

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02015/133344

発行日 平成29年4月6日 (2017.4.6)

(43) 国際公開日 平成27年9月11日 (2015.9.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 6/12 (2006.01)	GO2B 6/12 311	2H137
GO2B 6/122 (2006.01)	GO2B 6/122 311	2H147
GO2B 6/125 (2006.01)	GO2B 6/125	
GO2B 6/126 (2006.01)	GO2B 6/126	
GO2B 6/30 (2006.01)	GO2B 6/30	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 29 頁)

出願番号 特願2016-506437 (P2016-506437)
 (21) 国際出願番号 PCT/JP2015/055356
 (22) 国際出願日 平成27年2月25日 (2015.2.25)
 (31) 優先権主張番号 特願2014-40198 (P2014-40198)
 (32) 優先日 平成26年3月3日 (2014.3.3)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 504182255
 国立大学法人横浜国立大学
 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79番1号
 (74) 代理人 100101915
 弁理士 塩野入 章夫
 (72) 発明者 園分 泰雄
 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79番1号 国立大学法人横浜国立大学内
 (72) 発明者 渡邊 達彦
 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79番1号 国立大学法人横浜国立大学内
 Fターム(参考) 2H137 AB09 BA04 BA45 BA58 BC41
 2H147 AB21 AB27 BA02 BB02 BB03
 BD01 BE15 BE17 CA02 CA22
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モード合分波器

(57) 【要約】

モード合分波器において、矩形導波路においてTE₀₁モードとTE₁₀モードの縮退、及びTM₀₁モードとTM₁₀モードの縮退を解いて分離する。多モード導波路と単一モード導波路とで形成される非対称テーパー結合モード遷移型導波路を用いて、多モード導波路の高次モードと単一モード導波路の基本モードとの間で断熱的なモード相互作用によるモード変換を行う。多モード導波路の高次モードの伝搬定数と単一モード導波路の基本モード伝搬定数の大小関係を伝搬方向に沿って入れ替え、この伝搬定数の入れ替えで生じる光電力の移行によって、高次モードの縮退の解除、あるいは縮退した高次モードの生成を行う。高次モードの縮退の解除において、正方形導波路で縮退しているTEモードとTMモードの1次モードを、基板平行方向の高次モードと基板垂直方向の高次モードに分離する。

【選択図】 図8

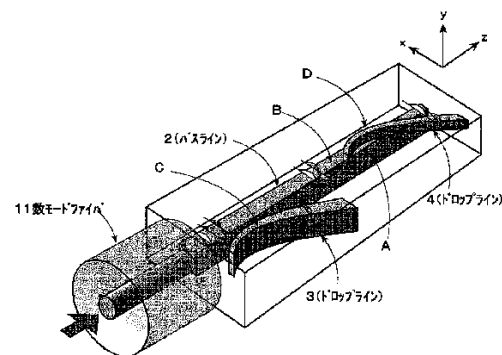


図8

2 Path line
 3, 4 Drop line
 11 Multiple-mode fiber

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上にコアの断面形状が矩形の 2 つの単一モード導波路と多モード導波路とで形成される非対称テーパ結合モード遷移型導波路を備えたモード合分波器であり、

前記多モード導波路は、基板に対して平行方向のコア幅と垂直方向のコア厚との比率が伝搬方向に沿って漸次変化するテーパ形状であり、

前記単一モード導波路は、基板上において湾曲した曲線形状であって、基板に対してコア幅が伝搬方向に沿って漸次大きくなるテーパ形状であり、

前記多モード導波路と前記 2 つの単一モード導波路との配置において、

前記 2 つの単一モード導波路の内、第 1 の単一モード導波路は多モード導波路のコア幅方向の面に対して伝搬方向に沿って並置され、第 2 の単一モード導波路は多モード導波路のコア厚方向の面に対して伝搬方向に沿って積層されて並置され、

前記並置において、前記第 1 および第 2 の単一モード導波路は前記曲線形状によって前記多モード導波路に対して近接した後に離隔され、単一モード導波路と多モード導波路とが断熱的なモード相互作用を呈する距離に近接して結合分岐部が形成され、

前記結合分岐部において、前記多モード導波路のテーパ形状による高次モードの縮退及び/又は縮退の解徐と、多モード導波路の高次モードの伝搬定数と単一モード導波路の基本モードの伝搬定数の大小関係の変化に伴う導波路間のモードの断熱遷移とによって、TE 及び TM の縦と横の一次モードである、TE₁₀モードと TE₀₁モード及び TM₁₀モードと TM₀₁モードの合波及び/又は分波を行うことを特徴とするモード合分波器。

【請求項 2】

前記 2 つの単一モード導波路において、

前記多モード導波路のコア幅方向の面に並置される第 1 の単一モード導波路は前記多モード導波路との間で基板平行方向のモード分布をモード遷移し、

前記多モード導波路のコア厚方向の面に並置される第 2 の単一モード導波路は前記多モード導波路との間で基板垂直方向のモード分布をモード遷移することを特徴とする請求項 1 に記載のモード合分波器。

【請求項 3】

前記結合分岐部において、前記多モード導波路の高次モードの伝搬定数と前記単一モード導波路の基本モードの伝搬定数の大小が入れ替わること特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のモード合分波器。

【請求項 4】

前記多モード導波路は、縮退したモードを入射又は出射する端部側から縮退が解かれたモードを出射又は入射する端部側に向かって細くなるテーパ形状であり、

前記単一モード導波路は、縮退が解かれたモードを出射又は入射する端部側に向かって太くなるテーパ形状であることを特徴とする、請求項 1 から 3 の何れか一つに記載のモード合分波器。

【請求項 5】

前記多モード導波路は、縮退したモードを入射又は出射する端部側から縮退が解かれたモードを出射又は入射する端部側に向かって太くなるテーパ形状であり、

前記単一モード導波路は、縮退が解かれたモードを出射又は入射する端部側に向かって太くなるテーパ形状であることを特徴とする、請求項 1 から 3 の何れか一つに記載のモード合分波器。

【請求項 6】

前記多モード導波路の一端に断面形状が円形の光ファイバを突き合わせて結合させ、

前記多モード導波路と前記光ファイバとの間、又は前記単一モード導波路の一端に偏光分離部材を結合させることを特徴とする、請求項 1 から 5 の何れか一つに記載のモード合分波器。

【請求項 7】

10

20

30

40

50

前記円形の光ファイバと結合する多モード導波路の端部の断面形状は、正形状又は、縦長あるいは横長の長方形の形状であり、基板に対して平行方向のコア幅と垂直方向のコア厚との比率は前記端面から伝搬方向に沿って漸次変化することを特徴とする、請求項6に記載のモード合分波器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願発明は、マルチモード伝送に用いる光デバイスに関し、特に単一モードファイバと数モードファイバ間において光信号の合波、分波（分離）を行うモード合分波器に関する。

10

【背景技術】

【0002】

大容量光通信技術において、伝送媒体として単一モードファイバの他、より大きな通信容量を有したモード多重数モードファイバが用いられようとしている。複数モードの伝送を可能とするファイバとして、コア径が太いマルチモードファイバや、コア径を単一モードファイバと多モードファイバとの中間とする数モードファイバがある。なお、数モードファイバが伝送可能なモード数は例えば2～3乃至10程度と云われているが、特定のモード数が規定されるものではない。

【0003】

図1は単一モードファイバと数モードファイバの概略を説明するための図である。数モードファイバのコア径は、単一モードファイバのコア径よりも太径とし、複数の伝搬モードに異なる情報を載せてモード多重伝送を行う。なお、図1に示すコア径の数値は一例であり、この数値に限られるものではない。

20

【0004】

モード多重伝送では、単一モード信号を形成し、伝送時に複数の単一モード信号をモード多重信号に合波してモード多重信号として多モード伝送路で送信し、受信側において受信したモード多重信号を複数の単一モード信号に分波した後に復号する。

【0005】

モード多重通信では、複数の単一モードの信号が1本の多モードファイバあるいは数モードファイバ内においてモード多重信号の形態で伝送されるため、送受信部において、単一モード信号とモード多重信号との間で合波及び分波（分離）を行う必要がある。

30

【0006】

光ファイバを伝搬する導波モードにおいて、伝搬定数がほぼ等しく、重ね合わせによって直線偏波を構成できるモード群はLPモードと呼ばれる。LPモードは基本モード（0次モード）及び高次モードを備える。図2（a）は0次モードのLP_{0,1}モードを示している。単一モードファイバはLP_{0,1}モードのみが伝搬するファイバであり、数モードファイバはLP_{0,1}モードに加えてLP_{1,1}モード等の高次モードを伝搬するファイバである。

【0007】

図2（b）、（c）は1次のLPモードであるLP_{1,1}^{e v e n}モードとLP_{1,1}^{o d d}モードの電磁界強度分布を示し、図2（d）、（e）はLP_{1,1}^{e v e n}とLP_{1,1}^{o d d}の電磁界振幅分布を示している。LP_{1,1}^{e v e n}モードとLP_{1,1}^{o d d}モードは伝搬定数が等しく、縮退している。LP_{1,1}^{e v e n}モードとLP_{1,1}^{o d d}モードは、それぞれ偏光方向を90度異にする2つの電磁界分布が存在するため、合わせて同じ伝搬定数を持つ4つの異なる電磁界分布によって4重縮退の状態となっている。

40

【0008】

なお、LP_{1,1}^{e v e n}モードとLP_{1,1}^{o d d}モードの定義は、ここでは円筒座標系を用いて、コア断面内縦軸（図3のy軸）から角度座標を用いた場合のcos関数で表される振幅分布をeven（偶）モード、sin関数で表されるモードとodd（奇）モードと定義する。したがって、図3のようにx軸とy軸を定義すると、LP_{1,1}^{e v e n}モードはx軸方向

50

に関して偶関数の電磁界振幅分布を持ち、 $LP_{1,1}^{odd}$ モードはx軸に関して奇関数の電磁界振幅分布を持つ。

【0009】

単一モード信号とモード多重信号との間で行う合波及び分波（分離）の技術として特許文献1, 2が知られている。

【0010】

特許文献1には、単一モード導波路と多モード導波路とを断熱的に近接させ、基本モード間の相互作用によって導波路間で信号を遷移させる構成が示されている。

【0011】

特許文献2には、導波路幅が異なる並進された2本の導波路からなる方向性結合器を含む平面光波回路から構成された光モード変換・合波分離器が示されている。この光モード変換・合波分離器では、平面光波回路のコア厚及び曲げ半径を規定することによって高次モード光を水平方向及び垂直方向について制御すること、2つの光モード変換・合波分離器の基板をXY平面で90度異ならせて光学的に接続させることによって、 $E_{1,1}$ モードから $E_{3,2}$ モードの6つの伝搬モードに対応させることが示されている。

10

【0012】

また、矩形の導波路におけるモードの合成分離に関する技術として特許文献3が知られている。特許文献3には、コアの上下方向に対して鏡映関係のモード分布（縦方向に偶対称の電界分布）と、コアの縦方向に点対称のモード分布（縦方向に奇対称の電界分布）との電界分布を異にするモード分布をモード合成分離する構成として、石英平面光波回路（PLC）を用いたモード合成分離器において、単一モード導波路と多モード導波路との間に、平面光波回路の厚み方向において誘電率分布を非対称とする誘電率調整部を設ける構成が示されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【特許文献1】特開2004-157506号公報

【特許文献2】特開2013-152272号公報

【特許文献3】特開2014-26005号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

コアの断面形状が矩形である導波路では、数モードファイバの $LP_{1,1}^{even}$ モードに対応する電磁界分布 $TE_{0,1}$ と $TM_{0,1}$ と、 $LP_{1,1}^{odd}$ モードに対応する電磁界分布 $TE_{1,0}$ と $TM_{1,0}$ とを備える。図3(a), (c)は電界がx方向のみを有する $TE_{0,1}$ モードと $TE_{1,0}$ モードを示し、図3(b), (d)は電界がy方向のみを有する $TM_{0,1}$ と $TM_{1,0}$ を示している。

【0015】

矩形導波路においてコアの断面形状が正方形である正方形導波路では、 $TE_{0,1}$ モードと $TE_{1,0}$ モード、及び $TM_{0,1}$ モードと $TM_{1,0}$ モードの各モードは伝搬定数が同じ伝搬定数であるため縮退している。

40

【0016】

なお、矩形導波路では偏光方向は厳密にはx方向またはy方向に100%偏光しているわけではなく、直交する座標方向の成分が理論的には存在するが、比屈折率差が1%以下と小さい場合には電界はほぼx方向またはy方向に偏光しているため、便宜的にTEモードあるいはTMモードと呼ばれる。あるいはTE-likeモードやTM-likeモードと呼ばれる場合もある。一方、モード番号（あるいはモードラベル）については、図3のようにx軸とy軸を定義して、 TE_{ij} の最初の下付き添え字iがx方向のモード次数、2番目の下付き添え字jがy方向のモード次数を表す。

【0017】

50

また、コアの断面形状が正方形でない場合であっても、比屈折率差が1%程度の小さい場合には、伝搬定数の偏光依存性が小さいため、TEモードとTMモードの伝搬定数はほとんど一致して縮退する。

【0018】

したがって、コアの断面形状が正方形の正方形導波路や、コアの断面形状が長方形である場合であっても比屈折率差が1%程度の小さい矩形導波路では、TEモードとTMモードは縮退する。

【0019】

そのため、数モードファイバと矩形導波路とを突き合わせた構成では、数モードファイバにおいて縮退状態にある LP_{11}^{ev} モードと LP_{11}^{od} モードは、正方形導波路においてそれぞれ、 TE_{01} モードと TE_{10} モードおよび TM_{01} モードと TM_{10} モードの各縮退モードが混合した状態となる。また、矩形導波路で縮退状態にある TE_{01} モードと TM_{01} モード及び TE_{10} モードと TM_{10} モードは、数モードファイバにおいてそれぞれ LP_{11}^{ev} モードと LP_{11}^{od} モードに対応する。

10

【0020】

図4は正方形導波路の縮退を説明するための図である。図4では、各N次モードにおいて、Vパラメータ値(横軸)に対する規格化伝搬定数b(縦軸)を示している。0次モード(N=0)では TE_{00} と TM_{00} が縮退しているため同一の特性曲線上にあり、1次モード(N=1)では TE_{01} モードと TE_{10} モードと TM_{01} モードと TM_{10} モードの4つのモードが縮退しているための同一の特性曲線上にある。

20

【0021】

上記した特許文献1,2に開示される技術は、単一モードと多モードとの間で各次数のモードごとにモード合波あるいは分波(分離)するモード合成分波器に係るものである。特許文献1,2は TE_{01} モードと TE_{10} モード、あるいは TM_{01} モードと TM_{10} モードを分離する方法を示している。特許文献1では基板に垂直な縦方向の高次モードの分離を行うことは示されていない。また、特許文献2においては方向性結合器を用いているので、縮退しているモード間(TE_{01} モードと TE_{10} モード)の結合係数を正確に設計する必要がある。

【0022】

また、上記した特許文献3では、コアの上下方向に対して鏡映関係のモード分布(縦方向に偶対称の電界分布)と、コアの縦方向に点对称のモード分布(縦方向に奇対称の電界分布)との電界分布を異にするモード分布をモード合成分離する構成について開示され、 TE_{01} モードと TE_{10} モード、との間のモード合成分離を示唆するものの、石英平面光波回路(PLC)を用いたモード合成分波器において、単一モード導波路と多モード導波路との間に、平面光波回路の厚み方向において誘電率分布を非対称とする誘電率調整部を設ける必要があるという問題がある。

30

【0023】

そこで、本願発明は前記した従来の問題点を解決し、矩形導波路における TE_{01} モードと TE_{10} モードの縮退、及び TM_{01} モードと TM_{10} モードの縮退の解除において、方向性結合器を不要とし、縮退しているモード間(TE_{01} モードと TE_{10} モード)の結合係数について厳密な設計や製作を不要とすることを目的とする。

40

【0024】

また、矩形導波路において、誘電率調整部を用いることなく、導波路自体の構成によって TE_{01} モードと TE_{10} モードの縮退、及び TM_{01} モードと TM_{10} モードの縮退を解いて分離することを目的とする。

【0025】

また、光の相反性から、 TE_{01} モードと TE_{10} モード、及び TM_{01} モードと TM_{10} モードを矩形導波路に合波させること、誘電率調整部を用いることなく、導波路自体の構成によって TE_{01} モードと TE_{10} モード、及び TM_{01} モードと TM_{10} モードを合波させること目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0026】

本願発明のモード合分波器は、多モード導波路と単一モード導波路とで形成される非対称テーパ結合モード遷移型導波路を用いて、多モードと単一モードとの間で断熱的なモード相互作用によるモード変換を行うものであり、多モード導波路の伝搬定数と単一モード導波路の伝搬定数の大小関係を伝搬方向に沿って入れ替え、この伝搬定数の入れ替えで生じる光電力の移行によって、高次モードの縮退の解除と分離、あるいは縮退した高次モードの生成を行う。

【0027】

本願発明のモード合分波器は、多モード導波路のコアのコア幅またはコア厚、あるいはコア幅とコア厚の両方を伝搬方向に沿ってテーパ形状とすることによって伝搬定数を伝搬方向に断熱的に変化させる。高次モードの縮退の解除においては、正方形導波路で縮退しているTEモードとTMモードの1次モード、すなわちTE₀₁モードとTE₁₀モードとTM₀₁モードとTM₁₀モードを、基板平行方向の1次モード、すなわちTE₁₀モードとTM₁₀モードと、基板垂直方向の1次モード、すなわちTE₀₁モードとTM₀₁モードに分離する。他方、縮退した高次モードの生成においては、矩形導波路においてTEモードとTMモードの1次モードを合波させる。

10

【0028】

本願発明のモード合分波器は、基板上にコアの断面形状が矩形の単一モード導波路と多モード導波路とで形成される非対称テーパ結合モード遷移型導波路を備える。

20

【0029】

多モード導波路は、基板に対して平行方向のコア幅と垂直方向のコア厚との比率が伝搬方向に沿って漸次変化するテーパ形状に構成され、このテーパ形状によって伝搬定数を伝搬方向に沿って漸次変化させることができる。コア幅とコア厚が等しい正方形断面の場合には、多モード導波路の高次モードの伝搬定数は等しいため縮退している。一方、コア幅とコア厚の比率が変化すると、多モード導波路の高次モードの伝搬定数に違いが生じるため縮退は解かれる。

【0030】

本願発明のモード合分波器は、このコア幅とコア厚の比率変化による伝搬定数の変化を利用し、多モード導波路の高次モードの縮退を解いて分離したり、多モード導波路において高次モードを合波させる。

30

【0031】

単一モード導波路は、基板上において湾曲した曲線形状で、基板に対してコア幅が伝搬方向に沿って漸次大きくなるテーパ形状であり、これによって伝搬定数は伝搬方向に沿って漸次変化すると共に、並置する多モード導波路との距離を漸次変更することができる。

【0032】

多モード導波路と単一モード導波路との配置において、2つの単一モード導波路の内、第1の単一モード導波路は多モード導波路のコア幅方向の面に対して伝搬方向に沿って並置され、第2の単一モード導波路は多モード導波路のコア厚方向の面に対して伝搬方向に沿って並置され、第2の単一モード導波路はコア厚方向に積層される。

40

【0033】

多モード導波路と単一モード導波路の並置において、並置される2つの単一モード導波路は、単一モード導波路が湾曲形状を用いることによって、単一モード導波路を多モード導波路に対して断熱的なモード相互作用を呈する距離に近接させ、その後に離隔させる構成とすることができる。

【0034】

多モード導波路と単一モード導波路との間において、多モード導波路の高次モードの伝搬定数と単一モード導波路の基本モードの伝搬定数の大小関係の変化に伴ってモードの断熱遷移が行われる。本願発明のモード合分波器は、伝搬定数の大小関係の変化に伴うモー

50

ド遷移を用いることで、多モード導波路で縮退を分離した高次モードを単一モード導波路に分離させたり、あるいは、単一モード導波路の基本モードを多モード導波路に分波させる。

【0035】

本願発明のモード合分波器は、多モード導波路のコア幅とコア厚の比率変化による高次モードの縮退状態の変化、及び多モード導波路と単一モード導波路間におけるモードの断熱遷移を用いることによって、TE及びTMの縦と横の一次モードである、TE₁₀モードとTE₀₁モード及びTM₁₀モードとTM₀₁モードを合波あるいは分波（分離）することができる。

【0036】

本願発明のモード合分波器が備える2つの単一モード導波路において、多モード導波路のコア幅方向の面に並置される第1の単一モード導波路は、多モード導波路との間で基板平行方向のモード分布をモード遷移する。他方、多モード導波路のコア厚方向の面に並置される第2の単一モード導波路は、多モード導波路との間で基板垂直方向のモード分布をモード遷移する。

【0037】

したがって、本願発明のモード合分波器は、多モード導波路に対して単一モード導波路をコア幅方向とコア厚方向に並置する構成とすることによって、基板平行方向のモード分布と基板垂直方向のモード分布をそれぞれ異なる単一モード導波路との間でモード遷移することができる。

【0038】

多モード導波路と単一モード導波路との並置において、単一モード導波路は湾曲形状によって多モード導波路に対し近接した後に離隔される。

【0039】

このとき、単一モード導波路と多モード導波部とが近接した部分は結合分岐部を形成する。この結合分岐部において、単一モード導波路と多モード導波路とは断熱的なモード相互作用を呈する距離に近接している。多モード導波路と単一モード導波路との間のモード遷移は結合分岐部の範囲内で行われる。

【0040】

なお、結合分岐部の範囲は、両導波路間が各伝搬方向において断熱的なモード相互作用を呈する距離に近接している範囲を示すものとして表すものであり、この範囲は臨界的なものではなく、例えばモード相互作用の程度を電界強度で表したときに、任意に定めた設定値との比較に基づいて定めることができるものである。

【0041】

本願発明のモード合分波器の結合分岐部において、多モード導波路と単一モード導波路との間のモード遷移は、各導波路の伝搬定数の大小関係によって設定することができる。なお、等価屈折率 n_{eq} は規格化伝搬定数を真空中の伝搬定数 k_0 で除した値であるため、伝搬定数の大小関係に代えて等価屈折率の大小関係で設定することもできる。

【0042】

モード遷移を行う伝搬定数の大小関係は、多モード導波路の高次モードの伝搬定数と単一モード導波路の基本モードの伝搬定数の大小関係が結合分岐部の範囲内で入れ替わるように設定する。

【0043】

多モード導波路の高次モードと単一モード導波路の基本モードの伝搬定数が一致している場合には、伝搬定数が一致しているため導波路間でモード遷移は行われず、モード結合が起きる。これに対して、多モード導波路と単一モード導波路の伝搬定数が異なる場合には、伝搬定数が大きい導波路に電磁界分布が局在する。

【0044】

したがって、並置される多モード導波路と単一モード導波路とを、その入射端において多モード導波路の高次モードの伝搬定数が単一モード導波路の基本モードの伝搬定数より

10

20

30

40

50

も大きくなるように構成し、結合分岐部内において両導波路の伝搬定数の大小関係が入れ替わるように設定することによって、伝搬定数が入射端では小さい単一モード導波路へ、入射端では伝搬定数が大きい多モード導波路の高次モードからモード遷移を行わせて分離することができる。

【0045】

多モード導波路のテーパ形状は断面の太さの変化を2つの形態で設定することができる。

【0046】

テーパ形状の第1の形態において、多モード導波路のテーパ形状は、縮退したモードを入射又は出射する端部側から縮退が解かれたモードを出射又は入射する端部側に向かって細く形成する。他方、単一モード導波路のテーパ形状は、縮退が解かれたモードを出射又は入射する端部側に向かって太く形成してなる。

10

【0047】

テーパ形状の第2の形態において、多モード導波路のテーパ形状は、縮退したモードを入射又は出射する端部側から縮退が解かれたモードを出射又は入射する端部側に向かって太く形成する。他方、単一モード導波路のテーパ形状は、第1の形態と同様に、縮退が解かれたモードを出射又は入射する端部側に向かって太く形成する。

【0048】

第1の形態及び第2の形態において、テーパ形状は、例えば、導波路のコア厚を一定としたとき、導波路のコア幅をコア厚に対して小さくすることで細くし、導波路のコア幅をコア厚に対して大きくすることで太くすることができる。また、テーパ形状は、導波路のコア幅を一定としたとき、導波路のコア厚をコア幅に対して小さくすることで細くし、導波路のコア厚をコア幅に対して大きくすることで太くすることができる。

20

【0049】

コア厚を一定とするテーパ形状の第1の形態は、コア厚を導波路の伝搬方向に向かって一定とすることができるため、テーパ形状の第2の形態のようにコア厚を導波路の伝搬方向に向かって変化させる必要がないため、基板上において導波路の形成を容易に行うことができる。

【0050】

本願発明のモード合分波器は、光ファイバを伝搬する縮退されたモードを入射して各次数のモードに分波し、分波した各次数のモードを各ポートに分離して出射するモード分波器として用いる他、各ポートから入射したモードを合波し、合波したモードを数モード光ファイバに出射するモード合波器として用いることができる。

30

【0051】

ポートからモードを分離する際、分波したモードには偏光方向が90°異なるTEモードとTMモードが含まれている。このTEモードとTMモードを分離するために偏光分離部材を用いることができる。

【0052】

モード合分波器に対する光ファイバ及び偏光分離部材の設置において、多モード導波路の一端に断面形状が円形の光ファイバを突き合わせて接続し、単一モード導波路の一端に偏光分離部材を配置する。あるいは、断面形状が円形の光ファイバの出射端に偏光分離部材を配置して、その後偏光分離部材の1つの偏光を出射する端にモード合分波器の多モード導波路の一端を突き合わせて接続し、他方の偏光を出射する端にも同様のモード合分波器の多モード導波路の一端を突合せ接続する構成とすることもできる。

40

【0053】

光ファイバと多モード導波路との結合において、円形の光ファイバと結合する多モード導波路の端部の断面形状は、正方形の形状から、基板に対して平行方向のコア幅と垂直方向のコア厚との比率を端部面から伝搬方向に沿って漸次変化させて長方形の形状とする構成の他に、正方形の形状を経ること無く、端部の断面を縦長あるいは横長の長方形の形状とし、この長方形のコア幅とコア厚との比率を端部面から伝搬方向に沿って漸次変化させ

50

る構成としてもよい。

【発明の効果】

【0054】

以上説明したように、本願発明のモード合分波器によれば、矩形導波路における $TE_{0,1}$ モードと $TE_{1,0}$ モードの縮退、及び $TM_{0,1}$ モードと $TM_{1,0}$ モードの縮退の解除において、方向性結合器を不要とすることができ、縮退しているモード間（ $TE_{0,1}$ モードと $TE_{1,0}$ モード）の結合係数について厳密な設計や製作を不要とすることができる。

【0055】

矩形導波路において、誘電率調整部を用いることなく、導波路自体の構成によって $TE_{0,1}$ モードと $TE_{1,0}$ モードの縮退、及び $TM_{0,1}$ モードと $TM_{1,0}$ モードの縮退を解いて分波（分離）することができる。

【0056】

また、光の相反性から、 $TE_{0,1}$ モードと $TE_{1,0}$ モード、及び $TM_{0,1}$ モードと $TM_{1,0}$ モードを矩形導波路に、誘電率調整部を用いることなく、導波路自体の構成によって合波させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】単一モードファイバと数モードファイバの概略を説明するための図である。

【図2】数モードファイバの電磁界分布を説明するための図である。

【図3】矩形導波路の電磁界分布を説明するための図である。

【図4】正方形導波路の伝搬定数の縮退を説明するための図である。

【図5】対称3層平板導波路を説明するための図である。

【図6】平板導波路の偏光モード（偏波モード）を説明するための図である。

【図7】平板導波路の分散曲線と偏波依存性を説明するための図である。

【図8】本願発明のモード合分波器の第1の構成例の概略構成を示す斜視図である。

【図9】本願発明のモード合分波器の第1の構成例の概略構成を示すコア厚方向から見た図である。

【図10】矩形（長方形）導波路の分散曲線を説明するための図である。

【図11】本願発明のモード合分波器のモードの縮退の解除及び分波の動作を説明するための図である。

【図12】本願発明のモード合分波器の各結合分岐部におけるモードの伝搬解析を示す図である。

【図13】本願発明のモード合分波器の第2、3の構成例の概略構成を示す図である。

【図14】本願発明のモード合分波器の第2の構成例の縮退の解除及び分波の動作を説明するための図である。

【図15】本願発明のモード合分波器の第3の構成例の縮退の解除及び分波の動作を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0058】

以下、本願発明の実施の形態について、図を参照しながら詳細に説明する。以下、図5～6を用いて本願発明のモード合分波器に用いる平板導波路を説明し、図8～12を用いて本願発明のモード合分波器の第1の構成例を説明し、図13～15を用いて本願発明のモード合分波器の第2、3の構成例を説明する。

【0059】

[平板導波路の概略構成]

はじめに、本願発明のモード合分波器に用いる矩形導波路と、最も基本的な光導波路である平板導波路について説明する。図5は平板導波路の構造パラメータを説明するための概略図であり、図6は平板導波路の偏光モード（偏波モード）を説明するための概略図である。

【0060】

10

20

30

40

50

図5は、平板導波路として対称3層平板導波路を示している。対称3層平板導波路は、基板上においてコアをクラッドによって縦方向（図中のy軸方向）に挟んで構成する3層構造であり、横方向（図中のx方向）をコア幅の方向とし、縦方向（図中のy軸方向）をコア厚の方向とし、奥行き方向（図中のz軸方向）を伝搬方向としている。

【0061】

ここで、光が主に導波される領域であるコアの屈折率を n_1 とし、コアを囲む領域であるクラッドの屈折率を n_2 とすると、比屈折率差は以下の式(1)で表される。

$$= (n_1^2 - n_2^2) / 2n_1^2 \quad \dots (1)$$

なお、平板導波路のコア半幅（半厚） a は光ファイバのコア径（半径） a に相当する。

【0062】

導波路パラメータのVパラメータ、及び規格化伝搬定数 b はそれぞれ以下の式(2)、(3)で表される。

$$V = k_0 n_1 a (2)^{1/2} = (2 /) n_1 a (2)^{1/2} \quad \dots (2)$$

$$b = ((/ k_0)^2 - n_2^2) / (n_1^2 - n_2^2) \quad \dots (3)$$

なお、 k_0 は真空中の伝搬定数であり、 b は規格化伝搬定数であり、 λ は波長である。

【0063】

平板導波路では、電界がy方向のみの成分を有するTEモード（Transverse Electric mode）と磁界がy方向のみの成分を有するTMモード（Transverse Magnetic mode）が伝搬される。図6は平板導波路の偏光モード（偏波モード）を説明するための図であり、図6(a)はTEモード（S波）を示し、図6(b)はTMモード（P波）を示している。図において伝搬方向は左から右に向かう方向である。TEモードとTMモードとは、偏光（偏波）方向が90°相違している。

【0064】

矩形導波路の高次モードでは、TEモードは電磁界分布に節ができる方向が90°相違する $TE_{0,1}$ モードと $TE_{1,0}$ モードがあり、TMモードも同様に電磁界分布に節ができる方向が90°相違する $TM_{0,1}$ モードと $TM_{1,0}$ モードがある。コアの断面形状が正方形である正方形導波路では、 $TE_{0,1}$ モードと $TE_{1,0}$ モード、及び $TM_{0,1}$ モードと $TM_{1,0}$ モードの各モードは伝搬定数が同じであるため縮退している。

【0065】

なお、矩形導波路における厳密なモードは、前記したように、偏光方向は厳密にはx方向またはy方向に100%偏光しているわけではなく、直交する座標方向の成分が理論的には存在するが、比屈折率差が1%以下と小さい場合には電界はほぼx方向またはy方向に偏光しているため、便宜的にTEモードあるいはTMモードと呼ばれる。あるいは、TE-likeモードやTM-likeモードと呼ばれる場合もある。一方、モード番号（あるいはモードラベル）については、図3のようにx軸とy軸を定義して、 TE_{ij} の最初の下付き添え字 i がx方向のモード次数、2番目の下付き添え字 j がy方向のモード次数を表す。

【0066】

平板導波路ではTEモードの伝搬定数は比屈折率差に依存しないが、TMモードは比屈折率差が大きい場合には伝搬定数がTEモードの伝搬定数よりも小さくなる。そのため、比屈折率差が大きい場合にはTEモードとTMモードの伝搬定数に差が生じる。

【0067】

これに対して、比屈折率差が小さい場合にはTEモードとTMモードの伝搬定数はほぼ同じであり、コアの断面形状が正方形でない場合であっても、比屈折率差が1%程度の小さい場合には、伝搬定数の偏光依存性が小さいため、TEモードとTMモードの伝搬定数はほとんど一致して縮退している。したがって、コアの断面形状が正方形の正方形導波路や、コアの断面形状が長方形である場合であっても比屈折率差が1%程度の小さい矩形導波路の矩形導波路では、TEモードとTMモードは縮退する。

【0068】

なお、矩形導波路の $TE_{0,1}$ モードと $TM_{0,1}$ モードは数モードファイバの $LP_{1,1}$ モード

10

20

30

40

50

v_e^n モードに対応し、矩形導波路の TE_{10} モードと TM_{10} モードは数モードファイバの LP_{11}^{odd} モードに対応している。

【0069】

図7は平板導波路の分散曲線を説明するための図であり、図7(a)は比屈折率差が小さい場合の平板導波路の分散曲線を示し、図7(b)は比屈折率差が大きい場合の平板導波路の分散曲線を示している。図7の分散曲線は、 V パラメータに対する規格化伝搬定数 b を示している。

【0070】

[モード合分波器の第1の構成例]

次に、本願発明のモード合分波器の第1の構成例について説明する。図8, 9は、モード合分波器の第1の構成例の概略構成を示す斜視図及びコア厚方向から見た図である。

10

【0071】

モード合分波器1Aは、基板(図示していない)上にコアの断面形状が矩形の多モード導波路2と第1および第2の単一モード導波路3, 4とが形成されてなり、多モード導波路2と第1および第2の単一モード導波路3, 4は非対称テーパ結合モード遷移型導波路を構成している。

【0072】

多モード導波路2は、基板(図示していない)に対して平行方向(図中の x 軸方向)のコア幅と垂直方向(図中の y 軸方向)のコア厚との比率が伝搬方向(図中の z 軸方向)に沿って漸次変化して先細りとなるテーパ形状であり、縮退したモードが伝搬するバスラインを構成している。

20

【0073】

第1および第2の単一モード導波路3, 4は、基板(図示していない)上において、多モード導波路2のコア幅方向(図中の x 軸方向)の側面(図中のA面で、以下、多モード導波路の側面という)に対して遠ざかる方向に湾曲した曲線形状であり、基板に対してコア幅(図中の x 軸方向の長さ)が伝搬方向(図中の z 軸方向)に沿って漸次大きくなるテーパ形状であり、多モード導波路2との距離が伝搬方向において近接した後に徐々に離隔する。

【0074】

第1および第2の単一モード導波路3, 4は、多モード導波路2から分離された高次モードがモード遷移される場合には、モード遷移したモード信号を出射するドロップラインを構成する。一方、第1および第2の単一モード導波路3, 4は、基本モードが多モード導波路2にモード遷移する場合には、基本モードを入射するインラインを構成する。

30

【0075】

多モード導波路2及び第1と第2の単一モード導波路3, 4との配置において、第1の単一モード導波路3は多モード導波路2のコア幅方向(図中の x 軸方向)の側面(図中のA面)に対して伝搬方向(図中の z 軸方向)に沿って並置され、第2の単一モード導波路4は多モード導波路2のコア厚方向(図中の y 軸方向)の上面(図中のB面)に対して伝搬方向に沿って積層して並置される。第1の単一モード導波路3と第2の単一モード導波路4はコア厚方向に積層される。

40

【0076】

なお、第1の単一モード導波路3は図中のA面と反対側の多モード導波路2の側面に並置してもよく、また、第2の単一モード導波路4は図中のB面と反対側の多モード導波路2の下面に並置してもよい。

【0077】

多モード導波路2と第1および第2の単一モード導波路3, 4の並置において、第1および第2の単一モード導波路3, 4は湾曲形状によって多モード導波路2に対して近接した後に離隔する。この近接において、第1および第2の単一モード導波路3, 4と多モード導波路2とが断熱的なモード相互作用を呈する距離に近接することで結合分岐部C, Dが形成される。

50

【0078】

結合分岐部 C, D において、多モード導波路 2 のテーパ形状によって、断面が正方形ではなくなることで、TE₀₁モードとTE₁₀モードの伝搬定数、あるいはTM₀₁モードとTM₁₀モードの伝搬定数に差異が生じ、モードの縮退が解かれ、他方、断面が長方形から正方形となることでモードの伝搬定数が一致し、モードが縮退する。

【0079】

また、結合分岐部 C, D において、多モード導波路 2 の高次モードの伝搬定数と第 1 および第 2 の単一モード導波路 3, 4 の基本モードの伝搬定数の大小関係が変化することに伴って、導波路間でモードの断熱遷移が行われ、伝搬定数が小さい導波路から伝搬定数が大きい導波路に向かって断熱的な相互作用によって光電力の局在部分が遷移する。したがって、結合分岐部 C, D では、多モード導波路から単一モード導波路へのモードの分離と、単一モード導波路から多モード導波路へのモードの合波が行われる。

10

【0080】

多モード導波路に縮退が解かれた高次モードが伝搬している状態において、多モード導波路と並置された単一モード導波路との伝搬定数の大小関係が入れ替わり、単一モード導波路の基本モードの伝搬定数が多モード導波路の高次モードの伝搬定数よりも大きくなった場合には、多モード導波路を伝搬する高次モードは単一モード導波路の基本モードにモード遷移する。

【0081】

また、単一モード導波路にモード信号が伝搬している状態において、単一モード導波路の基本モードの伝搬定数と多モード導波路の高次モードとの伝搬定数の大小関係が入れ替わり、多モード導波路の高次モードの伝搬定数が単一モード導波路の基本モードの伝搬定数よりも大きくなった場合には、単一モード導波路の基本モードは多モード導波路の高次モードにモード遷移する。

20

【0082】

多モード導波路のTE及びTMの一次モードとして、TE₁₀モード、TE₀₁モード、TM₁₀モードとTM₀₁モードがあり、本願発明のモード合分波器は、これらの一次モードの縮退を解いて分波(分離)して単一モード導波路の基本モードにモード遷移することができる他、複数の単一モード導波路の基本モードを多モード導波路にモード遷移し合波することができ、多モード導波路において複数のモードを伝搬させることができる。

30

【0083】

第 1 の構成例は、光ファイバ 11 を伝搬する縮退したモードを入射して各次数のモードに分波し、分波した各次のモードを第 1 および第 2 の単一モード導波路 3, 4 も各ポート G から分離して出射するモード分波器として用いる他、各ポート G から入射したモードを合波し、合波したモードを合波して光ファイバ 11 に出射するモード合波器として用いることができる。

【0084】

ポート G からモードを分離する際、分波したモードには偏光方向が 90°異なるTEモードとTMモードが含まれている。このTEモードとTMモードを分離するために各ポート F に偏光分離部材 12 を設けることができる。

40

【0085】

多モード導波路 2 の一方の端部 E には光ファイバ 11 が接続され、光ファイバ 11 と多モード導波路 1 との間でモード信号の授受が行われ、モード分波器として用いる場合には入射端として用いられ、モード合波器として用いる場合には合波した高次モードを光ファイバ 11 側に出射する出射端として用いられる。

【0086】

多モード導波路 2 の他方の端部 F は、モード分波器として用いる場合には、第 1 および第 2 の単一モード導波路 3, 4 に分波(分離)されて残った基本モードが出射される出射端として用いられ、モード合波器として用いる場合には入射端として用いられる。端部 F のポートにも偏光分離部材 12 が設置される。

50

【 0 0 8 7 】

モード合分波器 1 A に対する光ファイバ 1 1 及び偏光分離部材 1 2 の設置において、多モード導波路 2 の一端 E に断面形状が円形の光ファイバ 1 1 を突き合わせて結合させ、第 1 および第 2 の単一モード導波路 3, 4 の一端のポート G に偏光分離部材 1 2 を結合させる。

【 0 0 8 8 】

あるいは、断面形状が円形の光ファイバの出射端に偏光分離部材を配置して、その後偏光分離部材の 1 つの偏光を出射する端にモード合分波器の多モード導波路の一端を突き合わせて接続し、他方の偏光を出射する端にも同様のモード合分波器の多モード導波路の一端を突合せ接続する構成とすることもできる。

10

【 0 0 8 9 】

偏光分離部材の設置位置は、各分離ポートとする他に、入射端 E に設置する構成としても良い。この構成によれば、直交する偏光を入射端 E に設けた偏光分離部材で分離し、その後モード分離することができる。また、合波においても、端部 E に偏光合波器を設置しても良い。

【 0 0 9 0 】

光ファイバ 1 1 と多モード導波路 2 との接続において、円形の光ファイバ 1 1 と接続する多モード導波路 2 の端部 E の断面形状を正方形の形状とし、基板に対して平行方向のコア幅と垂直方向のコア厚との比率を端部 E の面から伝搬方向に沿って漸次変化させて長方形の形状とする構成の他に、正方形の形状を経ること無く、端部 E の断面を縦長あるいは横長の長方形の形状とし、この長方形のコア幅とコア厚との比率を端部 E の面から伝搬方向に沿って漸次変化させる構成とすることもできる。

20

【 0 0 9 1 】

次に、第 1 の構成例の動作例について、モード分波器として用いる場合について、図 1 0 ~ 図 1 2 を用いて説明する。

【 0 0 9 2 】

図 1 0 は矩形（長方形）導波路の分散曲線を示している。図示する例では、コアの屈折率が $n_1 = 1.4678$ 、クラッドの屈折率が $n_2 = 1.4530$ の矩形導波路において、コア厚 h を $8 \mu\text{m}$ としてコア幅 W を変化させたときの等価屈折率 n_{eq} を示している。等価屈折率 n_{eq} は規格化伝搬定数を真空中の伝搬定数 k_0 で除した値であるため、図 1 0 は、矩形導波路のコア幅とコア厚との比率に対する伝搬定数の変化を示している。

30

【 0 0 9 3 】

図 1 0 の分散曲線は、0 次モードの TE_{00} と 1 次モードの TE_{01} モード、 TE_{10} モード、及び TE_{11} モードの各伝搬定数を示している。なお、ここでは、異なる偏光の TM_{00} モード、 TM_{01} モード、 TM_{10} モード、及び TM_{11} モードは示していない。

【 0 0 9 4 】

コア厚 h が $8 \mu\text{m}$ であるため、コア幅 W が $8 \mu\text{m}$ である矩形導波路はコアの断面形状が正方形である正方形導波路に相当する。この正方形導波路では、1 次モードの TE_{01} モードと TE_{10} モード、及び TM_{01} モードと TM_{10} モードの各モードは伝搬定数が同じであるため縮退している。図 1 0 中において、 TE_{01} モードと TE_{10} モードとが交差する点はモードが縮退した状態にある。

40

【 0 0 9 5 】

コア幅 W とコア厚 h の比率が 1 : 1 からずれると矩形導波路のコアの断面形状は正方形から長方形となる。このように、矩形導波路のコア幅 W とコア厚 h との比率が 1 : 1 からずれると、 TE_{01} モードと TE_{10} モードの伝搬定数が異なるため縮退が解かれる。図 1 0 において、コア幅 W が $8 \mu\text{m}$ よりも大きい場合（ TE_{01} モードと TE_{10} モードとの交点 P よりも図中の右側）には、 TE_{10} モードの等価屈折率 n_{eq} は TE_{01} モードの等価屈折率 n_{eq} よりも大きくなる。他方、コア幅 W が $8 \mu\text{m}$ よりも小さい場合（ TE_{01} モードと TE_{10} モードとの交点 P よりも図中の左側）には TE_{01} モードの等価屈

50

折率 n_{eq} は TE_{10} モードの等価屈折率 n_{eq} よりも大きくなる。

【0096】

本願発明のモード合分波器では、この矩形導波路のコア幅 W とコア厚 h の比率が $1:1$ からずれて断面形状が正方形から長方形となる場合に、 TE_{01} モードと TE_{10} モードの伝搬定数が異なって縮退が解かれることを利用するものであり、縮退が解かれた TE_{01} モードと TE_{10} モードを、多モード導波路に並置した単一モード導波路に断熱遷移させることによって各モードを分波（分離）する。

【0097】

また、光の相反性から逆方向の作用も同様に行うことができ、単一モード導波路から多モード導波路に断熱遷移させることにより、多モード導波路においてモードを合波させることができる。

10

【0098】

図11を用いて、モードの縮退を解いて単一モード導波路の分波する動作について説明する。図11では、多モード導波路の矩形導波路のコア幅 W がコア厚 h よりも次第に小さくなり先細りとなる導波路の例について説明する。

【0099】

図11(a)は、図10と同様に多モード導波路の分散曲線を示し、図11(b)は第1および2の単一モード導波路の分散曲線を示している。図11(a)、(b)の横軸の下方に示す矩形は、コアの断面形状の変化を模式的に示している。

【0100】

図11(a)の多モード導波路では、コア断面のコア幅 W が次第に小さくなって正方形形状から先細りの長方形となるに従って TE_{01} モードと TE_{10} モードの縮退が解け、 TE_{01} モードの等価屈折率 n_{eq} (図中の破線で表示) は TE_{10} モードの等価屈折率 n_{eq} (図中の太い実線で表示) よりも大きくなる。

20

【0101】

図11(b)の第1および2の単一モード導波路では、コア断面のコア幅 W が次第に大きくなるに従って等価屈折率 n_{eq} が大きくなる。

【0102】

図11(c)~(e)は、多モード導波路と第1および第2の単一モード導波路とを断熱的なモード遷移が生じる程度に近接させた場合において、多モード導波路 (TE_{01} モードと TE_{10} モード) と単一モード導波路間のモード遷移を示している。 TE_{01} モードは破線で示し、 TE_{10} モードは実線で示し、単一モード導波路の基本モードは一点鎖線で示している。

30

【0103】

図11(c)は、図11(a)の多モード導波路の TE_{01} モード、 TE_{10} モード、及び TE_{11} モードの分散曲線と図11(b)の第1および第2の単一モード導波路の分散曲線とを重ね合わせた状態を示している。なお、 TE_{10} モードの分離部 (図8および図9のC) では第1の単一モード導波路のコア厚 h が多モード導波路のコア厚と同じであるため、図11(b)の単一モード導波路の分散曲線は、図11(a)の多モード導波路の TE_{00} モードの分散曲線と同じになっている。一方、 TE_{01} モードの分離部 (図8および図9のD) では第2の単一モード導波路のコア厚 h は必ずしも多モード導波路のコア厚と同じである必要はないが、ここでは説明の単純化のため、図11(b)の第2の単一モード導波路の分散曲線は、図11(a)の多モード導波路の TE_{00} とモードの分散曲線と同じと仮定して説明する。

40

【0104】

TE_{01} モードの分離部 (図8および図9のD) の第2の単一モード導波路のコア厚 h が多モード導波路のコア厚と異なる場合には、図11(b)、(e)の第2の単一モード導波路の分散曲線は、図11(a)の多モード導波路の TE_{00} とモードの分散曲線とは異なるが、コア幅が零の場合に規格化伝搬定数が零になる点は共通であり、本願発明のモード合分波器の動作の基本原理は同じである。

50

【 0 1 0 5 】

図 1 1 (c) において、第 1 の単一モード導波路の分散曲線 (図中の一点鎖線) は、断面形状が最初は細い状態から太くなる方向 (横軸の右方向) に変化する過程で、はじめに多モード導波路の縮退が解けた TE_{10} モードの分散曲線 (図中の太い実線) と点 Q で大小関係が入れ替わり、次に第 2 の単一モードの分散曲線 (図中の一点鎖線) が TE_{01} モードの分散曲線 (図中の破線) と点 R で大小関係が入れ替わる。

【 0 1 0 6 】

図 1 1 (d) は、第 1 の単一モード導波路の基本モードの分散曲線と多モード導波路の TE_{10} モードの分散曲線との伝搬定数の大小関係の入れ替わりを示している。

【 0 1 0 7 】

多モード導波路との断面形状が細くなる方向 (横軸の左方向) において、第 1 の単一モード導波路は断面形状が最初は細い状態から伝搬方向に太くなるので、第 1 の単一モード導波路の基本モードの分散曲線と多モード導波路の TE_{10} モードの分散曲線とが伝搬定数の大小関係の入れ替わる点 Q よりも手前 (図中の点 Q よりも右側) では、第 1 の単一モード導波路の基本モードの伝搬定数は TE_{10} モードの伝搬定数よりも小さいため、多モード導波路から第 1 の単一モード導波路への断熱遷移による分波は起こらない。

【 0 1 0 8 】

次に、点 Q よりも後 (図中の点 Q よりも左側) では、伝搬定数の大きさが入れ替わって、第 1 の単一モード導波路の基本モードの伝搬定数は多モード導波路の TE_{10} モードの伝搬定数よりも大きくなるため、多モード導波路から第 1 の単一モード導波路への断熱遷移によって、 TE_{10} モードが第 1 の単一モード導波路に分波される。

【 0 1 0 9 】

多モード導波路の断面形状が細くなる方向 (横軸の左方向) において、第 2 の単一モード導波路の基本モードの分散曲線は、点 Q の次に点 R において TE_{01} モードの分散曲線と大小関係が入れ替わる。

【 0 1 1 0 】

図 1 1 (e) は、第 2 の単一モード導波路の基本モードの分散曲線と多モード導波路の TE_{01} モードの分散曲線との大小関係が入れ替わりを示している。

【 0 1 1 1 】

多モード導波路の断面形状が細くなる方向 (横軸の左方向) において、第 2 の単一モード導波路の基本モードの分散曲線と多モード導波路の TE_{01} モードの分散曲線とが大小関係が入れ替わる点 R よりも手前 (図中の点 R よりも右側) では、第 2 の単一モード導波路の基本モードの伝搬定数は TE_{01} モードの伝搬定数よりも小さいため、多モード導波路から第 2 の単一モード導波路への断熱遷移による分波は起こらない。

【 0 1 1 2 】

次に、点 R よりも後 (図中の点 R よりも左側) では、伝搬定数の大きさが入れ替わって、第 2 の単一モード導波路の基本モードの伝搬定数は TE_{01} モードの伝搬定数よりも大きくなるため、多モード導波路から第 2 の単一モード導波路への断熱遷移によって、 TE_{01} モードが第 2 の単一モード導波路に分波される。ただし、この場合のモード遷移は縦方向 (図 8 の y 方向) に起こるため、第 2 の単一モード導波路は図 8 のように多モード導波路の上側または下側に配置される。

【 0 1 1 3 】

上記動作から、多モード導波路は縮退が解けた後、はじめに TE_{10} モードが第 1 の単一モード導波路の基本モードにモード遷移し、次に TE_{01} モードが第 2 の単一モード導波路の基本モードにモード遷移する。

【 0 1 1 4 】

図 8 , 9 に示すモード合分波器の構成例では、多モード導波路 2 から TE_{10} モードを第 1 の単一モード導波路 3 に分波 (分離) し、 TE_{01} モードを第 2 の単一モード導波路 4 に分波 (分離) する。 TE_{10} モードと TE_{01} モードとを分波 (分離) した残りの TE_{00} モードは多モード導波路 2 の先細りの端部 F から出射される。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 5 】

図 1 2 はモード合分波器の結合分岐部 C , D におけるモードの伝搬解析を示し、伝搬方向に 2 mm の間における多モード導波路と単一モード導波路の x 方向と y 方向の電磁界強度分布を示し、 $z = 0 \mu\text{m}$ の位置では数モードファイバの LP_{11}^{ev} モードと LP_{11}^{od} モードが入射された状態を示している

【 0 1 1 6 】

図 1 2 (a) は結合分岐部 C における TE_{10} モードの伝搬解析を示し、結合分岐部 C において TE_{10} モードが多モード導波路 2 から第 1 の単一モード導波路 3 に遷移する状態を示している。この結合分岐部 C のモード分岐比は 25 dB である。

【 0 1 1 7 】

図 1 2 (b) は結合分岐部 D における TE_{01} モードの伝搬解析を示し、結合分岐部 D において TE_{01} モードが多モード導波路 2 から第 1 の単一モード導波路 3 に遷移する状態を示している。この結合分岐部 D のモード分岐比は 19 dB である。

【 0 1 1 8 】

なお、結合分岐部 C は、多モード導波路 2 及び多モード導波路 2 に対して x 方向に並置された第 1 の単一モード導波路 3 で構成され、結合分岐部 D は、多モード導波路 2 及び多モード導波路 2 に対して y 方向に積層して並置された第 2 の単一モード導波路 4 とで構成されている。

【 0 1 1 9 】

[モード合分波器の第 2 の構成例]

次に、本願発明のモード合分波器の第 2 の構成例について説明する。図 1 3 (a) は、モード合分波器の第 2 の構成例の概略構成を示す図であり、コア厚方向から見た状態を示している。

【 0 1 2 0 】

モード合分波器 1 B は、モード合分波器 1 A と同様に、基板 (図示していない) 上にコアの断面形状が矩形の多モード導波路 2 と第 1 および第 2 の単一モード導波路 3 , 4 とが形成されてなり、多モード導波路 2 と第 1 および第 2 の単一モード導波路 3 , 4 は非対称テーパ結合モード遷移型導波路を構成する。

【 0 1 2 1 】

第 1 および第 2 の単一モード導波路 3 , 4 の構成は第 1 の構成例と同様とすることができ、第 1 の構成例とは第 1 および第 2 の単一モード導波路 3 , 4 の多モード導波路 2 に対する配置位置の構成で相違する。

【 0 1 2 2 】

第 1 の構成例では、第 1 の単一モード導波路 3 と第 2 の単一モード導波路 4 とを多モード導波路 2 の伝搬方向にずらした位置に配置するのに対して、第 2 の構成例では、第 1 の単一モード導波路 3 と第 2 の単一モード導波路 4 とを多モード導波路 2 の伝搬方向においてほぼ同じ位置に配置する。

【 0 1 2 3 】

図 1 4 を用いて、第 2 の構成例において、モードの縮退を解いて単一モード導波路の分波する動作について説明する。

【 0 1 2 4 】

図 1 4 (a) は、図 1 1 (a) と同様に多モード導波路の分散曲線を示し、図 1 4 (b) は図 1 1 (a) と同様に第 1 および第 2 の単一モード導波路の分散曲線を示している。図 1 4 (a) , (b) の横軸の下方に示す矩形は、コアの断面形状の変化を模式的に示している。なお、図 1 4 (b) では第 1 および第 2 の単一モード導波路のコア厚が異なる場合を示している。

【 0 1 2 5 】

図 1 4 (c) ~ (e) は、多モード導波路と第 1 および第 2 の単一モード導波路とを断熱的なモード遷移が生じる程度に近接させた場合において、多モード導波路 (TE_{01} モードと TE_{10} モード) と第 1 および第 2 の単一モード導波路間のモード遷移を示してい

10

20

30

40

50

る。TE₀₁モードは破線で示し、TE₁₀モードは太い実線で示し、第1および第2の単一モード導波路の基本モードはそれぞれ一点鎖線および二点鎖線で示している。

【0126】

図14(c)は、図14(a)の多モード導波路のTE₀₁モード、TE₁₀モード、及びTE₁₁モードの分散曲線と第1および第2の単一モード導波路の分散曲線とを重ね合わせた状態を示している。ここでは、2本の単一モード導波路の分散曲線を一点鎖線と二点鎖線で示している。

【0127】

図14(c)において、2本の単一モード導波路の分散曲線は、点Pから多モード導波路の断面形状が細くなる方向(横軸の左方向)に向う方向において、入射端Eに近い位置では、多モード導波路の縮退が解けたTE₁₀モードの分散曲線(図中の太い実線)及びTE₀₁モードの分散曲線(図中の破線)よりも小さく設定する。

10

【0128】

図14(d)は、多モード導波路に対してx方向に配置した第1の単一モード導波路3の場合を示している。この単一モード導波路3の基本モードの伝搬定数は、入射端Eに近い位置では、多モード導波路のTE₁₀モードの伝搬定数よりも小さく、伝搬方向に徐々に大きくなって多モード導波路のTE₁₀モードの伝搬定数よりも大きくなるため、多モード導波路から単一モード導波路への断熱遷移によって、多モード導波路のTE₁₀モードが単一モード導波路3に分波される。

【0129】

20

図14(e)は、多モード導波路に対してy方向に配置して積層させた第2の単一モード導波路4の場合を示している。この単一モード導波路4の基本モードの伝搬定数は、入射端Eに近い位置では、多モード導波路のTE₀₁モードの伝搬定数よりも小さく、伝搬方向に徐々に大きくなって多モード導波路のTE₀₁モードの伝搬定数よりも大きくなるため、多モード導波路から単一モード導波路への断熱遷移によって、多モード導波路のTE₀₁モードが単一モード導波路4に分波される。

【0130】

上記動作から、多モード導波路は縮退が解けた後、TE₁₀モードは多モード導波路に対してx方向に配置した第1の単一モード導波路3にモード遷移し、TE₀₁モードは多モード導波路に対してy方向に配置した第2の単一モード導波路4にモード遷移する。ここで、TE₁₀モードのモード遷移とTE₀₁モードのモード遷移を異なる単一モード導波路に行くことによって、TE₁₀モードとTE₀₁モードを分波(分離)することができる。

30

【0131】

[モード合分波器の第3の構成例]

次に、本願発明のモード合分波器の第3の構成例について説明する。図13(b)は、モード合分波器の第3の構成例の概略構成を示す図であり、コア厚方向から見た状態を示している。

【0132】

モード合分波器1Cは、モード合分波器1Aと同様に、基板(図示していない)上にコアの断面形状が矩形の多モード導波路2と第1および第2の単一モード導波路3,4とが形成されてなり、多モード導波路2と第1および第2の単一モード導波路3,4は非対称テーパ結合モード遷移型導波路を構成する。

40

【0133】

第1の構成例の多モード導波路2は、光ファイバ11が結合される端部から他方端に向かう伝搬方向に対して先細りであるのに対して、第3の構成例の多モード導波路5は先太りとする構成である。

【0134】

図15を用いて、第3の構成例において、モードの縮退を解いて単一モード導波路の分波する動作について説明する。

50

【 0 1 3 5 】

図 1 5 (a) は図 1 1 (a) と同様に多モード導波路の分散曲線を示し、図 1 5 (b) は図 1 4 (b) と同様に第 1 および第 2 の単一モード導波路の分散曲線を示している。図 1 5 (a) , (b) の横軸の下方に示す矩形は、コアの断面形状の変化を模式的に示している。

【 0 1 3 6 】

図 1 5 (a) の多モード導波路において、点 P からコア幅 W が大きくなる方向 (図中の右方向) に向かって正方形形状から先太りの長方形となるに従って $TE_{0,1}$ モードと $TE_{1,0}$ モードの縮退が解け、 $TE_{1,0}$ モードの等価屈折率 n_{eq} (図中の破線で表示) は $TE_{0,1}$ モードの等価屈折率 n_{eq} (図中の太い実線で表示) よりも大きくなる。

10

【 0 1 3 7 】

図 1 5 (b) の第 1 および第 2 の単一モード導波路では、コア断面のコア幅 W が次第に大きくなって先太りの長方形となるに従って等価屈折率 n_{eq} が大きくなる。

【 0 1 3 8 】

図 1 5 (c) ~ (e) は、多モード導波路と第 1 および第 2 の単一モード導波路とを断熱的なモード遷移が生じる程度に近接させた場合において、多モード導波路 ($TE_{0,1}$ モードと $TE_{1,0}$ モード) と第 1 および第 2 の単一モード導波路間のモード遷移を示している。 $TE_{0,1}$ モードは破線で示し、 $TE_{1,0}$ モードは太い実線で示し、単一モード導波路の基本モードは一点鎖線で示している。

【 0 1 3 9 】

図 1 5 (c) は、図 1 5 (a) の多モード導波路の $TE_{0,1}$ モード、 $TE_{1,0}$ モード、及び $TE_{1,1}$ モードの分散曲線と図 1 5 (b) の第 1 および第 2 の単一モード導波路の分散曲線とを重ね合わせた状態を示している。図 1 5 (c) において、点 P から図中の右側は、多モード導波路の断面形状が先太りになる範囲である。

20

【 0 1 4 0 】

図 1 5 (c) において、第 1 の単一モード導波路の分散曲線 (図中の一点鎖線) は、断面形状が太くなる方向 (横軸の右方向) において、はじめに多モード導波路の縮退が解けた $TE_{1,0}$ モードの分散曲線 (図中の太い実線) と点 S で伝搬定数の大小関係が入れ替わり、次に第 2 の単一モード導波路の分散曲線 (図中の二点鎖線) は $TE_{0,1}$ モードの分散曲線 (図中の破線) と点 T で伝搬定数の大小関係が入れ替わる。

30

【 0 1 4 1 】

図 1 5 (d) は、第 1 の単一モード導波路の基本モードの分散曲線と多モード導波路の $TE_{1,0}$ モードの分散曲線との伝搬定数の大小関係の入れ替わりを示している。

【 0 1 4 2 】

多モード導波路の断面形状が太くなる方向 (横軸の右方向) において、第 1 の単一モード導波路の基本モードの分散曲線と多モード導波路の $TE_{1,0}$ モードの分散曲線との伝搬定数の大小関係が入れ替わる点 S よりも手前 (図中の点 S よりも左側) では、第 1 の単一モード導波路の基本モードの伝搬定数は $TE_{1,0}$ モードの伝搬定数よりも小さいため、多モード導波路から第 1 の単一モード導波路の基本モードへの断熱遷移による分波は起こらない。

40

【 0 1 4 3 】

次に、点 S よりも後 (図中の点 S よりも右側) では、伝搬定数の大きさが入れ替わって、第 1 の単一モード導波路の基本モードの伝搬定数は $TE_{1,0}$ モードの伝搬定数よりも大きくなるため、多モード導波路から第 1 の単一モード導波路への断熱遷移によって、多モード導波路の $TE_{1,0}$ モードが単一モード導波路に分波される。なお、このとき多モード導波路の幅は $TE_{1,1}$ モードが伝播し始めるカットオフ点 M よりも太くはならないものとし、また第 1 の単一モード導波路の幅は $TE_{1,0}$ モードが伝播し始めるカットオフ点 L よりも太くはならないものとする。

【 0 1 4 4 】

多モード導波路と単一モード導波路の断面形状が太くなる方向 (横軸の右方向) におい

50

て、第1の単一モード導波路の基本モードの分散曲線は、点Sにおいて TE_{10} モードの分散曲線と伝搬定数の大小関係が入れ替わり、次に第2の単一モード導波路が点Tにおいて TE_{01} モードの分散曲線と伝搬定数の大小関係が入れ替わる。

【0145】

図15(e)は、第2の単一モード導波路の基本モードの分散曲線と多モード導波路の TE_{01} モードの分散曲線との伝搬定数の大小関係の入れ替わりを示している。

【0146】

多モード導波路と単一モード導波路の断面形状が太くなる方向(横軸の右方向)において、単一モード導波路の基本モードの分散曲線と多モード導波路の TE_{01} モードの分散曲線と伝搬定数の大小関係が入れ替わる点Tよりも手前(図中の点Tよりも左側)では、第2の単一モード導波路の基本モードの伝搬定数は TE_{01} モードの伝搬定数よりも小さいため、多モード導波路から単一モード導波路への断熱遷移による分波は起こらない。

10

【0147】

次に、点Tよりも後(図中の点Tよりも右側)では、伝搬定数の大きさが入れ替わって、第2の単一モード導波路の基本モードの伝搬定数は多モード導波路の TE_{01} モードの伝搬定数よりも大きくなるため、多モード導波路から単一モード導波路への断熱遷移によって、 TE_{01} モードが単一モード導波路に分波される。なお、このとき多モード導波路の幅は TE_{11} モードが伝播し始めるカットオフ点Mよりも太くはならないものとし、また第2の単一モード導波路の幅は TE_{10} モードが伝播し始めるカットオフ点Lよりも太くはならないものとする。

20

【0148】

上記動作から、多モード導波路は縮退が解けた後、はじめに TE_{10} モードが第1の単一モード導波路の基本モードにモード遷移し、次に TE_{01} モードが第2の単一モード導波路の基本モードにモード遷移する。

【0149】

なお、本願発明は前記各実施の形態に限定されるものではない。本願発明の趣旨に基づいて種々変形することが可能であり、これらを本願発明の範囲から排除するものではない。

【産業上の利用可能性】

【0150】

本願発明のモード合分波器は、光ファイバ通信のモード多重伝送に適用することができる。

30

【符号の説明】

【0151】

1 A モード合分波器

1 B モード合分波器

1 C モード合分波器

2 多モード導波路

3 第1の単一モード導波路

4 第2の単一モード導波路

5 多モード導波路

11 光ファイバ

12 偏光分離部材

C, D 結合分岐部

E 端部

F 端部

G ポート

h コア厚

L TE_{10} モードがカットオフになる点

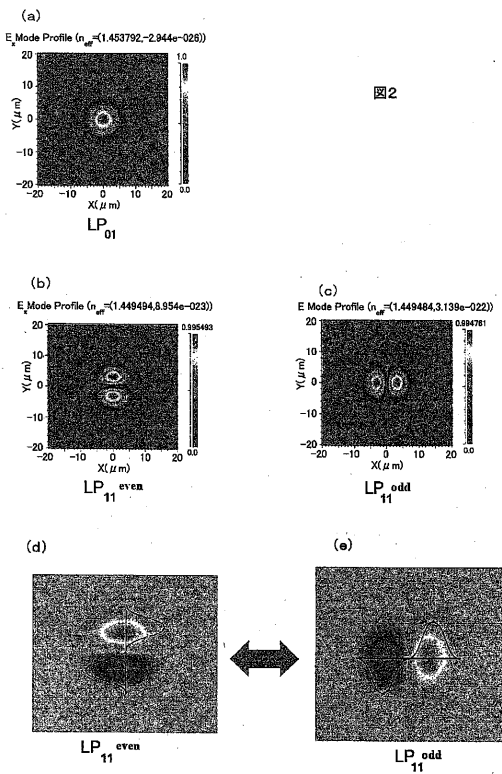
M TE_{11} モードがカットオフになる点

40

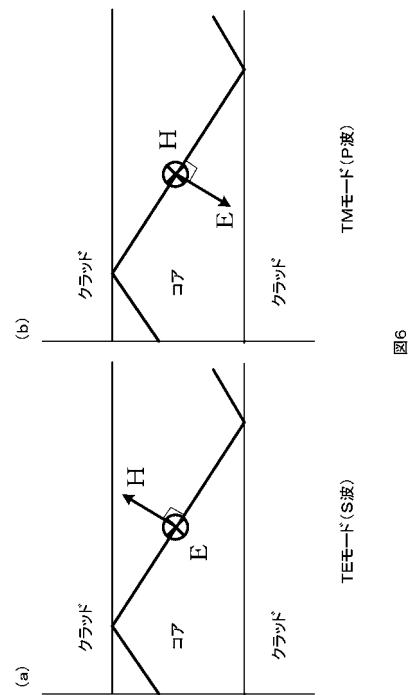
50

- P 多モード導波路の2つの高次モードの伝搬定数が一致する交点
- Q 多モード導波路の1つの高次モードの伝搬定数が単一モード導波路の基本モードの伝搬定数と一致する点
- R 多モード導波路の1つの高次モードの伝搬定数が単一モード導波路の基本モードの伝搬定数と一致する点
- S 多モード導波路の1つの高次モードの伝搬定数が単一モード導波路の基本モードの伝搬定数と一致する点
- T 多モード導波路の1つの高次モードの伝搬定数が単一モード導波路の基本モードの伝搬定数と一致する点
- TE₀₁, TE₁₀ 電磁界分布
- W コア幅

【 図 2 】



【 図 6 】



【 図 1 】

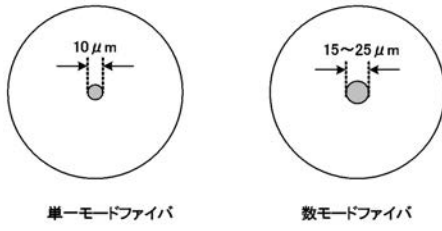
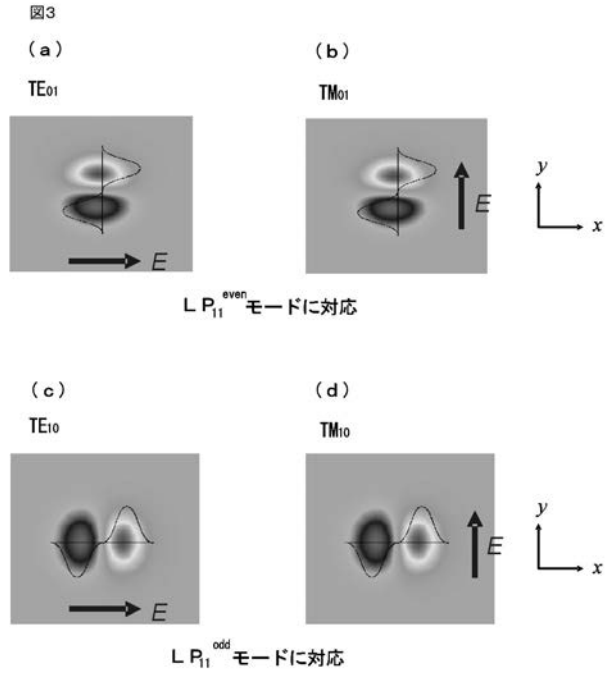


図1

【 図 3 】



【 図 4 】

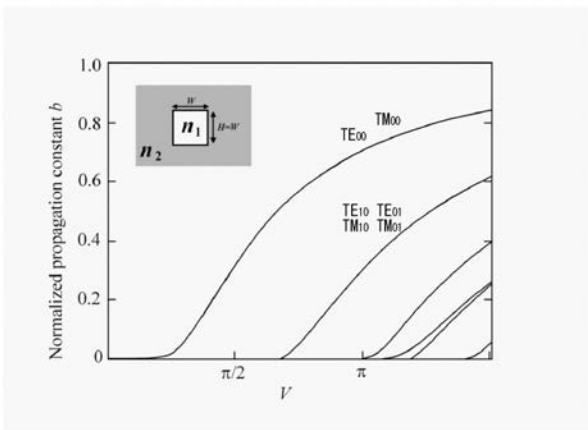


図4

【 図 5 】

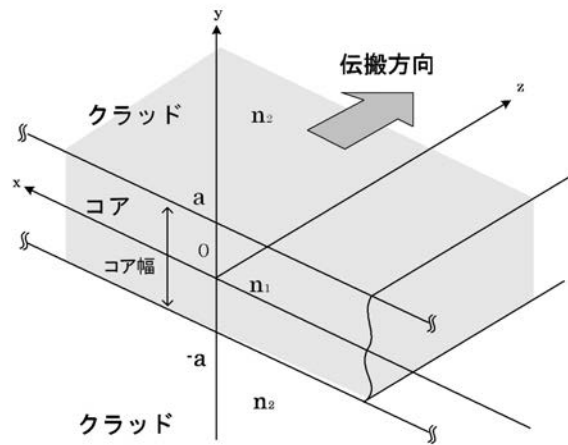
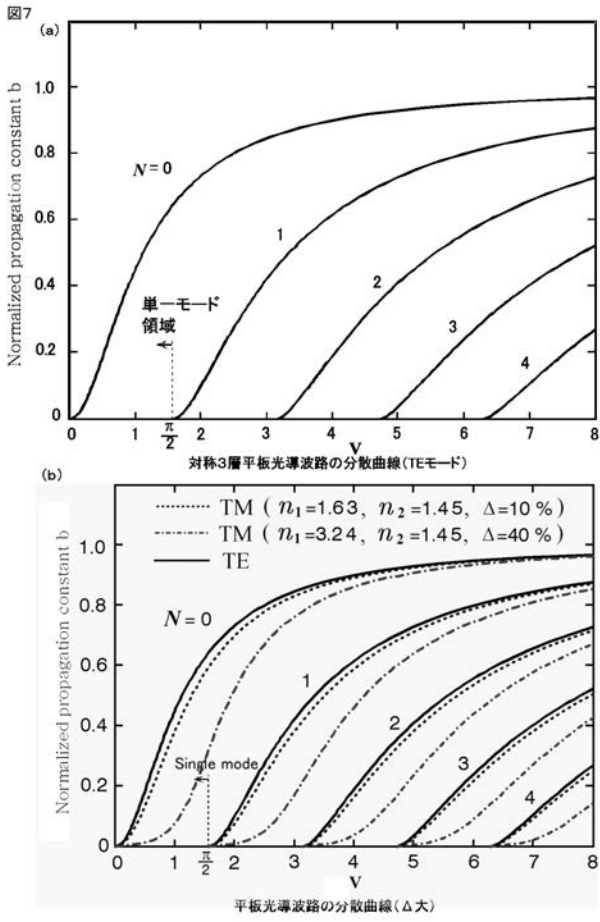


図5

【 図 7 】



【 図 8 】

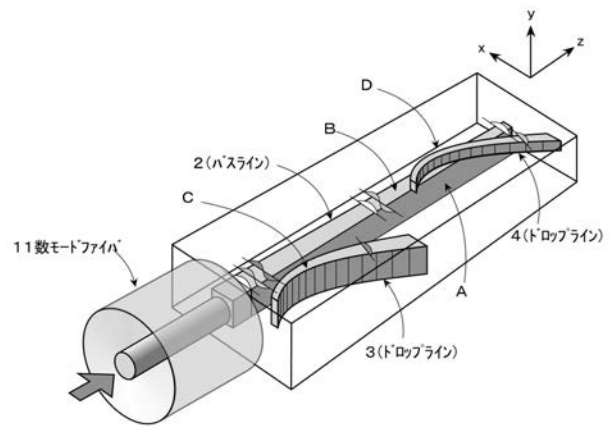


図8

【 図 9 】

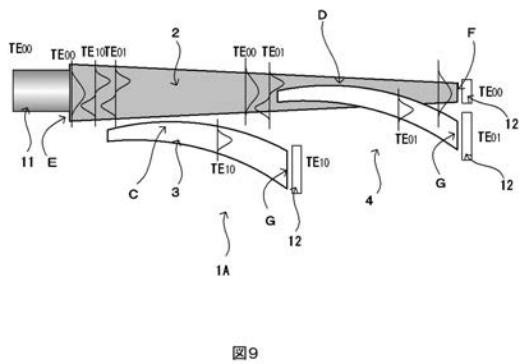


図9

【 図 10 】

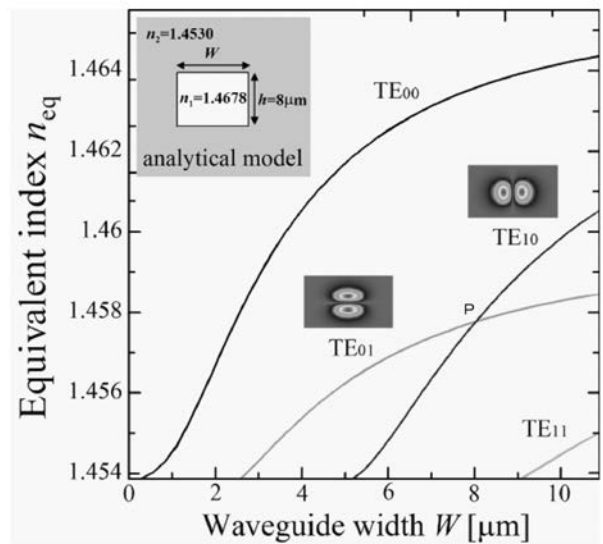


図10

【 図 1 1 】

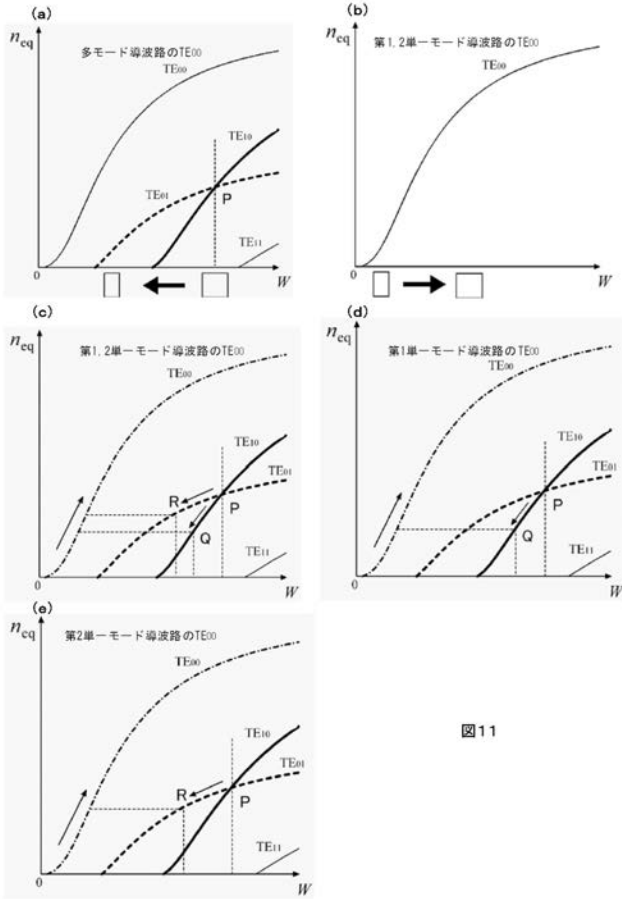
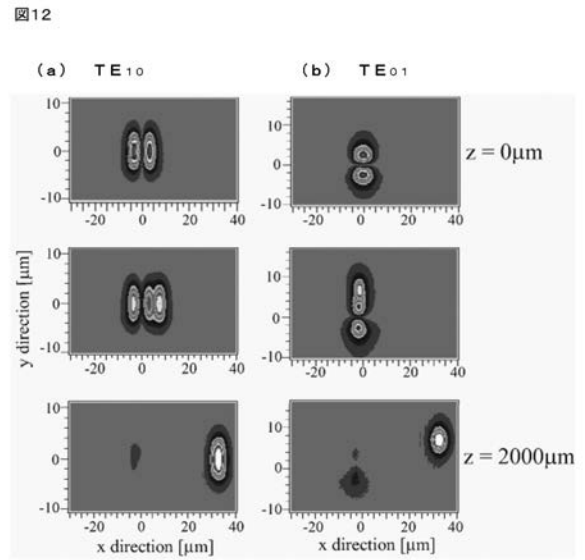


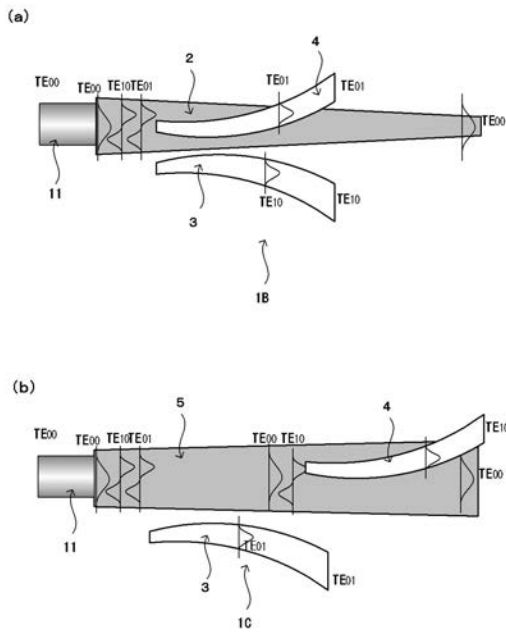
図 11

【 図 1 2 】



【 図 1 3 】

図 13



【 図 1 4 】

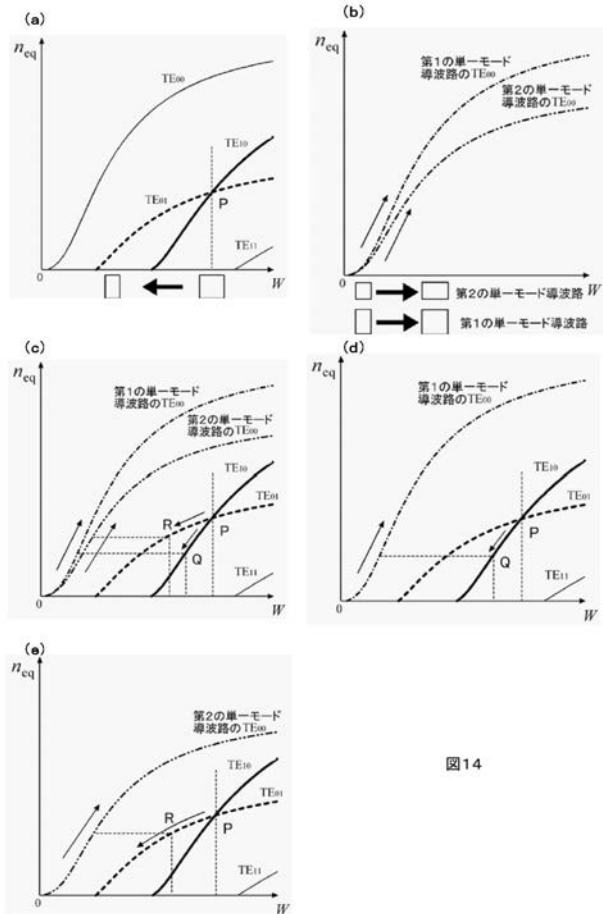
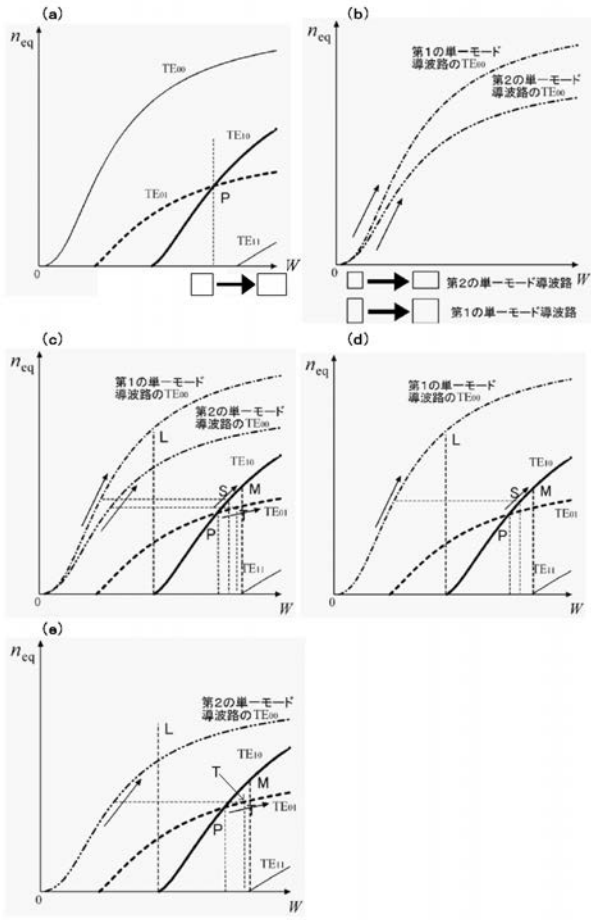


図 14

【 図 1 5 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2015/055356
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G02B6/126(2006.01)i, G02B6/122(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G02B6/12-6/14 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2015 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2004-157506 A (Optun (BVI) Ltd.), 03 June 2004 (03.06.2004), paragraphs [0011] to [0041]; fig. 6 to 7 & US 2005/0254750 A1 & WO 2003/100490 A1	1,3-7 2
Y A	JP 53-060248 A (Nippon Telegraph & Telephone Public Corp.), 30 May 1978 (30.05.1978), page 3, lower right column, line 7 to page 4, upper right column, line 10; fig. 3 to 5 (Family: none)	1,3-7 2
Y A	JP 2012-242596 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 10 December 2012 (10.12.2012), paragraphs [0011] to [0024]; fig. 1 to 6, 12 (Family: none)	1,3-7 2
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 18 May 2015 (18.05.15)		Date of mailing of the international search report 02 June 2015 (02.06.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/055356

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 01-302306 A (Commissariat a L'Energie Atomique), 06 December 1989 (06.12.1989), page 4, lower left column, line 1 to page 5, lower right column, line 11; fig. 4 to 6 & US 4911513 A & EP 324694 A1	1, 3-7 2
A	JP 2007-127748 A (Alps Electric Co., Ltd.), 24 May 2007 (24.05.2007), paragraphs [0019] to [0039]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-7
A	JP 2013-125276 A (Mitsubishi Electric Corp.), 24 June 2013 (24.06.2013), paragraphs [0028] to [0029], [0039] to [0040]; fig. 4, 8 & US 2013/0156361 A1	1-7
A	WO 2008/084584 A1 (NEC Corp.), 17 July 2008 (17.07.2008), paragraphs [0045] to [0048]; fig. 6 & US 2010/0074571 A1	1-7
A	JP 2006-235380 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 07 September 2006 (07.09.2006), paragraphs [0025] to [0043]; fig. 5, 7 (Family: none)	1-7
A	Maxim Greenberg, Meir Orenstein, Multimode add-drop multiplexing by adiabatic linearly tapered coupling, Optics Express, 2005.11.14, Vol.13, No.23, pp.9381-9387	1-7

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2015/055356									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02B6/126(2006.01)i, G02B6/122(2006.01)i											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02B6/12-6/14											
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2015年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2015年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2015年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2015年	日本国実用新案登録公報	1996-2015年	日本国登録実用新案公報	1994-2015年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2015年										
日本国実用新案登録公報	1996-2015年										
日本国登録実用新案公報	1994-2015年										
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号									
Y A	JP 2004-157506 A (オプチュン・(ビーグイアイ)・リミテッド) 2004.06.03, [0011]-[0041], 図 6-7 & US 2005/0254750 A1 & WO 2003/100490 A1	1,3-7 2									
Y A	JP 53-060248 A (日本電信電話公社) 1978.05.30, 第3頁右下欄第7 行-第4頁右上欄第10行, 第3-5図 (ファミリーなし)	1,3-7 2									
Y A	JP 2012-242596 A (日本電信電話株式会社) 2012.12.10, [0011]-[0024], 図 1-6, 12 (ファミリーなし)	1,3-7 2									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。											
* 引用文献のカテゴリー		の日の後に公表された文献									
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの		「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの									
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの									
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)		「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの									
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」同一パテントファミリー文献									
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願											
国際調査を完了した日 18.05.2015		国際調査報告の発送日 02.06.2015									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 奥村 政人	2 X 4752								
		電話番号 03-3581-1101 内線 3294									

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 5 / 0 5 5 3 5 6
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 01-302306 A (コミッサレ・ア・レナジイ・アトミック) 1989. 12. 06, 第 4 頁左下欄第 1 行-第 5 頁右下欄第 11 行, 第 4-6 図 & US 4911513 A & EP 324694 A1	1, 3-7 2
A	JP 2007-127748 A (アルプス電気株式会社) 2007. 05. 24, [0019]-[0039], 図 1-4 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2013-125276 A (三菱電機株式会社) 2013. 06. 24, [0028]-[0029], [0039]-[0040], 図 4, 8 & US 2013/0156361 A1	1-7
A	WO 2008/084584 A1 (日本電気株式会社) 2008. 07. 17, [0045]-[0048], 図 6 & US 2010/0074571 A1	1-7
A	JP 2006-235380 A (日本電信電話株式会社) 2006. 09. 07, [0025]-[0043], 図 5, 7 (ファミリーなし)	1-7
A	Maxim Greenberg, Meir Orenstein, Multimode add-drop multiplexing by adiabatic linearly tapered coupling, Optics Express, 2005. 11. 14, Vol. 13, No. 23, pp.9381-9387	1-7

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。