

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年4月26日(26.04.2018)



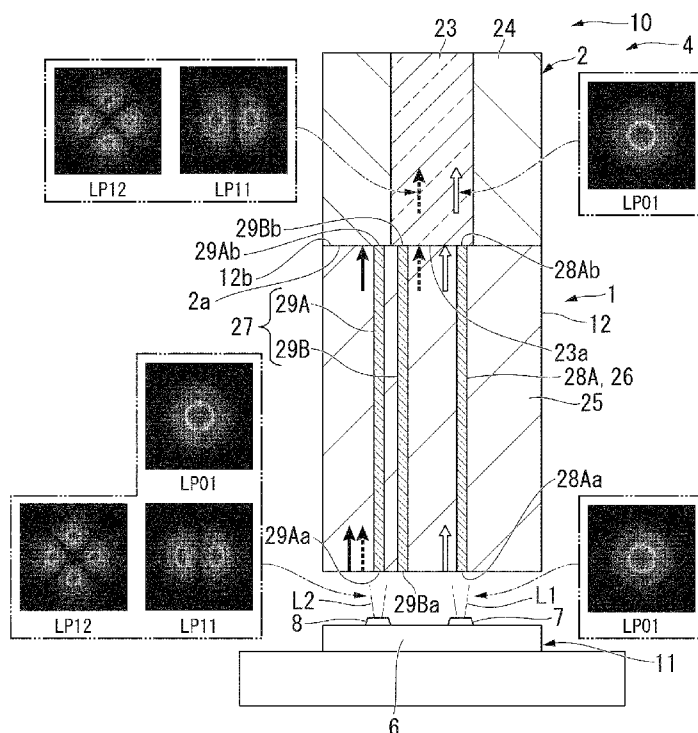
(10) 国際公開番号

WO 2018/074301 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 5/42 (2006.01) G02B 6/42 (2006.01)
G02B 6/02 (2006.01) H01L 31/0232 (2014.01)
G02B 6/125 (2006.01) H01S 5/022 (2006.01)
G02B 6/26 (2006.01) H04J 14/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/036821
- (22) 国際出願日: 2017年10月11日(11.10.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-207302 2016年10月21日(21.10.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.)
[JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場 1 丁目 5 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 小里 貞二郎 (ORI Teijiro); 〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP).
- (74) 代理人: 棚井 澄雄, 外 (TANAI Sumio et al.);
〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: OPTICAL TRANSMISSION DEVICE AND OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 光送信装置および光通信システム



(57) Abstract: An optical transmission device that comprises a light source, a directional coupler, and a light transmission path that has a transmission path core that is optically coupled to the directional coupler. The light source has: a first light-emitting unit that emits first light that includes at least a basic mode; and a second light-emitting unit that emits second light that includes a higher-order mode that is of a higher order than the basic mode. The directional coupler comprises at least: a first waveguide region that has a first core that is arranged to be optically coupled to the first light-emitting

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, 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, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

unit and to the transmission path core; and a second waveguide region that has a second core and a third core that are formed at an interval so as to optically couple to each other such that at least one portion of the higher-order mode can be transitioned. One of the second core and the third core is arranged to be optically coupled to the second light-emitting unit but not to the transmission path core, and the other of the second core and the third core is arranged to be optically coupled to the transmission path core but not to the second light-emitting unit.

(57) 要約：光源と、方向性結合器と、前記方向性結合器に光結合された伝送路コアを有する光伝送路とを備え、前記光源は、少なくとも基本モードを含む第1の光を発する第1発光部と、前記基本モードより次数が高い高次モードを含む第2の光を発する第2発光部と、を有し、前記方向性結合器は、少なくとも、前記第1発光部に光結合され、かつ前記伝送路コアに光結合されるように配置された第1コアを有する第1導波領域と、前記高次モードの少なくとも一部が遷移可能に互いに光結合するように、間隔をおいて形成された第2コアおよび第3コアを有する第2導波領域とを備え、前記第2コアと前記第3コアのうち一方は、前記第2発光部に光結合され、かつ前記伝送路コアに光結合されないように配置され、前記第2コアと前記第3コアのうち他方は、前記第2発光部に光結合されず、かつ前記伝送路コアに光結合されるように配置されている、光送信装置。

明 細 書

発明の名称：光送信装置および光通信システム

技術分野

[0001] 本発明は、光送信装置および光通信システムに関する。

本願は、2016年10月21日に、日本に出願された特願2016-207302号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来、光伝送モジュールの通信容量を増やすためには、波長多重、空間多重等の技術が用いられてきた。基幹通信ネットワークで使用されている1300～1650nmの長波長帯域では、波長可変レーザーを用いた波長分割多重方式(WDM)により、トランシーバー毎に波長を変え、その波長を多重化する方式が用いられてきた。

近年、WDMでは通信容量が不足しており、特許文献1および非特許文献1に記載されているように、モード多重を用いた研究が行われている。

特許文献1および非特許文献1には、光ファイバで横モードを多重化するため、モード合分波器を用いて基本モードと高次モードを励起し、光ファイバに入射する方法を用いる光送信装置が提案されている。また、特許文献2に記載のように、VCSELを用いた光送信装置では、シングルモード光をレンズなどの光学素子を使用して空間光学的に角度を付けて光ファイバに入射させ、その角度を調整することによってモードの多重化を行っている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開2015-212757号公報

特許文献2：日本国特開2000-22643号公報

非特許文献

[0004] 非特許文献1：信学技報Vol. 112、No. 448、p. 39～44

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来の光送信装置では、複数の横モードを得るために、光ファイバとレーザー光源との間に、光ファイバとレーザー光源それぞれと離間した比較的大型の部品を使用する必要がある、小型化、低価格化の阻害要因となっていた。

[0006] 本発明の一態様は、構造が簡略であり、小型化および低価格化を図ることができる光送信装置および光通信システム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

[0007] 本発明の第1の態様に係る光送信装置は、光源と、方向性結合器と、前記方向性結合器に光結合された伝送路コアを有する光伝送路とを備え、前記光源は、少なくとも基本モードを含む第1の光を発する第1発光部と、前記基本モードより次数が高い高次モードを含む第2の光を発する第2発光部と、を有し、前記方向性結合器は、少なくとも、前記第1発光部に光結合され、かつ前記伝送路コアに光結合されるように配置された第1コアを有する第1導波領域と、前記高次モードの少なくとも一部が遷移可能に互いに光結合するように、間隔をおいて形成された第2コアおよび第3コアを有する第2導波領域とを備え、前記第2コアと前記第3コアのうち一方は、前記第2発光部に光結合され、かつ前記伝送路コアに光結合されないように配置され、前記第2コアと前記第3コアのうち他方は、前記第2発光部に光結合されず、かつ前記伝送路コアに光結合されるように配置されている。

ここで、前記第1導波領域が、前記高次モードの少なくとも一部が遷移可能に前記第1コアと光結合するように、前記第1コアと間隔をおいて形成された第4コアを有し、前記第4コアが、前記第1発光部に光結合されず、かつ前記伝送路コアに光結合されないように配置されていてもよい。

また、前記光源は面発光レーザーであり、前記第1発光部および前記第2発光部は、それぞれ多重量子井戸構造を有する活性層と、開口部を有する電流狭窄層とを少なくとも有し、前記第2発光部の前記電流狭窄層の前記開口部の内径は、前記第1発光部の前記電流狭窄層の前記開口部の内径より大き

くてもよい。

また、前記光伝送路は、グレーデッドインデックス型光ファイバであってもよい。

また、前記方向性結合器は、前記第1コアと、前記第2コアと、前記第3コアと、を有するマルチコア光ファイバであってもよい。

[0008] 本発明の第2の態様に係る光通信システムは、前記光送信装置と、前記光送信装置に光結合された受信部とを備え、前記受信部は、前記光伝送路に光結合されたモード分離部と、前記モード分離部に光結合された受信部本体とを備え、前記モード分離部は、前記光伝送路から入射された前記基本モードおよび前記高次モードが入射される主コアと、前記基本モードおよび前記高次モードのうち一方の少なくとも一部を前記主コアから分離する分離用コアとを有し、前記受信部本体は、前記主コアおよび前記分離用コアから出射された、前記基本モードおよび前記高次モードがそれぞれ入射される第1受光部および第2受光部を有する。

ここで、前記光通信システムにおいて、前記高次モードが入射される前記第1受光部または前記第2受光部の下流側に、前記第1受光部または前記第2受光部で光電変換された信号の一部を除去する電氣的なローカットフィルタが設けられていてもよい。

[0009] 本発明の第3の態様に係る光送信装置は、光源と、方向性結合器と、前記方向性結合器に光結合された伝送路コアを有する光伝送路とを備え、前記光源は、少なくとも基本モードを含む第1の光を発する第1発光部と、前記基本モードより次数が高い高次モードを含む第2の光を発する第2発光部と、を有し、前記方向性結合器は、前記基本モードの少なくとも一部が遷移可能に互いに光結合するように、間隔をおいて形成された第1コアおよび第4コアを有する第1導波領域と、前記高次モードの少なくとも一部が遷移可能に互いに光結合するように、間隔をおいて形成された第2コアおよび第3コアを有する第2導波領域とを備え、前記第1コアは、前記第1発光部に光結合されず、かつ前記伝送路コアに光結合されるように配置され、前記第4コア

は、前記第1発光部に光結合され、かつ前記伝送路コアに光結合されないように配置され、前記第2コアと前記第3コアのうち一方は、前記第2発光部に光結合され、かつ前記伝送路コアに光結合されないように配置され、前記第2コアと前記第3コアのうち他方は、前記第2発光部に光結合されず、かつ前記伝送路コアに光結合されるように配置されている。

発明の効果

[0010] 上記態様によれば、第2導波領域の第2コアと第3コアとが、高次モードの一部が遷移可能に光結合している。また、第2コアと第3コアのうち一方が、光伝送路の伝送路コアに光結合されるように配置されているため、他方から遷移した高次モードが光伝送路コアに出射される。そのため、発光部とは別に、複数のモードを得るための部品等を用いずに、第1発光部からの第1の光の基本モードと、第1の光とは独立して変調された第2の光の高次モードとを用いたモード多重通信が可能である。よって、モード多重通信が可能な光送信装置の構造を簡略にし、小型化および低価格化を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]第1実施形態の光通信システムの構成図である。
[図2]図1の光通信システムの光送信装置の構成図である。
[図3]図2の光送信装置に用いられる光源の平面図である。
[図4]図3の光源の断面図である。
[図5]図2の光送信装置に用いられる方向性結合器の断面図である。
[図6]光のスペクトルの例を示す図である。
[図7]方向性結合器の一对のコアの中心間距離と結合長との関係の例を示す図である。
[図8]方向性結合器の一对のコアの中心間距離と、第2コアにおけるLP01モードの残量との関係の例を示す図である。
[図9]図1の光通信システムの受信部の構成図である。
[図10]第2実施形態の光通信システムの光送信装置の構成図である。

[図11]図10の光送信装置に用いられる方向性結合器の断面図である。

[図12]ローカットフィルタの例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、実施形態の光通信システムについて図面に基づいて説明する。なお、以下の説明で用いる図面は、特徴をわかりやすくするために、便宜上特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率などが実際と同じであるとは限らない。また、本発明は以下の実施形態に限定されない。

[0013] <光送信装置および光通信システム（第1実施形態）>

図1は、第1実施形態の光通信システム10の構成図である。図2は、光通信システム10の光送信装置4の構成図である。図3は、光送信装置4に用いられる光源11の平面図である。図4は、光源11についての、後述する基板14の厚さ方向に沿う断面図である。図5は、光送信装置4に用いられる方向性結合器12の断面図である。

[0014] 図1に示すように、光通信システム10は、光送信装置4と、光送信装置4に光結合された受信部3とを備えている。光送信装置4は、送信部1と、送信部1に光結合された光伝送路2とを備えている。

[0015] （定義）

ここで、本実施形態において、光源（第1発光部もしくは第2発光部）と、導波領域コア（第1～第4コアのいずれか）とが光結合するとは、光源からの光が導波領域コアに入射することを言う。

例えば、以下の（i）～（i i i）の場合に、光源と導波領域コアとが光結合しているという。（i）光源と導波領域コアとが互いに離間され、光源から出射された光が導波領域コアに入射する場合。（i i）光源と導波領域コアとが互いに離間され、光源と導波領域コアとが互いに光ファイバなどの中継用光伝送路を通じて接続され、光源から出射された光が中継用光伝送路を通して導波領域コアに入射する場合。（i i i）光源と導波領域コアとが互いに接して設置され、光源から出射された光が導波領域コアに入射する場

合。

また、導波領域コア（第１～第４コアのいずれか）と、光伝送路コアとが光結合するとは、例えば、導波領域コアから出射された光が光伝送路コアに入射することを言う。

また、２つのコア（第２コアと第３コア、もしくは、第１コアと第４コア）が、光の少なくとも一部が遷移可能に光結合するとは、例えば、２つのコアのうち一方のコアを伝搬する光の少なくとも一部が他方のコアに遷移し得ることを言う。

また、光伝送路コアと、モード分離器の主コアとが光結合するとは、例えば、光伝送路コアから出射された光が主コアに入射することを言う。

また、モード分離器の主コアもしくは分離用コアが、受光部（第１受光部または第２受光部）に光結合するとは、例えば、主コアもしくは分離用コアから出射された光が受光部に入射することを言う。

また、光通信システム１０における光の伝送方向のうち、送信部１側を上流側といい、受信部３側を下流側という。

[0016] 図２に示すように、送信部１は、光源１１と、方向性結合器１２とを備えている。

図３および図４に示すように、光源１１は、例えば面発光レーザー（VCSEL: Vertical Cavity Surface Emitting Laser）である。VCSELの使用により、簡略な構造でありながら、基本モードと高次モードとを用いたモード多重通信を実現できる。

[0017] 図４に示すように、光源１１は、基台部６と、基台部６に設けられた第１発光部７および第２発光部８と、を備えている。

基台部６は、カソード電極１３と、基板１４と、第１ミラー層１５とがこの順に積層されて構成されている。

図４に示すように、カソード電極１３は、基板１４の外表面（図４の下面）に設けられている。

基板１４としては、例えばｎ型のGaAs基板などが使用できる。

第1ミラー層15は、例えばn型の半導体層であり、低屈折率層と高屈折率層とを交互に積層した分布ブラッグ反射型（DBRミラー）である。

[0018] 第1発光部7および第2発光部8は、基台部6上に、平面視において互いに異なる位置に配置されている。なお、平面視とは基板14の厚さ方向から見ることをいう。

第1発光部7は、活性層16Aと、電流狭窄層17Aと、第2ミラー層18Aと、パシベーション層19Aと、アノード電極20Aとが基台部6からこの順に積層されて構成されている。第2発光部8は、活性層16Bと、電流狭窄層17Bと、第2ミラー層18Bと、パシベーション層19Bと、アノード電極20Bとが基台部6からこの順に積層されて構成されている。

[0019] 活性層16A、16Bは、例えば量子井戸層と障壁層とからなる量子井戸構造を複数備えた多重量子井戸構造を有する。

電流狭窄層17A、17Bは、例えばAlAs層を酸化して得られ、それぞれ開口部17Aa、17Baを有する。

第2ミラー層18A、18Bは、例えばp型の半導体層であり、低屈折率層と高屈折率層とを交互に積層した分布ブラッグ反射型（DBRミラー）である。

[0020] パシベーション層19Aは、例えば第2ミラー層18Aを包囲して形成されている。パシベーション層19Aは、平面視において少なくとも電流狭窄層17Aの開口部17Aaを囲む開口部19Aaを有する。なお、平面視とは基板14の厚さ方向から見ることをいう。

アノード電極20Aは、パシベーション層19Aおよび第2ミラー層18Aを囲んで設けられている。アノード電極20Aは、平面視において電流狭窄層17Aの開口部17Aaを囲む開口部20Aaを有する。

第1発光部7では、開口部20Aaを通して第1の光L1（図2参照）が外部に出射される。

[0021] パシベーション層19Bは、例えば第2ミラー層18Bを包囲して形成されている。パシベーション層19Bは、平面視において少なくとも電流狭窄

層 17B の開口部 17Ba を囲む開口部 19Ba を有する。

アノード電極 20B は、パシベーション層 19B および第 2 ミラー層 18B を囲んで設けられている。アノード電極 20B は、平面視において電流狭窄層 17B の開口部 17Ba を囲む開口部 20Ba を有する。

第 2 発光部 8 では、開口部 20Ba を通って第 2 の光 L2（図 2 参照）が外部に出射される。

図 3 に示す一対のアノード電極端子 21 は、図 4 に示すアノード電極 20A、20B にそれぞれ接続されている。図 3 に示す一対のカソード電極端子 22 はそれぞれ、図 4 に示すカソード電極 13 に接続されている。

[0022] 図 6 は、第 2 発光部 8 が出射する光のスペクトルの例を示す図である。図 6 に示すように、この光は、横モードの次数が異なる複数のモードを含む。前記光は、最も波長が長い基本モード（LP01 モード）と、基本モードより次数が高い高次モード（LP11 モードおよび LP12 モード）とを含む。ここで、一般的に、横モードの次数を表現する場合、LP モード（linearly polarized propagation mode）を用いている。以降、横モードの次数を表現する場合、LP モードを用いることがある。LP11 モードのピークの波長は LP01 モードのピークの波長よりも短い。LP12 モードのピークの波長は LP11 モードのピークの波長よりも短い。

[0023] 図 4 に示す、電流狭窄層 17A、17B の開口部 17Aa、17Ba の内径 Da、Db は、発光部 7、8 からの出射光に含まれる基本モードと高次モードとの比率に影響する。例えば、開口部 17Aa、17Ba の内径 Da、Db が小さいほど、全体に占める基本モードの比率が大きくなる傾向がある。また、開口部 17Aa、17Ba の内径 Da、Db が大きいほど、全体に占める高次モードの比率が大きくなる傾向がある。そのため、開口部 17Aa、17Ba の内径 Da、Db の選択により基本モードと高次モードとの比率を調整することができる。

[0024] 光源 11 では、第 1 発光部 7 の開口部 17Aa の内径 Da と、第 2 発光部 8 の開口部 17Ba の内径 Db とが異なることによって、基本モードと高次

モードとの比率が異なる第1の光L1と第2の光L2が得られる。例えば、第2発光部8の開口部17Baの内径Dbを、第1発光部7の開口部17Aaの内径Daより大きく設定することによって、第2の光L2における高次モード（例えばLP11モードおよびLP12モード）の比率を、第1の光L1における高次モードの比率より大きくすることができる。

第1発光部7の開口部17Aaの内径Daは、例えば5.5～6.5μmである。第2発光部8の開口部17Baの内径Dbは、例えば8～10μmである。

[0025] 光源11におけるバイアス電流は、出射光の基本モードと高次モードとの比率に影響する。例えば、閾値I_{th}から3mA程度の低電流値では基本モードの比率が大きくなり、9mA程度の高電流値では、高次モードの比率が大きくなる。すなわち、光源11におけるバイアス電流の電流値を上げていくと高次モードの比率が大きくなる。そのため、バイアス電流により基本モードと高次モードとの比率を調整することができる。例えば、第1発光部7および第2発光部8におけるバイアス電流を適切に設定すれば、第2の光L2における高次モードの比率を、第1の光L1における高次モードの比率より大きくすることができる。

[0026] 図2に示すように、第1発光部7は、少なくとも基本モード（LP01モード）を含む第1の光L1を発する。第1の光L1は、大部分が基本モードであることが好ましい。第1の光L1の大部分が基本モードであると、光伝送路2での光伝送時におけるノイズを低減できる。

第2発光部8は、少なくとも高次モードを含む第2の光L2を発する。第2の光L2は、基本モードと高次モードとを含んでいてもよい。高次モードは、例えばLP11モードおよびLP12モードである。第2の光L2における高次モードの比率が大きいと、光伝送路2での光伝送時におけるノイズを低減できる。

[0027] 図2および図5に示すように、方向性結合器12は、第1導波領域26と、第2導波領域27と、クラッド25と、を有する。クラッド25は、第1

導波領域 26 および第 2 導波領域 27 を囲んでいる。方向性結合器 12 は、光源 11 から光伝送路 2 に向けて延びている。

第 1 導波領域 26 は、第 1 コア 28 A を有する。第 1 コア 28 A は、方向性結合器 12 が延びる長手方向に沿って延在している。

第 2 導波領域 27 は、第 2 コア 29 A と第 3 コア 29 B とを有する。第 2 コア 29 A および第 3 コア 29 B は、方向性結合器 12 の長手方向に沿って延在している。第 2 コア 29 A と第 3 コア 29 B とは、互いに、光結合が可能となる間隔をおいて並列して形成されている。第 2 コア 29 A と第 3 コア 29 B とは、高次モードの少なくとも一部が遷移可能に光結合する間隔をおいて形成されている。

方向性結合器 12 としては、コア 28 A, 29 A, 29 B と、コア 28 A, 29 A, 29 B を囲むクラッド 25 とを有するマルチコア光ファイバを使用できる。マルチコア光ファイバは、ステップインデックス (S I) 型であることが好ましい。

第 1 コア 28 A、第 2 コア 29 A および第 3 コア 29 B のうち 2 以上は、互いに同じ構成 (例えば材質、外径等) であってもよいし、互いに異なる構成であってもよい。例えば、第 2 コア 29 A と第 1 コア 28 A とは同じ構成であってもよいし、異なる構成であってもよい。

[0028] 図 7 は、一对のコア (第 2 コア 29 A および第 3 コア 29 B) を有する方向性結合器 12 において、第 2 コア 29 A と第 3 コア 29 B の中心間距離 d (横軸) と結合長 (縦軸) との関係の例を示す図である。

図 8 は、上記中心間距離 d (横軸) と、第 2 コア 29 A における LP01 モードのパワー残量 (縦軸) と、の関係の例を示す図である。なお、第 2 コア 29 A および第 3 コア 29 B は、直径 $8\ \mu\text{m}$ 、比屈折率差 0.3% とした。また、入射させる光の波長は $850\ \text{nm}$ とした。

[0029] 図 7 および図 8 に示すように、コアの結合長は中心間距離 d に応じて変化する。中心間距離 d が $14\ \mu\text{m}$ の場合には、コアの長さを $100\ \text{mm}$ 以上とすると、95% 以上の LP01 モードを第 2 コア 29 A に残しつつ、LP1

1 モードの大部分を第2コア29Aから第3コア29Bに遷移させることができる。

よって、図2および図5に示す方向性結合器12では、例えば第2コア29Aと第3コア29Bとの中心間距離 d を $13 \sim 15 \mu\text{m}$ 、長さ 100 mm 以上（例えば $100 \sim 150 \text{ mm}$ ）とすることが好ましい。

[0030] 第1導波領域26の第1コア28Aは、入射端28Aaの少なくとも一部が平面視において光源11の第1発光部7に重なる位置にあるため、第1発光部7からの第1の光 L_1 が入射端28Aaから入射されるように配置されている。すなわち、第1コア28Aは、第1発光部7に光結合されるように配置されている。

第1コア28Aの出射端28Abは、少なくとも一部が平面視において光伝送路2の伝送路コア23の入射端23aに重なる位置にあるため、第1コア28Aは、出射端28Abが光伝送路2の伝送路コア23に光結合されるように配置されている。

[0031] 第2導波領域27の第2コア29Aは、入射端29Aaの少なくとも一部が平面視において光源11の第2発光部8に重なる位置にあるため、第2発光部8からの第2の光 L_2 が入射端29Aaから入射されるように配置されている。すなわち、第2コア29Aは、第2発光部8に光結合されるように配置されている。

第2コア29Aの出射端29Abは、平面視において光伝送路2の伝送路コア23の入射端23aから離れた位置にある。そのため、第2コア29Aは、出射端29Abにおいて光伝送路2の伝送路コア23に光結合されていない。なお、第2コア29Aは、大部分の光が光伝送路2の伝送路コア23に出射されないように配置されていてもよい。

[0032] 第2導波領域27の第3コア29Bの入射端29Baは、平面視において第2発光部8から離れた位置にある。そのため、第3コア29Bは、第2発光部8に光結合されていない。

第3コア29Bの出射端29Bbは、少なくとも一部が平面視において光

伝送路 2 の伝送路コア 2 3 の入射端 2 3 a に重なる位置にある。そのため、第 3 コア 2 9 B は、光が出射端 2 9 B b から光伝送路 2 の伝送路コア 2 3 に出射されるように配置されている。すなわち、第 3 コア 2 9 B は、光伝送路 2 の伝送路コア 2 3 に光結合されている。

[0033] 光伝送路 2 は、例えば、伝送路コア 2 3 と、伝送路コア 2 3 を囲むクラッド 2 4 とを有する光ファイバである。光伝送路 2 は、グレーデッドインデックス (G I) 型光ファイバであることが好ましい。G I 型光ファイバを使用することによって、安定した信号が得られる。

光伝送路 2 の入射端 2 a は、方向性結合器 1 2 の出射端 1 2 b と融着接続されていることが好ましい。

[0034] 図 9 に示すように、受信部 3 は、光伝送路 2 に光結合されたモード分離器 3 1 (モード分離部) と、モード分離器 3 1 に光結合された受信部本体 3 2 とを備えている。

モード分離器 3 1 は、例えば、主コア 3 3 と、分離用コア 3 4 と、コア 3 3, 3 4 を囲むクラッド 4 0 とを有する。

主コア 3 3 は、入射端 3 3 a から出射端 3 3 b に向けて直線状に形成されている。入射端 3 3 a は少なくとも一部が平面視において光伝送路 2 の伝送路コア 2 3 の出射端 2 3 b に重なる位置にあるため、主コア 3 3 は、光が伝送路コア 2 3 の出射端 2 3 b から入射されるように配置されている。すなわち、主コア 3 3 は、伝送路コア 2 3 に光結合するように配置されている。

[0035] 分離用コア 3 4 は、光の伝送方向に、上流側部分 3 5 と、結合部分 3 6 と、下流側部分 3 7 と、延出部分 3 8 をこの順に有する。

上流側部分 3 5 は、下流側に向かうに従って、主コア 3 3 に徐々に近づく部分である。結合部分 3 6 は、光結合が可能となる間隔において、概略、主コア 3 3 に並行して形成された部分である。下流側部分 3 7 は、下流側に向かうに従って、主コア 3 3 から徐々に離間する部分である。延出部分 3 8 は、下流側部分 3 7 から延出し、出射端 3 4 b に達する部分である。

[0036] 主コア 3 3 は、出射端 3 3 b の少なくとも一部が平面視において受信部本

体 3 2 の第 1 受光部 4 2 に重なる位置にあるため、出射された光が第 1 受光部 4 2 に入射されるように配置されている。すなわち、主コア 3 3 は、第 1 受光部 4 2 に光結合されるように配置されている。

分離用コア 3 4 は、出射端 3 4 b の少なくとも一部が平面視において受信部本体 3 2 の第 2 受光部 4 3 に重なる位置にあるため、出射された光が第 2 受光部 4 3 に入射されるように配置されている。すなわち、分離用コア 3 4 は、第 2 受光部 4 3 に光結合されるように配置されている。

モード分離器 3 1 の入射端 3 1 a は、光伝送路 2 の出射端 2 b と融着接続されていることが好ましい。

[0037] 受信部本体 3 2 は、例えばフォトダイオード (PD: Photo Diode) である。PD としては、GaAs の PIN 型フォトダイオード (PIN-PD)、アバランシェフォトダイオード (APD) などが挙げられる。

受信部本体 3 2 は、基台部 4 1 と、基台部 4 1 に設けられた第 1 受光部 4 2 および第 2 受光部 4 3 と、を備えている。

第 1 受光部 4 2 および第 2 受光部 4 3 は、基台部 4 1 上に、平面視において互いに異なる位置に配置されている。

[0038] 次に、光通信システム 10 を用いた通信方法の一例を説明する。

図 2 に示すように、光源 1 1 においては、第 1 発光部 7 からの第 1 の光 L 1 と、第 2 発光部 8 からの第 2 の光 L 2 とは、独立して変調される。

第 1 の光 L 1 は、少なくとも基本モード (LP01 モード) を含む。第 1 の光 L 1 は、大部分が基本モードであってよい。

第 1 の光 L 1 は、入射端 2 8 A a から第 1 コア 2 8 A に入射されて出射端 2 8 A b から出射され、入射端 2 3 a から光伝送路 2 の伝送路コア 2 3 に入射され、光伝送路 2 の伝送路コア 2 3 を通じて、受信部 3 に向かって伝送される。

[0039] 第 2 の光 L 2 は、少なくとも高次モード (例えば LP11 モードおよび LP12 モード) を含む。第 2 の光 L 2 は、例えば上述の手法により、高次モードの比率が第 1 の光 L 1 における高次モードの比率より大きくされている

ことが好ましい。

第2発光部8からの第2の光L2は、入射端29Aaから第2コア29Aに入射される。

[0040] 第2コア29Aと第3コア29Bとは光結合が可能であるため、第2コア29Aに入射された第2の光L2の基本モードの大部分は第2コア29Aに残り、高次モードの少なくとも一部（例えば高次モードの大部分）は第3コア29Bに遷移する。

第3コア29Bに移った高次モードを含む第2の光L2は、出射端29Bbから出射され、光伝送路2の伝送路コア23に入射され、光伝送路2の伝送路コア23を通じて、受信部3に向かって伝送される。

なお、第2コア29Aは、光伝送路2の伝送路コア23には光結合されていないため、第2コア29Aに残った基本モードは、光伝送路2の伝送路コア23には入射されない。この基本モードは、光伝送路2の伝送路コア23以外の部分に入射されたとしても伝送の過程で漏洩するため消失する。

[0041] 図9に示すように、光伝送路2の伝送路コア23に入射された、第1の光L1の基本モードと第2の光L2の高次モードとは、伝送路コア23にて伝送され、出射端23bから受信部3のモード分離器31の主コア33に入射される。

[0042] 主コア33に入射された基本モードおよび高次モードのうち、基本モードの少なくとも一部（例えば基本モードの大部分）は、分離用コア34の結合部分36に遷移する。分離用コア34に遷移した基本モードは、下流側部分37および延出部分38を経て、受信部本体32の第2受光部43に入射される。

主コア33に残った高次モードは、出射端33bから受信部本体32の第1受光部42に入射される。

このようにして、受信部3では、基本モードと高次モードとが分離されて受信される。

[0043] 以上説明したように、図1および図2に示す光送信装置4では、方向性結

合器 12 の第 2 コア 29 A と第 3 コア 29 B とが、高次モードの一部が遷移可能に光結合している。また、第 3 コア 29 B が、光伝送路 2 の伝送路コア 23 に光結合されて配置されているため、第 2 コア 29 A から第 3 コア 29 B へと遷移した高次モードは、光伝送路 2 の伝送路コア 23 に出射される。そのため、第 1 発光部 7 または第 2 発光部 8 とは別に、複数のモードを得るための部品等を用いずに、第 1 発光部 7 からの第 1 の光 L1 の基本モードと、第 1 の光 L1 とは独立して変調された第 2 の光 L2 の高次モードとを用いたモード多重通信が可能である。よって、モード多重通信が可能な光送信装置 4 および光通信システム 10 の構造を簡略にし、小型化および低価格化を図ることができる。

また、光送信装置 4 は、第 2 導波領域 27 が、光結合が可能な第 2 コア 29 A と第 3 コア 29 B とを有するため、第 2 の光 L2 における基本モードを低減することによって、ノイズを低くし、通信の品質を高めることができる。

[0044] <光送信装置および光通信システム（第 2 実施形態）>

図 10 は、第 2 実施形態の光通信システム 60 の光送信装置 54 の構成図である。図 11 は、光送信装置 54 に用いられる方向性結合器 62 の断面図である。なお、第 1 実施形態と共通の構成については同じ符号を付してその説明を省略する。

[0045] 図 10 に示すように、光通信システム 60 は、光送信装置 54 と、光送信装置 54 に光結合された受信部 3（図 1 および図 9 参照）とを備えている。光送信装置 54 は、送信部 51 と、送信部 51 に光結合された光伝送路 2 とを備えている。

送信部 51 は、光源 11 と、光源 11 に光結合された方向性結合器 62 とを備えている。

[0046] 方向性結合器 62 は、第 1 導波領域 76 が、第 1 コア 28 A と、第 1 コア 28 A と光結合可能となる間隔をおいて形成された第 4 コア 28 B とを有する点で、図 2 に示す第 1 実施形態の光通信システム 10 における方向性結合

器 1 2 と異なる。

[0047] 第 1 コア 2 8 A と第 4 コア 2 8 B とは、互いに、光結合が可能となる間隔において並列して形成されている。第 1 コア 2 8 A と第 4 コア 2 8 B とは、高次モードの少なくとも一部が遷移可能に光結合する間隔において形成されている。

第 1 コア 2 8 A、第 4 コア 2 8 B、第 2 コア 2 9 A および第 3 コア 2 9 B のうち 2 以上は、互いに同じ構成（例えば材質、外径等）であってもよいし、互いに異なる構成であってもよい。例えば、第 1 コア 2 8 A は第 2 コア 2 9 A と同じ構成であってもよいし、異なる構成であってもよい。第 4 コア 2 8 B は第 3 コア 2 9 B と同じ構成であってもよいし、異なる構成であってもよい。

[0048] 第 4 コア 2 8 B の入射端 2 8 B a は、平面視において第 1 発光部 7 を外れた位置にある。つまり、第 4 コア 2 8 B は、第 1 発光部 7 に光結合されていない。

第 4 コア 2 8 B の出射端 2 8 B b は、平面視において光伝送路 2 の伝送路コア 2 3 の入射端 2 3 a を外れた位置にある。そのため、第 4 コア 2 8 B は、出射端 2 8 B b において光伝送路 2 の伝送路コア 2 3 に光結合されていない。

[0049] 第 1 コア 2 8 A と第 4 コア 2 8 B とは光結合が可能であるため、第 1 コア 2 8 A に入射された第 1 の光 L 1 の基本モードの大部分は第 1 コア 2 8 A に残り、高次モードの少なくとも一部（例えば高次モードの大部分）は第 4 コア 2 8 B に遷移する。

第 4 コア 2 8 B は、光伝送路 2 の伝送路コア 2 3 には光結合されていないため、第 4 コア 2 8 B に移った高次モードは、伝送路コア 2 3 には入射されない。

[0050] 光送信装置 5 4 は、第 1 実施形態の光送信装置 4 と同様に、第 1 発光部 7 からの第 1 の光 L 1 の基本モードと、第 1 の光 L 1 とは独立して変調された第 2 の光 L 2 の高次モードとを用いたモード多重通信が可能である。よって

、光送信装置 54 および光通信システム 60 の構造を簡略にし、小型化および低価格化を図ることができる。

また、第 2 導波領域 27 は、光結合が可能な第 2 コア 29 A と第 3 コア 29 B とを有するため、第 2 の光 L 2 における基本モードを低減することによって、ノイズを低くし、通信の品質を高めることができる。

さらに、光送信装置 54 では、方向性結合器 62 の第 1 導波領域 76 が第 4 コア 28 B を有するため、第 1 の光 L 1 における高次モードを低減できる。よって、一層の低ノイズ化を図り、通信の高品質化を実現できる。

[0051] 図 12 は、ローカットフィルタ 70 を示す図である。

ローカットフィルタ 70 は、受光部（例えば図 9 の第 1 受光部 42）で光電変換された信号の一部を除去する電氣的なローカットフィルタである。ローカットフィルタ 70 は、高次モードが入射される受光部（例えば図 9 の第 1 受光部 42）の下流側に設けられる。ローカットフィルタ 70 は、例えばカットオフ周波数 50 kHz 程度のフィルタであり、周波数 50 kHz 以下の信号が $1/10$ 以下の振幅となるものが好ましい。

例えば、第 1 発光部 7 の信号が低速（例えば 10 kbps 以下）の制御信号であり、第 2 発光部 8 の信号が高速（例えば 10 Gbps 以上）のデータ信号である場合には、ローカットフィルタ 70 を設けることによって、主として第 1 発光部 7 からの信号が電氣的にカットされるため、クロストークが低減され、高品質な通信が可能となる。

[0052] 以上、本発明の実施形態を説明したが、実施形態における構成は一例であり、本発明の趣旨から逸脱しない範囲内で、構成の付加、省略、置換、およびその他の変更が可能である。

例えば、図 1 に示す第 1 実施形態の光通信システム 10 では、第 2 発光部 8 は、第 2 導波領域 27 のコア 29 A、29 B のうち第 2 コア 29 A にのみ第 2 の光 L 2 が入射される位置に設けられているが、光通信システムの構成はこれに限定されない。

光通信システム 10 は、例えば、第 2 発光部 8 が、第 2 導波領域 27 のコ

ア29A, 29Bのうち第3コア29Bにのみ第2の光L2が入射される位置に設けられていてもよい。この場合、第3コア29Bに入射された高次モードの少なくとも一部（例えば高次モードの大部分）は第3コア29Bに残り、第2の光L2の基本モードの大部分は第2コア29Aに遷移する。ここで、第3コア29Bに残った高次モードを含む第2の光L2は、出射端29Bbから出射され、光伝送路2の伝送路コア23に入射され、光伝送路2の伝送路コア23を通じて、受信部3に向かって伝送される。また、第2コア29Aが第2発光部8に光結合されず、かつ伝送路コア23に光結合されるように配置され、第3コア29Bが第2発光部8に光結合され、かつ伝送路コア23に光結合されないように配置されてもよい。

[0053] 図10に示す第2実施形態の光通信システム60では、第1発光部7は、第1導波領域76のコア28A, 28Bのうち第1コア28Aにのみ第1の光L1が入射される位置に設けられ、第2発光部8は、第2導波領域27のコア29A, 29Bのうち第2コア29Aにのみ第2の光L2が入射される位置に設けられているが、光通信システムの構成はこれに限定されない。

[0054] 光通信システム60は、例えば、第1発光部7が、第1導波領域76のコア28A, 28Bのうち第4コア28Bにのみ第1の光L1が入射される位置に設けられていてもよい。この場合、第4コア28Bに入射された第1の光L1の高次モードの少なくとも一部（例えば高次モードの大部分）は第4コア28Bに残り、第1の光L1の基本モードの少なくとも一部（例えば基本モードの大部分）は第1コア28Aに遷移する。ここで、第1コア28Aに遷移した基本モードを含む第1の光L1は、出射端28Abから出射され、光伝送路2の伝送路コア23に入射され、光伝送路2の伝送路コア23を通じて、受信部3に向かって伝送される。

[0055] 第2発光部8は、第2導波領域27のコア29A, 29Bのうち第3コア29Bにのみ第2の光L2が入射される位置に設けられていてもよい。この場合、第3コア29Bに入射された第2の光L2の高次モードの少なくとも一部（例えば高次モードの大部分）は第3コア29Bに残り、第2の光L2

の基本モードの少なくとも一部（例えば基本モードの大部分）は第2コア29Aに遷移する。ここで、第3コア29Bに残った高次モードを含む第2の光L2は、出射端29Bbから出射され、光伝送路2の伝送路コア23に入射され、光伝送路2の伝送路コア23を通じて、受信部3に向かって伝送される。

図9に示すモード分離器31は、導波路型のモード分離器であるが、これに代えて、光ファイバカプラ型のモード分離器を用いてもよい。

また、実施形態の光通信システムでは、光源11としてVCSELを例示したが、光源11はこれに限らず、横モードが多モード発振する端面発光レーザーなどでもよい。

図9に示すモード分離器31においては、基本モードの少なくとも一部が主コア33から分離されるが、モード分離器31において主コアから分離されるのは、基本モードおよび高次モードのいずれであってもよい。

符号の説明

[0056] 1, 51…送信部、2…光伝送路、3…受信部、4, 54…光送信装置、7…第1発光部、8…第2発光部、10, 60…光通信システム、11…光源、12, 62…方向性結合器、16A, 16B…活性層、17A, 17B…電流狭窄層、17Aa, 17Ba…開口部、23…伝送路コア、26, 76…第1導波領域、27…第2導波領域、28A…第1コア、28B…第4コア、29A…第2コア、29B…第3コア、31…モード分離器、32…受信部本体、33…主コア、34…分離用コア、42…第1受光部、43…第2受光部、70…ローカットフィルタ、Da…第1発光部の電流狭窄層の開口部の内径、Db…第2発光部の電流狭窄層の開口部の内径、L1…第1の光、L2…第2の光

請求の範囲

- [請求項1] 光源と、方向性結合器と、前記方向性結合器に光結合された伝送路コアを有する光伝送路とを備え、
- 前記光源は、少なくとも基本モードを含む第1の光を発する第1発光部と、前記基本モードより次数が高い高次モードを含む第2の光を発する第2発光部と、を有し、
- 前記方向性結合器は、少なくとも、
- 前記第1発光部に光結合され、かつ前記伝送路コアに光結合されるように配置された第1コアを有する第1導波領域と、
- 前記高次モードの少なくとも一部が遷移可能に互いに光結合するように、間隔をおいて形成された第2コアおよび第3コアを有する第2導波領域とを備え、
- 前記第2コアと前記第3コアのうち一方は、前記第2発光部に光結合され、かつ前記伝送路コアに光結合されないように配置され、
- 前記第2コアと前記第3コアのうち他方は、前記第2発光部に光結合されず、かつ前記伝送路コアに光結合されるように配置されている、光送信装置。
- [請求項2] 前記第1導波領域は、前記高次モードの少なくとも一部が遷移可能に前記第1コアと光結合するように、前記第1コアと間隔をおいて形成された第4コアを有し、
- 前記第4コアは、前記第1発光部に光結合されず、かつ前記伝送路コアに光結合されないように配置されている、請求項1に記載の光送信装置。
- [請求項3] 前記光源は面発光レーザーであり、
- 前記第1発光部および前記第2発光部は、それぞれ多重量子井戸構造を有する活性層と、開口部を有する電流狭窄層とを少なくとも有し、
- 前記第2発光部の前記電流狭窄層の前記開口部の内径は、前記第1

発光部の前記電流狭窄層の前記開口部の内径より大きい、請求項 1 または 2 に記載の光送信装置。

[請求項4] 前記光伝送路は、グレーデッドインデックス型光ファイバである、請求項 1 ～ 3 のうちいずれか 1 項に記載の光送信装置。

[請求項5] 前記方向性結合器は、前記第 1 コアと、前記第 2 コアと、前記第 3 コアと、を有するマルチコア光ファイバである、請求項 1 ～ 4 のうちいずれか 1 項に記載の光送信装置。

[請求項6] 請求項 1 ～ 5 のうちいずれか 1 項に記載の光送信装置と、前記光送信装置に光結合された受信部とを備え、

前記受信部は、前記光伝送路に光結合されたモード分離部と、前記モード分離部に光結合された受信部本体とを備え、

前記モード分離部は、前記光伝送路から入射された前記基本モードおよび前記高次モードが入射される主コアと、前記基本モードおよび前記高次モードのうち一方の少なくとも一部を前記主コアから分離する分離用コアとを有し、

前記受信部本体は、前記主コアおよび前記分離用コアから出射された、前記基本モードおよび前記高次モードがそれぞれ入射される第 1 受光部および第 2 受光部を有する、光通信システム。

[請求項7] 前記高次モードが入射される前記第 1 受光部または前記第 2 受光部の下流側に、前記第 1 受光部または前記第 2 受光部で光電変換された信号の一部を除去する電気的なローカットフィルタが設けられている、請求項 6 に記載の光通信システム。

[請求項8] 光源と、方向性結合器と、前記方向性結合器に光結合された伝送路コアを有する光伝送路とを備え、

前記光源は、少なくとも基本モードを含む第 1 の光を発する第 1 発光部と、前記基本モードより次数が高い高次モードを含む第 2 の光を発する第 2 発光部と、を有し、

前記方向性結合器は、

前記基本モードの少なくとも一部が遷移可能に互いに光結合するように、間隔をおいて形成された第1コアおよび第4コアを有する第1導波領域と、

前記高次モードの少なくとも一部が遷移可能に互いに光結合するように、間隔をおいて形成された第2コアおよび第3コアを有する第2導波領域とを備え、

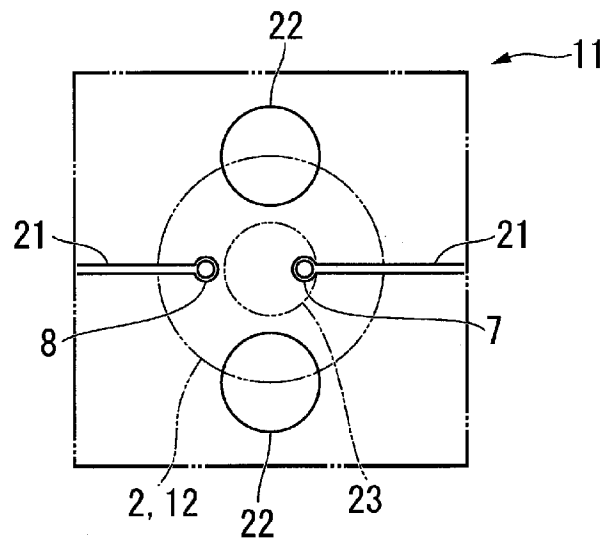
前記第1コアは、前記第1発光部に光結合されず、かつ前記伝送路コアに光結合されるように配置され、

前記第4コアは、前記第1発光部に光結合され、かつ前記伝送路コアに光結合されないように配置され、

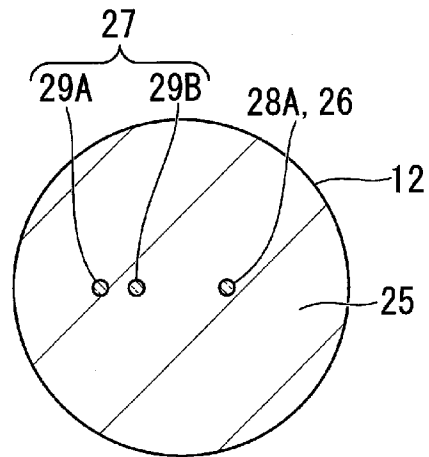
前記第2コアと前記第3コアのうち一方は、前記第2発光部に光結合され、かつ前記伝送路コアに光結合されないように配置され、

前記第2コアと前記第3コアのうち他方は、前記第2発光部に光結合されず、かつ前記伝送路コアに光結合されるように配置された、光送信装置。

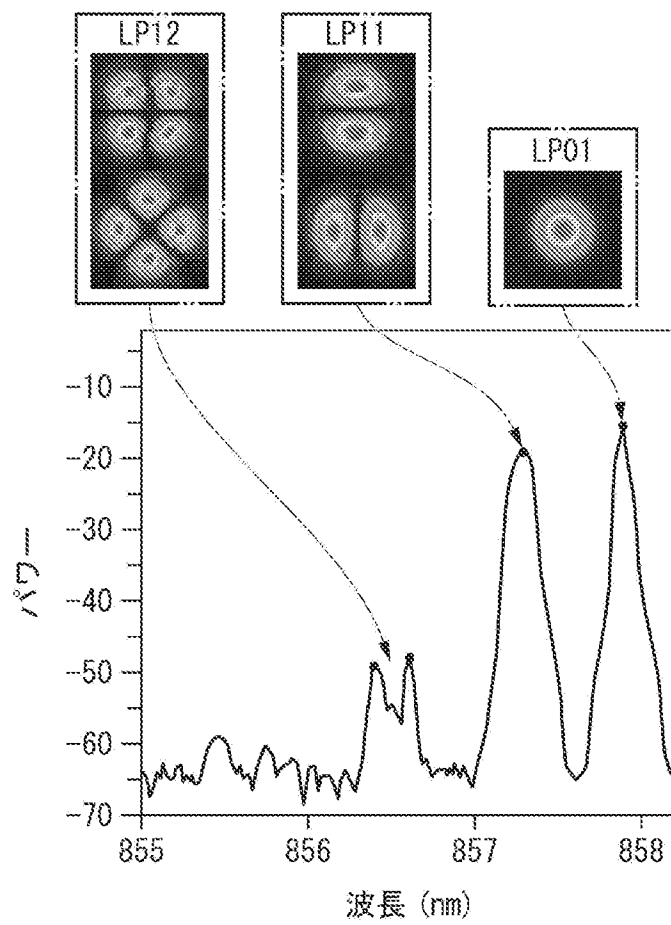
[図3]



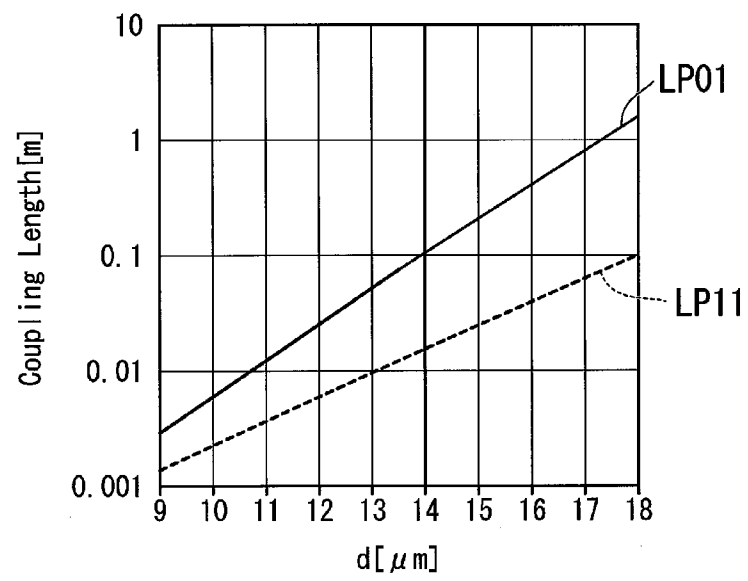
[図5]



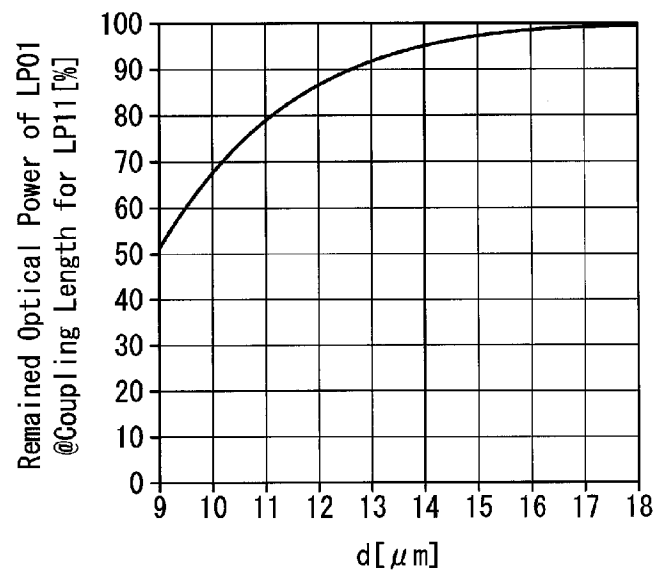
[図6]



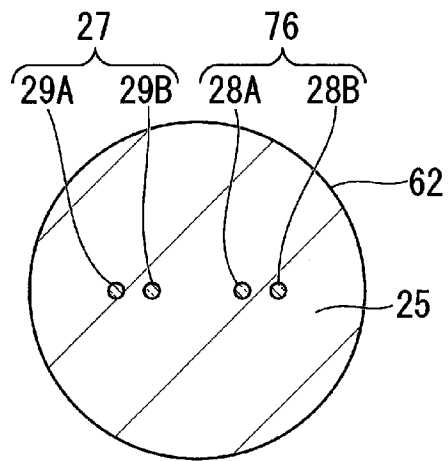
[図7]



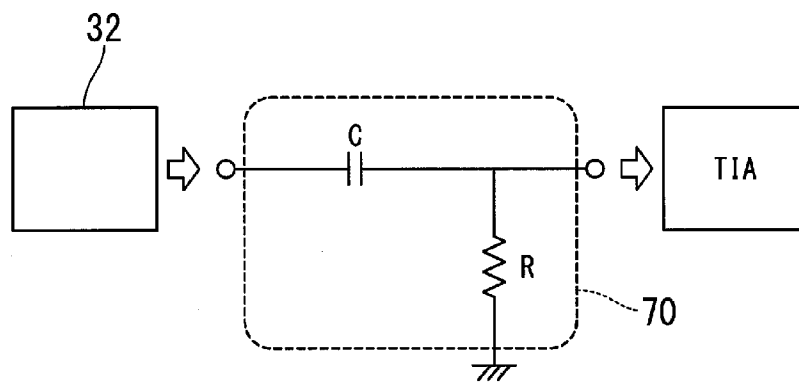
[図8]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/036821

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01L5/42(2006.01)i, G02B6/02(2006.01)i, G02B6/125(2006.01)i,
G02B6/26(2006.01)i, G02B6/42(2006.01)i, H01L31/0232(2014.01)i,
H01S5/022(2006.01)i, H04J14/04(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)

Int. Cl. H01S5/00-5/50, G02B6/02, G02B6/12-6/14, G02B6/26-6/27,
G02B6/30-6/34, G02B6/42-6/43, H01L31/0232, H04J14/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2017

Registered utility model specifications of Japan 1996-2017

Published registered utility model applications of Japan 1994-2017

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	木村秀明, 1.3 μ mSMF を用いたモード多重伝送方式実験, 電子情報通信学会 1998 年総合大会講演論文集 通信 2 IEICE, Proceedings of the 1998 IEICE General Conference, 1998, Communications 2, p. 674. non-official translation (KIMURA, Hideaki, Mode-Division Multiplexing Tests with 1.3 μ mSMF)	1-8
Y	JP 2005-78027 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 24 March 2005, paragraphs [0030]-[0041], fig. 1-6 (Family: none)	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

Date of mailing of the international search report

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/JP2017/036821

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-250110 A (KYUSHU UNIVERSITY) 16 October 2008, paragraph [0105], fig. 11-12 (Family: none)	1-8
Y	JP 2016-57447 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 21 April 2016, paragraphs [0016]-[0047], fig. 1-7 (Family: none)	1-8
Y	WO 2013/157245 A1 (NEC CORP.) 24 October 2013, paragraphs [0024]-[0027], fig. 2 & US 2015/0078744 A1 paragraphs [0038]-[0039], fig. 2	1-8
Y	JP 2004-241422 A (SONY CORP.) 26 August 2004, paragraphs [0017], [0036]-[0039], fig. 1 (Family: none)	3-4, 6-7
Y	JP 2015-108698 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 11 June 2015, paragraphs [0002]-[0013], fig. 14-15 (Family: none)	6-7
Y	JP 62-58737 A (SHIMADZU CORP.) 14 March 1987, description, page 2, upper right column, line 6 to page 3, upper left column, line 18, fig. 1 (Family: none)	7
A	US 2014/0333995 A1 (SEURIN et al.) 13 November 2014, paragraphs [0062]-[0068], fig. 5-6 & US 2014/0247841 A1 & US 8824519 B1 & EP 2772996 A2 & CN 104022433 A	1-8
A	US 2015/0256256 A1 (SHETH et al.) 10 September 2015, paragraphs [0027]-[0081], fig. 1-5 & WO 2015/138492 A1 & CA 2942474 A1	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01S5/42(2006.01)i, G02B6/02(2006.01)i, G02B6/125(2006.01)i, G02B6/26(2006.01)i,
G02B6/42(2006.01)i, H01L31/0232(2014.01)i, H01S5/022(2006.01)i, H04J14/04(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（I P C））

Int.Cl. H01S5/00-5/50, G02B6/02, G02B6/12-6/14, G02B6/26-6/27, G02B6/30-6/34, G02B6/42-6/43, H01L31/0232,
H04J14/04

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

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 7 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 7 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 7 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）

IEEE Xplore, OSA Publishing

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	木村 秀明, 1.3 μ m SMF を用いたモード多重伝送方式実験, 電子 情報通信学会 1 9 9 8 年総合大会講演論文集 通信 2 PROCEEDINGS OF THE 1998 IEICE GENERAL CONFERENCE, 1998, p.674	1-8
Y	JP 2005-78027 A (松下電器産業株式会社) 2005.03.24, 段落[0030]-[0041], 図 1-6 (ファミリーなし)	1-8

☑ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ 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

「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
「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
「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）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 1 . 1 2 . 2 0 1 7

国際調査報告の発送日

0 9 . 0 1 . 2 0 1 8

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

百瀬 正之

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5

2 K

4 0 8 4

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	JP 2008-250110 A (国立大学法人九州大学) 2008. 10. 16, 段落[0105], 図 11-12 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 2016-57447 A (日本電信電話株式会社) 2016. 04. 21, 段落[0016]-[0047], 図 1-7 (ファミリーなし)	1-8
Y	WO 2013/157245 A1 (日本電気株式会社) 2013. 10. 24, 段落[0024]-[0027], 図 2 & US 2015/0078744 A1 段落[0038]-[0039], FIG. 2	1-8
Y	JP 2004-241422 A (ソニー株式会社) 2004. 08. 26, 段落[0017], [0036]-[0039], 図 1 (ファミリーなし)	3-4, 6-7
Y	JP 2015-108698 A (日本電信電話株式会社) 2015. 06. 11, 段落[0002]-[0013], 図 14-15 (ファミリーなし)	6-7
Y	JP 62-58737 A (株式会社島津製作所) 1987. 03. 14, 明細書第 2 ページ右上欄第 6 行-第 3 ページ左上欄第 18 行, 第 1 図 (ファミリーなし)	7
A	US 2014/0333995 A1 (SEURIN et al.) 2014. 11. 13, 段落[0062]-[0068], FIG. 5-6 & US 2014/0247841 A1 & US 8824519 B1 & EP 2772996 A2 & CN 104022433 A	1-8
A	US 2015/0256256 A1 (SHETH et al.) 2015. 09. 10, 段落[0027]-[0081], FIG. 1-5 & WO 2015/138492 A1 & CA 2942474 A1	1-8