

(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
2025年1月9日(09.01.2025)



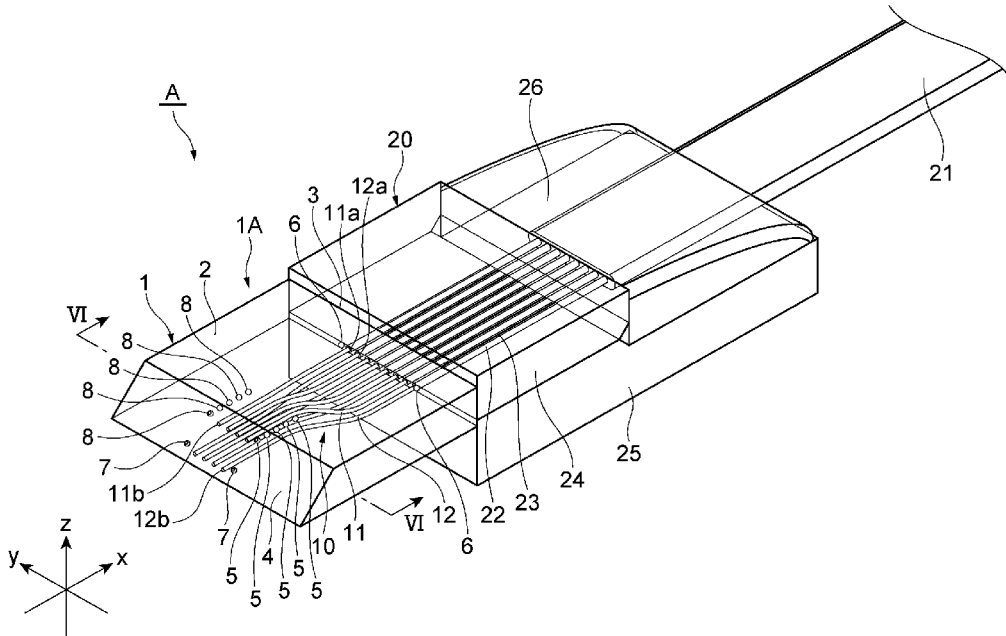
(10) 国際公開番号

WO 2025/009337 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/122 (2006.01) G02B 6/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/021063
- (22) 国際出願日: 2024年6月10日(10.06.2024)
- (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 2023-110707 2023年7月5日(05.07.2023) JP
- (71) 出願人: 住友電気工業株式会社
(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜
四丁目5番33号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 水戸瀬 雄一 (MITOSE Yuuichi);
〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5
番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).
中西 哲也 (NAKANISHI Tetsuya); 〒5410041 大
阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住
友電気工業株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA Yoshiki
et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二
丁目1番1号 丸の内 M Y P L A Z A
(明治安田生命ビル) 9階 創英国際特
許法律事務所 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, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,

(54) Title: OPTICAL WAVEGUIDE SUBSTRATE, OPTICAL MODULE, AND METHOD FOR MANUFACTURING OPTICAL WAVEGUIDE SUBSTRATE

(54) 発明の名称: 光導波路基板、光学モジュール、および光導波路基板の製造方法



(57) Abstract: An optical waveguide substrate (1A) comprises a glass substrate (1). The glass substrate (1) has: an optical waveguide unit (10) that includes one or more optical waveguides (11, 12) formed inside the glass substrate (1); and a plurality of markers (5, 6, 7, 8) that are marks indicating the positions of the one or more optical waveguides (11, 12) formed inside the glass substrate (1). The markers (5, 6, 7, 8) are provided at fixed relative positions in the thickness direction (z direction) of the glass substrate (1) with respect to the closest part of the optical waveguide unit (10), and are

CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

separated from the optical waveguide unit (10) when viewed in the thickness direction (z direction).

(57) 要約: 光導波路基板 (1 A) は、ガラス基板 (1) を備える。ガラス基板 (1) は、ガラス基板 (1) の内部に形成された一または複数の光導波路 (1 1、1 2) を含む光導波路部 (1 0) と、ガラス基板 (1) の内部に形成された、一または複数の光導波路 (1 1、1 2) の位置を示す目印である複数のマーカー (5、6、7、8) と、を有する。複数のマーカー (5、6、7、8) は、光導波路部 (1 0) の最も近い部分に対してガラス基板 (1) の厚み方向 (z 方向) に一定の相対位置に設けられ、厚み方向 (z 方向) に沿って見て光導波路部 (1 0) から離れている。

明 細 書

発明の名称：

光導波路基板、光学モジュール、および光導波路基板の製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、光導波路基板、光学モジュール、および光導波路基板の製造方法に関する。本出願は、2023年7月5日出願の日本出願第2023-110707号に基づく優先権を主張し、前記日本出願に記載された全ての記載内容を援用する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、線形光学特性および非線形光学特性を有する透明結晶基板の中に、光導波路を形成する方法が開示されている。この方法は、線形光学特性を有する第1の基板にフェムト秒レーザを照射して第1の光導波路を形成する工程と、第1の光導波路が形成された第1の基板と非線形光学特性を有する第2の基板とを接合する位置をアラインメントする工程と、アラインメントされた第1の基板と第2の基板とを接合して、透明結晶基板を形成する工程とを含む。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2022/215274号公報

特許文献2：特開2003-57473号公報

発明の概要

[0004] 本開示の一実施形態による光導波路基板は、ガラス基板を備える。ガラス基板は、ガラス基板の内部に形成された一または複数の光導波路を含む光導波路部と、ガラス基板の内部に設けられた、一または複数の光導波路の位置を示す目印である複数のマーカーと、を有する。複数のマーカーは、光導波路部の最も近い部分に対してガラス基板の厚み方向に一定の相対位置に設けられ、厚み方向に沿って見て光導波路部から離れている。

図面の簡単な説明

- [0005] [図1]図 1 は、本開示の実施形態に係る光学モジュールを示す斜視図である。
- [図2]図 2 は、本開示の実施形態に係る光学モジュールを示す平面図である。
- [図3]図 3 は、本開示の実施形態に係る光学モジュールを示す側面図である。
- [図4]図 4 は、光導波路の延びる方向に垂直な断面を模式的に示す図である。
- [図5]図 5 は、ガラス基板を示す拡大平面図である。
- [図6]図 6 は、図 1 に示される V I - V I 線に沿った部分断面図である。
- [図7]図 7 は、マーカの断面を模式的に示す図である。
- [図8]図 8 は、光学モジュールの製造方法を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

- [0006] [本開示が解決しようとする課題]

ガラス基板の内部に、光導波路が形成される場合がある。しかしながら、ガラス基板と光導波路との屈折率差は小さいので、光導波路を視認することは難しい。したがって、光導波路の位置を効率的に特定することができず、光導波路と、光導波路に接続される光学部品との接続における調心に時間がかかるという問題がある。

- [0007] [本開示の効果]

本開示によれば、ガラス基板の内部に形成された光導波路の位置を容易に特定可能な光導波路基板、光学モジュール、および光導波路基板の製造方法を提供できる。

- [0008] [本開示の実施形態の説明]

最初に、本開示の実施形態の内容を列記して説明する。

- [0009] [1] 本開示の一実施形態による光導波路基板は、ガラス基板を備える。ガラス基板は、ガラス基板の内部に形成された一または複数の光導波路を含む光導波路部と、ガラス基板の内部に設けられた、一または複数の光導波路の位置を示す目印である複数のマーカと、を有する。複数のマーカは、光導波路部の最も近い部分に対してガラス基板の厚み方向に一定の相対位置に設けられ、厚み方向に沿って見て光導波路部から離れている。

[0010] 光導波路の位置を示す目印である複数のマーカーがガラス基板の内部に設けられる。複数のマーカーと光導波路との相対位置関係は予め定まっているので、複数のマーカーを視認することにより、ガラス基板の内部に形成された光導波路の位置を容易に特定することができる。加えて、複数のマーカーが、光導波路部の最も近い部分に対してガラス基板の厚み方向に一定の相対位置に設けられることにより、複数のマーカーと光導波路との相対位置関係の評価が容易となる。加えて、複数のマーカーが、ガラス基板の厚み方向に沿って見て光導波路部から離れていることにより、ガラス基板の厚み方向から複数のマーカーを容易に視認することができる。

[0011] [2] 上記[1]の光導波路基板において、複数のマーカーは、光導波路部の最も近い部分に対してガラス基板の厚み方向を向く一方の板面に近い領域に設けられてもよい。ガラス基板の内部に複数のマーカーおよび光導波路をレーザ光の照射により形成する場合、複数のマーカーの視認性を高めるため、複数のマーカーを形成する際のレーザ光の強度は、光導波路を形成する際のレーザ光の強度よりも大きくされる。加えて、光導波路を形成する際に用いる光学系と同一の光学系を用いて複数のマーカーを形成する場合、レーザ光の強度の違いにより、複数のマーカーは光導波路に対してレーザ光入射面に近い領域に形成される。言い換えると、複数のマーカーが光導波路部の最も近い部分に対してガラス基板の一方の板面に近い領域に設けられることにより、光学系を変更せずに光導波路と複数のマーカーとを形成することができる。これにより、光導波路および複数のマーカーを形成する工程を簡略化できる。

[0012] [3] 上記[1]の光導波路基板において、ガラス基板の厚み方向における複数のマーカーの位置は光導波路部の最も近い部分の位置と同じであってもよい。これにより、ガラス基板の厚み方向における複数のマーカーと光導波路との位置の違いを考慮せずに済む。したがって、複数のマーカーと光導波路との相対位置関係の評価が容易となる。

[0013] [4] 上記[1]から[3]のいずれか1つの光導波路基板において、複

数のマーカーのそれぞれは、空孔により主に形成されてもよい。これにより、ガラス基板を構成するガラスと複数のマーカーとの屈折率差が大きくなる。よって、複数のマーカーの視認性が向上するので、光導波路の位置を更に容易に特定することができる。

[0014] [5] 上記[4]の光導波路基板において、空孔の直径は、各第1光導波路の横断面の幅よりも小さくてもよい。これにより、複数のマーカーの位置の特定精度が向上する。したがって、光導波路の位置の特定精度が向上する。

[0015] [6] 上記[1]から[3]のいずれか1つの光導波路基板において、複数のマーカーのそれぞれは、複数の空孔が散乱して形成された散乱体であってもよい。散乱体における空孔の散乱によって、複数のマーカーの視認性が向上する。したがって、ガラス基板の内部における光導波路の位置を更に容易に特定することができる。加えて、直径の小さな空孔を複数設けることにより、直径の大きな単一の空孔を設ける場合と比較して、複数のマーカーの形成位置の精度が向上する。

[0016] [7] 上記[6]の光導波路基板において、複数のマーカーのそれぞれの平均密度は、ガラス基板のうち光導波路部および複数のマーカーを除く領域のガラスの平均密度の0.8倍以下であってもよい。この場合、散乱体の視認性がより向上する。したがって、ガラス基板の内部における光導波路の位置を更に容易に特定することができる。

[0017] [8] 上記[4]から[7]のいずれか1つの光導波路基板において、複数のマーカーは、光導波路部から10 μ m以上離れていてもよい。複数のマーカーのそれぞれが、空孔により主に形成されるか、または複数の空孔で形成された散乱体である場合、空孔により生じる応力が光導波路部の光伝搬特性に影響を与えるおそれがある。複数のマーカーが、光導波路部から10 μ m以上離れた位置に設けられることにより、空孔により生じる応力が光導波路部の光伝搬特性に与える影響を低減できる。

[0018] [9] 上記[1]から[8]のいずれか1つの光導波路基板において、ガ

ラス基板は第1端面および第2端面を有してもよい。光導波路部は第1光導波路を含んでもよい。第1光導波路は、第1端面に近い領域の第1端部と、第2端面に近い領域の第2端部とを有してもよい。複数のマーカーは、第1端部の位置を示す目印である第1マーカーと、第2端部の位置を示す目印である第2マーカーとを含んでもよい。ガラス基板の厚み方向における第1端部の位置は、厚み方向における第2端部の位置と異なってもよい。第1端部に対する、ガラス基板の厚み方向における第1マーカーの相対位置は、第2端部に対する、厚み方向における第2マーカーの相対位置と同一であってもよい。このような、ガラス基板の厚み方向における両端部の位置が互いに異なる光導波路に対しても、第1マーカーおよび第2マーカーによって各端部の位置を容易に特定することができる。

[0019] [10] 上記[9]の光導波路基板において、複数のマーカーは、第2端部の位置を示す目印である第3マーカーを更に含んでもよい。ガラス基板の厚み方向に沿って見て、第1光導波路は第2マーカーと第3マーカーとの間に位置してもよい。第2端部はガラス基板の内部に存在してもよい。第1光導波路の延びる方向における第2端部と第2マーカーとの距離は、第1光導波路の延びる方向における第2端部と第3マーカーとの距離と等しくてもよい。このように、第1光導波路が第2マーカーと第3マーカーとの間に位置することにより、第2端部の位置を更に容易に特定することができる。加えて、光導波路の端部がガラス基板の内部に存在する場合には特に、光導波路を視認しづらい。第1光導波路の延びる方向における第2端部と第2マーカーとの距離が、第1光導波路の延びる方向における第2端部と第3マーカーとの距離と等しいことによって、第2端部がガラス基板の内部に存在する場合であっても、第2端部の位置を容易に特定することができる。

[0020] [11] 本開示の一実施形態による光学モジュールは、上記[1]から[10]のうちいずれか一つの光導波路基板と、光導波路部と光学的に結合される光学部品とを備える。ガラス基板は、第1端面を有する。光導波路部は第1光導波路を含む。第1光導波路は、第1端面に近い領域の第1端部を有

する。光学部品は第1端面において第1光導波路と光学的に結合される。複数のマーカは、第1端部の位置を示す目印である第1マーカを含む。厚み方向に沿って見て、第1マーカは光学部品によって覆われない。この光学モジュールによれば、光学部品をガラス基板に対して所定の固定位置に配置した状態において、ガラス基板の内部にある第1マーカを光学部品に妨げられることなく視認することができる。したがって、ガラス基板と光学部品との光軸合わせが容易となる。

[0021] [12] 本開示の一実施形態による光導波路基板の製造方法は、ガラス基板の内部にレーザ光を照射することにより、一または複数の光導波路を含む光導波路部を形成する工程と、ガラス基板の内部にレーザ光を照射することにより、一または複数の光導波路の位置を示す目印である複数のマーカを形成する工程と、を含む。複数のマーカは、光導波路部の最も近い部分に対してガラス基板の厚み方向に一定の相対位置に形成される。複数のマーカは、ガラス基板の厚み方向に沿って見て光導波路部から離れている。複数のマーカのそれぞれは、空孔により主に形成されるか、または複数の空孔が散乱して形成された散乱体である。

[0022] この製造方法によれば、ガラス基板の内部にレーザ光を照射することにより、光導波路部、および光導波路の位置を示す目印である複数のマーカが形成される。複数のマーカと光導波路との相対位置関係は予め定まっているので、複数のマーカを視認することにより、ガラス基板の内部に形成された光導波路の位置を容易に特定することができる。加えて、複数のマーカが、光導波路部の最も近い部分に対してガラス基板の厚み方向に一定の相対位置に設けられることにより、複数のマーカと光導波路との相対位置関係の評価が容易となる。加えて、複数のマーカが、ガラス基板の厚み方向に沿って見て光導波路部から離れていることにより、ガラス基板の厚み方向から複数のマーカを容易に視認することができる。加えて、空孔により主に形成されるか、または複数の空孔が散乱して形成された散乱体である複数のマーカをレーザ光の照射により形成することによって、同じくレーザ光

の照射により形成される光導波路部とともに、複数のマーカを容易に形成することができる。

[0023] [13] 上記[12]の製造方法において、複数のマーカを形成する工程におけるレーザ光の強度は、光導波路部を形成する工程におけるレーザ光の強度よりも大きくてもよい。例えばこのような方法によって、空孔により主に形成されるか、または複数の空孔が散乱して形成された散乱体である複数のマーカを、ガラス基板の内部に形成することができる。

[0024] [本開示の実施形態の詳細]

本開示の光導波路基板、光学モジュール、および光導波路基板の製造方法の具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。なお、本開示はこれらの例示に限定されるものではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。以下の説明では、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0025] (実施形態)

図1は、本開示の実施形態に係る光学モジュールAを示す斜視図である。図2は、光学モジュールAを示す平面図である。図3は、光学モジュールAを示す側面図である。光学モジュールAは、光導波路基板1Aとファイバアレイ20（光学部品）とを備える。光導波路基板1Aは、ガラス基板1を有する。ガラス基板1は、ファイバアレイ20とx方向に向かい合ってファイバアレイ20に固定されている。ガラス基板1の形状は、平板状である。ガラス基板1は、平面視にて長方形の形状を有している。ガラス基板1の材料としては、1100nm以上1650nm以下の波長の光の、厚さ0.5cmの基板における透過率が90%以上であるガラスを好適に用いることができる。このようなガラスとしては、合成石英ガラス、ボロシリケートガラス、アルミノシリケートガラス、およびアルカリシリケートガラスが例示される。ガラス基板1は、主面2と、端面3（第1端面）と、端面4（第2端面）と、光導波路部10と、複数のマーカを含む。複数のマーカは、2

つの第1マーカー6と、複数の第2マーカー5と、複数の第3マーカー8と、2つの第4マーカー7とを含む。

[0026] 主面2は、ガラス基板1の厚み方向を向く一方の板面であり、x方向およびx方向と交差するy方向に沿ったガラス基板1の表面である。主面2の法線方向は、ガラス基板1の厚み方向と一致する。ここでは、ガラス基板1の厚み方向をz方向と定義する。端面3は、y方向およびz方向に沿ったガラス基板1の表面である。端面3は、主面2に連続しており、主面2に対して例えば垂直に設けられている。端面3において、ガラス基板1とファイバアレイ20とが互いに向かい合っている。端面4は、端面3に対してファイバアレイ20とは反対側のガラス基板1の表面である。端面4は、主面2に連続しており、主面2に対して傾斜を有している。端面4の法線ベクトルは、z方向の正方向を向く成分を含んでいる。主面2、端面3および端面4は、例えば平坦である。

[0027] 光導波路部10は、複数の光導波路11（第1光導波路）と、複数の光導波路12（第2光導波路）とを含む。複数の光導波路11および複数の光導波路12は、例えば多光子吸収によってガラスが変質した高屈折率領域である。光導波路部10の延びる方向は、端面3および端面4の双方と交差している。光導波路部10の延びる方向は、主にx方向である。複数の光導波路11は、ガラス基板1の内部に設けられており、y方向に並んで設けられている。図3に示されるように、各光導波路11は、領域aと、領域bと、領域cとを含む。領域aは、各光導波路11の中央部よりも端面4に近い領域である。領域aにおいて、複数の光導波路11は主面2に沿ってx方向に延びており、y方向に並んで設けられている。領域bは、複数の光導波路11の中央部の領域である。領域bにおいて、複数の光導波路11は湾曲しており、y方向に並んで設けられている。領域cは、複数の光導波路11の領域bよりも端面3に近い領域である。複数の光導波路11の領域cは、領域aと比較して、主面2から離れている。複数の光導波路11の領域cは、x方向に延びており、y方向に並んで設けられている。複数の光導波路12は、

ガラス基板 1 の内部に設けられており、y 方向に並んで設けられている。複数の光導波路 1 2 は、全体にわたって主面 2 と平行に x 方向に延びている。複数の光導波路 1 2 は、光導波路 1 1 の領域 a と比較して、主面 2 から離れて設けられている。複数の光導波路 1 1 の領域 c と複数の光導波路 1 2 とは、z 方向に沿って見て交互に y 方向に並んでいる。

[0028] 端面 3 付近における光導波路 1 1 と、光導波路 1 1 と隣り合う光導波路 1 2 との間隔は、端面 4 付近における光導波路 1 1 と、光導波路 1 1 と隣り合う別の光導波路 1 1 との間隔、および、光導波路 1 2 と、光導波路 1 2 と隣り合う別の光導波路 1 2 との間隔と等しい。端面 3 に近い領域の複数の光導波路 1 1 の端部 1 1 a（第 1 端部）の z 方向の位置は、端面 3 に近い領域の（図示例では端面 3 に含まれる）複数の光導波路 1 2 の端部 1 2 a の z 方向の位置と同一である。図示例では端部 1 1 a、1 2 a は端面 3 に含まれてガラス基板 1 から露出しているが、端部 1 1 a、1 2 a は端面 3 から離れてガラス基板 1 の内部に位置してもよい。端面 4 に近い領域の複数の光導波路 1 1 の端部 1 1 b（第 2 端部）の z 方向の位置は、端面 4 に近い領域の複数の光導波路 1 2 の端部 1 2 b の z 方向の位置と異なっている。図示例では端部 1 1 b、1 2 b は端面 4 から離れているが、端部 1 1 b、1 2 b は端面 4 に含まれてガラス基板 1 から露出してもよい。端面 4 付近において、複数の光導波路 1 1 の端部 1 1 b は、複数の光導波路 1 2 の端部 1 2 b よりも主面 2 に近い。

[0029] 図 4 は、各光導波路 1 1 および各光導波路 1 2 の横断面、すなわち各光導波路 1 1 および各光導波路 1 2 が延びる方向に垂直な断面を模式的に示す図である。ガラス基板 1 のガラスに対する各光導波路 1 1 および各光導波路 1 2 の比屈折率差は、例えば 0.2% 以上 0.5% 以下である。図 4（a）に示すように、各光導波路 1 1 および各光導波路 1 2 の断面形状が正方形である場合、各光導波路 1 1 および各光導波路 1 2 の断面の一辺の長さは、例えば 3 μm 以上 7.5 μm 以下である。図 4（b）に示すように、各光導波路 1 1 および各光導波路 1 2 の断面形状が円形である場合、各光導波路 1 1 お

よび各光導波路 1 2 の断面の直径は、例えば $4\ \mu\text{m}$ 以上 $9\ \mu\text{m}$ 以下である。

[0030] 再度図 1 から図 3 を参照する。2 つの第 1 マーカー 6 と、複数の第 2 マーカー 5 と、複数の第 3 マーカー 8 と、2 つの第 4 マーカー 7 とは、ガラス基板 1 の内部に設けられた、複数の光導波路 1 1 および複数の光導波路 1 2 の位置を示す目印である。2 つの第 1 マーカー 6 と、複数の第 2 マーカー 5 と、複数の第 3 マーカー 8 と、2 つの第 4 マーカー 7 とは、光導波路部 1 0 の最も近い部分に対して z 方向に一定の相対位置に設けられ（すなわち z 方向における光導波路部 1 0 との距離が均一であり）、 z 方向に沿って見て光導波路部 1 0 から離れている。図示例において、2 つの第 1 マーカー 6 と、複数の第 2 マーカー 5 と、複数の第 3 マーカー 8 と、2 つの第 4 マーカー 7 とは、光導波路部 1 0 の最も近い部分に対して主面 2 に近い領域に設けられている。

[0031] 図 5 は、ガラス基板 1 の端面 4 付近を示す拡大平面図である。複数の第 2 マーカー 5 および複数の第 3 マーカー 8 は、複数の光導波路 1 1 の端部 1 1 b の位置を示す目印である。複数の第 2 マーカー 5 および複数の第 3 マーカー 8 は、ガラス基板 1 の内部において、複数の光導波路 1 1 の領域 a の近傍に設けられている。図 5 に示すように、複数の第 2 マーカー 5 は、 z 方向に沿って見て、光導波路部 1 0 の延びる方向（ x 方向）と交差する方向（ y 方向）に光導波路部 1 0 から離れており、 x 方向に沿って並んで設けられている。複数の第 3 マーカー 8 は、 z 方向に沿って見て、光導波路部 1 0 の延びる方向（ x 方向）と交差する方向（ y 方向）に光導波路部 1 0 から離れており、 x 方向に沿って並んで設けられている。 z 方向に沿って見て、複数の光導波路 1 1 は、複数の第 2 マーカー 5 のみからなる群と、複数の第 3 マーカー 8 のみからなる群との間に位置する。ここで、複数の光導波路 1 1 の端部 1 1 b を通り、 y 軸に平行な架空の直線 S 1 を想定する。複数の第 2 マーカー 5 のうち最も端面 4 に近い領域の第 2 マーカー 5 と、直線 S 1 との距離 W_1 は、複数の第 3 マーカー 8 のうち最も端面 4 に近い領域の第 3 マーカー 8 と、直線 S 1 との距離 W_2 と等しい。言い換えると、光導波路 1 1 の延びる

方向（x方向）における端部11bと第2マーカー5との距離は、同方向における端部11bと第3マーカー8との距離と等しい。

[0032] 図6は、図1に示されるVⅠ-VⅠ線に沿った部分断面図である。図6に示すように、複数の第2マーカー5と、光導波路部10のうち複数の第2マーカー5に最も近い光導波路11との距離D1は10 μ m以上である。同様に、複数の第3マーカー8と、光導波路部10のうち複数の第3マーカー8に最も近い光導波路11との距離D2は10 μ m以上である。第1マーカー6および第4マーカー7についても同様である。また、前述したように、第2マーカー5および第3マーカー8は、光導波路部10の最も近い部分に対して主面2に近い領域に設けられている。言い換えると、第2マーカー5および第3マーカー8の中心は、光導波路11の中心に対して距離W5だけ主面2に近い領域に位置している。距離W5の大きさは、例えば3 μ m以上10 μ m以下である。第1マーカー6および第4マーカー7についても同様である。すなわち、マーカーと、マーカーに最も近い光導波路との距離は、所定の距離にある。

[0033] 図2および図3に示すように、2つの第1マーカー6は、ガラス基板1の内部において、ガラス基板1の中央部よりも端面3に近い領域に設けられている。2つの第1マーカー6は、複数の光導波路11の端部11a、および複数の光導波路12の端部12aの位置を示す目印である。2つの第1マーカー6は、z方向に沿って見て、光導波路部10の延びる方向（x方向）と交差する方向（y方向）に光導波路部10から離れて設けられている。z方向に沿って見て、複数の光導波路11および複数の光導波路12は、第1の第1マーカー6と、第2の第1マーカー6との間に位置する。端部11a、12aに対する、z方向における第1マーカー6の相対位置は、端部11b、12bに対する、z方向における第2マーカー5の相対位置と同一である。すなわち、z方向における端部11a、12aと第1マーカー6との距離は、z方向における端部11b、12bと第2マーカー5との距離と等しい。端面3から第1の第1マーカー6までの距離は、端面3から第2の第1マ

ーカー 6 までの距離と等しい。

[0034] 図 5 に示すように、2つの第 4 マーカー 7 は、ガラス基板 1 の内部において、ガラス基板 1 の中央部よりも端面 4 に近い領域に設けられている。2つの第 4 マーカー 7 は、複数の光導波路 1 2 の端部 1 2 b の位置を示す目印である。2つの第 4 マーカー 7 は、z 方向に沿って見て、光導波路部 1 0 の延びる方向（x 方向）と交差する方向（y 方向）に光導波路部 1 0（より具体的には複数の光導波路 1 2）から離れて設けられている。z 方向に沿って見て、複数の光導波路 1 2 は、第 1 の第 4 マーカー 7 と、第 2 の第 4 マーカー 7 との間に位置する。ここで、複数の光導波路 1 2 の端部 1 2 b を通り、y 軸に平行な架空の直線 S 2 を想定する。第 1 の第 4 マーカー 7 と、直線 S 2 との距離 W 3 は、第 2 の第 4 マーカー 7 と、直線 S 2 との距離 W 4 と等しい。言い換えると、光導波路 1 2 の延びる方向（x 方向）における端部 1 2 b と第 4 マーカー 7 との距離は、全ての第 4 マーカー 7 において均一である。

[0035] 図 7 は、第 1 マーカー 6、第 2 マーカー 5、第 3 マーカー 8、および第 4 マーカー 7 の断面を模式的に示す図である。第 1 マーカー 6、第 2 マーカー 5、第 3 マーカー 8、および第 4 マーカー 7 の形状は、略球状であり、断面形状は略円形である。図 7（a）は、第 1 マーカー 6、第 2 マーカー 5、第 3 マーカー 8、および第 4 マーカー 7 のそれぞれが、単一の空孔 9 a により主に形成されている場合を示す。空孔 9 a は、例えば真空孔または気泡である。空孔 9 a の直径すなわち第 1 マーカー 6、第 2 マーカー 5、第 3 マーカー 8、および第 4 マーカー 7 の直径 D は、光導波路 1 1, 1 2 の横断面の幅 L（図 4 を参照）よりも小さい。すなわち、光導波路 1 1, 1 2 の幅 L と、第 1 マーカー 6、第 2 マーカー 5、第 3 マーカー 8、および第 4 マーカー 7 の直径 D とは、次の数式（1）を満たす。

$$D/L < 1 \quad \cdots (1)$$

或いは、直径 D は、幅 L の半分よりも小さくてもよい。すなわち、幅 L と直径 D とは、次の数式（2）を満たしてもよい。

$$D/L < 0.5 \quad \cdots (2)$$

[0036] 図7(b)は、第1マーカー6、第2マーカー5、第3マーカー8、および第4マーカー7のそれぞれが、複数の微小な空孔9bが散乱して形成された散乱体である場合を示す。複数の空孔9bのそれぞれは、例えばナノグレーティングと呼ばれる、数十ナノメートルから数百ナノメートルの直径を有する。その場合、第1マーカー6、第2マーカー5、第3マーカー8、および第4マーカー7のそれぞれの平均密度は、ガラス基板1のうち光導波路部10、第1マーカー6、第2マーカー5、第3マーカー8、および第4マーカー7を除く領域のガラスの平均密度の例えば0.8倍以下である。平均密度は、例えばSTEM分析によって測定可能である。

[0037] 再び図1から図3を参照する。ファイバアレイ20は、ブロック部25と、ファイバ固定部24と、カバー部26と、テープファイバ21とを有する。ブロック部25は、直方体の形状を有している。ブロック部25の中央部よりもガラス基板1に近い領域の、z方向を向く面上には、V溝23が設けられている。ファイバ固定部24は、略直方体の形状を有している。ファイバ固定部24は、ブロック部25の中央部よりもガラス基板1に近い領域のブロック部25上に設けられている。カバー部26は、平面視にて長方形の形状を有している。カバー部26の上面は、xz平面において湾曲している。カバー部26は、ブロック部25の中央部に対してガラス基板1とは反対側のブロック部25上に設けられている。カバー部26は、ファイバ固定部24と接触している。テープファイバ21は、ブロック部25上のカバー部26の内部に設けられている。テープファイバ21は、複数の光ファイバ22を含む。テープファイバ21から延出する複数の光ファイバ22の部分は、V溝23に収容されつつ、ファイバ固定部24に押しつけられて固定されている。複数の光ファイバ22のそれぞれは、ガラス基板1の端面3において複数の光導波路11のそれぞれまたは複数の光導波路12のそれぞれと光学的に結合している。光ファイバ22の数は、複数の光導波路11および複数の光導波路12を合わせた数と同一である。図2に示すように、ガラス基板1とファイバアレイ20とが向かい合って互いに固定された状態において

、 z 方向に沿って見て2つの第1マーカー6はファイバレイ20によって覆われていない。これにより、2つの第1マーカー6は z 方向から視認可能とされている。

[0038] 本開示の第1実施形態に係る光学モジュールAの製造方法について説明する。図8は、光学モジュールAの製造方法を示すフローチャートである。まず、工程ST1において、主面2を有するガラス基板を準備する。次に、工程ST2において、ガラス基板の内部にレーザ光を照射することにより、複数の光導波路11および複数の光導波路12を含む光導波路部10を形成する。レーザ光の照射は、例えばフェムト秒レーザからのレーザ光を、集光光学系により光導波路部10の形成予定位置に集光することにより行われる。光導波路部10は、例えばフェムト秒レーザの照射により生じる多光子吸収によって、ガラス基板内部のガラスが改質されることにより形成される。その後、工程ST3において、ガラス基板1の内部にレーザ光を照射することにより、2つの第1マーカー6、複数の第2マーカー5、複数の第3マーカー8、および2つの第4マーカー7を形成する。レーザ光の照射は、例えばフェムト秒レーザからのレーザ光を、工程ST2と同一の集光光学系により第1マーカー6、第2マーカー5、第3マーカー8、および第4マーカー7の形成予定位置に集光することにより行われる。このとき、第1マーカー6、第2マーカー5、第3マーカー8、および第4マーカー7を形成するためのレーザ光の強度（またはパワー）は、複数の光導波路11および複数の光導波路12を形成するためのレーザ光の強度（またはパワー）よりも大きい。第1マーカー6、第2マーカー5、第3マーカー8、および第4マーカー7を形成するためのレーザ光は、ピコ秒レーザからのレーザ光であってもよい。

[0039] 工程ST3において、第1マーカー6、第2マーカー5、第3マーカー8、および第4マーカー7として図7（b）に示された散乱体を形成する場合、散乱体が形成される条件は、ガラスの軟化点を T [K]、照射するレーザ光のパワーを P [mW] としたとき、次の数式（3）によって表される。

$$T/P < 1.5 \text{ [K/mW]} \quad \dots (3)$$

或いは、散乱体が形成される条件は、次の数式（４）によって表されてもよい。

$$T/P < 1.3 \text{ [K/mW]} \quad \dots (4)$$

[0040] 以上の構成を備える光学モジュールＡおよび光学モジュールＡの製造方法から得られる効果について説明する。本実施形態では、光導波路１１，１２の位置を示す目印である複数のマーカー（第１マーカー６、第２マーカー５、第３マーカー８、および第４マーカー７）がガラス基板１の内部に設けられる。複数のマーカーと光導波路１１，１２との相対位置関係は予め定められているので、複数のマーカーを視認することにより、ガラス基板１の内部に形成された光導波路１１，１２の位置を容易に特定することができる。これにより、複数の光導波路１１および複数の光導波路１２のそれぞれと、ファイバレイ２０の複数の光ファイバ２２のそれぞれとの調心が容易な光導波路基板１Ａを提供できる。加えて、複数のマーカーが、光導波路部１０の最も近い部分に対してガラス基板１の厚み方向（ｚ方向）に一定の相対位置に設けられることにより、複数のマーカーと光導波路１１，１２との相対位置関係の評価が容易となる。加えて、複数のマーカーが、ガラス基板１の厚み方向に沿って見て光導波路部１０から離れていることにより、ガラス基板１の厚み方向から複数のマーカーを容易に視認することができる。

[0041] 本実施形態のように、複数のマーカーは、光導波路部１０の最も近い部分に対してガラス基板１の主面２に近い領域に設けられてもよい。ガラス基板１の内部に複数のマーカーおよび光導波路１１，１２をレーザ光の照射により形成する場合、複数のマーカーの視認性を高めるため、複数のマーカーを形成する際のレーザ光の強度は、光導波路１１，１２を形成する際のレーザ光の強度よりも大きくされる。更に、光導波路部１０を形成する際に用いる光学系と同一の光学系を用いて複数のマーカーを形成する場合、レーザ光の強度の違いにより、複数のマーカーは光導波路部１０に対してレーザ光入射面（すなわち主面２）に近い領域に形成される。言い換えると、複数のマ-

カーを光導波路部 10 の最も近い部分に対して主面 2 に近い領域に形成することにより、光学系を変更せずに光導波路 11, 12 と複数のマーカールとをガラス基板 1 の内部に形成することができる。これにより、光導波路 11, 12 および複数のマーカールを形成する工程を簡略化できる。

[0042] 本実施形態のように、複数のマーカールのそれぞれは、空孔 9a (または 9b) により主に形成されてもよい。これにより、ガラス基板 1 を構成するガラスと複数のマーカールとの屈折率差が大きくなる。よって、複数のマーカールの視認性が向上するので、光導波路 11, 12 の位置を更に容易に特定することができる。更に、空孔 9a の直径 D は、光導波路 11, 12 の横断面の幅 L よりも小さくてもよい。これにより、複数のマーカールの位置の特定精度が向上する。したがって、光導波路 11, 12 の位置の特定精度が向上する。

[0043] 本実施形態のように、複数のマーカールのそれぞれが主に空孔 9a (または 9b) によって形成される場合、複数のマーカールは、光導波路部 10 から 10 μ m 以上離れていてもよい。複数のマーカールが主に空孔 9a (または 9b) によって形成される場合、空孔 9a (または 9b) により生じる応力が光導波路部 10 の光伝搬特性に影響を与えるおそれがある。複数のマーカールが、光導波路部 10 から 10 μ m 以上離れた位置に設けられることにより、空孔 9a (または 9b) により生じる応力が光導波路部 10 の光伝搬特性に与える影響を低減できる。加えて、複数のマーカールを光導波路部 10 から 10 μ m 以上離れた位置に設けることにより、光導波路部 10 のクロストークが発生し得る領域から複数のマーカールを離すことができる。

[0044] 本実施形態のように、ガラス基板 1 は端面 3 および端面 4 を有してもよい。光導波路部 10 は、光導波路 11 を含んでもよい。光導波路 11 は、端面 3 に近い領域の端部 11a と、端面 4 に近い領域の端部 11b とを有してもよい。複数のマーカールは、端部 11a の位置を示す目印である第 1 マーカール 6 と、端部 11b の位置を示す目印である第 2 マーカール 5 とを含んでもよい。ガラス基板 1 の厚み方向 (z 方向) における端部 11a の位置は、厚み方

向における端部 11b の位置と異なってもよい。端部 11a に対する、ガラス基板 1 の厚み方向における第 1 マーカー 6 の相対位置は、端部 11b に対する、厚み方向における第 2 マーカー 5 の相対位置と同一であってもよい。このような、ガラス基板 1 の厚み方向における両端部 11a, 11b の位置が互いに異なる光導波路 11 に対しても、第 1 マーカー 6 および第 2 マーカー 5 によって各端部 11a, 11b の位置を容易に特定することができる。

[0045] 本実施形態のように、複数のマーカーは、端部 11b の位置を示す目印である第 3 マーカー 8 を更に含んでもよい。ガラス基板 1 の厚み方向（z 方向）に沿って見て、光導波路 11 は第 2 マーカー 5 と第 3 マーカー 8 との間に位置してもよい。端部 11b はガラス基板 1 の内部に存在してもよい。このように、光導波路 11 が第 2 マーカー 5 と第 3 マーカー 8 との間に位置することにより、端部 11b の位置を更に容易に特定することができる。加えて、光導波路 11 の端部 11b および光導波路 12 の端部 12b がガラス基板 1 の内部に存在する場合には特に、光導波路 11, 12 を視認しづらい。これに対し、本実施形態では、光導波路 11 の延びる方向（x 方向）における端部 11b と第 2 マーカー 5 との距離 $W1$ は、光導波路 11 の延びる方向における端部 11b と第 3 マーカー 8 との距離 $W2$ と等しい。光導波路 12 の延びる方向（x 方向）における端部 12b と第 1 の第 4 マーカー 7 との距離 $W3$ は、光導波路 12 の延びる方向における端部 12b と第 2 の第 4 マーカー 7 との距離 $W4$ と等しい。これにより、端部 11b 及び 12b がガラス基板 1 の内部に存在する場合であっても、端部 11b 及び 12b の位置を容易に特定することができる。

[0046] 前述したように、複数のマーカーのそれぞれは、複数の空孔 9b が散乱して形成された散乱体であってもよい。散乱体における空孔 9b の散乱、すなわち複数の空孔 9b が密集して散らばっていることによって、光が散乱され、複数のマーカーの視認性が向上する。したがって、ガラス基板 1 の内部における光導波路 11, 12 の位置を更に容易に特定することができる。加えて、直径の小さな空孔 9b を複数設けることにより、直径の大きな単一の空

孔 9 a を設ける場合と比較して、複数のマーカの形成位置の精度が向上する。

[0047] 複数のマーカのそれぞれが散乱体である場合、前述したように、複数のマーカそれぞれの平均密度は、ガラス基板 1 のうち光導波路部 1 0 および複数のマーカを除く領域のガラスの平均密度の 0.8 倍以下であってもよい。その場合、散乱体の視認性がより向上する。したがって、ガラス基板 1 の内部における光導波路 1 1, 1 2 の位置を更に容易に特定することができる。

[0048] 本実施形態では、ガラス基板 1 の内部にある第 1 マーカ 6 がファイバレイ 2 0 によって覆われない。したがって、ファイバレイ 2 0 をガラス基板 1 に対して所定の固定位置に配置した状態において、ガラス基板 1 の内部にある第 1 マーカ 6 をファイバレイ 2 0 に妨げられることなく視認することができる。したがって、ガラス基板 1 とファイバレイ 2 0 との光軸合わせが容易となる。

[0049] 本実施形態の製造方法によれば、ガラス基板の内部にレーザ光を照射することにより、光導波路部 1 0、および光導波路 1 1, 1 2 の位置を示す目印である複数のマーカを形成する。空孔 9 a により主に形成されるか、または複数の空孔 9 b が散乱して形成された散乱体である複数のマーカをレーザ光の照射により形成することによって、同じくレーザ光の照射により形成される光導波路部 1 0 とともに、複数のマーカを容易に形成することができる。

[0050] 前述したように、複数のマーカを形成する工程 S T 3 におけるレーザ光の強度は、光導波路部 1 0 を形成する工程 S T 2 におけるレーザ光の強度よりも大きくてもよい。例えばこのような方法によって、空孔 9 a により主に形成されるか、または複数の空孔 9 b が散乱して形成された散乱体である複数のマーカを、ガラス基板の内部に形成することができる。

[0051] (第 1 変形例)

上記実施形態では、第 1 マーカ 6 と、第 2 マーカ 5 と、第 3 マーカ

8と、第4 マーカー7 とが、光導波路部10に対して主面2（一方の板面）に近い領域に設けられている。この形態に限られず、第1 マーカー6 と、第2 マーカー5 と、第3 マーカー8 と、第4 マーカー7 との各位置は、z 方向において、光導波路部10の最も近い部分の位置と同じであってもよい。言い換えると、光導波路11、12の中心線と、複数のマーカーの中心点と、のz 方向の位置が互いに同一であってもよい。これにより、ガラス基板1の厚み方向における複数のマーカーと光導波路11、12との位置の違いを考慮せずに済む。したがって、複数のマーカーと光導波路11、12との相対位置関係の評価が容易となる。

[0052] （第2 変形例）

光学モジュールAの製造方法において、光導波路部10は例えばイオン交換法によって形成されてもよい。ただし、フェムト秒レーザを使用して光導波路部10および複数のマーカーをガラス基板1に形成することにより、光導波路部10と複数のマーカーとを同一の装置によって形成することができる。光導波路部10と複数のマーカーとを同一の装置によって形成することにより、光導波路部10に対する複数のマーカーの形成位置の精度を向上させることができる。したがって、光導波路部10の位置の特定精度を更に向上することができる。

[0053] 以上、本開示を実施形態に基づいて具体的に説明したが、本開示は、上記の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において変更可能である。例えば、上記の実施形態では、第2 マーカー5 および第3 マーカー8 がそれぞれ複数個設けられる例が示されているが、第2 マーカー5 および第3 マーカー8 は、それぞれ1 個ずつ設けられていてもよい。第1 マーカー6 および第4 マーカー7 は、上記の実施形態に限定されず、第2 マーカー5 および第3 マーカー8 のように複数個がx 方向に並ぶように形成されていてもよい。上記の実施形態では、光導波路部10が複数の光導波路11 および複数の光導波路12を含んでいる例が示されているが、光導波路部10は、光導波路11 および光導波路12の一方または両方を1 本のみ含ん

でもよい。

符号の説明

- [0054] 1…ガラス基板
1 A…光導波路基板
2…主面
3, 4…端面
5…第2 マーカー
6…第1 マーカー
7…第4 マーカー
8…第3 マーカー
9 a, 9 b…空孔
1 0…光導波路部
1 1, 1 2…光導波路
1 1 a, 1 2 a…端部
1 1 b, 1 2 b…端部
2 0…ファイバアレイ
2 1…テープファイバ
2 2…光ファイバ
2 3…V溝
2 4…ファイバ固定部
2 5…ブロック部
2 6…カバー部
A…光学モジュール
a, b, c…領域
D…直径
L…幅
S 1, S 2…直線
W 1, W 2, W 3, W 4…距離

請求の範囲

- [請求項1] ガラス基板を備え、
 前記ガラス基板は、
 前記ガラス基板の内部に形成された一または複数の光導波路を含む
 光導波路部と、
 前記ガラス基板の内部に設けられた、前記一または複数の光導波路
 の位置を示す目印である複数のマーカーと、
 を有し、
 前記複数のマーカーは、前記光導波路部の最も近い部分に対して前
 記ガラス基板の厚み方向に一定の相対位置に設けられ、前記厚み方向
 に沿って見て前記光導波路部から離れている、光導波路基板。
- [請求項2] 前記複数のマーカーは、前記光導波路部の最も近い部分に対して前
 記ガラス基板の前記厚み方向を向く一方の板面に近い領域に設けられ
 る、請求項1に記載の光導波路基板。
- [請求項3] 前記厚み方向において、前記複数のマーカーの位置が前記光導波路
 部の最も近い部分の位置と同じである、請求項1に記載の光導波路基
 板。
- [請求項4] 前記複数のマーカーのそれぞれは、空孔により主に形成される、請
 求項1から請求項3のいずれか1項に記載の光導波路基板。
- [請求項5] 前記空孔の直径は、各光導波路の横断面の幅よりも小さい、請求項
 4に記載の光導波路基板。
- [請求項6] 前記複数のマーカーのそれぞれは、複数の空孔が散乱して形成され
 た散乱体である、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の光導
 波路基板。
- [請求項7] 前記複数のマーカーのそれぞれの平均密度は、前記ガラス基板のう
 ち前記光導波路部および前記複数のマーカーを除く領域のガラスの平
 均密度の0.8倍以下である、請求項6に記載の光導波路基板。
- [請求項8] 前記複数のマーカーは、前記光導波路部から10 μ m以上離れてい

る、請求項4から請求項7のいずれか1項に記載の光導波路基板。

[請求項9]

前記ガラス基板は第1端面および第2端面を有し、

前記光導波路部は第1光導波路を含み、

前記第1光導波路は、前記第1端面に近い領域の第1端部と、前記第2端面に近い領域の第2端部とを有し、

前記複数のマーカーは、前記第1端部の位置を示す目印である第1マーカーと、前記第2端部の位置を示す目印である第2マーカーとを含み、

前記厚み方向における前記第1端部の位置が、前記厚み方向における前記第2端部の位置と異なり、

前記第1端部に対する、前記厚み方向における前記第1マーカーの相対位置が、前記第2端部に対する、前記厚み方向における前記第2マーカーの相対位置と同一である、請求項1から請求項8のいずれか1項に記載の光導波路基板。

[請求項10]

前記複数のマーカーは、前記第2端部の位置を示す目印である第3マーカーを更に含み、

前記厚み方向に沿って見て、前記第1光導波路は前記第2マーカーと前記第3マーカーとの間に位置し、

前記第2端部は前記ガラス基板の内部に存在し、

前記第1光導波路の延びる方向における前記第2端部と前記第2マーカーとの距離は、前記延びる方向における前記第2端部と前記第3マーカーとの距離と等しい、請求項9に記載の光導波路基板。

[請求項11]

請求項1から請求項10のいずれか1項に記載の光導波路基板と、

前記光導波路部と光学的に結合される光学部品と、
を備え、

前記ガラス基板は第1端面を有し、

前記光導波路部は第1光導波路を含み、

前記第1光導波路は、前記第1端面に近い領域の第1端部を有し、

前記光学部品は前記第 1 端面において前記第 1 光導波路と光学的に結合され、

前記複数のマーカーは、前記第 1 端部の位置を示す目印である第 1 マーカーを含み、

前記厚み方向に沿って見て前記第 1 マーカーが前記光学部品によって覆われない、光学モジュール。

[請求項12]

ガラス基板の内部にレーザ光を照射することにより、一または複数の光導波路を含む光導波路部を形成する工程と、

前記ガラス基板の内部にレーザ光を照射することにより、前記一または複数の光導波路の位置を示す目印である複数のマーカーを形成する工程と、

を含み、

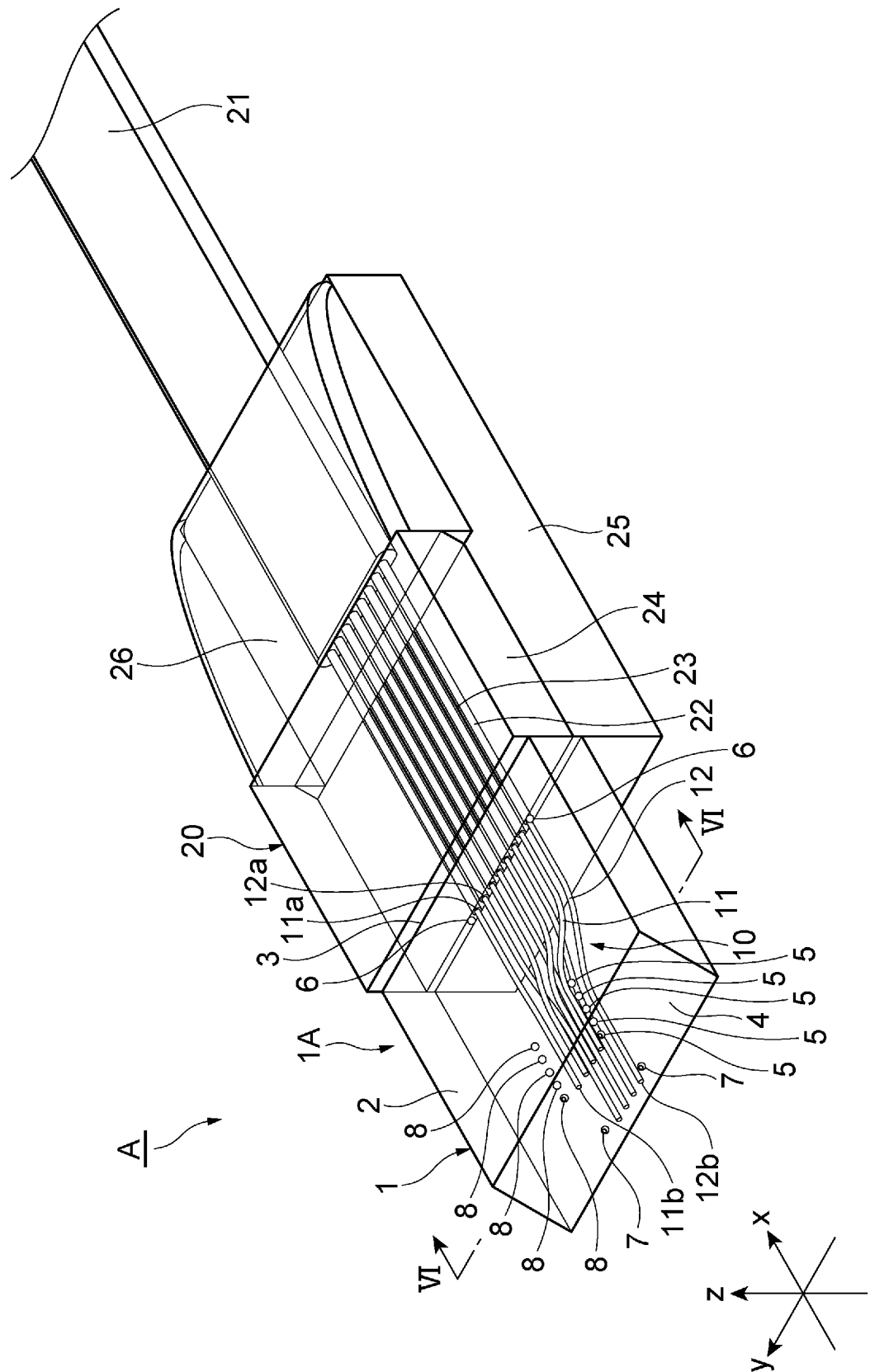
前記複数のマーカーは、前記光導波路部の最も近い部分に対して前記ガラス基板の厚み方向に一定の相対位置に形成され、前記厚み方向に沿って見て前記光導波路部から離れており、

前記複数のマーカーのそれぞれは、空孔により主に形成されるか、または複数の空孔が散乱して形成された散乱体である、光導波路基板の製造方法。

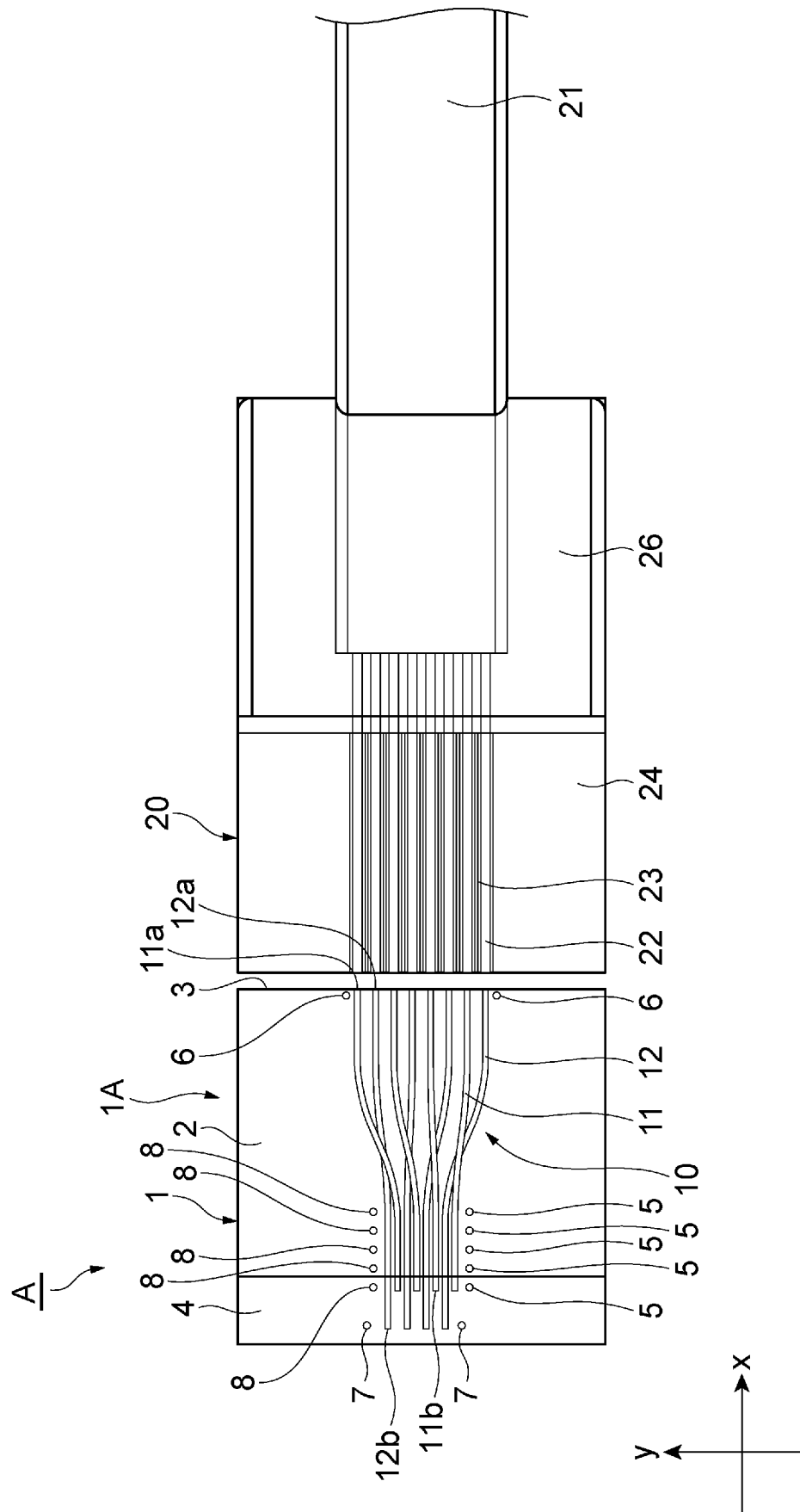
[請求項13]

前記複数のマーカーを形成する工程における前記レーザ光の強度は、前記光導波路部を形成する工程における前記レーザ光の強度よりも大きい、請求項 1 2 に記載の光導波路基板の製造方法。

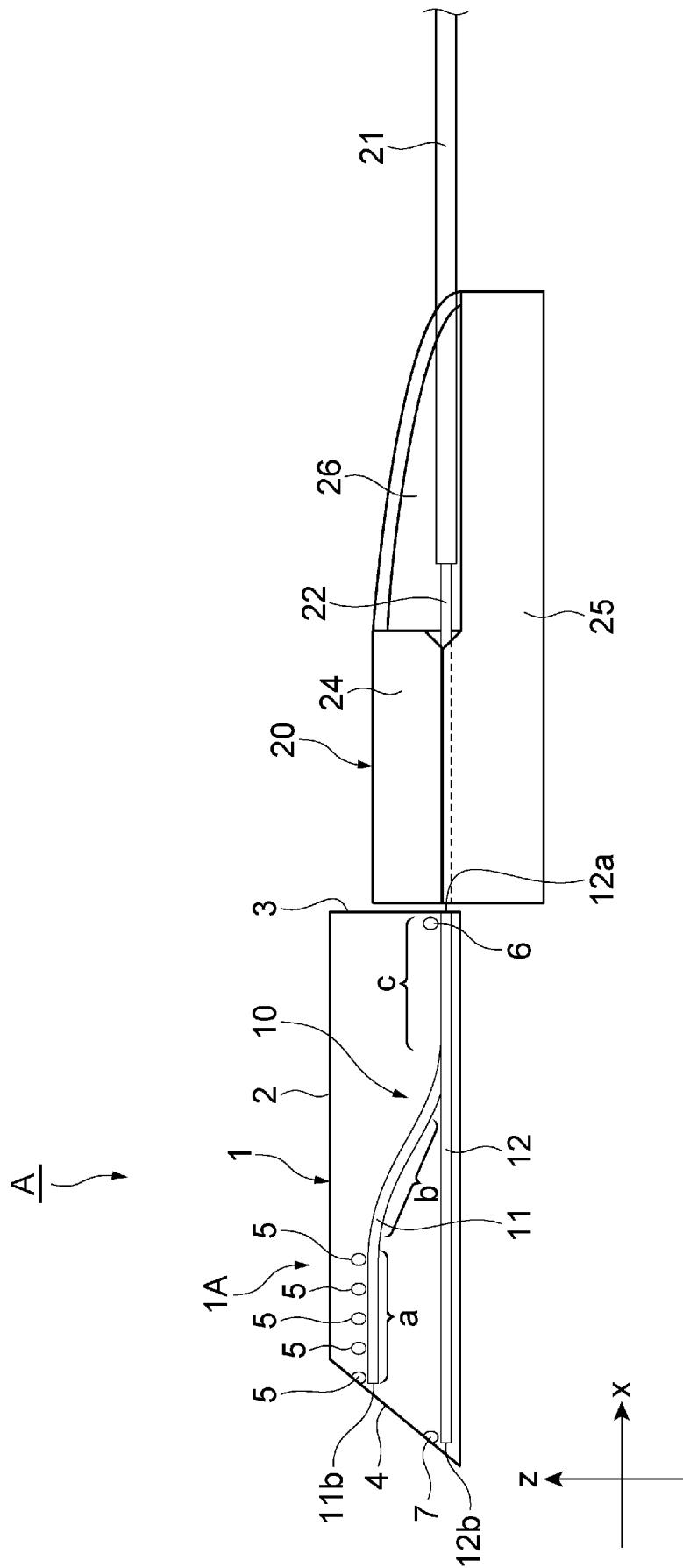
[図1]



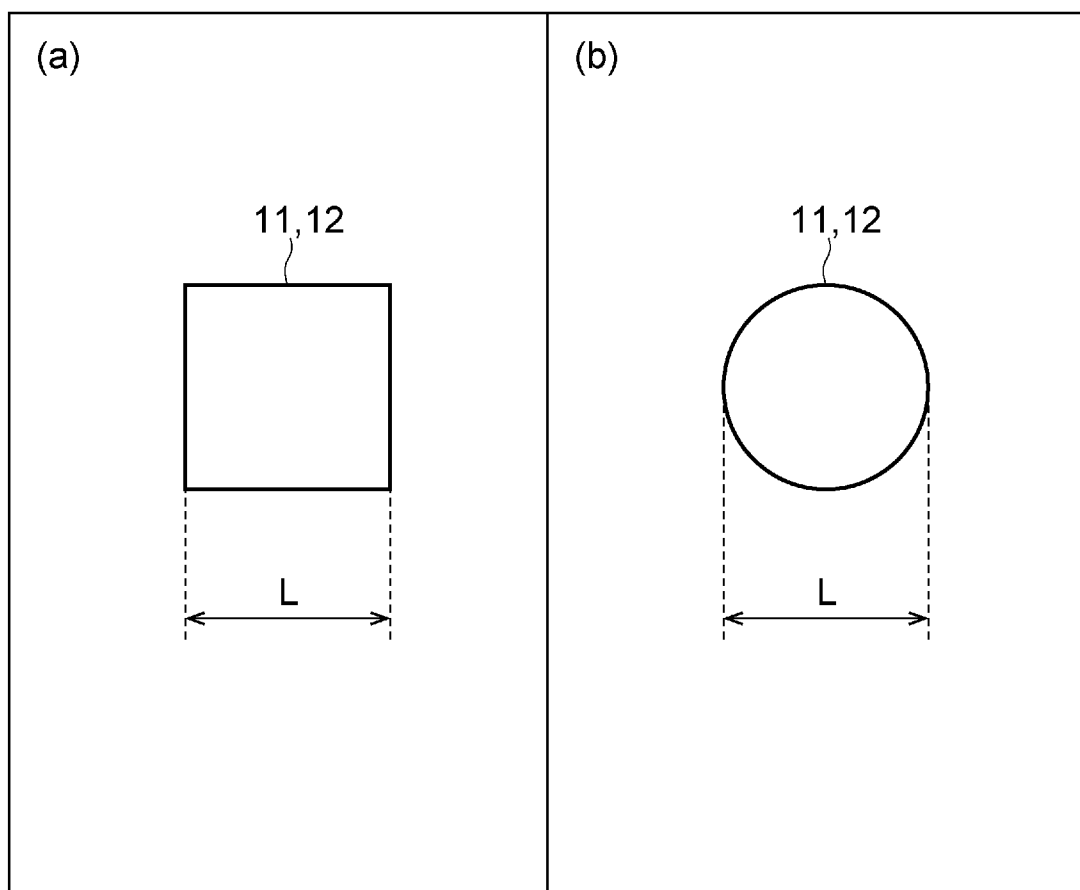
[図2]



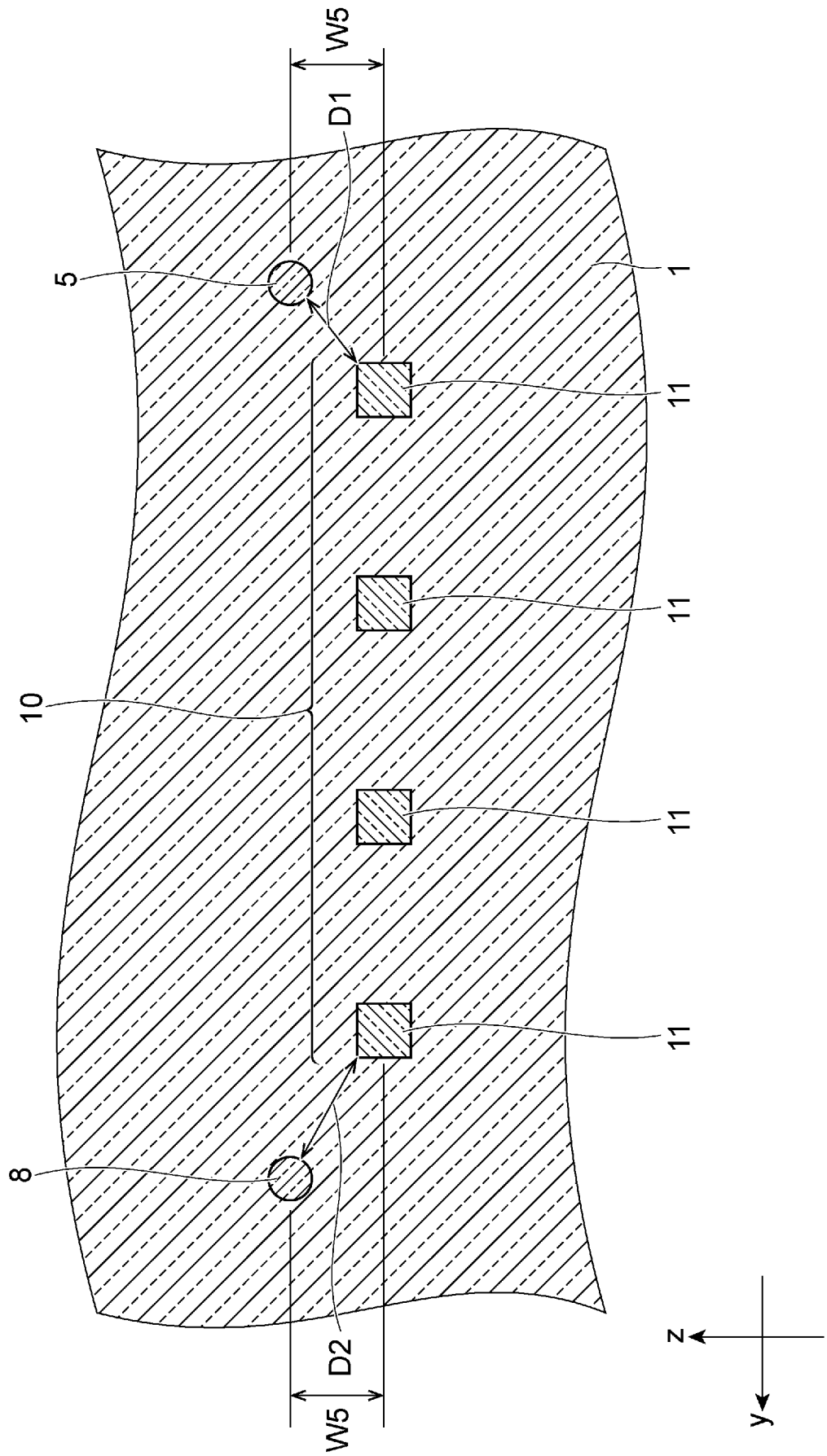
[図3]



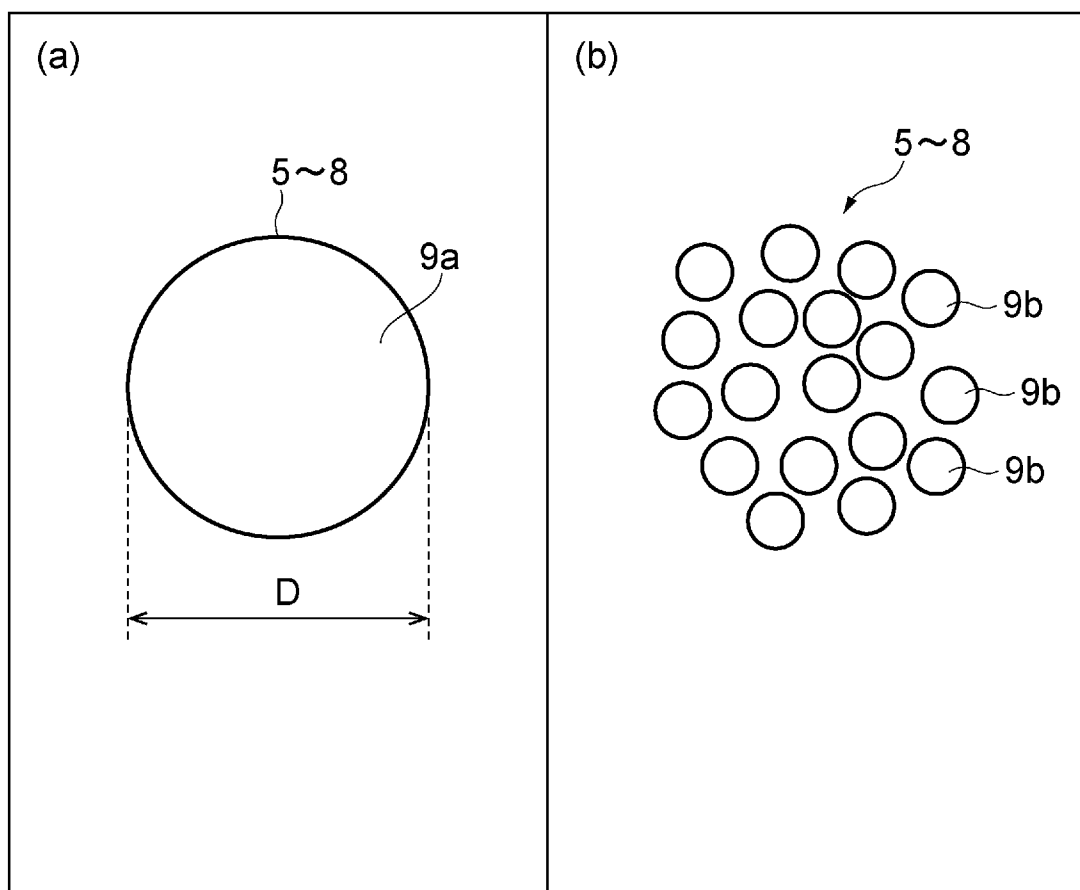
[図4]



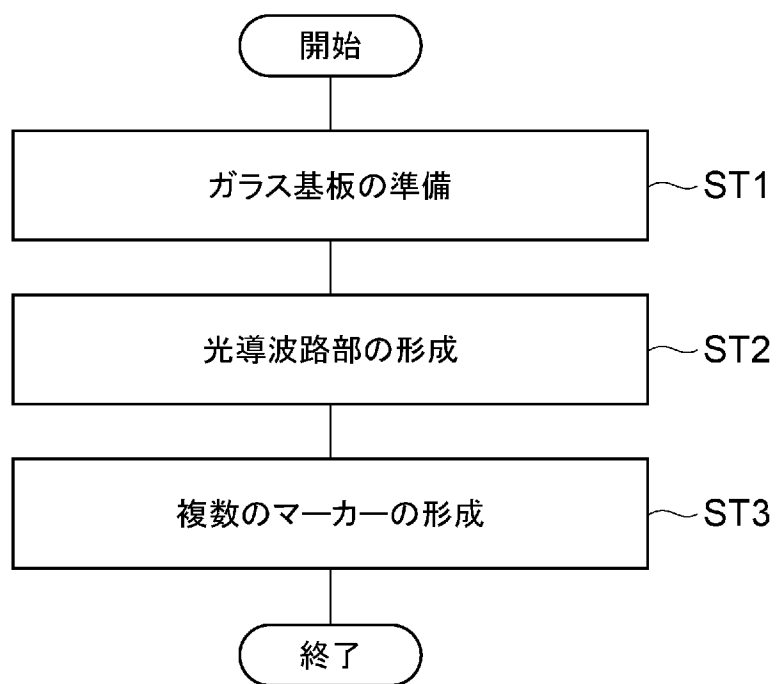
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/021063

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G02B 6/122 (2006.01)i; G02B 6/30 (2006.01)i FI: G02B6/122; G02B6/30 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; G02B6/26-6/27; G02B6/30-6/34; G02B6/42-6/43 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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 2004-085938 A (FUJIKURA LTD.) 18 March 2004 (2004-03-18) paragraphs [0007]-[0020], fig. 1, 2	1-8
Y		9-13
Y	JP 2003-057466 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 26 February 2003 (2003-02-26) paragraph [0048], fig. 4	9-13
A	WO 2022/215274 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 13 October 2022 (2022-10-13) entire text, all drawings	1-13
A	JP 2003-057473 A (FUJIKURA LTD.) 26 February 2003 (2003-02-26) entire text, all drawings	1-13
A	JP 2003-512645 A (NHK SPRING CO., LTD.) 02 April 2003 (2003-04-02) entire text, all drawings	1-13
☒ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 15 August 2024		Date of mailing of the international search report 27 August 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-029286 A (HITACHI CABLE, LTD.) 29 January 2004 (2004-01-29) entire text, all drawings	1-13
A	US 6400857 B1 (HATAMI-HANZA, H. et al.) 04 June 2002 (2002-06-04) entire text, all drawings	1-13
A	US 2020/0241220 A1 (CORNING OPTICAL COMMUNICATIONS LLC.) 30 July 2020 (2020-07-30) entire text, all drawings	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/021063

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2004-085938	A	18 March 2004	(Family: none)	
JP	2003-057466	A	26 February 2003	(Family: none)	
WO	2022/215274	A1	13 October 2022	(Family: none)	
JP	2003-057473	A	26 February 2003	(Family: none)	
JP	2003-512645	A	02 April 2003	US 6553171 B1	
				entire text, all drawings	
				WO 01/029601 A1	
				CA 2352252 A1	
JP	2004-029286	A	29 January 2004	(Family: none)	
US	6400857	B1	04 June 2002	WO 2000/042461 A1	
				AU 5723799 A	
				CA 2258103 A1	
US	2020/0241220	A1	30 July 2020	WO 2019/083773 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
G02B 6/122(2006.01)i; G02B 6/30(2006.01)i
FI: G02B6/122; G02B6/30

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; G02B6/26-6/27; G02B6/30-6/34; G02B6/42-6/43
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 1971-2024年
日本国実用新案登録公報 1996-2024年
日本国登録実用新案公報 1994-2024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 2004-085938 A（株式会社フジクラ）18.03.2004（2004 - 03 - 18） 段落[0007]-[0020], 図1-2	1-8
Y		9-13
Y	JP 2003-057466 A（松下電器産業株式会社）26.02.2003（2003 - 02 - 26） 段落[0048], 図4	9-13
A	WO 2022/215274 A1（日本電信電話株式会社）13.10.2022（2022 - 10 - 13） 全文, 全図	1-13
A	JP 2003-057473 A（株式会社フジクラ）26.02.2003（2003 - 02 - 26） 全文, 全図	1-13
A	JP 2003-512645 A（日本発条株式会社）02.04.2003（2003 - 04 - 02） 全文, 全図	1-13
A	JP 2004-029286 A（日立電線株式会社）29.01.2004（2004 - 01 - 29） 全文, 全図	1-13

☒ 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、一般的技术水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“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
“I” 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

国際調査を完了した日
15. 08. 2024

国際調査報告の発送日
27. 08. 2024

名称及びあて先
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

権限のある職員（特許庁審査官）

大西 孝宣 2L 6006

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 6400857 B1 (HATAMI-HANZA Hamid et al.) 04.06.2002 (2002 - 06 - 04) 全文, 全図	1-13
A	US 2020/0241220 A1 (CORNING OPTICAL COMMUNICATIONS LLC) 30.07.2020 (2020 - 07 - 30) 全文, 全図	1-13

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/JP2024/021063

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2004-085938	A	18.03.2004	(ファミリーなし)	
JP	2003-057466	A	26.02.2003	(ファミリーなし)	
WO	2022/215274	A1	13.10.2022	(ファミリーなし)	
JP	2003-057473	A	26.02.2003	(ファミリーなし)	
JP	2003-512645	A	02.04.2003	US	6553171 B1
				全文, 全図	
				WO	01/029601 A1
				CA	2352252 A1
JP	2004-029286	A	29.01.2004	(ファミリーなし)	
US	6400857	B1	04.06.2002	WO	2000/042461 A1
				AU	5723799 A
				CA	2258103 A1
US	2020/0241220	A1	30.07.2020	WO	2019/083773 A1