

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年7月23日(23.07.2020)



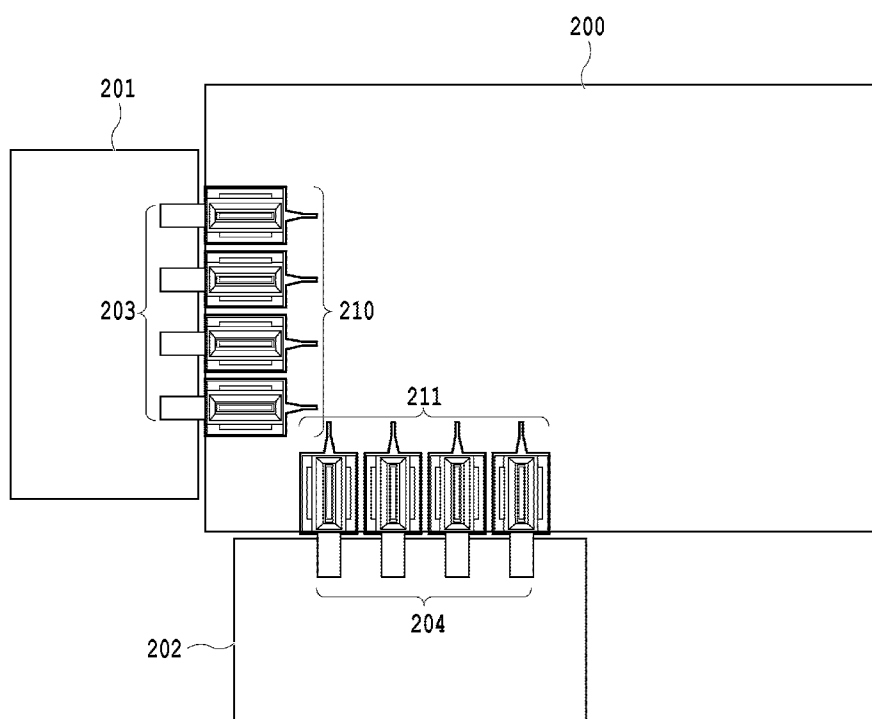
(10) 国際公開番号

WO 2020/149309 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 31/02 (2006.01) *H01L 31/102* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/001093
- (22) 国際出願日: 2020年1月15日(15.01.2020)
- (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 2019-005933 2019年1月17日(17.01.2019) JP
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 武田 浩太郎 (TAKEDA Kotaro); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 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, 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: PHOTODETECTOR

(54) 発明の名称: 光検出器



(57) Abstract: Provided is a photodetector using a germanium photodiode (GePD), the photodetector having reduced optical sensitivity variations due to temperature. The photodetector is provided with a plurality of photodiodes formed on a silicon substrate and having germanium or a germanium compound in a light absorption layer, and two integrated circuit chips respectively disposed in parallel to two sides associated with one corner of the silicon substrate. The photodetector is characterized in that: the two integrated circuits are connected to the photodiodes formed on the silicon substrate; two

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))

or more of the photodiodes are disposed at equal distances with respect to the integrated circuit parallel to one side associated with the one corner; and the numbers of the photodiodes disposed at equal distances as viewed from the respective integrated circuits are the same.

(57) 要約：GePDを用いた光検出器において、温度による光感度の変化の少ない光検出器を提供する。シリコン基板上に形成され、ゲルマニウム、またはゲルマニウム化合物を光吸収層に持つ複数のフォトダイオードと、前記シリコン基板の1つの隅に関わる2辺に対し、各々平行に配置される集積回路のチップを2つ備え、前記2つの集積回路は、前記シリコン基板上に形成されたフォトダイオードと接続され、前記一つの隅に関わる一辺に対して平行な前記集積回路に対し、前記フォトダイオードは2つ以上が等距離に配置され、前記各集積回路から見た、等距離に配置される前記フォトダイオードの数は等しい、ことを特徴とする光検出器とした。

明 細 書

発明の名称：光検出器

技術分野

[0001] 本発明は、光通信システムや光情報処理システムにおいて用いられる光検出器に関し、特に光感度の温度依存性が小さい、光検出器を提供するための構造に関するものである。

背景技術

[0002] 近年の光通信の普及に伴い、光通信装置の低コスト化が求められている。その解決策の1つとして、光通信装置を構成する光回路を、シリコンウエハのような大口径ウエハ上に、シリコンフォトリソグラフィのような微小光回路技術を用いて一度に多数形成する方法がある。これにより、1チップあたりの材料費を劇的に下げ、光通信装置の低コスト化を図ることが出来る。

[0003] このような技術を用いたシリコン（Si）基板上に形成する代表的な光検出器としては、モノリシック集積が可能なゲルマニウム光検出器（GePD）がある。

[0004] 図1は、従来の導波路結合型の縦型GePD100の構造を模式的に示す図である。図2は、図1のII-IIの基板断面図である。図1のGePD100は概略、左端の導波路層1101から入力された光が、シリコンスラブ1102上の光吸収層であるGe層114に達し、光が吸収されると電極117と電極116、118との間に光電流が流れ、光を検出する。

[0005] 尚、構造を分かり易くするために、図1では、図2の断面図に示すクラッド層103、コア層110を省いており、電極116～118が、第一の不純物（例えばp型）をインプラしたシリコン電極部112、113および第一の不純物と反対の導電型の第二の不純物（例えばn型）をインプラしたGe領域115に接する位置のみを、表示している。GePD100は、Si基板、Si酸化膜、表面Si層からなるSOI（Silicon On Insulator）基板にリソグラフィ技術等を用いて形成される。

[0006] 図2の基板断面図においてGePD100は、Si基板101と、Si基板上のSi酸化膜からなる下部クラッド層102と、信号光を導くコア層110と、コア層110上に形成された光を吸収するGe層114と、コア層110およびGe層114上に形成された上部クラッド層103を備える。図2のコア層110は、図1の導波路層1101とシリコンスラブ1102に対応する。

[0007] 図2のコア層110の上には、第一の不純物をインプラしたSiスラブ111、および第一の不純物が高濃度にドーピングされ、電極として作用するシリコン電極部112、113が形成されている。両電極部112、113の間のSiスラブ111の上には、Ge層114がエピタキシャル成長によって積層され、その上部に第二の不純物がドーピングされたGe領域115が形成されている。Ge層114は、ゲルマニウム化合物の層で形成された光吸収層であることも可能であり、ゲルマニウム層と総称する。そして、シリコン電極部112、113およびGe領域115の上には、それらに接するように電極116～118を備え、光電流が検出される。

[0008] GePDは、導波路層1101からシリコンスラブ1102に光が入射されてGe層114で光が吸収されると、電極117と電極116、118との間に光電流が流れるので、その電流を検出することで光を検出する。

[0009] 図3、4に示すような、横型のGePDも従来より存在する。図3の横型のGePD100は、図2の第一の不純物をインプラしたp型Siスラブ111、第二の不純物がドーピングされたGe領域115の代わりに、第一の不純物をインプラしたゲルマニウム領域121と第二の不純物をインプラしたゲルマニウム領域122を備える。ゲルマニウム領域121と122の間は、Ge層114で分離されており、光電流は電極116、118から検出される。

[0010] 図4の別の横型のGePD100は、図2の第一の不純物をインプラしたp型Siスラブ111、第二の不純物がドーピングされたGe領域115の代わりに、第一の不純物をインプラしたシリコン領域124pと第二の不純

物をインプラしたシリコン領域 1 2 4 n、および第二の不純物が高濃度にドーピングされ、電極として作用するシリコン電極部 1 2 5 を備える。シリコン領域 1 2 4 p とシリコン領域 1 2 4 n の間の領域 1 2 3 では、Ge 層 1 1 4 が 2 つのシリコン領域に跨ってコア層 1 1 0 と接しており、光電流は電極 1 1 6、1 1 8 から検出される。いずれの横型の Ge PD においても、Ge 層 1 1 4 はゲルマニウム化合物の層で形成された光吸収層であることも可能であり、ゲルマニウム層と総称する。

[0011] また、Ge PD を用いた光通信システムや光情報処理システムでは、単独の Ge PD を使うことは少なく、一般に 2 ～ 8 個程度の Ge PD を並べて使う。これは多波長を使う波長分割多重方式 (WDM) を採用するシステムにおいて波長の数だけ Ge PD を必要とする場合や、光デジタルコヒーレント通信技術を採用するシステムにおいてバランス PD として使う場合に複数の PD を必要とする。

[0012] 図 5 は、光デジタルコヒーレント通信技術において用いる従来の光受信機の構成の一例である。この構成では、偏波分離器 9 0 1 に入力された受信偏波多重光が偏波分離され、2 つの光ハイブリッド 9 4 0、9 4 1 において、局発光源 9 0 0 からの 2 つの異なる偏波の局発光と組み合わせられる。2 つの光ハイブリッド 9 4 0、9 4 1 からの、各 4 つ、計 8 つの出力光の光電気変換のために、8 個の Ge PD 9 5 0 A ～ 9 5 0 H が用いられる。

先行技術文献

非特許文献

[0013] 非特許文献 1 : G.G. Macfarlane, T.P. McLean, J.E. Quarrington and V. Roberts, "Fine Structure in the Absorption-Edge Spectrum of Ge", Phys. Rev. 108, 6 (1957) 1377-1383.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0014] しかしながら、図 1 ～ 4 に示す従来の Ge PD 1 0 0 は、光感度 (光入力

パワーに対する電流出力の特性、単位 A/W) の温度特性が一定ではないという課題がある。

[0015] 図6は、GePDの通信波長帯域C帯、L帯（波長1530～1565nm、1565～1625nm）で、逆バイアス1.6Vを印加した時の、3通りの温度に対する光電気変換の感度をプロットした図である。例えば31℃ではC帯付近まではほぼ一定の感度を示すが、L帯になると感度を落とす。この感度の変化はゲルマニウムの光吸収スペクトルの変化によってもたらされている。−5℃になるとC帯においても感度を落とす傾向を示す。

[0016] 図7は、ゲルマニウム自身の光吸収スペクトルの温度依存性である(非特許文献1参照)。温度が低温になるとゲルマニウムのバンドギャップは高エネルギー側にシフトする。すなわち光吸収スペクトル端は短波長側にシフトする。GePDに用いているゲルマニウムの光吸収スペクトル端は31℃でちょうどC帯の長波長側の1565nm付近にある。従って31℃ではC帯全域に一定の感度を示すGePDであっても、温度が低くなるにつれ、長波長側から徐々に感度が落ちてゆく。この傾向を示したのが図6であり、長波長ほど低温である−5℃において光感度を落とす傾向がある。

[0017] 本発明はこのような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、GePDを用いた光検出器において、温度変化を抑えることで光感度の変化の少ない光検出器を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0018] 本発明は、このような目的を達成するために、以下のような構成を備えることを特徴とする。

[0019] (構成1)

シリコン基板の上に形成され、ゲルマニウム層を光吸収層に持つ複数のフォトダイオードと、

前記シリコン基板の1つの隅に関わる2辺に対し、各々平行に配置された集積回路を2つ備え、

2つの前記集積回路は各々、前記シリコン基板の上に形成された2つ以上

の前記フォトダイオードと接続され、

前記集積回路は、各前記フォトダイオードと等距離に配置され、

各前記集積回路に対応する前記フォトダイオードの数は等しい、

ことを特徴とする光検出器。

[0020] (構成2)

シリコン基板の上に形成され、ゲルマニウム層を光吸収層に持つ複数のフォトダイオードと、

前記シリコン基板にモノリシック集積された集積回路を2つ以上備え、

2つ以上の前記集積回路は各々、前記シリコン基板の上に形成された2つ以上の前記フォトダイオードと接続され、

前記集積回路は、各前記フォトダイオードと等距離に配置され、

各前記集積回路に対応する前記フォトダイオードの数は等しい、

ことを特徴とする光検出器。

[0021] (構成3)

構成1または2に記載の光検出器において、前記フォトダイオードは、

シリコン基板と、

前記シリコン基板の上に形成された下部クラッド層と、

前記下部クラッド層の上に形成され、第一の導電型不純物がドーピングされたシリコン領域を含むシリコンコア層と、

前記シリコンコア層に接続されたシリコン導波路層と、

前記シリコンコア層の上に形成され、第二の導電型不純物がドーピングされた領域を含むゲルマニウム層と、

前記シリコンコア層および前記ゲルマニウム層の上に形成された上部クラッド層と、

前記シリコン領域および前記ゲルマニウム層の領域にそれぞれ接続された電極を備える

ことを特徴とする光検出器。

[0022] (構成4)

構成 1 または 2 に記載の光検出器において、前記フォトダイオードは、シリコン基板と、
前記シリコン基板の上に形成された下部クラッド層と、
前記下部クラッド層の上に形成されたシリコンコア層と、
前記シリコンコア層に接続されたシリコン導波路層と、
前記シリコンコア層の上に形成され、異なる導電型不純物がドーピングされた 2 つのゲルマニウム領域を含むゲルマニウム層と、
前記シリコンコア層および前記ゲルマニウム層の上に形成された上部クラッド層と、
前記ゲルマニウム層の 2 つの前記ゲルマニウム領域にそれぞれ接続された電極を備える
ことを特徴とする光検出器。

[0023] (構成 5)

構成 1 または 2 に記載の光検出器において、前記フォトダイオードは、シリコン基板と、
前記シリコン基板の上に形成された下部クラッド層と、
前記下部クラッド層の上に形成され、異なる導電型不純物がドーピングされた 2 つのシリコン領域を含むシリコンコア層と、
前記シリコンコア層に接続されたシリコン導波路層と、
前記シリコンコア層の上に 2 つの前記シリコン領域に跨って形成されたゲルマニウム層と、
前記シリコンコア層および前記ゲルマニウム層の上に形成された上部クラッド層と、
2 つの前記シリコン領域にそれぞれ接続された電極を備える、
ことを特徴とする光検出器。

[0024] (構成 6)

構成 1 または 2 に記載の光検出器において、前記集積回路は、前記接続するフォトダイオードを囲うように配置した熱伝導体を備え、

前記熱伝導体は上部クラッド層の中、または上に配置されている金属または高熱伝導材料である、
ことを特徴とする光検出器。

[0025] (構成7)

構成3ないし5のいずれか1項に記載の光検出器において、前記フォトダイオードは、

前記ゲルマニウム層に熱を与えるためのヒータを備え、

前記ヒータは前記上部クラッド層の中、または上に配置されている、
ことを特徴とする光検出器。

[0026] (構成8)

構成3ないし5のいずれか1項に記載の光検出器において、前記フォトダイオードは、

前記ゲルマニウム層に熱を与えるためのヒータを備え、

前記ヒータは前記シリコンコア層の上部に形成された線状の導電性領域である、
ことを特徴とする光検出器。

発明の効果

[0027] 以上記載したように、本発明によれば、GePDを用いた光検出器において、集積回路の発熱を利用してGePDの温度変化を抑えることで、光感度の変化の少ない光検出器を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]従来の一般的な縦型GePDの基板平面図である。

[図2]図1のGePDの基板断面図である。

[図3]従来の一般的な横型GePDの基板断面図である。

[図4]従来の一般的な横型GePDの別例の基板断面図である。

[図5]光デジタルコヒーレント通信技術において用いる従来の光受信機の構成の一例を示す図である。

[図6]従来のGePDの3つの温度における光電気感度の波長特性の図である

。

[図7] Ge の光吸収スペクトルの温度依存性を説明する図である。

[図8]本発明の実施例1の光検出器の構成を示す図である。

[図9]従来のシリコンフォトリソグラフィチップにおける熱分布を示す図である。

[図10]本発明のシリコンフォトリソグラフィチップにおける熱分布を示す図である

。

[図11]本発明の実施例2の光検出器の構成を示す基板平面図である。

[図12]本発明の実施例2の光検出器の別構成を示す基板平面図である。

[図13]本発明の実施例3の光検出器の構成を示す基板平面図である。

[図14]本発明の実施例4の光検出器の構成を示す基板平面図である。

[図15]本発明の実施例4の光検出器の別構成を示す基板平面図である。

[図16]本発明の実施例4の光検出器の Ge PD の基板断面図である。

[図17]本発明の実施例4の光検出器の Ge PD の別構成の基板断面図である

。

発明を実施するための形態

[0029] 本発明のシリコンフォトリソグラフィによる光検出器では、少なくとも2つの集積回路が、シリコンフォトリソグラフィのシリコン基板のチップの少なくとも1つの隅（角）を囲うように配置されるか、またはシリコン基板上にモノリシック集積される。シリコンフォトリソグラフィによるチップ側には、光検出素子として複数の Ge PD を含む Ge PD 群が複数配置され、集積回路と各 Ge PD が等距離で配置され、電極で配線される。各集積回路に対応する、等距離に配置される Ge PD の数は等しいことが望ましい。集積回路は、例えば多チャンネルを備えたトランスインピーダンスアンプやドライバ、デジタルシグナルプロセッサなどの、発熱する回路である。

[0030] 本発明に係る光検出器においては、集積回路から発する熱を Ge PD に与える事で、Ge PD を温め、感度の劣化を防ぐことが出来る。Ge PD のタイプは、図1から4に記載した縦型、横型のいずれのタイプであってもよい

。

[0031] 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳細に説明する。

[0032] (実施例1)

図8は本発明の実施例1の光検出器の典型的な配置例である。本発明の光検出器では、一つの隅に2つのGePD群210211が配置されたシリコンフォトリニクスチップ200の一つの隅において、集積回路201と202が囲うように配置される。集積回路201にはGePD群210が、集積回路202にはGePD群211が対応するように配置され、各GePD群のGePDが各集積回路から等距離になるように配置される。

[0033] 一般に複数のGePDが配置されるときは、集積回路が多chの場合、差動動作する場合は殆どであり、例えば本実施例1で言えば、2chの差動動作するトランスインピーダンスアンプが集積回路201、202であった場合の配置と同等となる。集積回路201、202とGePD群210、211を繋ぐ配線は、ワイヤボンディングでも金属バンプを使ったフリップチップ接続でも良い。集積回路201、202は熱源であり、これらの発する熱は、この接続配線を伝ってGePD群210、211に伝わる。

[0034] 従来の一般的な光検出器の配置では、四角い一つのチップ200の1辺に対して、1つのGePD群が並ぶ。そのため、熱源となる集積回路201も一つであり、拡散する熱による温度の分布も図9の温度分布220のようになる。

[0035] 対して本発明の光検出器の配置では、図10の様にGePD群に対応して熱源となる2つの集積回路201と202があり、熱拡散による熱分布も温度分布220と221で二つあり、なおかつGePDの配置に対して囲うように熱が発生する。そのため熱がチップ200の隅に効率的に集中する。この隅にGePD群210と211を配置することで、集積回路201および202の熱を効率的にGePD群に与える事が出来る。この熱によってGePD群は温められ、感度を落とすことが無くなる。本発明は集積回路の配置を変えるだけで、追加の回路を必要とせず、従来の配置より効率的にGePDに熱を与える事が可能となる。

[0036] (実施例2)

図11は、本発明の実施例2の構成を示す図である。実施例2は、シリコンフォトリソグラフィチップ200のシリコン基板の上に、集積回路201、202がモノリシック集積された例である。GePD群はシリコンフォトリソグラフィチップ200の上で、モノリシック集積された集積回路201と202によって囲われるように配置される。集積回路201にはGePD群210が、集積回路202にはGePD群211が各集積回路から等距離になるように配置される。集積回路201、202はモノリシック集積されているため、2つである必要は無く、3つ以上の集積回路が有っても良い。

[0037] 例えば図12に示す実施例2の別構成の様に、3つ以上の集積回路が有る実施例も可能である。図12では、シリコンフォトリソグラフィチップ200の中央に電気配線を四方に出す形で配置されたGePD群210、211に対して、これらを囲うように4つの集積回路201、202、251、252が配置され、熱を与える構造になる。各集積回路から与えられる熱が均一となるように、GePD群210、211の各GePDと4つの集積回路201、202、251、252の間の距離は等距離とされる。

[0038] 集積回路201、202、251、252とGePD群210、211を繋ぐ配線は、上部クラッド層103の中に配線された金属である。モノリシック集積しているため、熱源である4つの集積回路201、202、251、252からの熱は、金属配線だけではなく、基板も伝導パスとして、各GePDに伝わる。

[0039] 逆に、シリコンフォトリソグラフィチップの中央に、1つのあるいは任意の複数の集積回路が配置され、これを囲うように周囲に配置された任意の複数のGePD群に熱を与える構造とすることもできる。

[0040] (実施例3)

図13は、本発明の実施例3の構成を示す図である。実施例1の配置に加えて、電気配線以外の熱伝導体212、213を追加した例である。熱伝導体212、213は、集積回路201、202から配線されており、集積回

路からの熱を伝えるヒートポンプの役割を果たす。熱伝導体 212、213 は、上部クラッド層 103 の中または上に配線された金属または高熱伝導材料であることができ、所望の熱伝導を確保するために十分な熱伝導率と厚みまたは幅を有する配線とすることができる。実施例 3 では、GePD 群 210、211 に、集積回路 201、202 が発する熱を加える事が主目的であるため、熱伝導体 212、213 は GePD 群を囲うように配置される。

[0041] (実施例 4)

図 14 は、本発明の実施例 4 の構成を示す図である。実施例 4 は、実施例 1 の配置に加えて、ヒータ 221～228 を配置した例である。集積回路 201、202 からの熱だけでは GePD 群 210、211 を加熱するのに不十分だった場合に、補助的な熱を与えるためのヒータを配置した実施例である。

[0042] 実施例 4 のヒータ 221～228 は、図 14 の構成では各 GePD のゲルマニウム層を覆う抵抗体の領域であって、図 16 の基板断面図に示す様に、GePD の上部クラッド層 103 の中に配線された金属または金属化合物からなるヒータ 130 で構成することができる。

[0043] また、実施例 4 のヒータ 221～228 は、図 15 の構成では各 GePD のゲルマニウム層を囲う線状抵抗体の領域であって、図 17 の基板断面図に示す様に、GePD のコア層 110 に不純物を添加して作製した線状の導電性領域からなるヒータ 131 として構成することもできる。

産業上の利用可能性

[0044] 以上記載したように、本発明によれば、GePD を用いた光検出器において、集積回路の発熱を利用して GePD の温度変化を抑えることで、光感度の変化の少ない光検出器を提供することが可能となる。

符号の説明

[0045] 100、950A～950H ゲルマニウム光検出器 (GePD)

101 シリコン (Si) 基板

102 下部クラッド層

1 0 3 上部クラッド層

1 1 0 (シリコン) コア層

1 1 1、 p 型 S i スラブ

1 1 2、 1 1 3、 p + + S i 電極部

1 1 4、 ゲルマニウム (G e) 層

1 1 5、 n 型ゲルマニウム (G e) 領域

1 1 6、 1 1 7、 1 1 8、 電極

1 2 1 p 型ゲルマニウム領域

1 2 2 n 型ゲルマニウム領域

1 2 3 領域

1 2 4 p p 型シリコン領域

1 2 4 n n 型シリコン領域

1 2 5 シリコン電極部

1 1 0 1 導波路層

1 1 0 2 シリコンスラブ

1 3 0、 1 3 1、 2 2 1 ~ 2 2 8 抵抗体 (ヒータ)

2 0 0 シリコンフォトニクスチップ

2 0 1、 2 0 2、 2 5 1、 2 5 2 集積回路

2 1 0、 2 1 1 G e P D 群

2 2 0、 2 2 1 温度分布

2 1 2、 2 1 3 熱伝導体

9 0 0 局発光源

9 0 1 偏波分離器

9 4 0、 9 4 1 光ハイブリッド

請求の範囲

- [請求項1] シリコン基板の上に形成され、ゲルマニウム層を光吸収層に持つ複数のフォトダイオードと、
- 前記シリコン基板の1つの隅に関わる2辺に対し、各々平行に配置された集積回路を2つ備え、
- 2つの前記集積回路は各々、前記シリコン基板の上に形成された2つ以上の前記フォトダイオードと接続され、
- 前記集積回路は、各前記フォトダイオードと等距離に配置され、
- 各前記集積回路に対応する前記フォトダイオードの数は等しい、
- ことを特徴とする光検出器。
- [請求項2] シリコン基板の上に形成され、ゲルマニウム層を光吸収層に持つ複数のフォトダイオードと、
- 前記シリコン基板にモノリシック集積された集積回路を2つ以上備え、
- 2つ以上の前記集積回路は各々、前記シリコン基板の上に形成された2つ以上の前記フォトダイオードと接続され、
- 前記集積回路は、各前記フォトダイオードと等距離に配置され、
- 各前記集積回路に対応する前記フォトダイオードの数は等しい、
- ことを特徴とする光検出器。
- [請求項3] 請求項1または2に記載の光検出器において、前記フォトダイオードは、
- シリコン基板と、
- 前記シリコン基板の上に形成された下部クラッド層と、
- 前記下部クラッド層の上に形成され、第一の導電型不純物がドーピングされたシリコン領域を含むシリコンコア層と、
- 前記シリコンコア層に接続されたシリコン導波路層と、
- 前記シリコンコア層の上に形成され、第二の導電型不純物がドーピングされた領域を含むゲルマニウム層と、

前記シリコンコア層および前記ゲルマニウム層の上に形成された上部クラッド層と、

前記シリコン領域および前記ゲルマニウム層の領域にそれぞれ接続された電極を備えることを特徴とする光検出器。

[請求項4] 請求項 1 または 2 に記載の光検出器において、前記フォトダイオードは、

シリコン基板と、

前記シリコン基板の上に形成された下部クラッド層と、

前記下部クラッド層の上に形成されたシリコンコア層と、

前記シリコンコア層に接続されたシリコン導波路層と、

前記シリコンコア層の上に形成され、異なる導電型不純物がドーピングされた 2 つのゲルマニウム領域を含むゲルマニウム層と、

前記シリコンコア層および前記ゲルマニウム層の上に形成された上部クラッド層と、

前記ゲルマニウム層の 2 つの前記ゲルマニウム領域にそれぞれ接続された電極を備える

ことを特徴とする光検出器。

[請求項5] 請求項 1 または 2 に記載の光検出器において、前記フォトダイオードは、

シリコン基板と、

前記シリコン基板の上に形成された下部クラッド層と、

前記下部クラッド層の上に形成され、異なる導電型不純物がドーピングされた 2 つのシリコン領域を含むシリコンコア層と、

前記シリコンコア層に接続されたシリコン導波路層と、

前記シリコンコア層の上に 2 つの前記シリコン領域に跨って形成されたゲルマニウム層と、

前記シリコンコア層および前記ゲルマニウム層の上に形成された上

部クラッド層と、

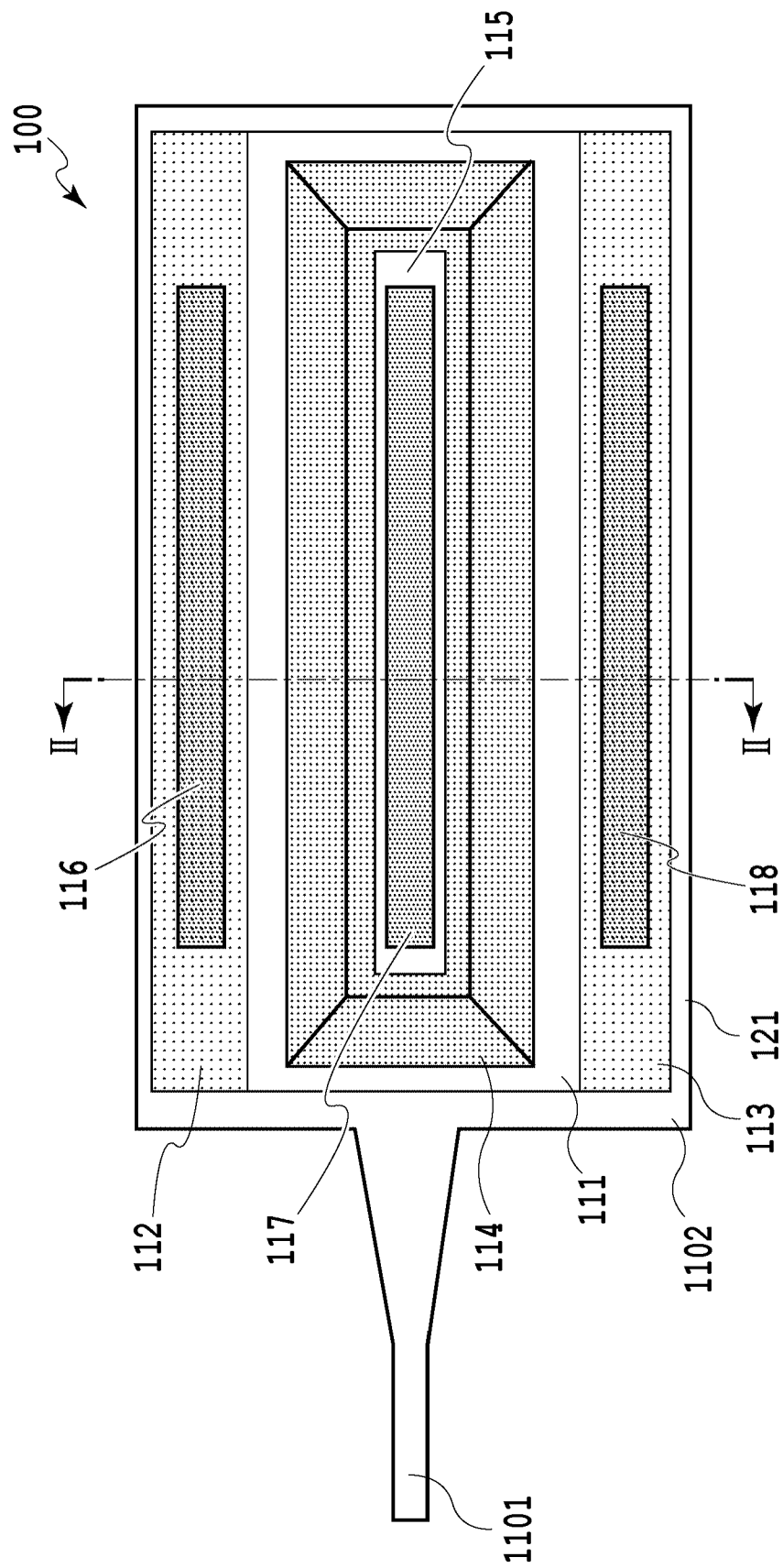
2つの前記シリコン領域にそれぞれ接続された電極を備える、
ことを特徴とする光検出器。

[請求項6] 請求項1または2に記載の光検出器において、前記集積回路は、前記接続するフォトダイオードを囲うように配置した熱伝導体を備え、
前記熱伝導体は上部クラッド層の中、または上に配置されている金属または高熱伝導材料である、
ことを特徴とする光検出器。

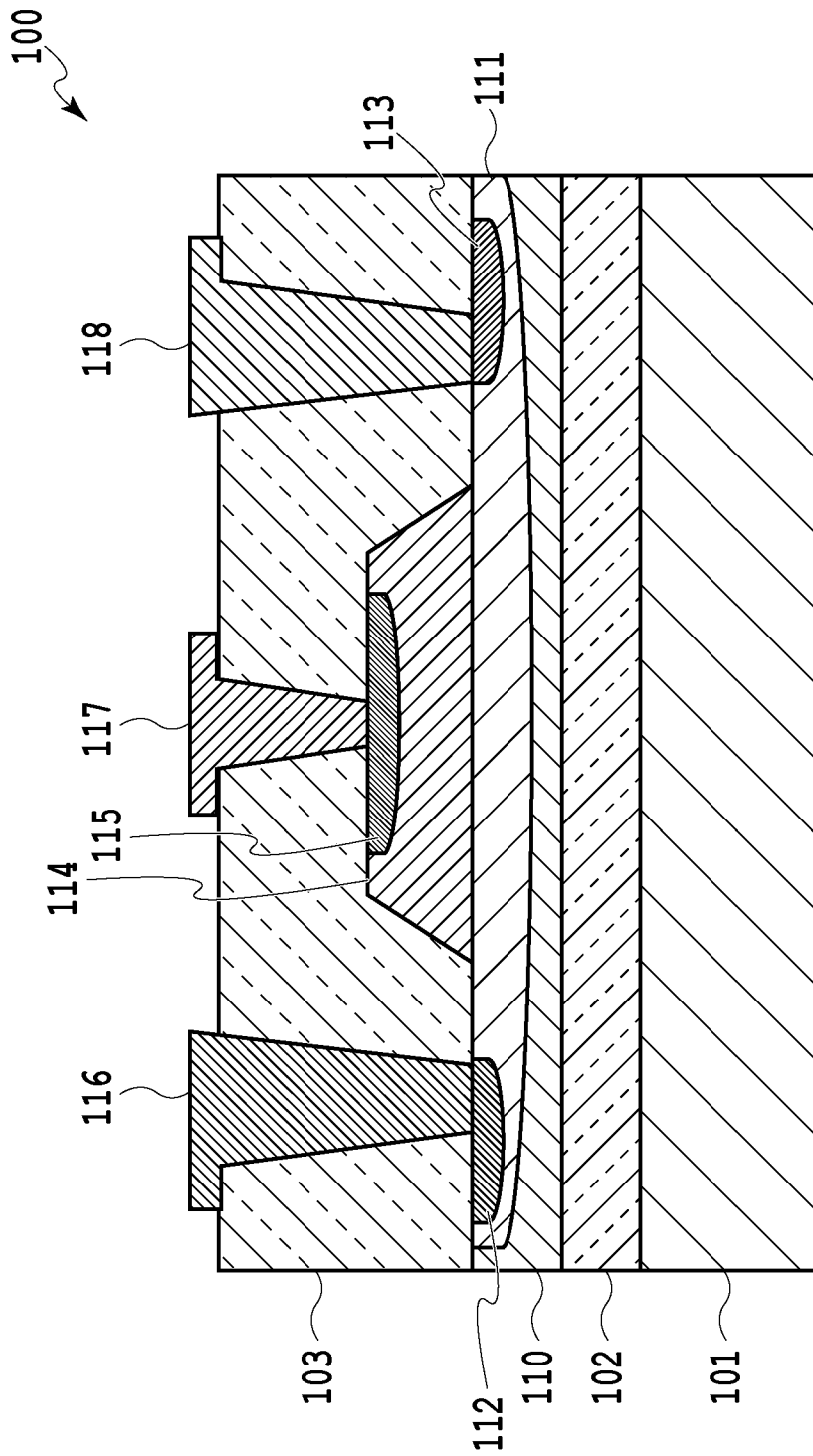
[請求項7] 請求項3ないし5のいずれか1項に記載の光検出器において、前記フォトダイオードは、
前記ゲルマニウム層に熱を与えるためのヒータを備え、
前記ヒータは前記上部クラッド層の中、または上に配置されている、
ことを特徴とする光検出器。

[請求項8] 請求項3ないし5のいずれか1項に記載の光検出器において、前記フォトダイオードは、
前記ゲルマニウム層に熱を与えるためのヒータを備え、
前記ヒータは前記シリコンコア層の上部に形成された線状の導電性領域である、
ことを特徴とする光検出器。

[図1]

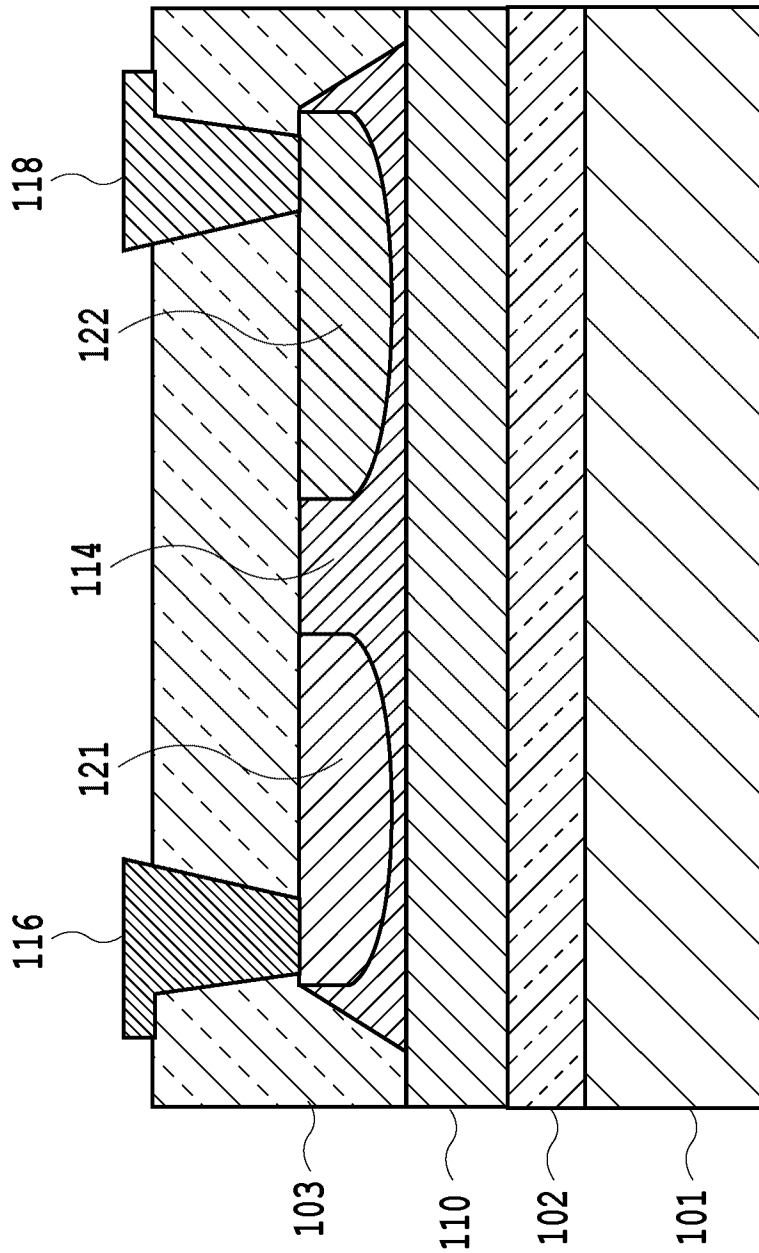


[図2]

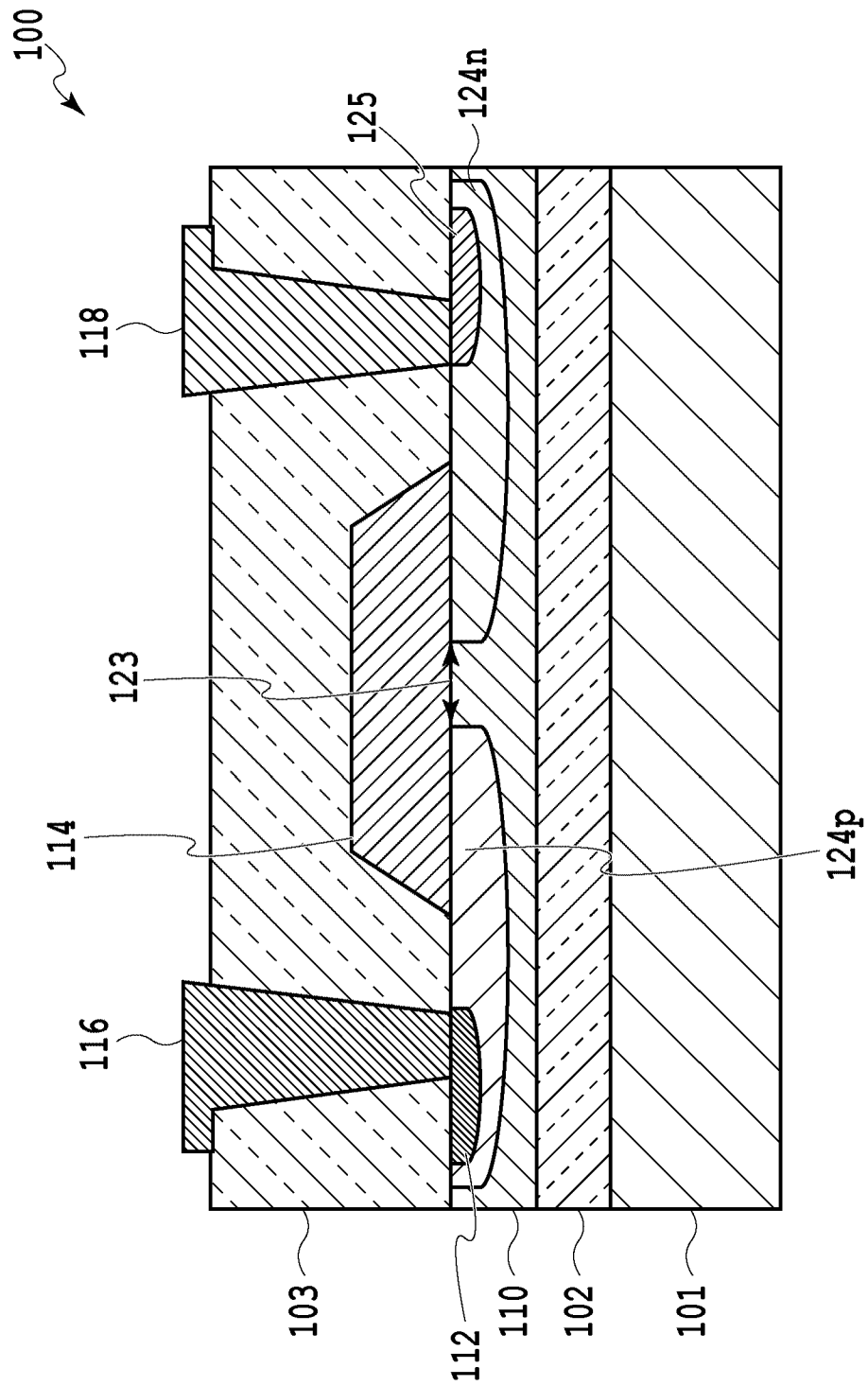


[図3]

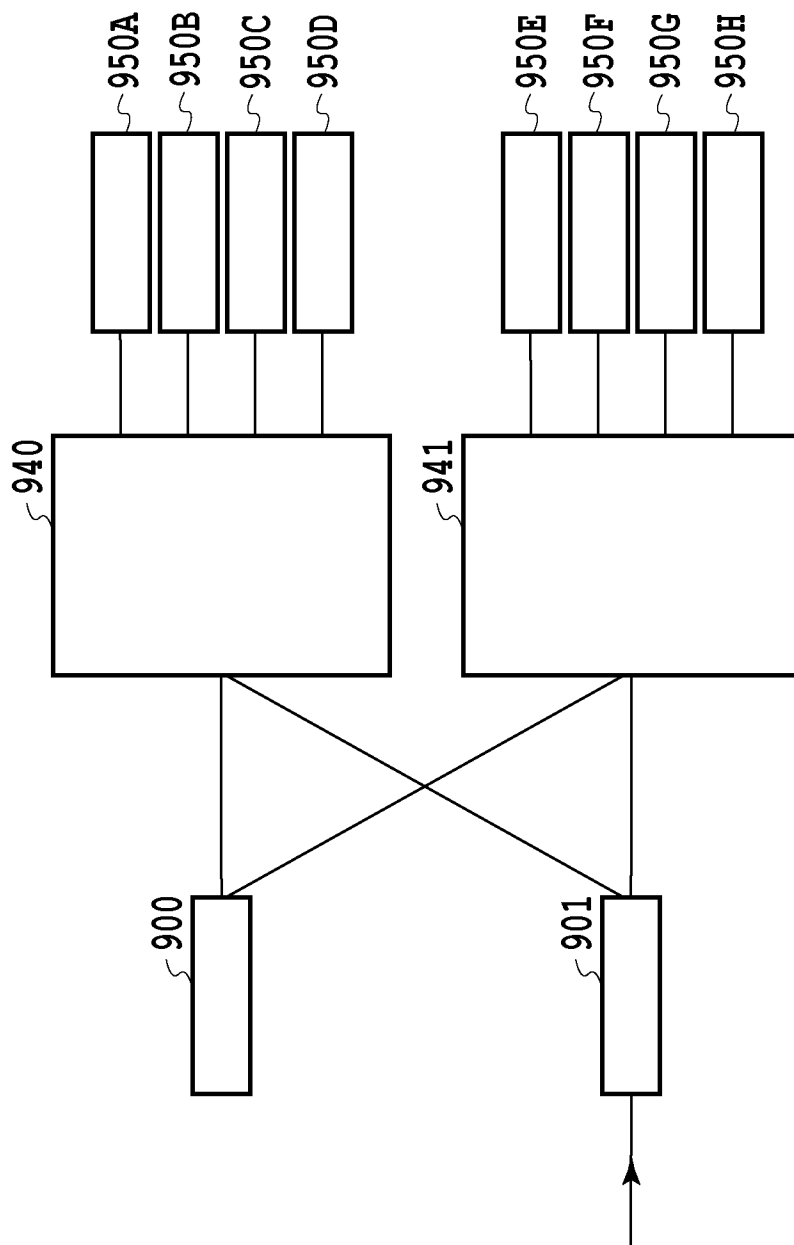
100



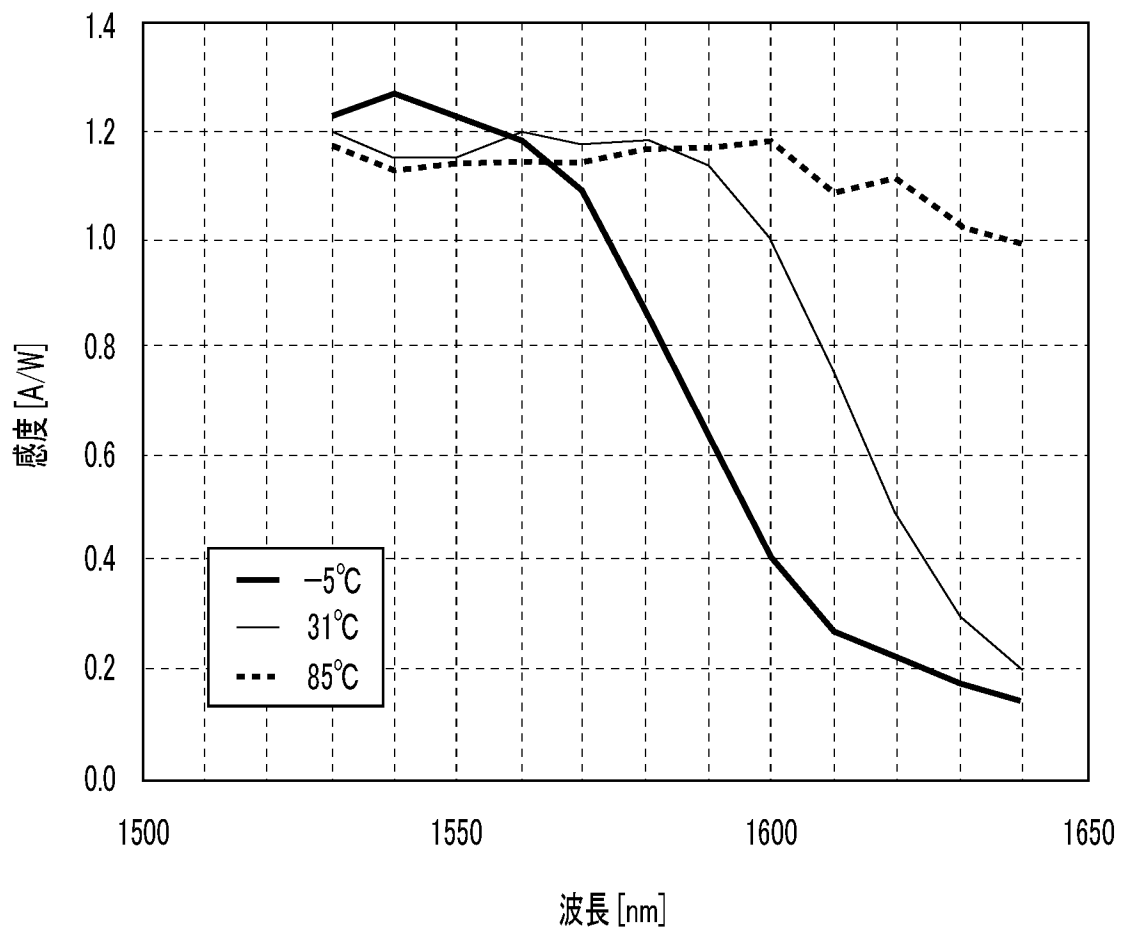
[図4]



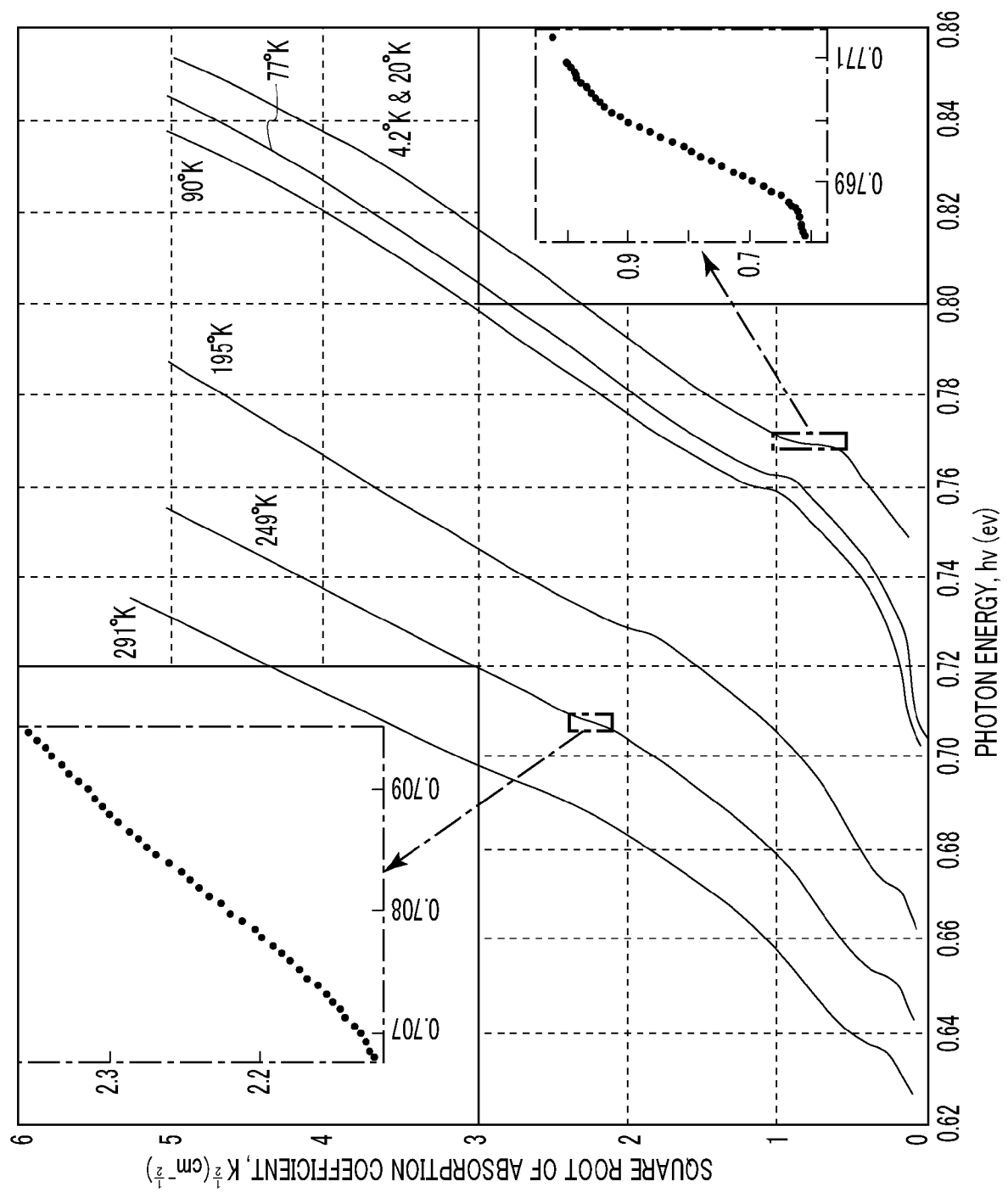
[図5]



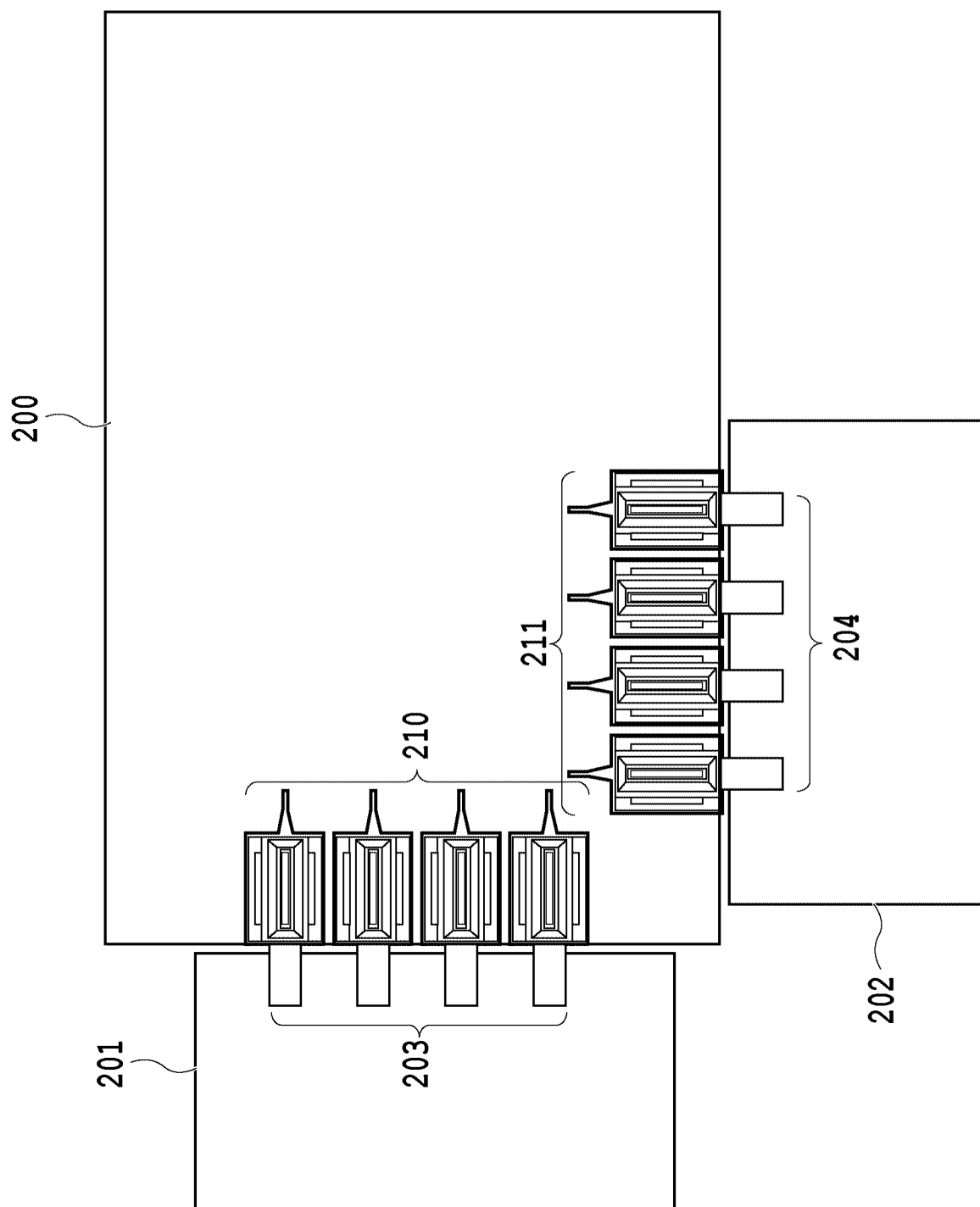
[図6]



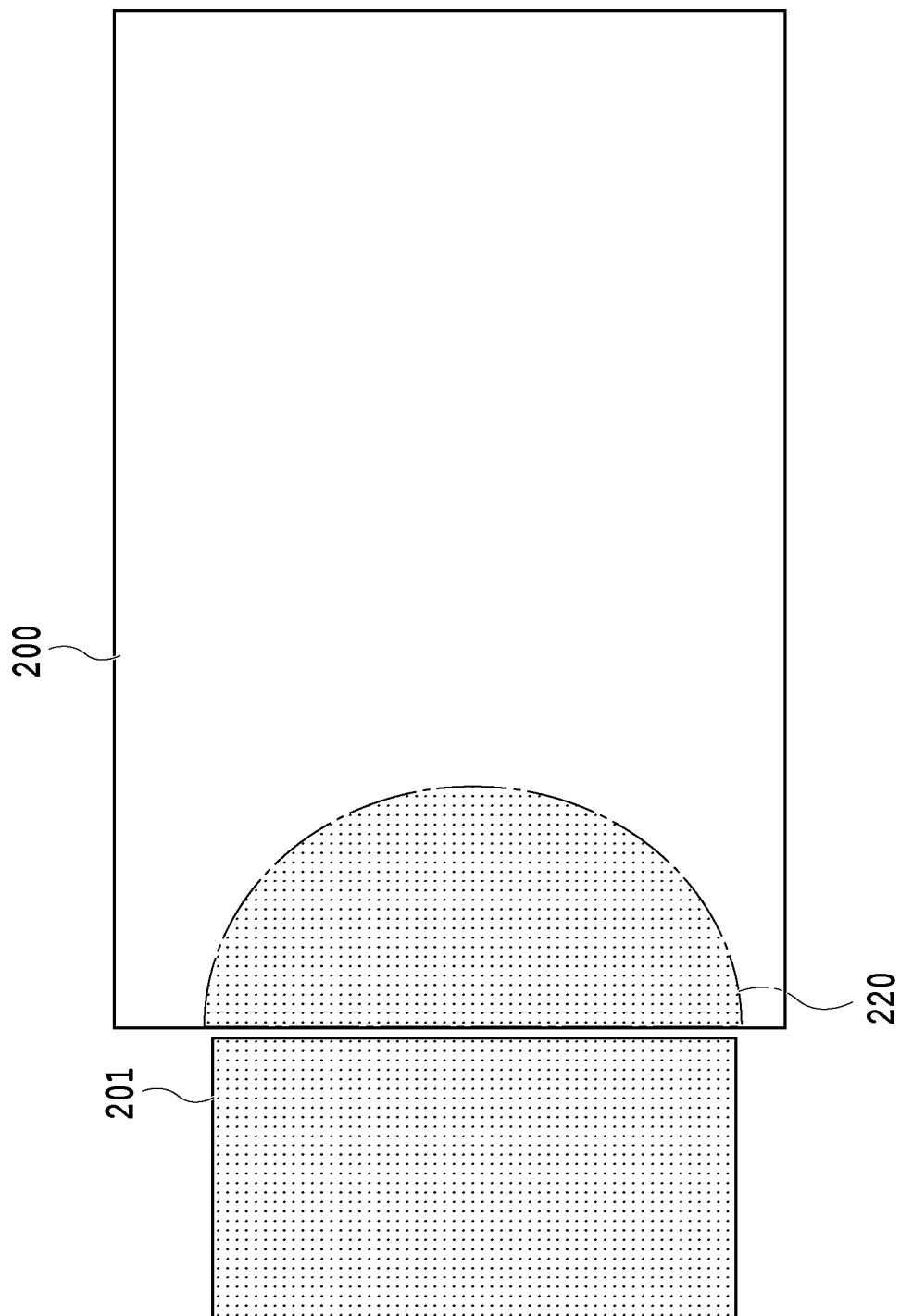
[図7]



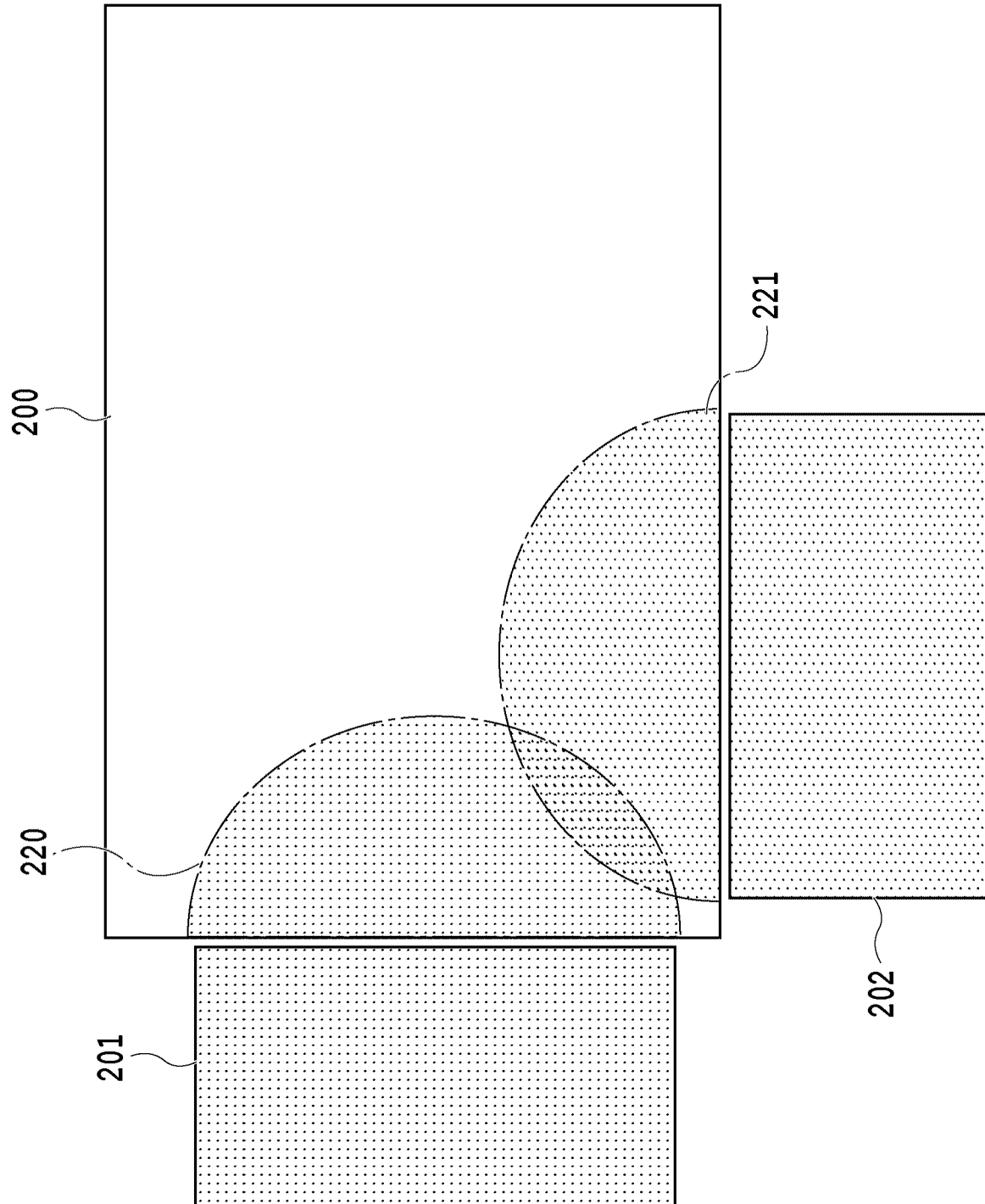
[図8]



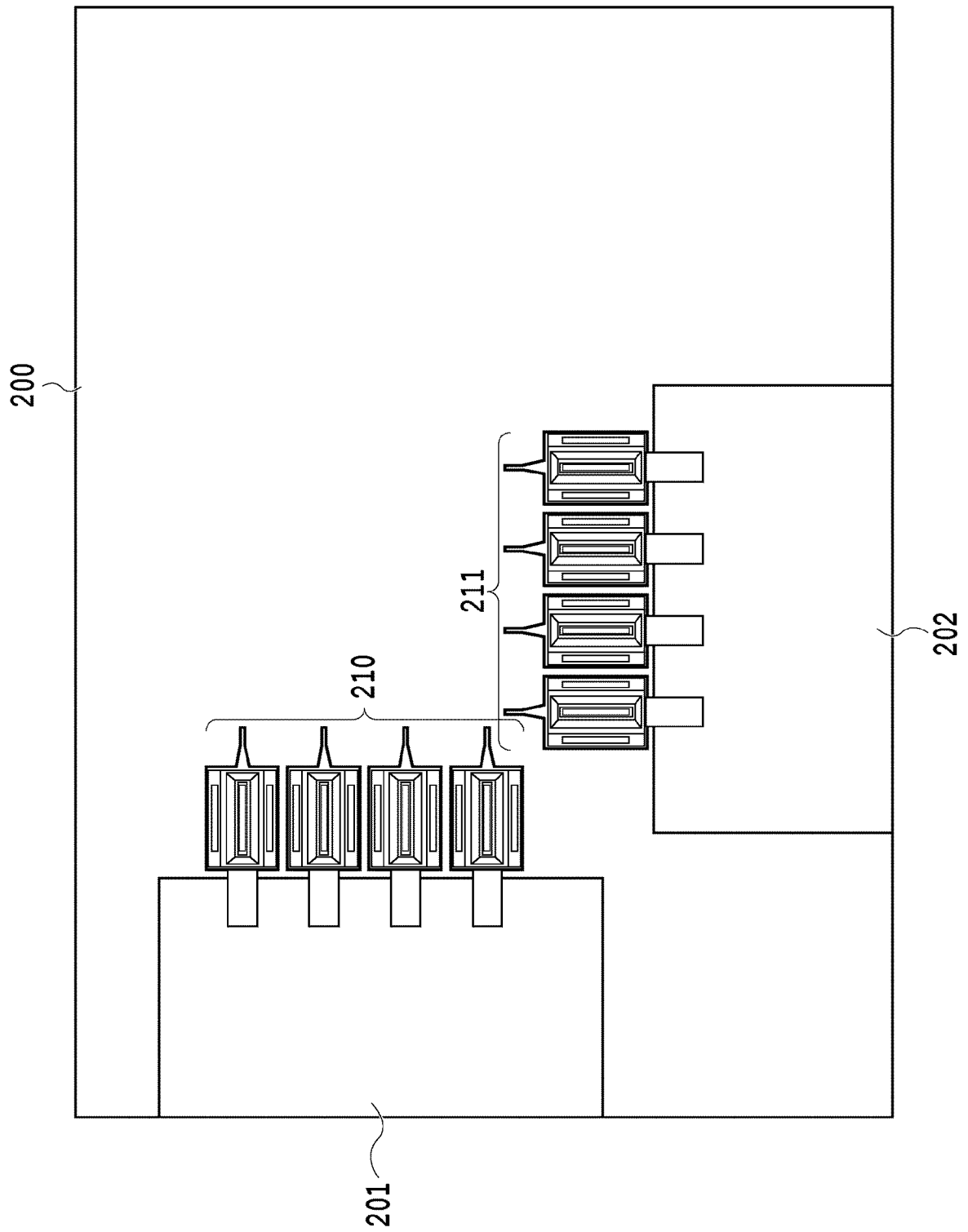
[図9]



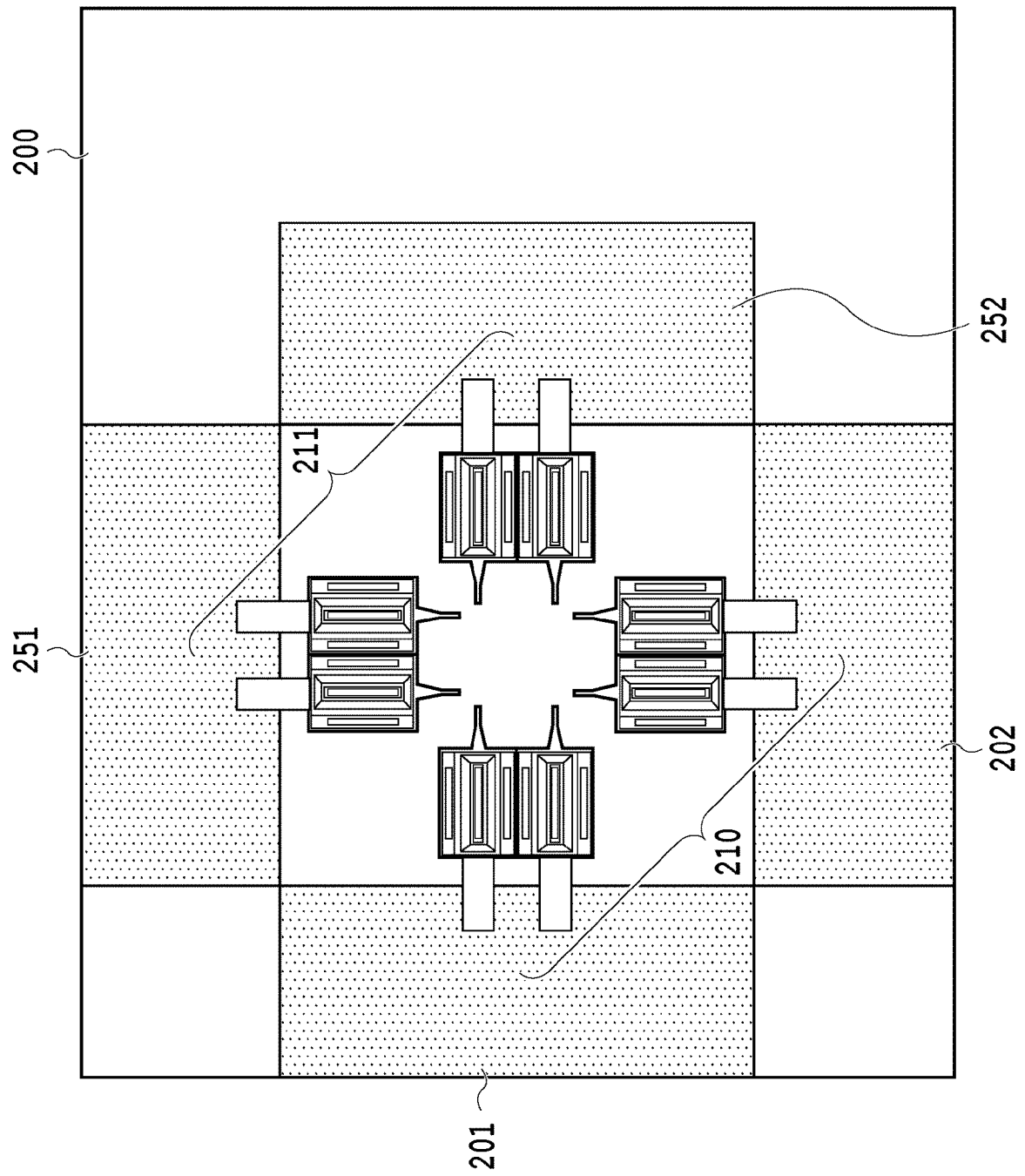
[図10]



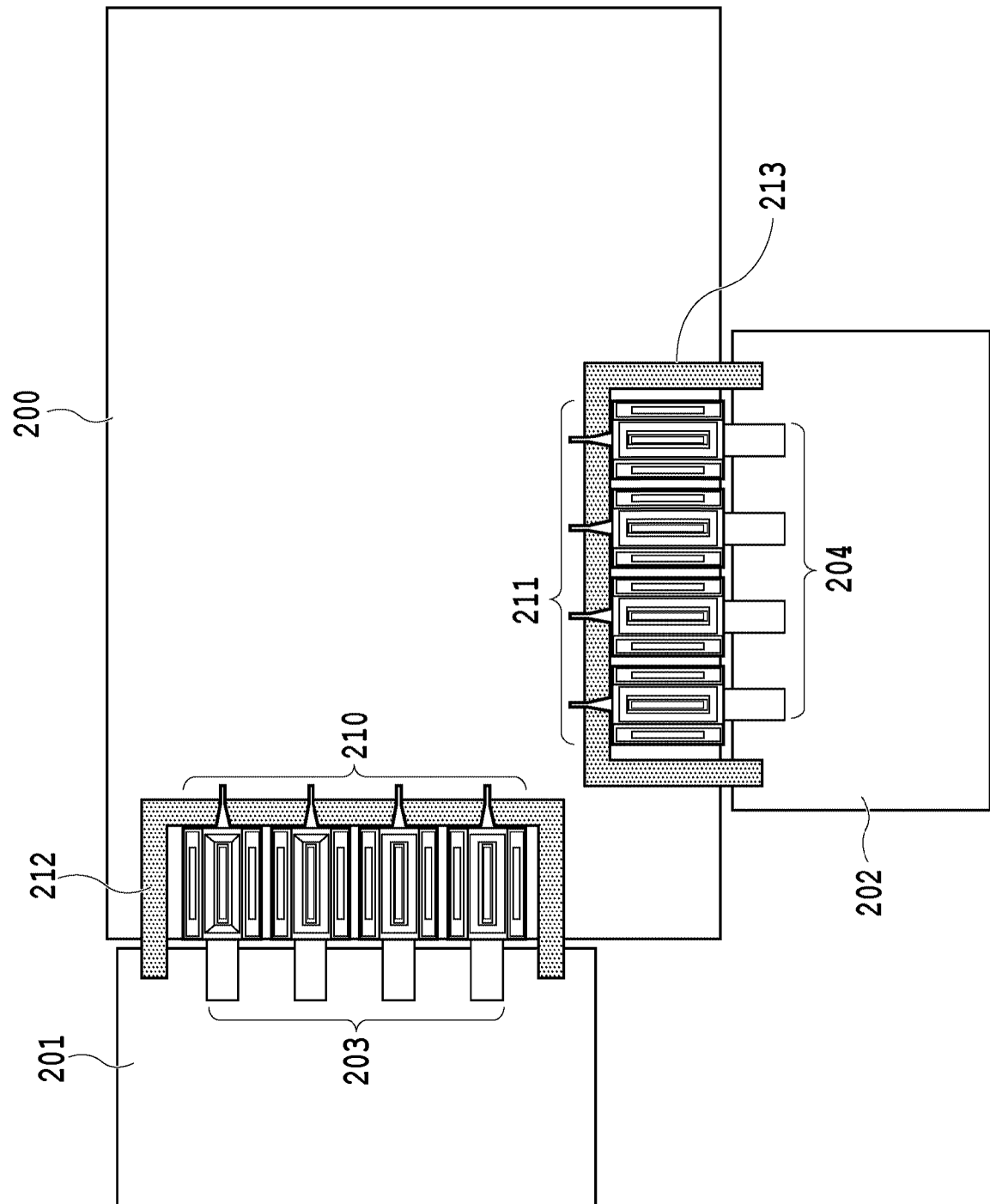
[図11]



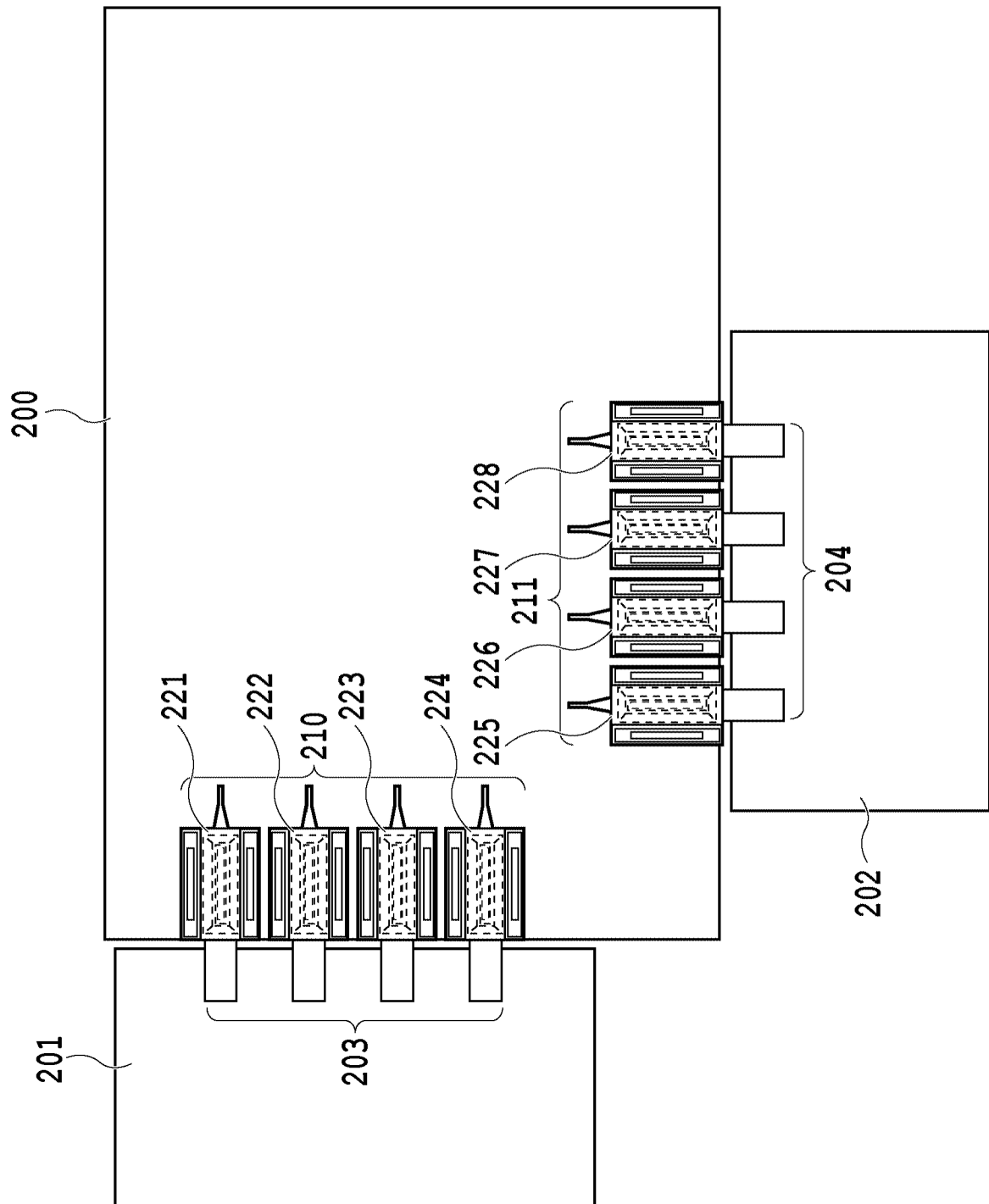
[図12]



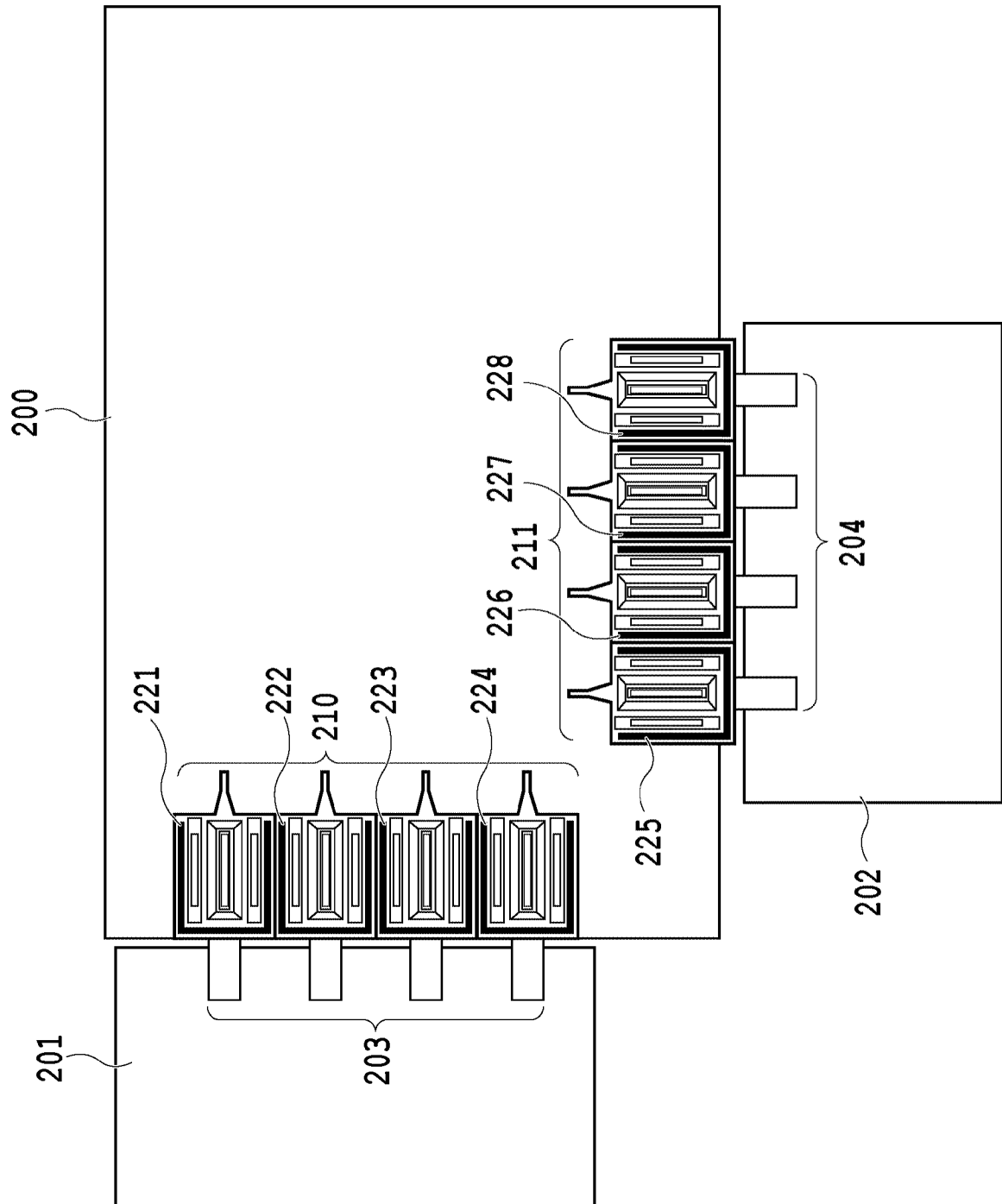
[図13]



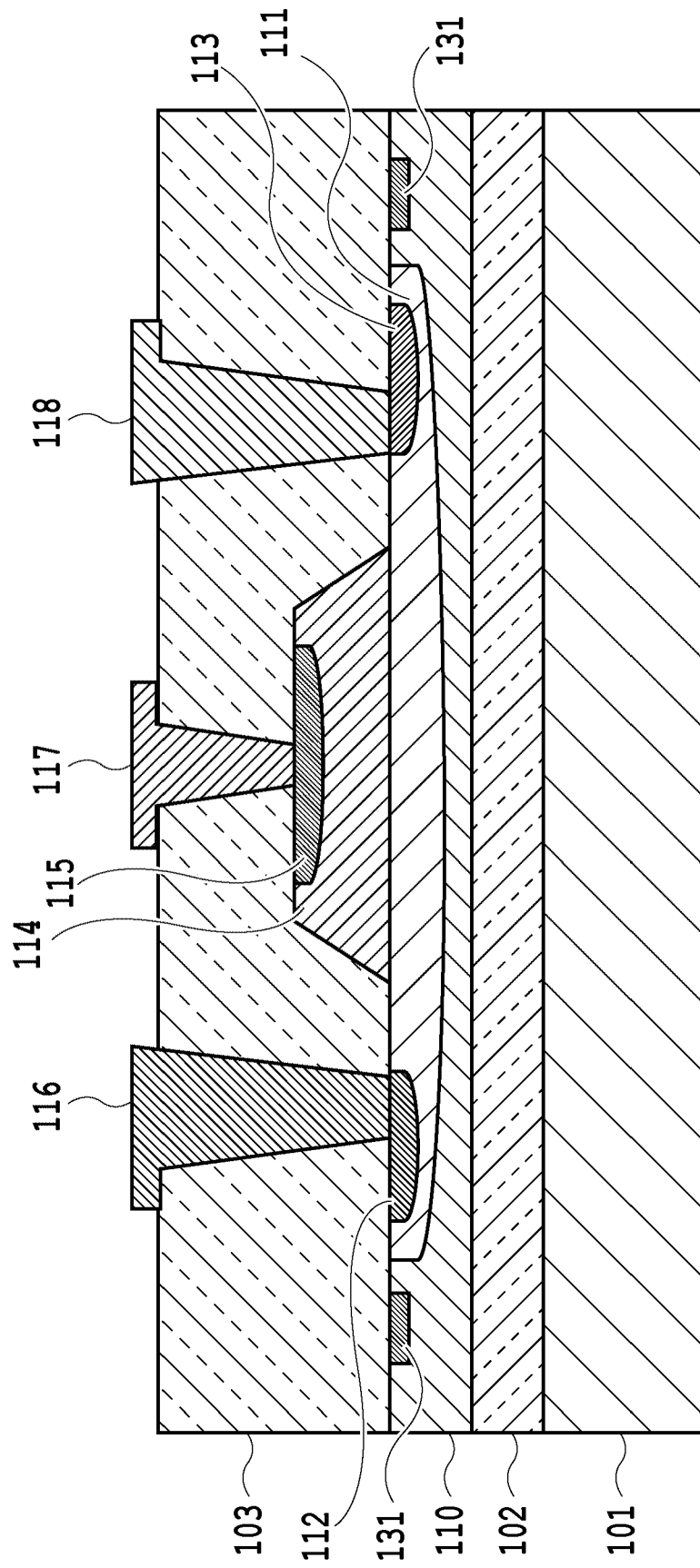
[図14]



[図15]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/001093

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01L31/02(2006.01)i, H01L31/102(2006.01)i
FI: H01L31/10A, H01L31/02Z

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. H01L31/02-31/024, H01L31/08-31/119, G02B6/12-6/138, 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	1971-2020
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.
Y	JP 2002-101051 A (HITACHI, LTD.) 05.04.2002 (2002-04-05), paragraphs [0025]-[0050], fig. 1-5	1-8
Y	JP 2018-74104 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 10.05.2018 (2018-05-10), paragraphs [0001]-[0012], [0034]-[0040], fig. 1-3, 6-9	1-3, 6-8
Y	JP 2018-82089 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 24.05.2018 (2018-05-24), paragraphs [0001]-[0028], fig. 1-6	1-5
Y	JP 2012-518202 A (OCLARO TECHNOLOGY LIMITED) 09.08.2012 (2012-08-09), paragraphs [0004], [0005], [0039], [0076], fig. 1, 2, 13	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19.02.2020

Date of mailing of the international search report
03.03.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/001093

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2010/143672 A1 (NEC CORPORATION) 16.12.2010 (2010-12-16), entire text, all drawings	1-8
A	JP 63-205949 A (SONY CORPORATION) 25.08.1988 (1988-08-25), entire text, all drawings	1-8
A	WO 2010/113968 A1 (KYOCERA CORPORATION) 07.10.2010 (2010-10-07), entire text, all drawings	1-8
A	US 2015/0243800 A1 (SIFOTONICS TECHNOLOGIES CO., LTD.) 27.08.2015 (2015-08-27), entire text, all drawings	7-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/001093

JP 2002-101051 A	05.04.2002	US 2003/0025962 A1 paragraphs [0037]-[0062], fig. 1-5
JP 2018-74104 A	10.05.2018	(Family: none)
JP 2018-82089 A	24.05.2018	(Family: none)
JP 2012-518202 A	09.08.2012	US 2012/0106984 A1 paragraphs [0004], [0005], [0055], [0092], fig. 1, 2, 13 WO 2010/095018 A2 EP 2624513 A2 CN 102396196 A
WO 2010/143672 A1	16.12.2010	(Family: none)
JP 63-205949 A	25.08.1988	US 4914311 A entire text, all drawings EP 280243 A2
WO 2010/113968 A1	07.10.2010	US 2012/0014641 A1 entire text, all drawings
US 2015/0243800 A1	27.08.2015	US 2016/0155883 A1 entire text, all drawings CN 105140316 A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 31/02(2006.01)i; H01L 31/102(2006.01)i FI: H01L31/10 A; H01L31/02 Z		
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）） H01L31/02-31/024; H01L31/08-31/119; G02B6/12-6/138; 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 1971-2020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
Y	JP 2002-101051 A（株式会社日立製作所）05.04.2002（2002-04-05） [0025] - [0050]、図1-5	1-8
Y	JP 2018-74104 A（日本電信電話株式会社）10.05.2018（2018-05-10） [0001] - [0012]、[0034] - [0040]、図1-3、図6-9	1-3, 6-8
Y	JP 2018-82089 A（日本電信電話株式会社）24.05.2018（2018-05-24） [0001] - [0028]、図1-6	1-5
Y	JP 2012-518202 A（オクラロ テクノロジー リミテッド）09.08.2012（2012-08-09） [0004] - [0005]、[0039]、[0076]、図1-2、図13	1-8
A	WO 2010/143672 A1（日本電気株式会社）16.12.2010（2010-12-16） 全文、全図	1-8
A	JP 63-205949 A（ソニー株式会社）25.08.1988（1988-08-25） 全文、全図	1-8
☒ 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 19.02.2020		国際調査報告の発送日 03.03.2020
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） 佐竹 政彦 2K 2911 電話番号 03-3581-1101 内線 3255

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	WO 2010/113968 A1 (京セラ株式会社) 07.10.2010 (2010 - 10 - 07) 全文、全図	1-8
A	US 2015/0243800 A1 (SIFOTONICS TECHNOLOGIES CO., LTD.) 27.08.2015 (2015 - 08 - 27) 全文、全図	7-8

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/001093

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2002-101051	A	05.04.2002	US 2003/0025962 A1 [0037]-[0062], 図1-5	
JP	2018-74104	A	10.05.2018	(ファミリーなし)	
JP	2018-82089	A	24.05.2018	(ファミリーなし)	
JP	2012-518202	A	09.08.2012	US 2012/0106984 A1 [0004]-[0005], [0055], [0092], Figs.1-2, Fig.13 WO 2010/095018 A2 EP 2624513 A2 CN 102396196 A	
WO	2010/143672	A1	16.12.2010	(ファミリーなし)	
JP	63-205949	A	25.08.1988	US 4914311 A 全文、全図 EP 280243 A2	
WO	2010/113968	A1	07.10.2010	US 2012/0014641 A1 全文、全図	
US	2015/0243800	A1	27.08.2015	US 2016/0155883 A1 全文、全図 CN 105140316 A	