(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2025年7月3日(03.07.2025)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2025/142145 A1

(51) 国際特許分類:
H10F 39/18 (2025.01) *H10F 39/12* (2025.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/039692

(22) 国際出願日： 2024年11月7日(07.11.2024)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2023-218414 2023年12月25日(25.12.2023) JP

(71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(**SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION**) [JP/JP]; 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目１４番１号 (JP).

(72) 発明者: 川 崎 大 輔 (**KAWASAKI Daisuke**); 〒8691102 熊本県菊池郡菊陽町大字原水４０００番地１ ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング株式会社内 (JP). 長野 光浩(**NAGANO Mitsuhiro**); 〒8691102 熊本県菊池郡菊陽町大字原水４０００番地１ ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング株式会社内 (JP).

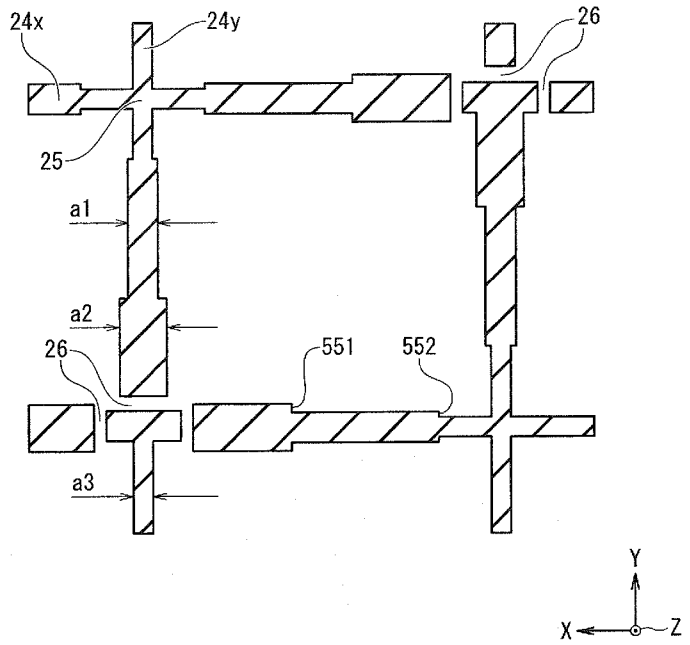
(74) 代理人: 田 中 秀 ▲ て つ ▼, 外 (**TANAKA Hidetetsu** et al.); 〒1056032 東京都港区虎ノ門四丁目３番１号 城山トラストタワー３２階 弁理士法人日栄国際特許事務所 (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,

(54) **Title:** OPTICAL DETECTION DEVICE, METHOD FOR PRODUCING OPTICAL DETECTION DEVICE, AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称： 光検出装置、光検出装置の製造方法及び電子機器

[図10B]



(57) **Abstract:** Provided is an optical detection device that, in trench shape processing, can reduce, via a simple step, depth variations which depend on a processing pattern. The optical detection device comprises a semiconductor layer, a plurality of pixels, and a pixel separation part. The semiconductor layer has a light-receiving surface, on which light is incident, and an element formation surface which is positioned on the opposite side from the light-receiving surface. The plurality of pixels are disposed in a matrix on the semiconductor layer and generate an electric signal in accordance with light

WO 2025/142145 A1

[続葉有]

CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能):ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

that is incident from the light-receiving surface. The pixel separation part extends from the light-receiving surface of the semiconductor layer in a depth direction toward the element formation surface, and separates adjacent pixels. A hollowed region that has a first depth and that, in a planar view, extends in the row direction or in the column direction is formed with a first line width in the pixel separation part. A hollowed region that has a second depth differing from the first depth is formed with a second line width that differs from the first line width so as to match the hollowed region of the first depth.

(57) 要約:トレンチ形状を加工する際に、簡単な工程により加工パターンに依存した深さばらつきを低減し得る光検出装置を提供する。光検出装置は、半導体層と、複数の画素と、画素分離部とを備える。半導体層は、光が入射する受光面及び前記受光面の反対側に位置する素子形成面を有する。複数の画素は、半導体層に行列状に配置され、受光面から入射した光に応じて電気信号を生成する。画素分離部は、半導体層の受光面から素子形成面への深さ方向に延伸し、隣接する前記画素の間を分離する。画素分離部は、平面視において、行方向または列方向へ延伸され、第1の深さを有する掘り込み領域を第1の線幅で形成され、第1の深さと異なる第2の深さを有する掘り込み領域を、第1の深さの掘り込み領域に合わせるように、第1の線幅とは異なる第2の線幅で形成される。

明　細　書

発明の名称 ： 光検出装置、光検出装置の製造方法及び電子機器

技術分野

[0001]　本開示に係る技術（本技術）は、光検出装置、光検出装置の製造方法、及び光検出装置を備える電子機器に関する。

背景技術

[0002]　従来、デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラなどの撮像機能を備えた電子機器においては、光検出装置として、例えば、ＣＣＤ（Charge Coupled Device）やＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサなどの固体撮像素子が使用されている。光検出装置は、光電変換を行うフォトダイオード（光電変換素子）とトランジスタとが組み合わされた画素を有しており、平面的に配置された複数の画素から出力される画素信号に基づいて画像が構築される。

[0003]　ところで、画素に強い光が入射された場合、その画素のフォトダイオードに蓄積されている電荷が飽和してあふれ出し、ブルーミングと呼ばれる現象が発生することがある。このため、画素間を貫通トレンチにより分離し、画素間にまたがってトランジスタ等の素子を配置する箇所に非貫通トレンチを形成する固体撮像装置が提案されている。

[0004]　ところで、貫通トレンチ及び非貫通トレンチ等の深いトレンチ形状を加工する際、もしくはドライエッチングにて加工する際、加工パターンに依存して加工深さにばらつきが生じる現象、つまりマイクロローディング現象が発生する。このマイクロローディング現象により、遮光性能確保のために、プロセス設計の難易度が増加する。また、貫通トレンチ構造の場合に、マイクロローディング現象により、下層へのブレイクマージンを確保できない。さらに、フォトダイオードとＭＥＭ（メモリ）を縦方向に積層する構造においては、マイクロローディング厚に依存して遮光帯幅が大きくなり、画素設計視点において課題が生じる。

[0005] 下記特許文献１には、複数の画素同士を分離する分離領域を配置するとともに、画素の隅部に非分離領域を形成することにより、マイクロローディング現象を低減する撮像素子が開示されている。つまり、特許文献１に開示されている撮像素子は、光電変換素子間の遮光トレンチ加工において、加工パターンが重なる直交箇所で生じる加工深さばらつきを回避するため、直交箇所を削除する。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２０２１－４８１５８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ところで、近年では、遮光トレンチ加工において、加工パターンの直交箇所を削除することなく、簡単な工程によりマイクロローディング現象を低減する手法が強く望まれている。

[0008] 本開示はこのような事情に鑑みてなされたもので、トレンチ形状を加工する際に、簡単な工程により加工パターンに依存した深さばらつきを低減し得る光検出装置、光検出装置の製造方法及び電子機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

[0009] 本開示の一態様は、光が入射する受光面及び前記受光面の反対側に位置する素子形成面を有する半導体層と、前記半導体層に行列状に配置され、前記受光面から入射した光に応じて電気信号を生成可能な複数の画素と、前記半導体層の前記受光面から前記素子形成面への深さ方向に延伸し、隣接する前記画素の間を分離する画素分離部と、を備え、前記画素分離部は、平面視において、行方向または列方向へ延伸され、第１の深さを有する掘り込み領域を第１の線幅で形成され、前記第１の深さと異なる第２の深さを有する掘り込み領域を、前記第１の深さの掘り込み領域に合わせるように、前記第１の

線幅とは異なる第２の線幅で形成される、光検出装置である。

[0010] 本開示の他の態様は、光が入射する受光面及び前記受光面の反対側に位置する素子形成面を有する半導体層と、前記半導体層に行列状に配置され、前記受光面から入射した光に応じて電気信号を生成可能な複数の画素と、前記半導体層の前記受光面から前記素子形成面への深さ方向に延伸し、隣接する前記画素の間を分離する画素分離部と、を備える光検出装置の製造方法であって、平面視において、行方向または列方向へ延伸される前記画素分離部の、第１の深さを有する掘り込み領域を第１の線幅で形成することと、前記第１の深さと異なる第２の深さを有する掘り込み領域を、前記第１の深さの掘り込み領域に合わせるように、前記第１の線幅とは異なる第２の線幅で形成することと、前記掘り込み領域内に、埋め込み膜を形成することと、前記掘り込み領域のうち前記第１の線幅より太い線幅の掘り込み領域にハードマスク開口パターンを形成することと、前記ハードマスク開口パターンに基づいて、前記掘り込み領域内の前記埋め込み膜を除去することと、を備える、光検出装置の製造方法である。

[0011] さらに、本開示の他の態様は、光が入射する受光面及び前記受光面の反対側に位置する素子形成面を有する半導体層と、前記半導体層に行列状に配置され、前記受光面から入射した光に応じて電気信号を生成可能な複数の画素と、前記半導体層の前記受光面から前記素子形成面への深さ方向に延伸し、隣接する前記画素の間を分離する画素分離部と、を備え、前記画素分離部は、平面視において、行方向または列方向へ延伸され、第１の深さを有する掘り込み領域を第１の線幅で形成され、前記第１の深さと異なる第２の深さを有する掘り込み領域を、前記第１の深さの掘り込み領域に合わせるように、前記第１の線幅とは異なる第２の線幅で形成される、光検出装置を備えた、電子機器である。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本開示の第１の実施形態に係る光検出装置の一構成例を示すチップレイアウト図である。

[図2]本開示の第１の実施形態に係る光検出装置の一構成例を示すブロック図である。

[図3]画素アレイ部の断面構造を示す模式的断面図である。

[図4]画素アレイ部における分離領域の平面パターンを示す模式的平面図である。

[図5A]第１の実施形態の比較例における分離領域の直進パターンの平面図である。

[図5B]図５Ａの一点鎖線で示す分離領域の直進パターンの断面図である。

[図6A]第１の実施形態の比較例における分離領域の交差パターンの平面図である。

[図6B]図６Ａの一点鎖線で示す分離領域の交差パターンの断面図である。

[図7]本開示の第１の実施形態における分離領域の交差パターンの平面図である。

[図8]本開示の第１の実施形態における分離領域の直進パターンの平面図である。

[図9]本開示の第１の実施形態におけるトレンチに対するストッパー層の構造の一例を示す断面図である。

[図10A]本開示の第１の実施形態におけるトレンチパターンからアクティブパターンの形成工程を示す平面図（その１）である。

[図10B]本開示の第１の実施形態におけるトレンチパターンからアクティブパターンの形成工程を示す平面図（その２）である。

[図10C]本開示の第１の実施形態におけるトレンチパターンからアクティブパターンの形成工程を示す平面図（その３）である。

[図11A]本開示の第１の実施形態における光検出装置の分離領域及び素子分離部の形成方法の工程手順を示す断面図（その１）である。

[図11B]本開示の第１の実施形態における光検出装置の分離領域及び素子分離部の形成方法の工程手順を示す断面図（その２）である。

[図11C]本開示の第１の実施形態における光検出装置の分離領域及び素子分離

部の形成方法の工程手順を示す断面図（その３）である。

[図11D]本開示の第１の実施形態における光検出装置の分離領域及び素子分離部の形成方法の工程手順を示す断面図（その４）である。

[図11E]本開示の第１の実施形態における光検出装置の分離領域及び素子分離部の形成方法の工程手順を示す断面図（その５）である。

[図12A]本開示の第１の実施形態の第１の変形例における光検出装置の分離領域の絶縁膜をメタル膜に埋め戻す方法の工程手順を示す断面図（その１）である。

[図12B]本開示の第１の実施形態の第１の変形例における光検出装置の分離領域の絶縁膜をメタル膜に埋め戻す方法の工程手順を示す断面図（その２）である。

[図12C]本開示の第１の実施形態の第１の変形例における光検出装置の分離領域の絶縁膜をメタル膜に埋め戻す方法の工程手順を示す断面図（その３）である。

[図12D]本開示の第１の実施形態の第１の変形例における光検出装置の分離領域の絶縁膜をメタル膜に埋め戻す方法の工程手順を示す断面図（その４）である。

[図13]本開示の第１の実施形態の第１の変形例におけるホールの配置パターンの一例を示す平面図である。

[図14]本開示の第１の実施形態の第２の変形例の比較例として、分離領域の交差箇所のコーナー部がリソグラフィ起因によって開口面積が大きくなる様子を示す平面図である。

[図15A]本開示の第１の実施形態の第２の変形例における光検出装置の分離領域の交差箇所を形成する方法の工程手順を示す平面図及び断面図（その１）である。

[図15B]本開示の第１の実施形態の第２の変形例における光検出装置の分離領域の交差箇所を形成する方法の工程手順を示す平面図及び断面図（その２）である。

[図15C]本開示の第１の実施形態の第２の変形例における光検出装置の分離領域の交差箇所を形成する方法の工程手順を示す平面図及び断面図（その３）である。

[図16]本開示の第２の実施形態に係る光検出装置の一例を示す部分断面図である。

[図17A]本開示の第２の実施形態に係る光検出装置の製造工程の一例を示す断面図（その１）である。

[図17B]本開示の第２の実施形態に係る光検出装置の製造工程の一例を示す断面図（その２）である。

[図17C]本開示の第２の実施形態に係る光検出装置の製造工程の一例を示す断面図（その３）である。

[図17D]本開示の第２の実施形態に係る光検出装置の製造工程の一例を示す断面図（その４）である。

[図17E]本開示の第２の実施形態に係る光検出装置の製造工程の一例を示す断面図（その５）である。

[図17F]本開示の第２の実施形態に係る光検出装置の製造工程の一例を示す断面図（その６）である。

[図17G]本開示の第２の実施形態に係る光検出装置の製造工程の一例を示す断面図（その７）である。

[図17H]本開示の第２の実施形態に係る光検出装置の製造工程の一例を示す断面図（その８）である。

[図17I]本開示の第２の実施形態に係る光検出装置の製造工程の一例を示す断面図（その９）である。

[図17J]本開示の第２の実施形態に係る光検出装置の製造工程の一例を示す断面図（その１０）である。

[図17K]本開示の第２の実施形態に係る光検出装置の製造工程の一例を示す断面図（その１１）である。

[図17L]本開示の第２の実施形態に係る光検出装置の製造工程の一例を示す断

面図（その１２）である。

[図18]本技術を適用した電子機器の構成例を示すブロック図である。

[図19]内視鏡手術システムの概略的な構成の一例を示す図である。

[図20]カメラヘッド及びＣＣＵの機能構成の一例を示すブロック図である。

[図21]車両制御システムの概略的な構成の一例を示すブロック図である。

[図22]車外情報検出部及び撮像部の設置位置の一例を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下において、図面を参照して本開示の実施形態を説明する。以下の説明で参照する図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付し、重複する説明を省略する。但し、図面は模式的なものであり、厚みと平面寸法との関係、各装置や各部材の厚みの比率等は現実のものと異なることに留意すべきである。したがって、具体的な厚みや寸法は以下の説明を参酌して判定すべきものである。また、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。

[0014] 本明細書において、「第１導電型」はｐ型又はｎ型の一方であり、「第２導電型」はｐ型又はｎ型のうちの「第１導電型」とは異なる一方を意味する。また、「ｎ」や「ｐ」に付す「＋」や「－」は、「＋」及び「－」が付記されていない半導体領域に比して、それぞれ相対的に不純物密度が高い又は低い半導体領域であることを意味する。但し、同じ「ｎ」と「ｎ」とが付された半導体領域であっても、それぞれの半導体領域の不純物密度が厳密に同じであることを意味するものではない。

[0015] また、以下の説明における上下等の方向の定義は、単に説明の便宜上の定義であって、本開示の技術的思想を限定するものではない。例えば、対象を９０°回転して観察すれば上下は左右に変換して読まれ、１８０°回転して観察すれば上下は反転して読まれることは勿論である。

なお、本明細書中に記載される効果はあくまで例示であって限定されるものでは無く、また他の効果があってもよい。

[0016] ＜第１の実施形態＞

本開示の第１の実施形態では、光検出装置として、裏面照射型のＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサである固体撮像装置に本技術を適用した一例について説明する。

[0017] （光検出装置の全体構成）

まず、光検出装置１Ａの全体構成について説明する。

図１に示すように、本開示の第１実施形態に係る光検出装置１Ａは、平面視したときの二次元平面形状が方形状の半導体チップ２を主体に構成されている。即ち、光検出装置１Ａは、半導体チップ２に搭載されている。

[0018] 図１に示すように、光検出装置１Ａが搭載された半導体チップ２は、互いに直交するＸ方向及びＹ方向を含む二次元平面において、中央部に設けられた方形状の画素アレイ部２Ａと、この画素アレイ部２Ａの外側に画素アレイ部２Ａを囲むようにして設けられた周辺部２Ｂとを備えている。

[0019] 画素アレイ部２Ａは、集光される光を受光する受光面である。そして、画素アレイ部２Ａには、Ｘ方向及びＹ方向を含む二次元平面において複数の画素３が行列状に配置されている。換言すれば、画素３は、二次元平面内で互いに直交するＸ方向及びＹ方向のそれぞれの方向に繰り返し配置されている。

[0020] 図１に示すように、周辺部２Ｂには、複数のボンディングパッド１４が配置されている。複数のボンディングパッド１４の各々は、例えば、半導体チップ２の二次元平面における４つの辺の各々の辺に沿って配列されている。複数のボンディングパッド１４の各々は、半導体チップ２を外部装置と電気的に接続する際に用いられる入出力端子である。

[0021] 半導体チップ２は、図２に示すロジック回路１３を備えている。ロジック回路１３は、図２に示すように、垂直駆動回路４、カラム信号処理回路５、水平駆動回路６、出力回路７及び制御回路８などを含む。ロジック回路１３は、電界効果トランジスタとして、例えば、ｎチャネル導電型のＭＯＳＦＥＴ（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）及びｐチャネル導電型のＭＯＳＦＥＴを有するＣＭＯＳ（Complenentary ＭＯＳ）回

路で構成されている。

[0022] 垂直駆動回路４は、例えばシフトレジスタによって構成されている。垂直駆動回路４は、所望の画素駆動線１０を順次選択し、選択した画素駆動線１０に画素３を駆動するためのパルスを供給し、各画素３を行単位で駆動する。即ち、垂直駆動回路４は、画素アレイ部２Ａの各画素３を行単位で順次垂直方向に選択走査し、各画素３の光電変換素子が受光量に応じて生成した信号電荷に基づく画素３からの画素信号を、垂直信号線１１を通してカラム信号処理回路５に供給する。

[0023] カラム信号処理回路５は、例えば画素３の列毎に配置されており、１行分の画素３から出力される信号に対して画素列毎にノイズ除去等の信号処理を行う。例えばカラム信号処理回路５は、画素固有の固定パターンノイズを除去するためのＣＤＳ（Correlated Double Sampling：相関２重サンプリング）及びＡＤ（Analog Digital）変換等の信号処理を行う。

[0024] 水平駆動回路６は、例えばシフトレジスタによって構成されている。水平駆動回路６は、水平走査パルスをカラム信号処理回路５に順次出力することによって、カラム信号処理回路５の各々を順番に選択し、カラム信号処理回路５の各々から信号処理が行われた画素信号を水平信号線１２に出力させる。

[0025] 出力回路７は、カラム信号処理回路５の各々から水平信号線１２を通して順次に供給される画素信号に対し、信号処理を行って出力する。信号処理としては、例えば、バッファリング、黒レベル調整、列ばらつき補正、各種デジタル信号処理等を用いることができる。

[0026] 制御回路８は、垂直同期信号、水平同期信号、及びマスタクロック信号に基づいて、垂直駆動回路４、カラム信号処理回路５、及び水平駆動回路６等の動作の基準となるクロック信号や制御信号を生成する。そして、制御回路８は、生成したクロック信号や制御信号を、垂直駆動回路４、カラム信号処理回路５、及び水平駆動回路６等に出力する。

[0027] 複数の画素３の各々の画素３は、図３に示す光電変換領域２７と、図示し

ていないが複数の画素トランジスタとを含む。複数の画素トランジスタとしては、例えば、転送トランジスタ、リセットトランジスタ、選択トランジスタ、増幅トランジスタの４つのトランジスタを採用できる。また、複数の画素トランジスタとしては、例えば選択トランジスタを除いた３つのトランジスタを採用してもよい。

[0028] ＜光検出装置の具体的な構成＞

次に、光検出装置１Ａの具体的な構成について説明する。

図３に示すように、半導体チップ２は、複数の光電変換領域２７が設けられた半導体層２０と、この半導体層２０の厚さ方向（Ｚ方向）において互いに反対側に位置する第１の面Ｓ１及び第２の面Ｓ２のうちの第２の面Ｓ２側である光入射面側に配置されたカラーフィルタ層４０とを備えている。

また、半導体チップ２は、カラーフィルタ層４０の光入射面側（半導体層２０側とは反対側）に配置された複数のマイクロレンズ４５（オンチップレンズ、ウエハレンズ）を更に備えている。

また、半導体チップ２は、半導体層２０の第１の面Ｓ１側に配置された多層配線層３０と、この多層配線層３０の半導体層２０側とは反対側に配置された支持基板３４とを更に備えている。

[0029] 半導体層２０は、例えば単結晶シリコンからなるｐ型の半導体基板で構成されている。複数の光電変換領域２７の各々の光電変換領域２７は、画素アレイ部２Ａにおいて、複数の画素３の各々の画素３に対応して行列状に配置されている。そして、各光電変換領域２７は、半導体層２０に設けられた分離領域２４（画素分離部の一例）によって区画されている。分離領域２４は、半導体層２０の第２の面Ｓ２側から第１の面Ｓ１側に向かって延伸し、平面視で互に隣り合う光電変換領域２７間を電気的及び光学的に分離している。分離領域２４は、半導体層２０の第２の面Ｓ２側から第１の面Ｓ１側に向かって延伸するトレンチ２２（掘り込み領域の一例）と、このトレンチ２２内に埋め込まれた絶縁膜２３（埋め込み膜の一例）とを含む。絶縁膜２３としては、例えば酸化シリコン膜を用いることができる。この第１実施形態の

分離領域２４は、これに限定されないが、半導体層２０の第２の面Ｓ２及び第１の面Ｓ１に亘って延伸している。

[0030] ここで、半導体層２０の第１の面Ｓ１を素子形成面又は主面、第２の面Ｓ２側を光入射面（受光面の一例）又は裏面と呼ぶこともある。この第１実施形態の光検出装置１Ａは、半導体層２０の第２の面（光入射面，裏面）Ｓ２側から入射した光を、半導体層２０に設けられた光電変換領域２７で光電変換する。

また、平面視とは、半導体層２０の厚さ方向（Ｚ方向）に沿う方向から見た場合を指す。また、断面視とは、半導体層２０の厚さ方向（Ｚ方向）に沿う断面を半導体層２０の厚さ方向（Ｚ方向）と直交する方向（Ｘ方向又はＹ方向）から見た場合を指す。

[0031] なお、分離領域２４としては、トレンチ２２内において、金属膜の両側を絶縁膜で挟んだサンドイッチ構造を採用することもできる。

[0032] 図３に示すように、複数の光電変換領域２７の各々の光電変換領域２７には、例えばｐ型の半導体領域からなるｐ型のウエル領域２１と、ｎ型の半導体領域２１ａとが構成されている。また、複数の光電変換領域２７の各々の光電変換領域２７には、詳細に図示していないが、光電変換素子として例えばフォトダイオード（ＰＤ：Ｐhoto Ｄiode）素子が構成され、更に転送トランジスタが構成されている。即ち、画素アレイ部２Ａには、半導体層２０に埋設された光電変換素子及び転送トランジスタを含む画素３が行列状（二次元マトリクス状）に複数配置されている。光電変換領域２７では、入射光の光量に応じた信号電荷が生成され、生成された信号電荷が蓄積される。ｎ型の半導体領域２１ａはｐ型のウエル領域２１内に設けられている。フォトダイオードＰＤは、ｐ型のウエル領域２１及びｎ型の半導体領域２１ａを含む。

[0033] 図３に示すように、多層配線層３０は、半導体層２０の光入射面（第２の面Ｓ２）側とは反対側の第１の面Ｓ１側に配置されており、配線３２を含む配線層が層間絶縁膜３１を介して複数段積層された構成になっている。各配

線層の配線３２を介して各画素３を構成する画素トランジスタが駆動される。多層配線層３０は、半導体層２０の光入射面側（第２の面Ｓ２側）とは反対側に配置されているので、配線３２のレイアウトを自由に設定することができる。

[0034] カラーフィルタ層４０は、これに限定されないが、例えば、赤色（Ｒ）の第１カラーフィルタ部４１と、緑色（Ｇ）の第２カラーフィルタ部４２と、青色（Ｂ）の第３カラーフィルタ部４３とを含む。この第１～第３カラーフィルタ部４１～４３は、画素アレイ部２Ａにおいて、複数の画素３の各々の画素３、即ち、複数の光電変換領域２７の各々の光電変換領域２７に対応して行列状に配置されている。第１～第３カラーフィルタ部４１～４３は、光電変換領域２７に受光させたい入射光の特定の波長を透過し、透過させた入射光を光電変換領域２７に入射させる構成になっている。

[0035] 複数のマイクロレンズ４５の各々のマイクロレンズ４５は、画素アレイ部２Ａにおいて、複数の画素３の各々の画素３、即ち複数の光電変換領域２７の各々の光電変換領域２７に対応して行列状に配置されている。マイクロレンズ４５は、照射光を集光し、集光した光を、カラーフィルタ層４０を介して半導体層２０の光電変換領域２７に効率よく入射させる。複数のマイクロレンズ４５は、カラーフィルタ層４０の光入射面側においてマイクロレンズアレイを構成している。

[0036] 支持基板３４は、多層配線層３０の半導体層２０に面する側とは反対側の面に設けられている。支持基板３４は、光検出装置１Ａの製造段階において、半導体層２０の強度を確保するための基板である。支持基板３４の材料としては、例えば、シリコン（Ｓｉ）を用いることができる。

[0037] 図３に示すように、半導体層２０とカラーフィルタ層４０との間には、半導体層２０側から平坦化膜３６及び接着膜３８がこの順で積層されている。

[0038] 平坦化膜３６は、半導体層２０の光入射面側が凹凸のない平坦面となるように、画素アレイ部２Ａにおいて、半導体層２０の光入射面側全体を覆っている。平坦化膜３６としては、例えば酸化シリコン（ＳｉＯ２）膜を用いる

ことができる。

[0039] 接着膜３８は、平坦化膜３６と、カラーフィルタ層４０との間に配置される。接着膜３８としては、例えば酸化シリコン膜が用いられている。

[0040] 以上の構成を有する光検出装置１Ａでは、光が半導体チップ２のマイクロレンズ４５側から照射され、照射された光がマイクロレンズ４５及びカラーフィルタ部４１，４２，４３を個別に透過し、透過した光が光電変換領域２７で光電変換されることで、信号電荷が生成される。そして、生成された信号電荷が、半導体層２０の第１の面Ｓ１側に形成された画素トランジスタを介して、多層配線層３０の配線３２からなる垂直信号線１１によって画素信号として出力される。また、光電変換領域２７で生成された信号電荷間の差に基づき、被写体までの間の距離が算出される。

[0041] ＜分離領域及び光電変換領域＞

次に、分離領域２４及び光電変換領域２７の具体的な構成について説明する。

[0042] 図４に示すように、分離領域２４は、平面視で線幅ａ１でＸ方向に延伸する第１部分２４ｘと、Ｙ方向に延伸する第２部分２４ｙと、を含む。第１部分２４ｘと第２部分２４ｙとは、各々の延伸方向が直交している。複数の光電変換領域２７の各々の光電変換領域２７は、Ｘ方向の両端側が分離領域２４の２つの第２部分２４ｙで区画され、Ｙ方向の両端側が分離領域２４の２つの第１部分２４ｘで区画されている。分離領域２４に含まれる第１部分２４ｘ及び第２部分２４ｙの各々は、半導体層２０第２の面及び第１の面に亘って延伸している。そして、第１部分２４ｘ及び第２部分２４ｙの各々は、半導体層２０の第２の面Ｓ２及び第１の面Ｓ１に亘って延伸するトレンチ２２と、このトレンチ２２内に埋め込まれた絶縁膜２３とを含む。

[0043] ＜第１の実施形態の比較例＞

図５Ａは、第１の実施形態の比較例における分離領域２４の直進パターンの平面図である。図５Ｂは、図５Ａの一点鎖線で示す分離領域２４の直進パターンの断面図である。分離領域２４の第１部分２４ｘにおいて、直進パタ

ーンの両端は、マイクロローディング現象によって直進パターンの真ん中の深さｂ１に比べてｔ１ほど浅い深さｂ２となる。このため、分離領域２４が非貫通となることにより、光が漏れ込み、遮光性が悪くなる。

[0044] 図６Ａは、第１の実施形態の比較例における分離領域２４の交差パターンの平面図である。図６Ｂは、図６Ａの一点鎖線で示す分離領域２４の交差パターンの断面図である。分離領域２４の第１部分２４ｘと第２部分２４ｙとの交差する箇所（以後、交差箇所２５と称する）の深さｂ３は、マイクロローディング現象によって交差しない箇所の深さｂ１に比べてｔ２ほど深くなる。このため、分離領域２４が下層を壊す恐れがあり、多層配線層３０の金属を露出させる恐れがある。

[0045] ＜第１の実施形態による解決手段＞

図７は、本開示の第１の実施形態における分離領域２４の交差パターンの平面図である。図８は、本開示の第１の実施形態における分離領域２４の直進パターンの平面図である。

[0046] 本開示の第１の実施形態では、図７に示すように、分離領域２４の第１部分２４ｘと第２部分２４ｙとの交差箇所２５の線幅ａ３を、交差しない箇所の線幅ａ１より細く形成して、交差箇所２５の深さｂ３を交差しない箇所の深さｂ１に合わせ込むようにしている。つまり、マイクロローディング現象の発生箇所の面積は、分離領域２４の加工箇所の面積に相当する。また、本開示の第１の実施形態では、交差パターンの両端の線幅ａ２を線幅ａ１より太く形成している。なお、線幅ａ１より細くする範囲及び太くする範囲は、分離領域２４のトレンチ２２に酸化シリコン（ＳｉＯ２）等の絶縁膜２３を埋め込み可能な範囲である。

[0047] また、本開示の第１の実施形態では、図８に示すように、分離領域２４の直進パターンの両端の線幅ａ２を、線幅ａ１より太く形成して、両端の深さｂ２を深さｂ１に合わせ込むようにしている。

[0048] 本開示の第１の実施形態において、第２の面Ｓ２側から分離領域２４を形成する場合に、光電変換領域２７を貫通するトレンチを形成する必要がある

が、ＰＭＤ（Ｐｒｅ－Ｍｅｔａｌ　Ｄｉｒｅｃｔｒｉｃ　Ｌａｙｅｒ）を貫通すると多層配線層３０の金属が露出するため、コンタミネーション汚染の懸念があり、図９に示すように、ストッパー層５０を形成しておく必要がある。ストッパー層５０として、第１の酸化シリコン膜５１と、窒化シリコン膜５２と、第２の酸化シリコン膜５３等の異種膜を形成しておく必要がある。ストッパー層５０は、光漏れ込みパスとなりうるが、マイクロローディング現象を抑制することで、ストッパー層５０の膜厚を最小限にすることができ、例えばＭＥＭ（電荷保持部の一例）への光漏れ込みを最小化することができる。

[0049]　（アクティブパターン形成方法）

図１０Ａ乃至図１０Ｃは、トレンチパターンからアクティブパターンの形成工程を示す平面図である。

分離領域２４の形成工程は、裏面照射型イメージセンサーの裏面化後の工程位置だけではなく、トランジスタ等を形成するＦＥＯＬ(Front End Of Line)工程でも形成可能である。

[0050]　ＦＥＯＬ工程にてトレンチ２２を形成する場合、このトレンチパターンがアクティブパターンに転用されることもある。図１０Ａにおいて、分離領域２４の第１部分２４ｘと第２部分２４ｙとの間に、非分離領域２６が形成されている箇所が含まれる。分離領域２４の交差箇所２５では、分離領域２４はマイクロローディング現象によって深くなる。また、非分離領域２６では、分離領域２４の第１部分２４ｘの端、及び第１部分２４ｘの端は、マイクロローディング現象によって浅くなる。

[0051]　そこで、図１０Ｂに示すように、分離領域２４の交差箇所２５では、第１部分２４ｘ及び第２部分２４ｙそれぞれの線幅ａ１を線幅ａ３に細めて形成する。また、非分離領域２６では、第１部分２４ｘ及び第２部分２４ｙそれぞれの端の線幅ａ１を線幅ａ２に太くして形成する。ところで、線幅ａ１と線幅ａ２との境目の凸部５５１、及び線幅ａ１と線幅ａ３との境目の凸部５５２では、応力集中、電界集中による特性劣化が懸念される。

[0052] そこで、図１０Ｃに示すように、分離領域２４のトレンチ２２を一度平坦化し、トレンチ２２の上にアクティブパターン５４を重ねて形成する。アクティブパターン５４は、分離領域２４の線幅ａ２の領域に後述するハードマスク開口パターンを配置して形成される。また、アクティブパターン５４で囲まれる画素３内には、素子分離部（ＳＴＩ）５６が形成される。これにより、特性劣化は回避可能である。

[0053] （光検出装置の製造方法）

図１１Ａ乃至図１１Ｅは、本開示の第１の実施形態における光検出装置１Ａの分離領域２４及び素子分離部５６の形成方法の工程手順を示す断面図である。なお、光検出装置１Ａは、成膜装置（ＣＶＤ（Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）装置、スパッタ装置を含む）、イオン注入装置、熱処理装置、エッチング装置、ＣＭＰ（Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｍｅｃｈａｎｉｃａｌ Ｐｏｌｉｓｈｉｎｇ）装置、貼り合わせ装置など、各種の装置を用いて製造される。以下、これらの装置を、製造装置と総称する。

[0054] 図１１Ａにおいて、半導体チップ２を用意し、製造装置は、半導体チップ２の半導体層２０の第２の面Ｓ２（光入射面）に例えば酸化シリコン（ＳｉＯ２）等の絶縁膜６１を積層し、絶縁膜６１の上面に平坦化膜３６を積層し、第２の面Ｓ２からトレンチ２２を貫通して形成する。そして、製造装置は、トレンチ２２に例えばＰｏｌｙ－Ｓｉから成る絶縁膜２３を埋め込む。絶縁膜２３は、平坦化膜３６の上面を覆っている。

[0055] 次に、図１１Ｂにおいて、製造装置は、エッチバック工程にて平坦化膜３６の上面を覆う絶縁膜２３を除去する。続いて、図１１Ｃにおいて、製造装置は、トレンチ２２内の絶縁膜２３が除去された箇所に例えば塗布膜６２を積層する。塗布膜６２は、塗布プロセス等による流動性のある成膜材料である。

[0056] 次に、図１１Ｄにおいて、製造装置は、平坦化膜３６の上面及び塗布膜６２の上面に反射防止膜６３を形成し、リソグラフィ工程にて反射防止膜６３上にレジスト６４にパターニングする。ここでは、分離領域２４の線幅ａ２

の領域にレジスト６４を形成してハードマスク開口パターンを配置する。

[0057] 次に、図１１Ｅにおいて、製造装置は、ドライエッチング工程にて反射防止膜６３及びレジスト６４を除去し、アクティブパターン５４を形成し、素子分離部５６を形成する。

[0058] ＜第１の実施形態による作用効果＞

以上のように第１の実施形態によれば、分離領域２４において、トレンチ２２が浅くなる箇所に関しては線幅を太くし、トレンチ２２が深くなる箇所に関しては線幅を細くすることで、マイクロローディング現象のコントロールが可能となる。このため、マイクロローディング現象の影響を緩和することで、画素３、光電変換領域２７の構造のポテンシャル設計の自由度が得られ、特性の向上が可能となる。

[0059] また、第１の実施形態によれば、マイクロローディング現象を低減するために、分離領域２４の線幅を変えると、アクティブエリアの凸部５５１，５５２への応力が集中し、また電界集中による特性劣化が懸念されることになるため、分離領域２４を一度平坦化し、分離領域２４の太い線幅の領域にハードマスク開口パターンを配置してアクティブパターン５４を分離領域２４に重ねて形成することで、特性劣化は回避可能である。

[0060] ＜第１の実施形態の第１の変形例＞

本開示の第１の実施形態の第１の変形例は、ＦＥＯＬ工程において、裏面化後にトレンチ２２の中の絶縁膜２３を除去し、メタル膜を埋め戻すことに関する。ＦＥＯＬ工程では、高い遮光性が期待できるメタル膜はコンタミネーション汚染の視点において使用できず、酸化シリコンＳｉＯ２やＰｏｌｙ－Ｓｉ等の絶縁膜２３を埋め込むこととなる。そのため、ＦＥＯＬ工程にて分離領域２４を形成した場合、メタル膜を分離領域２４のトレンチ２２中に埋め込むためには、裏面化後にトレンチ２２中の絶縁膜２３を除去し、メタル膜を埋め戻す作業が必要となる。

[0061] （光検出装置の製造方法）

図１２Ａ乃至図１２Ｄは、本開示の第１の実施形態の第１の変形例におけ

る光検出装置１Ａの分離領域２４の絶縁膜２３をメタル膜に埋め戻す方法の工程手順を示す断面図である。

[0062] 図１２Ａにおいて、製造装置は、トレンチ２２に例えばＰｏｌｙ－Ｓｉから成る絶縁膜２３を埋め込んだ半導体層２０の第２の面Ｓ２に酸化シリコン（ＳｉＯ２）等のレジスト７１をハードマスクとして成膜する。続いて、図１２Ｂにおいて、製造装置は、リソグラフィ工程にてトレンチ２２上にホール形状等のパターニングを行い、ホール７２を形成する。

[0063] 次に、図１２Ｃにおいて、製造装置は、ウェットエッチング工程にてトレンチ２２に埋め込まれた絶縁膜２３を除去する。そして、図１２Ｄにおいて、製造装置は、レジスト７１を除去する。

[0064] 上記ホール７２は、絶縁膜２３のエッチングパターンの合わせズレを考慮して、分離領域２４の第１部分２４ｘと第２部分２４ｙとの交差箇所２５に配置される。しかし、交差箇所２５を細線化することで合わせマージンが悪化する。そこで、本開示の第１の実施形態の第１の変形例では、図１３に示すように、分離領域２４の第１部分２４ｘの線幅ａ１となる領域２４ｘ１，２４ｘ２にホール７２を配置する。また、分離領域２４の第２部分２４ｙの線幅ａ１となる領域２４ｙ１，２４ｙ２にホール７２を配置する。これにより、デザイン制約が緩和される。

[0065] ＜第１の実施形態の第２の変形例＞

本開示の第１の実施形態の第２の変形例は、図１４に示すように、分離領域２４の交差箇所２５のコーナー部がリソグラフィ起因によって開口面積が大きくなることでマイクロローディングが悪化してしまうことへの対策である。

[0066] （光検出装置の製造方法）

図１５Ａ乃至図１５Ｃは、本開示の第１の実施形態の第２の変形例における光検出装置１Ａの分離領域２４の交差箇所２５を形成する方法の工程手順を示す平面図及び断面図である。図１５Ａ乃至図１５Ｃの（１）は平面図であり、図１５Ａ乃至図１５Ｃの（２）は（１）の一点鎖線で示す分離領域２

４の断面図である。

[0067] 図１５Ａにおいて、製造装置は、リソグラフィ工程にて分離領域２４の第１部分２４ｘを形成するために、半導体層２０の第２の面Ｓ２にレジスト８１をハードマスクとして成膜する。そして、製造装置は、分離領域２４の第１部分２４ｘの図１５Ａ中矢印Ｘで示す方向に沿って開口部８２を形成する。

[0068] 次に、図１５Ｂにおいて、製造装置は、リソグラフィ工程にて分離領域２４の第２部分２４ｙを形成するために、半導体層２０の第２の面Ｓ２にレジスト８３をハードマスクとして成膜する。そして、製造装置は、分離領域２４の第２部分２４ｙの図１５Ｂ中矢印Ｙで示す方向に沿って開口部８４を形成する。

[0069] 次に、図１５Ｃにおいて、製造装置は、ウェットエッチング工程等にて開口部８２，８３に沿って半導体層２０のシリコンを除去して、トレンチ２２を形成する。

[0070] ＜第１の実施形態の第２の変形例による作用効果＞

第１の実施形態の第２の変形例によれば、分離領域２４の交差箇所２５がリソグラフィ起因によって開口面積が大きくなることでマイクロローディングが悪化してしまうため、分離領域２４の第１部分２４ｘと、第２部分２４ｙとを別々に加工することで、交差箇所２５の矩形性を上げることができる。

[0071] ＜第２の実施形態＞

本開示の第２の実施形態に係る光検出装置１Ｂについて説明する。光検出装置１Ｂは、例えば、ＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサ等からなるグローバルシャッタ方式の裏面照射型のイメージセンサである。

[0072] （光検出装置の構成）

図１６は、本開示の第２の実施形態に係る光検出装置１Ｂの一例を示す部分断面図である。

[0073] 第１基板３０－１は、半導体基板３１－１（半導体層の一例）上に絶縁層３２－１を積層して構成されている。つまり、絶縁層３２－１は、半導体基板３１－１の上面に接して形成されている。半導体基板３１－１の上面には、第１転送トランジスタＴＲＸ、第２転送トランジスタＴＲＭ、電荷保持部ＭＥＭ、第３転送トランジスタＴＲＧ、フローティングディフュージョンＦＤおよび排出トランジスタＯＦＧが形成されている。半導体基板３１－１の上面近傍には、電荷保持部ＭＥＭが形成されている。従って、半導体基板３１－１の上面は、第１転送トランジスタＴＲＸなどの形成面３１Ｂ－１となっている。

[0074] 絶縁層３２－１内には、第１転送トランジスタＴＲＸ、第２転送トランジスタＴＲＭ、第３転送トランジスタＴＲＧおよび排出トランジスタＯＦＧのゲート電極や、これらのゲート電極に接続された配線などが設けられている。第１転送トランジスタＴＲＸ、第２転送トランジスタＴＲＭ、第３転送トランジスタＴＲＧおよび排出トランジスタＯＦＧのゲート電極や、これらのゲート電極に接続された配線は、例えば、金属材料によって形成されている。第１転送トランジスタＴＲＸのゲート電極（垂直ゲート電極ＶＧ）は、ポリシリコンによって形成されていてもよい。

[0075] 半導体基板３１－１，４１－１は、例えば、シリコン基板で構成されている。半導体基板３１－１は、例えば、シリコン（１１１）基板で構成されている。シリコン（１１１）基板とは、（１１１）の結晶方位を有する単結晶シリコン基板である。半導体基板３１－１は、上面（形成面３１Ｂ－１（素子形成面の一例））の一部およびその近傍に、Ｎ型半導体領域３２Ｂ－１を有しており、Ｎ型半導体領域３２Ｂ－１よりも深い領域にＮ型半導体領域３２Ａ－１を有している。半導体基板３１－１は、さらに、フローティングディフュージョンＦＤおよび電荷保持部ＭＥＭを有している。第１転送トランジスタＴＲＸのゲート電極（垂直ゲート電極ＶＧ）は、半導体基板３１－１の上面（形成面３１Ｂ－１）から、半導体基板３１－１の厚さ方向（法線方向）に延在して形成されている。第１転送トランジスタＴＲＸのゲート電極

（垂直ゲート電極ＶＧ）は、形成面３１Ｂ－１から、Ｎ型半導体領域３２Ａ（フォトダイオードＰＤ）に達する深さまで延在している。第１転送トランジスタＴＲＸのゲート電極（垂直ゲート電極ＶＧ）は、例えば、半導体基板３１－１の厚さ方向（法線方向）に延在する棒状の形状となっている。

[0076] 第１基板３０－１は、例えば、さらに、半導体基板３１－１の裏面（受光面３１Ａ－１）に接する固定電荷膜３８－１を有している。固定電荷膜３８－１は、半導体基板３１－１の受光面３１Ａ－１側の界面準位に起因する暗電流の発生を抑制するため、負の固定電荷を有している。固定電荷膜３８－１は、例えば、負の固定電荷を有する絶縁膜によって形成されている。そのような絶縁膜の材料としては、例えば、酸化ハフニウム、酸化ジルコン、酸化アルミニウム、酸化チタンまたは酸化タンタルが挙げられる。固定電荷膜３８－１が誘起する電界により、半導体基板３１－１の受光面３１Ａ－１側の界面にホール蓄積層が形成される。このホール蓄積層によって、界面からの電子の発生が抑制される。第１基板３０－１は、例えば、さらに、カラーフィルタ３９－１を有している。カラーフィルタ３９－１は、半導体基板３１－１の受光面３１Ａ－１側に設けられている。カラーフィルタ３９－１は、例えば、固定電荷膜３８－１に接して設けられており、固定電荷膜３８－１を介して画素１１－１と対向する位置に設けられている。

[0077] 各画素１１－１は、半導体基板３１－１の裏面（受光面３１Ａ－１）側に受光レンズ５０－１を有している。つまり、光検出装置１Ｂは、画素１１－１ごとに１つずつ設けられた複数の受光レンズ５０－１を備えている。複数の受光レンズ５０－１は、フォトダイオードＰＤごとに１つずつ設けられており、フォトダイオードＰＤと対向する位置に配置されている。つまり、光検出装置１Ｂは、裏面照射型の撮像装置である。受光レンズ５０－１は、例えば、カラーフィルタ３９－１に接して設けられており、カラーフィルタ３９－１および固定電荷膜３８－１を介して画素１１－１と対向する位置に設けられている。

[0078] 第１基板３０－１は、互いに隣接する２つの画素１１－１を電気的かつ光

学的に分離する素子分離部３４－１，３６－１を有している。素子分離部３４－１，３６－１は、半導体基板３１－１の法線方向（厚さ方向）に延在して形成されている。素子分離部３４－１，３６－１は、半導体基板３１－１内において、半導体基板３１－１の法線方向（厚さ方向）に積層されている。つまり、素子分離部３４－１，３６－１は、互いに連結されている。素子分離部３４－１，３６－１からなる構造体は、受光面３１Ａ－１から形成面３１Ｂ－１まで延在して形成されている。つまり、素子分離部３４－１，３６－１からなる構造体は、半導体基板３１－１および半導体層３３－１を貫通している。

[0079] 素子分離部３４－１は、画素１１－１（特にフォトダイオードＰＤ）を水平面内方向において取り囲むように形成されており、さらに、半導体基板３１－１の法線方向（厚さ方向）に延在して形成されている。素子分離部３４－１は、互いに隣接する２つのフォトダイオードＰＤの間に形成されている。素子分離部３４－１は、例えば、金属埋め込み部３４Ａ－１およびＰ型半導体部３４Ｂ－１によって構成されている。

[0080] 金属埋め込み部３４Ａ－１およびＰ型半導体部３４Ｂ－１は、ともに、画素１１－１（特にフォトダイオードＰＤ）を水平面内方向において取り囲むとともに、半導体基板３１－１の法線方向（厚さ方向）に延在している。Ｐ型半導体部３４Ｂ－１は、金属埋め込み部３４Ａ－１の側面に接して形成されており、金属埋め込み部３４Ａ－１とフォトダイオードＰＤとの間に形成されている。金属埋め込み部３４Ａ－１は、例えば、ＣＶＤ（Chemical Vapor Deposition）を用いて形成されている。金属埋め込み部３４Ａ－１は、例えば、アルミニウムまたはアルミニウム合金によって形成されている。Ｐ型半導体部３４Ｂ－１は、導電型がＰ型の半導体によって形成されている。

[0081] 素子分離部３６－１は、画素１１－１（特に、第１転送トランジスタＴＲＸ、第２転送トランジスタＴＲＭ、電荷保持部ＭＥＭ、第３転送トランジスタＴＲＧ、フローティングディフュージョンＦＤおよび排出トランジスタＯＦＧ）を水平面内方向において取り囲むように形成されており、さらに、半

導体基板３１－１の法線方向（厚さ方向）に延在して形成されている。素子分離部３６－１は、半導体基板３１－１の法線方向（厚さ方向）において素子分離部３４－１と対向する位置に設けられている。素子分離部３６－１は、例えば、金属埋め込み部３６Ａおよび絶縁膜３６Ｂによって構成されている。

[0082] 金属埋め込み部３６Ａ－１および絶縁膜３６Ｂ－１は、ともに、画素１１－１（特に、第１転送トランジスタＴＲＸ、第２転送トランジスタＴＲＭ、電荷保持部ＭＥＭ、第３転送トランジスタＴＲＧ、フローティングディフュージョンＦＤおよび排出トランジスタＯＦＧ）を水平面内方向において取り囲むとともに、半導体基板３１－１の法線方向（厚さ方向）に延在している。絶縁膜３６Ｂ－１は、金属埋め込み部３６Ａ－１の側面に接して形成されており、金属埋め込み部３６Ａ－１と画素１１－１との間に形成されている。金属埋め込み部３６Ａ－１は、例えば、ＣＶＤを用いて形成されている。金属埋め込み部３６Ａは、例えば、アルミニウムまたはアルミニウム合金によって形成されている。絶縁膜３６Ｂ－１は、例えば、半導体基板３１－１を熱酸化することにより形成された酸化膜であり、例えば、酸化シリコンによって形成されている。

[0083] 素子分離部３４－１の上部と素子分離部３６－１の下部とが半導体基板３１－１の法線方向（厚さ方向）において互いに連結されている。素子分離部３４－１および素子分離部３６－１からなる複合体が、本開示の「分離部」の一具体例に相当する。素子分離部３４－１および素子分離部３６－１からなる複合体は、各画素１１－１を電気的かつ光学的に分離する。素子分離部３４－１および素子分離部３６－１からなる複合体は、受光面３１Ａ－１から形成面３１Ｂ－１まで延在して形成されている。つまり、素子分離部３４－１および素子分離部３６－１からなる複合体は、半導体基板３１－１を貫通している。

[0084] 第１基板３０－１は、さらに、フォトダイオードＰＤと電荷保持部ＭＥＭとの間の層内に延在して形成された遮光部３７－１を有している。遮光部３

７－１は、受光面３１Ａ－１を介して入射した光の、電荷保持部ＭＥＭへの入射を遮る。遮光部３７－１は、例えば、金属埋め込み部３７Ａ－１および絶縁膜３７Ｂ－１によって構成されている。絶縁膜３７Ｂ－１は、金属埋め込み部３７Ａ－１の上面、下面および側面に接して形成されており、金属埋め込み部３７Ａ－１を覆うように形成されている。

[0085] 金属埋め込み部３７Ａ－１は、例えば、ＣＶＤを用いて形成されている。金属埋め込み部３７Ａ－１は、例えば、アルミニウムまたはアルミニウム合金によって形成されている。絶縁膜３７Ｂ－１は、例えば、半導体基板３１－１を熱酸化することにより形成された酸化膜であり、例えば、酸化シリコンによって形成されている。絶縁膜３７Ｂ－１は、ＳｉＯ2膜（シリコン酸化膜）を含む多層膜によって構成されていてもよい。絶縁膜３７Ｂ－１は、例えば、ＳｉＯ2膜（シリコン酸化膜）、ＳＣＦ膜およびＳｉＯ2膜（シリコン酸化膜）からなる積層構造となっていてもよい。ＳＣＦ膜は、例えば、酸化ハフニウム、酸化ジルコン、酸化アルミニウム、酸化チタンまたは酸化タンタルなどによって構成されている。絶縁膜３７Ｂ－１は、ＳｉＯ2（シリコン酸化物）からなる単層膜となっていてもよい。金属埋め込み部３７Ａ－１が、本開示の「遮光部」の一具体例に相当する。絶縁膜３７Ｂ－１が、本開示の「遮電荷部」の一具体例に相当する。

[0086] 金属埋め込み部３７Ａ－１は、素子分離部３４－１の金属埋め込み部３４Ａ－１の上部に接して形成されている。金属埋め込み部３７Ａ－１は、半導体基板３１－１の裏面（受光面３１Ａ－１）を介して入射した光の、電荷保持部ＭＥＭへの入射を遮る。金属埋め込み部３７Ａ－１は、フォトダイオードＰＤと電荷保持部ＭＥＭとの間の層内に配置されている。金属埋め込み部３７Ａ－１は、半導体基板３１－１の法線方向（厚さ方向）に延在するシート状の金属層である。金属埋め込み部３７Ａ－１は、素子分離部３４－１の金属埋め込み部３４Ａ－１の上部と、素子分離部３６－１の金属埋め込み部３６Ａ－１の下部とに接して形成されている。絶縁膜３７Ｂ－１は、素子分離部３６－１の絶縁膜３６Ｂ－１に接して形成されている。つまり、素子分

離部３４－１，３６－１は、遮光部３７－１と連結されている。

[0087] 金属埋め込み部３７Ａ－１は、垂直ゲート電極ＶＧが貫通する開口３７Ｈ－１を有している。つまり、金属埋め込み部３７Ａ－１は、開口３７Ｈ－１以外の箇所で、半導体基板３１－１の裏面（受光面３１Ａ－１）を介して入射した光の、電荷保持部ＭＥＭへの入射を遮る。開口３７Ｈ－１には、半導体基板３１－１の一部（半導体部３１Ｃ）が存在しており、この半導体部３１Ｃが、第１転送トランジスタＴＲＸへ電荷を転送する転送路として機能する。絶縁膜３７Ｂ－１は、金属埋め込み部３７Ａ－１を覆っており、金属埋め込み部３７Ａ－１と、垂直ゲート電極ＶＧとを絶縁分離する。金属埋め込み部３７Ａ－１および垂直ゲート電極ＶＧは、ともに、絶縁膜３７Ｂ－１に接して形成されている。絶縁膜３７Ｂ－１は、開口３７Ｈ－１のうち電荷保持部ＭＥＭ寄りの端縁と垂直ゲート電極ＶＧとの間を介した、第１転送トランジスタＴＲＸへの電荷の転送を遮る。従って、開口３７Ｈ－１のうち電荷保持部ＭＥＭ寄りの端縁（つまり、金属埋め込み部３７Ａ－１の端縁のうち、電荷保持部ＭＥＭ寄りの端縁）と、垂直ゲート電極ＶＧとの間には、第１転送トランジスタＴＲＸへ電荷を転送する転送路が存在していない。言い換えると、開口３７Ｈ－１のうち電荷保持部ＭＥＭ寄りの端縁（つまり、金属埋め込み部３７Ａ－１の端縁のうち、電荷保持部ＭＥＭ寄りの端縁）と、垂直ゲート電極ＶＧとの間には、受光面３１Ａ－１して入射した光が電荷保持部ＭＥＭに侵入する経路が存在しないか、または、ほとんど存在しない。なお、開口３７Ｈ－１の電荷保持部ＭＥＭから遠く離れた端縁（つまり、金属埋め込み部３７Ａ－１の端縁のうち、電荷保持部ＭＥＭから遠く離れた端縁）と、垂直ゲート電極ＶＧとの間には、第１転送トランジスタＴＲＸへ電荷を転送する転送路が存在している。

[0088] （製造方法）

次に、光検出装置１Ｂの製造方法について説明する。図１７Ａ～図１７Ｌは、光検出装置１Ｂの製造工程の一例を表したものである。

[0089] まず、フォトダイオードＰＤ、Ｐ型半導体部３４Ｂ－１、フローティング

ディフュージョンＦＤ、電荷保持部ＭＥＭなどが形成された半導体基板３１－１を用意する（図１７Ａ）。次に、半導体基板３１－１の上面（形成面３１Ｂ－１）に、形成面３１Ｂ－１を選択的に覆うハードマスク１１０－１を形成する（図１７Ａ）。ハードマスク１１０－１は、素子分離部３６－１を形成する予定の位置に開口Ｈ１を有しており、例えば、ＳｉＮ（窒化珪素）やＳｉＯ2（酸化珪素）などの絶縁材料からなる。

[0090] 次に、ハードマスク１１０－１を利用したドライエッチングにより、半導体基板３１－１を構成するＳｉ（１１１）のうち開口Ｈ１において露出した部分を掘り下げることで、素子分離部３６－１を形成する予定の位置にトレンチＨ２を形成する（図１７Ｂ）。このときのトレンチＨ２の深さが、後に形成される素子分離部３６－１の深さ方向の寸法に対応する。なお、後述の半導体基板３１－１に対するウェットエッチングの実施の際、＜１１１＞方向にも僅かにエッチング処理が進行するので、それを考慮してトレンチＨ２の深さを調節するとよい。

[0091] 次に、トレンチＨ２の側面を覆うようにサイドウォール３３ｓ－１を形成する（図１７Ｃ）。サイドウォール３３ｓ－１を形成する際には、例えばＳｉＮやＳｉＯ2などからなる絶縁膜をトレンチＨ２の内面、すなわちトレンチＨ２の側面および底面を覆うように形成したのち、ドライエッチバックにより、トレンチＨ２の底面を覆う絶縁膜のみを除去する。このとき、半導体基板３１－１の上面（形成面３１Ｂ－１）を選択的に覆うハードマスク１１０－１をドライエッチバックにより除去せずに残存させるため、サイドウォール３３ｓ－１の構成材料はハードマスク１１０－１の構成材料と異なるものを用いるとよい。

[0092] 次に、トレンチＨ２の底面をさらに掘り下げるように、半導体基板３１－１を構成するＳｉ（１１１）をドライエッチバックにより一部除去する（図１７Ｄ）。その際、例えば遮光部３７－１の厚さに対応する深さ分だけ、トレンチＨ２の底面をさらに掘り下げる。この場合も、後述の半導体基板３１－１に対するウェットエッチングの実施の際、＜１１１＞方向にも僅かにエ

ッチング処理が進行するので、それを考慮してトレンチＨ２の底面からの掘り下げ深さを調節するとよい。

[0093] 次に、トレンチＨ２に所定のアルカリ水溶液を注入し、ウェットエッチングを行うことで、半導体基板３１－１を構成するＳｉ（１１１）を一部除去する（図１７Ｅ）。アルカリ水溶液としては、無機溶液であればＫＯＨ，ＮａＯＨ，またはＣｓＯＨなどが適用可能であり、有機溶液であればＥＤＰ（エチレンジアミンピロカテコール水溶液），N2H4（ヒドラジン），ＮＨ4ＯＨ（水酸化アンモニウム），またはＴＭＡＨ（水酸化テトラメチルアンモニウム）などが適用可能である。

[0094] ここでは、Ｓｉ（１１１）の面方位に応じてエッチングレートが異なる性質を利用した結晶異方性エッチングを行う。具体的には、Ｓｉ（１１１）基板においては、＜１１１＞方向のエッチングレートに対して＜１１０＞方向のエッチングレートが十分に高くなる。したがって、本開示の第２の実施形態では、半導体基板３１－１の上面（形成面３１Ｂ－１）と平行な所定の方向（第１方向）へのエッチングが進行する一方、半導体基板３１－１の上面（形成面３１Ｂ－１）と平行な方向であって、かつ、第１方向と直交する第２方向や、半導体基板３１－１の上面（形成面３１Ｂ－１）と直交する第３方向にはほとんどエッチングが進行しないこととなる。その結果、Ｓｉ（１１１）基板である半導体基板３１－１の内部に、結晶面３１Ｄ－１，３１Ｅ－１，３１Ｆ－１によって囲まれた、トレンチＨ２と連通する空洞部５１－１が形成される（図１７Ｅ）。このとき、半導体基板３１－１のうち、空洞部５１－１と同一の層内に、半導体部３１Ｃが形成される。

[0095] ここで、マイクロローディング現象による影響が大きいと空洞部５１－１の厚みも大きくなり、ＰＤの体積が減少しＱｓ低下、また転送経路も狭くなり転送効率の劣化等の懸念がある。そこで、本開示の第２の実施形態では、トレンチＨ２が交差する箇所において、線幅を細く形成することで、空洞部５１－１の厚みを最小に抑えることができる。また、マイクロローディング現象により空洞部５１－１の厚みが薄くなる場合に、トレンチＨ２の線幅を

太く形成することで、空洞部５１－１の厚みを太くすることができる。これにより、画素１１－１の設計に対する自由度が向上する。

[0096] 空洞部５１－１を形成した後、ハードマスク１１０－１およびサイドウォール３３ｓ－１を、例えばウェットエッチングにより除去する。なお、等方性のドライエッチングによりハードマスク１１０－１およびサイドウォール３３ｓ－１の除去を行うことが可能な場合もある。ウェットエッチングでは、ハードマスク１１０－１等がＳｉO2からなる場合には、例えばＤＨＦ（希フッ酸）やＢＨＦ（バッファードフッ酸）などのＨＦ（フッ酸）が含有される薬液を用い、ハードマスク１１０－１等がＳｉＮからなる場合には、ホットりん酸（hot phosphoricacid）やＨＦが含有される薬液を用いるとよい。なお、ハードマスク１１０－１およびサイドウォール３３ｓ－１の除去を行わなくともよい。

[0097] 次に、トレンチＨ２の側面および空洞部５１－１の内面と、半導体基板３１－１の上面（形成面３１Ｂ－１）とを覆うように絶縁膜３７Ｂ－１を形成し、さらに、トレンチＨ２および空洞部５１－１を埋めるように埋め込み部３５－１を形成する（図１７Ｆ）。

[0098] 次に、半導体基板３１－１に、半導体部３１Ｃ－１を貫通するトレンチＨ３を形成する（図１７Ｇ）。このとき、トレンチＨ３の側面に絶縁膜３７Ｂ－１が露出するように、トレンチＨ３を形成する。さらに、トレンチＨ３の底面がＮ型半導体領域３２Ａ－１（フォトダイオードＰＤ）に達する深さにまでトレンチＨ３を形成する。図１７Ｇに示したように、トレンチＨ３の側面に絶縁膜３７Ｂ－１が突出していてもかまわない。

[0099] 次に、トレンチＨ３を埋め込むように、垂直ゲート電極ＶＧを形成する（図１７Ｈ）。このとき、垂直ゲート電極ＶＧは、金属材料によって形成されていてもよいし、ポリシリコンによって形成されていてもよい。次に、第１転送トランジスタＴＲＸ、第２転送トランジスタＴＲＭ、第３転送トランジスタＴＲＧおよび排出トランジスタＯＦＧを形成するとともに、これらを埋め込む絶縁層３２－１を形成する（図１７Ｉ）。

[0100] 次に、例えば、ドライエッチングを用いて、半導体基板３１－１の受光面３１Ａ－１側から、Ｐ型半導体部３４Ｂ－１にトレンチＨ４を形成する（図１７Ｊ）。このとき、トレンチＨ４の底面が、埋め込み部３５－１に達する深さまでトレンチＨ４を形成する。続いて、所定の薬液を用いたウェットエッチングにより、埋め込み部３５－１を除去する。その結果、埋め込み部３５－１が除去された位置に、積層面内方向に広がり、トレンチＨ４と繋がる空洞部５３－１が形成される（図１７Ｋ）。このときの薬液としては、例えば、フッ酸が用いられる。ここで、絶縁膜３７Ｂ－１はエッチングされずに残るので、垂直ゲート電極ＶＧと空洞部５３－１との間には、絶縁膜３７Ｂ－１が残る。

[0101] 次に、例えば、ＣＶＤにより、トレンチＨ４および空洞部５３－１を埋め込むように金属埋め込み部３４Ａ－１，３６Ａ－１，３７Ａ－１を形成する（図１７Ｌ）。その後、ＣＭＰによる表面研磨により、表面を平坦化する。続いて、半導体基板３１－１の受光面３１Ａ－１に第２基板４０－１を貼り合わせるとともに、受光レンズ５０－１を受光面３１Ａ－１に貼り合わせる。このようにして、本開示の第２の実施形態に係る光検出装置１Ｂが製造される。

[0102] ＜第２の実施形態による作用効果＞

以上のように第２の実施形態によれば、ウェットエッチング後の遮光部は、トレンチＨ２の加工時のマイクロローディングが大きいほど厚みが大きくなり、フォトダイオードＰＤまたは電荷保持部（ＭＥＭ）の領域が少なくなるため、トレンチＨ２の線幅を変えることで、厚みを最小限にすることができる。これにより、画素１１－１の設計に対する自由度が向上する。

[0103] ＜その他の実施形態＞

上記のように、本技術は第１から第２の実施形態及び第１の実施形態の第１の変形例及び第２の変形例によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面は本技術を限定するものであると理解すべきではない。上記の第１から第２の実施形態が開示する技術内容の趣旨を理解すれば、当業者には

様々な代替実施形態、実施例及び運用技術が本技術に含まれ得ることが明らかとなろう。また、第１から第２の実施形態及び第１の実施形態の第１の変形例及び第２の変形例がそれぞれ開示する構成を、矛盾の生じない範囲で適宜組み合わせることができる。例えば、複数の異なる実施形態がそれぞれ開示する構成を組み合わせてもよく、同一の実施形態の複数の異なる変形例がそれぞれ開示する構成を組み合わせてもよい。

[0104] ＜電子機器への応用例＞

上述した光検出装置は、例えば、デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラなどの撮像装置、撮像機能を備えた携帯電話機、または、撮像機能を備えた他の機器といった各種の電子機器に適用することができる。

図１８は、本技術を適用した電子機器としての撮像装置の構成例を示すブロック図である。

[0105] 図１８に示される撮像装置２２０１は、光学系２２０２、シャッタ装置２２０３、光検出装置としての固体撮像素子２２０４、制御回路２２０５、信号処理回路２２０６、モニタ２２０７、および2メモリ２２０８を備えて構成され、静止画像および動画像を撮像可能である。

[0106] 光学系２２０２は、１枚または複数枚のレンズを有して構成され、被写体からの光（入射光）を固体撮像素子２２０４に導き、固体撮像素子２２０４の受光面に結像させる。

シャッタ装置２２０３は、光学系２２０２および固体撮像素子２２０４の間に配置され、制御回路２２０５の制御に従って、固体撮像素子２２０４への光照射期間および遮光期間を制御する。

[0107] 固体撮像素子２２０４は、上述した固体撮像素子を含むパッケージにより構成される。固体撮像素子２２０４は、光学系２２０２およびシャッタ装置２２０３を介して受光面に結像される光に応じて、一定期間、信号電荷を蓄積する。固体撮像素子２２０４に蓄積された信号電荷は、制御回路２２０５から供給される駆動信号（タイミング信号）に従って転送される。

[0108] 制御回路２２０５は、固体撮像素子２２０４の転送動作、および、シャッ

タ装置２２０３のシャッタ動作を制御する駆動信号を出力して、固体撮像素子２２０４およびシャッタ装置２２０３を駆動する。

[0109] 信号処理回路２２０６は、固体撮像素子２２０４から出力された信号電荷に対して各種の信号処理を施す。信号処理回路２２０６が信号処理を施すことにより得られた画像（画像データ）は、モニタ２２０７に供給されて表示されたり、メモリ２２０８に供給されて記憶（記録）されたりする。

このように構成されている撮像装置２２０１においても、上述した固体撮像素子２２０４に代えて、光検出装置１を適用することが可能となる。

[0110] ＜内視鏡手術システムへの応用例＞

本開示に係る技術（本技術）は、様々な製品へ応用することができる。例えば、本開示に係る技術は、内視鏡手術システムに適用されてもよい。

[0111] 図１９は、本開示に係る技術（本技術）が適用され得る内視鏡手術システムの概略的な構成の一例を示す図である。

図１９では、術者（医師）１１１３１が、内視鏡手術システム１１０００を用いて、患者ベッド１１１３３上の患者１１１３２に手術を行っている様子が図示されている。図示するように、内視鏡手術システム１１０００は、内視鏡１１１００と、気腹チューブ１１１１１やエネルギー処置具１１１１２等の、その他の術具１１１１０と、内視鏡１１１００を支持する支持アーム装置１１１２０と、内視鏡下手術のための各種の装置が搭載されたカート１１２００と、から構成される。

[0112] 内視鏡１１１００は、先端から所定の長さの領域が患者１１１３２の体腔内に挿入される鏡筒１１１０１と、鏡筒１１１０１の基端に接続されるカメラヘッド１１１０２と、から構成される。図示する例では、硬性の鏡筒１１１０１を有するいわゆる硬性鏡として構成される内視鏡１１１００を図示しているが、内視鏡１１１００は、軟性の鏡筒を有するいわゆる軟性鏡として構成されてもよい。

[0113] 鏡筒１１１０１の先端には、対物レンズが嵌め込まれた開口部が設けられている。内視鏡１１１００には光源装置１１２０３が接続されており、当該

光源装置１１２０３によって生成された光が、鏡筒１１１０１の内部に延設されるライトガイドによって当該鏡筒の先端まで導光され、対物レンズを介して患者１１１３２の体腔内の観察対象に向かって照射される。なお、内視鏡１１１００は、直視鏡であってもよいし、斜視鏡又は側視鏡であってもよい。

[0114] カメラヘッド１１１０２の内部には光学系及び撮像素子が設けられており、観察対象からの反射光（観察光）は当該光学系によって当該撮像素子に集光される。当該撮像素子によって観察光が光電変換され、観察光に対応する電気信号、すなわち観察像に対応する画像信号が生成される。当該画像信号は、ＲＡＷデータとしてカメラコントロールユニット（ＣＣＵ： Ｃａｍｅｒａ Ｃｏｎｔｒｏｌ Ｕｎｉｔ）１１２０１に送信される。

[0115] ＣＣＵ１１２０１は、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｕｎｉｔ）やＧＰＵ（Ｇｒａｐｈｉｃｓ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｕｎｉｔ）等によって構成され、内視鏡１１１００及び表示装置１１２０２の動作を統括的に制御する。さらに、ＣＣＵ１１２０１は、カメラヘッド１１１０２から画像信号を受け取り、その画像信号に対して、例えば現像処理（デモザイク処理）等の、当該画像信号に基づく画像を表示するための各種の画像処理を施す。

表示装置１１２０２は、ＣＣＵ１１２０１からの制御により、当該ＣＣＵ１１２０１によって画像処理が施された画像信号に基づく画像を表示する。

[0116] 光源装置１１２０３は、例えばＬＥＤ（Ｌｉｇｈｔ Ｅｍｉｔｔｉｎｇ Ｄｉｏｄｅ）等の光源から構成され、術部等を撮影する際の照射光を内視鏡１１１００に供給する。

入力装置１１２０４は、内視鏡手術システム１１０００に対する入力インタフェースである。ユーザは、入力装置１１２０４を介して、内視鏡手術システム１１０００に対して各種の情報の入力や指示入力を行うことができる。例えば、ユーザは、内視鏡１１１００による撮像条件（照射光の種類、倍率及び焦点距離等）を変更する旨の指示等を入力する。

[0117] 処置具制御装置１１２０５は、組織の焼灼、切開又は血管の封止等のためのエネルギー処置具１１１１２の駆動を制御する。気腹装置１１２０６は、内視鏡１１１００による視野の確保及び術者の作業空間の確保の目的で、患者１１１３２の体腔を膨らめるために、気腹チューブ１１１１１を介して当該体腔内にガスを送り込む。レコーダ１１２０７は、手術に関する各種の情報を記録可能な装置である。プリンタ１１２０８は、手術に関する各種の情報を、テキスト、画像又はグラフ等各種の形式で印刷可能な装置である。

[0118] なお、内視鏡１１１００に術部を撮影する際の照射光を供給する光源装置１１２０３は、例えばＬＥＤ、レーザ光源又はこれらの組み合わせによって構成される白色光源から構成することができる。ＲＧＢレーザ光源の組み合わせにより白色光源が構成される場合には、各色（各波長）の出力強度及び出力タイミングを高精度に制御することができるため、光源装置１１２０３において撮像画像のホワイトバランスの調整を行うことができる。また、この場合には、ＲＧＢレーザ光源それぞれからのレーザ光を時分割で観察対象に照射し、その照射タイミングに同期してカメラヘッド１１１０２の撮像素子の駆動を制御することにより、ＲＧＢそれぞれに対応した画像を時分割で撮像することも可能である。当該方法によれば、当該撮像素子にカラーフィルタを設けなくても、カラー画像を得ることができる。

[0119] また、光源装置１１２０３は、出力する光の強度を所定の時間ごとに変更するようにその駆動が制御されてもよい。その光の強度の変更のタイミングに同期してカメラヘッド１１１０２の撮像素子の駆動を制御して時分割で画像を取得し、その画像を合成することにより、いわゆる黒つぶれ及び白とびのない高ダイナミックレンジの画像を生成することができる。

[0120] また、光源装置１１２０３は、特殊光観察に対応した所定の波長帯域の光を供給可能に構成されてもよい。特殊光観察では、例えば、体組織における光の吸収の波長依存性を利用して、通常の観察時における照射光（すなわち、白色光）に比べて狭帯域の光を照射することにより、粘膜表層の血管等の所定の組織を高コントラストで撮影する、いわゆる狭帯域光観察（Ｎａｒｒ

ｏｗ　Ｂａｎｄ　Ｉｍａｇｉｎｇ）が行われる。あるいは、特殊光観察では、励起光を照射することにより発生する蛍光により画像を得る蛍光観察が行われてもよい。蛍光観察では、体組織に励起光を照射し当該体組織からの蛍光を観察すること（自家蛍光観察）、又はインドシアニングリーン（ＩＣＧ）等の試薬を体組織に局注するとともに当該体組織にその試薬の蛍光波長に対応した励起光を照射し蛍光像を得ること等を行うことができる。光源装置１１２０３は、このような特殊光観察に対応した狭帯域光及び／又は励起光を供給可能に構成され得る。

[0121] 図２０は、図１９に示すカメラヘッド１１１０２及びＣＣＵ１１２０１の機能構成の一例を示すブロック図である。

カメラヘッド１１１０２は、レンズユニット１１４０１と、撮像部１１４０２と、駆動部１１４０３と、通信部１１４０４と、カメラヘッド制御部１１４０５と、を有する。ＣＣＵ１１２０１は、通信部１１４１１と、画像処理部１１４１２と、制御部１１４１３と、を有する。カメラヘッド１１１０２とＣＣＵ１１２０１とは、伝送ケーブル１１４００によって互いに通信可能に接続されている。

[0122] レンズユニット１１４０１は、鏡筒１１１０１との接続部に設けられる光学系である。鏡筒１１１０１の先端から取り込まれた観察光は、カメラヘッド１１１０２まで導光され、当該レンズユニット１１４０１に入射する。レンズユニット１１４０１は、ズームレンズ及びフォーカスレンズを含む複数のレンズが組み合わされて構成される。

[0123] 撮像部１１４０２は、撮像素子で構成される。撮像部１１４０２を構成する撮像素子は、１つ（いわゆる単板式）であってもよいし、複数（いわゆる多板式）であってもよい。撮像部１１４０２が多板式で構成される場合には、例えば各撮像素子によってＲＧＢそれぞれに対応する画像信号が生成され、それらが合成されることによりカラー画像が得られてもよい。あるいは、撮像部１１４０２は、３Ｄ（Ｄｉｍｅｎｓｉｏｎａｌ）表示に対応する右目用及び左目用の画像信号をそれぞれ取得するための１対の撮像素子を有する

ように構成されてもよい。３Ｄ表示が行われることにより、術者１１１３１は術部における生体組織の奥行きをより正確に把握することが可能になる。なお、撮像部１１４０２が多板式で構成される場合には、各撮像素子に対応して、レンズユニット１１４０１も複数系統設けられ得る。

[0124] また、撮像部１１４０２は、必ずしもカメラヘッド１１１０２に設けられなくてもよい。例えば、撮像部１１４０２は、鏡筒１１１０１の内部に、対物レンズの直後に設けられてもよい。

駆動部１１４０３は、アクチュエータによって構成され、カメラヘッド制御部１１４０５からの制御により、レンズユニット１１４０１のズームレンズ及びフォーカスレンズを光軸に沿って所定の距離だけ移動させる。これにより、撮像部１１４０２による撮像画像の倍率及び焦点が適宜調整され得る。

[0125] 通信部１１４０４は、ＣＣＵ１１２０１との間で各種の情報を送受信するための通信装置によって構成される。通信部１１４０４は、撮像部１１４０２から得た画像信号をＲＡＷデータとして伝送ケーブル１１４００を介してＣＣＵ１１２０１に送信する。

[0126] また、通信部１１４０４は、ＣＣＵ１１２０１から、カメラヘッド１１１０２の駆動を制御するための制御信号を受信し、カメラヘッド制御部１１４０５に供給する。当該制御信号には、例えば、撮像画像のフレームレートを指定する旨の情報、撮像時の露出値を指定する旨の情報、並びに／又は撮像画像の倍率及び焦点を指定する旨の情報等、撮像条件に関する情報が含まれる。

[0127] なお、上記のフレームレートや露出値、倍率、焦点等の撮像条件は、ユーザによって適宜指定されてもよいし、取得された画像信号に基づいてＣＣＵ１１２０１の制御部１１４１３によって自動的に設定されてもよい。後者の場合には、いわゆるＡＥ（Ａｕｔｏ　Ｅｘｐｏｓｕｒｅ）機能、ＡＦ（Ａｕｔｏ　Ｆｏｃｕｓ）機能及びＡＷＢ（Ａｕｔｏ　Ｗｈｉｔｅ　Ｂａｌａｎｃｅ）機能が内視鏡１１１００に搭載されていることになる。

[0128] カメラヘッド制御部１１４０５は、通信部１１４０４を介して受信したＣＣＵ１１２０１からの制御信号に基づいて、カメラヘッド１１１０２の駆動を制御する。

通信部１１４１１は、カメラヘッド１１１０２との間で各種の情報を送受信するための通信装置によって構成される。通信部１１４１１は、カメラヘッド１１１０２から、伝送ケーブル１１４００を介して送信される画像信号を受信する。

[0129] また、通信部１１４１１は、カメラヘッド１１１０２に対して、カメラヘッド１１１０２の駆動を制御するための制御信号を送信する。画像信号や制御信号は、電気通信や光通信等によって送信することができる。

画像処理部１１４１２は、カメラヘッド１１１０２から送信されたＲＡＷデータである画像信号に対して各種の画像処理を施す。

[0130] 制御部１１４１３は、内視鏡１１１００による術部等の撮像、及び、術部等の撮像により得られる撮像画像の表示に関する各種の制御を行う。例えば、制御部１１４１３は、カメラヘッド１１１０２の駆動を制御するための制御信号を生成する。

[0131] また、制御部１１４１３は、画像処理部１１４１２によって画像処理が施された画像信号に基づいて、術部等が映った撮像画像を表示装置１１２０２に表示させる。この際、制御部１１４１３は、各種の画像認識技術を用いて撮像画像内における各種の物体を認識してもよい。例えば、制御部１１４１３は、撮像画像に含まれる物体のエッジの形状や色等を検出することにより、鉗子等の術具、特定の生体部位、出血、エネルギー処置具１１１１２の使用時のミスト等を認識することができる。制御部１１４１３は、表示装置１１２０２に撮像画像を表示させる際に、その認識結果を用いて、各種の手術支援情報を当該術部の画像に重畳表示させてもよい。手術支援情報が重畳表示され、術者１１１３１に提示されることにより、術者１１１３１の負担を軽減することや、術者１１１３１が確実に手術を進めることが可能になる。

[0132] カメラヘッド１１１０２及びＣＣＵ１１２０１を接続する伝送ケーブル１

１４００は、電気信号の通信に対応した電気信号ケーブル、光通信に対応した光ファイバ、又はこれらの複合ケーブルである。

ここで、図示する例では、伝送ケーブル１１４００を用いて有線で通信が行われていたが、カメラヘッド１１１０２とＣＣＵ１１２０１との間の通信は無線で行われてもよい。

[0133] 以上、本開示に係る技術が適用され得る内視鏡手術システムの一例について説明した。本開示に係る技術は、以上説明した構成のうち、例えば、内視鏡１１１００や、カメラヘッド１１１０２の撮像部１１４０２、ＣＣＵ１１２０１の画像処理部１１４１２等に適用され得る。具体的には、図１の光検出装置１Ａは、撮像部１０４０２に適用することができる。

なお、ここでは、一例として内視鏡手術システムについて説明したが、本開示に係る技術は、その他、例えば、顕微鏡手術システム等に適用されてもよい。

[0134] ＜移動体への応用例＞

本開示に係る技術（本技術）は、様々な製品へ応用することができる。例えば、本開示に係る技術は、自動車、電気自動車、ハイブリッド電気自動車、自動二輪車、自転車、パーソナルモビリティ、飛行機、ドローン、船舶、ロボット等のいずれかの種類の移動体に搭載される装置として実現されてもよい。

[0135] 図２１は、本開示に係る技術が適用され得る移動体制御システムの一例である車両制御システムの概略的な構成例を示すブロック図である。

車両制御システム１２０００は、通信ネットワーク１２００１を介して接続された複数の電子制御ユニットを備える。図２１に示した例では、車両制御システム１２０００は、駆動系制御ユニット１２０１０、ボディ系制御ユニット１２０２０、車外情報検出ユニット１２０３０、車内情報検出ユニット１２０４０、及び統合制御ユニット１２０５０を備える。また、統合制御ユニット１２０５０の機能構成として、マイクロコンピュータ１２０５１、音声画像出力部１２０５２、及び車載ネットワークＩ／Ｆ（ｉｎｔｅｒｆａ

ｃｅ）１２０５３が図示されている。

[0136] 駆動系制御ユニット１２０１０は、各種プログラムにしたがって車両の駆動系に関連する装置の動作を制御する。例えば、駆動系制御ユニット１２０１０は、内燃機関又は駆動用モータ等の車両の駆動力を発生させるための駆動力発生装置、駆動力を車輪に伝達するための駆動力伝達機構、車両の舵角を調節するステアリング機構、及び、車両の制動力を発生させる制動装置等の制御装置として機能する。

[0137] ボディ系制御ユニット１２０２０は、各種プログラムにしたがって車体に装備された各種装置の動作を制御する。例えば、ボディ系制御ユニット１２０２０は、キーレスエントリシステム、スマートキーシステム、パワーウィンドウ装置、あるいは、ヘッドランプ、バックランプ、ブレーキランプ、ウィンカー又はフォグランプ等の各種ランプの制御装置として機能する。この場合、ボディ系制御ユニット１２０２０には、鍵を代替する携帯機から発信される電波又は各種スイッチの信号が入力され得る。ボディ系制御ユニット１２０２０は、これらの電波又は信号の入力を受け付け、車両のドアロック装置、パワーウィンドウ装置、ランプ等を制御する。

[0138] 車外情報検出ユニット１２０３０は、車両制御システム１２０００を搭載した車両の外部の情報を検出する。例えば、車外情報検出ユニット１２０３０には、撮像部１２０３１が接続される。車外情報検出ユニット１２０３０は、撮像部１２０３１に車外の画像を撮像させるとともに、撮像された画像を受信する。車外情報検出ユニット１２０３０は、受信した画像に基づいて、人、車、障害物、標識又は路面上の文字等の物体検出処理又は距離検出処理を行ってもよい。

[0139] 撮像部１２０３１は、光を受光し、その光の受光量に応じた電気信号を出力する光センサである。撮像部１２０３１は、電気信号を画像として出力することもできるし、測距の情報として出力することもできる。また、撮像部１２０３１が受光する光は、可視光であっても良いし、赤外線等の非可視光であっても良い。

[0140] 車内情報検出ユニット１２０４０は、車内の情報を検出する。車内情報検出ユニット１２０４０には、例えば、運転者の状態を検出する運転者状態検出部１２０４１が接続される。運転者状態検出部１２０４１は、例えば運転者を撮像するカメラを含み、車内情報検出ユニット１２０４０は、運転者状態検出部１２０４１から入力される検出情報に基づいて、運転者の疲労度合い又は集中度合いを算出してもよいし、運転者が居眠りをしていないかを判別してもよい。

[0141] マイクロコンピュータ１２０５１は、車外情報検出ユニット１２０３０又は車内情報検出ユニット１２０４０で取得される車内外の情報に基づいて、駆動力発生装置、ステアリング機構又は制動装置の制御目標値を演算し、駆動系制御ユニット１２０１０に対して制御指令を出力することができる。例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、車両の衝突回避あるいは衝撃緩和、車間距離に基づく追従走行、車速維持走行、車両の衝突警告、又は車両のレーン逸脱警告等を含むＡＤＡＳ（Ａｄｖａｎｃｅｄ　Ｄｒｉｖｅｒ　Ａｓｓｉｓｔａｎｃｅ　Ｓｙｓｔｅｍ）の機能実現を目的とした協調制御を行うことができる。

[0142] また、マイクロコンピュータ１２０５１は、車外情報検出ユニット１２０３０又は車内情報検出ユニット１２０４０で取得される車両の周囲の情報に基づいて駆動力発生装置、ステアリング機構又は制動装置等を制御することにより、運転者の操作に拠らずに自律的に走行する自動運転等を目的とした協調制御を行うことができる。

[0143] また、マイクロコンピュータ１２０５１は、車外情報検出ユニット１２０３０で取得される車外の情報に基づいて、ボディ系制御ユニット１２０２０に対して制御指令を出力することができる。例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、車外情報検出ユニット１２０３０で検知した先行車又は対向車の位置に応じてヘッドランプを制御し、ハイビームをロービームに切り替える等の防眩を図ることを目的とした協調制御を行うことができる。

[0144] 音声画像出力部１２０５２は、車両の搭乗者又は車外に対して、視覚的又

は聴覚的に情報を通知することが可能な出力装置へ音声及び画像のうちの少なくとも一方の出力信号を送信する。図２１の例では、出力装置として、オーディオスピーカ１２０６１、表示部１２０６２及びインストルメントパネル１２０６３が例示されている。表示部１２０６２は、例えば、オンボードディスプレイ及びヘッドアップディスプレイの少なくとも一つを含んでいてもよい。

[0145] 図２２は、撮像部１２０３１の設置位置の例を示す図である。

図２２では、車両１２１００は、撮像部１２０３１として、撮像部１２１０１，１２１０２，１２１０３，１２１０４，１２１０５を有する。

[0146] 撮像部１２１０１，１２１０２，１２１０３，１２１０４，１２１０５は、例えば、車両１２１００のフロントノーズ、サイドミラー、リアバンパ、バックドア及び車室内のフロントガラスの上部等の位置に設けられる。フロントノーズに備えられる撮像部１２１０１及び車室内のフロントガラスの上部に備えられる撮像部１２１０５は、主として車両１２１００の前方の画像を取得する。サイドミラーに備えられる撮像部１２１０２，１２１０３は、主として車両１２１００の側方の画像を取得する。リアバンパ又はバックドアに備えられる撮像部１２１０４は、主として車両１２１００の後方の画像を取得する。撮像部１２１０１及び１２１０５で取得される前方の画像は、主として先行車両又は、歩行者、障害物、信号機、交通標識又は車線等の検出に用いられる。

[0147] なお、図２２には、撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮影範囲の一例が示されている。撮像範囲１２１１１は、フロントノーズに設けられた撮像部１２１０１の撮像範囲を示し、撮像範囲１２１１２，１２１１３は、それぞれサイドミラーに設けられた撮像部１２１０２，１２１０３の撮像範囲を示し、撮像範囲１２１１４は、リアバンパ又はバックドアに設けられた撮像部１２１０４の撮像範囲を示す。例えば、撮像部１２１０１ないし１２１０４で撮像された画像データが重ね合わせられることにより、車両１２１００を上方から見た俯瞰画像が得られる。

[0148] 撮像部１２１０１ないし１２１０４の少なくとも１つは、距離情報を取得する機能を有していてもよい。例えば、撮像部１２１０１ないし１２１０４の少なくとも１つは、複数の撮像素子からなるステレオカメラであってもよいし、位相差検出用の画素を有する撮像素子であってもよい。

[0149] 例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、撮像部１２１０１ないし１２１０４から得られた距離情報を基に、撮像範囲１２１１１ないし１２１１４内における各立体物までの距離と、この距離の時間的変化（車両１２１００に対する相対速度）を求めることにより、特に車両１２１００の進行路上にある最も近い立体物で、車両１２１００と略同じ方向に所定の速度（例えば、０ｋｍ／ｈ以上）で走行する立体物を先行車として抽出することができる。さらに、マイクロコンピュータ１２０５１は、先行車の手前に予め確保すべき車間距離を設定し、自動ブレーキ制御（追従停止制御も含む）や自動加速制御（追従発進制御も含む）等を行うことができる。このように運転者の操作に拠らずに自律的に走行する自動運転等を目的とした協調制御を行うことができる。

[0150] 例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、撮像部１２１０１ないし１２１０４から得られた距離情報を元に、立体物に関する立体物データを、２輪車、普通車両、大型車両、歩行者、電柱等その他の立体物に分類して抽出し、障害物の自動回避に用いることができる。例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、車両１２１００の周辺の障害物を、車両１２１００のドライバが視認可能な障害物と視認困難な障害物とに識別する。そして、マイクロコンピュータ１２０５１は、各障害物との衝突の危険度を示す衝突リスクを判断し、衝突リスクが設定値以上で衝突可能性がある状況であるときには、オーディオスピーカ１２０６１や表示部１２０６２を介してドライバに警報を出力することや、駆動系制御ユニット１２０１０を介して強制減速や回避操舵を行うことで、衝突回避のための運転支援を行うことができる。

[0151] 撮像部１２１０１ないし１２１０４の少なくとも１つは、赤外線を検出する赤外線カメラであってもよい。例えば、マイクロコンピュータ１２０５１

は、撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮像画像中に歩行者が存在するか否かを判定することで歩行者を認識することができる。かかる歩行者の認識は、例えば赤外線カメラとしての撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮像画像における特徴点を抽出する手順と、物体の輪郭を示す一連の特徴点にパターンマッチング処理を行って歩行者か否かを判別する手順によって行われる。マイクロコンピュータ１２０５１が、撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮像画像中に歩行者が存在すると判定し、歩行者を認識すると、音声画像出力部１２０５２は、当該認識された歩行者に強調のための方形輪郭線を重畳表示するように、表示部１２０６２を制御する。また、音声画像出力部１２０５２は、歩行者を示すアイコン等を所望の位置に表示するように表示部１２０６２を制御してもよい。

[0152] 以上、本開示に係る技術が適用され得る車両制御システムの一例について説明した。本開示に係る技術は、以上説明した構成のうち、例えば、撮像部１２０３１等に適用され得る。具体的には、図１の光検出装置１Ａに適用することができる。

[0153] なお、本開示は以下のような構成も取ることができる。

（１）

光が入射する受光面及び前記受光面の反対側に位置する素子形成面を有する半導体層と、

前記半導体層に行列状に配置され、前記受光面から入射した光に応じて電気信号を生成可能な複数の画素と、

前記半導体層の前記受光面から前記素子形成面への深さ方向に延伸し、隣接する前記画素の間を分離する画素分離部と、

を備え、

前記画素分離部は、平面視において、行方向または列方向へ延伸され、第１の深さを有する掘り込み領域を第１の線幅で形成され、前記第１の深さと異なる第２の深さを有する掘り込み領域を、前記第１の深さの掘り込み領域に合わせるように、前記第１の線幅とは異なる第２の線幅で形成される、光

検出装置。

（２）

前記画素分離部は、前記第２の深さが前記第１の深さより浅い場合に、前記第２の線幅を前記第１の線幅より太く形成される、（１）に記載の光検出装置。

（３）

前記画素分離部は、前記第２の深さが前記第１の深さより深い場合に、前記第２の線幅を前記第１の線幅より細く形成される、（１）に記載の光検出装置。

（４）

前記画素分離部は、行方向に延伸される前記第１の線幅の掘り込み領域と列方向に延伸される前記第１の線幅の掘り込み領域とが交差する領域を有し、平面視において、前記交差する領域の線幅が、前記第１の線幅よりも細く形成される、（１）に記載の光検出装置。

（５）

前記画素分離部の前記交差する領域は、前記行方向に延伸される第１の領域と、前記列方向に延伸される第２の領域とを有し、

前記第１の領域及び前記第２の領域は、別々に形成される、（４）に記載の光検出装置。

（６）

前記第１の領域は、前記第２の領域と交差する箇所以外の前記第１の線幅となる両端に、前記掘り込み領域の埋め込み膜を除去するための開口パターンをそれぞれ形成し、

前記第２の領域は、前記第１の領域と交差する箇所以外の前記第１の線幅となる両端に、前記掘り込み領域の埋め込み膜を除去するための開口パターンをそれぞれ形成する、（５）に記載の光検出装置。

（７）

前記画素分離部から前記半導体層の厚み方向に垂直な方向に沿って延在し

た遮光部を備え、

前記遮光部は、前記画素分離部の前記第１の深さの掘り込み領域において、第１の厚みを有し、前記第２の深さの掘り込み領域において、前記第１の厚みとは異なる第２の厚みを有する場合に、前記第２の厚みを前記第１の厚みに合わせるように形成される、（１）に記載の光検出装置。

（８）

前記複数の画素のそれぞれは、

前記半導体層の厚み方向において前記遮光部から受光面側に位置し、前記受光面から入射した光を光電変換して電荷を生成する光電変換部と、

前記半導体層の厚み方向において前記遮光部から素子形成面側に位置し、前記光電変換部から転送される電荷を保持する電荷保持部と、

を備える、（７）に記載の光検出装置。

（９）

前記複数の画素のそれぞれは、前記光電変換部に達する垂直ゲート電極を有し、前記光電変換部から前記電荷保持部に電荷を転送する転送トランジスタを備え、

前記遮光部は、前記垂直ゲート電極が貫通する開口部を有する、（８）に記載の光検出装置。

（１０）

前記複数の画素のそれぞれは、前記遮光部の開口部のうち電荷保持部寄りの端縁と前記垂直ゲート電極との間に介した、前記転送トランジスタへの電荷の転送を遮る遮電荷部を有する、（９）に記載の光検出装置。

（１１）

前記画素分離部に埋め込む膜種は、シリコン系膜種である、（１）に記載の光検出装置。

（１２）

前記画素分離部に埋め込む膜種は、メタル系膜種である、（１）に記載の光検出装置。

（１３）

前記画素分離部は、前記第１の線幅より太い線幅の掘り込み領域に形成されるハードマスク開口パターンを有する、（１）に記載の光検出装置。

（１４）

光が入射する受光面及び前記受光面の反対側に位置する素子形成面を有する半導体層と、前記半導体層に行列状に配置され、前記受光面から入射した光に応じて電気信号を生成可能な複数の画素と、前記半導体層の前記受光面から前記素子形成面への深さ方向に延伸し、隣接する前記画素の間を分離する画素分離部と、を備える光検出装置の製造方法であって、

平面視において、行方向または列方向へ延伸される前記画素分離部の、第１の深さを有する掘り込み領域を第１の線幅で形成することと、

前記第１の深さと異なる第２の深さを有する掘り込み領域を、前記第１の深さの掘り込み領域に合わせるように、前記第１の線幅とは異なる第２の線幅で形成することと、

前記掘り込み領域内に、埋め込み膜を形成することと、

前記掘り込み領域のうち前記第１の線幅より太い線幅の掘り込み領域にハードマスク開口パターンを形成することと、

前記ハードマスク開口パターンに基づいて、前記掘り込み領域内の前記埋め込み膜を除去することと、

を備える、光検出装置の製造方法。

（１５）

光が入射する受光面及び前記受光面の反対側に位置する素子形成面を有する半導体層と、

前記半導体層に行列状に配置され、前記受光面から入射した光に応じて電気信号を生成可能な複数の画素と、

前記半導体層の前記受光面から前記素子形成面への深さ方向に延伸し、隣接する前記画
素の間を分離する画素分離部と、

を備え、

前記画素分離部は、平面視において、行方向または列方向へ延伸され、第１の深さを有する掘り込み領域を第１の線幅で形成され、前記第１の深さと異なる第２の深さを有する掘り込み領域を、前記第１の深さの掘り込み領域に合わせるように、前記第１の線幅とは異なる第２の線幅で形成される、光検出装置を備えた、

電子機器。

符号の説明

[0154] １Ａ，１Ｂ　光検出装置

２　半導体チップ

２Ａ　画素アレイ部

２Ｂ　周辺部

２Ｃ　パッド配置部

３　画素

４　垂直駆動回路

５　カラム信号処理回路

６　水平駆動回路

７　出力回路

８　制御回路

１０　画素駆動配線、

１１　垂直信号線

１２　水平信号線

１３　ロジック回路

１４　ボンディングパッド

２０　半導体層

２０ｘ１，２０ｙ１　第１側面部

２０ｘ２，２０ｙ２　第２側面部

２１　ｐ型のウエル領域

２２　トレンチ

２３　絶縁膜

２４　分離領域

２４ｘ　第１部分

２４ｙ　第２部分

２４ｘ１，２４ｘ２，２４ｙ１，２４ｙ２　領域

２５　交差箇所

２６　非分離領域

２７　光電変換領域

３０　多層配線層

３０－１　第１基板

３１　層間絶縁膜

３１－１，４１－１　半導体基板

３１Ａ－１　受光面

３１Ｂ－１　形成面

３１Ｃ－１　半導体部

３１Ｄ－１，３１Ｅ－１，３１Ｆ－１　結晶面

３２　配線

３２－１　絶縁層

３２Ａ　Ｎ型半導体領域

３２Ａ－１，３２Ｂ－１　Ｎ型半導体領域

３３－１　半導体層

３３ｓ－１　サイドウォール

３４　支持基板

３４－１，３６－１　素子分離部

３４Ａ－１，３５－１　埋め込み部

３４Ｂ－１　Ｐ型半導体部

３６　平坦化膜

３６Ａ－１　金属埋め込み部

３６Ｂ－１，３７Ｂ－１　絶縁膜

３７－１　遮光部

３７Ｈ－１　開口

３８　接着膜

３８－１　固定電荷膜

３９－１　カラーフィルタ

４０　カラーフィルタ層

４０－１　第２基板

４１　第１カラーフィルタ部

４２　第２カラーフィルタ部

４３　第３カラーフィルタ部

４５　マイクロレンズ

５０　ストッパー層

５０－１　受光レンズ

５１　第１の酸化シリコン膜

５１－１，５３－１　空洞部

５２　窒化シリコン膜

５３　第２の酸化シリコン膜

５４　アクティブパターン

５６　素子分離部（ＳＴＩ）

６１　絶縁膜

６２　塗布膜

６３　反射防止膜

６４，７１，８１，８３　レジスト

７２　ホール

８２，８４　開口部

１１０－１　ハードマスク

１１１　シリコン

５５１，５５２　凸部

２２０１　撮像装置

２２０２　光学系

２２０３　シャッタ装置

２２０４　固体撮像素子

２２０５　制御回路

２２０６　信号処理回路

２２０７　モニタ

２２０８　メモリ

１０４０２　撮像部

１１０００　内視鏡手術システム

１１１００　内視鏡

１１１０１　鏡筒

１１１０２　カメラヘッド

１１１１０　術具

１１１１１　気腹チューブ

１１１１２　エネルギー処置具

１１１２０　支持アーム装置

１１１３１　術者（医師）

１１１３２　患者

１１１３３　患者ベッド

１１２００　カート

１１２０１　カメラコントロールユニット（ＣＣＵ：　Ｃａｍｅｒａ　Ｃｏｎｔｒｏｌ　Ｕｎｉｔ）

１１２０２　表示装置

１１２０３　光源装置

１１２０４　入力装置

１１２０５　処置具制御装置
１１２０６　気腹装置
１１２０７　レコーダ
１１２０８　プリンタ
１１４００　伝送ケーブル
１１４０１　レンズユニット
１１４０２　撮像部
１１４０３　駆動部
１１４０４　通信部
１１４０５　カメラヘッド制御部
１１４１１　通信部
１１４１２　画像処理部
１１４１３　制御部
１２０００　車両制御システム
１２００１　通信ネットワーク
１２０１０　駆動系制御ユニット
１２０２０　ボディ系制御ユニット
１２０３０　車外情報検出ユニット
１２０３１　撮像部
１２０４０　車内情報検出ユニット
１２０４１　運転者状態検出部
１２０５０　統合制御ユニット
１２０５１　マイクロコンピュータ
１２０５２　音声画像出力部
１２０６１　オーディオスピーカ
１２０６２　表示部
１２０６３　インストルメントパネル
１２１００　車両

１２１０１～１２１０５　撮像部

１２１１１～１２１１４　撮像範囲

請求の範囲

[請求項1] 光が入射する受光面及び前記受光面の反対側に位置する素子形成面を有する半導体層と、

前記半導体層に行列状に配置され、前記受光面から入射した光に応じて電気信号を生成可能な複数の画素と、

前記半導体層の前記受光面から前記素子形成面への深さ方向に延伸し、隣接する前記画素の間を分離する画素分離部と、

を備え、

前記画素分離部は、平面視において、行方向または列方向へ延伸され、第１の深さを有する掘り込み領域を第１の線幅で形成され、前記第１の深さと異なる第２の深さを有する掘り込み領域を、前記第１の深さの掘り込み領域に合わせるように、前記第１の線幅とは異なる第２の線幅で形成される、光検出装置。

[請求項2] 前記画素分離部は、前記第２の深さが前記第１の深さより浅い場合に、前記第２の線幅を前記第１の線幅より太く形成される、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項3] 前記画素分離部は、前記第２の深さが前記第１の深さより深い場合に、前記第２の線幅を前記第１の線幅より細く形成される、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項4] 前記画素分離部は、行方向に延伸される前記第１の線幅の掘り込み領域と列方向に延伸される前記第１の線幅の掘り込み領域とが交差する領域を有し、平面視において、前記交差する領域の線幅が、前記第１の線幅よりも細く形成される、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項5] 前記画素分離部の前記交差する領域は、前記行方向に延伸される第１の領域と、前記列方向に延伸される第２の領域とを有し、

前記第１の領域及び前記第２の領域は、別々に形成される、請求項４に記載の光検出装置。

[請求項6] 前記第１の領域は、前記第２の領域と交差する箇所以外の前記第１

の線幅となる両端に、前記掘り込み領域の埋め込み膜を除去するための開口パターンをそれぞれ形成し、

前記第２の領域は、前記第１の領域と交差する箇所以外の前記第１の線幅となる両端に、前記掘り込み領域の埋め込み膜を除去するための開口パターンをそれぞれ形成する、請求項５に記載の光検出装置。

[請求項7] 前記画素分離部から前記半導体層の厚み方向に垂直な方向に沿って延在した遮光部を備え、

前記遮光部は、前記画素分離部の前記第１の深さの掘り込み領域において、第１の厚みを有し、前記第２の深さの掘り込み領域において、前記第１の厚みとは異なる第２の厚みを有する場合に、前記第２の厚みを前記第１の厚みに合わせるように形成される、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項8] 前記複数の画素のそれぞれは、

前記半導体層の厚み方向において前記遮光部から受光面側に位置し、前記受光面から入射した光を光電変換して電荷を生成する光電変換部と、

前記半導体層の厚み方向において前記遮光部から素子形成面側に位置し、前記光電変換部から転送される電荷を保持する電荷保持部と、を備える、請求項７に記載の光検出装置。

[請求項9] 前記複数の画素のそれぞれは、前記光電変換部に達する垂直ゲート電極を有し、前記光電変換部から前記電荷保持部に電荷を転送する転送トランジスタを備え、

前記遮光部は、前記垂直ゲート電極が貫通する開口部を有する、請求項８に記載の光検出装置。

[請求項10] 前記複数の画素のそれぞれは、前記遮光部の開口部のうち電荷保持部寄りの端縁と前記垂直ゲート電極との間に介した、前記転送トランジスタへの電荷の転送を遮る遮電荷部を有する、請求項９に記載の光検出装置。

[請求項11] 前記画素分離部に埋め込む膜種は、シリコン系膜種である、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項12] 前記画素分離部に埋め込む膜種は、メタル系膜種である、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項13] 前記画素分離部は、前記第１の線幅より太い線幅の掘り込み領域に形成されるハードマスク開口パターンを有する、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項14] 光が入射する受光面及び前記受光面の反対側に位置する素子形成面を有する半導体層と、前記半導体層に行列状に配置され、前記受光面から入射した光に応じて電気信号を生成可能な複数の画素と、前記半導体層の前記受光面から前記素子形成面への深さ方向に延伸し、隣接する前記画素の間を分離する画素分離部と、を備える光検出装置の製造方法であって、

平面視において、行方向または列方向へ延伸される前記画素分離部の、第１の深さを有する掘り込み領域を第１の線幅で形成することと、

前記第１の深さと異なる第２の深さを有する掘り込み領域を、前記第１の深さの掘り込み領域に合わせるように、前記第１の線幅とは異なる第２の線幅で形成することと、

前記掘り込み領域内に、埋め込み膜を形成することと、

前記掘り込み領域のうち前記第１の線幅より太い線幅の掘り込み領域にハードマスク開口パターンを形成することと、

前記ハードマスク開口パターンに基づいて、前記掘り込み領域内の前記埋め込み膜を除去することと、

を備える、光検出装置の製造方法。

[請求項15] 光が入射する受光面及び前記受光面の反対側に位置する素子形成面を有する半導体層と、

前記半導体層に行列状に配置され、前記受光面から入射した光に応

じて電気信号を生成可能な複数の画素と、

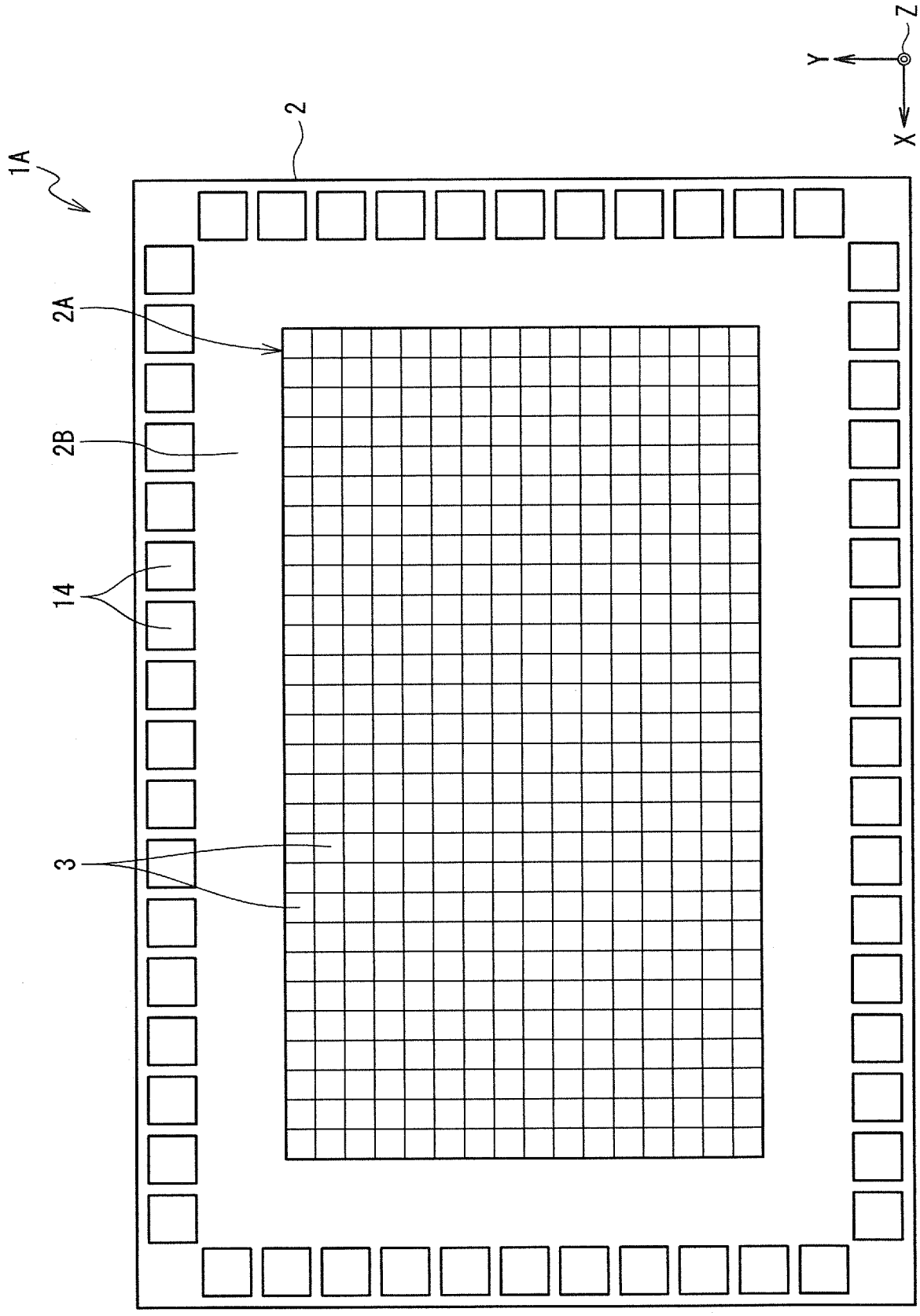
前記半導体層の前記受光面から前記素子形成面への深さ方向に延伸し、隣接する前記画素の間を分離する画素分離部と、

を備え、

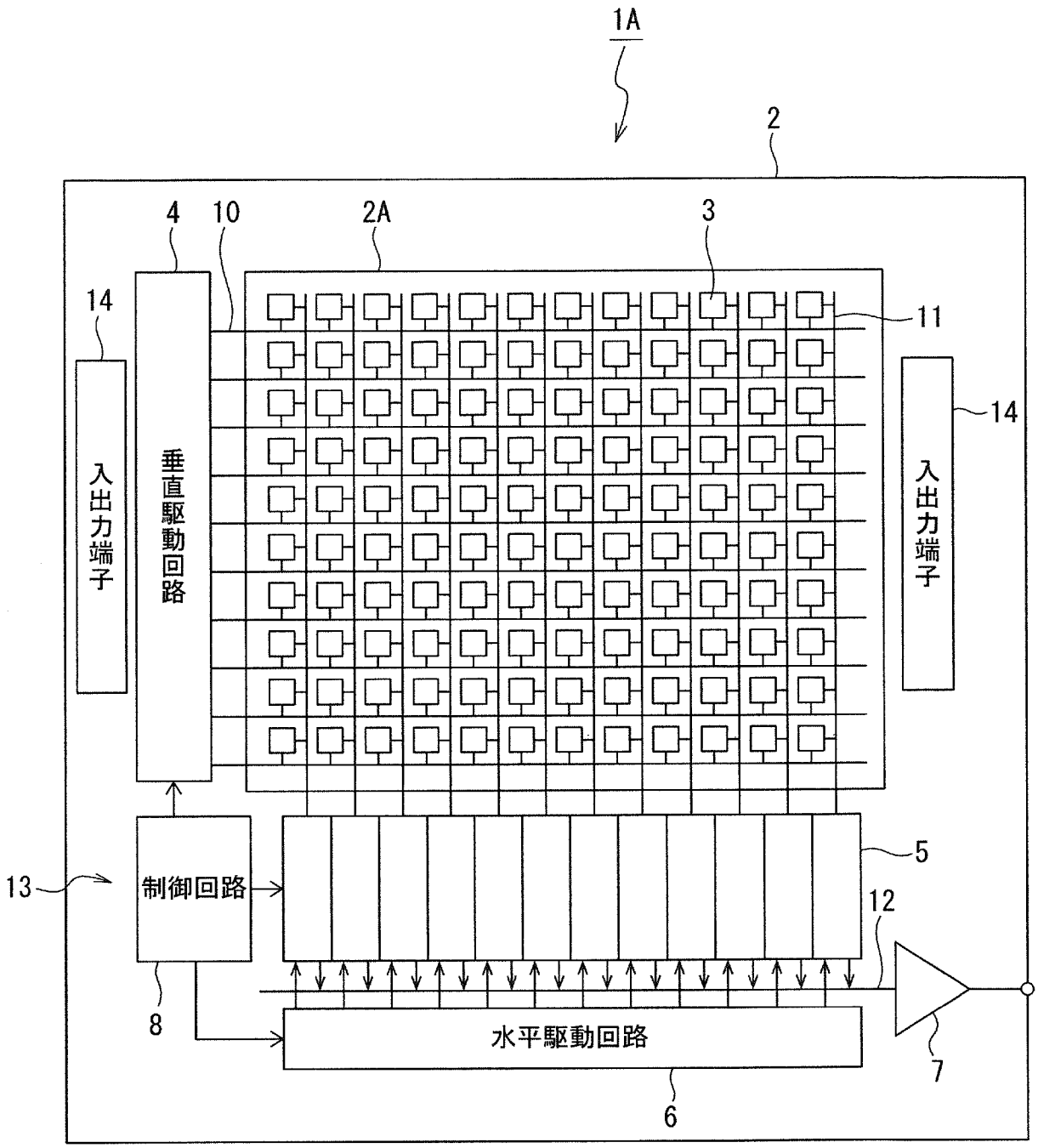
前記画素分離部は、平面視において、行方向または列方向へ延伸され、第１の深さを有する掘り込み領域を第１の線幅で形成され、前記第１の深さと異なる第２の深さを有する掘り込み領域を、前記第１の深さの掘り込み領域に合わせるように、前記第１の線幅とは異なる第２の線幅で形成される、光検出装置を備えた、

電子機器。

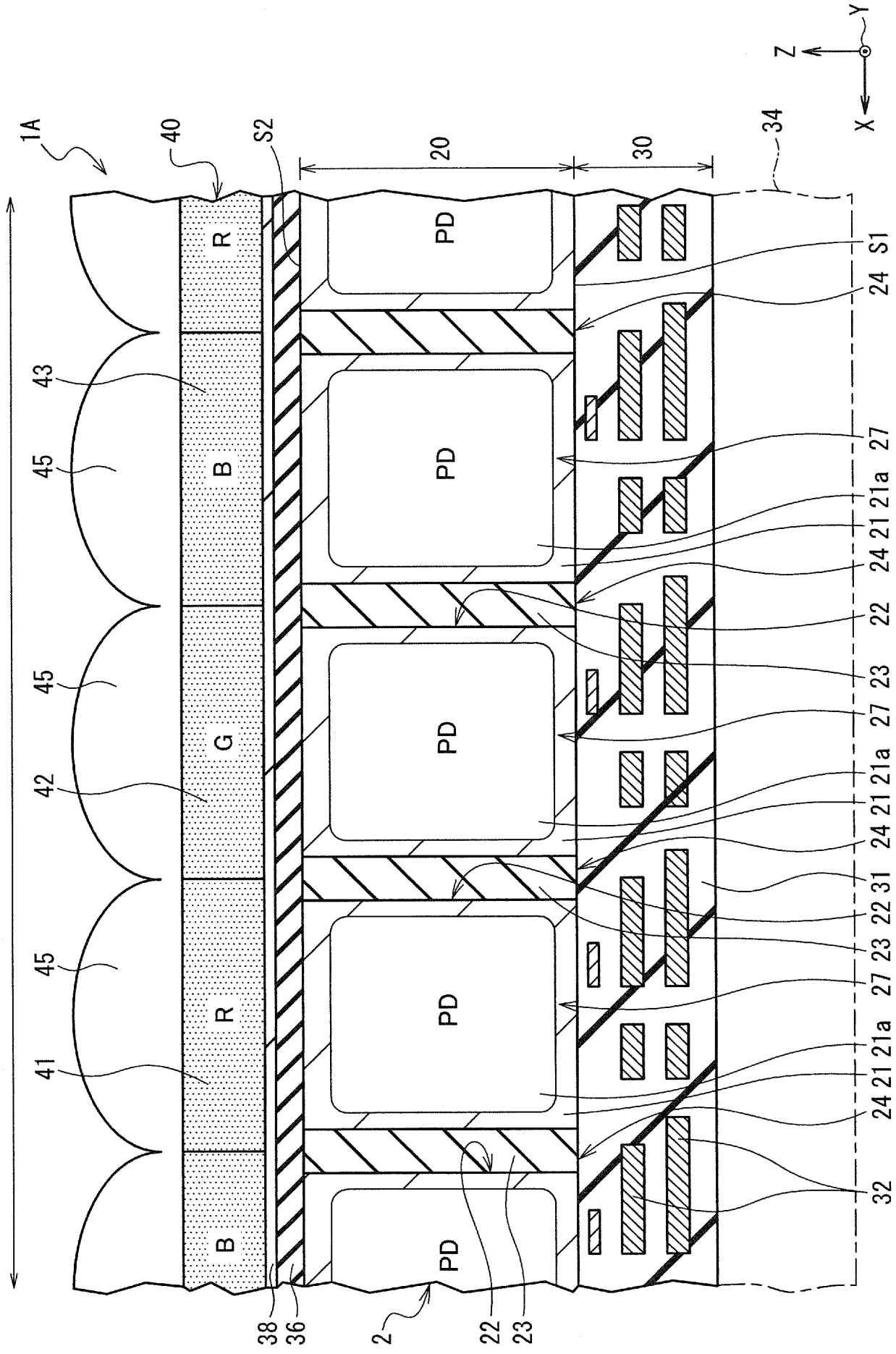
[図1]



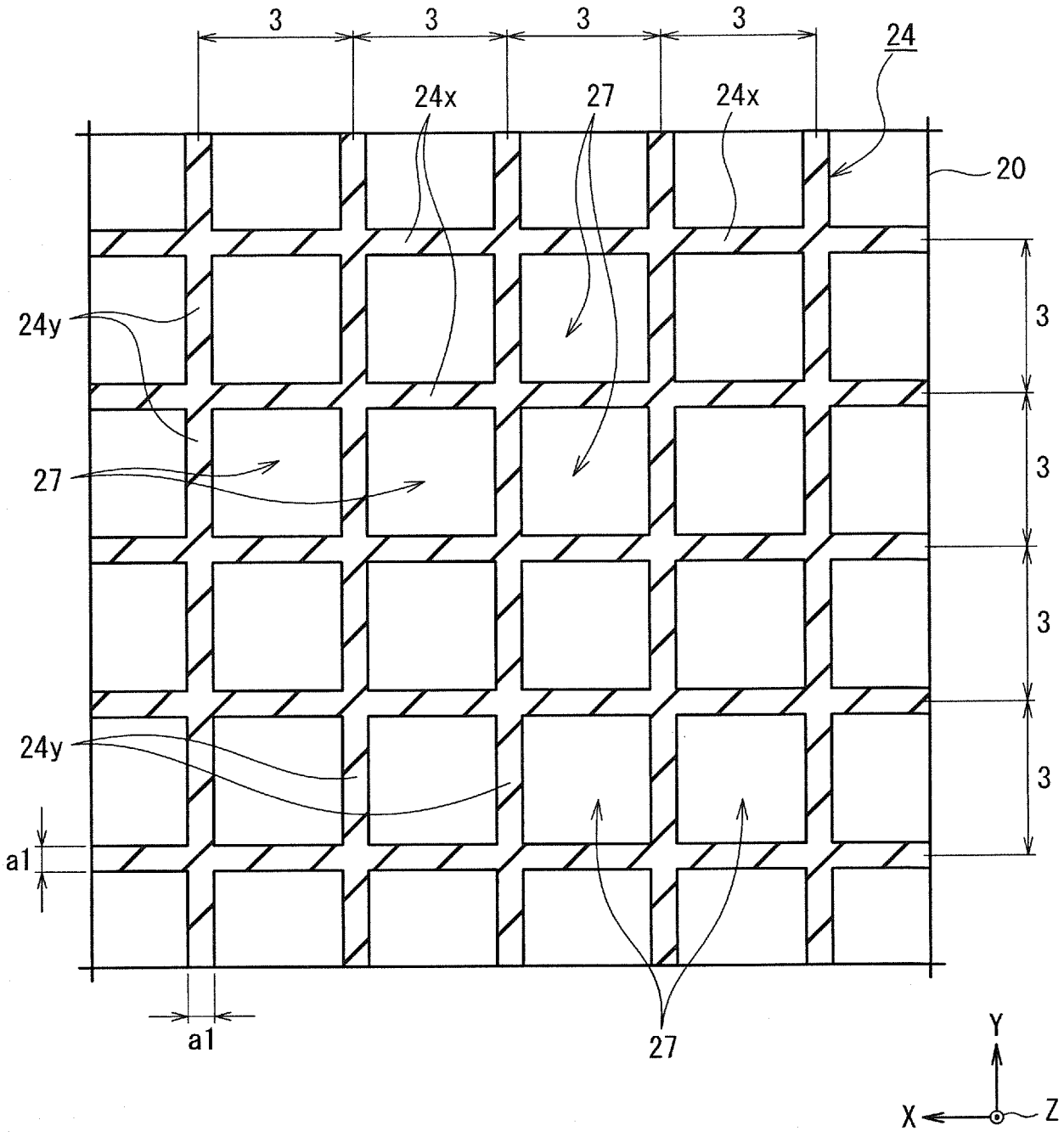
[図2]



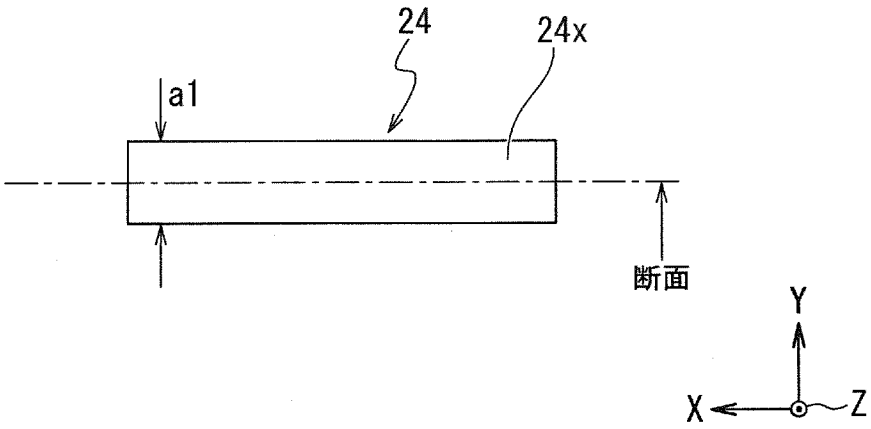
[図3]


1A
40
S2
20
30
34
Z
Y
X
R
B
G
R
B
PD
43
45
45
42
45
41
S1
24
27
21
21a
22
23
31
32
38
36
2

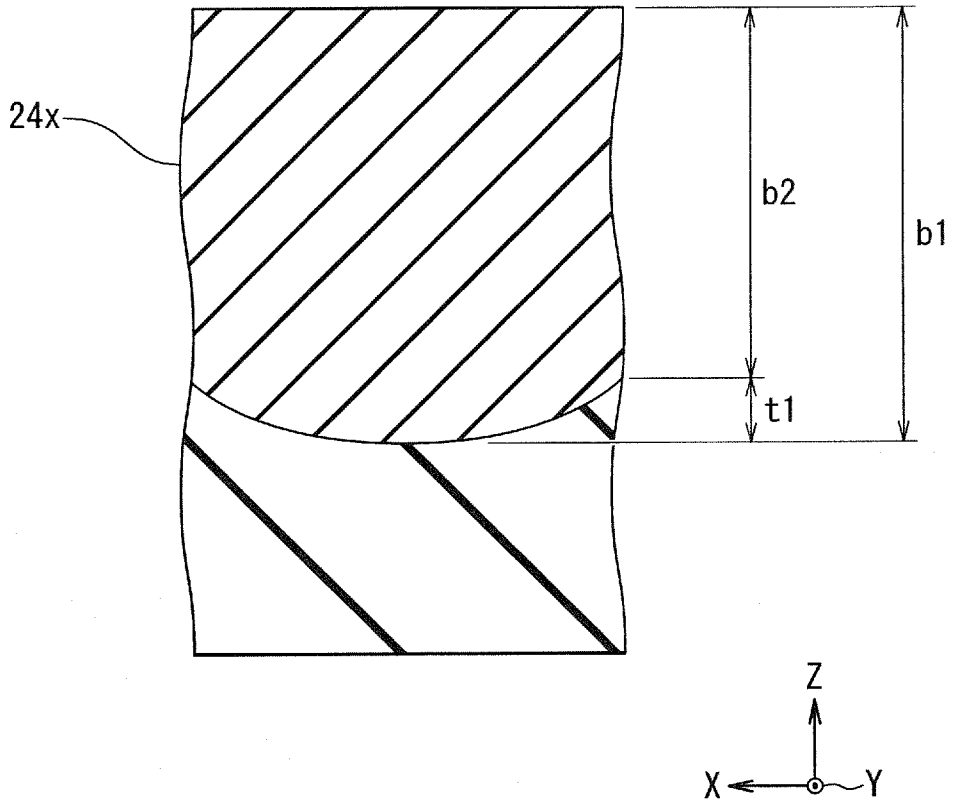
[図4]



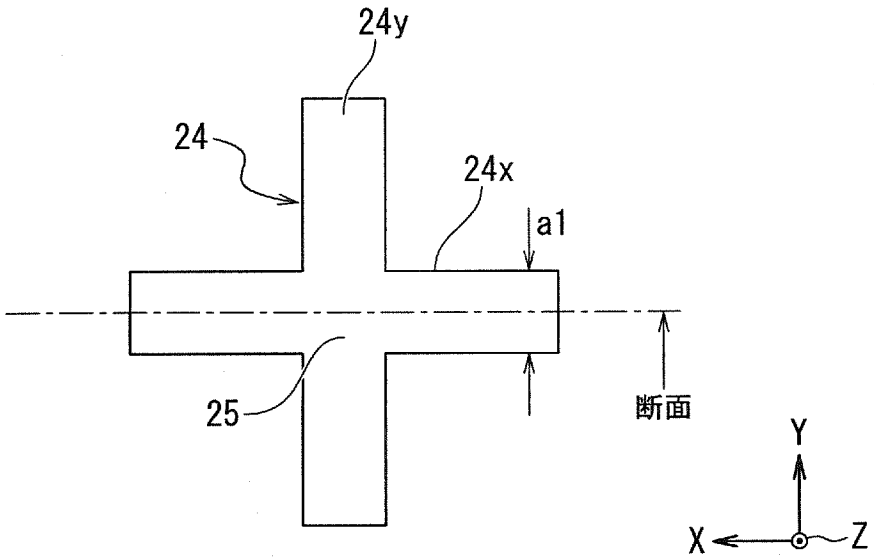
[図5A]



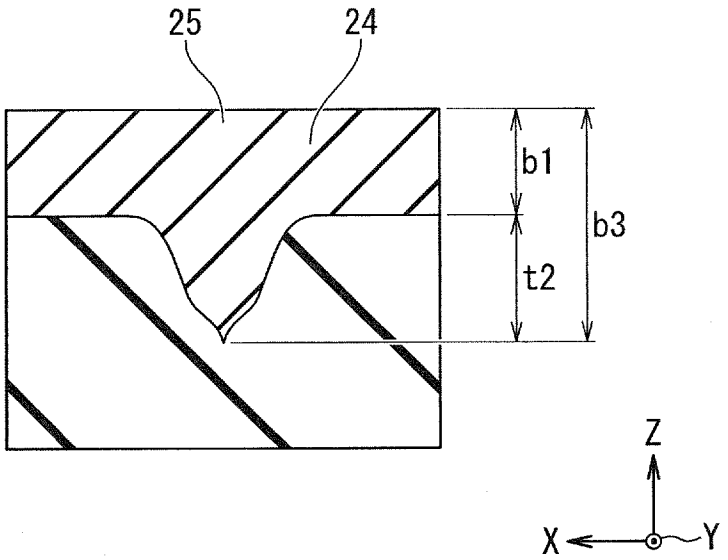
[図5B]



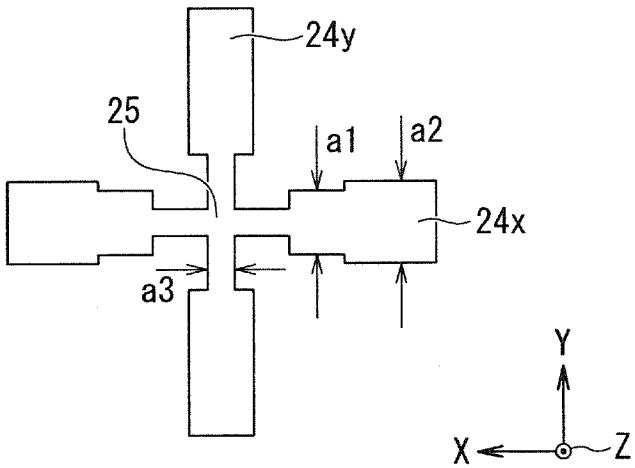
[図6A]



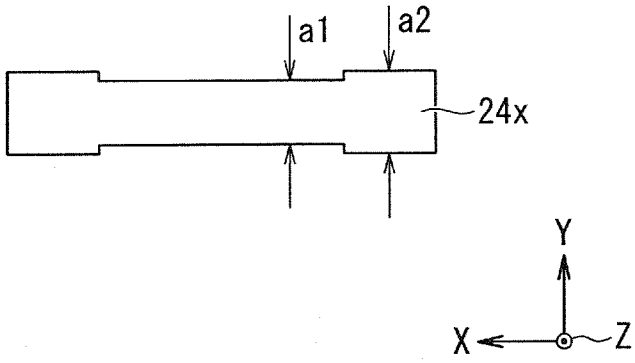
[図6B]



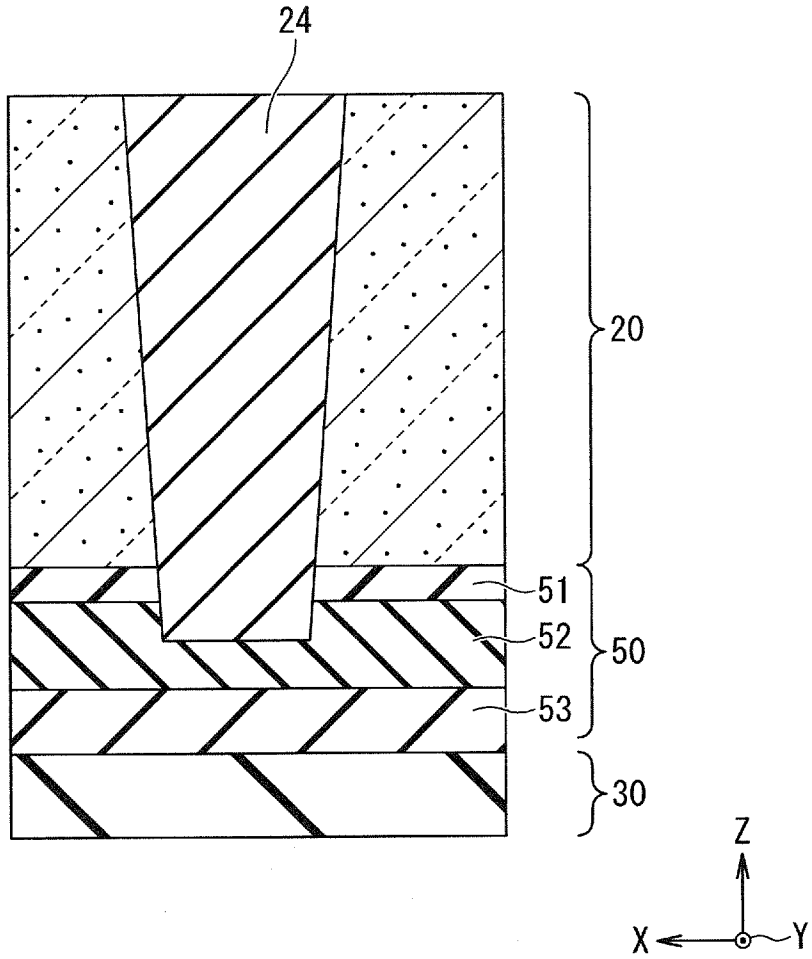
[図7]



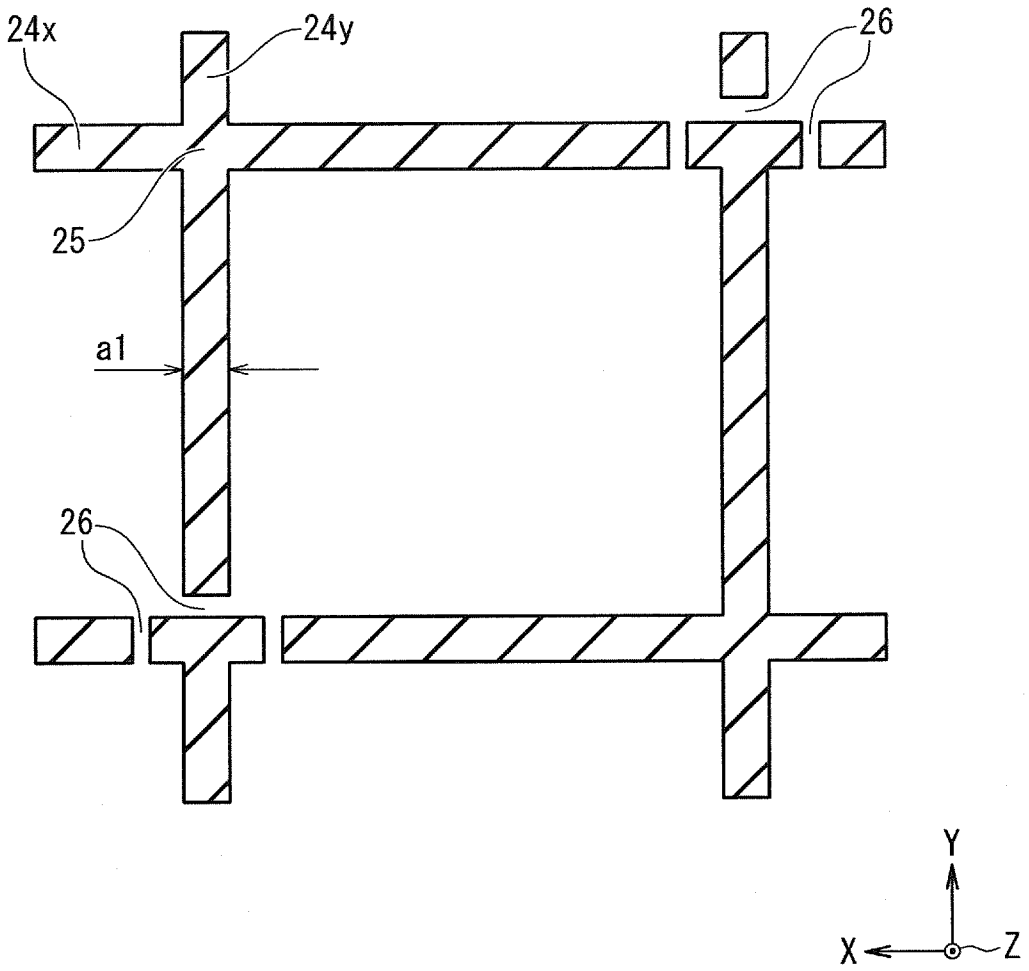
[図8]



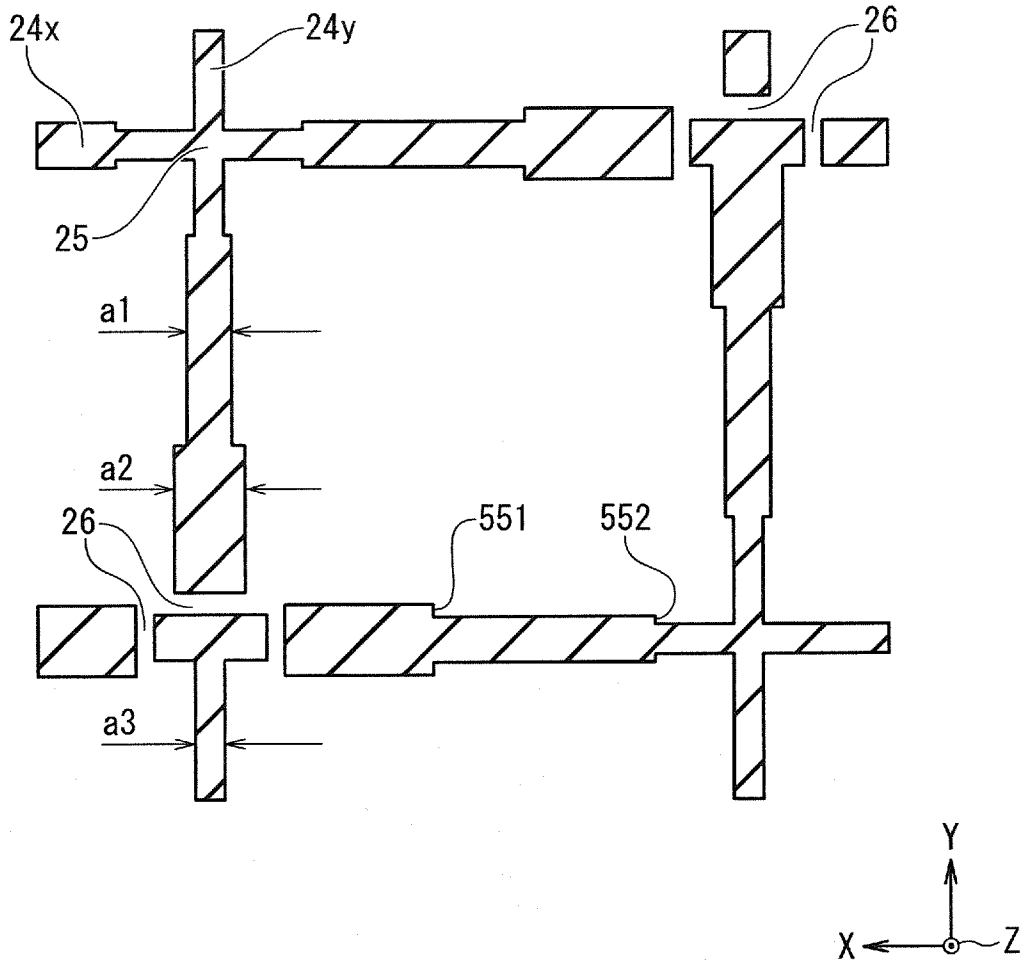
[図9]



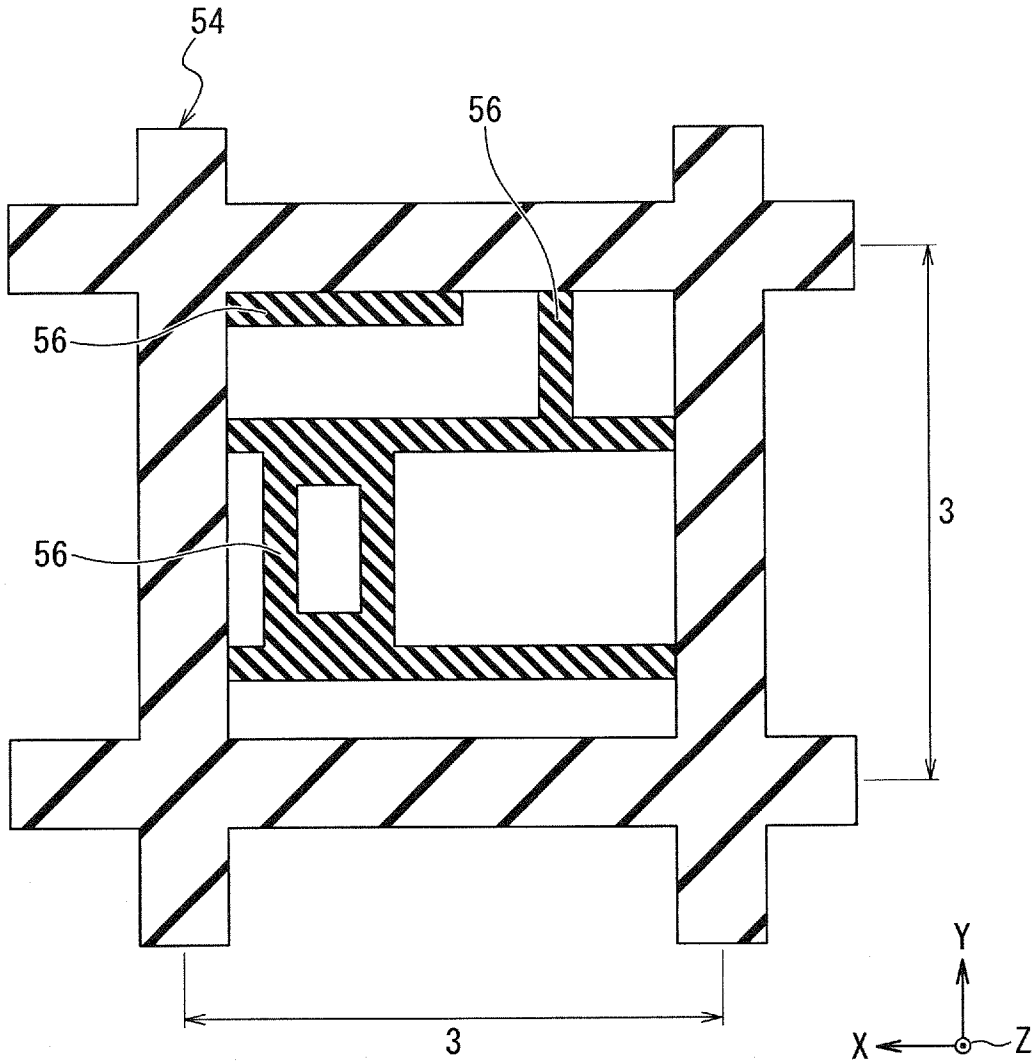
[図10A]



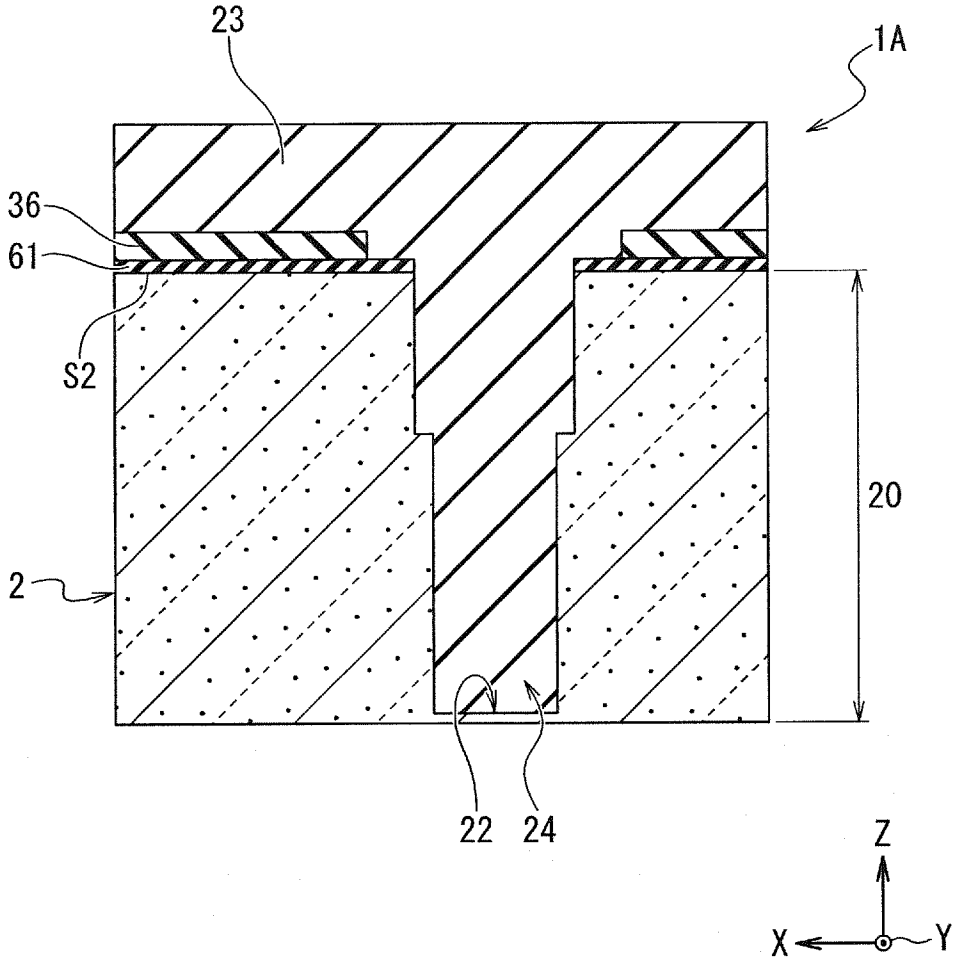
[図10B]



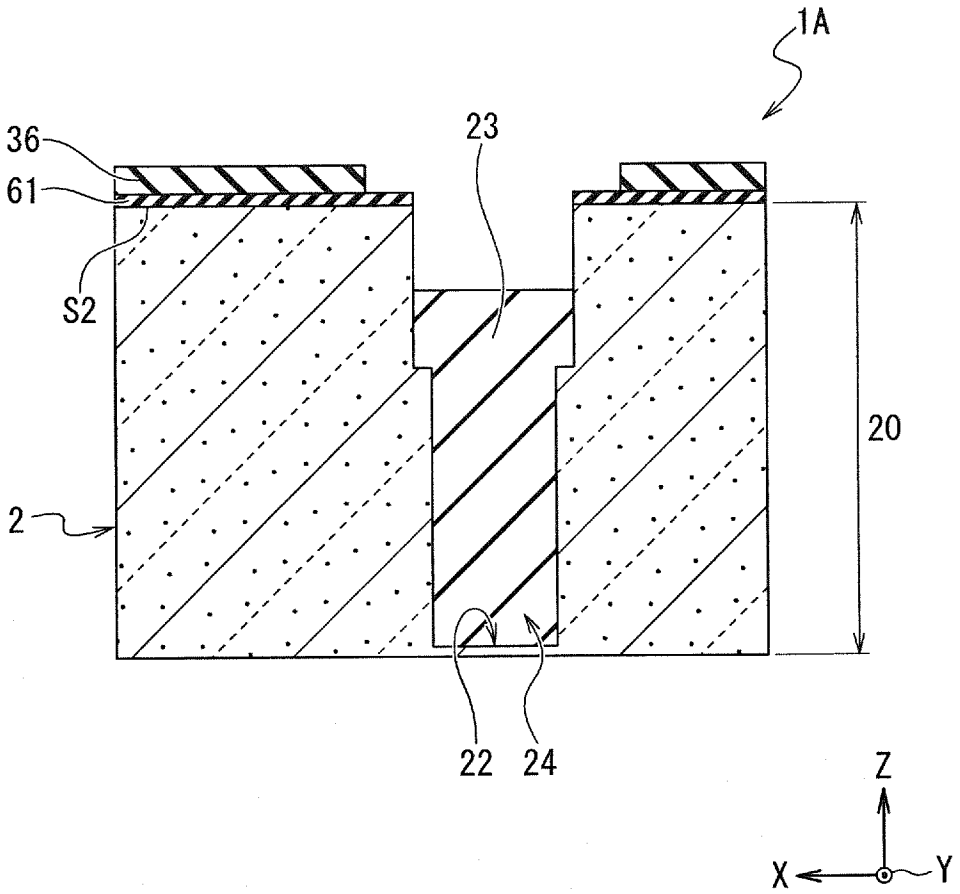
[図10C]



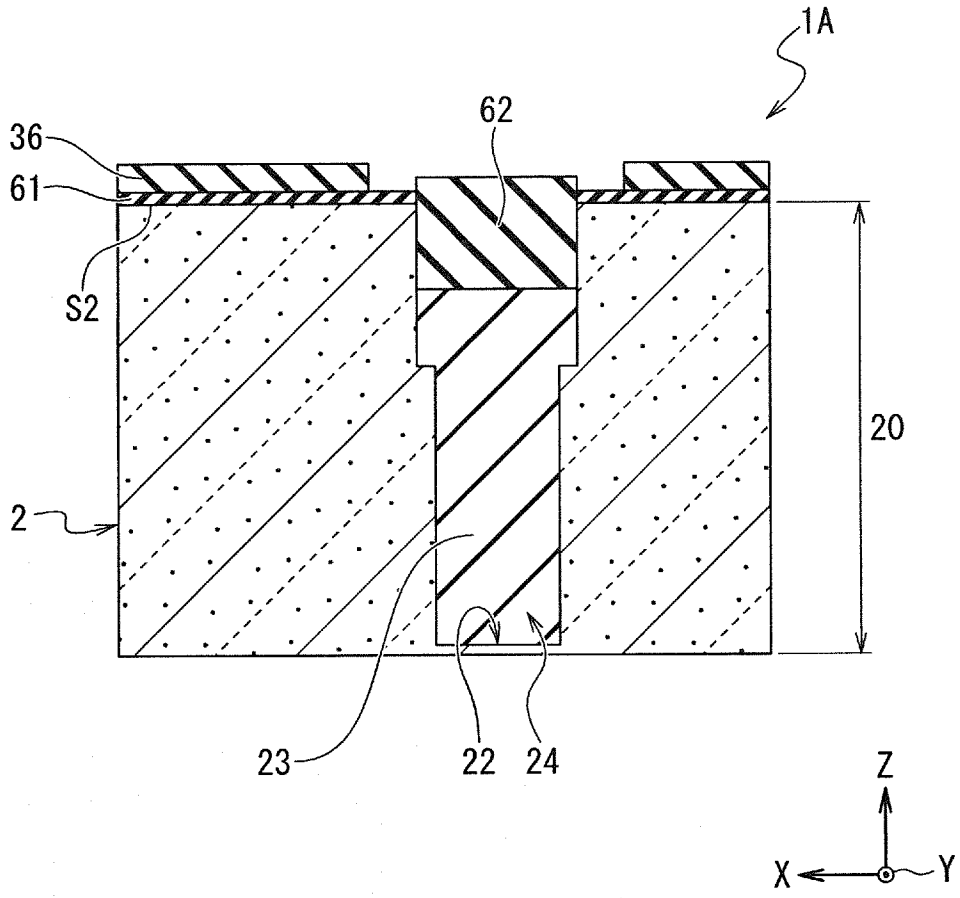
[図11A]



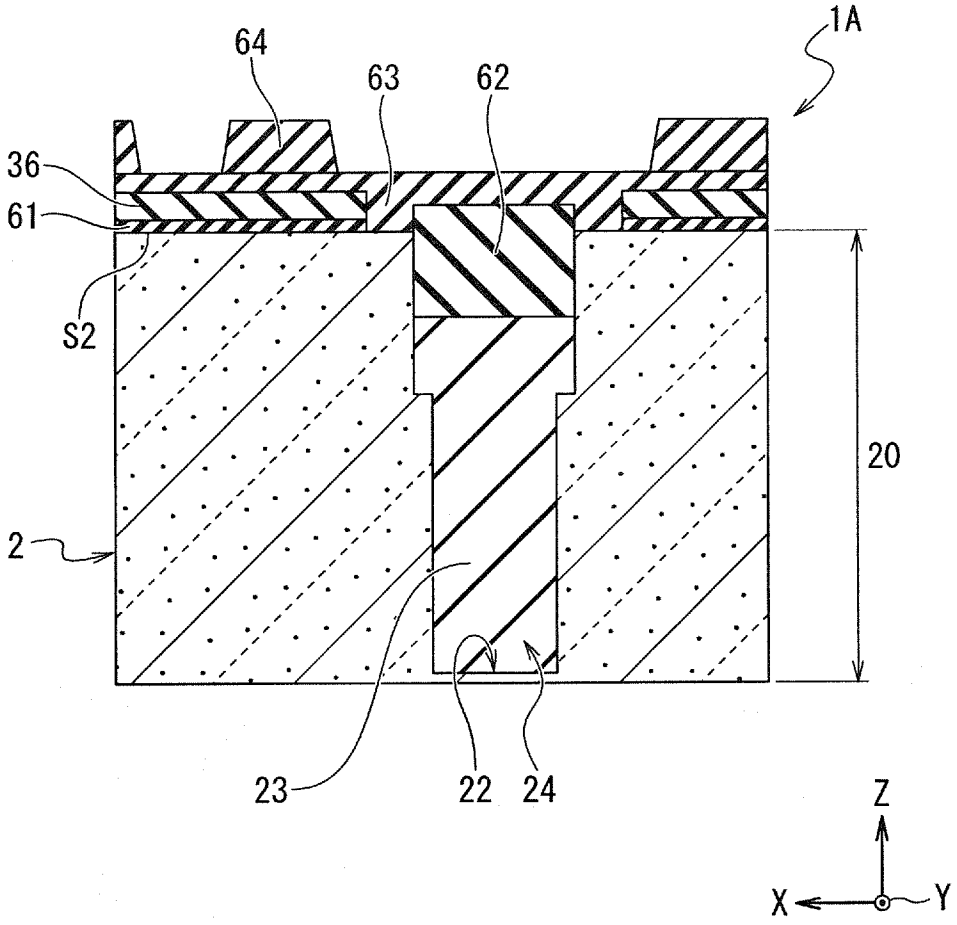
[図11B]



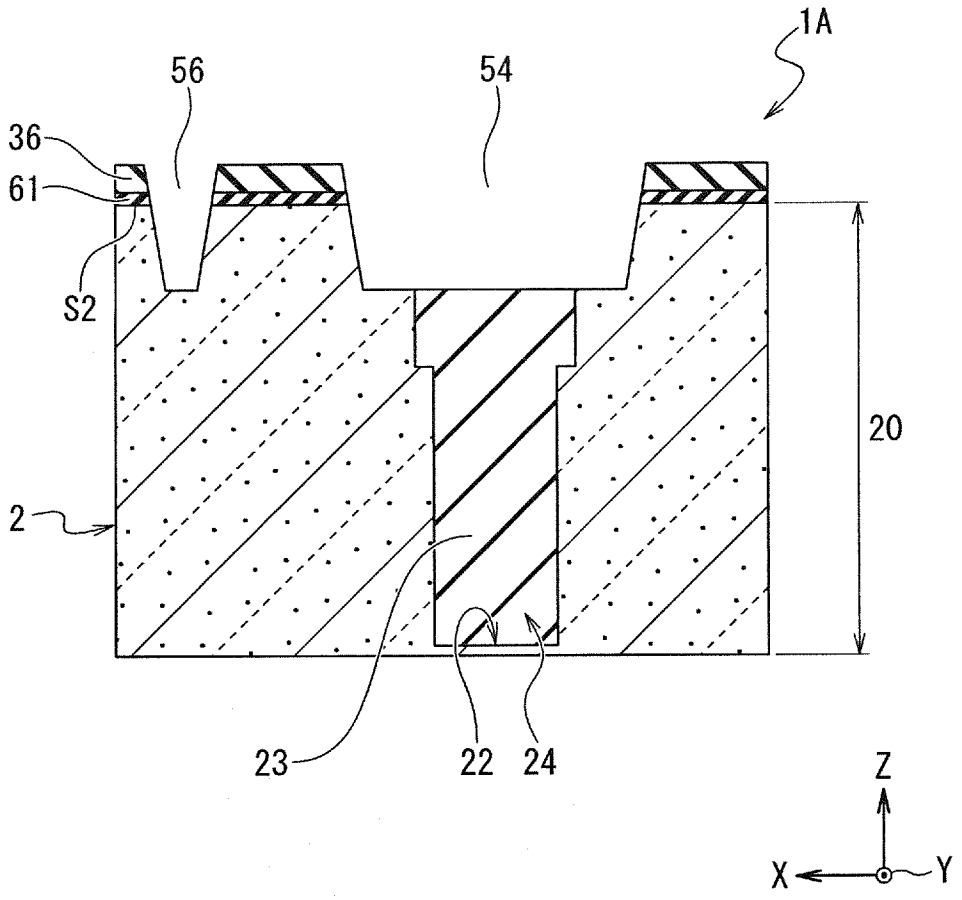
[図11C]



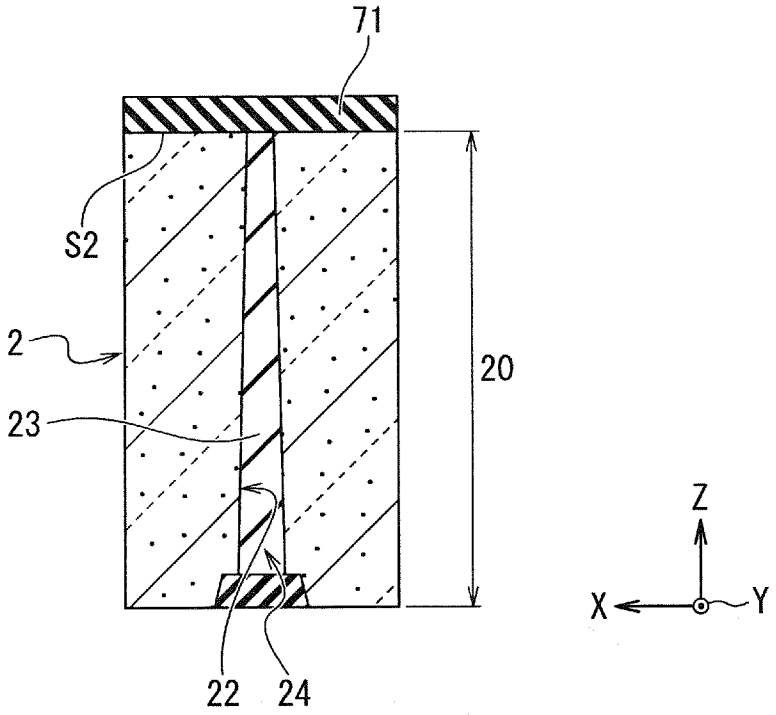
[図11D]



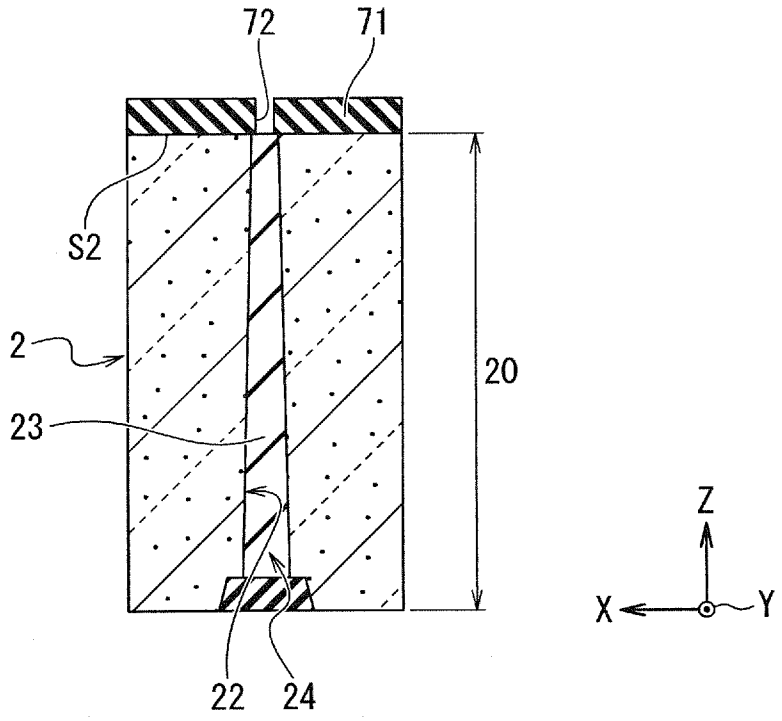
[図11E]



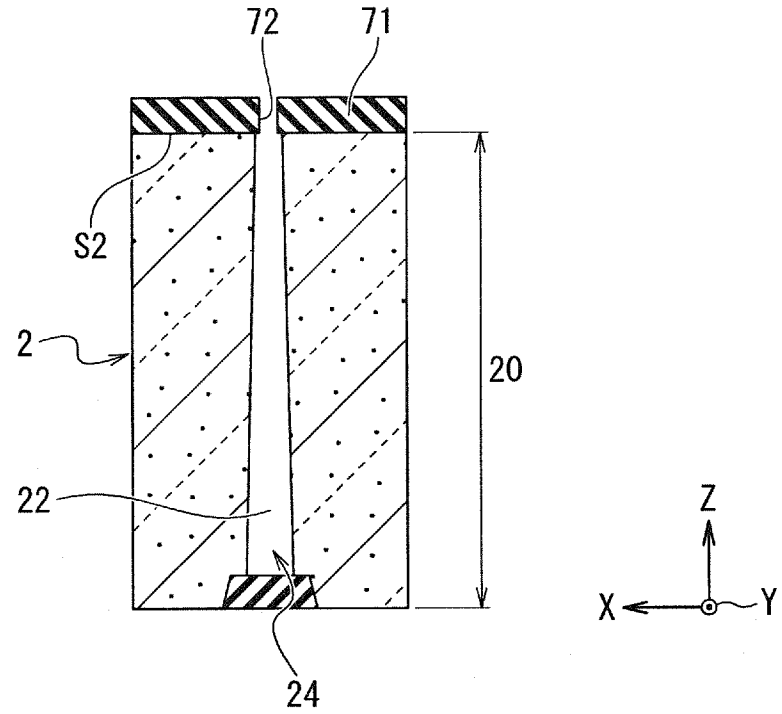
[図12A]



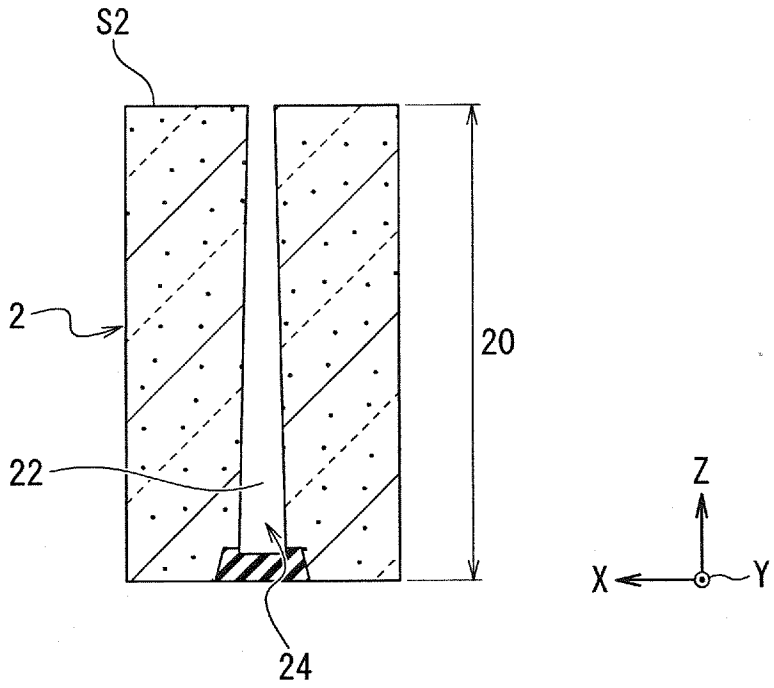
[図12B]



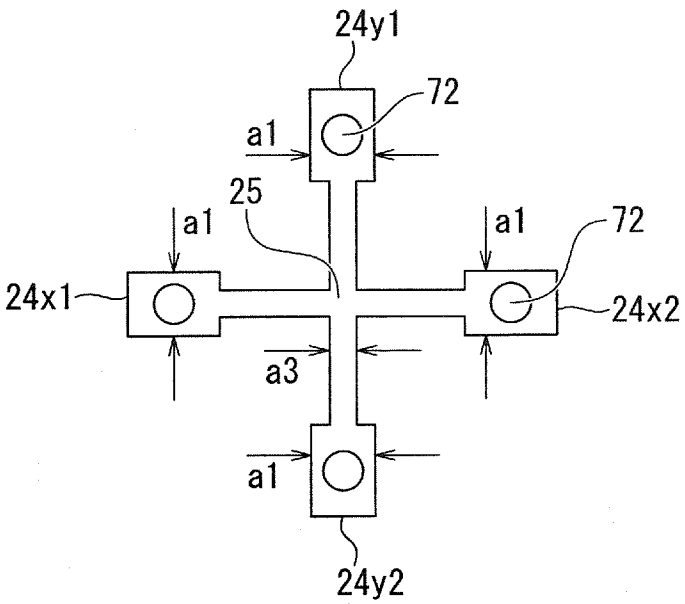
[図12C]



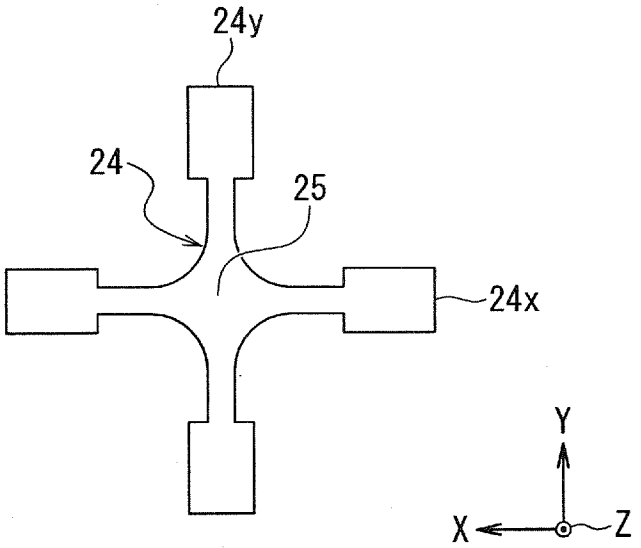
[図12D]



[図13]

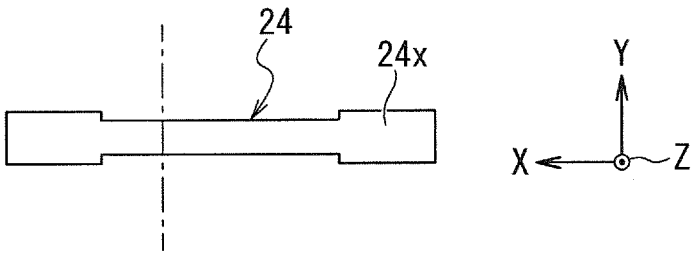


[図14]

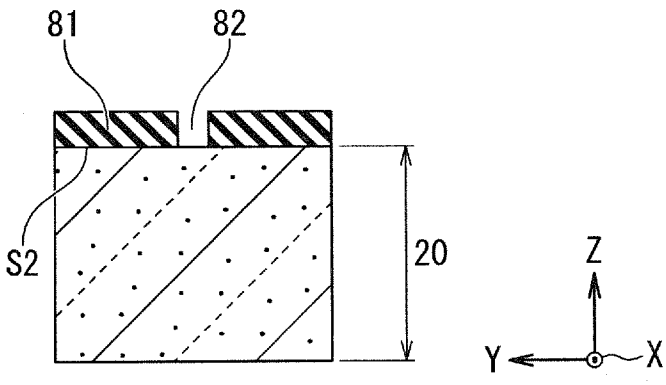


[図15A]

(1)

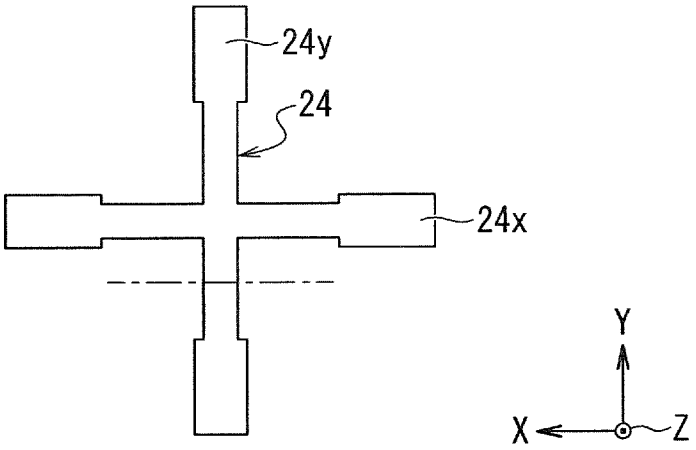


(2)

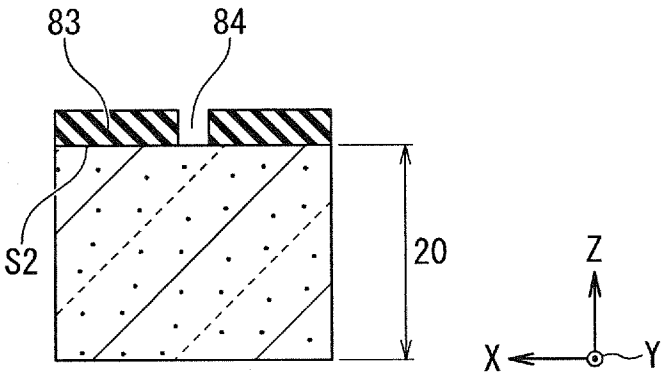


[図15B]

(1)

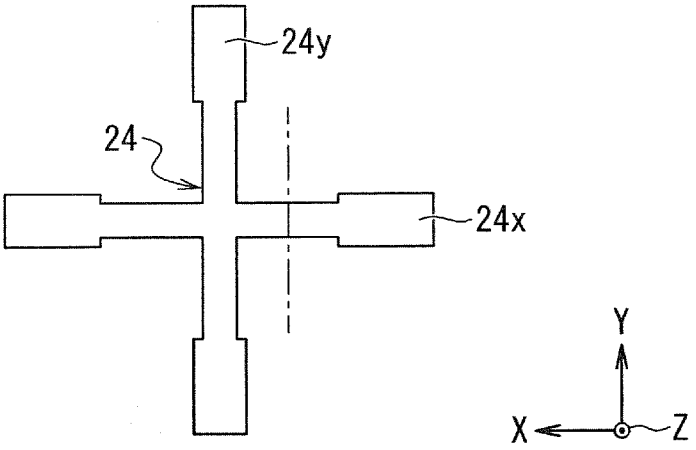


(2)

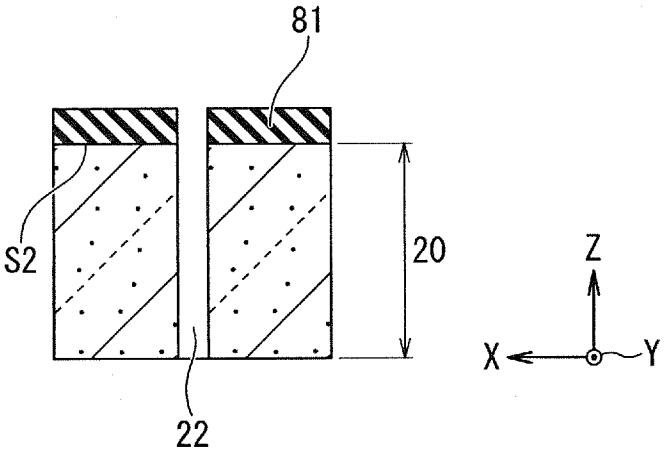


[図15C]

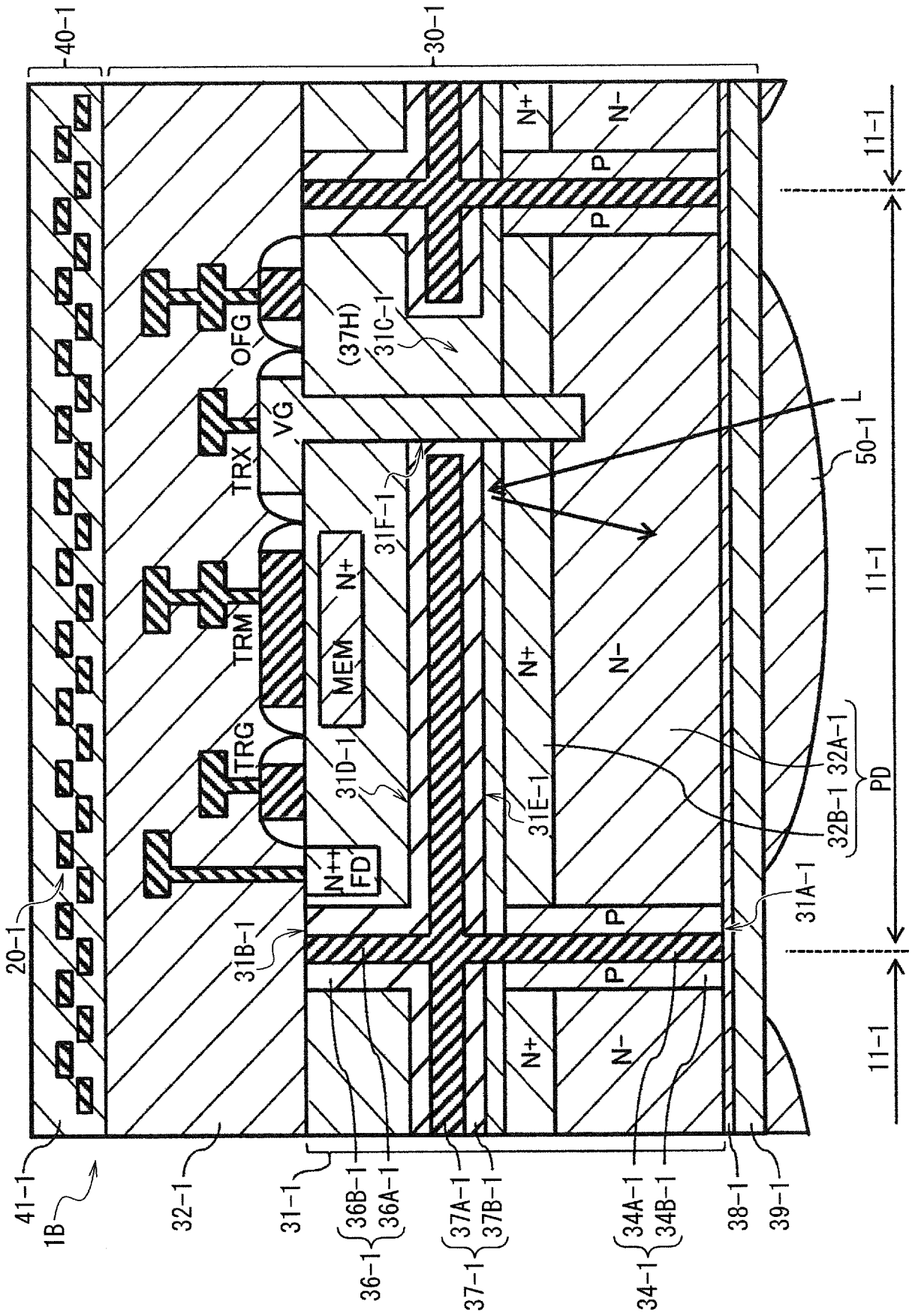
(1)



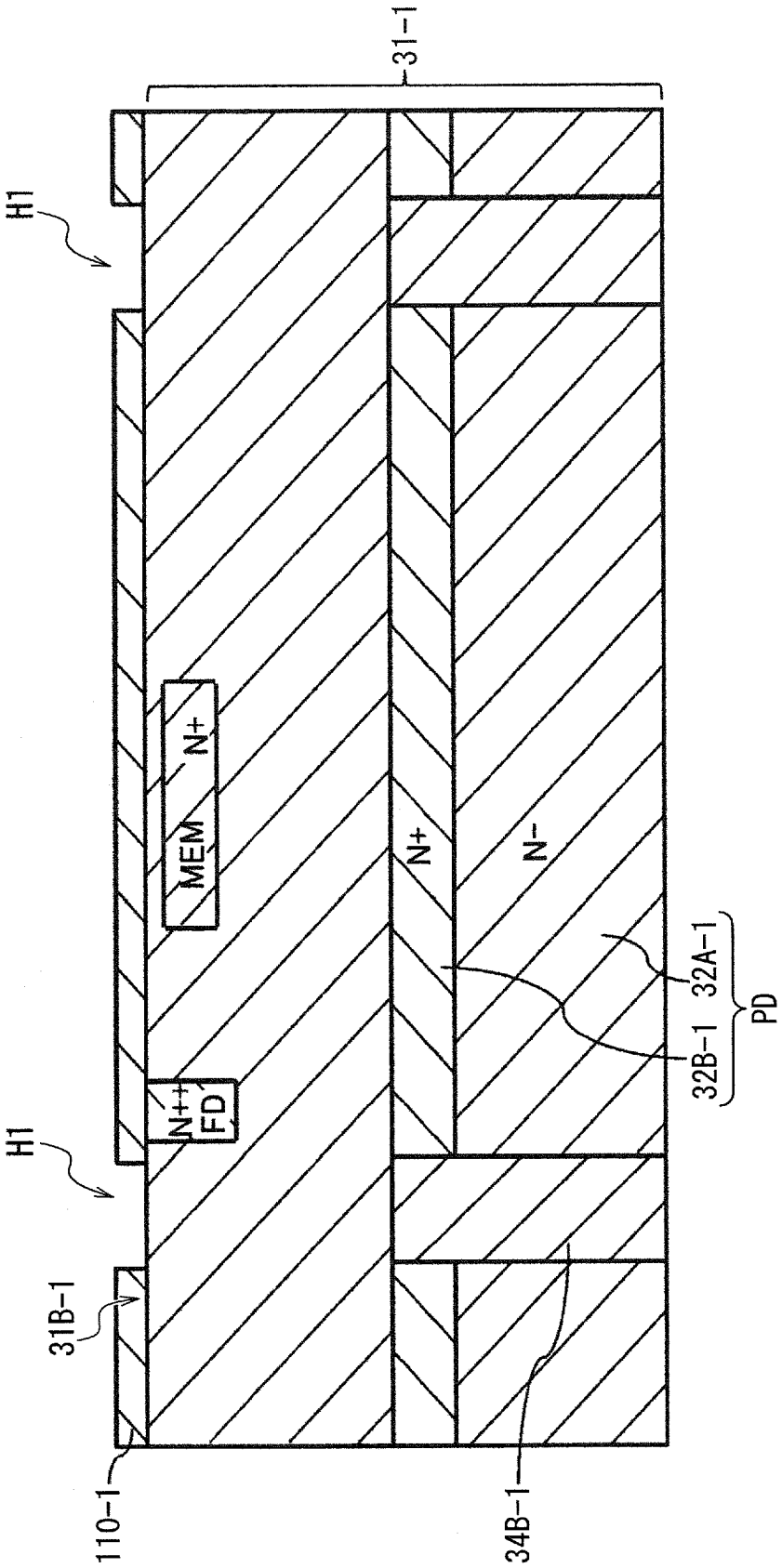
(2)



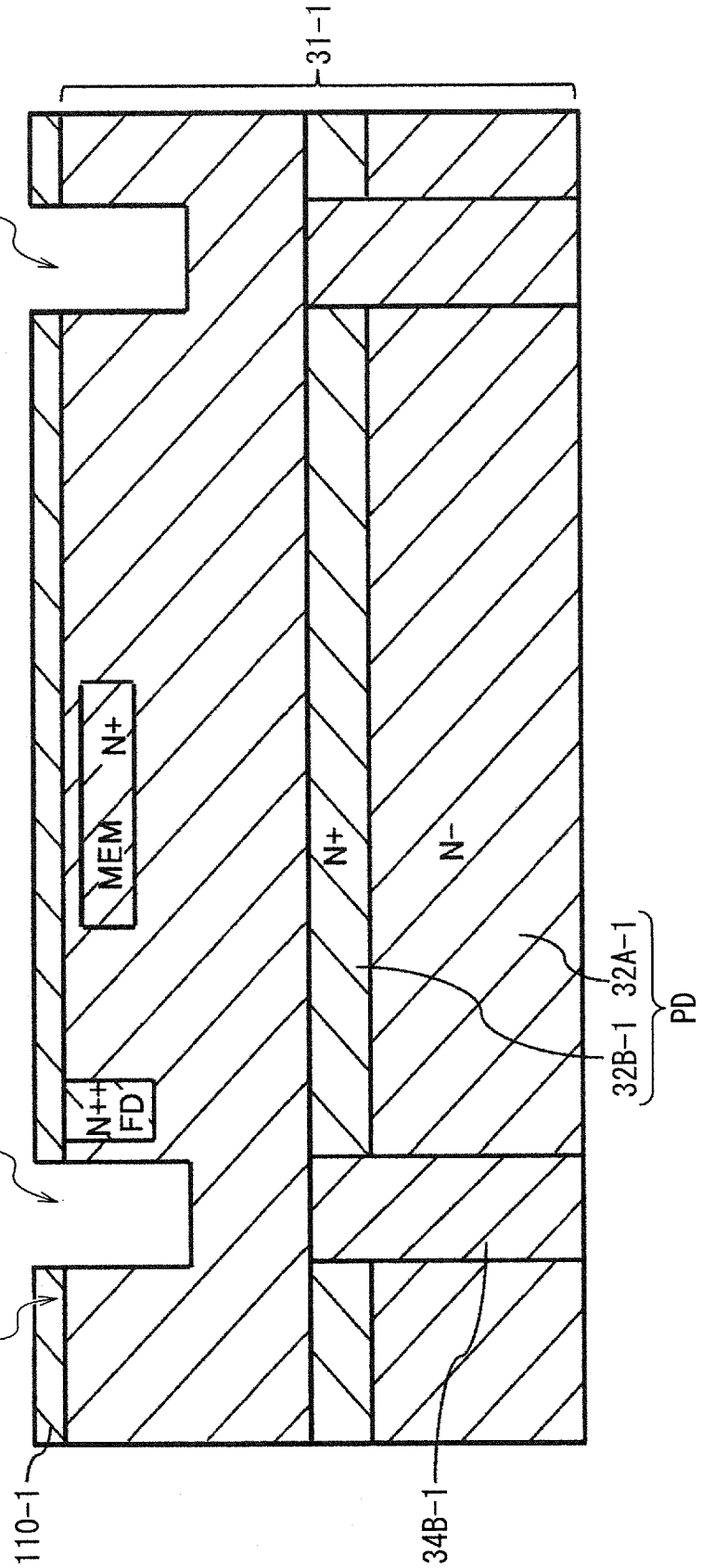
[図16]


40-1
30-1
11-1
N+
N-
P
(37H)
31C-1
OFG
VG
TRX
TRM
TRG
MEM
31F-1
31D-1
31E-1
N++
FD
31B-1
20-1
L
50-1
32A-1
32B-1
PD
31A-1
41-1
1B
32-1
31-1
36B-1
36A-1
36-1
37A-1
37B-1
37-1
34A-1
34B-1
34-1
38-1
39-1

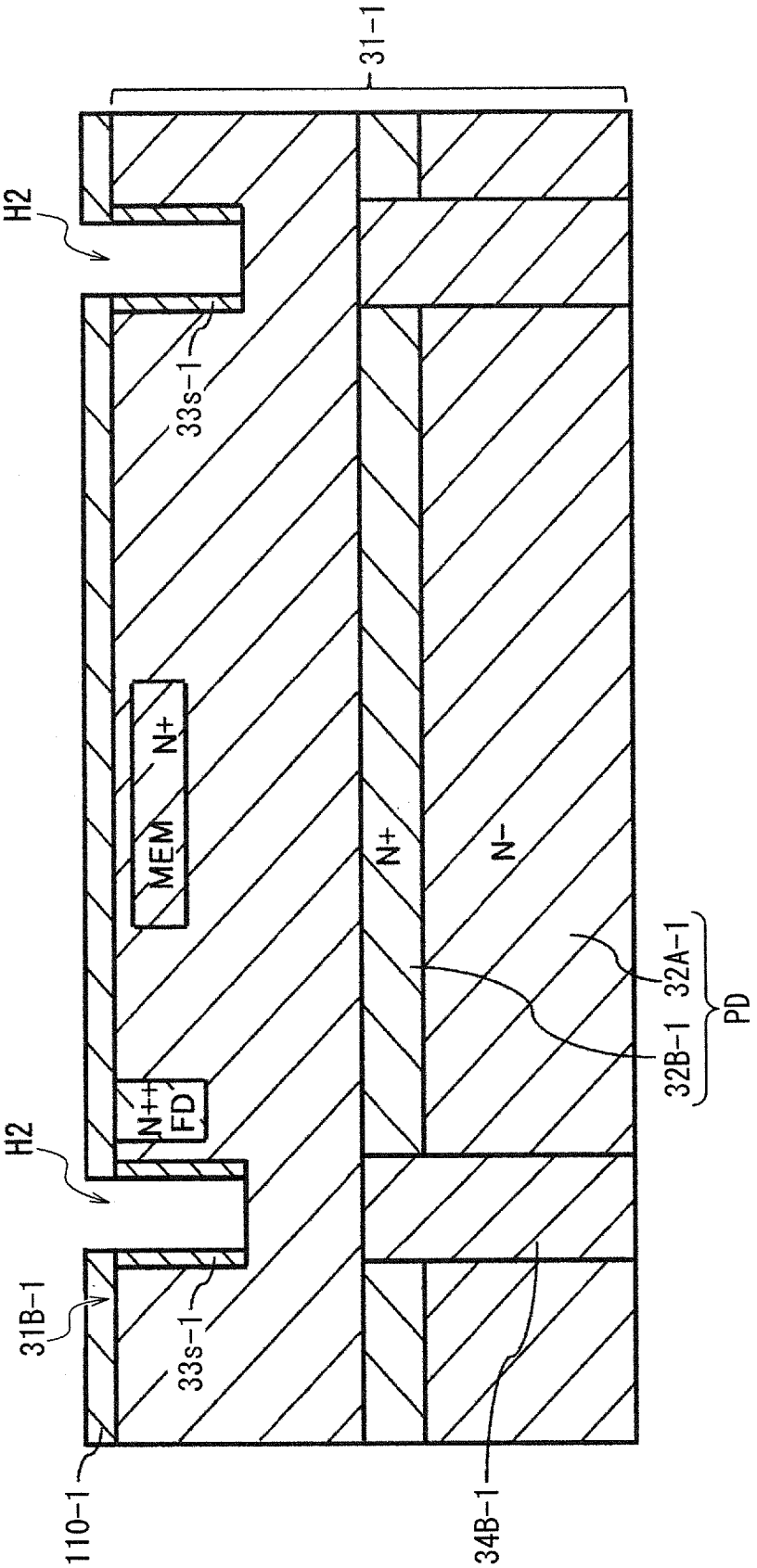
[図17A]



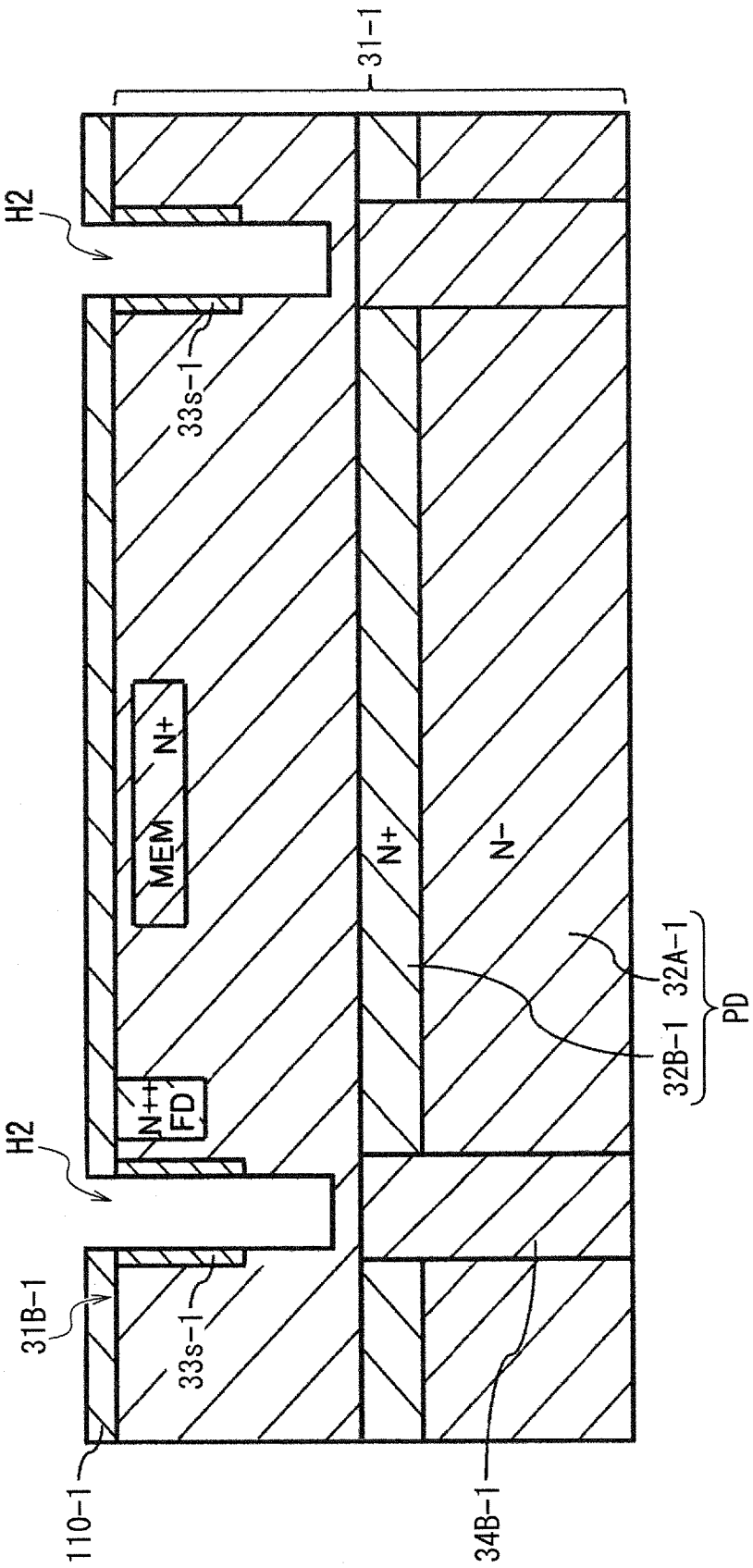
[図17B]



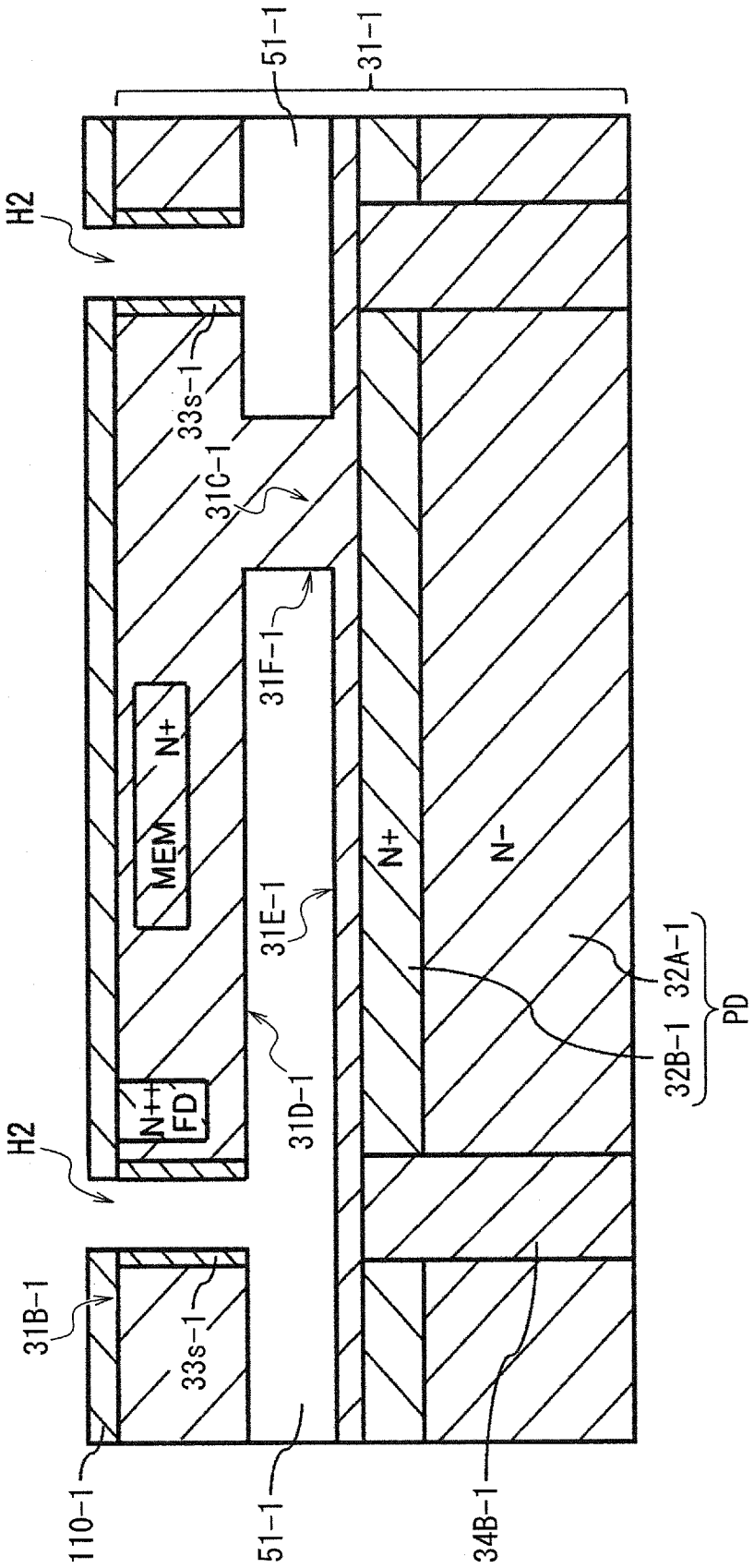
[図17C]



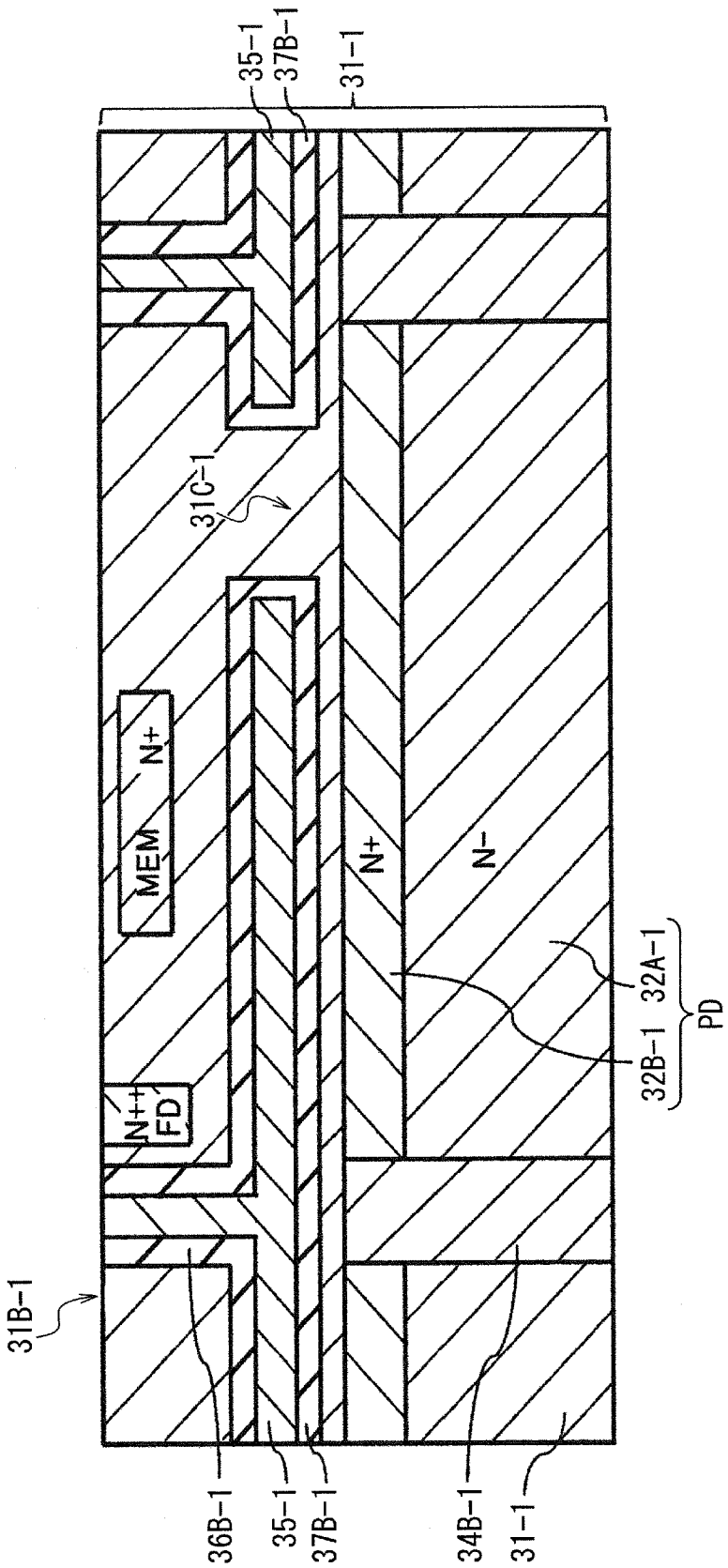
[図17D]



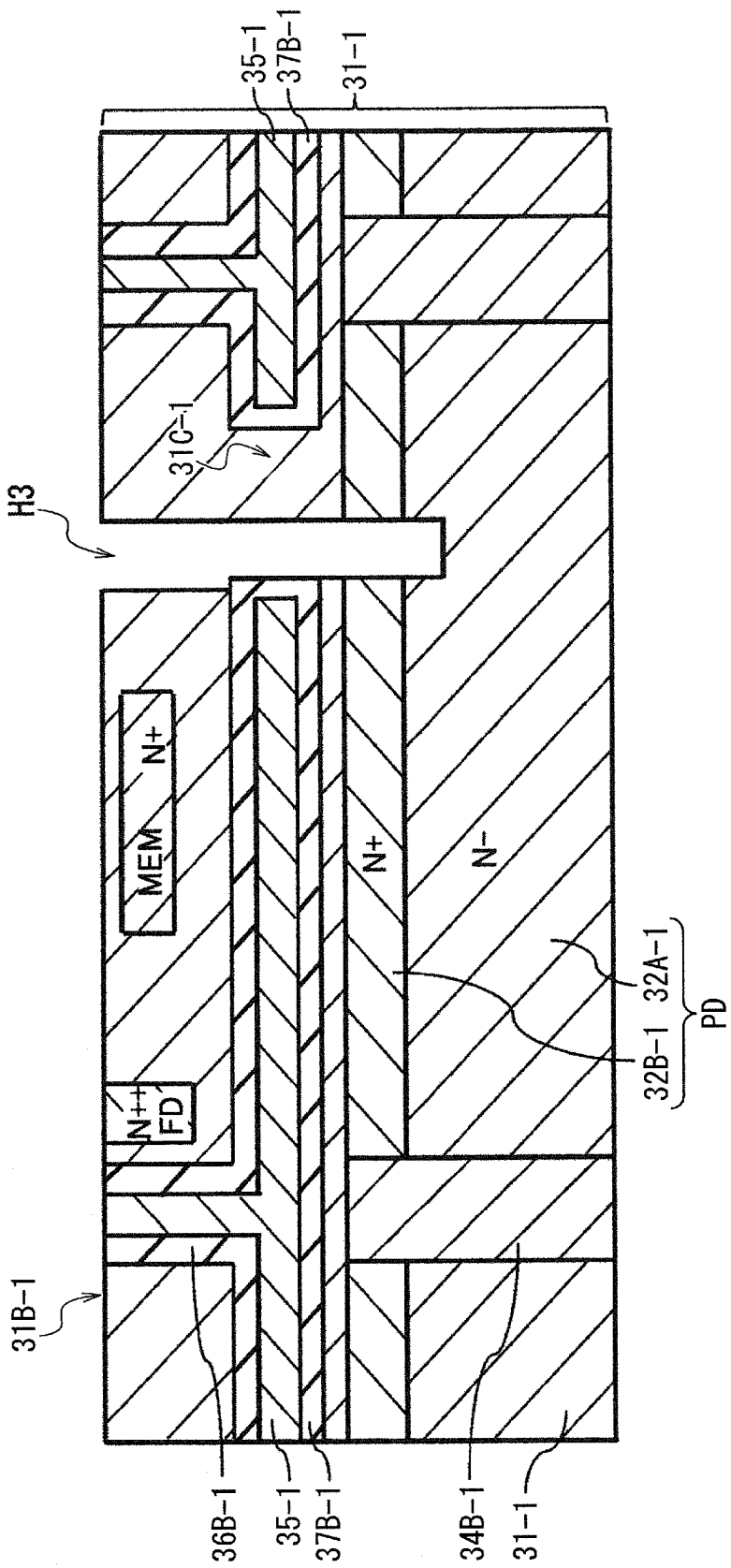
[図17E]


51-1
31-1
H2
33s-1
31C-1
31F-1
N+
MEM
31E-1
N+
N-
32A-1
PD
32B-1
N++
FD
31D-1
H2
31B-1
33s-1
110-1
51-1
34B-1

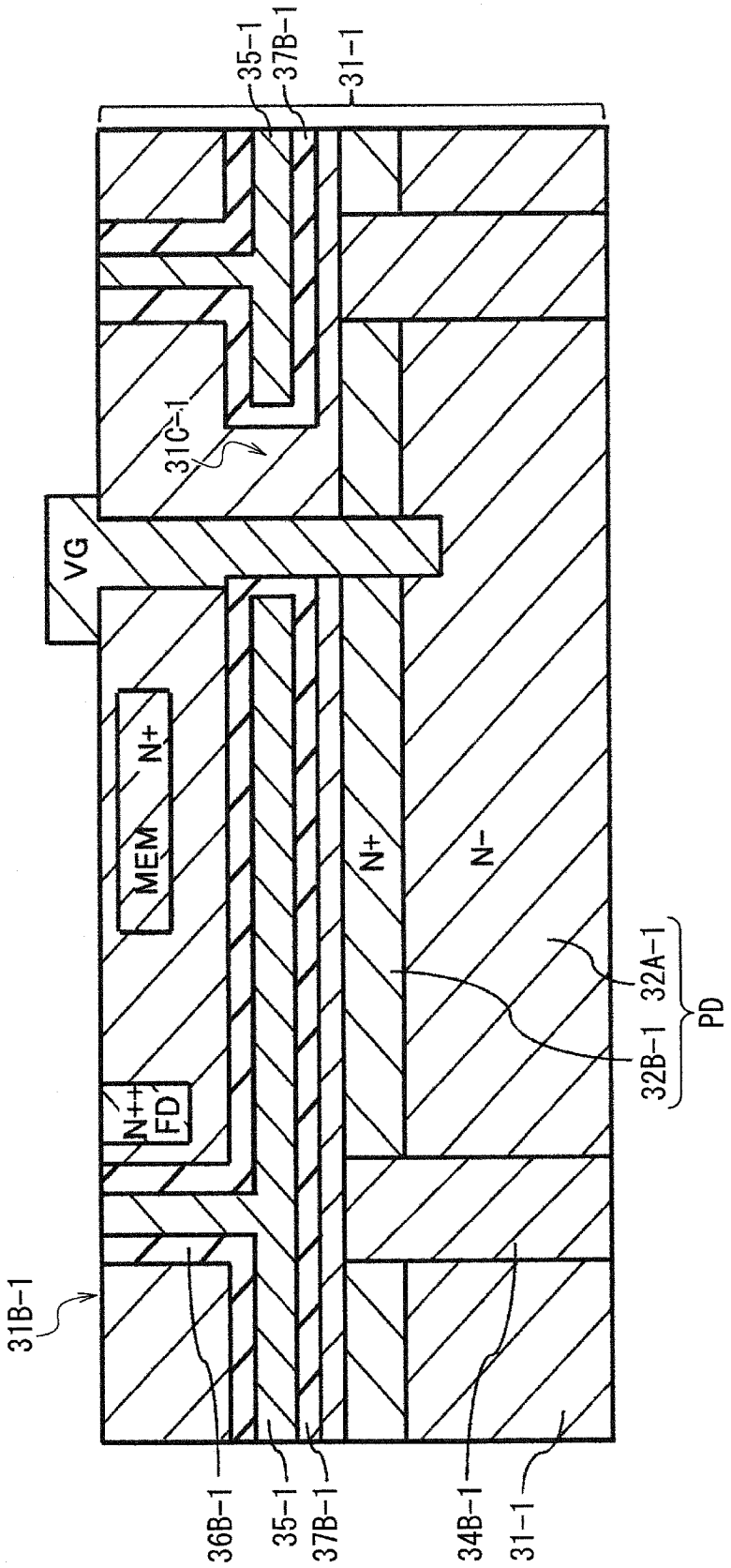
[図17F]


35-1
37B-1
31-1
31C-1
N+
MEM
N++
FD
N+
N-
32A-1
32B-1
PD
31B-1
36B-1
35-1
37B-1
34B-1
31-1

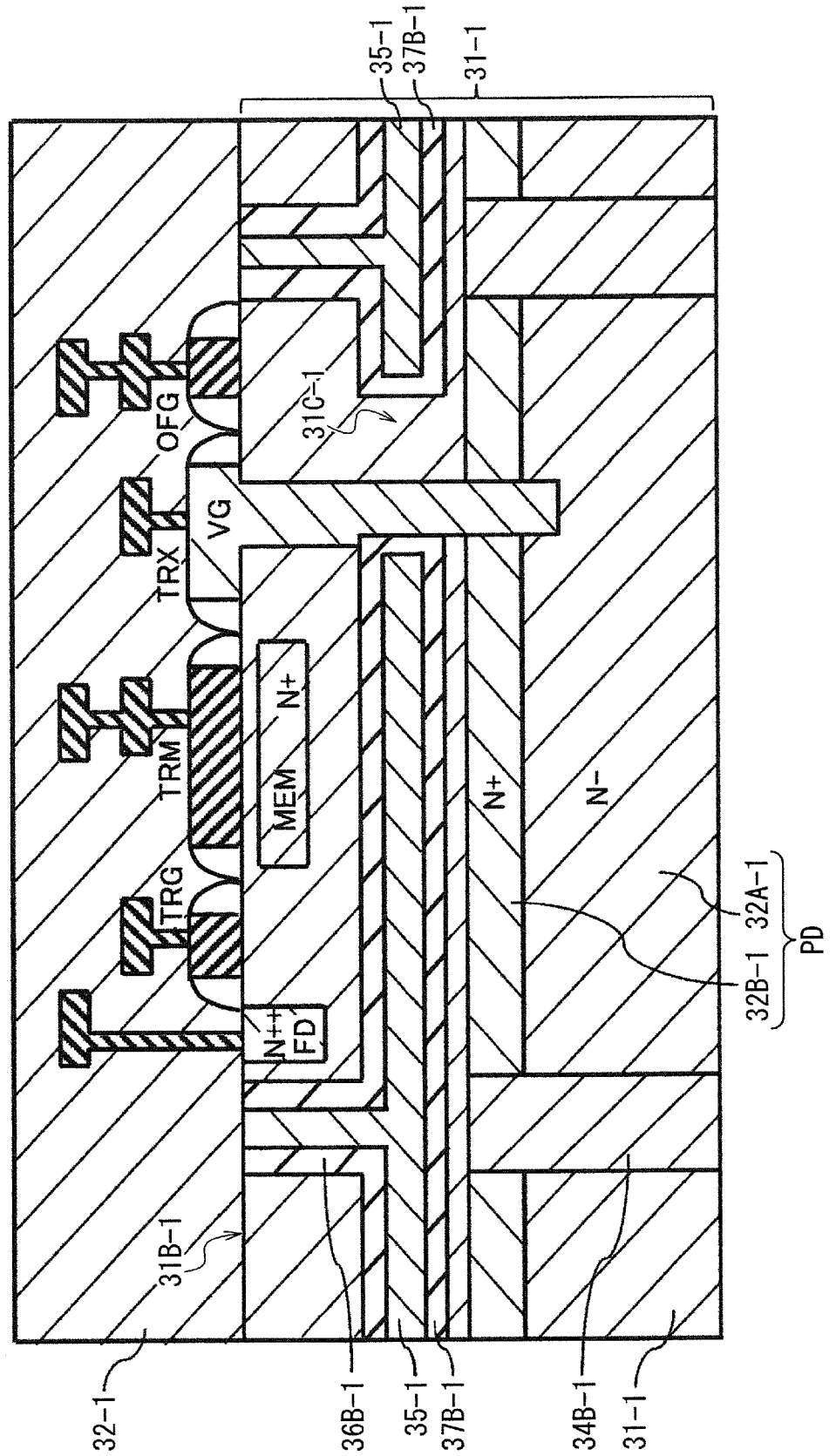
[図17G]


35-1
37B-1
31-1
31C-1
H3
N+
MEM
N+
N-
32A-1
32B-1
PD
N++
FD
31B-1
36B-1
35-1
37B-1
34B-1
31-1

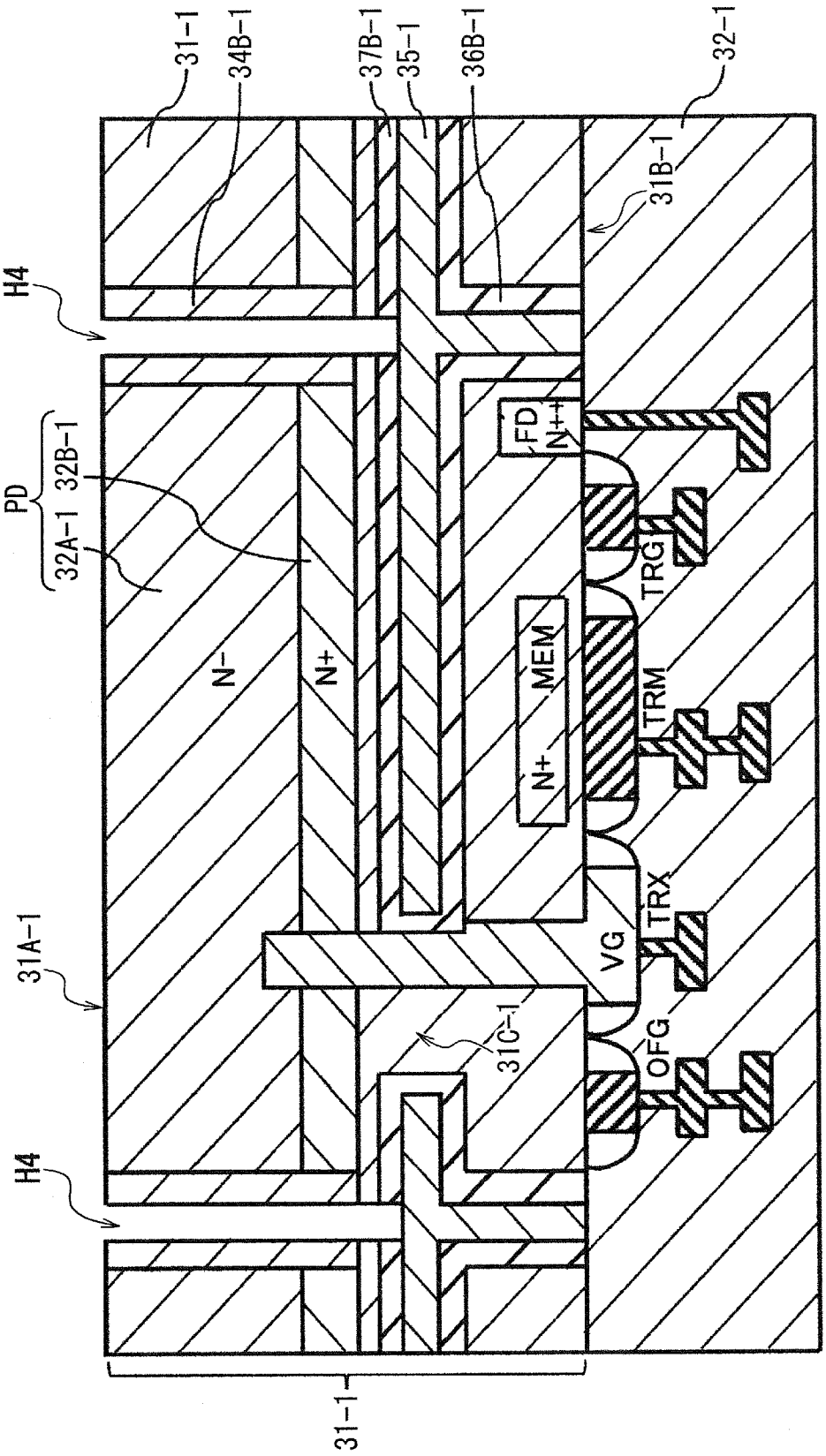
[図17H]


35-1
37B-1
31-1
31C-1
VG
N+
MEM
N+
N-
32A-1
32B-1
PD
N++
FD
31B-1
36B-1
35-1
37B-1
34B-1
31-1

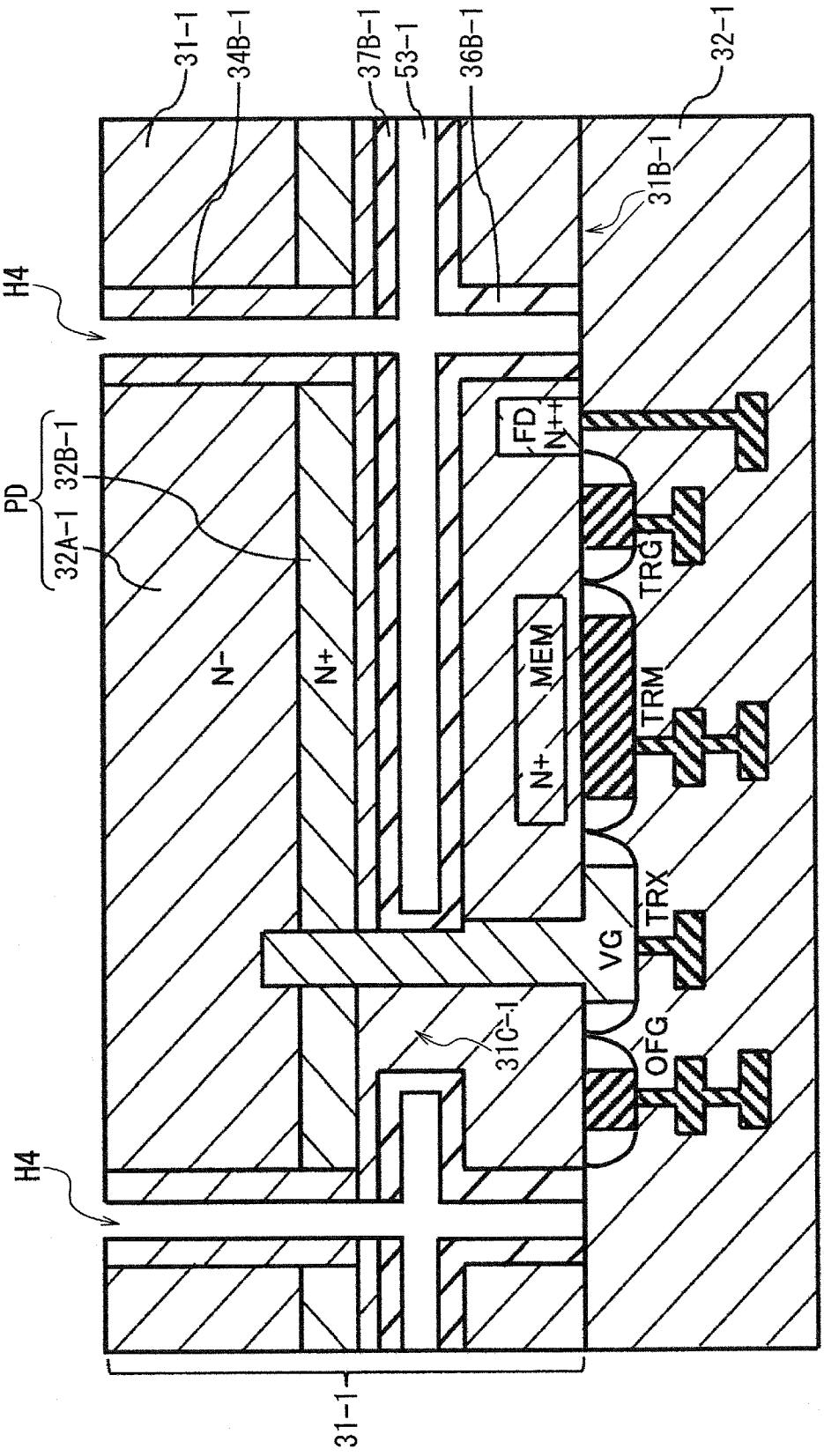
[図17I]


35-1
37B-1
31-1
31C-1
OFG
VG
TRX
TRM
TRG
N+
MEM
N++
FD
N+
N-
32A-1
32B-1
PD
31B-1
32-1
36B-1
35-1
37B-1
34B-1
31-1

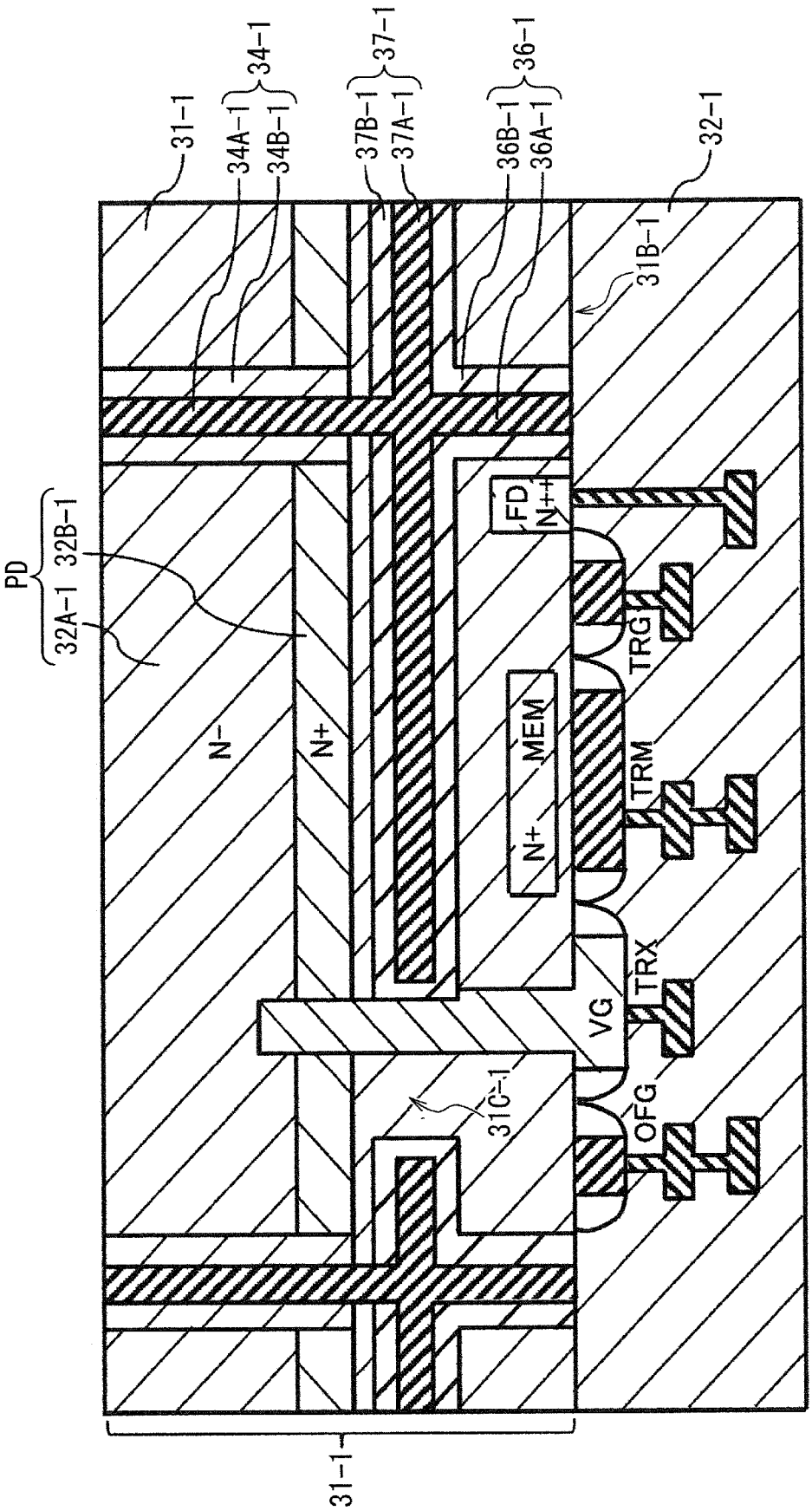
[図17J]


31-1
34B-1
37B-1
35-1
36B-1
32-1
31B-1
H4
PD
32A-1
32B-1
FD
N++
TRG
MEM
N+
N-
N+
TRM
TRX
VG
31A-1
31C-1
OFG
H4
31-1

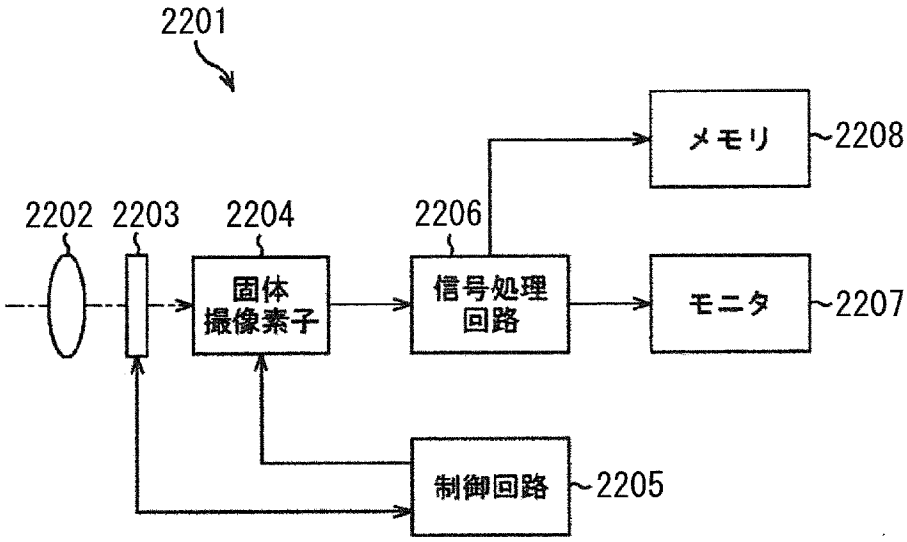
[図17K]


31-1
34B-1
37B-1
53-1
36B-1
32-1
31B-1
H4
PD
32A-1
32B-1
FD
N++
TRG
N-
N+
MEM
N+
TRM
TRX
VG
31C-1
OFG
H4
31-1

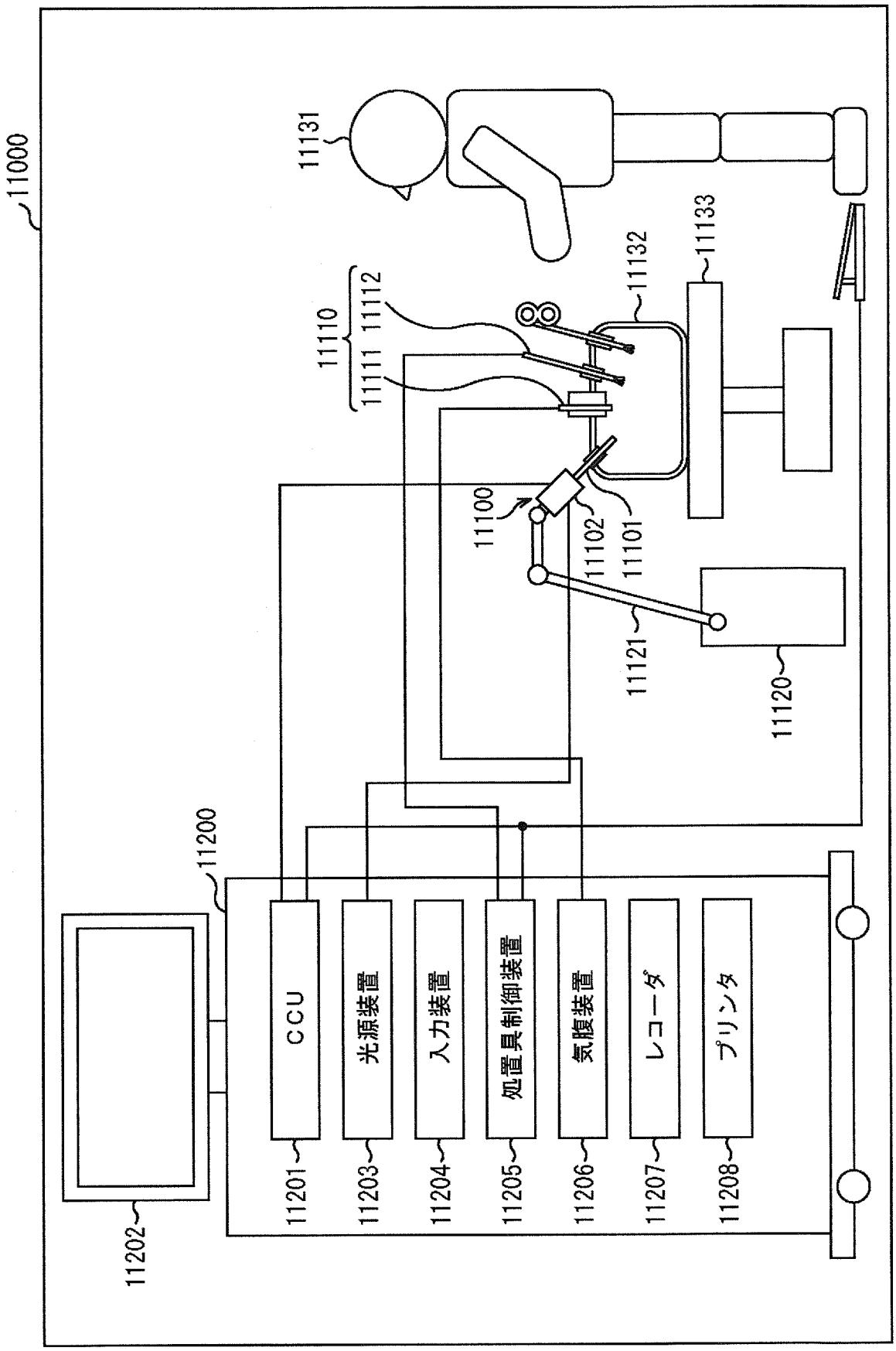
[図17L]


31-1
34A-1
34B-1
34-1
37B-1
37A-1
37-1
36B-1
36A-1
36-1
32-1
31B-1
PD
32A-1
32B-1
FD
N++
TRG
MEM
N+
N-
N+
TRM
TRX
VG
31C-1
OFG
31-1

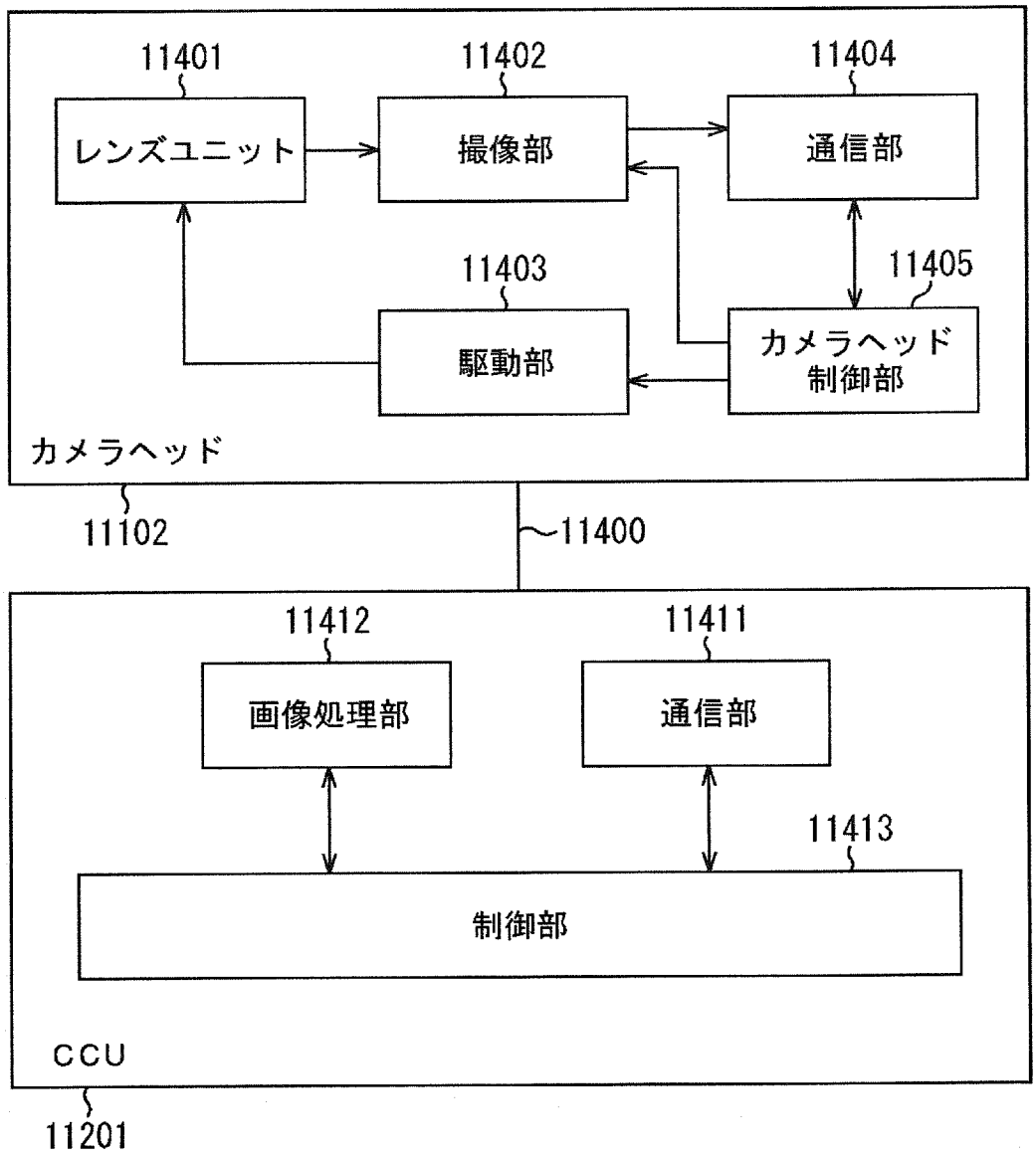
[図18]


2201
メモリ
2208
2202
2203
2204
2206
固体
撮像素子
信号処理
回路
モニタ
2207
制御回路
2205

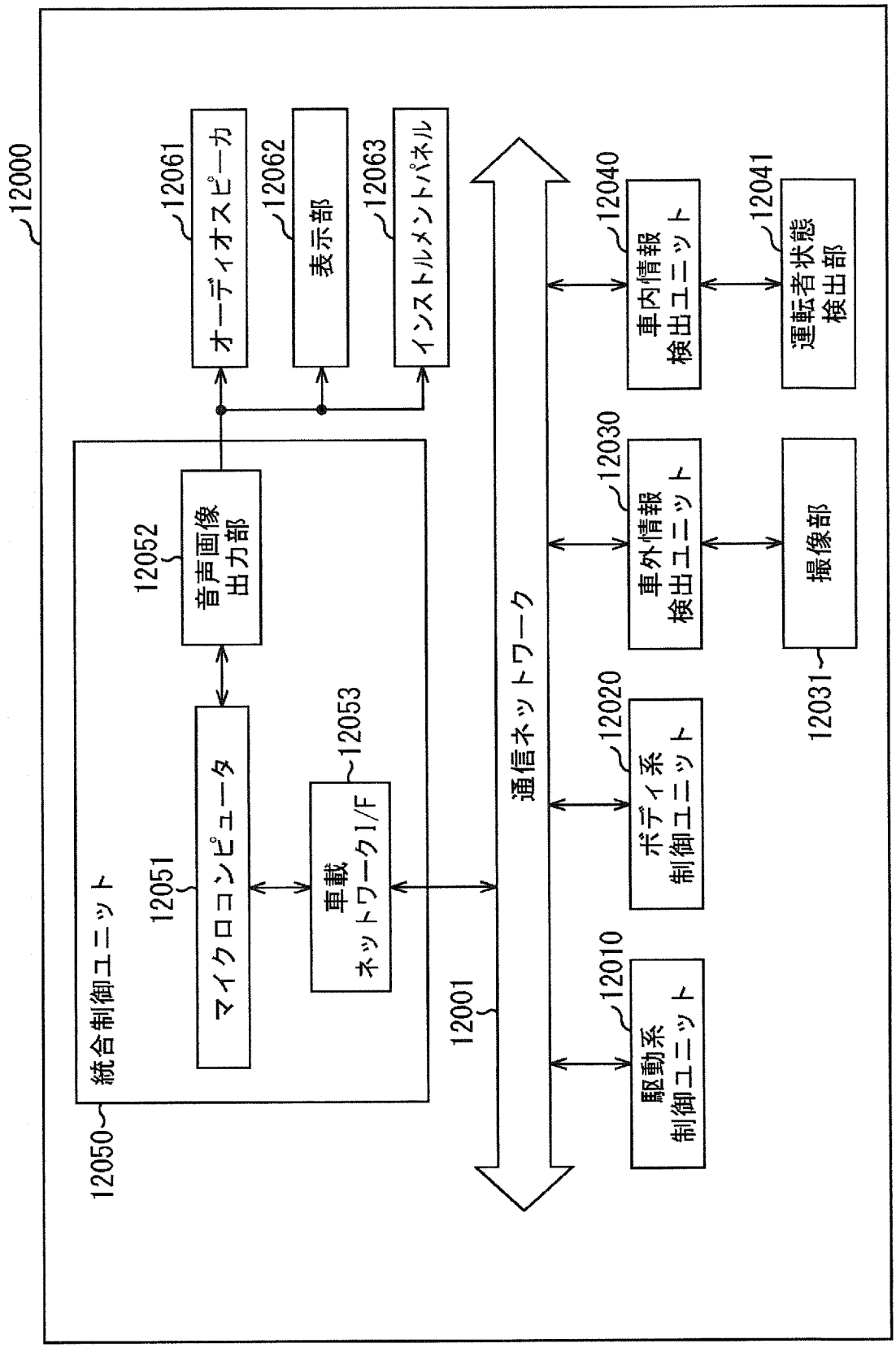
[図19]


11000
11131
11132
11133
11110
11111
11112
11100
11102
11101
11121
11120
11200
11202
CCU
光源装置
入力装置
処置具制御装置
気腹装置
レコーダ
プリンタ
11201
11203
11204
11205
11206
11207
11208

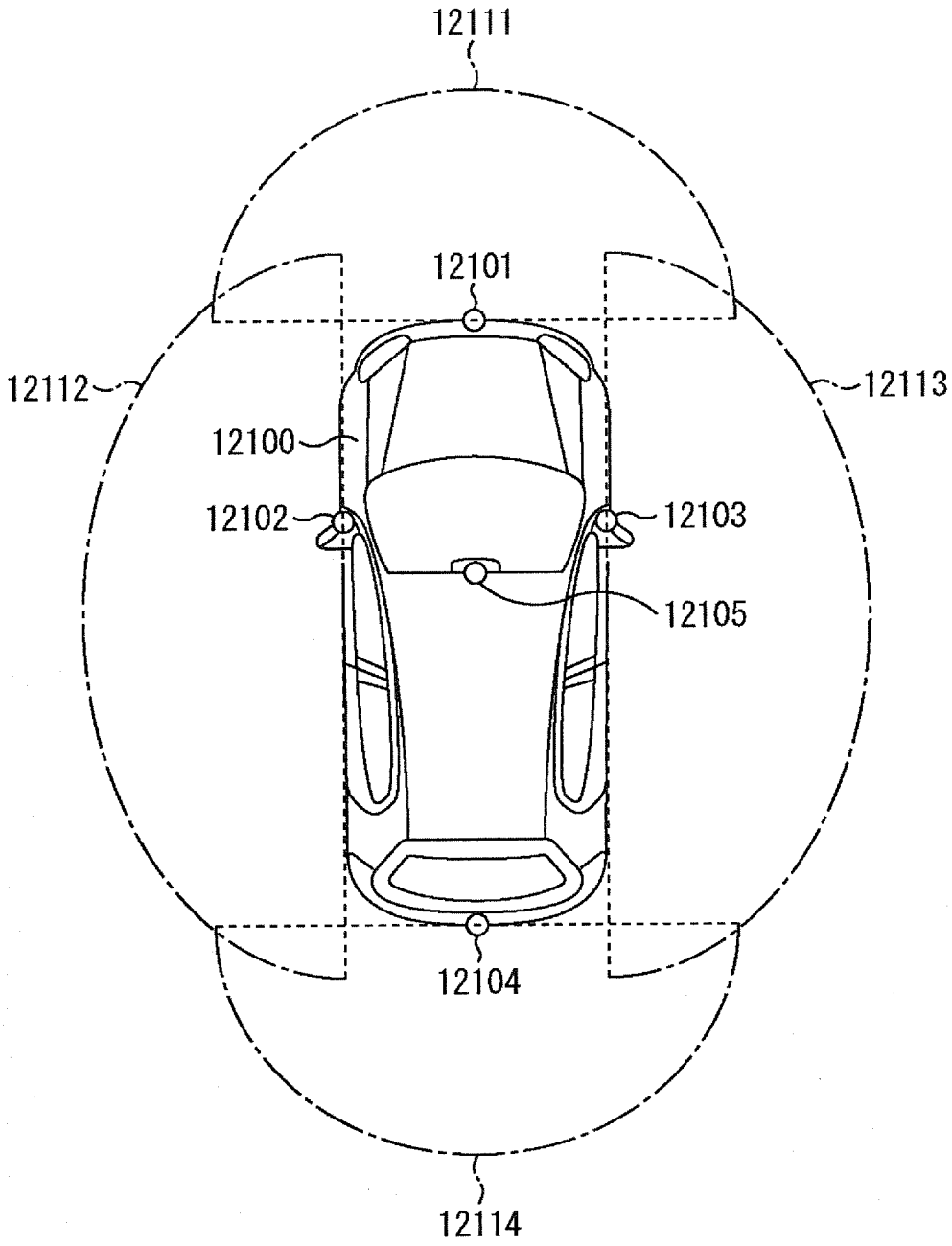
[図20]


11401
レンズユニット
11402
撮像部
11404
通信部
11403
駆動部
11405
カメラヘッド
制御部
カメラヘッド
11102
11400
11412
画像処理部
11411
通信部
11413
制御部
CCU
11201

[図21]


12000
12061
オーディオスピーカ
12062
表示部
12063
インストルメントパネル
12052
音声画像
出力部
12053
車載
ネットワークI/F
12051
マイクロコンピュータ
12050
統合制御ユニット
12001
通信ネットワーク
12040
車内情報
検出ユニット
12041
運転者状態
検出部
12030
車外情報
検出ユニット
撮像部
12031
12020
ボディ系
制御ユニット
12010
駆動系
制御ユニット

[図22]


12111
12101
12112
12113
12100
12102
12103
12105
12104
12114

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/039692

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H10F 39/18(2025.01)i; ***H10F 39/12***(2025.01)i
FI: H01L27/146 A; H01L27/146 D

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)

H01L27/146

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2021-034598 A (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) 01 March 2021 (2021-03-01) paragraphs [0015]-[0038], [0049]-[0058], [0089]-[0095], fig. 9, 17	1, 15
Y		11-12
A		2-10, 13-14
Y	WO 2020/137370 A1 (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) 02 July 2020 (2020-07-02) paragraphs [0033], [0036]-[0045], [0059]-[0067], fig. 3, 7, 9	11-12
A		2-10, 13-14
A	US 2016/0099267 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 07 April 2016 (2016-04-07) entire text, all drawings	1-15
A	US 2022/0246658 A1 (HUA HONG SEMICONDUCTOR (WUXI) LIMITED) 04 August 2022 (2022-08-04) entire text, all drawings	1-15

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
05 December 2024	**17 December 2024**

Name and mailing address of the ISA/JP	Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/039692

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-033107 A (SONY CORPORATION) 20 February 2014 (2014-02-20) entire text, all drawings	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/039692

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2021-034598 A	01 March 2021	US 2022/0328536 A1 paragraphs [0033]-[0057], [0068]-[0078], [0111]-[0118], fig. 9, 17 WO 2021/039455 A1 EP 4022680 A1 CN 114127938 A TW 202123441 A	
WO 2020/137370 A1	02 July 2020	US 2021/0400225 A1 paragraphs [0064], [0067]-[0076], [0090]-[0098], fig. 3, 7, 9 TW 202036841 A	
US 2016/0099267 A1	07 April 2016	KR 10-2016-0039877 A entire text, all drawings	
US 2022/0246658 A1	04 August 2022	CN 112992947 A entire text, all drawings	
JP 2014-033107 A	20 February 2014	US 2015/0221692 A1 entire text, all drawings WO 2014/020871 A1 TW 201407756 A CN 104508821 A KR 10-2015-0037897 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/039692

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H10F 39/18(2025.01)i; H10F 39/12(2025.01)i
FI: H01L27/146 A; H01L27/146 D

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））

H01L27/146

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２４年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2021-034598 A (ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社) 01.03.2021 (2021-03-01) 段落 [0015]-[0038], [0049]-[0058], [0089]-[0095], [図9], [図17]	1, 15
Y		11-12
A		2-10, 13-14
Y	WO 2020/137370 A1 (ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社) 02.07.2020 (2020-07-02) 段落 [0033], [0036]-[0045], [0059]-[0067], [図3], [図7], [図9]	11-12
A		2-10, 13-14
A	US 2016/0099267 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 07.04.2016 (2016-04-07) 全文, 全図	1-15

☑ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

*　引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"D" 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"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	国際調査報告の発送日
05.12.2024	17.12.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）

田邊　顕人 5F 5894

電話番号 03-3581-1101 内線 3514

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	US 2022/0246658 A1 (HUA HONG SEMICONDUCTOR (WUXI) LIMITED) 04.08.2022 (2022-08-04) 全文，全図	1-15
A	JP 2014-033107 A (ソニー株式会社) 20.02.2014 (2014-02-20) 全文，全図	1-15

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/039692

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2021-034598 A	01.03.2021	US 2022/0328536 A1 段落［0033］－［0057］，［0068］－［0078］，［0111］－［0118］，図9，17 WO 2021/039455 A1 EP 4022680 A1 CN 114127938 A TW 202123441 A	
WO 2020/137370 A1	02.07.2020	US 2021/0400225 A1 段落［0064］，［0067］－［0076］，［0090］－［0098］，図3，7，9 TW 202036841 A	
US 2016/0099267 A1	07.04.2016	KR 10-2016-0039877 A 全文，全図	
US 2022/0246658 A1	04.08.2022	CN 112992947 A 全文，全図	
JP 2014-033107 A	20.02.2014	US 2015/0221692 A1 全文，全図 WO 2014/020871 A1 TW 201407756 A CN 104508821 A KR 10-2015-0037897 A	