

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7679198号
(P7679198)

(45)発行日 令和7年5月19日(2025.5.19)

(24)登録日 令和7年5月9日(2025.5.9)

(51)国際特許分類	F I		
H 1 0 F 39/18 (2025.01)	H 1 0 F 39/18	A	
H 0 4 N 25/70 (2023.01)	H 0 4 N 25/70		
H 1 0 F 39/12 (2025.01)	H 1 0 F 39/12	D	

請求項の数 4 (全45頁)

(21)出願番号	特願2020-555983(P2020-555983)	(73)特許権者	316005926
(86)(22)出願日	令和1年10月29日(2019.10.29)		ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2019/042356		神奈川県厚木市旭町四丁目1 4 番 1 号
(87)国際公開番号	WO2020/100577	(74)代理人	110001357
(87)国際公開日	令和2年5月22日(2020.5.22)		弁理士法人つばさ国際特許事務所
審査請求日	令和4年10月24日(2022.10.24)	(72)発明者	江尻 洋一
審判番号	不服2024-4234(P2024-4234/J1)		神奈川県厚木市旭町四丁目1 4 番 1 号
審判請求日	令和6年3月11日(2024.3.11)		ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内
(31)優先権主張番号	特願2018-213147(P2018-213147)	合議体	
(32)優先日	平成30年11月13日(2018.11.13)	審判長	小宮 慎司
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	審判官	松永 稔
		審判官	大橋 達也
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 固体撮像装置および電子機器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

光電変換部と、
第1フローティングディフュージョンおよび第1増幅トランジスタを含む第1信号経路と、
第2フローティングディフュージョンおよび、サイズが前記第1増幅トランジスタのサイズよりも大きな第2増幅トランジスタを含む第2信号経路と、
第1モードのときには前記第1信号経路を前記光電変換部に電氣的に接続するとともに前記第2信号経路を前記光電変換部から電氣的に切り離し、第2モードのときには前記第1信号経路および前記第2信号経路の双方を前記光電変換部に電氣的に接続するモード切り換えスイッチ部と、
前記光電変換部、前記第1フローティングディフュージョン、前記第1増幅トランジスタ、前記第2フローティングディフュージョン、および前記モード切り換えスイッチ部が形成された第1基板と、
前記第1基板に積層され、前記第2増幅トランジスタが形成された第2基板とを備えた
固体撮像装置。

【請求項2】

前記第2基板に形成されたトランジスタの電極は、シリサイドを含んで構成されている請求項1に記載の固体撮像装置。

【請求項 3】

前記モード切り換えスイッチ部による切り換えによって変換する、トランジスタのサイズの大きさに応じて、駆動電流を変化させる駆動回路を更に備えた

請求項 1 に記載の固体撮像装置。

【請求項 4】

入射光に応じた画素信号を出力する固体撮像装置と、

前記画素信号を処理する信号処理回路と

を備え、

前記固体撮像装置は、

光電変換部と、

第 1 フローティングディフュージョンおよび第 1 増幅トランジスタを含む第 1 信号経路と、

第 2 フローティングディフュージョンおよび、サイズが前記第 1 増幅トランジスタのサイズよりも大きな第 2 増幅トランジスタを含む第 2 信号経路と、

第 1 モードのときには前記第 1 信号経路を前記光電変換部に電氣的に接続するとともに前記第 2 信号経路を前記光電変換部から電氣的に切り離し、第 2 モードのときには前記第 1 信号経路および前記第 2 信号経路の双方を前記光電変換部に電氣的に接続するモード切り換えスイッチ部と、

前記光電変換部、前記第 1 フローティングディフュージョン、前記第 1 増幅トランジスタ、前記第 2 フローティングディフュージョン、および前記モード切り換えスイッチ部が形成された第 1 基板と、

前記第 1 基板に積層され、前記第 2 増幅トランジスタが形成された第 2 基板と

を備えた

電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、固体撮像装置および電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

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

【0003】

CMOS イメージセンサでは、低照度時にも撮像信号を取得することができるように、感度は高い方が望ましい。また、ダイナミックレンジを大きくするためには、フォトダイオードは飽和しにくい方が望ましい。しかしながら、感度が高いことと、フォトダイオードが飽和しにくいことはトレードオフの関係にあり、高感度を維持しつつ、ダイナミックレンジを拡大することは難しい。そこで、例えば、特許文献 1 では、小容量のフローティングディフュージョンと、大容量のフローティングディフュージョンを設け、低照度時には小容量のフローティングディフュージョンをフォトダイオードに接続し、高照度時には大容量のフローティングディフュージョンを接続することが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2003-134396 号公報

【発明の概要】

【0005】

しかし、特許文献 1 に記載の発明を、高精細な用途に適用した場合、2つのフローティングディフュージョンを設けるのに十分なスペースを確保することが難しいという問題がある。従って、高精細な用途においても、高感度および高ダイナミックレンジを両立することの可能な固体撮像装置およびそれを備えた電子機器を提供することが望ましい。

【0006】

本開示の第 1 の側面である固体撮像装置は、光電変換部と、第 1 フローティングディフュージョンおよび第 1 増幅トランジスタを含む第 1 信号経路と、第 2 フローティングディフュージョンおよび、サイズが第 1 増幅トランジスタのサイズよりも大きな第 2 増幅トランジスタを含む第 2 信号経路とを備えている。この固体撮像装置は、第 1 モードのときには第 1 信号経路を光電変換部に電氣的に接続するとともに第 2 信号経路を光電変換部から電氣的に切り離し、第 2 モードのときには第 1 信号経路および第 2 信号経路の双方を光電変換部に電氣的に接続するモード切り換えスイッチ部を更に備えている。この固体撮像装置は、第 1 基板および第 2 基板を更に備えている。第 1 基板には、光電変換部、第 1 フローティングディフュージョン、第 1 増幅トランジスタ、第 2 フローティングディフュージョン、第 2 増幅トランジスタおよびモード切り換えスイッチ部のうち、少なくとも光電変換部が形成されている。第 2 基板は、第 1 基板に積層されている。第 2 基板には、光電変換部、第 1 フローティングディフュージョン、第 1 増幅トランジスタ、第 2 フローティングディフュージョン、第 2 増幅トランジスタおよびモード切り換えスイッチ部のうち、少なくとも第 2 増幅トランジスタが形成されている。

【0007】

本開示の第 1 の側面である電子機器は、入射光に応じた画素信号を出力する固体撮像装置と、画素信号を処理する信号処理回路とを備えている。この電子機器に設けられた固体撮像装置は、本開示の第 1 の側面である固体撮像装置と同様の構成を備えている。

【0008】

本開示の第 2 の側面である固体撮像装置は、光電変換部と、第 1 フローティングディフュージョンおよび第 1 増幅トランジスタを含む第 1 信号経路と、第 2 フローティングディフュージョンおよび、サイズが第 1 増幅トランジスタのサイズよりも大きな第 2 増幅トランジスタを含む第 2 信号経路とを備えている。この固体撮像装置は、第 1 モードのときには第 1 信号経路を光電変換部に電氣的に接続するとともに第 2 信号経路を光電変換部から電氣的に切り離し、第 2 モードのときには第 1 信号経路および第 2 信号経路の双方を光電変換部に電氣的に接続するモード切り換えスイッチ部とを更に備えている。この固体撮像装置は、第 1 基板、第 2 基板および第 3 基板を更に備えている。第 1 基板には、光電変換部および第 1 フローティングディフュージョンが形成されている。第 2 基板は、第 1 基板に積層されている。第 2 基板には、第 1 増幅トランジスタ、第 2 フローティングディフュージョンおよびモード切り換えスイッチ部が形成されている。第 3 基板は、第 2 基板に積層されている。第 3 基板には、第 2 増幅トランジスタが形成されている。

【0009】

本開示の第 2 の側面である電子機器は、入射光に応じた画素信号を出力する固体撮像装置と、画素信号を処理する信号処理回路とを備えている。この電子機器に設けられた固体撮像装置は、本開示の第 2 の側面である固体撮像装置と同様の構成を備えている。

【0010】

本開示の第 1 の側面である固体撮像装置および電子機器、ならびに本開示の第 2 の側面である固体撮像装置および電子機器では、使用する増幅トランジスタがモードに応じて選択される。これにより、高感度を維持しつつ、ダイナミックレンジを拡大することが可能となる。また、本開示の第 1 の側面である固体撮像装置および電子機器、ならびに本開示の第 2 の側面である固体撮像装置および電子機器では、少なくとも増幅トランジスタが、光電変換部の形成された基板とは別の基板に形成される。これにより、高精細な固体撮像装置であっても、フローティングディフュージョンや増幅トランジスタを設けるのに十分なスペースを確保することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

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

【図 2】図 1 のセンサ画素および読み出し回路の一例を表す図である。

【図 3】図 1 の固体撮像装置の垂直方向の断面構成の一例を表す図である。

【図 4】図 1 の固体撮像装置の水平方向の断面構成の一例を表す図である。

【図 5】図 1 の固体撮像装置の水平方向の断面構成の一例を表す図である。

【図 6】図 4 の断面構成と図 5 の断面構成とを互いに重ね合わせたときの構成の一例を表す図である。

【図 7】図 1 の固体撮像装置の水平方向の断面構成の一変形例を表す図である。

【図 8 A】図 1 の固体撮像装置の製造方法の一例を表す図である。

【図 8 B】図 8 A に続く製造過程を説明するための図である。

【図 8 C】図 8 B に続く製造過程を説明するための図である。

【図 8 D】図 8 C に続く製造過程を説明するための図である。

【図 8 E】図 8 D に続く製造過程を説明するための図である。

【図 8 F】図 8 E に続く製造過程を説明するための図である。

【図 8 G】図 8 F に続く製造過程を説明するための図である。

【図 9】図 1 のセンサ画素および読み出し回路の一変形例を表す図である。

【図 1 0】図 4 の断面構成の一変形例を表す図である。

【図 1 1】図 5 の断面構成の一変形例を表す図である。

【図 1 2】図 7 の断面構成の一変形例を表す図である。

【図 1 3】図 1 のセンサ画素および読み出し回路の一変形例を表す図である。

【図 1 4】図 1 のセンサ画素および読み出し回路の一変形例を表す図である。

【図 1 5】図 1 のセンサ画素および読み出し回路の一変形例を表す図である。

【図 1 6】図 1 のセンサ画素および読み出し回路の一変形例を表す図である。

【図 1 7】図 1 のセンサ画素および読み出し回路の一変形例を表す図である。

【図 1 8】図 1 の固体撮像装置の垂直方向の断面構成の一変形例を表す図である。

【図 1 9】図 1 の固体撮像装置の垂直方向の断面構成の一変形例を表す図である。

【図 2 0】複数の読み出し回路と複数の垂直信号線との接続態様の一変形例を表す図である。

【図 2 1】図 1 5 の構成を備えた固体撮像装置の水平方向の断面構成の一変形例を表す図である。

【図 2 2】図 1 5 の構成を備えた固体撮像装置の水平方向の断面構成の一変形例を表す図である。

【図 2 3】上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置の垂直方向の断面構成の一変形例を表す図である。

【図 2 4】図 1 5、図 2 1、図 2 2、図 2 3 の構成を備えた固体撮像装置の水平方向の断面構成の一変形例を表す図である。

【図 2 5】図 1 5、図 2 1、図 2 2、図 2 3 の構成を備えた固体撮像装置の水平方向の断面構成の一変形例を表す図である。

【図 2 6】図 1 5、図 2 1、図 2 2、図 2 3 ～図 2 5 の構成を備えた固体撮像装置の水平方向の断面構成の一変形例を表す図である。

【図 2 7】図 1 5、図 2 1、図 2 2、図 2 3 ～図 2 6 の構成を備えた固体撮像装置の水平方向の断面構成の一変形例を表す図である。

【図 2 8】上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置を備えた撮像装置の回路構成の一例を表す図である。

【図 2 9】図 2 8 の固体撮像装置を 3 つの基板を積層して構成した例を表す図である。

【図 3 0】ロジック回路を、センサ画素の設けられた基板と、読み出し回路の設けられた基板とに分けて形成した例を表す図である。

【図 3 1】ロジック回路を、第 3 基板に形成した例を表す図である。

【図 3 2】上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置を備えた撮像システムの

10

20

30

40

50

概略構成の一例を表す図である。

【図 3 3】図 3 2 の撮像システムにおける撮像手順の一例を表す図である。

【図 3 4】車両制御システムの概略的な構成の一例を示すブロック図である。

【図 3 5】車外情報検出部及び撮像部の設置位置の一例を示す説明図である。

【図 3 6】内視鏡手術システムの概略的な構成の一例を示す図である。

【図 3 7】カメラヘッド及び C C U の機能構成の一例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

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

1. 実施の形態（固体撮像装置）…図 1～図 8 G

2. 変形例（固体撮像装置）…図 9～図 3 1

3. 適用例（撮像システム）…図 3 2、図 3 3

4. 応用例

移動体への応用例…図 3 4、図 3 5

内視鏡手術システムへの応用例…図 3 6、図 3 7

【0013】

<1. 実施の形態>

[構成]

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

【0014】

裏面照射型のイメージセンサとは、被写体からの光が入射する受光面と、各画素を駆動させるトランジスタ等の配線が設けられた配線層との間に、被写体からの光を受光し、電気信号に変換するフォトダイオード等の光電変換部が設けられている構成のイメージセンサである。なお、本開示は、C M O S イメージセンサへの適用に限られるものではない。

【0015】

図 1 は、本開示の一実施の形態に係る固体撮像装置 1 の概略構成の一例を表したものである。固体撮像装置 1 は、3 つの基板（第 1 基板 1 0、第 2 基板 2 0、第 3 基板 3 0）を備えている。固体撮像装置 1 は、3 つの基板（第 1 基板 1 0、第 2 基板 2 0、第 3 基板 3 0）を貼り合わせて構成された 3 次元構造の撮像装置である。第 1 基板 1 0、第 2 基板 2 0 および第 3 基板 3 0 は、この順に積層されている。

【0016】

第 1 基板 1 0 は、光電変換を行う複数のセンサ画素 1 2 が行列状に配置された画素領域 1 3 を有している。画素領域 1 3 は、半導体基板 1 1 上に形成されている。第 2 基板 2 0 は、センサ画素 1 2 から出力された電荷に基づく画素信号を出力する複数の読み出し回路 2 2 を有している。複数の読み出し回路 2 2 は、半導体基板 2 1 上に形成されており、例えば、1 つのセンサ画素 1 2 ごとに 1 つずつ割り当てられている。第 2 基板 2 0 は、行方向に延在する複数の画素駆動線 2 3 と、列方向に延在する複数の垂直信号線 2 4 とを有している。第 3 基板 3 0 は、画素信号を処理するロジック回路 3 2 を有している。ロジック回路 3 2 は、半導体基板 3 1 上に形成されている。ロジック回路 3 2 は、例えば、垂直駆動回路 3 3、カラム信号処理回路 3 4、水平駆動回路 3 5 およびシステム制御回路 3 6 を有している。ロジック回路 3 2（具体的には水平駆動回路 3 5）は、センサ画素 1 2 ごとの出力電圧 V_{out} を外部に出力する。

【0017】

垂直駆動回路 3 3 は、例えば、複数のセンサ画素 1 2 を行単位で順に選択する。カラム信号処理回路 3 4 は、例えば、垂直駆動回路 3 3 によって選択された行の各センサ画素 1

10

20

30

40

50

2 から出力される画素信号に対して、相関二重サンプリング (Correlated Double Sampling: CDS) 処理を施す。カラム信号処理回路 3 4 は、例えば、CDS 処理を施すことにより、画素信号の信号レベルを抽出し、各センサ画素 1 2 の受光量に応じた画素データを保持する。水平駆動回路 3 5 は、例えば、カラム信号処理回路 3 4 に保持されている画素データを順次、外部に出力する。システム制御回路 3 6 は、例えば、ロジック回路 3 2 内の各ブロック (垂直駆動回路 3 3、カラム信号処理回路 3 4 および水平駆動回路 3 5) の駆動を制御する。

【0018】

図 2 は、センサ画素 1 2 および読み出し回路 2 2 の回路構成の一例を表したものである。以下では、図 2 に示したように、1 つのセンサ画素 1 2 に 1 つの読み出し回路 2 2 が割り当てられている場合について説明する。

10

【0019】

各センサ画素 1 2 は、例えば、フォトダイオード PD と、フォトダイオード PD と電氣的に接続された転送トランジスタ TRG と、転送トランジスタ TRG を介してフォトダイオード PD から出力された電荷を一時的に保持する 2 つのフローティングディフュージョン FD 1, FD 2 とを有している。フォトダイオード PD は、本開示の「光電変換部」の一具体例に相当する。フローティングディフュージョン FD 1 は、本開示の「第 1 フローティングディフュージョン」の一具体例に相当する。フローティングディフュージョン FD 2 は、本開示の「第 2 フローティングディフュージョン」の一具体例に相当する。

【0020】

20

フォトダイオード PD は、光電変換を行って受光量に応じた電荷を発生する。フォトダイオード PD のカソードが転送トランジスタ TRG のソースに電氣的に接続されており、フォトダイオード PD のアノードが基準電位線 (例えばグラウンド GND) に電氣的に接続されている。転送トランジスタ TRG のドレインがフローティングディフュージョン FD 1 に電氣的に接続され、転送トランジスタ TRG のゲートは画素駆動線 2 3 に電氣的に接続されている。転送トランジスタ TRG は、例えば、NMOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタである。

【0021】

各センサ画素 1 2 は、例えば、2 つのフローティングディフュージョン FD 1, FD 2 を切り替える切り換えトランジスタ FDG を更に有している。切り換えトランジスタ FDG は、本開示の「モード切り換えスイッチ部」の一具体例に相当する。切り換えトランジスタ FDG は、例えば、NMOS トランジスタである。切り換えトランジスタ FDG のソースがフローティングディフュージョン FD 1 となっており、転送トランジスタ TRG のドレインに電氣的に接続されている。切り換えトランジスタ FDG のドレインがフローティングディフュージョン FD 2 となっており、後述のリセットトランジスタ RST のソースに電氣的に接続されている。

30

【0022】

読み出し回路 2 2 は、例えば、リセットトランジスタ RST と、2 つの増幅トランジスタ AMP 1, AMP 2 と、2 つの選択トランジスタ SEL 1, SEL 2 とを有している。増幅トランジスタ AMP 1 は、本開示の「第 1 増幅トランジスタ」の一具体例に相当する。増幅トランジスタ AMP 2 は、本開示の「第 2 増幅トランジスタ」の一具体例に相当する。リセットトランジスタ RST、増幅トランジスタ AMP 1, AMP 2 および選択トランジスタ SEL 1, SEL 2 は、例えば、NMOS トランジスタである。

40

【0023】

リセットトランジスタ RST のソース (読み出し回路 2 2 の入力端) がフローティングディフュージョン FD 2 に電氣的に接続されており、リセットトランジスタ RST のドレインが電源線 VDD および 2 つの増幅トランジスタ AMP 1, AMP 2 のドレインに電氣的に接続されている。リセットトランジスタ RST のゲートは画素駆動線 2 3 (図 1 参照) に電氣的に接続されている。増幅トランジスタ AMP 1 のソースが選択トランジスタ SEL 1 のドレインに電氣的に接続されており、増幅トランジスタ AMP 1 のゲートがフロ

50

ーティングディフュージョンFD1に電氣的に接続されている。選択トランジスタSEL1のソース（読み出し回路22の出力端）が垂直信号線24に電氣的に接続されており、選択トランジスタSEL1のゲートが画素駆動線23（図1参照）に電氣的に接続されている。増幅トランジスタAMP2のソースが選択トランジスタSEL2のドレインに電氣的に接続されており、増幅トランジスタAMP2のゲートがフローティングディフュージョンFD2に電氣的に接続されている。選択トランジスタSEL2のソース（読み出し回路22の出力端）が垂直信号線24に電氣的に接続されており、選択トランジスタSEL2のゲートが画素駆動線23（図1参照）に電氣的に接続されている。

【0024】

読み出し回路22は、フローティングディフュージョンFD1および増幅トランジスタAMP1を含む信号経路P1と、フローティングディフュージョンFD2および増幅トランジスタAMP2を含む信号経路P2とを有している。信号経路P1は、本開示の「第1信号経路」の一具体例に相当する。信号経路P2は、本開示の「第2信号経路」の一具体例に相当する。信号経路P1，P2では、それぞれの一端が垂直信号線24に電氣的に接続されており、信号経路P1の他端がフローティングディフュージョンFD1に電氣的に接続されており、信号経路P2の他端がフローティングディフュージョンFD2に電氣的に接続されている。従って、信号経路P1，P2は、切り換えトランジスタFDGがオンしている時、互いに並列に接続される。また、切り換えトランジスタFDGのオンオフに拘わらず、信号経路P1は、転送トランジスタTRGに電氣的に接続されている。一方の信号経路P2は、切り換えトランジスタFDGがオンしている時は、転送トランジスタTRGに電氣的に接続されるが、切り換えトランジスタFDGがオフしている時は、転送トランジスタTRGとは電氣的に分離される。つまり、切り換えトランジスタFDGがオフしている時は、信号経路P2には電流は流れない。

【0025】

転送トランジスタTRGは、転送トランジスタTRGがオン状態となると、フォトダイオードPDの電荷をフローティングディフュージョンFD1またはフローティングディフュージョンFD2に転送する。転送トランジスタTRGのゲート（転送ゲートTG）は、例えば、図3に示したように、半導体基板11の上面からウェル層42を貫通してPD41に達する深さまで延在している。

【0026】

リセットトランジスタRSTは、フローティングディフュージョンFD1，FD2の電位を所定の電位にリセットする。リセットトランジスタRSTがオン状態となると、フローティングディフュージョンFD1，FD2の電位を電源線VDDの電位にリセットする。選択トランジスタSEL1，SEL2は、読み出し回路22からの画素信号の出力タイミングを制御する。

【0027】

増幅トランジスタAMP1は、画素信号として、フローティングディフュージョンFD1に保持された電荷のレベルに応じた電圧の信号を生成する。増幅トランジスタAMP2は、画素信号として、フローティングディフュージョンFD2に保持された電荷のレベルに応じた電圧の信号を生成する。増幅トランジスタAMP1，AMP2は、ソースフォロア型のアンプを構成しており、フォトダイオードPDで発生した電荷のレベルに応じた電圧の画素信号を出力するものである。増幅トランジスタAMP1は、選択トランジスタSEL1がオン状態となると、フローティングディフュージョンFD1の電位を増幅して、その電位に応じた電圧を、垂直信号線24を介してカラム信号処理回路34に出力する。増幅トランジスタAMP2は、選択トランジスタSEL2がオン状態となると、フローティングディフュージョンFD2の電位を増幅して、その電位に応じた電圧を、垂直信号線24を介してカラム信号処理回路34に出力する。

【0028】

切り換えトランジスタFDGは、変換効率を切り替える際に用いられる。一般に、暗い場所での撮影時には画素信号が小さい。 $Q = CV$ に基づき、電荷電圧変換を行う際に、フ

10

20

30

40

50

フローティングディフュージョンFD1の容量(FD容量C)が大きければ、増幅トランジスタで電圧に変換した際のVが小さくなってしまふ。一方、明るい場所では、画素信号が大きくなるので、FD容量Cが大きくなければ、フローティングディフュージョンFD1で、フォトダイオードPDの電荷を受けきれない。さらに、増幅トランジスタで電圧に変換した際のVが大きくなりすぎないように(言い換えると、小さくなるように)、FD容量Cが大きくなっている必要がある。これらを踏まえると、切り換えトランジスタFDGをオンにしたときには、切り換えトランジスタFDG分のゲート容量が増えるので、全体のFD容量Cが大きくなる。一方、切り換えトランジスタFDGをオフにしたときには、全体のFD容量Cが小さくなる。このように、切り換えトランジスタFDGをオンオフ切り替えることで、FD容量Cを可変にし、変換効率を切り替えることができる。

10

【0029】

切り換えトランジスタFDGは、高感度低照度モード(第1モード)のときと、低感度高照度モード(第2モード)のときとで、FD容量Cを切り替える。具体的には、切り換えトランジスタFDGは、第1モードのときには、オフ状態となり、FD容量Cを相対的に小さくし、第2モードのときには、オン状態となり、FD容量Cを相対的に大きくする。切り換えトランジスタFDG、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP1、AMP2および選択トランジスタSEL1、SEL2は、例えば、NMOSTランジスタである。切り換えトランジスタFDGは、垂直駆動回路33の制御によって、第1モードのときには、信号経路P1をフォトダイオードPDに電氣的に接続するとともに信号経路P2をフォトダイオードPDから電氣的に切り離し、第2モードのときには、信号経路P1および信号経路P2の双方をフォトダイオードPDに電氣的に接続する。具体的には、切り換えトランジスタFDGは、第1モードのときにはオフ状態となり、第2モードのときにはオン状態となる。

20

【0030】

図3は、固体撮像装置1の垂直方向の断面構成の一例を表したものである。図3には、固体撮像装置1において、センサ画素12と対向する箇所の断面構成が例示されている。固体撮像装置1は、第1基板10、第2基板20および第3基板30をこの順に積層して構成されており、さらに、第1基板10の裏面側に、カラーフィルタ40および受光レンズ50を備えている。カラーフィルタ40および受光レンズ50は、それぞれ、例えば、センサ画素12ごとに1つずつ設けられている。つまり、固体撮像装置1は、裏面照射側の撮像装置である。

30

【0031】

第1基板10は、半導体基板11上に絶縁層46を積層して構成されている。第1基板10は、層間絶縁膜51の一部として、絶縁層46を有している。絶縁層46は、半導体基板11と、半導体基板21との間隙に設けられている。半導体基板11は、シリコン基板で構成されている。半導体基板11は、例えば、上面の一部およびその近傍に、pウェル層42を有しており、それ以外の領域(pウェル層42よりも深い領域)に、pウェル層42とは異なる導電型のPD41を有している。pウェル層42の導電型は、例えば、p型となっている。PD41の導電型は、pウェル層42とは異なる導電型となっており、例えば、n型となっている。半導体基板11は、pウェル層42内に、pウェル層42とは異なる導電型のフローティングディフュージョンFD1、FD2を有している。

40

【0032】

第1基板10は、フォトダイオードPD、転送トランジスタTRG、切り換えトランジスタFDGおよびフローティングディフュージョンFD1、FD2をセンサ画素12ごとに有している。第1基板10は、半導体基板11の上面に、フォトダイオードPD、転送トランジスタTRG、切り換えトランジスタFDGおよびフローティングディフュージョンFD1、FD2が設けられた構成となっている。第1基板10は、各センサ画素12を分離する素子分離部43を有している。素子分離部43は、半導体基板11の法線方向(厚さ方向)に延在して形成されている。素子分離部43は、互いに隣接する2つのセンサ画素12の間に設けられている。素子分離部43は、互いに隣接するセンサ画素12同士

50

を電氣的に分離する。素子分離部 43 は、例えば、酸化シリコンによって構成されている。素子分離部 43 は、例えば、半導体基板 11 を貫通している。

【0033】

第 1 基板 10 は、例えば、さらに、素子分離部 43 の側面であって、かつ、フォトダイオード PD 側の面に接する p ウェル層 44 を有している。p ウェル層 44 の導電型は、フォトダイオード PD とは異なる導電型となっており、例えば、p 型となっている。第 1 基板 10 は、例えば、さらに、半導体基板 11 の裏面に接する固定電荷膜 45 を有している。固定電荷膜 45 は、半導体基板 11 の受光面側の界面準位に起因する暗電流の発生を抑制するため、負の固定電荷を有している。固定電荷膜 45 は、例えば、負の固定電荷を有する絶縁膜によって形成されている。そのような絶縁膜の材料としては、例えば、酸化ハフニウム、酸化ジルコン、酸化アルミニウム、酸化チタンまたは酸化タンタルが挙げられる。固定電荷膜 45 が誘起する電界により、半導体基板 11 の受光面側の界面にホール蓄積層が形成される。このホール蓄積層によって、界面からの電子の発生が抑制される。カラーフィルタ 40 は、半導体基板 11 の裏面側に設けられている。カラーフィルタ 40 は、例えば、固定電荷膜 45 に接して設けられており、固定電荷膜 45 を介してセンサ画素 12 と対向する位置に設けられている。受光レンズ 50 は、例えば、カラーフィルタ 40 に接して設けられており、カラーフィルタ 40 および固定電荷膜 45 を介してセンサ画素 12 と対向する位置に設けられている。

【0034】

第 2 基板 20 は、半導体基板 21 上に絶縁層 52 を積層して構成されている。第 2 基板 20 は、層間絶縁膜 51 の一部として、絶縁層 52 を有している。絶縁層 52 は、半導体基板 21 と、半導体基板 31 との間隙に設けられている。半導体基板 21 は、シリコン基板で構成されている。第 2 基板 20 は、例えば、1 のセンサ画素 12 ごとに、1 つの読み出し回路 22 を有している。第 2 基板 20 は、半導体基板 21 の上面に読み出し回路 22 が設けられた構成となっている。第 2 基板 20 は、半導体基板 11 の上面側に半導体基板 21 の裏面を向けて第 1 基板 10 に貼り合わされている。つまり、第 2 基板 20 は、第 1 基板 10 に、フェイストウバックで貼り合わされている。第 2 基板 20 は、さらに、半導体基板 21 と同一の層内に、半導体基板 21 を貫通する絶縁層 53 を有している。第 2 基板 20 は、層間絶縁膜 51 の一部として、絶縁層 53 を有している。絶縁層 53 は、後述の貫通配線 54 の側面を覆うように設けられている。

【0035】

第 1 基板 10 および第 2 基板 20 からなる積層体は、層間絶縁膜 51 と、層間絶縁膜 51 内に設けられた複数の貫通配線 54 を有している。複数の貫通配線 54 は、半導体基板 21 の法線方向に延びており、層間絶縁膜 51 のうち、絶縁層 53 を含む箇所を貫通して設けられている。第 1 基板 10 および第 2 基板 20 は、複数の貫通配線 54 によって互いに電氣的に接続されている。例えば、2 つの貫通配線 54 は、フローティングディフュージョン FD1, FD2 および後述の接続配線 55 に電氣的に接続されている。

【0036】

第 2 基板 20 は、例えば、絶縁層 52 内に、読み出し回路 22 や半導体基板 21 と電氣的に接続された複数の接続部 59 を有している。第 2 基板 20 は、さらに、例えば、絶縁層 52 上に配線層 56 を有している。配線層 56 は、例えば、絶縁層 57 と、絶縁層 57 内に設けられた複数の画素駆動線 23 および複数の垂直信号線 24 を有している。配線層 56 は、さらに、例えば、絶縁層 57 内に複数の接続配線 55 を有している。複数の接続配線 55 は、フローティングディフュージョン FD1, FD2 に電氣的に接続された各貫通配線 54 と、読み出し回路 22 とに電氣的に接続されている。例えば、フローティングディフュージョン FD1 と増幅トランジスタ AMP1 のゲートとが接続配線 55 および貫通配線 54 によって電氣的に接続されている。また、例えば、フローティングディフュージョン FD2 と増幅トランジスタ AMP2 のゲートとが接続配線 55 および貫通配線 54 によって電氣的に接続されている。

【0037】

配線層 5 6 は、さらに、例えば、絶縁層 5 7 内に複数のパッド電極 5 8 を有している。各パッド電極 5 8 は、例えば、Cu（銅）で形成されている。各パッド電極 5 8 は、配線層 5 6 の上面に露出している。各パッド電極 5 8 は、第 2 基板 2 0 と第 3 基板 3 0 との電氣的な接続と、第 2 基板 2 0 と第 3 基板 3 0 との貼り合わせに用いられる。複数のパッド電極 5 8 は、例えば、画素駆動線 2 3 および垂直信号線 2 4 ごとに 1 つずつ設けられている。

【0038】

第 3 基板 3 0 は、例えば、半導体基板 3 1 上に層間絶縁膜 6 1 を積層して構成されている。第 3 基板 3 0 は、第 2 基板 2 0 に、フェイストゥーフェイスで貼り合わされている。そのため、第 3 基板 3 0 内の構成について説明する際には、上下の説明が、図面での上下方向とは逆となっている。半導体基板 3 1 は、シリコン基板で構成されている。第 3 基板 3 0 は、半導体基板 3 1 の上面にロジック回路 3 2 が設けられた構成となっている。第 3 基板 3 0 は、さらに、例えば、層間絶縁膜 6 1 上に配線層 6 2 を有している。配線層 6 2 は、例えば、絶縁層 6 3 と、絶縁層 6 3 内に設けられた複数のパッド電極 6 4 を有している。複数のパッド電極 6 4 は、ロジック回路 3 2 と電氣的に接続されている。各パッド電極 6 4 は、例えば、Cu（銅）で形成されている。各パッド電極 6 4 は、配線層 6 2 の上面に露出している。各パッド電極 6 4 は、第 2 基板 2 0 と第 3 基板 3 0 との電氣的な接続と、第 2 基板 2 0 と第 3 基板 3 0 との貼り合わせに用いられる。第 2 基板 2 0 および第 3 基板 3 0 は、パッド電極 5 8，6 4 同士の接合によって、互いに電氣的に接続されている。つまり、転送トランジスタ TRG のゲート（転送ゲート TG）は、例えば、貫通配線 5 4 と、接続配線 5 5 と、接続部 5 9 と、パッド電極 5 8，6 4 とを介して、ロジック回路 3 2 に電氣的に接続されている。第 3 基板 3 0 は、半導体基板 2 1 の上面側に半導体基板 3 1 の上面を向けて第 2 基板 2 0 に貼り合わされている。つまり、第 3 基板 3 0 は、第 2 基板 2 0 に、フェイストゥーフェイスで貼り合わされている。

【0039】

第 1 基板 1 0 と第 2 基板 2 0 とは、貫通配線 5 4 によって互いに電氣的に接続されている。また、第 2 基板 2 0 と第 3 基板 3 0 とは、パッド電極 5 8，6 4 同士の接合によって互いに電氣的に接続されている。ここで、貫通配線 5 4 の幅は、パッド電極 5 8，6 4 同士の接合箇所の幅よりも狭くなっている。つまり、貫通配線 5 4 の断面積は、パッド電極 5 8，6 4 同士の接合箇所の断面積よりも小さくなっている。従って、貫通配線 5 4 は、第 1 基板 1 0 内のセンサ画素 1 2 の高集積化を妨げることがない。また、読み出し回路 2 2 は第 2 基板 2 0 に形成され、ロジック回路 3 2 は第 3 基板 3 0 に形成されていることから、第 2 基板 2 0 と第 3 基板 3 0 とを互いに電氣的に接続するための構造を、第 1 基板 1 0 と第 2 基板 2 0 とを互いに電氣的に接続するための構造と比べて、低密度に形成することが可能である。従って、第 2 基板 2 0 と第 3 基板 3 0 とを互いに電氣的に接続するための構造として、パッド電極 5 8，6 4 同士の接合を用いることができる。

【0040】

図 4、図 5 は、固体撮像装置 1 の水平方向の断面構成の一例を表したものである。図 4 には、半導体基板 1 1 の上面構成の一例が示されており、図 5 には、半導体基板 2 1 の上面構成の一例が示されている。図 6 は、図 4 に記載の構成と、図 5 に記載の構成とを互いに重ね合わせた構成の一例を表したものである。半導体基板 1 1 の上面には、転送トランジスタ TRG、切り換えトランジスタ FDG およびフローティングディフュージョン FD 1，FD 2 が設けられている。つまり、転送トランジスタ TRG、切り換えトランジスタ FDG およびフローティングディフュージョン FD 1，FD 2 は、第 1 基板 1 0 に設けられている。一方、半導体基板 2 1 の上面には、例えば、リセットトランジスタ RST、増幅トランジスタ AMP 1，AMP 2 および選択トランジスタ SEL 1，SEL 2 が設けられている。つまり、リセットトランジスタ RST、増幅トランジスタ AMP 1，AMP 2 および選択トランジスタ SEL 1，SEL 2 は、第 2 基板 2 0 に設けられている。

【0041】

このとき、例えば、図 6 に示したように、図 4 に記載の構成と、図 5 に記載の構成とを

互いに重ね合わせると、重なり領域 α が存在する。このことから、固体撮像装置1では、転送トランジスタTRG、切り換えトランジスタFDGおよびフローティングディフュージョンFD1、FD2、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP1、AMP2および選択トランジスタSEL1、SEL2を共通の基板に設けた場合と比べて、重なり領域 α の分だけ、固体撮像装置1が小型化されていることがわかる。

【0042】

ところで、増幅トランジスタAMP1、AMP2のL長 b_1 、 b_2 は、例えば、互いに等しい大きさとなっている。一方、増幅トランジスタAMP1、AMP2のW長については、例えば、増幅トランジスタAMP2のW長 a_2 が、増幅トランジスタAMP1のW長 a_1 よりも大きくなっている。増幅トランジスタAMP2のW長 a_2 は、例えば、増幅トランジスタAMP1のW長 a_1 の2倍、または3倍の長さとなっている。切り換えトランジスタFDGがオン状態となった時、読み出し回路22としての増幅トランジスタのW長は、増幅トランジスタAMP1のW長 a_1 と、増幅トランジスタAMP2のW長 a_2 との合計値となる。従って、切り換えトランジスタFDGをオンオフ切り換えることにより、読み出し回路22としての増幅トランジスタのW長を、例えば、3倍、または4倍にすることが可能となる。

【0043】

なお、図7に示したように、読み出し回路22に対して、複数の増幅トランジスタAMP2が設けられていてもよい。この場合、各増幅トランジスタAMP2のW長 a_2 が、増幅トランジスタAMP1のW長 a_1 と等しくなっているとしてもよいし、増幅トランジスタAMP1のW長 a_1 よりも大きくなっているとしてもよい。

【0044】

[製造方法]

次に、固体撮像装置1の製造方法について説明する。図8A～図8Gは、固体撮像装置1の製造過程の一例を表したものである。

【0045】

まず、半導体基板11に、pウェル層42や、素子分離部43、pウェル層44を形成する。次に、半導体基板11に、フォトダイオードPD、転送トランジスタTRG、切り換えトランジスタFDGおよびフローティングディフュージョンFD1、FD2を形成する(図8A)。これにより、半導体基板11に、センサ画素12が形成される。このとき、センサ画素12に用いる電極材料として、サリサイドプロセスによる CoSi_2 や NiSi などの耐熱性の低い材料を用いないことが好ましい。むしろ、センサ画素12に用いる電極材料としては、耐熱性の高い材料を用いることが好ましい。耐熱性の高い材料としては、例えば、ポリシリコンが挙げられる。その後、半導体基板11上に、絶縁層46を形成する(図8A)。このようにして、第1基板10が形成される。

【0046】

次に、第1基板10(絶縁層46)上に、半導体基板21を貼り合わせる(図8B)。このとき、必要に応じて、半導体基板21を薄肉化する。この際、半導体基板21の厚さを、読み出し回路22の形成に必要な膜厚にする。半導体基板21の厚さは、一般的には数百nm程度である。しかし、読み出し回路22のコンセプトによっては、FD(Fully Depletion)型も可能であるので、その場合には、半導体基板21の厚さとしては、数nm～数 μm の範囲を採り得る。

【0047】

次に、半導体基板21と同一の層内に、絶縁層53を形成する(図8C)。絶縁層53を、例えば、フローティングディフュージョンFD1、FD2と対向する箇所に形成する。例えば、半導体基板21に対して、半導体基板21を貫通するスリットを形成して、半導体基板21を複数のブロックに分離する。その後、スリットを埋め込むように、絶縁層53を形成する。その後、半導体基板21の各ブロックに、増幅トランジスタAMP1、AMP2および選択トランジスタSEL1、SEL2などを含む読み出し回路22を形成する(図8D)。このとき、センサ画素12の電極材料として、耐熱性の高い金属材料が

用いられている場合には、読み出し回路 22 のゲート絶縁膜を、熱酸化により形成することが可能である。また、読み出し回路 22 に含まれる各トランジスタの電極が、シリサイドを含んで構成されていてもよい。読み出し回路 22 は、センサ画素 12 を形成した後に形成される。そのため、耐熱性の低いシリサイドを、読み出し回路 22 に含まれる各トランジスタのソース電極およびドレイン電極と接する不純物拡散領域の表面に用いることができる。

【0048】

次に、半導体基板 21 上に絶縁層 52 を形成する。このようにして、絶縁層 46, 52, 53 からなる層間絶縁膜 51 を形成する。続いて、層間絶縁膜 51 に貫通孔 51A, 51B, 51C, 51D を形成する（図 8E）。具体的には、層間絶縁膜 51 の一部である絶縁層 52 のうち、読み出し回路 22（例えば、増幅トランジスタ AMP1, AMP2）と対向する箇所に、絶縁層 52 を貫通する貫通孔 51C, 51D を形成する。また、層間絶縁膜 51 のうち、フローティングディフュージョン FD1, FD2 と対向する箇所（つまり、絶縁層 53 と対向する箇所）に、層間絶縁膜 51 を貫通する貫通孔 51A, 51B を形成する。

【0049】

次に、貫通孔 51A, 51B, 51C, 51D に導電性材料を埋め込むことにより、貫通孔 51A, 51B 内に貫通配線 54 を形成するとともに、貫通孔 51C, 51D 内に接続部 59 を形成する（図 8F）。さらに、絶縁層 52 上に、貫通配線 54 と接続部 59 とを互いに電氣的に接続する接続配線 55 を形成する（図 8F）。その後、パッド電極 58 を含む配線層 56 を、絶縁層 52 上に形成する。このようにして、第 2 基板 20 が形成される。

【0050】

次に、第 2 基板 20 を、半導体基板 31 の上面側に半導体基板 21 の上面を向けて、ロジック回路 32 や配線層 62 が形成された第 3 基板 30 に貼り合わせる（図 8G）。このとき、第 2 基板 20 のパッド電極 58 と、第 3 基板 30 のパッド電極 64 とを互いに接合することにより、第 2 基板 20 と第 3 基板 30 とを互いに電氣的に接続する。このようにして、固体撮像装置 1 が製造される。

【0051】

[効果]

次に、本実施の形態に係る固体撮像装置 1 の効果について説明する。

【0052】

CMOS イメージセンサでは、低照度時にも撮像信号を取得することができるように、感度は高い方が望ましい。また、ダイナミックレンジを大きくするためには、フォトダイオードは飽和しにくい方が望ましい。しかしながら、感度が高いことと、フォトダイオードが飽和しにくいことはトレードオフの関係にあり、高感度を維持しつつ、ダイナミックレンジを拡大することは難しい。そこで、例えば、上記特許文献 1 では、小容量のフローティングディフュージョンと、大容量のフローティングディフュージョンを設け、低照度時には小容量のフローティングディフュージョンをフォトダイオードに接続し、高照度時には大容量のフローティングディフュージョンを接続することが開示されている。しかし、特許文献 1 に記載の発明を、高精細な用途に適用した場合、2 つのフローティングディフュージョンを設けるのに十分なスペースを確保することが難しいという問題がある。

【0053】

一方、本実施の形態では、使用する増幅トランジスタ AMP1, AMP2 がモードに応じて選択される。これにより、高感度を維持しつつ、ダイナミックレンジを拡大することが可能となる。また、本実施の形態では、少なくとも増幅トランジスタ AMP1, AMP2 が、フォトダイオード PD の形成された第 1 基板 10 とは別の第 2 基板 20 に形成される。具体的には、フォトダイオード PD、転送トランジスタ TRG、フローティングディフュージョン FD1, FD2、切り換えトランジスタ FDG が第 1 基板 10 に形成され、リセットトランジスタ RST、増幅トランジスタ AMP1, AMP2 および選択トランジ

スタSEL1, SEL2が第2基板20に形成される。これにより、これにより、固体撮像装置1が高精細であったとしても、フローティングディフュージョンFD1, FD2や増幅トランジスタAMP1, AMP2を設けるのに十分なスペースを確保することが可能となる。その結果、高精細な用途においても、高感度および高ダイナミックレンジを両立することができる。

【0054】

また、本実施の形態において、読み出し回路22に含まれる各トランジスタの電極がシリサイドを含んで構成されている場合には、読み出し回路22に含まれる各トランジスタの寄生抵抗を低減することができ、その結果、低ノイズ化を図ることができる。

【0055】

なお、本実施の形態において、垂直駆動回路33は、システム制御回路36による制御によって、切り換えトランジスタFDGによる切り換えによって変換する、増幅トランジスタAMP1, AMP2のサイズの大きさに応じて、駆動電流を変化させてもよい。このようにした場合には、単位増幅トランジスタ当りの駆動する電流の低下を防ぐことができ、ノイズ特性劣化の抑制が可能となる。

【0056】

<2. 変形例>

以下に、上記実施の形態に係る固体撮像装置1の変形例について説明する。

【0057】

[[変形例A]]

図9は、上記実施の形態に係る固体撮像装置1のセンサ画素12および読み出し回路22の回路構成の一変形例を表したものである。本変形例では、第1基板10には、フォトダイオードPD、転送トランジスタTRG、フローティングディフュージョンFD1, FD2、切り換えトランジスタFDG、増幅トランジスタAMP1および選択トランジスタSEL1が形成される。一方、第2基板20には、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP2および選択トランジスタSEL2が形成される。このようにした場合であっても、上記実施の形態と同様、フローティングディフュージョンFD1, FD2や増幅トランジスタAMP1, AMP2を設けるのに十分なスペースを確保することが可能となる。その結果、高精細な用途においても、高感度および高ダイナミックレンジを両立することができる。

【0058】

図10は、図9に記載の構成を備えた固体撮像装置1における半導体基板11の上面構成の一例を表したものである。図11、図12は、図9に記載の構成を備えた固体撮像装置1における半導体基板21の上面構成の一例を表したものである。本変形例では、フォトダイオードPD、転送トランジスタTRG、フローティングディフュージョンFD1, FD2、切り換えトランジスタFDG、増幅トランジスタAMP1および選択トランジスタSEL1を、例えば、図10に示したように、小さな面積に収めることが可能である。同様に、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP2および選択トランジスタSEL2を、例えば、図11、図12に示したように、小さな面積に収めることが可能である。このように、占有面積を小さくした場合には、固体撮像装置1を小型化することができる。

【0059】

[[変形例B]]

図13は、上記実施の形態に係る固体撮像装置1のセンサ画素12および読み出し回路22の回路構成の一変形例を表したものである。本変形例では、2つのセンサ画素12(12A, 12B)が1つの読み出し回路22を共有している。ここで、「共有」とは、2つのセンサ画素12(12A, 12B)の出力が共通の読み出し回路22に入力されることを指している。このようにした場合には、半導体基板21のうち、2つのセンサ画素12と対向する領域に1つの読み出し回路22が形成されることになる。従って、上記実施の形態と比べて、1つの読み出し回路22の形成面積を2倍に拡大することができるので

10

20

30

40

50

、フローティングディフュージョンFD1、FD2や増幅トランジスタAMP1、AMP2を設けるのに十分なスペースを確保することが可能となる。その結果、高精細な用途においても、高感度および高ダイナミックレンジを両立することができる。

【0060】

[[変形例C]]

図14は、上記変形例Bに係る固体撮像装置1のセンサ画素12および読み出し回路22の回路構成の一変形例を表したものである。本変形例では、第1基板10には、フォトダイオードPDおよび転送トランジスタTRGが形成される。一方、第2基板20には、フローティングディフュージョンFD1、FD2、2つの切り換えトランジスタFDG、増幅トランジスタAMP1、AMP2および選択トランジスタSEL1、SEL2が形成される。このようにした場合であっても、上記変形例Bと同様、フローティングディフュージョンFD1、FD2や増幅トランジスタAMP1、AMP2を設けるのに十分なスペースを確保することが可能となる。その結果、高精細な用途においても、高感度および高ダイナミックレンジを両立することができる。

10

【0061】

[[変形例D]]

図15は、上記変形例Bに係る固体撮像装置1のセンサ画素12および読み出し回路22の回路構成の一変形例を表したものである。本変形例では、4つのセンサ画素12（12A、12B、12C、12D）が1つの読み出し回路22を共有している。このようにした場合には、第2基板20のうち、4つのセンサ画素12と対向する領域に1つの読み出し回路22が形成されることになる。従って、上記実施の形態と比べて、1つの読み出し回路22の形成面積を4倍に拡大することができるので、フローティングディフュージョンFD1、FD2や増幅トランジスタAMP1、AMP2を設けるのに十分なスペースを確保することが可能となる。その結果、高精細な用途においても、高感度および高ダイナミックレンジを両立することができる。

20

【0062】

[[変形例E]]

図16は、上記変形例Cに係る固体撮像装置1のセンサ画素12および読み出し回路22の回路構成の一変形例を表したものである。本変形例では、4つのセンサ画素12（12A、12B、12C、12D）が1つの読み出し回路22を共有している。このようにした場合には、第2基板20のうち、4つのセンサ画素12と対向する領域に1つの読み出し回路22が形成されることになる。従って、上記実施の形態と比べて、1つの読み出し回路22の形成面積を4倍に拡大することができるので、フローティングディフュージョンFD1、FD2や増幅トランジスタAMP1、AMP2を設けるのに十分なスペースを確保することが可能となる。その結果、高精細な用途においても、高感度および高ダイナミックレンジを両立することができる。

30

【0063】

[[変形例F]]

図17は、上記実施の形態に係る固体撮像装置1のセンサ画素12および読み出し回路22の回路構成の一変形例を表したものである。本変形例では、切り換えトランジスタFDGが設けられていた箇所に、切り換えトランジスタFDGと同一構成の切り換えトランジスタFDGaが設けられ、さらに、フローティングディフュージョンFD1と増幅トランジスタAMP1のゲートとをつなぐ配線の途中に、切り換えトランジスタFDGbが設けられている。切り換えトランジスタFDGa、FDGbは、例えば、NMOSTランジスタである。

40

【0064】

本変形例においても、高感度低照度モード（第1モード）のときと、低感度高照度モード（第2モード）のときとで、FD容量Cを切り替える。具体的には、垂直駆動回路33は、システム制御回路36の制御によって、第1モードのときには、信号経路P1をフォトダイオードPDに電氣的に接続するとともに信号経路P2をフォトダイオードPDから

50

電氣的に切り離す。垂直駆動回路 33 は、システム制御回路 36 の制御によって、第 2 モードのときには、信号経路 P1 および信号経路 P2 の双方をフォトダイオード PD に電氣的に接続する。垂直駆動回路 33 は、例えば、第 1 モードのときには、切り換えトランジスタ FDGa をオフ状態とするとともに、切り換えトランジスタ FDGb をオン状態とする。垂直駆動回路 33 は、さらに、例えば、第 2 モードのときには、切り換えトランジスタ FDGa をオン状態とするとともに、切り換えトランジスタ FDGb もオン状態とする。このようにすることにより、上記実施の形態と同様、高精細な用途においても、高感度および高ダイナミックレンジを両立することができる。

【0065】

本変形例において、2つのセンサ画素 12 が1つの読み出し回路 22 を共有していてもよい。また、本変形例において、4つのセンサ画素 12 が1つの読み出し回路 22 を共有していてもよい。このようにした場合には、上記変形例 B～E と同様、高精細な用途においても、高感度および高ダイナミックレンジを両立することができる。

【0066】

[[変形例 G]]

図 18 は、上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置 1 の断面構成の一変形例を表したものである。本変形例では、1つの受光レンズ 50 に対して2つのフォトダイオード PD が設けられており、これら2つのフォトダイオード PD は、素子分離部 43 によって互いに分離されている。以下では、1つの受光レンズ 50 に対応して設けられた2つのフォトダイオード PD を、フォトダイオード PDa, PDb と称する。

【0067】

本変形例では、フローティングディフュージョン FD1 がフォトダイオード PDa, PDb ごとに1つずつ設けられる。一方で、切り換えトランジスタ FDG はフォトダイオード PDa, PDb に対して1つ、割り当てられる。そのため、フォトダイオード PDa に対して設けられたフローティングディフュージョン FD1 と、フォトダイオード PDb に対して設けられたフローティングディフュージョン FD1 とが、絶縁層 46 内に設けられた接続配線 49 で電氣的に接続される。

【0068】

また、本変形例では、第 1 基板 10 には、フォトダイオード PDa, PDb、2つの転送トランジスタ TRG、2つのフローティングディフュージョン FD1、1つのフローティングディフュージョン FD2、切り換えトランジスタ FDG、増幅トランジスタ AMP1 および選択トランジスタ SEL1 が形成される。一方、第 2 基板 20 には、リセットトランジスタ RST、増幅トランジスタ AMP2 および選択トランジスタ SEL2 が形成される。このようにした場合であっても、上記実施の形態と同様、フローティングディフュージョン FD1, FD2 や増幅トランジスタ AMP1, AMP2 を設けるのに十分なスペースを確保することが可能となる。その結果、高精細な用途においても、高感度および高ダイナミックレンジを両立することができる。

【0069】

[[変形例 H]]

図 19 は、上記変形例 G に係る固体撮像装置 1 の断面構成の一変形例を表したものである。本変形例では、フローティングディフュージョン FD1 がフォトダイオード PDa, PDb ごとに1つずつ設けられる。一方で、切り換えトランジスタ FDG はフォトダイオード PDa, PDb に対して1つ、割り当てられる。そのため、フォトダイオード PDa に対して設けられたフローティングディフュージョン FD1 と、フォトダイオード PDb に対して設けられたフローティングディフュージョン FD1 とが、絶縁層 52 内に設けられた接続配線 55 で電氣的に接続される。フォトダイオード PDa に対して設けられたフローティングディフュージョン FD1 およびフォトダイオード PDb に対して設けられたフローティングディフュージョン FD1 は、接続配線 55 および貫通配線 54 を介して、切り換えトランジスタ FDG と、増幅トランジスタ AMP1 のゲートとに接続されている。

【0070】

本変形例では、第2基板20は、2つの半導体基板21、26を有している。半導体基板26は、層間絶縁膜51（絶縁層52）を介して半導体基板21に積層されている。半導体基板26は、層間絶縁膜51（絶縁層52）と絶縁層57との間に設けられている。半導体基板26は、開口を有しており、その開口には、絶縁層57の一部（以下、「絶縁層28」と称する。）が設けられている。絶縁層28には、貫通配線54が貫通している。絶縁層28を貫通する貫通配線54は、接続配線55や、他の貫通配線54を介して、フローティングディフュージョンFD2と、増幅トランジスタAMP2のゲートとを互いに電氣的に接続している。

【0071】

本変形例では、フォトダイオードPDa、PDbおよび2つのフローティングディフュージョンFD1が第1基板10に形成され、増幅トランジスタAMP1、フローティングディフュージョンFD2および切り換えトランジスタFDGが第2基板20の半導体基板21に形成され、増幅トランジスタAMP2が第2基板20の半導体基板26に形成される。このようにした場合であっても、上記実施の形態と同様、フローティングディフュージョンFD1、FD2や増幅トランジスタAMP1、AMP2を設けるのに十分なスペースを確保することが可能となる。その結果、高精細な用途においても、高感度および高ダイナミックレンジを両立することができる。

【0072】

本変形例において、半導体基板21、26に形成された各トランジスタの電極が、シリサイドを含んで構成されていてもよい。この場合、半導体基板21、26に形成された各トランジスタは、センサ画素12を形成した後に形成される。そのため、耐熱性の低いシリサイドを、読み出し回路22に含まれる各トランジスタのソース電極およびドレイン電極と接する不純物拡散領域の表面に用いることができる。

【0073】

[[変形例I]]

図20は、複数の読み出し回路22と、複数の垂直信号線24との接続態様の一例を表したものである。上記実施の形態およびその変形例において、複数の読み出し回路22が、垂直信号線24の延在方向（例えば列方向）に並んで配置されている場合、複数の垂直信号線24は、読み出し回路22ごとに1つつ割り当てられていてもよい。例えば、図20に示したように、4つの読み出し回路22が、垂直信号線24の延在方向（例えば列方向）に並んで配置されている場合、4つの垂直信号線24が、読み出し回路22ごとに1つつ割り当てられていてもよい。

【0074】

[変形例J]

図21、図22は、例えば、図15の構成を備えた固体撮像装置1の水平方向の断面構成の一変形例を表したものである。図21、図22の上側の図は、変形例Dの構成を備えた固体撮像装置1における第1基板10の断面構成の一例を表す図である。図21、図22の上側の図は、変形例Dの構成を備えた固体撮像装置1の第1基板10において、図3の断面Sec1に対応する箇所の断面構成が例示されている。なお、図21、図22の上側の断面図では、半導体基板11の表面構成の一例を表す図が重ね合わされるとともに、絶縁層46が省略されている。図21、図22の下側の図は、変形例Dの構成を備えた固体撮像装置1における第2基板20の断面構成の一例を表す図である。図21、図22の下側の図は、変形例Dの構成を備えた固体撮像装置1の第2基板20において、図3の断面Sec2に対応する箇所の断面構成が例示されている。なお、図21、図22の下側の断面図では、半導体基板21および絶縁層53の表面構成例を表す図が重ね合わされるとともに、絶縁層52が省略されている。図21には、2×2の4つのセンサ画素12を2組、第2方向Hに並べた構成が例示されている。図22には、2×2の4つのセンサ画素12を4組、第1方向Vおよび第2方向Hに並べた構成が例示されている。

【0075】

第1基板10および第2基板20からなる積層体は、層間絶縁膜51内に設けられた貫

10

20

30

40

50

通配線 67, 68 を有している。上記積層体は、センサ画素 12 ごとに、1つの貫通配線 67 と、1つの貫通配線 68 とを有している。貫通配線 67, 68 は、それぞれ、半導体基板 21 の法線方向に延びており、層間絶縁膜 51 のうち、絶縁層 53 を含む箇所を貫通して設けられている。第1基板 10 および第2基板 20 は、貫通配線 67, 68 によって互いに電氣的に接続されている。具体的には、貫通配線 67 は、半導体基板 11 の p ウェル層 42 と、第2基板 20 内の配線とに電氣的に接続されている。貫通配線 68 は、転送ゲート T G および画素駆動線 23 に電氣的に接続されている。図 21、図 22 に示したように、複数の貫通配線 54、複数の貫通配線 68 および複数の貫通配線 67 は、第1基板 10 の面内において第1方向 V (図 21 の上下方向、図 22 の左右方向) に帯状に並んで配置されている。なお、図 21、図 22 には、複数の貫通配線 54、複数の貫通配線 68 および複数の貫通配線 67 が第1方向 V に2列に並んで配置されている場合が例示されている。第1方向 V は、マトリクス状の配置された複数のセンサ画素 12 の2つの配列方向 (例えば行方向および列方向) のうち一方の配列方向 (例えば列方向) と平行となっている。読み出し回路 22 を共有する4つのセンサ画素 12 において、4つのフローティングディフュージョン F D は、例えば、素子分離部 43 を介して互いに近接して配置されている。読み出し回路 22 を共有する4つのセンサ画素 12 において、4つの転送ゲート T G は、4つのフローティングディフュージョン F D を囲むように配置されており、例えば、4つの転送ゲート T G によって円環形状となる形状となっている。

【0076】

絶縁層 53 は、第1方向 V に延在する複数のブロックで構成されている。半導体基板 21 は、第1方向 V に延在するとともに、絶縁層 53 を介して第1方向 V と直交する第2方向 H に並んで配置された複数の島状のブロック 21 A で構成されている。各ブロック 21 A には、例えば、複数組のリセットトランジスタ R S T、増幅トランジスタ A M P および選択トランジスタ S E L が設けられている。4つのセンサ画素 12 によって共有される1つの読み出し回路 22 は、例えば、4つのセンサ画素 12 と対向する領域内にある、リセットトランジスタ R S T、増幅トランジスタ A M P および選択トランジスタ S E L によって構成されている。4つのセンサ画素 12 によって共有される1つの読み出し回路 22 は、例えば、絶縁層 53 の左隣りのブロック 21 A 内の増幅トランジスタ A M P と、絶縁層 53 の右隣りのブロック 21 A 内のリセットトランジスタ R S T および選択トランジスタ S E L とによって構成されている。

【0077】

[変形例 K]

図 23 は、上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置 1 の垂直方向の断面構成の一変形例を表すものである。本変形例では、第2基板 20 と第3基板 30 との電氣的な接続が、第1基板 10 における周辺領域 14 と対向する領域でなされている。周辺領域 14 は、第1基板 10 の額縁領域に相当しており、画素領域 13 の周縁に設けられている。本変形例では、第2基板 20 は、周辺領域 14 と対向する領域に、複数のパッド電極 58 を有しており、第3基板 30 は、周辺領域 14 と対向する領域に、複数のパッド電極 64 を有している。第2基板 20 および第3基板 30 は、周辺領域 14 と対向する領域に設けられたパッド電極 58, 64 同士の接合によって、互いに電氣的に接続されている。

【0078】

このように、本変形例では、第2基板 20 および第3基板 30 が、周辺領域 14 と対向する領域に設けられたパッド電極 58, 64 同士の接合によって、互いに電氣的に接続されている。これにより、画素領域 13 と対向する領域で、パッド電極 58, 64 同士の接合する場合と比べて、1画素あたりの面積の微細化を阻害するおそれを低減することができる。従って、今までと同等のチップサイズで、1画素あたりの面積の微細化を阻害することのない3層構造の固体撮像装置 1 を提供することができる。

【0079】

[変形例 L]

図 24、図 25 は、変形例 D, J, K に係る固体撮像装置 1 の水平方向の断面構成の一

10

20

30

40

50

変形例を表すものである。図 2 4、図 2 5 の上側の図は、変形例 D、J、K の構成を備えた固体撮像装置 1 における第 1 基板 1 0 の断面構成の一変形例を表す図である。図 2 4、図 2 5 の上側の図は、変形例 D、J、K の構成を備えた固体撮像装置 1 の第 1 基板 1 0 において、図 3 の断面 S e c 1 に対応する箇所の断面構成が例示されている。なお、図 2 4、図 2 5 の上側の図では、半導体基板 1 1 の表面構成例を表す図が重ね合わされるとともに、絶縁層 4 6 が省略されている。図 2 4、図 2 5 の下側の図は、変形例 D、J、K の構成を備えた固体撮像装置 1 における第 2 基板 2 0 の断面構成の一変形例を表す図である。図 2 4、図 2 5 の下側の図は、変形例 D、J、K の構成を備えた固体撮像装置 1 の第 2 基板 2 0 において、図 3 の断面 S e c 2 に対応する箇所の断面構成が例示されている。なお、図 2 4、図 2 5 の下側の断面図では、半導体基板 2 1 および絶縁層 5 3 の表面構成例を表す図が重ね合わされるとともに、絶縁層 5 2 が省略されている。

10

【0080】

図 2 4、図 2 5 に示したように、複数の貫通配線 5 4、複数の貫通配線 6 8 および複数の貫通配線 6 7（図中の行列状に配置された複数のドット）は、第 1 基板 1 0 の面内において第 1 方向 V（図 2 4、図 2 5 の左右方向）に帯状に並んで配置されている。なお、図 2 4、図 2 5 には、複数の貫通配線 5 4、複数の貫通配線 6 8 および複数の貫通配線 6 7 が第 1 方向 V に 2 列に並んで配置されている場合が例示されている。読み出し回路 2 2 を共有する 4 つのセンサ画素 1 2 において、4 つのフローティングディフュージョン F D は、例えば、素子分離部 4 3 を介して互いに近接して配置されている。読み出し回路 2 2 を共有する 4 つのセンサ画素 1 2 において、4 つの転送ゲート T G（T G 1、T G 2、T G 3、T G 4）は、4 つのフローティングディフュージョン F D を囲むように配置されており、例えば、4 つの転送ゲート T G によって円環形状となる形状となっている。

20

【0081】

絶縁層 5 3 は、第 1 方向 V に延在する複数のブロックで構成されている。半導体基板 2 1 は、第 1 方向 V に延在するとともに、絶縁層 5 3 を介して第 1 方向 V と直交する第 2 方向 H に並んで配置された複数の島状のブロック 2 1 A で構成されている。各ブロック 2 1 A には、例えば、リセットトランジスタ R S T、増幅トランジスタ A M P および選択トランジスタ S E L が設けられている。4 つのセンサ画素 1 2 によって共有される 1 つの読み出し回路 2 2 は、例えば、4 つのセンサ画素 1 2 と正対して配置されておらず、第 2 方向 H にずれて配置されている。

30

【0082】

図 2 4 では、4 つのセンサ画素 1 2 によって共有される 1 つの読み出し回路 2 2 は、第 2 基板 2 0 において、4 つのセンサ画素 1 2 と対向する領域を第 2 方向 H にずらした領域内にある、リセットトランジスタ R S T、増幅トランジスタ A M P および選択トランジスタ S E L によって構成されている。4 つのセンサ画素 1 2 によって共有される 1 つの読み出し回路 2 2 は、例えば、1 つのブロック 2 1 A 内の増幅トランジスタ A M P、リセットトランジスタ R S T および選択トランジスタ S E L によって構成されている。

【0083】

図 2 5 では、4 つのセンサ画素 1 2 によって共有される 1 つの読み出し回路 2 2 は、第 2 基板 2 0 において、4 つのセンサ画素 1 2 と対向する領域を第 2 方向 H にずらした領域内にある、リセットトランジスタ R S T、増幅トランジスタ A M P、選択トランジスタ S E L および切り替えトランジスタ F D G によって構成されている。4 つのセンサ画素 1 2 によって共有される 1 つの読み出し回路 2 2 は、例えば、1 つのブロック 2 1 A 内の増幅トランジスタ A M P、リセットトランジスタ R S T、選択トランジスタ S E L および切り替えトランジスタ F D G によって構成されている。

40

【0084】

本変形例では、4 つのセンサ画素 1 2 によって共有される 1 つの読み出し回路 2 2 は、例えば、4 つのセンサ画素 1 2 と正対して配置されておらず、4 つのセンサ画素 1 2 と正対する位置から第 2 方向 H にずれて配置されている。このようにした場合には、配線 2 5 を短くすることができ、または、配線 2 5 を省略して、増幅トランジスタ A M P のソース

50

と、選択トランジスタSELのドレインとを共通の不純物領域で構成することもできる。その結果、読み出し回路22のサイズを小さくしたり、読み出し回路22内の他の箇所のサイズを大きくしたりすることができる。

【0085】

[変形例M]

図26は、変形例D、J、K、Lに係る固体撮像装置1の水平方向の断面構成の一変形例を表すものである。図26の上側の図は、変形例D、J、K、Lの構成を備えた固体撮像装置1における第1基板10の断面構成の一例を表す図である。図26の上側の図は、変形例D、J、K、Lの構成を備えた固体撮像装置1の第1基板10において、図3の断面Sec1に対応する箇所の断面構成が例示されている。なお、図26の上側の断面図では、半導体基板11の表面構成の一例を表す図が重ね合わされるとともに、絶縁層46が省略されている。図26の下側の図は、変形例D、J、K、Lの構成を備えた固体撮像装置1における第2基板20の断面構成の一例を表す図である。図26の下側の図は、変形例D、J、K、Lの構成を備えた固体撮像装置1の第2基板20において、図3の断面Sec2に対応する箇所の断面構成が例示されている。なお、図26の下側の断面図では、半導体基板21および絶縁層53の表面構成例を表す図が重ね合わされるとともに、絶縁層52が省略されている。図26には、2×2の4つのセンサ画素12を2組、第2方向Hに並べた構成が例示されている。

【0086】

本変形例では、半導体基板21が、絶縁層53を介して第1方向Vおよび第2方向Hに並んで配置された複数の島状のブロック21Aで構成されている。各ブロック21Aには、例えば、一組のリセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMPおよび選択トランジスタSELが設けられている。このようにした場合には、互いに隣接する読み出し回路22同士のクロストークを、絶縁層53によって抑制することができ、再生画像上での解像度低下や混色による画質劣化を抑制することができる。

【0087】

[変形例N]

図27は、変形例D、J、K、L、Mに係る固体撮像装置1の水平方向の断面構成の一変形例を表すものである。図27の上側の図は、変形例D、J、K、L、Mの構成を備えた固体撮像装置1における第1基板10の断面構成の一例を表す図である。図27の上側の図は、変形例D、J、K、L、Mの構成を備えた固体撮像装置1の第1基板10において、図3の断面Sec1に対応する箇所の断面構成が例示されている。なお、図27の上側の断面図では、半導体基板11の表面構成の一例を表す図が重ね合わされるとともに、絶縁層46が省略されている。図27の下側の図は、変形例D、J、K、L、Mの構成を備えた固体撮像装置1における第2基板20の断面構成の一例を表す図である。図27の下側の図は、変形例D、J、K、L、Mの構成を備えた固体撮像装置1の第2基板20において、図3の断面Sec2に対応する箇所の断面構成が例示されている。なお、図27の下側の断面図では、半導体基板21および絶縁層53の表面構成例を表す図が重ね合わされるとともに、絶縁層52が省略されている。図27には、2×2の4つのセンサ画素12を2組、第2方向Hに並べた構成が例示されている。

【0088】

本変形例では、4つのセンサ画素12によって共有される1つの読み出し回路22が、例えば、4つのセンサ画素12と正対して配置されておらず、第1方向Vにずれて配置されている。本変形例では、さらに、変形例Fと同様、半導体基板21が、絶縁層53を介して第1方向Vおよび第2方向Hに並んで配置された複数の島状のブロック21Aで構成されている。各ブロック21Aには、例えば、一組のリセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMPおよび選択トランジスタSELが設けられている。本変形例では、さらに、複数の貫通配線67および複数の貫通配線54が、第2方向Hにも配列されている。具体的には、複数の貫通配線67が、ある読み出し回路22を共有する4つの貫通配線54と、その読み出し回路22の第2方向Hに隣接する他の読み出し回路22を共有する

4つの貫通配線54との間に配置されている。このようにした場合には、互いに隣接する読み出し回路22同士のクロストークを、絶縁層53および貫通配線67によって抑制することができ、再生画像上での解像度低下や混色による画質劣化を抑制することができる。

【0089】

[変形例O]

図28は、上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置1の回路構成の一例を表したものである。本変形例に係る固体撮像装置1は、列並列ADC搭載のCMOSイメージセンサである。

【0090】

図28に示すように、本変形例に係る固体撮像装置1は、光電変換素子を含む複数のセンサ画素12が行列状（マトリックス状）に2次元配置されてなる画素領域13に加えて、垂直駆動回路33、カラム信号処理回路34、参照電圧供給部38、水平駆動回路35、水平出力線37およびシステム制御回路36を有する構成となっている。

【0091】

このシステム構成において、システム制御回路36は、マスタークロックMCKに基づいて、垂直駆動回路33、カラム信号処理回路34、参照電圧供給部38および水平駆動回路35などの動作の基準となるクロック信号や制御信号などを生成し、垂直駆動回路33、カラム信号処理回路34、参照電圧供給部38および水平駆動回路35などに対して与える。

【0092】

また、垂直駆動回路33は、画素領域13の各センサ画素12とともに、第1基板10形成されており、さらに、読み出し回路22の形成されている第2基板20にも形成される。カラム信号処理回路34、参照電圧供給部38、水平駆動回路35、水平出力線37およびシステム制御回路36は、第3基板30に形成される。

【0093】

センサ画素12としては、ここでは図示を省略するが、例えば、フォトダイオードPDの他に、フォトダイオードPDで光電変換して得られる電荷をフローティングディフュージョンFDに転送する転送トランジスタTRGとを有する構成のものを用いることができる。また、読み出し回路22としては、ここでは図示を省略するが、例えば、フローティングディフュージョンFDの電位を制御するリセットトランジスタRSTと、フローティングディフュージョンFDの電位に応じた信号を出力する増幅トランジスタAMPと、画素選択を行うための選択トランジスタSELとを有する3トランジスタ構成のものを用いることができる。

【0094】

画素領域13には、センサ画素12が2次元配置されるとともに、このm行n列の画素配置に対して行毎に画素駆動線23が配線され、列毎に垂直信号線24が配線されている。複数の画素駆動線23の各一端は、垂直駆動回路33の各行に対応した各出力端に接続されている。垂直駆動回路33は、シフトレジスタなどによって構成され、複数の画素駆動線23を介して画素領域13の行アドレスや行走査の制御を行う。

【0095】

カラム信号処理回路34は、例えば、画素領域13の画素列毎、即ち垂直信号線24毎に設けられたADC（アナログーデジタル変換回路）34-1～34-mを有し、画素領域13の各センサ画素12から列毎に出力されるアナログ信号をデジタル信号に変換して出力する。

【0096】

参照電圧供給部38は、時間が経過するにつれてレベルが傾斜状に変化する、いわゆるランプ（RAMP）波形の参照電圧Vrefを生成する手段として、例えばDAC（デジタルーアナログ変換回路）38Aを有している。なお、ランプ波形の参照電圧Vrefを生成する手段としては、DAC38Aに限られるものではない。

【0097】

10

20

30

40

50

D A C 3 8 Aは、システム制御回路36から与えられる制御信号C S 1による制御の下に、当該システム制御回路36から与えられるクロックC Kに基づいてランプ波形の参照電圧V r e fを生成してカラム信号処理回路34のA D C 3 4 - 1 ~ 3 4 - mに対して供給する。

【0098】

なお、A D C 3 4 - 1 ~ 3 4 - mの各々は、センサ画素12全ての情報を読み出すプログレッシブ走査方式での通常フレームレートモードと、通常フレームレートモード時に比べて、センサ画素12の露光時間を $1/N$ に設定してフレームレートをN倍、例えば2倍に上げる高速フレームレートモードとの各動作モードに対応したA D変換動作を選択的に実行可能な構成となっている。この動作モードの切り替えは、システム制御回路36から与えられる制御信号C S 2, C S 3による制御によって実行される。また、システム制御回路36に対しては、外部のシステムコントローラ（図示せず）から、通常フレームレートモードと高速フレームレートモードの各動作モードとを切り替えるための指示情報が与えられる。

【0099】

A D C 3 4 - 1 ~ 3 4 - mは全て同じ構成となっており、ここでは、A D C 3 4 - mを例に挙げて説明するものとする。A D C 3 4 - mは、比較器34A、計数手段である例えばアップ／ダウンカウンタ（図中、U / D C N Tと記している）34B、転送スイッチ34Cおよびメモリ装置34Dを有する構成となっている。

【0100】

比較器34Aは、画素領域13のn列目の各センサ画素12から出力される信号に応じた垂直信号線24の信号電圧V xと、参照電圧供給部38から供給されるランプ波形の参照電圧V r e fとを比較し、例えば、参照電圧V r e fが信号電圧V xよりも大になるときに出力V c oが“H”レベルになり、参照電圧V r e fが信号電圧V x以下のときに出力V c oが“L”レベルになる。

【0101】

アップ／ダウンカウンタ34Bは非同期カウンタであり、システム制御回路36から与えられる制御信号C S 2による制御の下に、システム制御回路36からクロックC KがD A C 3 8 Aと同時に与えられ、当該クロックC Kに同期してダウン（D O W N）カウントまたはアップ（U P）カウントを行うことにより、比較器34Aでの比較動作の開始から比較動作の終了までの比較期間を計測する。

【0102】

具体的には、通常フレームレートモードでは、1つのセンサ画素12からの信号の読み出し動作において、1回目の読み出し動作時にダウンカウントを行うことにより1回目の読み出し時の比較時間を計測し、2回目の読み出し動作時にアップカウントを行うことにより2回目の読み出し時の比較時間を計測する。

【0103】

一方、高速フレームレートモードでは、ある行のセンサ画素12についてのカウント結果をそのまま保持しておき、引き続き、次の行のセンサ画素12について、前回のカウント結果から1回目の読み出し動作時にダウンカウントを行うことで1回目の読み出し時の比較時間を計測し、2回目の読み出し動作時にアップカウントを行うことで2回目の読み出し時の比較時間を計測する。

【0104】

転送スイッチ34Cは、システム制御回路36から与えられる制御信号C S 3による制御の下に、通常フレームレートモードでは、ある行のセンサ画素12についてのアップ／ダウンカウンタ34Bのカウント動作が完了した時点でオン（閉）状態となって当該アップ／ダウンカウンタ34Bのカウント結果をメモリ装置34Dに転送する。

【0105】

一方、例えばN = 2の高速フレームレートでは、ある行のセンサ画素12についてのアップ／ダウンカウンタ34Bのカウント動作が完了した時点でオフ（開）状態のままであ

10

20

30

40

50

り、引き続き、次の行のセンサ画素 1 2 についてのアップ／ダウンカウンタ 3 4 B のカウント動作が完了した時点でオン状態となって当該アップ／ダウンカウンタ 3 4 B の垂直 2 画素分についてのカウント結果をメモリ装置 3 4 D に転送する。

【0106】

このようにして、画素領域 1 3 の各センサ画素 1 2 から垂直信号線 2 4 を経由して列毎に供給されるアナログ信号が、ADC 3 4 - 1 ~ 3 4 - m における比較器 3 4 A およびアップ／ダウンカウンタ 3 4 B の各動作により、N ビットのデジタル信号に変換されてメモリ装置 3 4 D に格納される。

【0107】

水平駆動回路 3 5 は、シフトレジスタなどによって構成され、カラム信号処理回路 3 4 における ADC 3 4 - 1 ~ 3 4 - m の列アドレスや列走査の制御を行う。この水平駆動回路 3 5 による制御の下に、ADC 3 4 - 1 ~ 3 4 - m の各々で AD 変換された N ビットのデジタル信号は順に水平出力線 3 7 に読み出され、当該水平出力線 3 7 を経由して撮像データとして出力される。

【0108】

なお、本開示には直接関連しないため特に図示しないが、水平出力線 3 7 を経由して出力される撮像データに対して各種の信号処理を施す回路等を、上記構成要素以外に設けることも可能である。

【0109】

上記構成の本変形例に係る列並列 ADC 搭載の固体撮像装置 1 では、アップ／ダウンカウンタ 3 4 B のカウント結果を、転送スイッチ 3 4 C を介して選択的にメモリ装置 3 4 D に転送することができるため、アップ／ダウンカウンタ 3 4 B のカウント動作と、当該アップ／ダウンカウンタ 3 4 B のカウント結果の水平出力線 3 7 への読み出し動作とを独立して制御することが可能である。

【0110】

[変形例 P]

図 2 9 は、図 2 8 の固体撮像装置 1 を 3 つの基板（第 1 基板 1 0，第 2 基板 2 0，第 3 基板 3 0）を積層して構成した例を表す。本変形例では、第 1 基板 1 0 において、中央部分に、複数のセンサ画素 1 2 を含む画素領域 1 3 が形成されており、画素領域 1 3 の周囲に垂直駆動回路 3 3 が形成されている。また、第 2 基板 2 0 において、中央部分に、複数の読み出し回路 2 2 を含む読み出し回路領域 1 5 が形成されており、読み出し回路領域 1 5 の周囲に垂直駆動回路 3 3 が形成されている。第 3 基板 3 0 において、カラム信号処理回路 3 4、水平駆動回路 3 5、システム制御回路 3 6、水平出力線 3 7 および参照電圧供給部 3 8 が形成されている。これにより、上記実施の形態およびその変形例と同様、基板同士を電氣的に接続する構造に起因して、チップサイズが大きくなったり、1 画素あたりの面積の微細化を阻害したりしてしまうことがない。その結果、今までと同等のチップサイズで、1 画素あたりの面積の微細化を阻害することのない 3 層構造の固体撮像装置 1 を提供することができる。なお、垂直駆動回路 3 3 は、第 1 基板 1 0 のみに形成されても、第 2 基板 2 0 のみに形成されてもよい。

【0111】

[変形例 Q]

図 3 0 は、上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置 1 の断面構成の一変形例を表す。上記実施の形態およびその変形例において、第 3 基板 3 0 が省略されるとともに、第 3 基板 3 0 に設けられていたロジック回路 3 2 が、例えば、図 3 0 に示したように、第 1 基板 1 0 と、第 2 基板 2 0 とに分けて形成されていてもよい。このとき、ロジック回路 3 2 のうち、第 1 基板 1 0 側に設けられた回路 3 2 A では、高温プロセスに耐え得る材料（例えば、high-k）からなる高誘電率膜とメタルゲート電極とが積層されたゲート構造を有するトランジスタが設けられている。一方、第 2 基板 2 0 側に設けられた回路 3 2 B では、ソース電極およびドレイン電極と接する不純物拡散領域の表面に、CoSi₂やNiSiなどのサリサイド (Self Aligned Silicide) プロセスを用いて形成されたシ

10

20

30

40

50

リサイドからなる低抵抗領域 27 が形成されている。シリサイドからなる低抵抗領域 27 は、半導体基板の材料と金属との化合物で形成されている。これにより、センサ画素 12 を形成する際に、熱酸化などの高温プロセスを用いることができる。また、ロジック回路 32 のうち、第 2 基板 20 側に設けられた回路 32B において、ソース電極およびドレイン電極と接する不純物拡散領域の表面に、シリサイドからなる低抵抗領域 27 を設けた場合には、接触抵抗を低減することができる。その結果、ロジック回路 32 での演算速度を高速化することができる。

【0112】

図 31 は、上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置 1 の断面構成の一変形例を表す。上記実施の形態およびその変形例に係る第 3 基板 30 に設けられたロジック回路 32 において、ソース電極およびドレイン電極と接する不純物拡散領域の表面に、 CoSi_2 や NiSi などのシリサイド (Self Aligned Silicide) プロセスを用いて形成されたシリサイドからなる低抵抗領域 39 が形成されていてもよい。これにより、センサ画素 12 を形成する際に、熱酸化などの高温プロセスを用いることができる。また、ロジック回路 32 において、ソース電極およびドレイン電極と接する不純物拡散領域の表面に、シリサイドからなる低抵抗領域 39 を設けた場合には、接触抵抗を低減することができる。その結果、ロジック回路 32 での演算速度を高速化することができる。

【0113】

なお、上記実施の形態およびその変形例において、導電型が逆になっていてもよい。例えば、上記実施の形態およびその変形例の記載において、p 型を n 型に読み替えるとともに、n 型を p 型に読み替えてもよい。このようにした場合であっても、上記実施の形態およびその変形例と同様の効果を得ることができる。

【0114】

<3. 適用例>

図 32 は、上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置 1 を備えた撮像システム 2 の概略構成の一例を表したものである。

【0115】

撮像システム 2 は、例えば、デジタルスチルカメラやビデオカメラ等の固体撮像装置や、スマートフォンやタブレット型端末等の携帯端末装置などの電子機器である。撮像システム 2 は、例えば、上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置 1、DSP 回路 141、フレームメモリ 142、表示部 143、記憶部 144、操作部 145 および電源部 146 を備えている。撮像システム 2 において、上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置 1、DSP 回路 141、フレームメモリ 142、表示部 143、記憶部 144、操作部 145 および電源部 146 は、バスライン 147 を介して相互に接続されている。

【0116】

上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置 1 は、入射光に応じた画像データを出力する。DSP 回路 141 は、上記各実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置 1 から出力される信号 (画像データ) を処理する信号処理回路である。フレームメモリ 142 は、DSP 回路 141 により処理された画像データを、フレーム単位で一時的に保持する。表示部 143 は、例えば、液晶パネルや有機 EL (Electro Luminescence) パネル等のパネル型表示装置からなり、上記各実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置 1 で撮像された動画又は静止画を表示する。記憶部 144 は、上記各実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置 1 で撮像された動画又は静止画の画像データを、半導体メモリやハードディスク等の記録媒体に記録する。操作部 145 は、ユーザによる操作に従い、撮像システム 2 が有する各種の機能についての操作指令を発する。電源部 146 は、上記各実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置 1、DSP 回路 141、フレームメモリ 142、表示部 143、記憶部 144 および操作部 145 の動作電源となる各種の電源を、これら供給対象に対して適宜供給する。

【0117】

次に、撮像システム２における撮像手順について説明する。

【０１１８】

図３３は、撮像システム２における撮像動作のフローチャートの一例を表す。ユーザは、操作部１４５を操作することにより撮像開始を指示する（ステップＳ１０１）。すると、操作部１４５は、撮像指令を固体撮像装置１に送信する（ステップＳ１０２）。固体撮像装置１（具体的にはシステム制御回路３６）は、撮像指令を受けると、所定の撮像方式での撮像を実行する（ステップＳ１０３）。

【０１１９】

固体撮像装置１は、撮像により得られた画像データをＤＳＰ回路１４１に出力する。ここで、画像データとは、フローティングディフュージョンＦＤに一時的に保持された電荷に基づいて生成された画素信号の全画素分のデータである。ＤＳＰ回路１４１は、固体撮像装置１から入力された画像データに基づいて所定の信号処理（例えばノイズ低減処理など）を行う（ステップＳ１０４）。ＤＳＰ回路１４１は、所定の信号処理がなされた画像データをフレームメモリ１４２に保持させ、フレームメモリ１４２は、画像データを記憶部１４４に記憶させる（ステップＳ１０５）。このようにして、撮像システム２における撮像が行われる。

【０１２０】

本適用例では、上記各実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置１が撮像システム２に適用される。これにより、固体撮像装置１を小型化もしくは高精細化することができるので、小型もしくは高精細な撮像システム２を提供することができる。

【０１２１】

< ４．応用例 >

[応用例 １]

本開示に係る技術（本技術）は、様々な製品へ応用することができる。例えば、本開示に係る技術は、自動車、電気自動車、ハイブリッド電気自動車、自動二輪車、自転車、パーソナルモビリティ、飛行機、ドローン、船舶、ロボット等のいずれかの種類の移動体に搭載される装置として実現されてもよい。

【０１２２】

図３４は、本開示に係る技術が適用され得る移動体制御システムの一例である車両制御システムの概略的な構成例を示すブロック図である。

【０１２３】

車両制御システム１２０００は、通信ネットワーク１２００１を介して接続された複数の電子制御ユニットを備える。図３４に示した例では、車両制御システム１２０００は、駆動系制御ユニット１２０１０、ボディ系制御ユニット１２０２０、車外情報検出ユニット１２０３０、車内情報検出ユニット１２０４０、及び統合制御ユニット１２０５０を備える。また、統合制御ユニット１２０５０の機能構成として、マイクロコンピュータ１２０５１、音声画像出力部１２０５２、及び車載ネットワークＩ／Ｆ（interface）１２０５３が図示されている。

【０１２４】

駆動系制御ユニット１２０１０は、各種プログラムにしたがって車両の駆動系に関連する装置の動作を制御する。例えば、駆動系制御ユニット１２０１０は、内燃機関又は駆動用モータ等の車両の駆動力を発生させるための駆動力発生装置、駆動力を車輪に伝達するための駆動力伝達機構、車両の舵角を調節するステアリング機構、及び、車両の制動力を発生させる制動装置等の制御装置として機能する。

【０１２５】

ボディ系制御ユニット１２０２０は、各種プログラムにしたがって車体に装備された各種装置の動作を制御する。例えば、ボディ系制御ユニット１２０２０は、キーレスエントリーシステム、スマートキーシステム、パワーウィンドウ装置、あるいは、ヘッドランプ、バックランプ、ブレーキランプ、ウィンカー又はフォグランプ等の各種ランプの制御装置として機能する。この場合、ボディ系制御ユニット１２０２０には、鍵を代替する携帯機

から発信される電波又は各種スイッチの信号が入力され得る。ボディ系制御ユニット12020は、これらの電波又は信号の入力を受け付け、車両のドアロック装置、パワーウィンドウ装置、ランプ等を制御する。

【0126】

車外情報検出ユニット12030は、車両制御システム12000を搭載した車両の外部の情報を検出する。例えば、車外情報検出ユニット12030には、撮像部12031が接続される。車外情報検出ユニット12030は、撮像部12031に車外の画像を撮像させるとともに、撮像された画像を受信する。車外情報検出ユニット12030は、受信した画像に基づいて、人、車、障害物、標識又は路面上の文字等の物体検出処理又は距離検出処理を行ってもよい。

10

【0127】

撮像部12031は、光を受光し、その光の受光量に応じた電気信号を出力する光センサである。撮像部12031は、電気信号を画像として出力することもできるし、測距の情報として出力することもできる。また、撮像部12031が受光する光は、可視光であっても良いし、赤外線等の非可視光であっても良い。

【0128】

車内情報検出ユニット12040は、車内の情報を検出する。車内情報検出ユニット12040には、例えば、運転者の状態を検出する運転者状態検出部12041が接続される。運転者状態検出部12041は、例えば運転者を撮像するカメラを含み、車内情報検出ユニット12040は、運転者状態検出部12041から入力される検出情報に基づいて、運転者の疲労度合い又は集中度合いを算出してもよいし、運転者が居眠りをしていないかを判別してもよい。

20

【0129】

マイクロコンピュータ12051は、車外情報検出ユニット12030又は車内情報検出ユニット12040で取得される車内外の情報に基づいて、駆動力発生装置、ステアリング機構又は制動装置の制御目標値を演算し、駆動系制御ユニット12010に対して制御指令を出力することができる。例えば、マイクロコンピュータ12051は、車両の衝突回避あるいは衝撃緩和、車間距離に基づく追従走行、車速維持走行、車両の衝突警告、又は車両のレーン逸脱警告等を含むADAS (Advanced Driver Assistance System) の機能実現を目的とした協調制御を行うことができる。

30

【0130】

また、マイクロコンピュータ12051は、車外情報検出ユニット12030又は車内情報検出ユニット12040で取得される車両の周囲の情報に基づいて駆動力発生装置、ステアリング機構又は制動装置等を制御することにより、運転者の操作に抛らずに自律的に走行する自動運転等を目的とした協調制御を行うことができる。

【0131】

また、マイクロコンピュータ12051は、車外情報検出ユニット12030で取得される車外の情報に基づいて、ボディ系制御ユニット12020に対して制御指令を出力することができる。例えば、マイクロコンピュータ12051は、車外情報検出ユニット12030で検知した先行車又は対向車の位置に応じてヘッドランプを制御し、ハイビームをロービームに切り替える等の防眩を図ることを目的とした協調制御を行うことができる。

40

【0132】

音声画像出力部12052は、車両の搭乗者又は車外に対して、視覚的又は聴覚的に情報を通知することが可能な出力装置へ音声及び画像のうちの少なくとも一方の出力信号を送信する。図34の例では、出力装置として、オーディオスピーカ12061、表示部12062及びインストルメントパネル12063が例示されている。表示部12062は、例えば、オンボードディスプレイ及びヘッドアップディスプレイの少なくとも一つを含んでいてもよい。

【0133】

図35は、撮像部12031の設置位置の例を示す図である。

50

【0134】

図35では、車両12100は、撮像部12031として、撮像部12101、12102、12103、12104、12105を有する。

【0135】

撮像部12101、12102、12103、12104、12105は、例えば、車両12100のフロントノーズ、サイドミラー、リアバンパ、バックドア及び車室内のフロントガラスの上部等の位置に設けられる。フロントノーズに備えられる撮像部12101及び車室内のフロントガラスの上部に備えられる撮像部12105は、主として車両12100の前方の画像を取得する。サイドミラーに備えられる撮像部12102、12103は、主として車両12100の側方の画像を取得する。リアバンパ又はバックドアに備えられる撮像部12104は、主として車両12100の後方の画像を取得する。撮像部12101及び12105で取得される前方の画像は、主として先行車両又は、歩行者、障害物、信号機、交通標識又は車線等の検出に用いられる。

10

【0136】

なお、図35には、撮像部12101ないし12104の撮影範囲の一例が示されている。撮像範囲12111は、フロントノーズに設けられた撮像部12101の撮像範囲を示し、撮像範囲12112、12113は、それぞれサイドミラーに設けられた撮像部12102、12103の撮像範囲を示し、撮像範囲12114は、リアバンパ又はバックドアに設けられた撮像部12104の撮像範囲を示す。例えば、撮像部12101ないし12104で撮像された画像データが重ね合わせられることにより、車両12100を上

20

【0137】

撮像部12101ないし12104の少なくとも1つは、距離情報を取得する機能を有していてもよい。例えば、撮像部12101ないし12104の少なくとも1つは、複数の撮像素子からなるステレオカメラであってもよいし、位相差検出用の画素を有する撮像素子であってもよい。

【0138】

例えば、マイクロコンピュータ12051は、撮像部12101ないし12104から得られた距離情報を基に、撮像範囲12111ないし12114内における各立体物までの距離と、この距離の時間的变化（車両12100に対する相対速度）を求めることにより、特に車両12100の進行路上にある最も近い立体物で、車両12100と略同じ方向に所定の速度（例えば、0km/h以上）で走行する立体物を先行車として抽出することができる。さらに、マイクロコンピュータ12051は、先行車の手前に予め確保すべき車間距離を設定し、自動ブレーキ制御（追従停止制御も含む）や自動加速制御（追従発進制御も含む）等を行うことができる。このように運転者の操作に拠らずに自律的に走行する自動運転等を目的とした協調制御を行うことができる。

30

【0139】

例えば、マイクロコンピュータ12051は、撮像部12101ないし12104から得られた距離情報を元に、立体物に関する立体物データを、2輪車、普通車両、大型車両、歩行者、電柱等その他の立体物に分類して抽出し、障害物の自動回避に用いることができる。例えば、マイクロコンピュータ12051は、車両12100の周辺の障害物を、車両12100のドライバが視認可能な障害物と視認困難な障害物とに識別する。そして、マイクロコンピュータ12051は、各障害物との衝突の危険度を示す衝突リスクを判断し、衝突リスクが設定値以上で衝突可能性がある状況であるときには、オーディオスピーカ12061や表示部12062を介してドライバに警報を出力することや、駆動系制御ユニット12010を介して強制減速や回避操舵を行うことで、衝突回避のための運転支援を行うことができる。

40

【0140】

撮像部12101ないし12104の少なくとも1つは、赤外線を検出する赤外線カメラであってもよい。例えば、マイクロコンピュータ12051は、撮像部12101ない

50

し12104の撮像画像中に歩行者が存在するか否かを判定することで歩行者を認識することができる。かかる歩行者の認識は、例えば赤外線カメラとしての撮像部12101ないし12104の撮像画像における特徴点を抽出する手順と、物体の輪郭を示す一連の特徴点にパターンマッチング処理を行って歩行者か否かを判別する手順によって行われる。マイクロコンピュータ12051が、撮像部12101ないし12104の撮像画像中に歩行者が存在すると判定し、歩行者を認識すると、音声画像出力部12052は、当該認識された歩行者に強調のための方形輪郭線を重畳表示するように、表示部12062を制御する。また、音声画像出力部12052は、歩行者を示すアイコン等を所望の位置に表示するように表示部12062を制御してもよい。

【0141】

以上、本開示に係る技術が適用され得る移動体制御システムの一例について説明した。本開示に係る技術は、以上説明した構成のうち、撮像部12031に適用され得る。具体的には、上記実施の形態およびその変形例に係る固体撮像装置1は、撮像部12031に適用することができる。撮像部12031に本開示に係る技術を適用することにより、ノイズの少ない高精細な撮影画像を得ることができるので、移動体制御システムにおいて撮影画像を利用した高精度な制御を行うことができる。

【0142】

[応用例2]

図36は、本開示に係る技術（本技術）が適用され得る内視鏡手術システムの概略的な構成の一例を示す図である。

【0143】

図36では、術者（医師）11131が、内視鏡手術システム11000を用いて、患者ベッド11133上の患者11132に手術を行っている様子が図示されている。図示するように、内視鏡手術システム11000は、内視鏡11100と、気腹チューブ11111やエネルギー処置具11112等の、その他の術具11110と、内視鏡11100を支持する支持アーム装置11120と、内視鏡下手術のための各種の装置が搭載されたカート11200と、から構成される。

【0144】

内視鏡11100は、先端から所定の長さの領域が患者11132の体腔内に挿入される鏡筒11101と、鏡筒11101の基端に接続されるカメラヘッド11102と、から構成される。図示する例では、硬性の鏡筒11101を有するいわゆる硬性鏡として構成される内視鏡11100を図示しているが、内視鏡11100は、軟性の鏡筒を有するいわゆる軟性鏡として構成されてもよい。

【0145】

鏡筒11101の先端には、対物レンズが嵌め込まれた開口部が設けられている。内視鏡11100には光源装置11203が接続されており、当該光源装置11203によって生成された光が、鏡筒11101の内部に延設されるライトガイドによって当該鏡筒の先端まで導光され、対物レンズを介して患者11132の体腔内の観察対象に向かって照射される。なお、内視鏡11100は、直視鏡であってもよいし、斜視鏡又は側視鏡であってもよい。

【0146】

カメラヘッド11102の内部には光学系及び撮像素子が設けられており、観察対象からの反射光（観察光）は当該光学系によって当該撮像素子に集光される。当該撮像素子によって観察光が光電変換され、観察光に対応する電気信号、すなわち観察像に対応する画像信号が生成される。当該画像信号は、RAWデータとしてカメラコントロールユニット（CCU：Camera Control Unit）11201に送信される。

【0147】

CCU11201は、CPU（Central Processing Unit）やGPU（Graphics Processing Unit）等によって構成され、内視鏡11100及び表示装置11202の動作を統括的に制御する。さらに、CCU1120

10

20

30

40

50

1 は、カメラヘッド 11102 から画像信号を受け取り、その画像信号に対して、例えば現像処理（デモザイク処理）等の、当該画像信号に基づく画像を表示するための各種の画像処理を施す。

【0148】

表示装置 11202 は、CCU 11201 からの制御により、当該 CCU 11201 によって画像処理が施された画像信号に基づく画像を表示する。

【0149】

光源装置 11203 は、例えば LED (Light Emitting Diode) 等の光源から構成され、術部等を撮影する際の照射光を内視鏡 11100 に供給する。

【0150】

入力装置 11204 は、内視鏡手術システム 11000 に対する入力インタフェースである。ユーザは、入力装置 11204 を介して、内視鏡手術システム 11000 に対して各種の情報の入力や指示入力を行うことができる。例えば、ユーザは、内視鏡 11100 による撮像条件（照射光の種類、倍率及び焦点距離等）を変更する旨の指示等を入力する。

【0151】

処置具制御装置 11205 は、組織の焼灼、切開又は血管の封止等のためのエネルギー処置具 11112 の駆動を制御する。気腹装置 11206 は、内視鏡 11100 による視野の確保及び術者の作業空間の確保の目的で、患者 11132 の体腔を膨らめるために、気腹チューブ 11111 を介して当該体腔内にガスを送り込む。レコーダ 11207 は、手術に関する各種の情報を記録可能な装置である。プリンタ 11208 は、手術に関する各種の情報を、テキスト、画像又はグラフ等各種の形式で印刷可能な装置である。

【0152】

なお、内視鏡 11100 に術部を撮影する際の照射光を供給する光源装置 11203 は、例えば LED、レーザ光源又はこれらの組み合わせによって構成される白色光源から構成することができる。RGB レーザ光源の組み合わせにより白色光源が構成される場合には、各色（各波長）の出力強度及び出力タイミングを高精度に制御することができるため、光源装置 11203 において撮像画像のホワイトバランスの調整を行うことができる。また、この場合には、RGB レーザ光源それぞれからのレーザ光を時分割で観察対象に照射し、その照射タイミングに同期してカメラヘッド 11102 の撮像素子の駆動を制御することにより、RGB それぞれに対応した画像を時分割で撮像することも可能である。当該方法によれば、当該撮像素子にカラーフィルタを設けなくても、カラー画像を得ることができる。

【0153】

また、光源装置 11203 は、出力する光の強度を所定の時間ごとに変更するようにその駆動が制御されてもよい。その光の強度の変更のタイミングに同期してカメラヘッド 11102 の撮像素子の駆動を制御して時分割で画像を取得し、その画像を合成することにより、いわゆる黒つぶれ及び白とびのない高ダイナミックレンジの画像を生成することができる。

【0154】

また、光源装置 11203 は、特殊光観察に対応した所定の波長帯域の光を供給可能に構成されてもよい。特殊光観察では、例えば、体組織における光の吸収の波長依存性を利用して、通常の観察時における照射光（すなわち、白色光）に比べて狭帯域の光を照射することにより、粘膜表層の血管等の所定の組織を高コントラストで撮影する、いわゆる狭帯域光観察 (Narrow Band Imaging) が行われる。あるいは、特殊光観察では、励起光を照射することにより発生する蛍光により画像を得る蛍光観察が行われてもよい。蛍光観察では、体組織に励起光を照射し当該体組織からの蛍光を観察すること（自家蛍光観察）、又はインドシアニンググリーン (ICG) 等の試薬を体組織に局注するとともに当該体組織にその試薬の蛍光波長に対応した励起光を照射し蛍光像を得ること等を行うことができる。光源装置 11203 は、このような特殊光観察に対応した狭帯域光及び／又は励起光を供給可能に構成され得る。

【0155】

図37は、図36に示すカメラヘッド11102及びCCU11201の機能構成の一例を示すブロック図である。

【0156】

カメラヘッド11102は、レンズユニット11401と、撮像部11402と、駆動部11403と、通信部11404と、カメラヘッド制御部11405と、を有する。CCU11201は、通信部11411と、画像処理部11412と、制御部11413と、を有する。カメラヘッド11102とCCU11201とは、伝送ケーブル11400によって互いに通信可能に接続されている。

【0157】

レンズユニット11401は、鏡筒11101との接続部に設けられる光学系である。鏡筒11101の先端から取り込まれた観察光は、カメラヘッド11102まで導光され、当該レンズユニット11401に入射する。レンズユニット11401は、ズームレンズ及びフォーカスレンズを含む複数のレンズが組み合わされて構成される。

【0158】

撮像部11402は、撮像素子で構成される。撮像部11402を構成する撮像素子は、1つ（いわゆる単板式）であってもよいし、複数（いわゆる多板式）であってもよい。撮像部11402が多板式で構成される場合には、例えば各撮像素子によってRGBそれぞれに対応する画像信号が生成され、それらが合成されることによりカラー画像が得られてもよい。あるいは、撮像部11402は、3D（Dimensional）表示に対応する右目用及び左目用の画像信号をそれぞれ取得するための1対の撮像素子を有するように構成されてもよい。3D表示が行われることにより、術者11131は術部における生体組織の奥行きをより正確に把握することが可能になる。なお、撮像部11402が多板式で構成される場合には、各撮像素子に対応して、レンズユニット11401も複数系統設けられ得る。

【0159】

また、撮像部11402は、必ずしもカメラヘッド11102に設けられなくてもよい。例えば、撮像部11402は、鏡筒11101の内部に、対物レンズの直後に設けられてもよい。

【0160】

駆動部11403は、アクチュエータによって構成され、カメラヘッド制御部11405からの制御により、レンズユニット11401のズームレンズ及びフォーカスレンズを光軸に沿って所定の距離だけ移動させる。これにより、撮像部11402による撮像画像の倍率及び焦点が適宜調整され得る。

【0161】

通信部11404は、CCU11201との間で各種の情報を送受信するための通信装置によって構成される。通信部11404は、撮像部11402から得た画像信号をRAWデータとして伝送ケーブル11400を介してCCU11201に送信する。

【0162】

また、通信部11404は、CCU11201から、カメラヘッド11102の駆動を制御するための制御信号を受信し、カメラヘッド制御部11405に供給する。当該制御信号には、例えば、撮像画像のフレームレートを指定する旨の情報、撮像時の露出値を指定する旨の情報、並びに／又は撮像画像の倍率及び焦点を指定する旨の情報等、撮像条件に関する情報が含まれる。

【0163】

なお、上記のフレームレートや露出値、倍率、焦点等の撮像条件は、ユーザによって適宜指定されてもよいし、取得された画像信号に基づいてCCU11201の制御部11413によって自動的に設定されてもよい。後者の場合には、いわゆるAE（Auto Exposure）機能、AF（Auto Focus）機能及びAWB（Auto White Balance）機能が内視鏡11100に搭載されていることになる。

10

20

30

40

50

【0164】

カメラヘッド制御部11405は、通信部11404を介して受信したCCU11201からの制御信号に基づいて、カメラヘッド11102の駆動を制御する。

【0165】

通信部11411は、カメラヘッド11102との間で各種の情報を送受信するための通信装置によって構成される。通信部11411は、カメラヘッド11102から、伝送ケーブル11400を介して送信される画像信号を受信する。

【0166】

また、通信部11411は、カメラヘッド11102に対して、カメラヘッド11102の駆動を制御するための制御信号を送信する。画像信号や制御信号は、電気通信や光通信等によって送信することができる。

【0167】

画像処理部11412は、カメラヘッド11102から送信されたRAWデータである画像信号に対して各種の画像処理を施す。

【0168】

制御部11413は、内視鏡11100による術部等の撮像、及び、術部等の撮像により得られる撮像画像の表示に関する各種の制御を行う。例えば、制御部11413は、カメラヘッド11102の駆動を制御するための制御信号を生成する。

【0169】

また、制御部11413は、画像処理部11412によって画像処理が施された画像信号に基づいて、術部等が映った撮像画像を表示装置11202に表示させる。この際、制御部11413は、各種の画像認識技術を用いて撮像画像内における各種の物体を認識してもよい。例えば、制御部11413は、撮像画像に含まれる物体のエッジの形状や色等を検出することにより、鉗子等の術具、特定の生体部位、出血、エネルギー処置具11112の使用時のミスト等を認識することができる。制御部11413は、表示装置11202に撮像画像を表示させる際に、その認識結果を用いて、各種の手術支援情報を当該術部の画像に重畳表示させてもよい。手術支援情報が重畳表示され、術者11131に提示されることにより、術者11131の負担を軽減することや、術者11131が確実に手術を進めることが可能になる。

【0170】

カメラヘッド11102及びCCU11201を接続する伝送ケーブル11400は、電気信号の通信に対応した電気信号ケーブル、光通信に対応した光ファイバ、又はこれらの複合ケーブルである。

【0171】

ここで、図示する例では、伝送ケーブル11400を用いて有線で通信が行われていたが、カメラヘッド11102とCCU11201との間の通信は無線で行われてもよい。

【0172】

以上、本開示に係る技術が適用され得る内視鏡手術システムの一例について説明した。本開示に係る技術は、以上説明した構成のうち、内視鏡11100のカメラヘッド11102に設けられた撮像部11402に好適に適用され得る。撮像部11402に本開示に係る技術を適用することにより、撮像部11402を小型化もしくは高精細化することができるので、小型もしくは高精細な内視鏡11100を提供することができる。

【0173】

以上、実施の形態およびその変形例、適用例ならびに応用例を挙げて本開示を説明したが、本開示は上記実施の形態等に限定されるものではなく、種々変形が可能である。なお、本明細書中に記載された効果は、あくまで例示である。本開示の効果は、本明細書中に記載された効果に限定されるものではない。本開示が、本明細書中に記載された効果以外の効果を持ってもよい。

【0174】

また、本開示は、以下のような構成を取ることも可能である。

(1)

光電変換部と、

第1フローティングディフュージョンおよび第1増幅トランジスタを含む第1信号経路と、

第2フローティングディフュージョンおよび第2増幅トランジスタを含む第2信号経路と、

第1モードのときには前記第1信号経路を前記光電変換部に電氣的に接続するとともに前記第2信号経路を前記光電変換部から電氣的に切り離し、第2モードのときには前記第1信号経路および前記第2信号経路の双方を前記光電変換部に電氣的に接続するモード切り換えスイッチ部と、

前記光電変換部、前記第1フローティングディフュージョン、前記第1増幅トランジスタ、前記第2フローティングディフュージョン、前記第2増幅トランジスタおよび前記モード切り換えスイッチ部のうち、少なくとも前記光電変換部が形成された第1基板と、

前記第1基板に積層され、前記光電変換部、前記第1フローティングディフュージョン、前記第1増幅トランジスタ、前記第2フローティングディフュージョン、前記第2増幅トランジスタおよび前記モード切り換えスイッチ部のうち、少なくとも前記第2増幅トランジスタが形成された第2基板と

を備えた

固体撮像装置。

(2)

前記光電変換部、前記第1フローティングディフュージョン、前記第2フローティングディフュージョンおよび前記モード切り換えスイッチ部は、前記第1基板に形成され、

前記第1増幅トランジスタおよび前記第2増幅トランジスタは、前記第2基板に形成されている

(1)に記載の固体撮像装置。

(3)

前記光電変換部、前記第1フローティングディフュージョン、前記第1増幅トランジスタ、前記第2フローティングディフュージョンおよび前記モード切り換えスイッチ部は、前記第1基板に形成され、

前記第2増幅トランジスタは、前記第2基板に形成されている

(1)に記載の固体撮像装置。

(4)

前記光電変換部は、前記第1基板に形成され、

前記第1フローティングディフュージョン、前記第1増幅トランジスタ、前記第2フローティングディフュージョン、前記第2増幅トランジスタおよび前記モード切り換えスイッチ部は、前記第2基板に形成されている

(1)に記載の固体撮像装置。

(5)

前記第2基板に形成されたトランジスタの電極は、シリサイドを含んで構成されている

(1)ないし(4)のいずれか1つに記載の固体撮像装置。

(6)

前記モード切り換えスイッチ部による切り換えによって変換する、トランジスタのサイズの大きさに応じて、駆動電流を変化させる駆動回路を更に備えた

(1)ないし(5)のいずれか1つに記載の固体撮像装置。

(7)

光電変換部と、

第1フローティングディフュージョンおよび第1増幅トランジスタを含む第1信号経路と、

第2フローティングディフュージョンおよび第2増幅トランジスタを含む第2信号経路と、

10

20

30

40

50

第 1 モードのときには前記第 1 信号経路を前記光電変換部に電氣的に接続するとともに前記第 2 信号経路を前記光電変換部から電氣的に切り離し、第 2 モードのときには前記第 1 信号経路および前記第 2 信号経路の双方を前記光電変換部に電氣的に接続するモード切り換えスイッチ部と、

前記光電変換部および前記第 1 フローティングディフュージョンが形成された第 1 基板と、

前記第 1 基板に積層され、前記第 1 増幅トランジスタ、前記第 2 フローティングディフュージョンおよび前記モード切り換えスイッチ部が形成された第 2 基板と、

前記第 2 基板に積層され、前記第 2 増幅トランジスタが形成された第 3 基板と

を備えた

固体撮像装置。

(8)

前記第 2 基板および前記第 3 基板に形成されたトランジスタの電極は、シリサイドを含んで構成されている

(7) に記載の固体撮像装置。

(9)

入射光に応じた画素信号を出力する固体撮像装置と、

前記画素信号を処理する信号処理回路と

を備え、

前記固体撮像装置は、

光電変換部と、

第 1 フローティングディフュージョンおよび第 1 増幅トランジスタを含む第 1 信号経路と、

第 2 フローティングディフュージョンおよび第 2 増幅トランジスタを含む第 2 信号経路と、

第 1 モードのときには前記第 1 信号経路を前記光電変換部に電氣的に接続するとともに前記第 2 信号経路を前記光電変換部から電氣的に切り離し、第 2 モードのときには前記第 1 信号経路および前記第 2 信号経路の双方を前記光電変換部に電氣的に接続するモード切り換えスイッチ部と、

前記光電変換部、前記第 1 フローティングディフュージョン、前記第 1 増幅トランジスタ、前記第 2 フローティングディフュージョン、前記第 2 増幅トランジスタおよび前記モード切り換えスイッチ部のうち、少なくとも前記光電変換部が形成された第 1 基板と、

前記第 1 基板に積層され、前記光電変換部、前記第 1 フローティングディフュージョン、前記第 1 増幅トランジスタ、前記第 2 フローティングディフュージョン、前記第 2 増幅トランジスタおよび前記モード切り換えスイッチ部のうち、少なくとも前記第 2 増幅トランジスタが形成された第 2 基板と

を有する

電子機器。

(1 0)

入射光に応じた画素信号を出力する固体撮像装置と、

前記画素信号を処理する信号処理回路と

を備え、

前記固体撮像装置は、

光電変換部と、

第 1 フローティングディフュージョンおよび第 1 増幅トランジスタを含む第 1 信号経路と、

第 2 フローティングディフュージョンおよび第 2 増幅トランジスタを含む第 2 信号経路と、

第 1 モードのときには前記第 1 信号経路を前記光電変換部に電氣的に接続するとともに前記第 2 信号経路を前記光電変換部から電氣的に切り離し、第 2 モードのときには前記第

10

20

30

40

50

1 信号経路および前記第 2 信号経路の双方を前記光電変換部に電氣的に接続するモード切り換えスイッチ部と、

前記光電変換部および前記第 1 フローティングディフュージョンが形成された第 1 基板と、

前記第 1 基板に積層され、前記第 1 増幅トランジスタ、前記第 2 フローティングディフュージョンおよび前記モード切り換えスイッチ部が形成された第 2 基板と、

前記第 2 基板に積層され、前記第 2 増幅トランジスタが形成された第 3 基板とを有する電子機器。

【0175】

本開示の第 1 の側面である固体撮像装置および電子機器、ならびに本開示の第 2 の側面である固体撮像装置および電子機器によれば、使用する増幅トランジスタをモードに応じて選択し、少なくとも増幅トランジスタを、光電変換部の形成された基板とは別の基板に形成するようにしたので、高精細な用途においても、高感度および高ダイナミックレンジを両立することが可能である。なお、本技術の効果は、ここに記載された効果に必ずしも限定されず、本明細書中に記載されたいずれの効果であってもよい。

【0176】

本出願は、日本国特許庁において 2018 年 11 月 13 日に出願された日本特許出願番号第 2018-213147 号を基礎として優先権を主張するものであり、この出願のすべての内容を参照によって本出願に援用する。

【0177】

当業者であれば、設計上の要件や他の要因に応じて、種々の修正、コンビネーション、サブコンビネーション、および変更を想到し得るが、それらは添付の請求の範囲やその均等物の範囲に含まれるものであることが理解される。

10

20

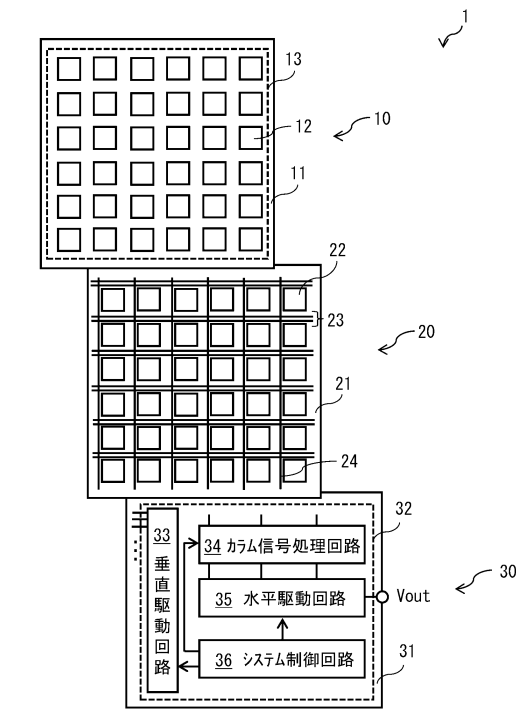
30

40

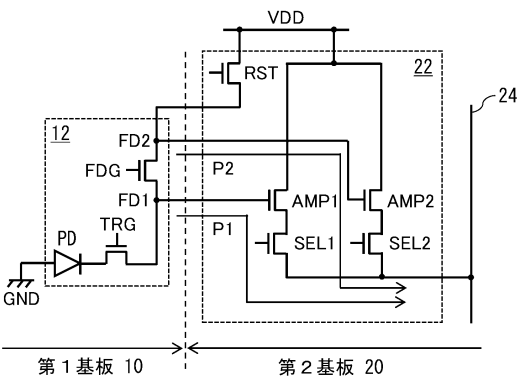
50

【図面】

【図 1】



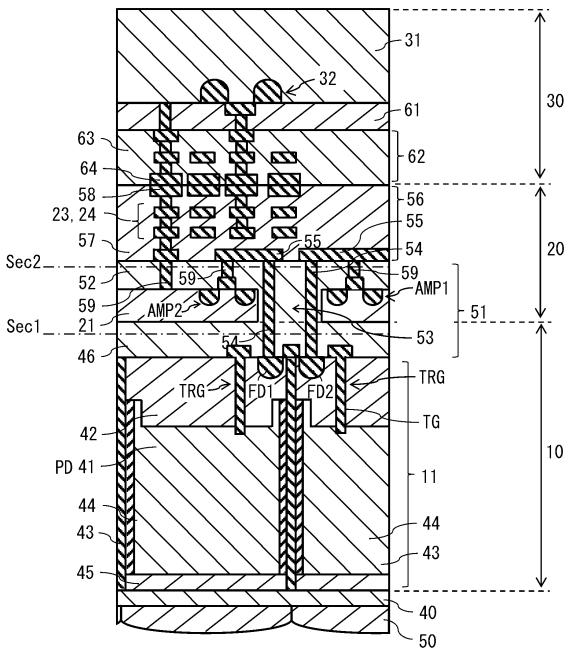
【図 2】



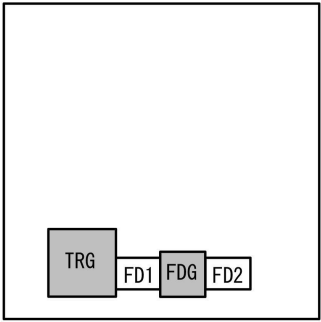
10

20

【図 3】



【図 4】

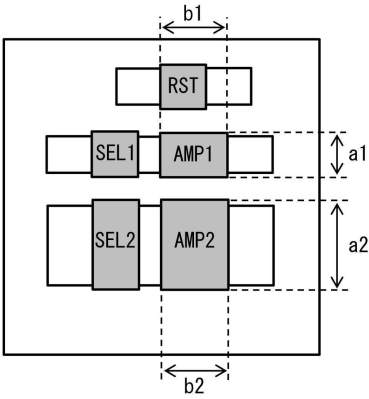


30

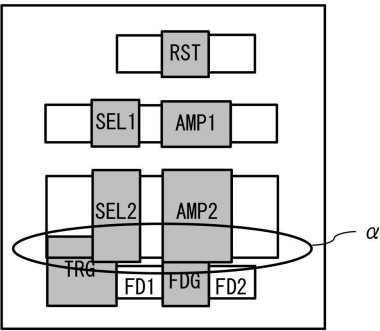
40

50

【図 5】

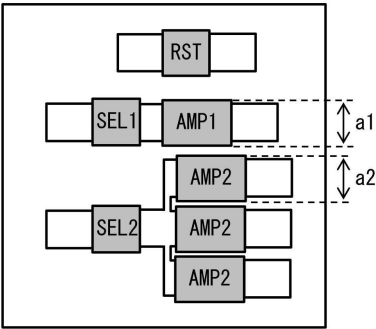


【図 6】

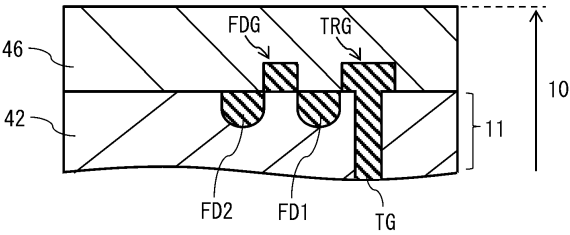


10

【図 7】

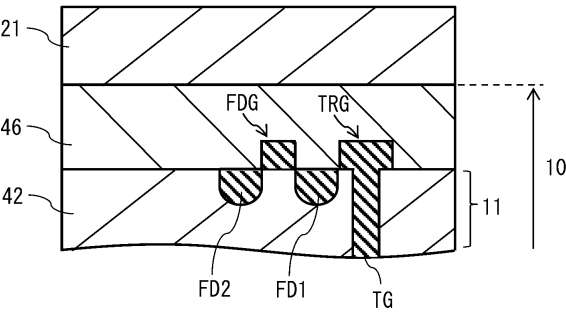


【図 8 A】

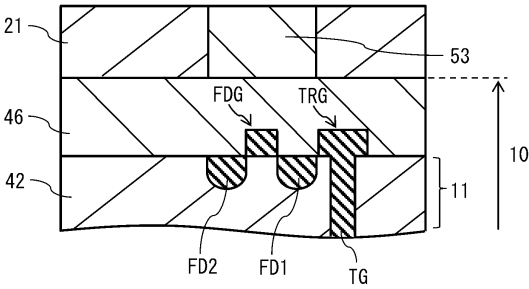


20

【図 8 B】



【図 8 C】

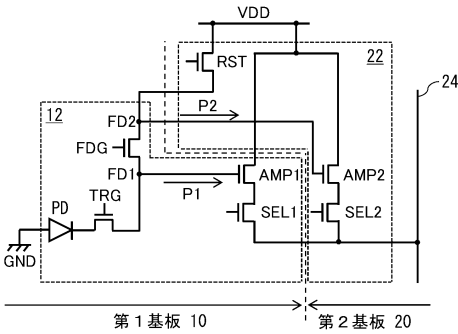


30

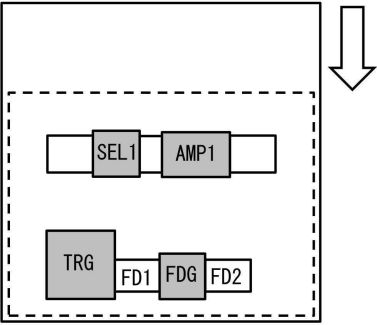
40

50

【図 9】

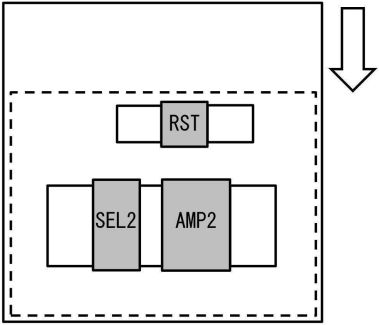


【図 1 0】

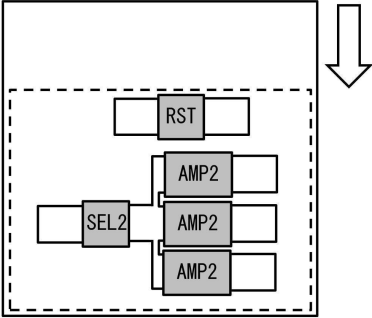


10

【図 1 1】



【図 1 2】



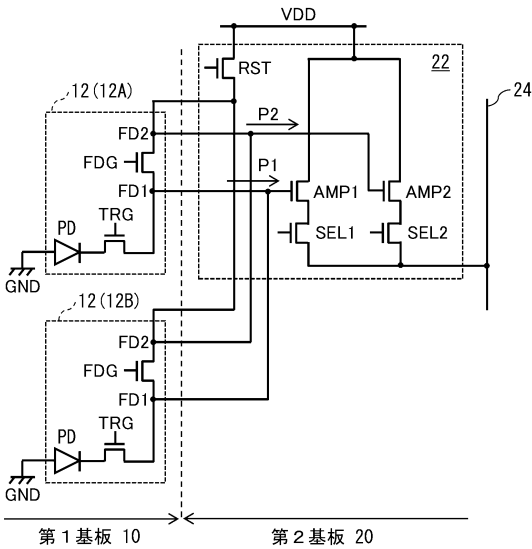
20

30

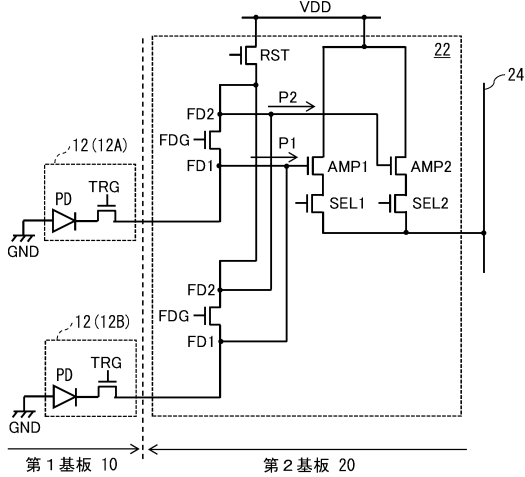
40

50

【図 1 3】

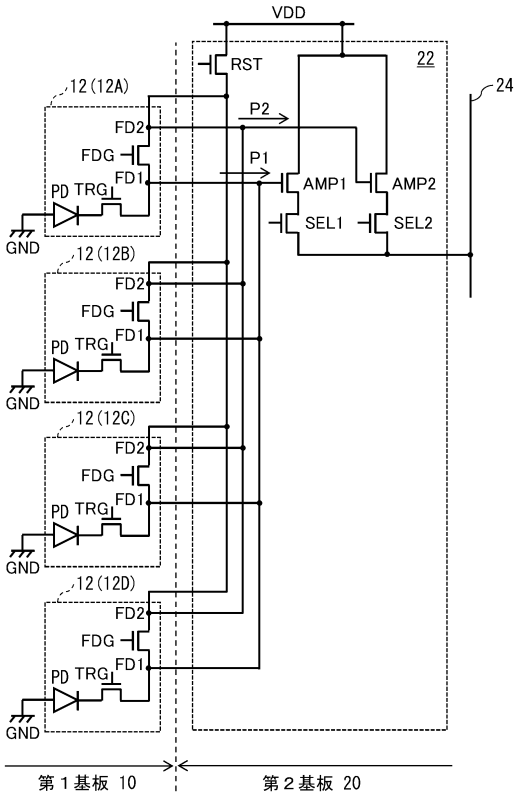


【図 1 4】

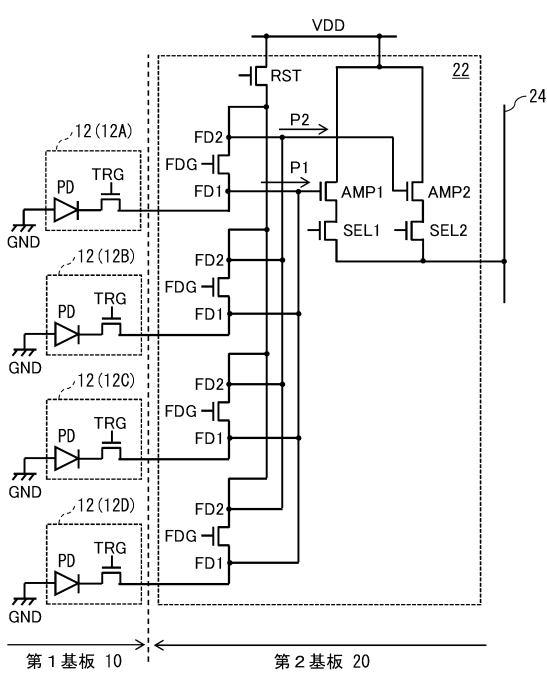


10

【図 1 5】



【図 1 6】



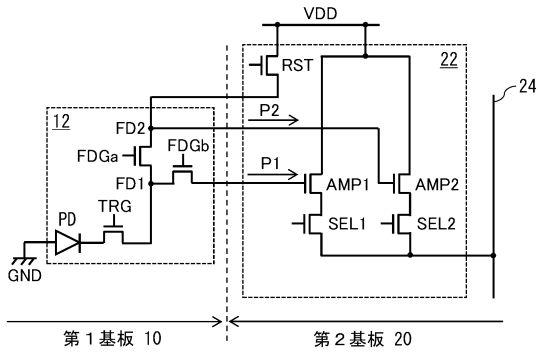
20

30

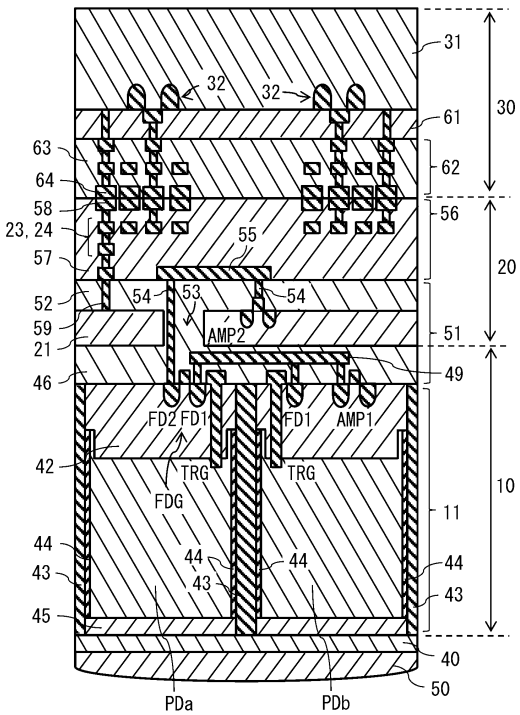
40

50

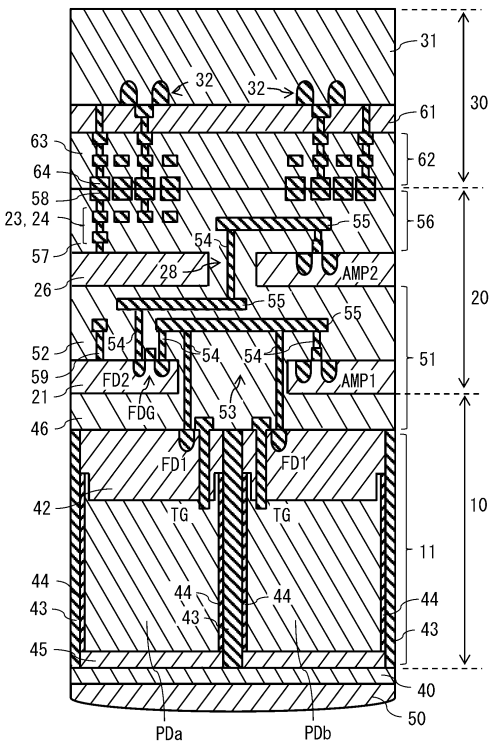
【図 17】



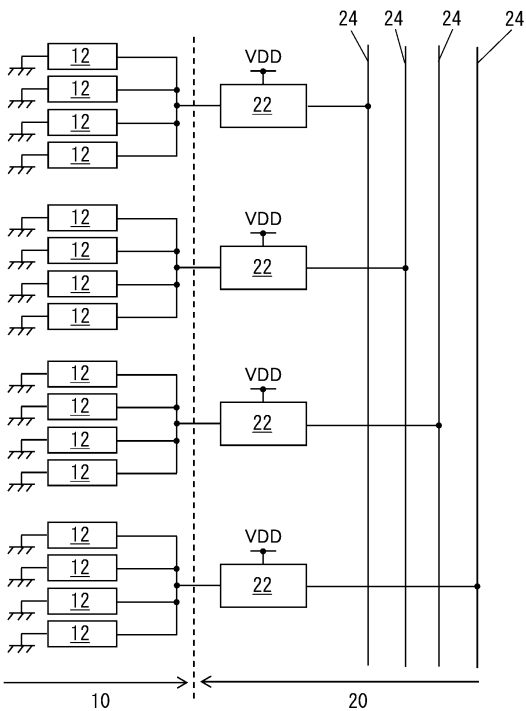
【図 18】



【図 19】



【図 20】



10

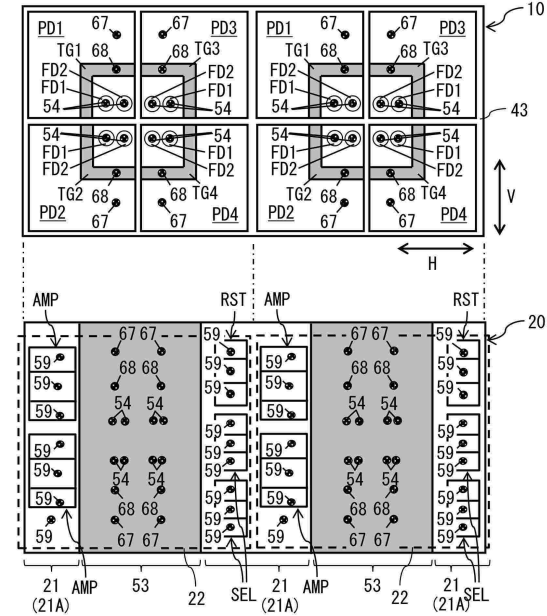
20

30

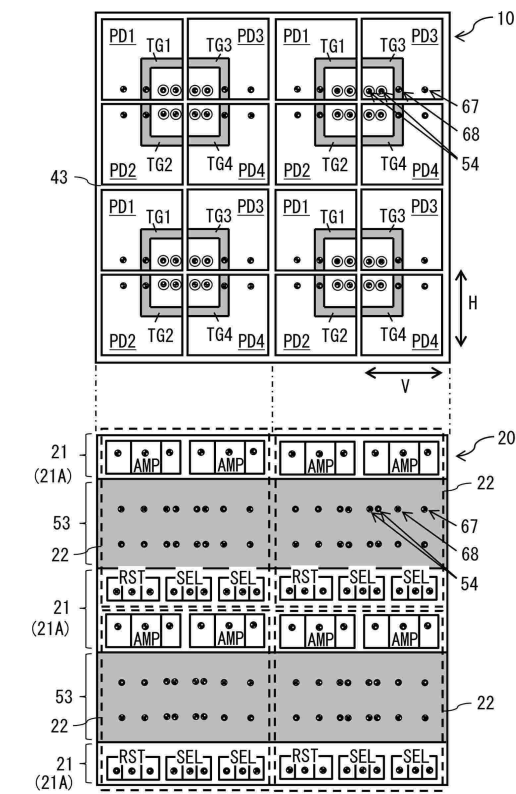
40

50

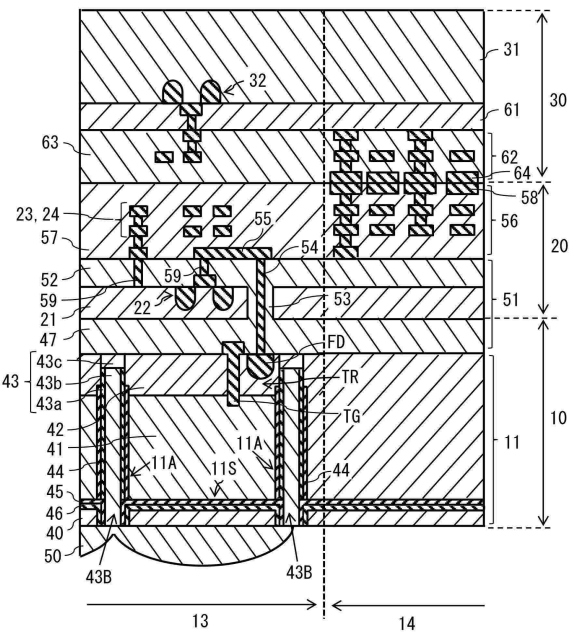
【図 2 1】



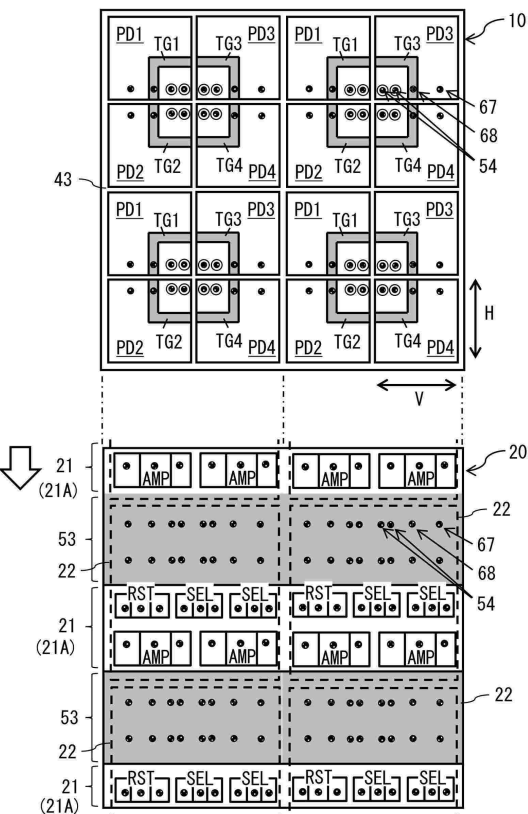
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



10

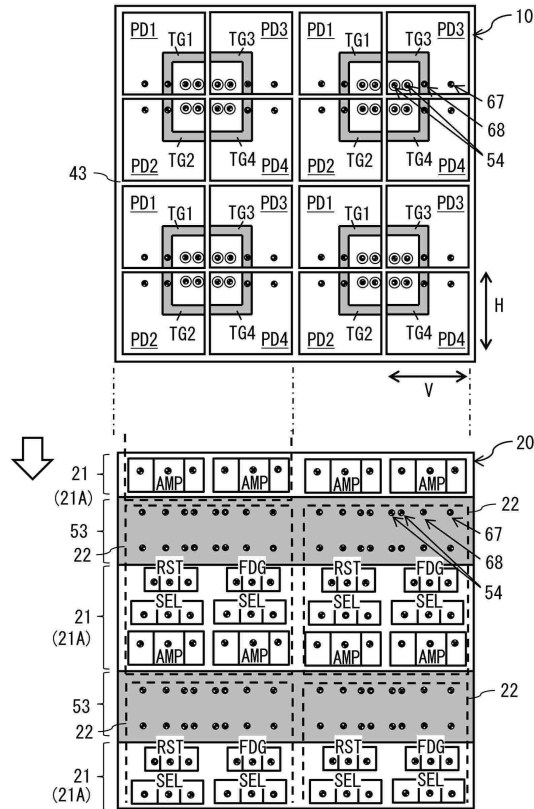
20

30

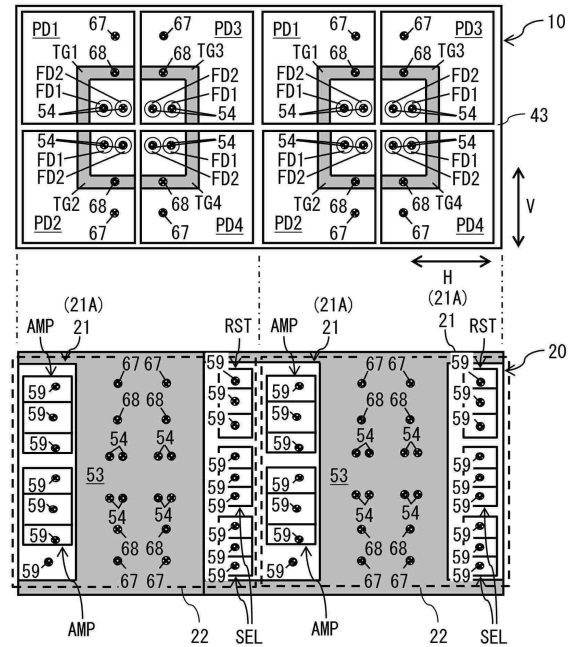
40

50

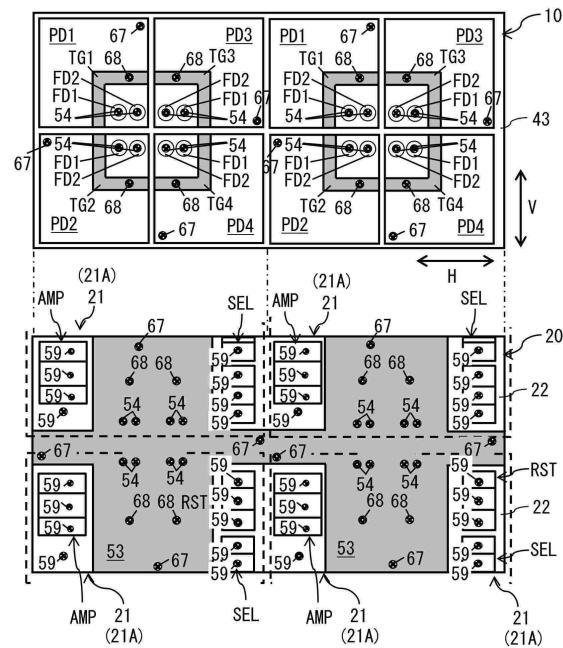
【図 25】



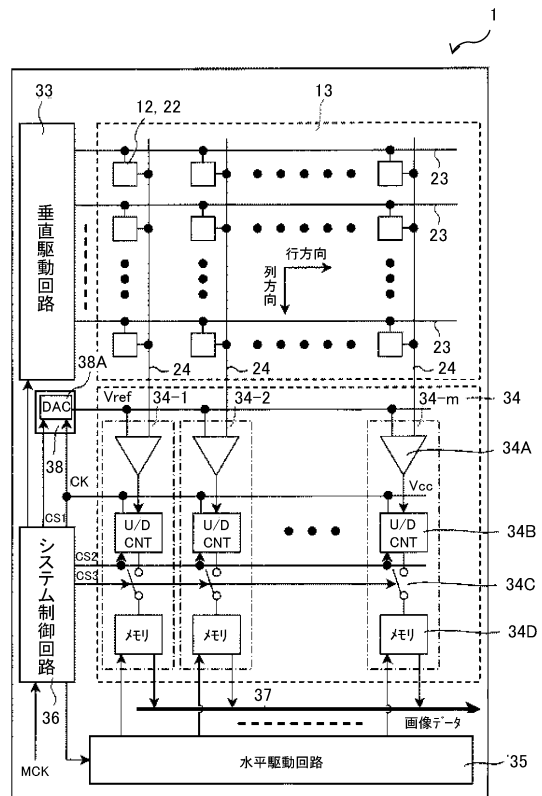
【図 26】



【図 27】



【図 28】



10

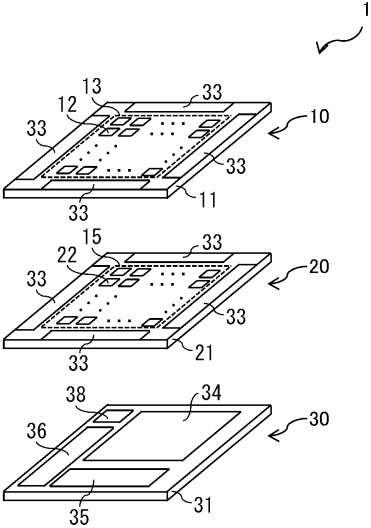
20

30

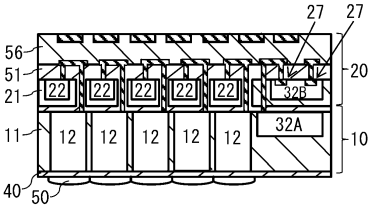
40

50

【図 2 9】

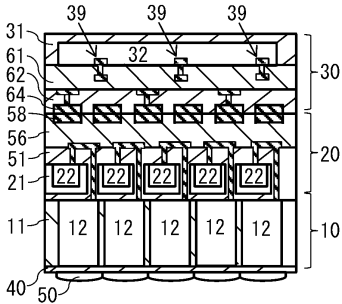


【図 3 0】

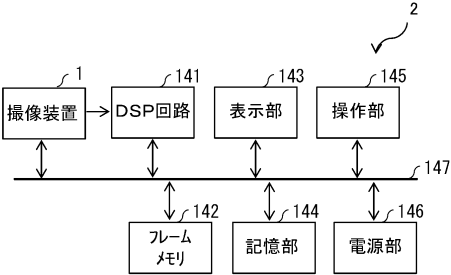


10

【図 3 1】



【図 3 2】



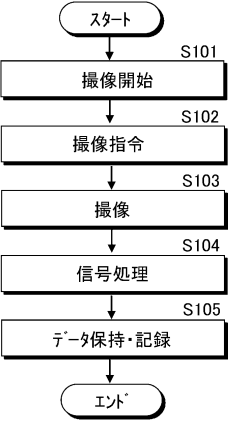
20

30

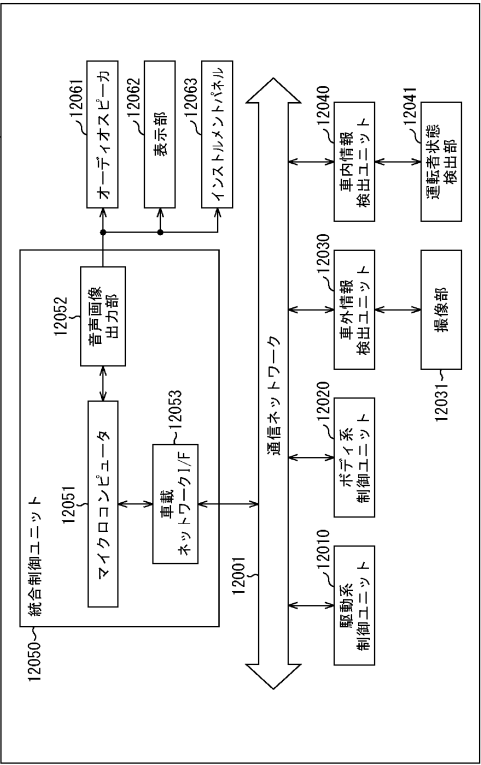
40

50

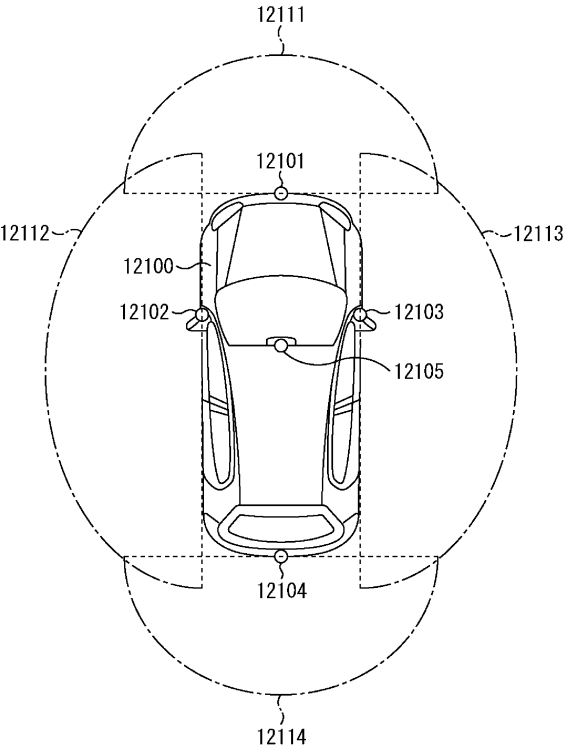
【図 3 3】



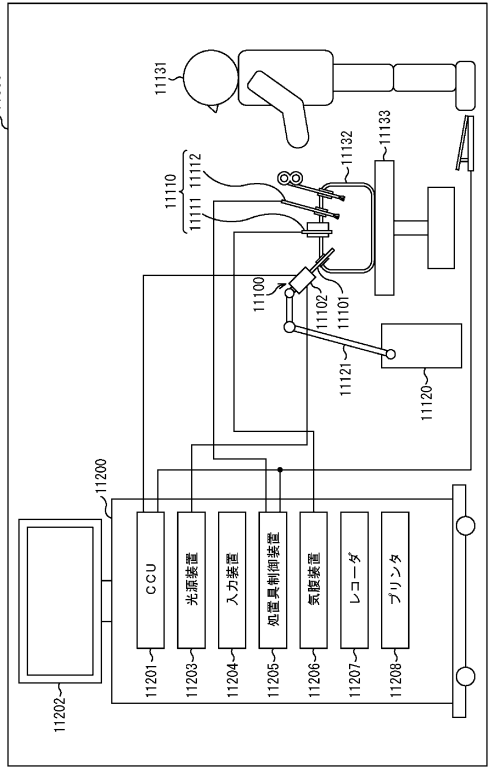
【図 3 4】



【図 3 5】



【図 3 6】



10

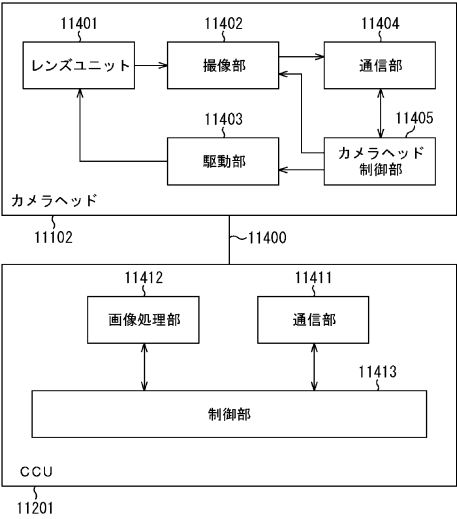
20

30

40

50

【図 37】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)
H 1 0 F 3 9 / 1 8