

(43) 国際公開日
2008 年 12 月 4 日 (04.12.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/146339 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/42 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/060669
- (22) 国際出願日: 2007 年 5 月 25 日 (25.05.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日立金属株式会社 (HITACHI METALS, LTD.) [JP/JP]; 〒1058614 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 鈴木 勝 (SUZUKI, Masaru) [JP/JP]; 〒3214346 栃木県真岡市

松山町 1 8 番地 日立金属株式会社 O E デバイスセンター内 Tochigi (JP). 青 雅裕 (AO, Masahiro) [JP/JP]; 〒3214346 栃木県真岡市松山町 1 8 番地 日立金属株式会社 O E デバイスセンター内 Tochigi (JP). 福山 建史 (FUKUYAMA, Takeshi) [JP/JP]; 〒3600843 埼玉県熊谷市三ヶ尻 6 0 1 0 番地 日立金属株式会社 生産システム研究所内 Saitama (JP).

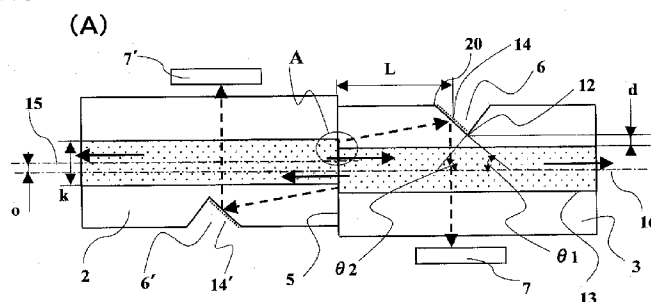
- (74) 代理人: 森田 寛 (MORITA, Hiroshi); 〒1160013 東京都荒川区西日暮里 5 丁目 1 1 番 8 号 三共セントラルプラザビル 5 階 開明国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,

[続葉有]

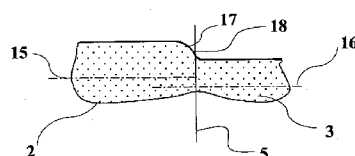
(54) Title: BIDIRECTIONAL OPTICAL POWER MONITOR

(54) 発明の名称: 双方向光パワーモニター

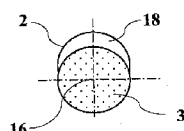
[図3]



(B)



(C)



(57) Abstract: Disclosed is a bidirectional optical power monitor which can be miniaturized even if it is multichanneled and reduce an optical loss. The bidirectional optical power monitor has two optical fibers. While the optical axes of their cores are offset and opposed to each other, the end faces of the cores are fused to each other. The end face of the core of one of the optical fibers partially projects with an offset from the end face of the core of the other at the fused part. Optical reflection surfaces are provided at the cladding layers of the respective two optical fibers, and opposed to the projecting parts of the end faces of the cores. The optical power monitor reflects a tertiary or quar ternary light mutually intensified and leaked from the end face of the core of one of the optical fibers into the cladding layer of the other optical fiber by the optical reflection surface and detects the resultant light by an optical diode. The bidirectional optical power monitor can measure an optical signal propagating from one to the other of the optical fibers and that propagating from the other to the one of the optical fibers with a reduced optical propagation loss.

(57) 要約: 多チャンネル化しても小型化が可能で、光損失の少ない双方向光パワーモニターを開示する。双方向光パワーモニターは2本の光ファイバーを持ち、それらのコアの光軸をオフセットさせて対向してコア端面同士を融着させていて、光ファイバーの一方のコア端面の一部分が融着部で

他方のコア端面からオフセットして突出している。光反射面が2本の光ファイバー

[続葉有]



KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

添付公開書類:
— 国際調査報告書

それぞれのクラッド層に設けられて、コア端面の突出部分に対向している。光ダイオードが光反射面から光ファイバーに関して反対側に位置している。光ファイバーのコア端面から他方の光ファイバーのクラッド層内に漏洩した光の3次もしくは4次の強め合った光を光反射面で反射して光ダイオードで検出する。この双方向光パワーモニターは、一方の光ファイバーから他方へ伝播する光信号と、他方から一方へ伝播する光信号をともに少ない光伝播損失で測定することができる。

明 細 書

双方向光パワーモニター

技術分野

[0001] 本発明は、主に光通信分野において用いられる双方向光パワーモニターに係る。

背景技術

[0002] 近年、情報通信における技術革新は目覚しく、インターネットの普及による通信速度の高速化の要求および情報量の増加に対応するため、電気信号による通信から光信号による通信へと移行しつつある。多くの基幹となるケーブルは、多数の中継点から情報が集まってくるため、処理能力と処理速度から光ケーブルへと置き換わって来ている。光ケーブルとユーザー端末との間の通信が見直されるようになり、より安くより快適な情報通信環境の整備への要求は、ますます強くなってきている。

[0003] 光通信網が整備されてくると、情報の授受が高速に行なわれるようになり、またそれに伴って新たな用途が拡大してくるため、光通信網を行き交う情報量が益々増加している。光ファイバーの処理できる情報量を上げるには、単位時間あたりの信号量を増大させるために高周波の信号を使用し、あるいは波長多重方式と称され異なる情報を持つ多数の波長の信号を一本の光ファイバーで同時に送信する技術が用いられている。また、緻密で信頼性の高い通信網を形成するには、多方向、多経路への接続を確保する必要がある、保守用途の観点からも複数の光ファイバーの利用が必須となっている。

[0004] 多数の信号を光ファイバーで伝送する光通信回路を形成するために、波長多重した光信号を各波長に分波し、逆にそれぞれの波長の光信号を合波し、更に光信号の分岐や挿入を行なうWavelength Division Multiplex(以下、WDMと略す)システムが必要になる。情報量が増加すると共に、扱われる情報の重要性も高くなる。光信号の欠落に対し、どの光信号がどこで欠落したのかを迅速に把握する必要がある。光信号の接続の有無だけでなく、信号強度を確認することも必要となる。また、伝送距離が長くなると光ファイバー中を伝播するだけで光信号強度が減衰するため、光信号を増幅するためにErbium Doped Fiber Amplifier(以下、EDFAと略す

）装置が必要になる。EDFAでは外部から入力した光信号の強度や増幅した後外部に出射する光信号の強度を測定して、増幅比を判断する。信頼性の高い光通信システムを構築するために光伝播回路各部にモニタリング機能を備えることが不可欠となってきている。

[0005] 光信号をモニタリングするために、光カプラで光信号の一部を分岐し、分岐して取り出した光信号を光ファイバーに接続された光ダイオードで検知する手法が用いられていた。この方式では、各部品を融着接続する必要があり、実装工数低減の妨げとなっていた。また、光カプラは、光ファイバーの光信号伝播部位であるコア同士を近接して光信号を分岐させる構造をしている。コア同士の近接している部分の長さが分岐量の重要なパラメーターなので、製品のサイズを小さくすることが困難であった。最近では、特に多重化する波長数を多くして、一度に伝達できる情報量を多くしている。信号検知は各波長に分波して行なわれるため、1台の装置に必要な光パワーモニターの数が多くなる。光パワーモニターに割りあてることができる装置内の収納スペースが限られているため、光パワーモニターの小型化が必須となってきている。

[0006] 小型化された光パワーモニターの一例が、特許文献1に開示されている。開示されている光パワーモニターの構造を図12に示す。図12(A)は、複数本の光パワーモニター70をケース69に組込んだ光パワーモニター組立体71の一例で、ケースの上蓋を取り除いて示す。図12(B)は、光パワーモニター70の縦断面図である。図12(A)、図12(B)で、2本の光ファイバー51、52を有するマルチキャピラリーガラスフェルール53とGRIN(Gradient Index)レンズ54とが所定の空隙55を開けて対向している。GRINレンズ54の端面にはフィルター56が形成されており、フィルター56でGRINレンズ54を通ってきた光の反射と透過を行なう。GRINレンズ54を透過した光は空隙57を通り光子ディテクターあるいは光ダイオード58で電気信号に変換され端子59から取り出される。光子ディテクター58の電気出力で、光路の光の強度を得ることができる。マルチキャピラリーガラスフェルール53とGRINレンズ54とはガラスチューブ60、60'で位置決めされている。GRINレンズは中心軸から半径方向外側に向かって放射状に連続的に屈折率が変化しているガラス製の円柱である。光が外側に向かって広がれば、光の進行方向は中心軸方向に曲げられる。

- [0007] 図12(B)を参照して光の流れを説明する。光ファイバー51から空隙55に入った光(入力光)はGRINレンズ54を通りGRINレンズ端面のフィルター56に到達する。フィルター56に到達した光の大部分は反射しGRINレンズ54と空隙55を通り、光ファイバー52に入り出力光となる。フィルター56を透過した光は空隙57を通り、フォトンディテクター58に入り電気信号に変換され端子59から出力される。この光の経路を実線矢印で示す。逆に、光ファイバー52から光を入れると前述した光路と同様の経過をたどり、光ファイバー51から光を取り出す(出力光)ことができる。この光の経路を破線矢印で示す。説明では特許文献1に記載されている名称を用いた。本発明では、フォトンディテクターを光ダイオードと称している。
- [0008] 図12(B)に示した光パワーモニター70は、光が空気中に一度は放出(放射)される。空気は光ファイバーと異なった屈折率を持つため、空気中に放射された光は拡散する。拡散した光を集光するためGRINレンズに代表されるレンズは必須である。そこで、光パワーモニターの製品サイズがGRINレンズやガラスチューブのサイズに依存する。そのため、図12(A)の光パワーモニター組立体71の小型化が難しい。
- [0009] 導波路を用いた光パワーモニターが、特許文献2に記載されている。図13(A)にその光パワーモニターの光導波路モジュールを平面図で示し、図13(B)の断面図で光量の測定原理を説明している。基板81に略平行に複数の導波路90が形成され、導波路90を直角に横断する溝83が設けられて、導波路90が入力側86と出力側87とに分けられている。溝83に反射フィルター84が挿入され、反射フィルター84の入力側86上部に光検知器85が配され、平面導波路型光回路80を構成している。図13(B)の断面図を用いて、光量測定を光の流れを使って説明する。導波路90は、コア92を挟んで上部クラッド層91と下部クラッド層93とが設けられている。コア92を通過して来た光は溝83で空気中に放出され、ほとんどの光は反射フィルター84を透過し出力側87のコア92に入る。反射フィルター84で一部の光(破線の矢印)は反射して光検出器85に入り、電気信号に変換され光路内の光の強度を測定することができる。
- [0010] 上記特許文献2の平面導波路型光回路80は、導波路を保持する基板の厚み、光検出器の保持機構等が小型化をする上で障害になることは容易に理解できる。また

、導波路と光ファイバーを接続する部位での光損失が大きいことは周知であり、低損失化を図ることは難しい。損失を低減するため、特許文献2の光導波路を光ファイバーに置き換えることは容易に考えられる。しかし、光ファイバーに置き換えたとしても、特許文献2に示された平面導波路型光回路80と同様に入力側から入った光は一度空气中に放出される。空气中に放出された光を反射フィルターで出力側に伝わる光と光検出器に入る光とに分岐するので、光の損失を低減することが難しい。

[0011] 損失が少ないと考えられる特許文献1の光パワーモニター70においても、個別のビッグテールファイバーとGRINレンズ、フォトンディテクターを使用し組み上げる限り、単一チャンネルの光パワーモニター70の小型化は、3.0mm直径×20mmが限界と考えられる。図12(A)に示すように、ケース69に収納して多チャンネル化しているので、更に製品サイズが大きくなり、小型化が難しい。

[0012] また、光信号を伝播するのに用いる光ファイバー通信回路は双方向に用いることが多い。情報をダウンロードするとともに、アップロードする必要がある。かかる用途においては双方向の光信号強度を測定する双方向光パワーモニターが要るが、特許文献2に開示された光パワーモニターでは一方向の光強度を測定するものであった。

特許文献1:米国特許6,603,906

特許文献2:特開2003-329862号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0013] 本発明の目的は、多チャンネル化しても小型化が可能で光伝播損失の少ない双方向光パワーモニターを提供することである。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明の双方向光パワーモニターは、それぞれの中心にコアを、そのコアの周りにクラッド層を持つ2本の光ファイバーを持ち、それらコアの光軸をオフセットさせて、それらの端面同士を融着部で対向して融着しており、それら光ファイバーの一方のコア端面の一部分が前記融着部で他方のコア端面からオフセットして突出している。双方向光パワーモニターは、その2本の光ファイバーそれぞれのクラッド層に設けられている光反射面を持ち、光反射面が一方の光ファイバーのコア端面の一部分に対向

しているとともに、前記他方の光ファイバーのコア光軸に対してある角度を持っている。2個の光ダイオードそれぞれが他方の光ファイバーのコアに関して光反射面から反対側に位置していて、一方の光ファイバーコアを伝播し、その他方の光ファイバーのコア端面からオフセットして突出しているその一方の光ファイバーのコア端面の一部分から他方の光ファイバーのクラッド層中に漏洩し、光反射面で反射した光を検出する。その光反射面それぞれが、一方の光ファイバーのコア端面の一部分から他方の光ファイバーのクラッド層中に漏洩した光が干渉して強め合う位置に設けられている。

[0015] 光反射面が、一方の光ファイバーのコア端面の突出した部分から他方の光ファイバーのクラッド層中に漏洩した光が干渉して強め合う3次から4次の位置に設けられているのが好ましい。

[0016] 光ファイバーは、光ファイバー中心に位置するコアとコアの周りを覆うクラッド層とから成り、光ファイバーコア中を伝播する光が屈折率の大きなコアと屈折率の小さなクラッド層との境界面であるコア外周面で全反射を起こし、コア内のみを光が伝播する。2本の光ファイバーの端面同士をそれらのコア光軸を互いに数 μ mオフセットさせて融着すると、融着部の大部分をコア端面同士の接続とクラッド層端面同士の接続が占める。コア端面同士が接続しているところでは、光は上流側光ファイバーコアから下流側光ファイバーコアに伝播する。一方、上流側光ファイバーのコア端面の一部が下流側光ファイバーのクラッド層端面に融着接続しているところでは、上流側光ファイバーコア中を伝播して融着面に到達した光が対向している下流側光ファイバークラッド層に漏洩する。漏洩した光はそのまま前方に進行するが、コアとクラッド層との間に屈折率の差があり、またコア端面のクラッド層端面に融着されている部分が三日月の形をしているので、コア端面のその部分から漏洩した光がクラッド層中で放射状に広がる。クラッド層中に放射状に広がった光はクラッド層の外周面で反射を繰返しながらクラッド層内を伝播する。反射した光が互いに干渉を起こし、クラッド層内を伝播する途中に光が互いに強め合ったり弱め合ったりしながら進行する。反射を繰返しながらクラッド層内を伝播した光が、コア端面のその部分に対向してクラッド層内に設けられた光反射面で反射し、その進行方向を変えて光ファイバー外に放射する。光反射

面で反射した光の進行方向延長線上に光ダイオードが配置されていると、光ダイオードで光量を電流に変換し光量に比例した電気信号を得ることができる。

[0017] 一方の光ファイバーのコア端面と他方の光ファイバーのコア端面とは互いに数 μm オフセットして接合されているので、光伝播下流側から光ファイバーのコア接合部を見ると、上流側コア断面の下流側コアから突出している部分が三日月形に見える。三日月の最も太い幅がオフセット量に相当する。融着部の縦断面の形は、融着前の接合状態では、光ファイバーの中心軸に対しコア端面が略垂直になっており、略垂直の端面同士が数 μm オフセットしている。光ファイバー端面を加熱融着するとコア端面の角が表面張力によって曲率を持ってコア端面同士が融着する。クラッド層端面の角にも同様に曲率が生じる。

[0018] コアの融着面が光ファイバー縦断面で曲率を持つ三日月形をしている。曲率を持つ面内、すなわちオフセット面(2本の光ファイバー光軸を含む面)と平行にコア端面から下流側クラッド層に出た光は、融着によって生じたコア端面の曲率のために出る光のコア光軸に対する角度が変わり、クラッド層内で反射した光同士が干渉し合って強め合いあるいは弱め合う。好ましくは、3次から4次の強め合った光を光反射面で反射させて、反射した光を光ダイオードで検出する。このため融着部にある上流側光ファイバーコア断面のうち突出した部分が光反射面にある角度を持って対向していることが重要である。言い換えると、光ファイバーコアの光軸に対し融着部が垂直でまた光反射面も垂直なので、上流側コア端面のうち突出した部分と光反射面とは対向している。オフセット面ではコアの融着した端面と光反射面とはオフセット面に対しある角度を持っているので、融着部にある突出した部分と光反射面は所定の角度を持って対向する。一方、オフセット面と垂直な面内で上流側コア端面の突出した部分から出た光は、光ファイバーのオフセット面に関して対称に進みクラッド層外周面で反射するため、干渉を起こさない。

[0019] オフセット面内で、コア端面の外周上で融着部曲率が最も大きく、すなわち曲率半径が最も小さくなる、そして反対に、オフセット面内で、2本のコア端面同士が接しているところでは融着部曲率が最も小さく、すなわち曲率半径が最も大きくなっていることが実験的に判明している。また、融着部曲率と光の出射角との関係も実験的に判

明している。上流側コア端面の外周部分では光のコア光軸に関する出射角 θ_u は 5° から 15° で、下流側コア端面外周と接している上流側コア端面の部分では光の出射角 θ_d は 2° から 12° である。オフセットして融着した光ファイバーコア端面では、 θ_u が θ_d よりも大きく、 θ_u と θ_d との差が約 3° ～約 6° である。光の出射角が融着部の場所によって異なるために、上流側コア端面の外周近くからクラッド層内に放射した光がクラッド層内で反射を繰り返す周期と、下流側コア端面外周に近い上流側コア端面の部分から放射した光がクラッド層内で反射を繰り返す周期とに差があるので、それらの光は干渉を起こし周期的に強め合うところと弱め合うところが生じる。最初に強め合うところを1次とすると、3次もしくは4次の強め合うところに、光反射面を設けることで、融着部の上流側コア端面から下流側光ファイバークラッド層内に漏洩した光を最も効率よく光反射面に集光することができる。

[0020] 本発明の双方向光パワーモニターは、光反射面を設けた光ファイバーと光ダイオードとをケースに納めた単一チャンネル双方向光パワーモニターとすることができる。また、複数の双方向光パワーモニターを並列に並べて、多チャンネル双方向光パワーモニター組立体とすることもできる。複数の並べた光ダイオードに代えて、1個の多チャンネルの光ダイオードを用いることで、組立体をより小型化することが可能である。本発明の双方向光パワーモニターは、光ファイバーを伝播する光の一部を融着部で上流側コア端面から下流側クラッド層に漏洩させて、漏洩した光を下流側光ファイバーのクラッド層に設けた光反射面で略 90° 方向を変え、光反射面と反対側にあるクラッド層を通して空気中に出射し、その光を光ダイオードで電気信号に変換する。クラッド層から空気中に出た光を検出するので、隣接する光ファイバーから出た光や、ケースの外から入る光がノイズとなる。そのため、隣接する光ファイバー間の遮光とケースの遮光は必須である。

[0021] 本発明の双方向光パワーモニターでは、光ファイバークラッド層内に設けられた光反射面が光ファイバーに沿って融着部から下流に 4.5mm ～ 7.5mm 離れた位置にあることが好ましい。

[0022] 融着部のコア端面から下流側光ファイバークラッド層に漏洩する光の出射角度は、融着部にあるコア端面の各部の曲率に依存するため計算で求めることは容易ではな

い。数多くの実験によって得られた結果から、3次もしくは4次の強め合う位置に光反射面を設けると受光感度が高くなることが判った。光反射面の位置は、使用する光の波長に依存するが、オフセット融着部から光ファイバーに沿って4.5mm以上7.5mm以下離れたところである。通信に用いられる主な光の波長帯域は1520nmから1620nmである。波長によって3次もしくは4次の強め合う位置も異なるが、波長に比して光反射面の長さが十分に長いため、100nmの波長差は無視できる。

[0023] 本発明の双方向光パワーモニターでは、光反射面が設けられている光ファイバーコア光軸に関して光反射面が 38° ～ 45° の角度であることが好ましい。

[0024] 光ファイバークラッド層内に設けられた光反射面がクラッド層内を伝播してきた光の進行方向を略 90° 変える機能を果たすため、光反射面の光ファイバーコア光軸に関する角度が 38° ～ 45° であることが好ましい。角度が 38° より小さいときは光反射面で光を反射するが、反射した光のうち多くのものがクラッド層外周面に対して大きな角度を持ってクラッド層外周面に照射するために、クラッド層外周面で反射してクラッド内に戻ってくる光の量が増える。逆に、光反射面の角度が 45° を越えると、光反射面を透過する光の割合が増大し受光感度が低下する。光反射面を 38° ～ 45° の角度にすることで、良好な特性が得られる。

[0025] 光反射面が光ファイバークラッド層にオフセット面でそのコア光軸に関して直角にカットされたノッチの融着部側の側面であることが好ましい。ノッチの融着部側面に対して反対側にあるノッチ側面は漏洩光の反射に何の影響も及ぼさないため、いかなる形であってもよい。また、ノッチの底の形も特に規定する必要はない。ノッチは、研削加工で容易に形成することができる。光ファイバーに加工応力を残さないため、ノッチの断面形状は融着部側の側面とその反対の側面とが対称であるのが好ましく、特にVノッチであるのが好ましい。融着部側の側面の光ファイバーコア光軸に対する角度が正確に得られる限り、研削加工に限定することではなく、他の加工例えばイオンミリングなどドライエッチング技術を用いて形成することができる。

[0026] 本発明の双方向光パワーモニターは、ノッチ底とノッチの設けられた光ファイバーのコア外周との距離が $0.5\mu\text{m}$ ～ $8\mu\text{m}$ であることが好ましい。

[0027] 上流側コア内を伝播してきた光の一部を上流側コア端面の一部から下流側光ファ

イバークラッド層内に漏洩させて、ノッチの融着部側にある側面で反射させ光ダイオードで検知するため、光をノッチ側面に確実に照射することが重要である。ノッチが浅くなる、つまり融着部側にあるノッチ側面の面積が小さくなると、光の全てがノッチ側面に当たらず、クラッド層のコア近傍にある部分を伝播する光の割合が多くなる。そのため、下流側光ファイバーコア外周とノッチ底との距離を $8\mu\text{m}$ 以下に抑えることが必要である。一方、光ファイバーはコア内を光が伝播する構造をしているものの、厳密な境界が存在する訳ではないので、クラッド層のコア近傍の部分に漏洩して伝播する光が存在する。ノッチが深くなり、コア外周とノッチ底との距離が $0.5\mu\text{m}$ よりも小さくなると、クラッド層のコア近傍にある部分を伝播する光及びコア内を伝播する光がノッチに漏洩し伝播損失が大となる。このため、ノッチ底とコア外周との距離が $0.5\mu\text{m} \sim 8\mu\text{m}$ であることが好ましい。

- [0028] 融着部で上流側光ファイバーコア端面の一部から下流側光ファイバークラッド層に漏洩しクラッド層で反射しながら、干渉して強め合った光が下流側光ファイバークラッド層内の光反射面で略 90° 光の方向を変える。反射した光は光反射面側のクラッド層を通り、更にコアと、光反射面から反対側にあるクラッド層を通り、光ファイバーの外に出て光ダイオードに入る。
- [0029] 本発明の双方向光パワーモニターでは、2本の光ファイバーのコア光軸間のオフセットが光ファイバーのコア径の 0.05 倍以上で 0.32 倍以下であることが好ましい。
- [0030] オフセットを変化させると、クラッド層へ漏洩する光の量を変えることができる。コア内の光の強度分布は、ガウス分布に従うため、オフセットが大きくなるに従い光量変化が大きくなる。一般的に用いられているシングルモード光ファイバーでは、コア径は $9.2\mu\text{m}$ (波長 1310nm)である。 $2.5\mu\text{m}$ のオフセットでコア端面同士を融着した時に、受光感度は $100\text{mA}/\text{W}$ 程度である。受光感度は、光ダイオードに入る光の強さ(W)当たりの光ダイオードの出力電流(mA/W)で表わす。
- [0031] 本発明の双方向光パワーモニターでは、光反射面の面粗さRaが 2nm 未満であることが好ましい。
- [0032] 下流側光ファイバークラッド層内を伝播した光がクラッド層内に設けた光反射面で反射し、この光反射面の面粗さに応じて光ダイオードに入る光量が変化する、つまり

受光感度が変化する。光反射面の面粗さが粗くなると光散乱のために反射光が広がり光ダイオードに入射する光が弱くなる。面粗さRaが2nm未満であれば、高い受光感度が得られる。面粗さRaは、JIS B0601に従い測定した値である。また、使用する光の波長が1550nm近傍の長波長なので、表面粗さRaだけでなく表面のうねりを規定することも光反射率を上げるのに効果がある。JIS B0631に従い包絡うねり曲線から粗さモチーフの平均長さARを求める。ARを使用する波長より小さくすると光の反射効果を上げることができる。ARが使用する波長の1/2以下であることが好ましい。

[0033] 本発明の双方向光パワーモニターでは、ノッチの融着部側にある側面に形成した光反射率の高い金属の光反射膜を光反射面として用いることが好ましい。

[0034] ノッチの融着部側にある側面に高光反射率の金属膜を設けることは、受光感度を上げるうえで有効である。高光反射膜は光を反射する際の光散乱を抑える効果と、光反射面での透過を抑える効果により、光反射効率を上げることができる。金属の光反射膜としては、光反射率の高い金(Au)、銀(Ag)、アルミニウム(Al)、銅(Cu)が望ましい。酸化しやすいAg、Al、Cuよりも酸化し難いAuを用いることが経時的安定性の面から好ましい。金属膜の成膜を蒸着あるいはスパッタリングで行うことができる。金属膜を融着部側の側面だけでなく、光ダイオードと対向する光ファイバー表面部分を除いた光ファイバー外周全面とノッチ面とに設けることができる。光ダイオードと対向する光ファイバー表面部分を除いた光ファイバー外周全面を金属膜で被うことは外部光の影響を抑える効果がある。

[0035] 光ダイオードは、湿度により光を電流に変換する特性の経時変化が起こることが知られている。そこで、本発明の双方向光パワーモニターの密封ケース内に乾燥窒素や乾燥アルゴンを充填することが好ましい。

発明の効果

[0036] 本発明の双方向光パワーモニターでは、光反射面を持つ2本の光ファイバーを互いにオフセットして端面を対向して融着しているので、光ファイバー中を伝わる光信号の一部を取り出して光信号強度を測定することができる。そのために、小型で光伝播損失の少ない双方向光パワーモニターを実現することができた。

図面の簡単な説明

- [0037] [図1]図1は上蓋を外した本発明の双方向光パワーモニターを示す平面図で、
[図2]図2は本発明の双方向光パワーモニターの縦断面図で、
[図3]図3(A)は2本の光ファイバー間の融着部と下流側光ファイバーにあるノッチを説明する拡大縦断面図、図3(B)は2本の光ファイバー間の融着部を説明するオフセット面における縦断面図、そして図3(C)は融着部を説明する横断面図で、
[図4]図4(A)と図4(B)とは本発明の双方向光パワーモニターで融着部のコアからクラッド層に漏洩した光の進行を説明する模式図で、
[図5]図5は実施例2で説明する受光感度と融着部から光反射面までの距離 L (mm)との関係を示すグラフで、
[図6]図6は実施例3で説明する受光感度と光反射面角度 θ ($^{\circ}$)との関係を示すグラフで、
[図7]図7は実施例4で説明する受光感度とオフセット／コア直径との関係を示すグラフで、
[図8]図8は実施例4で説明する伝播損失とオフセット／コア直径との関係を示すグラフで、
[図9]図9は実施例5で説明する受光感度と光反射面の面粗さ R_a (nm)との関係を示すグラフで、
[図10]図10は実施例6で説明する受光感度と光反射面の包絡うねり曲線から求めた粗さモチーフの平均長さ AR (nm)との関係を示すグラフで、
[図11]図11は実施例7で説明する受光感度と伝播損失とに対するノッチ底とコア外周との距離 d (μm)の関係を示すグラフで、
[図12]図12は従来の光パワーモニター組立体を示し、図12(A)は斜視図で図12(B)はそのうち1個の光パワーモニターを縦断面図で示す、そして
[図13]図13は従来の平面導波路型光パワーモニターを示し、図13(A)は平面図で図13(B)は縦断面図である。

符号の説明

- [0038] 2, 3 光ファイバー

- 5 融着部
- 6, 6' ノッチ
- 7, 7' 光ダイオード
- 14, 14' 光反射面
- 15, 16 光軸
- 20 光反射膜

発明を実施するための最良の形態

[0039] 以下、図面を参照しながら実施例に基づいて本発明の双方向光パワーモニターを詳細に説明する。説明を判り易くするため、同一の部品、部位には同じ符号を用いている。

実施例 1

[0040] 図1は上蓋を外した本発明の双方向光パワーモニターを示す平面図で、図2は双方向光パワーモニターの縦断面図で、図3(A)は2本の光ファイバー間の融着部と下流側光ファイバーにあるノッチを説明する拡大縦断面図で、図3(B)は2本の光ファイバー間の融着部を説明するオフセット面における縦断面図で、図3(C)は融着部を説明する横断面図で、図4(A)と図4(B)とは融着部のコアからクラッド層に漏洩した光の進行を説明する模式図である。

[0041] 図1と図2を参照しながら本発明の双方向光パワーモニター組立体1の構造について詳細に説明する。図1は8組の双方向光パワーモニターをケース9に組込んだ8チャンネル光パワーモニター組立体1である。ケース9から保護チューブ8、8' を介して光ファイバー2と3を外部に引き出した。樹脂(図示せず)で上蓋11をケース9の上に接着し、乾燥窒素ガスを充填している。ケース9の側壁から光ダイオード7、7' の電極10を取り出している。ケース9内を通る光ダイオード7、7' と電極10の配線は省略した。ケース9と上蓋11の内底に、第一支持ブロック4、第二支持ブロック4' および光ダイオード7、7' を接着剤で固定している。第一支持ブロック4と第二支持ブロック4' は光ファイバーの間隔を精度良く保つため8個のV型溝を有し、第一と第二支持ブロック4、4' のV溝に光ファイバーが樹脂で接着されている。光ダイオード7、7' を光ファイバーのノッチ6、6' に対応したケース内底面と蓋内面に配置した。融

着された2本の光ファイバー2、3を、以下の説明では特に断りのない限りまとめて「光ファイバー」と呼ぶことがある。また、一方の光ファイバーが光伝播上流にあつて、他方の光ファイバーが下流にあるときには、それぞれを上流側光ファイバー、下流側光ファイバーと呼ぶことがある。光ファイバー間の光の干渉を防ぐため、光ファイバー間には遮光板30を設けた。

[0042] 図3を用いて、各部の寸法や光の流れ等について説明する。図3(A)に示すように、光ファイバー2のコア光軸15と光ファイバー3のコア光軸16の間のオフセット量 o を $2\mu\text{m}$ にして、それら光ファイバー端面同士を融着した。オフセット融着を行った2本の光ファイバーの融着部5から光ファイバー3に沿って 6.80mm の距離 L 離れた位置に、光反射面14の中央が来るように研削加工でVノッチ6を形成した。ノッチ6の深さが $55.0\mu\text{m}$ でノッチ底12とコア外周との間隔 d は $2.9\mu\text{m}$ であった。ノッチ6の融着部側の側面すなわち光反射面14がコア光軸に対して 40.5° の角度 θ_1 で、その面粗さ R_a は 1.2nm 、包絡うねり曲線からの求めた粗さモチーフの平均長さ AR は 580nm であった。参考までに、ノッチ6の融着部側と反対側の側面がコア光軸に対して 45.2° の角度 θ_2 であった。ノッチの融着部側の側面には $0.03\mu\text{m}$ 厚の金の光反射膜20を真空蒸着で形成した。また、2本の光ファイバーの融着部5から光ファイバー2に沿って 6.80mm の距離 L 離れて光ファイバー2のクラッド層内にVノッチ6'を形成した。Vノッチ6'はVノッチ6と同じ構造でVノッチ6と対称に形成した。

[0043] 光ファイバー2のコア内を伝播してきた光(実線矢印)が融着部5で光ファイバー3のクラッド層に漏れた光(破線矢印)と光ファイバー3のコアに入る光(実線矢印)とに分かれる。光ファイバー3のコアに入った光は、一度も空気中に出ることなくコア内を通過する。従来の光パワーモニターでは、測定部で一度は空気中に出してから光ファイバーもしくは光導波路に戻っていた。光ダイオードに入る漏洩光以外の光は、一度も空気中に出ないことが本発明の光パワーモニターの特徴の一つであり、これが低伝播損失の得られる理由の一つである。融着部5でクラッド層に漏洩した光のうち、クラッド層内で反射を繰り返し干渉で強め合った3次もしくは4次の光がノッチ6の光反射面14によって光路が略 90° 曲げられて、光ファイバー3のクラッド層とコアとクラッド層とを横切って通り空気中に出て光ダイオード7に入り、電気信号に変換される。また

、光ファイバー3のコア内を伝播してきた光が融着部5で光ファイバー2のクラッド層に漏れた光と光ファイバー2のコアに入る光とに分かれる。光ファイバー2のコアに入った光は一度も空気中に出ることなくコア内を通過する。融着部5で光ファイバー2のクラッド層に漏洩した光のうち、クラッド層内で強め合った光がノッチ6'の光反射面14'によって光路が曲げられて光ファイバー2を横切って光ダイオード7'で検出される。

[0044] 図3(A)でサークルAの部分にあるコアのオフセット融着部5を、図3(B)と図3(C)を用いてより詳細に説明する。図3(B)は融着部5のオフセット面における縦断面図である。2本の光ファイバー2、3のコアの接合部は、溶融したコアが作り出すカーブ面17を持って一体化されている。このカーブ面17を通過して光ファイバー3のクラッド層に漏洩した光は、種々の角度を持ってクラッド層内に入りクラッド層外周で反射を繰り返しながら進む。反射を繰り返した光は干渉を起こし、光を強め合ったり弱め合ったりする。カーブ面17は光ファイバー2のコアから種々の角度で光を光ファイバー3のクラッド層に出射するので、光の干渉を起こさせると言う重要な働きを担う。図3(C)に、下流側光ファイバー3から見た融着部のコア断面を示している。上流側光ファイバー2のコアが下流側光ファイバー3のコアから一部突出してコア端面の三日月形部分18を形成している。図3(A)で、光ファイバー3のコアの下部の部分が光ファイバー2のコアから突出して、上で説明したのと同様に三日月形部分が形成されているがその働きを繰り返す必要はないであろう。

[0045] 下流側コアから突出している上流側コア端面の三日月形部分18から下流側光ファイバークラッド層に漏洩した光の流れを図4に模式図で示す。図4(A)に、オフセット面における光ファイバー3のクラッド層内の光の流れを示す。コア端面の三日月形部分18から出た漏洩光は、カーブ面で光の出る方向が分かれる。破線矢印で示すように角度 θ_u で出た光と実線矢印で示すように角度 θ_d で出た光とはクラッド層の外周境界で反射を繰り返してクラッド層内を進む。このため、破線矢印と実線矢印が先端で接近した部分が光の強め合った部分である。最初に強め合ったところを1次とし、三度目(3次)もしくは四度目(4次)の強め合う位置にノッチ6の光反射面14を設ける。光反射面で光が方向を略90°変えて光ダイオード7に入る。強め合う部分と弱め合

う部分は交互に現れる。図4(B)に、オフセット面に垂直な断面における光の流れを示す。コア端面の三日月形部分18から出た光はコア光軸16(図4(B)ではそれはオフセット面に一致する。)に関して対称なので、光の干渉は生じずクラッド層外周で反射を繰り返して進み光反射面に達する。この実施例では、 θ_u は 14.0° 、 θ_d は 9.6° であった。

- [0046] 20個の完成した双方向光パワーモニター組立体1に、波長1550nmで光強度1.2mWの光を入射し、光パワーモニター特性を評価した。8チャンネル組立体を20個用いたので総計160チャンネルの特性を測定し、測定値の平均をとった。伝播損失は -0.72dB で受光感度は 64.4mA/W と良好な値が得られた。光ファイバー間に遮光板を入れることで、クロストークは -48.3dB まで低下させることができた。保護チューブ8、8'と電極10を除いたケース9と上蓋11の外形寸法は $23\text{mmL} \times 17\text{mmW} \times 2.6\text{mmH}$ で従来の図12(A)の光パワーモニター組立体に比べ、体積で1/5と大幅に小型化ができた。

実施例 2

- [0047] 図5に、光ダイオードの受光感度(mA/W)と融着部から光反射面までの距離L(mm)との関係をグラフに示す。融着部から光反射面の中央までの距離Lを 0.8mm から 9.0mm まで変えて、受光感度を測定した。距離L以外の、ノッチの形状(角度)、寸法、光反射金属膜等は実施例1と同じとした。融着部から光反射面の中央までの距離Lが、約 1mm 、約 3mm 、約 5mm 、約 7mm 、約 9mm で受光感度が大きく約 2mA/W 、約 4mA/W 、約 6mA/W 、約 8mA/W で受光感度が小さくなっているのが判る。受光感度が大きくなっているところが光の干渉で強め合ったところで、受光感度が小さくなっているところが光の干渉で弱め合ったところになる。約 1mm のところが1次の干渉で光が強め合ったところになる。次数が大きくなるにつれて受光感度も高くなり、3次と4次で最も高い受光感度を示した。3次もしくは4次の干渉光を使うことで、高い受光感度を有する双方向光パワーモニターが得られることが実証できた。

実施例 3

- [0048] 図6に、受光感度(mA/W)と下流側コア光軸に対する光反射面の角度 $\theta_1(^\circ)$ との関係をグラフに示す。融着部から光反射面の中央までの距離Lを 6.80mm に固

定し4次の干渉光を用いた。光反射面の角度 θ_1 を 28° から 60° まで変えて双方向光パワーモニターを製作した。受光感度の測定方法、光反射膜等は実施例1と同じとした。光反射面の角度 θ_1 が 38° から 45° の間では、いずれも、受光感度は 60mA/W よりも大きな値を示しているが、 38° 未満と 45° 超の角度では急激に受光感度が低下している。受光感度低下の原因は、 38° より小さいと光反射面で光は反射するが、反射した光が光ファイバー外周に照射する角度が大きくなる。つまり、クラッド層外周面で反射してクラッド層内に戻ってくる光の量が多くなる。これは、クラッド層外周面に 14° を超えた角度で光が入ったためと考えられる。逆に、光反射面の角度が 45° を超えると、光反射面を透過する割合が増大し、受光感度が低下したものと考えられる。

実施例 4

[0049] 図7は、受光感度 (mA/W) とオフセット／コア直径との関係をグラフに示す。オフセット／コア直径の比を、0.02から0.32まで変えて双方向光パワーモニターを製作した。受光感度の測定方法、光反射面の位置と角度、光反射金属膜等は実施例1と同じとした。オフセット／コア直径が大きくなるに従い、受光感度が大きくなっている。オフセットが大きくなると下流側クラッド層に漏れる光が多くなるため、光反射面に入射する光量が多くなる。このため、光ダイオードに入射する光量が増え、受光感度が高い値を示した。受光感度が高いことは、光ファイバー内を伝播する光強度が小さくなっても、正確なモニターが可能になることを意味する。しかしこれは、光ファイバー内を伝播する光から高い割合で光を取り出すことを意味しており、伝播損失という観点からは不利になる。

[0050] 図8に、伝播損失 ($-\text{dB}$) とオフセット／コア直径との関係をグラフに示す。オフセット／コア直径の比が大きくなると、伝播損失が大きくなることが判る。これは、光ファイバー内の伝播光の光強度が低下する割合が大きくなることを意味している。受光感度と伝播損失とのバランスから、光パワーモニターの性能が決まる。オフセット／コア直径を、0.05以上0.32以下とすることで、高い受光感度で伝播損失の小さい高性能な双方向光パワーモニターが得られた。

実施例 5

[0051] 図9に、受光感度(mA/W)と光反射面の面粗さ R_a (nm)との関係をグラフに示す。光反射面の面粗さ R_a を0.1nmから10.0nmまで変えて双方向光パワーモニターを製作した。面粗さは、ダイヤモンド砥石の粒度を変えて実現した。なお、面粗さを測定するための試料として、受光感度を測定するための光パワーモニターに用いた光ファイバーとともに、同じ種類の光ファイバーに同じ加工を施してノッチを加工し、そのノッチのところで光ファイバーを折って用いた。面粗さ R_a は、JIS B0601に従い、触針式の表面粗さ計で測定した。ノッチの両側面に光反射膜として金を真空蒸着した。光はクラッド層と金との界面で反射するので、面粗さが粗いと乱反射を起こし易くなる。面粗さ R_a が2nm以上では急激に受光感度が低下することが確認できた。それは乱反射のためであると考えられる。

実施例 6

[0052] 図10に受光感度(mA/W)と光反射面の包絡うねり曲線から求めた粗さモチーフの平均長さ AR (nm)との関係をグラフに示す。 AR は、100nmから2800nmまで変えて双方向光パワーモニターを製作した。面粗さ R_a は1.2nmとし、他の条件は実施例1と同じであった。なお、粗さモチーフの平均長さ AR を測定するための試料として、受光感度を測定するための双方向光パワーモニターに用いた光ファイバーとともに、同じ種類の光ファイバーに同じ加工を施してノッチを加工し、そのノッチのところで光ファイバーを折って用いた。 AR の測定は、JIS B0631に従った。粗さモチーフの平均長さ AR が大きくなると、光反射面のうねりの周期が光ファイバー内を伝播している光の波長に近くなるため、受光感度はうねりの影響を受けやすくなる。光反射面で反射した光が互いに干渉を起こし、受光感度の低下がみられた。粗さモチーフの平均長さ AR は略800nm以下が良いことが確認できた。800nmは使用する光の波長の約 $1/2$ に相当する。

実施例 7

[0053] 図11に受光感度(mA/W)及び伝播損失($-\text{dB}$)とノッチ底とコア外周との距離 d (μm)との関係をグラフに示す。距離 d を0.2 μm から15 μm まで変えて双方向光パワーモニターを製作した。距離 d 以外の条件は実施例1と同じであった。距離 d が0.5 μm から8 μm の範囲では、受光感度がほとんど変化しない。しかし、距離 d が8 μm

mよりも大きくなると、光反射面の面積が小さくなるため、受光感度が徐々に減少している。反対に、距離dが $0.5\mu\text{m}$ より小さくなると、ノッチの底がコアに非常に接近する。光ファイバーでは主にコア中を光が伝播するが、実際はコア近傍では若干の光がクラッド層に漏洩しており、この漏洩した光がノッチの側面で反射されてモニターされる。そのため、距離dが $0.5\mu\text{m}$ より小さいときは、受光感度は上がるが伝播損失も大きくなっている。距離dが $0.5\mu\text{m}$ から $8\mu\text{m}$ の範囲で、受光感度及び伝播損失の変化が少ない安定した双方向光パワーモニターが得られることが実証できた。

産業上の利用可能性

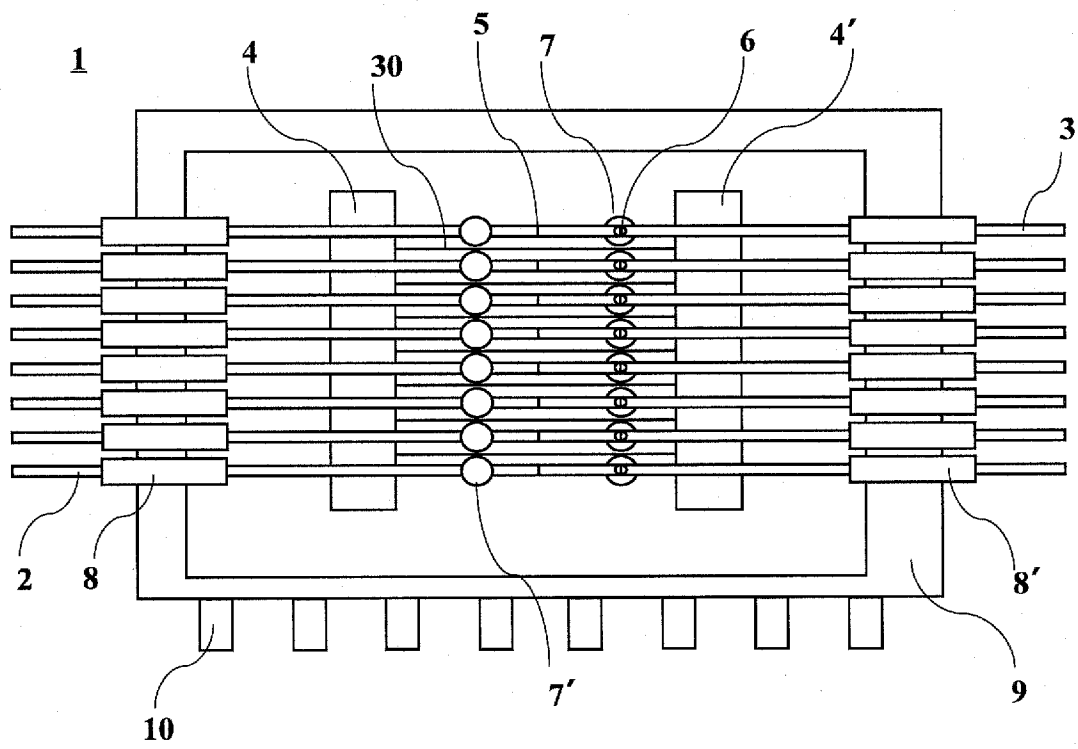
[0054] 本発明では小型で光伝播損失の少ない双方向光パワーモニターが実現できた。この双方向光パワーモニターは、光通信回路に用いることができる。

請求の範囲

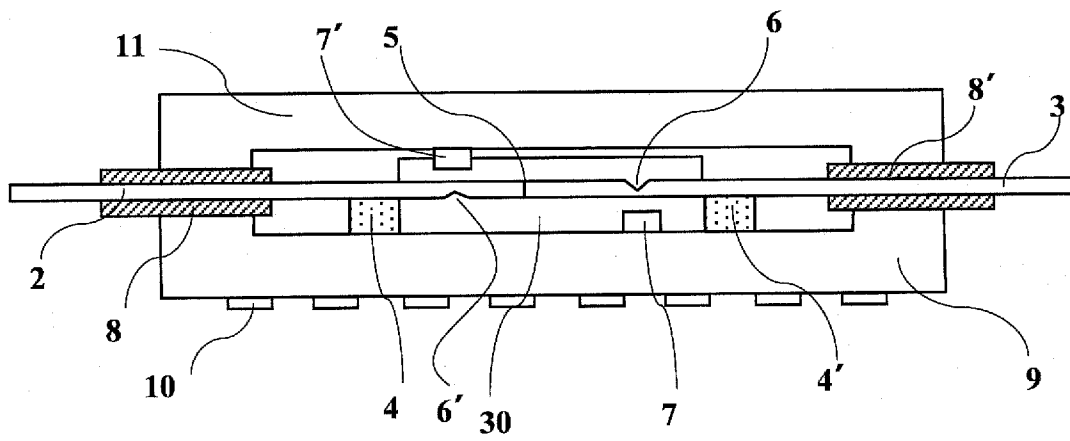
- [1] それぞれが中心にコアを、そのコアの周りにクラッド層を持つ2本の光ファイバーであって、それらコアの光軸をオフセットさせて、それらの端面同士を融着部で対向して融着しており、それら光ファイバーのうち一方のコア端面の一部分が前記融着部で他方のコア端面からオフセットして突出していて、
- その2本の光ファイバーそれぞれのクラッド層に設けられている光反射面であって、光反射面が前記一方の光ファイバーのコア端面の前記突出部分に対向しているとともに、前記他方の光ファイバーのコア光軸に対してある角度を持っており、
- 前記他方の光ファイバーのコアに関して前記光反射面から反対側に位置していて、
- 前記一方の光ファイバーコアを伝播し、前記他方の光ファイバーのコア端面からオフセットして突出している前記一方の光ファイバーのコア端面の前記突出部分から前記他方の光ファイバーのクラッド層中に漏洩し、前記光反射面で反射した光を検出する、光ダイオードを有し、
- 前記光反射面が、前記一方の光ファイバーのコア端面の前記突出部分から前記他方の光ファイバーのクラッド層中に漏洩した光が干渉して強め合う位置に設けられている双方向光パワーモニター。
- [2] 前記光反射面が、前記一方の光ファイバーのコア端面の前記突出部分から前記他方の光ファイバーのクラッド層中に漏洩した光が干渉して強め合う3次から4次の位置に設けられている請求項1記載の双方向光パワーモニター。
- [3] 前記光反射面が、融着部から光ファイバーに沿って4.5mm～7.5mm離れた位置にある請求項2記載の双方向光パワーモニター。
- [4] 前記光反射面が、前記他方の光ファイバーコア光軸に対して 38° ～ 45° の角度である請求項1記載の双方向光パワーモニター。
- [5] 前記光反射面が、前記他方の光ファイバーのクラッド層にそのコア光軸に関して直角にカットされたノッチの融着部側の側面である請求項2記載の双方向光パワーモニター。
- [6] 前記ノッチの底と前記他方の光ファイバーのコア外周との距離が $0.5\mu\text{m}$ ～ $8\mu\text{m}$ である請求項5記載の双方向光パワーモニター。

- [7] 前記光反射面の面粗さRaが2nm未満である請求項5記載の双方向光パワーモニター。
- [8] 前記光反射面がノッチの融着部側面に形成された金属の光反射膜である請求項5記載の双方向光パワーモニター。
- [9] 前記2本の光ファイバーのコア光軸間のオフセットが、光ファイバーのコア径の0.05倍以上で0.32倍以下である請求項1記載の双方向光パワーモニター。

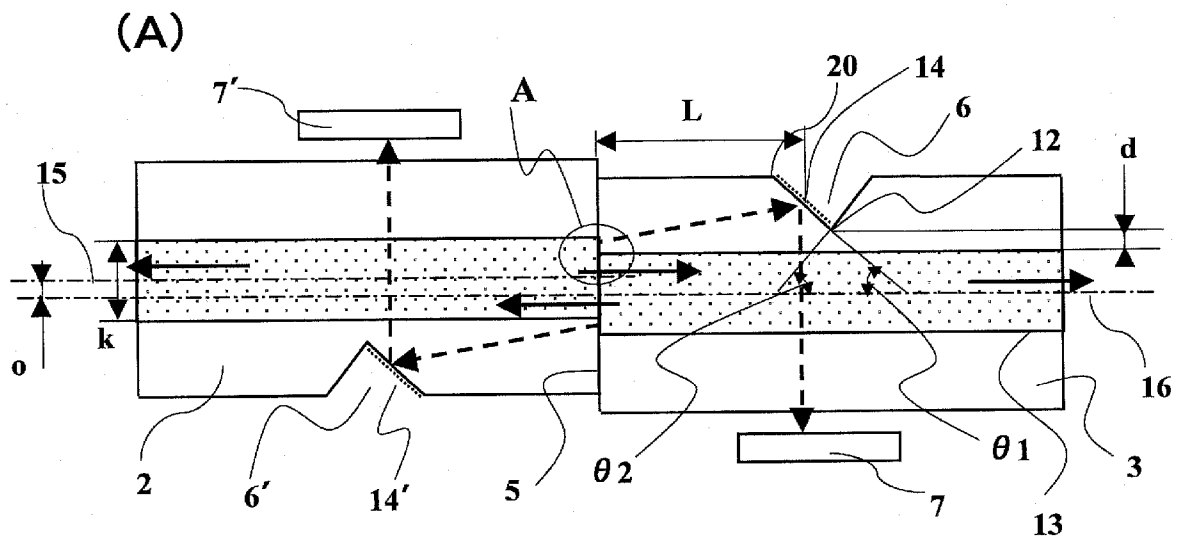
[図1]



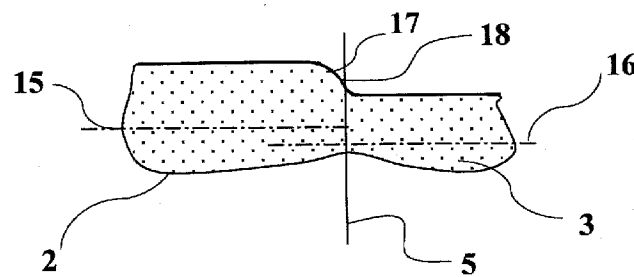
[図2]



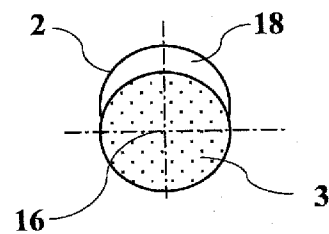
[図3]



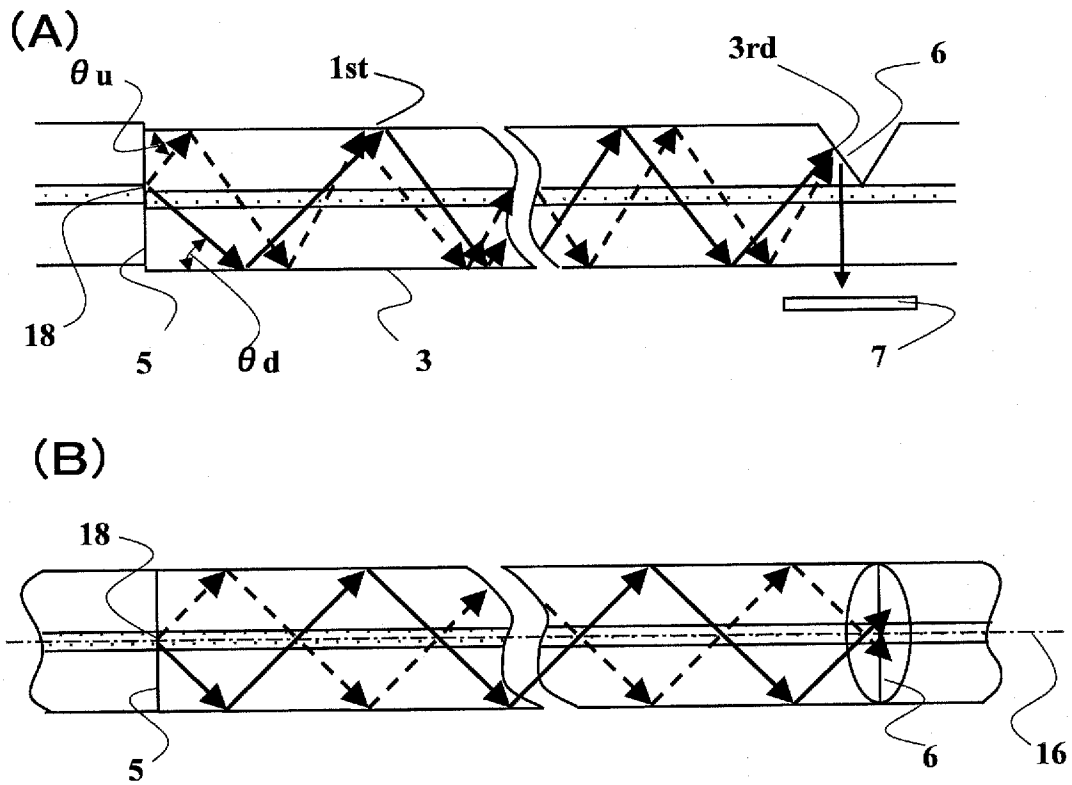
(B)



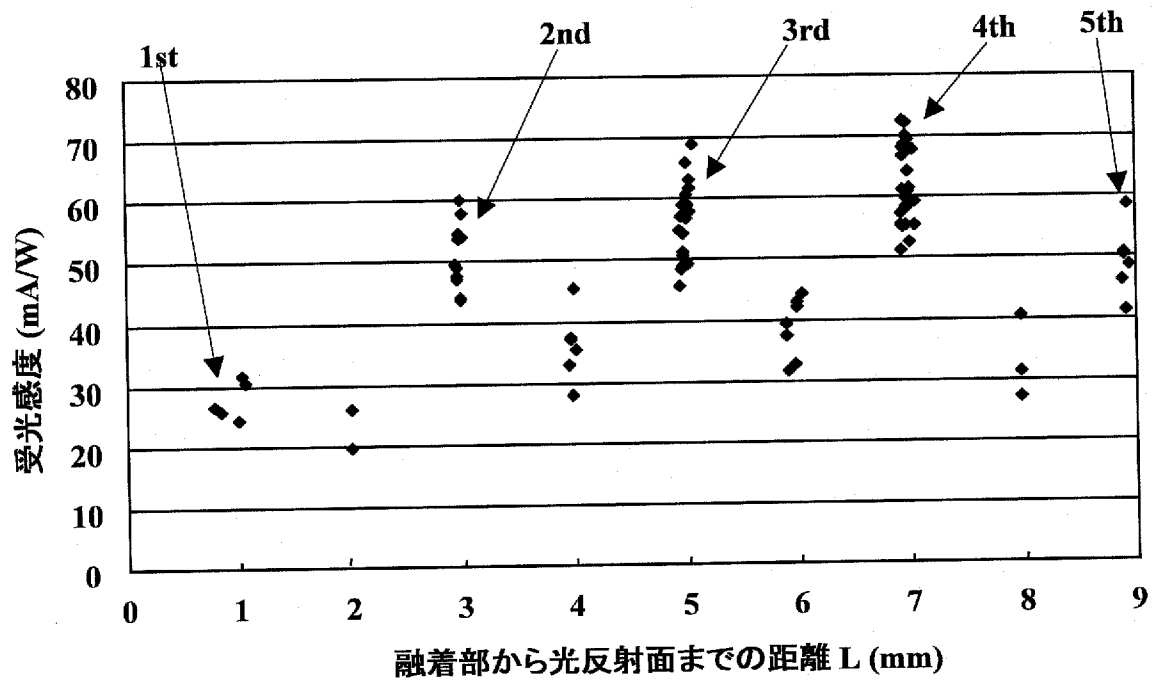
(C)



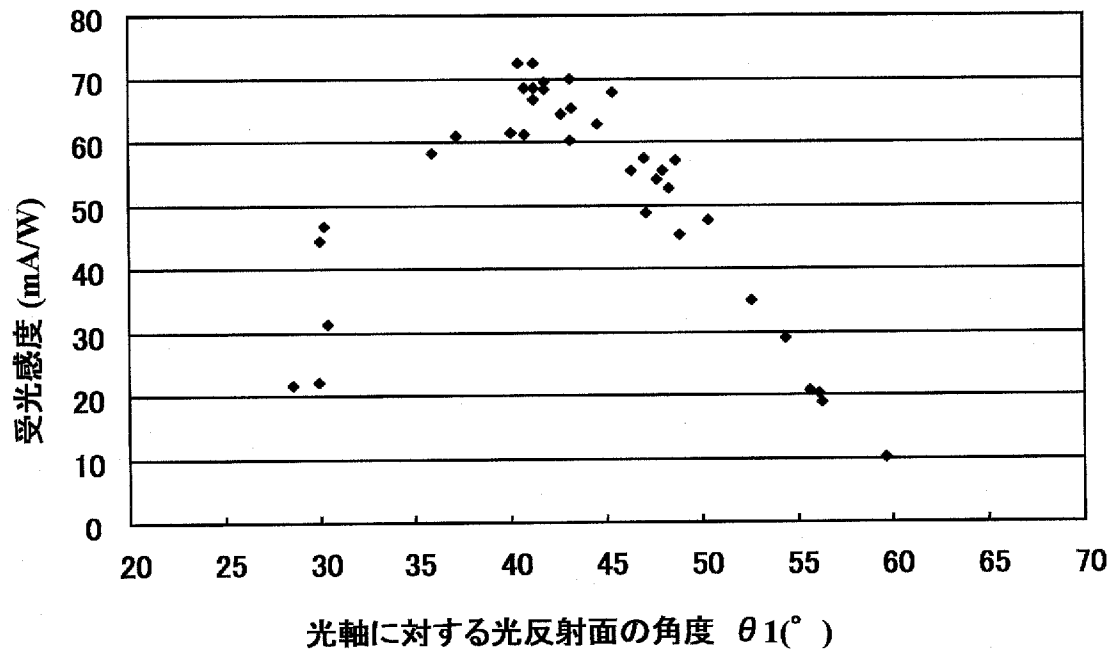
[図4]



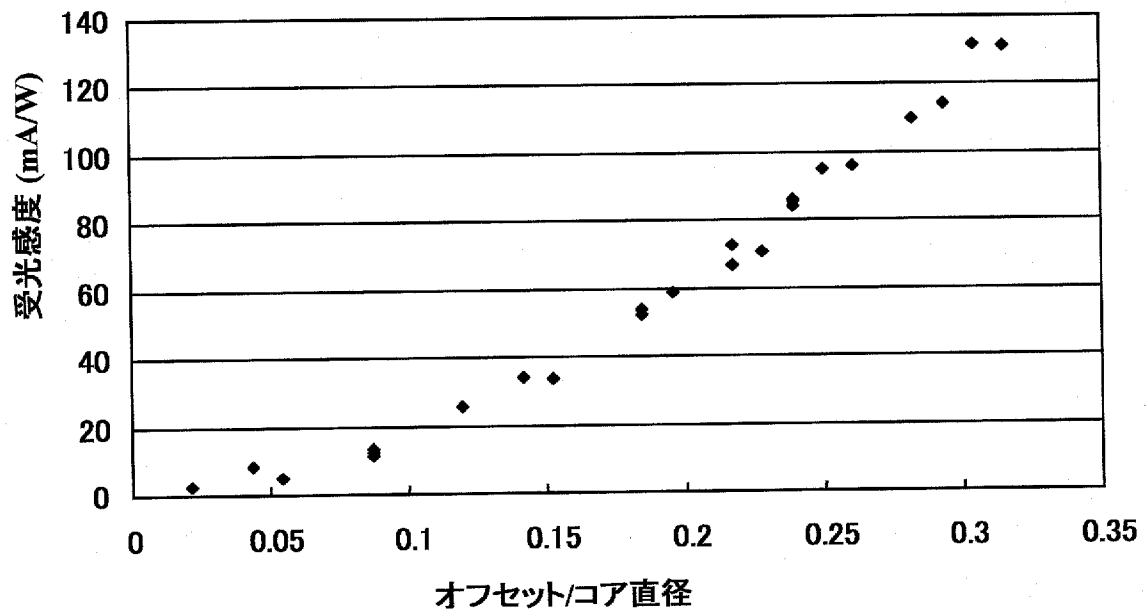
[図5]



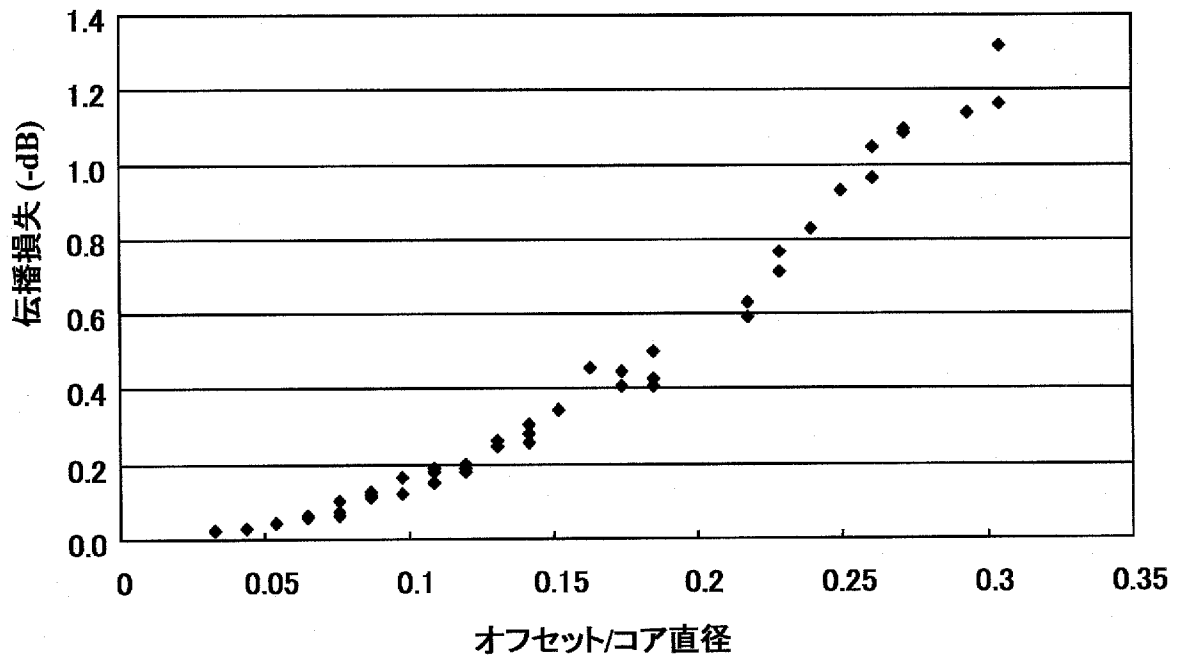
[図6]



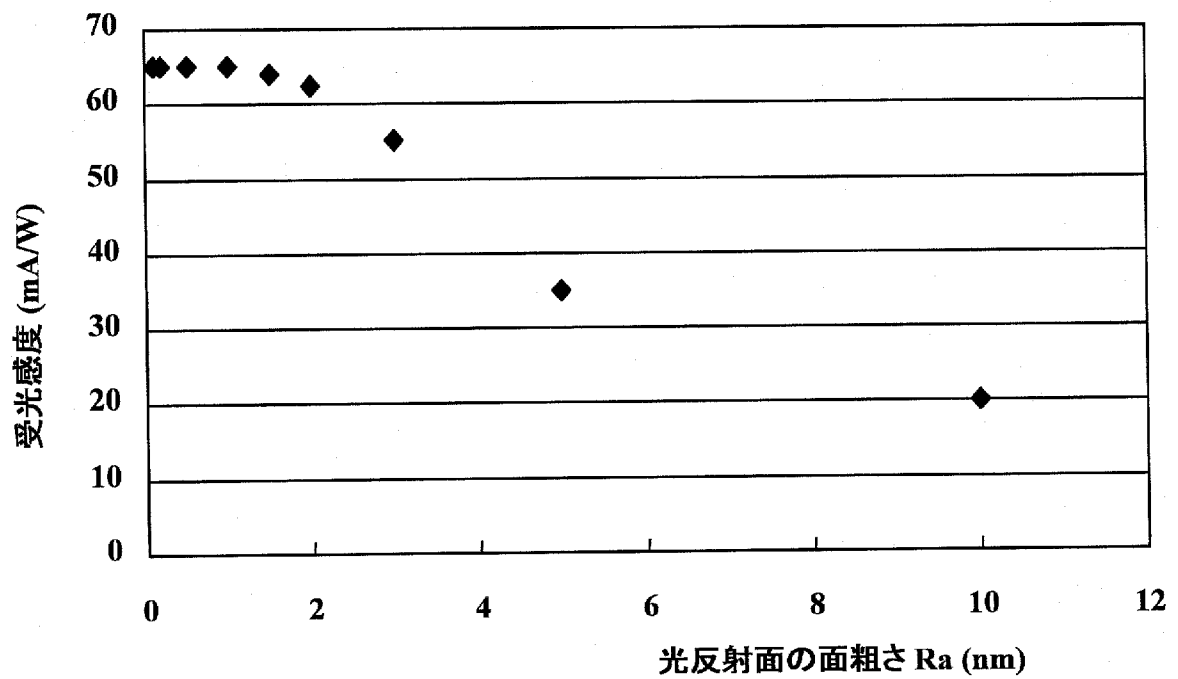
[図7]



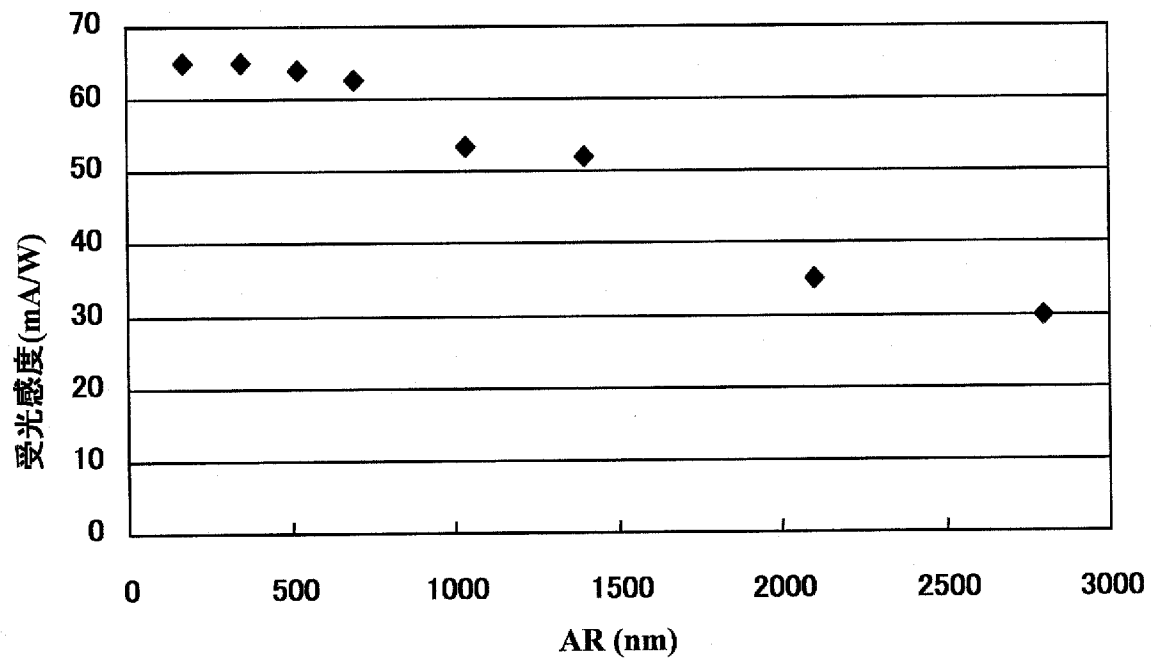
[図8]



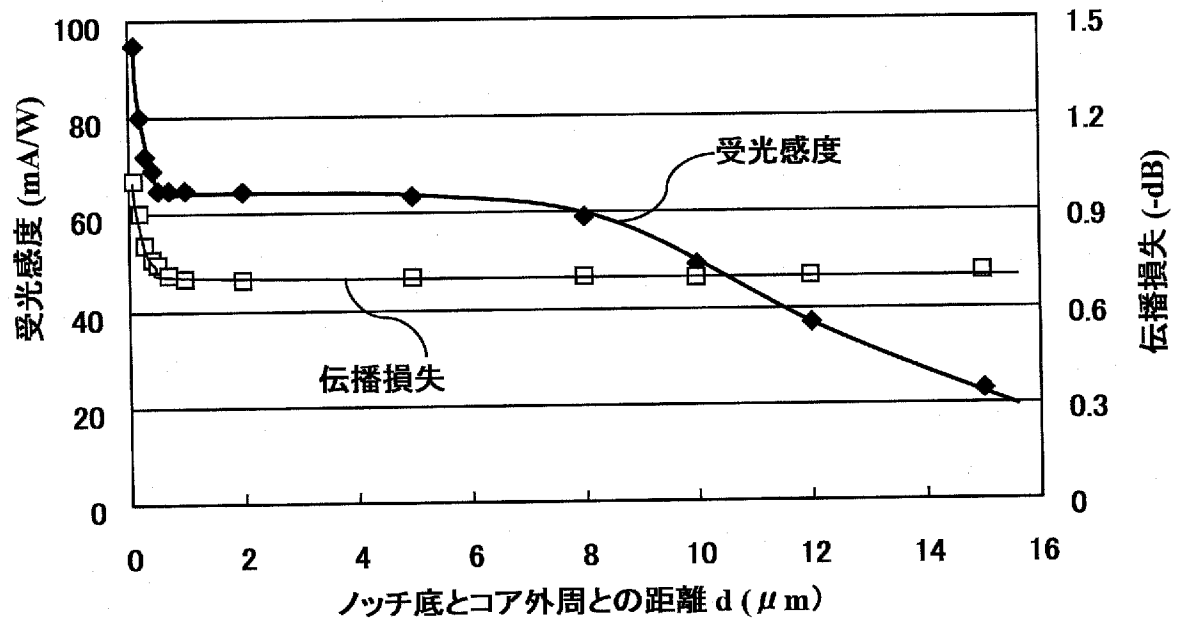
[図9]



[図10]

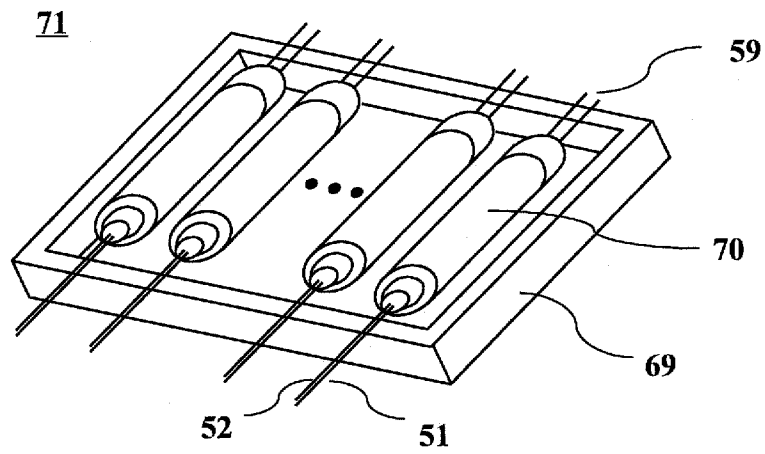


[図11]

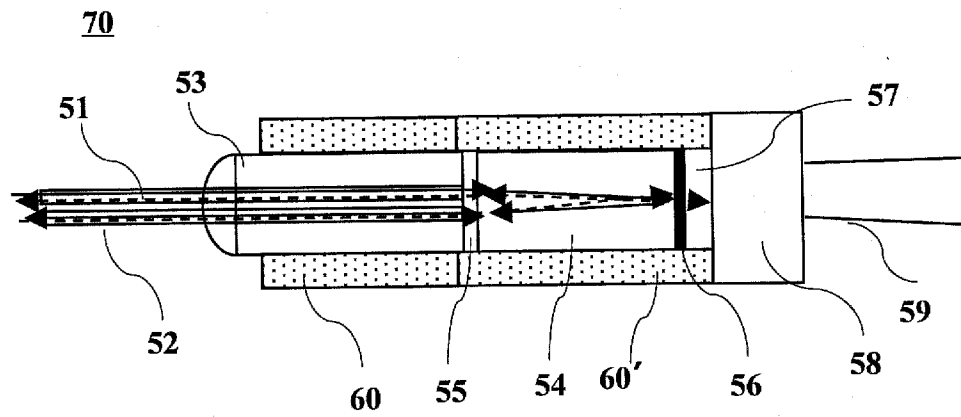


[図12]

(A)

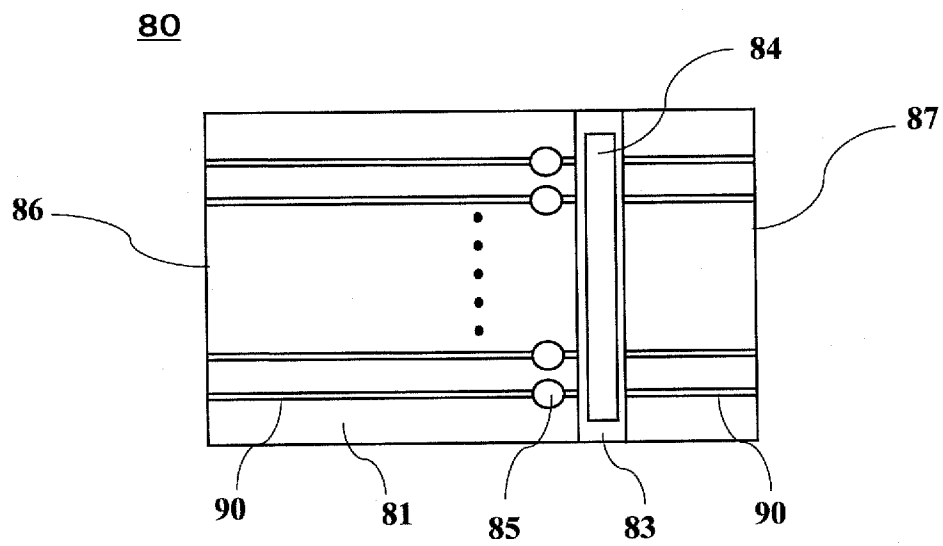


(B)

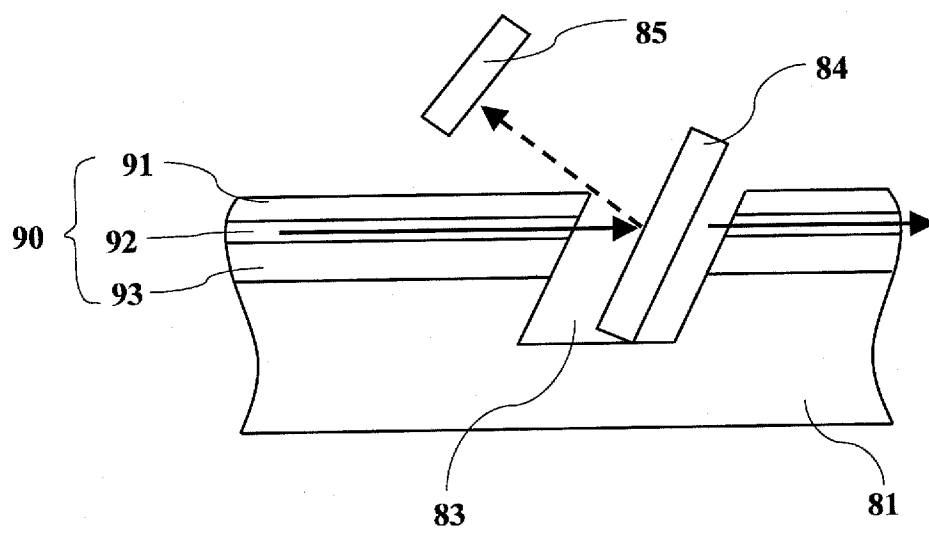


[図13]

(A)



(B)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/060669

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/42 (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)

G02B6/42

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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.
X	JP 2005-148180 A (Suntec Kabushiki Kaisha), 09 June, 2005 (09.06.05), Par. Nos. [0029] to [0068]; Figs. 1 to 14 (Family: none)	1-9
A	JP 2004-505293 A (Optical Air Data Systems, LP), 19 February, 2004 (19.02.04), Claims 1, 6; Par. No. [0019]; Fig. 3 & WO 200208807 A1 & AU 200176008 A & EP 1311882 A1 & US 6757467 B1	1-9

☐ 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
06 June, 2007 (06.06.07)

Date of mailing of the international search report
19 June, 2007 (19.06.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B6/42(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. G02B6/42

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2007年
日本国実用新案登録公報	1996-2007年
日本国登録実用新案公報	1994-2007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 請求の範囲の番号
X	JP 2005-148180 A（サンテック株式会社）2005.06.09, 段落【0029】－【0068】、【図1】－【図14】（ファミリーなし）	1-9
A	JP 2004-505293 A（オプティカル・エア・データ・システムズ, エルピー）2004.02.19, 【請求項1】、【請求項6】、段落【0019】、F I G. 3 & WO 200208807 A1 & AU 200176008 A & EP 1311882 A1 & US 6757467 B1	1-9

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

06.06.2007

国際調査報告の発送日

19.06.2007

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）

吉田 英一

2 X

9 1 2 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3253