

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-35168

(P2010-35168A)

(43) 公開日 平成22年2月12日 (2010. 2. 12)

(51) Int. Cl.	F I			テーマコード (参考)
H O 4 N 9/07 (2006.01)	H O 4 N	9/07	A	4 M 1 1 8
H O 1 L 27/146 (2006.01)	H O 1 L	27/14	A	5 C 0 2 4
H O 1 L 27/14 (2006.01)	H O 1 L	27/14	D	5 C 0 6 5
H O 4 N 5/335 (2006.01)	H O 4 N	5/335	E	

審査請求 未請求 請求項の数 79 O L (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2009-171682 (P2009-171682)	(71) 出願人	390019839
(22) 出願日	平成21年7月23日 (2009. 7. 23)		三星電子株式会社
(31) 優先権主張番号	10-2008-0072992		SAMSUNG ELECTRONICS
(32) 優先日	平成20年7月25日 (2008. 7. 25)		CO., LTD.
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		大韓民国京畿道水原市靈通区梅灘洞416
			416, Maetan-dong, Yeongtong-gu, Suwon-si,
			Gyeonggi-do 442-742
			(KR)
		(74) 代理人	100070150
			弁理士 伊東 忠彦
		(74) 代理人	100091214
			弁理士 大貫 進介
		(74) 代理人	100107766
			弁理士 伊東 忠重

最終頁に続く

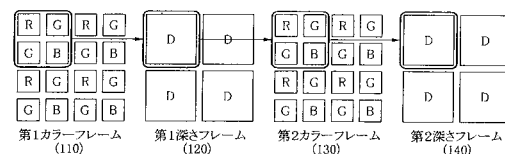
(54) 【発明の名称】 イメージング装置および方法

(57) 【要約】

【課題】 イメージング装置および方法を提供する。

【解決手段】 本発明のイメージセンサは、複数のピクセルを含み、複数のピクセルそれぞれは、光検出エレメントと、可視光成分を光検出エレメントに選択的に帯域通過させ、非可視光成分を光検出エレメントに帯域通過させるフィルタとを含む。これにより、同じピクセルを用いてカラー値および深さ値を得ることができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数のピクセルを含み、前記複数のピクセルのうちの少なくとも 1 つのピクセルからカラー値および深さ値を得るイメージセンサ。

【請求項 2】

前記少なくとも 1 つのピクセルは最小限、互いに隣接しない第 1 波長バンド (wave length band) および第 2 波長バンドを帯域通過させる請求項 1 に記載のイメージセンサ。

【請求項 3】

前記少なくとも 1 つのピクセルは、第 1 ピクセルおよび第 2 ピクセルを含み、前記第 1 ピクセルは最小限、第 1 波長バンドおよび第 2 波長バンドを帯域通過させ、前記第 2 ピクセルは最小限、第 2 波長バンドおよび第 3 波長バンドを通過させる (ただし、前記第 1 波長バンドと前記第 3 波長バンドは相違する) 請求項 1 に記載のイメージセンサ。

【請求項 4】

第 1 時間区間の間に前記少なくとも 1 つのピクセルから前記カラー値を得て、第 2 時間区間の間に前記少なくとも 1 つのピクセルから前記深さ値を得る請求項 1 に記載のイメージセンサ。

【請求項 5】

光源から前記第 2 時間区間の間に選択的に照射された光によって反射した反射光を用いて前記深さ値を得る請求項 4 に記載のイメージセンサ。

【請求項 6】

前記複数のピクセルがそれぞれのカラー値およびそれぞれの深さ値の取得に用いられる請求項 1 に記載のイメージセンサ。

【請求項 7】

光源と、

複数のピクセルを含み、前記複数のピクセルのうちの少なくとも 1 つのピクセルからカラー値および深さ値を得るイメージセンサと、

を含むイメージング装置。

【請求項 8】

前記少なくとも 1 つのピクセルは最小限、互いに隣接しない第 1 波長バンドおよび第 2 波長バンドを帯域通過させる請求項 7 に記載のイメージング装置。

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つのピクセルは、第 1 ピクセルおよび第 2 ピクセルを含み、前記第 1 ピクセルは最小限、第 1 波長バンドおよび第 2 波長バンドを帯域通過させ、前記第 2 ピクセルは最小限、第 2 波長バンドおよび第 3 波長バンドを通過させる (ただし、前記第 1 波長バンドと前記第 3 波長バンドは相違する) 請求項 5 に記載のイメージング装置。

【請求項 10】

第 1 時間区間の間に前記少なくとも 1 つのピクセルから前記カラー値を得て、第 2 時間区間の間に前記少なくとも 1 つのピクセルから前記深さ値を得る請求項 7 に記載のイメージング装置。

【請求項 11】

前記光源は前記第 2 時間区間の間に選択的に光を照射する請求項 10 に記載のイメージング装置。

【請求項 12】

前記照射された光は非可視光線である請求項 11 に記載のイメージング装置。

【請求項 13】

前記照射された光は赤外線である請求項 12 に記載のイメージング装置。

【請求項 14】

前記少なくとも 1 つのピクセルは、前記第 1 時間区間の間に第 1 光成分を感知し、前記第 2 時間区間の間に第 2 光成分を感知する請求項 10 に記載のイメージング装置。

10

20

30

40

50

【請求項 15】

前記第1時間区間の間に感知された前記第1光成分に基づいて前記カラー値を得て、前記第2時間区間の間に感知された前記第2光成分に基づいて前記深さ値を得る請求項14に記載のイメージング装置。

【請求項 16】

前記複数のピクセルがそれぞれのカラー値およびそれぞれの深さ値の取得に用いられる請求項7に記載のイメージング装置。

【請求項 17】

複数のピクセルを含み、
前記複数のピクセルそれぞれは、
光検出エレメントと、
可視光成分を前記光検出エレメントに選択的に帯域通過させ、非可視光成分を前記光検出エレメントに帯域通過させるフィルタと、
を含むイメージセンサ。

【請求項 18】

前記光検出エレメントはフォトダイオードである請求項17に記載のイメージセンサ。

【請求項 19】

前記非可視光成分は赤外線である請求項17に記載のイメージセンサ。

【請求項 20】

前記複数のピクセルのうちの少なくとも1つのピクセルは、赤色光成分および非可視光成分を帯域通過させるフィルタを含む請求項17に記載のイメージセンサ。

【請求項 21】

前記複数のピクセルのうちの少なくとも1つのピクセルは、緑色光成分および非可視光成分を帯域通過させるフィルタを含む請求項13に記載のイメージセンサ。

【請求項 22】

前記複数のピクセルのうちの少なくとも1つのピクセルは、青色光成分および非可視光成分を帯域通過させるフィルタを含む請求項17に記載のイメージセンサ。

【請求項 23】

前記複数のピクセルのうちの少なくとも1つのピクセルは、青緑色光成分および非可視光成分を帯域通過させるフィルタを含む請求項17に記載のイメージセンサ。

【請求項 24】

前記複数のピクセルのうちの少なくとも1つのピクセルは、赤紫色光成分および非可視光成分を帯域通過させるフィルタを含む請求項17に記載のイメージセンサ。

【請求項 25】

前記複数のピクセルのうちの少なくとも1つのピクセルは、黄色光成分および非可視光成分を帯域通過させるフィルタを含む請求項17に記載のイメージセンサ。

【請求項 26】

前記複数のピクセルそれぞれが含むフィルタの面積は同じである請求項17に記載のイメージセンサ。

【請求項 27】

前記複数のピクセルは、繰り返される 2×2 ピクセルグループのアレイを含む請求項17に記載のイメージセンサ。

【請求項 28】

前記繰り返される 2×2 ピクセルグループの少なくとも1つの 2×2 ピクセルグループのアレイは、赤色ピクセル、青色ピクセル、および2つの緑色ピクセルを含む請求項27に記載のイメージセンサ。

【請求項 29】

前記繰り返される 2×2 ピクセルグループの少なくとも1つの 2×2 ピクセルグループのアレイは、青緑色ピクセル、赤紫色ピクセルエレメント、黄色ピクセル、および緑色ピクセルを含む請求項27に記載のイメージセンサ。

【請求項 30】

前記複数のピクセルそれぞれは、
前記光検出エレメントを浮遊拡散ノードと連結する第1伝達部と、
前記浮遊拡散ノードの電圧および行制御信号に基づいてビットラインの電圧を制御する
選択駆動部と、
前記光検出エレメントをシンクラインと連結する第2伝達部と、
を備える請求項17に記載のイメージセンサ。

【請求項 31】

前記複数のピクセルのうちの少なくとも2つのピクセルは、それぞれの第1伝達部および共通の浮遊拡散ノードを含み、前記少なくとも2つのピクセルは、選択的に個々に (s
e
l
e
c
t
i
v
e
l
y
 s
e
p
a
r
a
t
e
l
y) 対応するそれぞれの光検出エレメントを
前記浮遊拡散ノードに連結し、共通で (c
o
l
l
e
c
t
i
v
e
l
y) 前記対応する光検出
エレメントを前記浮遊拡散ノードに連結する請求項30に記載のイメージセンサ。

10

【請求項 32】

非可視光成分を生成する光源と、
複数のピクセルと、
を含み、
前記複数のピクセルそれぞれは、
光検出エレメントと、
可視光成分を前記光検出エレメントに選択的に帯域通過させ、非可視光成分を前記光検
出エレメントに帯域通過させるフィルタと、
を含むイメージング装置。

20

【請求項 33】

前記複数のピクセルそれぞれは、
前記可視光成分に基づいてカラー値を得て、前記非可視光成分に基づいて深さ値を得る
請求項32に記載のイメージング装置。

【請求項 34】

前記複数のピクセルから得られた前記カラー値を組み合わせてカラーイメージを得て、
前記複数のピクセルから得られた前記深さ値を組み合わせて深さイメージを得る請求項3
3に記載のイメージング装置。

30

【請求項 35】

前記複数のピクセルそれぞれは、
第1時間区間の間に前記カラー値を得て、第2時間区間の間に前記深さ値を得る請求項3
3に記載のイメージング装置。

【請求項 36】

前記光源は、
前記第2時間区間の間に選択的に前記非可視光成分を生成する請求項35に記載のイメ
ージング装置。

【請求項 37】

少なくとも1つのピクセルを含み、
前記少なくとも1つのピクセルは、
光検出エレメントを浮遊拡散ノードと連結する第1伝達部と、
前記浮遊拡散ノードの電圧および行制御信号に基づいてビットラインの電圧を制御する
駆動部と、
前記光検出エレメントをシンクラインと連結する第2伝達部と、
を備えるイメージセンサ。

40

【請求項 38】

前記浮遊拡散ノードは、選択的に、前記少なくとも1つのピクセルの前記第1伝達部ま
たはイメージセンサの他のピクセルの第1伝達部に電氣的に連結される請求項37に記載
のイメージング装置。

50

【請求項 39】

前記少なくとも 1 つのピクセルおよび前記他のピクセルは、選択的に個々に対応するそれぞれの光検出エレメントを前記浮遊拡散ノードに連結し、共通で前記少なくとも 1 つのピクセルの前記対応する光検出エレメントを前記浮遊拡散ノードに連結する請求項 38 に記載のイメージング装置。

【請求項 40】

前記第 1 伝達部は、活性時間区間の間に前記光検出エレメントによって生成された電荷を前記浮遊拡散ノードに伝達し、非活性時間区間の間に前記光検出エレメントおよび前記浮遊拡散ノードの間を電氣的に遮断する請求項 37 に記載のイメージセンサ。

【請求項 41】

前記第 2 伝達部は、
前記活性時間区間の間に前記光検出エレメントおよび前記シンクラインの間を電氣的に遮断し、前記非活性時間区間の間に前記光検出エレメントによって生成された電荷を前記シンクラインに伝達する請求項 40 に記載のイメージセンサ。

【請求項 42】

前記第 2 伝達部はトランジスタであり、
前記トランジスタのゲート端子およびソース端子は前記シンクラインに連結され、前記トランジスタのドレイン端子は前記光検出エレメントに連結される請求項 40 に記載のイメージセンサ。

【請求項 43】

前記第 1 伝達部は、
前記活性時間区間の間、物体と前記少なくとも 1 つのピクセルの間の距離に相応する正の電荷を前記浮遊拡散ノードに伝達する請求項 40 に記載のイメージセンサ。

【請求項 44】

前記少なくとも 1 つのピクセルは、
リセット制御信号によって前記浮遊拡散ノードの電圧をリセットするリセットトランジスタ、
をさらに備える請求項 37 に記載のイメージセンサ。

【請求項 45】

前記選択駆動部は、
駆動トランジスタと、
選択トランジスタと、
を備え、
前記駆動トランジスタのゲート端子は前記浮遊拡散ノードに連結され、前記駆動トランジスタのドレイン端子は電源に連結され、前記駆動トランジスタのソース端子は前記選択トランジスタのドレイン端子に連結され、
前記選択トランジスタのゲート端子は前記行制御信号に連結され、前記選択トランジスタのソース端子は前記ビットラインに連結される請求項 37 に記載のイメージセンサ。

【請求項 46】

前記選択駆動部は、
入力端子は前記浮遊拡散ノードに連結され、負の利得を有する増幅器と、
前記増幅器の入力端子および出力端子に連結されるコンデンサと、
リセット制御信号によって前記増幅器の入力端子および出力端子の間の電位差をリセットするリセットトランジスタと、
選択トランジスタと、
を備え、
前記選択トランジスタのゲート端子は前記行制御信号に連結され、前記選択トランジスタのドレイン端子は前記増幅器の出力端子に連結され、前記選択トランジスタのソース端子は前記ビットラインに連結される請求項 37 に記載のイメージセンサ。

【請求項 47】

4 個のピクセルが 1 つの浮遊拡散ノードを共有する請求項 37 に記載のイメージセンサ。

【請求項 48】

イメージセンサのピクセルを用いて第 1 時間区間の間に第 1 光成分を感知するステップと、

前記イメージセンサの前記ピクセルを用いて第 2 時間区間の間に第 2 光成分を感知するステップ（ただし、前記第 1 光成分は、前記第 2 光成分と相違する特徴を有する）と、
を含むイメージング方法。

【請求項 49】

前記第 1 光成分を感知するステップは、前記第 1 光成分の強度（i n t e n s i t y）を測定するステップを含み、前記第 2 光成分を感知するステップは、前記第 2 光成分の T O F（T i m e o f f l i g h t）を測定するステップを含む請求項 48 に記載のイメージング方法。

10

【請求項 50】

前記第 1 光成分は可視光成分であり、前記第 2 光成分は非可視光成分である請求項 48 に記載のイメージング方法。

【請求項 51】

前記第 2 光成分は赤外線である請求項 50 に記載のイメージング方法。

【請求項 52】

前記第 1 時間区間の間に感知された前記第 1 光成分に基づいて前記ピクセルのカラー値を生成するステップと、

20

前記第 2 時間区間の間に感知された前記第 2 光成分に基づいて前記ピクセルの深さ値を生成するステップと、

をさらに含む請求項 48 に記載のイメージング方法。

【請求項 53】

イメージセンサ内の共に配置された（c o - l o c a t e d）複数のピクセルを用いて第 1 時間区間の間に第 1 光成分を感知するステップと、

前記第 1 時間区間以後に第 2 光成分を照射するステップ（ただし、前記第 1 光成分は、前記第 2 光成分と相違する特徴を有する）と、

前記イメージセンサの前記複数のピクセルを用いて前記第 2 光成分が物体によって反射した反射光を第 2 時間区間の間に感知するステップと、

30

前記感知された反射光から前記物体の深さイメージを得るステップと、

を含むイメージング方法。

【請求項 54】

前記第 1 光成分を感知するステップは、前記第 1 光成分の強度を測定するステップを含み、前記第 2 光成分を感知するステップは、前記第 2 光成分の T O F を測定するステップを含む請求項 53 に記載のイメージング方法。

【請求項 55】

前記第 1 光成分は可視光成分であり、前記第 2 光成分は非可視光成分である請求項 53 に記載のイメージング方法。

40

【請求項 56】

前記第 2 光成分は赤外線である請求項 55 に記載のイメージング方法。

【請求項 57】

前記第 1 時間区間の間に感知された前記第 1 光成分に基づいて前記物体のカラーイメージを生成するステップ、

をさらに含む請求項 53 に記載のイメージング方法。

【請求項 58】

前記物体のカラーイメージを生成するステップは、

前記イメージセンサの前記複数のピクセルそれぞれを用いて感知された前記第 1 光成分に基づいて前記共に配置された複数のピクセルそれぞれのカラー値を生成するステップと

50

、

前記複数のピクセルそれぞれのカラー値を組み合わせる前記物体のカラーイメージを生成するステップと、

を含む請求項 57 に記載のイメージング方法。

【請求項 59】

前記物体のカラーイメージを得るステップは、

前記第 1 時間区間の間に感知された前記第 1 光成分に基づいて第 1 感知情報を生成するステップと、

前記第 1 感知情報に対して前記第 1 光成分以外の他の光成分の影響によって発生した雑音を除去するステップと、

を含む請求項 57 に記載のイメージング方法。

【請求項 60】

前記第 1 光成分以外の他の光成分は第 2 光成分である請求項 59 に記載のイメージング方法。

【請求項 61】

前記物体の深さイメージを生成するステップは、

前記イメージセンサの前記複数のピクセルそれぞれを用いて感知された前記反射光に基づいて前記複数のピクセルそれぞれの深さ値を生成するステップと、

前記複数のピクセルそれぞれの深さ値を組み合わせる前記物体の深さイメージを生成するステップと、

を含む請求項 53 に記載のイメージング方法。

【請求項 62】

前記物体の深さイメージを生成するステップは、

前記第 2 時間区間の間に感知された前記第 2 光成分に基づいて第 2 感知情報を生成するステップと、

前記第 2 感知情報に対して前記第 2 光成分以外の他の光成分の影響によって発生した雑音を除去するステップと、

を含む請求項 53 に記載のイメージング方法。

【請求項 63】

前記第 2 光成分以外の他の光成分は前記第 1 光成分である請求項 62 に記載のイメージング方法。

【請求項 64】

前記物体の深さイメージを生成するステップは、

前記第 2 光成分を照射するステップおよび前記反射光を前記第 2 時間区間の間に感知するステップが閾値回数だけ繰り返して実行された後に実行される請求項 53 に記載のイメージング方法。

【請求項 65】

前記反射光を前記第 2 時間区間の間に感知するステップは、

前記第 2 時間区間の活性時間区間の間に前記感知された反射光によって生成された電荷に関連する情報をビットラインに伝達するステップと、

前記第 2 時間区間の非活性時間区間の間に前記感知された反射光によって生成された電荷を放電するステップと、

を含む請求項 53 に記載のイメージング方法。

【請求項 66】

少なくとも 1 つのピクセルをイメージセンサで構成し、前記少なくとも 1 つのピクセルは、光検出エレメントおよびバンドパスフィルタを含ませるステップを含むように構成し、

、

前記少なくとも 1 つのピクセルは、

前記光検出エレメントを浮遊拡散ノードに連結させる第 1 伝達部と、

前記浮遊拡散ノードの電圧および行制御信号に基づいてビットラインの電圧を制御する

10

20

30

40

50

駆動部と、

前記光検出エレメントをシンクラインと連結する第2伝達部と、
を含むように構成するイメージセンサ製造方法。

【請求項67】

前記浮遊拡散ノードは、選択的に、前記少なくとも1つのピクセルの前記第1伝達部および前記イメージセンサの他のピクセルの第2伝達部に電氣的に連結されるようにさらに構成する請求項66に記載のイメージセンサ製造方法。

【請求項68】

前記少なくとも1つのピクセルおよび前記他のピクセルは、選択的に個々に、1つの対応する光検出エレメントを前記浮遊拡散ノードに連結し、前記少なくとも1つのピクセルおよび前記他のピクセルの前記対応する光検出エレメントを前記浮遊拡散ノードに共通に連結されるようにさらに構成する請求項67に記載のイメージセンサ製造方法。

【請求項69】

前記第1伝達部は、前記光検出エレメントによって生成された電荷を特定の活性時間周期 (defined active time period) の間に前記浮遊拡散ノードに伝達し、特定の非活性時間周期 (defined inactive time period) の間に前記光検出エレメントと前記浮遊拡散ノードの間の連結を断絶するようにさらに構成する請求項66に記載のイメージセンサ製造方法。

【請求項70】

前記第2伝達部は、前記活性時間周期の間に前記光検出エレメントと前記シンクラインの間の連結を断絶し、前記光検出エレメントによって生成された電荷を前記非活性時間周期の間に前記シンクラインに伝達するようにさらに構成する請求項69に記載のイメージセンサ製造方法。

【請求項71】

前記第2伝達部は、ゲート端子 (gate terminal) およびソース端子 (source terminal) が前記シンクラインに連結され、ドレイン端子 (drain terminal) が前記光検出エレメントに連結されるトランジスタとなるようにさらに構成される請求項69に記載のイメージセンサ製造方法。

【請求項72】

前記第1伝達部は、前記少なくとも1つのピクセルによって感知された光に対応する蓄積電荷 (accumulated charge) を前記活性時間周期の間に前記浮遊拡散ノードに伝達するようにさらに構成する請求項69に記載のイメージセンサ製造方法。

【請求項73】

前記少なくとも1つのピクセルがリセットトランジスタ (reset transistor) およびリセット制御線 (reset control line) をさらに含むようにさらに構成する (ただし、前記リセットトランジスタは、前記リセット制御線のリセット制御信号に対応して前記浮遊拡散ノードの電圧をリセットする) 請求項66に記載のイメージセンサ製造方法。

【請求項74】

前記駆動部が駆動トランジスタ (driving transistor) および選択トランジスタ (selective transistor) をさらに含むように構成され、

前記駆動トランジスタのゲート端子は、前記浮遊拡散ノードに連結され、前記駆動トランジスタのドレイン端子は電源に連結され、前記駆動トランジスタのソース端子は、前記選択トランジスタのドレイン端子に連結され、

前記選択トランジスタのゲート端子は行信号線 (row signal line) に連結され、前記選択トランジスタのソース端子は前記ビットライン信号線に連結される請求項66に記載のイメージセンサ製造方法。

【請求項75】

前記駆動部は、

10

20

30

40

50

負の利得 (negative gain) を有する増幅器 (amplifier) と、
前記浮遊拡散ノードに連結された入力端子と、
前記入力端子および前記増幅器の出力端子に連結されたキャパシタ (capacitor) と、

リセット信号に対応して、前記入力端子および前記増幅器の前記出力端子の間の電圧差をリセットするリセットトランジスタと、

を含むように構成され、

前記駆動部は、ゲート端子が前記行信号線に連結され、ドレイン端子が前記増幅器の前記出力端子に連結され、ソース端子が前記ビットライン信号線に連結された、選択トランジスタを含むように構成する請求項 66 に記載のイメージセンサ製造方法。

10

【請求項 76】

前記イメージセンサは、複数のピクセルグループを含むように構成し、

前記複数のピクセルグループのうち、1つのピクセルグループは単一の浮遊拡散ノードを共有し、前記1つのピクセルグループは、前記1つのグループを構成するピクセルそれぞれから蓄積された電荷を選択的に前記単一浮遊拡散ノードに共通または分割して伝達するようにさらに構成する請求項 66 に記載のイメージセンサ製造方法。

【請求項 77】

前記イメージング方法を実行する少なくとも1つの処理装置を制御するコンピュータ読み取り可能なコード (computer readable code) を含む請求項 48 に記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

20

【請求項 78】

前記イメージング方法を実行する少なくとも1つの処理装置を制御するコンピュータ読み取り可能なコードを含む請求項 53 に記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 79】

前記イメージセンサ製造方法を実行する少なくとも1つの処理装置を制御するコンピュータ読み取り可能なコードを含む請求項 48 に記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、イメージセンサ、イメージング装置、イメージセンサの動作方法、およびイメージング方法に関する。

【背景技術】

【0002】

最近、イメージセンサ (image sensor) を備えた携帯用装置 (例えば、デジタルカメラ、移動通信端末機など) が開発されて販売されている。イメージセンサは、ピクセル (pixel) またはフォトサイト (Photosite) と呼ばれる小さいフォトダイオード (photodiode) のアレイ (array) で構成される。一般的に、ピクセルは、光から色相を直接的に抽出せずに、広いスペクトル帯域の光子 (photon) を電子 (electron) に変換する。したがって、イメージセンサのピクセルは、広いスペクトル帯域の光のうち色相取得に必要な帯域の光のみが入力される必要がある。イメージセンサのピクセルは、カラーフィルタ (color filter) などと結合して、特定色相に対応する光子のみを電子に変換することができる。

40

【0003】

イメージセンサを用いて3次元映像を取得するためには、色相だけではなく物体とイメージセンサとの間の距離に関する情報を得る必要がある。一般的に、物体とイメージセンサとの間の距離に関して再構成された映像を、該当分野では深さイメージ (depth image) と表現する。一般的に、深さイメージは、可視光線 (visible light) 領域以外の赤外線 (infrared light) を用いて得られる。

【0004】

50

一方、一般的にオブジェクトのカラーイメージおよび深さ（または距離）イメージを取得する方法には2種類がある。そのうちの1つは、例えば、複数の波長帯域を分配するような方式であって、特定の波長帯域の光を反射（reflect）したりまたは屈折（redirect）させたりし、他の波長領域の光を回折（reflect）させるビーム分配器（beam splitter）を用いる方法である。図16に示すように、ビーム分配器は、カラーイメージを生成するために求められる特定の可視光線と、深さイメージを生成するために求められる特定の赤外線を分配する。ここで、ビーム分配器による方法は、分配された光を感知するための2つ以上のセンサを必要とし、したがってカラー情報と深さ情報を別途で取得するようになる。米国特許第7, 224, 384は、このような3Dセンシングシステムの例を示している。このようなビーム分配器による方法は、ビーム分配器および通常は2つ以上のセンサを必要とし、したがって大きさ（size）や費用（cost）において問題がある。通常の既存のカメラ装置においてこのようなシステムを実現することにより、イメージを得るためには、求められるシステムの大きさが非常に大きく、費用が非常に高い。さらに、取得したカラーイメージと深さイメージの整列状態や位置の特性が互いに合わないため、カラーイメージと深さイメージをマッチング（matching）することも容易ではない。

10

【0005】

さらに他の方法は、単に1つのセンサのみを用いてカラーイメージおよび深さイメージを取得する方法である。図17aは、通常のカメラセンサ全般のピクセルに赤外線を感知するピクセルが分布されているカラーセンサの実施形態を概念的に示す図である。この実施形態において、赤外線を感知するピクセルは、R、G、B波長帯域の可視光線を感知するピクセルと同じ線上で整列させることができる。図17bは、米国特許第7, 262, 402で提示された、 $n \times m$ センサアレイの実施形態を示す図である。ここで、小さいサイズのピクセル101は、例えば、R、G、B波長帯域の可視光線の強度（strength）を測定するピクセルであり、大きいサイズのピクセル100は、オブジェクトに向かって照射された赤外線が反射して戻ってくる時間を測定してオブジェクトの深さを測定するためのピクセルである。このような方式でオブジェクトの深さを測定することをTOF（Time of flight）方式という。

20

【0006】

図17cは、国際知的財産機構（WIPO）へのPCT出願であるPCT/IL01/01159で提示された実施形態である。ここで、大きいサイズのピクセル21は赤外線を感知し、他のピクセル22、23、24はそれぞれRed、Green、およびBlueの光を感知する。ここで、赤外線を感知するセンサは、可視光線を感知するピクセルの間に位置するため、カラーイメージの解像度（spatial resolution）および深さイメージの解像度は減少する。しかしながら、このような整列方式では、TOFを測定するための特定の回路が求められ、赤外線感知センサの低い感度（lower sensitivity）のために赤外線感知センサがカラーピクセルよりも大きくなければならないなどの問題がある。図17bの実施形態では、対応するピクセルの特定の感知部がSPAD（single photon avalanche diode）で極限化されるという問題もある。

30

40

【0007】

したがって、このような問題を克服する技術が求められている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の一実施形態によれば、カラー（color）によって表現されるカラーイメージ（color image）および距離（distance）によって表現される深さイメージを1つのピクセルを用いて得ることができる装置および方法を提供することを目的とする。

【0009】

50

また、本発明の一実施形態によれば、空間解像度を減らさずにカラーイメージおよび深さイメージを1つのピクセルによって得ることを他の目的とする。

【0010】

本発明の一実施形態によれば、複数のピクセルが検出回路を共有するピクセル構造 (pixel structure) を用いてイメージセンサのサイズを減らすことを他の目的とする。

【0011】

さらに、本発明の一実施形態によれば、深さイメージを取得するためのピクセルの大きさを大きくしないと共に、深さイメージの信号対雑音比 (Signal to Noise Ratio: SNR) を高めることを他の目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の一実施形態に係るイメージセンサは、複数のピクセルを含み、前記複数のピクセルのうちの少なくとも1つの同じピクセルからカラー値および深さ値を得ることができる。

【0013】

本発明の一実施形態に係るイメージセンサは、複数のピクセルを含み、前記複数のピクセルのうちの少なくとも1つのピクセルは、カラー値および深さ値を別途で提供する。

【0014】

本発明の一実施形態に係るイメージング装置 (imaging device) は、光源およびイメージセンサを含み、前記イメージセンサは複数のピクセルを含み、前記複数のピクセルのうちの少なくとも1つのピクセルからカラー値および深さ値を得ることができる。

20

【0015】

本発明の一実施形態に係るイメージセンサは、複数のピクセルを含み、前記複数のピクセルそれぞれは、光検出エレメント (light-detector element) と、所定の波長の可視光成分及び所定の波長の非可視光成分を前記光検出エレメントに帯域通過 (band-pass) させるフィルタとを含むことができる。

【0016】

本発明の一実施形態に係るイメージング装置は、非可視光成分を生成する光源および複数のピクセルを含み、前記複数のピクセルそれぞれは、光検出エレメントと、所定の波長の可視光成分及び所定の波長の非可視光成分を前記光検出エレメントに帯域通過させるフィルタとを含むことができる。

30

【0017】

本発明の一実施形態に係るイメージセンサは、少なくとも1つのピクセルを含み、前記少なくとも1つのピクセルは、光検出エレメントを浮遊拡散ノード (FD node) と連結する第1伝達部と、前記浮遊拡散ノードの電圧および行制御信号に基づいてビットラインの電圧を制御する選択駆動部と、前記光検出エレメントをシンクラインと連結する第2伝達部とを備えることができる。

【0018】

本発明の一実施形態に係るイメージング動作方法 (imaging method) は、イメージセンサのピクセルを用いて第1時間区間の間に第1光成分を感知するステップと、前記イメージセンサの前記ピクセルを用いて第2時間区間の間に第2光成分を感知するステップとを含むことができる。

40

【0019】

本発明の一実施形態に係るイメージング方法 (imaging method) は、イメージセンサの複数のピクセルを用いて第1時間区間の間に第1光成分を感知するステップと、前記第1時間区間の後に第2光成分を照射するステップと、前記イメージセンサの前記複数のピクセルを用いて前記第2光成分が物体によって反射した反射光を第2時間区間の間に感知するステップと、前記感知された反射光から前記物体の深さイメージを得る

50

ステップとを含むことができる。

【0020】

本発明の一実施形態に係るイメージセンサ製造方法は、少なくとも1つのピクセルをイメージセンサで構成し、前記少なくとも1つのピクセルは、光検出エレメントおよびバンドパスフィルタを含ませるステップを含むように構成するステップを含み、ここで、前記少なくとも1つのピクセルは、前記光検出エレメントを浮遊拡散ノードに連結させる第1伝達部と、前記浮遊拡散ノードの電圧および行制御信号に基づいてビットラインの電圧を制御する駆動部と、前記光検出エレメントをシンクラインと連結する第2伝達部とを含むように構成するステップを含む。

【発明の効果】

10

【0021】

本発明の一実施形態によれば、色相によって表現されるカラーイメージおよび距離によって表現される深さイメージを1つのピクセルを用いて得ることができる装置および方法を提供することができる。

【0022】

また、本発明の一実施形態によれば、空間解像度を減らさずにカラーイメージおよび深さイメージを1つのピクセルによって得ることができる。

【0023】

また、本発明の一実施形態によれば、複数のピクセルが検出回路を共有するピクセル構造を用いてイメージセンサのサイズを減らすことができる。

20

【0024】

さらに、本発明の一実施形態によれば、深さイメージの信号対雑音比を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の一実施形態に係るイメージセンサの動作を示す図である。

【図2】本発明の一実施形態に係るイメージセンサの等価回路の一部を示す図である。

【図3】図2の等価回路に対応する半導体素子の例の一部を示す断面図である。

【図4】本発明の他の実施形態に係る光源およびイメージセンサを含むイメージング装置の制御方法を示す図である。

30

【図5】図2のイメージセンサの動作の一例を示すタイミング図である。

【図6】図5の動作の一部を詳細に示す図である。

【図7】図2のイメージセンサの動作の他の例を示すタイミング図である。

【図8】本発明の一実施形態に係るイメージセンサの等価回路の一部分を示す図である。

【図9】本発明のイメージセンサに用いられるフィルタの例を示す図である。

【図10】本発明のイメージセンサに用いられるフィルタの他の例を示す図である。

【図11】本発明のイメージセンサに用いられるフィルタの他の例を示す図である。

【図12】本発明のイメージセンサに用いられるフィルタの他の例を示す図である。

【図13】本発明の一実施形態に係るイメージセンサを示す図である。

【図14】図13のピクセルの一例を示す断面図である。

40

【図15】図13のピクセルの一例を示す平面図である。

【図16】可視光線の感知および深さ感知を別途で実行するビーム分配器を用いて、カラーイメージおよび深さイメージを取得する方法の一例を示す図である。

【図17a】1つのセンサのみを用いてカラーイメージおよび深さイメージを取得する方法の一例を示す図である。

【図17b】1つのセンサのみを用いてカラーイメージおよび深さイメージを取得する方法の一例を示す図である。

【図17c】1つのセンサのみを用いてカラーイメージおよび深さイメージを取得する方法の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

50

【0026】

以下、添付の図面に基づき、本発明の好適な実施の形態を詳細に説明するが、本発明がこれらの実施形態によって制限または限定されることはない。図中、同じ参照符号は同じ部材を示す。

【0027】

図13は、本発明の一実施形態に係るイメージセンサ1300を示す図である。図13を参照すれば、イメージセンサ1300は、複数のピクセルを含むことができる。ピクセル1310は、イメージセンサ1300に含まれる複数のピクセルのうちのいずれか1つを示す。

【0028】

複数のピクセルは、アレイを形成することができる。例えば、240個のピクセルが1つの行(row)を形成し、320個のピクセルが1つの列(column)を形成すれば、イメージセンサ1300は、 320×240 の解像度を有することができる。このとき、イメージセンサ1300のピクセルアレイは、320個の列を含み、240個の行を含むことができる。イメージセンサ1300のピクセルそれぞれは、行アドレスおよび列アドレスの組み合わせによって接近することができる。

【0029】

1つの列に含まれるピクセルは、1つのビットライン(bit line)に連結することができる。

【0030】

図14は、図13のピクセル1310の一例を示す断面図である。図14を参照すれば、ピクセル1310は、フィルタ1410および光検出エレメント1420を含むことができる。

【0031】

フィルタ1410は、可視光成分を光検出エレメント1420に選択的に透過させることができる。このとき、フィルタ1410は、種類に応じて可視光成分の特定帯域(band)を選択的に透過させることができる。例えば、フィルタ1410は、赤色(Red)光に対応する帯域を透過させることもできるし、緑色(Green)光に対応する帯域を透過させることもできるし、青色(Blue)光に対応する帯域を透過させることもできる。

【0032】

イメージセンサ1300は、赤色フィルタを含む赤色ピクセル、緑色フィルタを含む緑色ピクセル、青色フィルタを含む青色ピクセルを含むことができる。赤色ピクセル、緑色ピクセル、および青色ピクセルが隣接して1つのカラーピクセルを形成することもできる。

【0033】

フィルタ1410は、可視光成分を選択的に透過させるだけでなく、非可視光成分を光検出エレメント1420に透過させることができる。フィルタ1410は、非可視光成分のうち赤外線に対応する帯域を光検出エレメント1420に透過させることもできる。

【0034】

光検出エレメント1420は、フィルタ1410を透過した光に応答して電荷を生成することができる。光検出エレメント1420の例としては、フォトダイオードを挙げることができる。

【0035】

図15は、図13のピクセル1310の一例を示す平面図である。図15を参照すれば、ピクセル1310は、光検出エレメント1510および周辺回路1520を含むことができる。光検出エレメント1510は、ピクセル1310の面積の半分以上を占めることができる。周辺回路1520は、光検出エレメント1510によって生成された光検出電流または光検出電荷をビットラインに伝達することができる。

【0036】

図1は、図13のイメージセンサ1300の一部分の動作を示す図である。図1を参照すれば、イメージセンサ1300の一部分である16個のピクセルの動作が示される。

【0037】

「R」と表示されたピクセルは赤色（red color）に関するピクセルイメージを得る動作を実行し、「G」と表示されたピクセルは緑色（green color）に関するピクセルイメージを得る動作を実行し、「B」と表示されたピクセルは青色（blue color）に関するピクセルイメージを得る動作を実行する。「D」と表示されたピクセルは、深さイメージを得る動作を実行する。

【0038】

第1カラーフレーム110は、イメージセンサ1300が赤色、緑色、または青色に関するピクセルイメージを得る動作を実行する状態を示す。このとき、1つの「R」ピクセル、1つの「B」ピクセル、および2つの「G」ピクセルは、1つのカラーピクセルを形成することができる。通常、人間の目は緑色に関する感度（sensitivity）が最も優れているため、主に「G」ピクセルが2個で構成されるフィルタを用いるが、これをベイヤパターン（bayer pattern）と言う。

【0039】

第1深さフレーム120は、イメージセンサ1300が深さイメージを得る動作を実行する状態を示す。このとき、隣接した4個のピクセルは、1つのピクセルグループを形成することができる。1つのカラーピクセルを形成した4個のピクセルが、1つのピクセルグループを形成することができる。実施形態によっては、フォトダイオードの赤外線感度が可視光線感度よりも低い場合があるため、イメージセンサ1300は、4個のピクセルを含む1つのピクセルグループから1つの深さイメージを得ることができる。イメージセンサ1300は、フォトダイオードの赤外線感度が可視光線感度よりも極めて低い場合にも、フォトダイオードのサイズを大きくする必要なく深さイメージを得ることができる。

【0040】

図1のピクセルアレイでは、赤色、緑色、青色に基づいたベイヤパターンが示されているが、本発明の実施形態はこれに限定されるものではなく、多様なフィルタパターンを用いることができる。例えば、青緑色（Cyan color）、赤紫色（Magenta color）、および黄色（Yellow color）に基づいたCMYカラーパターンを用いることもできる。

【0041】

図1のピクセルアレイでは、イメージング装置から照射された後に物体に反射した赤外線を用いて深さイメージを得る動作を示しているが、これに限定されるものではなく、他の実施形態に係るイメージセンサは、カラーパターンとの組み合わせに基づいて選択された特定帯域の光を用いて深さイメージを得ることができる。例えば、イメージング装置から照射された後に物体によって反射した緑色光を用いて深さイメージを得ることができる。

【0042】

第2カラーフレーム130は、イメージセンサ1300が赤色、緑色、または青色に関するピクセルイメージを得る動作を実行する状態を示す。

【0043】

第2深さフレーム140は、イメージセンサ1300が深さイメージを得る動作を実行する状態を示す。

【0044】

ピクセルそれぞれは、光検出エレメントおよびフィルタを含むことができる。このとき、ピクセルRは赤色光および赤外線を透過させる（passing）フィルタを含むことができ、ピクセルGは緑色光および赤外線を透過させるフィルタを含むことができ、ピクセルBは青色光および赤外線を透過させるフィルタを含むことができる。

【0045】

第1カラーフレーム110に対応する時間の間、ピクセルそれぞれは、赤色、緑色、ま

10

20

30

40

50

たは青色に関するピクセルイメージを得る動作を実行することができる。ピクセルそれぞれは、赤色、緑色、または青色光だけではなく赤外線も透過させることができるため、ピクセルそれぞれを透過した光によって生成された感知情報 (sensed information) は、赤外線による雑音 (noise) を含むことがある。感知情報のうち赤外線による雑音が少ない場合は、感知情報に基づいてカラー情報を得ることができる。これとは異なり、赤外線による雑音の除去が必要な場合は、適切な処理過程を経て赤外線による雑音が除去された感知情報を生成することができ、これに基づいてカラー情報を得ることができる。このように、感知情報に対して雑音を除去する過程を後処理過程とする。赤外線による雑音を除去する後処理過程は、第1カラーフレーム110に対応する時間の間に実行することができる。

10

【0046】

第1深さフレーム120に対応する時間の間、ピクセルそれぞれは、深さイメージを得る動作を実行する。ピクセルそれぞれは、イメージング装置から照射された後に物体によって反射した赤外線だけではなく、そうではない赤外線および赤色光、緑色光、または青色光を透過させることができるため、ピクセルそれぞれを透過した光によって生成された感知情報は、赤外線および赤色光、緑色光、または青色光による雑音を含むことがある。第1深さフレーム120に対応する時間の間、イメージセンサ1300は、感知情報に対して赤外線および赤色光、緑色光、または青色光による雑音を除去することができる。例えば、イメージセンサ1300は、第1深さフレーム120に対応する時間の間に得た感知情報から第1カラーフレーム110に対応する時間の間に得た、後処理過程を経ていない感知情報を用いて、イメージング装置から照射された後に物体によって反射した赤外線による感知情報を得ることができ、このような感知情報に基づいて、イメージセンサ1300は深さ情報を得ることができる。

20

【0047】

第1カラーフレーム110と第1深さフレーム120に対応する時間の間に得られた感知情報の平均値を計算し、この平均値を感知情報として用いることも可能である。

【0048】

イメージセンサ1300は、同じピクセルを用いてカラーモード (color mode) 動作と深さモード (depth mode) 動作を交互に実行することができる。イメージセンサ1300は、深さイメージ取得のための付加的なピクセルまたは回路を必要としないため、イメージセンサ1300の面積を減らすことができる上に、ピクセル解像度を高めることができる。さらに、イメージセンサ1300は、複数のピクセルから1つの深さイメージを得ることで、深さイメージの感度およびSNRを高めることができる。このとき、説明の便宜上、カラー情報を取得するカラーフレームに対応する時間区間を第1時間区間とし、深さ情報を取得する深さフレームに対応する時間区間を第2時間区間とする。イメージセンサ1300は、第1時間区間および第2時間区間の間に得られたカラー情報および深さ情報を用いて、1つの3次元映像フレームを生成することができる。イメージセンサ1300は、1つの3次元映像フレームを生成した後にさらに他の3次元映像フレームを得るために、第1時間区間および第2時間区間を繰り返すことができる。第1時間区間および第2時間区間は、説明の便宜のために用いた用語に過ぎず、これによって本発明の実施形態が制限されるものではない。

30

40

【0049】

実施形態によっては、複数のピクセルが検出回路の一部を共有することで、イメージセンサ1300の面積をさらに減らすことができる。

【0050】

図2は、本発明の一実施形態に係るイメージセンサの等価回路 (equivalent circuit) の一部を示す図である。図2を参照すれば、4個のピクセルに対応する等価回路が示される。

【0051】

RST信号はリセット動作を指示する信号であり、ROW信号はアレイの行が選択され

50

たことを知らせる信号である。TR 1、TR 2、TR 3、およびTR 4信号は、伝達 (transfer) 動作を指示する信号である。

【0052】

COLノード (node) は、アレイの列に対応するビットラインであり、AN__BLノードは、深さイメージを取得する動作においてTR 1、TR 2、TR 3、およびTR 4信号と相補的に制御することができる。

【0053】

ピクセル210は、フォトダイオードD1、第1伝達トランジスタN11、および第2伝達トランジスタN12を含むことができる。ピクセル220は、フォトダイオードD2、第1伝達トランジスタN21、および第2伝達トランジスタN22を含むことができる。ピクセル230は、フォトダイオードD3、第1伝達トランジスタN31、および第2伝達トランジスタN32を含むことができる。ピクセル240は、フォトダイオードD4、第1伝達トランジスタN41、および第2伝達トランジスタN42を含むことができる。

10

【0054】

4個のピクセル210、220、230、240は、リセットトランジスタN51、ソースフォロア (Source Follower) N61、および選択トランジスタN62を共有することができる。

【0055】

ピクセル210の第1伝達トランジスタN11は、TR 1信号に基づいてフォトダイオードD1によって生成された電荷を浮遊拡散 (Floating Diffusion: FD) ノードに伝達することができる。このとき、第1伝達トランジスタN11は、TR 1信号に基づいてフォトダイオードD1およびFDノードを電氣的に連結したり遮断したりできる。第1伝達トランジスタN11は、電気シャッタのような機能を行うことができる。

20

【0056】

ピクセル210のフォトダイオードD1は、光を感知することができる。フォトダイオードD1は、特定フィルタと結合して特定波長帯域の光を感知することができる。フォトダイオードD1は、感知された光に基づいて電子正孔対 (Electron Hole Pair: EHP) を生成することができる。

30

【0057】

第1伝達トランジスタN11のゲート端子 (gate terminal) はTR 1信号に連結され、第1伝達トランジスタN11のドレイン端子 (drain terminal) はフォトダイオードD1に連結され、第1伝達トランジスタN11のソース端子 (source terminal) はFDノードに連結される。

【0058】

フォトダイオードD1は、一般的なフォトダイオード (n+/p_{sub}構造) であっても良いし、PIN (Pinned) フォトダイオード (p+/n/p_{sub}構造) であっても良い。PINフォトダイオードは、動作時にピン電圧 (pinning voltage) を保持することができ、暗電流 (Dark Current) を減らすことができる。

40

【0059】

ピクセル220のフォトダイオードD2は、感知された光に基づいてEHPを生成することができる。ピクセル220の第1伝達トランジスタN21は、TR 2信号に基づいてフォトダイオードD2によって生成された電荷をFDノードに伝達することができる。このとき、第1伝達トランジスタN21は、TR 2信号に基づいてフォトダイオードD2およびFDノードを電氣的に連結したり遮断したりできる。

【0060】

ピクセル220の第1伝達トランジスタN21のゲート端子はTR 2信号に連結され、第1伝達トランジスタN21のドレイン端子はフォトダイオードD2に連結され、第1伝

50

達トランジスタN 2 1のソース端子はF Dノードに連結される。

【0061】

ピクセル230のフォトダイオードD3は、感知された光に基づいてEHPを生成することができる。ピクセル230の第1伝達トランジスタN31は、TR3信号に基づいてフォトダイオードD3によって生成された電荷をF Dノードに伝達することができる。このとき、第1伝達トランジスタN31は、TR3信号に基づいてフォトダイオードD3およびF Dノードを電氣的に連結したり遮断したりできる。

【0062】

ピクセル230の第1伝達トランジスタN31のゲート端子はTR3信号に連結され、第1伝達トランジスタN31のドレイン端子はフォトダイオードD2に連結され、第1伝達トランジスタN31のソース端子はF Dノードに連結される。

10

【0063】

ピクセル240のフォトダイオードD4は、感知された光に基づいてEHPを生成することができる。ピクセル240の第1伝達トランジスタN41は、TR4信号に基づいてフォトダイオードD4によって生成された電荷をF Dノードに伝達することができる。このとき、第1伝達トランジスタN41は、TR4信号に基づいてフォトダイオードD4およびF Dノードを電氣的に連結したり遮断したりできる。

【0064】

ピクセル240の第1伝達トランジスタN41のゲート端子はTR4信号に連結され、第1伝達トランジスタN41のドレイン端子はフォトダイオードD4に連結され、第1伝達トランジスタN41のソース端子はF Dノードに連結される。

20

【0065】

ソースフォロアN61のゲート端子はF Dノードに連結され、ソースフォロアN61のドレイン端子は電源(power) VDDに連結され、ソースフォロアN61のソース端子は選択トランジスタN62のドレイン端子に連結される。

【0066】

ソースフォロアN61のソース端子の電圧は、F Dノードの電圧に基づいて決定することができる。F Dノードの電圧は、ピクセル210、220、230、240のうちの少なくとも1つ以上から伝達された電荷の量によって決定することができる。

【0067】

選択トランジスタN62のゲート端子は行制御信号ROWに連結され、選択トランジスタN62のドレイン端子はソースフォロアN61のソース端子に連結され、選択トランジスタN62のソース端子はCOLノード(=ビットライン)に連結される。

30

【0068】

行制御信号ROWは、ピクセル210、220、230、240によって共有されるF Dノードが選択されたことを知らせる機能を行うことができる。行制御信号ROWが活動的になれば、ソースフォロアN61および選択トランジスタN62は、F Dノードの電圧に基づいてビットラインを駆動(d r i v e)することができる。

【0069】

リセットトランジスタN51のゲート端子はRST信号に連結され、リセットトランジスタN51のドレイン端子は電源VDDに連結され、リセットトランジスタN51のソース端子はF Dノードに連結される。

40

【0070】

F Dノードの電圧に基づいたピクセル情報検出過程が実行された後にRST信号が活性化(a c t i v a t e)されれば、リセットトランジスタN51は、F Dノードの電圧を電源VDDにリセットすることができる。

【0071】

深さイメージを取得するための過程は次のとおりである。イメージセンサが深さイメージを取得する深さフレームに対応する時間区間を第2時間区間とすることは上述したとおりである。

50

【0072】

ピクセル210、220、230、240は、感知された光に基づいて生成された電荷をFDノードに伝達することができる。このとき、TR1、TR2、TR3、およびTR4信号は同時に活性化されることができる。

【0073】

説明の便宜上、TR1、TR2、TR3、およびTR4信号が活性化された時間区間を活性(active)時間区間とする。反対に、TR1、TR2、TR3、およびTR4信号が非活性化された時間区間を非活性(inactive)時間区間とする。活性時間区間および非活性時間区間は、深さフレームに対応する時間区間に含まれる。

【0074】

イメージセンサは、物体とイメージセンサとの間の距離情報を得るために赤外線を照射(irradiate)することができる。イメージセンサは周期的に赤外線を照射し、照射しない動作を1回以上実行することができる。

【0075】

イメージセンサは、赤外線を照射する時間区間が活性時間区間となす位相差を0度、90度、180度などに設定して深さイメージを得ることができる。例えば、図5に示すように、イメージセンサは、赤外線を照射する時間区間を活性時間区間と一致させ、赤外線を照射しない時間区間を非活性時間区間と一致させることができる。このとき、イメージセンサは、反射した赤外線を感知して第1情報を取得することができる。第1情報を取得した後、イメージセンサは、赤外線を照射する時間区間を非活性時間区間と一致させ（このとき、赤外線を照射する時間区間は、活性時間区間とは180度の位相差を有する）、赤外線を照射しない時間区間を活性時間区間と一致させることができる。このとき、イメージセンサは、反射した赤外線を感知して第2情報を取得することができる。イメージセンサは、第1情報および第2情報に基づいて深さイメージを取得することができる。このような方式を間接深さイメージ(indirect depth image)生成方法とすることができる。

【0076】

フォトダイオードD1、D2、D3、およびD4は反射した赤外線を感知し、感知された赤外線に基づいてEHPを生成することができる。ピクセル210、220、230、240の第1伝達トランジスタN11、N21、N31、N41は、フォトダイオードD1、D2、D3、D4によって、生成された電荷を活性時間区間の間にFDノードに伝達することができる。ピクセル210、220、230、240の第2伝達トランジスタN12、N22、N32、N42は、フォトダイオードD1、D2、D3、D4によって、生成された電荷を非活性時間区間の間にAN__BLノードに伝達することができる。イメージセンサは、非活性時間区間の間にAN__BLノードの電圧を電源電圧VDDとして保持することができる。

【0077】

反射した赤外線によって生成されたEHPのうちの一部は活性時間区間の間にFDノードに伝達され、残りは非活性時間区間の間にAN__BLノードに伝達されることができる。赤外線が照射された時点と反射した赤外線が感知された時点との差を飛行時間(time of flight: TOF)と言い、反射した赤外線によって生成されたEHPの量のうち活性時間区間の間にFDノードに伝達される量の割合は、TOFに相応する量であり得る。

【0078】

イメージセンサは、非活性時間区間の間に感知された赤外線によって生成されたEHPをAN__BLノードに伝達することができる。このとき、AN__BLノードは、複数のピクセルに対して共有することができる。AN__BLノードは、深さイメージ生成に用いられないEHPのシンク経路(sink path)として機能することができる。

【0079】

第2伝達トランジスタN12、N22、N32、N42は、非活性時間区間の間に深さ

10

20

30

40

50

イメージ生成に用いられない EHP をシンクまたはダンプ (dump) する機能を実行することで、第 1 伝達トランジスタ N11、N21、N31、N41 よりも小さいサイズを有することができる。

【0080】

イメージセンサは、深さイメージを取得する間、4 個のピクセル 210、220、230、240 によって生成された電荷を FD ノードに格納することで、フォトダイオード D1、D2、D3、D4 の低い赤外線感度にもかかわらず、深さイメージの感度および SNR を高めることができる。

【0081】

実施形態によっては、イメージセンサは、赤外線を活性時間区間よりも極めて短い時間区間の間に照射し、反射した赤外線を感知して深さイメージを得ることができる。このとき、イメージセンサは、反射した赤外線を感知し、感知された赤外線によって電荷を生成することができる。生成された電荷は、すぐに FD ノードおよびビットラインを経由して出力されることができる。イメージセンサは、ビットラインに電圧の変化が生じた時点および赤外線が照射された時点の間の差に関する情報を、時間デジタル変換器 (time to digital converter) などを用いて直接的に得ることができる。イメージセンサは、得られた時点差情報に基づいて TOF を得ることができる。このように、付加的な計算過程を経ずに深さイメージを得ることができる方法を直接深さイメージ (direct depth image) 生成方法と言うことができる。

【0082】

イメージセンサは、赤外線を照射する動作を行わず、ピクセル 210、220、230、240 を用いてカラーイメージを得ることができる。

【0083】

イメージセンサは、ピクセル 210 を用いて赤色映像を得ることができる。赤色映像を取得する時間区間の間に TR1 信号は活性化され、TR2、TR3、TR4 信号は非活性化されることができる。このとき、フォトダイオード D1 は、赤色および赤外線を感知することができるフィルタと結合することができる。

【0084】

イメージセンサは、ピクセル 220 を用いて緑色映像 1 を得ることができる。緑色映像 1 を取得する時間区間の間に TR2 信号は活性化され、TR1、TR3、TR4 信号は非活性化されることができる。このとき、フォトダイオード D2 は、緑色および赤外線を感知することができるフィルタと結合することができる。

【0085】

イメージセンサは、ピクセル 230 を用いて緑色映像 2 を得ることができる。緑色映像 2 を取得する時間区間の間に TR3 信号は活性化され、TR1、TR2、TR4 信号は非活性化されることができる。このとき、フォトダイオード D3 は、緑色および赤外線を感知することができるフィルタと結合することができる。

【0086】

イメージセンサは、ピクセル 240 を用いて青色映像を得ることができる。青色映像を取得する時間区間の間に TR4 信号は活性化され、TR1、TR2、TR3 信号は非活性化されることができる。このとき、フォトダイオード D4 は、青色および赤外線を感知することができるフィルタと結合することができる。

【0087】

イメージセンサは、カラーイメージを得る間に、第 2 伝達トランジスタ N12、N22、N32、N42 を用いてブルーミング (blooming) 現象を防ぐことができる。ブルーミング現象は、光が極めて強い場合に生ずることがある。

【0088】

イメージセンサのピクセルそれぞれは、第 1 伝達トランジスタおよび第 2 伝達トランジスタを含み、イメージセンサの 4 個のピクセルは、リセットトランジスタおよび 2 個の選択駆動トランジスタを共有することができる。したがって、ピクセルそれぞれは、2. 7

10

20

30

40

50

5 個のトランジスタを含むと見なすことができる。

【0089】

実施形態によっては、イメージセンサは、深さイメージを生成するために特定帯域の光を照射し、照射された光が物体によって反射すれば、反射した光を感知することができる。深さイメージを生成するために照射される光は赤外線に限定されるものではなく、ピクセルと結合するフィルタの特性に基づいて決定することができる。

【0090】

図2では、4 個のピクセルが1 つのFD ノードおよびトランジスタを共有する構造が示されたが、実施形態によっては、1 つのFD ノードを共有するピクセルの個数を深さイメージの空間解像度によって決定することができる。

10

【0091】

フォトダイオードD 1 によって生成された電荷がFD ノードに伝達されるためには、トランジスタN 1 1 のドレイン端子（フォトダイオードD 1 に連結）およびFD ノードの間の電位差が保持されなければならない。フォトダイオードD 1 によって生成された電荷がFD ノードに伝達される過程において、N 1 1 のドレイン端子の電圧およびFD ノードの電圧が変化すれば、フォトダイオードD 1 によって生成されたすべての電荷がFD ノードに伝達されない場合がある。このような理由により、フォトダイオードD 1 の感度が低くなる可能性がある。

【0092】

フォトダイオードD 1 がPIN フォトダイオードである場合に、フォトダイオードD 1 の電圧は、光量によってPIN 電圧以下として決定されるため、FD ノードの電圧に比べて低いことがある。したがって、フォトダイオードD 1 がPIN フォトダイオードである場合に、フォトダイオードD 1 によって生成された電荷は、TR 1 が活性化される間にすべてFD ノードに伝達することができる。この場合に、フォトダイオードD 1 の感度を高めることができる。

20

【0093】

図3 は、図2 の等価回路に対応する半導体素子の一例の一部を示す断面図である。図3 を参照すれば、図2 のフォトダイオードD 1 は、P + / N - / P - s u b s t r a t e の構造を有するPIN フォトダイオードである。

【0094】

図3 を参照すれば、図2 のトランジスタN 1 1 のゲート端子はTR 信号に連結され、トランジスタN 1 1 のソース端子はFD ノードに連結されることができる。

30

【0095】

図3 を参照すれば、図2 のリセットトランジスタN 5 1 のゲート端子はRST 信号に連結され、N 5 1 のドレイン端子は電源VDD に連結され、N 5 1 のソース端子はFD ノードに連結されることができる。

【0096】

図4 は、本発明の他の実施形態に係る光源およびイメージセンサを含むイメージング装置の制御方法を示す図である。図4 を参照すれば、制御方法は、画素情報をリセットする（S 4 1 0 ）。

40

【0097】

リセットステップS 4 1 0 の後、カラーフレームに対応する時間区間の間、赤外線を照射しない（S 4 2 0 ）。

【0098】

赤外線を照射せずに感知された光に基づいて可視光線情報A を取得する（S 4 3 0 ）。可視光線情報A を取得するステップS 4 3 0 は、上述したように、赤外線による雑音を除去する適切な後処理過程を含むことができる。

【0099】

ステップS 4 1 0 ～ステップS 4 3 0 は、上述した第1 時間区間の間に実行することができ、ステップS 4 3 0 で取得した可視光線情報A に基づいてカラーイメージを生成する

50

(S 4 7 0)。

【0100】

可視光線情報 A を取得した後、イメージング装置の光源は、特定周波数に変調された赤外線照射し (S 4 4 0)、物体によって反射した赤外線情報 B 1 を取得する (S 4 5 1)。このとき、ステップ S 4 5 1 は、ステップ S 4 4 0 と 0 度の位相差を有するパルスによって実行することができる。

【0101】

ステップ S 4 5 1 が実行された後、イメージング装置の光源は、特定周波数に変調された赤外線照射し (S 4 5 2)、反射した赤外線情報 B 2 を取得する (S 4 5 3)。このとき、ステップ S 4 5 3 は、ステップ S 4 5 2 と 1 8 0 度の位相差を有するパルスによって実行することができる。

10

【0102】

反射した赤外線情報 B 1、B 2 に基づいて深さ情報を生成する (S 4 5 4)。深さ情報を生成するステップ S 4 5 4 は、上述したように、可視光線および光源から照射されない赤外線による雑音を除去する過程を含むことができる。

【0103】

ステップ S 4 4 0 ～ステップ S 4 5 4 は、第 2 時間区間の間に実行することができ、ステップ S 4 5 4 で生成された深さ情報に基づいて深さイメージを生成する (S 4 6 0)。

【0104】

ステップ S 4 6 0 およびステップ S 4 7 0 は、第 2 時間区間の間に実行することもできるし、次の映像フレームの第 1 時間区間の間に実行することもできる。

20

【0105】

可視光線情報 A を取得するステップ S 4 1 0 ～ステップ S 4 3 0 および／または反射した赤外線情報 B 1、B 2 を生成するステップ S 4 4 0 ～ステップ S 4 5 4 は繰り返し実行することができ、繰り返し実行された値の平均を計算して可視光線情報 A および／または反射した赤外線情報 B 1、B 2 として用いることができる。

【0106】

図 5 は、図 2 のイメージセンサの動作の一例を示すタイミング図である。図 5 を参照すれば、イメージセンサは、カラーイメージを得る前に R S T、T R 1、T R 2、T R 3、および T R 4 を活性化してピクセル 2 1 0、2 2 0、2 3 0、2 4 0 それぞれをリセットする。

30

【0107】

イメージセンサは、積分時間 (integration time) T_{int_color} 間、光によって生じた電荷をフォトダイオード D 1、D 2、D 3、D 4 それぞれの寄生容量 (parasitic capacitance) に格納することができる。

【0108】

T_{int_color} が終了した後、カラー取得時間 T_{read_color} を開始することができる。 T_{int_color} および T_{read_color} は、第 1 時間区間 (カラーフレームに対応する時間区間) を形成することができる。

【0109】

イメージセンサは、 T_{int_color} 後、R O W 信号および R S T 信号を活性化して F D ノードをリセットすることができる。イメージセンサは、このときの F D ノードの電圧 V_{rst_color1} を検出することができる。 V_{rst_color1} は、リセットされた F D ノードのオフセット電圧であって、雑音による影響を除去したカラー情報を得るために用いることができる。

40

【0110】

イメージセンサは、 V_{rst_color1} を検出した後、T R 1 信号を活性化してフォトダイオード D 1 の寄生容量に格納された電荷を F D ノードに伝達することができる。イメージセンサは、このときの F D ノードの電圧 V_{sig_color1} を検出することができる。D 1 が赤色フィルタと結合した場合、電圧 V_{sig_color1} は、赤色映

50

像に対応する原データ (raw data) であり得る。

【0111】

イメージセンサは、 V_{sig_color1} を検出した後、RST信号を活性化してFDノードをリセットすることができる。イメージセンサは、このときのFDノードの電圧 V_{rst_color2} を検出することができる。 V_{rst_color2} は、さらに他のオフセット電圧であり得る。

【0112】

イメージセンサは、 V_{rst_color2} を検出した後、TR2信号を活性化してフォトダイオードD2の寄生容量に格納された電荷をFDノードに伝達することができる。イメージセンサは、このときのFDノードの電圧 V_{sig_color2} を検出することができる。D2が緑色フィルタと結合した場合に、電圧 V_{sig_color2} は、緑色映像に対応する原データであり得る。

10

【0113】

イメージセンサは、 V_{sig_color2} を検出した後、RST信号を活性化してFDノードをリセットすることができる。イメージセンサは、このときのFDノードの電圧 V_{rst_color3} を検出することができる。 V_{rst_color3} は、さらに他のオフセット電圧であり得る。

【0114】

イメージセンサは、 V_{rst_color3} を検出した後、TR3信号を活性化してフォトダイオードD3の寄生容量に格納された電荷をFDノードに伝達することができる。イメージセンサは、このときのFDノードの電圧 V_{sig_color3} を検出することができる。D3が緑色フィルタと結合した場合、電圧 V_{sig_color3} は、緑色映像に対応するさらに他の原データであり得る。

20

【0115】

イメージセンサは、 V_{sig_color3} を検出した後、RST信号を活性化してFDノードをリセットすることができる。イメージセンサは、このときのFDノードの電圧 V_{rst_color4} を検出することができる。 V_{rst_color4} は、さらに他のオフセット電圧であり得る。

【0116】

イメージセンサは、 V_{rst_color4} を検出した後、TR4信号を活性化してフォトダイオードD4の寄生容量に格納された電荷をFDノードに伝達することができる。イメージセンサは、このときのFDノードの電圧 V_{sig_color4} を検出することができる。D4が青色フィルタと結合した場合、電圧 V_{sig_color4} は、青色映像に対応する原データであり得る。

30

【0117】

イメージセンサは、検出された V_{rst_color1} および V_{sig_color1} に相関二重サンプリング (correlated doubling sampling) を実行し、検出された V_{rst_color1} および V_{sig_color1} の差を計算することができる。イメージセンサは、計算された差から赤色映像を得ることができる。

40

【0118】

同様に、イメージセンサは、検出された V_{rst_color2} および V_{sig_color2} に相関二重サンプリングを実行し、検出された V_{rst_color2} および V_{sig_color2} の差を計算することができる。また、イメージセンサは、検出された V_{rst_color3} および V_{sig_color3} に相関二重サンプリングを実行し、検出された V_{rst_color3} および V_{sig_color3} の差を計算することができる。イメージセンサは、計算された差に基づいて緑色映像を得ることができる。

【0119】

イメージセンサは、検出された V_{rst_color4} および V_{sig_color4} に相関二重サンプリングを実行し、検出された V_{rst_color4} および V_{sig_color4}

50

c o l o r 4 の差を計算することができる。イメージセンサは、計算された差から青色映像を得ることができる。

【0120】

イメージセンサは、相関二重サンプリングを実行することで、ピクセルそれぞれのトランジスタの偏差に起因する固定パターンノイズ (fixed pattern noise) または $1/f$ ノイズなどを除去することができる。イメージセンサは、T r e a d _ c o l o r 時間区間の間に P I N フォトダイオードの P I N 電圧に基づいてブルーミング現象が起きないように、A N _ B L ノードの電圧を最適化した電圧で保持することができる。

【0121】

カラーイメージを得た後に深さイメージを得るためには、変調された周波数の赤外線パルス照射して反射して戻ってきた赤外線を検出する過程が必要である。深さフレームに対応する過程は、第1測定過程と第2測定過程を含むことができる。第1測定過程は、次のように実行することができる。まず、イメージセンサは、時間区間 T i n t _ d e p t h 1 の間に変調された赤外線パルスと同じ位相を有するように T R 信号 T R 1、T R 2、T R 3、T R 4 を活性化し、反射した赤外線によって発生した電荷を F D ノードに格納することができる。このとき、4個のピクセル 210、220、230、240 は、1つのピクセルのように機能することができる。第1測定過程に対応する時間区間は、図5で時間区間 T i n t _ d e p t h 1 および時間区間 T r e a d _ d e p t h 1 として表示される。時間区間 T r e a d _ d e p t h 1 の間に、イメージセンサは、F D ノードをリセットすると同時に、時間区間 T i n t _ d e p t h 1 の間に測定された深さ値を処理して第1測定過程に対応する深さ情報を生成することができる。一般的なフォトダイオードは、赤外線に対する感度が可視光線に対する感度よりも極めて低いため、これを解決するために、イメージセンサは、4個のフォトダイオード D 1、D 2、D 3、D 4 で生成された電荷を1つの F D ノードに伝達することで、4倍向上した感度を実現することができる。

【0122】

イメージセンサは、赤外線が照射されない時間には T R 信号 T R 1、T R 2、T R 3、T R 4 を非活性化し、A N _ B L ノードの電圧を相対的に高く保持することができる。赤外線が照射されない間に生成された電荷は、第2伝達トランジスタ N 1 2、N 2 2、N 3 2、N 4 2 を経由して A N _ B L ノードに放電され、F D ノードに伝達されない。イメージセンサは、赤外線が照射される間に A N _ B L ノードの電圧を相対的に低く保持し、赤外線によって生成された電荷が A N _ B L ノードに放電されないようにできる。赤外線が照射される間に反射した赤外線によって生成された電荷は、すべて F D ノードに伝達することができる。赤外線パルスの周波数は、数 M H z ~ 数十 M H z と極めて速いため、照射される時間が極めて短く、その時間内にブルーミングが起こる確率は極めて低いため、イメージセンサは赤外線を照射する間に A N _ B L ノードの電圧を十分に低く設定することができる。さらに、発生した電荷の量が極めて少ないため、イメージセンサは、電荷を F D ノードに伝達する過程を T i n t _ d e p t h 1 間に N 回実行することができる。イメージセンサは、N 回実行された伝達過程を介して F D ノードに電荷を蓄積することができる。イメージセンサは、T i n t _ d e p t h 1 後に F D ノードの電圧を検出し、F D ノードおよびフォトダイオード D 1、D 2、D 3、D 4 それぞれをリセットすることができる。

【0123】

第2測定過程は、次のように実行することができる。イメージセンサは、時間区間 T i n t _ d e p t h 2 の間に変調された赤外線パルスと 180 度との位相差を有するように T R 信号 T R 1、T R 2、T R 3、T R 4 を活性化し、反射した赤外線によって発生した電荷を F D ノードに格納することができる。イメージセンサは、このような動作を T i n t _ d e p t h 2 の間に N 回実行することができる。

【0124】

第2測定過程に対応する時間区間は、図5で時間区間 T i n t _ d e p t h 2 および時

10

20

30

40

50

間区間 T_{read_depth2} として表示される。時間区間 T_{read_depth2} の間、イメージセンサは、FDノードをリセットすると同時に、時間区間 T_{int_depth2} の間に測定された深さ値を処理して第2測定過程に対応する深さ情報を生成することができる。

【0125】

イメージセンサは、第1測定過程で変調した赤外線パルスと0度の位相差を有するようにTR信号を制御してFDノードの電圧を検出し、第2測定過程で変調した赤外線パルスと180度（実施形態によっては90度も可能）の位相差を有するようにTR信号を制御してFDノードの電圧を検出することができる。イメージセンサは、第1測定過程および第2測定過程を実行することで、FDノードの電圧を2回検出し、それぞれの深さ情報を生成することができる。イメージセンサは、第1測定過程に対応する深さ情報および第2測定過程に対応する深さ情報に基づいて物体の反射度が距離測定に及ぼす影響を除去して深さイメージを生成することができる。

10

【0126】

図6は、図5の動作の一部を詳細に示す図である。図6を参照すれば、波形（wave form）610は、反射した赤外線を示す。

【0127】

波形620は、 T_{int_depth1} の間に印加されるTR信号を示す。

【0128】

波形630は、 T_{int_depth2} の間に印加されるTR信号を示す。

20

【0129】

T_{dep} は、赤外線が照射される時間区間を示す。斜線部分は、反射した赤外線によって生成された電荷のうちFDノードに伝達される量を示す。

【0130】

T_{TOF} は、照射された赤外線が物体によって反射し、反射した赤外線がイメージセンサによって感知されるまでの時間を示す。

【0131】

T_{int_depth1} 間に実行される動作を第1測定過程とし、 T_{int_depth2} 間に実行される動作を第2測定過程とすれば、イメージセンサは、第1測定過程では $T_{dep} - T_{TOF}$ 間の電荷をFDノードに伝達することができ、第2測定過程では T_{TOF} 間の電荷をFDノードに伝達することができる。

30

【0132】

フォトダイオードD1は、赤外線だけではなく赤色光線も感知することができ、フォトダイオードD2およびD3は、赤外線だけではなく緑色光線も感知することができ、フォトダイオードD4は、赤外線だけではなく青色光線も感知することができる。したがって、第1測定過程の各パルスによってFDノードに格納される電荷 Q_{dep1} は、下記の式(1)のように表される。

【0133】

$$Q_{dep1} = T_{dep} \times (i_r + i_{g1} + i_{g2} + i_b) + (T_{dep} - T_{TOF}) \times i_{ir} \quad (1)$$

40

【0134】

ここで、 i_r はフォトダイオードD1によって生成される光電流（photocurrent）を示し、 i_{g1} はフォトダイオードD2によって生成される光電流を示し、 i_{g2} はフォトダイオードD3によって生成される光電流を示し、 i_b はフォトダイオードD4によって生成される光電流を示す。 i_{ir} は、フォトダイオードD1、D2、D3、D4によって生成される光電流を示す。

【0135】

第2測定過程の各パルスによってFDノードに格納される電荷 Q_{dep2} は、下記の式(2)のように表される。

【0136】

50

$$Q_{dep2} = T_{dep} \times (i_r + i_{g1} + i_{g2} + i_b) + T_{TOF} \times i_{ir} \quad (2)$$

イメージセンサは、 T_{read_color} 時間区間の間に取得したカラーイメージ情報を用いて可視光線による影響を除去することができる。カラー取得時に格納された電荷 Q_{col} は、下記の式 (3) のように表される。

【0137】

$$Q_{col} = T_{col} \times (i_r + i_{g1} + i_{g2} + i_b) \quad (3)$$

ここで、 T_{col} はカラー積分時間 (color integration time) であり、 T_{dep} および T_{col} 間には一定の比例関係が成立するため、この関係を下記の式 (4) のように表すことができる。

10

【0138】

$$T_{dep} = k \times T_{col} \quad (4)$$

ここで、 k は比例定数である。

【0139】

上記した式 (1)、式 (2)、式 (3)、式 (4) を組み合わせることで、下記の式 (5) を得ることができる。

【0140】

【数1】

$$\frac{Q_{dep1} - kQ_{col}}{Q_{dep2} - kQ_{col}} = \frac{T_{dep} - T_{TOF}}{T_{TOF}} \quad (5)$$

20

【0141】

上記した式 (5) を変形すれば、下記の式 (6) を得ることができる。

【0142】

30

【数2】

$$T_{TOF} = \frac{T_{dep} (Q_{dep2} - kQ_{col})}{Q_{dep1} + Q_{dep2} - 2kQ_{col}} \quad (6)$$

40

【0143】

イメージセンサは、第1測定過程および第2測定過程で得られた電荷情報を用いて反射した赤外線 の TOF を計算することができ、TOF から物体およびイメージセンサの間の距離情報を計算することができる。

【0144】

図7は、図2のイメージセンサの動作の他の例を示すタイミング図である。図7の実施形態では、直接方式の深さイメージ生成方法およびこの方法のためのタイミング図が示される。

【0145】

図7を参照すれば、イメージセンサは、カラーイメージ情報を取得する前に RST 信号

50

を活性化してFDノードの電圧をリセットすることができる。

【0146】

直接方式は、照射した光と反射した光との時間差を時間デジタル変換器などで直接測定して距離を計算することができる。直接方式のためには、反射した光がセンサに到達した後すぐに信号を感知できなければならないため、イメージセンサは極めて感度が高いアバランシェフォトダイオード(Avalanche photodiode: APD)を用いることができる。実施形態によっては、イメージセンサは、ガイガモード(Geiger mode)で動作するAPDを用いることができるが、ガイガモードでは利得(gain)が無限大に近くなるため、感度を極めて高めることができる。このようなフォトダイオードをシングルフォトンアバランシェダイオード(Single photon avalanche diode: SPAD)と言う。SPADでは利得が極めて大きいため、フォトン1つが入ってきてもダイオードの信号が飽和(saturation)することがある。イメージセンサは、飽和した信号を読み取るために特別な読み出し(read out)回路を必要とする場合がある。読み出し回路は、ピクセルのアウトプット(output)をパルス形態で提供することができる。

10

【0147】

イメージセンサは、特定周波数の光を照射しない状態でピクセルそれぞれから出力されるパルスの個数をカウントすることでカラー情報を取得することができる。イメージセンサは、 $T_{\text{int_color}}$ 時間区間の間にカウントされたピクセル出力個数に基づいてカラー情報を取得することができる。ピクセル出力信号は、SPADに可視光線または赤外線が反応したときにピクセルから出力されるパルスを示す。パルスの個数は光の強度に比例するため、イメージセンサは、パルスの個数に基づいてカラーイメージを計算することができる。

20

【0148】

イメージセンサは、 T_{depth} 間に照射された特定周波数の光と反射した特定周波数の光との時間差に基づいてTOFを求めることができる。

【0149】

時間デジタル変換器(TDC)は、特定周波数の光が照射された後から時間の経過に応じて1ずつ増加する出力を提供することができる。反射した光によって生成されたピクセルアウトプットが出力される瞬間にTDCの値が停止する。イメージセンサは、停止したTDCの値を読み取ることができる。イメージセンサがTDCの値を読み取った後にTDCはリセットされる。

30

【0150】

イメージセンサは、TDCの測定された値 i_1 に基づいて TOF_1 を計算することができる。同様に、イメージセンサは、TDCの測定された値 i_m に基づいて TOF_m を計算することができる。

【0151】

このような過程は極めて短時間で実行されるため、イメージセンサは、 m 回TOF測定を繰り返した後に $TOF_1 \sim TOF_m$ の平均値を採用したり、 $TOF_1 \sim TOF_m$ のうちで最も頻繁に測定された値をTOFとして選択したりできる。

40

【0152】

図8は、本発明の一実施形態に係るイメージセンサ800の等価回路の一部分を示す図である。図8を参照すれば、フォトダイオードD1、トランジスタN11、およびトランジスタN12は第1ピクセルを形成する。フォトダイオードD2、トランジスタN21、およびトランジスタN22は第2ピクセルを形成し、フォトダイオードD3、トランジスタN31、およびトランジスタN32は第3ピクセルを形成し、フォトダイオードD4、トランジスタN41、およびトランジスタN42は第4ピクセルを形成する。

【0153】

4個のピクセルはFDノードを共有し、リセットトランジスタN51、演算増幅器(operational amplifier)810およびフィードバック(feedb

50

ack) コンデンサC1を共有する。

【0154】

リセットトランジスタN51は、RST信号によってFDノードの電圧をリセットすることができる。演算増幅器810およびフィードバックコンデンサC1は、ネガティブフィードバックループ(negative feedback loop)を形成することができる。ネガティブフィードバックループは、フォトダイオードD1、D2、D3、D4によって生成された電荷をすべてフィードバックコンデンサC1に伝達することができる。

【0155】

図8の実施形態では、フォトダイオードD1、D2、D3、D4は、PINフォトダイオードではなくても感度の劣化がない場合がある。したがって、イメージセンサは、ネガティブフィードバックループを用いることで、PINフォトダイオードを形成するための特別な工程を必要としない場合もある。イメージセンサは、特別な工程を必要としないため、製造費用を減らすことができる。さらに、イメージセンサは、ネガティブフィードバックループを形成する演算増幅器810およびフィードバックコンデンサC1を複数のピクセルが共有するようにできるため、ピクセルの大きさを減らすことができる。

10

【0156】

図9は、本発明の一実施形態に係るイメージセンサに用いられるフィルタの例を示す図である。図9を参照すれば、Blue+IRフィルタ910は、400nm~500nmの波長(wavelength)を有する青色光および800nm~900nmの波長を有する赤外線(IR)が透過することができるフィルタである。

20

【0157】

Green+IRフィルタ920は、500nm~600nmの波長を有する緑色光および800nm~900nmの波長を有する赤外線が透過することができるフィルタである。

【0158】

Red+IRフィルタ930は、600nm~700nmの波長を有する赤色光および800nm~900nmの波長を有する赤外線が透過することができるフィルタである。

【0159】

イメージセンサは、Blue+IRフィルタ910、Green+IRフィルタ920、およびRed+IRフィルタ930を組み合わせることでR、G、Bのカラーイメージを生成し、IRを用いて深さイメージを生成することができる。

30

【0160】

Lフィルタ940は、400nm~900nmの波長を有する光が透過することができるフィルタである。Mフィルタ950は、500nm~900nmの波長を有する光が透過することができるフィルタである。Nフィルタ960は、600nm~900nmの波長を有する光が透過することができるフィルタである。Lフィルタ940、Mフィルタ950、およびNフィルタ960の特性は、「A2.0- μ m Pixel Pitch MOS Image Sensor With 1.5 Transistor/Pixel and an Amorphous Si Color Filter」, M. Kasano, ISSCC 2005, pp. 348-349. に紹介されている。

40

【0161】

イメージセンサは、Lフィルタ940、Mフィルタ950、およびNフィルタ960を組み合わせることで光を検出した後、マトリックス演算によってR、G、B、IRの値を抽出することもできる。

【0162】

図10は、本発明の一実施形態に係るイメージセンサに用いられるフィルタの他の例を示す図である。図10を参照すれば、赤紫色(Mg)、青緑色(Cy)、黄色(Ye)、緑色(G)のフィルタそれぞれの特性が示される。

【0163】

50

Mgフィルタ1010は、400nm～500nmの波長を有する青色光および600nm～700nmの波長を有する赤色光が透過することができるフィルタであって、赤紫色フィルタであり得る。

【0164】

Cyフィルタ1020は、400nm～500nmの波長を有する青色光および500nm～600nmの波長を有する緑色光が透過することができるフィルタであって、深緑色フィルタであり得る。

【0165】

Yeフィルタ1030は、500nm～600nmの波長を有する緑色光および600nm～700nmの波長を有する赤色光が透過することができるフィルタであって、黄色

10

【0166】

Gフィルタ1040は、500nm～600nmの波長を有する緑色光が透過することができるフィルタである。

【0167】

イメージセンサは、Mgフィルタ1010、Cyフィルタ1020、Yeフィルタ1030、およびGフィルタ1040を組み合わせることでカラーイメージを生成することができる。イメージセンサは、深さイメージ生成のために緑色光を照射し、反射した緑色光を感知して距離情報を得ることができる。このとき、イメージセンサは、Mgフィルタ1010を除外したCyフィルタ1020、Yeフィルタ1030、およびGフィルタ1040を用いて深さイメージを生成することができる。

20

【0168】

図11は、本発明の一実施形態に係るイメージセンサに用いられるフィルタの他の例を示す図である。図11を参照すれば、Mono1110、Blue1120、Green1130、およびRed1140の特性が示される。図11は、Point Grey (Firefly MV) のデジタルカメラに用いられるフィルタの特性を示す。

【0169】

Blue1120特性は、可視光線の青色光 (blue light) 帯域および赤外線帯域の光を通過させることができる。Green1130特性は、可視光線の緑光帯域および赤外線帯域の光を通過させることができる。Red1140特性は、可視光線の赤

30

【0170】

図12は、本発明の一実施形態に係るイメージセンサに用いられるフィルタの他の例を示す図である。図12を参照すれば、「A 2.0- μ m Pixel Pitch MOS Image Sensor With 1.5 Transistor/Pixel and an Amorphous Si Color Filter」、M. Kasano, ISSCC 2005, pp. 348-349. に紹介されたフィルタの他の例が示される。

【0171】

イメージセンサは、Z、Y、Wフィルタを通過した光によって生成された電荷量に基づいてR、G、B情報を計算することができる。このような計算過程は、正規化された (normalized) フィルタ特性をR、G、B特性に変換する過程として一般化することができる。

40

【0172】

本発明の一実施形態に係るイメージセンサは、ピクセルの個数の増加なくカラーイメージおよび深さイメージを得ることができる装置および方法を提供することができる。したがって、イメージセンサは、ピクセルの空間解像度を増加させることができる。

【0173】

イメージセンサは、深さイメージを得るために赤外線を用いることもできるし、緑色光

50

などの特定周波数／波長の光を用いることもできる。

【0174】

イメージセンサは、間接方式によって深さイメージを得ることもできるし、直接方式によって深さイメージを得ることもできる。イメージセンサは、PINフォトダイオードを用いて実現することもできるし、一般的なフォトダイオードを用いて実現することもできる。

【0175】

イメージセンサは、複数のピクセルがFDノードおよび検出回路を共有する構造を採択して曲線因子 (fill factor) を減らすことができる。FDノードおよび検出回路を共有する複数のピクセルの個数は、空間解像度に基づいて決定することができる。

10

【0176】

なお、本発明に係るイメージセンサ制御方法は、コンピュータにより実現される多様な動作を実行するためのプログラム命令を含むコンピュータ読取可能な記録媒体を含む。当該記録媒体は、プログラム命令、データファイル、データ構造などを単独または組み合わせて含むこともでき、記録媒体およびプログラム命令は、本発明の目的のために特別に設計されて構成されたものでもよく、コンピュータソフトウェア分野の技術を有する当業者にとって公知であり使用可能なものであってもよい。コンピュータ読取可能な記録媒体の例としては、ハードディスク、フロッピー（登録商標）ディスク及び磁気テープのような磁気媒体、CD-ROM、DVDのような光記録媒体、フロッピカルディスクのような磁気-光媒体、およびROM、RAM、フラッシュメモリなどのようなプログラム命令を保存して実行するように特別に構成されたハードウェア装置が含まれる。また、記録媒体は、プログラム命令、データ構造などを保存する信号を送信する搬送波を含む光または金属線、導波管などの送信媒体でもある。プログラム命令の例としては、コンパイラによって生成されるような機械語コードだけでなく、インタプリタなどを用いてコンピュータによって実行され得る高級言語コードを含む。前記したハードウェア要素は、本発明の動作を実行するために一以上のソフトウェアモジュールとして作動するように構成することができ、その逆もできる。

20

【0177】

本明細書では、相補型MOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor: CMOS) で実現されるイメージセンサの実施形態を主に記載したが、本発明の実施形態は電荷結合素子 (Charge Coupled Device: CCD) を用いて実現される場合にも適用することができる。

30

【0178】

本発明の実施形態は、デジタルカメラ (digital camera)、カムコーダ (camcorder)、携帯用通信装置に付属するカメラ、閉鎖回路テレビ (CCTV) などのイメージング装置に適用することができる。

【0179】

上述したように、本発明の好ましい実施形態を参照して説明したが、該当の技術分野において熟練した当業者にとっては、特許請求の範囲に記載された本発明の思想および領域から逸脱しない範囲内で、本発明を多様に修正および変更させることができることを理解することができるであろう。すなわち、本発明の技術的範囲は、特許請求の範囲に基づいて定められ、発明を実施するための形態により制限されるものではない。

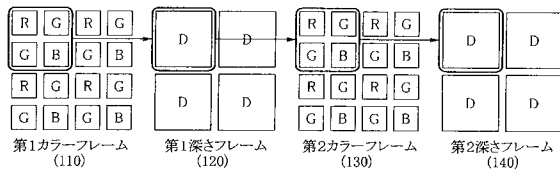
40

【符号の説明】

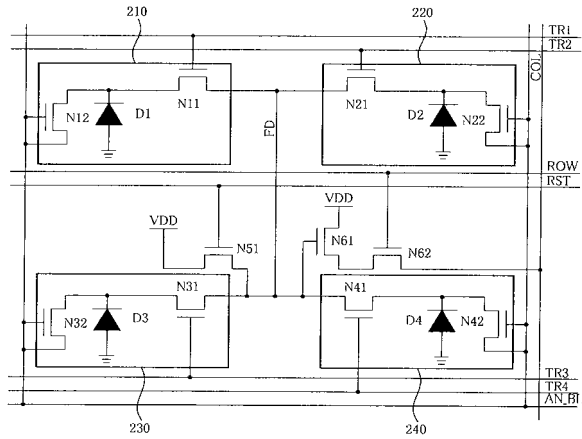
【0180】

- 110：第1カラーフレーム
- 120：第1深さフレーム
- 130：第2カラーフレーム
- 140：第2深さフレーム

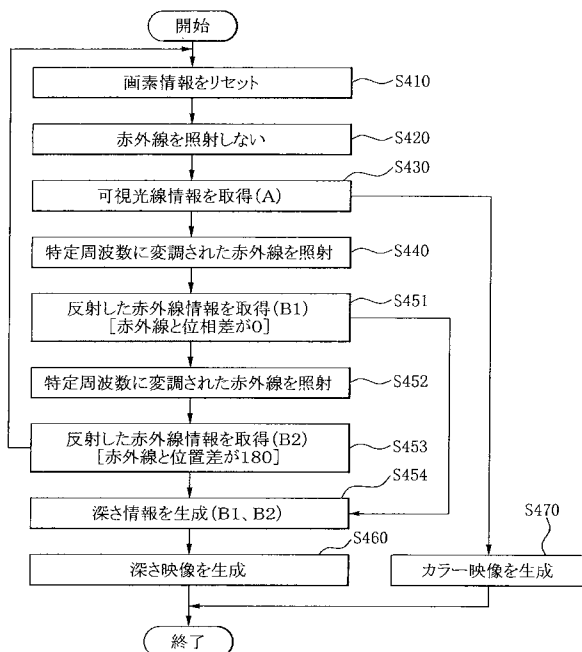
【図 1】



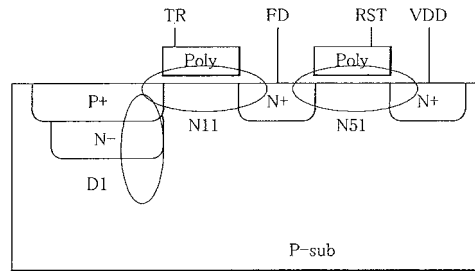
【図 2】



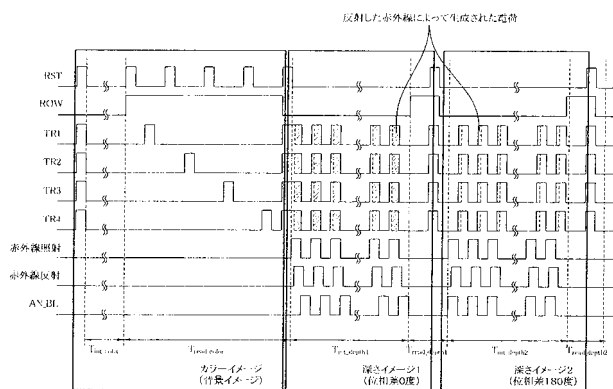
【図 4】



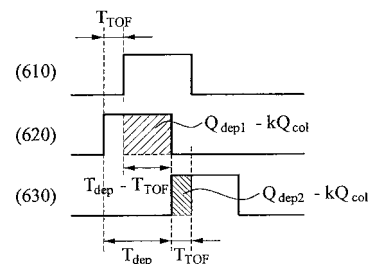
【図 3】



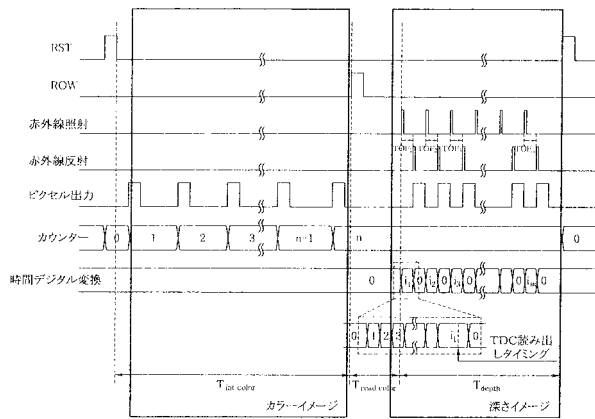
【図 5】



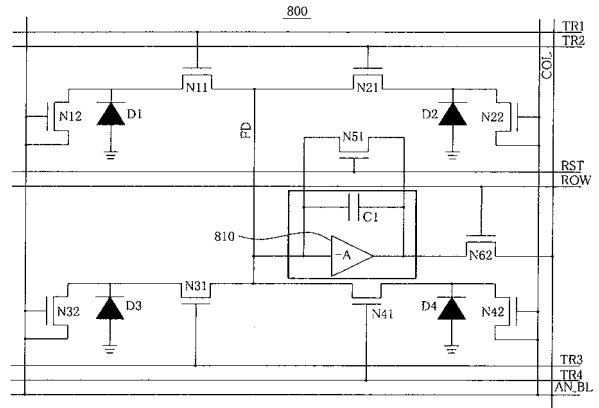
【図 6】



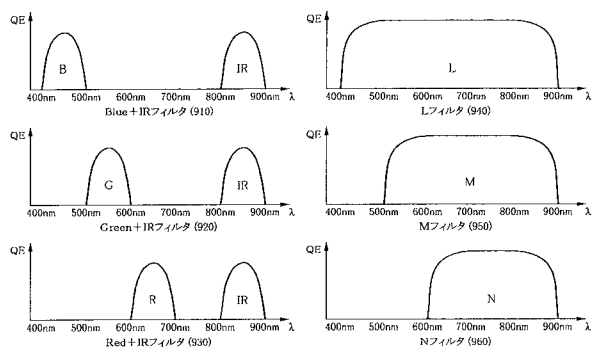
【図 7】



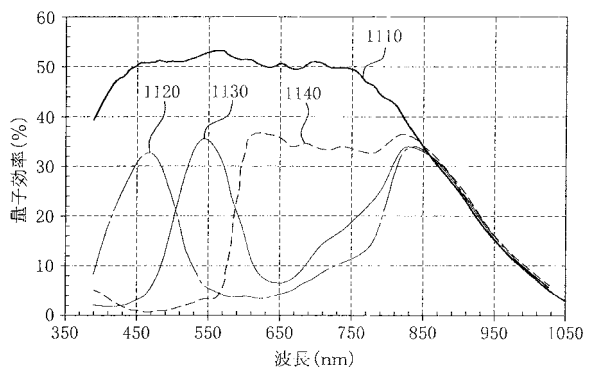
【図 8】



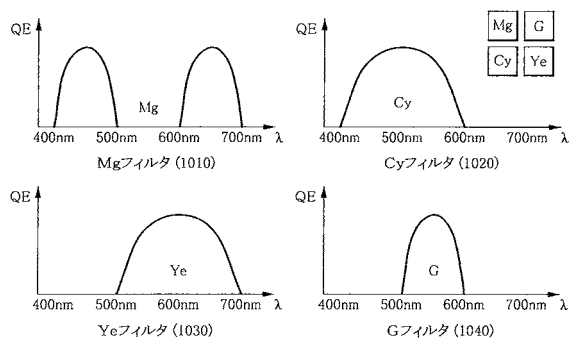
【図 9】



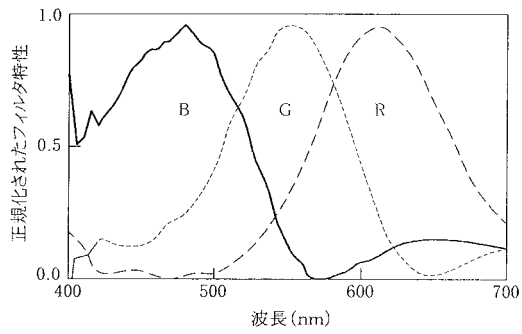
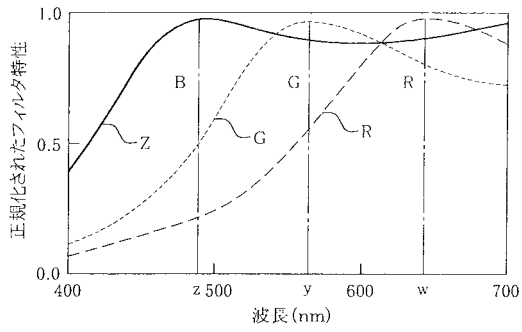
【図 11】



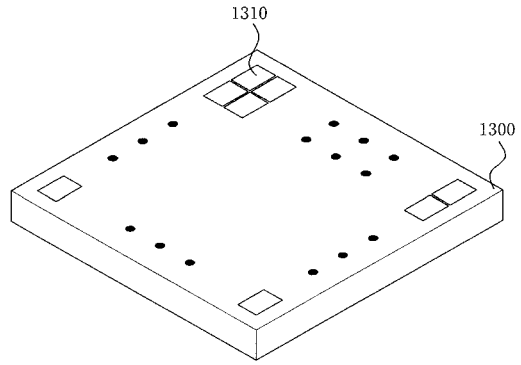
【図 10】



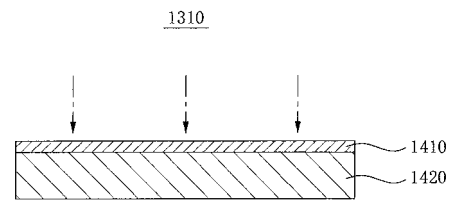
【図 1 2】



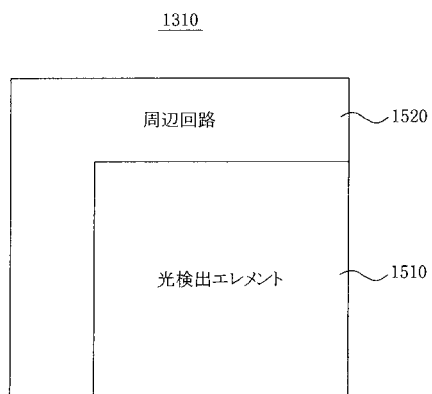
【図 1 3】



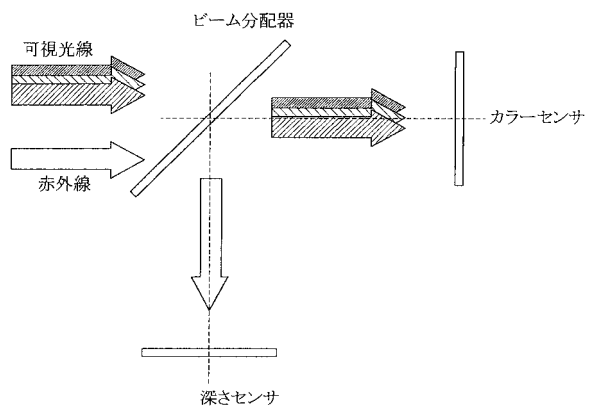
【図 1 4】



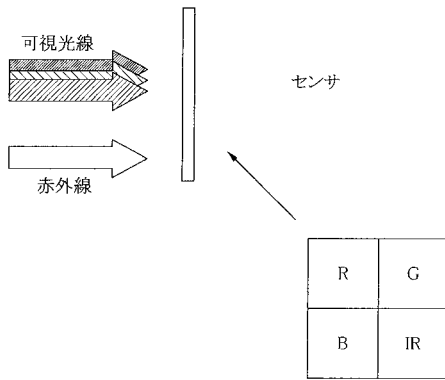
【図 1 5】



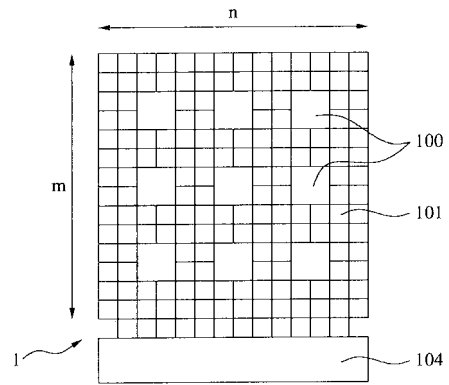
【図 1 6】



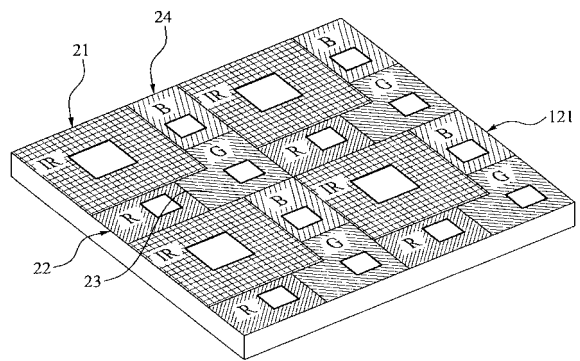
【図 17 a】



【図 17 b】



【図 17 c】



フロントページの続き

(72)発明者 金 成 珍

大韓民国京畿道龍仁市器興区農書洞山14-1番地 三星綜合技術院内

Fターム(参考) 4M118 AA10 AB01 BA10 BA14 CA04 CA05 DB09 DD04 DD09 DD12

FA06 FA33 GC08 GC09 GC14

5C024 AX01 AX06 EX52 GX03 HX40

5C065 AA03 AA06 BB48 EE05 EE06 EE07 EE08