

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2021-534603

(P2021-534603A)

(43) 公表日 令和3年12月9日(2021.12.9)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
H04N 5/355 (2011.01) H04N 5/355 450 5C024

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 56 頁)

(21) 出願番号	特願2020-569765 (P2020-569765)	(71) 出願人	515046968
(86) (22) 出願日	令和1年8月20日 (2019.8.20)		フェイスブック・テクノロジーズ・リミテッド・ライアビリティ・カンパニー
(85) 翻訳文提出日	令和3年2月9日 (2021.2.9)		FACEBOOK TECHNOLOGIES, LLC
(86) 国際出願番号	PCT/US2019/047156		アメリカ合衆国 カリフォルニア州94025, メンロパーク, ウィローロード 1601
(87) 国際公開番号	W02020/041241	(74) 代理人	110002974
(87) 国際公開日	令和2年2月27日 (2020.2.27)		特許業務法人World IP
(31) 優先権主張番号	16/544, 136	(72) 発明者	ベルコビッチ, アンドリュー サミュエル
(32) 優先日	令和1年8月19日 (2019.8.19)		アメリカ合衆国 カリフォルニア 94025, メンロー パーク, ウィローロード 1601
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	62/719, 953		
(32) 優先日	平成30年8月20日 (2018.8.20)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 適応露光時間を有するピクセルセンサー

(57) 【要約】

一例では、方法が、第1の電荷を生成するために、第1のフォトダイオードを入射光に露光することと、第2の電荷を生成するために、第2のフォトダイオードを入射光に露光することと、第1の電荷検知ユニットによって、第1の電荷を第1の電圧に変換することと、第2の電荷検知ユニットによって、第2の電荷を第2の電圧に変換することと、第1の電圧に基づいて、第1の電荷の量が飽和しきい値に達したことを検出し、第1の電荷の量が飽和しきい値に達したときの飽和時間を測定するように、ADCを制御することと、第1の電荷の量が飽和しきい値に達したことを検出したことに基づいて、入射光への第1のフォトダイオードおよび第2のフォトダイオードの露光を停止することと、第2の電圧に基づいて、露光が終了する前に第2のフォトダイオードによって生成された第2の電荷の量を測定するように、ADCを制御することを含む。

【選択図】 図17

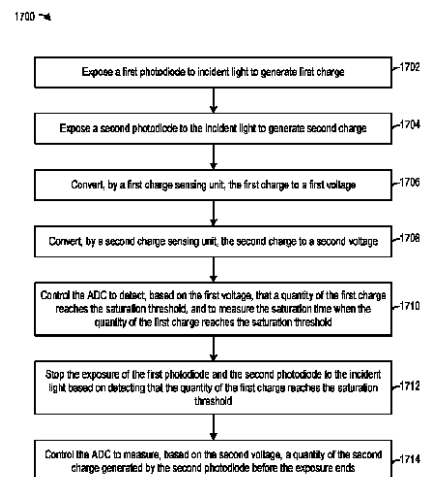


FIG. 17

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の電荷を生成するための第 1 のフォトダイオードと、
第 2 の電荷を生成するための第 2 のフォトダイオードと、
前記第 1 の電荷を第 1 の電圧に変換するための第 1 の電荷検知ユニットと、
前記第 2 の電荷を第 2 の電圧に変換するための第 2 の電荷検知ユニットと、
飽和時間と電荷の量とを測定することが可能な A D C と、
コントローラと

を備える装置であって、前記コントローラは、

前記第 1 のフォトダイオードおよび前記第 2 のフォトダイオードを入射光に露光して
、前記第 1 の電荷および前記第 2 の電荷をそれぞれ生成させることと、

前記第 1 の電圧に基づいて、前記第 1 の電荷の量が飽和しきい値に達したことを検出
し、前記第 1 の電荷の前記量が前記飽和しきい値に達したときの前記飽和時間を測定する
ために、前記 A D C を前記第 1 の電荷検知ユニットに接続することと、

前記第 1 の電荷の前記量が前記飽和しきい値に達したことを検出したことに基づいて
、前記入射光への前記第 1 のフォトダイオードおよび前記第 2 のフォトダイオードの前記
露光を停止することと、

前記第 2 の電圧に基づいて、前記露光が終了する前に前記第 2 のフォトダイオードに
よって生成された前記第 2 の電荷の量を測定するために、前記 A D C を前記第 2 の電荷検
知ユニットに接続することと

を行うように構成された、装置。

【請求項 2】

前記第 1 のフォトダイオードと第 1 の電荷シンクとの間に結合された第 1 のシャッター
スイッチと、

前記第 2 のフォトダイオードと第 2 の電荷シンクとの間に結合された第 2 のシャッター
スイッチと

をさらに備え、

前記コントローラが、

前記第 1 のシャッタースイッチおよび前記第 2 のシャッタースイッチを無効化するこ
とに基づいて、前記第 1 のフォトダイオードおよび前記第 2 のフォトダイオードを前記入
射光に露光することと、

前記第 1 のシャッタースイッチおよび前記第 2 のシャッタースイッチを有効化するこ
とに基づいて、前記入射光への前記第 1 のフォトダイオードおよび前記第 2 のフォトダイ
オードの前記露光を停止することと

を行うように構成された、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記コントローラは、前記第 1 のフォトダイオードおよび前記第 2 のフォトダイオード
のためのグローバルシャッタースイッチが第 1 の時間において開始し、第 2 の時間におい
て終了するように、前記第 1 の時間において前記第 1 のシャッタースイッチおよび前記第
2 のシャッタースイッチを一緒に無効化し、前記第 2 の時間において前記第 1 のシャッタ
ースイッチおよび前記第 2 のシャッタースイッチを一緒に有効化するように構成された、
請求項 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記第 1 の電荷検知ユニットおよび前記第 2 の電荷検知ユニットの各々が、それぞれ、
第 1 のキャパシタおよび第 2 のキャパシタを含み、

前記装置が、

前記第 1 のフォトダイオードと前記第 1 の電荷検知ユニットとの間に結合された第 1
の転送スイッチと、

前記第 2 のフォトダイオードと前記第 2 の電荷検知ユニットとの間に結合された第 2
の転送スイッチと

10

20

30

40

50

をさらに備え、

前記コントローラが、

前記第 1 の電荷を前記第 1 の電荷検知ユニットの前記第 1 のキャパシタに転送するように前記第 1 の転送スイッチを制御することと、

前記第 1 の電荷を前記第 1 の電荷検知ユニットの前記第 2 のキャパシタに転送するように前記第 2 の転送スイッチを制御することと、

前記第 1 の電荷および前記第 2 の電荷の前記転送が完了した後に、前記入射光への前記第 1 のフォトダイオードおよび前記第 2 のフォトダイオードの前記露光を停止すること

を行うように構成された、請求項 1 に記載の装置。

10

【請求項 5】

前記コントローラが、

第 1 の時間において、前記第 1 の電荷の第 1 のオーバーフロー電荷を貯蔵のために前記第 1 のフォトダイオードから前記第 1 の電荷検知ユニットに転送するために、第 1 のバイアス電圧において前記第 1 の転送スイッチをバイアスすることと、

前記第 1 の時間において、前記第 2 の電荷の第 2 のオーバーフロー電荷を貯蔵のために前記第 2 のフォトダイオードから前記第 2 の電荷検知ユニットに転送するために、前記第 1 のバイアス電圧において前記第 2 の転送スイッチをバイアスすることと、

第 2 の時間において、前記第 1 の電荷の第 1 の残留電荷を貯蔵のために前記第 1 のフォトダイオードから前記第 1 の電荷検知ユニットに転送するために、第 2 のバイアス電圧において前記第 1 の転送スイッチをバイアスすることと、

20

前記第 2 の時間において、前記第 2 の電荷の第 2 の残留電荷を貯蔵のために前記第 2 のフォトダイオードから前記第 2 の電荷検知ユニットに転送するために、前記第 2 のバイアス電圧において前記第 2 の転送スイッチをバイアスすることと

を行うように構成され、

前記入射光への前記第 1 のフォトダイオードおよび前記第 2 のフォトダイオードの前記露光は、前記第 1 の残留電荷の前記転送と前記第 2 の残留電荷の前記転送とが完了した後に停止される、

請求項 4 に記載の装置。

【請求項 6】

30

前記第 1 の電荷検知ユニットが、前記第 1 のキャパシタと前記 A D C との間に結合された第 1 の切替え可能バッファを含み、

前記第 2 の電荷検知ユニットが、前記第 1 のキャパシタと前記 A D C との間に結合された第 2 の切替え可能バッファを含み、

前記コントローラは、

前記第 1 の転送スイッチが前記第 1 のバイアス電圧においてバイアスされたとき、前記第 1 のオーバーフロー電荷の量が前記飽和しきい値を超えるかどうかを検出し、前記第 1 のオーバーフロー電荷の前記量が前記飽和しきい値に達したときの前記飽和時間を測定するように、前記 A D C を制御するために、前記第 1 のスイッチバッファを有効化することと、

40

前記入射光への前記第 1 のフォトダイオードおよび前記第 2 のフォトダイオードの前記露光が停止した後に、

前記第 2 のキャパシタに貯蔵された前記第 2 の残留電荷の量を測定するように前記 A D C を制御することと

を行うように構成された、請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

前記第 1 のキャパシタは、前記第 1 のオーバーフロー電荷が前記第 1 のキャパシタに転送されたときに前記第 1 の電圧を生じさせ、

前記 A D C が、前記第 1 の電圧を、前記飽和しきい値を表す第 1 の静的しきい値電圧と比較することに基づいて、前記飽和時間を測定するように構成された、

50

請求項 6 に記載の装置。

【請求項 8】

前記第 1 のキャパシタが、第 1 の主キャパシタと第 1 の補助キャパシタとを含み、
前記第 1 の残留電荷の前記転送より前に、前記コントローラが、
前記第 1 の補助キャパシタを前記第 1 の主キャパシタから切断することと、
前記第 1 の主キャパシタをリセットすることと

を行うように構成され、

前記第 1 の残留電荷は、第 3 の電圧を生成するために、前記第 1 の主キャパシタがリセットされた後に前記第 1 の主キャパシタに転送され、

前記 A D C が、前記第 1 の主キャパシタにおける前記第 3 の電圧を第 1 のランピングしきい値電圧と比較することに基づいて、前記第 1 の主キャパシタに貯蔵された前記第 1 の残留電荷の量を測定するように構成された、

請求項 7 に記載の装置。

【請求項 9】

前記 A D C が、前記第 1 の残留電荷の量を測定した後に、

第 4 の電圧を生成するために、前記第 1 のオーバーフロー電荷の一部分を貯蔵する前記第 1 の補助キャパシタを前記第 1 の主キャパシタと接続することと、

前記第 4 の電圧を第 2 のランピングしきい値電圧と比較することに基づいて前記第 1 のオーバーフロー電荷の量を測定することと

を行うように構成された、請求項 8 に記載の装置。

【請求項 10】

前記コントローラが、前記第 1 の電圧、前記第 3 の電圧、または前記第 4 の電圧のうちの 1 つに基づいて前記 A D C によって生成された出力を選択するように構成され、

前記選択は、前記第 1 の電圧が前記第 1 の静的しきい値電圧を越えるかどうかに基づき、前記第 3 の電圧が、前記第 1 のフォトダイオードの貯蔵容量を表す第 2 の静的しきい値電圧を越えるかどうかに基づき、

前記コントローラが、前記第 1 のフォトダイオードによって受け取られた前記入射光の強度を表すために、前記選択された出力を提供するように構成された、

請求項 9 に記載の装置。

【請求項 11】

前記第 2 のキャパシタが、第 2 の主キャパシタと第 2 の補助キャパシタとを含み、

前記第 2 の残留電荷の前記転送より前に、前記コントローラが、

前記第 2 の補助キャパシタを前記第 2 の主キャパシタから切断することと、

前記第 2 の主キャパシタをリセットすることと

を行うように構成され、

前記第 2 の残留電荷は、前記第 2 の電圧を生成するために、前記第 2 の主キャパシタがリセットされた後に前記第 2 の主キャパシタに転送され、

前記 A D C が、前記第 2 の主キャパシタにおける前記第 2 の電圧を第 1 のランピングしきい値電圧と比較することに基づいて、前記第 2 の主キャパシタに貯蔵された前記第 2 の残留電荷の前記量を測定するように構成された、

請求項 6 に記載の装置。

【請求項 12】

前記 A D C が、前記第 2 の残留電荷の量を測定した後に、

第 3 の電圧を生成するために、前記第 2 のオーバーフロー電荷の一部分を貯蔵する前記第 2 の補助キャパシタを前記第 2 の主キャパシタと接続することと、

前記第 3 の電圧を第 2 のランピングしきい値電圧と比較することに基づいて前記第 2 のオーバーフロー電荷の量を測定することと

を行うように構成された、請求項 11 に記載の装置。

【請求項 13】

前記コントローラが、前記第 2 の電圧または前記第 3 の電圧のうちの 1 つに基づいて A

10

20

30

40

50

D Cによって生成された出力を選択するように構成され、

前記選択は、前記第2の電圧が、前記第2のフォトダイオードの貯蔵容量を表す静的しきい値電圧を越えるかどうかに基づき、

前記コントローラが、前記第2のフォトダイオードによって受け取られた前記入射光の強度を表すために、前記選択された出力を提供するように構成された、
請求項12に記載の装置。

【請求項14】

前記第1のフォトダイオードが、第1の波長範囲を有する前記入射光の第1の成分を検出するように構成され、

前記第2のフォトダイオードが、第2の波長範囲を有する前記入射光の第2の成分を検出するように構成された、請求項1に記載の装置。 10

【請求項15】

前記第1の波長範囲と前記第2の波長範囲とが同等である、請求項14に記載の装置。

【請求項16】

前記第1のフォトダイオードと前記第2のフォトダイオードとがピクセルセルの一部である、請求項15に記載の装置。

【請求項17】

前記第1のフォトダイオードおよび前記第2のフォトダイオードが、それぞれ、第1のピクセルセルおよび第2のピクセルセルの一部である、請求項15に記載の装置。

【請求項18】 20

前記第1のピクセルセルと前記第2のピクセルセルとがピクセルセルアレイの一部であり、

前記第1のピクセルセルと前記第2のピクセルセルとが1つまたは複数のピクセルセルだけ離される、

請求項17に記載の装置。

【請求項19】

第1の電荷を生成するために、第1のフォトダイオードを入射光に露光することと、

第2の電荷を生成するために、第2のフォトダイオードを前記入射光に露光することと

、

第1の電荷検知ユニットによって、前記第1の電荷を第1の電圧に変換することと、 30

第2の電荷検知ユニットによって、前記第2の電荷を第2の電圧に変換することと、

前記第1の電圧に基づいて、前記第1の電荷の量が飽和しきい値に達したことを検出し、
前記第1の電荷の前記量が前記飽和しきい値に達したときの飽和時間を測定するように、
A D Cを制御することと、

前記第1の電荷の前記量が前記飽和しきい値に達したことを検出したことに基づいて、
前記入射光への前記第1のフォトダイオードおよび前記第2のフォトダイオードの前記露光を停止することと、

前記第2の電圧に基づいて、前記露光が終了する前に前記第2のフォトダイオードによって生成された前記第2の電荷の量を測定するように、前記A D Cを制御することと
を含む、方法。 40

【請求項20】

前記第1の電荷が、第1の波長範囲を有する前記入射光の第1の成分を検出することに基づいて前記第1のフォトダイオードによって生成され、

前記第2の電荷が、第2の波長範囲を有する前記入射光の第2の成分を検出することに基づいて前記第2のフォトダイオードによって生成され、

前記第1の波長範囲と前記第2の波長範囲とが異なる、請求項19に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願

本特許出願は、2019年8月19日に提出された米国出願第16/544,136号および2018年8月20日に提出された米国仮出願第62/719,953号の優先権を主張する。米国出願第16/544,136号および米国出願第62/719,953号は、すべての目的のためにその全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【背景技術】

【0002】

本開示は、一般に画像センサーに関し、より詳細には、画像生成のために光強度を決定するためのインターフェース回路要素を含むピクセルセル構造に関する。

【0003】

画像センサー中の一般的なピクセルは、光子を電荷（たとえば、電子または正孔）に変換することによって入射光を検知するためのフォトダイオードを含む。入射光は、2D検知および3D検知など、異なる用途について異なる波長範囲の成分を含むことができる。その上、画像ひずみを低減するために、フォトダイオードのアレイの各フォトダイオードがグローバル露光期間において同時に入射光を検知して電荷を生成するグローバルシャッター動作が実施され得る。電荷は、電圧に変換するための電荷検知ユニット（たとえば、フローティングディフュージョン（floating diffusion））によって変換され得る。ピクセルセルのアレイは、電荷検知ユニットによって変換される電圧に基づいて入射光の異なる成分を測定し、シーンの2D画像および3D画像の生成のために測定結果を提供することができる。

【発明の概要】

【0004】

本開示は、画像センサーに関する。より詳細には、限定はしないが、本開示は、ピクセルセルに関する。本開示はまた、入射光の強度のデジタル表現を生成するためにピクセルセルの回路要素を動作させることに関する。

【0005】

一例では、装置が提供される。本装置は、第1の電荷を生成するための第1のフォトダイオードと、第2の電荷を生成するための第2のフォトダイオードと、第1の電荷を第1の電圧に変換するための第1の電荷検知ユニットと、第2の電荷を第2の電圧に変換するための第2の電荷検知ユニットと、飽和時間と電荷の量とを測定することが可能なADCと、コントローラとを備え、コントローラは、第1のフォトダイオードおよび第2のフォトダイオードを入射光に露光して、第1の電荷および第2の電荷をそれぞれ生成させることと、第1の電圧に基づいて、第1の電荷の量が飽和しきい値に達したことを検出し、第1の電荷の量が飽和しきい値に達したときの飽和時間を測定するために、ADCを第1の電荷検知ユニットに接続することと、第1の電荷の量が飽和しきい値に達したことを検出したことに基づいて、入射光への第1のフォトダイオードおよび第2のフォトダイオードの露光を停止することと、第2の電圧に基づいて、露光が終了する前に第2のフォトダイオードによって生成された第2の電荷の量を測定するために、ADCを第2の電荷検知ユニットに接続することとを行うように構成される。

【0006】

一態様では、本装置は、第1のフォトダイオードと第1の電荷シンクとの間に結合された第1のシャッタースイッチと、第2のフォトダイオードと第2の電荷シンクとの間に結合された第2のシャッタースイッチとをさらに備える。コントローラは、第1のシャッタースイッチおよび第2のシャッタースイッチを無効化することに基づいて、第1のフォトダイオードおよび第2のフォトダイオードを入射光に露光することと、第1のシャッタースイッチおよび第2のシャッタースイッチを有効化することに基づいて、入射光への第1のフォトダイオードおよび第2のフォトダイオードの露光を停止することとを行うように構成される。

【0007】

一態様では、コントローラは、第1のフォトダイオードおよび第2のフォトダイオード

10

20

30

40

50

のためのグローバルシャッタースイッチが第1の時間において開始し、第2の時間において終了するように、第1の時間において第1のシャッタースイッチおよび第2のシャッタースイッチと一緒に無効化し、第2の時間において第1のシャッタースイッチおよび第2のシャッタースイッチと一緒に有効化するように構成される。

【0008】

一態様では、第1の電荷検知ユニットおよび第2の電荷検知ユニットの各々は、それぞれ、第1のキャパシタおよび第2のキャパシタを含む。本装置は、第1のフォトダイオードと第1の電荷検知ユニットとの間に結合された第1の転送スイッチと、第2のフォトダイオードと第2の電荷検知ユニットとの間に結合された第2の転送スイッチとをさらに備える。コントローラは、第1の電荷を第1の電荷検知ユニットの第1のキャパシタに転送するように第1の転送スイッチを制御することと、第1の電荷を第1の電荷検知ユニットの第2のキャパシタに転送するように第2の転送スイッチを制御することと、第1の電荷および第2の電荷の転送が完了した後に、入射光への第1のフォトダイオードおよび第2のフォトダイオードの露光を停止することとを行うように構成される。

【0009】

一態様では、コントローラは、第1の時間において、第1の電荷の第1のオーバーフロー電荷を貯蔵のために第1のフォトダイオードから第1の電荷検知ユニットに転送するために、第1のバイアス電圧において第1の転送スイッチをバイアスすることと、第1の時間において、第2の電荷の第2のオーバーフロー電荷を貯蔵のために第2のフォトダイオードから第2の電荷検知ユニットに転送するために、第1のバイアス電圧において第2の転送スイッチをバイアスすることと、第2の時間において、第1の電荷の第1の残留電荷を貯蔵のために第1のフォトダイオードから第1の電荷検知ユニットに転送するために、第2のバイアス電圧において第1の転送スイッチをバイアスすることと、第2の時間において、第2の電荷の第2の残留電荷を貯蔵のために第2のフォトダイオードから第2の電荷検知ユニットに転送するために、第2のバイアス電圧において第2の転送スイッチをバイアスすることとを行うように構成される。入射光への第1のフォトダイオードおよび第2のフォトダイオードの露光は、第1の残留電荷の転送と第2の残留電荷の転送とが完了した後に停止される。

【0010】

一態様では、第1の電荷検知ユニットは、第1のキャパシタとADCとの間に結合された第1の切替え可能バッファを含む。第2の電荷検知ユニットは、第1のキャパシタとADCとの間に結合された第2の切替え可能バッファを含む。コントローラは、第1の転送スイッチが第1のバイアス電圧においてバイアスされたとき、第1のオーバーフロー電荷の量が飽和しきい値を超えるかどうかを検出し、第1のオーバーフロー電荷の量が飽和しきい値に達したときの飽和時間を測定するように、ADCを制御するために、第1のスイッチバッファを有効化することと、入射光への第1のフォトダイオードおよび第2のフォトダイオードの露光が停止した後に、第2のキャパシタに貯蔵された第2の残留電荷の量を測定するようにADCを制御することとを行うように構成される。

【0011】

一態様では、第1のキャパシタは、第1のオーバーフロー電荷が第1のキャパシタに転送されたときに第1の電圧を生じさせる。ADCは、第1の電圧を、飽和しきい値を表す第1の静的しきい値電圧と比較することに基づいて、飽和時間を測定するように構成される。

【0012】

一態様では、第1のキャパシタは、第1の主キャパシタと第1の補助キャパシタとを含む。第1の残留電荷の転送より前に、コントローラは、第1の補助キャパシタを第1の主キャパシタから切断することと、第1の主キャパシタをリセットすることとを行うように構成される。第1の残留電荷は、第3の電圧を生成するために、第1の主キャパシタがリセットされた後に第1の主キャパシタに転送される。ADCは、第1の主キャパシタにおける第3の電圧を第1のランピングしきい値電圧と比較することに基づいて、第1の主キ

10

20

30

40

50

ャパシタに貯蔵された第1の残留電荷の量を測定するように構成される。ADCは、第1の残留電荷の量を測定した後に、第4の電圧を生成するために、第1のオーバーフロー電荷の一部分を貯蔵する第1の補助キャパシタを第1の主キャパシタと接続することと、第4の電圧を第2のランピングしきい値電圧と比較することに基づいて第1のオーバーフロー電荷の量を測定することとを行うように構成される。コントローラは、第1の電圧、第3の電圧、または第4の電圧のうちの1つに基づいてADCによって生成された出力を選択するように構成される。選択は、第1の電圧が第1の静的しきい値電圧を越えるかどうかに基づき、第3の電圧が、第1のフォトダイオードの貯蔵容量を表す第2の静的しきい値電圧を越えるかどうかに基づく。コントローラは、第1のフォトダイオードによって受け取られた入射光の強度を表すために、選択された出力を提供するように構成される。

10

【0013】

一態様では、第2のキャパシタは、第2の主キャパシタと第2の補助キャパシタとを含む。第2の残留電荷の転送より前に、コントローラは、第2の補助キャパシタを第2の主キャパシタから切断することと、第2の主キャパシタをリセットすることとを行うように構成される。第2の残留電荷は、第2の電圧を生成するために、第2の主キャパシタがリセットされた後に第2の主キャパシタに転送される。ADCは、第2の主キャパシタにおける第2の電圧を第1のランピングしきい値電圧と比較することに基づいて、第2の主キャパシタに貯蔵された第2の残留電荷の量を測定するように構成される。ADCは、第2の残留電荷の量を測定した後に、第3の電圧を生成するために、第2のオーバーフロー電荷の一部分を貯蔵する第2の補助キャパシタを第2の主キャパシタと接続することと、第3の電圧を第2のランピングしきい値電圧と比較することに基づいて第2のオーバーフロー電荷の量を測定することとを行うように構成される。コントローラは、第2の電圧または第3の電圧のうちの1つに基づいてADCによって生成された出力を選択するように構成される。選択は、第2の電圧が、第2のフォトダイオードの貯蔵容量を表す静的しきい値電圧を越えるかどうかに基づく。コントローラは、第2のフォトダイオードによって受け取られた入射光の強度を表すために、選択された出力を提供するように構成される。

20

【0014】

一態様では、第1のフォトダイオードは、第1の波長範囲を有する入射光の第1の成分を検出するように構成される。第2のフォトダイオードは、第2の波長範囲を有する入射光の第2の成分を検出するように構成される。

30

【0015】

一態様では、第1の波長範囲と第2の波長範囲とは同等である。

【0016】

一態様では、第1のフォトダイオードと第2のフォトダイオードとはピクセルセルの一部である。

【0017】

一態様では、第1のフォトダイオードおよび第2のフォトダイオードは、それぞれ、第1のピクセルセルおよび第2のピクセルセルの一部である。

【0018】

一態様では、第1のピクセルセルと第2のピクセルセルとはピクセルセルアレイの一部である。第1のピクセルセルと第2のピクセルセルとは1つまたは複数のピクセルセルだけ離される。

40

【0019】

一例では、方法が提供される。本方法は、第1の電荷を生成するために、第1のフォトダイオードを入射光に露光することと、第2の電荷を生成するために、第2のフォトダイオードを入射光に露光することと、第1の電荷検知ユニットによって、第1の電荷を第1の電圧に変換することと、第2の電荷検知ユニットによって、第2の電荷を第2の電圧に変換することと、第1の電圧に基づいて、第1の電荷の量が飽和しきい値に達したことを検出し、第1の電荷の量が飽和しきい値に達したときの飽和時間を測定するように、ADCを制御することと、第1の電荷の量が飽和しきい値に達したことを検出したことに基づ

50

いて、入射光への第1のフォトダイオードおよび第2のフォトダイオードの露光を停止することと、第2の電圧に基づいて、露光が終了する前に第2のフォトダイオードによって生成された第2の電荷の量を測定するように、ADCを制御することを含む。

【0020】

一態様では、第1の電荷は、第1の波長範囲を有する入射光の第1の成分を検出することに基づいて第1のフォトダイオードによって生成される。第2の電荷は、第2の波長範囲を有する入射光の第2の成分を検出することに基づいて第2のフォトダイオードによって生成される。第1の波長範囲と第2の波長範囲とは異なる。

【0021】

以下の図を参照しながら、例示的な例が説明される。

10

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1A】ニアアイディスプレイ（near-eye display）の一例の図である。

【図1B】ニアアイディスプレイ（near-eye display）の一例の図である。

【図2】ニアアイディスプレイの断面の一例の図である。

【図3】単一のソースアセンブリ（source assembly）をもつ導波路ディスプレイ（waveguide display）の一例の等角図である。

【図4】導波路ディスプレイの一例の断面を示す図である。

20

【図5】ニアアイディスプレイを含むシステムの一例のブロック図である。

【図6】画像センサーの一例のブロック図である。

【図7A】図6の例示的な画像センサーによる、異なる範囲の光強度を決定するための動作を示す図である。

【図7B】図6の例示的な画像センサーによる、異なる範囲の光強度を決定するための動作を示す図である。

【図7C】図6の例示的な画像センサーによる、異なる範囲の光強度を決定するための動作を示す図である。

【図8A】図6の例示的な画像センサーの例示的なピクセルセルの内部構成要素の例を示す図である。

30

【図8B】図6の例示的な画像センサーの例示的なピクセルセルの内部構成要素の例を示す図である。

【図8C】図6の例示的な画像センサーの例示的なピクセルセルの内部構成要素の例を示す図である。

【図8D】図6の例示的な画像センサーの例示的なピクセルセルの内部構成要素の例を示す図である。

【図9A】図8A、図8B、図8C、および図8Dの例示的なピクセルセルの内部構成要素の例を示す図である。

【図9B】図8A、図8B、図8C、および図8Dの例示的なピクセルセルの内部構成要素の例を示す図である。

40

【図10】開示される技法によって測定されるべき光強度の範囲の一例を示す図である。

【図11A】光強度を決定するための例示的な方法を示す図である。

【図11B】光強度を決定するための例示的な方法を示す図である。

【図11C】光強度を決定するための例示的な方法を示す図である。

【図11D】光強度を決定するための例示的な方法を示す図である。

【図12】光強度測定を実施するための制御信号の例示的なシーケンスを示す図である。

【図13A】マルチフォトダイオードピクセルセルおよびその動作の例を示す図である。

【図13B】マルチフォトダイオードピクセルセルおよびその動作の例を示す図である。

【図13C】マルチフォトダイオードピクセルセルおよびその動作の例を示す図である。

【図14A】マルチフォトダイオードピクセルセルおよびその動作の別の例を示す図であ

50

る。

【図 1 4 B】マルチフォトダイオードピクセルセルおよびその動作の別の例を示す図である。

【図 1 5 A】量子化リソースを共有すべきフォトダイオードの例示的なグループ化を示す図である。

【図 1 5 B】量子化リソースを共有すべきフォトダイオードの例示的なグループ化を示す図である。

【図 1 5 C】量子化リソースを共有すべきフォトダイオードの例示的なグループ化を示す図である。

【図 1 6 A】量子化リソースを共有すべきフォトダイオードの別の例示的なグループ化を示す図である。

10

【図 1 6 B】量子化リソースを共有すべきフォトダイオードの別の例示的なグループ化を示す図である。

【図 1 7】光強度を測定するための例示的なプロセスのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0023】

図は、単に例証の目的で本開示の例を図示する。本開示の原理またはうたわれている利益から逸脱することなく、示される構造および方法の代替例が採用され得ることを、当業者は以下の説明から容易に認識されよう。

【0024】

20

添付の図において、同様の構成要素および／または特徴は、同じ参照ラベルを有し得る。さらに、同じタイプの様々な構成要素は、同様の構成要素間を区別するダッシュおよび第 2 のラベルを参照ラベルの後に続けることによって区別され得る。第 1 の参照ラベルのみが明細書において使用される場合、説明は、第 2 の参照ラベルには関係なく同じ第 1 の参照ラベルを有する同様の構成要素のいずれか 1 つに適用可能である。

【0025】

以下の説明では、説明の目的で、いくつかの発明の例の完全な理解を提供するために、具体的な詳細が記載される。ただし、様々な例がこれらの具体的な詳細なしに実践され得ることは明らかであろう。図および説明は、限定するものではない。

【0026】

30

一般的な画像センサーは、ピクセルセルのアレイを含む。各ピクセルセルは、光子を電荷（たとえば、電子または正孔）に変換することによって入射光の強度を測定するためのフォトダイオードを含む。フォトダイオードによって生成される電荷は、フローティングドレインノードを含むことができる電荷検知ユニットによって電圧に変換され得る。電圧は、アナログデジタル変換器（ADC）によってデジタル値に量子化され得る。デジタル値は、ピクセルセルによって受け取られた光の強度を表すことができ、シーンのスポットから受け取られた光に対応することができるピクセルを形成することができる。ピクセルのアレイを備える画像が、ピクセルセルのアレイのデジタル出力から導出され得る。

【0027】

40

2D 検知および 3D 検知など、撮像の異なるモードを実施するために、画像センサーが使用され得る。2D 検知および 3D 検知は、異なる波長範囲の光に基づいて実施され得る。たとえば、2D 検知のために可視光が使用され得、3D 検知のために不可視光（たとえば、赤外光）が使用され得る。画像センサーは、異なる光波長範囲および色（たとえば、赤、緑、青、単色など）の可視光を、2D 検知のために割り当てられたピクセルセルの第 1 のセットに与え、不可視光を、3D 検知のために割り当てられたピクセルセルの第 2 のセットに与えるための光学フィルタアレイを含み得る。

【0028】

2D 検知を実施するために、ピクセルセルにおけるフォトダイオードは、ピクセルセルに入射する可視光成分（たとえば、赤、緑、青、単色など）の強度に比例するレートで電荷を生成することができ、露光期間において蓄積された電荷の量は、可視光（または、可

50

視光のある色成分)の強度を表すために使用され得る。電荷は、フォトダイオードにおいて一時的に貯蔵され、次いで、電圧を生じさせるために、キャパシタ(たとえば、フローティングディフュージョン)に転送され得る。電圧は、可視光の強度に対応する出力を生成するために、アナログデジタル変換器(ADC)によってサンプリングおよび量子化され得る。可視光の異なる色成分(たとえば、赤色、緑色、および青色)を検知するように構成された複数のピクセルセルからの出力に基づいて、画像ピクセル値が生成され得る。

【0029】

その上、3D検知を実施するために、異なる波長範囲の光(たとえば、赤外光)が物体上に投影され得、反射された光が、ピクセルセルによって検出され得る。光は、構造化光、光パルスなどを含むことができる。ピクセルセル出力は、たとえば、反射された構造化光のパターンを検出すること、光パルスの飛行時間を測定することなどに基づいて、深度検知動作を実施するために使用され得る。反射された構造化光のパターンを検出するために、露光時間中にピクセルセルによって生成された電荷の量の分布が決定され得、電荷の量に対応する電圧に基づいてピクセル値が生成され得る。飛行時間測定のために、ピクセルセルのフォトダイオードにおける電荷の生成のタイミングが、反射された光パルスがピクセルセルにおいて受け取られた時間を表すように決定され得る。光パルスが物体に投影されたときと、反射された光パルスがピクセルセルにおいて受け取られたときとの間の時間差が、飛行時間測定を提供するために使用され得る。

【0030】

シーンの情報を生成するために、ピクセルセルアレイが使用され得る。いくつかの例では、アレイ内のピクセルセルのサブセット(たとえば、第1のセット)は、シーンの2D検知を実施するために光の可視成分を検出することができ、アレイ内のピクセルセルの別のサブセット(たとえば、第2のセット)は、シーンの3D検知を実施するために光の赤外線成分を検出することができる。2D撮像データと3D撮像データとの融合は、仮想現実(VR)体験、拡張現実(AR)体験および/または複合現実(MR)体験を提供する多くの用途に有用である。たとえば、ウェアラブルVR/AR/MRシステムは、システムのユーザが位置する環境のシーン再構築を実施し得る。再構築されたシーンに基づいて、VR/AR/MRは、インタラクティブ体験を提供するための表示効果を生成することができる。シーンを再構築するために、ピクセルセルアレイ内のピクセルセルのサブセットは、たとえば、環境中の物理的物体のセットを識別し、物理的物体とユーザとの間の距離を決定するために、3D検知を実施することができる。ピクセルセルアレイ内のピクセルセルの別のサブセットは、たとえば、これらの物理的物体のテクスチャ、色、および反射率を含む視覚属性をキャプチャするために、2D検知を実施することができる。シーンの2D画像データおよび3D画像データは、次いで、たとえば、物体の視覚属性を含むシーンの3Dモデルを作り出すためにマージされ得る。別の例として、ウェアラブルVR/AR/MRシステムは、2D画像データと3D画像データとの融合に基づいて、頭部追跡動作をも実施することができる。たとえば、2D画像データに基づいて、VR/AR/MRシステムは、物体を識別するために、いくつかの画像特徴を抽出することができる。3D画像データに基づいて、VR/AR/MRシステムは、ユーザによって着用されるウェアラブルデバイスに対する識別された物体のロケーションを追跡することができる。VR/AR/MRシステムは、たとえば、ユーザの頭部が移動するときの、ウェアラブルデバイスに対する識別された物体のロケーションの変化を追跡することに基づいて、頭部移動を追跡することができる。

【0031】

2D画像データと3D画像データとの相関を改善するために、ピクセルセルのアレイは、シーンのスポットからの入射光の異なる成分のコロケート(collocated)撮像を提供するように構成され得る。詳細には、各ピクセルセルは、複数のフォトダイオードと、複数の対応する電荷検知ユニットとを含むことができる。複数のフォトダイオードの各フォトダイオードは、入射光の異なる光成分を電荷に変換するように構成される。フォトダイオードが入射光の異なる光成分を受け取ることを可能にするために、フォトダイ

10

20

30

40

50

オードは、異なるフォトダイオードについて入射光のための異なる吸収距離を提供するスタックにおいて形成され得るか、または、光学フィルタのアレイの下の平面上に形成され得る。各電荷検知ユニットは、電荷を電圧に変換することによって対応するフォトダイオードの電荷を検知するための1つまたは複数のキャパシタを含み、電圧は、各フォトダイオードによって変換される入射光成分の強度のデジタル表現を生成するために、ADCによって量子化され得る。ADCは比較器を含む。量子化動作の一部として、比較器は、電圧を基準と比較して判定を出力することができる。比較器の出力は、メモリが自走カウンタからの値をいつ記憶するかを制御することができる。値は、電圧を量子化したことの結果を提供することができる。

【0032】

ADCは、光強度測定動作のダイナミックレンジを増加させることができる、異なる強度範囲に関連付けられた異なる量子化動作に基づいて電圧を量子化することができる。詳細には、各フォトダイオードは、露光期間内にある量の電荷を生成することができ、電荷の量は入射光強度を表す。各フォトダイオードは、電荷の少なくとも一部を残留電荷として貯蔵するための量子ウェル (quantum well) をも有する。量子ウェル容量は、フォトダイオードと電荷検知ユニットとの間のスイッチ上のバイアス電圧に基づいて設定され得る。低光強度範囲では、フォトダイオードは、電荷の全体を残留電荷として量子ウェルに貯蔵することができる。PD ADC量子化動作では、ADCは、低光強度のデジタル表現を提供するために、残留電荷の量を検知することから電荷検知ユニットによって生成された第1の電圧を量子化することができる。残留電荷は、一般的に、フォトダイオードにおける暗電流をはるかに受けにくいので、低光強度測定の雑音フロアは低下され得、これは、ダイナミックレンジの下限をさらに拡張することができる。

【0033】

その上、中光強度範囲では、量子ウェルは残留電荷によって飽和され得、フォトダイオードは、残りの電荷をオーバーフロー電荷として電荷検知ユニットに転送することができる。電荷検知ユニットは、オーバーフロー電荷の量を検知することから第2の電圧を生成することができる。FD ADC量子化動作では、ADCは、中光強度のデジタル表現を提供するために第2の電圧を量子化することができる。低光強度と中光強度の両方では、電荷検知ユニット中の1つまたは複数のキャパシタはまだ飽和されず、第1の電圧および第2の電圧の大きさは光強度と相関する。したがって、低光強度と中光強度の両方では、ADCの比較器は、第1の電圧または第2の電圧をランピング電圧と比較して判定を生成することができる。判定は、残留電荷またはオーバーフロー電荷の量を表すことができるカウンタ値を記憶するようにメモリを制御することができる。

【0034】

高光強度範囲では、オーバーフロー電荷は、電荷検知ユニット中の1つまたは複数のキャパシタを飽和させることができる。その結果、第2の電圧の大きさはもはや光強度を追跡せず、光強度測定に非線形性が導入され得る。キャパシタの飽和によって引き起こされる非線形性を低減するために、ADCは、第2の電圧を静的しきい値と比較して判定を生成することによって、飽和までの時間 (TTS: time-to-saturation) 測定動作を実施することができ、判定は、カウンタ値を記憶するようにメモリを制御することができる。カウンタ値は、第2の電圧が飽和しきい値に達したときの時間を表すことができる。飽和までの時間は、電荷検知ユニットが飽和される範囲内の光の強度を表すことができ、第2の電圧の値は、もはや光の強度を反映しない。そのような仕組みにより、ダイナミックレンジの上限は拡張され得る。

【0035】

ADCの比較器は、一般的に、特に上記で説明された複数の量子化動作を実施するとき、ピクセルセルのすべての他の構成要素の中で、最も大きい空間を占有し、最も多くの電力を消費する。したがって、電力とピクセルセルフットプリントとを低減するために、ピクセルセル内の複数の電荷検知ユニットの間で単一のADCが共有され得る。ピクセルセルのコントローラは、入射光の光成分の強度のデジタル表現を生成するために、TTS動

10

20

30

40

50

作、F D A D C 動作、および P D A D C 動作を実施するために単一の A D C に接続することを交替で行うように、各電荷検知ユニットを制御することができる。しかしながら、そのような仕組みは、ピクセルセルの量子化動作の総時間ならびに画像フレームを生成するために必要とされるフレーム期間を実質的に増加させ得、これは、より低いフレームレートにつながり得る。これは、高速で変化する高速物体および／またはシーンの高解像度画像を提供する画像センサーの能力を劣化させ、画像センサーの用途を低減し得る。各フォトダイオードについての量子化動作の総時間を低減するために、コントローラは、T T S 動作、F D A D C 動作、および P D A D C 動作のサブセットのみを実施するように、フォトダイオードのうちのいくつかを構成することができる。たとえば、コントローラは、フォトダイオードのうちの1つの電荷検知ユニットを A D C に接続し、T T S 動作、F D A D C 動作、および P D A D C 動作を実施するように A D C を制御することができる。コントローラは、次いで、他のフォトダイオードの他の電荷検知ユニットを連続的に A D C に接続し、それらの電荷検知ユニットの出力について P D A D C 動作および F D A D C 動作を実施するにすぎないように A D C を制御することができる。フレーム期間を低減することに加えて、そのような仕組みはまた、ピクセルセル内のすべてのフォトダイオードが同じ露光期間を有することを保証することができ、これは、ローリングシャッター動作と同様に、明るい、高速に移動している物体を撮像するとき、シャッター効率を改善し、動きぼけおよびひずみを低減することができる。

【0036】

ピクセルセルのフォトダイオードのサブセットの量子化動作を低減することは、ピクセルセルの量子化動作の総時間を低減し、フレームレートを増加させることができるが、そのような仕組みは、フォトダイオードのサブセットのダイナミックレンジの上限を低減し得る。詳細には、フォトダイオードのサブセットの電荷検知ユニットのキャパシタは、ピクセルセルが高強度光成分に露光されたとき、飽和し得る。しかし、それらのフォトダイオードについて T T S 動作が実施されないので、A D C の量子化出力は、低光強度範囲および中光強度範囲についてのみ線形である。これは、それらのフォトダイオードについての光強度の測定可能な上限を低減し、それらのダイナミックレンジを低減する。その結果、ピクセルセルによる入射光の一部または全部の光成分の測定に非線形性が導入され得、これは、ピクセルセルアレイの、コレートされた 2 D / 3 D 撮像動作だけでなく、グローバルシャッター動作をも劣化させる。

【0037】

本開示は、上記の問題点のうちの少なくともいくつかに対処することによって、改善されたコロケート 2 D および 3 D 撮像動作、ならびに改善されたグローバルシャッター動作を提供することができる画像センサーに関する。詳細には、画像センサーは、第1のフォトダイオードと、第2のフォトダイオードと、第1の電荷検知ユニットと、第2の電荷検知ユニットと、コントローラとを含み得る。第1のフォトダイオードは、入射光の第1の成分に応答して第1の電荷を生成することができる。第2のフォトダイオードは、入射光の第2の成分に応答して第2の電荷を生成することができる。第1の電荷検知ユニットおよび第2の電荷検知ユニットの各々は、フォトダイオードによって生成された電荷を貯蔵するために、フローティングドレインによって形成され得るキャパシタを含む。第1の電荷検知ユニットは、A D C を第2の電荷検知ユニットと共有することができる。共有方式の下で、A D C は、第1の電荷の量が飽和しきい値に達する飽和時間を測定するために第1の電荷検知ユニットの出力に対して T T S 動作を実施し、その後、第1の電荷の量を測定するために P D A D C 動作および／または F D A D C 動作を実施することになる。その上、A D C は、第2の電荷検知ユニットの出力に対して T T S 動作を実施せず、第2の電荷の量を測定するために第2の電荷検知ユニットの出力に対して P D A D C 動作および／または F D A D C 動作を実施するにすぎないことになる。

【0038】

コントローラは、それぞれ第1の電荷および第2の電荷を生成するために、第1のフォトダイオードおよび第2のフォトダイオードについての露光期間を開始することができる

。画像センサーは、第1のフォトダイオードおよび第2のフォトダイオードの各々の間に結合されたシャッタースイッチと、第1の電荷および第2の電荷を排出することができる電荷シンクとを含み得る。露光期間は、シャッタースイッチを無効化することに基づいて開始され得る。コントローラは、飽和を検出し、飽和時間を測定するために、第1の電荷検知ユニットの出力に対してTTS動作を実施するように、ADCを制御することができる。飽和を検出すると、コントローラは、スイッチを有効化することに基づいて、第1のフォトダイオードおよび第2のフォトダイオードの露光期間を停止することができる。コントローラは、次いで、露光期間内に第2のフォトダイオードによって生成された第2の電荷の量を測定するために、第2の電荷検知ユニットの出力に対してPD ADC動作および／またはFD ADC動作を実施するように、ADCを制御することができる。コントローラはまた、TTS動作の後に、露光期間内に第1のフォトダイオードによって生成された第1の電荷の量を測定するために、第1の検知ユニットの出力に対してPD ADC動作および／またはFD ADC動作を実施するように、ADCを制御することができる。第1のフォトダイオードからの量子化出力と第2のフォトダイオードからの量子化出力とは、同じ画像フレーム、または同じフレーム期間のフレームの同じセット（たとえば、2Dおよび3Dフレーム）を形成することができる。

【0039】

いくつかの例では、第1のフォトダイオードと第2のフォトダイオードとはカーネルの一部であり得る。カーネルは、複数のピクセルセル、および／またはピクセルセルの複数のフォトダイオードを含むことができる。カーネルでは、フォトダイオードのグループがADCを共有することができる。マスタフォトダイオード（たとえば、第1のフォトダイオード）を除くグループ内のフォトダイオードのすべてが、PD ADC動作および／またはFD ADC動作のみを実施するためにADCへのアクセスを有するが、マスタフォトダイオードは、TTS動作、ならびにPD ADC動作および／またはFD ADC動作を実施するためにADCへのアクセスを有する。グループ内のすべてのフォトダイオードは、マスタフォトダイオードの電荷検知ユニットが飽和されたときに停止され得る同じ露光期間を有することができる。その結果、PD ADC動作および／またはFD ADC動作に基づく、それらのフォトダイオードの電荷検知ユニットの量子化結果は、依然として、妥当な忠実度で光成分の強度を表すことができる。一方、マスタフォトダイオードからの飽和の指示がない場合、フォトダイオードは、低光強度および中光強度の測定についての最小信号対雑音比を維持するために、事前構成された露光期間内に少なくともしきい値量の電荷を生成することができ、これは、ダイナミックレンジの下限を設定し得る。

【0040】

カーネルのフォトダイオードは、異なるピクセルセルからのものまたは同じピクセルセルからのものであり得、同じまたは異なる光成分を検出するように構成され得る。カーネル中のフォトダイオードのグループ化は、様々な方式に基づき得、用途固有であり得る。一例として、ピクセルのグループは、撮像されるべき所定の物体の輪郭／形状（たとえば、向きをもつ光源（pointed light source））に基づいて画定され得、ピクセルの各グループがカーネルを形成することができる。別の例として、同様の強度の光成分を受け取る可能性があるピクセルセルがカーネルを形成することができる。その上、ピクセルセルアレイ内のカーネルのフォトダイオードの空間分布は、画像センサーの用途に基づき得る。たとえば、受け取られたNIR光が少数のピクセルセルに集光されるように、画像センサーがシーンの小さい部分を撮像する場合、カーネルは、隣接するピクセルセルのフォトダイオードを含むことができる。一方、NIR光のパターンがピクセルセルにわたって疎に分布されるように、画像センサーがシーンの大きい部分を撮像する場合、カーネルは、離間されるピクセルセルのフォトダイオードを含むことができる。いくつかの例では、フォトダイオードのカーネルは、同じピクセルセルのフォトダイオードをも含むことができ、異なる波長範囲の光成分を検出するように構成され得る。そのような仕組みは、画像センサーが強い周辺光を伴う環境において動作するとき、およびピクセルセルの各フォトダイオードが高強度光成分を受け取ることができ、各フォトダイオード

の電荷検知ユニットが飽和する可能性がある場合、有用であり得る。すべてのこれらのケースでは、カーネルのフォトダイオードは、同じ波長範囲または異なる波長範囲の光を検出するように構成され得る。

【0041】

各ピクセルセルが同じ露光期間を有する、本開示の実施形態では、グローバルシャッター動作が提供され得、各ピクセルセルは、コレートされた2Dおよび3D撮像動作をサポートするためにシーンの同じスポットから光の異なる成分を検出するために、複数のフォトダイオードを含む。その上、ピクセルセルのフォトダイオードは、カーネルであるかまたはカーネルに編成され、フォトダイオードの各カーネルは、ピクセルセルのサイズおよび電力消費を低減するために量子化動作を実施するためにADCを共有し、各カーネルのフォトダイオードの露光期間は、測定動作の線形性ならびに画像センサーのダイナミックレンジを改善するように動的に調整され得る。これらのすべては、画像センサーの性能を改善することができる。

【0042】

開示される技法は、人工現実システムを含むか、または人工現実システムに関連して実装され得る。人工現実とは、ユーザへの提示の前に何らかの様式で調整された形式の現実であり、これは、たとえば、仮想現実（VR）、拡張現実（AR）、複合現実（MR）、ハイブリッド現実、あるいはそれらの何らかの組合せおよび／または派生物を含み得る。人工現実コンテンツは、完全に生成されたコンテンツ、またはキャプチャされた（たとえば、現実世界の）コンテンツと組み合わせられた生成されたコンテンツを含み得る。人工現実コンテンツは、ビデオ、オーディオ、触覚フィードバック、またはそれらの何らかの組合せを含み得、それらのいずれも、単一のチャネルまたは複数のチャネルにおいて提示され得る（観察者に3次元効果をもたらすステレオビデオなど）。加えて、いくつかの例では、人工現実とは、たとえば、人工現実におけるコンテンツを作り出すために使用される、および／または人工現実において別様に使用される（たとえば、人工現実におけるアクティビティを実施する）アプリケーション、製品、アクセサリ、サービス、またはそれらの何らかの組合せにも関連付けられ得る。人工現実コンテンツを提供する人工現実システムは、ホストコンピュータシステムに接続されたヘッドマウントディスプレイ（HMD）、独立型HMD、モバイルデバイスまたはコンピューティングシステム、あるいは、1人または複数の観察者に人工現実コンテンツを提供することが可能な任意の他のハードウェアプラットフォームを含む、様々なプラットフォーム上に実装され得る。

【0043】

図1Aは、ニアアイディスプレイ100の一例の図である。ニアアイディスプレイ100は、ユーザにメディアを提示する。ニアアイディスプレイ100によって提示されるメディアの例は、1つまたは複数の画像、ビデオ、および／またはオーディオを含む。いくつかの例では、オーディオは、外部デバイス（たとえば、スピーカーおよび／またはヘッドフォン）を介して提示され、この外部デバイスは、ニアアイディスプレイ100、コンソール、またはその両方からオーディオ情報を受け取り、そのオーディオ情報に基づいてオーディオデータを提示する。ニアアイディスプレイ100は、概して、仮想現実（VR）ディスプレイとして動作するように構成される。いくつかの例では、ニアアイディスプレイ100は、拡張現実（AR）ディスプレイおよび／または複合現実（MR）ディスプレイとして動作するように変更される。

【0044】

ニアアイディスプレイ100は、フレーム105とディスプレイ110とを含む。フレーム105は、1つまたは複数の光学要素に結合される。ディスプレイ110は、ユーザがニアアイディスプレイ100によって提示されたコンテンツを見るように構成される。いくつかの例では、ディスプレイ110は、1つまたは複数の画像からの光をユーザの眼に向けるための導波路ディスプレイアセンブリを備える。

【0045】

ニアアイディスプレイ100は、画像センサー120a、120b、120c、および

120dをさらに含む。画像センサー120a、120b、120c、および120dの各々は、異なる方向に沿った異なる視野を表す画像データを生成するように構成されたピクセルアレイを含み得る。たとえば、センサー120aおよび120bは、Z軸に沿った方向Aに向かう2つの視野を表す画像データを提供するように構成され得、センサー120cは、X軸に沿った方向Bに向かう視野を表す画像データを提供するように構成され得、センサー120dは、X軸に沿った方向Cに向かう視野を表す画像データを提供するように構成され得る。

【0046】

いくつかの例では、センサー120a~120dは、ニアアイディスプレイ100を装着したユーザにインタラクティブVR/AR/MR体験を提供するために、ニアアイディスプレイ100のディスプレイコンテンツを制御するかまたはニアアイディスプレイ100のディスプレイコンテンツに影響を与えるための入力デバイスとして構成され得る。たとえば、センサー120a~120dは、ユーザが位置する物理的環境の物理的画像データを生成することができる。物理的画像データは、物理的環境におけるユーザのロケーションおよび/または移動の経路を追跡するためのロケーション追跡システムに提供され得る。システムは、次いで、インタラクティブ体験を提供するために、たとえば、ユーザのロケーションおよび向きに基づいて、ディスプレイ110に提供された画像データを更新することができる。いくつかの例では、ロケーション追跡システムは、ユーザが物理的環境内を移動するにつれて、物理的環境におけるおよびユーザの視野内の物体のセットを追跡するために、SLAMアルゴリズムを動作させ得る。ロケーション追跡システムは、物体のセットに基づいて物理的環境のマップを構築および更新し、マップ内のユーザのロケーションを追跡することができる。複数の視野に対応する画像データを提供することによって、センサー120a~120dは、ロケーション追跡システムに物理的環境のより全体的なビューを提供することができ、これは、より多くの物体がマップの構築および更新に含まれることにつながり得る。そのような仕組みにより、物理的環境内のユーザのロケーションを追跡することの正確さおよびロバストネスが改善され得る。

【0047】

いくつかの例では、ニアアイディスプレイ100は、物理的環境に光を投影するための1つまたは複数のアクティブ照明器130をさらに含み得る。投影された光は、異なる周波数スペクトル（たとえば、可視光、赤外光、紫外光など）に関連付けられ得、様々な目的を果たすことができる。たとえば、照明器130は、たとえば、ユーザのロケーション追跡を可能にするために、センサー120a~120dが暗い環境内の異なる物体の画像をキャプチャするのを支援するために、暗い環境において（または、低強度の赤外光、紫外光などを伴う環境において）光を投影し得る。照明器130は、ロケーション追跡システムがマップ構築/更新のために物体を識別するのを支援するために、環境内の物体上にいくつかのマーカーを投影し得る。

【0048】

いくつかの例では、照明器130は、立体撮像をも可能にし得る。たとえば、センサー120aまたは120bのうちの1つまたは複数は、可視光検知のための第1のピクセルアレイと赤外（IR）光検知のための第2のピクセルアレイの両方を含み得る。第1のピクセルアレイは、色フィルタ（たとえば、バイエルフィルタ）でオーバーレイされ得、第1のピクセルアレイの各ピクセルが、特定の色（たとえば、赤色、緑色または青色のうちの1つ）に関連付けられた光の強度を測定するように構成される。また、（IR光検知のための）第2のピクセルアレイは、IR光の通過のみを可能にするフィルタでオーバーレイされ得、第2のピクセルアレイの各ピクセルが、IR光の強度を測定するように構成される。ピクセルアレイは、物体のRGB画像およびIR画像を生成することができ、IR画像の各ピクセルが、RGB画像の各ピクセルにマッピングされる。照明器130は、物体上にIRマーカーのセットを投影し得、その画像は、IRピクセルアレイによってキャプチャされ得る。画像に示されている物体のIRマーカーの分布に基づいて、システムは、IRピクセルアレイからの物体の異なる部分の距離を推定し、その距離に基づ

いて物体の立体画像を生成することができる。物体の立体画像に基づいて、システムは、たとえば、ユーザに対する物体の相対位置を決定することができ、インタラクティブ体験を提供するために、相対位置情報に基づいて、ディスプレイ100に提供された画像データを更新することができる。

【0049】

上記で説明されたように、ニアアイディスプレイ100は、極めて広範囲の光強度に関連する環境において動作され得る。たとえば、ニアアイディスプレイ100は、屋内環境または屋外環境において、および／あるいは1日の異なる時間において動作され得る。ニアアイディスプレイ100はまた、アクティブ照明器130がオンにされていてもいなくても動作し得る。その結果、画像センサー120a～120dは、ニアアイディスプレイ100のための異なる動作環境に関連する極めて広範囲の光強度にわたって適切に動作すること（たとえば、入射光の強度と相関する出力を生成すること）が可能であるために、広いダイナミックレンジを有する必要がある。10

【0050】

図1Bは、ニアアイディスプレイ100の別の例の図である。図1Bは、ニアアイディスプレイ100を装着したユーザの（1つまたは複数の）眼球135に面するニアアイディスプレイ100の側面を示す。図1Bに示されているように、ニアアイディスプレイ100は、複数の照明器140a、140b、140c、140d、140e、および140fをさらに含み得る。ニアアイディスプレイ100は、複数の画像センサー150aおよび150bをさらに含む。照明器140a、140b、および140cは、（図1Aの方向Aと反対である）方向Dに向かってある周波数範囲の光（たとえば、NIR）を放出し得る。放出された光は、あるパターンに関連付けられ得、ユーザの左眼球によって反射され得る。センサー150aは、反射された光を受け取り、反射パターンの画像を生成するためのピクセルアレイを含み得る。同様に、照明器140d、140e、および140fは、パターンを搬送するNIR光を放出し得る。NIR光は、ユーザの右眼球によって反射され得、センサー150bによって受け取られ得る。センサー150bも、反射パターンの画像を生成するためのピクセルアレイを含み得る。センサー150aおよび150bからの反射パターンの画像に基づいて、システムは、ユーザの注視点を決定し、ユーザにインタラクティブ体験を提供するために、決定された注視点に基づいて、ディスプレイ100に提供された画像データを更新することができる。20 30

【0051】

上記で説明されたように、ユーザの眼球に損傷を与えることを回避するために、照明器140a、140b、140c、140d、140e、および140fは、一般的に、極めて低強度の光を出力するように構成される。画像センサー150aおよび150bが図1Aの画像センサー120a～120dと同じセンサーデバイスを備える場合、画像センサー120a～120dは、入射光の強度が極めて低いときに入射光の強度と相関する出力を生成することが可能である必要がある。これは、画像センサーのダイナミックレンジ要件をさらに増加させ得る。

【0052】

その上、画像センサー120a～120dは、眼球の移動を追跡するために高速で出力を生成することが可能である必要がある。たとえば、ユーザの眼球は、ある眼球位置から別の眼球位置への素早いジャンプがあり得る極めて急速な移動（たとえば、サッカード運動（saccade movement））を実施することができる。ユーザの眼球の急速な移動を追跡するために、画像センサー120a～120dは、高速で眼球の画像を生成する必要がある。たとえば、画像センサーが画像フレームを生成するレート（フレームレート）は、少なくとも、眼球の移動の速度に一致する必要がある。高いフレームレートは、画像フレームを生成することに関与するピクセルセルのすべてについての短い総露光時間、ならびに、画像生成のためにセンサー出力をデジタル値に変換するための高い速度を必要とする。その上、上記で説明されたように、画像センサーは、低光強度を伴う環境において動作することが可能である必要もある。40 50

【0053】

図2は、図1に示されているニアアイディスプレイ100の断面200の一例である。ディスプレイ110が、少なくとも1つの導波路ディスプレイアセンブリ210を含む。射出瞳230は、ユーザがニアアイディスプレイ100を装着したときにユーザの単一の眼球220がアイボックス（eyebow）領域中に配置されるロケーションである。例証の目的で、図2は、眼球220と単一の導波路ディスプレイアセンブリ210に関連する断面200を示すが、第2の導波路ディスプレイがユーザの第2の眼のために使用される。

【0054】

導波路ディスプレイアセンブリ210は、画像光を、射出瞳230に位置するアイボックスに、および眼球220に向けるように構成される。導波路ディスプレイアセンブリ210は、1つまたは複数の屈折率をもつ1つまたは複数の材料（たとえば、プラスチック、ガラスなど）から構成され得る。いくつかの例では、ニアアイディスプレイ100は、導波路ディスプレイアセンブリ210と眼球220との間に1つまたは複数の光学要素を含む。

【0055】

いくつかの例では、導波路ディスプレイアセンブリ210は、制限はしないが、積層導波路ディスプレイ、可変焦点導波路ディスプレイなどを含む、1つまたは複数の導波路ディスプレイのスタックを含む。積層導波路ディスプレイは、それぞれの単色ソースが異なる色のものである導波路ディスプレイを積層することによって作り出された多色ディスプレイ（たとえば、赤緑青（RGB）ディスプレイ）である。積層導波路ディスプレイは、複数の平面上に投影され得る多色ディスプレイ（たとえば、多平面カラーディスプレイ）でもある。いくつかの構成では、積層導波路ディスプレイは、複数の平面上に投影され得る単色ディスプレイ（たとえば、多平面単色ディスプレイ）である。可変焦点導波路ディスプレイは、導波路ディスプレイから放出された画像光の焦点位置を調整することができるディスプレイである。代替例では、導波路ディスプレイアセンブリ210は、積層導波路ディスプレイと可変焦点導波路ディスプレイとを含み得る。

【0056】

図3は、導波路ディスプレイ300の一例の等角図を示す。いくつかの例では、導波路ディスプレイ300は、ニアアイディスプレイ100の構成要素（たとえば、導波路ディスプレイアセンブリ210）である。いくつかの例では、導波路ディスプレイ300は、画像光を特定のロケーションに向ける何らかの他のニアアイディスプレイまたは他のシステムの一部である。

【0057】

導波路ディスプレイ300は、ソースアセンブリ310と、出力導波路320と、コントローラ330とを含む。例証の目的で、図3は、単一の眼球220に関連付けられた導波路ディスプレイ300を示すが、いくつかの例では、導波路ディスプレイ300とは別個の、または部分的に別個の別の導波路ディスプレイが、ユーザの別の眼に画像光を提供する。

【0058】

ソースアセンブリ310は、画像光355を生成する。ソースアセンブリ310は、画像光355を生成し、出力導波路320の第1の側面370-1上に位置する結合要素350に出力する。出力導波路320は、拡大された画像光340をユーザの眼球220に出力する光導波路である。出力導波路320は、第1の側面370-1上に位置する1つまたは複数の結合要素350において画像光355を受け取り、受け取られた入力画像光355を方向付け要素360に導く。いくつかの例では、結合要素350は、ソースアセンブリ310からの画像光355を出力導波路320に結合する。結合要素350は、たとえば、回折格子、ホログラフィック格子、1つまたは複数のカスケード型反射器、1つまたは複数のプリズム表面要素、および／またはホログラフィック反射器のアレイであり得る。

10

20

30

40

50

【0059】

方向付け要素360は、受け取られた入力画像光355が分離要素365を介して出力導波路320から分離されるように、受け取られた入力画像光355を分離要素365に向け直す。方向付け要素360は、出力導波路320の第1の側面370-1の一部であるか、または出力導波路320の第1の側面370-1に取り付けられる。分離要素365は、方向付け要素360が分離要素365に対向するように、出力導波路320の第2の側面370-2の一部であるか、または出力導波路320の第2の側面370-2に取り付けられる。方向付け要素360および／または分離要素365は、たとえば、回折格子、ホログラフィック格子、1つまたは複数のカスケード型反射器、1つまたは複数のプリズム表面要素、および／またはホログラフィック反射器のアレイであり得る。

10

【0060】

第2の側面370-2は、x次元およびy次元に沿った平面を表す。出力導波路320は、画像光355の内部全反射を促進する1つまたは複数の材料から構成され得る。出力導波路320は、たとえば、シリコン、プラスチック、ガラス、および／またはポリマーから構成され得る。出力導波路320は、比較的小さいフォームファクタを有する。たとえば、出力導波路320は、x次元に沿って幅約50mm、y次元に沿って長さ約30mm、およびz次元に沿って厚さ約0.5~1mmであり得る。

【0061】

コントローラ330は、ソースアセンブリ310のスキャン動作を制御する。コントローラ330は、ソースアセンブリ310のためのスキャン命令を決定する。いくつかの例では、出力導波路320は、拡大された画像光340を大きい視野(FOV)でユーザの眼球220に出力する。たとえば、拡大された画像光340は、60度のおよび／またはそれよりも大きい、ならびに／あるいは150度のおよび／またはそれよりも小さい(xおよびyにおける)対角FOVでユーザの眼球220に提供される。出力導波路320は、20mm以上および／または50mm以下の長さ、ならびに／あるいは10mm以上および／または50mm以下の幅をもつアイボックスを提供するように構成される。

20

【0062】

その上、コントローラ330は、画像センサー370によって提供される画像データに基づいて、ソースアセンブリ310によって生成される画像光355をも制御する。画像センサー370は、第1の側面370-1上に位置し得、たとえば、(たとえば、ロケーション決定のための)ユーザの前にある物理的環境の画像データを生成するために図1Aの画像センサー120a~120dを含み得る。画像センサー370はまた、第2の側面370-2上に位置し得、ユーザの(たとえば、注視点決定のための)眼球220の画像データを生成するために図1Bの画像センサー150aおよび150bを含み得る。画像センサー370は、導波路ディスプレイ300内に位置しないリモートコンソールとインターフェースし得る。画像センサー370は、画像データをリモートコンソールに提供し得、リモートコンソールは、たとえば、ユーザのロケーション、ユーザの注視点などを決定し、ユーザに表示されるべき画像のコンテンツを決定し得る。リモートコンソールは、決定されたコンテンツに関係する命令をコントローラ330に伝送することができる。命令に基づいて、コントローラ330は、ソースアセンブリ310による画像光355の生成および出力を制御することができる。

30

40

【0063】

図4は、導波路ディスプレイ300の断面400の一例を示す。断面400は、ソースアセンブリ310と、出力導波路320と、画像センサー370とを含む。図4の例では、画像センサー370は、ユーザの前にある物理的環境の画像を生成するために、第1の側面370-1上に位置するピクセルセル402のセットを含み得る。いくつかの例では、ピクセルセル402のセットの露光を制御するために、ピクセルセル402のセットと物理的環境との間に挿入された機械的シャッター404があり得る。いくつかの例では、機械的シャッター404は、以下で説明されるように、電子シャッターゲートと置き換えられ得る。ピクセルセル402の各々は、画像の1つのピクセルに対応し得る。図4には

50

示されていないが、ピクセルセル 402 の各々はまた、ピクセルセルによって検知されるべき光の周波数範囲を制御するために、フィルタでオーバーレイされ得ることを理解されたい。

【0064】

リモートコンソールから命令を受け取った後に、機械的シャッター 404 は、露光期間において開き、ピクセルセル 402 のセットを露光することができる。露光期間中に、画像センサー 370 は、ピクセルセル 402 のセットに入射した光のサンプルを取得し、ピクセルセル 402 のセットによって検出された入射光サンプルの強度分布に基づいて画像データを生成することができる。画像センサー 370 は、次いで、画像データを、ディスプレイコンテンツを決定するリモートコンソールに提供し、ディスプレイコンテンツ情報をコントローラ 330 に提供することができる。コントローラ 330 は、次いで、ディスプレイコンテンツ情報に基づいて画像光 355 を決定することができる。

10

【0065】

ソースアセンブリ 310 は、コントローラ 330 からの命令に従って画像光 355 を生成する。ソースアセンブリ 310 は、ソース 410 と光学システム 415 とを含む。ソース 410 は、コヒーレント光または部分的にコヒーレントな光を生成する光源である。ソース 410 は、たとえば、レーザーダイオード、垂直キャビティ面発光レーザー、および／または発光ダイオードであり得る。

【0066】

光学システム 415 は、ソース 410 からの光を調節する 1 つまたは複数の光学的構成要素を含む。ソース 410 からの光を調節することは、たとえば、コントローラ 330 からの命令に従って拡大し、コリメートし、および／または向きを調整することを含み得る。1 つまたは複数の光学的構成要素は、1 つまたは複数のレンズ、液体レンズ、ミラー、開口、および／または格子を含み得る。いくつかの例では、光学システム 415 は、光ビームを液体レンズ外の領域にシフトするためにしきい値のスキャン角度を伴う光ビームのスキャンを可能にする複数の電極をもつ液体レンズを含む。光学システム 415 (同じくソースアセンブリ 310) から放出される光は、画像光 355 と呼ばれる。

20

【0067】

出力導波路 320 は、画像光 355 を受け取る。結合要素 350 は、ソースアセンブリ 310 からの画像光 355 を出力導波路 320 に結合する。結合要素 350 が回折格子である例では、内部全反射が出力導波路 320 中で発生し、画像光 355 が、分離要素 365 に向かって、(たとえば、内部全反射によって) 出力導波路 320 中を内部的に伝搬するように、回折格子のピッチが選定される。

30

【0068】

方向付け要素 360 は、出力導波路 320 から分離するために、画像光 355 を分離要素 365 のほうへ向け直す。方向付け要素 360 が回折格子である例では、回折格子のピッチは、入射画像光 355 が、分離要素 365 の表面に対して (1 つまたは複数の) 傾斜角において出力導波路 320 を出ることを引き起こすように選定される。

【0069】

いくつかの例では、方向付け要素 360 および／または分離要素 365 は、構造的に同様である。出力導波路 320 を出た拡大された画像光 340 は、1 つまたは複数の次元に沿って拡大される (たとえば、x 次元に沿って延長され得る)。いくつかの例では、導波路ディスプレイ 300 は、複数のソースアセンブリ 310 と複数の出力導波路 320 とを含む。ソースアセンブリ 310 の各々は、原色 (たとえば、赤、緑、または青) に対応する、波長の固有の帯域の単色画像光を放出する。出力導波路 320 の各々は、多色である拡大された画像光 340 を出力するために、離間距離を伴って一緒に積層され得る。

40

【0070】

図 5 は、ニアアイディスプレイ 100 を含むシステム 500 の一例のブロック図である。システム 500 は、各々制御回路要素 510 に結合された、ニアアイディスプレイ 100 と、撮像デバイス 535 と、入出力インターフェース 540 と、画像センサー 120 a

50

～120dおよび150a～150bとを備える。システム500は、ヘッドマウントデバイス、ウェアラブルデバイスなどとして構成され得る。

【0071】

ニアアイディスプレイ100は、ユーザにメディアを提示するディスプレイである。ニアアイディスプレイ100によって提示されるメディアの例は、1つまたは複数の画像、ビデオ、および／またはオーディオを含む。いくつかの例では、オーディオは、外部デバイス（たとえば、スピーカーおよび／またはヘッドフォン）を介して提示され、この外部デバイスは、ニアアイディスプレイ100および／または制御回路要素510からオーディオ情報を受け取り、そのオーディオ情報に基づいてオーディオデータをユーザに提示する。いくつかの例では、ニアアイディスプレイ100はまた、ARアイウェアグラスとして働き得る。いくつかの例では、ニアアイディスプレイ100は、コンピュータ生成された要素（たとえば、画像、ビデオ、音など）を用いて、物理的現実世界の環境のビューを増強する。

10

【0072】

ニアアイディスプレイ100は、導波路ディスプレイアセンブリ210、1つまたは複数の位置センサー525、および／または慣性測定ユニット（IMU）530を含む。導波路ディスプレイアセンブリ210は、ソースアセンブリ310と、出力導波路320と、コントローラ330とを含む。

【0073】

IMU530は、位置センサー525のうちの1つまたは複数から受け取られた測定信号に基づいて、ニアアイディスプレイ100の初期位置に対するニアアイディスプレイ100の推定位置を指示する高速校正データを生成する電子デバイスである。

20

【0074】

撮像デバイス535は、様々な用途のための画像データを生成し得る。たとえば、撮像デバイス535は、制御回路要素510から受け取られた校正パラメータに従って低速校正データを提供するために画像データを生成し得る。撮像デバイス535は、たとえば、ユーザのロケーション追跡を実施するために、ユーザが位置する物理的環境の画像データを生成するために図1Aの画像センサー120a～120dを含み得る。撮像デバイス535は、たとえば、ユーザの関心物体を識別するために、ユーザの注視点を決定するための画像データを生成するために、図1Bの画像センサー150a～150bをさらに含み得る。

30

【0075】

入出力インターフェース540は、ユーザが制御回路要素510にアクション要求を送信することを可能にするデバイスである。アクション要求は、特定のアクションを実施するための要求である。たとえば、アクション要求は、アプリケーションを開始または終了するためのものであるか、あるいはアプリケーション内で特定のアクションを実施するためのものであり得る。

【0076】

制御回路要素510は、撮像デバイス535、ニアアイディスプレイ100、および入出力インターフェース540のうちの1つまたは複数から受け取られた情報に従って、ユーザへの提示のためのメディアをニアアイディスプレイ100に提供する。いくつかの例では、制御回路要素510は、ヘッドマウントデバイスとして構成されたシステム500内に収容され得る。いくつかの例では、制御回路要素510は、システム500の他の構成要素と通信可能に結合された独立型コンソールデバイスであり得る。図5に示されている例では、制御回路要素510は、アプリケーションストア545と、追跡モジュール550と、エンジン555とを含む。

40

【0077】

アプリケーションストア545は、制御回路要素510が実行するための1つまたは複数のアプリケーションを記憶する。アプリケーションは、プロセッサによって実行されたとき、ユーザへの提示のためのコンテンツを生成する命令のグループである。アプリケー

50

ションの例は、ゲームアプリケーション、会議アプリケーション、ビデオ再生アプリケーション、または他の好適なアプリケーションを含む。

【0078】

追跡モジュール550は、1つまたは複数の較正パラメータを使用してシステム500を較正し、ニアアイディスプレイ100の位置の決定における誤差を低減するために、1つまたは複数の較正パラメータを調整し得る。

【0079】

追跡モジュール550は、撮像デバイス535からの低速較正情報を使用して、ニアアイディスプレイ100の移動を追跡する。追跡モジュール550はまた、高速較正情報からの位置情報を使用して、ニアアイディスプレイ100の基準点の位置を決定する。

10

【0080】

エンジン555は、システム500内でアプリケーションを実行し、追跡モジュール550から、ニアアイディスプレイ100の位置情報、加速度情報、速度情報、および／または予測された将来の位置を受け取る。いくつかの例では、エンジン555によって受け取られた情報は、ユーザに提示されるコンテンツのタイプを決定する導波路ディスプレイアセンブリ210への信号（たとえば、ディスプレイ命令）をもたらすために使用される。たとえば、インタラクティブ体験を提供するために、エンジン555は、（たとえば、追跡モジュール550によって提供される）ユーザのロケーション、または（たとえば、撮像デバイス535によって提供される画像データに基づく）ユーザの注視点、（たとえば、撮像デバイス535によって提供される画像データに基づく）物体とユーザとの間の距離に基づいて、ユーザに提示されるべきコンテンツを決定し得る。

20

【0081】

図6は、画像センサー600の一例を示す。画像センサー600は、ニアアイディスプレイ100の一部であり得、ニアアイディスプレイ100のディスプレイコンテンツを制御するために、図5の制御回路要素510に2D画像データおよび3D画像データを提供することができる。図6に示されているように、画像センサー600は、ピクセルセル602aを含むピクセルセルのアレイ602を含み得る。ピクセルセル602aは、たとえば、フォトダイオード612a、612b、612c、および612dを含む複数のフォトダイオード612と、1つまたは複数の電荷検知ユニット614と、1つまたは複数のアナログデジタル変換器616とを含むことができる。複数のフォトダイオード612は、入射光の異なる成分を電荷に変換することができる。たとえば、フォトダイオード612a～612cは、異なる可視光チャネルに対応することができ、ここで、フォトダイオード612aは、可視青色成分（たとえば、450～490ナノメートル（nm）の波長範囲）を電荷に変換することができる。フォトダイオード612bは、可視緑色成分（たとえば、520～560nmの波長範囲）を電荷に変換することができる。フォトダイオード612cは、可視赤色成分（たとえば、635～700nmの波長範囲）を電荷に変換することができる。その上、フォトダイオード612dは、赤外線成分（たとえば、700～1000nm）を電荷に変換することができる。1つまたは複数の電荷検知ユニット614の各々は、フォトダイオード612a～612dによって生成された電荷を電圧に変換するために、電荷貯蔵デバイスとバッファとを含むことができ、その電圧は、1つまたは複数のADC616によってデジタル値に量子化され得る。フォトダイオード612a～612cから生成されたデジタル値は、ピクセルの異なる可視光成分を表すことができ、各々は、特定の可視光チャネルにおける2D検知のために使用され得る。その上、フォトダイオード612dから生成されたデジタル値は、同じピクセルの赤外光成分を表すことができ、3D検知のために使用され得る。図6はピクセルセル602aが4つのフォトダイオードを含むことを示すが、ピクセルセルが異なる数のフォトダイオード（たとえば、2つ、3つなど）を含むことができることを理解されたい。

30

40

【0082】

さらに、画像センサー600は、照明器622と、光学フィルタ624と、撮像モジュール628と、検知コントローラ630とをも含む。照明器622は、3D検知のために

50

赤外光を投影することができる、レーザー、発光ダイオード（LED）など、赤外線照明器であり得る。投影された光は、たとえば、構造化光、光パルスなどを含み得る。光学フィルタ624は、ピクセルセル606aを含む各ピクセルセルの複数のフォトダイオード612a～612d上にオーバーレイされるフィルタ要素のアレイを含み得る。各フィルタ要素は、ピクセルセル606aの各フォトダイオードによって受け取られた入射光の波長範囲を設定することができる。たとえば、フォトダイオード612a上のフィルタ要素は、可視青色光成分を伝送する一方、他の成分を遮断し得、フォトダイオード612b上のフィルタ要素は可視緑色光成分を伝送し得、フォトダイオード612c上のフィルタ要素は可視赤色光成分を伝送し得、フォトダイオード612d上のフィルタ要素は赤外光成分を伝送し得る。

10

【0083】

画像センサー600は、撮像モジュール628をさらに含む。撮像モジュール628は、2D撮像動作を実施するための2D撮像モジュール632と、3D撮像動作を実施するための3D撮像モジュール634とをさらに含み得る。それらの動作は、ADC616によって提供されるデジタル値に基づき得る。たとえば、フォトダイオード612a～612cの各々からのデジタル値に基づいて、2D撮像モジュール632は、各可視色チャネルについての入射光成分の強度を表すピクセル値のアレイを生成し、各可視色チャネルのための画像フレームを生成することができる。その上、3D撮像モジュール634は、フォトダイオード612dからのデジタル値に基づいて3D画像を生成することができる。いくつかの例では、デジタル値に基づいて、3D撮像モジュール634は、物体の表面によって反射された構造化光のパターンを検出し、検出されたパターンを、照明器622によって投影された構造化光のパターンと比較して、ピクセルセルアレイに対する表面の異なる点の深度を決定することができる。反射された光のパターンの検出のために、3D撮像モジュール634は、ピクセルセルにおいて受け取られた赤外光の強度に基づいてピクセル値を生成することができる。別の例として、3D撮像モジュール634は、照明器622によって伝送され、物体によって反射された赤外光の飛行時間に基づいて、ピクセル値を生成することができる。

20

【0084】

画像センサー600は、物体の2D撮像および3D撮像を実施するように画像センサー600の異なる構成要素を制御するための検知コントローラ640をさらに含む。次に図7A～図7Cを参照すると、図7A～図7Cは、2D撮像および3D撮像のための画像センサー600の動作の例を示す。図7Aは、2D撮像のための動作の一例を示す。2D撮像では、ピクセルセルアレイ602が、物体から反射された可視光を含む、環境における可視光を検出することができる。たとえば、図7Aを参照すると、可視光源700（たとえば、電球、太陽、または周囲可視光の他のソース）が、物体704上に可視光702を投影することができる。可視光706が、物体704のスポット708から反射され得る。可視光706は、周囲赤外光成分をも含むことができる。可視光706は、波長範囲w0、w1、w2、およびw3の可視光706の異なる成分を、それぞれ、ピクセルセル602aのフォトダイオード612a、612b、612c、および612dに通すように、光学フィルタアレイ624によってフィルタ処理され得る。波長範囲w0、w1、w2、およびw3は、それぞれ、青、緑、赤、および赤外線に対応することができる。図7Aに示されているように、赤外線照明器622がオンにされないとき、赤外線成分（w3）の強度は、周囲赤外光によって与えられ、極めて低くなり得る。その上、可視光706の異なる可視成分は、異なる強度をも有することができる。電荷検知ユニット614は、フォトダイオードによって生成された電荷を電圧に変換することができ、電圧は、ADC616によって、スポット708を表すピクセルの赤、青、および緑色成分を表すデジタル値に量子化され得る。図7Cを参照すると、デジタル値が生成された後に、検知コントローラ640は、デジタル値に基づいて、各々がフレーム期間714内のシーンの赤、青、または緑色画像のうちの1つを表す赤画像フレーム710a、青画像フレーム710b、および緑画像フレーム710cを含む、画像のセット710を含む画像のセットを生成す

30

40

50

るように、2D撮像モジュール632を制御することができる。各、赤画像からのピクセル（たとえば、ピクセル712a）、青画像からのピクセル（たとえば、ピクセル712b）、および緑画像からのピクセル（たとえば、ピクセル712c）は、シーンの同じスポット（たとえば、スポット708）からの光の可視成分を表すことができる。画像の異なるセット720が、後続のフレーム期間724において2D撮像モジュール632によって生成され得る。赤画像（たとえば、赤画像710a、720aなど）、青画像（たとえば、青画像710b、720bなど）、および緑画像（たとえば、緑画像710c、720cなど）の各々は、固有の色チャンネルにおいて、および特定の時間においてキャプチャされたシーンの画像を表すことができ、たとえば、固有の色チャンネルから画像特徴を抽出するためのアプリケーションに提供され得る。フレーム期間内にキャプチャされた各画像は同じシーンを表すことができ、画像の各対応するピクセルはシーンの同じスポットからの光を検出することに基づいて生成されるので、異なる色チャンネル間の画像の対応が改善され得る。

10

【0085】

さらに、画像センサー600は、物体704の3D撮像をも実施することができる。図7Bを参照すると、検知コントローラ610は、物体704上に、光パルス、構造化光などを含むことができる赤外光732を投影するように、照明器622を制御することができる。赤外光732は、700ナノメートル（nm）～1ミリメートル（mm）の波長範囲を有することができる。赤外光734は、物体704のスポット708から反射することができ、ピクセルセルアレイ602のほうへ伝搬し、光学フィルタ624を通過することができ、光学フィルタ624は、電荷に変換するために（波長範囲w3の）赤外線成分をフォトダイオード612dに提供することができる。電荷検知ユニット614が電荷を電圧に変換することができ、電圧は、ADC616によってデジタル値に量子化され得る。図7Cを参照すると、デジタル値が生成された後に、検知コントローラ640は、デジタル値に基づいて、フレーム期間714内にキャプチャされた画像710の一部としてシーンの赤外線画像710dを生成するように、3D撮像モジュール634を制御することができる。その上、3D撮像モジュール634は、フレーム期間724内にキャプチャされた画像720の一部としてシーンの赤外線画像720dをも生成することができる。各赤外線画像は、異なるチャンネル中であるが同じフレーム期間内にキャプチャされた他の画像と同じシーンを表すことができ（たとえば、赤外線画像710d対赤画像710a、青画像710b、および緑画像710c、赤外線画像720d対赤画像720a、青画像720b、および緑画像720cなど）、赤外線画像の各ピクセルは、同じフレーム期間内の他の画像中の他の対応するピクセルと同じ、シーンのスポットから赤外光を検出することに基づいて生成されるので、2D撮像と3D撮像との間の対応が同様に改善され得る。

20

30

【0086】

図8A～図8Dは、ピクセルセル中のフォトダイオード612の配置の例を示す。図8Aに示されているように、ピクセルセル602a中のフォトダイオード612a～612dは、ピクセルセル602aがスポット804aから入射光802を受け取る受光面800に直角である軸に沿ってスタックを形成することができる。たとえば、フォトダイオード612a～612dは、受光面800がx軸およびy軸と平行であるとき、垂直軸（たとえば、z軸）に沿ってスタックを形成することができる。各フォトダイオードは、受光面800から異なる距離を有することができ、その距離は、入射光802の成分が各フォトダイオードによって吸収され、電荷に変換されるように設定することができる。たとえば、フォトダイオード612aは、受光面800に最も近く、青色成分を吸収し、電荷に変換することができ、青色成分は他の成分の中で最も短い波長範囲のものである。光812は、光802の残りの成分（たとえば、緑、赤、および赤外線）を含み、フォトダイオード612bに伝搬することができ、フォトダイオード612bは、緑色成分を吸収し、変換することができる。光822は、光812の残りの成分（たとえば、赤および赤外線）を含み、フォトダイオード612cに伝搬することができ、フォトダイオード612cは、赤色成分を吸収し、変換することができる。残りの赤外線成分832は、電荷に変換

40

50

されるためにフォトダイオード 6 1 2 d に伝搬することができる。

【0087】

各フォトダイオード 6 1 2 a、6 1 2 b、6 1 2 c、および 6 1 2 d は、画像センサー 6 0 0 を形成するために積層され得る別個の半導体基板中にあり得る。たとえば、フォトダイオード 6 1 2 a は半導体基板 8 4 0 中にあり得、フォトダイオード 6 1 2 b は半導体基板 8 4 2 中にあり得、フォトダイオード 6 1 2 c は半導体基板 8 4 4 中にあり得、フォトダイオード 6 1 2 d は半導体基板 8 4 6 中にあり得る。各半導体基板は、スポット 8 0 4 b から光を受け取るためのピクセルセル 6 0 2 b など、他のピクセルセルの他のフォトダイオードを含むことができる。画像センサー 6 0 0 は、ピクセルセル処理回路 8 4 9 を含むことができる別の半導体基板 8 4 8 を含むことができ、ピクセルセル処理回路 8 4 9 は、たとえば、電荷検知ユニット 6 1 4、ADC 6 1 6 などを含むことができる。各半導体基板は、各フォトダイオードにおいて生成された電荷を処理回路 8 4 9 に転送するために、金属相互接続 8 5 0、8 5 2、8 5 4、および 8 5 6 などの金属相互接続に接続され得る。

【0088】

図 8 B～図 8 D は、フォトダイオード 6 1 2 の他の例示的な配置を示す。図 8 B～図 8 D に示されているように、複数のフォトダイオード 6 1 2 は、受光面 8 0 0 と平行に横方向に配置され得る。図 8 B の上の図表は、ピクセルセル 6 0 2 a の一例の側面図を示し、図 8 B の下の図表は、ピクセルセル 6 0 2 a を含むピクセルアレイ 6 0 2 の上面図を示す。図 8 B に示されているように、受光面 8 0 0 が x 軸および y 軸と平行であることで、フォトダイオード 6 1 2 a、6 1 2 b、6 1 2 c、および 6 1 2 d は、半導体基板 8 4 0 中で同じく x 軸および y 軸に沿って互いに隣接して配置され得る。ピクセルセル 6 0 2 a は、フォトダイオード上にオーバーレイされる光学フィルタアレイ 8 6 0 をさらに含む。光学フィルタアレイ 8 6 0 は光学フィルタ 6 2 4 の一部であり得る。光学フィルタアレイ 8 6 0 は、フォトダイオード 6 1 2 a、6 1 2 b、6 1 2 c、および 6 1 2 d の各々によって受け取られた入射光成分の波長範囲を設定するためにそれぞれのフォトダイオード上にオーバーレイされたフィルタ要素を含むことができる。たとえば、フィルタ要素 8 6 0 a は、フォトダイオード 6 1 2 a 上にオーバーレイされ、可視青色光のみがフォトダイオード 6 1 2 a に入ることを可能にすることができる。その上、フィルタ要素 8 6 0 b は、フォトダイオード 6 1 2 b 上にオーバーレイされ、可視緑色光のみがフォトダイオード 6 1 2 b に入ることを可能にすることができる。さらに、フィルタ要素 8 6 0 c は、フォトダイオード 6 1 2 c 上にオーバーレイされ、可視赤色光のみがフォトダイオード 6 1 2 c に入ることを可能にすることができる。フィルタ要素 8 6 0 d は、フォトダイオード 6 1 2 d 上にオーバーレイされ、赤外光のみがフォトダイオード 6 1 2 d に入ることを可能にすることができる。ピクセルセル 6 0 2 a は、光学フィルタアレイ 8 6 0 を介して受光面 8 0 0 の異なる横方向ロケーションにシーンのスポット（たとえば、スポット 8 0 4 a）からの光 8 6 4 を投影することができる 1 つまたは複数のマイクロレンズ 8 6 2 をさらに含み、これは、各フォトダイオードがピクセルセル 6 0 2 a のサブピクセルになり、ピクセルに対応する同じスポットからの光の成分を受け取ることを可能にする。ピクセルセル 6 0 2 a は、フォトダイオードによって生成された電荷からデジタル値を生成するための回路 8 4 9（たとえば、電荷検知ユニット 6 1 4、ADC 6 1 6 など）を含むことができる半導体基板 8 4 8 をも含むことができる。半導体基板 8 4 0 および 8 4 8 は、スタックを形成することができ、相互接続 8 5 6 と接続され得る。

【0089】

フォトダイオードが横方向に配置され、フォトダイオードによって受け取られた光成分を制御するために光学フィルタアレイが使用される、図 8 B の配置は、多数の利点を与えることができる。たとえば、スタックの数および半導体基板の数が低減され得、これは、垂直高さだけでなく、半導体基板の間の相互接続をも低減する。その上、各フォトダイオードによって吸収される成分の波長範囲を設定するために光の伝搬距離ではなくフィルタ要素に依拠することは、波長範囲を選択する際のフレキシビリティを与えることができる

。図 8 C の上の図表に示されているように、ピクセルセルアレイ 6 0 2 は、異なるピクセルセルのための異なる光学フィルタアレイ 8 6 0 を含むことができる。たとえば、ピクセルセルアレイ 6 0 2 の各ピクセルセルは、フォトダイオード 6 1 2 a および 6 1 2 b のための（「M」でラベリングされた）380～740 nm の波長範囲の単色チャンネルと、フォトダイオード 6 1 2 d のための（「NIR」でラベリングされた）700～1000 nm の波長範囲の赤外線チャンネルとを提供する光学フィルタアレイを有することができる。しかし、光学フィルタアレイは、異なるピクセルセルについて異なる可視色チャンネルをも提供し得る。たとえば、ピクセルセルアレイ 6 0 2 a、6 0 2 b、6 0 2 c、および 6 0 2 d のための光学フィルタアレイ 8 6 0 は、それぞれ、（「G」でラベリングされた）可視緑チャンネルと、（「R」でラベリングされた）可視赤チャンネルと、（「B」でラベリングされた）可視青チャンネルと、ピクセルセルアレイのフォトダイオード 6 1 2 c のための可視緑チャンネルとを提供し得る。別の例として、図 8 C の下の図表に示されているように、各光学フィルタアレイ 8 6 0 は、各ピクセルセルアレイのフォトダイオード 6 1 2 b のための 380～1000 nm の波長範囲に及ぶ（「M+NIR」とラベリングされた）単色および赤外線チャンネルを提供することができる。

【0090】

図 8 D は、図 8 C に示されている例示的なチャンネルを提供するための光学フィルタアレイ 8 6 0 の例を示す。図 8 D に示されているように、光学フィルタアレイ 8 6 0 は、ピクセルセルアレイ内の各フォトダイオードによって受け取られた光の波長範囲を選択するために光学フィルタのスタックを含むことができる。たとえば、図 8 D の上の図表を参照すると、光学フィルタ 8 6 0 a は、フォトダイオード 6 1 2 a のための単色チャンネルを提供するためにスタックを形成する、全通過要素（all-pass element）8 7 0（たとえば、可視光と赤外光の両方を通す透明ガラス）と赤外線遮断要素 8 7 2 とを含むことができる。光学フィルタ 8 6 0 b も、同じくフォトダイオード 6 1 2 b のための単色チャンネルを提供するために、全通過要素 8 7 4 と赤外線遮断要素 8 7 6 とを含むことができる。さらに、光学フィルタ 8 6 0 c は、フォトダイオード 6 1 2 c のための緑チャンネルを提供するために、緑色可視光を通す（ただし、他の可視光成分を拒否する）緑通過要素（green-pass element）8 7 6 と、赤外線遮断要素 8 7 8 とを含むことができる。最後に、光学フィルタ 8 6 0 d は、フォトダイオード 6 1 2 d のための赤外線チャンネルを提供するために、全通過要素 8 8 0 と（可視光を遮断することができるが、赤外光が通り抜けることを可能にする）可視光遮断フィルタ 8 8 2 とを含むことができる。別の例では、図 8 D の下の図表に示されているように、光学フィルタ 8 6 0 b は、フォトダイオード 6 1 2 b のための単色および赤外線チャンネルを提供するために全通過要素 8 7 2 のみを含むことができる。

【0091】

次に図 9 A および図 9 B を参照すると、図 9 A および図 9 B は、電荷検知ユニット 6 1 4 および ADC 6 1 6 の一例を含む、ピクセルセル 6 0 2 a の追加の構成要素を示す。図 9 A に示されているように、ピクセルセル 6 0 2 a は、フォトダイオード PD（たとえば、フォトダイオード 6 1 2 a）と、シャッタースイッチ M 0 と、転送スイッチ M 1 と、電荷貯蔵デバイス 9 0 2 および切替え可能バッファ 9 0 4 を備える電荷検知ユニット 6 1 4 と、CC キャパシタ、比較器 9 0 6、および出力論理回路 9 0 8 を備える ADC 6 1 6 とを含むことができる。比較器 9 0 6 の出力は、出力論理回路 9 0 8 を介して、ピクセルセル 6 0 2 a の内部または外部にあり得るメモリ 9 1 2 およびカウンタ 9 1 4 と結合される。ピクセルセル 6 0 2 は、スイッチ、電荷検知ユニット 6 1 4、ならびに ADC 6 1 6 を制御するためのコントローラ 9 2 0 をさらに含む。以下で説明されるように、コントローラ 9 2 0 は、フォトダイオード PD が、事前構成された露光期間内に入射光に基づいて電荷を蓄積することを可能にすることができる。コントローラ 9 2 0 はまた、露光停止信号 9 2 2 に基づいて、事前構成されたよりも早く、露光期間を停止することができる。その上、露光期間内に、コントローラ 9 2 0 は、入射光の強度のデジタル表現を生成するために異なる光強度範囲に関連付けられた複数の量子化動作を実施するように、電荷検知ユニ

ット614およびADC616を制御することができる。コントローラ920は、複数の量子化動作のうちのどれが実施されるべきか（およびどれがスキップされるべきであるか）を選択するための選択信号924を受け取ることができる。選択は、入射光強度のデジタル表現を使用するアプリケーションをホストするホストデバイスからもたらされ得る。出力論理回路908は、どの量子化動作出力がメモリ912に記憶されるべきであり、および／またはピクセル値として出力されるべきであるかを決定することができる。コントローラ920は、ピクセルセル602aの内部にあるか、または検知コントローラ640の一部であり得る。各スイッチは、たとえば、金属酸化物半導体電界効果トランジスタ（MOSFET）、バイポーラ接合トランジスタ（BJT）など、トランジスタであり得る。

10

【0092】

詳細には、シャッタースイッチM0は、露光期間を開始するためにコントローラ920によって提供されるAB信号によって無効化され得、露光期間において、フォトダイオードPDは、入射光に応答して電荷を生成および蓄積することができる。転送スイッチM1は、電荷の一部を電荷貯蔵デバイス902に転送するように、コントローラ920によって提供されるTG信号によって制御され得る。1つの量子化動作では、転送スイッチM1は、フォトダイオードPDの量子ウェル容量を設定するために、部分的にオンの状態においてバイアスされ得、これはまた、フォトダイオードPDにおいて貯蔵される残留電荷の量を設定する。フォトダイオードPDが残留電荷によって飽和された後に、オーバーフロー電荷は、転送スイッチM1を通して電荷貯蔵デバイス902に流れることができる。別の量子化動作では、転送スイッチM1は、測定のために残留電荷をフォトダイオードPDから電荷貯蔵デバイスに転送するために、完全にオンにされ得る。

20

【0093】

電荷貯蔵デバイス902は、構成可能な容量を有し、OFノードにおいて、スイッチM1から転送された電荷を電圧に変換することができる。電荷貯蔵デバイス902は、M6スイッチによって接続された、 C_{FD} キャパシタ（たとえば、フローティングドレイン）と C_{EXT} キャパシタ（たとえば、MOSキャパシタ）とを含む。M6スイッチは、LG信号によって、 C_{FD} キャパシタと C_{EXT} キャパシタとを並列に接続することによって電荷貯蔵デバイス902の容量を拡大すること、またはそれらのキャパシタを互いから切断することによって容量を低減することを可能にされ得る。電荷貯蔵デバイス902の容量は、電荷－電圧利得を増加させ、量子化誤差を低減するために、残留電荷の測定のために低減され得る。その上、電荷貯蔵デバイス902の容量はまた、飽和の可能性を低減し、非線形性を改善するために、オーバーフロー電荷の測定のために増加され得る。以下で説明されるように、電荷貯蔵デバイス902の容量は、異なる光強度範囲の測定のために調整され得る。電荷貯蔵デバイス902はまた、異なる量子化動作間で C_{FD} キャパシタおよび C_{EXT} キャパシタをリセットするための、コントローラ920によって提供されるリセット信号RSTによって制御され得るリセットスイッチM2と結合される。

30

【0094】

切替え可能バッファ904は、OFノードにおける電圧をバッファしてその駆動強度を改善するためのソースフォロワとして構成されたスイッチM3を含むことができる。バッファされた電圧は、ADC616の入力ノードPIXEL__OUTにおけるものであり得る。M4トランジスタは、切替え可能バッファ904のための電流源を提供し、VB信号によってバイアスされ得る。切替え可能バッファ904は、SEL信号によって有効化または無効化されるスイッチM5をも含む。スイッチM5が無効化されたとき、ソースフォロワM3は、PIXEL__OUTノードから切断され得る。以下で説明されるように、ピクセルセル602aは、切替え可能バッファ904を各々含む複数の電荷検知ユニット614を含み得、SEL信号に基づいて、一度に、電荷検知ユニットのうちの1つがPIXEL__OUT（およびADC616）と結合され得る。

40

【0095】

上記で説明されたように、露光期間内にフォトダイオードPDによって生成された電荷

50

は、電荷貯蔵デバイス 902 に一時的に貯蔵され、電圧に変換され得る。電圧は、電荷と入射光強度との間の所定の関係に基づいて入射光の強度を表すために量子化され得る。次に図 10 を参照すると、図 10 は、異なる光強度範囲についての時間に対する蓄積された電荷の量を示す。特定の時点において蓄積された電荷の総量は、露光期間内に図 6 のフォトダイオード PD に入射する光の強度を反映することができる。上記量は、露光期間が終了したときに測定され得る。入射光の強度についての低光強度範囲 1006、中光強度範囲 1008、および高光強度範囲 1010 を定義する電荷のしきい値の量について、しきい値 1002 およびしきい値 1004 が定義され得る。たとえば、総蓄積電荷 (total accumulated charge) がしきい値 1002 未満である場合 (たとえば、Q1)、入射光強度は低光強度範囲 1006 内にある。総蓄積電荷がしきい値 1004 としきい値 1002 との間にある場合 (たとえば、Q2)、入射光強度は中光強度範囲 1008 内にある。総蓄積電荷がしきい値 1004 を超える場合、入射光強度は高光強度範囲 1010 内にある。低光強度範囲および中光強度範囲についての、蓄積された電荷の量は、フォトダイオードが低光強度範囲 1006 全体内で飽和せず、測定キャパシタが中光強度範囲 1008 全体内で飽和しない場合、入射光の強度と相関することができる。

【0096】

低光強度範囲 1006 および中光強度範囲 1008、ならびにしきい値 1002 および 1004 の定義は、フォトダイオード PD のフルウェル容量および電荷貯蔵デバイス 902 の容量に基づき得る。たとえば、低光強度範囲 706 は、露光期間の終了時の、フォトダイオード PD に貯蔵された残留電荷の総量が、フォトダイオードの貯蔵容量を下回るかまたはそれに等しくなるように定義され得、しきい値 1002 は、フォトダイオード PD のフルウェル容量に基づき得る。その上、中光強度範囲 1008 は、露光期間の終了時の、電荷貯蔵デバイス 902 に貯蔵された電荷の総量が、測定キャパシタの貯蔵容量を下回るかまたはそれに等しくなるように定義され得、しきい値 1004 は、電荷貯蔵デバイス 902 の貯蔵容量に基づき得る。一般的に、しきい値 1004 は、電荷貯蔵デバイス 902 に貯蔵された電荷の量が強度決定のために測定されたとき、測定キャパシタが飽和せず、測定された量が同じく入射光強度に関係することを保証するために、電荷貯蔵デバイス 902 のスケールリングされた貯蔵容量に基づき得る。以下で説明されるように、しきい値 1002 および 1004 は、フォトダイオード PD および電荷貯蔵デバイス 902 が飽和したかどうかを検出するために使用され得、これは、入射光の強度範囲を決定することができる。

【0097】

さらに、入射光強度が高光強度範囲 1010 内にある場合、電荷貯蔵デバイス 902 において蓄積された総オーバーフロー電荷は、露光期間が終了する前にしきい値 1004 を超え得る。追加の電荷が蓄積されるにつれて、電荷貯蔵デバイス 902 は、露光期間の終了の前にフル容量に達し得、電荷漏洩が発生し得る。電荷貯蔵デバイス 902 がフル容量に達したことにより引き起こされる測定誤差を回避するために、電荷貯蔵デバイス 902 において蓄積された総オーバーフロー電荷がしきい値 1004 に達するのにかかる持続時間を測定するために、飽和までの時間測定が実施され得る。電荷貯蔵デバイス 902 における電荷蓄積のレートは、しきい値 1004 と飽和までの時間との間の比に基づいて決定され得、(キャパシタが無限の容量を有する場合に) 露光期間の終了時に電荷貯蔵デバイス 902 において蓄積され得る電荷の仮定量 (Q3) は、電荷蓄積のレートに従って外挿法によって決定され得る。電荷の仮定量 (Q3) は、高光強度範囲 1010 内の入射光強度の合理的に正確な表現を提供することができる。

【0098】

再び図 9A を参照すると、高光強度範囲 1010 と中光強度範囲 1008 とを測定するために、転送スイッチ M1 は、部分的にオンにされた状態において TG 信号によってバイアスされ得る。たとえば、転送スイッチ M1 のゲート電圧 (TG) は、フォトダイオード PD のフルウェル容量に対応する、フォトダイオードにおいて生じたターゲット電圧に基づいて設定され得る。そのような仕組みにより、(高光強度範囲 1010 について) 飽和

10

20

30

40

50

までの時間、および／または（中光強度範囲 1008 について）電荷貯蔵デバイス 902 に貯蔵された電荷の量を測定するために、オーバーフロー電荷（たとえば、フォトダイオードが飽和した後にフォトダイオードによって生成された電荷）のみが、転送スイッチ M1 を通って移って電荷貯蔵デバイス 902 に達する。中光強度範囲および高光強度範囲の測定のために、(C_{EXT}とC_{FD}とを接続することによる)電荷貯蔵デバイス 902 のキャパシタンスはまた、しきい値 1004 を増加させるために最大化され得る。

【0099】

その上、低光強度範囲 1006 を測定するために、転送スイッチ M1 は、フォトダイオード PD に貯蔵された残留電荷を電荷貯蔵デバイス 902 に転送するように、完全にオンにされた状態において制御され得る。転送は、電荷貯蔵デバイス 902 において貯蔵されたオーバーフロー電荷の量子化動作が完了した後に、および電荷貯蔵デバイス 902 がリセットされた後に、行われ得る。その上、電荷貯蔵デバイス 902 のキャパシタンスは低減され得る。上記で説明されたように、電荷貯蔵デバイス 902 のキャパシタンスの低減は、ある量の貯蔵された電荷についてより高い電圧を生じさせることができるように、電荷貯蔵デバイス 902 における電荷－電圧変換比を増加させることができる。より高い電荷－電圧変換比は、低光強度決定の正確さに対する後続の量子化動作によって導入される測定誤差（たとえば、量子化誤差、比較器オフセットなど）の効果を低減することができる。測定誤差は、量子化動作によって検出および／または弁別され得る最小電圧差に対する限界を設定することができる。電荷－電圧変換比を増加させることによって、最小電圧差に対応する電荷の量は低減され得、これは、ピクセルセル 602a による測定可能な光強度の下限を低減し、ダイナミックレンジを拡張する。

【0100】

電荷貯蔵デバイス 902 において蓄積された電荷（残留電荷および／またはオーバーフロー電荷）は、OF ノードにおいてアナログ電圧を生じさせることができ、アナログ電圧は、PIXEL__OUT において切替え可能バッファ 904 によってバッファされ、ADC 616 によって量子化され得る。図 9A に示されているように、ADC 616 は、スイッチ M8 によってリセットされ得る比較器 906 と、出力論理回路 908 とを含む。ADC 616 はまた、メモリ 912 およびカウンタ 914 と結合される。カウンタ 914 は、自走クロック信号に基づいてカウント値のセットを生成することができ、メモリ 912 は、カウンタ 914 によって生成されたカウント値（たとえば、最新のカウント値）を記憶するように、出力論理回路 908 を介して、比較器 906 によって制御され得る。メモリ 912 は、たとえば、以下で説明されるように、ローカルピクセル値に基づいてカウント値を記憶するためのラッチ回路であり得る。記憶されたカウント値は、入射光強度を表すために出力され得る。

【0101】

比較器 906 は、CC キャパシタによって PIXEL__OUT から導出されるアナログ電圧 COMP__IN をしきい値 VREF と比較し、比較結果に基づいて判定 VOUT を生成することができる。CC キャパシタは、PIXEL__OUT 電圧におけるリセット雑音成分を相殺するために、COMP__IN 電圧を生成するために PIXEL__OUT 電圧に追加され得る、VCC 電圧におけるリセット雑音および比較器オフセット情報を記憶するために、雑音／オフセット補償方式で使用され得る。オフセット成分は、COMP__IN 電圧中に残り、比較器 906 が COMP__IN 電圧をしきい値 VREF と比較して判定 VOUT を生成するとき、比較器 906 のオフセットによって相殺され得る。比較器 906 は、COMP__IN 電圧が VREF に等しいかまたは VREF を超える場合、VOUT について論理 1 を生成することができる。比較器 906 はまた、COMP__IN 電圧が VREF を下回る場合、VOUT について論理 0 を生成することができる。VOUT は、カウンタ 914 からのカウント値を記憶するようにメモリ 912 を制御するラッチ信号を制御することができる。

【0102】

図 11A は、ADC 616 による飽和までの時間測定の一例を示す。飽和までの時間測

定を実施するために、（ピクセルセル602aの外部にあり得る）しきい値生成器が、固定VREFを生成することができる。固定VREFは、電荷貯蔵デバイス902の飽和についての電荷量しきい値（たとえば、図10のしきい値1004）に対応する電圧に設定され得る。カウンタ914は、露光期間が開始した直後に（たとえば、シャッタースイッチM0が無効化された直後に）カウントすることを開始することができる。COMP_IN電圧が電荷貯蔵デバイス902におけるオーバーフロー電荷の蓄積によりランプダウンする（または実装形態に応じてランプアップする）とき、クロック信号は、カウンタ914におけるカウント値を更新するようにトグルし続ける。COMP_IN電圧は、ある時点において固定VREFしきい値に達し得、これは、VOUTが低から高に反転することを引き起こす。VOUTの変化はカウンタ914のカウンティングを停止し得、カウンタ914におけるカウント値は飽和までの時間を表し得る。

10

【0103】

図11Bは、電荷貯蔵デバイス902において貯蔵された電荷の量の測定の一例を示す。測定が開始した後に、しきい値生成器は、（図11Bの例において）ランプアップするかまたは実装形態に応じてランプダウンすることができるランピングVREFを生成することができる。ランピングのレートは、カウンタ914に供給されるクロック信号の周波数に基づき得る。オーバーフロー電荷が測定される場合、ランピングVREFの電圧範囲は、しきい値1004（電荷貯蔵デバイス902の飽和についての電荷量しきい値）としきい値1002（フォトダイオードPDの飽和についての電荷量しきい値）との間にあり得、これは、中光強度範囲を定義することができる。残留電荷が測定される場合、ランピングVREFの電圧範囲は、しきい値1002に基づき、残留電荷測定のために電荷貯蔵デバイス902の低減された容量だけスケールアップされ得る。図11Bの例では、量子化プロセスは、VREFが各クロックサイクルについて同じ量だけ増加（または減少）する、一様量子化ステップで実施され得る。VREFの増加（または減少）の量は量子化ステップに対応する。VREFがCOMP_IN電圧の1つの量子化ステップ内に達したとき、比較器906のVOUTが反転し、これは、カウンタ914のカウンティングを停止することができる。カウント値は、1つの量子化ステップ内でCOMP_IN電圧に一致するように蓄積された量子化ステップの総数に対応することができる。カウント値は、電荷貯蔵デバイス902において貯蔵された電荷の量のデジタル表現、ならびに入射光強度のデジタル表現になり得る。

20

30

【0104】

上記で説明されたように、ADC616は、（たとえば、量子化ステップの総数によって表される）ADC616によって出力された量レベルによって表される電荷の量と、ADC808による量レベルにマッピングされる電荷の実際の入力量との間に不一致があるとき、量子化誤差を導入することがある。量子化誤差は、より小さい量子化ステップサイズを使用することによって低減され得る。図11Bの例では、量子化誤差は、クロックサイクルごとにVREFの増加（または減少）の量だけ低減され得る。

【0105】

量子化誤差は、より小さい量子化ステップサイズを使用することによって低減され得るが、エリアおよび実施速度は、量子化ステップがどの程度低減され得るかを限定し得る。より小さい量子化ステップサイズの場合、電荷量（および光強度）の特定の範囲を表すために必要とされる量子化ステップの総数は、増加し得る。増加された数の量子化ステップを表すためにより多数のデータビット（たとえば、255個のステップを表すために8ビット、127個のステップを表すために7ビットなど）が必要とされ得る。より多数のデータビットは、追加のバスがピクセル出力バス816に追加されることを必要とし得、これは、ピクセルセル601が、ヘッドマウントデバイスまたはごく限られたスペースをもつ他のウェアラブルデバイス上で使用される場合、実現可能でないことがある。その上、より多数の量子化ステップサイズの場合、ADC808は、（1つの量子化ステップと）一致する量レベルを見つける前により多数の量子化ステップを循環する必要がある得、これは、処理電力消費量および時間の増加、ならびに画像データを生成するレートの低減に

40

50

つながる。レートの高減は、高いフレームレートを必要とするいくつかのアプリケーション（たとえば、眼球の移動を追跡するアプリケーション）にとって許容できないことがある。

【0106】

量子化誤差を低減するための1つのやり方は、量子化ステップが入力範囲にわたって一様でない非一様量子化方式を採用することによるものである。図11Cは、非一様量子化プロセスおよび一様量子化プロセスについてのADCコード（量子化プロセスの出力）と入力電荷量レベルとの間のマッピングの一例を示す。点線は、非一様量子化プロセスについてのマッピングを示し、実線は、一様量子化プロセスについてのマッピングを示す。一様量子化プロセスでは、（ Δ_1 によって示される）量子化ステップサイズは、入力電荷量の範囲全体について同等である。対照的に、非一様量子化プロセスでは、量子化ステップサイズは、入力電荷量に応じて異なる。たとえば、（ Δ_s によって示される）低入力電荷量についての量子化ステップサイズは、（ Δ_L によって示される）大きい入力電荷量についての量子化ステップサイズよりも小さい。その上、同じ低入力電荷量について、非一様量子化プロセスについての量子化ステップサイズ（ Δ_s ）は、一様量子化プロセスについての量子化ステップサイズ（ Δ_1 ）よりも小さくされ得る。

【0107】

非一様量子化方式を採用することの1つの利点は、低入力電荷量を量子化するための量子化ステップが低減され得、これが、低入力電荷量を量子化する際の量子化誤差を低減し、ADC616によって弁別され得る最小入力電荷量が低減され得ることである。したがって、低減された量子化誤差は、画像センサーの測定可能な光強度の下限を押し下げることができ、ダイナミックレンジが増加され得る。その上、量子化誤差は高入力電荷量について増加されるが、量子化誤差は、高入力電荷量と比較して小さいままであり得る。したがって、電荷の測定に導入される全体的な量子化誤差は低減され得る。一方、入力電荷量の範囲全体をカバーする量子化ステップの総数は、同じ（さらには低減された）ままであり得、量子化ステップの数を増加させることに関連する上述の潜在的な問題（たとえば、エリアの増加、処理速度の低減など）は、回避され得る。

【0108】

図11Dは、非一様量子化プロセスを使用してピクセルADC808によってアナログ電圧を量子化することの一例を示す。（一様量子化プロセスを採用する）図11Bと比較して、VREFは、最初により緩やかな傾きで、および後でより急な傾きで、各クロックサイクルに関して非線形様式で増加する。傾きの差は、不均一な量子化ステップサイズに起因する。（より低い入力量範囲に対応する）より低いカウンタカウント値では、量子化ステップはより小さくされ、したがって、VREFは、より遅いレートで増加する。（より高い入力量範囲に対応する）より高いカウンタカウント値では、量子化ステップはより大きくされ、したがって、VREFは、より高いレートで増加する。非一様なVREFの傾きは、たとえば、カウンタ814のカウンティングの頻度を変更すること、VREF電圧とカウンタ914のカウント値との間の関係を変更することなどに基づいて生成され得る。いくつかの例では、図11Dの非一様量子化プロセスは、低光強度範囲1006および中光強度範囲1008についての光強度決定のために採用され得る。

【0109】

次に図12を参照すると、図12は、入射光強度の測定のためのピクセルセル1100の制御信号の例示的なシーケンスを示す。図12に示されているように、時間T0と時間T1との間に、図12の場合のように第1のリセット段階があり、第1のリセット段階では、電荷貯蔵デバイス608と比較器906の両方が、RST信号とCOMP__RST信号とをアサートすることによって、コントローラ1110によってリセット状態に入れられ得る。その上、LG信号がアサートされ、これは、C_{FD}キャパシタとC_{EXT}キャパシタとがRST信号によってリセットされることを可能にし、PIXEL__OUT信号がリセットレベルで設定される。COMP__RST信号がアサートされ、比較器906の正端子がV_{ref_high}に接続される場合、COMP__INは、V_{ref_high}と

比較器オフセット V_{comp_offset} との和に設定され得る。その上、RST 信号がアサートされる場合、PIXEL__OUT はリセット電圧 $V_{pixel_out_rst}$ に設定され得、リセット雑音 $V_{\sigma_{KTC}}$ を含むことができる。第1のサンプリング動作が、以下のように、比較器オフセットと、リセット雑音と、リセットレベルでの PIXEL__OUT 電圧との成分を含む V_{CC} 電圧を貯蔵するために CC キャップ (CC cap) によって実施され得る。

【0110】

$$V_{CC}(T1) = (V_{ref_high} + V_{comp_offset}) - (V_{pixel_out_rst} + V_{\sigma_{KTC}}) \quad (\text{式1})$$

【0111】

その上、シャッター信号 AB が、フォトダイオード PD によって生成された電荷が電荷貯蔵デバイス 608 に達するのを防ぐためにアサートされ得る。

【0112】

時間 T1 において、AB 信号と COMP__RST 信号と RST 信号とが解放され、これは、フォトダイオード PD が電荷を蓄積および転送することができる (Texposur_e とラベリングされた) 露光期間を開始する。TG 信号は、PD がオーバーフロー電荷を電荷貯蔵デバイス 608 に転送することを可能にするために、転送スイッチ M1 を、部分的にオンにされた状態に設定することができる。LG 信号は、低利得モードで動作するためにアサートされたままであり得、ここで、 C_{FD} キャパシタと C_{EXT} キャパシタの両方が、オーバーフロー電荷を貯蔵するように電荷貯蔵デバイス 608 を形成するために並列に接続される。オーバーフロー電荷は新しい PIXEL__OUT 電圧 $V_{pixel_out_sig1}$ を生じさせる。 C_{CC} キャパシタは、COMP__IN 電圧になるように PIXEL__OUT 電圧を AC 結合することができる。時間 T1 と時間 T2 との間の COMP__IN 電圧は、上記の式1に基づいて設定され得る。

【0113】

時間 T1 と時間 T2 との間に、比較器 906 が COMP__IN 電圧を静的 V_{ref_low} と比較して VOUT を生成することによって、飽和までの時間 (TTS) 測定が実施され得る。時間 T2 において、コントローラ 1110 が比較器 906 の VOUT の状態を決定するとき。VOUT の状態は出力論理回路 908 に提供され得、出力論理回路 908 は、COMP__IN 電圧が V_{ref_low} に達したことを VOUT が指示し、これが、電荷貯蔵デバイス 902 が飽和されたことを指示する場合、カウンタ 914 からのカウント値を記憶するようにメモリ 912 を制御するためのラッチ信号を生成することができる。出力論理回路 908 はまた、後続の PD ADC 動作および FD ADC 動作がメモリ 912 中の TTS 出力を上書きするのを防ぐために、電荷貯蔵デバイス 902 が飽和されたことを、出力論理回路 908 の内部状態において記憶することができる。一方、電荷貯蔵デバイス 902 が飽和されない場合、カウント値は時間 T2 においてメモリ 912 に記憶されず、後続の PD ADC 動作または FD ADC 動作からのカウント値がメモリ 912 に記憶され得る。

【0114】

TTS 測定に続いて、時間 T2 と時間 T5 との間に、フォトダイオード PD に貯蔵された残留電荷を測定するために PD ADC 動作が実施され得る。LG 信号は、上記で説明されたように、電荷-電圧変換比を増加させるために C_{EXT} を C_{FD} から切断するためにアサート解除される。(もしあれば) オーバーフロー電荷は、 C_{FD} がオーバーフロー電荷の第1の部分の貯蔵し、 C_{EXT} がオーバーフロー電荷の第2の部分の貯蔵するように、 C_{FD} と C_{EXT} との間のキャパシタンスの比に基づいて C_{FD} と C_{EXT} との間で分割される。 $V_{pixel_out_sig1}$ は、 C_{FD} に貯蔵されたオーバーフロー電荷の第1の部分に対応することができる。

【0115】

PD ADC 動作のために準備するために、時間 T2 と時間 T3 との間に、COMP__RST 信号は、比較器 906 をリセットするために再びアサートされる。比較器 906 を

10

20

30

40

50

リセットすることは、以下のように、 $V_{pixel_out_sig1}$ とリセット状態における比較器906の出力との間の差に基づいて、CCキャパシタの両端間の新しい V_C 電圧を設定することができる。

【0116】

$$V_{CC}(T2) = (V_{ref_high} + V_{comp_offset}) - (V_{pixel_out_sig1}(T3) + V_{\sigma_{KT C}}) \quad (\text{式2})$$

【0117】

随意に、RST信号は、残留電荷の転送より前に、 C_{FD} をリセットし、オーバーフロー電荷の第1の部分除去のために、時間T2と時間T3との間にアサートされ得る。これは、後続のPD ADC動作が、残留電荷とオーバーフロー電荷の第1の部分との混合物ではなく残留電荷のみを量子化することを可能にする。そのような仕組みは、場合によっては追加の誤差を導入し得る、PD ADC動作出力から（後続のFD ADC動作の結果に基づく）オーバーフロー電荷成分を除去する必要がないので、低光強度の測定の正確さを改善することができる。一方、時間T2と時間T3との間にRST信号をアサートしないことは、そのような仕組みが、PD ADC動作とFD ADC動作とが残留電荷とオーバーフロー電荷との混合物を測定するとき、両方の動作において冗長性を導入し、信号対雑音比を増加させ得るので、有利であり得る。

【0118】

時間T3と時間T4との間に、COMP__RST信号が解放され、したがって、比較器906がリセット状態を出る。その上、TG信号は、残留電荷を C_{FD} に転送するために、転送スイッチM1を、完全にオンにされた状態に設定することができる。残留電荷は C_{FD} に転送され得、これは、PIXEL__OUT電圧を $V_{pixel_out_sig2}$ に変更する。新しいPIXEL__OUT電圧は、以下のように、時間T4において新しいCOMP__IN電圧にAC結合され得る。

【0119】

$$V_{comp_in}(T4) = V_{pixel_out_sig2} - V_{pixel_out_sig1} + V_{ref_high} + V_{comp_offset} \quad (\text{式3})$$

【0120】

式3では、 $V_{pixel_out_sig2} - V_{pixel_out_sig1}$ の差は、時間T3と時間T4との間にフォトダイオードによって電荷貯蔵デバイス608に転送された残留電荷の量を表す。

【0121】

TGが時間T3と時間T4との間に完全にオンにされた後に、TGは、フォトダイオードPDを C_{FD} および C_{EXT} から切断するためにアサート解除される。その結果、次の露光期間の開始まで、時間T4の後に、 C_{FD} および C_{EXT} に追加の電荷が転送されない。

【0122】

時間T4と時間T5との間に、コントローラ1110は、COMP__IN電圧を、 V_{ref_high} から開始して $V_{ref_low_margin}$ に至るVREFランプと比較することによって、PD ADC動作を実施することができる。PD ADC段階では、 V_{ref_high} は、フォトダイオードPDに貯蔵された残留電荷の最小の検出可能な量を表すことができ、 $V_{ref_low_margin}$ は、上記で説明されたように、暗電流を考慮するためのマージンをもつフォトダイオードPDの飽和しきい値を表すことができる。

【0123】

時間T5において、コントローラ1110は、COMP__IN電圧が $V_{ref_low_margin}$ を下回るかどうかが検査することができ、これは、フォトダイオードPDが飽和したかどうかを指示することができる。COMP__IN電圧が $V_{ref_low_margin}$ を上回る（これは、フォトダイオードPDが飽和したことを指示する）場合、およびTTS出力が（出力論理回路908の内部状態に基づいて）メモリに記憶されな

10

20

30

40

50

い場合、出力論理回路 908 は、カウンタ 914 からのカウント値を記憶するようにメモリ 912 を制御するためのラッチ信号を生成することができる。出力論理回路 908 はまた、その内部状態の一部として、フォトダイオード PD が飽和したという指示を記憶することができ、したがって、後続の FD ADC 動作が、メモリに記憶された PD ADC 出力（または TTS 出力）を上書きすることが可能でなくなる。COMP_IN 電圧が $V_{ref_low_margin}$ を下回る場合、カウント値は時間 T5 においてメモリ 912 に記憶されず、後続の FD ADC 動作からのカウント値がメモリ 912 に記憶され得る。

【0124】

時間 T5 と時間 T8 との間に、露光期間 $T_{exposure}$ 内にフォトダイオード PD によって転送されたオーバーフロー電荷を測定するために、FD ADC 動作が行われ得る。フォトダイオード PD が C_{FD} および C_{EXT} から切断されたままであるので、 C_{FD} および C_{EXT} に追加の電荷が転送されず、 C_{FD} および C_{EXT} に貯蔵された総電荷は、大部分が、時間 T3 と時間 T4 との間にフォトダイオードによって生成された追加の電荷とともに、露光期間 $T_{exposure}$ において生成される。そのような仕組みにより、ピクセルの GSE。

【0125】

時間 T5 において、LG 信号は、 C_{FD} を C_{EXT} と接続するためにアサートされ、これは、 C_{EXT} に貯蔵されたオーバーフロー電荷の第 2 の部分（および、RST が時間 T2 と時間 T3 との間にアサートされなかった場合はオーバーフロー電荷の第 1 の部分）が、 C_{FD} に貯蔵された残留電荷と組み合わせることを可能にし、新しい PIXEL_OUT 電圧 $V_{pixel_out_sig3}$ が、 C_{FD} と C_{EXT} との並列の組合せにおいて生じることができ、量子化されることになる。

【0126】

時間 T5 と時間 T7 との間に、FD ADC 動作に対するリセット雑音および比較器オフセットの効果を緩和するために、雑音サンプリング動作が実施され得る。時間 T5 と時間 T6 との間に、比較器 906 は、第 1 のサンプリング動作の一部としてリセットされ得る。比較器 906 の正端子は、VREF の下端 V_{ref_low} に接続される。 V_{CC} 電圧は、上記で説明されたようにリセット雑音および比較器オフセットの成分を含むことができる。 V_{CC} 電圧は、以下の通りであり得る。

【0127】

$$V_{CC}(T5) = (V_{ref_low} + V_{comp_offset}) - (V_{pixel_out_sig3} + V_{\sigma_{KTC1}}) \quad (\text{式 4})$$

【0128】

時間 T6 と時間 T7 との間に、第 2 のサンプリング動作の一部として、 C_{FD} と C_{EXT} の両方がリセットされ得、比較器 906 がリセット状態を出す。リセットしたことの結果として、PIXEL_OUT がリセット電圧 $V_{pixel_out_rst}$ にリセットされ得る。その上、第 2 のリセット雑音電荷も、電荷貯蔵デバイス 608 に導入され、これは、 $V_{\sigma_{KTC2}}$ によって表され得る。第 2 のリセット雑音電荷は、一般的に、第 1 のリセット雑音電荷を追跡する。時間 T6 において、第 2 のサンプリング動作の結果として、 V_{pixel_out} は以下の通りであり得る。

【0129】

$$V_{pixel_out}(T6) = V_{pixel_out_rst} + V_{\sigma_{KTC2}} \quad (\text{式 5})$$

【0130】

時間 T7 において、COMP_RST が解放され、比較器 906 がリセット状態を出す。AC 結合を介して、COMP_IN 電圧は、以下のように $V_{CC}(T5)$ に加えて $V_{pixel_out}(T6)$ を追跡することができる。

【0131】

$$V_{comp_in}(T7) = (V_{ref_low} + V_{comp_offset}) + (V_{pixel_out}(T6) - V_{ref_low})$$

$$pixel_out_rst - V_{pixel_out_sig3}) + (V_{\sigma_{KTC2}} - V_{\sigma_{KTC1}}) \quad (\text{式6})$$

【0132】

第2のサンプリング動作に続いて、COMP_IN電圧は、時間T7と時間T8との間にVREFランプと比較することによって量子化され得る。VREFランプは、C_{EXT}とC_{FD}とを含む電荷貯蔵デバイス608において検出可能なオーバーフロー電荷の最小量を表すことができるV_{ref_low}と、電荷貯蔵デバイス608が飽和したときのオーバーフロー電荷の量を表すことができるV_{ref_high}とから開始することができる。露光期間において受け取られた光の強度を表すために、VOUTがトリップしたときのカウンタ914からのカウント値がメモリ912に記憶され得る。時間T8の後に、メモリ912に記憶されたデジタル値は、時間T9において、露光期間T_{exposure}内にフォトダイオードPDによって受け取られた光の強度を表すために読み出され得る。単一のフレーム期間において1つの画像フレームが生成される場合、フレーム期間は、時間T0から時間T8に及ぶことがある。

【0133】

制御信号のシーケンス、ならびにそれらのタイミングは、コントローラ920によって、ならびに露光停止信号922および選択信号924によって制御される。詳細には、コントローラ920は、制御信号（たとえば、AB信号、RST信号、COMP_RST信号、TG信号、およびLG信号）をアサートおよびアサート解除し、事前構成されたタイミングシーケンスに基づいてVREF信号を制御することができ、これは、露光停止信号922および／または選択信号924によって上書きされ得る。露光停止信号922は、事前構成されたタイミングシーケンスの時間T2よりも早い時間において開始するために、PD_ADC動作をトリガすることができ、PD_ADC動作は、RST信号およびCOMP_RST信号のアサーションと、LG信号のアサーション解除と、その後続く、残留電荷を転送するためのTG信号のアサーションと、次いで、露光期間を停止するためのAB信号のアサーションとを含む。露光停止信号922は、事前構成されたタイミングシーケンスの時間T4よりも早く露光期間を停止させることができる。そのような仕組みは、電荷貯蔵デバイス902がオーバーフロー電荷によって飽和される可能性を低減することができる。その上、選択信号924は、TTS動作、PD_ADC動作、およびFD

ADC動作のうちの1つまたは複数をスキップするようにコントローラ920を構成することができる。以下で詳細に説明されるように、複数のフォトダイオードを備えるピクセルセルでは、選択信号924は、フレーム期間を低減するためにピクセルセルのすべてのフォトダイオードの量子化動作の総時間を低減するために複数のフォトダイオードのうちのいくつかについてTTS動作をスキップするようにコントローラ920を構成するために提供され得、露光停止信号922は、TTS動作が実施されないフォトダイオードの露光期間を、それらのフォトダイオードがそれらのそれぞれの電荷貯蔵デバイス902を飽和させるのを防ぐために動的に低減するために提供され得、したがって、それらのフォトダイオードによって検出された光成分の強度は、PD_ADC動作および／またはFD ADC動作によって妥当な忠実度で測定され得る。

【0134】

式3および式6に示されているように、V_{comp_in}がV_{pixel_out_sig2} - V_{pixel_out_sig1}を表すPD_ADC動作における比較の極性は、V_{comp_in}がV_{pixel_out_rst} - V_{pixel_out_sig3}を表すFD_ADC動作における比較の極性と反対である。PD_ADCでは、図9Aの比較器906のVOUTは、COMP_IN電圧がV_{ref_low_margin}よりも高いとき、論理0になり、これは、フォトダイオードPDが飽和しないことを指示する。しかし、残留電荷の測定値を表す、VOUTがトリップしたときのデジタル値をメモリ912に記憶するために、メモリ912は、比較器906から正のVOUTを受け取る必要がある。対照的に、FD_ADCでは、図9Aの比較器906のVOUTは、COMP_IN電圧がV_{ref_low}よりも高いとき、論理1になり、これは、オーバーフロー

電荷が最小の検出可能なレベルを超えることを指示する。FD ADC動作とTTS動作との比較の極性も同等である。

【0135】

再び図9Aを参照すると、出力論理回路908は、PD ADC動作、FD ADC動作、およびTTS動作の間の比較の異なる極性を考慮し、メモリへのカウント値の記憶を制御するために内部状態を維持する回路を含む。図9Bは、出力論理回路908の内部構成要素の一例を含む。図9Bに示されているように、出力論理回路908は、インバータチェーン942と、マルチプレクサデバイス946と、フラグレジスタ948および950と、NORゲート952とを含む。フラグレジスタ948および950は、それぞれ、FLAG__1状態ビットおよびFLAG__2状態ビットを記憶することができる。FLAG__2状態は、TTS動作の終了時のVOUTの状態を指示することができ、FLAG__1状態は、PD ADC動作の終了時のVOUTの状態を指示することができる。FLAG__2がTTS動作の後にアサートされ、これが、TTS動作がメモリ912にカウント値を記憶したことを指示する場合、NORゲート952は、メモリ912が後続のPD ADC動作によって上書きされるのをロックするために、ラッチ信号を低に保つことができる。その上、FLAG__1がPD ADC動作の後にアサートされる場合、FD ADCは、メモリ912にカウント値を記憶するのを防がれ得る。インバータチェーン942とマルチプレクサデバイス946とは、PD ADC動作、FD ADC動作、およびTTS動作の間の比較の異なる極性を考慮するように、レジスタ948および950ならびにNORゲート952へのLG信号に基づいてVOUT状態の出力を制御することができる。詳細には、再び図12を参照すると、TTS動作およびFD ADC動作では、LG信号は、C_{EXT}をC_{FD}と組み合わせるためにアサートされる。マルチプレクサデバイス946は、(FLAG__2ビットのための)レジスタ950およびNORゲート952に出力すべき非反転VOUTを選択するように、アサートされたLG信号によって制御され得る。PD ADC動作では、LG信号は、電荷-電圧変換比を増加させるために、C_{EXT}をC_{FD}から切断するためにアサート解除される。マルチプレクサデバイス946は、(FLAG__1ビットのための)レジスタ948およびNORゲート952に出力すべき反転VOUT(図9B中のVOUTb)を選択するように、アサート解除されたLG信号によって制御され得る。

【0136】

再び図8Aおよび図8Bを参照すると、いくつかの例では、複数のフォトダイオードを有するピクセルセルが、フォトダイオードの各々について図12で説明されるように多段量子化動作(TTS、FD ADC、およびPD ADC)を実施するために、フォトダイオードの各々について図9Aの電荷検知ユニット614とADC616とを含み得る。しかしながら、そのような仕組みは、ピクセルセルのフットプリントおよび電力消費を大幅に増加させ得る。詳細には、ADC616の比較器906は、アナログ差動増幅器と、他のサポート回路要素(たとえば、バイアス回路、出力バッファなど)とを含み得、それらは、ピクセルセルの構成要素の中で最も大きい空間を占有し、最も多くの電力を消費し得る。複数のADC616(および複数の比較器906)がピクセルセル中に含まれる場合、ピクセルセル、ならびにピクセルセルアレイのサイズおよび電力消費は、法外に大きくなり得る。

【0137】

ピクセルセルのフットプリントおよび電力消費を低減するために、ピクセルセルのフォトダイオードの間で単一のADC616が共有され得る。各フォトダイオードの電荷検知ユニット614は、量子化動作を実施し、メモリ912において出力を記憶するために、単一のADC616と接続されることを交替で行うことができる。図13A~図13Cは、ピクセルセルの複数のフォトダイオードの間で共有される単一のADC616を含むマルチフォトダイオードピクセルセルの一例を示す。図13Aに示されているように、ピクセルセル602aは、単色チャンネル(M)フォトダイオードと、単色+近赤外線チャンネル(M+NIR)フォトダイオードと、緑チャンネル(G)フォトダイオードと、近赤外線チ

ャネル（N I R）フォトダイオードとの間で共有される単一のA D C 6 1 6 aを含むことができる。その上、他のピクセルセル6 0 2 b、6 0 2 c、および6 0 2 dの各々も、それぞれ、単一のA D C 6 1 6 b、6 1 6 c、および6 1 6 dを含む。

【0138】

図13Bは、複数のフォトダイオードを含むピクセルセル602aの一例を示す。図13Bに示されているように、ピクセルセル602aは、PD0、PD1などを含む複数のフォトダイオード、ならびに、電荷検知ユニット614a、614bなどを含む複数の電荷検知ユニット614を含む。電荷検知ユニット614aは、電荷貯蔵デバイス902aと切替え可能バッファ904aとを含み、フォトダイオードPD0から転送された残留電荷およびオーバーフロー電荷を電圧に変換するように構成される。電荷検知ユニット614bは、電荷貯蔵デバイス902bと切替え可能バッファ904bとを含み、フォトダイオードPD1から転送された残留電荷およびオーバーフロー電荷を電圧に変換するように構成される。各フォトダイオードは、それぞれのシャッタースイッチおよびそれぞれの転送スイッチと結合される。たとえば、フォトダイオードPD0は、シャッタースイッチM0aおよび転送スイッチM1aと結合され、フォトダイオードPD1は、シャッタースイッチM0bおよび転送スイッチM1bと結合される。コントローラ920は、各フォトダイオードが、残留電荷を生成／蓄積することと、オーバーフロー電荷をそれぞれの電荷検知ユニット614に転送することとを個々に可能にするように、（シャッタースイッチM0aおよびM0bについての）制御信号AB0およびAB1、（転送スイッチM1aおよびM1bについての）制御信号TG0およびTG1、ならびに制御信号RST0、LG0、RST1、およびLG1のタイミングを制御することができる。さらに、コントローラ920は、選択信号924によって選択された量子化動作を実施するためにADC616へのアクセスを各電荷検知ユニット614aおよび614bに提供するように、制御信号SEL0およびSEL1のタイミングを制御することもできる。

【0139】

1つの例示的な構成では、選択信号924は、TTS動作、ならびにPD ADC動作またはFD ADC動作のうちの少なくとも1つを実施するためにフォトダイオードのうちの1つ（たとえば、PD0）を選択し、PD ADC動作またはFD ADC動作のうちの少なくとも1つを実施するためにフォトダイオードの残りを選択することができる。

【0140】

図13Cは、図13Bのピクセルセル602aの制御信号のうちのいくつかの例示的なシーケンス1300を示す。例示的なシーケンスは、図12で説明されたシーケンスに基づき、コントローラ920によって提供され得る。時間T0において、各フォトダイオードについてのAB信号（AB0、AB1、ABnなど）が、各フォトダイオードについての露光期間を開始するためにアサート解除される。各フォトダイオードについてのTX信号（TX0、TX1、TXnなど）が、（もしあれば）オーバーフロー電荷がそれぞれの電荷検知ユニットに流れることを可能にするようにバイアスされ、各フォトダイオードについてのLG信号（LG0、LG1、L Gnなど）が、オーバーフロー電荷を検知するためにC_{EXT}とC_{FD}とを一緒に接続するためにアサートされる。時間T1において、SEL0は、PD0によって生成された電荷を量子化するためにフォトダイオードPD0の電荷検知ユニット614aをADC616に接続するためにアサートされる。

【0141】

時間T1と時間T2との間に、選択信号924に基づいて、ADC616は、フォトダイオードPD0からのオーバーフロー電荷が電荷貯蔵デバイス902aを飽和させたかどうかと、オーバーフロー電荷が電荷貯蔵デバイス902aを飽和させるのにかかった時間（飽和時間）とを決定するために、TTS動作を実施することができる。一方、ピクセルセル602aの他の電荷貯蔵デバイス902（たとえば、902b）は、時間T0と時間T2との間にそれぞれのフォトダイオードPDによって生成された電荷を蓄積し続けることができる。他の電荷貯蔵デバイスは、電荷貯蔵デバイス902aが飽和したときに他の電荷貯蔵デバイスが不飽和のままであるように、電荷貯蔵デバイス902aよりも大きい

、 C_{EXT} と C_{FD} との組み合わせられた容量を有することができる。

【0142】

時間 T_2 において、 TTS 動作が完了した後に、各フォトダイオードについての LG 信号(LG_0 、 LG_1 、 LG_n など)が、後続の $PD\ ADC$ 動作のために準備するために、 C_{EXT} を C_{FD} から切断するためにアサートされる。図12で説明されたように、 C_{EXT} は、後続の $FD\ ADC$ 動作のために(もしあれば)オーバーフロー電荷の一部分を C_{EXT} 中に保存するために C_{FD} から切断され得、 C_{FD} は、 C_{FD} がそれぞれのフォトダイオードから転送されるべき残留電荷のみを貯蔵するように、随意にリセットされ得る。時間 T_3 において、各フォトダイオードについての TG 信号(TG_0 、 TG_1 、 TG_n など)が、残留電荷をフォトダイオードからそれぞれの電荷貯蔵デバイス902の C_{FD} に転送するためにアサートされる。時間 T_4 において、各フォトダイオードについての AB 信号(AB_0 、 AB_1 、 AB_n など)が、ピクセルセル中の各フォトダイオードの露光期間を停止するためにアサートされる。図13C中の露光期間の持続時間は、 $T_{exp\ pressure\ -\ global}$ であり、これは時間 T_0 から時間 T_4 の間に及ぶ。 $T_{exp\ pressure\ -\ global}$ は、(たとえば、選択信号924または他のプログラミング情報に基づいて)事前構成され得、ピクセルセルアレイのすべてのピクセルセルについてのグローバル露光期間であり得る。

【0143】

時間 T_4 と時間 T_5 との間に、選択信号924に基づいて、 $ADC616$ は、 C_{FD} に貯蔵された残留電荷の量を測定するために電荷貯蔵デバイス902aの C_{FD} に対して $PD\ ADC$ 動作を実施することができる。 $PD\ ADC$ 動作からのカウント値は、 TTS 動作がメモリ912にカウント値を記憶しない場合、フォトダイオード PD_0 のためのメモリ912に記憶され得る。時間 T_5 において、 $PD\ ADC$ 動作が完了した後に、電荷貯蔵デバイス902aの C_{FD} は、残留電荷を除去するためにリセットされ得、次いで、時間 T_6 において、フォトダイオード PD_0 のための LG_0 信号は、電荷貯蔵デバイス902a内の C_{EXT} に貯蔵されたオーバーフロー電荷の部分を再分配するために、再び C_{EXT} と C_{FD} とを一緒に接続するためにアサートされ得る。次いで、フォトダイオード PD_0 のための電荷貯蔵デバイス902aに貯蔵されたオーバーフロー電荷を量子化するために、時間 T_6 と時間 T_7 との間に $FD\ ADC$ 動作が実施され得る。 $FD\ ADC$ 動作からのカウント値は、前の TTS 動作も $PD\ ADC$ 動作もメモリにカウント値を記憶しない場合、フォトダイオード PD_0 のためのメモリ912に記憶され得る。

【0144】

時間 T_7 において、フォトダイオード PD_0 のための量子化動作が完了した後に、 SEL_1 が、フォトダイオード PD_1 の電荷検知ユニット614bを $ADC616$ に接続するためにアサートされ得る。時間 T_7 と時間 T_8 との間に、選択信号924に基づいて、 $ADC616$ は、フォトダイオード PD_1 のための C_{FD} に貯蔵された残留電荷の量を測定するために電荷貯蔵デバイス902bの C_{FD} に対して $PD\ ADC$ 動作を実施することができる。 $PD\ ADC$ 動作の完了に続いて、電荷貯蔵デバイス902bの C_{FD} は、時間 T_8 においてリセットされ得、その後に、フォトダイオード PD_1 のための LG_1 のアサーションが続き、次いで、 $FD\ ADC$ 動作が続く。コントローラ920はまた、他のフォトダイオードのためのカウント値を生成するために、シーケンス1300においてピクセルセル602aの他のフォトダイオードについて $PD\ ADC$ 動作および $FD\ ADC$ 動作を実施するように、 $ADC616$ を制御することができる。

【0145】

量子化動作(たとえば、 TTS 動作、 $PD\ ADC$ 動作、および $FD\ ADC$ 動作)の同じシーケンスが各フォトダイオードについて繰り返される場合と比較して、図13C中の仕組みは、1つのフォトダイオードを除くフォトダイオードのすべてについて TTS 動作を選択的に無効化することによって、ピクセルセルの量子化動作の総時間を低減することができる。量子化動作の低減された総時間は、フレーム期間を低減し、フレームレートを増加させることができる。その上、ピクセルセルのすべてのフォトダイオードの露光期

間は同じ時間（図 1 3 C 中の T 4）において終了するので、ピクセルセルのすべてのフォトダイオードは一樣な露光期間を有することができ、これはシャッター効率を改善することができる。これらのすべては、特に高速物体を撮像するために使用されるとき、画像センサーの性能を改善することができる。

【0146】

一方、図 1 3 C 中の仕組みは、画像センサーのダイナミックレンジの上限を低減し得る。これは、飽和までの時間を測定して、測定可能な光強度の上限を、電荷検知ユニットを飽和させるレベルを越えて拡張する T T S 動作が、1つのフォトダイオードのみについて実施されるからである。F D A D C 動作および／または P D A D C 動作のみが実施される他のフォトダイオードについて、ダイナミックレンジの上限は、依然として、それらのフォトダイオードの電荷検知ユニットの電荷貯蔵容量によって限定され、T T S 動作によって拡張されない。その結果、画像センサーのダイナミックレンジは、全体として低減され得る。

【0147】

図 1 4 A は、拡張されたダイナミックレンジを提供することができるマルチフォトダイオードピクセルセル 1 4 0 0 の一例を示す。図 1 4 A に示されているように、出力論理回路 9 0 8 が、飽和の指示 1 4 0 2 を露光停止信号 9 2 2 としてコントローラ 9 2 0 に出力することができる。飽和の指示 1 4 0 2 は、電荷貯蔵デバイス 9 0 2 a がオーバフロー電荷によって飽和されたことを指示するために T T S 動作中に生成され得る。コントローラ 9 2 0 が露光停止信号 9 2 2 を受け取った後に、コントローラ 9 2 0 は、事前構成された終了時間の前にピクセルセルのすべてのフォトダイオードの露光期間を停止することができる。そのような仕組みは、所与の光強度について電荷貯蔵デバイスに転送される電荷の量を低減することができ、これは、ピクセルセルの電荷貯蔵デバイスが飽和する可能性を低減することができ、正確な F D A D C 動作および／または P D A D C 動作をサポートすることができない。

【0148】

図 1 4 B は、図 1 4 A のピクセルセル 1 4 0 0 の制御信号のうちのいくつかの例示的なシーケンス 1 4 1 0 を示す。時間 T 0 および時間 T 1 における動作は、図 1 3 C のシーケンス 1 3 0 0 と同等である。フォトダイオード P D 0 のための T T S 動作が時間 T 1 と時間 T 1 a との間に実施される。時間 T 1 ' において、出力論理回路 9 0 8 は、C O M P _ I N 電圧が静的 V R E F しきい値に達したことを指示する、V O U T に基づく飽和の指示 1 4 0 2 を出力する。飽和の指示に基づいて、コントローラ 9 2 0 は、時間 T 1 a においてすべてのフォトダイオードの L G 信号（たとえば、L G 0、L G 1、L G n など）をアサート解除することができ、その後、残留電荷を各フォトダイオードからそのそれぞれの電荷貯蔵ユニットに転送するために、時間 T 1 b におけるすべてのフォトダイオードの T G 信号（たとえば、T G 0、T G 1、T G n など）のアサーションが続く。コントローラ 9 2 0 は、次いで、時間 T 2 において露光期間を停止するために A B 信号をアサートすることができる。露光期間が時間 T 4 において終了するシーケンス 1 3 0 0 と比較して、シーケンス 1 4 1 0 における露光期間は、時間 T 2 において終了し、時間 T 0 から時間 T 2 の間に及ぶ T e x p o s u r e - r e d u c e d の持続時間を有する。露光期間 T e x p o s u r e - r e d u c e d は、時間 T 0 から時間 T 4 の間に及ぶグローバル露光期間 T e x p o s u r e - g l o b a l に対して低減される。

【0149】

フォトダイオード P D 0 の T T S 出力に基づいて露光期間を低減することによって、フォトダイオード P D 1 および他のフォトダイオードの電荷貯蔵デバイスが飽和する可能性が低減され得る。飽和の可能性は、それらのフォトダイオードの電荷貯蔵デバイスの容量がフォトダイオード P D 0 の容量よりも大きくされる場合、さらに低減される。その結果、A D C からの光強度測定の線形性がより線形になり得、これは、画像センサーのダイナミックレンジを改善することができる。その上、飽和を検出し、同じフレーム期間内に露光期間を調整することによって、露光期間は、変化する光強度により迅速に適応すること

ができ、これは、特に高速物体およびシーンを撮像するとき、画像センサーの性能を改善することができる。

【0150】

P D 0 のための P D A D C 動作は、露光期間が終了したときから開始することができる。いくつかの例では、露光期間が時間 T 2 において終了した後に、コントローラ 9 2 0 およびピクセルセル 1 4 0 0 は、P D 0 のための P D A D C 動作がシーケンス 1 3 0 0 の場合と同じ事前構成された時間 T 4 において開始することができるように、時間 T 4 までアイドル状態に入ることができる。その上、量子化動作の残りも、シーケンス 1 3 0 0 と同じ事前構成された時間において実施される。そのような仕組みは、ピクセルセル 1 4 0 0 のフレーム期間が、事前構成された露光期間で動作する他のピクセルセルと同等のま 10
まであることを保証することができる。いくつかの例では、低減された露光時間を埋め合わせるためにアイドル状態に入るのではなく、コントローラ 9 2 0 はまた、ピクセルセル 1 4 0 0 およびピクセルセルアレイの他のピクセルセルについて同じフレーム期間を維持するために、ピクセル 1 4 0 0 の量子化動作が同じ時間において完了することを保証しながら、量子化分解能を増加させるために（たとえば、クロックレートを低減すること、電圧ランプの傾きを低減することなどによって）P D A D C 動作および F D A D C 動作の持続時間をスケールアップすることができる。

【0151】

ピクセルセル 1 4 0 0 は、他のピクセルセルと比較して低減された露光期間を有することができるので、ピクセルセル 1 4 0 0、および事前構成されたグローバル露光時間内の 20
光への露光に基づいてカウント値を生成する他のピクセルセル／フォトダイオードからのカウント値を備える画像フレームを生成するとき、ピクセルセル 1 4 0 0 からのカウント値は、以下の式に基づいてスケーリングされ得る。

$$DN_{\text{norm}} = DN_{\text{raw}} \times \frac{T_{\text{exposure-global}}}{T_{\text{exposure-reduced}}} \quad (\text{式7})$$

【0152】

式7では、 DN_{raw} は、グローバル露光期間 $T_{\text{exposure-global}}$ から低減された露光期間 $T_{\text{exposure-reduced}}$ から取得された、ピクセル 1 4 0 0 のフォトダイオードからの P D A D C または F D A D C カウント出力を表す。（ 30
カウント値によって表される）電荷の量は露光期間に正比例するので、 DN_{raw} は、すべてのフォトダイオードからのカウント値が同じ露光期間に基づいて取得され、同じスケールに従うように、 $T_{\text{exposure-global}}$ と $T_{\text{exposure-reduced}}$ との間の比に基づいて、正規化されたカウント値 DN_{norm} に外挿され得る。

【0153】

図 1 4 A の例では、ピクセルセル 1 4 0 0 のフォトダイオードは単一の A D C を共有する。しかしながら、いくつかの例では、異なるピクセルセルのフォトダイオードが単一の A D C を共有することができ、ピクセルセルのフォトダイオードのための T T S 動作は、異なるピクセルセルの別のフォトダイオードの露光期間を制御することができる。単一の A D C を共有するフォトダイオードはカーネル中でグループ化され得、カーネルは、異なる 40
ピクセルセルからのまたは同じピクセルセルからのフォトダイオードを含むことができる。カーネル中のフォトダイオードの各グループは、同じまたは異なる光成分を検出するように構成され得る。カーネルのフォトダイオードのグループでは、マスタフォトダイオード（たとえば、第 1 のフォトダイオード）を除くフォトダイオードのすべてが、P D A D C 動作および／または F D A D C 動作のみを実施するために A D C へのアクセスを有するが、第 1 のフォトダイオードは、T T S 動作、ならびに P D A D C 動作および／または F D A D C 動作を実施するために A D C へのアクセスを有する。グループ内のすべてのフォトダイオードは、マスタフォトダイオードの電荷検知ユニットが飽和されたときに停止され得る同じ露光期間を有することができる。その結果、P D A D C 動作および／または F D A D C 動作に基づく、それらのフォトダイオードの電荷検知ユニットの 50

量子化結果は、依然として、妥当な忠実度で光成分の強度を表すことができる。一方、マスタフォトダイオードからの飽和の指示がない場合、フォトダイオードは、低光強度および中光強度の測定についての最小信号対雑音比を維持するために、事前構成された露光期間内に少なくともしきい値量の電荷を生成することができ、これは、ダイナミックレンジの下限を設定し得る。

【0154】

カーネル中へのフォトダイオードのグループ化は、様々な方式に基づき得、用途固有であり得る。一例では、ピクセルのカーネルは、撮像されるべき所定の物体の輪郭／形状に基づいて画定され得る。図15A、図15B、および図15Cは、ターゲット物体の輪郭／形状に基づいて決定されたカーネルの例を示す。図15Aに示されているように、カーネルは、向きをもつ光源1500からの光の放射を反射する形状に基づく5つのピクセルセルを含むことができ、1つのピクセルセルが中心にあり、4つのピクセルセルが4つの側（たとえば、北、南、左、および右）にある。図15Aでは、1502、1504、1506および1508を含むピクセルセルの4つのカーネルが示されている。カーネル1502は、カーネル1502のマスタフォトダイオードを含むピクセルセル1502a、ならびにピクセルセル1502b、1502c、および1502dを含む。カーネル1504は、カーネル1504のマスタフォトダイオードを含むピクセルセル1504a、ならびにピクセルセル1504b、1504c、および1504dを含む。カーネル1506は、カーネル1506のマスタフォトダイオードを含むピクセルセル1506a、ならびにピクセルセル1506b、1506c、および1506dを含む。その上、カーネル1508は、カーネル1508のマスタフォトダイオードを含むピクセルセル1508a、ならびにピクセルセル1508b、1508c、および1508dを含む。

【0155】

図15Aに示されているカーネルでは、カーネルの中心にあるピクセルセルは、TTS動作が実施され得るマスタフォトダイオードを含むことができ、飽和が検出された場合、上記で説明されたように、カーネルのすべてのフォトダイオードの露光期間は低減され得る。たとえば、ピクセルセルアレイが、向きをもつ光源1500を撮像するために使用される場合、カーネルの中心にあるピクセルセルは、向きをもつ光源の最も明るい部分から光を受け取ることができ、電荷貯蔵デバイスを飽和させる。カーネル内のすべてのフォトダイオードについての露光期間は、飽和が検出されると停止され得、それにより、放射された光ならびにシーンの他の部分からの光を受け取り得る、カーネル内の他のピクセルセルは、飽和された出力ではなく、入射光に線形的に関係するデジタル出力を生成することができる。

【0156】

カーネルの中心ピクセル中のフォトダイオードは、異なる光成分のためのマスタフォトダイオードとして構成され得る。各マスタフォトダイオードは、同じ光成分を検出する（カーネル内の）他のフォトダイオードとADCを共有することができ、他のフォトダイオードの露光期間を制御することができる。たとえば、図15Bおよび図15Cに示されているように、各ピクセルセル（たとえば、ピクセルセル1502c）は、可視単色光を検出するための2つのフォトダイオード（M）と、近赤外線を検出するためのフォトダイオード（NIR）と、緑色光を検出するためのフォトダイオード（G）とを含む。Mフォトダイオード、NIRフォトダイオード、およびGフォトダイオードの各セットはADCを共有し、したがって、各カーネルについて4つのADCが提供され、各カーネルは、中心ピクセルセル（たとえば、ピクセルセル1504a）中に2つのマスタMフォトダイオードと、マスタNIRフォトダイオードと、マスタGフォトダイオードとを有することができる。図15Bでは、（円によって示される）マスタMフォトダイオードは、同じカーネル中の他のMフォトダイオードの露光期間を制御することができ、図15Cでは、（円によって示される）マスタNIRフォトダイオードは、同じカーネル中の他のNIRフォトダイオードの露光期間を制御することができる。

【0157】

別の例として、同様の強度の光成分を受け取る可能性があるピクセルセルがカーネルを形成することができる。ピクセルセルアレイ内のカーネルのフォトダイオードの空間分布は、画像センサーの用途に基づき得る。図16Aおよび図16Bは、ピクセルセルアレイ内のフォトダイオードの異なる空間分布を有するカーネルの例を示す。図16Aに示されているように、画像センサー1600は、シーンから（ドット1602a、ドット1602bなどを含む）パターン1602の構造化NIR光を受け取るように構成され得る。この用途では、カーネル1604は、パターン1602に基づいて離間されたピクセルセル（たとえば、1604a、1604b、1604c、および1604d）を含むことができ、カーネルのマスタピクセルセル（たとえば、1604a）が、カーネル内の他のピクセルセルのNIRフォトダイオードの露光期間を制御するためのNIRフォトダイオードを含む。

10

【0158】

いくつかの例では、カーネルは、上記で説明されたように、同じピクセルセルのフォトダイオードをも含むことができる。そのような仕組みは、たとえば、画像センサーがシーンの小さい部分を撮像するために使用されるとき、および／または画像センサーが強い周辺光を伴う環境において動作するとき、ならびにピクセルセルの各フォトダイオードが高強度光成分を受け取ることができ、ピクセルセル内の各フォトダイオードの電荷検知ユニットが飽和する可能性がある場合、提供され得る。図16Bに示されているように、各ピクセルセルは、他のまたは同じ光成分（たとえば、NIR、B、Mなど）を検出する他のフォトダイオードの露光期間を制御することができる光成分（たとえば、円で囲まれている単色）を検出するためのマスタフォトダイオードを含むことができる。

20

【0159】

図17は、図14AのPD0およびPD1など、第1のフォトダイオードおよび第2のフォトダイオードを備える複数のフォトダイオードによって光強度測定を実施するための方法1700を示す。第1のフォトダイオードと第2のフォトダイオードとは、図14Aに示されているように、同じピクセルセル602aの一部であり得るか、または、図15A～図16Bに示されているように、異なるピクセルセル中にあり得る。第1のフォトダイオードと第2のフォトダイオードとは、同じ波長範囲または異なる波長範囲の入射光成分を検出するように構成され得る。第1のフォトダイオードは、第1の電荷貯蔵デバイス（たとえば、電荷貯蔵デバイス902a）と第1の切替え可能バッファ（たとえば、バッファ904a）とを備える第1の電荷検知ユニット（たとえば、電荷検知ユニット614a）と結合され得、第2のフォトダイオードは、第2の電荷貯蔵デバイス（たとえば、電荷貯蔵デバイス902b）と第2の切替え可能バッファ（たとえば、バッファ904b）とを備える第2の電荷検知ユニット（たとえば、電荷検知ユニット614b）と結合され得る。第1の電荷検知ユニットの出力および第2の電荷検知ユニットの出力は、第1の切替え可能バッファがオンに切り替えられたとき、第1の電荷貯蔵デバイスにおいて第1の電圧を量子化することができ、第2の切替え可能バッファがオンに切り替えられたとき、第2の電荷貯蔵デバイスにおいて第2の電圧を量子化することができる単一のADC（たとえば、ADC616）と結合される。第1の電荷貯蔵デバイスと第2の電荷デバイスの両方が、1次キャパシタと補助キャパシタとを含むことができる。

30

40

【0160】

方法1700はステップ1702から開始し、第1のフォトダイオードが、第1の電荷を生成するために入射光に露光される。いくつかの例では、第1のシャッタースイッチが第1のフォトダイオードと電荷シンクとの間に結合され、第1のシャッタースイッチは、第1の電荷を生成するために第1のフォトダイオードを入射光に露光するためにオフに切り替えられ得、第1のシャッタースイッチをオフに切り替えることは、露光期間であることができる。

【0161】

ステップ1704において、第2のフォトダイオードは、第2の電荷を生成するために入射光に露光される。いくつかの例では、第2のシャッタースイッチが第2のフォトダイ

50

オードと電荷シンクとの間に結合され、第2のシャッタースイッチは、第2の電荷を生成するために第2のフォトダイオードを入射光に露光するためにオフに切り替えられ得る。いくつかの例では、第1のシャッタースイッチと第2のシャッタースイッチとは、露光期間が第1のフォトダイオードと第2のフォトダイオードの両方について同じ時間において開始するように、同じ時間においてオフに切り替えられ得る。

【0162】

ステップ1706において、第1の電荷検知ユニットは、第1の電荷を第1の電圧に変換することができる。いくつかの例では、第1の電荷検知ユニットは、第1の転送スイッチを介して第1のフォトダイオードと結合され、第1の転送スイッチは、第1のフォトダイオードが、ある量の第1の残留電荷を第1の電荷の一部として貯蔵し、第1の電荷の残りを第1のオーバーフロー電荷として第1の電荷検知ユニットの第1の電荷貯蔵デバイスに転送することを可能にするように、バイアスされ得る。第1のオーバーフロー電荷は、第1の電荷貯蔵デバイスの1次キャパシタと補助キャパシタの両方に貯蔵され得る。ステップ1706において、露光期間中の第1の電荷貯蔵デバイス中の第1のオーバーフロー電荷の蓄積に基づいて、第1の電圧を生じさせることができる。その上、第1の切替え可能バッファは、TTS動作を実施するために第1の電荷貯蔵デバイスをADCに接続するためにオンにされる。

10

【0163】

ステップ1708において、第2の電荷検知ユニットは、第2の電荷を第1の電圧に変換することができる。いくつかの例では、第2の電荷検知ユニットは、第2の転送スイッチを介して第2のフォトダイオードと結合され、第2の転送スイッチは、第2のフォトダイオードが、ある量の第2の残留電荷を第2の電荷の一部として貯蔵し、第2の電荷の残りを第2のオーバーフロー電荷として第2の電荷検知ユニットの第2の電荷貯蔵デバイスに転送することを可能にするように、バイアスされ得る。第2のオーバーフロー電荷は、第2の電荷貯蔵デバイスの1次キャパシタと補助キャパシタの両方に貯蔵され得る。ステップ1708において、露光期間中の第2の電荷貯蔵デバイス中の第2のオーバーフロー電荷の蓄積に基づいて、第2の電圧を生じさせることができる。その上、第2の切替え可能バッファは、第2の電荷貯蔵デバイスをADCから切断するためにオフにされる。

20

【0164】

ステップ1710において、TTS動作の一部として、ADCは、第1の電圧に基づいて、第1の電荷の量が飽和しきい値に達したことを検出し、第1の電荷の量が飽和しきい値に達したときの飽和時間を測定するように制御される。詳細には、ステップ1710において、ADCは、第1の電圧を、第1の電荷貯蔵デバイスの飽和限界を表す静的しきい値電圧と比較することができる。第1の電圧が静的しきい値を越える場合、ADCは、第1の電荷貯蔵デバイスに貯蔵された（第1のオーバーフロー電荷によって表される）第1の電荷の量が飽和限界に達したという飽和の指示を出力することができる。その指示（たとえば、図14AのVOUT信号）は、自走カウンタ（たとえば、カウンタ914）からのカウント値を記憶するようにメモリ（たとえば、メモリ912）を制御することができる。カウント値は、第1のフォトダイオードによって受け取られた入射光成分の強度を表すことができる。

30

40

【0165】

ステップ1712において、第1のフォトダイオードおよび第2のフォトダイオードの露光は、第1の電荷の量が飽和しきい値に達したことを検出したことに基づいて停止される。詳細には、ステップ1710からの（および第1のフォトダイオードのTTS動作からの）飽和の指示は、第1のフォトダイオードと第2のフォトダイオードの両方についての露光期間を停止するために第1および第2のシャッタースイッチを有効化するために、それらのスイッチの制御信号を却下することができる。

【0166】

いくつかの例では、露光が終了した後に、ADCは、PD ADC測定およびFD ADC測定を実施するように制御され得る。詳細には、露光が終了した後に、1次キャパシ

50

タは、それぞれ、第1および第2の電荷貯蔵デバイスの補助キャパシタにおいて第1のオーバーフロー電荷の一部および第2のオーバーフロー電荷の一部を保存するために、第1の電荷貯蔵デバイスと第2の電荷貯蔵デバイスの両方の補助キャパシタから切断され得る。PD ADC動作の一部として、第1の電荷検知ユニットの1次キャパシタがリセットされ得、次いで、第1の転送スイッチは、第1の残留電荷を第1のフォトダイオードから1次キャパシタに転送するように制御され得る。ADCは、上記で説明されたように、第1の残留電荷を量子化するために、第1の電荷検知ユニットの1次キャパシタにおける第1の電圧を第1のランピング電圧と比較することができる。第1のフォトダイオードが第1の残留電荷によって飽和されたかどうかの決定が、PD ADC動作中に行われる。FD ADC動作では、1次キャパシタと補助キャパシタとが、1次キャパシタと補助キャパシタとの間で第1のオーバーフロー電荷の一部分と第1の残留電荷とを再分配するために、再び一緒に接続され得る。ADCは、第1のオーバーフロー電荷と第1の残留電荷との組合せを量子化するために、1次キャパシタおよび補助キャパシタにおける第1の電圧を第2の電圧ランプと比較することができ、量子化結果は、第1のオーバーフロー電荷の量を測定するために後処理され得る。TTS動作、PD ADC動作、またはFD ADC動作のうちの1つの結果は、第1の電荷貯蔵デバイスが第1のオーバーフロー電荷によって飽和されたかどうかと、第1のフォトダイオードが第1の残留電荷によって飽和されたかどうかとに基づいて第1のフォトダイオードによって受け取られた入射光成分の強度を表すために提供され得る。

10

【0167】

20

ステップ1714において、ADCは、第2の電圧に基づいて、露光期間が終了する前に第2のフォトダイオードによって生成された第2の電荷の量を測定するように制御され得る。第1のフォトダイオードのためのTTS動作、PD ADC動作およびFD ADC動作が完了した後に、ADCを第2の電荷貯蔵デバイスの出力に接続するために、第1の切替え可能バッファは無効化され得、第2の切替え可能バッファは有効化され得る。PD ADC動作と、その後のFD ADC動作とは、ステップ1712において説明されたのと同様に、第2の電荷貯蔵デバイス上で実施され得る。PD ADC動作またはFD ADC動作のうちの1つの結果は、第2のフォトダイオードが第2の残留電荷によって飽和されたかどうかに基づいて第2のフォトダイオードによって受け取られた入射光成分の強度を表すために提供され得る。

30

【0168】

本明細書のいくつかの部分は、情報に関する動作のアルゴリズムおよび記号表現に関して本開示の例について説明する。これらのアルゴリズム説明および表現は、データ処理技術分野の当業者が、他の当業者に自身の仕事の本質を効果的に伝えるために通常使用される。これらの動作は、機能的に、計算量的に、または論理的に説明されるが、コンピュータプログラムまたは等価な電気回路、マイクロコードなどによって実装されることが理解される。さらに、一般性の喪失なしに、動作のこれらの仕組みをモジュールと呼ぶことが時々好都合であることも証明された。説明される動作およびそれらの関連するモジュールは、ソフトウェア、ファームウェア、および／またはハードウェアにおいて具現され得る。

40

【0169】

説明されるステップ、動作、またはプロセスは、1つまたは複数のハードウェアまたはソフトウェアモジュールで、単独でまたは他のデバイスとの組合せで実施または実装され得る。いくつかの例では、ソフトウェアモジュールは、コンピュータプログラムコードを含んでいるコンピュータ可読媒体を備えるコンピュータプログラム製品で実装され、コンピュータプログラムコードは、説明されるステップ、動作、またはプロセスのいずれかまたはすべてを実施するためにコンピュータプロセッサによって実行され得る。

【0170】

本開示の例はまた、説明される動作を実施するための装置に関し得る。本装置は、必要とされる目的のために特別に構築され得、および／あるいは、本装置は、コンピュータに

50

記憶されたコンピュータプログラムによって選択的にアクティブ化または再構成される汎用コンピューティングデバイスを備え得る。そのようなコンピュータプログラムは、非一時的有形コンピュータ可読記憶媒体、または、コンピュータシステムバスに結合され得る、電子命令を記憶するのに好適な任意のタイプのメディアに記憶され得る。さらに、本明細書で言及される任意のコンピューティングシステムは、単一のプロセッサを含み得るか、または、増加された計算能力のために複数のプロセッサ設計を採用するアーキテクチャであり得る。

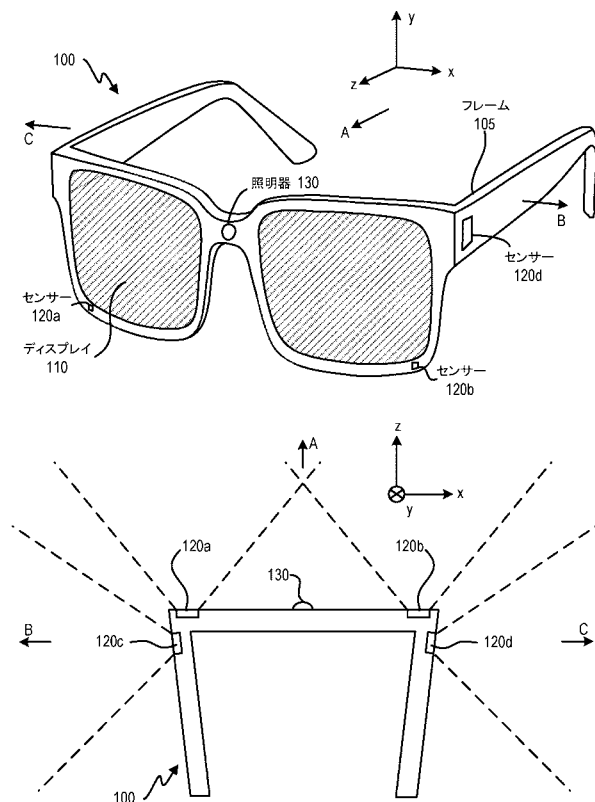
【0171】

本開示の例はまた、本明細書で説明されるコンピューティングプロセスによって製造される製品に関し得る。そのような製品は、コンピューティングプロセスから生じる情報を備え得、その情報は、非一時的有形コンピュータ可読記憶媒体に記憶され、本明細書で説明されるコンピュータプログラム製品または他のデータ組合せの任意の例を含み得る。

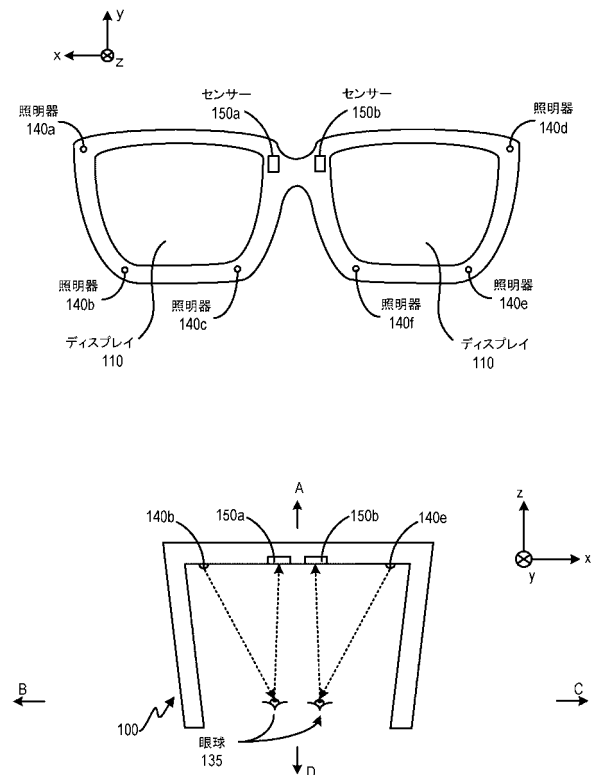
【0172】

本明細書で使用される言い回しは、主に読みやすさおよび教授の目的で選択されており、その言い回しは、本発明の主題を画定または制限するために選択されていないことがある。したがって、本開示の範囲はこの詳細な説明によって限定されるのではなく、むしろ、本明細書に基づく出願に関して生じる請求項によって限定されることが意図される。したがって、例の開示は、以下の特許請求の範囲に記載される本開示の範囲を例示するものであり、限定するものではない。

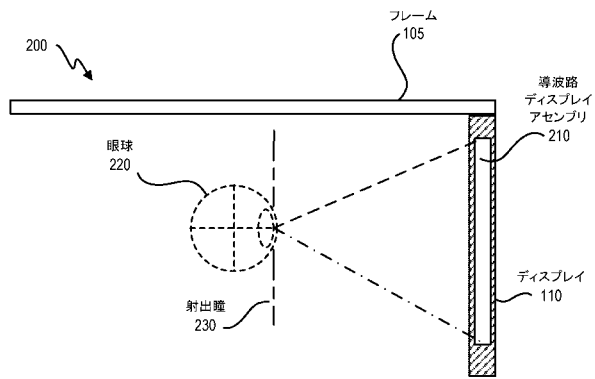
【図1A】



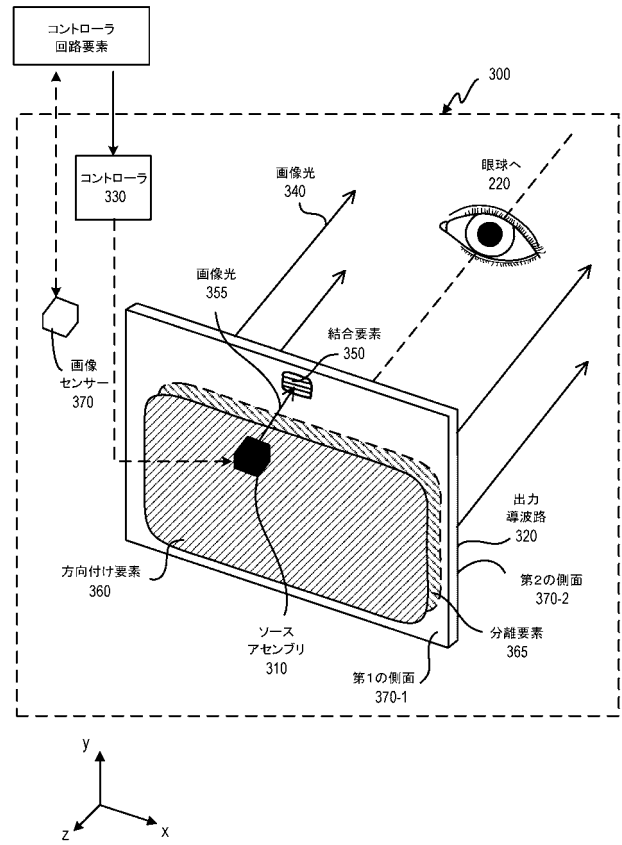
【図1B】



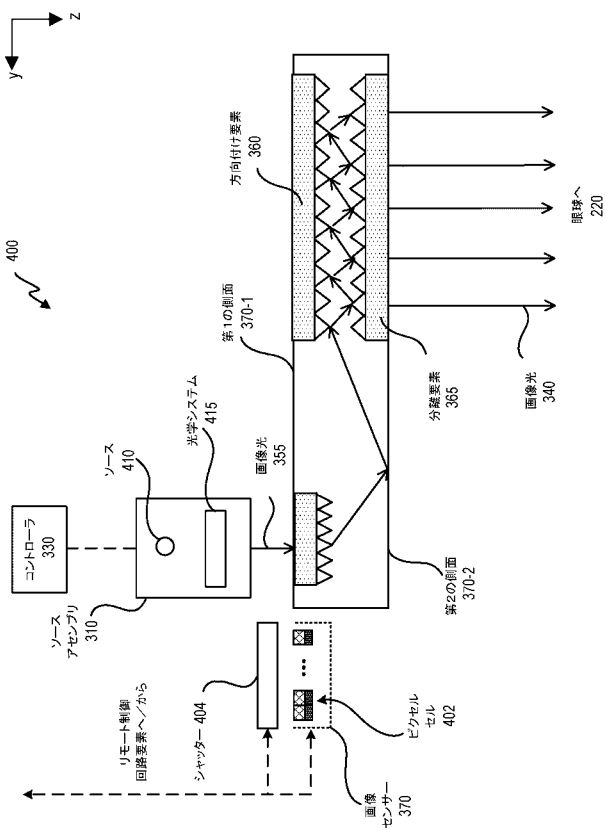
【図 2】



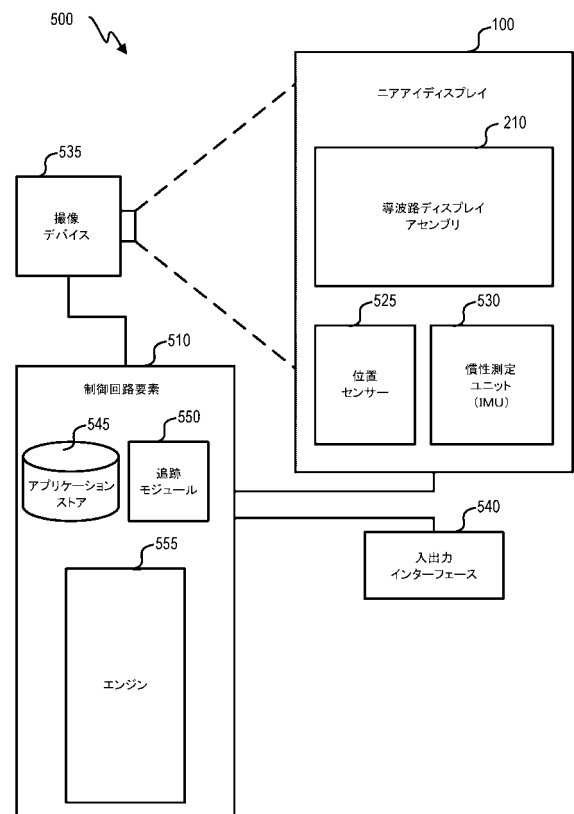
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【图 7 A】

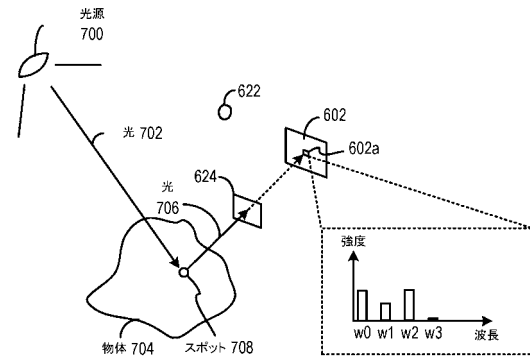
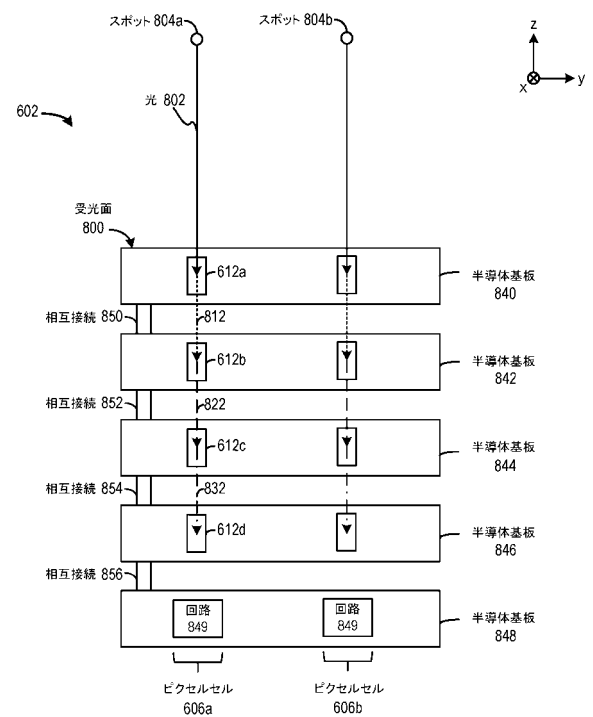
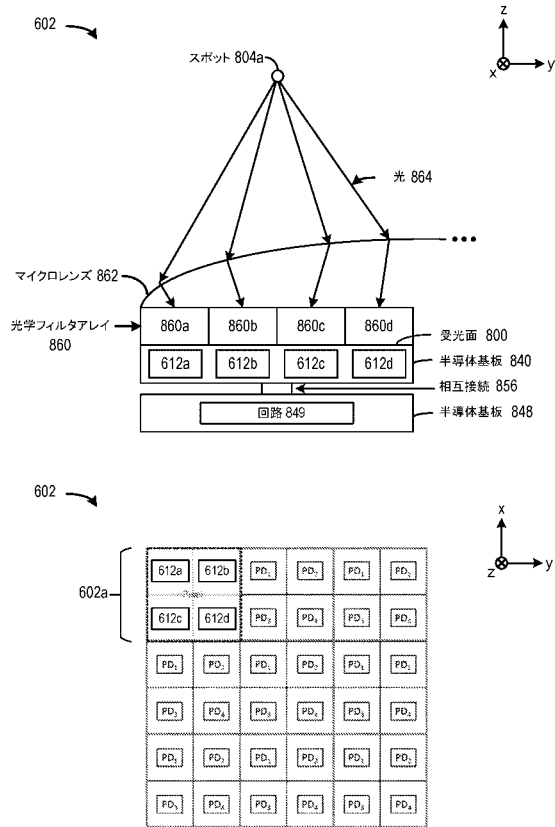


Figure 1 is a schematic diagram of a light source system. It shows a light source 602, a lens 622, a mirror 624, and a spot 708. Light 732 is emitted from the light source 602 through the lens 622. Light 734 is emitted from the light source 602 through the spot 708. The light 734 is reflected by the mirror 624. A graph shows the wavelength distribution of the light, with peaks at w0, w1, w2, and w3.

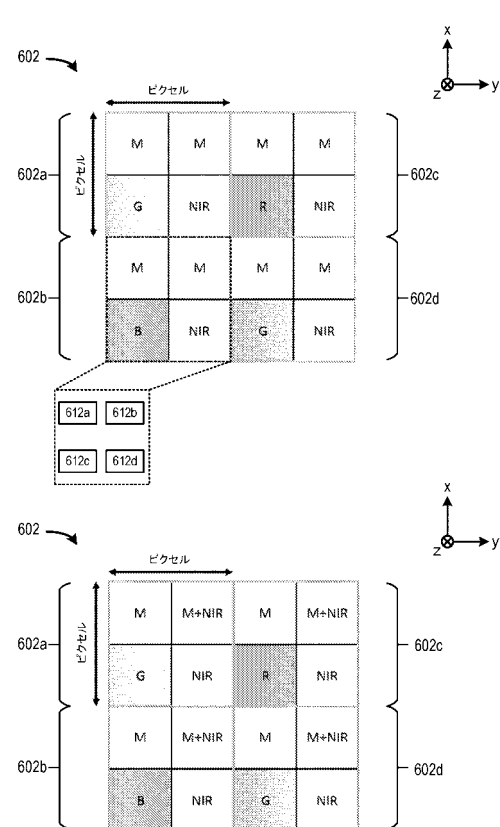
【图 8 A】



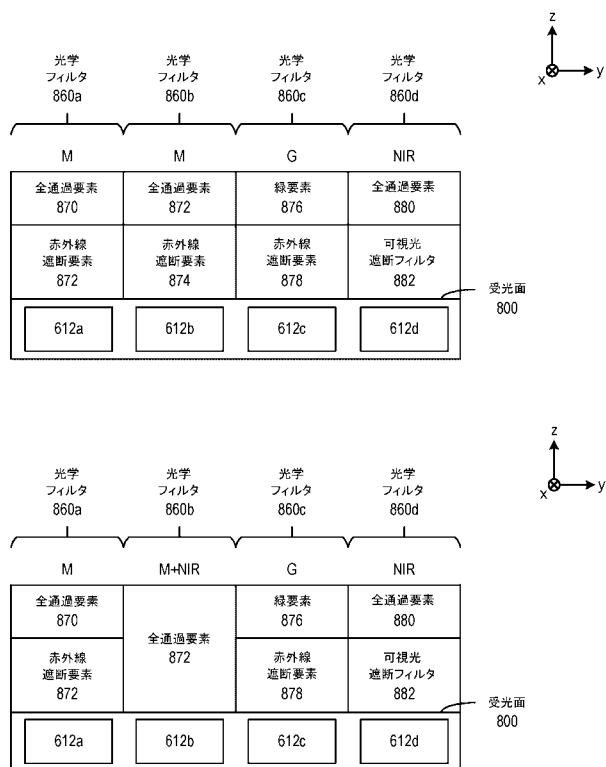
【図 8 B】



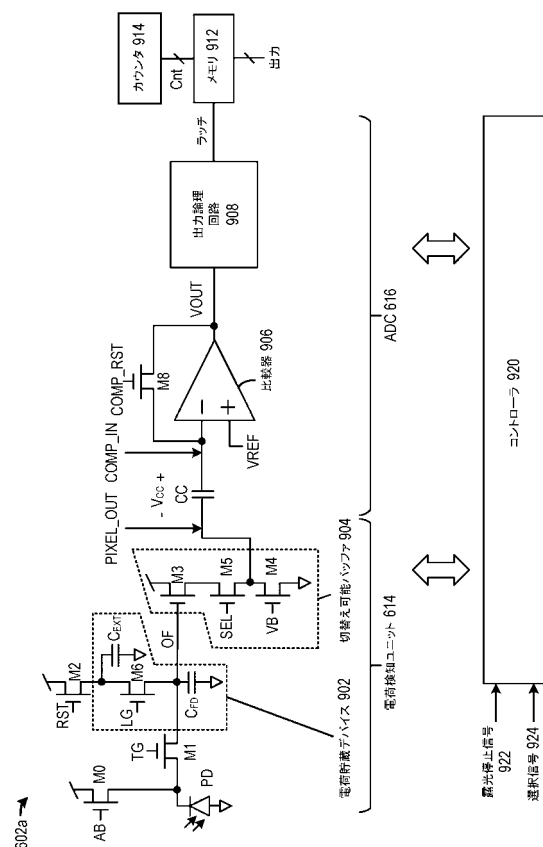
【図 8 C】



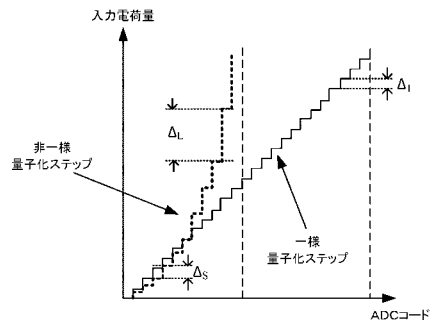
【図 8 D】



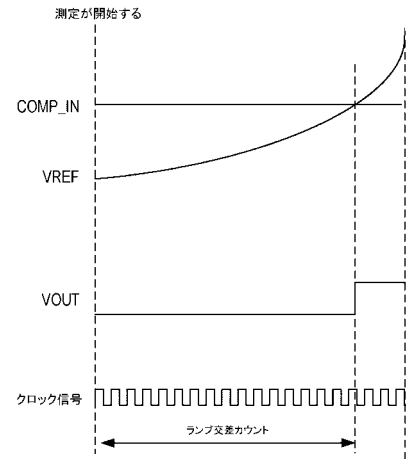
【図 9 A】



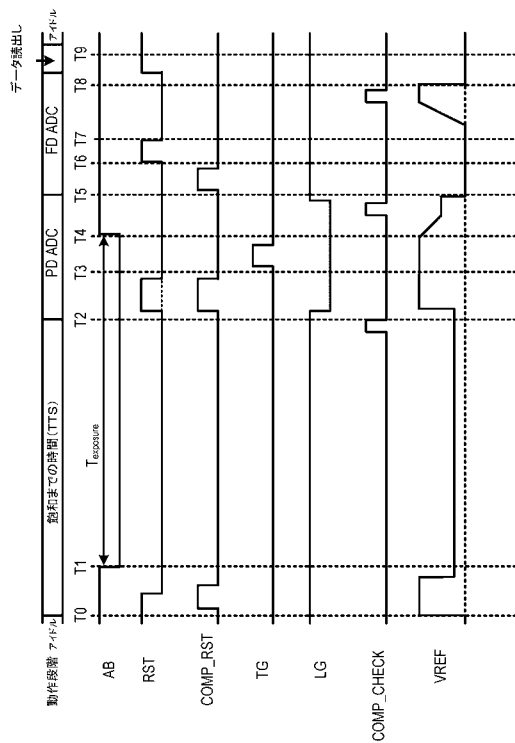
【図 1 1 C】



【図 1 1 D】

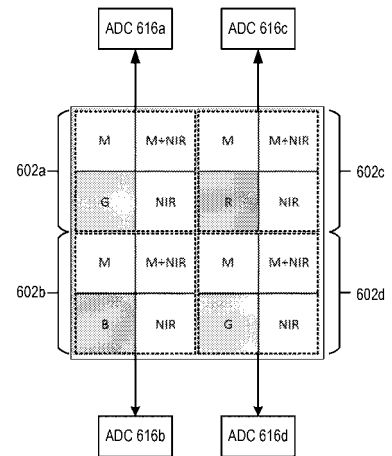


【図 1 2】

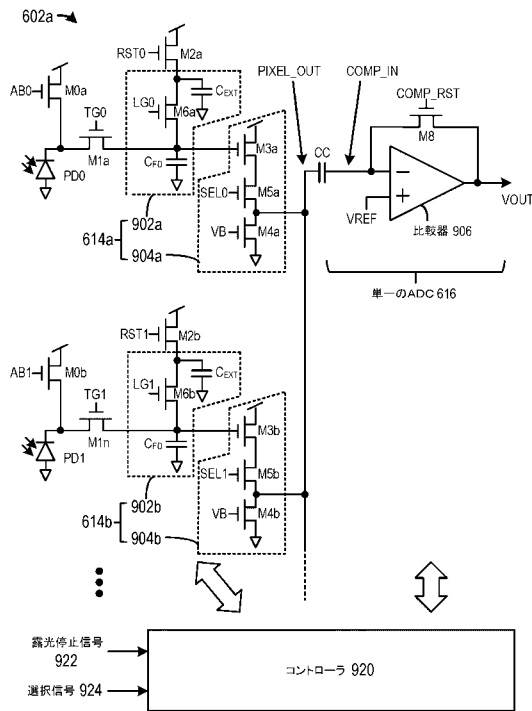


【図 1 3 A】

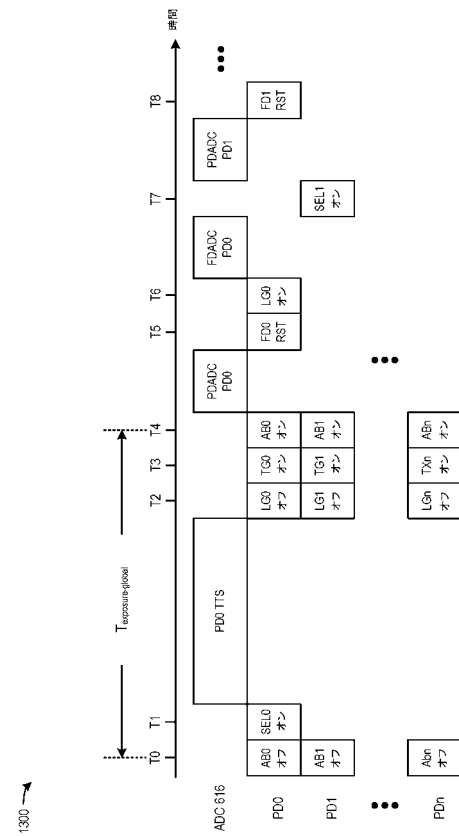
602



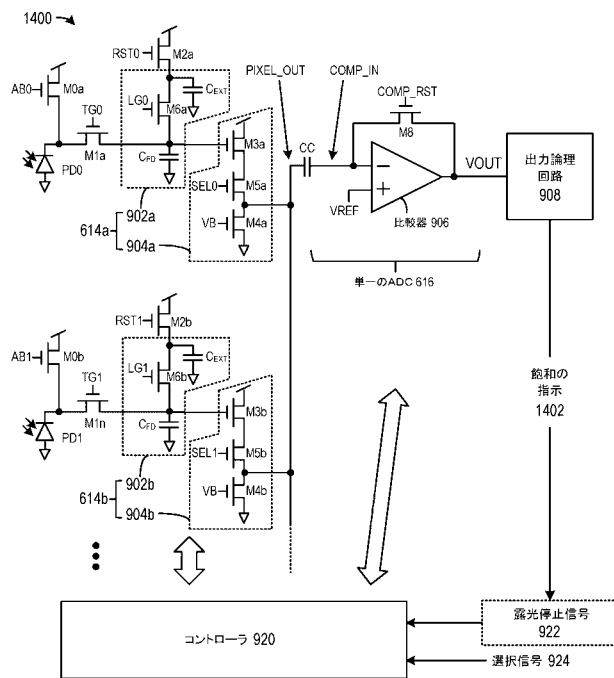
【図 1 3 B】



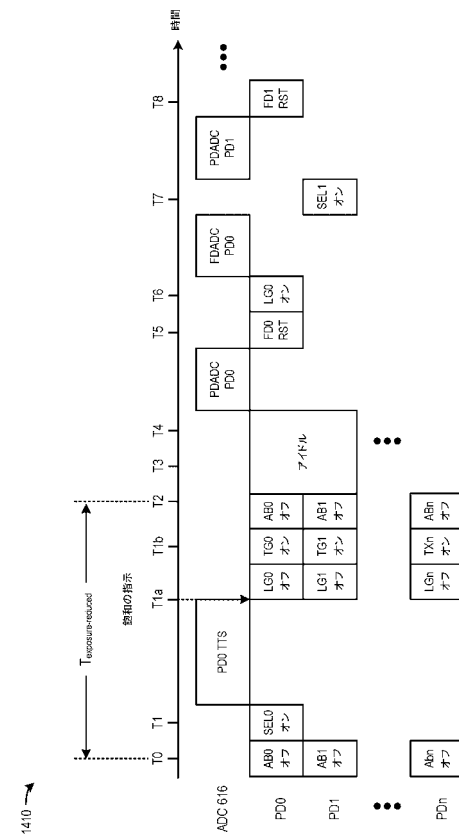
【図 1 3 C】



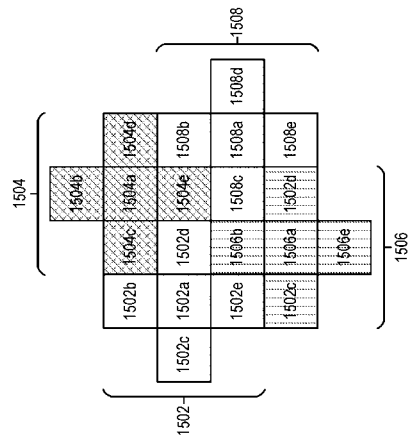
【図 1 4 A】



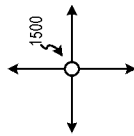
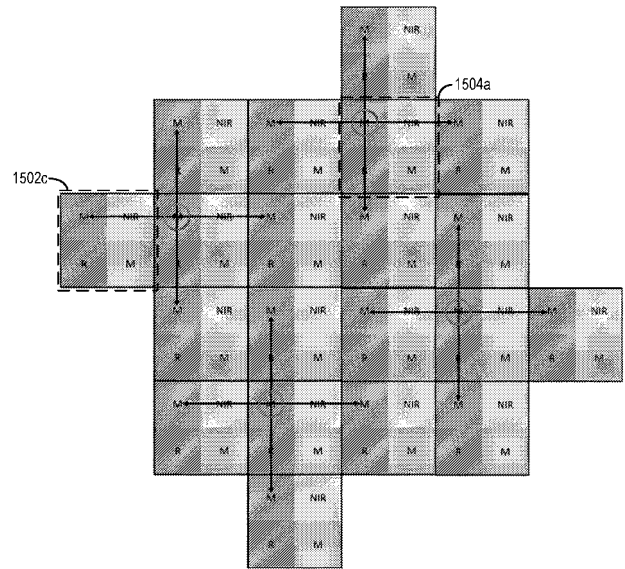
【図 1 4 B】



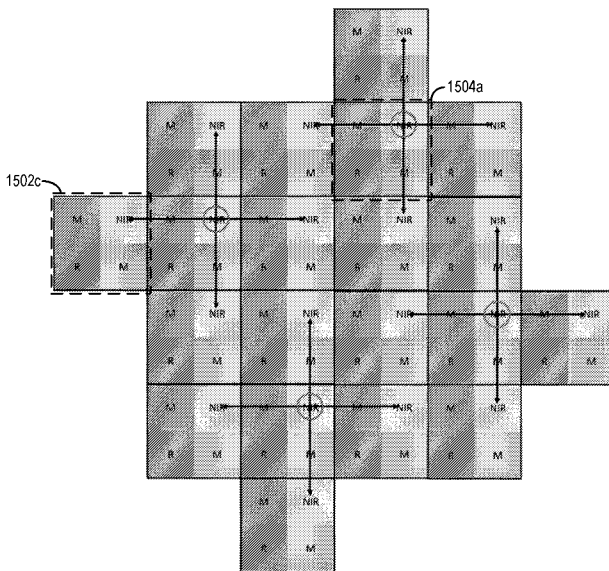
【図 15 A】



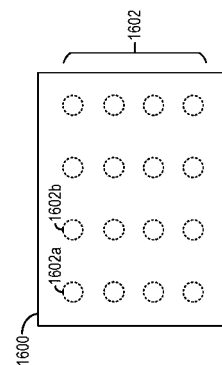
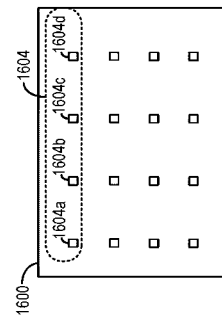
【図 15 B】



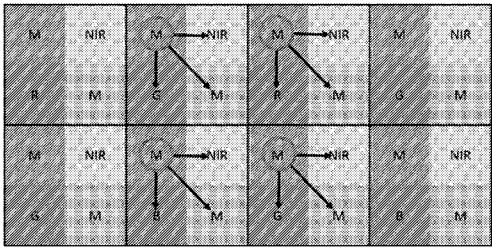
【図 15 C】



【図 16 A】

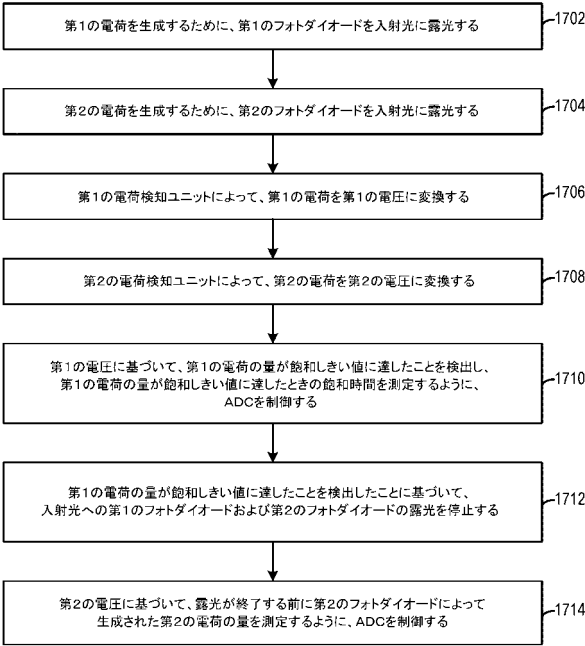


【図 16 B】



【図 17】

1700



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2019/047156

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H04N5/355 H04N5/3745
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2009/261235 A1 (LAHAV ASSAF [IL] ET AL) 22 October 2009 (2009-10-22) abstract figures 1-3	1-20
E	----- WO 2019/168929 A1 (FACEBOOK TECH LLC [US]) 6 September 2019 (2019-09-06) figures 11, 12A, 15 -----	1,19

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier application or patent but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 October 2019

Date of mailing of the international search report

23/10/2019

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Doswald, Daniel

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2019/047156

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009261235	A1	22-10-2009	NONE
WO 2019168929	A1	06-09-2019	US 2019273114 A1 05-09-2019 WO 2019168929 A1 06-09-2019

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(72)発明者 チェン, ソン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94025, メンロー パーク, ウィロー ロード 1601

(72)発明者 リュウ, シンチャオ
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94025, メンロー パーク, ウィロー ロード 1601

Fターム(参考) 5C024 CX47 EX52 GX03 GX16 GX18 GY39 GY41 HX23 HX29