

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7613864号
(P7613864)

(45)発行日 令和7年1月15日(2025.1.15)

(24)登録日 令和7年1月6日(2025.1.6)

(51)国際特許分類

F I

H 1 0 F 39/18 (2025.01)

H 0 1 L 27/146 A

請求項の数 20 (全65頁)

(21)出願番号	特願2020-166686(P2020-166686)	(73)特許権者	316005926
(22)出願日	令和2年10月1日(2020.10.1)		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2021-97214(P2021-97214A)		神奈川県厚木市旭町四丁目1 4 番 1 号
(43)公開日	令和3年6月24日(2021.6.24)	(74)代理人	110002147
審査請求日	令和5年8月18日(2023.8.18)		弁理士法人酒井国際特許事務所
(31)優先権主張番号	特願2019-227817(P2019-227817)	(72)発明者	中村 信男
(32)優先日	令和1年12月18日(2019.12.18)		神奈川県厚木市旭町四丁目1 4 番 1 号
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		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	蛸子 芳樹
			神奈川県厚木市旭町四丁目1 4 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	遠藤 表徳
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 受光装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体基板上行方向及び列方向に沿って並ぶ複数の受光素子からなる受光部を備える受光装置であって、

前記各受光素子は、

光を電荷に変換する第1の光電変換部と、

前記第1の光電変換部から前記電荷が転送される第1の電荷蓄積部と、

前記第1の光電変換部から前記第1の電荷蓄積部へ前記電荷を振り分ける第1の振り分けゲートと、

前記第1の光電変換部から前記電荷が転送される第2の電荷蓄積部と、

前記第1の光電変換部から前記第2の電荷蓄積部へ前記電荷を振り分ける第2の振り分けゲートと、

前記半導体基板内に設けられた1つ又は複数の第1の浮遊拡散領域と、

前記半導体基板上に設けられた、前記第1の電荷蓄積部に転送された前記電荷を前記1つ又は複数の第1の浮遊拡散領域へ転送する第1の転送ゲートと、

前記半導体基板上に設けられた、前記第2の電荷蓄積部に転送された前記電荷を前記1つ又は複数の第1の浮遊拡散領域へ転送する第2の転送ゲートと、

を有し、

前記第1及び前記第2の振り分けゲートは、前記半導体基板の上方から見た場合、前記列方向に沿って、前記第1の光電変換部の中心を通過するように延伸する第1の中心軸に

対して、互いに線対称となる位置に設けられており、
前記第 1 及び第 2 の電荷蓄積部のそれぞれは、電極、第 1 の酸化膜、及び半導体層の積層を有し、
前記第 1 及び第 2 の転送ゲートのそれぞれは、前記半導体基板上に設けられた第 2 の酸化膜を有し、
前記第 1 の酸化膜の膜厚は、前記第 2 の酸化膜に比べて薄い、
受光装置。

【請求項 2】

前記各受光素子は、前記第 1 の光電変換部の電荷を排出する第 1 及び第 2 の電荷排出ゲートをさらに有し、

前記第 1 及び第 2 の電荷排出ゲートは、前記半導体基板の上方から見た場合、前記第 1 の光電変換部の中心を通過するように前記第 1 の中心軸と直行する第 2 の中心軸に対して、互いに線対称となる位置に設けられている、

請求項 1 に記載の受光装置。

【請求項 3】

前記第 1 及び前記第 2 の振り分けゲート、又は、前記第 1 及び第 2 の電荷排出ゲートのいずれかは、前記半導体基板に埋め込まれた 1 つ又は複数の埋込ゲート部を有する、

請求項 2 に記載の受光装置。

【請求項 4】

前記第 1 及び前記第 2 の電荷蓄積部は、前記半導体基板の上方から見た場合、前記第 1 の光電変換部の中心に対して、互いに点对称となる位置に設けられている、

請求項 2 に記載の受光装置。

【請求項 5】

前記各受光素子は、前記第 1 の光電変換部の電荷を排出する第 3 の電荷排出ゲートをさらに有し、

前記第 3 の電荷排出ゲートの中心は、前記半導体基板の上方から見た場合、前記第 1 の中心軸上に位置している、

請求項 1 に記載の受光装置。

【請求項 6】

前記半導体基板の上方から見た場合、

前記第 1 の振り分けゲートの中心から前記第 1 の光電変換部の中心までを結ぶ第 1 の線分、及び、前記第 2 の振り分けゲートの中心から前記第 1 の光電変換部の中心までを結ぶ第 2 の線分は、前記第 1 の中心軸に直行する、

請求項 5 に記載の受光装置。

【請求項 7】

前記半導体基板の上方から見た場合、

前記第 1 の振り分けゲートの中心から前記第 1 の光電変換部の中心までを結ぶ第 1 の線分と、前記第 1 の中心軸とは、鋭角をなし、

前記第 2 の振り分けゲートの中心から前記第 1 の光電変換部の中心までを結ぶ第 2 の線分と、前記第 1 の中心軸とは、鋭角をなす、

請求項 5 に記載の受光装置。

【請求項 8】

前記第 1 及び前記第 2 の電荷蓄積部は、前記半導体基板の上方から見た場合、前記第 1 の中心軸に対して、互いに線対称となる位置に設けられている、

請求項 7 に記載の受光装置。

【請求項 9】

前記各受光素子は、

前記第 1 の浮遊拡散領域へ転送された前記電荷を増幅して画素信号として出力する 1 つ又は複数の増幅トランジスタと、

選択信号に従って前記画素信号を出力する 1 つ又は複数の選択トランジスタと、

10

20

30

40

50

前記第1の浮遊拡散領域に蓄積した前記電荷をリセットする1つ又は複数のリセットトランジスタと、

をさらに有する、

請求項1に記載の受光装置。

【請求項10】

前記第1の酸化膜は、5.0nm以下の膜厚を持つ、請求項1に記載の受光装置。

【請求項11】

前記増幅トランジスタ、前記選択トランジスタ及び前記リセットトランジスタのそれぞれは、前記半導体基板上に設けられた第3の酸化膜を有し、

前記増幅トランジスタの前記第3の酸化膜の膜厚は、前記選択トランジスタ及び前記リセットトランジスタの前記第3の酸化膜に比べて、薄い、

請求項9に記載の受光装置。

【請求項12】

半導体基板上に行方向及び列方向に沿って並ぶ複数の受光素子からなる受光部を備える受光装置であって、

前記各受光素子は、

光を電荷に変換する第1の光電変換部と、

前記第1の光電変換部から前記電荷が転送される第1の電荷蓄積部と、

前記第1の光電変換部から前記第1の電荷蓄積部へ前記電荷を振り分ける第1の振り分けゲートと、

前記第1の光電変換部から前記電荷が転送される第2の電荷蓄積部と、

前記第1の光電変換部から前記第2の電荷蓄積部へ前記電荷を振り分ける第2の振り分けゲートと、

前記半導体基板内に設けられた1つ又は複数の第1の浮遊拡散領域と、

前記半導体基板上に設けられた、前記第1の電荷蓄積部に転送された前記電荷を前記1つ又は複数の第1の浮遊拡散領域へ転送する第1の転送ゲートと、

前記半導体基板上に設けられた、前記第2の電荷蓄積部に転送された前記電荷を前記1つ又は複数の第1の浮遊拡散領域へ転送する第2の転送ゲートと、

前記第1の浮遊拡散領域へ転送された前記電荷を増幅して画素信号として出力する1つ又は複数の増幅トランジスタと、

選択信号に従って前記画素信号を出力する1つ又は複数の選択トランジスタと、

前記第1の浮遊拡散領域に蓄積した前記電荷をリセットする1つ又は複数のリセットトランジスタと、

を有し、

前記第1及び前記第2の振り分けゲートは、前記半導体基板の上方から見た場合、前記列方向に沿って、前記第1の光電変換部の中心を通過するように延伸する第1の中心軸に対して、互いに線対称となる位置に設けられており、

前記第1及び第2の電荷蓄積部のそれぞれは、電極、第1の絶縁膜、及び半導体層の積層を有し、

前記第1及び第2の転送ゲートのそれぞれは、前記半導体基板上に設けられた第2の絶縁膜を有し、

前記第1の絶縁膜の比誘電率は、前記第2の絶縁膜に比べて高く、

前記増幅トランジスタ、前記選択トランジスタ及び前記リセットトランジスタのそれぞれは、前記半導体基板上に設けられた第3の絶縁膜を有し、

前記増幅トランジスタの前記第3の絶縁膜の比誘電率は、前記選択トランジスタ及び前記リセットトランジスタの前記第3の絶縁膜に比べて、高い、
受光装置。

【請求項13】

前記1つ又は複数の増幅トランジスタ、前記1つ又は複数の選択トランジスタ及び前記1つ又は複数のリセットトランジスタは、前記半導体基板上に設けられる、請求項9又は

10

20

30

40

50

1 2 に記載の受光装置。

【請求項 1 4】

前記 1 つ又は複数の増幅トランジスタ、前記 1 つ又は複数の選択トランジスタ及び前記 1 つ又は複数のリセットトランジスタは、他の半導体基板上に設けられる、請求項 9 又は 1 2 に記載の受光装置。

【請求項 1 5】

前記受光部においては、前記複数の受光素子は同一方向を向いて並んでいる、請求項 1 ～ 1 4 のいずれか 1 項に記載の受光装置。

【請求項 1 6】

前記受光部は、複数の領域に分けられ、
前記各領域において、前記複数の受光素子は前記領域ごとに定められた方向を向いて並んでいる、

請求項 1 ～ 1 4 のいずれか 1 項に記載の受光装置。

【請求項 1 7】

前記受光部は、複数の撮像素子をさらに含み、
前記各撮像素子は、
光を電荷に変換する第 2 の光電変換部と、
前記第 2 の光電変換部から前記電荷が転送される第 2 の浮遊拡散領域と、
前記第 2 の光電変換部から前記第 2 の浮遊拡散領域へ前記電荷を転送する第 3 の転送ゲートと、

を有する、

請求項 1 ～ 1 6 のいずれか 1 項に記載の受光装置。

【請求項 1 8】

前記複数の撮像素子は、赤色光を検出する第 1 の撮像素子と、青色光を検出する第 2 の撮像素子と、緑色光を検出する第 3 の撮像素子と、を含む、請求項 1 7 に記載の受光装置。

【請求項 1 9】

前記複数の撮像素子は、
近赤外光を検出する第 4 の撮像素子をさらに含む、
請求項 1 8 に記載の受光装置。

【請求項 2 0】

前記複数の撮像素子は、前記半導体基板上に設けられる、請求項 1 7 ～ 1 9 のいずれか 1 項に記載の受光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は、受光装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

対象物までの距離を測定する方法として、TOF (Time of Flight) センサ (受光装置) が知られている。TOF センサは、例えば、間接式 TOF センサの場合、対象物に所定の周期を持つ照射光を照射し、照射光と反射光との位相差を検出することで、対象物までの距離を測定することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【文献】特開 2 0 1 9 - 4 1 4 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

このような TOF センサ (受光装置) に対しては、製造ばらつきが生じた場合であって

10

20

30

40

50

も、高い測距精度を確保することが求められている。

【0005】

そこで、このような状況に鑑みて、本開示では、製造ばらつきの影響を受けにくくすることで、高い測距精度を確保することができる受光装置を提案する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示によれば、半導体基板上に行方向及び列方向に沿って並ぶ複数の受光素子からなる受光部を備える受光装置であって、前記各受光素子は、光を電荷に変換する第1の光電変換部と、前記第1の光電変換部から前記電荷が転送される第1の電荷蓄積部と、前記第1の光電変換部から前記第1の電荷蓄積部へ前記電荷を振り分ける第1の振り分けゲートと、前記第1の光電変換部から前記電荷が転送される第2の電荷蓄積部と、前記第1の光電変換部から前記第2の電荷蓄積部へ前記電荷を振り分ける第2の振り分けゲートとを有し、前記第1及び前記第2の振り分けゲートは、前記半導体基板の上方から見た場合、前記列方向に対して所定の角度で交わる方向に沿って、前記第1の光電変換部の中心を通過するように延伸する第1の中心軸に対して、互いに線対称となる位置に設けられている、受光装置が提供される。

【0007】

また、本開示によれば、半導体基板上に行方向及び列方向に沿って並ぶ複数の受光素子からなる受光部を備える受光装置であって、前記各受光素子は、光を電荷に変換する第1の光電変換部と、前記第1の光電変換部から前記電荷が転送される第1の電荷蓄積部と、前記第1の光電変換部から前記第1の電荷蓄積部へ前記電荷を振り分ける第1の振り分けゲートと、前記第1の光電変換部から前記電荷が転送される第2の電荷蓄積部と、前記第1の光電変換部から前記第2の電荷蓄積部へ前記電荷を振り分ける第2の振り分けゲートとを有し、前記第1及び前記第2の振り分けゲートは、前記半導体基板の上方から見た場合、前記列方向に沿って、前記第1の光電変換部の中心を通過するように延伸する第1の中心軸に対して、互いに線対称となる位置に設けられている、受光装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本開示の実施形態に係る測距モジュール1の構成例を示すブロック図である。

【図2A】本開示の実施形態に係る受光部30の平面構成例を示す説明図（その1）である。

【図2B】本開示の実施形態に係る受光部30の平面構成例を示す説明図（その2）である。

【図2C】本開示の実施形態に係る受光部30の平面構成例を示す説明図（その3）である。

【図3】本開示の実施形態に係る受光素子10の等価回路図である。

【図4】本開示の実施形態に係る測距モジュール1を用いた距離の算出方法の原理を説明するための説明図である。

【図5】本開示の第1の実施形態に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図である。

【図6】図5のA-A'線に沿って受光素子10を切断した際の断面図である。

【図7】本開示の第1の実施形態の変形例1に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図である。

【図8】本開示の第1の実施形態の変形例2に係る受光素子10の等価回路図である。

【図9】本開示の第1の実施形態の変形例2に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図である。

【図10】本開示の第1の実施形態の変形例3に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図である。

【図11】図10のA-A'線に沿って受光素子10を切断した際の断面図である。

【図12】本開示の第1の実施形態の変形例4に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図である。

【図 1 3】本開示の第 1 の実施形態の変形例 5 に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

【図 1 4】本開示の第 1 の実施形態の変形例 6 に係る受光素子 1 0 の等価回路図である。

【図 1 5】本開示の第 1 の実施形態の変形例 6 に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

【図 1 6】本開示の第 1 の実施形態の変形例 7 に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

【図 1 7】本開示の第 1 の実施形態の変形例 8 に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

【図 1 8】本開示の第 1 の実施形態の変形例 9 に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

10

【図 1 9】本開示の第 1 の実施形態の変形例 1 0 に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

【図 2 0】本開示の第 1 の実施形態の変形例 1 1 に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

【図 2 1】本開示の第 1 の実施形態の変形例 1 2 に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

【図 2 2】本開示の第 1 の実施形態の変形例 1 3 に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

【図 2 3】本開示の第 1 の実施形態の変形例 1 4 に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

20

【図 2 4】本開示の第 1 の実施形態の変形例 1 5 に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

【図 2 5】本開示の第 1 の実施形態の変形例 1 6 に係る受光素子 1 0 の等価回路図である。

【図 2 6】本開示の第 1 の実施形態の変形例 1 6 に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

【図 2 7】本開示の第 1 の実施形態の変形例 1 7 に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

【図 2 8】本開示の第 1 の実施形態の変形例 1 8 に係る受光素子 1 0 の等価回路図である。

【図 2 9】本開示の第 1 の実施形態の変形例 1 8 に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

30

【図 3 0】本開示の第 1 の実施形態の変形例 1 9 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 3 1】本開示の第 1 の実施形態の変形例 2 0 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 3 2】本開示の第 1 の実施形態の変形例 2 1 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 3 3】本開示の第 1 の実施形態の変形例 2 2 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 3 4】本開示の第 1 の実施形態の変形例 2 3 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

40

【図 3 5】本開示の第 1 の実施形態の変形例 2 4 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 3 6】本開示の第 1 の実施形態の変形例 2 5 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 3 7】本開示の第 1 の実施形態の変形例 2 6 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 3 8】本開示の第 1 の実施形態の変形例 2 7 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 3 9】本開示の第 1 の実施形態の変形例 2 8 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を

50

示す説明図である。

【図 4 0】本開示の第 1 の実施形態の変形例 2 9 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 4 1】本開示の第 1 の実施形態の変形例 3 0 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 4 2】本開示の第 1 の実施形態の変形例 3 1 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 4 3】本開示の第 1 の実施形態の変形例 3 2 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 4 4】本開示の第 1 の実施形態の変形例 3 3 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

10

【図 4 5】本開示の第 1 の実施形態の変形例 3 4 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 4 6】本開示の第 1 の実施形態の変形例 3 5 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 4 7】本開示の第 1 の実施形態の変形例 3 6 から 4 0 に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

【図 4 8】本開示の第 1 の実施形態の変形例 3 6 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 4 9】本開示の第 1 の実施形態の変形例 3 7 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

20

【図 5 0】本開示の第 1 の実施形態の変形例 3 8 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 5 1】本開示の第 1 の実施形態の変形例 3 9 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 5 2】本開示の第 1 の実施形態の変形例 4 0 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

【図 5 3】本開示の第 1 の実施形態の変形例 4 1 に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

【図 5 4】本開示の第 1 の実施形態の変形例 4 1 に係る画素アレイ部 1 2 の平面構成例を示す説明図である。

30

【図 5 5】本開示の第 2 の実施形態に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

【図 5 6 A】図 5 5 の C - C ' 線に沿って受光素子 1 0 を切断した際の断面図である。

【図 5 6 B】図 5 5 の D - D ' 線に沿って受光素子 1 0 を切断した際の断面図である。

【図 5 7】本開示の第 3 の実施形態に係る受光素子 1 0 の平面構成例を示す説明図である。

【図 5 8 A】図 5 7 の E - E ' 線に沿って受光素子 1 0 を切断した際の断面図である。

【図 5 8 B】図 5 7 の F - F ' 線に沿って受光素子 1 0 を切断した際の断面図である。

【図 5 9】本開示の実施形態に係る測距モジュール 1 を適用した電子機器としてのスマートフォン 9 0 0 の構成例を示すブロック図である。

【図 6 0】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。

40

【図 6 1】内視鏡の構成の一例を示す図である。

【図 6 2】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。

【図 6 3】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 6 4】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。

【発明を実施するための形態】

【0 0 0 9】

以下に、添付図面を参照しながら、本開示の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【0 0 1 0】

50

また、本明細書及び図面において、実質的に同一又は類似の機能構成を有する複数の構成要素を、同一の符号の後に異なる数字を付して区別する場合がある。ただし、実質的に同一又は類似の機能構成を有する複数の構成要素の各々を特に区別する必要がない場合、同一符号のみを付する。また、異なる実施形態の類似する構成要素については、同一の符号の後に異なるアルファベットを付して区別する場合がある。ただし、類似する構成要素の各々を特に区別する必要がない場合、同一符号のみを付する。

【0011】

また、以下の説明で参照される図面は、本開示の実施形態の説明とその理解を促すための図面であり、わかりやすくするために、図中に示される形状や寸法、比などは実際と異なる場合がある。さらに、図中に示される素子や装置に含まれる構成要素等は、以下の説明と公知の技術を参酌して適宜、設計変更することができる。

【0012】

また、以下の説明においては、本開示の実施形態を裏面照射型受光装置に適用した場合を例に説明し、従って、当該受光装置においては、基板の裏面側から光が入射されることとなる。従って、以下の説明においては、基板の表面とは、光が入射される側を裏面とした場合に、裏面と対向する面となる。なお、本開示の実施形態は、裏面照射型受光装置に適用されることに限定されるものではなく、例えば、表面照射型受光装置に適用されてもよい。

【0013】

以下の説明における具体的な形状や位置関係についての記載は、幾何学的に定義される形状や位置関係だけを意味するものではない。詳細には、以下の説明における具体的な形状等についての記載は、素子、その製造工程、及び、その使用・動作において許容される程度の違い（誤差・ひずみ）がある場合やその形状に類似する形状をも含むものとする。例えば、以下の説明において「円形状」又は「略円形状」と表現した場合には、真円に限定されるものではなく、楕円形等といった真円に類似する形状をも含むことを意味することとなる。

【0014】

さらに、以下の回路（電氣的な接続）の説明においては、特段の断りがない限りは、「電氣的に接続」とは、複数の要素の間を電気（信号）が導通するように接続することを意味する。加えて、以下の説明における「電氣的に接続」には、複数の要素を直接的に、且つ、電氣的に接続する場合だけでなく、他の要素を介して間接的に、且つ、電氣的に接続する場合も含むものとする。

【0015】

また、以下の説明において、「共有している」とは、特段の断りがない限りは、複数の一の要素が共有するように他の要素が設けられていることを意味し、言い換えると、他の要素は、所定の数の一の要素のそれぞれに共有されていることを意味する。

【0016】

なお、説明は以下の順序で行うものとする。

1. 本開示の実施形態に係る測距モジュール1の構成例
2. 本開示の実施形態に係る受光部30の構成例
3. 本開示の実施形態に係る受光素子10の等価回路
4. 本開示の実施形態に係る測距モジュール1を用いた距離の算出方法の原理
5. 本実施形態を創作するに至る背景
6. 第1の実施形態
7. 第2の実施形態
8. 第3の実施形態
9. まとめ
10. 電子機器の構成例
11. 内視鏡手術システムへの応用例
12. 移動体への応用例

13. 補足

【0017】

<<1. 本開示の実施形態に係る測距モジュール1の構成例>>

まずは、図1を参照して、本開示の実施形態に係る測距モジュール（受光装置）1の概略的な構成を説明する。図1は、本開示の実施形態に係る測距モジュール1の構成例を示すブロック図である。詳細には、測距モジュール1は、図1に示すように、照射部20と、受光部30と、制御部（照射制御部）40と、処理部60とを主に有することができる。以下に、本実施形態に係る測距モジュール1に含まれる各機能ブロックについて説明する。

【0018】

(照射部20)

照射部20は、LED (Light Emitting Diode) 光源（図示省略）と光学素子（図示省略）とを有している。照射される光の波長は、LED光源を適宜選択することにより、変えることができる。なお、本実施形態においては、照射部20は、例えば、波長780nm～1000nm範囲の赤外光を照射するものとして説明するが、本実施形態においては、このような赤外光を照射することに限定されるものではない。また、照射部20は、後述する制御部40から供給される矩形信号のような周期的な信号と同期して、周期的に明るさが変動する照射光を、対象物800へ照射することができる。

【0019】

(受光部30)

受光部30は、対象物800から反射した反射光を受光する。受光部30は、集光レンズ（図示省略）と後述する複数の受光素子10とを有している。集光レンズは、受光した光を各受光素子10に集める機能を有する。また、受光素子10は、受光した光の強度に基づいて電荷（例えば、電子）を生成し、生成した電荷を、後述する制御部40から供給される矩形信号のような周期的な信号と同期して、内蔵するトランジスタ（振り分けトランジスタVG；図3参照）を駆動させ、電荷蓄積部MEM（図3参照）へ転送する。さらに、電荷蓄積部MEMへ転送された電荷は、信号に変換されて最終的に処理部60へ転送されることとなる。なお、当該受光素子10の詳細については、後述する。

【0020】

(制御部40)

制御部40は、周期的な信号を照射部20及び受光部30に供給し、照射光の照射タイミングや、上記トランジスタの駆動タイミングを制御する。当該信号の周波数は、例えば5～20メガヘルツ（MHz）であることができるが、本実施形態においてはこのような周波数に限定されるものではない。また、制御部40は、上記トランジスタ（振り分けトランジスタVG；図3参照）を、例えば差動等、互いに異なるタイミングで動作するように制御する。

【0021】

(処理部60)

処理部60は、受光部30からの信号を取得し、取得した信号に基づいて、例えば間接ToF (iToF) 方式により対象物800までの距離を取得することができる。なお、距離の算出方法については、後述する。

【0022】

<<2. 本開示の実施形態に係る受光部30の構成例>>

次に、図2Aから図2Cを参照して、本開示の実施形態に係る受光部30の平面構成例について説明する。図2Aから図2Cは、本開示の実施形態に係る受光部30の平面構成例を示す説明図である。詳細には、図2Aに示すように、本実施形態に係る受光部30は、例えばシリコンからなる半導体基板200上に設けられた、画素アレイ部12、垂直駆動回路部32、カラム信号処理回路部34、水平駆動回路部36、出力回路部38、及び、制御回路部44等を含む。以下に、本実施形態に係る受光部30の各ブロックの詳細について説明する。

10

20

30

40

50

【0023】

(画素アレイ部12)

画素アレイ部12は、半導体基板200上にマトリックス状（行方向および列方向の行列状）に2次元配置された複数の受光素子10を有する。各受光素子10は、光を電荷（例えば電子）に変換する光電変換部（フォトダイオードPD）（図示省略）と、複数の画素トランジスタ（例えばMOS（Metal-Oxide-Semiconductor）トランジスタ）（図示省略）等とを有している。言い換えると、画素アレイ部12は、入射した光を光電変換し、その結果得られた電荷に応じた信号を出力する画素を複数有する。そして、上記画素トランジスタは、例えば、転送トランジスタ、選択トランジスタ、リセットトランジスタ、及び、増幅トランジスタ等の各種機能を持ったトランジスタを含むことができる。なお、受光素子10の等価回路等の詳細については後述する。

10

【0024】

ここで、行方向とは、水平方向の受光素子10の配列方向をいい、列方向とは、垂直方向の受光素子10の配列方向をいう。行方向は、図2A中、左右方向であり、列方向は、図2A中、上下方向である。画素アレイ部12においては、行列状の受光素子10の配列に対して、行ごとに画素駆動配線42が行方向に沿って配線されるとともに、各列に垂直信号線48が列方向に沿って配線されている。例えば画素駆動配線42は、受光素子10から信号を読み出す際の駆動を行うための駆動信号を伝送する。

【0025】

(垂直駆動回路部32)

垂直駆動回路部32は、例えばシフトレジスタやアドレスデコーダ等によって形成され、画素駆動配線42を選択し、選択された画素駆動配線42に受光素子10を駆動するためのパルスを供給し、全受光素子10同時あるいは行単位で受光素子10を駆動する。例えば、垂直駆動回路部32は、画素アレイ部12の各受光素子10を行単位で順次垂直方向（図2A中の上下方向）に選択走査し、各受光素子10のフォトダイオードPDの受光量に応じて生成された電荷に基づく画素信号を、垂直信号線48を通して後述するカラム信号処理回路部34に供給する。

20

【0026】

(カラム信号処理回路部34)

カラム信号処理回路部34は、受光素子10の列ごとに配置されており、1行分の受光素子10から出力される信号に対して列ごとにノイズ除去等の信号処理を行う。例えば、カラム信号処理回路部34は、受光素子10の固有の固定パターンノイズを除去するためにCDS（Correlated Double Sampling：相関2重サンプリング）及びAD（Analog-Digital）変換等の信号処理を行う。

30

【0027】

(水平駆動回路部36)

水平駆動回路部36は、例えばシフトレジスタやアドレスデコーダなどによって形成され、水平走査パルスを順次出力することによって、上述したカラム信号処理回路部34の各々を順番に選択し、カラム信号処理回路部34の各々から信号を水平信号線46に出力させることができる。

40

【0028】

(出力回路部38)

出力回路部38は、上述したカラム信号処理回路部34の各々から水平信号線46を通して順次供給される信号に対し、信号処理を行い出力することができる。出力回路部38は、例えば、バッファリング（buffering）を行う機能部として機能してもよく、もしくは、列ばらつき補正、各種デジタル信号処理等の処理を行ってもよい。なお、バッファリングとは、信号のやり取りの際に、処理速度や転送速度の差を補うために、一時的に信号を保存することをいう。

【0029】

(制御回路部44)

50

制御回路部 44 は、入力クロックと、動作モードなどを指令するデータを受け取り、また、受光素子 10 の内部情報等のデータを出力することができる。すなわち、制御回路部 44 は、垂直同期信号、水平同期信号及びマスタクロックに基づいて、垂直駆動回路部 32、カラム信号処理回路部 34 及び水平駆動回路部 36 等の動作の基準となるクロック信号や制御信号を生成する。そして、制御回路部 44 は、生成したクロック信号や制御信号を、垂直駆動回路部 32、カラム信号処理回路部 34 及び水平駆動回路部 36 等に出力する。

【0030】

(振り分けトランジスタ駆動部 50、信号処理部 52、データ格納部 54)

図 2B 及び図 2C に示すように、受光素子 10 には、振り分けトランジスタ駆動部 50、信号処理部 52、及びデータ格納部 54 が設けられてもよい。すなわち、振り分けトランジスタ駆動部 50、信号処理部 52、及びデータ格納部 54 は、半導体基板 200 上に設けられてもよい。しかしながら、本実施形態においては、これに限定されるものではなく、振り分けトランジスタ駆動部 50、信号処理部 52、及びデータ格納部 54 は、別の半導体基板（図示省略）に設けられてもよい。まずは、振り分けトランジスタ駆動部 50 は、後述する振り分けトランジスタ VG（図 3 参照）の動作を制御する。例えば、振り分けトランジスタ駆動部 50 は、図 2B に示すように、列方向に沿って画素アレイ部 12 と隣り合うように設けられてもよく、もしくは、図 2C に示すように、行方向に沿って画素アレイ部 12 と隣り合うように設けられていてもよく、本実施形態においては、特に限定されるものではない。また、信号処理部 52 は、少なくとも演算処理機能を有し、出力回路部 38 から出力される信号に基づいて、演算処理等の種々の信号処理を行う。データ格納部 54 は、信号処理部 52 の信号処理にあたって、その処理に必要なデータを一時的に格納する。

【0031】

なお、本実施形態に係る受光部 30 の平面構成例は、図 2A から図 2C に示される例に限定されるものではなく、例えば、他の回路等を含んでもよく、特に限定されるものではない。

【0032】

<<3. 本開示の実施形態に係る受光素子 10 の等価回路>>

次に、図 3 を参照して、本開示の実施形態に係る受光素子 10 の等価回路について説明する。図 3 は、本開示の実施形態に係る受光素子 10 の等価回路図である。

【0033】

詳細には、図 3 に示すように、受光素子 10 は、光を電荷に変換する光電変換素子（光電変換部）としてフォトダイオード PD と、電荷排出トランジスタ OFG（なお、電荷排出トランジスタ OFG は、等価回路上では 1 つのトランジスタで示されているが、電氣的に並列接続された複数のトランジスタから構成されてもよい）とを有する。さらに、受光素子 10 は、振り分けトランジスタ VG、電荷蓄積部（第 1 の電荷蓄積部、第 2 の電荷蓄積部）MEM、転送トランジスタ TG、浮遊拡散領域 FD、リセットトランジスタ RST、増幅トランジスタ AMP、及び選択トランジスタ SEL をそれぞれ 2 個ずつ有する。

【0034】

図 3 に示すように、受光素子 10 においては、電荷排出トランジスタ OFG のソース／ドレインの一方は、受光することで電荷を発生するフォトダイオード PD に電氣的に接続される。さらに、電荷排出トランジスタ OFG のソース／ドレインの他方は、電源回路（電源電位 VDD）に電氣的に接続される。そして、電荷排出トランジスタ OFG は、自身のゲートに印加された電圧に応じて導通状態になり、フォトダイオード PD に蓄積された電荷を上記電源回路（電源電位 VDD）に排出することができる。

【0035】

また、図 3 に示すように、受光素子 10 においては、振り分けトランジスタ VG1、VG2 のソース／ドレインの一方は、フォトダイオード PD に電氣的に接続され、振り分けトランジスタ VG1、VG2 のソース／ドレインの他方は、電荷蓄積部 MEM1、MEM

2にそれぞれ電氣的に接続される。そして、振り分けトランジスタV G 1、V G 2は、自身のゲート（第1の振り分けゲート、第2の振り分けゲート）に印加された電圧に応じて導通状態になり、フォトダイオードP Dに蓄積された電荷を電荷蓄積部M E M 1、M E M 2にそれぞれ転送することができる。すなわち、本実施形態においては、振り分けトランジスタV G 1、V G 2のゲートに印加される電圧を、互いに異なるタイミングで変化させることにより、フォトダイオードP Dに蓄積された電荷を2つある電荷蓄積部M E M 1、M E M 2のいずれかに振り分けることができる。言い換えると、2つの電荷蓄積部M E M 1、M E M 2は、1つのフォトダイオードP Dを共有しているといえる。

【0036】

また、図3に示すように、受光素子10においては、転送トランジスタT G 1、T G 2のソース／ドレインの一方は、振り分けトランジスタV G 1、V G 2のソース／ドレインの他方及び電荷蓄積部M E M 1、M E M 2に電氣的に接続される。さらに、転送トランジスタT G 1、T G 2のソース／ドレインの他方は、浮遊拡散領域F D 1、F D 2に電氣的に接続される。そして、転送トランジスタT G 1、T G 2は、自身のゲート（転送ゲート）に印加された電圧に応じて導通状態になり、電荷蓄積部M E M 1、M E M 2に蓄積された電荷を浮遊拡散領域F D 1、F D 2に転送することができる。なお、本開示の実施形態においては、2つの電荷蓄積部M E M 1、M E M 2があるため、転送トランジスタT G 1、T G 2は、1つの浮遊拡散領域F Dを共有することも可能である。

【0037】

また、浮遊拡散領域F D 1、F D 2は、電荷を電圧に変換（増幅）して信号（画素信号）として出力する増幅トランジスタA M P 1、A M P 2のゲートに電氣的に接続される。また、増幅トランジスタA M P 1、A M P 2のソース／ドレインの一方は、選択信号に従って、変換によって得た上記信号を信号線V S L 1、V S L 2に出力する選択トランジスタS E L 1、S E L 2のソース／ドレインの一方に電氣的に接続される。さらに、増幅トランジスタA M P 1、A M P 2のソース／ドレインの他方は、電源回路（電源電位V D D）に電氣的に接続される。

【0038】

また、選択トランジスタS E L 1、S E L 2のソース／ドレインの他方は、変換された電圧を信号として伝達する上記信号線V S L 1、V S L 2に電氣的に接続され、さらに上述したカラム信号処理回路部34に電氣的に接続される。さらに、選択トランジスタS E L 1、S E L 2のゲートは、信号を出力する行を選択する選択線（図示省略）に電氣的に接続され、さらに上述した垂直駆動回路部32に電氣的に接続される。すなわち、浮遊拡散領域F D 1、F D 2に蓄積された電荷は、選択トランジスタS E L 1、S E L 2の制御により、増幅トランジスタA M P 1、A M P 2によって電圧に変換され、信号線V S L 1、V S L 2に出力されることとなる。

【0039】

また、図3に示すように、浮遊拡散領域F D 1、F D 2は、蓄積した電荷をリセットするためのリセットトランジスタR S T 1、R S T 2のドレイン／ソースの一方に電氣的に接続される。リセットトランジスタR S T 1、R S T 2のゲートは、リセット信号線（図示省略）に電氣的に接続され、さらに上述した垂直駆動回路部32に電氣的に接続される。また、リセットトランジスタR S T 1、R S T 2のドレイン／ソースの他方は、電源回路（電源電位V D D）に電氣的に接続される。そして、リセットトランジスタR S T 1、R S T 2は、自身のゲートに印加された電圧に応じて導通状態になり、浮遊拡散領域F D 1、F D 2に蓄積された電荷をリセット（電源回路（電源電位V D D）へ排出）することができる。

【0040】

なお、本実施形態に係る受光素子10の等価回路は、図3に示される例に限定されるものではなく、例えば、他の素子等を含んでもよく、特に限定されるものではない。

【0041】

ここで、受光素子10の動作例について簡単に説明する。

10

20

30

40

50

【0042】

まず、受光を開始する前に、フォトダイオードPDの電荷を排出する排出動作が行われる。すなわち、電荷排出トランジスタOFG1、OFG2がオンされ、フォトダイオードPDの電荷が電源回路（電源電位VDD）に排出される。

【0043】

次に、受光が開始され、振り分けトランジスタVG1、VG2は、互いに異なるタイミングで動作する（例えば、差動）ように制御される。詳細には、第1の期間において、振り分けトランジスタVG1がオンすることにより、フォトダイオードPDの電荷が電荷蓄積部MEM1に転送される。一方、第2の期間においては、振り分けトランジスタVG2がオンすることにより、フォトダイオードPDの電荷が電荷蓄積部MEM2に転送される。すなわち、振り分けトランジスタVG1、VG2により、フォトダイオードPDで生成された電荷が、電荷蓄積部MEM1、MEM2に振り分けられる。

10

【0044】

次に、浮遊拡散領域FD1、FD2の電荷を排出する排出動作が行われる。すなわち、リセットトランジスタRST1、RST2がオンされ、浮遊拡散領域FD1、FD2の電荷が電源回路（電源電位VDD）に排出される。この後、浮遊拡散領域FD1、FD2に発生した電荷（k t cノイズ）は、CDS駆動によって除去されることが好ましい。

【0045】

そして、転送トランジスタTG1、TG2がオンされ、電荷蓄積部MEM1、MEM2に蓄積された電荷が浮遊拡散領域FD1、FD2に転送される。そして、受光期間が終了すると、画素アレイ部12の各受光素子10が、順次選択される。選択された受光素子10では、選択トランジスタSEL1、SEL2がオンされる。これにより、浮遊拡散領域FD1、FD2に蓄積された電荷が、信号として信号線VSL1、VSL2に出力される。

20

【0046】

なお、本実施形態に係る受光素子10の動作は、上述の例に限定されるものではなく、例えば、適宜順序が変更されてもよい。そして、本実施形態においては、2つの浮遊拡散領域FD1とFD2に蓄積される電荷の配分比から、対象物800までの距離を求めることができる。以下に、その原理について簡単に説明する。

【0047】

<<4. 本開示の実施形態に係る測距モジュール1を用いた距離の算出方法の原理>>
次に、本開示の実施形態に係る測距モジュール1を用いた距離の算出方法（間接式）の原理について、図4を参照して説明する。図4は、本開示の実施形態に係る測距モジュール1を用いた距離の算出方法の原理を説明するための説明図であり、詳細には、測距モジュール1における、照射光と反射光とを強度の時間変動を模式的に示している。

30

【0048】

図4に示すように、測距モジュール1は、光の強度が周期的に変動するように変調された光を照射部20から対象物800に向かって照射する。照射された光は、対象物800で反射されて、反射光として測距モジュール1の受光部30で検出される。図4に示すように、検出された反射光（図4の上から2段目）は、照射光（図4の上から1段目）に対して位相差 ϕ をもっており、当該位相差 ϕ は、測距モジュール1から対象物800までの距離が遠ければ大きくなり、測距モジュール1から対象物800までの距離が近ければ小さくなる。

40

【0049】

先に説明したように、本実施形態に係る受光素子10は、例えば互いに差動する振り分けトランジスタVG1、VG2を有している。従って、振り分けトランジスタVG1、VG2がそれぞれ動作する期間は重なっていないことから、図4中のグレーで示される領域802a、802bの期間において、フォトダイオードPDに蓄積した電荷は、電荷蓄積部MEM1、MEM2のそれぞれに振り分けられることとなる。詳細には、電荷蓄積部MEM1、MEM2のそれぞれに振り分けられた電荷は、浮遊拡散領域FD1、FD2に転送され、最終的には、領域802a、802bの期間における積分値である面積に相当す

50

る信号に変換される。従って、図4から明らかなように、領域802aの積分値と領域802bの積分値との差分は、反射光の位相差 ϕ に応じて変化する。従って、本実施形態においては、領域802aの積分値と領域802bの積分値との差分に基づいて位相差 ϕ を算出することにより、対象物800までの距離を算出することができる。なお、本実施形態においては、積分値の差分ではなく、積分値の比を用いて位相差 ϕ を算出し、距離を算出することも可能である。

【0050】

<<5. 本実施形態を創作するに至る背景>>

以上、本開示の実施形態に係る測距モジュール1、受光部30、受光素子10、及び、距離の算出方法の原理について説明した。ここで、さらに本実施形態の詳細を説明する前に、本発明者らが本実施形態を創作するに至る背景について簡単に説明する。

【0051】

先に説明したように、間接式の測距モジュール1においては、対象物800からの反射光によりフォトダイオードPDで発生した電荷を、2つの振り分けトランジスタVG1、VG2によりそれぞれ電荷蓄積部MEM1、MEM2へ振り分ける。さらに、当該測距モジュール1においては、各電荷蓄積部MEM1、MEM2へ振り分けられた電荷を信号に変換し、変換した信号の差分又は比に基づいて、位相差 ϕ を算出することにより、対象物800までの距離を取得することができる。

【0052】

しかしながら、このような測距モジュール1に対しては、高い測距精度を確保するために、すべての受光素子10において、振り分けトランジスタVG1、VG2がより理想的な状態で形成されること、言い換えると、どの受光素子10においても、電荷を振り分ける性能が同等であることが好ましい。そのためには、量産工程であっても、言い換えると、製造ばらつき（例えば、レイアウトずれ等）が生じて、全ての受光素子10において、振り分けトランジスタVG1、VG2が均一に形成されることが求められる。

【0053】

例えば、受光素子10の平面構成の詳細は後述するが、振り分けトランジスタVG1、VG2のゲート電極は、フォトダイオードPDに隣接して設けられる。そして、上記ゲート電極が、フォトダイオードPDに対して互いに同一（略同一）の距離に設けられていれば、振り分けトランジスタVG1、VG2の電荷を振り分ける性能は互いにほぼ同等であるといえる。しかしながら、上記ゲート電極が、製造ばらつきに起因して、フォトダイオードPDに対して互いに同一（略同一）の距離に設けられていない場合には、振り分けトランジスタVG1、VG2の電荷を振り分ける性能は互いに異なることとなる。さらに、製造ばらつきに起因して、振り分けトランジスタVG1、VG2の性能の違いが受光素子10ごとに異なった場合、各受光素子10において、電荷蓄積部MEM1、MEM2へ収集される電荷が不均一となることから、測距モジュール1の測距誤差が大きくなってしまいう可能性がある。

【0054】

そこで、本発明者らは、上述のような状況を鑑みて、製造ばらつきの影響を受けにくくすることで、高い測距精度を確保することができる受光素子10の平面構成に係る本開示の実施形態を創作するに至った。詳細には、本開示の実施形態においては、受光素子10の平面構成として、振り分けトランジスタVG1、VG2のゲート電極を、フォトダイオードPDの中心を通過するように延伸する中心線に対して、互いに線対称となる位置に設ける。本開示の実施形態においては、上述のような平面構成を採用することにより、製造ばらつきが生じて、上記ゲート電極が、フォトダイオードPDに対して互いに同一（略同一）の距離に設けられていることから、振り分けトランジスタVG1、VG2の電荷を振り分ける性能は互いにほぼ同等となる。従って、製造ばらつきが生じて、全ての受光素子10において、振り分けトランジスタVG1、VG2が均一に形成することが容易となり、振り分けトランジスタVG1、VG2の性能の違いが受光素子10ごとに異なるような状況が生じることを避けることができる。その結果、本開示の実施形態によれば、各

受光素子10において、電荷蓄積部MEM1、MEM2へ収集される電荷が均一となることから、測距モジュール1は、高い測距精度を確保することができる。以下に、本発明者らが創作した本開示の実施形態の詳細を順次説明する。

【0055】

<<6. 第1の実施形態>>

<6. 1 平面構成>

まずは、図5を参照して、本開示の第1の実施形態に係る受光素子10の平面構成例を説明する。図5は、本実施形態に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図であって、半導体基板200の表面の上方から受光素子10を見た場合の図となる。なお、図5における左右方向は、図2Aの行方向（左右方向）に対応し、図5における上下方向は、図2Aの列方向（上下方向）に対応するものとする。

10

【0056】

図5に示すように、受光素子10の中央部のP型半導体基板200内には、N型半導体領域100が形成され、N型半導体領域100は、フォトダイオード（第1の光電変換部）PDの一部を構成する。さらに、フォトダイオードPDの中心点（中心）Oを通過し、受光素子10を上下方向（列方向）に沿って延伸する中心線（第1の中心軸）600に対して、線対称（略線対称）となるように、振り分けトランジスタVG1、VG2のゲート電極（第1の振り分けゲート、第2の振り分けゲート）150a、150bが配置されている。振り分けトランジスタVG1、VG2は、フォトダイオードPDで発生した電荷を、後述する電荷蓄積部MEM1、MEM2に振り分けることができる。なお、振り分けトランジスタVG1、VG2のゲート電極150a、150bは、N型半導体領域100の少なくとも一部と重なるように設けられている。

20

【0057】

詳細には、振り分けトランジスタVG1は、ゲート電極150aと、ゲート電極150aと半導体基板200との間に位置するゲート絶縁膜（図示省略）と、ソース領域としてのN型半導体領域100と、ドレイン領域としてのN型半導体領域102a、102bとで構成される。ソース領域としてのN型半導体領域100は、フォトダイオードPDと兼用され、ドレイン領域としてのN型半導体領域は、電荷蓄積部MEM1と兼用されている。また、振り分けトランジスタVG2についても、振り分けトランジスタVG1と同様の構成を持つ。

30

【0058】

加えて、中心線600を基準として鏡面对称となるように、且つ、振り分けトランジスタVG1、VG2を両側から挟み込みように、フォトダイオードPDで発生した電荷が転送される電荷蓄積部MEM1、MEM2が設けられている。言い換えると、電荷蓄積部MEM1、MEM2は、フォトダイオードPDの中心点（中心）Oに対して、互いに点対称（略点対称）となるような位置に設けられている。詳細には、電荷蓄積部MEM1は、例えば、電極154aと、電極154aの下方に設けられた絶縁膜（図示省略）と、当該絶縁膜の下方に設けられたN型半導体領域（図示省略）とから構成される、MOS（Metal-Oxide-Semiconductor）型容量であることができる。また、電荷蓄積部MEM2についても、電荷蓄積部MEM1と同様の構成を持つ。

40

【0059】

このように、本実施形態においては、振り分けトランジスタVG1、VG2のゲート電極150a、150bは、フォトダイオードPDの中心点O（詳細には、中心線600）に対して、線対称となるように配置されている。従って、本実施形態によれば、振り分けトランジスタVG1、VG2の電荷を振り分ける性能は互いにほぼ同等となる。その結果、本実施形態によれば、製造ばらつき（例えば、レイアウトずれ）が生じても、全ての受光素子10において、振り分けトランジスタVG1、VG2の性能の違いが受光素子10ごとに異なるような状況が生じることを避けることができ、ひいては、測距モジュール1は高い測距精度を確保することが可能となる。

【0060】

50

さらに、図5に示すように、フォトダイオードPDの中心点Oを通過し、受光素子10を左右方向（行方向）に沿って延伸する中心線（第2の中心軸）602に対して、線対称（略線対称）となるように、電荷排出トランジスタOFG1、OFG2のゲート電極152a、152b（第1の電荷排出ゲート、第2の電荷排出ゲート）が配置されている。なお、中心線602は、上述した中心線600に対して直行する。また、電荷排出トランジスタOFG1、OFG2のゲート電極152a、152bは、N型半導体領域100の少なくとも一部と重なるように設けられている。

【0061】

詳細には、電荷排出トランジスタOFG1は、ゲート電極152aと、ゲート電極152aと半導体基板200との間に位置するゲート絶縁膜（図示省略）と、ソース領域としてのN型半導体領域100と、ドレイン領域としてのN型半導体領域（図示省略）とで構成される。ソース領域としてのN型半導体領域100は、フォトダイオードPDと兼用される。また、電荷排出トランジスタOFG2についても、電荷排出トランジスタOFG1と同様の構成を持つ。

【0062】

加えて、中心線600を基準として鏡面对称となるように、且つ、振り分けトランジスタVG1、VG2を両側から挟み込みように、転送トランジスタTG1、TG2のゲート電極（第1の転送ゲート、第2の転送ゲート）156a、156bが設けられている。言い換えると、転送トランジスタTG1、TG2のゲート電極156a、156bは、フォトダイオードPDの中心点（中心）Oに対して、互いに点対称（略点対称）となるような位置に設けられている。詳細には、転送トランジスタTG1のゲート電極156aは、ゲート電極156aと半導体基板200との間に位置するゲート絶縁膜（図示省略）と、電荷蓄積部MEM1の電極154aと図5中の上下方向（列方向）に沿って隣り合うように並び、転送トランジスタTG2のゲート電極156bは、電荷蓄積部MEM2の電極154bと図5中の上下方向（列方向）に沿って隣り合うように並ぶ。転送トランジスタTG1、TG2は、電荷蓄積部MEM1、MEM2に蓄積された電荷を後述する浮遊拡散領域FD1、FD2へ転送することができる。詳細には、転送トランジスタTG1は、ゲート電極156aと、ソース領域としてのN型半導体領域（図示省略）と、ドレイン領域としてのN型半導体領域（図示省略）とで構成される。また、転送トランジスタTG2についても、転送トランジスタTG1と同様の構成を持つ。

【0063】

さらに、中心線602を基準として鏡面对称となるように、且つ、電荷排出トランジスタOFG1、OFG2を両側から挟み込みように、リセットトランジスタRST1、RST2、増幅トランジスタAMP1、AMP2、及び、選択トランジスタSEL1、SEL2が配置されている。言い換えると、リセットトランジスタRST1、RST2、増幅トランジスタAMP1、AMP2、及び、選択トランジスタSEL1、SEL2は、フォトダイオードPDの中心点（中心）Oに対して、互いに点対称（略点対称）となるような位置に設けられている。なお、リセットトランジスタRST1、増幅トランジスタAMP1及び選択トランジスタSEL1は、図5中の左右方向（行方向）に沿って隣り合うように並び、リセットトランジスタRST2、増幅トランジスタAMP2及び選択トランジスタSEL2も、図5中の左右方向（行方向）に沿って隣り合うように並ぶ。

【0064】

詳細には、リセットトランジスタRST1は、ゲート電極158aと、ゲート電極158aと半導体基板200との間に位置するゲート絶縁膜（図示省略）と、ソース領域としてのN型半導体領域（図示省略）と、ドレイン領域としてのN型半導体領域（図示省略）とで構成される。ソース領域としてのN型半導体領域は、浮遊拡散領域FD1と兼用され、ドレイン領域としてのN型半導体領域は、増幅トランジスタAMP1と兼用されている。また、リセットトランジスタRST2についても、リセットトランジスタRST1と同様の構成を持つ。また、増幅トランジスタAMP1は、ゲート電極160aと、ゲート電極160aと半導体基板200との間に位置するゲート絶縁膜（図示省略）と、ドレイン

領域としてのN型半導体領域（図示省略）と、ソース領域としてのN型半導体領域（図示省略）とで構成される。ドレイン領域としてのN型半導体領域は、リセットトランジスタRST1のドレイン領域と兼用されている。また、増幅トランジスタAMP2についても、増幅トランジスタAMP1と同様の構成を持つ。さらに、選択トランジスタSEL1は、ゲート電極162aと、ゲート電極162aと半導体基板200との間に位置するゲート絶縁膜（図示省略）と、ドレイン領域としてのN型半導体領域（図示省略）と、ソース領域としてのN型半導体領域（図示省略）とで構成される。ドレイン領域としてのN型半導体領域は、増幅トランジスタAMP1のソース領域と兼用されている。また、選択トランジスタSEL2についても、選択トランジスタSEL1と同様の構成を持つ。

【0065】

なお、本実施形態に係る受光素子10の平面構成は、図5に示される例に限定されるものではなく、例えば、他の素子等を含んでもよく、特に限定されるものではない。

【0066】

<6.2 断面構成>

次に、図6を参照して、本開示の第1の実施形態に係る受光素子10の断面構成例を説明する。図6は、図5のA-A'線に沿って受光素子10を切断した際の断面図であり、詳細には、図6中の上側が半導体基板200の裏面側となり、図6中の下側が半導体基板200の表面側となる。

【0067】

まずは、図6に示すように、受光素子10は、例えばシリコン基板等からなるP型の半導体基板200を有する。詳細には、P型の半導体基板200内には、N型半導体領域100a、100bを形成されることにより、半導体基板200内にフォトダイオードPDが形成される。

【0068】

次に、図6中の上側、すなわち、半導体基板200の裏面側から説明する。半導体基板200の裏面の上方には、対象物800からの反射光が入射される、スチレン系樹脂、アクリル系樹脂、スチレン-アクリル共重合系樹脂、又はシロキサン系樹脂等からなるオンチップレンズ208が設けられている。オンチップレンズ208の下方には、例えば、酸化シリコン（SiO₂）、窒化シリコン（SiN）、酸窒化シリコン（SiON）等からなる平坦化膜204が設けられている。さらに、平坦化膜204の下方には、絶縁膜からなる反射防止膜202が設けられている。例えば、反射防止膜202は、酸化ハフニウム（HfO₂）、酸化アルミニウム（Al₂O₃）、酸化チタン（TiO₂）、酸化シリコン等、もしくは、これらの積層から形成することができる。

【0069】

反射防止膜202の上方であって、隣接する受光素子10との境界領域には、対象物800からの反射光が隣接する受光素子10へ入射することを防止するための遮光膜206が設けられている。当該遮光膜206は、光を遮るような材料からなり、例えば、タングステン（W）、アルミニウム（Al）、銅（Cu）等の金属材料を用いて形成することができる。

【0070】

さらに、遮光膜206の下方には、半導体基板200の厚み方向に沿って、半導体基板200の裏面から、半導体基板200の途中まで貫く、画素分離部210a（DTI（Deep Trench Isolation））が設けられている。当該画素分離部210aは、例えば、半導体基板200に設けられたトレンチと、当該トレンチに埋め込まれた酸化シリコン等の絶縁膜又はアルミニウム等の金属膜とからなる。当該画素分離部210aによれば、隣接する受光素子10へ入射光が入り込むことを防止することができ、その結果、隣接する受光素子10間での電荷クロストークの発生を防止することができる。

【0071】

次に、図6中の下側、すなわち、半導体基板200の表面側を説明する。N型半導体領域100bを挟むようにして、2つの振り分けトランジスタVG1、VG2が形成されて

10

20

30

40

50

いる。詳細には、振り分けトランジスタV G 1、V G 2は、半導体基板2 0 0の表面上に設けられた、例えばポリシリコン膜からなるゲート電極1 5 0 a、1 5 0 bをそれぞれ有する。

【0 0 7 2】

さらに、振り分けトランジスタV G 1、V G 2を左右方向から挟み込むようにして、半導体基板2 0 0内に電荷蓄積部M E M 1、M E M 2が設けられている。例えば、電荷蓄積部M E M 1、M E M 2は、金属膜又はポリシリコン膜からなる電極1 5 4 a、1 5 4 bと、酸化膜からなる絶縁膜（図示省略）と、N型半導体領域（図6中では、M E M 1、M E M 2として示されている）との積層からなるM O S型容量であることができる。

【0 0 7 3】

そして、電荷蓄積部M E M 1、M E M 2に隣接して、転送トランジスタT G 1、T G 2のゲート電極1 5 6 a、1 5 6 bが、半導体基板2 0 0の表面上に設けられている。さらに、転送トランジスタT G 1、T G 2のゲート電極1 5 6 a、1 5 6 bに近接した半導体基板2 0 0内に、浮遊拡散領域F D 1、F D 2として図示されているN型半導体領域が形成されている。

【0 0 7 4】

さらに、半導体基板2 0 0の表面上には配線層3 0 0が設けられている。配線層3 0 0は、絶縁膜3 0 2と金属膜3 0 4とを含む。さらに、配線層3 0 0の、半導体基板2 0 0と反対側の面上には、電極3 0 6が設けられている。

【0 0 7 5】

加えて、配線層3 0 0の、半導体基板2 0 0と反対側の面上には、基板4 0 0が設けられている。基板4 0 0も、絶縁膜4 0 2と金属膜4 0 4とを含み、配線層3 0 0側の面上には、電極4 0 6が設けられている。本実施形態においては、例えば、配線層3 0 0の電極3 0 6と、基板4 0 0の電極4 0 6とは、銅（C u）等で形成され、互いに接することで、配線層3 0 0と基板4 0 0とを接合することができる。

【0 0 7 6】

なお、本実施形態に係る受光素子1 0の断面構成は、図6に示される例に限定されるものではなく、例えば、他の素子等を含んでもよく、特に限定されるものではない。

【0 0 7 7】

以上のように、本実施形態においては、振り分けトランジスタV G 1、V G 2のゲート電極1 5 0 a、1 5 0 bは、フォトダイオードP Dの中心点O（詳細には、中心線6 0 0）に対して、線対称となるように配置されている。従って、本実施形態によれば、振り分けトランジスタV G 1、V G 2の電荷を振り分ける性能は互いにほぼ同等となる。その結果、本実施形態によれば、製造ばらつき（例えば、レイアウトずれ）が生じても、全ての受光素子1 0において、振り分けトランジスタV G 1、V G 2の性能の違いが受光素子1 0ごとに異なるような状況が生じることを避けることができ、ひいては、測距モジュール1は高い測距精度を確保することが可能となる。

【0 0 7 8】

< 6 . 3 変形例 >

なお、上述した本開示の第1の実施形態に係る受光素子1 0は、以下のように様々に変形することができる。これら変形例においても、上述の実施形態と同様に、振り分けトランジスタV G 1、V G 2のゲート電極1 5 0 a、1 5 0 bが、フォトダイオードP Dの中心点Oを通過する中心線に対して、線対称（略線対称）となるように配置されている。以下に、本実施形態の変形例を順次説明する。

【0 0 7 9】

（変形例1）

まずは、変形例1を、図7を参照して説明する。図7は、本実施形態の変形例1に係る受光素子1 0の平面構成例を示す説明図である。本変形例1においても、振り分けトランジスタV G 1、V G 2のゲート電極1 5 0 a、1 5 0 bが、中心線6 0 0に対して線対称（略線対称）となるように配置されている。さらに、本変形例1においては、図7に示す

10

20

30

40

50

ように、浮遊拡散領域FDが1つであり、すなわち、転送トランジスタTG1、TG2との間で、1つの浮遊拡散領域FDを共有している。このような本変形例1によれば、2つの転送トランジスタTG1、TG2の間で1つの浮遊拡散領域FDを共有することにより、受光素子10をより微細化することが可能となる。

【0080】

(変形例2)

次に、変形例2を、図8及び図9を参照して説明する。図8は、本実施形態の変形例2に係る受光素子10の等価回路図であり、図9は、本実施形態の変形例2に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図である。本変形例2においても、図9に示すように、振り分けトランジスタVG1、VG2のゲート電極150a、150bが、中心線600に対して、線対称（略線対称）となるように配置されている。さらに、本変形例2においては、図8に示すように、電荷蓄積部MEM1、MEM2及び転送トランジスタTG1、TG2が設けられていない。すなわち、本変形例2においては、振り分けトランジスタVG1、VG2によって、フォトダイオードPDで発生した電荷は、浮遊拡散領域FD1、FD2へ直接振り分けられることとなる。従って、本変形例によれば、このように電荷蓄積部MEM1、MEM2及び転送トランジスタTG1、TG2が設けられていないことから、受光素子10をより微細化することができる。

【0081】

(変形例3、4)

次に、変形例3、4を、図10から図12を参照して説明する。図10は、本実施形態の変形例3に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図であり、図11は、図10のA-A'線に沿って受光素子10を切断した際の断面図である。図12は、本実施形態の変形例4に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図である。本変形例3、4においても、図10、12に示すように、振り分けトランジスタVG1、VG2のゲート電極150a、150bが、中心線600に対して線対称（略線対称）となるように配置されている。

【0082】

さらに、本変形例3においては、図10の破線に示すように、振り分けトランジスタVG1、VG2のゲート電極150a、150bは、半導体基板200に埋め込まれた一対の埋込ゲート部を有する。詳細には、図11に示すように、ゲート電極150a、150bのそれぞれは、半導体基板200に埋め込まれた縦型の2つの埋込ゲート部170a、170bを有する。本変形例3によれば、このようにすることで、一対の埋込ゲート部170a、170bに印加された電圧により、一対の埋込ゲート部170a、170bの周囲の半導体領域を効果的に変調することができる。その結果、本変形例3によれば、このような変調により、半導体基板200内に深い部分にあるフォトダイオードPDで生成された電荷をより高速に蓄積部MEM1、MEM2に転送することができる。

【0083】

さらに、本変形例4においては、図12の破線に示すように、振り分けトランジスタVG1、VG2のゲート電極150a、150bは、半導体基板200に埋め込まれた一つの埋込ゲート部を有する。本変形例4によっても、埋込ゲート部170a、170bに印加された電圧により、埋込ゲート部170a、170bの周囲の半導体領域を効果的に変調し、半導体基板200内に深い部分にあるフォトダイオードPDで生成された電荷をより高速に蓄積部MEM1、MEM2に転送することができる。さらに、本変形例4においては、各ゲート電極150a、150bの有する埋込ゲート部を1つにすることにより、ゲート電極150a、150bの微細化がより容易となる。

【0084】

また、本変形例3、4においては、図10及び図12の破線で示すように、電荷排出トランジスタOFG1及びOFG2のゲート電極152a、152bも、1対、又は、1つの埋込ゲート部を有してもよい。本変形例3、4によれば、このようにすることで、埋込ゲート部の周囲の半導体領域を効果的に変調し、半導体基板200内に深い部分にあるフォトダイオードPDで生成された電荷をより高速に排出することができる。

【0085】

(変形例5)

次に、変形例5を、図13を参照して説明する。図13は、本実施形態の変形例5に係る受光素子10の断面構成例を示す説明図である。本変形例5においても、図13に示すように、振り分けトランジスタVG1、VG2のゲート電極150a、150bは、中心線600に対して線対称（略線対称）となるように配置されている。言い換えると、振り分けトランジスタVG1のゲート電極（第1の振り分けゲート）150aの中心点（中心）O1aからフォトダイオード（第1の光電変換部）PDの中心点（中心）Oまでを結ぶ線（第1の線分）と、振り分けトランジスタVG2のゲート電極（第2の振り分けゲート）150bの中心点（中心）O1bからフォトダイオードPDの中心点Oまでを結ぶ線（第2の線分）とを接続することによってなる中心線602は、中心線（第1の中心軸）600に対して直行する。

10

【0086】

さらに、本変形例5においては、図13に示すように、電荷排出トランジスタOFGが1つ設けられている。詳細には、本変形例5においては、図13に示すように、受光素子10は、フォトダイオードPDで発生した電荷を排出する、1つの電荷排出トランジスタOFGのゲート電極（第3の電荷排出ゲート）152bを有する。さらに、ゲート電極152bの中心点O2は、中心線（第1の中心軸）600上に位置している。このような本変形例5によれば、電荷排出トランジスタOFGを1つにすることにより、受光素子10をより微細化することが可能となる。

20

【0087】

(変形例6、7、8)

さらに、上述した変形例5を以下のようにさらに変形することもできる。このような変形例6、7、8を、図14から図17を参照して説明する。図14は、本実施形態の変形例6に係る受光素子10の等価回路図であり、図15は、本実施形態の変形例6に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図である。さらに、図16は、本実施形態の変形例7に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図である。図17は、本実施形態の変形例8に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図である。

【0088】

変形例6の受光素子10では、図14に示すように、浮遊拡散領域FD、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP、及び、選択トランジスタSELは、1つずつ設けられている。すなわち、変形例6の受光素子10においては、浮遊拡散領域FD、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP、及び、選択トランジスタSELが共有されている構成となっている。そして、このような構成を採用することにより、本変形例6の受光素子10は、例えば図15に示すような平面構成を採用することができる。

30

【0089】

詳細には、本変形例6においては、図15に示すように、振り分けトランジスタVG1、VG2のゲート電極150a、150bが、中心線600に対して線対称（略線対称）となるように配置されている。より具体的には、本変形例6においては、振り分けトランジスタVG1のゲート電極（第1の振り分けゲート）150aの中心点（中心）O1aからフォトダイオード（第1の光電変換部）PDの中心点（中心）Oまでを結ぶ中心線（第1の線分）604a（なお、わかりやすくするために、中心線604aは、延伸して図示している）と、中心線（第1の中心軸）600とは、鋭角をなしている。さらに、振り分けトランジスタVG2のゲート電極（第2の振り分けゲート）150bの中心点（中心）O1bからフォトダイオードPDの中心点Oまでを結ぶ中心線（第2の線分）604b（なお、わかりやすくするために、中心線604bは、延伸して図示している）と、中心線600とは、鋭角をなしている。なお、本変形例6においては、当該鋭角の角度は、限定されるものではないが、例えば45度等であることができる。

40

【0090】

また、本変形例6においては、図15に示すように、電荷蓄積部（第1及び前記第2の

50

電荷蓄積部) MEM 1、MEM 2 及び転送トランジスタ TG 1、TG は、中心線 (第 1 の中心軸) 600 に対して、互いに線対称 (略線対称) となる位置に設けられている。

【0091】

本変形例 6 によれば、振り分けトランジスタ VG 1、VG 2 のゲート電極 150 a、150 b が、より近接して配置されることから、電荷蓄積部 MEM 1、MEM 2 へ高速で電荷を振り分けることができるとともに、振り分けトランジスタ VG 1、VG 2 の電荷を振り分ける性能は互いにより同等となる。その結果、本変形例 6 によれば、製造ばらつきが生じて、全ての受光素子 10 において、振り分けトランジスタ VG 1、VG 2 の性能の違いが受光素子 10 ごとに異なるような状況が生じることを避けることができ、ひいては、測距モジュール 1 は高い測距精度を確保することが可能となる。

10

【0092】

さらに、変形例 7 においては、図 16 に示すように、振り分けトランジスタ VG 1、VG 2 のゲート電極 150 a、150 b に挟まれるように、電荷排出トランジスタ OFG のゲート電極 152 が設けられている。本変形例 7 においては、振り分けトランジスタ VG 1、VG 2 及び電荷排出トランジスタ OFG が、互いに近接して設けられているため、フォトダイオード PD で発生した電荷の転送先を、電荷蓄積部 MEM 1 から電源電位 VDD (排出) へ切りかえる際、電荷蓄積部 MEM 2 から電源電位 VDD (排出) へ切りかえる際の不要電荷の転送速度を向上させることができる。

【0093】

詳細には、本変形例 8 においては、図 17 に示すように、振り分けトランジスタ VG 1、VG 2 のゲート電極 150 a、150 b が、中心線 600 に対して線対称 (略線対称) となるように配置されている。より具体的には、本変形例 8 においては、フォトダイオード (第 1 の光電変換部) PD の中心点 (中心) O を通過する中心線 (第 1 の中心軸) 600 に対して線対象になるように、振り分けトランジスタ VG 1、VG 2 のゲート電極 150 a、150 b が配置されている。さらに、本変形例 8 においては、図 17 に示すように、電荷蓄積部 (第 1 及び前記第 2 の電荷蓄積部) MEM 1、MEM 2 及び転送トランジスタ TG 1、TG 2 も、中心線 (第 1 の中心軸) 600 に対して、互いに線対称 (略線対称) となる位置に設けられている。

20

【0094】

本変形例 8 によれば、振り分けトランジスタ VG 1、VG 2 のゲート電極 150 a、150 b が、略線対象に配置されることから、振り分けトランジスタ VG 1、VG 2 の電荷を振り分ける性能は互いにより同等となる。その結果、本変形例 8 によれば、製造ばらつきが生じて、全ての受光素子 10 において、振り分けトランジスタ VG 1、VG 2 の性能の違いが受光素子 10 ごとに異なるような状況が生じることを避けることができ、ひいては、測距モジュール 1 は高い測距精度を確保することが可能となる。さらに、変形例 8 においては、図 17 に示すように、振り分けトランジスタ VG 1、VG 2 のゲート電極 150 a、150 b に挟まれるように、電荷排出トランジスタ OFG のゲート電極 152 が設けられている。本変形例 8 においては、振り分けトランジスタ VG 1、VG 2 及び電荷排出トランジスタ OFG が、互いに近接して設けられているため、フォトダイオード PD で発生した電荷の転送先を、電荷蓄積部 MEM 1 から電源電位 VDD (排出) へ切りかえる際、電荷蓄積部 MEM 2 から電源電位 VDD (排出) へ切りかえる際の不要電荷の転送速度を向上させることができる。

30

【0095】

(変形例 9、10)

次に、変形例 9、10 を、図 18 及び図 19 を参照して説明する。図 18 は、本実施形態の変形例 9 に係る受光素子 10 の平面構成例を示す説明図であり、図 19 は、本実施形態の変形例 10 に係る受光素子 10 の平面構成例を示す説明図である。本変形例においても、振り分けトランジスタ VG 1、VG 2 のゲート電極 150 a、150 b は、フォトダイオード PD の中心点 O を通過する中心線に対して線対称 (略線対称) となるように配置されている。しかしながら、本変形例 9、10 においては、上記中心線は、上述したよう

40

50

な受光素子10を図中上下方向（列方向）に沿って延伸する中心線600ではなく、当該列方向に対して所定の角度で交わる方向に沿って、フォトダイオード（第1の光電変換部）PDの中心点（中心）Oを通過するように延伸する中心線（第1の中心軸）612である。

【0096】

詳細には、本変形例9においては、図18に示すように、振り分けトランジスタVG1、VG2のゲート電極（第1及び前記第2の振り分けゲート）150a、150bは、中心線（第1の中心軸）612に対して互いに線対称（略線対称）となる位置に設けられている。中心線612は、先に説明したように、受光素子10を図18中上下方向（列方向）に対して所定の角度で交わる方向に沿って、フォトダイオード（第1の光電変換部）PDの中心点（中心）Oを通過するように延伸する。なお、本変形例9においては、上記所定の角度は、特に限定されるものではないが、例えば45度等であることができる。

10

【0097】

さらに、本変形例9においては、図18に示すように、フォトダイオードPDの中心点Oを通過し、且つ、中心線612と直行する中心線614に対して線対称（略線対称）となるように、電荷排出トランジスタOFG1、OFG2のゲート電極152a、152bが配置されている。

【0098】

加えて、本変形例9においては、図18に示すように、中心線612を基準として鏡面対称となるように、且つ、振り分けトランジスタVG1、VG2を両側から挟み込みように、電荷蓄積部MEM1、MEM2及び転送トランジスタTG1、TG2が設けられている。言い換えると、電荷蓄積部MEM1、MEM2及び転送トランジスタTG1、TG2は、フォトダイオードPDの中心点（中心）Oに対して、互いに点対称（略点対称）となるような位置に設けられている。

20

【0099】

本変形例によれば、振り分けトランジスタVG1、VG2のゲート電極150a、150b等を、列方向又は行方向に対して斜めに配置することにより、半導体基板200上における受光素子10のレイアウトの自由度を高めることができる。

【0100】

また、浮遊拡散領域FD、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP、及び、選択トランジスタSELが共有されている構成を採用した場合には、図19に示すような、変形例10の受光素子10の平面構成例を採用することができる。本変形例10によれば、浮遊拡散領域FD、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP、及び、選択トランジスタSELを共有する構成にすることにより、受光素子10の微細化がより容易となる。

30

【0101】

（変形例11～変形例14）

上述した実施形態及び変形例においては、受光素子10の各構成要素は、1つの半導体基板200上に設けられているものとして説明したが、本実施形態においては、このように1つの半導体基板200上に設けられることに限定されるものではない。そこで、変形例11から変形例14として、受光素子10の各構成要素を積層された2つの基板に設ける例を説明する。これら変形例11から変形例14によれば、2つの基板を積層することによって、受光素子10の微細化がより容易となる。

40

【0102】

以下に、変形例11から変形例14を、図20から図23を参照して説明する。図20は、本実施形態の変形例11に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図であり、図21は、本実施形態の変形例12に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図である。また、図22は、本実施形態の変形例13に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図であり、図23は、本実施形態の変形例14に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図である。

50

【0103】

まずは、変形例11においては、図20に示すように、半導体基板200上には、フォトダイオードPD、振り分けトランジスタVG1、VG2、電荷排出トランジスタOFG1、OFG2、電荷蓄積部MEM1、MEM2、転送トランジスタTG1、TG2、及び、浮遊拡散領域FD1、FD2が設けられている。さらに、増幅トランジスタAMP1、AMP2、選択トランジスタSEL1、SEL2及びリセットトランジスタRST1、RST2は、半導体基板（他の半導体基板）200b上に設けられている。なお、半導体基板200と半導体基板200bとは、例えば、互いに積層され、半導体基板200及び半導体基板200b上に設けられた銅（Cu）からなる電極を接合することにより、互いに電氣的に接続することが可能である。

10

【0104】

次に、変形例12においては、図21に示すように、振り分けトランジスタVG1、VG2のゲート電極150a、150bは、図21中上下方向（列方向）に沿って配置されている。本変形例12によれば、測距モジュール1の受光部30の画素アレイ部12が例えば4：3や16：9等の横長の画角を持つ場合に、画素アレイ部12に斜めに入射する斜め光による測距精度の劣化を緩和することができる。

【0105】

次に、変形例13においては、図22に示すように、浮遊拡散領域FD、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP、及び、選択トランジスタSELを共有する構成としている。本変形例13によれば、浮遊拡散領域FD、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMP、及び、選択トランジスタSELを共有する構成にすることにより、受光素子10の微細化がより容易となる。

20

【0106】

次に、変形例14においては、図23に示すように、振り分けトランジスタVG1、VG2のゲート電極150a、150bは、図23中上下方向（列方向）に沿って配置されている。本変形例14によれば、測距モジュール1の受光部30の画素アレイ部12が例えば4：3や16：9等の横長の画角を持つ場合に、画素アレイ部12に斜めに入射する斜め光による測距精度の劣化を緩和することができる。

【0107】

（変形例15）

また、上述した変形例12から変形例14においては、増幅トランジスタAMP、選択トランジスタSEL及びリセットトランジスタRSTを、半導体基板200b上に設けていたが、本実施形態においては、このような形態に限定されるものではない。そこで、変形例15として、信号線（出力配線）VSLを半導体基板200b上に設ける例を説明する。本変形例15によれば、信号線VSLを半導体基板200ではなく半導体基板200b上に設けていることから、信号線VSLによって送信される信号を受けるための回路の設計の自由度を高めることができる。

30

【0108】

以下に、変形例15を、図24を参照して説明する。図24は、本実施形態の変形例15に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図である。変形例15においては、図24に示すように、半導体基板200上には、フォトダイオードPD、振り分けトランジスタVG1、VG2、電荷排出トランジスタOFG1、OFG2、電荷蓄積部MEM1、MEM2、転送トランジスタTG1、TG2、浮遊拡散領域FD1、FD2、増幅トランジスタAMP1、AMP2、選択トランジスタSEL1、SEL2及びリセットトランジスタRST1、RST2が設けられている。さらに、信号線VSL1、VSL2は、半導体基板200b上に設けられている。このような本変形例15によれば、信号線VSL1、VSL2を半導体基板200ではなく半導体基板200b上に設けていることから、信号線VSL1、VSL2によって送信される信号を受けるための回路の設計の自由度を高めることができる。

40

【0109】

50

(変形例 16、17)

また、上述した実施形態及び変形例においては、受光素子 10 は、2つの振り分けトランジスタ V G 1、V G 2 を有していたが、本実施形態においては、2つの振り分けトランジスタ V G 1、V G 2 に限定されるものではない。例えば、受光素子 10 は、4つの振り分けトランジスタ V G 1、V G 2、V G 3、V G 4 を有していてもよい。以下に、このような変形例 16、17 を図 25 から図 27 を参照して説明する。図 25 は、本実施形態の変形例 16 に係る受光素子 10 の等価回路図である。図 26 は、本実施形態の変形例 16 に係る受光素子 10 の平面構成例を示す説明図であり、図 27 は、本実施形態の変形例 17 に係る受光素子 10 の平面構成例を示す説明図である。なお、図 26 及び図 27 においては、わかりやすくするために、フォトダイオード P D、振り分けトランジスタ V G 1、V G 2、V G 3、V G 4 及び電荷排出トランジスタ O F G 1、O F G 2 (又は O F G) のみを図示している。

10

【0110】

変形例 16 の受光素子 10 では、図 25 に示すように、振り分けトランジスタ V G、電荷蓄積部 M E M、転送トランジスタ T G 及び浮遊拡散領域 F D からなる組み合わせを 4 つ設けている。さらに、変形例 16 の受光素子 10 では、リセットトランジスタ R S T、増幅トランジスタ A M P、及び、選択トランジスタ S E L を 1 つずつ設けている。本変形例 16 によれば、4つの振り分けトランジスタ V G 1、V G 2、V G 3、V G 4 を設けることにより、測距範囲を広げることができる。

【0111】

このような本変形例 16 の受光素子 10 は、図 26 に示すような平面構成を採用することができる。本変形例 16 においても、振り分けトランジスタ V G 1、V G 2、V G 3、V G 4 のゲート電極 150 a、150 b、150 c、150 d は、フォトダイオード P D の中心点 O を通過し、受光素子 10 を上下方向 (列方向) に沿って延伸する中心線 600 に対して線対称 (略線対称) となるように配置されている。さらに詳細には、本変形例 16 においては、図 26 に示すように、振り分けトランジスタ V G 1、V G 3 のゲート電極 150 a、150 c は、フォトダイオード P D の中心点 O を挟んで互いに対向し、振り分けトランジスタ V G 2、V G 4 のゲート電極 150 b、150 d は、フォトダイオード P D の中心点 O を挟んで互いに対向している。本変形例 16 においても、振り分けトランジスタ V G 1、V G 2、V G 3、V G 4 のゲート電極 150 a、150 b、150 c、150 d は、中心線 600 に対して線対称となるように配置されていることから、振り分けトランジスタ V G 1、V G 2、V G 3、V G 4 の電荷を振り分ける性能は互いにほぼ同等となる。

20

30

【0112】

また、電荷排出トランジスタ O F G を 1 つにした場合には、図 27 に示すような、変形例 17 の受光素子 10 の平面構成例を採用することができる。本変形例 17 によれば、電荷排出トランジスタ O F G を 1 つにすることにより、受光素子 10 をより微細化することが可能となる。

【0113】

(変形例 18)

さらに、本実施形態においては、受光素子 10 は、8つの振り分けトランジスタ V G 1 ~ V G 8 を有していてもよい。以下に、このような変形例 18 を図 28 及び図 29 を参照して説明する。図 28 は、本実施形態の変形例 18 に係る受光素子 10 の等価回路図であり、図 29 は、本実施形態の変形例 18 に係る受光素子 10 の平面構成例を示す説明図である。本変形例によれば、8つの振り分けトランジスタ V G 1 ~ V G 8 を設けることにより、測距範囲をより広げることができる。

40

【0114】

変形例 18 の受光素子 10 では、図 28 に示すように、振り分けトランジスタ V G、電荷蓄積部 M E M、転送トランジスタ T G 及び浮遊拡散領域 F D からなる組み合わせを 8 つ設けている。さらに、変形例 18 の受光素子 10 では、リセットトランジスタ R S T、増

50

幅トランジスタAMP、及び、選択トランジスタSELを1つずつ設けている。

【0115】

このような本変形例18の受光素子10は、図29に示すような平面構成を採用することができる。本変形例18においても、振り分けトランジスタVG1からVG8のゲート電極150は、フォトダイオードPDの中心点Oを通過し、受光素子10を上下方向（列方向）に沿って延伸する中心線600に対して線対称（略線対称）となるように配置されている。さらに、振り分けトランジスタVG1からVG8のゲート電極150は、フォトダイオードPDの中心点Oを通過し、受光素子10を左右方向（行方向）に沿って延伸する中心線602に対して線対称（略線対称）となるように配置されている。

【0116】

そして、本変形例18に係る受光素子10は、以下のように動作させることが好ましい。なお、以下の説明においては、測距モジュール1の受光部30の画素アレイ部12を4つの領域に区切り、各領域を、その位置により、第1象限、第2象限、第3象限、第4象限と呼ぶものとする。

【0117】

詳細には、測距モジュール1の受光部30の画素アレイ部12においては、先に説明したように、行方向及び列方向の行列状に2次元配置された複数の受光素子10を有する。このような画素アレイ部12の中心領域に光が入った場合には、当該光の入射角はほぼ0度であり、当該光によってフォトダイオードPDで発生した電荷は、振り分けトランジスタVG1、VG2により電荷蓄積部MEM1、MEM2へほぼ同様の状態で振り分けることが容易である。しかしながら、このような画素アレイ部12の中心領域以外に光が入った場合には、当該光は斜めに入射されることとなることから、当該光によってフォトダイオードPDで発生した電荷は、振り分けトランジスタVG1、VG2により電荷蓄積部MEM1、MEM2へほぼ同様の状態で振り分けることが難しい。その結果、測距モジュール1は、高い測距精度を確保することが難しくなる。

【0118】

そこで、例えば、本変形例18においては、画素アレイ部12の第1象限では、振り分けトランジスタVG1、VG8、VG6を使用することにより、フォトダイオードPDで発生した電荷をほぼ同様の状態で振り分け、上述したような斜めに入射する斜め光による測距精度の劣化を緩和することができる。また、本変形例18においては、上述と同様に、画素アレイ部12の第2象限では、振り分けトランジスタVG6、VG4、VG2を使用することにより、フォトダイオードPDで発生した電荷をほぼ同様の状態で振り分け、上述したような斜めに入射する斜め光による測距精度の劣化を緩和することができる。

【0119】

なお、斜めに入射する光の影響が軽微である場合には、本変形例18においては、フォトダイオードPDで発生した電荷の振り分けは、振り分けトランジスタVG1、VG2を使用し、振り分けトランジスタVG5を電荷の排出に使用してもよい。本変形例18においては、振り分けトランジスタVGの数が多いため、画素アレイ部12の領域ごとに、最適な位置の振り分けトランジスタVGを使用することが好ましい。

【0120】

（変形例19～変形例22）

また、本実施形態においては、測距モジュール1の受光部30の画素アレイ部12は、複数の受光素子10だけでなく、複数の撮像素子を有していてもよい。このようにすることで、測距モジュール1は、測距だけでなく、対象物800のイメージ（色情報）を取得することができる。以下に、このような変形例19から変形例22を図30から図33を参照して説明する。図30は、本実施形態の変形例19に係る画素アレイ部12の平面構成例を示す説明図であり、図31は、本実施形態の変形例20に係る画素アレイ部12の平面構成例を示す説明図である。また、図32は、本実施形態の変形例21に係る画素アレイ部12の平面構成例を示す説明図であり、図33は、本実施形態の変形例22に係る画素アレイ部12の平面構成例を示す説明図である。

【0121】

まずは、変形例19の画素アレイ部12においては、図30に示すように、半導体基板200上に、複数の受光素子10だけでなく、複数の撮像素子500が設けられている。各撮像素子500は、光を電荷に変換するフォトダイオード（第2の光電変換部）（図示省略）と、上記フォトダイオードから電荷が転送される浮遊拡散領域（第2の浮遊拡散領域）（図示省略）と、上記フォトダイオードから上記浮遊拡散領域へ電荷を転送する転送トランジスタのゲート（第3の転送ゲート）（図示省略）とを主に有する。さらに、複数の撮像素子500は、図30に示すように、青色光を検出する撮像素子（第2の撮像素子）500bと、緑色光を検出する撮像素子（第3の撮像素子）500gと、赤色光を検出する撮像素子（第1の撮像素子）500rとを含み、これらの撮像素子500b、500g、500rは、例えばバイヤー配列されている。なお、図30においては、照射光に対して位相遅れ0度、180度で動作する受光素子10aをI（0°／180°）として示し、照射光に対して位相遅れ90度、270度で動作する受光素子10bをQ（90°／270°）として示している。本変形例19によれば、同一平面上に、測距を行う受光素子10に隣接して、色情報のRGB信号を取得する撮像素子500を配置することにより、測距とともに撮像も行うことができる。

10

【0122】

また、変形例20においては、図31に示すように、2×2で配置された撮像素子500b、500g、500rに対して、4つの受光素子10a（I（0°／180°））を2×2で配置し、4つの受光素子10b（Q（90°／270°））を2×2で配置する。このように配置することにより、本変形例20によれば、単純なレイアウトになることから、容易に画素アレイ部12を製造することが可能となる。

20

【0123】

また、変形例21においては、図32に示すように、複数の撮像素子500は、近赤外線（IR）を検出する撮像素子（第4の撮像素子）500iをさらに有する。なお、本変形例においては、撮像素子500b、500g、500rは、先に説明したようなバイヤー配列ではなく、バイヤー配列のうちの撮像素子500gの1つを撮像素子500iに置き換えている。このようにすることで、本変形例21によれば、色情報のRGB信号以外にも近赤外線信号を取得することができることから、例えば暗い環境下でも対象物800のイメージを取得することができる。なお、本変形例においては、撮像素子500iと、受光素子10a、10bとの波長感度は、同じであっても、異なってもよい。

30

【0124】

また、変形例22においては、図33に示すように、複数の受光素子10a、10bと、複数の撮像素子500b、500g、500rとを、列状にそれぞれ配置している。このように配置することで、本変形例22においては、空間の解像度は下がるものの、単純なレイアウトになることから、配線設計が容易となり、且つ、容易に画素アレイ部12製造することが可能となる。

【0125】

（変形例23～変形例28）

また、本実施形態においては、撮像素子500は、受光素子10と異なる半導体基板上に設けてもよく、すなわち、画素アレイ部12を積層型にしてもよい。このように積層型にすることで、画素アレイ部12をよりコンパクトにすることができる。以下に、このような変形例23から変形例28を図34から図39を参照して説明する。図34は、本実施形態の変形例23に係る画素アレイ部12の平面構成例を示す説明図であり、図35は、本実施形態の変形例24に係る画素アレイ部12の平面構成例を示す説明図である。また、図36は、本実施形態の変形例25に係る画素アレイ部12の平面構成例を示す説明図であり、図37は、本実施形態の変形例26に係る画素アレイ部12の平面構成例を示す説明図である。さらに、図38は、本実施形態の変形例27に係る画素アレイ部12の平面構成例を示す説明図であり、図39は、本実施形態の変形例28に係る画素アレイ部12の平面構成例を示す説明図である。

40

50

【0126】

まずは、変形例23の画素アレイ部12においては、図34に示すように、半導体基板200上に複数の受光素子10a、10bが設けられている。さらに、半導体基板200に積層される半導体基板200b上には、複数の撮像素子500b、500g、500rが設けられている。本変形例23によれば、このように2つの半導体基板200、200bを積層することから、画素アレイ部12をよりコンパクトにすることができる。なお、図34中の矢印は、光(hv)が入射する方向を示し、本変形例においては、一方向から光が入射するため、画素アレイ部12に光を集める集光レンズ等の構成をシンプルにすることができる。また、本変形例23においては、図34に示すように、受光素子10a、10bがそれぞれ2×2ごとにベイヤー配列されているため単純なレイアウトになることから、容易に画素アレイ部12を製造することが可能である。

10

【0127】

次に、変形例24の画素アレイ部12においては、図35の矢印に示すように、積層された半導体基板200、200bの両側から光が入射するようになっている。本変形例24においては、撮像素子500b、500g、500rに対する光の入射方向と、受光素子10a、10bに対する光の入射方向とが異なるため、撮像素子500b、500g、500r及び受光素子10a、10bのいずれも高い感度で信号を取得することが可能となる。

【0128】

次に、変形例25の画素アレイ部12においては、図36に示すように、複数の受光素子10a、10bのそれぞれは、半導体基板200上に斜め方向に沿って並んでおり、さらに、複数の受光素子10a、10bのそれぞれからなる斜めの列は交互に並んでいる。本変形例25によれば、このような配置にすることにより、受光素子10a、10bでの測距の解像度を向上させることができる。

20

【0129】

次に、変形例26、27の画素アレイ部12においては、図37、38に示すように、半導体基板200上に、複数の受光素子10a、10bとともに複数の撮像素子500iが設けられている。詳細には、変形例26においては、図37に示すように、撮像素子500iは、分光波長が可視光線よりも長いため、他の撮像素子500b、500g、500rや受光素子10a、10bに比べて大きなサイズ(面積)で形成して、感度を向上させている。また、変形例27においては、図38に示すように、撮像素子500iと、受光素子10a、10bとを一方向に沿って並べており、単純なレイアウトになることから、容易に画素アレイ部12を製造することが可能である。以上のように、これら本変形例26、27によれば、解像度を向上させつつ、色情報のRGB信号以外にも近赤外線信号を取得することができることから、例えば暗い環境下でも対象物800のイメージを取得することができる。

30

【0130】

次に、変形例28の画素アレイ部12においては、図39に示すように、受光素子10a、10bと、撮像素子500iとが、それぞれ2×2ごとに配置されているため、解像度を向上させることができる。

40

【0131】

(変形例29～変形例35)

また、本実施形態においては、受光素子10a、10bは、撮像素子500b、500g、500rと比べて大きなサイズで形成してもよい。このようにすることで、測距精度を向上させることができる。以下に、このような変形例29から変形例35を図40から図46を参照して説明する。図40は、本実施形態の変形例29に係る画素アレイ部12の平面構成例を示す説明図であり、図41は、本実施形態の変形例30に係る画素アレイ部12の平面構成例を示す説明図である。図42は、本実施形態の変形例31に係る画素アレイ部12の平面構成例を示す説明図であり、図43は、本実施形態の変形例32に係る画素アレイ部12の平面構成例を示す説明図である。また、図44は、本実施形態の変

50

形例 33 に係る画素アレイ部 12 の平面構成例を示す説明図であり、図 45 は、本実施形態の変形例 34 に係る画素アレイ部 12 の平面構成例を示す説明図である。さらに、図 46 は、本実施形態の変形例 35 に係る画素アレイ部 12 の平面構成例を示す説明図である。

【0132】

まずは、変形例 29 の画素アレイ部 12 においては、図 40 に示すように、受光素子 10a、10b は、撮像素子 500b、500g、500r と比べて大きなサイズ（面積）を持つ。一般的に、撮像素子 500b、500g、500r に対しては高い解像度が要求されるが、一方、受光素子 10a、10b に対しては、撮像素子 500b、500g、500r ほどの高い解像度は要求されない。そこで、本変形例 29 においては、このように大きなサイズの受光素子 10a、10b を設けることにより、解像度は劣るものの、感度を向上させ、ひいては測距精度を向上させることができる。

10

【0133】

次に、変形例 30、31 の画素アレイ部 12 においては、図 41、42 に示すように、受光素子 10a、10b を一方向に沿って並べており、単純なレイアウトになることから、容易に画素アレイ部 12 を製造することが可能である。

【0134】

さらに、積層構成においても、受光素子 10a、10b は、撮像素子 500b、500g、500r と比べて大きなサイズ（面積）を持つことができる。詳細には、変形例 32 から変形例 34 の画素アレイ部 12 の積層構成においても、図 43 から図 45 に示すように、受光素子 10a、10b は、撮像素子 500b、500g、500r と比べて大きなサイズ（面積）を持つ。

20

【0135】

また、変形例 35 の画素アレイ部 12 においては、図 46 に示すように、撮像素子 500i は、撮像素子 500b、500g、500r と比べて大きなサイズ（面積）を持つ。本変形例によれば、このように大きなサイズの撮像素子 500i を設けることにより、感度を向上させることができる。

【0136】

（変形例 36～変形例 40）

また、本実施形態においては、画素アレイ部 12 においては、複数の受光素子 10 の向きを、その位置ごとに最適化してもよい。以下に、このような変形例 36 から変形例 40 を図 47 から図 52 を参照して説明する。図 47 は、本実施形態の変形例 36 から変形例 40 に係る受光素子 10 の平面構成例を示す説明図である。図 48 は、本実施形態の変形例 36 に係る画素アレイ部 12 の平面構成例を示す説明図であり、図 49 は、本実施形態の変形例 37 に係る画素アレイ部 12 の平面構成例を示す説明図である。図 50 は、本実施形態の変形例 38 に係る画素アレイ部 12 の平面構成例を示す説明図であり、図 51 は、本実施形態の変形例 39 に係る画素アレイ部 12 の平面構成例を示す説明図である。図 52 は、本実施形態の変形例 40 に係る画素アレイ部 12 の平面構成例を示す説明図である。

30

【0137】

以下に説明する変形例 36 から 40 においては、各受光素子 10 の平面構成は、例えば、図 47 に示すような構成であるものとする。詳細には、図 47 の平面構成は、図 5 に示す本開示の第 1 の実施形態に係る受光素子 10 の平面構成例と同様である。なお、受光素子 10 の向きをわかりやすく示すために、図 47 では、「F」の文字を受光素子 10 に重畳して示している。

40

【0138】

まずは、変形例 36 の画素アレイ部 12 においては、図 48 に示すように、複数の受光素子 10 は、全て同一方向を向いて並んでいる。本変形例 36 によれば、このように全ての受光素子 10 が同一方向に向いて並んでいることから、製造の際の受光素子 10 の出来栄のばらつきを小さくすることができる。

【0139】

50

次に、変形例 37 の画素アレイ部 12 においては、図 49 に示すように、図 49 中の上半分と下半分というように 2 つの領域に分割されており、さらに、上半分の領域と下半分の領域とでは、複数の受光素子 10 はそれぞれの領域に対して定められた方向に向いている。言い換えると、画素アレイ部 12 の上半分の領域と下半分の領域とでは、複数の受光素子 10 の向きが異なっている。本変形例 37 によれば、このように画素アレイ部 12 の上半分と下半分とで受光素子 10 の向きを変えることにより、画素アレイ部 12 に斜めに入射する斜め光による測距精度の劣化を緩和することができる。

【0140】

次に、変形例 38 の画素アレイ部 12 においては、図 50 に示すように、図 50 中の右半分と左半分というように 2 つの領域に分割されており、さらに、右半分の領域と左半分の領域とでは、複数の受光素子 10 の向きが異なっている。本変形例 38 によれば、このように画素アレイ部 12 の右半分と左半分とで受光素子 10 の向きを変えることにより、画素アレイ部 12 に斜めに入射する斜め光による測距精度の劣化を緩和することができる。

【0141】

次に、変形例 39 の画素アレイ部 12 においては、図 51 に示すように、第 1 象限、第 2 象限、第 3 象限、第 4 象限というように 4 つの領域に分割されており、さらに、象限ごとに、複数の受光素子 10 の向きが異なっている。本変形例 39 によれば、このように象限ごとに受光素子 10 の向きを変えて、言い換えると、受光素子 10 の位置に応じてその向きを最適化することにより、画素アレイ部 12 に斜めに入射する斜め光による測距精度の劣化を緩和することができる。

【0142】

次に、変形例 40 の画素アレイ部 12 においては、図 52 に示すように、図 52 中の中央領域と、当該領域の周囲を第 1 象限、第 2 象限、第 3 象限、第 4 象限というように、5 つの領域に分割されており、さらに、5 つの領域ごとに複数の受光素子 10 の向きが異なっている。本変形例 40 によれば、このように受光素子 10 の位置に応じてその向きを最適化することにより、画素アレイ部 12 に斜めに入射する斜め光による測距精度の劣化を緩和することができる。

【0143】

(変形例 41)

また、本実施形態においては、複数の振り分けトランジスタ V G を有する場合でも、画素アレイ部 12 においては、複数の受光素子 10 の向きを、その位置ごとに最適化してもよい。以下に、このような変形例 41 を図 53 及び図 54 を参照して説明する。図 53 は、本実施形態の変形例 41 に係る受光素子 10 の平面構成例を示す説明図であり、図 54 は、本実施形態の変形例 41 に係る画素アレイ部 12 の平面構成例を示す説明図である。

【0144】

以下に説明する変形例 41 においては、各受光素子 10 の平面構成は、例えば、図 53 に示すような構成であるものとする。詳細には、図 53 の平面構成は、図 29 に示す本開示の第 1 の実施形態の変形例 18 に係る受光素子 10 の平面構成例と同様である。なお、受光素子 10 の向きをわかりやすく示すために、図 53 では、F の文字を受光素子 10 に重畳して示している。

【0145】

次に、変形例 41 の画素アレイ部 12 においては、図 54 に示すように、第 1 象限、第 2 象限、第 3 象限、第 4 象限というように 4 つの領域に分割されており、さらに、象限ごとに複数の受光素子 10 の向きが異なっている。本変形例 41 においては、例えば、画素アレイ部 12 の隅に位置する各受光素子 10 においては、隅に近い振り分けトランジスタ V G のみを使用するようにすることが好ましい。本変形例 41 によれば、このように象限ごとに受光素子 10 の向きや使用する振り分けトランジスタ V G を変えることにより、画素アレイ部 12 に斜めに入射する斜め光による測距精度の劣化を緩和することができる。

【0146】

<< 7. 第 2 の実施形態 >>

10

20

30

40

50

また、上述の第1の実施形態及びその変形例においては、電荷蓄積部MEM1、MEM2の絶縁膜（図示省略）や、増幅トランジスタAMP1、AMP2のゲート絶縁膜（図示省略）等を薄膜化してもよい。このようにすることで、サイズを大きくすることなく、電荷蓄積部MEM1、MEM2の容量を増加させることができる。さらに、ゲート絶縁膜内の結晶欠陥が少なくなったり、トランジスタの相互コンダクタンスgmが大きくなることにより結晶欠陥の影響が小さくなったり、熱処理時間短縮や熱処理温度の低温化により界面準位が少なくなることから、増幅トランジスタAMP1、AMP2のランダムノイズを低減することができる。

【0147】

ここで、図55、図56A、及び図56Bを参照して、薄膜化された絶縁膜を有する電荷蓄積部MEM1、MEM2及び増幅トランジスタAMP1、AMP2についての、本開示の第3の実施形態を説明する。なお、図55は、本実施形態に係る受光素子10の平面構成例を示す説明図であって、半導体基板200の表面の上方から受光素子10を見た場合の図となり、図17に示す第1の実施形態の変形例8の受光素子10と同様である。また、図56Aは、図55のC-C'線に沿って受光素子10を切断した際の断面図であり、図56Bは、図55のD-D'線に沿って受光素子10を切断した際の断面図である。詳細には、図56A及び図56Bにおいては、図中の上側が半導体基板200の表面側となり、図中の下側が半導体基板200の裏面側となる。なお、図56Aでは、ゲート電極160上のコンタクトについては、図示を省略している。

【0148】

詳細には、本実施形態においては、例えば、図56Aに示すように、増幅トランジスタAMP1の、サイドウォール730に覆われたゲート電極160の下方に位置する絶縁膜720aは、例えば酸化膜（第3の酸化膜）からなり、その膜厚は、リセットトランジスタRST1のゲート電極158及び選択トランジスタSEL1のゲート電極162の下方に位置する、酸化膜（第3の酸化膜）からなる絶縁膜720に比べて薄い。

【0149】

また、本実施形態においては、電荷蓄積部MEM1は、電極154aと、絶縁膜720aと、N型半導体領域からなる。詳細には、例えば、図56Bに示すように、電荷蓄積部MEM1の、サイドウォール730に覆われた電極154の下方に位置する絶縁膜720aは、例えば酸化膜（第1の酸化膜）からなり、その膜厚は、転送トランジスタTG1のゲート電極156の下方に位置する、酸化膜（第2の酸化膜）からなる絶縁膜720に比べて薄い。

【0150】

なお、本実施形態においては、増幅トランジスタAMP1のゲート電極160の下方に位置する絶縁膜720a及び電荷蓄積部MEM1の電極154の下方に位置する絶縁膜720aは、同一材料からなる酸化膜であってもよく、また、略同一の膜厚をもっていてもよい。

【0151】

より具体的には、本実施形態においては、増幅トランジスタAMP1のゲート電極160の下方に位置する絶縁膜720a及び電荷蓄積部MEM1の電極154の下方に位置する絶縁膜720aは、酸化シリコン（SiO₂）、窒化シリコン（SiN）等の酸化膜からなる。また、本実施形態においては、増幅トランジスタAMP1のゲート電極160の下方に位置する絶縁膜720a及び電荷蓄積部MEM1の電極154の下方に位置する絶縁膜720aの膜厚は、薄くなることによる、ランダムノイズの低減効果、及び、リーク電流の増加による消費電力の増加を鑑みて、他の素子（転送トランジスタTG、リセットトランジスタRST及び選択トランジスタSEL）のゲート電極156、158、162の下方に位置する絶縁膜720の膜厚の半分程度であることが好ましく、例えば、1.0nm以上、5.0nm以下であることがより好ましい。

【0152】

さらに、本実施形態においては、増幅トランジスタAMP1のゲート電極160の下方

に位置する絶縁膜 720a 及び電荷蓄積部 MEM1 の電極 154 の下方に位置する絶縁膜 720a は、半導体基板 200 の上方から見た場合、隣接する素子を干渉しない程度に、ゲート電極 160 及び電極 154 に比べて広がっていることが好ましい。

【0153】

なお、本実施形態においては、電荷蓄積部 MEM1、MEM2 の絶縁膜 720a や、増幅トランジスタ AMP1、AMP2 のゲート絶縁膜 720a のみを薄膜化することに限定されるものではない。本実施形態においては、電荷蓄積部 MEM1、MEM2 の絶縁膜 720a のみを薄膜化してもよく、受光素子 10 上の素子（電荷蓄積部 MEM、転送トランジスタ TG、振り分けトランジスタ VG、電荷排出トランジスタ OFG、増幅トランジスタ AMP、リセットトランジスタ RST 及び選択トランジスタ SEL）のゲート電極 150、152、154、156、158、160、162 及び電極 154 に接する絶縁膜 720 を薄膜化してもよい。

【0154】

以上のように、本実施形態によれば、電荷蓄積部 MEM の絶縁膜 720a や、増幅トランジスタ AMP のゲート絶縁膜 720a 等を薄膜化することにより、サイズを大きくすることなく、電荷蓄積部 MEM の容量を増加させ、トランジスタのランダムノイズを低減することができる。従って、対称にレイアウトを行う第 1 の実施形態の構成に、本実施形態の構成を適用することから、薄膜化する絶縁膜 720a を精度良く形成することが可能となる。その結果、電荷蓄積部 MEM1、MEM2 へ収集される電荷が均一となることによる、測距モジュール 1 の測距精度の向上効果に加えて、電荷蓄積部 MEM1、MEM2 の容量の増加、及び、トランジスタのランダムノイズの低減を行うことができるため、測距モジュール 1 の測距精度をより向上させることができる。なお、本実施形態は、上述した第 1 の実施形態及びその変形例と組み合わせて実施することができる。

【0155】

<< 8. 第 3 の実施形態 >>

ところで、上述の第 2 の実施形態においては、電荷蓄積部 MEM の絶縁膜 720a や、増幅トランジスタ AMP のゲート絶縁膜 720a 等を薄膜化し、電荷蓄積部 MEM の容量を増加させ、増幅トランジスタ AMP のランダムノイズを低減していた。しかしながら、ゲート絶縁膜 720a の薄膜化を進めた場合、上述のような効果を得られるものの、リーク電流が増加してしまうため、薄膜化にも限界がある。そこで、本発明者らは、同じ膜厚であっても、上述の酸化膜に比べて、電荷蓄積部 MEM の容量を増加させることができる高い比誘電率を持つ高誘電体膜を上記絶縁膜 720a の代わりに使用することを着想した。上記絶縁膜 720a として高誘電体膜を使用することにより、膜厚を薄くしても、リーク電流の増加を避けつつ、電荷蓄積部 MEM の容量の増加や、増幅トランジスタ AMP のランダムノイズの低減を両立することができる。

【0156】

ここで、図 57、図 58A、及び図 58B を参照して、高誘電体膜からなる絶縁膜を有する電荷蓄積部 MEM1、MEM2 及び増幅トランジスタ AMP1、AMP2 についての、本開示の第 3 の実施形態を説明する。なお、図 57 は、本実施形態に係る受光素子 10 の平面構成例を示す説明図であって、半導体基板 200 の表面の上方から受光素子 10 を見た場合の図となり、第 1 の実施形態の受光素子 10 と同様である。また、図 58A は、図 57 の E-E' 線に沿って受光素子 10 を切断した際の断面図であり、図 58B は、図 57 の F-F' 線に沿って受光素子 10 を切断した際の断面図である。詳細には、図 58A 及び図 58B においては、図中の上側が半導体基板 200 の表面側となり、図中の下側が半導体基板 200 の裏面側となる。

【0157】

詳細には、本実施形態においては、例えば、図 58A に示すように、増幅トランジスタ AMP1 の、サイドウォール 730 に覆われたゲート電極 160 の下方に位置する絶縁膜（第 3 の絶縁膜）740 は、高誘電体膜からなる。そして、絶縁膜 740 の比誘電率は、リセットトランジスタ RST1 のゲート電極 158 及び選択トランジスタ SEL1 のゲー

ト電極 162 の下方に位置する絶縁膜（第 3 の絶縁膜） 720 に比べて高い。

【0158】

また、本実施形態においては、例えば、図 58B に示すように、電荷蓄積部 MEM1 の、サイドウォール 730 に覆われた電極 154 の下方に位置する絶縁膜（第 1 の絶縁膜） 740 は、高誘電体膜からなる。絶縁膜 740 の比誘電率は、転送トランジスタ TG1 のゲート電極 156 の下方に位置する絶縁膜（第 2 の絶縁膜） 720 に比べて高い。

【0159】

なお、本実施形態においては、増幅トランジスタ AMP1 のゲート電極 160 の下方に位置する絶縁膜 740 及び電荷蓄積部 MEM1 の電極 154 の下方に位置する絶縁膜 740 は、同一材料から形成されてもよい。

【0160】

より具体的には、本実施形態においては、高誘電体膜は、酸化シリコン (SiO_2) の比誘電率 (3.9) に比べて高い比誘電率を持つ材料であり、4 以上の比誘電率を持つ材料であることが好ましい。本実施形態においては、例えば、高誘電体膜は、金属酸化膜であって、 Al_2O_3 、 HfSiON 、 Y_2O_3 、 Ta_2O_5 、 La_2O_3 、 TiO_2 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 HfZrO_2 等の材料から形成することができる。

【0161】

絶縁膜 740 として、上記高誘電体膜を使用する場合には、 V_{th} (閾値電圧) の調整のため、ゲート電極 150、152、154、156、158、160、162 を形成する材料として、 TiN 、 TaN 、 NiSi 等の金属材料を使用してもよい。

【0162】

さらに、本実施形態においては、増幅トランジスタ AMP1 のゲート電極 160 の下方に位置する絶縁膜 740 及び電荷蓄積部 MEM1 の電極 154 の下方に位置する絶縁膜 740 は、半導体基板 200 の上方から見た場合、隣接する素子を干渉しない程度に、ゲート電極 160 及び電極 154 に比べて広がっていることが好ましい。

【0163】

なお、本実施形態においては、電荷蓄積部 MEM1、MEM2 の絶縁膜 740 や、増幅トランジスタ AMP1、AMP2 のゲート絶縁膜 740 のみを高誘電体膜で形成すること限定されるものではない。本実施形態においては、電荷蓄積部 MEM1、MEM2 の絶縁膜 740 のみを高誘電体膜で形成してもよく、受光素子 10 上の素子（電荷蓄積部 MEM、転送トランジスタ TG、振り分けトランジスタ VG、電荷排出トランジスタ OPG、増幅トランジスタ AMP、リセットトランジスタ RST 及び選択トランジスタ SEL）のゲート電極 150、152、154、156、158、160、162 及び電極 154 に接する絶縁膜 720 を高誘電体膜によって形成してもよい。

【0164】

以上のように、本実施形態によれば、電荷蓄積部 MEM の絶縁膜 740 や、増幅トランジスタ AMP のゲート絶縁膜 740 等を高誘電体膜で形成することにより、 SiO_2 を使用した場合と比べて膜厚を薄くすることなく、電荷蓄積部 MEM の容量の増加や、増幅トランジスタ AMP のランダムノイズの低減を両立することができる。従って、対称にレイアウトを行う第 1 の実施形態の構成に、本実施形態の構成を適用することから、高誘電膜からなる絶縁膜 720 を精度良く形成することが可能となる。その結果、電荷蓄積部 MEM1、MEM2 へ収集される電荷が均一となることによる、測距モジュール 1 の測距精度の向上効果に加えて、電荷蓄積部 MEM1、MEM2 の容量の増加、及び、トランジスタのランダムノイズの低減を行うことができるため、測距モジュール 1 の測距精度をより向上させることができる。なお、本実施形態は、上述した第 1 の実施形態及びその変形例と組み合わせて実施することができる。

【0165】

<<9. まとめ>>

以上のように、本開示の実施形態及び変形例によれば、受光素子 10 の平面構成として、振り分けトランジスタ VG1、VG2 のゲート電極を、フォトダイオード PD の中心を

10

20

30

40

50

通過するように延伸する中心線に対して、互いに線対称となる位置に設ける。本開示の実施形態においては、上述のような平面構成を採用することにより、製造ばらつきが生じて、上記ゲート電極が、フォトダイオードPDに対して互いに同一（略同一）の距離に設けられていることから、振り分けトランジスタVG1、VG2の電荷を振り分ける性能は互いにほぼ同等となる。従って、製造ばらつきが生じて、全ての受光素子10において、振り分けトランジスタVG1、VG2が均一に形成することが容易となり、振り分けトランジスタVG1、VG2の性能の違いが受光素子10ごとに異なるような状況が生じることを避けることができる。その結果、本開示の実施形態によれば、各受光素子10において、電荷蓄積部MEM1、MEM2へ収集される電荷が均一となることから、測距モジュール1は、高い測距精度を確保することができる。

10

【0166】

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、種々変形や組み合わせが可能である。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。

【0167】

なお、上述した本開示の実施形態及び変形例においては、上述した各半導体領域の導電型を逆にしてもよく、例えば、本実施形態及び変形例は、電子の代わりに、正孔を電荷として用いる素子に適用することが可能である。

20

【0168】

また、上述した本開示の実施形態及び変形例においては、半導体基板は、必ずしもシリコン基板でなくてもよく、他の基板（例えば、SOI（Silicon ON Insulator）基板やSiGe基板等）であってもよい。また、上記半導体基板は、このような種々の基板上に半導体構造等が形成されたものであってもよい。

【0169】

また、上述した本開示の実施形態及び変形例においては、受光素子10は、1つのチップ上に、照射部や処理回路等とともに形成されてもよく、もしくは、1つのパッケージ内に設けられてもよく、特に限定されるものではない。

【0170】

30

なお、本開示の実施形態及び変形例においては、上述の各層、各膜、各素子等を形成する方法としては、例えば、物理気相成長法（PVD（Physical Vapor Deposition）法）及びCVD（Chemical Vapor Deposition）法等を挙げることができる。PVD法としては、抵抗加熱あるいは高周波加熱を用いた真空蒸着法、EB（電子ビーム）蒸着法、各種スパッタリング法（マグネトロンスパッタリング法、RF（Radio Frequency）-DC（Direct Current）結合形バイアススパッタリング法、ECR（Electron Cyclotron Resonance）スパッタリング法、対向ターゲットスパッタリング法、高周波スパッタリング法等）、イオンプレーティング法、レーザーアブレーション法、分子線エピタキシー（Molecular Beam Epitaxy；MBE）法、レーザ転写法等を挙げることができる。また、CVD法としては、プラズマCVD法、熱CVD法、MO（Metal Organic）CVD法、光CVD法等を挙げることができる。さらに、他の方法としては、電解メッキ法や無電解メッキ法、スピンコート法；浸漬法；キャスト法；マイクロコンタクトプリント法；ドロップキャスト法；スクリーン印刷法やインクジェット印刷法、オフセット印刷法、グラビア印刷法、フレキソ印刷法といった各種印刷法；スタンプ法；スプレー法；エアドクタコーター法、ブレードコーター法、ロッドコーター法、ナイフコーター法、スクイズコーター法、リバースロールコーター法、トランスファーロールコーター法、グラビアコーター法、キスコーター法、キャストコーター法、スプレーコーター法、スリットオリフィスコーター法、カレンダーコーター法といった各種コーティング法を挙げることができる。また、各層のパターニング法としては、シャドー

40

50

マスク、レーザ転写、フォトリソグラフィ等の化学的エッチング、紫外線やレーザ等による物理的エッチング等を挙げることができる。加えて、平坦化技術としては、CMP（Chemical Mechanical Polishing）法、レーザ平坦化法、リフロー法等を挙げることができる。すなわち、本開示の実施形態及び変形例に係る素子は、既存の半導体装置の製造工程を用いて、容易に、且つ、安価に製造することが可能である。

【0171】

<<10. 電子機器の構成例>>

なお、受光素子10は、上述したように測距モジュール1に適用できる他、例えば、測距機能を備えるカメラ、測距機能を備えたスマートフォンといった各種の電子機器に適用することができる。そこで、図59を参照して、本技術を適用した電子機器としての、スマートフォン900の構成例について説明する。図59は、本開示の実施形態に係る測距モジュール1を適用した電子機器としてのスマートフォン900の構成例を示すブロック図である。

10

【0172】

図59に示すように、スマートフォン900は、CPU（Central Processing Unit）901、ROM（Read Only Memory）902、及びRAM（Random Access Memory）903を含む。また、スマートフォン900は、ストレージ装置904、通信モジュール905、及びセンサモジュール907を含む。さらに、スマートフォン900は、上述した測距モジュール1が適用され得る測距モジュール908を含み、加えて、撮像装置909、表示装置910、スピーカ911、マイクロフォン912、入力装置913、及びバス914を含む。また、スマートフォン900は、CPU901に代えて、又はこれとともに、DSP（Digital Signal Processor）等の処理回路を有してもよい。

20

【0173】

CPU901は、演算処理装置及び制御装置として機能し、ROM902、RAM903、又はストレージ装置904等に記録された各種プログラムに従って、スマートフォン900内の動作全般又はその一部を制御する。ROM902は、CPU901が使用するプログラムや演算パラメータなどを記憶する。RAM903は、CPU901の実行において使用するプログラムや、その実行において適宜変化するパラメータ等を一次記憶する。CPU901、ROM902、及びRAM903は、バス914により相互に接続されている。また、ストレージ装置904は、スマートフォン900の記憶部の一例として構成されたデータ格納用の装置である。ストレージ装置904は、例えば、HDD（Hard Disk Drive）等の磁気記憶デバイス、半導体記憶デバイス、光記憶デバイス等により構成される。このストレージ装置904は、CPU901が実行するプログラムや各種データ、及び外部から取得した各種のデータ等を格納する。

30

【0174】

通信モジュール905は、例えば、通信ネットワーク906に接続するための通信デバイスなどで構成された通信インタフェースである。通信モジュール905は、例えば、有線又は無線LAN（Local Area Network）、Bluetooth（登録商標）、WUSB（Wireless USB）用の通信カード等であり得る。また、通信モジュール905は、光通信用のルータ、ADSL（Asymmetric Digital Subscriber Line）用のルータ、又は、各種通信用のモデム等であってもよい。通信モジュール905は、例えば、インターネットや他の通信機器との間で、TCP/IPなどの所定のプロトコルを用いて信号等を送受信する。また、通信モジュール905に接続される通信ネットワーク906は、有線又は無線によって接続されたネットワークであり、例えば、インターネット、家庭内LAN、赤外線通信又は衛星通信等である。

40

【0175】

センサモジュール907は、例えば、モーションセンサ（例えば、加速度センサ、ジャ

50

イロセンサ、地磁気センサ等）、生体情報センサ（例えば、脈拍センサ、血圧センサ、指紋センサ等）、又は位置センサ（例えば、GNSS（Global Navigation Satellite System）受信機等）等の各種のセンサを含む。

【0176】

測距モジュール908は、スマートフォン900の表面に設けられ、例えば、当該表面と向かい合う、ユーザの指先、手のひら、顔等の凹凸形状や動きを測距結果として取得することができる。このような測距結果は、ユーザの認証や、ユーザのジェスチャの認識に用いることができる。また、測距モジュール908は、例えば、スマートフォン900から対象物800までの距離を取得したり、対象物800の表面の3次元形状データを取得したりすることもできる。

【0177】

撮像装置909は、スマートフォン900の表面に設けられ、スマートフォン900の周囲に位置する対象物800等を撮像することができる。詳細には、撮像装置909は、CMOS（Complementary MOS）イメージセンサ等の撮像素子（図示省略）と、撮像素子で光電変換された信号に対して撮像信号処理を施す信号処理回路（図示省略）とを含んで構成することができる。さらに、撮像装置909は、撮像レンズ、絞り機構、ズームレンズ、及びフォーカスレンズ等により構成される光学系機構（図示省略）及び、上記光学系機構の動作を制御する駆動系機構（図示省略）をさらに有することができる。そして、上記撮像素子は、対象物800からの入射光を光学像として集光し、上記信号処理回路は、結像された光学像を画素単位で光電変換し、各画素の信号を撮像信号として読み出し、画像処理することにより撮像画像を取得することができる。

【0178】

表示装置910は、スマートフォン900の表面に設けられ、例えば、LCD（Liquid Crystal Display）、有機EL（Electro Luminescence）ディスプレイ等の表示装置であることができる。表示装置910は、操作画面や、上述した撮像装置909が取得した撮像画像などを表示することができる。

【0179】

スピーカ911は、例えば、通話音声や、上述した表示装置910が表示する営巣コンテンツに付随する音声等を、ユーザに向けて出力することができる。

【0180】

マイクロフォン912は、例えば、ユーザの通話音声、スマートフォン900の機能を起動するコマンドを含む音声や、スマートフォン900の周囲環境の音声を集音することができる。

【0181】

入力装置913は、例えば、ボタン、キーボード、タッチパネル、マウス等、ユーザによって操作される装置である。入力装置913は、ユーザが入力した情報に基づいて入力信号を生成してCPU901に出力する入力制御回路を含む。ユーザは、この入力装置913を操作することによって、スマートフォン900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ことができる。

【0182】

以上、スマートフォン900の構成例を示した。上記の各構成要素は、汎用的な部材を用いて構成されていてもよいし、各構成要素の機能に特化したハードウェアにより構成されていてもよい。かかる構成は、実施する時々の技術レベルに応じて適宜変更され得る。

【0183】

<<11. 内視鏡手術システムへの応用例>>

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、内視鏡手術システムに適用されてもよい。

【0184】

図60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。

【0185】

図60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。

【0186】

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。

【0187】

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。さらに、鏡筒11101の先端には、本開示の実施形態に係る測距モジュール1の照射部20及び受光部30が内蔵されてもよい。このような測距モジュール1の一部が搭載されることにより、医者の目視による手術だけでなく、測距モジュール1による距離情報を参照することにより、手術の精度をより高めることができる。

【0188】

例えば、内視鏡11100の構成の一例を示す図61の構成のように、カメラヘッド11102内には、本開示の実施形態に係る測距モジュール1の照射部20及び受光部30であるiToFセンサ15004が設けられる。詳細には、観察対象からの反射光（観察光）は、鏡筒11101を通過して、カメラヘッド11102内のレンズ15001によって集光され、ハーフミラー15002で反射され、iToFセンサ15004で受光される。さらに、当該iToFセンサ15004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が生成され、メモリ15005に格納された後、後述する測距信号処理装置11209に送信される。

【0189】

さらに、図61に示すように、カメラヘッド11102の内部には撮像素子15003が設けられており、観察対象からの反射光（観察光）は、鏡筒11101を通過して、レンズ15001によって集光され、ハーフミラー15002で反射され、当該撮像素子15003で受光される。当該撮像素子15003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、一度メモリ15005に格納された後、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。

【0190】

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、CCU11201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。

【0191】

表示装置11202は、CCU11201からの制御により、当該CCU11201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。

10

20

30

40

50

【0192】

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。

【0193】

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。

【0194】

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。測距信号処理装置11209は、本開示の実施形態に係る測距モジュール1の制御部40及び処理部60が設けられ、距離情報を取得することが可能な装置である。

【0195】

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。

【0196】

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。

【0197】

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。

【0198】

図62は、図60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。

【0199】

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。

【０２００】

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。

【０２０１】

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。

【０２０２】

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。

【０２０３】

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。

【０２０４】

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。

【０２０５】

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。

【０２０６】

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。

【０２０７】

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。

【０２０８】

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

10

20

30

40

50

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。

【0209】

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。

【0210】

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。

【0211】

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。

【0212】

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。

【0213】

カメラヘッド 11102 及び CCU 11201 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。

【0214】

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 CCU 11201 との間の通信は無線で行われてもよい。

【0215】

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、撮像部 11402 に適用され得る。具体的には、受光素子 10 を、撮像部 11402 の構成の一部として適用することができる。撮像部 11402 の構成の一部として本開示に係る技術を適用することにより、術部までの距離を高精度に測定することができ、より鮮明な術部画像を得ることができる。

【0216】

なお、ここでは、一例として内視鏡手術システムについて説明したが、本開示に係る技術は、その他、例えば、顕微鏡手術システム等に適用されてもよい。

【0217】

<<12. 移動体への応用例>>

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。

【0218】

図 63 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。

【0219】

10

20

30

40

50

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６３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。

【０２２０】

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。

10

【０２２１】

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мп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。

20

【０２２２】

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。また、車外情報検出ユニット１２０３０には、ｉＴｏＦセンサ１２０３２が接続される。ｉＴｏＦセンサ１２０３２は、本開示の実施形態に係る測距モジュール１として機能することができる。

30

【０２２３】

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。

【０２２４】

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。

40

【０２２５】

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 Assi

50

stance 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。

【0226】

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。

【0227】

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12030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で検出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。

【0228】

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63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。

【0229】

図64は、撮像部12031の設置位置の例を示す図である。

【0230】

図64では、撮像部12031として、撮像部12101、12102、12103、12104、12105を有する。

【0231】

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。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。また、本開示の実施形態に係る測距モジュール1の照射部20及び受光部30が内蔵されるiToFセンサモジュール12201は、例えば、車両12100のフロントノーズに設けられる。

【0232】

なお、図64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を上方から見た俯瞰画像が得られる。

【0233】

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。

【0234】

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、0 km/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。

【0235】

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。

【0236】

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。

【0237】

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、車外情報検出ユニット12030や撮像部12031に適用され得る。具体的には、受光素子10または測距モジュール1を、車外情報検出ユニット12030や撮像部12031の距離検出処理ブロックに適用することができる。車外情報検出ユニット12030や撮像部12031に、本開示に係る技術を適用することにより、人、車、障害物、標識又は路面上の文字等の物体までの距離を高精度に測定することができ、得られた距離情報を用いて、ドライバの疲労を軽減したり、ドライバや車両の安全度を高めることが可能になる。

【0238】

<<13. 補足>>

以上、添付図面を参照しながら本開示の好適な実施形態について詳細に説明したが、本開示の技術的範囲はかかる例に限定されない。本開示の技術分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

【0239】

また、本明細書に記載された効果は、あくまで説明的または例示的なものであって限定

的ではない。つまり、本開示に係る技術は、上記の効果とともに、または上記の効果に代えて、本明細書の記載から当業者には明らかな他の効果を奏しうる。

【0240】

なお、本技術は以下のような構成も取ることができる。

(1)

半導体基板上行方向及び列方向に沿って並ぶ複数の受光素子からなる受光部を備える受光装置であって、

前記各受光素子は、

光を電荷に変換する第1の光電変換部と、

前記第1の光電変換部から前記電荷が転送される第1の電荷蓄積部と、

前記第1の光電変換部から前記第1の電荷蓄積部へ前記電荷を振り分ける第1の振り分けゲートと、

前記第1の光電変換部から前記電荷が転送される第2の電荷蓄積部と、

前記第1の光電変換部から前記第2の電荷蓄積部へ前記電荷を振り分ける第2の振り分けゲートと、

を有し、

前記第1及び前記第2の振り分けゲートは、前記半導体基板の上方から見た場合、前記列方向に対して所定の角度で交わる方向に沿って、前記第1の光電変換部の中心を通過するように延伸する第1の中心軸に対して、互いに線対称となる位置に設けられている、

受光装置。

(2)

前記所定の角度は45度である、上記(1)に記載の受光装置。

(3)

半導体基板上行方向及び列方向に沿って並ぶ複数の受光素子からなる受光部を備える受光装置であって、

前記各受光素子は、

光を電荷に変換する第1の光電変換部と、

前記第1の光電変換部から前記電荷が転送される第1の電荷蓄積部と、

前記第1の光電変換部から前記第1の電荷蓄積部へ前記電荷を振り分ける第1の振り分けゲートと、

前記第1の光電変換部から前記電荷が転送される第2の電荷蓄積部と、

前記第1の光電変換部から前記第2の電荷蓄積部へ前記電荷を振り分ける第2の振り分けゲートと、

を有し、

前記第1及び前記第2の振り分けゲートは、前記半導体基板の上方から見た場合、前記列方向に沿って、前記第1の光電変換部の中心を通過するように延伸する第1の中心軸に対して、互いに線対称となる位置に設けられている、

受光装置。

(4)

前記各受光素子は、前記第1の光電変換部の電荷を排出する第1及び第2の電荷排出ゲートをさらに有し、

前記第1及び第2の電荷排出ゲートは、前記半導体基板の上方から見た場合、前記第1の光電変換部の中心を通過するように前記第1の中心軸と直行する第2の中心軸に対して、互いに線対称となる位置に設けられている、

上記(1)～(3)のいずれか1つに記載の受光装置。

(5)

前記第1及び前記第2の振り分けゲート、又は、前記第1及び第2の電荷排出ゲートのいずれかは、前記半導体基板に埋め込まれた1つ又は複数の埋込ゲート部を有する、

上記(4)に記載の受光装置。

(6)

前記第 1 及び前記第 2 の電荷蓄積部は、前記半導体基板の上方から見た場合、前記第 1 の光電変換部の中心に対して、互いに点対称となる位置に設けられている、
上記（４）に記載の受光装置。

（ 7 ）

前記各受光素子は、前記第 1 の光電変換部の電荷を排出する第 3 の電荷排出ゲートをさらに有し、

前記第 3 の電荷排出ゲートの中心は、前記半導体基板の上方から見た場合、前記第 1 の中心軸上に位置している、

上記（３）に記載の受光装置。

（ 8 ）

前記半導体基板の上方から見た場合、

前記第 1 の振り分けゲートの中心から前記第 1 の光電変換部の中心までを結ぶ第 1 の線分、及び、前記第 2 の振り分けゲートの中心から前記第 1 の光電変換部の中心までを結ぶ第 2 の線分は、前記第 1 の中心軸に直行する、

上記（ 7 ）に記載の受光装置。

（ 9 ）

前記半導体基板の上方から見た場合、

前記第 1 の振り分けゲートの中心から前記第 1 の光電変換部の中心までを結ぶ第 1 の線分と、前記第 1 の中心軸とは、鋭角をなし、

前記第 2 の振り分けゲートの中心から前記第 1 の光電変換部の中心までを結ぶ第 2 の線分と、前記第 1 の中心軸とは、鋭角をなす、

上記（ 7 ）に記載の受光装置。

（ 1 0 ）

前記第 1 及び前記第 2 の電荷蓄積部は、前記半導体基板の上方から見た場合、前記第 1 の中心軸に対して、互いに線対称となる位置に設けられている、

上記（ 9 ）に記載の受光装置。

（ 1 1 ）

前記各受光素子は、

前記半導体基板内に設けられた 1 つ又は複数の第 1 の浮遊拡散領域と、

前記半導体基板上に設けられた、前記第 1 の電荷蓄積部に転送された前記電荷を前記 1 つ又は複数の第 1 の浮遊拡散領域へ転送する第 1 の転送ゲートと、

前記半導体基板上に設けられた、前記第 2 の電荷蓄積部に転送された前記電荷を前記 1 つ又は複数の第 1 の浮遊拡散領域へ転送する第 2 の転送ゲートと、

をさらに有する、

上記（ 3 ）に記載の受光装置。

（ 1 2 ）

前記各受光素子は、

前記第 1 の浮遊拡散領域へ転送された前記電荷を増幅して画素信号として出力する 1 つ又は複数の増幅トランジスタと、

選択信号に従って前記画素信号を出力する 1 つ又は複数の選択トランジスタと、

前記第 1 の浮遊拡散領域に蓄積した前記電荷をリセットする 1 つ又は複数のリセットトランジスタと、

をさらに有する、

上記（ 1 1 ）に記載の受光装置。

（ 1 3 ）

前記第 1 及び第 2 の電荷蓄積部のそれぞれは、電極、第 1 の絶縁膜、及び半導体層の積層を有する、上記（ 1 2 ）に記載の受光装置。

（ 1 4 ）

前記第 1 の絶縁膜は、 5 . 0 n m 以下の膜厚を持つ酸化膜からなる、上記（ 1 3 ）に記載の受光装置。

10

20

30

40

50

(15)

前記第1の絶縁膜の比誘電率は、4以上である、
上記(13)に記載の受光装置。

(16)

前記第1の絶縁膜は、第1の酸化膜からなり、
前記第1及び第2の転送ゲートのそれぞれは、前記半導体基板上に設けられた第2の酸化膜を有し、
前記第1の酸化膜の膜厚は、前記第2の酸化膜に比べて薄い、
上記(13)に記載の受光装置。

(17)

前記増幅トランジスタ、前記選択トランジスタ及び前記リセットトランジスタのそれぞれは、前記半導体基板上に設けられた第3の酸化膜を有し、
前記増幅トランジスタの前記第3の酸化膜の膜厚は、前記選択トランジスタ及び前記リセットトランジスタの前記第3の酸化膜に比べて、薄い、
上記(16)に記載の受光装置。

(18)

前記第1及び第2の転送ゲートのそれぞれは、前記半導体基板上に設けられた第2の絶縁膜を有し、
前記第1の絶縁膜の比誘電率は、前記第2の絶縁膜に比べて高い、
上記(13)に記載の受光装置。

(19)

前記増幅トランジスタ、前記選択トランジスタ及び前記リセットトランジスタのそれぞれは、前記半導体基板上に設けられた第3の絶縁膜を有し、
前記増幅トランジスタの前記第3の絶縁膜の比誘電率は、前記選択トランジスタ及び前記リセットトランジスタの前記第3の絶縁膜に比べて、高い、
上記(18)に記載の受光装置。

(20)

前記1つ又は複数の増幅トランジスタ、前記1つ又は複数の選択トランジスタ及び前記1つ又は複数のリセットトランジスタは、前記半導体基板上に設けられる、上記(12)に記載の受光装置。

(21)

前記1つ又は複数の増幅トランジスタ、前記1つ又は複数の選択トランジスタ及び前記1つ又は複数のリセットトランジスタは、他の半導体基板上に設けられる、上記(12)に記載の受光装置。

(22)

前記受光部においては、前記複数の受光素子は同一方向を向いて並んでいる、上記(3)に記載の受光装置。

(23)

前記受光部は、複数の領域に分けられ、
前記各領域において、前記複数の受光素子は前記領域ごとに定められた方向を向いて並んでいる、
上記(3)に記載の受光装置。

(24)

前記受光部は、複数の撮像素子をさらに含み、
前記各撮像素子は、
光を電荷に変換する第2の光電変換部と、
前記第2の光電変換部から前記電荷が転送される第2の浮遊拡散領域と、
前記第2の光電変換部から前記第2の浮遊拡散領域へ前記電荷を転送する第3の転送ゲートと、
を有する、

10

20

30

40

50

上記（３）に記載の受光装置。

（２５）

前記複数の撮像素子は、赤色光を検出する第１の撮像素子と、青色光を検出する第２の撮像素子と、緑色光を検出する第３の撮像素子と、を含む、上記（２４）に記載の受光装置。

（２６）

前記複数の撮像素子は、
近赤外光を検出する第４の撮像素子をさらに含む、
上記（２５）に記載の受光装置。

（２７）

前記複数の撮像素子は、前記半導体基板に設けられる、上記（２４）～（２６）のいずれか１つに記載の受光装置。

【符号の説明】

【０２４１】

- １ 測距モジュール
- １０、１０ａ、１０ｂ 受光素子
- １２ 画素アレイ部
- ２０ 照射部
- ３０ 受光部
- ３２ 垂直駆動回路部
- ３４ カラム信号処理回路部
- ３６ 水平駆動回路部
- ３８ 出力回路部
- ４０ 制御部
- ４２ 画素駆動配線
- ４４ 制御回路部
- ４６ 水平信号線
- ４８ 垂直信号線
- ５０ 振り分けトランジスタ駆動部
- ５２ 信号処理部
- ５４ データ格納部
- ６０ 処理部
- １００、１０２ａ、１０２ｂ N型半導体領域
- １５０ａ、１５０ｂ、１５０ｃ、１５０ｄ、１５２、１５２ａ、１５２ｂ、１５６ａ、
１５６ｂ、１５８ａ、１５８ｂ、１６０ａ、１６０ｂ、１６２ａ、１６２ｂ ゲート電極
- １５４ａ、１５４ｂ、３０６、４０６ 電極
- ２００、２００ｂ 半導体基板
- ２０２ 反射防止膜
- ２０４ 平坦化膜
- ２０６ 遮光膜
- ２０８ オンチップレンズ
- ２１０ａ 画素分離部
- ３００ 配線層
- ３０２、４０２、７２０、７２０ａ、７４０ 絶縁膜
- ３０４、４０４ 金属膜
- ４００ 基板
- ５００、５００ｂ、５００ｇ、５００ｒ、５００ｉ 撮像素子
- ６００、６０２、６０４ａ、６０４ｂ、６１２、６１４ 中心線
- ７１０ ビア
- ７３０ サイドウォール

10

20

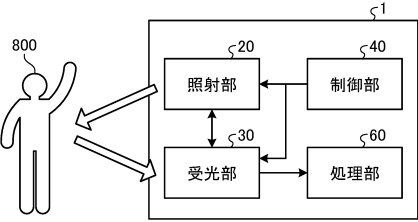
30

40

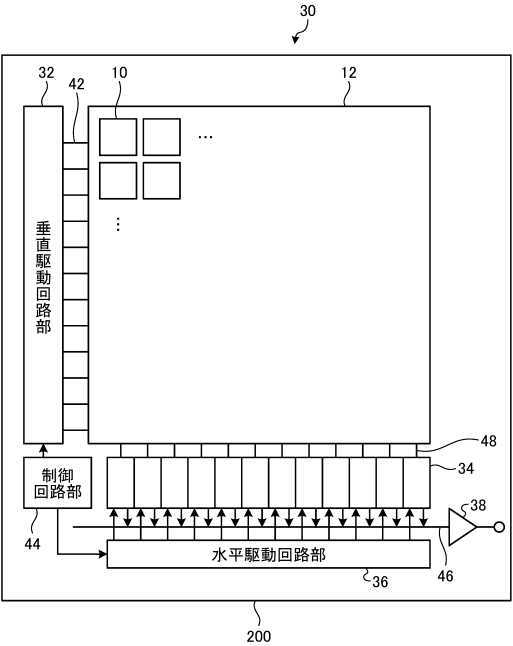
50

800	対象物	
802 a、802 b	領域	
900	スマートフォン	
901	CPU	
902	ROM	
903	RAM	
904	ストレージ装置	
905	通信モジュール	
907	センサモジュール	
908	測距モジュール	10
909	撮像装置	
910	表示装置	
911	スピーカ	
912	マイクロフォン	
913	入力装置	
AMP、AMP1、AMP2	増幅トランジスタ	
FD、FD1、FD2、FD3、FD4、FD5、FD6、FD7、FD8	浮遊拡散領域	
MEM、MEM1、MEM2、MEM3、MEM4、MEM5、MEM6、MEM7、MEM8	電荷蓄積部	20
O、O1 a、O1 b、O2	中心点	
OFG、OFG1、OFG2	電荷排出トランジスタ	
PD	フォトダイオード	
RST、RST1、RST2	リセットトランジスタ	
SEL、SEL1、SEL2	選択トランジスタ	
TG、TG1、TG2、TG3、TG4、TG5、TG6、TG7、TG8	転送トランジスタ	
VDD	電源電位	
VG、VG1、VG2、VG3、VG4、VG5、VG6、VG7、VG8	振り分けトランジスタ	30
VSL、VSL1、VSL2	信号線	

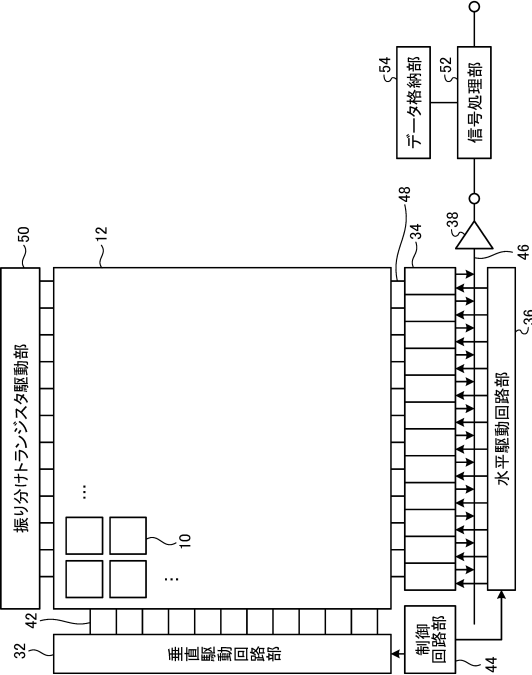
【図面】
【図 1】



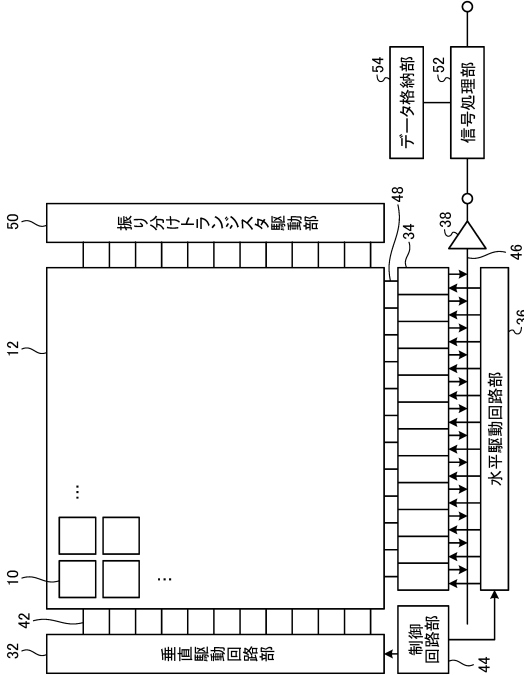
【図 2 A】



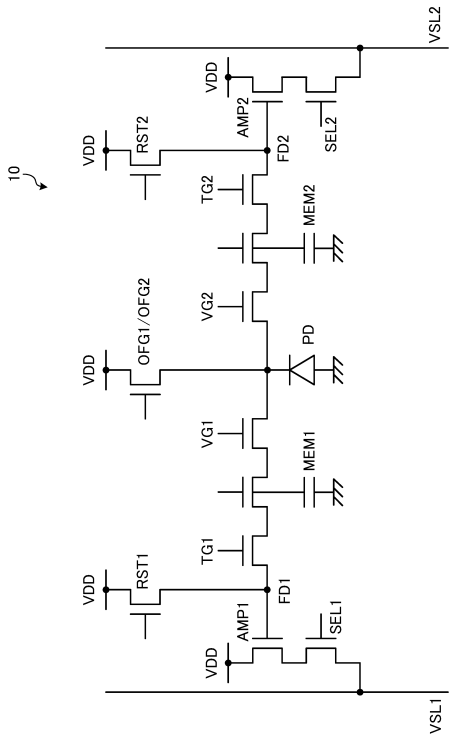
【図 2 B】



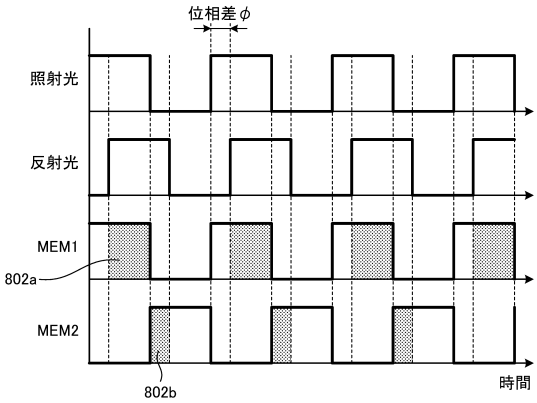
【図 2 C】



【図 3】



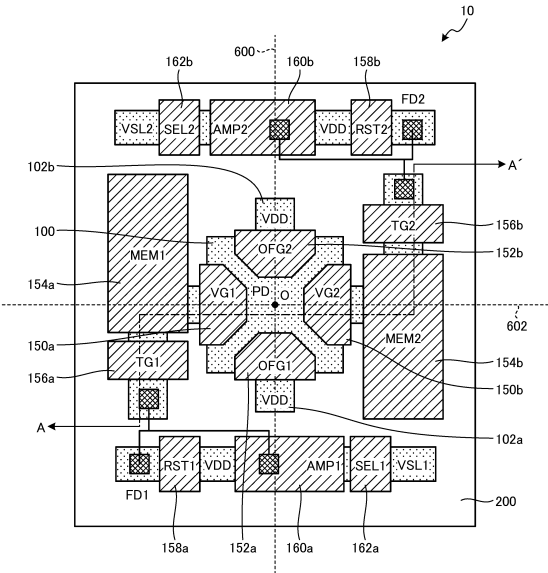
【図 4】



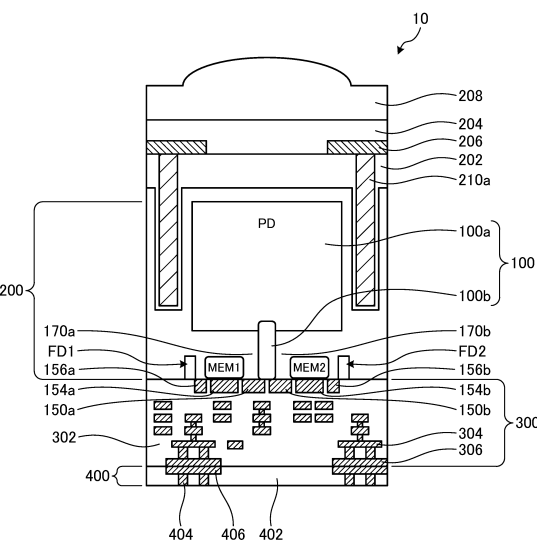
10

20

【図 5】



【図 6】

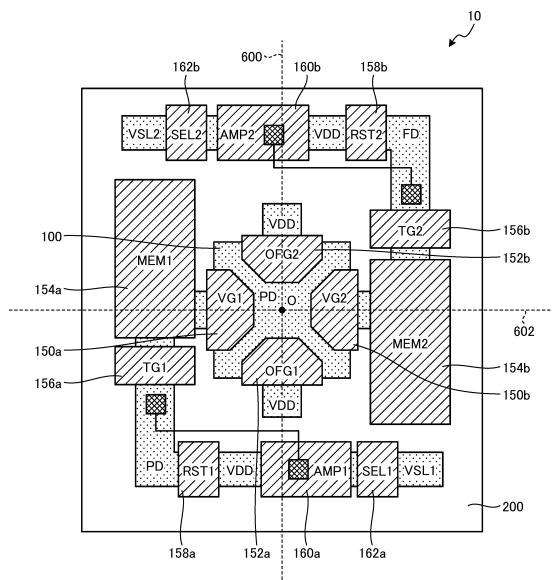


30

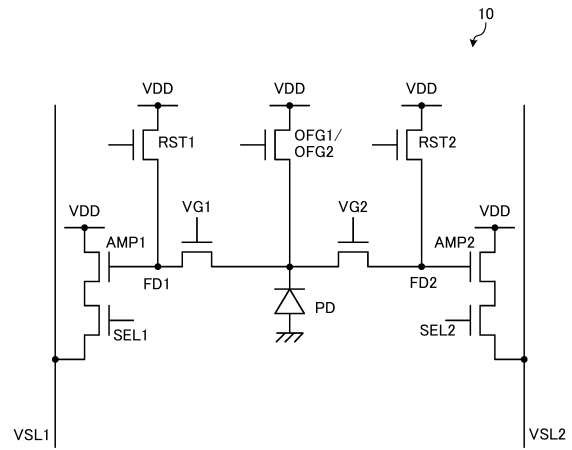
40

50

【圖 7】



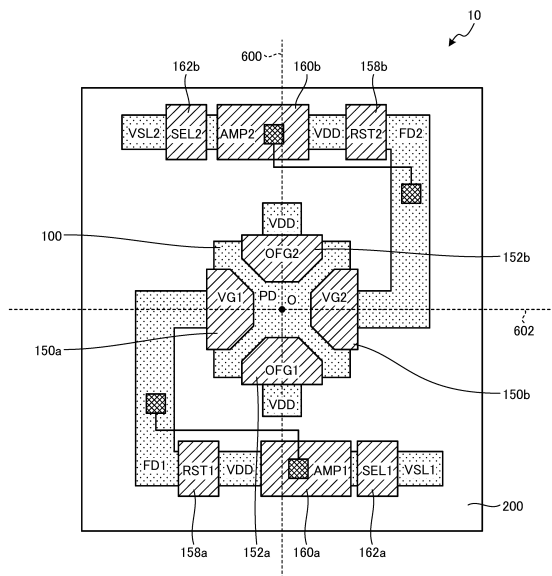
【圖 8】



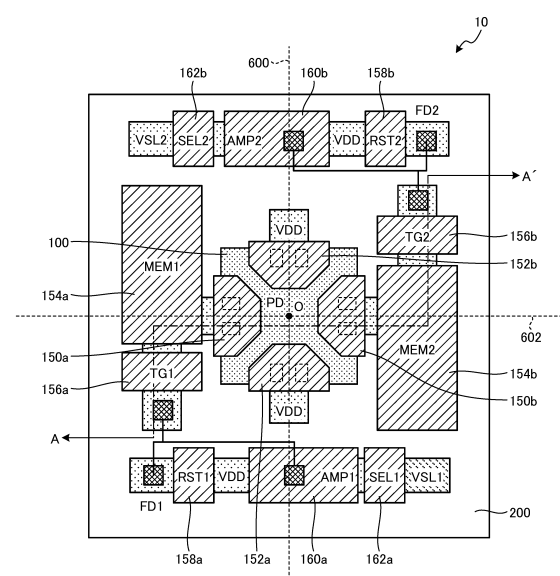
10

20

【図 9】



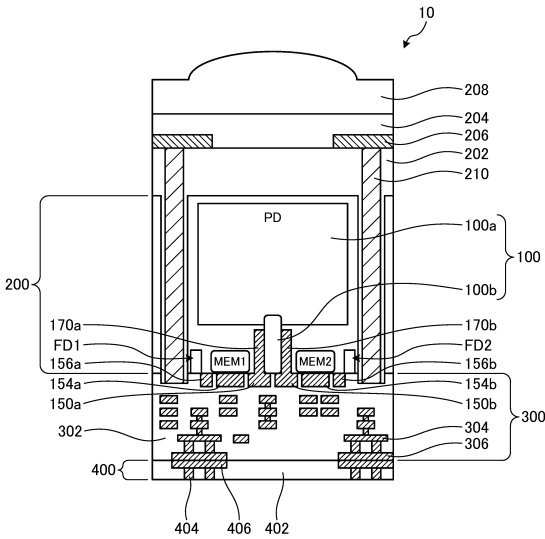
【図 10】



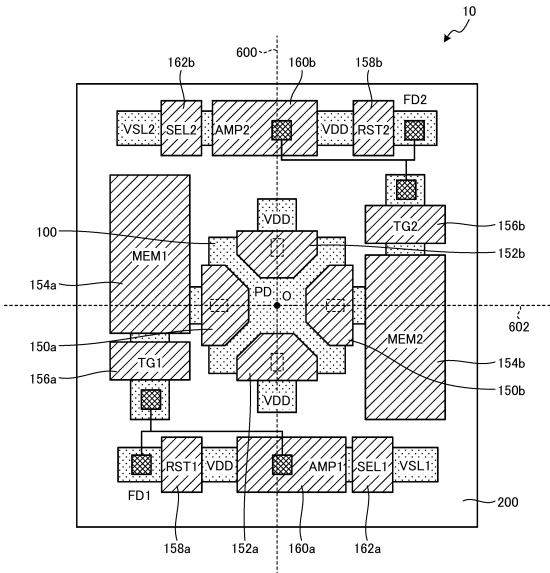
30

40

【図 1 1】



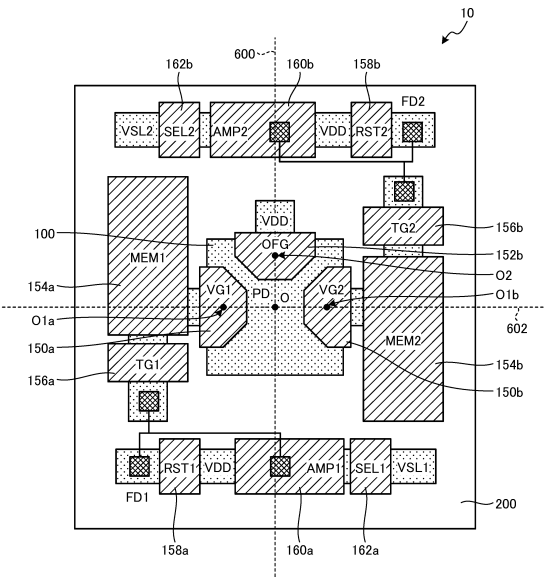
【図 1 2】



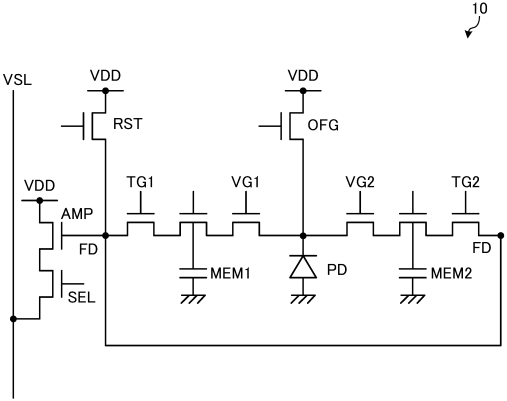
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

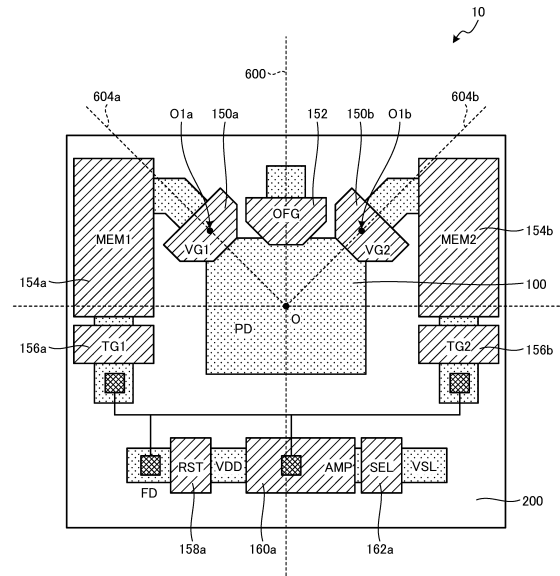


30

40

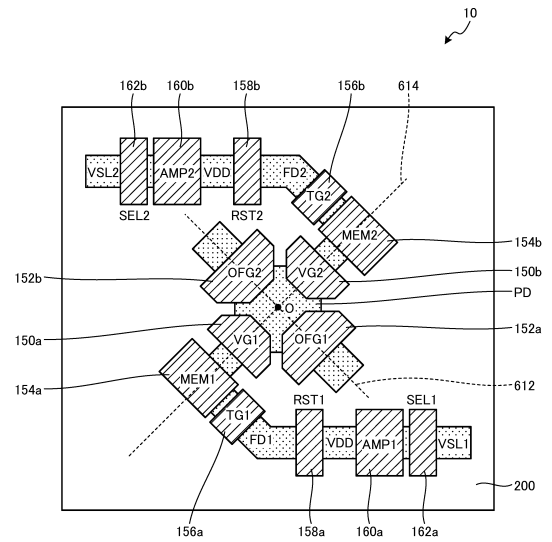
50

【図 16】



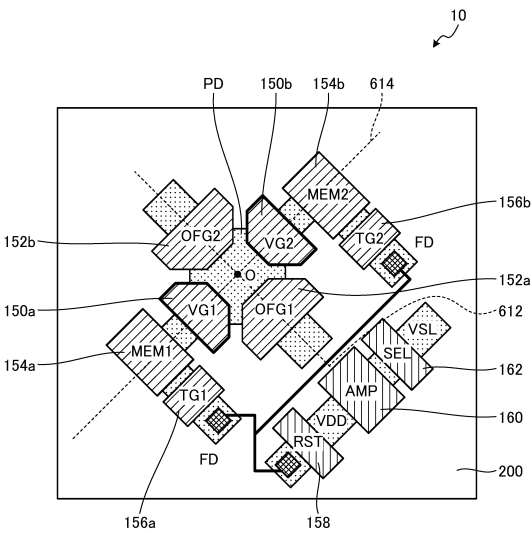
20

【図 18】

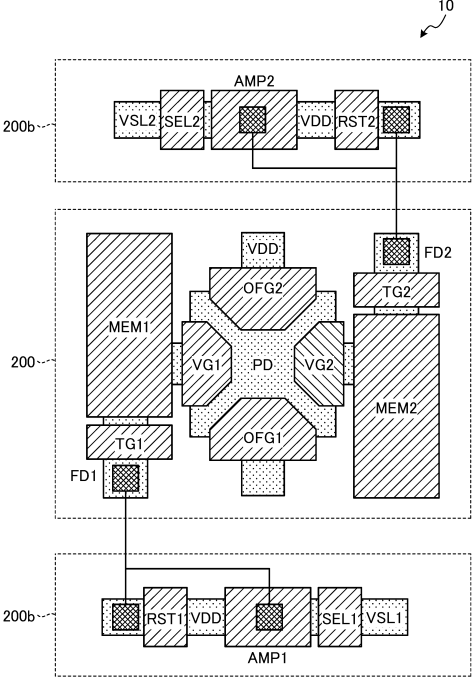


40

【図 19】



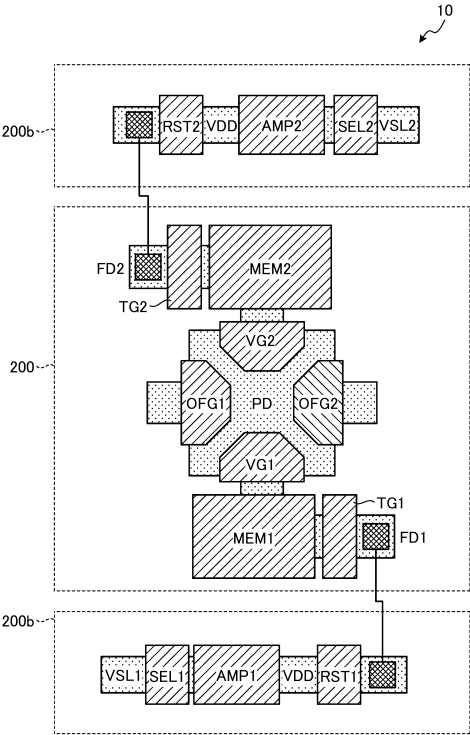
【図 20】



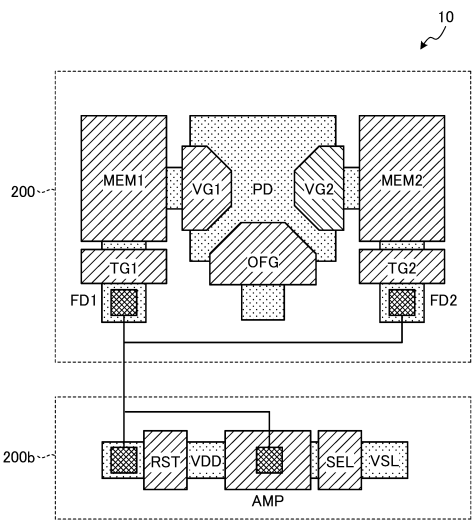
10

20

【図 21】



【図 22】

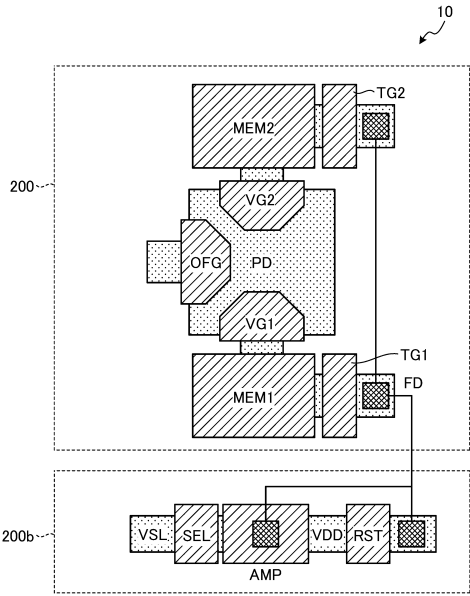


30

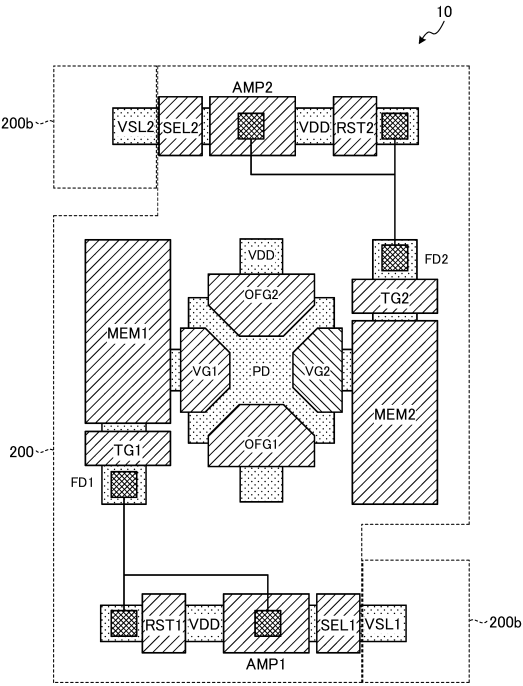
40

50

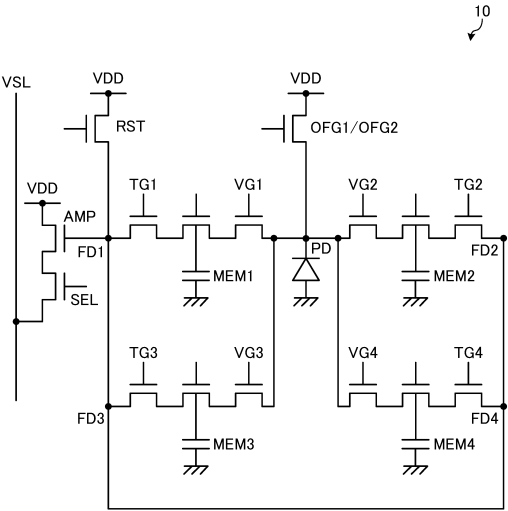
【図 2 3】



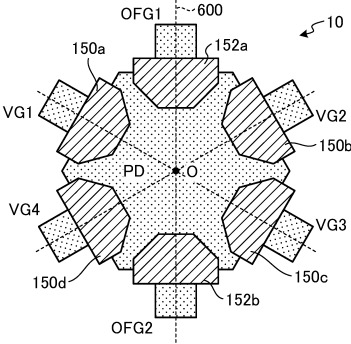
【図 2 4】



【図 2 5】



【図 2 6】



10

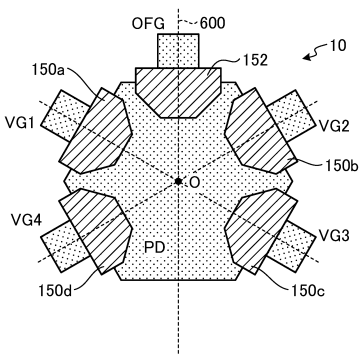
20

30

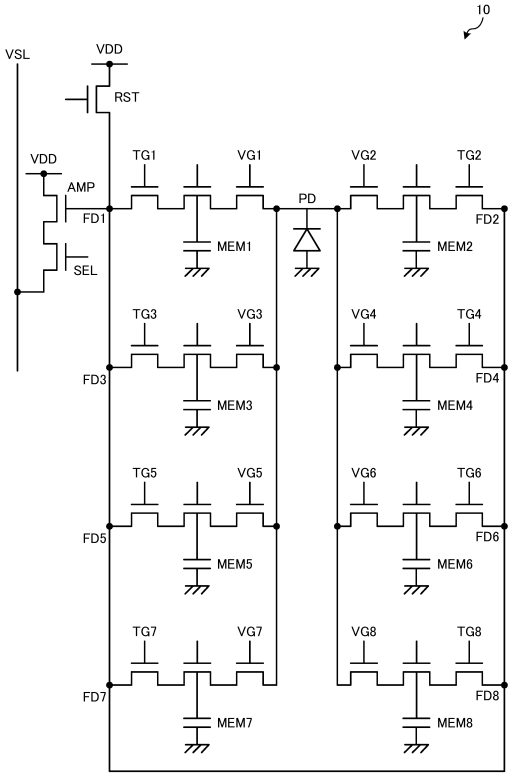
40

50

【図 27】



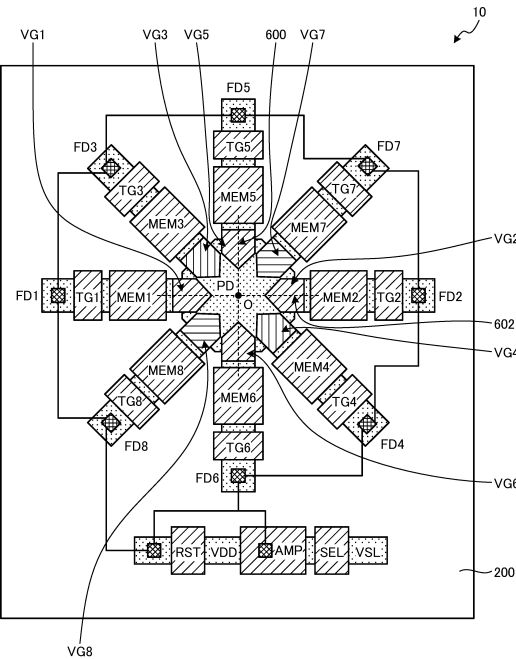
【図 28】



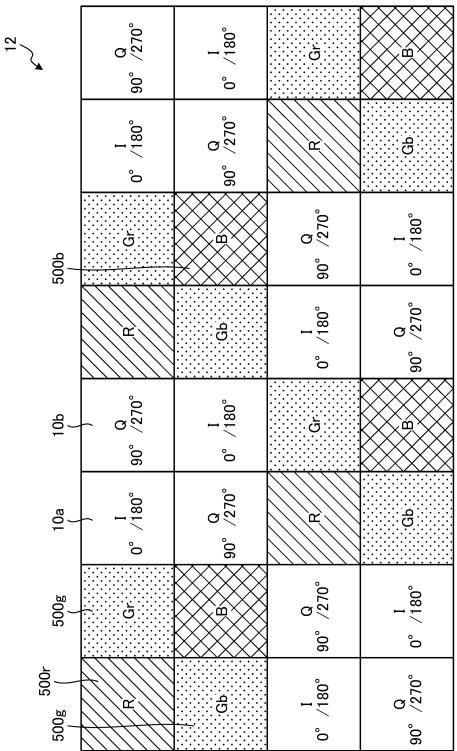
10

20

【図 29】



【図 30】

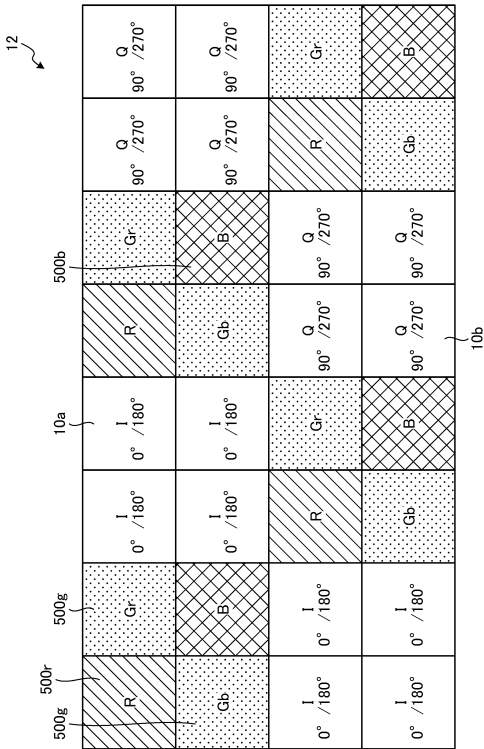


30

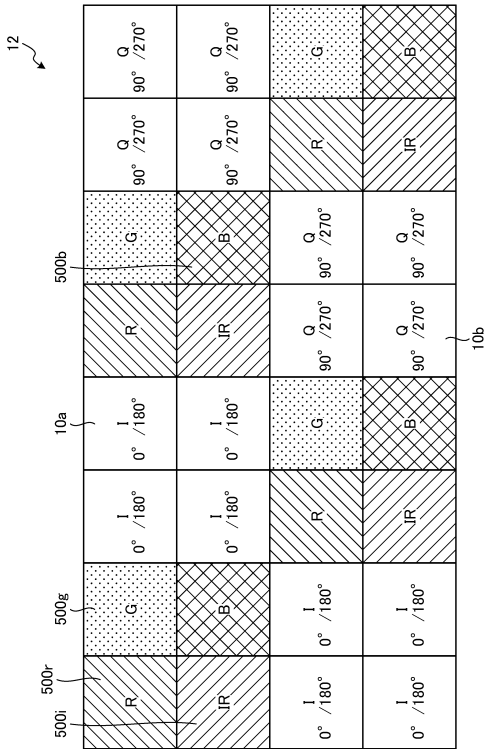
40

50

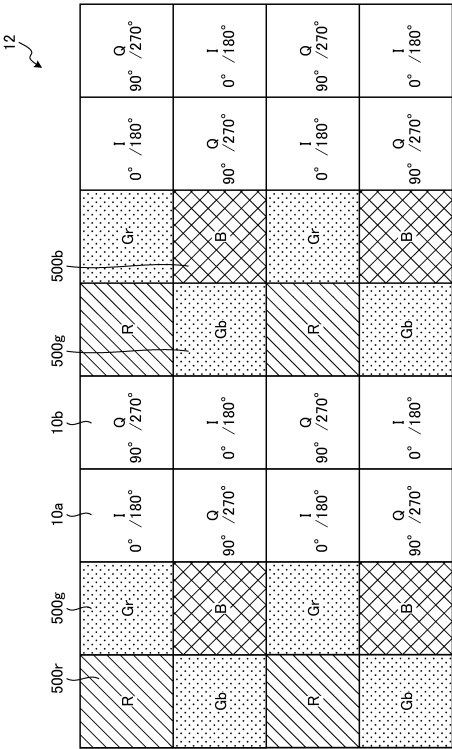
【図 3 1】



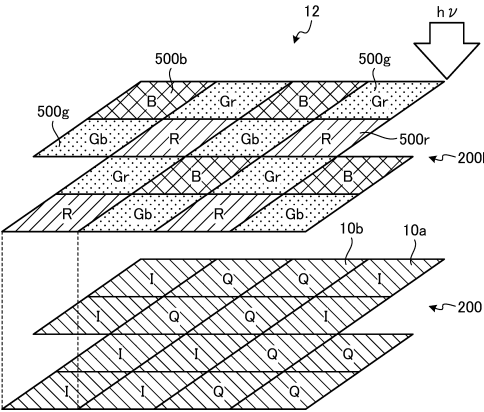
【図 3 2】



【図 3 3】



【図 3 4】



10

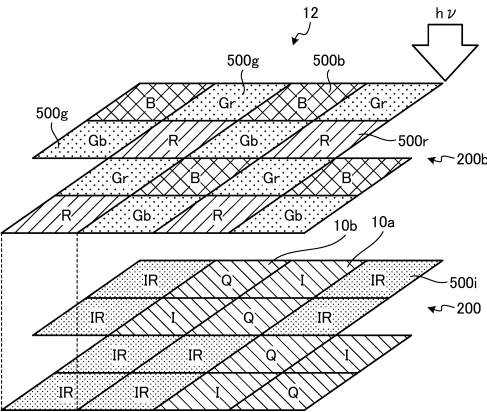
20

30

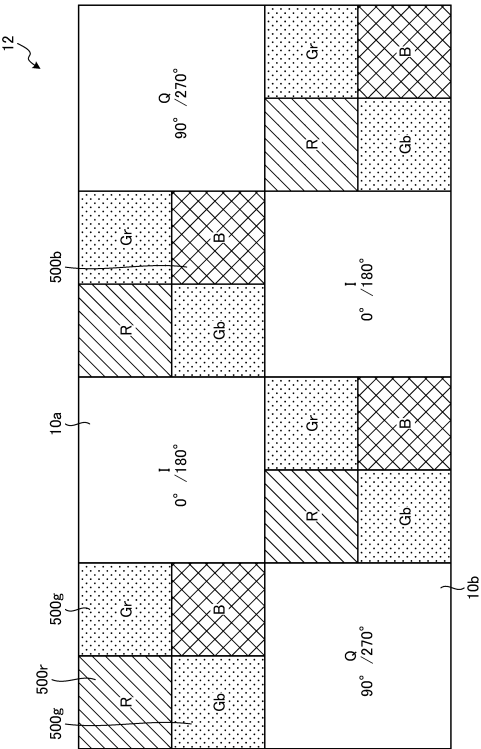
40

50

【図 3 9】



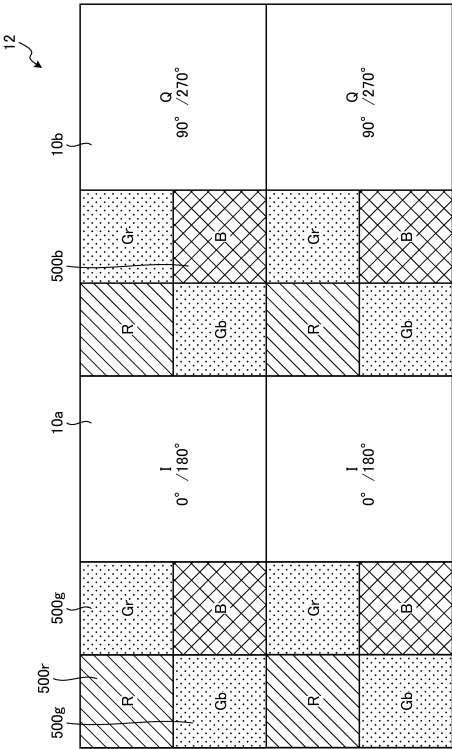
【図 4 0】



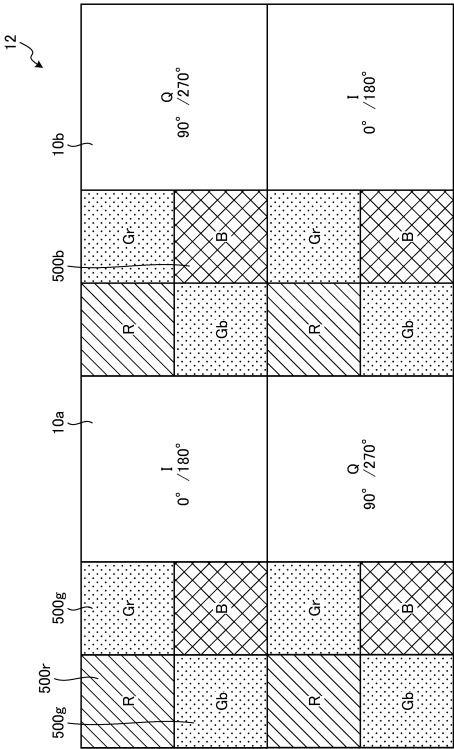
10

20

【図 4 1】



【図 4 2】

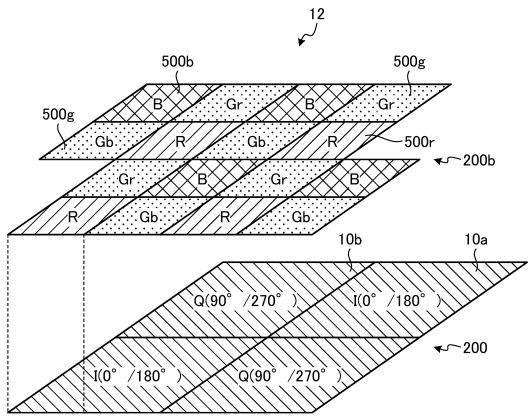


30

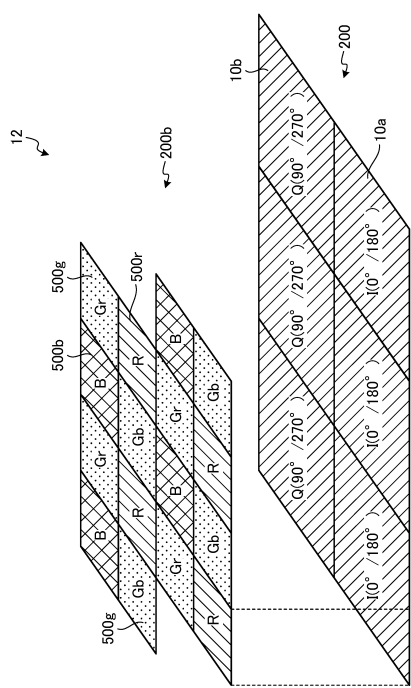
40

50

【図 4 3】



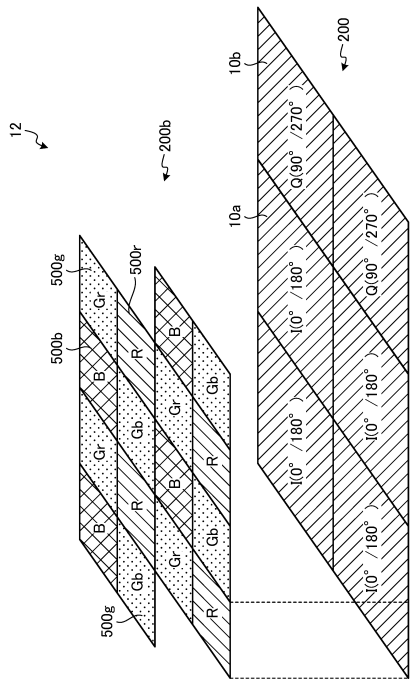
【図 4 4】



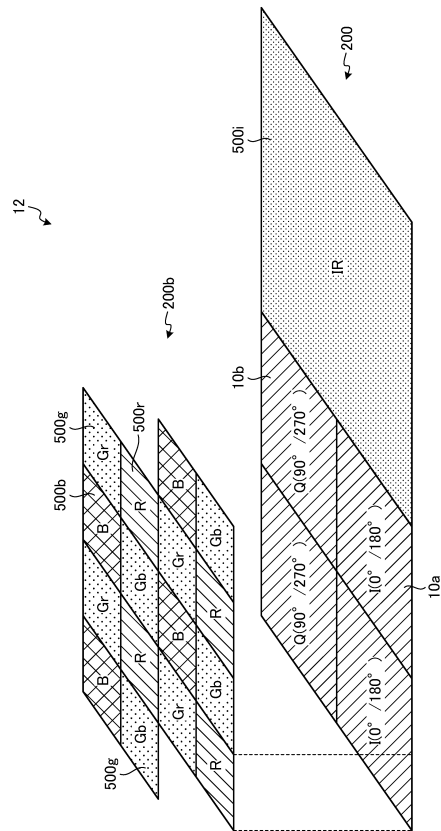
10

20

【図 4 5】



【図 4 6】

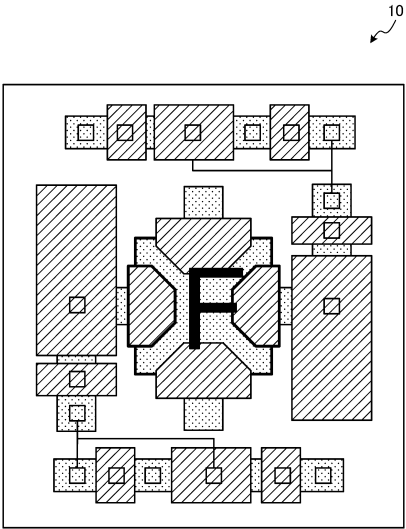


30

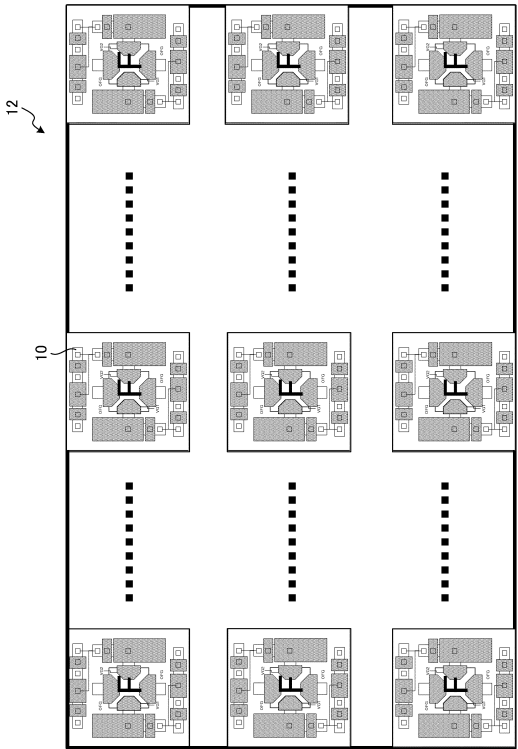
40

50

【図 4 7】



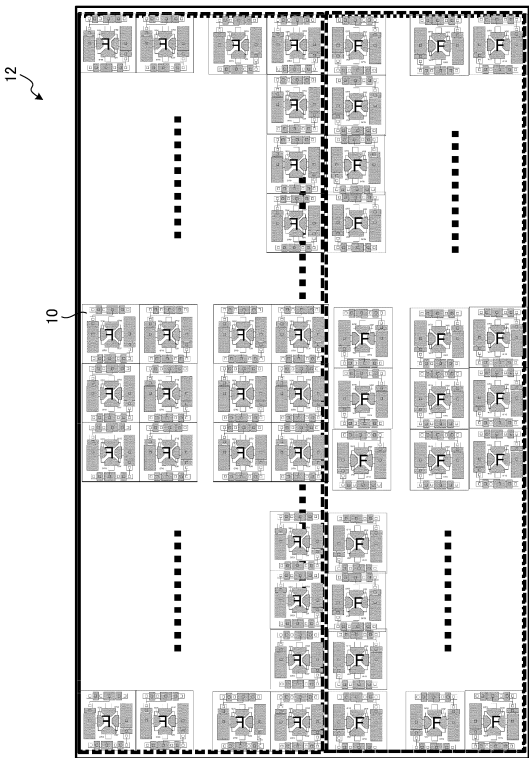
【図 4 8】



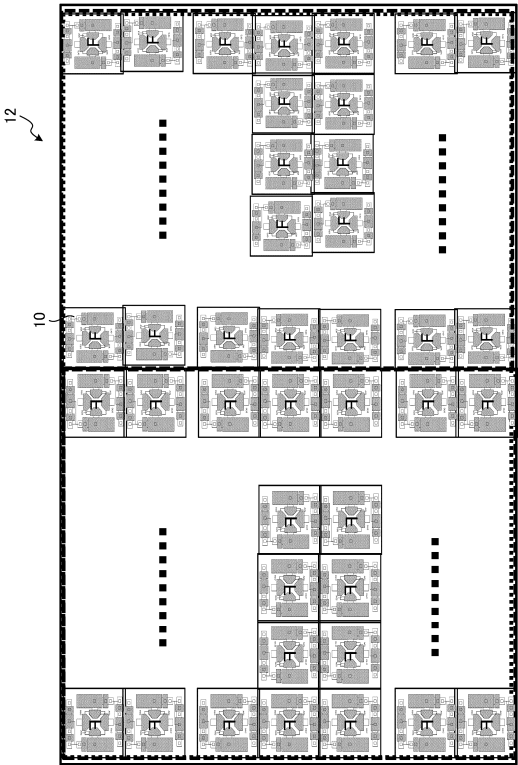
10

20

【図 4 9】



【図 5 0】

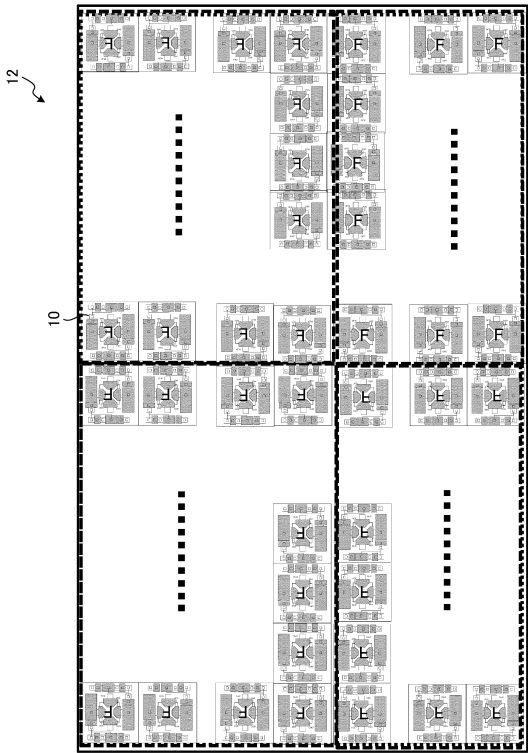


30

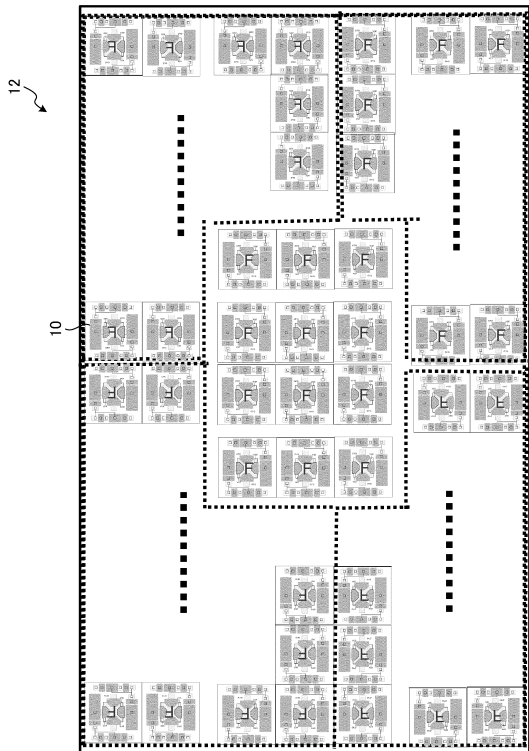
40

50

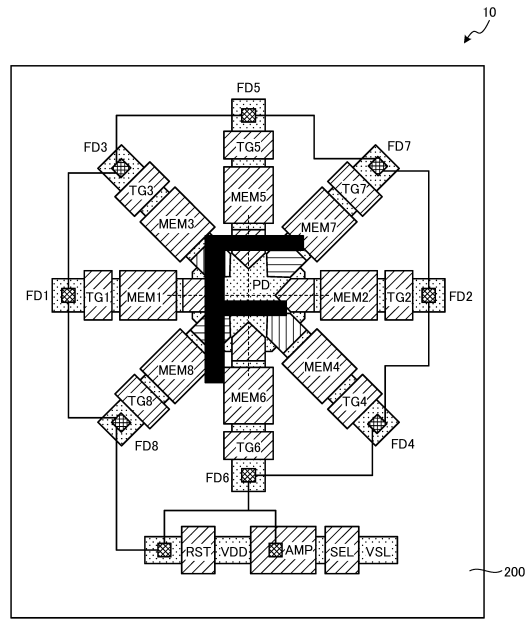
【図 5 1】



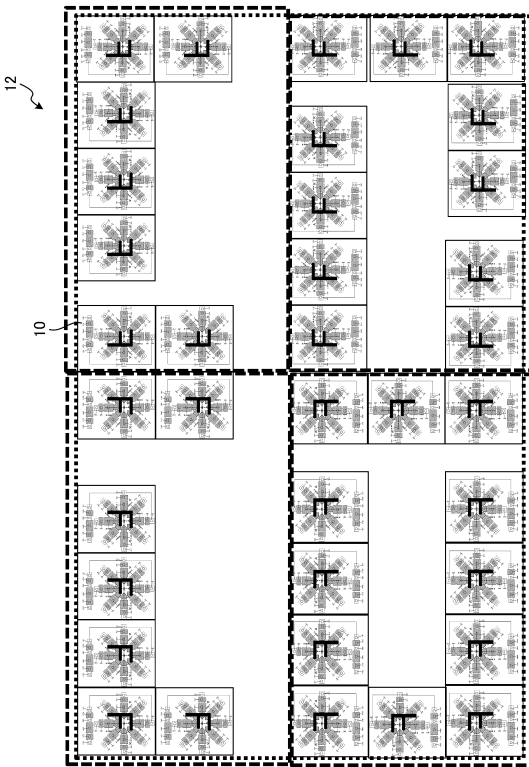
【図 5 2】



【図 5 3】



【図 5 4】



10

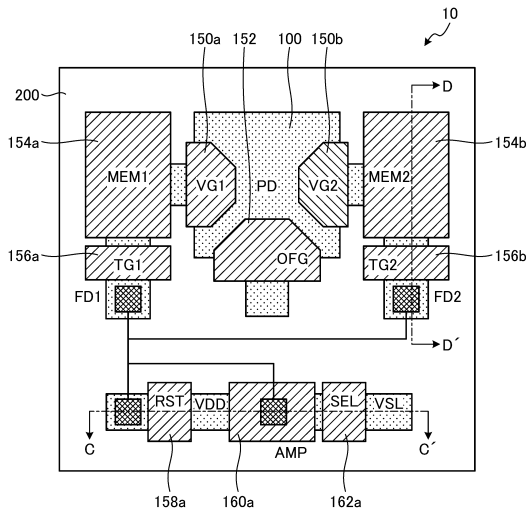
20

30

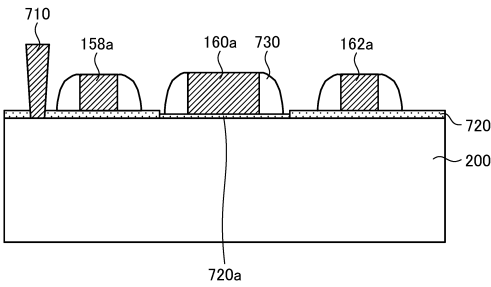
40

50

【図 5 5】



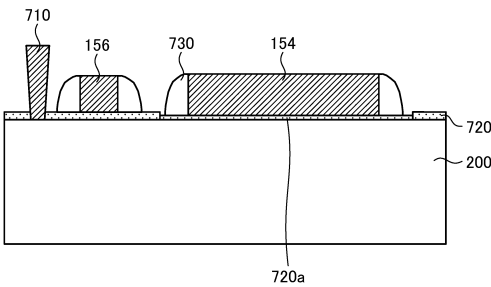
【図 5 6 A】



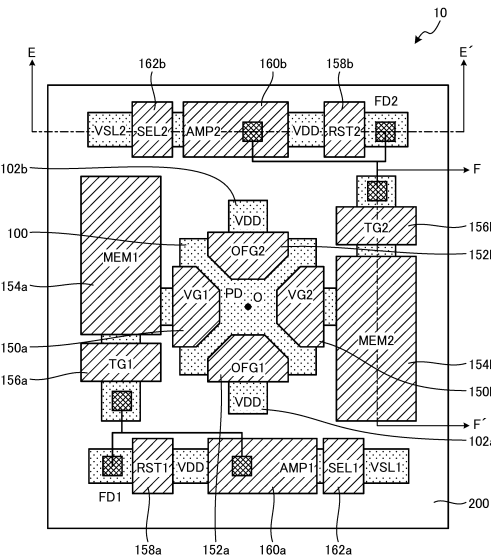
10

20

【図 5 6 B】



【図 5 7】

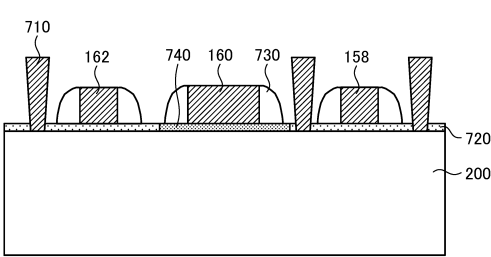


30

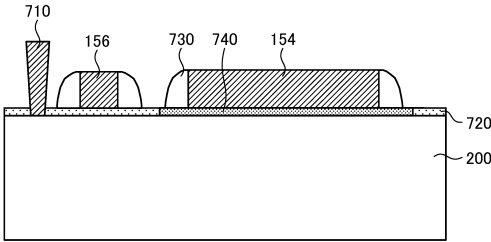
40

50

【図 5 8 A】

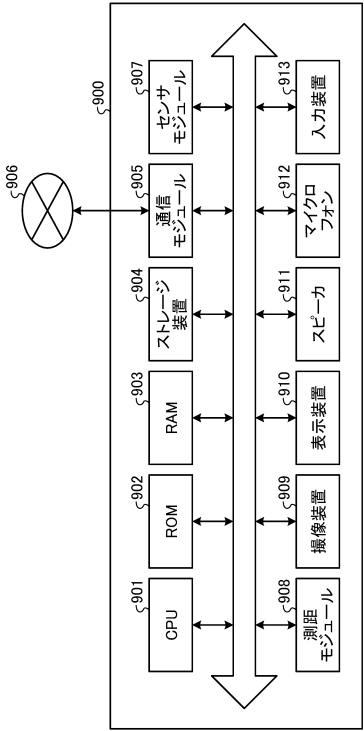


【図 5 8 B】

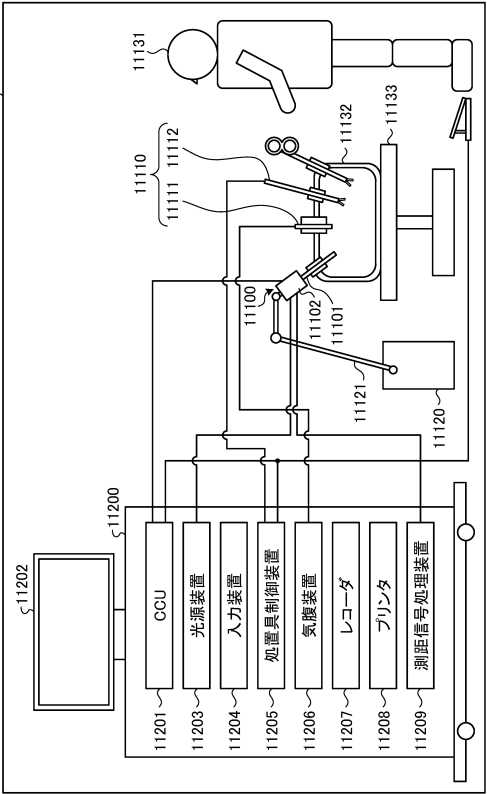


10

【図 5 9】



【図 6 0】



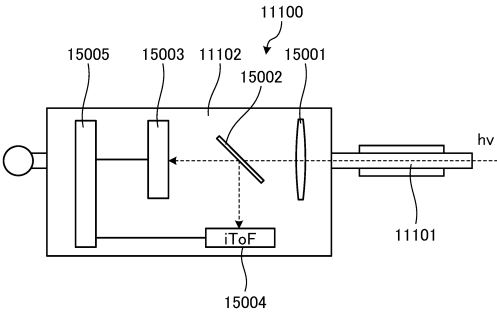
20

30

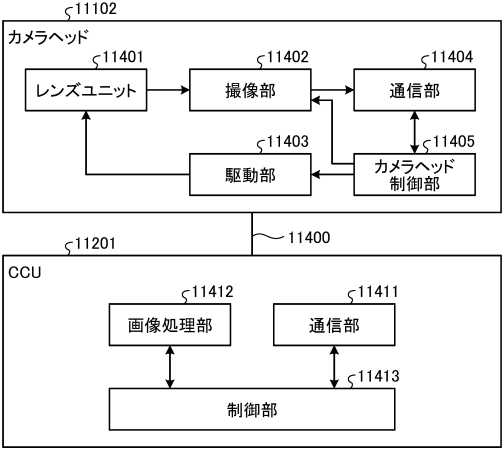
40

50

【図 6 1】

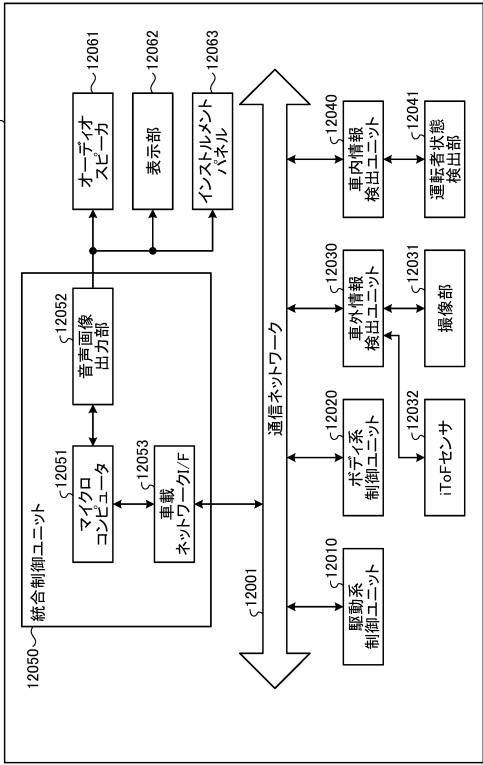


【図 6 2】

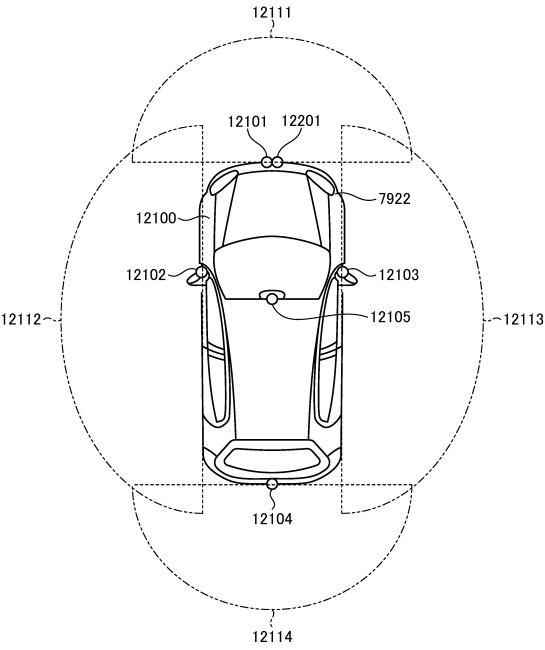


10

【図 6 3】



【図 6 4】



20

30

40

50

フロントページの続き

- 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 河合 信宏
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 古閑 史彦
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 横川 創造
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 寄門 雄飛
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 若林 準人
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
審査官 黒田 久美子
(56)参考文献 国際公開第2017/022220 (WO, A1)
特開2015-167363 (JP, A)
特許第6485725 (JP, B1)
特開2011-216530 (JP, A)
国際公開第2017/056347 (WO, A1)
国際公開第2017/056346 (WO, A1)
特開2008-089346 (JP, A)
国際公開第2019/112047 (WO, A1)
特開2019-004149 (JP, A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 27/146