## (19) 日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11) 特許番号

## 特許第4477260号

(P4477260)

(45) 発行日 平成22年6月9日 (2010.6.9)

(24) 登録日 平成22年3月19日(2010	0.3.	19)
--------------------------	------	-----

(51) Int.Cl.	F I				
GO2B	6/122	(2006.01)	GO2B	6/12	D
GO2B	6/12	(2006.01)	GO2B	6/12	F
GO2F	1/313	(2006.01)	GO2F	1/313	

請求項の数 7 (全 15 頁)

<ul> <li>(21)出願番号</li> <li>(22)出願日</li> <li>(65)公開番号</li> <li>(43)公開日 審査請求日</li> </ul>	特願2001-233783 (P2001-233783) 平成13年8月1日 (2001.8.1) 特開2002-286952 (P2002-286952A) 平成14年10月3日 (2002.10.3) 平成20年6月3日 (2008.6.3)	(73)特許権者 (74)代理人	<ul> <li>6 000005290</li> <li>古河電気工業株式会社</li> <li>東京都千代田区丸の内二丁目2番3号</li> <li>100093894</li> <li>弁理士 五十嵐 清</li> </ul>	
(31) 優先権主張番号 (32) 優先日 (33) 優先権主張国	符覷2001-10370 (P2001-10370) 平成13年1月18日 (2001.1.18) 日本国 (JP)	(72) 発明者 (72) 発明者	占部 晴樹 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 河電気工業株式会社内 奈良 一孝	古
		(79) 発明者	東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 河電気工業株式会社内 	古
			和応 八 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 河電気工業株式会社内	古
			最終頁に続	<

(54) 【発明の名称】 導波路型光カプラおよび該導波路型光カプラを用いた光合分波器

(57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

1本以上の並設された光入力導波路と、該光入力導波路の出射側に設けられたマルチモ ード光干渉導波路と、該マルチモード光干渉導波路の出射側に1本以上の並設された光出 力導波路とを有し、前記マルチモード光干渉導波路は前記光入力導波路および前記光出力 導波路の間には前記光入力導波路の幅よりも狭幅の、シングルモード条件を満たして高 次モード光成分を除去する、狭幅直線導波路が介設され、当該狭幅直線導波路の一端は前 記光入力導波路の出射端に直接接続され、当該狭幅直線導波路の他端は前記マルチモード 光干渉導波路に直接接続され、当該狭幅直線導波路の他端は前記マルチモード 光干渉導波路に直接接続され、当該狭幅直線導波路のの出射端と の接続面には接続し合う両導波路の幅差に相当する段差が形成されており、1本以上の各 光出力導波路とマルチモード光干渉導波路の間にも前記光出力導波路の幅よりも狭幅の、 シングルモード条件を満たして高次モード光成分を除去する、狭幅直線導波路が介設され、 当該狭幅直線導波路の一端は前記光出力導波路に直接接続され、当該狭幅直線導波路の 他端は前記マルチモード光干渉導波路に直接接続され、当該狭幅直線導波路の の接続面には接続し合う両導波路の幅差に相当する段差が形成されている ことを特徴とする導波路型光カプラ。

【請求項2】

光入力導波路と光出力導波路と狭幅直線導波路は、それぞれシングルモード条件を満た していることを特徴とする請求項1記載の導波路型光カプラ。

【請求項3】

光入力導波路は1本の第1の光入力導波路と1本の第2の光入力導波路を並設して成り 、光出力導波路は1本の第1の光出力導波路と1本の第2の光出力導波路を並設して成る ことを特徴とする請求項1<u>又は</u>請求項2に記載の導波路型光カプラ。

【請求項4】

請求項<u>3</u>記載の導波路型光カプラを2つ直列に配列し、一方の導波路型光カプラを第1 の導波路型光カプラとして他方の導波路型光カプラを第2の導波路型光カプラとし、前記 第1の導波路型光カプラの第1の光出力導波路の出射側に前記第2の導波路型光カプラの 第1の光入力導波路を接続して第1の連結導波路とし、前記第1の導波路型光カプラの第 2の光出力導波路の出射側に前記第2の導波路型光カプラの第2の光入力導波路を接続し て第2の連結導波路とし、該第2の連結導波路と前記第1の連結導波路の光路長を互いに 異なる構成にしたことを特徴とする導波路型光カプラ。 【請求項5】

10

請求項<u>3</u>記載の導波路型光カプラを2つ直列に配列し、一方の導波路型光カプラを第1 の導波路型光カプラとして他方の導波路型光カプラを第2の導波路型光カプラとし、前記 第1の導波路型光カプラの第1の光出力導波路の出射側に前記第2の導波路型光カプラの 第1の光入力導波路を接続して第1の連結導波路とし、前記第1の導波路型光カプラの第 2の光出力導波路の出射側に前記第2の導波路型光カプラの第2の光入力導波路を接続し て第2の連結導波路とし、前記第1の連結導波路と前記第2の連結導波路の少なくとも一 方に連結導波路の屈折率を変化させる屈折率可変手段を設けたことを特徴とする導波路型 光カプラ。

20

【請求項6】

請求項1乃至請求項<u>5</u>のいずれか一つに記載の導波路型光カプラを複数配列して形成したことを特徴とする光合分波器。

【請求項7】

請求項<u>4</u>または請求項<u>5</u>記載の導波路型光カプラを複数並設して第1段の導波路型光カ プラユニットを形成し、該第1段の導波路型光カプラユニットの後段に、前記導波路型光 カプラを1つ以上並設してなる第2段の導波路型光カプラユニットを設け、前記第1段の 導波路型光カプラユニットの1対ずつの導波路型光カプラの出力を前記第2段の導波路型 光カプラユニットの導波路型光カプラにより合波または分波するという如く、前記導波路 型光カプラを複数段に接続して前段の対の導波路型光カプラの光出力を後段の導波路型光 カプラで合波または分波する機能を有する構成としたことを特徴とする光合分波器。 【発明の詳細な説明】

30

[0001]

【発明の属する技術分野】

本発明は、主に波長分割多重伝送等の光通信分野に用いられる導波路型光カプラおよび 該導波路型光カプラを用いた光合分波器に関するものである。

- [0002]
- 【背景技術】

従来、図<u>8</u>に示すような導波路型光カプラが提案されている。この導波路型光カプラは 40 、基板10上に同図に示す導波路構成を形成したものである。

【 0 0 0 3 】

この導波路構成は、1本以上(ここでは2本)の並設された光入力導波路1と、該光入 力導波路1の出射側に設けられたマルチモード光干渉導波路(MMI:Multi-Mode Inter ference)2と、該マルチモード光干渉導波路2の出射側に1本以上(ここでは2本)並 設された光出力導波路3とを有している。光入力導波路1は1本の第1の光入力導波路1 aと1本の第2の光入力導波路1bとを並設して成り、光出力導波路3は1本の第1の光 出力導波路3aと1本の第2の光出力導波路3bを並設して成る。

【0004】

前記マルチモード光干渉導波路2は、前記光入力導波路1および光出力導波路3よりも 50

10

30

幅広と成しており、マルチモード光干渉導波路2の形状は四角形状である。マルチモード 光干渉導波路2は、その幅方向(同図におけるX方向)の両端側に光を閉じ込め、かつ、 光入力導波路1(1a,1b)から入射された光によって高次モードの光が励振され、該 励振された光と入射光の光干渉効果を利用して合分波する機能を有する導波路である。 【0005】

図<u>8</u>に示したような導波路型光カプラは、例えば以下のようにして作製される。すなわち、まず、シリコン等の基板10上に、火炎加水分解堆積法を用いてアンダークラッド膜、コア膜を順に形成し、焼結、透明化する。その後、それぞれ、図<u>8</u>に示したような導波路構成の回路が描かれたフォトマスクを介してフォトリソグラフィー、反応性イオンエッチング法にてコア膜にパターンを転写し、コアの導波路構成を形成する。その後、コアを覆うオーバークラッド膜を形成し、該オーバークラッド膜を焼結、透明化して導波路型光カプラとする。

【 0 0 0 6 】

上記導波路型光カプラにおいては、例えば光入力導波路1 a または光入力導波路1 b から入射した設定波長の光を、光出力導波路3 a , 3 b からそれぞれ5 0 %の結合効率で出 射するように設定されている。すなわち、導波路型光カプラの光入力導波路1 a から設定 波長の光を入射すると、そのうち、5 0 %の強度の設定波長光が光出力導波路3 a から出 射され、5 0 %の強度の設定波長光が光出力導波路3 b から出射される。

【 0 0 0 7 】

上記導波路型光カプラは相反性を有する光回路であり、光出力導波路3a,3bから光 <sup>20</sup> を入射すると、この光はマルチモード光干渉導波路2で結合し、例えば光入力導波路1a から出射する。

【0008】

また、図<u>11</u>に示すように、光入力導波路1a,1bとマルチモード光干渉導波路2と の間と、マルチモード光干渉導波路2と前記光出力導波路3a,3bとの間に、マルチモ ード光干渉導波路2側に向かうにつれて拡幅するテーパ形状のテーパ導波路40を形成し た導波路型光カプラが特開2000-162454に提案されている。なお、このテーパ 導波路40は、その高さ(コアの膜厚)は一定で幅のみマルチモード光干渉導波路2側に 向かうにつれて拡幅している。

【 0 0 0 9 】

この提案の導波路型光カプラは、図<u>8</u>に示した導波路型光カプラとほぼ同様の機能を有し、さらに、この提案の導波路型光カプラは、テーパ導波路40を設けることにより、マルチモード光干渉導波路2に入力する光のスポットサイズを拡大することができるので、 導波路型光カプラの損失を小さくすることができる。

[0010]

図<u>11</u>に示す導波路型光カプラは、同図に示す導波路構成の回路が描かれたフォトマス クを用い、図8に示した導波路型光カプラとほぼ同様にして作製される。

[0011]

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記のような導波路型光カプラにおいて、マルチモード光干渉導波路2に入 40 射する光信号の入射モードが0次モードのみの場合は、この0次モードと、マルチモード 光干渉導波路2により励起される高次モード(1次以上のモード)とが干渉し、結合する 。この場合には、入射モードである0次モードと前記励起モードである高次モードとの結 合効率にばらつきは生じない。

[0012]

しかしながら、上記従来の導波路型光カプラにおいては、いずれも、光信号の入射条件 によって、入射成分の主成分である0次モードと共に、この0次モード以外の高次モード (1次以上のモード)とがマルチモード光干渉導波路2に入射する。

**[**0013**]** 

そうすると、マルチモード光干渉導波路2内において、上記入射成分の0次モードおよ 50

10

30

40

(4)

【0014】

例えば、図<u>8</u>に示した導波路型光カプラにおいては、光信号が光入力導波路1に入射す るときに、図<u>10</u>の(a)に示すように、光信号のビーム強度中心が光入力導波路1 aの 幅方向中心からずれて入射すると、この軸ずれ成分が光入力導波路1 aにおいて高次(1 次以上)の伝播モードを引き起こし、主要な信号成分である0次モードの光信号に干渉し 、入射光信号の形を歪め、その状態で光入力導波路1 a からマルチモード光干渉導波路2 に入射する。

[0015]

そのため、図<u>8</u>に示した導波路型光カプラにおいて、マルチモード光干渉導波路2に入 射する光のビームプロファイルが図<u>10</u>の(b)の特性線aに示すようになり、光のビー ム強度のピーク位置が光入力導波路1 aの幅方向中心位置からずれてしまった状態で光が 光入力導波路1 aから出射される。そうなると、マルチモード光干渉導波路2に入射する 光のビーム強度ピーク位置が設定位置(光入力導波路1 aの幅方向中心)からずれてしま い、上記結合効率のばらつきが生じてしまうのである。

【0016】

なお、図<u>10</u>の(a)は、上記軸ずれ成分(軸ずれ入射光)の入射位置を模式的に示し 20 、同図の(b)は、この軸ずれ成分がマルチモード光干渉導波路2に入射する際のビーム プロファイル形状を模式的に示した図である。軸ずれが無い場合のビームプロファイル形 状を同図の(b)の特性線bに示す。また、同図の(a)に示すように、以下、導波路構 成の外側方向への軸ずれを+で示し、導波路構成の内側方向への軸ずれを-で示す。 【0017】

また、図<u>9</u>は、図<u>8</u>に示した導波路型光カプラの光入力導波路1 a に入射する光信号の 入射位置をX方向に変えて、光がマルチモード光干渉導波路2 に入射する際のビームプロ ファイル形状を測定した結果を示している。横軸はX方向の長さを示し、縦軸は光の振幅 を示す。また、横軸はマルチモード光干渉導波路2の幅方向(X方向)中心を0として示 しており、光入力導波路1 a の出射端中心は10 μ m の位置である。 【0018】

図9の特性線aは軸ずれが無い光を入射した場合のビームプロファイル形状を示す。また、同図の特性線bは、X方向(光信号の進行方向に垂直で、かつ、導波路面に平行な方向)の軸ずれが - 2 µmの光信号を入射した場合のビームプロファイル形状を示し、特性線cはX方向の軸ずれが + 2 µmの光信号を入射した場合のビームプロファイル形状を示す。

【0019】

図<u>9</u>の特性線a~cから明らかなように、軸ずれの無い光が光入力導波路1aに入射された場合には、その光が光入力導波路1aを伝播していき、マルチモード光干渉導波路2 に入射するときの振幅ピークが光入力導波路1aの出射端幅方向中心となる。 【0020】

しかし 軸ずわさ

しかし、軸ずれを有する光が光入力導波路1 a に入射された場合には、その光が光入力 導波路1 a を伝播していって、マルチモード光干渉導波路2 に入射するときの振幅ピーク は、光入力導波路1 a の出射端幅方向中心からずれ、設計通りの特性を実現できないだけ でなく、上記振幅ピークの中心ずれ量に対応して結合効率のばらつきが発生してしまう。 【0021】

なお、上記のような現象は、図<u>11</u>に示した導波路型光カプラにおいても同様であり、 図<u>11</u>に示した導波路型光カプラのマルチモード光干渉導波路 2 への入射ビームプロファ イル形状は、図<u>12</u>の特性線 a ~ c に示すようになる。

[0022]

同図の特性線aは軸ずれが無い光を入射した場合のビームプロファイル形状を示す。ま た、同図の特性線bは、X方向(光信号の進行方向に垂直で、かつ、導波路面に平行な方 向)の軸ずれが+2µmの光信号を入射した場合のビームプロファイル形状を示し、特性 線cはX方向の軸ずれが-2µmの光信号を入射した場合のビームプロファイル形状を示 す。軸ずれがない光を入射した場合に比較すると、軸ずれありの光を入射した場合のビー ムプロファイルは、中心波長からのピークずれがあるだけでなく、そのピークパワーも小 さくなっている。

[0023]

そして、上記のような結合効率のばらつきは、例えば上記図8、図11に示したような 10 導波路型光カプラを複数接続して光合分波器を形成した場合に、光合分波器の光合分波性 能の劣化を招いてしまう。

[0024]

本発明は上記従来の課題を解決するために成されたものであり、その目的は、光信号の 光入力導波路への入射位置が多少ずれても、マルチモード光干渉導波路による結合効率を 設定通りの安定した値とすることができる導波路型光カプラおよびこれを複数接続して成 る光合分波器を提供することにある。

[0025]

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は次のような構成をもって課題を解決するための手 20 段としている。すなわち、第1の発明の導波路型光カプラは、1本以上の並設された光入 力導波路と、該光入力導波路の出射側に設けられたマルチモード光干渉導波路と、該マル チモード光干渉導波路の出射側に1本以上の並設された光出力導波路とを有し、前記マル チモード光干渉導波路は前記光入力導波路および前記光出力導波路よりも幅広と成してお り、1本以上の各光入力導波路の出射端とマルチモード光干渉導波路の間には前記光入力 導波路の幅よりも狭幅の、シングルモード条件を満たして高次モード光成分を除去する、 狭幅直線導波路が介設され、当該狭幅直線導波路の一端は前記光入力導波路の出射端に直 接接続され、当該狭幅直線導波路の他端は前記マルチモード光干渉導波路に直接接続され 当該狭幅直線導波路の一端と前記光入力導波路の出射端との接続面には接続し合う両導 波路の幅差に相当する段差が形成されており、1本以上の各光出力導波路とマルチモード 光干渉導波路の間にも前記光出力導波路の幅よりも狭幅の、シングルモード条件を満たし て高次モード光成分を除去する、狭幅直線導波路が介設され、当該狭幅直線導波路の一端 は前記光出力導波路に直接接続され、当該狭幅直線導波路の他端は前記マルチモード光干 渉導波路に直接接続され、当該狭幅直線導波路の一端と前記光出力導波路との接続面には 接続し合う両導波路の幅差に相当する段差が形成されている構成をもって課題を解決する 手段としている。

[0026]

さらに、第2の発明の導波路型光カプラは、上記第1の発明の構成に加え、前記光入力 導波路と光出力導波路と狭幅直線導波路は、それぞれシングルモード条件を満たしている 構成をもって課題を解決する手段としている。

[0027]

さらに、第3の発明の導波路型光カプラは、上記第1又は第2の発明の構成に加え、前 記光入力導波路は1本の第1の光入力導波路と1本の第2の光入力導波路を並設して成り 、光出力導波路は1本の第1の光出力導波路と1本の第2の光出力導波路を並設して成る 構成をもって課題を解決する手段としている。

[0028]

さらに、第4の発明の導波路型光カプラは、上記第3の発明の導波路型光カプラを2つ 直列に配列し、一方の導波路型光カプラを第1の導波路型光カプラとして他方の導波路型 光カプラを第2の導波路型光カプラとし、前記第1の導波路型光カプラの第1の光出力導 波路の出射側に前記第2の導波路型光カプラの第1の光入力導波路を接続して第1の連結 導波路とし、前記第1の導波路型光カプラの第2の光出力導波路の出射側に前記第2の導

波路型光カプラの第2の光入力導波路を接続して第2の連結導波路とし、該第2の連結導 波路と前記第1の連結導波路の光路長を互いに異なる構成として課題を解決する手段とし ている。

【0029】

さらに、第<u>5</u>の発明の導波路型光カプラは、上記第<u>3</u>の発明の導波路型光カプラを2つ 直列に配列し、一方の導波路型光カプラを第1の導波路型光カプラとして他方の導波路型 光カプラを第2の導波路型光カプラとし、前記第1の導波路型光カプラの第1の光出力導 波路の出射側に前記第2の導波路型光カプラの第1の光入力導波路を接続して第1の連結 導波路とし、前記第1の導波路型光カプラの第2の光出力導波路の出射側に前記第2の導 波路型光カプラの第2の光入力導波路を接続して第2の連結導波路の出射側に前記第1の連結 導波路と前記第2の連結導波路の少なくとも一方に連結導波路の屈折率を変化させる屈折 率可変手段を設けた構成をもって課題を解決する手段としている。

10

20

30

40

[0030]

さらに、第<u>6</u>の発明の光合分波器は、上記第1乃至第<u>5</u>のいずれか一つの発明の導波路 型光カプラを複数配列して形成した構成をもって課題を解決する手段としている。 【0031】

さらに、第<u>7</u>の発明の光合分波器は、上記第<u>4</u>又は第<u>5</u>の発明の導波路型光カプラを複 数並設して第1段の導波路型光カプラユニットを形成し、該第1段の導波路型光カプラユ ニットの後段に、前記導波路型光カプラを1つ以上並設してなる第2段の導波路型光カプ ラユニットを設け、前記第1段の導波路型光カプラユニットの1対ずつの導波路型光カプ ラの出力を前記第2段の導波路型光カプラユニットの導波路型光カプラにより合波または 分波するという如く、前記導波路型光カプラを複数段に接続して前段の対の導波路型光カ プラの光出力を後段の導波路型光カプラで合波または分波する機能を有する構成とした構 成をもって課題を解決する手段としている。

【0032】

上記構成の本発明の導波路型光カプラは、マルチモード光干渉導波路の入射側に設けた 1本以上の光入力導波路とマルチモード光干渉導波路の間と、マルチモード光干渉導波路 の出射側に設けた1本以上の光出力導波路とマルチモード光干渉導波路の間に狭幅直線導 波路を介設し、該狭幅直線導波路を対応する光入力導波路<u>および</u>光出力導波路の幅よりも 狭幅と成したものである。

【 0 0 3 3 】

<u>本</u>発明の導波路型光カプラにおいて、光入力導波路の出射側に狭幅直線導波路を設ける と、前記狭幅直線導波路によって、光入力導波路を伝播してきた光の余分な高次モード成 分を除去してビームプロファイルの歪みを取り除き、光強度中心を狭幅直線導波路の幅方 向中心に移動させて狭幅直線導波路から出射することができる。

【0034】

すなわち、本発明の導波路型光カプラにおいて、光入力導波路の出射側に狭幅直線導波 路を設け、この狭幅直線導波路の幅方向中心位置をマルチモード光干渉導波路の設定位置 に形成することにより、光のパワー中心をマルチモード光干渉導波路の前記設定位置に合 わせて入射させることができ、かつ、その光のビームプロファイルはほとんど歪みの無い ものとすることができる。

【0035】

したがって、本発明の導波路型光カプラは、光信号の光入力導波路への入射位置が多少 ずれても、マルチモード光干渉導波路による結合効率を設定通りの安定した値とすること ができる。

【0036】

また、本発明の導波路型光カプラは相反性を有する光回路であるため、上記狭幅直線導 波路を光出力導波路の入射側に設け、光出力導波路側から光を入射する場合も同様の効果 を奏することができる。

[0037]

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。なお、本実施形態例の説明にお いて、従来例と同一名称部分には同一符号を付し、その重複説明は省略する。図1には、 本発明に係る導波路型光カプラの第1実施形態例が示されている。

【0038】

同図に示すように、本第1実施形態例の導波路型光カプラは図<u>8</u>に示した従来の導波路 型光カプラとほぼ同様に構成されており、本第1実施形態例が従来例と異なる特徴的なこ とは、1本以上(ここでは2本)の光入力導波路1a,1bとマルチモード光干渉導波路 2の間と、1本以上(ここでは2本)の光出力導波路3a,3bとマルチモード光干渉導 波路2の間に、狭幅直線導波路5が介設されていることである。これらの狭幅直線導波路 5は対応する光入力導波路1a,1bまたは光出力導波路3a,3bの幅よりも狭幅と成 している。

【0039】

なお、本第1実施形態例において、図1に示す導波路構成を形成するコアの膜厚は6.5µm、比屈折率差 は0.8%である。また、光入力導波路1a,1bおよび光出力導 波路3a,3bは、いずれも幅6.5µmに形成されており、シングルモード条件を満た している。マルチモード光干渉導波路2は幅60.0µm、長さ5560.0µmである 。また、光入力導波路1a,1bおよび光出力導波路3a,3bの曲線部は、それぞれ曲 率半径5mmの円弧で構成している。

[0040]

狭幅直線導波路5は幅3.5µm、長さ500µmに形成されている。この狭幅直線導 波路5の幅と長さは、光入力導波路1a,1bを伝播してきた光の強度中心を狭幅直線導 波路5の幅中心に導くことができるだけの幅と長さである。狭幅直線導波路5もシングル モード条件を満たしている。

[0041]

また、本第1実施形態例の導波路型光カプラも従来例とほぼ同様の作製方法により作製 されている。本第1実施形態例の導波路型光カプラの作製方法が従来例の導波路型光カプ ラの作製方法と異なることは、コア膜の焼結、透明化後に、図1に示したような導波路構 成の回路が描かれたフォトマスクを介してフォトリソグラフィー、反応性イオンエッチン グ法にてコア膜にパターンを転写し、コアの導波路構成を形成することである。 【0042】

本第1 実施形態例において、コアを形成するコア膜はSiO<sub>2</sub> - B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - GeO<sub>2</sub>系、アンダークラッド膜とオーバークラッド膜は、共にSiO<sub>2</sub> - B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 系により形成されている。

【0043】

なお、本発明者は、上記実施形態例の構成を決定するに際し、まず、光パワー中心(光 強度中心)が光入力導波路1の導波路中心からずれてしまった状態を模擬的に実験するた め、図3に示すように、入力導波路1と同様の構成を有する基本導波路11を形成し、こ の基本導波路11の出射側に、基本導波路11よりも狭幅の狭幅直線導波路5を形成した

40

50

10

20

30

[0044]

そして、基本導波路11の入射端に、導波路構成の外側(図の上側)に故意に+2μm 軸ずれを有する光を入射させてビーム伝搬法(BPM)によるシミュレーションを行い、光 ビーム中心が設定位置からどれだけずれるかを求めた。

[0045]

なお、上記モードフィールドの計算に用いたパラメータの値は、基本導波路11に入射 する信号光波長=1.55µm、比屈折率差 =0.80%、基本導波路11の膜厚=6 .5µm、基本導波路11の幅W=6.5µm、狭幅直線導波路5の長さ=500.0µ m、30.0µm、20.0µm、10.0µm、狭幅直線導波路5の幅=3.5µm、 4.0µm、4.5µm、5.0µm、5.5µmとした。 (8)

[0046]

また、狭幅直線導波路5を設けない構成においても同様に上記シミュレーションを行なった。

【0047】

その結果、狭幅直線導波路5の幅が大きくなると、次第に光ビーム中心(光ビームの強度中心)が設定位置から離れてしまい、また、狭幅直線導波路5の長さが短くなると、同様に、次第に光ビーム中心が設定位置から離れてしまうことがわかった。そして、その逆に、狭幅直線導波路5の幅を十分に狭く、かつ、その長さを十分に長くすると、光強度中心を狭幅直線導波路5の幅方向中心に移動させて出射させることができることがわかった

【0048】

例えば、図4に示すように、狭幅直線導波路5の長さを500µmとした場合、その幅 を約4.0µm以下にすることにより、光強度中心のずれ量を約0.1µm以下にするこ とができる。なお、同図において、狭幅直線導波路の幅6.5µmは狭幅直線導波路5を 設けない場合を示す。

【0049】

また、図5に示すように、狭幅直線導波路5の幅を3.5µmとした場合、その長さを 30µm以上にすることにより、光強度中心のずれ量を約0.1µm以下にすることがで きる。なお、同図において、狭幅直線導波路5の長さ0は狭幅直線導波路5を設けない場 合を示す。

[0050]

本発明者は、上記検討結果に基づき、本第1実施形態例の導波路構成を前記の如く決定 したものであり、例えば光入力導波路1aに信号光を入射すると、その光は光入力導波路 1aを伝播してその出射側の狭幅直線導波路5を伝播する。狭幅直線導波路5は、光入力 導波路を伝播してきた光の余分な高次モード成分を除去し、ビームプロファイルの歪みを 取り除き、光強度中心(振幅中心)を狭幅直線導波路の幅方向中心に移動させて出射する

•

【0051】

したがって、図2の特性線a~cに示すように、たとえ軸ずれを有する光が光入力導波路1aに入射されても、軸ずれの無い光が光入力導波路1aに入射された場合と同様に、 マルチモード光干渉導波路2の設定位置(同図における10µmの位置)に光強度中心を 入射することができる。

【0052】

なお、同図の特性線 a ~ c は、本第1実施形態例の構成を持つ導波路型光カプラを実際 に作製して、光入力導波路1 a から光を入射した場合に測定された、マルチモード光干渉 導波路2への入射ビームプロファイル形状を示すものである。特性線 a は軸ずれが無い光 を入射した場合のビームプロファイル形状を示し、特性線 b、 c はそれぞれ、前記 X 方向 の軸ずれが-2 µm、+2 µmの光信号を入射した場合のビームプロファイル形状を示す

。 【0053】

40

以上のように、本第1実施形態例の導波路型光カプラは、たとえ軸ずれを有する光が光 入力導波路1aに入射されても、マルチモード光干渉導波路2の設定位置に光のパワー中 心を入射することができるので、光信号の光入力導波路1への入射位置が多少ずれても、

【0054】

また、本第1実施形態例の導波路型光カプラは相反性を有する光回路であるため、光出 力導波路3側から光を入射した場合も同様の効果を奏することができる。

マルチモード光干渉導波路2による結合効率を設定通りの安定した値とすることができる

【 0 0 5 5 】

図 6 には、本発明に係る導波路型光カプラの第 2 実施形態例の要部構成図が平面図によ 50

20

30

リ示されている。本第2実施形態例の導波路型光カプラは、上記第1実施形態例の導波路型光カプラを2つ直列に配列して形成したマッハツェンダ干渉計型の導波路型光カプラである。

【0056】

以下、本第2実施形態例の導波路型光カプラについて詳細に説明する。本第2実施形態 例の導波路型光カプラは、2つ直列に配列した導波路型光カプラ7a,7bのうち、一方 の導波路型光カプラを第1の導波路型光カプラ7aとして他方の導波路型光カプラを第2 の導波路型光カプラ7bとしている。

[0057]

そして、第1の導波路型光カプラ7aの第1の光出力導波路3aの出射側に第2の導波 10 路型光カプラ7bの第1の光入力導波路1aを接続して第1の連結導波路8aとし、第1 の導波路型光カプラ7aの第2の光出力導波路3bの出射側に第2の導波路型光カプラ7 bの第2の光入力導波路1bを接続して第2の連結導波路8bとし、該第2の連結導波路 8bと前記第1の連結導波路8aの光路長を互いに異なるようにしている。

【0058】

本第<u>2</u>実施形態例は以上のように構成されており、本第<u>2</u>実施形態例では、2つの導波 路型光カプラ7a,7bのそれぞれのマルチモード光干渉導波路2に挟まれた第2の連結 導波路8bと前記第1の連結導波路8aの光路長を互いに異なる構成にしているので、周 知のマッハツェンダ干渉型光学素子と同様に、連結導波路部8a,8bを伝播する光に位 相差をつけ、光の干渉作用を生じさせ、異なる波長の光信号を合分波することができる。 なお、この合分波する光の波長間隔は、連結導波路部8aと連結導波路部8bの光路長の 差によって決定される。

20

40

【0059】

本第<u>2</u>実施形態例の導波路型光カプラは、上記第1実施形態例の導波路型光カプラを直列に配列して上記の如く接続して形成したものであるから、各マルチモード光干渉導波路 2による結合効率を設計通りの値にすることができ、設計通りの光合分波機能を果たすこ とができる優れたマッハツェンダ干渉計型の導波路型光カプラとすることができる。

【 0 0 6 0 】

図<u>7</u>には、本発明に係る光合分波器の第1実施形態例が示されている。本実施形態例の 光合分波器は、上記第<u>2</u>実施形態例の導波路型光カプラと同様に構成された導波路型光カ <sup>30</sup> プラ7A,7B,7Cを設けて形成されている。

【0061】

本第1実施形態例の光合分波器は、導波路型光カプラ7A,7Bを複数(ここでは2つ)並設して第1段の導波路型光カプラユニット9Aを形成し、該第1段の導波路型光カプ ラユニット9Aの後段に、前記導波路型光カプラ7Cを1つ以上(ここでは1つ)並設し てなる第2段の導波路型光カプラユニット9Bを設けている。

【0062】

そして、本第1実施形態例の光合分波器は、前記第1段の導波路型光カプラユニット9 Aの1対(ここでは、導波路型光カプラ7Aの出力と導波路型光カプラ7B)ずつの光出 力を第2段の導波路型光カプラユニット9Bの導波路型光カプラ7Cにより合波するとい う如く、導波路型光カプラ7A,7B,7Cを複数段(ここでは2段)に接続して前段の 対の導波路型光カプラの光出力を後段の導波路型光カプラで合波する構成とした。 【0063】

本第1実施形態例の光合分波器は、以上のように構成されており、例えば図<u>7</u>に示すように、導波路型光カプラ7Aの第1の光入力導波路1aから波長 1の光を入射し、導波路型光カプラ7Aの第2の光入力導波路1bから波長 2の光を入射すると、波長 1の 光と波長 2の光が導波路型光カプラ7Aで合波されてその第2の光出力導波路3bから 出射される。

【0064】

また、導波路型光カプラ7Bの第1の光入力導波路1aから波長 3の光を入射し、導 50

波路型光カプラ7Bの第2の光入力導波路1bから波長 4の光を入射すると、波長 3 の光と波長 4の光が導波路型光カプラ7Bで合波されてその第1の光出力導波路3aか ら出射される。

【 0 0 6 5 】

そして、前記導波路型光カプラ7Aの第2の光出力導波路3bから出射された波長 1 の光と波長 2の光は、導波路型光カプラ7Cの第1の光入力導波路1aから導波路型光 カプラ7Cに入射し、前記導波路型光カプラ7Bの第1の光出力導波路3aから出射され た波長 3の光と波長 4の光は、導波路型光カプラ7Cの第2の光入力導波路1bから 導波路型光カプラ7Cに入射し、導波路型光カプラ7Cによって合波されて、導波路型光 カプラ7Cの第2の光出力導波路3bから出射される。

【0066】

また、本実施形態例の光合分波器は、相反性を有する回路であり、図<u>7</u>とは逆に、導波 路型光カプラ7Cの第2の出入力導波路3bから波長 1、 2、 3、 4の光を入射 すると、これらの光は導波路型光カプラ7Cにより分波され、波長 1と 2の光は導波 路型光カプラ7Cの第1の光入力導波路1aから出射され、導波路型光カプラ7Aの第2 の光出力導波路3bに入射する。また、波長 3と 4の光は導波路型光カプラ7Cの第 2の光入力導波路1bから出射され、導波路型光カプラ7Bの第1の光出力導波路3aに 入射する。

【0067】

そして、波長 1の光と波長 2の光は導波路型光カプラ7Aで分波されてそれぞれ、 <sup>20</sup> 導波路型光カプラ7Aの第1、第2の光入力導波路1a,1bから出射される。また、波 長 3の光と波長 4の光は導波路型光カプラ7Bで分波されてそれぞれ、導波路型光カ プラ7Bの第1、第2の光入力導波路1a,1bから出射される。

【0068】

本第1実施形態例の光合分波器は、上記第1実施形態例と同様の導波路型光カプラ7A ,7B,7Cを複数段接続して形成したものであるから、各導波路型光カプラ7A,7B ,7Cの各マルチモード光干渉導波路2による結合効率を設計通りの値にすることができ 、設計通りの光合分波機能を果たすことができる優れた光合分波器とすることができる。 【0069】

なお、本発明は上記各実施形態例に限定されることはなく、様々な実施の態様を採り得 30 る。上記各実施形態例の導波路型光カプラは、光入力導波路1は1本の第1の光入力導波 路1 a と1本の第2の光入力導波路1 b を並設し、光出力導波路3は1本の第1の光出力 導波路3 a と1本の第2の光出力導波路3 b を並設したが、光入力導波路1や光出力導波 路3の本数は特に限定されるものでなく適宜設定されるものであり、光入力導波路1、光 出力導波路3は、それぞれ、1本以上の適宜の数並設されるものである。

【0070】

さらに、上記実施形態例の光合分波器は、図<u>6</u>に示した実施形態例と同様のマッハツェ ンダ干渉計型の導波路型光カプラを複数段接続したモジュールとしたが、本発明の光合分 波器は必ずしもマッハツェンダ干渉計型の導波路型光カプラを複数段接続して形成すると は限らず、第1<u>、第2</u>実施形態例の導波路型光カプラを複数並設したり直列に接続したり して形成してもよい。

【0071】

さらに、本発明において、導波路型光カプラのマルチモード光干渉導波路による結合効率は上記各実施形態例のように50%とするとは限らず、適宜設定されるものである。 【0072】

さらに、上記実施形態例では、導波路型光カプラを石英系光導波路により形成したが、 本発明の導波路型光カプラは必ずしも石英系光導波路により形成するとは限らない。すな わち、本発明の導波路型光カプラは、InP等の半導体導波路やポリイミド導波路等、適 宜の光導波路構成材料により形成されるものであり、これらの光導波路構成材料により形 成した場合も上記各実施形態例と同様の効果を奏することができる。 10

(11)

[0073]

さらに、本発明の導波路型光カプラおよび導波路型光カプラを用いた光合分波器の作製 方法や寸法構造、ドープするドーパントの種類等は特に限定されるものでなく適宜設定さ れるものである。

[0074]

【発明の効果】

本発明の導波路型光カプラによれば<u>、光</u>入力導波路の出射側に狭幅直線導波路を設け、 この狭幅直線導波路の幅方向中心位置をマルチモード光干渉導波路の設定位置に形成する ことにより、マルチモード光干渉導波路に入射する光のパワー中心を前記設定位置に合わ せて入射させることができ、かつ、その光のビームプロファイルは歪みの無いものとする ことができる。

[0075]

したがって、本発明の導波路型光カプラは、光信号の光入力導波路への入射位置が多少 ずれても、マルチモード光干渉導波路による結合効率を設定通りの安定した値とすること ができる。

【0076】

また、本発明の導波路型光カプラは相反性を有する光回路であるため、上記狭幅直線導 波路を光出力導波路の入射側に設けて光出力導波路側から光を入射する場合も同様の効果 を奏することができる。

【0077】

さらに、本発明において、光入力導波路と光出力導波路と狭幅直線導波路は、それぞれ シングルモード条件を満たしている構成によれば、光の伝送を的確に行なうことができる

[0078]

さらに、光入力導波路は1本の第1の光入力導波路と1本の第2の光入力導波路を並設 して成り、光出力導波路は1本の第1の光出力導波路と1本の第2の光出力導波路を並設 して成る本発明の導波路型光カプラによれば、例えば光入力導波路から入射された光を設 定結合効率で分岐して2本の光出力導波路から出射したり、2本の光出力導波路から入射 した光を設定結合効率で合波して1本の光入力導波路から出射したりする機能を正確に発 揮できる導波路型光カプラとすることができる。

【0079】

さらに、本発明において、光入力導波路と光出力導波路を2本ずつ並設した導波路型光 カプラを2つ直列に配列して成る導波路型光カプラによれば、直列接続した導波路型光カ プラのそれぞれのマルチモード光干渉導波路による結合効率を設計通りの値にすることが でき、設計通りの光合分波機能を果たすことができる優れたマッハツェンダ干渉計型の導 波路型光カプラとすることができる。

 $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 8 & 0 \end{bmatrix}$ 

さらに、本発明において、光入力導波路と光出力導波路を2本ずつ並設した導波路型光 カプラを2つ直列に配列して成り、かつ、直列接続した導波路型光カプラの第1の連結導 波路と第2の連結導波路の少なくとも一方に連結導波路の屈折率を変化させる屈折率可変 手段を設けた導波路型光カプラによれば、直列接続した導波路型光カプラのそれぞれのマ ルチモード光干渉導波路による結合効率を設計通りの値にすることができると共に、設計 通りの光スイッチング機能を果たすことができる優れたマッハツェンダ干渉計型の導波路 型光カプラとすることができる。

[0081]

さらに、本発明の光合分波器によれば、上記本発明の導波路型光カプラを複数配列して 形成したものであるから、それぞれのマルチモード光干渉導波路による結合効率を設計通 りの値にすることができ、設計通りの光合分波機能や光合分岐機能を発揮できる光合分波 器とすることができる。

[0082]

30

40

20

さらに、本発明の光合分波器において、マッハツェンダ干渉計型の導波路型光カプラを 複数段に接続して前段の対の導波路型光カプラの光出力を後段の導波路型光カプラで合波 または分波する機能を有する構成の光合分波器によれば、設計通りに効率的に光合分波機 能を果たすことができる優れた光合分波器とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る導波路型光カプラの第1実施形態例を示す要部構成図である。 【図2】 上記第1実施形態例の導波路型光力プラにおけるマルチモード光干渉導波路の 入射端での光ビームプロファイル測定結果を示すグラフである。

【図3】 上記第1実施形態例における狭幅直線導波路の作用をBPMシミュレーション により検証するために用いた光回路パターンの説明図である。

【図4】 図3の回路の狭幅直線導波路幅と、光入力導波路に軸ずれ光を入射したときの 狭幅直線導波路からの出射光の設定値からのずれ量との関係を示すグラフである。

【図5】 図3の回路の狭幅直線導波路長と、光入力導波路に軸ずれ光を入射したときの 狭幅直線導波路からの出射光の設定値からのずれ量との関係を示すグラフである。

【図6】 本発明に係る導波路型光カプラの第2実施形態例を示す要部構成図である。

【図7】 本発明に係る光合分波器の第1実施形態例を示す要部構成図である。

【図8】 従来の導波路型光カプラの一例を示す説明図である。

【図9】 従来の導波路型光カプラにおけるマルチモード光干渉導波路の入射端での光ビ ームプロファイル測定結果を示すグラフである。

20 【図10】 従来の導波路型光カプラにおける入射光の軸ずれの有無によって異なるビー ムプロファイル形状を示す説明図である。

【図11】 従来の導波路型光カプラの別の例を示す説明図である。

図11に示した導波路型光カプラにおけるマルチモード光干渉導波路の入射 【図12】 端での光ビームプロファイル測定結果を示すグラフである。

- 【符号の説明】
  - 1,1a,1b 光入力導波路
  - 2 マルチモード光干渉導波路
  - 3,3a,3b 光出力導波路

5 狭幅直線導波路

7 a , 7 b , 7 A , 7 B , 7 C 導波路型光カプラ

8 a , 8 b 連結導波路

9 A , 9 B 導波路型光カプラユニット

10 基板











【図5】



【図6】









【図9】



















フロントページの続き

審査官 高 芳徳

(56)参考文献 特開平11-133253(JP,A) 特開平07-174929(JP,A) 特開2000-162454(JP,A) 特開平9-5549(JP,A) 特開平8-292340(JP,A) 特開平4-172308(JP,A) 特開平4-172308(JP,A) 特開平11-84153(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/12 - 6/43 G02F 1/00 - 7/00 JSTPlus(JDreamII) JST7580(JDreamII)