

(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
2022年1月6日(06.01.2022)



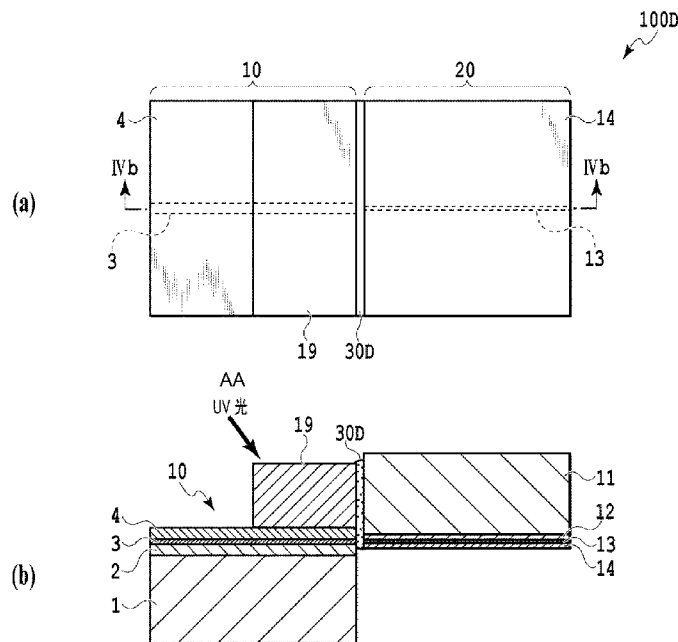
(10) 国際公開番号

WO 2022/003794 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/12 (2006.01) *G02B 6/42* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/025577
- (22) 国際出願日: 2020年6月29日(29.06.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 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: 倉田 優生(KURATA Yu); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 谷・阿部特許事務所 (TANI & ABE, P.C.); 〒1070052 東京都港区赤坂2丁目6番20号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, 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,

(54) Title: INTEGRATED-TYPE OPTICAL DEVICE

(54) 発明の名称: 集積型光デバイス



AA UV light

(57) Abstract: This integrated-type optical device (100D) that causes an optical circuit of a PLC (10) to serve as platform, that can easily achieve a hybrid integration of an optical function element (20), and that enables a high-precision butting coupling between optical waveguides, uses a substrate (19) for holding the butting coupling, the substrate (19) allowing light in wavelength regions from a UV light band to a visible light band to be transmitted to the optical circuit side on the upper surface of a substrate (1) of the PLC (10). In addition, a UV-curable adhesive is filled between an optical circuit of

[続葉有]



WO 2022/003794 A1

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, 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))

a PD (20) and the optical circuit of the PLC (10) and between an end surface of a substrate (11) of the PD (20) and an end surface of the substrate (19). Consequently, the UV-curable adhesive filled between the butting coupling end surfaces is cured by UV light that has passed through the substrate (19), and a coupling part (30D) can be formed.

(57) 要約 : PLC (10) の光回路をプラットフォームとし、光機能素子 (20) のハイブリッド集積を簡便に実現でき、かつ高精度な光導波路同士の突き合わせ結合が可能な集積型光デバイス (100D) は、PLC (10) の基板 (1) の上面の光回路側にUV光帯域から可視光帯域までの波長領域の光を透過させる突き合わせ結合保持用の基板 (19) を用いている。そして、PD (20) における光回路とPLC (10) における光回路との間、及びPD (20) における基板 (11) の端面と基板 (19) の端面との間に対して、UV硬化型接着剤を充填する。これにより、基板 (19) を透過したUV光によって突き合わせ結合端面間に充填されたUV硬化側接着剤を硬化させ、結合部 (30D) を形成することが可能になる。

明 細 書

発明の名称：集積型光デバイス

技術分野

[0001] 本発明は、光通信システムに応用可能な集積型光デバイスに関し、詳しくは光導波路を有する光回路素子とフォトダイオードやレーザーダイオード等の光機能素子とを実装した集積型光デバイスに関する。

背景技術

[0002] 近年、光ファイバ伝送の普及に伴い、多数の光回路を高密度に集積する技術が求められており、その一つとして、石英系の平面光波回路（Planar Lightwave Circuit：以下、PLCとする）が知られている。PLCは、低損失、高信頼性、及び高い設計自由度といった優れた特徴を有する導波路型光デバイスであり、光通信伝送端における伝送装置には、実際に合分波器や分岐・結合器等の機能を集積したPLCが搭載されている。

[0003] また、伝送装置内には、PLC以外の光デバイスとして、光信号を電気信号に変換するフォトダイオード（以下、PDとする）や発光源としてのレーザーダイオード（以下、LDとする）等の光機能素子も搭載されている。尚、PD及びLDは、光導波路の入出力構造を有するものとみなせる。また、更なる通信容量の拡大を目的として光信号処理を行うPLC等の光導波路と光電変換を行うPD等の光デバイスとを集積した高機能な集積型光デバイスの実現が求められている。

[0004] このような集積型光デバイスのプラットフォームとして、PLCは有望であり、PDチップとPLCチップをハイブリッドに集積した光導波路部品及びその作製方向も提案されている（特許文献1参照）。この特許文献1では、導波路の一部の領域に45度ミラーを設け、その導波路上にPDを実装することで、光導波路を伝搬する光をミラーで垂直に光路変換し、PDとの光結合を行う方法が採用されている。

- [0005] このようにPLCとPD等の光機能素子とを組み合わせるデバイス形態は、デバイスの小型化、及び光回路の設計自由度の面で利点である。また、通信容量の拡大を目的とし、光信号の合分波機能等の光回路機能を集積したPLCと、アレイ化した複数の光機能素子とを光結合・実装することにより、多チャンネル化した集積デバイスが開発されている。更に、近年では、より高速化や高機能化を図る目的で、広帯域化に適した導波路構造を有するPDや波長可変機能を有するLD等、導波路構造を含んだ光機能素子とPLCとの集積化が求められている。
- [0006] 係るデバイス形態において、例えばPLCと光機能素子とのそれぞれの入出力導波路を突き合わせて結合することを想定した場合、導波路同士を固定する必要がある。このとき、導波路間の距離を完全にゼロにすることは、加工誤差や実装誤差により困難であるため、実際には導波路から光が空間に出射され、光のビームが対となる導波路に入射されるようにして光結合が行われる。
- [0007] ところが、回折により出射ビームが拡がるため、出射ビームと入力側導波路の伝搬光のモードフィールドとの重なりが減少して損失が発生すると共に、導波路端面と空間との屈折率差により反射が生じて損失が発生する。これにより、屈折率がそれぞれの導波路に近く、且つ近赤外光に透明な媒質を用いて空間を充填することが損失を低減させるために必要になる。
- [0008] そこで、一般的に用いられているのがUV（紫外線）硬化型接着剤であり、例えば光ファイバとPLCとの突き合わせ接続では、双方の調心を行う。この後、光ファイバを固定したガラス製のファイバブロックの端面とPLCの端面とにUV硬化型接着剤を充填し、UV光で照射すれば短時間で硬化させることができる。こうした場合、熱硬化型接着剤よりも簡便に接着することができる。このような突き合わせ結合方法を用いて、PLCの光回路をプラットフォームとして、Si又はInPによる光機能素子の集積を実現できれば、より機能的な集積型光デバイスを提供することが可能になる。
- [0009] しかしながら、実際には突き合わせ結合方法を適用し、PLCの光回路を

プラットフォームとして、光機能素子を集積して集積型光デバイスを作成する場合には、幾つかの問題が生じる。

[0010] 図1は、周知の集積型光デバイス100Aの一例に係る基本構成を示した図である。図1(a)は、集積型光デバイス100Aの上面から見た平面図である。図1(b)は、図1(a)中の**1b-1b**線方向における集積型光デバイス100Aの側面断面図である。

[0011] 図1(a)及び図1(b)を参照すれば、集積型光デバイス100Aは、PLC10と光機能素子20とを突き合わせ、突き合わせ部分にUV硬化型接着剤を充填してUV光を照射し、硬化させて結合部30Aを形成して構成される。

[0012] PLC10は、基板1の一方の主面の上面にアンダークラッド層2、コア層3、及びオーバークラッド層4の積層により光回路が設けられて構成される。また、光機能素子20の場合も同様に、基板11の上面にアンダークラッド層12、コア層13、及びオーバークラッド層14の積層により光回路が設けられて構成される。ここでは、PLC10の板厚の方が光機能素子20の板厚よりも肉厚になっている。また、PLC10の光回路の厚さについても、光機能素子20の光回路の厚さよりも肉厚になっている。基板1、11の材料には、通常Si又はInPが用いられる。

[0013] ここで、PLC10の光回路は、UV光帯域から近赤外線帯域までの波長領域で透明な石英ガラス系で構成されるのに対し、基板1の方は、UV光帯域から可視光帯域までの波長領域での光に対して透明でない材料で構成される。係る構成は、接続相手の光機能素子20の光回路や基板11についても同様である。即ち、基板1、11は、UV光帯域から可視光帯域までの波長領域の光に対して透明でないため、係る波長領域での光線を吸収することになる。

[0014] 集積型光デバイス100Aを突き合わせ結合により作製する場合、UV光帯域から可視光帯域までの波長領域の光に対して透明でない材料を基板1、11として用い、これらを組み合わせて結合することになる。この場合、基

板 1、11 の上面の光回路の光導波路となるコア層 3、13 同士を調心した後、各部の端面に UV 硬化型接着剤を充填する。そして、鉛直上方向から UV 光を照射することにより、光回路の間、及び基板 1、11 の間が接着固定され、結合部 30A を形成することが可能になる。

[0015] ところが、照射時の UV 光は、基板 1、11 を透過せずに吸収されてしまうため、図 1 (b) 中に示される領域 E1 のように接着領域の大部分には届かない事態が生じ、未硬化状態となってしまう。この結果、UV 硬化型接着剤を完全に硬化させることができず、不完全な硬化状態では、集積型光デバイス 100A の構造上において、結合部 30A の形成で十分な接着強度を得られないという問題を生じる。

[0016] 図 2 は、周知の集積型光デバイス 100B の別の例に係る基本構成を示した図である。図 2 (a) は、集積型光デバイス 100B の上面から観た平面図である。図 2 (b) は、図 2 (a) 中の 11b-11b 線方向における集積型光デバイス 100B の側面断面図である。

[0017] 図 2 (a) 及び図 2 (b) を参照すれば、集積型光デバイス 100B では、PLC10 と光機能素子 20 とを突き合わせる際、それぞれ基板 1、11 の上面の光回路側に突き合わせ結合保持用の同じ板厚の基板 15、16 を用いている。但し、基板 15、16 には、例えば UV 光を透過するガラス材料を用いるものとする。そして、突き合わせ部分に対して UV 硬化型接着剤を充填して UV 光を照射し、硬化させて結合部 30B を形成して構成される。

[0018] そこで、集積型光デバイス 100B を突き合わせ結合により作製する場合、PLC10 と光機能素子 20 とにおける光回路の上面に基板 15、16 を実装し、組み合わせて結合することになる。この場合、光回路の光導波路となるコア層 3、13 同士を調心した後、PLC10 と光機能素子 20 との突き合わせ結合時に上面の基板 15、16 同士も同時に突き合わせ、各部の端面に UV 硬化型接着剤を充填する。そして、斜め上方向から UV 光を照射することにより、基板 1、11 の間、光回路の間、及び基板 15、16 の間が接着固定され、結合部 30B を形成することが可能になる。

[0019] ところが、光機能素子20の上面の光回路には、例えばLD、PD等を駆動するための電極パッドを設ける用途等のために空き領域を設けておく必要がある場合も少なくない。こうした場合、光機能素子20の光回路において、図2(b)中に示される領域E2が基板16を実装するために用いられる余分な占有面積となり、必要な空き領域を設けつつ、基板16を実装することを困難にしている。換言すれば、基板16の実装用の占有面積が必要な空き領域を確保するための阻害要因となっている。また、係る基板16を実装するための専用領域を別途設けることは、光機能素子20のサイズを拡大させ、集積度を下げってしまうために好ましい方策とは云えない。

[0020] 図3は、周知の集積型光デバイス100Cの更に別の例に係る基本構成を示した図である。図3(a)は、集積型光デバイス100Cの上面から見た平面図である。図3(b)は、図3(a)中の|||b-|||b線方向における集積型光デバイス100Cの側面断面図である。

[0021] 図3(a)及び図3(b)を参照すれば、集積型光デバイス100Cでは、PLC10と光機能素子20とを突き合わせる際、それぞれ基板1、11の他方の主面の下面に突き合わせ結合保持用の同じ板厚の基板17、18を用いている。但し、基板17、18には、例えばUV光を透過するガラス材料を用いるものとする。そして、突き合わせ部分に対してUV硬化型接着剤を充填してUV光を照射し、硬化させて結合部30Cを形成して構成される。

[0022] そこで、集積型光デバイス100Cを突き合わせ結合により作製する場合、PLC10と光機能素子20とにおける基板1、11の下面に別の基板17、18を実装し、組み合わせて結合することになる。この場合、光回路の光導波路となるコア層3、13同士を調心した後、PLC10と光機能素子20との突き合わせ結合時に下面の基板17、18同士も同時に突き合わせ、各部の端面にUV硬化型接着剤を充填する。そして、斜め下方向からUV光を照射することにより、基板17、18の間、光回路の間、及び基板1、11の間が接着固定され、結合部30Cを形成することが可能になる。

[0023] ところが、基板 1、11 の下面に別の基板 17、18 を実装すると、集積型光デバイス 100B の場合に生じた問題を回避して基板 17、18 同士を接着固定できるものの、基板 1、11 の端面には未硬化の UV 硬化型接着剤が多く残る。その理由は、上述した通り、UV 光が基板 1、11 を透過せずに吸収されてしまうためであり、図 3 (b) 中に示される領域 E3 が UV 硬化型接着剤の未硬化状態となってしまう。この結果、集積型光デバイス 100A の場合と同様に、UV 硬化型接着剤を完全に硬化させることができず、不完全な硬化状態では、集積型光デバイス 100C の構造上において、結合部 30C の形成で十分な接着強度を得られないという問題を生じる。

[0024] 即ち、集積型光デバイス 100A、100C の場合には、結合部 30A、30C の形成で十分な接着強度を得られないため、長期信頼性の観点で有効な手法とは云えない。また、集積型光デバイス 100B の場合には、光機能素子 20 の基板 11 の上面の光回路に結合保持用の基板 16 を設けることが容易でなく、光回路に必要な空き領域の確保の阻害要因となるため、好ましい手法とは云えない。

先行技術文献

特許文献

[0025] 特許文献 1：特開 2005-70365 号公報

発明の概要

[0026] 本発明は、上述した問題を解決するためになされたものである。本発明に係る実施形態の目的は、PLC の光回路をプラットフォームとして、光機能素子のハイブリッド集積を簡便に実現でき、かつ高精度な光導波路同士の突き合わせ結合が可能な集積型光デバイスを提供することにある。

[0027] 上記目的を達成するため、本発明の一態様は、基板の一方の主面の上面に光回路が設けられた平面光波回路と、基板の他方の主面の下面に光回路が設けられた光機能素子と、平面光波回路と光機能素子とを突き合わせて結合する紫外線硬化型接着剤を有し、光回路のそれぞれの光導波路同士が調心されている結合部と、を備えた集積型光デバイスであって、平面光波回路におけ

る光回路の上面に設けられ、光機能素子の端面と突き合わせられて紫外線硬化型接着剤による結合に供される突き合わせ結合保持用の基板を備え、平面光波回路における基板及び光機能素子における基板は、紫外線光帯域から可視光帯域までの波長領域の光を透過させない材料であり、平面光波回路における光回路、光機能素子における光回路、及び突き合わせ結合保持用の基板は、紫外線光帯域から可視光帯域までの波長領域の光を透過させる材料であり、結合部は、光機能素子における光回路と平面光波回路における光回路との間、及び光機能素子における基板の端面と突き合わせ結合保持用の基板の端面との間に対して紫外線硬化型接着剤が充填されて硬化された状態で形成されたことを特徴とする。

[0028] 上記一態様では、PLCと光機能素子とを突き合わせての光回路の光導波路同士の調心後のUV硬化型接着剤を用いた硬化による結合部の形成に際し、精度良く光導波路同士の突き合わせて十分な接着強度を得られる構造としている。この結果、PLCの光回路をプラットフォームとして、光機能素子のハイブリッド集積を簡便に実現でき、かつ高精度な光導波路同士の突き合わせ結合が可能な集積型光デバイスを低コストで提供することができる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]周知の集積型光デバイスの一例に係る基本構成を示した図である。(a)は、集積型光デバイスの上面から見た平面図である。(b)は、(a)中の**1b-1b**線方向における集積型光デバイスの側面断面図である。

[図2]周知の集積型光デバイスの別の例に係る基本構成を示した図である。(a)は、集積型光デバイスの上面から見た平面図である。(b)は、(a)中の**11b-11b**線方向における集積型光デバイスの側面断面図である。

[図3]周知の集積型光デバイスの更に別の例に係る基本構成を示した図である。(a)は、集積型光デバイスの上面から見た平面図である。(b)は、(a)中の**111b-111b**線方向における集積型光デバイスの側面断面図である。

[図4]本発明の実施形態1に係る集積型光デバイスの基本構成を示した図であ

る。(a)は、集積型光デバイスの上面から見た平面図である。(b)は、(a)中の**Ⅰ V b - Ⅰ V b**線方向における集積型光デバイスの側面断面図である。

[図5]本発明の実施形態2に係る集積型光デバイスの基本構成を斜め上方向から示した斜視図である。

[図6]図5に示す集積型光デバイスの突き合わせ結合部分を拡大して示した図である。(a)は、突き合わせ結合部分の上面図である。(b)は、(a)における**V Ⅰ b - V Ⅰ b**方向における側面断面図である。(c)は、コア層の光の伝搬を妨げない箇所へのマーカーを用いたプリアライメント時の突き合わせ結合部分の平面図である。

[図7]図5に示す集積型光デバイスにおいて、PDの受光感度をチャンネル毎に測定した後にPDを突き合わせ結合端面に対して水平方向に力を加えたときの光結合の損失による接着強度の評価結果を示した図である。

[図8]本発明の実施形態3に係る集積型光デバイスの基本構成を斜め上方向から示した斜視図である。

[図9]図8に示す集積型光デバイスの突き合わせ結合部分を拡大して示した図である。(a)は、突き合わせ結合部分の上面図である。(b)は、(a)における**Ⅰ X b - Ⅰ X b**方向における側面断面図である。(c)は、溝及び溝マーカーを用いたアライメント時の突き合わせ結合部分の平面図である。

(d)は、メタルマーカーを用いたプリアライメント時の突き合わせ結合部分の平面図である。

[図10]図8に示す集積型光デバイスにおいて、PDの受光感度をチャンネル毎に測定した後にPDを突き合わせ結合端面に対して水平方向に力を加えたときの光結合の損失による接着強度の評価結果を示した図である。

発明を実施するための形態

[0030] 以下、本発明の幾つかの実施形態に係る集積型光デバイスについて、図面を参照して詳細に説明する。

[0031] (実施形態1)

図4は、本発明の実施形態1に係る集積型光デバイス100Dの基本構成を示した図である。図4(a)は、集積型光デバイス100Dの上面から見た平面図である。図4(b)は、図4(a)中のI V b - I V b線方向における集積型光デバイス100Dの側面断面図である。

[0032] 図4(a)及び図4(b)を参照すれば、集積型光デバイス100Dは、PLC10と光機能素子20とを突き合わせ結合する際、基板1の一方の主面の上面の光回路側に実装固定された突き合わせ結合保持用の基板19を用いている。但し、基板19には、例えばUV光帯域から可視光帯域までの波長領域の光を透過させるガラス材料を用いるものとする。そして、光機能素子20については、基板11の他方の主面の下面が上面となるように裏返して使用し、突き合わせ部分にUV硬化型接着剤を充填してUV光を照射し、硬化させて結合部30Dを形成して構成される。

[0033] PLC10は、ここでも基板1の一方の主面の上面にアンダークラッド層2、コア層3、及びオーバークラッド層4の積層により光回路が設けられて構成される。また、光機能素子20の場合も同様に、基板11の上面にアンダークラッド層12、コア層13、及びオーバークラッド層14の積層により光回路が設けられて構成される。ここでは、PLC10の板厚の方が光機能素子20の板厚よりも若干肉厚になっている。また、PLC10の光回路の厚さについても、光機能素子20の光回路の厚さよりも肉厚になっている。基板1、11の材料には、通常SiやInPが用いられる。

[0034] 即ち、この集積型光デバイス100Dでは、PLC10における光回路の上面に設けられ、光機能素子20の端面と突き合わせられてUV硬化型接着剤による結合に供される突き合わせ結合保持用の基板19を備えている。PLC10における基板1及び光機能素子20における基板11は、UV光帯域から可視光帯域までの波長領域の光を透過させない材料である。これに対し、PLC10における光回路、光機能素子20における光回路、及び基板19は、UV光帯域から可視光帯域までの波長領域の光を透過させる透明な材料である。上述した結合部30Dは、光機能素子20における光回路とP

LC10における光回路との間に対してUV硬化型接着剤が充填されて硬化された状態で形成される。また、結合部30Dは、光機能素子20における基板11の端面と突き合わせ結合保持用の基板19の端面との間に対しても同様なUV硬化型接着剤が充填されて硬化された状態で形成される。

[0035] 即ち、この集積型光デバイス100Dでは、PLC10において、基板1の上面の光回路の端面と突き合せ結合保持用の基板19の端面とが光回路の出力端面と同一面となるように、基板1の上面に接着剤等で基板19が実装されている。また、光機能素子20において、基板11の下面の光回路の光導波路が形成されたコア層13とPLC10の基板1の上面の光回路の光導波路が形成されたコア層3とが、双方のコア層3、13の層面が平行になるように突き合わせられる。このようにPLC10及び光機能素子20の双方の光回路の端面を突き合わせて調心が行われる。このとき、PLC10の基板1と光機能素子20の基板11とを対角方向に配置することで、突き合せ結合保持用の基板19の端面及びPLC10の光回路の端面と光機能素子20の光回路の端面及び基板11の端面とが突き合わされる。

[0036] この集積型光デバイス100Dにおいて、PLC10と光機能素子20とを突き合わせての光回路の光導波路同士の調心後のUV硬化型接着剤を用いた硬化によって、結合部30Dが形成される場合を想定する。この結合部30Dの形成に際しては、精度良く光導波路同士の突き合わせて十分な接着強度を得られる構造となる。これにより、PLC10の光回路をプラットフォームとし、光機能素子20のハイブリッド集積を簡便に実現でき、かつ高精度な光導波路同士の突き合わせ結合が可能となり、低コストで集積型光デバイス100Dを提供できる。

[0037] 図4(a)及び図4(b)を参照して具体的に説明すれば、PLC10において、UV～可視光を透過しないSiによる基板1の上面を基準として、基板1の端面付近の上部に光機能素子20と信号を入出力するコア層3が設けられる。そして、UV光帯域～可視光帯域を透過する突き合せ結合保持用の基板19の端面が基板1の光回路の入出力端面と同じ面となるように、基

板 1 の上面に基板 1 9 が接着剤等により実装固定されて設けられる。この構成は、光回路チップと呼ばれても良い。

[0038] これに対し、光機能素子 2 0 において、UV～可視光を透過しない Si または InP による基板 1 1 の下面に光回路が設けられ、基板 1 1 の下面を基準として、光回路の端面付近に信号を入出力するコア層 1 3 が設けられる。この構成は、光機能素子チップと呼ばれても良い。光回路チップのコア層 3 と光機能素子チップのコア層 1 3 とが、両チップのコア層 3、1 3 の層面が平行になるように両チップの端面を介して光導波路のコア同士を調心する。同時に、コア層 3、1 3 の層面に対して光回路チップの基板 1 と光機能素子チップの基板 1 1 とが対角方向になるように配置する。これにより、突き合せ結合保持用の基板 1 9 の端面と光機能素子チップの基板 1 1 の端面とが突き合せ結合端面で対向する配置となる。

[0039] そこで、図 4 (b) に示されるように、基板 1 9 を透過した UV 光によって突き合せ結合端面間に充填する UV 硬化側接着剤を硬化して結合部 3 0 D を形成すれば良い。これにより、光機能素子 2 0 の側に固定用の基板を設けることなく、接着面積を増加させると共に、接着強度を高めた両チップの突き合せ結合が可能になる。

[0040] 上述した集積型光デバイス 1 0 0 D では、PLC 1 0 の上面に UV 光帯域～可視光帯域を透過する突き合せ結合保持用の基板 1 9 が設けられ、基板 1、1 1 が突き合せ結合時にコア層 3、1 3 による層面に対角方向で配置される。この構成では、光機能素子 2 0 に固定用の基板を設けることなく、接着面積を増加させて接着強度を高めることができるため、部品数や工数を抑制でき、光機能素子 2 0 の設計を変更する必要がない。また、UV 光が透過せずに未硬化のまま残ってしまう接着剤の量を大幅に低減できるため、長期信頼性の観点からも望ましい。この結果、光回路チップと光機能素子チップとの突き合せ結合を簡便に実現することができる。

[0041] 一般的に、PLC 1 0 の断面構造では、Si の基板 1 の上面に、SiO₂ の薄膜がアンダークラッド層 2 として膜厚約 2 0 μm、Ge 等をドーパントと

して、クラッドよりも屈折率の高い SiO_2 の薄膜がコア層3として膜厚3～10 μm 、 SiO_2 の薄膜がオーバークラッド層4として膜厚約20 μm 堆積される場合を例示できる。このようにして、実施形態1の場合には、 Si の基板1の上面にPLC10の光回路が設けられたPLC10の基本構造を適用する。

[0042] また、光機能素子20の断面構造では、 Si の基板11の下面に SiO_2 の薄膜がアンダークラッド層12として膜厚数 μm 、 Si の薄膜がコア層13として膜厚数百 nm 、 SiO_2 の薄膜がオーバークラッド層14として膜厚数 μm 堆積される場合を例示できる。このようにして、実施形態1の場合には、 Si の基板11の下面に Si フォトリソグラフィの光回路が設けられた光機能素子20の基本構成を適用する。

[0043] 尚、 InP の基板11とする光機能素子20では、基板11がアンダークラッド層12と同化されるものとし、化合物半導体がコア層13として数百 nm 、 InP やパッシベーションとして SiN 又は SiO_2 の薄膜がオーバークラッド層14として堆積される場合を例示できる。基板11の端面領域に形成されたコア層13を光信号の入出力用の光導波路として想定し、端面におけるモードフィールドで光結合される。

[0044] 光機能素子20における光回路とPLC10における光回路との間、及び光機能素子20における基板11の端面と突き合わせ結合保持用の基板19の端面との間に対してUV硬化型接着剤が充填される。これにより、UV硬化型接着剤の硬化状態で結合部30Dを形成する。このとき、光機能素子20との接着固定の強度を高めるため、基板19の厚みは、基板11の厚み以上とすることが望ましい。その方がUV硬化型接着剤にUV光を十分到達させ、且つUV硬化型接着剤の充填状態を確認できる。基板19には、UV光帯域から可視光帯域までを透過する透明な材料として、ガラス材料の石英ガラスを用いることが望ましい。

[0045] 基板19の端面では、光結合効率や接着剤硬化条件によりUV硬化型接着剤の厚みを制御し、基板1の上面の光回路の端面と光機能素子20の端面と

の間に充填するUV硬化型接着剤の厚みを調整できることが好ましい。これには、基板1の上面の光回路の接着端面と基板11の下面の光回路の接着端面とが同一面になるよう設置することが望ましい。

[0046] 突き合せ結合におけるコア層3、13の光導波路（コア）同士の調心では、アライメント（位置合わせ）を効率的に行うため、その前段階として、画像観察により粗くアライメントを行う場合が多い。本実施形態では基板1、11がコア層3、13による層面に対して対角方向となる配置としている。このため、コア層3、13のアライメントでは、光回路や基板1、11における上面からだけでなく、下面からも観察するカメラといった追加装置の設置が必要になる。しかし、こうした場合、特に小型な光機能素子20とPLC10との結合では下面側のカメラが干渉する問題が発生する。

[0047] そこで、突き合わせ時のアライメント用のマーカをPLC10の光回路の入出力端面付近と光機能素子20の光回路の入出力端面付近とに、設けることが望ましい。アライメント用のマーカは、PLC10の光回路と光機能素子20の光回路との突き合わせ結合端面における光導波路が形成されたコア層3、13の光の伝搬を妨げない箇所に設ければ良い。そして、PLC10の光回路の基板1の面の垂直に対して斜め方向から基板19を通して観察すれば良い。これにより、カメラを追加する必要なくアライメントを容易に実現できる。コア層3、13は、幅が数ミクロン程度のため、カメラ観察で精度良くアライメントすることは困難であるが、コア層3、13よりもサイズの大きいマーカを別途突き合わせ結合端面付近に設ければ、カメラでの観察も容易になる。

[0048] 更に、バーニアマーカとすることで、カメラ観察においてもサブミクロンの高精度なアライメントを実現できる。このようなマーカ構造は、コア層3、13の光導波路（コア）を除く光の伝搬を妨げない箇所に設ければ、追加の工程を要することなくPLC10と光機能素子20とに導入できる。具体的には、PLC10ではドーパントを加えたSiO₂による層、光回路のSiフォトニクスではSiによる層、InPでは化合物半導体が対象となる

。このとき、突き合わせ結合端面の垂直方向からカメラ観察すると、SiフォトニクスやInPでコア層3、13の高さが低いために観察することが困難である。そこで、本実施形態のように光機能素子20の基板11の面の垂直方向に対して斜めからカメラ観察すれば、コア層3、13の端面ではなく、コア層3、13の上面を斜めから観察することが可能となる。こうした観察によれば、基板1、11の水平方向へコア層3、13が伸長している分、奥行きに厚みを持ったように観察されるため、コア層3、13の視認性が向上する。

[0049] このため、コア層3、13の光の伝搬を妨げない端面付近にマーカを設けることが望ましい。PLC10では、SiO₂のアンダークラッド層2及びオーバークラッド層4に対してドーパントを含むSiO₂のコア層3が存在するため、コア層3とアンダークラッド層2及びオーバークラッド層4との屈折率差が比較的小さい。これにより、コントラストが小さく、構造の輪郭がぼやけて見える場合がある。また、光機能素子20では、斜めからコア層13の基板11の水平奥行き方向を観察する際、奥行き方向の長さはアンダークラッド層12の厚みにより制限される。このような場合、より精度良くアライメントするためには、オーバークラッド層14の上面に金属をパターンニングすることで突き合わせ結合端面付近にマーカを設けることが望ましい。

[0050] PLC10の上面では、メタルマーカとすることで、コア層3のマーカよりも視認性を高めることができる。光機能素子20では、オーバークラッド層14の上面にメタルパターンがあることで、アンダークラッド層12に加えた厚みの分、斜めから観察した際のマーカの基板11の水平の奥行き方向の長さの観察範囲を拡げることができる。突き合わせ結合するコア層3、13の同士の組み合わせが2か所以上あるアレイ結合の場合、精度良くアライメントするには、光回路と光機能素子20と間に対応するマーカをそれぞれの端面に2か所以上設けることが望ましい。2か所のマーカがそれぞれアライメントされるように突き合わせ結合端面と垂直方向の軸も含めて

アライメントを行えば、突き合わせ結合端面と垂直な方向を軸とした回転もカメラ観察によってアライメントすることが可能になる。

[0051] 上述したマーカによるアライメントでは、基板 1、11 の水平方向には高精度にアライメントできる。これに対し、基板 1、11 の面の垂直方向のアライメントを高精度化して行うためには、光機能素子 20 の結合端面にアンダークラッド層 12 よりも深い溝を設けることが望ましい。例えば、この溝の深さを、光回路側のオーバークラッド層 14 の厚みに、コア層 13 の半分の厚みを加えた値とすれば、突き合わせ結合の構造において、光機能素子 20 の端面の溝底面が、光回路のオーバークラッド層 14 に対応する。このため、カメラ観察での視認性を向上させ、基板 11 の垂直方向のアライメントも高精度に行うことが可能になる。更に、光機能素子 20 の端面に溝があることによって、UV硬化型接着剤を突き合わせ結合端面に塗布する際、光機能素子 20 の表面に接着剤が流れ出ることを抑制することが可能になり、安定した接着固定を行うことができる。

[0052] このように、基板 1、11 の上面に設けられたUV光帯域～可視光帯域を透過する光回路同士をPLC10の上面に設けられたUV光帯域～可視光帯域を透過する基板19を用いて突き合わせ結合し、ハイブリッド集積する。係る集積型光デバイスの構成において、突き合わせ結合保持用の基板19の端面が光回路のコア層3、13の端面と同一面となるように、各光回路の端面の基板1、11の上面の方向にUV硬化型接着剤を充填して結合部30Dを形成する。各光回路のコア層3、13の層面が平行になるように光回路チップ及び光機能素子チップの端面を介して調心する。ここで、コア層3、13による層面に対して基板1と基板11とが対角するように配置すれば、基板19の端面と基板11の端面が突き合わせ結合端面として、対向して配置される。これにより、基板19を透過したUV光によって突き合わせ結合端面間に充填されたUV硬化側接着剤を硬化させ、結合部30Dを形成することが可能になる。光機能素子20の側に追加固定用の基板や実装用領域を設けることなく、接着強度を向上させ、簡便で高精度に突き合わせ結合された集積型

光デバイス100Dが得られる。

[0053] (実施形態2)

図5は、本発明の実施形態2に係る集積型光デバイス100Eの基本構成を斜め上方向から示した斜視図である。

[0054] 図5を参照すれば、集積型光デバイス100Eは、集積型光デバイス100Dと比べ、光機能素子20にPD20Aを用いた点が相違している。また、PLC10については、コア層3に係る光入力部10_{IN}と光出力部10_{OUT}とを示すが、ここでも光回路の上面には基板19が設けられている。また、PD20Aについては、入力光導波路部20A_{IN}とGeによる光電変換部20A_aとを示している。この集積型光デバイス100Eにおいても、PD20Aにおける光回路とPLC10における光回路との間、及びPD20Aにおける基板11の端面と基板19の端面との間に対して、UV硬化型接着剤を充填する。これにより、UV硬化型接着剤の硬化状態で結合部30Dを形成する。

[0055] 集積型光デバイス100Eを構成する石英系のPLC10には、サイズが縦5mm、横10mmで、板厚1mmのSiによる基板1を用いた。そして、基板1の上面にSiO₂のアンダークラッド層2を層厚20μm、コア幅4.5μmのSiO₂のコア層3を膜厚4.5μm、SiO₂のオーバークラッド層4を層厚15.5μmとなるように積層した。このようにして構成された光回路は、PLCチップと呼ばれても良い。ここでは、コア層3のコアとオーバークラッド層4及びアンダークラッド層2との屈折率差が2.0%となるように、コア層3による光導波路を形成した。PLC10では、一短辺側に設けられた光導波路のコア層3による光入力部10_{IN}から光を入力し、コア層3を伝搬した光を光入力部10_{IN}から見て光回路チップの反対の短辺側に形成された光出力部10_{OUT}から出力する。即ち、ここでは、4chの光導波路が250μmピッチで設けられ、それぞれ光入力部10_{IN}からPD20Aの光電変換部20A_aに至るまでの間の経路にS字型の光導波路構造が設けられている。

[0056] このPLC10に対して突き合せ結合されるPD20Aには、サイズが縦1.5mm、横1.5mmで、板厚0.625mmのSiによる基板11を用いた。そして、基板11の下面にSiO₂のアンダークラッド層12を膜厚3.0μm、コア幅0.5μmのSiのコア層3を膜厚0.22μm、SiO₂のオーバークラッド層14を膜厚1.5μmとなるように積層した。このようにして構成された光回路も、Siフォトリソチップと呼ばれて良い。ここでは、入力光導波路部20A_{IN}にスポットサイズ変換器が用いられ、そのモードフィールド直径(MFD:光強度分布で強度が1/e²となる全幅)は、PD20Aの垂直、及び水平の方向にそれぞれ3μmとなっている。入力光導波路部20A_{IN}から入力された光は、コア層13を伝搬し、光電変換部20A_aで電気信号に変換される。光結合損失を除いたPD20Aの受光部単体での受光感度は波長1.55μmにおいて1.0A/Wである。

[0057] 突き合せ結合保持用の基板19は、縦3mm、横2mm、板厚0.7mmのガラス材料としての合成石英で構成されており、端面がPLC10の光出力用の端面と同一面となるように、PLC10の上面に接着剤で固定されている。基板19の板厚をPD20Aの基板11の板厚よりも厚くすることで、PD20Aの端面の全体を接着することができ、接着強度の向上を図ることができる。

[0058] 基板19を備えたPLC10に対するPD20Aの突き合せ結合は、PLC10のコア層3とPD20Aのコア層13とによる層面に対してPLC10の基板1とPD20Aの基板11とが対角方向となるように配置する。この後、PLC10とPD20Aとの突き合わせ結合端面を上下から観察してプリアライメントする。更に、PLC10の光出力部10_{OUT}から出力された光に対し、PD20Aの受光感度が最大になるよう、PLC10のコア層3から出力光とPD20Aのコア層13への入力光との位置が正確に合致するように精密にアライメントする。このとき、基板19を通して斜め上方向の観察方向でアライメントを実施することが有効になる。

[0059] そして、PLC10とPD20Aとの突き合せ結合の固定は、PLC10

のコア層3とアンダークラッド層2及びオーバークラッド層4との屈折率に近く、赤外領域で透明なUV硬化型接着剤でPLC10とPD20Aとの間を充填する。この後、図4(b)に示されるように、斜め上方向から基板19を介してUV光を照射することで接着剤を硬化させて結合部3Dを形成するように行う。UV光帯域～可視光帯域を透過する透明な基板19を用いれば、UV光をPD20Aの突き合わせ結合端面の全面に照射でき、UV硬化型接着剤を十分に硬化させ得る他、UV硬化型接着剤の充填状態やPD20Aの突き合わせ結合端面の接続状態を直接確認できる。こうしたカメラ等により直接確認を有効にするため、UV光帯域～可視光帯域まで透明であると共に、突き合わせ結合端面を観察できるように観察経路となる基板19の表面は研磨面とすることが望ましい。尚、このとき、PD20Aの入出力端面には、充填するUV硬化型接着剤の屈折率に対応した屈折率を有する反射防止膜が設けられていることが望ましい。

[0060] ところで、上述したプリアライメントは、通常上下からカメラ観察により行われるが、実施形態2では、より簡便な手法を適用する。図6は、集積型光デバイス100Eの突き合わせ結合部分を拡大して示した図である。図6(a)は、突き合わせ結合部分の上面図である。図6(b)は、図6(a)におけるV1b-V1b方向における側面断面図である。図6(c)は、コア層3、13の光の伝搬を妨げない箇所へのマーカーを用いたプリアライメント時の突き合わせ結合部分の平面図である。

[0061] 具体的に云えば、図6(a)に示されるように、少なくともPLC10におけるコア層3の入出力端面付近と、PD20Aにおけるコア層13の入出力端面付近とに対し、突き合わせ時のアライメント用のAuのマーカーMを設ける。そして、図6(b)に示されるように、基板19を通して斜め上方向から観察し、マーカーMのパターンが一致するように調整すれば、下から観察するカメラを用意する必要なく、プリアライメントを実施できる。斜め上方向から突き合わせ結合端面を観察すれば、図6(c)に示されるように、PD20Aのアンダークラッド層12を透過してコア層13の光導波路の

奥行き方向のパターンを観察できる。マーカーMのパターンをバーニアパターンとし、構成するスケールの幅を $10\mu\text{m}$ 、バーニアの刻みを $0.5\mu\text{m}$ とすれば、PD20Aのコア層13の光導波路（コア）幅が $0.5\mu\text{m}$ （それ以下でも可）であるのに対し、マーカーMは、カメラにおいても観察しやすいサイズとなる。この結果、バーニアによるアライメントと相まって、プリアライメントを高精度に行うことができる。

[0062] また、マーカーMは突き合わせ結合部の端面付近に2か所以上設けるようにし、それぞれのマーカーMが合致するようにアライメント調整すれば、突き合わせ結合端面と垂直な方向を軸とした回転のずれも修正することができる。このように、PLC10とPD20Aとにおいて突き合わせ結合端面付近にアライメント用のマーカーMを設けることは、アライメントの精度を向上させる上で有効である。このようにして、集積型光デバイス100Eを作製した。

[0063] 図7は、集積型光デバイス100Eにおいて、PD20Aの受光感度をチャンネル毎に測定した後にPD20Aを突き合わせ結合端面に対して水平方向に力を加えたときの光結合の損失[dB]による接着強度の評価結果を示した図である。但し、図7では、集積型光デバイス100Eに波長 $1.55\mu\text{m}$ の光を光ファイバでPLC10に入力し、突き合わせ結合端面で結合部30Dを介して光結合されたPD20Aの受光感度をch毎に測定した結果を示している。更に、この後に接着強度の評価としてPD20Aを突き合わせ結合端面に対して水平方向に力を加えるシェア試験を行った結果を示している。加えて、比較として、同じ基板19が実装されていないPLC10とPD20Aとを用い、コア層3、13の層面に対して基板1、11を揃えて突き合わせ結合した従来構成の集積型光デバイスを作製した結果も比較対象として示している。

[0064] 図7を参照すれば、PD20Aの単体の受光感度からは、光結合による損失の算出結果には殆ど差異がなく、実施形態2の集積型光デバイス100Eであっても従来の集積型光デバイスと同等の突き合わせ結合が実現できている

ことが判る。また、接着強度の評価結果のシェア試験では、従来の集積型光デバイスでは1.09kgFでPD20AとUV硬化型接着剤とが剥離するモードが発生した。これに対し、実施形態2の集積型光デバイス100Eでは、剥離モードが発生する点は同じであるものの、2.85kgFで発生することが判った。この結果、集積型光デバイス100Eでは、より接着強度が向上されていることが判った。これらの結果によれば、集積型光デバイス100Eの場合には、安定した接続構造が得られることを確認できた。

[0065] 以上に説明したように、集積型光デバイス100Eでは、PLC10とPD20Aとを突き合わせ結合する際、基板1の上面の光回路側にUV光を透過する突き合わせ結合保持用の基板19を用いている。そして、PD20Aについては、基板11の下面が上面となるように裏返して使用し、突き合わせ結合部分にUV硬化型接着剤を充填してUV光を照射し、硬化させて結合部30Dを形成して構成される。即ち、PLC10とPD20Aとを突き合わせでの光回路の光導波路同士の調心後のUV硬化型接着剤を用いた硬化による結合部30Dの形成に際し、精度良く光導波路同士の突き合わせで十分な接着強度を得られる構造としている。この結果、PLC10の光回路をプラットフォームとし、PD20Aのハイブリッド集積を簡便に実現でき、かつ高精度な光導波路同士の突き合わせ結合が可能な集積型光デバイス100Eを低コストで提供することができる。特に集積型光デバイス100Eの場合には、基板19の使用以外に各光デバイスの突き合わせ結合端面付近に施したアライメント用のマーカーMを利用してアライメントしてから結合部30Dを形成している。このため、集積型光デバイス100Eでは、実施形態1の集積型光デバイス100Dの場合よりも、より安定して精度高く光結合を実施し、低損失な光結合特性が得られるようになる。

[0066] (実施形態3)

図8は、本発明の実施形態3に係る集積型光デバイス100Fの基本構成を斜め上方向から示した斜視図である。

[0067] 図8を参照すれば、集積型光デバイス100Fは、集積型光デバイス10

OCと比べ、光機能素子20にPD20Bを用いた点が相違している。また、PLC10については、コア層3に係る光入力部10_{IN}と光出力部10_{OUT}とを示すが、ここでも光回路の上面には基板19が設けられている。また、PD20Bについては、入力光導波路部20B_{IN}とGeによる光電変換部20B_aとを示している。即ち、集積型光デバイス100Eと比べると、外観上では構成上で概ね同じである。この集積型光デバイス100Fにおいても、PD20Bにおける光回路とPLC10における光回路との間、及びPD20Bにおける基板11の端面と基板19の端面との間に対して、UV硬化型接着剤を充填する。これにより、UV硬化型接着剤の硬化状態で結合部30Dを形成する。但し、集積型光デバイス100Fの場合、突き合わせ結合に至る作製時の各デバイスに施すマーカが相違している。このマーカは、PLC10における光回路、及びPD20Bにおける光回路の上面に設けられたメタル層を加工して形成されるAl等のメタルマーカである場合を例示できる。また、PD20Bの基板11の面に対して垂直方向に設けられた溝がアライメントに用いられるが、これについては後文で説明する。

[0068] 集積型光デバイス100Fを構成する石英系のPLC10には、サイズが縦5mm、横10mmで、板厚1mmのSiによる基板1を用いた。そして、基板1の上面にSiO₂のアンダークラッド層2を層厚20μm、コア幅4.5μmのSiO₂のコア層3を膜厚4.5μm、SiO₂のオーバークラッド層4を層厚15.5μmとなるように積層した。このようにして構成された光回路は、PLCチップと呼ばれても良い。ここでは、コア層3のコアとオーバークラッド層4及びアンダークラッド層2との屈折率差が2.0%となるように、コア層3による光導波路を形成した。PLC10では、一短辺側に設けられた光導波路のコア層3による光入力部10_{IN}から光を入力し、コア層3を伝搬した光を光入力部10_{IN}から見て光回路チップの反対の短辺側に形成された光出力部10_{OUT}から出力する。即ち、ここでは、4chの光導波路が250μmピッチで設けられ、それぞれ光入力部10_{IN}からPD20Bの光電変換部20B_aに至るまでの間の経路にS字型の光導波路構造が

設けられている。集積型光デバイス100Eでは、コア層3、13の入出力端面付近にアライメント用のマーカーMを設けたが、集積型光デバイス100Fでは、PLC10の表面にAuをパターニングしたメタルマーカーMMを設けている。

[0069] このPLC10に対して突き合せ結合されるPD20Bには、サイズが縦1.5mm、横1.5mmで、板厚0.625mmのSiによる基板11を用いた。そして、基板11の下面にSiO₂のアンダークラッド層12を膜厚3.0μm、コア幅0.5μmのSiのコア層3を膜厚0.22μm、SiO₂のオーバークラッド層14を膜厚1.5μmとなるように積層した。このようにして構成された光回路も、Siフォトリソグラフィと呼ばれて良い。ここでも、入力光導波路部20B_{1N}にスポットサイズ変換器が用いられ、そのモードフィールド直径(MFD:光強度分布で強度が1/e²となる全幅)は、PD20Bの垂直、及び水平の方向にそれぞれ3μmとなっている。入力光導波路部20B_{1N}から入力された光は、コア層13を伝搬し、光電変換部20Baで電気信号に変換される。光結合損失を除いたPD20Bの受光部単体での受光感度は波長1.55μmにおいて1.0A/Wである。このPD20Bの表面にも、AlをパターニングしたメタルマーカーMMを設けており、その位置はPLC10とアライメントする際に対応するようになっている。尚、PLC10の表面にはAuのメタルマーカーMMを設け、PD20Bの表面にはAlのメタルマーカーMMを設ける理由は、Siの製造プロセスの場合、Auが高価なので使われることが少なく、Alが一般的に使用されるためである。

[0070] また、PD20Bの表面に対して垂直方向に溝Vが設けられ、溝VがPD20Bの入力端面に露出されている。溝Vの深さは、PD20Bの基板11の内部領域まで到達している。この溝Vの位置は、PLC10の基板1の上面に設けられた溝マーカーMVと基板1の面と垂直な方向で一致している。この構造は高さ方向でアライメントする際に対応するようになっている。尚、溝Vは、突き合わせ結合状態で基板1の端面の上部領域まで到達するよう

に設けられている。溝Vの深さは、PLC10のコア層3の中心からオーバークラッド層4の上面までの高さ、PD20Bのコア層13の中心から溝Vの底面の基板11の内部領域までの深さとが一致するようにドライエッチングにより加工されている。

[0071] 突き合せ結合保持用の基板19は、縦5mm、横2mm、板厚0.7mmのガラス材料としての合成石英で構成されており、突き合わせ結合端面がPLC10の光出力用の端面と同一面となるように、PLC10の上面に接着剤等で実装固定されている。

[0072] 基板19を備えたPLC10に対するPD20Bの突き合せ結合は、PLC10のコア層3とPD20Bのコア層13とによる層面に対してPLC10の基板1とPD20Bの基板11とが対角方向となるように配置する。この後、PLC10とPD20Bとの突き合わせ結合端面をPLC10の斜め上方から観察してプリアライメントする。更に、PLC10の光出力部10。UTから出力された光に対し、PD20Bの受光感度が最大になるよう、PLC10のコア層3から出力光とPD20Bのコア層13への入力光との位置が正確に合致するように精密にアライメントする。このとき、基板19を通して斜め上方向の観察方向でアライメントを実施することが有効になる。

[0073] ところで、上述したプリアライメントは、実施形態3では、PLC10とPD20Bとの表面に設けられたメタルマーカ-MMを用いて実施する。図9は、集積型光デバイス100Fの突き合わせ結合部分を拡大して示した図である。図9(a)は、突き合わせ結合部分の上面図である。図9(b)は、図9(a)における1Xb-1Xb方向における側面断面図である。図9(c)は、溝V及び溝マーカ-MVを用いたアライメント時の突き合わせ結合部分の平面図である。図9(d)は、メタルマーカ-MMを用いたプリアライメント時の突き合わせ結合部分の平面図である。

[0074] PLC10では、コア層3とアンダークラッド層2及びオーバークラッド層4との屈折率差が小さいため、コア層3に設けたマーカ-Mを観察すると、コア層3とアンダークラッド層2及びオーバークラッド層4との境界面の

コントラストが小さく、解像度が低いという問題がある。そこで、図9 (a) に示されるように、PLC10の表面にメタルマーカ-MMを設けることで、メタルマーカ-MMのパターンを鮮明に確認することができる、このため、より精度良くアライメントするためには、メタルマーカ-MMを設けることが望ましい。

[0075] また、PD20Bでは、メタルマーカ-MMがコア層13の入出力端面付近にあれば、オーバークラッド層14を透過してコア層13の奥行き方向のメタルマーカ-MMのパターンを確認できる。しかし、PD20Bの表面にメタルマーカ-MMが存在すれば、図9 (b) に示されるように、斜め上の観察方向でアンダークラッド層12に加えてオーバークラッド層14の厚み分を透過してメタルマーカ-MMのパターンを確認できる。このため、より奥行き方向を視認することができ、メタルマーカ-MMのパターンの確認を容易にできるため、PD20Bの表面にもメタルマーカ-MMを設けることが望ましい。斜め上方向から突き合わせ結合端面を観察すれば、図9 (d) に示されるように、PD20Bのアンダークラッド層12を透過してコア層13の光導波路(コア)の奥行き方向のパターンを観察できる。メタルマーカ-MMのパターンをバーニアパターンとし、構成するスケールの幅を10 μ m、バーニアの刻みを0.5 μ mとすれば、メタルマーカ-MMはカメラで観察し易いサイズとなる。この結果、メタルマーカ-MMを設ける効果と相まって、プリアライメントを高精度に行うことができる。

[0076] また、メタルマーカ-MMは突き合わせ結合端面付近に2か所以上設けるようにし、それぞれのメタルマーカ-MMが合致するようにアライメント調整すれば、突き合わせ結合端面と垂直な方向を軸とした回転のずれも修正することができる。このように、PLC10とPD20Bとの表面とにおいてアライメント用のメタルマーカ-MMを設けることは、アライメントの精度を向上させる上で有効である。

[0077] 加えて、実施形態3では、図9 (c) に示されるように、PD20Bに設けた溝V及びPLC10に設けた溝マーカ-MVを用いることで基板1、1

1の面に対する垂直方向（高さ方向）でのアライメントも高精度化できる。斜め上方向から基板19を透過してPD20Bの溝Vの底面と、PLC10のオーバークラッド層4の表面に設けた溝マーカ－MVとが一致するようにアライメントを行うことで、設計した溝Vの深さに沿った基板1、11の突き合わせ結合端面と垂直な方向でのアライメントが可能になる。

[0078] ここでは、PD20Bの溝の深さを、PLC10のオーバークラッド層4の表面に一致するように設定しているが、PLC10の入出力端面に接するように設けられて視認できるパターンであれば良い。即ち、プリアライメントした時点で、PD20BとPLC10とのコア層3、13同士的位置が概ね合致していることを前提とする。そして、PD20Bの溝の深さは、PLC10のコア層3の中心からPLC10の表面上に設けられたパターンまでの基板1の面と垂直な方向における寸法と一致するように、PD20Bのコア層13の中心から溝Vの底面までの基板11の面と垂直な方向の寸法が設定されていれば良い。

[0079] また、視認性をよくするため、溝VはPD20Bの突き合わせ結合端面まで通じていることが望ましい。この配置の副次的効果として、端面間に導入するUV硬化型接着剤によってPD20Bの表面の接続部分に大きな接着剤フィレットが形成されることを抑制する効果がある。このようにして、集積型光デバイス100Fを作製した。

[0080] 図10は、集積型光デバイス100Fにおいて、PD20Bの受光感度をチャンネル毎に測定した後にPD20Bを突き合わせ結合端面に対して水平方向に力を加えたときの光結合の損失[dB]による接着強度の評価結果を示した図である。但し、図10では、集積型光デバイス100Fに波長1.55 μ mの光を光ファイバでPLC10に入力し、突き合わせ結合端面で結合部30Dを介して光結合されたPD20Bの受光感度をch毎に測定した結果を示している。更に、この後に接着強度の評価としてPD20Bを突き合わせ結合端面に対して水平方向に力を加えるシェア試験を行った結果を示している。加えて、比較として、同じ基板19が実装されていないPLC10

とPD20Bとを用い、コア層3、13の層面に対して基板1、11を揃えて突き合せ結合した従来構成の集積型光デバイスを作製した結果も比較対象として示している。

[0081] 図10を参照すれば、PD20Bの単体の受光感度からは、光結合による損失の算出結果には殆ど差異がなく、実施形態3の集積型光デバイス100Fであっても従来の集積型光デバイスと同等の突き合せ結合が実現できていることが判る。また、接着強度の評価結果のシェア試験では、従来の集積型光デバイスでは1.10kgFでPD20BとUV硬化型接着剤とが剥離するモードが発生した。これに対し、実施形態3の集積型光デバイス100Fでは、剥離モードが発生する点は同じであるものの、2.90kgFで発生することが判った。この結果、集積型光デバイス100Fでは、より接着強度が向上されていることが判った。これらの結果によれば、集積型光デバイス100Fの場合には、安定した接続構造が得られることを確認できた。

[0082] 即ち、集積型光デバイス100Fにおいて、基板19は、PLC10における基板1の上面に実装された状態でPD20Bの端面との突き合わせ結合に供される。また、PLC10の基板1とPD20Bの基板11とは、突き合わせ結合時にPLC10の光回路の光導波路とPD20Bの光回路の光導波路とによる光導波路（コア層3、13）同士の層面に対して対角するように配置される。そして、メタルマーカ－MMと溝マーカ－MVとは、基板19が実装されたPLC10とPD20Bとの突き合わせ結合端面でのアライメントの実施に供される。更に、結合部30Dは、アライメントの実施後に外部から光を入力しての調心後のUV硬化型接着剤の硬化により形成される。

[0083] 以上に説明したように、集積型光デバイス100Fでは、PLC10とPD20Bとを突き合わせ結合する際、基板1の上面の光回路側にUV光を透過する突き合わせ結合保持用の基板19を用いている。そして、PD20Bについては、基板11の下面が上面となるように裏返して使用し、突き合わせ部分にUV硬化型接着剤を充填してUV光を照射し、硬化させて結合部3

ODを形成して構成される。即ち、PLC10とPD20Bとを突き合わせるの光回路の光導波路同士の調心後のUV硬化型接着剤を用いた硬化による結合部30Dの形成に際し、精度良く光導波路同士の突き合わせて十分な接着強度を得られる構造としている。この結果、PLC10の光回路をプラットフォームとし、PD20Bのハイブリッド集積を簡便に実現でき、かつ高精度な光導波路同士の突き合わせ結合が可能な集積型光デバイス100Fを低コストで提供することができる。特に集積型光デバイス100Fの場合には、基板19の使用以外に各光デバイスの突き合わせ結合端面付近の表面に施したアライメント用のメタルマーカーマムを利用してプリアライメントしている。また、この後にPD20Bに設けた溝VとPLC10の溝Vに対して対向する溝マーカーマムを用いて、高さ方向のアライメントを実施して結合部30Dを形成している。このため、集積型光デバイス100Fでは、実施形態2の集積型光デバイス100Eの場合よりも、更に安定して精度高く光結合を実施し、低損失な光結合特性が得られるようになる。

請求の範囲

- [請求項1] 基板の一方の主面の上面に光回路が設けられた平面光波回路と、
基板の他方の主面の下面に光回路が設けられた光機能素子と、
前記平面光波回路と前記光機能素子とを突き合わせて結合する紫外線硬化型接着剤を有し、前記光回路のそれぞれの光導波路同士が調心されている結合部と、
を備えた集積型光デバイスであって、
前記平面光波回路における前記光回路の上面に設けられ、前記光機能素子の端面と突き合わせられて前記紫外線硬化型接着剤による結合に供される突き合わせ結合保持用の基板を備え、
前記平面光波回路における前記基板及び前記光機能素子における前記基板は、紫外線光帯域から可視光帯域までの波長領域の光を透過させない材料であり、
前記平面光波回路における前記光回路、前記光機能素子における前記光回路、及び前記突き合わせ結合保持用の基板は、紫外線光帯域から可視光帯域までの波長領域の光を透過させる材料であり、
前記結合部は、前記光機能素子における前記光回路と前記平面光波回路における前記光回路との間、及び前記光機能素子における前記基板の端面と前記突き合わせ結合保持用の基板の端面との間に対して前記紫外線硬化型接着剤が充填されて硬化された状態で形成されたことを特徴とする集積型光デバイス。
- [請求項2] 前記平面光波回路における前記基板は、Si又はInPであり、
前記光機能素子における前記基板は、Si又はInPであり、
前記突き合わせ結合保持用の基板は、前記光機能素子における前記基板よりも板厚であり、紫外線光帯域から可視光帯域までの波長領域の光を透過するガラス材料である
ことを特徴とする請求項1に記載の集積型光デバイス。
- [請求項3] 少なくとも前記平面光波回路における前記光回路の入出力端面付近

と、前記光機能素子における前記光回路の入出力端面付近には、突き合わせ時の位置合わせ用のマーカが設けられている

ことを特徴とする請求項1又は2に記載の集積型光デバイス。

[請求項4]

前記位置合わせ用のマーカは、前記平面光波回路の前記光回路と前記光機能素子の前記光回路との突き合わせ結合端面における前記光導波路が形成された層の光の伝搬を妨げない箇所に設けられた

ことを特徴とする請求項3に記載の集積型光デバイス。

[請求項5]

前記突き合わせ結合端面には、前記位置合わせ用のマーカが少なくとも2か所に設けられている

ことを特徴とする請求項3に記載の集積型光デバイス。

[請求項6]

前記位置合わせ用のマーカは、前記平面光波回路における前記光回路、及び前記光機能素子における前記光回路の上面に設けられたメタル層を加工して形成されたメタルマーカである

ことを特徴とする請求項5に記載の集積型光デバイス。

[請求項7]

前記光機能素子の表面に対して垂直方向に設けられた溝が当該光機能素子の入出力端面に露出されており、

前記溝の深さは、前記光機能素子の基板の内部領域まで到達しており、

前記溝の位置は、前記平面光波回路の基板の上面に設けられた溝マーカと当該基板の垂直方向で一致している

ことを特徴とする請求項6に記載の集積型光デバイス。

[請求項8]

前記突き合わせ結合保持用の基板は、前記平面光波回路における前記基板の上面に実装された状態で前記光機能素子の端面との突き合わせ結合に供され、

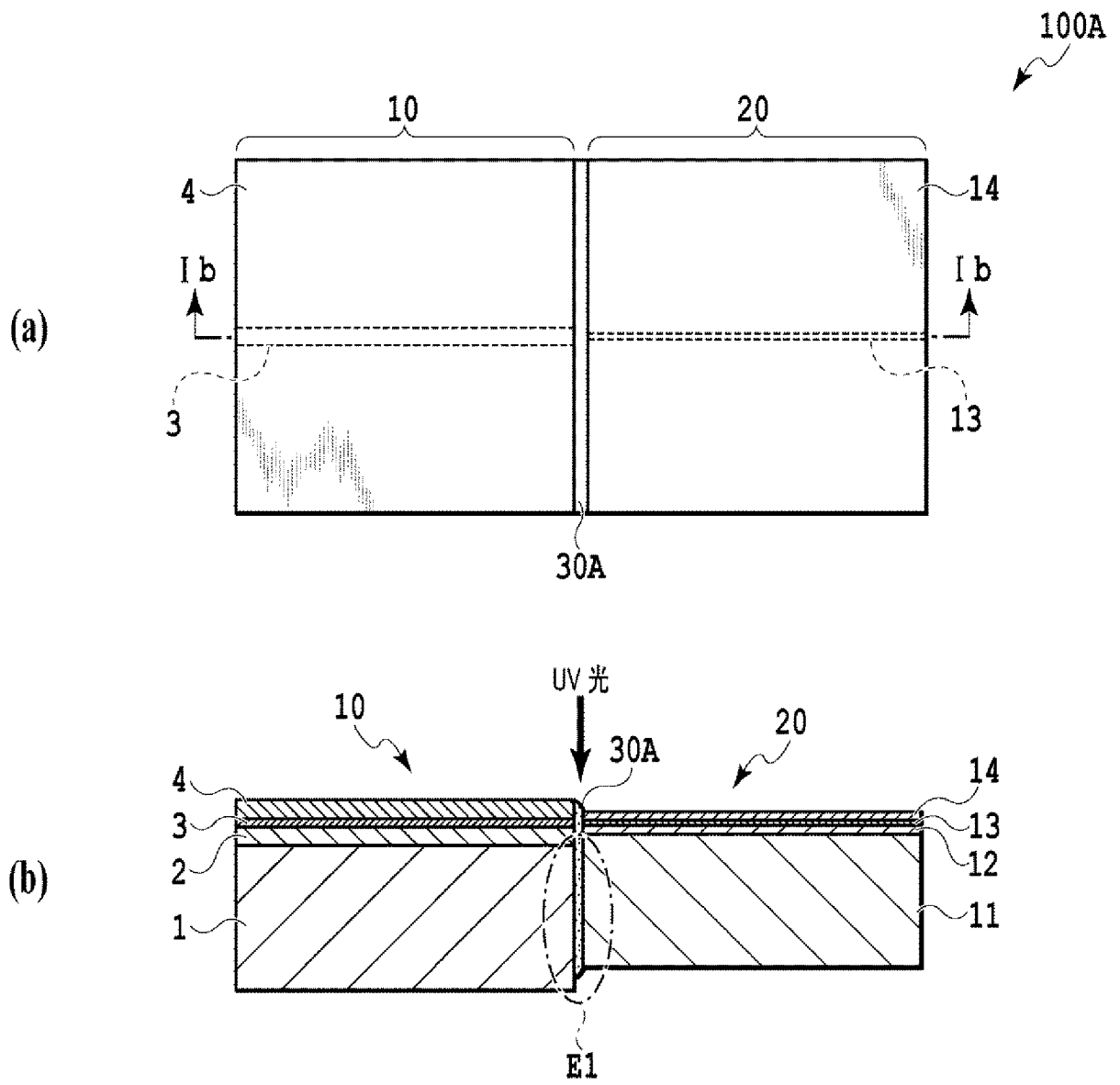
前記平面光波回路の前記基板と前記光機能素子の基板とは、突き合わせ結合時に当該平面光波回路の光回路の光導波路と当該光機能素子の光回路の光導波路とによる当該光導波路同士の層面に対して対角するように配置され、

前記メタルマーカ―と前記溝マーカ―とは、前記突き合わせ結合保持用の基板が実装固定された前記平面光波回路と前記光機能素子との突き合わせ結合端面でのアライメントの実施に供され、

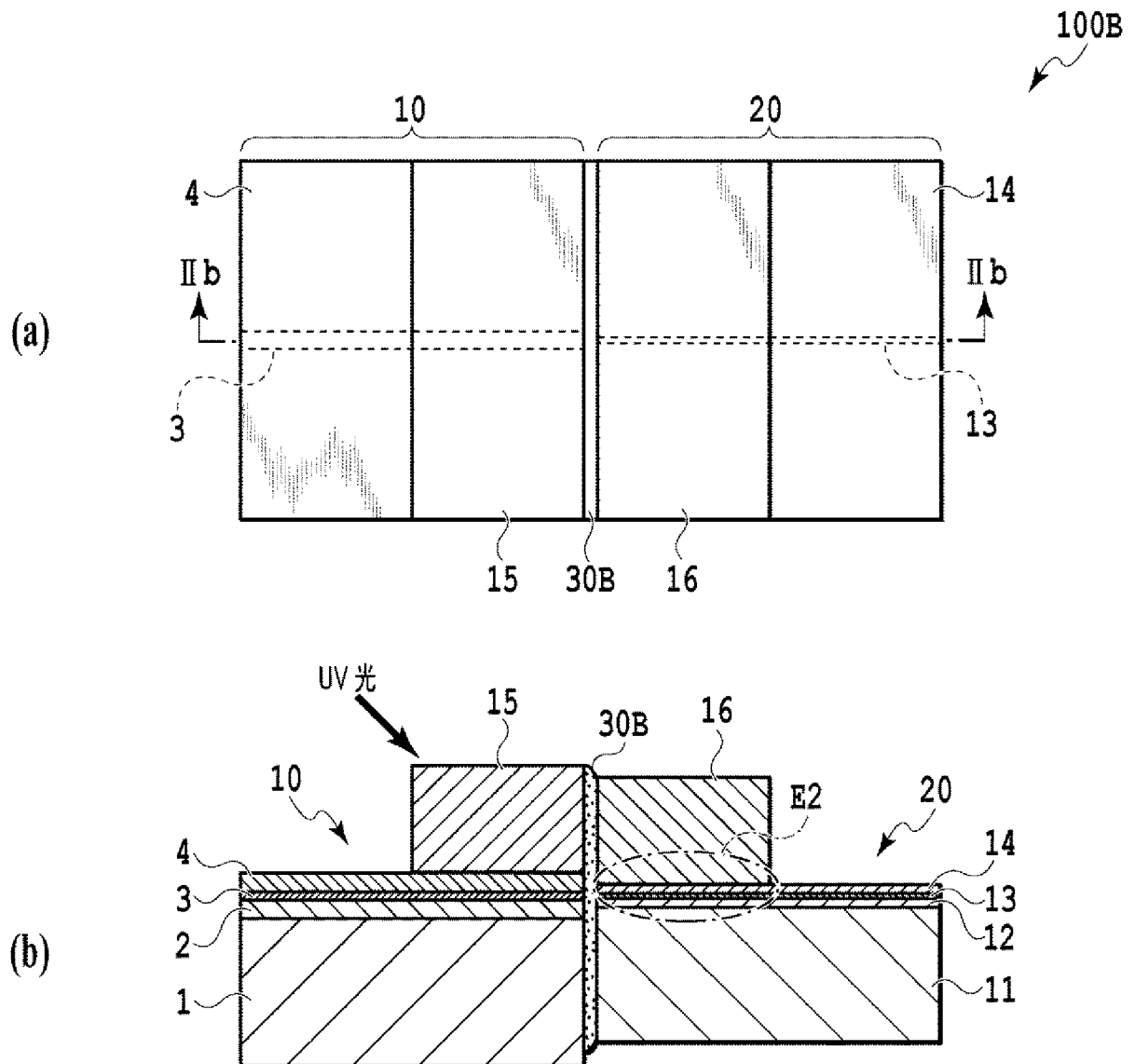
前記結合部は、前記アライメントの実施後に外部から光を入力しての調心後の前記紫外線硬化型接着剤の硬化により形成された

ことを特徴とする請求項7に記載の集積型光デバイス。

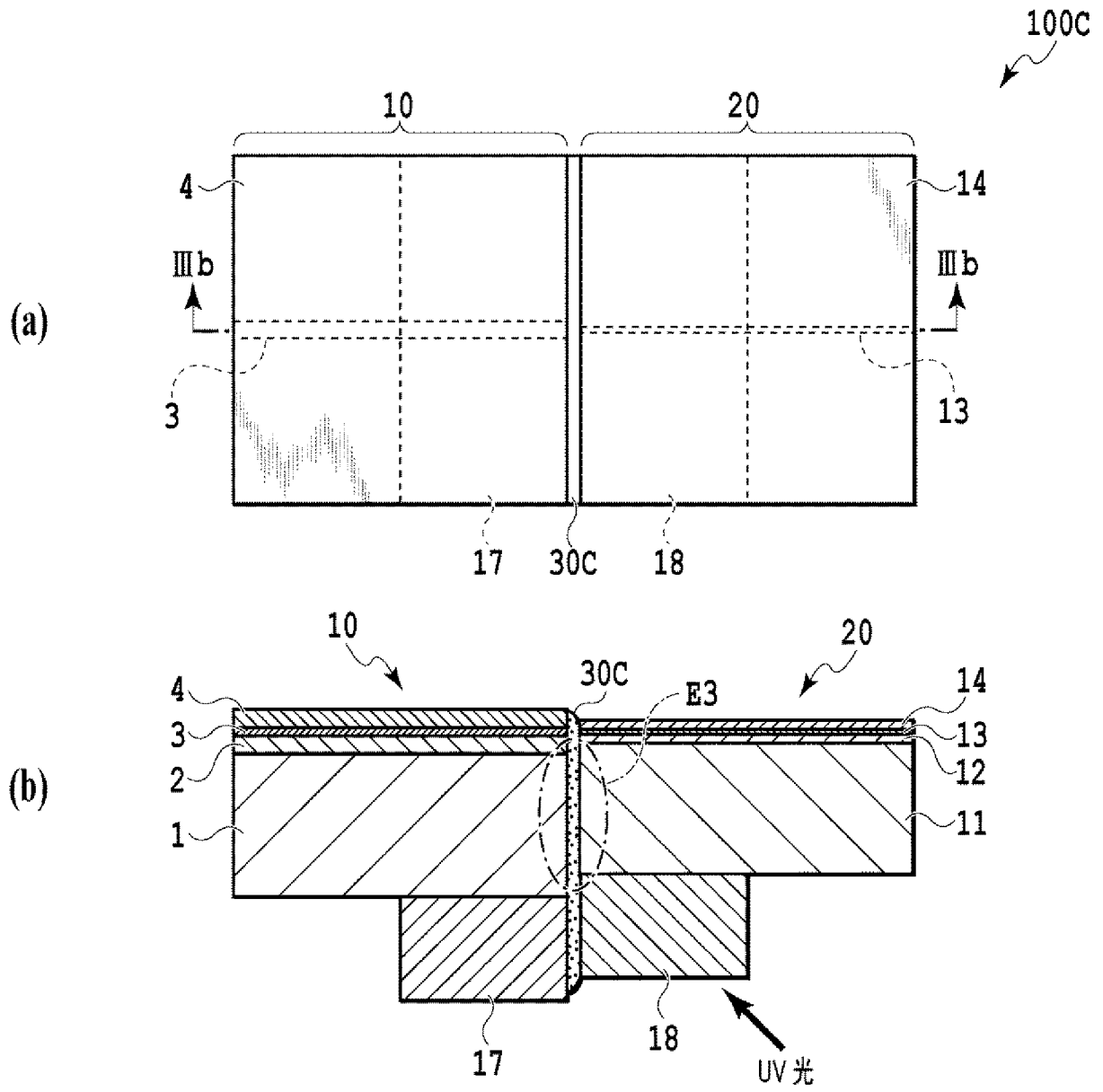
[図1]



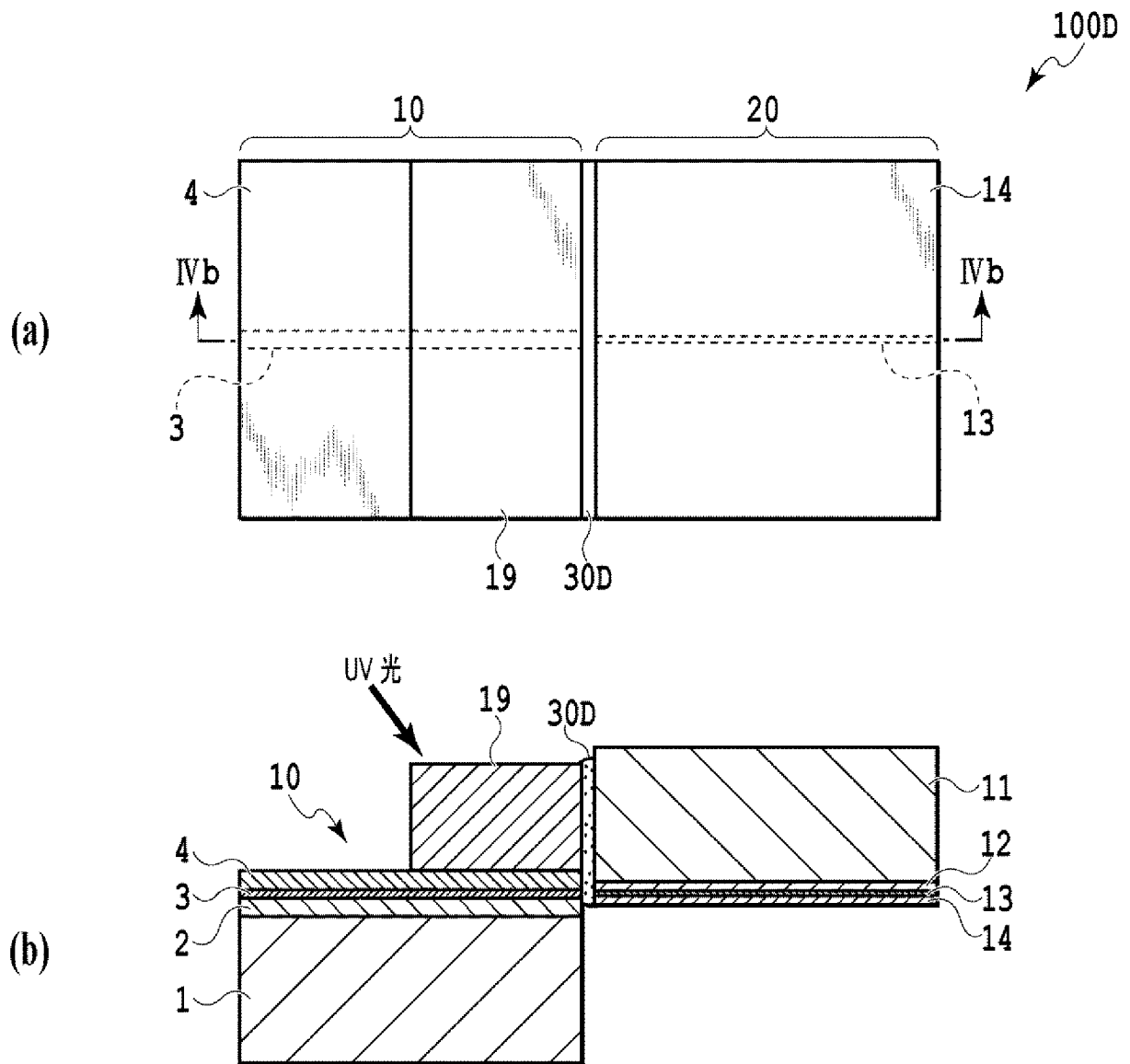
[図2]



[図3]

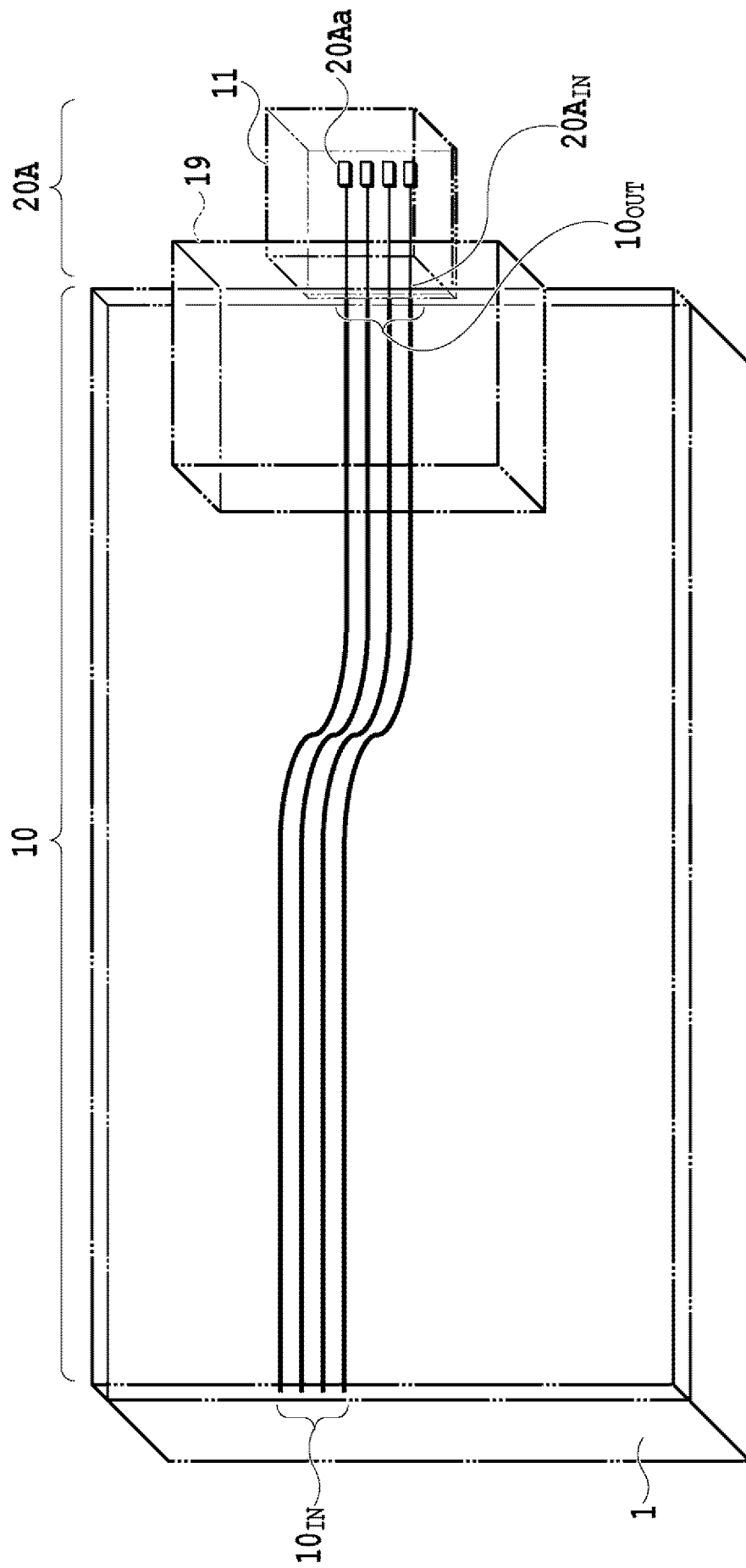


[図4]

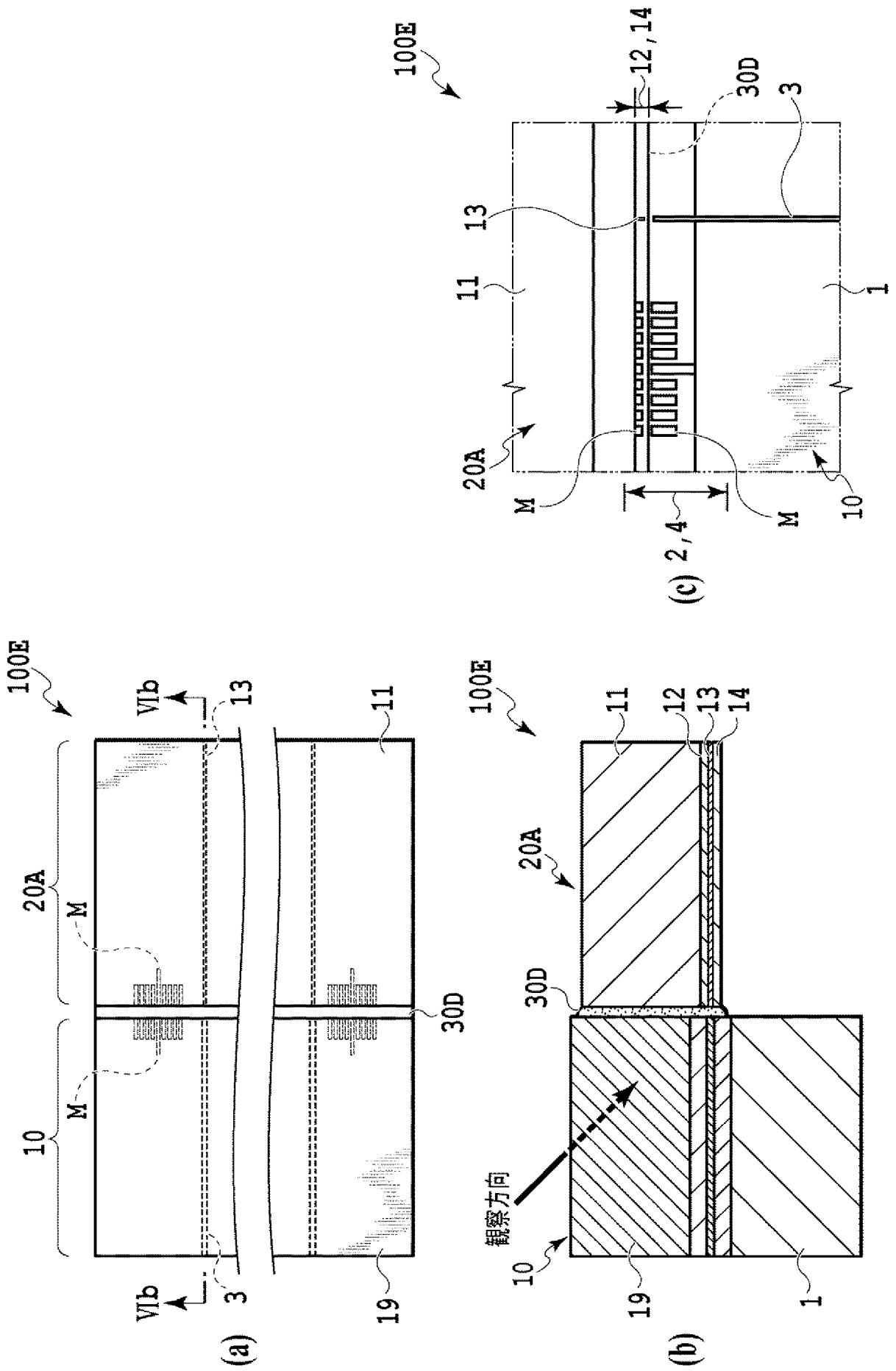


[5]

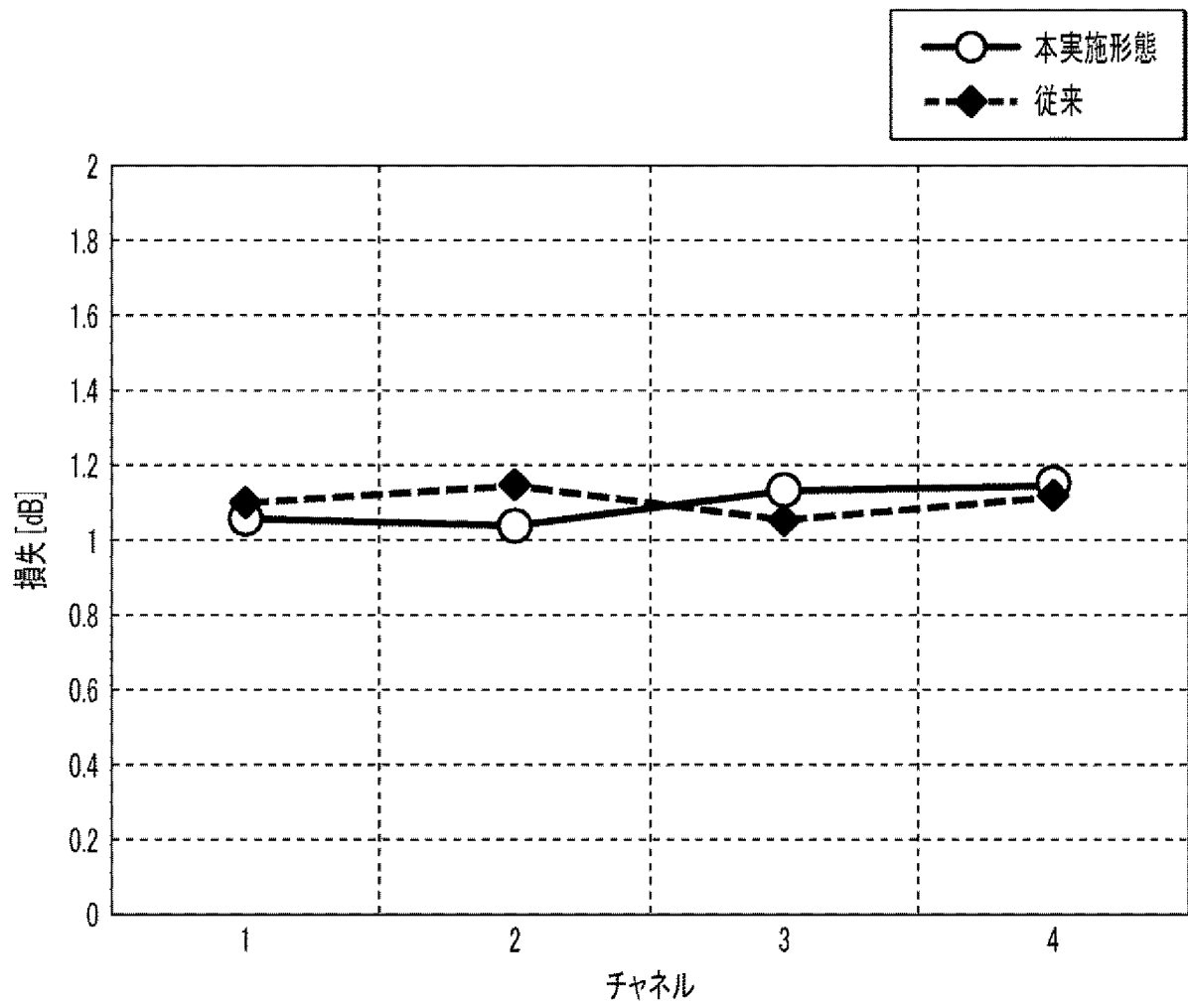
100E



[図6]

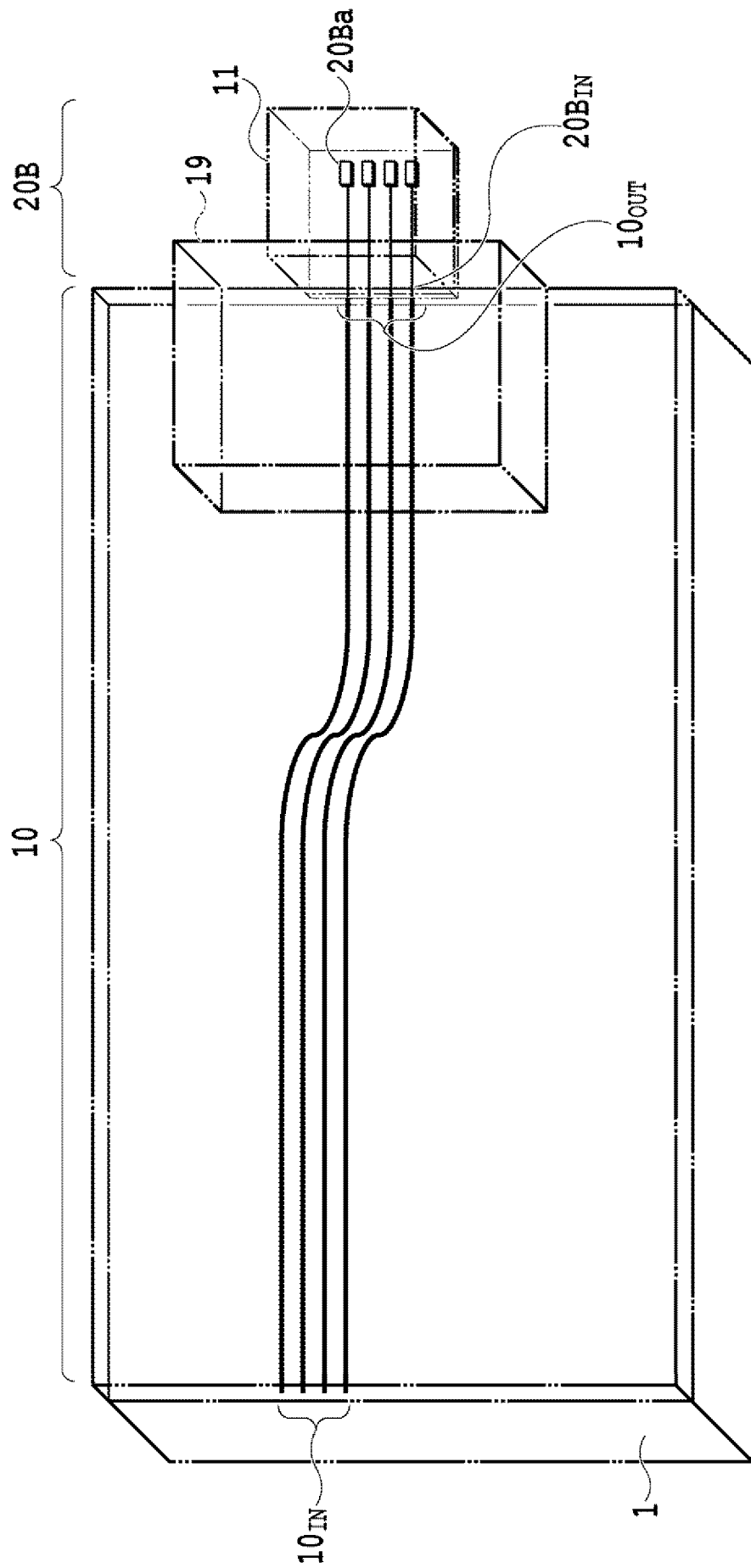


[図7]

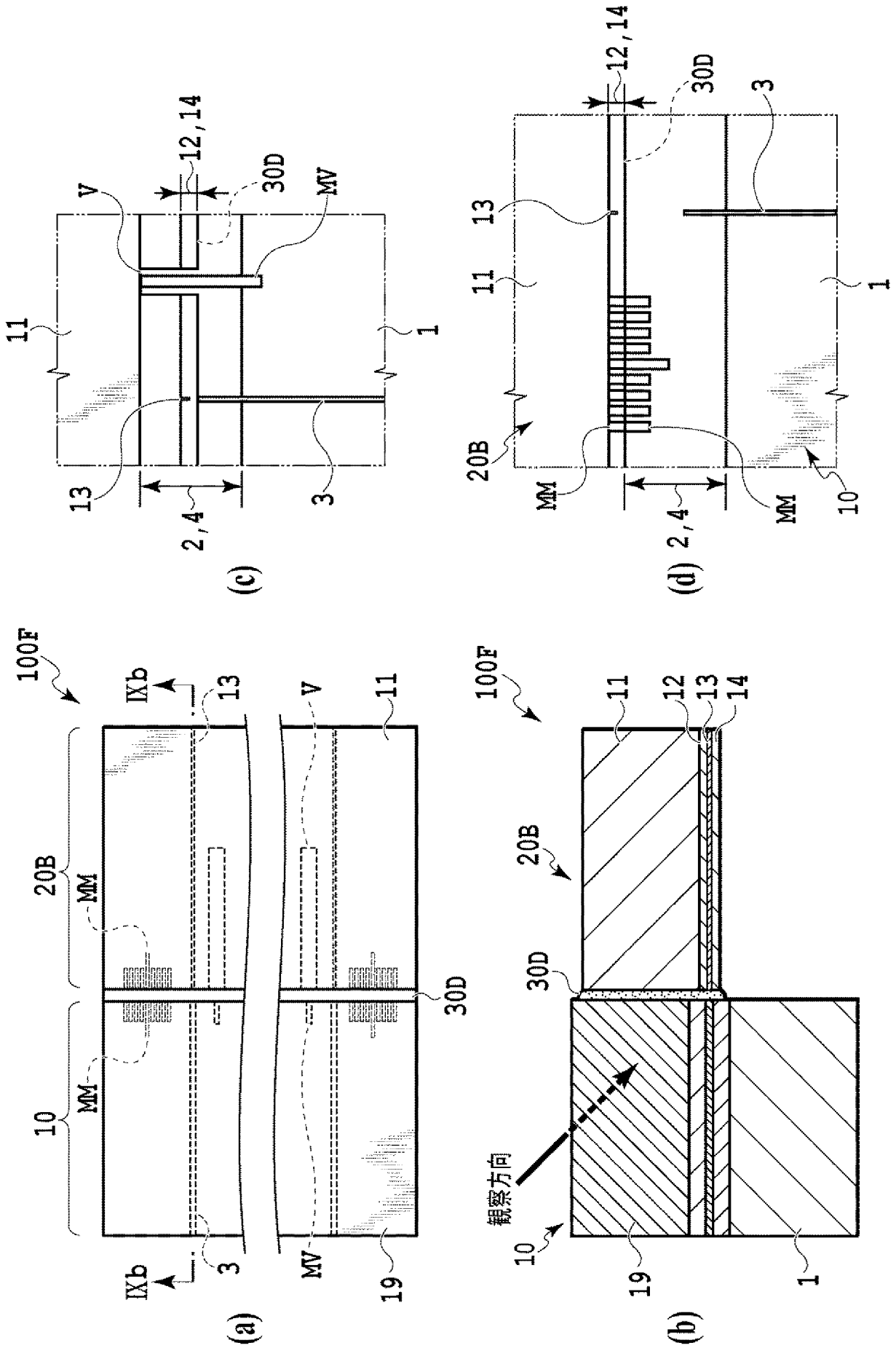


[8]

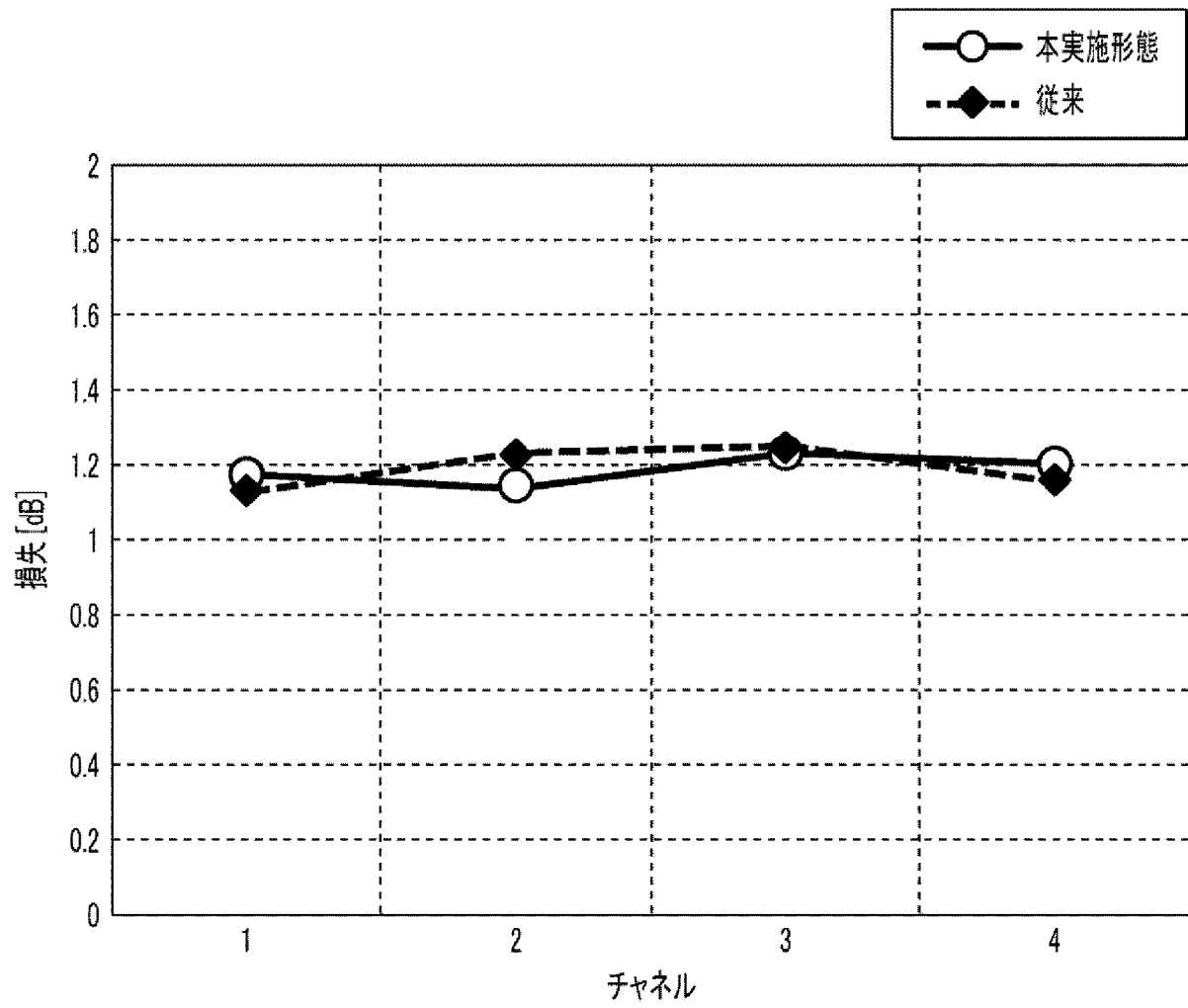
100F



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/025577

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B6/12(2006.01) i, G02B6/42(2006.01) i
 FI: G02B6/42, G02B6/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G02B6/12-6/14, G02B6/24-6/43

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	1971-2020
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	JP 2009-93093 A (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 30	1-2
Y	April 2009 (2009-04-30), paragraphs [0005], [0006], [0018]-[0035], fig. 1-4	3-8
Y	JP 2002-62447 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 28 February 2002 (2002-02-28), paragraphs [0022]-[0038], fig. 1-4	3-8
A	JP 2015-197616 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 09 November 2015 (2015-11-09), entire text, all drawings	1-8
A	JP 2011-242602 A (FUJITSU LIMITED) 01 December 2011 (2011-12-01), entire text, all drawings	1-8
A	US 2006/0093002 A1 (PARK, M. Y.) 04 May 2006 (2006-05-04), entire text, all drawings	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C. 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 14 September 2020	Date of mailing of the international search report 29 September 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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/025577

JP 2009-93093 A	30 April 2009	(Family: none)
JP 2002-62447 A	28 February 2002	(Family: none)
JP 2015-197616 A	09 November 2015	(Family: none)
JP 2011-242602 A	01 December 2011	(Family: none)
US 2006/0093002 A1	04 May 2006	KR 10-2006-0039826 A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 6/12(2006.01)i; G02B 6/42(2006.01)i FI: G02B6/42; G02B6/12		
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, G02B6/24-6/43 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 1971-2020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 2009-93093 A (古河電気工業株式会社) 30.04.2009 (2009-04-30) 段落[0005]-[0006], [0018]-[0035], 図1-4	1-2
Y		3-8
Y	JP 2002-62447 A (日本電信電話株式会社) 28.02.2002 (2002-02-28) 段落[0022]-[0038], 図1-4	3-8
A	JP 2015-197616 A (日本電信電話株式会社) 09.11.2015 (2015-11-09) 全文, 全図	1-8
A	JP 2011-242602 A (富士通株式会社) 01.12.2011 (2011-12-01) 全文, 全図	1-8
A	US 2006/0093002 A1 (PARK, Mahn Yong) 04.05.2006 (2006-05-04) 全文, 全図	1-8
<input 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 “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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 14.09.2020	国際調査報告の発送日 29.09.2020	
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） 岸 智史 2L 3603 電話番号 03-3581-1101 内線 3295	

国際調査報告
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/025577

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
JP 2009-93093 A	30.04.2009	(ファミリーなし)	
JP 2002-62447 A	28.02.2002	(ファミリーなし)	
JP 2015-197616 A	09.11.2015	(ファミリーなし)	
JP 2011-242602 A	01.12.2011	(ファミリーなし)	
US 2006/0093002 A1	04.05.2006	KR 10-2006-0039826 A	