

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4839008号  
(P4839008)

(45) 発行日 平成23年12月14日(2011.12.14)

(24) 登録日 平成23年10月7日(2011.10.7)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 1 L 27/146 (2006.01) HO 1 L 27/14 A  
 HO 4 N 5/369 (2011.01) HO 1 L 27/14 E  
 HO 4 N 5/335 6 9 0

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2005-91732(P2005-91732)	(73) 特許権者	306037311
(22) 出願日	平成17年3月28日(2005.3.28)		富士フイルム株式会社
(65) 公開番号	特開2006-278446(P2006-278446A)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(43) 公開日	平成18年10月12日(2006.10.12)	(74) 代理人	100115107
審査請求日	平成19年6月21日(2007.6.21)		弁理士 高松 猛
		(74) 代理人	100132986
			弁理士 矢澤 清純
		(74) 代理人	100151194
			弁理士 尾澤 俊之
		(74) 代理人	100177105
			弁理士 木村 伸也
		(72) 発明者	鈴木 信雄
			神奈川県南足柄市中沼210番地 富士写 真フイルム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 単板式カラー固体撮像素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

信号読出回路と該信号読出回路に接続されるn型高濃度不純物領域とが表面部に形成された半導体基板と、該半導体基板の浅部に形成された青色光検出用のフォトダイオードと、該半導体基板の深部に形成された赤色光検出用のフォトダイオードと、該半導体基板の上層に積層された緑色光検出用の光電変換膜とを備える単板式カラー固体撮像素子において、

前記半導体基板の最表面に形成され、前記各フォトダイオードの夫々のn型半導体層が該半導体基板の表面側に露出しないように覆うp型高不純物密度層と、

前記青色光検出用のフォトダイオードの前記n型半導体層の側端面と該n型半導体層の前記表面側を覆う前記p型高不純物密度層の側端面とが整列して設けられた側と、青色用の前記n型高濃度不純物領域とを接続し、読出電圧が印加されたとき、青色用の前記n型半導体層の蓄積電荷を青色用の前記n型高濃度不純物領域に移動させる青色用のMOS型スイッチと、

前記赤色光検出用のフォトダイオードの前記n型半導体層の側端面と該n型半導体層の前記表面側を覆う前記p型高不純物密度層の側端面とが整列して設けられた側と、赤色用の前記n型高濃度不純物領域とを接続し、読出電圧が印加されたとき、赤色用の前記n型半導体層の蓄積電荷を赤色用の前記n型高濃度不純物領域に移動させる赤色用のMOS型スイッチと

を設けたことを特徴とする単板式カラー固体撮像素子。

## 【請求項 2】

前記光電変換膜が有機半導体で形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の単板式カラー固体撮像素子。

## 【請求項 3】

前記青色光検出用のフォトダイオード付近で光発生する少数キャリアの信号電荷が前記半導体基板の表面方向と反対の深さ方向とに分流する境界面を第 1 の境界面とし、前記赤色光検出用のフォトダイオード付近で光発生する少数キャリアの信号電荷が前記半導体基板の表面方向と反対の深さ方向とに分流する境界面を第 2 の境界面としたとき、第 1 の境界面の半導体基板表面からの深さが  $0.4 \mu\text{m} \sim 1.1 \mu\text{m}$  の間、第 2 の境界面の半導体基板表面からの深さが  $2 \mu\text{m}$  以上となる位置に前記各フォトダイオードを形成したことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の単板式カラー固体撮像素子。

10

## 【請求項 4】

信号読出回路と該信号読出回路に接続される n 型高濃度不純物領域とが表面部に形成された半導体基板と、該半導体基板の浅部に形成された青色光検出用のフォトダイオードと、該半導体基板の深部に形成された赤色光検出用のフォトダイオードと、前記浅部と前記深部の中間部に形成された緑色光検出用のフォトダイオードとを備える単板式カラー固体撮像素子において、

前記半導体基板の最表面に形成され、前記各フォトダイオードの夫々の n 型半導体層が該半導体基板の表面側に露出しないように覆う p 型高不純物密度層と、

前記青色光検出用のフォトダイオードの前記 n 型半導体層の側端面と該 n 型半導体層の前記表面側を覆う前記 p 型高不純物密度層の側端面とが整列して設けられた側と、青色用の前記 n 型高濃度不純物領域とを接続し、読出電圧が印加されたとき、青色用の前記 n 型半導体層の蓄積電荷を青色用の前記 n 型高濃度不純物領域に移動させる青色用の MOS 型スイッチと、

20

前記緑色光検出用のフォトダイオードの前記 n 型半導体層の側端面と該 n 型半導体層の前記表面側を覆う前記 p 型高不純物密度層の側端面とが整列して設けられた側と、緑色用の前記 n 型高濃度不純物領域とを接続し、読出電圧が印加されたとき、緑色用の前記 n 型半導体層の蓄積電荷を緑色用の前記 n 型高濃度不純物領域に移動させる緑色用の MOS 型スイッチと、

前記赤色光検出用のフォトダイオードの前記 n 型半導体層の側端面と該 n 型半導体層の前記表面側を覆う前記 p 型高不純物密度層の側端面とが整列して設けられた側と、赤色用の前記 n 型高濃度不純物領域とを接続し、読出電圧が印加されたとき、赤色用の前記 n 型半導体層の蓄積電荷を赤色用の前記 n 型高濃度不純物領域に移動させる赤色用の MOS 型スイッチと

30

を設けたことを特徴とする単板式カラー固体撮像素子。

## 【請求項 5】

前記青色光検出用のフォトダイオード付近で光発生する少数キャリアの信号電荷が前記半導体基板の表面方向と反対の深さ方向とに分流する境界面を第 1 の境界面とし、前記緑色光検出用のフォトダイオード付近で光発生する少数キャリアの信号電荷が前記半導体基板の表面方向と反対の深さ方向とに分流する境界面を第 2 の境界面とし、前記赤色光検出用のフォトダイオード付近で光発生する少数キャリアの信号電荷が前記半導体基板の表面方向と反対の深さ方向とに分流する境界面を第 3 の境界面としたとき、第 1 の境界面の半導体基板表面からの深さが  $0.3 \mu\text{m} \sim 0.7 \mu\text{m}$  の間、第 2 の境界面の半導体基板表面からの深さが  $0.8 \mu\text{m} \sim 1.6 \mu\text{m}$  の間、第 3 の境界面の半導体基板表面からの深さが  $2 \mu\text{m}$  以上となる位置に前記各フォトダイオードを形成したことを特徴とする請求項 4 に記載の単板式カラー固体撮像素子。

40

## 【請求項 6】

前記信号読出回路が MOS トランジスタ回路または電荷転送路で構成されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の単板式カラー固体撮像素子。

## 【請求項 7】

50

前記各フォトダイオードの受光面以外を光遮蔽する光遮蔽膜を前記半導体基板の表面に積層したことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかに記載の単板式カラー固体撮像素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は 1 画素で赤色 (R)、緑色 (G)、青色 (B) の 3 色の信号を検出する単板式カラー固体撮像素子に係り、特に、暗電流を低減し良好な画質のカラー画像を撮像することができる単板式カラー固体撮像素子に関する。

【背景技術】

10

【0002】

従来の CCD イメージセンサや CMOS イメージセンサに代表される単板式カラー固体撮像素子は、光電変換する画素 (フォトダイオード) 配列上にモザイク状に R、G、B の各色フィルタを搭載している。そして、カラー固体撮像素子の各画素から出力される色フィルタに応じた色信号を信号処理することで、カラー画像を生成している。

【0003】

しかし、色フィルタがモザイク状に配置されたカラー固体撮像素子は、原色の色フィルタ (R、G、B の 3 色) の場合、入射光の 2 / 3 が各色フィルタで吸収されるため、光利用効率が悪く、感度が低いという欠点を持っている。また、各画素で 1 色の色信号しか得られないため解像度も悪く、特に、偽色が目立つという欠点もある。

20

【0004】

そこで、斯かる欠点を克服するために、例えば、特許文献 1、2 に記載されている様に、3 層の光電変換膜を積層した撮像素子が研究、開発されている。この撮像素子は、例えば、光入射面から順に、青色 (B)、緑色 (G)、赤色 (R) の夫々の光に対して信号電荷 (電子、正孔) を発生する光電変換膜を 3 層積層した画素構造を備え、しかも各画素毎に、各光電変換膜で光発生した信号電荷を独立に読み出す信号読出回路を備えている。この撮像素子の場合、入射光を殆ど光電変換するため、可視光の利用効率は 100% に近く、しかも 1 画素で R、G、B の 3 色の色信号が得られる構造になっているため、高感度で、高解像度 (偽色が目立たない) の良好な画像が得られるという利点がある。

【0005】

30

また、特許文献 3 に記載された撮像素子は、シリコン基板内に光信号を検出する 3 層のウェル (フォトダイオード) を設け、シリコン基板の深さの違いにより、分光感度が異なる信号を取り出す様にしている。つまり、表面の PN 接合部からは青色 (B) にピークを持つ信号を取り出し、中間の PN 接合部からは緑色 (G) にピークを持つ信号を取り出し、深部の PN 接合部からは赤色 (R) にピークを持つ信号を取り出す様にしている。この撮像素子も、特許文献 1、2 に記載の撮像素子と同様に、高感度で、高解像度 (偽色が目立たない) の良好な画像を撮像することができる。

【0006】

しかし、特許文献 1、2 の撮像素子は、3 層の光電変換膜を基板上に積層しなければならず、また、各光電変換膜毎かつ画素毎に区分けして設けた画素電極膜と基板上に設けた信号読出回路とを接続する縦配線の形成が難しく、製造工程が複雑でコストが嵩み、また、製造歩留まりが低いという問題を抱えている。

40

【0007】

一方、特許文献 3 の撮像素子は、R、G、B の各色信号の分光感度特性の分離が十分でないため色再現性が悪く、かつ、真の R、G、B 信号を得るために出力信号の加減算を行う必要があり、この加減算処理によって S / N が劣化してしまうという問題がある。

【0008】

そこで、特許文献 1、2 及び特許文献 3 の各問題を解決する撮像素子として、特許文献 4 に記載の撮像素子が提案されている。この撮像素子は、特許文献 1、2 の撮像素子と特許文献 3 の撮像素子のハイブリッド型となっている。即ち、シリコン基板の上層に緑色 (

50

G) 光に感度を持つ光電変換膜を1層だけ積層し、シリコン基板内に2つのPN接合(フォトダイオード)を設けて、浅部のPN接合部で青色(B)光の信号を、深部のPN接合部で赤色(R)光の信号を取り出す構造になっている。

【0009】

この撮像素子は、光電変換膜が1層のため製造工程が簡単となり、製造コストの上昇が抑制されると共に、製造歩留まりの低下も殆どなくなるという利点を有する。また、光電変換膜で緑色(G)光が吸収されシリコン基板内には青色(B)光と赤色(R)光のみが入射する構成のため、シリコン基板内のB光用のPN接合部とR光用のPN接合部の分光感度特性の分離が改善されて色再現性が良くなり、かつ、S/Nも良い画像を撮像することが可能となる。

10

【0010】

【特許文献1】特表2002 502120号公報

【特許文献2】特開2002 83946号公報

【特許文献3】特表2002 513145号公報

【特許文献4】特開2003 - 332551号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、特許文献4のハイブリッド型の撮像素子は、特許文献3の撮像素子も同様であるが、暗時出力(暗電流とも言う)が大きく、特に被写体の暗い部分の画質が悪いという問題がある。以下に、その理由を説明する。

20

【0012】

PN接合フォトダイオードを持つ撮像素子では、PN接合フォトダイオードを逆バイアス状態で動作させるため、PN接合部に空乏層が生成される。ところが、2層構造や3層構造のフォトダイオードを持つ撮像素子では、図5、図6(特許文献3の図6、図7と同じ)に示されるように、PN接合部1がシリコン基板2の表面に露出している。

【0013】

一方、シリコン基板2の表面は、シリコンとシリコン基板表面に形成するシリコン酸化膜との界面であり、暗電流の発生源となる準位や欠陥が非常に多く存在し、ここに空乏層が発生すると、暗電流が、バルク半導体に比較して10倍から1000倍程度以上に大きくなる。これが、特許文献3、4記載の撮像素子で暗電流が大きい理由である。つまり、PN接合部がシリコン表面に露出した撮像素子は暗電流が大きく、この暗電流(または暗時出力)は、固定パターン雑音やランダム雑音となり、画質を著しく劣化させる。

30

【0014】

本発明の目的は、暗電流を低減し良好な画質のカラー画像を撮像することができる単板式のカラー固体撮像素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明の単板式カラー固体撮像素子は、信号読出回路と該信号読出回路に接続されるn型高濃度不純物領域とが表面部に形成された半導体基板と、該半導体基板の浅部に形成された青色光検出用のフォトダイオードと、該半導体基板の深部に形成された赤色光検出用のフォトダイオードと、該半導体基板の上層に積層された緑色光検出用の光電変換膜とを備える単板式カラー固体撮像素子において、前記半導体基板の最表面に形成され、前記各フォトダイオードの夫々のn型半導体層が該半導体基板の表面側に露出しないように覆うp型高不純物密度層と、前記青色光検出用のフォトダイオードの前記n型半導体層の側端面と該n型半導体層の前記表面側を覆う前記p型高不純物密度層の側端面とが整列して設けられた側と、青色用の前記n型高濃度不純物領域とを接続し、読出電圧が印加されたとき、青色用の前記n型半導体層の蓄積電荷を青色用の前記n型高濃度不純物領域に移動させる青色用のMOS型スイッチと、

40

50

前記赤色光検出用のフォトダイオードの前記 n 型半導体層の側端面と該 n 型半導体層の前記表面側を覆う前記 p 型高不純物密度層の側端面とが整列して設けられた側と、赤色用の前記 n 型高濃度不純物領域とを接続し、読出電圧が印加されたとき、赤色用の前記 n 型半導体層の蓄積電荷を赤色用の前記 n 型高濃度不純物領域に移動させる赤色用の MOS 型スイッチと

を設けたことを特徴とする。

【0017】

本発明の単板式カラー固体撮像素子の前記光電変換膜が有機半導体で形成されていることを特徴とする。

【0018】

本発明の単板式カラー固体撮像素子は、前記青色光検出用のフォトダイオード付近で光発生する少数キャリアの信号電荷が前記半導体基板の表面方向と反対の深さ方向とに分流する境界面を第 1 の境界面とし、前記赤色光検出用のフォトダイオード付近で光発生する少数キャリアの信号電荷が前記半導体基板の表面方向と反対の深さ方向とに分流する境界面を第 2 の境界面としたとき、第 1 の境界面の半導体基板表面からの深さが  $0.4 \mu\text{m} \sim 1.1 \mu\text{m}$  の間、第 2 の境界面の半導体基板表面からの深さが  $2 \mu\text{m}$  以上となる位置に前記各フォトダイオードを形成したことを特徴とする。

【0020】

本発明の単板式カラー固体撮像素子は、信号読出回路と該信号読出回路に接続される n 型高濃度不純物領域とが表面部に形成された半導体基板と、該半導体基板の浅部に形成された青色光検出用のフォトダイオードと、該半導体基板の深部に形成された赤色光検出用のフォトダイオードと、前記浅部と前記深部の中間部に形成された緑色光検出用のフォトダイオードとを備える単板式カラー固体撮像素子において、前記半導体基板の最表面に形成され、前記各フォトダイオードの夫々の n 型半導体層が該半導体基板の表面側に露出しないように覆う p 型高不純物密度層と、

前記青色光検出用のフォトダイオードの前記 n 型半導体層の側端面と該 n 型半導体層の前記表面側を覆う前記 p 型高不純物密度層の側端面とが整列して設けられた側と、青色用の前記 n 型高濃度不純物領域とを接続し、読出電圧が印加されたとき、青色用の前記 n 型半導体層の蓄積電荷を青色用の前記 n 型高濃度不純物領域に移動させる青色用の MOS 型スイッチと、

前記緑色光検出用のフォトダイオードの前記 n 型半導体層の側端面と該 n 型半導体層の前記表面側を覆う前記 p 型高不純物密度層の側端面とが整列して設けられた側と、緑色用の前記 n 型高濃度不純物領域とを接続し、読出電圧が印加されたとき、緑色用の前記 n 型半導体層の蓄積電荷を緑色用の前記 n 型高濃度不純物領域に移動させる緑色用の MOS 型スイッチと、

前記赤色光検出用のフォトダイオードの前記 n 型半導体層の側端面と該 n 型半導体層の前記表面側を覆う前記 p 型高不純物密度層の側端面とが整列して設けられた側と、赤色用の前記 n 型高濃度不純物領域とを接続し、読出電圧が印加されたとき、赤色用の前記 n 型半導体層の蓄積電荷を赤色用の前記 n 型高濃度不純物領域に移動させる赤色用の MOS 型スイッチと

を設けたことを特徴とする。

【0021】

本発明の単板式カラー固体撮像素子は、前記青色光検出用のフォトダイオード付近で光発生する少数キャリアの信号電荷が前記半導体基板の表面方向と反対の深さ方向とに分流する境界面を第 1 の境界面とし、前記緑色光検出用のフォトダイオード付近で光発生する少数キャリアの信号電荷が前記半導体基板の表面方向と反対の深さ方向とに分流する境界面を第 2 の境界面とし、前記赤色光検出用のフォトダイオード付近で光発生する少数キャリアの信号電荷が前記半導体基板の表面方向と反対の深さ方向とに分流する境界面を第 3 の境界面としたとき、第 1 の境界面の半導体基板表面からの深さが  $0.3 \mu\text{m} \sim 0.7 \mu\text{m}$  の間、第 2 の境界面の半導体基板表面からの深さが  $0.8 \mu\text{m} \sim 1.6 \mu\text{m}$  の間、第 3

10

20

30

40

50

の境界面の半導体基板表面からの深さが2 μm以上となる位置に前記各フォトダイオードを形成したことを特徴とする。

【0022】

本発明の単板式カラー固体撮像素子は、前記信号読出回路がMOSトランジスタ回路または電荷転送路で構成されることを特徴とする。

【0023】

本発明の単板式カラー固体撮像素子は、前記各フォトダイオードの受光面以外を光遮蔽する光遮蔽膜を前記半導体基板の表面に積層したことを特徴とする。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、半導体基板の表面に露出するフォトダイオードのPN接合部分の面積が狭く或いは無くなるため、暗電流が低減する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、本発明の一実施形態について、図面を参照して説明する。

【0026】

(第1の実施形態)

図1(a)は、本発明の第1の実施形態に係る単板式カラー固体撮像素子の単位セルの断面模式図であり、図1(b)は図1(a)に示す単板式カラー固体撮像素子のシリコン基板表面部分の平面模式図である。図1(b)のA-A線断面が図1(a)に示される。図1(a)に示す単位セルが、二次元的に縦横に配列形成されることで、1つの撮像素子が構成される。

【0027】

本実施形態の単板式カラー固体撮像素子100はハイブリッド型で成り、n型シリコン基板101内に2つのフォトダイオードを形成して青色(B)光の入射光量と赤色(R)光の入射光量を各フォトダイオードで検出し、シリコン基板101の上層に積層した光電変換膜111で緑色(G)光の入射光量を検出する構成をとっている。

【0028】

まず、上層の緑色(G)光検出部分の構成について述べる。シリコン基板101の表面をシリコン酸化膜等の透明な絶縁膜113で覆い、また、この絶縁膜113内に光遮蔽膜115を埋設する。光遮蔽膜115には、シリコン基板101内に設ける後述の2つのフォトダイオードの受光面にB光とR光を入射させる開口115aが設けられる。

【0029】

絶縁膜113上には開口115aを覆う様に透明の画素電極膜110が積層され、この画素電極膜110が、シリコン基板101表面部に形成された図示しない信号電荷蓄積部に縦配線によって接続され、この信号電荷蓄積部に緑色信号検出部116が接続される。画素電極膜110は、ITO等の様な金属化合物や非常に薄い金属膜で形成され、隣接する画素の画素電極膜とは分離されている。

【0030】

画素電極膜110の上には光電変換膜111が積層され、光電変換膜111の上には透明な共通電極膜112が積層され、更にその上には保護膜として機能する透明絶縁膜114が積層される。

【0031】

共通電極膜112は画素電極膜110と同様にITO等で形成され、隣接する画素の共通電極膜と共通の一枚構成で積層されるが、共通電極膜を画素毎に分離してもよい。画素電極膜110と共通電極膜112との間にバイアス電位を印加することで、光電変換膜111内で発生した電荷を画素電極膜110から緑色用の図示しない信号電荷蓄積部に速やかに移動させることができる。

【0032】

光電変換膜111は、単層膜構造でも多層膜構造でも良く、その材料は、主に緑色(G

10

20

30

40

50

)に感度がある無機材料(シリコンや化合物半導体、それらのナノ粒子等)、有機半導体、有機色素を含む有機材料または無機材料等で形成される。

【0033】

次に、n型シリコン基板101に設ける2つのフォトダイオード構造について述べる。シリコン基板101の表面部の深い部分にp型半導体層106が形成される。p型半導体層106は、例えばイオン注入法と熱拡散法により、不純物をシリコン基板101の深い部分にまで導入して形成する。

【0034】

続いて、イオン注入法を単独または熱拡散法と併用することにより、p型半導体層106の上にn型半導体層105を形成し、次に、n型半導体層105の上にp型半導体層104を形成し、次に、p型半導体層104の上にn型半導体層103を形成し、次に、n型半導体層103の上のシリコン基板101の最表面部にp型半導体層102を形成する。

【0035】

尚、半導体層105, 104, 103, 102の配置順は図1(a)に例示する順であるが、その形成順は、この配置順通りにあっても、あるいは別の形成順でもよい。また、p型半導体層104をp型半導体層106と区別して形成しても良いが、p型半導体層106とp型半導体層104と一緒に形成しても良い。

【0036】

青色光の入射光量に応じた光電荷を発生する第1のフォトダイオードは、上記のp型半導体層102, 104とn型半導体層103とによって構成され、赤色光の入射光量に応じた光電荷を発生する第2のフォトダイオードは、上記のp型半導体層104, 106とn型半導体層105とによって構成される。

【0037】

シリコン基板101の表面部には、光遮蔽膜115に隠れた位置に、赤色用のn型高濃度不純物領域108と青色用のn型高濃度不純物領域107とが形成される。高濃度不純物領域107は青色信号検出部117に接続され、高濃度不純物領域108は赤色信号検出部118に接続される。

【0038】

シリコン基板101の深部に設けるn型半導体層105は、図1(b)に示す様に、受光面を形成する矩形の平坦部分105cと、図1(a)に示す様に、平坦部分105cの端部からシリコン基板101の表面に向けて立設される電荷通路部分105bと、電荷通路部分105bのシリコン基板表面側端部であって赤色用の高濃度不純物領域108に接続される表面露出部分(接続領域)105aとで構成される。

【0039】

電荷通路部分105bは、平坦部分105cとは別にイオン注入法と熱拡散法により形成し、表面露出部分105aは、光遮蔽膜115に隠れる位置で、且つ、できる限り表面に露出する面積が小さくなるように形成する。

【0040】

シリコン基板101の浅部に設けるn型半導体層103は、図1(b)に示す様に、受光面を形成する矩形の平坦部分103bと、平坦部分103bの端部から延び青色用の高濃度不純物領域107に接続される表面露出部分(接続領域)103aとで構成される。表面露出部分103aは、光遮蔽膜115に隠れる位置で、且つ、できる限り表面に露出する面積が小さくなるように形成する。

【0041】

n型半導体層103の平坦部分103bの上に形成されるp型半導体層102は、薄い層で且つ高不純物密度を有する層とする。高不純物密度とするのは、第1のフォトダイオードの空乏層がシリコン基板101の表面まで広がらないようにするためである。p型半導体層102を薄くするのは、後述する第1の境界面の条件を満たすことを容易にするためである。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 2 】

図 1 ( a ) , ( b ) に図示は省略しているが、シリコン基板 1 0 1 の表面部には、各色の信号検出部 1 1 6 , 1 1 7 , 1 1 8 を構成するスイッチ用、増幅器用の M O S トランジスタ回路も形成されている。

## 【 0 0 4 3 】

斯かる構成の単板式カラー固体撮像素子に被写体からの光が入射すると、先ず、入射光は光電変換膜 1 1 1 を通過する。入射光中の緑色 ( G ) 光の入射光量に応じた光電荷が光電変換膜 1 1 1 内で発生し、この光電荷が信号検出部 1 1 6 によって検出される。

## 【 0 0 4 4 】

シリコン基板 1 0 1 に入射した光のうち、波長の短い青色光は主としてシリコン基板 1 0 1 の浅部に形成された第 1 のフォトダイオードで光電荷を発生させ、波長の長い赤色光はシリコン基板 1 0 1 の深部にまで達し第 2 のフォトダイオードで光電荷を発生させる。第 1 のフォトダイオードで発生した光電荷は半導体層 1 0 3 に蓄積され、この光電荷量に応じた信号が高濃度不純物領域 1 0 7 を介し信号検出部 1 1 7 により読み出される。第 2 のフォトダイオードで発生した光電荷は半導体層 1 0 5 に蓄積され、この光電荷量に応じた信号が高濃度不純物領域 1 0 8 を介し信号検出部 1 1 8 により読み出される。

## 【 0 0 4 5 】

本実施形態に係る単板式カラー固体撮像素子では、暗電流が低減される。それは、第 1 のフォトダイオードと第 2 のフォトダイオードの P N 接合部がシリコン基板 1 0 1 の表面上に露出している箇所が、信号検出部 1 1 7 , 1 1 8 に接続するための高濃度不純物領域 1 0 7 , 1 0 8 に接続するための僅かな部分 ( 接続領域 ) 1 0 3 a , 1 0 5 a に限られるためである。本実施形態では、図 5 , 図 6 に示す従来の露出面積に比較して数分の 1 以下になるため、暗電流も従来に比較して数分の 1 以下に減少する。

## 【 0 0 4 6 】

次に、シリコン基板 1 0 1 内に設ける 2 つのフォトダイオードで最適な分光感度特性を実現する方法について述べる。

## 【 0 0 4 7 】

シリコンの光吸収係数 ( 例えば特許文献 3 に記載されている。これを図 4 に示す。 ) によれば、大部分の青色光がシリコンで吸収される厚みは 0 . 4 ミクロン ~ 1 . 1 ミクロンの範囲である。シリコンが赤色光を十分吸収し赤色の感度が高くなる厚みは、2 ミクロン以上が好ましい。

## 【 0 0 4 8 】

被写体からの光がシリコン基板 1 0 1 に入射し発生した電子が移動して第 1 のフォトダイオードに蓄積される領域は、半導体層 1 0 2 から、半導体層 1 0 4 の電位分布が極小値となる場所 ( 電位分布の極小点 ) までの間である。半導体層 1 0 2 で光発生した電子は、拡散効果で半導体層 1 0 3 に移動し、蓄積される。半導体層 1 0 3 で光発生した電子は、当然、半導体層 1 0 3 に蓄積される。

## 【 0 0 4 9 】

半導体層 1 0 4 の電位分布の極小点からシリコン基板 1 0 1 表面側の半導体層 1 0 4 で光発生した電子は、電位の勾配 ( 電界 ) により半導体層 1 0 3 に移動し蓄積される。

## 【 0 0 5 0 】

半導体層 1 0 4 の電位分布の極小点からシリコン基板 1 0 1 の深い側の半導体層 1 0 4 で光発生した電子は、電位の勾配 ( 電界 ) により、半導体層 1 0 5 に移動し、半導体層 1 0 3 側に移動し蓄積されることはない。従って、光吸収に寄与する半導体層 1 0 4 の電位分布が極小値となる場所 ( 第 1 の境界面 ) が、シリコン基板 1 0 1 の表面から 0 . 4 ミクロン ~ 1 . 1 ミクロンの間となるように各フォトダイオードの位置を設計するのが望ましい。これにより、第 1 のフォトダイオードの青色光に対する感度が高くなり、且つ、青色と赤色の色分離も良好となる。

## 【 0 0 5 1 】

また、同様の理由により、光吸収に寄与する半導体層 1 0 6 の電位分布が極小値となる

10

20

30

40

50



場所（第2の境界面）が、シリコン基板101の表面から2ミクロン以上となる様に設計するのが望ましい。これにより、第2のフォトダイオードの赤色光に対する感度が高くなる。

【0052】

なお、第1のフォトダイオードと第2のフォトダイオードの周辺部は、上記条件を満たすことが難しいため、光遮蔽膜115によりこの周辺部への光入射を阻止し、光電荷の発生を抑制する。これにより、混色が避けられる。

【0053】

（第2の実施形態）

図2は、本発明の第2の実施形態に係る単板式カラー固体撮像素子の単位セルの断面模式図である。第1の実施形態に係る単板式カラー固体撮像素子と同一構成部分または同様部分には同一符号を付し、異なる部分についてのみ説明する。

【0054】

本実施形態の単板式カラー固体撮像素子200は、シリコン基板101の最表面にゲート絶縁膜201を形成し、その上に、透明絶縁膜113を積層している。

【0055】

そして、n型半導体層105の電荷通路部分105bの上端部がp型半導体層102に接する位置で止まる様に電荷通路部分105bが形成される。即ち、n型半導体層105がシリコン基板101の表面に露出する部分はない。また、半導体層102と電荷通路部分105bの図示の例では各左端面位置が整列するように形成され、この整列端から高濃度不純物領域108の端部まで延びるゲート電極202がゲート絶縁膜201の上に形成される。このゲート電極202は、電荷通路部分105bと高濃度不純物領域108とを接続するMOS型スイッチ203として機能し、MOS型スイッチ203に読み出し電圧が印加されたとき、半導体層105の蓄積電荷が高濃度不純物領域108に移動する。

【0056】

n型半導体層103は、図示の例ではその右端面位置が半導体層102の右端面位置と整列する位置まで形成され、シリコン基板101の表面に露出する部分はない。また、この整列端から高濃度不純物領域107の端部まで延びるゲート電極204がゲート絶縁膜201の上に形成される。このゲート電極204は、半導体層103と高濃度不純物領域107とを接続するMOS型スイッチ205として機能し、MOS型スイッチ205に読み出し電圧が印加されたとき、半導体層103の蓄積電荷が高濃度不純物領域107に移動する。

【0057】

上述した第1の実施形態に係るカラー固体撮像素子100は、半導体層103の蓄積電荷に応じた信号を、高濃度不純物領域107を介して信号検出部117が読み出す信号読出回路を用いている。同様に、半導体層105の蓄積電荷に応じた信号を、高濃度不純物領域108を介して信号検出部118が読み出す信号読出回路を用いている。これらの各信号読出回路は、従来のCMOSイメージセンサで用いられる3トランジスタ構成である。

【0058】

これに対し、本実施形態のカラー固体撮像素子200は、夫々の信号読出回路に、MOS型スイッチ203、205が加わった4トランジスタ構成となっている。

【0059】

第1の実施形態に係るカラー固体撮像素子では、多画素化を図って集積密度が高まり、フォトダイオードの受光面の面積が小さくなると、相対的に表面露出部分103a、105aの面積割合が増え、暗電流が増加してしまう。しかし、本実施形態のカラー固体撮像素子200では、表面露出部分が無く、有っても上記の整列端部分の非常に狭い範囲であるため、多画素化を図って集積密度が高くなっても、暗電流を低減することができる。

【0060】

（第3の実施形態）

10

20

30

40

50

図3は、本発明の第3の実施形態に係る単板式カラー固体撮像素子の断面模式図である。本実施形態の単板式カラー固体撮像素子300は、n型シリコン基板301内に3つのフォトダイオード構造を設け、R、G、Bの3色を分離して検出する。即ち、シリコン基板301の深部から順に、p型半導体層308、n型半導体層307、p型半導体層306、n型半導体層305、p型半導体層304、n型半導体層303、p型半導体層302を設ける。そして、シリコン基板301の表面上に透明絶縁膜312を積層すると共に、透明絶縁膜312内に、開口313aが設けられた光遮蔽膜313を埋設する。

【0061】

光遮蔽膜313に隠れた位置のシリコン基板301表面部には、n型高濃度不純物領域309、310、311が形成され、各領域309、310、311に、各色(B、G、R)の信号検出部314、315、316が接続される。

10

【0062】

各n型半導体層303、305、307は、光遮蔽膜313に隠された位置でシリコン基板301の表面側に延び、夫々の表面露出部分(接続領域)303a、305a、307aが対応の高濃度不純物領域309、310、311に接続される。この表面露出部分303a、305a、307aは、図1(b)に示す実施形態と同様に、高濃度不純物領域309、310、311に接する部分のみで表面に露出する様に形成される。

【0063】

斯かる構成により、本実施形態の単板式カラー固体撮像素子300も、基板表面に露出するPN接合部分が小さいため、暗電流が低減する。

20

【0064】

単板式カラー固体撮像素子300の場合、n型半導体層を設ける最適位置が第1、第2の実施形態とは異なる。光発生した少数キャリアの信号電荷がシリコン表面方向と反対の深さ方向とに分流する境界位置が、これらの最適なシリコンの深さに一致するように選択される。即ち、本実施形態では、青色光に対しておよそ0.3ミクロン~0.7ミクロン、緑色光に対して0.8ミクロン~1.6ミクロン、赤色光に対して2ミクロン以上となるように各フォトダイオードの位置を設計する。これにより、R、G、Bの色分離が良く、赤の感度が高いカラー画像を撮像することが可能となる。

【0065】

第3の実施形態に係る単板式カラー固体撮像素子300は、図1(a)に示す光電変換膜積層型のカラー固体撮像素子100のシリコン基板側の構成、即ち、表面露出部分103a、105aと同様の表面露出構造303a、305a、307aを設け、暗電流の低減を図っている。これと同様に、図2のMOS型スイッチ203、205を図3の単板式カラー固体撮像素子に適用して各n型半導体層303、305、307の蓄積電荷を高濃度不純物領域309、310、311に移動させる構成も可能である。

30

【0066】

尚、上述した各実施形態では、信号読出回路をMOSトランジスタで構成した場合を例に説明したが、信号検出部に接続する高濃度不純物領域に蓄積された信号電荷を、従来のCCDイメージセンサと同様に、電荷転送路によって撮像素子外部に読み出す構成でも良いことはいうまでもない。また、シリコン基板や各半導体層の導電型は一例にすぎず、他の導電型でも良い。例えば、n型シリコン基板ではなく、p型シリコン基板を用いてもよい。

40

【産業上の利用可能性】

【0067】

本発明に係る単板式カラー固体撮像素子は、暗電流が小さく良好なカラー画像を撮像できるため、従来のCCDイメージセンサやCMOSイメージセンサの代わりに用いると有用である。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】(a)本発明の第1の実施形態に係る単板式カラー固体撮像素子の単位セルの断

50

面模式図である。(b)本発明の第1の実施形態に係る単板式カラー固体撮像素子のシリコン基板表面部の平面模式図である。

【図2】本発明の第2の実施形態に係る単板式カラー固体撮像素子の単位セルの断面模式図である。

【図3】本発明の第3の実施形態に係る単板式カラー固体撮像素子の単位セルの断面模式図である。

【図4】シリコンの光吸収係数を示すグラフである。

【図5】従来の単板式カラー固体撮像素子の単位セルの断面模式図である。

【図6】従来の単板式カラー固体撮像素子の平面模式図である。

【符号の説明】

【0069】

100, 200, 300 単板式カラー固体撮像素子

101, 301 n型シリコン基板

111 光電変換膜

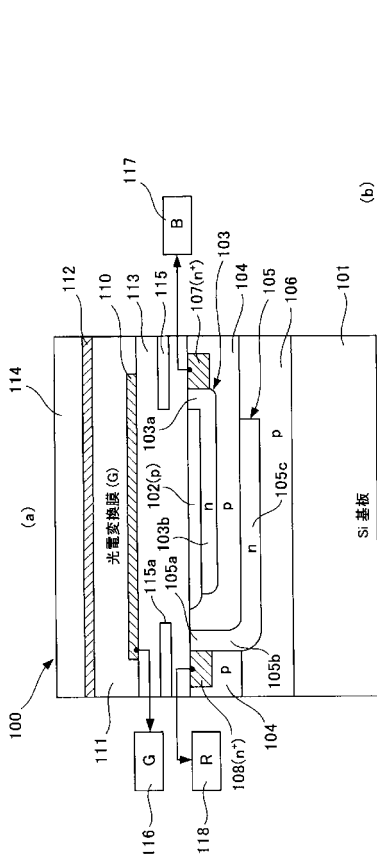
103, 105 n型半導体層

102, 104, 106 p型半導体層

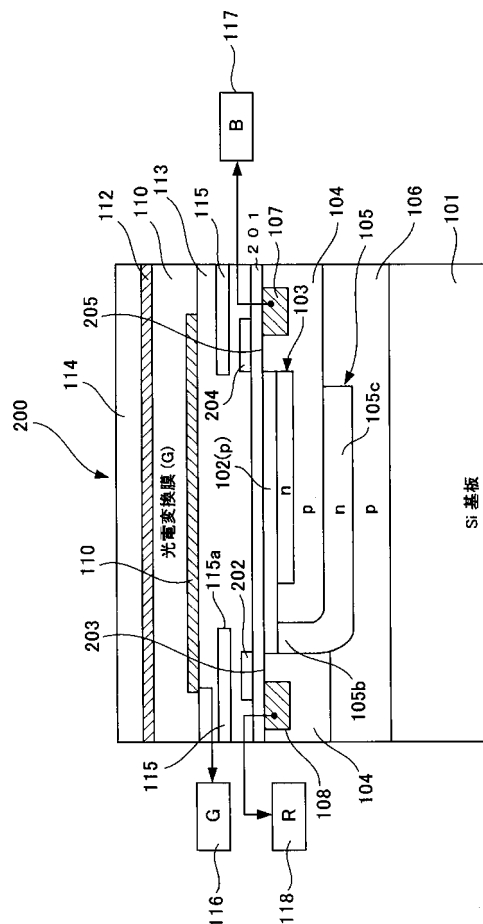
103a, 105a, 303a, 305a, 307a 表面露出部分(接続領域)

107, 108, 309, 310, 311 n型高濃度不純物領域

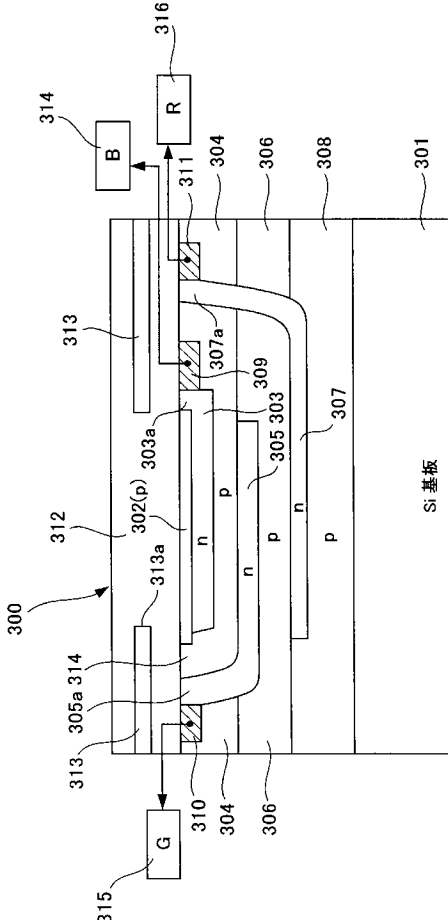
【図1】



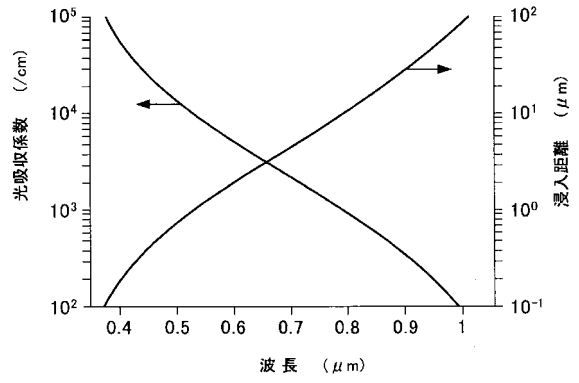
【図2】



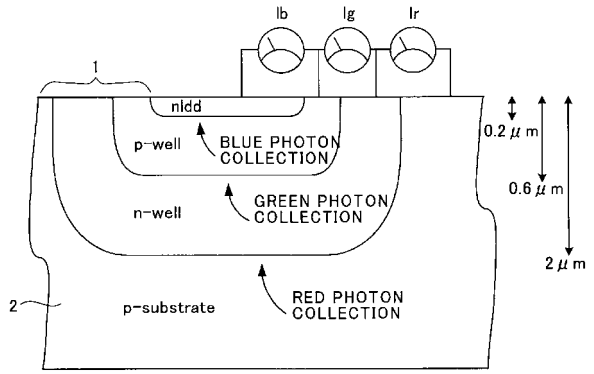
【 図 3 】



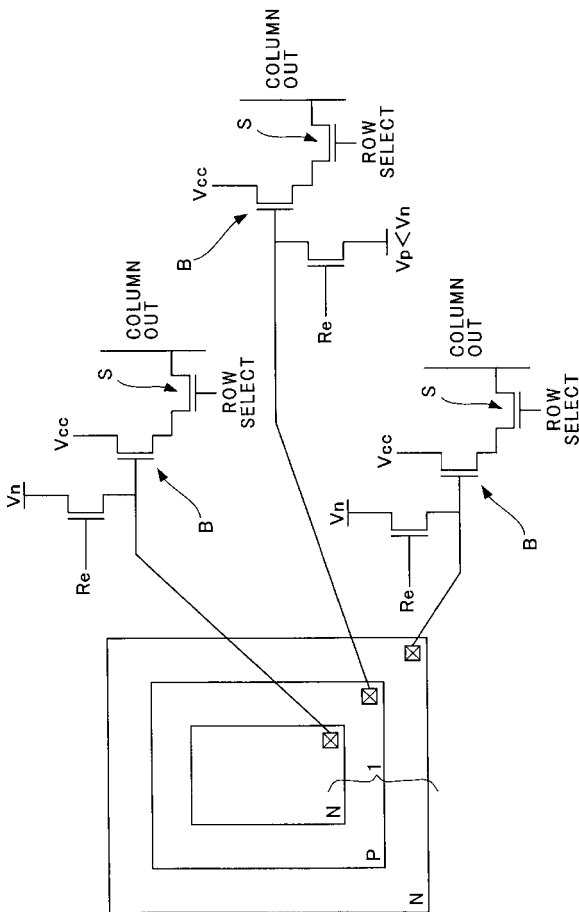
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

審査官 栗野 正明

(56)参考文献 特開2003-332551(JP,A)  
米国特許出願公開第2004/0161868(US,A1)  
特開2004-273951(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	27/14
H01L	27/146
H01L	29/762
H01L	21/339
H04N	5/369