

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

n 型の表面領域と、  
前記表面領域の下に形成された p 型領域と、  
前記 p 型領域の下に形成された n 型の埋め込み層とを含み、  
前記表面領域、前記 p 型領域および前記埋め込み層によって埋め込み型のフォトダイオードが構成され、前記表面領域の主要不純物の拡散係数が前記埋め込み層の主要不純物の拡散係数より小さいことを特徴とする光電変換装置。

**【請求項 2】**

前記表面領域の主要不純物が砒素であり、前記埋め込み層の主要不純物が燐であることを特徴とする請求項 1 に記載の光電変換装置。

10

**【請求項 3】**

前記 p 型領域は、第 1 領域と、少なくとも一部が前記第 1 領域と前記埋め込み層との間に配置された第 2 領域とを含み、前記第 1 領域の p 型不純物の濃度が前記第 2 領域の p 型不純物の濃度よりも高いことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光電変換装置。

**【請求項 4】**

浮遊拡散部を構成する p 型の第 3 領域と、  
前記第 1 領域と前記第 3 領域との間の領域の上に配置されたゲートとを更に備え、  
前記第 1 領域、前記第 3 領域および前記ゲートによって、前記 p 型領域に蓄積された正孔を前記浮遊拡散部に転送するための転送トランジスタが構成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の光電変換装置。

20

**【請求項 5】**

前記第 2 領域と前記第 3 領域とを分離する n 型領域を含み、前記 n 型領域に前記転送トランジスタのチャンネルが形成されることを特徴とする請求項 4 に記載の光電変換装置。

**【請求項 6】**

前記埋め込み層は、チャネリング現象を利用したイオン注入によって形成されることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

**【請求項 7】**

裏面照射型の光電変換装置として構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

30

**【請求項 8】**

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置と、  
前記光電変換装置によって得られた信号を処理する信号処理部と、  
を備えることを特徴とするカメラ。

**【請求項 9】**

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置の製造方法であって、  
p 型の半導体基板の表面に前記埋め込み層を形成する工程と、  
前記埋め込み層の上に p 型の半導体層をエピタキシャル成長させる工程と、  
前記半導体層の中に前記 p 型領域および前記表面領域を形成する工程と、  
を含むことを特徴とする光電変換装置の製造方法。

40

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、光電変換装置およびその製造方法ならびにカメラに関する。

**【背景技術】****【0002】**

特許文献 1 には、表面に設けられた n 型のピンニング層の下に p 型の埋め込み蓄積層が配置され、その下に n 型のウェルが配置された P M O S 画素構造が開示されている。この構造では、埋め込み蓄積層で発生し蓄積された正孔が転送ゲートを介してフローティングディフュージョンに転送され読み出される。

50

## 【 0 0 0 3 】

特許文献 1 に記載された P M O S 画素構造では、フォトダイオードのカソードが n 型のウェルによって形成されているが、本発明では、フォトダイオードのカソードを n 型の埋め込み層で構成するアプローチを採用した。ここで、埋め込み型のフォトダイオードを形成するための表面領域は浅い領域に形成される一方、埋め込み層は深い領域に形成される。また、表面領域は、その境界の規定が微細化に与える影響が大きいものに対して、埋め込み層は、広く分布したポテンシャル障壁を与えるべきである。本発明は、表面領域と埋め込み層との間のこのような相違点に鑑みてなされたものである。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

10

## 【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 米国特許出願公開 2 0 0 7 / 0 1 0 8 3 7 1 号明細書

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 5 】

本発明は、フォトダイオードのカソードを n 型の埋め込み層で構成した新規な構造の光電変換装置を提供することを目的とする。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 6 】

本発明の第 1 の側面は、光電変換装置に係り、前記光電変換装置は、n 型の表面領域と、前記表面領域の下に形成された p 型領域と、前記 p 型領域の下に形成された n 型の埋め込み層とを含み、前記表面領域、前記 p 型領域および前記埋め込み層によって埋め込み型のフォトダイオードが構成され、前記表面領域の主要不純物の拡散係数が前記埋め込み層の主要不純物の拡散係数より小さい。

20

## 【 0 0 0 7 】

本発明の第 2 の側面は、カメラに係り、前記カメラは、上記の光電変換装置と、前記光電変換装置によって得られた信号を処理する信号処理部とを備える。

## 【 0 0 0 8 】

本発明の第 3 の側面は、上記の光電変換装置の製造方法に係り、前記製造方法は、p 型の半導体基板の表面に前記埋め込み層を形成する工程と、前記埋め込み層の上に p 型の半導体層をエピタキシャル成長させる工程と、前記半導体層の中に前記 p 型領域および前記表面領域を形成する工程とを含む。

30

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 0 9 】

本発明によれば、フォトダイオードのカソードを n 型の埋め込み層で構成した新規な構造の光電変換装置が提供される。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 本発明の好適な実施形態の撮像装置の概略構成を示す図である。

【 図 2 】 画素アレイの画素ユニットの構成例を示す回路図である。

40

【 図 3 】 画素アレイを構成する画素ユニットの構成例を示すレイアウト図である。

【 図 4 】 図 3 における A - A ' に沿った模式的な断面図である。

【 図 5 】 図 3 における B - B ' に沿った模式的な断面図である。

【 図 6 】 図 3 における C - C ' に沿った模式的な断面図である。

【 図 7 】 本発明の好適な実施形態の撮像装置の製造方法を例示的に説明する図である。

【 図 8 】 本発明の好適な実施形態の撮像装置の製造方法を例示的に説明する図である。

【 図 9 】 本発明の好適な実施形態の撮像装置の製造方法を例示的に説明する図である。

【 図 1 0 】 本発明の好適な実施形態の撮像装置の製造方法を例示的に説明する図である。

【 図 1 1 】 本発明の好適な実施形態の撮像装置の製造方法を例示的に説明する図である。

【 図 1 2 】 本発明の好適な実施形態のカメラの概略構成を示す図である。

50

【図 1 3】本発明の他の好適な実施形態の撮像装置の製造方法を例示的に説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態を説明する。

【0012】

図 1 は、本発明の好適な実施形態の撮像装置 200 の概略構成を示す図である。撮像装置 200 は、半導体基板に形成され、例えば、固体撮像装置、MOS 型イメージセンサ、CMOS センサなどと呼ばれうる。撮像装置 200 は、本発明に係る光電変換装置の 1 つの形態であり、本発明に係る光電変換装置は、例えば、イメージセンサのほかに、リニア

10

【0013】

本発明の好適な実施形態の撮像装置 200 は、複数の行および複数の列が構成されるように画素が 2 次元配列された画素アレイ 210 を含む。撮像装置 200 はまた、画素アレイ 210 における行を選択する行選択回路 240 と、画素アレイ 210 における列を選択する列選択回路 230 と、画素アレイ 210 における列選択回路 230 によって選択された列の信号を読み出す読出回路 220 とを含みうる。行選択回路 240 および列選択回路 230 は、例えば、シフトレジスタを含みうるが、行および列をそれぞれランダムアクセスすることができるように構成されてもよい。

【0014】

20

図 2 は、画素アレイ 210 の画素ユニット PU の構成例を示す回路図である。この構成例では、画素ユニット PU は、2 つの画素を含むが、他の実施形式では、画素ユニット PU は、単一の画素を構成してもよいし、3 以上の画素を含んでもよい。画素ユニット PU は、光電変換によって生じる電子および正孔のうち正孔を信号として読み出すように構成されている。画素アレイ 210 は、少なくとも 1 つの画素を含む画素ユニット PU が 2 次元配列されることによって構成される。

【0015】

図 2 に示す構成例では、画素ユニット PU は、2 つのフォトダイオード PD1、PD2 と、2 つの転送トランジスタ TT1、TT2 と、1 つの増幅トランジスタ SF と、1 つのリセットトランジスタ RT とを含みうる。増幅トランジスタ SF およびリセットトランジスタ RT は、フォトダイオード PD1、PD2 および転送トランジスタ TT1、TT2 によって共用される。転送トランジスタ TT (TT1、TT2)、増幅トランジスタ SF、リセットトランジスタ RT は、PMOS トランジスタで構成される。

30

【0016】

転送トランジスタ TT1、TT2 は、そのゲートに接続された転送信号線 Tx1、Tx2 にアクティブパルス（ローパルス）が印加されるとオンする。これにより、フォトダイオード PD1、PD2 の蓄積領域（p 型領域）に蓄積された正孔が浮遊拡散部（フローティングディフュージョン）FD に転送される。なお、フォトダイオード PD1 と PD2 とは、互いに異なる行を構成するように配置され、転送信号線 Tx1、Tx2 には、互いに異なるタイミングでアクティブパルスが印加される。

40

【0017】

増幅トランジスタ SF は、垂直信号線（列信号線）VSL に定電流を供給する定電流源 CCS とともにソースフォロア回路を構成している。増幅トランジスタ SF は、転送トランジスタ TT を介して浮遊拡散部 FD に正孔が転送されることによって浮遊拡散部 FD の信号（電位変化）をソースフォロア動作によって増幅して垂直信号線 VSL に出力する。垂直信号線 VSL に出力された信号は、読出回路 220 によって読み出される。リセットトランジスタ RT は、そのゲートに接続されたリセット信号線 RES にアクティブパルス（ローパルス）が印加されるとオンして浮遊拡散部 FD をリセットする。

【0018】

図 2 に示す構成例では、リセットトランジスタ RT のドレイン電極に与えられる電位 V

50

FDCを制御することによって行を選択するように構成されている。増幅トランジスタSFがオンしない電位に浮遊拡散部FDの電位がリセットされた行は非選択状態となり、増幅トランジスタSFがオンする電位に浮遊拡散部FDの電位がリセットされた行は選択状態となる。他の実施形式では、行を選択するための選択トランジスタが、接地電位と垂直信号線VSLとの間に増幅トランジスタSFと直列に設けられうる。該選択トランジスタは、例えば、接地電位と増幅トランジスタSFとの間、または、増幅トランジスタSFと垂直信号線VSLとの間に設けられうる。

#### 【0019】

図3は、画素アレイ210を構成する画素ユニットPUの構成例を示すレイアウト図である。図4は、図3におけるA-A'に沿った模式的な断面図である。図5は、図3にお

10

#### 【0020】

この実施形態では、p型領域PRと、p型領域PRの下に形成されたn型の埋め込み層10とによってフォトダイオードPD(PD1、PD2)が形成されている。p型領域PRはアノード、埋め込み層10はカソードである。p型領域PRは、p型の第1領域15と、少なくとも一部が第1領域15とn型の埋め込み層10との間に配置されたp型の第2領域1'を含む。第1領域15は、主たる電荷蓄積領域として機能する。第2領域1'のp型不純物の濃度は、例えば、p型のシリコン基板(半導体基板)1と同一でありうる。第1領域15のp型不純物の濃度は、第2領域1'のp型不純物の濃度よりも高い。p

20

#### 【0021】

n型の表面領域18の主要不純物の拡散係数は、埋め込み層10の主要不純物の拡散係数より小さいことが好ましい。例えば、n型の表面領域18の主要不純物が砒素(As)であり、埋め込み層10の主要不純物が燐(P)であることが好ましい。砒素(As)は、拡散係数が燐(P)よりも小さいので、表面領域18を砒素(As)で形成することは、その境界の確定が容易であるので微細化に有利である。一方、燐(P)は、砒素(As)に比べて半導体基板の深い位置まで侵入させることが容易であるので、埋め込み層10を燐(P)で形成することは、深い位置に埋め込み層10を形成することを可能にし、感度の向上に有利である。また、燐(P)は、拡散係数が砒素(As)よりも大きいので、燐(P)によって埋め込み層10を形成することは、広く分布したポテンシャル障壁の形成において有利である。また、燐(P)はイオン半径がシリコン基板1の格子定数より大きいので、シリコン基板1への燐(P)の注入によってシリコン基板1の格子に歪みを生じさせ、不純物金属元素のゲッタリング効果を生じさせるために有利であり、これは点欠陥の改善に寄与する。埋め込み層10は、チャネリング現象を利用して燐(P)を半導体基板1にイオン注入することによって形成されうる。本発明において、注入またはドーブする不純物は、砒素(As)および燐(P)に制限されず、他の不純物を使用することも

30

40

#### 【0022】

浮遊拡散部FDは、p型の第3領域である。フォトダイオードPDの一部を構成するp型の第1領域15と浮遊拡散部FD(p型の第3領域)との間の領域の上には、転送トランジスタTT(TT1、TT2)のゲート105が配置されている。換言すると、転送トランジスタTTは、p型の第1領域15、浮遊拡散部FD(p型の第3領域)およびゲート105によって構成されている。転送トランジスタTTは、フォトダイオードPDのp型領域(15、1')に蓄積された正孔を浮遊拡散部FDに転送する。この実施形態では、転送トランジスタTTは、PMOSTランジスタである。転送トランジスタTTのゲート105は、ポリシリコンで構成されうる。

50

## 【 0 0 2 3 】

p 型の第 2 領域 1' は、断面において p 型の第 1 領域 1 5 を取り囲むように配置される。または p 型の第 1 領域 1 5 の素子分離領域側は後述のチャネルストップ領域と接していてもよい。この場合には p 型の第 2 領域 1' は、p 型の第 1 領域 1 5 の素子分離領域側を除いて p 型の第 1 領域 1 5 を取り囲んでいる。第 2 領域 1' と浮遊拡散部 F D ( 第 3 領域 ) とは、n 型領域 1 6 によって分離されていて、n 型領域 1 6 に転送トランジスタ T T のチャネルが形成される。

## 【 0 0 2 4 】

素子分離領域 9 は、フォトダイオード P D、転送トランジスタ T T、増幅トランジスタ S F およびリセットトランジスタ R T が形成されるべき活性領域を分離するように配置されている。活性領域は、図 3 では、表面領域 1 8、浮遊拡散部 F D、拡散領域 1 0 4、1 0 8 および 1 1 0 であり、これら以外の領域が素子分離領域 9 とされうる。素子分離領域 9 の形成には、典型的には、S T I ( S h a l l o w T r e n c h I s o l a t i o n ) 技術または L O C O S ( L o c a l O x i d a t i o n O f S i l i c o n ) 技術が使用されうる。または拡散分離を使用しても良い。

## 【 0 0 2 5 】

素子分離領域 9 の少なくとも下側部分 ( 下部側面および下面 ) を覆う領域には、チャネルストップ領域 8 が形成される。チャネルストップ領域 8 の主要不純物の拡散係数は、埋め込み層 1 0 の主要不純物の拡散係数より小さいことが好ましい。例えば、チャネルストップ領域 8 の主要不純物が砒素 ( A s ) であり、埋め込み層 1 0 の主要不純物が燐 ( P ) であることが好ましい。前述のとおり、砒素 ( A s ) は、拡散係数が燐 ( P ) よりも小さいので、チャネルストップ領域 8 を砒素 ( A s ) で形成することは、微細化に有利である。チャネルストップ領域 8 の主要不純物は、表面領域 1 8 の主要不純物と同一でありうる。

## 【 0 0 2 6 】

フォトダイオード P D 間には、ポテンシャル障壁 1 1 が形成されている。また、必要に応じて、フォトダイオード P D と増幅トランジスタ S F およびリセットトランジスタ R T との間にもポテンシャル障壁 1 1 が形成されうる。なお、単一画素の光電変換装置や、画素間の間隔が大きい撮像装置においては、フォトダイオード間のポテンシャル障壁は不要である。また、素子分離領域 9 が十分に深くまで形成されている場合には、フォトダイオード P D と増幅トランジスタ S F およびリセットトランジスタ R T との間のポテンシャル障壁は不要である。この実施形態では、ポテンシャル障壁 1 1 の形成によってポテンシャル障壁 1 1 によって囲まれた p 型領域 1' が確定される。

## 【 0 0 2 7 】

増幅トランジスタ S F のゲート 1 0 7 は、浮遊拡散部 F D に対して電氣的に接続される。増幅トランジスタ S F のゲート 1 0 7 は、ポリシリコンで構成されうる。この実施形態では、増幅トランジスタ S F のゲート 1 0 7 は、コンタクトプラグ 1 0 2 によって浮遊拡散部 F D に対して電氣的に接続される。ここで、開口率の向上または画素密度の向上の観点において、コンタクトプラグ 1 0 2 は、シェアードコンタクトプラグであることが好ましい。シェアードコンタクトプラグは、1 つのトランジスタの拡散領域 ( ソースまたはドレイン ) と他のトランジスタのゲートとを 1 つのコンタクトプラグで電氣的に接続するコンタクトプラグである。なお、増幅トランジスタ S F のゲート 1 0 7 は、ゲート 1 0 7 に電氣的に接続される 1 つのコンタクトプラグと、浮遊拡散部 F D に電氣的に接続される他のコンタクトプラグと、少なくとも 1 つの導電パターンとを介して接続されてよい。

## 【 0 0 2 8 】

増幅トランジスタ S F は、浮遊拡散部 F D に電氣的に接続されたゲート 1 0 7 と、拡散領域 1 0 4、1 0 8 とを含む P M O S トランジスタである。リセットトランジスタ R T は、リセット信号線 R E S に接続されたゲート 1 0 6 と、浮遊拡散部 F D と、拡散領域 1 1 0 とを含む P M O S トランジスタである。リセットトランジスタ R T のゲートは、ポリシリコンで構成されうる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 9 】

増幅トランジスタ S F は、埋め込みチャネル構造を有することが好ましい。これは、増幅トランジスタ S F を埋め込みチャネル構造にすることによって  $1/f$  ノイズを低減することができるからである ( $1/f$  ノイズは、チャネル幅とチャネル長との積に反比例する)。一方、リセットトランジスタ R T および転送トランジスタ T T (行を選択する選択トランジスタが存在する場合には、当該行選択トランジスタ)、特にリセットトランジスタ R T は、表面チャネル構造を有することが好ましい。これは、浮遊拡散部 F D への正孔のリークを抑制するためには、トランジスタのオフ状態が重要であることによる。埋め込みチャネル型のトランジスタでは、ノーマリーオンの状態になりやすく、オフ状態にしにくい場合がある。また、画素の微細化のためには、リセットトランジスタ R T および転送トランジスタ T T (行を選択する選択トランジスタが存在する場合には、当該行選択トランジスタ) を微細化することが有効であり、そのためには、表面チャネル型の方が有利である。

10

## 【 0 0 3 0 】

図 5 および図 6 を参照しながら、リセットトランジスタ R T および増幅トランジスタ S F の好ましい構造について考える。図 5 において、W A R は、リセットトランジスタ R T のチャネル幅方向における素子分離領域 9 間の間隔であり、W C R は、リセットトランジスタ R T のチャネル幅である。ここで、チャネルストップ領域 8 が存在しない場合には、W A R と W C R とが一致するが、チャネルストップ領域 8 の存在によりチャネル幅 W C R は、W A R よりも小さくなる。図 6 において、W A S は、増幅トランジスタ S F のチャネル幅方向における素子分離領域 9 間の間隔であり、W C S は、増幅トランジスタ S F のチャネル幅である。ここで、チャネルストップ領域 8 が存在しない場合には、W A S と W C S とが一致するが、チャネルストップ領域 8 の存在によりチャネル幅 W C S は、W A S よりも小さくなる。この明細書では、チャネル幅は、チャネルストップ領域を考慮した寸法を意味する。なお、図 5、6 において、2 0 1 は、ゲート絶縁膜である。

20

## 【 0 0 3 1 】

増幅トランジスタ S F を埋め込みチャネル構造とし、リセットトランジスタ R T を表面チャネル構造とするためには、増幅トランジスタ S F のチャネル幅 W C S がリセットトランジスタ R T のチャネル幅 W C R よりも大きいことが好ましい。埋め込みチャネル構造を実現するための方法として、ゲート絶縁膜と基板との界面から所定深さの位置にチャネルドーピングを行う方法がある。チャネルドーピングする不純物の導電型はソース・ドレイン領域と同じ導電型であり、濃度はソース・ドレイン領域よりも低くされる。チャネル幅が狭い場合には、チャネルドーピングを行うべき領域の幅が狭くなってしまう。更に、チャネルストップ領域 8 の不純物の導電型は、チャネルドーピング領域の導電型と逆導電型であるため、チャネルストップ領域 8 の不純物がチャネルドーピングを行うべき領域に拡散する場合もある。そのような場合には、チャネルドーピング領域の不純物濃度が下がり、埋め込みチャネル構造となりにくくなる。

30

## 【 0 0 3 2 】

即ち、埋め込みチャネル構造の増幅トランジスタ S F と表面チャネル構造のリセットトランジスタ R T とを実現するためには、増幅トランジスタ S F のチャネル幅 W C S がリセットトランジスタ R T のチャネル幅 W C R よりも大きいことが好ましい。ここで、増幅トランジスタ S F のチャネル幅 W C S は、 $0.1 \mu\text{m}$  よりも大きく、リセットトランジスタ R T のチャネル幅 W C R は、 $1 \mu\text{m}$  よりも小さいことが好ましい。これは、増幅トランジスタトランジスタにおいては閾値が変化しない領域のチャネル幅であり、リセットトランジスタにおいてはしきい値が上昇しはじめる領域のチャネル幅である。

40

## 【 0 0 3 3 】

以下、図 7 ~ 図 11 を参照しながら本発明の好適な実施形態の撮像装置 2 0 0 の製造方法を例示的に説明する。まず、図 7 ( a ) に示す工程では、p 型のシリコン基板 1 を準備する。そして、シリコン基板 1 の表面に 1 0 ~ 2 0 0 のシリコン酸化膜を形成した後に 4 0 0 ~ 6 0 0 のポリシリコン膜、1 5 0 ~ 2 0 0 のシリコン窒化膜を順に形成し、

50

それらをパタニングしてマスクを形成する。

【0034】

次いで、図7(b)に示す工程では、図7(a)に示す工程で形成したマスクの開口部をエッチングして素子分離領域9の形成のためのトレンチ6を形成する。次いで、図7(c)に示す工程では、トレンチ6の下および下部側方に砒素(As)を150~200KeVで注入してチャネルストップ領域8を形成する。次いで、図7(d)に示す工程では、トレンチ6中に素子分離領域(STI)9を形成する。

【0035】

次いで、図8(a)に示す工程では、p型のシリコン基板1の深部に磷(P)を4000~8000KeVで注入してn型の埋め込み層1を形成する。ここでは、チャネリング現象を利用して可能な限り深部に磷(P)を注入することが好ましい。次いで、図8(b)に示す工程では、フォトダイオードPD間、および、必要に応じて、フォトダイオードPDと増幅トランジスタSFおよびリセットトランジスタRTとの間にポテンシャル障壁11を形成する。ポテンシャル障壁11は、シリコン基板1に対して、例えば、磷(P)を2000~2500KeVで注入し、次いで、磷(P)を1000~1500KeVで注入し、次いで、砒素(As)を700~750KeVで注入することによって形成される。

【0036】

次いで、図8(c)に示す工程では、増幅トランジスタSFおよびリセットトランジスタRTを形成すべき領域にイオンを注入して目標とするポテンシャル構造を形成する。例えばこのイオン注入工程にはチャネルドープなどの工程が含まれる。ここで、前述のとおり、増幅トランジスタSFが埋め込みチャネル構造となり、リセットトランジスタRTが表面チャネル構造となるようにポテンシャル構造が形成されることが好ましい。

【0037】

次いで、図9(a)に示す工程では、ゲート酸化膜およびポリシリコン電極を形成した後これらをパタニングしてゲート105、107(および106(不図示))を形成する。次いで、図9(b)に示す工程では、フォトダイオードPDの領域に硼素(B)を50~150KeVで注入し、p型領域PRの一部を構成する第1領域15を形成する。次いで、図9(c)に示す工程では、転送トランジスタTTの下部から浮遊拡散部FD側に延びる領域に磷(P)を50~150KeVで注入し、n型領域16を形成する。

【0038】

次いで、図10(a)に示す工程では、PMOSトランジスタの拡散領域とするべき領域に硼素(B)を10~15KeVで注入し、浮遊拡散部FD、拡散領域108、104(および110(不図示))を形成する。またその他のトランジスタのソース・ドレイン領域も形成する。次いで、図10(b)に示す工程では、表面領域18を形成するべき領域に砒素(As)を50~100KeVで注入して表面領域18を形成する。

【0039】

次いで、図11(a)に示す工程では、50~100のシリコン酸化膜、400~600の反射防止シリコン窒化膜および500~1000の保護シリコン酸化膜を含む膜19を形成する。次いで、図11(b)に示す工程では、層間絶縁膜(例えば、500~1500のNSG、10000~15000のBPSG)22を形成し、更に、層間絶縁膜22にコンタクトホール23を形成する。

【0040】

次いで、コンタクトホール23にバリアメタル(Ti/TiN)を形成し、タンゲステン(W)を充填することによってコンタクトプラグ102(および105a、111~113(不図示))を形成し、図4に示す構造に至る。

【0041】

以上のような方法に代えて、次のような製造方法によって撮像装置200を製造することもできる。まず、p型のシリコン基板の表面に埋め込み層10を形成する。次いで、埋め込み層10の上にp型の半導体層をエピタキシャル成長させる。次いで、該半導体層に

10

20

30

40

50

図 7 ( a ) ~ ( d ) に示す工程により素子分離領域 9 およびチャネルストップ領域 8 を形成する。これにより、図 8 ( a ) に示すような構造が得られ、以降は、上記の実施形態にしたがって撮像装置 200 を製造することができる。

#### 【0042】

図 13 に本発明のさらに別の実施形態に係る撮像装置（あるいは光電変換装置）の断面構成を示す。図 13 には、フォトダイオード、浮遊拡散部、及び、周辺回路を構成する一つのトランジスタ部分が示されている。上述の実施形態の構成と同一の機能を有する部分には、同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。図 13 に示す実施形態の上述の実施形態との違いは光の入射する方向である。図 13 に示す実施形態においては、図 13 における下方向（つまり、配線層が配された側とは逆側）から光が入射する裏面入射構造となっている。

10

#### 【0043】

光電変換部およびトランジスタの半導体領域などが半導体基板 1301 に形成される。半導体基板 1301 の第 1 主面側（表面側）には、配線層 1302 が配置される。配線層 1302 の上部、すなわち、配線層 1302 から見て基板 1301 とは反対側に、主として撮像装置の強度を保つことを目的として、支持基板 1303 が設けられる。半導体基板 1301 の第 2 主面側（裏面側）、すなわち、半導体基板 1301 から見て配線層 1302 とは反対側には、酸化膜 1304、保護膜 1305 を介して、必要に応じて光学機能部 1306 が配される。光学機能部 1306 には例えばカラーフィルタ、マイクロレンズ、平坦化膜などが含まれる。このように、図 13 に示す実施形態に係る撮像装置は、配線層が配される側とは反対側、すなわち裏面側から光が入射する裏面照射型の構成を有する。

20

#### 【0044】

図 13 には、画素領域 1307 と周辺回路領域 1308 とが示されている。画素領域 1307 は、画素アレイ 210 に対応する領域である。画素領域 1307 には、複数の光電変換部が配置される。周辺回路領域 1308 には、周辺回路トランジスタ用のウエル 1310 が配される。周辺回路領域 1308 には、読み出し回路 220、列選択回路 230、行選択回路 240 が含まれる。

#### 【0045】

半導体基板 1301 の第 2 主面側（裏面側）の界面には、高濃度の n 型半導体領域 1309 が配置されている。n 型半導体領域 1309 は、埋め込み層 10 に対応する領域である。n 型半導体領域 1309 は、酸化膜 1304 の界面における暗電流を抑制するための層としても機能する。つまり裏面照射型の場合には第 1 主面と第 2 主面とに暗電流抑制層が配されているといえる。図 13 では、n 型半導体領域 1309 が半導体基板 1301 の全面にわたって配置されているが、画素領域 1308 のみに配されていてもよい。

30

#### 【0046】

n 型の表面領域 18 の主要不純物の拡散係数は、埋め込み層としての n 型半導体領域 1309 の主要不純物の拡散係数より小さいことが好ましい。例えば、n 型の表面領域 18 の主要不純物が砒素（As）であり、n 型半導体領域 1309 の主要不純物が燐（P）であることが好ましい。砒素（As）は、拡散係数が燐（P）よりも小さいので、表面領域 18 を砒素（As）で形成することは、その境界の確定が容易であるので微細化に有利である。一方、燐（P）は、砒素（As）に比べて半導体基板の深い位置まで侵入させることが容易であるので、n 型半導体領域 1309 を燐（P）で形成することは、深い位置に n 型半導体領域 1309 を形成することを可能にし、感度の向上に有利である。また、燐（P）は、拡散係数が砒素（As）よりも大きいので、燐（P）によって n 型半導体領域 1309 を形成することは、広く分布したポテンシャル障壁の形成において有利である。また、燐（P）はイオン半径が半導体基板 1301 の格子定数より大きいので、シリコン基板 1 への燐（P）の注入によって半導体基板 1301 の格子に歪みを生じさせ、不純物金属元素のゲッターリング効果を生じさせるために有利である。これは点欠陥の改善に寄与する。n 型半導体領域 1309 は、チャネリング現象を利用して燐（P）を半導体基板 1

40

50

301にイオン注入することによって形成されうる。本発明において、注入またはドーピングする不純物は、砒素（As）および燐（P）に制限されず、他の不純物を使用することもできる。

#### 【0047】

図12は、本発明の好適な実施形態のカメラの概略構成を示す図である。なお、カメラの概念には、撮影を主目的とする装置のみならず、撮影機能を補助的に備える装置（例えば、パーソナルコンピュータ、携帯端末）も含まれる。カメラ400は、上記の撮像装置200に代表される固体撮像装置1004を備える。被写体の光学像は、レンズ1002によって固体撮像装置1004の撮像面に結像する。レンズ1002の外側には、レンズ1002のプロテクト機能とメインスイッチを兼ねるバリア1001が設けられうる。レンズ1002には、それから出射される光の光量を調節するための絞り1003が設けられうる。固体撮像装置1004から出力される撮像信号は、撮像信号処理回路1005によって各種の補正、クランプ等の処理が施される。撮像信号処理回路1005から出力される撮像信号は、A/D変換器1006でアナログ-デジタル変換される。A/D変換器1006から出力される画像データは、信号処理部1007によって補正、データ圧縮などの信号処理がなされる。固体撮像装置1004、撮像信号処理回路1005、A/D変換器1006及び信号処理部1007は、タイミング発生部1008が発生するタイミング信号にしたがって動作する。

#### 【0048】

ブロック1005～1008は、固体撮像装置1004と同一チップ上に形成されてもよい。カメラ400の各ブロックは、全体制御・演算部1009によって制御される。カメラ400は、その他、画像データを一時的に記憶するためのメモリ部1010、記録媒体への画像の記録又は読み出しのための記録媒体制御インターフェース部1011を備える。記録媒体1012は、半導体メモリ等を含んで構成され、着脱が可能である。カメラ400は、外部コンピュータ等と通信するための外部インターフェース（I/F）部1013を備えてもよい。

#### 【0049】

次に、図12に示すカメラ400の動作について説明する。バリア1001のオープンに応じて、メイン電源、コントロール系の電源、A/D変換器1006等の撮像系回路の電源が順にオンする。その後、露光量を制御するために、全体制御・演算部1009が絞り1003を開放にする。固体撮像装置1004から出力された信号は、撮像信号処理回路1005をスルーしてA/D変換器1006へ提供される。A/D変換器1006は、その信号をA/D変換して信号処理部1007に出力する。信号処理部1007は、そのデータを処理して全体制御・演算部1009に提供し、全体制御・演算部1009において露出量を決定する演算を行う。全体制御・演算部1009は、決定した露出量に基づいて絞りを制御する。

#### 【0050】

次に、全体制御・演算部1009は、固体撮像装置1004から出力され信号処理部1007で処理された信号の中から高周波成分を取り出して、高周波成分に基づいて被写体までの距離を演算する。その後、レンズ1002を駆動して、合焦か否かを判断する。合焦していないと判断したときは、再びレンズ1002を駆動し、距離を演算する。

#### 【0051】

そして、合焦が確認された後に本露光が始まる。露光が終了すると、固体撮像装置1004から出力された撮像信号は、撮像信号処理回路1005において補正等がされ、A/D変換器1006でA/D変換され、信号処理部1007で処理される。信号処理部1007で処理された画像データは、全体制御・演算部1009によりメモリ部1010に蓄積される。

#### 【0052】

その後、メモリ部1010に蓄積された画像データは、全体制御・演算部1009の制御により記録媒体制御I/F部を介して記録媒体1012に記録される。また、画像デー

10

20

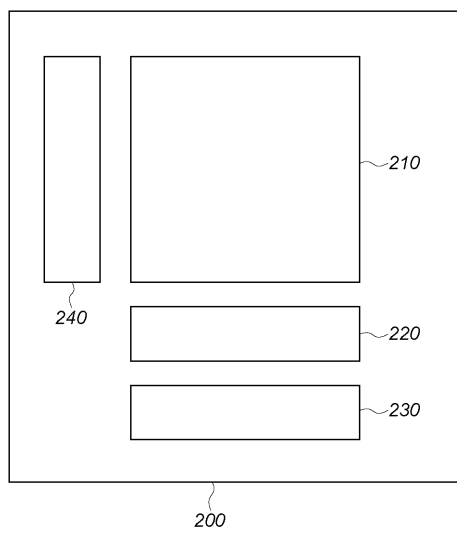
30

40

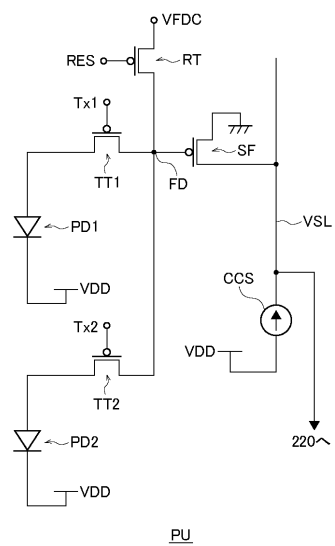
50

タは、外部 I / F 部 1 0 1 3 を通してコンピュータ等に提供されて処理されうる。

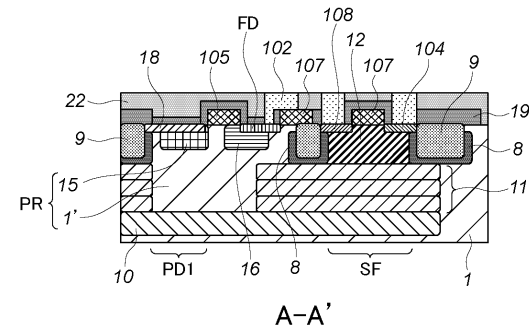
【 図 1 】



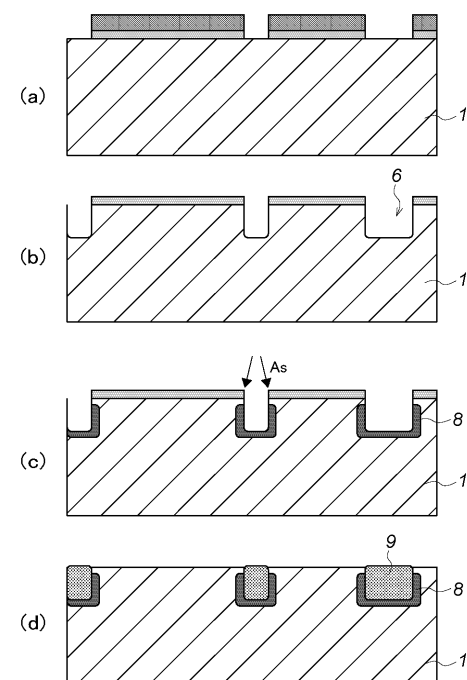
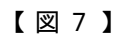
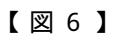
【 図 2 】



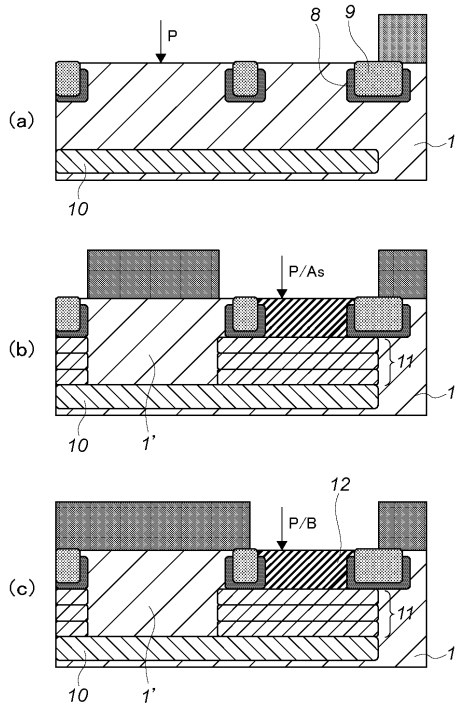
【 図 4 】



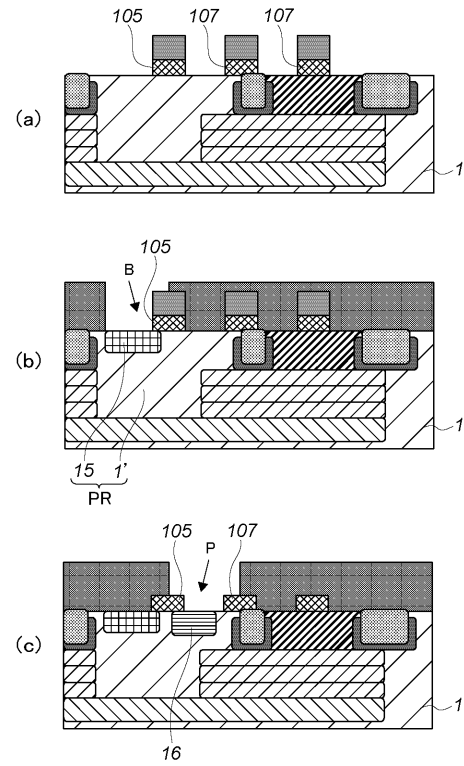
【 図 5 】



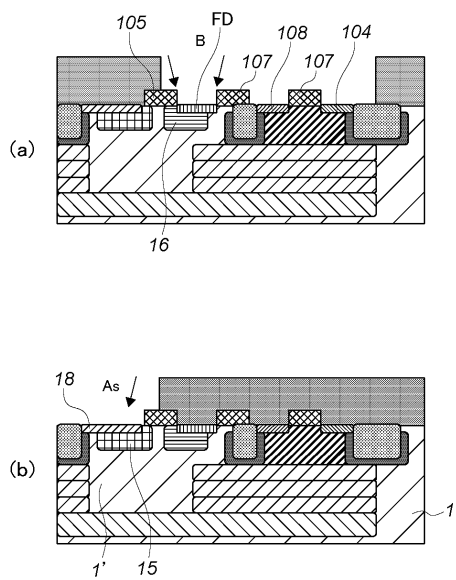
【図 8】



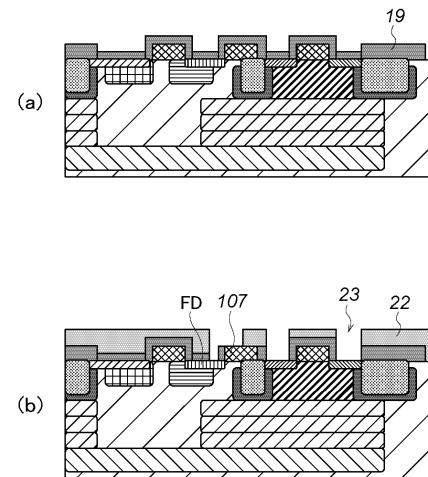
【図 9】



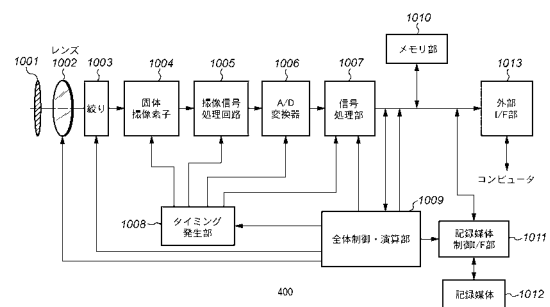
【図 10】



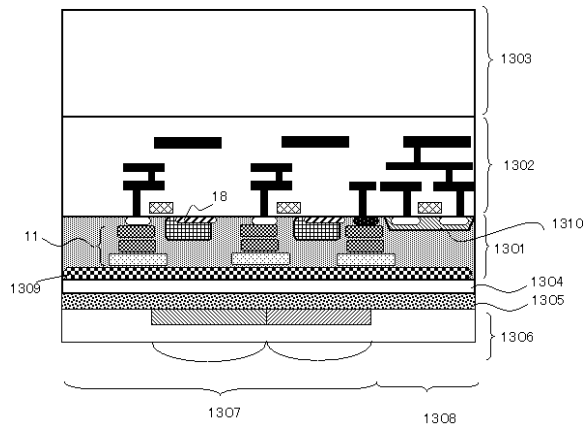
【図 11】



【図 12】



【図 13】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 澤山 忠志  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 廣田 克範  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 渡邊 高典  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 市川 武史  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

Fターム(参考) 4M118 AB01 BA14 CA04 DD04 DD12 EA01 EA14 FA06 FA25 FA26  
FA33  
5F049 MA02 MB03 MB12 NA05 NB05 PA10 PA14 QA06 QA15 RA03  
RA08 SE01 SS03 WA03