

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7086558号

(P7086558)

(45)発行日 令和4年6月20日(2022.6.20)

(24)登録日 令和4年6月10日(2022.6.10)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 27/146(2006.01)

H 0 1 L 27/146 D

H 0 4 N 5/369(2011.01)

H 0 4 N 5/369

H 0 4 N 5/374(2011.01)

H 0 4 N 5/374

H 0 4 N 5/3745(2011.01)

H 0 4 N 5/3745 2 0 0

H 0 1 L 27/146 A

請求項の数 21 (全31頁)

(21)出願番号 特願2017-194427(P2017-194427)

(22)出願日 平成29年10月4日(2017.10.4)

(65)公開番号 特開2018-78281(P2018-78281A)

(43)公開日 平成30年5月17日(2018.5.17)

審査請求日 令和2年10月2日(2020.10.2)

(31)優先権主張番号 特願2016-212128(P2016-212128)

(32)優先日 平成28年10月28日(2016.10.28)

(33)優先権主張国・地域又は機関  
日本国(JP)

(73)特許権者 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74)代理人 100126240

弁理士 阿部 琢磨

(74)代理人 100124442

弁理士 黒岩 創吾

(72)発明者

中川 善之

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

西村 優

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

鈴木 翔

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光電変換装置および撮像システム

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

半導体層の中に配された電荷生成領域を各々が有する複数のユニットを備える光電変換装置であって、

複数のユニットは第1ユニットおよび第2ユニットを含み、

前記第1ユニットおよび前記第2ユニットのそれぞれは、

前記電荷生成領域から転送された電荷を保持する電荷保持領域と、

前記電荷生成領域の上に位置し、絶縁体層に囲まれ、前記絶縁体層とは異なる材料で形成された誘電体領域と、

前記絶縁体層と前記半導体層との間に前記電荷保持領域を覆い、前記電荷生成領域の上に第1開口部を有する第1遮光層と、

電荷検出領域と、

前記電荷保持領域と前記電荷検出領域との間に配されたゲート電極と、

前記第1遮光層に設けられた第2開口部と、

前記第2開口部である同一の開口部に配された、前記電荷検出領域の上に設けられた第1

コンタクトプラグと、前記ゲート電極の上に設けられた第2コンタクトプラグと、を有し、

前記第1ユニットの前記電荷生成領域は、前記第1開口部を介して受光し、

前記第2ユニットの前記電荷生成領域は、前記絶縁体層と前記誘電体領域の上に設けられた第2遮光層で覆われていることを特徴とする光電変換装置。

## 【請求項2】

前記第2ユニットの前記第1開口部の面積は、第1ユニットの前記第1開口部の面積の0.8倍以上かつ1.2倍以下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。

【請求項3】

前記第2ユニットにおいて、前記第1開口部が前記電荷生成領域と前記第2遮光層との間に位置する、請求項1または2に記載の光電変換装置。

【請求項4】

前記誘電体領域は前記絶縁体層と共に導光路を構成する、請求項1乃至3のいずれか1項に記載の光電変換装置。

【請求項5】

前記第2ユニットにおいて、前記誘電体領域は前記第2遮光層と前記電荷生成領域との間に位置する、請求項1乃至4のいずれか1項に記載の光電変換装置。

10

【請求項6】

前記第1ユニットおよび前記第2ユニットにおいて、前記電荷保持領域と前記第1遮光層との距離は、前記誘電体領域と前記電荷生成領域との距離よりも小さい、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】

前記第1ユニットおよび前記第2ユニットにおいて、前記誘電体領域と前記電荷生成領域との間には誘電体膜が配されており、前記誘電体膜は前記絶縁体層と前記第1遮光層との間に延在している、請求項1乃至6のいずれか1項に記載の光電変換装置。

【請求項8】

20

前記第1ユニットにおいて、前記誘電体領域は無機材料層と前記半導体層との間に位置し、前記第2ユニットにおいて、前記無機材料層が前記第2遮光層と前記誘電体領域との間に位置する、請求項1乃至7のいずれか1項に記載の光電変換装置。

【請求項9】

前記第1ユニットおよび前記第2ユニットにおいて、前記誘電体領域の幅は、前記第1開口部の幅よりも大きい、請求項1乃至8のいずれか1項に記載の光電変換装置。

【請求項10】

前記第1遮光層は、前記第1開口部とは形状が異なる前記第2開口部を有し、前記第2開口部には、前記第1コンタクトプラグおよび前記第2コンタクトプラグ以外の複数のコンタクトプラグが配されている、請求項1乃至9のいずれか1項に記載の光電変換装置。

30

【請求項11】

前記第1ユニットおよび前記第2ユニットは、前記電荷生成領域から前記電荷保持領域に電荷を転送する第1転送ゲートと、前記電荷保持領域から前記電荷検出領域に電荷を転送する前記ゲート電極としての第2転送ゲートと、前記電荷検出領域に接続された増幅トランジスタと、を有し、

前記第1ユニットおよび前記第2ユニットにおいて、前記第1遮光層は前記第1転送ゲートと前記第2転送ゲートを覆う、請求項1乃至10のいずれか1項に記載の光電変換装置。

【請求項12】

前記第1ユニットと前記第2ユニットの間には第4ユニットが設けられており、

前記第4ユニットは第5遮光層を有し、

40

前記第5遮光層と前記半導体層との距離は、前記第2ユニットにおける前記第1遮光層と前記半導体層との距離よりも大きく、前記第2ユニットにおける前記第2遮光層と前記半導体層との距離よりも小さい、請求項1乃至11のいずれか1項に記載の光電変換装置。

【請求項13】

前記複数のユニットは第5ユニットを含み、

前記第5ユニットは、

前記第5ユニットの前記電荷生成領域から転送された電荷を保持する電荷保持領域と、

前記第5ユニットの前記電荷生成領域の上に位置し、前記絶縁体層に囲まれた誘電体領域と、

前記絶縁体層と前記半導体層との間にて前記第5ユニットの前記電荷保持領域を覆い、前

50

記誘電体領域と前記半導体層との間に前記電荷生成領域を覆う第 6 遮光層と、を有する、請求項 1 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 1 4】

前記複数のユニットは第 6 ユニットを含み、

前記第 6 ユニットは、

前記第 6 ユニットの前記電荷生成領域から転送された電荷を保持する電荷保持領域と、

前記絶縁体層と前記半導体層との間に前記第 6 ユニットの前記電荷保持領域を覆い、前

記第 6 ユニットの前記電荷生成領域の上に開口を有する第 7 遮光層と、を有し、

前記第 6 ユニットにおいて前記絶縁体層が前記第 7 遮光層の前記開口の全体を覆い、前記

第 6 ユニットの前記電荷生成領域は前記開口を介して受光する、請求項 1 乃至 1 3 のい 10  
づれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 1 5】

複数のユニットを備える光電変換装置であって、

複数のユニットは第 1 ユニットおよび第 2 ユニットを含み、

前記第 1 ユニットおよび前記第 2 ユニットのそれぞれは、

半導体層の中に配された n 型の第 1 不純物領域と、

前記半導体層の中に配され、前記第 1 不純物領域から電荷が転送される n 型の第 2 不純物領域と、

前記第 1 不純物領域の上に位置し、絶縁体層に囲まれ、前記絶縁体層とは異なる材料で形成された誘電体領域と、 20

前記絶縁体層と前記半導体層との間に前記第 2 不純物領域を覆い、前記第 1 不純物領域の上に第 1 開口部を有する第 1 遮光層と、

前記第 2 不純物領域から電荷が伝送される n 型の第 3 不純物領域と、

前記第 2 不純物領域と前記第 3 不純物領域との間に配されたゲート電極と、

前記第 1 遮光層に設けられた第 2 開口部と、

前記第 2 開口部である同一の開口部に配された、前記第 3 不純物領域の上に設けられた第 1 コンタクトプラグと、前記ゲート電極の上に設けられた第 2 コンタクトプラグと、を有し、

前記第 1 ユニットの前記第 1 不純物領域は、前記第 1 開口部を介して受光し、

前記第 2 ユニットの前記第 1 不純物領域は、前記絶縁体層と前記誘電体領域の上に設けら 30  
れた第 2 遮光層で覆われていることを特徴とすることを特徴とする光電変換装置。

【請求項 1 6】

前記絶縁体層は第 1 配線層と第 2 配線層との間に位置し、

前記第 1 遮光層の主成分と前記第 1 配線層の主成分は互いに異なり、

前記第 2 遮光層の主成分と前記第 2 配線層の主成分は互いに異なる、請求項 1 乃至 1 5 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 1 7】

前記絶縁体層は第 1 配線層と第 2 配線層との間に位置し、

前記第 1 遮光層の主成分はタングステンであり、

前記第 2 遮光層の主成分はアルミニウムであり、 40

前記第 1 配線層および前記第 2 配線層の主成分は銅である、請求項 1 乃至 1 6 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 1 8】

前記絶縁体層は珪素と酸素と水素とを含有すること、および、前記誘電体領域は珪素と窒素と水素とを含有すること、の少なくとも一方を満たす、請求項 1 乃至 1 7 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。

【請求項 1 9】

前記半導体層の上に第 1 配線層と、第 2 配線層とが設けられ、

前記絶縁体層が前記第 1 配線層と前記第 2 配線層の間に設けられていることを特徴とする請求項 1 乃至 1 8 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置。 50

## 【請求項 20】

前記第1配線層、前記第2配線層のそれぞれの主成分が銅であることを特徴とする請求項19に記載の光電変換装置。

## 【請求項 21】

請求項1乃至20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結像する光学系、前記光電変換装置を制御する制御装置、前記光電変換装置から出力された信号を処理する処理装置、前記光電変換装置で得られた情報を表示する表示装置、および、前記光電変換装置で得られた情報を記憶する記憶装置の少なくともいずれかと、を備えることを特徴とするシステム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、光電変換装置における遮光層に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

光電変換装置では、受光する光電変換部を有する画素からの信号を、遮光された光電変換部を有する画素からの信号を用いて補正することで、黒レベルの補正を実現できる。受光する光電変換部を有する画素は有効画素、受光画素と呼ばれ、遮光された光電変換部を有する画素はオプティカルブラック（OB）画素や遮光画素と呼ばれる。

## 【0003】

特許文献1の第1の実施形態に記載された固体撮像装置は、有効画素領域とOB画素領域ともに光電変換部の上に光導波路が形成されており、OB画素領域においては、光導波路と光電変換部の間に遮光膜が配置されている。

## 【0004】

特許文献1の第4の実施形態に記載された固体撮像装置は、グローバルシャッター機能を有し、有効画素領域とOB画素領域ともに電荷蓄積部の上に遮光膜が形成されており、OB画素領域においては、光電変換部の上に遮光膜が延在している。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【文献】特開2012-156334号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

本発明者らが導光路（光導波路）を検討する上で、特許文献1の技術では黒レベルの補正の精度が十分でないという課題を見出した。この課題のため、黒レベルの補正を経て得られる信号の品質（例えば画質）を向上することができない。そこで、本発明は、良好な信号を得られる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】

## 【0007】

上記課題を解決するための第1の手段は、半導体層の中に配された電荷生成領域を各々が有する複数のユニットを備える光電変換装置であって、複数のユニットは第1ユニットおよび第2ユニットを含み、前記第1ユニットおよび前記第2ユニットのそれぞれは、前記電荷生成領域から転送された電荷を保持する電荷保持領域と、前記電荷生成領域の上に位置し、絶縁体層に囲まれ、前記絶縁体層とは異なる材料で形成された誘電体領域と、前記絶縁体層と前記半導体層との間に前記電荷保持領域を覆い、前記電荷生成領域の上に第1開口部を有する第1遮光層と、電荷検出領域と、前記電荷保持領域と前記電荷検出領域との間に配されたゲート電極と、前記第1遮光層に設けられた第2開口部と、前記第2開口部である同一の開口部に配された、前記電荷検出領域の上に設けられた第1コンタクトプラグと、前記ゲート電極の上に設けられた第2コンタクトプラグと、を有し、前記第1

10

20

30

40

50

ユニットの前記電荷生成領域は、前記第 1 開口部を介して受光し、前記第 2 ユニットの  
前記電荷生成領域は、前記絶縁体層と前記誘電体領域の上に設けられた第 2 遮光層で覆われ  
ていることを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

上記課題を解決するための第 2 の手段は、複数のユニットを備える光電変換装置であって、  
複数のユニットは第 1 ユニットおよび第 2 ユニットを含み、前記第 1 ユニットおよび前  
記第 2 ユニットのそれぞれは、半導体層の中に配された n 型の第 1 不純物領域と、前記半  
導体層の中に配され、前記第 1 不純物領域から電荷が転送される n 型の第 2 不純物領域と  
、前記第 1 不純物領域の上に位置し、絶縁体層に囲まれ、前記絶縁体層とは異なる材料で  
形成された誘電体領域と、前記絶縁体層と前記半導体層との間に前記第 2 不純物領域を  
覆い、前記第 1 不純物領域の上に第 1 開口部を有する第 1 遮光層と、前記第 2 不純物領域  
から電荷が伝送される n 型の第 3 不純物領域と、前記第 2 不純物領域と前記第 3 不純物領  
域との間に配されたゲート電極と、前記第 1 遮光層に設けられた第 2 開口部と、前記第 2  
開口部である同一の開口部に配された、前記第 3 不純物領域の上に設けられた第 1 コンタ  
クトプラグと、前記ゲート電極の上に設けられた第 2 コンタクトプラグとを有し、前記  
第 1 ユニットの第 1 不純物領域は、前記第 1 開口部を介して受光し、前記第 2 ユニッ  
トの前記第 1 不純物領域は、前記絶縁体層と前記誘電体領域の上に設けられた第 2 遮光層  
で覆われていることを特徴とすることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

20

本発明によれば、良好な信号を得られる光電変換装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】光電変換装置および撮像システムを説明する模式図。

【図 2】画素ユニットの構成を説明する模式図。

【図 3】光電変換装置を説明するための断面模式図。

【図 4】光電変換装置を説明するための平面模式図。

【図 5】光電変換装置を説明するための断面模式図。

【図 6】光電変換装置の製造方法を説明するための断面模式図。

【図 7】光電変換装置の製造方法を説明するための断面模式図。

30

【図 8】光電変換装置の製造方法を説明するための断面模式図。

【図 9】光電変換装置の製造方法を説明するための断面模式図。

【図 10】光電変換装置を説明するための断面模式図。

【図 11】光電変換装置を説明するための平面模式図。

【図 12】光電変換装置を説明するための断面模式図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下、図面を参照して、本発明を実施するための形態を説明する。なお、以下の説明およ  
び図面において、複数の図面に渡って共通の構成については共通の符号を付している。そ  
のため、複数の図面を相互に参照して共通する構成を説明し、共通の符号を付した構成に  
ついては適宜説明を省略する。

40

【 0 0 1 3 】

図 1 ( a ) を用いて光電変換装置 I S の構成を説明する。光電変換装置 I S は半導体チッ  
プ I C 内に複数の画素ユニット U N T を備える。複数の画素ユニット U N T の各々は、半  
導体層の中に配された電荷生成部を含む。画素ユニット U N T は光電変換装置 I S の受光  
領域 P X R と遮光領域 O B R に配されている。画素ユニット U N T とは、光電変換装置 I  
S によって得られる画像における画素の基本的な情報を生成することを目的とした主ユ  
ニットだけでなく、主ユニットと類似の構成を有するユニットである副ユニットを含む。主  
ユニットとは受光領域 P X R に配された受光ユニットであり、副ユニットとしては遮光領  
域 O B R に配された遮光ユニットである。なお、図 1 ( a ) の例で示すように、受光領域

50

P X R と遮光領域 O B R の間に中間領域 D M R を設けることもできる。本例では、中間領域 D M R にも画素ユニット U N T が設けられている。中間領域 D M R に配された画素ユニット U N T (ダミーユニット) も副ユニットである。光電変換装置 I S は画素ユニット U N T が配された画素領域の外側に周辺領域 P R R を有することができる。

#### 【 0 0 1 4 】

図 1 ( b ) は光電変換装置 I S を備える撮像システム S Y S の構成の一例を示している。撮像システム S Y S は、光学系 O U、制御装置 C U、処理装置 P U、表示装置 D U、記憶装置 M U の少なくともいずれかをさらに備え得る。撮像システム S Y S の詳細に関する説明は後述する。

#### 【 0 0 1 5 】

< 第 1 実施形態 >

図 2、3 を用いて光電変換装置 I S の第 1 実施形態を説明する。

#### 【 0 0 1 6 】

図 2 ( a ) は画素ユニットの回路図の一例を示している。画素ユニットは、画素回路として、電荷生成部 2、電荷保持部 5、電荷検出部 3、電荷排出部 1 1 を備えうる。電荷検出部 3 の電荷に基づく信号が画素ユニットから信号出力線 1 0 に出力される。画素ユニットの画素回路はこれら電荷を扱う各部の接続 ( 転送 ) / 非接続 ( 非転送 ) の切替えあるいは信号増幅のための制御部をさらに備える。制御部の具体例としては、第 1 転送ゲート 4、第 2 転送ゲート 6、第 3 転送ゲート 1、リセットトランジスタ 7、増幅トランジスタ 8 および選択トランジスタ 9 が挙げられる。各ゲートは M O S ゲートによって、トランジスタは M O S F E T によって構成される。電荷生成部 2、電荷保持部 5、電荷検出部 3、電荷排出部 1 1 を、転送ゲートをゲートとして含むトランジスタのソースおよび / またはドレインとみなすこともできる。

#### 【 0 0 1 7 】

電荷生成部 2 は電荷生成部 2 が受光した光量に応じた信号電荷を発生することができる。ただし、電荷生成部 2 は遮光層によって光が入射しなくても、暗電流となるノイズ電荷を生成する。電荷生成部 2 にはフォトダイオードを用いることができる。電荷保持部 5 は、第 1 転送ゲート 4 を介して電荷生成部 2 に接続される。電荷保持部 5 は接地容量として機能し、電荷保持部 5 は電荷生成部 2 から転送された電荷を一時的に蓄積する。電荷検出部 3 は電荷保持部 5 から転送された電荷を電圧信号に変換する。電荷検出部 3 は半導体層に配された不純物領域を含んで構成され、このノードに生じる寄生容量を含めた容量を有する。電荷検出部 3 を構成する不純物領域はフローティングディフュージョン ( F D ) 領域である。電荷検出部 3 は第 2 転送ゲート 6 を介して電荷保持部 5 と接続される。また、電荷検出部 3 はリセットトランジスタ 7 のソース及び増幅トランジスタ 8 のゲートとも接続される。増幅トランジスタ 8 のドレインには電源供給線 1 2 から電源電圧が供給される。リセットトランジスタ 7 のドレインにも電源供給線 1 2 から電源電圧が供給される。増幅トランジスタ 8 はソースフォロワ回路を構成している。リセットトランジスタ 7 をオンにすることで電荷検出部 3 の電圧はリセット電圧 ( この場合は電源電圧 ) にリセットされる。このとき、リセット電圧に応じたリセット信号が増幅トランジスタ 8 のソースに出力される。

#### 【 0 0 1 8 】

第 2 転送ゲート 6 がオンになり電荷保持部 5 から電荷検出部 3 に電荷が転送されると、転送された電荷量に対応した信号電圧が増幅トランジスタ 8 のソースに出力される。

#### 【 0 0 1 9 】

増幅トランジスタ 8 のソースは選択トランジスタ 9 のドレインに接続される。選択トランジスタ 9 のソース端子は信号出力線 1 0 に接続される。選択トランジスタ 9 がオンになると、リセット信号又は画素信号が信号出力線 1 0 に出力される。このようにして、画素からの信号の読み出しが行われる。

#### 【 0 0 2 0 】

電荷生成部 2 には、さらに第 3 転送ゲート 1 を介して電荷排出部 1 1 が接続される。第 3

10

20

30

40

50

転送ゲート 1 がオンになると、電荷生成部 2 に蓄積されている電荷は電荷排出部 1 1 に排出される。電荷排出部 1 1 を構成する不純物領域はオーバーフロドレイン (O F D) 領域である。電荷排出部 1 1 には、電荷生成部 2 から電荷を排出可能な電圧が与えられる。本例では、電荷排出部 1 1 には電源供給線 1 2 から電源電圧が供給されるが、その接続関係の図示は図 2 ( a ) では省略している。

#### 【 0 0 2 1 】

全画素に対し同時に電荷排出部 1 1 へ電荷を排出し、その後、電荷生成部 2 で生成された電荷を電荷保持部 5 に転送することにより、全画素に対し同時かつ一定の露光時間を設定する電子シャッター (グローバル電子シャッター) が実現される。これにより、各画素から順次電荷を読み出すために生じる露光タイミングのずれが抑制され、画像の歪みが低減される。なお、グローバル電子シャッターを実現するための画素回路やその駆動方法は上述したものに限らず、様々に変更が可能である。

10

#### 【 0 0 2 2 】

図 2 ( b ) は、本実施形態の受光領域 P X R と遮光領域 O B R における画素ユニットの半導体層の近傍の平面図である。以下、受光領域 P X R における画素ユニットを受光ユニット P X L とし、遮光領域 O B R における画素ユニットを遮光ユニット O B A とする。

#### 【 0 0 2 3 】

まず、図 2 ( a ) に示した回路と、図 2 ( b ) で示した構造との対応関係を説明する。図 2 ( b ) において、実線で囲まれた素子領域 1 0 0 (活性領域) の外は絶縁体で形成された素子分離領域となっている。図 2 ( b ) には、電荷生成部 2 を構成する不純物領域としての電荷生成領域 1 0 2 と、電荷保持部 5 を構成する不純物領域としての電荷保持領域 1 0 5 を示している。さらに、電荷検出部 3 を構成する不純物領域としての電荷検出領域 1 0 3 と、電荷排出部 1 1 を構成する不純物領域としての電荷排出領域 1 1 1 を示している。本例では電子を信号電荷として扱うため、電荷生成領域 1 0 2、電荷保持領域 1 0 5、電荷検出領域 1 0 3、電荷排出領域 1 1 1 のそれぞれは n 型の不純物領域である。正孔を信号電荷として扱う場合には、これらの不純物領域の導電型は逆の p 型となる。

20

#### 【 0 0 2 4 】

図 2 ( b ) には、また、第 1 転送ゲート 4 のゲート電極 1 0 4、第 2 転送ゲート 6 のゲート電極 1 0 6、第 3 転送ゲート 1 のゲート電極 1 0 1 を示している。さらに、リセットトランジスタ 7 のゲート電極 1 0 7、増幅トランジスタ 8 のゲート電極 1 0 8 を示している。第 1 転送ゲート 4 のゲート電極 1 0 4 は電荷生成領域 1 0 2 と電荷保持領域 1 0 5 の間に配置されている。第 2 転送ゲート 6 のゲート電極 1 0 6 は電荷保持領域 1 0 5 と電荷検出領域 1 0 3 との間に配置されている。リセットトランジスタ 7 のゲート電極 1 0 7 が電荷検出領域 1 0 3 に隣り合って配置されている。ゲート電極 1 0 7 を挟んで電荷検出領域 1 0 3 とは反対側には、リセットトランジスタ 7 のドレインとなる不純物領域 1 1 2 が配置されている。この不純物領域 1 1 2 は増幅トランジスタ 8 のドレインと共通となっている。そして不純物領域 1 1 2 に隣接して増幅トランジスタ 8 のゲート電極 1 0 8 が配置されている。ゲート電極 1 0 8 を挟んで不純物領域 1 1 2 の反対側には増幅トランジスタ 8 のソースとなる不純物領域 1 1 3 が配置されている。本図では選択トランジスタ 9 は不図示である。例えば、増幅トランジスタ 8 を挟んでリセットトランジスタ 7 の反対側に選択トランジスタ 9 を配することができる。選択トランジスタ 9 のソースは増幅トランジスタ 8 のソースとなる不純物領域 1 1 3 と共通にできる。電荷生成領域 1 0 2 に隣り合って、第 3 転送ゲート 1 のゲート電極 1 0 1 が配置される。ゲート電極 1 0 1 は電荷生成領域 1 0 2 のゲート電極 1 0 4 が配置された側とは異なる部分に配置される。ゲート電極 1 0 1 を挟んで電荷生成領域 1 0 2 の反対側には電荷排出部 1 1 の一部を構成する電荷排出領域 1 1 1 が配置される。この電荷排出領域 1 1 1 は第 3 転送ゲート 1 をゲートとして有するトランジスタのドレインとなる。

30

40

#### 【 0 0 2 5 】

受光ユニット P X L および遮光ユニット O B A は、少なくとも電荷保持領域 1 0 5 を覆う下部遮光層 1 0 9 を有する。受光ユニット P X L および遮光ユニット O B A において、下

50

部遮光層 109 は電荷生成領域 102 の上に開口 190 を有する。受光ユニット PXL の電荷生成領域 102 は開口 190 を介して被写体からの光を受光可能である。したがって、受光ユニット PXL の電荷生成領域は光電変換領域である。そして、受光ユニット PXL の電荷生成領域 102 で生じた信号電荷に基づく信号は画像信号として処理される。受光ユニット PXL および遮光ユニット OBA における開口 190 の形状は同一であることが最も好ましいが、異なってもよい。遮光ユニット OBA における開口 190 の面積は、受光ユニット PXL における開口 190 の面積の 0.8 倍以上かつ 1.2 倍以下であることが好ましい。この規定は、2 つの円の一方の半径が他方の半径の 0.9 倍以上かつ 1.1 倍以下であれば、2 つの円の一方の面積が他方の面積の約 0.8 倍以上かつ 1.2 倍以下となることに基づく。本例では、下部遮光層 109 は電荷保持領域 105 に加えて、ゲート電極 104、106、101 の一部を覆う。下部遮光層 109 はゲート電極 104、106、101 のうちコンタクトプラグが配される部分は覆わない。このようにすることで、可視光に対して透過性を有するポリシリコンのゲート電極を用いても、ゲート電極を介した半導体層 200 (図 3 (a) ~ (c) で後述) への不要な光の入射を抑制できる。さらに、図 2 (b) の電荷生成領域 102 の輪郭と開口 190 との位置関係から理解されるように、平面視における開口 190 の面積は平面視における電荷生成領域 102 の面積よりも小さい。このようにすることで、下部遮光層 109 が電荷生成領域 102 の周縁部も覆う構成となり、ゲート電極を介した半導体層 200 への不要な光の入射をさらに抑制できる。

#### 【0026】

受光ユニット PXL および遮光ユニット OBA において、下部遮光層 109 はゲート電極 104、106、107、108 および電荷検出領域 103、不純物領域 112、113 の上に開口 191 を有する。この開口 191 を通じてゲート電極 104、106、107、108 および電荷検出領域 103、不純物領域 112、113 には、コンタクトプラグが接続されている。また、下部遮光層 109 はゲート電極 104、101 および電荷排出領域 111 の上に開口 192 を有する。この開口 192 を通じてゲート電極 104、101 および電荷排出領域 111 には、コンタクトプラグが接続されている。図 2 (b) においてコンタクトプラグを黒丸で示している。開口 191、192 は複数のコンタクトプラグが配されるように、開口 190 とは別であって、開口 190 とは異なる形状で下部遮光層 109 に設けられている。

#### 【0027】

電荷生成領域 102 の上には、電荷生成領域 102 と少なくとも一部が重なるように誘電体領域 130 が配置される。また、電荷生成領域 102 の上には、誘電体領域 130 と少なくとも一部が重なるように誘電体膜 110 が配置される。誘電体膜 110 が誘電体領域 130 と電荷生成領域 102 との間に位置する。誘電体領域 130、誘電体膜 110 の詳細については後述する。

#### 【0028】

図 3 (a)、(b) は、図 2 (b) の X - Y 線における断面の構造を示している。図 3 (c) は、図 1 (a) の周辺領域 PRR における断面の構造を示している。

#### 【0029】

本実施形態では、半導体層 200 上に配線層 2161、2162、2163 と、層間絶縁層 2141、2142、2143、2144 と、を含んで構成される多層配線構造が配置されている。以下、配線層 2161、2162、2163 を配線層 216X と総称し、層間絶縁層 2141、2142、2143、2144 を層間絶縁層 214X と総称する。

#### 【0030】

本例では、画素ユニット UNT は配線層が 3 層の場合を例に説明するが 4 層以上の配線層を有していてもよいし、2 層の配線層であってもよい。

#### 【0031】

層間絶縁層 214X は配線層と他の層を絶縁するための絶縁体層である。半導体層 200 と配線層 2161 との間に層間絶縁層 2141 が位置し、配線層 2161 と配線層 216

10

20

30

40

50



2との間に層間絶縁層2142が位置し、配線層2162と配線層2163との間に層間絶縁層2143が位置する。層間絶縁層214Xには、屈折率がおよそ1.5の酸化シリコン(SiO)を用いることができる。層間絶縁層214Xは、珪素(Si)と酸素(O)と水素(H)とを含有することが好ましい。層間絶縁層214Xに含まれる水素は半導体層200を水素終端する上で有用である。層間絶縁層214Xはさらに炭素(C)を含有することができる。珪素(Si)と酸素(O)と炭素(C)と水素(H)を含有する絶縁体層は4.0未満、3.0未満の低い誘電率(low-k)を示し得る。層間絶縁層に低誘電率材料を用いることで配線構造のRC遅延を低減し動作を高速化できる。

#### 【0032】

下部遮光層109は層間絶縁層214Xと半導体層200との間に配されており、電荷保持領域105を覆っている。本例では、下部遮光層109は配線層2161と半導体層200との間に配され、コンタクトプラグ(不図示)が貫通する層間絶縁層2141と半導体層200との間に配されている。

#### 【0033】

受光ユニットPXLおよび遮光ユニットOBA、OBBは、電荷生成領域102の上に配された誘電体領域130を含む。誘電体領域130は、半導体層200の上に配された層間絶縁層214Xで囲まれている。誘電体領域130の平面形状は円形としているが、正方形、長方形、楕円、長円、多角形等の形状であってもよい。特に、誘電体領域130は、複数の配線層2161、2162、2163の間に位置する層間絶縁層2142、2143に囲まれていることが好ましい。誘電体領域130を複数の配線層2161、2162、2163の周囲に配することで、配線層2161、2162、2163の存在による光の損失を抑制できるためである。

#### 【0034】

層間絶縁層214Xには孔218が設けられている。この孔218内に誘電体領域130が位置している。その結果、誘電体領域130は層間絶縁層214Xに囲まれることになる。誘電体領域130は多層配線構造の複数の層間絶縁層214Xを貫通して形成された孔218に誘電体領域130を構成する誘電体材料を埋め込んで形成するのがよい。ただし、先に誘電体領域130を形成し、その周囲に層間絶縁層を形成することもできる。

#### 【0035】

誘電体領域130は、層間絶縁層214Xを構成する材料よりも屈折率の高い材料を用いることが好ましい。このようにすることで、誘電体領域130と層間絶縁層214Xの界面に対し、所定の角度で斜めに入射された光は界面で全反射される。よって、誘電体領域130に入射した光は、層間絶縁層214Xへの漏出が抑制され、より多くの入射光が電荷生成領域102に到達する。このようにして、誘電体領域130は層間絶縁層214Xと共にコア-クラッド構造を有する導光路(光導波路)を成す。導光路において、誘電体領域130がコア、層間絶縁層214Xがクラッドである。例えば、誘電体領域130の材料には、屈折率がおよそ2.0の窒化シリコン(SiN)を用いることができる。誘電体領域130は、珪素(Si)と窒素(N)と水素(H)とを含有することが好ましい。誘電体領域130に含まれる水素は半導体層200を水素終端する上で有用である。なお、層間絶縁層214Xと誘電体領域130の材料は酸化シリコンと窒化シリコンの組合せに限定されない。導光路を構成する上では、誘電体領域130の屈折率が層間絶縁層の屈折率よりも高くなるように材料が組合せられていればよく、任意の材料を選択可能である。誘電体領域130の材料は、屈折率がおよそ1.8の酸窒化シリコン(SiON)、あるいは、有機膜材料及び有機膜材料に酸化チタン等の粒子を混入した材料を用いてもよい。なお、誘電体領域130は必ずしも導光路を構成しなくてもよく、誘電体領域130が層間絶縁層214Xと同様に酸化シリコンであってもよい。誘電体領域130と層間絶縁層214Xとの間に界面が存在していることで、光学的は障壁として導光機能を有することができる。また、誘電体領域130が複数の層間絶縁層214を貫通して配されることで、電荷生成領域102までの界面の数を減少させることができるため、感度の向上に有利である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 6 】

導光路としての誘電体領域 1 3 0 は、入射光を電荷生成領域 1 0 2 に集光させる機能を有する。受光ユニット P X L では、誘電体領域 1 3 0 により電荷生成領域 1 0 2 に入射される光量が増加するため、誘電体領域 1 3 0 が無い場合に比べ感度が向上する。特に、電荷生成領域 1 0 2 の面積が小さい場合又は、撮像装置をカメラに用いた際のカメラのレンズの F ナンバーが大きい場合、感度低下がおこる場合がある。これに対し、誘電体領域 1 3 0 を設けることによりこの影響を抑制することが可能となる。

## 【 0 0 3 7 】

層間絶縁層が互いに異なる材料からなる積層膜で形成されていてもよく、その場合は、誘電体領域 1 3 0 の屈折率とその周りの層間絶縁層の屈折率よりも高くなるように構成すればよい。また誘電体領域 1 3 0 は、その径が入射面側から出射面側に向かって小さくなる、順テーパ形状を有している。これにより、多くの入射光が誘電体領域 1 3 0 を介して電荷生成領域 1 0 2 に集光させることが可能となる。誘電体領域 1 3 0 の径が段階的に小さくなっている構成とすることもできる。

10

## 【 0 0 3 8 】

誘電体領域 1 3 0 と電荷生成領域 1 0 2 との間に配された誘電体膜 1 1 0 は、誘電体領域 1 3 0 と電荷生成領域 1 0 2 との間における反射を防止する反射防止膜として機能し得る。また、製造時には孔 2 1 8 を形成する際のエッチングストッパとしても機能しうる。

## 【 0 0 3 9 】

さらに、図 2 ( b ) の誘電体膜 1 1 0 の輪郭と開口 1 9 0 との位置関係から理解されるように、平面視における開口 1 9 0 の面積は平面視における誘電体膜 1 1 0 の面積よりも小さい。このようにすることで、誘電体膜 1 1 0 が下部遮光層 1 0 9 の端部も覆う構成となる。その結果、誘電体膜 1 1 0 は、誘電体領域 1 3 0 と電荷生成領域 1 0 2 との間から、層間絶縁層 2 1 4 X と下部遮光層 1 0 9 との間に延在しており、下部遮光層 1 0 9 の一部を覆うように配置されている。誘電体膜 1 1 0 は層間絶縁層 2 1 4 X よりも屈折率の高い材料を含んで構成することができる。特に、層間絶縁層 2 1 4 X のうち電荷保持領域 1 0 5 の上に配置された部分よりも高い屈折率を有しているのがよい。このような構造とすることにより、誘電体領域 1 3 0 から漏出した光が電荷保持領域 1 0 5 に侵入することを抑制することができる。

20

## 【 0 0 4 0 】

本実施形態では、電荷保持領域 1 0 5 と下部遮光層 1 0 9 との距離は、誘電体領域 1 3 0 と電荷生成領域 1 0 2 との距離よりも小さい。このようにすることで、迷光や誘電体領域 1 3 0 からの出射光が、下部遮光層 1 0 9 と半導体層 2 0 0 との間を通過して電荷保持領域 1 0 5 へ入射して信号の精度を低下させることを抑制できる。本例は、誘電体膜 1 1 0 を設けることによって、少なくとも誘電体膜 1 1 0 の厚さに相当する距離だけ、誘電体領域 1 3 0 が下部遮光層 1 0 9 よりも半導体層 2 0 0 から離れている。

30

## 【 0 0 4 1 】

下部遮光層 1 0 9 は電荷保持領域 1 0 5 を覆い、電荷生成領域 1 0 2 上に開口 1 9 0 が形成されている。誘電体膜 1 1 0 は電荷生成領域 1 0 2 の全体、下部遮光層 1 0 9 の一部を覆うように配置されている。また図 2 ( b ) の実線で示された部分以外には絶縁体で形成された素子分離領域が配置されている。下部遮光層 1 0 9 は電荷生成領域 1 0 2 の一部と平面視において重なるように配置され、電荷生成領域 1 0 2 の他の一部と平面視において重なる部分が開口されている。下部遮光層 1 0 9 は、電荷保持領域 1 0 5、及び電荷生成領域 1 0 2 から電荷保持領域 1 0 5 に電荷を転送するトランジスタのゲート電極 1 0 4 の少なくとも一部を覆うように配置されている。下部遮光層 1 0 9 の電荷生成領域 1 0 2 と重なる部分は、ゲート電極 1 0 4 上から延出した部分とゲート電極 1 0 1 の上から延出した部分とを有する。下部遮光層 1 0 9 は電荷保持領域 1 0 5 への光の入射を抑制する、入射光によって電荷保持領域 1 0 5 で電荷が生成されノイズが発生することを抑制する。下部遮光層 1 0 9 は、例えばタングステン、タングステンシリサイド、酸化タングステン、アルミニウム又はそれらの合金膜等の可視光を透過しにくい材料を用いて形成するとよい

40

50

。下部遮光層 109 の厚さは 10 nm 以上、1000 nm 以下、例えば 100 nm 以上、200 nm 以下とするのがよい。下部遮光層 109 は、ゲート電極の上とそれ以外の部分とに同時に形成されるので、ゲート電極の厚さに起因する凹凸を有するように形成される。

【0042】

図 2 (b) には、誘電体領域 130 の下面 131 と上面 132 を示している。下面 131 が光出射面となり、誘電体領域 130 の上面 132 が光入射面となる。図 2 に示したように、平面視において誘電体領域 130 の下面 131 の全面が電荷生成領域 102 に包含されるように配置されるが、下面 131 の少なくとも一部が電荷生成領域 102 に重なるように誘電体領域 130 が配置されていればよい。

【0043】

本例では、平面視において誘電体領域 130 の下面 131 の全面が開口 190 に包含されるように配置されるが、下面 131 の少なくとも一部が開口 190 に配置されていればよい。また、本例では、平面視において誘電体領域 130 の上面 132 の全面が開口 190 の全体を包含するように配置されるが、上面 132 の少なくとも一部が開口 190 に重なるように配置されていればよい。本例のように順テーパーである誘電体領域 130 の幅は上面 132 の幅で決まるが、誘電体領域 130 の幅は開口 190 の幅よりも大きくすることは光利用効率を高める上で有効である。特に、平面視において下面 131 の全面が開口 190 に包含され、上面 132 の全面が開口 190 の全体を包含することは、光利用効率を高める上で有効である。

【0044】

層間絶縁層 214X の上には、誘電体領域 130 と同じ材料からなる誘電体材料膜 133 が設けられている。受光領域 PXR では、隣接する受光ユニット PXL 間で、複数の誘電体領域 130 が誘電体材料膜 133 によって連結されている。誘電体領域 130 は層間絶縁層 214X で囲まれている必要があることから、誘電体領域 130 と誘電体材料膜 133 を構成する誘電体材料のうち、層間絶縁層 214X の上面よりも離れた部分は誘電体材料膜 133 とみなす。つまり、誘電体領域 130 は誘電体材料膜 133 で覆われていることになる。図 3 (a)、(b) には、誘電体領域 130 と誘電体材料膜 133 との便宜的な境界を点線で示している。この点線が上述した誘電体領域 130 の上面 132 となる。実際のデバイスでは誘電体領域 130 と誘電体材料膜 133 との間には界面は無くてもよい。誘電体材料膜 133 は無くてもよい。

【0045】

誘電体領域 130 の上には、誘電体材料膜 133 を介して酸化シリコン層 228 と中間層 229 が配されている。中間層 229 は酸化シリコンや窒化シリコンからなる無機材料層であり、中間層 229 の上方の層と半導体層 200 との距離を調整する機能を有する。酸化シリコン層 228 は酸化シリコンからなる中間層 229 と、誘電体材料膜 133 あるいは誘電体領域 130 と、の反射を抑制するための反射防止層として機能する。受光ユニット PXL および遮光ユニット OBA において誘電体領域 130 は無機材料層である中間層 229 と半導体層 200 との間に位置する。

【0046】

本実施形態では、受光ユニット PXL と遮光ユニット OBA にも誘電体領域 130 を設けている。その上で、誘電体領域 130 を囲む絶縁体層である層間絶縁層 214X と、半導体層 200 との間に位置する下部遮光層 109 には、受光ユニット PXL と遮光ユニット OBA でも開口 190 を設けている。これによって、誘電体領域 130 が画素回路に及ぼす影響の、受光ユニット PXL と遮光ユニット OBA との間での差を小さくすることができる。誘電体領域 130 と下部遮光層 109 が画素回路に及ぼす影響としては、光学的な影響が挙げられる。例えば、受光ユニット PXL において誘電体領域 130 を設けることで、誘電体領域 130 を設けない場合に比べて光の利用効率が高くなると、下部遮光層 109 の下への光漏れ込みも多くなり得る。そこで、下部遮光層 109 を半導体層 200 に近づけるほど、半導体層 200 と下部遮光層 109 との相互作用は大きくなる。

【0047】

誘電体領域 130 と下部遮光層 109 が画素回路に及ぼす影響としては、電気的な影響が挙げられる。特に、誘電体領域 130 とそれを囲む絶縁体層との誘電率が異なれば、電荷生成領域 102 の上に誘電体領域 130 があるか、誘電体領域 130 ではなく絶縁体層があるかで、電荷生成領域 102 の上の誘電率が異なる。その結果、開口 190 の有無と誘電体領域 130 の有無によって、画素回路の静電容量（例えば寄生容量）が異なりうる。

【0048】

誘電体領域 130 と下部遮光層 109 が画素回路に及ぼす影響としては、物理的あるいは化学的な影響も挙げられる。特に、開口 190 の有無と誘電体領域 130 の有無とによる水素終端による界面準位の違いや、開口 190 や誘電体領域 130 の形成時のエッチングダメージによる欠陥密度の違いなどである。これらは、半導体層 200 の原子レベルでの違いである。電荷生成領域 102 や電荷保持領域 105、電荷検出領域 103 などの電荷を扱う領域では、このような原子レベルでの違いが、画素回路からの出力信号に大きく影響しうる。

【0049】

本例では、図 3(a)、(b)で示されるように、受光ユニット PXL と遮光ユニット OBA においては、半導体層 200 から中間層 229 まで、同じ構造を有することができる。特に、下部遮光層 109 は受光領域 PXR と遮光領域 OBR とともに電荷生成領域 102 上は開口 190 を有し、受光領域 PXR と遮光領域 OBR とともに誘電体領域 130 と誘電体膜 110 を有する構造とする。このため電荷生成領域 102 へ水素シンター効果による水素供給量が遮光領域 OBR と受光領域 PXR とでの電荷生成領域 102 とで、差がないか微差となる。また、製造工程において電荷生成領域 102 が受けるダメージも受光領域 PXR と遮光領域 OBR とで、差がないか微差となる。よって、受光ユニット PXL と遮光ユニット OBA における電荷生成領域 102 の特性の差を小さくできる。

【0050】

遮光領域 OBR の遮光ユニット OBA では、電荷生成領域 102 を遮光するための上部遮光層 231 を有する。上部遮光層 231 は下部遮光層 109 よりも半導体層 200 から離れて配される。すなわち、上部遮光層 231 と半導体層 200 との距離は、下部遮光層 109 と半導体層 200 との距離よりも大きい。遮光ユニット OBA、OBB はこの上部遮光層 231 を含む。下部遮光層 109 の開口 190 が電荷生成領域 102 と上部遮光層 231 との間に位置する。これにより、遮光ユニット OBA の電荷生成領域 102 は下部遮光層 109 に開口 190 を設けても、上部遮光層 231 によって遮光されることになる。これにより、黒レベル補正用の基準信号を遮光ユニット OBA から得ることができる。

【0051】

上部遮光層 231 は遮光材料で構成され、金属材料、あるいは黒色等の光透過率の低い（10%以下）有機材料で形成される。上部遮光層 231 の材料は、400～600nm の波長の光の反射率が高い材料が好ましい。本例では、材料は上部遮光層 231 の主成分はアルミニウムである。上部遮光層 231 は遮光領域 OBR の電荷生成領域 102 の全面と重なって配置される。上部遮光層 231 が遮光領域 OBR の全体に配置されることが好ましい。なお、上部遮光層 231 が電源電圧や信号を伝達する配線を構成していてもよい。

【0052】

下部遮光層 109 の主成分と下層の配線層 2161 の主成分は互いに異なってもよい。配線層 2161 として適切な材料と下部遮光層 109 として適切な材料は異なるからである。同様に、上部遮光層 231 の主成分と上層の配線層 2163 の主成分は互いに異なってもよい。配線層 2163 として適切な材料と上部遮光層 231 として適切な材料は異なるからである。本例では、下部遮光層 109 の主成分はタングステンであり、上部遮光層 231 の主成分はアルミニウムであり、配線層 2161、2162、2163 の主成分は銅である。

【0053】

本実施形態では、上部遮光層 231 は誘電体領域 130 の上方に設けられている。すなわち、誘電体領域 130 は上部遮光層 231 と電荷生成領域 102 との間に位置する。この

10

20

30

40

50

ようにすることで、受光ユニットPXLと遮光ユニットOBAとで、誘電体領域130の存在が電荷生成領域102に与える影響の差を小さくすることができる。誘電体領域130の上方に配置された上部遮光層231は、誘電体領域130と電荷生成領域102とに影響を与えにくいからである。

#### 【0054】

上部遮光層231は中間層229の上に配される。つまり、遮光ユニットOBAにおいて、無機材料層である中間層229が上部遮光層231と誘電体領域130との間に位置する。

#### 【0055】

下部遮光層109は電荷保持領域105を覆っている。下部遮光層109は電荷生成領域102上に開口190を有している。誘電体膜110は電荷生成領域102の全体、下部遮光層109の一部を覆うように配置されている。一方、遮光領域OBRにおいても、受光領域PXRと同様にゲート電極101、誘電体領域130、ゲート電極104、電荷保持領域105、ゲート電極107、ゲート電極108、下部遮光層109、誘電体膜110、電荷検出領域103が配置される。しかし、遮光領域OBRの電荷生成領域102は上部遮光層231によって遮光される。そのため電荷生成領域102からの信号は黒レベルの補正用の基準信号として処理されうる。

#### 【0056】

遮光ユニットOBAには遮光のための上部遮光層231が配置される。しかし、遮光ユニットOBAの電荷生成領域102から上部遮光層231の間の構造は、受光ユニットPXLにおける半導体層200から中間層229までの構造と同じか、差がきわめて小さい構造となる。これにより、遮光ユニットOBAから得られる信号は、黒レベルの補正用の基準信号としての精度の向上が期待できる。

#### 【0057】

図3(b)に示すように、遮光領域OBRには遮光ユニットOBAの他に、遮光ユニットOBBを設けることができる。遮光ユニットOBBは、遮光ユニットOBBの電荷生成領域102から転送された電荷を保持する電荷保持領域105を有する。遮光ユニットOBBは、遮光ユニットOBBの電荷生成領域102の上に位置し、層間絶縁層214Xに囲まれた誘電体領域130を有する。遮光ユニットOBBにおいて、下部遮光層109は、層間絶縁層214Xと半導体層200との間に遮光ユニットOBBの電荷保持領域を覆う。さらに、遮光ユニットOBBにおいて、下部遮光層109は、誘電体領域130と半導体層200との間に電荷生成領域102を覆う。すなわち、遮光ユニットOBBにおいて、下部遮光層109は電荷保持領域105だけでなく電荷生成領域102をも覆う。誘電体領域130の上には遮光ユニットOBAと同様に上部遮光層231が配されており、誘電体領域130が上部遮光層231によって覆われ、遮光されている。遮光ユニットOBBにおける上部遮光層231は遮光ユニットOBAにおける上部遮光層231と連続した遮光膜230で構成されている。

#### 【0058】

遮光ユニットOBBが遮光ユニットOBAと異なる点は、遮光ユニットOBBにおいて下部遮光層109が電荷生成領域102の上に、遮光ユニットOBAの開口190に相当する開口を有しない点のみでありうる。遮光ユニットOBBにおいて、下部遮光層109は遮光ユニットOBAの開口191、192に相当する開口を有することができる。また遮光ユニットOBBでは、電荷生成領域102上の下部遮光層109によって半導体層200の遮光面積が大きくなっているため、遮光性能が高く、黒レベルの光学的な精度が、遮光ユニットOBAよりも高くなる。ただし、受光ユニットPXLのノイズ成分の再現性においては、受光ユニットPXLと同様に開口190を有する遮光ユニットOBAに比べて遮光ユニットOBBは劣る。よって、遮光ユニットOBAからの信号を用いた黒レベルの補正と遮光ユニットOBBからの信号を用いた黒レベルの補正は必要に応じて使い分けたり組み合わせたりすることが好ましい。本例のように遮光領域OBRには、遮光ユニットOBAと遮光ユニットOBBを混在させることができるが、遮光領域OBRに遮光ユニッ

10

20

30

40

50

ト O B B を配置せずに遮光ユニット O B A のみとしてもよい。また、遮光ユニット O B B において電荷生成領域 1 0 2 の遮光が下部遮光層 1 0 9 のみで十分であれば、上部遮光層 2 3 1 を省略することもできる。

#### 【 0 0 5 9 】

画素ユニット U N T の構造の詳細を説明する。図 3 ( a )、( b )において、半導体層 2 0 0 内の電荷生成領域 1 0 2 は例えば n 型の不純物領域である。複数の画素ユニット U N T の各々において、電荷生成領域 1 0 2 としての n 型の不純物領域は電荷収集領域であり、それぞれ、ほぼ同じ不純物濃度を有する。具体的には、受光ユニット P X L の電荷生成領域 1 0 2 の n 型の不純物の最高濃度を  $C_{nmax}$  とすると、受光ユニット P X L 以外の画素ユニット U N T の n 型の不純物の最高濃度は、 $C_{nmax} / 2$  ( 半分 ) 以上、 $2 \times C_{nmax}$  ( 2 倍 ) 以下である。電荷生成部 2 を構成するフォトダイオードは、n 型の電荷生成領域 1 0 2 の他に、n 型の電荷生成領域 1 0 2 の側方および下方において n 型の電荷生成領域 1 0 2 と p n 接合を成す、p 型の不純物領域である電荷生成領域をも含む。電荷生成領域の範囲は、電荷収集領域である n 型の電荷生成領域 1 0 2 に収集される電荷が生成される範囲である。この範囲は、半導体層 2 0 0 内のポテンシャル分布によって決まる。電荷収集領域である n 型の電荷生成領域 1 0 2 に収集されない電荷を生成する領域は画素回路における電荷生成領域とはならない。本例では、電荷生成領域 1 0 2 の上方、すなわち、電荷生成領域 1 0 2 と半導体層 2 0 0 の表面との間に p 型の不純物領域 2 0 5 を配することで、電荷生成領域 1 0 2 を埋め込み型のフォトダイオード構造としている。

#### 【 0 0 6 0 】

この構造により、半導体層 2 0 0 とその表面に配置された絶縁膜との界面で発生するノイズを抑制することができる。電荷保持領域 1 0 5 は例えば n 型の不純物領域であり、電荷保持領域 1 0 5 と半導体層 2 0 0 の表面との間に p 型の不純物領域 2 0 6 を配することで、電荷保持領域 1 0 5 を埋め込み型の構造としている。このような構造とすることで電荷保持領域 1 0 5 におけるノイズを低減することが可能となる。

#### 【 0 0 6 1 】

電荷生成領域 1 0 2 の上には保護膜 2 1 1 が配置されている。保護膜 2 1 1 は、半導体層 2 0 0 よりも低い屈折率を有する層、例えば、屈折率がおよそ 2 . 0 の窒化シリコン層 ( S i N ) を含む膜を用いることができる。保護膜 2 1 1 は、窒化シリコン層に加えて、窒化シリコン層よりも屈折率が低い層、例えば、屈折率がおよそ 1 . 5 の酸化シリコン層をさらに含む複層膜であってもよい。保護膜 2 1 1 は誘電体膜 1 1 0 と半導体層 2 0 0 との間に位置し、下部遮光層 1 0 9 と半導体層 2 0 0 との間に延在して設けられている。そして保護膜 2 1 1 は下部遮光層 1 0 9 と半導体層 2 0 0 との間において、電荷保持領域 1 0 5 およびゲート電極 1 0 1、1 0 4、1 0 6 を覆う。保護膜 2 1 1 は電荷排出領域 1 1 1、電荷検出領域 1 0 3、不純物領域 1 1 2、1 1 3 をも覆う。保護膜 2 1 1 はコンタクトプラグのためのコンタクトホールを形成する際のエッチングストップ膜として用いることができる。

#### 【 0 0 6 2 】

保護膜 2 1 1 と下部遮光層 1 0 9 との間には、サイドウォール 2 1 2 が配されている。サイドウォール 2 1 2 は酸化シリコンあるいは窒化シリコンなどの絶縁体であって、ゲート電極 1 0 1、1 0 4、1 0 6 によって形成された保護膜 2 1 1 の凹凸の段差部を覆っている。サイドウォール 2 1 2 によって下部遮光層 1 0 9 の下地の凹凸が緩和され、それに伴い下部遮光層 1 0 9 の上面の凹凸も緩和されている。これにより、下部遮光層 1 0 9 の上面での指向性の強い迷光の発生が抑制されている。

#### 【 0 0 6 3 】

保護膜 2 1 1 と誘電体膜 1 1 0 との間には酸化シリコン層の単層膜である絶縁体膜 2 1 3 が配されている。絶縁体膜 2 1 3 は誘電体膜 1 1 0 と下部遮光層 1 0 9 との間から下部遮光層 1 0 9 を覆うように層間絶縁層 2 1 4 1 と下部遮光層 1 0 9 との間に延在している。ただし、図 3 ( a )、( b )では絶縁体膜 2 1 3 と層間絶縁層 2 1 4 1 とを一体的に記載している。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 4 】

半導体層 2 0 0 の上には、配線層 2 1 6 1 を半導体層 2 0 0 やゲート電極に接続するためのコンタクトプラグ 2 1 9 1、配線層 2 1 6 X を相互に接続するためのビアプラグ 2 1 9 2、2 1 9 3 が配置される。コンタクトプラグ 2 1 9 1 の主成分はタングステンであり、ビアプラグ 2 1 9 2、2 1 9 3 の主成分は銅である。配線層 2 1 6 2 とビアプラグ 2 1 9 2、および、配線層 2 1 6 3 とビアプラグ 2 1 9 3 は、デュアルダマシン構造によって一体的に形成されている。配線層 2 1 6 3 は銅を主成分とする導電部の他に、タンタルやチタンおよび / またはこれらの窒化物からなるバリアメタル部を有することができる。

## 【 0 0 6 5 】

配線層 2 1 6 X の主成分としては、銅を好適に用いることができるが、アルミニウムやタングステン、ポリシリコンなどであってもよい。なお、下部遮光層 1 0 9 に電圧を印加するために、配線層 2 1 6 1 と下部遮光層 1 0 9 を接続してもよい（不図示）。または、下部遮光層 1 0 9 と半導体層 2 0 0 間にコンタクト（不図示）を形成して接続してもよい。

## 【 0 0 6 6 】

拡散防止層 2 1 7 1、2 1 7 2、2 1 7 3（以下、拡散防止層 2 1 7 X と総称する）は、特に配線層 2 1 6 X の Cu が層間絶縁層 2 1 4 X に拡散することを抑制するために、配線層 2 1 6 X と層間絶縁層 2 1 4 X との間に配されている。拡散防止層 2 1 7 X は配線層 2 1 6 X に接して設けられる。拡散防止層 2 1 7 X としては、例えば窒化シリコン（SiN）や炭化シリコン（SiC）などの絶縁体層が用いられる。拡散防止層 2 1 7 X の材料としては、窒化炭化シリコン（SiCN）を用いることができる。なお、窒化炭化シリコン（SiCN）は窒素より炭素が多ければ炭化シリコンに分類し、炭素より窒素が多ければ窒化シリコンに分類してもよい。拡散防止層 2 1 7 X は層間絶縁層 2 1 4 X と同様に誘電体領域 1 3 0 を囲む。拡散防止層 2 1 7 X の屈折率は誘電体領域 1 3 0 の屈折率と異なってもよいし、誘電体領域 1 3 0 の屈折率と同じでもよい。拡散防止層 2 1 7 X の屈折率が層間絶縁層 2 1 4 X の屈折率よりも高い場合、拡散防止層 2 1 7 X の厚さを層間絶縁層 2 1 4 X の厚さよりも小さくすることで、誘電体領域 1 3 0 から拡散防止層 2 1 7 X への光の漏れを抑制できる。拡散防止層 2 1 7 X と層間絶縁層 2 1 4 X とで構成される界面は電荷生成領域 1 0 2 に向かう光を反射させうる。そのため、電荷生成領域 1 0 2 の上方では拡散防止層 2 1 7 X の代わりに誘電体領域 1 3 0 を配置することで、電荷生成領域 1 0 2 までの界面の数を減少させることができ、感度の向上に有利である。この効果を得る上では、誘電体領域 1 3 0 が複数の絶縁体層（拡散防止層 2 1 7 X と層間絶縁層 2 1 4 X）とで囲まれていれば、誘電体領域 1 3 0 の屈折率や誘電率は、層間絶縁層 2 1 4 X より低くする必要はない。

## 【 0 0 6 7 】

受光ユニット P X L は電荷生成領域 1 0 2 の直上に配置された光学系として、誘電体領域 1 3 0 だけでなく、層内レンズ 2 4 0 をさらに備える。また、層内レンズ 2 4 0 の上方にカラーフィルタ 2 5 0 やマイクロレンズ 2 5 1 を備えていても良い。層内レンズ 2 4 0 は受光領域 P X R を連続的に覆う窒化シリコン層 2 4 2 に、受光ユニット P X L ごとに配されている。

## 【 0 0 6 8 】

誘電体領域 1 3 0 と層内レンズ 2 4 0 の間には、反射防止用の酸窒化シリコン層 2 2 8、中間層 2 2 9、反射防止層用の酸窒化シリコン層 2 4 3 が配置される。酸窒化シリコン層 2 2 8、2 4 3 は例えば屈折率がおよそ 1.6 ~ 1.7 である。中間層 2 2 9 として屈折率がおよそ 1.5 の酸化シリコン（SiO）を用いることができる。中間層 2 2 9 は、周辺領域 P R R の層間絶縁層として用いることができる。また、層内レンズ 2 4 0 の上方にさらに酸窒化シリコン層 2 4 1 を形成してもよい。このような反射防止構造を採ることにより、入射光の透過率を向上させ、ひいては感度を向上させることができる。

## 【 0 0 6 9 】

層内レンズ 2 4 0 とカラーフィルタ 2 5 0 との間には、有機材料（樹脂）からなる平坦化層 2 4 4 が配されており、カラーフィルタ 2 5 0 とマイクロレンズ 2 5 1 との間には有機

10

20

30

40

50

材料（樹脂）からなる平坦化層 245 が配されている。カラーフィルタ 250 とマイクロレンズ 251 は有機材料からなる。なお、平坦化層 245 とマイクロレンズ 251 とを一体的に形成することができる。また、窒化シリコン層 242 に層内レンズ 240 を設けない場合には、平坦化層 244 を省略することができる。

#### 【0070】

図 3（c）に周辺領域 PRR の断面構造を示す。図 3（c）では周辺領域 PRR の P 型の MOS トランジスタを例に挙げている。この p 型の MOS トランジスタは n 型の MOS トランジスタと共に CMOS 回路を構成し得る。MOS トランジスタのソース・ドレインである p 型の不純物領域 208 が n 型のウェルである不純物領域 207 に形成されている。また複数の MOS トランジスタは、STI 構造や LOCOS 構造を有する素子分離領域 114 によって相互に分離されている。画素ユニット UNT における保護膜 211 と共通の膜をエッチングすることにより MOS トランジスタのゲート電極 115 の側壁にサイドスペーサ 116 が形成されている。不純物領域 208 はサイドスペーサ 116 を用いて LD 構造を有するように形成されている。ソース・ドレインとなる不純物領域 208 及びゲート電極 115 の上面には、例えばコバルトシリサイドやニッケルシリサイド等の高融点金属のシリサイド領域 117 が設けられ、コンタクトプラグ 2190 と不純物領域 208 との間の電気抵抗を低減させる。保護膜 118 はコンタクトプラグ 2190 用のコンタクトホールを形成する際に用いられるエッチングストップ膜でありうるし、また、シリサイド領域 117 からの金属の拡散を防止する拡散防止膜でありうる。保護膜 118 は、誘電体膜 110 と共通の膜をエッチングすることにより形成されている。層間絶縁層 2144 を形成後に形成される受光ユニット PXL と遮光ユニット OBA、OBB の導光路を構成するための誘電体材料膜 133 は周辺領域 PRR では除去される。中間層 229 が層間絶縁層 2144 の上に配され、中間層 229 および層間絶縁層 2144 を貫通してビアプラグ 2194 が設けられている。ビアプラグ 2194 には入力あるいは出力用の電極 2164 が配されている。電極 2164 は上部遮光層 231 と共通の導電体膜をエッチングすることにより形成されている。このように、上部遮光層 231 を形成する工程において、同時に電極 2164 や周辺領域 PRR の配線を構成する導電部材を形成することができる。周辺領域 PRR において中間層 229 は層間絶縁層 2144 と共に、電極 2164 および電極 2164 と同層の配線層と、配線層 2163 と、の間の層間絶縁層として機能する。酸窒化シリコン層 241、窒化シリコン層 242、酸窒化シリコン層 243 の積層膜であるパッシベーション膜が電極 2164 や配線（不図示）を覆って形成されている。パッシベーション膜の窒化シリコン層 242 は画素領域において層内レンズ 240 を構成する層である。電極 2164 の上には、外部との接続用の開口 260 がパッシベーション膜に設けられている。

#### 【0071】

##### < 第 2 実施形態 >

図 4 と図 5 を参照して第 2 実施形態について説明する。本実施形態は、図 1（a）で説明したように、受光領域 PXR と遮光領域 OBR との間の中間領域 DMR に関するものである。

#### 【0072】

図 4 は、第 1 形態で説明した受光領域 PXR の受光ユニット PXL と遮光領域 OBR の遮光ユニット OBA、OBB に加え、中間領域 DMR に配されたダミー受光ユニット DML、ダミー遮光ユニット DMA、DMB の半導体層近傍の平面図を示している。図 5 は受光ユニット PXL と、ダミー受光ユニット DML、ダミー遮光ユニット DMA、DMB、遮光ユニット OBA、OBB の断面図である。受光ユニット PXL と遮光ユニット OBA、OBB については第 1 実施形態と同じであってよいので詳細な説明を省略する。なお、図 2（b）における開口 191 を図 4 では開口 193 として記載しているが、開口 193 の機能や形状は開口 191 の機能や形状と同じであってよい。

#### 【0073】

ダミー受光ユニット DML、ダミー遮光ユニット DMA、DMB は、受光ユニット PXL



と遮光ユニットOBA、OBBとの間に配されている。ダミー受光ユニットDML、ダミー遮光ユニットDMA、DMBは、受光ユニットPXLおよび/または遮光ユニットOBA、OBBの特性向上を目的として設けられた補助的な画素ユニットUNTである。

【0074】

ダミー受光ユニットDML、ダミー遮光ユニットDMA、DMB自体がこれらからは信号が得られない構成にすることができる。例えば、ダミー受光ユニットDML、ダミー遮光ユニットDMA、DMBには信号出力線10に増幅トランジスタ8も選択トランジスタ9も接続されていなくてもよい。あるいは、ダミー受光ユニットDML、ダミー遮光ユニットDMA、DMBが信号を信号出力線10に出力したとしても信号処理に用いなくてもよい。あるいは、ダミー受光ユニットDML、ダミー遮光ユニットDMA、DMBからの信号を信号処理したとしても画像に反映しなければよい。ただし、ダミー受光ユニットDML、ダミー遮光ユニットDMA、DMBからの信号が有用であればその情報を画像に取り入れてもよい。

10

【0075】

ダミー受光ユニットDML、ダミー遮光ユニットDMA、DMBの電荷保持領域105は、受光ユニットPXL、遮光ユニットOBA、OBBと同様に下部遮光層109で覆われている。ダミー受光ユニットDML、ダミー遮光ユニットDMAにおいて、下部遮光層109は、受光ユニットPXL、遮光ユニットOBAと同様に、電荷生成領域102の上に開口190を有している。ダミー遮光ユニットDMBにおいて、下部遮光層109は、遮光ユニットOBBと同様に、電荷生成領域102を覆っている。ダミー受光ユニットDMLは上部遮光層を有さず、ダミー受光ユニットDMLの電荷生成領域102は開口190を介して受光可能となっている。

20

【0076】

ダミー受光ユニットDMLやダミー遮光ユニットDMAの下部遮光層109が開口190を有していることで、下部遮光層109での光の反射によって遮光ユニットOBAに到達しうる光を低減できる。これは、開口190を設けることで下部遮光層109の面積を減らし、電荷生成領域102上での下部遮光層109による光の反射を抑制できるためである。また、開口190を設けることで、ダミー受光ユニットDMLやダミー遮光ユニットDMAに入射した光をダミー受光ユニットDMLやダミー遮光ユニットDMAの電荷生成領域102で吸収できるためでもある。

30

【0077】

ダミー遮光ユニットDMA、DMBは、下部遮光層109よりも半導体層200から離れて配された上部遮光層232を有する。つまり、ダミー遮光ユニットDMA、DMBにおける上部遮光層232と半導体層200との距離は、遮光ユニットOBA、OBBおよびダミー遮光ユニットDMA、DMBにおける下部遮光層109と半導体層200との距離よりも大きい。この上部遮光層232によって、下部遮光層109に開口190を有するダミー遮光ユニットDMAの電荷生成領域102は遮光されている。また、上部遮光層232によって、下部遮光層109で覆われた電荷生成領域102を有するダミー遮光ユニットDMBでは、電荷生成領域102での遮光性能が強化されている。

40

【0078】

ダミー遮光ユニットDMA、DMBの上部遮光層232は遮光ユニットOBA、OBBの上部遮光層231と連続した遮光膜230で構成されている。遮光膜230を連続させる、つまり、分断しないことで、分断されて形成されるスリットから余計な光が遮光ユニットOBAの電荷生成領域102に入射することを抑制できる。ダミー遮光ユニットDMA、DMBを、受光ユニットPXLと遮光ユニットOBAとの間に配置することで、ダミー遮光ユニットDMA、DMBのサイズ分、遮光ユニットOBAを受光ユニットPXLから離すことができる。そのため、遮光膜230と半導体層200との間に入射した光が、遮光ユニットOBAの電荷生成領域102へ入射することを抑制することができる。

【0079】

上部遮光層232は上部遮光層231よりも半導体層200の近くに配されている。つま

50

り、ダミー遮光ユニットDMA、DMBにおける上部遮光層232と半導体層200との距離は、遮光ユニットOBA、OBBにおける上部遮光層231と半導体層200との距離よりも小さい。このようにすることで、受光領域PXRから遮光膜230と半導体層200との間の部分への光の入口が狭くなるため、遮光領域OBRへの光の侵入を低減できる。その結果、黒レベルの補正の精度を向上することができる。

#### 【0080】

受光ユニットPXLに設けられているような、層間絶縁層214Xや拡散防止層217Xなどの絶縁体層で囲まれた誘電体領域130は、ダミー受光ユニットDMLの電荷生成領域102の上には配置されていない。よって、層間絶縁層214Xや拡散防止層217Xがダミー受光ユニットDMLの電荷生成領域102を覆っている。層間絶縁層214Xや拡散防止層217Xがダミー受光ユニットDMLにおいて下部遮光層109の開口190の全体を覆っている。同様に、遮光ユニットOBA、OBBに設けられているような、層間絶縁層214Xや拡散防止層217Xなどの絶縁体層で囲まれた誘電体領域130は、ダミー遮光ユニットDMA、DMBの電荷生成領域102の上には配置されていない。よって、層間絶縁層214Xや拡散防止層217Xが上部遮光層232と半導体層200との間にてダミー遮光ユニットDMA、DMBの電荷生成領域102を覆っている。そして、層間絶縁層214Xや拡散防止層217Xがダミー遮光ユニットDMAにおいて下部遮光層109の開口190の全体を覆っている。

10

#### 【0081】

このように、ダミー受光ユニットDMLとダミー遮光ユニットDMA、DMBに誘電体領域130を設けないことで、受光ユニットPXL以外の画素ユニットUNTの誘電体領域130を介在して遮光ユニットOBA、OBBに伝搬する可能性を低減できる。受光ユニットPXLと遮光ユニットOBA、OBBとの間で隣接する誘電体領域130の距離を、誘電体領域130が設けられていない画素ユニットUNTの分だけ大きくしているとも考えることもできる。受光ユニットPXLと遮光ユニットOBA、OBBとを離すことで、受光ユニットPXLから遮光ユニットOBAへの光の伝搬を抑制しているともいえる。

20

#### 【0082】

本例では誘電体領域130だけでなく誘電体材料膜133もダミー受光ユニットDMLとダミー遮光ユニットDMA、DMBには設けていない。このようにすることで、誘電体材料膜133を介して光が遮光ユニットOBA、OBBに伝搬する可能性を低減できる。また、誘電体材料膜133をダミー遮光ユニットDMA、DMBに設けないことで、少なくとも誘電体材料膜133の厚さ分だけ、上部遮光層232を上部遮光層231よりも半導体層200に近づけることができる。そのため、上述したように、遮光領域OBRへの光の侵入を低減できる。

30

#### 【0083】

ダミー受光ユニットDMLとダミー遮光ユニットDMA、DMBに誘電体領域130を設けない場合、エッチングストップ膜としての誘電体膜110は設けなくてもよい。特に下部遮光層109が電荷生成領域102を覆うダミー遮光ユニットDMBでは、誘電体膜110を設けなくてもよい。しかし、上述したようにダミー受光ユニットDMLとダミー遮光ユニットDMAの電荷生成領域102での光の吸収をすることを考えると、ダミー受光ユニットDMLとダミー遮光ユニットDMAには誘電体膜110を設けることが好ましい。本例では、反射防止膜として機能する誘電体膜110を、ダミー受光ユニットDMLとダミー遮光ユニットDMAの電荷生成領域102の上に、開口190を介して配置する。このようにすることで、電荷生成領域102での吸収を抑制し、半導体層200の表面での光の反射を抑制できる。

40

#### 【0084】

本例では、遮光ユニットOBAを遮光ユニットOBBと受光ユニットPXLとの間に配置しているが、逆に、遮光ユニットOBBを遮光ユニットOBAと受光ユニットPXLとの間に配置してもよい。遮光膜230の受光領域PXR側の端部に近いほど、受光領域PXR側から遮光膜230と半導体層200との間の部分には光が届きやすい。よって、電荷

50

生成領域 102 を上部遮光層 231 と下部遮光層 109 で二重に遮光した遮光ユニット OBB は、受光領域 PXR 側に近くても十分に遮光できる。また、下部遮光層 109 が電荷生成領域 102 上に開口 190 を有する遮光ユニット OBA は受光領域 PXR 側から遠ざけることで、開口 190 があっても上部遮光層 231 で十分に遮光できる。

【0085】

< 第 3 実施形態 >

第 3 実施形態として、光電変換装置 IS の製造方法を説明する。図 6 ~ 図 9 は光電変換装置 IS の製造方法を表す断面図である。

【0086】

図 6 (a) に示す工程 a において、半導体層 200 をシリコンウエハとして準備したのち、電荷排出領域 111、電荷生成領域 102、電荷保持領域 105、各トランジスタのゲート電極 101、104、106 を形成する。

【0087】

次に、電荷生成領域 102、各トランジスタのゲート電極上及び各トランジスタのソース、ドレイン上に保護膜 211 を形成する。保護膜 211 は窒化シリコンを用いることができる。また保護膜 211 は不図示の、画素領域の外側にある周辺領域 PRR に配置されるトランジスタのサイドスペーサ 116 (図 3 (c) 参照) を形成するための膜として用いることができる。

【0088】

次に、図 6 (b) に示す工程 b において、保護膜 211 の上に酸化シリコン膜などの絶縁体膜を形成し、この絶縁体膜をエッチバックしてサイドウォール 212 (図 3 (a)、(b) 参照) を形成する。サイドウォール 212 を介して保護膜 211 の上に下部遮光層 109 となるタングステン膜などの遮光材料膜を、少なくとも電荷生成領域 102、ゲート電極 104、電荷保持領域 105 を覆うように形成する。次に、遮光材料膜の、平面視において電荷生成領域 102 に重なる部分を除去し、電荷生成領域 102 の一部、電荷保持領域 105 を覆い、電荷生成領域 102 上に開口 190 を有する下部遮光層 109 を形成する。遮光材料の除去はドライエッチングを用いることができる。

【0089】

次に、図 6 (c) に示す工程 c において、下部遮光層 109 の上に酸化シリコン膜などの絶縁体膜を形成し、さらに、この絶縁体膜を介して電荷生成領域 102 上の下部遮光層 109 の開口 190 を覆うように窒化シリコン膜などの誘電体膜 110 を形成する。誘電体膜 110 のパターニングにはドライエッチングを用いることができる。

【0090】

次に、図 7 (a) に示す工程 d において、公知の方法により、コンタクトプラグ 2190、2191 (図 3 (a) ~ (c) 参照)、層間絶縁層 214X、拡散防止層 217X、配線層 216X、ビアプラグ 2192、2193 を形成する。銅を主成分とする配線層 216X とビアプラグはデュアルダマシン法で形成できる。

【0091】

その後、図 7 (b) に示す工程 e において、層間絶縁層 214X と拡散防止層 217X の、導光路が形成されるべき場所、すなわち電荷生成領域 102 の上に導光路用の孔 218 を形成する。孔 218 は受光ユニット PXL と遮光ユニット OBA、OBB に形成され、ダミー受光ユニット DML とダミー遮光ユニット DMA、DMB には形成されない。孔 218 の形成方法としては、ドライエッチングを用いることができる。孔 218 を形成する際、誘電体膜 110 はエッチングストップ膜として機能する。誘電体膜 110 でエッチングをストップすることにより、電荷生成領域 102 がエッチングダメージによってノイズが増加することを抑制することができる。エッチングストップ膜としての誘電体膜 110 はオーバーエッチングされてもよい。誘電体膜 110 は、層間絶縁層 2141 のエッチングの際のエッチング条件に対し、層間絶縁層 2141 よりもエッチングされにくい材料であればよい。層間絶縁層 2141 が酸化シリコンを主成分とするような材料 (BPSG、PSG、NSG などのガラス系の材料であってもよい) であれば、誘電体膜 110 に窒化

10

20

30

40

50

シリコン膜、炭化シリコン膜を用いることができる。また誘電体膜 1 1 0 をエッチングにより一部もしくは全部を除去してもよい。

【 0 0 9 2 】

次に、図 7 ( c ) に示す工程 f において、孔 2 1 8 内に、層間絶縁層 2 1 4 X よりも屈折率の高い高屈折率材料を誘電体材料として埋め込み、平坦化を行なって導光路としての誘電体領域 1 3 0 を形成する。高屈折率材料を埋め込む方法としては、高密度プラズマ C V D 法や、有機材料のスピン塗布法を用いることができる。平坦化は、C M P 法やエッチバック法を用いて行うことができる。埋め込まれた誘電体材料のうち、平坦化後に孔 2 1 8 の外に位置する部分が、誘電体材料の残膜としての誘電体材料膜 1 3 3 である。層間絶縁層 2 1 4 4 が露出するまで誘電体材料を平坦化することで誘電体材料膜 1 3 3 を除去することも可能である。

10

【 0 0 9 3 】

次に、図 8 ( a ) に示す工程 g において、誘電体材料膜 1 3 3 の上に酸窒化シリコン層 2 2 8 を形成する。なお、図 8 ( a ) で示した配線層 2 1 6 b は、他の図面における配線層 2 1 6 2 と同等である。また、図 7 ( c ) には酸窒化シリコン層 2 2 8 が形成される部分を酸窒化シリコン層 2 2 8 の符号で示したが、図 7 ( c ) の工程 f では酸窒化シリコン層 2 2 8 はまだ形成されておらず、酸窒化シリコン層 2 2 8 は本工程 g で形成される。

【 0 0 9 4 】

次に、図 8 ( b ) に示す工程 h において、ダミー受光ユニット D M L とダミー遮光ユニット D M A 、 D M B において、酸窒化シリコン層 2 2 8 と誘電体材料膜 1 3 3 とをエッチングにて除去する。これにより、誘電体材料膜 1 3 3 には、受光領域 P X R と遮光領域 O B R の間にスリット 1 3 4 が形成される。

20

【 0 0 9 5 】

次に図 8 ( c ) に示す工程 i において、酸化シリコン膜などの中間層 2 2 9 を形成する。酸窒化シリコン層 2 2 8 は、中間層 2 2 9 が誘電体材料膜 1 3 3 (あるいは誘電体領域 1 3 0 ) に接して設けられる構成に比べて、入射光の反射を抑制することで受光ユニット P X L における電荷生成領域 1 0 2 への入射光量を増加させることが可能となる。

【 0 0 9 6 】

次に図 9 ( a ) に示す工程 j において、遮光ユニット O B A , O B B の上部遮光層 2 3 1 とダミー遮光ユニット D M A 、 D M B の上部遮光層 2 3 2 となる遮光膜 2 3 0 を形成する。遮光膜 2 3 0 は電荷生成領域 1 0 2 に向かって進む光を反射、あるいは吸収することができる。遮光膜 2 3 0 の材料は光を反射する金属や、光を吸収する有機材料が適している。本実施形態では、アルミニウム膜である。工程 h における誘電体材料膜 1 3 3 へのスリット 1 3 4 の形成によって、中間層 2 2 9 にはダミー遮光ユニット D M A 、 D M B において遮光ユニット O B A , O B B よりも低くなるような段差が生じている。そのため、上部遮光層 2 3 2 は上部遮光層 2 3 1 よりも半導体層 2 0 0 の近くに配されることになる。

30

【 0 0 9 7 】

遮光膜 2 3 0 をパターニングして受光ユニット P X L とダミー受光ユニット D M L の上から遮光膜 2 3 0 を除去する。遮光膜 2 3 0 のパターニングにおいて、同時に電極 2 1 6 4 (図 3 ( c ) 参照) や周辺領域 P R R の配線を構成する導電部材を形成することができる。

40

【 0 0 9 8 】

次に図 9 ( b ) に示す工程 k において、酸窒化シリコン層 2 4 3 の上に窒化シリコン膜を形成する。窒化シリコン膜をエッチバック法で層内レンズ 2 4 0 を有するように加工することで、層内レンズ 2 4 0 を有する窒化シリコン層 2 4 2 を形成する。窒化シリコン層 2 4 2 の上に酸窒化シリコン層 2 4 1 を形成する。酸窒化シリコン層 2 4 3 、窒化シリコン層 2 4 2 、酸窒化シリコン層 2 4 1 がパッシベーション膜として機能する。

【 0 0 9 9 】

次に図 9 ( c ) に示す工程 l において、パッシベーション膜の上に、平坦化層 2 4 4 、カラーフィルタ 2 5 0 、平坦化層 2 4 5 、マイクロレンズ 2 5 1 を形成する。カラーフィル

50

タ 2 5 0 とマイクロレンズ 2 5 1 は感光性樹脂のフォトリソグラフィによって形成できる。

【 0 1 0 0 】

< 第 4 実施形態 >

図 1 0 ( a ) を用いて光電変換装置 I S の第 4 実施形態を説明する。なお、上記第 1 実施形態と同様の構成要素については同一の符号を付し、説明を省略し又は簡略にする。受光ユニット P X L の構成は第 1 実施形態と同様である。

【 0 1 0 1 】

第 4 実施形態では、遮光領域 O B R においても受光領域 P X R と同様に誘電体領域 1 3 0 上に層内レンズ 2 4 0 が形成されている。受光領域 P X R と同様に反射防止用の酸窒化シリコン層 2 2 8、中間層 2 2 9、層内レンズ 2 4 0 を有する窒化シリコン層 2 4 2、反射防止用の酸窒化シリコン層 2 4 1 が形成されている。

10

【 0 1 0 2 】

第 1 実施形態との違いは、上部遮光層 2 3 1 の代わりに、遮光領域 O B R の層内レンズ 2 4 0 の上に、酸窒化シリコン層 2 4 1 を介して上部遮光層 2 3 3 が形成されている点である。他の構成は第 1 実施形態と同じであってよい。特に、遮光ユニット O B A における電荷保持領域 1 0 5 を覆う下部遮光層 1 0 9 は電荷生成領域 1 0 2 上に開口 1 9 0 を有し、遮光ユニット O B B における電荷保持領域 1 0 5 を覆う下部遮光層 1 0 9 は電荷生成領域 1 0 2 をも覆う。遮光ユニット O B A における電荷生成領域 1 0 2 の上と遮光ユニット O B B における電荷生成領域 1 0 2 の上には誘電体領域 1 3 0 を配置することができる。

【 0 1 0 3 】

第 4 実施形態の製造工程（不図示）として、導光路の平坦化を実施後、酸窒化シリコン層 2 2 8 を形成し、その上に中間層 2 2 9 を形成する。酸窒化シリコン層 2 4 3 の上に層内レンズ 2 4 0 を有する窒化シリコン層 2 4 2 を形成し、その上に酸窒化シリコン層 2 4 1 を形成する。次に遮光領域 O B R に上部遮光層 2 3 3 となる遮光膜を形成する。さらに上部遮光層 2 3 3 の上部に不図示のパッシベーション膜（窒化シリコン層や酸窒化シリコン層）を形成してもよく、カラーフィルタ 2 5 0 やマイクロレンズ 2 5 1 を備えていても良い。本実施形態の効果として、受光領域 P X R と同様に遮光領域 O B R においても窒化シリコン層 2 4 2（特に厚い層内レンズ 2 4 0）からの水素シンターによる半導体層 2 0 0 の水素終端効果が期待でき、黒レベルの補正の更なる精度向上が期待できる。これは、上部遮光層 2 3 3 を窒化シリコン層 2 4 2 の下ではなく上に配置することで、第 1 実施形態では上部遮光層 2 3 1 によって阻害されていた窒化シリコン層 2 4 2 から半導体層 2 0 0 への水素供給を増加することができるためである。

20

【 0 1 0 4 】

< 第 5 実施形態 >

図 1 0 ( b ) を用いて光電変換装置 I S の第 5 実施形態を説明する。なお、上記第 1 実施形態と同様の構成要素については同一の符号を付し、説明を省略し又は簡略にする。受光ユニット P X L の構成は第 1 実施形態と概ね同様であるが、受光ユニット P X L において、電荷保持領域 1 0 5 を覆う下部遮光層 1 0 9 が配線層 2 1 6 1 と同層で構成されている点で第 1 実施形態と異なる。そして、下部遮光層 1 0 9 と電荷保持領域 1 0 5 との間の距離は、電荷生成領域 1 0 2 と誘電体領域 1 3 0 との間の距離よりも大きい。また、中間層 2 2 9 と窒化シリコン層 2 4 2、酸窒化シリコン層 2 4 3 との間に平坦化層 2 4 6 が設けられている点でも第 1 実施形態と異なる。平坦化層 2 4 6 は、例えば酸化シリコン層であり、図 3 ( c ) に示した周辺領域 P R R において、電極 2 1 6 4 と窒化シリコン層 2 4 2、酸窒化シリコン層 2 4 3 との間に延在する。

30

40

【 0 1 0 5 】

第 5 実施形態では、遮光ユニット O B A において、下部遮光層 1 0 9 は配線層 2 1 6 1 と同層で構成されている。上部遮光層 2 3 1 が配線層 2 1 6 2 と同層で構成されている。上部遮光層 2 3 1 は誘電体領域 1 3 0 の下方に設けられている。すなわち、上部遮光層 2 3 1 は誘電体領域 1 3 0 と電荷生成領域 1 0 2 との間に配されている。誘電体領域 1 3 0 は層間絶縁層 2 1 4 3、2 1 4 4 で囲まれているが、層間絶縁層 2 1 4 2、2 1 4 1 は誘電

50

体領域 130 のための孔を有しておらず、誘電体領域 130 を囲んでいない。本実施形態では、電荷生成領域 102 と誘電体領域 130 との間の構成が受光ユニット PXL と遮光ユニット OB とで異なるため、暗電流の程度に起因した黒レベルの基準信号の精度は低下しうる。特に、誘電体領域 130 の存在（水素末端効果）や層間絶縁層への開口形成時の半導体層 200 ヘダメージの影響などが異なることが主要因である。しかし、上部遮光層 231 を下部遮光層 109 の開口 190 に近づけることができるため、層間絶縁層を経由して遮光ユニット OBA、OBB の電荷生成領域 102 に入る光を低減できるという利点がある。よって、本実施形態でも黒レベルの信号の精度は十分に確保可能である。

#### 【0106】

また、本実施形態では、電荷保持領域 105 と下部遮光層 109 との距離は、誘電体領域 130 と電荷生成領域 102 との距離よりも小さい。そのため、誘電体領域 130 から出射した光は下部遮光層 109 と半導体層 200 との間から電荷保持領域 105 に入射する量が増える可能性がある。この点では第 1 実施形態の方が優れていると言える。

#### 【0107】

##### < 第 6 実施形態 >

遮光ユニット OBA において、電荷保持領域 105 を遮光する遮光層（上述した実施形態の下部遮光層 109 に相当）と、電荷生成領域 102 を遮光する遮光層（上述した実施形態の上部遮光層 231 に相当）の上下の位置関係を入れ替えることもできる。この場合、受光ユニット PXL および遮光ユニット OBA において、電荷保持領域 105 を遮光する遮光層には電荷生成領域 102 の上に開口 190 を有する点と、誘電体領域 130 を有する点は上述した実施形態と同様である。遮光ユニット OBA においても電荷保持領域 105 を遮光する遮光層に開口 190 を設けることで、黒レベル補正の精度が向上する。これは、開口 190 を介した、誘電体領域 130 からの半導体層 200 への光学的、電氣的あるいは化学的な影響の、受光ユニット PXL と遮光ユニット OBA とでの差を、無くすあるいは小さくできるからである。そして、遮光ユニット OBA において電荷生成領域 102 を遮光する遮光層が、開口 190 と電荷生成領域 102 との間に位置する点で異なる。電荷生成領域 102 を遮光する遮光層は誘電体領域 130 と電荷生成領域 102 との間に位置する点では、第 5 実施形態と同様になる。第 1 実施形態の受光ユニット PXL のように、電荷保持領域 105 を遮光する遮光層を誘電体領域 130 よりも半導体層 200 に近づけてもよい。あるいは、第 5 実施形態の受光ユニット PXL のように、誘電体領域 130 を、電荷保持領域 105 を遮光する遮光層よりも半導体層 200 に近づけてもよい。本実施形態では、第 5 実施形態に比べて、受光ユニット PXL と遮光ユニット OBA とで、半導体層 200 と誘電体領域 130 との間の距離の差を無くす、あるいは、小さくすることが可能となる点で、第 5 実施形態よりも有利である。

#### 【0108】

##### < 第 7 実施形態 >

図 11 と図 12 を参照して第 7 実施形態について説明する。本実施形態は、図 1 (a) で説明したように、受光領域 PXR と遮光領域 OBR との間の中間領域 DMR に関するものである。本実施形態における光電変換装置 IS も、半導体層 200 の中に配された電荷生成領域 102 を各々が有する複数のユニットを備える。複数のユニットは受光ユニット PXL および遮光ユニット OBC を含む。受光ユニット PXL および遮光ユニット OBC のそれぞれは、電荷生成領域 102 から転送された電荷を検出する電荷検出領域 103 を有する。受光ユニット PXL および遮光ユニット OBC のそれぞれは、電荷生成領域 102 の上に位置し、層間絶縁層 214X などの絶縁体層に囲まれた誘電体領域 130 を有する。半導体層 200 は受光ユニット PXL と遮光ユニットとの間に位置する中間領域 DMR を有する。中間領域 DMR は、電荷生成領域 102 の面積よりも大きい面積に渡って層間絶縁層 214X と半導体層 200 との間に位置する下部遮光層 109 で覆われている。遮光ユニット OBC の電荷生成領域 102 および中間領域 DMR は、層間絶縁層 214X に対して半導体層 200 の側とは反対側に位置する上部遮光層 231、232 で覆われている。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 0 9 】

図 1 1 は、第 1 形態で説明した受光領域 P X R の受光ユニット P X L と遮光領域 O B R の遮光ユニット O B C に加え、中間領域 D M R に配されたダミー遮光ユニット D M C、D M D の半導体層近傍の平面図を示している。図 1 2 は受光ユニット P X L と、ダミー遮光ユニット D M C、D M D、遮光ユニット O B C の断面図である。本実施形態では、受光ユニット P X L と遮光ユニットとの間に配されたダミー遮光ユニット D M D が電荷生成領域 1 0 2 を覆う下部遮光層 1 0 9 を有する点で、第 2 実施形態のダミー遮光ユニット D M B と共通する。本実施形態では、受光ユニット P X L と遮光ユニットの形態が第 1 ~ 第 6 実施形態と異なる。本実施形態における受光ユニット P X L と遮光ユニット O B C には電荷保持領域 1 0 5 がなく、それに伴って、第 1 転送ゲート 4 のゲート電極 1 0 4 や、電荷保持領域 1 0 5 を覆う下部遮光層 1 0 9 もない。第 2 転送ゲート 6 に相当する転送ゲートのゲート電極 1 0 6 は電荷生成領域 1 0 2 と電荷検出領域 1 0 3 との間に配置されている。ゲート電極 1 0 6 は、電荷生成領域 1 0 2 から電荷検出領域 1 0 3 に電荷を転送する。また、第 3 転送ゲート 1 のゲート電極 1 0 1 もなくてよい。

10

## 【 0 1 1 0 】

ダミー遮光ユニット D M C、D M D は、受光ユニット P X L と遮光ユニット O B C との間に配されている。ダミー遮光ユニット D M C、D M D は、受光ユニット P X L および / または遮光ユニット O B C の特性向上を目的として設けられた補助的な画素ユニット U N T である。

## 【 0 1 1 1 】

ダミー遮光ユニット D M C、D M D 自体がこれらからは信号が得られない構成にすることができる。例えば、ダミー遮光ユニット D M C、D M D には信号出力線 1 0 に増幅トランジスタ 8 も選択トランジスタ 9 も接続されていなくてもよい。あるいは、ダミー遮光ユニット D M C、D M D が信号を信号出力線 1 0 に出力したとしても信号処理に用いなくてもよい。あるいは、ダミー遮光ユニット D M C、D M D からの信号を信号処理したとしても画像に反映しなければよい。ただし、ダミー遮光ユニット D M C、D M D からの信号が有用であればその情報を画像に取り入れてもよい。

20

## 【 0 1 1 2 】

ダミー遮光ユニット D M D の電荷生成領域 1 0 2 は、下部遮光層 1 0 9 で覆われている。ダミー遮光ユニット D M C の電荷生成領域 1 0 2 は、受光ユニット P X L と同様に下部遮光層 1 0 9 で覆われていない。ダミー遮光ユニット D M C は上部遮光層 2 3 3 を有し、D M D は上部遮光層 2 3 2 を有する。ダミー遮光ユニット D M C の電荷生成領域 1 0 2 は上部遮光層 2 3 3 によって遮光され、ダミー遮光ユニット D M D の電荷生成領域 1 0 2 は上部遮光層 2 3 2 および下部遮光層 1 0 9 によって遮光されている。

30

## 【 0 1 1 3 】

ダミー遮光ユニット D M D が下部遮光層 1 0 9 を有していることで、上部遮光層 2 3 2 の下に入った光が、半導体層 2 0 0 へ入射することを抑制できる。これにより、半導体層 2 0 0 を介した遮光ユニット O B C への光の入射を抑制できる。

## 【 0 1 1 4 】

図 1 1 に示す例では、中間領域 D M R において半導体層 2 0 0 を覆う下部遮光層 1 0 9 がゲート電極 1 0 6、1 0 7、1 0 8 の上に開口 1 9 1 を有している。ゲート電極 1 0 6、1 0 7、1 0 8 と下部遮光層 1 0 9 が重なると、その分だけ層間絶縁層 2 1 4 X の下地の高さが高くなってしまう。その結果、受光領域 P X R と中間領域 D M R との間で、層間絶縁層 2 1 4 X の下地に高低差が生じやすくなり、層間絶縁層 2 1 4 X の平坦性が低下する。下部遮光層 1 0 9 がゲート電極 1 0 6、1 0 7、1 0 8 の上に開口を有することで層間絶縁層 2 1 4 X の平坦性が向上する。この例の変形例として、中間領域 D M R において、下部遮光層 1 0 9 が電荷生成領域 1 0 2 だけでなく、ゲート電極 1 0 6、1 0 7、1 0 8 をも覆っていてもよい。このようにすることで、下部遮光層 1 0 9 による半導体層 2 0 0 に対する遮光性能が向上する。

40

## 【 0 1 1 5 】

50

ダミー遮光ユニットDMD、DMCは、下部遮光層109よりも半導体層200から離れて配された上部遮光層232、233を有する。つまり、ダミー遮光ユニットDMD、DMCにおける上部遮光層232、233と半導体層200との距離は、遮光ユニットOBCおよびダミー遮光ユニットDMDにおける下部遮光層109と半導体層200との距離よりも大きい。上部遮光層232は層間絶縁層214Xに対して半導体層200の側とは反対側に位置する。この上部遮光層233によって、下部遮光層109を有しないダミー遮光ユニットDMCの電荷生成領域102は遮光されている。また、上部遮光層232によって、下部遮光層109で覆われた電荷生成領域102を有するダミー遮光ユニットDMDでは、電荷生成領域102での遮光性能が強化されている。

【0116】

ダミー遮光ユニットDMC、DMDの上部遮光層233、232は遮光ユニットOBCの上部遮光層231と連続した遮光膜230で構成されている。遮光膜230を連続させる、つまり、分断しないことで、分断されて形成されるスリットから余計な光が遮光ユニットOBCの電荷生成領域102に入射することを抑制できる。ダミー遮光ユニットDMC、DMDを、受光ユニットPXLと遮光ユニットOBCとの間に配置することで、ダミー遮光ユニットDMD、DMCのサイズ分、遮光ユニットOBCを受光ユニットPXLから離すことができる。そのため、遮光膜230と半導体層200との間に入射した光が、遮光ユニットOBCの電荷生成領域102へ入射することを抑制することができる。

【0117】

上部遮光層232は上部遮光層231、233よりも半導体層200の近くに配されている。つまり、ダミー遮光ユニットDMDにおける上部遮光層232と半導体層200との距離は、遮光ユニットOBCにおける上部遮光層231やダミー遮光ユニットDMCにおける上部遮光層233および半導体層200との距離よりも小さい。このようにすることで、受光領域PXRから遮光膜230と半導体層200との間の部分への光の入口が狭くなるため、遮光領域OBRへの光の侵入を低減できる。その結果、黒レベルの補正の精度を向上することができる。

【0118】

受光ユニットPXLに設けられているような、層間絶縁層214Xや拡散防止層217Xなどの絶縁体層で囲まれた誘電体領域130は、ダミー遮光ユニットDMDの電荷生成領域102の上には配置されていない。よって、層間絶縁層214Xや拡散防止層217Xがダミー遮光ユニットDMDの電荷生成領域102を覆っている。層間絶縁層214Xや拡散防止層217Xがダミー遮光ユニットDMDにおいて下部遮光層109の全体を覆っている。同様に、遮光ユニットOBCに設けられているような、層間絶縁層214Xや拡散防止層217Xなどの絶縁体層で囲まれた誘電体領域130は、ダミー遮光ユニットDMDの電荷生成領域102の上には配置されていない。よって、層間絶縁層214Xや拡散防止層217Xが上部遮光層232と半導体層200との間にてダミー遮光ユニットDMDの電荷生成領域102を覆っている。そして、層間絶縁層214Xや拡散防止層217Xがダミー遮光ユニットDMDにおいて下部遮光層109の全体を覆っている。

【0119】

このように、ダミー遮光ユニットDMDに誘電体領域130を設けないことで、受光ユニットPXL以外の画素ユニットUNTの誘電体領域130を介在して遮光ユニットOBCに伝搬する可能性を低減できる。受光ユニットPXLと遮光ユニットOBCとの間で隣接する誘電体領域130の距離を、誘電体領域130が設けられていない画素ユニットUNTの分だけ大きくしているとも考えることもできる。受光ユニットPXLと遮光ユニットOBCとを離すことで、受光ユニットPXLから遮光ユニットOBCへの光の伝搬を抑制しているともいえる。

【0120】

本例では誘電体領域130だけでなく誘電体材料膜133もダミー遮光ユニットDMDには設けていない。このようにすることで、誘電体材料膜133を介して光が遮光ユニットOBCに伝搬する可能性を低減できる。また、誘電体材料膜133をダミー遮光ユニット

10

20

30

40

50



DMDに設けないことで、少なくとも誘電体材料膜133の厚さ分だけ、上部遮光層232を上部遮光層231よりも半導体層200に近づけることができる。そのため、上述したように、遮光領域OBRへの光の侵入を低減できる。

#### 【0121】

ダミー遮光ユニットDMDに誘電体領域130を設けない場合、エッチングストップ膜としての誘電体膜110は設けなくてもよい。下部遮光層109が電荷生成領域102を覆うダミー遮光ユニットDMDでは、誘電体膜110を設けていない。しかし、上述したようにダミー遮光ユニットDMDの電荷生成領域102の上では、下部遮光層109の厚さ分だけ、他のユニットよりも厚くなることを考えると、ダミー遮光ユニットDMDには誘電体膜110を設けないことが好ましい。本例では、反射防止膜として機能する誘電体膜110を、ダミー遮光ユニットDMCの電荷生成領域102の上に配置する。このようにすることで、電荷生成領域102での吸収を抑制し、半導体層200の表面での光の反射を抑制できる。

10

#### 【0122】

ダミー遮光ユニットDMCでは受光ユニットPXLと同様に、誘電体領域130が設けられている。ダミー遮光ユニットDMCの誘電体領域130をダミー誘電体領域と称することもできる。ダミー遮光ユニットDMCの誘電体領域130と受光ユニットPXLの誘電体領域130との間の距離は、ダミー遮光ユニットDMCの誘電体領域130と遮光ユニットOBCの誘電体領域130との間の距離よりも小さくすることができる。本例では、ダミー遮光ユニットDMCが受光ユニットPXLに隣接しており、ダミー遮光ユニットDMCと遮光ユニットOBCとの間にダミー遮光ユニットDMDが位置することによって実現されている。ダミー遮光ユニットDMDよりも受光ユニットPXLの近くに配されたダミー遮光ユニットDMCには誘電体領域130を配置することで受光領域PXRと中間領域DMRとの間で層間絶縁層2144の上層に急激な高低差が生じることを抑制できる。これにより、層間絶縁層2144の上層の平坦性を向上できる。層間絶縁層2144の上層とは、誘電体膜110や酸化シリコン層228、中間層229である。層間絶縁層2144の上層の平坦性を向上できれば、ダミー遮光ユニットDMCの誘電体領域130の形状は、受光ユニットPXLの誘電体領域130や遮光ユニットOBCの誘電体領域130の形状と異なってもよい。ダミー遮光ユニットDMCの誘電体領域130および誘電体膜110の下に下部遮光層109を設けることもできる。しかし、このようにすると、誘電体膜110の下地の高さがダミー遮光ユニットDMCと受光ユニットPXLとで異なってしまう、層間絶縁層2144の平坦性が低下し得る。よって、誘電体領域130を設けたダミー遮光ユニットDMCには下部遮光層109を設けないことが好ましい。ダミー遮光ユニットDMCを第1～6実施形態の中間領域DMRに配置することもできる。例えば第2実施形態のダミー遮光ユニットDMAと受光ユニットPXLの間にダミー遮光ユニットDMCを配置することができる。第2実施形態のダミー遮光ユニットDMCと受光ユニットPXLの間にダミー遮光ユニットDMCを配置すると本実施形態と同様の中間領域DMRになる。

20

30

#### 【0123】

ここまで、中間領域DMRの各ダミー遮光ユニットDMC、DMDには電荷生成領域102がある例を説明したが、遮光ユニットDMC、DMDでは信号を読み出さないなので、電荷生成領域102は無くてもよい。その場合、中間領域DMRが、受光ユニットPXLや遮光ユニットOBCの電荷生成領域102の面積よりも大きい面積に渡って層間絶縁層2144と半導体層200との間に位置する下部遮光層109で覆われていればよい。そうすれば、中間領域DMRに電荷生成領域102が無くても、電荷生成領域102が有る場合と同様の効果を有する。ここでは2つのダミー遮光ユニットDMDを配置しているため、中間領域DMRが、電荷生成領域102の面積の2倍よりも大きい面積に渡って下部遮光層109で覆われている。

40

#### 【0124】

なお、第2実施形態においては、電荷保持領域105の面積が電荷生成領域102の面積

50

よりも大きくなっている。そのため、開口 190 を有するダミー遮光ユニット DMA においても、電荷生成領域 102 の面積よりも大きい面積に渡って層間絶縁層 214X と半導体層 200 との間に位置する下部遮光層 109 で半導体層 200 が覆われている。したがって、第 2 実施形態においては、ダミー遮光ユニット DMB だけでなく、ダミー遮光ユニット DMA でも、第 7 実施形態と同様に、中間領域 DMR において半導体層 200 が下部遮光層 109 で覆われることによる効果を得ることができる。

#### 【0125】

##### < 第 8 実施形態 >

図 1 (a) を用いて光電変換装置 IS の画素ユニット UNT 以外の構成について説明する。光電変換装置 IS は、周辺回路 PRC を備えることができる。周辺回路 PRC は、複数の画素ユニット UNT を駆動するための垂直駆動回路 VDC と、複数の画素ユニットから得られた信号を処理する信号処理回路 SPC と、信号処理回路 SPC で処理された信号を順次出力するための水平走査回路 HSC と、を含みうる。また、周辺回路 PRC は、信号処理回路 SPC で生成された信号を出力する出力回路 OPC を含みうる。周辺回路 PRC は、垂直駆動回路 VDC、信号処理回路 SPC、水平走査回路 HSC を制御するための制御回路 CC を含みうる。信号処理回路 SPC はアナログデジタルコンバーターを含むことができ、制御回路 CC はタイミングジェネレーターを含むことができる。垂直駆動回路 VDC と水平走査回路 HSC はシフトレジスタやアドレスデコーダを含むことができる。出力回路 OPC は LVD ストライバを含むことができる。周辺回路 PRC は、半導体チップ IC において、画素ユニット UNT の周辺に位置する周辺領域 PRR に配置されうる。ただし、垂直駆動回路 VDC や信号処理回路 SPC、水平走査回路 HSC、制御回路 CC、出力回路 OPC の少なくとも一部は、複数の画素ユニットを有する半導体チップとは別の半導体チップに設けることもできる。当該別の半導体チップと複数の画素ユニットを有する半導体チップとを積層することもできる。

#### 【0126】

図 1 (b) に示した撮像システム SYS は、カメラや撮影機能を有する情報端末などの電子機器でありうる。また、撮像システム SYS は、車両や船舶、飛行体などの輸送機器でありうる。輸送機器としての撮像システム SYS は、光電変換装置 IS を輸送するものや、撮影機能により運転（操縦）の補助および / または自動化を行うものに好適である。

#### 【0127】

光電変換装置 IS は半導体チップ IC だけでなく、さらに半導体チップ IC を収容するパッケージ PKG をさらに備えることもできる。パッケージ PKG は、半導体チップ IC が固定された基体と、半導体層 200 に対向するガラス等の蓋体と、基体に設けられた端子は半導体チップ IC に設けられた端子とを接続するボンディングワイヤや bumps 等の接続部材と、を含みうる。

#### 【0128】

光学系 OU は光電変換装置 IS に結像するものであり、例えばレンズやシャッター、ミラーである。制御装置 CU は光電変換装置 IS を制御するものであり、例えば ASIC などの半導体デバイスである。処理装置 PU は光電変換装置 IS から出力された信号を処理するものであり、AFE（アナログフロントエンド）あるいは DFE（デジタルフロントエンド）を構成するための、CPU や ASIC などの半導体デバイスである。表示装置 DU は光電変換装置 IS で得られた画像を表示する、EL 表示デバイスや液晶表示デバイスである。記憶装置 MU は、光電変換装置 IS で得られた画像を記憶するもので、SRAM や DRAM などの揮発性メモリ、あるいは、フラッシュメモリやハードディスクドライブなどの不揮発性メモリである。

#### 【0129】

以上説明したように、本発明に係る実施形態は、半導体層 200 の中に配された電荷生成領域 102 を各々が含む複数の画素ユニットを備える光電変換装置 IS に関する。複数の画素ユニットのうちの受光ユニット PXL および遮光ユニット OBA は、電荷生成領域 102 から転送された電荷を保持する電荷保持領域 105 を含む。受光ユニット PXL およ

10

20

30

40

50

び遮光ユニットOBAは、電荷生成領域102の上に位置し、層間絶縁層214Xや拡散防止層217Xなどの絶縁体層に囲まれた誘電体領域130を含む。

【0130】

受光ユニットPXLおよび遮光ユニットOBAは、層間絶縁層214Xと半導体層200との間に電荷保持領域105を覆い、電荷生成領域102の上に開口190を有する下部遮光層109を含む。受光ユニットPXLの電荷生成領域102は開口190を介して受光し、遮光ユニットOBAの電荷生成領域102は上部遮光層231で覆われている。これにより、良好な信号を得られる光電変換装置ISを提供できる。

【0131】

また、受光ユニットPXLと遮光ユニットOBA、OBCとの間に位置する中間領域DMRには、ダミー遮光ユニットDMA、DMB、DMDが設けられている。中間領域DMRにおいて、半導体層200は、電荷生成領域102の面積よりも大きい面積に渡って層間絶縁層214Xと半導体層200との間に位置する下部遮光層109で覆われている。中間領域DMRおよび遮光ユニットOBA、OBCの電荷生成領域102は、層間絶縁層214Xに対して半導体層200の側とは反対側に位置する上部遮光層231で覆われている。これにより、良好な信号を得られる光電変換装置ISを提供できる。

【0132】

以上、説明した実施形態は、本発明の思想を逸脱しない範囲において適宜変更が可能である。なお、本明細書の開示内容は、本明細書に明文化した事項に加えて、本明細書に明文化していない事項であっても添付の図面から読み取れる事項をも含む。

【符号の説明】

【0133】

IS 光電変換装置  
PXL 受光ユニット  
OBA 遮光ユニット  
200 半導体層  
102 電荷生成領域  
105 電荷保持領域  
109 下部遮光層  
190 開口  
130 誘電体領域  
214X 層間絶縁層  
231 上部遮光層

10

20

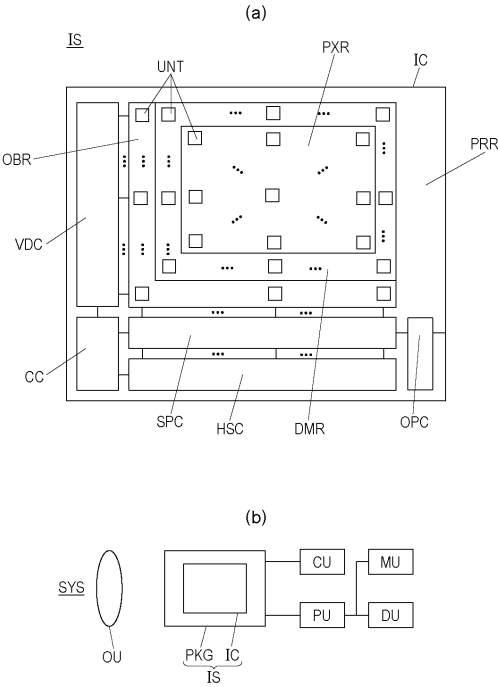
30

40

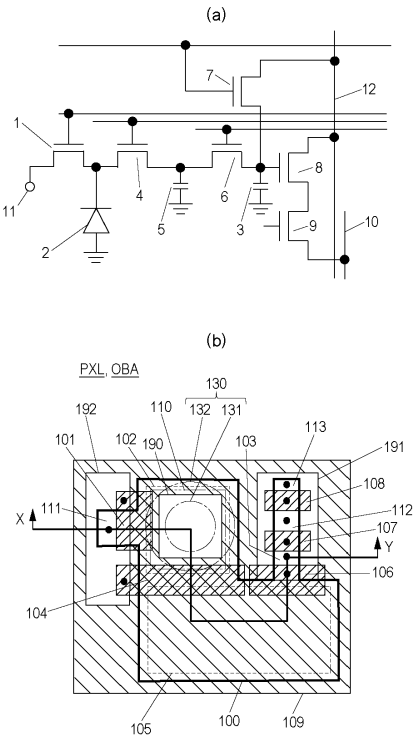
50

【図面】

【図 1】



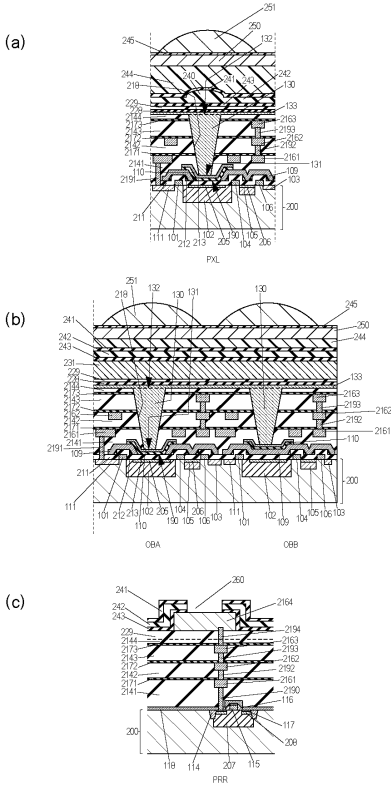
【図 2】



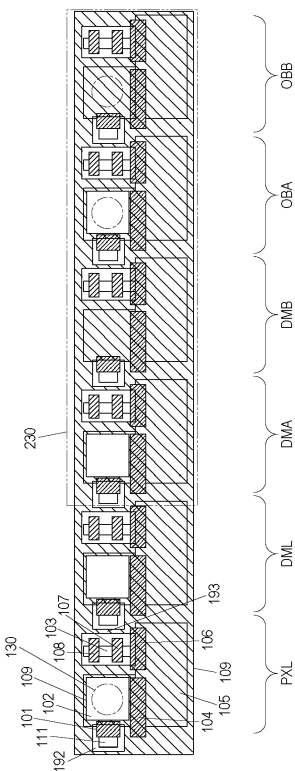
10

20

【図 3】



【図 4】

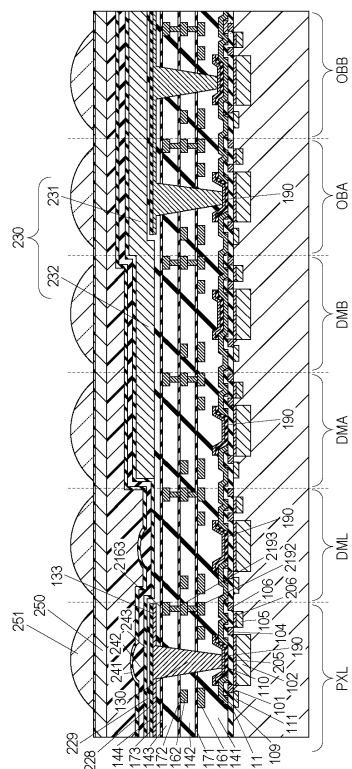


30

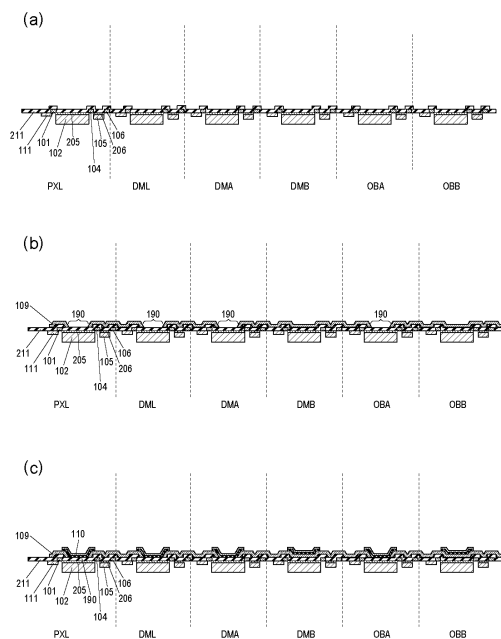
40

50

【 図 5 】



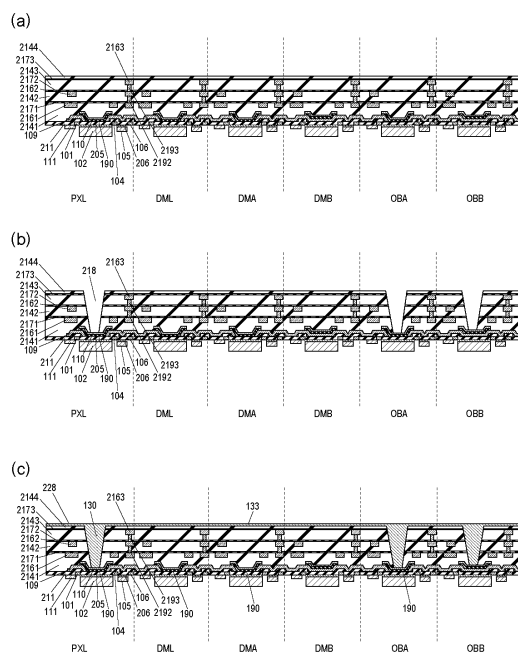
【 図 6 】



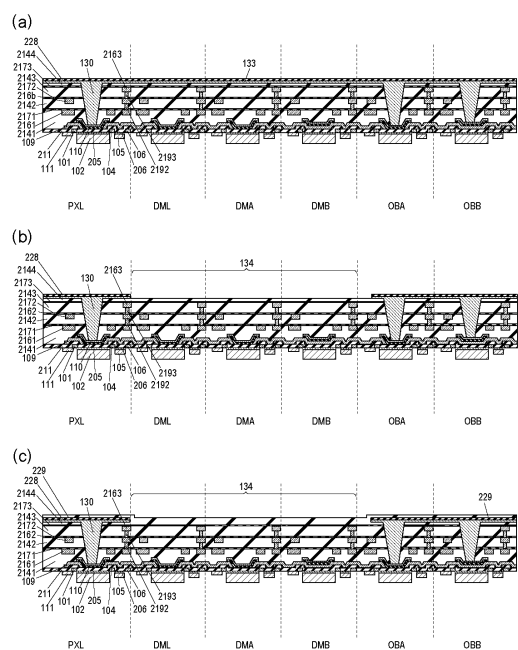
10

20

【圖 7】



【圖 8】

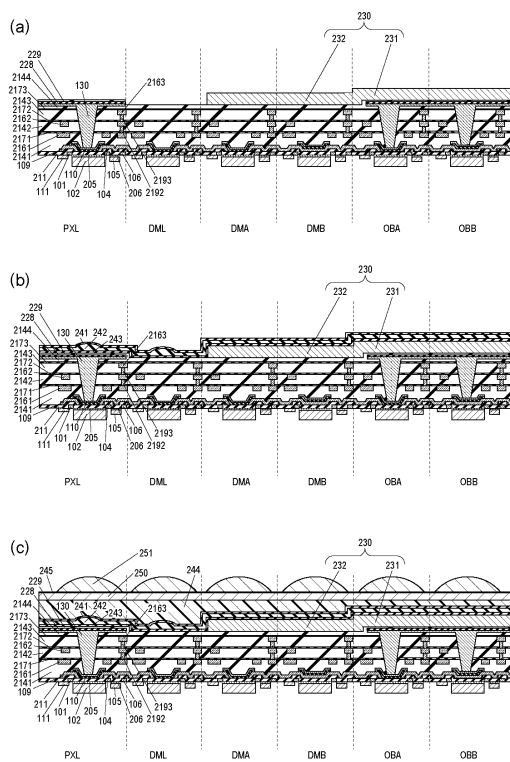


30

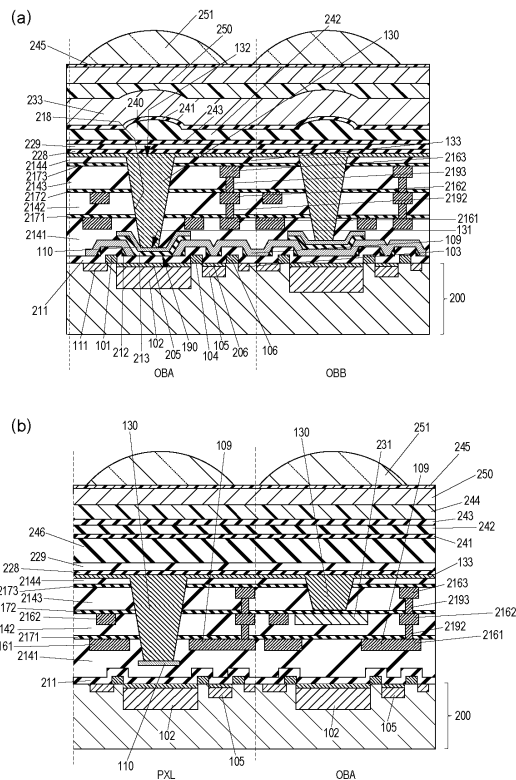
40

50

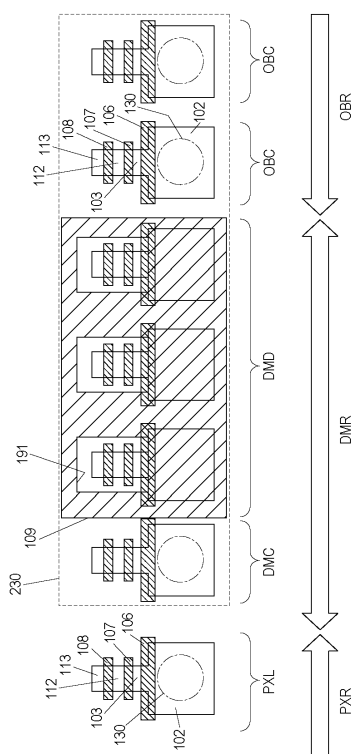
【 図 9 】



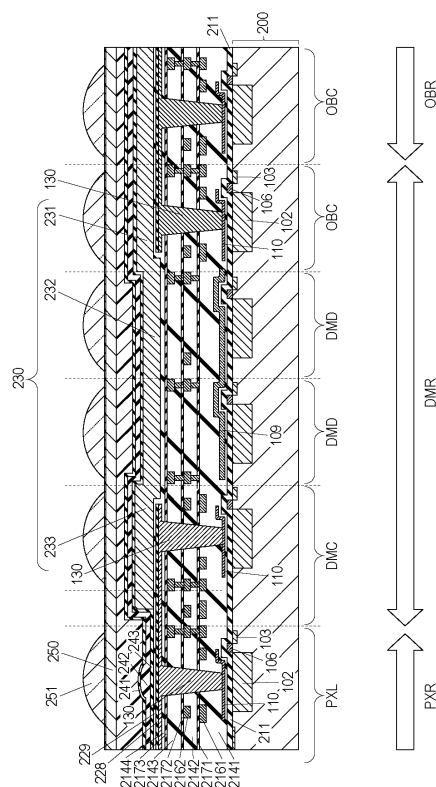
【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



【圖 1 2】



## フロントページの続き

ヤノン株式会社内

- (72)発明者 岡川 崇  
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 小林 昌弘  
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 大貫 裕介  
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 松野 靖司  
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

審査官 柴山 将隆

- (56)参考文献 特開2012-164945(JP,A)  
特開2012-124275(JP,A)  
特開2015-176969(JP,A)  
特開2012-248680(JP,A)  
特開2011-029604(JP,A)  
特開2009-200462(JP,A)  
特開2015-125999(JP,A)  
特開平05-299522(JP,A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H01L 27/146  
H04N 5/369  
H04N 5/374  
H04N 5/3745