

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4264248号
(P4264248)

(45) 発行日 平成21年5月13日(2009.5.13)

(24) 登録日 平成21年2月20日(2009.2.20)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L 27/148	(2006.01)	HO 1 L 27/14		B
HO 1 L 27/14	(2006.01)	HO 1 L 27/14		D
HO 4 N 5/335	(2006.01)	HO 4 N 5/335		U
HO 4 N 9/07	(2006.01)	HO 4 N 9/07		A

請求項の数 15 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2002-335193 (P2002-335193)	(73) 特許権者	306037311
(22) 出願日	平成14年11月19日(2002.11.19)		富士フイルム株式会社
(65) 公開番号	特開2004-172278 (P2004-172278A)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(43) 公開日	平成16年6月17日(2004.6.17)	(74) 代理人	100115107
審査請求日	平成17年6月14日(2005.6.14)		弁理士 高松 猛
前置審査		(74) 代理人	100132986
			弁理士 矢澤 清純
		(72) 発明者	栗石 誠
			宮城県黒川郡大和町松坂平1丁目6番地
			富士フイルムマイクロデバイス株式会社内
		審査官	宇多川 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カラー固体撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体基板表面にアレイ状に配設された複数の光電変換領域を含むカラー固体撮像装置であって、前記半導体基板表面は1つ1つの前記光電変換領域に対応して1つ1つの開口部を有する遮光膜によって覆われており、該各開口部の夫々の内側で、前記光電変換領域が、複数の異なる分光感度の光電変換信号を出力する複数の区画に面分割されており、

前記1つ1つの開口部の直径または対角線長さを t とし赤色光の波長 $0.650 \mu\text{m}$ をとしたとき t を ~ 2 の大きさとし、

前記複数の異なる分光感度が、原色系3色の赤色、緑色、青色の分光感度であることを特徴とするカラー固体撮像装置。

【請求項2】

請求項1に記載のカラー固体撮像装置であって、前記複数の異なる分光感度が、前記原色系3色の他に等色関数の負の部分にピークを持つ分光感度を含むことを特徴とするカラー固体撮像装置。

【請求項3】

半導体基板表面にアレイ状に配設された複数の光電変換領域を含むカラー固体撮像装置であって、前記半導体基板表面は1つ1つの前記光電変換領域に対応して1つ1つの開口部を有する遮光膜によって覆われており、該各開口部の夫々の内側で、前記光電変換領域が、複数の異なる分光感度の光電変換信号を出力する複数の区画に面分割されており、

前記1つ1つの開口部の直径または対角線長さを t とし赤色光の波長 $0.650 \mu\text{m}$ を

としたとき t を ~ 2 の大きさとし、
前記複数の異なる分光感度が、補色系 3 色のイエロー、シアン、マゼンタと緑色の分光感度である

ことを特徴とするカラー固体撮像装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載のカラー固体撮像装置であって、前記光電変換領域の側方に前記複数の区画の各々から読み出された前記信号電荷を転送する転送路が形成されていることを特徴とするカラー固体撮像装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載のカラー固体撮像装置であって、少なくとも 1 つの前記区画の分光感度は、各区画上方に配置したカラーフィルタによって決定されることを特徴とするカラー固体撮像装置。

10

【請求項 6】

請求項 1 または請求項 2 に記載のカラー固体撮像装置であって、前記光電変換領域の少なくとも 1 つの前記区画の分光感度は、該区画の深さ方向の不純物分布によって決定されることを特徴とするカラー固体撮像装置。

【請求項 7】

請求項 1 または請求項 2 に記載のカラー固体撮像装置であって、少なくとも 1 つの前記区画の分光感度は、該区画の上方に配置したカラーフィルタと、該区画の深さ方向の不純物分布によって決定されることを特徴とするカラー固体撮像装置。

20

【請求項 8】

請求項 6 または請求項 7 に記載のカラー固体撮像装置であって、前記区画は、N型の半導体基板に設けられた P ウェル層と、該 P ウェル層に形成された N 型不純物層とを備え、前記 P ウェル層の深さと前記 N 型不純物層の深さとを変えることで前記区画の分光感度を決定することを特徴とするカラー固体撮像装置。

【請求項 9】

請求項 8 に記載のカラー固体撮像装置であって、青色の分光感度を持つ前記区画の P ウェル層の深さ、緑色の分光感度を持つ前記区画における P ウェル層の深さ、赤色の分光感度を持つ前記区画における P ウェル層の深さが、順に深く形成されていることを特徴とするカラー固体撮像装置。

30

【請求項 10】

請求項 8 または請求項 9 に記載のカラー固体撮像装置であって、青色の分光感度を持つ前記区画の前記 P ウェル層に設けた N 型不純物層の深さ、緑色の分光感度を持つ前記区画における前記 P ウェル層に設けた N 型不純物層の深さ、赤色の分光感度を持つ前記区画における前記 P ウェル層に設けた N 型不純物層の深さが、順に深く形成されていることを特徴とするカラー固体撮像装置。

【請求項 11】

請求項 2 に記載のカラー固体撮像装置であって、前記等色関数の負の部分にピークを持つ分光感度を有する区画から読み出した信号により処理を行い等色関数に近似した色再現を行うことを特徴とするカラー固体撮像装置。

40

【請求項 12】

請求項 1 乃至請求項 11 のいずれかに記載のカラー固体撮像装置であって、隣接する前記光電変換領域間で同一分光感度を持つ区画の配置が異なるものを含むことを特徴とするカラー固体撮像装置。

【請求項 13】

請求項 1 乃至請求項 12 のいずれかに記載のカラー固体撮像装置であって、前記光電変換領域内の前記区画のうち少なくとも 1 つの区画の面積が他の区画の面積と異なることを特徴とするカラー固体撮像装置。

【請求項 14】

請求項 13 に記載のカラー固体撮像装置であって、前記光電変換領域内における各区画

50

の面積は、前記分光感度の単位面積当たりの相対的な大きさと逆比例の関係にあることを特徴とするカラー固体撮像装置。

【請求項 15】

請求項 1 乃至請求項 14 のいずれかに記載のカラー固体撮像装置を搭載したことを特徴とするデジタルカメラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は単板式のカラー固体撮像装置とこのカラー固体撮像装置を搭載したデジタルカメラに関する。

【0002】

【従来の技術】

CCD等の固体撮像装置における色再現手段の代表的なものとして、撮像素子表面に二次元アレー状に配置した多数のフォトダイオード（画素、ピクセル）に対し3種類あるいは4種類の異なる分光特性を有するマイクロカラーフィルタをモザイク状に配置したもの（単板式カラー固体撮像装置）が知られている。

【0003】

マイクロカラーフィルタは、大別して、原色系（R、G、B）あるいは補色系（G、Ye、Cy、Mg）の2種類があり、また配列方法によって、ストライプパターン、ベイヤーパターン（USP3,971,065：特許文献1）などが提案されている。

【0004】

しかし、各フォトダイオードが二次元平面上に離散的に分布していること、及び、個々のフォトダイオードが3種類ないし4種類の異なる分光感度の一つに対応していることにより、次のような問題がある。

【0005】

（1）フォトダイオードの配列ピッチにより決定されるナイキスト周波数よりも高い空間周波数を有する画像がカラー固体撮像装置に投影されると、この高い空間周波数成分は低域側に折り返され、いわゆるモアレと呼ばれる偽信号を発生し、撮影した画像の画質を劣化させる。

【0006】

（2）異なる分光感度を有するカラーフィルタが二次元平面上の異なる場所の信号に対応し、また各色フィルタの分布パターンにより、各色のナイキストドメイン（空間周波数分布）が一致しない。その結果、いわゆる偽色や色モアレと呼ばれる現象を引き起こし、撮影した画像の画質を劣化させる。

【0007】

そこで従来から、モアレを低減する方法の一つとして、光学的ローパスフィルタ（OLPF）を集光光学系（レンズ系）と単板式カラー固体撮像装置との間に挿入する方法が採用されている。この方法を用いることにより、高い空間周波数成分が減衰し、モアレが改善される。

【0008】

しかしながら、光学的ローパスフィルタを用いたモアレ改善効果は不十分であり、また、水晶板等の複屈折光学材料を組み合わせる光学的ローパスフィルタを構成するため、CCD等固体撮像素子を保護するパッケージに光学的ローパスフィルタを取り付けた構造においては、パッケージが受ける機械的ストレスによって、光学的ローパスフィルタが破壊され易く、また製造コストもアップしてしまうという問題がある。

【0009】

その一方で、近年の単板式カラー固体撮像装置は、画素サイズ（フォトダイオードのサイズ）の微細化、即ち高画素化が進展し、解像度が飛躍的に向上している。画素配列ピッチの微細化によりナイキスト周波数も高周波化し、このため、原理的にモアレの発生が抑制される傾向にある。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 0 】

しかし、1チップ上に数100万画素という多数のフォトダイオードを集積化するため、次の様な別の問題(A)(B)が顕在化してきている。

【 0 0 1 1 】

(A) フォトダイオードのサイズの微細化に伴い、マイクロレンズ径の微細化も必要になる。この場合、相対的にマイクロレンズの厚みが厚くなり、マイクロレンズの焦点距離が短くなるため、フォトダイオードの前方且つ上方で焦点を結ぶことになる。そのため、焦点距離を調整するために更に別のレンズ(層内レンズ)を下部に作り込む必要があり、構造が複雑化し、安定した製造歩留まりを得ることが難しくなっている。

【 0 0 1 2 】

更に、フォトダイオードその他周辺回路上の全体には、各フォトダイオード上方に開口を有する遮光膜が積層されている。この遮光膜に形成される開口寸法は、フォトダイオードの微細化に伴って同時に微細化されるが、例えば1 μ m以下の開口寸法になってくると、入射光の波長によってはこの開口を通過するとき光強度が大きく減衰してしまう。従って、例えば、赤色(R)の光の波長は約0.650 μ mであるため、開口寸法が1 μ m以下になってくると、波動光学的効果を考慮する必要が出てくる。

【 0 0 1 3 】

そのため、各色毎に離散した従来のフォトダイオードの配置のままフォトダイオードの微細化を図ると、半導体基板に形成するフォトダイオードや読出回路の微細化と同時に、オンチップの集光光学系(マイクロレンズ、カラーフィルタ、遮光膜開口)の微細化が必須となり、波動光学的効果により受光部に入る光の強度が大幅に低下し、明るい被写体を撮像しても感度が十分に得られないという問題が生じる。

【 0 0 1 4 】

(B) 固体撮像素子の受光領域中央部と周辺部において、感度や色再現性が異なる現象が発生する。いわゆる(輝度、色)シェーディングと呼ばれる現象である。特に、集光光学(カメラレンズ)系が小型化し、焦点距離が短くなるに従って、入射光の入射角度が受光領域の中心付近と周辺部とで差が大きくなることによる感度変動が無視できなくなっている。

【 0 0 1 5 】

この(B)の問題を改善する手段には次の様なものがある。

(イ) マイクロレンズの配置を周辺部に行くに従って中心方向に所定量ずらす。

(ロ) マイクロレンズ(トップレンズ)の下に、さらにマイクロレンズ(層内レンズ)を設け、一度トップレンズで集光した光を、再度、層内レンズで各フォトダイオードに位置合わせし、集光させる。

(ハ) 周辺信号処理回路(外部回路)において、電氣的に感度変動を補正する。

【 0 0 1 6 】

上記の(イ)(ロ)の改善手段は、フォトダイオードの微細化に伴い、高精度なマイクロレンズ形状とその配置位置制御が困難になってきており、採用するのが難しい状況になっている。また、上記(イ)(ロ)(ハ)のいずれの対策においても、レンズ系が異なると(例えばデジタルスチルカメラのレンズ系と携帯電話機搭載カメラのレンズ系とで)、シェーディングの現われ方が異なり、適用する撮像システム毎に設計変更が必要になる。

【 0 0 1 7 】

このような問題を有する従来のカラー固体撮像装置に対し、米国特許第5965875号公報(特許文献2)では、青色検出用、緑色検出用、赤色検出用の各フォトダイオードを、半導体基板の深さ方向に重ねあわせて形成したCMOSイメージセンサを提案している。このCMOSイメージセンサは、IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL.ED-15, NO.1, JANUARY 1968の“A Planar Silicon Photosensor with an Optimal Spectral Response for Detecting Printed Material” PAUL A.GARY and JOHN G.LINVILL(非特許文献1)に記載されている原理、すなわち、フォトダイオードのPN接合の半導体基板表面からの深さによって、各フォトダイオードの光電変換特性が波長依存性(分光感度)を持つ

10

20

30

40

50

という原理を利用している。

【 0 0 1 8 】

【特許文献 1】

米国特許第 3 9 7 1 0 6 5 号明細書

【特許文献 2】

米国特許第 5 9 6 5 8 7 5 号明細書

【非特許文献 1】

IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL.ED-15,NO.1,JANUARY 1968 の “ A Planar Silicon Photosensor with an Optimal Spectral Response for Detecting Printed Material ” PAUL A.GARY and JOHN G.LINVILL

10

【 0 0 1 9 】

【発明が解決しようとする課題】

上述した特許文献 2 の C M O S イメージセンサは、各画素即ちフォトダイオードの深さ方向の光吸収と可視光波長が対応関係にあることを利用するものであり、画素すなわち各色 (R , G , B 等) によってナイキストドメインが異なるため、偽色や色モアレが生じにくいと考えられる。

【 0 0 2 0 】

しかし、シリコン基板に入射した光の深さ方向における光電変換効率の波長依存性によって各色成分の分光スペクトルを求めるため、これらの波長の異なる光に対応したフォトダイオード構造に対してそれぞれオーミックコンタクトを設け、電気信号を直接外部に読み出す構造をとり、相対的にフォトダイオードの受光部面積が減少し、また、素子表面の X 方向、Y 方向に多層の金属配線を設ける必要があるなどの問題がある。

20

【 0 0 2 1 】

本発明の目的は、偽信号 (モアレ) や偽色の発生を抑えた高感度、高解像度且つ忠実な色再現を可能にする安価な単板式のカラー固体撮像装置を提供することにある。

【 0 0 2 2 】

【課題を解決するための手段】

本発明のカラー固体撮像装置は、半導体基板表面にアレイ状に配設された複数の光電変換領域を含むカラー固体撮像装置であって、前記半導体基板表面は 1 つ 1 つの前記光電変換領域に対応して 1 つ 1 つの開口部を有する遮光膜によって覆われており、該各開口部の夫々の内側で、前記光電変換領域が、複数の異なる分光感度の光電変換信号を出力する複数の区画に面分割されており、前記 1 つ 1 つの開口部の直径または対角線長さを t とし赤色光の波長 $0.650 \mu\text{m}$ をとしたとき t を ~ 2 の大きさとし、前記複数の異なる分光感度が、原色系 3 色の赤色、緑色、青色の分光感度であることを特徴とする。

30

また、本発明のカラー固体撮像装置は、上記記載のカラー固体撮像装置であって、前記複数の異なる分光感度が、前記原色系 3 色の他に等色関数の負の部分にピークを持つ分光感度を含むことを特徴とする。

また、本発明のカラー固体撮像装置は、半導体基板表面にアレイ状に配設された複数の光電変換領域を含むカラー固体撮像装置であって、前記半導体基板表面は 1 つ 1 つの前記光電変換領域に対応して 1 つ 1 つの開口部を有する遮光膜によって覆われており、該各開口部の夫々の内側で、前記光電変換領域が、複数の異なる分光感度の光電変換信号を出力する複数の区画に面分割されており、前記 1 つ 1 つの開口部の直径または対角線長さを t とし赤色光の波長 $0.650 \mu\text{m}$ をとしたとき t を ~ 2 の大きさとし、前記複数の異なる分光感度が、補色系 3 色のイエロー、シアン、マゼンタと緑色の分光感度であることを特徴とする。

40

【 0 0 2 3 】

この構成により、異なる分光感度を有する区画が二次元表面上で近接配置された状態となり、偽信号や偽色の発生が抑制され、高感度、高解像度の色再現性の優れた画像データを得ることができ、また、このカラー固体撮像装置を安価に製造可能となる。

【 0 0 2 4 】

50

本発明のカラー固体撮像装置は、半導体基板表面にアレイ状に配設された複数の光電変換領域を含むカラー固体撮像装置であって、前記光電変換領域の個々の内側が夫々複数の異なる分光感度の信号電荷を蓄積する複数の区画に面分割されており、該光電変換領域の側方に前記複数の区画の各々から読み出された前記信号電荷を転送する転送路が形成されていることを特徴とする。

【0025】

この構成により、異なる分光感度を有する区画が二次元表面上で近接配置された状態となり、偽信号や偽色の発生が抑制され、高感度、高解像度の色再現性の優れた画像データを得ることができ、また、このカラー固体撮像装置を安価に製造可能となる。

【0030】

更に本発明のカラー固体撮像装置では、少なくとも1つの前記区画の分光感度は、各区画上方に配置したカラーフィルタによって決定されることを特徴とする。

【0031】

この構成により、分光感度の設定が容易となり、所望の分光特性を得ることが容易となる。

【0032】

更に本発明のカラー固体撮像装置では、前記光電変換領域の少なくとも1つの前記区画の分光感度は、該区画の深さ方向の不純物分布によって決定されることを特徴とする。

【0033】

この構成により、カラーフィルタを用いずにカラー固体撮像装置を形成可能となる。

【0034】

更に本発明のカラー固体撮像装置では、少なくとも1つの前記区画の分光感度は、該区画の上方に配置したカラーフィルタと、該区画の深さ方向の不純物分布によって決定されることを特徴とする。

【0035】

この構成により、カラーフィルタの分光特性と不純物分布により決まる分光特性を組み合わせた分光特性を利用するため、カラーフィルタを用いた区画の分光特性が良くなり、カラー固体撮像装置で撮像したカラー画像の色再現性が向上する。

【0036】

更に本発明のカラー固体撮像装置では、前記区画は、N型の半導体基板に設けられたPウェル層と、該Pウェル層に形成されたN型不純物層とを備え、前記Pウェル層の深さと前記N型不純物層の深さとを変えることで前記区画の分光感度を決定することを特徴とする。

【0037】

この構成により、カラーフィルタを用いずとも分光感度の異なる区画を形成でき、製造プロセスを簡略化でき、製造歩留まりが向上する。

【0038】

更に本発明のカラー固体撮像装置では、青色の分光感度を持つ前記区画のPウェル層の深さ、緑色の分光感度を持つ前記区画におけるPウェル層の深さ、赤色の分光感度を持つ前記区画におけるPウェル層の深さが、順に深く形成されていることを特徴とする。

【0039】

この構成により、各分光感度の長波長側の光によって発生した光電荷が基板に流出し、各分光特性の長波長側が減衰する。

【0040】

更に本発明のカラー固体撮像装置では、青色の分光感度を持つ前記区画の前記Pウェル層に設けたN型不純物層の深さ、緑色の分光感度を持つ前記区画における前記Pウェル層に設けたN型不純物層の深さ、赤色の分光感度を持つ前記区画における前記Pウェル層に設けたN型不純物層の深さが、順に深く形成されていることを特徴とする。

【0041】

この構成により、カラー固体撮像装置の半導体基板に入射する光を、波長の長さすなわち

10

20

30

40

50

半導体基板への侵入深さによって区別して検出可能となる。

【0048】

更に本発明のカラー固体撮像装置では、前記等色関数の負の部分にピークを持つ分光感度を有する区画から読み出した信号により処理を行い等色関数に近似した色再現を行うことを特徴とする。

【0049】

この構成により、人が見た画像に近い画像を得ることができる。

【0050】

更に本発明のカラー固体撮像装置では、隣接する前記光電変換領域間で同一分光感度を持つ区画の配置が異なるものを含むことを特徴とする。

10

【0051】

この構成により、モアレの発生を更に抑制可能となる。

【0052】

更に本発明のカラー固体撮像装置では、前記光電変換領域内の前記区画のうち少なくとも1つの区画の面積が他の区画の面積と異なることを特徴とする。

【0053】

この構成により、各区画の分光感度すなわち信号強度を揃えることができ、カラーバランスを最適化することが可能となる。

【0054】

更に本発明のカラー固体撮像装置では、前記光電変換領域内における各区画の面積は、前記分光感度の単位面積当たりの相対的な大きさと逆比例の関係にあることを特徴とする。

20

【0055】

この構成により、色毎の感度バランスが最適化され、良好な画像データを生成可能となる。

【0056】

本発明のデジタルカメラは、上記のいずれかに記載のカラー固体撮像装置を搭載したことを特徴とする。

【0057】

この構成により、偽信号や偽色の発生が抑制され、高感度、高解像度の色再現性の優れた画像を撮像することができる。

30

【0058】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態を図面を参照して説明する。

【0059】

(第1の実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態に係る単板式カラー固体撮像装置の模式図である。本実施形態に係る単板式カラー固体撮像装置1を構成する半導体基板の表面には、詳細は後述する光電変換領域(以下、個々の光電変換領域を画素部という。)10が、この例では正方形格子状に縦横に配列して形成されている。

【0060】

40

各画素部10の内側は、複数の異なる分光感度を有する複数の区画(以下、各区画を小画素ともいう。)に面分割されており、図1の水平方向に隣接する画素部10間を通して垂直方向に形成されている垂直転送路に各小画素の蓄積電荷が夫々順次読み出され、垂直転送路を転送されてきた電荷は、次に水平転送路(HCCD)11を転送され、このカラー固体撮像装置1から出力される。

【0061】

図2は、図1に示す単板式カラー固体撮像装置の画素部10の4画素分の拡大平面図である。各画素部10は、赤色の分光感度を持つ小画素(図中「R」と記す。)と、青色の分光感度を持つ小画素(図中「B」と記す。)と、分光スペクトルが異なる2種類の緑色分光感度を持つ2つの小画素(図中「G1」「G2」と記す。)の計4つの小画素に、素子

50

分離帯 12 によって縦横に 4 分割されている。

【 0 0 6 2 】

図 2 に示す単板式カラー固体撮像装置 1 は、遮光膜 13 で覆われた状態を示しており、この遮光膜 13 には、画素部 10 の 1 つ 1 つに対して 1 つ 1 つの開口 13 a が設けられており、画素部 10 内の個々の小画素 R, G1, G2, B 毎に開口を設けることはしていない。このため、画素部 10 や小画素 R, G1, G2, B の微細化（高画素化）を図っても開口 13 a の大きさを光の波長に比べて大きくとることが可能となり、感度の良好な画像が撮像可能となる。

【 0 0 6 3 】

図 3 は、マイクロレンズが配置された単板式カラー固体撮像装置 1 の画素 10 の 1 画素分の断面図であり、図 2 の III-III 線位置の断面に相当する。N 型基板 2 の表面には P ウェル層 3 が形成され、P ウェル層 3 の表面に、素子分離帯 12 のみで分離された N 型不純物層 4 a, 4 b が形成されている。P ウェル層 3 と各 N 型不純物層 4 a, 4 b との間に形成される PN 接合がフォトダイオード（光電変換部）を形成し、入射光に応じた光電荷が N 型不純物層 4 a, 4 b に蓄積される。

【 0 0 6 4 】

各 N 型不純物層 4 a, 4 b の表面には高濃度 P 型不純物層（表面 P⁺層）5 a, 5 b が形成され、更に半導体表面が酸化膜 5 c によって覆われる。各 N 型不純物層 4 a, 4 b の脇に形成された N 型不純物層 15 が夫々垂直転送路を構成し、垂直転送路 15 の上部に、酸化膜 5 c を介して転送電極 18 が設けられる。

【 0 0 6 5 】

さらにその上に平坦化膜 7 a が設けられ、平坦化膜 7 a の上面に、開口 13 a を有し転送電極や垂直転送路を覆う遮光膜 13 が設けられ、その上に、カラーフィルタ層 8 が形成され、更に平坦化膜 7 b を介して、遮光膜 13 の 1 開口に対して 1 つのマイクロレンズ 14 が設けられる。

【 0 0 6 6 】

尚、図 2 や以後の図 4 等々に示される小画素 R, G1, G2, B は、カラーフィルタ層 8 の各色部分を示すのではなく、その下に存在する図 3 の N 型不純物層 4 a, 4 b を示すものであり、「R」「G1」「G2」「B」は、各 N 型不純物層 4 a, 4 b と P ウェル層 3 とによって形成されるフォトダイオードのカラーフィルタ層 8 の各色によって有する分光感度を示すものである。

【 0 0 6 7 】

本実施形態に係るマイクロレンズ（トップレンズ）14 は、1 つの画素部 10 に対して 1 個設けられ、このマイクロレンズ 14 から入射した光が全て遮光膜 13 の対応する開口 13 a 内に入るように設計される。

【 0 0 6 8 】

本実施形態では、トップレンズ 14 で集光した入射光を、正確にいずれかの小画素上に結像させる必要はなく、開口 13 a 内に光束を集めるだけで良いため、マイクロレンズ 14 の製造が容易となる。

【 0 0 6 9 】

図 4 は、図 2 に示す状態から遮光膜 13 を取り去った状態の 2 つの画素部分を示す平面図である。各画素部 10 の両脇には、垂直方向に延びる垂直転送路 15 が形成されており、本実施形態では、図 5（図 4 の V-V 線断面図）に示す様に、ポリシリコンからなる 3 層構造の転送電極 16, 17, 18 が埋め込みチャンネル（垂直転送路）15 の上に酸化膜 5 c を介して積層され、例えば 3 相の転送パルスによって駆動される。これらの垂直転送路 15, 電極 16, 17, 18 は、画素部 10 内で隣接する各小画素 R, G1, G2, B 間の素子分離帯 12 を避けて画素部 10 間に来るように形成される。

【 0 0 7 0 】

即ち、遮光膜 13 で固体撮像装置の半導体表面を覆ったときに、垂直転送路 15 ばかりでなく電極 16, 17, 18 も遮光膜 13 によって隠され、図 2 に示す様に、開口 13 a 内

10

20

30

40

50

に垂直転送路 15, 電極 16, 17, 18 が露出しない構成となっている。このため、1つの画素部 10 内で隣接する小画素間の距離は素子分離に必要な最小加工寸法とすることができ、従来と同一の製造プロセス, 設計ルール及びチップサイズであっても、同一画素部内の小画素間距離を短くでき、偽色の発生が抑制される。

【0071】

また、分光感度の異なる複数の小画素を画素部として集中して配置し、各小画素を素子分離帯 12 だけを挟んで隣接形成したため、チップ上で光電変換を行う領域の占める割合が従来の固体撮像装置に比して大きくなり、チップの利用率が向上する。

【0072】

斯かる構成の単板式カラー固体撮像装置 1 では、先ず、小画素 R と小画素 G1 の各蓄積電荷が夫々垂直転送路 15 に読み出されてから垂直転送路 15 に沿って水平転送路 11 (図 1) まで転送され、次いで水平転送路 11 に沿って転送され、固体撮像装置 1 から出力される。そして次に、小画素 G2 と小画素 B の各蓄積電荷が夫々垂直転送路 15 に読み出されてから垂直転送路 15 に沿って水平転送路 11 まで転送され、次いで水平転送路 11 に沿って転送され、固体撮像装置 1 から出力される。

【0073】

このように、本実施形態によれば、複数の小画素を一カ所に集中配置して 1つの画素部とし、1つの画素部内の小画素間の距離を、隣接する画素部内の小画素との距離より小さくしたため、高解像度化を図って各小画素の微細化を図っても遮光膜 13 の開口 13a を大きく取ることができ、感度の高い画像を撮像することが可能となる。各開口 13a の開口径 (直径または対角線長さ) t は、赤色の波長 (nm) に対して、例えば $t = \sim 2$ まで微細化したとしても各色成分に対応した 3色あるいは 4色の出力信号が減衰することはない。

【0074】

また、本実施形態では、緑色の小画素として分光スペクトルの異なる 2つの小画素 G1, G2 を設けたため、緑色一色の小画素 G を設けるだけの場合に比べて忠実な色再現が可能となる。更に、高解像度化を図って同一分光感度を持つ小画素の配列周期を小さくすることができるため、モアレの発生も抑制され、色の再現性が向上し、高画質な画像を得ることが可能となる。

【0075】

(第 2 の実施形態)

図 6 は、本発明の第 2 の実施形態に係るカラー固体撮像装置の要部拡大平面図であり、遮光膜を付けた画素部 4 画素分を図示している。第 1 の実施形態では、画素部 10 内の小画素の配置、即ち、小画素 R, G1, G2, B の配置を、全ての画素部で同一配置としたが、本実施の形態では、画素部間で小画素 R, G1, G2, B の配置を規則的に変えている。これは、カラーフィルタ配列に起因する周期的な偽信号を低減するためである。

【0076】

分光感度の異なる小画素の配置を画素部内で変える場合、

1 画素部の列毎または行毎に上下, 左右の色配置を交互に交換する。

2 固体撮像装置の受光中心部と周辺部において短波長に対応するカラーフィルタ (B) と長波長に対応するカラーフィルタ (R) の配列を変え、受光部あるいは遮光開口部周辺における光のケラレ (シェーディング) を改善する。

などが考えられる。

【0077】

この様に、画素部内の小画素の配置を周期的に変えることにより、第 1 の実施形態に比べて更に良好な画質の画像を得ることが可能となる。

【0078】

(第 3 の実施形態)

図 7 は、本発明の第 3 の実施形態に係るカラー固体撮像装置の要部拡大平面図であり、遮光膜を付けた画素部 4 画素分を図示している。第 1 の実施形態では、原色系のカラーフィ

10

20

30

40

50

ルタを用い、緑色のカラーフィルタとしてG 1 , G 2 の二種類を使用した。本実施例では、補色系のカラーフィルタY e (イエロー), M g (マゼンタ), シアン(C y), グリーン(G)の4色のカラーフィルタを使用している。

【0079】

補色系は4色で構成されるため、この実施形態の様に小画素4つで画素部が形成される場合、各色を各小画素に割り振るのに好都合である。尚、本実施形態においても、第2の実施形態と同様に、各画素部内における小画素Y e , C y , M g , Gの配置を周期的に変更するのが好ましい。

【0080】

(第4の実施形態)

図8は、本発明の第4の実施形態に係るカラー固体撮像装置の要部拡大平面図であり、遮光膜を付けた画素部4画素分を図示している。上述した各実施形態では、画素部10を4つの同一面積の小画素に分割したが、本実施形態では、面積の異なる4つの小画素に分割し、各小画素に異なる分光感度R, G 1 , G 2 , Bを割り振っている。小画素の各面積を異ならせることにより、カラーバランスの調整や光感度の最適化が容易に行える。

【0081】

画素部10内の各小画素の面積は、各小画素の単位面積当たりの相対的な分光感度の大きさに逆比例の関係とするのが好ましい。すなわち、感度の高い色については小画素面積を小さくし、感度の低い色については小画素面積を大きくする。

【0082】

(第5の実施形態)

図9は、本発明の第5の実施形態に係るカラー固体撮像装置の要部拡大平面図であり、遮光膜を付けた画素部4画素分を図示している。この実施形態では、原色系のR, G, Bの分光感度を持つ小画素の他に、一番小面積の小画素にR, G, Bとは異なる第4の分光感度を持たせている。

【0083】

本実施形態における第4の分光感度とは、例えば、図10に示す様に、波長520nm付近にピークを持つ分光感度である。図11は、等色関数を示すグラフであり、赤色(R)には520nm付近に負の部分Aがあり、これを実現しないと、忠実な色再現ができない。そこで、本実施形態では、第4の分光感度を持つ小画素によって波長520nm付近の光量に対応する信号電荷量を検出し、これを赤色Rの光量に対する信号電荷量から減算することで、等色関数の負の部分Aに相当する分光感度を実現し、人間の目の感じる通りの色再現を行うことを可能とする。

【0084】

(第6の実施形態)

図12は、本発明の第6の実施形態に係るカラー固体撮像装置の要部拡大平面図であり、遮光膜を付けた画素部4画素分を図示している。上述した各実施形態では、4つの小画素を集中的に配置して画素部1個を形成しているが、この実施形態では、R, G, Bの3つの小画素で1個の画素部を形成している点が異なる。

【0085】

(第7の実施形態)

図13は、本発明の第7の実施形態に係るカラー固体撮像装置の模式図である。上述した各実施形態では、画素部10を正方格子状に配列したが、本実施形態では、画素部20を、奇数行と偶数行とで1/2ピッチずらし、所謂、ハニカム配置とした点が異なる。

【0086】

画素部20がハニカム配置となっているため、画素部20の両脇に設けられる垂直転送路(図13では図示省略)は蛇行配置となる。この垂直転送路を水平転送路22まで転送されてきた信号電荷(画素部20の構成小画素の各々の蓄積電荷)は、次に水平転送路22を転送され、この固体撮像装置21から出力される。

【0087】

10

20

30

40

50

図14(a)は、遮光膜を外した画素部20の拡大平面図であり、図14(b)は画素部4つ分の遮光膜の平面図である。また、図15は、図14(a)中の破線丸印XV内の拡大図である。

【0088】

画素部20の両脇には、蛇行配置された垂直転送路23が形成され、この垂直転送路23に重なるようにして、ポリシリコンの転送パルス用電極24, 25が設けられている。また、画素部20を構成する隣接配置された小画素R, G1, G2, B間は、素子分離帯26によって分離されるが、第1の実施形態と同様に、画素部20内において各小画素R, G1, G2, Bは、素子分離に必要な最小加工寸法で面分割される。

【0089】

図示の例では、45度傾いた矩形の画素部20は、2つの対角線によって4つの小画素R, G1, G2, Bに面分割され、各小画素が対面する垂直転送路23に各々の蓄積電荷が読み出される構成となっている。この画素部20の各々に1つの開口(図面が煩雑になるため、図14(a)の1つの画素部20に対してのみ開口27aを仮想線で図示)が対応して設けられた遮光膜27が被せられるが、前述したように、転送パルス用電極24, 25は垂直転送路23に重ねて設けられているため、遮光膜27の開口27a内にはこれらの電極24, 25及び垂直転送路23は露出せず、最小加工寸法で製造された素子分離帯26で分離された小画素R, G1, G2, Bのみが露出することになる。

【0090】

本実施形態によっても、1つの画素部20内の小画素間の距離を、隣接する画素部内の小画素までの距離より小さくしたため、第1の実施形態と同様の効果が得られる他に、画素部20を八ニカム配置としたことにより、正方格子配列の場合に比べ、垂直CCD転送電極の配線領域(受光部でも電荷転送部でもない無効領域)がないので、撮像素子の表面積を有効に活用でき、更に高感度化、高解像度化を図ることが可能となる。

【0091】

尚、小画素R, G1, G2, Bで説明したが、補色系の小画素G, Cy, Ye, Mgとしてもよい。あるいは、R, G, Bの3原色の小画素と図9で説明した第4の分光感度を持つ小画素とすることでもよい。

【0092】

また、この八ニカム配置の実施形態でも、画素部内における小画素の配置を第2の実施形態と同様に周期的に変化させることで、色の再現性や高画質化を図ることが可能である。

【0093】

(第8の実施形態)

画素部を正方格子状に配置した場合でも、八ニカム状に配置した場合でも、各画素部内をどの様に面分割するかは任意であり、画素部の形状も任意である。図16に、様々な画素部の形状と小画素の面分割方法を例示する。図中、第1分光感度をCF1, 第2分光感度をCF2, ... 第6分光感度をCF6としている。

【0094】

1つの画素部を構成する小画素数は、原色系であればR, G, Bの3色用に少なくとも3つ必要であるが、4つ5つ6つと小画素数を増やすことで、第4の分光感度を持った小画素や、他の種類の分光感度を持った小画素など種々のものを設けることが可能となり、これらの小画素の検出信号を用いて画質を向上させる様々な画像処理が可能となる。

【0095】

(第9の実施形態)

図17は、本発明の第9の実施形態に係るカラー固体撮像装置の要部拡大平面図である。上述した各実施形態における小画素R, G, Bは、カラーフィルタによって分光感度を持たせる構成であるのに対し、本実施形態では、カラーフィルタは用いずに、小画素のフォトダイオード構造自体によって分光感度R, G, Bを持たせる構成としている。尚、この実施形態は、複数の画素部10を正方格子状に配列した例を示している。

【0096】

10

20

30

40

50

図18(a), (b), (c)は、本実施形態に係る各小画素B, G, Rの各フォトダイオード構造を示す図である。図18(a)は、図17のa-a線断面を示し、青色(B)の分光感度を持つ小画素の断面図である。図18(b)は、図17のb-b線断面を示し、緑色(G)の分光感度を持つ小画素の断面図である。同様に、図18(c)は、図17のc-c線断面を示し、赤色(R)の分光感度を持つ小画素の断面図である。

【0097】

前述した第1～第8の各実施形態に係るカラー固体撮像装置では、各小画素を構成するフォトダイオード構造を同一構造とし、カラーフィルタを用い、各小画素が分光感度を持つようにしている。これに対し、本実施形態の小画素では、各小画素を構成するフォトダイオードのPN接合深さを変えることで分光感度を持たせ、更に、分光感度に応じてPウェル層の深さも変えている。

10

【0098】

青色(B)の分光感度を持つ小画素(図18(a))は、N型シリコン基板(N-Sub)30上に深さ $d = 1 \sim 3 \mu\text{m}$ のPウェル層31を形成し、Pウェル層31の表面側に、深さ $d = 0.2 \sim 0.4 \mu\text{m}$ のN型不純物層32を形成し、更にその表面に、所要深さの高濃度P型不純物層(表面P+)層33を形成し、最表面を透明な酸化膜34で覆うことで形成される。

【0099】

緑色(G)の分光感度を持つ小画素(図18(b))は、N型シリコン基板(N-Sub)30上に深さ $d = 3 \sim 4 \mu\text{m}$ のPウェル層31を形成し、Pウェル層31の表面側に、深さ $d = 0.4 \sim 1.0 \mu\text{m}$ のN型不純物層32を形成し、更にその表面に、所要深さの表面P+層33を形成し、最表面を透明な酸化膜34で覆うことで形成される。

20

【0100】

赤色(R)の分光感度を持つ小画素(図18(c))は、N型シリコン基板(N-Sub)30上に深さ $d = 4 \sim 6 \mu\text{m}$ のPウェル層31を形成し、Pウェル層31の表面側に、深さ $d = 1.0 \sim 2.0 \mu\text{m}$ のN型不純物層32を形成し、更にその表面に、所要深さの表面P+層33を形成し、最表面を透明な酸化膜34で覆うことで形成される。

【0101】

各小画素R, G, Bを構成するPN接合部に光が入射すると、PN接合のN型不純物層32に電荷が蓄積される。長波長の光ほど、基板内への侵入距離が深いため、PN接合面の深さが浅い小画素(図18(a))には青色の光量に応じた電荷が蓄積され、中間の深さの小画素(図18(b))には緑色の光量に応じた電荷が蓄積され、最も深い小画素(図18(c))には赤色の光量に応じた電荷が蓄積される。

30

【0102】

各小画素の有する分光特性(図19参照)を、長波長側についても減衰する特性とすることが、忠実な色信号処理を行う上で重要である。そこで、本実施形態では、Pウェル層31の深さについても、各分光特性に対応して異ならせている。すなわち、図18(a)(b)(c)の順で、Pウェル層31を深くしている。

【0103】

この結果、図18(a)に示すフォトダイオード構造では、緑色(G)よりも長い波長の光によって発生した光電荷がN型基板30に流出し、図18(b)に示すフォトダイオード構造では、赤色(R)よりも長い波長によって発生した光電荷がN型基板30に流出し、同様に図18(c)に示すフォトダイオード構造では、可視光波長域外の赤外波長の光によって発生した光電荷がN型基板30に流出し、夫々の分光特性の長波長側で減衰特性が実現される。

40

【0104】

これにより、各小画素R, B, Gに蓄積される信号電荷の波長依存性(分光特性)は、図19に示す様に、各R, G, Bで長波長側が立ち下がる山形となり、色の識別性が向上し、これらの分光特性を持つ小画素によって検出した色信号による色再現性が向上する。

【0105】

50

尚、本実施形態では、各小画素 R, G, B で表面 P⁺層 33 の厚さを同一寸法としたが、各小画素 R, G, B の表面 P⁺層 33 を異なる厚さとしてもよい。

【0106】

また、いうまでもないが、この実施形態でも、上述した各実施形態と同様に、画素部 10 内の各小画素 R, G, B の配置位置や面分割の仕方は任意であり、小画素の配置位置を周期的に変更してもよく、各小画素の面積を違えてもよい。更に、画素部をハニカム配置とすることでもよい。

【0107】

(第10の実施形態)

図20(a)(b)(c)は、本発明の第10の実施形態に係るカラー固体撮像装置の断面図である。図18(a)(b)(c)に示す第9の実施形態に係るカラー固体撮像装置と基本的に同じであるが、異なる点は、図20(a)に示す様に、Bの分光感度を持つ小画素の上に、青色(B)のカラーフィルタ36も被せ、フォトダイオード構造自体で持つことができるBの分光特性を、カラーフィルタ36によって更にシャープな山形とした点である。R, G, Bのうちの一色でも分光特性がシャープになると、色の再現性がより良くなる。尚、小画素Gの上にも緑色のカラーフィルタを被せてもよい。

10

【0108】

(第11の実施形態)

図21(a)(b)(c)は、本発明の第11の実施形態に係るカラー固体撮像装置の断面図である。図20(a)(b)(c)に示す第10の実施形態に係るカラー固体撮像装置と基本的に同じであるが、異なる点は、図21(a)に示す様に、Bの分光感度を持つ小画素のダイオード構造(Pウェル層31の深さ、N型不純物層32の深さ)が小画素G(図21(b))の構造と同じであり、小画素B, Gのフォトダイオード構造がGの分光感度を持つように最適化されている点である。小画素Bは、Gの分光感度を持つように最適化されていても、青色のカラーフィルタ36によって青色の光量に応じた電荷が蓄積される。この実施形態によれば、小画素Bと小画素Gとを同一構造に製造できるため、製造プロセスが容易になるという利点がある。

20

【0109】

(第12の実施形態)

図22は、本発明の一実施形態に係るデジタルカメラの構成図である。デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラあるいは携帯電話機等の小型電子機器に搭載されたカメラ等のデジタルカメラは、図示しない集光光学系によって結像された被写体画像の光信号を受光して電気信号に変換する、上述したいずれかの実施形態に係る単板式カラー固体撮像装置1と、この単板式カラー固体撮像装置1から出力される画像信号をアナログ処理するCDS等のアナログ信号処理回路102と、アナログ信号処理回路102で処理された画像信号をデジタルの画像信号に変換するアナログデジタル変換回路103と、デジタル化された画像信号を取り込んでJPEG圧縮したり伸張したりあるいはDRAM制御を行ったデジタル処理回路104と、このデジタル処理回路104に接続されたDRAM105と、デジタルカメラ全体を統括制御するシステムマイコン106と、撮像された画像データを記録する記録メディア107と、これらを相互に接続するバス108とを備える。

30

40

【0110】

本実施形態に係るデジタルカメラでは、カラー固体撮像装置1の上述した各小画素からR, G, Bの各色信号成分を出力するため、偽信号(モアレ)や偽色の発生を抑えた高感度、高解像度且つ忠実な色再現が可能なカラー画像を撮像することが可能である。

【0111】

【発明の効果】

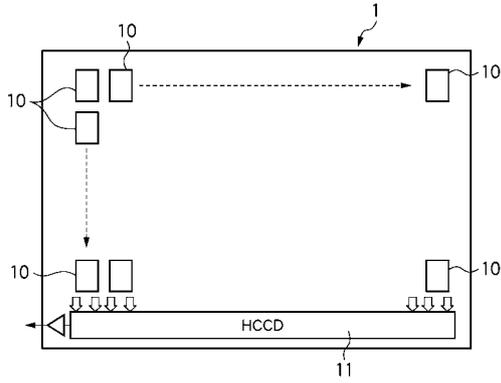
本発明によれば、偽信号(モアレ)や偽色の発生を抑えた高感度、高解像度且つ忠実な色再現を可能にする単板式のカラー固体撮像装置を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

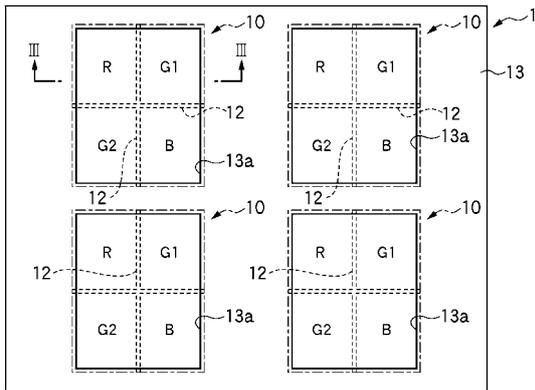
50

- 【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係るカラー固体撮像装置の模式図である。
- 【図 2】図 1 に示すカラー固体撮像装置の要部拡大平面図である。
- 【図 3】図 1 に示す画素部の断面図である。
- 【図 4】図 2 の遮光膜を取り除いた 4 つの画素部の概略平面図である。
- 【図 5】図 4 の V-V 線断面図である。
- 【図 6】本発明の第 2 の実施形態に係るカラー固体撮像装置の要部平面図である。
- 【図 7】本発明の第 3 の実施形態に係るカラー固体撮像装置の要部平面図である。
- 【図 8】本発明の第 4 の実施形態に係るカラー固体撮像装置の要部平面図である。
- 【図 9】本発明の第 5 の実施形態に係るカラー固体撮像装置の要部平面図である。
- 【図 10】本発明の第 5 の実施形態で用いる第 4 の分光感度の説明図である。 10
- 【図 11】R, G, B の等色関数を示すグラフである。
- 【図 12】本発明の第 6 の実施形態に係るカラー固体撮像装置の要部平面図である。
- 【図 13】本発明の第 7 の実施形態に係るカラー固体撮像装置の模式図である。
- 【図 14】(a) 図 13 に示すカラー固体撮像装置の要部拡大平面図である。
(b) 画素部 4 つ分の遮光膜の平面図である。
- 【図 15】図 14 (a) に示す破線丸印 XV 内の拡大図である。
- 【図 16】本発明の第 8 の実施形態に係るカラー固体撮像装置の画素部の面分割例を示す図である。
- 【図 17】本発明の第 9 の実施形態に係るカラー固体撮像装置の要部拡大平面図である。
- 【図 18】(a) は図 17 の a-a 線断面図であり、 20
(b) は図 17 の b-b 線断面図であり、
(c) は図 17 の c-c 線断面図である。
- 【図 19】本発明の第 9 の実施形態に係るカラー固体撮像装置の各小画素 R, G, B の分光特性を示すグラフである。
- 【図 20】本発明の第 10 の実施形態に係るカラー固体撮像装置の各小画素 B, G, R の断面図である。
- 【図 21】本発明の第 11 の実施形態に係るカラー固体撮像装置の各小画素 B, G, R の断面図である。
- 【図 22】本発明の一実施形態に係るデジタルカメラの構成図である。
- 【符号の説明】 30
- 1 カラー固体撮像装置
- 10, 20 画素部 (光電変換領域)
- 11, 22 水平転送路
- 12, 26 素子分離帯
- 13, 27 遮光膜
- 13a, 27a 開口
- 14 マイクロレンズ (トップレンズ)
- 15, 23 垂直転送路
- 16, 17, 18, 24, 25 電極
- 30 N型シリコン基板 40
- 31 Pウェル層
- 32 N型不純物層
- 33 表面 P⁺層

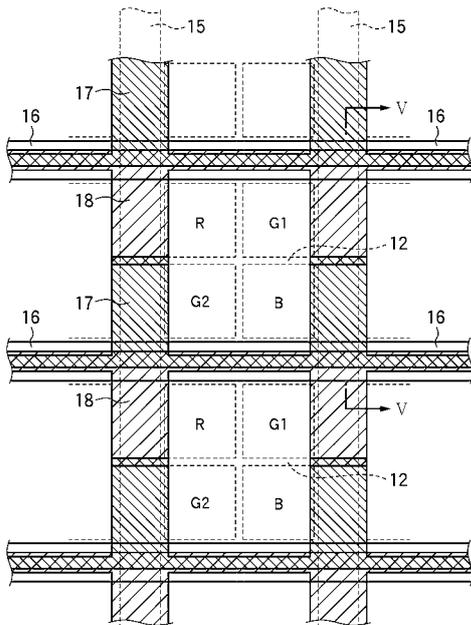
【図1】



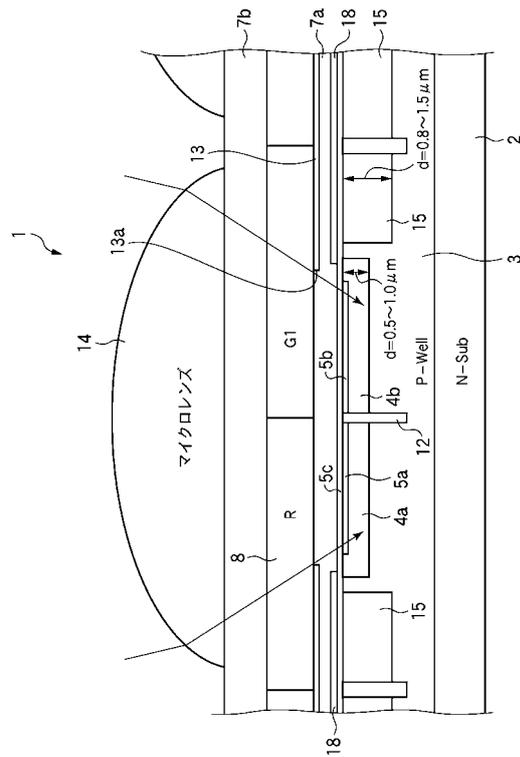
【図2】



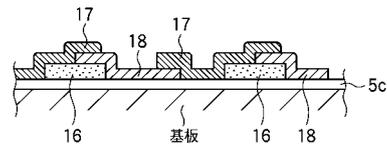
【図4】



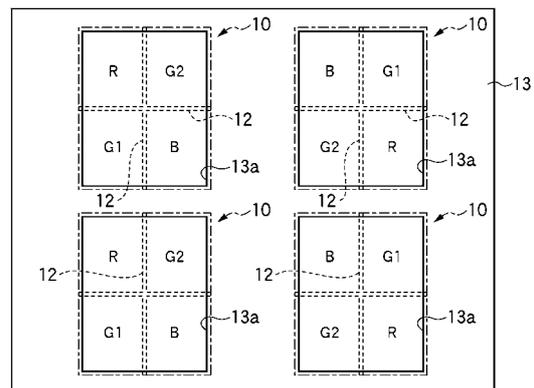
【図3】



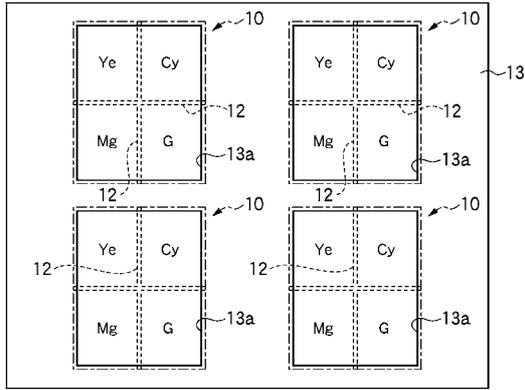
【図5】



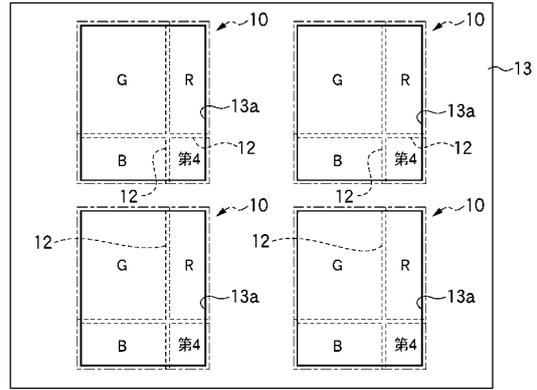
【図6】



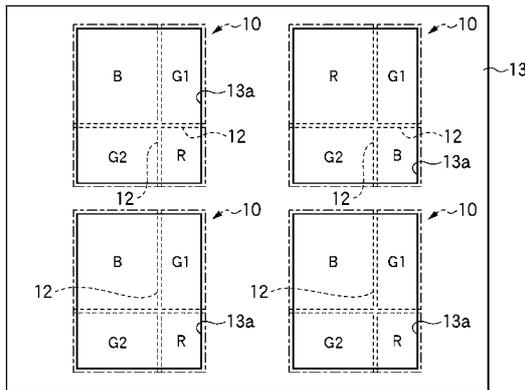
【図7】



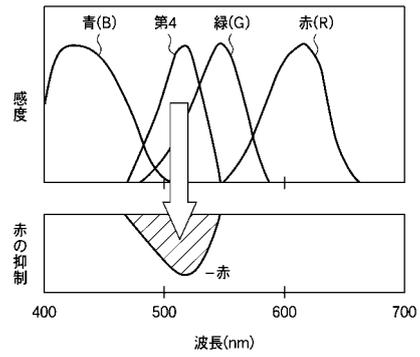
【図9】



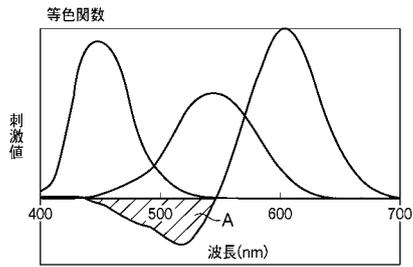
【図8】



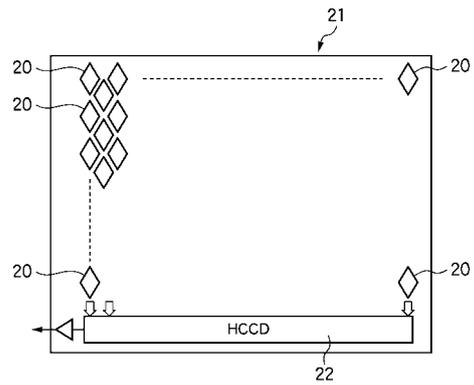
【図10】



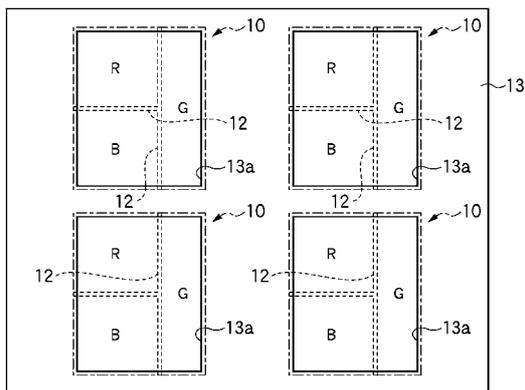
【図11】



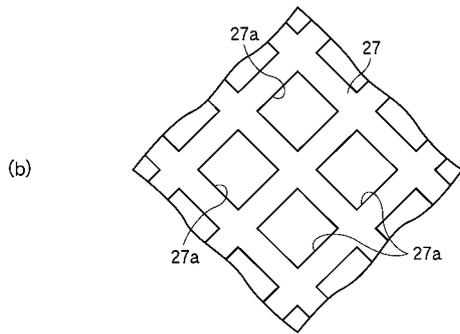
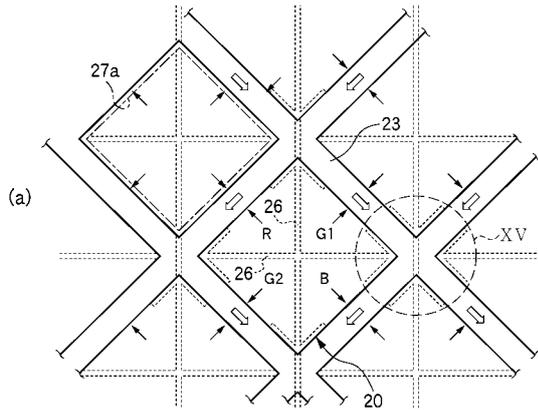
【図13】



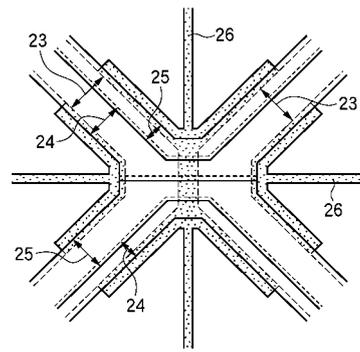
【図12】



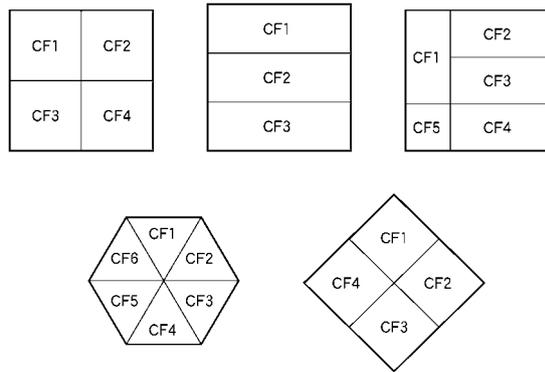
【図14】



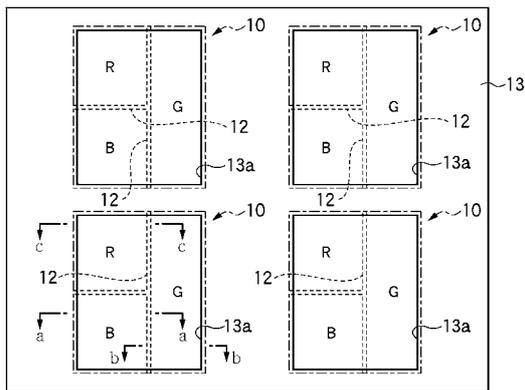
【図15】



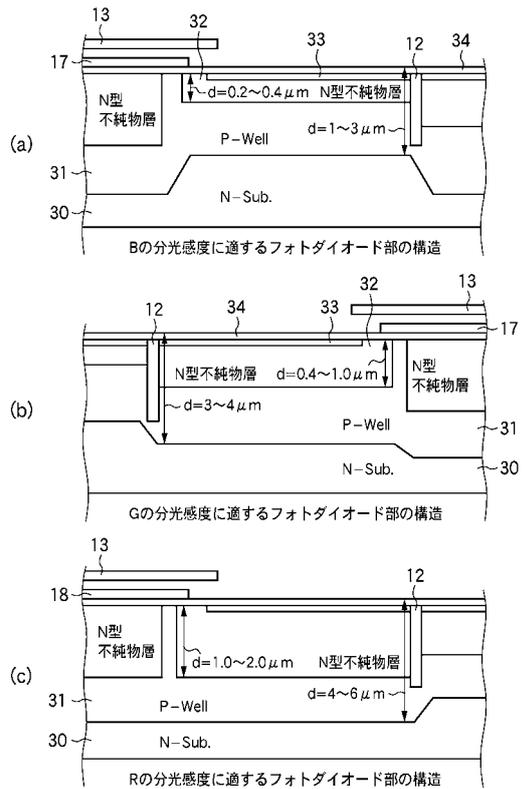
【図16】



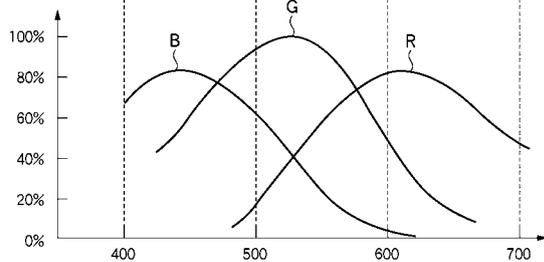
【図17】



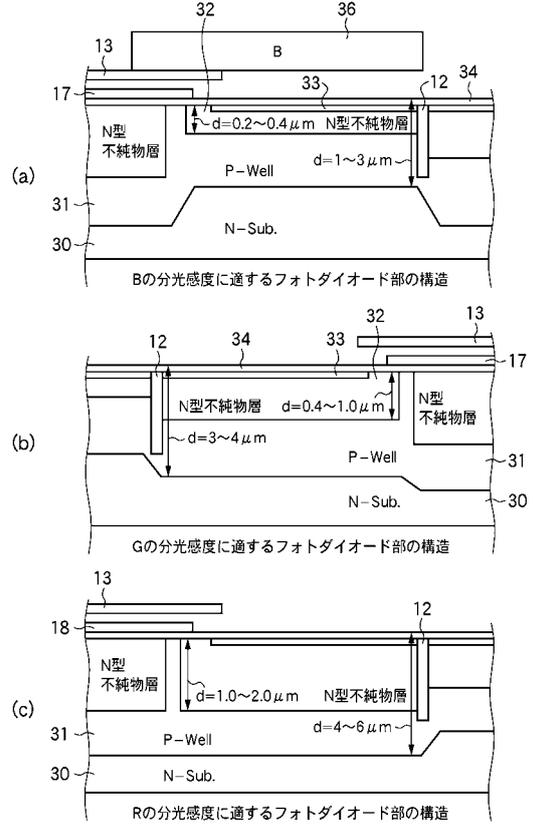
【図18】



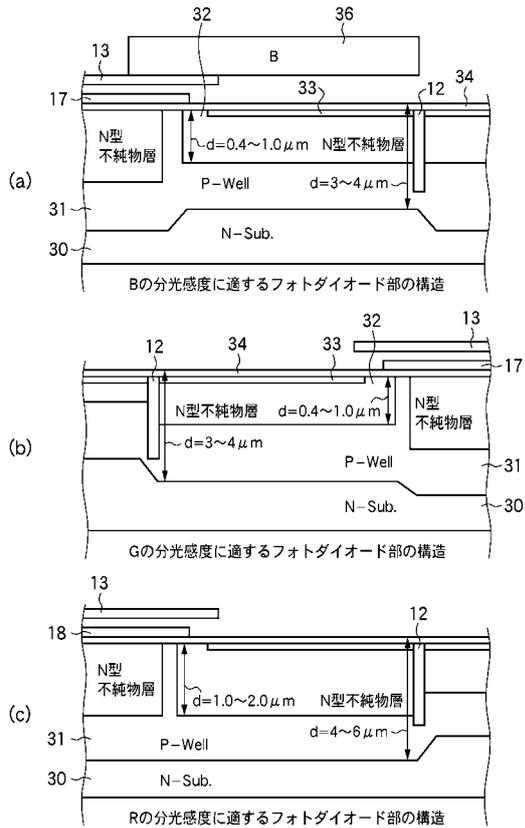
【図19】



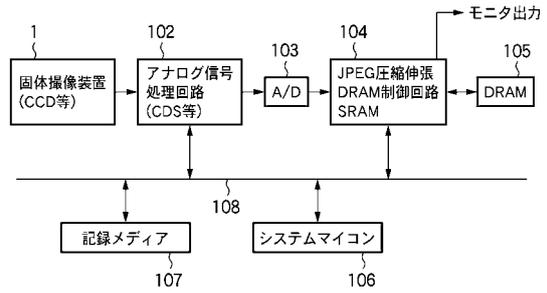
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平09-064329(JP,A)
特開平05-243543(JP,A)
特開平04-170849(JP,A)
特開昭61-265534(JP,A)
特開昭61-101185(JP,A)
特開2002-151670(JP,A)
特開2001-339056(JP,A)
特開2001-007307(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 27/148
H01L 27/14
H04N 5/335
H04N 9/07