

(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
2011 年 1 月 20 日(20.01.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/007693 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/26 (2006.01) H01S 3/06 (2006.01)
G02B 6/255 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/061408
- (22) 国際出願日: 2010 年 7 月 5 日(05.07.2010)
- (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 2009-164625 2009 年 7 月 13 日(13.07.2009) JP
特願 2010-126388 2010 年 6 月 2 日(02.06.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): セントラル硝子株式会社(CENTRAL GLASS COMPANY, LIMITED) [JP/JP]; 〒7550001 山口県宇部市大字沖宇部 5 2 5 3 番地 Yamaguchi (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岡本 英之 (OKAMOTO, Hideyuki). 久保田 能徳 (KUBOTA, Yoshinori). 春日 健 (KASUGA, Ken). 原 育成 (HARA, Ikunari).
- (74) 代理人: 橋本 剛, 外 (HASHIMOTO, Takeshi et al.); 〒1040044 東京都中央区明石町 1 番 2 9 号

掖済会ビル S H I G A 内外国特許事務所内
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, 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, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

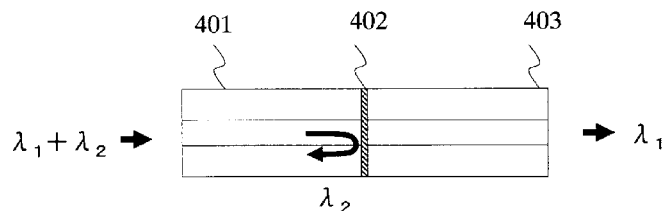
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: FUSION-SPLICING STRUCTURE, OPTICAL WAVEGUIDE ELEMENT HAVING FUSION-SPLICING STRUCTURE, AND LIGHT SOURCE DEVICE USING OPTICAL WAVEGUIDE ELEMENT, AND SPLICING METHOD

(54) 発明の名称: 融着接続構造およびその構造を有する光導波路素子、これを用いる光源装置、および接続方法

[図5]



(57) Abstract: Disclosed is a splicing structure, by which influence of wavelength or mode of light propagating in the optical waveguide can be suppressed. The end surface of the optical waveguide coated with a film and the end surface of other optical waveguide are fusion-spliced without using an adhesive. In the fusion-splicing structure, for the purpose of splicing the two optical waveguides, one end surface of the optical waveguide (A) is coated with the optical functional film, and the one end surface of the optical waveguide (A), said end surface being coated with the optical functional film, and one end surface of the optical waveguide (B) face each other and are fusion-spliced. The optical waveguide element using such fusion-splicing structure is also provided.

(57) 要約: 【課題】本発明の目的は、光導波路中を伝搬する光の、波長またはモードの影響を抑制できる接続構造を提供することである。【解決手段】接着剤を使用せず、膜がコーティングされた光導波路の端面と他の光導波路の端面とを融着接続できることを見出した発明で、2つの光導波路の接続において、光導波路Aの片端面に光機能性膜がコーティングされ、かつ、該光機能性膜がコーティングされている光導波路Aの片端面と、光導波路Bの片端面とを対向させて融着接続されている融着接続構造、またはこれを用いた光導波路素子。

WO 2011/007693 A1

明 細 書

発明の名称：

融着接続構造およびその構造を有する光導波路素子、これを用いる光源装置、および接続方法

技術分野

[0001] 本発明は、光導波路の接続構造に関するものである。

背景技術

[0002] 複数波長の光が伝搬している光導波路において、特定波長の光のみを反射または透過させる場合には、光導波路を一部切断して光フィルタを配置したり（非特許文献１）、端面にコーティングされた光導波路をアライメントして基板に固定したり（特許文献１）する必要があった。また、フィルタ挿入部で生じた反射光の戻り光を抑制する場合には、光導波路に対して斜めにフィルタを配置させる方法が提案されてきた（非特許文献２）。フィルタを斜めに配置する方法では、接着剤を用いてフィルタを固定するため、長期安定性に問題があった。特に、接着剤の吸収波長帯の光を扱う場合には、光による接着剤の著しい劣化が生ずることが予想される。

[0003] また、光導波路を伝搬している光のうち、特定波長の光のみを反射、透過、または分離させる他の方法として、光を一度空間に出射させてフィルタを透過させ、光導波路に再結合させる方法、ファイバブラッググレーティング（FBG）を用いる方法、ファイバ型カプラを用いる方法などがある。具体的には、ファイバ形状の増幅媒体を用いるレーザにおいて励起光をファイバにより導波または出力しレーザ光との合波または分離する例を、図１～図３を用いて説明する。

[0004] 図１では、半導体光源よりファイバから空間に出力された励起光を、レンズを介して増幅媒質である希土類添加ファイバへ再入射させてファイバレーザ装置を構成する例を示している。半導体光源部１０１からの励起光は、半導体光源部１０１に接続されている出力ファイバ部１０２より出力され、コ

リメートレンズ１０３－aでコリメートされ、励起光透過／レーザ光反射ミラー１０４を透過し、コリメートレンズ１０３－bで集光され希土類添加ファイバ１０５に入射される。入射した励起光が希土類添加ファイバ１０５中で吸収され誘導放出が起こり、これにより発生する光は、励起光透過／レーザ光反射ミラー１０４と、希土類添加ファイバ１０５の励起光入射側と反対側に設置されるレーザ光部分透過ミラー１０６との間で反射を繰り返し増幅され、その一部がレーザ光部分透過ミラー１０６からレーザ光として放出される。希土類添加ファイバ１０５よりレーザ光部分透過ミラー１０６側に放出する光は、コリメートレンズ１０３－cでコリメートされレーザ光部分透過ミラー１０６に入射する。このように、ファイバから空間に出力された励起光をミラーに通過させ、増幅媒質である希土類添加ファイバへ再入射させる場合、構成する部品が多く光学系が複雑になってしまう。構成部品を減らすために、ミラー１０４を用いる代わりに、希土類添加ファイバ１０５の端面１０５－aに直接波長選択膜を形成しても良いが、出力ファイバ１０２および希土類添加ファイバ１０５の間にレンズを介してしまうことは避けられない。

[0005] 図２では、FBGを用いて、励起光を透過し、レーザ光を反射させることにより、光導波路中でレーザ共振器を構成する方法を示している。半導体光源部２０１からの励起光は、半導体光源部２０１に接続されている出力ファイバ部２０２を伝搬し、融着接続（融着接続点２０３－a）されているFBG２０４－aに導入される。FBG２０４－aを透過した励起光は、融着接続（融着接続点２０３－b）されている希土類添加ファイバ２０５に導入される。導入された励起光が希土類添加ファイバ２０５中で吸収され誘導放出が起こり、これにより発生する光は、FBG２０４－aと、希土類添加ファイバ１０５の励起光入射側と反対側に融着接続（融着接続点２０３－c）されているFBG２０４－bとの間で反射を繰り返し増幅され、その一部がFBG２０４－bを透過してレーザ光として放出される。

[0006] FBGを用いる場合、上記図１の例と異なり、増幅の過程で、励起光また

は増幅光がファイバから空間に放出されないが、下記に記載する 4 つの問題点がある。

- [0007] 第 1 点は、一般に単一周期の屈折率変化を有する F B G の反射波長幅は狭く、1 nm 以下であることから、F B G に広帯域な反射特性を付与する場合には、屈折率変化領域の周期をチャープさせたチャープド F B G、または異なる反射波長をもつ複数本の F B G を繋げて、用いる必要がある。
- [0008] 第 2 点は、F B G は、ファイバの渦中にゲルマニウムなどの添加物が添加されているため、F B G 中を伝搬させる所望の光の波長が短いほど、添加物による吸収損失の影響が大きくなる。現在、UV～可視光領域専用のファイバとして、ファイバのコア部に純粋石英を用いた純粋石英コアファイバが市販されているが、このコア中には添加物が存在しない為、純粋石英コアファイバを用いてグレーティングを作製することは不可能である。したがって、F B G を特に UV 光に対して使用することは困難である。
- [0009] 第 3 点は、マルチモードファイバを用いて F B G を作製する場合、モード毎にファイバ中の伝搬定数が異なるため、全ての伝搬モードに対して一様な反射率をもつ F B G を構成することは困難である。
- [0010] 第 4 点は、増幅媒質である希土類添加ファイバのコア径を変える場合に、コア径度に希土類添加ファイバに接続する F B G を作製する必要があるため、手間がかかる。
- [0011] 図 3 では、ファイバカプラを用いてレーザ共振器を構成する方法を示している。半導体光源部 301 からの励起光は、半導体光源部 301 に接続されている出力ファイバ部 302 を伝搬し、出力ファイバ部 302 に融着接続（融着接続点 307-A）されているファイバ型 WDM カプラ 303 の励起光の入出力ポート a に導入され、入出力ポート c から出力される。入出力ポート c から出力された励起光は、ファイバ型 WDM カプラ 303 の入出力ポート c に融着接続（融着接続点 307-B）されている希土類添加ファイバ 304 に導入される。導入された励起光が希土類添加ファイバ 304 中で吸収され誘導放出が起こり、これにより発生する光は、ファイバ型 WDM カプラ

303の入出力ポートc、bを介して入出力ポートbの端面に設置されているレーザ光反射ミラー305と、希土類添加ファイバ304の励起光入射側と反対側に設置されているレーザ光部分透過ミラー306との間で反射を繰り返し増幅され、その一部がレーザ光部分透過ミラー306を透過してレーザ光として放出される。

[0012] ファイバ型WDMカプラ303が使用する波長帯で横シングルモードとなるファイバを用いて構成されている場合、励起光は入出力ポートa-c間を損失無く透過し、レーザ光は入出力ポートb-c間を損失無く透過することが可能となる。

[0013] しかし、ファイバ型WDMカプラ303が使用する波長帯でマルチモードとなるファイバを用いて構成されている場合、カプラ内でファイバの伝搬定数はモード毎に異なるため、全てのモード成分を一様に所望のポートへ結合させることが不可能となり、入射した光がファイバ型WDMカプラ303を通過する際に、特定のモード成分以外は他ポートに結合され損失が発生する。例えば、横マルチモードの励起光は入出力ポートをaからcに結合するだけでなく、一部は入出力ポートをaからdにも結合する。また、横マルチモードのレーザ光は入出力ポートをcからbに結合するだけでなく、一部は入出力ポートをcからaにも結合する。

[0014] したがって上記図3の例では、横マルチモードの励起光を共振器中に導入したい場合や、レーザ発振波長において、横マルチモードで発振が可能な共振器を構成したい場合などには、ファイバ型WDMカプラは不向きであり、損失のためにレーザの特性を著しく劣化させてしまう。

先行技術文献

特許文献

[0015] 特許文献1：特開2001-91771号公報

非特許文献

[0016] 非特許文献1：光通信技術の最新資料集V、80ページ、平成13年、オプトロニクス社

非特許文献2：光ファイバとファイバ型デバイス、川上他著、222ページ、1996年、培風館

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0017] 以上のように、光導波路を伝搬している光のうち、特定波長の光のみを反射、透過、または分離させる場合、特定波長の光損失を抑制するため、光導波路を伝搬する光を空間に放出せず光導波路中で特定波長の光のみを反射、透過、または分離させる方法が提案されている。例えば、フィルタを光導波路端面に接着剤を用いて接続する方法、増幅媒体をFBGまたはファイバ型WDMカプラに接続する方法がある。従来方法では、接着剤を使用するため長期安定性に問題や、または、UV～可視光領域またはマルチモード光での使用が困難である為、使用できる光の波長やモードに制限が生じる問題がある。

[0018] 本発明では、光導波路中を伝搬する光の、波長またはモードの影響を抑制できる接続構造を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0019] 本発明者らは、鋭意検討を重ねた結果、接着剤を使用せず、膜がコーティングされた光導波路の端面と他の光導波路の端面とを融着接続できることを見出し、本発明に到ったものである。

[0020] すなわち、2つの光導波路の接続において、光導波路Aの片端面に光機能性膜がコーティングされ、かつ、該光機能性膜がコーティングされている光導波路Aの片端面と、光導波路Bの片端面とを対向させて融着接続されている融着接続構造を提供するものである。

[0021] さらに、該光導波路Aと該光導波路Bが、ガラス転移温度が異なるガラス母材により構成されており、かつ、光導波路Bを構成するガラス母材のガラス転移温度よりも光導波路Aを構成するガラス母材のガラス転移温度が高い前記記載の融着接続構造、または、該光導波路Aと該光導波路Bの光導波路が共に、ステップインデックス型光導波路またはグレーデッドインデック

ス型光導波路のいずれか一方である上記記載の融着接続構造を提供するものである。

[0022] また本発明は、該光機能性膜が、所定の波長の光を透過または反射する波長選択膜、該光導波路Aから該光導波路Bに伝搬する光、または該光導波路Bから該光導波路Aに伝搬する光に対して無反射膜、該光導波路Aを伝搬する光または該光導波路Bを伝搬する光の分散を補償する分散補償膜、該光導波路Aを伝搬する光または該光導波路Bを伝搬する光に対して、複屈折の性質を有する膜または異なる偏波成分に分離する偏波分離膜、蛍光膜、誘電体多層膜、または金属膜である、融着接続構造を提供するものである。または、上記の融着接続構造を有する光導波路素子を提供するものである。

[0023] さらに本発明は、上記の融着接続構造または光導波路素子が、少なくとも1つ以上、光路中に配置されている光源装置、または、該光機能性膜が所定の波長の光を反射する波長選択膜である上記の光導波路素子と、ファイバブラッググレーティングにより構成されるレーザ共振器を含むレーザ装置、を提供するものである。

[0024] また本発明は、2つの光導波路の接続方法であって、片端面に光機能性膜がコーティングされている光導波路Aのコーティングされている片端面と、光導波路Bの片端面とを対向させて融着接続する、接続方法を提供するものである。

[0025] ここで、光機能性膜とは、該光機能性膜に入射する光に対し、その透過率、反射率、光の透過スペクトル、反射スペクトル、または偏光等に変化を与える膜であり、外部刺激として、光、電場、磁場、熱等が加えられてもよい。また、膜を構成する材料は、特に限定されず、有機材料、無機材料でもよく、また、結晶、アモルファスの状態であってもよい。

発明の効果

[0026] 本発明により、接着剤を用いることなく、光導波路Aと膜、および光導波路Bを固定することができるため、長期にわたって安定な接続構造が維持できる。また、光導波路を伝搬する光がUV～可視光である場合や横マルチモ

ードである場合にも、モードに依存しない光透過特性または反射特性を実現することができる。

図面の簡単な説明

- [0027] [図1] ファイバレーザ装置の構成の一例を示すものである。
- [図2] F B Gを用いたレーザ共振器の構成の一例を示すものである。
- [図3] ファイバカプラを用いたレーザ共振器の構成の一例を示すものである。
- [図4] 本発明の融着接続構造を構成する前の形態の断面を示すものである。
- [図5] 本発明の融着接続構造の一例の断面を示すものである。
- [図6] 実施例における接続前の構成の断面の概略を示すものである。
- [図7] 実施例 1 と 2 の融着接続構造の断面の概略を示すものである。
- [図8] 融着接続構造物の測定系を示すものである。
- [図9] 実施例 1 の透過率のスペクトルを示すものである。
- [図10] 実施例 3 のファイバレーザの断面の概略を示すものである。
- [図11] 実施例 3 のレーザ発振スペクトルを示すものである。
- [図12] 実施例 4 のファイバレーザの断面の概略を示すものである。
- [図13] 実施例 4 のレーザ発振スペクトルを示すものである。
- [図14] 比較例 1 のファイバレーザの断面の概略を示すものである。

発明を実施するための形態

- [0028] 本発明における実施形態の例を、図 4、図 5 を用いて示す。図 4 は本発明の融着接続構造を構成する前の形態を示しており、ファイバ 401 およびファイバ 403 はガラス組成の異なるファイバであり、ファイバ 403 のガラス転移温度はファイバ 401 のガラス転移温度よりも低い。ガラス転移温度が高い方のファイバ 401 の端面には、所望の波長 λ_1 の光を透過して所望の波長 λ_2 の光を反射する光機能性膜 402 が予め施されている。さらに、ファイバ 401 とファイバ 403 の接続面を、ファイバ 403 のみが軟化する温度に過熱して融着接続した融着接続構造を図 5 に示す。図 5 に示す融着接続構造は、ファイバ 401 とファイバ 403、および光機能性膜 402 による光導波路素子を構成している。

- [0029] ガラス転移温度が高い方の光導波路を構成する母材としては、ガラス転移温度が1000℃以上である、石英系ガラスが望ましいが、この限りではない。
- [0030] また、ガラス転移温度が低い方の光導波路を構成する母材としては、ハロゲン化物ガラス、バナジウム系ガラス、ビスマス系ガラス、カルコゲナイトガラスが望ましいが、この限りではなく、プラスチック製の材料も用いることができる。
- [0031] また、ファイバ401とファイバ403のガラス転移温度は同一でも良く、さらには同種の材料であっても良い。この場合にはファイバ401の端面に施されている光機能性膜402に加わる熱を可能な限り少なくする必要がある。そのため、融着接続を行う場合には、光機能性膜402が施されているファイバ401は加熱せず、ファイバ403のみをガラス転移温度以上に加熱し、その直後にファイバ401の光機能性膜402が施されている面とファイバ403を押し当てることにより、融着接続すればよい。押し当てた直後、ファイバ403の端面は急激に冷却されるため、光機能性膜402への熱の影響を抑制することができる。
- [0032] ここで、光機能性膜402は、所望の波長の光の一部を透過し、残りを反射する光透過率制御膜、透過率または反射率に任意の波長依存性が付与された波長選択膜、フレネル反射を抑制する無反射コーティング膜、反射により生じた光の分散を制御する分散補償膜、光導波路中を導波されている光を吸収し蛍光を発する膜、誘電体多層膜、または金属膜などにより構成されていても良い。また、光機能性膜402は、上記の複数の機能を兼ね備えても良い。
- [0033] ファイバ401とファイバ403は、それぞれ独立して、ステップインデックス型光導波路、グレーデッドインデックス型光導波路、またはGRINレンズであっても良く、偏波保持型の光導波路であっても良い。また、ファイバ401とファイバ403は、それぞれ独立して、マルチモードファイバまたはシングルモードファイバであってもよい。また、ファイバ401また

はファイバ４０３の光導波路のコアは１つに限定されず、複数のコアを含むマルチコア光導波路であってもよい。

[0034] 本発明の融着接続構造は、融着接続構造中に光機能性膜が空間を経由することなく直接形成されているので、ファイバカプラなどのように、反射／透過特性（または波長分離特性）が伝搬モードに依存しない。また、接続に接着剤を使用していないため、接着剤劣化の可能性が少なく、長期にわたって安定な接続構造が維持できる。

[0035] また、本発明の融着構造は、ＡＳＥ光源、レーザ装置、または波長可変光源などの光源装置に利用することもできる。ＡＳＥ光源に利用する場合には、例えば、本発明による融着構造を励起光源とこれにより励起される光増幅ファイバ（希土類添加ファイバなど）の中間にある光路中に配置し、希土類添加ファイバから発せられたＡＳＥ光の内、励起光源側に進行する光を反射させるために利用できる。レーザ装置に利用する場合には、例えば、本発明による融着構造を２つ用いてレーザ共振器を構成することにより利用できるし、本発明の融着構造と通常の反射構造（例えばＦＢＧ、ファイバループリミ等）とを用いてレーザ共振器を構成することにより利用できる。さらには、上述の共振器中にエタロンを配置して発振波長を制限したり、または分散補償素子（プリズム、グレーティング）などを配置したりして、波長可変光源を構成できる。またレーザ発振をより安定化させるために、レーザ共振器中に偏波コントローラ等をさらに配置してもよい。

[0036] 以下、実施例により本発明を詳細に説明する。

実施例 １

[0037] 図６は接続前の構成の概略を示す。本例では、直角にクリーブされた石英ファイバ６０１（ＮＡ０．２２、コア径４．０μｍ、クラッド径１２５μｍ、ガラス転移温度＞１０００℃）、石英ファイバ６０１の端面にコーティングされた誘電体多層膜６０２（波長４００～４５５ｎｍ透過、波長４７０～５５０ｎｍ反射）、フッ化物ファイバ６０３（組成：ＺＢＬＡＮ、ＮＡ０．２２、コア径４．０μｍ、クラッド径１２５μｍ、ガラス転移温度２８０℃

）で構成されている。尚、石英ファイバ601とフッ化物ファイバ603は、いずれも波長範囲400～550nmにおいてマルチモードファイバである。端面に誘電体多層膜602がコーティングされた石英ファイバ601を約350℃に加熱したのち、フッ化物ファイバ603に押し付けて融着接続し、融着接続構造物を得た。得られた融着接続構造物の融着接続形状の概略図を図7に示す。図7において、石英ファイバ601に変形は見られず、ガラス転移温度以上に加熱されたフッ化物ファイバ603のみに変形が見られた。

[0038] 得られた融着接続構造物の波長透過率を測定する測定系を図8に示す。図8に示す測定系は、ハロゲンランプ801、集光レンズ802、光スペクトラムアナライザ803（ANDO製AQ6315-A）により構成されており、ハロゲンランプ801から放出される光は、集光レンズ802により得られた融着接続構造物の石英ファイバ601側の端面のコア部に集光されることにより導入され、反対側の端面から放出される光が光スペクトラムアナライザ803に導入される。

[0039] 測定は、得られた融着接続構造物のフッ化物ファイバ603側の端面bより出射される光のスペクトルを測定し、つぎに得られた融着接続構造物の石英ファイバ601部をクリーブしてフッ化物ファイバ603側を取り除いて得られた端面aより出射される光のスペクトルを測定した。測定された端面aと端面bのスペクトル強度の比を計算することにより得られる、透過率のスペクトルを図9に示す。この結果、融着接続部の透過率が波長400～455nmにおいて透過率>90%、波長470～550nmでは透過率<1%を得ており、波長選択機能を有していることが分かる。

実施例 2

[0040] 用いる石英ファイバ601とフッ化物ファイバ603が共に、波長400～550nmにおいてシングルモードファイバである以外は実施例1と同様である。すなわち、図6に示すとおり、直角にクリーブされた石英ファイバ601（NA0.13、コア径2.2μm、クラッド径125μm、ガラス

転移温度 $>1000^{\circ}\text{C}$ ）、石英ファイバ601端面にコーティングされた誘電体多層膜602（波長400～455 nm透過、波長470～550 nm反射）、フッ化物ファイバ603（組成：ZBLAN、NA0.13、コア径 $2.2\mu\text{m}$ 、クラッド径 $125\mu\text{m}$ 、ガラス転移温度 280°C ）で構成されている。

[0041] 実施例1と同様に、融着接続して融着接続構造物を得、得られた融着接続構造物について波長透過率を測定した。その結果、融着接続部の透過率は波長400～455 nmにおいて透過率 $>93\%$ 、波長470～550 nmにおいては透過率 $<1\%$ であった。このように、シングルモードファイバ同士の接続においても、本発明が適用できることが実証できた。

実施例 3

[0042] 図10は本発明をファイバレーザに応用した場合の例を示しており、図10に示されるファイバレーザは、GaNレーザダイオード1001（波長448 nm）、片端がレンズ加工された石英ファイバ1002（NA0.22、コア径 $4.0\mu\text{m}$ 、クラッド径 $125\mu\text{m}$ ）、石英ファイバ1002のレンズ加工されてない端面にコーティングされた誘電体多層膜1003（波長400～455 nm透過、波長470～550 nm反射）、 Pr^{3+} 添加フッ化物ファイバ1004（ Pr^{3+} 添加濃度： 3000ppm 、NA0.22、コア径 $4.0\mu\text{m}$ 、クラッド径 $125\mu\text{m}$ 、ガラス転移温度 280°C ）、 Pr^{3+} 添加フッ化物ファイバ1004の片面にコーティングされた誘電体多層膜1005（波長 $521\pm10\text{nm}$ における透過率 15% ）により構成される。尚、石英ファイバ1002と Pr^{3+} 添加フッ化物ファイバ1004は共に、波長範囲400～550 nmにおいてマルチモードファイバである。

[0043] GaNレーザダイオード1001の出射光は石英ファイバ1002のレンズ加工された片端より、レンズ形状によりコアに結合されることにより導入される。石英ファイバ1002と Pr^{3+} 添加フッ化物ファイバ1004は、実施例1と同様に融着接続されており、石英ファイバ1002に導入されたGa Nレーザダイオード1001の出射光（励起光）は、誘電体多層膜100

3を損失無く透過し、 Pr^{3+} 添加フッ化物ファイバ1004中の Pr^{3+} イオンを励起する。 Pr^{3+} 添加フッ化物ファイバ1004で得られた発光は、誘電体多層膜1003と1005によって構成された共振器を往復することによりレーザ発振する。誘電体多層膜1005により出力されたレーザ光の光スペクトルを光スペクトラムアナライザ（図中省略）により測定した。

[0044] 励起光250mWを石英ファイバ1002中に導入したときに出力されたレーザ光の光スペクトルを図11に示す。図11に示すとおり、波長範囲519.6～521.9nmにおいて、広帯域なレーザ発振を確認することができた。以上のように、本発明による接続構造を用いることにより、空間を介することなくレーザ共振器を構成することができた。

[0045] 本実施例では、レーザ媒質であるファイバの両端に直接反射膜がコーティングされた構造となっている。FBGなどを用いてレーザ共振器を構成する場合、損失を生じる融着点が共振器の内部に配置されるため、レーザ出力を低下させてしまう。これに対し、本実施例では、接続不整合部は共振器の外部に配置されるため、レーザ共振器の損失が少なく、結果として高出力なレーザの構成が得られている。

[0046] また、本実施例では、励起光を効率よくファイバに結合させるために、片端がレンズ加工された石英ファイバ1002を用いており、最も簡単な構成のレーザが得られている。石英ファイバ1002のレンズ加工部は球面であるため、共振器ミラーをレンズ加工部先端に形成することは困難である。ゆえに、本実施例が示すレーザにおける共振器ミラーの配置が最も理想的である。また、誘電体多層膜1005をフッ化物ファイバ1004の端面に直接成膜する代わりに、別の石英ファイバの端面に誘電体多層膜1005を成膜した後、該成膜面をフッ化物ファイバ1004の出射側端面に融着接続してもよい。

実施例 4

[0047] 図12に本発明による融着構造と別の反射構造であるFBGにより構成されたファイバレーザを示している。図12に示されるファイバレーザは、G

a Nレーザダイオード1201（波長448 nm）、片端がレンズ加工された石英ファイバ1202（NA0.22、コア径4.0 μm、クラッド径125 μm）、石英ファイバ1202のレンズ加工されていない端面にコーティングされた誘電体多層膜1203（波長400～455 nm透過、波長470～550 nm反射）、Pr³⁺添加フッ化物ファイバ1204（Pr³⁺添加濃度：3000 ppm、NA0.22、コア径4.0 μm、クラッド径125 μm、ガラス転移温度280℃）、FBG1205（ファイバパラメータは石英ファイバ1202と同じ、FBG反射率は85%、反射の中心波長は516.2 nm、3 dB帯域幅は0.2 nm）により構成される。尚、石英ファイバ1202とPr³⁺添加フッ化物ファイバ1204、およびFBG1205は、波長範囲400～550 nmにおいてマルチモードファイバである。

[0048] GaNレーザダイオード1201の出射光は石英ファイバ1202のレンズ加工された片端より、レンズ形状によりコアに結合されることにより導入される。石英ファイバ1202とPr³⁺添加フッ化物ファイバ1204は、実施例1と同様に融着接続されており、石英ファイバ1202に導入されたGaNレーザダイオード1201の出射光（励起光）は、誘電体多層膜1203を損失無く透過し、Pr³⁺添加フッ化物ファイバ1204中のPr³⁺イオンを励起する。Pr³⁺添加フッ化物ファイバ1204とFBG1205は融着接続されており、Pr³⁺添加フッ化物ファイバ1204で得られた発光は、誘電体多層膜1203とFBG1205によって構成された共振器を往復することによりレーザ発振する。FBG1205より出力されたレーザ光の光スペクトルを光スペクトラムアナライザ（図中省略）により測定した。

[0049] 励起光250 mWを石英ファイバ1202中に導入したときに出力されたレーザ光の光スペクトルを図13に示す。図13に示すとおり、中心波長516.2 nmにおいて、レーザ発振を確認することができた。以上のように、本発明による接続構造を用いることにより、空間を介することなくレーザ共振器を構成することができた。

[0050] [比較例1]

接着剤を用いて接続したときのファイバレーザを図14に示す。図14に示されるファイバレーザは、Ga_{0.49}N_{0.51}レーザダイオード1401（波長448 nm）、片端がレンズ加工された石英ファイバ1402（NA0.22、コア径4.0 μm、クラッド径125 μm）、Pr³⁺添加フッ化物ファイバ1404（Pr³⁺添加濃度：3000 ppm、NA0.22、コア径4.0 μm、クラッド径125 μm、ガラス転移温度280℃）、Pr³⁺添加フッ化物ファイバ1404の片面に形成される誘電体多層膜1405（波長521±10 nmにおける透過率15%）、フェルルール1406、誘電体多層膜1403（波長400～455 nm透過、波長470～550 nm反射）により構成される。尚、石英ファイバ1402とPr³⁺添加フッ化物ファイバ1404は共に、波長範囲400～550 nmにおいてマルチモードファイバである。

[0051] 石英ファイバ1402の端面のうち、レンズ加工されていない側の端面はフェルルール1406内に固定されて直角に研磨され、その後、誘電体多層膜1403（波長400～455 nm透過、波長470～550 nm反射）がコーティングされており、また、フッ化物ファイバ1404の片面には誘電体多層膜1405（波長521±10 nmにおける透過率15%）がコーティングされている。また、エポキシ系接着剤1407（Epoxy Technology社製353ND）を用いて、石英ファイバ1402に施されている誘電体多層膜1403面と、誘電体多層膜1405が施されていない側のPr³⁺添加フッ化物ファイバ1404の端面とを、調芯して接着している。

[0052] Ga_{0.49}N_{0.51}レーザダイオード1401より励起光として500 mWの出射光をファイバ1402へ導入したところ、エポキシ系接着剤1407の色が淡黄色から茶褐色への変色した後、接続部が破断した。

産業上の利用可能性

[0053] 本発明は、ASE光源、レーザ装置、または波長可変光源などの光源装置、光通信、レーザディスプレイ、検査装置など、光導波路を用いる分野において利用可能である。

符号の説明

- [0054] 101、201、301：半導体光源部
102、202、302：出力ファイバ部
103-a、103-b、103-c：コリメートレンズ
104：励起光透過／レーザ光反射ミラー
105、205、304：希土類添加ファイバ
106、306：レーザ光部分透過ミラー
204-a、204-b、1205：FBG
303：ファイバ型WDMカプラ
305：レーザ光反射ミラー
401、403：ファイバ
402：光機能性膜
601、1002、1202、1402：石英ファイバ
602、1003、1005、1203、1403、1405：誘電体多層膜
603：フッ化物ファイバ
801：ハロゲンランプ
802：集光レンズ
803：光スペクトラムアナライザ
1001、1201、1401：GaNレーザダイオード
1004、1204、1404：Pr³⁺添加フッ化物ファイバ
1406：フェルルール
1407：エポキシ系接着剤

請求の範囲

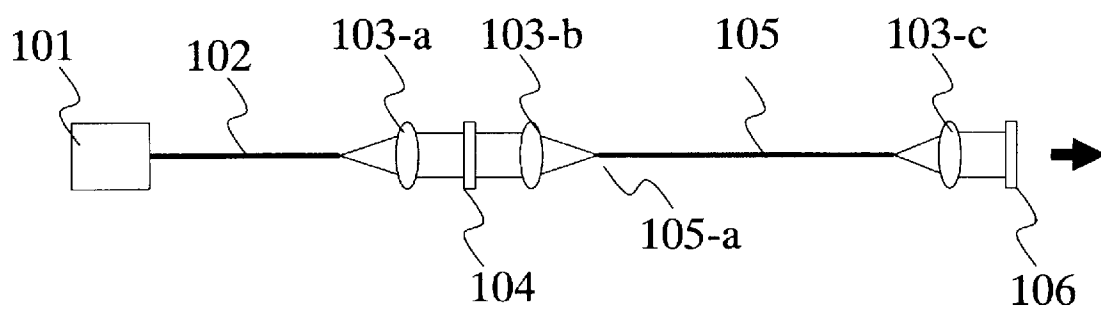
- [請求項1] 2つの光導波路の接続において、光導波路Aの片端面に光機能性膜がコーティングされ、かつ、該光機能性膜がコーティングされている光導波路Aの片端面と、光導波路Bの片端面とを対向させて融着接続されている融着接続構造。
- [請求項2] 該光導波路Aと該光導波路Bが、ガラス転移温度が異なるガラス母材により構成されており、かつ、光導波路Bを構成するガラス母材のガラス転移温度よりも光導波路Aを構成するガラス母材のガラス転移温度が高い、請求項1に記載の融着接続構造。
- [請求項3] 該光導波路Aと該光導波路Bの光導波路が共に、ステップインデックス型光導波路またはグレーデッドインデックス型光導波路のいずれか一方である、請求項1または2に記載の融着接続構造。
- [請求項4] 該光機能性膜が、
所定の波長の光を透過または反射する波長選択膜、
該光導波路Aから該光導波路Bに伝搬する光、または該光導波路Bから該光導波路Aに伝搬する光に対して無反射膜、
該光導波路Aを伝搬する光または該光導波路Bを伝搬する光の分散を補償する分散補償膜、
該光導波路Aを伝搬する光または該光導波路Bを伝搬する光に対して、複屈折の性質を有する膜または異なる偏波成分に分離する偏波分離膜、
蛍光膜、
誘電体多層膜、
または金属膜である、請求項1～3のいずれか1項に記載の融着接続構造。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれか1項に記載の融着接続構造を有する光導波路素子。
- [請求項6] 請求項1～4のいずれか1項に記載の融着接続構造または請求項5に

記載の光導波路素子が、少なくとも1つ以上、光路中に配置されている、光源装置。

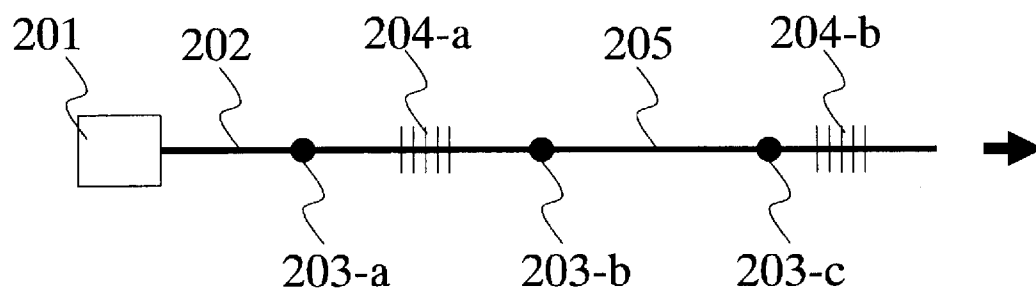
[請求項7] 該光機能性膜が所定の波長の光を反射する波長選択膜である、請求項4に記載の融着接続構造または請求項5に記載の光導波路素子と、ファイバブラッググレーティングにより、構成されるレーザ共振器を含むレーザ装置。

[請求項8] 2つの光導波路の接続方法であって、片端面に光機能性膜がコーティングされている光導波路Aのコーティングされている片端面と、光導波路Bの片端面とを対向させて融着接続する、接続方法。

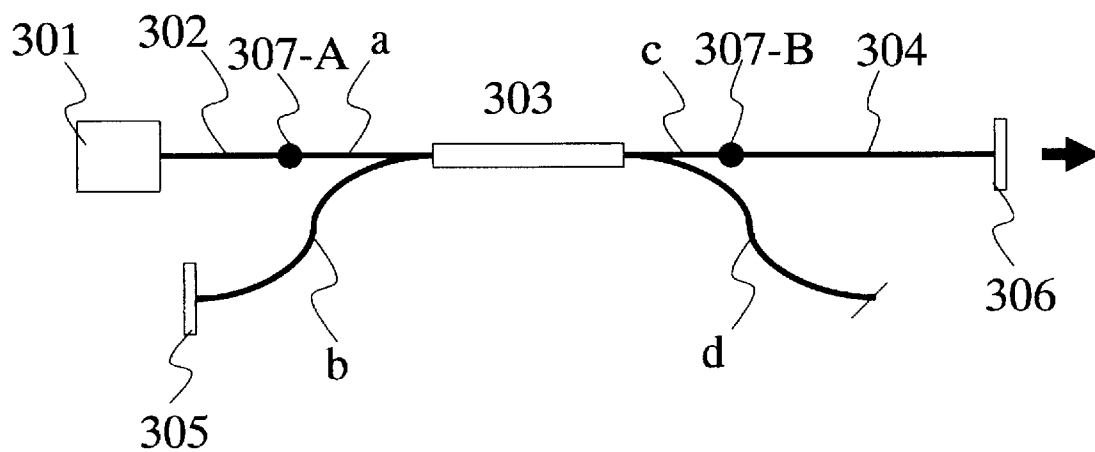
[図1]



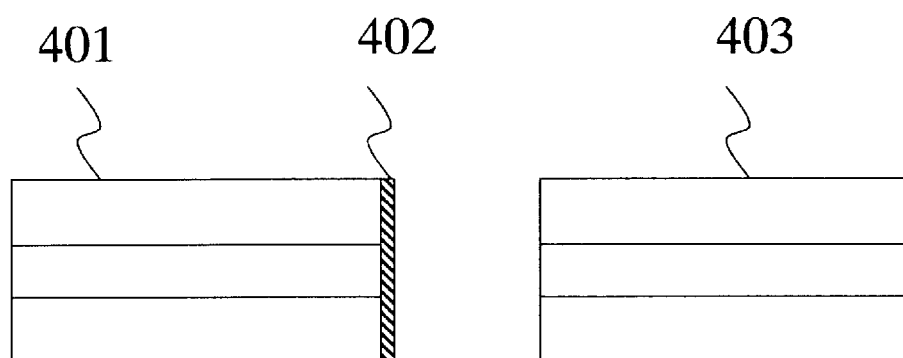
[図2]



[図3]

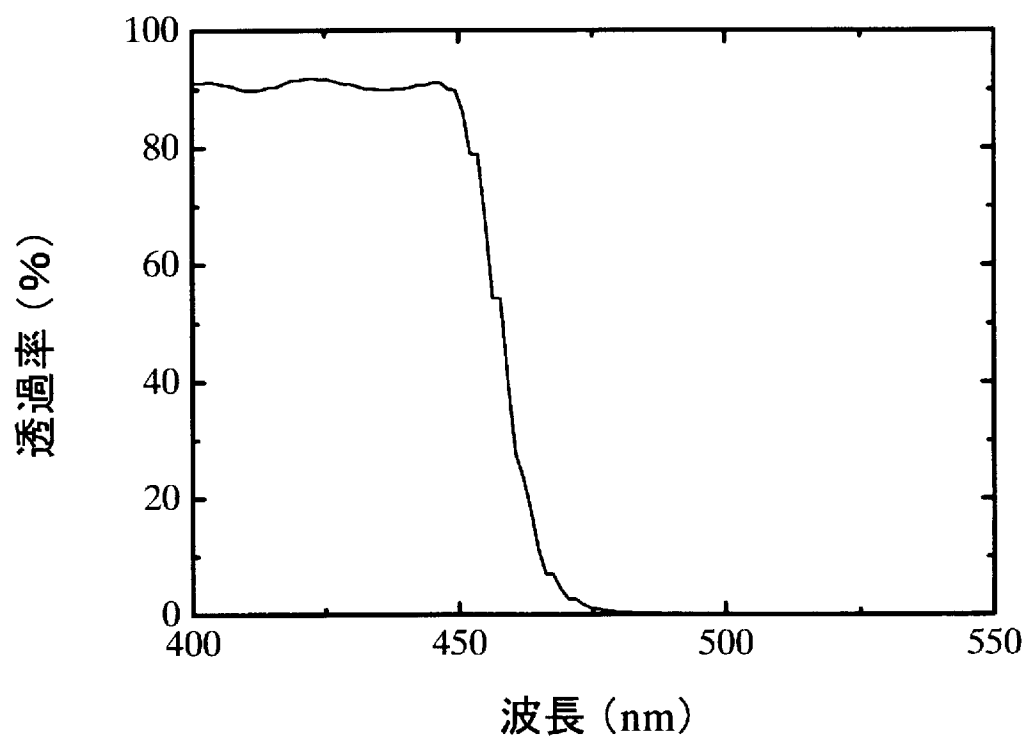


[図4]

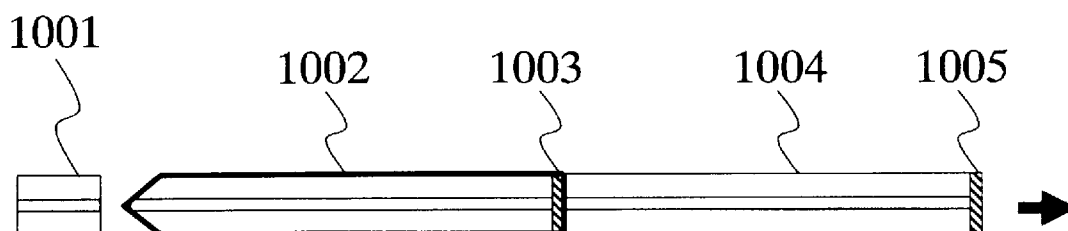


A cross-sectional view of a multi-layered structure 600. The structure consists of three horizontal layers. The leftmost layer is labeled 601 and is the thickest. The middle layer is labeled 602 and is the thinnest. The rightmost layer is labeled 603 and is of intermediate thickness. A vertical hatched line is shown at the interface between layers 601 and 602, with an arrow pointing to it from the label 602.

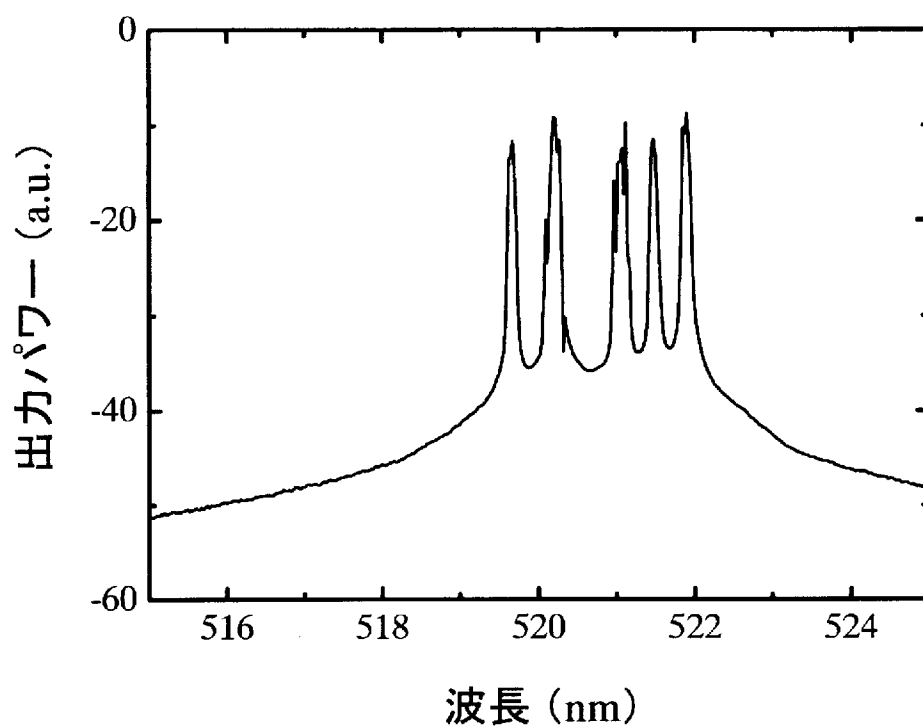
[図9]



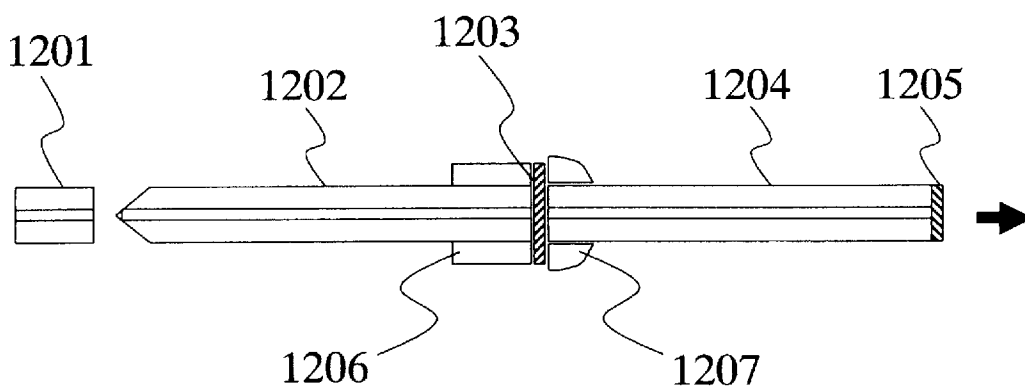
[図10]



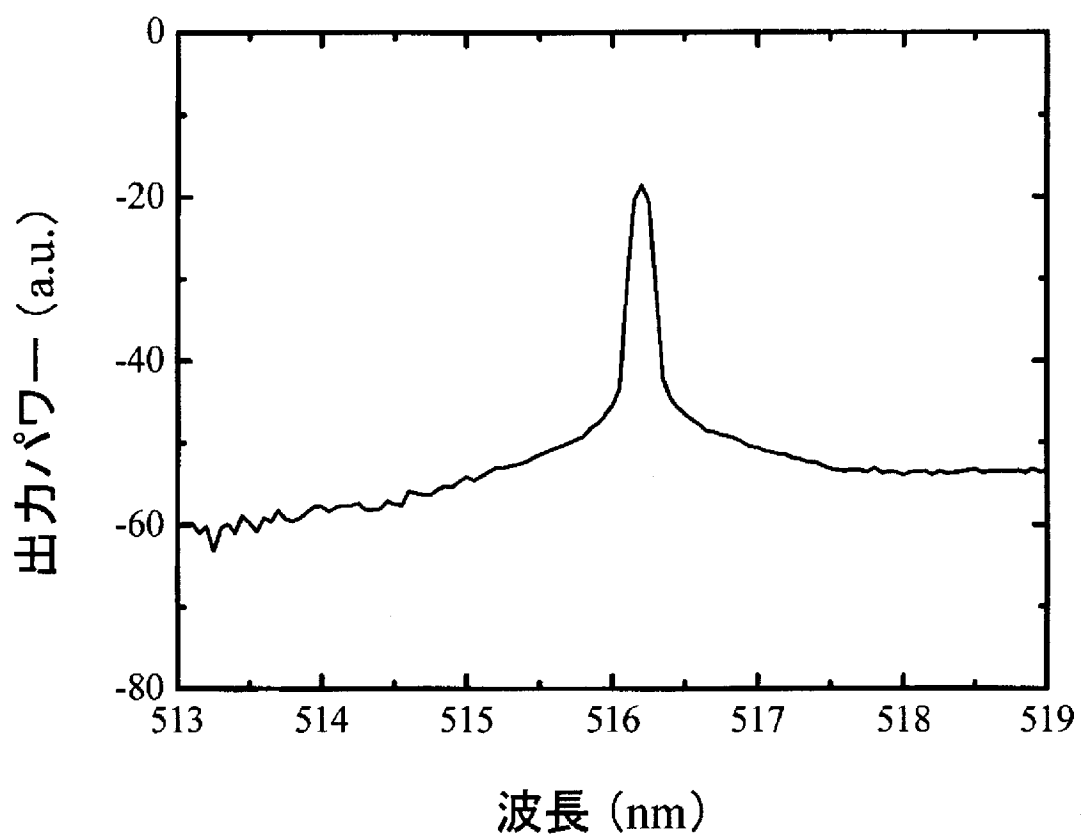
[図11]



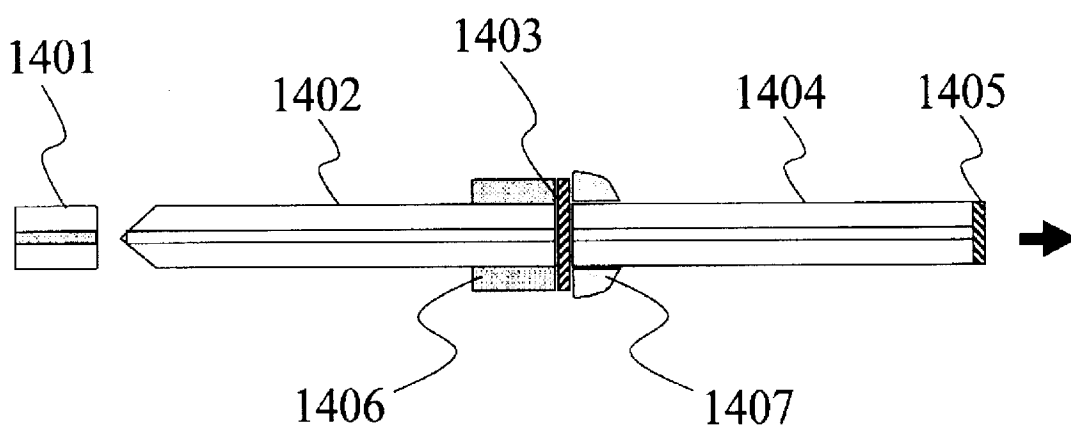
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/061408

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/26(2006.01)i, G02B6/255(2006.01)i, H01S3/06(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)

G02B6/26, G02B6/255, G02B6/00, G02B6/02, H01S3/06

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, JSTPlus (JDreamII), JST7580 (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 10-177112 A (Tokai Rubber Industries, Ltd.), 30 June 1998 (30.06.1998), claims 1, 4; paragraphs [0017] to [0019]; fig. 1, 6, 9 (Family: none)	1-5, 8 6, 7
Y	JP 11-121836 A (KDD Kabushiki Kaisha), 30 April 1999 (30.04.1999), paragraphs [0015] to [0019]; fig. 1 (Family: none)	6, 7

☐ 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
13 July, 2010 (13.07.10)

Date of mailing of the international search report
27 July, 2010 (27.07.10)

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. G02B6/26(2006.01)i, G02B6/255(2006.01)i, H01S3/06(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. G02B6/26, G02B6/255, G02B6/00, G02B6/02, H01S3/06

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

WPI, JSTPlus(JDreamII), JST7580(JDreamII)

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
X Y	JP 10-177112 A（東海ゴム工業株式会社）1998.06.30, 【請求項1】, 【請求項4】, 段落【0017】－【0019】, 【図1】, 【図6】, 【図9】（ファミリーなし）	1-5, 8 6, 7
Y	JP 11-121836 A（ケイディディ株式会社）1999.04.30, 段落【0015】－【0019】, 【図1】（ファミリーなし）	6, 7

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

1 3 . 0 7 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 7 . 0 7 . 2 0 1 0

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 3294