

(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2月20日(20.02.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/037544 A1

(51) 国際特許分類:

H01L 27/146 (2006.01) *H01L 31/10* (2006.01)
H01L 21/3205 (2006.01) *H04N 25/70* (2023.01)
H01L 21/768 (2006.01) *H10K 30/60* (2023.01)
H01L 23/522 (2006.01) *H10K 39/32* (2023.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/027821

(22) 国際出願日: 2024年8月2日(02.08.2024)

(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 2023-132216 2023年8月15日(15.08.2023) 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

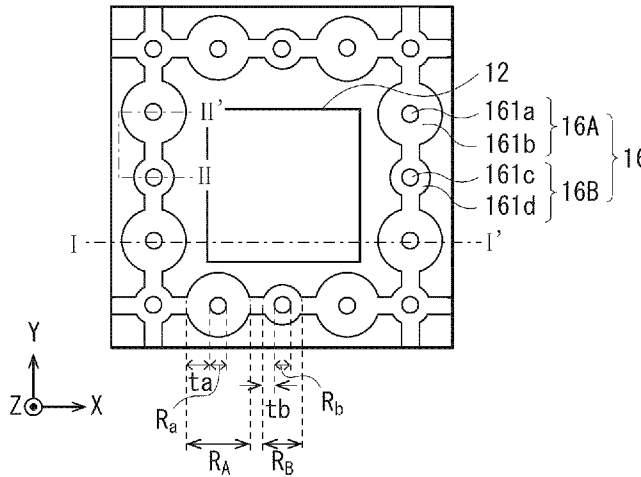
神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 平松 智記 (HIRAMATSU, Tomoki); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 河合 信宏(KAWAI, Nobuhiro); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人つばさ国際特許事務所 (TSUBASA PATENT PROFESSIONAL CORPORATION); 〒1600022 東京都新宿区新宿1丁目15番9号 さわだビル3階 Tokyo (JP).

(54) Title: LIGHT DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 光検出装置



(57) **Abstract:** A light detection device according to a first embodiment of the present disclosure comprises: a semiconductor substrate that includes a first surface and a second surface which are opposing; a first photoelectric conversion unit that is provided on the first surface side of the semiconductor substrate, and that detects light in a first wavelength region and performs photoelectric conversion; a first floating diffusion layer that is provided on the second surface of the semiconductor substrate, and that accumulates signal charges generated in the first photoelectric conversion unit; a first through electrode that includes a first conductor penetrating between the first surface and the second surface of the semiconductor substrate and a first insulation film surrounding the first conductor, the first through electrode electrically connecting the first photoelectric conversion unit and the first floating diffusion layer; and a second through electrode that includes a second conductor penetrating between the first surface and the second surface of the semiconductor substrate

(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, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

and a second insulation film which surrounds the second conductor and which includes at least a portion that is thinner than the first insulation film, the second through electrode electrically connecting the first photoelectric conversion unit and an active element other than the first floating diffusion layer provided on the second surface of the semiconductor substrate.

(57) 要約: 本開示の第1の実施の形態の光検出装置は、対向する第1の面および第2の面を有する半導体基板と、半導体基板の第1の面側に設けられ、第1の波長域の光を検出して光電変換を行う第1の光電変換部と、半導体基板の第2の面に設けられ、第1の光電変換部において生じた信号電荷を蓄積する第1の浮遊拡散層と、半導体基板の第1の面と第2の面との間を貫通する第1の導電体および第1の導電体を囲む第1の絶縁膜を含み、第1の光電変換部と第1の浮遊拡散層とを電気的に接続する第1の貫通電極と、半導体基板の第1の面と第2の面との間を貫通する第2の導電体および第2の導電体を囲むと共に、少なくとも一部の膜厚が第1の絶縁膜の膜厚よりも薄い第2の絶縁膜を含み、第1の光電変換部と半導体基板の第2の面に設けられた第1の浮遊拡散層以外の能動素子とを電気的に接続する第2の貫通電極とを備える。

明 細 書

発明の名称：光検出装置

技術分野

[0001] 本開示は、光検出装置に関する。

背景技術

[0002] 例えば、特許文献1では、光電変換領域が形成された半導体基板の一方の面側に有機光電変換層を有する有機光電変換部が積層され、この有機光電変換部で取得したRGB信号を半導体基板の他方の面に設けられた電荷電圧変換部に貫通電極を用いて運ぶ光検出装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2022／131268号

発明の概要

[0004] ところで、光検出装置では、ランダムノイズを低減させることが求められている。

[0005] したがって、ランダムノイズを低減させることが可能な光検出装置を提供することが望まれる。

[0006] 本開示の一実施形態としての第1の光検出装置は、対向する第1の面および第2の面を有する半導体基板と、半導体基板の第1の面側に設けられ、第1の波長域の光を検出して光電変換を行う第1の光電変換部と、半導体基板の第2の面に設けられ、第1の光電変換部において生じた信号電荷を蓄積する第1の浮遊拡散層と、半導体基板の第1の面と第2の面との間を貫通する第1の導電体および第1の導電体を囲む第1の絶縁膜を含み、第1の光電変換部と第1の浮遊拡散層とを電氣的に接続する第1の貫通電極と、半導体基板の第1の面と第2の面との間を貫通する第2の導電体および第2の導電体を囲むと共に、少なくとも一部の膜厚が第1の絶縁膜の膜厚よりも薄い第2の絶縁膜を含み、第1の光電変換部と半導体基板の第2の面に設けられた第

1の浮遊拡散層以外の能動素子とを電氣的に接続する第2の貫通電極とを備えたものである。

[0007] 本開示の一実施形態としての第2の光検出装置は、対向する第1の面および第2の面を有する半導体基板と、半導体基板の第1の面側に設けられ、第1の波長域の光を検出して光電変換を行う第1の光電変換部と、半導体基板の第2の面に設けられ、第1の光電変換部において生じた信号電荷を蓄積する浮遊拡散層と、半導体基板の第1の面と第2の面との間を貫通する第1の導電体および第1の導電体を囲む第1の絶縁膜を含み、第1の光電変換部と浮遊拡散層とを電氣的に接続する第1の貫通電極と、半導体基板の第1の面と第2の面との間を貫通する第2の導電体および第2の導電体を囲むと共に第1の絶縁膜よりも大きな比誘電率を有する第2の絶縁膜を含み、第1の光電変換部と半導体基板の第2の面に設けられた第1の浮遊拡散層以外の能動素子とを電氣的に接続する第2の貫通電極とを備えたものである。

[0008] 本開示の一実施形態としての第1の光検出装置では、半導体基板の第1の面側に設けられる第1の光電変換部と、半導体基板の第2の面に設けられた第1の浮遊拡散層とを電氣的に接続すると共に半導体基板の第1の面と第2の面との間を貫通する第1の貫通電極を、同様に、半導体基板の第1の面と第2の面との間を貫通する第2の貫通電極よりも導電体を囲む絶縁膜の膜厚を厚くした。また、本開示の一実施形態としての第2の光検出装置では、半導体基板の第1の面側に設けられる第1の光電変換部と、半導体基板の第2の面に設けられた第1の浮遊拡散層とを電氣的に接続すると共に半導体基板の第1の面と第2の面との間を貫通する第1の貫通電極を構成する第1の導電体を囲む第1の絶縁膜を、同様に、半導体基板の第1の面と第2の面との間を貫通する第2の貫通電極を構成する第2の導電体を囲む第2の絶縁膜よりも比誘電率が小さくなるようにした。これにより、第1の貫通電極の容量をその他の貫通電極の容量よりも小さくする。

図面の簡単な説明

[0009] [図1A]図1Aは、本開示の実施の形態に係る光検出装置の一例を示す概略構

成図である。

[図1B]図1 Bは、図1 Aに示した画素部の一構成例を模式的に表す説明図である。

[図2A]図2 Aは、図1 Aに示した光検出装置の構成の一例を表す断面模式図である。

[図2B]図2 Bは、図2 Aに示したS e c 1における貫通電極のレイアウトを表す平面模式図である。

[図3]図3は、貫通電極を構成する導電体および絶縁体と容量との関係を説明する図である。

[図4A]図4 Aは、貫通電極の平面形状の一例を表す模式図である。

[図4B]図4 Bは、貫通電極の平面形状の他の例を表す模式図である。

[図4C]図4 Cは、貫通電極の平面形状の他の例を表す模式図である。

[図5A]図5 Aは、貫通電極の断面形状の一例を表す模式図である。

[図5B]図5 Bは、貫通電極の断面形状の他の例を表す模式図である。

[図5C]図5 Cは、貫通電極の断面形状の他の例を表す模式図である。

[図6]図6は、図2 Aに示したi T O Fセンサ部の読み出し回路の一例を表す回路図である。

[図7]図7は、図2 Aに示した有機光電変換部の読み出し回路の一例を表す回路図である。

[図8]図8は、本開示の変形例1に係る貫通電極のレイアウトを表す平面模式図である。

[図9]図9は、本開示の変形例2に係る貫通電極のレイアウトを表す平面模式図である。

[図10]図1 0は、本開示の変形例3に係る貫通電極のレイアウトを表す平面模式図である。

[図11]図1 1は、本開示の変形例4に係る貫通電極のレイアウトを表す平面模式図である。

[図12]図1 2は、本開示の変形例4に係る貫通電極のレイアウトを表す平面

模式図である。

[図13]図13は、本開示の変形例4に係る貫通電極のレイアウトを表す平面模式図である。

[図14]図14は、本開示の変形例4に係る貫通電極のレイアウトを表す平面模式図である。

[図15]図15は、本開示の変形例5に係る貫通電極のレイアウトを表す平面模式図である。

[図16]図16は、本開示の変形例6に係る貫通電極のレイアウトを表す平面模式図である。

[図17]図17は、本開示の変形例6に係る貫通電極のレイアウトを表す平面模式図である。

[図18]図18は、本開示の変形例7に係る光検出装置の構成の一例を表す断面模式図である。

[図19A]図19Aは、図18に示したS e c 1における貫通電極のレイアウトの一例を表す平面模式図である。

[図19B]図19Bは、図18に示したS e c 1における貫通電極のレイアウトの他の例を表す平面模式図である。

[図20]図20は、図18に示したS e c 1における貫通電極のレイアウトの他の例を表す平面模式図である。

[図21]図21は、本開示の変形例8に係る光検出装置の構成を表す断面模式図である。

[図22]図22は、本開示の変形例9に係る光検出装置の構成を表す断面模式図である。

[図23]図23は、図22に示した貫通電極のレイアウトの一例を表す平面模式図である。

[図24]図24は、図1Aに示した光検出装置を用いた電子機器の構成の一例を表すブロック図である。

[図25A]図25Aは、図1Aに示した光検出装置を用いた光検出システムの全

体構成の一例を表す模式図である。

[図25B]図25Bは、図25Aに示した光検出システムの回路構成の一例を表す図である。

[図26]図26は、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27]図27は、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28]図28は、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29]図29は、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

[0010] 以下、本開示における実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。以下の説明は本開示の一具体例であって、本開示は以下の態様に限定されるものではない。また、本開示は、各図に示す各構成要素の配置や寸法、寸法比等についても、それらに限定されるものではない。なお、説明する順序は、下記の通りである。

1. 実施の形態（FDと接続された貫通電極の絶縁膜の膜厚を、その他の貫通電極の絶縁膜の膜厚よりも大きくした光検出装置の例）

2. 変形例

2-1. 変形例1（貫通電極の構成の他の例）

2-2. 変形例2（貫通電極の構成の他の例）

2-3. 変形例3（貫通電極の構成の他の例）

2-4. 変形例4（貫通電極の構成の他の例）

2-5. 変形例5（貫通電極の構成の他の例）

2-6. 変形例6（貫通電極の構成の他の例）

2-7. 変形例7（貫通電極の構成の他の例）

2-8. 変形例8（光検出装置の他の例）

2 - 9. 変形例 9 (光検出装置の他の例)

3. 適用例

4. 応用例

[0011] < 1. 実施の形態 >

[光検出装置の構成]

(全体構成例)

図 1 A は、本開示の一実施の形態に係る光検出装置 1 の全体構成例を表したものである。光検出装置 1 は、例えば、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサである。光検出装置 1 は、例えば光学レンズ系を介して被写体からの入射光 (像光) を取り込み、撮像面上に結像された入射光を画素単位で電気信号に変換して画素信号として出力するようになっている。光検出装置 1 は、例えば半導体基板 11 上に、撮像エリアとしての画素部 100 と、その画素部 100 の周辺領域に配置された垂直駆動回路 111、カラム信号処理回路 112、水平駆動回路 113、出力回路 114、制御回路 115 および入出力端子 116 とを有している。この光検出装置 1 は、本開示の実施の形態における「光検出装置」の一具体例に相当するものである。

[0012] 図 1 B は、画素部 100 の一構成例を模式的に表したものである。図 1 B に示したように、画素部 100 には、例えば、行列状に 2 次元配置された複数の単位画素 P を有する有効領域 100 A と、その有効領域 100 A の周辺に位置する周辺領域 100 B とが含まれている。画素部 100 の有効領域 100 A には、例えば水平方向 (紙面横方向) に並ぶ複数の単位画素 P により構成される画素行と、垂直方向 (紙面縦方向) に並ぶ複数の単位画素 P により構成される画素列とがそれぞれ複数設けられている。画素部 100 には、例えば、画素行ごとに 1 つの画素駆動線 L read (行選択線およびリセット制御線) が配線され、画素列ごとに 1 つの垂直信号線 L sig が配線されている。画素駆動線 L read は、各単位画素 P からの信号読み出しのための駆動信号を伝送するものである。複数の画素駆動線 L read の端部は、

垂直駆動回路 1 1 1 の各画素行に対応した複数の出力端子にそれぞれ接続されている。

[0013] 垂直駆動回路 1 1 1 は、シフトレジスタやアドレスデコーダ等によって構成されており、画素部 1 0 0 における各单位画素 P を、例えば、画素行単位で駆動する画素駆動部である。垂直駆動回路 1 1 1 によって選択走査された画素行の各单位画素 P から出力される信号は、垂直信号線 L s i g の各々を通してカラム信号処理回路 1 1 2 に供給される。

[0014] カラム信号処理回路 1 1 2 は、垂直信号線 L s i g 毎に設けられたアンプや水平選択スイッチ等によって構成されている。

[0015] 水平駆動回路 1 1 3 は、シフトレジスタやアドレスデコーダ等によって構成され、カラム信号処理回路 1 1 2 の各水平選択スイッチを走査しつつ順番に駆動するものである。この水平駆動回路 1 1 3 による選択走査により、複数の垂直信号線 L s i g の各々を通して伝送される各单位画素 P の信号が順番に水平信号線 1 2 1 に出力され、その水平信号線 1 2 1 を通じて半導体基板 1 1 の外部へ伝送されるようになっている。

[0016] 出力回路 1 1 4 は、カラム信号処理回路 1 1 2 の各々から水平信号線 1 2 1 を介して順次供給される信号に対し、信号処理を行って出力するものである。出力回路 1 1 4 は、例えば、バッファリングのみを行う場合もあるし、黒レベル調整、列ばらつき補正および各種デジタル信号処理等が行われる場合もある。

[0017] 垂直駆動回路 1 1 1、カラム信号処理回路 1 1 2、水平駆動回路 1 1 3、水平信号線 1 2 1 および出力回路 1 1 4 からなる回路部分は、半導体基板 1 1 上に直に形成されていてもよいし、あるいは外部制御 IC に配設されたものであってもよい。また、それらの回路部分は、ケーブル等により接続された他の基板に形成されていてもよい。

[0018] 制御回路 1 1 5 は、半導体基板 1 1 の外部から与えられるクロックや、動作モードを指令するデータ等を受け取り、また、撮像素子である単位画素 P の内部情報等のデータを出力するものである。制御回路 1 1 5 はさらに、各

種のタイミング信号を生成するタイミングジェネレータを有し、当該タイミングジェネレータで生成された各種のタイミング信号を基に垂直駆動回路 111、カラム信号処理回路 112 および水平駆動回路 113 等の周辺回路の駆動制御を行う。

[0019] 入出力端子 116 は、外部との信号のやり取りを行うものである。

[0020] (単位画素の断面構成例)

図 2 A は、画素部 100 において行列状に配列された複数の単位画素 P における厚さ方向に沿った光検出装置 1 の断面構成の一例を模式的に表している。図 2 B は、図 2 A に示した Sec 1 の位置における貫通電極 16 の平面レイアウトを模式的に表したものである。なお、図 2 A は、図 2 B に示した I-I' 線に対応している。図 2 A および図 2 B では、単位画素 P 1 の厚さ方向（積層方向）を Z 軸方向とし、その Z 軸方向と直交する積層面に平行な面方向を X 軸方向および Y 軸方向としている。なお、X 軸方向、Y 軸方向および Z 軸方向は、互いに直交している。

[0021] 図 2 A に示したように、単位画素 P は、画素 P 1 として例えば 1 つの光電変換部 10 と、画素 P 2 として 2 行×2 列で配置された 4 つの有機光電変換部 20 とが厚さ方向である Z 軸方向において積層された構造を有する、いわゆる縦方向分光型の撮像素子である。ここで、光電変換部 10 は、本開示の実施の形態における「第 2 の光電変換部」の一具体例に相当し、有機光電変換部 20 は、本開示の実施の形態における「第 1 の光電変換部」の一具体例に相当するものである。単位画素 P は、光電変換部 10 と有機光電変換部 20 との間に設けられた中間層 40 と、光電変換部 10 から見て有機光電変換部 20 と反対側に設けられた多層配線層 30 とをさらに有している。更に、有機光電変換部 20 から見て光電変換部 10 と反対側の光入射側には、例えば、封止膜 51 と、低屈折率層 52 と、複数のカラーフィルタ (CF) 53 と、複数の CF 53 の各々に対応して設けられたオンチップレンズ (OCL) 54 とが有機光電変換部 20 に近い位置から順に Z 軸方向に沿って積層されている。なお、封止膜 51 および低屈折率層 52 は、それぞれ、複数の単

位画素Pにおいて共通に設けられていてもよい。封止膜51は、例えばA1Oxなどの透明な絶縁膜が積層された構成を有する。また、OCL54を覆うように反射防止膜が設けられていてもよい。周辺領域100Bには、黑色フィルタが設けられていてもよい。複数のCF53には、例えば赤色を主に透過する赤色フィルタ53R、緑色を主に透過する緑色フィルタ53G、および青色を主に透過する青色フィルタ53Bをそれぞれ備えている。なお、本実施の形態の単位画素P1では、赤色、緑色および青色のCF53（赤色フィルタ53R、緑色フィルタ53Gおよび青色フィルタ53B）をそれぞれ備え、有機光電変換部20において赤色光、緑色光および青色光をそれぞれ受光してカラーの可視光画像を取得するようにしている。

[0022]（光電変換部10）

光電変換部10は、例えば光飛行時間（Time-of-Flight；TOF）により、距離画像（距離情報）を獲得する間接TOF（以下、iTOFという）センサである。光電変換部10は、例えば、半導体基板11と、光電変換領域12と、固定電荷層13と、一对の転送トランジスタ（TG）14（TG14A、14B）と、浮遊拡散領域である電荷電圧変換部（FD）15A（FD15A-1、15A-2）とを有している。

[0023] 半導体基板11は、対向する一对の面11S1、11S2を含む、例えば、n型のシリコン（Si）基板であり、所定領域にpウェルを有している。ここで、面11S1は、本開示の実施の形態における「第1の面」の一具体例に相当し、中間層40と対向する半導体基板11の裏面である。面11S2は、本開示の実施の形態における「第2の面」の一具体例に相当し、多層配線層30と対向する半導体基板11の表面である。面11S1には、図2Aに示したように、例えば、微細な凹凸構造が形成されているとよい。半導体基板11に入射した赤外光を半導体基板11の内部に閉じ込めるのに効果的であるからである。なお、面11S2にも同様の微細な凹凸構造が形成されていてもよい。

[0024] 光電変換領域12は、例えばPIN（Positive Intrinsic Negative）型の

フォトダイオード（PD）によって構成される光電変換素子であり、半導体基板 11 の所定領域において形成された p n 接合を含んでいる。光電変換領域 12 は、被写体からの光のうち、特に赤外光域の波長を有する光を検出して受光し、受光量に応じた電荷を光電変換により生成し、蓄積するようになっている。

[0025] 固定電荷層 13 は、半導体基板 11 の面 11 S1 などを覆うように設けられている。固定電荷層 13 は、半導体基板 11 の受光面である面 11 S1 の界面準位に起因する暗電流の発生を抑制するため、例えば負の固定電荷を有している。固定電荷層 13 が誘起する電界により、半導体基板 11 の面 11 S1 の近傍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面 11 S1 からの電子の発生が抑制される。なお、固定電荷層 13 には、貫通電極 16 が形成される貫通孔 11 H の側壁を Z 軸方向に延在する部分も含まれている。固定電荷層 13 は、絶縁材料を用いて形成することが好ましい。具体的には、固定電荷層 13 の構成材料としては、例えば、酸化ハフニウム（ HfO_x ）、酸化アルミニウム（ AlO_x ）、酸化ジルコニウム（ ZrO_x ）、酸化タンタル（ TaO_x ）、酸化チタン（ TiO_x ）、酸化ランタン（ LaO_x ）、酸化プラセオジム（ PrO_x ）、酸化セリウム（ CeO_x ）、酸化ネオジム（ NdO_x ）、酸化プロメチウム（ PmO_x ）、酸化サマリウム（ SmO_x ）、酸化ユウロピウム（ EuO_x ）、酸化ガドリニウム（ GdO_x ）、酸化テルビウム（ TbO_x ）、酸化ジスプロシウム（ DyO_x ）、酸化ホルミウム（ HoO_x ）、酸化ツリウム（ TmO_x ）、酸化イッテルビウム（ YbO_x ）、酸化ルテチウム（ LuO_x ）、酸化イットリウム（ YO_x ）、窒化ハフニウム（ HfN_x ）、窒化アルミニウム（ AlN_x ）、酸窒化ハフニウム（ HfO_xN_y ）および酸窒化アルミニウム（ AlO_xN_y ）等が挙げられる。

[0026] 一对の TG14A, 14B は、それぞれ、例えば面 11 S2 から光電変換領域 12 に至るまで Z 軸方向に延在している。TG14A, 14B は、印加される駆動信号に応じて光電変換領域 12 に蓄積されている電荷を一对の F

D 1 5 A - 1, 1 5 A - 2 に転送するものである。

[0027] 一対の F D 1 5 A - 1, 1 5 A - 2 は、それぞれ、T G 1 4 A, 1 4 B を介して光電変換領域 1 2 から転送されてきた電荷を電気信号（例えば、電圧信号）に変換して出力する浮遊拡散領域である。F D 1 5 B は、後述する貫通電極 1 6 A を介して有機光電変換部 2 0 から転送されてきた電荷を電気信号（例えば、電圧信号）に変換して出力する浮遊拡散領域である。F D 1 5 A - 1, 1 5 A - 2 には、後述の図 6 に示すように、リセットトランジスタ（R S T）1 4 3 - 1, 1 4 3 - 2 が接続されると共に、増幅トランジスタ（A M P）1 4 4 - 1, 1 4 4 - 2 および選択トランジスタ（S E L）1 4 5 - 1, 1 4 5 - 2 を介して垂直信号線 L s i g（図 1 A）が接続されている。F D 1 5 B には、後述の図 7 に示すように、リセットトランジスタ（R S T）1 3 2 が接続されると共に、増幅トランジスタ（A M P）1 3 3 および選択トランジスタ（S E L）1 3 4 を介して垂直信号線 L s i g（図 1 A）が接続されている。

[0028] 貫通電極 1 6 は、半導体基板 1 1 の面 1 1 S 1 側に設けられた有機光電変換部 2 0 と、半導体基板 1 1 の面 1 1 S 2 に設けられた能動素子とを電氣的に接続する接続部材である。貫通電極 1 6 は、例えば有機光電変換部 2 0 の読出電極 2 1 A から半導体基板 1 1 を貫いて多層配線層 3 0 に至るまで Z 軸方向に延在するように設けることができる。例えば、貫通電極 1 6 は、半導体基板 1 1 の面 1 1 S 1 と面 1 1 S 2 との間を貫通する貫通配線 1 6 1 と、中間層 4 0 を貫通する貫通配線 1 6 2 と、貫通配線 1 6 1 と貫通配線 1 6 2 とを接続する接続電極 1 6 3 とを有する。

[0029] 貫通電極 1 6 は、例えば、有機光電変換部 2 0 において生じた信号電荷の伝送や、電荷蓄積電極 2 1 B を駆動させる電圧の伝送を行う伝送経路となっている。具体的には、貫通電極 1 6 は、半導体基板 1 1 の面 1 1 S 1 側に設けられた有機光電変換部 2 0 の読出電極 2 1 A と、半導体基板 1 1 の面 1 1 S 2 に設けられた F D 1 5 B および A M P 1 3 3 とを電氣的に接続する貫通電極 1 6 A と、半導体基板 1 1 の面 1 1 S 1 側に設けられた有機光電変換部

20とFD15B以外の能動素子とを電氣的に接続する貫通電極16Bとを含んでいる。一例として、貫通電極16Bは、半導体基板11の面11S1側に設けられた有機光電変換部20の電荷蓄積電極21Bと垂直駆動回路111とを電氣的に接続するものである。光検出装置1では、図2Bに示したように、光電変換領域12がそれぞれ設けられた隣り合う画素P1の境界部に、複数の貫通電極16Aおよび複数の貫通電極16Bが、例えば交互に配置されている。

[0030] 本実施の形態では、有機光電変換部20の読出電極21Aと、半導体基板11の面11S2に設けられたFD15BおよびAMP133とを電氣的に接続する貫通電極16Aは、貫通電極16Bよりも容量が小さくなるように構成されている。貫通電極16Aおよび貫通電極16Bは、それぞれ、貫通配線161として半導体基板11の面11S1と面11S2との間を貫通する導電体161a、161cと、導電体161a、161cをそれぞれ囲む絶縁膜161b、161dとを有する。本実施の形態では、貫通電極16Aは貫通電極16Bよりも大きな径($R_A > R_B$)を有する。詳細には、貫通電極16Aを構成する導電体161aの直径 R_a と貫通電極6Bを構成する導電体161cの直径 R_b とは等しく($R_a = R_b$)、導電体161aを囲む絶縁膜161bの膜厚 t_a は、導電体161cを囲む絶縁膜161dの膜厚 t_b よりも大きい($t_a > t_b$)。

[0031] 図4A～図4Cは、貫通電極16Aの平面形状の一例を模式的に表したものである。導電体161aは、図4A～図4Cに示したように、円形や多角形(例えば、矩形(図4B)および八角形(図4C))としてもよい。また、貫通電極16Aの外形についても図2Bに示したように円形としてもよいし、図4A～図4Cに示したように多角形(例えば、八角形)としてもよい。貫通電極16Bも同様の平面形状を取り得る。

[0032] 図5A～図5Cは、図2Bに示したI-I'線に対応する貫通電極16Aおよび貫通電極16Bの断面形状の一例を模式的に表したものである。図5Aでは、貫通電極16Aおよび貫通電極16Bが一定の径を有する導電

体 1 6 1 a, 1 6 1 c と一定の膜厚を有する絶縁膜 1 6 1 b, 1 6 1 d とからなる例を示したが、貫通電極 1 6 A はこれに限定されるものではない。例えば貫通電極 1 6 A は、絶縁膜 1 6 1 b の一部が貫通電極 1 6 B の絶縁膜 1 6 1 d の膜厚よりも大きければよい。そのため、貫通電極 1 6 A は、例えば図 5 B および図 5 C に示したように、絶縁膜 1 6 1 b の膜厚が半導体基板 1 1 の面 1 1 S 1 側と面 1 1 S 2 側とで異なるテーパ状の断面形状を有していてもよい。

[0033] 導電体 1 6 1 a, 1 6 1 c は、例えば、P D A S (Phosphorus Doped Amorphous Silicon) 等の不純物がドーピングされたシリコン材料の他、アルミニウム (A l)、タングステン (W)、チタン (T i)、コバルト (C o)、白金 (P t)、パラジウム (P d)、銅 (C u)、ハフニウム (H f) およびタングステン (T a) 等の金属材料のうちの 1 種または 2 種以上を用いて形成することができる。

[0034] 絶縁膜 1 6 1 b, 1 6 1 d は、例えば、酸化シリコン (S i O x)、窒化シリコン (S i N x) および酸窒化シリコン (S i O N) 等の無機絶縁材料のうちの 1 種よりなる単層膜か、あるいはこれらのうちの 2 種以上よりなる積層膜により構成されている。

[0035] (多層配線層 3 0)

多層配線層 3 0 は、例えば、T G 1 4 と共に光電変換部 1 0 の読み出し回路を構成する R S T 1 4 3、AMP 1 4 4 および S E L 1 4 5 や、有機光電変換部 2 0 の読み出し回路を構成する R S T 1 3 2、AMP 1 3 3 および S E L 1 3 4 等を有する。

[0036] (中間層 4 0)

中間層 4 0 は、例えば層間絶縁層 4 1 と、その層間絶縁層 4 1 に埋設された光学フィルタ 4 2 とを有していてもよい。層間絶縁層 4 1 は、例えば、酸化シリコン (S i O x)、窒化シリコン (S i N x) および酸窒化シリコン (S i O N) 等の無機絶縁材料のうちの 1 種よりなる単層膜か、あるいはこれらのうちの 2 種以上よりなる積層膜により構成されている。さらに、層間

絶縁層 4 1 を構成する材料として、ポリメチルメタクリレート（PMMA）、ポリビニルフェノール（PVP）、ポリビニルアルコール（PVA）、ポリイミド、ポリカーボネート（PC）、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリスチレン、N-2（アミノエチル）3-アミノプロピルトリメトキシシラン（AEAPTMS）、3-メルカプトプロピルトリメトキシシラン（MPTMS）、テトラエトキシシラン（TEOS）、オクタデシルトリクロロシラン（OTS）等の有機絶縁材料を用いてもよい。層間絶縁層 4 1 には、さらに、後出の電荷蓄積電極 2 1 B などと接続される、透明導電材料からなる各種配線を含む配線層 M が埋設されている。

[0037] 光学フィルタ 4 2 は、光電変換領域 1 2 において光電変換が行われる赤外光域に透過バンドを有する。すなわち、光学フィルタ 4 2 は、第 1 の波長域としての可視光域（例えば波長 400 nm 以上 700 nm 以下）の波長を有する光よりも赤外光域の波長を有する光のほうが透過しやすいものである。具体的には、光学フィルタ 4 2 は、例えば有機材料により構成することができるものであり、赤外光域の光を選択的に透過させつつ、可視光域の波長の光の少なくとも一部を吸収するようになっている。光学フィルタ 4 2 は、例えばフタロシアニン誘導体などの有機材料により構成される。

[0038] （有機光電変換部 2 0）

有機光電変換部 2 0 は、例えば光電変換部 1 0 に近い位置から順に積層された下部電極 2 1 と、絶縁層 2 2 と、半導体層 2 3 と、有機光電変換層 2 4 と、上部電極 2 5 とを有している。下部電極 2 1 は、例えば、互いに離間した読出電極 2 1 A、電荷蓄積電極 2 1 B およびシールド電極 2 1 C を有している。読出電極 2 1 A、電荷蓄積電極 2 1 B およびシールド電極 2 1 C は、例えば同一の階層に設けられている。読出電極 2 1 A は、絶縁層 2 2 に設けられた開口 2 2 H を介して半導体層 2 3 と電氣的に接続されると共に、貫通電極 1 6 A の上端と接している。電荷蓄積電極 2 1 B は、絶縁層 2 2 を介して半導体層 2 3 と対向している。電荷蓄積電極 2 1 B は、絶縁層 2 2 および半導体層 2 3 と共に一種のキャパシタを形成し、有機光電変換層 2 4 におい

て発生する電荷を半導体層 2 3 の一部、例えば半導体層 2 3 のうち絶縁層 2 2 を介して電荷蓄積電極 2 1 B に対応した領域部分に蓄積するようになっている。本実施の形態では、例えば、1 つの C F 5 3 および 1 つのオンチップレンズ 5 4 のそれぞれに対応して、1 つの電荷蓄積電極 2 1 B が設けられている。電荷蓄積電極 2 1 B は、例えば垂直駆動回路 1 1 1 と接続されている。シールド電極 2 1 C には、所定の電位が印加されており、隣り合う画素 P 2 の間を電氣的に分離している。有機光電変換部 2 0 は、例えば、周辺領域 1 0 0 B において引き出し配線と接続されている。

[0039] なお、半導体層 2 3、有機光電変換層 2 4 および上部電極 2 5 は、それぞれ、画素部 1 0 0 における複数の単位画素 P のうちの一部のいくつかの単位画素 P において共通に設けられ、または画素部 1 0 0 における複数の単位画素 P の全てにおいて共通に設けられていてもよい。本実施の形態以降に説明する変形例等においても同様である。

[0040] また、半導体層 2 3 と有機光電変換層 2 4 との間および有機光電変換層 2 4 と上部電極 2 5 との間には、他の有機層が設けられていてもよい。

[0041] 下部電極 2 1 および上部電極 2 5 は、光透過性を有する導電膜により構成され、例えば、ITO（インジウム錫酸化物）により構成されている。但し、下部電極 2 1 および上部電極 2 5 の構成材料としては、この ITO の他にも、ドーパントを添加した酸化スズ（ SnO_x ）系材料、あるいは亜鉛酸化物（ ZnO ）にドーパントを添加してなる酸化亜鉛系材料を用いてもよい。酸化亜鉛系材料としては、例えば、ドーパントとしてアルミニウム（Al）を添加したアルミニウム亜鉛酸化物（AZO）、ガリウム（Ga）添加のガリウム亜鉛酸化物（GZO）、インジウム（In）添加のインジウム亜鉛酸化物（IZO）が挙げられる。下部電極 2 1 および上部電極 2 5 の構成材料としては、 CuI 、 InSbO_4 、 ZnMgO 、 CuInO_2 、 MgIn_2O_4 、 CdO 、 ZnSnO_3 または TiO_2 等を用いてもよい。下部電極 2 1 および上部電極 2 5 の構成材料としては、さらに、スピネル形酸化物や YbFe_2O_4 構造を有する酸化物を用いてもよい。

- [0042] 絶縁層 22 は、例えば層間絶縁層 41 と同様の無機絶縁材料および有機絶縁材料により形成可能である。
- [0043] 半導体層 23 を構成する材料としては、バンドギャップの値が大きく（例えば、3.0 eV 以上のバンドギャップの値）、有機光電変換層 24 を構成する材料よりも高い移動度を有する材料を用いることが好ましい。具体的には、IGZO等の酸化物半導体材料、遷移金属ダイカルコゲナイド、シリコンカーバイド、ダイヤモンド、グラフェン、カーボンナノチューブの他、縮合多環炭化水素化合物や縮合複素環化合物等の有機半導体材料を挙げることができる。
- [0044] 有機光電変換層 24 は、光エネルギーを電気エネルギーに変換するものであり、例えば、p型半導体およびn型半導体として機能する有機材料を2種以上含んで形成されている。p型半導体は、相対的に電子供与体として機能するものであり、n型半導体は、相対的に電子受容体として機能するn型半導体として機能するものである。有機光電変換層 24 は、層内に、バルクヘテロ接合構造を有している。バルクヘテロ接合構造は、p型半導体およびn型半導体が混ざり合うことで形成されたp/n接合面であり、光を吸収した際に生じる励起子は、このp/n接合界面において電子と正孔とに分離する。
- [0045] 有機光電変換層 24 は、p型半導体およびn型半導体の他に、さらに、所定の波長帯域の光を光電変換する一方、他の波長帯域の光を透過させる、いわゆる色素材料の3種類を含んで構成されていてもよい。p型半導体、n型半導体および色素材料は、互いに異なる吸収極大波長を有していることが好ましい。これにより、可視光領域の波長を広い範囲で吸収することが可能となる。
- [0046] 有機光電変換層 24 は、例えば、上記各種有機半導体材料を混合し、スピンコート技術を用いることで形成することができる。この他、例えば、真空蒸着法やプリント技術等を用いて有機光電変換層 24 を形成するようにしてもよい。

- [0047] 有機光電変換部 20 は、上記のように、可視光域の波長の一部または全部を検出するものである。また、有機光電変換部 20 は、赤外光域に対する感度を有さないものであることが望ましい。
- [0048] 有機光電変換部 20 では、上部電極 25 側から入射した光は、有機光電変換層 24 で吸収される。これによって生じた励起子（電子－正孔対）は、有機光電変換層 24 を構成する電子供与体と電子受容体との界面に移動し、励起子分離、すなわち、電子と正孔とに解離する。ここで発生した電荷、すなわち電子および正孔は、キャリアの濃度差による拡散や、上部電極 25 と電荷蓄積電極 21 B との電位差による内部電界によって上部電極 25 または半導体層 23 に移動し、光電流として検出される。例えば、読出電極 21 A を正の電位とし、上部電極 25 を負の電位とする。その場合、有機光電変換層 24 における光電変換により発生した正孔は、上部電極 25 に移動する。有機光電変換層 24 における光電変換により発生した電子は、電荷蓄積電極 21 B に引き付けられ、半導体層 23 の一部、例えば半導体層 23 のうち絶縁層 22 を介して電荷蓄積電極 21 B に対応した領域部分に蓄積される。
- [0049] 半導体層 23 のうち絶縁層 22 を介して電荷蓄積電極 21 B に対応した領域部分に蓄積された電荷（例えば電子）は、次のようにして読み出される。具体的には、読出電極 21 A に電位 V_2 を印加し、電荷蓄積電極 21 B に電位 V_{25} を印加する。ここで、電位 V_{25} よりも電位 V_2 を高くする（ $V_1 < V_2$ ）。こうすることで、半導体層 23 のうち電荷蓄積電極 21 B に対応した領域部分に蓄積されていた電子は、読出電極 21 A へ転送される。
- [0050] このように有機光電変換層 24 の下層に半導体層 23 を設け、半導体層 23 のうちの絶縁層 22 を介して電荷蓄積電極 21 B に対応した領域部分に電荷（例えば電子）を蓄積することにより、以下のような効果が得られる。すなわち、半導体層 23 を設けずに有機光電変換層 24 に電荷（例えば電子）を蓄積する場合と比較して、電荷蓄積時の正孔と電子との再結合が防止され、蓄積した電荷（例えば電子）の読出電極 21 A への転送効率を増加させることができるうえ、暗電流の生成を抑制することができる。上記説明では電

子の読み出しを行う場合を例示したが、正孔の読み出しを行うようにしてもよい。正孔の読み出しを行う場合は、上記説明での電位は正孔が感じる電位として説明される。

[0051] (光電変換部10の読み出し回路)

図6は、図2Aに示した画素P1を構成する光電変換部10の読み出し回路の一例を表したものである。

[0052] 光電変換部10の読み出し回路は、例えば、TG14A、14Bと、OFG146と、FD15A-1、15A-2と、RST143-1、143-2と、AMP144-1、144-2と、SEL145-1、145-2とを有している。

[0053] TG14A、14Bは、光電変換領域12とFD15A-1、15A-2との間に接続されている。TG14A、14Bのゲート電極に駆動信号が印加され、TG14A、14Bがアクティブ状態となると、TG14A、14Bの転送ゲートが導通状態となる。その結果、光電変換領域12で変換された信号電荷が、TG14A、14Bを介してFD15A-1、15A-2に転送される。

[0054] OFG146は、光電変換領域12と電源との間に接続されている。OFG146のゲート電極に駆動信号が印加され、OFG146がアクティブ状態になると、OFG146が導通状態になる。その結果、光電変換領域12で変換された信号電荷がOFG146を介して電源に排出される。

[0055] FD15A-1、15A-2は、TG14A、14Bと、AMP144-1、144-2との間に接続されている。FD15A-1、15A-2は、TG14A、14Bにより転送される信号電荷を電圧信号に電荷電圧変換して、AMP144-1、144-2に出力する。

[0056] RST143-1、143-2は、FD15A-1、15A-2と電源との間に接続されている。RST143-1、143-2のゲート電極に駆動信号が印加され、RST143-1、143-2がアクティブ状態になると、RST143-1、143-2のリセットゲートが導通状態となる。その

結果、FD15A-1, 15A-2の電位が電源のレベルにリセットされる。

[0057] AMP144-1, 144-2は、FD15A-1, 15A-2に接続されるゲート電極と、電源に接続されるドレイン電極とをそれぞれ有している。AMP144-1, 144-2は、FD15A-1, 15A-2が保持している電圧信号の読み出し回路、いわゆるソースフォロア回路の入力部となる。すなわち、AMP144-1, 144-2は、そのソース電極がSEL145-1, 145-2を介してそれぞれ垂直信号線Lsigに接続されることで、垂直信号線Lsigの一端に接続される定電流源とソースフォロア回路を構成する。

[0058] SEL145-1, 145-2は、それぞれ、AMP144-1, 144-2のソース電極と、垂直信号線Lsigとの間に接続される。SEL145-1, 145-2の各ゲート電極に駆動信号が印加され、SEL145-1, 145-2がアクティブ状態になると、SEL145-1, 145-2が導通状態となり、画素Pが選択状態となる。これにより、AMP144-1, 144-2から出力される読み出し信号（画素信号）が、SEL145-1, 145-2を介して、垂直信号線Lsigに出力される。

[0059] 光検出装置1では、赤外域の光パルス将被写体に照射し、その被写体から反射した光パルスを光電変換部10の光電変換領域12で受光する。光電変換領域12では、赤外域の光パルスの入射により複数の電荷が発生する。光電変換領域12において発生した複数の電荷は、一対のTG14A, 14Bに対して交互に等時間に亘って駆動信号を供給することで、FD15A-1とFD15A-2とに交互に振り分けられるようになっている。TG14A, 14Bに印加する駆動信号のシャッタ位相を照射する光パルスに対して変えることで、FD15A-1における電荷の蓄積量およびFD15A-2における電荷の蓄積量は、位相変調された値となる。これらを復調することによって光パルスの往復時間が推定されることから、光検出装置1と被写体との距離が求められる。

[0060] (有機光電変換部20の読み出し回路)

図7は、図2Aに示した画素P2を構成する有機光電変換部20の読み出し回路の一例を表したものである

[0061] 有機光電変換部20の読み出し回路は、例えば、FD15Bと、RST132と、AMP133と、SEL134とを有している。

[0062] FD15Bは、読出電極21AとAMP133との間に接続されている。FD15Bは、読出電極21Aにより転送される信号電荷を電圧信号に電荷電圧変換して、AMP133に出力する。

[0063] RST132は、FD15Bと電源との間に接続されている。RST132のゲート電極に駆動信号が印加され、RST132がアクティブ状態になると、RST132のリセットゲートが導通状態となる。その結果、FD15Bの電位が電源のレベルにリセットされる。

[0064] AMP133は、FD15Bに接続されるゲート電極と、電源に接続されるドレイン電極とを有している。AMP133のソース電極は、SEL134を介して垂直信号線Lsigに接続されている。

[0065] SEL134は、AMP133のソース電極と、垂直信号線Lsigとの間に接続される。SEL134のゲート電極に駆動信号が印加され、SEL134がアクティブ状態になると、SEL134が導通状態となり、画素P2が選択状態となる。これにより、AMP133から出力される読み出し信号(画素信号)が、SEL134を介して、垂直信号線Lsigに出力される。

[0066] [作用・効果]

上記のように、半導体基板11の面11S1側に設けられた有機光電変換部20において生じた信号電荷を半導体基板11の面11S2に設けられたFD15Bへ貫通電極16Aを介して伝送する場合、画素P2のFD容量成分に貫通電極16Aの容量が含まれる。FD容量成分が大きいと、変換効率が小さくなり、電圧の観点から見たAMPノイズや回路ノイズが同等でも電子数換算した場合のランダムノイズが悪化することがある。そのため、変換

効率やランダムノイズの観点で貫通電極 16 A の容量成分を下げたい。

[0067] 貫通電極の容量は、簡単には、図 3 に示したように円柱型の容量成分で手計算することができる。例えば、貫通電極の長さを L 、導電体の半径を r_a 、絶縁膜の半径を r_b とすると、貫通電極の容量は下記数式 (1) から求められる。具体的には、容量 (C) は、外形＝内径＋絶縁膜の膜厚で決まる。そのため、貫通電極の容量を下げるためには、絶縁膜の膜厚を大きくすればよい。但し、光検出装置 1 において全ての貫通電極 16 の絶縁膜を大きくすると、FEO レイアウトを圧迫し、半導体基板 11 におけるレイアウトの自由度が低下してしまう。

[0068] [数1]

$$C = \frac{4\pi\epsilon L}{\log\left(\frac{r_b}{r_a}\right)} \quad \dots\dots (1)$$

[0069] これに対して本実施の形態の光検出装置 1 は、有機光電変換部 20 の読出電極 21 A と、半導体基板 11 の面 11 S2 に設けられた FD 15 B および AMP 133 とを電氣的に接続する貫通電極 16 A を構成する絶縁膜 161 b の膜厚 t_a を、半導体基板 11 の面 11 S1 側に設けられた有機光電変換部 20 と FD 15 B 以外の能動素子とを電氣的に接続する貫通電極 16 B の膜厚 t_b よりも大きくした ($t_a > t_b$)。

[0070] 以上により、本実施の形態の光検出装置 1 では、有機光電変換部 20 の読出電極 21 A と、半導体基板 11 の面 11 S2 に設けられた FD 15 B および AMP 133 とを電氣的に接続する貫通電極 16 A の容量が小さくなり、ランダムノイズを低減することが可能となる。

[0071] また、本実施の形態の光検出装置 1 では、有機光電変換部 20 の読出電極 21 A と、半導体基板 11 の面 11 S2 に設けられた FD 15 B および AMP 133 とを電氣的に接続する貫通電極 16 A を構成する絶縁膜 161 b のみを選択的に厚膜化することにより、半導体基板 11 における貫通電極 16 が占める面積の増加を低減した。これにより、貫通電極 16 の全ての絶縁膜

を厚膜化する場合と比較して、半導体基板 11 におけるレイアウトの自由度を向上させることができる。

[0072] 次に、本開示の変形例 1～9 および適用例ならびに応用例について説明する。なお、上記実施の形態に対応する構成要素には同一の符号を付して説明を省略する。

[0073] <2. 変形例>

(2-1. 変形例 1)

図 8 は、本開示の変形例 1 に係る貫通電極 16 の平面レイアウトを模式的に表したものである。

[0074] 上記実施の形態では、導電体 161a の直径 R_a と貫通電極 6B を構成する導電体 161c の直径 R_b とが等しく ($R_a = R_b$)、導電体 161a を囲む絶縁膜 161b の膜厚 t_a を、導電体 161c を囲む絶縁膜 161d の膜厚 t_b よりも大きく ($t_a > t_b$) することにより貫通電極 16A の容量が小さくした例を示した。これに対して、本変形例では、貫通電極 16A の径 R_A と貫通電極 16B の径 R_B とを等しく ($R_A = R_B$) する代わりに、導電体 161a の直径 R_a を、貫通電極 6B を構成する導電体 161c の直径 R_b よりも小さくし ($R_a < R_b$)、導電体 161a を囲む絶縁膜 161b の膜厚 t_a は、導電体 161c を囲む絶縁膜 161d の膜厚 t_b よりも厚くした ($t_a > t_b$)。

[0075] これにより、上記実施の形態と同様に、ランダムノイズを低減することが可能となる。また、上記実施の形態のように、貫通電極 16A の絶縁膜 161b を厚膜化する場合と比較して、半導体基板 11 におけるレイアウトの自由度を向上させることができる。

[0076] (2-2. 変形例 2)

図 9 は、本開示の変形例 3 に係る貫通電極 16 の平面レイアウトを模式的に表したものである。

[0077] 上記実施の形態と変形例 1 とは互いに組み合わせることができる。例えば、導電体 161a の直径 R_a を、貫通電極 6B を構成する導電体 161c の

直径 R_b よりも小さくしつつ ($R_a < R_b$)、導電体 161a を囲む絶縁膜 161b の膜厚 t_a を、導電体 161c を囲む絶縁膜 161d の膜厚 t_b よりも厚く ($t_a > t_b$) してもよい。

[0078] このような構成においても、上記実施の形態と同様に、ランダムノイズを低減することが可能となる。また、上記実施の形態と同様に、貫通電極 16 の全ての絶縁膜を厚膜化する場合と比較して、半導体基板 11 におけるレイアウトの自由度を向上させることができる。

[0079] (2-3. 変形例 3)

図 10 は、本開示の変形例 3 に係る貫通電極 16 の平面レイアウトを模式的に表したものである。

[0080] 上記実施の形態では、導電体 161a の直径 R_a と貫通電極 6B を構成する導電体 161c の直径 R_b とが等しく ($R_a = R_b$)、導電体 161a を囲む絶縁膜 161b の膜厚 t_a を、導電体 161c を囲む絶縁膜 161d の膜厚 t_b よりも大きく ($t_a > t_b$) することにより貫通電極 16A の容量が小さくした例を示した。これに対して、本変形例では、貫通電極 16A を構成する導電体 161a の直径 R_a および絶縁膜 161b の膜厚 t_a と、貫通電極 6B を構成する導電体 161c の直径 R_b および絶縁膜 161d の膜厚 t_b を互いに等しくする ($R_a = R_b$, $t_a = t_b$) 代わりに、貫通電極 16A の絶縁膜 161b を貫通電極 16B の絶縁膜 161d を構成する絶縁材料よりも比誘電率の小さい誘電体材料を用いて形成するようにした。

[0081] 絶縁膜 161d を酸化シリコン (SiO_x)、窒化シリコン (SiN_x) および酸窒化シリコン (SiON) 等を用いて形成する場合には、絶縁膜 161b の構成材料としては、 SiOC や SiOCH 系等が挙げられる。

[0082] これにより、上記実施の形態と同様に、ランダムノイズを低減することが可能となる。また、上記実施の形態のように、貫通電極 16A の絶縁膜 161b を厚膜化する場合と比較して、半導体基板 11 におけるレイアウトの自由度を向上させることができる。

[0083] (2-4. 変形例 4)

図 1 1 および図 1 2 は、本開示の変形例 4 に係る貫通電極 1 6 の平面レイアウトの一例を模式的に表したものである。

[0084] 上記実施の形態では、複数の貫通電極 1 6 A および複数の貫通電極 1 6 B が、光電変換領域 1 2 がそれぞれ設けられた隣り合う画素 P 1 の境界部に交互に配置されている例を示したがこれに限定されるものではなく、図 1 1 および図 1 2 に示したような複数の貫通電極 1 6 A および複数の貫通電極 1 6 B のレイアウトも取り得る。

[0085] この他、例えば図 1 3 に示したように、画素 P 1 が略正形状を有する場合には、有機光電変換部 2 0 の読出電極 2 1 A と、半導体基板 1 1 の面 1 1 S 2 に設けられた F D 1 5 B および A M P 1 3 3 とを電氣的に接続する貫通電極 1 6 A を四隅に配置し、半導体基板 1 1 の面 1 1 S 1 側に設けられた有機光電変換部 2 0 と F D 1 5 B 以外の能動素子とを電氣的に接続する貫通電極 1 6 B は 4 つの辺上に配置するようにしてもよい。これにより、貫通電極 1 6 A の容量を小さくすることができる。

[0086] なお、画素 P 1 を略正形状とし、有機光電変換部 2 0 の読出電極 2 1 A と、半導体基板 1 1 の面 1 1 S 2 に設けられた F D 1 5 B および A M P 1 3 3 とを電氣的に接続する貫通電極 1 6 A を四隅に配置する場合には、図 1 4 に示したように、貫通電極 1 6 A と貫通電極 1 6 B とが同じ形状であっても周囲に貫通電極 1 6 B の絶縁膜 1 6 1 d があるため、貫通電極 1 6 A の絶縁膜の膜厚を実効的に厚くすることができる。よって、貫通電極 1 6 A の容量が小さくすることができ、一定の効果を得ることが可能となる。

[0087] (2-5. 変形例 5)

図 1 5 は、本開示の変形例 5 に係る貫通電極 1 6 の平面レイアウトを模式的に表したものである。

[0088] 隣り合う画素 P 1 の境界部には隔壁 1 6 1 M を設けるようにしてもよい。隔壁 1 6 1 M は、隣接する画素 P 同士の間における光電変換領域 1 2 への不要光の斜入射を抑制し、混色を防ぐためのものである。隣り合う画素 P 1 の境界部に隔壁 1 6 1 M を設ける場合には、図 1 5 に示したように、貫通電極

16Aを囲む隔壁161Mの膜厚を、貫通電極16Bを囲む隔壁161Mの膜厚よりも小さくして絶縁膜161bの膜厚を確保する。これにより、貫通電極16Aの容量を小さくすることができ、上記実施の形態と同様の効果を得ることができる。

[0089] 隔壁161Mは、例えば遮光性を有する単体金属、金属合金、金属窒化物、および金属シリサイドのうちの少なくとも1種を含む材料からなる。より具体的には、隔壁161Mの構成材料としては、Al（アルミニウム）、Cu（銅）、Co（コバルト）、W（タングステン）、Ti（チタン）、Ta（タンタル）、Ni（ニッケル）、Mo（モリブデン）、Cr（クロム）、Ir（イリジウム）、白金イリジウム、TiN（窒化チタン）またはタングステンシリコン化合物などが挙げられる。なお、隔壁161Mの構成材料は金属材料に限定されず、グラファイトを用いて構成してもよい。また、隔壁161Mは、導電性材料に限定されず、有機材料などの遮光性を有する非導電性材料により構成されていてもよい。隔壁161Mの外側、すなわち、隔壁161Mと固定電荷層13との間には絶縁膜が設けられていてもよい。絶縁膜は、例えばSiO_x（シリコン酸化物）や酸化アルミニウムなどの絶縁材料からなる。あるいは、隔壁161Mと固定電荷層13との間に空隙を設けることで、隔壁161Mと固定電荷層13との絶縁を行うようにしてもよい。この絶縁膜により、隔壁161Mが導電性材料であった場合には、隔壁161Mと半導体基板11との電氣的絶縁性が確保される。

[0090] （2－6．変形例6）

図16および図17は、本開示の変形例6に係る貫通電極16の平面レイアウトの一例を模式的に表したものである。

[0091] 上記実施の形態では、貫通電極16Aおよび貫通電極16Bがとも円形状である例を示したが、これに限定されるものではない。例えば、図16に示したように、貫通電極16Aを略正形状に、貫通電極16Bを円形状にしてもよい。また、例えば、図17に示したように、貫通電極16Aを長円形状に、貫通電極16Bを円形状にしてもよい。

[0092] このように、貫通電極 16A を構成する導電体 161a を囲む絶縁膜 161b の膜厚の一部を貫通電極 16B の絶縁膜 161d の膜厚よりも大きくすることにより、貫通電極 16A の容量を小さくすることができ、上記実施の形態と同様の効果を得ることができる。

[0093] (2-7. 変形例 7)

図 18 は、本開示の変形例 7 に係る光検出装置 1A の断面構成の一例を模式的に表したものである。

[0094] 上記実施の形態では、単位画素 P が、画素 P1 として例えば 1 つの光電変換部 10 と、画素 P2 として 2 行×2 列で配置された 4 つの有機光電変換部 20 とが厚さ方向である Z 軸方向において積層された構造を有する例を示したがこれに限定されるものではない。本変形例の光検出装置 1A は、単位画素 P が、画素 P1 として例えば 1 つの光電変換部 10 と、画素 P2 として 1 つの有機光電変換部 20 とが厚さ方向である Z 軸方向において積層されたものである。この場合、画素 P1 の境界部には、上記実施の形態および変形例 1～6 において説明した 4 つの貫通電極 16A および 4 つの貫通電極 16B が交互に配置される。例えば、図 19A および図 19B に示したように、互いに絶縁膜 161b、161d の膜厚が異なる 4 つの貫通電極 16A および 4 つの貫通電極 16B を交互に配置するようにしてもよい。例えば、貫通電極 16A および 4 つの貫通電極 16B は、図 20 に示したように、互いに比誘電率が異なる 4 つの貫通電極 16A および 4 つの貫通電極 16B を交互に配置するようにしてもよい。

[0095] (2-8. 変形例 8)

図 21 は、本開示の変形例 8 に係る光検出装置 1B の断面構成の一例を模式的に表したものである。

[0096] 上記実施の形態では、有機光電変換部 20 の下部電極が、互いに離間した読出電極 21A、電荷蓄積電極 21B およびシールド電極 21C の 3 つの電極を有する例を示したがこれに限定されるものではない。本変形例の光検出装置 1B は、下部電極 21 が単位画素 P ごとに 1 つの電極からなるものであ

り、下部電極 2 1 と有機光電変換層 2 4 との間の絶縁層 2 2 および半導体層 2 3 が省略されていること以外は、上記光検出装置 1 と同様の構成を有している。

[0097] このように、有機光電変換部 2 0 の構成は上記実施の形態の光検出装置 1 に限定されず、本変形例の有機光電変換部 2 0 の構成としても、上記実施の形態と同様の効果を得ることができる。

[0098] (2-9. 変形例 9)

図 2 2 は、本開示の変形例 9 に係る光検出装置 1 C の断面構成の一例を模式的に表したものである。

[0099] 上記実施の形態では、半導体基板 1 1 の面 1 1 S 1 側に 1 つの有機光電変換部 2 0 が設けられた例を示したがこれに限定されるものではない。本変形例の光検出装置 1 C は、半導体基板 1 1 の面 1 1 S 1 側に、例えば、互いに異なる波長域の光を選択的に検出して光電変換を行う 2 つの有機光電変換部 (有機光電変換部 2 0, 6 0) を積層したものである。

[0100] この場合、有機光電変換部 2 0 の読出電極 2 1 A と半導体基板 1 1 の面 1 1 S 2 に設けられた F D とを電氣的に接続する貫通電極 1 6 A-1 と、有機光電変換部 6 0 の読出電極 6 1 A と半導体基板 1 1 の面 1 1 S 2 に設けられた F D とを電氣的に接続する貫通電極 1 6 A-2 とは、より信号電荷の伝送経路が長くなる貫通電極 1 6 A-2 の容量を小さくする。例えば、図 2 3 に示したように、貫通電極 1 6 A-2 を構成する絶縁膜の膜厚を、貫通電極 1 6 A-1 の絶縁膜の膜厚よりも大きくする。

[0101] なお、半導体基板 1 1 の面 1 1 S 1 側には、例えば、赤色光、緑色光および青色光を選択的に検出して光電変換を行う 3 つの有機光電変換部を積層するようにしてもよい。これにより、カラーフィルタを用いることなく一つの画素において可視光画像および赤外光画像の両方を同時に生成することができる。

[0102] <3. 適用例>

(適用例 1)

上述したような光検出装置 1 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システム、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。

[0103] 図 24 は、電子機器 1000 の構成の一例を表したブロック図である。

[0104] 図 24 に示すように、電子機器 1000 は、光学系 1001、光検出装置 1、DSP (Digital Signal Processor) 1002 を備えており、バス 1008 を介して、DSP 1002、メモリ 1003、表示装置 1004、記録装置 1005、操作系 1006 および電源系 1007 が接続されて構成され、静止画像および動画像を撮像可能である。

[0105] 光学系 1001 は、1 枚または複数枚のレンズを有して構成され、被写体からの入射光（像光）を取り込んで光検出装置 1 の撮像面上に結像するものである。

[0106] 光検出装置 1 は、光学系 1001 によって撮像面上に結像された入射光の光量を画素単位で電気信号に変換して画素信号として DSP 1002 に供給する。

[0107] DSP 1002 は、光検出装置 1 からの信号に対して各種の信号処理を施して画像を取得し、その画像のデータを、メモリ 1003 に一時的に記憶させる。メモリ 1003 に記憶された画像のデータは、記録装置 1005 に記録されたり、表示装置 1004 に供給されて画像が表示されたりする。また、操作系 1006 は、ユーザによる各種の操作を受け付けて電子機器 1000 の各ブロックに操作信号を供給し、電源系 1007 は、電子機器 1000 の各ブロックの駆動に必要な電力を供給する。

[0108] (適用例 2)

図 25A は、光検出装置 1 を備えた光検出システム 2000 の全体構成の一例を模式的に表したものである。図 25B は、光検出システム 2000 の回路構成の一例を表したものである。光検出システム 2000 は、赤外光 L2 を発する光源部としての発光装置 2001 と、光電変換素子を有する受光

部としての有機光電変換部2002とを備えている。有機光電変換部2002としては、上述した光検出装置1を用いることができる。光検出システム2000は、さらに、システム制御部2003、光源駆動部2004、センサ制御部2005、光源側光学系2006およびカメラ側光学系2007を備えていてもよい。

[0109] 有機光電変換部2002は光L1と光L2とを検出することができる。光L1は、外部からの環境光が被写体（測定対象物）2100（図25A）において反射された光である。光L2は発光装置2001において発光されたのち、被写体2100に反射された光である。光L1は例えば可視光であり、光L2は例えば赤外光である。光L1は、有機光電変換部2002における光電変換部において検出可能であり、光L2は、有機光電変換部2002における光電変換領域において検出可能である。光L1から被写体2100の画像情報を獲得し、光L2から被写体2100と光検出システム2000との間の距離情報を獲得することができる。光検出システム2000は、例えば、スマートフォン等の電子機器や車等の移動体に搭載することができる。発光装置2001は例えば、半導体レーザ、面発光半導体レーザ、垂直共振器型面発光レーザ（VCSEL）で構成することができる。発光装置2001から発光された光L2の有機光電変換部2002による検出方法としては、例えばiTOF方式を採用することができるが、これに限定されることはない。iTOF方式では、光電変換部は、例えば光飛行時間（Time-of-Flight；TOF）により被写体2100との距離を測定することができる。発光装置2001から発光された光L2の有機光電変換部2002による検出方法としては、例えば、ストラクチャード・ライト方式やステレオビジョン方式を採用することもできる。例えばストラクチャード・ライト方式では、あらかじめ定められたパターンの光を被写体2100に投影し、そのパターンのひずみ具合を解析することによって光検出システム2000と被写体2100との距離を測定することができる。また、ステレオビジョン方式においては、例えば2以上のカメラを用い、被写体2100を2以上の異なる視点

から見た２以上の画像を取得することで光検出システム２０００と被写体との距離を測定することができる。なお、発光装置２００１と有機光電変換部２００２とは、システム制御部２００３によって同期制御することができる。

[0110] ＜４．応用例＞

（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２６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。

[0112] 図２６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。

[0113] 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。

[0114] 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 1 1 1 0 0 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。

[0115] カメラヘッド 1 1 1 0 2 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） 1 1 2 0 1 に送信される。

[0116] CCU 1 1 2 0 1 は、CPU（Central Processing Unit）やGPU（Graphics Processing Unit）等によって構成され、内視鏡 1 1 1 0 0 及び表示装置 1 1 2 0 2 の動作を統括的に制御する。さらに、CCU 1 1 2 0 1 は、カメラヘッド 1 1 1 0 2 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。

[0117] 表示装置 1 1 2 0 2 は、CCU 1 1 2 0 1 からの制御により、当該CCU 1 1 2 0 1 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。

[0118] 光源装置 1 1 2 0 3 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 1 1 1 0 0 に供給する。

[0119] 入力装置 1 1 2 0 4 は、内視鏡手術システム 1 1 0 0 0 に対する入力インタフェースである。ユーザは、入力装置 1 1 2 0 4 を介して、内視鏡手術システム 1 1 0 0 0 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 1 1 1 0 0 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。

[0120] 処置具制御装置 1 1 2 0 5 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 1 1 1 1 2 の駆動を制御する。気腹装置 1 1 2 0 6 は、内視鏡 1 1 1 0 0 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 1 1 1 3 2 の体腔を膨らめるために、気腹チューブ 1 1 1 1 1 を介して当

該体腔内にガスを送り込む。レコーダ 1 1 2 0 7 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 1 1 2 0 8 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。

[0121] なお、内視鏡 1 1 1 0 0 に術部を撮影する際の照射光を供給する光源装置 1 1 2 0 3 は、例えば L E D、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。R G B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 1 1 2 0 3 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、R G B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 1 1 1 0 2 の撮像素子の駆動を制御することにより、R G B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。

[0122] また、光源装置 1 1 2 0 3 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 1 1 1 0 2 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。

[0123] また、光源装置 1 1 2 0 3 は、特殊光観察に対応した所定の波長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（Narrow 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。

[0124] 図 27 は、図 26 に示すカメラヘッド 11102 及び CCU 11201 の機能構成の一例を示すブロック図である。

[0125] 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。CCU 11201 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 CCU 11201 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。

[0126] 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。

[0127] 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。

[0128] 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。

[0129] 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。

[0130] 通信部 11404 は、CCU 11201 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 CCU 11201 に送信する。

[0131] また、通信部 11404 は、CCU 11201 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。

[0132] 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 CCU 11201 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。

[0133] カメラヘッド制御部 11405 は、通信部 11404 を介して受信した CCU 11201 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。

[0134] 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。

[0135] 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。

[0136] 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。

[0137] 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。

[0138] 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。

[0139] カメラヘッド 11102 及び CCU 11201 を接続する伝送ケーブル 11400 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。

[0140] 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 CCU 11201 との間の通信は無線で行われてもよい。

[0141] 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、撮像部 1 1 4 0 2 に適用され得る。撮像部 1 1 4 0 2 に本開示に係る技術を適用することにより、検出精度が向上する。

[0142] 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。

[0143] (移動体への応用例)

本開示に係る技術は、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、建設機械、農業機械（トラクター）など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。

[0144] 図 2 8 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。

[0145] 車両制御システム 1 2 0 0 0 は、通信ネットワーク 1 2 0 0 1 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 2 8 に示した例では、車両制御システム 1 2 0 0 0 は、駆動系制御ユニット 1 2 0 1 0、ボディ系制御ユニット 1 2 0 2 0、車外情報検出ユニット 1 2 0 3 0、車内情報検出ユニット 1 2 0 4 0、及び統合制御ユニット 1 2 0 5 0 を備える。また、統合制御ユニット 1 2 0 5 0 の機能構成として、マイクロコンピュータ 1 2 0 5 1、音声画像出力部 1 2 0 5 2、及び車載ネットワーク I / F (interface) 1 2 0 5 3 が図示されている。

[0146] 駆動系制御ユニット 1 2 0 1 0 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 1 2 0 1 0 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。

- [0147] 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inker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。
- [0148] 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。
- [0149] 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。
- [0150] 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。

[0151] 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 A D A S (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。

[0152] 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。

[0153] 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。

[0154] 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 28 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もよい。

[0155] 図 29 は、撮像部 12031 の設置位置の例を示す図である。

[0156] 図 29 では、撮像部 12031 として、撮像部 12101, 12102,

12103, 12104, 12105を有する。

[0157] 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。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。

[0158] なお、図29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。

[0159] 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。

[0160] 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、この距離の時間的变化（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、0 km/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。

[0161] 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。

[0162] 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どう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 1 2 0 6 2 を制御する。また、音声画像出力部 1 2 0 5 2 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 1 2 0 6 2 を制御してもよい。

[0163] 以上、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、撮像部 1 2 0 3 1 に適用され得る。具体的には、上記実施の形態およびその変形例に係る光検出装置（例えば、光検出装置 1）は、撮像部 1 2 0 3 1 に適用することができる。撮像部 1 2 0 3 1 に本開示に係る技術を適用することにより、ノイズの少ない高精細な撮影画像を得ることができるので、移動体制御システムにおいて撮影画像を利用した高精度な制御を行うことができる。

[0164] 以上、実施の形態および変形例 1 ～ 9 ならびにそれらの適用例もしくは応用例（以下、実施の形態等という。）を挙げて本開示を説明したが、本開示は上記実施の形態等に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば本開示は、裏面照射型イメージセンサに限定されるものではなく、表面照射型イメージセンサにも適用可能である。

[0165] また、上記実施の形態では、赤色、緑色および青色の C F 5 3 をそれぞれ備え、赤色光、緑色光および青色光をそれぞれ受光してカラーの可視光画像を取得するようにしたが、C F 5 3 を設けずに白黒の可視光画像を取得するようにしてもよい。

[0166] 更に、本開示の撮像装置は、撮像部と信号処理部または光学系とがまとめてパッケージングされたモジュールの形態をなしていてもよい。

[0167] また、上記実施の形態等では、光学レンズ系を介して撮像面上に結像された入射光の光量を画素単位で電気信号に変換して画素信号として出力する固体撮像装置、およびそれに搭載される撮像素子を例示して説明するようにしたが、本開示の光電変換素子は、そのような撮像素子に限定されるものではない。例えば被写体からの光を検出して受光し、受光量に応じた電荷を光電変換により生成し、蓄積するものであればよい。出力される信号は画像情報の信号でもよいし、測距情報の信号でもよい。

[0168] 更にまた、上記実施の形態等では、第2の光電変換部としての光電変換部10がiTOFセンサである場合を例示して説明するようにしたが、本開示はこれに限定されない。すなわち、第2の光電変換部は、赤外光域の波長を有する光を検出するものに限定されず、他の波長域の波長光を検出するものであってもよい。また、光電変換部10がiTOFセンサではない場合、転送トランジスタ(TG)は1つのみ設けるようにしてもよい。

[0169] また、本開示の光電変換素子の各構成要素の構成材料は、上記実施の形態等において挙げた材料に限定されるものではない。例えば第1の光電変換部もしくは第2の光電変換部が可視光領域の光を受光して光電変換を行う場合には、第1の光電変換部もしくは第2の光電変換部が量子ドットを含むようにしてもよい。

[0170] なお、本明細書中に記載された効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、また、他の効果があってもよい。

[0171] なお、本技術は以下のような構成を取ることも可能である。以下の構成の本技術によれば、

(1)

対向する第1の面および第2の面を有する半導体基板と、

前記半導体基板の第1の面側に設けられ、第1の波長域の光を検出して光電変換を行う第1の光電変換部と、

前記半導体基板の前記第2の面に設けられ、前記第1の光電変換部において生じた信号電荷を蓄積する第1の浮遊拡散層と、

前記半導体基板の前記第1の面と前記第2の面との間を貫通する第1の導電体および前記第1の導電体を囲む第1の絶縁膜を含み、前記第1の光電変換部と前記第1の浮遊拡散層とを電氣的に接続する第1の貫通電極と、

前記半導体基板の前記第1の面と前記第2の面との間を貫通する第2の導電体および前記第2の導電体を囲むと共に、少なくとも一部の膜厚が前記第1の絶縁膜の膜厚よりも薄い第2の絶縁膜を含み、前記第1の光電変換部と前記半導体基板の前記第2の面に設けられた前記第1の浮遊拡散層以外の能

動素子とを電氣的に接続する第2の貫通電極と
を備えた光検出装置。

(2)

前記第1の貫通電極の直径は、前記第2の貫通電極の直径よりも大きい、
前記(1)に記載の光検出装置。

(3)

前記第1の絶縁膜の膜厚は、前記第2の絶縁膜の膜厚よりも厚い、前記(1)
または(2)に記載の光検出装置。

(4)

前記第1の導電体の直径は、前記第2の導電体の直径よりも小さい、前記
(1)乃至(3)のうちのいずれか1つに記載の光検出装置。

(5)

前記第1の貫通電極は、前記第1の面側と前記第2の面側とで異なる直径
を有する、前記(1)乃至(4)のうちのいずれか1つに記載の光検出装置
。

(6)

前記第1の貫通電極は、テーパ状の断面形状を有する、前記(1)乃至(5)
のうちのいずれか1つに記載の光検出装置。

(7)

前記第1の貫通電極および前記第2の貫通電極の平面形状を互いに異なる
、前記(1)乃至(6)のうちのいずれか1つに記載の光検出装置。

(8)

前記第1の貫通電極は円形または多角形の平面形状を有する、前記(1)
乃至(7)のうちのいずれか1つに記載の光検出装置。

(9)

前記導電体は、金属材料または導電性材料からなる、前記(1)乃至(8)
のうちのいずれか1つに記載の光検出装置。

(10)

前記絶縁膜は、誘電体材料からなる、前記（１）乃至（９）のうちのいずれか１つに記載の光検出装置。

（１１）

前記第１の貫通電極を囲む第１の隔壁および前記第２の貫通電極を囲む第２の隔壁をさらに有し、

前記第２の隔壁の膜厚は、前記第１の隔壁の膜厚よりも厚い、前記（１）乃至（１０）のうちのいずれか１つに記載の光検出装置。

（１２）

前記第１の隔壁および前記第２の隔壁は、遮光性を有する金属材料または導電性材料からなる、前記（１１）に記載の光検出装置。

（１３）

平面視において、前記第１の光電変換部と重なる前記半導体基板内に設けられ、第２の波長域の光を検出して光電変換を行う第２の光電変換部をさらに有する、前記（１）乃至（１２）のうちのいずれか１つに記載の光検出装置。

（１４）

前記半導体基板は行列状に配列された複数の画素を備え、

前記第２の光電変換部は前記画素毎に設けられており、

前記第１の貫通電極および前記第２の貫通電極は、隣り合う前記画素の境界部に設けられている、前記（１３）に記載の光検出装置。

（１５）

前記画素は略正形状を有し、

前記第１の貫通電極は、前記画素の四隅に設けられている、前記（１４）に記載の光検出装置。

（１６）

前記第１の波長域は可視光域を含み、前記第２の波長域は赤外光域を含む、前記（１）乃至（）のうちのいずれか１つに記載の光検出装置。

（１７）

前記半導体基板の前記第 1 の面と前記第 1 の光電変換部との間に設けられ、第 3 の波長域の光を検出して光電変換を行う第 3 の光電変換部をさらに有する、前記 (13) 乃至 (16) のうちのいずれか 1 つに記載の光検出装置。

(18)

前記半導体基板の前記第 2 の面に設けられ、前記第 3 の光電変換部において生じた信号電荷を蓄積する第 2 の浮遊拡散層と、

前記第 3 の光電変換部と前記第 2 の浮遊拡散層とを電氣的に接続する第 3 の貫通電極とをさらに有し、

前記第 1 の貫通電極の長さ当たりの容量は、前記第 3 の貫通電極の長さ当たりの容量よりも小さい、前記 (17) に記載の光検出装置。

(19)

対向する第 1 の面および第 2 の面を有する半導体基板と、

前記半導体基板の第 1 の面側に設けられ、第 1 の波長域の光を検出して光電変換を行う第 1 の光電変換部と、

前記半導体基板の前記第 2 の面に設けられ、前記第 1 の光電変換部において生じた信号電荷を蓄積する浮遊拡散層と、

前記半導体基板の前記第 1 の面と前記第 2 の面との間を貫通する第 1 の導電体および前記第 1 の導電体を囲む第 1 の絶縁膜を含み、前記第 1 の光電変換部と前記浮遊拡散層とを電氣的に接続する第 1 の貫通電極と、

前記半導体基板の前記第 1 の面と前記第 2 の面との間を貫通する第 2 の導電体および前記第 2 の導電体を囲むと共に前記第 1 の絶縁膜よりも大きな比誘電率を有する第 2 の絶縁膜を含み、前記第 1 の光電変換部と前記半導体基板の前記第 2 の面に設けられた前記第 1 の浮遊拡散層以外の能動素子とを電氣的に接続する第 2 の貫通電極と

を備えた光検出装置。

[0172] 本出願は、日本国特許庁において 2023 年 8 月 15 日に出願された日本特許出願番号 2023-132216 号を基礎として優先権を主張するもので

あり、この出願のすべての内容を参照によって本出願に援用する。

[0173] 当業者であれば、設計上の要件や他の要因に応じて、種々の修正、コンビネーション、サブコンビネーション、および変更を想到し得るが、それらは添付の請求の範囲やその均等物の範囲に含まれるものであることが理解される。

請求の範囲

- [請求項1] 対向する第1の面および第2の面を有する半導体基板と、
前記半導体基板の第1の面側に設けられ、第1の波長域の光を検出して光電変換を行う第1の光電変換部と、
前記半導体基板の前記第2の面に設けられ、前記第1の光電変換部において生じた信号電荷を蓄積する第1の浮遊拡散層と、
前記半導体基板の前記第1の面と前記第2の面との間を貫通する第1の導電体および前記第1の導電体を囲む第1の絶縁膜を含み、前記第1の光電変換部と前記第1の浮遊拡散層とを電気的に接続する第1の貫通電極と、
前記半導体基板の前記第1の面と前記第2の面との間を貫通する第2の導電体および前記第2の導電体を囲むと共に、少なくとも一部の膜厚が前記第1の絶縁膜の膜厚よりも薄い第2の絶縁膜を含み、前記第1の光電変換部と前記半導体基板の前記第2の面に設けられた前記第1の浮遊拡散層以外の能動素子とを電気的に接続する第2の貫通電極と
を備えた光検出装置。
- [請求項2] 前記第1の貫通電極の直径は、前記第2の貫通電極の直径よりも大きい、請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項3] 前記第1の絶縁膜の膜厚は、前記第2の絶縁膜の膜厚よりも厚い、請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項4] 前記第1の導電体の直径は、前記第2の導電体の直径よりも小さい、請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項5] 前記第1の貫通電極は、前記第1の面側と前記第2の面側とで異なる直径を有する、請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項6] 前記第1の貫通電極は、テーパ状の断面形状を有する、請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項7] 前記第1の貫通電極および前記第2の貫通電極の平面形状を互いに

異なる、請求項 1 に記載の光検出装置。

[請求項8] 前記第 1 の貫通電極は円形または多角形の平面形状を有する、請求項 1 に記載の光検出装置。

[請求項9] 前記導電体は、金属材料または導電性材料からなる、請求項 1 に記載の光検出装置。

[請求項10] 前記絶縁膜は、誘電体材料からなる、請求項 1 に記載の光検出装置。

[請求項11] 前記第 1 の貫通電極を囲む第 1 の隔壁および前記第 2 の貫通電極を囲む第 2 の隔壁をさらに有し、

前記第 2 の隔壁の膜厚は、前記第 1 の隔壁の膜厚よりも厚い、請求項 1 に記載の光検出装置。

[請求項12] 前記第 1 の隔壁および前記第 2 の隔壁は、遮光性を有する金属材料または導電性材料からなる、請求項 1 に記載の光検出装置。

[請求項13] 平面視において、前記第 1 の光電変換部と重なる前記半導体基板内に設けられ、第 2 の波長域の光を検出して光電変換を行う第 2 の光電変換部をさらに有する、請求項 1 に記載の光検出装置。

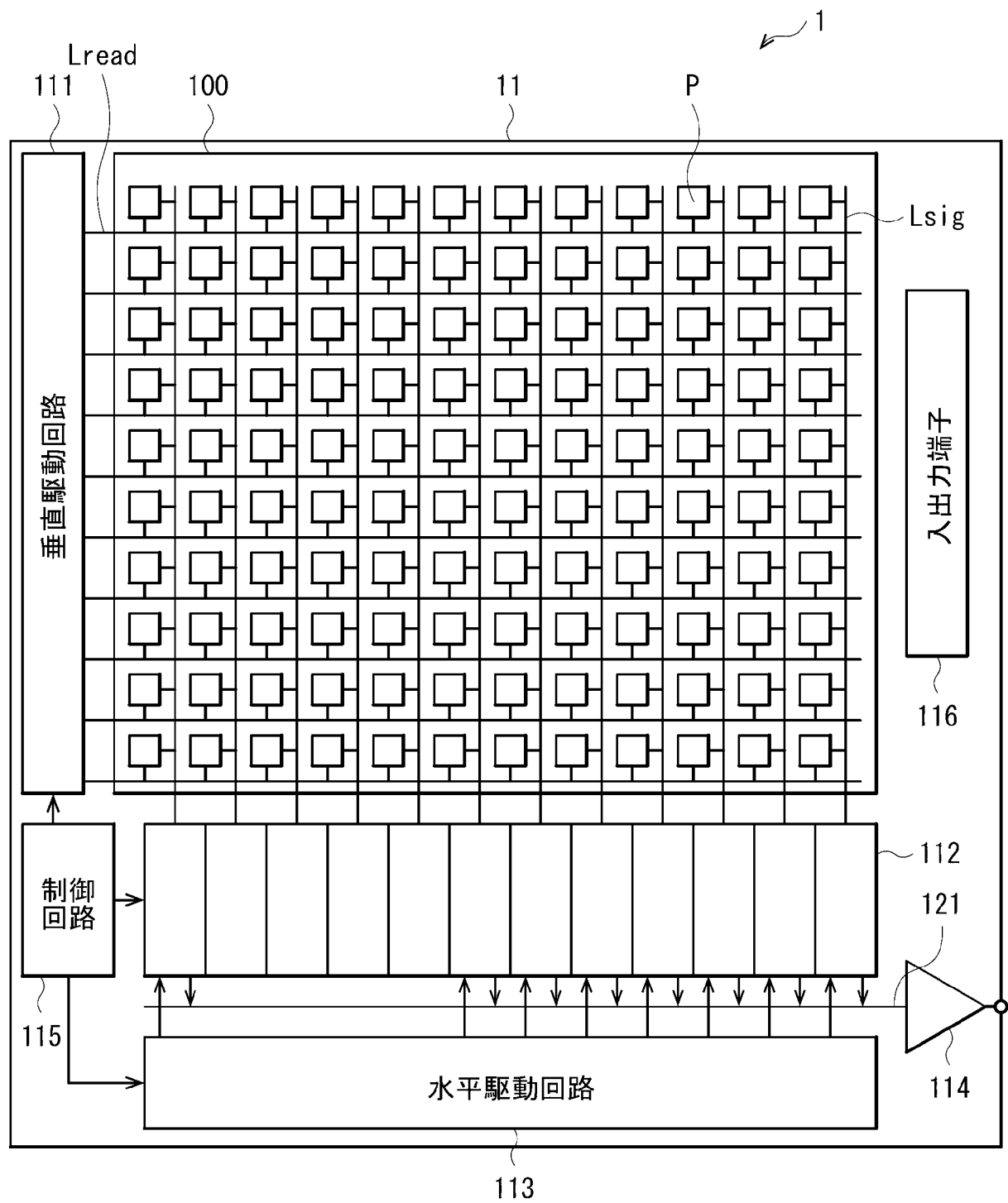
[請求項14] 前記半導体基板は行列状に配列された複数の画素を備え、
前記第 2 の光電変換部は前記画素毎に設けられており、
前記第 1 の貫通電極および前記第 2 の貫通電極は、隣り合う前記画素の境界部に設けられている、請求項 1 に記載の光検出装置。

[請求項15] 前記画素は略正形状を有し、
前記第 1 の貫通電極は、前記画素の四隅に設けられている、請求項 1 に記載の光検出装置。

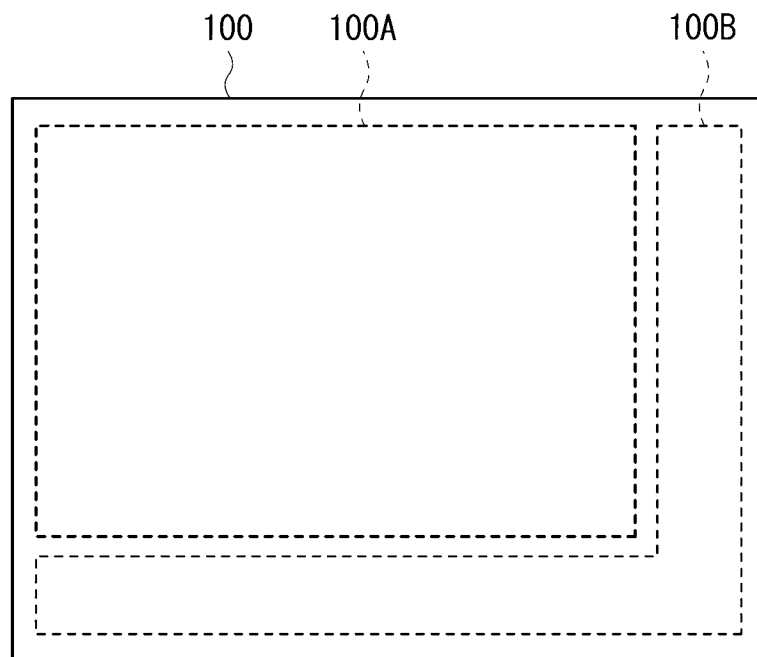
[請求項16] 前記第 1 の波長域は可視光域を含み、前記第 2 の波長域は赤外光域を含む、請求項 1 に記載の光検出装置。

[請求項17] 前記半導体基板の前記第 1 の面と前記第 1 の光電変換部との間に設けられ、第 3 の波長域の光を検出して光電変換を行う第 3 の光電変換部をさらに有する、請求項 1 に記載の光検出装置。

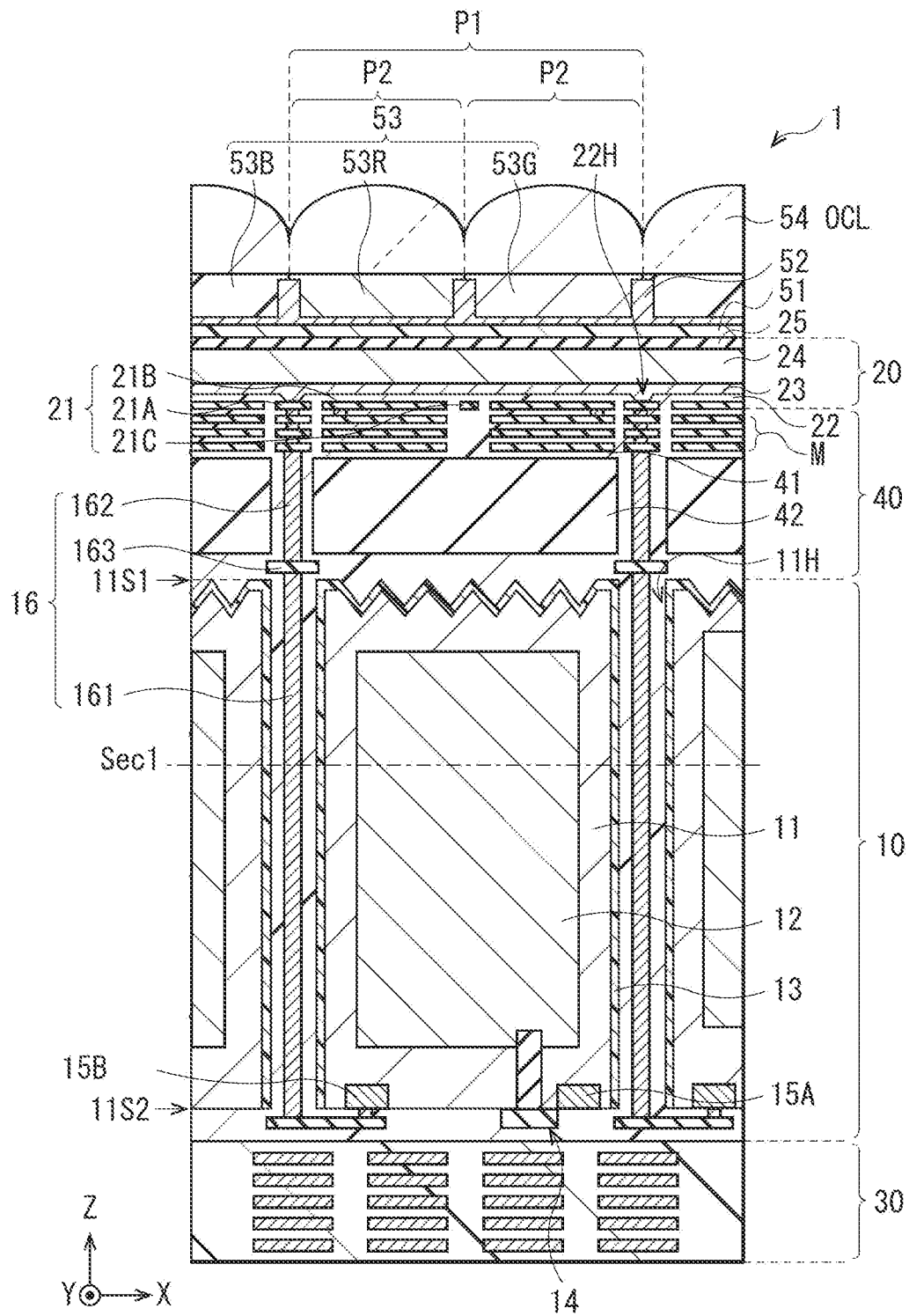
- [請求項18] 前記半導体基板の前記第2の面に設けられ、前記第3の光電変換部において生じた信号電荷を蓄積する第2の浮遊拡散層と、
- 前記第3の光電変換部と前記第2の浮遊拡散層とを電氣的に接続する第3の貫通電極とをさらに有し、
- 前記第1の貫通電極の長さ当たりの容量は、前記第3の貫通電極の長さ当たりの容量よりも小さい、請求項17に記載の光検出装置。
- [請求項19] 対向する第1の面および第2の面を有する半導体基板と、
- 前記半導体基板の第1の面側に設けられ、第1の波長域の光を検出して光電変換を行う第1の光電変換部と、
- 前記半導体基板の前記第2の面に設けられ、前記第1の光電変換部において生じた信号電荷を蓄積する浮遊拡散層と、
- 前記半導体基板の前記第1の面と前記第2の面との間を貫通する第1の導電体および前記第1の導電体を囲む第1の絶縁膜を含み、前記第1の光電変換部と前記浮遊拡散層とを電氣的に接続する第1の貫通電極と、
- 前記半導体基板の前記第1の面と前記第2の面との間を貫通する第2の導電体および前記第2の導電体を囲むと共に前記第1の絶縁膜よりも大きな比誘電率を有する第2の絶縁膜を含み、前記第1の光電変換部と前記半導体基板の前記第2の面に設けられた前記第1の浮遊拡散層以外の能動素子とを電氣的に接続する第2の貫通電極と
- を備えた光検出装置。



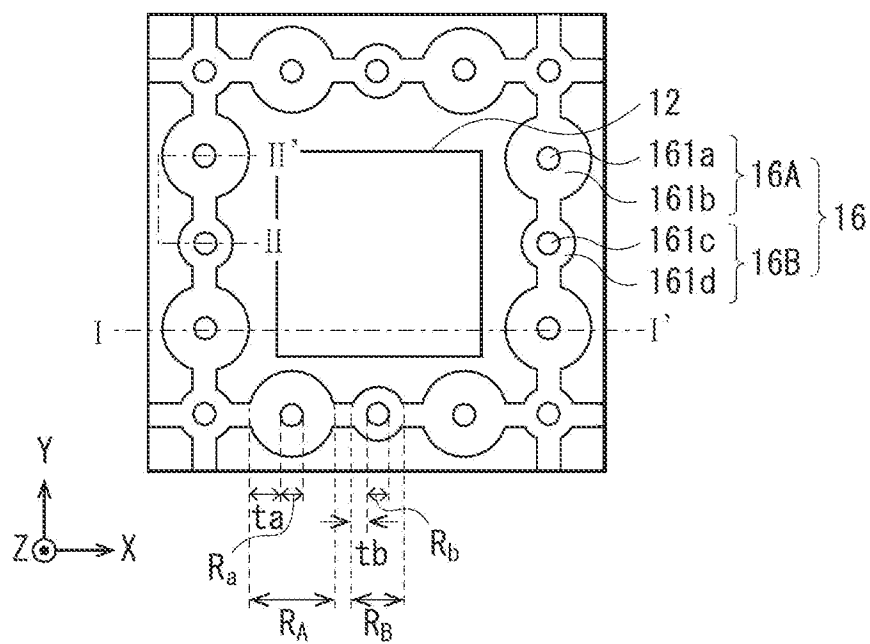
[図1B]



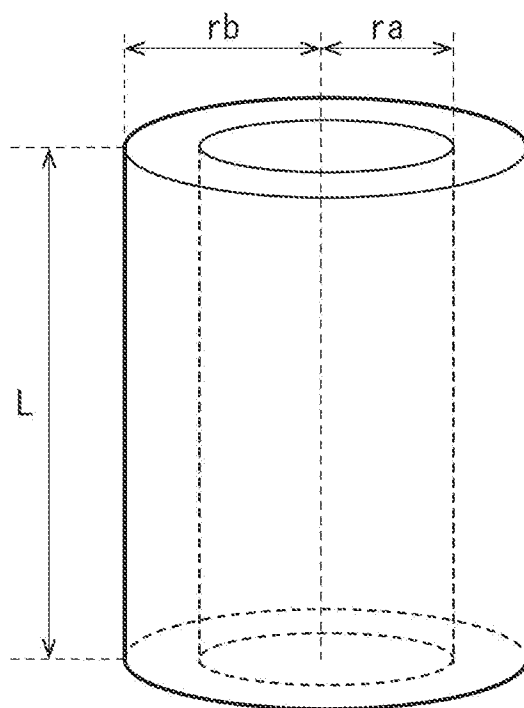
[図2A]



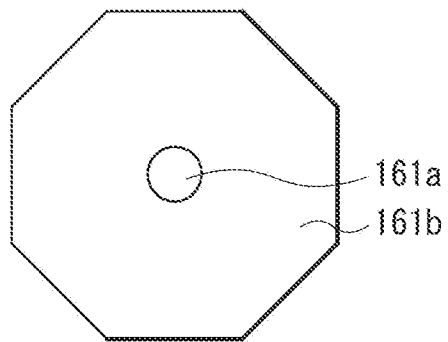
[図2B]



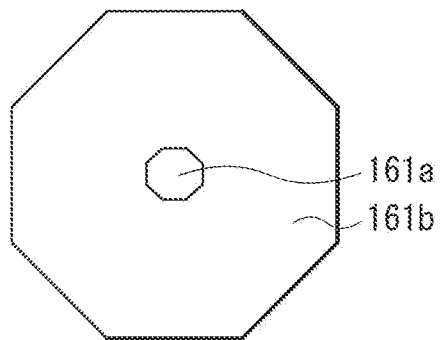
[図3]



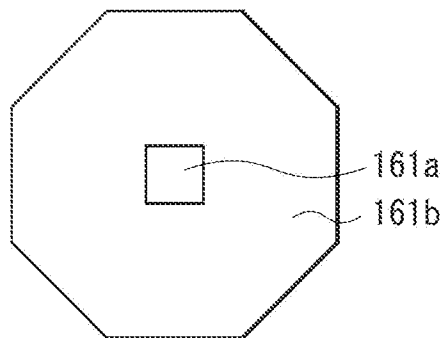
[図4A]



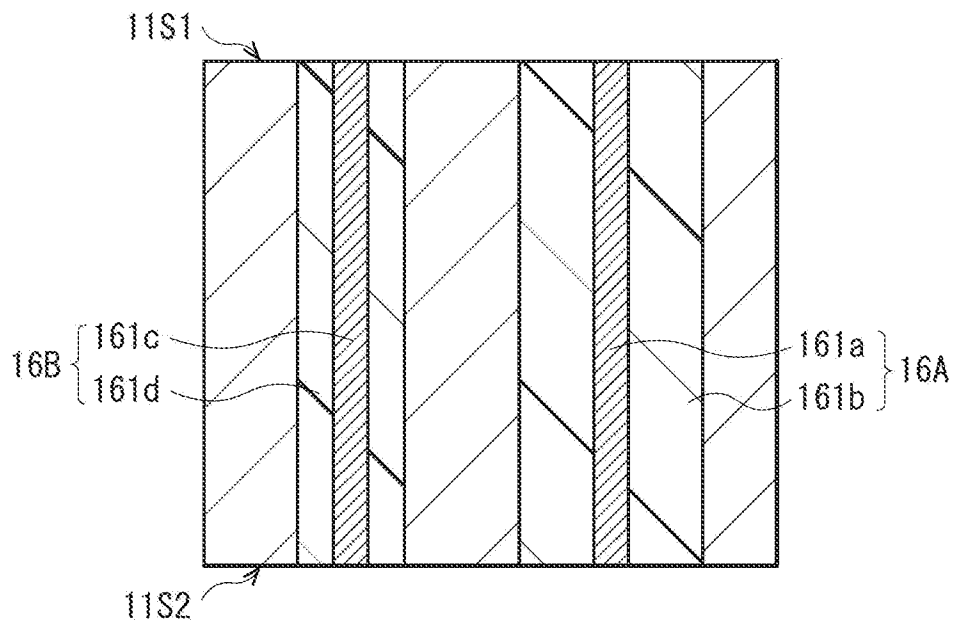
[図4B]



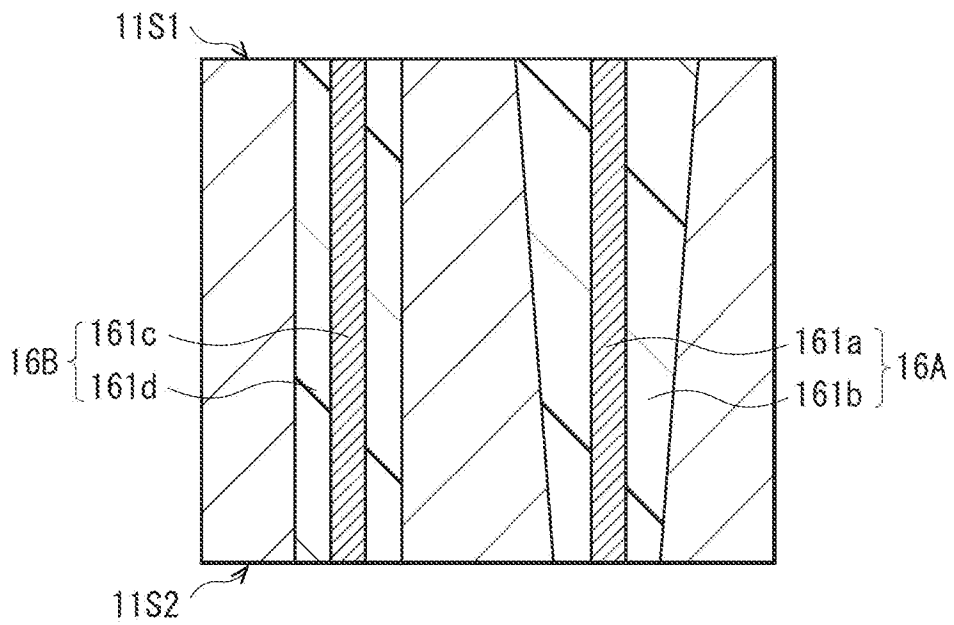
[図4C]



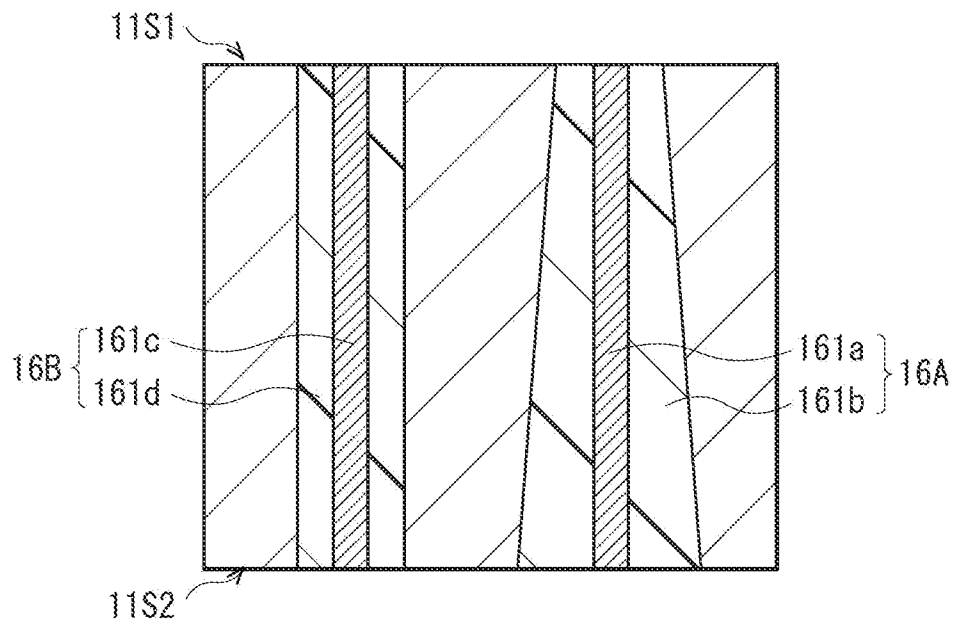
[図5A]



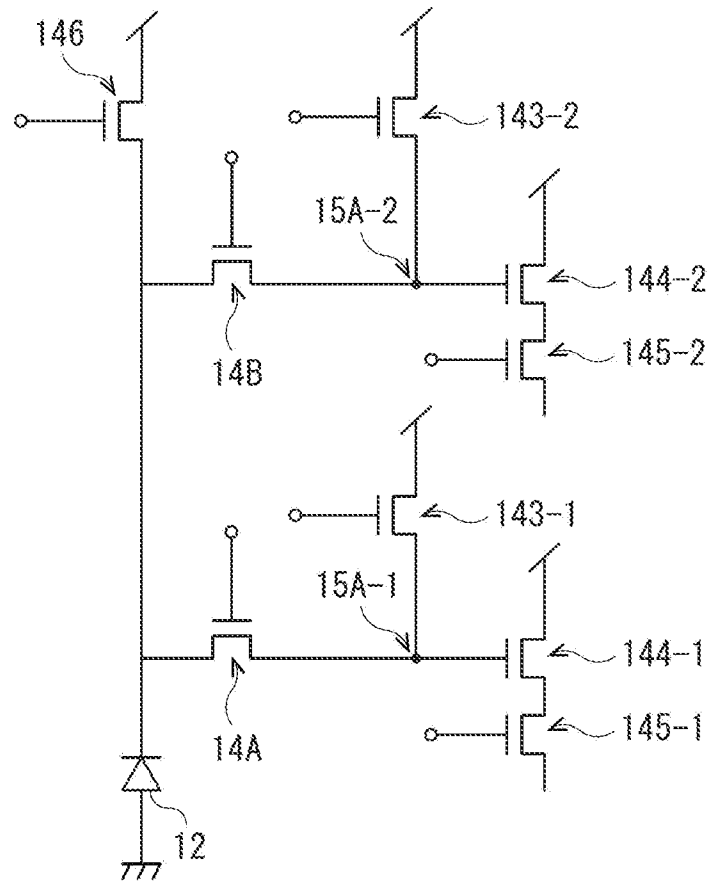
[図5B]



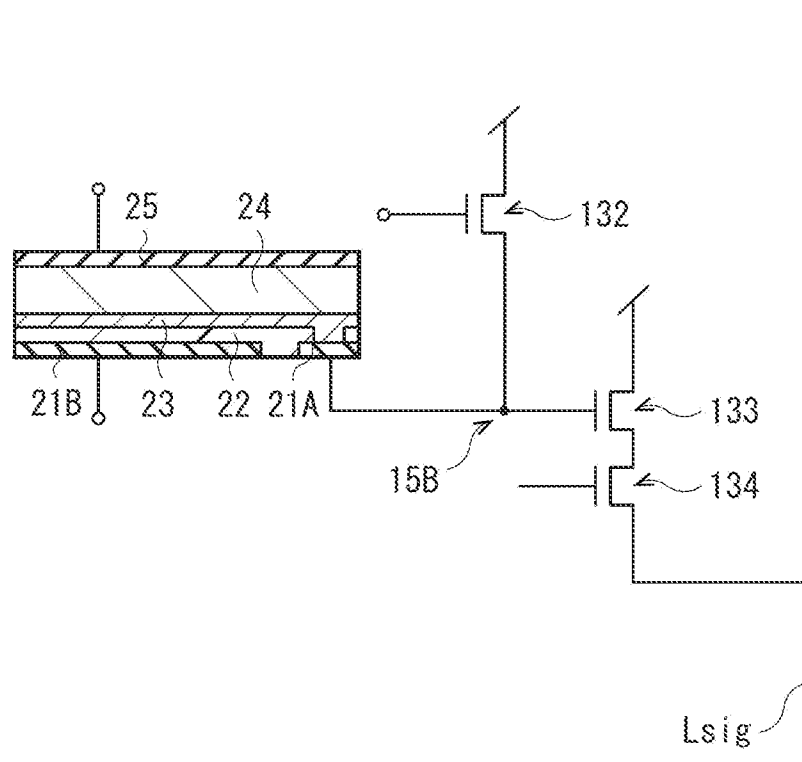
[図5C]



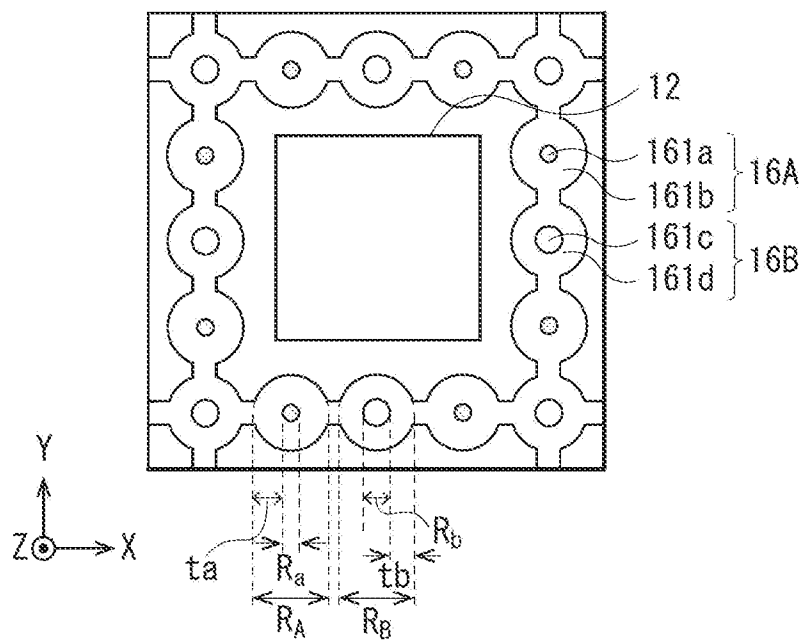
[図6]



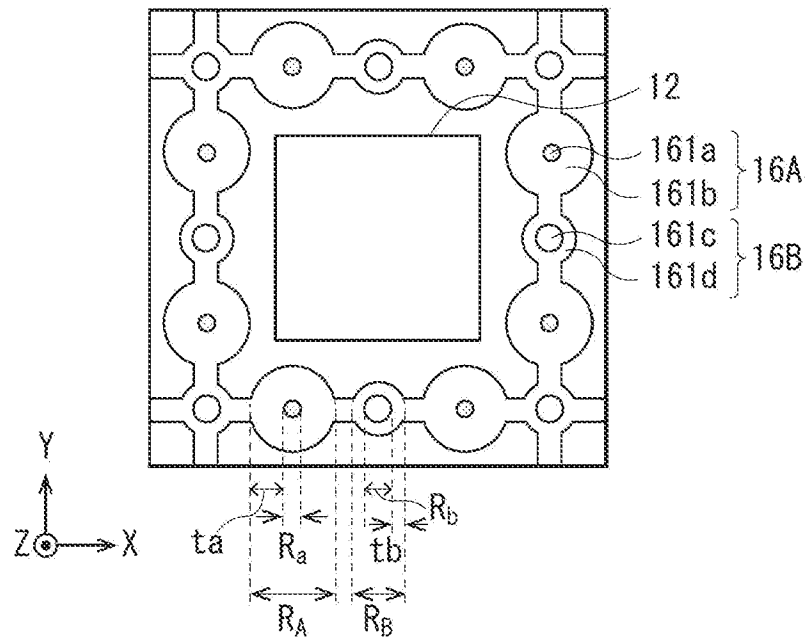
[図7]



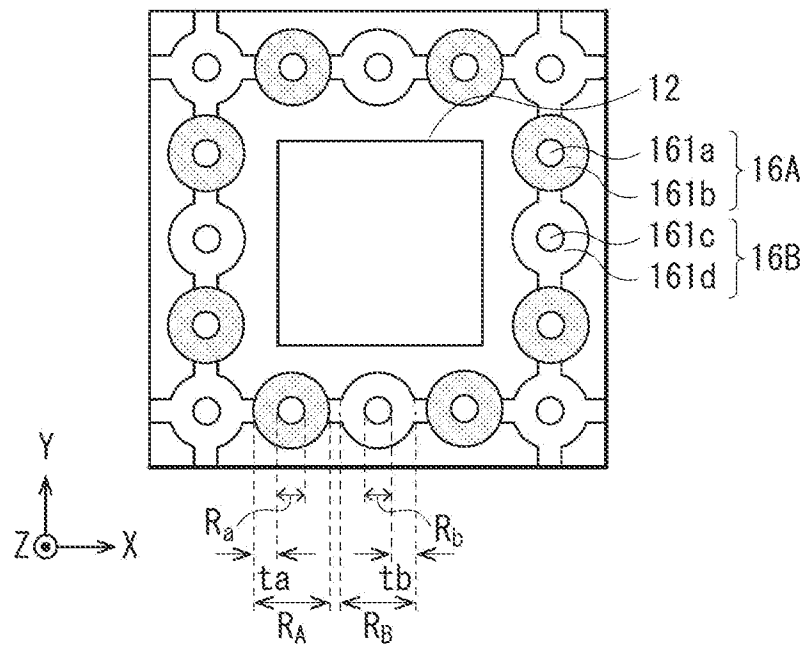
[図8]



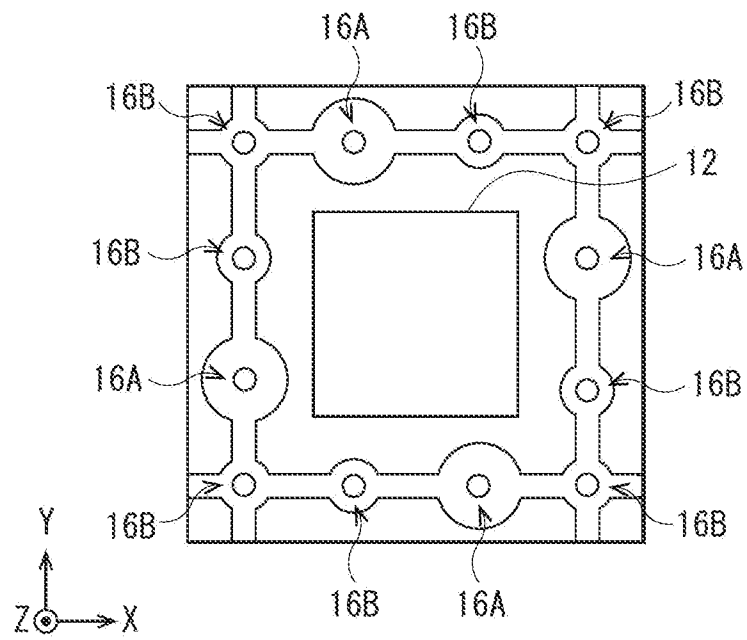
[図9]



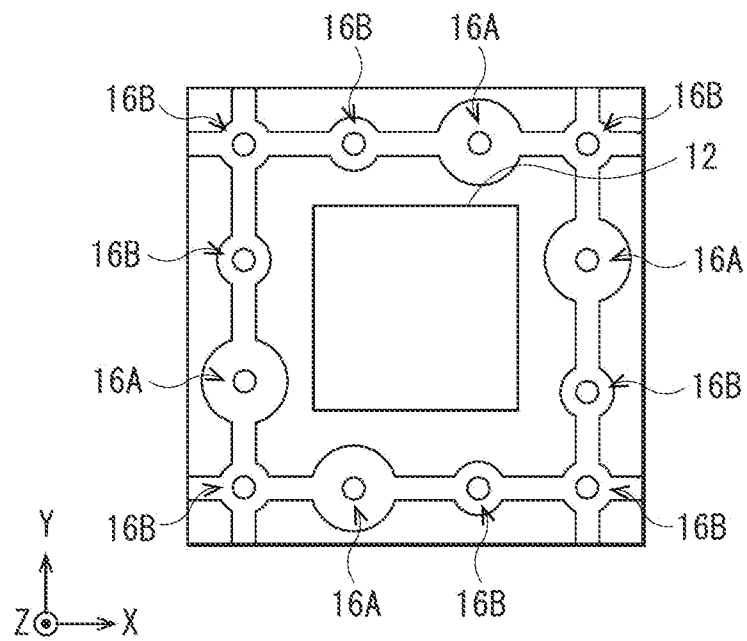
[図10]



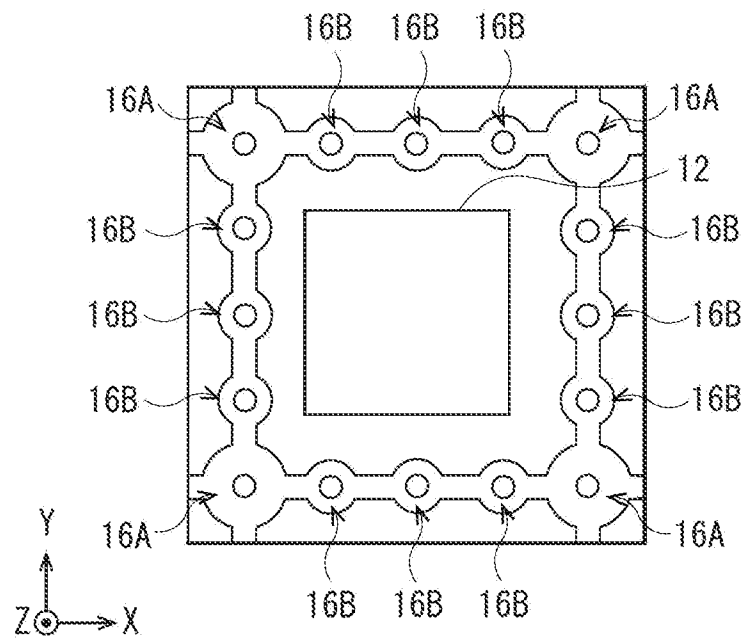
[図11]



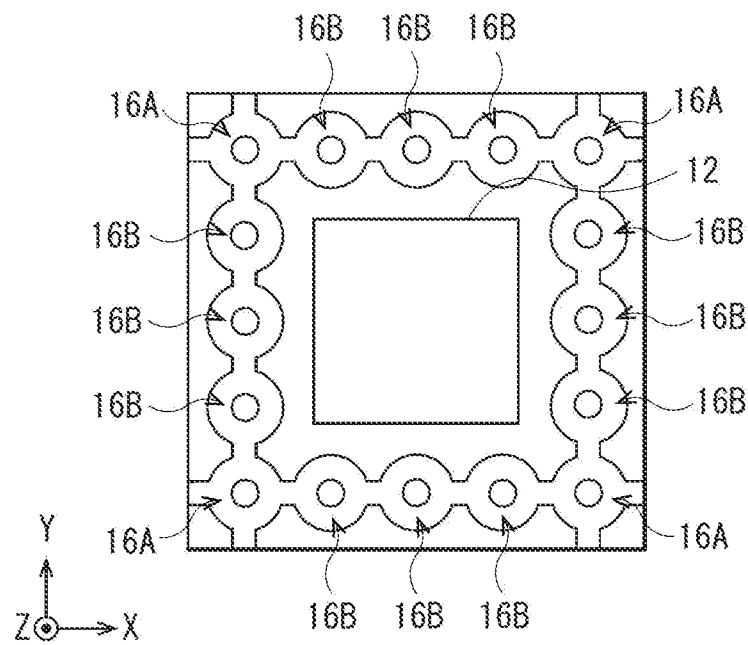
[図12]



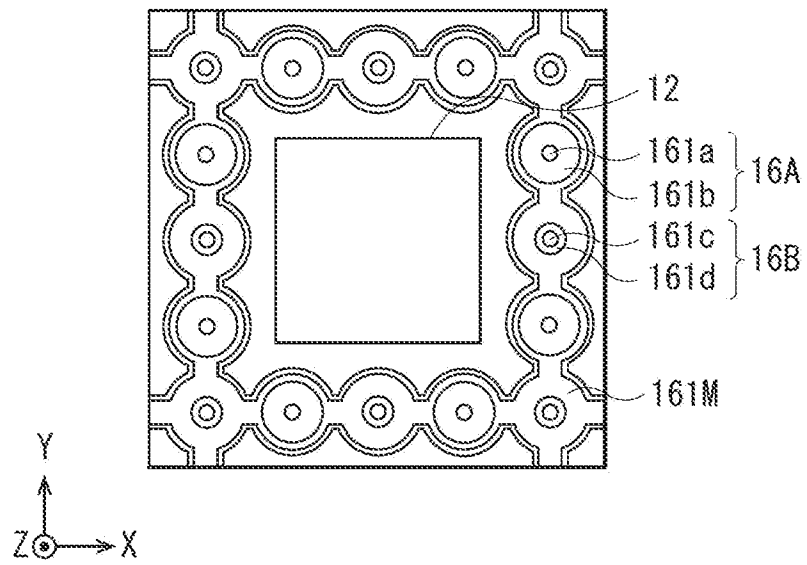
[図13]



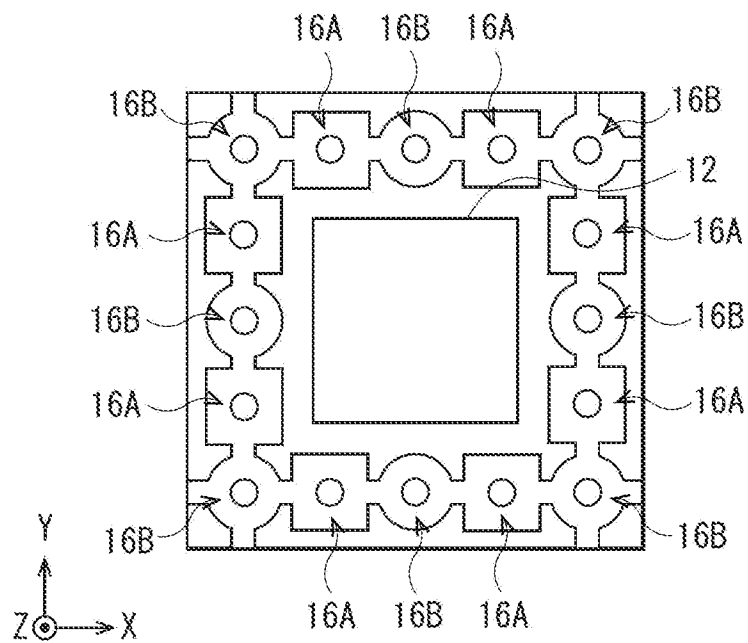
[図14]



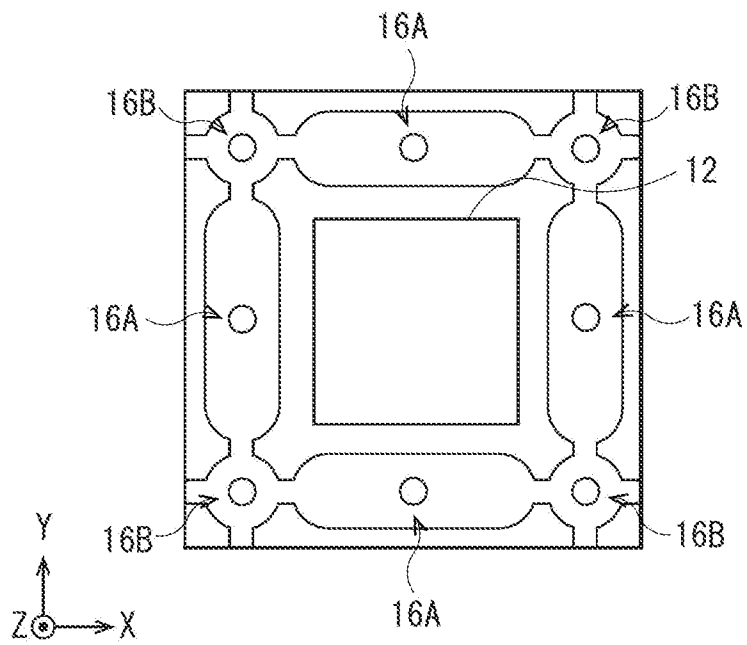
[図15]



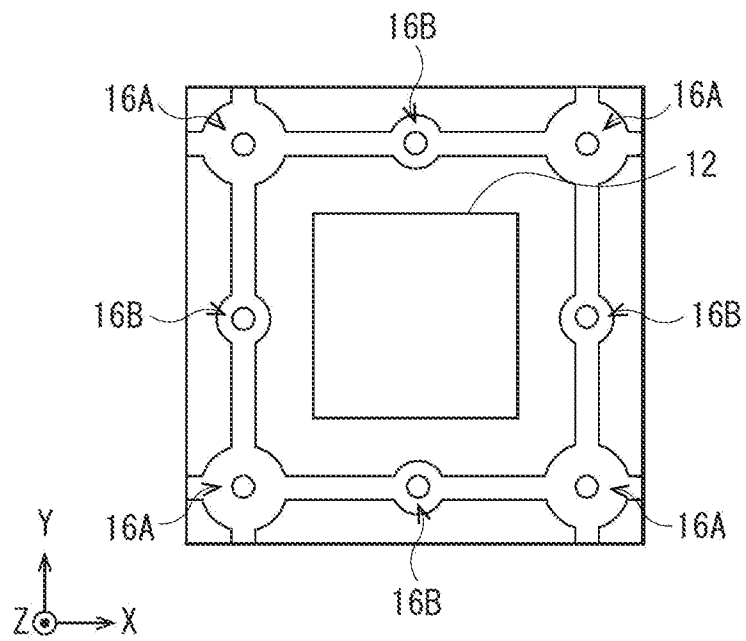
[図16]



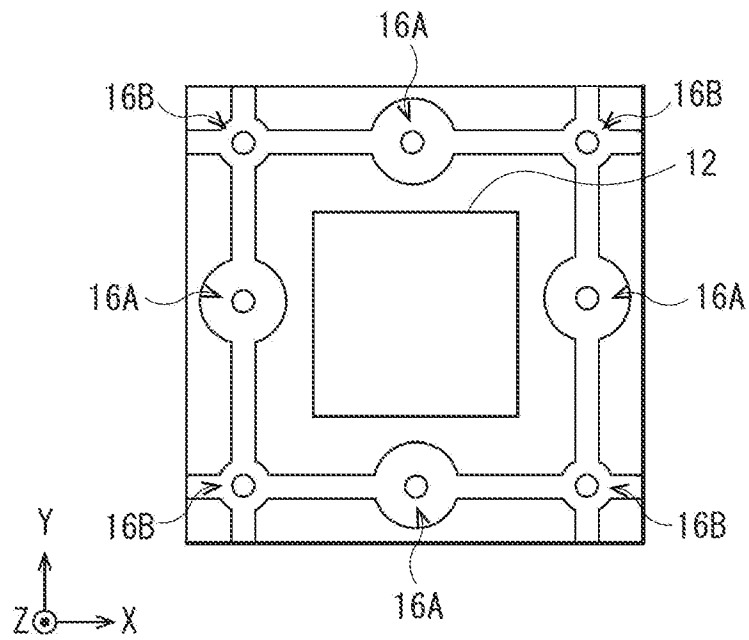
[図17]



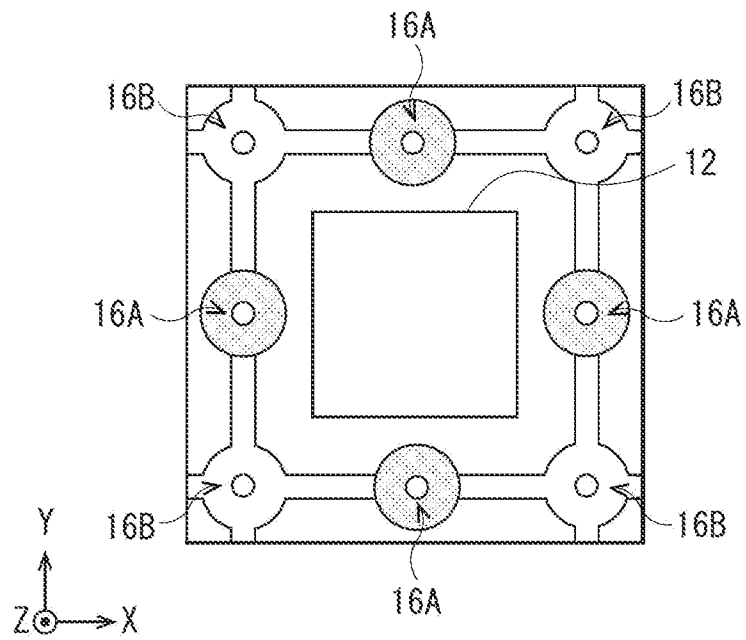
[図19A]



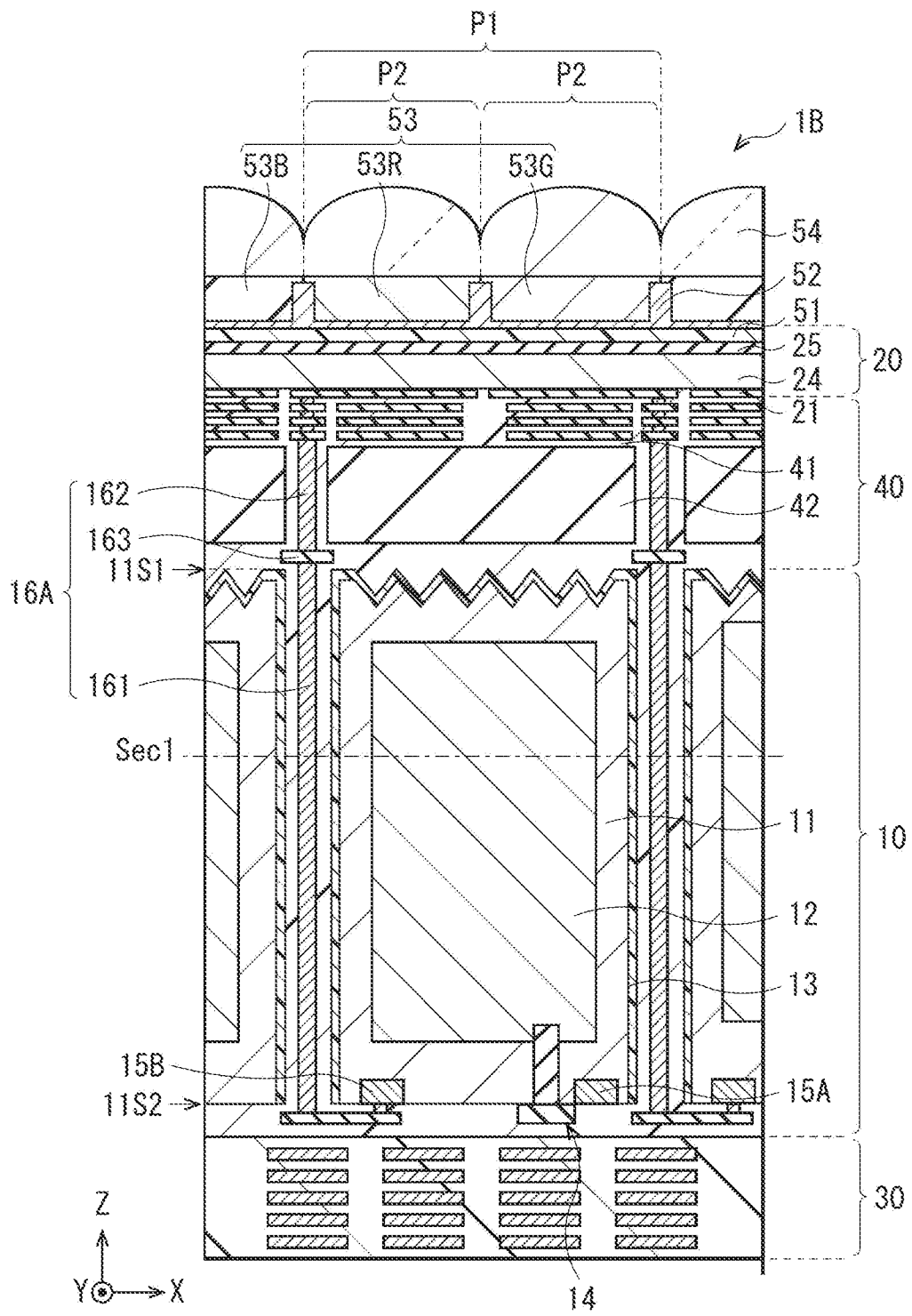
[図19B]



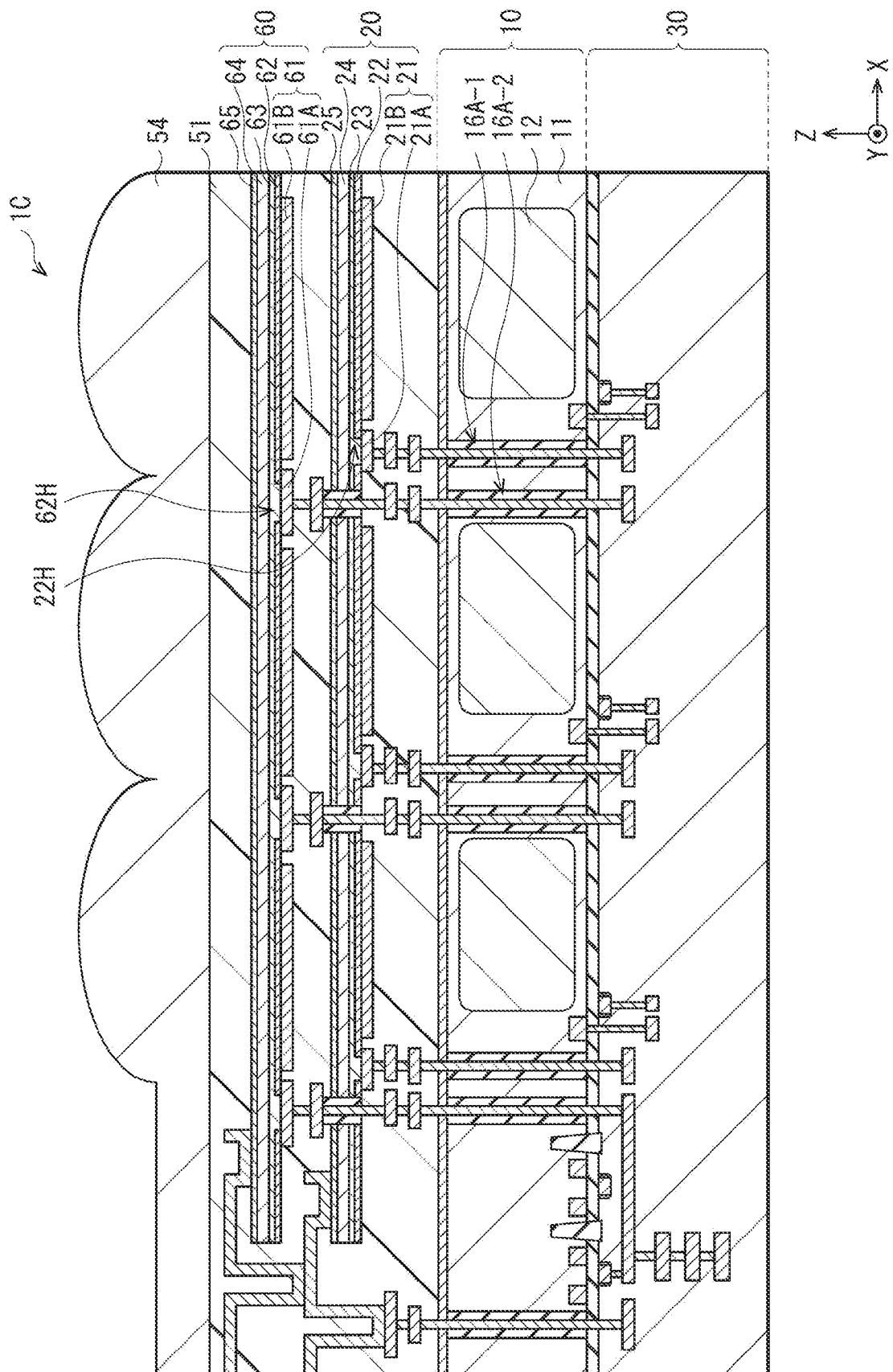
[図20]



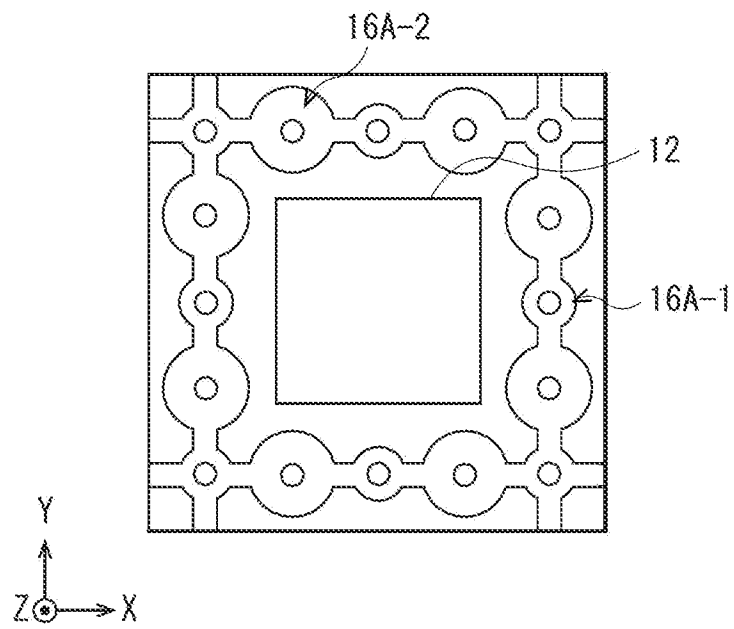
[図21]



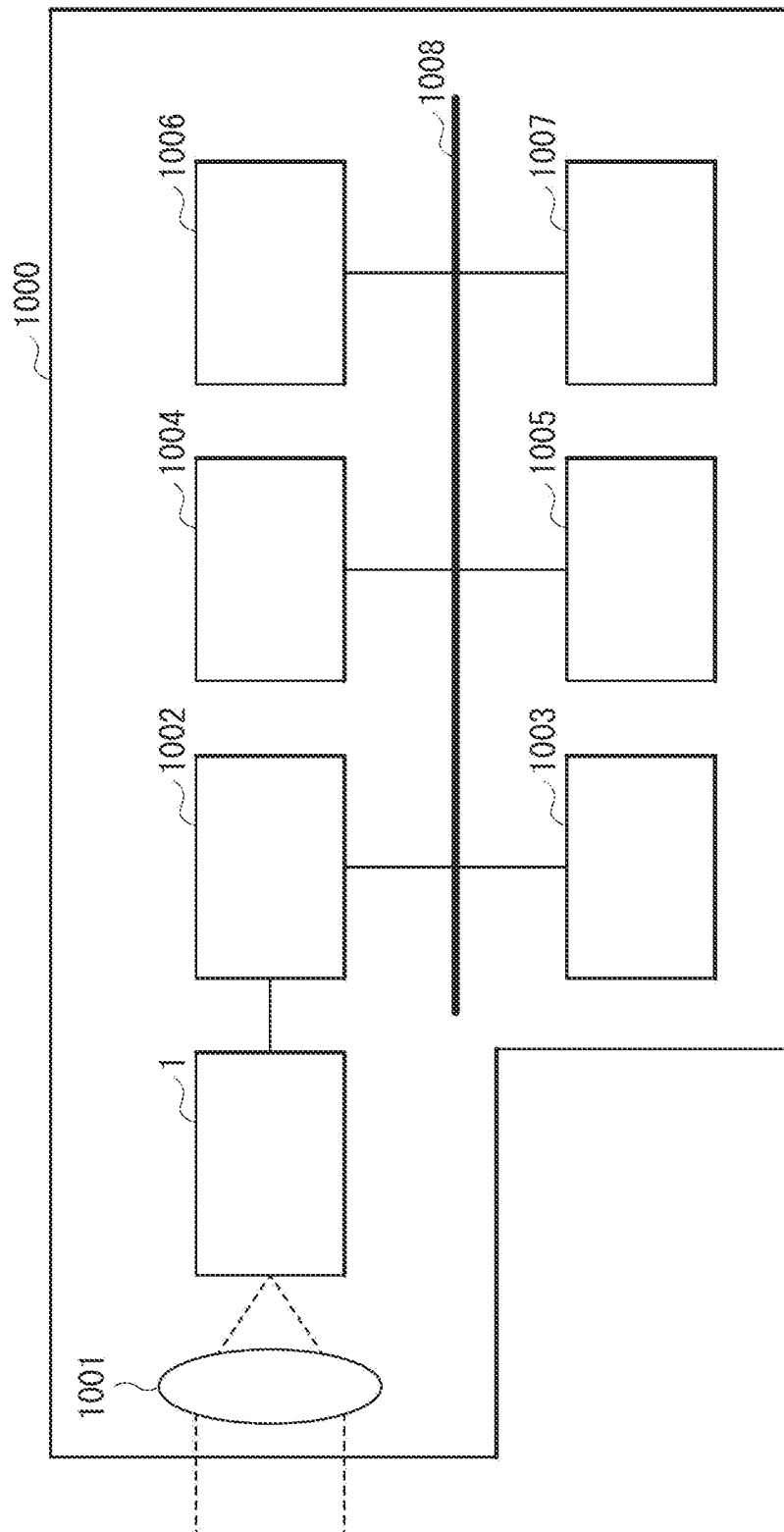
[図22]



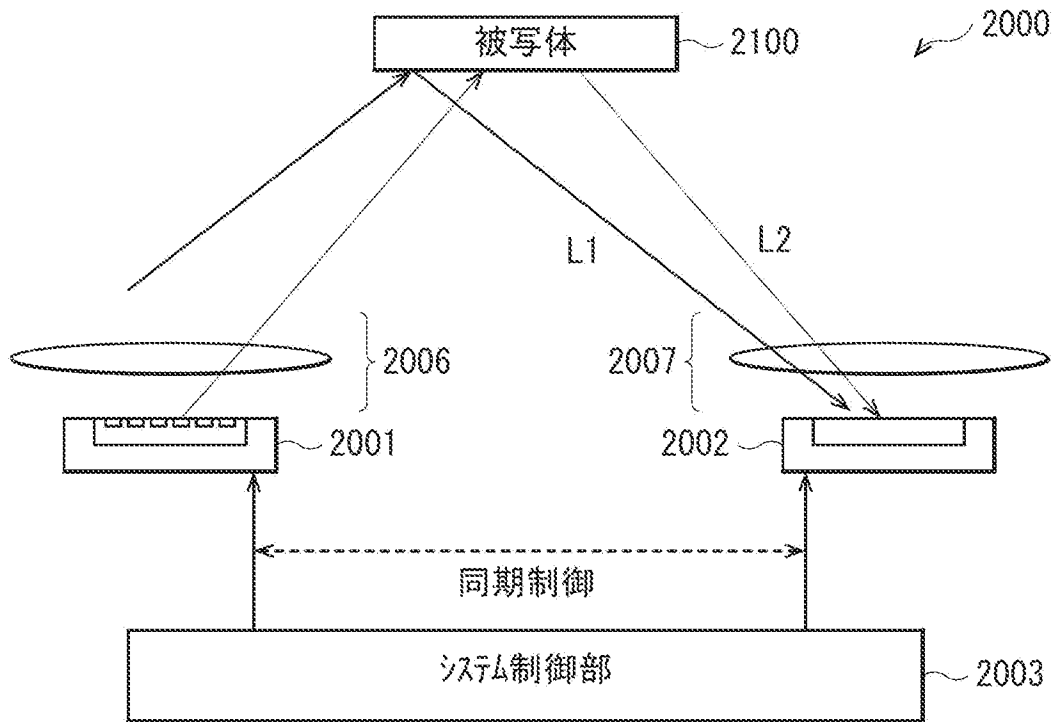
[図23]



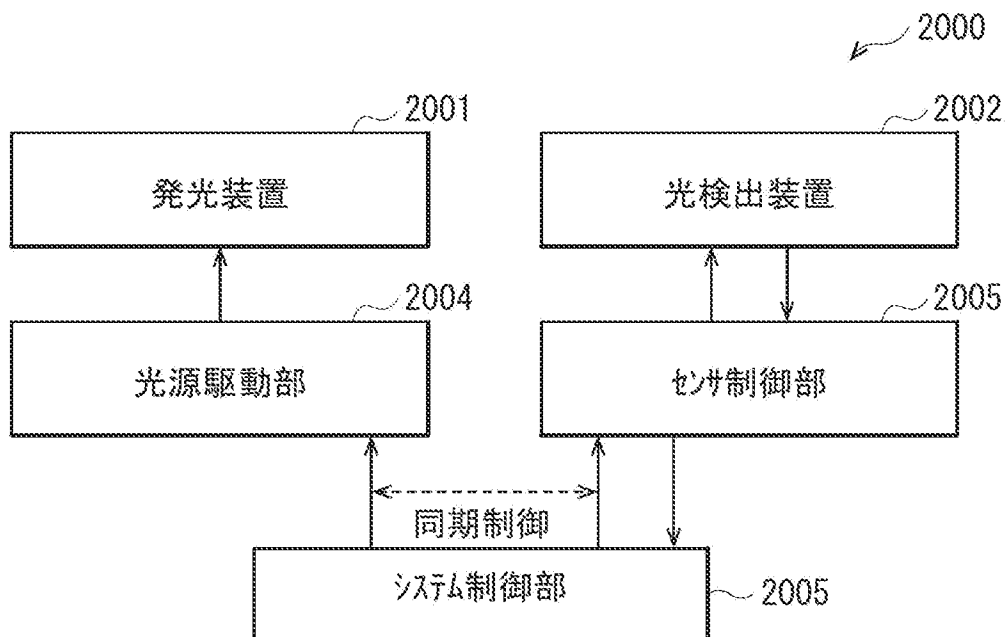
[図24]



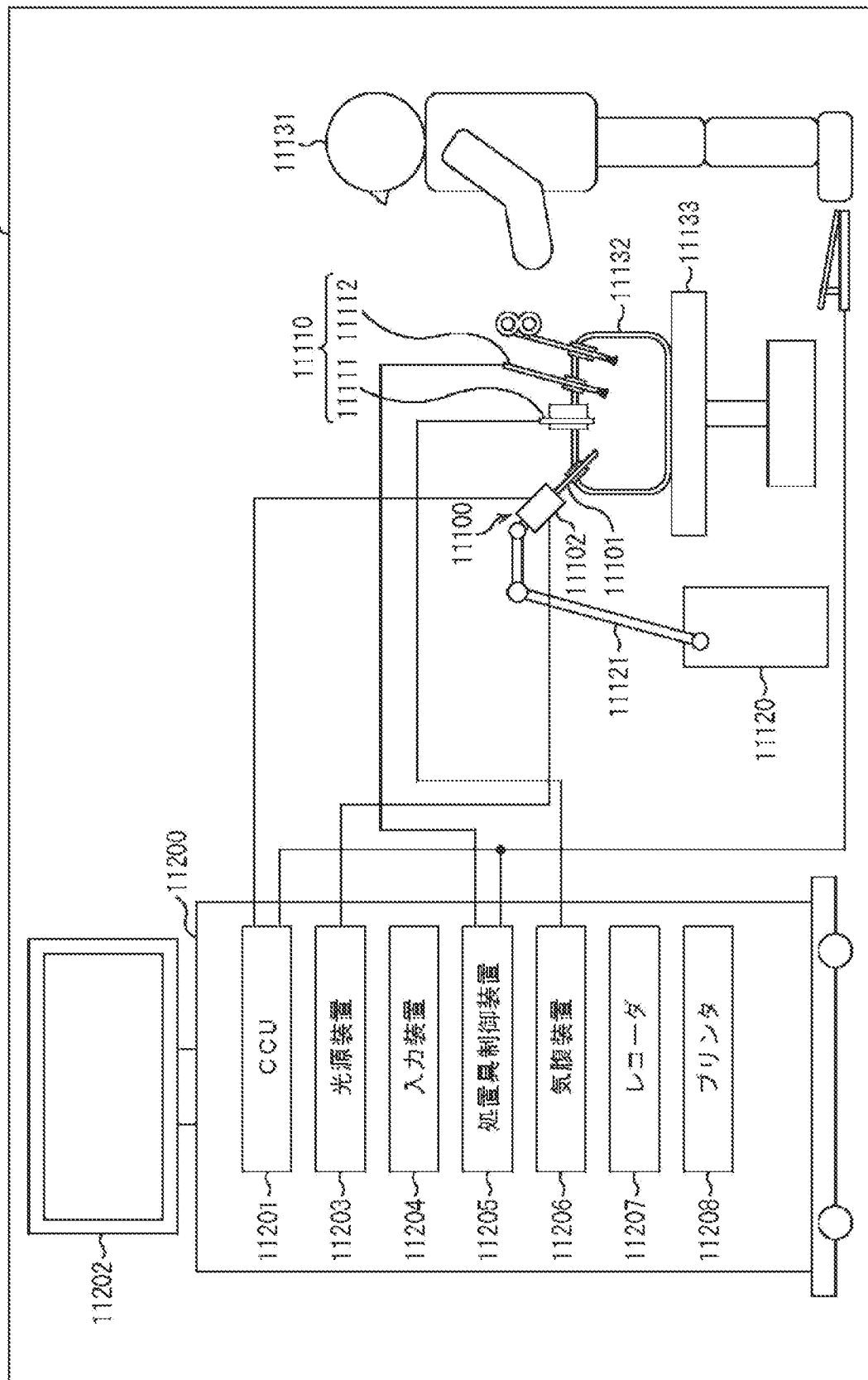
[図25A]



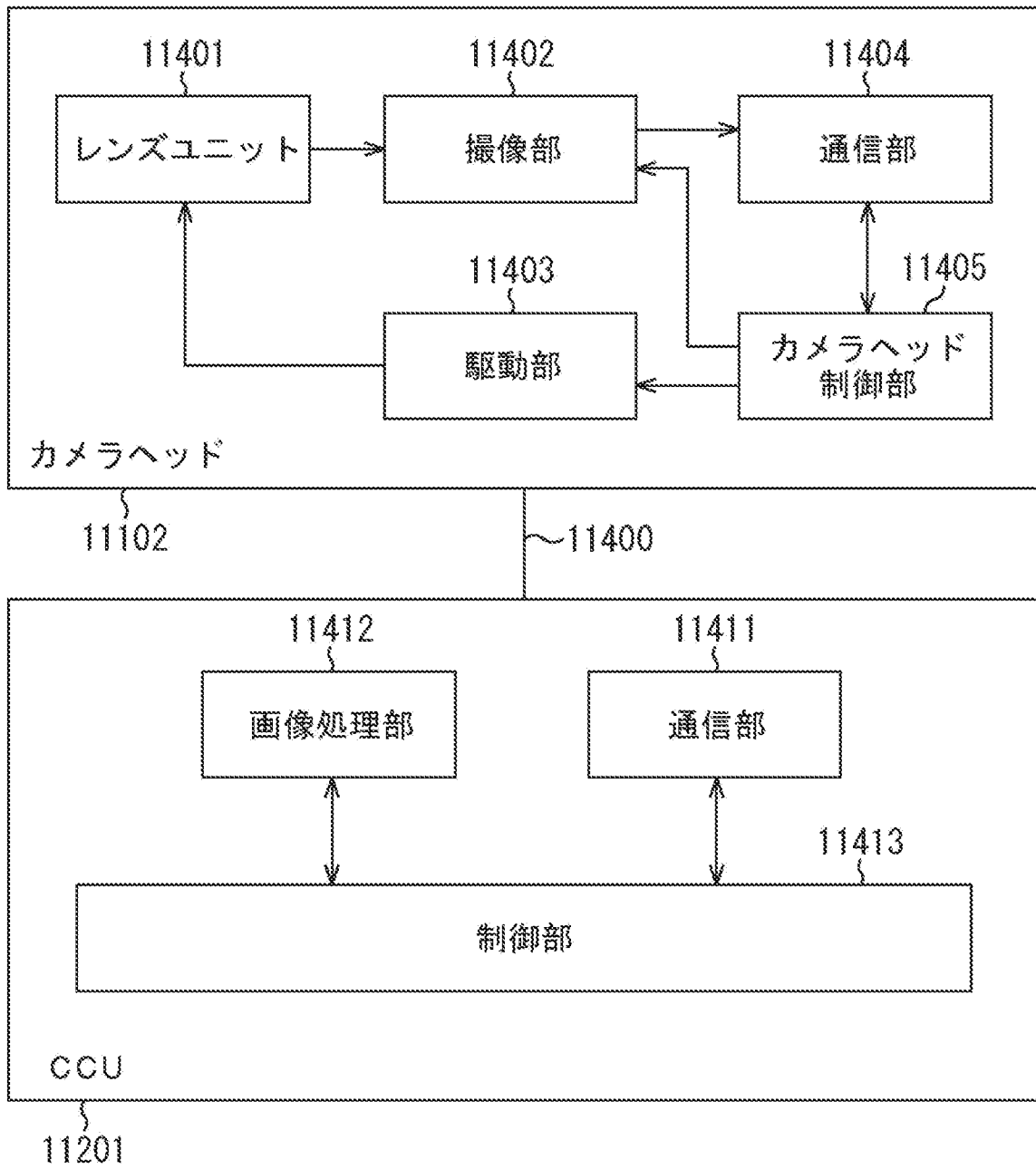
[図25B]



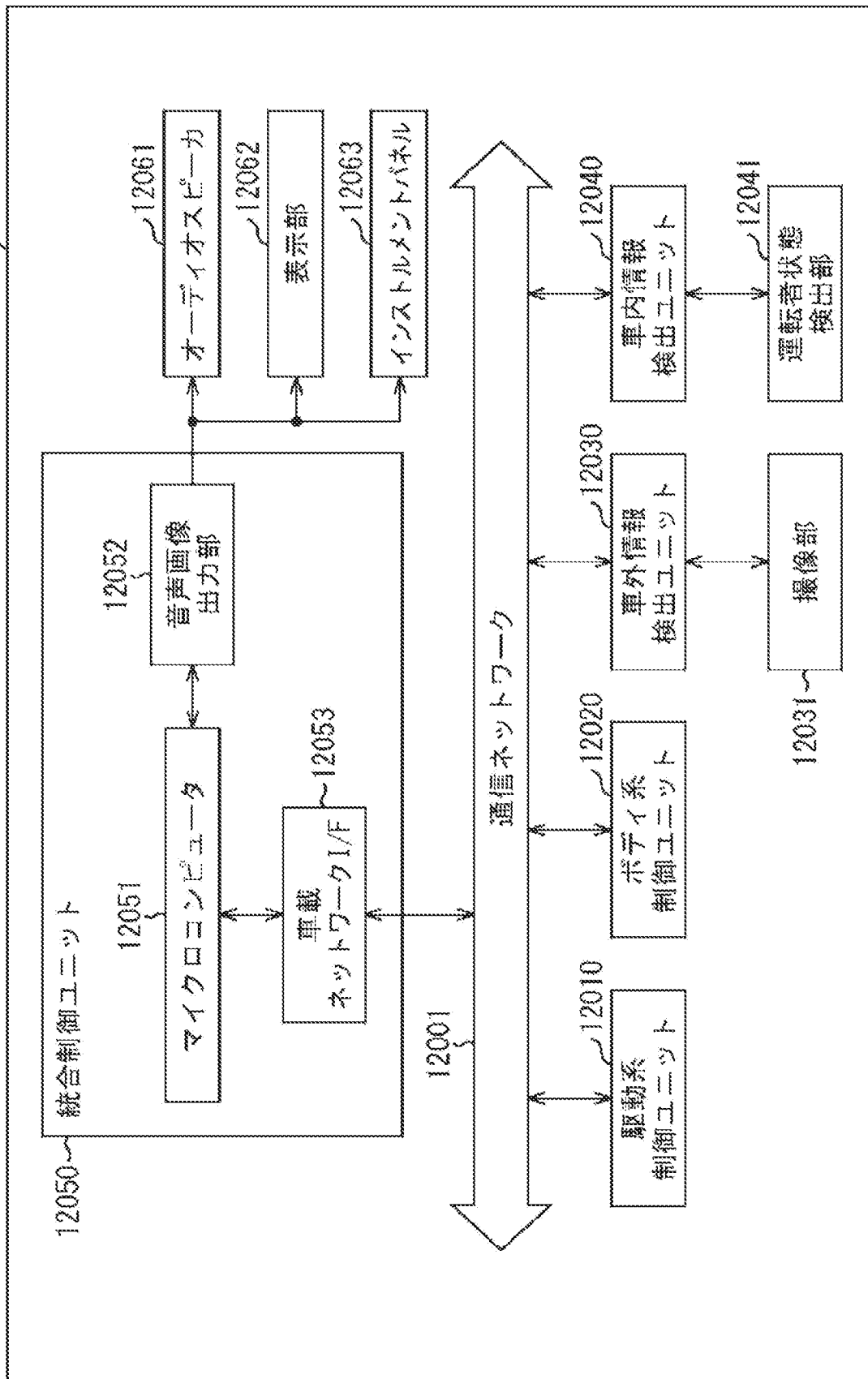
[図26]



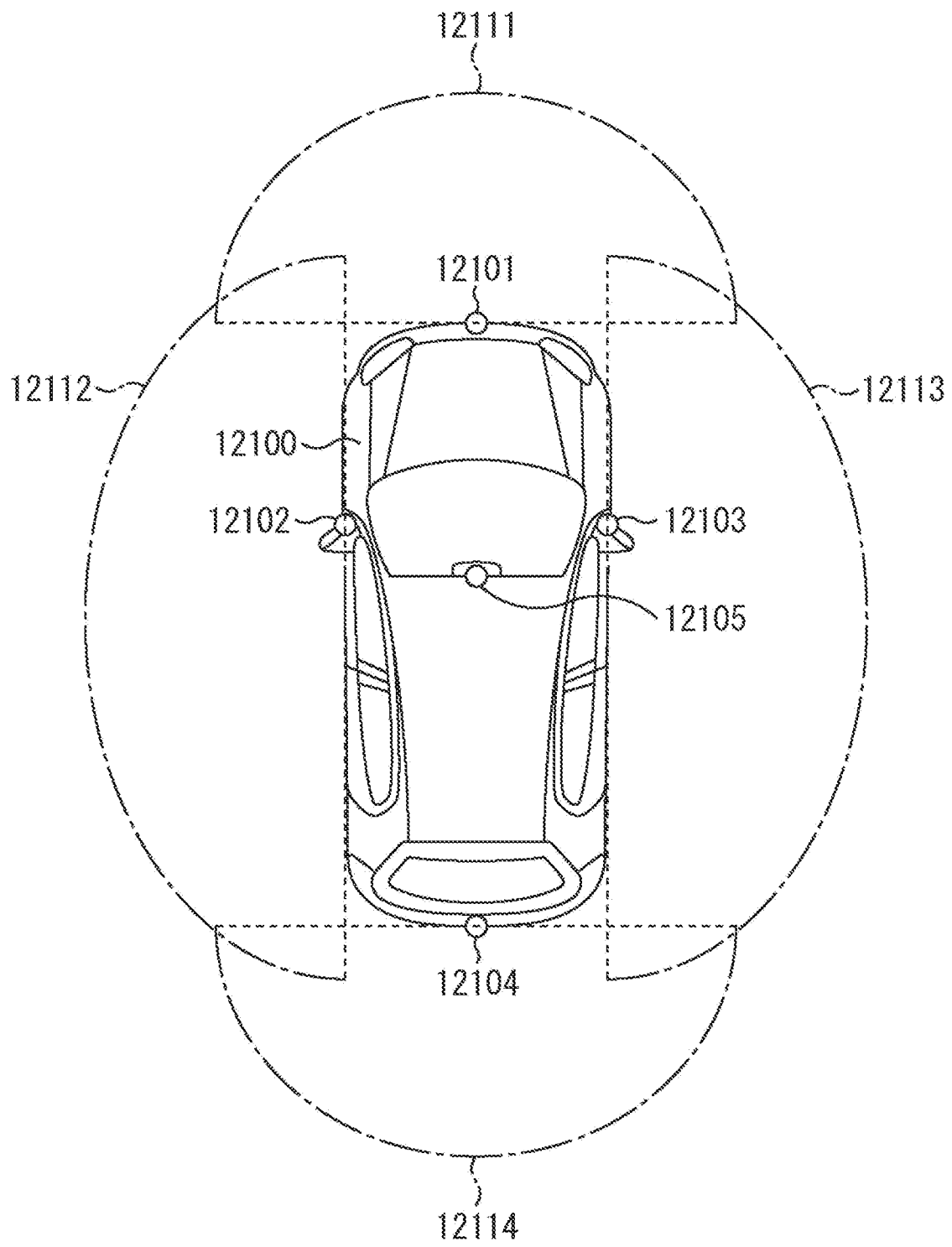
[図27]



[図28]



[図29]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/027821

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L 27/146 (2006.01)i; H01L 21/3205 (2006.01)i; H01L 21/768 (2006.01)i; H01L 23/522 (2006.01)i; H01L 31/10 (2006.01)i; H04N 25/70 (2023.01)i; H10K 30/60 (2023.01)i; H10K 39/32 (2023.01)i FI: H01L27/146 E; H01L27/146 D; H01L21/88 J; H10K39/32; H01L31/10 H; H10K30/60; H04N25/70 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; H01L21/3205; H01L21/768; H01L23/522; H01L31/10; H04N25/70; H10K30/60; H10K39/32 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.
A	WO 2022/131268 A1 (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) 23 June 2022 (2022-06-23)	1-19
A	US 2019/0131349 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 02 May 2019 (2019-05-02)	1-19
A	WO 2023/145445 A1 (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) 03 August 2023 (2023-08-03)	1-19
☐ 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 02 October 2024		Date of mailing of the international search report 15 October 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/027821

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2022/131268	A1	23 June 2022	US	2024/0055465	A1	
				EP	4266377	A1	
				CN	116686097	A	
				KR	10-2023-0117569	A	

US	2019/0131349	A1	02 May 2019	KR	10-2019-0048568	A	
				CN	109728025	A	

WO	2023/145445	A1	03 August 2023	TW	202347668	A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H01L 27/146(2006.01)i; H01L 21/3205(2006.01)i; H01L 21/768(2006.01)i; H01L 23/522(2006.01)i;
H01L 31/10(2006.01)i; H04N 25/70(2023.01)i; H10K 30/60(2023.01)i; H10K 39/32(2023.01)i
FI: H01L27/146 E; H01L27/146 D; H01L21/88 J; H10K39/32; H01L31/10 H; H10K30/60; H04N25/70

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; H01L21/3205; H01L21/768; H01L23/522; H01L31/10; H04N25/70; H10K30/60; H10K39/32

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
A	WO 2022/131268 A1（ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社）23.06.2022 (2022-06-23)	1-19
A	US 2019/0131349 A1（SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.）02.05.2019（2019-05-02）	1-19
A	WO 2023/145445 A1（ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社）03.08.2023 (2023-08-03)	1-19

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“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
02.10.2024

国際調査報告の発送日
15.10.2024

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）

境 周一 5F 3654

電話番号 03-3581-1101 内線 3514

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/JP2024/027821

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2022/131268	A1	23.06.2022	US	2024/0055465	A1	
				EP	4266377	A1	
				CN	116686097	A	
				KR	10-2023-0117569	A	

US	2019/0131349	A1	02.05.2019	KR	10-2019-0048568	A	
				CN	109728025	A	

WO	2023/145445	A1	03.08.2023	TW	202347668	A	
