

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6952182号
(P6952182)

(45) 発行日 令和3年10月20日(2021.10.20)

(24) 登録日 令和3年9月29日(2021.9.29)

(51) Int.Cl.

F 1

| | | | |
|--------------------|------------------|-------------|---------------|
| G01S 17/894 | (2020.01) | G01S | 17/894 |
| H01L 21/336 | (2006.01) | H01L | 29/78 |
| H01L 29/786 | (2006.01) | H01L | 27/146 |
| H01L 27/146 | (2006.01) | HO5B | 33/14 |
| H01L 51/50 | (2006.01) | G01C | 3/06 |

請求項の数 3 (全 49 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2020-214987 (P2020-214987)
 (22) 出願日 令和2年12月24日 (2020.12.24)
 (62) 分割の表示 特願2018-203679 (P2018-203679)
 の分割
 原出願日 平成25年3月5日 (2013.3.5)
 (65) 公開番号 特開2021-63822 (P2021-63822A)
 (43) 公開日 令和3年4月22日 (2021.4.22)
 審査請求日 令和3年1月12日 (2021.1.12)
 (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・地域又は機関
 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・地域又は機関
 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 東 治企

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】撮像装置、表示装置、電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

同一列に、第1のフォトダイオードと、第2のフォトダイオードと、第1の蓄積トランジスタと、第2の蓄積トランジスタと、第1の増幅トランジスタと、第2の増幅トランジスタと、第1の出力トランジスタと、第2の出力トランジスタと、基準線と、第1の配線と、第1の信号線と、第2の信号線と、第1の選択線と、第2の選択線と、第1の出力線と、第2の出力線と、第1の導電層と、第2の導電層と、第3の導電層と、第4の導電層と、第5の導電層と、第6の導電層と、第7の導電層と、を有し、

前記第1のフォトダイオードのアノードは、前記第1の導電層を介して前記第1の配線と電気的に接続され、

前記第1のフォトダイオードのカソードは、前記第1の蓄積トランジスタのソースまたはドレインの一方と電気的に接続され、

前記第1の蓄積トランジスタのゲートは、前記第2の導電層を介して前記第1の信号線と電気的に接続され、

前記第1の蓄積トランジスタのソースまたはドレインの他方は、前記第3の導電層を介して前記第1の増幅トランジスタのゲートと電気的に接続され、

前記第1の増幅トランジスタのソースまたはドレインの一方は、前記基準線と電気的に接続され、

前記第1の増幅トランジスタのソースまたはドレインの他方は、前記第1の出力トランジスタのソースまたはドレインの一方と電気的に接続され、

10

20

前記第1の出力トランジスタのゲートは、前記第4の導電層を介して前記第1の選択線と電気的に接続され、

前記第1の出力トランジスタのソースまたはドレインの他方は、前記第1の出力線と電気的に接続され、

前記第2のフォトダイオードのアノードは、前記第1の導電層を介して前記第1の配線と電気的に接続され、

前記第2のフォトダイオードのカソードは、前記第2の蓄積トランジスタのソースまたはドレインの一方と電気的に接続され、

前記第2の蓄積トランジスタのゲートは、前記第5の導電層を介して前記第2の信号線と電気的に接続され、

前記第2の蓄積トランジスタのソースまたはドレインの他方は、前記第6の導電層を介して前記第2の増幅トランジスタのゲートと電気的に接続され、

前記第2の増幅トランジスタのソースまたはドレインの一方は、前記基準線と電気的に接続され、

前記第2の増幅トランジスタのソースまたはドレインの他方は、前記第2の出力トランジスタのソースまたはドレインの一方と電気的に接続され、

前記第2の出力トランジスタのゲートは、前記第7の導電層を介して前記第2の選択線と電気的に接続され、

前記第2の出力トランジスタのソースまたはドレインの他方は、前記第2の出力線と電気的に接続され、

前記第1の導電層、前記第2の導電層、前記第3の導電層、前記第4の導電層、前記第5の導電層、前記第6の導電層および前記第7の導電層は同層に設けられ、

前記第1の信号線、前記第2の信号線、前記基準線、前記第1の選択線および前記第2の選択線は同層に設けられ、

前記第1の配線、前記第1の出力線および前記第2の出力線は同層に設けられ、

平面視において、前記第1の蓄積トランジスタのチャネル長方向は第1の方向に配置され、

平面視において、前記第1の増幅トランジスタのチャネル長方向は前記第1の方向と異なる第2の方向に配置され、

平面視において、前記第1の出力トランジスタのチャネル長方向は前記第2の方向に配置され、

平面視において、前記第2の蓄積トランジスタのチャネル長方向は前記第1の方向に配置され、

平面視において、前記第2の増幅トランジスタのチャネル長方向は前記第2の方向に配置され、

平面視において、前記第2の出力トランジスタのチャネル長方向は前記第2の方向に配置され、

平面視において、前記第1の出力線と前記第2の出力線と前記第1の配線は、列の方向に延伸され、

平面視において、前記第1の信号線、前記第2の信号線、前記基準線、前記第1の選択線および前記第2の選択線は行の方向に延伸され、

平面視において、前記第1の信号線、前記第2の信号線、前記基準線、前記第1の選択線および前記第2の選択線は、前記第1の配線、前記第1の出力線および前記第2の出力線と交差するように配置され、

前記第1の信号線、前記第2の信号線、前記基準線、前記第1の選択線および前記第2の選択線は、第1の絶縁層に接し、かつ前記第1の絶縁層よりも受光面側に配置され、

前記第1の導電層、前記第2の導電層、前記第3の導電層、前記第4の導電層、前記第5の導電層、前記第6の導電層および前記第7の導電層は、第2の絶縁層に接し、かつ前記第1の絶縁層よりも受光面側に配置され、

前記第2の絶縁層は前記第1の絶縁層よりも受光面側に配置され、

10

20

30

40

50

前記第1のフォトダイオードの側面は第3の絶縁層と接する領域を有する、撮像装置。

【請求項2】

請求項1に記載の撮像装置を有する表示装置。

【請求項3】

請求項1に記載の撮像装置、または、請求項2に記載の表示装置を有する電子機器。

【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。

10

【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。

【0004】

20

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。

【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。

30

【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。

【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

40

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】S. J. Kim et al., "A Three-Dimensional Pinned Photodiode Pixel Structure", IEEE 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】

50

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。

【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。

10

【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。

【0014】

20

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。

【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)回繰り返し、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回繰り返し、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

30

【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

40

50

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)回繰り返し、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回繰り返し、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、時間差を置かずに入力し、更に各回の照射期間を同一且つ極めて短期間として、距離情報の精度向上を図る。

【0019】

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

10

20

30

40

50

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)回繰り返し、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3】

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

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。

【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)回繰り返し、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

10

20

30

40

【数4】

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

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。

【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。 10

【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。

【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)回繰り返し、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回繰り返し、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、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 20
30
40

【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。

【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FD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FD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)回繰り返し、n回繰り返した後、n回目の第1の期間後の第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回繰り返し、n回繰り返した後、n回目の第2の期間後の第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FD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

10

20

30

40

50

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、外部に設置されても良い。

20

【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】

30

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、被検出物の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。

【図2】光センサを説明する図。

【図3】光センサを説明する図。

40

【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。

【図12】表示装置の断面図。

【図13】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。

50

【図14】光センサの上面図。

【図15】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>

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。

20

【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。

【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。

30

【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。

【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、

50

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と電気的に接続され、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気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、電気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、電気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、電気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、電気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とは電気的に接続され、トランジスタ105のゲート電極と信号線13とは電気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と電気的に接続され、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気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と電気的に接続され、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気的に接続されていても良い。

【0049】

<光センサの構成例2>

40

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)×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)、トランジスタ104(k)、トランジスタ105(k)を有する。

【0051】

50

<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とは重畠し、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ァージョン(FD)ノード、信号線15は、光センサ

10

20

30

40

50

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 のそれぞれと電気的に接続され、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気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、電気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、電気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、電気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、電気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 のそれぞれとは電気的に接続され、トランジスタ 105A、105B のゲート電極と信号線 13A、13B のそれぞれとは電気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。

10

20

30

40

50

【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に、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。

【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ことができる。

【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ます。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ます。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。

【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できるため、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できる。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。

【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。

【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。

【0075】

<半導体装置の駆動方法1>

10

20

30

40

50

以下に、図2で示した光センサ100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。

【0076】

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できる。

【0077】

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。10

【0078】

まずタイミングチャートについて説明する。

【0079】

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301、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302、信号線11のパルス(PR)、信号線12のパルス(TX)、信号線13のパルス(SE)、ノード14のパルス(FD)、信号線16のパルス、を示している。

【0080】

本明細書におけるパルス301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。20

【0081】

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T2から時刻T4、第2回目の赤外光照射は、時刻T6から時刻T8、第3回目の赤外光照射は、時刻T12から時刻T15、第4回目の赤外光照射は、時刻T18から時刻T20であり、期間Tは極めて短い。

【0082】

本明細書におけるパルス302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100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

【0083】

信号線11のパルス(PR)では、フォトダイオード102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11_(k-1)(PR_(k-1))、信号線11_(k)(PR_(k))、図8における信号線11A(PR_2)、信号線11B(PR_3)も同様である。

【0084】

本明細書における信号線12のパルス(TX)では、トランジスタ103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12_(k-1)(TX_(k-1))、信号線12_(k)(TX_(k))、図8における信号線12A(TX_2)、信号線12B(TX_3)も同様である。40

【0085】

本明細書における信号線13のパルス(SE)では、トランジスタ105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13_(k-1)(SE_(k-1))、信号線13_(k)(SE_(k))、図8における信号線13A(SE_2)、信号線13B(SE_3)も同様である。

【0086】

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T50

21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。

【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。

【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(3×10⁸m/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。

【数7】

$$S_1(2) = \alpha \times ((T4 - T2) - (T3 - T2)) + \alpha \times ((T8 - T6) - (T7 - T6)) = 2\alpha(T - \Delta T)$$

$$S_2(2) = \alpha \times (T13 - T12) + \alpha \times (T19 - T18) = 2\alpha\Delta T$$

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

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

【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

10

20

30

40

50

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】

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

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

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

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

【0096】

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、F D 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のである。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ます。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。

【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することになる。

【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。

【0101】

時刻 T_1 において、信号線 1 1 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 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。

【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 3 0 1 では、"L" から "H" で示している。また、信号線 1 1 の電位を "H" から "L" とする。信号線 1 2 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、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 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

10

20

30

40

50

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。

【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。10

【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ることになる。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。

【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。30

【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、”V₁”とする。40

【0113】

時刻T8におけるノード14の電位”V₁”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。

【0115】

時刻T10において、信号線13の電位を”L”から”H”とする（第1の読み出し開始50

)。ゲート電極に電位 "H" が供給され、トランジスタ 105 が導通する。また、信号線 15 及び信号線 16 が、トランジスタ 104、トランジスタ 105 を介して、導通する。

【0116】

信号線 16 の電位は "H" から低下し始める。

【0117】

なお、時刻 T10 以前に、信号線 16 には、予めプリチャージ動作を施し、信号線 16 の電位を "H" としておく。

【0118】

時刻 T11 において、信号線 13 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 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 T11 における信号線 16 の電位を、" V_{S_1} " とする。10

【0119】

時刻 T11 における信号線 16 の電位 " V_{S_1} " 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 102 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 102 に照射される光量との合計を検出することができる。

【0120】

なお、フォトダイオード 102 に照射される光量が多いと、一定期間内でのノード 14 の電位変化は大きくなるため、ノード 14 の電位は低くなる。また、トランジスタ 104 のチャネル抵抗が高くなるので、信号線 16 の電位の低下速度は遅くなる。従って、ノード 14 の電位変化と、信号線 16 の電位変化は反転する。20

【0121】

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 16 の電位 " V_{S_1} " は、照射期間に比例するものとする。

【0122】

時刻 T12 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 301 では、"L" から "H" で示している。

【0123】

時刻 T13 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 102 に入射し始める。パルス 302 では、"L" から "H" で示している。

【0124】

時刻 T14 において、信号線 11 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 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。30

【0125】

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。

【0126】

時刻 T15 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 T15 において、第 3 回目の赤外光照射を停止する。（時刻 T12 から時刻 T15 までの間を期間 T とする。）パルス 301 では、"H" から "L" で示している。また、信号線 11 の電位を "H" から "L" とする。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。40

【0127】

時刻 T16 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。信号線 12 は電位 "H" を維持する。

【0128】

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 T16 において、ノード 14 の電位の低下が止まり、一定となる。

【0129】

時刻 T16 におけるノード 14 の電位は、時刻 T15 から時刻 T16 までの間（第 3 回目

の赤外光照射後)にフォトダイオード102に照射される光量に基づいて決定される。

【0130】

時刻T17において、信号線12の電位を“H”から“L”とする。

【0131】

なお、時刻T16から時刻T17までの間は、フォトダイオード102に反射光は照射されない。

【0132】

時刻T18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301では、“L”から“H”で示している。

【0133】

時刻T19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102に入射し始める。パルス302では、“L”から“H”で示している。

【0134】

時刻T20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T20において、第4回目の赤外光照射を停止する。(時刻T18から時刻T20までの間を期間Tとする。)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“L”から“H”とする。時刻T20において、ノード14の電位は、時刻T16における電位から低下し始める。

【0135】

時刻T21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。信号線12は電位“H”を維持する。

【0136】

時刻T21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T21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T21におけるノード14の電位を、“V₂”とする。

【0137】

時刻T21におけるノード14の電位“V₂”は、時刻T15から時刻T16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T20から時刻T21までの間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。

【0138】

時刻T22において、信号線12の電位を“H”から“L”とする。

【0139】

時刻T23において、信号線13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が導通する。また、信号線15及び信号線16が、トランジスタ104、トランジスタ105を介して、導通する。

【0140】

信号線16の電位は“H”から低下し始める。

【0141】

なお、時刻T23以前に、信号線16には、予めプリチャージ動作を施し、信号線16の電位を“H”としておく。

【0142】

信号線16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101は、1個のPchトランジスタ106で構成することも可能である。信号線17は、プリチャージ信号線である。ノード18は、高電位供給線である。トランジスタ106のゲート電極は、信号線17と電気的に接続され、トランジスタ106のソース電極又はドレイン電極の一方は、信号線16と電気的に接続され、トランジスタ106のソース電極又はドレイン電極の他方は、ノード18と電気的に接続されている。

【0143】

10

20

30

40

50

時刻 T₂₄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 T₂₄における信号線 16 の電位を、"V_{S2}" とする。

【0144】

時刻 T₂₄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。

【0145】

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。

10

【0146】

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 T₃ から時刻 T₄ 及び時刻 T₇ から時刻 T₈)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 T₁₅ から時刻 T₁₆ 及び時刻 T₂₀ から時刻 T₂₁)は短い例を示している。そのため、時刻 T₂₄における信号線 16 の電位 (V_{S2}) は、時刻 T₁₁における信号線 16 の電位 (V_{S1}) に比べて小さい。

【0147】

時刻 T₂₅において、光センサ 100 は、第1の検出信号 S₁ 及び第2の検出信号 S₂ を取得できる。

20

【0148】

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。

【0149】

<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。

【0150】

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 T₂ から時刻 T₅、第2回目の赤外光照射は、時刻 T₈ から時刻 T₁₀ であり、期間 T は極めて短い。

30

【0151】

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 T₁₀での低電位 "L" とノード 14_(k-1)との間の電位差を "V₁" で、時刻 T₁₁での低電位 "L" とノード 14_(k)との間の電位差を "V₂" で、表している。

【0152】

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 T₁₄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 T₁₅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。

40

【0153】

なお、図7において、時刻 T₁₄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 S₁ に相当し、時刻 T₁₅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 S₂ に相当する。

【0154】

また、図7において、遅延期間 T は、時刻 T₂ から時刻 T₃、時刻 T₈ から時刻 T₉ に相当する。

【0155】

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。

【0156】

50

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 α （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 $c (3 \times 10^8 \text{ m/s})$ 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。
10

【 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。
30

【 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 $11_{(k-1)}$ の電位を “L” から “H” とする（リセット動作）。更に、信号線 $12_{(k-1)}$ の電位を “L” から “H” とする。この時、フォトダイオード $102_{(k-1)}$ 及びトランジスタ $103_{(k-1)}$ が導通し、ノード $14_{(k-1)}$ 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 301 では、“L” から “H” で示している。また、信号線 $11_{(k-1)}$ の電位を “H” から “L” とする。信号線 $12_{(k-1)}$ の電位は、“H” を維持する。
40

【 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 $102_{(k-1)}$ に入射し始める。なお、当該反射光は、赤外光である。パルス 302 では、“L” から “H” で示している。ノード $14_{(k-1)}$ の電位は “H” から低下し始める。信号線 $12_{(k-1)}$ は “H” を維持する。

【 0 1 6 4 】

時刻 T_4 において、信号線 $11_{(k)}$ の電位を “L” から “H” とする（リセット動作）
50

)。更に、信号線 12_(k) の電位を "L" から "H" とする。この時、フォトダイオード 102_(k) 及びトランジスタ 103_(k) が導通し、ノード 14_(k) の電位が "H" となる。

【0165】

時刻 T5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 T5までの間を期間 Tとする。) パルス 301では、"H" から "L" で示している。また、信号線 12_(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 T5において、ノード 14_(k-1) の電位の低下が止まり、一定となる。

【0166】

更に、時刻 T5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 T5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 102_(k) に入射し始める。信号線 11_(k) の電位を "H" から "L" とする。信号線 12_(k) の電位は、"H" を維持する。ノード 14_(k) の電位は "H" から低下し始める。

【0167】

時刻 T5におけるノード 14_(k-1) の電位は、時刻 T3から時刻 T5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_(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。

【0168】

時刻 T6において、被検出物からのフォトダイオード 102_(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 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。

【0169】

時刻 T7において、信号線 12_(k) の電位を "H" から "L" とする。

【0170】

時刻 T8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_(k-1) の電位を "L" から "H" とする。ノード 14_(k-1) の電位は、時刻 T5における電位を維持する。

【0171】

時刻 T9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 T9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-1) 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_(k-1) の電位は、時刻 T5における電位から低下し始める。信号線 12_(k-1) は "H" を維持する。

【0172】

時刻 T10において、第2回目の赤外光照射を停止する。(時刻 T8から時刻 T10までの間を期間 Tとする。)

【0173】

パルス 301では、"H" から "L" で示している。また、信号線 12_(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 T10において、ノード 14_(k-1) の電位の低下が止まり、一定となる。時刻 T10におけるノード 14_(k-1) の電位を、"V₁" とする。

【0174】

時刻 T10におけるノード 14_(k-1) の電位 "V₁" は、時刻 T3から時刻 T5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時刻 T9から時刻 T10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

10

20

30

40

50

決定される。

【0175】

更に、時刻T10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T10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T6における電位から低下し始める。

【0176】

時刻T11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T11におけるノード14__(k)の電位を、”V₂”とする。10

【0177】

時刻T11におけるノード14__(k)の電位”V₂”は、時刻T5から時刻T6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T10から時刻T11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。。

【0178】

時刻T12において、信号線12__(k)の電位を”H”から”L”とする。

【0179】

時刻T13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。20

【0180】

信号線16__(k-1)の電位は”H”から低下し始める。

【0181】

なお、時刻T13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。

【0182】

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。30

【0183】

時刻T14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T14における信号線16__(k-1)の電位を、”V_{S1}”とする。

【0184】

時刻T14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。40

【0185】

更に時刻T14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。

【0186】

信号線16__(k)の電位は”H”から低下し始める。

【0187】

なお、時刻T14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50

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 T15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 T15における信号線 16_ (k) の電位を、" V_{S2}" とする。

【 0190 】

時刻 T15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。

10

【 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 T14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 T15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 】

なお、本実施の形態においては、時刻 T5 から時刻 T6 まで（時刻 T10 から時刻 T11 まで）の撮像期間は、時刻 T3 から時刻 T5 まで（時刻 T9 から時刻 T10 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。

20

【 0193 】

時刻 T15において、光センサは、第1の検出信号 S₁ 及び第2の検出信号 S₂ を取得できる。上述の駆動方法では、第1の検出信号 S₁ 及び第2の検出信号 S₂ 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、時間差を置かずして検出することが可能である。

【 0194 】

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事ができる。

30

【 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を同時に取得することができる。

【 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。

40

【 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 】

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 T2 から時刻 T4 、第2回目の赤外光照射は、時刻 T6 から時刻 T8 、第3回目

50

の赤外光照射は、時刻 T₁₂ から時刻 T₁₅、第 4 回目の赤外光照射は、時刻 T₁₈ から時刻 T₂₀ であり、期間 T は極めて短い。

【 0199 】

ノード 14A 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 T₂₅ での、低電位 "L" とノード 14A との間の電位差を "V₃" で表している。

【 0200 】

ノード 14B 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 T₉ での、低電位 "L" とノード 14B との間の電位差を "V₁" で、時刻 T₂₁ での、低電位 "L" とノード 14B との間の電位差を "V₂" で、表している。 10

【 0201 】

信号線 16A 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 T₂₇ での、低電位 "L" と信号線 16A との間の電位差を "V_{S3}" で表している。

【 0202 】

信号線 16B 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 T₁₁ での、低電位 "L" と信号線 16B との間の電位差を "V_{S1}" で、時刻 T₂₄ での、低電位 "L" と信号線 16B との間の電位差を "V_{S2}" で、表している。 20

【 0203 】

なお、時刻 T₁₁ での、低電位 "L" と信号線 16B 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 16B との間の電位差 "V_{S2}" が第 2 の検出信号 S₂ に相当し、時刻 T₂₇ での、低電位 "L" と信号線 16A との間の電位差 "V_{S3}" が第 3 の検出信号 S₃ に相当する。 20

【 0204 】

また、図 8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。

【 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。 30

【 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 102A と、赤外光を吸収するフォトダイオード 102B とを重畠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 100B は、時刻 T₁ ~ T₂₇ において、第 1 の検出信号 S₁ 及び第 2 の検出信号 S₂ 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 50

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T1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。

【0214】

時刻T2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T3から時刻T25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】

時刻T25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T25におけるノード14Aの電位は、時刻T3から時刻T25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T26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。

【0221】

信号線16Aの電位は”H”から低下し始める。

【0222】

なお、時刻T26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T27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T27における信号線16Aの電位を、” V_{S_3} ”とする。

【0224】

時刻T27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T27において、光センサ群110は、第1の検出信号S₁、第2の検出信号S₂、及び第3の検出信号S₃を取得できる。

【0227】

10

20

30

40

50

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。

【0228】

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ができる。

【0229】

(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。

10

【0230】

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 の割合にも依存する。

【0231】

また、期間 T は、少なくとも遅延期間 T 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 の割合を大きくすることができるため、遅延期間 T 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。

20

【0232】

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 α が一定ではない場合も有りうる。これは、比例係数 α 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。

【0233】

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FD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、 $T = T / 2$ が成立している場合に限られる。

30

【0234】

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、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。

【0235】

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 nsec 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。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 cm 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。

40

【0236】

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の検出信号 S_{2m} 、及び期間 T を用いて、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

50

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が多い事が好ましい。

【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ができる。

【0240】

(実施の形態3)

10

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つと電気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(16_1~16_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(15_1~15_nと表記する)のいずれか1つと電気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と電気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と電気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と電気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と電気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と電気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。

【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、蓄積動作を同時に使う光センサ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、蓄積動作を同時に使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。

40

【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。

【0247】

50

図10(B)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13(SE)(13(SE)_1~13(SE)_mと表記する)のいずれか1つと電気的に接続されている。各列の光センサ100は、複数の信号線11(PR)(11(PR)_1~11(PR)_n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)_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(16_1~16_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(15_1~15_nと表記する)のいずれか1つと電気的に接続されている。

【0248】

図10(B)では、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信号線11(PR)を共有し、各列の光センサにおいて信号線12(TX)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。10

【0249】

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。

【0250】

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。20

【0251】

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。

【0252】

図11(A)は、光センサ100の上面図を示し、図11(B)は、図11(A)の破線A1~A2における断面図を示す。

【0253】

光センサ100は、信号線11(PR)として機能する導電膜210と、信号線12(TX)として機能する導電膜211と、信号線13(SE)として機能する導電膜212と、信号線15(光センサ基準信号線)として機能する導電膜213と、信号線16(光センサ出力信号線)として機能する導電膜214とを有している。30

【0254】

光センサ100の有するフォトダイオード102は、順に積層されたp型の半導体膜215と、i型の半導体膜216と、n型の半導体膜217とを有している。導電膜210は、フォトダイオード102の陽極として機能するp型の半導体膜215に電気的に接続されている。

【0255】

光センサ100の有する導電膜218は、トランジスタ103のゲート電極として機能しており、さらに、導電膜211に電気的に接続されている。光センサ100の有する導電膜219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して機能する。光センサ100の有する導電膜220は、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して機能する。光センサ100の有する導電膜221は、n型の半導体膜217と、導電膜219とに電気的に接続されている。光センサ100の有する導電膜222は、トランジスタ104のゲート電極として機能しており、さらに、導電膜220に電気的に接続されている。40

【0256】

光センサ100の有する導電膜223は、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50

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 に電気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 に電気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 に電気的に接続されている。

【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。

【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 と電気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。

【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。

【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 のゲート電極と電気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。

10

20

30

40

50

【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)

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。20

【0268】

基板411は比較的高抵抗(例えば、n型、10cm程度)の単結晶シリコンから成り、nウェル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、チャネルストップを形成しても良い。

【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。30

【0270】

ゲート420、421、422は多結晶シリコン膜をCVD法により100~300nm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50~300nm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 $10^{21}/cm^3$ 程度の濃度でリン(P)をドープ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)、タンゲステンシリサイド(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)がドーズ量 $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{14}/cm^2$ 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プ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。

【0275】

n チャネル型トランジスタには、それぞれ砒素（As）を $5 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-6} / \text{cm}^2$ 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 $5 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-6} / \text{cm}^2$ 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 $100 \sim 200 \text{ nm}$ の厚さで形成されている。

【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（P B S G）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 はスピンドロート法や常圧CVD法で作製されるもので、形成後実施される $700 \sim 900^\circ\text{C}$ 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。

【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。

【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、及び電極 454 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。

10

20

30

40

50

【0285】

電極450、電極453によって、上部に形成されているフォトダイオード402と、下部に形成されているトランジスタ403とを電気的に接続することができる。

【0286】

図12におけるフォトダイオード402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460は、p型半導体層460p、n型半導体層460n、及びp型半導体層460pとn型半導体層460nとの間に挟まれた真性(i型)半導体層460iを有する。

【0287】

なお、フォトダイオード402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。10

【0288】

p型半導体層460pは、13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CVD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、13族の不純物元素が導入されてもよい。

【0289】

p型半導体層460pが形成された後、p型半導体層460p上に、積層させて、導電型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)460iが形成されている。i型半導体層460i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CVD法で形成されても良い。20

【0290】

更に、真性(i型)半導体層460i上に、積層させて、n型半導体層460nが形成されている。n型半導体層460nとしては、15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良いし、セミアモルファスシリコン膜が形成された後、15族の不純物元素が導入されてもよい。

【0291】

これにより、p型半導体層460p、i型半導体層460i及びn型半導体層460nを有する光電変換層460が形成される。

【0292】

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 $1 \times 10^{-2} \text{ cm}^{-3}$ 以下であり、酸素及び窒素が $5 \times 10^{-9} \text{ cm}^{-3}$ 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1000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10~1000ppm添加されてもよい。

30

【0293】

また、真性(i型)半導体層460i、p型半導体層460p、及びn型半導体層460n、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。

【0294】

電極452、電極454、光電変換層460上に、第4の層間絶縁膜455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455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、クリーンオーブンで300℃に加熱し焼成して形成されても良い。40

【0295】

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(BCB)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。

【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50

極 4 5 1、電極 4 5 4 を介してトランジスタ 4 0 5 のドレイン配線 4 4 5 と、電気的に接続されている。電極 4 5 1、電極 4 5 4 によって、画素電極 4 5 6 と、トランジスタ 4 0 5 とを電気的に接続することができる。

【 0 2 9 7 】

画素電極 4 5 6 は、A 1 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。A 1 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 4 5 6 の表面を凹凸化して拡散反射面としても良い。

【 0 2 9 8 】

更に、画素電極 4 5 6 、第 4 の層間絶縁膜 4 5 5 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 4 5 7 、4 5 8 が形成されている。

【 0 2 9 9 】

透明導電膜 4 5 7 は、画素電極 4 5 6 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 E L 層と、を有する。

【 0 3 0 0 】

また、透明導電膜 4 5 8 は、第 4 の層間絶縁膜 4 5 5 に形成されたコンタクトホールを介して、n 型半導体層 4 6 0 n 、及び電極 4 5 2 と接するように形成されている。

【 0 3 0 1 】

透明導電膜 4 5 7 、4 5 8 としては、インジウム錫酸化物（ I T O 、 I n d i u m T i n O x i d e ）などを用いることが可能である。

【 0 3 0 2 】

電極 4 4 9 、電極 4 5 2 を介して、上部に形成されている透明導電膜 4 5 8 と、下部に形成されている電極 4 4 6 とを電気的に接続することができる。

【 0 3 0 3 】

透明導電膜 4 5 7 、4 5 8 、第 4 の層間絶縁膜 4 5 5 上に、複数の逆テーパ状の隔壁 4 6 1 が形成されている。隔壁 4 6 1 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 4 6 1 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。

【 0 3 0 4 】

隔壁 4 6 1 、透明導電膜 4 5 7 上には、有機 E L 層（エレクトロルミネッセンス層）4 5 9 が形成されている。有機 E L 層 4 5 9 は公知の材料や構成を用いることができる。

【 0 3 0 5 】

有機 E L 層 4 5 9 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 E L 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 E L 層 4 5 9 の材料としては、高分子系有機 E L 材料を用いることができる。

【 0 3 0 6 】

一例として、有機 E L 層 4 5 9 は、 P V K （ポリビニルカルバゾール）、 B u - P B D (2 - (4 ' - t e r t - プチルフェニル) - 5 - (4 ' ' - ビフェニル) - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール) 、クマリン 6 、 D C M 1 (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 - 4 H - ピラン) 、 T P B (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、スピンドル法により塗布され、形成されても良い。

【 0 3 0 7 】

隔壁 4 6 1 、有機 E L 層 4 5 9 、及び透明導電膜 4 5 8 の上には、第 2 の透明導電膜が形

10

20

30

40

50

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。

【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、複数に分離された領域は、それぞれ電気的に独立している。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】

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】

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。

【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】

図 13 (A) では、光センサ 100_(s)、及び光センサ 100_(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 (2n -

10

20

30

40

50

1) 以下の奇数)。図13(B)では、光センサ100_(i)、及び光センサ100_(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(2m-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。

【0319】

図13(A)では、複数の光センサ群120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100_(s)、及び光センサ100_(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100_(s)、及び光センサ100_(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

【0320】

各行の光センサ群120は、光センサ基準信号線15を共有している。例えば、1行目の光センサ基準信号線15_(1)は、1行1列目の光センサ群120_(1)～1行n列目の光センサ群120_(n)と電気的に接続され、m行目の光センサ基準信号線15_(m)もまた、m行1列目の光センサ群120_(1)～m行n列目の光センサ群120_(n)と電気的に接続されている。

【0321】

また、各行の光センサ群120は、光センサ出力信号線16を共有している。例えば、1行目の光センサ出力信号線16_(1)は、1行1列目の光センサ群120_(1)～1行n列目の光センサ群120_(n)と電気的に接続され、m行目の光センサ出力信号線16_(m)もまた、m行1列目の光センサ群120_(1)～m行n列目の光センサ群120_(n)と電気的に接続されている。

20

【0322】

図13(A)では、各行の光センサにおいて光センサ基準信号線15を共有し、光センサ出力信号線16を共有している。

【0323】

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15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16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。

【0324】

30

なお、図13(A)では、光センサ基準信号線15及び光センサ出力信号線16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15及び光センサ出力信号線16は各列の光センサにおいて共有しても良い。

【0325】

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。

【0326】

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120を有する半導体装置の図13(A)とは別の構成の一例について図13(B)を用いて説明する。図13(B)では、複数の光センサ群120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100_(i)、及び光センサ100_(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100_(i)、及び光センサ100_(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

【0327】

各行の光センサ群は、信号線13を共有している。例えば、1行目の信号線13_(1)は、1行1列目の光センサ群120_(1)～1行n列目の光センサ群120_(n)と電気的に接続され、m行目の信号線13もまた、m行1列目の光センサ群120_(1)～m行n列目の光センサ群120_(n)と電気的に接続されている。

【0328】

また各列の光センサ群において光センサ基準信号線15を共有している。例えば、図13

50

(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15を共有している。

【0329】

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15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。

【0330】

なお、図13(B)では、各列の光センサにおいて、光センサ基準信号線15を共有し、また、各行の光センサにおいて信号線13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15を各行の光センサにおいて共有しても良いし、信号線13を各列の光センサにおいて共有しても良い。

10

【0331】

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。

【0332】

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。

【0333】

(実施の形態6)

次に、図4で示した光センサ群110の上面図及び断面図の一例を示す。図14に光センサ群110の上面図の一例を示す。図14の一点鎖線A1-A2、A3-A4に対応する断面図を、図15(A)に、図14の一点鎖線B1-B2に対応する断面図を、図15(B)に示す。

20

【0334】

図15(A)について説明する。図15(A)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。

【0335】

下地膜232上に接して、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及びi型半導体領域204が設けられ、トランジスタ104Bの半導体層を構成するn型半導体領域205及びi型半導体領域206が設けられ、トランジスタ105Bの半導体層を構成するn型半導体領域207及びi型半導体領域208が設けられ、トランジスタ103Aの半導体層を構成するn型半導体領域209が設けられる。

30

【0336】

なお、p型半導体領域203及びi型半導体領域204、n型半導体領域205及びi型半導体領域206、n型半導体領域207及びi型半導体領域208、n型半導体領域209は、同層に形成される。

【0337】

フォトダイオード102Bの半導体層、トランジスタ104Bの半導体層、トランジスタ105Bの半導体層、及びトランジスタ103Aの半導体層上には、絶縁層240が設けられる。

40

【0338】

絶縁層240上に接して、導電層108が設けられる。また、絶縁層240を介して、i型半導体領域206上には、トランジスタ104Bのゲート電極241が設けられる。また、絶縁層240を介して、i型半導体領域208上には、トランジスタ105Bのゲート電極242が設けられる。導電層108、ゲート電極241、及びゲート電極242は、同層に形成される。

【0339】

なお、導電層108は、信号線15(光センサ基準信号線)と電気的に接続されている。

【0340】

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。

50

【 0 3 4 1 】

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。

【 0 3 4 2 】

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気的に接続され、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気的に接続され、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気的に接続されている。10

【 0 3 4 3 】

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。

【 0 3 4 4 】

なお、導電層 246 は、信号線 11B（リセット信号線）と電気的に接続され、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気的に接続されている。20

【 0 3 4 5 】

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。

【 0 3 4 6 】

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。30

【 0 3 4 7 】

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。

【 0 3 4 8 】

なお、導電層 252 は画素電極となる。

【 0 3 4 9 】

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。

【 0 3 5 0 】

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。40

【 0 3 5 1 】

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。

【 0 3 5 2 】

絶縁層 240 上に接して、導電層 108 が設けられる。

【 0 3 5 3 】

絶縁層 240、導電層 108 上には、絶縁層 243 が設けられる。

【 0 3 5 4 】

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 の陽極と電気的に接続され、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 の陰極と電気的に接続されている。

【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。 10

【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】

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。 20

【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。

【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。 30

【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。

【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。 40

【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 232 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。 50

【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。

【0369】

図14において、信号線11はリセット信号線(P R)、信号線12は電荷蓄積信号線(T X)、信号線13Aは選択信号線(S E)、ノード14は、フローティングディファュージョン(F D)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

【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できる。

【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は单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は单層構造でも良いし積層構造でも良い。

【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は单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、これらの導電層は单層構造でも良いし積層構造でも良い。

【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、单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】

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。40

【符号の説明】

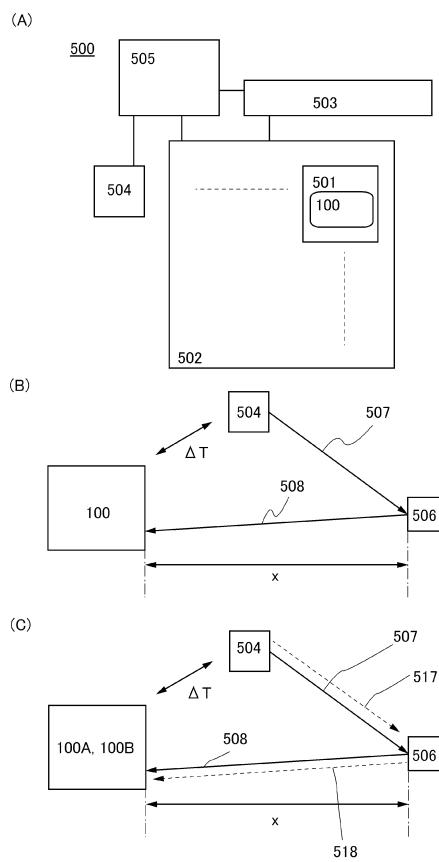
【0379】

| | | |
|-------|----------|----|
| 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 | |
| 1 7 | 信号線 | |
| 1 8 | ノード | 10 |
| 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 | |
| 1 1 0 | 光センサ群 | |
| 1 2 0 | 光センサ群 | 20 |
| 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 | |
| 2 1 0 | 導電膜 | |
| 2 1 1 | 導電膜 | 30 |
| 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 | |
| 2 2 0 | 導電膜 | |
| 2 2 1 | 導電膜 | 40 |
| 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 | |
| 2 3 1 | 遮光層 | |
| 2 3 2 | 下地膜 | 50 |

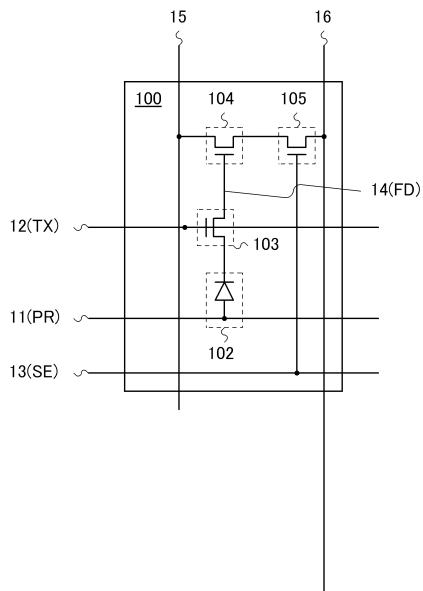
| | | |
|---------|-----------|----|
| 2 3 3 | 絶縁層 | |
| 2 4 0 | 絶縁層 | |
| 2 4 1 | ゲート電極 | |
| 2 4 2 | ゲート電極 | |
| 2 4 3 | 絶縁層 | |
| 2 4 4 | 導電層 | |
| 2 4 5 | 導電層 | |
| 2 4 6 | 導電層 | |
| 2 4 7 | 導電層 | |
| 2 4 8 | p型半導体領域 | 10 |
| 2 4 9 | i型半導体領域 | |
| 2 5 0 | 活性層 | |
| 2 5 1 | 基板 | |
| 2 5 2 | 導電層 | |
| 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 | |
| 2 8 2 | 絶縁膜 | |
| 3 0 1 | パルス | 20 |
| 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 | |
| 4 1 4 | nウエル | |
| 4 1 5 | nウエル | 30 |
| 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 | |
| 4 2 4 | 低濃度ドレイン領域 | |
| 4 2 5 | 低濃度ドレイン領域 | 40 |
| 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 | |
| 4 3 5 | ドレイン領域 | |
| 4 3 6 | 層間絶縁膜 | 50 |

| | | |
|---------|-----------|----|
| 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 | |
| 4 4 7 | パッシベーション膜 | |
| 4 4 8 | 層間絶縁膜 | 10 |
| 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 | |
| 4 5 7 | 透明導電膜 | |
| 4 5 8 | 透明導電膜 | 20 |
| 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 | |
| 5 0 0 | 半導体装置 | |
| 5 0 1 | 画素 | 30 |
| 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 | |
| 5 1 8 | 可視光 | |

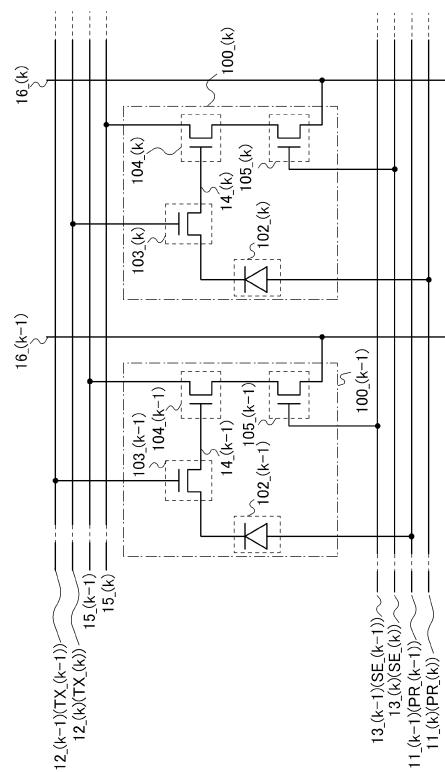
【図1】



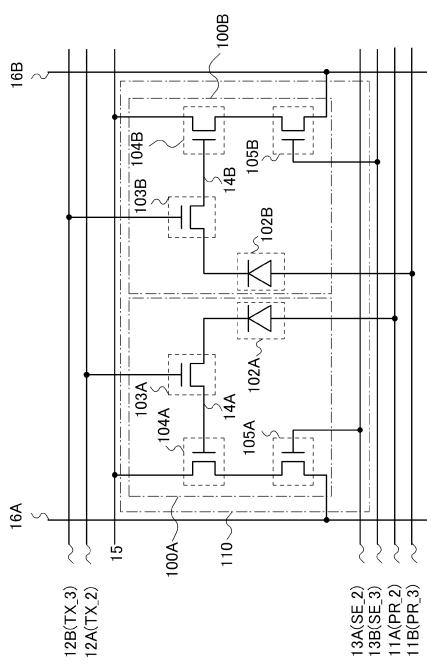
【図2】



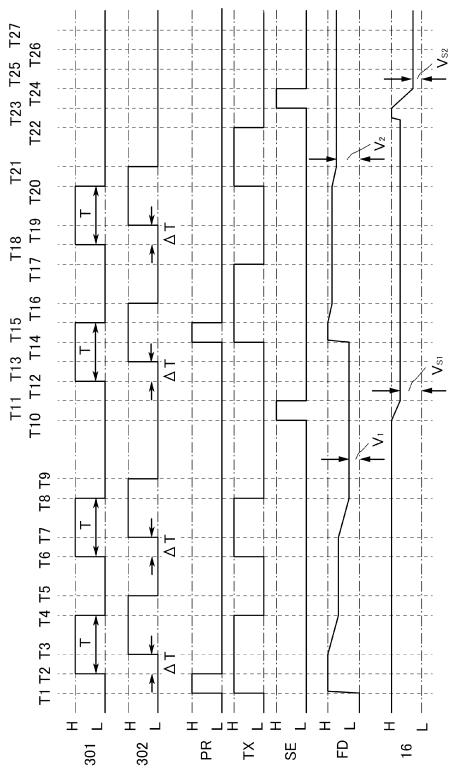
【図3】



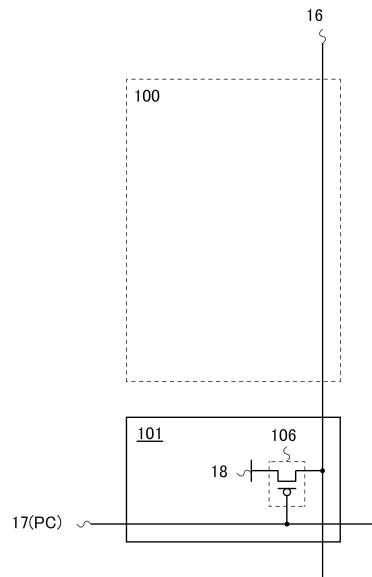
【図4】



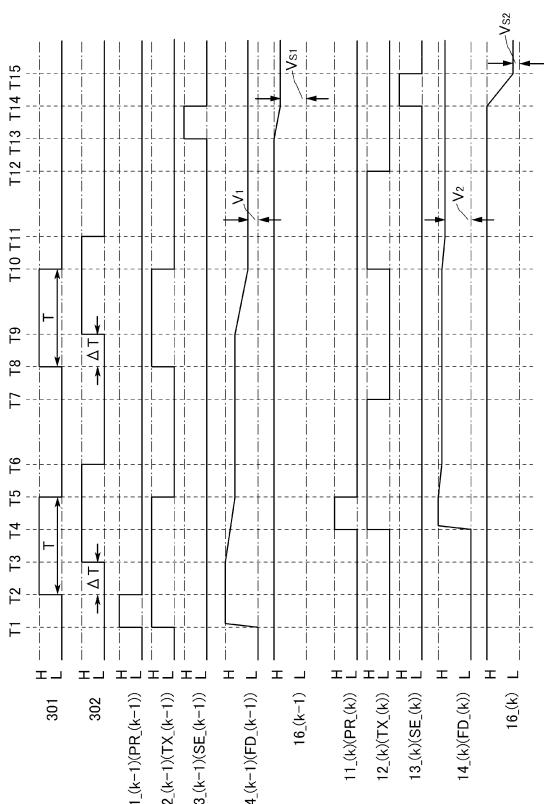
【図5】



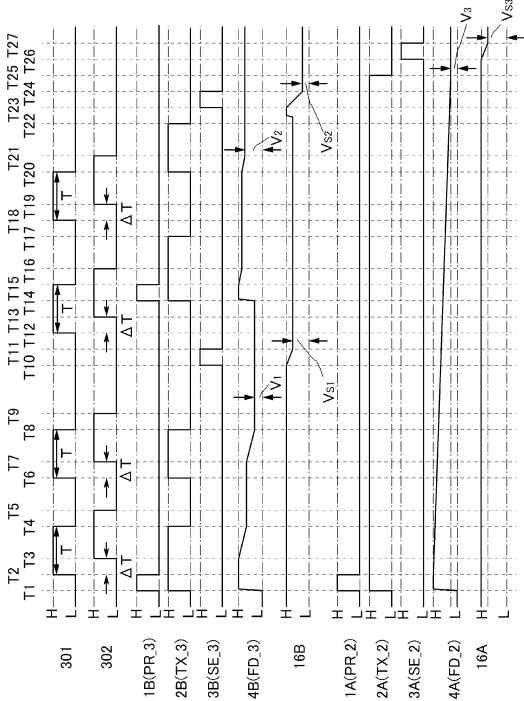
【図6】



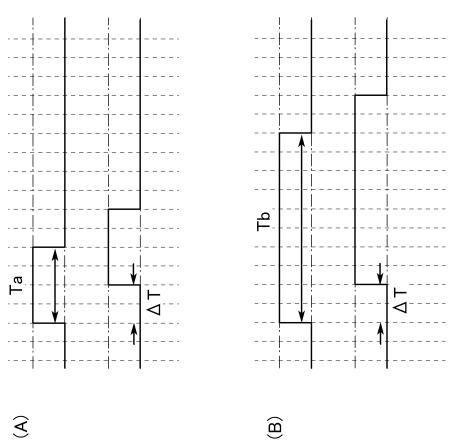
【図7】



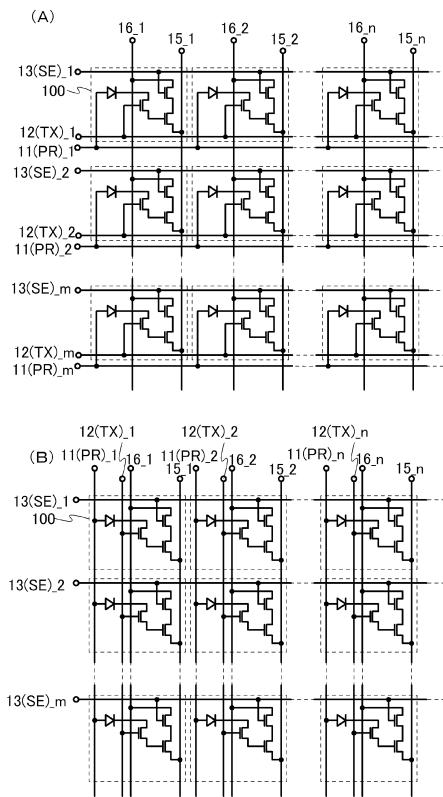
【図8】



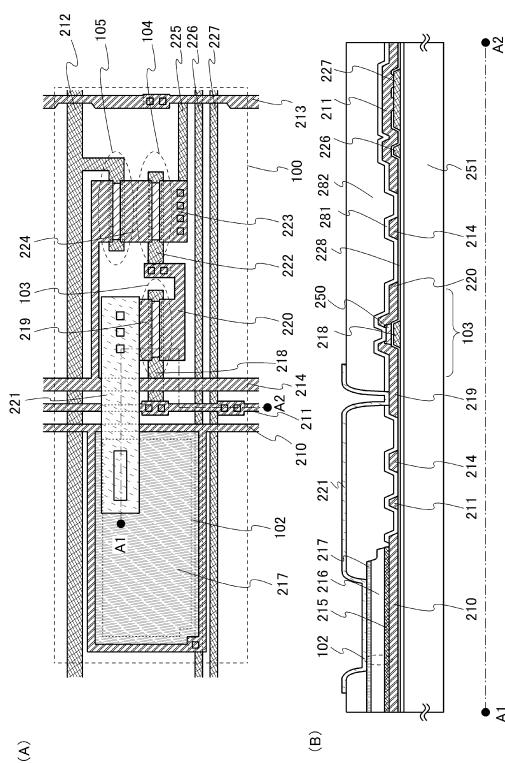
【 四 9 】



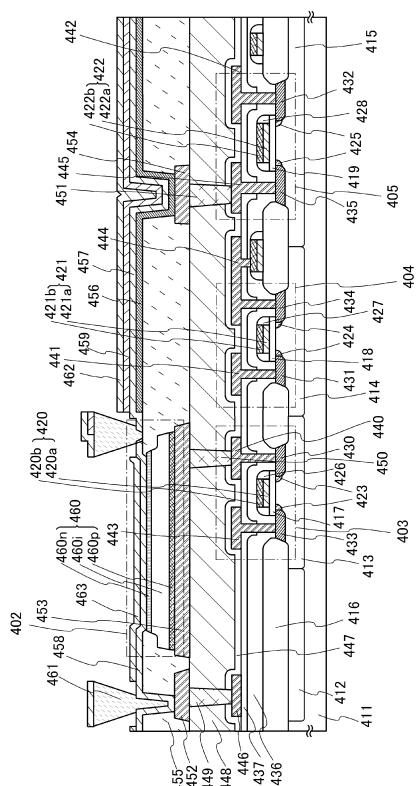
【図 10】



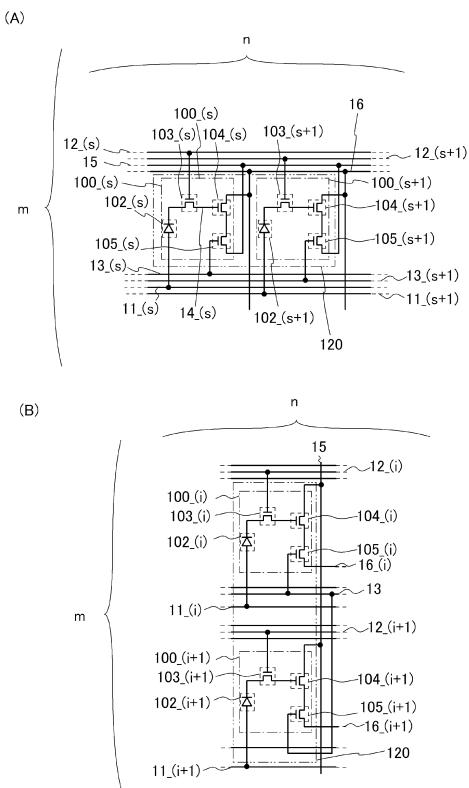
【図 1 1】



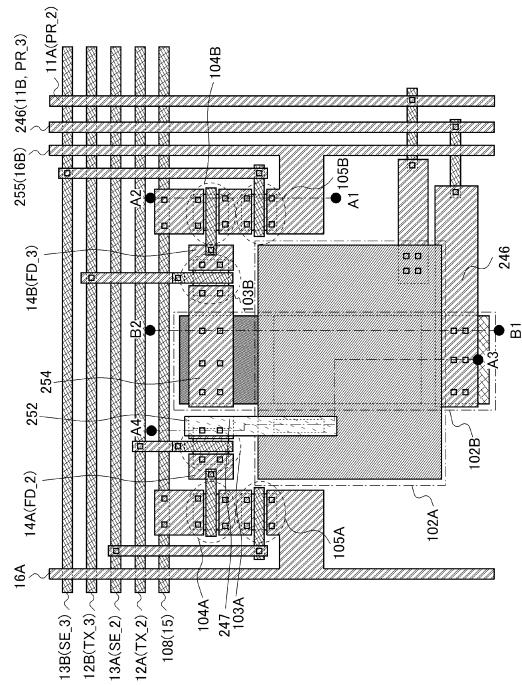
【図12】



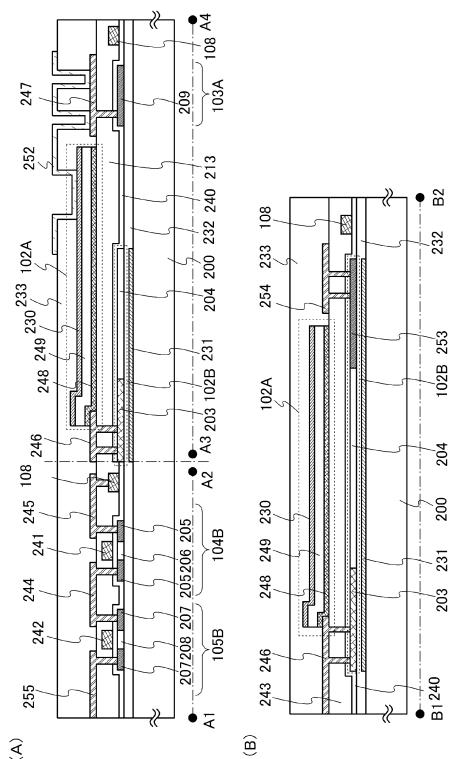
【図13】



【 図 1 4 】



【図15】



フロントページの続き

| | | | | | |
|---------------------|--------------|------------------|---------------|--------------|--------------|
| (51) Int.Cl. | F I | | | | |
| G 01 C | 3/06 | (2006.01) | G 01 C | 3/06 | 1 4 0 |
| H 04 N | 5/374 | (2011.01) | H 04 N | 5/374 | |
| H 04 N | 5/369 | (2011.01) | H 04 N | 5/369 | 6 0 0 |

(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・地域又は機関

日本国(JP)

早期審査対象出願

(56)参考文献 特許第6 8 0 3 4 4 9 (J P , B 2)
特開2 0 1 1 - 1 6 6 4 7 7 (J P , A)
特開2 0 1 0 - 2 7 3 0 9 5 (J P , A)
特開2 0 0 8 - 0 6 0 4 8 1 (J P , A)
特開2 0 0 4 - 1 8 6 4 0 7 (J P , A)
特開2 0 0 8 - 0 0 8 7 0 0 (J P , A)
特開2 0 1 2 - 0 2 9 1 3 0 (J P , A)
特開2 0 1 1 - 2 4 3 8 6 2 (J P , A)
特開2 0 0 6 - 0 7 3 7 3 5 (J P , A)
特開2 0 0 7 - 1 1 5 9 9 4 (J P , A)
特開2 0 0 7 - 2 0 1 2 6 9 (J P , A)
特開2 0 1 0 - 1 6 5 8 5 4 (J P , A)
特開2 0 0 9 - 2 9 6 0 1 6 (J P , A)
国際公開第2 0 1 0 / 0 9 2 7 0 9 (WO , A 1)
特開2 0 1 0 - 1 4 1 6 3 8 (J P , A)
特開2 0 0 9 - 2 0 6 3 5 6 (J P , A)
特開2 0 0 5 - 2 6 8 6 4 4 (J P , A)
特開2 0 0 5 - 1 5 0 5 2 1 (J P , A)
特開2 0 0 8 - 1 4 7 3 3 3 (J P , A)
特開2 0 0 3 - 2 7 3 3 4 3 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

| | |
|---------------|--------------------------------|
| H 01 L | 2 1 / 3 3 9 |
| H 01 L | 2 7 / 1 4 - 2 7 / 1 4 8 |
| H 01 L | 2 9 / 7 6 2 |
| H 04 N | 5 / 3 0 - 5 / 3 7 8 |
| G 01 S | 7 / 4 8 - 7 / 5 1 |
| G 01 S | 1 7 / 0 0 - 1 7 / 9 5 |
| G 01 C | 3 / 0 0 - 3 / 3 2 |
| G 01 B | 1 1 / 0 0 - 1 1 / 3 0 |