(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)公開番号
特開2023-28947
(P2023-28947A)
(43)公開日　令和5年3月3日(2023.3.3)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
G02B	*6/12 (2006.01)*	G02B	6/12	321	2H137
G02B	*6/125(2006.01)*	G02B	6/125	301	2H147
G02B	*6/42 (2006.01)*	G02B	6/12	371	
		G02B	6/12	301	
		G02B	6/42		

審査請求　未請求　請求項の数　7　ＯＬ　（全13頁）

(21)出願番号　特願2021-134943(P2021-134943)
(22)出願日　令和3年8月20日(2021.8.20)

(71)出願人　309015134
富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号
(74)代理人　110002147
弁理士法人酒井国際特許事務所
(72)発明者　岡 徹
神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号 富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社内

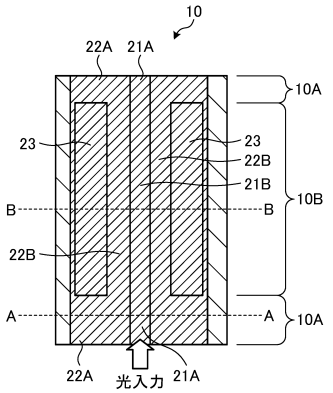
Ｆターム（参考）　2H137　AA01 AB08 AB11 BA01 BA52 BA53 BB02 BB12 BB25 DA39 HA01
2H147　AA01 AB02 AB04 AB05

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　光導波路素子、光通信装置及びスラブモード除去方法

(57)【要約】　（修正有）
【課題】スラブモードを除去できる光導波路素子を提供する。
【解決手段】光導波路素子１０は、基板上に形成されたコアと、クラッドとを備え、信号光の進行方向に沿って、第１のリブ導波路１０Ａと、第１のリブ導波路と光結合する第２のリブ導波１０Ｂとを有する。第１のリブ導波路のコアは、信号光を伝搬する第１のメインリブ２１Ａと、信号光のスラブモードを伝搬する第１のスラブ２２Ａとを有する。第２のリブ導波路のコアは、第１のメインリブと光結合し、信号光を伝搬する第２のメインリブ２１Ｂと、第１のスラブと光結合し、スラブモードを伝搬する第２のスラブ２２Ｂとを有する。更に、第２のリブ導波路のコアは、第２のスラブの一端に形成され、第２のスラブの厚さに比較して厚くするサイドリブ２３を有する。第１のメインリブと第２のメインリブとを伝搬する信号光の進行に応じて第２のスラブ内を伝搬するスラブモードがサイドリブに遷移する。
【選択図】図２

上部クラッドを省略した光導波路素子の平面図



【特許請求の範囲】
【請求項１】
基板上に形成されたコアと、前記コアを被覆するクラッドとを備え、信号光の進行方向に沿って、第１のリブ導波路と、前記第１のリブ導波路と光結合する第２のリブ導波路とを有する光導波路素子であって、
前記第１のリブ導波路の前記コアは、
前記信号光を伝搬する第１のメインリブと、
前記第１のメインリブの厚さに比較して薄くすると共に、前記信号光のスラブモードを伝搬する第１のスラブと、を有し、
前記第２のリブ導波路の前記コアは、
前記第１のメインリブと光結合し、前記信号光を伝搬する第２のメインリブと、
前記第２のメインリブの厚さに比較して薄くすると共に、前記第１のスラブと光結合し、前記スラブモードを伝搬する第２のスラブと、
前記第２のスラブの一端に形成され、前記第２のスラブの厚さに比較して厚くするサイドリブと、を有し、
前記第１のリブ導波路の第１のメインリブと前記第２のリブ導波路の第２のメインリブとを伝搬する前記信号光の進行に応じて前記第２のスラブ内を伝搬する前記スラブモードが前記サイドリブに遷移することを特徴とする光導波路素子。
【請求項２】
前記サイドリブは、
前記第２のメインリブの両側の内、少なくとも一方の側に形成された前記第２のスラブの一端に形成されることを特徴とする請求項１に記載の光導波路素子。
【請求項３】
前記サイドリブの導波路幅は、
前記第２のメインリブの導波路幅に比較して広くする構造にしたことを特徴とする請求項１又は２に記載の光導波路素子。
【請求項４】
前記サイドリブのコアは、
少なくとも一部がドーピングされていることを特徴とする請求項１～３の何れか一つに記載の光導波路素子。
【請求項５】
前記コアは、
シリコンで形成され、
前記クラッドは、
SiO_2を含む材料で形成されることを特徴とする請求項１～４の何れか一つに記載の光導波路素子。
【請求項６】
電気信号に対する信号処理を実行するプロセッサと、
光を発生させる光源と、
前記電気信号及び前記光を用いて通信する通信器と、
前記光を伝搬する光導波路素子と、
を有し、
前記光導波路素子は、
基板上に形成されたコアと、前記コアを被覆するクラッドとを備え、信号光の進行方向に沿って、第１のリブ導波路と、前記第１のリブ導波路と光結合する第２のリブ導波路とを有し、
前記第１のリブ導波路の前記コアは、
前記信号光を伝搬する第１のメインリブと、
前記第１のメインリブの厚さに比較して薄くすると共に、前記信号光のスラブモードを伝搬する第１のスラブと、を有し、

前記第２のリブ導波路の前記コアは、
前記第１のメインリブと光結合し、前記信号光を伝搬する第２のメインリブと、
前記第２のメインリブの厚さに比較して薄くすると共に、前記第１のスラブと光結合し、前記スラブモードを伝搬する第２のスラブと、
前記第２のスラブの一端に形成され、前記第２のスラブの厚さに比較して厚くするサイドリブと、を有し、
前記第１のリブ導波路の第１のメインリブと前記第２のリブ導波路の第２のメインリブとを伝搬する前記信号光の進行に応じて前記第２のスラブ内を伝搬する前記スラブモードが前記サイドリブに遷移することを特徴とする光通信装置。
【請求項７】
基板上に形成されたコアと、前記コアを被覆するクラッドとを備え、信号光の進行方向に沿って、第１のリブ導波路と、前記第１のリブ導波路と光結合する第２のリブ導波路とを有する光導波路素子のスラブモード除去方法であって、
前記第１のリブ導波路の前記コアは、
前記信号光を伝搬する第１のメインリブと、
前記第１のメインリブの厚さに比較して薄くすると共に、前記信号光のスラブモードを伝搬する第１のスラブと、を有し、
前記第２のリブ導波路の前記コアは、
前記第１のメインリブと光結合し、前記信号光を伝搬する第２のメインリブと、
前記第２のメインリブの厚さに比較して薄くすると共に、前記第１のスラブと光結合し、前記スラブモードを伝搬する第２のスラブと、
前記第２のスラブの一端に形成され、前記第２のスラブの厚さに比較して厚くするサイドリブと、を有し、
前記第１のリブ導波路の第１のメインリブと前記第２のリブ導波路の第２のメインリブとを伝搬する前記信号光の進行に応じて前記第２のスラブ内を伝搬する前記スラブモードが前記サイドリブに遷移することを特徴とするスラブモード除去方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、光導波路素子、光通信装置及びスラブモード除去方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、小型の光通信装置が実現可能な基板型の光導波路素子による光デバイスの開発が盛んである。基板型の光導波路素子は、基板上に形成されたコアと、コアを被覆するクラッドとを有する光導波路によって光信号を伝播させ、様々な機能を有する光デバイスを実現することが可能である。
【０００３】
一方、光導波路素子では、製造時に生じる光導波路の側壁荒れの影響で、伝搬する光が散乱して伝搬損失が生じてしまう。伝搬損失は、光通信装置全体の消費電力削減のためには小さい方が好ましい。
【０００４】
そこで、伝搬損失を低減するための構造としてリブ導波路が知られている。図９は、従来のリブ導波路の一例を示す説明図である。図９に示すリブ導波路１００は、図示せぬ基板上に形成されたコア１１０と、コア１１０を被覆する上部クラッド１２０Ａ及び下部クラッド１２０Ｂとを有する。コア１１０は、リブ１１１と、リブ１１１の両側に形成され、リブ１１１の厚さに比較して薄くしたスラブ１１２とを有する。リブ導波路１００は、例えば、スラブがないチャネル導波路に比較して、側壁の面積が実効的に小さいため、側壁荒れの影響が小さく、伝搬損失を低減できる。
【０００５】
図１０は、従来のリブ導波路でのスラブモードの一例を示す説明図である。リブ導波路

１００では、スラブ１１２を導波する信号光のスラブモードが常に存在するため、マルチモード導波路となる。スラブモードは、例えば、ＭＭＩ(Multi-Mode Interferometer)、曲げ導波路や、側壁荒れをもつ導波路等、信号光である基本モードの電界分布が光の進行方向にとって不連続となる部分で発生することになる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特開２０１７－１２９８３４号公報

【特許文献２】国際公開第２０１６／０９２８２９号

【特許文献３】国際公開第２０１３／０６２０９６号

【特許文献４】米国特許出願公開第２０１５／００６３７６９号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

しかしながら、リブ導波路１００では、スラブモードが入力されると、信号光である基本モードに対してスラブモードが干渉して信号光の信号品質が劣化してしまう。

【０００８】

そこで、従来のリブ導波路１００では、スラブ１１２をドーピングすることで、ドーピングされたスラブ１１２が電界を吸収してスラブモードのみ、伝搬損失が高くなる。その結果、リブ１１１内を伝搬する信号光(基本モード)に影響を与えずにスラブモードを除去することができる。

【０００９】

しかしながら、従来のリブ導波路１００では、スラブ１１２をドーピングする際にはドーピングする量が多く、ドーピングする工程が増えるため、製造工程が煩雑となる。

【００１０】

一つの側面では、スラブモードを除去できる光導波路素子等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】

【００１１】

一つの態様の光導波路素子は、基板上に形成されたコアと、前記コアを被覆するクラッドとを備え、信号光の進行方向に沿って、第１のリブ導波路と、前記第１のリブ導波路と光結合する第２のリブ導波路とを有する。前記第１のリブ導波路の前記コアは、前記信号光を伝搬する第１のメインリブと、前記第１のメインリブの厚さに比較して薄くすると共に、前記信号光のスラブモードを伝搬する第１のスラブとを有する。前記第２のリブ導波路の前記コアは、前記第１のメインリブと光結合し、前記信号光を伝搬する第２のメインリブを有する。前記第２のリブ導波路の前記コアは、前記第２のメインリブの厚さに比較して薄くすると共に、前記第１のスラブと光結合し、前記スラブモードを伝搬する第２のスラブを有する。前記第２のリブ導波路の前記コアは、前記第２のスラブの一端に形成され、前記第２のスラブの厚さに比較して厚くするサイドリブを有する。前記第１のリブ導波路の第１のメインリブと前記第２のリブ導波路の第２のメインリブとを伝搬する前記信号光の進行に応じて前記第２のスラブ内を伝搬する前記スラブモードが前記サイドリブに遷移する。

【発明の効果】

【００１２】

一つの側面によれば、スラブモードを除去できる。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】図１は、実施例１の光通信装置の一例を示すブロック図である。

【図２】図２は、上部クラッドを省略した光導波路素子の平面図である。

【図３】図３は、図２に示す光導波路素子（第１のリブ導波路）のＡ－Ａ線断面図である

。
【図４】図４は、図２に示す光導波路素子（第２のリブ導波路）のＢ－Ｂ線断面図である。
【図５】図５は、第１のリブ導波路及び第２のリブ導波路での信号光の一例を示す説明図である。
【図６】図６は、第１のリブ導波路及び第２のリブ導波路でのスラブモード遷移の一例を示す説明図である。
【図７】図７は、上部クラッドを省略した実施例２の光導波路素子の平面図である。
【図８】図８は、上部クラッドを省略した実施例３の光導波路素子の平面図である。
【図９】図９は、従来のリブ導波路の一例を示す説明図である。
【図１０】図１０は、従来のリブ導波路でのスラブモードの一例を示す説明図である。
【発明を実施するための形態】
【００１４】
以下、本願が開示する光導波路素子及び光通信装置等の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、この実施の形態により本発明が限定されるものではない。また、以下に示す各実施例は、矛盾を起こさない範囲で適宜組み合わせても良い。
【実施例１】
【００１５】
図１は、実施例１の光通信装置１の構成の一例を示すブロック図である。図１に示す光通信装置１は、出力側の光ファイバ２Ａ（２）及び入力側の光ファイバ２Ｂ（２）と接続する。光通信装置１は、ＤＳＰ（Digital Signal Processor）３と、光源４と、光変調器５と、光受信器６とを有する。ＤＳＰ３は、デジタル信号処理を実行する電気部品である。ＤＳＰ３は、例えば、送信データの符号化等の処理を実行し、送信データを含む電気信号を生成し、生成した電気信号を光変調器５に出力する。また、ＤＳＰ３は、受信データを含む電気信号を光受信器６から取得し、取得した電気信号の復号等の処理を実行して受信データを得る。
【００１６】
光源４は、例えば、レーザダイオード等を備え、所定の波長の局発光を発生させて光変調器５及び光受信器６へ供給する。光変調器５は、ＤＳＰ３から出力される電気信号によって、光源４から供給される局発光を変調し、得られた光送信信号を光ファイバ２Ａに出力する通信器である。光変調器５は、光導波路と変調部とを備える光デバイスである。光導波路は、基板で形成される。光変調器５は、光源４から供給される局発光が光導波路を伝搬する際に、この光を変調部へ入力される電気信号によって変調することで、光送信信号を生成する。
【００１７】
光受信器６は、光導波路と受信器とを備える通信器である。光受信器６は、光ファイバ２Ｂから光信号を受信し、光源４から供給される局発光を用いて受信光を復調する。そして、光受信器６は、復調した受信光を電気信号に変換し、変換後の電気信号をＤＳＰ３に出力する。
【００１８】
本実施例の光導波路素子１０は、例えば、光変調器５内の光導波路、光受信器６内の光導波路、光源４と光変調器５との間の光導波路、光源４と光受信器６との間の光導波路である。
【００１９】
図２は、上部クラッド１２Ａを省略した光導波路素子１０の平面図である。図３は、図２に示す光導波路素子１０（第１のリブ導波路１０Ａ）のＡ－Ａ線断面図である。光導波路素子１０は、コア１１と、コア１１を被覆する上部クラッド１２Ａ及び下部クラッド１２Ｂとを有するリブ型導波路である。光導波路素子１０は、信号光の進行方向に沿って、前段の第１のリブ導波路１０Ａと、第１のリブ導波路１０Ａと光結合する第２のリブ導波路１０Ｂと、第２のリブ導波路１０Ｂと光結合する後段の第１のリブ導波路１０Ａとを有

する。
【００２０】
図３に示すＡ－Ａ線断面図は、第１のリブ導波路１０Ａの断面図である。第１のリブ導波路１０Ａのコア１１は、第１のメインリブ２１Ａと、第１のスラブ２２Ａとを有する。第１のメインリブ２１Ａは、信号光を伝搬する導波路である。第１のスラブ２２Ａは、第１のメインリブ２１Ａの両側に形成され、第１のメインリブ２１Ａの厚さに比較して薄くする。更に、第１のスラブ２２Ａは、信号光のスラブモードを伝搬する導波路である。尚、図３は、前段の第１のリブ導波路１０Ａを例示したが、後段の第１のリブ導波路１０Ａも同一の構成であるため、同一の構成には同一符号を付すことで、その重複する構成及び動作の説明については省略する。ここで信号光は、例えば、第１のメインリブ２１Ａに電界分布が局在する基本モード（ＴＥ０、もしくはＴＭ０）である。第１のメインリブ２１Ａに局在する電界であれば、それ以外の高次モードでもよい。尚、ＴＥ０は、基板に水平な電界成分が主となるリブ導波路の導波モードの内、最も実効屈折率が高いモードを表し、ＴＭ０は、基板に垂直な電界成分が主となるリブ導波路の導波モードの内、最も実効屈折率が高いモードを表す。以降は、信号光としてＴＥ０を想定して説明する。
【００２１】
図４は、図２に示す光導波路素子１０（第２のリブ導波路１０Ｂ）のＢ－Ｂ線断面図である。図４に示すＢ－Ｂ線断面図は、第２のリブ導波路１０Ｂの断面図である。第２のリブ導波路１０Ｂのコア１１は、第２のメインリブ２１Ｂと、第２のスラブ２２Ｂと、サイドリブ２３とを有する。第２のメインリブ２１Ｂは、信号光を伝搬する導波路である。第２のスラブ２２Ｂは、第２のメインリブ２１Ｂの両側に形成され、第２のメインリブ２１Ｂの厚さに比較して薄くする。更に、第２のスラブ２２Ｂは、信号光のスラブモードを伝搬する導波路である。
【００２２】
サイドリブ２３は、第２のスラブ２２Ｂ両側に形成され、第２のスラブ２２Ｂの厚さに比較して厚くする。更に、各サイドリブ２３は、第２のスラブ２２Ｂ内を伝搬するスラブモードを遷移させる導波路である。サイドリブ２３の導波路幅Ｗ２は、第２のメインリブ２１Ｂの導波路幅Ｗ１よりも広くする。尚、サイドリブ２３の導波路幅Ｗ２と第２のメインリブ２１Ｂの導波路幅Ｗ１とを等しくした場合、サイドリブ２３及び第２のメインリブ２１Ｂは、方向性結合器の機能を有するため、第２のメインリブ２１Ｂを伝搬する信号光がサイドリブ２３に遷移してしまう。また、サイドリブ２３の導波路幅Ｗ２が第２のメインリブ２１Ｂの導波路幅Ｗ１よりも狭い場合、第２のスラブ２２Ｂの不連続性が低下するため、効率が低下する。従って、サイドリブ２３の導波路幅Ｗ２は、メインリブ２１の導波路幅Ｗ１に比較して広くする構造にしている。
【００２３】
つまり、第１のリブ導波路１０Ａと第２のリブ導波路１０Ｂとの間がサイドリブ２３の有無で信号光が不連続になる。第１のリブ導波路１０Ａと第２のリブ導波路１０Ｂとの間の信号光の進行に応じて第２のスラブ２２Ｂ内を伝搬するスラブモードがサイドリブ２３に遷移する。その結果、スラブモードのサイドリブ２３への遷移でスラブモードのみが散乱して除去することになる。
【００２４】
図５は、第１のリブ導波路１０Ａ及び第２のリブ導波路１０Ｂでの信号光の一例を示す説明図である。サイドリブ２３がなしの場合の第１のメインリブ２１Ａを伝搬する信号光の伝搬損失と、サイドリブ２３がある第２のメインリブ２１Ｂを伝搬する信号光の伝搬損失とは差異がなしである。第２のメインリブ２１Ｂとサイドリブ２３との間の距離を十分確保しているため、信号光の遷移効率は０．０００ｄＢである。
【００２５】
図６は、第１のリブ導波路１０Ａ及び第２のリブ導波路１０Ｂでのスラブモード遷移の一例を示す説明図である。サイドリブ２３がなしの第１のスラブ２２Ａを伝搬するスラブモードと、サイドリブ２３がある第２のスラブ２２Ｂを伝搬するスラブモードとを比較し

ている。サイドリブ２３がある第２のスラブ２２Ｂ内をスラブモードが伝搬した場合、スラブモードがサイドリブ２３内に遷移するため、第２のスラブ２２Ｂからスラブモードを除去できる。図２に示すように、前段の第１のリブ導波路１０Ａから第２のリブ導波路１０Ｂへのスラブモードの遷移効率は－４ｄＢ、更に、第２のリブ導波路１０Ｂから後段の第１のリブ導波路１０Ａへのスラブモードの遷移効率は－４ｄＢであるた。従って、前段の第１のリブ導波路１０Ａから第２のリブ導波路１０Ｂへの箇所と、第２のリブ導波路１０Ｂから後段の第１のリブ導波路１０Ａへの箇所とで信号光の不連続箇所が２箇所になるため、スラブモードの除去効率が８ｄＢとなる。

【００２６】

従って、信号光は、サイドリブ２３の有無に関係なく伝搬損失がなしであるが、スラブモードは、サイドリブ２３がある場合、伝搬損失が大きく、除去可能である。

【００２７】

光通信装置１では、サイドリブ２３にスラブモードが遷移するため、スラブモードが除去されるため、スラブモードによる信号光への影響を抑制してモード干渉による信号品質の劣化を抑制できる。尚、モード干渉による信号品質の劣化とは、例えば、信号光の伝搬に用いる基本モードの一部が、伝搬経路の途中でスラブモードに変換し、しばらく伝搬した後に、再度、基本モードに変換する。このとき、この基本モードは、一度もスラブモードに変換せずに伝搬する基本モードと、位相差を持って干渉することになるが、この位相差は波長に依存するため、波長によって干渉の度合いが変化する。言い換えると、波長によって、基本モードの光パワーが変化する。波長を変更したときに光パワーが変動するのは、光通信装置１としては信号品質劣化を意味するため、好ましくない。

【００２８】

信号光が伝搬する第１のメインリブ２１Ａ及び第２のメインリブ２１Ｂは、信号光の過剰な損失を避けるためドーピングは行わない。ただし、コア１１の電気的特性を調整するために行う、光損失が無視できる程度に十分小さい、単一ドーパントによるドーピングはその限りではない。この際のドーピング量は、第１のメインリブ２１Ａ及び第２のメインリブ２１Ｂの厚さが２２０ｎｍの場合、抵抗率が１００Ωｃｍ以下となる程度である。

【００２９】

サイドリブ２３の厚みは、信号光が伝搬する第２のメインリブ２１Ｂの厚みと同一としたので、サイドリブ２３及び第２のメインリブ２１Ｂがリソグラフィ/エッチングで一括形成可能であるため、容易に形成できる。

【００３０】

実施例１の光導波路素子１０の第１のリブ導波路１０Ａのコア１１は、第１のメインリブ２１Ａと、第１のスラブ２２Ａとを有する。更に、第２のリブ導波路１０Ｂのコア１１は、第２のメインリブ２１Ｂと、第２のスラブ２２Ｂと、サイドリブ２３とを有する。そして、光導波路素子１０は、第１のリブ導波路１０Ａと第２のリブ導波路１０Ｂとの間の信号光の進行に応じて第２のスラブ２２Ｂ内を伝搬するスラブモードがサイドリブ２３に遷移する。その結果、第１のリブ導波路１０Ａと第２のリブ導波路１０Ｂとの間に信号光の不連続部分が生じるため、従来のような高濃度のドーピングを実行しなくても、スラブモードを除去できる。

【００３１】

サイドリブ２３は、第２のスラブ２２Ｂ上に形成されるため、第２のスラブ２２Ｂ内のスラブモードを不連続的に遷移させる。その結果、第１のリブ導波路１０Ａと第２のリブ導波路１０Ｂとの間に信号光の不連続分を形成できる。そして、遷移先のサイドリブ２３を伝搬するモード（サイドリブモード)及びスラブモードのみを散乱させ、除去することになる。

【００３２】

サイドリブ２３の導波路幅Ｗ２は、第２のメインリブ２１Ｂの導波路幅Ｗ１に比較して広くする構造にした。その結果、第２のメインリブ２１Ｂを伝搬する信号光がサイドリブ２３に遷移する事態を抑制しながら、第２のスラブ２２Ｂの不連続性を確保できる。

【００３３】
尚、説明の便宜上、サイドリブ２３は、第２のスラブ２２Ｂ両端に形成する場合を例示したが、例えば、第２のスラブ２２Ｂの片側にのみ形成しても良く、適宜変更可能である。
【００３４】
更に、第２のスラブ２２Ｂ両端に形成するサイドリブ２３は、左右対称に形成する場合を例示したが、左右非対称でも良く、適宜変更可能である。
【００３５】
コア１１の材料がシリコン、上部クラッド１２Ａ、下部クラッド１２Ｂの材料がSiO_2とするシリコン光導波路を例示した。しかしながら、コア１１の材料及び上部クラッド１２Ａ、下部クラッド１２Ｂの材料がSiO_2であるＰＬＣ(Planar Lightwave Circuit)、ＩｎＰ導波路、ＧａＡｓ導波路にも適用可能である。
【実施例２】
【００３６】
図７は、上部クラッド１２Ａを省略した実施例２の光導波路素子１０の平面図である。図７に示す実施例２の光導波路素子１０は、曲げ導波路である。曲げ導波路は、コア１１がシリコン、上部クラッド１２ＡがSiO_2、下部クラッド１２Ｂが空気若しくはＳｉＮ等のＳｉ導波路である。
【００３７】
Ｓｉ導波路は、光屈折率差が大きいため、光の閉じ込めが強く、それによって小さいＲでも低損失な曲げ導波路を実現できる、すなわち、デバイスの小型化が可能となる。
【００３８】
図７に示す光導波路素子１０は、信号光の進行方向に沿って、前段の第１のリブ導波路１０Ａ１と、第１のリブ導波路１０Ａと光結合する第２のリブ導波路１０Ｂ１と、第２のリブ導波路１０Ｂ１と光結合する後段の第１のリブ導波路１０Ａ１とを有する。
【００３９】
前段の第１のリブ導波路１０Ａ１のコア１１は、第１のメインリブ２１Ａ１と、第１のスラブ２２Ａ１とを有する。第１のメインリブ２１Ａ１は、信号光を伝搬する導波路である。第１のスラブ２２Ａ１は、第１のメインリブ２１Ａ１の両側に形成され、第１のメインリブ２１Ａ１の厚さに比較して薄くする。更に、第１のスラブ２２Ａ１は、信号光のスラブモードを伝搬する導波路である。尚、前段の第１のリブ導波路１０Ａ１を例示したが、後段の第１のリブ導波路１０Ａ１も同一の構成であるため、同一の構成には同一符号を付すことで、その重複する構成及び動作の説明については省略する。
【００４０】
第２のリブ導波路１０Ｂ１のコア１１は、曲線状の第２のメインリブ２１Ｂ１と、曲線状の第２のスラブ２２Ｂ１と、曲線状のサイドリブ２３Ａとを有する。曲線状の第２のメインリブ２１Ｂ１は、信号光を伝搬する導波路である。曲線状の第２のスラブ２２Ｂ１は、曲線状の第２のメインリブ２１Ｂ１の両側に形成され、曲線状の第２のメインリブ２１Ｂ１の厚さに比較して薄くする。更に、曲線状の第２のスラブ２２Ｂ１は、信号光のスラブモードを伝搬する導波路である。
【００４１】
曲線状のサイドリブ２３Ａは、曲線状の第２のスラブ２２Ｂ１両側に形成され、曲線状の第２のスラブ２２Ｂ１の厚さに比較して厚くする。更に、各曲線状のサイドリブ２３Ａは、曲線状の第２のスラブ２２Ｂ１内を伝搬するスラブモードを遷移させる導波路である。曲線状のサイドリブ２３Ａの導波路幅は、曲線状の第２のメインリブ２１Ｂ１の導波路幅よりも広くする。
【００４２】
つまり、第１のリブ導波路１０Ａ１と第２のリブ導波路１０Ｂ１との間がサイドリブ２３Ａで信号光が不連続になる。従って、第１のリブ導波路１０Ａ１と第２のリブ導波路１０Ｂ１との間の信号光の進行に応じて第２のスラブ２２Ｂ１内を伝搬するスラブモードが

サイドリブ２３Ａに遷移する。その結果、スラブモードのサイドリブ２３Ａへの遷移でスラブモードのみが散乱して除去することになる。

【００４３】

実施例２の光導波路素子１０では、曲線状であっても、曲線状のサイドリブ２３Ａにスラブモードが遷移するため、スラブモードの信号光への影響を抑制してモード干渉による信号品質の劣化を抑制できる。

【実施例３】

【００４４】

図８は、上部クラッド１２Ａを省略した実施例３の光導波路素子１０の平面図である。尚、実施例１の光導波路素子１０と同一の構成には同一符号を付すことで、その重複する構成及び動作の説明については省略する。

【００４５】

実施例３の光導波路素子１０と実施例１の光導波路素子１０とが異なるところは、第２のリブ導波路１０Ｂ２内のサイドリブ２３Ｂがドーピングされている点である。

【００４６】

サイドリブ２３Ｂにのみドーピングすることで、サイドリブ２３Ｂへ遷移したスラブモードを除去することで高効率なスラブモード除去が可能となる。

【００４７】

サイドリブ２３Ｂに遷移したスラブモードは、スラブモードよりもコア１１への光閉じ込めが大きいため、一括集積する変調器等で使用する、ドーピング工程を流用することが可能である。その結果、簡単な工程を施すことで、スラブモードが除去可能となる。

【００４８】

実施例３の光導波路素子１０のサイドリブ２３Ｂのコアは、少なくとも一部がドーピングされている。図６に示すようにスラブモードはサイドリブ２３Ｂに電界が局在するため、この部分でドーピングによる光吸収を効率よく行うことが可能となる。その結果、サイドリブ２３Ｂへ遷移したスラブモードを除去することで高効率なスラブモード除去が可能となる。

【符号の説明】

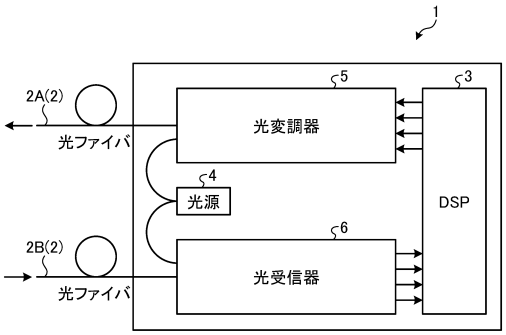
【００４９】

１　光通信装置
４　光源
５　光変調器
６　光受信器
１０　光導波路素子
１０Ａ、１０Ａ１　第１のリブ導波路
１０Ｂ、１０Ｂ１，１０Ｂ２　第２のリブ導波路
１１　コア
１２Ａ　上部クラッド
１２Ｂ　下部クラッド
２１Ａ、２１Ａ１　第１のメインリブ
２１Ｂ、２１Ｂ１　第２のメインリブ
２２Ａ、２２Ａ１　第１のスラブ
２２Ｂ、２２Ｂ１　第２のスラブ
２３，２３Ａ、２３Ｂ　サイドリブ

【図面】

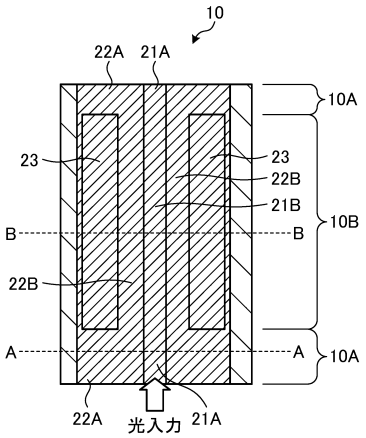
【図１】

実施例1の光通信装置の一例を示すブロック図



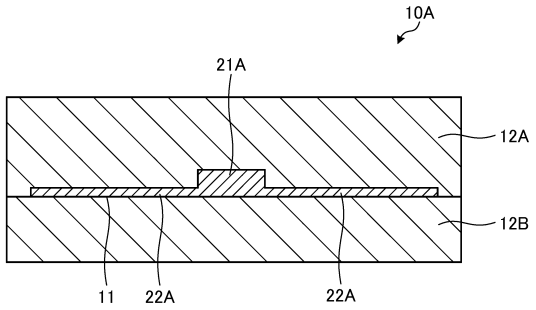
【図２】

上部クラッドを省略した光導波路素子の平面図



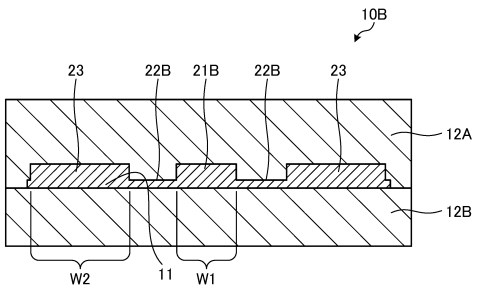
【図３】

図2に示す光導波路素子（第1のリブ導波路）のA－A線断面図



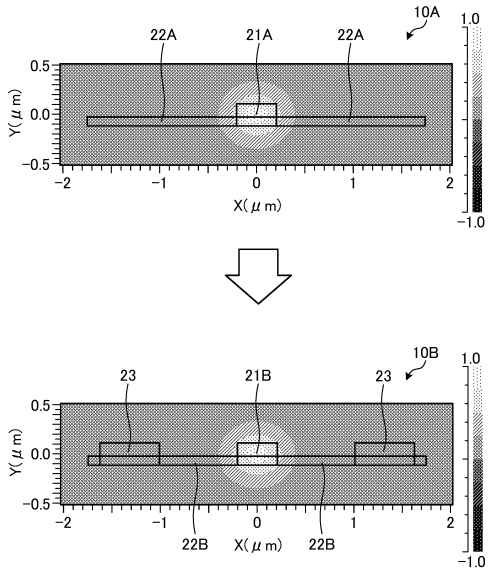
【図４】

図2に示す光導波路素子（第2のリブ導波路）のB－B線断面図



【図５】

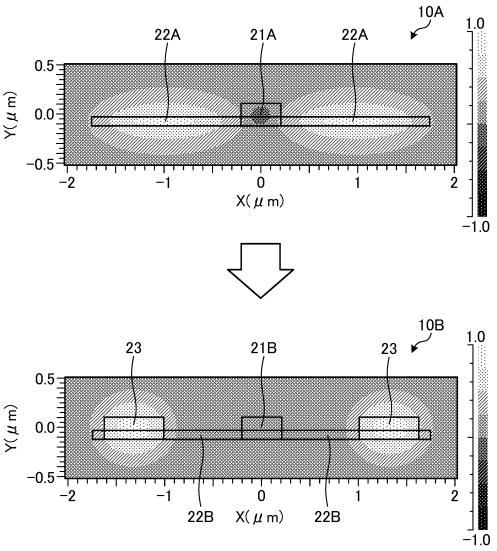
第１のリブ導波路及び第２のリブ導波路での信号光の一例を示す説明図



遷移効率0.000dB
→ロス無し

【図６】

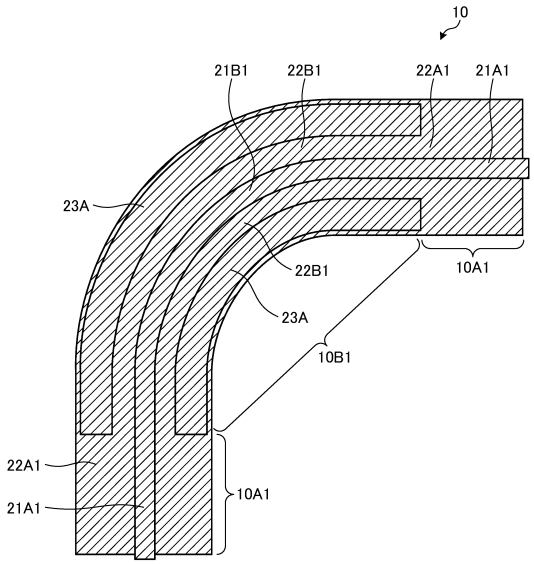
第１のリブ導波路及び
第２のリブ導波路でのスラブモード遷移の一例を示す説明図



遷移効率−4dB
→入出力を考慮すると8dBの除去効率

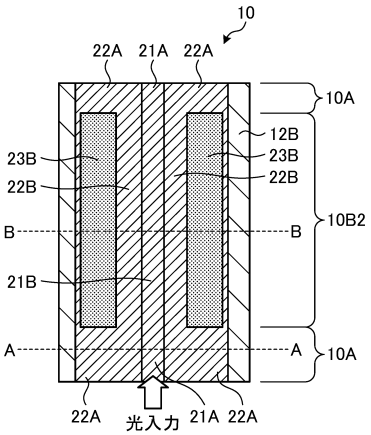
【図７】

上部クラッドを省略した実施例２の光導波路素子の平面図



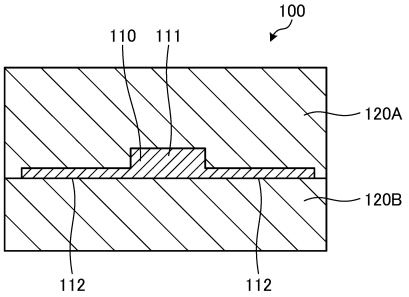
【図８】

上部クラッドを省略した実施例３の光導波路素子の平面図



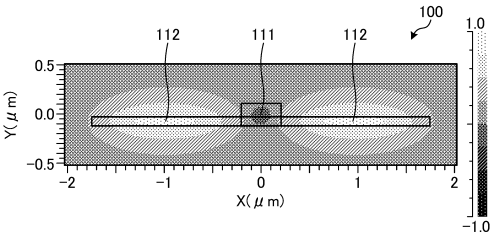
【図９】

従来のリブ導波路の一例を示す説明図



【図１０】

従来のリブ導波路でのスラブモードの一例を示す説明図



フロントページの続き

Ｆターム（参考） AB29 BA01 BA05 BD01 CA01 EA02A EA12A EA13A EA14A EA14B
EA25B GA25