

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6164849号  
(P6164849)

(45) 発行日 平成29年7月19日 (2017. 7. 19)

(24) 登録日 平成29年6月30日 (2017. 6. 30)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 N 5/359 (2011. 01)

H O 4 N 5/359

G O 2 B 7/28 (2006. 01)

G O 2 B 7/28

K

G O 2 B 7/34 (2006. 01)

G O 2 B 7/34

G O 3 B 13/36 (2006. 01)

G O 3 B 13/36

H O 4 N 5/232 (2006. 01)

H O 4 N 5/232

1 2 O

請求項の数 21 (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-7281 (P2013-7281)  
 (22) 出願日 平成25年1月18日 (2013. 1. 18)  
 (65) 公開番号 特開2014-138372 (P2014-138372A)  
 (43) 公開日 平成26年7月28日 (2014. 7. 28)  
 審査請求日 平成28年1月14日 (2016. 1. 14)

(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 100110412  
 弁理士 藤元 亮輔  
 (74) 代理人 100104628  
 弁理士 水本 敦也  
 (74) 代理人 100121614  
 弁理士 平山 倫也  
 (72) 発明者 石田 千里  
 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 小川 武志  
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 信号処理装置、撮像装置、および、撮像システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第一のマイクロレンズを共有する第一の複数の画素および第二のマイクロレンズを共有する第二の複数の画素を含み、該第一の複数の画素間に設けられた境界部と、該第二の複数の画素間に設けられた境界部との飽和特性が互いに異なる撮像素子から得られる信号を処理する信号処理装置であって、

前記第一の複数の画素および前記第二の複数の画素のうち電荷量が飽和レベルに達している飽和画素を検出する飽和検出手段と、

前記飽和画素の境界部または前記飽和画素の近傍画素の境界部の飽和特性に基づいて、前記飽和画素の近傍画素を用いて前記飽和画素の電荷量を推定する推定手段と、を有する

10

【請求項 2】

前記推定手段は、前記飽和画素の周辺に配置された、異なる飽和特性を有する前記近傍画素の電荷量を用いて、該飽和画素の電荷量を推定することを特徴とする請求項 1 に記載の信号処理装置。

【請求項 3】

前記推定手段は、前記飽和画素の周辺に配置された前記近傍画素のリニアリティが保たれている画素加算値を用いて、該飽和画素の電荷量を推定することを特徴とする請求項 1 に記載の信号処理装置。

【請求項 4】

20

第一のマイクロレンズを共有する第一の複数の画素および第二のマイクロレンズを共有する第二の複数の画素を含み、該第一の複数の画素間に設けられた境界部と、該第二の複数の画素間に設けられた境界部との飽和特性が互いに異なる撮像素子と、

前記第一の複数の画素および前記第二の複数の画素のうち電荷量が飽和レベルに達している飽和画素を検出する飽和検出手段と、

前記飽和画素の境界部または前記飽和画素の近傍画素の境界部の飽和特性に基づいて、前記飽和画素の近傍画素を用いて前記飽和画素の電荷量を推定する推定手段と、を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 5】

該第一の複数の画素間に設けられた境界部および該第二の複数の画素間に設けられた境界部はそれぞれ複数の境界部を含み、

前記複数の境界部の飽和特性はそれぞれ異なることを特徴とする請求項 4 に記載の撮像装置。

【請求項 6】

前記飽和特性を記憶する記憶手段を更に備えることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の撮像装置。

【請求項 7】

前記第一の複数の画素は、

第一の画素、第二の画素、および、第三の画素と、

前記第一の画素と前記第二の画素との間に設けられた第一の境界部と、

前記第一の画素と前記第三の画素との間に設けられた第二の境界部と、を有し、

前記第一の画素の電荷量が飽和した場合、該第一の画素から前記第一の境界部を介して前記第二の画素へ移動する第一の電荷量は、該第一の画素から前記第二の境界部を介して前記第三の画素へ移動する第二の電荷量よりも多く、

前記第二の複数の画素は、

第四の画素、第五の画素、および、第六の画素と、

前記第四の画素と前記第五の画素との間に設けられた第三の境界部と、

前記第四の画素と前記第六の画素との間に設けられた第四の境界部と、を有し、

前記第四の画素の電荷量が飽和した場合、該第四の画素から前記第三の境界部を介して前記第五の画素へ移動する第三の電荷量は、該第四の画素から前記第四の境界部を介して前記第六の画素へ移動する第四の電荷量よりも多いことを特徴とする請求項 4 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 8】

前記第一の画素の電荷量が飽和した場合、

前記第一の境界部は、前記第一の画素から前記第二の画素への電荷移動を可能とするように構成され、

前記第二の境界部は、前記第一の画素から前記第三の画素への電荷移動を妨げるように構成され、

前記第四の画素の電荷量が飽和した場合、

前記第三の境界部は、前記第四の画素から前記第五の画素への電荷移動を可能とするように構成され、

前記第四の境界部は、前記第四の画素から前記第六の画素への電荷移動を妨げるように構成されていることを特徴とする請求項 7 に記載の撮像装置。

【請求項 9】

前記第一の境界部および前記第三の境界部を互いに異なる方向に設けることにより、前記第一の複数の画素および前記第二の複数の画素の前記飽和特性は互いに異なることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の撮像装置。

【請求項 10】

前記第一の複数の画素は、第一の画素および第二の画素と、該第一の画素と該第二の画素との間に設けられた第一の境界部とを有し、

10

20

30

40

50

前記第二の複数の画素は、第三の画素および第四の画素と、該第三の画素と該第四の画素との間に設けられた第二の境界部とを有し、

前記第一の画素および前記第三の画素の電荷量が飽和した場合、該第一の画素から前記第一の境界部を介して前記第二の画素へ移動する第一の電荷量は、該第三の画素から前記第二の境界部を介して前記第四の画素へ移動する第二の電荷量よりも多いことを特徴とする請求項 4 に記載の撮像装置。

【請求項 1 1】

前記第一の画素および前記第三の画素の電荷量が飽和した場合、

前記第一の境界部は、前記第一の画素から前記第二の画素への電荷移動を可能とするように構成され、

前記第二の境界部は、前記第三の画素から前記第四の画素への電荷移動を妨げるように構成されていることを特徴とする請求項 1 0 に記載の撮像装置。

【請求項 1 2】

前記第一のマイクロレンズと前記第二のマイクロレンズとを二次元状に交互に配列することにより、前記第一の複数の画素および前記第二の複数の画素の前記飽和特性は互いに異なることを特徴とする請求項 1 0 または 1 1 に記載の撮像装置。

【請求項 1 3】

前記第一の境界部および前記第二の境界部は P 型半導体で構成されており、

前記第一の境界部の P 型不純物濃度は、前記第二の境界部の P 型不純物濃度よりも低いことを特徴とする請求項 7 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 1 4】

前記第一の境界部の幅は前記第二の境界部の幅よりも狭いことを特徴とする請求項 7 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 1 5】

撮像光学系と、

請求項 4 乃至 1 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置と、を有することを特徴とする撮像システム。

【請求項 1 6】

第一のマイクロレンズを共有する第一の複数の画素および第二のマイクロレンズを共有する第二の複数の画素を含み、該第一の複数の画素および該第二の複数の画素の飽和特性が互いに異なる撮像素子を有し、

前記第一の複数の画素は、第一の位置に第一の画素、第二の位置に第二の画素、および、第三の位置に第三の画素と、該第一の画素と該第二の画素との間に設けられた第一の境界部、および、該第一の画素と該第三の画素との間に設けられた第二の境界部とを有し、

前記第一の画素の電荷量が飽和した場合、該第一の画素から前記第一の境界部を介して前記第二の画素へ移動する第一の電荷量は、該第一の画素から前記第二の境界部を介して前記第三の画素へ移動する第二の電荷量よりも多く、

前記第二の複数の画素は、前記第一の位置に第四の画素、前記第二の位置に第五の画素、および、前記第三の位置に第六の画素と、該第四の画素と該第五の画素との間に設けられた第三の境界部、および、該第四の画素と該第六の画素との間に設けられた第四の境界部と、を有し、

前記第四の画素の電荷量が飽和した場合、該第四の画素から前記第三の境界部を介して前記第五の画素へ移動する第三の電荷量は、該第四の画素から前記第四の境界部を介して前記第六の画素へ移動する第四の電荷量よりも多く、

前記第一の複数の画素および前記第二の複数の画素のうち電荷量が飽和レベルに達している前記第一の位置における飽和画素を検出する飽和検出手段と、

前記第二の位置における前記第二の画素および第四の画素を用いて、前記第一の複数の画素のうち前記第二の画素を推定することで前記第一の位置における前記飽和画素の電荷量を推定する推定手段と、を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 1 7】

10

20

30

40

50

第一のマイクロレンズを共有する第一の複数の画素および第二のマイクロレンズを共有する第二の複数の画素を含み、該第一の複数の画素および該第二の複数の画素の飽和特性が互いに異なる撮像素子を有し、

前記第一の複数の画素は、第一の位置に第一の画素、第二の位置に第二の画素、第三の位置に第三の画素、および、第四の位置に第四の画素と、該第一の画素と該第二の画素との間および該第三の画素と該第四の画素との間に設けられた第一の境界部、および、該第一の画素と該第三の画素との間および該第二の画素と該第四の画素との間に設けられた第二の境界部と、を有し、

前記第一の画素の電荷量が飽和した場合、該第一の画素から前記第一の境界部を介して前記第二の画素へ移動する第一の電荷量は、該第一の画素から前記第二の境界部を介して前記第三の画素へ移動する第二の電荷量よりも多く、

10

前記第二の複数の画素は、前記第一の位置に第五の画素、前記第二の位置に第六の画素、第三の位置に第七の画素、および、前記第四の位置に第八の画素と、該第五の画素と該第七の画素との間および該第六の画素と該第八の画素との間に設けられた第三の境界部、および、該第五の画素と該第六の画素との間および該第七の画素と該第八の画素との間に設けられた第四の境界部と、を有し、

前記第五の画素の電荷量が飽和した場合、該第五の画素から前記第三の境界部を介して前記第六の画素へ移動する第三の電荷量は、該第五の画素から前記第四の境界部を介して前記第七の画素へ移動する第四の電荷量よりも多く、

前記第一の複数の画素および前記第二の複数の画素のうち電荷量が飽和レベルに達している前記第一の位置における飽和画素を検出する飽和検出手段と、

20

前記第二の位置における前記第二の画素および第四の画素を用いて、前記第一の複数の画素のうち前記第二の画素を推定することで前記第一の位置における前記飽和画素の電荷量を推定する推定手段と、を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 18】

前記第一の画素の電荷量が飽和した場合、

前記第一の境界部は、前記第一の画素から前記第二の画素への電荷移動を可能とするように構成され、

前記第二の境界部は、前記第一の画素から前記第三の画素への電荷移動を妨げるように構成され、

30

前記第五の画素の電荷量が飽和した場合、

前記第三の境界部は、前記第五の画素から前記第六の画素への電荷移動を可能とするように構成され、

前記第四の境界部は、前記第七の画素から前記第六の画素への電荷移動を妨げるように構成されていることを特徴とする請求項 17 に記載の撮像装置。

【請求項 19】

前記第一の境界部および前記第三の境界部を互いに異なる方向に設けることにより、前記第一の複数の画素および前記第二の複数の画素の前記飽和特性は互いに異なることを特徴とする請求項 17 または 18 に記載の撮像装置。

【請求項 20】

40

前記推定手段は、前記第一のマイクロレンズを共有する、飽和している第一の画素の電荷量を、

前記第一のマイクロレンズを共有する、飽和していない別の第一の画素の電荷量を前記第一のマイクロレンズとは異なる前記第二のマイクロレンズを共有する、前記別の第一の画素の周囲にある第二の画素の電荷量を用いて算出し、

算出された前記別の第一の画素の電荷量と前記撮像素子によって得られた前記別の第一の画素の電荷量を比較し、

前記比較結果を用いることで推定し、

前記第一の画素の電荷量が飽和している場合、前記第一の画素から前記別の第一の画素へ、電荷は移動可能であることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

50

## 【請求項 21】

前記推定手段は、前記第一のマイクロレンズを共有する、飽和している第一の画素の電荷量を、前記第一の画素から別の第一の画素へ移動する電荷量を計算することで推定し、

前記別の第一の画素は、前記第一のマイクロレンズを共有し、その電荷量は飽和しておらず、

前記第一の画素から前記別の第一の画素へ移動する電荷量は、前記第一のマイクロレンズとは異なる前記第二のマイクロレンズを共有する、前記別の第一の画素の周囲にある第二の画素の電荷量を用いて算出され、

前記第一の画素の電荷量が飽和している場合、前記第一の画素から前記別の第一の画素へ、電荷は移動可能であることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、1つのマイクロレンズを共有する複数の画素を備えた撮像素子から得られる信号を処理する信号処理装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来から、1つのマイクロレンズを共有する複数の画像を備えた撮像素子を用いて、その撮像素子から得られた2つの瞳分割画像の位相差に基づいて焦点検出を行う撮像装置が知られている。特許文献1には、1つのマイクロレンズを共有する複数の画像を備えた撮像素子を有する撮像装置が開示されている。特許文献1に開示された撮像装置は、撮像素子から得られた2つの瞳分割画像の位相差に基づいて焦点検出を行うとともに、1つのマイクロレンズを共有する複数の画素の加算信号（加算電荷）を用いて撮像信号を生成することで高品位な画像出力を得ることができる。

20

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献1】特開2001-83407号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

30

## 【0004】

しかしながら、特許文献1に開示された撮像装置において、各分割画素が飽和すると、高精度な焦点検出を行うことができない。

## 【0005】

そこで本発明は、焦点検出の精度を向上させた信号処理装置、撮像装置、および、撮像システムを提供する。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

本発明の一側面としての信号処理装置は、第一のマイクロレンズを共有する第一の複数の画素および第二のマイクロレンズを共有する第二の複数の画素を含み、該第一の複数の画素間に設けられた境界部と、該第二の複数の画素間に設けられた境界部との飽和特性が互いに異なる撮像素子から得られる信号を処理する信号処理装置であって、前記第一の複数の画素および前記第二の複数の画素のうち電荷量が飽和レベルに達している飽和画素を検出する飽和検出手段と、前記飽和画素の境界部または前記飽和画素の近傍画素の境界部の飽和特性に基づいて、前記飽和画素の近傍画素を用いて前記飽和画素の電荷量を推定する推定手段と、を有する。

40

## 【0007】

本発明の他の側面としての撮像装置は、第一のマイクロレンズを共有する第一の複数の画素および第二のマイクロレンズを共有する第二の複数の画素を含み、該第一の複数の画素間に設けられた境界部と、該第二の複数の画素間に設けられた境界部との飽和特性が互

50

いに異なる撮像素子と、前記第一の複数の画素および前記第二の複数の画素のうち電荷量が飽和レベルに達している飽和画素を検出する飽和検出手段と、前記飽和画素の境界部または前記飽和画素の近傍画素の境界部の飽和特性に基づいて、前記飽和画素の近傍画素を用いて前記飽和画素の電荷量を推定する推定手段と、を有する。

【 0 0 0 8 】

本発明の他の側面としての撮像システムは、撮像光学系と、前記撮像装置とを有する。

【 0 0 0 9 】

本発明の他の目的及び特徴は、以下の実施例において説明される。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、特許文献 1 の技術を用いて最終画像の画質を向上しつつも、多分割の瞳分離されたそれぞれの像の、飽和による像くずれを補正する事ができる。それにより、焦点検出精度の向上の効果が期待できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】本実施形態における撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】本実施形態における撮像素子の構成図である。

【図 3】本実施形態の撮像素子において、像高の高い位置の画素が光を受光する場合の説明図である。

【図 4】本実施形態の撮像素子における画素のバリエーションを示す図である。

【図 5】実施例 1 における撮像素子の画素配列を示す図である。

【図 6】実施例 1 において、画面周辺におけるケラレが各画素に発生している状況を示す図である。

【図 7】実施例 2 における撮像素子の画素配列を示す図である。

【図 8】実施例 3 における撮像素子の画素配列を示す図である。

【図 9】本実施形態の撮像素子の要部断面およびポテンシャルの概略図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【 0 0 1 3 】

まず、図 1 を参照して、本実施形態における撮像装置 1 0 0 の構成について説明する。図 1 は、撮像装置 1 0 0 の構成を示すブロック図である。1 0 1 はレンズユニット（撮像光学系）、1 0 2 は撮像素子、および、1 0 3 は A / D 変換部である。撮像素子 1 0 2 は、第一のマイクロレンズを共有する第一の複数の画素および第二のマイクロレンズを共有する第二の複数の画素を含む。また撮像素子 1 0 2 において、第一の複数の画素および第二の複数の画素の飽和特性は互いに異なるように構成されている。

【 0 0 1 4 】

1 0 4 は飽和検出部（飽和検出手段）である。飽和検出部 1 0 4 は、撮像素子 1 0 2 における第一の複数の画素および第二の複数の画素のうち電荷量が飽和レベルに達している飽和画素を検出する。1 0 5 は飽和補正部である。飽和補正部 1 0 5 は、飽和検出部 1 0 4 から出力された信号（飽和画素を示す信号）に基づいて、飽和画素に対する補正処理を行う。すなわち飽和補正部 1 0 5 は、飽和画素の近傍画素を用いて飽和画素の電荷量を推定する推定手段である。後述の各実施例のように、飽和補正部 1 0 5 は、飽和画素の周辺に配置された近傍画素の電荷量を用いて飽和画素の電荷量を推定する。または、飽和補正部 1 0 5 は、飽和画素の周辺に配置された近傍画素のリニアリティが保たれている画素加算値を用いて飽和画素の電荷量を推定する。本実施形態において、飽和検出部 1 0 4 および飽和補正部 1 0 5 は、撮像素子 1 0 2 から得られる信号を処理する信号処理装置を構成する。

【 0 0 1 5 】

106は、1つのマイクロレンズを共有する複数の画素から得られる信号を加算するAB像加算部である。107は、AB像加算部106から出力された加算信号に対してカラー映像信号に変換する処理などの各種の信号処理を行う信号処理部である。信号処理部107は、各種の信号処理を行って得られた画像データを撮影画像として出力する。

【0016】

108は、A像とB像とを分離するAB像分離部である。AB像分離部108には、飽和補正部105からAB像加算部106に入力された信号と同じ信号が入力され、2つの異なる像信号が出力される。109は相関演算部（演算手段）である。相関演算部109は、撮像素子102の複数の画素の少なくとも一部から得られた信号（像信号）に基づいて相関演算を行う。110はデフォーカス量算出部である。111は撮像装置100のシステム全体を制御する制御マイコンである。

10

【0017】

113は飽和レベルの個体差を記憶するROM（記憶手段）である。従来、撮像素子102の飽和レベルを検出する回路として、飽和時に発生する色の非線形部分や偽色を消す目的のものが存在していた。しかし、飽和周辺で彩度をなだらかに変化させて飽和レベルにおいて真っ白にすることを目的とするため、厳密に飽和レベルを調整する必要がなかった。そこで本実施形態では、飽和による電荷漏れを高精度に補正するため、飽和レベルの個体差をシステムのROM113に予め記憶しておく。

【0018】

なお、本実施形態の撮像装置100は、レンズユニット101（撮像光学系）を一体的に備えた構成されているが、これに限定されるものではない。本実施形態は、撮像光学系（レンズ装置）が着脱可能な撮像装置本体と、撮像装置本体に取り付けられた撮像光学系とを有する撮像システムにも適用可能である。

20

【0019】

次に、図2を参照して、本実施形態における撮像素子の構成について説明する。図2は、本実施形態における撮像素子102の構成図であり、図2(a)は撮像素子102の要部断面図、図2(b)は画素204～207（受光部）の平面図である。

【0020】

図2(a)において、マイクロレンズ201は、光（入射光）を効率的に受光部としての画素204～207（複数の光電変換部）に集光する。カラーフィルタ202は、入射光のうち所望の波長域の光のみを選択的に通過させる。203は、半導体（撮像素子102）の配線層である。カラーフィルタ202を通過した光は、画素204～207（フォトダイオード）で受光され、光電変換が行われる。

30

【0021】

撮像素子102は、通常、1つのマイクロレンズ201に対して1つの受光部（フォトダイオード）を有するが、本実施形態では、1つのマイクロレンズ201に対する受光部（画素）を複数に分割することにより、瞳分割像を取得する。多分割受光部として、例えば水平方向に2分割および垂直方向に2分割の合計4分割の受光部（4分割画素）を設けた場合、上側の2画素を加算し、かつ、下側の2画素を加算すれば、垂直方向に2分割して得られる瞳分割画像と同等の画像を得ることができる。一方、4分割画素のうち左側の2画素を加算し、かつ、右側2画素を加算すれば、垂直方向に2分割して得られる瞳分割画像と同等の画像を得ることができる。したがって、水平方向または垂直方向の2分割画素と比較して、1つのマイクロレンズ201の単位で垂直方向および水平方向の両方の瞳分割画像を同時に得ることが可能である。

40

【0022】

図2(b)に示されるように、撮像素子102は、1つのマイクロレンズ201に対して4分割された画素204～207を有する。本実施形態において、画素204～207は、1つのマイクロレンズ201を共有する複数の画素（第一の画素、第二の画素、および、第三の画素）を含む。以下、説明の便宜上、画素207、206、204をそれぞれ第一の画素、第二の画素、および、第三の画素とするが、これに限定されるものではない

50

。

## 【0023】

4分割された受光部（画素204～207）には、それぞれの画素の電荷量が飽和した場合、電荷を隣接画素に積極的に漏出させる構造を有する境界部601と、電荷を積極的に漏出させない構造を有する境界部602が形成されている。境界部601（第一の境界部または第三の境界部）は、画素207（第一の画素または第四の画素）と画素206（第二の画素または第五の画素）との間（および、画素205と画素204との間）に設けられている。また、境界部602（第二の境界部または第四の境界部）は、画素207（第一の画素または第四の画素）と画素204（第三の画素または第六の画素）との間（および、画素206と画素205との間）に設けられている。

10

## 【0024】

第一の画素（例えば画素207）の電荷量が飽和した場合、境界部601は、第一の画素から第二の画素（例えば画素206）への電荷移動を可能とするように（電荷が漏れやすいように）構成される。一方、第一の画素（例えば画素207）の電荷量が飽和した場合、境界部602は、第一の画素から第三の画素（例えば画素204）への電荷移動を妨げるように（電荷が漏れにくいように）構成されている。すなわち画素207の電荷量が飽和した場合、画素207から境界部601を介して画素206へ移動する電荷量（第一の電荷量、第三の電荷量）は、画素207から境界部602を介して画素204へ移動する電荷量（第二の電荷量、第四の電荷量）よりも多い。

## 【0025】

20

続いて図3を参照して、画素の電荷量の飽和について説明する。マイクロレンズに入射した光が分割した画素に均等当たっている場合、分割画素を加算すればリニアリティが保たれることになる。しかし、像高の高い位置にある画素においては、分割した画素に均等に光が当たらない。

## 【0026】

図3は、像高の高い位置において、マイクロレンズ201を通して画素204、205（受光部）に光が照射している様子を示している。図3において、光軸の中心は画素204、205の右側遠方に位置している。光は、通常、画像の周辺部ほど斜めから入射するため、画素205はより多くの光を受光するが、画素204はほとんど光を受光しない。このため、画素205（画素205の電荷量）は、画素204（画素204の電荷量）よりも先に飽和状態に到達してしまう。このため、加算した値のリニアリティが崩れてしまう。

30

## 【0027】

このような現象を回避するため、本実施形態では、図2に示されるような境界部601、602を設けている。例えば、飽和に到達した画素205で発生した電荷が画素204に漏れ込むように構成することで、画素205と画素204の値を加算して得られた加算画素値のリニアリティが保たれる。

## 【0028】

次に、図9を参照して、境界部601、602の構造の一例について説明する。図9（a）は本実施形態の撮像素子102の要部の断面構造を示し、図9（b）は図9（a）の半導体領域の信号電荷に対するポテンシャルを模式的に示す図である。なお、図9（b）では、隣接する2つのマイクロレンズ212a、212bに対応する4つの画素（光電変換素子）を示しているが、4つの画素が1つのマイクロレンズを共有する構成でも、境界部601、602に関する説明は適用可能である。

40

## 【0029】

図9（a）において、321a、321bはカラーフィルタである。322は配線層である。ここでは異なる高さに配された3つの配線層を図示している。P型半導体領域324と複数のN型半導体領域213、214とがPN接合を構成する。P型半導体領域324は、半導体領域323上に配置されている。半導体領域323は、例えばP型半導体基板またはN型半導体基板を用いて構成される。

50



## 【0030】

画素（光電変換素子）はN型半導体領域213、214及びP型半導体領域324を含んで構成される。具体的には、P型半導体領域324とN型半導体領域213a、213bとで二つの画素（光電変換素子PD1、PD2）が構成される。また、P型半導体領域324とN型半導体領域214a、214bとで二つの画素（光電変換素子PD3、PD4）が構成される。N型半導体領域213a、213b、214a、214bは、電子に対してポテンシャルが低くなっており、信号電荷を収集する領域である。更にN型半導体領域213a、213b、214a、214bの入射面側にP型半導体領域を配していわゆる埋め込み型のフォトダイオードとしてもよい。光電変換素子PD1、PD2には、1つのマイクロレンズ212aにより集光された光が入射する。また光電変換素子PD3、PD4には、1つのマイクロレンズ212bにより集光された光が入射する。

10

## 【0031】

光電変換素子PD1、PD2にそれぞれ含まれるN型半導体領域213a、213bの間には、P型半導体領域326が形成されている。P型半導体領域326は、N型半導体領域213a、213bの間における電子に対するポテンシャル障壁として機能する。P型半導体領域326は、図2（b）の境界部601に相当する。

## 【0032】

光電変換素子PD2、PD3は互いに隣接して配置されているが、光電変換素子PD2、PD3には互いに異なるマイクロレンズ212a、212bにより集光された光がそれぞれ入射する。光電変換素子PD2、PD3にそれぞれ含まれるN型半導体領域213b、214aの間には、P型半導体領域325が形成されている。P型半導体領域325は、N型半導体領域213bとN型半導体領域214aとの間における電子に対するポテンシャル障壁として機能する。P型半導体領域325は、図2（b）の境界部602に相当する。

20

## 【0033】

本実施形態では、P型半導体領域325とP型半導体領域326の不純物濃度とを異ならせる。具体的には、P型半導体領域326のP型不純物濃度が、P型半導体領域325のP型不純物濃度よりも低い。このような濃度関係とすることにより、光電変換素子PD1、PD2間のポテンシャル障壁の高さを、光電変換素子PD2、PD3間のポテンシャル障壁の高さより低くすることが可能となる。

30

## 【0034】

図9（b）に示されるように、光電変換素子PD1、PD2間のポテンシャル障壁327の高さはh1である。また、光電変換素子PD2、PD3間のポテンシャル障壁328の高さはh2である。光電変換素子PD1、PD2間のポテンシャル障壁の高さh1は、光電変換素子PD2、PD3間のポテンシャル障壁の高さh2よりも低い。

## 【0035】

本実施形態において、ポテンシャル障壁327を構成するP型半導体領域325のP型の不純物濃度を、ポテンシャル障壁328を構成するP型半導体領域326のP型の不純物濃度の3倍以上に設定するのが好ましい。このような構成によれば、電荷の持つポテンシャル（室温27で約26mV）と同程度のポテンシャル障壁の差を形成することができる。さらに好ましくは、撮像装置（撮像素子102）の動作温度範囲を考慮して、不純物濃度を10倍以上に設定する。

40

## 【0036】

なお本実施形態では、境界部601の不純物濃度を境界部602の不純物濃度よりも低くしているが、これに限定されるものではなく、例えば、境界部601の幅を境界部602の幅よりも狭くすることにより、同様の効果を達成することができる。

## 【実施例1】

## 【0037】

次に、図4（a）、（b）、および、図5を参照して、本発明の実施例1における飽和補正部105による補正方法について説明する。本実施例は、分割画素が4つ（4分割画

50

素構成)の場合の補正方法である。

#### 【0038】

図4(a)、(b)は、本実施例における撮像素子102の画素のバリエーションを示す図である。図5は、撮像素子102の画素配列を示す図である。本実施例において、撮像素子102の画素はバイヤー配列を有して構成される。R、G、Bの各画素は、図4の(a)、(b)に示されるように、一つのマイクロレンズ201に対して上下左右に均等に4分割された画素である。

#### 【0039】

図4(a)、(b)において、画素を分割する境界部602は電荷が漏れない境界(電荷が漏れにくい境界)であり、境界部601は電荷が漏れる(電荷が漏れやすい境界)である。このため、図4(a)に示される画素の電荷は縦方向に(画素a、cとの間、または、画素b、dとの間で)漏れる。図4(a)において、例えば、画素b、d、aがそれぞれ第一の画素、第二の画素、第三の画素となる。一方、図4(b)に示される画素の電荷は横方向に(画素a、bの間、または、画素c、dの間で)漏れる。図4(b)において、例えば、画素b、a、dがそれぞれ第四の画素、第五の画素、第六の画素となる。本実施例において、図5に示されるように、このような特性を有する画素(図4(a)の縦漏れ画素と図4(b)の横漏れ画素)を、同色隣接画素のそれぞれについて交互になるように配置する。

#### 【0040】

4つに瞳分割する場合、例えば、図4(a)の画素a、cを加算して得られた画素信号と、画素b、dを加算して得られた画素信号により位相差信号を生成することにより、被写体が縦縞のパターンの場合でも正確な焦点検出が可能となる。また、図4(b)の画素a、bを加算して得られた画素信号と画素c、dを加算して得られた画素信号により位相差信号を生成することにより、被写体が横縞のパターンの場合でも正確な焦点検出が可能となる。

#### 【0041】

また、より高精度にデフォーカス量を検出するには、焦点検出画素の基線長を長くすることが効果的である。このため、例えば、図4(a)、(b)の画素a、d、または、画素b、cのように、対角線上の画素により位相差信号を生成することで焦点検出精度を向上させることができる。

#### 【0042】

< 4分割画素のうち1画素が飽和した場合に周囲の非破壊画素の値を用いて補正する場合 >

続いて、図5を参照して、4つに瞳分割した画素のうち右上の画素が飽和している場合における画素704(G画素)の補正方法について説明する。画素704Gbが飽和した場合、画素704は電荷が横方向に漏れる構造を有するため、画素704Gaの電荷は画素704Gaに漏れる。このため、画素704Gaの電荷量は、本来の画素704Gaの電荷量に画素704Gbから漏れた電荷量を足した値となる。一方、画素704は電荷が縦方向に漏れない構造を有するため、画素704Gcと画素704Gdは本来の値(本来の電荷量)が保たれており非破壊である(本来の電荷量が失われていない)。このため、画素704Gaおよび画素704Gbが補正対象となる。

#### 【0043】

ここで、図6を参照して、ケラレについて説明する。ケラレとは、絞りを開放付近に設定した場合にレンズの被写体側や本体側の縁で光束が制限される現象であり、口径食ともいう。光軸中心においては絞りよりもレンズの縁のほうが大きいいため影響がないが、像高が高くなると影響が生じる場合がある。図6は、画面周辺におけるケラレが各画素に発生している状況を示している。画素に対する入射角もケラレも光軸中心から像高が高くなるにつれてなだらかに変化する。このため、近傍画素同士ではほぼ同じ特性を示す。

#### 【0044】

画素701Gbが飽和した場合、画素701は電荷が縦方向に漏れる構造を有するため

、画素701Gbの電荷は画素701Gdに漏れる。このため、画素701Gdの電荷量は、本来の画素701Gdの電荷量に画素701Gbから漏れた電荷量を足した値となる。一方、画素701は電荷が横方向に漏れない構造を有するため、画素701Gaと画素701Gcは本来の値（本来の電荷量）が保たれており非破壊である。同様に、画素702、画素705、画素706の画素Ga、Gcも非破壊である。

【0045】

本実施例では、補正対象画素の周囲に正しい値（正しい電荷量）を有する画素が存在するため、飽和補正部105は、補正対象画素の本来の電荷量（正しい値）を欠陥画素補正により推定することができる。具体的には、以下の式（1）で表されるように、周囲の（近傍の）同色の非破壊画素の平均値から画素704Gaの本来の値を導出することができる。

10

【0046】

【数1】

$$\frac{\text{画素701Ga} + \text{画素702Ga} + \text{画素705Ga} + \text{画素706Ga}}{4} = \text{本来の画素704Ga} \cdots (1)$$

【0047】

画素704Gaは、本来の値に画素704Gbから漏れた電荷を足した値となっている。このため、以下の式（2）で表されるように、画素704Gaの値（実際の値）と本来の画素704Gaの値との差分を画素704Gbに加算することにより、画素704Gbの本来の値を導出することができる。

20

【0048】

【数2】

$$\text{画素704Gb} + (\text{画素704Ga} - \text{本来の画素704Ga}) = \text{本来の画素704Gb} \cdots (2)$$

【0049】

< 4分割画素のうち2画素が飽和した場合に周囲の二 特性の出ていない加算画素値を用いて補正する場合 >

続いて、図5を参照して、4つに腫分割した画素のうち上部の2画素が飽和している場合における画素704（G画素）の補正方法について説明する。画素704Gaおよび画素704Gbが飽和した場合、画素704は電荷が縦方向に漏れない構造を有するため、画素704Gcおよび画素704Gdは本来の値が保たれており非破壊である。このため、画素704Gaおよび画素704Gbが補正対象となる。

30

【0050】

画素701Gaおよび画素701Gbが飽和した場合、画素701は電荷が縦方向に漏れる構造を有するため、画素701Gaの電荷は画素701Gcに漏れる。このため、画素701Gcは本来の画素701Gcの値に画素701Gaから漏れた電荷を足した値になる。同様に、画素701Gbの電荷は画素701Gdに漏れるため、画素701Gdは本来の画素701Gdの値に画素701Gbから漏れた電荷を足した値になる。周囲の（近傍の）同色画素の画素Gaおよび画素Gcの加算画素値と、画素Gbおよび画素Gdの加算画素値は、いずれも、加算画素としては飽和していないためニアリティが保たれる。このため、この値は信頼に値する。

40

【0051】

本実施例では、補正対象画素の周囲に正しい値（正しい電荷量）を有する画素が存在するため、飽和補正部105は、補正対象画素の本来の電荷量（正しい値）を欠陥画素補正により推定することができる。すなわち、周囲の同色画素（画素701）の画素Gbおよび画素Gdの加算画素値と画素704Gbおよび画素704Gdの加算画素値とは、同一（実質的に同一）であると推定される。この点は、画素702、画素705、画素706の画素Ga、Gcおよび画素Gb、Gdのそれぞれの加算画素についても同様である。

【0052】

このため、以下の式（3）で表されるように、周囲の同色画素の画素Ga、Gcの加算

50

画素値の平均値から非破壊画素 7 0 4 G c の画素値を減算することにより、画素 7 0 4 G a の本来の値を導出することができる。

【 0 0 5 3 】

【 数 3 】

$$\frac{(\text{画素}701Ga + \text{画素}701Gc) + (\text{画素}702Ga + \text{画素}702Gc) + (\text{画素}705Ga + \text{画素}705Gc) + (\text{画素}706Ga + \text{画素}706Gc)}{4}$$

→ 画素 7 0 4 G c = 本来の画素 7 0 4 G a ... (3)

【 0 0 5 4 】

また、画素 7 0 4 G b の本来の値についても、同様の手順で導出することができる。

【 0 0 5 5 】

< 4 分割画素のうち 2 画素が飽和した場合に周囲の非破壊画素値を用いて補正する場合 >

続いて、図 5 を参照して、4 つに 2 分割した画素のうち上部の 2 画素が飽和している場合における画素 7 0 5 ( G 画素 ) の補正方法について説明する。画素 7 0 5 G a および画素 7 0 5 G b が飽和した場合、画素 7 0 5 は電荷が縦方向に漏れる構造を有するため、画素 7 0 5 G a の電荷が画素 7 0 5 G c に漏れる。このため、画素 7 0 5 G c の値 ( 電荷量 ) は、本来の画素 7 0 5 G c の値 ( 本来の電荷量 ) に画素 7 0 5 G a から漏れた電荷量を足した値になる。同様に、画素 7 0 5 G b の電荷は画素 7 0 5 G d に漏れるため、画素 7 0 5 G d の値は、本来の画素 7 0 5 G d の値に画素 7 0 5 G b から漏れた電荷量を足した値になる。このため画素 7 0 5 G a、画素 7 0 5 G b、画素 7 0 5 G c、画素 7 0 5 G d が補正対象となる。

【 0 0 5 6 】

画素 7 0 3 G a および画素 7 0 3 G b が飽和した場合、画素 7 0 3 は電荷が縦方向に漏れない構造を有するため、画素 7 0 3 G c および画素 7 0 3 G d は、本来の値が保たれており非破壊である。画素 7 0 4、画素 7 0 7、画素 7 0 8 の画素 G c、G d も同様に非破壊である。

【 0 0 5 7 】

本実施例では、補正対象画素の周囲に正しい値 ( 正しい電荷量 ) を有する画素が存在するため、飽和補正部 1 0 5 は、補正対象画素の本来の電荷量 ( 正しい値 ) を欠陥画素補正により推定することができる。具体的には、以下の式 ( 4 ) で表されるように、周囲画素 ( 近傍画素 ) の画素 G c の平均値から本来の画素 7 0 5 G c の値を導出する。

【 0 0 5 8 】

【 数 4 】

$$\frac{\text{画素}703Gc + \text{画素}704Gc + \text{画素}707Gc + \text{画素}708Gc}{4} = \text{本来の画素}705Gc \dots (4)$$

【 0 0 5 9 】

また、画素 7 0 5 G c の値 ( 実際の値 ) は、画素 7 0 5 G c の本来の値に、画素 7 0 5 G a の値から漏れた電荷を足した値である。このため、以下の式 ( 5 ) で表されるように、本来の画素 7 0 5 G c の値と画素 7 0 5 G c の値との差分を画素 7 0 5 G a に加算することにより、本来の画素 7 0 5 G a の値を導出する。

【 0 0 6 0 】

【 数 5 】

( 画素 7 0 5 G c

→ 本来の画素 7 0 5 G c ) + 画素 7 0 5 G a = 本来の画素 7 0 5 G a ... (5)

【 0 0 6 1 】

画素 7 0 5 G b および画素 7 0 5 G d についても、同様の手順で導出することができる。

【 0 0 6 2 】

以上のように、本実施例では、第一の境界部 ( 第一のマイクロレンズの境界部 6 0 1 ) および第三の境界部 ( 第二のマイクロレンズの境界部 6 0 1 ) を互いに異なる方向 ( 縦方

10

20

30

40

50

向、横方向)に設ける。換言すると、第二の境界部(第一のマイクロレンズの境界部602)および第四の境界部(第二のマイクロレンズの境界部602)を互いに異なる方向に設ける。これにより、第一の複数の画素(図4(a)中の画素a~d)および第二の複数の画素(図4(b)中の画素a~d)の飽和特性が互いに異なるように構成される。このため、飽和画素が存在する場合でも近傍画素を用いて飽和画素の本来の電荷量を求めることができる。

#### 【実施例2】

##### 【0063】

次に、図4(c)、(d)、および、図7を参照して、本発明の実施例2における飽和補正部105による補正方法について説明する。本実施例は、分割画素が3つ(3分割画素構成)の場合の補正方法である。

##### 【0064】

図4(c)、(d)は、本実施例における撮像素子102の画素のバリエーションを示す図である。図7は、撮像素子102の画素配列を示す図である。本実施例において、撮像素子102の画素はペイヤー配列を有して構成される。R、G、Bの各画素は、図4の(c)、(d)に示されるように、一つのマイクロレンズ201に対して縦方向に均等に3分割された画素である。

##### 【0065】

図4(c)、(d)において、画素を分割する境界部602は電荷が漏れない境界(電荷が漏れにくい境界)であり、境界部601は電荷が漏れる(電荷が漏れやすい境界)である。図4(c)において、画素a(第三の画素)が飽和した場合、画素aの電荷は画素b(第一の画素)に漏れない。画素bが飽和した場合、画素bの電荷は画素c(第二の画素)に漏れるが、画素aには漏れない。また画素cが飽和した場合、画素cの電荷は画素bに漏れる。同様に、図4(d)において、画素a(第五の画素)と画素b(第四の画素)との間での電荷漏れは生じない。本実施例において、図7に示されるように、このような特性を有する画素(図4(c)の画素と図4(d)の画素)を、同色隣接画素のそれぞれについて交互になるように配置する。

##### 【0066】

<3分割画素のうち1画素が飽和した場合に周囲の二特性の出ていない加算画素値を用いて補正する場合>

続いて、図7を参照して、3つに瞳分割した画素のうち右側の画素が飽和している場合における画素904(G画素)の補正方法について説明する。画素904Gcが飽和した場合、画素904は画素904Gbと画素904Gaとの間には電荷が漏れない構造を有するため、画素904Gbおよび画素904Gaは、本来の値が保たれており非破壊である。このため、画素904Gcが補正対象となる。

##### 【0067】

画素901Gcが飽和した場合、画素901Gcから画素901Gbに電荷が漏れるため、画素901Gbの値は本来の画素901Gbの値に画素901Gcから漏れた電荷を足した値になる。一方、画素901Gaには電荷が漏れないため、画素901Gaは本来の値が保たれており非破壊である。

##### 【0068】

画素901Gbの値と画素901Gcの値とを加算して得られた加算画素値はリニアリティが保たれているため、この加算画素値は信頼に値する。同様に、画素902、画素905、画素906の画素Gb、Gcの加算画素値も信頼に値する。

##### 【0069】

本実施例では、補正対象画素の周囲に正しい値(正しい電荷量)を有する画素が存在するため、飽和補正部105は、補正対象画素の本来の電荷量(正しい値)を欠陥画素補正により推定することができる。具体的には、以下の式(6)で表されるように、周囲の同色画素の画素Gb、Gcを加算した値の平均値から画素904Gbの値を減算することに

10

20

30

40

50

より、画素 9 0 4 G c の本来の値を導出する。

【 0 0 7 0 】

【 数 6 】

$$\frac{(\text{画素}901Gb + \text{画素}901Gc) + (\text{画素}902Gb + \text{画素}902Gc) + (\text{画素}905Gb + \text{画素}905Gc) + (\text{画素}906Gb + \text{画素}906Gc)}{4}$$

→ 画素 9 0 4 G b = 本来の画素 9 0 4 G c ... (6)

【 0 0 7 1 】

< 3 分割画素のうち 1 画素が飽和した場合に周囲の非破壊画素の値を用いて補正する場合 >

続いて、図 7 を参照して、3 つに瞳分割した画素のうち右側の画素が飽和している場合における画素 9 0 5 ( G 画素 ) の補正方法について説明する。画素 9 0 5 G c が飽和した場合、画素 9 0 5 は画素 9 0 5 G c から画素 9 0 5 G b に電荷が漏れる構造を有するため、画素 9 0 5 G b の値は本来の画素 9 0 5 G b の値に画素 9 0 5 G c から漏れた電荷を足した値になる。一方、画素 9 0 5 G a には電荷が漏れないため、画素 9 0 5 G a は本来の値が保たれており非破壊である。このため、画素 9 0 5 G b および画素 9 0 5 G c が補正対象となる。

【 0 0 7 2 】

画素 9 0 3 G c が飽和した場合、画素 9 0 3 は画素 9 0 3 G b および画素 9 0 3 G a に電荷が漏れない構造を有するため、画素 9 0 3 G b および画素 9 0 3 G a は本来の値が保たれており非破壊である。同様に、画素 9 0 4、画素 9 0 7、画素 9 0 8 の画素 G a、G b も非破壊である。

【 0 0 7 3 】

本実施例では、補正対象画素の周囲に正しい値 ( 正しい電荷量 ) を有する画素が存在するため、飽和補正部 1 0 5 は、補正対象画素の本来の電荷量 ( 正しい値 ) を欠陥画素補正により推定することができる。具体的には、以下の式 ( 7 ) で表されるように、周囲の画素 G b の平均値から本来の画素 9 0 5 G b の値を導出する。

【 0 0 7 4 】

【 数 7 】

$$\frac{(\text{画素}903Gb + \text{画素}904Gb + \text{画素}907Gb + \text{画素}908Gb)}{4} = \text{本来の画素}905Gb \dots (7)$$

【 0 0 7 5 】

また、画素 9 0 5 G b の値 ( 実際の値 ) は、本来の画素 9 0 5 G b の値に、飽和した画素 9 0 5 G c から漏れた電荷を足した値である。このため、以下の式 ( 8 ) で表されるように、本来の画素 9 0 5 G b の値と画素 9 0 5 G b の値との差分を画素 9 0 5 G c に加算することにより、本来の画素 9 0 5 G c の値を導出する。

【 0 0 7 6 】

【 数 8 】

(画素 9 0 5 G b

→ 本来の画素 9 0 5 G b ) + 画素 9 0 5 G c = 本来の画素 9 0 5 G c ... (8)

【 0 0 7 7 】

以上のように、本実施例では、第一の境界部 ( 第一のマイクロレンズの境界部 6 0 1 ) および第三の境界部 ( 第二のマイクロレンズの境界部 6 0 1 ) を互いに異なる位置 ( 対応するマイクロレンズに対して互いに異なる位置 ) に設ける。換言すると、第二の境界部 ( 第一のマイクロレンズの境界部 6 0 2 ) および第四の境界部 ( 第二のマイクロレンズの境界部 6 0 2 ) を互いに異なる位置に設ける。これにより、第一の複数の画素 ( 図 4 ( c ) 中の画素 a ~ c ) および第二の複数の画素 ( 図 4 ( d ) 中の画素 a ~ c ) の飽和特性が互いに異なるように構成される。このため、飽和画素が存在する場合でも近傍画素を用いて飽和画素の本来の電荷量を求めることができる。

【 実施例 3 】

【 0 0 7 8 】

次に、図4(e)、(f)、および、図8を参照して、本発明の実施例3における飽和補正部105による補正方法について説明する。本実施例は、分割画素が2つ(2分割画素構成)の場合の補正方法である。

【0079】

図4(e)、(f)は、本実施例における撮像素子102の画素のバリエーションを示す図である。図8は、撮像素子102の画素配列を示す図である。本実施例において、撮像素子102の画素はベイヤー配列を有して構成される。R、G、Bの各画素は、図4の(e)、(f)に示されるように、一つのマイクロレンズ201に対して縦方向に均等に2分割された画素である。

【0080】

図4(e)、(f)において、画素を分割する境界部602は電荷が漏れない境界(電荷が漏れにくい境界)であり、境界部601は電荷が漏れる(電荷が漏れやすい境界)である。このため、例えば図4(e)において、画素a(第一の画素)が飽和した場合、画素aの電荷は画素b(第二の画素)に漏れる。また、画素bが飽和した場合、画素bの電荷は画素aに漏れる。一方、図4(f)において、画素a(第三の画素)が飽和した場合、画素aの電荷は画素b(第四の画素)には漏れない。また、画素bが飽和した場合、画素bの電荷は画素aには漏れない。本実施例において、図8に示されるように、このような特性を有する画素(図4(e)の画素と図4(f)の画素)を、同色隣接画素のそれぞれについて交互になるように配置する。

【0081】

< 2分割画素のうち1画素が飽和した場合に周囲の非破壊画素の値を用いて補正する場合 >

続いて、図8を参照して、2つに瞳分割した画素のうち右側の画素が飽和している状況における画素1004(G画素)の補正方法について説明する。画素1004Gbが飽和した場合、画素1004は画素1004Gbから画素1004Gaに電荷が漏れる構造を有するため、画素1004Gaの値は本来の画素1004Gaの値に画素1004Gbから漏れた電荷を足した値になる。このため、画素1004Gaおよび画素1004Gbが補正対象となる。

【0082】

画素1001Gbが飽和した場合、画素1001は画素1001Gbから画素1001Gaには電荷が漏れない構造を有するため、画素1001Gaは本来の値が保たれており非破壊である。同様に、画素1002、画素1005、画素1006も非破壊である。

【0083】

本実施例では、補正対象画素の周囲に正しい値(正しい電荷量)を有する画素が存在するため、飽和補正部105は、補正対象画素の本来の電荷量(正しい値)を欠陥画素補正により推定することができる。具体的には、以下の式(9)で表されるように、周囲の画素Gbの平均値から本来の画素1004Gbの値を導出する。

【0084】

【数9】

$$\left( \frac{\text{画素1001Gb} + \text{画素1002Gb} + \text{画素1005Gb} + \text{画素1006Gb}}{4} \right) = \text{本来の画素1004Gb} \dots (9)$$

【0085】

< 2分割したうち1画素が飽和した場合に周囲の二特性の出ていない加算画素値を用いて補正する場合 >

続いて、図8を参照して、2つに瞳分割した画素のうち右側の画素が飽和している場合における画素1005(G画素)の補正方法について説明する。画素1005Gbが飽和した場合、画素1005は画素1005Gaに電荷が漏れない構造を有するため、画素1005Gaは本来の値が保たれており非破壊である。このため、画素1005Gbが補正対象となる。

【0086】

画素1003Gbが飽和した場合、画素1003は画素1003Gbから画素1003Gaに電荷が漏れる構造を有するため、画素1003Gaの値は本来の画素1003Gaの値に画素1003Gbから漏れた電荷を足した値になる。画素1003Gaおよび画素1003Gbを加算した値（加算画素値）はリニアリティが保たれているため、この加算画素値は信頼に値する。同様に、画素1004、画素1007、画素1008の加算画素値も信頼に値する。

#### 【0087】

本実施例では、補正対象画素の周囲に正しい値（正しい電荷量）を有する画素が存在するため、飽和補正部105は、補正対象画素の本来の電荷量（正しい値）を欠陥画素補正により推定することができる。具体的には、以下の式（10）で表されるように、周囲の同色の加算画素値の平均値から画素1005Gaを減算することにより、画素1005Gbの本来の値を導出する。

#### 【0088】

#### 【数10】

$$\left( \frac{(\text{画素1003Ga} + \text{画素1003Gb}) + (\text{画素1004Ga} + \text{画素1004Gb}) + (\text{画素1007Ga} + \text{画素1007Gb}) + (\text{画素1008Ga} + \text{画素1008Gb})}{4} \right) - \text{画素1005Ga} = \text{本来の画素1005Gb} \dots (10)$$

#### 【0089】

以上のとおり、本実施例によれば、第一のマイクロレンズと第二のマイクロレンズとを二次元状に交互に配列することにより、第一の複数の画素および第二の複数の画素の飽和特性は互いに異なる。これにより、第一の複数の画素（図4（e）中の画素a、b）および第二の複数の画素（図4（f）中の画素a、b）の飽和特性が互いに異なるように構成される。このため、飽和画素が存在する場合でも近傍画素を用いて飽和画素の本来の電荷量を求めることができる。

#### 【0090】

上記各実施例の構成によれば、電荷の漏れ方が互いに異なる複数の画素（周囲画素）を配置しているため、周囲の同色非破壊画素の値を用いて本来の値（本来の電荷量）を推定することができる。また、加算画素として考えた場合、ニー特性が発生する加算画素と、リニアリティが保たれる加算画素とを交互に配列することにより、相互補完が可能である。また各実施例では、周囲の同色画素の平均値を用いているが、これに限定されるものではなく、欠陥画素補正のアルゴリズムを用いて補正を行ってもよい。また各実施例では、周囲の同色画素を用いて補正しているが、これに限定されるものではない。例えば、周囲の色から色毎の比率を求め、先に色毎の感度の違いを補正することで、周囲の上下左右の画素に基づいて補正することもできる。

#### 【0091】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

#### 【符号の説明】

#### 【0092】

- 102 撮像素子
- 104 飽和検出回路
- 105 飽和補正回路
- 201 マイクロレンズ
- 204、205 画素

10

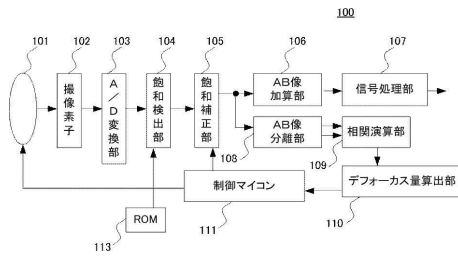
20

30

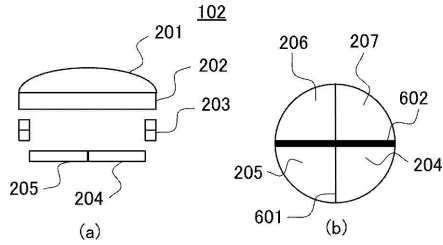
40



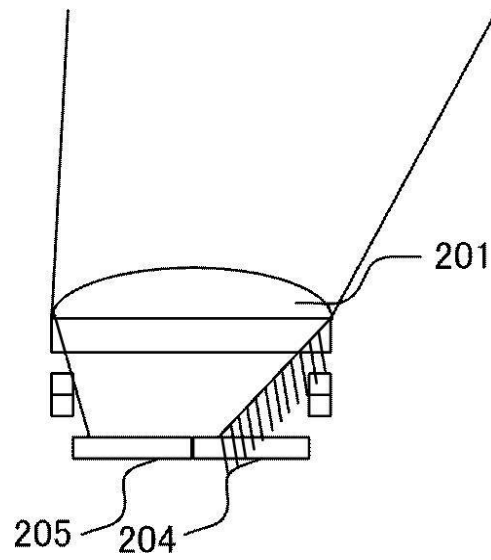
【図 1】



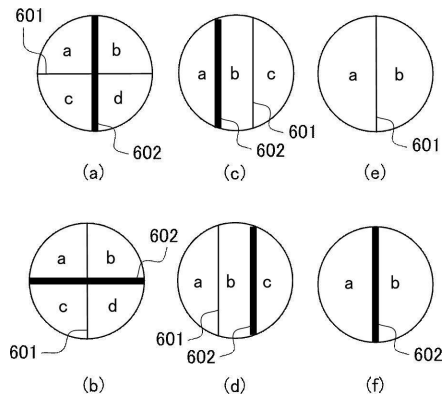
【図 2】



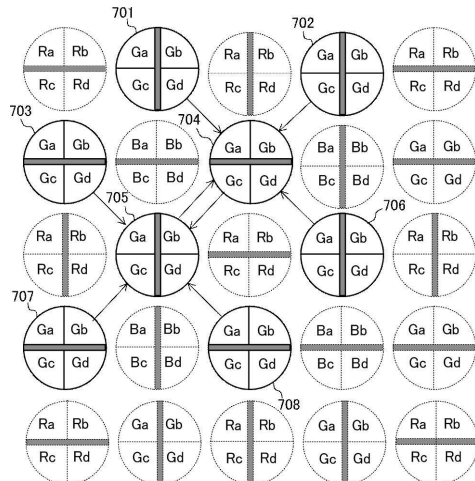
【図 3】



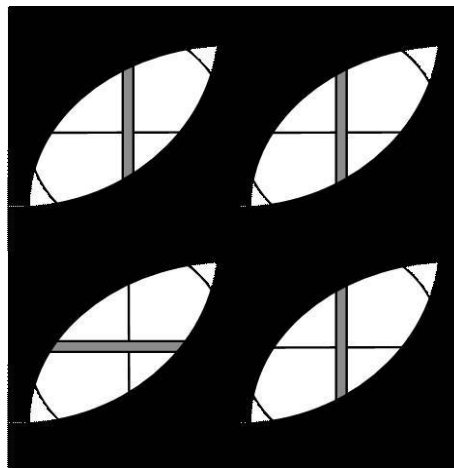
【図 4】



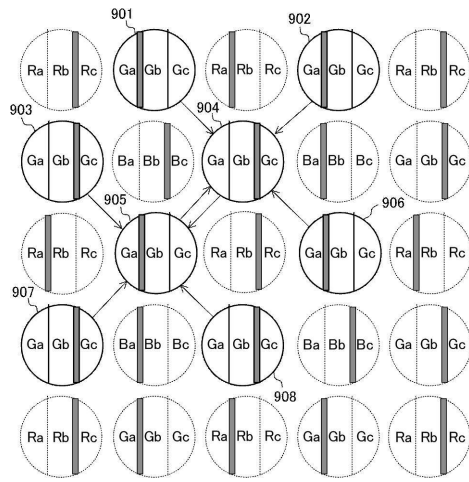
【図 5】



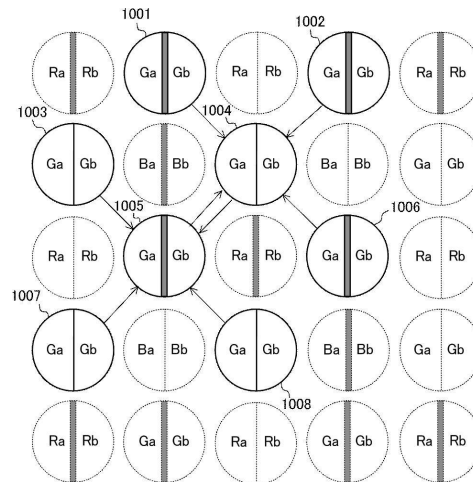
【図 6】



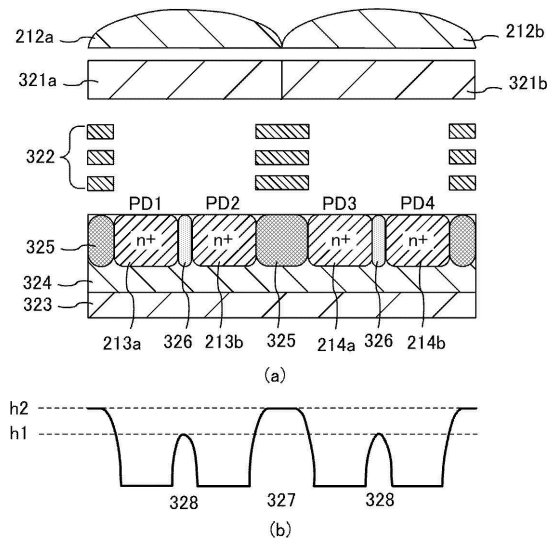
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

 フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
<i>H 0 4 N</i>	<i>5/347</i>	<i>(2011.01)</i>	<i>H 0 4 N</i>	<i>5/347</i>	
<i>H 0 4 N</i>	<i>5/369</i>	<i>(2011.01)</i>	<i>H 0 4 N</i>	<i>5/369</i>	
<i>H 0 4 N</i>	<i>5/341</i>	<i>(2011.01)</i>	<i>H 0 4 N</i>	<i>5/341</i>	
<i>H 0 1 L</i>	<i>27/146</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 1 L</i>	<i>27/146</i>	D

審査官 鈴木 明

(56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 1 9 5 9 2 1 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 2 - 2 0 9 2 2 3 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

*H 0 4 N*      *5 / 3 0 - 5 / 3 7 8*  
*G 0 2 B*      *7 / 3 4*  
*G 0 3 B*      *1 3 / 3 6*  
*H 0 4 N*      *5 / 2 2 2 - 5 / 2 5 7*  
*H 0 1 L*      *2 7 / 1 4 - 2 7 / 1 4 8*  
*G 0 2 B*      *7 / 2 8*