

(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3月12日(12.03.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/050007 A1

(51) 国際特許分類:
H04N 5/3745 (2011.01) *H01L 27/146* (2006.01)

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).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/032399

(22) 国際出願日: 2019年8月20日(20.08.2019)

(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 2018-167737 2018年9月7日(07.09.2018) 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 1 4 番 1 号 Kanagawa (JP).

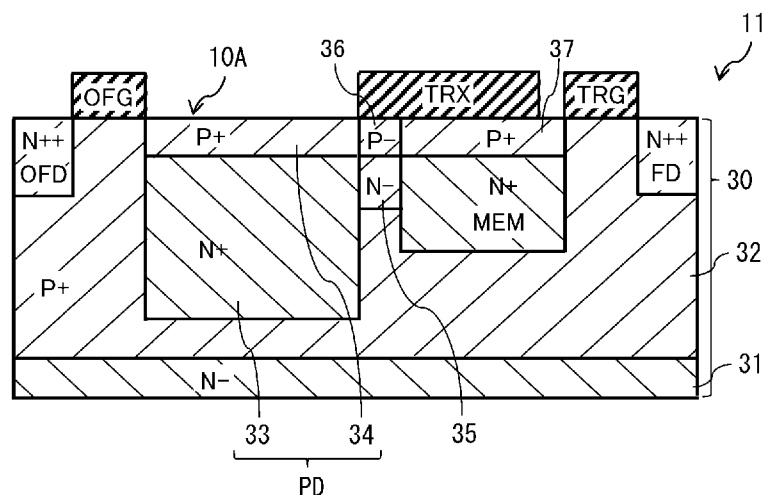
(72) 発明者: 山下 和芳(YAMASHITA, Kazuyoshi); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目 1 4

(74) 代理人: 特許業務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 1 5 番 9 号 さわだビル 3 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, 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,

(54) Title: SOLID STATE IMAGING DEVICE AND ELECTRONIC APPARATUS

(54) 発明の名称: 固体撮像装置および電子機器



(57) Abstract: A solid state imaging device according to an embodiment of the present disclosure is provided with a light-receiving surface and a plurality of pixels arranged opposite to the light-receiving surface. The pixels each have: a photoelectric conversion section that performs photoelectric conversion on light incident via the light-receiving surface; an electric charge holding section that holds electric charges transmitted from the photoelectric conversion section; a first potential barrier provided between the photoelectric conversion section and the electric charge holding section; and a second potential barrier provided in the periphery of a region that includes the photoelectric conversion section, the electric charge holding section, and a first impurity semiconductor region. The first potential barrier is lower than the second potential barrier.

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:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 本開示の一実施の形態に係る固体撮像装置は、受光面と、受光面と対向配置された複数の画素とを備えている。各画素は、受光面を介して入射した光を光電変換する光電変換部と、光電変換部から転送された電荷を保持する電荷保持部と、光電変換部と電荷保持部との間に設けられた第1ポテンシャル障壁と、光電変換部、電荷保持部および第1不純物半導体領域を含む領域の周囲に設けられた第2ポテンシャル障壁とを有している。第1ポテンシャル障壁は、前記第2ポテンシャル障壁よりも低くなっている。

明 細 書

発明の名称： 固体撮像装置および電子機器

技術分野

[0001] 本開示は、固体撮像装置および電子機器に関する。

背景技術

[0002] 固体撮像装置は、例えば、デジタルスチルカメラやビデオカメラ等の撮像装置や、撮像機能を有する携帯端末装置などの電子機器に用いられている。固体撮像装置としては、光電変換素子であるフォトダイオードに蓄積された電荷を、MOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタを介して読み出すCMOS (complementary MOS) イメージセンサがある（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：特開2009-268083号公報

発明の概要

[0004] CMOSイメージセンサにおいて、ローリングシャッター方式で撮像が行われた場合、フォーカルプレーンと呼ばれる被写体歪みが生じることがある。そこで、フォトダイオードで光電変換して蓄積された電荷を電荷保持部へ一括して転送し、その後、電荷保持部に保持された電荷を順次読み出すグローバルシャッター方式で撮像を行うことが考えられる。しかし、このようにした場合には、ローリングシャッター方式の場合と比べて、フォトダイオードの面積が小さくなってしまい、ダイナミックレンジが狭くなってしまう。従って、従来では、目的に応じて、CMOSイメージセンサを選択しなければならないという問題があった。従って、目的に応じて、被写体歪みを低減するモードや、高ダイナミックレンジを得るモードに切り替えることの可能な固体撮像装置およびそれを備えた電子機器を提供することが望ましい。

[0005] 本開示の一実施の形態に係る固体撮像装置は、受光面と、受光面と対向配

置された複数の画素とを備えている。各画素は、受光面を介して入射した光を光電変換する光電変換部と、光電変換部から転送された電荷を保持する電荷保持部と、光電変換部と電荷保持部との間に設けられた第1ポテンシャル障壁と、光電変換部、電荷保持部および第1不純物半導体領域を含む領域の周囲に設けられた第2ポテンシャル障壁とを有している。第1ポテンシャル障壁は、前記第2ポテンシャル障壁よりも低くなっている。

[0006] 本開示の一実施の形態に係る電子機器は、入射光に応じた画像データを出力する固体撮像装置と、画像データを処理する信号処理回路とを備えている。電子機器に設けられた固体撮像装置は、上記の固体撮像装置と同一の構成を有している。

[0007] 本開示の一実施の形態に係る固体撮像装置および電子機器では、光電変換部と電荷保持部との間に設けられた第1ポテンシャル障壁が、光電変換部、電荷保持部および第1不純物半導体領域を含む領域の周囲に設けられた第2ポテンシャル障壁よりも低くなっている。これにより、例えば、光電変換部および電荷保持部の双方に溜まった電荷をフローティングディフュージョンに転送させたり、各画素の光電変換部に溜まった電荷を電荷保持部に一括転送させた後、電荷保持部に溜まった電荷をフローティングディフュージョンに転送させたりすることが可能となる。ここで、光電変換部および電荷保持部の双方に電荷を溜める場合、光電変換部だけに電荷を溜める場合と比べて、各画素の飽和電荷量を増やすことができ、高ダイナミックレンジを得ることができる。また、各画素の光電変換部に溜まった電荷を電荷保持部に一括転送させる場合、被写体歪みを低減することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本開示の一実施の形態に係る固体撮像装置の概略構成の一例を表す図である。

[図2]図1のセンサ画素および読み出し回路の回路構成の一例を表す図である。

[図3]図1のセンサ画素の平面構成の一例を表す図である。

[図4]図3のA－A線における断面構成の一例を表す図である。

[図5]図3のA－A線における1次元ポテンシャルの一例を表す図である。

[図6]DR拡大モードにおける1次元ポテンシャルの一例を表す図である。

[図7]GSモードにおける1次元ポテンシャルの一例を表す図である。

[図8]GSモードにおける1次元ポテンシャルの一例を表す図である。

[図9]DR拡大モードおよびGSモードにおける飽和電荷量の一例を表す図である。

[図10A]DR拡大モードにおける蓄積開始時の1次元ポテンシャルの一例を表す図である。

[図10B]DR拡大モードにおける蓄積時（PD未飽和）の1次元ポテンシャルの一例を表す図である。

[図10C]DR拡大モードにおける蓄積時（PD飽和、オーバーフロー）の1次元ポテンシャルの一例を表す図である。

[図10D]DR拡大モードにおける蓄積完了時の1次元ポテンシャルの一例を表す図である。

[図10E]DR拡大モードにおける読み出し時の1次元ポテンシャルの一例を表す図である。

[図11]DR拡大モードにおけるタイミングチャートの一例を表す図である。

[図12A]GSモードにおける蓄積開始時の1次元ポテンシャルの一例を表す図である。

[図12B]GSモードにおける蓄積時（PD未飽和）の1次元ポテンシャルの一例を表す図である。

[図12C]GSモードにおける蓄積完了時の1次元ポテンシャルの一例を表す図である。

[図12D]GSモードにおける読み出し時の1次元ポテンシャルの一例を表す図である。

[図12E]GSモードにおけるMEMへの転送時の1次元ポテンシャルの一例を表す図である。

[図13] G S モードにおけるタイミングチャートの一例を表す図である。

[図14] G S モードにおけるタイミングチャートの一変形例を表す図である。

[図15] 図 1 のセンサ画素および読み出し回路の回路構成の一変形例を表す図である。

[図16] 図 1 のセンサ画素の平面構成の一変形例を表す図である。

[図17] 図 1 6 の A - A 線における断面構成の一例を表す図である。

[図18] 図 1 6 の A - A 線における 1 次元ポテンシャルの一例を表す図である。
。

[図19] 図 1 のセンサ画素の平面構成の一変形例を表す図である。

[図20] 図 1 9 の A - A 線における断面構成の一例を表す図である。

[図21] 図 1 9 の A - A 線における 1 次元ポテンシャルの一例を表す図である。
。

[図22] D R 拡大モードにおけるタイミングチャートの一例を表す図である。

[図23] G S モードにおけるタイミングチャートの一例を表す図である。

[図24] 図 1 のセンサ画素の平面構成の一変形例を表す図である。

[図25] 図 2 4 の A - A 線における断面構成の一例を表す図である。

[図26] 図 2 4 の A - A 線における 1 次元ポテンシャルの一例を表す図である。
。

[図27] 図 3 の A - A 線における断面構成の一変形例を表す図である。

[図28] 図 1 5 の A - A 線における断面構成の一変形例を表す図である。

[図29] 図 1 8 の A - A 線における断面構成の一変形例を表す図である。

[図30] 図 2 3 の A - A 線における断面構成の一変形例を表す図である。

[図31] 上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置を備えた電子機器の概略構成の一例を表す図である。

[図32] 図 3 1 の電子機器における D R 拡大モードおよび G S モードの切り替え動作のフローチャートの一例を表す図である。

[図33] 上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置を備えた電子機器の概略構成の一変形例を表す図である。

[図34]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35]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

[0009] 以下、本開示の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

1. 実施の形態（固体撮像装置）…図1～図13
2. 変形例（固体撮像装置）…図14～図30
3. 適用例（撮像システム）…図31～図33
4. 移動体への応用例…図34、図35

[0010] <1. 実施の形態>

[構成]

本開示の一実施の形態に係る固体撮像装置1について説明する。固体撮像装置1は、例えば、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサ等からなる上面照射型のイメージセンサである。固体撮像装置1は、被写体からの光を受光して光電変換し、画素信号を生成することで画像を撮像する。固体撮像装置1は、入射光に応じた画素信号を出力する。

[0011] 上面照射型のイメージセンサとは、被写体からの光が入射する受光面と、半導体基板の裏面との間に、被写体からの光を受光し、電気信号に変換するフォトダイオード等の光電変換部が設けられている構成のイメージセンサである。なお、本開示は、CMOSイメージセンサへの適用に限られるものではない。

[0012] 図1は、本開示の一実施の形態に係る固体撮像装置1の概略構成の一例を表す。固体撮像装置1は、画素アレイ部10と、ロジック回路20とを備えている。画素アレイ部10は、複数のセンサ画素11と、複数の読み出し回路12（後述）とを有している。センサ画素11は、本開示の「画素」の一具体例に相当する。各センサ画素11は、光電変換を行って受光量に応じた電荷を出力する。複数のセンサ画素11は、受光面10A（後述）と対向配置されており、画素アレイ部10において、行列状に配置されている。各読

み出し回路12は、センサ画素11から出力された電荷に基づく画素信号を出力する。複数の読み出し回路12は、例えば、画素アレイ部10において、1つのセンサ画素11ごとに1つずつ設けられている。なお、複数の読み出し回路12は、画素アレイ部10において、複数のセンサ画素11ごとに1つずつ設けられていてもよい。

[0013] 画素アレイ部10は、複数の画素駆動線HSLと、複数のデータ出力線VSLとを有している。画素駆動線HSLは、センサ画素11に蓄積された電荷の出力を制御する制御信号が印加される配線であり、例えば、行方向に延在している。データ出力線VSLは、各読み出し回路12から出力された画素信号をロジック回路20に出力する配線であり、例えば、列方向に延在している。

[0014] ロジック回路20は、例えば、垂直駆動回路21、カラム信号処理回路22、水平駆動回路23およびシステム制御回路24を有している。ロジック回路20（具体的には水平駆動回路23）は、センサ画素11ごとの出力電圧を外部機器に出力することにより、外部機器に画像データを提供する。

[0015] 垂直駆動回路21は、例えば、複数のセンサ画素11を所定の単位画素行ごとに順に選択する。「所定の単位画素行」とは、同一アドレスで画素選択可能な画素行を指している。例えば、1つの読み出し回路12に1つのセンサ画素11が割り当てられている場合、「所定の単位画素行」は、1画素行を指している。また、例えば、複数のセンサ画素11が1つの読み出し回路12を共有する場合、読み出し回路12を共有する複数のセンサ画素11のレイアウトが2画素行×n画素列（nは1以上の整数）となっているときには、「所定の単位画素行」は、2画素行を指している。同様に、読み出し回路12を共有する複数のセンサ画素11のレイアウトが4画素行×n画素列（nは1以上の整数）となっているときには、「所定の単位画素行」は、4画素行を指している。垂直駆動回路21は、画素駆動線HSLを介して、各センサ画素11内のトランジスタ（例えば、第1転送トランジスタTRX、第2転送トランジスタTRGおよび排出トランジスタOFG）を制御し、さ

らに、各読み出し回路12内のトランジスタ（例えば、リセットトランジスタRSTおよび選択トランジスタSEL）を制御する。

[0016] カラム信号処理回路22は、例えば、垂直駆動回路21によって選択された行の各センサ画素11から出力される画素信号に対して、相関二重サンプリング（Correlated Double Sampling：CDS）処理を施す。カラム信号処理回路22は、例えば、CDS処理を施すことにより、画素信号の信号レベルを抽出し、各センサ画素11の受光量に応じた画素データを保持する。カラム信号処理回路22は、例えば、データ出力線VSLごとにカラム信号処理部を有している。カラム信号処理部は、例えば、シングルスロープA/D変換器を含んでいる。シングルスロープA/D変換器は、例えば、比較器およびカウンタ回路を含んで構成されている。水平駆動回路23は、例えば、カラム信号処理回路22に保持されている画素データを順次、外部に出力する。システム制御回路24は、例えば、ロジック回路20内の各ブロック（垂直駆動回路21、カラム信号処理回路22および水平駆動回路23）の駆動を制御する。

[0017] 図2は、センサ画素11および読み出し回路12の回路構成の一例を表す。図2には、1つの読み出し回路12に1つのセンサ画素11が割り当てられている場合が例示されている。各センサ画素11は、互いに共通の構成要素を有している。各センサ画素11は、例えば、フォトダイオードPDと、第1転送トランジスタTRXと、第2転送トランジスタTRGと、電荷保持部MEMと、フローティングディフュージョンFDと、排出トランジスタOFGと、排出フローティングディフュージョンOFDとを有している。第1転送トランジスタTRX、第2転送トランジスタTRGおよび排出トランジスタOFGは、例えば、NMOS（Metal Oxide Semiconductor）トランジスタである。フォトダイオードPDは、本開示の「光電変換部」の一具体例に相当する。

[0018] フォトダイオードPDは、受光面10A（後述）を介して入射した光を光電変換する。フォトダイオードPDは、光電変換を行って受光量に応じた電

荷を発生する。フォトダイオードPDは、例えば、PN接合型の光電変換素子である。フォトダイオードPDのカソードが第1転送トランジスタTRXのソースに電氣的に接続されており、フォトダイオードPDのアノードが基準電位線（例えばグラウンドGND）に電氣的に接続されている。

[0019] 第1転送トランジスタTRXは、フォトダイオードPDと第2転送トランジスタTRGとの間に接続されており、第1転送トランジスタTRXのゲートに印加される制御信号に応じて、電荷保持部MEMのポテンシャルを制御する。例えば、第1転送トランジスタTRXがオンしたとき、電荷保持部MEMのポテンシャルが深くなる。また、例えば、第1転送トランジスタTRXがオフしたとき、電荷保持部MEMのポテンシャルが浅くなる。第1転送トランジスタTRXがオンすると、フォトダイオードPDに蓄積されている電荷が、第1転送トランジスタTRXを介して、電荷保持部MEMに転送される。第1転送トランジスタTRXのドレインが第2転送トランジスタTRGのソースに電氣的に接続されており、第1転送トランジスタTRXのゲートは画素駆動線HSLに接続されている。

[0020] 第1転送トランジスタTRXは、さらに、第1転送トランジスタTRXのゲートに印加される制御信号に応じて、後述の第1ポテンシャル障壁40（図5参照）の高さ（ポテンシャル ϕ_x ）を制御する。例えば、第1転送トランジスタTRXがオンしたとき、第1ポテンシャル障壁40の高さ（ポテンシャル ϕ_x ）が深くなる。また、例えば、第1転送トランジスタTRXがオフした場合であって、かつ第1転送トランジスタTRXのゲートに負バイアスが印加されたときには、第1ポテンシャル障壁40の高さ（ポテンシャル ϕ_x ）が、第1転送トランジスタTRXのゲートに負バイアスが印加されていないときと比べて、浅くなる。このとき、第1ポテンシャル障壁40の高さ（ポテンシャル ϕ_x ）と、後述の第2ポテンシャル障壁50の高さ（ポテンシャル ϕ_{TRG} , ϕ_{OFF} ）との差が、第1転送トランジスタTRXのゲートに負バイアスが印加されていないときと比べて、狭まる。

[0021] 電荷保持部MEMは、フォトダイオードPDに蓄積された電荷を一時的に

保持する領域である。電荷保持部MEMは、フォトダイオードPDから転送された電荷を保持する。

[0022] 第2転送トランジスタTRGは、第1転送トランジスタTRXとフローティングディフュージョンFDとの間に接続されており、第2転送トランジスタTRGのゲートに印加される制御信号に応じて、電荷保持部MEMに保持されている電荷をフローティングディフュージョンFDに転送する。例えば、第1転送トランジスタTRXがオフし、第2転送トランジスタTRGがオンすると、電荷保持部MEMに保持されている電荷が、第2転送トランジスタTRGを介して、フローティングディフュージョンFDに転送される。第2転送トランジスタTRGのドレインがフローティングディフュージョンFDに電氣的に接続されており、第2転送トランジスタTRGのゲートは画素駆動線HSLに接続されている。

[0023] フローティングディフュージョンFDは、第1転送トランジスタTRXおよび第2転送トランジスタTRGを介してフォトダイオードPDから出力された電荷を一時的に保持する浮遊拡散領域である。フローティングディフュージョンFDには、例えば、リセットトランジスタRSTが接続されるとともに、増幅トランジスタAMPおよび選択トランジスタSELを介して垂直信号線VSLが接続されている。

[0024] 排出トランジスタOFGは、フォトダイオードPDと電源線VDDとの間に接続されており、排出トランジスタOFGのゲートに印加される制御信号に応じて、フォトダイオードPDを初期化（リセット）する。例えば、排出トランジスタOFGがオンすると、フォトダイオードPDの電位が電源線VDDの電位レベルにリセットされる。すなわち、フォトダイオードPDの初期化が行われる。また、排出トランジスタOFGは、例えば、第1転送トランジスタTRXと電源線VDDの間にオーバーフローパスを形成し、フォトダイオードPDから溢れた電荷を電源線VDDに排出する。排出トランジスタOFGのドレインが電源線VDDに接続されるとともに、排出トランジスタOFGのソースがフォトダイオードPDと第1転送トランジスタTRXと

の間に接続されており、排出トランジスタOFGのゲートが画素駆動線HSLに接続されている。

[0025] リセットトランジスタRSTは、フローティングディフュージョンFDと電源線VDDとの間に接続されており、リセットトランジスタRSTのゲートに印加される制御信号に応じて、電荷保持部MEMからフローティングディフュージョンFDまでの各領域を初期化（リセット）する。例えば、第2転送トランジスタTRGおよびリセットトランジスタRSTがオンすると、電荷保持部MEMおよびフローティングディフュージョンFDの電位が電源線VDDの電位レベルにリセットされる。すなわち、電荷保持部MEMおよびフローティングディフュージョンFDの初期化が行われる。リセットトランジスタRSTのドレインが電源線VDDに接続されており、リセットトランジスタRSTのソースがフローティングディフュージョンFDに接続されており、リセットトランジスタRSTのゲートが画素駆動線HSLに接続されている。

[0026] 増幅トランジスタAMPでは、ゲートがフローティングディフュージョンFDに接続されており、ドレインが電源線VDDに接続されており、ソースが選択トランジスタSELのドレインに接続されている。増幅トランジスタAMPは、フォトダイオードPDでの光電変換によって得られる電荷を読み出すソースフォロワ回路の入力部となっている。増幅トランジスタAMPは、増幅トランジスタAMPのソースが選択トランジスタSELを介して垂直信号線VSLに接続されていることから、垂直信号線VSLの一端に接続される定電流源とソースフォロワ回路を構成する。増幅トランジスタAMPは、フォトダイオードPDでの光電変換によって得られる電荷を画素信号に変換し、選択トランジスタSELを介して垂直信号線VSLに出力する。

[0027] 選択トランジスタSELでは、ドレインが増幅トランジスタAMPのソースに接続されており、ソースが垂直信号線VSLに接続されており、ゲートが画素駆動線HSLに接続されている。選択トランジスタSELは、選択トランジスタSELのゲートに印加される制御信号に応じて、増幅トランジスタ

タAMPから出力される画素信号の垂直信号線VSLへの出力を制御する。選択トランジスタSELは、制御信号がオンすると導通状態となり、選択トランジスタSELに連結されたセンサ画素11が選択状態となる。センサ画素11が選択状態になると、増幅トランジスタAMPから出力される画素信号が垂直信号線VSLを介してカラム信号処理回路22に読み出される。

[0028] 次に、センサ画素11の構成について詳細に説明する。図3は、センサ画素11の平面構成の一例を表す。図4は、図3のA-A線における断面構成の一例を表す。図5は、図3のA-A線における1次元ポテンシャルの一例を表す。図3～図5は、模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。図4には、不純物濃度の濃さが、「P+」、「P-」、「N-」、「N+」、「N++」といった表現で示されている。ここで、「P+」は「P-」よりもp型不純物（アクセプタ）の濃度が高いことを示している。「P-」と記載された箇所では、例えば、p型不純物（アクセプタ）の濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内の値となっている。「N+」は「N-」よりもn型不純物（ドナー）の濃度が高いことを示している。「N++」は「N+」よりもn型不純物（ドナー）の濃度が高いことを示している。「N-」と記載された箇所では、例えば、n型不純物（ドナー）の濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内の値となっている。

[0029] センサ画素11は、半導体基板30上に形成されている。半導体基板30は、例えば、シリコン基板である。半導体基板30は、半導体基板30の上面およびその近傍にpウェル層32を有しており、pウェル層32よりも深い箇所にn型半導体層31を有している。pウェル層32は、半導体基板30の上面およびその近傍に形成されたp型半導体領域である。pウェル層32には、n型半導体領域33およびp型半導体領域34が形成されている。p型半導体領域34は、半導体基板30の上面に形成されており、n型半導体領域33と接している。n型半導体領域33およびp型半導体領域34は、半導体基板30の厚さ方向（法線方向）に積層されており、フォトダイオードPDを構成している。半導体基板30の上面のうち、p型半導体領域3

4の形成されている領域が受光面10Aとなっている。

[0030] pウェル層32のうち、第1転送トランジスタTRXのゲートと対向する箇所には、電荷保持部MEMが形成されている。電荷保持部MEMは、半導体基板30の上面から所定の深さに形成されている。電荷保持部MEMは、pウェル層32内に形成されたn型不純物の半導体領域によって構成されている。半導体基板30の上面と電荷保持部MEMとの間には、p型半導体領域37が形成されている。

[0031] pウェル層32のうち、フォトダイオードPDと電荷保持部MEMとの間には、第1ポテンシャル障壁40が形成されている。つまり、センサ画素11は、フォトダイオードPDと電荷保持部MEMとの間に、第1ポテンシャル障壁40を備えている。第1ポテンシャル障壁40は、フォトダイオードPDと電荷保持部MEMとの間に形成されたp型半導体領域36およびn型半導体領域35によって形成されている。p型半導体領域36は、半導体基板30の上面に形成されており、p型半導体領域34とp型半導体領域37との間に形成されている。p型半導体領域36は、第1転送トランジスタTRXと対向する箇所に形成されている。第1ポテンシャル障壁40の高さ（ポテンシャル ϕ_x ）は、後述の第2ポテンシャル障壁50の高さ（ポテンシャル ϕ_{TRG} , ϕ_{OFF} ）よりも低くなっている。p型半導体領域36のp型不純物（アクセプタ）の濃度は、pウェル層32、p型半導体領域34およびp型半導体領域37のp型不純物（アクセプタ）の濃度よりも低くなっている。n型半導体領域35は、p型半導体領域36の直下に形成されており、n型半導体領域33と電荷保持部MEMとの間に形成されている。n型半導体領域35は、第1転送トランジスタTRXと対向する位置に形成されている。n型半導体領域35のn型不純物（ドナー）の濃度は、n型半導体領域33および電荷保持部MEMのn型不純物（ドナー）の濃度よりも低くなっている。

[0032] フォトダイオードPD、電荷保持部MEMおよび第1ポテンシャル障壁40を含む領域の周囲には、第2ポテンシャル障壁50が形成されている。つ

まり、センサ画素 11 は、電荷保持部 MEM および第 1 ポテンシャル障壁 40 を含む領域の周囲に、第 2 ポテンシャル障壁 50 を備えている。第 2 ポテンシャル障壁 50 は、電荷保持部 MEM および第 1 ポテンシャル障壁 40 を含む領域の周囲に形成された p ウェル層 32 によって形成されている。p ウェル層 32 のうち、第 2 転送トランジスタ TRG のゲートと対向する箇所のポテンシャル ϕ_{TRG} 、および p ウェル層 32 のうち、排出トランジスタ OFG と対向する箇所のポテンシャル ϕ_{OFG} は、p 型半導体領域 36 のポテンシャル ϕ_x よりも高くなっている。ポテンシャル ϕ_{TRG} およびポテンシャル ϕ_{OFG} は、互いに等しくなっているてもよいし、互いに異なっているてもよい。

[0033] 第 2 ポテンシャル障壁 50 の周囲には、フローティングディフュージョン FD および排出フローティングディフュージョン OFD が形成されている。つまり、センサ画素 11 は、第 2 ポテンシャル障壁 50 の周囲に、フローティングディフュージョン FD および排出フローティングディフュージョン OFD を備えている。フローティングディフュージョン FD および排出フローティングディフュージョン OFD は、ともに、p ウェル層 32 内に形成された n 型不純物濃度の高い半導体領域によって構成されている。

[0034] [撮像モード]

次に、本実施の形態に係る固体撮像装置 1 の撮像モードについて説明する。

[0035] 固体撮像装置 1（具体的にはシステム制御回路 24）は、例えば後述の操作部 250 からの撮像指令に従って、撮像モードを選択し、選択した撮像モードに対応する動作を実行する。撮像指令として、例えば、DR (Dynamic Range) 拡大モードでの撮像指令、および GS (Global Shutter) モードでの撮像指令が含まれている。DR 拡大モードは、本開示の「第 1 撮像モード」の一具体例に相当する。GS モードは、本開示の「第 2 撮像モード」の一具体例に相当する。DR 拡大モードは、例えば室外などの明るい環境下での撮像に適した撮像モードであり、DR 拡大モードでの撮像指令は、ローリングシャッター方式での撮像指令である。GS モードは、例えばサッカーの試合な

どの、動きのある被写体の連続撮像（動画撮像）に適した撮像モードであり、GSモードでの撮像指令は、グローバルシャッター方式での撮像指令である。このように、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、複数の撮像方式（ローリングシャッター方式、グローバルシャッター方式）に対応可能となっている。

[0036] 図6は、DR拡大モードにおける1次元ポテンシャルの一例を表す。図7、図8は、GSモードにおける1次元ポテンシャルの一例を表す。図9は、DR拡大モードおよびGSモードにおける飽和信号量の一例を表す。

[0037] （DR拡大モード）

DR拡大モードでは、第1ポテンシャル障壁40の高さ（ポテンシャル ϕ_x ）が第2ポテンシャル障壁50の高さ（ポテンシャル ϕ_{TRG} , ϕ_{OFG} ）よりも低くなっている。そのため、フォトダイオードPDに溜まった電荷が電荷保持部MEMにオーバーフローするので、フォトダイオードPDにおける光電変換によって生じた電荷は、フォトダイオードPDだけでなく電荷保持部MEMにも溜まる。従って、DR拡大モードにおける飽和電荷量 Q_{s1} は、フォトダイオードPDにおける飽和電荷量 $P D Q_s$ と、電荷保持部MEMにおける飽和電荷量 $M E M Q_s$ との和となる。

[0038] （GSモード）

GSモードでは、例えば、図7に示したように、前フレームの電荷が電荷保持部MEMに蓄積されている間、第1ポテンシャル障壁40の高さ（ポテンシャル ϕ_x ）は、DR拡大モードにおける第1ポテンシャル障壁40の高さ（ポテンシャル ϕ_x ）よりも浅くなっている。このとき、前フレームの電荷が電荷保持部MEMに蓄積されている間、第1ポテンシャル障壁40の高さ（ポテンシャル ϕ_x ）と、第2ポテンシャル障壁50の高さ（ポテンシャル ϕ_{TRG} , ϕ_{OFG} ）との差は、DR拡大モードにおけるそれと比べて、小さくなっている。そのため、フォトダイオードPDに溜まった電荷（現フレームの電荷）は、電荷保持部MEMにオーバーフローしない。つまり、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、GSモードにおいてフォーカル

プレーン現象が生じないように、第1ポテンシャル障壁40の高さ（ポテンシャル ϕ_x ）を制御する。従って、GSモードにおける飽和電荷量 Q_{s2} は、フォトダイオードPDにおける飽和電荷量 PDQ_s と等しくなる。

[0039] なお、例えば、図8に示したように、GSモードにおいて、前フレームの電荷が電荷保持部MEMに蓄積されている間、ポテンシャル ϕ_{OFG} が深くなってもよい。このとき、ポテンシャル ϕ_{OFG} がポテンシャル ϕ_{TRG} よりも深くなっており、かつ、ポテンシャル ϕ_x よりも深くなっている。これにより、フォトダイオードPDに溜まった電荷（現フレームの電荷）は、電荷保持部MEMにオーバーフローせず、フォトダイオードPDにおける飽和電荷量 PDQ_s を超える電荷は、ポテンシャル ϕ_{OFG} を超えて、排出フローティングディフュージョンOFGに排出される。つまり、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、GSモードにおいてブルーミングが生じないように、ポテンシャル ϕ_{OFG} を制御する。従って、この場合にも、GSモードにおける飽和電荷量 Q_{s2} は、フォトダイオードPDにおける飽和電荷量 PDQ_s と等しくなる。

[0040] [DR拡大モードにおける撮像手順]

次に、DR拡大モードにおける撮像手順について説明する。

[0041] 図10Aは、DR拡大モードにおける蓄積開始時の1次元ポテンシャルの一例を表す。図10Bは、DR拡大モードにおける蓄積時（PD未飽和）の1次元ポテンシャルの一例を表す図である。図10Cは、DR拡大モードにおける蓄積時（PD飽和）の1次元ポテンシャルの一例を表す。図10Dは、DR拡大モードにおける蓄積完了時の1次元ポテンシャルの一例を表す。図10Eは、DR拡大モードにおける読み出し時の1次元ポテンシャルの一例を表す。図11は、DR拡大モードにおけるタイミングチャートの一例を表す。

[0042] まず、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、撮像を開始する前に、第2転送トランジスタTRG、排出トランジスタOFGおよびリセットトランジスタRSTをオンして、フォトダイオードPDや、フロー

ティングディフュージョンFD、排出フローティングディフュージョンOFDに残留する余分な電荷を外部に排出する。その後、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、撮像を開始する。具体的には、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、第1転送トランジスタTRX、第2転送トランジスタTRGおよび排出トランジスタOFGがオフしている状態で、電荷の蓄積を開始する（図10A）。つまり、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、ポテンシャル ϕ_x をポテンシャル ϕ_{TRG} 、 ϕ_{OFG} よりも低く維持した状態（つまりオーバーフローしやすい状態）で、フォトダイオードPDおよび電荷保持部MEMに電荷を溜めさせる。すると、フォトダイオードPDにおける光電変換によって生じた電荷は、フォトダイオードPDに溜まり始める（図10B）。

[0043] その後、フォトダイオードPDが飽和すると、フォトダイオードPDに溜まった電荷が電荷保持部MEMにオーバーフローし始める（図10C）。そして、フォトダイオードPDにおける光電変換が完了したとき、フォトダイオードPDにおける光電変換によって生じた所定の量の電荷が、フォトダイオードPDおよび電荷保持部MEMに蓄積される（図10D）。その後、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、リセットトランジスタRSTをオンして、もう一度、フローティングディフュージョンFDに残留する余分な電荷を外部に排出した後、第1転送トランジスタTRXおよび第2転送トランジスタTRGをオンして、ポテンシャル ϕ_x 、 ϕ_{TRG} を深くすることで、フォトダイオードPDおよび電荷保持部MEMに溜まった電荷をフローティングディフュージョンFDに排出（転送）する（図10E）。

[0044] このとき、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、選択トランジスタSELをオンしておく。これにより、フローティングディフュージョンFDの電位に対応する信号レベルの画素信号を増幅トランジスタAMPで生成し、生成された画素信号が選択トランジスタSELを介して垂直信号線VSLに出力される。固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、この一連の動作を、所定の単位画素行ごとに行う。このようにし

て、DR拡大モードにおける撮像が行われる。

[0045] [GSモードにおける撮像手順]

次に、GSモードにおける撮像手順について説明する。

[0046] 図12Aは、GSモードにおける蓄積開始時の1次元ポテンシャルの一例を表す。図12Bは、GSモードにおける蓄積時（PD未飽和）の1次元ポテンシャルの一例を表す図である。図12Cは、GSモードにおける蓄積完了時の1次元ポテンシャルの一例を表す。図12Dは、GSモードにおける読み出し時の1次元ポテンシャルの一例を表す。図13は、GSモードにおけるタイミングチャートの一例を表す。

[0047] まず、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、撮像を開始する前に、第2転送トランジスタTRG、排出トランジスタOFGおよびリセットトランジスタRSTをオンして、フォトダイオードPDや、フローティングディフュージョンFD、排出フローティングディフュージョンOFDに残留する余分な電荷を外部に排出する。その後、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、撮像を開始する。具体的には、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、第1転送トランジスタTRX、第2転送トランジスタTRGおよび排出トランジスタOFGがオフしている状態で、電荷の蓄積を開始する（図12A）。固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、この状態で、電荷の蓄積を開始する。すると、フォトダイオードPDにおける光電変換によって生じた電荷は、フォトダイオードPDに溜まり始める（図12B）。その後、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、フォトダイオードPDにおける光電変換が完了する前に、第1転送トランジスタTRXをオンして、第1ポテンシャル障壁40のポテンシャル ϕ_x と、電荷保持部MEMのポテンシャルを深くすることで、フォトダイオードPDに蓄積された電荷を電荷保持部MEMに転送する（図12C）。このとき、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、この転送動作を、全てのセンサ画素11に対して同時に行う。

- [0048] 固体撮像装置 1（具体的にはシステム制御回路 24）は、フォトダイオード PD における光電変換が完了したとき、第 1 転送トランジスタ TRX をオフして、第 1 ポテンシャル障壁 40 のポテンシャル ϕ_x と、電荷保持部 MEM のポテンシャルを浅くする（図 12D）。これにより、現フレームの撮像による電荷が電荷保持部 MEM に閉じ込められる。このとき、固体撮像装置 1（具体的にはシステム制御回路 24）は、第 1 転送トランジスタ TRX のゲートに負バイアスを印加することで、ポテンシャル ϕ_x を、第 1 転送トランジスタ TRX のゲートに対して負バイアスを印加していないときよりも浅くする。つまり、固体撮像装置 1（具体的にはシステム制御回路 24）は、第 1 転送トランジスタ TRX のゲートに対して負バイアスを印加することで、ポテンシャル ϕ_x とポテンシャル ϕ_{TRX} 、 ϕ_{OFF} との差を狭める。このとき、固体撮像装置 1（具体的にはシステム制御回路 24）は、ポテンシャル ϕ_x とポテンシャル ϕ_{TRX} 、 ϕ_{OFF} との差を狭めた状態で、全てのセンサ画素 11 の電荷保持部 MEM に電荷を溜めさせる。これにより、次フレームの撮像によってフォトダイオード PD に溜まった電荷が、現フレームの撮像による電荷が溜まっている電荷保持部 MEM にオーバーフローするのを防ぐ。
- [0049] その後、固体撮像装置 1（具体的にはシステム制御回路 24）は、リセットトランジスタ RST をオンして、もう一度、フローティングディフュージョン FD に残留する余分な電荷を外部に排出した後、第 2 転送トランジスタ TRG をオンして、ポテンシャル ϕ_{TRG} を深くすることで、電荷保持部 MEM に蓄積された電荷をフローティングディフュージョン FD に排出（転送）する（図 12E）。このとき、固体撮像装置 1（具体的にはシステム制御回路 24）は、選択トランジスタ SEL をオンしておく。これにより、フローティングディフュージョン FD の電位に対応する信号レベルの画素信号を増幅トランジスタ AMP で生成し、生成された画素信号が選択トランジスタ SEL を介して垂直信号線 VSL に出力される。固体撮像装置 1（具体的にはシステム制御回路 24）は、この読み出し動作を、所定の単位画素行ごとに行う。このようにして、GS モードにおける撮像が行われる。

[0050] なお、固体撮像装置 1（具体的にはシステム制御回路 24）は、第 1 転送トランジスタ T R X のゲートに負バイアスを印加する代わりに、例えば、図 14 に示したように、読み出し動作時に、排出トランジスタ O F G をオンしてもよい。このようにした場合には、現フレームの撮像による電荷が電荷保持部 M E M に溜まっている時に、次フレームの撮像が行われないので、次フレームの撮像によってフォトダイオード P D に溜まった電荷が、現フレームの撮像による電荷が溜まっている電荷保持部 M E M にオーバーフローするのを防ぐ。

[0051] [効果]

次に、本実施の形態に係る固体撮像装置 1 の効果について説明する。

[0052] C M O S イメージセンサにおいて、ローリングシャッター方式で撮像が行われた場合、フォーカルプレーンと呼ばれる被写体歪みが生じることがある。そこで、フォトダイオードで光電変換して蓄積された電荷を電荷保持部へ一括して転送し、その後、電荷保持部に保持された電荷を順次読み出すグローバルシャッター方式で撮像を行うことが考えられる。しかし、このようにした場合には、ローリングシャッター方式の場合と比べて、フォトダイオードの面積が小さくなってしまい、ダイナミックレンジが狭くなってしまう。従って、従来では、目的に応じて、C M O S イメージセンサを選択しなければならないという問題があった。

[0053] 一方、本実施の形態では、フォトダイオード P D と電荷保持部 M E M との間に設けられた第 1 ポテンシャル障壁 40 が、フォトダイオード P D、電荷保持部 M E M、n 型半導体領域 35、p 型半導体領域 36 および p 型半導体領域 37 を含む領域の周囲に設けられた第 2 ポテンシャル障壁 50 よりも低くなっている。これにより、例えば、フォトダイオード P D および電荷保持部 M E M の双方に溜まった電荷をフローティングディフュージョン F D に転送させたり、各センサ画素 11 のフォトダイオード P D に溜まった電荷を電荷保持部 M E M に一括転送させた後、電荷保持部 M E M に溜まった電荷をフローティングディフュージョン F D に転送させたりすることが可能となる。

ここで、フォトダイオードPDおよび電荷保持部MEMの双方に電荷を溜める場合、フォトダイオードPDだけに電荷を溜める場合と比べて、各センサ画素11の飽和電荷量を増やすことができ、高ダイナミックレンジを得ることができる。また、各センサ画素11のフォトダイオードPDに溜まった電荷を電荷保持部MEMに一括転送させる場合、被写体歪みを低減することができる。その結果、目的に応じて、被写体歪みを低減するモード（GSモード）や、高ダイナミックレンジを得るモード（DR拡大モード）に切り替えることができる。

[0054] また、本実施の形態では、第1ポテンシャル障壁40がp型半導体領域36によって形成されており、第2ポテンシャル障壁50がpウェル層32によって形成されており、p型半導体領域36の不純物濃度がpウェル層32の不純物濃度よりも低くなっている。これにより、p型半導体領域36およびpウェル層32の不純物濃度の制御により、第1ポテンシャル障壁40のポテンシャル ϕ_x や第2ポテンシャル障壁50のポテンシャル ϕ_{TRG} 、 ϕ_{OFF} を制御することができる。このように、本実施の形態では、半導体基板30への不純物拡散によって第1ポテンシャル障壁40および第2ポテンシャル障壁50を形成することができるので、特異なプロセスを用いなくても、第1ポテンシャル障壁40および第2ポテンシャル障壁50を形成することができる。

[0055] また、本実施の形態では、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、撮像モードに応じて第1ポテンシャル障壁40の高さ（ポテンシャル ϕ_x ）を制御する。具体的には、DR拡大モードのときには、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、第1ポテンシャル障壁40の高さ（ポテンシャル ϕ_x ）を第2ポテンシャル障壁50の高さ（ポテンシャル ϕ_{TRG} 、 ϕ_{OFF} ）よりも低く維持する。これにより、フォトダイオードPDに溜まった電荷を電荷保持部MEMにオーバーフローさせることができる。その結果、センサ画素11の電荷飽和量を、フォトダイオードPDの電荷飽和量PDQsと、電荷保持部MEMの電荷飽和量MEMQsの和に拡大するこ

とができる。一方、GSモードのときには、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、電荷保持部MEMに電荷を閉じ込める際に、第1転送トランジスタTRXのゲートに負バイアスを印加して、第1ポテンシャル障壁40の高さ（ポテンシャル ϕ_x ）を、第1転送トランジスタTRXのゲートに負バイアスを印加していないときよりも浅くする。これにより、フォトダイオードPDに次フレームの電荷を溜めた場合であっても、フォトダイオードPDに溜まった次フレームの電荷が、現フレームの電荷が溜まった電荷保持部MEMにオーバーフローするのを防ぐことができる。

[0056] また、本実施の形態では、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、DR拡大モードのときには、第1ポテンシャル障壁40を第2ポテンシャル障壁50よりも低く維持した状態で、フォトダイオードPDおよび電荷保持部MEMに電荷を溜めさせ、その後、第1転送トランジスタTRXおよび第2転送トランジスタTRGをオンして、フォトダイオードPDおよび電荷保持部MEMに溜まった電荷をフローティングディフュージョンFDに転送する。これにより、センサ画素11の電荷飽和量を、フォトダイオードPDの電荷飽和量PDQsと、電荷保持部MEMの電荷飽和量MEMQsの和に拡大することができる。

[0057] また、本実施の形態では、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、GSモードのときには、第1ポテンシャル障壁40の高さと第2ポテンシャル障壁50の高さとの差を狭めた状態で、全てのセンサ画素11の電荷保持部MEMに電荷を溜めさせ、その後、第2転送トランジスタTRGをオンして、電荷保持部MEMに溜まった電荷をフローティングディフュージョンFDに転送させる。これにより、被写体歪みを低減することができる。

[0058] また、本実施の形態では、固体撮像装置1（具体的にはシステム制御回路24）は、GSモードのときには、第1転送トランジスタTRXのゲートに負バイアスを印加して、第1ポテンシャル障壁40の高さと第2ポテンシャル障壁50の高さとの差を狭める。これにより、簡単な制御により、被写体

歪みを低減することができる。

[0059] <2. 変形例>

以下に、上記実施の形態に係る固体撮像装置 1 の変形例について説明する。

[0060] [変形例 A]

上記実施の形態において、各センサ画素 11 において、例えば、図 15、図 16、図 17、図 18 に示したように、排出トランジスタ OFG および排出ローティングディフュージョン OFD が省略されていてもよい。この場合、第 2 ポテンシャル障壁 50 のうち、排出トランジスタ OFG の形成されていた箇所のポテンシャル ϕ_{si} は、p ウェル層 32 のポテンシャルとなる。このように、排出トランジスタ OFG および排出ローティングディフュージョン OFD が省略されている場合であっても、目的に応じて、被写体歪みを低減するモード（GS モード）や、高ダイナミックレンジを得るモード（DR 拡大モード）に切り替えることができる。

[0061] [変形例 B]

上記実施の形態において、各センサ画素 11 が、例えば、図 19、図 20、図 21 に示したように、第 1 ポテンシャル障壁 40 の高さを制御する制御トランジスタ TRY を更に有していてもよい。この場合、制御トランジスタ TRY のゲートと対向する箇所に、第 1 ポテンシャル障壁 40 が形成されており、第 1 転送トランジスタ TRX のゲートと対向する箇所には、第 1 ポテンシャル障壁 40 は形成されていない。

[0062] この場合、固体撮像装置 1（具体的にはシステム制御回路 24）は、DR 拡大モードの図 10E のフェーズにおいて、第 1 転送トランジスタ TRX、第 2 転送トランジスタ TRG および制御トランジスタ TRY をオンして、ポテンシャル ϕ_x 、 ϕ_{TRG} を深くすることで、フォトダイオード PD および電荷保持部 MEM に溜まった電荷をフローティングディフュージョン FD に排出（転送）する（図 22）。

[0063] また、固体撮像装置 1（具体的にはシステム制御回路 24）は、GS モード

の図12Cのフェーズにおいて、フォトダイオードPDにおける光電変換が完了する前に、第1転送トランジスタTRXおよび制御トランジスタTRYをオンして、第1ポテンシャル障壁40のポテンシャル ϕ_x と、電荷保持部MEMのポテンシャルを深くすることで、フォトダイオードPDに蓄積された電荷を電荷保持部MEMに転送する(図23)。また、固体撮像装置1(具体的にはシステム制御回路24)は、GSモードの図12Dのフェーズにおいて、フォトダイオードPDにおける光電変換が完了したとき、第1転送トランジスタTRXおよび制御トランジスタTRYをオフして、第1ポテンシャル障壁40のポテンシャル ϕ_x と、電荷保持部MEMのポテンシャルを浅くする(図23)。さらに、固体撮像装置1(具体的にはシステム制御回路24)は、GSモードの図12Dのフェーズにおいて、制御トランジスタTRYのゲートに負バイアスを印加することで、ポテンシャル ϕ_x を、第1転送トランジスタTRXのゲートに対して負バイアスを印加していないときよりも浅くする。また、固体撮像装置1(具体的にはシステム制御回路24)は、GSモードの図12Eのフェーズにおいて、リセットトランジスタRSTをオンして、もう一度、フローティングディフュージョンFDに残留する余分な電荷を外部に排出した後、第2転送トランジスタTRGをオンして、ポテンシャル ϕ_{TRG} を深くすることで、電荷保持部MEMに蓄積された電荷をフローティングディフュージョンFDに排出(転送)する(図23)。

[0064] このように、本変形例では、固体撮像装置1(具体的にはシステム制御回路24)は、GSモードのときに、制御トランジスタTRYのゲートに負バイアスを印加して、第1ポテンシャル障壁40の高さと第2ポテンシャル障壁50の高さとの差を狭めることができる。つまり、固体撮像装置1(具体的にはシステム制御回路24)は、電荷保持部MEMのポテンシャルの制御と、第1ポテンシャル障壁40のポテンシャルの制御とを互いに独立に制御することができる。

[0065] なお、本変形例において、各センサ画素11において、例えば、図24、図25、図26に示したように、排出トランジスタOFGおよび排出ローテ

イングディフュージョンOFDが省略されていてもよい。この場合、第2ポテンシャル障壁50のうち、排出トランジスタOFGの形成されていた箇所のポテンシャル ϕ_{si} は、pウェル層32のポテンシャルとなる。このように、排出トランジスタOFGおよび排出ローティングディフュージョンOFDが省略されている場合であっても、目的に応じて、被写体歪みを低減するモード（GSモード）や、高ダイナミックレンジを得るモード（DR拡大モード）に切り替えることができる。

[0066] [変形例C]

上記実施の形態およびその変形例において、固体撮像装置1は、裏面照射型の照射型のイメージセンサであってもよい。裏面照射型のイメージセンサとは、被写体からの光が入射する受光面と、各画素を駆動させるトランジスタ等の配線が設けられた配線層との間に、被写体からの光を受光し、電気信号に変換するフォトダイオード等の光電変換部が設けられている構成のイメージセンサである。

[0067] 例えば、図27、図28、図29、図30に示したように、各センサ画素11が、半導体基板30の裏面に接する遮光層38と、フォトダイオードPDと電荷保持部MEMとの間であってかつn型半導体領域35の直下に設けられた遮光壁39とを有している。遮光層38は、フォトダイオードPDと対向する箇所に開口を有しており、その開口の底面には半導体基板30の裏面が露出している。そして、半導体基板30の裏面のうち、開口の底面に露出している領域が受光面10Aとなっている。遮光層38および遮光壁39は、例えば、タングステンなどの金属で構成されており、外部からの光の、電荷保持部MEMへの入射を遮る。遮光層38および遮光壁39が設けられていることにより、外部からの光の、電荷保持部MEMへの入射が遮られるので、電荷保持部MEMに光が入射することにより発生するノイズを低減することができる。

[0068] 本変形例では、固体撮像装置1が裏面照射型の照射型のイメージセンサとなっている。この場合であっても、上記の実施の形態と同様、目的に応じて

、被写体歪みを低減するモード（GSモード）や、高ダイナミックレンジを得るモード（DR拡大モード）に切り替えることができる。

[0069] <3. 適用例>

本開示は、固体撮像装置への適用に限られるものではない。すなわち、本技術は、固体撮像装置のほかに光学レンズ系等を有するカメラモジュール、デジタルスチルカメラやビデオカメラ等の撮像装置、撮像機能を有する携帯端末装置（例えばスマートフォンやタブレット型端末）、又は画像読取部に固体撮像装置を用いる複写機など、固体撮像装置を有する電子機器全般に対して適用可能である。

[0070] 図31は、上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置1を備えた電子機器2の構成例を示すブロック図である。

[0071] 電子機器2は、例えば、デジタルスチルカメラやビデオカメラ等の撮像装置や、スマートフォンやタブレット型端末等の携帯端末装置などの電子機器である。電子機器2は、例えば、上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置1、DSP回路210、フレームメモリ220、表示部230、記憶部240、操作部250および電源部260を備えている。DSP回路210が、本開示の「信号処理回路」の一具体例に相当する。電子機器2において、DSP回路210、フレームメモリ220、表示部230、記憶部240、操作部250および電源部260は、バスライン270を介して相互に接続されている。

[0072] 上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置1は、入射光に応じた画像データを出力する。DSP回路210は、上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置1から出力される信号（画像データ）を処理する信号処理回路である。フレームメモリ220は、DSP回路210により処理された画像データを、フレーム単位で一時的に保持する。表示部230は、例えば、液晶パネルや有機EL（Electro Luminescence）パネル等のパネル型表示装置からなり、上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置1で撮像された動画又は静止画を表示する。記憶部240は、上記実施の形

態およびその変形例に係る固体撮像装置 1 で撮像された動画又は静止画の画像データを、半導体メモリやハードディスク等の記録媒体に記録する。操作部 250 は、ユーザによる操作に従い、電子機器 2 が有する各種の機能についての操作指令を発する。電源部 260 は、DSP 回路 210、フレームメモリ 220、表示部 230、記憶部 240 および操作部 250 の動作電源となる各種の電源を、これら供給対象に対して適宜供給する。

[0073] 次に、電子機器 2 における撮像手順について説明する。

[0074] 図 32 は、電子機器 2 における DR 拡大モードおよび GS モードの切り替え動作のフローチャートの一例を表す。ユーザは、操作部 250 を操作することにより撮像モードを選択する（ステップ S101）。操作部 250 は、例えば、ローリングシャッター動作に対応する撮像モード（DR 拡大モード）、およびグローバルシャッター動作に対応する撮像モード（GS モード）のいずれかをユーザに選択させるインターフェース（画面）を表示する。ユーザは、例えば、そのインターフェース（画面）を見ながら、いずれか一方の撮像モードを選択する。

[0075] 操作部 250 は、ユーザによって選択された撮像モードが DR 拡大モードである場合には、DR 拡大モードでの撮像指令を固体撮像装置 1 に送信する（ステップ S102, S103）。固体撮像装置 1（具体的にはシステム制御回路 24）は、ユーザによる選択に応じて、DR 拡大モードに対応する動作および GS モードに対応する動作のいずれかの動作を実行する。固体撮像装置 1（具体的にはシステム制御回路 24）は、DR 拡大モードでの撮像指令を受信した場合には、例えば図 10A～図 10E および図 11 に示した手順で、ローリングシャッター方式の撮像を行う（ステップ S104）。

[0076] 一方、操作部 250 は、ユーザによって選択された撮像モードが GS モードである場合には、GS モードでの撮像指令を固体撮像装置 1 に送信する（ステップ S102, S105）。固体撮像装置 1（具体的にはシステム制御回路 24）は、ユーザによる選択に応じて、DR 拡大モードに対応する動作および GS モードに対応する動作のいずれかの動作を実行する。固体撮像装

置 1（具体的にはシステム制御回路 24）は、GSモードでの撮像指令を受信した場合には、例えば図 12A～図 12E および図 13 に示した手順で、グローバルシャッター方式の撮像を行う（ステップ S106）。

[0077] 固体撮像装置 1 は、撮像により得られた画像データを DSP 回路 210 に出力する。DSP 回路 210 は、固体撮像装置 1 から入力された画像データに対して所定の信号処理を行う（ステップ S107）。DSP 回路 210 は、所定の信号処理後の画像データをフレームメモリ 220 に保持させ、フレームメモリ 220 は、必要に応じて、画像データを記憶部 240 に記憶させる（ステップ S108）。このようにして、電子機器 2 における撮像が行われる。

[0078] 電子機器 2 では、電子機器 2 では、上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置 1 が用いられている。これにより、目的に応じて、被写体歪みを低減するモード（GSモード）や、高ダイナミックレンジを得るモード（DR拡大モード）に切り替えることができる。

[0079] 電子機器 2 では、DR拡大モードおよびGSモードのいずれかをユーザに選択させるインターフェース（画面）が表示される。これにより、ユーザは、ユーザの目的に応じた適切なモードでの撮像が可能となる。

[0080] なお、電子機器 2 は、例えば、図 33 に示したように、DR拡大モードおよびGSモードのいずれかを、固体撮像装置 1 から得られた画像データに基づいて選択し、選択した撮像モードに対応する動作の実行を固体撮像装置 1 に指示するモード制御部 280 を更に備えていてもよい。このようにした場合には、固体撮像装置 1（具体的にはシステム制御回路 24）は、モード制御部 280 による指示に応じて、DR拡大モードに対応する動作およびGSモードに対応する動作のいずれかの動作を実行する。従って、ユーザの、撮像モードに対する知識が不足しているときであっても、適切なモードを自動的に選択することができる。

[0081] <4. 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。

[0082] 図34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。

[0083] 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34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。

[0084] 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。

[0085] 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。

[0086] 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。

[0087] 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、可視光であってもよいし、赤外線等の非可視光であってもよい。

[0088] 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。

[0089] 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。

[0090] 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。

[0091] 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。

[0092] 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 34 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。

[0093] 図 35 は、撮像部 12031 の設置位置の例を示す図である。

[0094] 図 35 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。

[0095] 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 1 2 1 0 0 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 1 2 1 0 4 は、主として車両 1 2 1 0 0 の後方の画像を取得する。撮像部 1 2 1 0 1 及び 1 2 1 0 5 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。

[0096] なお、図 3 5 には、撮像部 1 2 1 0 1 ないし 1 2 1 0 4 の撮影範囲の一例が示されている。撮像範囲 1 2 1 1 1 は、フロントノーズに設けられた撮像部 1 2 1 0 1 の撮像範囲を示し、撮像範囲 1 2 1 1 2, 1 2 1 1 3 は、それぞれサイドミラーに設けられた撮像部 1 2 1 0 2, 1 2 1 0 3 の撮像範囲を示し、撮像範囲 1 2 1 1 4 は、リアバンパ又はバックドアに設けられた撮像部 1 2 1 0 4 の撮像範囲を示す。例えば、撮像部 1 2 1 0 1 ないし 1 2 1 0 4 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 1 2 1 0 0 を上方から見た俯瞰画像が得られる。

[0097] 撮像部 1 2 1 0 1 ないし 1 2 1 0 4 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 1 2 1 0 1 ないし 1 2 1 0 4 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。

[0098] 例えば、マイクロコンピュータ 1 2 0 5 1 は、撮像部 1 2 1 0 1 ないし 1 2 1 0 4 から得られた距離情報を基に、撮像範囲 1 2 1 1 1 ないし 1 2 1 1 4 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 1 2 1 0 0 に対する相対速度）を求めることにより、特に車両 1 2 1 0 0 の進行路上にある最も近い立体物で、車両 1 2 1 0 0 と略同じ方向に所定の速度（例えば、0 k m / 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 1 2 0 5 1 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。

[0099] 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。

[0100] 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。

[0101] 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12031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固体撮像装置1は、撮像部12031に適用することができる。撮像部12

031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。

[0102] 以上、実施の形態およびその変形例、適用例ならびに応用例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、種々変形が可能である。なお、本明細書中に記載された効果は、あくまで例示である。本開示の効果は、本明細書中に記載された効果に限定されるものではない。本開示が、本明細書中に記載された効果以外の効果を持っていたとしてもよい。

[0103] また、本開示は、以下のような構成を取ることも可能である。

(1)

受光面と、
前記受光面と対向配置された複数の画素と
を備え、
各前記画素は、
受光面を介して入射した光を光電変換する光電変換部と、
前記光電変換部から転送された電荷を保持する電荷保持部と、
前記光電変換部と前記電荷保持部との間に設けられた第1ポテンシャル障壁と、
前記光電変換部、前記電荷保持部および前記第1不純物半導体領域を含む領域の周囲に設けられた第2ポテンシャル障壁と
を有し、
前記第1ポテンシャル障壁は、前記第2ポテンシャル障壁よりも低くなっている
固体撮像装置。

(2)

前記第1ポテンシャル障壁は、第1不純物半導体領域によって形成され、
前記第2ポテンシャル障壁は、第2不純物半導体領域によって形成され、

前記第 1 不純物半導体領域の不純物濃度は、前記第 2 不純物半導体領域の不純物濃度よりも低くなっている

(1) に記載の固体撮像装置。

(3)

各前記画素は、

前記電荷保持部のポテンシャルを制御する第 1 転送トランジスタと、

前記電荷保持部に保持された電荷をフローティングディフュージョンに転送する第 2 転送トランジスタと、

前記第 1 転送トランジスタおよび前記第 2 転送トランジスタを制御する制御部と

を更に有し、

前記制御部は、撮像モードに応じて前記第 1 ポテンシャル障壁の高さを制御する

(1) または (2) に記載の固体撮像装置。

(4)

前記制御部は、第 1 撮像モードのときには、前記第 1 ポテンシャル障壁を前記第 2 ポテンシャル障壁よりも低く維持した状態で、前記光電変換部および前記電荷保持部に電荷を溜めさせ、その後、前記第 1 転送トランジスタおよび前記第 2 転送トランジスタをオンして、前記光電変換部および前記電荷保持部に溜まった電荷を前記フローティングディフュージョンに転送する

(3) に記載の固体撮像装置。

(5)

前記制御部は、第 2 撮像モードのときには、前記第 1 ポテンシャル障壁の高さと前記第 2 ポテンシャル障壁の高さとの差を狭めた状態で、全ての前記センサ画素の前記電荷保持部に電荷を溜めさせ、その後、前記第 2 転送トランジスタをオンして、前記電荷保持部に溜まった電荷を前記フローティングディフュージョンに転送する

(3) に記載の固体撮像装置。

(6)

前記制御部は、前記第2撮像モードのときには、前記第1転送トランジスタのゲートに負バイアスを印加して、前記第1ポテンシャル障壁の高さと前記第2ポテンシャル障壁の高さとの差を狭める

(5)に記載の固体撮像装置。

(7)

各前記画素は、前記第1ポテンシャル障壁の高さを制御する制御トランジスタを更に有し、

前記制御部は、前記第2撮像モードのときには、前記制御トランジスタのゲートに負バイアスを印加して、前記第1ポテンシャル障壁の高さと前記第2ポテンシャル障壁の高さとの差を狭める

(5)に記載の固体撮像装置。

(8)

入射光に応じた画像データを出力する固体撮像装置と、

前記画像データを処理する信号処理回路と

を備え、

前記固体撮像装置は、

受光面と、

前記受光面と対向配置された複数の画素と

を有し、

各前記画素は、

受光面を介して入射した光を光電変換する光電変換部と、

前記光電変換部から転送された電荷を保持する電荷保持部と、

前記光電変換部と前記電荷保持部との間に設けられた第1ポテンシャル障壁と、

前記光電変換部、前記電荷保持部および前記第1不純物半導体領域を含む領域の周囲に設けられた第2ポテンシャル障壁と

を有し、

前記第 1 ポテンシャル障壁は、前記第 2 ポテンシャル障壁よりも低くなっている

電子機器。

(9)

ローリングシャッター動作に対応する第 1 撮像モード、およびグローバルシャッター動作に対応する第 2 撮像モードのいずれかをユーザに選択させるインターフェースを更に備え、

前記固体撮像装置は、ユーザによる選択に応じて、前記第 1 撮像モードに対応する動作および前記第 2 撮像モードに対応する動作のいずれかの動作を実行する

(8) に記載の電子機器。

(10)

ローリングシャッター動作に対応する第 1 撮像モード、およびグローバルシャッター動作に対応する第 2 撮像モードのいずれかを前記画像データに基づいて選択し、選択した撮像モードに対応する動作の実行を前記固体撮像装置に指示するモード制御部を更に備え、

前記固体撮像装置は、前記モード制御部による指示に応じて、前記第 1 撮像モードに対応する動作および前記第 2 撮像モードに対応する動作のいずれかの動作を実行する

(8) に記載の電子機器。

[0104] 本開示の一実施の形態に係る固体撮像装置および電子機器によれば、光電変換部と電荷保持部との間に設けられた第 1 ポテンシャル障壁を、光電変換部、電荷保持部および第 1 不純物半導体領域を含む領域の周囲に設けられた第 2 ポテンシャル障壁よりも低くするようにしたので、例えば、光電変換部および電荷保持部の双方に溜まった電荷をフローティングディフュージョンに転送させたり、各画素の光電変換部に溜まった電荷を電荷保持部に一括転送させた後、電荷保持部に溜まった電荷をフローティングディフュージョンに転送させたりすることが可能となる。ここで、光電変換部および電荷保持

部の双方に電荷を溜める場合、光電変換部だけに電荷を溜める場合と比べて、各画素の飽和電荷量を増やすことができ、高ダイナミックレンジを得ることができる。また、各画素の光電変換部に溜まった電荷を電荷保持部に一括転送させる場合、被写体歪みを低減することができる。従って、目的に応じて、被写体歪みを低減するモードや、高ダイナミックレンジを得るモードに切り替えることができる。

[0105] 本出願は、日本国特許庁において2018年9月7日出願された日本特許出願番号第2018-167737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。

[0106] 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] 受光面と、
前記受光面と対向配置された複数の画素と
を備え、
各前記画素は、
前記受光面を介して入射した光を光電変換する光電変換部と、
前記光電変換部から転送された電荷を保持する電荷保持部と、
前記光電変換部と前記電荷保持部との間に設けられた第1ポテンシャル障壁と、
前記光電変換部、前記電荷保持部および前記第1不純物半導体領域を含む領域の周囲に設けられた第2ポテンシャル障壁と
を有し、
前記第1ポテンシャル障壁は、前記第2ポテンシャル障壁よりも低くなっている
固体撮像装置。
- [請求項2] 前記第1ポテンシャル障壁は、第1不純物半導体領域によって形成され、
前記第2ポテンシャル障壁は、第2不純物半導体領域によって形成され、
前記第1不純物半導体領域の不純物濃度は、前記第2不純物半導体領域の不純物濃度よりも低くなっている
請求項1に記載の固体撮像装置。
- [請求項3] 各前記画素は、
前記電荷保持部のポテンシャルを制御する第1転送トランジスタと、
前記電荷保持部に保持された電荷をフローティングディフュージョンに転送する第2転送トランジスタと、
前記第1転送トランジスタおよび前記第2転送トランジスタを制御

する制御部と

を更に有し、

前記制御部は、撮像モードに応じて前記第 1 ポテンシャル障壁の高さを制御する

請求項 1 に記載の固体撮像装置。

[請求項4]

前記制御部は、第 1 撮像モードのときには、前記第 1 ポテンシャル障壁を前記第 2 ポテンシャル障壁よりも低く維持した状態で、前記光電変換部および前記電荷保持部に電荷を溜めさせ、その後、前記第 1 転送トランジスタおよび前記第 2 転送トランジスタをオンして、前記光電変換部および前記電荷保持部に溜まった電荷を前記フローティングディフュージョンに転送する

請求項 3 に記載の固体撮像装置。

[請求項5]

前記制御部は、第 2 撮像モードのときには、前記第 1 ポテンシャル障壁の高さと前記第 2 ポテンシャル障壁の高さとの差を狭めた状態で、全ての前記センサ画素の前記電荷保持部に電荷を溜めさせ、その後、前記第 2 転送トランジスタをオンして、前記電荷保持部に溜まった電荷を前記フローティングディフュージョンに転送する

請求項 3 に記載の固体撮像装置。

[請求項6]

前記制御部は、前記第 2 撮像モードのときには、前記第 1 転送トランジスタのゲートに負バイアスを印加して、前記第 1 ポテンシャル障壁の高さと前記第 2 ポテンシャル障壁の高さとの差を狭める

請求項 5 に記載の固体撮像装置。

[請求項7]

各前記画素は、前記第 1 ポテンシャル障壁の高さを制御する制御トランジスタを更に有し、

前記制御部は、前記第 2 撮像モードのときには、前記制御トランジスタのゲートに負バイアスを印加して、前記第 1 ポテンシャル障壁の高さと前記第 2 ポテンシャル障壁の高さとの差を狭める

請求項 5 に記載の固体撮像装置。

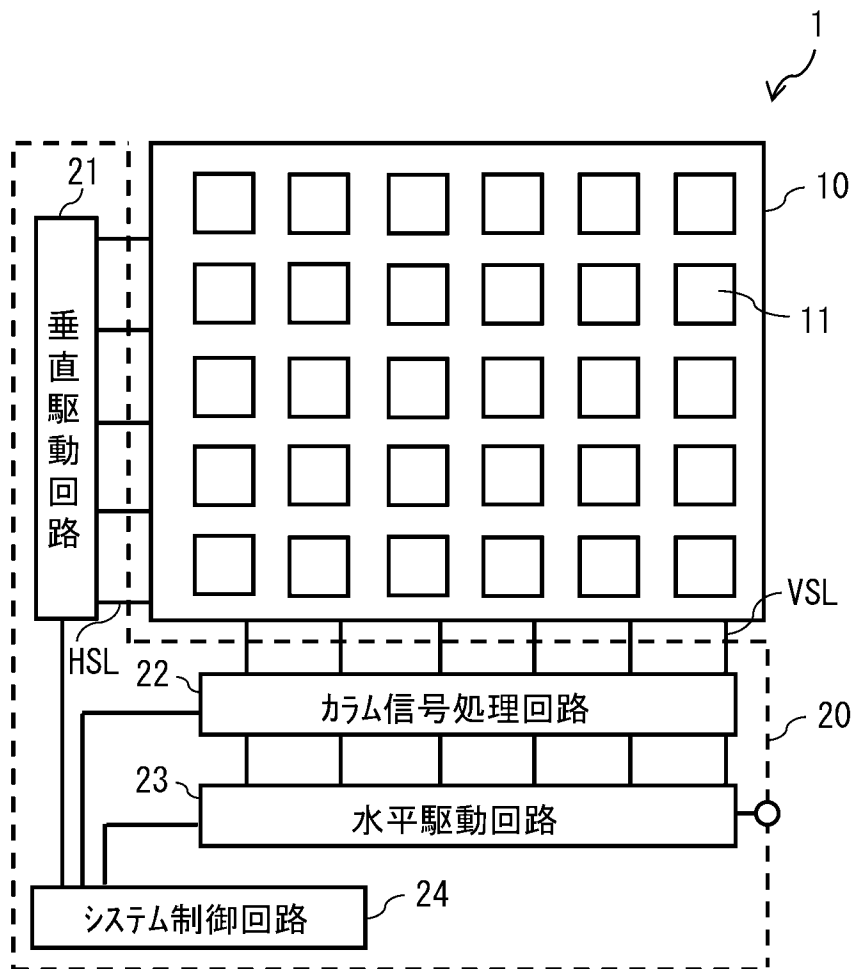
- [請求項8] 入射光に応じた画像データを出力する固体撮像装置と、
前記画像データを処理する信号処理回路と
を備え、
前記固体撮像装置は、
受光面と、
前記受光面と対向配置された複数の画素と
を有し、
各前記画素は、
前記受光面を介して入射した光を光電変換する光電変換部と、
前記光電変換部から転送された電荷を保持する電荷保持部と、
前記光電変換部と前記電荷保持部との間に設けられた第1ポテンシ
ヤル障壁と、
前記光電変換部、前記電荷保持部および前記第1不純物半導体領域
を含む領域の周囲に設けられた第2ポテンシャル障壁と
を有し、
前記第1ポテンシャル障壁は、前記第2ポテンシャル障壁よりも低
くなっている
電子機器。
- [請求項9] ローリングシャッター動作に対応する第1撮像モード、およびグロ
ーバルシャッター動作に対応する第2撮像モードのいずれかをユーザ
に選択させるインターフェースを更に備え、
前記固体撮像装置は、ユーザによる選択に応じて、前記第1撮像モ
ードに対応する動作および前記第2撮像モードに対応する動作のいず
れかの動作を実行する
請求項8に記載の電子機器。
- [請求項10] ローリングシャッター動作に対応する第1撮像モード、およびグロ
ーバルシャッター動作に対応する第2撮像モードのいずれかを前記画
像データに基づいて選択し、選択した撮像モードに対応する動作の実

行を前記固体撮像装置に指示するモード制御部を更に備え、

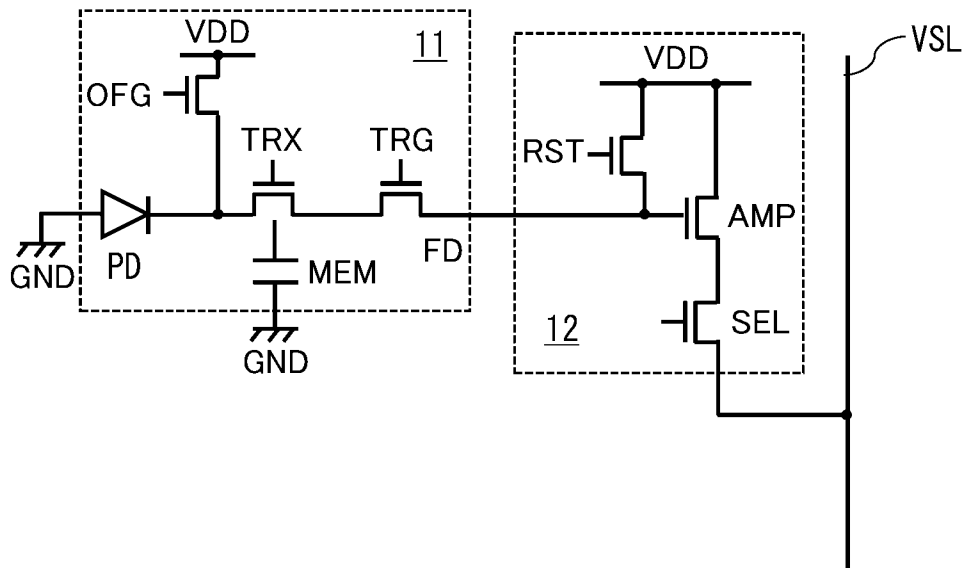
前記固体撮像装置は、前記モード制御部による指示に応じて、前記第1撮像モードに対応する動作および前記第2撮像モードに対応する動作のいずれかの動作を実行する

請求項8に記載の電子機器。

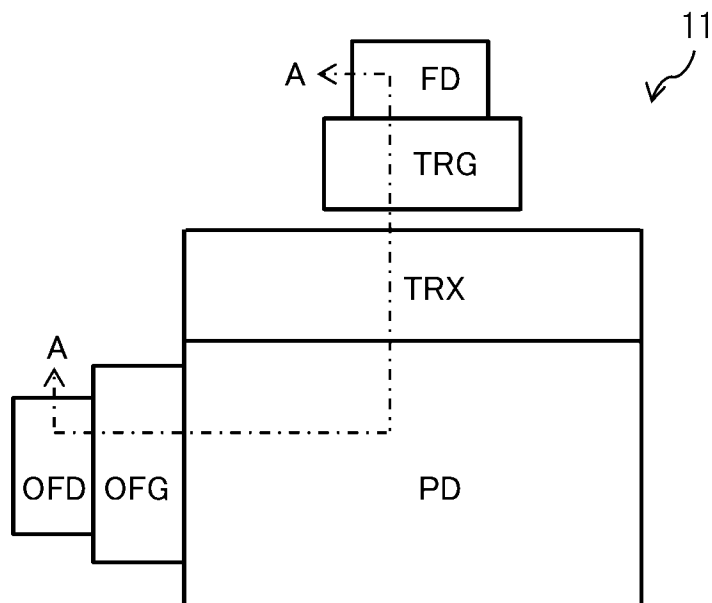
[図1]

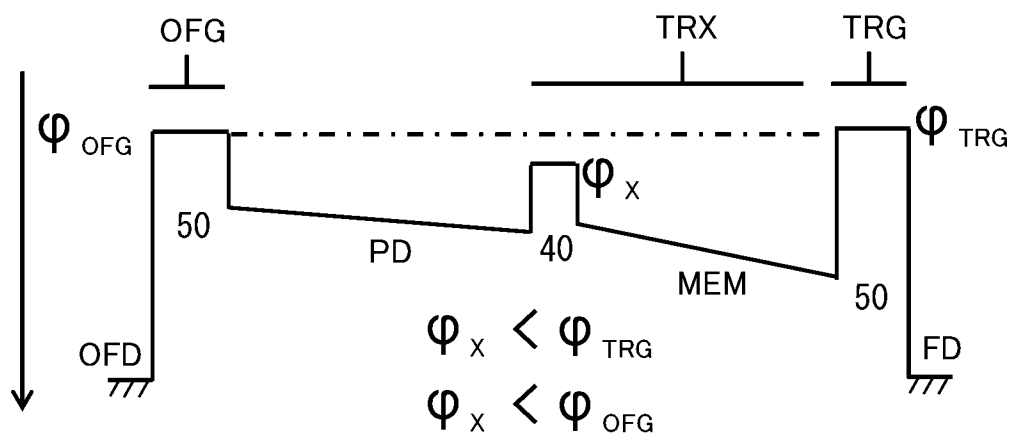


[図2]

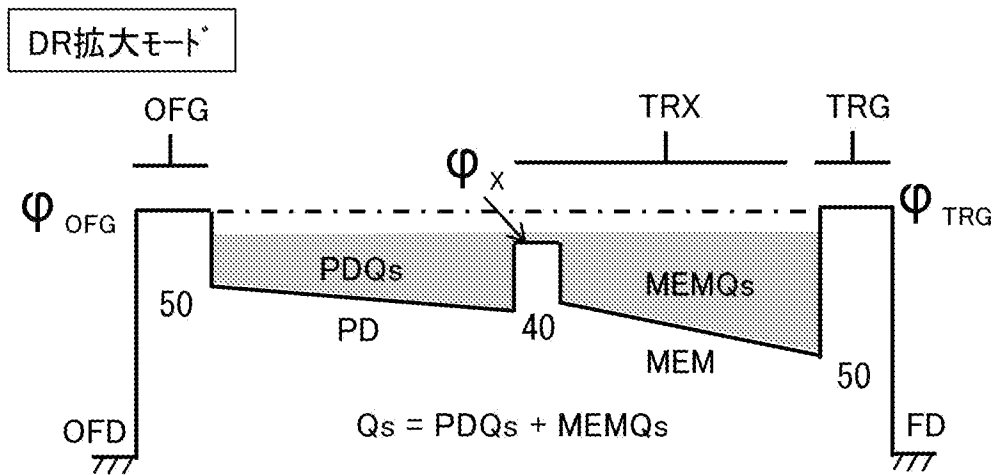


[図3]

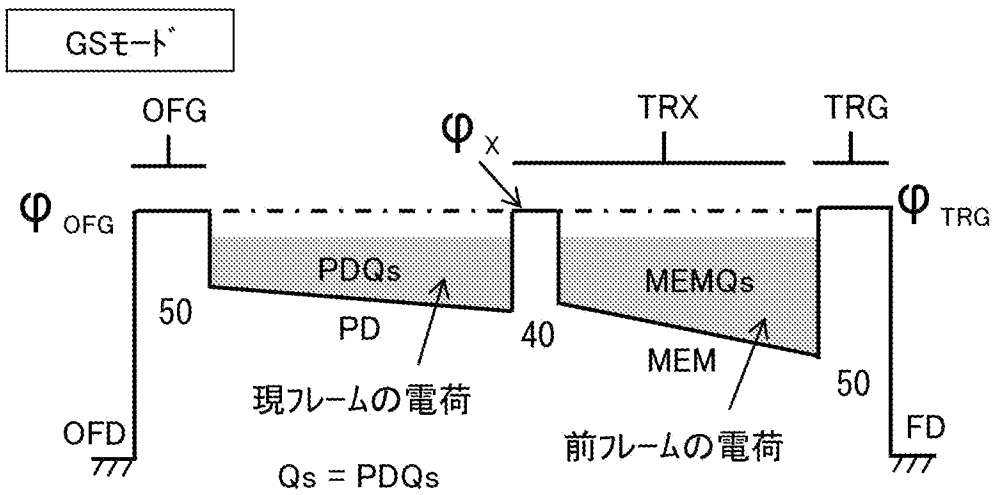




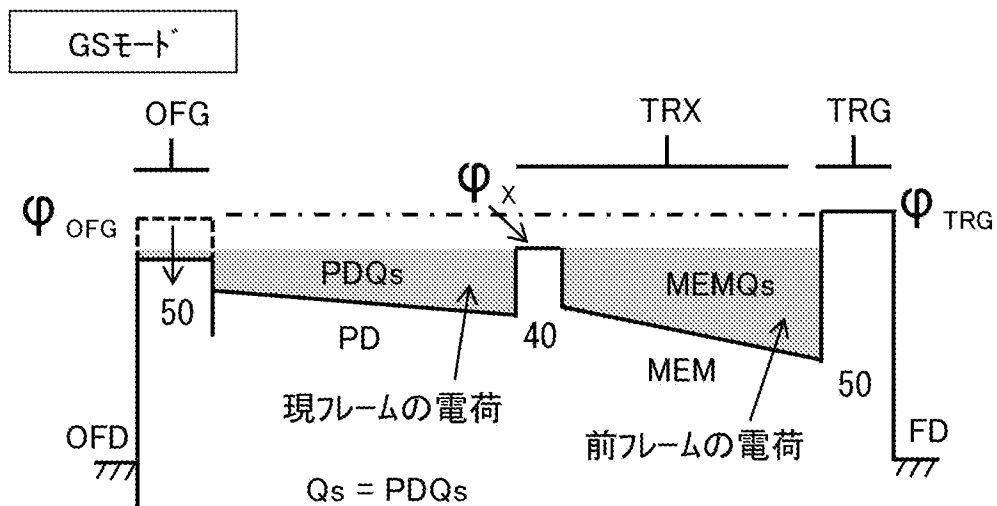
[図6]



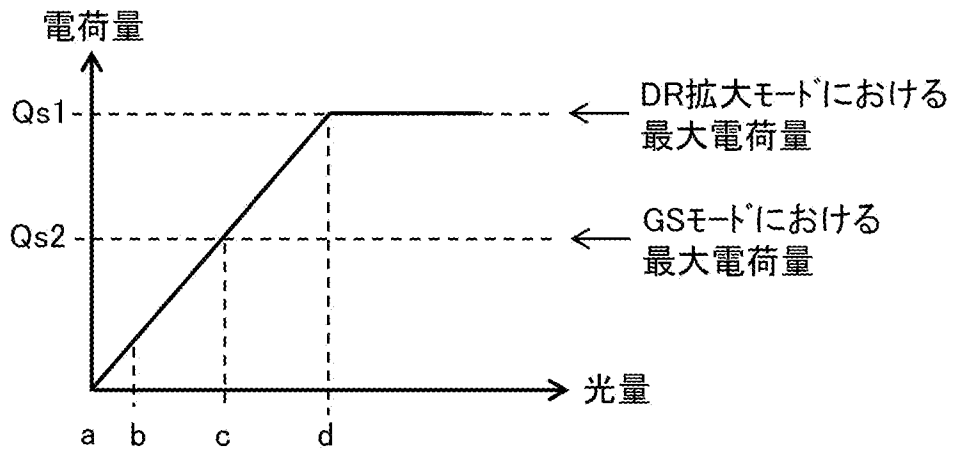
[図7]



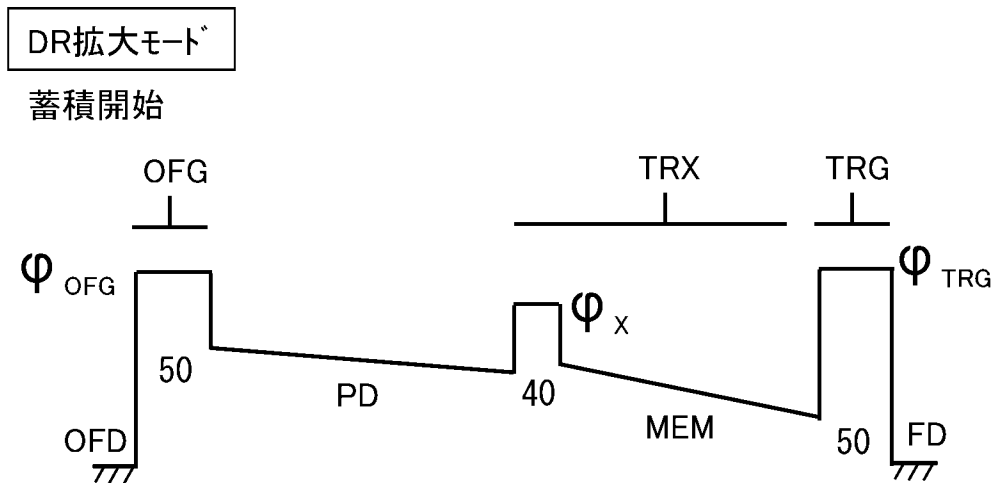
[図8]

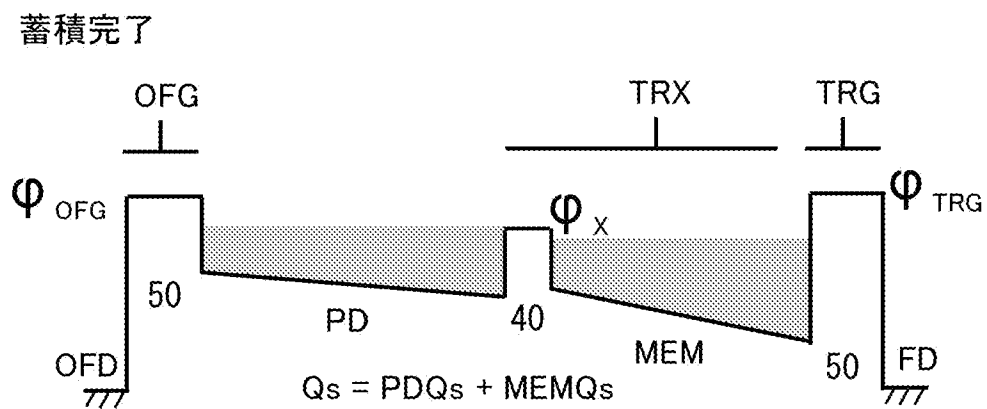
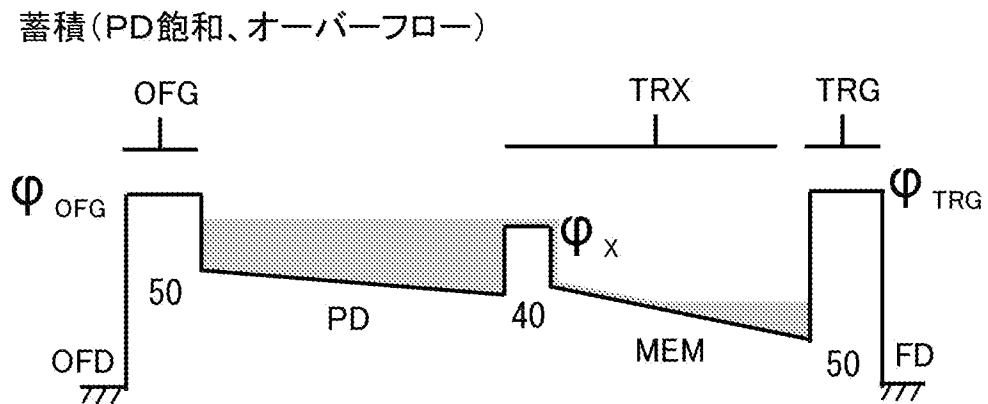
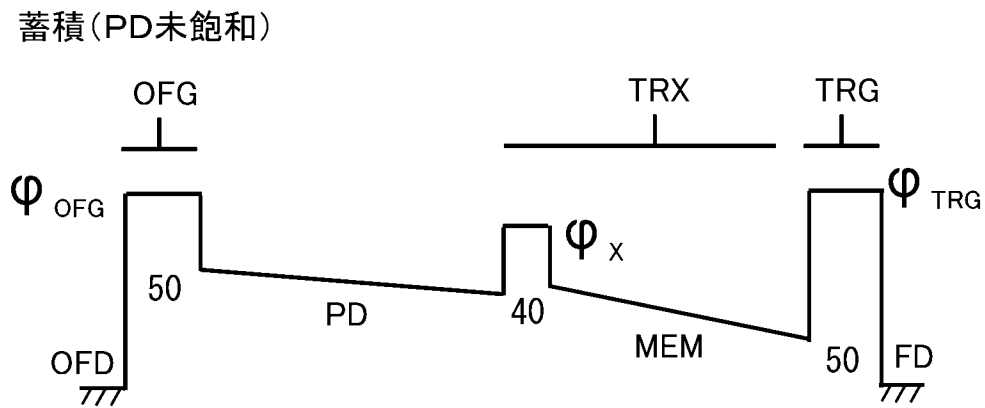


[図9]

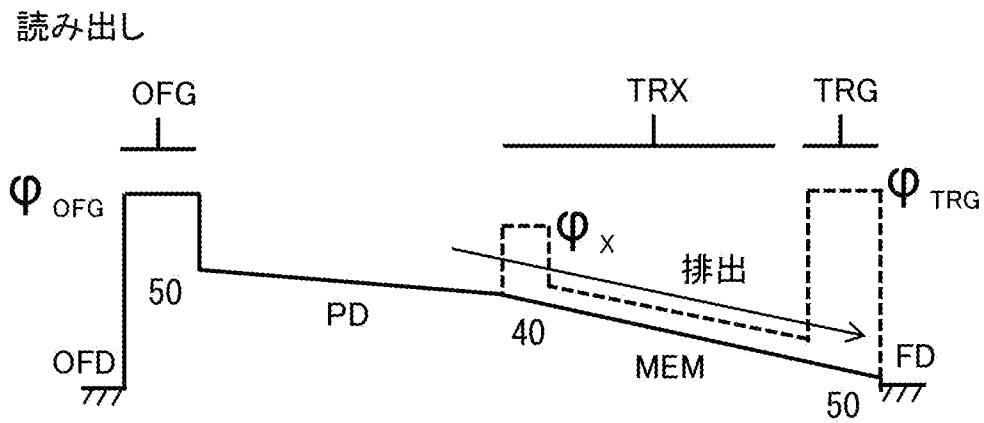


[図10A]

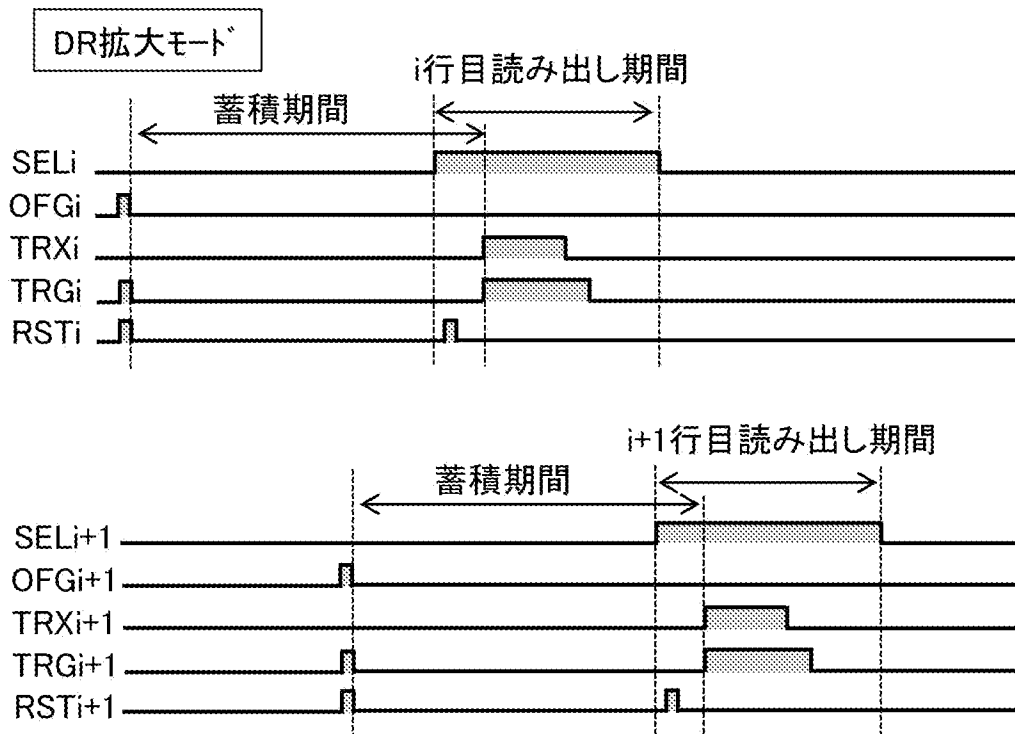




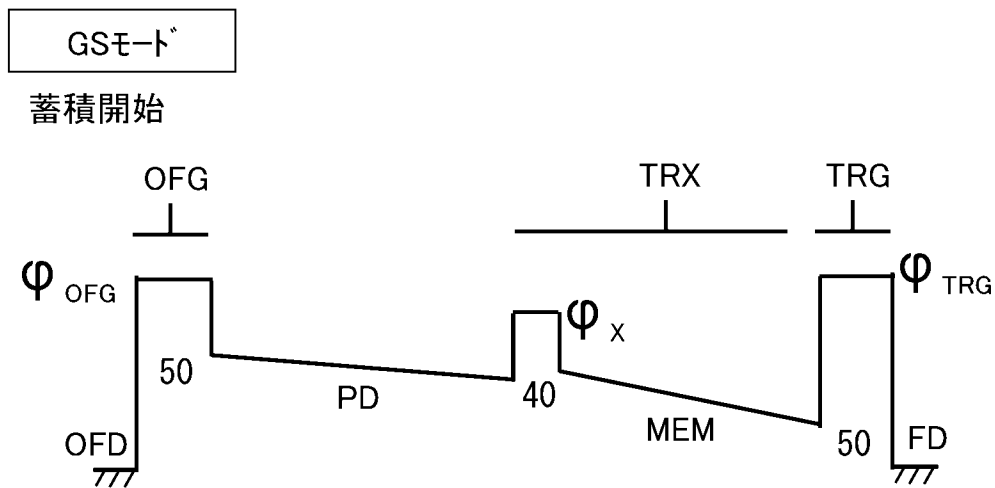
[図10E]



[図11]

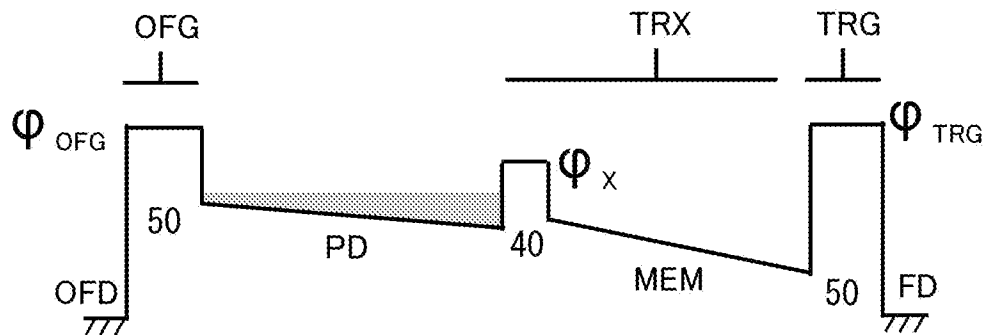


[図12A]



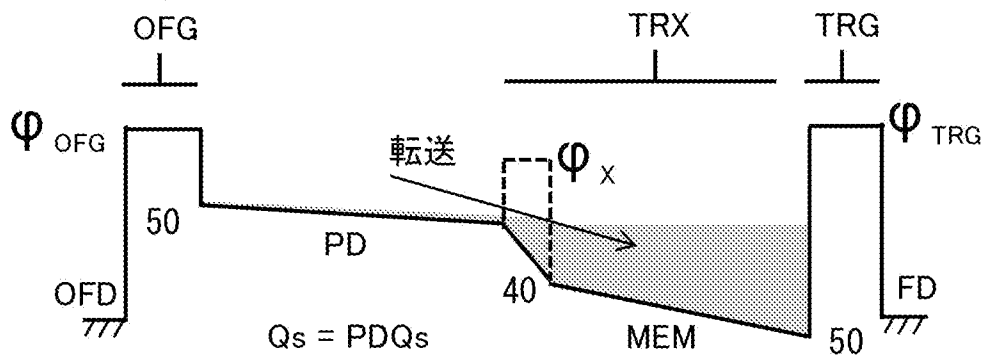
[図12B]

蓄積(PD未飽和)



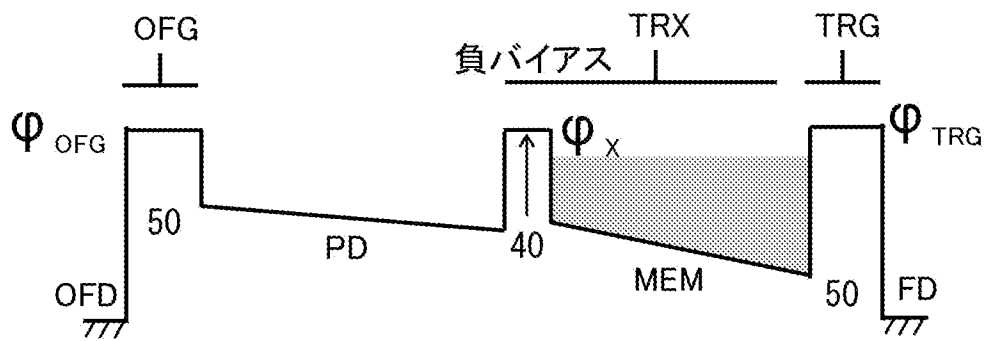
[図12C]

蓄積+転送



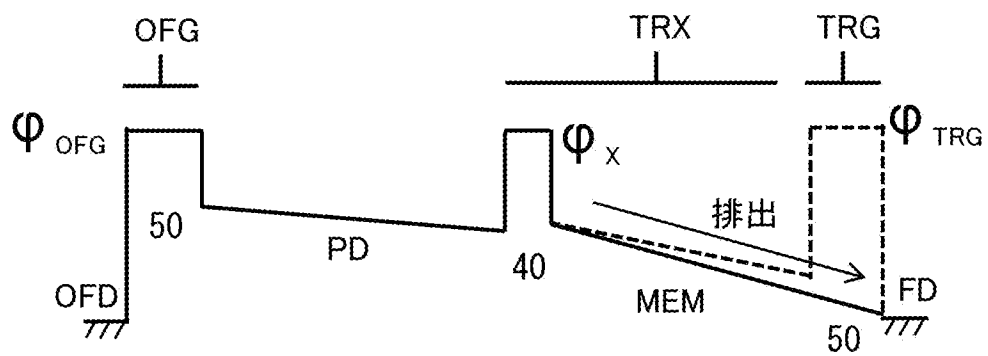
[図12D]

蓄積完了

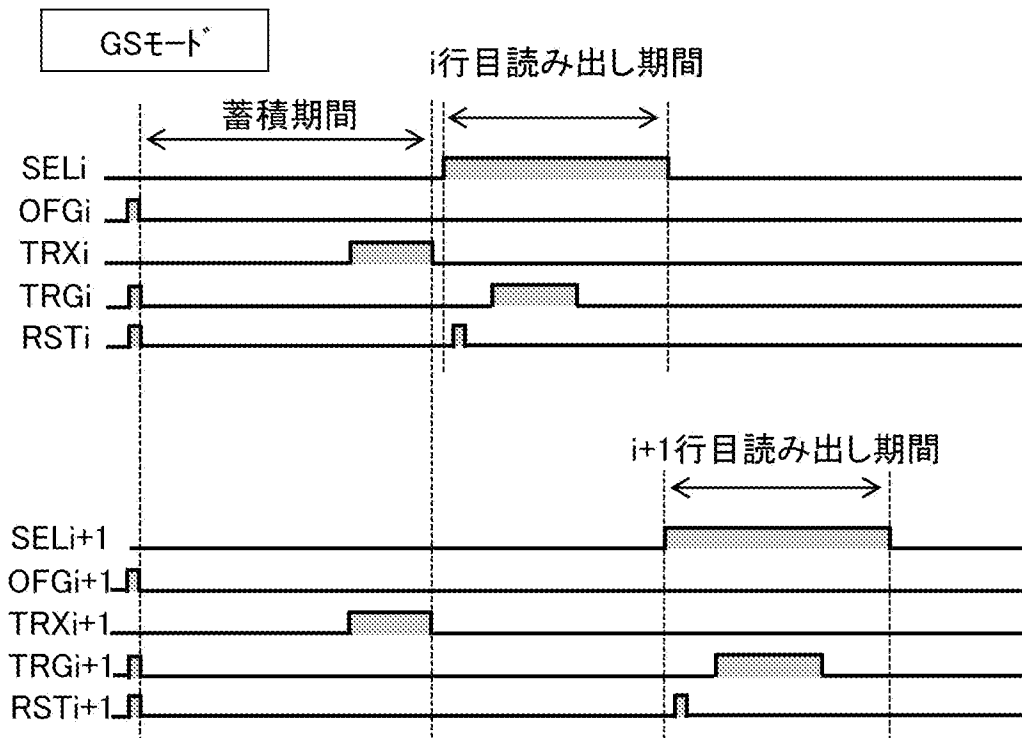


[図12E]

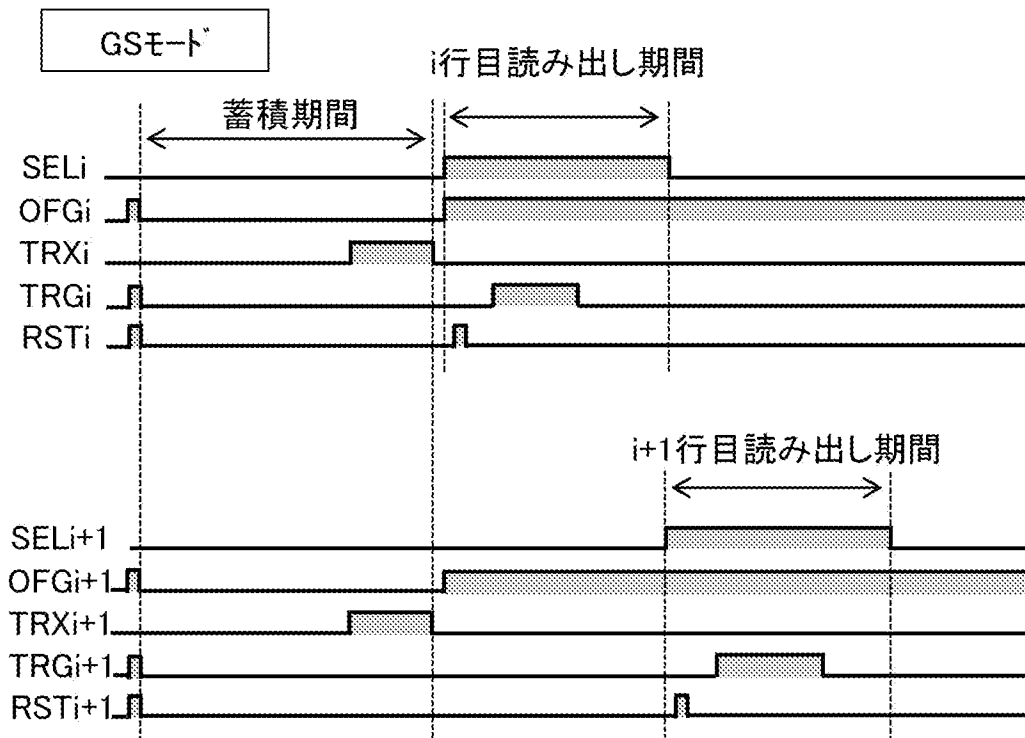
読み出し



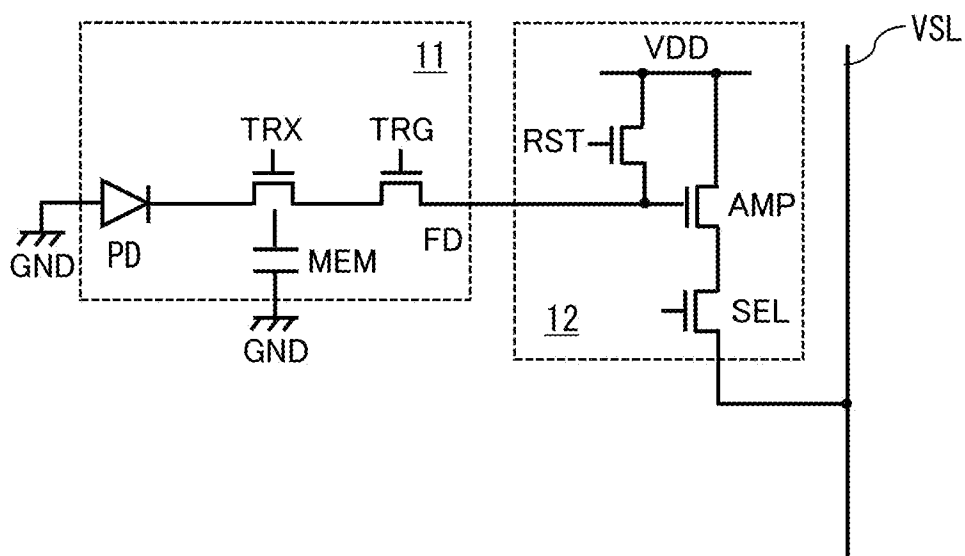
[図13]



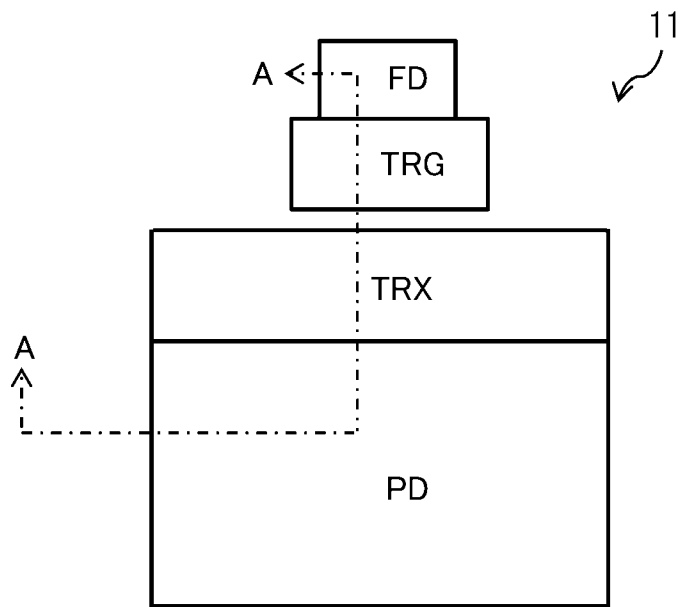
[図14]



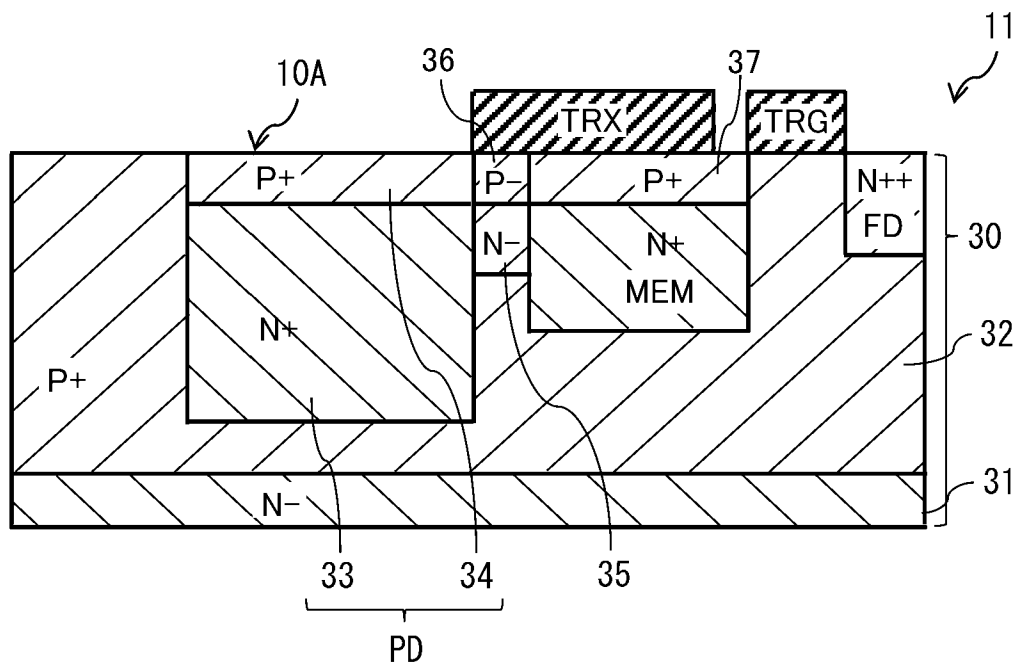
[図15]



[図16]



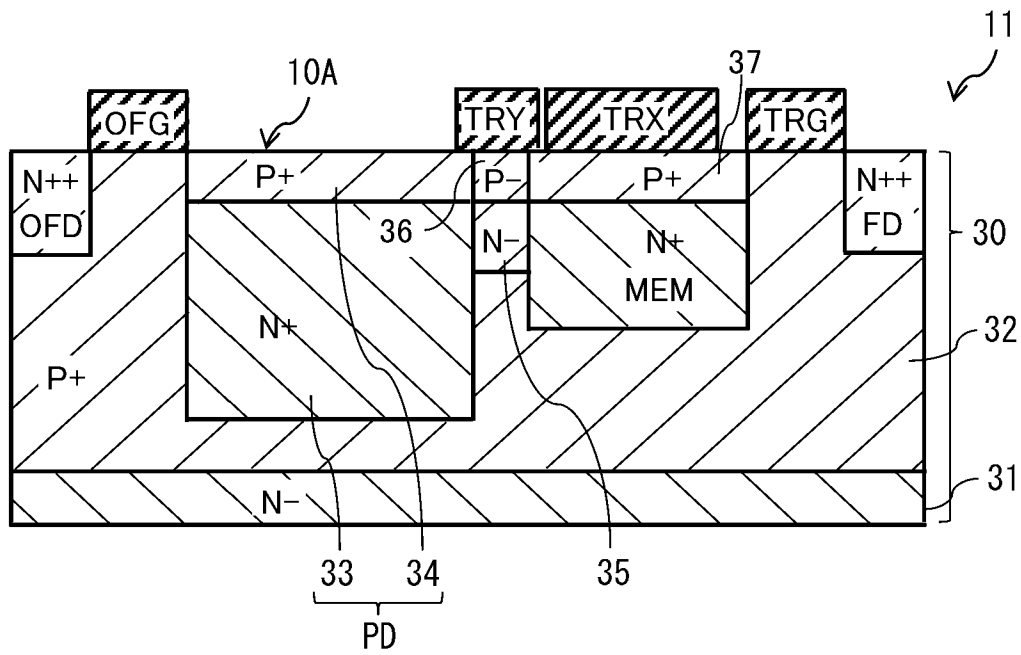
[図17]



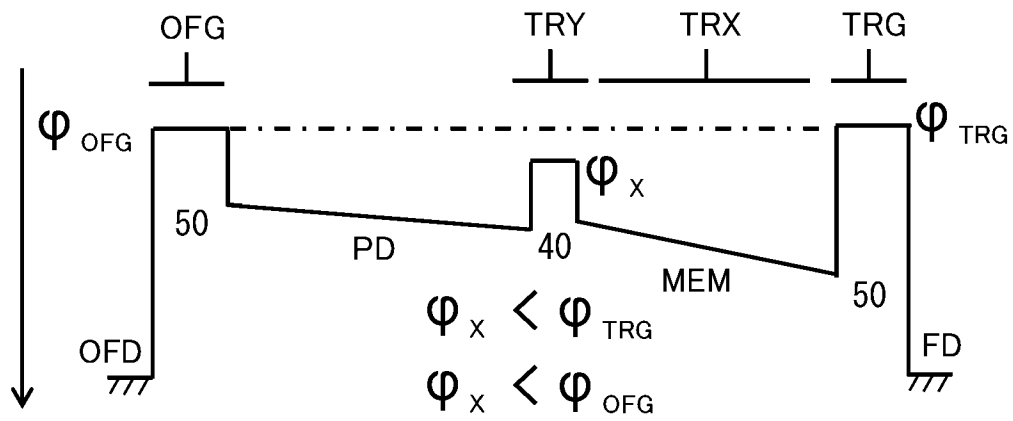
Energy band diagram of a Si-MEM-FD structure. The diagram shows the potential energy profile across the Si, PD, MEM, and FD regions. The Si region has a potential of 50 and is labeled with ϕ_{Si} . The PD region has a potential of 40 and is labeled with ϕ_X . The MEM region has a potential of 50 and is labeled with ϕ_{TRG} . The FD region has a potential of 50 and is labeled with ϕ_{TRG} . A dashed line indicates the Fermi level. The diagram also shows the TRG and FD regions. Below the diagram, the following inequalities are listed: $\phi_X < \phi_{TRG}$ and $\phi_X < \phi_{Si}$.

[illegible]

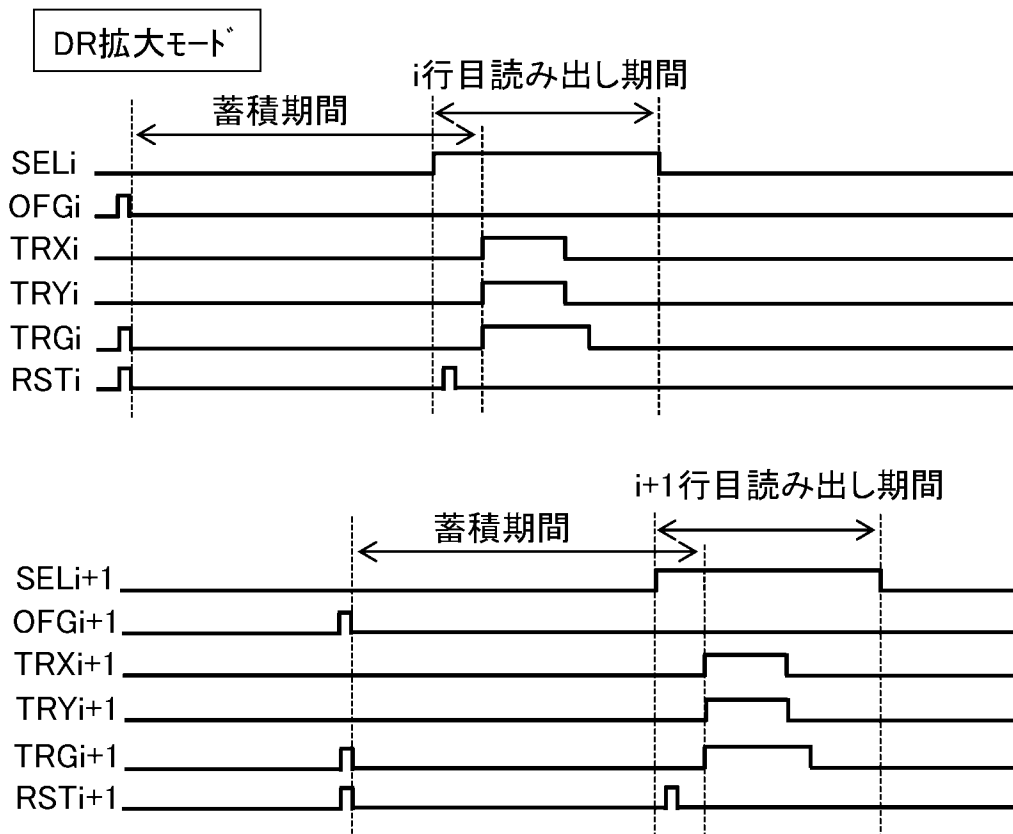
[図20]



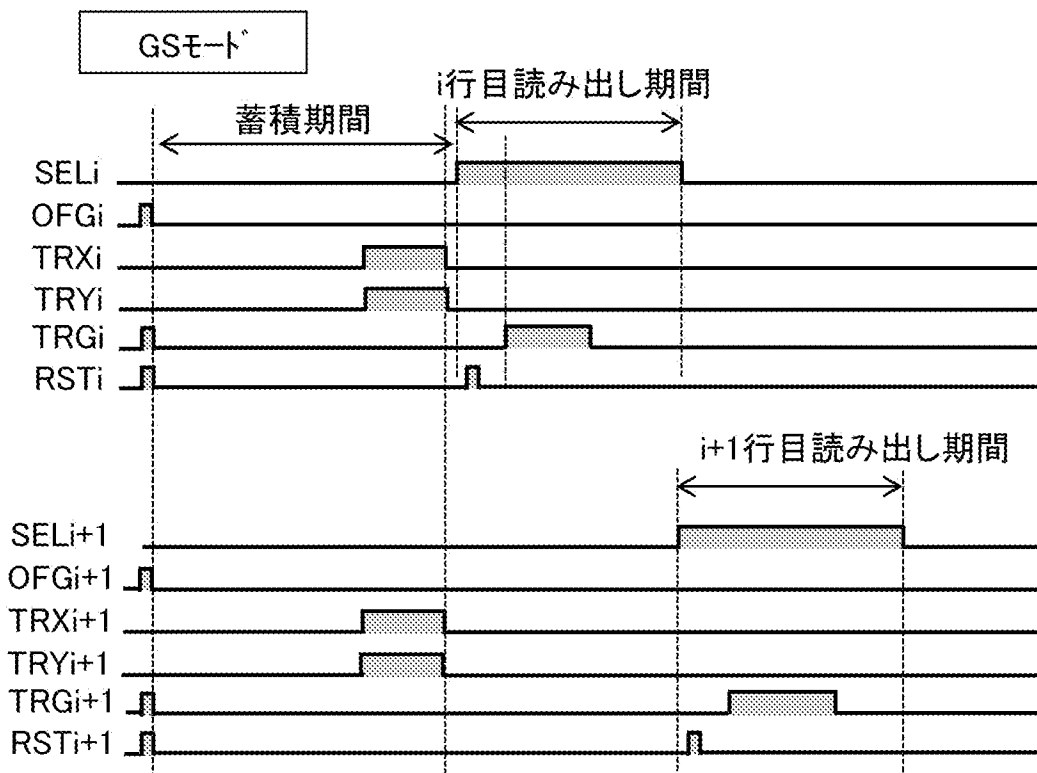
[図21]



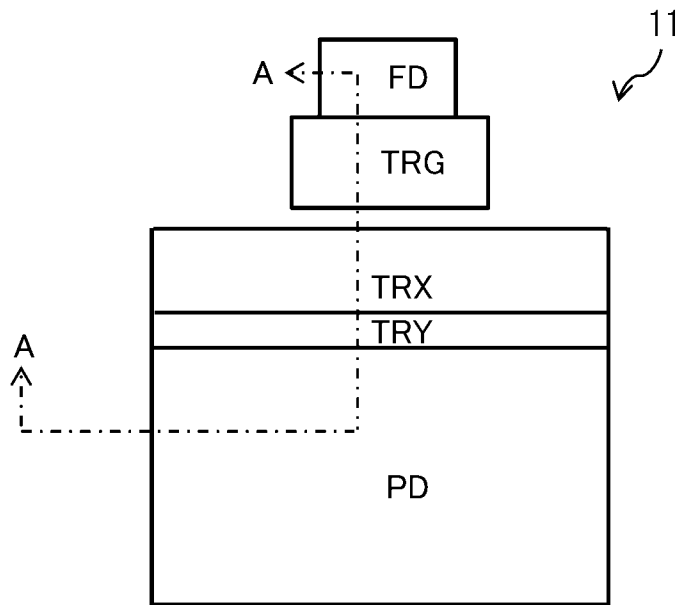
[図22]



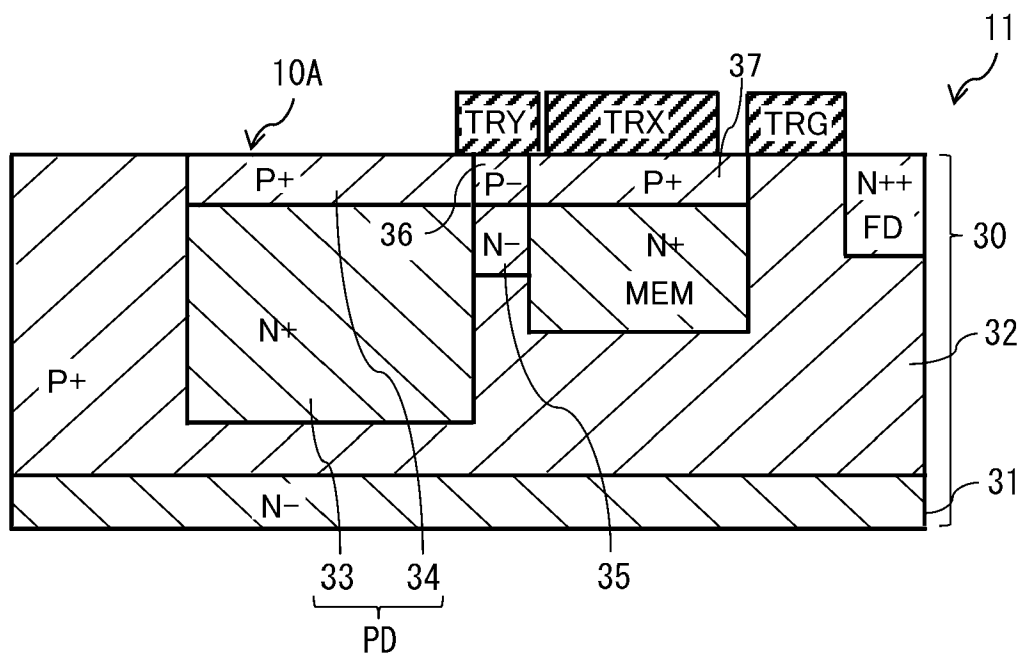
[図23]



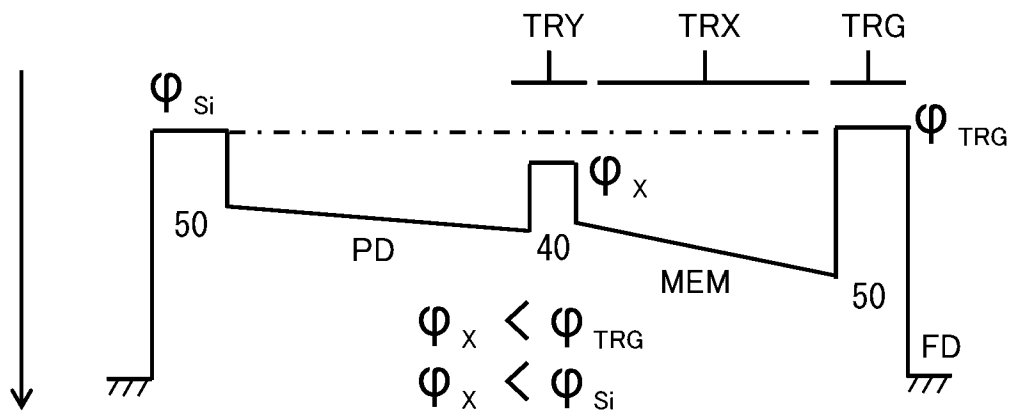
[図24]



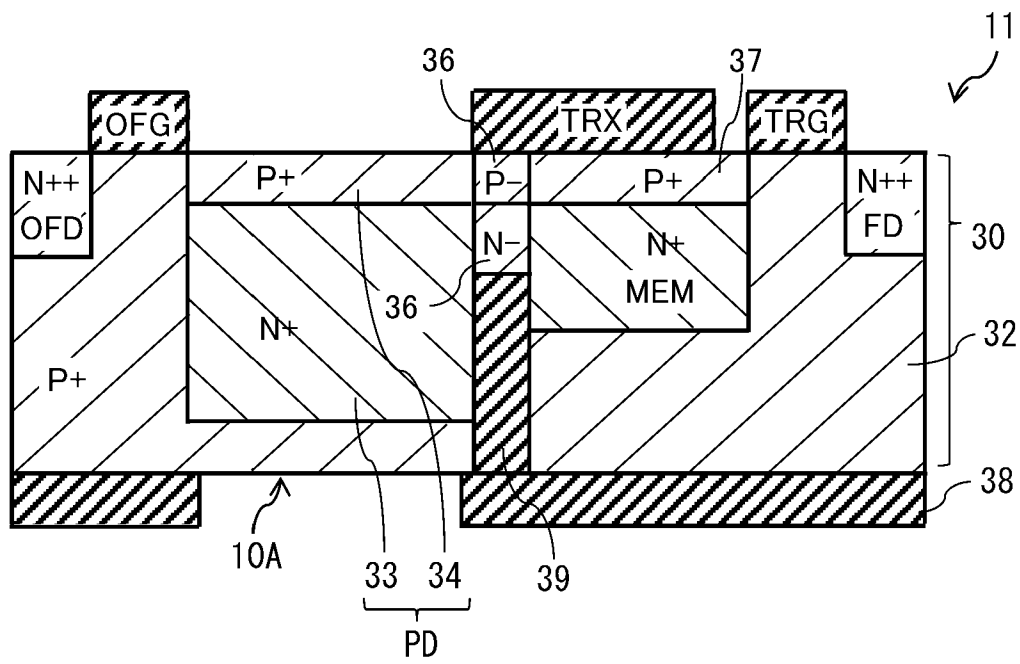
[図25]



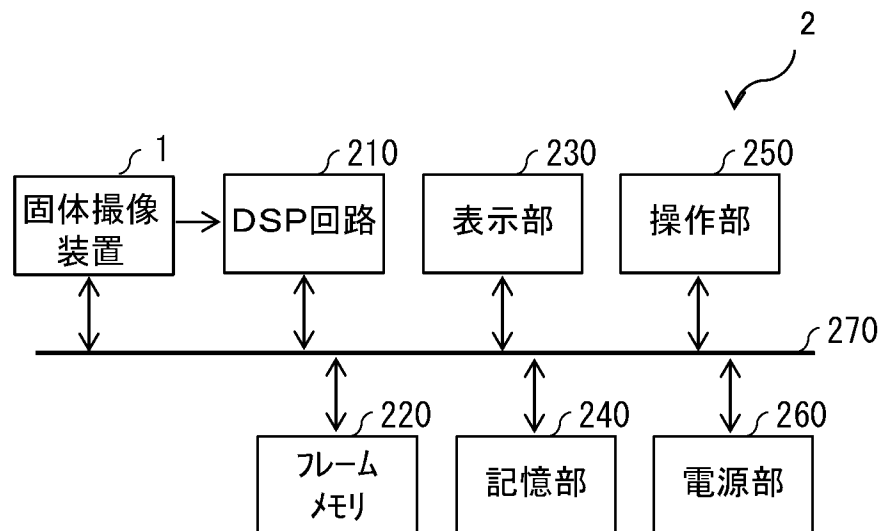
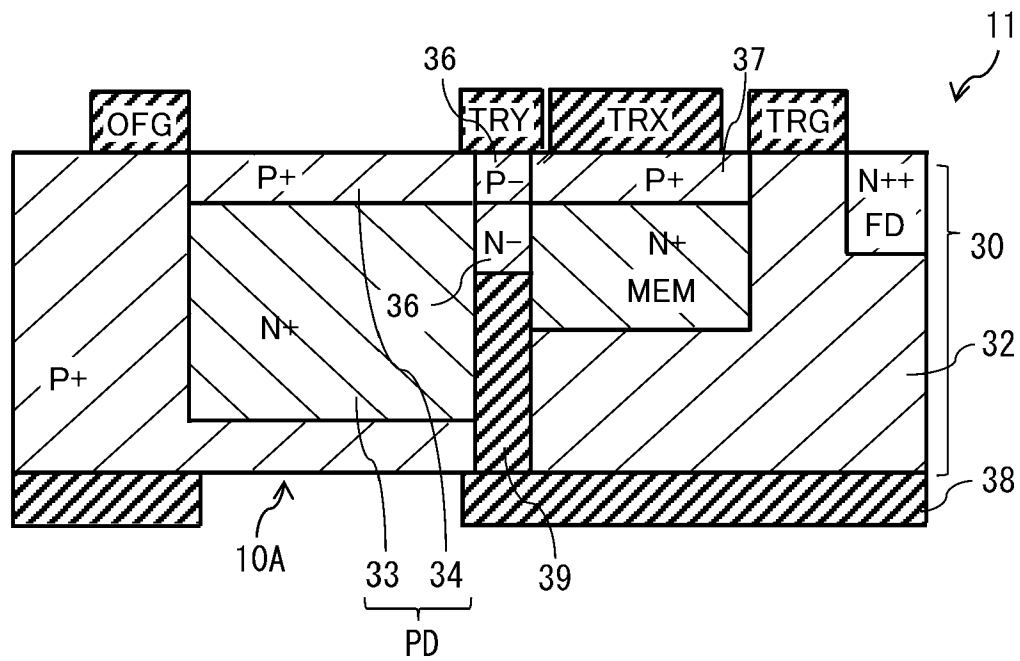
[図26]



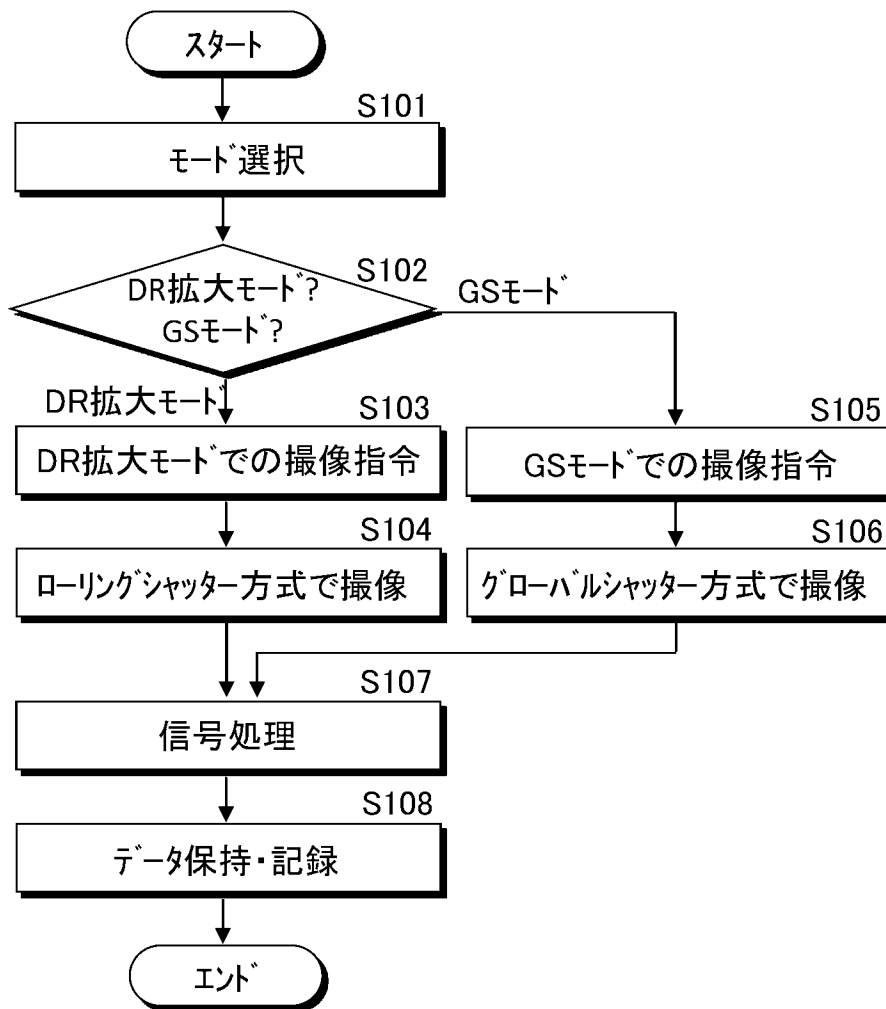
[図27]



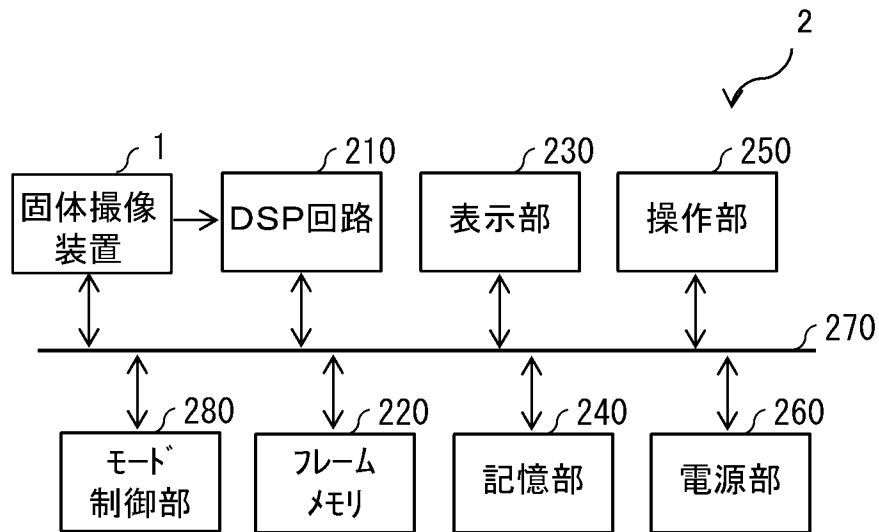
[illegible][illegible]



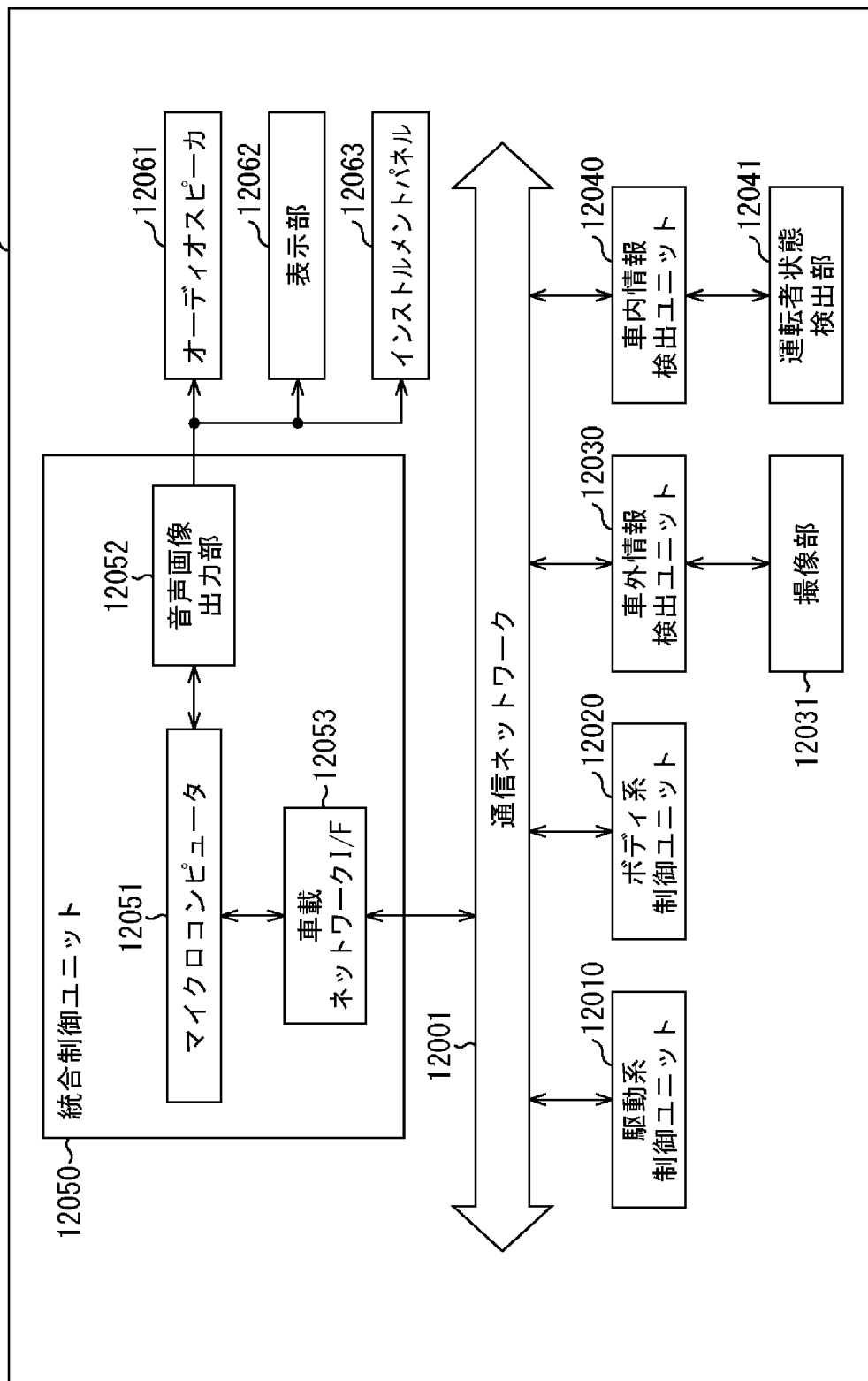
[図32]



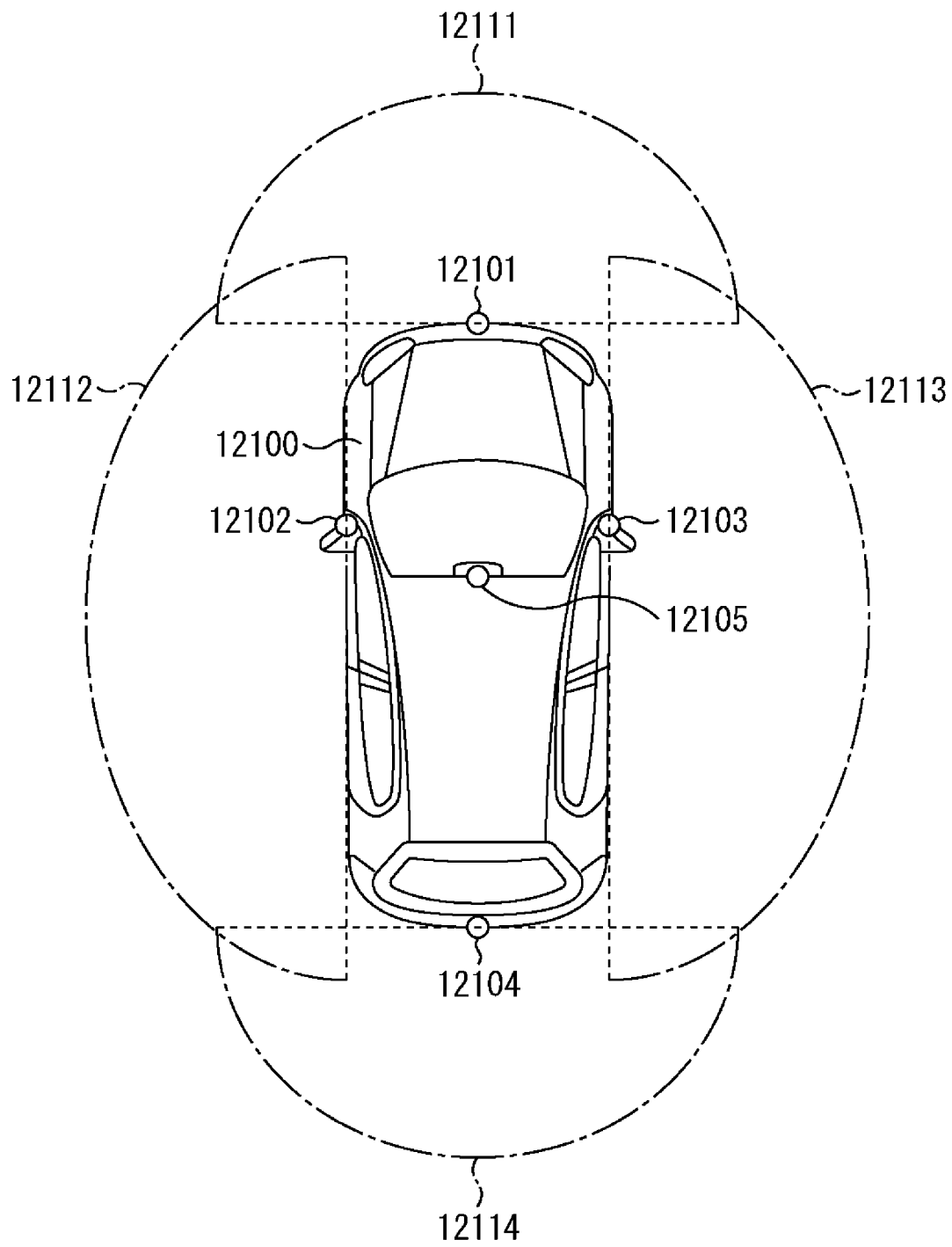
[図33]



[図34]



[図35]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/032399

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H04N5/3745 (2011.01) i, H01L27/146 (2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H04N5/3745, H01L27/146

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
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	JP 2009-268083 A (SONY CORP.) 12 November 2009, paragraphs [0067], [0072], [0104], [0115], [0130], fig. 5, 7, 12, 14, 19 & US 2009/0251582 A1, paragraphs [0117], [0122], [0154], [0165], [0180], fig. 5, 7, 12, 14, 19 & EP 2107610 A2 & CN 101562707 A & KR 10-2009-0105871 A	1-8 9, 10
Y	JP 2009-159459 A (FUJIFILM CORP.) 16 July 2009, paragraphs [0002], [0006], [0034], fig. 2 & US 2009/0167911 A1, paragraphs [0005], [0008], [0047], fig. 2 & KR 10-2009-0071471 A	9, 10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

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

Date of the actual completion of the international search
24 October 2019 (24.10.2019)

Date of mailing of the international search report
12 November 2019 (12.11.2019)

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/JP2019/032399

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-216673 A (SONY CORP.) 27 October 2011, entire text, all drawings & US 2011/0241089 A1, entire text, all drawings & CN 102208423 A	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04N5/3745(2011.01)i, H01L27/146(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04N5/3745, H01L27/146

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019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	JP 2009-268083 A（ソニー株式会社）2009.11.12, 段落 [0067], [0072], [0104], [0115], [0130], 図 5, 7, 12, 14, 19 & US 2009/0251582	1-8
Y	A1, 段落 [0117], [0122], [0154], [0165], [0180], 図 5, 7, 12, 14, 19 & EP 2107610 A2 & CN 101562707 A & KR 10-2009-0105871 A	9, 10
Y	JP 2009-159459 A（富士フイルム株式会社）2009.07.16, 段落 [0002], [0006], [0034], 図 2 & US 2009/0167911 A1, 段落 [0005], [0008], [0047], 図 2 & KR 10-2009-0071471 A	9, 10

☑ 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

24.10.2019

国際調査報告の発送日

12.11.2019

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）

鈴木 明

5 V

9185

電話番号 03-3581-1101 内線 3571

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2011-216673 A (ソニー株式会社) 2011.10.27, 全文, 全図 & US 2011/0241089 A1, 全文, 全図 & CN 102208423 A	1 - 1 0