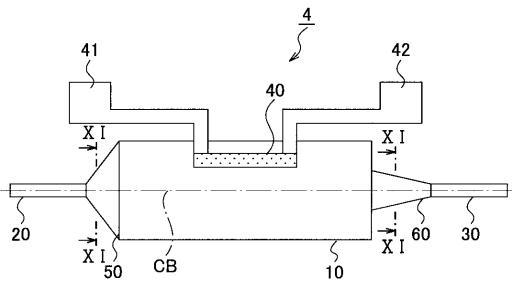
【 図 8 】



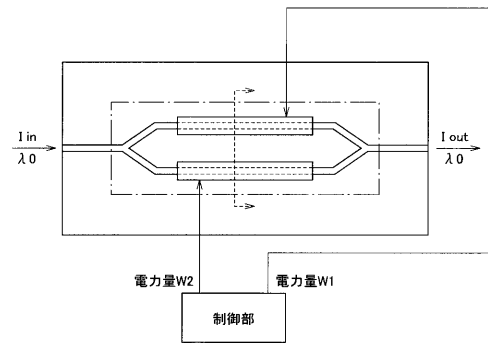
【 図 9 】



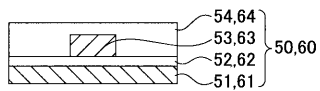
【 図 1 0 】



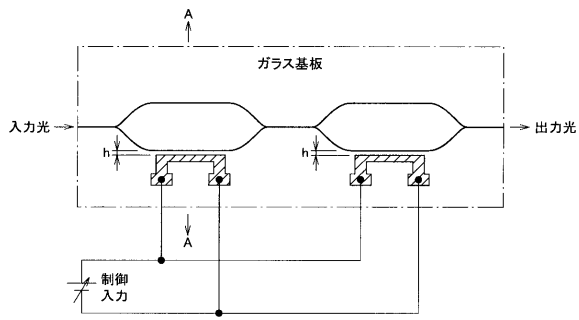
【 図 1 2 】



【 図 1 1 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 呉 玉英

千葉県松戸市松飛台296番地の1 株式会社精工技研内

(72)発明者 江 暁清

中国浙江省杭州市嘉緑苑(西)9棟2单元101室

Fターム(参考) 2H079 AA06 BA01 CA04 DA03 DA07 DA17 DA22 DA24 EA03 EB27