

(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
2016年1月7日(07.01.2016)



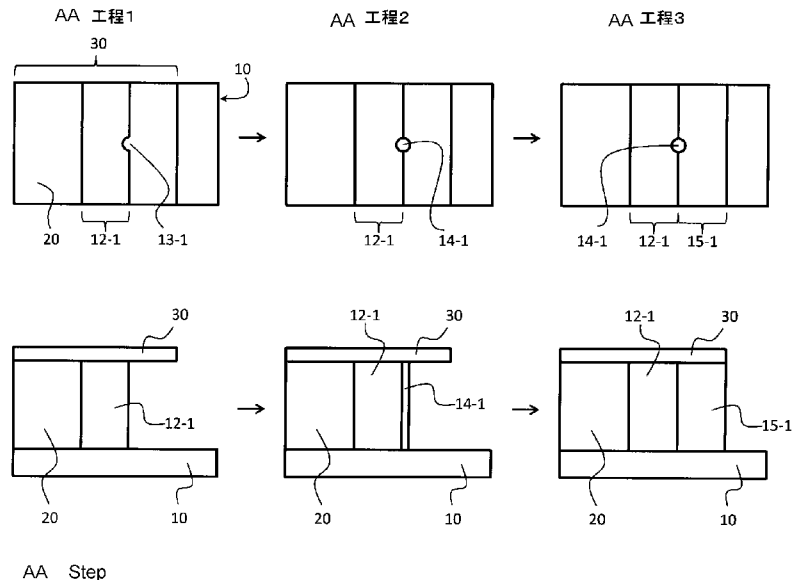
(10) 国際公開番号
WO 2016/002712 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/138 (2006.01) G02B 6/122 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/068673
- (22) 国際出願日: 2015年6月29日(29.06.2015)
- (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 2014-138503 2014年7月4日(04.07.2014) JP
- (71) 出願人: 技術研究組合光電子融合基盤技術研究所 (PHOTONICS ELECTRONICS TECHNOLOGY RESEARCH ASSOCIATION) [JP/JP]; 〒1120014 東京都文京区関口1-20-10 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 上村 寿憲 (UEMURA, Toshinori); 〒1120014 東京都文京区関口1-20-10 技術研究組合光電子融合基盤技術研究所内 Tokyo (JP). 屋敷 健一郎 (YASHIKI, Kenichiro); 〒1120014 東京都文京区関口1-20-10 技術研究組合光電子融合基盤技術研究所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 小野 新次郎, 外 (ONO, Shinjiro et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目2番1号 新大手町ビル206区 ユアサハラ法律特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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),

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL-DEVICE MANUFACTURING METHOD AND OPTICAL DEVICE

(54) 発明の名称: 光デバイスの製造方法及び光デバイス



(57) Abstract: This invention prevents or reduces optical-waveguide core misalignment. This method for manufacturing an optical device that contains one or more optical-waveguide cores that are provided vertically or obliquely on a substrate includes a step in which a first cladding section is formed on top of the substrate and a step in which a light-curing resin is supplied to a region adjacent to the first cladding section on the substrate and part of said light-curing resin is exposed to light from above the substrate so as to form one or more optical-waveguide cores such that parts of the sides thereof are in close contact with the first cladding section.

(57) 要約: 光導波路コアの位置ずれを防止又は低減する。基板に対して垂直又は斜めに立設して形成された1又は複数の光導波路コアを有する光デバイスの製造方法であって、前記基板上に第1クラッド部を形成する工程と、前記基板上の前記第1クラッド部に隣接する領域に光硬化性樹脂を供給し、前記基板の上方から前記光硬化性樹脂の一部分に光を照射することによって、側面が部分的に前記第1クラッド部に密着するように前記1又は複数の光導波路コアを形成する工程と、を含む。

WO 2016/002712 A1

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))

明 細 書

発明の名称：光デバイスの製造方法及び光デバイス

技術分野

[0001] 本発明は、光デバイスの製造方法及び光デバイスに関する。

背景技術

[0002] 高密度並列光モジュールの需要があり、適用領域に応じて低コスト化、小型化、高信頼性が求められている。従来、光モジュールの光インターフェースには、多チャンネルで同時に良好な光結合効率を得るためにマイクロレンズアレイが用いられていたが、マイクロレンズアレイは少なくとも3軸で位置合わせする必要があるので、アSEMBリコストが大きい。さらに、レンズを用いると、作動距離を必要とする分、光が広がり、狭ピッチ化が困難であった。そのため、光インターフェースの構造が光モジュールの小型化・低コスト化の律速要因の一つとなっていた。そこで、例えば、特許文献1に示すようなポリマー導波路が提案されている。これは、光硬化性樹脂内に当該樹脂の感光波長の光を伝搬させることによって光が通った部分の樹脂を硬化させ、その部分を光導波路コアとするものである。このような導波路であれば、ウェハ上への一括形成、光チャンネルの狭ピッチ化が可能であり、光モジュールの小型化・低コスト化に大きく寄与すると考えられた。図18A及びBは、このような光導波路コアの作製方法の一例を示す図である。まず、基板910上にスペーサ920を配置し、薄板ガラス930をその一部がスペーサ920から張り出すようにしてスペーサ920上に載置し、更に、基板910と薄板ガラス930で挟まれた基板910上の空間に、光硬化性樹脂940を供給する(図18A)。次に、薄板ガラス930の上部に光導波路コア形成用のマスク(不図示)を配置し、このマスクを介して光硬化性樹脂940にその感光波長の光(例えばUV光)950を照射する。これにより、マスクを通過した光が通った部分の光硬化性樹脂が硬化して、基板910に対して垂直に立設した光導波路コア914が形成される(図18B)。そ

の後、未硬化の光硬化性樹脂 940 を現像液で洗い流して除去し、更に光導波路コア 914 の周囲にクラッド層用の樹脂を充填する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開 2008-299180 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] このように、図 18B に示される光導波路コア 914 は、その上端部と下端部においてそれぞれ薄板ガラス 930 と基板 910 に固着している。しかしながら、光導波路コア形成後に未硬化の光硬化性樹脂を除去する際や、クラッド層用の樹脂を充填する際などに、光導波路コアと薄板ガラス又は基板との固着部が剥離してしまうことがある。これは、固着部の面積が小さいため、光導波路コアと薄板ガラス及び基板との固着力が十分に大きくない反面、光導波路コアの材質である樹脂の線膨張係数と基板や薄板ガラスの線膨張係数が異なるために、固着部の界面に比較的大きな応力が発生する可能性がある、ということが 1 つの原因であると考えられる。この固着部の剥離によって、光導波路コアが傾いたり倒れたりし、その結果、光導波路コアの位置が所望の設計位置からずれてしまうことが問題となる。

[0005] 本発明は、上記の点に鑑みてなされたものであり、その目的の 1 つは、光導波路コアの位置ずれを防止又は低減することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上述した課題を解決するために、本発明の一態様は、基板に対して垂直又は斜めに立設して形成された 1 又は複数の光導波路コアを有する光デバイスの製造方法であって、前記基板上に第 1 クラッド部を形成する工程と、前記基板上の前記第 1 クラッド部に隣接する領域に光硬化性樹脂を供給し、前記基板の上方から前記光硬化性樹脂の一部分に光を照射することによって、側面が部分的に前記第 1 クラッド部に密着するように前記 1 又は複数の光導波

路コアを形成する工程と、を含む。

[0007] また、本発明の他の一態様は、上記一態様において、前記1又は複数の光導波路コアの前記第1クラッド部と接していない側面を覆うように第2クラッド部を形成する工程を更に含む。

[0008] また、本発明の他の一態様は、上記一態様において、前記第1クラッド部を形成する前に、前記基板上に前記第1クラッド部を補強するための補強部を形成する工程を更に含む。

[0009] また、本発明の他の一態様は、上記一態様において、前記補強部は、前記1又は複数の光導波路コアを伝搬させる信号光の波長において不透明な材質から構成される。

[0010] また、本発明の他の一態様は、上記一態様において、前記第1クラッド部は1又は複数の凹部を有し、前記1又は複数の光導波路コアはそれぞれその側面が前記1又は複数の凹部の内壁面に密着するように形成される。

[0011] また、本発明の他の一態様は、基板に対して垂直又は斜めに立設して形成された光導波路コアを有する光デバイスの製造方法であって、前記基板上の前記光導波路コアが形成されることとなる領域の周囲に、前記領域から所定距離離間して、前記光導波路コアの位置ずれを規制するための複数の規制部を形成する工程と、前記複数の規制部によって囲まれた領域に光硬化性樹脂を供給し、前記基板の上方から前記光硬化性樹脂の一部分に光を照射することによって、前記光導波路コアを形成する工程と、前記光導波路コアの側面を覆うようにクラッド部を形成する工程と、を含む。

[0012] また、本発明の他の一態様は、上記一態様において、前記規制部は、前記クラッド部と同じ材質から構成される。

[0013] また、本発明の他の一態様は、上記一態様において、前記規制部は、前記光導波路コアを伝搬させる信号光の波長において不透明な材質から構成される。

[0014] また、本発明の他の一態様は、上記一態様において、前記複数の規制部は、隣り合う2つの規制部の間の間隙が前記光導波路コアの幅よりも狭くなる

ように形成される。

[0015] また、本発明の他の一態様は、上記一態様において、前記複数の規制部のうちの少なくとも1つは凹部を有し、前記光導波路コアは前記凹部内に配置される。

[0016] また、本発明の他の一態様は、上記一態様において、前記規制部は、前記光導波路コアから遠い部分の幅が前記光導波路コアに近い部分の幅よりも広い形状に形成される。

[0017] また、本発明の他の一態様は、基板に対して垂直又は斜めに立設して形成された複数の光導波路コアを有する光デバイスの製造方法であって、前記基板上の前記複数の光導波路コアが形成されることとなる領域の周囲に、前記領域から所定距離離間して、前記複数の光導波路コアの位置ずれを規制するための複数の規制部を形成する工程と、前記複数の規制部によって囲まれた領域に光硬化性樹脂を供給し、前記基板の上方から前記光硬化性樹脂の一部に光を照射することによって、前記複数の光導波路コアを形成する工程と、前記複数の光導波路コアの各側面を覆うようにクラッド部を形成する工程と、を含み、前記複数の規制部は、前記複数の光導波路コアの配列方向に沿って前記光硬化性樹脂を流通可能とする通路を有するように形成される。

[0018] また、本発明の他の一態様は、上記一態様において、前記複数の規制部は、前記複数の光導波路コアの配列方向と交わる方向に沿って前記光硬化性樹脂を流通可能とする通路を更に有するように形成される。

[0019] また、本発明の他の一態様は、基板と、前記基板に対して垂直又は斜めに立設して形成された1又は複数の光導波路コアと、前記1又は複数の光導波路コアの側面を部分的に覆うクラッド部と、を備える光デバイスである。

[0020] また、本発明の他の一態様は、上記一態様において、前記クラッド部に接した硬化樹脂を更に備える。

[0021] また、本発明の他の一態様は、基板と、前記基板に対して垂直又は斜めに立設して形成された1又は複数の光導波路コアと、前記1又は複数の光導波路コアの周囲に前記1又は複数の光導波路コアから所定距離離間して形成さ

れた硬化樹脂と、前記1又は複数の光導波路コアと前記硬化樹脂との間に充填されたクラッド部と、を備える光デバイスである。

[0022] また、本発明の他の一態様は、上記一態様において、前記硬化樹脂は、前記1又は複数の光導波路コアを伝搬させる信号光の波長において不透明な材質から構成される。

発明の効果

[0023] 本発明によれば、光導波路コアの位置ずれを防止又は低減することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]第1実施形態に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図2]第1実施形態の変形例に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図3]第1実施形態の変形例に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図4]第1実施形態の変形例に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図5]第1実施形態の変形例に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図6]第1実施形態の変形例に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図7]第2実施形態に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図8]第2実施形態の変形例に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図9]第2実施形態の変形例に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図10]第2実施形態の変形例に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図11]第2実施形態の変形例に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図12]第2実施形態の変形例に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図13]第3実施形態に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図14]第4実施形態に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図15]第5実施形態に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図16]第5実施形態の変形例に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図17]第6実施形態に係る光デバイスの製造方法を示す図である。

[図18A]従来の光デバイスの製造方法を示す図である。

[図18B]従来の光デバイスの製造方法を示す図である。

[図19]従来の光デバイスの製造方法を示す図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳しく説明する。

[0026] <第1実施形態>

図1は、第1実施形態に係る光デバイスの製造方法を示す図であり、各工程における光デバイスの上面図及び側面図を示す。

[0027] まず、工程1において、基板10上にスペーサ20を配置し、薄板ガラス30をその一部がスペーサ20から張り出すようにしてスペーサ20上に載置し、更に、基板10と薄板ガラス30で挟まれた基板10上の空間に、第1クラッド部形成用の光硬化性樹脂を供給する。基板10は、例えば、Si基板、SOI基板等である。基板10の表面には、光導波路コアと光結合されることとなるフォトダイオードやグレーティングカップラ等の光回路（不図示）が形成されている。スペーサ20は、基板10に垂直な方向における光導波路コアの長さを規定する部材である。薄板ガラス30は、光デバイスの完成後に光導波路コアに対する光学的なインターフェース面として利用される。なお、基板10上に第1クラッド部形成用の光硬化性樹脂を供給した後に、薄板ガラス30をスペーサ20上に載置する手順としてもよい。

[0028] 続いて工程1において、薄板ガラス30の上部に第1クラッド部形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介して第1クラッド部形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例えばUV光）を照射する。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が硬化して、露光マスクのパターンに応じた形状の第1クラッド部12-1が形成される。その後、未硬化の光硬化性樹脂を現像液で洗い流して除去する。

[0029] 図1の工程1に示されるように、第1クラッド部12-1のスペーサ20と反対側の側面は、半円状の凹部13-1を有する形状に形成される。この凹部13-1は、次の工程2において光導波路コアが形成される部分である。また、図1の工程1に示されるように、第1クラッド部12-1は、上面視において光導波路コアよりも格段に大きい面積を有するように形成される

。一例として、光導波路コアの径は10 μ m程度であり、第1クラッド部12-1の凹部13-1からスペーサ20の方向へ測った幅は数百 μ mである。例えば、第1クラッド部12-1はスペーサ20と接するように形成されてもよい。このように大面積を有するため、第1クラッド部12-1は、基板10及び薄板ガラス30と強固に固着している。よって、第1クラッド部12-1と基板10及び薄板ガラス30との界面に剥離が生じることはない。また、たとえ剥離が生じたとしても、第1クラッド部12-1は光導波路コアのような柱状形状ではないため、傾いたり倒れたりすることはなく、したがって、第1クラッド部12-1は位置ずれを起こさない。

[0030] 次に、工程2において、基板10と薄板ガラス30で挟まれ、第1クラッド部12-1に隣接する基板10上の空間に、光導波路コア形成用の光硬化性樹脂を供給する。そして、薄板ガラス30の上部に光導波路コア形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介して、光導波路コア形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例えばUV光）を照射する。露光マスクのパターンは、露光マスクを通過した光のビーム形状が、第1クラッド部12-1の半円状の凹部13-1に対応した円状の形状となるようなパターンとする。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が円柱状に硬化して、円柱の形状を持った光導波路コア14-1が、第1クラッド部12-1の凹部13-1に嵌まり込んだ状態で形成される。その後、未硬化の光硬化性樹脂を現像液で洗い流して除去する。

[0031] 図1の工程2に示されるように、光導波路コア14-1の円柱側面のうちの第1クラッド部12-1側のほぼ半分が、第1クラッド部12-1の半円状の凹部13-1の表面に密着している。そのため、凹部13-1における光導波路コア14-1と第1クラッド部12-1との接触面積は、光導波路コア14-1の上端部における薄板ガラス30との接触面積、及び下端部における基板10との接触面積と比較して著しく大きい。また、光導波路コア14-1と第1クラッド部12-1は共に成分の近い樹脂から構成されており、これら2つの樹脂相互間の密着性も高い。このように、接触面積が大きい

いこと、及び樹脂間の密着性が高いことによって、光導波路コア14-1は、第1クラッド部12-1の半円状の凹部13-1に強固に固着されている。更に、光導波路コア14-1と第1クラッド部12-1の樹脂成分が近いことから、これら2つの樹脂材料の線膨張係数差は小さい。そのため、凹部13-1における光導波路コア14-1と第1クラッド部12-1との密着部分に、剥離が生じるおそれは低い。したがって、光導波路コア14-1は第1クラッド部12-1の凹部13-1にしっかりと密着して支持され、これにより、工程2から次の工程3の間に、光導波路コア14-1の位置ずれを防止することができる。また、従来例よりも小さな径の光導波路コアを形成することが可能となる。

[0032] 次に、工程3において、基板10と薄板ガラス30で挟まれ、光導波路コア14-1及び第1クラッド部12-1に隣接する基板10上の空間に、第2クラッド部形成用の光硬化性樹脂を供給する。そして、薄板ガラス30の上部に第2クラッド部形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介して第2クラッド部形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例えばUV光）を照射する。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が硬化して、光導波路コア14-1の第1クラッド部12-1と接していない側面を覆うように、第2クラッド部15-1が形成される。その後、未硬化の光硬化性樹脂を現像液で洗い流して除去する。なお、第2クラッド部形成用の光硬化性樹脂は、第1クラッド部形成用の光硬化性樹脂と同じ樹脂であってもよいし、別の樹脂を用いてもよい。

[0033] なお、工程3は省略することが可能である。この場合には、樹脂からなる第2クラッド部15-1の代わりに、光導波路コア14-1よりも屈折率が低い物質である空気（又は真空）が、第2クラッド部として機能することとなる。

[0034] 図2乃至図6は、第1実施形態の変形例に係る光デバイスの製造方法を示す図であり、各工程における光デバイスの上面図を示す。以下、図1と異なる点を説明するが、その他の点に関しては図1と同一である。

[0035] 図2では、第1クラッド部12-2は矩形状の凹部13-2を有する形状に形成され、四角柱の形状を持った光導波路コア14-2が、第1クラッド部12-2の凹部13-2に嵌まり込んだ状態で形成される。光導波路コア14-2は第1クラッド部12-2の凹部13-2にしっかりと密着して支持され、これにより、光導波路コア14-2の位置ずれが防止される。

[0036] 図3では、第1クラッド部12-3のスペーサ20と反対側の側面が凹部を有しないフラットな形状に形成され、四角柱の形状を持った光導波路コア14-3が、その側面のうちの1つを第1クラッド部12-3の当該フラットな側面に密接させた状態で形成される。光導波路コア14-3は第1クラッド部12-3のフラットな側面にしっかりと密着して支持され、これにより、光導波路コア14-3の位置ずれが防止される。

[0037] 図4、図5、及び図6は、それぞれ図1、図2、及び図3に対応する複数チャンネルの光デバイスを示す。図4では、第1クラッド部12-4は複数の半円状の凹部13-4を有する形状に形成され、円柱の形状を持った複数の光導波路コア14-4が、第1クラッド部12-4の複数の凹部13-4のそれぞれに嵌まり込んだ状態で形成される。各光導波路コア14-4は第1クラッド部12-4の対応するそれぞれの凹部13-4にしっかりと密着して支持され、これにより、各光導波路コア14-4の位置ずれが防止される。同様に、図5及び図6においても、複数の光導波路コア14-5、14-6の位置ずれが防止される。

[0038] <第2実施形態>

図7は、第2実施形態に係る光デバイスの製造方法を示す図であり、各工程における光デバイスの上面図及び側面図を示す。

[0039] まず、工程1において、基板10上にスペーサ20を配置し、薄板ガラス30をその一部がスペーサ20から張り出すようにしてスペーサ20上に載置し、更に、基板10と薄板ガラス30で挟まれた基板10上の空間に、補強部形成用の光硬化性樹脂を供給する。基板10は、例えば、Si基板、SOI基板等である。基板10の表面には、光導波路コアと光結合されること

となるフォトダイオードやグレーティングカップラ等の光回路（不図示）が形成されている。スペーサ20は、基板10に垂直な方向における光導波路コアの長さを規定する部材である。薄板ガラス30は、光デバイスの完成後に光導波路コアに対する光学的なインターフェース面として利用される。なお、基板10上に補強部形成用の光硬化性樹脂を供給した後に、薄板ガラス30をスペーサ20上に載置する手順としてもよい。補強部形成用の光硬化性樹脂としては、例えば、硬化後に基板10や薄板ガラス30に対する高い密着性を示す樹脂を適用してもよいし、次の工程2で使用される第1クラッド部形成用の光硬化性樹脂と同じものを適用してもよい。また、後述のように補強部と光導波路コアとの間に第1クラッド部が形成されるので、補強部形成用の光硬化性樹脂として、光導波路コア形成用の光硬化性樹脂と同じ樹脂を用いてもよい。更に、補強部形成用の光硬化性樹脂として、光デバイスを使用する際の信号光の波長において不透明な樹脂を用いてもよい。

[0040] 続いて工程1において、薄板ガラス30の上部に補強部形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介して補強部形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例えばUV光）を照射する。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が硬化して、露光マスクのパターンに応じた形状の補強部16-1が形成される。補強部16-1は、次の工程2で形成される薄い第1クラッド部が位置ずれを起こさないように補強するためのものである。その後、未硬化の光硬化性樹脂を現像液で洗い流して除去する。

[0041] 図7の工程1に示されるように、補強部16-1のスペーサ20と反対側の側面は、半円状の凹部13-1を有する形状に形成される。この凹部13-1は、光導波路コアの形成位置を定める部分である。また、図7の工程1に示されるように、補強部16-1は、上面視において光導波路コアよりも格段に大きい面積を有するように形成される。一例として、光導波路コアの径は10 μ m程度であり、補強部16-1の凹部13-1からスペーサ20の方向へ測った幅は数百 μ mである。例えば、補強部16-1はスペーサ20と接するように形成されてもよい。このように大面積を有するため、補強

ド部 17-1 の半円状の凹部 13-1 に対応した円状の形状となるようなパターンとする。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が円柱状に硬化して、円柱の形状を持った光導波路コア 14-1 が、第 1 クラッド部 17-1 の凹部 13-1 に嵌まり込んだ状態で形成される。その後、未硬化の光硬化性樹脂を現像液で洗い流して除去する。

[0045] 図 7 の工程 3 に示されるように、光導波路コア 14-1 の円柱側面のうちの第 1 クラッド部 17-1 側のほぼ半分が、第 1 クラッド部 17-1 の半円状の凹部 13-1 の表面に密着している。そのため、凹部 13-1 における光導波路コア 14-1 と第 1 クラッド部 17-1 との接触面積は、光導波路コア 14-1 の上端部における薄板ガラス 30 との接触面積、及び下端部における基板 10 との接触面積と比較して著しく大きい。また、光導波路コア 14-1 と第 1 クラッド部 17-1 は共に成分の近い樹脂から構成されており、これら 2 つの樹脂相互間の密着性も高い。このように、接触面積が大きいこと、及び樹脂間の密着性が高いことによって、光導波路コア 14-1 は、第 1 クラッド部 17-1 の半円状の凹部 13-1 に強固に固着されている。更に、光導波路コア 14-1 と第 1 クラッド部 17-1 の樹脂成分が近いことから、これら 2 つの樹脂材料の線膨張係数差は小さい。そのため、凹部 13-1 における光導波路コア 14-1 と第 1 クラッド部 17-1 との密着部分に、剥離が生じるおそれは低い。したがって、光導波路コア 14-1 は第 1 クラッド部 17-1 の凹部 13-1 にしっかりと密着して支持され、これにより、工程 3 から次の工程 4 の間に、光導波路コア 14-1 の位置ずれを防止することができる。また、従来例よりも小さな径の光導波路コアを形成することが可能となる。

[0046] 次に、工程 4 において、基板 10 と薄板ガラス 30 で挟まれ、光導波路コア 14-1 及び第 1 クラッド部 17-1 に隣接する基板 10 上の空間に、第 2 クラッド部形成用の光硬化性樹脂を供給する。そして、薄板ガラス 30 の上部に第 2 クラッド部形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介して第 2 クラッド部形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例

例えばUV光)を照射する。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が硬化して、光導波路コア14-1の第1クラッド部17-1と接していない側面を覆うように、第2クラッド部15-1が形成される。その後、未硬化の光硬化性樹脂を現像液で洗い流して除去する。なお、第2クラッド部形成用の光硬化性樹脂は、第1クラッド部形成用の光硬化性樹脂と同じ樹脂であってもよいし、別の樹脂を用いてもよい。

[0047] なお、工程4は省略することが可能である。この場合には、樹脂からなる第2クラッド部15-1の代わりに、光導波路コア14-1よりも屈折率が低い物質である空気(又は真空)が、第2クラッド部として機能することとなる。

[0048] 図8乃至図12は、第2実施形態の変形例に係る光デバイスの製造方法を示す図であり、各工程における光デバイスの上面図を示す。図8乃至図12の各変形例は、それぞれ図2乃至図6の各変形例における第1クラッド部12-2~12-6を、それぞれ補強部16-2~16-6及び第1クラッド部17-2~17-6で置き換えたものである。いずれの変形例においても、各光導波路コア14-2~14-6は、図2乃至図6の各変形例と同様にそれぞれ第1クラッド部17-2~17-6に密着して支持され、これによりその位置ずれが防止される。なお、図10、図11、及び図12に示された複数の光導波路コア14-4~14-6を有する光デバイスにおいて、各補強部16-4~16-6が信号光の波長において不透明な樹脂から構成されている場合には、あるチャンネルからの漏れ光が他のチャンネルに雑音として混入してしまうことを低減することができ、高いチャンネル間アイソレーションを得ることができる。特に、図11に示されるように、各光導波路コア14-5の三方が不透明な補強部16-5によって囲まれている場合には、漏れ光の他チャンネルへの混入を低減する効果が高い。

[0049] <第3実施形態>

図13は、第3実施形態に係る光デバイスの製造方法を示す図であり、各工程における光デバイスの上面図を示す。

[0050] まず、工程 1 において、基板 10 上にスペーサ 20 を配置し、薄板ガラス 30 をその一部がスペーサ 20 から張り出すようにしてスペーサ 20 上に載置し、更に、基板 10 と薄板ガラス 30 で挟まれた基板 10 上の空間に、規制部形成用の光硬化性樹脂を供給する。基板 10 は、例えば、Si 基板、SOI 基板等である。基板 10 の表面には、光導波路コアと光結合されることとなるフォトダイオードやグレーティングカップラ等の光回路（不図示）が形成されている。スペーサ 20 は、基板 10 に垂直な方向における光導波路コアの長さを規定する部材である。薄板ガラス 30 は、光デバイスの完成後に光導波路コアに対する光学的なインターフェース面として利用される。なお、基板 10 上に規制部形成用の光硬化性樹脂を供給した後に、薄板ガラス 30 をスペーサ 20 上に載置する手順としてもよい。規制部形成用の光硬化性樹脂としては、例えば、硬化後に基板 10 や薄板ガラス 30 に対する高い密着性を示す樹脂を適用してもよいし、後の工程 3 で使用されるクラッド部形成用の光硬化性樹脂と同じものを適用してもよい。また、規制部形成用の光硬化性樹脂として、光デバイスを使用する際の信号光の波長において不透明な樹脂を用いてもよい。

[0051] 続いて工程 1 において、薄板ガラス 30 の上部に規制部形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介して規制部形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例えば UV 光）を照射する。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が硬化して、露光マスクのパターンに応じた形状の規制部 18-1 及び 18-2 が形成される。規制部 18-1 及び 18-2 は、光導波路コアがプロセス途中で傾いたり倒れようとした場合にその動きを規制するためのものである。その後、未硬化の光硬化性樹脂を現像液で洗い流して除去する。

[0052] 図 13 の工程 1 に示されるように、規制部 18-1 は、スペーサ 20 と反対側の側面に半円状の凹部 13-7 を有する形状に形成される。この凹部 13-7 の中に、次の工程 2 において光導波路コアが形成される。上面視において、凹部 13-7 の大きさは、光導波路コアの断面よりも一回り大きい大

きさである。例えば、光導波路コアの径は $10\ \mu\text{m}$ 程度であり、円状の凹部13-7の内径は $15\sim 30\ \mu\text{m}$ である。また、図13の工程1に示されるように、規制部18-1は、上面視において光導波路コアよりも格段に大きい面積を有するように形成される。そのため、規制部18-1は、基板10及び薄板ガラス30と強固に固着している。よって、規制部18-1と基板10及び薄板ガラス30との界面に剥離が生じることはない。また、たとえ剥離が生じたとしても、規制部18-1は光導波路コアのような柱状形状ではないため、傾いたり倒れたりすることはなく、したがって、規制部18-1は位置ずれを起こさない。

[0053] また、図13の工程1に示されるように、規制部18-2は、凹部13-7の開口を部分的に塞ぐようにして形成される。一例として、規制部18-1と18-2との間の2つの間隙G1は、光導波路コアの径よりも狭い。

[0054] 次に、工程2において、基板10と薄板ガラス30で挟まれた空間である規制部18-1の凹部13-7内に、間隙G1を介して光導波路コア形成用の光硬化性樹脂を供給する。そして、薄板ガラス30の上部に光導波路コア形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介して、光導波路コア形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例えばUV光）を照射する。露光マスクのパターンは、例えば、露光マスクを通過した光のビーム形状が円又は矩形の形状となるようなパターンとする。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が円柱状又は四角柱状に硬化して、円柱又は四角柱の形状を持った光導波路コア14-7が形成される。その後、間隙G1を介して、未硬化の光硬化性樹脂を現像液で洗い流して除去する。

[0055] 上述したように、半円状の凹部13-7の内径は光導波路コア14-7の径よりも大きい。これにより、図13の工程2に示されるように、光導波路コア14-7は、凹部13-7の内壁面から離間して立設している。即ち、光導波路コア14-7は、凹部13-7の内壁面には接しておらず、規制部18-1によって直接的に支持されてはいない。光導波路コア14-7を支持しているのは、光導波路コア14-7の上端部における薄板ガラス30と

の固着部、及び光導波路コア14-7の下端部における基板10との固着部のみである。そのため、光導波路コア14-7は、従来と同様に、その上端部又は下端部の固着部分が剥離して位置ずれを起こす可能性がある。

[0056] しかしながら、光導波路コア14-7が位置ずれを起こした場合であっても、位置ずれした光導波路コア14-7は規制部18-1の凹部13-7の内壁面に当たって止まるので、その動きは最大でも凹部13-7の内側に限定される。光導波路コア14-7の動く範囲、即ち最大の位置ずれ量は、規制部18-1の凹部13-7の大きさに依存する。例えば、凹部13-7が小さいほど、光導波路コア14-7の位置ずれ量を小さくすることができる。この構成は、第1及び第2実施形態のように光導波路コアをクラッド部に密着させることにより支持する構成ではないため、特に、光導波路コア材料とクラッド材料の特性が大きく異なり光導波路コアとクラッドが互いに剥離しやすい場合に有用である。また、この構成は、クラッド部に先立って光導波路コアを形成する構成であるため、現像後のクラッド材料の壁面が光導波路コアの壁面よりも粗い（凹凸が大きい）面に形成されてしまう場合にも、クラッドの当該粗い壁面の影響を受けることなく、光導波路コアの壁面を平滑に形成することができる。

[0057] 光導波路コア14-7が凹部13-7の開口の方向へ位置ずれした場合には、光導波路コア14-7の動きは、凹部13-7の開口に形成された規制部18-2によって規制される。上述したように、凹部13-7の開口における間隙G1は光導波路コア14-7の径よりも狭いため、位置ずれした光導波路コア14-7が間隙G1を越えて凹部13-7の外側へ逸脱してしまうことはない。

[0058] このように、光導波路コア14-7は規制部18-1及び18-2によってその動きの範囲を規制され、これにより、工程2から次の工程3の間に、光導波路コア14-7の位置ずれを低減することができる。

[0059] 次に、工程3において、基板10と薄板ガラス30で挟まれた、規制部18-1の凹部13-7内であって光導波路コア14-7の周囲の空間に、間

隙G1を介してクラッド部形成用の光硬化性樹脂を供給する。そして、薄板ガラス30の上部にクラッド部形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介してクラッド部形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例えばUV光）を照射する。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が硬化して、光導波路コア14-7の周囲を覆うように、クラッド部15-7が形成される。

[0060] <第4実施形態>

図14は、第4実施形態に係る光デバイスの製造方法を示す図であり、各工程における光デバイスの上面図を示す。

[0061] まず、工程1において、基板10上にスペーサ20を配置し、薄板ガラス30をその一部がスペーサ20から張り出すようにしてスペーサ20上に載置し、更に、基板10と薄板ガラス30で挟まれた基板10上の空間に、規制部形成用の光硬化性樹脂を供給する。基板10は、例えば、Si基板、SOI基板等である。基板10の表面には、光導波路コアと光結合されることとなるフォトダイオードやグレーティングカップラ等の光回路（不図示）が形成されている。スペーサ20は、基板10に垂直な方向における光導波路コアの長さを規定する部材である。薄板ガラス30は、光デバイスの完成後に光導波路コアに対する光学的なインターフェース面として利用される。なお、基板10上に規制部形成用の光硬化性樹脂を供給した後に、薄板ガラス30をスペーサ20上に載置する手順としてもよい。規制部形成用の光硬化性樹脂としては、例えば、硬化後に基板10や薄板ガラス30に対する高い密着性を示す樹脂を適用してもよいし、後の工程3で使用されるクラッド部形成用の光硬化性樹脂と同じものを適用してもよい。また、規制部形成用の光硬化性樹脂として、光デバイスを使用する際の信号光の波長において不透明な樹脂を用いてもよい。

[0062] 続いて工程1において、薄板ガラス30の上部に規制部形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介して規制部形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例えばUV光）を照射する。これにより、光硬化性

樹脂の光照射された部分が硬化して、露光マスクのパターンに応じた形状の規制部 18-3、18-4、18-5、及び18-6が形成される。規制部 18-3、18-4、18-5、及び18-6は、光導波路コアがプロセス途中で傾いたり倒れようとした場合にその動きを規制するためのものである。その後、未硬化の光硬化性樹脂を現像液で洗い流して除去する。なお、規制部の数は例示であり、限定を意図したものではない。

[0063] 図14の工程1に示されるように、規制部18-3、18-4、18-5、及び18-6は、光導波路コアの形成位置を取り囲むようにして形成される。規制部18-3は、上面視において細長い矩形の断面を有する形状に形成され、矩形の長辺に対応する側面がスペーサ20に接している。これにより、規制部18-3は、位置ずれしないようスペーサ20によってしっかりと支持される。規制部18-4、18-5、及び18-6は、上面視において台形の断面を有する形状に形成される。各規制部18-3、18-4、18-5、及び18-6の間の間隙G2は、光導波路コアの径よりも狭い。そのため、前述した第3実施形態と同様に、光導波路コアが間隙G2を越えて位置ずれを起こすことがない。また、規制部18-4、18-5、及び18-6は断面形状が台形であるため、間隙G2を狭くしつつ、規制部18-4、18-5、及び18-6のそれぞれと基板10及び薄板ガラス30との固着部の面積を比較的大きくすることができる。これにより、規制部18-4、18-5、及び18-6を安定に支持することができる。

[0064] 次に、工程2において、基板10と薄板ガラス30で挟まれ、規制部18-3、18-4、18-5、及び18-6によって取り囲まれた空間に、間隙G2を介して光導波路コア形成用の光硬化性樹脂を供給する。そして、薄板ガラス30の上部に光導波路コア形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介して、光導波路コア形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例えばUV光）を照射する。露光マスクのパターンは、例えば、露光マスクを通過した光のビーム形状が円又は矩形の形状となるようなパターンとする。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が円柱状又は四

角柱状に硬化して、円柱又は四角柱の形状を持った光導波路コア 14-8 が形成される。その後、間隙 G2 を介して、未硬化の光硬化性樹脂を現像液で洗い流して除去する。なお、図 14 の間隙 G2 は、図 13 の間隙 G1 と比較して通路の数が多いため、樹脂の供給と除去を円滑に行うことが可能である。

[0065] 図 14 の工程 2 に示されるように、光導波路コア 14-8 は、各規制部 18-3、18-4、18-5、及び 18-6 から離間して立設している。即ち、光導波路コア 14-8 は、各規制部 18-3、18-4、18-5、及び 18-6 によって直接的に支持されてはいない。光導波路コア 14-8 を支持しているのは、光導波路コア 14-8 の上端部における薄板ガラス 30 との固着部、及び光導波路コア 14-8 の下端部における基板 10 との固着部のみである。そのため、光導波路コア 14-8 は、従来と同様に、その上端部又は下端部の固着部分が剥離して位置ずれを起こす可能性がある。

[0066] しかしながら、光導波路コア 14-8 が位置ずれを起こした場合であっても、位置ずれした光導波路コア 14-8 は規制部 18-3、18-4、18-5、及び 18-6 のいずれかに当たって止まるので、その動きの範囲は各規制部 18-3、18-4、18-5、及び 18-6 によって取り囲まれた内部空間に限定される。また、上述したように、各規制部 18-3、18-4、18-5、及び 18-6 間の間隙 G2 は光導波路コア 14-8 の径よりも狭いため、位置ずれした光導波路コア 14-8 が間隙 G2 を越えて逸脱してしまうことはない。光導波路コア 14-8 の動く範囲、即ち最大の位置ずれ量は、規制部 18-3、18-4、18-5、及び 18-6 によって取り囲まれた内部空間の大きさに依存する。例えば、この内部空間が小さいほど、光導波路コア 14-8 の位置ずれ量を小さくすることができる。この構成は、第 1 及び第 2 実施形態のように光導波路コアをクラッド部に密着させることにより支持する構成ではないため、特に、光導波路コア材料とクラッド材料の特性が大きく異なり光導波路コアとクラッドが互いに剥離しやすい場合に有用である。また、この構成は、クラッド部に先立って光導波路コアを

形成する構成であるため、現像後のクラッド材料の壁面が光導波路コアの壁面よりも粗い（凹凸が大きい）面に形成されてしまう場合にも、クラッドの当該粗い壁面の影響を受けることなく、光導波路コアの壁面を平滑に形成することができる。

[0067] このように、光導波路コア14-8は規制部18-3、18-4、18-5、及び18-6によってその動きの範囲を規制され、これにより、工程2から次の工程3の間に、光導波路コア14-8の位置ずれを低減することができる。

[0068] 次に、工程3において、基板10と薄板ガラス30で挟まれ、規制部18-3、18-4、18-5、及び18-6によって取り囲まれた、光導波路コア14-8の周囲の空間に、間隙G2を介してクラッド部形成用の光硬化性樹脂を供給する。そして、薄板ガラス30の上部にクラッド部形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介してクラッド部形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例えばUV光）を照射する。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が硬化して、光導波路コア14-8の周囲を覆うように、クラッド部15-8が形成される。

[0069] <第5実施形態>

図15は、第5実施形態に係る光デバイスの製造方法を示す図であり、各工程における光デバイスの上面図を示す。

[0070] まず、工程1において、基板10上にスペーサ20を配置し、薄板ガラス30をその一部がスペーサ20から張り出すようにしてスペーサ20上に載置し、更に、基板10と薄板ガラス30で挟まれた基板10上の空間に、規制部形成用の光硬化性樹脂を供給する。基板10は、例えば、Si基板、SOI基板等である。基板10の表面には、光導波路コアと光結合されることとなるフォトダイオードやグレーティングカップラ等の光回路（不図示）が形成されている。スペーサ20は、基板10に垂直な方向における光導波路コアの長さを規定する部材である。薄板ガラス30は、光デバイスの完成後に光導波路コアに対する光学的なインターフェース面として利用される。なお

、基板 10 上に規制部形成用の光硬化性樹脂を供給した後に、薄板ガラス 30 をスペーサ 20 上に載置する手順としてもよい。規制部形成用の光硬化性樹脂としては、例えば、硬化後に基板 10 や薄板ガラス 30 に対する高い密着性を示す樹脂を適用してもよいし、後の工程 3 で使用されるクラッド部形成用の光硬化性樹脂と同じものを適用してもよい。また、規制部形成用の光硬化性樹脂として、光デバイスを使用する際の信号光の波長において不透明な樹脂を用いてもよい。

[0071] 続いて工程 1 において、薄板ガラス 30 の上部に規制部形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介して規制部形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例えば UV 光）を照射する。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が硬化して、露光マスクのパターンに応じた形状の規制部 18-7 及び 18-8 が形成される。規制部 18-7 及び 18-8 は、光導波路コアがプロセス途中で傾いたり倒れようとした場合にその動きを規制するためのものであり、両者の間には、次の工程 2 で光導波路コア形成用の光硬化性樹脂を流通させるための通路が形作られている。その後、未硬化の光硬化性樹脂を現像液で洗い流して除去する。

[0072] 次に、工程 2 において、基板 10 と薄板ガラス 30 で挟まれた、規制部 18-7 と 18-8 との間の通路に、光導波路コア形成用の光硬化性樹脂を供給する。そして、薄板ガラス 30 の上部に光導波路コア形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介して、光導波路コア形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例えば UV 光）を照射する。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が硬化して、規制部 18-7 と 18-8 との間の通路に沿って複数の光導波路コア 14-9 が形成される。その後、未硬化の光硬化性樹脂を現像液で洗い流して除去する。なお、規制部 18-7 及び 18-8 が信号光の波長において不透明な樹脂から構成されている場合には、あるチャンネルからの漏れ光が他のチャンネルに雑音として混入してしまうことを低減することができ、高いチャンネル間アイソレーションを得ることができる。

[0073] 図15の工程2に示されるように、複数の光導波路コア14-9のそれぞれは、規制部18-7及び18-8から離間して立設している。即ち、各光導波路コア14-9は、規制部18-7及び18-8によって直接的に支持されてはいない。各光導波路コア14-9を支持しているのは、薄板ガラス30との固着部及び基板10との固着部のみである。そのため、各光導波路コア14-9は、従来と同様に、薄板ガラス30又は基板10との固着部分が剥離して位置ずれを起こす可能性がある。

[0074] しかしながら、光導波路コア14-9が位置ずれを起こした場合であっても、前述した第4実施形態と同様に、光導波路コア14-9は規制部18-7及び18-8によってその動きの範囲を規制され、これにより、工程2から次の工程3の間に、光導波路コア14-9の位置ずれを低減することができる。

[0075] 次に、工程3において、基板10と薄板ガラス30で挟まれた、規制部18-7と18-8との間の通路における複数の光導波路コア14-9の周囲に、クラッド部形成用の光硬化性樹脂を供給する。そして、薄板ガラス30の上部にクラッド部形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介してクラッド部形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例えばUV光）を照射する。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が硬化して、各光導波路コア14-9の周囲を覆うように、クラッド部15-9が形成される。

[0076] 図16は、第5実施形態の変形例に係る光デバイスの製造方法を示す図であり、各工程における光デバイスの上面図を示す。図16では、図15における規制部18-8が複数に分割して構成されており、複数の光導波路コア14-9の配列方向と交わる方向に通路が形成されている。これにより、工程2及び3における樹脂の供給と除去を円滑に行うことが可能である。

[0077] <第6実施形態>

図17は、第6実施形態に係る光デバイスの製造方法を示す図であり、各工程における光デバイスの上面図及び側面図を示す。

[0078] まず、工程 1 において、基板 10 上にスペーサ 20 を配置し、薄板ガラス 30 をその一部がスペーサ 20 から張り出すようにしてスペーサ 20 上に載置し、更に、基板 10 と薄板ガラス 30 で挟まれた基板 10 上の空間に、第 1 クラッド部形成用の光硬化性樹脂を供給する。基板 10 は、例えば、Si 基板、SOI 基板等である。基板 10 の表面には、光導波路コアと光結合されることとなるフォトダイオードやグレーティングカップラ等の光回路（不図示）が形成されている。スペーサ 20 は、基板 10 に垂直な方向における光導波路コアの長さを規定する部材である。薄板ガラス 30 は、光デバイスの完成後に光導波路コアに対する光学的なインターフェース面として利用される。なお、基板 10 上に第 1 クラッド部形成用の光硬化性樹脂を供給した後に、薄板ガラス 30 をスペーサ 20 上に載置する手順としてもよい。

[0079] 続いて工程 1 において、薄板ガラス 30 の上部に第 1 クラッド部形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介して第 1 クラッド部形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例えば UV 光）を照射する。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が硬化して、露光マスクのパターンに応じた形状の第 1 クラッド部 12-7 が形成される。その後、未硬化の光硬化性樹脂を現像液で洗い流して除去する。

[0080] ここで、第 1 クラッド部 12-7 は、第 1 実施形態の第 1 クラッド部 12-1（図 1）のようにスペーサ 20 に接して形成されるのではなく、スペーサ 20 との間にある大きさの間隙を有するようにスペーサ 20 から離して形成される。この間隙は、以下の工程において光導波路コアと第 2 クラッド部が形成される部分である。また、第 1 クラッド部 12-7 のスペーサ 20 と対向する側面は、基板 10 に対してオーバーハングした斜面となるように形成される。例えば、この斜面は基板 10 の法線に対して数° 傾いた面である。このような第 1 クラッド部 12-7 のオーバーハングした側面を形成するには、例えば、第 1 クラッド部形成用の光硬化性樹脂に光照射する際に、基板 10 に対して斜めに光を照射するようにすればよい。照射角度の調整により、第 1 クラッド部 12-7 のオーバーハング面の傾斜角度を調整すること

ができる。

[0081] また、図17の工程1に示されるように、第1クラッド部12-7のスペーサ20と対向するオーバーハング面は、半円状の凹部13-8を有する形状に形成される。この凹部13-8は、オーバーハング面の上端（薄板ガラス30側）から下端（基板10側）にわたって同じ深さを有した溝であり、次の工程2において光導波路コアが形成される部分である。また、図17の工程1に示されるように、第1クラッド部12-7は、上面視において光導波路コアよりも格段に大きい面積を有するように形成される。一例として、光導波路コアの径は10 μ m程度であり、第1クラッド部12-7の凹部13-8からスペーサ20の方向へ測った幅は数百 μ mである。このように大面積を有するため、第1クラッド部12-7は、基板10及び薄板ガラス30と強固に固着している。よって、第1クラッド部12-7と基板10及び薄板ガラス30との界面に剥離が生じることはない。また、たとえ剥離が生じたとしても、第1クラッド部12-7は光導波路コアのような柱状形状ではないため、傾いたり倒れたりすることはなく、したがって、第1クラッド部12-7は位置ずれを起こさない。

[0082] 次に、工程2において、基板10と薄板ガラス30で挟まれ、第1クラッド部12-7のオーバーハング面に隣接する基板10上の空間に、光導波路コア形成用の光硬化性樹脂を供給する。そして、薄板ガラス30の上部に光導波路コア形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介して、光導波路コア形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例えばUV光）を照射する。露光マスクのパターンは、露光マスクを通過した光のビーム形状が、第1クラッド部12-7の半円状の凹部13-8に対応した円状の形状となるようなパターンとする。また光導波路コア形成用の光硬化性樹脂への光の照射角度は、第1クラッド部12-7のオーバーハング面の傾斜角度と同じ角度となるように調整する。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が斜めに傾いた円柱状に硬化して、円柱の形状を持った光導波路コア14-10が、第1クラッド部12-7の凹部13-8に嵌まり込んだ状

態で形成される。その後、未硬化の光硬化性樹脂を現像液で洗い流して除去する。

[0083] 図17の工程2に示されるように、光導波路コア14-10の円柱側面のうちの第1クラッド部12-7側のほぼ半分が、第1クラッド部12-7の半円状の凹部13-8の表面に密着している。そのため、凹部13-8における光導波路コア14-10と第1クラッド部12-7との接触面積は、光導波路コア14-10の上端部における薄板ガラス30との接触面積、及び下端部における基板10との接触面積と比較して著しく大きい。また、光導波路コア14-10と第1クラッド部12-7は共に成分の近い樹脂から構成されており、これら2つの樹脂相互間の密着性も高い。このように、接触面積が大きいこと、及び樹脂間の密着性が高いことによって、光導波路コア14-10は、第1クラッド部12-7の半円状の凹部13-8に強固に固着されている。更に、光導波路コア14-10と第1クラッド部12-7の樹脂成分が近いことから、これら2つの樹脂材料の線膨張係数差は小さい。そのため、凹部13-8における光導波路コア14-10と第1クラッド部12-7との密着部分に、剥離が生じるおそれは低い。したがって、光導波路コア14-10は第1クラッド部12-7の凹部13-8にしっかりと密着して支持され、これにより、工程2から次の工程3の間に、光導波路コア14-10の位置ずれを防止することができる。また、従来例よりも小さな径の光導波路コアを形成することが可能となる。

[0084] 更に、光導波路コア14-10を形成するために光照射する際、露光マスクを通過した光ビームは基板10に対して斜めに入射して基板10表面で反射するが、この反射光は工程1において既に硬化した後の第1クラッド部12-7の内部に存在する。これに対し、クラッドよりも先に光導波路コアを作製する従来の方法で斜めの光導波路コアを形成する場合には、図19に示されるように、基板910から斜めに反射した光によって光導波路コア形成用の光硬化性樹脂が硬化して、所望の光導波路コア914のほかにも不要な角状の構造物915が形成されてしまう。このように、本実施形態では、不要

な角状の構造物を持たない斜めの光導波路コア14-10を形成することが可能である。

[0085] 次に、工程3において、基板10と薄板ガラス30で挟まれ、且つ、光導波路コア14-10及び第1クラッド部12-7とスペーサ20で挟まれた基板10上の空間に、第2クラッド部形成用の光硬化性樹脂を供給する。そして、薄板ガラス30の上部に第2クラッド部形成用の露光マスク（不図示）を配置し、この露光マスクを介して第2クラッド部形成用の光硬化性樹脂にその感光波長の光（例えばUV光）を照射する。これにより、光硬化性樹脂の光照射された部分が硬化して、光導波路コア14-10の第1クラッド部12-7と接していない側面を覆うように、第2クラッド部15-10が形成される。その後、未硬化の光硬化性樹脂を現像液で洗い流して除去する。なお、第2クラッド部形成用の光硬化性樹脂は、第1クラッド部形成用の光硬化性樹脂と同じ樹脂であってもよいし、別の樹脂を用いてもよい。

[0086] なお、本実施形態の変形例として、第1実施形態における第1クラッド部12-1のスペーサ20と反対側の側面を、基板10に対してオーバーハングした斜面となるように形成してもよい。

[0087] 以上、本発明の実施形態を説明したが、本発明はこれに限定されず、その要旨を逸脱しない範囲内において様々な変更が可能である。

[0088] 例えば、各実施形態における光導波路コアは、薄板ガラス30側から基板10側に向かって徐々に径が細く又は太くなるテーパ形状に形成されてもよい。

符号の説明

[0089] 10 基板
12-1～12-7 第1クラッド部
13-1～13-8 凹部
14-1～14-10 光導波路コア
15-1～15-6 第2クラッド部
15-7～15-9 クラッド部

15-10	第2クラッド部
16-1~16-6	補強部
17-1~17-6	第1クラッド部
18-1~18-8	規制部
20	スペーサ
30	薄板ガラス

請求の範囲

- [請求項1] 基板に対して垂直又は斜めに立設して形成された1又は複数の光導波路コアを有する光デバイスの製造方法であって、
前記基板上に第1クラッド部を形成する工程と、
前記基板上の前記第1クラッド部に隣接する領域に光硬化性樹脂を供給し、前記基板の上方から前記光硬化性樹脂の一部分に光を照射することによって、側面が部分的に前記第1クラッド部に密着するように前記1又は複数の光導波路コアを形成する工程と、
を含む、光デバイスの製造方法。
- [請求項2] 前記1又は複数の光導波路コアの前記第1クラッド部と接していない側面を覆うように第2クラッド部を形成する工程を更に含む、請求項1に記載の光デバイスの製造方法。
- [請求項3] 前記第1クラッド部を形成する前に、前記基板上に前記第1クラッド部を補強するための補強部を形成する工程を更に含む、請求項1又は請求項2に記載の光デバイスの製造方法。
- [請求項4] 前記補強部は、前記1又は複数の光導波路コアを伝搬させる信号光の波長において不透明な材質から構成される、請求項3に記載の光デバイスの製造方法。
- [請求項5] 前記第1クラッド部は1又は複数の凹部を有し、前記1又は複数の光導波路コアはそれぞれその側面が前記1又は複数の凹部の内壁面に密着するように形成される、請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の光デバイスの製造方法。
- [請求項6] 基板に対して垂直又は斜めに立設して形成された光導波路コアを有する光デバイスの製造方法であって、
前記基板上の前記光導波路コアが形成されることとなる領域の周囲に、前記領域から所定距離離間して、前記光導波路コアの位置ずれを規制するための複数の規制部を形成する工程と、
前記複数の規制部によって囲まれた領域に光硬化性樹脂を供給し、

前記基板の上方から前記光硬化性樹脂の一部分に光を照射することによって、前記光導波路コアを形成する工程と、

前記光導波路コアの側面を覆うようにクラッド部を形成する工程と、

、

を含む、光デバイスの製造方法。

[請求項7] 前記規制部は、前記クラッド部と同じ材質から構成される、請求項6に記載の光デバイスの製造方法。

[請求項8] 前記規制部は、前記光導波路コアを伝搬させる信号光の波長において不透明な材質から構成される、請求項6に記載の光デバイスの製造方法。

[請求項9] 前記複数の規制部は、隣り合う2つの規制部の間の間隙が前記光導波路コアの幅よりも狭くなるように形成される、請求項6から請求項8のいずれか1項に記載の光デバイスの製造方法。

[請求項10] 前記複数の規制部のうちの少なくとも1つは凹部を有し、前記光導波路コアは前記凹部内に配置される、請求項6から請求項9のいずれか1項に記載の光デバイスの製造方法。

[請求項11] 前記規制部は、前記光導波路コアから遠い部分の幅が前記光導波路コアに近い部分の幅よりも広い形状に形成される、請求項6から請求項9のいずれか1項に記載の光デバイスの製造方法。

[請求項12] 基板に対して垂直又は斜めに立設して形成された複数の光導波路コアを有する光デバイスの製造方法であって、

前記基板上的前記複数の光導波路コアが形成されることとなる領域の周囲に、前記領域から所定距離離間して、前記複数の光導波路コアの位置ずれを規制するための複数の規制部を形成する工程と、

前記複数の規制部によって囲まれた領域に光硬化性樹脂を供給し、前記基板の上方から前記光硬化性樹脂の一部分に光を照射することによって、前記複数の光導波路コアを形成する工程と、

前記複数の光導波路コアの各側面を覆うようにクラッド部を形成す

る工程と、

を含み、前記複数の規制部は、前記複数の光導波路コアの配列方向に沿って前記光硬化性樹脂を流通可能とする通路を有するように形成される、光デバイスの製造方法。

[請求項13]

前記複数の規制部は、前記複数の光導波路コアの配列方向と交わる方向に沿って前記光硬化性樹脂を流通可能とする通路を更に有するように形成される、請求項12に記載の光デバイスの製造方法。

[請求項14]

基板と、

前記基板に対して垂直又は斜めに立設して形成された1又は複数の光導波路コアと、

前記1又は複数の光導波路コアの側面を部分的に覆うクラッド部と、

、

を備える光デバイス。

[請求項15]

前記クラッド部に接した硬化樹脂を更に備える請求項14に記載の光デバイス。

[請求項16]

基板と、

前記基板に対して垂直又は斜めに立設して形成された1又は複数の光導波路コアと、

前記1又は複数の光導波路コアの周囲に前記1又は複数の光導波路コアから所定距離離間して形成された硬化樹脂と、

前記1又は複数の光導波路コアと前記硬化樹脂との間に充填されたクラッド部と、

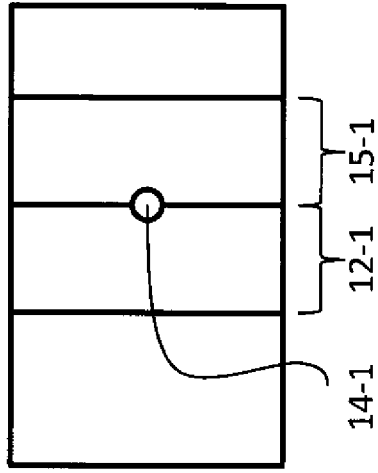
を備える光デバイス。

[請求項17]

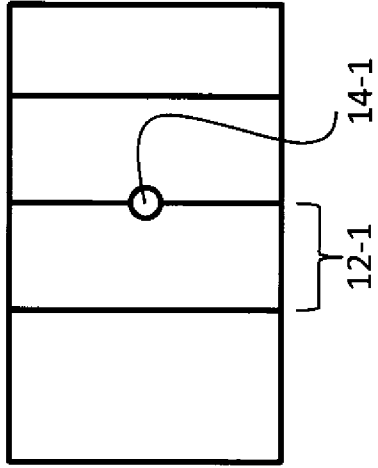
前記硬化樹脂は、前記1又は複数の光導波路コアを伝搬させる信号光の波長において不透明な材質から構成される、請求項15又は請求項16に記載の光デバイス。

[図1]

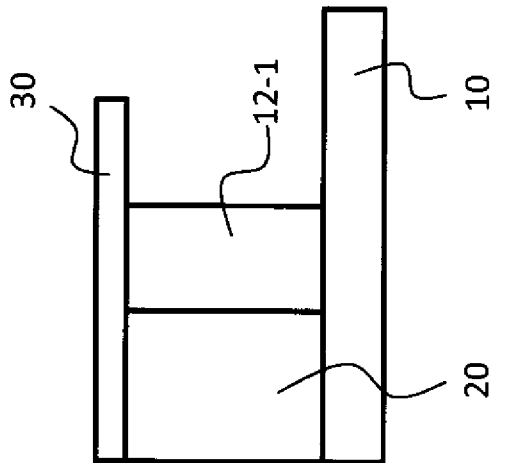
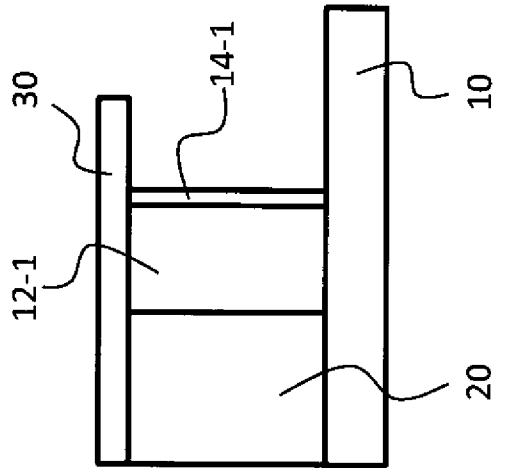
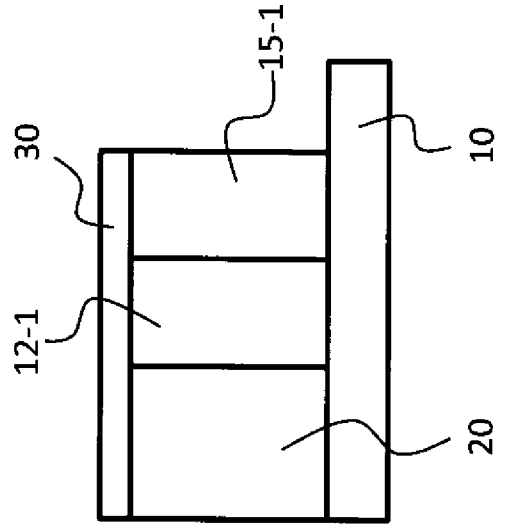
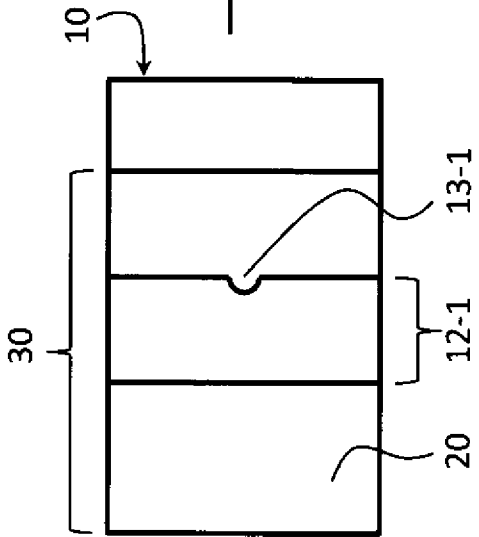
工程3



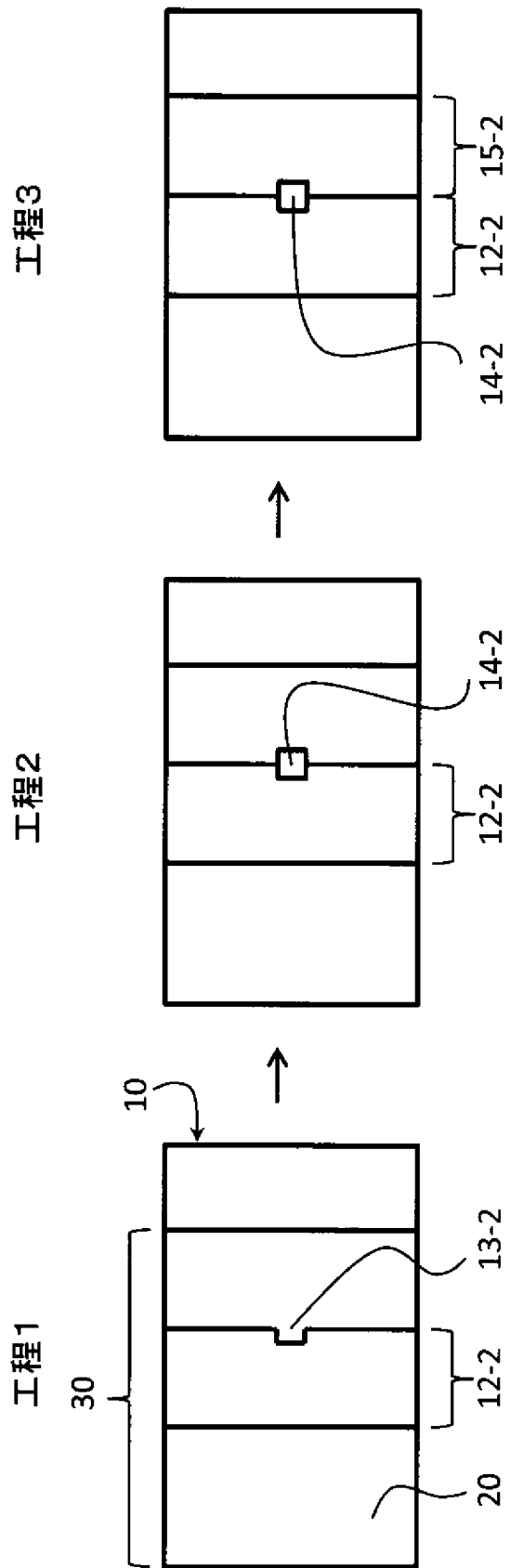
工程2



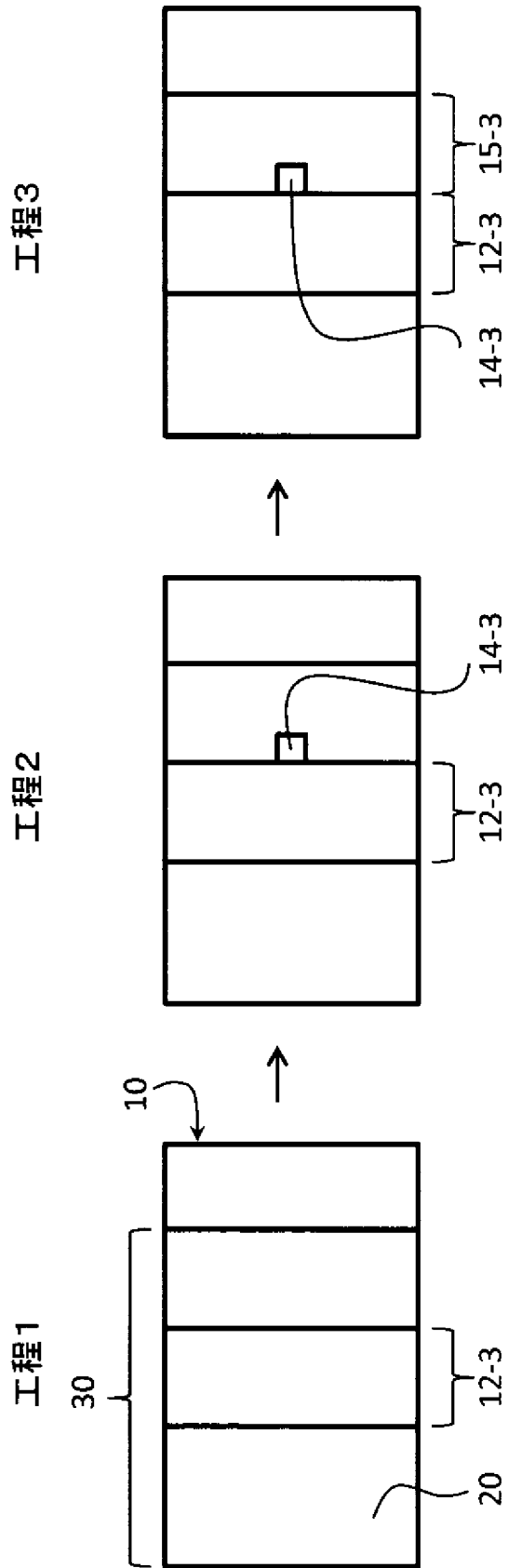
工程1



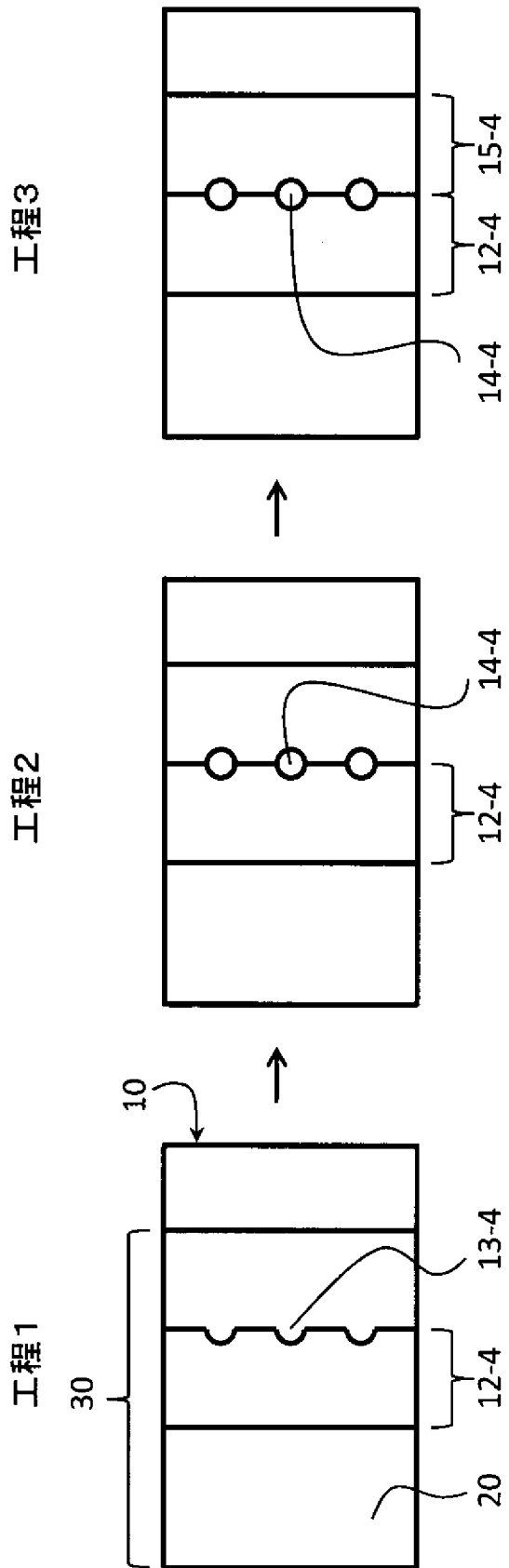
[図2]



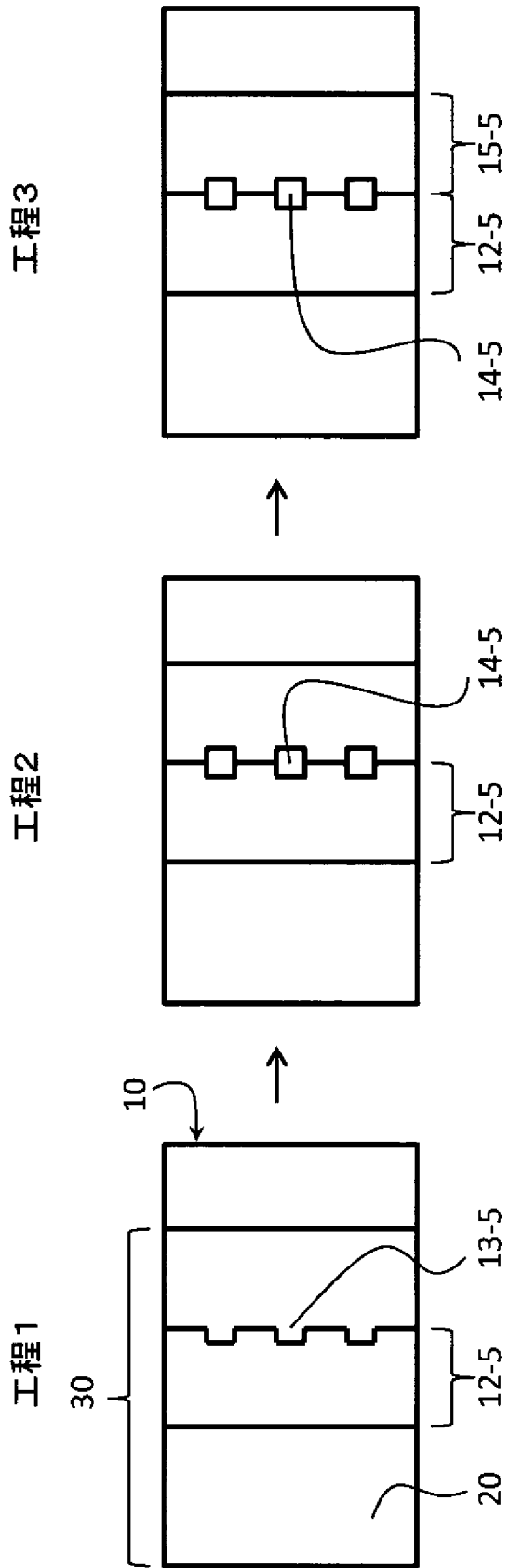
[図3]



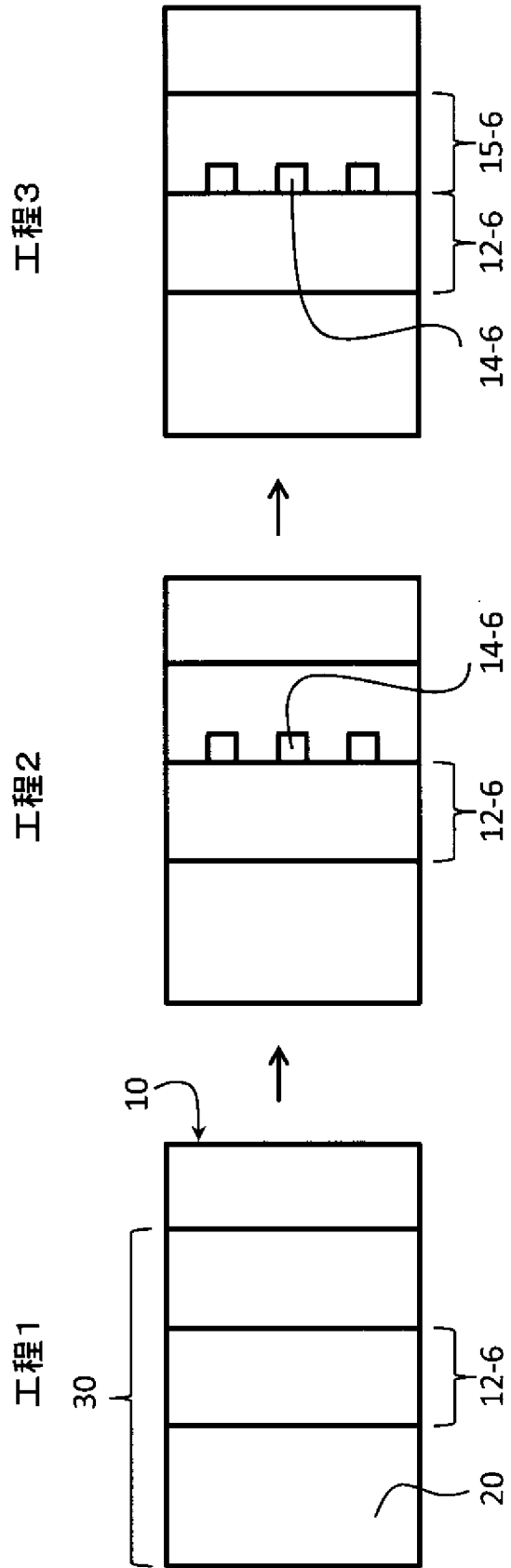
[図4]



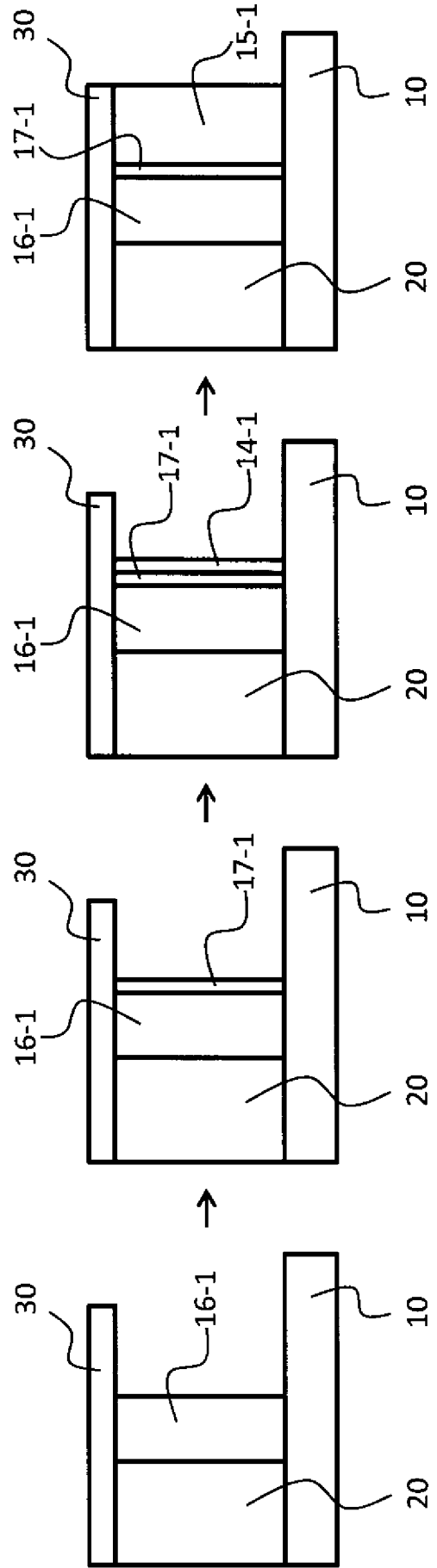
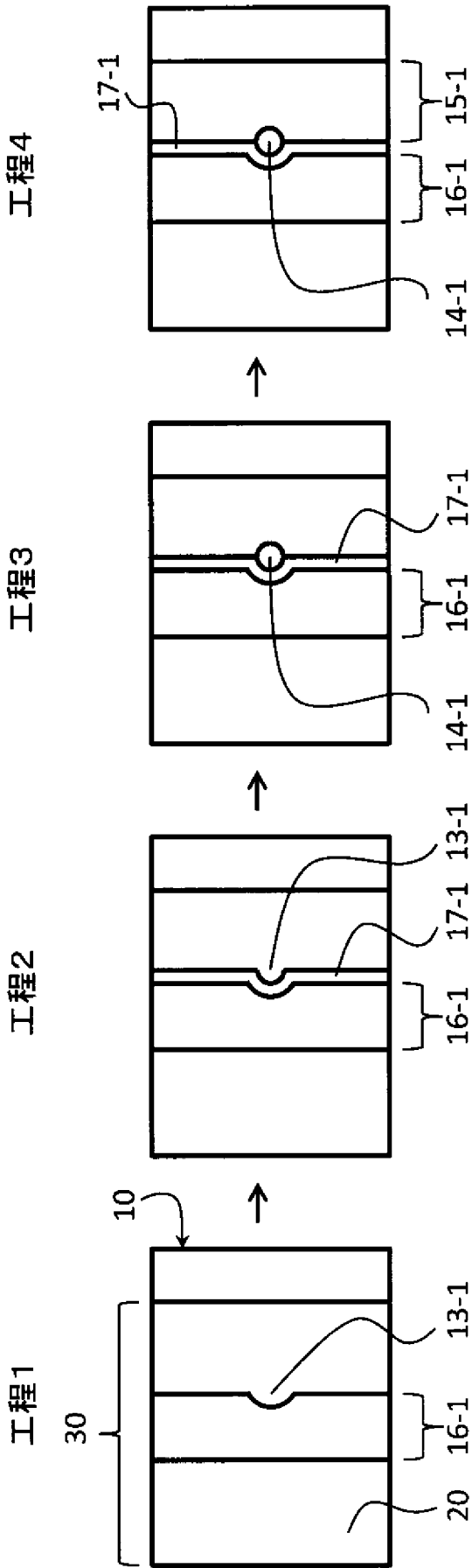
[図5]



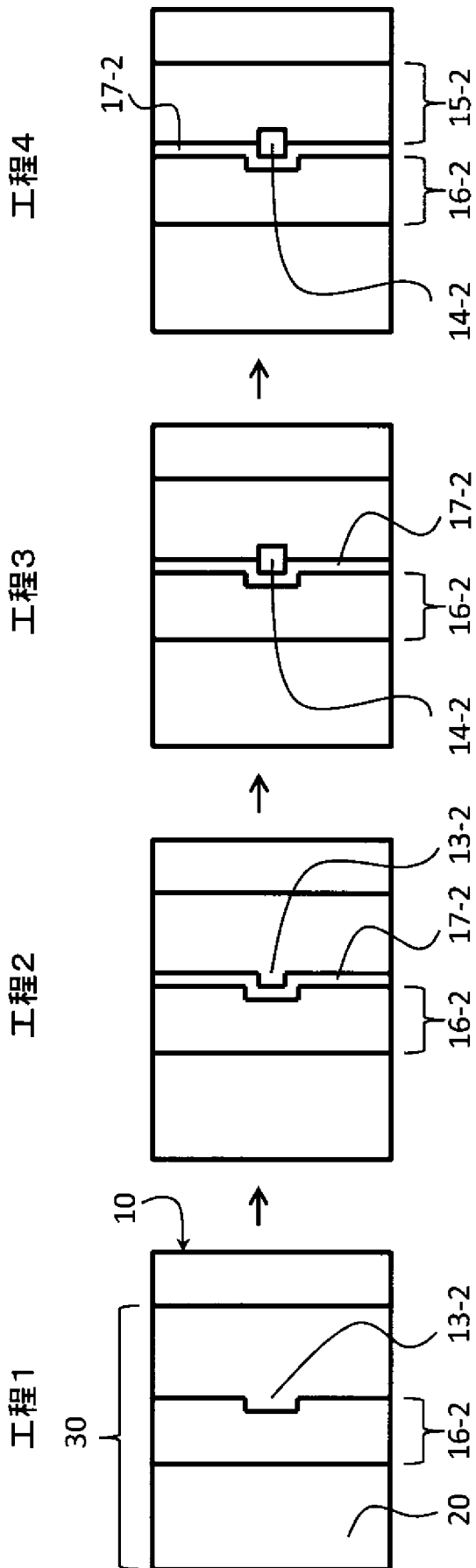
[図6]



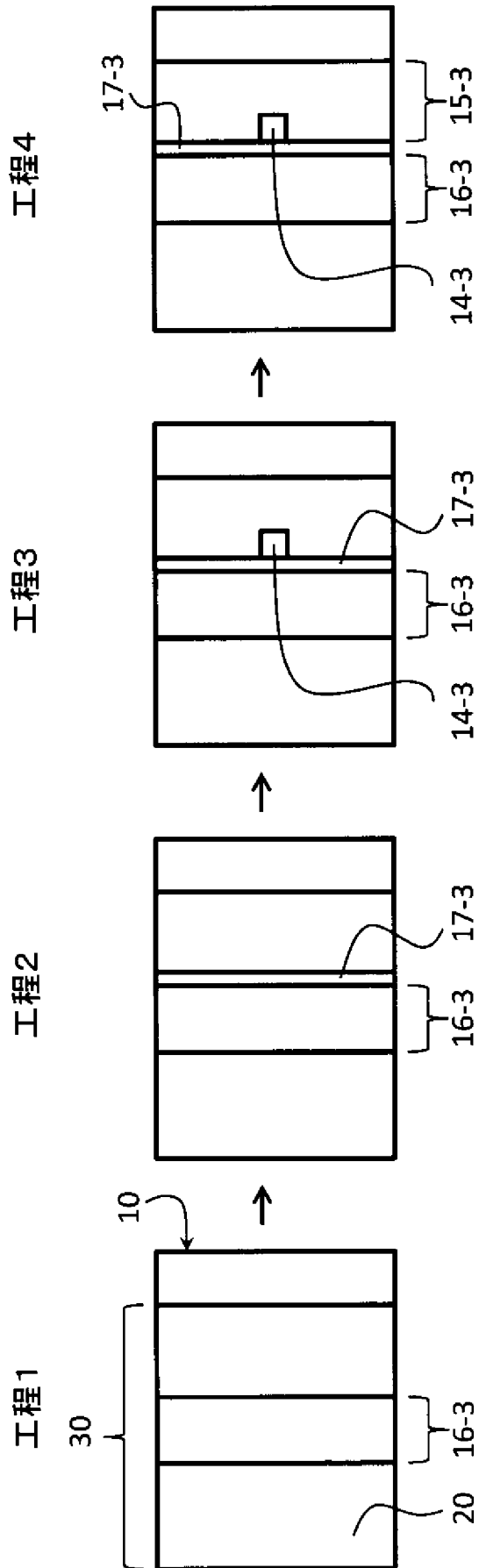
[図7]



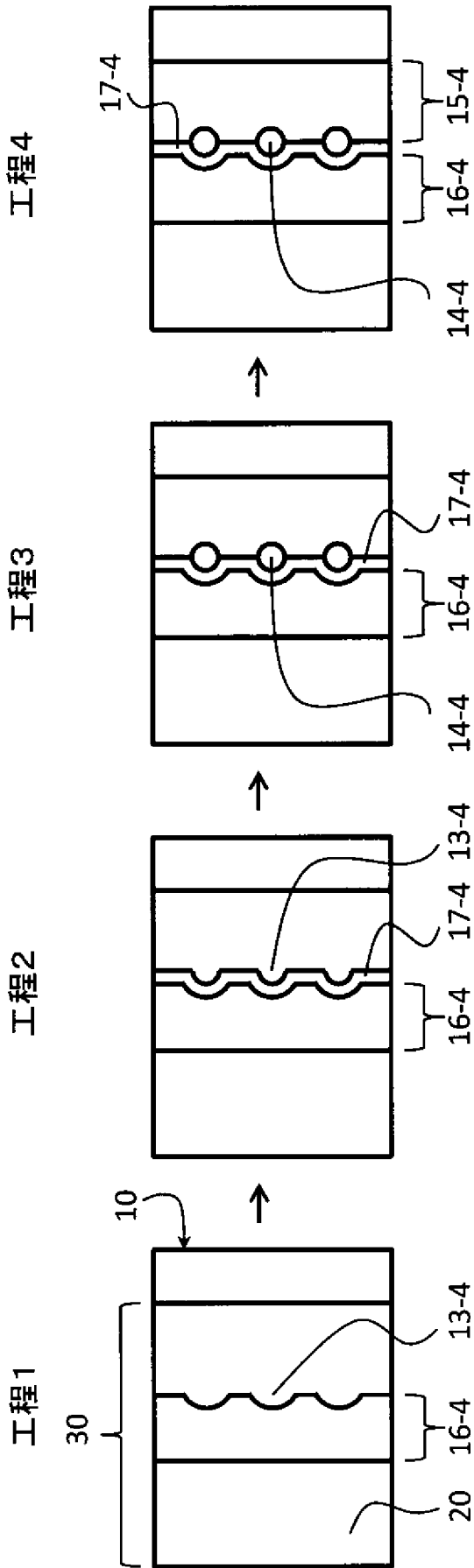
[図8]



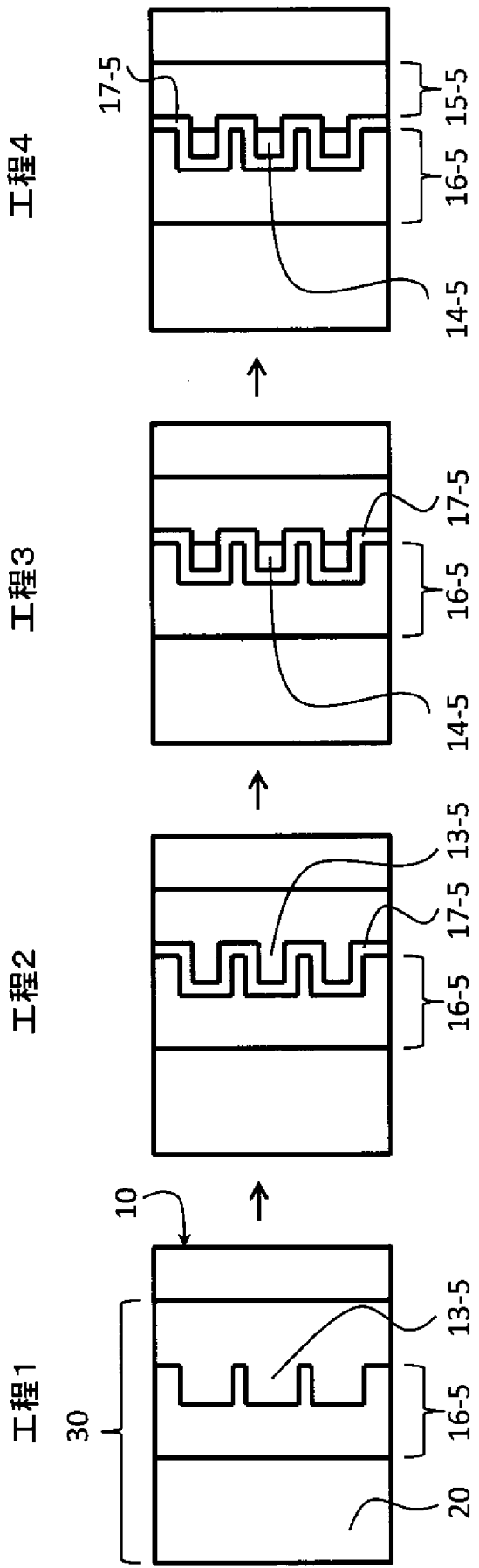
[図9]



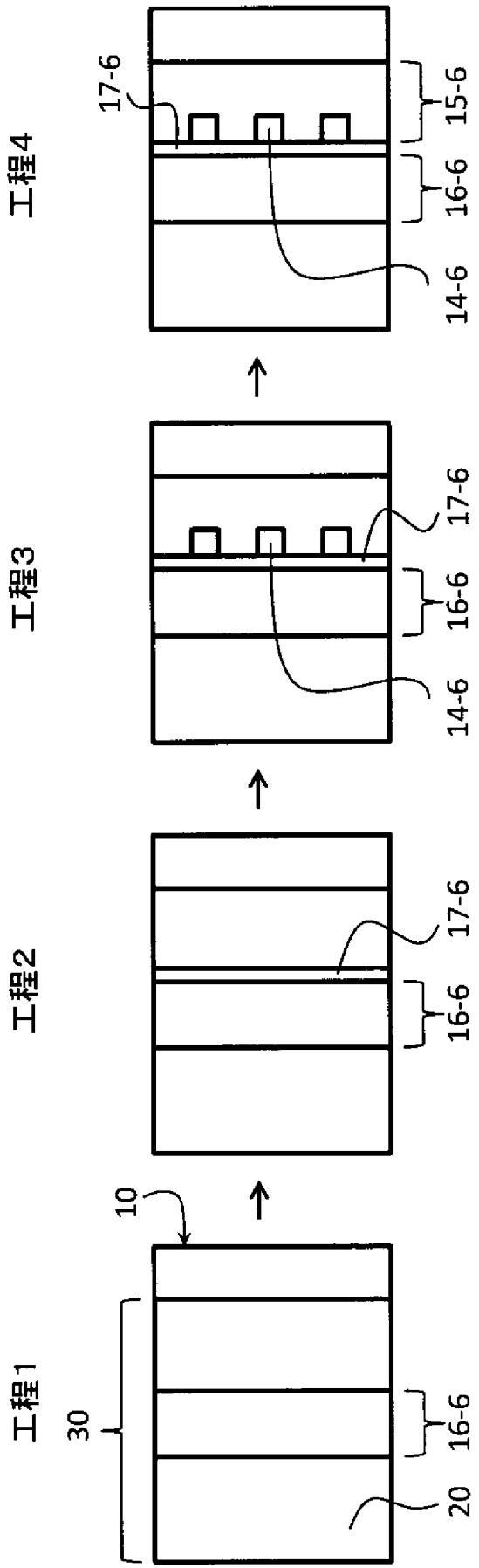
[図10]



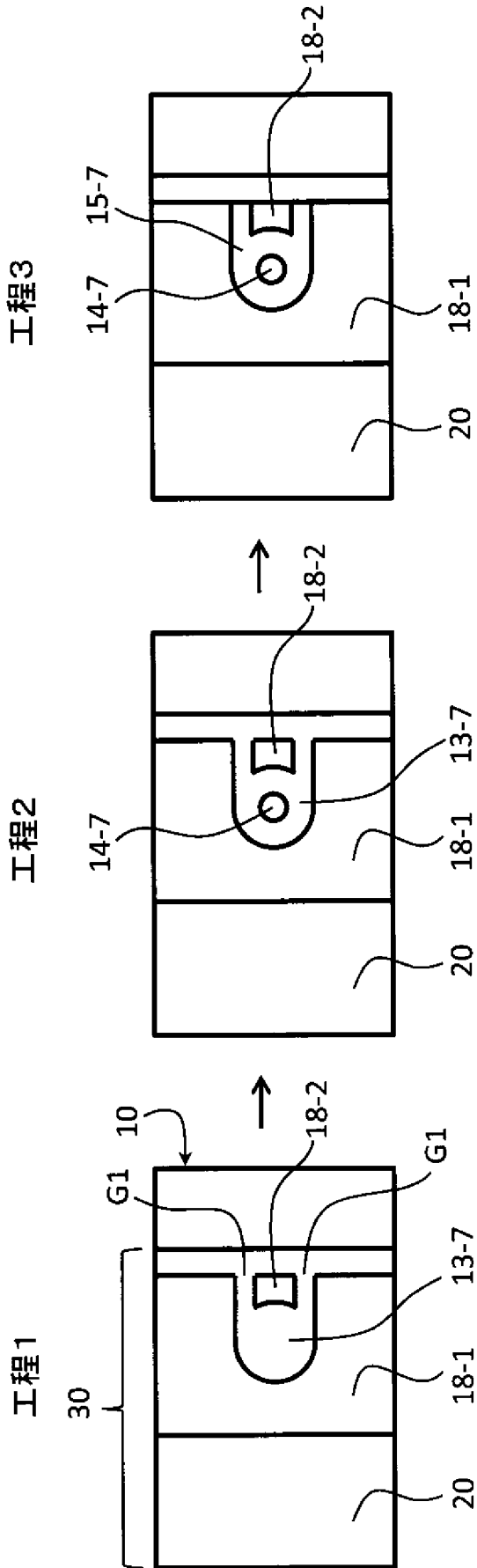
[図11]



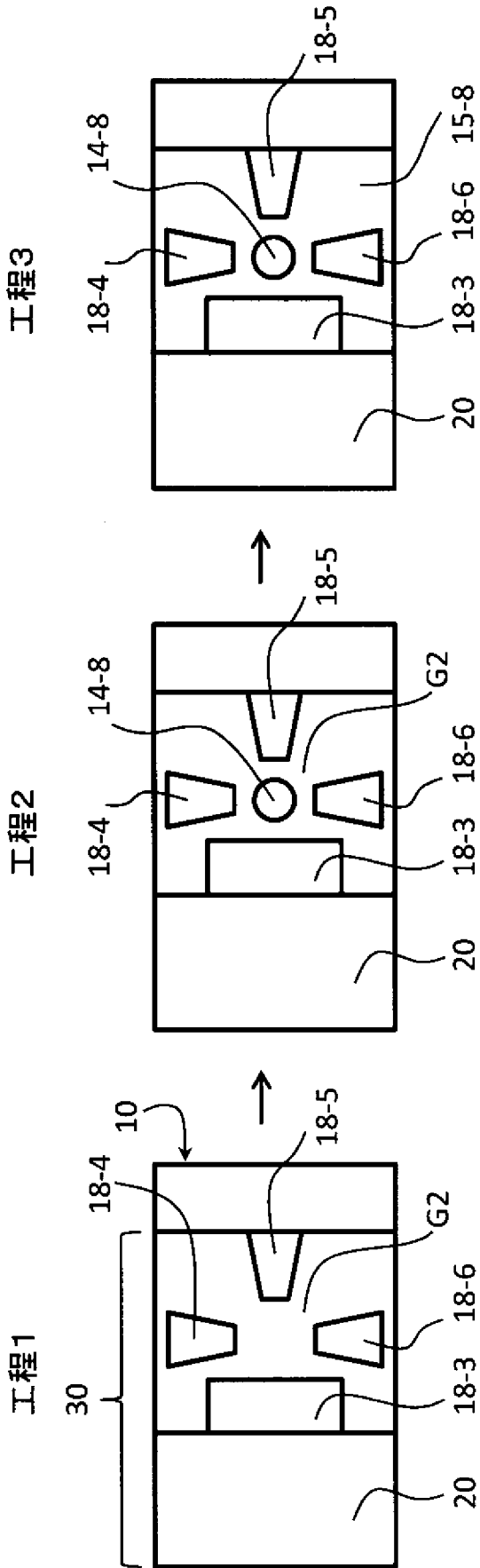
[図12]



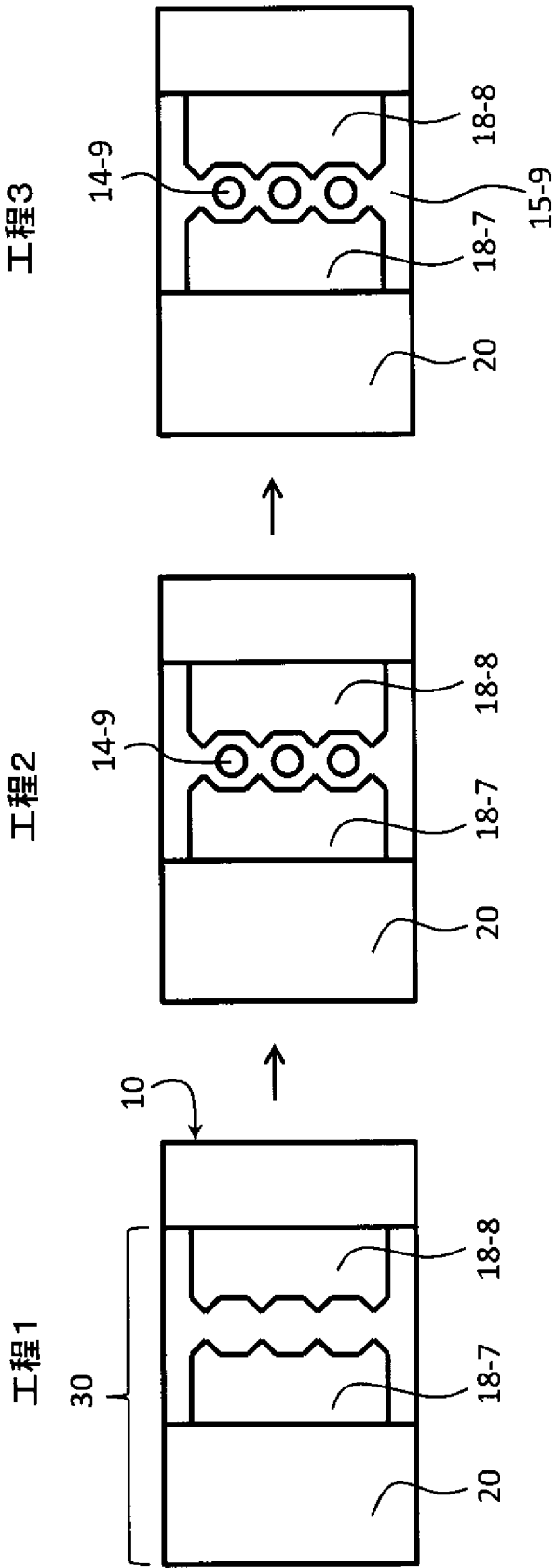
[図13]



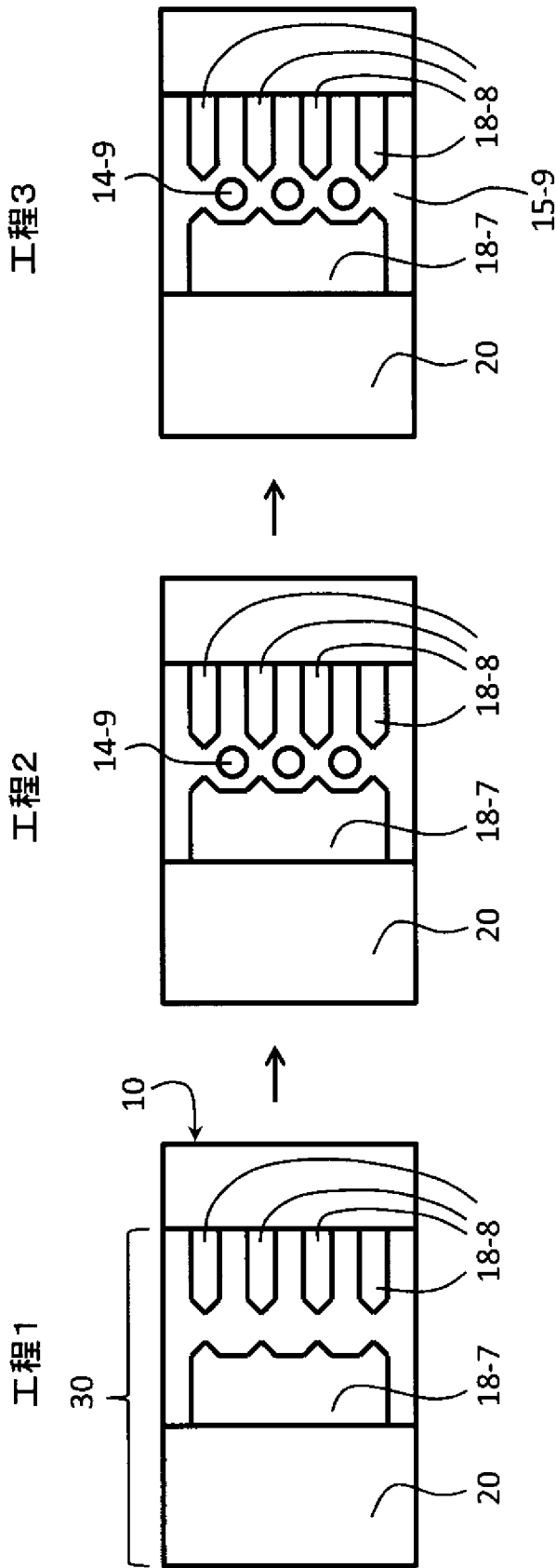
[図14]



[図15]

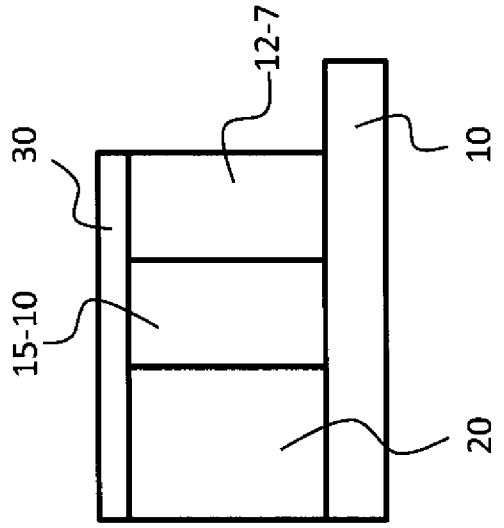
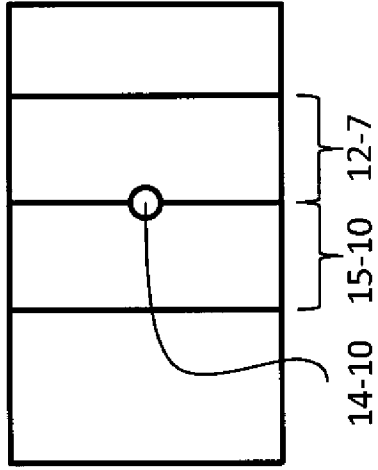


[図16]

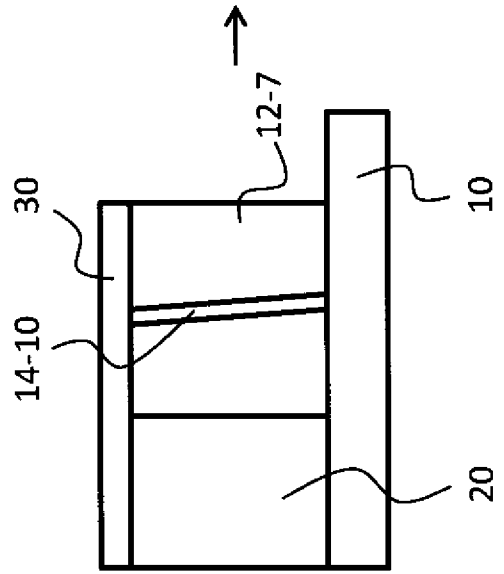
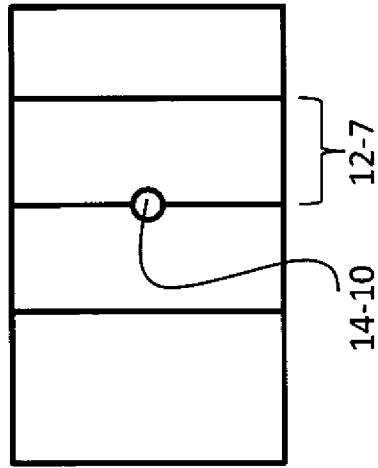


[図17]

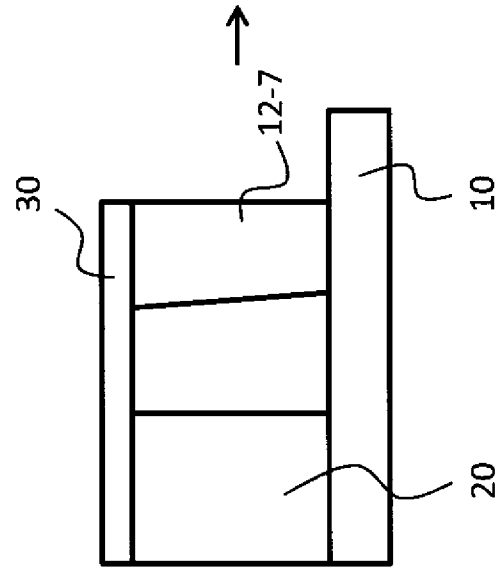
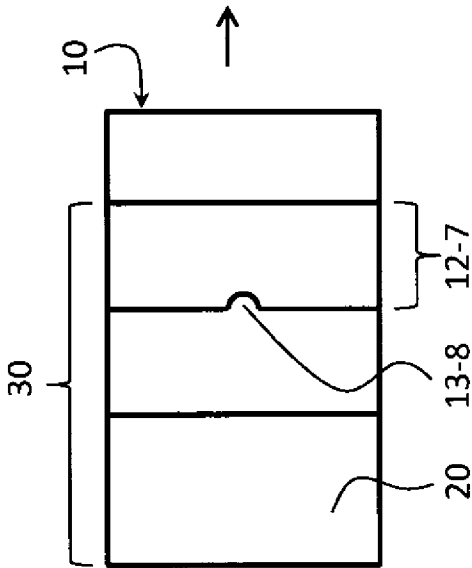
工程3



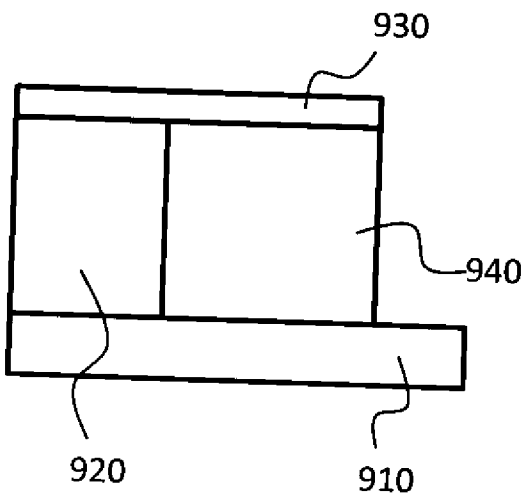
工程2



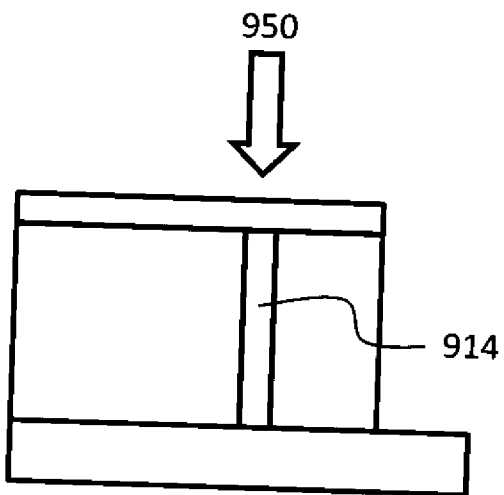
工程1



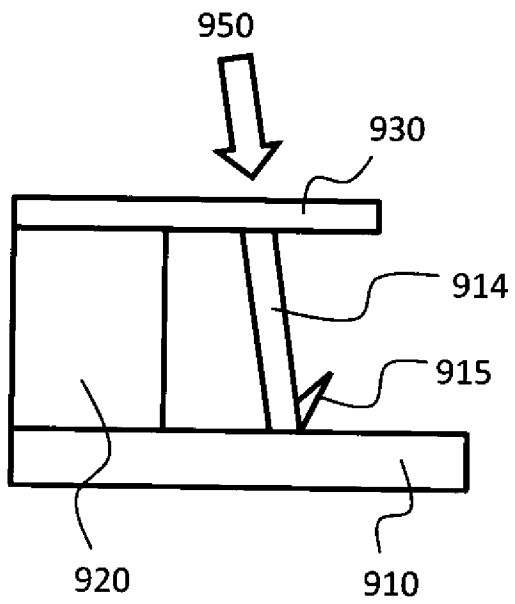
[図18A]



[図18B]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/068673

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B6/138(2006.01) i, G02B6/122(2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G02B6/12-6/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 A	JP 2011-169971 A (Tokyo Electron Ltd.), 01 September 2011 (01.09.2011), paragraphs [0022] to [0036]; fig. 1 to 2 & WO 2011/102239 A1	1-2, 5, 14-15 3-4 6-13, 16-17
Y A	JP 2001-330746 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 30 November 2001 (30.11.2001), paragraphs [0055] to [0068]; fig. 7 & US 2001/0053260 A1	3-4 1-2, 5-17
X A	JP 2009-175475 A (The Furukawa Electric Co., Ltd., Tokai University), 06 August 2009 (06.08.2009), paragraphs [0026] to [0057]; fig. 1 to 6 (Family: none)	6-8, 11-17 1-5, 9-10

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 04 September 2015 (04.09.15)	Date of mailing of the international search report 15 September 2015 (15.09.15)
---	--

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/JP2015/068673

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-116335 A (Takashi NISHI), 19 April 2002 (19.04.2002), paragraphs [0011] to [0013], [0016] to [0017]; fig. 1, 4, 7 (Family: none)	1-17
A	JP 05-264833 A (Hitachi Maxell, Ltd.), 15 October 1993 (15.10.1993), paragraphs [0008] to [0026]; fig. 1 to 13 (Family: none)	1-17
A	JP 2005-128319 A (Sharp Corp.), 19 May 2005 (19.05.2005), paragraphs [0035] to [0061]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-17
A	US 2013/0230277 A1 (HON HAI PRECISION INDUSTRY CO., LTD.), 05 September 2013 (05.09.2013), paragraphs [0038] to [0047]; fig. 7 to 11 (Family: none)	1-17
A	JP 2012-137765 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 19 July 2012 (19.07.2012), paragraph [0083]; fig. 16 to 18 (Family: none)	1-17
A	JP 2013-045028 A (Tokai University), 04 March 2013 (04.03.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-17

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G02B6/138(2006.01)i, G02B6/122(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G02B6/12-6/14		
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 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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 Y A	JP 2011-169971 A（東京エレクトロン株式会社）2011.09.01, [0022]-[0036], 図 1-2 & WO 2011/102239 A1	1-2, 5, 14-15 3-4 6-13, 16-17
Y A	JP 2001-330746 A（松下電器産業株式会社）2001.11.30, [0055]-[0068], 図 7 & US 2001/0053260 A1	3-4 1-2, 5-17
X A	JP 2009-175475 A（古河電気工業株式会社, 学校法人東海大学） 2009.08.06, [0026]-[0057], 図 1-6（ファミリーなし）	6-8, 11-17 1-5, 9-10
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input 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日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 04.09.2015	国際調査報告の発送日 15.09.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 奥村 政人 電話番号 03-3581-1101 内線 3294	2 X 4 7 5 2

C (続き) . 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	JP 2002-116335 A (西孝) 2002. 04. 19, [0011]-[0013], [0016]-[0017], 図 1, 4, 7 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 05-264833 A (日立マクセル株式会社) 1993. 10. 15, [0008]-[0026], 図 1-13 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 2005-128319 A (シャープ株式会社) 2005. 05. 19, [0035]-[0061], 図 1-2 (ファミリーなし)	1-17
A	US 2013/0230277 A1 (HON HAI PRECISION INDUSTRY CO., LTD.) 2013. 09. 05, [0038]-[0047], 図 7-11 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 2012-137765 A (日本特殊陶業株式会社) 2012. 07. 19, [0083], 図 16-18 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 2013-045028 A (学校法人東海大学) 2013. 03. 04, 全文, 全図 (フ ァミリーなし)	1-17