

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年1月9日(09.01.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/008907 A1

(51) 国際特許分類:

H01L 27/146 (2006.01) *H01L 29/423* (2006.01)
G01C 3/06 (2006.01) *H04N 5/3745* (2011.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/024640

(22) 国際出願日: 2019年6月21日(21.06.2019)

(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 2018-129113 2018年7月6日(06.07.2018) 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).

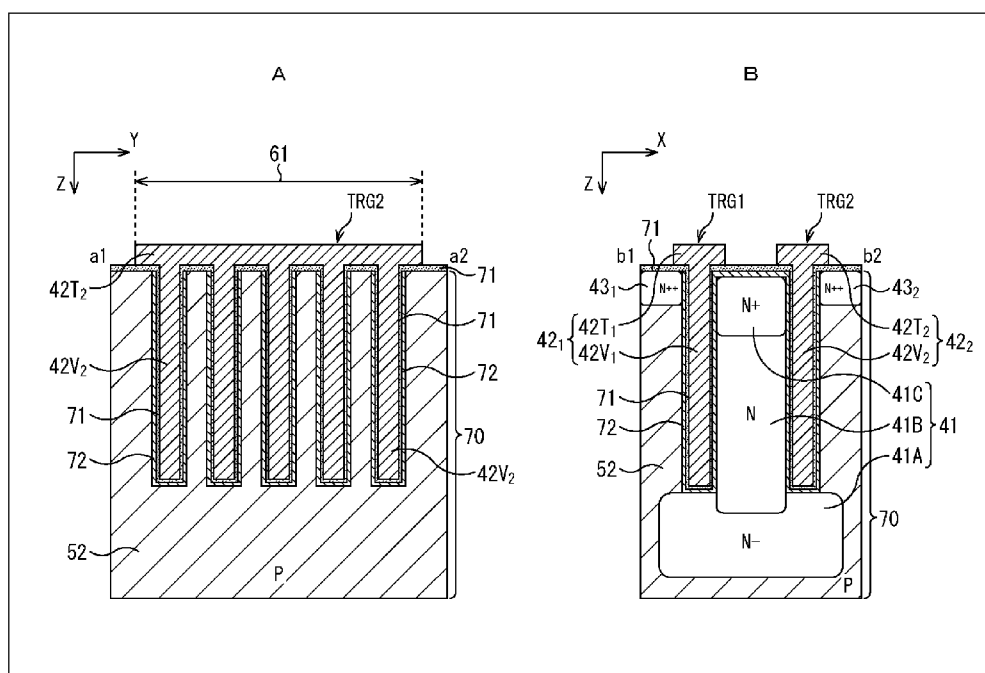
(72) 発明者: 片山 泰志 (KATAYAMA Hiroshi); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 西川 孝, 外 (NISHIKAWA Takashi et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿7丁目5番25号 西新宿プライムスクエア9階 Tokyo (JP).

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

(54) Title: LIGHT-RECEIVING ELEMENT, RANGING MODULE, AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称: 受光素子、測距モジュール、および、電子機器



(57) Abstract: This technology pertains to an electronic device, a ranging module, and a light-receiving element configured so as to be capable of reducing signal degradation when transferring a charge. The light-receiving element comprises a pixel that at least has: first and second charge retaining units that retain a charge generated by a photodiode; a first transfer transistor that transfers the charge to the first charge retaining unit; and a second transfer transistor that transfers the charge to the second charge retaining unit. The first and second transfer transistors are configured using vertical transistors

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

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), 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 have vertical gate electrodes. This technology can be applied to a light-receiving element or the like that performs ranging via indirect ToF.

(57) 要約: 本技術は、電荷転送時の信号劣化を低減することができるようにする受光素子、測距モジュール、および、電子機器に関する。受光素子は、フォトダイオードで生成された電荷を保持する第1および第2の電荷保持部と、電荷を第1の電荷保持部に転送する第1の転送トランジスタと、電荷を第2の電荷保持部に転送する第2の転送トランジスタとを少なくとも有する画素を備え、第1および第2の転送トランジスタは、縦ゲート電極部を有する縦型トランジスタで構成されている。本技術は、例えば、間接ToF方式による測距を行う受光素子等に適用できる。

明 細 書

発明の名称： 受光素子、測距モジュール、および、電子機器

技術分野

[0001] 本技術は、受光素子、測距モジュール、および、電子機器に関し、特に、電荷転送時の信号劣化を低減することができるようにした受光素子、測距モジュール、および、電子機器に関する。

背景技術

[0002] ToF (Time of Flight) 方式により対象物までの距離を測定する半導体検出素子が知られている。ToF方式の半導体検出素子では、光源から照射された光が対象物にあたって反射された反射光がフォトダイオードで光電変換される。光電変換により生成された信号電荷は、交互に駆動される対のゲート電極によって2つのFD(フローティングディフュージョン)に振り分けられる（例えば、特許文献1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表2007-526448号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記のような対のゲート電極構造を用いた半導体検出素子において、オンさせた一方のゲート電極をオフしたとき、転送途中の信号電荷がフォトダイオードに戻ってしまうことによる信号劣化の低減が求められる。

[0005] 本技術は、このような状況に鑑みてなされたものであり、電荷転送時の信号劣化を低減することができるようにするものである。

課題を解決するための手段

[0006] 本技術の第1の側面の受光素子は、フォトダイオードで生成された電荷を保持する第1および第2の電荷保持部と、前記電荷を前記第1の電荷保持部に転送する第1の転送トランジスタと、前記電荷を前記第2の電荷保持部に

転送する第2の転送トランジスタとを少なくとも有する画素を備え、前記第1および第2の転送トランジスタは、縦ゲート電極部を有する縦型トランジスタで構成されている。

[0007] 本技術の第2の側面の測距モジュールは、フォトダイオードで生成された電荷を保持する第1および第2の電荷保持部と、前記電荷を前記第1の電荷保持部に転送する第1の転送トランジスタと、前記電荷を前記第2の電荷保持部に転送する第2の転送トランジスタとを少なくとも有する画素を備え、前記第1および第2の転送トランジスタは、縦ゲート電極部を有する縦型トランジスタで構成されている受光素子と、周期的に明るさが変動する照射光を照射する光源と、前記照射光の照射タイミングを制御する発光制御部とを備える。

[0008] 本技術の第3の側面の電子機器は、フォトダイオードで生成された電荷を保持する第1および第2の電荷保持部と、前記電荷を前記第1の電荷保持部に転送する第1の転送トランジスタと、前記電荷を前記第2の電荷保持部に転送する第2の転送トランジスタとを少なくとも有する画素を備え、前記第1および第2の転送トランジスタは、縦ゲート電極部を有する縦型トランジスタで構成されている受光素子を備える。

[0009] 本技術の第1乃至第3の側面においては、画素には、フォトダイオードで生成された電荷を保持する第1および第2の電荷保持部と、前記電荷を前記第1の電荷保持部に転送する第1の転送トランジスタと、前記電荷を前記第2の電荷保持部に転送する第2の転送トランジスタとが少なくとも設けられ、前記第1および第2の転送トランジスタは、縦ゲート電極部を有する縦型トランジスタで構成される。

[0010] 受光素子、測距モジュール、及び、電子機器は、独立した装置であっても良いし、他の装置に組み込まれるモジュールであっても良い。

発明の効果

[0011] 本技術の第1乃至第3の側面によれば、電荷転送時の信号劣化を低減することができる。

[0012] なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本開示中に記載されたいずれかの効果であってもよい。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本技術を適用した受光素子の概略構成例を示すブロック図である。

[図2]画素の等価回路を示す図である。

[図3]画素の平面図である。

[図4]画素の断面図である。

[図5]本技術を適用した画素の効果を説明する図である。

[図6]本技術を適用した画素の効果を説明する図である。

[図7]本技術を適用した画素の効果を説明する図である。

[図8]縦ゲート電極部の平面形状を説明する平面図である。

[図9]画素アレイ部の画素配列例を示す図である。

[図10]転送トランジスタの駆動を説明する図である。

[図11]転送トランジスタの駆動を説明する図である。

[図12]多層配線層の配置例を示す平面図である。

[図13]画素の変形例を示す平面図である。

[図14]画素の変形例を示す断面図である。

[図15]4 タップの画素の平面図である。

[図16]4 タップの画素の駆動を説明する図である。

[図17]電界制御型の受光素子への適用について説明する図である。

[図18]本技術を適用した測距モジュールの構成例を示すブロック図である。

[図19]本技術を適用した電子機器としてのスマートフォンの構成例を示すブロック図である。

[図20]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21]カメラヘッド及びC C Uの機能構成の一例を示すブロック図である。

[図22]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23]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

[0014] 以下、本技術を実施するための形態（以下、実施の形態という）について説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

1. 受光素子の構成例
2. 画素の等価回路
3. 画素の平面図
4. 画素の断面図
5. 縦型トランジスタの効果
6. 縦ゲート電極部の平面形状
7. 複数画素の配列例
8. 転送トランジスタの駆動
9. 配線層の配置例
10. 画素の変形例
11. 4 タップの画素構成例
12. 電界制御型の受光素子への適用
13. 測距モジュールの構成例
14. 電子機器の構成例
15. 内視鏡手術システムへの応用例
16. 移動体への応用例

[0015] <1. 受光素子の構成例>

図1は、本技術を適用した受光素子の概略構成例を示すブロック図である。

[0016] 図1に示される受光素子1は、間接ToF方式による測距情報を出力する素子である。

[0017] 受光素子1は、所定の光源から照射された光（照射光）が物体にあたって反射されてきた光（反射光）を受光し、物体までの距離情報をデプス値として格納したデプス画像を出力する。なお、光源から照射される照射光は、例えば、波長が780nm乃至1000nmの範囲の赤外光であり、オンオフが所定の周期で繰り返されるパルス光である。

- [0018] 受光素子 1 は、図示せぬ半導体基板上に形成された画素アレイ部 2 1 と、画素アレイ部 2 1 と同じ半導体基板上に集積された周辺回路部とを有する。周辺回路部は、例えば垂直駆動部 2 2、カラム処理部 2 3、水平駆動部 2 4、およびシステム制御部 2 5 等から構成されている。
- [0019] 受光素子 1 には、さらに信号処理部 2 6 およびデータ格納部 2 7 も設けられている。なお、信号処理部 2 6 およびデータ格納部 2 7 は、受光素子 1 と同じ基板上に搭載してもよいし、受光素子 1 とは別の撮像装置内の基板上に配置してもよい。
- [0020] 画素アレイ部 2 1 は、受光した光量に応じた電荷を生成し、その電荷に応じた信号を出力する画素 1 0 が行方向および列方向の行列状に 2 次元配置された構成となっている。すなわち、画素アレイ部 2 1 は、入射した光を光電変換し、その結果得られた電荷に応じた信号を出力する画素 1 0 を複数有する。画素 1 0 の詳細については、図 2 以降で後述する。
- [0021] ここで、行方向とは、水平方向の画素 1 0 の配列方向をいい、列方向とは、垂直方向の画素 1 0 の配列方向をいう。行方向は、図中、横方向であり、列方向は図中、縦方向である。
- [0022] 画素アレイ部 2 1 においては、行列状の画素配列に対して、画素行ごとに画素駆動線 2 8 が行方向に沿って配線されるとともに、各画素列に 2 つの垂直信号線 2 9 が列方向に沿って配線されている。例えば画素駆動線 2 8 は、画素 1 0 から信号を読み出す際の駆動を行うための駆動信号を伝送する。なお、図 1 では、画素駆動線 2 8 について 1 本の配線として示しているが、1 本に限られるものではない。画素駆動線 2 8 の一端は、垂直駆動部 2 2 の各行に対応した出力端に接続されている。
- [0023] 垂直駆動部 2 2 は、シフトレジスタやアドレスデコーダなどによって構成され、画素アレイ部 2 1 の各画素 1 0 を全画素同時あるいは行単位等で駆動する。すなわち、垂直駆動部 2 2 は、垂直駆動部 2 2 を制御するシステム制御部 2 5 とともに、画素アレイ部 2 1 の各画素 1 0 の動作を制御する駆動部を構成している。

[0024] 垂直駆動部 22 による駆動制御に応じて画素行の各画素 10 から出力される検出信号は、垂直信号線 29 を通してカラム処理部 23 に入力される。カラム処理部 23 は、各画素 10 から垂直信号線 29 を通して出力される検出信号に対して所定の信号処理を行うとともに、信号処理後の検出信号を一時的に保持する。具体的には、カラム処理部 23 は、信号処理としてノイズ除去処理や AD (Analog to Digital) 変換処理などを行う。

[0025] 水平駆動部 24 は、シフトレジスタやアドレスデコーダなどによって構成され、カラム処理部 23 の画素列に対応する単位回路を順番に選択する。この水平駆動部 24 による選択走査により、カラム処理部 23 において単位回路ごとに信号処理された検出信号が順番に出力される。

[0026] システム制御部 25 は、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などによって構成され、その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、垂直駆動部 22、カラム処理部 23、および水平駆動部 24 などの駆動制御を行う。

[0027] 信号処理部 26 は、少なくとも演算処理機能を有し、カラム処理部 23 から出力される検出信号に基づいて演算処理等の種々の信号処理を行う。データ格納部 27 は、信号処理部 26 での信号処理にあたって、その処理に必要なデータを一時的に格納する。

[0028] 以上のように構成される受光素子 1 は、物体までの距離情報をデプス値として画素値に格納したデプス画像を出力する。受光素子 1 は、例えば、車両に搭載され、車外にある対象物までの距離を測定する車載用のシステムや、ユーザの手等の対象物までの距離を測定し、その測定結果に基づいてユーザのジェスチャを認識するジェスチャ認識用の装置などに搭載することができる。

[0029] <2. 画素の等価回路>

図 2 は、画素アレイ部 21 に 2 次元配置された画素 10 の等価回路を示している。

[0030] 画素 10 は、光電変換素子としてフォトダイオード PD を備える。また、画

素 10 は、転送トランジスタTRG、浮遊拡散領域FD、付加容量FDL、切替トランジスタFDG、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP、及び、選択トランジスタSELをそれぞれ2個ずつ有する。

[0031] ここで、画素10において2個ずつ設けられる転送トランジスタTRG、浮遊拡散領域FD、付加容量FDL、切替トランジスタFDG、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP、及び、選択トランジスタSELのそれぞれを区別する場合、図2に示されるように、転送トランジスタTRG1およびTRG2、浮遊拡散領域FD1およびFD2、付加容量FDL1およびFDL2、切替トランジスタFDG1およびFDG2、リセットトランジスタRST1およびRST2、増幅トランジスタAMP1およびAMP2、並びに、選択トランジスタSEL1およびSEL2のように称する。

[0032] 転送トランジスタTRG、切替トランジスタFDG、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP、及び、選択トランジスタSELは、例えば、N型のMOSトランジスタで構成される。

[0033] 転送トランジスタTRG1は、ゲート電極に供給される転送駆動信号TRG1gがアクティブ状態になるとこれに応答して導通状態になることで、フォトダイオードPDに蓄積されている電荷を浮遊拡散領域FD1に転送する。転送トランジスタTRG2は、ゲート電極に供給される転送駆動信号TRG2gがアクティブ状態になるとこれに応答して導通状態になることで、フォトダイオードPDに蓄積されている電荷を浮遊拡散領域FD2に転送する。

[0034] 浮遊拡散領域FD1およびFD2は、フォトダイオードPDから転送された電荷を一時保持する電荷保持部である。

[0035] 切替トランジスタFDG1は、ゲート電極に供給されるFD駆動信号FDG1gがアクティブ状態になるとこれに応答して導通状態になることで、付加容量FDL1を、浮遊拡散領域FD1に接続させる。切替トランジスタFDG2は、ゲート電極に供給されるFD駆動信号FDG2gがアクティブ状態になるとこれに応答して導通状態になることで、付加容量FDL2を、浮遊拡散領域FD2に接続させる。

[0036] 垂直駆動部22は、例えば、入射光の光量が多い高照度のとき、切替トラ

ンジスタFDG 1 およびFDG 2 をアクティブ状態として、浮遊拡散領域FD 1 と付加容量FDL 1 を接続するとともに、浮遊拡散領域FD 2 と付加容量FDL 2 を接続する。これにより、高照度時に、より多くの電荷を蓄積することができる。

[0037] 一方、入射光の光量が少ない低照度のときには、垂直駆動部 2 2 は、切替トランジスタFDG 1 およびFDG 2 を非アクティブ状態として、付加容量FDL 1 およびFDL 2 を、それぞれ、浮遊拡散領域FD 1 およびFD 2 から切り離す。これにより、変換効率を上げることができる。

[0038] リセットトランジスタRST 1 は、ゲート電極に供給されるリセット駆動信号RST 1 gがアクティブ状態になるとこれに応答して導通状態になることで、浮遊拡散領域FD 1 の電位を所定のレベル（電源電圧VDD）にリセットする。リセットトランジスタRST 2 は、ゲート電極に供給されるリセット駆動信号RST 2 gがアクティブ状態になるとこれに応答して導通状態になることで、浮遊拡散領域FD 2 の電位を所定のレベル（電源電圧VDD）にリセットする。なお、リセットトランジスタRST 1 およびRST 2 がアクティブ状態とされるとき、切替トランジスタFDG 1 およびFDG 2 も同時にアクティブ状態とされる。

[0039] 増幅トランジスタAMP 1 は、ソース電極が選択トランジスタSEL 1 を介して垂直信号線 2 9 Aに接続されることにより、不図示の定電流源と接続し、ソースフォロワ回路を構成する。増幅トランジスタAMP 2 は、ソース電極が選択トランジスタSEL 2 を介して垂直信号線 2 9 Bに接続されることにより、不図示の定電流源と接続し、ソースフォロワ回路を構成する。

[0040] 選択トランジスタSEL 1 は、増幅トランジスタAMP 1 のソース電極と垂直信号線 2 9 Aとの間に接続されている。選択トランジスタSEL 1 は、ゲート電極に供給される選択信号SEL 1 gがアクティブ状態になるとこれに応答して導通状態となり、増幅トランジスタAMP 1 から出力される検出信号VSL 1 を垂直信号線 2 9 Aに出力する。

[0041] 選択トランジスタSEL 2 は、増幅トランジスタAMP 2 のソース電極と垂直信号線 2 9 Bとの間に接続されている。選択トランジスタSEL 2 は、ゲート電極に供給される選択信号SEL 2 gがアクティブ状態になるとこれに応答して導通

状態となり、増幅トランジスタAMP 2 から出力される検出信号VSL 2 を垂直信号線 2 9 Bに出力する。

[0042] 画素 1 0 の転送トランジスタTRG 1 およびTRG 2、切替トランジスタFDG 1 およびFDG 2、リセットトランジスタRST 1 およびRST 2、増幅トランジスタAMP 1 およびAMP 2、並びに、選択トランジスタSEL 1 およびSEL 2 は、垂直駆動部 2 2 によって制御される。

[0043] 図 2 の等価回路において、付加容量FDL 1 およびFDL 2 と、その接続を制御する、切替トランジスタFDG 1 およびFDG 2 は省略してもよいが、付加容量FDL を設け、入射光量に応じて使い分けることにより、高ダイナミックレンジを確保することができる。

[0044] 画素 1 0 の動作について簡単に説明する。

[0045] まず、受光を開始する前に、画素 1 0 の電荷をリセットするリセット動作が全画素で行われる。すなわち、リセットトランジスタRST 1 およびRST 1 と、切替トランジスタFDG 1 およびFDG 2、並びに、転送トランジスタTRG 1 およびTRG 2 がオンされ、フォトダイオードPD、浮遊拡散領域FD 1 およびFD 2、並びに、付加容量FDL 1 およびFDL 2 の蓄積電荷が定電圧源VDDに排出され、リセットされる。

[0046] 蓄積電荷の排出後、全画素で受光が開始される。

[0047] 受光期間では、転送トランジスタTRG 1 とTRG 2 とが交互に駆動される。すなわち、第 1 の期間において、転送トランジスタTRG 1 がオン、転送トランジスタTRG 2 がオフに制御される。この第 1 の期間では、フォトダイオードPDで発生した電荷が、浮遊拡散領域FD 1 に転送される。第 1 の期間の次の第 2 の期間では、転送トランジスタTRG 1 がオフ、転送トランジスタTRG 2 がオンに制御される。この第 2 の期間では、フォトダイオードPDで発生した電荷が、浮遊拡散領域FD 2 に転送される。これにより、フォトダイオードPDで発生した電荷が、浮遊拡散領域FD 1 とFD 2 とに振り分けられて、蓄積される。

[0048] そして、受光期間が終了すると、画素アレイ部 2 1 の各画素 1 0 が、線順次に選択される。選択された画素 1 0 では、選択トランジスタSEL 1 およびSE

L2がオンされる。これにより、浮遊拡散領域FD1に蓄積された電荷が、検出信号VSL1として、垂直信号線29Aを介してカラム処理部23に出力される。浮遊拡散領域FD2に蓄積された電荷は、検出信号VSL2として、垂直信号線29Bを介してカラム処理部23に出力される。

[0049] 以上で1回の受光動作が終了し、リセット動作から始まる次の受光動作が実行される。

[0050] 画素10が受光する反射光は、光源が照射したタイミングから、対象物までの距離に応じて遅延されている。対象物までの距離に応じた遅延時間によって、2つの拡散領域FD1とFD2に蓄積される電荷の配分比が変化するため、2つの拡散領域FD1とFD2に蓄積される電荷の配分比から、物体までの距離を求めることができる。

[0051] <3. 画素の平面図>

図3は、図2に示した画素回路の配置を示した画素10の平面図である。

[0052] 図3におけるX方向は、図1の行方向（水平方向）に対応し、Y方向は図1の列方向（垂直方向）に対応する。

[0053] 図3に示されるように、矩形の画素10の中央部の領域に、フォトダイオードPDがN型半導体領域41で形成され、そのフォトダイオードPDに対してX方向に対向して、転送トランジスタTRG1およびTRG2が配置されている。

[0054] さらに、対向配置された転送トランジスタTRG1およびTRG2の中間線（不図示）を基準として、浮遊拡散領域FD1、切替トランジスタFDG1、付加容量FDL1、リセットトランジスタRST1、増幅トランジスタAMP1、および、選択トランジスタSEL1と、浮遊拡散領域FD2、切替トランジスタFDG2、付加容量FDL2、リセットトランジスタRST2、増幅トランジスタAMP2、および、選択トランジスタSEL2が鏡面对称に配置されている。

[0055] 転送トランジスタTRG1は、ゲート電極42₁と、ソース領域としてのN型半導体領域41と、ドレイン領域としてのN型半導体領域43₁とで構成される。ソース領域としてのN型半導体領域41は、フォトダイオードPDと兼用され、ドレイン領域としてのN型半導体領域43₁は、浮遊拡散領域FD1と兼用されて

いる。

- [0056] 切替トランジスタFDG 1 は、ゲート電極 4 4₁と、ソース領域としてのN型半導体領域 4 3₁と、ドレイン領域としてのN型半導体領域 4 5₁とで構成される。ソース領域としてのN型半導体領域 4 3₁は、浮遊拡散領域FD 1 と兼用され、ドレイン領域としてのN型半導体領域 4 5₁は、付加容量FDL 1 と兼用されている。
- [0057] リセットトランジスタRST 1 は、ゲート電極 4 6₁と、ソース領域としてのN型半導体領域 4 5₁と、ドレイン領域としてのN型半導体領域 4 7₁とで構成される。
- [0058] 増幅トランジスタAMP 1 は、ゲート電極 4 8₁と、ドレイン領域としてのN型半導体領域 4 7₁と、ソース領域としてのN型半導体領域 4 9₁とで構成される。ドレイン領域としてのN型半導体領域 4 7₁は、リセットトランジスタRST 1 のドレイン領域と兼用されている。
- [0059] 選択トランジスタSEL 1 は、ゲート電極 5 0₁と、ドレイン領域としてのN型半導体領域 4 9₁と、ソース領域としてのN型半導体領域 5 1₁とで構成される。ドレイン領域としてのN型半導体領域 4 9₁は、増幅トランジスタAMP 1 のソース領域と兼用されている。
- [0060] リセットトランジスタRST 1、増幅トランジスタAMP 1、および、選択トランジスタSEL 1 は、その順番でY方向に並んで配置され、転送トランジスタTRG 1 と切替トランジスタFDG 1 は、X方向に並んで配置されている。
- [0061] 転送トランジスタTRG 2、切替トランジスタFDG 2、リセットトランジスタRST 2、増幅トランジスタAMP 2、および、選択トランジスタSEL 2 のゲート電極、ドレイン領域、および、ソース領域には、添え字に 2 を付して示してあり、画素内において、転送トランジスタTRG 1、切替トランジスタFDG 1、リセットトランジスタRST 1、増幅トランジスタAMP 1、および、選択トランジスタSEL 1 とX方向に鏡面对称に配置されている点が異なるだけであるので、説明は省略する。なお、転送トランジスタTRGに関し、転送トランジスタTRG 1 およびTRG 2 のゲート電極、ドレイン領域、および、ソース領域を特に区別

する必要がない場合には、添え字を省略して記述する。

[0062] 画素10内の各画素トランジスタのドレイン領域およびソース領域を形成するN型半導体領域の外側は、P型半導体領域52で形成されている。

[0063] フォトダイオードPDと浮遊拡散領域FD1およびFD2は、X方向よりもY方向に長い矩形領域で形成されている。転送トランジスタTRG1およびTRG2のゲート電極42₁および42₂は、長手方向であるY方向において、フォトダイオードPDと浮遊拡散領域FD1およびFD2よりも長く形成されている。換言すれば、転送トランジスタTRG1およびTRG2のゲート電極42₁および42₂のゲート幅61は、フォトダイオードPDと浮遊拡散領域FD1およびFD2のY方向の領域幅より大きい。

[0064] また、転送トランジスタTRG1およびTRG2のゲート電極42₁および42₂間の距離62は、転送トランジスタTRG1およびTRG2のゲート電極42₁および42₂のゲート幅61よりも短い。2つの転送トランジスタTRGのゲート電極42間の距離62を、転送トランジスタTRGのゲート幅61よりも短くすることにより、電荷転送方向の電界がつきやすく構成されている。

[0065] <4. 画素の断面図>

図4は、画素10の断面図を示している。

[0066] 図4のAは、図3のa1-a2線における画素10の断面図であり、図4のBは、図3のb1-b2線における画素10の断面図である。図4においてZ軸で示される縦方向は、基板の深さ方向に対応する。

[0067] 図4のBに示されるように、転送トランジスタTRG1およびTRG2は、基板深さ方向に延びたゲート電極42を有する縦型トランジスタで構成されている。より詳しくは、転送トランジスタTRG1のゲート電極42₁は、P型半導体領域52で形成された半導体基板70の上面に形成された平面ゲート電極部42T₁と、基板深さ方向に延びた縦ゲート電極部42V₁とで構成されている。転送トランジスタTRG2のゲート電極42₂も、P型半導体領域52で形成された半導体基板70の上面に形成された平面ゲート電極部42T₂と、基板深さ方向に延びた縦ゲート電極部42V₂とで構成されている。

[0068] 図4において、転送トランジスタTRG1およびTRG2が形成されている半導体基板70の上側の面が、半導体基板70の表面側であり、基板界面にはゲート絶縁膜71が形成されている。また、半導体基板70の表面側には、図12を参照して後述する多層配線層が形成されている。

[0069] P型半導体領域52と縦ゲート電極部42Vとの間には、ゲート絶縁膜71とP型半導体領域72が形成されている。P型半導体領域72の不純物濃度は、P型半導体領域52の不純物濃度よりも濃い濃度とされ、P型半導体領域72は、暗電流の発生を抑制するピニング領域として機能する。

[0070] 図4のBで下側となる半導体基板70の裏面側は、反射光が入射される入射面であって、図示せぬオンチップレンズ等が形成されている。

[0071] フォトダイオードPDを構成するN型半導体領域41は、転送トランジスタTRGの縦ゲート電極部42Vより下側（半導体基板裏面側）のN型半導体領域41Aと、2つの転送トランジスタTRGの縦ゲート電極部42の間に形成されたN型半導体領域41BおよびN型半導体領域41Cとで構成される。N型半導体領域41A乃至N型半導体領域41Cの不純物濃度は、N型半導体領域41A、N型半導体領域41B、N型半導体領域41Cの順番で濃度が濃く形成されている。なお、図面では、N型半導体領域の不純物濃度を、“N++”、“N+”、“N”、“N-”のように記述し、“N++”の不純物濃度が最も高く、“N++”、“N+”、“N”、“N-”の順で不純物濃度が低くなっていることを表す。

[0072] 縦型の転送トランジスタTRGは、基板表面側からドライエッチングによってトレンチ（縦穴）を形成し、ゲート絶縁膜71を形成した後に、ゲート電極となるポリシリコン等を埋め込むことで形成することができる。

[0073] 縦型の転送トランジスタTRGのゲート電極42を中心として、フォトダイオードPDを構成するN型半導体領域41側と反対側には、浮遊拡散領域FD1およびFD2としてのN型半導体領域43₁および43₂が形成されている。

[0074] 図4のAに示されるように、転送トランジスタTRGは、ゲート幅61の方向であるY方向の断面視において、櫛歯形状となるように所定の間隔を開けて複数の縦ゲート電極部42Vを有する。転送トランジスタTRGの複数の縦ゲート

電極部 4 2 V の外周部には、ゲート絶縁膜 7 1 と P 型半導体領域 7 2 が形成されており、縦ゲート電極部 4 2 V の外周部に形成された P 型半導体領域 7 2 どうしの間は、P 型半導体領域 7 2 よりも低濃度の P 型半導体領域 5 2 で形成されている。

[0075] 以上のように、画素 1 0 の 2 つの転送トランジスタ TRG 1 および TRG 2 は、ゲート幅方向に、複数の縦ゲート電極部 4 2 V を有する縦型トランジスタで構成される。

[0076] < 5. 縦型トランジスタの効果 >

次に、図 5 を参照して、画素 1 0 の 2 つの転送トランジスタ TRG 1 および TRG 2 を縦型トランジスタで形成した場合と、通常の平面型トランジスタで形成した場合を比較する。

[0077] 図 5 の A は、転送トランジスタ TRG 1 および TRG 2 を通常の平面型トランジスタで形成した場合の画素 1 0 X の b 1 - b 2 線断面図を示している。

[0078] 図 5 の B は、図 4 の B と同様の、画素 1 0 の b 1 - b 2 線断面図である。

[0079] なお、比較を容易とするため、図 5 の A の画素 1 0 X においても、画素 1 0 と対応する部分に、画素 1 0 と同じ符号を付してある。

[0080] 例えば、転送トランジスタ TRG 1 がオンに制御され、フォトダイオード PD を構成する N 型半導体領域 4 1 で生成された電子（電荷）8 0 が、浮遊拡散領域 FD としての N 型半導体領域 4 3₁ に転送される状態を考える。

[0081] 図 5 の A に示されるように、2 つの転送トランジスタ TRG 1 および TRG 2 が、平面ゲート電極部 4 2 T のみで構成された平面型トランジスタを有する画素 1 0 X では、N 型半導体領域 4 1 で生成された電子 8 0 は、平面ゲート電極部 4 2 T₁ 下部に形成されるチャネルを通して、N 型半導体領域 4 3₁ に転送される。N 型半導体領域 4 1 と N 型半導体領域 4 3₁ との間のチャネルは、平面ゲート電極部 4 2 T₁ 下の基板界面のみとなるため、電子 8 0 の転送経路は長く、転送にかかる時間も長くなる。そのため、フォトダイオード PD の N 型半導体領域 4 1 を基板深くまで形成することはできない。例えば、画素 1 0 の N 型半導体領域 4 1 は、図 5 の A に示されるように、N 型半導体領域 4 1 B および 4 1 C のみで

構成され、基板裏面側に最も近いN型半導体領域41Aは形成されない。また、基板内の深い位置で生成された電子80を転送するため、不純物濃度が濃いN型半導体領域41Cの深さ81を、図5のBの画素10の深さ81よりも深くする必要がある。

[0082] これに対して、図5のBに示されるように、2つの転送トランジスタTRG1およびTRG2が、縦ゲート電極部42Vを有する縦型トランジスタで形成された画素10では、N型半導体領域41で生成された電子80は、平面ゲート電極部42T₁下部に加えて、櫛歯状の複数の縦ゲート電極部42Vの間に形成されるチャンネルを通して、N型半導体領域43₁に転送される。この場合、電子80は、図5のBにおいて矢印で示されるように、N型半導体領域43₁に対して直線的に移動することができ、転送経路を短くすることができる。これにより、転送にかかる時間が短くなる。

[0083] さらに、複数の縦ゲート電極部42Vを設けたことにより、基板内の深い位置で生成された電子80であっても高速に転送することができるため、基板裏面側に近い領域に、N型半導体領域41Aを形成することができ、かつ、不純物濃度が濃いN型半導体領域41Cの深さ81を、図5のAの画素10Xの深さ81よりも浅くすることができる。

[0084] 図6は、転送トランジスタとして、図5のAの平面型トランジスタを用いた場合と、図5のBの縦型トランジスタを用いた場合とのポテンシャルと転送経路を示すグラフである。

[0085] 図6のグラフの縦軸は、ポテンシャルを表し、横軸は、フォトダイオードPDから浮遊拡散領域FDまでの電子の転送経路を表している。

[0086] 図6のグラフの実線101は、図5のAの平面型トランジスタを用いた画素10Xにおけるポテンシャル勾配を示している。

[0087] 図6のグラフの破線102は、図5のAの画素10Xの転送トランジスタを、平面型トランジスタから、転送トランジスタTRGと同じ縦型トランジスタに変更した場合のポテンシャル勾配を示している。破線102では、フォトダイオードPDとしてのN型半導体領域41は、図5のAの画素10Xと同様である

。

[0088] 図6のグラフの実線103は、図5のBの画素10のポテンシャル勾配を示している。すなわち、実線103は、図5のAの画素10Xの転送トランジスタを平面型トランジスタから縦型トランジスタに変更し、かつ、フォトダイオードPDとしてのN型半導体領域41を、図5のBのように、高不純物濃度のN型半導体領域41Cの深さ81を浅くし、基板裏面側近傍にN型半導体領域41Aを形成した場合のポテンシャル勾配を示している。

[0089] 図6に示されるように、転送トランジスタTRGを平面型トランジスタから縦型トランジスタに変更することにより、転送経路を短くすることができる。また、高不純物濃度のN型半導体領域41Cの深さ81を浅くし、基板裏面側近傍にN型半導体領域41Aを形成することにより、フォトダイオードPD深部のポテンシャルを深くし、転送トランジスタTRG近傍のポテンシャルを浅くすることができる。

[0090] 基板裏面側近傍にN型半導体領域41Aを形成することにより、光電変換領域を拡大し、飽和電荷量を増大させることができる。

[0091] 転送トランジスタTRG近傍のポテンシャルを浅くすることで、転送トランジスタTRGのゲート電極をオフしたとき、転送途中の信号電荷がフォトダイオードに戻ってしまう動作、いわゆる信号戻しによる信号劣化をより低減することができる。

[0092] 図7は、図6の実線101、破線102、および、実線103に対応するポテンシャル分布を示している。

[0093] 図7のAは、転送トランジスタとして平面型トランジスタを用いた画素10Xの、b1-b2線断面図（上段）とポテンシャル分布（下段）を示している。図7のAは、図6の実線101に対応する。

[0094] 図7のBは、転送トランジスタとして縦型トランジスタを用いた画素10Xの、b1-b2線断面図（上段）とポテンシャル分布（下段）を示している。図7のBは、図6の破線102に対応する。

[0095] 図7のCは、受光素子1の画素10の、b1-b2線断面図（上段）とポテ

ンシャル分布（下段）を示している。図7のCは、図6の実線103に対応する。

[0096] なお、図7のA乃至Cのポテンシャル分布は、いずれも、転送トランジスタTRG1がオンに制御された状態のポテンシャル分布を示している。また、図7のAおよびBの画素10Xにおいても、画素10と対応する部分に画素10と同じ符号を付してある点は図5と同様である。

[0097] 図7のA乃至Cそれぞれの、転送トランジスタTRG1の基板表面側界面付近の領域111乃至113のポテンシャル分布を比較して明らかなように、図7のAおよびBでは、転送トランジスタTRG1近傍のポテンシャルが深く（高く）なっているのに対して、図7のCでは、転送トランジスタTRG1近傍のポテンシャルが浅く（低く）なっている。このポテンシャル構造により、信号戻しによる転送劣化に対して耐性あるセンサが実現できる。

[0098] また、図7のCの画素10では、基板裏面側に近い領域に、N型半導体領域41Aを形成したことにより、領域114に示されるように、図7のAおよびBの画素10Xよりも、空乏層が基板裏面側近傍まで拡大されている。このポテンシャル構造により高感度化が実現できる。

[0099] <6. 縦ゲート電極部の平面形状>

図8は、縦ゲート電極部42Vの平面形状を説明する平面図である。

[0100] 縦ゲート電極部42Vの平面形状は、例えば、図8のAに示されるように、丸形とすることができる。ただし、縦ゲート電極部42Vの平面形状を丸形とした場合には、XY平面に対する縦ゲート電極部42Vの面積が大きくなり、電子が縦ゲート電極部42Vに衝突し、転送速度を低下させるおそれがある。

[0101] そこで、縦ゲート電極部42Vの平面形状は、例えば、図8のBに示されるように、ゲート幅61の方向（Y方向）の幅よりも、ゲート幅61の方向に直交する方向（X方向）の幅が長い細長形状で形成することができる。また、縦ゲート電極部42Vの平面形状は、フォトダイオードPD側が凸の細長形状で形成することができる。これにより、電子が縦ゲート電極部42Vに衝突しにくくなり、転送速度の低下を抑えることができる。

[0102] <7. 複数画素の配列例>

図9は、画素アレイ部21の画素配列例を示している。

[0103] 画素アレイ部21では、図9に示されるように、図3に示した画素10が、行列方向に2次元配置されている。なお、図9では、紙面の制約上、画素10を行方向および列方向に4個ずつ配列した4×4の16個の配列のみが示されているが、画素数はこれに限定されない。図9では、紙面の制約上、符号も省略されている。

[0104] <8. 転送トランジスタの駆動>

次に、図10および図11を参照して、転送トランジスタTRGの駆動について説明する。

[0105] 図10は、転送トランジスタTRGを駆動する際の印加電圧を示す図である。

[0106] 上述したように、受光素子1の画素10は、2つの転送トランジスタTRG1およびTRG2の一方をオンし、他方をオフする制御を交互に行うことにより、電荷を浮遊拡散領域FD1とFD2とに振り分ける。

[0107] 垂直駆動部22は、第1の駆動として、画素10に対して、オンさせる一方の転送トランジスタTRG(例えば、転送トランジスタTRG1)の印加電圧を、正の所定電圧VAとし、オフさせる他方の転送トランジスタTRG(例えば、転送トランジスタTRG2)の印加電圧を、負の所定電圧VB(第1の負バイアスVB)とする制御を行うことができる。ここで、第1の負バイアスVBは、白点および暗電流を抑制するためのピニング用の負バイアスである。

[0108] また、垂直駆動部22は、第2の駆動として、図10に示されるように、画素10に対して、オンさせる一方の転送トランジスタTRG(例えば、転送トランジスタTRG1)の印加電圧を、正の所定電圧VAとし、オフさせる他方の転送トランジスタTRG(例えば、転送トランジスタTRG2)の印加電圧を、負の所定電圧VC(第2の負バイアスVC)とする制御を行うことができる。ここで、第2の負バイアスVCは、ピニング用の第1の負バイアスVBよりも大きな負バイアスである。

[0109] 図11は、第2の駆動を行った場合の2つの転送トランジスタTRG1および

TRG 2 間のポテンシャルを示している。

[0110] 図 1 1 のグラフにおける実線が、第 2 の駆動を行った場合の 2 つの転送トランジスタ TRG 1 および TRG 2 間のポテンシャルを表し、破線が、転送トランジスタ TRG 1 および TRG 2 を第 1 の負バイアス VB でオフしたときのポテンシャルを示している。

[0111] 図 1 1 の実線で示されるように、オフさせる側の転送トランジスタ TRG に対して、ピニング用の第 1 の負バイアス VB よりも大きな第 2 の負バイアス VC を印加することにより、電界の勾配をより大きくすることができ、電荷転送を補助することができる。したがって、第 2 の駆動により、電荷の転送特性を向上させることができる。

[0112] < 9. 配線層の配置例 >

図 1 2 は、半導体基板 7 0 の表面側に形成された受光素子 1 の多層配線層の配置例を示している。

[0113] なお、図 1 2 においては、図 3 と対応する部分について、同一の符号を付しているが、一部の符号は省略されている。

[0114] 受光素子 1 は、例えば、第 1 配線層 M 1 乃至第 4 配線層 M 4 からなる 4 層の配線層と、層間絶縁層とからなる多層配線層を有する。4 層の配線層は、半導体基板 7 0 に近い側から順に、第 1 配線層 M 1、第 2 配線層 M 2、第 3 配線層 M 3、第 4 配線層 M 4 の順とする。

[0115] 図 1 2 の A は、半導体基板 7 0 の表面側に形成された画素トランジスタのゲート電極および N 型半導体領域、第 1 配線層 M 1、並びに、画素トランジスタのゲート電極と第 1 配線層 M 1 とのコンタクトの配置を示す平面図である。

[0116] 図 1 2 の A に示されるように、第 1 配線層 M 1 は、画素 1 0 の境界部分に少なくとも形成され、GND と接続されている。また、第 1 配線層 M 1 は、画素トランジスタのゲート電極と、コンタクトを介して接続されている。浮遊拡散領域 FD 1 として機能する N 型半導体領域 4 3₁ は、配線 1 5 1₁ を介して、増幅トランジスタ AMP 1 のゲート電極 4 8₁ と接続され、浮遊拡散領域 FD 2 として機能する N 型半導体領域 4 3₂ は、配線 1 5 1₂ を介して、増幅トランジスタ AMP 2

のゲート電極 $4\ 8_2$ と接続されている。

[0117] 図 1 2 の B は、第 1 配線層 M1、第 2 配線層 M2、および、第 1 配線層 M1 と第 2 配線層 M2 とを接続するビアの配置を示す平面図である。

[0118] 第 2 配線層 M2 には、第 3 配線層 M3 および第 4 配線層 M4 に中継するための配線が配置されている。

[0119] 図 1 2 の C は、第 2 配線層 M2、第 3 配線層 M3、および、第 2 配線層 M2 と第 3 配線層 M3 とを接続するビアの配置を示す平面図である。

[0120] 第 3 配線層 M3 には、画素アレイ部 2 1 を水平方向に伝送する制御線や電源線が配置されている。

[0121] 具体的には、第 3 配線層 M3 には、転送トランジスタ TRG 1 および TRG 2 のゲート電極に供給される転送駆動信号 TRG 1 g および TRG 2 g を伝送する配線 $1\ 6\ 1_1$ および $1\ 6\ 1_2$ 、切替トランジスタ FDG 1 および FDG 2 のゲート電極に供給される FD 駆動信号 FDG 1 g および FDG 2 g を伝送する配線 $1\ 6\ 2_1$ および $1\ 6\ 2_2$ 、リセットトランジスタ RST 1 および RST 2 のゲート電極に供給されるリセット駆動信号 RST 1 g および RST 2 g を伝送する配線 $1\ 6\ 3_1$ および $1\ 6\ 3_2$ 、選択トランジスタ SEL 1 および SRL 2 のゲート電極に供給される選択信号 SEL 1 g および SEL 2 g を伝送する配線 $1\ 6\ 4_1$ および $1\ 6\ 4_2$ 、並びに、電源電圧 VDD を伝送する配線 $1\ 6\ 5$ が、形成されている。

[0122] 転送駆動信号 TRG 1 g および TRG 2 g を伝送する配線 $1\ 6\ 1_1$ および $1\ 6\ 1_2$ の線幅 $1\ 7\ 1_1$ および $1\ 7\ 1_2$ は、セトリング改善のため、他の画素トランジスタの配線 $1\ 6\ 2_1$ 、 $1\ 6\ 2_2$ 、 $1\ 6\ 3_1$ 、 $1\ 6\ 3_2$ 、 $1\ 6\ 4_1$ 、および、 $1\ 6\ 4_2$ よりも太く形成されている。

[0123] 図 1 2 の D は、第 3 配線層 M3、第 4 配線層 M4、および、第 3 配線層 M3 と第 4 配線層 M4 とを接続するビアの配置を示す平面図である。

[0124] 第 4 配線層 M4 には、画素アレイ部 2 1 を垂直方向に伝送する垂直信号線 2 9 A および 2 9 B や、電源線が配置されている。

[0125] < 1 0. 画素の変形例 >

図 1 3 および図 1 4 は、画素 1 0 の変形例を示す図である。

- [0126] 図13は、画素10の変形例の平面図であり、図14は、画素10の変形例の断面図である。図13の平面図は、図3に示した画素10の平面図に対応し、図14の断面図は、図4に示した画素10の断面図に対応する。
- [0127] 図13および図14に示される変形例は、変換効率を上げるため、浮遊拡散領域FD1およびFD2の容量を小さくした場合の画素構造を示している。画素10の回路構成は、図2に示した等価回路と同じである。
- [0128] 図13の平面図に示されるように、浮遊拡散領域FD1およびFD2としてのN型半導体領域43₁および43₂の面積（体積）が、図3と比較して小さく形成されている。転送トランジスタTRG1およびTRG2のゲート電極42₁および42₂のゲート幅201も、図3の画素10のゲート幅61よりも短い。
- [0129] 浮遊拡散領域FD1およびFD2としてのN型半導体領域43₁および43₂の領域サイズの変更に伴い、転送トランジスタTRG、切替トランジスタFDG、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP、及び、選択トランジスタSELの各画素トランジスタの配置が変更されている。例えば、選択トランジスタSEL1およびSEL2のソース領域としてのN型半導体領域51₁が、垂直方向の隣りの画素10の領域に形成されている。
- [0130] 図13において、浮遊拡散領域FD1として機能するN型半導体領域43₁は、配線151₁を介して、増幅トランジスタAMP1のゲート電極48₁と接続され、浮遊拡散領域FD2として機能するN型半導体領域43₂は、配線151₂を介して、増幅トランジスタAMP2のゲート電極48₂と接続されている。
- [0131] 図14のAは、図13のa1－a2線における画素10の断面図であり、図14のBは、図13のb1－b2線における画素10の断面図である。
- [0132] なお、図14のBに示される画素10の変形例のb1－b2線における断面図は、図4のBの断面図と同様であるので、その説明は省略する。
- [0133] 画素10の変形例では、浮遊拡散領域FDとしてのN型半導体領域43の面積（体積）が、図3と比較して小さく形成されるのに伴い、転送トランジスタTRGのゲート電極42のゲート幅201も短く形成されるので、縦ゲート電極部42Vの本数も、図3と比較して少ない。具体的には、図14のAに示され

るように、転送トランジスタTRG2のゲート電極42₂は、平面ゲート電極部42T₂と、1本の縦ゲート電極部42V₂とで構成されている。

[0134] なお、転送トランジスタTRGのゲート電極42のゲート幅201に応じて、縦ゲート電極部42Vの本数は、2本や3本など、複数本で形成してもよい。

[0135] <11. 4タップの画素構成例>

図15は、画素10のさらにその他の変形例を示す平面図である。

[0136] 図3および図13で示した画素10は、1つのフォトダイオードPDに対して、2つの転送トランジスタTRG1およびTRG2と、浮遊拡散領域FD1およびFD2とを有し、フォトダイオードPDで生成された電荷を、2つの浮遊拡散領域FD1およびFD2に振り分ける2タップの画素構造であった。

[0137] これに対して、図15に示される画素10は、1つのフォトダイオードPDに対して、4つの転送トランジスタTRG1乃至TRG4と、浮遊拡散領域FD1乃至FD4とを有し、フォトダイオードPDで生成された電荷を、4つの浮遊拡散領域FD1乃至FD4に振り分ける4タップの画素構造を有する。

[0138] 画素10は、転送トランジスタTRG、浮遊拡散領域FD、付加容量FDL、切替トランジスタFDG、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP、及び、選択トランジスタSELをそれぞれ4個ずつ有する。

[0139] 転送トランジスタTRG、浮遊拡散領域FD、付加容量FDL、切替トランジスタFDG、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP、及び、選択トランジスタSELの組み合わせからなる1セットの配置は、図3と同様である。

[0140] 図3の2タップでは、転送トランジスタTRG、浮遊拡散領域FD、付加容量FDL、切替トランジスタFDG、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP、及び、選択トランジスタSELの組み合わせ（1セット）が、矩形の画素領域の対向する2辺のみに配置されていたのに対して、図15の4タップでは、各辺に配置されている。

[0141] 図15の4タップにおいて、転送トランジスタTRG、浮遊拡散領域FD、付加容量FDL、切替トランジスタFDG、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP、及び、選択トランジスタSELの各セットは、1乃至4のいずれかの添

え字を付して区別されている。

[0142] 図15のa1-a2線における画素10の断面図は、図4のAと同様であり、全ての転送トランジスタTRGは、縦型トランジスタで構成されている。なお、勿論、転送トランジスタTRGの縦ゲート電極部42Vの本数は、2タップの場合と異なってもよい。

[0143] 4タップの画素10では、図15に示されるように、対向する2つの転送トランジスタTRGのゲート電極42間の距離222は、転送トランジスタTRGのゲート電極42のゲート幅221と同程度の長さになるが、転送トランジスタTRGを縦型トランジスタとすることによって変調能力を高め、オフさせる側の転送トランジスタTRGに対して、ピニング用の第1の負バイアスVBよりも大きな第2の負バイアスVCを印加する第2の駆動を行うことで、電荷の高速転送が可能である。

[0144] 図16は、4タップの画素10における第2の駆動を説明するタイミングチャートである。

[0145] 垂直駆動部22は、4タップの画素10において第2の駆動を行う場合、オン制御する所定の1つの転送トランジスタTRGと対向する転送トランジスタTRGを、第2の負バイアスVCとし、直交する残り2つの転送トランジスタTRGを、第1の負バイアスVBに制御する。

[0146] 図16の例では、垂直駆動部22は、T1期間において、転送トランジスタTRG1をオンするとともに、転送トランジスタTRG3を第2の負バイアスVCに制御し、転送トランジスタTRG2とTRG4を、第1の負バイアスVBに制御する。

[0147] T1期間の次のT2期間では、垂直駆動部22は、転送トランジスタTRG2をオンするとともに、転送トランジスタTRG4を第2の負バイアスVCに制御し、転送トランジスタTRG1とTRG3を、第1の負バイアスVBに制御する。

[0148] T2期間の次のT3期間では、垂直駆動部22は、転送トランジスタTRG3をオンするとともに、転送トランジスタTRG1を第2の負バイアスVCに制御し、転送トランジスタTRG2とTRG4を、第1の負バイアスVBに制御する。

[0149] T3期間の次のT4期間では、垂直駆動部22は、転送トランジスタTRG4をオンするとともに、転送トランジスタTRG2を第2の負バイアスVCに制御し、転送トランジスタTRG1とTRG3を、第1の負バイアスVBに制御する。

[0150] <12. 電界制御型の受光素子への適用>

上述した受光素子1の縦型トランジスタの構造は、図17に示すような電界制御型の受光素子にも適用することができる。

[0151] 図17のAは、電界制御型の受光素子の画素の平面図であり、図17のBは、電界制御型の受光素子の画素の断面図とポテンシャル図である。

[0152] 電界制御型の受光素子の画素300は、光電変換領域であるN型半導体領域301で生成された電荷を、1対の第1の電界制御電極311aおよび311bと、その隣の1対の第2の電界制御電極312aおよび312bとに、互いに異なる電界制御電圧をそれぞれ印加することにより、2つの電荷蓄積領域313aおよび313bに振り分ける。2つの電荷蓄積領域313aおよび313bに蓄積された電荷は、それぞれ、転送トランジスタTRGaおよびTRGbによって、電荷読み出し領域314aおよび314bに転送される。

[0153] 光電変換領域であるN型半導体領域301には、図17のBに示される遮光板302の矩形の開口領域を通過した光が入射される。図17のAに示した1対の第1の電界制御電極311aおよび311bと、その隣の1対の第2の電界制御電極312aおよび312bは、遮光板302と絶縁膜303との間に配置されている。N型半導体領域301と絶縁膜303との間のP型半導体領域304は、ピニング層である。

[0154] 例えば、1対の第1の電界制御電極311aおよび311bに対して-2V、その隣の1対の第2の電界制御電極312aおよび312bに対して1Vの電圧が印加された場合、光電変換で生成された電荷は、右側の電荷蓄積領域313bに転送される。

[0155] 一方、1対の第1の電界制御電極311aおよび311bに対して1V、その隣の1対の第2の電界制御電極312aおよび312bに対して-2Vの電圧が印加された場合、光電変換で生成された電荷は、左側の電荷蓄積領域3

1 3 a に転送される。

[0156] 以上のような電界制御型の受光素子の画素 3 0 0 の第 1 の電界制御電極 3 1 1 a および 3 1 1 b と、第 2 の電界制御電極 3 1 2 a および 3 1 2 b に代えて、上述した転送トランジスタ TRG1 および TRG2 の構成、即ち、櫛歯形状の縦ゲート電極部 4 2 V を有する縦型トランジスタの構成を採用することができる。これにより、変調能力が向上し、電界が付きやすくなるので、転送特性を向上させることができる。

[0157] < 1 3 . 測距モジュールの構成例 >

図 1 8 は、上述した受光素子 1 を用いて測距情報を出力する測距モジュールの構成例を示すブロック図である。

[0158] 測距モジュール 5 0 0 は、発光部 5 1 1、発光制御部 5 1 2、および、受光部 5 1 3 を備える。

[0159] 発光部 5 1 1 は、所定波長の光を発する光源を有し、周期的に明るさが変動する照射光を発して物体に照射する。例えば、発光部 5 1 1 は、光源として、波長が 7 8 0 nm 乃至 1 0 0 0 nm の範囲の赤外光を発する発光ダイオードを有し、発光制御部 5 1 2 から供給される矩形波の発光制御信号 C L K p に同期して、照射光を発生する。

[0160] なお、発光制御信号 C L K p は、周期信号であれば、矩形波に限定されない。例えば、発光制御信号 C L K p は、サイン波であってもよい。

[0161] 発光制御部 5 1 2 は、発光制御信号 C L K p を発光部 5 1 1 および受光部 5 1 3 に供給し、照射光の照射タイミングを制御する。この発光制御信号 C L K p の周波数は、例えば、2 0 メガヘルツ (M H z) である。なお、発光制御信号 C L K p の周波数は、2 0 メガヘルツ (M H z) に限定されず、5 メガヘルツ (M H z) などであってもよい。

[0162] 受光部 5 1 3 は、物体から反射した反射光を受光し、受光結果に応じて距離情報を画素ごとに算出し、物体までの距離を画素ごとに階調値で表したデプス画像を生成して、出力する。

[0163] 受光部 5 1 3 には、図 1 の受光素子 1 が用いられる。受光部 5 1 3 として

の受光素子 1 は、例えば、発光制御信号 C L K p に基づいて、画素アレイ部 2 1 の各画素 1 0 の複数の転送トランジスタ TRG を交互に駆動し、フォトダイオード PD で生成された電荷を複数の電荷蓄積部（浮遊拡散領域 FD）に転送する。受光素子 1 は、複数の電荷蓄積部で検出された信号強度から、距離情報を画素ごとに算出する。

[0164] 以上のように、間接ToF方式により被写体までの距離情報を求めて出力する測距モジュール 5 0 0 の受光部 5 1 3 として、上述した受光素子 1 を組み込むことができる。これにより、測距モジュール 5 0 0 としての測距特性を向上させることができる。

[0165] < 1 4 . 電子機器の構成例 >

なお、受光素子 1 は、上述したように測距モジュールに適用できる他、例えば、測距機能を備える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、測距機能を備えたスマートフォンといった各種の電子機器に適用することができる。

[0166] 図 1 9 は、本技術を適用した電子機器としての、スマートフォンの構成例を示すブロック図である。

[0167] スマートフォン 6 0 1 は、図 1 9 に示されるように、測距モジュール 6 0 2、撮像装置 6 0 3、ディスプレイ 6 0 4、スピーカ 6 0 5、マイクロフォン 6 0 6、通信モジュール 6 0 7、センサユニット 6 0 8、タッチパネル 6 0 9、および制御ユニット 6 1 0 が、バス 6 1 1 を介して接続されて構成される。また、制御ユニット 6 1 0 では、CPU がプログラムを実行することによって、アプリケーション処理部 6 2 1 およびオペレーションシステム処理部 6 2 2 としての機能を備える。

[0168] 測距モジュール 6 0 2 には、図 1 8 の測距モジュール 5 0 0 が適用される。例えば、測距モジュール 6 0 2 は、スマートフォン 6 0 1 の前面に配置され、スマートフォン 6 0 1 のユーザを対象とした測距を行うことにより、そのユーザの顔や手、指などの表面形状のデプス値を測距結果として出力することができる。

- [0169] 撮像装置603は、スマートフォン601の前面に配置され、スマートフォン601のユーザを被写体とした撮像を行うことにより、そのユーザが写された画像を取得する。なお、図示しないが、スマートフォン601の背面にも撮像装置603が配置された構成としてもよい。
- [0170] ディスプレイ604は、アプリケーション処理部621およびオペレーションシステム処理部622による処理を行うための操作画面や、撮像装置603が撮像した画像などを表示する。スピーカ605およびマイクロフォン606は、例えば、スマートフォン601により通話を行う際に、相手側の音声の出力、および、ユーザの音声の收音を行う。
- [0171] 通信モジュール607は、インターネット、公衆電話回線網、所謂3G回線や4G回線等の無線移動体用の広域通信網、WAN (Wide Area Network)、LAN (Local Area Network) 等の通信網を介したネットワーク通信、Bluetooth (登録商標)、NFC (Near Field Communication) 等の近距離無線通信などを行う。センサユニット608は、速度や加速度、近接などをセンシングし、タッチパネル609は、ディスプレイ604に表示されている操作画面に対するユーザによるタッチ操作を取得する。
- [0172] アプリケーション処理部621は、スマートフォン601によって様々なサービスを提供するための処理を行う。例えば、アプリケーション処理部621は、測距モジュール602から供給されるデプス値に基づいて、ユーザの表情をバーチャルに再現したコンピュータグラフィックスによる顔を作成し、ディスプレイ604に表示する処理を行うことができる。また、アプリケーション処理部621は、測距モジュール602から供給されるデプス値に基づいて、例えば、任意の立体的な物体の三次元形状データを作成する処理を行うことができる。
- [0173] オペレーションシステム処理部622は、スマートフォン601の基本的な機能および動作を実現するための処理を行う。例えば、オペレーションシステム処理部622は、測距モジュール602から供給されるデプス値に基づいて、ユーザの顔を認証し、スマートフォン601のロックを解除する処

理を行うことができる。また、オペレーションシステム処理部 6 2 2 は、測距モジュール 6 0 2 から供給されるデプス値に基づいて、例えば、ユーザのジェスチャを認識する処理を行い、そのジェスチャに従った各種の操作を入力する処理を行うことができる。

[0174] このように構成されているスマートフォン 6 0 1 では、測距モジュール 6 0 2 として、上述した測距モジュール 5 0 0 を適用することで、例えば、所定の物体までの距離を測定して表示したり、所定の物体の三次元形状データを作成して表示する処理などを行うことができる。

[0175] < 1 5. 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。

[0176] 図 2 0 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。

[0177] 図 2 0 では、術者（医師） 1 1 1 3 1 が、内視鏡手術システム 1 1 0 0 0 を用いて、患者ベッド 1 1 1 3 3 上の患者 1 1 1 3 2 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 1 1 0 0 0 は、内視鏡 1 1 1 0 0 と、気腹チューブ 1 1 1 1 1 やエネルギー処置具 1 1 1 1 2 等の、その他の術具 1 1 1 1 0 と、内視鏡 1 1 1 0 0 を支持する支持アーム装置 1 1 1 2 0 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 1 1 2 0 0 と、から構成される。

[0178] 内視鏡 1 1 1 0 0 は、先端から所定の長さの領域が患者 1 1 1 3 2 の体腔内に挿入される鏡筒 1 1 1 0 1 と、鏡筒 1 1 1 0 1 の基端に接続されるカメラヘッド 1 1 1 0 2 と、から構成される。図示する例では、硬性の鏡筒 1 1 1 0 1 を有するいわゆる硬性鏡として構成される内視鏡 1 1 1 0 0 を図示しているが、内視鏡 1 1 1 0 0 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。

[0179] 鏡筒 1 1 1 0 1 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 1 1 1 0 0 には光源装置 1 1 2 0 3 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。

[0180] 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。

[0181] CCU 11201 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、CCU 11201 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。

[0182] 表示装置 11202 は、CCU 11201 からの制御により、当該 CCU 11201 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。

[0183] 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。

[0184] 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。

[0185] 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。

[0186] 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。

[0187] 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。

[0188] 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（N a r r

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。

[0189] 図21は、図20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。

[0190] 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。

[0191] 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。

[0192] 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。

[0193] 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。

[0194] 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。

[0195] 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。

[0196] 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。

[0197] 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。

- [0198] カメラヘッド制御部 1 1 4 0 5 は、通信部 1 1 4 0 4 を介して受信した C C U 1 1 2 0 1 からの制御信号に基づいて、カメラヘッド 1 1 1 0 2 の駆動を制御する。
- [0199] 通信部 1 1 4 1 1 は、カメラヘッド 1 1 1 0 2 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 1 1 4 1 1 は、カメラヘッド 1 1 1 0 2 から、伝送ケーブル 1 1 4 0 0 を介して送信される画像信号を受信する。
- [0200] また、通信部 1 1 4 1 1 は、カメラヘッド 1 1 1 0 2 に対して、カメラヘッド 1 1 1 0 2 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。
- [0201] 画像処理部 1 1 4 1 2 は、カメラヘッド 1 1 1 0 2 から送信された R A W データである画像信号に対して各種の画像処理を施す。
- [0202] 制御部 1 1 4 1 3 は、内視鏡 1 1 1 0 0 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 1 1 4 1 3 は、カメラヘッド 1 1 1 0 2 の駆動を制御するための制御信号を生成する。
- [0203] また、制御部 1 1 4 1 3 は、画像処理部 1 1 4 1 2 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 1 1 2 0 2 に表示させる。この際、制御部 1 1 4 1 3 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 1 1 4 1 3 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 1 1 1 1 2 の使用時のミスト等を認識することができる。制御部 1 1 4 1 3 は、表示装置 1 1 2 0 2 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 1 1 1 3 1 に提示されることにより、術者 1 1 1 3 1 の負担を軽減することや、術者 1 1 1 3 1 が確実に手術を進めることが可能になる。
- [0204] カメラヘッド 1 1 1 0 2 及び C C U 1 1 2 0 1 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。

[0205] 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。

[0206] 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１１４０２に適用され得る。具体的には、画素１０を有する受光素子１を、撮像部１１４０２の構成の一部として適用することができる。撮像部１１４０２の構成の一部として本開示に係る技術を適用することにより、術部までの距離を高精度に測定することができ、より鮮明な術部画像を得ることができる。

[0207] 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。

[0208] <１６．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。

[0209] 図２２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。

[0210] 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２２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 (interface) 12053 が図示されている。

[0211] 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。

[0212] 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。

[0213] 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。

[0214] 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。

[0215] 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。

[0216] 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。

[0217] 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。

[0218] 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。

[0219] 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 22 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。

[0220] 図 23 は、撮像部 12031 の設置位置の例を示す図である。

[0221] 図 23 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。

[0222] 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。

[0223] なお、図 23 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。

[0224] 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、位相差検出用の画素を有する撮像素子であってもよい。

[0225] 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、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。

[0226] 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。

[0227] 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。

[0228] 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、車外情報検出ユニット12030や撮像部12031に適用され得る。具体的には、受光素子1または測距モジュール500を、車外情報検出ユニット12030や撮像部12031の距離検出処理ブロックに適用することができる。車外情報検出ユニット12030や撮像部12031に、本開示に係る技術を適用することにより、人、車、障害物、標識又は路面上の文字等の物体までの距離を高精度に測定することができ、得られた距離情報を用いて、ドライバの疲労を軽減したり、ドライバや車両の安全度を高めることが可能になる。

[0229] 本技術の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

[0230] また、上述した受光素子1においては、信号キャリアとして電子を用いる例について説明したが、光電変換で発生した正孔を信号キャリアとして用いるようにしてもよい。そのような場合、光電変換領域がP型半導体領域により構成され、半導体基板70がN型半導体領域により構成されるようにし、光電変換領域において、信号キャリアとしての正孔が検出されるようにすればよい。

。

[0231] 上述した受光素子 1 おいては、フォトダイオードPDから転送された電荷を浮遊拡散領域FD 1 およびFD 2 に保持するようにしたが、電荷保持部としてメモリ部を形成して電荷を保持するようにしてもよい。

[0232] 例えば、上述した受光素子 1 おいては、各実施の形態の全てまたは一部を組み合わせた形態を採用することができる。

[0233] 上述した受光素子 1 は、それ単体でワンチップとして構成されてもよいし、光源や光学系、信号処理回路などと一緒にパッケージングされたモジュールや測距装置など、いずれの形態で構成されてもよい。

[0234] なお、本明細書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、本明細書に記載されたもの以外の効果があってもよい。

[0235] なお、本技術は以下のような構成も取ることができる。

(1)

フォトダイオードで生成された電荷を保持する第 1 および第 2 の電荷保持部と、

前記電荷を前記第 1 の電荷保持部に転送する第 1 の転送トランジスタと、

前記電荷を前記第 2 の電荷保持部に転送する第 2 の転送トランジスタと

を少なくとも有する画素を備え、

前記第 1 および第 2 の転送トランジスタは、縦ゲート電極部を有する縦型トランジスタで構成されている

受光素子。

(2)

前記第 1 の電荷保持部と前記第 2 の電荷保持部は、前記フォトダイオードを挟んで対向配置されて構成される

前記 (1) に記載の受光素子。

(3)

前記第 1 の転送トランジスタと第 2 の転送トランジスタとの間の距離は、前記第 1 または第 2 の転送トランジスタのゲート幅よりも短い

前記（１）または（２）に記載の受光素子。

（４）

前記第１および第２の転送トランジスタのゲート幅は、同方向の前記フォトダイオードの幅よりも大きく構成される

前記（１）乃至（３）のいずれかに記載の受光素子。

（５）

前記第１および第２の転送トランジスタは、複数の縦ゲート電極部を有する

前記（１）乃至（４）のいずれかに記載の受光素子。

（６）

前記第１および第２の転送トランジスタは、断面視で櫛歯形状に形成されている

前記（５）に記載の受光素子。

（７）

前記縦ゲート電極部の平面形状は、ゲート幅方向の第１の幅よりも、前記ゲート幅方向に直交する第２の幅が長い細長形状で形成されている

前記（１）乃至（６）のいずれかに記載の受光素子。

（８）

前記縦ゲート電極部の平面形状は、前記フォトダイオード側が凸の前記細長形状で形成されている

前記（７）に記載の受光素子。

（９）

前記フォトダイオードの光電変換領域を形成するN型またはP型の半導体領域は、前記第１および第２の転送トランジスタの前記縦ゲート電極部の間と、前記縦ゲート電極部の下側の領域に形成され、空乏層が前記第１および第２の転送トランジスタの形成面と反対側の基板界面近傍まで拡大されるように構成されている

前記（１）乃至（８）のいずれかに記載の受光素子。

(10)

前記画素は、

前記電荷を蓄積する第1の付加容量と、

前記第1の付加容量を前記第1の電荷保持部と接続する第1の接続トランジスタと、 前記電荷を蓄積する第2の付加容量と、

前記第2の付加容量を前記第2の電荷保持部と接続する第2の接続トランジスタと

をさらに有する

前記(1)乃至(9)のいずれかに記載の受光素子。

(11)

前記画素は、

前記電荷を保持する第3の電荷保持部と、

前記電荷を前記第3の電荷保持部に転送する第3の転送トランジスタと

、

前記電荷を保持する第4の電荷保持部と、

前記電荷を前記第4の電荷保持部に転送する第4の転送トランジスタと

をさらに有し、

前記第3および第4の転送トランジスタは、縦ゲート電極部を有する縦型トランジスタで構成されている

前記(1)乃至(10)のいずれかに記載の受光素子。

(12)

前記第1の転送トランジスタをオンして前記電荷を前記第1の電荷保持部に転送する際、前記第1の転送トランジスタに対向する前記第2の転送トランジスタには第1の負バイアスよりも大きな第2の負バイアスが印加されるように構成され、前記第3の転送トランジスタおよび前記第4の転送トランジスタには前記第1の負バイアスが印加されるように構成される

前記(1)乃至(11)のいずれかに記載の受光素子。

(13)

前記第 1 の転送トランジスタをオンして前記電荷を前記第 1 の電荷保持部に転送する際、前記第 2 の転送トランジスタには負バイアスが印加されるように構成される

前記 (1) 乃至 (10) のいずれかに記載の受光素子。

(14)

前記負バイアスは、ピニング用の負バイアスよりも大きな負バイアスである

前記 (13) に記載の受光素子。

(15)

フォトダイオードで生成された電荷を保持する第 1 および第 2 の電荷保持部と、

前記電荷を前記第 1 の電荷保持部に転送する第 1 の転送トランジスタと、
前記電荷を前記第 2 の電荷保持部に転送する第 2 の転送トランジスタと
を少なくとも有する画素を備え、

前記第 1 および第 2 の転送トランジスタは、縦ゲート電極部を有する縦型トランジスタで構成されている受光素子と、

周期的に明るさが変動する照射光を照射する光源と、

前記照射光の照射タイミングを制御する発光制御部と
を備える測距モジュール。

(16)

フォトダイオードで生成された電荷を保持する第 1 および第 2 の電荷保持部と、

前記電荷を前記第 1 の電荷保持部に転送する第 1 の転送トランジスタと、
前記電荷を前記第 2 の電荷保持部に転送する第 2 の転送トランジスタと
を少なくとも有する画素を備え、

前記第 1 および第 2 の転送トランジスタは、縦ゲート電極部を有する縦型トランジスタで構成されている

受光素子

を備える電子機器。

符号の説明

[0236] 1 受光素子, 10 画素, 21 画素アレイ部, FD1, FD2 浮遊拡散領域, FDG1, FDG2 切替トランジスタ, FDL1, FDL2 付加容量, PD フォトダイオード, RST1, RST2 リセットトランジスタ, SEL1, SEL2 選択トランジスタ, TRG1, TRG2 転送トランジスタ, 42 ゲート電極, 42T 平面ゲート電極部, 42V 縦ゲート電極部, 61 ゲート幅, 500 測距モジュール, 511 発光部, 512 発光制御部, 513 受光部, 601 スマートフォン, 602 測距モジュール

請求の範囲

- [請求項1] フォトダイオードで生成された電荷を保持する第1および第2の電荷保持部と、
- 前記電荷を前記第1の電荷保持部に転送する第1の転送トランジスタと、
- 前記電荷を前記第2の電荷保持部に転送する第2の転送トランジスタと
- を少なくとも有する画素を備え、
- 前記第1および第2の転送トランジスタは、縦ゲート電極部を有する縦型トランジスタで構成されている
- 受光素子。
- [請求項2] 前記第1の電荷保持部と前記第2の電荷保持部は、前記フォトダイオードを挟んで対向配置されて構成される
- 請求項1に記載の受光素子。
- [請求項3] 前記第1の転送トランジスタと第2の転送トランジスタとの間の距離は、前記第1または第2の転送トランジスタのゲート幅よりも短い
- 請求項1に記載の受光素子。
- [請求項4] 前記第1および第2の転送トランジスタのゲート幅は、同方向の前記フォトダイオードの幅よりも大きく構成される
- 請求項1に記載の受光素子。
- [請求項5] 前記第1および第2の転送トランジスタは、複数の縦ゲート電極部を有する
- 請求項1に記載の受光素子。
- [請求項6] 前記第1および第2の転送トランジスタは、断面視で櫛歯形状に形成されている
- 請求項5に記載の受光素子。
- [請求項7] 前記縦ゲート電極部の平面形状は、ゲート幅方向の第1の幅よりも、前記ゲート幅方向に直交する第2の幅が長い細長形状で形成されて

いる

請求項 1 に記載の受光素子。

[請求項8] 前記縦ゲート電極部の平面形状は、前記フォトダイオード側が凸の前記細長形状で形成されている

請求項 7 に記載の受光素子。

[請求項9] 前記フォトダイオードの光電変換領域を形成するN型またはP型の半導体領域は、前記第 1 および第 2 の転送トランジスタの前記縦ゲート電極部の間と、前記縦ゲート電極部の下側の領域に形成され、空乏層が前記第 1 および第 2 の転送トランジスタの形成面と反対側の基板界面近傍まで拡大されるように構成されている

請求項 1 に記載の受光素子。

[請求項10] 前記画素は、

前記電荷を蓄積する第 1 の付加容量と、

前記第 1 の付加容量を前記第 1 の電荷保持部と接続する第 1 の接続トランジスタと、 前記電荷を蓄積する第 2 の付加容量と、

前記第 2 の付加容量を前記第 2 の電荷保持部と接続する第 2 の接続トランジスタと

をさらに有する

請求項 1 に記載の受光素子。

[請求項11] 前記画素は、

前記電荷を保持する第 3 の電荷保持部と、

前記電荷を前記第 3 の電荷保持部に転送する第 3 の転送トランジスタと、

前記電荷を保持する第 4 の電荷保持部と、

前記電荷を前記第 4 の電荷保持部に転送する第 4 の転送トランジスタと

をさらに有し、

前記第 3 および第 4 の転送トランジスタは、縦ゲート電極部を有す

る縦型トランジスタで構成されている

請求項 1 に記載の受光素子。

[請求項12] 前記第 1 の転送トランジスタをオンして前記電荷を前記第 1 の電荷保持部に転送する際、前記第 1 の転送トランジスタに対向する前記第 2 の転送トランジスタには第 1 の負バイアスよりも大きな第 2 の負バイアスが印加されるように構成され、前記第 3 の転送トランジスタおよび前記第 4 の転送トランジスタには前記第 1 の負バイアスが印加されるように構成される

請求項 1 1 に記載の受光素子。

[請求項13] 前記第 1 の転送トランジスタをオンして前記電荷を前記第 1 の電荷保持部に転送する際、前記第 2 の転送トランジスタには負バイアスが印加されるように構成される

請求項 1 に記載の受光素子。

[請求項14] 前記負バイアスは、ピニング用の負バイアスよりも大きな負バイアスである

請求項 1 3 に記載の受光素子。

[請求項15] フォトダイオードで生成された電荷を保持する第 1 および第 2 の電荷保持部と、

前記電荷を前記第 1 の電荷保持部に転送する第 1 の転送トランジスタと、

前記電荷を前記第 2 の電荷保持部に転送する第 2 の転送トランジスタと

を少なくとも有する画素を備え、

前記第 1 および第 2 の転送トランジスタは、縦ゲート電極部を有する縦型トランジスタで構成されている受光素子と、

周期的に明るさが変動する照射光を照射する光源と、

前記照射光の照射タイミングを制御する発光制御部と

を備える測距モジュール。

[請求項16] フォトダイオードで生成された電荷を保持する第1および第2の電荷保持部と、

 前記電荷を前記第1の電荷保持部に転送する第1の転送トランジスタと、

 前記電荷を前記第2の電荷保持部に転送する第2の転送トランジスタと

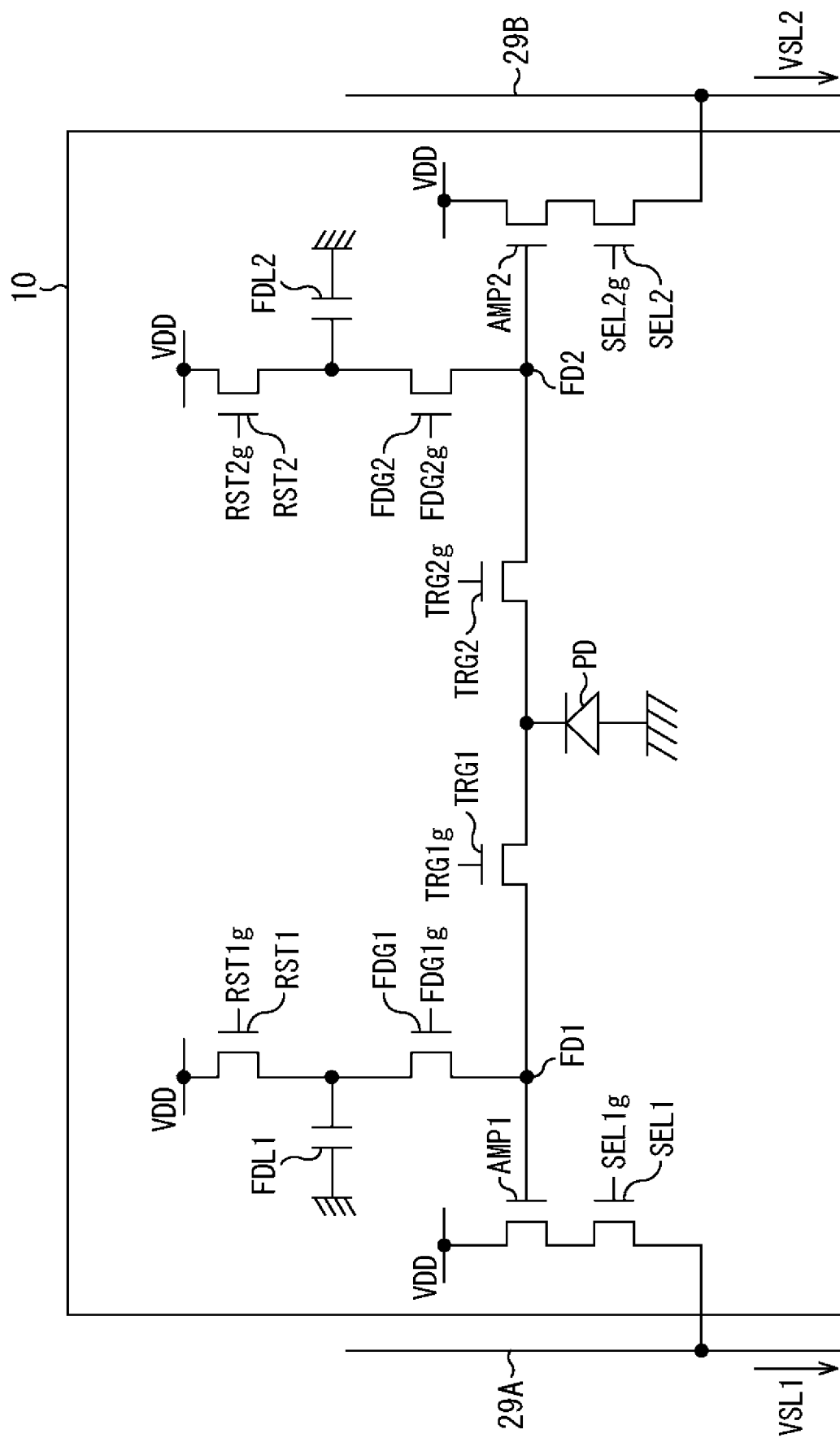
 を少なくとも有する画素を備え、

 前記第1および第2の転送トランジスタは、縦ゲート電極部を有する縦型トランジスタで構成されている

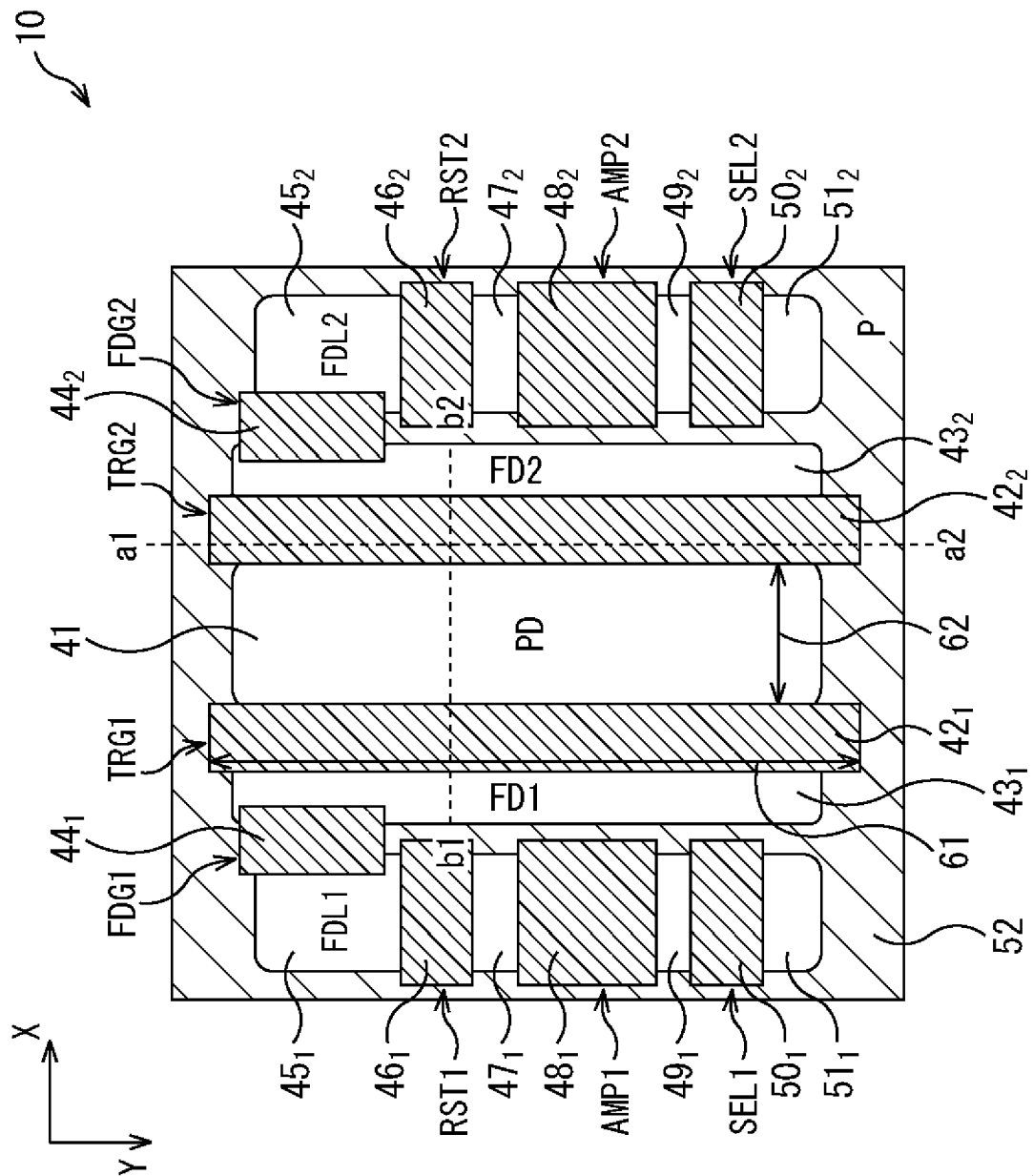
 受光素子

 を備える電子機器。

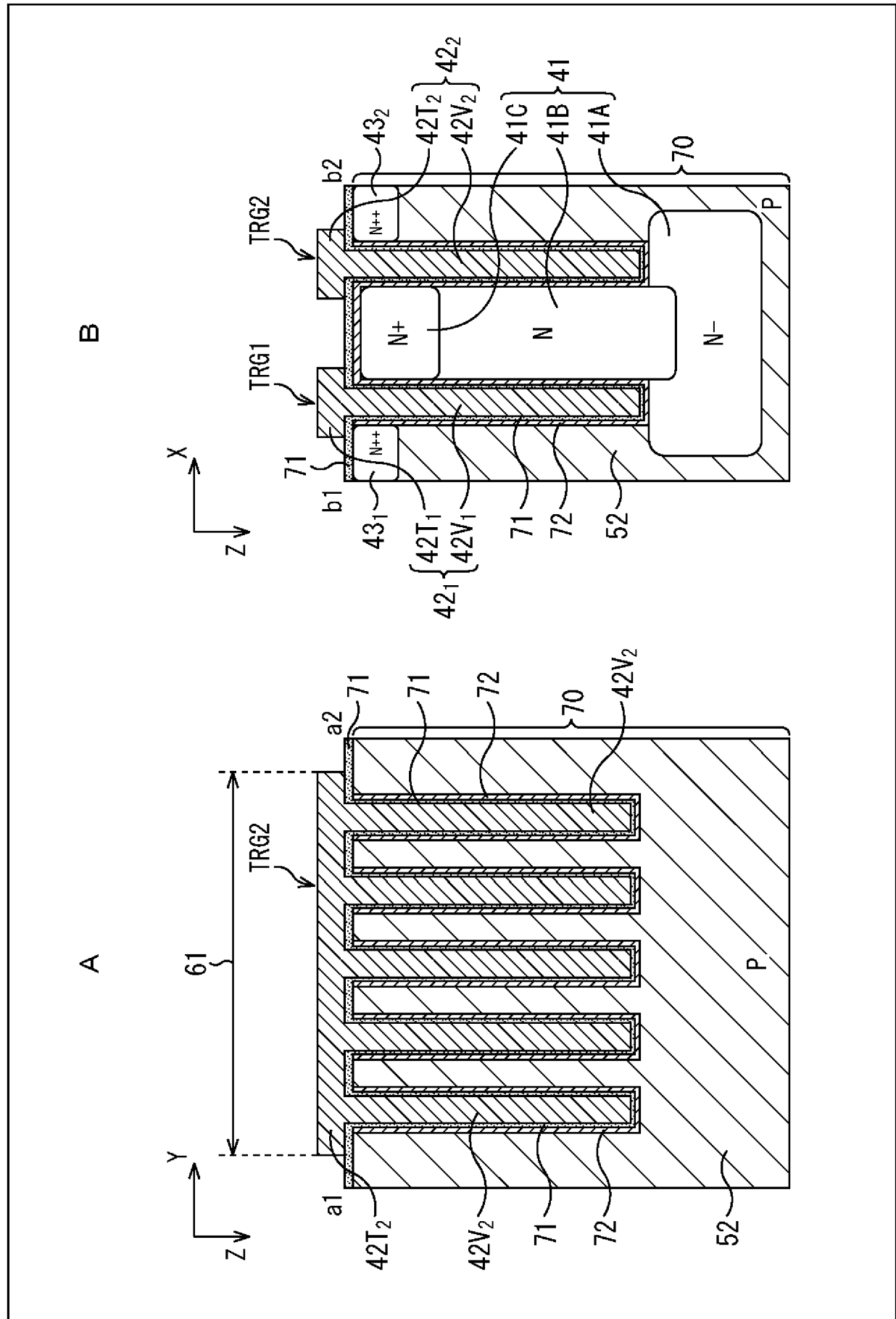
[図2]
FIG. 2



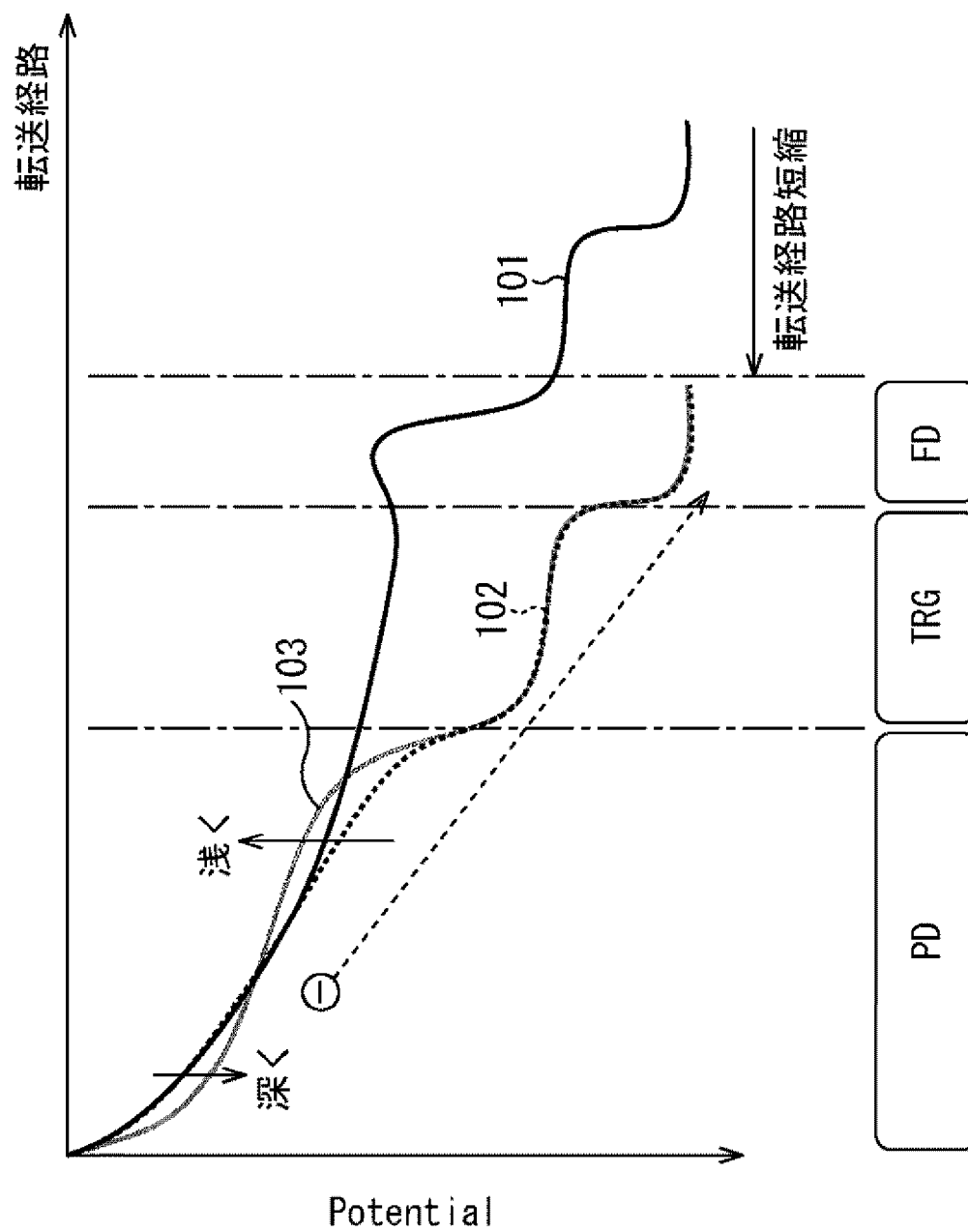
[図3]
FIG. 3

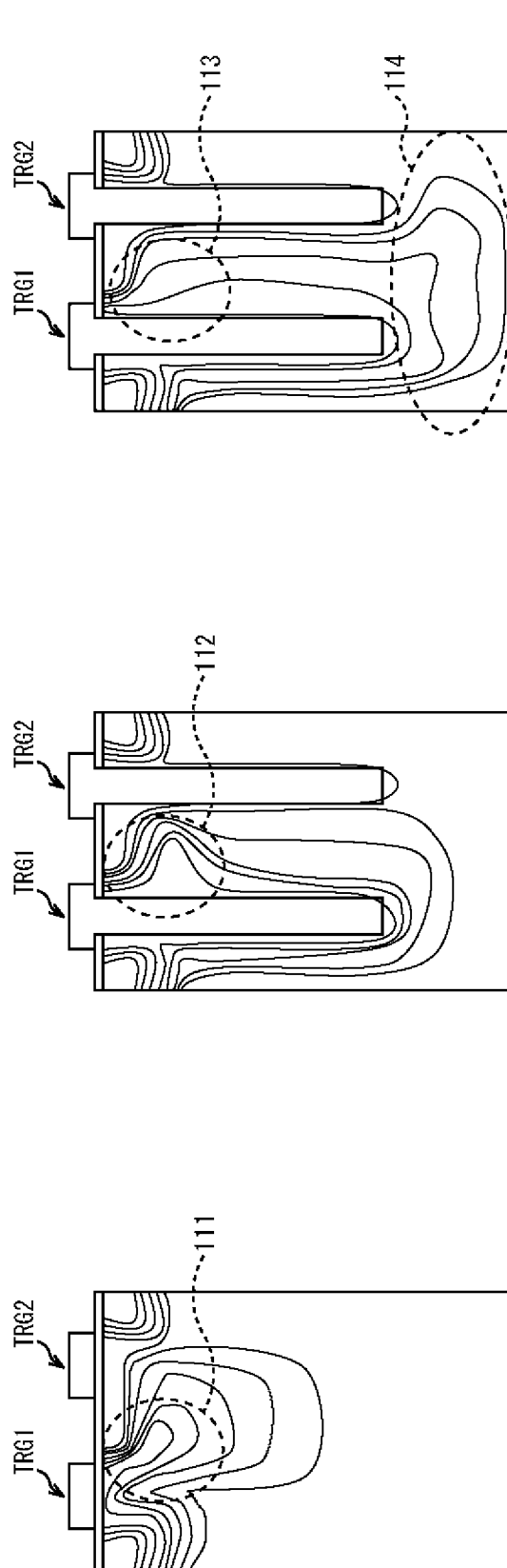


[図4]
FIG. 4

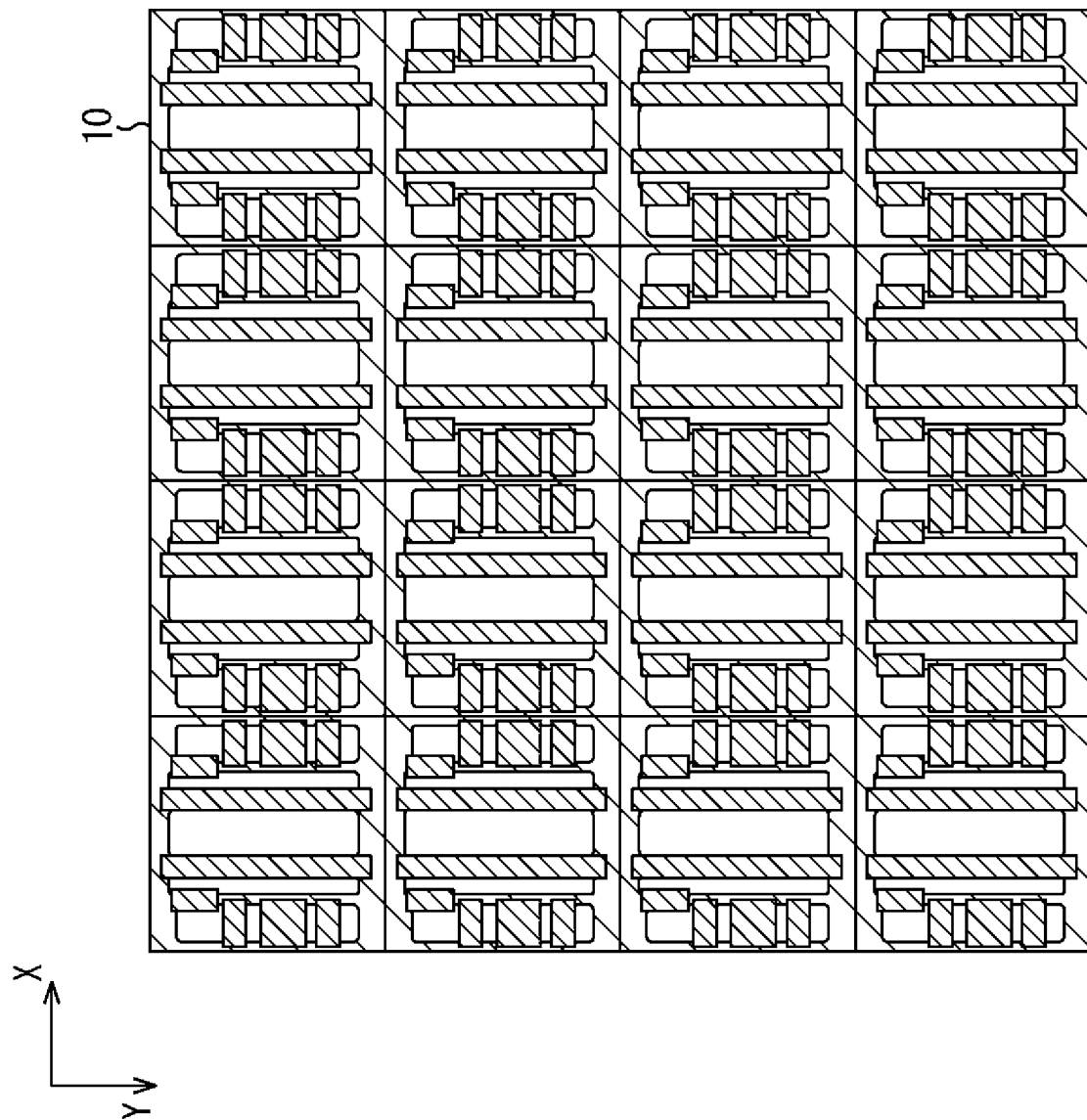


[図6]
FIG. 6

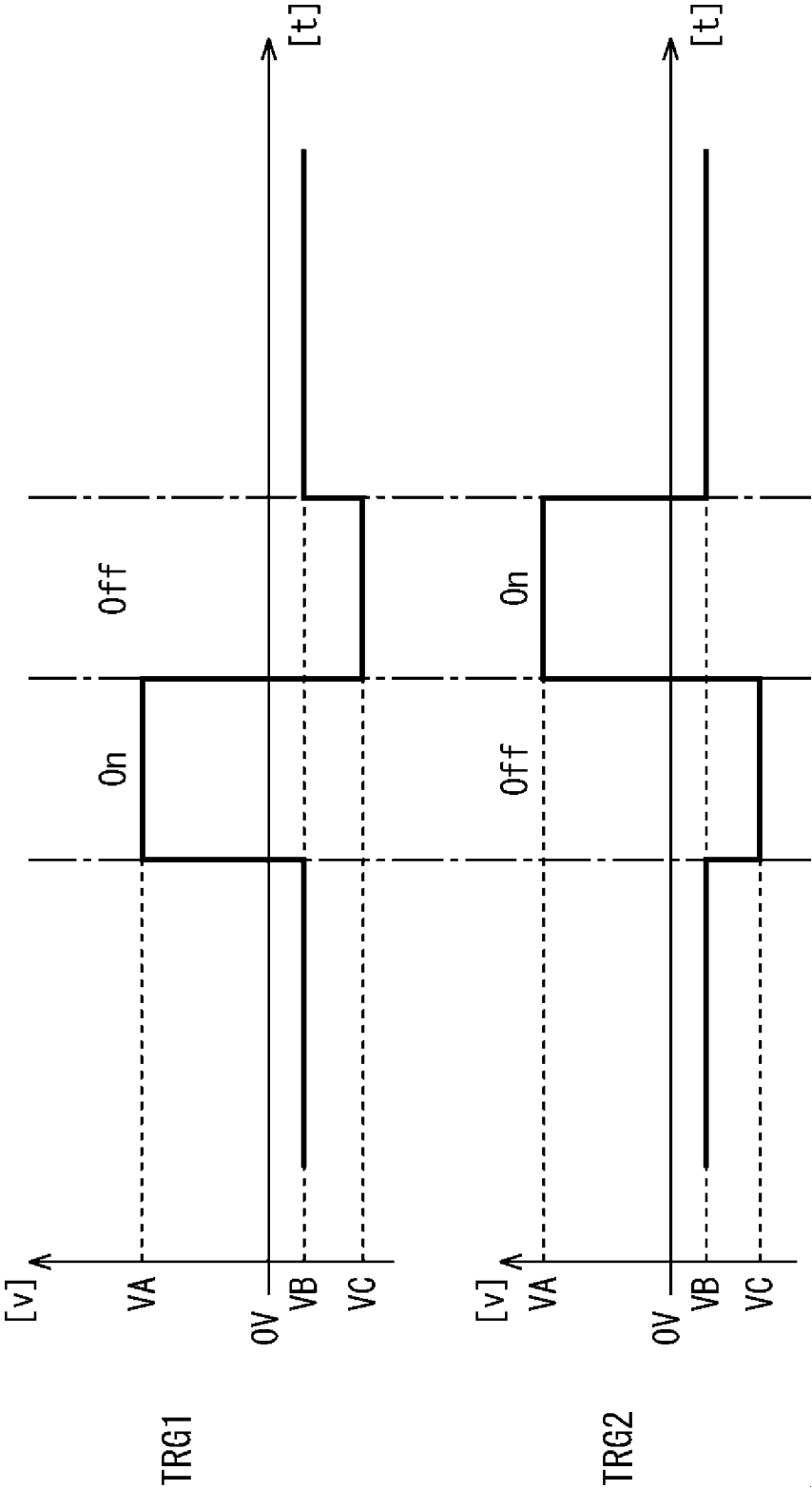




[図9]
FIG. 9



[図10]
FIG. 10



[図11]
FIG. 11

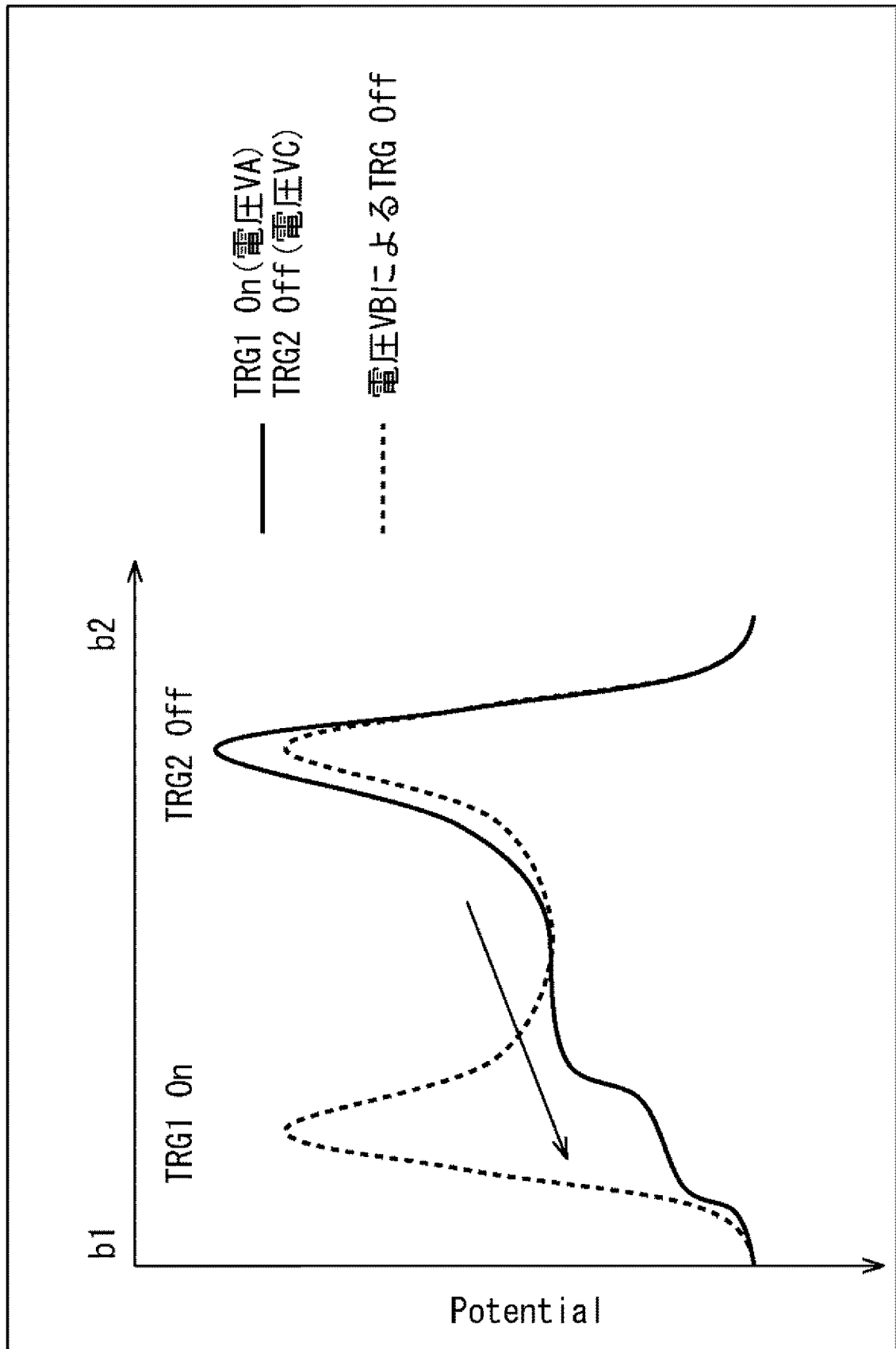
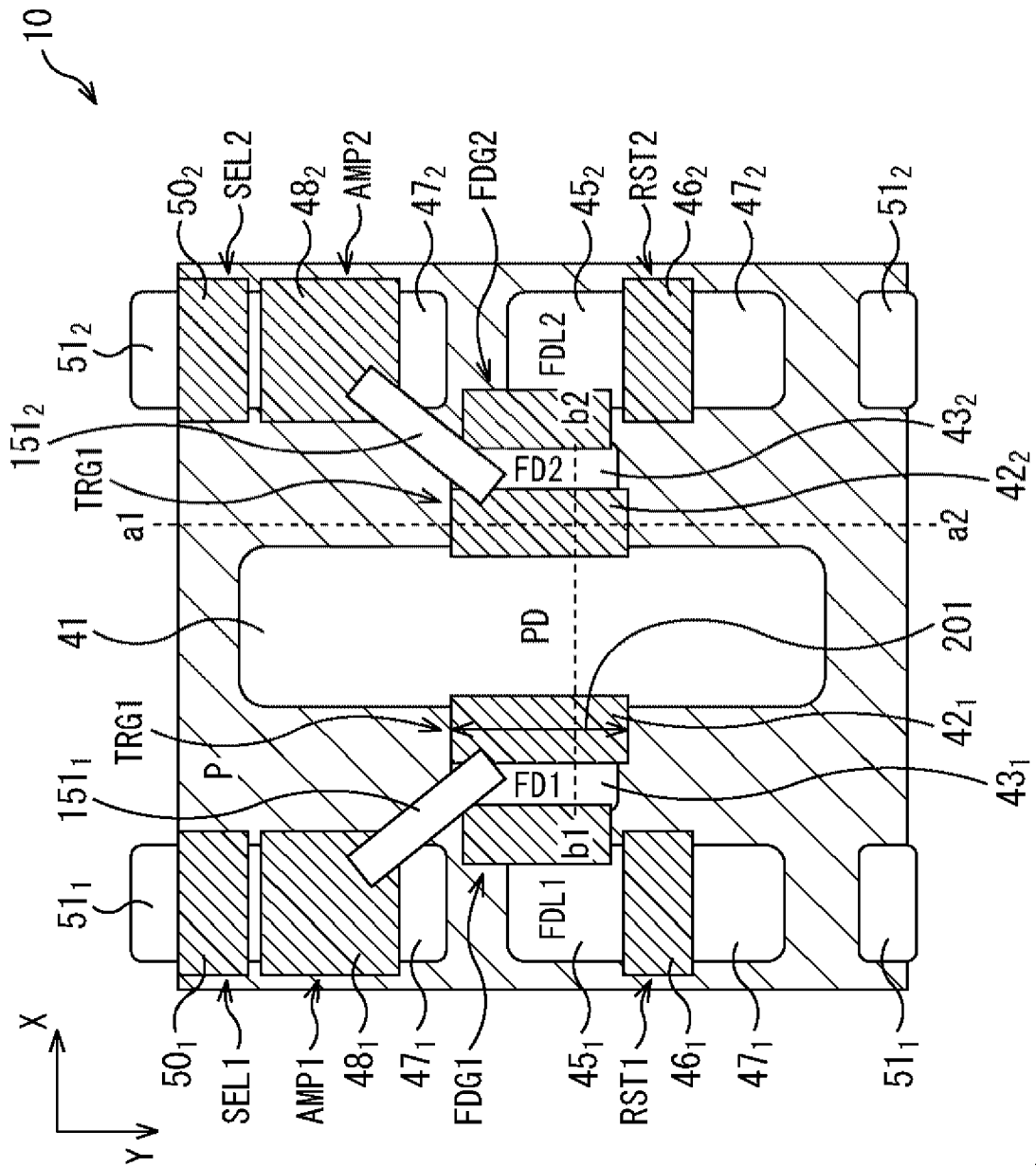


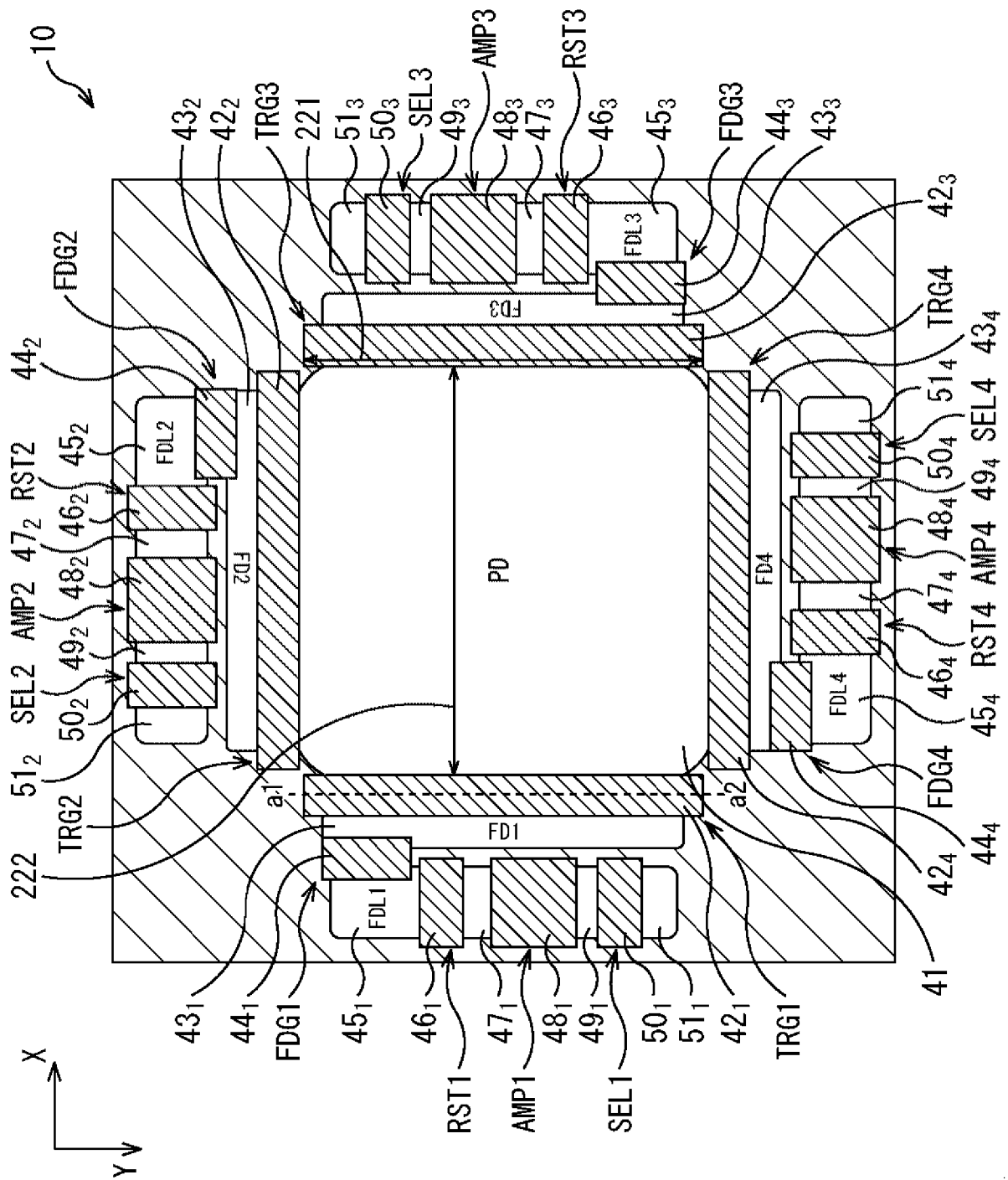
Figure 1 shows four plan views (A, B, C, D) of semiconductor devices. Each view includes a legend and various labeled components.

- View A:** Legend includes M1 (dotted), Contact (cross-hatched), and Gate Electrode (diagonal lines). Components include 44₁, 44₂, 45₁, 45₂, 46₁, 47₁, 47₂, 48₁, 48₂, 49₁, 49₂, 50₁, 50₂, 51₁, 51₂, 151₁, 151₂, 161₁, 161₂, 162₁, 162₂, 163₁, 163₂, 164₁, 164₂, 165, 171₁, 171₂, 172, 41, 42₁, 42₂, 43₁, 43₂, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 151, 152, 161, 162, 163, 164, 165, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200.
- View B:** Legend includes M2 (diagonal lines), P1A (M1-M2) (cross-hatched), and M1 (dotted). Components include 45₁, 45₂, 46₁, 46₂, 47₁, 47₂, 48₁, 48₂, 49₁, 49₂, 50₁, 50₂, 51₁, 51₂, 151₁, 151₂, 161₁, 161₂, 162₁, 162₂, 163₁, 163₂, 164₁, 164₂, 165, 171₁, 171₂, 172, 41, 42₁, 42₂, 43₁, 43₂, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 151, 152, 161, 162, 163, 164, 165, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200.
- View C:** Legend includes M3 (dotted), P1A (M2-M3) (cross-hatched), and M2 (diagonal lines). Components include 45₁, 45₂, 46₁, 46₂, 47₁, 47₂, 48₁, 48₂, 49₁, 49₂, 50₁, 50₂, 51₁, 51₂, 151₁, 151₂, 161₁, 161₂, 162₁, 162₂, 163₁, 163₂, 164₁, 164₂, 165, 171₁, 171₂, 172, 41, 42₁, 42₂, 43₁, 43₂, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 151, 152, 161, 162, 163, 164, 165, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200.
- View D:** Legend includes M4 (diagonal lines), P1A (M3-M4) (cross-hatched), and M3 (dotted). Components include 45₁, 45₂, 46₁, 46₂, 47₁, 47₂, 48₁, 48₂, 49₁, 49₂, 50₁, 50₂, 51₁, 51₂, 151₁, 151₂, 161₁, 161₂, 162₁, 162₂, 163₁, 163₂, 164₁, 164₂, 165, 171₁, 171₂, 172, 41, 42₁, 42₂, 43₁, 43₂, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 151, 152, 161, 162, 163, 164, 165, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200.

[図13]
FIG. 13



[図15]
FIG. 15



[図16]
FIG. 16

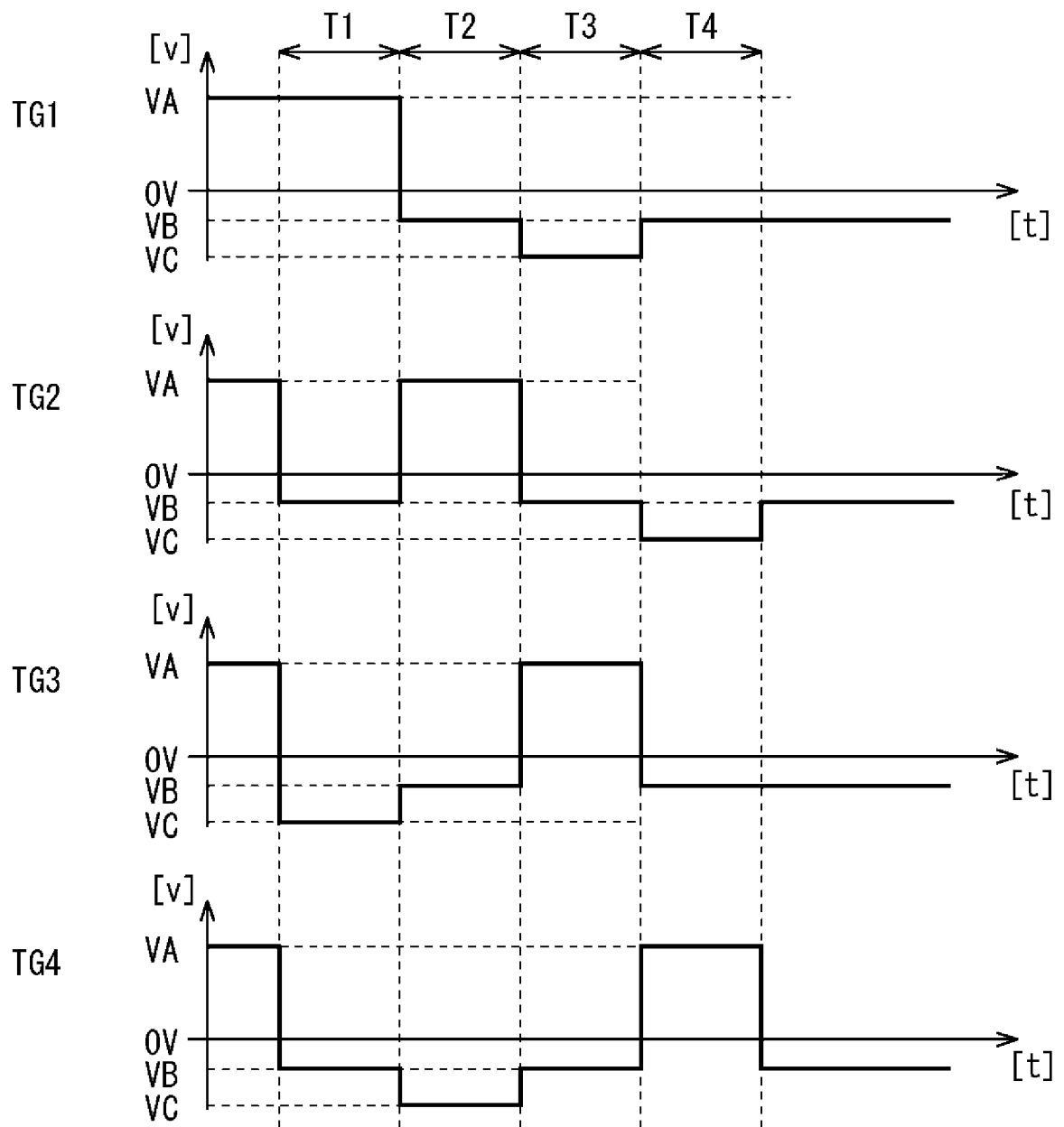
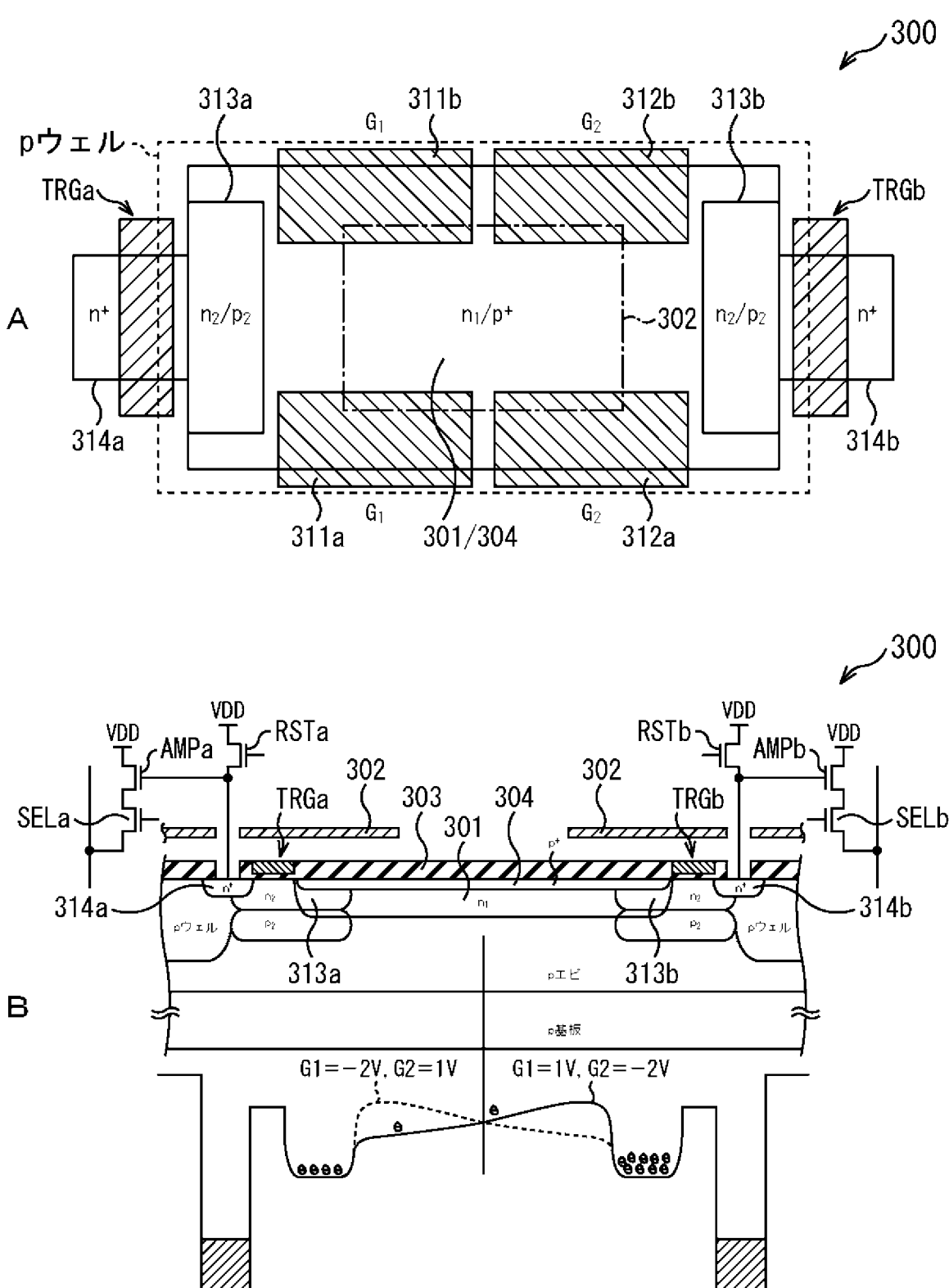
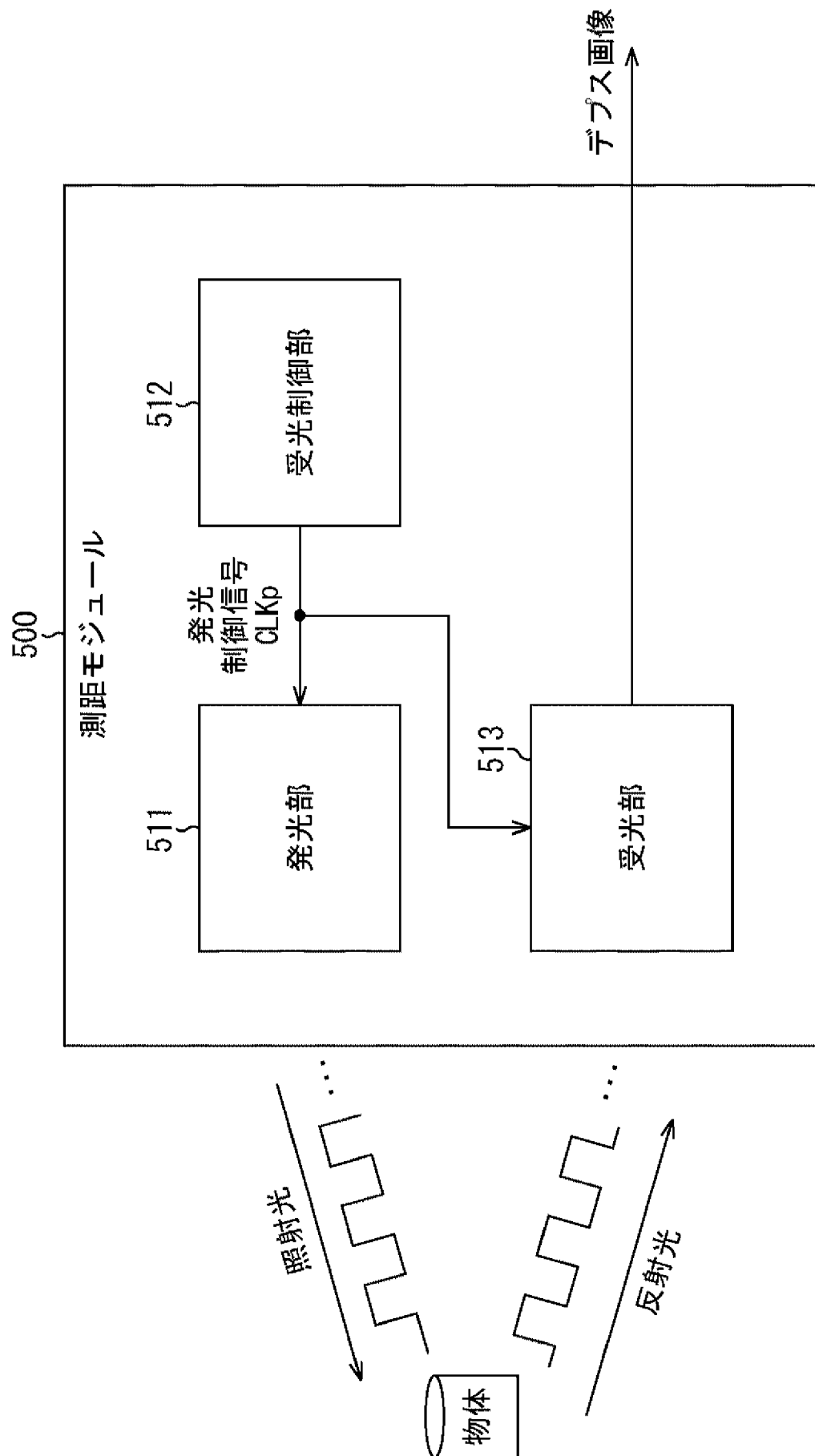


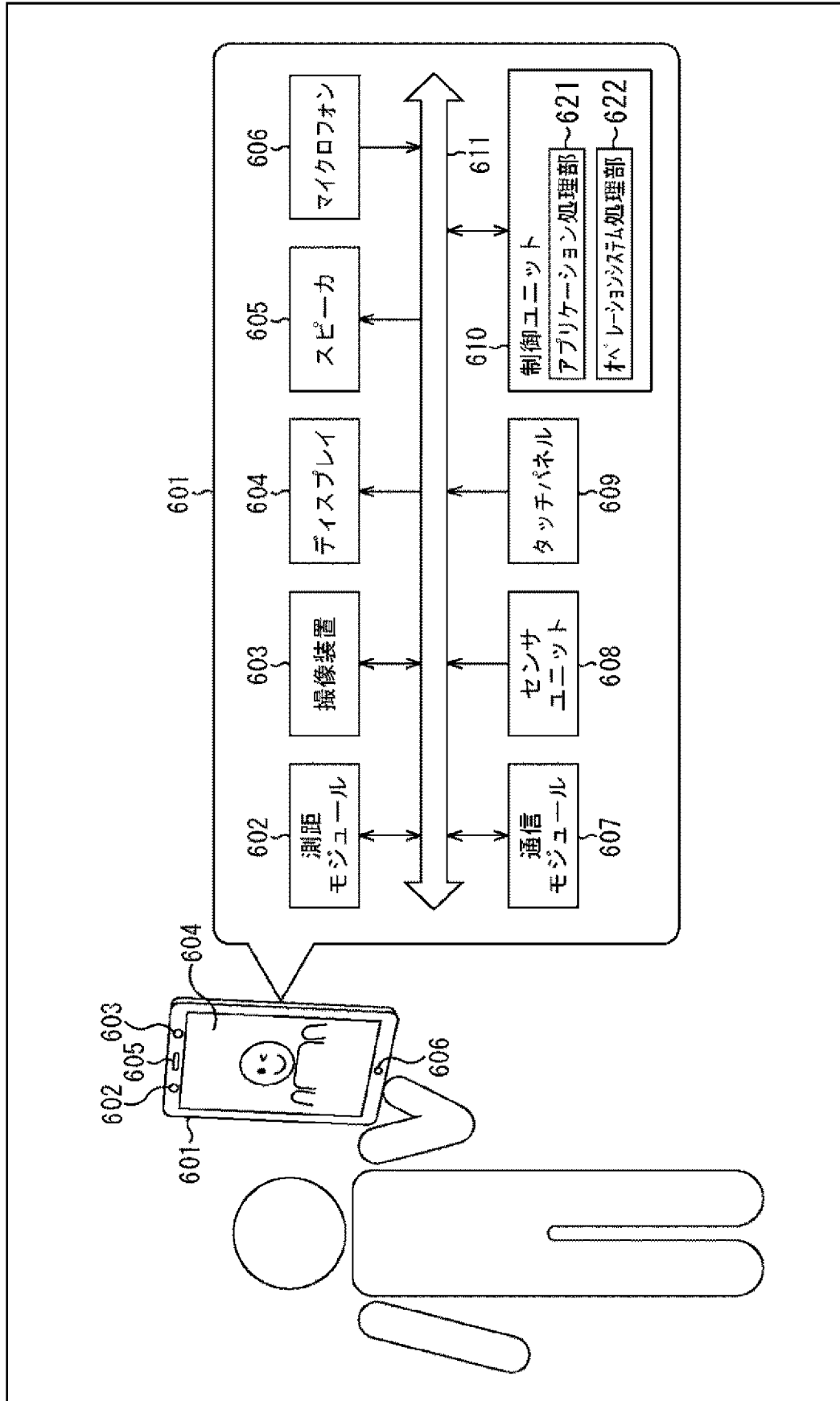
FIG. 17



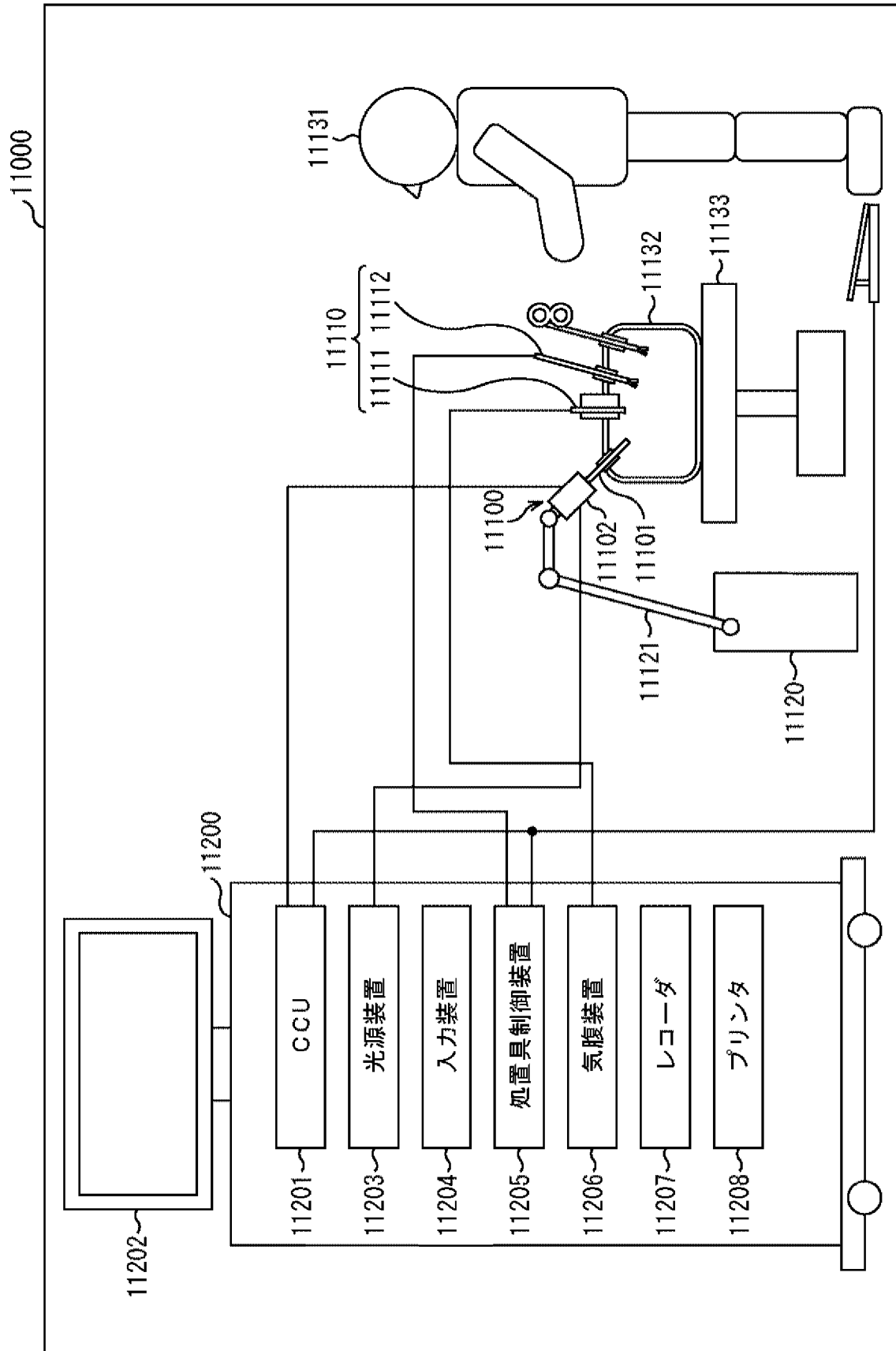
[図18]



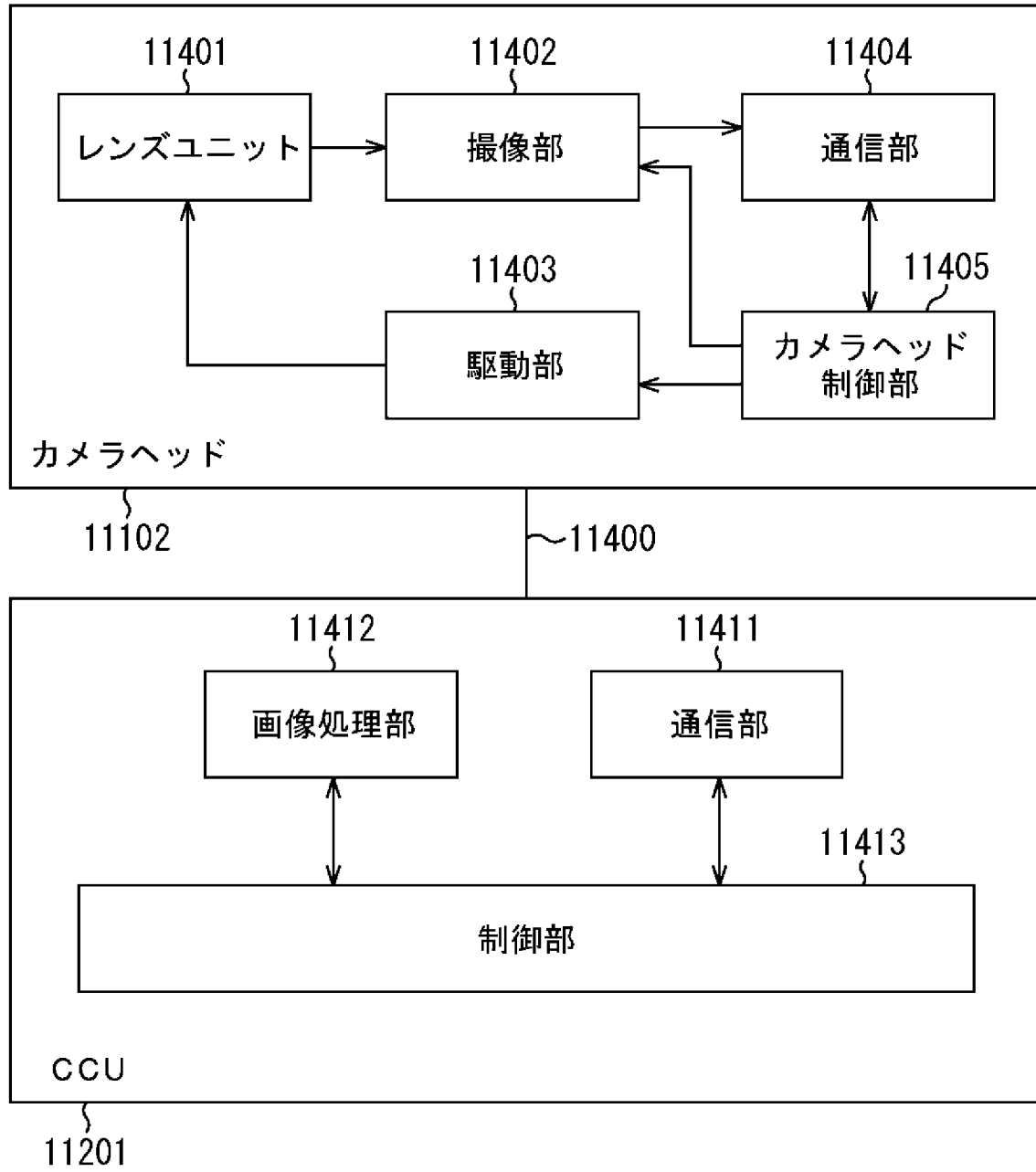
[図19]



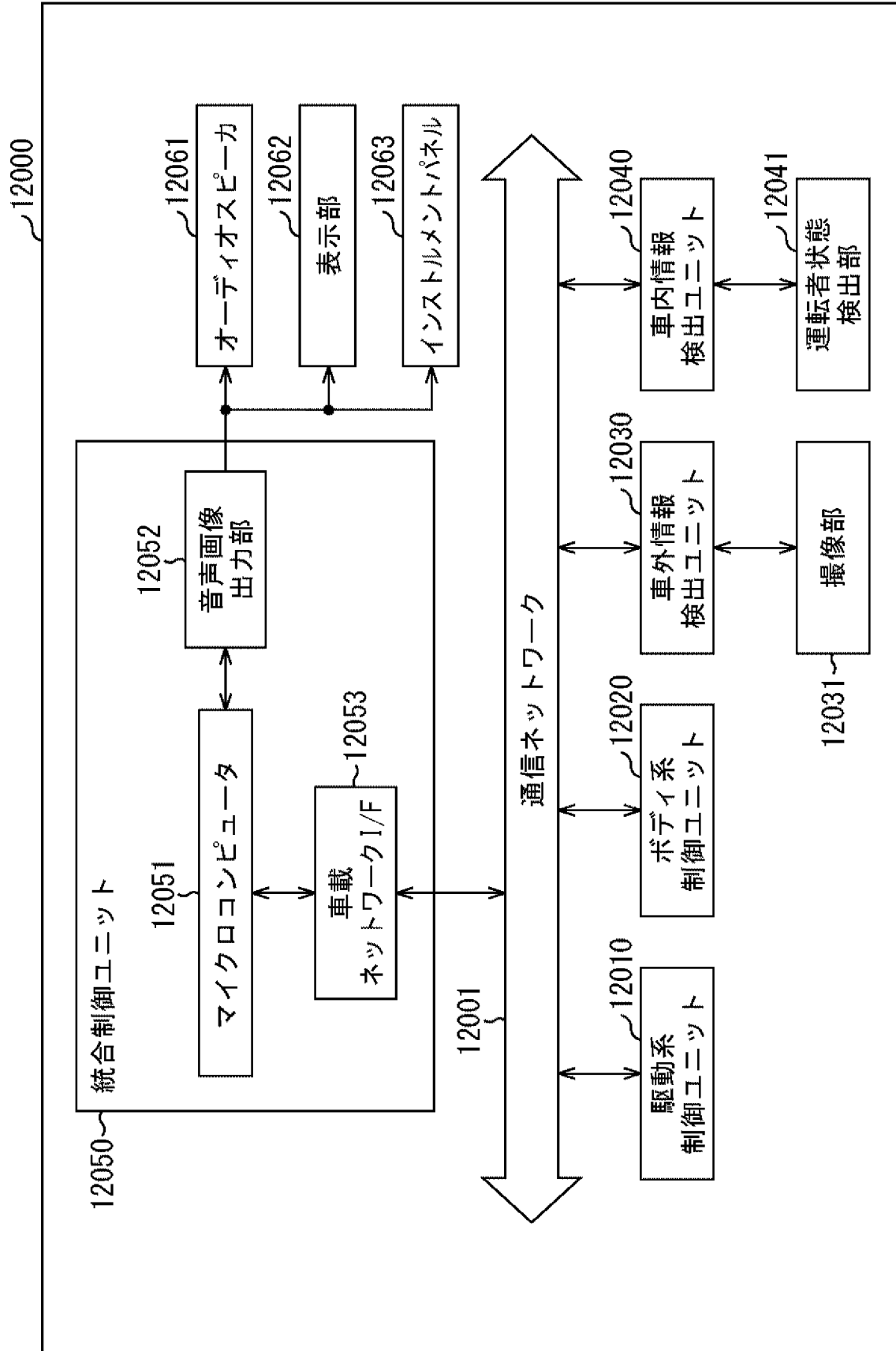
[図20]



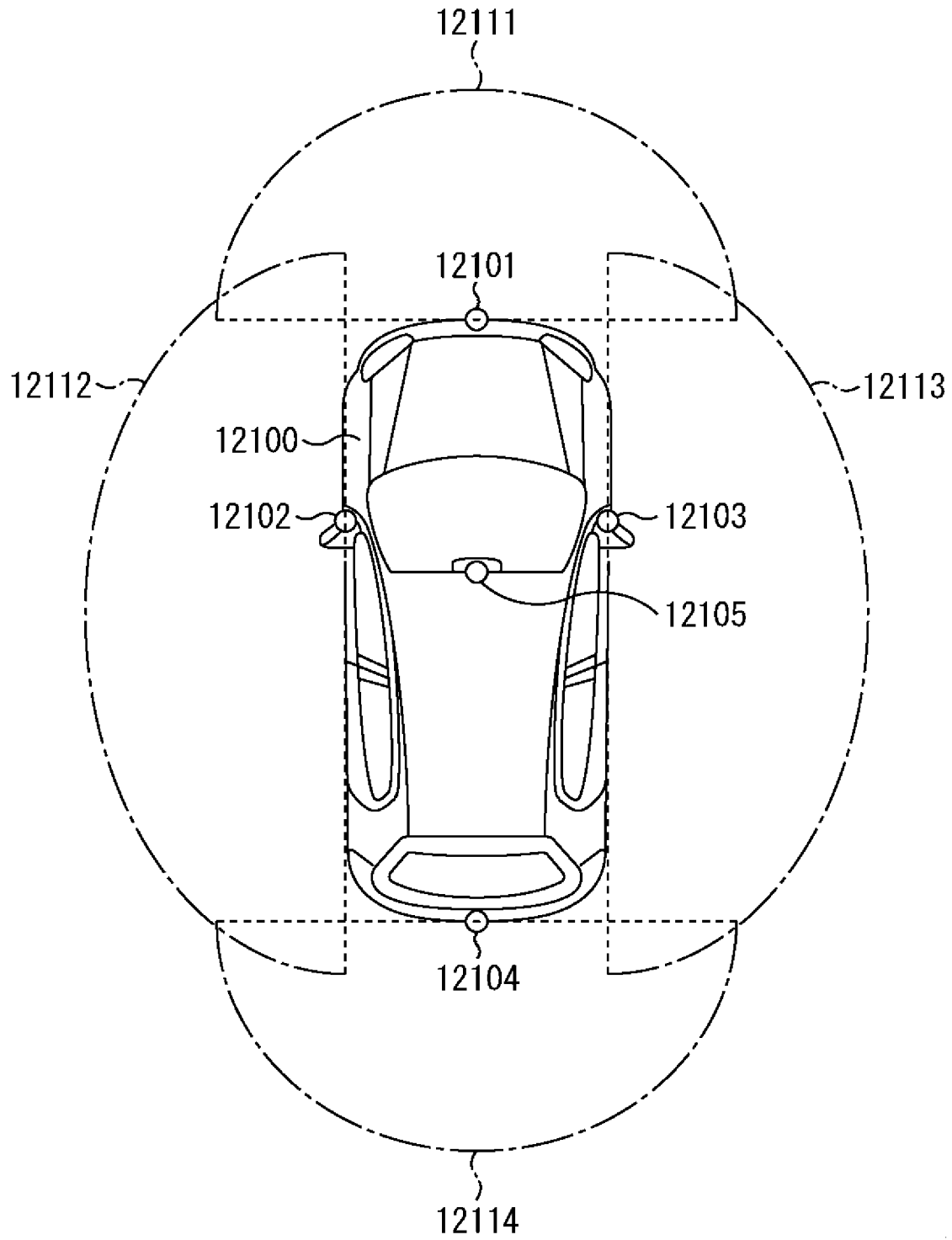
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/024640

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01L27/146 (2006.01) i, G01C3/06 (2006.01) i, H01L29/423 (2006.01) i, H04N5/3745 (2011.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H01L27/146, G01C3/06, H01L29/423, H04N5/3745

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A Y	JP 2013-021169 A (SONY CORP.) 31 January 2013, paragraphs [0023]-[0041], fig. 2 (Family: none) JP 2017-135168 A (CANON INC.) 03 August 2017, paragraphs [0003], [0042]-[0050], fig. 5, 9 & US 2017/0212221 A1, paragraphs [0005], [0052]-[0060], fig. 5, 9	1, 2, 16 3-6, 10, 11, 13-15 7-9, 12 3, 4, 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

"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

"I" 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
22 August 2019 (22.08.2019)

Date of mailing of the international search report
03 September 2019 (03.09.2019)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/024640

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2018/100998 A1 (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) 07 June 2018, paragraphs [0074]-[0078], fig. 13, 14 (Family: none)	5, 6
Y	WO 2016/098624 A1 (SONY CORP.) 23 June 2016, paragraphs [0043]-[0062], fig. 2 & US 2017/0280080 A1, paragraphs [0059]-[0079], fig. 2 & CN 105934826 A	10
Y	JP 2008-258316 A (SHARP CORP.) 23 October 2008, paragraph [0102], fig. 3 & US 2008/0265352 A1, paragraph [0151], fig. 3 & KR 10-2008-0090295 A & CN 101281922 A	11
Y	JP 2011-159756 A (SONY CORP.) 18 August 2011, paragraphs [0037]-[0056], fig. 3 & US 2011/0187911 A1, paragraphs [0069]-[0088], fig. 3 & CN 102170529 A	13, 14
A	JP 2012-083214 A (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) 26 April 2012, paragraphs [0076]-[0085], fig. 12 (Family: none)	1-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L27/146(2006.01)i, G01C3/06(2006.01)i, H01L29/423(2006.01)i, H04N5/3745(2011.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L27/146, G01C3/06, H01L29/423, H04N5/3745

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2013-021169 A (ソニー株式会社) 2013.01.31, [0023]-[0041], 図 2 (ファミリーなし)	1, 2, 16 3-6, 10, 11, 13 -15 7-9, 12
Y	JP 2017-135168 A (キヤノン株式会社) 2017.08.03, [0003], [0042]-[0050], 図 5, 9 & US 2017/0212221 A1, [0005], [0052]-[0060], FIGS. 5, 9	3, 4, 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

「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22.08.2019

国際調査報告の発送日

03.09.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

加藤 俊哉

5 F

9554

電話番号 03-3581-1101 内線 3516

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2018/100998 A1 (ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社) 2018.06.07, [0074]-[0078], 図 13, 14 (ファミリーなし)	5, 6
Y	WO 2016/098624 A1 (ソニー株式会社) 2016.06.23, [0043]-[0062], 図 2 & US 2017/0280080 A1, [0059]-[0079], FIG. 2 & CN 105934826 A	10
Y	JP 2008-258316 A (シャープ株式会社) 2008.10.23, [0102], 図 3 & US 2008/0265352 A1, [0151], FIG. 3 & KR 10-2008-0090295 A & CN 101281922 A	11
Y	JP 2011-159756 A (ソニー株式会社) 2011.08.18, [0037]-[0056], 図 3 & US 2011/0187911 A1, [0069]-[0088], FIG. 3 & CN 102170529 A	13, 14
A	JP 2012-083214 A (浜松ホトニクス株式会社) 2012.04.26, [0076]-[0085], 図 12 (ファミリーなし)	1-16