

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7246863号
(P7246863)

(45)発行日 令和5年3月28日(2023.3.28)

(24)登録日 令和5年3月17日(2023.3.17)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 S 7/486(2020.01)

G 0 1 S 7/486

G 0 1 S 17/10 (2020.01)

G 0 1 S 17/10

H 0 1 L 31/107(2006.01)

H 0 1 L 31/10

B

請求項の数 11 (全24頁)

(21)出願番号	特願2018-81068(P2018-81068)	(73)特許権者	316005926
(22)出願日	平成30年4月20日(2018.4.20)		ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社
(65)公開番号	特開2019-190892(P2019-190892 A)		神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号
(43)公開日	令和1年10月31日(2019.10.31)	(74)代理人	110001357
審査請求日	令和3年3月11日(2021.3.11)		弁理士法人つばさ国際特許事務所
前置審査		(72)発明者	小澤 治
			神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号
			ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内
		(72)発明者	上水流 隼人
			熊本県菊池郡菊陽町大字原水4000番地1
			ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング株式会社内
		審査官	梶田 真也

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 受光装置、車両制御システム及び測距装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

光子の検出に応じて信号を生成するように構成された単一の受光素子をそれぞれ含む複数の画素を有する画素アレイ部を備え、

複数の画素は、第1の光子を検出する第1感度を有する第1の画素、第2の光子を検出する第2感度を有する第2の画素、第3の光子を検出する第3の感度を有する第3の画素、及び第4の光子を検出する第4の感度を有すると共に第n行のうち第1の画素の列の隣の列に配置された第4の画素、を含み、

第1の画素の受光面積は、第2の画素の受光面積および第3の画素の受光面積の各々よりも広く、

第2の感度、第3の感度及び第4の感度の各々は第1の感度よりも低く、

第1の画素、第2の画素、および第3の画素は、画素アレイ部の同じ列に配置され、第1の画素は第n行目、第2の画素は第n+1行目、第3の画素は第n-1行目に配置されている

受光装置。

【請求項2】

第1の画素の動作または第2の画素の動作は、周囲光の強度に応じて切り替わるように構成される

請求項1に記載の受光装置。

【請求項3】

第 1 の画素における受光素子の半導体層の厚さは、第 2 の画素における受光素子の半導体層の厚さよりも厚い

請求項 1 に記載の受光装置。

【請求項 4】

少なくとも 1 つの電圧源をさらに備え、

電圧源は、第 1 のエクセスバイアス電圧を第 1 の画素に供給すると共に第 2 のエクセスバイアス電圧を第 2 の画素に供給するように構成され、

第 1 のエクセスバイアス電圧は第 2 のエクセスバイアス電圧よりも高い

請求項 1 に記載の受光装置。

【請求項 5】

第 1 のエクセスバイアス電圧は、第 1 の画素内の受光素子のアノード電極に印加するアノード電圧によって設定される

請求項 4 に記載の受光装置。

【請求項 6】

外乱光の強度を検出するように構成された外乱光検出部をさらに備え、

アノード電圧は、外乱光の光量に応じて設定される

請求項 5 に記載の受光装置。

【請求項 7】

受光素子は、単一光子アバランシェダイオードを含む

請求項 1 に記載の受光装置。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の受光装置を備える車両制御システム。

【請求項 9】

測定対象物に対して光を照射する光源と、

測定対象物によって反射された光を受信する受光装置とを備え、

受光装置は、少なくとも 1 つの光子の受光に応じて信号を発生する単一の受光素子をそれぞれ含む複数の画素を有する画素アレイ部を備え、

画素アレイ部は、第 1 の光子を検出する第 1 の感度を有する第 1 の画素、第 2 の光子を検出する第 2 感度を有する第 2 の画素、第 3 の光子を検出する第 3 の感度を有する第 3 の画素、及び第 4 の光子を検出する第 4 の感度を有すると共に第 n 行のうち第 1 の画素の列の隣の列に配置された第 4 の画素、を含み、

第 1 の画素の受光面積は、第 2 の画素の受光面積および第 3 の画素の受光面積の各々よりも広く、

第 2 の感度、第 3 の感度及び第 4 の感度の各々は第 1 の感度よりも低く、

第 1 の画素、第 2 の画素、および第 3 の画素は、画素アレイ部の同じ列に配置され、

第 1 の画素は第 n 行目、第 2 の画素は第 $n + 1$ 行目、第 3 の画素は第 $n - 1$ 行目に配置されている

測距装置。

【請求項 10】

第 1 の画素における受光素子の半導体層の厚さは、第 2 の画素における受光素子の半導体層の厚さよりも厚い

請求項 9 に記載の測距装置。

【請求項 11】

少なくとも 1 つの電圧源をさらに備え、

電圧源は、第 1 のエクセスバイアス電圧を第 1 の画素に供給すると共に第 2 のエクセスバイアス電圧を第 2 の画素に供給するように構成され、

第 1 のエクセスバイアス電圧は第 2 のエクセスバイアス電圧よりも高い

請求項 9 に記載の測距装置。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】

【0001】

本開示は、受光装置及び測距装置に関する。

【背景技術】

【0002】

受光部として、光子の受光に応じて信号を発生する素子を用いた測距装置がある（例えば、特許文献1参照）。この従来技術に係る測距装置では、TOF（time of flight：飛行時間）の測定結果を所定の計測時間に亘って蓄積したヒストグラムの信号処理を工夫することでダイナミックレンジの拡大を図っている。具体的には、光量が低い場合は、パルス数を検出し、光量が高い場合は、パルスの幅を検出するようにしている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2014-81254号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本開示は、ヒストグラムの信号処理を工夫することなく、ダイナミックレンジの拡大を図ることができる受光装置、及び、当該受光装置を用いる測距装置を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記の目的を達成するための本開示の受光装置は、

光子の受光に応じて信号を発生する受光部をそれぞれ含む複数の画素を有する画素アレイ部を備え、

画素アレイ部は、第1感度の画素、及び、第1感度の画素よりも感度が低い第2感度の画素を有する構成となっている。

【0006】

また、上記の目的を達成するための本開示の測距装置（距離測定装置）は、

測定対象物に対して光を照射する光源、及び、

測定対象物で反射された光を受光する受光装置を備える。

そして、受光装置は、

光子の受光に応じて信号を発生する受光部をそれぞれ含む複数の画素を有する画素アレイ部を備え、

画素アレイ部は、第1感度の画素、及び、第1感度の画素よりも感度が低い第2感度の画素を有する構成となっている。

30

【発明の効果】

【0007】

本開示によれば、ヒストグラムの信号処理を工夫することなく、ダイナミックレンジの拡大を図ることができる。

40

【0008】

尚、ここに記載された効果に必ずしも限定されるものではなく、本明細書中に記載されたいずれかの効果であってもよい。また、本明細書に記載された効果はあくまで例示であって、これに限定されるものではなく、また付加的な効果があってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、本開示の一実施形態に係る測距装置を示す概略構成図である。

【図2】図2A及び図2Bは、本開示の一実施形態に係る測距装置の具体的な構成を示すブロック図である。

【図3】図3Aは、SPAD素子を用いた受光装置の基本的な画素回路の第1例を示す回

50

路図であり、図 3 B は、S P A D 素子を用いた受光装置の基本的な画素回路の第 2 例を示す回路図である。

【図 4】図 4 A は、S P A D 素子の P N 接合の電流 - 電圧特性を示す特性図であり、図 4 B は、画素回路の回路動作の説明に供する波形図である。

【図 5】図 5 は、照射光量が相対的に少ない場合の S P A D 素子のデッドタイム D T について説明する波形図である。

【図 6】図 6 は、照射光量が相対的に多い場合の S P A D 素子のデッドタイム D T について説明する波形図である。

【図 7】図 7 A は、デッドタイム D T と入射光量 - カウント値の特性との関係を示す特性図であり、図 7 B は、光子を検出できる確率 P D E と入射光量 - カウント値の特性との関係を示す特性図である。

10

【図 8】図 8 は、実施例 1 に係る画素アレイ部の構成の概略を示す平面図である。

【図 9】図 9 A は、実施例 2 に係る画素アレイ部の構成の概略を示す平面図であり、図 9 B は、受光部の断面構造を示す断面図である。

【図 10】図 10 A は、実施例 3 に係る画素アレイ部の構成の概略を示す平面図であり、図 10 B は、エクセスバイアス電圧 V_{EX} と、感度の指標となる確率 P D E との関係を示す特性図である。

【図 11】図 11 は、エクセスバイアス電圧 V_{EX} を小さく設定した場合の S P A D 素子の感度について説明する波形図である。

【図 12】図 12 は、実施例 4 に係る受光装置の構成の概略を示す回路ブロック図である。

20

【図 13】図 13 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。

【図 14】図 14 は、測距装置の設置位置の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本開示の技術を実施するための形態（以下、「実施形態」と記述する）について図面を用いて詳細に説明する。本開示の技術は実施形態に限定されるものではなく、実施形態における種々の数値などは例示である。以下の説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。尚、説明は以下の順序で行う。

30

1. 本開示の受光装置及び測距装置、全般に関する説明
2. 実施形態に係る測距装置
 - 2-1. S P A D 素子を用いた受光装置の基本構成
 - 2-2. S P A D 素子のデッドタイム D T について
3. 実施形態に係る受光装置
 - 3-1. 実施例 1（受光面積を変える例）
 - 3-2. 実施例 2（半導体層の厚みを変える例）
 - 3-3. 実施例 3（エクセスバイアス電圧を変える例）
 - 3-4. 実施例 4（実施例 3 の変形例：エクセスバイアス電圧を調整する例）
4. 本開示に係る技術の適用例（移動体の例）
5. 本開示がとることができる構成

40

【0011】

< 本開示の受光装置及び測距装置、全般に関する説明 >

本開示の受光装置及び測距装置にあっては、第 1 感度について、所定の光強度よりも弱い入射光を検出できる感度とすることができるし、第 2 感度について、所定の光量以下で飽和しない感度とすることができる。

【0012】

上述した好ましい構成を含む本開示の受光装置及び測距装置にあっては、第 1 感度の画素について、第 2 感度の画素よりも受光面積が広い構成とすることができるし、第 2 感度の画素よりも受光部の半導体層の厚みが厚い構成とすることができる。

50

【 0 0 1 3 】

また、上述した好ましい構成を含む本開示の受光装置及び測距装置にあっては、第 1 感度の画素について、第 2 感度の画素よりもエクセスバイアス電圧の電圧値が高い構成とすることができる。このとき、エクセスバイアス電圧の電圧値について、受光部のアノード電極に印加するアノード電圧の電圧値によって設定することができる。また、外乱光の大きさに応じて、アノード電圧の電圧値を設定することができる。

【 0 0 1 4 】

また、上述した好ましい構成を含む本開示の受光装置及び測距装置にあっては、受光部について、単一光子アバランシェダイオードから成る構成とすることができる。

【 0 0 1 5 】

< 実施形態に係る測距装置 >

図 1 は、本開示の一実施形態に係る測距装置を示す概略構成図である。本実施形態に係る測距装置 1 は、測定対象物である被写体 10 までの距離を測定する測定法として、被写体 10 に向けて照射した光（例えば、レーザ光）が、当該被写体 10 で反射されて戻ってくるまでの時間を測定する T O F（time of flight：飛行時間）法を採用している。T O F 法による距離測定を実現するために、本実施形態に係る測距装置 1 は、光源 20 及び受光装置 30 を備えている。そして、受光装置 30 として、後述する本開示の一実施形態に係る受光装置を用いる。

【 0 0 1 6 】

本実施形態に係る測距装置 1 の具体的な構成を図 2 A 及び図 2 B に示す。光源 20 は、例えば、レーザドライバ 21、レーザ光源 22、及び、拡散レンズ 23 を有し、被写体 10 に対してレーザ光を照射する。レーザドライバ 21 は、制御部 40 による制御の下に、レーザ光源 22 を駆動する。レーザ光源 22 は、例えば半導体レーザから成り、レーザドライバ 21 によって駆動されることによりレーザ光を出射する。拡散レンズ 23 は、レーザ光源 22 から出射されたレーザ光を拡散し、被写体 10 に対して照射する。

【 0 0 1 7 】

受光装置 30 は、受光レンズ 31、光センサ 32、及び、論理回路 33 を有し、レーザ照射部 20 による照射レーザ光が被写体 10 で反射されて戻ってくる反射レーザ光を受光する。受光レンズ 31 は、被写体 10 からの反射レーザ光を光センサ 32 の受光面上に集光する。光センサ 32 は、受光レンズ 31 を経た被写体 10 からの反射レーザ光を画素単位で受光し、光電変換する。

【 0 0 1 8 】

光センサ 32 の出力信号は、論理回路 33 を経由して制御部 40 へ供給される。光センサ 32 の詳細については後述する。制御部 40 は、例えば、C P U（Central Processing Unit：中央処理ユニット）等によって構成され、光源 20 及び受光装置 30 を制御するとともに、光源 20 から被写体 10 に向けて照射したレーザ光が、当該被写体 10 で反射されて戻ってくるまでの時間 t の計測を行う。この時間 t を基に、被写体 10 までの距離 L を求めることができる。時間計測の方法としては、光源 20 からパルス光を照射したタイミングでタイマをスタートさせ、受光装置 30 が当該パルス光を受光したタイミングでタイマをストップし、時間 t を計測する。時間計測のその他の方法として、光源 20 から所定の周期でパルス光を照射し、受光装置 30 が当該パルス光を受光した際の周期を検出し、発光の周期と受光の周期との位相差から時間 t を計測してもよい。時間計測は複数回実行され、複数回計測された時間を積み上げたヒストグラムのピークを検出することで時間 t を計測する。

【 0 0 1 9 】

光センサ 32 としては、受光部を含む画素が 2 次元アレイ状に配置されて成る 2 次元アレイセンサ（所謂、エリアセンサ）を用いることもできるし、受光部を含む画素が直線状に配置されて成る 1 次元アレイセンサ（所謂、ラインセンサ）を用いることもできる。

【 0 0 2 0 】

そして、本実施形態では、光センサ 32 として、画素の受光部が、光子の受光に応じて

10

20

30

40

50

信号を発生する素子、例えば、SPAD (Single Photon Avalanche Diode: 単一光子アバランシェダイオード) 素子から成るセンサを用いている。すなわち、本実施形態に係る受光装置 30 は、画素の受光部が SPAD 素子から成る構成となっている。尚、受光部は SPAD 素子に限定されず、APD (Avalanche Photo Diode) や CAPD (Current Assisted Photonic Demodulator) 等の種々の素子であってもよい。

【0021】

[SPAD 素子を用いた受光装置の基本回路]

SPAD 素子を用いた受光装置 30 の基本的な画素回路の第 1 例を図 3 A に示し、第 2 例を図 3 B に示す。ここでは、1 画素分の基本構成を図示している。

【0022】

第 1 例に係る画素回路 50 では、SPAD 素子 51 は、カソード電極が、負荷である抵抗素子 R を介して、電源電圧 V_{DD} が与えられる端子 52 に接続され、アノード電極が、アノード電圧 V_{bd} が与えられる端子 53 に接続されている。アノード電圧 V_{bd} としては、アバランシェ増倍が発生する大きな負電圧が印加される。アノード電極とグランドとの間には容量素子 C が接続されている。そして、SPAD 素子 51 のカソード電圧 V_{CA} が、P 型 MOS トランジスタ Q_p 及び N 型 MOS トランジスタ Q_n が直列接続されて成る CMOS インバータ 54 を介して SPAD 出力 (画素出力) として導出される。

【0023】

SPAD 素子 51 には、ブレイクダウン電圧 V_{BD} 以上の電圧が印加される。ブレイクダウン電圧 V_{BD} 以上の過剰電圧は、エクセスバイアス電圧 V_{EX} と呼ばれ、2 - 5 V 程度の電圧が一般的である。SPAD 素子 51 は、DC 的な安定点が無いガイガーモードと呼ばれる領域で動作する。SPAD 素子 51 の PN 接合の I (電流) - V (電圧) 特性を図 4 A に示す。

【0024】

第 2 例に係る画素回路 50 は、第 1 例に係る画素回路 50 における負荷を、抵抗素子 R から P 型 MOS トランジスタ Q_L に置き換えただけの違いであり、それ以外の回路構成は基本的に同じである。

【0025】

続いて、上記の構成の画素回路 50 の回路動作について、図 4 B の波形図を用いて説明する。

【0026】

SPAD 素子 51 に電流が流れていない状態では、SPAD 素子 51 には、 $V_{DD} - V_{bd}$ の電圧が印加されている。この電圧値 ($V_{DD} - V_{bd}$) は、($V_{BD} + V_{EX}$) である。そして、SPAD 素子 51 の PN 接合部で暗電子の発生レート DCR (Dark Count Rate) や光照射によって発生した電子がアバランシェ増倍を生じ、アバランシェ電流が発生する。この現象は、遮光されている状態 (即ち、光が入射していない状態) でも確率的に発生している。これが暗電子の発生レート DCR である。

【0027】

カソード電圧 V_{CA} が低下し、SPAD 素子 51 の端子間の電圧が PN ダイオードのブレイクダウン電圧 V_{BD} になると、アバランシェ電流が停止する。そして、アバランシェ増倍で発生し、蓄積された電子が、負荷の抵抗素子 R (又は、P 型 MOS トランジスタ Q_L) によって放電し、カソード電圧 V_{CA} が電源電圧 V_{DD} まで回復し、再び初期状態に戻る。この動作が、所謂、クエンチング動作である。

【0028】

SPAD 素子 51 に光が入射して 1 個でも電子 - 正孔対が発生すると、それが種となってアバランシェ電流が発生するので、光子 1 個の入射でも、ある確率 PDE (Photon Detection Efficiency) で検出することができる。この光子を検出できる確率 PDE は、通常、数% ~ 20% 程度のものが多い。

【0029】

以上の動作が繰り返される。そして、この一連の動作において、カソード電圧 V_{CA} が、

10

20

30

40

50

CMOSインバータ54で波形整形され、1フォトンの到来時刻を開始点とするパルス幅Tのパルス信号がSPAD出力(画素出力)となる。

【0030】

上述したように、SPAD素子51は、単一光子の入射を、ある確率PDEで検出できる高性能な光センサである。しかし、一度光子の検出を行うと、数ns~数十nsの間、光子に反応できない時間、即ち、デッドタイムDT(Dead Time)が存在する。そのため、高光量条件になって光子の検出頻度が高くなり、デッドタイムDTのトータル時間が観測時間に対して無視できない大きさになると、光検出精度が低下する。

【0031】

[光子に反応できないデッドタイムDT]

10

ここで、SPAD素子51の光子に反応できないデッドタイムDTについて、図5の波形図を用いてより具体的に説明する。上述したように、SPAD素子51には、カソード電圧V_{CA}が電源電圧V_{DD}まで回復する時間に起因して、光入射があっても反応できないデッドタイムDTが存在する。例えば、領域aでは、アバランシェ増倍が2回発生し、これに伴ってSPAD出力として2つのパルス信号が生成されるが、領域bでは、アバランシェ増倍が2回発生しているが、パルス信号の生成は1つである。

【0032】

理論的には、SPAD素子51が一応反応してからカソード電圧V_{CA}が、次段のCMOSインバータ54の閾値電圧以上の電圧になるまでに発生した光入射に対しては、SPAD素子51はSPAD出力を生成しない。つまり、この期間がデッドタイムDTであり、パルス幅Tがその限界値となる。

20

【0033】

図5の場合を、SPAD素子51に対する照射光量が相対的に少ない場合とすると、照射光量が相対的に多く、光の反応数が多い場合は、図6に示すように、領域cや領域dでは、実際のSPAD素子51の反応回数は多くなるが、デッドタイムDTの影響によるパルス信号のカウントの取りこぼしの影響が大きくなる。この現象は、デッドタイムDTが大きく、光子を検出できる確率PDEの高い条件でより顕著になる。

【0034】

より詳細な論理式を次式に示す。次式において、mはパルス信号のカウント値、nは入射光量に対する理想応答回数、t_{dead}はデッドタイムDTの時間である。

30

$$m = n \cdot \exp(-n \cdot t_{\text{dead}})$$

デッドタイムDTの時間t_{dead}が長く、入射光量に対する理想応答回数nが多いほど、論理式との乖離が大きくなる。

【0035】

SPAD素子51の理想特性は、入射光量に対してパルス信号のカウント値mがリニアに変化することである。しかし、デッドタイムDTの大きなサンプル程、図7Aに示すように、より弱い入射光で飽和してしまう傾向がある。この傾向は、図7Bに示すように、光子を検出できる確率PDEの高いSPADほど(即ち、感度の高いSPADほど)、起こり易いという問題がある。すなわち、図7Bの特性は、感度の高いSPADほど早く飽和し易いことを表している。

40

【0036】

ところで、SPAD素子51を光センサ32として用いる受光装置30を有する測距装置1については、後述するように、自動車などの移動体に搭載して用いることができる。例えば、自動車の自動運転では、規制によって最大光量に制限のあるレーザ光の照射によって300m先の障害物を検出できる必要がある。そのため、SPAD素子51の感度は高い必要がある。その一方で、朝日や強力な反射光などの条件下でも、SPAD素子51は正常に動作する必要がある。図7A及び図7Bに示す顧客要求最大光量以下で飽和してはいけない。そのため、SPAD素子51を光センサ32として用いる受光装置30には、高ダイナミックレンジでの動作、即ち、弱い入射光にも反応でき、且つ、強い入射光で飽和しない動作が求められる。

50

【 0 0 3 7 】

<実施形態に係る受光装置>

そこで、本実施形態では、ダイナミックレンジの拡大を図るために、SPAD素子51をそれぞれ含む複数の画素を有する画素アレイ部を備える受光装置30において、画素アレイ部について、第1感度の画素（所謂、高感度画素）、及び、第1感度の画素よりも感度が低い第2感度の画素（所謂、低感度画素）を有する構成とする。これにより、弱い入射光に対して高感度画素が反応し、且つ、強い入射光に対して低感度画素が反応することになるため、ダイナミックレンジの拡大を図ることができる。

【 0 0 3 8 】

高感度画素の感度（即ち、第1感度）については、所定の光強度よりも弱い入射光（所定の量よりも少ない光子）を検出できる感度とすることができる。また、低感度画素の感度（即ち、第2感度）については、所定の光量以下、具体的には、図7A及び図7Bに示す顧客要求最大光量以下で飽和しない感度であることが好ましい。

10

【 0 0 3 9 】

ここでは、画素の感度について、第1の感度及び第2の感度の2段階に設定する場合を例に挙げているが、2段階の感度の設定に限られるものではなく、第1の感度及び第2の感度の一方あるいは両方を更に細分化し、3段階以上の感度の設定としてもよい。

【 0 0 4 0 】

以下に、ダイナミックレンジの拡大を図るための本実施形態の具体的な実施例について説明する。

20

【 0 0 4 1 】

[実施例 1]

実施例1は、画素アレイ部内の画素のサイズを変えることによってダイナミックレンジの拡大を図る例である。実施例1に係る画素アレイ部の構成の概略を図8に示す。

【 0 0 4 2 】

実施例1では、画素が行列状に2次元配置されて成る画素アレイ部60において、当該画素アレイ部60内に、画素サイズが相対的に大きい第1の画素61と、第1の画素61よりも画素サイズが小さい第2の画素62とを設けた構成となっている。

【 0 0 4 3 】

尚、ここでは、第1の画素61と、当該第1の画素61と同サイズの領域に配置された4個の第2の画素62とを格子状に並べた画素配置を例示したが、当該画素配置に限られるものではなく、要は、画素アレイ部60内に第1の画素61と第2の画素62とが混在する画素配置であればよい。

30

【 0 0 4 4 】

第1の画素61と第2の画素62との画素サイズが異なるということは、第1の画素61と第2の画素62との受光面積が異なるということである。具体的には、図8から明らかのように、第1の画素61は、第2の画素62よりも受光面積が広く、従って、第1の画素61は、第2の画素62よりも高感度の画素である。

【 0 0 4 5 】

上述したように、実施例1に係る受光装置30は、画素アレイ部60内に、画素サイズ（受光面積）が相対的に大きい第1の画素61と、画素サイズ（受光面積）が相対的に小さい第2の画素62とを有する。これにより、第1の画素61によって低い入射光量の条件下でも光子を確実に検出できるし、第2の画素62によって高い入射光量の条件下でも飽和しないで検出動作を行うことができる。その結果、受光装置30のダイナミックレンジの拡大を図ることができる。

40

【 0 0 4 6 】

(実施例 1 の応用例)

実施例1については、以下の応用例とすることができる。

・ 応用例 1

第1の画素61及び第2の画素62の各出力に対して、画素サイズに応じた重み付けを

50

行い、その和を求めて光量判定を行うようにすることができる。自動車などの移動体に搭載される測距装置、例えば L I D A R (Light Detection and Ranging、Laser Imaging Detection and Ranging) 装置では、レーザ光が物体で反射して戻ってくるまでの時間を観測して、物体までの距離を計算する機能の他に、反射光の光量を把握して物体を認識する機能(例えば、道路の白線を認識する機能など)がある。このような機能では、反射光の光量の判定が必要になるため、その判定結果を用いて、第 1 の画素 6 1 及び第 2 の画素 6 2 の各出力に対して、画素サイズ(受光面積)によって重み付けを行い、その和で反射光の光量を判定するようにすることができる。

【 0 0 4 7 】

・ 応用例 2

外乱光の大きさ(光量)によって、どちらかの画素サイズの画素のみ(第 1 の画素 6 1 / 第 2 の画素 6 2)を動作させるようにすることができる。自動車などの移動体に搭載される測距装置、例えば L I D A R 装置では、レーザ光の発光を行う前に、非発光の状態の外乱光がどの程度あるのかを判定する準備モードがある。この準備モードでの判定結果を用いて、外乱光の大きさによって、画素サイズの大きい第 1 の画素 6 1、及び、画素サイズの小さい第 2 の画素 6 2 のどちらを使用するか決めるようにすることができる。

【 0 0 4 8 】

・ 応用例 3

画素サイズが相対的に大きい第 1 の画素 6 1、及び、画素サイズが相対的に小さい第 2 の画素 6 2 を時系列で使い分けるようにすることができる。例えば、画素サイズの大きい第 1 の画素 6 1、及び、画素サイズの小さい第 2 の画素 6 2 を交互に動作させたり、前回の評価結果に基づいて、画素サイズの大きい第 1 の画素 6 1、及び、画素サイズの小さい第 2 の画素 6 2 のどちらを使用するか決めて使用するようにしたりすることができる。

【 0 0 4 9 】

[実施例 2]

実施例 2 は、画素の受光部の半導体層の厚みを変えることによってダイナミックレンジの拡大を図る例である。実施例 2 に係る画素アレイ部の構成の概略を図 9 A に示し、受光部の断面構造を図 9 B に示す。

【 0 0 5 0 】

図 9 B に示すように、半導体基板、例えば p⁻基板 7 1 内に、半導体層である n⁻ウェル 7 2 と、p⁺拡散層 7 3 の底面との間の p n 接合によってアバランシェ増倍を発生させる S P A D 素子が構成されている。p⁺拡散層 7 3 の周辺部には、p⁻ウェル 7 4 によってガードリングが形成されている。これにより、ブレークダウン電圧 V_{BD}よりも低い電圧でのソフトなブレークダウンが生じないようにしている。

【 0 0 5 1 】

上記の構造の受光部において、半導体層である n⁻ウェル 7 2 の厚み t が厚い S P A D 素子ほど、光入射時に電子 - 正孔対が発生し易いので、光子を検出できる確率 P D E が高く、感度が高くなる。そこで、実施例 2 では、S P A D 素子の n⁻ウェル 7 2 の厚み t を変えることにより、図 9 A に示すように、画素アレイ部 6 0 内に、感度が相対的に高い第 1 の画素 6 3 と、感度が相対的に低い第 2 の画素 6 4 とを設けた構成となっている。

【 0 0 5 2 】

尚、ここでは、高感度画素である第 1 の画素 6 3 と、低感度画素である第 2 の画素 6 4 とを格子状に並べた画素配置を例示したが、当該画素配置に限られるものではなく、要は、画素アレイ部 6 0 内に第 1 の画素 6 3 と第 2 の画素 6 4 とが混在する画素配置であればよい。

【 0 0 5 3 】

画素アレイ部 6 0 内に、高感度画素と低感度画素とを混在させるに当たって、実施例 2 では、高感度画素である第 1 の画素 6 3 について、低感度画素である第 2 の画素 6 4 よりも S P A D 素子の n⁻ウェル 7 2 の厚み t を厚くする構成を採っている。

【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

50

上述したように、実施例 2 に係る受光装置 30 は、画素アレイ部 60 内に、 n^+ ウェル 72 の厚み t が相対的に厚い第 1 の画素 63 と、 n^+ ウェル 72 の厚み t が相対的に薄い第 2 の画素 64 とを有する。これにより、第 1 の画素 63 によって低い入射光量の条件下でも光子を確実に検出できるし、第 2 の画素 64 によって高い入射光量の条件下でも飽和しないで検出動作を行うことができる。その結果、受光装置 30 のダイナミックレンジの拡大を図ることができる。

【0055】

(実施例 2 の応用例)

実施例 2 については、実施例 1 との組み合わせで用いることもできる。すなわち、画素アレイ部 60 内に、 n^+ ウェル 72 の厚み t が相対的に厚い第 1 の画素 63、及び、 n^+ ウェル 72 の厚み t が相対的に薄い第 2 の画素 64 に加えて、画素サイズが相対的に大きい第 1 の画素 61、及び、画素サイズが相対的に小さい第 2 の画素 62 を有する受光装置 30 とすることもできる。

【0056】

また、実施例 2 についても、実施例 1 の応用例 1 乃至応用例 3 と同様の応用例を挙げることができる。

・応用例 1

第 1 の画素 63 及び第 2 の画素 64 の各出力に対して、 n^+ ウェル 72 の厚み t に応じた重み付けを行い、その和を求めて光量判定を行うようにすることができる。具体例については、実施例 1 の応用例 1 と同じである。

・応用例 2

外乱光の大きさ(光量)によって、どちらかの n^+ ウェル 72 の厚み t の画素のみ(第 1 の画素 63 / 第 2 の画素 64)を動作させるようにすることができる。具体例については、実施例 1 の応用例 2 と同じである。

・応用例 3

n^+ ウェル 72 の厚み t が相対的に厚い第 1 の画素 63、及び、 n^+ ウェル 72 の厚み t が相対的に薄い第 2 の画素 64 を時系列で使い分けるようにすることができる。具体例については、実施例 1 の応用例 3 と同じである。

【0057】

[実施例 3]

実施例 3 は、画素の受光部、即ち、SPAD 素子のエクセスバイアス電圧 V_{EX} を変えることによってダイナミックレンジの拡大を図る例である。エクセスバイアス電圧 V_{EX} は、SPAD 素子に印加するブレークダウン電圧 V_{BD} 以上の過剰電圧である。実施例 3 に係る画素アレイ部の構成の概略を図 10A に示し、エクセスバイアス電圧 V_{EX} と、感度の指標となる確率 PDE との関係を図 10B に示す。

【0058】

図 10B から明らかなように、エクセスバイアス電圧 V_{EX} の電圧値を小さくすると、光子を検出できる確率 PDE、即ち SPAD 素子の感度を落とすことができるため、高光量の条件下での光飽和が起こりにくくなる。また、エクセスバイアス電圧 V_{EX} の電圧値を小さくすると、図 11 に示すように、SPAD 出力のパルス幅、即ち、光子に反応できないデッドタイム DT を短くすることができるため、前述の理論式から、高光量の条件下での光飽和特性を改善することができる。

【0059】

エクセスバイアス電圧 V_{EX} 、光子を検出できる確率 PDE、及び、光子に反応できないデッドタイム DT と、SPAD 素子の特性との間には、次のような関係がある。すなわち、エクセスバイアス電圧 V_{EX} が相対的に高い、確率 PDE が相対的に高い、及び、デッドタイム DT が相対的に長い SPAD 素子は、感度が相対的に高いものの、相対的に飽和しやすい。エクセスバイアス電圧 V_{EX} が相対的に低い、確率 PDE が相対的に低い、及び、デッドタイム DT が相対的に短い SPAD 素子は、感度が相対的に低いものの、相対的に飽和しにくい。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

このように、SPAD素子にあっては、当該SPAD素子に印加するエクセスバイアス電圧 V_{EX} の電圧値によってSPAD素子の感度を調整することができる。エクセスバイアス電圧 V_{EX} の電圧値は、図3A及び図3Bにおいて、端子53に与えるアノード電圧 V_{bd} の電圧値によって変えることができる。アノード電圧 V_{bd} の電圧値は、画素アレイ部内の画素間で共通の固定値に設定されることが一般的である。

【 0 0 6 1 】

そこで、実施例3では、SPAD素子に印加するエクセスバイアス電圧 V_{EX} の電圧値を変えることにより、図10Aに示すように、画素アレイ部60内に、感度が相対的に高い第1の画素65と、感度が相対的に低い第2の画素66とを設けた構成となっている。

10

【 0 0 6 2 】

尚、ここでは、高感度画素である第1の画素65と、低感度画素である第2の画素66とを格子状に並べた画素配置を例示したが、当該画素配置に限られるものではなく、要は、画素アレイ部60内に第1の画素65と第2の画素66とが混在する画素配置であればよい。また、エクセスバイアス電圧 V_{EX} の電圧値は、第1の画素65と第2の画素66との2段階での設定に限定されず、3段階以上に設定されてもよい。すなわち、高感度画素、中感度画素、低感度画素が混在する画素配置であってもよい。

【 0 0 6 3 】

上述したように、実施例3に係る受光装置30は、画素アレイ部60内に、エクセスバイアス電圧 V_{EX} が相対的に高い第1の画素65と、エクセスバイアス電圧 V_{EX} が相対的に低い第2の画素66とを有する。これにより、第1の画素65によって低い入射光量の条件下でも光子を確実に検出できるし、第2の画素66によって高い入射光量の条件下でも飽和しないで検出動作を行うことができる。その結果、受光装置30のダイナミックレンジの拡大を図ることができる。

20

【 0 0 6 4 】

(実施例3の応用例)

実施例3については、実施例1との組み合わせ、実施例2との組み合わせ、あるいは、実施例1及び実施例2との組み合わせで用いることもできる。すなわち、画素アレイ部60内に、エクセスバイアス電圧 V_{EX} が相対的に高い第1の画素65、及び、エクセスバイアス電圧 V_{EX} が相対的に低い第2の画素66に加えて、画素サイズが相対的に大きい第1の画素61、及び、画素サイズが相対的に小さい第2の画素62を有する受光装置30とすることもできる。

30

【 0 0 6 5 】

また、画素アレイ部60内に、エクセスバイアス電圧 V_{EX} が相対的に高い第1の画素65、及び、エクセスバイアス電圧 V_{EX} が相対的に低い第2の画素66に加えて、 n^+ ウェル72の厚み t が相対的に厚い第1の画素63、及び、 n^+ ウェル72の厚み t が相対的に薄い第2の画素64を有する受光装置30とすることもできる。

【 0 0 6 6 】

あるいは、画素アレイ部60内に、エクセスバイアス電圧 V_{EX} が相対的に高い第1の画素65、及び、エクセスバイアス電圧 V_{EX} が相対的に低い第2の画素66に加えて、画素サイズが相対的に大きい第1の画素61、及び、画素サイズが相対的に小さい第2の画素62、並びに、 n^+ ウェル72の厚み t が相対的に厚い第1の画素63、及び、 n^+ ウェル72の厚み t が相対的に薄い第2の画素64を有する受光装置30とすることもできる。

40

【 0 0 6 7 】

また、実施例3についても、実施例1の応用例1乃至応用例3と同様の応用例を挙げることができる。

・応用例1

第1の画素65及び第2の画素66の各出力に対して、エクセスバイアス電圧 V_{EX} に応じた重み付けを行い、その和を求めて光量判定を行うようすることができる。具体例については、実施例1の応用例1と同じである。

50

・ 応用例 2

外乱光の大きさ（光量）によって、どちらかのエクセスバイアス電圧 V_{EX} の画素のみ（第 1 の画素 6 5 / 第 2 の画素 6 6）を動作させるようにすることができる。具体例については、実施例 1 の応用例 2 と同じである。

・ 応用例 3

エクセスバイアス電圧 V_{EX} が相対的に高い第 1 の画素 6 5、及び、エクセスバイアス電圧 V_{EX} が相対的に低い第 2 の画素 6 6 を時系列で使い分けるようにすることができる。具体例については、実施例 1 の応用例 3 と同じである。

【 0 0 6 8 】

[実施例 4]

実施例 4 は、実施例 3 の変形例であり、外乱光の大きさ（光量）に応じてエクセスバイアス電圧 V_{EX} の電圧値の大きさを調整する例である。実施例 4 に係る受光装置の構成の概略を図 1 2 に示す。

【 0 0 6 9 】

実施例 4 では、実施例 3 の場合と同様に、SPAD 素子のエクセスバイアス電圧 V_{EX} を変えることによってダイナミックレンジの拡大を図るとともに、外乱光の大きさ（光量）に応じてエクセスバイアス電圧 V_{EX} の電圧値の大きさを調整するようにする。そのために、実施例 4 に係る受光装置は、画素回路 5 0 の端子 5 3 に印加するアノード電圧 V_{bd} を設定するアノード電圧設定部 7 1、及び、外乱光の大きさ（光量）を検出する外乱光検出部 7 2 を備えている。

【 0 0 7 0 】

アノード電圧設定部 7 1 は、外乱光検出部 7 2 が検出した外乱光の大きさに応じて、連続的に、あるいは、段階的に、アノード電圧 V_{bd} の電圧値を設定する。これにより、エクセスバイアス電圧 V_{EX} の電圧値の大きさが、外乱光の大きさに応じて、連続的に、あるいは、段階的に調整される。その結果、画素のサイズ（受光面積）や、受光部の半導体層の厚みを変えたりしなくても、画素の感度を変えることができ、ダイナミックレンジの拡大を図ることができる。

【 0 0 7 1 】

外乱光検出部 7 2 としては、周知の光センサを用いることができる。あるいは、LIDAR 装置では、レーザ光の発光を行う前に、非発光の状態の外乱光がどの程度あるのかを判定する準備モードがある。従って、自動車などの移動体に搭載する測距装置の受光装置として、実施例 4 に係る受光装置を用いる場合には、準備モードで判定される外乱光の大きさを、アノード電圧設定部 7 1 の入力として用いるようにすることができる。

【 0 0 7 2 】

尚、実施例 4 に係る受光装置の画素回路 5 0 として、図 3 A に示す画素回路を用いる場合を例に挙げて説明したが、図 3 B に示す画素回路を用いる場合も同じである。

【 0 0 7 3 】

< 本開示に係る技術の適用例 >

本開示に係る技術は、様々な製品に適用することができる。以下に、より具体的な適用例について説明する。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、建設機械、農業機械（トラクター）などのいずれかの種類の移動体に搭載される測距装置として実現されてもよい。

【 0 0 7 4 】

[移動体]

図 1 3 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 7 0 0 0 の概略的な構成例を示すブロック図である。車両制御システム 7 0 0 0 は、通信ネットワーク 7 0 1 0 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 1 3 に示した例では、車両制御システム 7 0 0 0 は、駆動系制御ユニット 7 1 0 0、ボディ系制御ユニット 7 2 0 0、バッテリー制御ユニット 7 3 0 0、車外情報検出ユニット 7 4

10

20

30

40

50

00、車内情報検出ユニット7500、及び統合制御ユニット7600を備える。これらの複数の制御ユニットを接続する通信ネットワーク7010は、例えば、CAN (Controller Area Network)、LIN (Local Interconnect Network)、LAN (Local Area Network) 又はFlexRay (登録商標) 等の任意の規格に準拠した車載通信ネットワークであってよい。

【0075】

各制御ユニットは、各種プログラムにしたがって演算処理を行うマイクロコンピュータと、マイクロコンピュータにより実行されるプログラム又は各種演算に用いられるパラメータ等を記憶する記憶部と、各種制御対象の装置を駆動する駆動回路とを備える。各制御ユニットは、通信ネットワーク7010を介して他の制御ユニットとの間で通信を行うためのネットワークI/Fを備えるとともに、車内外の装置又はセンサ等との間で、有線通信又は無線通信により通信を行うための通信I/Fを備える。図13では、統合制御ユニット7600の機能構成として、マイクロコンピュータ7610、汎用通信I/F7620、専用通信I/F7630、測位部7640、ビーコン受信部7650、車内機器I/F7660、音声画像出力部7670、車載ネットワークI/F7680及び記憶部7690が図示されている。他の制御ユニットも同様に、マイクロコンピュータ、通信I/F及び記憶部等を備える。

10

【0076】

駆動系制御ユニット7100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7100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。駆動系制御ユニット7100は、ABS (Antilock Brake System) 又はESC (Electronic Stability Control) 等の制御装置としての機能を有してもよい。

20

【0077】

駆動系制御ユニット7100には、車両状態検出部7110が接続される。車両状態検出部7110には、例えば、車体の軸回転運動の角速度を検出するジャイロセンサ、車両の加速度を検出する加速度センサ、あるいは、アクセルペダルの操作量、ブレーキペダルの操作量、ステアリングホイールの操舵角、エンジン回転数又は車輪の回転速度等を検出するためのセンサのうちの少なくとも一つが含まれる。駆動系制御ユニット7100は、車両状態検出部7110から入力される信号を用いて演算処理を行い、内燃機関、駆動用モータ、電動パワーステアリング装置又はブレーキ装置等を制御する。

30

【0078】

ボディ系制御ユニット7200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7200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7200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7200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。

40

【0079】

バッテリー制御ユニット7300は、各種プログラムにしたがって駆動用モータの電力供給源である二次電池7310を制御する。例えば、バッテリー制御ユニット7300には、二次電池7310を備えたバッテリー装置から、バッテリー温度、バッテリー出力電圧又はバッテリーの残存容量等の情報が入力される。バッテリー制御ユニット7300は、これらの信号を用いて演算処理を行い、二次電池7310の温度調節制御又はバッテリー装置に備えられた冷却装置等の制御を行う。

【0080】

50

車外情報検出ユニット 7400 は、車両制御システム 7000 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 7400 には、撮像部 7410 及び車外情報検出部 7420 のうちの少なくとも一方が接続される。撮像部 7410 には、ToF (Time Of Flight) カメラ、ステレオカメラ、単眼カメラ、赤外線カメラ及びその他のカメラのうちの少なくとも一つが含まれる。車外情報検出部 7420 には、例えば、現在の天候又は気象を検出するための環境センサ、あるいは、車両制御システム 7000 を搭載した車両の周囲の他の車両、障害物又は歩行者等を検出するための周囲情報検出センサのうちの少なくとも一つが含まれる。

【0081】

環境センサは、例えば、雨天を検出する雨滴センサ、霧を検出する霧センサ、日照度合いを検出する日照センサ、及び降雪を検出する雪センサのうちの少なくとも一つであってよい。周囲情報検出センサは、超音波センサ、レーダ装置及び L I D A R (Light Detection and Ranging、Laser Imaging Detection and Ranging) 装置のうちの少なくとも一つであってよい。これらの撮像部 7410 及び車外情報検出部 7420 は、それぞれ独立したセンサないし装置として備えられてもよいし、複数のセンサないし装置が統合された装置として備えられてもよい。

【0082】

ここで、図 14 は、撮像部 7410 及び車外情報検出部 7420 の設置位置の例を示す。撮像部 7910, 7912, 7914, 7916, 7918 は、例えば、車両 7900 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のうちの少なくとも一つ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 7910 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 7918 は、主として車両 7900 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 7912, 7914 は、主として車両 7900 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 7916 は、主として車両 7900 の後方の画像を取得する。車室内のフロントガラスの上部に備えられる撮像部 7918 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。

【0083】

尚、図 14 には、それぞれの撮像部 7910, 7912, 7914, 7916 の撮影範囲の一例が示されている。撮像範囲 a は、フロントノーズに設けられた撮像部 7910 の撮像範囲を示し、撮像範囲 b, c は、それぞれサイドミラーに設けられた撮像部 7912, 7914 の撮像範囲を示し、撮像範囲 d は、リアバンパ又はバックドアに設けられた撮像部 7916 の撮像範囲を示す。例えば、撮像部 7910, 7912, 7914, 7916 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 7900 を上方から見た俯瞰画像が得られる。

【0084】

車両 7900 のフロント、リア、サイド、コーナ及び車室内のフロントガラスの上部に設けられる車外情報検出部 7920, 7922, 7924, 7926, 7928, 7930 は、例えば超音波センサ又はレーダ装置であってよい。車両 7900 のフロントノーズ、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に設けられる車外情報検出部 7920, 7926, 7930 は、例えば L I D A R 装置であってよい。これらの車外情報検出部 7920 ~ 7930 は、主として先行車両、歩行者又は障害物等の検出に用いられる。

【0085】

図 13 に戻って説明を続ける。車外情報検出ユニット 7400 は、撮像部 7410 に車外の画像を撮像させるとともに、撮像された画像データを受信する。また、車外情報検出ユニット 7400 は、接続されている車外情報検出部 7420 から検出情報を受信する。車外情報検出部 7420 が超音波センサ、レーダ装置又は L I D A R 装置である場合には、車外情報検出ユニット 7400 は、超音波又は電磁波等を発信させるとともに、受信された反射波の情報を受信する。車外情報検出ユニット 7400 は、受信した情報に基づい

10

20

30

40

50

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。車外情報検出ユニット 7400 は、受信した情報に基づいて、降雨、霧又は路面状況等を認識する環境認識処理を行ってもよい。車外情報検出ユニット 7400 は、受信した情報に基づいて、車外の物体までの距離を算出してもよい。

【0086】

また、車外情報検出ユニット 7400 は、受信した画像データに基づいて、人、車、障害物、標識又は路面上の文字等を認識する画像認識処理又は距離検出処理を行ってもよい。車外情報検出ユニット 7400 は、受信した画像データに対して歪補正又は位置合わせ等の処理を行うとともに、異なる撮像部 7410 により撮像された画像データを合成して、俯瞰画像又はパノラマ画像を生成してもよい。車外情報検出ユニット 7400 は、異なる撮像部 7410 により撮像された画像データを用いて、視点変換処理を行ってもよい。

10

【0087】

車内情報検出ユニット 7500 は、車内の情報を検出する。車内情報検出ユニット 7500 には、例えば、運転者の状態を検出する運転者状態検出部 7510 が接続される。運転者状態検出部 7510 は、運転者を撮像するカメラ、運転者の生体情報を検出する生体センサ又は車室内の音声を集音するマイク等を含んでもよい。生体センサは、例えば、座面又はステアリングホイール等に設けられ、座席に座った搭乗者又はステアリングホイールを握る運転者の生体情報を検出する。車内情報検出ユニット 7500 は、運転者状態検出部 7510 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。車内情報検出ユニット 7500 は、集音された音声信号に対してノイズキャンセリング処理等の処理を行ってもよい。

20

【0088】

統合制御ユニット 7600 は、各種プログラムにしたがって車両制御システム 7000 内の動作全般を制御する。統合制御ユニット 7600 には、入力部 7800 が接続されている。入力部 7800 は、例えば、タッチパネル、ボタン、マイクロフォン、スイッチ又はレバー等、搭乗者によって入力操作され得る装置によって実現される。統合制御ユニット 7600 には、マイクロフォンにより入力される音声を音声認識することにより得たデータが入力されてもよい。入力部 7800 は、例えば、赤外線又はその他の電波を利用したリモートコントロール装置であってもよいし、車両制御システム 7000 の操作に対応した携帯電話又は PDA (Personal Digital Assistant) 等の外部接続機器であってもよい。入力部 7800 は、例えばカメラであってもよく、その場合搭乗者はジェスチャにより情報を入力することができる。あるいは、搭乗者が装着したウェアラブル装置の動きを検出することで得られたデータが入力されてもよい。さらに、入力部 7800 は、例えば、上記の入力部 7800 を用いて搭乗者等により入力された情報に基づいて入力信号を生成し、統合制御ユニット 7600 に出力する入力制御回路などを含んでもよい。搭乗者等は、この入力部 7800 を操作することにより、車両制御システム 7000 に対して各種のデータを入力したり処理動作を指示したりする。

30

【0089】

記憶部 7690 は、マイクロコンピュータにより実行される各種プログラムを記憶する ROM (Read Only Memory)、及び各種パラメータ、演算結果又はセンサ値等を記憶する RAM (Random Access Memory) を含んでいてもよい。また、記憶部 7690 は、HDD (Hard Disc Drive) 等の磁気記憶デバイス、半導体記憶デバイス、光記憶デバイス又は光磁気記憶デバイス等によって実現してもよい。

40

【0090】

汎用通信 I/F 7620 は、外部環境 7750 に存在する様々な機器との間の通信を仲介する汎用的な通信 I/F である。汎用通信 I/F 7620 は、GSM (登録商標) (Global System of Mobile communications)、WiMAX、LTE (Long Term Evolution) 若しくは LTE-A (LTE-Advanced) などのセルラー通信プロトコル、又は無線 LAN (Wi-Fi (登録商標) とともいう)、Bluetooth (登録商標)

50

などのその他の無線通信プロトコルを実装してよい。汎用通信 I / F 7 6 2 0 は、例えば、基地局又はアクセスポイントを介して、外部ネットワーク（例えば、インターネット、クラウドネットワーク又は事業者固有のネットワーク）上に存在する機器（例えば、アプリケーションサーバ又は制御サーバ）へ接続してもよい。また、汎用通信 I / F 7 6 2 0 は、例えば P 2 P（Peer To Peer）技術を用いて、車両の近傍に存在する端末（例えば、運転者、歩行者若しくは店舗の端末、又は M T C（Machine Type Communication）端末）と接続してもよい。

【 0 0 9 1 】

専用通信 I / F 7 6 3 0 は、車両における使用を目的として策定された通信プロトコルをサポートする通信 I / F である。専用通信 I / F 7 6 3 0 は、例えば、下位レイヤの I E E E 8 0 2 . 1 1 p と上位レイヤの I E E E 1 6 0 9 との組合せである W A V E（Wireless Access in Vehicle Environment）、D S R C（Dedicated Short Range Communications）、又はセルラー通信プロトコルといった標準プロトコルを実装してよい。専用通信 I / F 7 6 3 0 は、典型的には、車車間（Vehicle to Vehicle）通信、路車間（Vehicle to Infrastructure）通信、車両と家との間（Vehicle to Home）の通信及び歩車間（Vehicle to Pedestrian）通信のうちの 1 つ以上を含む概念である V 2 X 通信を遂行する。

【 0 0 9 2 】

測位部 7 6 4 0 は、例えば、G N S S（Global Navigation Satellite System）衛星からの G N S S 信号（例えば、G P S（Global Positioning System）衛星からの G P S 信号）を受信して測位を実行し、車両の緯度、経度及び高度を含む位置情報を生成する。尚、測位部 7 6 4 0 は、無線アクセスポイントとの信号の交換により現在位置を特定してもよく、又は測位機能を有する携帯電話、P H S 若しくはスマートフォンといった端末から位置情報を取得してもよい。

【 0 0 9 3 】

ビーコン受信部 7 6 5 0 は、例えば、道路上に設置された無線局等から発信される電波あるいは電磁波を受信し、現在位置、渋滞、通行止め又は所要時間等の情報を取得する。尚、ビーコン受信部 7 6 5 0 の機能は、上述した専用通信 I / F 7 6 3 0 に含まれてもよい。

【 0 0 9 4 】

車内機器 I / F 7 6 6 0 は、マイクロコンピュータ 7 6 1 0 と車内に存在する様々な車内機器 7 7 6 0 との間の接続を仲介する通信インタフェースである。車内機器 I / F 7 6 6 0 は、無線 L A N、B l u e t o o t h（登録商標）、N F C（Near Field Communication）又は W U S B（Wireless USB）といった無線通信プロトコルを用いて無線接続を確立してもよい。また、車内機器 I / F 7 6 6 0 は、図示しない接続端子（及び、必要であればケーブル）を介して、U S B（Universal Serial Bus）、H D M I（登録商標）（High-Definition Multimedia Interface）、又は M H L（Mobile High-definition Link）等の有線接続を確立してもよい。車内機器 7 7 6 0 は、例えば、搭乗者が有するモバイル機器若しくはウェアラブル機器、又は車両に搬入され若しくは取り付けられる情報機器のうちの少なくとも 1 つを含んでいてもよい。また、車内機器 7 7 6 0 は、任意の目的地までの経路探索を行うナビゲーション装置を含んでいてもよい。車内機器 I / F 7 6 6 0 は、これらの車内機器 7 7 6 0 との間で、制御信号又はデータ信号を交換する。

【 0 0 9 5 】

車載ネットワーク I / F 7 6 8 0 は、マイクロコンピュータ 7 6 1 0 と通信ネットワーク 7 0 1 0 との間の通信を仲介するインタフェースである。車載ネットワーク I / F 7 6 8 0 は、通信ネットワーク 7 0 1 0 によりサポートされる所定のプロトコルに則して、信号等を送受信する。

【 0 0 9 6 】

統合制御ユニット 7 6 0 0 のマイクロコンピュータ 7 6 1 0 は、汎用通信 I / F 7 6 2

10

20

30

40

50

0、専用通信 I / F 7 6 3 0、測位部 7 6 4 0、ビーコン受信部 7 6 5 0、車内機器 I / F 7 6 6 0 及び車載ネットワーク I / F 7 6 8 0 のうちの少なくとも一つを介して取得される情報に基づき、各種プログラムにしたがって、車両制御システム 7 0 0 0 を制御する。例えば、マイクロコンピュータ 7 6 1 0 は、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 7 1 0 0 に対して制御指令を出力してもよい。例えば、マイクロコンピュータ 7 6 1 0 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 A D A S (Advanced Driver Assistance System) の機能実現を目的とした協調制御を行ってもよい。また、マイクロコンピュータ 7 6 1 0 は、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ってもよい。

10

【 0 0 9 7 】

マイクロコンピュータ 7 6 1 0 は、汎用通信 I / F 7 6 2 0、専用通信 I / F 7 6 3 0、測位部 7 6 4 0、ビーコン受信部 7 6 5 0、車内機器 I / F 7 6 6 0 及び車載ネットワーク I / F 7 6 8 0 のうちの少なくとも一つを介して取得される情報に基づき、車両と周辺の構造物や人物等の物体との間の 3 次元距離情報を生成し、車両の現在位置の周辺情報を含むローカル地図情報を作成してもよい。また、マイクロコンピュータ 7 6 1 0 は、取得される情報に基づき、車両の衝突、歩行者等の近接又は通行止めの道路への進入等の危険を予測し、警告用信号を生成してもよい。警告用信号は、例えば、警告音を発生させたり、警告ランプを点灯させたりするための信号であってよい。

20

【 0 0 9 8 】

音声画像出力部 7 6 7 0 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 1 3 の例では、出力装置として、オーディオスピーカ 7 7 1 0、表示部 7 7 2 0 及びインストルメントパネル 7 7 3 0 が例示されている。表示部 7 7 2 0 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。表示部 7 7 2 0 は、A R (Augmented Reality) 表示機能を有していてもよい。出力装置は、これらの装置以外の、ヘッドホン、搭乗者が装着する眼鏡型ディスプレイ等のウェアラブルデバイス、プロジェクタ又はランプ等の他の装置であってもよい。出力装置が表示装置の場合、表示装置は、マイクロコンピュータ 7 6 1 0 が行った各種処理により得られた結果又は他の制御ユニットから受信された情報を、テキスト、イメージ、表、グラフ等、様々な形式で視覚的に表示する。また、出力装置が音声出力装置の場合、音声出力装置は、再生された音声データ又は音響データ等からなるオーディオ信号をアナログ信号に変換して聴覚的に出力する。

30

【 0 0 9 9 】

尚、図 1 3 に示した例において、通信ネットワーク 7 0 1 0 を介して接続された少なくとも二つの制御ユニットが一つの制御ユニットとして一体化されてもよい。あるいは、個々の制御ユニットが、複数の制御ユニットにより構成されてもよい。さらに、車両制御システム 7 0 0 0 が、図示されていない別の制御ユニットを備えてもよい。また、上記の説明において、いずれかの制御ユニットが担う機能の一部又は全部を、他の制御ユニットに持たせてもよい。つまり、通信ネットワーク 7 0 1 0 を介して情報の送受信がされるようになっていれば、所定の演算処理が、いずれかの制御ユニットで行われるようになってもよい。同様に、いずれかの制御ユニットに接続されているセンサ又は装置が、他の制御ユニットに接続されるとともに、複数の制御ユニットが、通信ネットワーク 7 0 1 0 を介して相互に検出情報を送受信してもよい。

40

【 0 1 0 0 】

以上、本開示に係る技術が適用され得る車両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、例えば、撮像部 7 9 1 0、7 9 1 2、7 9 1 4、7 9 1 6、7 9 1 8 や車外情報検出部 7 9 2 0、7 9 2 2、7 9 2 4、7 9 2 6、

50

7 9 2 8 , 7 9 3 0 に適用され得る。そして、本開示に係る技術を適用することにより、受光装置のダイナミックレンジの拡大を図ることができ、弱い入射光にも反応でき、且つ、強い入射光で飽和しない動作を行うことができるため、例えば、撮像対象を高精度にて検出可能な車両制御システムを構築できる。

【 0 1 0 1 】

< 本開示がとることができる構成 >

本開示は、以下のような構成をとることもできる。

【 0 1 0 2 】

A . 受光装置

[A - 1] 光子の受光に応じて信号を発生する受光部をそれぞれ含む複数の画素を有する画素アレイ部を備え、

10

画素アレイ部は、第 1 感度の画素、及び、第 1 感度の画素よりも感度が低い第 2 感度の画素を有する、

受光装置。

[A - 2] 第 1 感度は、所定の光強度よりも弱い入射光を検出できる感度であり、

第 2 感度は、所定の光量以下で飽和しない感度である、

上記 [A - 1] に記載の受光装置。

[A - 3] 第 1 感度の画素は、第 2 感度の画素よりも受光面積が広い、

上記 [A - 2] に記載の受光装置。

[A - 4] 第 1 感度の画素は、第 2 感度の画素よりも受光部の半導体層の厚みが厚い、

20

上記 [A - 2] に記載の受光装置。

[A - 5] 第 1 感度の画素は、第 2 感度の画素よりもエクセスバイアス電圧の電圧値が高い、

上記 [A - 2] に記載の受光装置。

[A - 6] エクセスバイアス電圧の電圧値は、受光部のアノード電極に印加するアノード電圧の電圧値によって設定される、

上記 [A - 5] に記載の受光装置。

[A - 7] 外乱光の大きさに応じて、アノード電圧の電圧値を設定する、

上記 [A - 6] に記載の受光装置。

[A - 8] 受光部は、単一光子アバランシェダイオードから成る、

30

上記 [A - 1] 乃至上記 [A - 7] のいずれかに記載の受光装置。

【 0 1 0 3 】

B . 測距装置

[B - 1] 測定対象物に対して光を照射する光源、及び、

測定対象物で反射された光を受光する受光装置を備え、

受光装置は、

光子の受光に応じて信号を発生する受光部をそれぞれ含む複数の画素を有する画素アレイ部を備え、

画素アレイ部は、第 1 感度の画素、及び、第 1 感度の画素よりも感度が低い第 2 感度の画素を有する、

40

測距装置。

[B - 2] 第 1 感度は、所定の光強度よりも弱い入射光を検出できる感度であり、

第 2 感度は、所定の光量以下で飽和しない感度である、

上記 [B - 1] に記載の測距装置。

[B - 3] 第 1 感度の画素は、第 2 感度の画素よりも受光面積が広い、

上記 [B - 2] に記載の測距装置。

[B - 4] 第 1 感度の画素は、第 2 感度の画素よりも受光部の半導体層の厚みが厚い、

上記 [B - 2] に記載の測距装置。

[B - 5] 第 1 感度の画素は、第 2 感度の画素よりもエクセスバイアス電圧の電圧値が高い、

50

上記 [B - 2] に記載の測距装置。

[B - 6] エクセスバイアス電圧の電圧値は、受光部のアノード電極に印加するアノード電圧の電圧値によって設定される、

上記 [B - 5] に記載の測距装置。

[B - 7] 外乱光の大きさに応じて、アノード電圧の電圧値を設定する、

上記 [B - 6] に記載の測距装置。

[B - 8] 受光部は、単一光子アバランシェダイオードから成る、

上記 [B - 1] 乃至上記 [B - 7] のいずれかに記載の測距装置。

【符号の説明】

【 0 1 0 4 】

1 . . . 測距装置、 1 0 . . . 被写体（測定対象物）、 2 0 . . . 光源、 2 1 . . . レーザドライバ、 2 2 . . . レーザ光源、 2 3 . . . 拡散レンズ、 3 0 . . . 受光装置、 3 1 . . . 受光レンズ、 3 2 . . . 光センサ、 3 3 . . . 回路部、 4 0 . . . 制御部、 5 0 . . . 画素回路、 5 1 . . . S P A D 素子、 6 0 . . . 画素アレイ部、 6 1 , 6 3 , 6 5 . . . 第 1 の画素（高感度画素）、 6 2 , 6 4 , 6 6 . . . 第 2 の画素（低感度画素）、 7 1 . . . アノード電圧設定部、 7 2 . . . 外乱光検出部

10

20

30

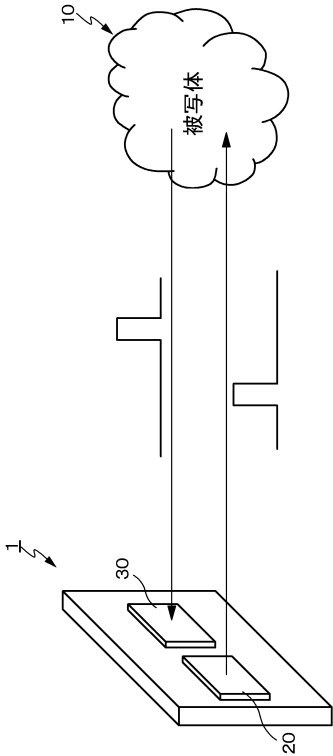
40

50

【図面】

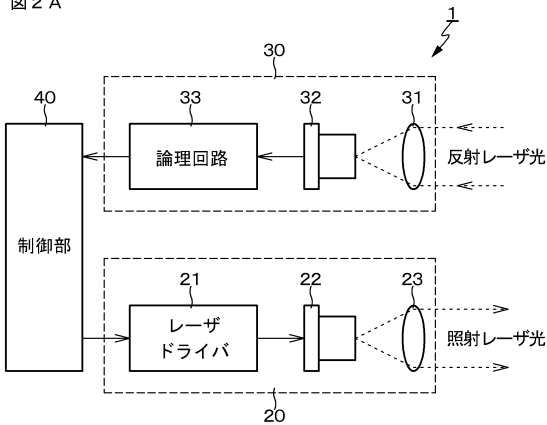
【図 1】

図 1



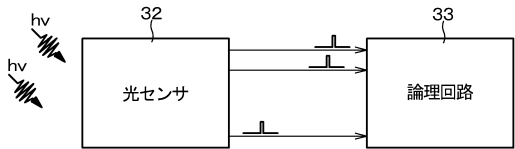
【図 2】

図 2 A



10

図 2 B



20

【図 3】

図 3 A

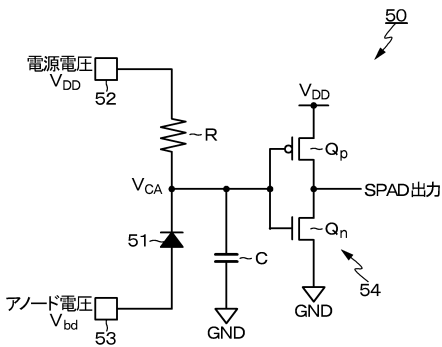
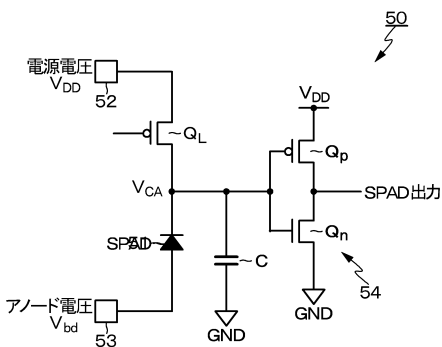
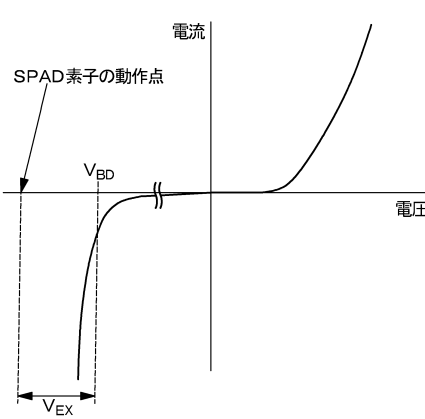


図 3 B



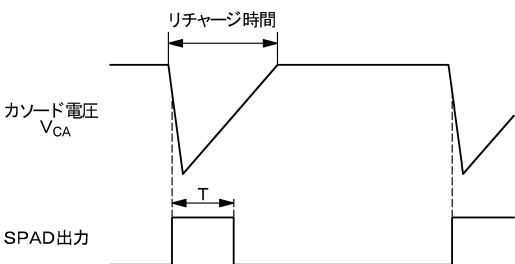
【図 4】

図 4 A



30

図 4 B

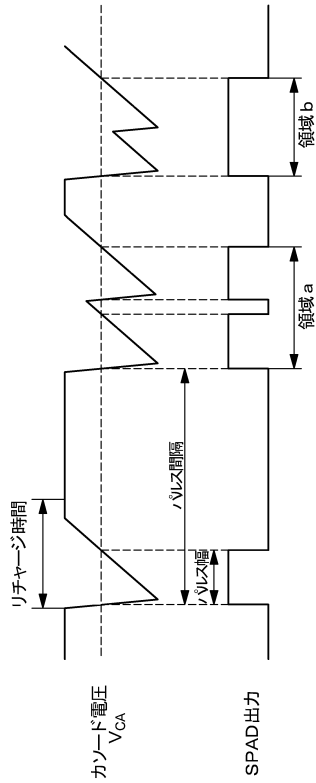


40

50

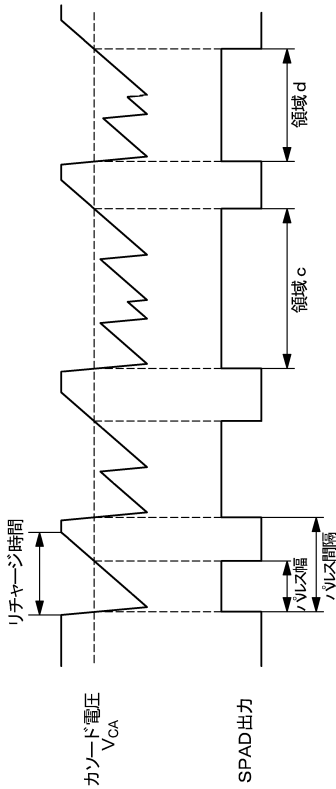
【図 5】

図 5



【図 6】

図 6



【図 7】

図 7 A

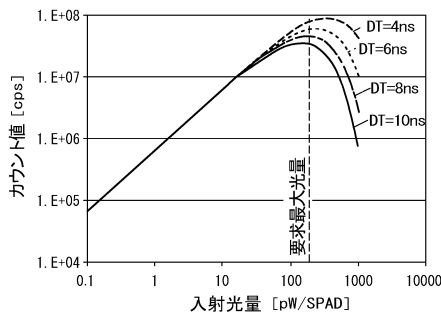
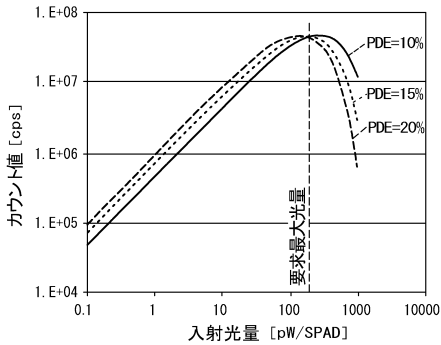
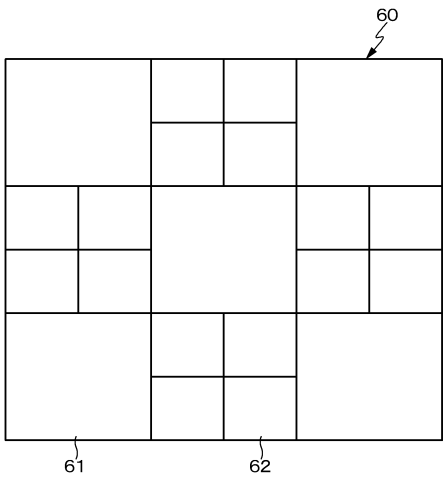


図 7 B



【図 8】

図 8



10

20

30

40

50

【図 9】

図 9 A

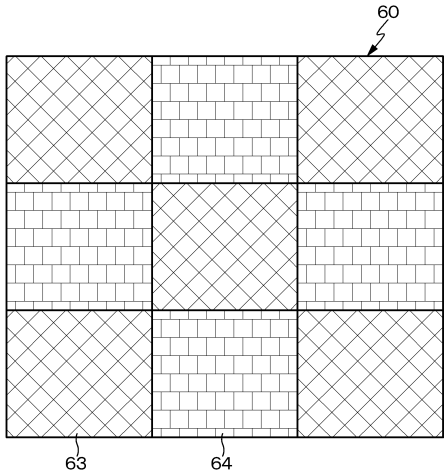
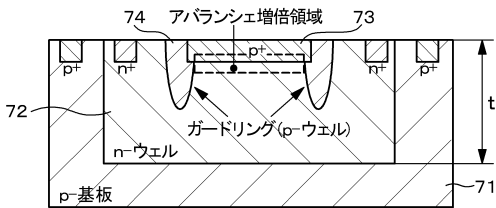


図 9 B



【図 10】

図 10 A

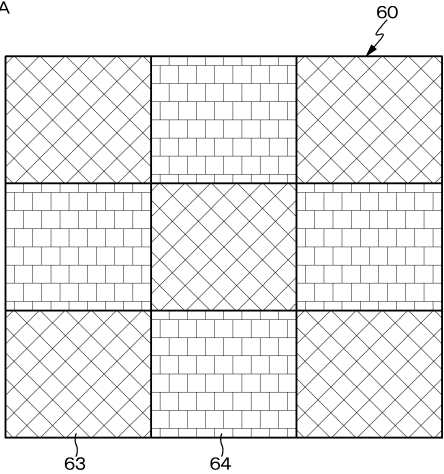
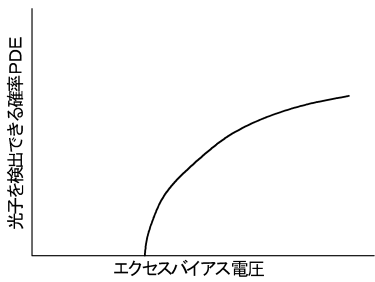
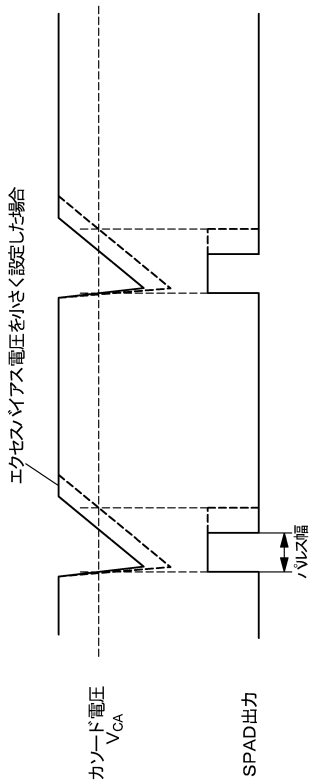


図 10 B



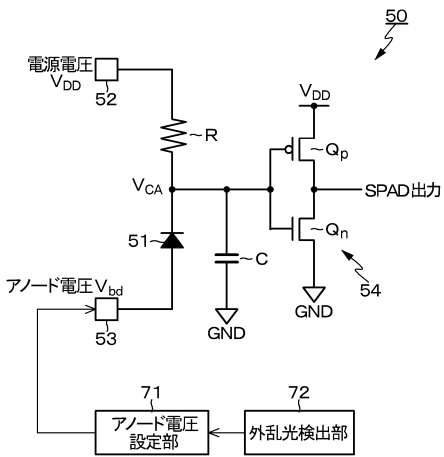
【図 11】

図 11



【図 12】

図 12



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 7 - 1 0 8 3 8 0 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 2 4 9 9 9 8 (U S , A 1)
特開 2 0 0 6 - 2 5 3 8 7 6 (J P , A)
特開 2 0 1 4 - 0 8 1 2 5 4 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 0 8 4 9 6 2 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 2 8 8 5 2 2 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 7 / 1 3 8 3 7 0 (W O , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 3 5 7 3 6 0 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 3 6 6 7 2 6 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 1 6 4 1 3 2 (U S , A 1)

- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 1 S 7 / 4 8 - 7 / 5 1
G 0 1 S 1 7 / 0 0 - 1 7 / 9 5
G 0 1 C 3 / 0 0 - 3 / 3 2
H 0 1 L 3 1 / 1 0 7