

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4699435号
(P4699435)

(45) 発行日 平成23年6月8日(2011.6.8)

(24) 登録日 平成23年3月11日(2011.3.11)

(51) Int. Cl.			F 1		
G02B	6/26	(2006.01)	G02B	6/26	
G02B	6/30	(2006.01)	G02B	6/30	
G02B	6/122	(2006.01)	G02B	6/12	A

請求項の数 6 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2007-277915 (P2007-277915)	(73) 特許権者	000004226
(22) 出願日	平成19年10月25日(2007.10.25)		日本電信電話株式会社
(65) 公開番号	特開2009-104071 (P2009-104071A)		東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(43) 公開日	平成21年5月14日(2009.5.14)	(74) 代理人	110001243
審査請求日	平成20年3月5日(2008.3.5)		特許業務法人 谷・阿部特許事務所
		(74) 代理人	100077481
			弁理士 谷 義一
		(74) 代理人	100115624
			弁理士 濱中 淳宏
		(72) 発明者	笠原 亮一
			東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
			本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	福満 高雄
			東京都千代田区大手町二丁目3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】 光モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に光導波路からなる光機能素子が形成された少なくとも2つの平面光波回路基板が光接続された光モジュールであって、

前記平面光波回路基板の内第1の平面光波回路基板は、平面光波回路基板同士を光接続する第1の入出力光導波路アレイを有し、

前記第1の平面光波回路基板を除く第2の平面光波回路基板は、前記第1の入出力光導波路アレイと光接続する第2の入出力光導波路アレイおよび光ファイバアレイと光接続する第3の入出力光導波路アレイを有し、かつ、第2の平面光波回路基板の内少なくとも前記第2の入出力光導波路アレイを有する平面光波回路基板が前記第1の平面光波回路基板とは異なる曲率の反りを有し、

前記第1および第2の入出力光導波路アレイのアレイ間隔が、前記第3の入出力光導波路アレイのアレイ間隔よりも狭く、前記第2の平面光波回路基板に形成される光機能素子の少なくとも1つが熱光学効果を用いた光機能素子であり、前記第1の平面光波回路基板は、当該平面光波回路基板に形成される光機能素子に熱光学効果を用いた光機能素子を含まないことを特徴とする光モジュール。

【請求項2】

基板上に光導波路からなる光機能素子が形成された少なくとも2つの平面光波回路基板が光接続された光モジュールであって、

前記平面光波回路基板の内第1の平面光波回路基板は、平面光波回路基板同士を光接続

する第 1 の入出力光導波路アレイを有し、

前記第 1 の平面光波回路基板を除く第 2 の平面光波回路基板は、前記第 1 の入出力光導波路アレイと光接続する第 2 の入出力光導波路アレイおよび光ファイバアレイと光接続する第 3 の入出力光導波路アレイを有し、かつ、第 2 の平面光波回路基板の内少なくとも前記第 2 の入出力光導波路アレイを有する平面光波回路基板が前記第 1 の平面光波回路基板とは異なる曲率の反りを有し、

前記第 1 および第 2 の入出力光導波路アレイのアレイ間隔が、前記第 3 の入出力光導波路アレイのアレイ間隔よりも狭く、前記第 1 の平面光波回路基板に形成される光機能素子の少なくとも 1 つが熱光学効果を用いた光機能素子であり、前記第 2 の平面光波回路基板の少なくとも前記第 2 の入出力光導波路アレイを有する平面光波回路基板は、当該平面光波回路基板に形成される光機能素子に熱光学効果を用いた光機能素子を含まないことを特徴とする光モジュール。

10

【請求項 3】

前記平面光波回路基板上に複数の前記光機能素子が形成されてアレイを成し、前記第 1 および第 2 の入出力光導波路アレイのアレイ間隔が、前記光機能素子のアレイ間隔よりも狭いことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の光モジュール。

【請求項 4】

前記第 3 の入出力光導波路を有する前記平面光波回路基板が、複数の前記平面光波回路基板の内最も反りが小さいことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 の何れかに記載の光モジュール。

20

【請求項 5】

前記第 1 および第 2 の入出力光導波路アレイのアレイ間隔が、前記第 3 の入出力光導波路アレイに接続される光ファイバアレイに用いる光ファイバの外径よりも小さいことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 の何れかに記載の光モジュール。

【請求項 6】

前記平面光波回路基板が、シリコンないし石英を基板材料とし、石英ガラスないし有機物を導波路材料として形成されたものであることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 の何れかに記載の光モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、光モジュールに関し、より詳細には、平面光波回路基板の反りの不整合により生じる光導波路間の軸ずれを抑制して接続損失が低減された光モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、インターネットを中心としたトラフィック量の増大により、波長分割多重を用いた大容量光通信システムの要求がますます高まっている。大容量光通信システムを実現する光通信部品として、平面光波回路 (PLC) 技術により作製され、複数の機能を備えた光機能素子を組み合わせた高機能光モジュールが期待を集めており、例えば、波長合成分波器であるアレイ導波路回折格子 (AWG) と可変光減衰器 (VOA) アレイとモニタ PD アレイを集積した可変光減衰器付き合成分波器 (V-AWG) などが実現されている。これらの高機能光モジュールは、最近特に大容量光通信システムのメトロネットワークへの適用が開始されたことから、小型化、高密度化、高機能化が強く求められている。これらの要求に応えるべく、1 つの基板上に複数の機能を有する光機能素子を集積化したシングルチップ集積型高機能光モジュールも開発されている。しかし、シングルチップ集積型高機能光モジュールは、1 つの基板上に異なる機能を有する複数の光機能素子を集積化するため、製造工程が複雑になり、個々の光機能素子を最適な製造プロセスや導波路構造で作製できないといった問題があり、光機能素子を複数の PLC 基板上にそれぞれの最適な製造プロセスと導波路構造で形成し、それらを光結合するように接続した光モジュールが主に製造されている。

40

50

【0003】

図5に、複数のPLCチップを光ファイバで接続したPLCモジュールの構成を示す。これは可変光減衰器付き波長合波器を作製した一例である。PLCチップ11の入力光導波路アレイ12a、出力光導波路アレイ12bには、それぞれ光ファイバアレイ1a、1bが光接続されている。また、PLCチップ13の入力光導波路アレイ14a、出力光導波路14bには、それぞれ光ファイバアレイ1b、光ファイバ1cが光接続されている。PLCチップ11の入力光導波路アレイ12aと出力光導波路アレイ12bは、VOAアレイ31を介して接続され、PLCチップ13の入力光導波路アレイ14aと出力光導波路アレイ14bは、AWG51を介して接続されている。PLCチップ11、13は光ファイバアレイ1bを介して互いに光接続されている。PLCのアレイ間隔は、導波路設計にも依存するが、およそ10~30 μ mまで縮めることができる。一方、光ファイバアレイは、アレイ間隔を光ファイバの外径までしか縮めることができず、標準的な光ファイバの外径は125 μ mである。そのため、PLCに光ファイバアレイを接続する場合には、入出力光導波路アレイ12a、12b、14aのアレイ間隔は、光ファイバアレイ1a、1bのアレイ間隔以上にしなければならないという制約を受ける。

10

【0004】

複数のPLCチップを接続する別の方法として、図6のように光ファイバアレイを介さずにPLCチップの光導波路端面を突き合わせて光接続する方法もある(特許文献1参照)。この方法では、PLCチップ間を光ファイバで接続しないため、ファイバ接続工程が不要になり、ファイバ部材も不要になるため低コスト化が可能となり、また、ファイバの取り回し等がなくなるため、小型化が可能となる。

20

【0005】

上記のような方法を利用することで、複数のPLCチップに異なる機能を有する光機能素子を形成し、それらを接続した高機能光モジュールが製造されている。

【0006】

【特許文献1】特開2006-243391号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、異なる機能を有する光機能素子を複数のPLCチップに形成する際、それぞれの最適なプロセス、及び、導波路構造が用いられるため、各PLCチップにはそれぞれ異なる大きさの反りが生じることがある。例えば、AWGや光スプリッタなどの熱光学効果を使用しない光機能素子の場合には、成膜にかかる製造コストを低減するため、光機能素子の特性を劣化させない範囲で、光が伝搬するコアと基板の間の下部クラッド層を薄くした導波路構造が用いられる。これに対して、熱光学光スイッチ(TO-SW)や熱光学可変光減衰器(VOA)などの熱光学効果を使用する光機能素子の場合には、光導波路上のPLCチップ表面に形成した薄膜ヒータへの電力印加によって、光が伝搬するコアをより効率的に加熱するために下部クラッド層を厚くした導波路構造が用いられる。この場合、基板として使用されるシリコンと導波路材料である石英ガラスの熱膨張係数の違いと、導波路材料である石英ガラス形成時の温度と室温の違いに起因してPLCチップの反りが発生する。PLCチップの反りは、一般に基板上に形成される導波路材料が厚いほど大きくなるため、下部クラッド層が厚い導波路構造をとる熱光学効果を用いた光機能素子を形成したPLCチップの反りが大きくなる。そのため、反りの異なるPLCチップ同士を接続する際、反りの不整合から軸ずれが生じて接続損失が増大するという課題があった。さらには、この場合に光結合させる光導波路アレイの幅(光導波路アレイの両端の光導波路間の距離)が広いほど、反りの不整合により生じる軸ずれに起因した接続損失がより大きいという課題があった。

30

40

【0008】

本発明は、このような課題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、反りの不整合から生じる軸ずれに起因する接続損失を低減して、低損失性に優れた光モジュール

50

を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

このような目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、基板上に光導波路からなる光機能素子が形成された少なくとも2つの平面光波回路基板が光接続された光モジュールであって、前記平面光波回路基板の内第1の平面光波回路基板は、平面光波回路基板同士を光接続する第1の入出力光導波路アレイを有し、前記第1の平面光波回路基板を除く第2の平面光波回路基板は、前記第1の入出力光導波路アレイと光接続する第2の入出力光導波路アレイおよび光ファイバアレイと光接続する第3の入出力光導波路アレイを有し、かつ、第2の平面光波回路基板の内少なくとも前記第2の入出力光導波路アレイを有する平面光波回路基板が前記第1の平面光波回路基板とは異なる曲率の反りを有し、前記第1および第2の入出力光導波路アレイのアレイ間隔が、前記第3の入出力光導波路アレイのアレイ間隔よりも狭く、前記第2の平面光波回路基板に形成される光機能素子の少なくとも1つが熱光学効果を用いた光機能素子であり、前記第1の平面光波回路基板は、当該平面光波回路基板に形成される光機能素子に熱光学効果を用いた光機能素子を含まないことを特徴とする。

10

請求項2に記載の発明は、基板上に光導波路からなる光機能素子が形成された少なくとも2つの平面光波回路基板が光接続された光モジュールであって、前記平面光波回路基板の内第1の平面光波回路基板は、平面光波回路基板同士を光接続する第1の入出力光導波路アレイを有し、前記第1の平面光波回路基板を除く第2の平面光波回路基板は、前記第1の入出力光導波路アレイと光接続する第2の入出力光導波路アレイおよび光ファイバアレイと光接続する第3の入出力光導波路アレイを有し、かつ、第2の平面光波回路基板の内少なくとも前記第2の入出力光導波路アレイを有する平面光波回路基板が前記第1の平面光波回路基板とは異なる曲率の反りを有し、前記第1および第2の入出力光導波路アレイのアレイ間隔が、前記第3の入出力光導波路アレイのアレイ間隔よりも狭く、前記第1の平面光波回路基板に形成される光機能素子の少なくとも1つが熱光学効果を用いた光機能素子であり、前記第2の平面光波回路基板の少なくとも前記第2の入出力光導波路アレイを有する平面光波回路基板は、当該平面光波回路基板に形成される光機能素子に熱光学効果を用いた光機能素子を含まないことを特徴とする。

20

【0010】

請求項3に記載の発明は、請求項1又は請求項2に記載の光モジュールにおいて、前記平面光波回路基板上に複数の前記光機能素子が形成されてアレイを成し、前記第1および第2の入出力光導波路アレイのアレイ間隔が、前記光機能素子のアレイ間隔よりも狭いことを特徴とする。

30

【0011】

請求項4に記載の発明は、請求項1から請求項3の何れかに記載の光モジュールにおいて、前記第3の入出力光導波路を有する前記平面光波回路基板が、複数の前記平面光波回路基板の内最も反りが小さいことを特徴とする。

【0012】

請求項5に記載の発明は、請求項1から請求項4の何れかに記載の光モジュールにおいて、前記第1および第2の入出力光導波路アレイのアレイ間隔が、前記第3の入出力光導波路アレイに接続される光ファイバアレイに用いる光ファイバの外径よりも小さいことを特徴とする。

40

【0014】

請求項6に記載の発明は、請求項1から請求項5の何れかに記載の光モジュール前記平面光波回路基板が、シリコンないし石英を基板材料とし、石英ガラスないし有機物を導波路材料として形成されたものであることを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、複数の平面光波回路基板を光接続した際に、平面光波回路基板の反り

50

の不整合から生じる軸ずれを小さくして、軸ずれに起因する接続損失を低減することが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、以下の実施形態では、1つの熱光学効果を用いた可変光減衰器(VOA)アレイと、1つの波長合分波器として機能するアレイ導波路回折格子(AWG)を別の平面光波回路基板上に作製し、それらを光接続して、可変光減衰器付き波長合波器を製造した場合について記述するが、本発明はこれに制限されるものではなく、例えば、2つのAWGと1つのVOAアレイと1つの熱光学効果を用いた光スイッチアレイから構成されるROADM(Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer)スイッチモジュールなどの他の形態の光モジュールでも同様の接続損失低減の効果を奏する。また、以下の実施形態では、基板材料としてシリコンを使用し、導波路材料として石英ガラスを使用した場合について記述するが、本発明はこれに制限されるものではなく、例えば、基板材料、導波路材料として他の無機材料や有機材料、半導体材料を使用した場合などの、他の材料からなる光モジュールでも同様の接続損失低減の効果を奏する。

【0017】

(実施形態1)

図1に、本発明の実施形態1に係る光モジュールの構成を示す。本実施形態は、100チャンネルの可変光減衰器付き波長合分波器を製造した一例である。本回路は光ファイバアレイ1aと光ファイバ1cが、PLCチップ2の入力光導波路アレイ3aとPLCチップ4の出力光導波路5bにそれぞれ光接続されている。また、PLCチップ2の出力光導波路アレイ3bとPLC4の入力光導波路アレイ5aとが光接続されている。入力光導波路アレイ3aと出力光導波路アレイ3bはVOAアレイ31を介して接続され、入力光導波路アレイ5aと出力光導波路5bはAWG51を介して接続されている。本実施形態では、光ファイバアレイ1aと、PLCチップ2の出力光導波路アレイ3bと、PLCチップ4の入力光導波路5aは何れも100心であり、VOAアレイ31と、AWG51は何れも100チャンネル品である。また、VOAアレイ31のアレイ間隔は、光ファイバアレイ1aのアレイ間隔と同じ125 μm である。光ファイバアレイ1aで用いた光ファイバは標準的な外径が125 μm のものを使用し、外径と同じ125 μm の間隔で配置されている。光ファイバアレイ1aは反りがなく、光ファイバが一直線上に並んでいる。一方、PLCチップ2、4は、それぞれ曲率半径で表して3m、20mと異なる大きさの反りを有している。

【0018】

ここで、基板の反りに関して詳細に説明する。PLCチップは、シリコン基板上に、石英を主成分とするガラスからなる導波路材料を用いて埋め込み型導波路を形成して作製されている。石英を主成分とするガラスの製法としては、火炎堆積法(FHD)やスパッタ法、CVD法などが挙げられるが、何れも成膜の際に基板温度が室温と比べて高温になる。シリコンと石英ガラスは熱膨張係数が異なるため、シリコン基板上に石英を主成分とするガラスの薄膜を形成したPLCチップが成膜時の高温状態から室温に冷却されると、シリコンと石英を主成分とするガラスの熱収縮の違いに起因して、PLCチップに反りが生じる。また、この時、石英を主成分とするガラスの薄膜の厚さが厚いほど、PLCチップの反りは大きくなる。

【0019】

ここで、本実施形態では、熱光学効果を用いたVOAアレイ31が形成されているPLCチップ2は、VOAアレイ31の光減衰量調整のために必要な消費電力を低減するために、光が伝搬するコアと基板として用いるシリコン基板との間のガラス層である、下部クラッド層の厚さが50 μm と厚く設定されている。一方、AWG51が形成されているPLCチップ4は、熱光学効果を用いないために下部クラッド層を厚くする必要が無いため、成膜コスト低減を目的に、下部クラッド層の厚さが20 μm と薄く設定されている。下

部クラッド層の厚さが厚いと、シリコン基板上の石英を主成分とするガラスの薄膜の厚さが厚くなるため、P L Cチップ2はP L Cチップ4に比べて反りが大きくなる。

【0020】

P L Cチップ2の入力光導波路アレイ3 aは、光ファイバアレイ1 aと光接続するため、光ファイバアレイ1 aに合わせてアレイ間隔が125 μmに設計されている。一方、P L C2、4を直接光接続するP L Cチップ2の出力光導波路アレイ3 bとP L Cチップ4の入力光導波路アレイ5 aは、図6に示す従来のモジュール構成とは異なり、アレイ間隔を40 μmまででき得る限り狭くしている。ここで、アレイ間隔の下限は導波路設計によって決定され、特に光が伝搬するコアの寸法と、クラッドとコアの屈折率差と、導波路を近接させる領域の長さに依存する。使用する導波路設計に応じて、近接した導波路間で発生する光結合が十分に小さくなるように設計する必要がある。

10

【0021】

以下、反りの大きさの異なる導波路アレイを光接続した際の、アレイ間隔と接続損失の関係について図2を用いて説明する。

【0022】

図2(a)、(b)に、反りの無い導波路アレイと反りのある導波路アレイの間で発生する軸ずれとアレイ間隔の大きさとの関係を示したものである。導波路アレイのアレイ間隔は、図2(a)、(b)で、それぞれ125 μm、40 μmである。反りのある導波路アレイの反りの大きさと導波路の数は図2(a)、(b)どちらも同じであるが、軸ずれ幅dはアレイ間隔に依存し、アレイ間隔が広いほど軸ずれ幅dが大きくなる。したがって、アレイ間隔を狭めることによって軸ずれ幅dを抑制することができる。この効果は、反りが小さな導波路アレイと反りの大きな導波路アレイの間で生じる軸ずれに対しても同様に得られる。

20

【0023】

図3に、反りが曲率半径で表して3 mの曲線上に配置された導波路アレイと反りの無い導波路アレイを接続した場合のアレイ間隔と接続損失の関係を示す。ここで、導波路アレイのモードフィールド径(光強度が $1/e^2$ となる光強度分布の幅)は何れも10 μmとし、導波路アレイの本数は100本とし、アレイ導波路間隔は40 μm、125 μmとした。この場合、アレイ間隔が125 μmのときは軸ずれ幅dが最大で約3.2 μmとなり、アレイ間隔が40 μmのときは軸ずれ幅dが最大で約0.3 μmとなる。アレイ間隔が125 μmの場合の接続損失は最大で約1.8 dBであったが、アレイ間隔が40 μmのときの接続損失は最大で約0.02 dBであった。このように、反りの大きさが異なる導波路アレイを光接続する場合、アレイ間隔を狭めることによって軸ずれによる接続損失を大幅に改善することができる。

30

【0024】

このことから、本実施形態において、P L C同士を直接接続するP L Cチップ2の出力光導波路アレイ3 bとP L Cチップ4の入力光導波路アレイ5 aのアレイ間隔を、V O Aアレイ31のアレイ間隔である125 μmのままとせず、40 μmまででき得る限り狭くすることで、光モジュールの損失を大幅に低減することができる。

【0025】

(実施形態2)

図4に、本発明の実施形態2に係る光モジュールの構成を示す。本実施形態も、実施形態1と同様に100チャンネルの変減衰器付き波長合波器を作製した一例である。光ファイバアレイ1 a、1 cが、P L Cチップ8の入力光導波路アレイ9 a、出力光導波路10 bにそれぞれ光接続されている。P L Cチップ8はP L Cチップ6と直接接続されており、P L Cチップ8の出力光導波路アレイ9 b、入力光導波路アレイ10 aが、P L Cチップ6の入力光導波路アレイ7 a、出力光導波路アレイ7 bとそれぞれ光接続されている。P L Cチップ6の入力光導波路アレイ7 aと出力光導波路アレイ7 bはV O Aアレイ31を介して接続され、P L Cチップ8の入力光導波路アレイ10 aと出力光導波路10 bはA W G 51を介して接続されている。本実施例において、光ファイバアレイ1 aと、P L

40

50

Cチップの8の入力光導波路アレイ9 aと出力光導波路アレイ9 bと入力光導波路10 aと、PLCチップ6の入力光導波路7 aと出力光導波路7 bは何れも100心であり、VOAアレイ31と、AWG51は何れも100チャンネル品である。また、VOAアレイ31のアレイ間隔は、光ファイバアレイ1 aのアレイ間隔と同じ125 μmである。光ファイバアレイ1 aで用いた光ファイバは標準的な外径が125 μmのものを使用し、外径と同じ125 μmの間隔で配置されている。光ファイバアレイ1 aは反りがなく、光ファイバが一直線上に並んでいる。本実施形態においても、PLCチップ同士を接続する部分のPLCチップ6の入力光導波路アレイ7 aと出力光導波路アレイ7 bと、PLCチップ8の出力光導波路アレイ9 bと入力光導波路アレイ10 aのアレイ間隔を40 μmまででき得る限り狭くしている。

10

【0026】

PLCチップ6とPLCチップ8の反りは、それぞれ曲率半径で表して3 m、20 mである。

【0027】

実施形態2の特徴は、光ファイバの外径により制限されてアレイ間隔を狭めることが難しい光ファイバアレイ1 aを反りの大きいPLCチップ6に接続せず、反りの小さいPLCチップ8に接続し、PLCチップ6にはPLCチップ8のみを接続する構成としているところにある。そして、PLCチップ6とPLCチップ8と接続する入出力光導波路アレイ7 a、7 b、9 b、10 aは、PLC同士を接続する部分のアレイ間隔をでき得る限り狭くして光接続されているところにある。これにより、反りによる軸ずれで発生する接続損失を最小化することができる。

20

【0028】

但し、実施形態1の場合に比べると光接続箇所が1箇所増えている、すなわち接続損失の発生箇所が1箇所増えている。さらに、PLC同士を接続する部分の導波路アレイ本数が2倍の200本に増加している。実施形態1と実施形態2のモジュール全体の光損失の差分は、石英ガラスを主成分とする導波路材料により作製された光導波路の損失が典型値として0.02 dB/cm程度と極めて小さいことから、接続損失の差分とほぼ等しい。そのため、実施形態1で行った接続損失計算と同じ方法で実施形態2についても実施形態1に対する接続損失の変化量を算出することができる。

【0029】

実施形態1における導波路アレイ間の接続損失は、光ファイバアレイ1 aとPLCチップ2の入力光導波路アレイ3 aとの間の接続損失(最大で約1.8 dB。ここで、導波路アレイ本数は100本、アレイ間隔は125 μm、導波路アレイの反りは曲率半径で3 mと∞(反り無し)である)と、PLCチップ2の出力光導波路アレイ3 bとPLCチップ4の入力光導波路アレイ5 aとの間の接続損失(最大で約0.01 dB。ここで、導波路アレイ本数は100本、アレイ間隔は40 μm、導波路アレイの反りは曲率半径で3 mと20 mである)との和であって、最大で1.81 dBである。

30

【0030】

これに対し実施形態2における導波路アレイ間の接続損失は、光ファイバアレイ1 aとPLCチップ8の入力光導波路アレイ9 aとの間の接続損失(最大で約0.04 dB。ここで、導波路アレイ本数は100本、アレイ間隔は125 μm、導波路アレイの反りは曲率半径で20 mと∞(反り無し)である)と、PLCチップ8の出力光導波路アレイ9 bとPLCチップ6の入力光導波路アレイ7 aとの間の接続損失(最大で約0.4 dB。ここで、導波路アレイ本数は200本、アレイ間隔は40 μm、導波路アレイの反りは曲率半径で3 mと20 mである。PLCチップ6 PLCチップ8、PLCチップ8 PLCチップ6の2箇所)の和であって、最大で0.44 dBに減少し、実施形態1よりも更に接続損失が低減される。

40

【0031】

本発明で重要なのは、(1) PLCチップ同士を接続する際にはアレイ間隔を狭くし、(2) 光ファイバアレイなどのアレイ間隔を狭くできないものとの接続を反りの小さなP

50

LCチップに集約することである。そのため、実施形態1、2では2つのPLCチップからなる光モジュールのみを示したが、本発明は、PLCチップ又は光ファイバアレイが3つ以上であっても、この規則に即して光モジュールを構成することで接続損失を最適化することができる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明の一実施形態に係る光モジュールの構成を示す図である。

【図2】(a)は、アレイ間隔が大きい場合の反りの大きさが異なる導波路アレイを接続した際の軸ずれの大きさを示す図であり、(b)は、アレイ間隔が小さい場合の反りの大きさが異なる導波路アレイを接続した際の軸ずれの大きさを示す図である。

10

【図3】反りの大きさが異なる導波路アレイを接続した際のアレイ間隔と接続損失の関係を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態に係る光モジュールの構成を示す図である。

【図5】従来のPLCチップ間が光ファイバアレイを用いて接続された光モジュールの構成を示す図である。

【図6】従来のPLCチップ間が直接接続された光モジュールの構成を示す図である。

【符号の説明】

【0033】

1 a、1 b 光ファイバアレイ

1 c 光ファイバ

20

2、4、6、8、11、13 PLCチップ

3 a、5 a、7 a、9 a、10 a、12 a、14 a 入力光導波路アレイ

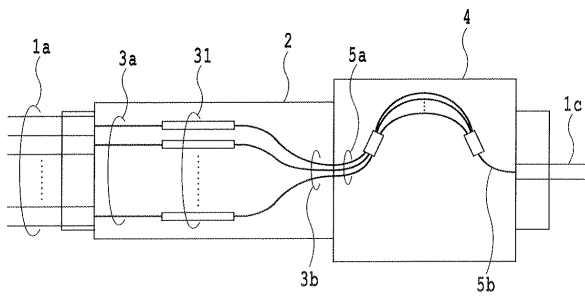
3 b、7 b、9 b、12 b 出力光導波路アレイ

5 b、10 b、14 b 出力光導波路

31 VOAアレイ

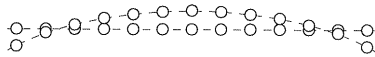
51 AWG(アレイ導波路回折格子)

【図1】

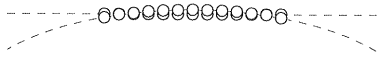


【図2】

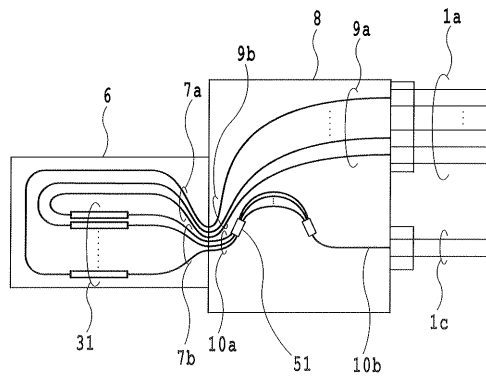
(a) 導波路間隔が広い場合



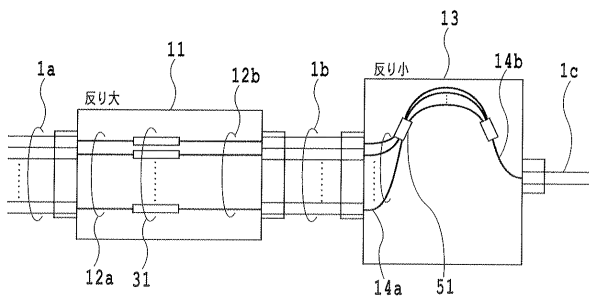
(b) 導波路間隔が狭い場合



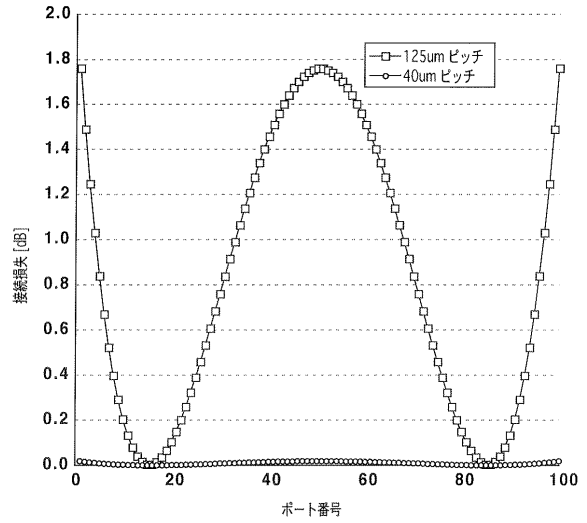
【図4】



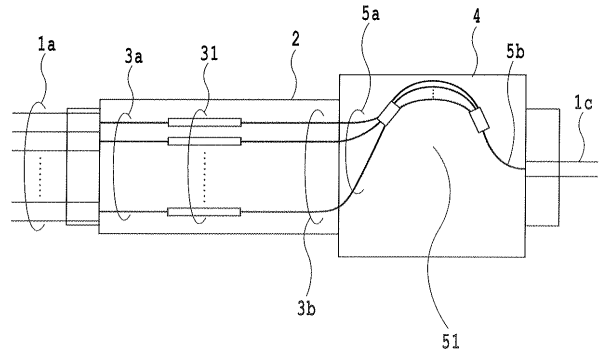
【図5】



【図3】



【図6】



フロントページの続き

- (72)発明者 金子 明正
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 石井 元速
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 山村 浩

- (56)参考文献 特開2002-277675(JP,A)
特開2001-051135(JP,A)
特開平11-030722(JP,A)
特開2006-243391(JP,A)
特開2005-164863(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| G02B | 6/26 |
| G02B | 6/122 |
| G02B | 6/30 |