

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6949563号
(P6949563)

(45) 発行日 令和3年10月13日 (2021. 10. 13)

(24) 登録日 令和3年9月27日 (2021. 9. 27)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 27/146 (2006.01)	H O 1 L 27/146 A
H O 4 N 5/369 (2011.01)	H O 4 N 5/369
	H O 1 L 27/146 D

請求項の数 9 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2017-110068 (P2017-110068)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成29年6月2日 (2017. 6. 2)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2018-206917 (P2018-206917A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成30年12月27日 (2018. 12. 27)	(74) 代理人	100094112
審査請求日	令和2年5月28日 (2020. 5. 28)		弁理士 岡部 譲
		(74) 代理人	100101498
			弁理士 越智 隆夫
		(74) 代理人	100106183
			弁理士 吉澤 弘司
		(74) 代理人	100128668
			弁理士 齋藤 正巳
		(72) 発明者	豊口 銀二郎
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体撮像装置、撮像システム及び移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体基板に設けられた光電変換部と、入射光を受ける頂部及び前記入射光を前記光電変換部に出射する底部を備える光導波路とを備える画素を有する固体撮像装置であって、前記光電変換部は、

第1導電型の第1半導体領域であって、前記半導体基板の受光面から第1の深さに前記第1半導体領域の下端が設けられた第1半導体領域と、

前記半導体基板の前記受光面から前記第1の深さよりも深い第2の深さに設けられ、第1の領域によって互いに離間された第2導電型の第2半導体領域及び前記第2導電型の第3半導体領域と、
を有し、

前記第2半導体領域、前記第3半導体領域及び前記第1の領域のそれぞれが、平面視において、前記第1半導体領域の一部と重なっており、

前記第1半導体領域と前記第2半導体領域の間、及び前記第1半導体領域と前記第3半導体領域の間にはそれぞれ p n 接合が形成されており、

平面視において、前記底部の少なくとも一部と、前記第1の領域の少なくとも一部とが重なっていることを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 2】

平面視において前記第1の領域と前記底部とが重なっている領域を含む、前記半導体基板に垂直な断面において、前記光導波路の中心と前記第1の領域の中心とが一致している

ことを特徴とする請求項 1 に記載の固体撮像装置。

【請求項 3】

前記画素は、前記光導波路の前記頂部に前記入射光を集めるレンズを更に有し、
前記レンズへの前記入射光の向きに応じて、前記レンズの光軸と前記光導波路の中心とが互いにシフトされている

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の固体撮像装置。

【請求項 4】

前記画素は、前記光導波路の前記頂部に前記入射光を集めるレンズを更に有し、
平面視において前記第 1 の領域と前記底部とが重なっている領域を含む、前記半導体基板に垂直な断面において、前記レンズへの前記入射光の向きに応じて、前記光導波路の中心と前記第 1 の領域の中心とが互いにシフトされている

10

ことを特徴とする請求項 1 に記載の固体撮像装置。

【請求項 5】

前記レンズは、前記レンズの光軸と前記光導波路の中心とが一致するように配されている

ことを特徴とする請求項 4 に記載の固体撮像装置。

【請求項 6】

前記第 1 半導体領域は、平面視において、第 1 の端部と、前記第 1 の端部に対向する第 2 の端部とを備え、

前記第 1 の領域は、平面視において、前記第 1 の端部の一部から前記第 2 の端部の一部に渡って前記第 1 半導体領域を横断するように配置されている

20

ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 7】

前記底部の面積は前記頂部の面積よりも小さい

ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置と、

前記固体撮像装置の前記画素から出力される信号を処理する信号処理部と、

を有することを特徴とする撮像システム。

30

【請求項 9】

移動体であって、

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置と、

前記固体撮像装置からの信号に基づく視差画像から、対象物までの距離情報を取得する距離情報取得手段と、

前記距離情報に基づいて前記移動体を制御する制御手段と、

を有することを特徴とする移動体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、固体撮像装置、撮像システム及び移動体に関する。

40

【背景技術】

【0002】

C MOS イメージセンサに代表される固体撮像装置において、光電変換部の感度及び飽和電荷量は、固体撮像装置の重要な特性の 1 つである。

【0003】

光電変換部が配置される基板の構造の一例として、p 型ウェル構造が挙げられる。p 型ウェル構造は、半導体基板の表面部に設けた p 型ウェル内に光電変換部を配置した構造である。

【0004】

特許文献 1 には、p 型ウェル構造の光電変換部を有する固体撮像装置が記載されている

50

。特許文献 1 によれば、電荷蓄積領域をなす n 型半導体領域の下部に p 型半導体領域を配置することによって p n 接合容量を増加させる。これにより、光電変換部の飽和電荷量を増加させることができるとされる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 4 - 1 6 5 2 8 6 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

10

しかしながら、近年、固体撮像装置の更なる高感度化が求められており、特許文献 1 に記載の固体撮像装置においては感度が十分でない場合もある。そこで、本発明は、更なる高感度化を実現し得る固体撮像装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明の一観点によれば、半導体基板に設けられた光電変換部と、入射光を受ける頂部及び前記入射光を前記光電変換部に射出する底部を備える光導波路とを備える画素を有する固体撮像装置であって、前記光電変換部は、第 1 導電型の第 1 半導体領域であって、前記半導体基板の受光面から第 1 の深さに前記第 1 半導体領域の下端が設けられた第 1 半導体領域と、前記半導体基板の前記受光面から前記第 1 の深さよりも深い第 2 の深さに設けられ、第 1 の領域によって互いに離間された第 2 導電型の第 2 半導体領域及び前記第 2 導電型の第 3 半導体領域と、を有し、前記第 2 半導体領域、前記第 3 半導体領域及び前記第 1 の領域のそれぞれが、平面視において、前記第 1 半導体領域の一部と重なっており、前記第 1 半導体領域と前記第 2 半導体領域の間、及び前記第 1 半導体領域と前記第 3 半導体領域の間にはそれぞれ p n 接合が形成されており、平面視において、前記底部の少なくとも一部と、前記第 1 の領域の少なくとも一部とが重なっていることを特徴とする固体撮像装置が提供される。

20

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

更なる高感度化を実現し得る固体撮像装置を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態による固体撮像装置の概略構造を示すブロック図である。

【図 2】本発明の第 1 実施形態による固体撮像装置の画素の等価回路図である。

【図 3】本発明の第 1 実施形態による固体撮像装置の画素の平面レイアウトを示す図である。

【図 4】本発明の第 1 実施形態による固体撮像装置の画素の概略断面図である。

【図 5】本発明の第 1 実施形態による固体撮像装置の画素の他の構成例による概略断面図である。

【図 6】本発明の第 2 実施形態による固体撮像装置の画素の概略断面図である。

40

【図 7】本発明の第 3 実施形態による固体撮像装置の画素の概略構造を示す図である。

【図 8】本発明の第 4 実施形態による固体撮像装置の画素の概略構造を示す図である。

【図 9】本発明の第 5 実施形態による撮像システムの概略構成を示すブロック図である。

【図 10】本発明の第 6 実施形態による撮像システム及び移動体の構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

以下に、本発明の好ましい実施形態を、添付の図面に基づいて説明する。複数の図面に渡って対応する要素には共通の符号を付し、その説明を省略又は簡略化することがある。

【 0 0 1 1 】

50

〔第１実施形態〕

本発明の第１実施形態による固体撮像装置について、図１乃至図５を用いて説明する。

【００１２】

図１は、本実施形態による固体撮像装置の概略構成を示すブロック図である。図２は、本実施形態による固体撮像装置の画素の等価回路図である。図３は、本実施形態による固体撮像装置の画素の平面レイアウトを示す図である。図４は、本実施形態による固体撮像装置の画素の概略断面図である。図５は、本実施形態による固体撮像装置の画素の他の構成例による概略平面図である。

【００１３】

本実施形態による固体撮像装置１００は、図１に示すように、画素領域１０と、垂直走査回路２０と、列読み出し回路３０と、水平走査回路４０と、制御回路５０と、出力回路６０とを有している。

【００１４】

画素領域１０には、複数行及び複数列に渡ってマトリクス状に配された複数の画素１２が設けられている。画素領域１０の画素アレイの各行には、行方向（図１において横方向）に延在して、制御信号線１４が配されている。制御信号線１４は、行方向に並ぶ画素１２にそれぞれ接続され、これら画素１２に共通の信号線をなしている。また、画素領域１０の画素アレイの各列には、列方向（図１において縦方向）に延在して、垂直出力線１６が配されている。垂直出力線１６は、列方向に並ぶ画素１２にそれぞれ接続され、これら画素１２に共通の信号線をなしている。

【００１５】

各行の制御信号線１４は、垂直走査回路２０に接続されている。垂直走査回路２０は、画素１２から画素信号を読み出す際に画素１２内の読み出し回路を駆動するための制御信号を、制御信号線１４を介して画素１２に供給する回路部である。各列の垂直出力線１６の一端は、列読み出し回路３０に接続されている。画素１２から読み出された画素信号は、垂直出力線１６を介して列読み出し回路３０に入力される。列読み出し回路３０は、画素１２から読み出された画素信号に対して所定の信号処理、例えば増幅処理、ＡＤ変換処理等の信号処理を実施する回路部である。列読み出し回路３０は、差動増幅回路、サンプル・ホールド回路、ＡＤ変換回路等を含み得る。

【００１６】

水平走査回路４０は、列読み出し回路３０において処理された画素信号を列毎に順次、出力回路６０に転送するための制御信号を、列読み出し回路３０に供給する回路部である。制御回路５０は、垂直走査回路２０、列読み出し回路３０及び水平走査回路４０の動作やそのタイミングを制御する制御信号を供給するための回路部である。出力回路６０は、バッファアンプ、差動増幅器等から構成され、列読み出し回路３０から読み出された画素信号を固体撮像装置１００の外部の信号処理部に出力するための回路部である。

【００１７】

それぞれの画素１２は、図２に示すように、光電変換部ＰＤと、転送トランジスタＭ１と、リセットトランジスタＭ２と、増幅トランジスタＭ３と、選択トランジスタＭ４とを含む。光電変換部ＰＤは、例えばフォトダイオードであり、アノードが接地電圧線に接続され、カソードが転送トランジスタＭ１のソースに接続されている。転送トランジスタＭ１のドレインは、リセットトランジスタＭ２のソース及び増幅トランジスタＭ３のゲートに接続されている。転送トランジスタＭ１のドレイン、リセットトランジスタＭ２のソース及び増幅トランジスタＭ３のゲートの接続ノードは、いわゆるフローティングディフュージョン（ＦＤ）であり、このノードが含む容量成分からなる電荷電圧変換部を構成する。リセットトランジスタＭ２のドレイン及び増幅トランジスタＭ３のドレインは、電源電圧線（Ｖｄｄ）に接続されている。増幅トランジスタＭ３のソースは、選択トランジスタＭ４のドレインに接続されている。選択トランジスタＭ４のソースは、垂直出力線１６に接続されている。垂直出力線１６の他端には、電流源１８が接続されている。

【００１８】

制御信号線 14 は、図 2 に示す回路構成の場合、転送信号線 TX、リセット信号線 RES、選択信号線 SEL を含む。転送信号線 TX は、転送トランジスタ M1 のゲートに接続される。リセット信号線 RES は、リセットトランジスタ M2 のゲートに接続される。選択信号線 SEL は、選択トランジスタ M4 のゲートに接続される。

【0019】

光電変換部 PD は、入射光をその光量に応じた量の電荷に変換（光電変換）するとともに、生じた電荷を蓄積する。転送トランジスタ M1 は、オン状態になることにより光電変換部 PD の電荷をフローティングディフュージョン FD に転送する。フローティングディフュージョン FD は、その容量による電荷電圧変換によって、光電変換部 PD から転送された電荷の量に応じた電圧となる。増幅トランジスタ M3 は、ドレインに電源電圧が供給され、ソースに選択トランジスタ M4 を介して電流源 18 からバイアス電流が供給される構成となっており、ゲートを入力ノードとする増幅部（ソースフォロワ回路）を構成する。これにより増幅トランジスタ M3 は、フローティングディフュージョン FD の電圧に基づく信号を、選択トランジスタ M4 を介して垂直出力線 16 に出力する。リセットトランジスタ M2 は、オン状態になることによりフローティングディフュージョン FD を電源電圧 Vdd に応じた電圧にリセットする。

【0020】

図 3 は、本実施形態による固体撮像装置 100 の画素 12 の平面レイアウトを示す図である。図 4 は、図 3 の A - A 線に沿った概略断面図である。図 3 及び図 4 には、画素 12 の構成要素のうち、光電変換部 PD 及び転送トランジスタ M1 のみを示している。なお、図 3 には 1 つの画素 12 の平面レイアウトのみを示しているが、実際には左右方向及び上下方向に所定の単位画素ピッチで図 3 の平面レイアウトが周期的に配されている。図 3 には、隣接する画素 12 との間の境界線の一例を破線で示している。

【0021】

不純物濃度の低い n 型の半導体基板 110 の表面部には、活性領域 112 を画定する素子分離絶縁領域 114 が設けられている。活性領域 112 には、光電変換部 PD を構成するフォトダイオードと、転送トランジスタ M1 と、光電変換部 PD から転送される電荷を保持する電荷保持部としてのフローティングディフュージョン FD とが配される。

【0022】

光電変換部 PD は、半導体基板 110 の活性領域 112 の表面に設けられた p 型半導体領域 116 と、p 型半導体領域 116 の下部に接して設けられた n 型半導体領域 118（第 1 半導体領域）とを含む埋め込みフォトダイオードである。n 型半導体領域 118 は、半導体基板 110 の第 1 の深さに設けられる。n 型半導体領域 118 は、光電変換部 PD で生じた信号電荷（電子）を蓄積するための電荷蓄積層である。なお、p 型半導体領域 116 が設けられていない構成であってもよい。また、本明細書において、p 型及び n 型のうちの一方を第 1 導電型、他方を第 2 導電型と呼ぶこともある。

【0023】

フローティングディフュージョン FD は、半導体基板 110 の活性領域 112 の表面部に n 型半導体領域 118 から離間して設けられた n 型半導体領域 120 により構成されている。

【0024】

転送トランジスタ M1 は、n 型半導体領域 118 と n 型半導体領域 120 との間の半導体基板 110 上にゲート絶縁膜 122 を介して設けられたゲート電極 124 を含む。n 型半導体領域 118 と n 型半導体領域 120 との間の半導体基板 110 内には、これらを電氣的に分離するための p 型半導体領域 126 が設けられている。

【0025】

n 型半導体領域 118 の下部に位置する第 2 の深さには、n 型半導体領域 118 から下方に空乏層が広がるのを抑制するための空乏化抑制層としての p 型半導体領域 128 が設けられている。p 型半導体領域 128 は、平面視において、行方向（図において横方向）に延在するストライプ状のパターンにより構成されている。

【 0 0 2 6 】

図 3 には、隣接する 2 つのストライプ状のパターンの p 型半導体領域 1 2 8 a (第 2 半導体領域)、1 2 8 b (第 3 半導体領域) と、これらの間の間隙 1 4 0 (第 1 の領域) とを示している。p 型半導体領域 1 2 8 a と p 型半導体領域 1 2 8 b との間隙 1 4 0 は、平面視において、n 型半導体領域 1 1 8 を横断するように配されている。また、n 型半導体領域 1 1 8 は、平面視において間隙 1 4 0 に対応する位置に p 型半導体領域 1 2 8 と重ならない第 1 の領域を有するということもできる。あるいは、n 型半導体領域 1 1 8 と p 型半導体領域 1 2 8 a とが重なる領域を第 2 の領域、n 型半導体領域 1 1 8 と p 型半導体領域 1 2 8 b とが重なる領域を第 3 の領域と定義すると、第 2 の領域と第 3 の領域とが互いに離間しているということもできる。更に言えば、n 型半導体領域 1 1 8 は、平面視において、第 1 の端部と、第 1 の端部に対向する第 2 の端部とを備える。第 1 の端部の一部と、第 2 の端部の一部とに渡って、第 2 の領域と第 3 の領域とが離間されていると言える。なお、本明細書において平面視とは、固体撮像装置の各構成部分を半導体基板 1 1 0 の表面に平行な面に投影することにより得られる 2 次元平面図であり、例えば図 3 の平面レイアウト図に対応する。

10

【 0 0 2 7 】

半導体基板 1 1 0 の深部には、p 型半導体領域 1 3 0、1 3 2、1 3 4 が設けられている。p 型半導体領域 1 3 0 は、半導体基板 1 1 0 の内部において画素 1 2 間の分離の役目を果たすものである。p 型半導体領域 1 3 2 は、p 型半導体領域 1 3 0 よりも深い半導体基板 1 1 0 の内部において画素 1 2 間の分離の役目を果たすものである。p 型半導体領域 1 3 4 は、半導体基板 1 1 0 中で発生した信号電荷を有効に集める深さを規定するためのものである。なお、本明細書では、p 型半導体領域 1 2 6 によって電氣的に分離された半導体基板 1 1 0 の表面部を、半導体領域と呼ぶこともある。

20

【 0 0 2 8 】

n 型半導体領域 1 1 8 の下部に p 型半導体領域 1 2 8 を設けることで、n 型半導体領域 1 1 8 と p 型半導体領域 1 2 8 との間には p n 接合容量が形成される。 $Q = C V$ で表される関係式から明らかなように、光電変換部 P D の p n 接合にある決まった逆バイアス電圧 V を印加した場合、p n 接合容量 C が大きいほどに蓄積電荷量 Q は大きくなる。n 型半導体領域 1 1 8 に蓄積された信号電荷は信号出力部に転送されるが、n 型半導体領域 1 1 8 の電位が電源電圧等によって決まるある所定の電位に達すると、n 型半導体領域 1 1 8 の信号電荷は転送されなくなる。つまり、信号電荷の転送に伴う電圧 V の変動量は決まっているので、光電変換部 P D の p n 接合容量に比例して飽和電荷量は大きくなる。したがって、p 型半導体領域 1 2 8 を設けることで、電荷蓄積層としての n 型半導体領域 1 1 8 の飽和電荷量を増加することができる。

30

【 0 0 2 9 】

また、p 型半導体領域 1 2 8 a と p 型半導体領域 1 2 8 b との間隙 1 4 0 は、n 型半導体領域 1 1 8 と p 型半導体領域 1 3 4 との間の半導体基板 1 1 0 内で発生した信号電荷を n 型半導体領域 1 1 8 に集める際の信号電荷の移動経路となる。したがって、間隙 1 4 0 の大きさ、形状及び p 型半導体領域 1 2 8 の不純物濃度を適切に設定することにより、n 型半導体領域 1 1 8 と p 型半導体領域 1 3 4 との間の半導体基板 1 1 0 内で発生した信号電荷を速やかに n 型半導体領域 1 1 8 に集めることができる。すなわち、p 型半導体領域 1 2 8 を設けない構造において得られる感度と同等の感度を得ることができる。

40

【 0 0 3 0 】

なお、間隙 1 4 0 は、平面視における n 型半導体領域 1 1 8 の中央部の近傍に配置することが望ましい。n 型半導体領域 1 1 8 は、電位の分布を持ち、中央部の電位が高く、端部の電位は低くなっている。このため、p 型半導体領域 1 2 8 よりも深い場所で発生した信号電荷をドリフトによって n 型半導体領域 1 1 8 に効果的に収集するうえで、電位の高い n 型半導体領域 1 1 8 の中央部の近傍に間隙 1 4 0 を設けることが有効である。また、間隙 1 4 0 を n 型半導体領域 1 1 8 の中央部の近傍に配置することには、信号電荷の移動経路を短くできるメリットもある。

50

【 0 0 3 1 】

したがって、本実施形態の上述の構成によれば、光電変換部 P D における受光感度を低下することなく、光電変換部 P D の飽和電荷量を増加することができる。

【 0 0 3 2 】

前述のように、本実施形態による固体撮像装置では、p 型半導体領域 1 2 8 a と p 型半導体領域 1 2 8 b との間の間隙 1 4 0 を、平面視において n 型半導体領域 1 1 8 を横断するように配置している。これは、製造ばらつきに起因する特性変動を抑制するためである。

【 0 0 3 3 】

平面視における n 型半導体領域 1 1 8 の角部は、実際の形成時には例えば図 3 に示すように丸まるが、その丸まり方は形成時の条件等によって必ずしも一定にはならない。そのため、間隙 1 4 0 を n 型半導体領域 1 1 8 の端部と重なるように配置した場合、n 型半導体領域 1 1 8 と間隙 1 4 0 とが重なる部分の形状は、n 型半導体領域 1 1 8 の形成条件等によって変動する。

10

【 0 0 3 4 】

もし、形成時のばらつきによって n 型半導体領域 1 1 8 と間隙 1 4 0 とが重なる部分の形状が変わるならば、そのばらつきがあっても十分な感度が得られるように、n 型半導体領域 1 1 8 と間隙 1 4 0 とが重なる部分の面積を広めに設定する必要が生じる。しかしその場合には、n 型半導体領域 1 1 8 と p 型半導体領域 1 2 8 a、1 2 8 b とが重なる部分の面積が小さくなるので、光電変換部 P D の飽和電荷量を十分に大きくすることが難しくなる。

20

【 0 0 3 5 】

この点、本実施形態による固体撮像装置においては、図 3 に示すように、p 型半導体領域 1 2 8 a と p 型半導体領域 1 2 8 b との間の間隙 1 4 0 を、n 型半導体領域 1 1 8 の角部から離間している。したがって、n 型半導体領域 1 1 8 と間隙 1 4 0 とが重なる部分の形状は、n 型半導体領域 1 1 8 と p 型半導体領域 1 2 8 a、1 2 8 b との位置が多少ずれても変化しない。つまり、本実施形態による固体撮像装置では、形成時のばらつきによらず一定の感度が得られるため、高い感度と大きな飽和電荷量とを両立することができる。

【 0 0 3 6 】

なお、間隙 1 4 0 がゲート電極 1 2 4 と重なると、互いの位置関係のずれによって信号電荷の転送性能にばらつきが生じる虞があるので、間隙 1 4 0 は、ゲート電極 1 2 4 が無い方向に n 型半導体領域 1 1 8 を横断するように配置することが望ましい。

30

【 0 0 3 7 】

また、本実施形態では、半導体基板 1 1 0 の上方に、光導波路 1 5 0 が設けられている。光導波路 1 5 0 は、底部 1 5 2 が光電変換部 P D と対向するように配されている。光導波路 1 5 0 は、周囲の層間絶縁膜よりも屈折率が高い材料を円錐台形状に形成したものであり、入射光を光電変換部 P D に導く機能を有する。これにより、底部 1 5 2 からより多くの入射光を光電変換部 P D に出射させることができ、固体撮像装置 1 0 0 の感度が向上する。

【 0 0 3 8 】

40

図 3 に示すように、間隙 1 4 0 は、平面視において光導波路 1 5 0 の底部 1 5 2 と少なくとも一部が重なっている。これにより、入射光は、光導波路 1 5 0 により間隙 1 4 0 の近傍に導かれる。したがって、間隙 1 4 0 の近傍に多くの電荷が生成され、その電荷は効率よく n 型半導体領域 1 1 8 に集められる。したがって、固体撮像装置 1 0 0 の感度が更に向上する。

【 0 0 3 9 】

間隙 1 4 0 と光導波路 1 5 0 の底部 1 5 2 の位置関係の影響についてより詳細に説明する。図 5 (a)、図 5 (b) 及び図 5 (c) は、画素 1 2 の他の構成例による概略断面図であり、図 4 に示した概略断面図のうち、光導波路 1 5 0 の近傍のみが示されている。図 5 (a) は、図 4 と同様に、平面視において、間隙 1 4 0 が、光導波路 1 5 0 の底部 1 5

50

2と重なっている状態を示している。図5(b)は、平面視において、間隙140の一部が、光導波路150の底部152と重なっているが、重ならない部分もある状態を示している。図5(c)は、平面視において、間隙140が、光導波路150の底部152と重なっていない状態を示している。

【0040】

ここで、図5(a)の構成における感度を1とすると、図5(b)の構成における感度は約0.9であり、図5(c)の構成における感度は約0.7である。このように、平面視において、間隙140が底部152と重ならない状態になると、重なっている場合と比べて感度が大きく低下する。したがって、上述のように、間隙140は、平面視において光導波路150の底部152と少なくとも一部が重なっていることが望ましい。

10

【0041】

以上のように、本実施形態によれば、p型半導体領域128に間隙140を有する光電変換部PDの上方に光導波路150を設けることにより、更なる高感度化を実現し得る固体撮像装置を提供することができる。

【0042】

[第2実施形態]

本発明の第2実施形態による固体撮像装置100について、図6を用いて説明する。図6は、本実施形態による固体撮像装置100の画素12の概略断面図である。図6に示されるように本実施形態では、平面視において間隙140と底部152が重なっている領域を含む断面において、光導波路150の中心の軸162の位置と、間隙140の中心の軸164の位置とが一致している。

20

【0043】

固体撮像装置100の製造時の加工ばらつきにより、間隙140と光導波路150の位置が図6の横方向又は奥行き方向にずれる場合がある。上述のように、間隙140と光導波路150の底部152の位置関係によって感度が変化するため、このずれは固体撮像装置100の感度のばらつき要因となり得る。これに対し、本実施形態では、光導波路150の中心の軸162の位置と、間隙140の中心の軸164の位置とが一致しているため、平面視において、間隙140が、光導波路150の底部152と重なっている状態が維持されやすい。

【0044】

30

したがって、本実施形態によれば、第1の実施形態と同様の効果が得られることに加え、製造時の加工ばらつきに起因する固体撮像装置100の感度のばらつきが低減される。

【0045】

[第3実施形態]

本発明の第3実施形態による固体撮像装置100について、図7(a)、図7(b)及び図7(c)を用いて説明する。図7(a)は、本実施形態による画素領域10内の画素12b、12cの位置を示す図である。図7(a)に示されるように、画素領域10の中心付近に設けられている画素を画素12bと呼び、画素領域10の端部付近に設けられている画素を画素12cと呼ぶ。図7(b)は、本実施形態による画素12bの概略断面図であり、図7(c)は、本実施形態による画素12cの概略断面図である。

40

【0046】

図7(b)及び図7(c)に示されるように、本実施形態の画素12b、12cは、光導波路150の上方にマイクロレンズ170を有する。マイクロレンズ170は、入射光を集光し、光導波路150に出射することにより、入射光に対する光電変換部PDの感度を向上させる機能を有する。図7(b)及び図7(c)では、マイクロレンズ170の中心、すなわち光軸が軸166として一点鎖線で示されている。

【0047】

図7(b)に示される画素領域10の中心付近の画素12bでは、マイクロレンズ170の中心の軸166、光導波路150の中心の軸162、間隙140の中心の軸164及び光電変換部PDの受光面の中心の軸168の位置が一致している。中心付近の画素12

50

bにおいては、光の入射方向は垂直に近い場合が多いため、図7(b)のような配置とすることで感度を向上させることができる。

【0048】

一方、図7(c)に示される画素領域10の端部付近の画素12cでは、マイクロレンズ170の中心の軸166と光導波路150の中心の軸162とが、シフトされた位置関係になっている。端部付近の画素12cにおいては、光の入射方向(図中破線)は斜めとなる場合が多い。図7(b)のように軸166と軸162とが一致している配置の場合、斜めからの入射光に対する光電変換部PDへの入射位置がずれること、及び光電変換部PD外への入射光の漏洩のため、感度が低下する場合がある。そのため、本実施形態では、画素領域10の中心以外の画素について、マイクロレンズ170への入射光の向きに応じて、マイクロレンズ170の中心の軸166と光導波路150の中心の軸162の位置をシフトさせる配置(瞳補正)とする。これにより、マイクロレンズ170を通過した光が効率よく光導波路150に集光され、光電変換部PDに入射されるようにすることができる。

10

【0049】

なお、図7(c)において、光導波路150の中心の軸162の位置と間隙140の中心の軸164の位置は一致している。これは、第2実施形態で述べたものと同様の構成であり、同様の効果が得られる。更に、図7(c)において、光導波路150の中心の軸162と光電変換部PDの受光面の中心の軸168が、シフトされた位置関係になっている。これにより、光導波路150を斜めに通過する入射光に対して、効率よく光電変換が行われ、感度を向上させることができる。

20

【0050】

以上のように、本実施形態によれば、第1の実施形態と同様の効果が得られる。これに加え、画素領域10の端部に配置された画素12cにおいても良好な感度を得ることができる。したがって、画素領域10の全域に渡って均一かつ良好な感度を得ることができる固体撮像装置100が提供される。

【0051】

[第4実施形態]

本発明の第4実施形態による固体撮像装置100について、図8(a)、図8(b)及び図8(c)を用いて説明する。図8(a)は、本実施形態による画素領域10内の画素12b、12cの位置を示す図である。第3実施形態と同様に、画素領域10の中心付近に設けられている画素を画素12bと呼び、画素領域10の端部付近に設けられている画素を画素12cと呼ぶ。図8(b)は、本実施形態による画素12bの概略断面図であり、図8(c)は、本実施形態による画素12cの概略断面図である。図8(b)に示される画素領域10の中心付近の画素12bについては、第3実施形態と同様であるため説明を省略する。

30

【0052】

図8(c)に示される画素領域10の端部付近の画素12cにおいて、本実施形態では、第3実施形態とは異なり、マイクロレンズ170の中心の軸166が光導波路150の中心の軸162に対してシフトされていない。この場合、斜めからの入射光に対する光電変換部PDへの入射位置がずれることがある。そこで、本実施形態では、マイクロレンズ170への入射光の向きに応じて、光導波路150の中心の軸162と間隙140の中心の軸164の位置とが、シフトされた位置関係になっている。これにより、本実施形態の構成においても、マイクロレンズ170を通過した光が効率よく光電変換部PDに入射されるようにすることができる。

40

【0053】

以上のように、本実施形態によれば、第1の実施形態と同様の効果が得られる。これに加え、第3実施形態とは別の構成により、画素領域10の全域に渡って均一かつ良好な感度を得ることができる固体撮像装置100が提供される。

【0054】

50

〔第5実施形態〕

本発明の第5実施形態による撮像システムについて、図9を用いて説明する。第1乃至第4実施形態による固体撮像装置100と同様の構成要素には同一の符号を付し説明を省略しあるいは簡潔にする。図9は、本実施形態による撮像システムの概略構成を示すブロック図である。

【0055】

上述の第1乃至第4実施形態で述べた固体撮像装置100は、種々の撮像システムに適用可能である。適用可能な撮像システムの例としては、デジタルスチルカメラ、デジタルカムコーダ、監視カメラ、複写機、ファックス、携帯電話、車載カメラ、観測衛星などが挙げられる。また、レンズなどの光学系と撮像装置とを備えるカメラモジュールも、撮像システムに含まれる。図9には、これらのうちの一例として、デジタルスチルカメラのブロック図を例示している。

10

【0056】

図9に例示した撮像システム200は、撮像装置201、被写体の光学像を撮像装置201に結像させるレンズ202、レンズ202を通過する光量を可変にするための絞り204、レンズ202の保護のためのバリア206を有する。レンズ202及び絞り204は、撮像装置201に光を集光する光学系である。撮像装置201は、第1乃至第4実施形態で説明した固体撮像装置100であって、レンズ202により結像された光学像を画像データに変換する。

【0057】

20

撮像システム200は、また、撮像装置201より出力される出力信号の処理を行う信号処理部208を有する。信号処理部208は、撮像装置201が出力するアナログ信号をデジタル信号に変換するAD変換を行う。また、信号処理部208はその他、必要に応じて各種の補正、圧縮を行って画像データを出力する動作を行う。信号処理部208の一部であるAD変換部は、撮像装置201が設けられた半導体基板に形成されていてもよいし、撮像装置201とは別の半導体基板に形成されていてもよい。また、撮像装置201と信号処理部208とが同一の半導体基板に形成されていてもよい。

【0058】

撮像システム200は、更に、画像データを一時的に記憶するためのメモリ部210、外部コンピュータ等と通信するための外部インターフェース部（外部I/F部）212を有する。更に撮像システム200は、撮像データの記録又は読み出しを行うための半導体メモリ等の記録媒体214、記録媒体214に記録又は読み出しを行うための記録媒体制御インターフェース部（記録媒体制御I/F部）216を有する。なお、記録媒体214は、撮像システム200に内蔵されていてもよく、着脱可能であってもよい。

30

【0059】

更に撮像システム200は、各種演算とデジタルスチルカメラ全体を制御する全体制御・演算部218、撮像装置201と信号処理部208に各種タイミング信号を出力するタイミング発生部220を有する。ここで、タイミング信号等は外部から入力されてもよく、撮像システム200は少なくとも撮像装置201と、撮像装置201から出力された出力信号を処理する信号処理部208とを有すればよい。

40

【0060】

撮像装置201は、撮像信号を信号処理部208に出力する。信号処理部208は、撮像装置201から出力される撮像信号に対して所定の信号処理を実施し、画像データを出力する。信号処理部208は、撮像信号を用いて、画像を生成する。

【0061】

第1乃至第4実施形態による固体撮像装置100を適用することにより、良質な画像を取得しうる撮像システム200を実現することができる。

【0062】

〔第6実施形態〕

本発明の第6実施形態による撮像システム及び移動体について、図10(a)及び図1

50

0 (b) を用いて説明する。図 1 0 (a) 及び図 1 0 (b) は、本実施形態による撮像システム 3 0 0 及び移動体の構成を示す図である。

【 0 0 6 3 】

図 1 0 (a) は、車載カメラに関する撮像システム 3 0 0 の一例を示したものである。撮像システム 3 0 0 は、撮像装置 3 1 0 を有する。撮像装置 3 1 0 は、上述の第 1 乃至第 4 実施形態のいずれかに記載の固体撮像装置 1 0 0 である。撮像システム 3 0 0 は、撮像装置 3 1 0 により取得された複数の画像データに対し、画像処理を行う画像処理部 3 1 2 と、撮像システム 3 0 0 により取得された複数の画像データから視差（視差画像の位相差）の算出を行う視差算出部 3 1 4 を有する。また、撮像システム 3 0 0 は、算出された視差に基づいて対象物までの距離を算出する距離計測部 3 1 6 と、算出された距離に基づいて衝突可能性があるか否かを判定する衝突判定部 3 1 8 と、を有する。ここで、視差算出部 3 1 4 や距離計測部 3 1 6 は、対象物までの距離情報を取得する距離情報取得手段の一例である。すなわち、距離情報とは、視差、デフォーカス量、対象物までの距離等に関する情報である。衝突判定部 3 1 8 はこれらの距離情報のいずれかを用いて、衝突可能性を判定してもよい。距離情報取得手段は、専用に設計されたハードウェアによって実現されてもよいし、ソフトウェアモジュールによって実現されてもよい。また、FPGA (Field Programmable Gate Array) やASIC (Application Specific Integrated Circuit) 等によって実現されてもよいし、これらの組合せによって実現されてもよい。

10

【 0 0 6 4 】

撮像システム 3 0 0 は車両情報取得装置 3 2 0 と接続されており、車速、ヨーレート、舵角などの車両情報を取得することができる。また、撮像システム 3 0 0 は、衝突判定部 3 1 8 での判定結果に基づいて、車両に対して制動力を発生させる制御信号を出力する制御装置である制御 ECU 3 3 0 が接続されている。また、撮像システム 3 0 0 は、衝突判定部 3 1 8 での判定結果に基づいて、ドライバーへ警報を発する警報装置 3 4 0 とも接続されている。例えば、衝突判定部 3 1 8 の判定結果として衝突可能性が高い場合、制御 ECU 3 3 0 はブレーキをかける、アクセルを戻す、エンジン出力を抑制するなどして衝突を回避、被害を軽減する車両制御を行う。警報装置 3 4 0 は音等の警報を鳴らす、カーナビゲーションシステムなどの画面に警報情報を表示する、シートベルトやステアリングに振動を与えるなどしてユーザに警告を行う。

20

【 0 0 6 5 】

本実施形態では、車両の周囲、例えば前方又は後方を撮像システム 3 0 0 で撮像する。図 1 0 (b) に、車両前方（撮像範囲 3 5 0 ）を撮像する場合の撮像システムを示した。車両情報取得装置 3 2 0 が、所定の動作を行うように撮像システム 3 0 0 又は撮像装置 3 1 0 に指示を送る。このような構成により、測距の精度をより向上させることができる。

30

【 0 0 6 6 】

他の車両と衝突しないように制御する例を説明したが、他の車両に追従して自動運転する制御や、車線からはみ出さないように自動運転する制御などにも適用可能である。更に、撮像システムは、自車両等の車両に限らず、例えば、船舶、航空機あるいは産業用ロボットなどの移動体（移動装置）に適用することができる。加えて、移動体に限らず、高度道路交通システム（ITS）等、広く物体認識を利用する機器に適用することができる。

40

【 0 0 6 7 】

〔変形実施形態〕

本発明は、上述の実施形態に限らず種々の変形が可能である。例えば、いずれかの実施形態の一部の構成を他の実施形態に追加した例や、他の実施形態の一部の構成と置換した例も、本発明の実施形態である。

【 0 0 6 8 】

また、上述の実施形態では、信号電荷として電子を生成する光電変換部 PD を用いた固体撮像装置を例にして説明したが、信号電荷として正孔を生成する光電変換部 PD を用いた固体撮像装置についても同様に適用可能である。この場合、画素 1 2 の各部を構成する半導体領域の導電型は、逆導電型になる。なお、上述の実施形態に記載したトランジスタ

50

のソースとドレインの呼称は、トランジスタの導電型や着目する機能等に応じて異なることもあり、上述のソース及びドレインの全部又は一部が逆の名称で呼ばれることもある。

【 0 0 6 9 】

また、図 2 に示した画素 1 2 の回路構成は一例であり、適宜変更が可能である。画素 1 2 は、少なくとも、光電変換部 P D と、光電変換部 P D から電荷保持部に電荷を転送する転送トランジスタ M 1 とを有していればよい。本発明は、C M O S イメージセンサのみならず、C C D イメージセンサにも適用可能である。また、光電変換部 P D から電荷が転送される電荷保持部は、必ずしも増幅部の入力ノードとしてのフローティングディフュージョン F D である必要はなく、光電変換部 P D 及びフローティングディフュージョン F D とは別の電荷保持部であってもよい。

10

【 0 0 7 0 】

また、上述の実施形態では、図 3 に示すように p 型半導体領域 1 2 8 を、平面視において行方向に延在するストライプ状のパターンにより構成したが、平面レイアウトは図 3 に示す構成に限定されるものではない。例えば、また、平面視において列方向に延在するストライプ状のパターンにより構成してもよい。この場合も、p 型半導体領域 1 2 8 a と p 型半導体領域 1 2 8 b との間の間隙 1 4 0 は、平面視において n 型半導体領域 1 1 8 を横断するように配置する。

【 0 0 7 1 】

また、第 5 及び第 6 実施形態に示した撮像システムは、本発明の固体撮像装置 1 0 0 を適用しうる撮像システムの構成例を示したものであり、本発明の固体撮像装置を適用可能な撮像システムは図 9 及び図 1 0 に示した構成に限定されるものではない。

20

【 0 0 7 2 】

なお、上述の実施形態は、いずれも本発明を実施するにあたっての具体化の例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されてはならないものである。すなわち、本発明はその技術思想、又はその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形で実施することができる。

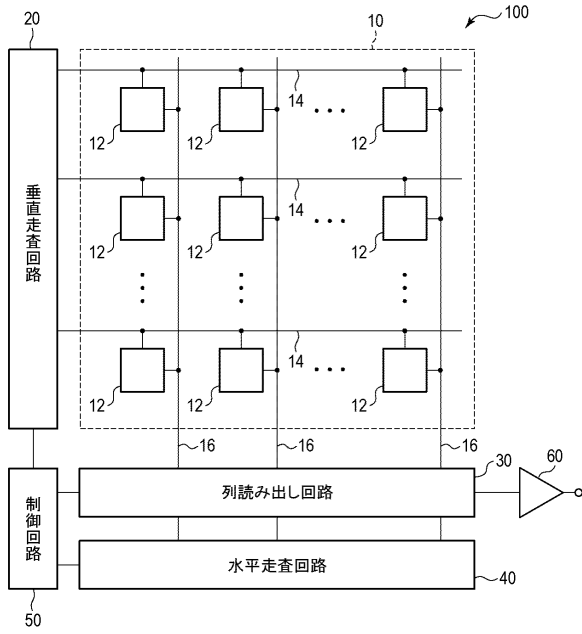
【符号の説明】

【 0 0 7 3 】

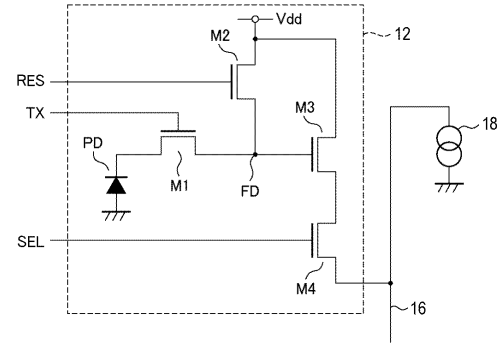
1 2	画素
1 1 0	半導体基板
1 1 6、1 2 8	p 型半導体領域
1 1 8	n 型半導体領域
1 4 0	間隙
1 5 0	光導波路
1 5 2	光導波路の底部
P D	光電変換部

30

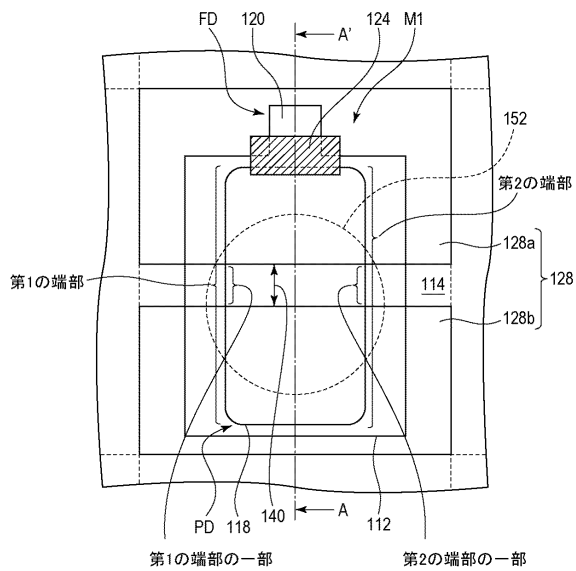
【図 1】



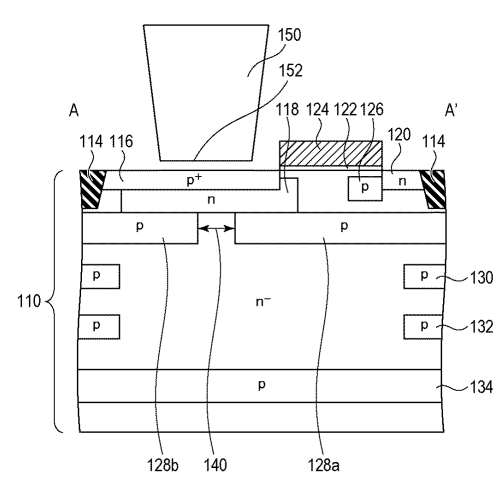
【図 2】



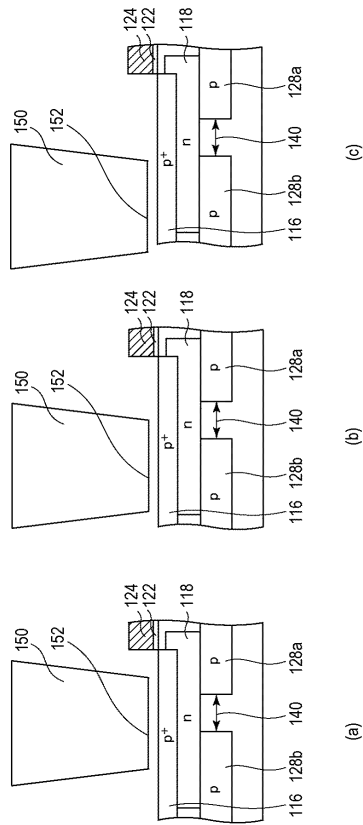
【図 3】



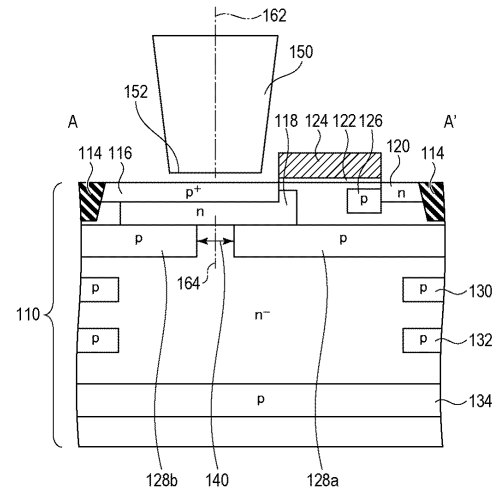
【図 4】



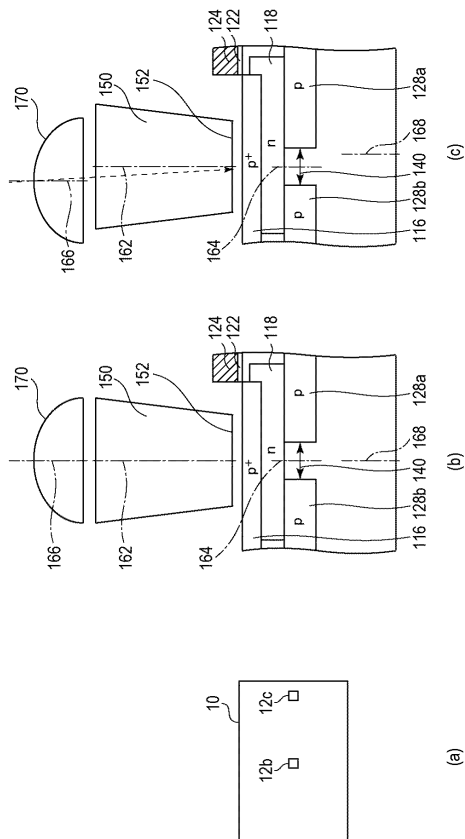
【 図 5 】



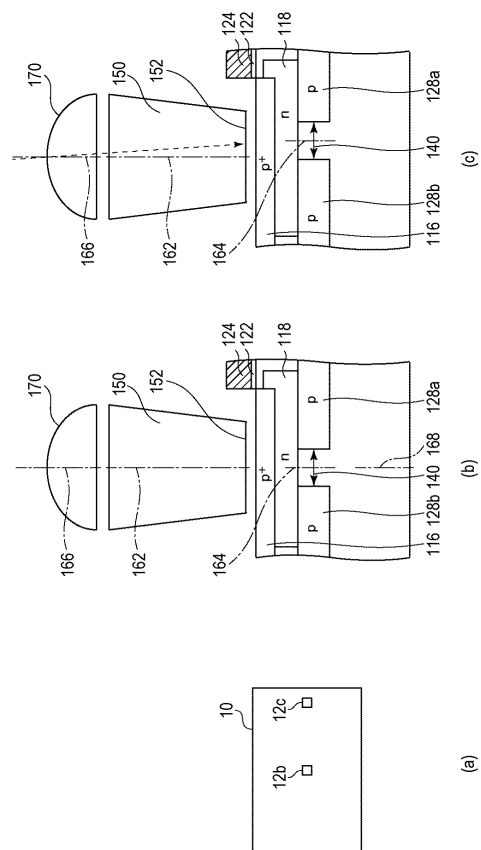
【圖 6】



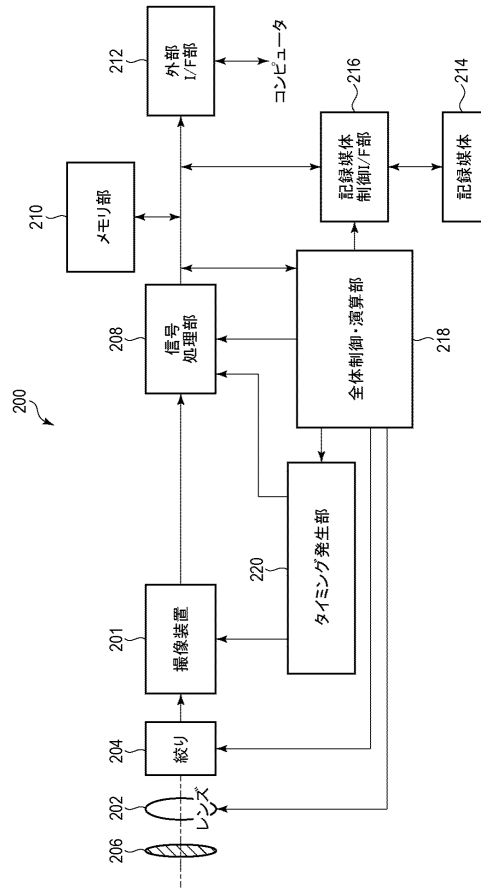
【圖 7】



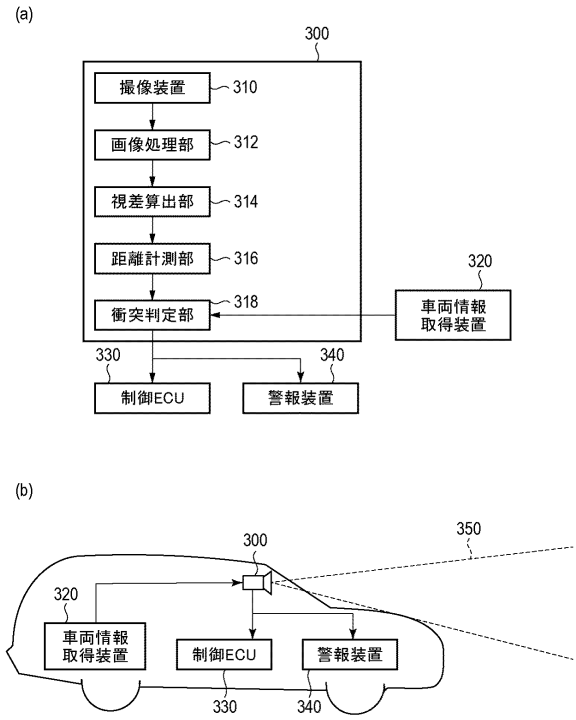
【 図 8 】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

審査官 柴山 将隆

- (56)参考文献 特開 2016 - 111082 (JP, A)
特開 2017 - 092149 (JP, A)
特開 2012 - 129371 (JP, A)
特開 2011 - 082329 (JP, A)
特開 2015 - 176969 (JP, A)
特開 2014 - 165286 (JP, A)
特開 2017 - 054932 (JP, A)
特開 2006 - 324439 (JP, A)
特開 2015 - 177350 (JP, A)
特開 2014 - 026396 (JP, A)
特開 2004 - 071628 (JP, A)
米国特許出願公開第 2014 / 0246748 (US, A1)
米国特許出願公開第 2015 / 0237276 (US, A1)
特開 2001 - 308310 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 27 / 146
H04N 5 / 369