

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-195330

(P2017-195330A)

(43) 公開日 平成29年10月26日(2017.10.26)

| (5) Int.Cl. |        |           | F I    |        |       | テーマコード (参考) |           |  |
|-------------|--------|-----------|--------|--------|-------|-------------|-----------|--|
| HO 1 L      | 27/146 | (2006.01) | HO 1 L | 27/14  |       | A           | 2 H O 1 1 |  |
| HO 4 N      | 5/374  | (2011.01) | HO 4 N | 5/335  | 7 4 0 |             | 2 H 1 5 1 |  |
| HO 4 N      | 5/365  | (2011.01) | HO 4 N | 5/335  | 6 5 0 |             | 4 M 1 1 8 |  |
| HO 1 L      | 21/265 | (2006.01) | HO 1 L | 21/265 |       | V           | 5 C O 2 4 |  |
| GO 2 B      | 7/34   | (2006.01) | GO 2 B | 7/34   |       |             |           |  |

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-86156 (P2016-86156)  
 (22) 出願日 平成28年4月22日 (2016.4.22)

(71) 出願人 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 100094112  
 弁理士 岡部 譲  
 (74) 代理人 100096943  
 弁理士 臼井 伸一  
 (74) 代理人 100101498  
 弁理士 越智 隆夫  
 (74) 代理人 100107401  
 弁理士 高橋 誠一郎  
 (74) 代理人 100106183  
 弁理士 吉澤 弘司  
 (74) 代理人 100128668  
 弁理士 齋藤 正巳

最終頁に続く

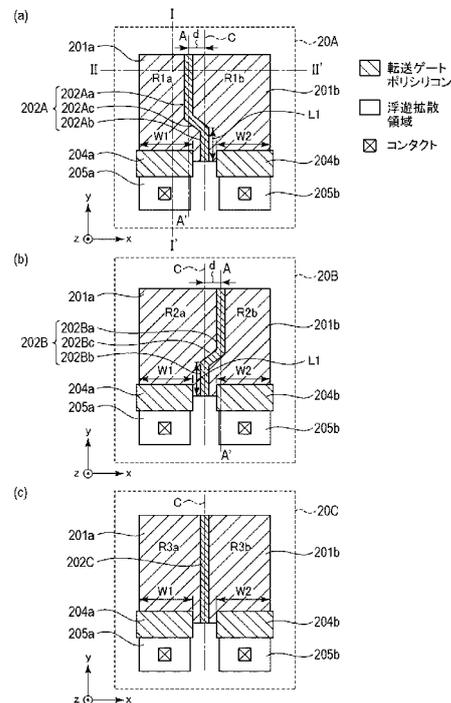
(54) 【発明の名称】 撮像素子、撮像システム、および撮像素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 瞳分割位相差方式の固体撮像素子に対してにおいて、撮像特性を劣化させることなく、短距離レンズの高入射角光に対する焦点検出精度を向上する。

【解決手段】 撮像素子は、分離帯により互いに分離され、第1の方向に沿って並ぶ複数の光電変換部、および、複数の光電変換部の電荷を転送する複数の転送ゲートをそれぞれが有する複数の画素を備えた、第1の画素群および第2の画素群を備える。第1の画素群を構成する画素内における分離帯の少なくとも一部の位置と、第2の画素群を構成する画素内における分離帯の少なくとも一部の位置とは、第1の方向にずれている。複数の分離された光電変換部が平面視において複数の転送ゲートに重なる部分の幅はそれぞれ等しい。

【選択図】 図4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

分離帯により互いに分離され、第 1 の方向に沿って並ぶ複数の光電変換部、および、前記複数の光電変換部の電荷を転送する複数の転送ゲートをそれぞれが有する複数の画素を含む、第 1 の画素群および第 2 の画素群を備え、

前記第 1 の画素群を構成する前記画素における前記分離帯の少なくとも一部の位置と、前記第 2 の画素群を構成する前記画素における前記分離帯の少なくとも一部の位置とは、前記第 1 の方向にずれており、

前記複数の光電変換部が平面視において前記複数の転送ゲートに重なる部分の幅はそれぞれ等しいことを特徴とする撮像素子。

10

**【請求項 2】**

前記分離帯は第 1 の分離部および第 2 の分離部を含み、

前記第 2 の分離部は前記第 1 の分離部よりも転送ゲートから近くに位置し、

前記第 2 の分離部は前記光電変換部を等間隔に分離することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像素子。

**【請求項 3】**

前記画素は、前記分離帯により互いに分離された第 1 の光電変換部および第 2 の光電変換部と、前記第 1 の光電変換部の電荷を転送する第 1 の転送ゲートと、前記第 2 の光電変換部の電荷を転送する第 2 の転送ゲートとを含み、

前記第 1 の転送ゲートおよび前記第 2 の転送ゲートのそれぞれの幅の方向は一致していることを特徴とする請求項 1 または 2 のいずれか 1 項に記載の撮像素子。

20

**【請求項 4】**

前記画素は、前記分離帯により互いに分離された第 1 の光電変換部および第 2 の光電変換部と、前記第 1 の光電変換部の電荷を転送する第 1 の転送ゲートと、前記第 2 の光電変換部の電荷を転送する第 2 の転送ゲートとを含み、

前記第 1 の転送ゲートおよび前記第 2 の転送ゲートは前記第 1 の光電変換部および前記第 2 の光電変換部の角部に位置していることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像素子。

**【請求項 5】**

前記画素はさらに、前記分離帯により互いに分離された第 3 の光電変換部および第 4 の光電変換部と、前記第 3 の光電変換部の電荷を転送する第 3 の転送ゲートと、前記第 4 の光電変換部の電荷を転送する第 4 の転送ゲートとを含み、

前記第 3 の転送ゲートおよび前記第 4 の転送ゲートは前記第 3 の光電変換部および第 4 の光電変換部の角部に位置していることを特徴とする請求項 4 に記載の撮像素子。

30

**【請求項 6】**

分離帯により第 1 の方向および前記第 1 の方向と垂直な第 2 の方向に互いに分離された複数の光電変換部、および、前記複数の光電変換部の電荷を転送する複数の転送ゲートをそれぞれが有する複数の画素をそれぞれが備えた、第 1 の画素群、第 2 の画素群、および第 3 の画素群と、

前記分離帯は、前記光電変換部を前記第 1 の方向に複数に分離する第 1 の分離帯と、前記光電変換部を前記第 2 の方向に複数に分離する第 2 の分離帯とを含み、

前記第 1 の画素群を構成する前記画素における前記第 1 の分離帯の少なくとも一部の位置と、前記第 2 の画素群を構成する前記画素における前記第 1 の分離帯の少なくとも一部の位置とが、前記第 1 の方向にずれており、

前記第 1 の画素群を構成する前記画素における前記第 2 の分離帯の少なくとも一部の位置と、前記第 3 の画素群を構成する前記画素における前記第 2 の分離帯の少なくとも一部の位置とが、前記第 2 の方向にずれており、

前記複数の光電変換部が平面視において前記複数の転送ゲートに重なる部分の幅はそれぞれ等しいことを特徴とする撮像素子。

40

**【請求項 7】**

第 4 の画素群および第 5 の画素群をさらに備え、

50

前記第 1 の画素群を構成する前記画素における前記第 1 の分離帯の少なくとも一部の位置と、前記第 4 の画素群を構成する前記画素における前記第 1 の分離帯の少なくとも一部の位置とが、前記第 1 の方向にずれており、かつ、前記第 1 の画素群を構成する前記画素における前記第 2 の分離帯の少なくとも一部の位置と、前記第 4 の画素群を構成する前記画素における前記第 2 の分離帯の少なくとも一部の位置とが、前記第 2 の方向にずれており、

前記第 5 の画素群を構成する前記画素における前記第 1 の分離帯および前記第 2 の分離帯は前記光電変換部の中心を通ることを特徴とする請求項 6 に記載の撮像素子。

【請求項 8】

撮像光学系からの光束のうち分割された光束により形成された複数の像を、前記複数の光電変換部によって光電変換し、位相差検出に用いられる焦点検出信号を出力する読み出し回路を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の撮像素子。

10

【請求項 9】

分離部により互いに分離され、第 1 の方向に沿って並ぶ第 1 の光電変換部、および、第 2 の光電変換部と、前記第 1 の光電変換部の電荷を転送する第 1 の転送ゲートと、前記第 2 の光電変換部の電荷を転送する第 2 の転送ゲートとを、それぞれが有する複数の画素を備え、

前記複数の画素の少なくとも 1 つの画素において、前記第 1 の方向に沿った前記分離部を通る線における前記第 1 の光電変換部の長さと同記第 2 の光電変換部の長さとの差よりも、平面視における前記第 1 の光電変換部と前記第 1 の転送ゲートとの重なった部分の電荷の転送方向に対して交差する方向に沿った幅と、平面視における前記第 2 の光電変換部と前記第 2 の転送ゲートとの重なった部分の電荷の転送方向に対して交差する方向に沿った幅との差が小さいことを特徴とする撮像素子。

20

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の撮像素子と、

前記撮像素子からの信号を処理する信号処理装置とを備えることを特徴とする撮像システム。

【請求項 11】

複数の光電変換部、前記複数の光電変換部の電荷を転送する複数の転送ゲートをそれぞれが有する複数の画素を備えた、第 1 の画素群および第 2 の画素群を備えた撮像素子の製造方法であって、

30

半導体基板に前記複数の転送ゲートを形成する工程と、

前記光電変換部が分離帯により第 1 の方向に複数に分離されるようにレジストパターンを形成する工程であって、(i) 前記第 1 の画素群を構成する前記画素における前記分離帯の少なくとも一部の位置と、前記第 2 の画素群を構成する前記画素における前記分離帯の少なくとも一部の位置とが、前記第 1 の方向にずれており、(ii) 前記複数の光電変換部が平面視において前記複数の転送ゲートに重なる部分の幅がそれぞれ等しく、(iii) 前記分離帯は第 1 の分離部および第 2 の分離部を含み、前記第 2 の分離部は前記第 1 の分離部よりも転送ゲートから近くに位置し、前記第 2 の分離部は前記光電変換部を等間隔に分離するように、前記レジストパターンを形成する工程と、

40

前記転送ゲートおよび前記レジストパターンを形成した後、前記半導体基板の法線方向となすチルト角が  $0^\circ$  ではない注入方向からイオン注入する工程とを含み、

前記チルト角を  $\theta$ 、前記注入方向を前記半導体基板の面に投影した方向と前記転送ゲートのゲート長方向となす角を  $\alpha$ 、前記イオン注入する工程を行う際の前記レジストパターンの膜厚を  $h$  とすると、前記第 1 の分離部の長さが  $h \cdot \tan \theta \cdot \cos \alpha$  よりも大きいことを特徴とする撮像素子の製造方法。

【請求項 12】

前記イオン注入する工程は、前記転送ゲートに対して自己整合的に行われることを特徴とする請求項 11 に記載の撮像素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

50

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は撮像素子、撮像システム、および撮像素子の製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

CMOS型固体撮像素子において、焦点を検出する方式の一つとして瞳分割位相差方式が提案されている。特許文献1には、撮像画素群を構成する第1の画素と第2の画素の光電変換部の分割位置をずらし、または、x方向およびy方向の分割数をそれぞれ互いに素の自然数にする構成が開示されている。この構成は、光電変換部の分割に伴い生じる低感度帯の影響を抑制させることを目的としている。

10

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献1】特開2012-235444号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

瞳分割位相差方式の撮像素子において、焦点検出を精度良く行うためには、撮像光学系から入射した光を対称的に瞳分割して、対となる光電変換部に導く必要がある。一方、光電変換部が等間隔に分割された画素のみからなる場合、短瞳距離レンズの高入射角光に対して、特に周辺像高においては、入射光を対となる光電変換部に対称的に導くことが困難になる。

20

## 【0005】

この問題に対する解決策の一つとしては、光電変換部の分割位置をずらすことが有効である。しかしながら、光電変換部の分割位置をずらすと、対となる光電変換部の電荷転送特性の差または電荷転送特性の劣化が生じ、ひいては焦点検出精度が低下する。また、焦点検出用の瞳分割画素が撮像画素を兼ねている場合には、撮像特性の低下という問題も生じ得る。特許文献1には、分離帯により不等間隔に分割された光電変換部が示されているが、上記問題点についての言及はない。

## 【0006】

本発明は上記問題点を鑑みてなされたものであり、瞳分割位相差方式の撮像素子において、撮像特性を劣化させることなく、焦点検出精度を向上することを目的とする。

30

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

本発明の一実施形態における撮像素子は、分離帯により互いに分離され、第1の方向に沿って並ぶ複数の光電変換部、および、前記複数の光電変換部の電荷を転送する複数の転送ゲートをそれぞれが有する複数の画素を含む、第1の画素群および第2の画素群を備え、前記第1の画素群を構成する前記画素における前記分離帯の少なくとも一部の位置と、前記第2の画素群を構成する前記画素における前記分離帯の少なくとも一部の位置とは、前記第1の方向にずれており、前記複数の光電変換部が平面視において前記複数の転送ゲートに重なる部分の幅はそれぞれ等しい。

40

## 【0008】

本発明の他の実施形態における撮像素子は、分離帯により互いに分離され、第1の方向に沿って並ぶ第1の光電変換部、および、第2の光電変換部と、前記第1の光電変換部の電荷を転送する第1の転送ゲートと、前記第2の光電変換部の電荷を転送する第2の転送ゲートとを、それぞれが有する複数の画素を備え、前記複数の画素の少なくとも1つの画素において、前記第1の方向に沿った前記分離部を通る線における前記第1の光電変換部の長さと同記第2の光電変換部の長さとの差よりも、平面視における前記第1の光電変換部と同記第1の転送ゲートとの重なった部分の電荷の転送方向に対して交差する方向に沿った幅と、平面視における前記第2の光電変換部と同記第2の転送ゲートとの重なった部

50

分の電荷の転送方向に対して交差する方向に沿った幅との差が小さい。

【0009】

本発明の他の実施形態における撮像素子の製造方法は、複数の光電変換部、前記複数の光電変換部の電荷を転送する複数の転送ゲートをそれぞれが有する複数の画素を備えた、第1の画素群および第2の画素群を備えた撮像素子の製造方法であって、半導体基板に前記複数の転送ゲートを形成する工程と、前記光電変換部が分離帯により第1の方向に複数に分離されるようにレジストパターンを形成する工程であって、(i)前記第1の画素群を構成する前記画素における前記分離帯の少なくとも一部の位置と、前記第2の画素群を構成する前記画素における前記分離帯の少なくとも一部の位置とが、前記第1の方向にずれており、(ii)前記複数の光電変換部が平面視において前記複数の転送ゲートに重なる部分の幅がそれぞれ等しく、(iii)前記分離帯は第1の分離部および第2の分離部を含み、前記第2の分離部は前記第1の分離部よりも転送ゲートから近くに位置し、前記第2の分離部は前記光電変換部を等間隔に分離するように、前記レジストパターンを形成する工程と、前記転送ゲートおよび前記レジストパターンを形成した後、前記半導体基板の法線方向となすチルト角が $0^\circ$ ではない注入方向からイオン注入する工程とを含み、前記チルト角を $\theta$ 、前記注入方向を前記半導体基板の面に投影した方向と前記転送ゲートのゲート長方向とがなす角を $\phi$ 、前記イオン注入する工程を行う際の前記レジストパターンの膜厚を $h$ とすると、前記第1の分離部の長さが $h \cdot \tan \theta \cdot \cos \phi$ よりも大きい。

10

【発明の効果】

【0010】

本発明により、瞳分割位相差方式の撮像素子において、撮像特性を劣化させることなく、焦点検出精度を向上することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】第1の実施形態における撮像システムのブロック図である。

【図2】第1の実施形態における撮像素子のブロック図である。

【図3】第1の実施形態における画素部の画素配列の概略図である。

【図4】第1の実施形態における瞳分割パターンの概略図である。

【図5】第1の実施形態における瞳分割位相差方式の焦点検出の説明図である。

【図6】第2の実施形態における瞳分割パターンの概略図である。

30

【図7】第3の実施形態における画素部の画素配列の概略図である。

【図8】第3の実施形態における瞳分割パターンの概略図である。

【図9】第1の実施形態における撮像素子の製造方法の説明図である。

【図10】第1の実施形態における撮像素子の製造方法の説明図である。

【図11】第1の実施形態における光電変換部を形成する際のイオン注入工程の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

(第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態における撮像素子1を備えた撮像システム100のブロック図である。撮像システム100は例えばスチルカメラ、ビデオカメラ、スマートフォン、タブレット型コンピュータなど、撮像機能を備えた装置であればその種類を問わない。図1に示すように、撮像光学系は、第1のレンズ群101、絞り102、第2のレンズ群103、第3のレンズ群104、光学的ローパスフィルタ105を含む。第1のレンズ群101は撮像光学系の先端に配置され、光軸方向に進退可能に保持される。絞り102は、その開口径を調節することで撮影時の光量調節を行う。第2のレンズ群103は、第1のレンズ群101の進退動作と連動して変倍作用(ズーム機能)を実現させる。第3のレンズ群104は、光軸方向の進退移動により焦点調節を行う。

40

【0013】

光学的ローパスフィルタ105は、撮影画像の偽色やモアレを軽減するための光学素子

50

である。撮像素子1は、レンズ群101、103、104によって結像された被写体像を光電変換（撮像）して撮像信号（画素信号）を生成する。ここでは、撮像素子1は瞳分割位相差方式のCMOSイメージセンサなどの固体撮像素子である。

【0014】

撮像素子1から出力されるアナログの画像信号はAFE（Analog Front End）107によりデジタル信号（画像データ）に変換される。DFE（Digital Front End）108は画像データに対して、所定の演算処理を施す。DSP（Digital Signal Processor）109は、DFE108から出力される画像データに対して補正処理、現像処理などを行なう信号処理装置である。また、DSP109は、画像データから焦点ずれ量を算出するAF（オートフォーカス）演算も行う。

10

【0015】

記録媒体110には画像データが記録される。表示部111は撮影した画像や各種メニュー画面などを表示するためのものであり、液晶ディスプレイ（LCD）などが使用される。RAM112は画像データなどを一時的に記憶するものであり、DSP109と接続されている。タイミングジェネレータ（TG）113は、撮像素子1に駆動信号を供給する。

【0016】

CPU（コントローラ、制御部）114は、AFE107、DFE108、DSP109、TG113、絞り駆動回路115、シャッター駆動回路121の制御を行う。また、CPU114は、DSP109のAF演算結果に基づいてフォーカス駆動回路116を制御する。CPU114の動作プログラムはROM119または不図示のメモリに記憶されている。

20

【0017】

絞り駆動回路115は、絞りアクチュエータ117を駆動制御することにより絞り102を駆動する。フォーカス駆動回路116は、フォーカスアクチュエータ118を駆動制御することにより第3のレンズ群104を光軸方向に進退移動させ、これにより焦点調節を行う。ROM119は、各種補正データ等を記憶するものである。メカニカルシャッター120は、静止画撮影時において撮像素子1への露光量を制御する。メカニカルシャッター120は、ライブビュー動作時や動画撮影時においては開状態を保持し、撮像素子1を露光し続ける状態となる。シャッター駆動回路121は、メカニカルシャッター120を制御する。

30

【0018】

図2は本実施形態における撮像素子1のブロック図である。撮像素子1は、画素部2、垂直走査回路（VSR）3、列増幅回路4、出力アンプ5、水平走査回路（HSR）6を備える。画素部2は行方向および列方向に沿って二次元マトリクス状に配列された複数の画素を有する。なお、本明細書において、行方向とは図面における水平方向を示し、列方向とは図面において垂直方向を示すものとする。図2においては、説明の簡略化のために3行3列の画素が示されているが、画素の数は限定されるものではない。なお、一部の画素はOB（オプティカル・ブラック）画素として遮光されても良い。

40

【0019】

画素20は、第1、第2の光電変換部201a、201b、第1、第2の転送トランジスタM1a、M1b、浮遊拡散領域205、リセットトランジスタM2、増幅トランジスタM3、選択トランジスタM4を含む。第1の光電変換部201a、第2の光電変換部201bはフォトダイオードから構成されている。以下の説明は、画素20を構成するトランジスタがNチャネルMOSトランジスタである例を示している。光電変換部201a、201bにはマイクロレンズが設けられており、マイクロレンズにより集光された光が光電変換部201a、201bに入射する。このように、2つの光電変換部201a、201bは瞳分割された光電変換ユニット201を構成している。なお、光電変換ユニット201を構成する光電変換部の個数は2個に限定されず、それ以上の個数であっても良い。

50

## 【0020】

転送トランジスタM1a、M1bは光電変換部201a、201bに対応して設けられ、それぞれのゲートには駆動パルスPTXA、PTXBが印加される。駆動パルスPTXA、PTXBがハイレベルとなると、転送トランジスタM1a、M1bがオン（導通状態）となり、光電変換部201a、201bの信号が増幅トランジスタM3の入力ノードである浮遊拡散領域205に転送される。また、駆動パルスPTXA、PTXBがローレベルとなると、転送トランジスタM1a、M1bはオフ（非導通状態）となる。転送トランジスタM1a、M1bをオンまたはオフすることにより、光電変換部201a、201bの電荷を独立に浮遊拡散領域205に転送することができる。増幅トランジスタM3は、浮遊拡散領域205に転送された電荷に基づく信号を列信号線41へ出力する。

10

## 【0021】

リセットトランジスタM2のソースは浮遊拡散領域205に接続され、ゲートには駆動パルスPRESが印加される。駆動パルスPRESがハイレベルとなると、リセットトランジスタM2はオンとなり、浮遊拡散領域205にリセット電圧が供給される。選択トランジスタM4は増幅トランジスタM3と列信号線41との間に設けられており、選択トランジスタM4のゲートには駆動パルスPSELが印加される。駆動パルスPSELがハイレベルとなると、増幅トランジスタM3と列信号線41とが電氣的に導通する。

## 【0022】

列信号線41は列毎に設けられており、列信号線41には電流源42が電氣的に接続されている。電流源42は列信号線41を介して増幅トランジスタM3のソースにバイアス電流を供給し、増幅トランジスタM3はソースフォロアとして動作する。

20

## 【0023】

垂直走査回路3は、各行の転送トランジスタM1a、M1b、リセットトランジスタM2、選択トランジスタM4のそれぞれのゲートに駆動パルスを供給する。駆動パルスは、行ごと、順次、もしくはランダムに供給される。垂直走査回路3は、転送トランジスタM1a、M1bのいずれかを導通状態にする読み出しモード、および、転送トランジスタM1a、M1bをともに導通状態にする読み出しモードを実行可能である。

## 【0024】

読み出し回路としての列増幅回路4は列ごとに設けられ、列信号線41に直接もしくはスイッチを介して接続されている。列増幅回路4は演算増幅器400、基準電圧源402、入力容量CO、フィードバック容量Cf、保持容量CTS1、CTS2、CTN1、CTN2、スイッチ401、403～410を備える。

30

## 【0025】

入力容量COの第1ノードは列信号線41に電氣的に接続され、第2ノードは演算増幅器400の反転入力ノードに電氣的に接続される。フィードバック容量Cfの第1ノードは、演算増幅器400の反転入力ノードおよび入力容量COの第2ノードに電氣的に接続される。フィードバック容量Cfの第2ノードは演算増幅器400の出力ノードに電氣的に接続される。

## 【0026】

スイッチ401はフィードバック容量Cfと並列に設けられており、演算増幅器400の反転入力ノードと出力ノードとの間のフィードバック経路の電氣的接続を制御する。スイッチ401がオフになると、演算増幅器400は入力容量COの容量値およびフィードバック容量Cfの容量値の比で定められるゲインで列信号線41の信号を反転増幅する。スイッチ401がオンになると、演算増幅器400はボルテージ・フォロアとして動作する。基準電圧源402は基準電圧Vrefを演算増幅器400の非反転入力ノードに供給する。演算増幅器400の反転入力ノードおよび非反転入力ノードは仮想短絡されることにより、反転入力ノードの電圧も基準電圧Vrefとなる。

40

## 【0027】

演算増幅器400の出力はスイッチ403～406を介して保持容量CTS1、CTS2、CTN1、CTN2にそれぞれ出力される。保持容量CTS1、CTS2、CTN1

50

、CTN 2は演算増幅器400からの出力を保持する容量である。保持容量CTS 1には光電変換部201 aの光電変換時における輝度信号が保持され、保持容量CTS 2には光電変換部201 a、201 bの光電変換時における輝度信号が保持される。保持容量CTN 1、CTN 2にはリセット時における信号が保持される。スイッチ403～406は保持容量CTS 1、CTS 2、CTN 1、CTN 2と演算増幅器400との間の電気経路に設けられ、演算増幅器400の出力ノードと、保持容量CTS 1、CTS 2、CTN 1、CTN 2との電氣的導通を制御する。スイッチ403は駆動パルスPTSAによって制御され、スイッチ405は駆動パルスPTSA Bによって制御される。また、スイッチ404、406は駆動パルスPTNによって制御される。

#### 【0028】

スイッチ407～410は、水平走査回路6からの信号に基づきオンとなり、保持容量CTS 1、CTS 2、CTN 1、CTN 2に保持された信号を水平出力線501、502へ出力する。水平出力線501には保持容量CTS 1、CTS 2に保持された輝度信号が出力され、水平出力線502には保持容量CTN 1、CTN 2に保持されたりセット信号が出力される。出力アンプ5は差動増幅器を含み、水平出力線501、502に出力された信号の差分を外部へ出力する。すなわち、相関二重サンプリング(CDS)により、輝度信号からノイズ成分が除去された信号が出力アンプ5から出力される。なお、出力アンプ5においてCDSを行わずに、撮像素子の外部においてCDSを行っても良い。水平走査回路6はシフトレジスタを備え、列増幅回路4に駆動パルスを順次供給することにより、列増幅回路4からの信号を水平出力線501、502に出力させる。以上の構成により、光電変換部201 a、201 bのそれぞれの信号を加算した(A+B)信号、光電変換部201 aのA信号を得ることができる。(A+B)信号は画像信号として用いられる。光電変換部201 bのB信号は(A+B)信号からA信号を減算することで求められる。なお、減算を行わずに、光電変換部201 bからのB信号を独立に読み出しても良い。A信号、B信号は位相差検出のための焦点検出信号として用いられる。

#### 【0029】

図3は、本実施形態における画素部2の画素配列の概略図であって、6列×6行分の画素20を示している。図3に示す6列×6行の画素配列が面上に繰り返し多数配置され、高解像度画像の取得が可能である。画素部2にはカラーフィルタがベイア配列に従って配置され、奇数行の画素20には、左から順にR(赤)とG(緑)のカラーフィルタが交互に配置されている。また、偶数行の画素20には、左から順にGとB(青)のカラーフィルタが交互に配置されている。なお、本発明の効果はモノクロ撮像素子であっても得られ、カラーフィルタは必ずしも必要ではない。また、シアン、マゼンタ、イエローなどの補色のカラーフィルタを用いても良い。

#### 【0030】

それぞれの画素20は分離帯により互いに分離された複数の光電変換部201 a、201 b、マイクロレンズ207を備える。光電変換部201 a、201 bは1つのマイクロレンズ207を共有している。本実施形態では、すべての画素20の光電変換部201 a、201 bは第1の方向としての水平方向(+x方向または-x方向)に2分割されており、水平方向に沿って並ぶ。分割(分離)された光電変換部201 a、201 bの出力信号は独立して読み出すことができる。画素部2は瞳分割パターンの異なる第1の画素群、第2の画素群、第3の画素群から構成されている。第1～第3の画素群のいずれかの画素群の画素における分離帯の少なくとも一部の位置と、他の画素群の画素における分離帯の少なくとも一部の位置とは、分割方向(第1の方向)にずれている。なお、以下の説明において、水平方向(+x方向または-x方向)を分割方向(第1の方向)とするが、垂直方向(+y方向または-y方向)を分割方向としても良い。

#### 【0031】

第1の画素群の画素20 Aにおいて、光電変換部201 a(R1 a、G1 a、B1 a)、光電変換部201 b(R1 b、G1 b、B1 b)の分割位置は、第2、第3の画素群を構成する画素20 B、20 Cにおける分割位置に対して-x方向にずれている。また、第

10

20

30

40

50

2の画素群の画素20Bにおいて、光電変換部201a(R2a、G2a、B2a)、光電変換部201b(R2b、G2b、B2b)の分割位置は、第1、第3の画素群における分割位置に対して+x方向にずれている。第3の画素群の画素20Cにおいて、光電変換部201a(R3a、G3a、B3a)、光電変換部201b(R3b、G3b、B3b)の分割位置は画素中心線上にある。

#### 【0032】

図4は第1の実施形態における画素の瞳分割パターンの概略図であって、平面視における画素の一部を示している。図4(a)は第1の画素群の画素20Aの瞳分割パターンを示している。第1の画素群の画素20Aにおいて、光電変換部201a(R1a、G1a、B1a)、201b(R1b、G1a、B1a)は分離帯202Aによって互いに分割され、x方向(第1の方向)に沿って並んでいる。分離帯202Aは第1~第3の分離部202Aa~202Acから構成される。第1の分離部202Aaは、画素中心線Cに対して水平方向(-x方向)に距離dだけずれている。すなわち、第1の方向に沿った第1の分離部202Aaを通る線における第1の光電変換部201aの長さとの差は距離dである。第2の分離部202Abは画素中心線C上に位置し、第3の分離部202Acは第1の分離部202Aa、第2の分離部202Abを連結している。第2の分離部202Abは分離部202Aa、202Acよりも転送ゲートポリシリコン204a、204bの近くに位置している。第2の分離部202Abは画素中心線C上に位置し、光電変換部201a、201bを等間隔に分割している。ここで、画素中心線Cは、光電変換ユニット201を水平方向において等分する仮想線である。光電変換部201a、201bは画素中心線Cに対して非対称に分割されており、光電変換部201bの面積は光電変換部201aの面積よりも大きい。

10

20

#### 【0033】

転送ゲートポリシリコン204a、204bは転送トランジスタM1a、M1bのゲートとして機能する。光電変換部201aおよび浮遊拡散領域205aは転送トランジスタM1aのソース/ドレイン領域を共有している。転送ゲートポリシリコン204aに電圧を印加することにより、光電変換部201aから浮遊拡散領域205aに電荷が転送される。同様に、光電変換部201bおよび浮遊拡散領域205bは転送トランジスタM1bのソース/ドレイン領域を共有している。転送ゲートポリシリコン204bに電圧を印加することにより、光電変換部201bから浮遊拡散領域205bに電荷が転送される。

30

#### 【0034】

転送ゲートポリシリコン204a、204bの一部は、平面視において光電変換部201a、201bと重なっている。転送ゲートポリシリコン204a、204bのそれぞれの幅の方向は一致している。第1の光電変換部201aが第1の転送ゲートポリシリコン204aと重なる部分の幅W1は、第2の光電変換部201bが第2の転送ゲートポリシリコン204bと重なる部分の幅W2と等しい。このため、転送トランジスタM1a、M1bの電荷転送の特性を同等にすることができる。すなわち、光電変換部201a、201bを非対称に分割しながらも、電荷転送特性の対称性を維持することが可能となる。

#### 【0035】

図4(b)は第2の画素群の画素20Bの瞳分割パターンを示している。光電変換部201a(R2a、G2a、B2a)、201b(R2b、G2a、B2a)は分離帯202Bによって分割されている。分離帯202Bは分離部202Ba~202Bcから構成される。図4(a)とは異なり、第1の分離部202Baは画素中心線Cに対して+x方向に距離dだけ偏心して位置している。第2の分離部202Bbは画素中心線C上に位置し、第3の分離部202Bcは第1の分離部202Ba、第2の分離部202Bbを連結している。図4(b)においても、重なり部分の幅W1は重なり部分の幅W2と等しい。

40

#### 【0036】

図4(c)は第3の画素群の画素20Cの瞳分割パターンを示している。光電変換部201a(R3a、G3a、B3a)、201b(R3b、G3a、B3a)は分離帯202Cによって画素の中心で水平方向に分割されている。分離帯202Cは直線状をなし、

50

画素中心線C上に位置している。図4(c)においても、重なり部分の幅W1は重なり部分の幅W2と等しい。

【0037】

図4(a)~(c)において、光電変換部201a、201bの電荷に基づく信号を独立に読み出すことにより、焦点検出を行うことができる。一方、光電変換部201a、201bの電荷に基づく信号を合成することにより、通常の撮影画像の信号を形成することが可能となる。

【0038】

図5は瞳分割位相差方式の焦点検出を説明するための図である。図5(a)は本実施形態における画素20の概略断面図を示している。画素20は瞳分割位相差方式の固体撮像素子を構成し、対をなす光電変換部201a、201bの上方(+z方向)には1つのマイクロレンズ207が形成されている。マイクロレンズ207の上方にはさらに図1の撮像光学系(101~105)が設けられている。撮像光学系からの光束Rは、マイクロレンズ207を介して受光面206に導かれる。

10

【0039】

図5(b)、(c)は撮像光学系(+z方向)から受光面206を見た図である。光束Rはマイクロレンズ207によって集光され、射出瞳像R1として受光面206に投影される。瞳分割位相差方式の固体撮像素子において焦点検出を精度良く行うためには、撮像光学系から入射した光束を対称に瞳分割して、対となる光電変換部201a、201bに導く必要がある。図5(b)は、撮像領域のほぼ中央に位置している画素20を表している。この画素20において、射出瞳像R1は、対となる光電変換部201a、201bにほぼ均等に分割されて投影される。この場合、光電変換部201a、201bのそれぞれに生じる電荷はほぼ等しくなる。図5(c)は撮像領域の端に位置する画素20を表している。この画素において、射出瞳像R1は、対となる光電変換部201a、201bに非対称に分割されて投影され、光電変換部201a、201bのそれぞれに生じる電荷に差が生じる。すなわち、撮像領域における画素20の位置によって、画素20から読み出された信号が異なり、焦点検出精度が低下してしまう。特に、短瞳距離レンズの高入射角光に対しては、撮像領域の端に位置する画素20において、射出瞳像R1の対称性が悪化し、焦点検出が困難となる。

20

【0040】

この問題に対し、本実施形態の撮像装置は、光電変換部201a、201bの分割位置の異なる第1~第3の画素群を備える。第1の画素群の画素20Aにおいては、光電変換部201a、201bは画素中心からx方向に偏心した分離帯202Aによって分割されている。また、第2の画素群の画素20Bにおいては、光電変換部201a、201bは画素中心線Cから+x方向に偏心した分離帯202Bにより分割されている。また、第3の画素群の画素20Cにおいては、光電変換部201a、201bは画素中心の分離帯202Cによって分割されている。本実施形態によれば、射出瞳像R1の偏心位置に応じて、第1~第3の画素群の画素信号を適宜選択することにより、焦点検出精度の低下を抑えることができる。

30

【0041】

例えば、図5(c)のように射出瞳像R1が+x方向にずれている場合には、第2の画素群の画素20Bからの信号を用いて焦点検出が行われる。画素20Bの光電変換部201a、201bは、+x方向に偏心した位置で分割されている。射出瞳像R1は光電変換部201a、201bに対称に投影されるため、第2の画素群の画素20Bの信号を用いて焦点検出を行うことで、焦点検出精度を維持することができる。

40

【0042】

一方、射出瞳像R1が-x方向にずれている場合には、第1の画素群の画素20Aからの信号を用いて焦点検出が行われる。画素20Aの光電変換部201a、201bは、-x方向に偏心した位置で分割されているため、射出瞳像R1は光電変換部201a、201bに対称に投影される。従って、この場合においても、焦点検出精度を維持することが

50

できる。なお、第1～第3の画素群の選択は図1に示されたCPU114、DSP109において行い得る。

【0043】

さらに、本実施形態では、第1～第3の画素群の画素20A～20Cにおいて、光電変換部201a、201bが転送ゲートポリシリコン204a、204bと重なる部分の幅W1、W2は互い等しい。すなわち、光電変換部201aと転送ゲートポリシリコン204aと重なった部分の電荷の転送方向に対して交差する方向に沿った幅W1は、光電変換部201bと転送ゲートポリシリコン204bと重なった部分の電荷の転送方向に対して交差する方向に沿った幅W2に等しい。これにより、光電変換部201a、201bの分割位置が偏心していたとしても、電荷転送特性が非対称となるのを抑制することができる。このため、光電変換部が等間隔に分割された画素のみからなる瞳分割位相差方式の固体撮像素子と同等の撮像特性を得ることができる。なお、幅W1、W2は必ずしも同一でなくとも良く、幅W1、W2の差が、x方向における第1の光電変換部201aの長さ第2の光電変換部201bの長さとの差(距離d)より小さい限り、電荷転送特性の対称性のずれを低減することができる。

10

【0044】

次に、図9～図11を用いて、本実施形態における撮像素子の製造方法を説明する。図9は、図4(a)のI-I'に沿った断面を表し、図10は図4(a)のII-II'に沿った断面を表している。半導体基板200は例えばシリコン半導体基板であり、半導体基板200の撮像領域に例えばP型半導体のウェル200aを形成する。半導体基板200に素子分離部を形成した後にゲート酸化膜208、ポリシリコン膜204'を成膜する。次いでポリシリコン膜204'の上にフォトレジストの塗布・露光・現像を行ってフォトレジストパターン203を形成する(図9(a)、図10(a))。

20

【0045】

次いで、フォトレジストパターン203をマスクとしてポリシリコン膜204'をエッチングしフォトレジストパターン203と同様にパターンニングする。これにより、転送ゲートポリシリコン204aが形成される(図9(b)、図10(b))。次に、光電変換部201a、201bを形成するためのイオン注入用マスクとしてフォトレジストパターン209を形成する。フォトレジストパターン209は、基板の一部を覆うように形成され光電変換部201a、201bを形成するための開口を有している。フォトレジストパターン203、209をマスクとして、イオン注入を行い、光電変換部201a、201bを形成する(図9(c)、図10(c))。図10(c)に示されたように、開口の中央のフォトレジストパターン209の下部にはイオンが注入されず、光電変換部201a、201bを分割する分離帯202Aが形成される。その後、フォトレジストパターン203、209を除去する(図9(d)、図10(d))。さらに、図5(a)に示されたように、絶縁膜、遮光膜、配線層、ビア、マイクロレンズ、保護層等を形成し、画素20A～20Cを得る。

30

【0046】

図11は、図9(c)、図10(c)の光電変換部201a、201bを形成する際のイオン注入工程を示し、図4(a)、(b)のI-I'に沿った断面を表している。ウェル200aには、光電変換部201aの蓄積領域2011、転送トランジスタM1のドレイン領域(浮遊拡散領域)205が形成されている。蓄積領域2011はN型の半導体で形成されており、表面は濃いP型の半導体層2012で覆われている。電荷転送用領域2013は蓄積領域2011の電荷をドレイン(浮遊拡散領域)205aに転送する転送トランジスタM1のソースとして機能する。ゲート酸化膜208は例えばシリコン酸化膜であって、光電変換部201a、201b、ドレイン(浮遊拡散領域)205を覆うように形成されている。転送ゲートポリシリコン204aはゲート酸化膜208上に形成され、転送ゲートポリシリコン204aの一部は平面視において光電変換部201aの電荷転送用領域2013と重なっている。

40

【0047】

50

フォトレジストパターン209は光電変換部201aの蓄積領域2011および電荷転送用領域2013を形成するイオン注入工程におけるマスクである。ここで、図11に示すように、半導体基板200の法線方向をz軸、転送ゲートポリシリコン204aのゲート長方向をy軸、ゲート幅方向をx軸と定義する。

【0048】

本実施形態において、電荷転送用領域2013は転送ゲートポリシリコン204aに対して自己整合的に形成され、イオン注入は、z軸に対して所定角度傾いた、 $0^\circ$ ではない注入方向610から行われる。しかし、このように傾いた注入方向610からイオン注入を行うと、フォトレジストパターン209の陰になる領域612にはイオンが注入されない。

10

【0049】

注入方向610とz軸の-方向とのなす角(チルト角)を $\theta$ 、注入方向610をxy平面に投影したベクトル611とy軸の+方向とのなす角を $\phi$ 、フォトレジストパターン209の膜厚をhとすると、領域612のy方向の長さL2は $h \cdot \tan \theta \cdot \cos \phi$ で表される。よって、電荷転送用領域2013を形成するためには、少なくとも転送ポリシリコン204のエッジ2041とフォトレジストパターン209のエッジ2091の間の距離は $h \cdot \tan \theta \cdot \cos \phi$ で表される長さL2よりも大きいことが好ましい。この長さL2は、図4(a)、(b)において、分離帯202A、202Bのうちの、光電変換部を等間隔に分割する第2の分離部202A3、202B3の長さL1に相当する。すなわち、分離帯202A、202Bの第2の分離部202A3、202B3の長さL1は $h \cdot \tan \theta \cdot \cos \phi$ で表される長さL2よりも長いことが好ましい。

20

【0050】

このようにして得られた画素20A~20Cは以下の構成を備える。すなわち、(i)第1~第3の画素群を構成する画素20A~20Cにおける分離帯の少なくとも一部の位置と、他の画素群を構成する画素における分離帯の少なくとも一部の位置とが、分割方向にずれている。(ii)複数の光電変換部201a、202bが平面視において複数の転送ゲートポリシリコン204a、204bに重なる部分の幅はそれぞれ等しい。(iii)分離帯202A、202Bは第1の分離部202Aa、202Baおよび第2の分離部202Ab、202Bbを含む。第2の分離部202Ab、202Bbは第1の分離部202Aa、202Baよりも転送ゲートポリシリコンの近くに位置し、第2の分離部202Ab、202Bbは光電変換部201a、201bを等間隔に分割している。

30

【0051】

本実施形態によれば、光電変換部の分割位置の異なる画素群を設けながらも、光電変換部の分割位置の偏心に伴って生じ得る電荷転送特性の劣化を抑制することができる。また、本実施形態による撮像素子の製造方法によれば、イオン注入の角度に従い、分離帯の各部の長さを最適に設計することが可能となる。

【0052】

(第2の実施形態)

第2の実施形態における撮像素子について、第1の実施形態と異なる構成を中心に説明する。図6は第2の実施形態における撮像素子を構成する画素の分割パターンの概略図であって、平面視における画素の一部を示している。図6(a)は第1の画素群の画素21A、図6(b)は第2の画素群の画素21B、図6(c)は第3の画素群の画素21Cをそれぞれ示している。第1の実施形態と同様に、光電変換部201a、201bは分離帯202A、202B、202Cにより水平方向(x方向)に分割されている。分離帯202Aは画素中心線Cから-x方向に距離dだけ偏心し、分離帯202Bは画素中心線Cから+x方向に距離dだけ偏心している。また、分離帯202Cは画素中心線Cの位置にある。

40

【0053】

本実施形態においては、第1および第2の画素群における分離帯202A、202Bは第3の画素群の分離帯202Cと同様に直線状をなしている。転送ゲートポリシリコン2

50

04a、204bは、x方向およびy方向に対して45°傾斜して配置され、それぞれの幅の方向が直交している。また、転送ゲートポリシリコン204a、204bは平面視において光電変換部201a、201bの角部と重なっている。第1の光電変換部201aが第1の転送ゲートポリシリコン204aと重なる部分の幅W1は、第2の光電変換部201bが第2の転送ゲートポリシリコン204bと重なる部分の幅W2と等しい。このため、転送トランジスタM1a、M1bの電荷転送の特性を同等にすることができる。すなわち、光電変換部201a、201bを非対称に分割しながらも、電荷転送特性の対称性を維持することが可能となる。なお、幅W1、W2の差を距離dよりも小さくすることにより、電荷転送特性の対称性のずれを低減することができる。

#### 【0054】

本実施形態においても、射出瞳像の偏心に応じて、第1～第3の画素群の画素信号を適宜選択することにより、焦点検出精度の低下を抑えることができる。射出瞳像が+x方向にずれている場合には、第2の画素群の画素信号を用いて焦点検出を行うことができる。また、射出瞳像が-x方向にずれている場合には、第1の画素群の画素信号を用いて焦点検出を行うことができる。このように、射出瞳像の偏心に応じて、第1～第3の画素群を適宜選択することにより、射出瞳像を光電変換部201a、201bに対称に投影し、焦点検出精度を維持することが可能となる。

#### 【0055】

本実施形態においては、第1の画素群の分離帯202Aと第2の画素群の分離帯202Bは直線状をなし、分離帯202A、202Bの全体が画素中心線Cから距離dだけ偏心している。分離帯202A、202Bにおいて画素中心線Cから偏心している部分の長さは第1の実施形態における第1の分離部202Aa、202Baより長い。画素中心線Cに対する光電変換部201a、201bの分割位置はy方向において一定となり、射出瞳像のx方向のずれに対して、瞳分割の対称性を維持する効果を高めることができる。

#### 【0056】

(第3の実施形態)

第3の実施形態における撮像素子について、第1および第2の実施形態と異なる構成を中心に説明する。図7は、第3の実施形態における画素部2の画素配列の概略図であって、5列×5行分の画素22を示している。画素22は分離帯により4個に分割された第1～第4の光電変換部201a～201d、円形で示されたマイクロレンズ207を備え、各画素22にはR、G、Bのカラーフィルタがベイア配列に従って配置されている。Rの画素22は第1の光電変換部201a(R1a～R5a)、第2の光電変換部201b(R1b～R5b)、第3の光電変換部201c(R1c～R5c)、および第4の光電変換部(R1d～R5d)を備える。Gの画素22は第1の光電変換部201a(G1a～G5a)、第2の光電変換部201b(G1b～G5b)、第3の光電変換部201c(G1c～G5c)、および第4の光電変換部201d(G1d～G5d)を含む。また、Bの画素22は第1の光電変換部201a(B1a～B5a)、第2の光電変換部201b(B1b～B5b)、第3の光電変換部201c(B1c～B5c)、および第4の光電変換部201d(B1d～B5d)を含む(B3a、B3b、B3cおよびB3dは不図示)。なお、本発明の効果はモノクロ撮像素子であっても得られ、カラーフィルタは必ずしも必要ではない。

#### 【0057】

図8は第3の実施形態における画素の瞳分割パターンの概略図であって、平面視における画素の一部を示している。本実施形態では、画素22の光電変換ユニット201は4分割されており、分割された各々の光電変換部201a～201dの画素信号は転送トランジスタを介して独立に読み出すことができる。

#### 【0058】

画素部2は、図8(a)～(e)に示すように、分割パターンが異なる5種類の画素群から構成される。

図8(a)は第1の画素群の画素22Aを示している。光電変換ユニット201は、第

10

20

30

40

50

1の分離帯202A1、第2の分離帯202A2により4分割されている。分離帯202A1、202A2は互いに直交し、画素中心(光電変換ユニット201の中心)C'から-x方向、+y方向にずれた位置で交差している。第1の分離帯202A1は、光電変換ユニット201をx方向(第1の方向)に2分割し、第2の分離帯202A2は光電変換ユニット201をy方向(第2の方向)に2分割する。すなわち、光電変換ユニット201は第1の光電変換部201a(R1a、G1a、B1a)、第2の光電変換部201b(R1b、G1b、B1b)、第3の光電変換部201c(R1c、G1c、B1c)、第4の光電変換部201d(R1d、G1d、B1d)を有する。第1の光電変換部201aの受光面積は4個の光電変換部201a~201dの中で最も小さく、第4の光電変換部201dは4個の光電変換部201a~201dの中で最も大きい。第2の光電変換部201b、第3の光電変換部201cは第1の光電変換部201aよりも大きく、第4の光電変換部201dよりも小さい。また、第2の光電変換部201b、第3の光電変換部201cの受光面積は互いにほぼ等しい。

【0059】

第1~第4の転送ゲートポリシリコン204a~204dはx方向およびy方向に対して45°傾斜して配置され、平面視において光電変換部201a~201dの角部と重なっている。第1の転送ゲートポリシリコン204aと第4の転送ゲートポリシリコン204dとは光電変換ユニットは平行に配置され、第2の転送ゲートポリシリコン204bと第3の転送ゲートポリシリコン204cとは平行に配置されている。第1~第4の光電変換部201a~201dが第1~第4の転送ゲートポリシリコン204a~204dと重なる部分の幅W1~W4は互いに等しい。このため、光電変換部201a~201dを非対称に分割しながらも、電荷転送特性の対称性を維持することが可能となる。

【0060】

図8(b)は第2の画素群の画素22Bを示している。第1の分離帯202B1、第2の分離帯202B2は、画素中心C'から+x方向と+y方向にずれた位置で交差し、光電変換ユニット201をx方向およびy方向にそれぞれ2分割する。第2の画素群の画素22Bは第1の光電変換部201a(R2a、G2a、B2a)、第2の光電変換部201b(R2b、G2b、B2b)、第3の光電変換部201c(R2c、G2c、B2c)、第4の光電変換部201d(R2d、G2d、B2d)を有する。第2の光電変換部201bの受光面積は4個の光電変換部の中で最も大きく、第3の光電変換部201cの受光面積は4個の光電変換部の中で最も小さい。第1の光電変換部201a、第4の光電変換部201dの受光面積は互いにほぼ等しい。

【0061】

図8(c)は第3の画素群の画素22Cを示している。第1の分離帯202C1、第2の分離帯202C2は画素中心C'から-x方向と-y方向にずれた位置で交差し、光電変換ユニット201をx方向およびy方向にそれぞれ2分割する。第3の画素群の画素22Cは第1の光電変換部201a(R3a、G3a、B3a)、第2の光電変換部201b(R3b、G3b、B3b)、第3の光電変換部201c(R3c、G3c、B3c)、第4の光電変換部201d(R3d、G3d、B3d)を有する。第3の光電変換部201cの受光面積は4個の光電変換部の中で最も大きく、第2の光電変換部201bの受光面積は4個の光電変換部の中で最も小さい。第1の光電変換部201a、第4の光電変換部201dの受光面積は互いにほぼ等しい。

【0062】

図8(d)は第4の画素群の画素22Dを示している。第1の分離帯202D1、第2の分離帯202D2は画素中心C'から+x方向と-y方向にずれた位置で交差し、光電変換ユニット201をx方向およびy方向にそれぞれ2分割する。第4の画素群の画素22Dは第1の光電変換部201a(R4a、G4a、B4a)、第2の光電変換部201b(R4b、G4b、B4b)、第3の光電変換部201c(R4c、G4c、B4c)、第4の光電変換部201d(R4d、G4d、B4d)を有する。第1の光電変換部201aの受光面積は4個の光電変換部の中で最も大きく、第4の光電変換部201dの

受光面積は4個の光電変換部の中で最も小さい。第2の光電変換部201b、第3の光電変換部201cの受光面積は互いにほぼ等しい。

【0063】

図8(e)は第5の画素群の画素22Eを示している。第1の分離帯202E1、第2の分離帯202E2は画素中心C'で交差し、光電変換ユニット201をx方向およびy方向にそれぞれ2分割する。第5の画素群の画素22Eは第1の光電変換部201a(R5a、G5a、B5a)、第2の光電変換部201b(R5b、G5b、B5b)、第3の光電変換部201c(R5c、G5c、B5c)、第4の光電変換部201d(R5d、G5d、B5d)を有する。第1~第4の光電変換部201a~201dのそれぞれの受光面積はほぼ等しい。

10

【0064】

図7、図8に示された撮像素子において、第1~第4の光電変換部201a~201dから得られる画素信号を独立に読み出すことにより、焦点検出を行うことができる。一方、第1の画素群における第1の光電変換部201a(R1a、G1a、B1a)、第2の光電変換部201b(R1b、G1b、B1b)、第3の光電変換部201c(R1c、G1c、B1c)、第4の光電変換部201d(R1d、G1d、B1d)から得られる画素信号を合成して読み出すことで、通常の撮影画像を形成することが可能となる。第2~第5の画素群においても同様に、第1~第4の光電変換部201a~201dから得られる画素信号を合成して読み出すことにより、通常の撮影画像を形成することが可能となる。

20

【0065】

本実施形態における撮像素子の第1~第4の画素群の光電変換部201a~201dは、画素中心C'から+x方向、あるいは-x方向に偏心した位置で第1の分離帯202A1~202D1により分割されている。例えば、図5(c)で示したように射出瞳像R1が+x方向にずれている場合、第2または第4の画素群からの画素信号を用いて焦点検出が行われる。第2の画素群の画素22B、第4の画素群の画素22Dの光電変換ユニット201は+x方向に偏心した位置において分割されているため、射出瞳像R1は光電変換部201a、201bと光電変換部201c、201dとに对称に投影される。これにより、焦点検出精度を維持することができる。一方、射出瞳像R1が-x方向にずれている場合には、光電変換部の分割位置が-x方向に偏心した画素からなる第1の画素群または第3の画素群の画素信号を用いて焦点検出を行うことで、焦点検出精度を維持することができる。

30

【0066】

また、本実施形態における撮像素子の光電変換ユニット201は、画素中心C'から+y方向、あるいは-y方向に偏心した位置で第2の分離帯202A2~202D2により分割されている。例えば、射出瞳像R1が+y方向にずれている場合、光電変換ユニット201の分割位置が+y方向に偏心した画素からなる第1または第2の画素群の画素信号を用いて焦点検出を行うことで、焦点検出精度を維持することができる。一方、射出瞳像R1が-y方向にずれている場合、光電変換ユニット201の分割位置が-y方向に偏心した画素からなる第3または第4の画素群の画素信号を用いて焦点検出を行うことで、焦点検出精度を維持することができる。

40

【0067】

本実施形態では、光電変換部201a~201dと転送ゲートポリシリコン204a~204dとの重なり部分の幅W1~W4がそれぞれ等しい。これにより、光電変換部201a~201dの分割位置の偏心に伴って生じ得る電荷転送特性の劣化を抑制することができる。このため、光電変換ユニット201がx方向およびy方向に等間隔に分割された画素のみからなる瞳分割位相差方式の撮像素子と同等の撮像特性を得ることができる。なお、第1の分離帯202A1~202D1と仮想中心との差、および第2の分離帯202A2~202D2と画素中心C'との差に比べて、幅W1~W4の差を小さくすることにより、電荷転送特性の対称性のずれを低減することができる。

50

【0068】

(他の実施形態)

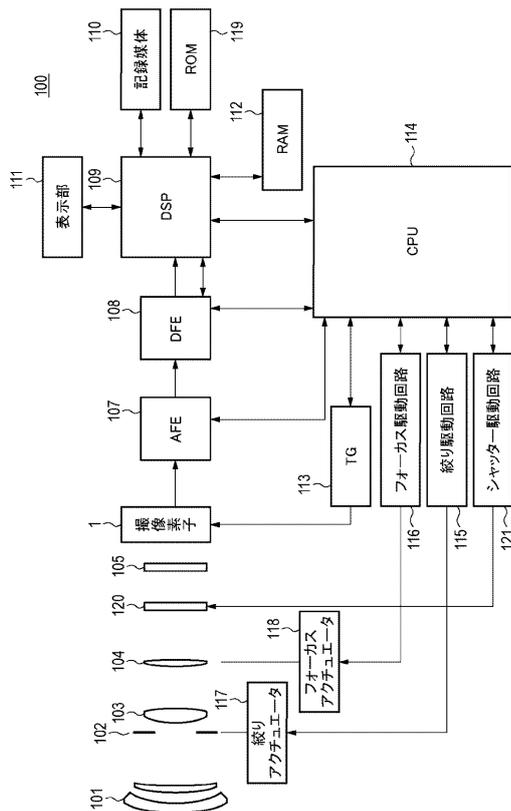
上記実施形態は、いずれも本発明を実施するにあたっての具体化の例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されてはならない。すなわち、本発明はその技術思想、またはその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形で実施することができる。例えば、CMOSトランジスタはN型、P型のいずれを用いても良い。光電変換部の分割数、分割の方向についても上述の実施形態に限定されない。

【符号の説明】

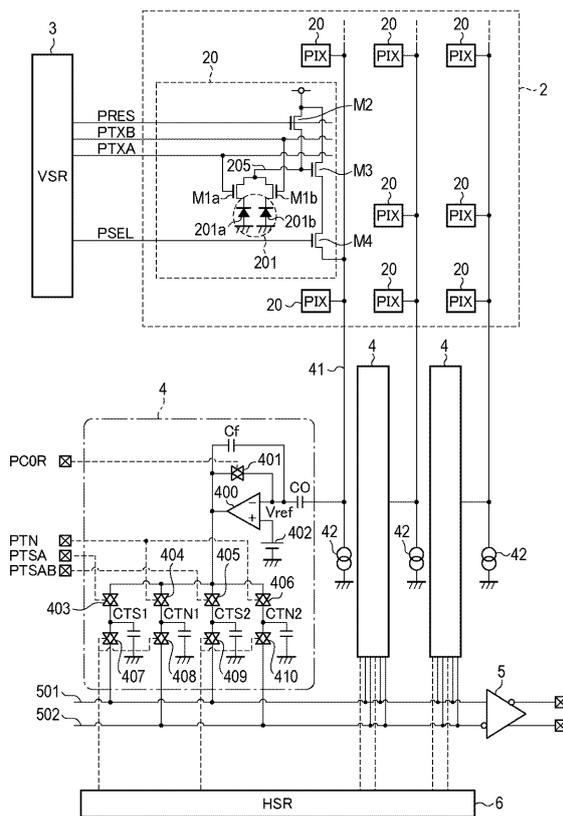
【0069】

- 1 撮像素子
- 2 画素部
- 4 列増幅回路
- 20、21、22 画素
- 201 光電変換部
- 204 転送ゲートポリシリコン

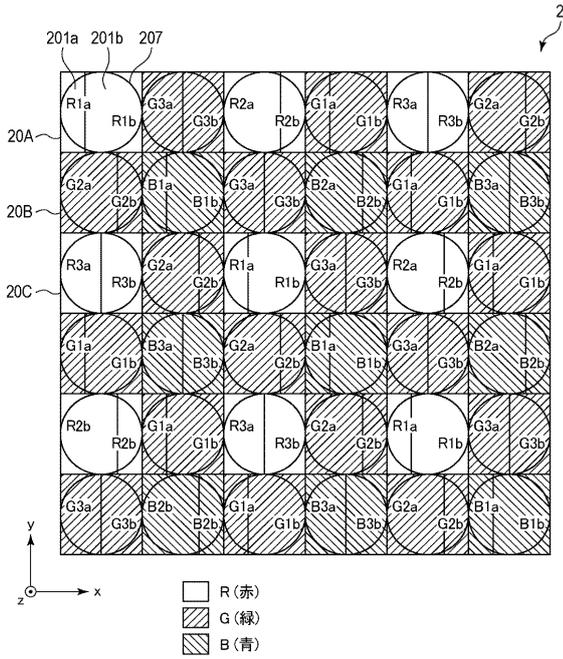
【図1】



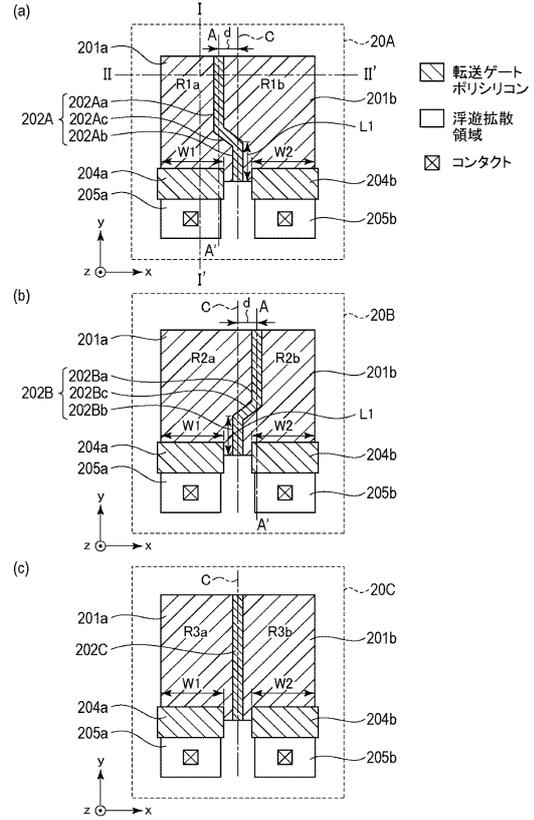
【図2】



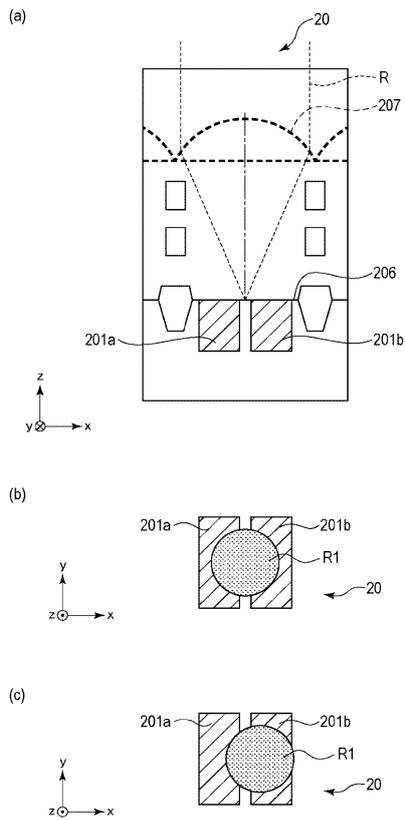
【図3】



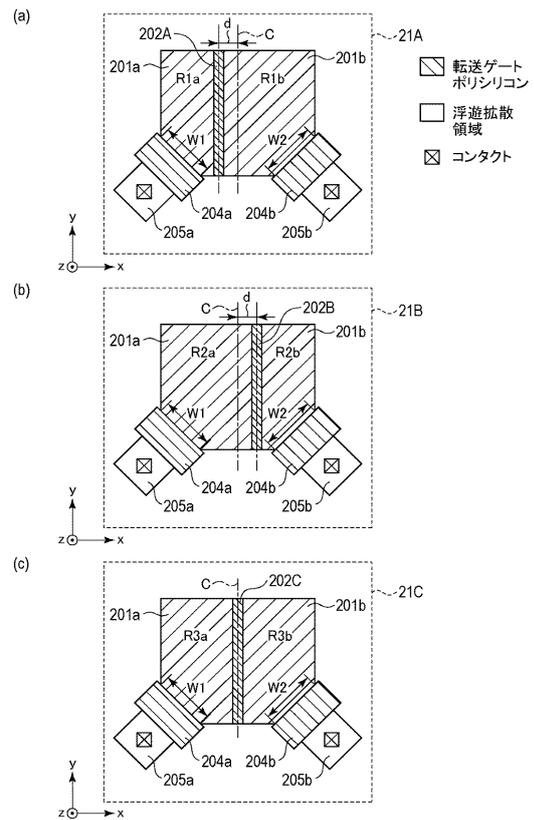
【図4】



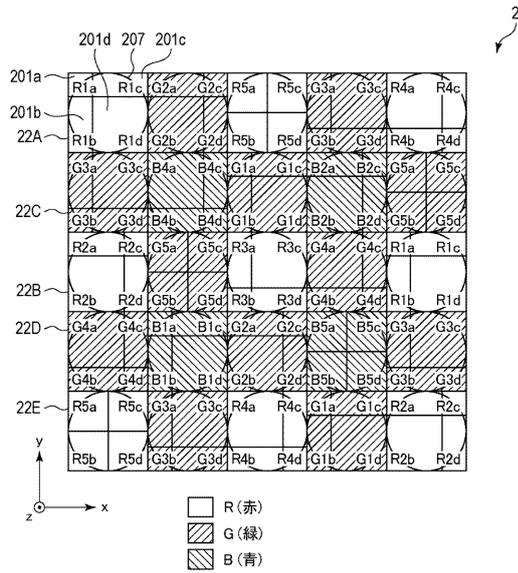
【図5】



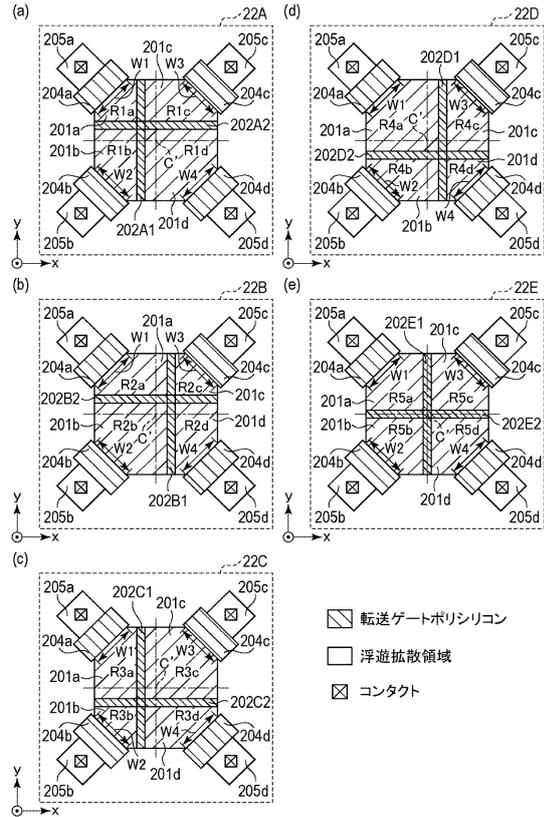
【図6】



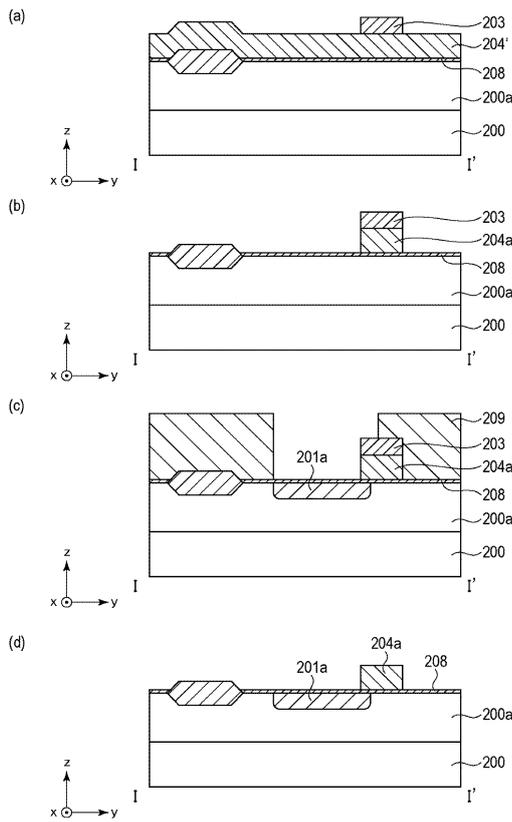
【図7】



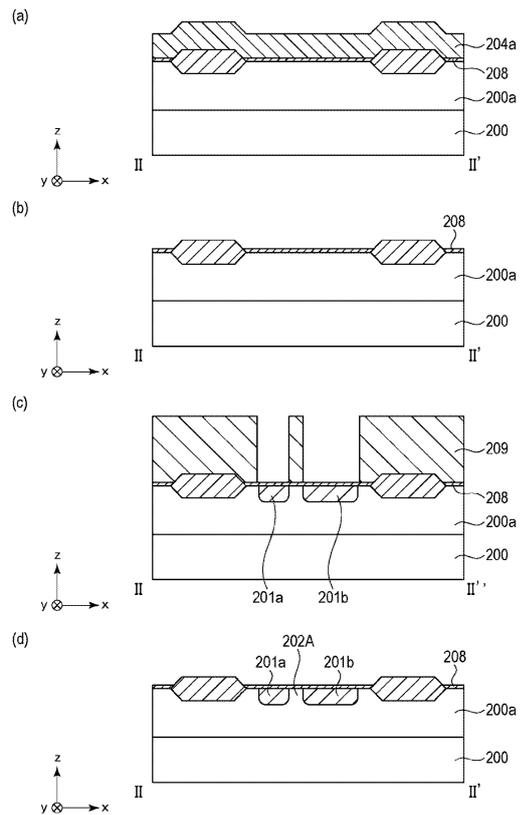
【図8】



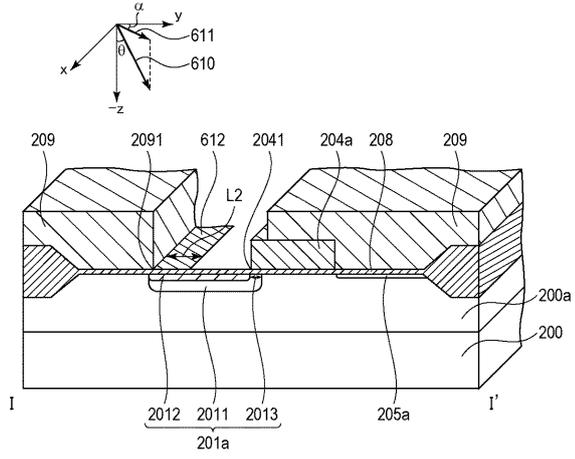
【図9】



【図10】



【 図 1 1 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
**G 0 3 B 13/36 (2006.01)** G 0 3 B 13/36

- (74)代理人 100134393  
 弁理士 木村 克彦
- (74)代理人 100174230  
 弁理士 田中 尚文
- (74)代理人 100114915  
 弁理士 三村 治彦
- (72)発明者 高田 佳明  
 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 岩根 正晃  
 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 河野 祥士  
 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 福田 浩一  
 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 斎藤 潤一  
 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 高尾 友美  
 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) 2H011 BA23 BB02  
 2H151 BA06 CB09 CB22 CB24 CB26 CB29  
 4M118 AA10 AB01 AB03 BA14 CA02 CA20 CA22 CA25 DD04 EA03  
 EA08 FA06 GB09 GC08 GC14 GD03 GD04  
 5C024 AX01 BX01 BX06 CX04 CY17 CY47 GX03 GY31 HX12