

(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
2020年6月11日(11.06.2020)



(10) 国際公開番号

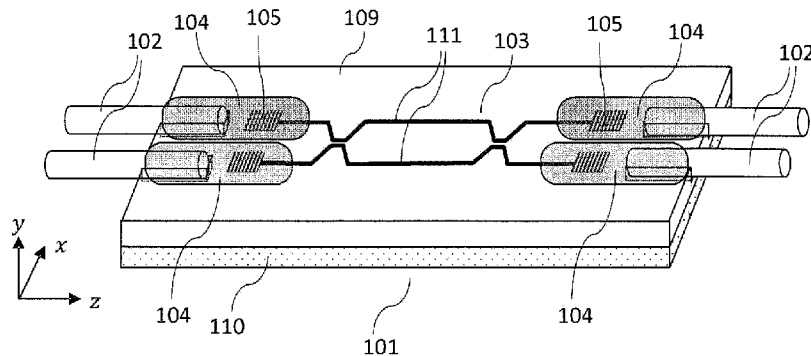
WO 2020/116146 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/124 (2006.01) G02B 6/34 (2006.01)
G02B 6/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/045210
- (22) 国際出願日: 2019年11月19日(19.11.2019)
- (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 2018-226286 2018年12月3日(03.12.2018) JP
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 石川 裕士 (ISHIKAWA, Hiroshi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1
- 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 鹿間 光太(SHIKAMA, Kota); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 河尻 祐子(KAWAJIRI, Yuko); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 荒武 淳(ARATAKE, Atsushi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 山川 茂樹, 外(YAMAKAWA, Shigeki et al.); 〒1006104 東京都千代田区永田町2丁目11番1号 山王パークタワー4階 山川国際特許事務所内 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: OPTICAL CONNECTION STRUCTURE

(54) 発明の名称: 光接続構造

[図1]



(57) Abstract: The present invention shortens mounting time and reduces mounting costs by realizing connection between an optical waveguide chip and an optical fiber through passive alignment. This optical connection structure comprises: a PLC 101 which is an optical waveguide chip having an optical waveguide 103 and at least one groove formed on a substrate 110; and at least one optical fiber 102 which fits the groove of the PCL 101. The PLC 101 is provided with the optical waveguide 103, at least one grating coupler 105 which is optically connected to the optical waveguide 103, and at least one groove which is formed at a position near the grating coupler 105 in a clad layer 109 constituting the optical waveguide 103. The grating coupler 105 and the optical fiber 102 which fits the groove such that an end surface is positioned near the grating coupler 105, are optically connected.



WO 2020/116146 A1

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, 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))

(57) 要約: 光導波路チップと光ファイバの接続をパッシブアライメントにより実現し、実装時間および実装コストを低減する。光接続構造は、基板110上に光導波路103と少なくとも1つの溝とが形成された光導波路チップであるPLC101と、PLC101の溝と嵌合する少なくとも1つの光ファイバ102とからなる。PLC101は、光導波路103と、光導波路103と光学的に接続された少なくとも1つのグレーティングカップラ105と、光導波路103を構成するクラッド層109におけるグレーティングカップラ105の近傍の位置に形成された、少なくとも1つの溝とを備える。グレーティングカップラ105と、グレーティングカップラ105の近傍に端面が位置するように溝と嵌合する光ファイバ102とが、光学的に接続している。

明 細 書

発明の名称 : 光接続構造

技術分野

[0001] 本発明は、光通信や光センシングといった光信号の処理が必要な技術分野における、光導波路チップと光ファイバとの接続構造に関するものである。

背景技術

[0002] 光通信や光センシングといった光信号処理技術を使用する産業分野は関連分野と共に急速に発展し続けている。この光信号処理技術と同様に急速な発展を続けていると同時に、光信号処理技術と組み合わせて使用されていることが多いのが電子回路技術である。しかし、この電子回路技術と比べると、光信号処理技術にはいくつか難点がある。それは、小型化と簡便な接続である。

[0003] シリコンを中心とする電子回路技術においては、スケーリング則により微細化がそのまま高性能化につながるため、非常に活発に微細化が推し進められてきた。しかしながら、光信号処理技術においては、空間光学系では系のサイズが非常に大きくなってしまふ。また、空間光学系より小さな系を実現できる平面光波回路（P L C : Planar Lightwave Circuit）においても、カットオフ条件から、最も基本的な光学素子である導波路のサイズですら数 μ mから数百nmオーダーとなってしまう、電子回路技術と比較して大きなデバイスサイズとなりがちである。

[0004] 次に簡便な接続という点においても、電子回路技術の場合、低周波領域では単に金属等の導体を接続するというだけで非常に簡便に信号を伝達することが可能であり、高周波領域においてもRFコネクタのようなプラグブルな接続技術が成熟している。しかしながら、光信号処理技術の場合、単に光信号を伝送する媒体を接続するだけでは良好な接続を実現することができない。光信号処理技術において良好な接続を得るためには、デバイス間の高精度のアライメントが不可欠であり、例えばシングルモード導波路を持つデバイ

スの場合、材質や設計にもよるが、サブ μm オーダーの精度でのアライメントが必要である。

[0005] 一般にシングルモード導波路を持つ PLC だけで光信号処理が完結することは少なく、ほとんどの場合 PLC に光ファイバを接続して光信号の入出力を実現する。この時、シングルモード導波路を持つ PLC に対しては、シングルモードの光ファイバを用いることが非常に多い。つまりシングルモード導波路同士の光接続が必要ということになり、やはりサブ μm オーダーの精度でのアライメントが必要となる。

こういった、シングルモード導波路を持つ PLC とシングルモード光ファイバの接続のうち、マイクロレンズ等を介さない光の結合を取る手法として代表的なものが 2 つある。1 つの手法は、グレーティングカップラを用いた、PLC の導波方向に対してほぼ鉛直な方向における光結合であり、もう 1 つの手法が、PLC 端面での直接光結合である。

[0006] 図 23 は、非特許文献 1 に開示されたグレーティングカップラを用いた、PLC の導波方向に対してほぼ鉛直な方向における光結合の 1 例を示す斜視図である。図 23 に示す PLC と光ファイバの接合例では、シリコン系 PLC 1201 と光ファイバ 1202 とが光接合を形成している。シリコン系 PLC 1201 は、Si 基板 1208 に光導波路 1203 が形成された構造となっている。光導波路 1203 は、 SiO_2 からなるクラッド層 1203a と、クラッド層 1203a の中に形成された Si からなるコア 1203b とから構成される。図 23 では、光導波路 1203 はマッハツェンダー干渉計を構成しているが、あくまで一例でありどのような回路を持っていても良い。

[0007] 光学接着剤 1204 によりシリコン系 PLC 1201 と光ファイバ 1202 とは物理的に接合されている。光導波路 1203 には、グレーティングカップラ 1207 が接続されており、光学的には光導波路 1203 は、グレーティングカップラ 1207 を介して光ファイバ 1202 と接続されている。このような構成をとるためには、一般にグレーティングカップラ 1207 付近に光ファイバ 1202 を近づけて、アクティブアライメントにより光ファイバ 1

202の最適な位置を決定した後に、光学接着剤1204により光ファイバ1202の固定を行うことになる。このような構成はシリコン系PLCに多く見られる形態となっている。

[0008] 図24は、非特許文献2に開示されたPLC端面での直接光結合の1例を示す斜視図である。図24に示すPLCと光ファイバの接合例では、石英系PLC1301と光ファイバ1302とが光結合を形成している。石英系PLC1301は、Si基板1307に光導波路1303が形成された構造となっている。光導波路1303は、ノンドープのSiO₂からなるクラッド層1303aと、クラッド層1303aの中に形成された、Geドーパントが添加されたSiO₂からなるコア1303bとから構成される。図24では、光導波路1303はマッハツェンダー干渉計を構成しているが、あくまで一例でありどのような回路を持っていても良い。

[0009] ガラスブロック1306と石英系PLC1301とはあらかじめ接合されており、光ファイバ1302とファイバブロック1305もあらかじめ接合されている。これら、ガラスブロック1306と石英系PLC1301間の接合および光ファイバ1302と光ファイバ1305間の接合は物理的なものであり、光接合に先立って形成されているものである。光接合を行うためには、一般に石英系PLC1301の端面の光導波路1303のコア1303bの端面付近に、ファイバブロック1305に接合されている光ファイバ1302のコア端面を近づけて、アクティブアライメントにより光ファイバ1302の最適な位置を決定した後に、光学接着剤1304によりファイバブロック1305の固定を行うことになる。このような構成は石英系PLCに多く見られる形態となっている。

[0010] 図23、図24に示した構造では、上記のとおりアクティブアライメントによりPLCと光ファイバの光接続の位置合わせを行っている。アクティブアライメントは、一般に専用の装置を用いる位置合わせ手法で、PLCおよび光ファイバに光を通して、その伝搬光を観測しながら位置を調整するものであり、伝搬光の観測結果から最も適切な位置に到達したと思われるときに

PLCと光ファイバの接着を行う手法である。アクティブアライメントでは、通常、伝搬光の強度を観測して、その伝搬光の強度が最大となったときに最も適切な位置であると判断して、接着を行うことが一般的である。

[0011] これに対してパッシブアライメントという概念も存在する。パッシブアライメントでは、専用の装置を必要とせず、光伝搬およびその観測も必要とせず、位置合わせをするべき素子同士の物理的構造を利用して嵌合や突合せにより位置合わせを行うことが提案されている。しかしながら、現時点では、PLCと光ファイバの間の光接合において成熟したパッシブアライメント技術は存在しない状態にある。

[0012] 以上のように、図23、図24に示した例で実現されるPLCと光ファイバの光接続は、いずれもアクティブアライメントを要求するものとなっている。しかしながら、アクティブアライメントは、複雑な実装装置を必要とすると共に、長い実装時間および高い実装コストという課題があった。このような課題はパッシブアライメントにより解消されるものであるが、適切なPLCと光ファイバ間のパッシブアライメント手法が確立されていなかった。

先行技術文献

非特許文献

[0013] 非特許文献1: Dirk Taillaert et al, “Grating Couplers for Coupling between Optical Fibers and Nanophotonic Waveguides”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.45, No.8A, p.6071-6077, 2006

非特許文献2: 河内正夫, “プレーナ光波回路デバイス”, 電子情報通信学会論文誌, C-II, Vol.J81-CII, No.6, pp.513-523, 1998

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0014] 本発明は、上記のような課題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、光導波路チップと光ファイバの接続をパッシブアライメントにより実現し、光導波路チップと光ファイバの接続における実装時間および実装コ

ストを低減することができる光接続構造を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0015] 本発明の光接続構造は、基板上に形成された光導波路と、前記光導波路と光学的に接続された少なくとも1つのグレーティングカップラと、少なくとも1つの溝とを有する光導波路チップと、この光導波路チップの溝と嵌合する少なくとも1つの光ファイバとからなり、前記少なくとも1つの溝は、前記光導波路を構成するクラッド層における前記グレーティングカップラの近傍の位置に形成され、前記光ファイバは、前記グレーティングカップラの近傍に前記光ファイバの端面が位置するように配置されて、前記グレーティングカップラと光学的に接続していることを特徴とするものである。

また、本発明の光接続構造の1構成例において、前記光ファイバは、前記溝と嵌合している状態で光学接着剤により前記光導波路チップに接着されていることを特徴とするものである。

また、本発明の光接続構造の1構成例において、前記光学接着剤は、前記溝と嵌合している光ファイバの先端を覆うと共に、この光ファイバと光学的に接続しているグレーティングカップラを覆うように設けられることを特徴とするものである。

[0016] また、本発明の光接続構造の1構成例において、前記光ファイバと嵌合する溝は、前記グレーティングカップラの近傍の位置から前記クラッド層の面内方向に沿って前記光導波路チップの端面に達する位置まで形成されていることを特徴とするものである。

また、本発明の光接続構造の1構成例において、前記光ファイバと嵌合する溝は、前記グレーティングカップラの近傍の位置から前記クラッド層の面内方向に沿って伸長し、前記光導波路チップの端面に達しない位置で終わるように形成され、前記光ファイバは、前記光導波路チップの前記グレーティングカップラが形成された面に対して傾くように前記溝と嵌合することを特徴とするものである。

また、本発明の光接続構造の1構成例において、前記光ファイバと嵌合す

る溝は、上から見た平面形状が、前記グレーティングカプラに近い側が矩形、前記光導波路チップの端面に近い側が楕円半球で、前記矩形の幅と前記楕円半球の短径とが一致するように前記矩形と前記楕円半球とを合成した形状である。

また、本発明の光接続構造の1構成例において、前記光ファイバのうち少なくとも1つは、熱拡大コア光ファイバ、レンズドファイバ、斜め切断ファイバ、多芯ファイバもしくはマルチコアファイバである。

また、本発明の光接続構造の1構成例において、前記光ファイバと嵌合する溝は、前記クラッド層を貫通して、クラッド層と異なる下部層が露出する深さまで形成され、この下部層の上面を溝の底面とすることを特徴とするものである。

発明の効果

[0017] 本発明では、光導波路チップのグレーティングカプラの近傍の位置に溝を形成し、グレーティングカプラの近傍に端面が位置するように光ファイバを溝と嵌合させて、グレーティングカプラと光ファイバとを光学的に接続する。本発明では、光導波路チップと光ファイバの位置決めを少なくとも一部をパッシブアライメントで実現することができるので、実装における高精度な部品配置工程を解消・緩和し、実装時間および実装コストを低減し、歩留まりを向上させることができる。

[0018] また、本発明では、光ファイバを、溝と嵌合している状態で光学接着剤により光導波路チップに接着することにより、光導波路チップと光ファイバの安定した光接続を実現することができ、実装時間および実装コストを低減することができる。

[0019] また、本発明では、溝と嵌合している光ファイバの先端を覆うと共に、この光ファイバと光学的に接続しているグレーティングカプラを覆うように光学接着剤を設けることにより、光導波路チップと光ファイバの安定した光接続を実現し、実装時間および実装コストを低減すると同時に、光導波路チップと光ファイバの接続損失を低減することができる。

- [0020] また、本発明では、光ファイバと嵌合する溝を、グレーティングカプラの近傍の位置から光導波路チップの端面に達する位置まで形成することにより、従来のアクティブアライメントにより得られる構造と互換性のある物理的配置としつつ、光導波路チップと光ファイバの位置決め少なくとも一部をパッシブアライメントで実現し、実装時間および実装コストを低減することができる。
- [0021] また、本発明では、光ファイバと嵌合する溝を、グレーティングカプラの近傍の位置から光導波路チップの端面に達しない位置までで終わるように形成し、光ファイバを、光導波路チップのグレーティングカプラが形成された面に対して傾くように溝と嵌合させることにより、光導波路チップと光ファイバの位置決め少なくとも一部をパッシブアライメントで実現し、実装時間および実装コストを低減すると同時に、グレーティングカプラに対して入射する光ビームと光ファイバとの角度ずれ由来の接続損失を低減することができる。
- [0022] また、本発明では、光ファイバと嵌合する溝を、上から見た平面形状が、グレーティングカプラに近い側が矩形、光導波路チップの端面に近い側が楕円半球で、矩形の幅と楕円半球の短径とが一致するように矩形と楕円半球とを合成した形状とすることにより、光導波路チップと光ファイバの位置決め少なくとも一部をパッシブアライメントで実現し、実装時間および実装コストを低減すると同時に、溝の形状を適切に設計することで、機械的安定性や実装時の位置ずれ許容量を高めることができ、実装時間および実装コストをさらに低減することができる。
- [0023] また、本発明では、光ファイバのうち少なくとも1つを、熱拡大コア光ファイバ、レンズドファイバ、斜め切断ファイバ、多芯ファイバもしくはマルチコアファイバとすることにより、光導波路チップと光ファイバの位置決め少なくとも一部をパッシブアライメントで実現し、実装時間および実装コストを低減すると同時に、熱拡大コア光ファイバもしくはレンズドファイバもしくは斜め切断ファイバを用いた場合には更なる接続損失の低減を実現す

ることができる一方で、多芯ファイバもしくはマルチコアファイバを用いた場合には更なる実装時間および実装コストの低減を実現することができる。

[0024] また、本発明では、光ファイバと嵌合する溝を、クラッド層を貫通して、クラッド層と異なる下部層が露出する深さまで形成し、この下部層の上面を溝の底面とすることにより、光導波路チップと光ファイバの位置決めが少なくとも一部をパッシブアライメントで実現し、実装時間および実装コストを低減すると同時に、層構造に由来する高精度な機械的構造を利用して、光導波路チップと光ファイバの光接続の更なる精度の向上と歩留まりの向上と接続損失の低減とを実現することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]図1は、本発明の第1の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。

[図2A]図2Aは、本発明の第1の実施例に係る光接続構造の接着前の部品展開図である。

[図2B]図2Bは、本発明の第1の実施例に係る光接続構造の接着前の断面図である。

[図3]図3は、本発明の第2の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。

[図4A]図4Aは、本発明の第2の実施例に係る光接続構造の接着前の部品展開図である。

[図4B]図4Bは、本発明の第2の実施例に係る光接続構造の接着前の断面図である。

[図5]図5は、本発明の第3の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。

[図6A]図6Aは、本発明の第3の実施例に係る光接続構造の接着前の部品展開図である。

[図6B]図6Bは、本発明の第3の実施例に係る光接続構造の接着前の断面図である。

[図7]図7は、本発明の第4の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。

[図8A]図8Aは、本発明の第4の実施例に係る光接続構造の接着前の部品展開図である。

[図8B]図8Bは、本発明の第4の実施例に係る光接続構造の接着前の断面図である。

[図9]図9は、本発明の第5の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。

[図10A]図10Aは、本発明の第5の実施例に係る光接続構造の接着前の部品展開図である。

[図10B]図10Bは、本発明の第5の実施例に係る光接続構造の接着前の断面図である。

[図11]図11は、本発明の第6の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。

[図12A]図12Aは、本発明の第6の実施例に係る光接続構造の接着前の部品展開図である。

[図12B]図12Bは、本発明の第6の実施例に係る光接続構造の接着前の断面図である。

[図13]図13は、本発明の第7の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。

[図14A]図14Aは、本発明の第7の実施例に係る光接続構造の接着前の部品展開図である。

[図14B]図14Bは、本発明の第7の実施例に係る光接続構造の接着前の断面図である。

[図15]図15は、本発明の第8の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。

[図16A]図16Aは、本発明の第8の実施例に係る光接続構造の接着前の部品展開図である。

[図16B]図16Bは、本発明の第8の実施例に係る光接続構造の接着前の断面図である。

[図17]図17は、本発明の第9の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。

[図18A]図18Aは、本発明の第9の実施例に係る光接続構造の接着前の部品

展開図である。

[図18B]図18Bは、本発明の第9の実施例に係る光接続構造の接着前の断面図である。

[図19]図19は、本発明の第10の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。

[図20A]図20Aは、本発明の第10の実施例に係る光接続構造の接着前の部品展開図である。

[図20B]図20Bは、本発明の第10の実施例に係る光接続構造の接着前の断面図である。

[図21]図21は、本発明の第11の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。

[図22A]図22Aは、本発明の第11の実施例に係る光接続構造の接着前の部品展開図である。

[図22B]図22Bは、本発明の第11の実施例に係る光接続構造の接着前の断面図である。

[図23]図23は、グレーティングカップラを用いた、PLCの導波方向に対してほぼ鉛直な方向における光結合の1例を示す斜視図である。

[図24]図24は、PLC端面での直接光結合の1例を示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0026] 本発明では、PLC（光導波路チップ）がどのような光回路を持つかについては特に限定しない。以下の実施例として図示する光回路は、単純なマッハツェンダー干渉計のみであるが、あくまで例示であり、光回路の有りうる形態としてはマッハツェンダー干渉計に限定をしない。すなわち、本発明は、光回路の種類や構成の如何を問わず適用が可能である。

[0027] さらに、本発明においてPLCを構成する材料系は任意に選択できる。石英系PLCでは支持基板にSi基板を、クラッド層にSiO₂からなるクラッド層を用いることができるが、本発明においては、他にも、TaO₂/SiO₂系やニオブ酸リチウム系といった誘電体材料系あるいは化合物半導体系の材

料による導波路構造を持つ PLC や、シリコンフォトニクス材料系による PLC など任意に採用することができる。

[0028] [第 1 の実施例]

以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。図 1、図 2 A、図 2 B は本発明の第 1 の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。図 1 は光接続構造の斜視図、図 2 A は光接続構造の接着前の部品展開図、図 2 B は光接続構造を y z 平面で切断した断面図である。

[0029] 光導波路チップである PLC 101 は、基板 110 上に光導波路 103 およびグレーティングカップラ 105 が形成された構造となっている。光導波路 103 は、クラッド層 109 と、クラッド層 109 の中に形成されたコア 111 とから構成される。さらに、クラッド層 109 には、グレーティングカップラ 105 が形成され、光導波路 103 とグレーティングカップラ 105 とは光学的に接続されている。このグレーティングカップラ 105 の付近に光ファイバ 102 が光学接着剤 104 により接着されている。

[0030] 図 2 A に示す接着前の部品展開図から明らかなように、PLC 101 上には、光導波路 103 およびグレーティングカップラ 105 が形成されている。さらに、PLC 101 のクラッド層 109 には、光ファイバ 102 と嵌合するための嵌合用溝 106 が、グレーティングカップラ 105 の近傍の位置からクラッド層 109 の面内方向に沿って PLC 101 の端面に達する位置まで形成されている。嵌合用溝 106 は、この嵌合用溝 106 に嵌め込まれる光ファイバ 102 とグレーティングカップラ 105 との光結合が最良になるように形成されている。これにより、パッシブアライメントに要求される物理的な位置合わせ構造を実現している。ここで、グレーティングカップラ 105 の近傍の位置とは、嵌合用溝 106 に嵌め込まれた光ファイバ 102 がグレーティングカップラ 105 と十分に光結合可能な位置のことを言う。嵌合用溝 106 の製法については特に限定しないが、一般的な PLC の作成手法であるフォトリソグラフィを採用した場合でも、パッシブアライメントに要求される精度で作成することができる。

- [0031] 図2Bは、光ファイバ102がPLC101の嵌合用溝106と嵌合している状態の断面図である。光ファイバ102には、光ファイバコア108が形成されている。上記のとおり、光ファイバ102は、嵌合用溝106と嵌合している状態で光学接着剤104によりPLC101に接着されている。以上の構造により、光ファイバ102から光ビーム107が出射してグレーティングカップラ105を介して光導波路103に入射するか、あるいは光導波路103からの光がグレーティングカップラ105から光ビーム107となって出射して光ファイバ102に入射することにより、PLC101と光ファイバ102との間の光結合が成立する。
- [0032] 一般に、商業的な理由や製造上の都合により、光ファイバコア108の径、光ファイバ102のクラッド径、PLC101のクラッド層109の厚さ、光導波路103のクラッド層109内におけるy軸方向（厚さ方向）の位置は自由に選択することができない。しかしながら、本実施例の構造を用いることで、これらの物理的な寸法にとらわれることなく、グレーティングカップラ105の光ビーム107の結合角度を調整することにより、PLC101上の光導波路103と光ファイバ102の光ファイバコア108との光結合を実現することができる。
- [0033] また、PLC101と光ファイバ102との位置合わせは、PLC101に形成した嵌合用溝106により実施することができる。グレーティングカップラ105と嵌合用溝106の製造手法について本発明では特に指定しないが、これらグレーティングカップラ105や嵌合用溝106はフォトリソグラフィや電子ビームリソグラフィ等により高精度に作成することができ、パッシブアライメントの実現に必要な物理的構造の精度を担保することができる。
- [0034] こうして、本実施例では、アクティブアライメントを用いることなく、パッシブアライメントのみでPLC101と光ファイバ102の光接続を実現することができ、アクティブアライメントを使用する場合よりも実装時間および実装コストを低減することができる。

[0035] [第2の実施例]

次に、本発明の第2の実施例について説明する。図3、図4A、図4Bは本発明の第2の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。図3は光接続構造の斜視図、図4Aは光接続構造の接着前の部品展開図、図4Bは光接続構造をyz平面で切断した断面図である。

[0036] 第1の実施例と同様に、光導波路チップであるPLC201は、基板210上に光導波路203およびグレーティングカップラ205が形成された構造となっている。光導波路203は、クラッド層209と、クラッド層209の中に形成されたコア211とから構成される。さらに、クラッド層209には、グレーティングカップラ205が形成され、光導波路203とグレーティングカップラ205とは光学的に接続されている。このグレーティングカップラ205の付近に光ファイバ202が光学接着剤204により接着されている。

[0037] 図4Aに示す接着前の部品展開図から明らかなように、PLC201上には、光導波路203およびグレーティングカップラ205が形成されている。さらに、PLC201のクラッド層209には、光ファイバ202と嵌合するための嵌合用溝206が、グレーティングカップラ205の近傍の位置からクラッド層209の面内方向に沿ってPLC201の端面に達する位置まで形成されている。嵌合用溝206は、この嵌合用溝206に嵌め込まれる光ファイバ202とグレーティングカップラ205との光結合が最良になるように形成されている。

[0038] 第1の実施例との相違は、嵌合用溝206が、PLC201の端面近傍において端面に向かって漸次幅が広がるテーパ状の誘導構造を有することである。この嵌合用溝206に光ファイバ202を嵌合させることで、パッシブアライメントに要求される物理的な位置合わせ構造を実現している。嵌合用溝206の製法については特に限定しないが、一般的なPLCの作成手法であるフォトリソグラフィを採用した場合でも、パッシブアライメントに要求される精度で作成することができる。

[0039] 図4Bは、光ファイバ202がPLC201の嵌合用溝206と嵌合している状態の断面図である。光ファイバ202には、光ファイバコア208が形成されている。上記のとおり、光ファイバ202は、嵌合用溝206と嵌合している状態で光学接着剤204によりPLC201に接着されている。以上の構造により、光ファイバ202から光ビーム207が出射してグレーティングカップラ205を介して光導波路203に入射するか、あるいは光導波路203からの光がグレーティングカップラ205から光ビーム207となって出射して光ファイバ202に入射することにより、PLC201と光ファイバ202との間の光結合が成立する。

[0040] 一般に、商業的な理由や製造上の都合により、光ファイバコア208の径、光ファイバ202のクラッド径、PLC201のクラッド層209の厚さ、光導波路203のクラッド層209内におけるy軸方向（厚さ方向）の位置は自由に選択することができない。しかしながら、本実施例の構造を用いることで、これらの物理的な寸法にとらわれることなく、グレーティングカップラ205の光ビーム207の結合角度を調整することにより、PLC201上の光導波路203と光ファイバ202の光ファイバコア208との光結合を実現することができる。

[0041] また、PLC201と光ファイバ202との位置合わせは、PLC201に形成した嵌合用溝206により実施することができる。グレーティングカップラ205と嵌合用溝206の製造手法について本発明では特に指定しないが、これらグレーティングカップラ205や嵌合用溝206はフォトリソグラフィや電子ビームリソグラフィ等により高精度に作成することができ、パッシブアライメントの実現に必要な物理的構造の精度を担保することができる。

[0042] こうして、本実施例では、第1の実施例と同様にアクティブアライメントを用いることなく、パッシブアライメントのみでPLC201と光ファイバ202の光接続を実現することができ、アクティブアライメントを使用する場合よりも実装時間および実装コストを低減することができる。また、本実

施例では、誘導構造付きの嵌合用溝206を用いることにより、パッシブアライメント自体の誤差耐性を高めることができ、歩留まりの向上、実装時間の更なる短縮、実装コストの更なる低減を見込むことができる。

[0043] [第3の実施例]

次に、本発明の第3の実施例について説明する。図5、図6A、図6Bは本発明の第3の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。図5は光接続構造の斜視図、図6Aは光接続構造の接着前の部品展開図、図6Bは光接続構造をyz平面で切断した断面図である。

[0044] 第1の実施例と同様に、光導波路チップであるPLC301は、基板310上に光導波路303およびグレーティングカップラ305が形成された構造となっている。光導波路303は、クラッド層309と、クラッド層309の中に形成されたコア311とから構成される。さらに、クラッド層309には、グレーティングカップラ305が形成され、光導波路303とグレーティングカップラ305とは光学的に接続されている。このグレーティングカップラ305の付近に光ファイバ302が光学接着剤304により接着されている。

[0045] 図6Aに示す接着前の部品展開図から明らかなように、PLC301上には、光導波路303およびグレーティングカップラ305が形成されている。さらに、PLC301のクラッド層309には、光ファイバ302と嵌合するための嵌合用溝306が、グレーティングカップラ305の近傍の位置からクラッド層309の面内方向に沿ってPLC301の端面に達する位置まで形成されている。嵌合用溝306は、この嵌合用溝306に嵌め込まれる光ファイバ302とグレーティングカップラ305との光結合が最良になるように形成されている。

[0046] 第1、第2の実施例との相違は、嵌合用溝306が、クラッド層309全体を掘り込む形で形成され、クラッド層309の下にあるクラッド下部層（本実施例では基板310）にまで到達していることである。この嵌合用溝306に光ファイバ302を嵌合させることで、パッシブアライメントに要求

される物理的な位置合わせ構造を実現している。嵌合用溝306の製法については特に限定しないが、一般的なPLCの作成手法であるフォトリソグラフィを採用した場合でも、パッシブアライメントに要求される精度で作成することができる。

[0047] 図6Bは、光ファイバ302がPLC301の嵌合用溝306と嵌合している状態の断面図である。光ファイバ302には、光ファイバコア308が形成されている。上記のとおり、光ファイバ302は、嵌合用溝306と嵌合している状態で光学接着剤304によりPLC301に接着されている。以上の構造により、光ファイバ302から光ビーム307が出射してグレーティングカップラ305を介して光導波路303に入射するか、あるいは光導波路303からの光がグレーティングカップラ305から光ビーム307となって出射して光ファイバ302に入射することにより、PLC301と光ファイバ302との間の光結合が成立する。

[0048] 一般に、商業的な理由や製造上の都合により、光ファイバコア308の径、光ファイバ302のクラッド径、PLC301のクラッド層309の厚さ、光導波路303のクラッド層309内におけるy軸方向（厚さ方向）の位置は自由に選択することができない。しかしながら、本実施例の構造を用いることで、これらの物理的な寸法にとらわれることなく、グレーティングカップラ305の光ビーム307の結合角度を調整することにより、PLC301上の光導波路303と光ファイバ302の光ファイバコア308との光結合を実現することができる。

[0049] また、PLC301と光ファイバ302との位置合わせは、PLC301に形成した嵌合用溝306により実施することができる。グレーティングカップラ305と嵌合用溝306の製造手法について本発明では特に指定しないが、これらグレーティングカップラ305や嵌合用溝306はフォトリソグラフィや電子ビームリソグラフィ等により高精度に作成することができ、パッシブアライメントの実現に必要な物理的構造の精度を担保することができる。

[0050] また、嵌合用溝306については、クラッド層309を貫通してクラッド下部層（本実施例では基板310）が露出する深さまで形成されており、クラッド下部層の上面が嵌合用溝306の底面となっている。クラッド層309とクラッド下部層とは異なる材料からなる。したがって、嵌合用溝306の製造手法について本発明では特に指定しないが、例えばウェットエッチングにおける、異なる材料からなる層構造の選択的エッチングの特性を利用することで、嵌合用溝306の非常に高精度な深さ方向の精度を得ることができる。

[0051] こうして、本実施例では、第1の実施例と同様にアクティブアライメントを用いることなく、パッシブアライメントのみでPLC301と光ファイバ302の光接続を実現することができ、アクティブアライメントを使用する場合よりも実装時間および実装コストを低減することができる。また、本実施例では、嵌合用溝306をクラッド下部層が露出する深さまで形成することにより、光接続のy軸方向（厚さ方向）の精度を第1、第2の実施例よりも高めることが可能となる。

[0052] [第4の実施例]

次に、本発明の第4の実施例について説明する。図7、図8A、図8Bは本発明の第4の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。図7は光接続構造の斜視図、図8Aは光接続構造の接着前の部品展開図、図8Bは光接続構造をyz平面で切断した断面図である。

[0053] 第1の実施例と同様に、光導波路チップであるPLC401は、基板410上に光導波路403およびグレーティングカップラ405が形成された構造となっている。光導波路403は、クラッド層409と、クラッド層409の中に形成されたコア411とから構成される。さらに、クラッド層409には、グレーティングカップラ405が形成され、光導波路403とグレーティングカップラ405とは光学的に接続されている。このグレーティングカップラ405の付近に光ファイバ402が光学接着剤404により接着されている。

[0054] 図8Aに示す接着前の部品展開図から明らかなように、PLC401上には、光導波路403およびグレーティングカップラ405が形成されている。さらに、PLC401のクラッド層409には、光ファイバ402と嵌合するための嵌合用溝406が、グレーティングカップラ405の近傍の位置からクラッド層409の面内方向に沿ってPLC401の端面の方に伸長し、端面に達しない位置で終わるように形成されている。嵌合用溝406は、この嵌合用溝406に嵌め込まれる光ファイバ402とグレーティングカップラ405との光結合が最良になるように形成されている。

[0055] 第1～第3の実施例との相違は、嵌合用溝406が、PLC401の端面まで達していないことである。この嵌合用溝406に光ファイバ402を嵌合させることで、パッシブアライメントに要求される物理的な位置合わせ構造を実現している。嵌合用溝406の製法については特に限定しないが、一般的なPLCの作成手法であるフォトリソグラフィを採用した場合でも、パッシブアライメントに要求される精度で作成することができる。

[0056] 図8Bは、光ファイバ402がPLC401の嵌合用溝406と嵌合している状態の断面図である。光ファイバ402には、光ファイバコア408が形成されている。上記のとおり、光ファイバ402は、嵌合用溝406と嵌合している状態で光学接着剤404によりPLC401に接着されている。以上の構造により、光ファイバ402から光ビーム407が出射してグレーティングカップラ405を介して光導波路403に入射するか、あるいは光導波路403からの光がグレーティングカップラ405から光ビーム407となって出射して光ファイバ402に入射することにより、PLC401と光ファイバ402との間の光結合が成立する。

[0057] 一般に、商業的な理由や製造上の都合により、光ファイバコア408の径、光ファイバ402のクラッド径、PLC401のクラッド層409の厚さ、光導波路403のクラッド層409内におけるy軸方向（厚さ方向）の位置は自由に選択することができない。しかしながら、本実施例の構造を用いることで、これらの物理的な寸法にとらわれることなく、グレーティングカ

プラ405の光ビーム407の結合角度を調整することにより、PLC401上の光導波路403と光ファイバ402の光ファイバコア408との光結合を実現することができる。

[0058] また、PLC401と光ファイバ402との位置合わせは、PLC401に形成した嵌合用溝406により実施することができる。グレーティングカプラ405と嵌合用溝406の製造手法について本発明では特に指定しないが、これらグレーティングカプラ405や嵌合用溝406はフォトリソグラフィや電子ビームリソグラフィ等により高精度に作成することができ、パッシブアライメントの実現に必要な物理的構造の精度を担保することができる。

[0059] また、本実施例では、グレーティングカプラ405の近傍の位置からPLC401の端面に達しない位置までの嵌合用溝406の物理的形狀を適切に設計することで、PLC401に対して光ファイバ402を傾けて嵌合させることが可能となる。第1～第3の実施例では、原理的に光ビーム107, 207, 307と光ファイバ102, 202, 302の光ファイバコア108, 208, 308との角度ずれによる光損失が生じるという問題がある。これに対して、本実施例では、光ビーム407と光ファイバ402の光ファイバコア408との角度ずれを0に抑えることが可能となる。

[0060] こうして、本実施例では、第1の実施例と同様にアクティブアライメントを用いることなく、パッシブアライメントのみでPLC401と光ファイバ402の光接続を実現することができ、アクティブアライメントを使用する場合よりも実装時間および実装コストを低減することができる。また、本実施例では、グレーティングカプラ405の近傍の位置からPLC401の端面に達しない位置までの嵌合用溝406により、光接続による損失を第1～第3の実施例よりも低減することが可能となる。

[0061] [第5の実施例]

次に、本発明の第5の実施例について説明する。図9、図10A、図10Bは本発明の第5の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。図9は光

接続構造の斜視図、図10Aは光接続構造の接着前の部品展開図、図10Bは光接続構造をyz平面で切断した断面図である。

[0062] 第1の実施例と同様に、光導波路チップであるPLC501は、基板510上に光導波路503およびグレーティングカップラ505が形成された構造となっている。光導波路503は、クラッド層509と、クラッド層509の中に形成されたコア511とから構成される。さらに、クラッド層509には、グレーティングカップラ505が形成され、光導波路503とグレーティングカップラ505とは光学的に接続されている。このグレーティングカップラ505の付近に光ファイバ502が光学接着剤504により接着されている。光ファイバ502は、多芯ファイバ用被覆512により束ねられた多芯ファイバとなっている。

[0063] 図10Aに示す接着前の部品展開図から明らかなように、PLC501上には、光導波路503およびグレーティングカップラ505が形成されている。さらに、PLC501のクラッド層509には、第1の実施例と同様に光ファイバ502と嵌合するための嵌合用溝506が、グレーティングカップラ505の近傍の位置からクラッド層509の面内方向に沿ってPLC501の端面に達する位置まで形成されている。嵌合用溝506は、この嵌合用溝506に嵌め込まれる光ファイバ502とグレーティングカップラ505との光結合が最良になるように形成されている。これにより、パッシブアライメントに要求される物理的な位置合わせ構造を実現している。嵌合用溝506の製法については特に限定しないが、一般的なPLCの作成手法であるフォトリソグラフィを採用した場合でも、パッシブアライメントに要求される精度で作成することができる。

[0064] 図10Bは、光ファイバ502がPLC501の嵌合用溝506と嵌合している状態の断面図である。光ファイバ502には、光ファイバコア508が形成されている。上記のとおり、光ファイバ502は、嵌合用溝506と嵌合している状態で光学接着剤504によりPLC501に接着されている。以上の構造により、光ファイバ502から光ビーム507が出射してグレ

ーティングカプラ505を介して光導波路503に入射するか、あるいは光導波路503からの光がグレーティングカプラ505から光ビーム507となって出射して光ファイバ502に入射することにより、PLC501と光ファイバ502との間の光結合が成立する。

[0065] 一般に、商業的な理由や製造上の都合により、光ファイバコア508の径、光ファイバ502のクラッド径、PLC501のクラッド層509の厚さ、光導波路503のクラッド層509内におけるy軸方向（厚さ方向）の位置は自由に選択することができない。しかしながら、本実施例の構造を用いることで、これらの物理的な寸法にとらわれることなく、グレーティングカプラ505の光ビーム507の結合角度を調整することにより、PLC501上の光導波路503と光ファイバ502の光ファイバコア508との光結合を実現することができる。

[0066] また、PLC501と光ファイバ502との位置合わせは、PLC501に形成した嵌合用溝506により実施することができる。グレーティングカプラ505と嵌合用溝506の製造手法について本発明では特に指定しないが、これらグレーティングカプラ505や嵌合用溝506はフォトリソグラフィや電子ビームリソグラフィ等により高精度に作成することができ、パッシブアライメントの実現に必要な物理的構造の精度を担保することができる。

[0067] こうして、本実施例では、第1の実施例と同様にアクティブアライメントを用いることなく、パッシブアライメントのみでPLC501と光ファイバ502の光接続を実現することができ、アクティブアライメントを使用する場合よりも実装時間および実装コストを低減することができる。また、本実施例では、光ファイバ502を多芯ファイバ用被覆512により束ねているため、パッシブアライメント自体の作業工数も減らすことが可能であり、実装時間および実装コストの更なる低減を実現できる。

[0068] [第6の実施例]

次に、本発明の第6の実施例について説明する。図11、図12A、図1

2 Bは本発明の第6の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。図1 1は光接続構造の斜視図、図1 2 Aは光接続構造の接着前の部品展開図、図1 2 Bは光接続構造をy z平面で切断した断面図である。

[0069] 第1の実施例と同様に、光導波路チップであるPLC601は、基板610上に光導波路603およびグレーティングカップラ605が形成された構造となっている。光導波路603は、クラッド層609と、クラッド層609の中に形成されたコア611とから構成される。さらに、クラッド層609には、グレーティングカップラ605が形成され、光導波路603とグレーティングカップラ605とは光学的に接続されている。このグレーティングカップラ605の付近にマルチコア光ファイバ602が光学接着剤604により接着されている。

[0070] 図1 2 Aに示す接着前の部品展開図から明らかなように、PLC601上には、光導波路603およびグレーティングカップラ605が形成されている。さらに、PLC601のクラッド層609には、嵌合用溝606が、マルチコア光ファイバ602の各コアに対応する複数のグレーティングカップラ605（本実施例では2個のグレーティングカップラ605）の近傍の位置からクラッド層609の面内方向に沿ってPLC601の端面に達する位置まで形成されている。嵌合用溝606は、この嵌合用溝606に嵌め込まれるマルチコア光ファイバ602とグレーティングカップラ605とのx軸方向およびy軸方向の光結合が最良になるように形成されている。これにより、パッシブアライメントに要求される物理的な位置合わせ構造を実現している。嵌合用溝606の製法については特に限定しないが、一般的なPLCの作成手法であるフォトリソグラフィを採用した場合でも、パッシブアライメントに要求される精度で作成することができる。

[0071] 図1 2 Bは、マルチコア光ファイバ602がPLC601の嵌合用溝606と嵌合している状態の断面図である。マルチコア光ファイバ602には、複数の光ファイバコア608が形成されている。ただし、図1 2 Bでは、1つの光ファイバコア608のみ記載している。上記のとおり、マルチコア光

ファイバ602は、嵌合用溝606と嵌合している状態で光学接着剤604によりPLC601に接着されている。以上の構造により、マルチコア光ファイバ602の複数の光ファイバコア608からそれぞれ光ビーム607が出射して、対応する複数のグレーティングカップラ605を介して光導波路603に入射するか、あるいは光導波路603からの複数の光が複数のグレーティングカップラ605からそれぞれ光ビーム607となって出射して、マルチコア光ファイバ602の対応する光ファイバコア608に入射することにより、PLC601とマルチコア光ファイバ602との間の光結合が成立する。

[0072] 一般に、商業的な理由や製造上の都合により、光ファイバコア608の径、マルチコア光ファイバ602のクラッド径、PLC601のクラッド層609の厚さ、光導波路603のクラッド層609内におけるy軸方向（厚さ方向）の位置は自由に選択することができない。しかしながら、本実施例の構造を用いることで、これらの物理的な寸法にとらわれることなく、グレーティングカップラ605の光ビーム607の結合角度を調整することにより、PLC601上の光導波路603とマルチコア光ファイバ602の光ファイバコア608との光結合を実現することができる。

[0073] また、PLC601とマルチコア光ファイバ602との位置合わせは、PLC601に形成した嵌合用溝606により実施することができる。グレーティングカップラ605と嵌合用溝606の製造手法について本発明では特に指定しないが、これらグレーティングカップラ605や嵌合用溝606はフォトリソグラフィや電子ビームリソグラフィ等により高精度に作成することができ、パッシブアライメントの実現に必要な物理的構造の精度を担保することができる。

[0074] ただし、パッシブアライメントと言っても、本実施例の場合はマルチコア光ファイバ602を用いるため、嵌合用溝606へのマルチコア光ファイバ602の嵌合が完了した後にマルチコア光ファイバ602の軸まわりの回転方向の位置合わせに関してアクティブアライメントが必要であり、このアク

ティブアライメントの完了後にマルチコア光ファイバ602をPLC601に接着する必要がある。本実施例では、マルチコア光ファイバ602のx軸方向およびy軸方向の位置決めに関してはパッシブアライメントで実現することができるので、軸まわりの回転方向の位置決めのみアクティブアライメントとすることで、PLC601とマルチコア光ファイバ602の光接続を実現することができ、x軸方向、y軸方向および回転方向の全てにアクティブアライメントを使用する場合よりも実装時間および実装コストを低減することができる。

[0075] [第7の実施例]

次に、本発明の第7の実施例について説明する。図13、図14A、図14Bは本発明の第7の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。図13は光接続構造の斜視図、図14Aは光接続構造の接着前の部品展開図、図14Bは光接続構造をyz平面で切断した断面図である。

[0076] 第1の実施例と同様に、光導波路チップであるPLC701は、基板710上に光導波路703およびグレーティングカップラ705が形成された構造となっている。光導波路703は、クラッド層709と、クラッド層709の中に形成されたコア711とから構成される。さらに、クラッド層709には、グレーティングカップラ705が形成され、光導波路703とグレーティングカップラ705とは光学的に接続されている。このグレーティングカップラ705の付近に熱拡大コア(TEC: Thermally-Expanded Core)光ファイバ702が光学接着剤704により接着されている。

[0077] 図14Aに示す接着前の部品展開図から明らかなように、PLC701上には、光導波路703およびグレーティングカップラ705が形成されている。さらに、PLC701のクラッド層709には、熱拡大コア光ファイバ702と嵌合するための嵌合用溝706が、グレーティングカップラ705の近傍の位置からクラッド層709の面内方向に沿ってPLC701の端面の方に伸長し、端面に達しない位置で終わるように形成されている。嵌合用溝706は、この嵌合用溝706に嵌め込まれる熱拡大コア光ファイバ702と

グレーティングカップラ705との光結合が最良になるように形成されている。これにより、パッシブアライメントに要求される物理的な位置合わせ構造を実現している。嵌合用溝706の製法については特に限定しないが、一般的なPLCの作成手法であるフォトリソグラフィを採用した場合でも、パッシブアライメントに要求される精度で作成することができる。

[0078] 図14Bは、熱拡大コア光ファイバ702がPLC701の嵌合用溝706と嵌合している状態の断面図である。熱拡大コア光ファイバ702には、光ファイバコア708が形成されている。熱拡大コア光ファイバ702は、シングルモードファイバの先端に熱を加えて光ファイバコア708の径を拡大したものである。上記のとおり、熱拡大コア光ファイバ702は、嵌合用溝706と嵌合している状態で光学接着剤704によりPLC701に接着されている。以上の構造により、熱拡大コア光ファイバ702から光ビーム707が出射してグレーティングカップラ705を介して光導波路703に入射するか、あるいは光導波路703からの光がグレーティングカップラ705から光ビーム707となって出射して熱拡大コア光ファイバ702に入射することにより、PLC701と熱拡大コア光ファイバ702との間の光結合が成立する。

[0079] 一般に、商業的な理由や製造上の都合により、光ファイバコア708の径、熱拡大コア光ファイバ702のクラッド径、PLC701のクラッド層709の厚さ、光導波路703のクラッド層709内におけるy軸方向（厚さ方向）の位置は自由に選択することができない。しかしながら、本実施例の構造を用いることで、これらの物理的な寸法にとらわれることなく、グレーティングカップラ705の光ビーム707の結合角度を調整することにより、PLC701上の光導波路703と熱拡大コア光ファイバ702の光ファイバコア708との光結合を実現することができる。

[0080] また、PLC701と熱拡大コア光ファイバ702との位置合わせは、PLC701に形成した嵌合用溝706により実施することができる。グレーティングカップラ705と嵌合用溝706の製造手法について本発明では特に

指定しないが、これらグレーティングカップラ705や嵌合用溝706はフォトリソグラフィや電子ビームリソグラフィ等により高精度に作成することができ、パッシブアライメントの実現に必要な物理的構造の精度を担保することができる。

[0081] また、本実施例では、グレーティングカップラ705の近傍の位置からPLC701の端面に達しない位置までの嵌合用溝706の物理的形狀を適切に設計することで、PLC701に対して熱拡大コア光ファイバ702を傾けて嵌合させることが可能となる。この構造により、本実施例では、光ビーム707と熱拡大コア光ファイバ702の光ファイバコア708との角度ずれを0に抑えることが可能となる。

[0082] こうして、本実施例では、第1の実施例と同様にアクティブアライメントを用いることなく、パッシブアライメントのみでPLC701と熱拡大コア光ファイバ702の光接続を実現することができ、アクティブアライメントを使用する場合よりも実装時間および実装コストを低減することができる。また、本実施例では、グレーティングカップラ705の近傍の位置からPLC701の端面に達しない位置までの嵌合用溝706により、光接続による損失を第1～第3の実施例よりも低減することが可能となる。

[0083] ところで熱拡大コア光ファイバ702は、熱処理前に比べて大きなモードフィールド径(MFD: Mode Field Diameter)を持つものの、熱処理前に比べて小さな開口数(NA: Numerical Aperture)となってしまうものである。したがって、NAについて余裕があるものの、MFDの不整合による光学損失が見込まれる場合には、本実施例により光学損失を低減せしめることができる。本実施例では、熱拡大コア光ファイバ702と嵌合用溝706とを組み合わせた構成となっているが、単にこの組み合わせが光学損失の低減のために相性が良いということであり、熱拡大コア光ファイバ702と嵌合用溝706とは独立に用いることが可能である。

[0084] [第8の実施例]

次に、本発明の第8の実施例について説明する。図15、図16A、図1

6 Bは本発明の第8の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。図15は光接続構造の斜視図、図16Aは光接続構造の接着前の部品展開図、図16Bは光接続構造をyz平面で切断した断面図である。

[0085] 第1の実施例と同様に、光導波路チップであるPLC801は、基板810上に光導波路803およびグレーティングカップラ805が形成された構造となっている。光導波路803は、クラッド層809と、クラッド層809の中に形成されたコア811とから構成される。さらに、クラッド層809には、グレーティングカップラ805が形成され、光導波路803とグレーティングカップラ805とは光学的に接続されている。このグレーティングカップラ805の付近に光ファイバ802が光学接着剤804により接着されている。

[0086] 図16Aに示す接着前の部品展開図から明らかなように、PLC801上には、光導波路803およびグレーティングカップラ805が形成されている。さらに、PLC801のクラッド層809には、光ファイバ802と嵌合するための嵌合用溝806が、グレーティングカップラ805の近傍の位置からクラッド層809の面内方向に沿ってPLC801の端面の方に伸長し、端面に達する前の位置で終わるように形成されている。

[0087] 嵌合用溝806は、上から見た平面形状が、グレーティングカップラ805に近い側が矩形、かつPLC801の端面に近い側が楕円半球で、矩形の幅（嵌合用溝806の幅）と楕円半球の短径とが一致するように矩形と楕円半球とを合成した形状であり、この嵌合用溝806に嵌め込まれる光ファイバ802とグレーティングカップラ805との光結合が最良になるように形成されている。これにより、パッシブアライメントに要求される物理的な位置合わせ構造を実現している。嵌合用溝806の製法については特に限定しないが、一般的なPLCの作成手法であるフォトリソグラフィを採用した場合でも、パッシブアライメントに要求される精度で作成することができる。

[0088] 図16Bは、光ファイバ802がPLC801の嵌合用溝806と嵌合している状態の断面図である。光ファイバ802には、光ファイバコア808

が形成されている。上記のとおり、光ファイバ802は、嵌合用溝806と嵌合している状態で光学接着剤804によりPLC801に接着されている。以上の構造により、光ファイバ802から光ビーム807が出射してグレーティングカプラ805を介して光導波路803に入射するか、あるいは光導波路803からの光がグレーティングカプラ805から光ビーム807となって出射して光ファイバ802に入射することにより、PLC801と光ファイバ802との間の光結合が成立する。

[0089] 一般に、商業的な理由や製造上の都合により、光ファイバコア808の径、光ファイバ802のクラッド径、PLC801のクラッド層809の厚さ、光導波路803のクラッド層809内におけるy軸方向（厚さ方向）の位置は自由に選択することができない。しかしながら、本実施例の構造を用いることで、これらの物理的な寸法にとらわれることなく、グレーティングカプラ805の光ビーム807の結合角度を調整することにより、PLC801上の光導波路803と光ファイバ802の光ファイバコア808との光結合を実現することができる。

[0090] また、PLC801と光ファイバ802との位置合わせは、PLC801に形成した嵌合用溝806により実施することができる。グレーティングカプラ805と嵌合用溝806の製造手法について本発明では特に指定しないが、これらグレーティングカプラ805や嵌合用溝806はフォトリソグラフィや電子ビームリソグラフィ等により高精度に作成することができ、パッシブアライメントの実現に必要な物理的構造の精度を担保することができる。

[0091] また、本実施例では、グレーティングカプラ805の近傍の位置からPLC801の端面に達しない位置までの嵌合用溝806の物理的形狀を適切に設計することで、PLC801に対して光ファイバ802を傾けて嵌合させることが可能となる。この構造により、本実施例では、光ビーム807と光ファイバ802の光ファイバコア808との角度ずれを0に抑えることが可能となる。

[0092] こうして、本実施例では、第1の実施例と同様にアクティブアライメントを用いることなく、パッシブアライメントのみでPLC801と光ファイバ802の光接続を実現することができ、アクティブアライメントを使用する場合よりも実装時間および実装コストを低減することができる。また、本実施例では、グレーティングカップラ805の近傍の位置からPLC801の端面に達しない位置までの嵌合用溝806により、光接続による損失を第1～第3の実施例よりも低減することが可能となる。さらに、本実施例では、嵌合用溝806の楕円半球部分の形状をPLC801と光ファイバ802とのなす角度に合わせて適切に設計することにより、第4の実施例よりも安定したパッシブアライメントを実現することができる。

[0093] [第9の実施例]

次に、本発明の第9の実施例について説明する。図17、図18A、図18Bは本発明の第9の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。図17は光接続構造の斜視図、図18Aは光接続構造の接着前の部品展開図、図18Bは光接続構造をyz平面で切断した断面図である。

[0094] 第1の実施例と同様に、光導波路チップであるPLC901は、基板910上に光導波路903およびグレーティングカップラ905が形成された構造となっている。光導波路903は、クラッド層909と、クラッド層909の中に形成されたコア911とから構成される。さらに、クラッド層909には、グレーティングカップラ905が形成され、光導波路903とグレーティングカップラ905とは光学的に接続されている。このグレーティングカップラ905の付近に光ファイバ902が光学接着剤904により接着されている。

[0095] 図18Aに示す接着前の部品展開図から明らかなように、PLC901上には、光導波路903およびグレーティングカップラ905が形成されている。さらに、PLC901のクラッド層909には、第4の実施例と同様に光ファイバ902と嵌合するための嵌合用溝906が、グレーティングカップラ905の近傍の位置からクラッド層909の面内方向に沿ってPLC901

の端面の方に伸長し、端面に達しない位置で終わるように形成されている。嵌合用溝906は、この嵌合用溝906に嵌め込まれる光ファイバ902とグレーティングカプラ905との光結合が最良になるように形成されている。

[0096] 第4の実施例との相違は、嵌合用溝906が、PLC901の端面近傍において端面に向かって漸次幅が広がるテーパ状の誘導構造を有することと、クラッド層909全体を掘り込む形で形成され、クラッド層909の下にあるクラッド下部層（本実施例では基板910）にまで到達していることである。この嵌合用溝906に光ファイバ902を嵌合させることで、パッシブアライメントに要求される物理的な位置合わせ構造を実現している。嵌合用溝906の製法については特に限定しないが、一般的なPLCの作成手法であるフォトリソグラフィを採用した場合でも、パッシブアライメントに要求される精度で作成することができる。

[0097] 図18Bは、光ファイバ902がPLC901の嵌合用溝906と嵌合している状態の断面図である。光ファイバ902には、光ファイバコア908が形成されている。上記のとおり、光ファイバ902は、嵌合用溝906と嵌合している状態で光学接着剤904によりPLC901に接着されている。以上の構造により、光ファイバ902から光ビーム907が出射してグレーティングカプラ905を介して光導波路903に入射するか、あるいは光導波路903からの光がグレーティングカプラ905から光ビーム907となって出射して光ファイバ902に入射することにより、PLC901と光ファイバ902との間の光結合が成立する。

[0098] 一般に、商業的な理由や製造上の都合により、光ファイバコア908の径、光ファイバ902のクラッド径、PLC901のクラッド層909の厚さ、光導波路903のクラッド層909内におけるy軸方向（厚さ方向）の位置は自由に選択することができない。しかしながら、本実施例の構造を用いることで、これらの物理的な寸法にとらわれることなく、グレーティングカプラ905の光ビーム907の結合角度を調整することにより、PLC90

1上の光導波路903と光ファイバ902の光ファイバコア908との光結合を実現することができる。

[0099] また、PLC901と光ファイバ902との位置合わせは、PLC901に形成した嵌合用溝906により実施することができる。グレーティングカップラ905と嵌合用溝906の製造手法について本発明では特に指定しないが、これらグレーティングカップラ905や嵌合用溝906はフォトリソグラフィや電子ビームリソグラフィ等により高精度に作成することができ、パッシブアライメントの実現に必要な物理的構造の精度を担保することができる。

[0100] また、本実施例では、グレーティングカップラ905の近傍の位置からPLC901の端面に達しない位置までの嵌合用溝906の物理的形狀を適切に設計することで、PLC901に対して光ファイバ902を傾けて嵌合させることが可能となる。これにより、本実施例では、光ビーム907と光ファイバ902の光ファイバコア908との角度ずれを0に抑えることが可能となる。

[0101] また、嵌合用溝906については、クラッド層909を貫通してクラッド下部層（本実施例では基板910）が露出する深さまで形成されており、クラッド下部層の上面が嵌合用溝906の底面となっている。クラッド層909とクラッド下部層とは異なる材料からなる。したがって、嵌合用溝906の製造手法について本発明では特に指定しないが、例えばウェットエッチングにおける、異なる材料からなる層構造の選択的エッチングの特性を利用することで、嵌合用溝906の非常に高精度な深さ方向の精度を得ることができる。

[0102] こうして、本実施例では、第1の実施例と同様にアクティブアライメントを用いることなく、パッシブアライメントのみでPLC901と光ファイバ902の光接続を実現することができ、アクティブアライメントを使用する場合よりも実装時間および実装コストを低減することができる。また、本実施例では、グレーティングカップラ905の近傍の位置からPLC901の端

面に達しない位置までの嵌合用溝906により、光接続による損失を第1～第3の実施例よりも低減することが可能となる。

[0103] また、本実施例では、誘導構造付きの嵌合用溝906を用いることにより、パッシブアライメント自体の誤差耐性を高めることができ、歩留まりの向上、実装時間の更なる短縮、実装コストの更なる低減を見込むことができる。さらに、本実施例では、嵌合用溝906をクラッド下部層が露出する深さまで形成することにより、光接続のy軸方向（厚さ方向）の精度を第1の実施例よりも高めることが可能となる。本実施例は、第2の実施例と第3の実施例と第4の実施例を組み合わせた例であり、本実施例に限らず本発明の各実施例同士を適宜組み合わせるようにしてもよい。

[0104] [第10の実施例]

次に、本発明の第10の実施例について説明する。図19、図20A、図20Bは本発明の第10の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。図19は光接続構造の斜視図、図20Aは光接続構造の接着前の部品展開図、図20Bは光接続構造をyz平面で切断した断面図である。

[0105] 第1の実施例と同様に、光導波路チップであるPLC1001は、基板1010上に光導波路1003およびグレーティングカップラ1005が形成された構造となっている。光導波路1003は、クラッド層1009と、クラッド層1009の中に形成されたコア1011とから構成される。さらに、クラッド層1009には、グレーティングカップラ1005が形成され、光導波路1003とグレーティングカップラ1005とは光学的に接続されている。このグレーティングカップラ1005の付近にレンズファイバ1002が、このレンズファイバ1002よりも低い屈折率を有する光学接着剤1004により接着されている。レンズファイバ1002は、光ファイバの先端をレンズ状に加工したものである。

[0106] 図20Aに示す接着前の部品展開図から明らかなように、PLC1001上には、光導波路1003およびグレーティングカップラ1005が形成されている。さらに、PLC1001のクラッド層1009には、レンズファ

イバ1002と嵌合するための嵌合用溝1006が、グレーティングカプラ1005の近傍の位置からクラッド層1009の面内方向に沿ってPLC1001の端面に達する位置まで形成されている。嵌合用溝1006は、この嵌合用溝1006に嵌め込まれるレンズファイバ1002とグレーティングカプラ1005との光結合が最良になるように形成されている。これにより、パッシブアライメントに要求される物理的な位置合わせ構造を実現している。嵌合用溝1006の製法については特に限定しないが、一般的なPLCの作成手法であるフォトリソグラフィを採用した場合でも、パッシブアライメントに要求される精度で作成することができる。

[0107] 図20Bは、レンズファイバ1002がPLC1001の嵌合用溝1006と嵌合している状態の断面図である。レンズファイバ1002には、光ファイバコア1008が形成されている。上記のとおり、レンズファイバ1002は、嵌合用溝1006と嵌合している状態で光学接着剤1004によりPLC1001に接着されている。以上の構造により、レンズファイバ1002から光ビーム1007が出射してグレーティングカプラ1005を介して光導波路1003に入射するか、あるいは光導波路1003からの光がグレーティングカプラ1005から光ビーム1007となって出射してレンズファイバ1002に入射することにより、PLC1001とレンズファイバ1002との間の光結合が成立する。

[0108] 一般に、商業的な理由や製造上の都合により、光ファイバコア1008の径、レンズファイバ1002のクラッド径、PLC1001のクラッド層1009の厚さ、光導波路1003のクラッド層1009内におけるy軸方向（厚さ方向）の位置は自由に選択することができない。しかしながら、本実施例の構造を用いることで、これらの物理的な寸法にとらわれることなく、グレーティングカプラ1005の光ビーム1007の結合角度を調整することにより、PLC1001上の光導波路1003とレンズファイバ1002の光ファイバコア1008との光結合を実現することができる。

[0109] また、PLC1001とレンズファイバ1002との位置合わせは、P

LC1001に形成した嵌合用溝1006により実施することができる。グレーティングカップラ1005と嵌合用溝1006の製造手法について本発明では特に指定しないが、これらグレーティングカップラ1005や嵌合用溝1006はフォトリソグラフィや電子ビームリソグラフィ等により高精度に作成することができ、パッシブアライメントの実現に必要な物理的構造の精度を担保することができる。

[0110] また、本実施例では、レンズファイバ1002と、レンズファイバ1002よりも低い屈折率を有する光学接着剤1004とにより、光路上にレンズを形成することが可能となる。この構造により、グレーティングカップラ1005とレンズファイバ1002の光ファイバコア1008との間で集光することが可能となる。

[0111] こうして、本実施例では、第1の実施例と同様にアクティブアライメントを用いることなく、パッシブアライメントのみでPLC1001とレンズファイバ1002の光接続を実現することができ、アクティブアライメントを使用する場合よりも実装時間および実装コストを低減することができる。また、本実施例では、レンズファイバ1002と、レンズファイバ1002よりも低い屈折率を有する光学接着剤1004とにより、光接続による損失を第1の実施例よりも低減することが可能となる。

[0112] [第11の実施例]

次に、本発明の第11の実施例について説明する。図21、図22A、図22Bは本発明の第11の実施例に係る光接続構造を示す模式図である。図21は光接続構造の斜視図、図22Aは光接続構造の接着前の部品展開図、図22Bは光接続構造をyz平面で切断した断面図である。

[0113] 第1の実施例と同様に、光導波路チップであるPLC1101は、基板1110上に光導波路1103およびグレーティングカップラ1105が形成された構造となっている。光導波路1103は、クラッド層1109と、クラッド層1109の中に形成されたコア1111とから構成される。さらに、クラッド層1109には、グレーティングカップラ1105が形成され、光導

波路1103とグレーティングカップラ1105とは光学的に接続されている。このグレーティングカップラ1105の付近に斜め切断ファイバ1102が、この斜め切断ファイバ1102よりも低い屈折率を有する光学接着剤1104により接着されている。斜め切断ファイバ1102は、光ファイバの端面を斜めに切断したものである。

[0114] 図22Aに示す接着前の部品展開図から明らかなように、PLC1101上には、光導波路1103およびグレーティングカップラ1105が形成されている。さらに、PLC1101のクラッド層1109には、斜め切断ファイバ1102と嵌合するための嵌合用溝1106が、グレーティングカップラ1105の近傍の位置からクラッド層1109の面内方向に沿ってPLC1101の端面に達する位置まで形成されている。嵌合用溝1106は、この嵌合用溝1106に嵌め込まれる斜め切断ファイバ1102とグレーティングカップラ1105との光結合が最良になるように形成されている。これにより、パッシブアライメントに要求される物理的な位置合わせ構造を実現している。嵌合用溝1106の製法については特に限定しないが、一般的なPLCの作成手法であるフォトリソグラフィを採用した場合でも、パッシブアライメントに要求される精度で作成することができる。

[0115] 図22Bは、斜め切断ファイバ1102がPLC1101の嵌合用溝1106と嵌合している状態の断面図である。斜め切断ファイバ1102には、光ファイバコア1108が形成されている。上記のとおり、斜め切断ファイバ1102は、嵌合用溝1106と嵌合している状態で光学接着剤1104によりPLC1101に接着されている。以上の構造により、斜め切断ファイバ1102から光ビーム1107が出射してグレーティングカップラ1105を介して光導波路1103に入射するか、あるいは光導波路1103からの光がグレーティングカップラ1105から光ビーム1107となって出射して斜め切断ファイバ1102に入射することにより、PLC1101と斜め切断ファイバ1102との間の光結合が成立する。

[0116] 一般に、商業的な理由や製造上の都合により、光ファイバコア1108の

径、斜め切断ファイバ1102のクラッド径、PLC1101のクラッド層1109の厚さ、光導波路1103のクラッド層1109内におけるy軸方向（厚さ方向）の位置は自由に選択することができない。しかしながら、本実施例の構造を用いることで、これらの物理的な寸法にとらわれることなく、グレーティングカップラ1105の光ビーム1107の結合角度を調整することにより、PLC1101上の光導波路1103と斜め切断ファイバ1102の光ファイバコア1108との光結合を実現することができる。

[0117] また、PLC1101と斜め切断ファイバ1102との位置合わせは、PLC1101に形成した嵌合用溝1106により実施することができる。グレーティングカップラ1105と嵌合用溝1106の製造手法について本発明では特に指定しないが、これらグレーティングカップラ1105や嵌合用溝1106はフォトリソグラフィや電子ビームリソグラフィ等により高精度に作成することができ、パッシブアライメントの実現に必要な物理的構造の精度を担保することができる。

[0118] また、本実施例では、斜め切断ファイバ1102と、斜め切断ファイバ1102よりも低い屈折率を有する光学接着剤1104により、斜め切断ファイバ1102の切断面において、切断面法線ベクトルと光ビーム1107との成す角度および切断面法線ベクトルと光ファイバコア1108との成す角度が、スネルの法則を満たすような値に近づけることが可能となる。この構造により光ビーム1107と光ファイバコア1108の挿入損失を低減せしめることが可能となる。

[0119] こうして、本実施例では、第1の実施例と同様にアクティブアライメントを用いることなく、パッシブアライメントのみでPLC1101と斜め切断ファイバ1102の光接続を実現することができ、アクティブアライメントを使用する場合よりも実装時間および実装コストを低減することができる。また、本実施例では、斜め切断ファイバ1102と、斜め切断ファイバ1102よりも低い屈折率を有する光学接着剤1104とにより、光接続による損失を第1の実施例よりも低減することが可能となる。

産業上の利用可能性

[0120] 本発明は、光導波路チップと光ファイバを接続する技術に適用することができる。

符号の説明

[0121] 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901, 1001, 1101…PLC、102, 202, 302, 402, 502, 802, 902…光ファイバ、103, 203, 303, 403, 503, 603, 703, 803, 903, 1003, 1103…光導波路、104, 204, 304, 404, 504, 604, 704, 804, 904, 1004, 1104…光学接着剤、105, 205, 305, 405, 505, 605, 705, 805, 905, 1005, 1105…グレーティングカップラ、106, 206, 306, 406, 506, 606, 706, 806, 906, 1006, 1106…嵌合用溝、107, 207, 307, 407, 507, 607, 707, 807, 907, 1007, 1107…光ビーム、108, 208, 308, 408, 508, 608, 708, 808, 908, 1008, 1108…光ファイバコア、109, 209, 309, 409, 509, 609, 709, 809, 909, 1009, 1109…クラッド層、110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, 910, 1010, 1110…基板、111, 211, 311, 411, 511, 611, 711, 811, 911, 1011, 1111…コア、512…多芯ファイバ用被覆、602…マルチコア光ファイバ、702…熱拡大コア光ファイバ、1002…レンズドファイバ、1102…斜め切断ファイバ。

請求の範囲

- [請求項1] 基板上に形成された光導波路と、前記光導波路と光学的に接続された少なくとも1つのグレーティングカップラと、少なくとも1つの溝とを有する光導波路チップと、
- この光導波路チップの溝と嵌合する少なくとも1つの光ファイバとからなり、
- 前記少なくとも1つの溝は、前記光導波路を構成するクラッド層における前記グレーティングカップラの近傍の位置に形成され、
- 前記光ファイバは、前記グレーティングカップラの近傍に前記光ファイバの端面が位置するように配置されて、前記グレーティングカップラと光学的に接続していることを特徴とする光接続構造。
- [請求項2] 請求項1記載の光接続構造において、
- 前記光ファイバは、前記溝と嵌合している状態で光学接着剤により前記光導波路チップに接着されていることを特徴とする光接続構造。
- [請求項3] 請求項2記載の光接続構造において、
- 前記光学接着剤は、前記溝と嵌合している光ファイバの先端を覆うと共に、この光ファイバと光学的に接続しているグレーティングカップラを覆うように設けられることを特徴とする光接続構造。
- [請求項4] 請求項1乃至3のいずれか1項に記載の光接続構造において、
- 前記光ファイバと嵌合する溝は、前記グレーティングカップラの近傍の位置から前記クラッド層の面内方向に沿って前記光導波路チップの端面に達する位置まで形成されていることを特徴とする光接続構造。
- [請求項5] 請求項1乃至3のいずれか1項に記載の光接続構造において、
- 前記光ファイバと嵌合する溝は、前記グレーティングカップラの近傍の位置から前記クラッド層の面内方向に沿って伸長し、前記光導波路チップの端面に達しない位置で終わるように形成され、
- 前記光ファイバは、前記光導波路チップの前記グレーティングカップラが形成された面に対して傾くように前記溝と嵌合することを特徴と

する光接続構造。

[請求項6]

請求項5記載の光接続構造において、

前記光ファイバと嵌合する溝は、上から見た平面形状が、前記グレーティングカップラに近い側が矩形、前記光導波路チップの端面に近い側が楕円半球で、前記矩形の幅と前記楕円半球の短径とが一致するように前記矩形と前記楕円半球とを合成した形状であることを特徴とする光接続構造。

[請求項7]

請求項1乃至6のいずれか1項に記載の光接続構造において、

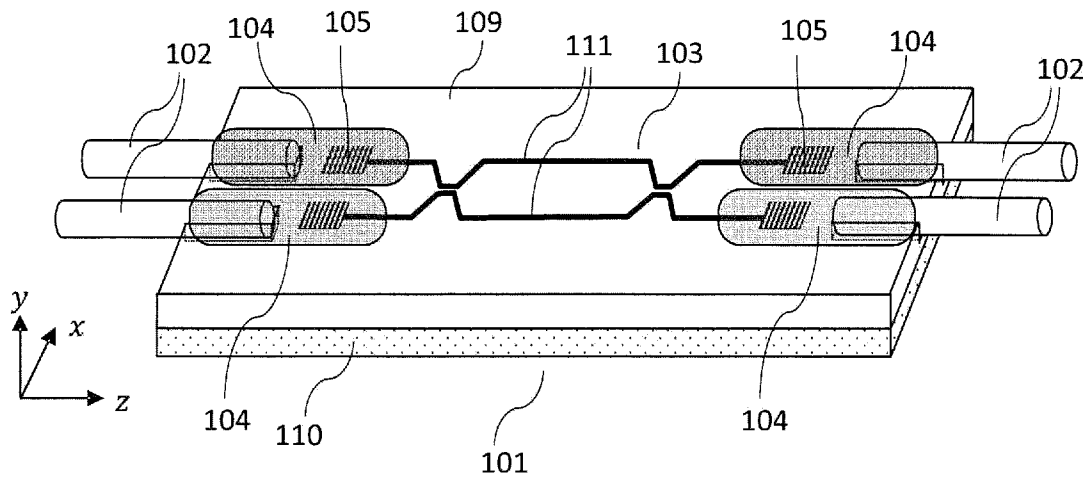
前記光ファイバのうち少なくとも1つは、熱拡大コア光ファイバ、レンズドファイバ、斜め切断ファイバ、多芯ファイバもしくはマルチコアファイバであることを特徴とする光接続構造。

[請求項8]

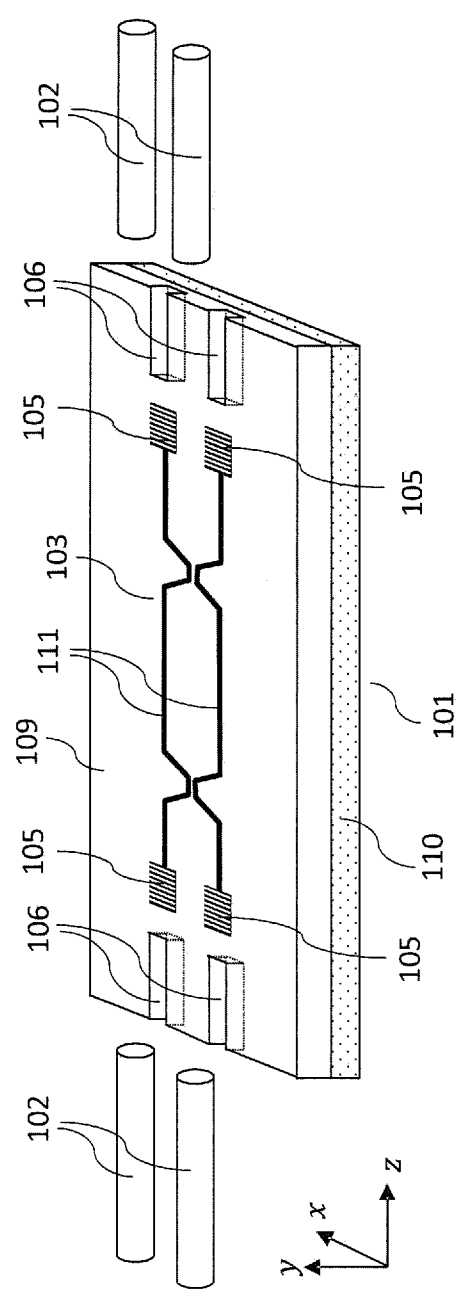
請求項1乃至7のいずれか1項に記載の光接続構造において、

前記光ファイバと嵌合する溝は、前記クラッド層を貫通して、クラッド層と異なる下部層が露出する深さまで形成され、この下部層の上面を溝の底面とすることを特徴とする光接続構造。

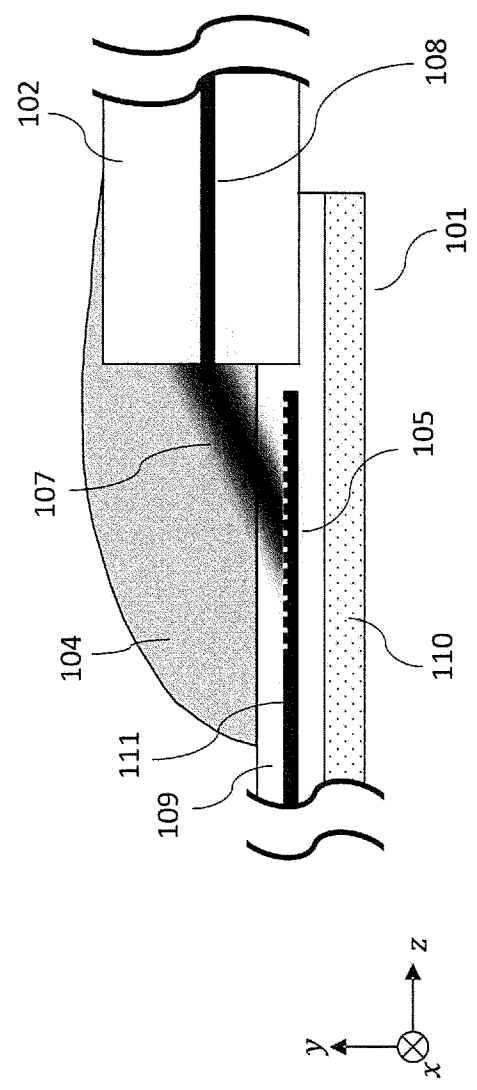
[図1]



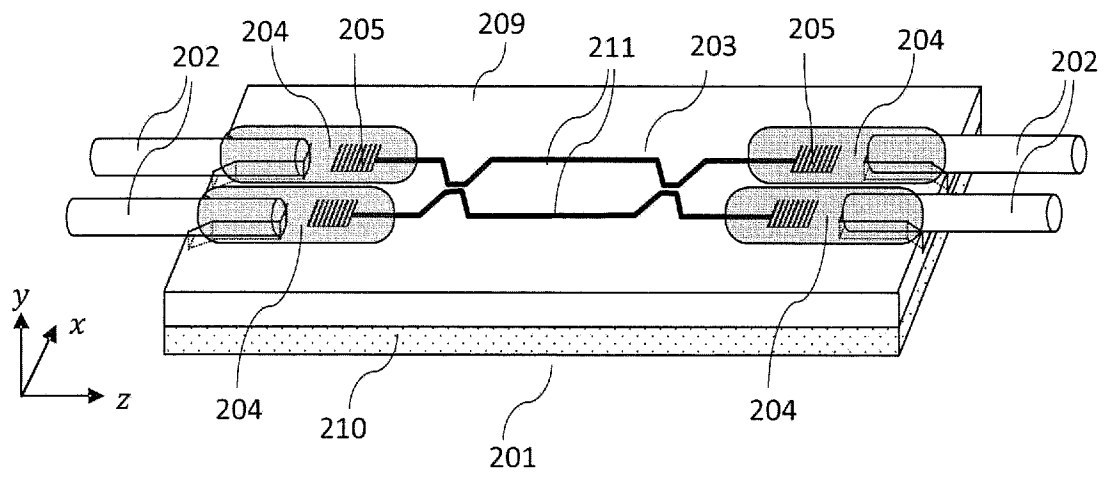
[図2A]



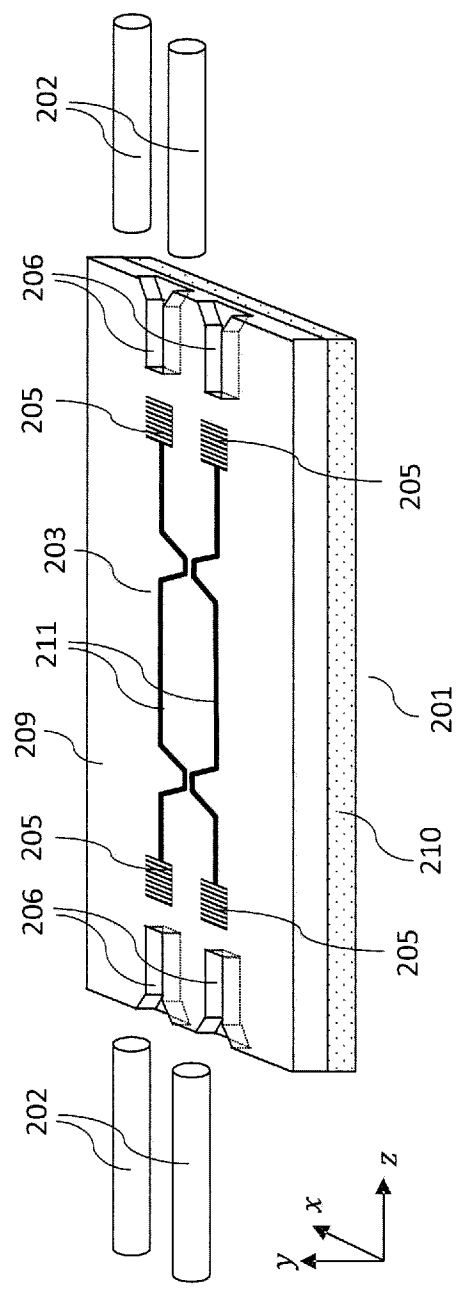
[図2B]



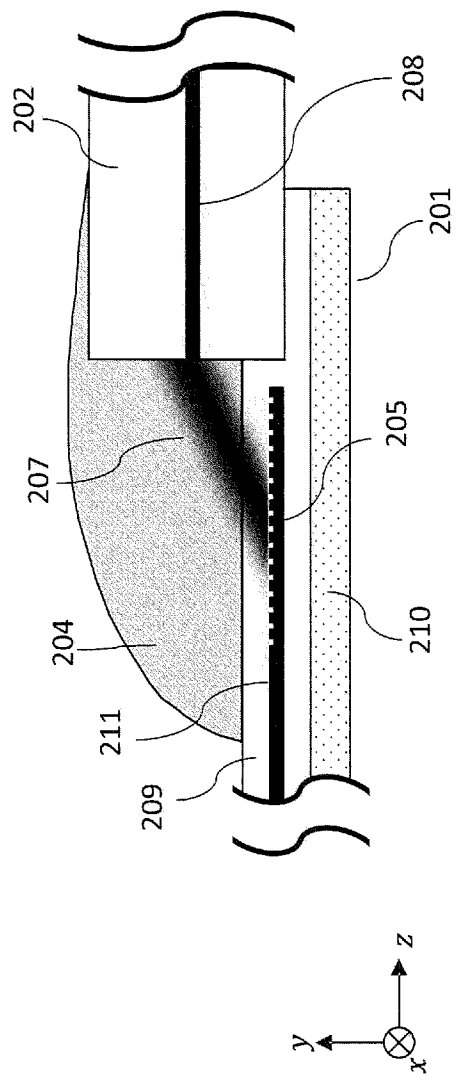
[図3]



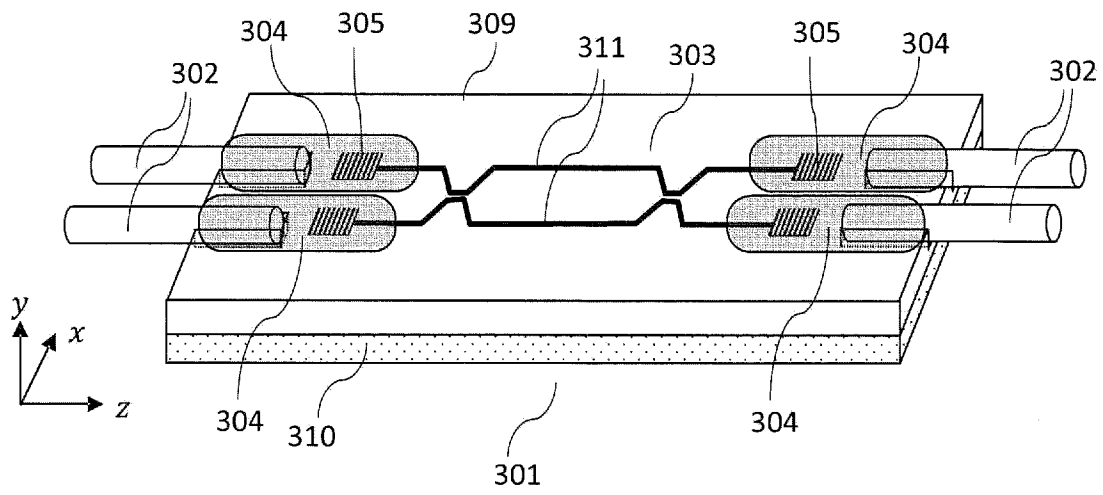
[図4A]



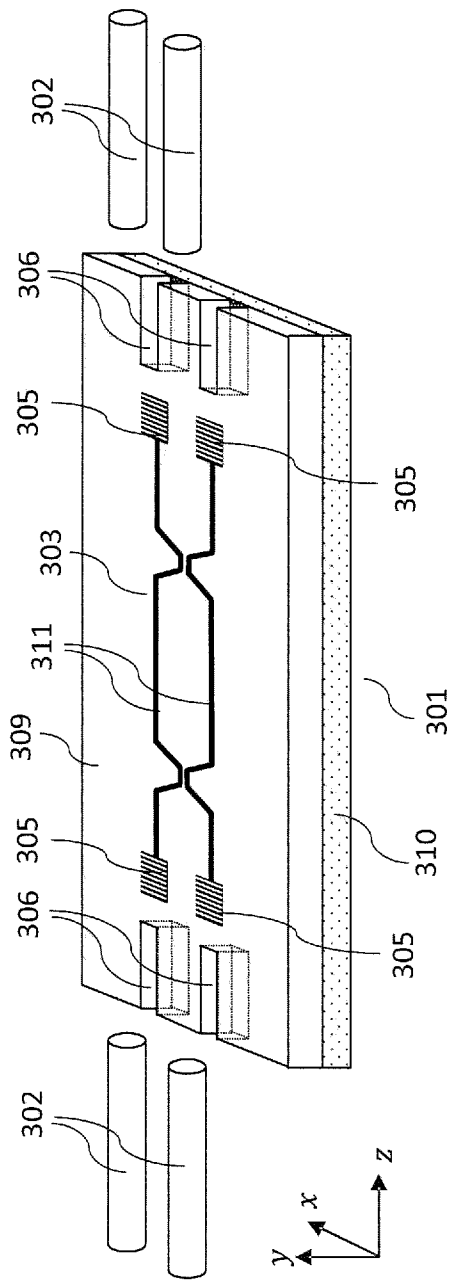
[図4B]



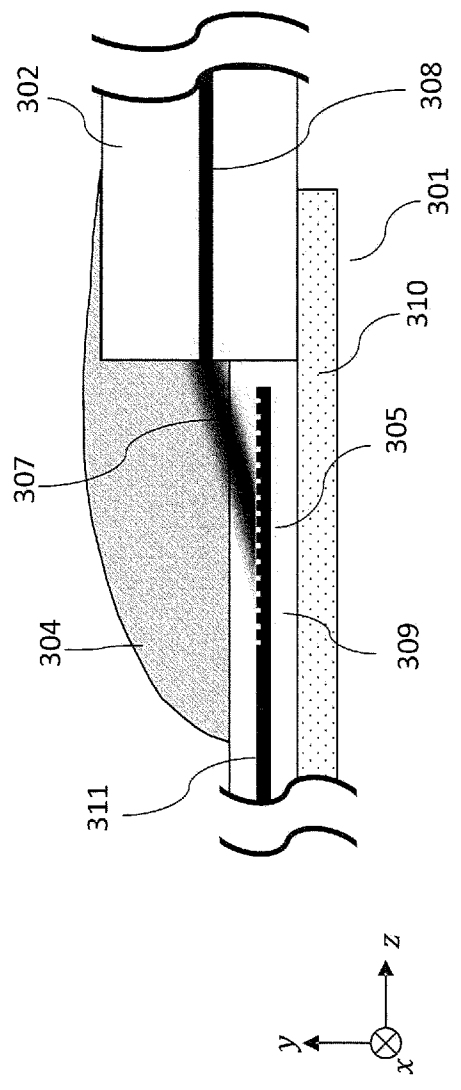
[図5]



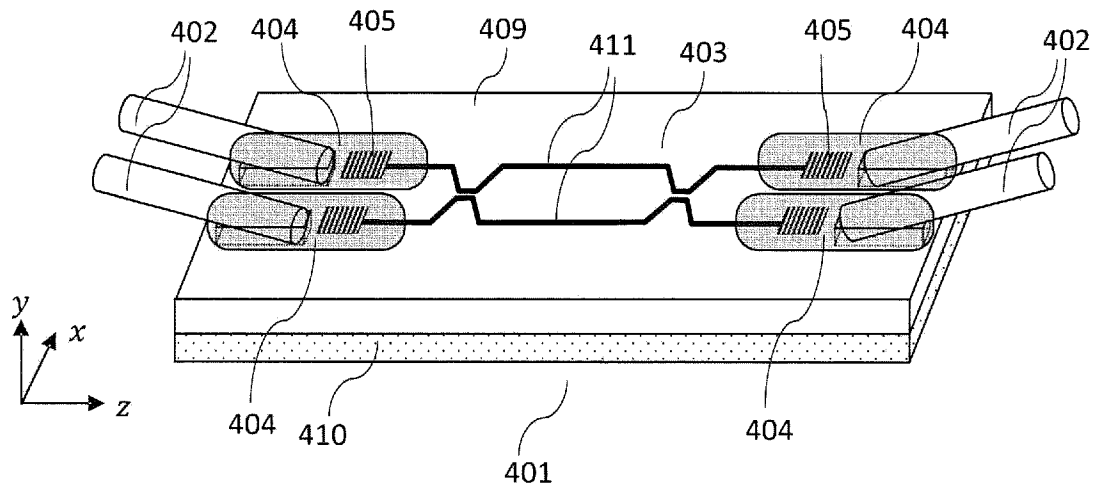
[図6A]



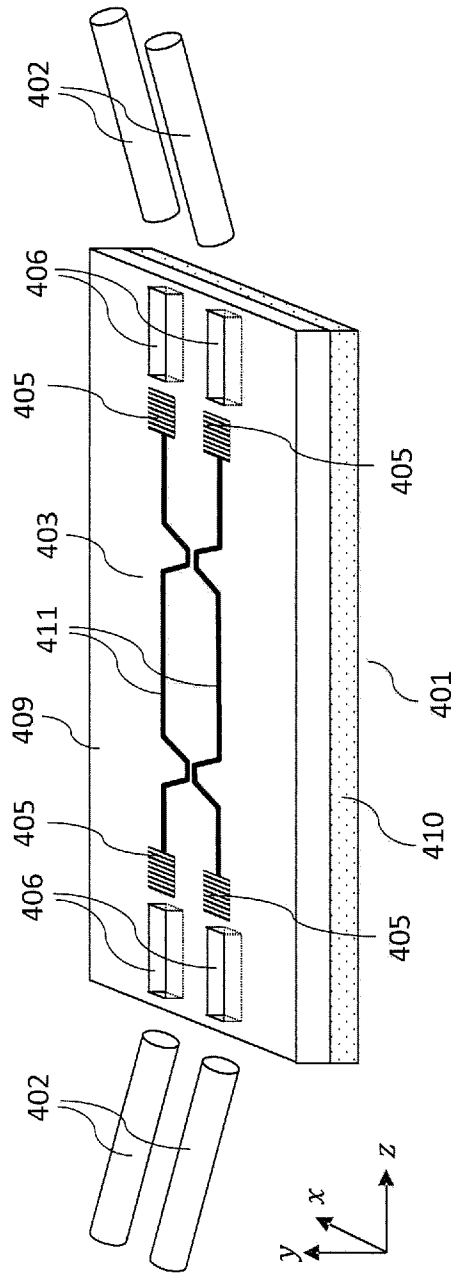
[図6B]



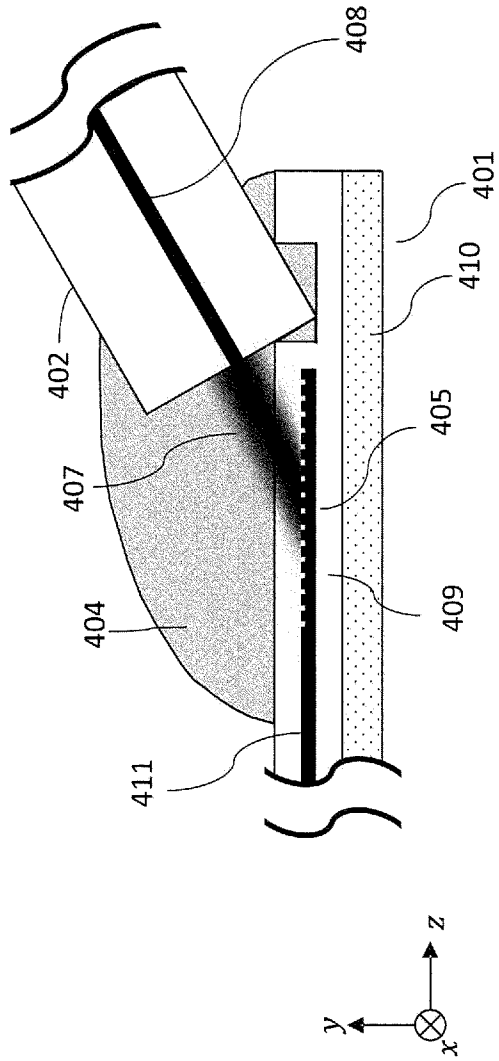
[図7]



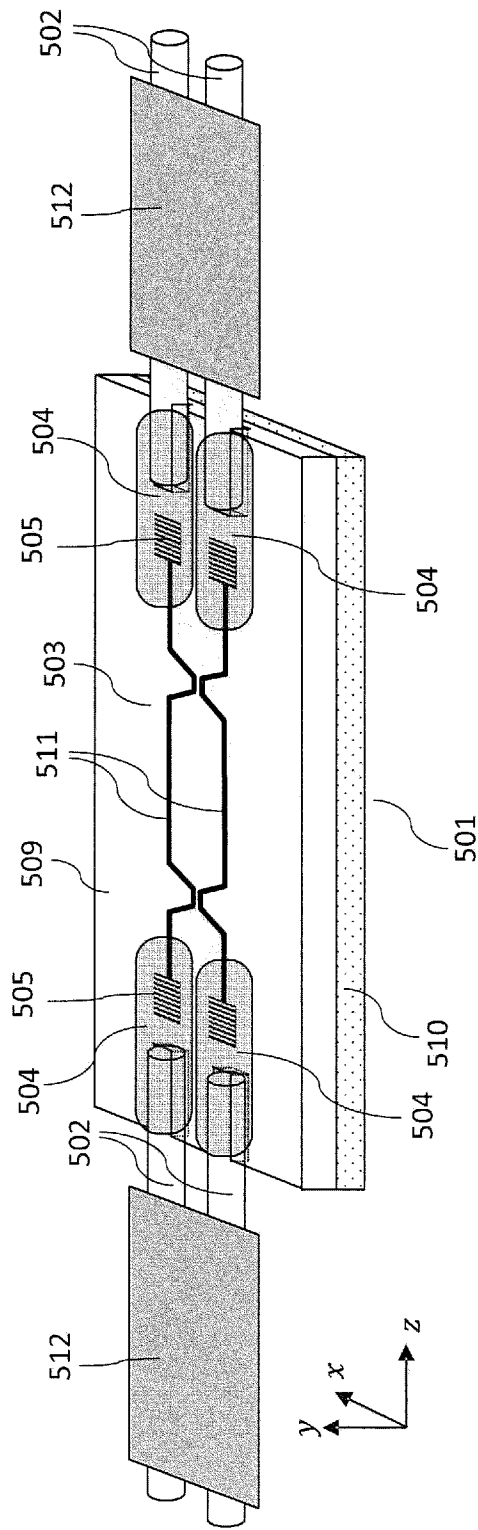
[図8A]



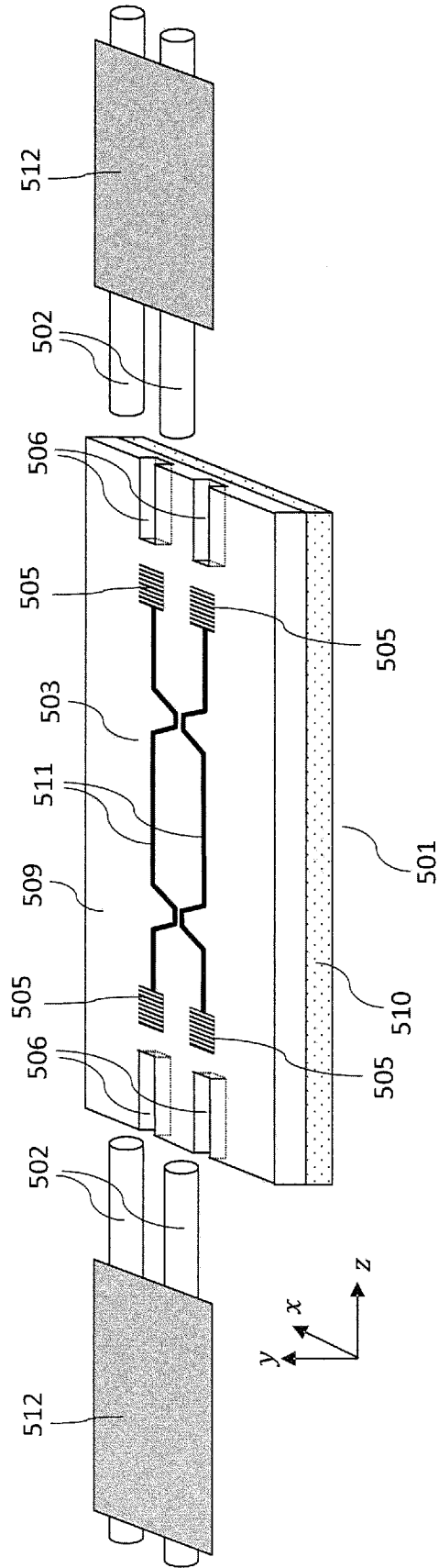
[ 8B]



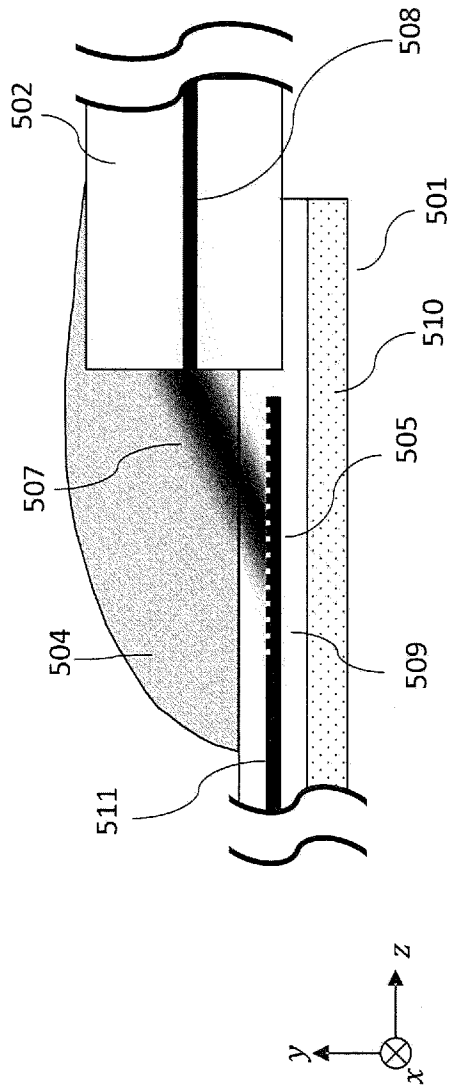
[図9]



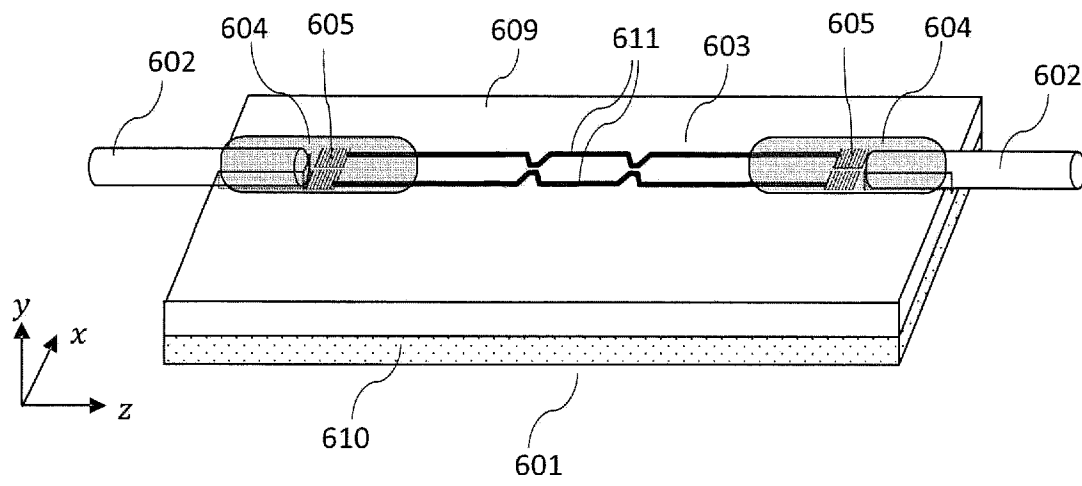
[図10A]



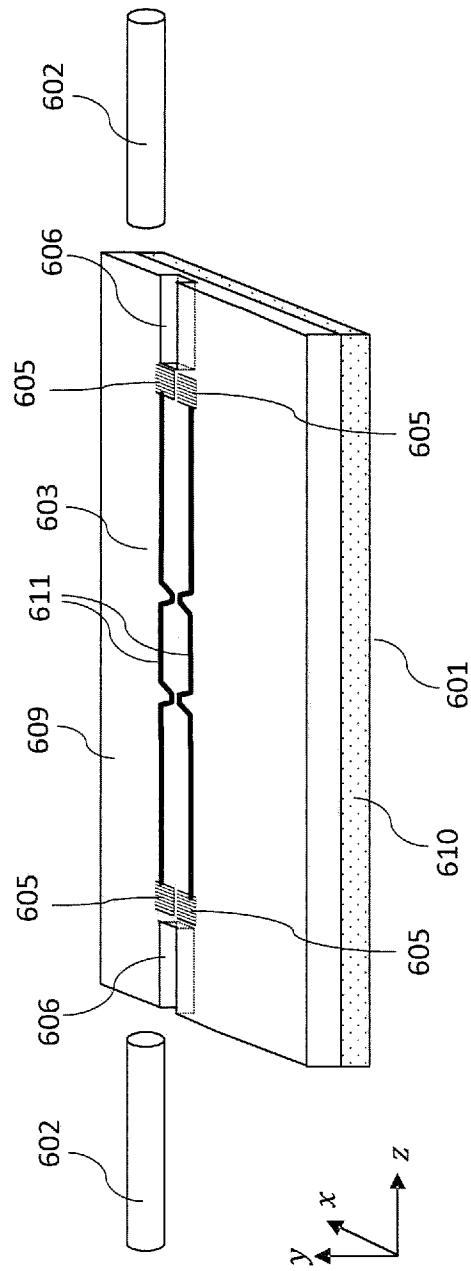
[図10B]



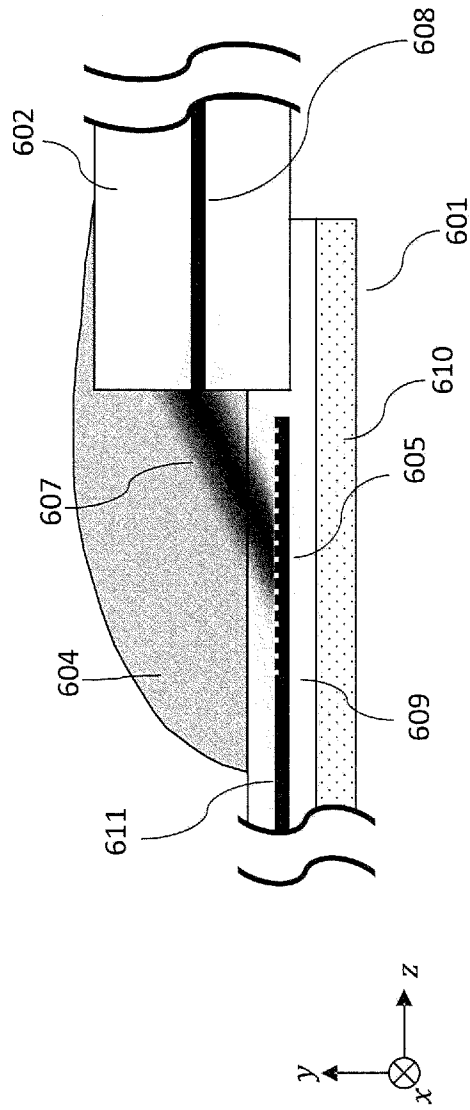
[図11]



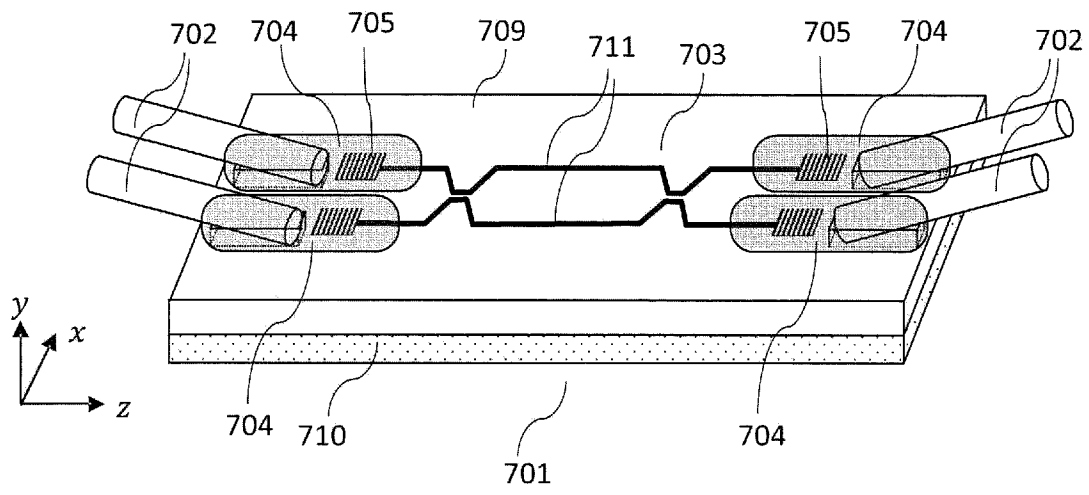
[12A]



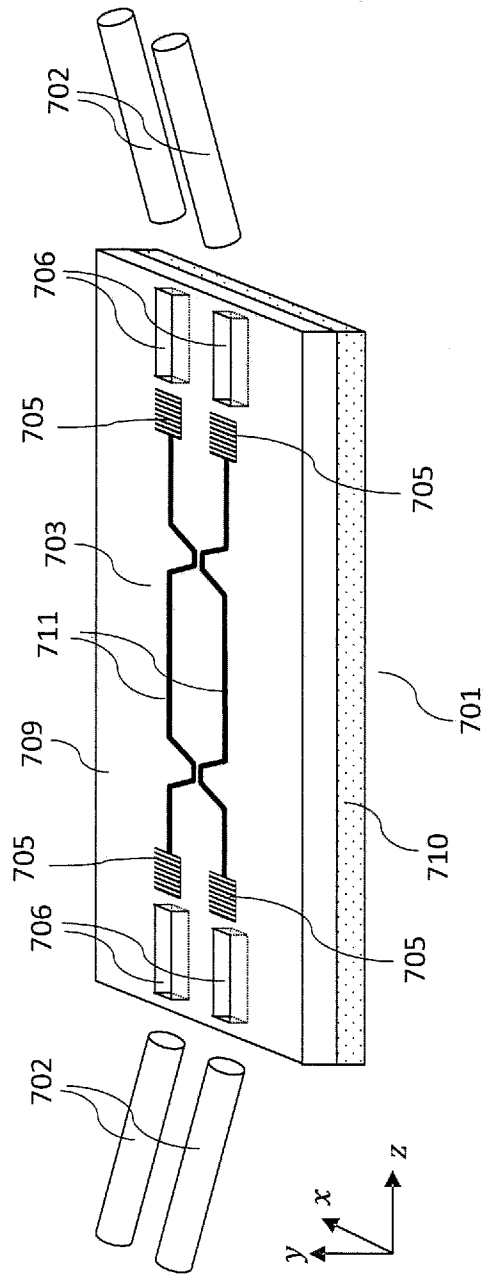
[図12B]



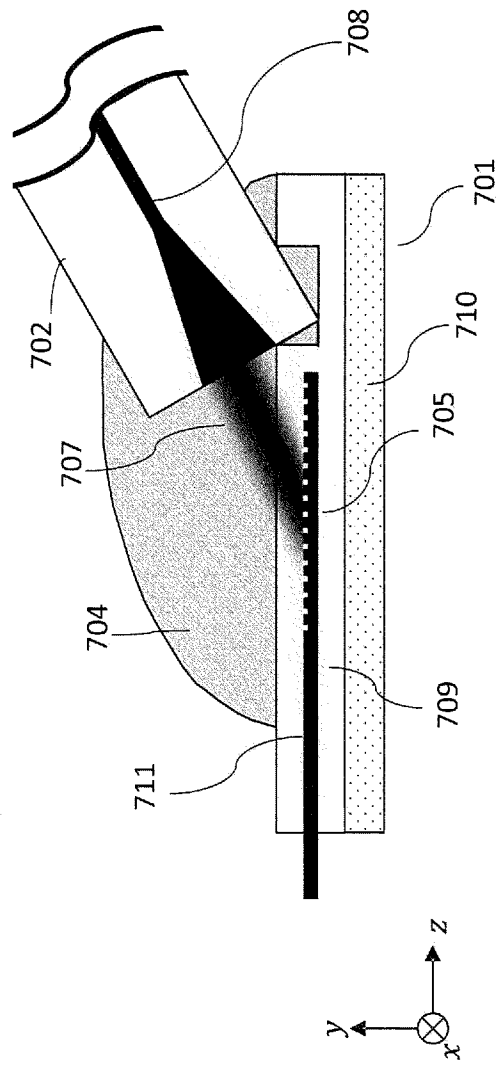
[図13]



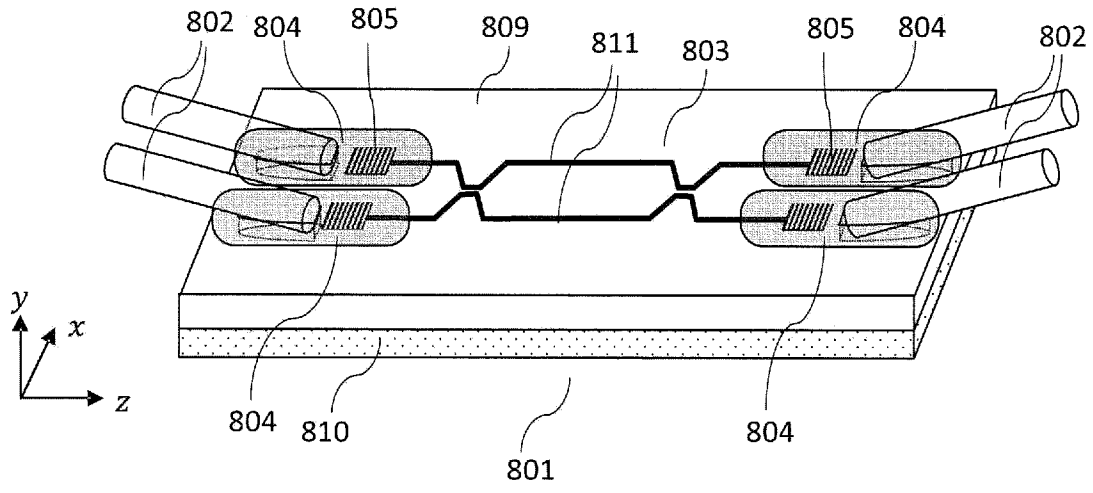
[14A]



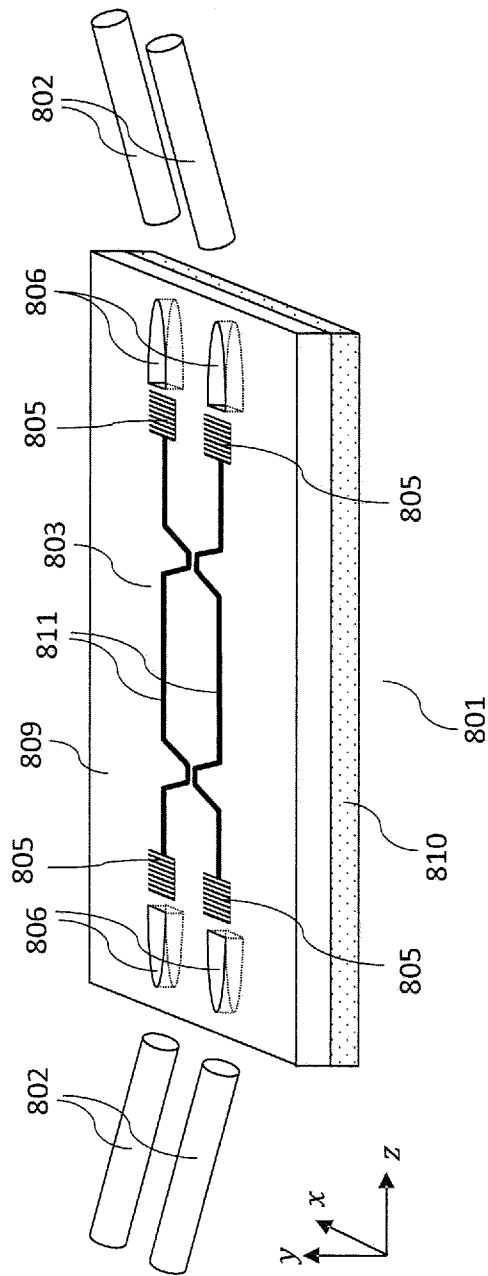
[図14B]



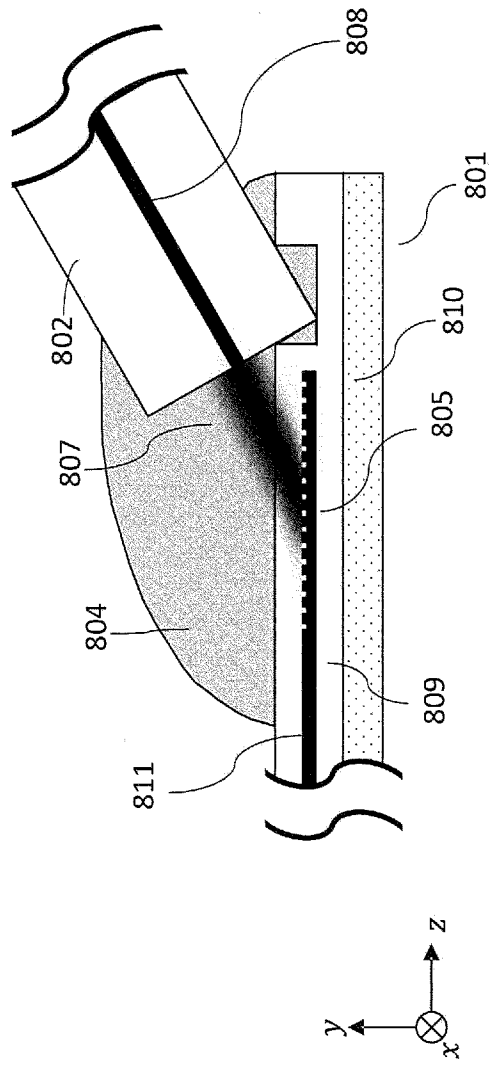
[図15]



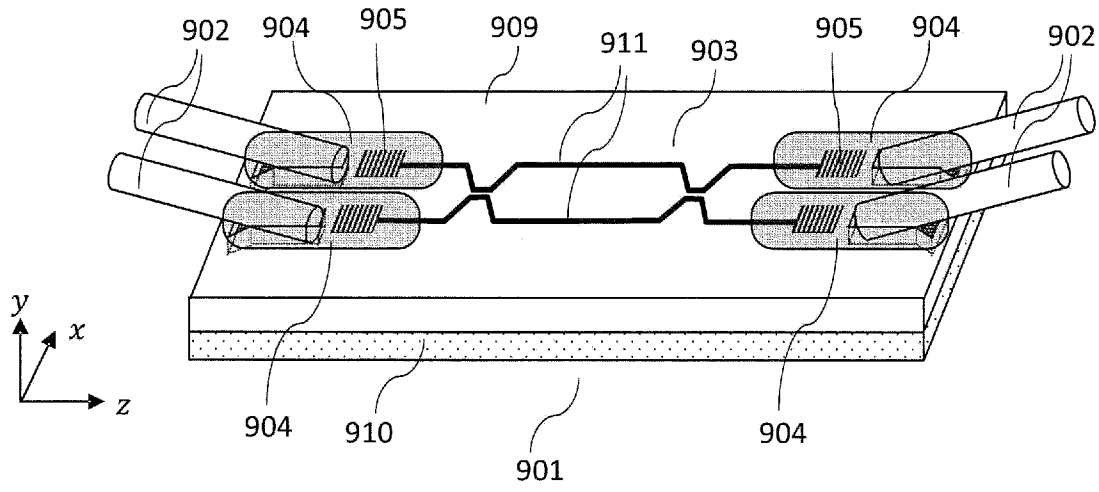
[図16A]




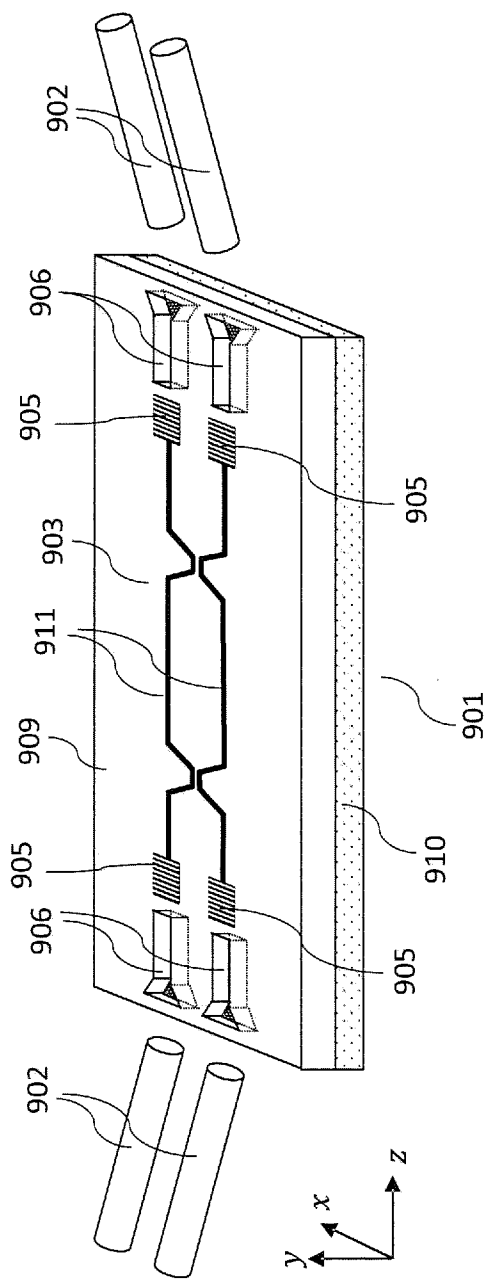
[図16B]




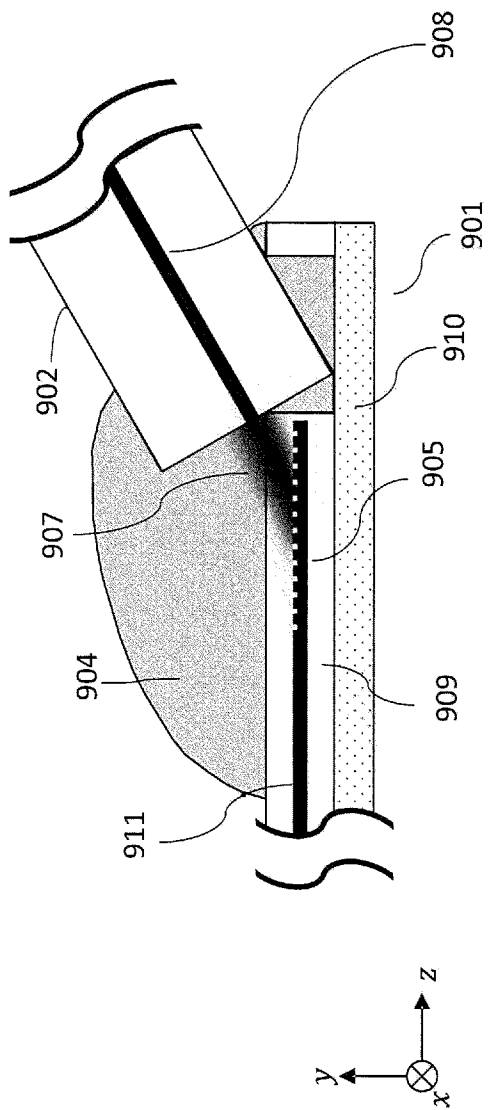
[図17]



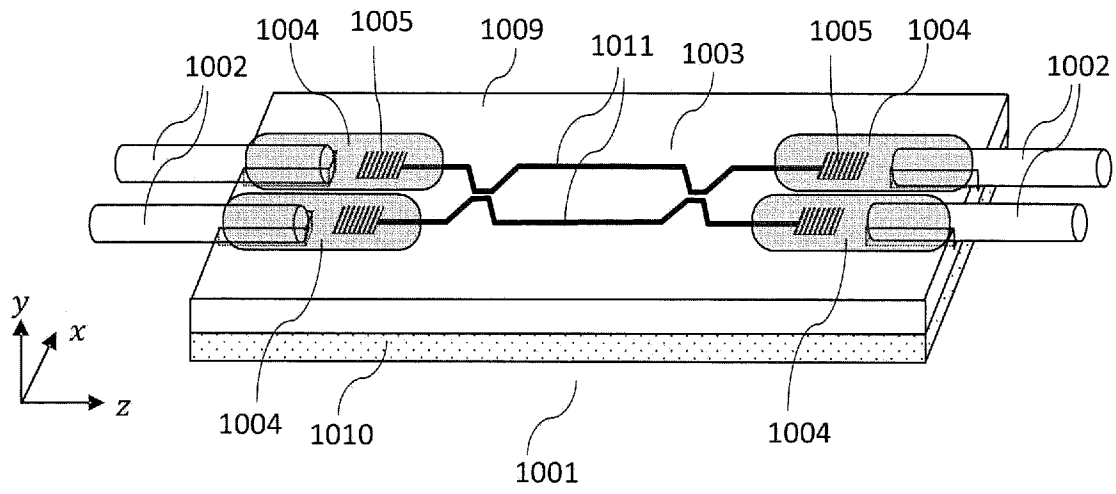
[18A]



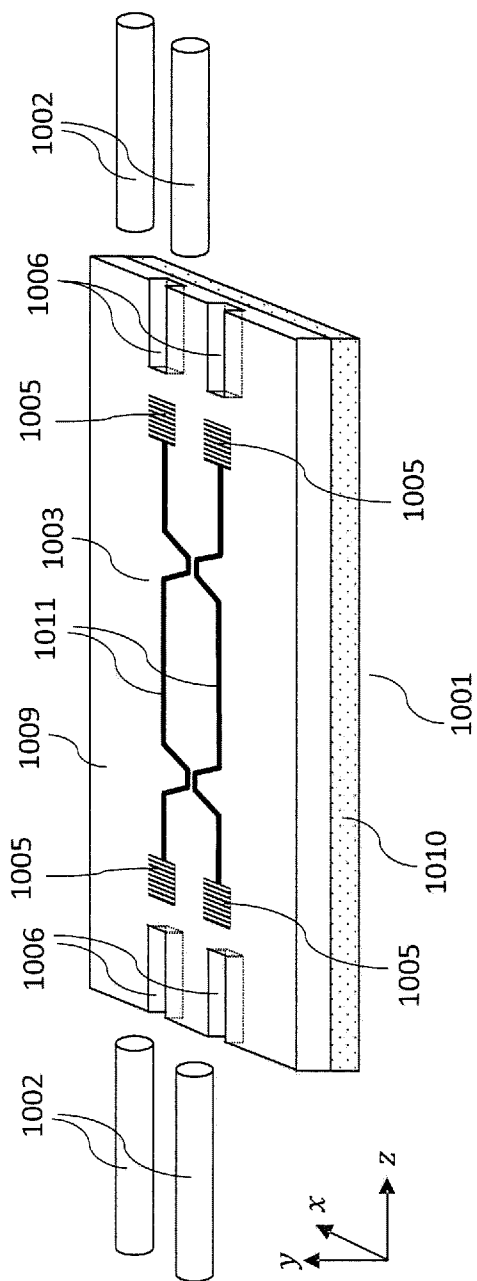
[18B]



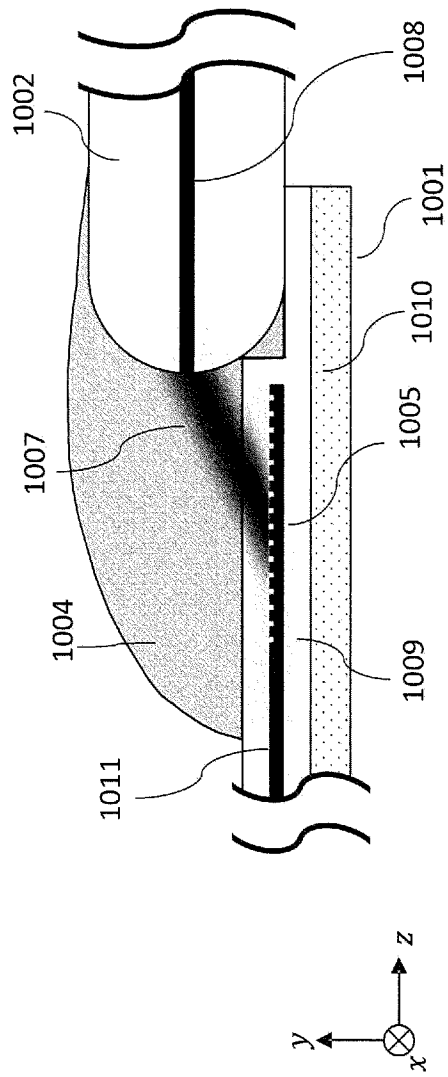
[図19]



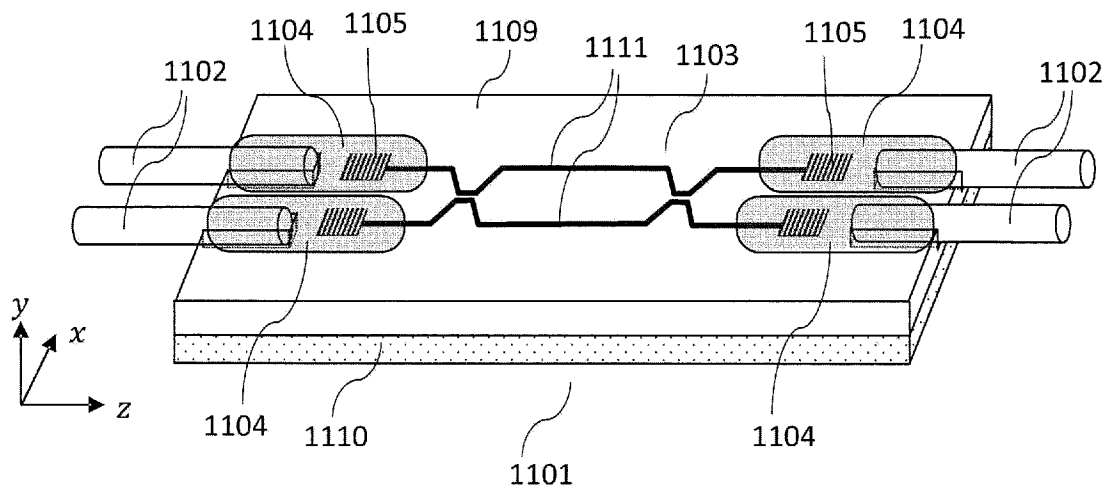
[図20A]



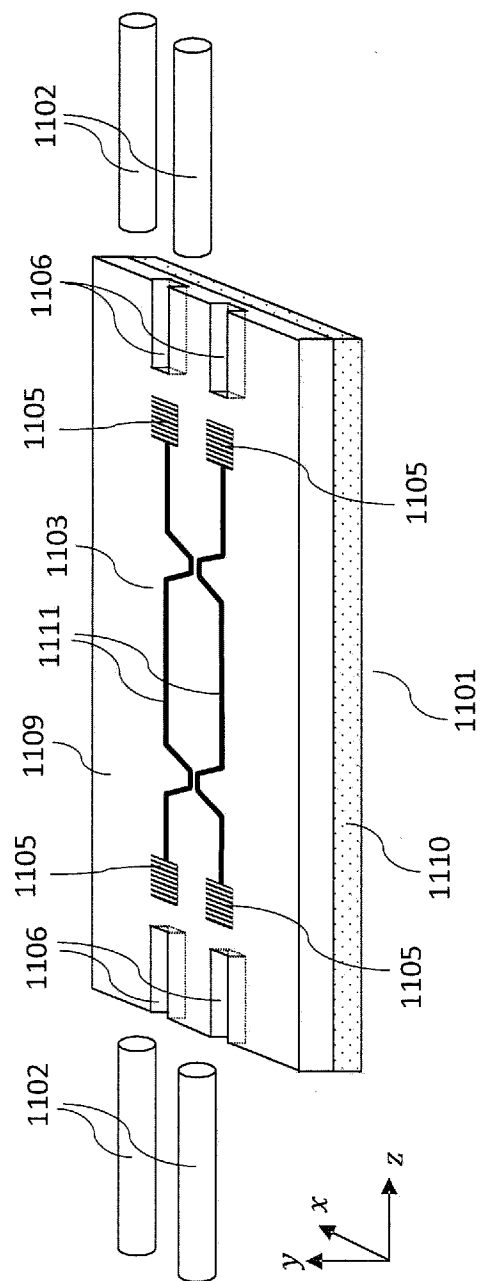
[図20B]



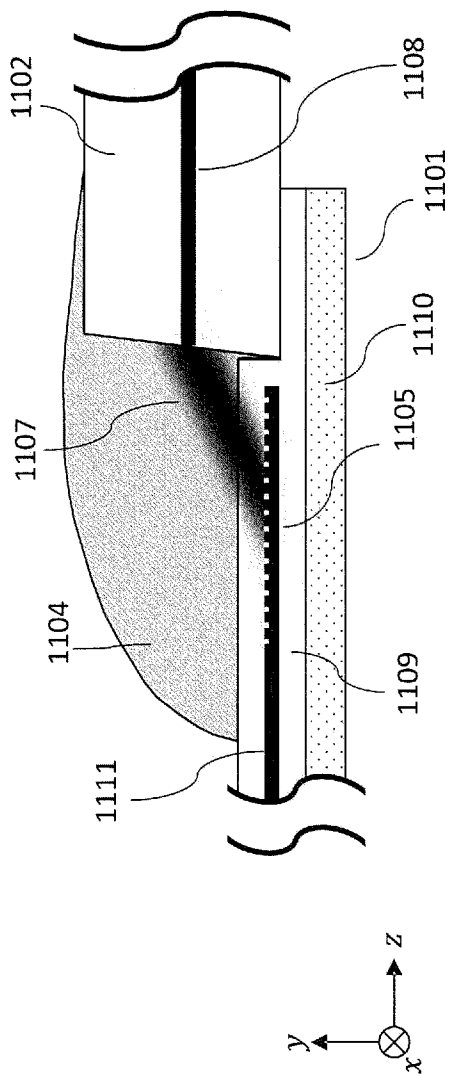
[図21]



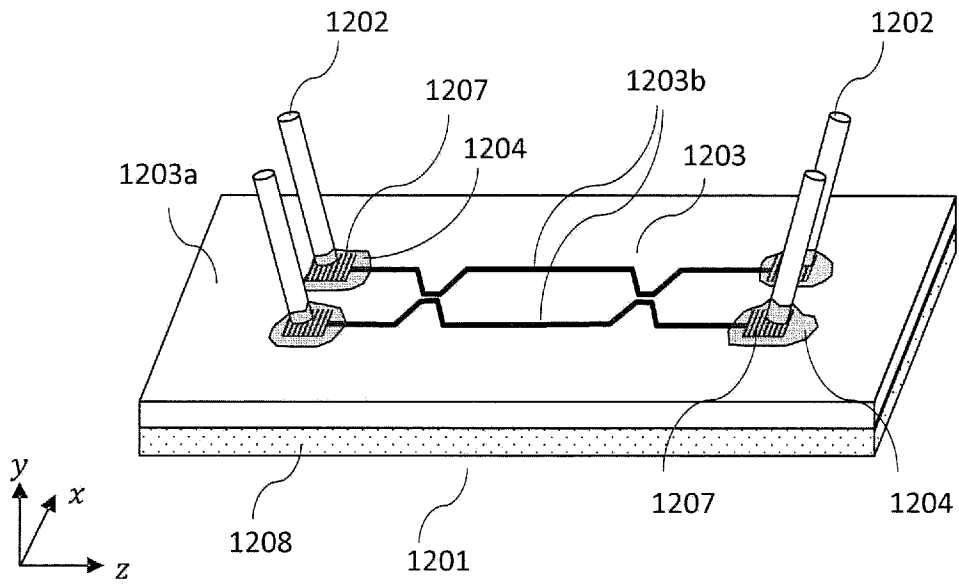
[図22A]



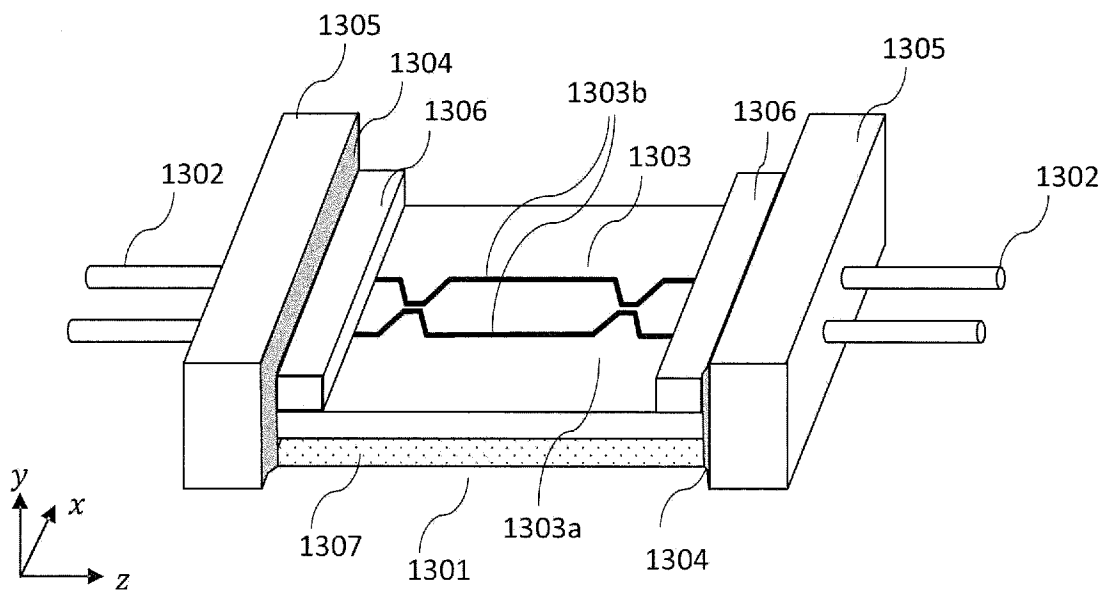
[図22B]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/045210

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 6/124(2006.01)i; G02B 6/30(2006.01)i; G02B 6/34(2006.01)i
 FI: G02B6/34; G02B6/30; G02B6/124

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; G02B6/26; G02B6/30-6/34; G02B6/42

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 Y	JP 2015-118372 A (IMEC) 25.06.2015 (2015-06-25) claims 1, 9, paragraphs [0045]-[0053], fig. 1	1-5 6-7
X Y	US 2018/0231732 A1 (INSTITUT NATIONAL D'OPTIQUE) 16.08.2018 (2018-08-16) paragraphs [0042]-[0045], [0056]-[0063], fig. 2, 4A-4B	1-2, 4, 8 6-7
Y	JP 2016-167005 A (FUJITSU LTD.) 15.09.2016 (2016-09-15) fig. 12(A)	6-7
Y	US 2018/0335558 A1 (AYAR LABS, INC.) 22.11.2018 (2018-11-22) paragraph [0091], fig. 11A, 11B	7
Y	US 2018/0321451 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 08.11.2018 (2018-11-08) paragraphs [0056], [0068], fig. 7, 13d	7
A	CN 104166184 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 26.12.2014 (2014-11-26) entire text, all drawings	1-8

<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.	<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
--	--

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 09 January 2020 (09.01.2020)	Date of mailing of the international search report 21 January 2020 (21.01.2020)
---	--

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/JP2019/045210

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2012/0045172 A1 (HON HAI PRECISION INDUSTRY CO., LTD., TSINGHUA UNIVERSITY) 23.02.2015 (2012-02-23) entire text, all drawings	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2019/045210

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2015-118372 A	25 Jun. 2015	US 2015/0177459 A1 claims 1, 9, paragraphs [0051]- [0058], fig. 1	
US 2018/0231732 A1	16 Aug. 2018	EP 2887109 A1	
JP 2016-167005 A	15 Sep. 2016	CA 2995292 A1	
US 2018/0335558 A1	22 Nov. 2018	(Family: none)	
US 2018/0321451 A1	08 Nov. 2018	WO 2018/213707 A1	
		JP 2019-502167 A	
		WO 2017/124227 A1	
		EP 3392688 A	
CN 104166184 A	26 Nov. 2014	CN 107924034 A	
		WO 2016/015578 A1	
		entire text, all drawings	
US 2012/0045172 A1	23 Feb. 2012	CN 101915965 A	
		entire text, all drawings	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 6/124(2006.01)i; G02B 6/30(2006.01)i; G02B 6/34(2006.01)i FI: G02B6/34; G02B6/30; G02B6/124		
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）） G02B6/12-6/14; G02B6/26; G02B6/30-6/34; 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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
X	JP 2015-118372 A (アイメック) 25.06.2015 (2015 - 06 - 25)	1-5
Y	請求項 1, 9, [0045]-[0053], 図1	6-7
X	US 2018/0231732 A1 (INSTITUT NATIONAL D' OPTIQUE) 16.08.2018 (2018 - 08 - 16)	1-2, 4, 8
Y	[0042]-[0045], [0056]-[0063], Figs.2, 4A-4B	6-7
Y	JP 2016-167005 A (富士通株式会社) 15.09.2016 (2016 - 09 - 15)	6-7
	図12(A)	
Y	US 2018/0335558 A1 (AYAR LABS, INC) 22.11.2018 (2018 - 11 - 22)	7
	[0091], Figs.11A, 11B	
Y	US 2018/0321451 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 08.11.2018 (2018 - 11 - 08)	7
	[0056], [0068], Figs.7, 13d	
A	CN 104166184 A (華為技術有限公司) 26.11.2014 (2014 - 11 - 26)	1-8
	全文、全図	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" 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	“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抵触するものではなく、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	
“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		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
09.01.2020	21.01.2020	
名称及びあて先	権限のある職員（特許庁審査官）	
日本国特許庁 (ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	林 祥恵 2L 4085 電話番号 03-3581-1101 内線 3295	

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
A	US 2012/0045172 A1 (HON HAI PRECISION INDUSTRY CO., LTD., TSINGHUA UNIVERSITY) 23.02.2012 (2012 - 02 - 23) 全文、全図	1-8
.....		

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/045210

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2015-118372	A	25.06.2015	US	2015/0177459	A1	
				Claims 1, 9, [0051]- [0058], Fig. 1			
				EP	2887109	A1	
US	2018/0231732	A1	16.08.2018	CA	2995292	A1	
JP	2016-167005	A	15.09.2016	(ファミリーなし)			
US	2018/0335558	A1	22.11.2018	WO	2018/213707	A1	
US	2018/0321451	A1	08.11.2018	JP	2019-502167	A	
				WO	2017/124227	A1	
				EP	3392688	A	
				CN	107924034	A	
CN	104166184	A	26.11.2014	WO	2016/015578	A1	
				全文、全図			
US	2012/0045172	A1	23.02.2012	CN	101915965	A	
				全文、全図			