

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-31116

(P2013-31116A)

(43) 公開日 平成25年2月7日(2013.2.7)

(51) Int.Cl.

H04N 5/3745 (2011.01)

F I

H04N 5/335 745

テーマコード(参考)

5C024

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2011-167420 (P2011-167420)
 (22) 出願日 平成23年7月29日 (2011.7.29)

(71) 出願人 304023318
 国立大学法人静岡大学
 静岡県静岡市駿河区大谷836
 (71) 出願人 000003609
 株式会社豊田中央研究所
 愛知県長久手市横道41番地の1
 (74) 代理人 100088155
 弁理士 長谷川 芳樹
 (74) 代理人 100108257
 弁理士 近藤 伊知良
 (74) 代理人 100124800
 弁理士 諏澤 勇司
 (74) 代理人 100128381
 弁理士 清水 義憲

最終頁に続く

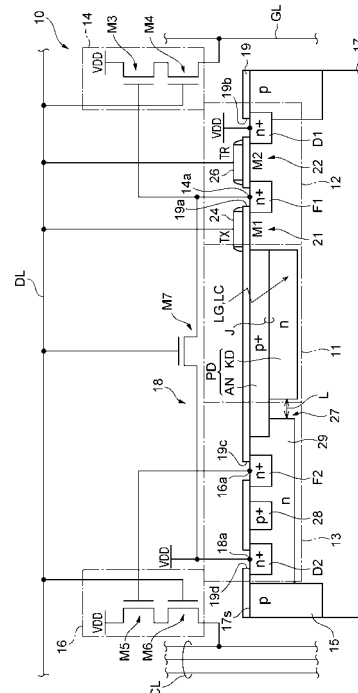
(54) 【発明の名称】 固体撮像装置、及び画素

(57) 【要約】

【課題】感度を低下させることなく、画像信号の取得及び通信信号の取得が可能な画素を提供する。

【解決手段】画素10は、第1電位障壁B1を形成する第1障壁領域21、及び第2電位障壁B2を形成する第2障壁領域27の間に設けられたフォトダイオードPDと、第1障壁領域21に並設され、フォトダイオードPDにおいて生成された第1電荷が転送される第1浮遊拡散領域F1と、第2障壁領域27に並設され、光電変換領域PDにおいて生成された第2電荷が流入し、流入した第2電荷の一部を蓄積する第2浮遊拡散領域F2と、を備える。第2電位障壁B2は、第1電位障壁B1より低い。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 電位障壁を形成する第 1 障壁領域、及び第 2 電位障壁を形成する第 2 障壁領域の間に設けられた光電変換領域と、

前記第 1 障壁領域に並設され、前記光電変換領域において生成された第 1 電荷が転送される第 1 浮遊拡散領域と、

前記第 2 障壁領域に並設され、前記光電変換領域において生成された第 2 電荷が流入し、流入した前記第 2 電荷の一部を蓄積する第 2 浮遊拡散領域と、
を備え、

前記第 2 電位障壁は、前記第 1 電位障壁より低いことを特徴とする画素。

10

【請求項 2】

前記第 1 浮遊拡散領域に接続され、前記第 1 浮遊拡散領域の電位に応じた画像信号を提供する第 1 出力回路と、

前記第 2 浮遊拡散領域に接続され、前記第 2 浮遊拡散領域の電位に応じた通信信号を提供する第 2 出力回路と、を更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の画素。

【請求項 3】

前記第 2 浮遊拡散領域に並設され、第 3 電位障壁を形成する第 3 障壁領域と、

前記第 3 障壁領域に並設され、前記第 3 電位障壁を越えて前記第 2 浮遊拡散領域から溢れ出した前記第 2 電荷が排出される電荷排出領域と、を更に備えることを特徴とする請求項 2 に記載の画素。

20

【請求項 4】

前記第 3 電位障壁は、前記第 2 電位障壁より低いことを特徴とする請求項 3 に記載の画素。

【請求項 5】

一端が前記電荷排出領域に接続され、他端が前記第 1 出力回路に接続された第 3 出力回路、を更に備えることを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の画素。

【請求項 6】

前記第 3 出力回路の前記一端と前記他端との間には、スイッチが設けられていることを特徴とする請求項 5 に記載の画素。

【請求項 7】

前記第 1 電位障壁は、前記第 1 電荷の転送時に前記第 1 障壁領域に印加される転送信号により制御され、

前記第 2 電位障壁は、所望の固定値に設定されており、

前記第 1 浮遊拡散領域に転送された前記第 1 電荷に対応する前記画像信号が出力され、

前記第 2 浮遊拡散領域に流入した前記第 2 電荷に対応する前記通信信号が出力されることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の画素。

【請求項 8】

二次元状に配置された複数の画素を有する画素アレイと、

前記画素アレイからの画像信号を読み出す読出回路と、

前記画素アレイからの通信信号を受信する受信回路と、

各画素を制御するための制御信号を生成する制御回路と、
を備え、

前記画素は、

第 1 電位障壁を形成する第 1 障壁領域、及び第 2 電位障壁を形成する第 2 障壁領域の間に設けられた光電変換領域と、

前記第 1 障壁領域に並設され前記光電変換領域において生成された第 1 電荷が転送される第 1 浮遊拡散領域と、

前記第 2 障壁領域に並設され前記光電変換領域において生成された第 2 電荷が流入し、流入した前記第 2 電荷の一部を蓄積する第 2 浮遊拡散領域と、

前記第 1 浮遊拡散領域に接続され前記第 1 浮遊拡散領域の電位に応じた前記画像信号

50

を提供する第 1 出力回路と、

前記第 2 浮遊拡散領域に接続され前記第 2 浮遊拡散領域の電位に応じた前記通信信号を提供する第 2 出力回路と、

を含み、

前記第 2 電位障壁は、前記第 1 電位障壁より低くなるように設定され、

前記画像信号は、前記第 1 浮遊拡散領域に転送された前記第 1 電荷に対応し、

前記通信信号は、前記第 2 浮遊拡散領域に転送された前記第 2 電荷に対応する、
ことを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 9】

前記画素アレイからの判別信号を読み出し、前記判別信号に基づいて信号が重畳された光が入射された前記画素を探索する探索回路を更に備え、

前記画素は、第 3 電位障壁を形成する第 3 障壁領域と、前記第 3 障壁領域に並設され前記第 3 電位障壁を越えて前記第 2 浮遊拡散領域から溢れ出た前記第 2 電荷が排出される電荷排出領域と、一端が前記電荷排出領域に接続され、他端が前記第 1 出力回路に接続された第 3 出力回路を含み、

前記探索回路は、前記第 3 出力回路及び前記第 1 出力回路を経由して、前記電荷排出領域に排出された前記第 2 電荷に対応する前記判別信号を読み出す、

ことを特徴とする請求項 8 に記載の固体撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、固体撮像装置、及び固体撮像装置のための画素に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車のヘッドライト又はテールライト等の光源として LED の採用が進んでいる。LED は高速に点滅させることができるので、LED の点滅に所望の信号情報を重畳して通信を行うシステムが研究されている。例えば、車車間通信及び路車間通信に LED を使用するシステムが検討されている。

【0003】

このようなシステムに関して、特許文献 1 には光通信装置が記載されている。光通信装置は信号が重畳された光を用いて通信を行う。この光通信装置は、画像信号を取得する画素と、通信信号を取得する画素とを含む固体撮像装置を備えている。また、非特許文献 1、2 には、固体撮像装置が記載されている。これらの固体撮像装置は、通信信号及び画像信号を検出可能に構成されている。さらに、非特許文献 3 には、CMOS 固体撮像装置が記載されている。この固体撮像装置では信号が重畳された光に対する応答特性が改善されている。この固体撮像装置は、フォトダイオードを不完全蓄積動作させる構造、及び極めて微小な静電容量を有する電荷の検出構造を備える。これらの構造を備える固体撮像装置によれば、屋外環境において 10 Mbps の伝送速度が実現される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2009 27480 号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】Y.Oike, et. al., "A smartimage sensor with high-speed feeble ID-beacon detection for augmented realitysystem", J. Inst. Image Inf. TV Eng., vol. 58, no. 6, pp. 835-841, 2004.

【非特許文献 2】山本 他, "部分領域高速読み出し機能を持つ低消費電力 ID 受信 CMOS 固体撮像装置を用いた情報家電マルチリモコン「オプトナビ」システムの提案", 映情学誌, 59, 12, pp.1830-1840, 2005.

10

20

30

40

50

【非特許文献3】S. Itoh, et. al., "A CMOS Image Sensor for 10Mb/s 70m Range LED-Based Spatial Optical Communication", Dig. Tech. Papers, IEEE Int. Solid-State Circuits Conf., pp.402-403, 2010.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1の光通信装置では、画像信号を取得する画素と通信信号を取得する画素とが互いに異なる別の画素である。そのため、装置に入射された光のうち、一部が画像信号を取得する画素に入射され、残りが通信信号を取得する画素に入射される。画像信号を取得する画素で生成された電荷は光通信信号の取得に用いることができない。また、通信信号

10

【0007】

上記問題点に鑑みて、本発明は、感度を低下させることなく、画像信号の取得及び通信信号の取得が可能な固体撮像装置、及び該固体撮像装置のための画素を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一側面は、固体撮像装置のための画素である。この画素は、第1電位障壁を形成する第1障壁領域、及び第2電位障壁を形成する第2障壁領域の間に設けられた光電変換領域と、第1障壁領域に並設され、光電変換領域において生成された第1電荷が転送される第1浮遊拡散領域と、第2障壁領域に並設され、光電変換領域において生成された第2電荷が流入し、流入した第2電荷の一部を蓄積する第2浮遊拡散領域と、を備え、第2電位障壁は、第1電位障壁より低い。

20

【0009】

この画素によれば、物体からの反射光のように光強度の比較的弱い光が画素に照射されたとき、光電変換領域では電荷が生成される。光電変換領域が第1障壁領域と第2障壁領域との間に設けられているので、電荷は光電変換領域に蓄積される。蓄積された電荷は、蓄積量が少ないために第2浮遊拡散領域に溢れることなく第1浮遊拡散領域に転送される

30

【0010】

また、本発明の画素は、第1浮遊拡散領域に接続され、第1浮遊拡散領域の電位に応じた画像信号を提供する第1出力回路と、第2浮遊拡散領域に接続され、第2浮遊拡散領域の電位に応じた通信信号を提供する第2出力回路と、を更に備えてもよい。電荷が第1浮遊拡散領域に転送されると、第1浮遊拡散領域の電位が変化する。この電位の変化は、第1浮遊拡散領域に接続された第1出力回路により提供される。これにより、画素から画像信号を取得できる。また、電荷が第2浮遊拡散領域に流出されると、第2浮遊拡散領域の電位が変化する。この電位の変化は、第2浮遊拡散領域に接続された第2出力回路により提供される。これにより、画素から通信信号を取得できる。

40

【0011】

50

また、本発明の画素は、第2浮遊拡散領域に並設され、第3電位障壁を形成する第3障壁領域と、第3障壁領域に並設され、第3電位障壁を越えて第2浮遊拡散領域から溢れ出た第2電荷が排出される電荷排出領域と、を更に備えてもよい。光強度の比較的強い光が光電変換領域に照射されなくなったとき、光電変換領域からの電荷の流出が停止し、且つ第2浮遊拡散領域から電荷排出領域に第2電荷が排出されるので、第2浮遊拡散領域の第2電荷の量が減少する。第2浮遊拡散領域の第2電荷の量が減少すると、第2浮遊拡散領域の電位が変化する。従って、第2浮遊拡散領域の電位を光強度の強い光の点滅に応答させることができ、その点滅に対応した通信信号を得ることができる。

【0012】

また、本発明の画素は、第3電位障壁が、第2電位障壁より低くてもよい。このような構成によれば、第2浮遊拡散領域から電荷排出領域に第2電荷を好適に排出させることができる。

【0013】

また、本発明の画素は、一端が電荷排出領域に接続され、他端が第1出力回路に接続された第3出力回路、を更に備えてもよい。光強度が比較的強い光が画素に照射されると、生成された電位が第2浮遊拡散領域を介して電荷排出領域に排出される。電荷排出領域に第2電荷が排出されると、電荷排出領域の電位が変化する。この電位の変化は、第3出力回路から第1出力回路に出力させることができる。これにより、通信信号の取得に用いる画素を適切に検出させることができる。

【0014】

また、本発明の画素では、第3出力回路の一端と他端との間に、スイッチが設けられていてもよい。この構成によれば、第1出力回路と、第2出力回路との電気的な接続を切断することができる。これにより、第1出力回路に寄生容量が付加されることを防止できる。

【0015】

また、本発明の画素は、第1電位障壁は、第1電荷の転送時に第1障壁領域に印加される転送信号により制御され、第2電位障壁は、所望の固定値に設定されており、第1浮遊拡散領域に転送された第1電荷に対応する画像信号が出力され、第2浮遊拡散領域に流入した第2電荷に対応する通信信号が出力されてもよい。この構成によれば、第1電位障壁を転送信号により制御できるので、光電変換領域において生成された電荷を所望の時間間隔において第1浮遊拡散領域に転送できる。これにより、画素から画像信号を取得できる。また、第2電位障壁は第1電位障壁よりも低い所望の固定値に設定されているので、多量に生成された電荷を第2浮遊拡散領域に流出させることができる。これにより、画素から通信信号を取得できる。

【0016】

本発明の別の側面は、固体撮像装置である。この固体撮像装置は、二次元状に配置された複数の画素を有する画素アレイと、画素アレイからの画像信号を読み出す読出回路と、画素アレイからの通信信号を受信する受信回路と、各画素を制御するための制御信号を生成する制御回路と、を備え、画素は、第1電位障壁を形成する第1障壁領域、及び第2電位障壁を形成する第2障壁領域の間に設けられた光電変換領域と、第1障壁領域に並設され光電変換領域において生成された第1電荷が転送される第1浮遊拡散領域と、第2障壁領域に並設され光電変換領域において生成された第2電荷が流入し、流入した第2電荷の一部を蓄積する第2浮遊拡散領域と、第1浮遊拡散領域に接続され第1浮遊拡散領域の電位に応じた画像信号を提供する第1出力回路と、第2浮遊拡散領域に接続され第2浮遊拡散領域の電位に応じた通信信号を提供する第2出力回路と、を含み、第2電位障壁は、第1電位障壁より低くなるように設定され、画像信号は、第1浮遊拡散領域に転送された第1電荷に対応し、通信信号は、第2浮遊拡散領域に転送された第2電荷に対応する。

【0017】

この固体撮像装置によれば、物体からの反射光のように光強度の比較的弱い光が画素に照射されたとき、光電変換領域では電荷が生成される。光電変換領域が第1障壁領域と第

10

20

30

40

50

2 障壁領域の間に設けられているので、電荷が光電変換領域に蓄積される。蓄積された電荷は第 1 浮遊拡散領域に転送されるので、第 1 出力回路を介して光強度の比較的弱い光に基づく画像信号を取得できる。一方、光源から照射された直接光のように光強度の比較的強い光が画素に照射されたとき、光電変換領域では多量の電荷が生成される。第 2 電位障壁は第 1 電位障壁よりも低く設定されている。このために、第 2 電位障壁を上回る電荷が光電変換領域に蓄積されると、第 2 電位障壁を越えて第 2 浮遊拡散領域に電荷が流出する。このため、光強度の比較的強い光の照射に第 2 浮遊拡散領域の電位が応答するので、第 2 出力回路を介して光強度の比較的強い光に基づく通信信号を取得できる。これにより、1 つの光電変換領域から画像信号及び通信信号の二種類の信号を取得できる。従って、光電変換領域において生成された電荷を空間的に効率良く信号の取得に用いることができるので感度の低下が抑制される。

【0018】

また、本発明の固体撮像装置は、画素アレイからの判別信号を読み出し、判別信号に基づいて信号が重畳された光が入射された画素を探索する探索回路を更に備え、画素は、第 3 電位障壁を形成する第 3 障壁領域と、第 3 障壁領域に並設され第 3 電位障壁を越えて第 2 浮遊拡散領域から溢れ出た第 2 電荷が排出される電荷排出領域と、一端が電荷排出領域に接続され、他端が第 1 出力回路に接続された第 3 出力回路を含み、探索回路は、第 3 出力回路及び第 1 出力回路を経由して、電荷排出領域に排出された第 2 電荷に対応する判別信号を読み出しでもよい。この構成によれば、光強度の比較的強い光が固体撮像装置に照射されたとき、光電変換領域において生成された電荷が第 2 浮遊拡散領域を介して電荷排出領域に排出される。電荷排出領域に電荷が排出されると、電荷排出領域の電位が変化する。この電位の変化は第 3 出力回路により判別信号として読み出される。判別信号は探索回路に入力される。この判別信号に基づいて通信信号が重畳された光であるか否かを探索回路により判定する。これにより、通信信号が重畳された光を受光した画素の位置を特定できる。

【発明の効果】

【0019】

本発明の固体撮像装置及び固体撮像装置のための画素によれば、感度を低下させることなく、画像信号及び通信信号を取得できる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図 1】 2 次元イメージセンサである固体撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】 固体撮像装置のための画素の構造の一例を示す図面である。

【図 3】 画素の断面におけるポテンシャル図である。

【図 4】 画素における通信信号読出部の周波数応答特性を示す図面である。

【図 5】 固体撮像装置を半導体集積素子として実現した半導体チップを示す図面である。

【図 6】 固体撮像装置から出力される通信信号の一例を示す図面である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、添付図面を参照しながら本発明による固体撮像装置及びそれに内蔵される画素の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0022】

図 1 は、2 次元イメージセンサである固体撮像装置 1 の構成を示すブロック図である。固体撮像装置 1 は、画素アレイ 2、制御回路 3、画像信号処理回路 4、信号処理回路 6、通信信号処理回路 7、探索回路 8、及びタイミング生成回路 9 を含む。

【0023】

画素アレイ 2 は、二次元状に配置された複数の画素 10 を備える。画素 10 には、画像信号線 GL、通信信号線 CL、及び駆動線 DL が接続されている。なお、図 1 では画素アレイ 2 に 9 つの画素 10 が配置されている構成が示されているが、画素アレイ 2 に配置さ

れる画素 10 の数は 9 つに限定されることはない。画素アレイ 2 に配置される画素 10 の数は、9 つ以上であってもよいし 9 つ以下であってもよい。

【0024】

図 2 は、固体撮像装置 1 に内蔵される画素 10 の構造の一例を示す図面である。画素 10 は、光電変換領域 11、画像信号読出部 12、通信信号読出部 13、第 1 出力回路 14、第 2 出力回路 16、及び第 3 出力回路 18 を含む。画素 10 は、例えば p 型半導体からなる半導体基板 17 を含む。半導体基板 17 の主面 17s 上には、絶縁層 19 が設けられている。

【0025】

光電変換領域 11 は、画像信号読出部 12 及び通信信号読出部 13 の間に設けられている。光電変換領域 11 は、画像信号光 LG を受光して電荷を生成する。画像信号光 LG は、例えば物体から反射される物体の像を現す画像光である。また、光電変換領域 11 は、通信信号光 LC を受光して電荷を生成する。通信信号光 LC は、所定の通信信号が重畳された光である。通信信号光 LC は、例えば、LED を点滅させることにより生成されて画素 10 に直接入射する直接光である。

10

【0026】

光電変換領域 11 は、埋め込み型フォトダイオード PD を含む。埋め込み型フォトダイオード PD は、半導体基板 17 の主面 17s に埋め込まれて設けられている。フォトダイオード PD は、半導体基板 17 の主面 17s に設けられた比較的浅い p + 型半導体領域 AN と、p + 型半導体領域 AN の直下に設けられた比較的深い n 型半導体領域 KD とを含む。p + 型半導体領域 AN と n 型半導体領域 KD とは pn 接合 J を形成する。この pn 接合 J は半導体基板 17 内に位置し埋め込まれているので、フォトダイオード PD の暗電流が非常に小さい。p + 型半導体領域 AN は、半導体基板 17 を介して接地線に接続される。n 型半導体領域 KD はトランジスタ M1 のソース部と共用されており、これによりフォトダイオード PD はトランジスタ M1 に接続されている。

20

【0027】

画像信号読出部 12 は、光電変換領域 11 に隣接して並設されている。画像信号読出部 12 は、第 1 出力回路 14 を介して画像信号 G1 を画像信号線 GL に出力する。画像信号 G1 は、光電変換領域 11 から第 1 浮遊拡散領域 F1 に転送された電荷に対応する。

【0028】

画像信号読出部 12 は、第 1 障壁領域 21、第 1 浮遊拡散領域 F1、第 4 障壁領域 22、及び第 1 排出領域 D1 を含む。第 1 障壁領域 21 はフォトダイオード PD に隣接して並設され、第 1 浮遊拡散領域 F1 は第 1 障壁領域 21 に隣接して並設されている。この第 1 障壁領域 21 は、p 型半導体によって形成され、第 1 電位障壁を形成し、その表面には絶縁層 19 を介してゲート電極 24 が接続されている。このような構成により、第 1 電位障壁は、電荷の転送時に第 1 障壁領域に印加される転送信号 TX により制御される。第 1 浮遊拡散領域 F1 は、n + 型半導体によって形成され、その表面には第 1 出力回路 14 の入力端 14a が接続されている。このような構成により、フォトダイオード PD の n 型半導体領域 KD をソース部、第 1 浮遊拡散領域 F1 をドレイン部、ゲート電極 24 をゲート部としたトランジスタ M1 が形成される。さらに、ゲート電極 24 は駆動線 DL に接続されることにより、トランジスタ M1 が光電変換領域 11 から電荷を転送するための転送スイッチとして動作する。すなわち、ゲート電極 24 を介して第 1 障壁領域 21 に印加される転送信号 TX により、第 1 電位障壁が制御される。これにより、フォトダイオード PD において生成された電荷が第 1 浮遊拡散領域 F1 に第 1 電荷として転送される。

30

40

【0029】

第 4 障壁領域 22 は第 1 浮遊拡散領域 F1 に隣接して並設され、第 1 排出領域 D1 は第 4 障壁領域 22 に隣接して並設されている。この第 4 障壁領域 22 は、p 型半導体によって形成され、第 4 電位障壁を形成し、絶縁層 19 を介してゲート電極 26 が接続されている。第 1 排出領域 D1 は、n + 型半導体によって形成され、その表面には高位電源 VDD が接続されている。このような構成により、第 1 浮遊拡散領域 F1 をソース部、第 1 排出

50

領域 D 1 をドレイン部、ゲート電極 2 6 をゲート部としたトランジスタ M 2 が形成される。さらに、ゲート電極 2 6 が駆動線 D L に接続されることにより、トランジスタ M 2 が画像信号読出部 1 2 に転送された電荷をリセットするためのリセットスイッチとして動作する。すなわち、ゲート電極 2 6 を介して第 4 障壁領域 2 2 に印加されるリセット信号 T R により、第 4 電位障壁が制御される。これにより、第 1 浮遊拡散領域 F 1 に転送された第 1 電荷が第 1 排出領域 D 1 に排出されるので、第 1 浮遊拡散領域 F 1 の第 1 電荷がリセットされる。

【 0 0 3 0 】

第 1 出力回路 1 4 は、第 1 浮遊拡散領域 F 1 の電位に応じた画像信号 G 1 を提供する。第 1 出力回路 1 4 は、第 1 浮遊拡散領域 F 1 に転送された第 1 電荷に 응답した画像信号 G 1 を提供する。この第 1 出力回路 1 4 は、トランジスタ M 3、M 4 を含み、いわゆるソースフォロワアンプの回路構成を有する。トランジスタ M 3 は、いわゆる読出スイッチである。トランジスタ M 3 において、ゲート部は第 1 浮遊拡散領域 F 1 に接続され、ドレイン部は高位電源 V D D に接続され、ソース部はトランジスタ M 4 のドレイン部に接続されている。トランジスタ M 4 は、いわゆる選択スイッチである。トランジスタ M 4 において、ゲート部は駆動線 D L に接続され、ドレイン部はトランジスタ M 3 のソース部に接続され、ソース部は画像信号線 G L に接続されている。

10

【 0 0 3 1 】

通信信号読出部 1 3 は、画像信号読出部 1 2 が設けられた領域の反対側の領域に、光電変換領域 1 1 に隣接して並設されている。通信信号読出部 1 3 は、第 3 出力回路 1 6 を介して通信信号 C 1 を通信信号線 C L に出力する。通信信号 C 1 は、光電変換領域 1 1 から第 2 浮遊拡散領域 F 2 に流出した電荷に対応する。

20

【 0 0 3 2 】

通信信号読出部 1 3 は、第 2 障壁領域 2 7、第 2 浮遊拡散領域 F 2、第 3 障壁領域 2 8、及び第 2 排出領域（電荷排出領域）D 2 を含む。通信信号読出部 1 3 は、半導体基板 1 7 の主面 1 7 s に埋設された n 型半導体によって形成された半導体領域 2 9 の内部に p 型或いは n 型の半導体領域を含んで構成されている。この半導体領域 2 9 は、p 型半導体によって形成された半導体基板 1 7 の一部を挟んで、フォトダイオード P D の n 型半導体領域 K D から所定の距離 L だけ離間している。この半導体領域 2 9 と n 型半導体領域 K D との間に第 2 電位障壁が設定された第 2 障壁領域 2 7 が形成される。一例では、所定の距離 L は $0.9 \mu\text{m}$ である。ここで、第 2 電位障壁の光電変換領域 1 1 との電位差は、転送スイッチが閉じた状態のときにおける第 1 電位障壁の光電変換領域 1 1 との電位差よりも低く設定される。なお、転送スイッチが閉じた状態とは、例えばゲート電極 2 4 に 0 V の電圧が印加された状態、すなわち第 1 電位障壁の光電変換領域 1 1 との電位差が最も大きい状態である。また、半導体領域 2 9 は、フォトダイオード P D の p 型半導体領域 A N と互いに接する。

30

【 0 0 3 3 】

第 2 障壁領域 2 7 は、フォトダイオード P D に隣接して並設され、n + 型半導体によって形成された第 2 浮遊拡散領域 F 2 は、p 型半導体によって形成された第 2 障壁領域 2 7 に近接して設けられている。この第 2 障壁領域 2 7 は第 2 電位障壁を形成し、第 2 浮遊拡散領域 F 2 には第 2 出力回路 1 6 の入力端 1 6 a が接続されている。p 型半導体によって形成された第 3 障壁領域 2 8 は、第 2 浮遊拡散領域 F 2 に近接して設けられ、n + 型半導体によって形成された第 2 排出領域 D 2 は第 3 障壁領域 2 8 に近接して設けられている。この第 3 障壁領域 2 8 は、第 2 電位障壁より低い第 3 電位障壁を形成する。すなわち、第 3 電位障壁の光電変換領域 1 1 との電位差は、第 2 電位障壁の光電変換領域 1 1 との電位差より小さい。そして、第 2 排出領域 D 2 には、第 3 出力回路 1 8 の入力端 1 8 a が接続されると共に、高位電源 V D D が接続されている。

40

【 0 0 3 4 】

第 2 出力回路 1 6 は、トランジスタ M 5、M 6 を有し、いわゆるソースフォロワアンプの回路構成を含む。第 2 出力回路 1 6 は、第 2 浮遊拡散領域 F 2 の電位に応じた通信信号

50

C 1 を提供する。第 2 出力回路 1 6 は、第 2 浮遊拡散領域 F 2 に流出した第 2 電荷に応答した通信信号 C 1 を提供する。この第 2 出力回路 1 6 は、トランジスタ M 5、M 6 を含み、いわゆるソースフォロワアンプの回路構成を有する。トランジスタ M 5 は、いわゆる読出しスイッチである。トランジスタ M 5 において、ゲート部は第 2 浮遊拡散領域 F 2 に接続され、ドレイン部は高位電源 V D D に接続され、ソース部はトランジスタ M 6 のドレイン部に接続されている。トランジスタ M 6 は、いわゆる選択スイッチである。トランジスタ M 6 において、ゲート部は駆動線 D L に接続され、ドレイン部はトランジスタ M 5 のソース部に接続され、ソース部は通信信号線 C L に接続されている。

【 0 0 3 5 】

第 3 出力回路 1 8 は、一端が第 2 排出領域 D 2 に接続され、他端が第 1 出力回路 1 4 に接続されている。この第 3 出力回路 1 8 はトランジスタ M 7 を含む。トランジスタ M 7 のゲート部は駆動線 D L に接続されている。ドレイン部は第 2 排出領域 D 2 に接続され、ソース部は第 1 出力回路 1 4 のトランジスタ M 3 のゲート部に接続されている。画素 1 0 の動作時には、所定の制御信号がトランジスタ M 7 のゲート部に印加され、トランジスタ M 7 のソース部とドレイン部との導通が確保されている。これにより、第 2 排出領域 D 2 に排出された第 2 電荷に対応した判別信号 H 1 が第 1 出力回路 1 4 から提供される。

【 0 0 3 6 】

ウェル 1 5 は、光電変換領域 1 1、画像信号読出部 1 2 及び通信信号読出部 1 3 を囲うように設けられている。ウェル 1 5 は、半導体基板 1 7 の主面 1 7 s に垂直な方向から見たとき、環状の形状を有する。ウェル 1 5 は高い電位障壁を形成することにより、同一基板上に形成された隣り合う画素 1 0 同士の間電氣的な絶縁性を確保する。

【 0 0 3 7 】

前述したように、半導体基板 1 7 の主面 1 7 s 上には、絶縁層 1 9 が設けられている。この絶縁層 1 9 には、第 1 浮遊拡散領域 F 1 に対応する位置に開口 1 9 a、第 1 排出領域 D 1 に対応する位置に開口 1 9 b、第 2 浮遊拡散領域 F 2 に対応する位置に開口 1 9 c、及び第 2 排出領域 D 2 に対応する位置に開口 1 9 d が設けられている。この絶縁層 1 9 は、例えば、酸化シリコン膜 (S i O ₂) を用いることができるが、これに限定されることはなく、種々の絶縁性を有する材料からなる膜を用いてよい。

【 0 0 3 8 】

図 3 は、図 2 に示した画素 1 0 の断面に沿ったポテンシャル図であり、黒丸は電荷 (電子) を示す。図 3 (a) 及び図 3 (b) において、範囲 A 1 はフォトダイオード P D が形成された領域に対応し、範囲 A 2 は第 1 障壁領域 2 1 が形成された領域に対応し、範囲 A 3 は第 1 浮遊拡散領域 F 1 が形成された領域に対応し、範囲 A 4 は第 4 障壁領域 2 2 が形成された領域に対応し、範囲 A 5 は第 1 排出領域 D 1 が形成された領域に対応する。さらに、範囲 A 6 は第 2 障壁領域 2 7 が形成された領域に対応し、範囲 A 7 は第 2 浮遊拡散領域 F 2 が形成された領域に対応し、範囲 A 8 は第 3 障壁領域 2 8 が形成された領域に対応し、範囲 A 9 は第 2 排出領域 D 2 が形成された領域に対応する。

【 0 0 3 9 】

範囲 A 1 にはフォトダイオード P D のポテンシャル井戸 W 1 が形成されている。範囲 A 3 には第 1 浮遊拡散領域 F 1 のポテンシャル井戸 W 2 が形成されている。ポテンシャル井戸 W 1 は、第 1 電位障壁 B 1 と第 2 電位障壁 B 2 とに挟まれている。すなわち、光電変換領域 1 1 は、第 1 障壁領域 2 1 及び第 2 障壁領域 2 7 の間に設けられている。この第 1 電位障壁 B 1 は、ゲート電極 2 4 に印加される転送信号 T X により制御される。範囲 A 5 には第 1 排出領域 D 1 のドレイン D R 1 が形成されている。ポテンシャル井戸 W 2 とドレイン D R 1 との間には第 4 電位障壁 B 4 が形成されている。この第 4 電位障壁 B 4 は、ゲート電極 2 6 に印加されるリセット信号 T R により制御される。また、第 2 電位障壁 B 2 は、例えば第 2 障壁領域 2 7 を形成する半導体の不純物濃度により設定することができる。さらに、第 3 電位障壁 B 3 は、例えば完全空乏化電位に基づいて設定することができる。また、第 2 浮遊拡散領域 F 2 及び第 2 排出領域 D 2 におけるポテンシャルの底の位置は、例えば第 2 浮遊拡散領域 F 2 及び第 2 排出領域 D 2 を形成する半導体の不純物濃度により

10

20

30

40

50

設定することができる。

【 0 0 4 0 】

再び図 1 を参照すると、制御回路 3 は、画素 1 0 を制御するための制御信号を生成する。制御回路 3 は、画像行選択回路 3 a、及び通信行選択回路 3 b を含む。この画像行選択回路 3 a は画像信号 G 1 を出力する行を選択する制御信号を生成し、通信行選択回路 3 b は通信信号 C 1 を出力する行を選択する制御信号を生成する。駆動線 D L は、例えば、一又は複数の転送スイッチ駆動線、リセットスイッチ駆動線、及び行選択スイッチ駆動線を含んでいる。行選択スイッチ駆動線は、画像行選択スイッチ駆動線及び信号行選択スイッチ駆動線を含んでいる。この制御回路 3 は、複数のブロックに分けられて画素アレイ 2 の周辺に配置される。

10

【 0 0 4 1 】

画像信号処理回路 4 は、画素アレイ 2 中の各画素 1 0 からの画像信号 G 1 を行ごとに読み出す読出回路 4 a を含む。この画像信号処理回路 4 は、サンプルホールド回路及びノイズキャンセル回路等を含む。サンプルホールド回路はリセットレベルに対応した信号及び信号レベルに対応した信号を保持し、ノイズキャンセル回路はリセットレベルと信号レベルとの差を生成する。このような構成を有する画像信号処理回路 4 では、画素 1 0 のリセットノイズをキャンセルすることができる。画像信号処理回路 4 には画像信号線 G L が接続され、画像信号線 G L を介して画像信号 G 1 が画像信号処理回路 4 に入力される。そして、画像信号処理回路 4 の読出回路 4 a から信号処理回路 6 へ信号 S (i m g) が出力される。画像信号 G 1 は、画素 1 0 の第 1 浮遊拡散領域に転送された第 1 電荷に対応する。

20

【 0 0 4 2 】

信号処理回路 6 は、読出回路 4 a からの信号 S (i m g) を受ける。この信号処理回路 6 は、信号 S (i m g) の増幅等のための信号処理回路を含む。信号処理回路 6 は信号 S (i m g) を読み出すための読出信号 S (O U T) を生成する。好適な実施例では、画像信号処理回路 4 の信号 S (i m g) は、所定のデジタル形式のデジタル信号である。

【 0 0 4 3 】

通信信号処理回路 7 は、画素アレイ 2 中の各画素 1 0 からの通信信号 C 1 を受信する受信回路 7 a を含む。受信回路 7 a には、通信信号線 C L が接続されている。通信信号 C 1 は、画素 1 0 の第 2 浮遊拡散領域に流入された第 2 電荷に対応する。受信回路 7 a は、入力された通信信号 C 1 に対して所定の信号処理を実施して信号 S (c o m) を出力する。所定の信号処理には、例えば同期検波処理がある。

30

【 0 0 4 4 】

探索回路 8 は、第 3 出力回路及び第 1 出力回路を経由して、第 2 排出領域に排出された第 2 電荷に対応する判別信号 H 1 に基づいて通信信号光 L C が入射された画素 1 0 の位置を探索する。探索回路 8 は、画素アレイ 2 中の各画素 1 0 からの判別信号 H 1 を受信する受信回路 8 a を含む。受信回路 8 a は、入力された判別信号 H 1 に基づいて、判別信号 H 1 が通信信号 C 1 が重畳された光 (以下通信信号光 L C という) により生成された信号であるか否かを判定する。そして、判別信号 H 1 が通信信号光 L C により生成された信号であるときには、その判別信号 H 1 に対応する画素 1 0 を特定することにより、通信信号光 L C が入射された画素 1 0 の位置を特定する情報を取得する。画素の位置情報は、通信行選択回路 3 b に出力される。

40

【 0 0 4 5 】

なお、通信信号光 L C が照射された画素 1 0 の探索は、所定の時間間隔をおいて繰り返し実行される。これにより、画素アレイ 2 において通信信号光 L C が照射される画素を追跡することができる。また、通信信号光 L C が照射される画素の探索では、通信信号光 L C が照射された画素として過去に特定された画素の周囲を優先的に探索してもよい。これにより、通信信号光 L C が照射される画素を効率良く探索できるので、探索処理を高速化することができる。さらに、通信信号光 L C が照射される画素を追跡した結果から、次に通信信号光 L C が照射される画素の移動方向を予測し、該方向の領域を優先的に探索して

50

もよい。これにより、さらに通信信号光 LC が照射される画素を効率良く探索できる。

【0046】

タイミング生成回路 9 は固体撮像装置 1 に含まれる回路の動作タイミングを制御するための制御信号、クロック信号等を生成する。

【0047】

以上説明した固体撮像装置 1 における画像信号 G 1 及び通信信号 C 1 の読み出し動作について説明する。まず、図 3 (a) を参照しながら、画像信号 G 1 を読み出す工程を説明する。はじめに、転送スイッチ駆動線を介して制御回路 3 からゲート電極 2 4 に、例えば 0 V といった低い電圧である転送信号 TX が印加される。このとき、第 1 障壁領域 2 1 では実線 B 1 a で示される第 1 電位障壁 B 1 が形成される。さらに、リセットスイッチ駆動線を介して制御回路 3 からゲート電極 2 6 に、例えばプラス 5 V といった正の電圧であるリセット信号 TR が印加される。このとき、第 4 障壁領域 2 2 では破線 B 4 b で示されるように、第 4 電位障壁 B 4 の高さが低下する。これにより、第 1 浮遊拡散領域 F 1 に存在する電荷が第 1 排出領域 D 1 に転送され、第 1 浮遊拡散領域 F 1 がリセットされる。

【0048】

次に、物体からの反射光が画素 1 0 に入射するとフォトダイオード PD において電荷が生成される。電荷はフォトダイオード PD のポテンシャル井戸 W 1 に蓄積される。続いて、転送スイッチ駆動線を介して制御回路 3 からゲート電極 2 4 に所定の正の電圧である転送信号 TX が印加される。このとき、第 1 障壁領域 2 1 では破線 B 1 b で示されるように第 1 電位障壁 B 1 の高さが低下するので、フォトダイオード PD のポテンシャル井戸 W 1 から第 1 浮遊拡散領域 F 1 のポテンシャル井戸 W 2 に第 1 電荷が転送される。ここで、ポテンシャル井戸 W 2 の深さはポテンシャル井戸 W 1 の深さよりも深く形成されているので、ポテンシャル井戸 W 1 に蓄積された電荷は全てポテンシャル井戸 W 2 に転送される。これにより第 1 電荷の完全転送が実現される。第 1 浮遊拡散領域 F 1 に第 1 電荷が転送されると、第 1 浮遊拡散領域 F 1 の電位が変化する。そして、画像行選択スイッチ駆動線を介して制御回路 3 の画像行選択回路 3 a からトランジスタ M 4 のゲート部に制御信号が印加される。これにより、第 1 出力回路 1 4 のトランジスタ M 3、M 4 を介して第 1 浮遊拡散領域 F 1 の電位が画像信号 G 1 として画像信号線 GL に出力される。画像信号 G 1 は、画像信号線 GL を介して、画像信号処理回路 4 の読出回路 4 a に入力される。画像信号処理回路 4 において、画像信号 G 1 には所定の処理がなされることにより信号 S (img) が生成され、信号 S (img) は信号処理回路 6 に出力される。画像信号処理回路 4 では、例えば、画像信号 G 1 に含まれたノイズをキャンセルする処理がなされる。信号処理回路 6 では、信号処理回路により信号 S (img) が増幅された信号 S (out) が生成され、信号 S (out) が外部回路に出力される。

【0049】

次に、図 3 (b) を参照しながら、通信信号 C 1 を読み出す工程を説明する。まず、通信信号光 LC が入射された画素 1 0 の位置を探索回路 8 により探索して、通信信号 C 1 を読み出す画素 1 0 を設定する工程について説明する。画素 1 0 に通信信号光 LC が入射されたとき、第 2 浮遊拡散領域 F 2 へ第 2 電荷が溢れ出し、第 2 浮遊拡散領域 F 2 に蓄積されて溢れた第 2 電荷が第 2 排出領域 D 2 へ排出される。第 2 排出領域 D 2 に第 2 電荷が排出されると、第 2 排出領域 D 2 の電位が変化する。第 2 排出領域 D 2 の電位の変化は、行ごとに画像信号線 GL を介して探索回路 8 に判別信号 H 1 として出力される。通信信号光 LC に基づく第 2 排出領域 D 2 の電位の変化は、画像信号光 LG に基づく第 1 浮遊拡散領域 F 1 の電位の変化よりも大きい。このために、探索回路 8 では、各画素 1 0 から出力された判別信号 H 1 と、所定の電圧閾値とを、各画素 1 0 ごとに比較する。そして、所定の電圧閾値を超えた電圧値を有する判別信号 H 1 を通信信号光 LC に基づく信号であると判定する。このような工程により、通信信号光 LC が入射されている画素 1 0 を探索することができる。通信信号光 LC が入射されている画素 1 0 であると判定された画素 1 0 の位置情報は、通信行選択回路 3 b に出力される。通信行選択回路 3 b は入力された位置情報に基づいて、通信信号光 LC が入射されている画素 1 0 の第 2 出力回路 1 6 のトランジス

タ M 6 に制御信号を印加して、トランジスタ M 6 のソース部とドレイン部との導通を確保する。

【 0 0 5 0 】

次に、画素 1 0 から通信信号 C 1 を読み出す工程を説明する。フォトダイオード P D への通信信号光 L C の入射が開始されると、フォトダイオード P D において電荷が生成される。この通信信号光 L C は例えば L E D といった光源から照射された直接光であるので、画像信号 G 1 を生成する物体からの反射光の光強度より強い光強度を有する。そのため、通信信号光 L C がフォトダイオード P D に入射すると、ポテンシャル井戸 W 1 に多量の電荷が蓄積される。第 2 障壁領域 2 7 の第 2 電位障壁 B 2 は、第 1 障壁領域 2 2 の第 1 電位障壁 B 1 よりも所定の電位差 D P 1 だけ低く設定されている。そのため、ポテンシャル井戸 W 1 に多量の電荷が蓄積されたとき、第 2 障壁領域 2 7 の第 2 電位障壁 B 2 を越えて、ポテンシャル井戸 W 1 から第 2 浮遊拡散領域 F 2 に第 2 電荷が溢れる。溢れた第 2 電荷は、第 2 浮遊拡散領域 F 2 に流入して蓄積される。さらに、第 2 浮遊拡散領域 F 2 から溢れた第 2 電荷は第 2 排出領域 D 2 に排出され、不完全蓄積状態を形成する。このとき、第 2 浮遊拡散領域 F 2 における電位は下降する。

10

【 0 0 5 1 】

そして、フォトダイオード P D から溢れ出る第 2 電荷の量と、第 2 浮遊拡散領域 F 2 から第 2 排出領域 D 2 に排出される第 2 電荷の量が釣り合ったところで、第 2 浮遊拡散領域 F 2 の電位の変化が止まる。そして、フォトダイオード P D への通信信号光 L C の入射が停止されると、フォトダイオード P D における電荷の生成が止まる。さらに、第 2 浮遊拡散領域 F 2 から第 2 排出領域 D 2 への第 2 電荷の排出が進むにしたがって、第 2 浮遊拡散領域 F 2 の電位が上昇する。

20

【 0 0 5 2 】

第 2 浮遊拡散領域 F 2 の電位は、第 2 出力回路 1 6 のトランジスタ M 5、M 6 を介して通信信号線 C L に通信信号 C 1 として出力される。通信信号 C 1 は、通信信号線 C L を介して通信信号処理回路 7 の受信回路 7 a に入力される。受信回路 7 a に入力された通信信号 C 1 は、通信信号処理回路 7 において復調処理及びアナログ - デジタル変換処理され、信号 S (c o m) が生成される。

【 0 0 5 3 】

このように、第 2 浮遊拡散領域 F 2 の電位の変化は通信信号光 L C の点滅にตอบสนองして下降或いは上昇する。この通信信号 C 1 を読み出す工程は、画像信号 G 1 を読み出す工程と異なる。すなわち、通信信号光 L C の入射によりフォトダイオード P D において多量の電荷が生成されると、第 2 浮遊拡散領域 F 2 への第 2 電荷の溢れ出しが発生して、第 2 浮遊拡散領域 F 2 の電位が変化する。そして、フォトダイオード P D における電荷の生成が止まると、第 2 浮遊拡散領域 F 2 の第 2 電荷が第 2 排出領域 D 2 へ排出され、第 2 浮遊拡散領域 F 2 の電位が変化する。このような動作により、第 2 浮遊拡散領域 F 2 の電位は、通信信号光 L C の点滅に対応して、変化することができる。従って、通信信号光 L C に重畳された信号の受信手段として画素 1 0 を用いることができる。

30

【 0 0 5 4 】

ここで、通信信号読出部 1 3 の周波数応答特性をシミュレーションにより確認した。通信信号読出部 1 3 の周波数応答特性は、フォトダイオード P D から第 2 浮遊拡散領域 F 2 への応答特性、及び第 2 浮遊拡散領域 F 2 から第 2 排出領域 D 2 への応答特性に基づく。画素 1 0 では、フォトダイオード P D の静電容量が比較的大きいので、フォトダイオード P D から第 2 浮遊拡散領域 F 2 への応答特性が通信信号読出部 1 3 の周波数応答特性に関して支配的である。そのため、通信信号光 L C のオンオフに対する通信信号 C 1 の周波数応答特性は、フォトダイオード P D の静電容量及び光電流量により決定される。

40

【 0 0 5 5 】

図 4 は、画素 1 0 における通信信号読出部 1 3 の周波数応答特性を示す図面である。図 4 には、光強度 $0.1 \text{ W} / \text{cm}^2$ 、波長 870 nm の光パルスを画素 1 0 に照射したときの周波数応答特性が示される。図 4 を確認すると、光パルスの周波数の対数に反比例して

50

、通信信号C1の振幅が減少している。例えば、光パルスの周波数が1MHzのとき、通信信号C1の振幅は20mVであった。このような周波数応答特性を有する画素10は、低いビットレートによる通信に用いることができ、1MHz程度での通信動作が可能であることがわかった。

【0056】

図5は、二次元画像センサである固体撮像装置1を半導体集積素子として実現した半導体チップ30を示す図面であり、半導体チップ30のブロック配置が示される。半導体チップ30は、埋め込み型フォトダイオードについて0.18 μ mのCMOS画像センサの技術を用いて実現された。この半導体チップ30は、水平方向に400個、垂直方向に480個が配置された画素アレイ31を有している。画素アレイ31の左半分には、通信信号C1及び画像信号G1を出力する2つの出力ポートを備える画素が配置されている。個々の画素のサイズは15 μ m \times 7.5 μ mである。画像アレイ31の右半分にはLPRセル及び画像取得のための画素が配置されている。

10

【0057】

画素アレイ31の周囲には、垂直走査回路部32、水平走査及びカラムCDS回路部33、コンパレータ及びラッチ回路部34、通信行選択回路部35、マルチプレクサスイッチ回路部36、ADコンバータ部37及び増幅回路部38が設けられている。垂直走査回路部32は画像行選択回路3aに対応し、水平走査及びカラムCDS回路部33は画像信号処理回路4に対応する。そして、コンパレータ及びラッチ回路部34は探索回路8に対応し、通信行選択回路部35は通信行選択回路3bに対応する。さらに、マルチプレクサスイッチ回路部36は通信信号処理回路7に対応し、ADコンバータ部37及び増幅回路部38は信号処理回路6に対応する。画像信号は、図5において画素アレイ2の下側に配置された水平走査及びカラムCDS回路部33から読み出される。通信信号C1は、図5において画素アレイ2の上側に配置されたマルチプレクサスイッチ回路部36から読み出される。

20

【0058】

図6は、固体撮像装置から出力される通信信号C1の一例を示す図面である。図6(a)には、画素10から出力された通信信号C1のアナログ波形G1が示されている。アナログ波形G1の振幅 v_1 は、約100mVである。この通信信号C1はランダムシーケンスを用いた基底帯域信号であり、2Mbpsの差動マンチェスタ符号化方式を用いて、外部回路により復調される。通信信号光LCを出射するLED光源は、変調信号により点滅駆動されている。そして、アナログ波形の通信信号C1は、高速アナログデジタル変換器を用いてデジタル信号に変換される。図6(b)には、デジタル化された通信信号C1が示されている。空間光通信に用いられるイメージセンサ通信装置(ISC)である固体撮像装置1により、2Mbpsの通信速度が実現できることがわかった。

30

【0059】

以上説明した固体撮像装置1、或いは固体撮像装置1のための画素10によれば、物体からの反射光のように光強度の比較的弱い光がフォトダイオードPDに照射されたとき、フォトダイオードPDでは電荷が生成され蓄積される。蓄積された電荷は第2浮遊拡散領域に溢れることなく第1浮遊拡散領域F1に転送されるので、第1浮遊拡散領域F1の電位が変化する。従って、第1出力回路14から第1浮遊拡散領域F1の電位の変化に基づく画像信号G1を取得できる。一方、LEDから照射された直接光のように光強度の比較的強い通信信号光LCがフォトダイオードPDに照射されたとき、フォトダイオードPDにおいて多量の電荷が生成される。第2障壁領域27の第2電位障壁B2は、第1障壁領域21の第1電位障壁B1よりも低く設定されているので、電荷は、第2電位障壁B2を越えて、第2浮遊拡散領域F2に蓄積される。このとき、第2浮遊拡散領域F2の電位は下降する。そして、フォトダイオードPDへの通信信号光LCの入射が停止されると、電荷の生成が止まる。第3電位障壁は第2電位障壁よりも低いので、第2浮遊拡散領域F2から溢れた第2電荷が第2排出領域D2へ排出される。第2浮遊拡散領域F2から第2排出領域D2への第2電荷の排出されるに従って、第2浮遊拡散領域F2の電位が上昇する

40

50

。従って、第3出力回路16から第2浮遊拡散領域F2の電位の変化に基づく通信信号C1を取得できる。このように、固体撮像装置1、或いは固体撮像装置のための画素10によれば、1つのフォトダイオードPDにおいて生成された電荷が、第1浮遊拡散領域F1を介して画像信号G1、又は第2浮遊拡散領域F2を介して通信信号C1として取得される。従って、画像信号G1又は通信信号C1の二種類の信号の取得に、フォトダイオードPDにおいて生成された電荷を空間的に効率良く用いることができるので感度の低下が抑制される。

【0060】

また、画素10において、第1障壁領域21の第1電位障壁B1は転送信号TXにより制御されることができるので、所望の時間間隔でフォトダイオードPDにより生成された電荷を第1浮遊拡散領域F1に転送することができる。これにより、第1浮遊拡散領域F1の電位の変化に基づく画像信号G1を取得できる。また、第2障壁領域27の第2電位障壁B2は第1障壁領域21の第1電位障壁B1よりも低い所望の固定値に設定されているので、通信信号光LCにより生成された電荷を第2浮遊拡散領域F2に流出させることができる。これにより、第2浮遊拡散領域F2の電位の変化に基づく通信信号C1を取得でき、通信信号光LCの点滅に対応した通信信号を得ることができる。

10

【0061】

また、画素10において、通信信号光LCを受光して、フォトダイオードPDにおいて生成された電荷が第2浮遊拡散領域F2を介して第2排出領域D2に流入される。第2排出領域D2に流入した電荷に基づいて、第2排出領域D2における電位が変化する。この電位の変化を第2出力回路18及び第1出力回路14を介して出力させることにより、通信信号C1の取得に用いる画素10を適切に検出させることができる。

20

【0062】

また、画素10において、第2出力回路18にスイッチであるトランジスタM7が設けられている。この構成によれば、トランジスタM7のゲート部に印加される制御信号により第1出力回路14と第2出力回路18とを電氣的に接続、或いは切断することができる。これにより、第1出力回路14に寄生容量が付加されることを防止できる。

【0063】

また、固体撮像装置1では、通信信号光LCを受光して、フォトダイオードPDにおいて生成された電荷が第2浮遊拡散領域F2を介して第2排出領域D2に流入される。第2排出領域D2に第2電荷が排出されると、第2排出領域D2における電位が変化する。この電位の変化に基づいて通信信号C1が重畳された光であるか否かを探索回路8により判定する。これにより、通信信号が重畳された光を受光した画素の位置を特定できる。

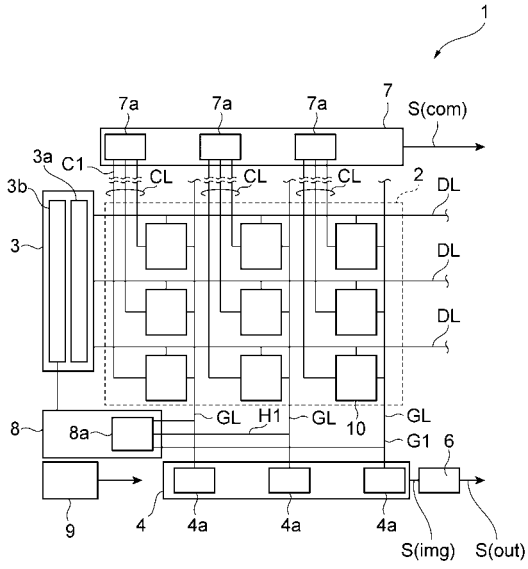
30

【符号の説明】

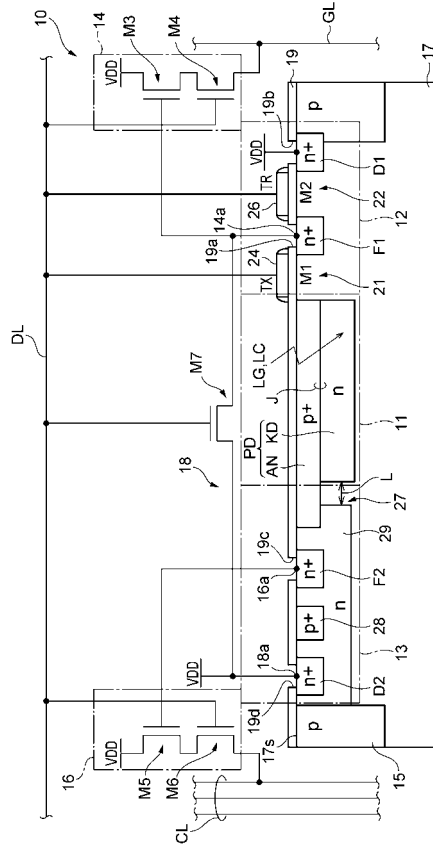
【0064】

10...画素、11...光電変換領域、21...第1障壁領域、27...第2障壁領域、B1...第1電位障壁、B2...第2電位障壁、F1...第1浮遊拡散領域、F2...第2浮遊拡散領域、PD...フォトダイオード。

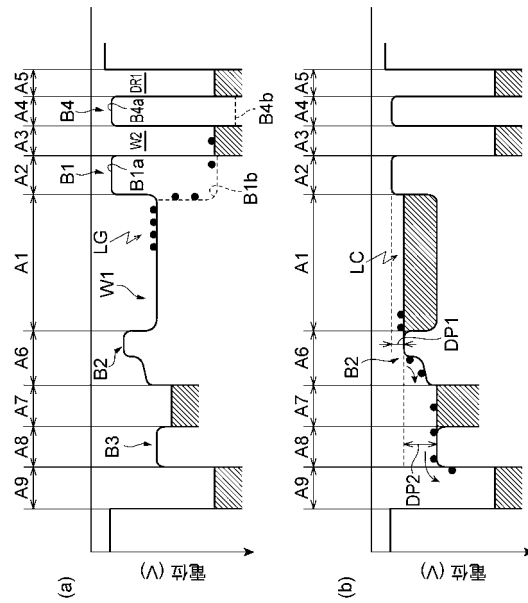
【図1】



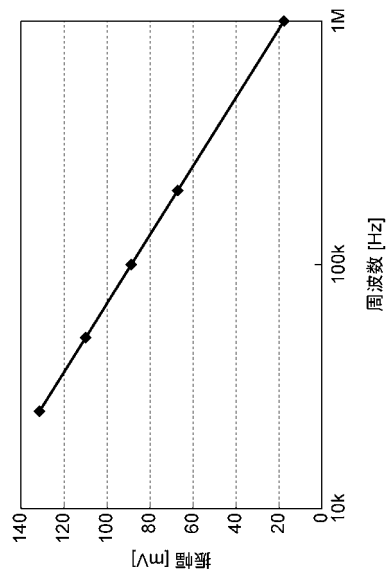
【図2】



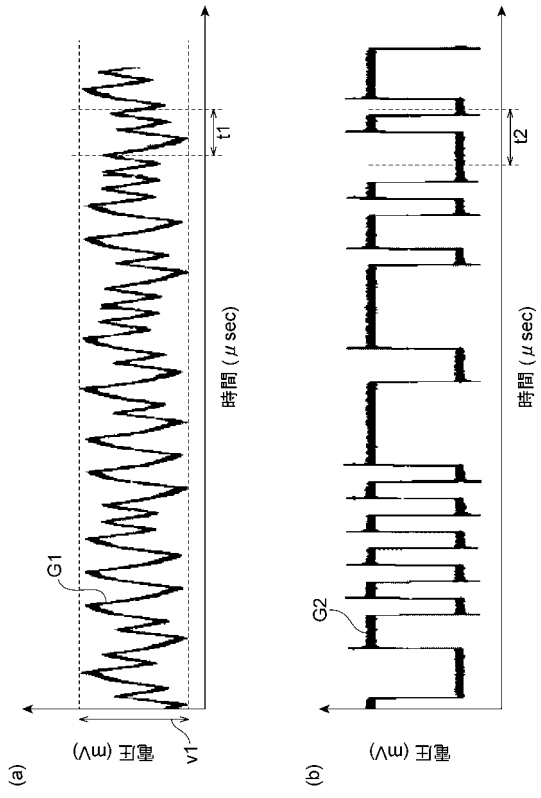
【図3】



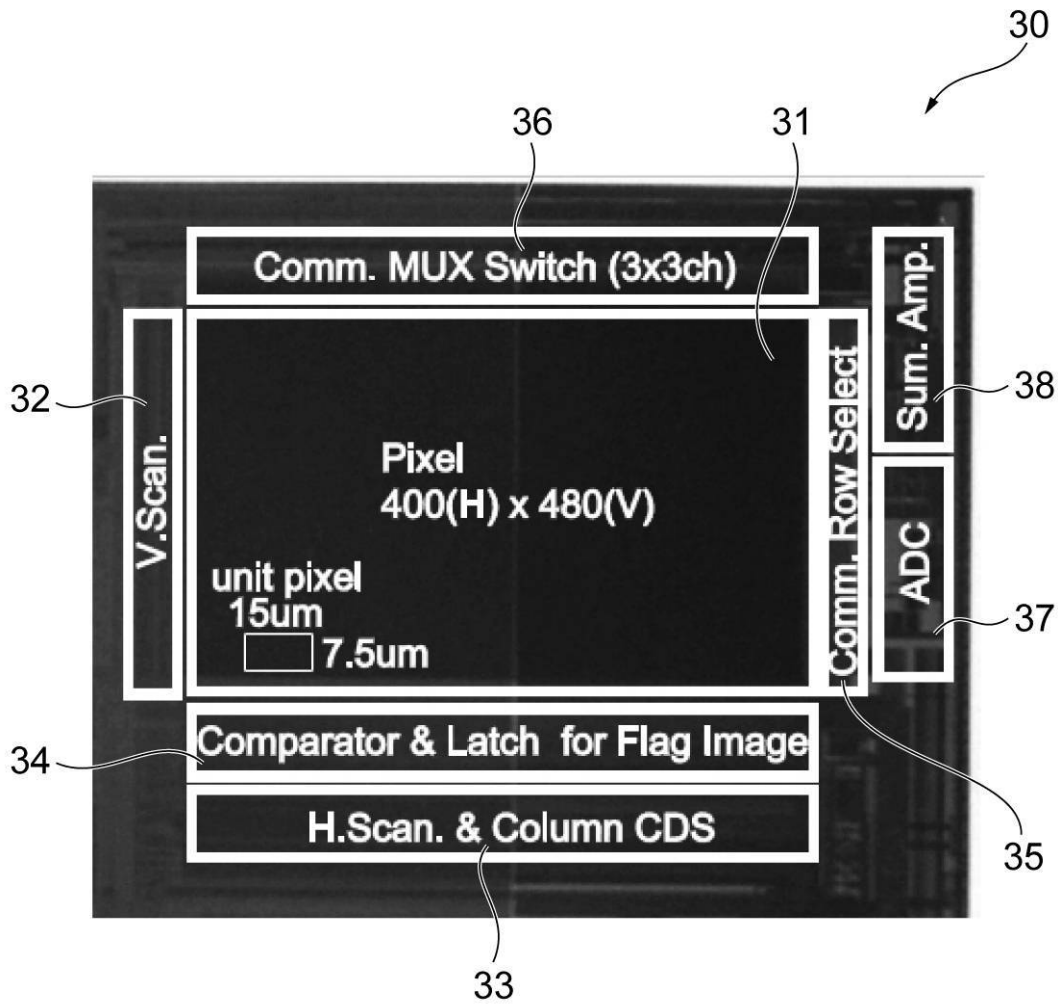
【図4】



【 図 6 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 川人 祥二

静岡県浜松市中区城北3丁目5-1 国立大学法人静岡大学電子工学研究所内

(72)発明者 高井 勇

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4番地の1 株式会社豊田中央研究所内

Fターム(参考) 5C024 CX41 EX12 GX16 GX18 GZ06 HX17 HX50