

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6131069号
(P6131069)

(45) 発行日 平成29年5月17日 (2017.5.17)

(24) 登録日 平成29年4月21日 (2017.4.21)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 S 7/487 (2006.01)

G O 1 S 7/487

G O 1 S 17/89 (2006.01)

G O 1 S 17/89

H O 4 N 5/33 (2006.01)

H O 4 N 5/33

H O 4 N 5/374 (2011.01)

H O 4 N 5/335 7 4 O

H O 1 L 27/146 (2006.01)

H O 1 L 27/14 C

請求項の数 4 (全 50 頁)

(21) 出願番号 特願2013-42875 (P2013-42875)
 (22) 出願日 平成25年3月5日 (2013.3.5)
 (65) 公開番号 特開2013-217911 (P2013-217911A)
 (43) 公開日 平成25年10月24日 (2013.10.24)
 審査請求日 平成28年1月12日 (2016.1.12)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-53041 (P2012-53041)
 (32) 優先日 平成24年3月9日 (2012.3.9)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-54947 (P2012-54947)
 (32) 優先日 平成24年3月12日 (2012.3.12)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-56150 (P2012-56150)
 (32) 優先日 平成24年3月13日 (2012.3.13)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷398番地
 (72) 発明者 黒川 義元
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 審査官 請園 信博

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の駆動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の光電変換素子、第2の光電変換素子、前記第1の光電変換素子に照射される可視光の光量に基づき信号電荷を第1のFDノードに蓄積させる第1の蓄積トランジスタ、及び前記第2の光電変換素子に照射される赤外光の光量に基づき信号電荷を第2のFDノードに蓄積させる第2の蓄積トランジスタを含む複数の画素と、第1の出力線及び第2の出力線から出力された検出信号に基づき演算処理を行う信号処理回路と、を有する半導体装置の駆動方法であって、

前記第1の光電変換素子と重畳する前記第2の光電変換素子の一方の電極に、前記第2のFDノードを第1の高電位とする電位を供給し、

光源から被検出物に対して、赤外光を期間Tで照射し、

前記被検出物に到達して反射された前記赤外光が前記第2の光電変換素子への入射を開始する時刻から、前記光源が前記赤外光の照射を停止する時刻までの第1の期間は、少なくとも前記第2の蓄積トランジスタのゲート電極の電位を第2の高電位とすることをn (nは2以上の自然数) 回繰り返す、

前記n回目の前記第1の期間後の前記第2のFDノードの電位と低電位との第1の電位差に基づく第1の検出信号を、前記第2の出力線から取得し、

前記第1の検出信号を取得した後、前記第2の光電変換素子の一方の電極に、前記第2のFDノードを前記第1の高電位とする電位を供給し、

前記光源から前記被検出物に対して、前記赤外光を前記期間Tで照射し、

10

20

前記光源が前記赤外光の照射を停止する時刻から、前記被検出物に到達して反射された前記赤外光が前記第2の光電変換素子への入射を終了する時刻までの第2の期間は、少なくとも前記第2の蓄積トランジスタのゲート電極の電位を前記第2の高電位とすることを前記n回繰り返し、

前記n回目の前記第2の期間後の前記第2のFDノードの電位と低電位との第2の電位差に基づく第2の検出信号を、前記第2の出力線から取得し、

前記第1の光電変換素子の一方の電極に、前記第1のFDノードを第3の高電位とする電位を供給し、

最初の照射による赤外光が、前記被検出物に到達して反射され、前記第1の光電変換素子及び前記第2の光電変換素子への入射を開始する時刻から、最後の照射による赤外光が、前記被検出物に到達して反射され、前記第1の光電変換素子及び前記第2の光電変換素子への入射を終了する時刻までの第3の期間は、少なくとも前記第1の蓄積トランジスタのゲート電極の電位を第4の高電位とし、

前記第3の期間後の前記第1のFDノードの電位と低電位との第3の電位差に基づく第3の検出信号を、前記第1の出力線から取得し、

前記第2の検出信号を取得した後、光速をc、前記第1の検出信号を S_1 、前記第2の検出信号を S_2 としたときに前記信号処理回路で、

次式

【数5】

$$x = \frac{c \times T \times S_2}{2 \times (S_1 + S_2)}$$

の演算処理を行って、前記第2の光電変換素子と前記被検出物との距離xを算出し、

前記第3の検出信号を取得した後、各前記画素における前記第3の検出信号に基づき前記被検出物の画像を得ることを特徴とする半導体装置の駆動方法。

【請求項2】

第1の光電変換素子、第2の光電変換素子、前記第1の光電変換素子に照射される可視光の光量に基づき第1の信号電荷を第1のFDノードに蓄積させる第1の蓄積トランジスタ、前記第1の信号電荷の蓄積量に基づき変換された第1の信号電位を増幅する第1の増幅トランジスタ、増幅された前記第1の信号電位に基づき検出信号を第1の出力線から出力する第1の出力トランジスタ、前記第2の光電変換素子に照射される赤外光の光量に基づき第2の信号電荷を第2のFDノードに蓄積させる第2の蓄積トランジスタ、前記第2の信号電荷の蓄積量に基づき変換された第2の信号電位を増幅する第2の増幅トランジスタ、及び増幅された前記第2の信号電位に基づき検出信号を第2の出力線から出力する第2の出力トランジスタを含む複数の画素と、前記第1の出力線及び前記第2の出力線から出力された前記検出信号に基づき演算処理を行う信号処理回路と、を有する半導体装置の駆動方法であって、

前記第1の光電変換素子と重畳する前記第2の光電変換素子の一方の電極に、前記第2のFDノードを第1の高電位とする電位を供給し、

光源から被検出物に対して、赤外光を期間Tで照射し、

前記被検出物に到達して反射された前記赤外光が前記第2の光電変換素子への入射を開始する時刻から、前記光源が前記赤外光の照射を停止する時刻までの第1の期間は、少なくとも前記第2の蓄積トランジスタのゲート電極の電位を第2の高電位とすることをn(nは2以上の自然数)回繰り返し、

前記n回繰り返した後、前記n回目の前記第1の期間後の前記第2のFDノードの電位を前記第2の増幅トランジスタによって増幅し、

前記第2の出力トランジスタのゲート電極を第3の高電位とする電位を供給し、前記第2の増幅トランジスタと前記第2の出力トランジスタとを導通させることで前記第2の出

10

20

30

40

50

力線の電位を変化させた後、前記第 2 の出力トランジスタの前記ゲート電極を第 1 の低電位とする電位を供給し、

前記第 1 の低電位供給後の前記第 2 の出力線の電位と前記第 1 の低電位との第 1 の電位差を、前記第 2 の出力線から出力し、

出力した後、前記第 1 の電位差に基づいて第 1 の検出信号を取得し、

前記第 1 の検出信号を取得した後、前記第 2 の光電変換素子の一方の電極に、前記第 2 の F D ノードを前記第 1 の高電位とする電位を供給し、

前記光源から前記被検出物に対して、前記赤外光を前記期間 T で照射し、

前記光源が前記赤外光の照射を停止する時刻から、前記被検出物に到達して反射された前記赤外光が前記第 2 の光電変換素子への入射を終了する時刻までの第 2 の期間は、少なくとも前記第 2 の蓄積トランジスタのゲート電極の電位を前記第 2 の高電位とすることを前記 n 回繰り返し、

10

前記 n 回繰り返しした後、前記 n 回目の前記第 2 の期間後の前記第 2 の F D ノードの電位を前記第 2 の増幅トランジスタによって増幅し、

前記第 2 の出力トランジスタのゲート電極を前記第 3 の高電位とする電位を供給し、前記第 2 の増幅トランジスタと前記第 2 の出力トランジスタとを導通させることで前記第 2 の出力線の電位を変化させた後、前記第 2 の出力トランジスタの前記ゲート電極を前記第 1 の低電位とする電位を供給し、

前記第 1 の低電位供給後の前記第 2 の出力線の電位と前記第 1 の低電位との第 2 の電位差を、前記第 2 の出力線から出力し、

20

出力した後、前記第 2 の電位差に基づいて第 2 の検出信号を取得し、

前記第 1 の光電変換素子の一方の電極に、前記第 1 の F D ノードを第 4 の高電位とする電位を供給し、

最初の照射による赤外光が、前記被検出物に到達して反射され、前記第 1 の光電変換素子及び前記第 2 の光電変換素子への入射を開始する時刻から、最後の照射による赤外光が、前記被検出物に到達して反射され、前記第 1 の光電変換素子及び前記第 2 の光電変換素子への入射を終了する時刻までの第 3 の期間は、少なくとも前記第 1 の蓄積トランジスタのゲート電極の電位を第 5 の高電位とし、

前記第 3 の期間後の前記第 1 の F D ノードの電位を前記第 1 の増幅トランジスタによって増幅し、

30

前記第 1 の出力トランジスタのゲート電極を第 6 の高電位とする電位を供給し、前記第 1 の増幅トランジスタと前記第 1 の出力トランジスタとを導通させることで前記第 1 の出力線の電位を変化させた後、前記第 1 の出力トランジスタの前記ゲート電極を前記第 2 の低電位とする電位を供給し、

前記第 2 の低電位供給後の前記第 1 の出力線の電位と前記第 2 の低電位との第 3 の電位差を、前記第 1 の出力線から出力し、

出力した後、前記第 3 の電位差に基づいて第 3 の検出信号を取得し、

前記第 2 の検出信号を取得した後、光速を c、前記第 1 の検出信号を S_1 、前記第 2 の検出信号を S_2 としたときに前記信号処理回路で、

次式

40

【数 6】

$$x = \frac{c \times T \times S_2}{2 \times (S_1 + S_2)}$$

の演算処理を行って、前記第 2 の光電変換素子と前記被検出物との距離 x を算出し、

前記第 3 の検出信号を取得した後、各前記画素における前記第 3 の検出信号に基づき前記被検出物の画像を得ることを特徴とする半導体装置の駆動方法。

【請求項 3】

50

請求項 1 又は請求項 2 において、

前記半導体装置に含まれる複数の前記画素は、それぞれ前記第 2 の光電変換素子と前記被検出物との距離を算出することを特徴とする半導体装置の駆動方法。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項において、

設定された前記赤外光照射の期間 T 及び前記赤外光照射の回数 n に基づき、前記光源に同期したパルス状の信号を出力可能な照射制御装置を前記半導体装置が備えていることを特徴とする半導体装置の駆動方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

光センサを有する半導体装置の駆動方法に関する。

【0002】

なお、本明細書中において半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般を指し、電気光学装置、半導体回路および電子機器は全て半導体装置である。

【背景技術】

【0003】

近年、被検出物の形状情報だけでなく距離情報を取得できる 3 次元距離計測手法が、多くの分野で利用されている。該手法は、主に能動型計測手法と受動型計測手法の 2 手法に分けられる。能動型計測手法は、光、電波、音波などを被検出物に対して照射し、得られた情報を利用する。受動型計測手法は、計測の補助となる特定の光や電波等を、被検出物に対して照射しない。

20

【0004】

受動型計測手法として、ステレオマッチング法等、能動型計測手法として、光飛行時間 (Time Of Flight: TOF) 法、光切断法等が挙げられる。ステレオマッチング法は、複数の光センサを用いて異なる画像を撮像し、三角測量の原理から、距離情報を取得する。特許文献 1 では、異なる画像に共通に含まれる領域よりも狭い領域に対して、ステレオマッチングを行う事で、計測時間を短縮し、計測精度を向上させている。

30

【0005】

TOF 法は、被検出物に対して一定期間の赤外光を照射し、反射光を光センサの各画素でとらえる。光の照射を開始した時刻と、反射光が光センサに到達した時刻との時間差を利用して、照射期間、検出信号、光速から距離情報を算出する。非特許文献 1 では、2 回の赤外光照射により、2 個の検出信号を取得している。TOF 法のメリットとして、半導体装置を小型化し易い事が挙げられる。

【0006】

特許文献 2 では、2 次元撮像と 3 次元撮像とをフレーム期間毎に交互に行う事で、1 個の画素を用いて、2 次元情報 (被検出物からの反射光の強さ・色彩等) 及び 3 次元情報 (光源から被検出物までの距離) を取得している。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献 1】特開 2008 - 59148 号公報

【特許文献 2】特開 2010 - 35168 号公報

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献 1】S. J. Kim et al, "A Three-Dimensional Time-of-Flight CMOS Image Sensor With Pinned-Photodiode Pixel Structure", IEEE

50

Electron Device Letters, Nov. 2010, Vol. 31, No. 11, pp. 1272 - 1274

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ステレオマッチング法において、高精度な距離情報を取得するためには、マッチング精度を上げなければならない。マッチング処理量の増加は、計測時間を膨大にする。更に、複数の光センサを離れた位置に配置するため、半導体装置の小型化を行うことが難しい。

【0010】

また、TOF法において、距離情報を算出するための検出信号を、1回の赤外光照射で取得する場合、検出信号の精度が低下するという問題がある。

10

【0011】

また、非特許文献1では、1個目の検出信号の取得と、2個目の検出信号の取得との間に時間差が生じる。被検出物が移動する場合、該時間差により検出信号が僅かにずれるため距離情報の精度を維持する事が難しい。

【0012】

また、特許文献2では、2次元撮像と3次元撮像との間で、フレーム期間を切り替えなければならない。従って、2次元撮像による情報の取得と、3次元撮像による情報の取得との間に時間差が生じ、両情報を一度に取得する事が、困難であるという問題が生じる。

【0013】

そこで、短時間で、高精度な距離情報を取得できる半導体装置を提供することを課題の一つとする。また、被検出物が移動しても、短時間で、高精度な距離情報を取得できる半導体装置を提供することを課題の一つとする。また、短時間で、高精度な距離情報及び画像情報を同時に取得できる半導体装置を提供することを課題の一つとする。

20

【0014】

また、半導体装置の小型化を行うことを課題の一つとする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明の一態様では、1個の検出信号を取得するために赤外光の照射を複数回行い、更に各回の照射期間を同一且つ極めて短期間とすることで、距離情報の精度向上を図る。

30

【0016】

本明細書で開示する本発明の一態様は、光電変換素子、及び光電変換素子に照射される光量に基づき信号電荷をFDノードに蓄積させる第1のトランジスタを含む画素と、出力線から出力された検出信号に基づき演算処理を行う信号処理回路と、を有する半導体装置の駆動方法であって、光電変換素子の一方の電極に、FDノードを第1の高電位とする電位を供給し、光源から被検出物に対して、赤外光を期間Tで照射し、被検出物に到達して反射された光が光電変換素子への入射を開始する時刻から、光源が赤外光の照射を停止する時刻までの第1の期間は、少なくとも第1のトランジスタのゲート電極の電位を第2の高電位とすることをn（nは2以上の自然数）回繰り返す、n回目の第1の期間後のFDノードの電位と低電位との第1の電位差に基づく第1の検出信号を、出力線から取得し、第1の検出信号を取得した後、光電変換素子の一方の電極に、FDノードを第1の高電位とする電位を供給し、光源から被検出物に対して、赤外光を期間Tで照射し、光源が赤外光の照射を停止する時刻から、被検出物に到達して反射された光が光電変換素子への入射を終了する時刻までの第2の期間は、少なくとも第1のトランジスタのゲート電極の電位を第2の高電位とすることをn回繰り返す、n回目の第2の期間後のFDノードの電位と低電位との第2の電位差に基づく第2の検出信号を、出力線から取得し、第2の検出信号を取得した後、光速をc、第1の検出信号を S_1 、第2の検出信号を S_2 としたときに信号処理回路で、次式

40

【数 1】

$$x = \frac{c \times T \times S_2}{2 \times (S_1 + S_2)}$$

の演算処理を行って、光電変換素子と被検出物との距離を算出することを特徴とする半導体装置の駆動方法である。

【0017】

また本明細書で開示する本発明の一態様は、光電変換素子、光電変換素子に照射される光量に基づき信号電荷をFDノードに蓄積させる第1のトランジスタ、信号電荷の蓄積量に基づき変換された信号電位を増幅する第2のトランジスタ、及び増幅された信号電位に基づき検出信号を出力線から出力する第3のトランジスタ、を含む画素と、出力線から出力された検出信号に基づき演算処理を行う信号処理回路と、を有する半導体装置の駆動方法であって、光電変換素子の一方の電極に、FDノードを第1の高電位とする電位を供給し、光源から被検出物に対して、赤外光を期間Tで照射し、被検出物に到達して反射された光が光電変換素子への入射を開始する時刻から、光源が赤外光の照射を停止する時刻までの第1の期間は、少なくとも第1のトランジスタのゲート電極の電位を第2の高電位とすることをn（nは2以上の自然数）回繰り返す、n回繰り返した後、n回目の第1の期間後のFDノードの電位を第2のトランジスタによって増幅し、第3のトランジスタのゲート電極を第3の高電位とする電位を供給し、第2のトランジスタと第3のトランジスタとを導通させることで出力線の電位を変化させた後、第3のトランジスタのゲート電極を低電位とする電位を供給し、低電位供給後の出力線の電位と、低電位との第1の電位差を、出力線から出力し、出力した後、第1の電位差に基づいて第1の検出信号を取得し、第1の検出信号を取得した後、光電変換素子の一方の電極に、FDノードを第1の高電位とする電位を供給し、光源から被検出物に対して、赤外光を期間Tで照射し、光源が赤外光の照射を停止する時刻から、被検出物に到達して反射された光が光電変換素子への入射を終了する時刻までの第2の期間は、少なくとも第1のトランジスタのゲート電極の電位を第2の高電位とすることをn回繰り返す、n回繰り返した後、n回目の第2の期間後のFDノードの電位を第2のトランジスタによって増幅し、第3のトランジスタのゲート電極を第3の高電位とする電位を供給し、第2のトランジスタと第3のトランジスタとを導通させることで出力線の電位を変化させた後、第3のトランジスタのゲート電極を低電位とする電位を供給し、低電位供給後の出力線の電位と、低電位との第2の電位差を、出力線から出力し、出力した後、第2の電位差に基づいて第2の検出信号を取得し、第2の検出信号を取得した後、光速をc、第1の検出信号をS₁、第2の検出信号をS₂としたときに信号処理回路で、次式

【数 2】

$$x = \frac{c \times T \times S_2}{2 \times (S_1 + S_2)}$$

の演算処理を行って、光電変換素子と被検出物との距離を算出することを特徴とする半導体装置の駆動方法である。

【0018】

また、本発明の一態様では、2個の検出信号を取得するために赤外光の照射を複数回行い、各回の被検出物からの反射光を、隣接するフォトダイオードにより、時間差を置かずに出し、更に各回の照射期間を同一且つ極めて短期間とすることで、距離情報の精度向上を図る。

【0019】

10

20

30

40

50

本明細書で開示する本発明の一態様は、光電変換素子、及び光電変換素子に照射される光量に基づき信号電荷をFDノードに蓄積させる蓄積トランジスタを含む複数の画素と、出力線から出力された検出信号に基づき演算処理を行う信号処理回路と、を有する半導体装置の駆動方法であって、光源から被検出物に対して、赤外光を期間Tで照射し、被検出物に到達して反射された光が第1の光電変換素子及び第1の光電変換素子と隣接する第2の光電変換素子への入射を開始する第1の時刻より前に、第1の光電変換素子の一方の電極に、第1のFDノードを高電位とする電位を供給し、第1の時刻から、光源が赤外光の照射を停止する第2の時刻までの期間は、少なくとも第1の蓄積トランジスタのゲート電極の電位を高電位とし、第2の時刻より前に、第2の光電変換素子の一方の電極に、第2のFDノードを高電位とする電位を供給し、第2の時刻から、被検出物に到達して反射された光が第1の光電変換素子及び第2の光電変換素子への入射を終了する第3の時刻までの期間は、少なくとも第2の蓄積トランジスタのゲート電極の電位を高電位とすることをn（nは2以上の自然数）回繰り返す、n回繰り返した後、n回目の第3の時刻後の第1のFDノードの電位と低電位との第1の電位差に基づく第1の検出信号を、第1の出力線から取得し、n回目の第3の時刻後の第2のFDノードの電位と低電位との第2の電位差に基づく第2の検出信号を、第2の出力線から取得し、第1の検出信号及び第2の検出信号を取得した後、光速をc、第1の検出信号を S_1 、第2の検出信号を S_2 としたときに信号処理回路で、次式

$$x = \frac{c \times T \times S_2}{2 \times (S_1 + S_2)}$$

【数3】

の演算処理を行って、光電変換素子と被検出物との距離を算出することを特徴とする半導体装置の駆動方法である。

【0020】

また本明細書で開示する本発明の一態様は、光電変換素子、光電変換素子に照射される光量に基づき信号電荷をFDノードに蓄積させる蓄積トランジスタ、信号電荷の蓄積量に基づき変換された信号電位を増幅する増幅トランジスタ、及び増幅された信号電位に基づき検出信号を出力線から出力する出力トランジスタを含む複数の画素と、出力線から出力された検出信号に基づき演算処理を行う信号処理回路と、を有する半導体装置の駆動方法であって、光源から被検出物に対して、赤外光を期間Tで照射し、被検出物に到達して反射された光が第1の光電変換素子及び第1の光電変換素子と隣接する第2の光電変換素子への入射を開始する第1の時刻より前に、第1の光電変換素子の一方の電極に、第1のFDノードを高電位とする電位を供給し、第1の時刻から、光源が赤外光の照射を停止する第2の時刻までの期間は、少なくとも第1の蓄積トランジスタのゲート電極の電位を高電位とし、第2の時刻より前に、第2の光電変換素子の一方の電極に、第2のFDノードを高電位とする電位を供給し、第2の時刻から、被検出物に到達して反射された光が第1の光電変換素子及び第2の光電変換素子への入射を終了する第3の時刻までの期間は、少なくとも第2の蓄積トランジスタのゲート電極の電位を高電位とすることをn（nは2以上の自然数）回繰り返す、n回繰り返した後、n回目の第3の時刻後の第1のFDノードの電位を第1の増幅トランジスタによって増幅し、第1の出力トランジスタのゲート電極を高電位とする電位を供給し、第1の増幅トランジスタと第1の出力トランジスタとを導通させることで第1の出力線の電位を変化させた後、第1の出力トランジスタのゲート電極を第1の低電位とする電位を供給し、第1の低電位供給後の、第1の出力線の電位と第1の低電位との第1の電位差を、第1の出力線から出力し、n回目の第3の時刻後の第2のFDノードの電位を第2の増幅トランジスタによって増幅し、第2の出力トランジスタのゲート電極を高電位とする電位を供給し、第2の増幅トランジスタと第2の出力トランジスタとを導通させることで第2の出力線の電位を変化させた後、第2の出力トランジスタの

ゲート電極を第2の低電位とする電位を供給し、第2の低電位供給後の、第2の出力線の電位と第2の低電位との第2の電位差を、第2の出力線から出力し、第1の出力線から第1の電位差を、第2の出力線から第2の電位差を出力した後、第1の電位差に基づいて第1の検出信号を取得し、第2の電位差に基づいて第2の検出信号を取得し、第1の検出信号及び第2の検出信号を取得した後、光速を c 、第1の検出信号を S_1 、第2の検出信号を S_2 としたときに信号処理回路で、次式

【数4】

$$x = \frac{c \times T \times S_2}{2 \times (S_1 + S_2)}$$

10

の演算処理を行って、光電変換素子と被検出物との距離を算出することを特徴とする半導体装置の駆動方法である。

【0021】

上記において、半導体装置に含まれる複数の画素は、それぞれ光電変換素子と被検出物との距離を算出することが好ましい。

【0022】

また、本発明の一態様では、1個の検出信号を取得するために赤外光の照射を複数回行い、更に各回の照射期間を同一且つ極めて短期間とすることで、距離情報の精度向上を図る。また、可視光を吸収し、赤外光を透過する第1の光センサ、及び赤外光を吸収する第2の光センサを重畳し、第1の光センサで、先に可視光を吸収し、第2の光センサで、主に赤外光を吸収することで、半導体装置の画素の微細化を達成しつつ2次元撮像及び3次元撮像の同時撮像を可能にする。

20

【0023】

本明細書で開示する本発明の一態様は、第1の光電変換素子、第2の光電変換素子、第1の光電変換素子に照射される可視光の光量に基づき信号電荷を第1のFDノードに蓄積させる第1の蓄積トランジスタ、及び第2の光電変換素子に照射される赤外光の光量に基づき信号電荷を第2のFDノードに蓄積させる第2の蓄積トランジスタ、を含む複数の画素と、第1の出力線及び第2の出力線から出力された検出信号に基づき演算処理を行う信号処理回路と、を有する半導体装置の駆動方法であって、第1の光電変換素子と重畳する第2の光電変換素子の一方の電極に、第2のFDノードを第1の高電位とする電位を供給し、光源から被検出物に対して、赤外光を期間 T で照射し、被検出物に到達して反射された赤外光が第2の光電変換素子への入射を開始する時刻から、光源が赤外光の照射を停止する時刻までの第1の期間は、少なくとも第2の蓄積トランジスタのゲート電極の電位を第2の高電位とすることを n (n は2以上の自然数)回繰り返す、 n 回目の第1の期間後の第2のFDノードの電位と低電位との第1の電位差に基づく第1の検出信号を、第2の出力線から取得し、第1の検出信号を取得した後、第2の光電変換素子の一方の電極に、第2のFDノードを第1の高電位とする電位を供給し、光源から被検出物に対して、赤外光を期間 T で照射し、光源が赤外光の照射を停止する時刻から、被検出物に到達して反射された赤外光が第2の光電変換素子への入射を終了する時刻までの第2の期間は、少なくとも第2の蓄積トランジスタのゲート電極の電位を第2の高電位とすることを n 回繰り返す、 n 回目の第2の期間後の第2のFDノードの電位と低電位との第2の電位差に基づく第2の検出信号を、第2の出力線から取得し、第1の光電変換素子の一方の電極に、第1のFDノードを第3の高電位とする電位を供給し、最初の照射による赤外光が、被検出物に到達して反射され、第1の光電変換素子及び第2の光電変換素子への入射を開始する時刻から、最後の照射による赤外光が、被検出物に到達して反射され、第1の光電変換素子及び第2の光電変換素子への入射を終了する時刻までの第3の期間は、少なくとも第1の蓄積トランジスタのゲート電極の電位を第4の高電位とし、第3の期間後の第1のFDノードの電位と低電位との第3の電位差に基づく第3の検出信号を、第1の出力線から取得し

30

40

50

、第 2 の検出信号を取得した後、光速を c 、第 1 の検出信号を S_1 、第 2 の検出信号を S_2 としたときに信号処理回路で、次式

【数 5】

$$x = \frac{c \times T \times S_2}{2 \times (S_1 + S_2)}$$

の演算処理を行って、第 2 の光電変換素子と被検出物との距離を算出し、第 3 の検出信号を取得した後、各画素における第 3 の検出信号に基づき被検出物の画像を得ることを特徴とする半導体装置の駆動方法である。

10

【0024】

また、本明細書で開示する本発明の一態様は、第 1 の光電変換素子、第 2 の光電変換素子、第 1 の光電変換素子に照射される可視光の光量に基づき第 1 の信号電荷を第 1 の F D ノードに蓄積させる第 1 の蓄積トランジスタ、第 1 の信号電荷の蓄積量に基づき変換された第 1 の信号電位を増幅する第 1 の増幅トランジスタ、増幅された第 1 の信号電位に基づき検出信号を第 1 の出力線から出力する第 1 の出力トランジスタ、第 2 の光電変換素子に照射される赤外光の光量に基づき第 2 の信号電荷を第 2 の F D ノードに蓄積させる第 2 の蓄積トランジスタ、第 2 の信号電荷の蓄積量に基づき変換された第 2 の信号電位を増幅する第 2 の増幅トランジスタ、及び増幅された第 2 の信号電位に基づき検出信号を第 2 の出力線から出力する第 2 の出力トランジスタを含む複数の画素と、第 1 の出力線及び第 2 の出力線から出力された検出信号に基づき演算処理を行う信号処理回路と、を有する半導体装置の駆動方法であって、第 1 の光電変換素子と重畳する第 2 の光電変換素子の一方の電極に、第 2 の F D ノードを第 1 の高電位とする電位を供給し、光源から被検出物に対して、赤外光を期間 T で照射し、被検出物に到達して反射された赤外光が第 2 の光電変換素子への入射を開始する時刻から、光源が赤外光の照射を停止する時刻までの第 1 の期間は、少なくとも第 2 の蓄積トランジスタのゲート電極の電位を第 2 の高電位とすることを n (n は 2 以上の自然数) 回繰り返し、 n 回繰り返した後、 n 回目の第 1 の期間後の第 2 の F D ノードの電位を第 2 の増幅トランジスタによって増幅し、第 2 の出力トランジスタのゲート電極を第 3 の高電位とする電位を供給し、第 2 の増幅トランジスタと第 2 の出力トランジスタとを導通させることで第 2 の出力線の電位を変化させた後、第 2 の出力トランジスタのゲート電極を第 1 の低電位とする電位を供給し、第 1 の低電位供給後の第 2 の出力線の電位と第 1 の低電位との第 1 の電位差を、第 2 の出力線から出力し、出力した後、第 1 の電位差に基づいて第 1 の検出信号を取得し、第 1 の検出信号を取得した後、第 2 の光電変換素子の一方の電極に、第 2 の F D ノードを第 1 の高電位とする電位を供給し、光源から被検出物に対して、赤外光を期間 T で照射し、光源が赤外光の照射を停止する時刻から、被検出物に到達して反射された赤外光が第 2 の光電変換素子への入射を終了する時刻までの第 2 の期間は、少なくとも第 2 の蓄積トランジスタのゲート電極の電位を第 2 の高電位とすることを n 回繰り返し、 n 回繰り返した後、 n 回目の第 2 の期間後の第 2 の F D ノードの電位を第 2 の増幅トランジスタによって増幅し、第 2 の出力トランジスタのゲート電極を第 3 の高電位とする電位を供給し、第 2 の増幅トランジスタと第 2 の出力トランジスタとを導通させることで第 2 の出力線の電位を変化させた後、第 2 の出力トランジスタのゲート電極を第 1 の低電位とする電位を供給し、第 1 の低電位供給後の第 2 の出力線の電位と第 1 の低電位との第 2 の電位差を、第 2 の出力線から出力し、出力した後、第 2 の電位差に基づいて第 2 の検出信号を取得し、第 1 の光電変換素子の一方の電極に、第 1 の F D ノードを第 4 の高電位とする電位を供給し、最初の照射による赤外光が、被検出物に到達して反射され、第 1 の光電変換素子及び第 2 の光電変換素子への入射を開始する時刻から、最後の照射による赤外光が、被検出物に到達して反射され、第 1 の光電変換素子及び第 2 の光電変換素子への入射を終了する時刻までの第 3 の期間は、少なくとも第 1 の蓄積トランジスタのゲート電極の電位を第 5 の高電位とし、第 3 の期間後の第 1 の F D ノー

20

30

40

50

ドの電位を第 1 の増幅トランジスタによって増幅し、第 1 の出力トランジスタのゲート電極を第 6 の高電位とする電位を供給し、第 1 の増幅トランジスタと第 1 の出力トランジスタとを導通させることで第 1 の出力線の電位を変化させた後、第 1 の出力トランジスタのゲート電極を第 2 の低電位とする電位を供給し、第 2 の低電位供給後の第 1 の出力線の電位と第 2 の低電位との第 3 の電位差を、第 1 の出力線から出力し、出力した後、第 3 の電位差に基づいて第 3 の検出信号を取得し、第 2 の検出信号を取得した後、光速を c 、第 1 の検出信号を S_1 、第 2 の検出信号を S_2 としたときに信号処理回路で、次式

【数 6】

$$x = \frac{c \times T \times S_2}{2 \times (S_1 + S_2)}$$

10

の演算処理を行って、第 2 の光電変換素子と被検出物との距離を算出し、第 3 の検出信号を取得した後、各画素における第 3 の検出信号に基づき被検出物の画像を得ることを特徴とする半導体装置の駆動方法である。

【0025】

上記において、半導体装置に含まれる複数の画素は、それぞれ第 2 の光電変換素子と被検出物との距離を算出することが好ましい。

【0026】

また上記において、光源は半導体装置の内部に搭載されていても良いし、外部に設置されていても良い。

【0027】

また上記において、半導体装置の内部に照射制御装置が搭載されていても良い。照射制御装置は、赤外光の照射の開始から停止までの期間や、赤外光照射の回数を設定し、設定値に基づき、光源に同期したパルス状の信号を出力することが可能である。

【0028】

なお、本明細書中において、「遅延期間」とは、光源から被検出物に対して、光の照射を開始した時刻と、被検出物から反射された光の光センサへの入射が開始した時刻との時間差を指すものとする。

【発明の効果】

【0029】

赤外光照射の度に生じる遅延期間を利用して、検出信号を取得する事で、より高精度な距離情報を取得することができる。また、隣接するフォトダイオードで同一点からの反射光を連続的に検出することで、被検出物的高速移動に対しても距離情報の精度を維持できる。また、距離情報を取得する期間の可視光を検出する事で、距離情報と同時に画像情報を取得することができる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図 1】半導体装置を説明する図。

40

【図 2】光センサを説明する図。

【図 3】光センサを説明する図。

【図 4】光センサを説明する図。

【図 5】光センサのタイミングチャートを説明する図。

【図 6】読み出し回路を説明する図。

【図 7】光センサのタイミングチャートを説明する図。

【図 8】光センサのタイミングチャートを説明する図。

【図 9】遅延期間の割合を説明する図。

【図 10】マトリクス状に配置された複数の光センサの回路図。

【図 11】光センサの上面図と断面図。

50

【図 1 2】表示装置の断面図。

【図 1 3】マトリクス状に配置された複数の光センサを説明する図。

【図 1 4】光センサの上面図。

【図 1 5】光センサの断面図。

【発明を実施するための形態】

【0031】

実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。なお、以下に説明する発明の構成において、同一部分又は同様な機能を有する部分には同一の符号を異なる図面間で共通して用い、その繰り返しの説明は省略する。

10

【0032】

(実施の形態 1)

本明細書で開示する発明の一態様における半導体装置 500 の構成について、図 1 を参照して説明する。半導体装置 500 は、後述する各光センサ 100 から出力された検出信号に基づき算出した、各光センサ 100 と被検出物のある点との距離を用いて、被検出物全体の距離情報を取得する装置である。

【0033】

<半導体装置 500 の構成>

20

図 1 (A) に示すように半導体装置 500 は、少なくともマトリクス状に配置された複数の画素 501 を含む受光部 502 と信号処理回路 503 とを有する。各画素 501 は、1 個の光センサ 100 を含む。

【0034】

光源 504 及び照射制御装置 505 は、半導体装置 500 内部に搭載されていても良いし、外部に設置されていても良い。

【0035】

図 1 (B) に示すように、光源 504 から被検出物 506 に対して、赤外光 507 (照射光) が照射され、被検出物 506 に到達して反射された光 (反射光 508) が、半導体装置 500 に含まれる各光センサ 100 へと入射する。

30

【0036】

受光部 502 は、照射制御装置 505 からのパルス状の信号に基づき光量に応じた検出信号を、信号処理回路 503 に出力する。

【0037】

信号処理回路 503 は、反射光 508 の光量を判定し、赤外光が光源 504 から受光部 502 まで到達する時間 (遅延期間 T) を算出し、遅延期間 T を利用して各光センサ 100 と被検出物のある点との距離 x を演算する。信号処理回路 503 の演算結果は、例えば表示装置等に出力される (図示せず)。

【0038】

光源 504 は、照射制御装置 505 からの指令に応じて赤外光を被検出物に対して照射する。なお、赤外光の照射は複数回行われ、更に各回の照射期間は同一且つ極めて短期間とすることが好ましい。

40

【0039】

なお、受光部 502 には、可視光が入射していても良い。

【0040】

<光センサの構成例 1>

次に本明細書で開示する発明の一態様における半導体装置が有する光センサ 100 の構成の一例について、図 2 を参照して説明する。図 2 は光センサ 100 の回路図である。なお、光センサ 100 は該構成に限定されず、少なくとも 1 個のフォトダイオードと 1 個のトランジスタとを含んでいれば良い。

50

【0041】

図2に示すように、光センサ100は、フォトダイオード102、トランジスタ103、トランジスタ104、トランジスタ105を有する。

【0042】

図2に示す光センサ100は、3個のトランジスタと1個のフォトダイオードから構成される。光センサ100の素子数を低減させることで、画素の微細化を図り、半導体装置を小型化することが容易になる。

【0043】

図2において、信号線11はリセット信号線(PR)、信号線12は電荷蓄積信号線(TX)、信号線13は選択信号線(SE)、ノード14は、フローティングディフュージョン(FD)ノード、信号線15は、光センサ基準信号線、信号線16は、光センサ出力信号線である。

10

【0044】

なお、本明細書中において、フォトダイオード102には、少なくとも赤外光が照射される。

【0045】

フォトダイオード102は、該ダイオードに入射する光を検出し、電荷を発生させる光電変換素子として機能する。入射する光量に基づき発生する電荷量が決まる。

【0046】

トランジスタ103は、撮像を制御するトランジスタとして機能する。即ちフォトダイオード102に照射される光量に基づき、ノード14に蓄積させる電荷量を制御するトランジスタとして機能する。

20

【0047】

図2に示すように、光センサ100において、フォトダイオード102の一方の電極は信号線11と電氣的に接続され、フォトダイオード102の他方の電極は、トランジスタ103のソース電極又はドレイン電極の一方と電氣的に接続されている。トランジスタ103のソース電極又はドレイン電極の他方と、トランジスタ104のゲート電極と、ノード14とは、電氣的に接続されている。トランジスタ104のソース電極又はドレイン電極の一方と信号線15とは、電氣的に接続されている。トランジスタ105のソース電極又はドレイン電極の一方と信号線16とは、電氣的に接続されている。トランジスタ104のソース電極又はドレイン電極の他方と、トランジスタ105のソース電極又はドレイン電極の他方とは、電氣的に接続されている。トランジスタ103のゲート電極と信号線12とは電氣的に接続され、トランジスタ105のゲート電極と信号線13とは電氣的に接続されている。

30

【0048】

なお、図2では、フォトダイオード102の陽極が信号線11と電氣的に接続され、フォトダイオード102の陰極がトランジスタ103のソース電極又はドレイン電極の一方と電氣的に接続されている構成を示したがこれに限定されない。フォトダイオード102の陰極が信号線11と電氣的に接続され、フォトダイオード102の陽極がトランジスタ103のソース電極又はドレイン電極の一方と電氣的に接続されていても良い。

40

【0049】

<光センサの構成例2>

また、本明細書で開示する発明の一態様における半導体装置では、光センサ100が縦m個(行) \times 横n個(列)(m、nは2以上の自然数)でマトリクス状に配置されていてもよい。図3では、一例として、列方向に隣接する光センサを光センサ100(k-1)(kは2以上n以下の自然数)及び光センサ100(k)のように示している。

【0050】

光センサ100(k-1)は、フォトダイオード102(k-1)、トランジスタ103(k-1)、トランジスタ104(k-1)、トランジスタ105(k-1)を有し、光センサ100(k)は、フォトダイオード102(k)、トランジスタ103(k)、ト

50

ランジスタ 104 (k)、トランジスタ 105 (k) を有する。

【0051】

< 光センサの構成例 3 >

また、明細書で開示する発明の一態様における半導体装置では、光センサが、光センサ 100A 及び光センサ 100B をそれぞれ 1 個ずつ含む。このような光センサを各画素に備えた半導体装置 500 では、各光センサ 100A から出力された検出信号に基づき、被検出物全体の画像情報を取得し、画像情報の取得と同時に、各光センサ 100B から出力された検出信号に基づき算出した、各光センサ 100B と被検出物のある点との距離を用いて被検出物全体の距離情報を取得することができる。

【0052】

図 1 (C) に示すように、光源 504 から被検出物 506 に対して、赤外光 507 及び可視光 517 が照射され、被検出物 506 に到達して反射された光 (反射光) が、半導体装置 500 に含まれる各光センサ 100A 及び各光センサ 100B へと入射する。なお、光センサ 100A は反射光のうち可視光 518 を吸収し、光センサ 100B は赤外光である反射光 508 (赤外反射光とも記す) を吸収する。

【0053】

なお、本明細書では、フォトダイオード 102A は、特定の波長領域の光、一例として可視光を吸収し、特定の波長領域以外の光、一例として赤外光を透過するものとする。また、フォトダイオード 102B は、特定の波長領域の光、一例として可視光を吸収し、特定の波長領域以外の光、一例として赤外光も吸収するものとする。

【0054】

信号処理回路 503 は、各光センサ 100B が吸収した赤外反射光の光量を判定し、赤外光が光源 504 から受光部 502 まで到達する時間 (遅延期間 T) を算出し、遅延期間 T を利用して各光センサ 100B と被検出物のある点との距離 x を演算する。信号処理回路 503 の演算結果は、例えば表示装置等に出力される (図示せず)。

【0055】

なお、受光部 502 において光センサ 100A と光センサ 100B とは重畳し、被検出物 506 から反射された可視光 518 を、先に光センサ 100A でほぼ吸収する。

【0056】

光センサ 100A 及び光センサ 100B をそれぞれ 1 個ずつ含む光センサ群の構成の一例について、図 4 を参照して説明する。図 4 は、光センサ群 110 の回路図である。光センサ 100A 及び光センサ 100B をそれぞれ 1 個ずつ含む光センサ群 110 は、該構成に限定されず、少なくとも赤外光を透過し可視光を吸収するフォトダイオードと、赤外光を吸収するフォトダイオードと、可視光の光量に基づき信号電荷を FD ノードに蓄積させるトランジスタと、赤外光の光量に基づき信号電荷を FD ノードに蓄積させるトランジスタと、を含んでいれば良い。

【0057】

図 4 に示すように、光センサ群 110 は、フォトダイオード 2 個と、トランジスタ 6 個とを有する。なお、本明細書において、特に可視光を吸収し、赤外光を透過する光センサを指す場合は、光センサ 100A、フォトダイオード 102A、トランジスタ 103A、トランジスタ 104A、トランジスタ 105A のように、特に赤外光を吸収する光センサを指す場合は、光センサ 100B、フォトダイオード 102B、トランジスタ 103B、トランジスタ 104B、トランジスタ 105B のように表すものとする。

【0058】

図 4 に示す光センサ 100A 及び光センサ 100B は、それぞれ 3 個のトランジスタと 1 個のフォトダイオードから構成される。光センサ 100A、及び光センサ 100B の素子数を一般的な光センサが有する素子数と比べて低減させることで、画素の微細化を図り、半導体装置を小型化することが容易になる。

【0059】

図 4 において、信号線 11A、11B はリセット信号線 (PR)、信号線 12A、12B

10

20

30

40

50

は電荷蓄積信号線（TX）、信号線13A、13Bは選択信号線（SE）、ノード14A、14Bは、フローティングディフュージョン（FD）ノード、信号線15は、光センサ基準信号線、信号線16A、16Bは、光センサ出力信号線である。なお、図4では、2次元撮像に用いられる信号線を、__2で、3次元撮像に用いられる信号線を、__3で表している。

【0060】

フォトダイオード102A、102Bは、該ダイオードに入射する光を検出し、電荷を発生させる光電変換素子として機能する。照射される光量に応じて発生する電荷量が決まる。

【0061】

トランジスタ103A、103Bは、撮像を制御するトランジスタとして機能する。即ちフォトダイオード102A、102Bに照射される光量に基づき、ノード14A、ノード14Bに蓄積させる電荷量を制御するトランジスタとして機能する。

【0062】

また、図4に示すように、光センサ群110において、フォトダイオード102A、102Bの陽極は信号線11A、11Bのそれぞれと電氣的に接続され、フォトダイオード102A、102Bの陰極は、トランジスタ103A、103Bのソース電極又はドレイン電極の一方のそれぞれと電氣的に接続されている。トランジスタ103A、103Bのソース電極又はドレイン電極の他方と、トランジスタ104A、104Bのゲート電極のそれぞれと、ノード14A、14Bのそれぞれとは、電氣的に接続されている。トランジスタ104A、104Bのソース電極又はドレイン電極の一方と信号線15は、電氣的に接続されている。トランジスタ105A、105Bのソース電極又はドレイン電極の一方と信号線16A、16Bのそれぞれとは、電氣的に接続されている。トランジスタ104A、104Bのソース電極又はドレイン電極の他方のそれぞれと、トランジスタ105A、105Bのソース電極又はドレイン電極の他方のそれぞれとは、電氣的に接続されている。トランジスタ103A、103Bのゲート電極と信号線12A、12Bのそれぞれとは電氣的に接続され、トランジスタ105A、105Bのゲート電極と信号線13A、13Bのそれぞれとは電氣的に接続されている。

【0063】

<撮像の仕組み>

ここで、撮像の仕組みについて説明する。以下では、光センサ100を例に挙げて説明するが、光センサ100A及び光センサ100Bについても同様の仕組みが適用される。フォトダイオード102の陽極の電位を" L " から" H " とし、トランジスタ103のゲート電極の電位を" L " から" H " とすると、ノード14に正の電荷が蓄積されていく。この状態で、信号線11の電位を、" H " から" L " とすると、フォトダイオード102に照射される光量に基づき、ノード14に負の電荷が蓄積されていく（撮像開始）。次いで、トランジスタ103のゲート電極の電位を" H " から" L " とするとノード14での電荷の蓄積は停止する（撮像終了）。トランジスタ103のゲート電極の電位を、切り換えることで、ノード14に蓄積させる電荷量を制御することができる。

【0064】

トランジスタ103に用いられる半導体層には、アモルファスシリコン、微結晶シリコン、又は酸化物半導体を用いることが好ましい。半導体層として酸化物半導体を用いたトランジスタはオフ電流が極めて低いため、フォトダイオード102に光が照射されることにより生成された電荷を、長時間保持することが可能になる。従って、撮像データを長時間保持することが可能であるため正確な撮像データを取得し易い。

【0065】

また、トランジスタ103の半導体層として酸化物半導体材料を用いることでノード14から、フォトダイオード102に漏れる電荷の流れを抑えることが可能になる。特に、ノード14に長時間、電荷が蓄積される場合には、漏れ電荷の影響が大きくなるため、酸化物半導体を用いることが特に好ましい。半導体層に酸化物半導体を用いて、遅延期間をよ

10

20

30

40

50

り高精度に検出し、信頼性の高い検出信号を取得することで、光センサ１００全体の性能を高めることも可能になる。

【００６６】

トランジスタ１０４は、ノード１４における電荷の蓄積量に基づき変換された電位を増幅するトランジスタとして機能する。トランジスタ１０４の増幅度を高めれば、光センサ１００の感度を高めることができる。

【００６７】

トランジスタ１０４に用いられる半導体層としては、多結晶シリコン、単結晶シリコンなどの材料を用いることが好ましい。半導体層にこれらの材料を用いる事で、ノード１４の電荷に対する増幅度を高めることができるため、より感度の良い増幅トランジスタを構成することが可能になる。

10

【００６８】

トランジスタ１０５は、光センサ１００の出力を制御するトランジスタとして機能する。即ち、トランジスタ１０４により増幅された電位を、ゲート電極の電位を切り換えることで、信号線１６の電位として出力する事ができる。

【００６９】

トランジスタ１０５に用いられる半導体層としては、多結晶シリコン、単結晶シリコンなどの材料を用いることが好ましい。これらの材料を用いることで、トランジスタ１０５のオン電流を高くすることができる。従って、検出信号の出力期間を短縮し、光センサ１００の出力を高速で制御することができる。また、半導体層にこれらの材料を用いる事で、信号線１６のスイッチングの速度をより広範囲で制御することが可能になる。電位変化の速度の自由度を高めて速度差を明確に抽出することで、より正確な検出信号の取得が可能になる。

20

【００７０】

上述のように、光センサ１００は、フォトダイオード１個とトランジスタ３個という４素子で構成される。光センサを少ない素子数で構成することが可能であるため、光センサを高密度で集積し、画素の微細化を達成することが容易になる。また、トランジスタ１０４及びトランジスタ１０５の半導体層として、多結晶シリコン、単結晶シリコンなどの材料を、トランジスタ１０３の半導体層として、アモルファスシリコン、微結晶シリコン、又は酸化物半導体材料を用いて、積層構造を構成することで、より画素を微細化することもできる。

30

【００７１】

なお、フォトダイオード１０２に光が照射されることにより生成された電荷をノード１４に短時間で蓄積させることを重視する場合、即ち、被検出物が高速で移動する場合等であれば、トランジスタ１０３に用いられる半導体層としてアモルファスシリコンや多結晶シリコン、単結晶シリコンなどの材料を用いることもできる。これらの材料を用いても、ノード１４に電荷が蓄積されている時間は僅かであるため、漏れ電荷によって生じる悪影響を抑えることができる。

【００７２】

また、中小型で高速動作を特に重視する光センサ１００を得る場合には、画素を構成する全てのトランジスタ（トランジスタ１０３、トランジスタ１０４、トランジスタ１０５）を多結晶シリコン、単結晶シリコンなどの材料で構成することもできる。

40

【００７３】

また、低コスト化、大型化、且つ高性能化を重視する場合には、画素を構成する全てのトランジスタ（トランジスタ１０３、トランジスタ１０４、トランジスタ１０５）を酸化物半導体材料で構成することもできる。

【００７４】

また、低コスト化、且つ大型化を重視する場合には、画素を構成する全てのトランジスタ（トランジスタ１０３、トランジスタ１０４、トランジスタ１０５）をアモルファスシリコンや微結晶シリコンで構成することもできる。

50

【 0 0 7 5 】

< 半導体装置の駆動方法 1 >

以下に、図 2 で示した光センサ 1 0 0 を有する半導体装置の駆動方法の一例について説明する。該駆動方法を用いることで、異なる 2 個の検出信号を取得し、半導体装置と被検出物との距離を算出することができる。

【 0 0 7 6 】

距離の算出は、半導体装置が有する信号処理回路により行われる。該信号処理回路は、取得した異なる検出信号に基づき適切な演算処理を行うことが可能である。従って、1 個の光センサと、被検出物のある一点との距離は、光源から被検出物に対して、赤外光の照射と停止を複数回繰り返す事で算出することが可能である。

10

【 0 0 7 7 】

更に、赤外光の照射開始から停止までの期間を極めて短く、且つ複数回繰り返す事で、半導体装置は、被検出物と光センサとの距離を精度良く取得することができる。

【 0 0 7 8 】

まずタイミングチャートについて説明する。

【 0 0 7 9 】

図 5 は、光源から被検出物に対して、赤外光照射が行われるタイミングを示すパルス 3 0 1、被検出物に到達して反射された光がフォトダイオードへ入射するタイミングを示すパルス 3 0 2、信号線 1 1 のパルス (P R)、信号線 1 2 のパルス (T X)、信号線 1 3 のパルス (S E)、ノード 1 4 のパルス (F D)、信号線 1 6 のパルス、を示している。

20

【 0 0 8 0 】

本明細書におけるパルス 3 0 1 では、赤外光照射が行われている期間を " H " で表し、赤外光照射が行われていない期間を " L " で表している。

【 0 0 8 1 】

図 5 に示すように、期間 T の赤外光照射が複数回行われる。なお、第 1 回目の赤外光照射は、時刻 T 2 から時刻 T 4、第 2 回目の赤外光照射は、時刻 T 6 から時刻 T 8、第 3 回目の赤外光照射は、時刻 T 1 2 から時刻 T 1 5、第 4 回目の赤外光照射は、時刻 T 1 8 から時刻 T 2 0 であり、期間 T は極めて短い。

【 0 0 8 2 】

本明細書におけるパルス 3 0 2 では、光源から被検出物に対して照射された赤外光が、被検出物で反射され、光センサ 1 0 0 に入射している期間を、" H " で表し、入射していない期間を " L " で表している。

30

【 0 0 8 3 】

信号線 1 1 のパルス (P R) では、フォトダイオード 1 0 2 の陽極に供給される電位が高電位の期間を " H " で、低電位の期間を " L " で表している。なお、後述する図 7 における信号線 1 1 $_ (k - 1)$ (P R $_ (k - 1)$)、信号線 1 1 $_ (k)$ (P R $_ (k)$)、図 8 における信号線 1 1 A (P R $_ 2$)、信号線 1 1 B (P R $_ 3$) も同様である。

【 0 0 8 4 】

本明細書における信号線 1 2 のパルス (T X) では、トランジスタ 1 0 3 のゲート電極に供給される電位が高電位の期間を " H " で、低電位の期間を " L " で表している。なお、後述する図 7 における信号線 1 2 $_ (k - 1)$ (T X $_ (k - 1)$)、信号線 1 2 $_ (k)$ (T X $_ (k)$)、図 8 における信号線 1 2 A (T X $_ 2$)、信号線 1 2 B (T X $_ 3$) も同様である。

40

【 0 0 8 5 】

本明細書における信号線 1 3 のパルス (S E) では、トランジスタ 1 0 5 のゲート電極に供給される電位が高電位の期間を " H " で、低電位の期間を " L " で表している。なお、後述する図 7 における信号線 1 3 $_ (k - 1)$ (S E $_ (k - 1)$)、信号線 1 3 $_ (k)$ (S E $_ (k)$)、図 8 における信号線 1 3 A (S E $_ 2$)、信号線 1 3 B (S E $_ 3$) も同様である。

【 0 0 8 6 】

50

図 5 に示すノード 14 のパルス (FD) では、高電位の期間を "H" で、低電位の期間を "L" で、時刻 T₉ での低電位 "L" とノード 14 との間の電位差を "V₁" で、時刻 T₂₁ での低電位 "L" とノード 14 との間の電位差を "V₂" で、表している。

【0087】

図 5 に示す信号線 16 のパルスでは、高電位の期間を "H" で、低電位の期間を "L" で、時刻 T₁₁ での、低電位 "L" と信号線 16 との間の電位差を "V_{S1}" で、時刻 T₂₄ での、低電位 "L" と信号線 16 との間の電位差を "V_{S2}" で、表している。

【0088】

なお、図 5 において、時刻 T₁₁ での、低電位 "L" と信号線 16 との間の電位差 "V_{S1}" が第 1 の検出信号 S₁ に相当し、時刻 T₂₄ での、低電位 "L" と信号線 16 との間の電位差 "V_{S2}" が第 2 の検出信号 S₂ に相当する。

10

【0089】

また、図 5 において、遅延期間 T は、時刻 T₂ から時刻 T₃、時刻 T₆ から時刻 T₇、時刻 T₁₂ から時刻 T₁₃、時刻 T₁₈ から時刻 T₁₉ に相当する。

【0090】

なお、本明細書において、低電位 "L" とは全て共通の電位を指すものとする。

【0091】

なお、図 5 では、4 回の赤外光照射において期間 T を固定する。

【0092】

更に、上記撮像を行う期間において、半導体装置から被検出物までの距離は変わらないものとする。従って、遅延期間 T は 4 回の赤外光照射で等しいと仮定できる。

20

【0093】

なお、図 5 では、一例として第 1 の検出信号及び第 2 の検出信号を取得するための赤外光照射をそれぞれ 2 回行っているが、3 回以上行うことも有効であり、回数は特に限定されない。ただし、第 1 の検出信号を取得するための赤外光照射の回数と、第 2 の検出信号を取得するための赤外光照射の回数とは、等しくする。

【0094】

次に、半導体装置が有するある 1 個の光センサと被検出物のある一点との距離を算出する方法について説明する。図 5 のタイミングチャートに合わせて赤外光照射を 2 回行った場合を考える。半導体装置から被検出物までの距離を x、検出信号強度が正味の露光時間 (撮像期間における反射光の入射時間) に比例するとして、その比例定数を (ただし は一定)、第 1 の検出信号を S₁ (2)、第 2 の検出信号を S₂ (2)、光速を c (3 × 10⁸ m/s) とすると、第 1 の検出信号 S₁ (2)、第 2 の検出信号 S₂ (2)、遅延期間 T、距離 x は、それぞれ以下のように表せる。

30

【数 7】

$$S_1(2) = \alpha \times ((T_4 - T_2) - (T_3 - T_2)) + \alpha \times ((T_8 - T_6) - (T_7 - T_6)) = 2\alpha(T - \Delta T)$$

$$S_2(2) = \alpha \times (T_{13} - T_{12}) + \alpha \times (T_{19} - T_{18}) = 2\alpha\Delta T$$

40

$$\Delta T = \frac{S_2(2) \times T}{S_1(2) + S_2(2)}$$

$$x = \frac{c \times \Delta T}{2} = \frac{c \times T \times S_2(2)}{2(S_1(2) + S_2(2))}$$

【0095】

赤外光照射を 2 回行った場合からの類推で、赤外光照射を n 回行った場合についても、次

50

の様に容易に定式化できる。すなわち、半導体装置から被検出物までの距離を x 、検出信号強度が正味の露光時間（撮像期間における反射光の入射時間）に比例するとして、その比例定数を α 、第 1 の検出信号を $S_1(n)$ 、第 2 の検出信号を $S_2(n)$ 、光速を c ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$) とすると、第 1 の検出信号 $S_1(n)$ 、第 2 の検出信号 $S_2(n)$ 、遅延期間 T 、距離 x は、それぞれ以下のように表せる。

【数 8】

$$S_1(n) = n \times \alpha \times (T - \Delta T)$$

$$S_2(n) = n \times \alpha \times (\Delta T)$$

10

$$\Delta T = \frac{S_2(n) \times T}{S_1(n) + S_2(n)}$$

$$x = \frac{c \times \Delta T}{2} = \frac{c \times T \times S_2(n)}{2(S_1(n) + S_2(n))} \dots (A)$$

【0096】

20

上記計算より、赤外光照射の回数が異なっても、距離 x は、遅延期間 T に依存せず、照射期間、検出信号、光速から算出可能であることがわかる。

【0097】

また、第 1 の検出信号 $S_1(n)$ 及び第 2 の検出信号 $S_2(n)$ は、赤外光照射の回数 n を大きくする程、精度が高くなる。赤外光照射の回数が多い程、FD ノードの電位の変化、及び出力信号線における電位の変化が大きくなり、検出信号の強度変化が大きくなるので、S/N 比を向上させることができるためである。従って、赤外光照射の回数を多くするほど、より高精度な距離 x を算出できる。

【0098】

また、赤外光を照射する期間 T は、遅延期間 T 以下にならない程度に短く設定される事が好ましい。期間 T が短い程、期間 T に占める遅延期間 T の割合を大きくすることができる。距離 x に対する第 1 の検出信号 S_1 及び第 2 の検出信号 S_2 の変化を大きくすることで、距離 x に対する感度を上げ易く、精度を向上させることができる。

30

【0099】

即ち、検出信号を取得する度に、極めて短い期間 T の赤外光照射を複数回繰り返し行うことは、長期間で 1 回の赤外光照射を行うことと比較して、高精度に半導体装置と被検出物との距離を算出でき、且つ計測時間全体を大幅に低減できることになる。

【0100】

次に、具体的な半導体装置の駆動方法について、図 5 に示すタイミングチャートを利用して説明する。

40

【0101】

時刻 T_1 において、信号線 11 の電位を "L" から "H" とする（第 1 のリセット動作）。更に、信号線 12 の電位を "L" から "H" とする。この時、フォトダイオード 102 及びトランジスタ 103 が導通し、ノード 14 の電位が "H" となる。

【0102】

時刻 T_2 において、光源から被検出物に対して第 1 回目の赤外光照射を開始する。パルス 301 では、"L" から "H" で示している。また、信号線 11 の電位を "H" から "L" とする。信号線 12 の電位は、"H" を維持する。

【0103】

時刻 T_3 において、第 1 回目の赤外光照射に対する撮像を開始する。時刻 T_3 において、

50

第1回目の赤外光照射による被検出物からの反射光がフォトダイオード102に入射し始める。なお、当該反射光は、赤外光である。パルス302では、“L”から“H”で示している。ノード14の電位は“H”から低下し始める。信号線12は“H”を維持する。

【0104】

時刻T4において、第1回目の赤外光照射を停止する。(時刻T2から時刻T4までの間を期間Tとする。)

【0105】

パルス301では、“H”から“L”で示している。また、信号線12の電位を“H”から“L”とする。第1回目の赤外光照射に対する撮像が終了する。また、時刻T4において、ノード14の電位の低下が止まり、一定となる。

10

【0106】

時刻T4におけるノード14の電位は、時刻T3から時刻T4までの間(第1回目の赤外光照射中)にフォトダイオード102に照射される光量に基づいて決定される。光量が多いほど、電位変化は大きくなる。即ち、同一照射期間であれば光強度が大きい程、同一強度であれば、照射期間が長い程、電位変化は大きくなる。

【0107】

なお、信号線12を“L”とする際、信号線12とノード14との間における寄生容量により、ノード14の電位変化が生じる。電位変化が大きい場合、フォトダイオード102で生成した光電流を精密に取得できないことになる。従って、寄生容量の影響を低減するために、トランジスタ103のゲート電極-ソース電極間容量、又はトランジスタ103のゲート電極-ドレイン電極間容量を低減する、ノード14に保持容量を接続する、などの対策が有効である。本実施の形態の光センサでは、これらの対策を施し、寄生容量に起因するノードの電位変化は無視できるものとしている。

20

【0108】

時刻T5において、被検出物からのフォトダイオード102に対する反射光の入射が終了する。パルス302では、“H”から“L”で示している。

【0109】

時刻T6において、光源から被検出物に対して第2回目の赤外光照射を開始する。パルス301では、“L”から“H”で示している。また、信号線12の電位を“L”から“H”とする。ノード14の電位は、時刻T4における電位を維持する。

30

【0110】

時刻T7において、第2回目の赤外光照射に対する撮像を開始する。時刻T7において、第2回目の赤外光照射による被検出物からの反射光がフォトダイオード102に入射し始める。パルス302では、“L”から“H”で示している。ノード14の電位は、時刻T4における電位から低下し始める。信号線12は“H”を維持する。

【0111】

時刻T8において、第2回目の赤外光照射を停止する。(時刻T6から時刻T8までの間を期間Tとする。)

【0112】

パルス301では、“H”から“L”で示している。また、信号線12の電位を“H”から“L”とする。第2回目の赤外光照射に対する撮像が終了する。また、時刻T8において、ノード14の電位の低下が止まり、一定となる。時刻T8におけるノード14の電位を、“ V_1 ”とする。

40

【0113】

時刻T8におけるノード14の電位“ V_1 ”は、時刻T3から時刻T4までの間にフォトダイオード102に照射される光量と時刻T7から時刻T8までの間(第2回目の赤外光照射中)にフォトダイオード102に照射される光量との合計に基づいて決定される。

【0114】

時刻T9において、被検出物からのフォトダイオード102に対する反射光の入射が終了する。パルス302では、“H”から“L”で示している。

50

【 0 1 1 5 】

時刻 T 1 0 において、信号線 1 3 の電位を " L " から " H " とする (第 1 の読み出し開始) 。ゲート電極に電位 " H " が供給され、トランジスタ 1 0 5 が導通する。また、信号線 1 5 及び信号線 1 6 が、トランジスタ 1 0 4、トランジスタ 1 0 5 を介して、導通する。

【 0 1 1 6 】

信号線 1 6 の電位は " H " から低下し始める。

【 0 1 1 7 】

なお、時刻 T 1 0 以前に、信号線 1 6 には、予めプリチャージ動作を施し、信号線 1 6 の電位を " H " としておく。

【 0 1 1 8 】

時刻 T 1 1 において、信号線 1 3 の電位を " H " から " L " とする (第 1 の読み出し終了) 。トランジスタ 1 0 5 が遮断され、信号線 1 6 の電位の低下が止まり、一定となる。時刻 T 1 1 における信号線 1 6 の電位を、 " V_{S1} " とする。

【 0 1 1 9 】

時刻 T 1 1 における信号線 1 6 の電位 " V_{S1} " を取得することで、第 1 回目の赤外光照射中にフォトダイオード 1 0 2 に照射される光量と、第 2 回目の赤外光照射中にフォトダイオード 1 0 2 に照射される光量との合計を検出することができる。

【 0 1 2 0 】

なお、フォトダイオード 1 0 2 に照射される光量が多いと、一定期間内でのノード 1 4 の電位変化は大きくなるため、ノード 1 4 の電位は低くなる。また、トランジスタ 1 0 4 のチャネル抵抗が高くなるので、信号線 1 6 の電位の低下速度は遅くなる。従って、ノード 1 4 の電位変化と、信号線 1 6 の電位変化は反転する。

【 0 1 2 1 】

なお、第 1 回目の赤外光照射及び第 2 回目の赤外光照射における光強度が一定の場合、信号線 1 6 の電位 " V_{S1} " は、照射期間に比例するものとする。

【 0 1 2 2 】

時刻 T 1 2 において、光源から被検出物に対して第 3 回目の赤外光照射を開始する。パルス 3 0 1 では、" L " から " H " で示している。

【 0 1 2 3 】

時刻 T 1 3 において、第 3 回目の赤外光照射による被検出物からの反射光がフォトダイオード 1 0 2 に入射し始める。パルス 3 0 2 では、" L " から " H " で示している。

【 0 1 2 4 】

時刻 T 1 4 において、信号線 1 1 の電位を " L " から " H " とする (第 2 のリセット動作) 。更に、信号線 1 2 の電位を " L " から " H " とする。この時、フォトダイオード 1 0 2 及びトランジスタ 1 0 3 が導通し、ノード 1 4 の電位が " H " となる。

【 0 1 2 5 】

なお、第 2 のリセット動作は、第 3 回目の赤外光照射の前に行っても良い。

【 0 1 2 6 】

時刻 T 1 5 において、第 3 回目の赤外光照射に対する撮像を開始する。時刻 T 1 5 において、第 3 回目の赤外光照射を停止する。(時刻 T 1 2 から時刻 T 1 5 までの間を期間 T とする。) パルス 3 0 1 では、" H " から " L " で示している。また、信号線 1 1 の電位を " H " から " L " とする。ノード 1 4 の電位は " H " から低下し始める。信号線 1 2 は " H " を維持する。

【 0 1 2 7 】

時刻 T 1 6 において、被検出物からのフォトダイオード 1 0 2 に対する反射光の入射が終了する。パルス 3 0 2 では、" H " から " L " で示している。信号線 1 2 は電位 " H " を維持する。

【 0 1 2 8 】

第 3 回目の赤外光照射に対する撮像が終了する。また、時刻 T 1 6 において、ノード 1 4 の電位の低下が止まり、一定となる。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 9 】

時刻 T 1 6 におけるノード 1 4 の電位は、時刻 T 1 5 から時刻 T 1 6 までの間（第 3 回目の赤外光照射後）にフォトダイオード 1 0 2 に照射される光量に基づいて決定される。

【 0 1 3 0 】

時刻 T 1 7 において、信号線 1 2 の電位を " H " から " L " とする。

【 0 1 3 1 】

なお、時刻 T 1 6 から時刻 T 1 7 までの間は、フォトダイオード 1 0 2 に反射光は照射されない。

【 0 1 3 2 】

時刻 T 1 8 において、光源から被検出物に対して第 4 回目の赤外光照射を開始する。パルス 3 0 1 では、" L " から " H " で示している。

10

【 0 1 3 3 】

時刻 T 1 9 において、第 4 回目の赤外光照射による被検出物からの反射光がフォトダイオード 1 0 2 に入射し始める。パルス 3 0 2 では、" L " から " H " で示している。

【 0 1 3 4 】

時刻 T 2 0 において、第 4 回目の赤外光照射に対する撮像を開始する。時刻 T 2 0 において、第 4 回目の赤外光照射を停止する。（時刻 T 1 8 から時刻 T 2 0 までの間を期間 T とする。）パルス 3 0 1 では、" H " から " L " で示している。また、信号線 1 2 の電位を " L " から " H " とする。時刻 T 2 0 において、ノード 1 4 の電位は、時刻 T 1 6 における電位から低下し始める。

20

【 0 1 3 5 】

時刻 T 2 1 において、被検出物からのフォトダイオード 1 0 2 に対する反射光の入射が終了する。パルス 3 0 2 では、" H " から " L " で示している。信号線 1 2 は電位 " H " を維持する。

【 0 1 3 6 】

時刻 T 2 1 において、第 4 回目の赤外光照射に対する撮像が終了する。また、時刻 T 2 1 において、ノード 1 4 の電位の低下が止まり、一定となる。時刻 T 2 1 におけるノード 1 4 の電位を、" V_2 " とする。

【 0 1 3 7 】

時刻 T 2 1 におけるノード 1 4 の電位 " V_2 " は、時刻 T 1 5 から時刻 T 1 6 までの間にフォトダイオード 1 0 2 に照射される光量と時刻 T 2 0 から時刻 T 2 1 までの間にフォトダイオード 1 0 2 に照射される光量との合計に基づいて決定される。

30

【 0 1 3 8 】

時刻 T 2 2 において、信号線 1 2 の電位を " H " から " L " とする。

【 0 1 3 9 】

時刻 T 2 3 において、信号線 1 3 の電位を " L " から " H " とする（第 2 の読み出し開始）。ゲート電極に電位 " H " が供給され、トランジスタ 1 0 5 が導通する。また、信号線 1 5 及び信号線 1 6 が、トランジスタ 1 0 4、トランジスタ 1 0 5 を介して、導通する。

【 0 1 4 0 】

信号線 1 6 の電位は " H " から低下し始める。

40

【 0 1 4 1 】

なお、時刻 T 2 3 以前に、信号線 1 6 には、予めプリチャージ動作を施し、信号線 1 6 の電位を " H " としておく。

【 0 1 4 2 】

信号線 1 6 にプリチャージ動作を施す読み出し回路の構成は特に限定されない。図 6 に示すように、読み出し回路 1 0 1 は、1 個の P c h トランジスタ 1 0 6 で構成することも可能である。信号線 1 7 は、プリチャージ信号線である。ノード 1 8 は、高電位供給線である。トランジスタ 1 0 6 のゲート電極は、信号線 1 7 と電氣的に接続され、トランジスタ 1 0 6 のソース電極又はドレイン電極の一方は、信号線 1 6 と電氣的に接続され、トランジスタ 1 0 6 のソース電極又はドレイン電極の他方は、ノード 1 8 と電氣的に接続されて

50

いる。

【 0 1 4 3 】

時刻 T_{24} において、信号線 13 の電位を "H" から "L" とする (第 2 の読み出し終了)。トランジスタ 105 が遮断され、信号線 16 の電位の低下が止まり、一定となる。時刻 T_{24} における信号線 16 の電位を、" V_{S2} " とする。

【 0 1 4 4 】

時刻 T_{24} における信号線 16 の電位 " V_{S2} " を取得することで、第 3 回目の赤外光照射後にフォトダイオード 102 に照射される光量と、第 4 回目の赤外光照射後にフォトダイオード 102 に照射される光量との合計を検出することができる。

【 0 1 4 5 】

なお、第 3 回目の赤外光照射及び第 4 回目の赤外光照射における光強度が一定の場合、信号線 16 の電位 " V_{S2} " は、照射期間に比例するものとする。

【 0 1 4 6 】

なお、本実施の形態においては、第 1 回目及び第 2 回目の赤外光照射に対する撮像期間 (時刻 T_3 から時刻 T_4 及び時刻 T_7 から時刻 T_8) に比べて、第 3 回目及び第 4 回目の赤外光照射に対する撮像期間 (時刻 T_{15} から時刻 T_{16} 及び時刻 T_{20} から時刻 T_{21}) は短い例を示している。そのため、時刻 T_{24} における信号線 16 の電位 (V_{S2}) は、時刻 T_{11} における信号線 16 の電位 (V_{S1}) に比べて小さい。

【 0 1 4 7 】

時刻 T_{25} において、光センサ 100 は、第 1 の検出信号 S_1 及び第 2 の検出信号 S_2 を取得できる。

【 0 1 4 8 】

上述のような駆動方法を、半導体装置が有する複数の画素に適用することで、それぞれの光センサと被検出物との距離を、より正確に算出する事ができる。

【 0 1 4 9 】

< 半導体装置の駆動方法 2 >

図 3 で示した光センサを有する半導体装置の駆動方法の一例について図 7 を用いて説明する。

【 0 1 5 0 】

図 7 に示すように、期間 T の赤外光照射が複数回行われる。なお、第 1 回目の赤外光照射は、時刻 T_2 から時刻 T_5 、第 2 回目の赤外光照射は、時刻 T_8 から時刻 T_{10} であり、期間 T は極めて短い。

【 0 1 5 1 】

図 7 におけるノード 14 のパルス (FD) では、高電位の期間を "H" で、低電位の期間を "L" で、時刻 T_{10} での低電位 "L" とノード 14 $_{(k-1)}$ との間の電位差を " V_1 " で、時刻 T_{11} での低電位 "L" とノード 14 $_{(k)}$ との間の電位差を " V_2 " で、表している。

【 0 1 5 2 】

図 7 における信号線 16 のパルスでは、高電位の期間を "H" で、低電位の期間を "L" で、時刻 T_{14} での低電位 "L" と信号線 16 $_{(k-1)}$ との間の電位差を " V_{S1} " で、時刻 T_{15} での低電位 "L" と信号線 16 $_{(k)}$ との間の電位差を " V_{S2} " で、表している。

【 0 1 5 3 】

なお、図 7 において、時刻 T_{14} での低電位 "L" と信号線 16 $_{(k-1)}$ との間の電位差 " V_{S1} " が第 1 の検出信号 S_1 に相当し、時刻 T_{15} での低電位 "L" と信号線 16 $_{(k)}$ との間の電位差 " V_{S2} " が第 2 の検出信号 S_2 に相当する。

【 0 1 5 4 】

また、図 7 において、遅延期間 T は、時刻 T_2 から時刻 T_3 、時刻 T_8 から時刻 T_9 に相当する。

【 0 1 5 5 】

10

20

30

40

50

なお、図 7 では、2 回の赤外光照射において期間 T を固定する。

【 0 1 5 6 】

なお、上記撮像を行う期間において、光源から被検出物までの距離は変化する。遅延期間 T は 2 回の赤外光照射で概ね等しいと仮定できる。

【 0 1 5 7 】

なお、図 7 では、一例として第 1 の検出信号及び第 2 の検出信号を取得するための赤外光照射を 2 回行っているが、3 回以上行うことも有効であり、回数は特に限定されない。

【 0 1 5 8 】

次に、半導体装置が有するある 1 個の光センサと被検出物のある一点との距離を算出する方法について説明する。図 7 のタイミングチャートに合わせて赤外光照射を 2 回行った場合を考える。光源から被検出物までの距離を x 、検出信号強度が正味の露光時間（撮像期間における反射光の入射時間）に比例するとして、その比例定数を（ただし α は一定）、第 1 の検出信号を $S_1(2)$ 、第 2 の検出信号を $S_2(2)$ 、光速を c (3×10^8 m/s) とすると、第 1 の検出信号 $S_1(2)$ 、第 2 の検出信号 $S_2(2)$ 、遅延期間 T 、距離 x は、それぞれ以下のように表せる。

【数 9】

$$S_1(2) = \alpha \times ((T5 - T2) - (T3 - T2)) + \alpha \times ((T10 - T8) - (T9 - T8)) = 2\alpha(T - \Delta T)$$

$$S_2(2) = \alpha \times (T3 - T2) + \alpha \times (T9 - T8) = 2\alpha\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{S_2(2) \times T}{S_1(2) + S_2(2)}$$

$$x = \frac{c \times \Delta T}{2} = \frac{c \times T \times S_2(2)}{2(S_1(2) + S_2(2))}$$

【 0 1 5 9 】

赤外光照射を 2 回行った場合からの類推で、赤外光照射を n 回行った場合についても、容易に定式化できる。詳細は、半導体装置の駆動方法 1 にて前述した通りであるため、省略する。

【 0 1 6 0 】

次に、具体的な半導体装置の駆動方法について、図 7 に示すタイミングチャートを利用して説明する。

【 0 1 6 1 】

時刻 T 1 において、信号線 1 1 __ ($k - 1$) の電位を " L " から " H " とする（リセット動作）。更に、信号線 1 2 __ ($k - 1$) の電位を " L " から " H " とする。この時、フォトダイオード 1 0 2 __ ($k - 1$) 及びトランジスタ 1 0 3 __ ($k - 1$) が導通し、ノード 1 4 __ ($k - 1$) の電位が " H " となる。

【 0 1 6 2 】

時刻 T 2 において、光源から被検出物に対して第 1 回目の赤外光照射を開始する。パルス 3 0 1 では、" L " から " H " で示している。また、信号線 1 1 __ ($k - 1$) の電位を " H " から " L " とする。信号線 1 2 __ ($k - 1$) の電位は、" H " を維持する。

【 0 1 6 3 】

時刻 T 3 において、第 1 回目の赤外光照射に対する第 1 の撮像を開始する。時刻 T 3 において、第 1 回目の赤外光照射による被検出物からの反射光がフォトダイオード 1 0 2 __ ($k - 1$) に入射し始める。なお、当該反射光は、赤外光である。パルス 3 0 2 では、" L " から " H " で示している。ノード 1 4 __ ($k - 1$) の電位は " H " から低下し始める。信号線 1 2 __ ($k - 1$) は " H " を維持する。

【 0 1 6 4 】

時刻 T 4 において、信号線 1 1 __ (k) の電位を " L " から " H " とする (リセット動作) 。更に、信号線 1 2 __ (k) の電位を " L " から " H " とする。この時、フォトダイオード 1 0 2 __ (k) 及びトランジスタ 1 0 3 __ (k) が導通し、ノード 1 4 __ (k) の電位が " H " となる。

【 0 1 6 5 】

時刻 T 5 において、第 1 回目の赤外光照射を停止する。(時刻 T 2 から時刻 T 5 までの間を期間 T とする。) パルス 3 0 1 では、" H " から " L " で示している。また、信号線 1 2 __ (k - 1) の電位を " H " から " L " とする。第 1 回目の赤外光照射に対する第 1 の撮像が終了する。また、時刻 T 5 において、ノード 1 4 __ (k - 1) の電位の低下が止まり、一定となる。

10

【 0 1 6 6 】

更に、時刻 T 5 において、第 1 回目の赤外光照射に対する第 2 の撮像を開始する。時刻 T 5 において、第 1 回目の赤外光照射による被検出物からの反射光がフォトダイオード 1 0 2 __ (k) に入射し始める。信号線 1 1 __ (k) の電位を " H " から " L " とする。信号線 1 2 __ (k) の電位は、" H " を維持する。ノード 1 4 __ (k) の電位は " H " から低下し始める。

【 0 1 6 7 】

時刻 T 5 におけるノード 1 4 __ (k - 1) の電位は、時刻 T 3 から時刻 T 5 までの間 (第 1 回目の赤外光照射中) にフォトダイオード 1 0 2 __ (k - 1) に照射される光量に基づいて決定される。光量が多いほど、電位変化は大きくなる。即ち、同一照射期間であれば光強度が大きい程、同一強度であれば、照射期間が長い程、電位変化は大きくなる。

20

【 0 1 6 8 】

時刻 T 6 において、被検出物からのフォトダイオード 1 0 2 __ (k - 1) に対する反射光の入射が終了する。第 1 回目の赤外光照射に対する第 2 の撮像が終了する。パルス 3 0 2 では、" H " から " L " で示している。また、信号線 1 2 __ (k) の電位は、" H " を維持する。また、ノード 1 4 __ (k) の電位の低下が止まり、一定となる。

【 0 1 6 9 】

時刻 T 7 において、信号線 1 2 __ (k) の電位を " H " から " L " とする。

【 0 1 7 0 】

30

時刻 T 8 において、光源から被検出物に対して第 2 回目の赤外光照射を開始する。パルス 3 0 1 では、" L " から " H " で示している。また、信号線 1 2 __ (k - 1) の電位を " L " から " H " とする。ノード 1 4 __ (k - 1) の電位は、時刻 T 5 における電位を維持する。

【 0 1 7 1 】

時刻 T 9 において、第 2 回目の赤外光照射に対する第 1 の撮像を開始する。時刻 T 9 において、第 2 回目の赤外光照射による被検出物からの反射光がフォトダイオード 1 0 2 __ (k - 1) に入射し始める。パルス 3 0 2 では、" L " から " H " で示している。ノード 1 4 __ (k - 1) の電位は、時刻 T 5 における電位から低下し始める。信号線 1 2 __ (k - 1) は " H " を維持する。

40

【 0 1 7 2 】

時刻 T 1 0 において、第 2 回目の赤外光照射を停止する。(時刻 T 8 から時刻 T 1 0 までの間を期間 T とする。)

【 0 1 7 3 】

パルス 3 0 1 では、" H " から " L " で示している。また、信号線 1 2 __ (k - 1) の電位を " H " から " L " とする。第 2 回目の赤外光照射に対する第 1 の撮像が終了する。また、時刻 T 1 0 において、ノード 1 4 __ (k - 1) の電位の低下が止まり、一定となる。時刻 T 1 0 におけるノード 1 4 __ (k - 1) の電位を、" V ₁ " とする。

【 0 1 7 4 】

時刻 T 1 0 におけるノード 1 4 __ (k - 1) の電位 " V ₁ " は、時刻 T 3 から時刻 T 5 ま

50

での間にフォトダイオード 102 __ (k - 1) に照射される光量と時刻 T 9 から時刻 T 10 までの間にフォトダイオード 102 __ (k - 1) に照射される光量との合計に基づいて決定される。

【 0 1 7 5 】

更に、時刻 T 10 において、第 2 回目の赤外光照射に対する第 2 の撮像を開始する。信号線 12 __ (k) の電位を " L " から " H " とする。時刻 T 10 において、第 2 回目の赤外光照射による被検出物からの反射光がフォトダイオード 102 __ (k) に入射し始める。ノード 14 __ (k) の電位は、時刻 T 6 における電位から低下し始める。

【 0 1 7 6 】

時刻 T 11 において、被検出物からのフォトダイオード 102 __ (k) に対する反射光の入射が終了する。第 2 回目の赤外光照射に対する第 2 の撮像が終了する。パルス 302 では、" H " から " L " で示している。また、信号線 12 __ (k) の電位は、" H " を維持する。また、ノード 14 __ (k) の電位の低下が止まり、一定となる。時刻 T 11 におけるノード 14 __ (k) の電位を、" V₂ " とする。

【 0 1 7 7 】

時刻 T 11 におけるノード 14 __ (k) の電位 " V₂ " は、時刻 T 5 から時刻 T 6 までの間にフォトダイオード 102 __ (k) に照射される光量と時刻 T 10 から時刻 T 11 までの間にフォトダイオード 102 __ (k) に照射される光量との合計に基づいて決定される。

【 0 1 7 8 】

時刻 T 12 において、信号線 12 __ (k) の電位を " H " から " L " とする。

【 0 1 7 9 】

時刻 T 13 において、信号線 13 __ (k - 1) の電位を " L " から " H " とする (第 1 の読み出し開始) 。ゲート電極に電位 " H " が供給され、トランジスタ 105 __ (k - 1) が導通する。また、信号線 15 __ (k - 1) 及び信号線 16 __ (k - 1) が、トランジスタ 104 __ (k - 1) 、トランジスタ 105 __ (k - 1) を介して、導通する。

【 0 1 8 0 】

信号線 16 __ (k - 1) の電位は " H " から低下し始める。

【 0 1 8 1 】

なお、時刻 T 13 以前に、信号線 16 __ (k - 1) には、予めプリチャージ動作を施し、信号線 16 __ (k - 1) の電位を " H " としておく。

【 0 1 8 2 】

信号線 16 __ (k - 1) にプリチャージ動作を施す読み出し回路の構成は特に限定されない。例えば図 6 に示す読み出し回路 101 が挙げられる。

【 0 1 8 3 】

時刻 T 14 において、信号線 13 __ (k - 1) の電位を " H " から " L " とする (第 1 の読み出し終了) 。トランジスタ 105 __ (k - 1) が遮断され、信号線 16 __ (k - 1) の電位の低下が止まり、一定となる。時刻 T 14 における信号線 16 __ (k - 1) の電位を、" V_{S1} " とする。

【 0 1 8 4 】

時刻 T 14 における信号線 16 __ (k - 1) の電位 " V_{S1} " を取得することで、2 回の赤外光照射中にフォトダイオード 102 __ (k - 1) に照射される光量の合計を検出することができる。

【 0 1 8 5 】

更に時刻 T 14 において、信号線 13 __ (k) の電位を " L " から " H " とする (第 2 の読み出し開始) 。ゲート電極に電位 " H " が供給され、トランジスタ 105 __ (k) が導通する。また、信号線 15 __ (k) 及び信号線 16 __ (k) が、トランジスタ 104 __ (k) 、トランジスタ 105 __ (k) を介して、導通する。

【 0 1 8 6 】

信号線 16 __ (k) の電位は " H " から低下し始める。

【0187】

なお、時刻 T_{14} 以前に、信号線 $16_ (k)$ には、予めプリチャージ動作を施し、信号線 $16_ (k)$ の電位を "H" としておく。

【0188】

信号線 $16_ (k)$ にプリチャージ動作を施す読み出し回路の構成は特に限定されない。

【0189】

時刻 T_{15} において、信号線 $13_ (k)$ の電位を "H" から "L" とする（第2の読み出し終了）。トランジスタ $105_ (k)$ が遮断され、信号線 $16_ (k)$ の電位の低下が止まり、一定となる。時刻 T_{15} における信号線 $16_ (k)$ の電位を、" V_{S2} " とする。

10

【0190】

時刻 T_{15} における信号線 $16_ (k)$ の電位 " V_{S2} " を取得することで、2回の赤外光照射後にフォトダイオード $102_ (k)$ に照射される光量の合計を検出することができる。

【0191】

なお、第1回目の赤外光照射及び第2回目の赤外光照射における光強度が一定の場合、時刻 T_{14} での、低電位 "L" と信号線 $16_ (k-1)$ との間の電位差 " V_{S1} " 及び時刻 T_{15} での、低電位 "L" と信号線 $16_ (k)$ との間の電位差 " V_{S2} " は、照射期間に比例するものとする。

【0192】

20

なお、本実施の形態においては、時刻 T_5 から時刻 T_6 まで（時刻 T_{10} から時刻 T_{11} まで）の撮像期間は、時刻 T_3 から時刻 T_5 まで（時刻 T_9 から時刻 T_{10} まで）の撮像期間に比べて短い例を示している。そのため、" V_{S2} " は、" V_{S1} " に比べて小さい。

【0193】

時刻 T_{15} において、光センサは、第1の検出信号 S_1 及び第2の検出信号 S_2 を取得できる。上述の駆動方法では、第1の検出信号 S_1 及び第2の検出信号 S_2 を取得するために赤外光の照射を複数回行い、各回の被検出物からの反射光を、隣接するフォトダイオードにより、時間差を置かずに検出することが可能である。

【0194】

30

従って上述の駆動方法を、半導体装置が有する複数の画素に適用することで、被検出物が移動体であっても、それぞれの光センサと被検出物との距離を、より正確に算出することができる。

【0195】

<半導体装置の駆動方法3>

図4で示した光センサ群 110 を有する半導体装置の駆動方法の一例について図8を用いて説明する。該駆動方法を用いることで、異なる2個の検出信号を取得し、半導体装置と被検出物との距離を算出することができる。また、フォトダイオード $102A$ とフォトダイオード $102B$ とを重畳して形成する事で、距離情報と画像情報とを同時に取得することができる。

40

【0196】

距離の算出は、半導体装置が有する信号処理回路により行われる。該信号処理回路は、取得した異なる検出信号に基づき適切な演算処理を行うことが可能である。従って、1個の赤外光を吸収する光センサと、被検出物のある一点との距離は、光源から被検出物に対して、赤外光の照射と停止を複数回繰り返す事で算出することが可能である。

【0197】

更に、赤外光の照射開始から停止までの期間を極めて短く、且つ複数回繰り返す事で、半導体装置は、被検出物と赤外光を吸収する光センサとの距離を精度良く取得することができる。

【0198】

50

図 8 に示すように、期間 T の赤外光照射が複数回行われる。なお、第 1 回目の赤外光照射は、時刻 T_2 から時刻 T_4 、第 2 回目の赤外光照射は、時刻 T_6 から時刻 T_8 、第 3 回目の赤外光照射は、時刻 T_{12} から時刻 T_{15} 、第 4 回目の赤外光照射は、時刻 T_{18} から時刻 T_{20} であり、期間 T は極めて短い。

【0199】

ノード 14 A のパルス (FD_2) は、高電位の期間を "H" で、低電位の期間を "L" で、時刻 T_{25} での、低電位 "L" とノード 14 A との間の電位差を " V_3 " で表している。

【0200】

ノード 14 B のパルス (FD_3) は、高電位の期間を "H" で、低電位の期間を "L" で、時刻 T_9 での、低電位 "L" とノード 14 B との間の電位差を " V_1 " で、時刻 T_{21} での、低電位 "L" とノード 14 B との間の電位差を " V_2 " で、表している。

【0201】

信号線 16 A のパルスは、高電位の期間を "H" で、低電位の期間を "L" で、時刻 T_7 での、低電位 "L" と信号線 16 A との間の電位差を " V_{S_3} " で表している。

【0202】

信号線 16 B のパルスは、高電位の期間を "H" で、低電位の期間を "L" で、時刻 T_{11} での、低電位 "L" と信号線 16 B との間の電位差を " V_{S_1} " で、時刻 T_{24} での、低電位 "L" と信号線 16 B との間の電位差を " V_{S_2} " で、表している。

【0203】

なお、時刻 T_{11} での、低電位 "L" と信号線 16 B との間の電位差 " V_{S_1} " が第 1 の検出信号 S_1 に相当し、時刻 T_{24} での、低電位 "L" と信号線 16 B との間の電位差 " V_{S_2} " が第 2 の検出信号 S_2 に相当し、時刻 T_{27} での、低電位 "L" と信号線 16 A との間の電位差 " V_{S_3} " が第 3 の検出信号 S_3 に相当する。

【0204】

また、図 8 において、遅延期間 T は、時刻 T_2 から時刻 T_3 、時刻 T_6 から時刻 T_7 、時刻 T_{12} から時刻 T_{13} 、時刻 T_{18} から時刻 T_{19} に相当する。

【0205】

なお、図 8 では、4 回の赤外光照射において期間 T を固定する。

【0206】

更に、上記撮像を行う期間において、光源から被検出物までの距離は変わらないものとする。従って、遅延期間 T は 4 回の赤外光照射で等しいと仮定できる。

【0207】

なお、図 8 では、一例として第 1 の検出信号及び第 2 の検出信号を取得するための赤外光照射をそれぞれ 2 回行っているが、3 回以上行うことも有効であり、回数は特に限定されない。ただし、第 1 の検出信号を取得するための赤外光照射の回数と、第 2 の検出信号を取得するための赤外光照射の回数とは、等しくする。

【0208】

次に、半導体装置が有するある 1 個の赤外光を吸収する光センサと被検出物のある一点との距離を算出する方法については、半導体装置の駆動方法 1 と同様であるため、説明を省略する。

【0209】

次に、具体的な半導体装置の駆動方法について、図 8 に示すタイミングチャートを利用して説明する。

【0210】

光センサ群 110 は、可視光を吸収し、且つ赤外光を透過するフォトダイオード 102 A と、赤外光を吸収するフォトダイオード 102 B とを重畳して設けているため、3 次元撮像及び 2 次元撮像を同時に行う事ができる。

【0211】

まず、3 次元距離情報を取得するための 3 次元撮像について説明する。光センサ 100 B

10

20

30

40

50

は、時刻 $T_1 \sim T_2$ において、第 1 の検出信号 S_1 及び第 2 の検出信号 S_2 を取得する。これは、半導体装置の駆動方法 1 にて説明した光センサ 100 の駆動方法を参照できるため、詳細な説明は省略する。このような駆動方法を、半導体装置が有する複数の画素に適用することで、それぞれの赤外光を吸収する光センサと被検出物との距離を、より正確に算出する事ができる。

【0212】

次に 2 次元画像情報を取得するための 2 次元撮像について説明する。

【0213】

時刻 T_1 において、信号線 11A の電位を "L" から "H" とする (リセット動作)。更に、信号線 12A の電位を "L" から "H" とする。この時、フォトダイオード 102A 及びトランジスタ 103A が導通し、ノード 14A の電位が "H" となる。

10

【0214】

時刻 T_2 において、信号線 11A の電位を "H" から "L" とする。信号線 12A の電位は、"H" を維持する。ノード 14A の電位は "H" から低下し始める。

【0215】

2 次元画像情報を取得するための撮像を開始する。

【0216】

時刻 T_3 から時刻 T_2 5 において、信号線 12A の電位は、"H" を維持する。この間、ノード 14A の電位は "H" から低下し続ける。

【0217】

20

時刻 T_2 5 において、信号線 12A の電位を "H" から "L" とする。ノード 14A の電位の低下が止まり、一定となる。

【0218】

2 次元画像情報を取得するための撮像が終了する。

【0219】

時刻 T_2 5 におけるノード 14A の電位は、時刻 T_3 から時刻 T_2 5 までの間にフォトダイオード 102A に照射される光量に基づいて決定される。光量が多いほど、電位変化は大きくなる。

【0220】

時刻 T_2 6 において、信号線 13A の電位を "L" から "H" とする (読み出し開始)。ゲート電極に電位 "H" が供給され、トランジスタ 105A が導通する。また、信号線 15A 及び信号線 16A が、トランジスタ 104A、トランジスタ 105A を介して、導通する。

30

【0221】

信号線 16A の電位は "H" から低下し始める。

【0222】

なお、時刻 T_2 6 以前に、信号線 16A には、予めプリチャージ動作を施し、信号線 16A の電位を "H" としておく。

【0223】

時刻 T_2 7 において、信号線 13A の電位を "H" から "L" とする (読み出し終了)。トランジスタ 105A が遮断され、信号線 16A の電位の低下が止まり、一定となる。時刻 T_2 7 における信号線 16A の電位を、" V_{S_3} " とする。

40

【0224】

時刻 T_2 7 における信号線 16A の電位 " V_{S_3} " を取得することで、フォトダイオード 102A に照射される光量を検出することができる。

【0225】

なお、光強度が一定の場合、信号線 16A の電位 " V_{S_3} " は、照射期間に概ね比例する。

【0226】

時刻 T_2 7 において、光センサ群 110 は、第 1 の検出信号 S_1 、第 2 の検出信号 S_2 、

50

及び第 3 の検出信号 S_3 を取得できる。

【 0 2 2 7 】

上述のような駆動方法を、半導体装置が有する複数の画素に適用することで、それぞれの赤外光を吸収する光センサと被検出物との距離を算出しながら、可視光を吸収する光センサによって被検出物の画像情報を得る事ができる。

【 0 2 2 8 】

なお、本実施の形態は、本明細書で示す他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

【 0 2 2 9 】

(実施の形態 2)

本実施の形態では、赤外光照射の期間 T を最初から固定せず、半導体装置から被検出物までの距離を考慮しつつ、期間 T を調整し、検出信号の精度を向上させ、距離 x を算出する方法について図 9 を用いて説明する。

【 0 2 3 0 】

実施の形態 1 で説明したように、検出信号の精度は、赤外光照射の回数だけでなく赤外光照射の期間 T に占める遅延期間 T_d の割合にも依存する。

【 0 2 3 1 】

また、期間 T は、少なくとも遅延期間 T_d よりも長い期間とする必要があり、極めて短い期間で設定される事が好ましい。即ち図 9 に示すように、赤外光照射の期間は、期間 T_b で設定される場合に比べて、より短い期間 T_a で設定される事が好ましい。期間 T が短い程、期間 T に占める遅延期間 T_d の割合を大きくすることができるため、遅延期間 T_d の検出精度を向上させることができる。距離 x に対する検出信号の変化を大きくすることで、結果的に距離 x の精度を向上させることができる。

【 0 2 3 2 】

なお、実施の形態 1 では、検出信号が正味の露光時間に比例する、すなわち、比例係数が一定であることを仮定している。しかし、より一般的には、比例係数が一定ではない場合も有りうる。これは、比例係数が、正味の露光時間以外にも、光センサの増幅率、出力回路の増幅率などにも依存する場合があるためである。

【 0 2 3 3 】

そこで、本実施の形態のように、距離検出精度を更に向上するために、第 1 の検出信号 S_1 と第 2 の検出信号 S_2 とが等しくなるように、期間 T を調整することが有効である。ここで、第 1 の検出信号 S_1 と第 2 の検出信号 S_2 とが等しいことは、第 1 の検出信号 S_1 を取得する際と、第 2 の検出信号 S_2 を取得する際に、ノード $F D$ に蓄積される電荷が等しいことを意味し、すなわち、フォトダイオードに照射される光量が等しいことを意味する。ここで、反射光の強度が、被検出物に入射する期間は一定であるとすると、上記条件は、 $T_1 = T_2 / 2$ が成立している場合に限られる。

【 0 2 3 4 】

すなわち、期間 T を変化させ、第 1 の検出信号 S_1 と第 2 の検出信号 S_2 とが等しくなるように調整した場合には、数式 (A) に従って求めた被検出物までの距離は、光センサの増幅率、出力回路の増幅率などに依存せずに特定することができる。

【 0 2 3 5 】

具体的に一例を示すと、期間 T を変化させながら第 1 の検出信号 S_1 と第 2 の検出信号 S_2 とを順次取得し、期間 T を 1 n s e c とした時に、第 1 の検出信号 S_{1m} と、第 2 の検出信号 S_{2m} が等しくなったとする。数式 (A) にしたがって、期間 T 、及び光速 c から距離 x を算出すると、約 7.5 c m となる。この距離は、光センサの増幅率、出力回路の増幅率などに依存しない。

【 0 2 3 6 】

なお、被検出物の複数の点までの距離を各々高精度で算出するには、期間 T を変化させながら、各点における第 1 の検出信号 S_1 と第 2 の検出信号 S_2 とを順次取得し、第 1 の検出信号 S_1 と第 2 の検出信号 S_2 とが等しくなった時の、第 1 の検出信号 S_{1m} 、第 2 の

10

20

30

40

50

検出信号 S_{2m} 、及び期間 T を用いて、数式 (A) にしたがって距離を決定する。すなわち、各点において、検出精度が最も高くなるように期間 T を設定しながら距離を算出することが可能である。

【0237】

なお、本実施の形態においても赤外光照射の回数は多い事が好ましい。

【0238】

これにより高精度な距離情報を算出でき、且つ計測時間全体を大幅に低減できる。

【0239】

なお、本実施の形態は、本明細書で示す他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

10

【0240】

(実施の形態3)

本実施の形態では、実施の形態1で示した光センサ100の構成について、より詳細に説明する。m行n列のマトリクス状に配置された光センサ100を有する半導体装置の構成の一例について図10(A)を用いて、図10(A)とは別の構成の一例について図10(B)を用いて説明する。

【0241】

図10(A)では、複数の光センサ100がm行n列のマトリクス状に配置されている。各行の光センサ100は、複数の信号線11(PR)(11(PR)1~11(PR)mと表記する)のいずれか1つと、複数の信号線12(TX)(12(TX)1~12(TX)mと表記する)のいずれか1つと、複数の信号線13(SE)(13(SE)1~13(SE)mと表記する)のいずれか1つと電氣的に接続されている。各列の光センサ100は、複数の光センサ出力信号線(161~16nと表記する)のいずれか1つと、複数の光センサ基準信号線(151~15nと表記する)のいずれか1つと電氣的に接続されている。

20

【0242】

図10(A)では、各行の光センサにおいて信号線12(TX)を共有し、各行の光センサにおいて信号線11(PR)を共有し、各行の光センサにおいて信号線13(SE)を共有し、各列の光センサにおいて光センサ出力信号線を共有し、各列の光センサにおいて光センサ基準信号線を共有している。しかしながら、本発明はこれに限定されない。各行に複数本の信号線12(TX)を設けて互いに異なる光センサ100と電氣的に接続してもよい。各行に複数本の信号線11(PR)を設けて互いに異なる光センサ100と電氣的に接続してもよい。各行に複数本の信号線13(SE)を設けて互いに異なる光センサ100と電氣的に接続してもよい。各列に複数本の光センサ出力信号線を設けて互いに異なる光センサ100と電氣的に接続してもよい。各列に複数本の光センサ基準信号線を設けて互いに異なる光センサ100と電氣的に接続してもよい。

30

【0243】

また、図10(A)では、光センサ基準信号線を各列の光センサにおいて共有する構成を示したがこれに限定されない。光センサ基準信号線は各行の光センサにおいて共有しても良い。

40

【0244】

また、m行n列のマトリクス状に配置された光センサ100のうち、リセット動作、蓄積動作を同時に行う光センサ100において、信号線12(TX)を共有することもできる。m行n列のマトリクス状に配置された光センサ100のうち、リセット動作、蓄積動作を同時に行う光センサにおいて、信号線11(PR)を共有することもできる。

【0245】

上記のとおり配線を共有し、配線数を減らすことによって、m行n列のマトリクス状に配置された光センサ100を駆動する駆動回路を簡略化することができる。

【0246】

次いで、m行n列のマトリクス状に配置された光センサ100を有する3次元距離測定装

50

置の図 10 (A) とは別の構成の一例について図 10 (B) を用いて説明する。

【 0 2 4 7 】

図 10 (B) では、複数の光センサ 1 0 0 が m 行 n 列のマトリクス状に配置されている。各行の光センサ 1 0 0 は、複数の信号線 1 3 (S E) (1 3 (S E) _ 1 ~ 1 3 (S E) _ m と表記する) のいずれか 1 つと電氣的に接続されている。各列の光センサ 1 0 0 は、複数の信号線 1 1 (P R) (1 1 (P R) _ 1 ~ 1 1 (P R) _ n と表記する) のいずれか 1 つと、複数の信号線 1 2 (T X) (1 2 (T X) _ 1 ~ 1 2 (T X) _ n と表記する) のいずれか 1 つと、複数の光センサ出力信号線 (1 6 _ 1 ~ 1 6 _ n と表記する) のいずれか 1 つと、複数の光センサ基準信号線 (1 5 _ 1 ~ 1 5 _ n と表記する) のいずれか 1 つと電氣的に接続されている。

10

【 0 2 4 8 】

図 10 (B) では、各行の光センサにおいて信号線 1 3 (S E) を共有し、各列の光センサにおいて信号線 1 1 (P R) を共有し、各列の光センサにおいて信号線 1 2 (T X) を共有し、各列の光センサにおいて光センサ出力信号線を共有し、各列の光センサにおいて光センサ基準信号線を共有している。しかしながら、本発明はこれに限定されない。

【 0 2 4 9 】

図 10 (B) では、光センサ基準信号線を各列の光センサにおいて共有する構成を示したがこれに限定されない。光センサ基準信号線は各行の光センサにおいて共有しても良い。

【 0 2 5 0 】

また、m 行 n 列のマトリクス状に配置された光センサ 1 0 0 のうち、リセット動作、蓄積動作を同時に行う光センサにおいて、信号線 1 2 (T X) を共有することもできる。m 行 n 列のマトリクス状に配置された光センサ 1 0 0 のうち、リセット動作、蓄積動作を同時に行う光センサにおいて、信号線 1 1 (P R) を共有することもできる。

20

【 0 2 5 1 】

上記のとおり配線を共有し、配線数を減らすことによって、m 行 n 列のマトリクス状に配置された光センサ 1 0 0 を駆動する駆動回路を簡略化することができる。

【 0 2 5 2 】

図 11 (A) は、光センサ 1 0 0 の上面図を示し、図 11 (B) は、図 11 (A) の破線 A 1 - A 2 における断面図を示す。

【 0 2 5 3 】

光センサ 1 0 0 は、信号線 1 1 (P R) として機能する導電膜 2 1 0 と、信号線 1 2 (T X) として機能する導電膜 2 1 1 と、信号線 1 3 (S E) として機能する導電膜 2 1 2 と、信号線 1 5 (光センサ基準信号線) として機能する導電膜 2 1 3 と、信号線 1 6 (光センサ出力信号線) として機能する導電膜 2 1 4 とを有している。

30

【 0 2 5 4 】

光センサ 1 0 0 の有するフォトダイオード 1 0 2 は、順に積層された p 型の半導体膜 2 1 5 と、i 型の半導体膜 2 1 6 と、n 型の半導体膜 2 1 7 とを有している。導電膜 2 1 0 は、フォトダイオード 1 0 2 の陽極として機能する p 型の半導体膜 2 1 5 に電氣的に接続されている。

【 0 2 5 5 】

光センサ 1 0 0 の有する導電膜 2 1 8 は、トランジスタ 1 0 3 のゲート電極として機能しており、さらに、導電膜 2 1 1 に電氣的に接続されている。光センサ 1 0 0 の有する導電膜 2 1 9 は、トランジスタ 1 0 3 のソース電極又はドレイン電極の一方として機能する。光センサ 1 0 0 の有する導電膜 2 2 0 は、トランジスタ 1 0 3 のソース電極又はドレイン電極の他方として機能する。光センサ 1 0 0 の有する導電膜 2 2 1 は、n 型の半導体膜 2 1 7 と、導電膜 2 1 9 とに電氣的に接続されている。光センサ 1 0 0 の有する導電膜 2 2 2 は、トランジスタ 1 0 4 のゲート電極として機能しており、さらに、導電膜 2 2 0 に電氣的に接続されている。

40

【 0 2 5 6 】

光センサ 1 0 0 の有する導電膜 2 2 3 は、トランジスタ 1 0 4 のソース電極又はドレイン

50

電極の一方として機能する。光センサ１００の有する導電膜２２４は、トランジスタ１０４のソース電極又はドレイン電極の他方、及びトランジスタ１０５のソース電極又はドレイン電極の一方として機能する。また、導電膜２１４は、トランジスタ１０５のソース電極又はドレイン電極の他方として機能する。導電膜２１２は、トランジスタ１０５のゲート電極としても機能する。光センサ１００の有する導電膜２２５は、導電膜２２３及び導電膜２１３に電氣的に接続されている。

【０２５７】

なお、図１１では、光センサ１００の有する導電膜２２６は、信号線１１（ＰＲ）として機能する導電膜２１０に電氣的に接続されている。また、光センサ１００の有する導電膜２２７は、信号線１２（ＴＸ）として機能する導電膜２１１に電氣的に接続されている。

10

【０２５８】

導電膜２１２、導電膜２１８、導電膜２２２、導電膜２２５、導電膜２２６、導電膜２２７は、絶縁表面上に形成された一の導電膜を所望の形状に加工することで形成することができる。導電膜２１２、導電膜２１８、導電膜２２２、導電膜２２５、導電膜２２６、導電膜２２７上にはゲート絶縁膜２２８が形成されている。さらに、導電膜２１０、導電膜２１１、導電膜２１３、導電膜２１４、導電膜２１９、導電膜２２０、導電膜２２３、導電膜２２４は、ゲート絶縁膜２２８上に形成された一の導電膜を所望の形状に加工することで形成することができる。

【０２５９】

また、導電膜２１０、導電膜２１１、導電膜２１３、導電膜２１４、導電膜２１９、導電膜２２０、導電膜２２３、導電膜２２４の上には、絶縁膜２８１及び絶縁膜２８２が形成されている。絶縁膜２８１及び絶縁膜２８２の上に、導電膜２２１が形成される。

20

【０２６０】

トランジスタ１０３の活性層２５０には、酸化物半導体を用いることが好ましい。基板２５１側から光が照射されることにより生成された電荷を、長時間保持するためには、フォトダイオード１０２と電氣的に接続されるトランジスタ１０３を、オフ電流が極めて低いトランジスタで構成する必要がある。そのため、活性層２５０として酸化物半導体材料を用いることで光センサ１００の性能を高めることができる。

【０２６１】

なお、トランジスタ１０３がボトムゲート型である場合、図１１（Ｂ）に示すように、ゲート電極として機能する導電膜２１８に活性層２５０が完全に重なる構成を用いることが望ましい。上記構成を採用することで、基板２５１側から入射した光により活性層２５０中の酸化物半導体が劣化するのを防ぎ、よって、トランジスタ１０３の閾値電圧がシフトするなどの特性の劣化が引き起こされるのを防ぐことができる。なお、トランジスタ１０４と、トランジスタ１０５についても、上記構成を採用することで、同様の効果が得られる。

30

【０２６２】

トランジスタ１０４に用いられる半導体層としては、多結晶シリコン、単結晶シリコンなどの材料を用いることが好ましい。

【０２６３】

トランジスタ１０５に用いられる半導体層としては、多結晶シリコン、単結晶シリコンなどの材料を用いることが好ましい。

40

【０２６４】

ここで、図１０（Ａ）で示したような信号線１２（ＴＸ）が行方向に延びて配置される構成の場合、同じく行方向に延びて配置され、信号線１２（ＴＸ）と平行な信号線１３（ＳＥ）が存在する。信号線１３（ＳＥ）はトランジスタ１０５のゲート電極と電氣的に接続されるため、信号線１３（ＳＥ）の一部をトランジスタ１０５のゲート電極として用いると、信号線１３（ＳＥ）と平行な信号線１２（ＴＸ）もトランジスタ１０５のゲート電極と同じ層に当該ゲート電極と同じ材料によって形成するのが一般的である。しかしながら、トランジスタのゲート電極に用いられる材料はソース電極やドレイン電極に用いられる

50

材料と比べて、一般的に抵抗が高い材料である。そのため、信号線 12 (TX) の抵抗は高くなる傾向がある。

【0265】

これに対して、図 10 (B) に示した構成では、信号線 12 (TX) が列方向に延びて配置される構成である。そのため、行方向に延びて配置される信号線 13 (SE) とは別の層に形成された導電膜を用いて、信号線 12 (TX) を形成することができる。例えば、図 11 に示したように、光センサ 100 を構成するトランジスタ (トランジスタ 103、トランジスタ 104、トランジスタ 105 等) のゲート電極を構成する導電膜 (導電膜 212、導電膜 218、導電膜 222) とは異なる層に形成された導電膜 211 によって信号線 12 (TX) を形成することができる。導電膜 211 は、導電膜 214、導電膜 219、導電膜 220、導電膜 224 等、光センサ 100 を構成するトランジスタ (トランジスタ 103、トランジスタ 104、トランジスタ 105 等) のソース電極やドレイン電極と同じ層に当該ソース電極や当該ドレイン電極と同じ材料によって形成することができる。そのため、図 10 (A) で示した構成に比べて信号線 12 (TX) の抵抗を小さくすることができる。

10

【0266】

なお、本実施の形態は、本明細書で示す他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

【0267】

(実施の形態 4)

20

本実施の形態では、上述した実施の形態 1 乃至実施の形態 3 で示した光センサを有する有機 EL 表示装置の構成の一例について図 12 を用いて説明する。有機 EL 表示装置は単結晶半導体基板 (例えば、単結晶シリコン基板) 上に、3 個の n チャネル型トランジスタとフォトダイオードとを積層させた構成を有する。

【0268】

基板 411 は比較的高抵抗 (例えば、n 型、 $10 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ 程度) の単結晶シリコンから成り、n ウエル 412、413、414、415 が自己整合的に形成されている。隣接するトランジスタはフィールド酸化膜 416 で分離されている。フィールド酸化膜 416 の形成に当たっては、ボロン (B) を選択的にイオン注入法により基板に導入し、チャンネルストッパーを形成しても良い。

30

【0269】

ゲート絶縁膜 417、418、419 は熱酸化法により形成されている。

【0270】

ゲート 420、421、422 は多結晶シリコン膜を CVD 法により $100 \sim 300 \text{ nm}$ の厚さで形成された多結晶シリコン層 420a、421a、422a と、その上に $50 \sim 300 \text{ nm}$ の厚さで積層させたシリサイド層 420b、421b、422b により形成されている。多結晶シリコン層は低抵抗化するために予め $10^{21} / \text{cm}^3$ 程度の濃度でリン (P) をドーピングしておいても良いし、多結晶シリコン膜を形成した後で濃い n 型不純物を拡散させても良い。シリサイド層の材料はモリブデンシリサイド (MoSi_x)、タングステンシリサイド (WSi_x)、タンタルシリサイド (TaSi_x)、チタンシリサイド (TiSi_x) などを適用することが可能であり、公知の方法に従い形成すれば良い。

40

【0271】

n チャネル型トランジスタの低濃度ドレイン (LDD) 領域 423、424、425 には n 型の導電型を付与する不純物元素としてリン (P) または砒素 (As) がドーピング量 $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{14} / \text{cm}^2$ で添加されている。これらの LDD 領域はゲートをマスクとしてイオン注入法またはイオンドーピング法で自己整合的に形成されている。

【0272】

なお、本実施の形態では、一例として、トランジスタ 403、トランジスタ 404、トランジスタ 405 を、n チャネル型トランジスタとしているが、この構成に限定されない。トランジスタ 403、トランジスタ 404、トランジスタ 405 は、p チャネル型トラン

50

ジスタでも良いし、nチャネル型とpチャネル型が混在していても良い。

【0273】

pチャネル型トランジスタで作製される場合、pチャネル型トランジスタの低濃度ドレイン(LDD)領域にはp型の導電型を付与する不純物元素としてボロン(B)をドーズ量 $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{14} / \text{cm}^2$ で添加すれば良い。

【0274】

LDD領域が形成された後、全面にCVD法で酸化シリコン膜や窒化シリコン膜等を用いて絶縁膜が形成される。絶縁膜の全面にわたって、均一に異方性エッチングが行われ、ゲートの側壁に絶縁膜を残存させることにより、サイドウォール426、427、428は、形成されている。各トランジスタのソース領域およびドレイン領域はこのサイドウォールをマスクに用いて形成されている。

10

【0275】

nチャネル型トランジスタには、それぞれ砒素(As)を $5 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ のドーズ量でイオン注入し、ソース領域430、431、432とドレイン領域433、434、435が形成されている。

【0276】

pチャネル型トランジスタで作製される場合、ボロン(B)を $5 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ のドーズ量でイオン注入したソース領域及びドレイン領域を形成すれば良い。

【0277】

第1の層間絶縁膜436は、好適にはプラズマCVD法や減圧CVD法で作製される酸化シリコン膜や酸化窒化シリコン膜等を用いて100～2000nmの厚さで形成されている。

20

【0278】

更に、第1の層間絶縁膜436上にリンガラス(PSG)、あるいはボロンガラス(BSG)、もしくはリンボロンガラス(PBSG)等を用いて第2の層間絶縁膜437が形成されている。第2の層間絶縁膜437はスピンコート法や常圧CVD法で作製されるもので、形成後実施される700～900の熱処理を兼ねた熱活性化の処理により第2の層間絶縁膜437がリフローされ表面が平坦化される。

【0279】

ソース配線440、441、442及びドレイン配線443、444、445は、第1の層間絶縁膜436、及び平坦化された第2の層間絶縁膜437にコンタクトホールが形成された後、それぞれのnチャネル型トランジスタのソース領域及びドレイン領域に接するように形成されている。ソース配線及びドレイン配線には、低抵抗材料として通常よく用いられるアルミニウムを用いる事が好ましい。また、高融点金属膜と低抵抗金属膜(アルミニウム合金または純アルミニウムなど)の積層構造としても良い。

30

【0280】

また、ソース配線及びドレイン配線と同じ層に、電極446が形成されている。

【0281】

パッシベーション膜447は、プラズマCVD法で窒化シリコン膜、または酸化シリコン膜、あるいは窒化酸化シリコン膜等を用いて形成されている。

40

【0282】

更に、パッシベーション膜447上に、第3の層間絶縁膜448が形成されている。第3の層間絶縁膜448の表面はリフローされ平坦化される。

【0283】

パッシベーション膜447及び平坦化された第3の層間絶縁膜448にコンタクトホールが形成され、電極446と接する電極449、ソース配線440と接する電極450、及びドレイン配線445と接する電極451が形成されている。

【0284】

第3の層間絶縁膜448上に、電極449と接する電極452、電極450と接する電極453、電極451と接する電極454が形成されている。電極452、電極453、及

50

び電極 4 5 4 は、低抵抗材料として通常よく用いられるアルミニウムを用いる事が好ましい。また、チタン、アルミニウム、チタンの積層構造としても良い。

【 0 2 8 5 】

電極 4 5 0、電極 4 5 3 によって、上部に形成されているフォトダイオード 4 0 2 と、下部に形成されているトランジスタ 4 0 3 とを電氣的に接続することができる。

【 0 2 8 6 】

図 1 2 におけるフォトダイオード 4 0 2 は、第 1 の電極、第 2 の電極と、これら 2 つの電極の間に挟まれた光電変換層と、を有する。光電変換層 4 6 0 は、p 型半導体層 4 6 0 p、n 型半導体層 4 6 0 n、及び p 型半導体層 4 6 0 p と n 型半導体層 4 6 0 n との間に挟まれた真性 (i 型) 半導体層 4 6 0 i を有する。

10

【 0 2 8 7 】

なお、フォトダイオード 4 0 2 はこの構成に限定されず、少なくとも p 型半導体層と n 型半導体層の積層構造であれば良い。

【 0 2 8 8 】

p 型半導体層 4 6 0 p は、1 3 族の不純物元素、例えばホウ素 (B) を含んだセミアモルファスシリコン膜がプラズマ C V D 法により形成されても良いし、セミアモルファスシリコン膜が形成された後、1 3 族の不純物元素が導入されてもよい。

【 0 2 8 9 】

p 型半導体層 4 6 0 p が形成された後、p 型半導体層 4 6 0 p 上に、積層させて、導電性を付与する不純物を含まない半導体層 (真性半導体層又は i 型半導体層と呼ぶ) 4 6 0 i が形成されている。i 型半導体層 4 6 0 i としては、例えばセミアモルファスシリコン膜がプラズマ C V D 法で形成されても良い。

20

【 0 2 9 0 】

更に、真性 (i 型) 半導体層 4 6 0 i 上に、積層させて、n 型半導体層 4 6 0 n が形成されている。n 型半導体層 4 6 0 n としては、1 5 族の不純物元素、例えばリン (P) を含むセミアモルファスシリコン膜が形成されてもよいし、セミアモルファスシリコン膜が形成された後、1 5 族の不純物元素が導入されてもよい。

【 0 2 9 1 】

これにより、p 型半導体層 4 6 0 p、i 型半導体層 4 6 0 i 及び n 型半導体層 4 6 0 n を有する光電変換層 4 6 0 が形成される。

30

【 0 2 9 2 】

なお本明細書においては、i 型半導体層とは、半導体層に含まれる p 型もしくは n 型を付与する不純物濃度が $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下であり、酸素及び窒素が $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下である半導体層を指す。なお、光伝導度は暗伝導度に対して 1 0 0 0 倍以上であることが好ましい。また i 型半導体層には、ホウ素 (B) が 1 0 ~ 1 0 0 0 p p m 添加されていてよい。

【 0 2 9 3 】

また、真性 (i 型) 半導体層 4 6 0 i、p 型半導体層 4 6 0 p、及び n 型半導体層 4 6 0 n、として、セミアモルファス半導体膜だけではなく、アモルファス半導体膜を用いてもよい。

40

【 0 2 9 4 】

電極 4 5 2、電極 4 5 4、光電変換層 4 6 0 上に、第 4 の層間絶縁膜 4 5 5 が有機樹脂材料で $1 \mu\text{m} \sim 2 \mu\text{m}$ の厚さで形成されている。第 4 の層間絶縁膜 4 5 5 は、基板に塗布した後で熱重合するタイプのポリイミド等を用いて、クリーンオープンで 3 0 0 °C に加熱し焼成して形成されても良い。

【 0 2 9 5 】

有機樹脂材料として、ポリイミド、ポリアミド、アクリル、ベンゾ・シクロ・ブテン (B C B) などを用いることができる。有機樹脂材料を用いることの利点として、膜の形成方法が簡単である点や、比誘電率が低いので寄生容量を低減できる点、平坦化するのに適している点などが挙げられる。勿論、上述した以外の有機樹脂材料を用いても良い。

50

【0296】

第4の層間絶縁膜455上に、画素電極456が形成されている。画素電極456は、電極451、電極454を介してトランジスタ405のドレイン配線445と、電氣的に接続されている。電極451、電極454によって、画素電極456と、トランジスタ405とを電氣的に接続することができる。

【0297】

画素電極456は、A1に代表される低抵抗の材料で形成されることが好ましい。A1膜の成膜としては公知の成膜法、例えば真空蒸着法やスパッタ法等を用いることができる。またコントラストを良くするために、画素電極456の表面を凹凸化して拡散反射面としても良い。

10

【0298】

更に、画素電極456、第4の層間絶縁膜455上に、第1の透明導電膜が形成され、フォトリソグラフィ法に従い、部分的にエッチング処理が行われ、透明導電膜457、458が形成されている。

【0299】

透明導電膜457は、画素電極456と接するように形成され、発光素子の陽極又は陰極として機能する。発光素子は、第1の電極（陽極）、第2の電極（陰極）と、これら2つの電極の間に挟まれた有機EL層と、を有する。

【0300】

また、透明導電膜458は、第4の層間絶縁膜455に形成されたコンタクトホールを介して、n型半導体層460n、及び電極452と接するように形成されている。

20

【0301】

透明導電膜457、458としては、インジウム錫酸化物（ITO、Indium Tin Oxide）などを用いることが可能である。

【0302】

電極449、電極452を介して、上部に形成されている透明導電膜458と、下部に形成されている電極446とを電氣的に接続することができる。

【0303】

透明導電膜457、458、第4の層間絶縁膜455上に、複数の逆テーパ状の隔壁461が形成されている。隔壁461の断面は、逆テーパ形状を有し、上面は、額縁形状を有する。なお、額縁形状とは、角部が頂点を有さない曲線形状でも良く、少なくとも2個の閉ループが接することなく、中央部に空洞が存在していれば良い。逆テーパ状の隔壁461はフォトリソグラフィ法に従い、未露光部分をパターンとするポジ型感光性樹脂を用い、パターンの下部がより多くエッチングされるように露光量または現像時間を調節することによって形成される。

30

【0304】

隔壁461、透明導電膜457上には、有機EL層（エレクトロルミネッセンス層）459が形成されている。有機EL層459は公知の材料や構成を用いることができる。

【0305】

有機EL層459の構成としては、再結合の場を提供する発光層だけで有機EL層としても良いし、必要に応じて電子注入層、電子輸送層、正孔輸送層、電子阻止層、正孔阻止層もしくは正孔注入層を積層しても良い。有機EL層459の材料としては、高分子系有機EL材料を用いることができる。

40

【0306】

一例として、有機EL層459は、PVK（ポリビニルカルバゾール）、Bu-PBD（2-（4'-tert-ブチルフェニル）-5-（4''-ピフェニル）-1,3,4-オキサジアゾール）、クマリン6、DCM1（4-ジシアノメチレン-2-メチル-6-p-ジメチルアミノスチリル-4H-ピラン）、TPB（テトラフェニルブタジエン）、ナイルレッドを1,2-ジクロロメタンまたはクロロホルムに溶解させ、スピンコート法により塗布され、形成されても良い。

50

【0307】

隔壁461、有機EL層459、及び透明導電膜458の上には、第2の透明導電膜が形成され、フォトリソグラフィ法に従い、部分的にエッチング処理が行われ、透明導電膜462、463が形成されている。透明導電膜462、463としてはITOなどを用いることが可能である。

【0308】

透明導電膜462は、有機EL層459と接するように形成され、発光素子の陽極又は陰極として機能する。

【0309】

なお、本実施の形態における透明導電膜457および透明導電膜462は、一方が陽極であり、他方が陰極であればどちらであっても良い。

10

【0310】

また、隔壁461の高さは、第2の透明導電膜の膜厚より高くなるように形成されているため、複数の領域に分離された透明導電膜462、透明導電膜463が形成される。なお、複数の分離された領域は、それぞれ電氣的に独立している。なお、隔壁461上に形成された透明導電膜の電位は、フローティングである。

【0311】

なお、検出する光は透明導電膜458、透明導電膜463を通過するため、これらの材料は全て透光性の高い材料を用いることが望ましい。

【0312】

20

なお、必要であれば、基板411に封止缶やガラス基板などの封止材をシール材などの接着剤で貼り合わせて封止し、発光素子が密閉された空間に配置されるようにしても良い。これにより、発光素子の劣化を防止することができる。なお、密閉された空間には、充填材や、乾燥した不活性ガスを充填しても良い。さらに、水分などによる発光素子の劣化を防ぐために基板と封止材との間に乾燥剤などを封入してもよい。乾燥剤によって微量な水分が除去され、十分乾燥される。乾燥剤としては、酸化カルシウムや酸化バリウムなどのようなアルカリ土類金属の酸化物のような化学吸着によって水分を吸着する物質を用いることが可能である。その他の乾燥剤として、ゼオライトやシリカゲル等の物理吸着によって水分を吸着する物質を用いてもよい。

【0313】

30

なお、トランジスタ403、404、405は、絶縁表面上に形成されたシリコン膜等の半導体膜や、SOI基板のシリコン膜にチャネル形成領域が形成されるトランジスタであってもよい。トランジスタの構成については、その他、公知の構成を用いることが可能である。

【0314】

また、図12では、フォトダイオード402が形成された層と、トランジスタ403、404、405が形成された層との間に、1つの配線層が設けられた構成を示したがこれに限定されない。2つ以上の配線層が設けられた構成としても良い。

【0315】

以上のように、フォトダイオード402と、トランジスタ403、404、405を、積層させることで、光センサの面積を削減し、小型化を図ることができる。

40

【0316】

本実施の形態は、上記実施の形態と適宜組み合わせて実施することが可能である。

【0317】

(実施の形態5)

本実施の形態では、実施の形態1で示した隣接する光センサ100_(k-1)及び光センサ100_(k)(以下では合わせて光センサ群120とも記す)の構成について、より詳細に説明する。m行n列のマトリクス状に配置された光センサ群120を有する半導体装置の構成の一例について図13を用いて説明する。

【0318】

50

図 1 3 (A) では、光センサ 1 0 0 $_ (s)$ 、及び光センサ 1 0 0 $_ (s + 1)$ が隣接列において、被写体の同一点からの反射光を検出する例を示している (s は 1 以上 ($2 n - 1$) 以下の奇数)。図 1 3 (B) では、光センサ 1 0 0 $_ (i)$ 、及び光センサ 1 0 0 $_ (i + 1)$ が隣接行において、被写体の同一点からの反射光を検出する例を示している (i は 1 以上 ($2 m - 1$) 以下の奇数)。なお、どちらの構成においても、同様の効果を得ることができるため、該構成は限定されない。

【 0 3 1 9 】

図 1 3 (A) では、複数の光センサ群 1 2 0 が m 行 n 列のマトリクス状に配置されている。例えば、1 行目の隣接する光センサ 1 0 0 $_ (s)$ 、及び光センサ 1 0 0 $_ (s + 1)$ において、被写体の同一点からの反射光を検出する。同様に、 m 行目の隣接する光センサ 1 0 0 $_ (s)$ 、及び光センサ 1 0 0 $_ (s + 1)$ において、被写体の同一点からの反射光を検出する。

10

【 0 3 2 0 】

各行の光センサ群 1 2 0 は、光センサ基準信号線 1 5 を共有している。例えば、1 行目の光センサ基準信号線 1 5 $_ (1)$ は、1 行 1 列目の光センサ群 1 2 0 $_ (1) \sim$ 1 行 n 列目の光センサ群 1 2 0 $_ (n)$ と電気的に接続され、 m 行目の光センサ基準信号線 1 5 $_ (m)$ もまた、 m 行 1 列目の光センサ群 1 2 0 $_ (1) \sim$ m 行 n 列目の光センサ群 1 2 0 $_ (n)$ と電気的に接続されている。

【 0 3 2 1 】

また、各行の光センサ群 1 2 0 は、光センサ出力信号線 1 6 を共有している。例えば、1 行目の光センサ出力信号線 1 6 $_ (1)$ は、1 行 1 列目の光センサ群 1 2 0 $_ (1) \sim$ 1 行 n 列目の光センサ群 1 2 0 $_ (n)$ と電気的に接続され、 m 行目の光センサ出力信号線 1 6 $_ (m)$ もまた、 m 行 1 列目の光センサ群 1 2 0 $_ (1) \sim$ m 行 n 列目の光センサ群 1 2 0 $_ (n)$ と電気的に接続されている。

20

【 0 3 2 2 】

図 1 3 (A) では、各行の光センサにおいて光センサ基準信号線 1 5 を共有し、光センサ出力信号線 1 6 を共有している。

【 0 3 2 3 】

しかしながら、本発明はこれに限定されない。例えば、各列に複数本の光センサ基準信号線 1 5 を設けて互いに異なる光センサと電気的に接続してもよい。また、各列に複数本の光センサ出力信号線 1 6 を設けて互いに異なる光センサと電気的に接続してもよい。

30

【 0 3 2 4 】

なお、図 1 3 (A) では、光センサ基準信号線 1 5 及び光センサ出力信号線 1 6 を各行の光センサにおいて共有する構成を示したがこれに限定されない。光センサ基準信号線 1 5 及び光センサ出力信号線 1 6 は各列の光センサにおいて共有しても良い。

【 0 3 2 5 】

上記のとおり配線を共有し、配線数を減らすことによって、 m 行 n 列のマトリクス状に配置された光センサ群を駆動する駆動回路を簡略化することができる。

【 0 3 2 6 】

次いで、 m 行 n 列のマトリクス状に配置された光センサ群 1 2 0 を有する半導体装置の図 1 3 (A) とは別の構成の一例について図 1 3 (B) を用いて説明する。図 1 3 (B) では、複数の光センサ群 1 2 0 が m 行 n 列のマトリクス状に配置されている。例えば、1 列目の隣接する光センサ 1 0 0 $_ (i)$ 、及び光センサ 1 0 0 $_ (i + 1)$ において、被写体の同一点からの反射光を検出する。同様に、 n 列目の隣接する光センサ 1 0 0 $_ (i)$ 、及び光センサ 1 0 0 $_ (i + 1)$ において、被写体の同一点からの反射光を検出する。

40

【 0 3 2 7 】

各行の光センサ群は、信号線 1 3 を共有している。例えば、1 行目の信号線 1 3 $_ (1)$ は、1 行 1 列目の光センサ群 1 2 0 $_ (1) \sim$ 1 行 n 列目の光センサ群 1 2 0 $_ (n)$ と電気的に接続され、 m 行目の信号線 1 3 もまた、 m 行 1 列目の光センサ群 1 2 0 $_ (1) \sim$ m 行 n 列目の光センサ群 1 2 0 $_ (n)$ と電気的に接続されている。

50

【 0 3 2 8 】

また各列の光センサ群において光センサ基準信号線 1 5 を共有している。例えば、図 1 3 (B) に示すように、 n 列目の光センサ群において光センサ基準信号線 1 5 を共有している。

【 0 3 2 9 】

しかしながら、本発明はこれに限定されない。例えば、各列に複数本の光センサ基準信号線 1 5 を設けて互いに異なる光センサと電氣的に接続してもよい。

【 0 3 3 0 】

なお、図 1 3 (B) では、各列の光センサにおいて、光センサ基準信号線 1 5 を共有し、また、各行の光センサにおいて信号線 1 3 を共有する構成を示したがこれに限定されない。光センサ基準信号線 1 5 を各行の光センサにおいて共有しても良いし、信号線 1 3 を各列の光センサにおいて共有しても良い。

10

【 0 3 3 1 】

上記のとおり配線を共有し、配線数を減らすことによって、 m 行 n 列のマトリクス状に配置された光センサ群を駆動する駆動回路を簡略化することができる。

【 0 3 3 2 】

本実施の形態は、上記実施の形態と適宜組み合わせる実施することが可能である。

【 0 3 3 3 】

(実施の形態 6)

次に、図 4 で示した光センサ群 1 1 0 の上面図及び断面図の一例を示す。図 1 4 に光センサ群 1 1 0 の上面図の一例を示す。図 1 4 の一点鎖線 A 1 - A 2、A 3 - A 4 に対応する断面図を、図 1 5 (A) に、図 1 4 の一点鎖線 B 1 - B 2 に対応する断面図を、図 1 5 (B) に示す。

20

【 0 3 3 4 】

図 1 5 (A) について説明する。図 1 5 (A) に示す断面図において透光性基板 2 0 0 上に、遮光層 2 3 1 と、下地膜 2 3 2 とが設けられる。

【 0 3 3 5 】

下地膜 2 3 2 上に接して、赤外光を吸収するフォトダイオード 1 0 2 B の半導体層を構成する p 型半導体領域 2 0 3 及び i 型半導体領域 2 0 4 が設けられ、トランジスタ 1 0 4 B の半導体層を構成する n 型半導体領域 2 0 5 及び i 型半導体領域 2 0 6 が設けられ、トランジスタ 1 0 5 B の半導体層を構成する n 型半導体領域 2 0 7 及び i 型半導体領域 2 0 8 が設けられ、トランジスタ 1 0 3 A の半導体層を構成する n 型半導体領域 2 0 9 が設けられる。

30

【 0 3 3 6 】

なお、 p 型半導体領域 2 0 3 及び i 型半導体領域 2 0 4、 n 型半導体領域 2 0 5 及び i 型半導体領域 2 0 6、 n 型半導体領域 2 0 7 及び i 型半導体領域 2 0 8、 n 型半導体領域 2 0 9 は、同層に形成される。

【 0 3 3 7 】

フォトダイオード 1 0 2 B の半導体層、トランジスタ 1 0 4 B の半導体層、トランジスタ 1 0 5 B の半導体層、及びトランジスタ 1 0 3 A の半導体層上には、絶縁層 2 4 0 が設けられる。

40

【 0 3 3 8 】

絶縁層 2 4 0 上に接して、導電層 1 0 8 が設けられる。また、絶縁層 2 4 0 を介して、 i 型半導体領域 2 0 6 上には、トランジスタ 1 0 4 B のゲート電極 2 4 1 が設けられる。また、絶縁層 2 4 0 を介して、 i 型半導体領域 2 0 8 上には、トランジスタ 1 0 5 B のゲート電極 2 4 2 が設けられる。導電層 1 0 8、ゲート電極 2 4 1、及びゲート電極 2 4 2 は、同層に形成される。

【 0 3 3 9 】

なお、導電層 1 0 8 は、信号線 1 5 (光センサ基準信号線) と電氣的に接続されている。

【 0 3 4 0 】

50

絶縁層 240、導電層 108、ゲート電極 241、及びゲート電極 242 上には、絶縁層 243 が設けられる。

【0341】

絶縁層 240、絶縁層 243 を介して、トランジスタ 105B の n 型半導体領域 207 の一方の上に接して、導電層 255 が設けられ、トランジスタ 104B の n 型半導体領域 205 の一方の上に接して、導電層 245 が設けられ、トランジスタ 105B の n 型半導体領域 207 の他方、及びトランジスタ 104B の n 型半導体領域 205 の他方の上に接して、導電層 244 が設けられる。導電層 255、導電層 245、及び導電層 244 は、同層に形成される。

【0342】

なお、導電層 255 は、信号線 16B（光センサ出力信号線）、及びトランジスタ 105B のソース電極又はドレイン電極の一方と電氣的に接続され、導電層 245 は、信号線 15、及びトランジスタ 104B のソース電極又はドレイン電極の一方と電氣的に接続され、導電層 244 は、トランジスタ 104B のソース電極又はドレイン電極の他方、及びトランジスタ 105B のソース電極又はドレイン電極の他方と電氣的に接続されている。

【0343】

同様に、絶縁層 240、絶縁層 243 を介して、トランジスタ 103A の n 型半導体領域 209 上に接して、導電層 247 が設けられ、フォトダイオード 102B の p 型半導体領域 203 上に接して、導電層 246 が設けられる。導電層 247 及び導電層 246 は、同層に形成される。

【0344】

なお、導電層 246 は、信号線 11B（リセット信号線）と電氣的に接続され、導電層 247 は、トランジスタ 103A のソース電極又はドレイン電極の一方と電氣的に接続されている。

【0345】

また、絶縁層 243 及び導電層 246 上に、フォトダイオード 102A における p 型半導体領域 248、i 型半導体領域 249 及び n 型半導体領域 230 が設けられる。なおフォトダイオード 102A における p 型半導体領域 248 は、端部が、導電層 246 に乗り上げられるようにして形成される。

【0346】

フォトダイオード 102A の半導体層、導電層 244、導電層 245、導電層 246、導電層 247、導電層 255 及び絶縁層 243 上に、絶縁層 233 が設けられる。

【0347】

n 型半導体領域 230 上及び導電層 247 上には、絶縁層 233 を介して、導電層 252 が設けられる。

【0348】

なお、導電層 252 は画素電極となる。

【0349】

次いで図 15（B）について説明する。図 15（B）に示す断面図において透光性基板 200 上に、遮光層 231 と、下地膜 232 とが設けられる。

【0350】

下地膜 232 を介して遮光層 231 上には、赤外光を吸収するフォトダイオード 102B の半導体層を構成する p 型半導体領域 203、i 型半導体領域 204 及び n 型半導体領域 253 が設けられる。

【0351】

フォトダイオード 102B の半導体層、及び下地膜 232 上には、絶縁層 240 が設けられる。

【0352】

絶縁層 240 上に接して、導電層 108 が設けられる。

【0353】

絶縁層 240、導電層 108 上には、絶縁層 243 が設けられる。

【0354】

絶縁層 240、絶縁層 243 を介して、フォトダイオード 102B の p 型半導体領域 203 上に接して、導電層 246 が設けられ、フォトダイオード 102B の n 型半導体領域 253 上に接して、導電層 254 が設けられる。導電層 246 及び導電層 254 は、同層に形成される。

【0355】

なお、導電層 246 は、フォトダイオード 102B の陽極と電氣的に接続され、導電層 254 は、トランジスタ 103B のソース電極又はドレイン電極の一方、及びフォトダイオード 102B の陰極と電氣的に接続されている。

10

【0356】

フォトダイオード 102A の半導体層、導電層 246、導電層 254 及び絶縁層 243 上に、絶縁層 233 が設けられる。

【0357】

透光性基板 200 としては、可視光及び赤外光に対する透光性を有する材質の基板であることが好ましい。例えば可視光及び赤外光に対して透光性を有するプラスチック基板、ガラス基板等を用いることができる。

【0358】

また、透光性基板 200 は、透光性を有する可撓性シート等であっても良い。

【0359】

20

光源（バックライト）としては、透光性基板 200 側より赤外光と可視光を発光することができれば特に限定されない。例えば、赤外光を発光する発光ダイオード及び可視光を発光する発光ダイオードを並べて配置しても良い。

【0360】

なお、光源は、可視光をフォトダイオード 102A で検出し、赤外光をフォトダイオード 102B で検出することができれば、透光性基板 200 側に設けられても良いし、対向基板側に設けられてもよい。

【0361】

遮光層 231 としては、赤外光及び可視光の遮光が可能なアルミニウムまたはクロム等の金属材料を用いることができる。

30

【0362】

遮光層 231 を設けることで、透光性基板 200 側に配置される光源からの赤外光及び可視光がフォトダイオード 102A 及びフォトダイオード 102B に入射するのを防止することができる。

【0363】

なお、遮光層 231 は、フォトダイオード 102B と積層する領域のみならず、トランジスタ 103、トランジスタ 104、トランジスタ 105 の各半導体層と重畳する領域にも設けることが好ましい。遮光層を、各トランジスタの半導体層と重畳する領域に設けることで、光源からの赤外光及び可視光により、閾値電圧がシフトするなど、特性劣化が生じるのを防止することができる。

40

【0364】

下地膜 232 としては、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン等の透光性及び絶縁性を有する材料を用いることが好ましい。下地膜 232 は、単層構造でも良いし積層構造でも良い。

【0365】

下地膜 232 を設けることで、透光性基板 200 に含まれる Na などのアルカリ金属やアルカリ土類金属がフォトダイオード 102B に拡散し、トランジスタ、及びフォトダイオードの電気特性に悪影響を及ぼすのを防ぐことができる。

【0366】

なお、下地膜 232 の表面は、平坦性が高いことが好ましい。表面平坦性が高い下地膜 2

50

３２を用いることで、フォトダイオード１０２Ｂの半導体層を形成する際の形成不良を防止することができる。

【０３６７】

フォトダイオード１０２Ａの半導体層としては、主に可視光を吸収し、大部分の赤外光を透過する特性を有する材料を用いることが好ましい。例えば、非晶質シリコン等を用いることができる。

【０３６８】

フォトダイオード１０２Ｂの半導体層としては、赤外光を吸収する特性を有する材料を用いることが好ましい。例えば、単結晶シリコン、多結晶シリコン等の結晶性シリコンを用いることができる。

10

【０３６９】

図１４において、信号線１１はリセット信号線（ＰＲ）、信号線１２は電荷蓄積信号線（ＴＸ）、信号線１３Ａは選択信号線（ＳＥ）、ノード１４は、フローティングディフュージョン（ＦＤ）ノード、信号線１５は、光センサ基準信号線、信号線１６は、光センサ出力信号線である。

【０３７０】

なお、トランジスタ１０３、トランジスタ１０４、及びトランジスタ１０５に用いる半導体材料としては、半導体装置の使用目的、用途に合わせて適宜選択することが好ましい。

【０３７１】

絶縁層２４０としては、酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜または窒化酸化シリコン膜や、有機樹脂膜等の透光性及び絶縁性を有する材料を用いることができる。絶縁層２４０は単層構造でも良いし積層構造でも良い。

20

【０３７２】

絶縁層２４０を設ける事で、外部よりＮａなどのアルカリ金属やアルカリ土類金属がフォトダイオード１０２Ｂ中に拡散し、特性に悪影響を及ぼすのを防ぐことが可能である。

【０３７３】

ゲート電極２４１、ゲート電極２４２、及び導電層１０８としては、導電性を有する金属材料を用いることができる。モリブデン、チタン、クロム、タンタル、タングステン、アルミニウム、銅、ネオジム、スカンジウム等の金属材料、またはこれらを主成分とする合金材料を用いることが好ましい。なお、ゲート電極２４１、ゲート電極２４２、及び導電層１０８は単層構造でも良いし積層構造でも良い。

30

【０３７４】

絶縁層２４３としては、酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜または窒化酸化シリコン膜や、有機樹脂膜等の透光性及び絶縁性を有する材料を用いることができる。なお、絶縁層２４３は単層構造でも良いし積層構造でも良い。

【０３７５】

導電層２４４、導電層２４５、導電層２４６、導電層２４７、導電層２５４、及び導電層２５５としては、モリブデン、チタン、クロム、タンタル、タングステン、アルミニウム、銅、イットリウムなどの金属、これらを主成分とする合金材料、または酸化インジウム等の導電性を有する金属酸化物等の材料を用いることができる。なお、これらの導電層は単層構造でも良いし積層構造でも良い。

40

【０３７６】

絶縁層２３３としては、酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜または窒化酸化シリコン膜や、有機樹脂膜等の透光性及び絶縁性を有する材料を用いて、単層構造または積層構造で形成することができる。なお絶縁層２３３は、表面平坦性を有することが好ましい。

【０３７７】

導電層２５２（画素電極）としては、透光性を有する導電層であればよく、ＩＴＯ、酸化シリコンを含むインジウム錫酸化物（ＩＴＳＯ）、インジウム亜鉛酸化物などの材料を用いて形成することができる。

【０３７８】

50

なお、本実施の形態は、本明細書で示す他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

【符号の説明】

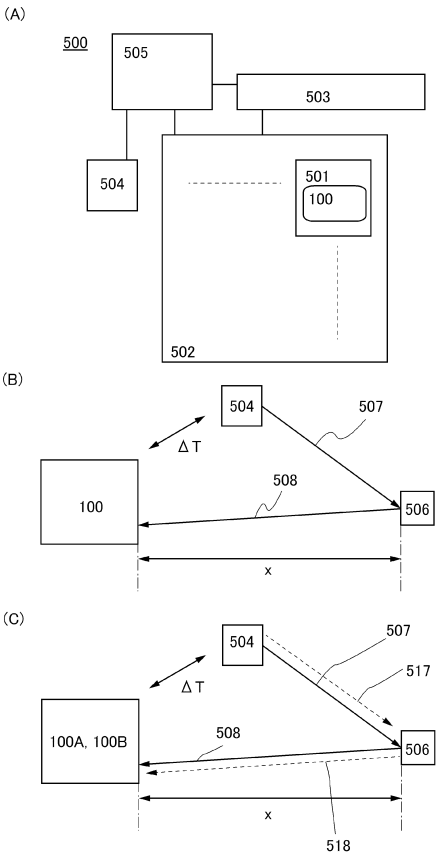
【 0 3 7 9 】

1 1	信号線	
1 2	信号線	
1 3	信号線	
1 4	ノード	
1 5	信号線	
1 6	信号線	10
1 7	信号線	
1 8	ノード	
1 0 0	光センサ	
1 0 1	回路	
1 0 2	フォトダイオード	
1 0 3	トランジスタ	
1 0 4	トランジスタ	
1 0 5	トランジスタ	
1 0 6	トランジスタ	
1 0 8	導電層	20
1 1 0	光センサ群	
1 2 0	光センサ群	
2 0 0	透光性基板	
2 0 3	p型半導体領域	
2 0 4	i型半導体領域	
2 0 5	n型半導体領域	
2 0 6	i型半導体領域	
2 0 7	n型半導体領域	
2 0 8	i型半導体領域	
2 0 9	n型半導体領域	30
2 1 0	導電膜	
2 1 1	導電膜	
2 1 2	導電膜	
2 1 3	導電膜	
2 1 4	導電膜	
2 1 5	半導体膜	
2 1 6	半導体膜	
2 1 7	半導体膜	
2 1 8	導電膜	
2 1 9	導電膜	40
2 2 0	導電膜	
2 2 1	導電膜	
2 2 2	導電膜	
2 2 3	導電膜	
2 2 4	導電膜	
2 2 5	導電膜	
2 2 6	導電膜	
2 2 7	導電膜	
2 2 8	ゲート絶縁膜	
2 3 0	n型半導体領域	50

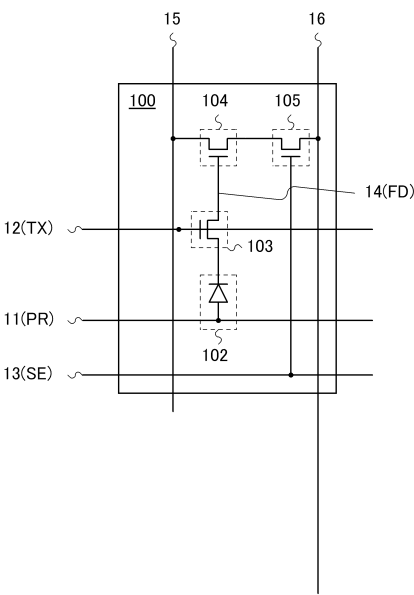
2 3 1	遮光層	
2 3 2	下地膜	
2 3 3	絶縁層	
2 4 0	絶縁層	
2 4 1	ゲート電極	
2 4 2	ゲート電極	
2 4 3	絶縁層	
2 4 4	導電層	
2 4 5	導電層	
2 4 6	導電層	10
2 4 7	導電層	
2 4 8	p型半導体領域	
2 4 9	i型半導体領域	
2 5 0	活性層	
2 5 1	基板	
2 5 2	導電層	
2 5 3	n型半導体領域	
2 5 4	導電層	
2 5 5	導電層	
2 8 1	絶縁膜	20
2 8 2	絶縁膜	
3 0 1	パルス	
3 0 2	パルス	
4 0 2	フォトダイオード	
4 0 3	トランジスタ	
4 0 4	トランジスタ	
4 0 5	トランジスタ	
4 1 1	基板	
4 1 2	nウエル	
4 1 3	nウエル	30
4 1 4	nウエル	
4 1 5	nウエル	
4 1 6	フィールド酸化膜	
4 1 7	ゲート絶縁膜	
4 1 8	ゲート絶縁膜	
4 1 9	ゲート絶縁膜	
4 2 0	ゲート	
4 2 0 a	多結晶シリコン層	
4 2 0 b	シリサイド層	
4 2 3	低濃度ドレイン領域	40
4 2 4	低濃度ドレイン領域	
4 2 5	低濃度ドレイン領域	
4 2 6	サイドウォール	
4 2 7	サイドウォール	
4 2 8	サイドウォール	
4 3 0	ソース領域	
4 3 1	ソース領域	
4 3 2	ソース領域	
4 3 3	ドレイン領域	
4 3 4	ドレイン領域	50

4 3 5	ドレイン領域	
4 3 6	層間絶縁膜	
4 3 7	層間絶縁膜	
4 4 0	ソース配線	
4 4 1	ソース配線	
4 4 2	ソース配線	
4 4 3	ドレイン配線	
4 4 4	ドレイン配線	
4 4 5	ドレイン配線	
4 4 6	電極	10
4 4 7	パッシベーション膜	
4 4 8	層間絶縁膜	
4 4 9	電極	
4 5 0	電極	
4 5 1	電極	
4 5 2	電極	
4 5 3	電極	
4 5 4	電極	
4 5 5	層間絶縁膜	
4 5 6	画素電極	20
4 5 7	透明導電膜	
4 5 8	透明導電膜	
4 5 9	有機 E L 層	
4 6 0	光電変換層	
4 6 0 i	i 型半導体層	
4 6 0 n	n 型半導体層	
4 6 0 p	p 型半導体層	
4 6 1	隔壁	
4 6 2	透明導電膜	
4 6 3	透明導電膜	30
5 0 0	半導体装置	
5 0 1	画素	
5 0 2	受光部	
5 0 3	信号処理回路	
5 0 4	光源	
5 0 5	照射制御装置	
5 0 6	被検出物	
5 0 7	赤外光	
5 0 8	反射光	
5 1 7	可視光	40
5 1 8	可視光	

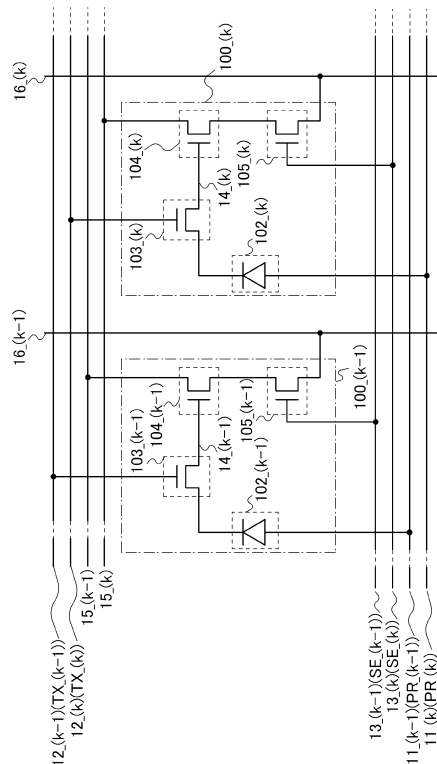
【図 1】



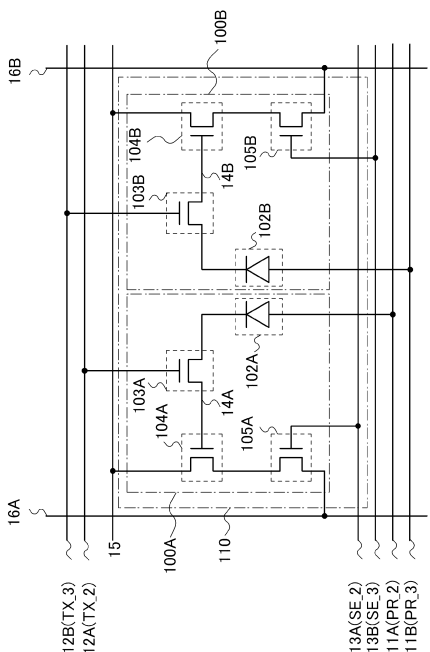
【図 2】



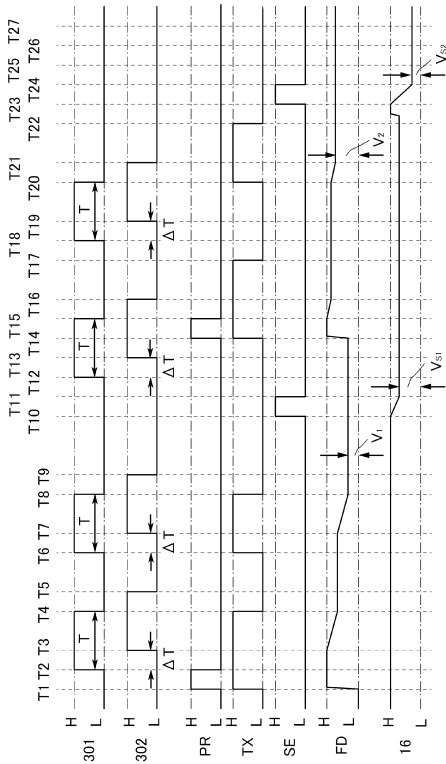
【図 3】



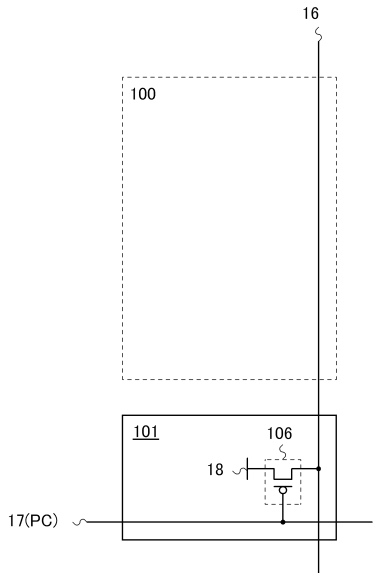
【図 4】



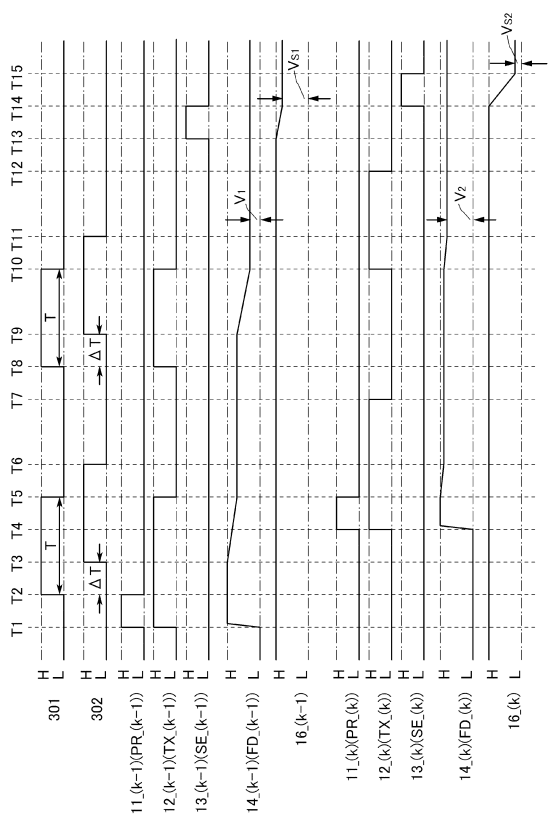
【図 5】



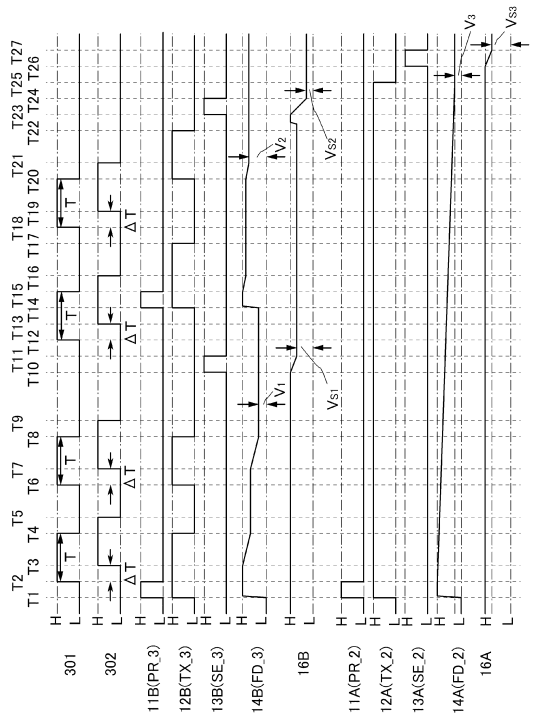
【図 6】



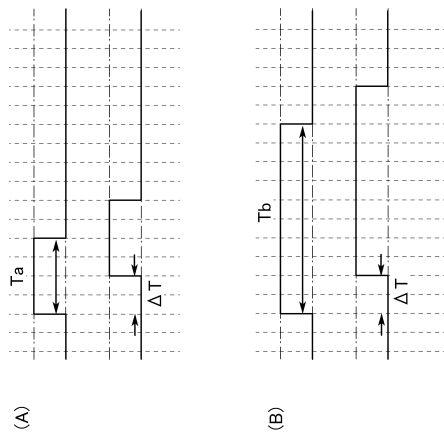
【図 7】



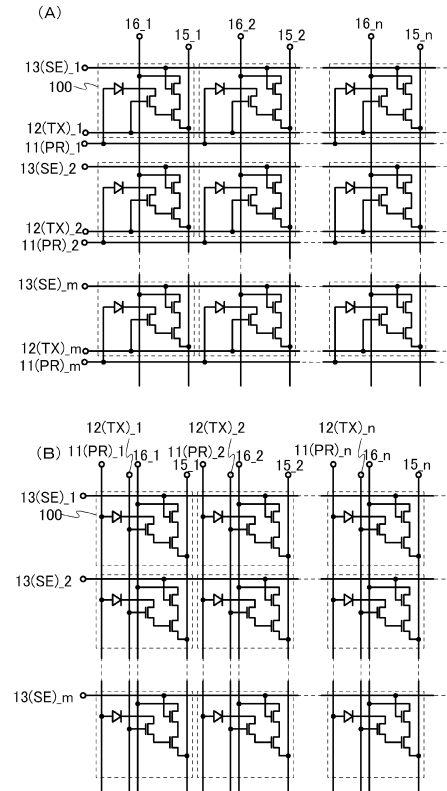
【図 8】



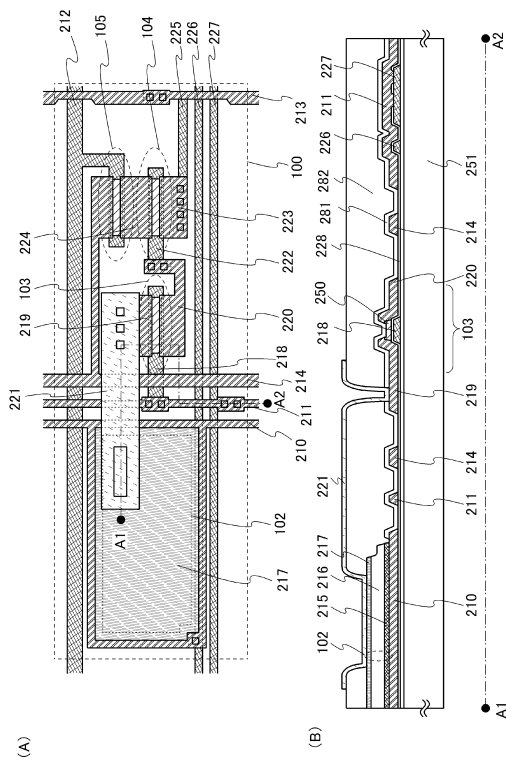
【図 9】



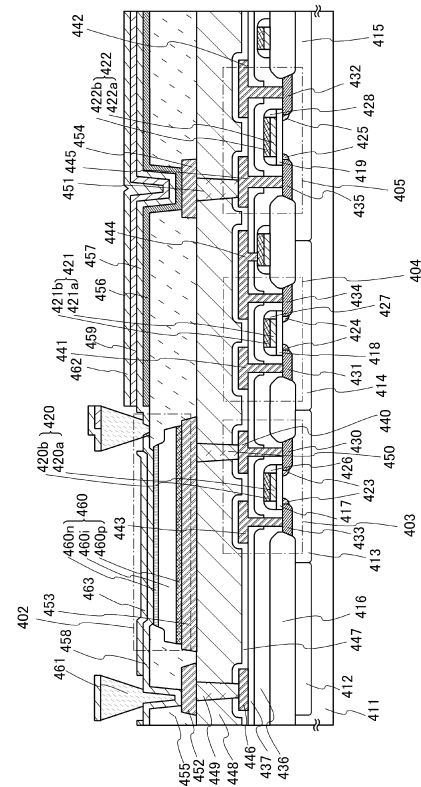
【図 10】



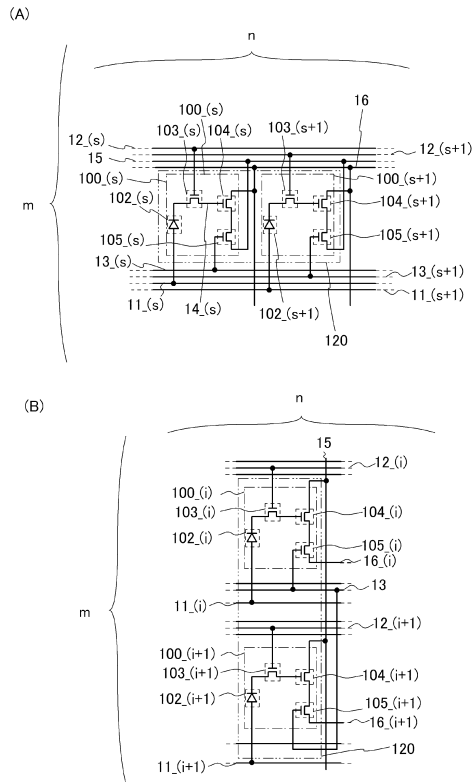
【図 11】



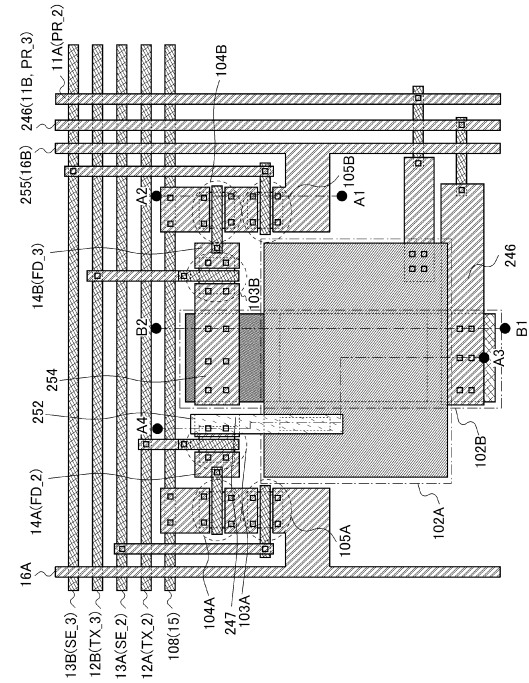
【図 12】



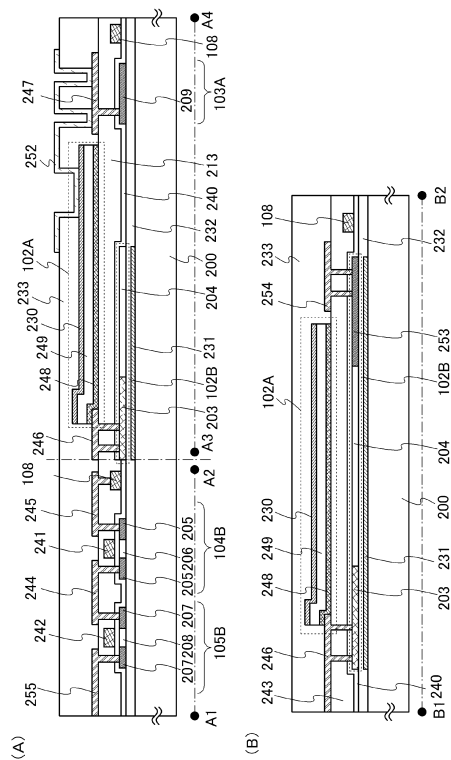
【図 13】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-035168(JP,A)
特開2001-157227(JP,A)
特開2012-029130(JP,A)
特開2010-190675(JP,A)
国際公開第2008/059825(WO,A1)
特開2011-128024(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B	11/00	-	11/30
G01C	3/00	-	3/32
G01S	7/48	-	7/51
	7/52		
	15/89		
	17/00	-	17/95
H01L	21/339		
	27/14		
	27/144	-	27/148
	29/762		
H04N	5/30	-	5/378