

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5751839号
(P5751839)

(45) 発行日 平成27年7月22日 (2015. 7. 22)

(24) 登録日 平成27年5月29日 (2015. 5. 29)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 27/146 (2006. 01)

H O 1 L 27/14 C

H O 1 L 29/786 (2006. 01)

H O 1 L 29/78 6 1 3 Z

H O 1 L 21/336 (2006. 01)

H O 1 L 29/78 6 1 8 B

H O 1 L 29/78 6 2 7 F

請求項の数 3 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2011-2659 (P2011-2659)
 (22) 出願日 平成23年1月11日 (2011. 1. 11)
 (65) 公開番号 特開2011-166123 (P2011-166123A)
 (43) 公開日 平成23年8月25日 (2011. 8. 25)
 審査請求日 平成26年1月6日 (2014. 1. 6)
 (31) 優先権主張番号 特願2010-6444 (P2010-6444)
 (32) 優先日 平成22年1月15日 (2010. 1. 15)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2010-6445 (P2010-6445)
 (32) 優先日 平成22年1月15日 (2010. 1. 15)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2010-6449 (P2010-6449)
 (32) 優先日 平成22年1月15日 (2010. 1. 15)
 (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 3 9 8 番地
 (72) 発明者 黒川 義元
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 池田 隆之
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 審査官 柴山 将隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フォトダイオードと、第 1 のトランジスタと、第 2 のトランジスタと、を有するフォトセンサを複数有し、

前記フォトダイオードは、入射光に応じた電荷を前記第 1 のトランジスタのゲートに供給する機能を有し、

前記第 1 のトランジスタは、ゲートに供給された電荷を蓄積する機能を有し、

前記第 2 のトランジスタは、前記第 1 のトランジスタのゲートに蓄積された電荷を保持する機能を有し、

前記第 2 のトランジスタは、酸化物半導体を有し、

前記複数のフォトセンサはリセット動作、累積動作、及び選択動作を行う機能を有し、

前記複数のフォトセンサは、前記リセット動作を共通して行う機能と、前記累積動作を共通して行う機能と、前記選択動作を順次行う機能と、を有し、

前記選択動作に要する合計の時間は、前記累積動作に要する時間より長く、

前記複数のフォトセンサは、前記リセット動作を行った後、前記累積動作と前記選択動作とを複数回繰り返して行う機能を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】

フォトダイオードと、第 1 のトランジスタと、第 2 のトランジスタと、第 3 のトランジスタと、を有するフォトセンサを複数有し、

前記フォトダイオードは、入射光に応じた電荷を前記第 1 のトランジスタのゲートに供

給する機能を有し、

前記第1のトランジスタは、ゲートに供給された電荷を蓄積する機能と、前記蓄積された電荷を出力信号に変換する機能とを有し、

前記第2のトランジスタは、前記第1のトランジスタのゲートに前記蓄積された電荷を保持する機能を有し、

前記第3のトランジスタは、前記出力信号の読み出しを制御する機能を有し、

前記第2のトランジスタは、酸化物半導体を有し、

前記複数のフォトセンサはリセット動作、累積動作、及び選択動作を行う機能を有し、

前記複数のフォトセンサは、前記リセット動作を共通して行う機能と、前記累積動作を共通して行う機能と、前記選択動作を順次行う機能と、を有し、

前記選択動作に要する合計の時間は、前記累積動作に要する時間より長く、

前記複数のフォトセンサは、前記リセット動作を行った後、前記累積動作と前記選択動作とを複数回繰り返して行う機能を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項3】

フォトダイオードと、第1のトランジスタと、第2のトランジスタと、を有するフォトセンサを複数有し、

前記フォトダイオードは、入射光に応じた電荷を前記第1のトランジスタのゲートに供給する機能を有し、

前記第1のトランジスタは、ゲートに供給された電荷を蓄積する機能を有し、

前記第2のトランジスタは、前記第1のトランジスタのゲートに蓄積された電荷を保持する機能を有し、

前記第2のトランジスタは、酸化物半導体を有し、

前記複数のフォトセンサはリセット動作、累積動作、及び選択動作を行う機能を有し、

前記複数のフォトセンサは、前記リセット動作を共通して行う機能と、前記累積動作を共通して行う機能と、前記選択動作を順次行う機能と、を有し、

前記複数のフォトセンサは、前記リセット動作を行った後、前記累積動作と前記選択動作とを複数回繰り返して行う機能を有することを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

技術分野は、フォトセンサ及びその駆動方法に関する。また、フォトセンサを有する表示装置及びその駆動方法に関する。また、フォトセンサを有する半導体装置及びその駆動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、光を検出するセンサ（「フォトセンサ」ともいう）を搭載した表示装置が注目されている。フォトセンサを表示装置に設けることにより、表示画面が入力領域を兼ねる。一例として、画像取り込み機能を備えた表示装置が挙げられる（例えば、特許文献1を参照）。

【0003】

また、フォトセンサを有する半導体装置として、CCD方式のイメージセンサやCMOS方式のイメージセンサなどが挙げられる。これらのイメージセンサは、例えば、デジタルスチルカメラや携帯電話などの電子機器に用いられている。

【0004】

フォトセンサを搭載した表示装置では、まず、表示装置から光を発する。被検出物が存在する領域に入射した光は被検出物によって遮断され、一部の光が反射される。表示装置内の画素に設けられたフォトセンサが、被検出物から反射された光を検出することで、当該領域に被検出物が存在することを認識することができる。

【0005】

また、フォトセンサを搭載した半導体装置では、被検出物から発せられる光もしくは被

10

20

30

40

50

検出物で外光などが反射した光を、フォトセンサで直接検出もしくは光学レンズなどを用いて集光した後に検出する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2001-292276号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

被検出物を撮像し画像を取得するためには、フォトセンサにおいて、入射光を電気信号に変換する必要がある。また、電気信号は一般にアナログ信号であるため、A/D変換回路によってデジタル信号に変換する必要がある。

【0008】

そこで、フォトセンサにおいて、入射光を正確に電気信号に変換することを目的の一とする。また、それを実現するための新規な回路構成を有するフォトセンサの提供を目的の一とする。

【0009】

また、高速で移動する被検出物を撮像する場合、画像にブレが生じやすいという問題がある。この問題を解決することを目的の一とする。

【0010】

また、高解像度の撮像を実現するためには、A/D変換回路の高速動作が要求され、消費電力が増大するという問題がある。この問題を解決することを目的の一とする。

【0011】

また、高解像度のカラー画像を取得するためには、A/D変換回路の高速動作が要求され、消費電力が増大するという問題がある。この問題を解決することを目的の一とする。

【0012】

また、フォトセンサに入射する光が微弱である場合、正確に電気信号に変換することが難しいという問題がある。この問題を解決することを目的の一とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の一態様は、フォトダイオード、第1のトランジスタ、及び第2のトランジスタを有するフォトセンサを備え、フォトダイオードは入射光に応じた電荷を第1のトランジスタのゲートに供給する機能を有し、第1のトランジスタはゲートに供給された電荷を蓄積する機能を有し、第2のトランジスタは第1のトランジスタのゲートに蓄積された電荷を保持する機能を有している半導体装置である。

【0014】

また、上記第2のトランジスタは、酸化物半導体を用いて形成されていることが好ましい。

【0015】

また、上記フォトダイオードは、単結晶半導体を用いて形成されていることが好ましい。

【0016】

また、上記フォトセンサには、第1のトランジスタの出力信号の読み出しを制御する第3のトランジスタが設けられている。

【0017】

また、本発明の他の一態様は、複数のフォトセンサを有し、当該複数のフォトセンサは、リセット動作、累積動作、及び選択動作を行い、リセット動作を共通して行い、累積動作を共通して行い、選択動作を順次行う半導体装置である。よって、複数のフォトセンサにおいて、リセット動作は同時に行われ、累積動作は同時に行われ、選択動作は個別に行われる。そして、全てのフォトセンサの選択動作に要する合計の時間は、累積動作に要す

10

20

30

40

50

る時間より、長いことが好ましい。

【0018】

また、上記リセット動作を行った後に累積動作と選択動作とを複数回繰り返して行う機能を有している。

【0019】

また、本発明の一態様は、複数のフォトセンサ及び特定の色の光源を有し、当該複数のフォトセンサは、リセット動作、累積動作、及び選択動作を行い、リセット動作を当該特定の色において共通して行い、累積動作を当該特定の色において共通して行い、選択動作を順次行う。よって、複数のフォトセンサにおいて、リセット動作は同時に行われ、累積動作は同時に行われ、選択動作は個別に行われる半導体装置である。

10

【0020】

また、当該特定の色が複数色である場合、複数のフォトセンサは、リセット動作及び累積動作を当該複数色の各々の色において共通して行い、選択動作を順次行う。よって、複数のフォトセンサにおいて、リセット動作は各々の色で同時に行われ、累積動作は各々の色で同時に行われ、選択動作は個別に行われる。

【0021】

本発明において、リセット動作とはフォトセンサを初期化する動作であり、累積動作とはフォトセンサが入射光に応じた電荷を蓄積する動作であり、選択動作とはフォトセンサが電気信号を出力する（読み出しを行う）動作である。

【0022】

20

また、半導体装置とは、半導体の性質を持つ物及びそれを有する物全般を指す。例えば、トランジスタを有する表示装置を単に半導体装置と呼ぶこともある。

【発明の効果】

【0023】

フォトセンサの一態様は、酸化物半導体を用いたトランジスタを有することで、入射光を正確に電気信号に変換することができる。

【0024】

また、複数のフォトセンサの累積動作を共通して行うため、累積動作を短時間で行うことができ、高速で移動する被検出物に対しても、ブレの少ない画像を取得することができる。

30

【0025】

また、累積動作を制御するトランジスタは、酸化物半導体を用いて形成されているため、オフ電流が極めて小さい。そのため、フォトセンサの数が増加し、選択動作に要する時間が長くなっても、入射光を正確に電気信号に変換することができる。したがって、高解像度の撮像が可能となる。また、フォトセンサの数及び色の数が増加し、選択動作に要する合計の時間が長くなっても、入射光を正確に電気信号に変換することができる。したがって、高解像度のカラー画像の取得が可能となる。

【0026】

また、フォトセンサに入射する光が微弱である場合にも、正確に電気信号に変換することができる。

40

【0027】

また、選択動作に要する時間を長くすることができるため、A/D変換回路の高速動作が必須ではなくなり、消費電力を抑制することができる。

【0028】

すなわち、A/D変換回路の消費電力を抑制しつつ、高解像度の撮像を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】表示装置の一例を示す図。

【図2】表示装置の一例を示す図。

50

【図 3】タイミングチャート。

【図 4】タイミングチャート。

【図 5】タイミングチャート。

【図 6】フォトセンサの一例を示す図。

【図 7】半導体装置の一例を示す図。

【図 8】トランジスタの電気特性を示す図。

【図 9】半導体装置の一例を示す図。

【図 10】タイミングチャート。

【図 11】タイミングチャート。

【図 12】半導体装置の一例を示す図。

10

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下に、実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。但し、以下の実施の形態は多くの異なる態様で実施することが可能であり、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、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、実施の形態を説明するための全図において、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付し、その繰り返しの説明は省略する。

【0031】

(実施の形態 1)

20

本実施の形態では、表示装置について図 1 ~ 図 3 を参照して説明する。

【0032】

表示装置の構成について、図 1 を参照して説明する。表示パネル 100 は、画素回路 101、表示素子制御回路 102 及びフォトセンサ制御回路 103 を有する。

【0033】

画素回路 101 は、行列方向にマトリクス状に配置された複数の画素 104 を有する。各々の画素 104 は、表示素子 105 とフォトセンサ 106 を有する。全ての画素 104 にフォトセンサを設けず、複数の画素毎に設けてもよい。また、画素 104 の外にフォトセンサを設けてもよい。

【0034】

30

画素 104 の回路図について、図 2 を用いて説明する。画素 104 は、トランジスタ 201、保持容量 202 及び液晶素子 203 を有する表示素子 105 と、受光素子であるフォトダイオード 204、トランジスタ 205、トランジスタ 206、トランジスタ 207 を有するフォトセンサ 106 とを有する。

【0035】

表示素子 105 において、トランジスタ 201 は、ゲートがゲート信号線 208 に、ソース又はドレインの一方がビデオデータ信号線 212 に、ソース又はドレインの他方が保持容量 202 の一方の電極と液晶素子 203 の一方の電極に電気的に接続されている。保持容量 202 の他方の電極と液晶素子 203 の他方の電極は一定の電位に保たれている。液晶素子 203 は、一对の電極と、該一对の電極の間に液晶層を含む素子である。

40

【0036】

トランジスタ 201 は、保持容量 202 への電荷の注入もしくは放出を制御する機能を有する。例えば、ゲート信号線 208 に高電位が印加されると、ビデオデータ信号線 212 の電位を保持容量 202 と液晶素子 203 に印加する。保持容量 202 は、液晶素子 203 に印加する電圧に相当する電荷を保持する機能を有する。液晶素子 203 に電圧を印加することで偏光方向が変化することを利用して、液晶素子 203 を透過する光の明暗（階調）を作ることによって、画像表示が実現される。液晶素子 203 を透過する光には、光源（バックライト）によって液晶表示装置の裏面から照射される光を用いる。

【0037】

トランジスタ 201 は、非晶質半導体、微結晶半導体、多結晶半導体、酸化物半導体、

50

又は単結晶半導体などを用いることが可能である。特に、酸化物半導体を用い、オフ電流が極めて小さいトランジスタとすることで、表示品質を高めることができる。

【0038】

なお、ここでは、表示素子105が液晶素子を有する場合について説明したが、発光素子などの他の素子を有していてもよい。発光素子は、電流または電圧によって輝度が制御される素子であり、具体的には発光ダイオード、OLED (Organic Light Emitting Diode) 等が挙げられる。

【0039】

フォトセンサ106において、フォトダイオード204は、一方の電極がフォトダイオードリセット信号線210に、他方の電極がトランジスタ207のソース又はドレインの一方に電氣的に接続されている。トランジスタ205は、ソース又はドレインの一方がフォトセンサ基準信号線213に、ソース又はドレインの他方がトランジスタ206のソース又はドレインの一方に電氣的に接続されている。トランジスタ206は、ゲートがゲート信号線211に、ソース又はドレインの他方がフォトセンサ出力信号線214に電氣的に接続されている。トランジスタ207は、ゲートがゲート信号線209に、ソース又はドレインの他方がトランジスタ205のゲートに電氣的に接続されている。

10

【0040】

フォトダイオード204は、非晶質半導体、微結晶半導体、多結晶半導体、酸化物半導体、又は単結晶半導体などを用いることが可能である。特に、入射光から生成される電気信号の割合（量子効率）を向上させるために、結晶欠陥の少ない単結晶半導体（例えば単結晶シリコン）を用いることが望ましい。また、半導体材料は、結晶性を向上させることが容易であるシリコン又はシリコンゲルマニウム等のシリコン半導体を用いることが好ましい。

20

【0041】

トランジスタ205は、非晶質半導体、微結晶半導体、多結晶半導体、酸化物半導体、又は単結晶半導体などを用いることが可能である。特に、フォトダイオード204から供給される電荷を出力信号に変換する機能を有するため、単結晶半導体を用い、移動度の高いトランジスタとすることが望ましい。また、半導体材料は、結晶性を向上させることが容易であるシリコン又はシリコンゲルマニウム等のシリコン半導体を用いることが好ましい。

30

【0042】

トランジスタ206は、非晶質半導体、微結晶半導体、多結晶半導体、酸化物半導体、又は単結晶半導体などを用いることが可能である。特に、フォトセンサ出力信号線214にトランジスタ205の出力信号を供給する機能を有するため、単結晶半導体を用い、移動度の高いトランジスタとすることが望ましい。また、半導体材料は、結晶性を向上させることが容易であるシリコン又はシリコンゲルマニウム等のシリコン半導体を用いることが好ましい。

【0043】

トランジスタ207は、非晶質半導体、微結晶半導体、多結晶半導体、酸化物半導体、又は単結晶半導体などを用いることが可能である。特に、トランジスタ205のゲートの電荷を保持する機能を有するため、酸化物半導体を用い、オフ電流が極めて小さいトランジスタとすることが好ましい。このように、トランジスタに要求される機能に応じて、複数種のトランジスタを配置することで、フォトセンサの性能を向上させることができる。

40

【0044】

表示素子制御回路102は、表示素子105を制御するための回路であり、ビデオデータ信号線などの信号線（「ソース信号線」ともいう。）を介して表示素子105に信号を入力する表示素子駆動回路107と、走査線（「ゲート信号線」ともいう。）を介して表示素子105に信号を入力する表示素子駆動回路108を有する。例えば、走査線に電氣的に接続された表示素子駆動回路108は、特定の行に配置された画素が有する表示素子を選択する機能を有する。また、信号線に電氣的に接続された表示素子駆動回路107は

50

、選択された行の画素が有する表示素子に任意の電位を与える機能を有する。なお、表示素子駆動回路 108 によりゲート信号線に高電位を印加された表示素子では、トランジスタが導通状態となり、表示素子駆動回路 107 によりビデオデータ信号線に与えられる電位が供給される。

【0045】

フォトセンサ制御回路 103 は、フォトセンサ 106 を制御するための回路であり、フォトセンサ出力信号線、フォトセンサ基準信号線等の信号線に電氣的に接続されたフォトセンサ読み出し回路 109 と、走査線に電氣的に接続されたフォトセンサ駆動回路 110 を有する。

【0046】

フォトセンサ駆動回路 110 は、特定の行に配置された画素が有するフォトセンサ 106 に対して、後述するリセット動作と累積動作と選択動作とを行う機能を有する。

【0047】

また、フォトセンサ読み出し回路 109 は、選択された行の画素が有するフォトセンサ 106 の出力信号を取り出す機能を有する。なお、フォトセンサ読み出し回路 109 は、アナログ信号であるフォトセンサ 106 の出力を、OP アンプを用いてアナログ信号のまま表示パネル外部に取り出す。もしくは、A/D 変換回路を用いてデジタル信号に変換してから表示パネル外部に取り出す。

【0048】

フォトセンサ読み出し回路 109 を構成するプリチャージ回路について、図 2 を用いて説明する。図 2 において、画素 1 列分のプリチャージ回路 200 は、トランジスタ 216、プリチャージ信号線 217 から構成される。なお、プリチャージ回路 200 の後段に、OP アンプや A/D 変換回路を接続して、フォトセンサ読み出し回路 109 を構成することができる。

【0049】

プリチャージ回路 200 では、画素内におけるフォトセンサの動作に先立ち、フォトセンサ出力信号線 214 の電位を基準電位に設定する。図 2 では、プリチャージ信号線 217 を "L (Low)" とし、トランジスタ 216 を導通させることで、フォトセンサ出力信号線 214 の電位を基準電位（ここでは高電位とする）に設定することができる。なお、フォトセンサ出力信号線 214 の電位を安定させるために、フォトセンサ出力信号線 214 に保持容量を設けることも有効である。なお、基準電位は、低電位とする構成も可能である。この場合、トランジスタ 216 は、図 2 と逆極性とし、プリチャージ信号線 217 を "H (High)" とすることで、フォトセンサ出力信号線 214 の電位を基準電位に設定することができる。

【0050】

次に、フォトセンサ 106 の動作について、図 3 のタイミングチャートを用いて説明する。図 3 において、信号 301 ~ 信号 306 は、図 2 におけるフォトダイオードリセット信号線 210、ゲート信号線 209、ゲート信号線 211、ゲート信号線 215、フォトセンサ出力信号線 214、プリチャージ信号線 217 の電位に相当する。

【0051】

時刻 A において、フォトダイオードリセット信号線 210 の電位（信号 301）を "H"、ゲート信号線 209 の電位（信号 302）を "H" とする（リセット動作開始）と、フォトダイオード 204 が導通し、ゲート信号線 215 の電位（信号 304）が "H" となる。また、プリチャージ信号線 217 の電位（信号 306）を "L" とすると、フォトセンサ出力信号線 214 の電位（信号 305）は "H" にプリチャージされる。

【0052】

時刻 B において、フォトダイオードリセット信号線 210 の電位（信号 301）を "L" とし、ゲート信号線 209 の電位（信号 302）を "H" のままとする（リセット動作終了、累積動作開始）と、フォトダイオード 204 のオフ電流により、ゲート信号線 215 の電位（信号 304）が低下し始める。フォトダイオード 204 は、光が入射されると

10

20

30

40

50

オフ電流が増大するので、入射光の量に応じてゲート信号線 215 の電位 (信号 304) は変化する。すなわち、フォトダイオード 204 は、入射光に応じてトランジスタ 205 のゲートに電荷を供給する機能を有している。そして、トランジスタ 205 のソースとドレイン間のチャネル抵抗が変化する。

【0053】

時刻 C において、ゲート信号線 209 の電位 (信号 302) を "L" とする (累積動作終了) と、ゲート信号線 215 の電位 (信号 304) は一定となる。ここで、当該電位は、累積動作中にフォトダイオード 204 がゲート信号線 215 に供給した電荷により決まる。すなわち、フォトダイオード 204 への入射光に応じてトランジスタ 205 のゲートに蓄積される電荷が変化する。また、トランジスタ 207 は、酸化物半導体を用い、オフ電流が極めて小さいトランジスタで構成されているため、後の選択動作を行うまで、蓄積された電荷を一定に保つことが可能である。

10

【0054】

時刻 D に、ゲート信号線 211 の電位 (信号 303) を "H" にする (選択動作開始) と、トランジスタ 206 が導通し、フォトセンサ基準信号線 213 とフォトセンサ出力信号線 214 とが、トランジスタ 205 とトランジスタ 206 とを介して導通する。すると、フォトセンサ出力信号線 214 の電位 (信号 305) は、低下していく。なお、時刻 D 以前に、プリチャージ信号線 217 の電位 (信号 306) は "H" とし、フォトセンサ出力信号線 214 のプリチャージを終了しておく。ここで、フォトセンサ出力信号線 214 の電位 (信号 305) が低下する速さは、トランジスタ 205 のソースとドレイン間の電流に依存する。すなわち、累積動作中にフォトダイオード 204 に照射されている光の量に応じて変化する。

20

【0055】

時刻 E において、ゲート信号線 211 の電位 (信号 303) を "L" にする (選択動作終了) と、トランジスタ 206 が遮断され、フォトセンサ出力信号線 214 の電位 (信号 305) は、一定値となる。ここで、一定値となる値は、フォトダイオード 204 に照射された光の量に応じて変化する。したがって、フォトセンサ出力信号線 214 の電位を取得することで、累積動作中におけるフォトダイオード 204 への入射光の量を知ることができる。

【0056】

30

以上のように、個々のフォトセンサの動作は、リセット動作と累積動作と選択動作とを繰り返すことで実現される。上述したように、累積動作を制御するトランジスタ 207 は、酸化物半導体を用い、オフ電流を極めて小さくすることが好ましい。この回路構成により、トランジスタ 205 のゲートに蓄積された電荷を保持する機能を向上させることができる。そのため、フォトセンサ 106 は、入射光を正確に電気信号に変換することが可能となる。

【0057】

なお、本実施の形態では、フォトセンサを有する表示装置について説明したが、フォトセンサを有する半導体装置にも容易に応用できる。すなわち、本実施の形態における表示装置から、表示に要する回路、具体的には、表示素子制御回路 102、表示素子 105 を取り除いて、半導体装置を構成することができる。当該半導体装置としては、例えばイメージセンサが挙げられる。

40

【0058】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせる実施することができる。

【0059】

(実施の形態 2)

本実施の形態では、複数のフォトセンサを用いた場合の駆動方法について説明する。

【0060】

まず、図 4 に示すタイミングチャートのような駆動方法を考える。図 4 において、信号 401、信号 402、信号 403 は、各々第 1 行、第 2 行、第 3 行のフォトセンサにお

50

るフォトダイオードリセット信号線 210 の電位変化を示す信号である。また、信号 404、信号 405、信号 406 は、各々第 1 行、第 2 行、第 3 行のフォトセンサにおけるゲート信号線 209 の電位変化を示す信号である。また、信号 407、信号 408、信号 409 は、各々第 1 行、第 2 行、第 3 行のフォトセンサにおけるゲート信号線 211 の電位変化を示す信号である。期間 410 は、1 回の撮像に要する期間である。また、期間 411、期間 412、期間 413 は、第 2 行のフォトセンサが、各々リセット動作、累積動作、選択動作を行っている期間である。このように、各行のフォトセンサを順に駆動していくことで、撮像が可能になる。

【0061】

ここで、各行のフォトセンサにおける累積動作について、時間的なズレが生じていることがわかる。すなわち、各行のフォトセンサにおける撮像の同時性が損なわれる。そのため、撮像画像にブレが生じることになる。特に、第 1 行から第 3 行の方向に高速に移動する被検出物に対しては、尾を引くように、拡大されたような形状の撮像画像になり、逆方向に移動する被検出物に対しては、縮小されたような形状の撮像画像になるなど、形状が歪みやすい。

【0062】

各行のフォトセンサにおける累積動作に時間的なズレを生じさせないためには、各行のフォトセンサを順に駆動する周期を短くすることが有効である。しかしながら、この場合、フォトセンサの出力信号を OP アンプもしくは A/D 変換回路で非常に高速度で取得する必要がある。したがって、消費電力の増大を招く。特に、高解像度の画像を取得する場合には、非常に困難となる。

【0063】

そこで、図 5 に示すタイミングチャートのような駆動方法を提案する。図 5 において、信号 501、信号 502、信号 503 は、各々第 1 行、第 2 行、第 3 行のフォトセンサにおけるフォトダイオードリセット信号線 210 の電位変化を示す信号である。また、信号 504、信号 505、信号 506 は、各々第 1 行、第 2 行、第 3 行のフォトセンサにおけるゲート信号線 209 の電位変化を示す信号である。また、信号 507、信号 508、信号 509 は、各々第 1 行、第 2 行、第 3 行のフォトセンサにおけるゲート信号線 211 の電位変化を示す信号である。期間 510 は、1 回の撮像に要する期間である。また、期間 511、期間 512、期間 513 は、第 2 行のフォトセンサが、各々リセット動作（他の行でも共通）、累積動作（他の行でも共通）、選択動作を行っている期間である。

【0064】

図 5 において、図 4 と異なるのは、全行のフォトセンサについて、リセット動作と累積動作とが共通の時間に行われ、累積動作終了後に累積動作とは非同期に、各行で順に選択動作を行う点である。累積動作を共通の期間にすることで、各行のフォトセンサにおける撮像の同時性が確保され、高速に移動する被検出物に対しても、ブレが少ない画像を容易に得ることができる。累積動作を共通にすることで、各フォトセンサのフォトダイオードリセット信号線 210 の駆動回路を共通にすることができる。また、各フォトセンサのゲート信号線 209 の駆動回路も共通にすることができる。このように駆動回路を共通にすることは、周辺回路の削減や低消費電力化に有効である。さらに、選択動作を各行で順次行うことで、フォトセンサの出力信号を取得する際に、OP アンプもしくは A/D 変換回路の動作速度を遅くすることが可能である。その際、選択動作に要する合計の時間を、累積動作に要する時間より長くすることが好ましい。特に、高解像度の画像を取得する場合には、非常に有効である。

【0065】

なお、図 5 では、各行のフォトセンサを順次駆動する駆動方法について、タイミングチャートを示したが、特定の領域における画像を取得するために、特定の行におけるフォトセンサのみを順次駆動する駆動方法も有効である。これにより、OP アンプもしくは A/D 変換回路の動作を軽減し、消費電力を低減しながら、必要な画像を取得することができる。また、数行おきにフォトセンサを駆動する駆動方法も有効である。すなわち、複数の

10

20

30

40

50

フォトセンサの一部を駆動させる。これにより、OPアンプもしくはA/D変換回路の動作を軽減し、消費電力を低減しながら、必要な解像度の画像を取得することができる。

【0066】

以上のような駆動方法を実現するためには、累積動作が終了した後も、各フォトセンサにおけるゲート信号線215の電位を一定に保つ必要がある。したがって、図2で説明したように、トランジスタ207は、酸化物半導体を用いて形成され、オフ電流が極めて小さいことが好ましい。

【0067】

以上のような形態とすることで、高速で移動する被検出物に対してもブレが少なく、高解像度の撮像が実現でき、且つ低消費電力の表示装置又は半導体装置を提供することができる。

10

【0068】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することができる。

【0069】

(実施の形態3)

本実施の形態では、複数のフォトセンサを用いた場合の駆動方法について、実施の形態2と別の一例を説明する。

【0070】

まず、図10に示すタイミングチャートのような駆動方法を考える。図10において、信号701、信号702、信号703は、各々第1行、第2行、第3行のフォトセンサにおけるフォトダイオードリセット信号線210の電位変化を示す信号である。また、信号704、信号705、信号706は、各々第1行、第2行、第3行のフォトセンサにおけるゲート信号線209の電位変化を示す信号である。また、信号707、信号708、信号709は、各々第1行、第2行、第3行のフォトセンサにおけるゲート信号線211の電位変化を示す信号である。期間710は、1回の撮像に要する期間である。また、期間711、期間712、期間713、期間714、期間715は、第2行のフォトセンサが、各々リセット動作、第1の累積動作、第1の選択動作、第2の累積動作、第2の選択動作を行っている期間である。ここで、第2の選択動作を行うことで、第1の累積動作の開始時から第2の累積動作の終了時までの期間においてフォトダイオード204に入射した光の量を知ることができる。したがって、累積動作及び選択動作を複数回繰り返して行うことで、微弱な光についても、正確に電気信号を変換することができる。このように、各行のフォトセンサを順に駆動していくことで、撮像が可能になる。

20

30

【0071】

さて、図10に示したタイミングチャートにて、各行のフォトセンサにおける第1の累積動作及び第2の累積動作について、時間的なズレが生じていることがわかる。すなわち、各行のフォトセンサにおける撮像の同時性が損なわれる。そのため、画像にブレが生じることになる。特に、第1行から第3行の方向に高速に移動する被検出物に対しては、尾を引くように、拡大されたような形状の画像になり、逆方向に移動する被検出物に対しては、縮小されたような形状の画像になるなど、形状が歪みやすい。

【0072】

40

各行のフォトセンサにおける第1の累積動作及び第2の累積動作に時間的なズレを生じさせないためには、各行のフォトセンサを順に駆動する周期を短くすることが有効である。しかしながら、この場合、フォトセンサの出力信号をOPアンプもしくはA/D変換回路で非常に高速度で取得する必要がある。したがって、消費電力の増大を招く。特に、高解像度の画像を取得する場合には、非常に困難となる。

【0073】

そこで、図11に示すタイミングチャートのような駆動方法を提案する。図11において、信号801、信号802、信号803は、各々第1行、第2行、第3行のフォトセンサにおけるフォトダイオードリセット信号線210の電位変化を示す信号である。また、信号804、信号805、信号806は、各々第1行、第2行、第3行のフォトセンサに

50

おけるゲート信号線 209 の電位変化を示す信号である。また、信号 807、信号 808、信号 809 は、各々第 1 行、第 2 行、第 3 行のフォトセンサにおけるゲート信号線 211 の電位変化を示す信号である。期間 810 は、1 回の撮像に要する期間である。また、期間 811、期間 812、期間 813、期間 814、期間 815 は、第 2 行のフォトセンサが、各々リセット動作（他の行でも共通）、第 1 の累積動作（他の行でも共通）、第 1 の選択動作、第 2 の累積動作（他の行でも共通）、第 2 の選択動作を行っている期間である。

【0074】

図 11 において、図 10 と異なるのは、全行のフォトセンサについて、リセット動作と第 1 の累積動作と第 2 の累積動作とが共通の時間に行われ、第 1 の累積動作終了後に第 1 の累積動作とは非同期に、各行で順に第 1 の選択動作を行い、第 2 の累積動作終了後に第 2 の累積動作とは非同期に、各行で順に第 2 の選択動作を行う点である。第 1 の累積動作と第 2 の累積動作とを各々共通の期間にすることで、各行のフォトセンサにおける撮像の同時性が確保され、高速に移動する被検出物に対しても、ブレが少ない撮像画像を容易に得ることができる。累積動作を共通にすることで、各フォトセンサのフォトダイオードリセット信号線 210 の駆動回路を共通にすることができる。また、各フォトセンサのゲート信号線 209 の駆動回路も共通にすることができる。このように駆動回路を共通にすることは、周辺回路の削減や低消費電力化に有効である。さらに、第 1 の累積動作とは非同期に第 1 の選択動作を行い、第 2 の累積動作とは非同期に第 2 の選択動作を行うことで、フォトセンサの出力信号を取得するために、OP アンプもしくは A/D 変換回路の動作をより低速に行うことが可能である。その際、選択動作に要する合計の時間を、第 1 の累積動作の開始時から第 2 の累積動作の終了時までの時間より長くすることが好ましい。特に、微弱な光しか得られない場合に、高解像度の画像を取得するためには非常に有効である。

【0075】

なお、図 11 では、各行のフォトセンサを順次駆動する駆動方法について、タイミングチャートを示したが、特定の領域における画像を取得するために、特定の行におけるフォトセンサのみを順次駆動する駆動方法も有効である。これにより、OP アンプもしくは A/D 変換回路の動作を軽減し、消費電力を低減しながら、必要な画像を取得することができる。また、数行おきにフォトセンサを駆動する駆動方法も有効である。すなわち、複数のフォトセンサの一部を駆動させる。これにより、OP アンプもしくは A/D 変換回路の動作を軽減し、消費電力を低減しながら、必要な解像度の画像を取得することができる。

【0076】

以上のような駆動方法を実現するためには、累積動作が終了した後も、各フォトセンサにおけるゲート信号線 215 の電位が一定値を保つ必要がある。したがって、図 2 で説明したように、トランジスタ 207 は、酸化物半導体を用いて形成され、オフ電流が極めて小さいことが好ましい。

【0077】

なお、本実施の形態では、フォトセンサを有する表示装置について説明したが、フォトセンサを有する半導体装置にも容易に応用できる。すなわち、本実施の形態における表示装置から、表示に要する回路、具体的には、表示素子制御回路 102、表示素子 105 を取り除いて、半導体装置を構成することができる。

【0078】

以上のような形態とすることで、高速で移動する被検出物に対してもブレが少なく、微弱な光に対しても高解像度の撮像が実現でき、且つ低消費電力の表示装置又は半導体装置を提供することができる。

【0079】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することができる。

【0080】

（実施の形態 4）

10

20

30

40

50

本実施の形態では、複数のフォトセンサを用いてカラーで撮像を行う方式について説明する。

【0081】

カラーでの撮像は、カラーフィルタを用いる方式、所謂、カラーフィルタ方式がある。これは、被検出物に照射する光もしくは被検出物から反射した光がカラーフィルタを通して、特定の色（例えば、赤（R）、緑（G）、青（B））の光としてフォトダイオードに入射することで、各色の光の量を知ることができる。各色の光の量から、カラー階調の画像を生成することができる。

【0082】

しかし、カラーフィルタ方式では、カラーフィルタを通過することで、被検出物に照射する光もしくは被検出物から反射した光の量が著しく低下することになる。そのため、フォトダイオードに入射する光の量を十分に得るためには、より強い光を被検出物に照射する必要がある。これは、表示装置の消費電力の著しい増大をもたらす。また、フォトダイオードの大幅な性能向上が必要になり、製造コストが増大する。

【0083】

そこで、本実施の形態では、フィールドシーケンシャル方式を用い、光源（バックライト）が特定の色（例えば、赤（R）、緑（G）、青（B））の光を発している際に、被検出物から反射された当該色の光をフォトセンサで検出するために、リセット動作及び累積動作を行う。そして、各色での累積動作が終わった後、全フォトセンサに対して、選択動作を順次行うことで、カラーでの撮像が可能になる。

【0084】

以上の駆動方法について、図5に示すタイミングチャートを用いて説明する。実施の形態2と異なる点は、各行のフォトセンサが、特定の色（ここでは、赤（R）とする）を検出することである。すなわち、信号501、信号502、信号503は、赤（R）の光を検出するフォトセンサにおけるフォトダイオードリセット信号線210の電位変化を示す信号である。また、信号504、信号505、信号506は、赤（R）の光を検出するフォトセンサにおけるゲート信号線209の電位変化を示す信号である。また、信号507、信号508、信号509は、赤（R）の光を検出するフォトセンサにおけるゲート信号線211の電位変化を示す信号である。期間510は、赤（R）の光に対する1回の撮像に要する期間である。また、期間511、期間512、期間513は、第2行の赤（R）を検出するフォトセンサが、各々リセット動作（他の行でも共通）、累積動作（他の行でも共通）、選択動作を行っている期間である。

【0085】

図5において、全行の赤（R）を検出するフォトセンサについて、リセット動作と累積動作とが共通の時間に行われ、累積動作終了後に累積動作とは非同期に、各行で順に選択動作を行う点が特徴である。累積動作を共通の期間にすることで、各行の赤（R）を検出するフォトセンサにおける撮像の同時性が確保され、高速に移動する被検出物に対しても、ブレが少ない画像を容易に得ることができる。累積動作を共通にすることで、各フォトセンサのフォトダイオードリセット信号線210の駆動回路を共通にすることができる。また、各フォトセンサのゲート信号線209の駆動回路も共通にすることができる。このように駆動回路を共通にすることは、周辺回路の削減や低消費電力化に有効である。さらに、選択動作を各行で順次行うことで、フォトセンサの出力信号を取得する際に、OPアンプもしくはA/D変換回路の動作速度を遅くすることが可能である。その際、選択動作に要する合計の時間を、累積動作に要する合計の時間のより長くすることが好ましい。特に、高解像度の画像を取得する場合には、非常に有効である。

【0086】

以上の駆動方法を、他の特定の色（例えば、緑（G）、青（B））に対しても行うことで、複数色のカラーでの撮像を行うことができる。複数色の場合は累積動作に要する合計の時間が長くなるため、上記のように累積動作を共通して行う構成とすることで、撮像に要する時間を短縮することができる。なお、各動作を行う色の順番は限定されない。

【 0 0 8 7 】

なお、図 5 では、各行の特定の色（例えば、赤（R）、緑（G）、青（B））を検出するフォトセンサを順次駆動する駆動方法について、タイミングチャートを示したが、特定の領域における画像を取得するために、特定の行におけるフォトセンサのみを順次駆動する駆動方法も有効である。これにより、OP アンプもしくは A / D 変換回路の動作を軽減し、消費電力を低減しながら、必要な画像を取得することができる。また、数行おきに間引いてフォトセンサを駆動する駆動方法も有効である。これにより、OP アンプもしくは A / D 変換回路の動作を軽減し、消費電力を低減しながら、必要な解像度の画像を取得することができる。

【 0 0 8 8 】

なお、以上のような駆動方法を実現するためには、累積動作が終了した後も、各フォトセンサにおけるゲート信号線 2 1 5 の電位が一定値を保つ必要がある。したがって、図 2 で説明したように、トランジスタ 2 0 7 は、酸化物半導体を用いて形成され、オフ電流が極めて小さいことが望ましい。

【 0 0 8 9 】

また、図 5 に示した駆動方法について、各行の特定の色（例えば、赤（R）、緑（G）、青（B））を検出するフォトセンサについて、リセット動作と累積動作を全色に対して行った後、選択動作を行う構成も可能である。例えば、赤（R）のリセット動作と累積動作、緑（G）のリセット動作と累積動作、青（B）のリセット動作と累積動作、赤（R）の選択動作、緑（G）の選択動作、青（B）の選択動作、で 1 回の撮像を行う。各動作を行う色の順番は限定されない。

【 0 0 9 0 】

全色に対する累積動作を短期間にすることで、全色を検出するフォトセンサにおける撮像の同時性が確保され、高速に移動する被検出物に対しても、ブレが少ない画像を容易に取得することができる。また、各色を検出するフォトセンサのフォトダイオードリセット信号線 2 1 0 とゲート信号線 2 0 9 とを駆動する駆動回路を各々共通にすることもできるので、周辺回路の削減や低消費電力化に有効である。さらに、累積動作とは非同期に選択動作を行うことで、フォトセンサの出力信号を取得するために、OP アンプもしくは A / D 変換回路の動作をより低速に行うことが可能である。特に、高解像度のカラー画像を取得する場合には、非常に有効である。

【 0 0 9 1 】

本実施の形態では、フォトセンサを有する表示装置について説明したが、フォトセンサを有する半導体装置にも応用できる。バックライトは、デジタルスチルカメラや携帯電話などの半導体装置で撮像を行う場合には、フラッシュライトなどの撮像補助光源に相当する。

【 0 0 9 2 】

以上のような形態とすることで、高速で移動する被検出物に対してもブレが少なく、高解像度でカラー画像を取得でき、且つ低消費電力の表示装置もしくは半導体装置を提供することができる。

【 0 0 9 3 】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせる実施することができる。

【 0 0 9 4 】

（実施の形態 5）

本実施の形態では、図 2 におけるフォトセンサ 1 0 6 の回路構成の変形例について説明する。

【 0 0 9 5 】

図 6（A）は、図 2 においてトランジスタ 2 0 5 のゲートに、フォトセンサのリセット動作を制御するためのトランジスタ 6 0 1 を接続した構成を示している。具体的には、トランジスタ 6 0 1 のソース又はドレインの一方がフォトセンサ基準信号線 2 1 3 に電氣的に接続され、他方がトランジスタ 2 0 5 のゲートに電氣的に接続されている。また、フォ

10

20

30

40

50

トダイオード 204 の一方の電極は所定の電位（例えばグランド電位）を供給する配線に電氣的に接続されている。

【0096】

トランジスタ 601 は、非晶質半導体、微結晶半導体、多結晶半導体、酸化物半導体、又は単結晶半導体などを用いることが可能である。特に、リセット動作終了後にトランジスタ 205 のゲートの電荷がトランジスタ 601 から放出することを防止するため、酸化物半導体を用い、オフ電流の小さいトランジスタとすることが望ましい。

【0097】

図 6 (B) は、図 6 (A) においてトランジスタ 205 とトランジスタ 206 との接続関係を逆にした構成を示している。具体的には、トランジスタ 205 のソース又はドレインの一方がフォトセンサ出力信号線 214 に電氣的に接続され、トランジスタ 206 のソース又はドレインの一方が、フォトセンサ基準信号線 213 に電氣的に接続されている。

10

【0098】

図 6 (C) は、図 6 (A) においてトランジスタ 206 を省略した構成を示す。具体的には、トランジスタ 205 のソース又はドレインの一方がフォトセンサ基準信号線 213 に電氣的に接続され、他方がフォトセンサ出力信号線 214 に電氣的に接続されている。

【0099】

なお、図 6 (A) ~ (C) において、トランジスタ 601 のソース又はドレインの一方は、フォトセンサ基準信号線 213 とは異なる配線に電氣的に接続されていてもよい。

【0100】

20

図 6 (D) は、図 6 (C) においてトランジスタ 601 のソース又はドレインの一方がフォトセンサ出力信号線 214 に電氣的に接続され、他方がトランジスタ 205 のゲートに電氣的に接続されている。

【0101】

図 6 (A) ~ (D) において、トランジスタ 207 に酸化物半導体を用いることで、オフ電流が低減できるため、トランジスタ 205 のゲートに蓄積した電荷を一定に保つことが可能となる。

【0102】

図 6 において、フォトセンサの回路構成に応じて、フォトダイオード 204 の二つの電極の接続先を逆にしてもよい。

30

【0103】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせる実施することができる。

【0104】

(実施の形態 6)

本実施の形態では、フォトセンサを有する半導体装置の構造及び作製方法について説明する。図 7 に半導体装置の断面図を示す。なお、表示装置を構成する場合も、以下の半導体装置を用いることができる。

【0105】

図 7 では、絶縁表面を有する基板 1001 上に、フォトダイオード 1002、トランジスタ 1003、及びトランジスタ 1004 が設けられている。それぞれ、図 2 及び図 6 における、フォトダイオード 204、トランジスタ 205、及びトランジスタ 207 の断面図を示している。被検出物 1201 から発せられる光 1202、被検出物 1201 で外光が反射した光 1202、又は装置内部から発せられた光が被検出物 1201 で反射した光 1202 が、フォトダイオード 1002 に入射される。基板 1001 側の被検出物を撮像する構成としてもよい。

40

【0106】

基板 1001 は、絶縁性基板（例えばガラス基板又はプラスチック基板）、該絶縁性基板上に絶縁膜（例えば酸化珪素膜又は窒化珪素膜）を形成したもの、半導体基板（例えばシリコン基板）上に該絶縁膜を形成したもの、又は金属基板（例えばアルミニウム基板）上に該絶縁膜を形成したものを有することができる。

50

【0107】

フォトダイオード1002は、横型接合タイプのpinダイオードであり、半導体膜1005を有している。半導体膜1005は、p型の導電性を有する領域(p層1021)と、i型の導電性を有する領域(i層1022)と、n型の導電性を有する領域(n層1023)とを有している。なお、フォトダイオード1002は、pnダイオードであっても良い。

【0108】

横型接合タイプのpinダイオード又はpnダイオードは、p型を付与する不純物と、n型を付与する不純物とを、それぞれ半導体膜1005の特定の領域に添加することで、形成することが出来る。

10

【0109】

フォトダイオード1002は、入射光から生成される電気信号の割合(量子効率)を向上させるために、結晶欠陥の少ない単結晶半導体(例えば単結晶シリコン)を用いて半導体膜1005を形成することが好ましい。

【0110】

トランジスタ1003は、トップゲート型の薄膜トランジスタであり、半導体膜1006、ゲート絶縁膜1007、及びゲート電極1008を有している。

【0111】

トランジスタ1003は、フォトダイオード1002から供給される電荷を出力信号に変換する機能を有する。そのため、単結晶半導体(例えば単結晶シリコン)を用いて半導体膜1006を形成し、移動度の高いトランジスタとすることが好ましい。

20

【0112】

半導体膜1005及び半導体膜1006を、単結晶半導体を用いて形成する例を示す。単結晶半導体基板(例えば単結晶シリコン基板)の所望の深さに、イオン照射等を行い損傷領域を形成する。当該単結晶半導体基板と基板1001とを絶縁膜を介して貼り合わせた後、損傷領域から単結晶半導体基板を分離して、基板1001上に半導体膜を形成する。当該半導体膜をエッチングなどにより所望の形状に加工(パターニング)することで、半導体膜1005及び半導体膜1006を形成する。半導体膜1005と半導体膜1006を同一工程で形成することができるため、コストを低減できる。これにより、フォトダイオード1002とトランジスタ1003とは同一表面上に形成されることになる。

30

【0113】

なお、半導体膜1005及び半導体膜1006は、非晶質半導体、微結晶半導体、多結晶半導体、酸化物半導体などを用いて形成することもできる。特に、単結晶半導体を用いることで移動度の高いトランジスタとすることが望ましい。また、半導体材料は、結晶性を向上させることが容易であるシリコン又はシリコンゲルマニウム等のシリコン半導体を用いることが好ましい。

【0114】

ここで、フォトダイオード1002の量子効率を向上させるため、半導体膜1005を厚く形成することが好ましい。更に、トランジスタ1003のS値等の電気特性を良好にするため、半導体膜1006を薄く形成することが好ましい。この場合、半導体膜1005は、半導体膜1006より厚く形成すればよい。

40

【0115】

また、図2及び図6におけるトランジスタ206についても、結晶性半導体を用い、移動度が高いトランジスタとすることが望ましい。トランジスタ1003と同じ半導体材料を用いることで、トランジスタ1003と同一工程で形成することができ、コストを低減できる。

【0116】

なお、ゲート絶縁膜1007は、酸化珪素膜又は窒化珪素膜等を用いて、単層又は積層で形成する。プラズマCVD法又はスパッタリング法を用いて形成すればよい。

【0117】

50

なお、ゲート電極 1008 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、ネオジム、スカンジウム等の金属材料、又はこれらを主成分とする合金材料を用いて、単層又は積層で形成する。スパッタリング法又は真空蒸着法を用いて形成すればよい。

【0118】

また、フォトダイオード 1002 は、横型接合タイプとせずに、p 層、i 層、及び n 層を積層させた構造を採用することもできる。また、トランジスタ 1003 は、ボトムゲート型としてもよく、チャンネルストップ構造又はチャンネルエッチ構造とすることもできる。

【0119】

なお、図 9 のように、フォトダイオード 1002 の下部に遮光膜 1301 を設け、検出すべき光以外を遮る構成としてもよい。フォトダイオード 1002 の上部に遮光膜を設けてもよい。その場合、例えば、フォトダイオード 1002 が形成された基板 1001 と対向する基板 1302 に遮光膜を設ければよい。

【0120】

ここで、実施の形態 4 で示したフィールドシーケンシャル方式での駆動を行う場合について説明する。図 12 に示すように、ライト 1101 (バックライト又はフラッシュライト) が特定の色 (例えば、赤 (R)、緑 (G)、青 (B)) の光 1102 を順次発する。光 1102 は被検出物 1201 に照射され、被検出物 1201 で反射される。反射された光 1104 は、フォトダイオード 1002 に入射される。フォトダイオード 1002 を有するフォトセンサは、光 1104 を検出するために、リセット動作及び累積動作を行う。そして、各色での累積動作が終わった後、全フォトセンサに対して、選択動作を順次行うことで、カラーでの撮像が可能になる。

【0121】

なお、図 12 においても、フォトダイオード 1002 の下部に遮光膜 1301 を設け、ライト 1101 からの光 1102 がフォトダイオード 1002 に直接入射されないような構造にしてもよい。

【0122】

図 12 では、フォトダイオード 1002 が設けられた基板 1001 に対向する基板 1302 側の被検出物 1201 を撮像する構成を示したが、フォトダイオード 1002 が設けられた基板 1001 側の被検出物を撮像する構成としてもよい。その場合は、例えば、ライト 1101 を基板 1302 側に設け、遮光膜 1301 をフォトダイオード 1002 の上部に設ける構造とすればよい。

【0123】

そして、図 7 において、トランジスタ 1004 は、ボトムゲート型の逆スタガ構造の薄膜トランジスタであり、ゲート電極 1010、ゲート絶縁膜 1011、半導体膜 1012、電極 1013、電極 1014 を有する。また、トランジスタ 1004 上に絶縁膜 1015 を有する。なお、トランジスタ 1004 は、トップゲート型としてもよい。

【0124】

ここでトランジスタ 1004 は、フォトダイオード 1002 及びトランジスタ 1003 の上方に絶縁膜 1009 を介して形成されていることを特徴とする。このようにトランジスタ 1004 をフォトダイオード 1002 と異なる層に形成することで、フォトダイオード 1002 の面積を拡大することが可能となり、フォトダイオード 1002 の受光量を大きくすることができる。

【0125】

また、トランジスタ 1004 の一部又は全部が、フォトダイオード 1002 の n 層 1023 又は p 層 1021 のいずれかと重なるように形成することが好ましい。フォトダイオード 1002 の面積を拡大できるとともに、トランジスタ 1004 と i 層 1022 との重なりを極力小さくすることで効率よく受光を行うことができるからである。pn ダイオードの場合も、トランジスタ 1004 と pn 接合部との重なりを小さくすることで効率よく受光を行うことができる。

【0126】

トランジスタ1004は、フォトダイオード1002の出力信号をトランジスタ1003のゲートに電荷として累積し、また、当該電荷を保持する機能を有する。そのため酸化物半導体を用いて半導体膜1012を形成し、オフ電流が極めて小さいトランジスタとすることが好ましい。

【0127】

また、図6におけるトランジスタ601についても、酸化物半導体を用いて形成し、オフ電流の極めて小さいトランジスタとすることが望ましい。トランジスタ1004と同じ半導体材料を用いることで、トランジスタ1004と同一工程で形成することができ、コストを低減できる。なお、上記の各半導体素子について、薄膜半導体を用いても、バルク半導体を用いてもよい。

10

【0128】

以下に、半導体膜1012を、酸化物半導体を用いて形成する例を示す。

【0129】

トランジスタのオフ電流を大きくする要因として、酸化物半導体中に水素等の不純物（例えば水素、水、又は水酸基）が含まれていることが挙げられる。水素等は、酸化物半導体中でキャリアの供与体（ドナー）になる可能性があり、オフ状態においても電流を発生させる要因となる。すなわち、酸化物半導体中に水素等が多量に含まれていると、酸化物半導体がN型化されてしまう。

【0130】

20

そこで、以下で示す作製方法は、酸化物半導体中の水素を極力低減し、且つ、構成元素である酸素の濃度を高くすることで、酸化物半導体を高純度化するものである。高純度化された酸化物半導体は、真性又は実質的に真性な半導体であり、オフ電流を小さくすることができる。

【0131】

まず、絶縁膜1009上に、酸化物半導体膜をスパッタリング法により形成する。なお、図7はボトムゲート型であるので、絶縁膜1009上にゲート電極1010及びゲート絶縁膜1011を介して当該酸化物半導体膜を形成する。トップゲート型の場合は、当該酸化物半導体膜を形成した後、ゲート絶縁膜1011及びゲート電極1010を形成すればよい。

30

【0132】

酸化物半導体膜のターゲットとしては、酸化亜鉛を主成分とする金属酸化物のターゲットを用いることができる。例えば、組成比として、 $\text{In}_2\text{O}_3 : \text{Ga}_2\text{O}_3 : \text{ZnO} = 1 : 1 : 1$ 、すなわち、 $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1 : 1 : 0.5$ のターゲットを用いることができる。また、 $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1 : 1 : 1$ 、又は $\text{In} : \text{Ga} : \text{Zn} = 1 : 1 : 2$ の組成比を有するターゲットを用いることもできる。また、 SiO_2 を2重量%以上10重量%以下含むターゲットを用いることもできる。

【0133】

なお、酸化物半導体膜の成膜の際は、希ガス（代表的にはアルゴン）雰囲気下、酸素雰囲気下、または希ガス及び酸素混合雰囲気下とすればよい。ここで、酸化物半導体膜を成膜する際に用いるスパッタガスは、水素、水、水酸基又は水素化物などの不純物の濃度がppmレベル、好ましくはppbレベルまで除去された高純度ガスを用いる。

40

【0134】

酸化物半導体膜は、処理室内の残留水分を除去しつつ水素及び水分が除去されたスパッタガスを導入して成膜する。処理室内の残留水分を除去するためには、吸着型の真空ポンプを用いることが好ましい。例えば、クライオポンプ、イオンポンプ、チタンサブリメーションポンプを用いることが好ましい。

【0135】

酸化物半導体膜の膜厚は、2nm以上200nm以下とすればよく、好ましくは5nm以上30nm以下とする。そして、酸化物半導体膜にエッチング等を行い、所望の形状に

50

加工（パターニング）して半導体膜 1012 とする。

【0136】

以上では、酸化物半導体膜として In-Ga-Zn-O を用いる例を示したが、その他にも、 In-Sn-Ga-Zn-O 、 In-Sn-Zn-O 、 In-Al-Zn-O 、 Sn-Ga-Zn-O 、 Al-Ga-Zn-O 、 Sn-Al-Zn-O 、 In-Zn-O 、 Sn-Zn-O 、 Al-Zn-O 、 Zn-Mg-O 、 Sn-Mg-O 、 In-Mg-O 、 In-O 、 Sn-O 、又は Zn-O などを用いることができる。また、上記酸化物半導体膜は Si を含んでいてもよい。また、これらの酸化物半導体膜は、非晶質であってもよいし、結晶質であってもよい。または、非単結晶であってもよいし、単結晶であってもよい。

10

【0137】

また、酸化物半導体膜として、 $\text{InMO}_3(\text{ZnO})_m$ ($m > 0$ 、且つ自然数でない) で表記される薄膜を用いることもできる。ここで、 M は、 Ga 、 Al 、 Mn および Co から選ばれた一または複数の金属元素である。例えば、 M として、 Ga 、 Ga 及び Al 、 Ga 及び Mn 、または Ga 及び Co が挙げられる。

【0138】

次に、酸化物半導体膜（半導体膜 1012）に第 1 の加熱処理を行う。第 1 の加熱処理の温度は、400 以上 750 以下、好ましくは 400 以上基板の歪み点未満とする。

【0139】

第 1 の加熱処理によって酸化物半導体膜（半導体膜 1012）から水素、水、及び水酸基等の除去（脱水素化処理）を行うことができる。これらが酸化物半導体膜に含まれると、ドナーとなりトランジスタのオフ電流を増大させるため、第 1 の加熱処理による脱水素化処理は極めて有効である。

20

【0140】

なお、第 1 の加熱処理は、電気炉を用いることができる。また、抵抗発熱体などの発熱体からの熱伝導または熱輻射によって加熱してもよい。その場合、例えば GRTA ($\text{Gas Rapid Thermal Anneal}$) 装置、 LRTA ($\text{Lamp Rapid Thermal Anneal}$) 装置等の RTA ($\text{Rapid Thermal Anneal}$) 装置を用いることができる。

30

【0141】

LRTA 装置は、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、高圧水銀ランプなどのランプから発する光（電磁波）の輻射により、被処理物を加熱する装置である。

【0142】

GRTA 装置は、高温のガスを用いて加熱処理を行う装置である。気体としては、不活性ガス（代表的には、アルゴン等の希ガス）または窒素ガスを用いることができる。 GRTA 装置を用いることで、短時間で高温の加熱処理が可能となるため、特に有効である。

【0143】

また、第 1 の加熱処理は、パターニングを行う前に行ってもよいし、電極 1013 及び電極 1014 を形成した後行ってもよいし、絶縁膜 1015 を形成した後に行ってもよい。ただ、電極 1013 及び電極 1014 が第 1 の加熱処理によってダメージを受けることを避けるため、当該電極を形成する前に行うことが好ましい。

40

【0144】

ここで、第 1 の加熱処理において、酸化物半導体に酸素欠損が生じてしまうおそれがある。そのため、第 1 の加熱処理の後に、酸化物半導体に酸素の導入（加酸化処理）を行い、構成元素である酸素の高純度化を行うことが好ましい。

【0145】

加酸化処理の具体例としては、第 1 の加熱処理の後連続して、窒素又は酸素を含む雰囲気（たとえば、窒素：酸素の体積比 = 4 : 1）中、又は酸素雰囲気中において、第 2 の加

50

熱処理を行う方法が挙げられる。また、酸素雰囲気下でのプラズマ処理を行う方法を用いることもできる。酸化物半導体膜中の酸素濃度を向上させ、高純度化することができる。第2の加熱処理の温度は、200 以上400 以下、好ましくは250 以上350 以下とする。

【0146】

また、加酸化処理の別の例としては、半導体膜1012上に接して酸化珪素膜等の酸化絶縁膜(絶縁膜1015)を形成し、第3の加熱処理を行う。この絶縁膜1015中の酸素が半導体膜1012に移動し、酸化物半導体の酸素濃度を向上させ、高純度化することができる。第3の加熱処理の温度は、200 以上400 以下、好ましくは250 以上350 以下とする。なお、トップゲート型とした場合においても、半導体膜1012上部に接するゲート絶縁膜を、酸化珪素膜等で形成し、同様の加熱処理を行うことで、酸化物半導体を高純度化することができる。

10

【0147】

以上のように、第1の加熱処理により脱水素化処理を行った後、第2の加熱処理又は第3の加熱処理により加酸化処理を行うことで、酸化物半導体膜を高純度化することが可能である。高純度化することで、酸化物半導体を真性又は実質的に真性とすることができ、トランジスタ1004のオフ電流を低減することができる。

【0148】

なお、絶縁膜1009は、フォトダイオード1002及びトランジスタ1003上に、酸化珪素膜、窒化珪素膜等を用いて、単層又は積層で形成する。プラズマCVD法、スパッタリング法を用いて形成すればよい。ポリイミド等の樹脂膜を塗布法等により形成してもよい。

20

【0149】

また、ゲート電極1010は、絶縁膜1009上に、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、又はこれらを主成分とする合金材料を用いて、単層又は積層で形成する。スパッタリング法又は真空蒸着法を用いて形成すればよい。

【0150】

また、ゲート絶縁膜1011は、酸化珪素膜又は窒化珪素膜等を用いて、単層又は積層で形成する。プラズマCVD又はスパッタリング法を用いて形成すればよい。

30

【0151】

また、電極1013及び電極1014は、ゲート絶縁膜1011及び半導体膜1012上に、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、又は酸化インジウム等の導電性を有する金属酸化物等を用いて、単層又は積層で形成する。スパッタリング法又は真空蒸着法を用いて形成すればよい。ここで、電極1013は、ゲート絶縁膜1007、絶縁膜1009、ゲート絶縁膜1011に形成されたコンタクトホールを介して、フォトダイオード1002のn層1023と電氣的に接続されることが好ましい。

【0152】

以下に、高純度化された酸化物半導体、及びそれを用いたトランジスタについて、詳細に説明する。

40

【0153】

高純度化された酸化物半導体の一例としては、キャリア濃度が $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 未満、好ましくは $1 \times 10^{12} / \text{cm}^3$ 未満、さらに好ましくは $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$ 未満、または $6 \cdot 0 \times 10^{10} / \text{cm}^3$ 未満である酸化物半導体が挙げられる。

【0154】

高純度化された酸化物半導体を用いたトランジスタは、シリコンを用いた半導体を有するトランジスタ等に比較して、オフ電流が非常に小さいという特徴を有している。

【0155】

トランジスタのオフ電流特性について、評価用素子(TEGとも呼ぶ)を用いて測定し

50

た結果を以下に示す。なお、ここでは、 n チャネル型のトランジスタであるものとして説明する。

【0156】

TEGには、 $L/W = 3\mu\text{m}/50\mu\text{m}$ （膜厚 $d: 30\text{nm}$ ）のトランジスタを200個並列に接続して作製された $L/W = 3\mu\text{m}/10000\mu\text{m}$ のトランジスタを設けた。その初期特性を図8に示す。ここでは、 V_G を $-20\text{V} \sim +5\text{V}$ までの範囲で示している。トランジスタの初期特性を測定するため、基板温度を室温とし、ソース・ドレイン間電圧（以下、ドレイン電圧または V_D という）を 10V とし、ソース・ゲート間電圧（以下、ゲート電圧または V_G という）を $-20\text{V} \sim +20\text{V}$ まで変化させたときのソース・ドレイン電流（以下、ドレイン電流または I_D という）の変化特性、すなわち $V_G - I_D$ 特性を測定した。

10

【0157】

図8に示すように、チャネル幅 W が $10000\mu\text{m}$ のトランジスタは、 V_D が 1V 及び 10V のいずれにおいても、オフ電流は $1 \times 10^{-13}\text{A}$ 以下となっており、測定機（半導体パラメータ・アナライザ、Agilent 4156C；Agilent社製）の分解能（ 100fA ）以下となっている。このオフ電流値は、チャネル幅 $1\mu\text{m}$ に換算すると、 $10\text{aA}/\mu\text{m}$ に相当する。

【0158】

なお、本明細書においてオフ電流（リーク電流ともいう）とは、 n チャネル型のトランジスタでしきい値 V_{th} が正である場合、室温において -20V 以上 -5V 以下の範囲の任意のゲート電圧を印加したときにトランジスタのソース・ドレイン間を流れる電流のことを指す。なお、室温は、 15 度以上 25 度以下とする。本明細書に開示する酸化物半導体を用いたトランジスタは、室温において、単位チャネル幅（ W ）あたりの電流値が $100\text{aA}/\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $1\text{aA}/\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $10\text{zA}/\mu\text{m}$ 以下である。

20

【0159】

また、高純度の酸化物半導体を用いたトランジスタは温度特性が良好である。代表的には、 -25 から 150 までの温度範囲におけるトランジスタの電流電圧特性において、オン電流、オフ電流、電界効果移動度、 S 値、及びしきい値電圧の変動がほとんどなく、温度による電流電圧特性の劣化がほとんど見られない。

30

【0160】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することができる。

【符号の説明】

【0161】

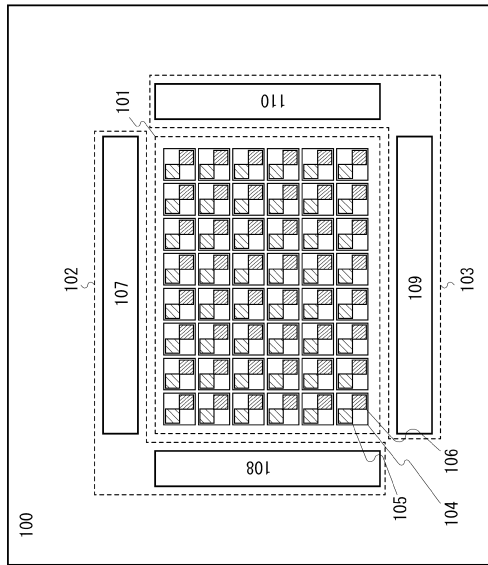
- 100 表示パネル
- 101 画素回路
- 102 表示素子制御回路
- 103 フォトセンサ制御回路
- 104 画素
- 105 表示素子
- 106 フォトセンサ
- 107 表示素子駆動回路
- 108 表示素子駆動回路
- 109 フォトセンサ読み出し回路
- 110 フォトセンサ駆動回路
- 200 プリチャージ回路
- 201 トランジスタ
- 202 保持容量
- 203 液晶素子
- 204 フォトダイオード

40

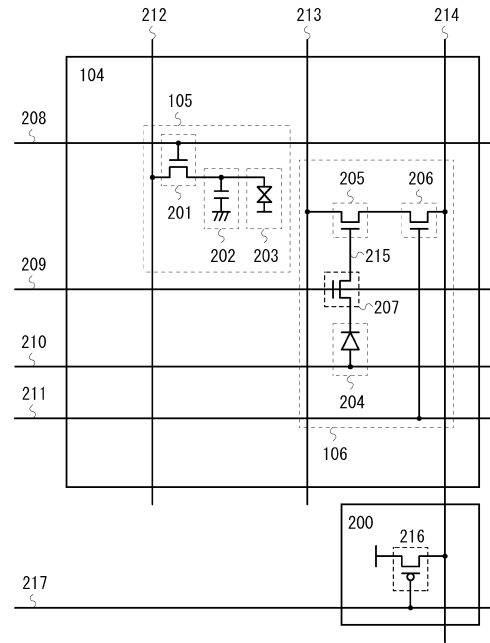
50

2 0 5	トランジスタ	
2 0 6	トランジスタ	
2 0 7	トランジスタ	
2 0 8	ゲート信号線	
2 0 9	ゲート信号線	
2 1 0	リセット信号線	
2 1 1	ゲート信号線	
2 1 2	ビデオデータ信号線	
2 1 3	フォトセンサ基準信号線	
2 1 4	フォトセンサ出力信号線	10
2 1 5	ゲート信号線	
2 1 6	トランジスタ	
2 1 7	プリチャージ信号線	
3 0 1 ~ 3 0 6	信号	
4 0 1 ~ 4 0 9	信号	
4 1 0 ~ 4 1 3	期間	
5 0 1 ~ 5 0 9	信号	
5 1 0 ~ 5 1 3	期間	
6 0 1	トランジスタ	
7 0 1 ~ 7 0 9	信号	20
7 1 0 ~ 7 1 5	期間	
8 0 1 ~ 8 0 9	信号	
8 1 0 ~ 8 1 5	期間	
1 0 0 1	基板	
1 0 0 2	フォトダイオード	
1 0 0 3	トランジスタ	
1 0 0 4	トランジスタ	
1 0 0 5	半導体膜	
1 0 0 6	半導体膜	
1 0 0 7	ゲート絶縁膜	30
1 0 0 8	ゲート電極	
1 0 0 9	絶縁膜	
1 0 1 0	ゲート電極	
1 0 1 1	ゲート絶縁膜	
1 0 1 2	半導体膜	
1 0 1 3	電極	
1 0 1 4	電極	
1 0 1 5	絶縁膜	
1 1 0 1	ライト	
1 1 0 2	光	40
1 1 0 4	光	
1 0 2 1	p 層	
1 0 2 2	i 層	
1 0 2 3	n 層	
1 2 0 1	被検出物	
1 2 0 2	光	
1 3 0 1	遮光膜	
1 3 0 2	基板	

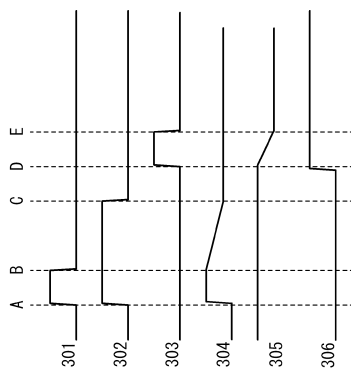
【図 1】



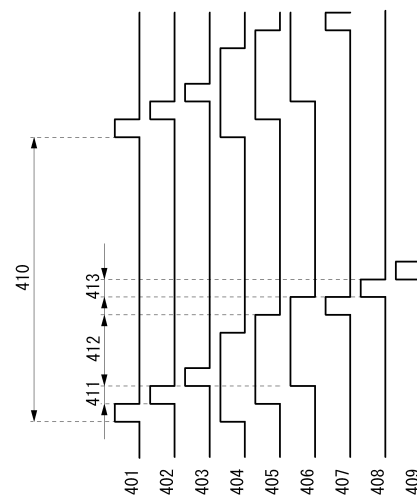
【図 2】



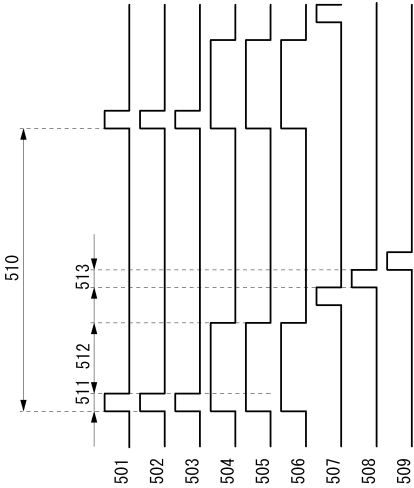
【図 3】



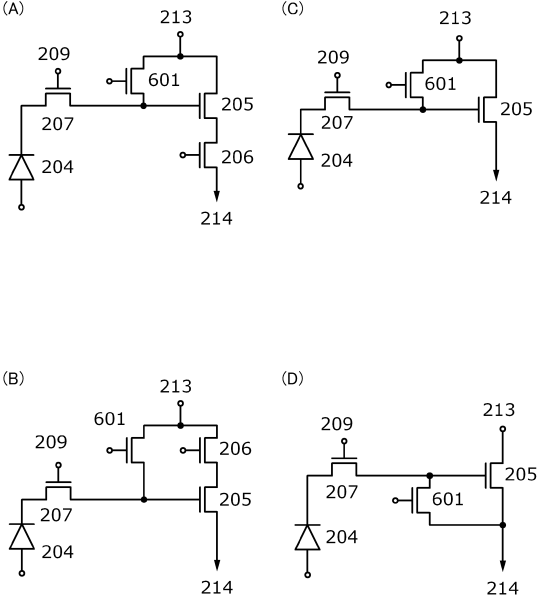
【図 4】



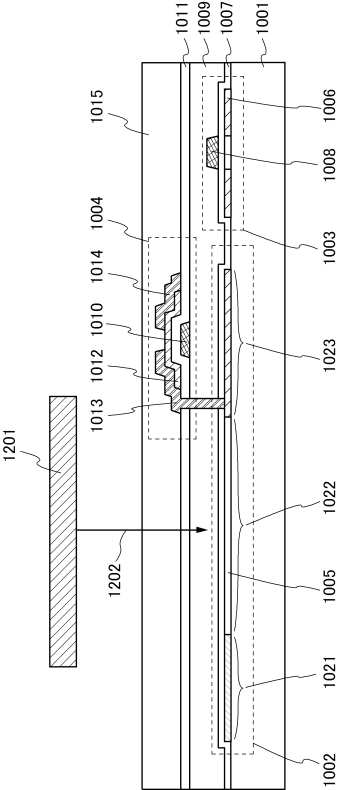
【図 5】



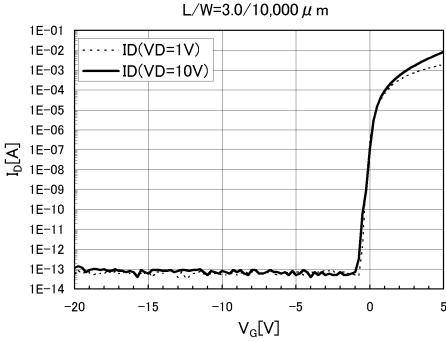
【図 6】



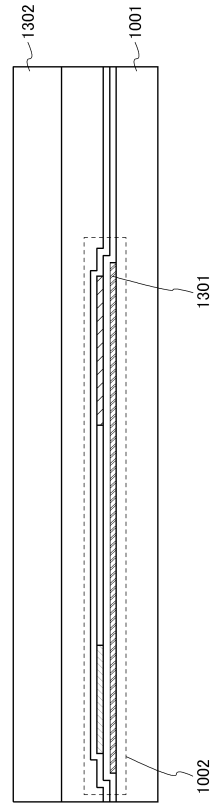
【図 7】



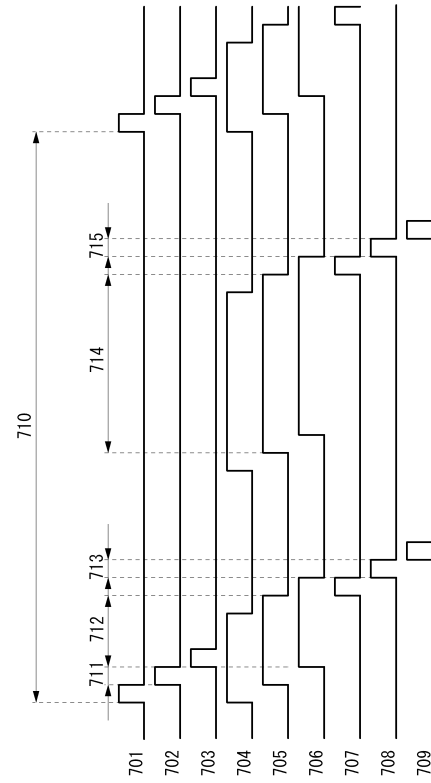
【図 8】



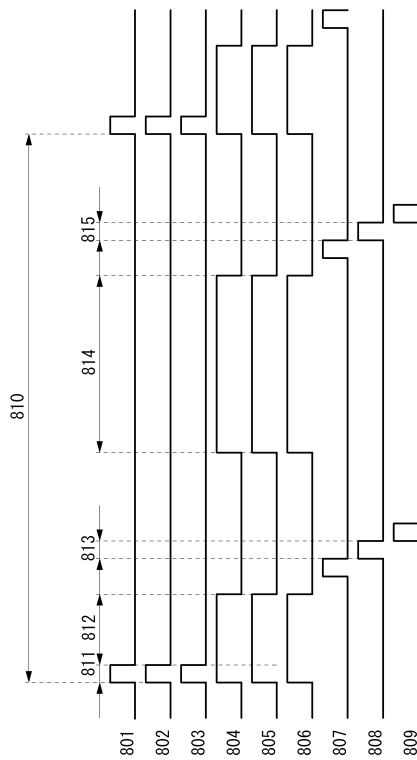
【図 9】



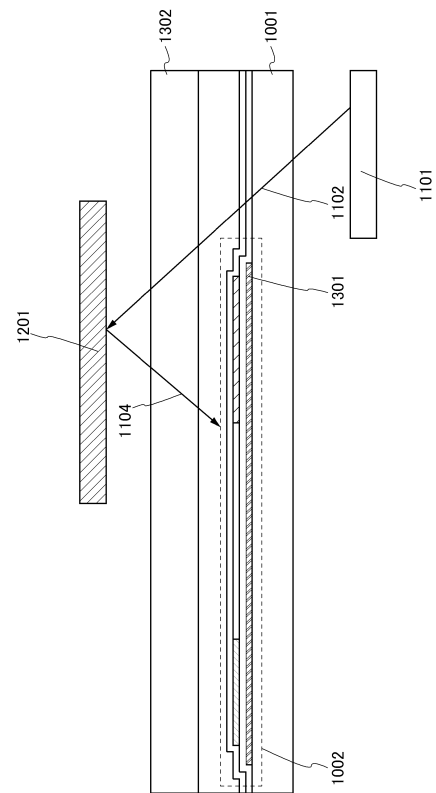
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(56)参考文献 特表2009-535819(JP,A)
特開2004-159155(JP,A)
特開2004-140149(JP,A)
特開2001-292276(JP,A)
特開2011-119950(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 27/146
H01L 21/336
H01L 29/786