

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5482923号
(P5482923)

(45) 発行日 平成26年5月7日(2014.5.7)

(24) 登録日 平成26年2月28日(2014.2.28)

| (51) Int. Cl. | | F I | |
|---------------|-------------------------|------|---------|
| GO2B | 7/28 (2006.01) | GO2B | 7/11 N |
| GO2B | 7/34 (2006.01) | GO2B | 7/11 C |
| GO3B | 13/36 (2006.01) | GO3B | 3/00 A |
| HO4N | 5/232 (2006.01) | HO4N | 5/232 H |
| HO4N | 101/00 (2006.01) | HO4N | 101:00 |

請求項の数 8 (全 24 頁)

| | | | |
|------------|-------------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2013-31030 (P2013-31030) | (73) 特許権者 | 000004112 株式会社ニコン |
| (22) 出願日 | 平成25年2月20日(2013.2.20) | | 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号 |
| (62) 分割の表示 | 特願2007-298248 (P2007-298248) の分割 | (74) 代理人 | 100084412 弁理士 永井 冬紀 |
| 原出願日 | 平成19年11月16日(2007.11.16) | (74) 代理人 | 100078189 弁理士 渡辺 隆男 |
| (65) 公開番号 | 特開2013-140385 (P2013-140385A) | (72) 発明者 | 日下 洋介 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内 |
| (43) 公開日 | 平成25年7月18日(2013.7.18) | | |
| 審査請求日 | 平成25年2月20日(2013.2.20) | 審査官 | 齋藤 卓司 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 焦点検出装置および撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1及び第2の光電変換部を有する焦点検出用画素が撮影画面の周辺において前記撮影画面の中心から放射方向に複数個配列され、光学系を通過する1対の光束が形成する1対の像をそれぞれ前記第1及び第2の光電変換部によって受光して1対の像信号を生成する焦点検出用画素列と、

前記第1の光電変換部の出力信号と前記撮影画面の中心から前記第2の光電変換部の位置までの距離に起因する第1のクロストーク率とに基づくクロストーク補正量で当該第2の光電変換部の出力信号を補正すると共に、前記第2の光電変換部の出力信号と前記撮影画面の中心から前記第1の光電変換部の位置までの距離に起因する第2のクロストーク率とに基づくクロストーク補正量で当該第1の光電変換部の出力信号を補正する補正手段と、

前記補正手段による補正後の前記第1及び第2の光電変換部の出力信号により生成される前記1対の像信号に基づいて、前記1対の像のズレ量を検出する像ズレ検出手段と、

前記像ズレ検出手段により検出された前記像のズレ量に基づいて、前記光学系の焦点調節状態を検出する焦点検出手段と、を備え、

前記第1の光電変換部と前記撮影画面の中心との距離は、前記第2の光電変換部と前記撮影画面の中心との距離よりも大きく、前記第2のクロストーク率は、前記第1のクロストーク率よりも大きいことを特徴とする焦点検出装置。

【請求項2】

請求項 1 に記載の焦点検出装置において、

前記焦点検出用画素は、1つのマイクロレンズと前記焦点検出用画素の配列方向に並置された前記第1及び第2の光電変換部としての1対の光電変換部とを有することを特徴とする焦点検出装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の焦点検出装置において、

前記補正手段は、前記光学系の絞り開口 F 値に応じて前記クロストーク補正量を変更することを特徴とする焦点検出装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の焦点検出装置と、

二次元状に配列され、前記光学系を通過する光束を受光して撮像用の出力信号を出力する複数の撮像用画素を有する撮像素子と、を更に備え、

前記焦点検出用画素は前記撮像用画素の配列中に配置され、

前記補正手段は、前記焦点検出用画素の第1及び第2の光電変換部の出力信号を当該焦点検出用画素の周囲に位置する前記撮像用画素の出力信号に基づくクロストーク補正量で補正することを特徴とする撮像装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の撮像装置において、

前記撮像用画素は、異なる色に感度を有する複数種類の画素からなり、

前記補正手段は、前記クロストーク補正量を前記周囲に位置する前記撮像用画素の色感度に応じて変更することを特徴とする撮像装置。

【請求項 6】

二次元状に配列され、光学系を通過する光束を受光して撮像用の出力信号を出力する光電変換部をそれぞれ有する複数の撮像用画素と、

前記光学系を通過する1対の光束をそれぞれ受光するように第1の方向に並置された第1及び第2の光電変換部を有する焦点検出用画素が前記撮像用画素の配列中に前記第1の方向に複数個配列され、前記1対の光束が形成する1対の像に対応した1対の像信号を生成する焦点検出用画素列と、

前記焦点検出用画素列の焦点検出用画素の第1の光電変換部の出力信号を、前記第1の方向に関して当該焦点検出用画素の第1の光電変換部の両隣にそれぞれ位置する第2の光電変換部の出力信号の各々に基づくクロストーク補正量と、当該焦点検出用画素の近傍の複数の撮像用画素の光電変換部の出力信号の各々に基づくクロストーク補正量とで補正すると共に、当該焦点検出用画素の第2の光電変換部の出力信号を、前記第1の方向に関して当該焦点検出用画素の第2の光電変換部の両隣にそれぞれ位置する第1の光電変換部の出力信号の各々に基づくクロストーク補正量と、当該焦点検出用画素の近傍の複数の撮像用画素の光電変換部の出力信号の各々に基づくクロストーク補正量とで補正する補正手段と、

前記補正手段による補正後の前記第1及び第2の光電変換部の出力信号により生成される前記1対の像信号に基づいて、前記1対の像のズレ量を検出する像ズレ検出手段と、

前記像ズレ検出手段により検出された前記1対の像のズレ量に基づいて、前記光学系の焦点調節状態を検出する焦点検出手段と、を備えることを特徴とする焦点検出装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の焦点検出装置において、

前記第1の方向に関して当該焦点検出用画素の第2の光電変換部の両隣にそれぞれ位置する第1の光電変換部のうち、前記第2光電変換部と同一の焦点検出画素に配置された第1光電変換部の出力に基づくクロストーク補正量と、前記第2光電変換部と異なる焦点検出画素に配置された第1光電変換部の出力に基づくクロストーク補正量とを異ならせたことを特徴とする焦点検出装置。

【請求項 8】

二次元状に配列され、光学系を通過する光束を受光して撮像用の出力信号を出力する光

10

20

30

40

50

電変換部をそれぞれ有する複数の撮像用画素と、

前記光学系を通過する 1 対の光束をそれぞれ受光するように第 1 の方向に並置された第 1 及び第 2 の光電変換部を有する焦点検出用画素が前記撮像用画素の配列中に前記第 1 の方向に複数個配列され、前記 1 対の光束が形成する 1 対の像に対応した 1 対の像信号を生成する焦点検出用画素列と、

前記焦点検出用画素列の焦点検出用画素の第 1 の光電変換部の出力信号を、該第 1 の光電変換部と同一の焦点検出画素内において隣接する第 2 の光電変換部の出力信号に基づく第 1 のクロストーク補正量で補正すると共に、当該焦点検出用画素の第 2 の光電変換部の出力信号を、該第 2 の光電変換部と同一の焦点検出画素内で隣接する第 1 の光電変換部の出力信号に基づく第 2 のクロストーク補正量で補正する補正手段と、

10

前記補正手段による補正後の前記第 1 及び第 2 の光電変換部の出力信号により生成される前記 1 対の像信号に基づいて、前記 1 対の像のズレ量を検出する像ズレ検出手段と、

前記像ズレ検出手段により検出された前記 1 対の像のズレ量に基づいて、前記光学系の焦点調節状態を検出する焦点検出手段と、を備える焦点検出装置であって、

予め定められた第 1 のクロストーク率と第 2 のクロストーク率を記憶する記憶手段をさらに備え、

前記補正手段は、前記第 1 のクロストーク量を前記第 1 のクロストーク率に前記第 2 の光電変換部の出力を乗ずることにより算出し、前記第 1 の光電変換部の出力信号から前記第 1 のクロストーク量を差し引くことにより前記第 1 の光電変換部の出力信号を補正するとともに、前記第 2 のクロストーク量を前記第 2 のクロストーク率に前記第 1 の光電変換部の出力を乗ずることにより算出し、前記第 2 の光電変換部の出力信号から前記第 2 のクロストーク量を差し引くことにより前記第 2 の光電変換部の出力信号を補正することを特徴とする焦点検出装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は焦点検出装置および撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

瞳分割型位相差検出方式による焦点検出装置が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。この焦点検出装置では、1 つのマイクロレンズに対して 1 対の光電変換部を設けた焦点検出用画素を複数配列し、1 対の像を検出している。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開昭 55 - 130524 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上述した従来の焦点検出装置では、焦点検出用画素の 1 対の光電変換部で 1 対の像を検出する場合に、光電変換部の間に出力の漏れこみ（クロストーク）が発生して像ズレ量の検出精度が悪化することが判明した。

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

請求項 1 の発明による焦点検出装置は、第 1 及び第 2 の光電変換部を有する焦点検出用画素が撮影画面の周辺において前記撮影画面の中心から放射方向に複数個配列され、光学系を通過する 1 対の光束が形成する 1 対の像をそれぞれ前記第 1 及び第 2 の光電変換部によって受光して 1 対の像信号を生成する焦点検出用画素列と、前記第 1 の光電変換部の出力信号と前記撮影画面の中心から前記第 2 の光電変換部の位置までの距離に起因する第 1

50

のクロストーク率とに基づくクロストーク補正量で当該第2の光電変換部の出力信号を補正すると共に、前記第2の光電変換部の出力信号と前記撮影画面の中心から前記第1の光電変換部の位置までの距離に起因する第2のクロストーク率とに基づくクロストーク補正量で当該第1の光電変換部の出力信号を補正する補正手段と、前記補正手段による補正後の前記第1及び第2の光電変換部の出力信号により生成される前記1対の像信号に基づいて、前記1対の像のズレ量を検出する像ズレ検出手段と、前記像ズレ検出手段により検出された前記像のズレ量に基づいて、前記光学系の焦点調節状態を検出する焦点検出手段と、を備え、前記第1の光電変換部と前記撮影画面の中心との距離は、前記第2の光電変換部と前記撮影画面の中心との距離よりも大きく、前記第2のクロストーク率は、前記第1のクロストーク率よりも大きいことを特徴とする。

10

請求項6の発明による焦点検出装置は、二次元状に配列され、光学系を通過する光束を受光して撮像用の出力信号を出力する光電変換部をそれぞれ有する複数の撮像用画素と、前記光学系を通過する1対の光束をそれぞれ受光するように第1の方向に並置された第1及び第2の光電変換部を有する焦点検出用画素が前記撮像用画素の配列中に前記第1の方向に複数個配列され、前記1対の光束が形成する1対の像に対応した1対の像信号を生成する焦点検出用画素列と、前記焦点検出用画素列の焦点検出用画素の第1の光電変換部の出力信号を、前記第1の方向に関して当該焦点検出用画素の第1の光電変換部の両隣にそれぞれ位置する第2の光電変換部の出力信号の各々に基づくクロストーク補正量と、当該焦点検出用画素の近傍の複数の撮像用画素の光電変換部の出力信号の各々に基づくクロストーク補正量とで補正すると共に、当該焦点検出用画素の第2の光電変換部の出力信号を、前記第1の方向に関して当該焦点検出用画素の第2の光電変換部の両隣にそれぞれ位置する第1の光電変換部の出力信号の各々に基づくクロストーク補正量と、当該焦点検出用画素の近傍の複数の撮像用画素の光電変換部の出力信号の各々に基づくクロストーク補正量とで補正する補正手段と、前記補正手段による補正後の前記第1及び第2の光電変換部の出力信号により生成される前記1対の像信号に基づいて、前記1対の像のズレ量を検出する像ズレ検出手段と、前記像ズレ検出手段により検出された前記1対の像のズレ量に基づいて、前記光学系の焦点調節状態を検出する焦点検出手段と、を備えることを特徴とする。

20

請求項8の発明による焦点検出装置は、二次元状に配列され、光学系を通過する光束を受光して撮像用の出力信号を出力する光電変換部をそれぞれ有する複数の撮像用画素と、前記光学系を通過する1対の光束をそれぞれ受光するように第1の方向に並置された第1及び第2の光電変換部を有する焦点検出用画素が前記撮像用画素の配列中に前記第1の方向に複数個配列され、前記1対の光束が形成する1対の像に対応した1対の像信号を生成する焦点検出用画素列と、前記焦点検出用画素列の焦点検出用画素の第1の光電変換部の出力信号を、該第1の光電変換部と同一の焦点検出画素内において隣接する第2の光電変換部の出力信号に基づく第1のクロストーク補正量で補正すると共に、当該焦点検出用画素の第2の光電変換部の出力信号を、該第2の光電変換部と同一の焦点検出画素内で隣接する第1の光電変換部の出力信号に基づく第2のクロストーク補正量で補正する補正手段と、前記補正手段による補正後の前記第1及び第2の光電変換部の出力信号により生成される前記1対の像信号に基づいて、前記1対の像のズレ量を検出する像ズレ検出手段と、前記像ズレ検出手段により検出された前記1対の像のズレ量に基づいて、前記光学系の焦点調節状態を検出する焦点検出手段と、を備える焦点検出装置であって、予め定められた第1のクロストーク率と第2のクロストーク率を記憶する記憶手段をさらに備え、前記補正手段は、前記第1のクロストーク量を前記第1のクロストーク率に前記第2の光電変換部の出力を乗ずることにより算出し、前記第1の光電変換部の出力信号から前記第1のクロストーク量を差し引くことにより前記第1の光電変換部の出力信号を補正するとともに、前記第2のクロストーク量を前記第2のクロストーク率に前記第1の光電変換部の出力を乗ずることにより算出し、前記第2の光電変換部の出力信号から前記第2のクロストーク量を差し引くことにより前記第2の光電変換部の出力信号を補正することを特徴とする。

30

40

50

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、クロストークに起因する焦点検出精度の低下を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】一実施の形態のカメラの構成を示す横断面図

【図2】撮影画面上における焦点検出用画素の配置を示す図

【図3】撮像素子の詳細な構成を示す正面図

【図4】撮像用画素の構成を示す正面図

10

【図5】焦点検出用画素の構成を示す正面図

【図6】撮像用画素の分光感度特性を示す図

【図7】焦点検出用画素の分光感度特性を示す図

【図8】撮像用画素の構造を示す断面図

【図9】焦点検出用画素の構造を示す断面図

【図10】マイクロレンズを用いた瞳分割型位相差検出方式の焦点検出光学系の構成を示す図

【図11】焦点検出用画素においてクロストークが発生する原因を説明するための図

【図12】一実施の形態のデジタルスチルカメラ（撮像装置）の撮像動作を示すフローチャート

20

【図13】焦点検出用画素におけるクロストークの説明図

【図14】相関演算結果の評価方法を説明するための図

【図15】変形例の撮像素子を示す正面図

【図16】図15に示す撮像素子のクロストークの説明図

【図17】図15に示す撮像素子のクロストークの説明図

【図18】1行おきにサイズの異なる光電変換部を備えた焦点検出用画素を配列した場合のクロストークの説明図

【図19】ベイヤー配列のGB行（v行）に焦点検出用画素を配列し、上下の行がRGの撮像用画素配列となっている場合のクロストークの説明図

【図20】他の変形例の撮像素子の構成を示す正面図

30

【図21】図20に示す撮像素子状に配列される焦点検出用画素の構成を示す正面図

【図22】図20に示す撮像素子のクロストークの説明図

【図23】画面上の焦点検出用画素の位置に応じてクロストークの影響が異なることを説明するための図

【発明を実施するための形態】

【0008】

一実施の形態の撮像装置として、レンズ交換式デジタルスチルカメラを例に上げて説明する。図1は一実施の形態のカメラの構成を示す横断面図である。一実施の形態のデジタルスチルカメラ201は交換レンズ202とカメラボディ203から構成され、交換レンズ202がマウント部204を介してカメラボディ203に装着される。

40

【0009】

交換レンズ202はレンズ209、ズーミング用レンズ208、フォーカシング用レンズ210、絞り211、レンズ駆動制御装置206などを備えている。レンズ駆動制御装置206は不図示のマイクロコンピューター、メモリ、駆動制御回路などから構成され、フォーカシング用レンズ210および絞り211の駆動制御や、ズーミング用レンズ208、フォーカシング用レンズ210および絞り211の状態検出などを行う他、後述するボディ駆動制御装置214との通信によりレンズ情報の送信とカメラ情報の受信を行う。

【0010】

カメラボディ203は撮像素子212、ボディ駆動制御装置214、液晶表示素子駆動回路215、液晶表示素子216、接眼レンズ217、メモリカード219などを備えて

50

いる。撮像素子 2 1 2 には、撮像用画素が二次元状に配置されるとともに、焦点検出位置に対応した部分に焦点検出用画素が組み込まれている。

【 0 0 1 1 】

ボディ駆動制御装置 2 1 4 はマイクロコンピューター、メモリ、駆動制御回路などから構成され、撮像素子 2 1 2 の駆動制御と画像信号および焦点検出信号の読み出し、画像信号の処理と記録、焦点検出信号に基づく焦点検出演算と交換レンズ 2 0 2 の焦点調節、カメラの動作制御を行う。また、ボディ駆動制御装置 2 1 4 は電気接点 2 1 3 を介してレンズ駆動制御装置 2 0 6 と通信を行い、レンズ情報の受信とカメラ情報（デフォーカス量や絞り値等）の送信を行う。

【 0 0 1 2 】

液晶表示素子 2 1 6 は液晶ビューファインダー（EVF：電氣的ビューファインダー）として機能する。液晶表示素子駆動回路 2 1 5 は撮像素子 2 1 2 によるスルー画像を液晶表示素子 2 1 6 に表示し、撮影者は接眼レンズ 2 1 7 を介してスルー画像を観察することができる。メモリカード 2 1 9 は、撮像素子 2 1 2 により撮像された画像を記憶する画像ストレージである。

【 0 0 1 3 】

交換レンズ 2 0 2 を通過した光束により撮像素子 2 1 2 の受光面上に被写体像が形成される。この被写体像は撮像素子 2 1 2 により光電変換され、画像信号と焦点検出信号がボディ駆動制御装置 2 1 4 へ送られる。

【 0 0 1 4 】

ボディ駆動制御装置 2 1 4 は、撮像素子 2 1 2 の焦点検出用画素からの焦点検出信号に基づいてデフォーカス量を算出し、このデフォーカス量をレンズ駆動制御装置 2 0 6 へ送る。また、ボディ駆動制御装置 2 1 4 は、撮像素子 2 1 2 からの画像信号を処理してメモリカード 2 1 9 に格納するとともに、撮像素子 2 1 2 からのスルー画像信号を液晶表示素子駆動回路 2 1 5 へ送り、スルー画像を液晶表示素子 2 1 6 に表示させる。さらに、ボディ駆動制御装置 2 1 4 は、レンズ駆動制御装置 2 0 6 へ絞り制御情報を送って絞り 2 1 1 の開口制御を行う。

【 0 0 1 5 】

レンズ駆動制御装置 2 0 6 は、レンズ情報をフォーカシング状態、ズーム状態、絞り設定状態、絞り開放 F 値などに応じて変更する。具体的には、ズーム用レンズ 2 0 8 とフォーカシング用レンズ 2 1 0 の位置と絞り 2 1 1 の絞り値を検出し、これらのレンズ位置と絞り値に応じてレンズ情報を演算したり、あるいは予め用意されたルックアップテーブルからレンズ位置と絞り値に応じたレンズ情報を選択する。

【 0 0 1 6 】

レンズ駆動制御装置 2 0 6 は、受信したデフォーカス量に基づいてレンズ駆動量を算出し、レンズ駆動量に応じてフォーカシング用レンズ 2 1 0 を合焦点へ駆動する。また、レンズ駆動制御装置 2 0 6 は受信した絞り値に応じて絞り 2 1 1 を駆動する。

【 0 0 1 7 】

カメラボディ 2 0 3 にはマウント部 2 0 4 を介して種々の結像光学系を有する交換レンズ 2 0 2 が装着可能であり、カメラボディ 2 0 3 は撮像素子 2 1 2 に組み込まれた焦点検出用画素の出力に基づいて交換レンズ 2 0 2 の焦点調節状態を検出する。

【 0 0 1 8 】

図 2 は撮影画面上における焦点検出用画素の配置を示す図であり、後述する焦点検出用画素列の出力に基づいて焦点検出を行うときに、撮影画面上で像をサンプリングする領域（焦点検出エリア、焦点検出位置）を示す。この一実施の形態では、撮影画面 1 0 0 の中央および左右の 3 箇所に焦点検出エリア 1 0 1 ~ 1 0 3 が配置された例を示す。長方形で示した焦点検出エリア 1 0 1 ~ 1 0 3 の長手方向に焦点検出用画素が直線的に配列される。通常、ユーザーが焦点検出エリア 1 0 1 ~ 1 0 3 の中から構図に応じていずれかの焦点検出エリアを手動で選択する。

【 0 0 1 9 】

10

20

30

40

50

図3は撮像素子212の詳細な構成を示す正面図であり、図2に示す撮影画面中央の焦点検出エリア101付近を拡大した図である。図3において、縦横(画素の行と列)は図2に示す撮影画面100の縦横に対応している。撮像素子212は、緑画素(G)、青画素(B)および赤画素(R)からなる撮像用画素310と焦点検出用画素311から構成され、焦点検出エリア101(図2参照)には焦点検出用画素311が水平方向に配列されている。焦点検出用画素311は、撮像用画素310の緑画素(G)と青画素(B)が配置されるべき行に直線的に密に配置されている。

【0020】

図4に示すように、撮像用画素310はマイクロレンズ10、光電変換部11、不図示の色フィルターから構成される。色フィルターには赤(R)、緑(G)、青(B)の3種類があり、それぞれの分光感度は図6に示す特性になっている。撮像素子212では、赤(R)、緑(G)、青(B)の色フィルターを備えた撮像用画素がベイヤー配列されている。

10

【0021】

図5に示すように、焦点検出用画素311はマイクロレンズ10と1対の光電変換部12、13とから構成され、光電変換部12、13はそれぞれ半円形である。

焦点検出用画素311には光量をかせぐために色フィルターは配置されておらず、その分光特性は光電変換を行うフォトダイオードの分光感度特性と、赤外カットフィルター(不図示)の分光感度特性とを総合した分光感度特性(図7参照)となり、図6に示す緑画素(G)、赤画素(R)および青画素(B)の分光感度特性を加算したような分光感度特性であり、その感度の光波長領域は緑画素(G)、赤画素(R)および青画素(B)の感度の光波長領域を包括している。

20

【0022】

撮像用画素310の光電変換部11は、マイクロレンズ10により明るい交換レンズの射出瞳(たとえばF1.0)を通過する光束をすべて受光するような形状に設計されている。焦点検出用画素311の1対の光電変換部12、13は、マイクロレンズ10により交換レンズの特定の射出瞳(たとえばF2.8)を通過する光束をすべて受光するような形状に設計されている。

【0023】

図8は撮像用画素310の断面図である。撮像用画素310では、撮像用の光電変換部11の前方にマイクロレンズ10が配置され、マイクロレンズ10により光電変換部11の形状が前方に投影される。光電変換部11は半導体回路基板29上に形成され、不図示の色フィルターはマイクロレンズ10と光電変換部11の中間に配置される。

30

【0024】

図9は焦点検出用画素311の断面図である。焦点検出用画素311では、1対の光電変換部12、13の前方にマイクロレンズ10が配置され、マイクロレンズ10により光電変換部12、13の形状が前方に投影される。1対の光電変換部12、13は半導体回路基板29上に形成されるとともに、その上にマイクロレンズ10が半導体イメージセンサの製造工程により一体的かつ固定的に形成される。

【0025】

図10は、マイクロレンズを用いた瞳分割型位相差検出方式の焦点検出光学系の構成を示す。図において、90は、交換レンズ202(図1参照)の予定結像面に配置されたマイクロレンズの前方dの距離に設定された射出瞳である。距離dは、マイクロレンズの曲率、屈折率、マイクロレンズと光電変換部との間の距離などに応じて決まる距離であって、この明細書では“測距瞳距離”という。91は交換レンズ202の光軸、50、60はマイクロレンズ、(52,53)、(62,63)はマイクロレンズ50,60に対応する光電変換部、72,73、82,83は焦点検出用の光束である。

40

【0026】

また、92はマイクロレンズ50,60により射出瞳90に投影された光電変換部52,62の領域であり、この明細書では“測距瞳”という。93はマイクロレンズ50,60により射出瞳90に投影された光電変換部53,63の領域、すなわち測距瞳である。

50

なお、図10ではわかりやすくするために測距瞳92, 93を楕円形の領域で示すが、実際は光電変換部52, 53, 62, 63の形状が拡大投影された形状となる。

【0027】

図10では、光軸91上にある焦点検出用画素(マイクロレンズ50と1対の光電変換部52, 53からなる)と、隣接する焦点検出用画素(マイクロレンズ60と1対の光電変換部62, 63からなる)を模式的に例示しているが、その他の焦点検出用画素においても、1対の光電変換部はそれぞれ1対の測距瞳92, 93から各マイクロレンズに到来する光束を受光する。焦点検出用画素の配列方向は、1対の測距瞳の並び方向、すなわち1対の光電変換部の並び方向と一致させる。

【0028】

マイクロレンズ50, 60は光学系の予定結像面近傍に配置されており、光軸91上に配置されたマイクロレンズ50によってその背後に配置された1対の光電変換部52, 53の形状がマイクロレンズ50, 60から測距瞳距離dだけ離間した射出瞳90上に投影され、その投影形状は測距瞳92, 93を形成する。マイクロレンズ50に隣接して配置されたマイクロレンズ60によってその背後に配置された1対の光電変換部62, 63の形状が測距瞳距離dだけ離間した射出瞳90上に投影され、その投影形状は測距瞳92, 93を形成する。すなわち、測距瞳距離dにある射出瞳90上で各焦点検出用画素の光電変換部の投影形状(測距瞳92, 93)が一致するように、各画素のマイクロレンズと光電変換部の位置関係が決定されている。

【0029】

光電変換部52は、測距瞳92を通過してマイクロレンズ50に向う焦点検出光束72によって、マイクロレンズ50上に形成される像の強度に対応した信号を出力する。光電変換部53は、測距瞳93を通過してマイクロレンズ50に向う焦点検出光束73によって、マイクロレンズ50上に形成される像の強度に対応した信号を出力する。また、光電変換部62は、測距瞳92を通過してマイクロレンズ60に向う焦点検出光束82によって、マイクロレンズ60上に形成される像の強度に対応した信号を出力する。光電変換部63は、測距瞳93を通過してマイクロレンズ60に向う焦点検出光束83によって、マイクロレンズ60上に形成される像の強度に対応した信号を出力する。

【0030】

上述した焦点検出用画素を直線状に多数配置し、各画素の1対の光電変換部の出力を測距瞳92および測距瞳93に対応した出力グループにまとめることによって、測距瞳92と測距瞳93をそれぞれ通過する焦点検出光束が焦点検出用画素列上に形成する1対の像の強度分布に関する情報が得られる。この情報に対して後述する像ズレ検出演算処理(相関演算処理、位相差検出処理)を施すことによって、いわゆる瞳分割方式で1対の像の像ズレ量が検出される。さらに、像ズレ量に所定の変換処理を施すことにより、予定結像面に対する現在の結像面(予定結像面上のマイクロレンズアレイの位置に対応した焦点検出位置における結像面)の偏差(デフォーカス量)が算出される。

【0031】

ここで、瞳分割型位相差検出方式を用いた焦点検出装置において、焦点検出用画素の1対の光電変換部で1対の像を検出する場合に、光電変換部の間に出力の漏れこみ(クロストーク)が発生して像ズレ量の検出精度が悪化する問題について説明する。

【0032】

このような瞳分割型位相差検出方式を用いた焦点検出装置において、像ズレ量をとした場合に1対の像に対応する1対の像関数を $F(x)$ 、 $F(x + \Delta x)$ とすると、一方の像関数 $F(x)$ に対し他方の像関数 $F(x + \Delta x)$ を x 方向に相対的に変位させ、ふたつの像関数が一致したときの変位量から像ズレ量を決定する。ここで、 x は焦点検出用画素の配列方向の位置を示す。この一実施の形態では、一方の光電変換部から他方の光電変換部へ漏れこむ出力(クロストーク)を、一方の光電変換部の出力で除した比率をクロストーク率と定める。

【0033】

10

20

30

40

50

一方の光電変換部からのクロストーク率を α とすると、一方の光電変換部で検出される像関数 $G(x)$ はクロストークがない場合の像関数 $F(x)$ と対となる光電変換部で検出される像関数 $F(x + \Delta x)$ にクロストーク率 α を乗じたものの和となり、一方の光電変換部で検出される像関数 $H(x)$ はクロストークがない場合の像関数 $F(x + \Delta x)$ と対となる光電変換部で検出される像関数 $F(x)$ にクロストーク率 α を乗じたものの和となる。

$$G(x) = F(x) + \alpha \cdot F(x + \Delta x),$$

$$H(x) = F(x + \Delta x) + \alpha \cdot F(x) + \dots \quad (1)$$

このような 1 対の像関数 $G(x)$ と $H(x)$ を用いて像ズレ検出を行うと、検出された像ズレ量は真の像ズレ量 Δx よりも小さな量となってしまう。

【 0 0 3 4 】

このようなクロストークが発生する原因は、(1) 光電変換部を形成する半導体基板内部において、入射光により光電変換部の端部や深部で発生した電子が周辺の光電変換部に拡散する。(2) 半導体表面に形成される遮光メタル層、配線メタル層の間を光が反射伝播する。(3) 焦点検出用画素へ入射した光の一部が焦点検出用画素外へ反射され、この反射光がセンサーパッケージ上のカバーガラスなどで再反射されて周辺の撮像用画素に入射する、などが考えられる。

【 0 0 3 5 】

さらに、クロストークについて詳細に説明する。図 1 1 は、焦点検出用画素においてクロストークが発生する原因を説明するための図であり、焦点検出用画素の断面構造を示す。図 1 1 において、焦点検出用画素はマイクロレンズ、フィルタ、遮光メタル、配線メタル、半導体基板上に形成されたフォトダイオードからなる。なお、焦点検出用画素にはフィルタを備えなくてもよい。

【 0 0 3 6 】

このような構成において、クロストークの発生原因 (1) は、光電変換部 (フォトダイオード) に入射した光がフォトダイオードの外部や深部で光電変換されて電子を発生した後、この電子が拡散して隣接する同じ焦点検出用画素の異なる光電変換部や周囲の焦点検出用画素の光電変換部に混ざり込むことによる。クロストークの発生原因 (2) は、焦点検出用画素に入射した光が遮光メタルと配線メタルの隙間を反射伝播して、隣接する同じ焦点検出用画素の異なる光電変換部や周囲の焦点検出用画素の光電変換部に混ざり込むことによる。クロストークの発生原因 (3) は、焦点検出用画素に入射した光がフォトダイオードなどで反射していったん焦点検出用画素外に出射した後、センサーパッケージのカバーガラスや、オプチカルローパスフィルタや、赤外カットフィルタなどで反射され、再び同じ焦点検出用画素の異なる光電変換部や周囲の焦点検出用画素の光電変換部に入射して混ざり込むことによる。

【 0 0 3 7 】

クロストークの発生原因 (1) ~ (3) はともに入射光線の角度特性によりクロストークの影響度が変化し、入射光線がマイクロレンズの光軸となす角度が大きくなるにつれてクロストークが増加する傾向にある。基本的には、焦点検出用画素の光電変換部へは測距瞳 (例えば図 1 0 に示す 9 2 , 9 3) を通過した光線が入射するが、クロストークを発生する光線は測距瞳以外の領域からも焦点検出用画素に入射する。

【 0 0 3 8 】

一般に、撮影レンズの絞り開口の周辺部を通る光線の焦点検出用画素への入射角度は、絞り開口の中心部を通る光線の焦点検出用画素への入射角度より大きくなり、クロストークにより大きく影響する。このようにクロストーク量は撮影レンズの絞り開口 F 値に応じて変化するので、クロストーク補正に用いるクロストーク率を撮影レンズの絞り開口 F 値に応じて測定し、絞り開口 F 値に応じたデータとして記憶しておき、クロストーク補正の際には焦点検出用画素から焦点検出用信号データを取得した時点の絞り開口 F 値データをレンズ駆動制御装置 2 0 6 (図 1 参照) から受信し、この絞り開口 F 値データに応じたクロストーク率を用いて焦点検出用画素から出力される焦点検出用信号データに対しクロストーク補正を行う。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 9 】

また、クロストークの発生原因(1)に関しては、半導体基板への侵入深さが深い長波長光(赤)のほうが影響度は大きくなる。このような光波長によるクロストーク率の変動を入射光の分光分布特性に応じて補正するために、クロストーク率の分光特性を予め測定して記憶しておくとともに、焦点検出用画素の周囲の撮像用画素のRGB出力に基づいて、焦点検出用信号データを取得した時点の焦点検出用画素への入射光線の分光分布特性を求め、クロストークを与える画素の分光分布(フィルタ波長特性)と、測定された入射光の分光分布特性と、記憶されているクロストーク率の分光特性とに基づいて、クロストーク補正に用いるクロストーク率を補正するようにしてもよい。

【 0 0 4 0 】

クロストークの発生原因(3)に関しては、クロストーク原因となる光線がクロストークを与える画素のフィルターとクロストークを受ける画素のフィルターとを通過することになるので、クロストークの原因となる光の波長に応じてクロストーク率が変動する。このようなクロストーク率の変動を入射光の分光分布特性に応じて補正するために、クロストークを与える画素の分光分布(フィルター波長特性)と、クロストークを受ける画素の分光分布(フィルター波長特性)の組み合わせに対しクロストーク率の分光特性を予め測定して記憶しておくとともに、焦点検出用画素の周囲の撮像用画素のRGB出力に基づき焦点検出用信号データを取得した時点の焦点検出用画素への入射光線の分光分布特性を求め、クロストークを与える画素の分光分布(フィルタ波長特性)と、クロストークを受ける画素の分光分布(フィルタ波長特性)と、測定された入射光の分光分布特性と、記憶されたクロストーク率の分光特性に基づいて、クロストーク補正に用いるクロストーク率を補正するようにしてもよい。

【 0 0 4 1 】

図12は、一実施の形態のデジタルスチルカメラ(撮像装置)の撮像動作を示すフローチャートである。ボディ駆動制御装置214は、ステップ100でカメラの電源スイッチ(不図示)がオンされるとこの動作を開始する。続くステップ110で撮像用画素の画像データを間引き読み出しし、電子ビューファインダーに表示する。ステップ120では焦点検出用画素列から1対の像に対応した1対の像データを読み出す。ここでは、ユーザーが焦点検出エリア選択スイッチ(不図示)を操作していずれかの焦点検出エリアを選択しているものとする。

【 0 0 4 2 】

ステップ130において、焦点検出用画素列から読み出された1対の像データに対しクロストーク補正処理を施す。このクロストーク補正処理については後述する。ステップ140において、クロストーク補正処理がなされた1対の像データに基づいて像ズレ検出演算処理(相関演算処理)を行い、像ズレ量を演算し、さらに像ズレ量をデフォーカス量に変換する。なお、相関演算処理については詳細を後述する。

【 0 0 4 3 】

ステップ150において合焦近傍か否か、つまり算出されたデフォーカス量の絶対値が所定値以内であるか否かを調べる。合焦近傍でないと判定した場合はステップ160へ進み、デフォーカス量をレンズ駆動制御装置206に送信し、交換レンズ202のフォーカシングレンズ208を合焦位置に駆動させ、ステップ110へ戻って上述した動作を繰り返す。なお、焦点検出不能な場合もこのステップに分歧し、レンズ駆動制御装置206にスキャン駆動命令を送信し、交換レンズ202のフォーカシングレンズ208を無限から至近までの間でスキャン駆動させ、ステップ110へ戻って上述した動作を繰り返す。

【 0 0 4 4 】

一方、合焦近傍であると判定した場合はステップ170へ進み、シャッターボタン(不図示)によりシャッターリリース操作がなされたか否かを判定し、なされていないと判定した場合はステップ110へ戻って上述した動作を繰り返す。シャッターリリース操作がなされたら判定した場合はステップ180へ進み、レンズ駆動制御装置206に対して絞り調整命令を送信し、交換レンズ202の絞り値を制御F値(ユーザーまたは自動により

10

20

30

40

50

設定されたF値)にする。絞り制御が終了した時点で、撮像素子212に撮像動作を行わせ、撮像素子212のすべての撮像用画素の画像データとすべての焦点検出用画素の焦点検出用信号データを読み出す。

【0045】

ステップ190において、焦点検出用画素位置の画像データを、焦点検出用画素の焦点検出用信号データおよび周囲の撮像用画素の画像データに基づいて補間する。ステップ200では、撮像用画素の画像データおよび補間された画像データからなる画像データをメモリーカード219に保存し、ステップ110へ戻って上述した動作を繰り返す。

【0046】

次に、図12のステップ130におけるクロストーク補正処理について説明する。図13は焦点検出用画素311におけるクロストークの説明図である。図において、焦点検出用画素311の1対の光電変換部(12, 13)から出力される焦点検出用信号データを $A_2(h, v)$ 、 $A_1(h, v)$ とする。ここで、 h 、 v は図3に示す2次元画素配置における水平方向および垂直方向の画素の位置を示すための変数であり、例えば $A_2(h, v)$ 、 $A_1(h, v)$ は h 列目、 v 行目にある焦点検出用画素の1対の焦点検出用信号データを示している。

10

【0047】

図13において、光電変換部12から光電変換部13へのクロストーク率を α 、光電変換部13から光電変換部12へのクロストーク率を β とする。クロストーク率は1対の光電変換部の一方を遮光した試作センサーを用いて測定したり、測距瞳上で一方の光電変換部が受光する光束を遮光して測定され、ボディ駆動制御装置214(図1参照)に記憶される。クロストークがない場合の1対の光電変換部から出力される焦点検出用信号データを $B_2(h, v)$ 、 $B_1(h, v)$ とすると、クロストークの影響を受けた焦点検出用信号データ $A_2(h, v)$ 、 $A_1(h, v)$ は以下ようになる。

20

$$\begin{aligned} A_1(h, v) &= B_1(h, v) + \alpha \cdot B_2(h, v), \\ A_2(h, v) &= B_2(h, v) + \beta \cdot B_1(h, v) \quad \dots (2) \end{aligned}$$

【0048】

クロストークの影響は本来の出力に対して僅かであるとして、 $B_2(h, v)$ 、 $A_2(h, v)$ 、 $B_1(h, v)$ 、 $A_1(h, v)$ を(2)式に代入すれば、クロストークの影響を除去して補正した焦点検出用信号データ $B_2(h, v)$ 、 $B_1(h, v)$ は以下のように求められる。

30

$$\begin{aligned} B_1(h, v) &= A_1(h, v) - \alpha \cdot A_2(h, v), \\ B_2(h, v) &= A_2(h, v) - \beta \cdot A_1(h, v) \quad \dots (3) \end{aligned}$$

(3)式の右辺は光電変換部から出力される焦点検出用信号データおよび予め定められたクロストーク率であるから、(3)式により補正焦点検出用信号データを演算で求めることができる。

【0049】

クロストークの影響は後述するように、焦点検出用画素に対する入射光線の入射角度や、1対の光電変換部の並び方向に対する入射光線の入射方向にも依存するため、クロストーク率は焦点検出用画素の位置(画面中心からの距離)の関数として定められるとともに、1対の光電変換部に対する1対のクロストーク率は別々に定められている。(3)式をすべての1対の焦点検出用信号データに対して施すことによって、クロストーク補正処理がなされる。

40

【0050】

次に、図12のステップ140における像ズレ検出演算処理(相関演算処理)について説明する。焦点検出用画素が検出する1対の像は、測距瞳がレンズの絞り開口によりけられて光量バランスが崩れている可能性があるため、光量バランスに対して像ズレ検出精度を維持できるタイプの相関演算を施す。クロストーク補正処理が終了した1対のデータ列($B_{11} \sim B_{1M}$ 、 $B_{21} \sim B_{2M}$: M はデータ数)に対し、(4)式を用いて相関演算を行い、相関量 $C(k)$ を演算する。

$$C(k) = |B_{1n} \cdot B_{2n+1+k} - B_{2n+k} \cdot B_{1n+1}| \quad \dots (4)$$

50

(4)式において、演算は n について累積され、 n のとり範囲は像ずれ量 k に応じて B_{1n} 、 B_{1n+1} 、 B_{2n+k} 、 B_{2n+1+k} のデータが存在する範囲に限定される。像ずれ量 k は整数であり、データ列のデータ間隔を単位とした相対的シフト量である。

【0051】

(4)式の演算結果は、図14(a)に示すように、1対のデータの相関が高いシフト量(図14(a)では $k = k_j = 2$)において相関量 $C(k)$ が極小(小さいほど相関度が高い)になる。(5)式~(8)式による3点内挿の手法を用いて連続的な相関量に対する極小値 $C(x)$ を与えるシフト量 x を求める。

$$x = k_j + D / SLOP \quad \dots (5)$$

$$C(x) = C(k_j) - |D| \quad \dots (6)$$

$$D = \{C(k_j - 1) - C(k_j + 1)\} / 2 \quad \dots (7)$$

$$SLOP = MAX \{C(k_j + 1) - C(k_j), C(k_j - 1) - C(k_j)\} \quad \dots (8)$$

10

【0052】

(5)式で算出されたずれ量 x の信頼性があるかどうかは、次のようにして判定する。図14(b)に示すように、1対のデータの相関度が低い場合は、内挿された相関量の極小値 $C(x)$ の値が大きくなる。したがって、 $C(x)$ が所定のしきい値以上の場合は算出されたずれ量の信頼性が低いと判定し、算出されたずれ量 x をキャンセルする。あるいは、 $C(x)$ をデータのコントラストで規格化するために、コントラストに比例した値となる $SLOP$ で $C(x)$ を除いた値が所定値以上の場合は、算出されたずれ量の信頼性が低いと判定し、算出されたずれ量 x をキャンセルする。あるいはまた、コントラストに比例した値となる $SLOP$ が所定値以下の場合、被写体が低コントラストであり、算出されたずれ量の信頼性が低いと判定し、算出されたずれ量 x をキャンセルする。

20

【0053】

図14(c)に示すように、1対のデータの相関度が低く、シフト範囲 $k_{min} \sim k_{max}$ の間で相関量 $C(x)$ の落ち込みがない場合は、極小値 $C(x)$ を求めることができず、このような場合は焦点検出不能と判定する。

【0054】

なお、相関演算式としては(4)式に限定されず、測距瞳がレンズの絞り開口によりけられて光量バランスが崩れても像ズレ検出精度を維持できるタイプの相関演算式であればよい。算出されたずれ量 x の信頼性があると判定された場合は、(9)式により像ズレ量 s_{hft} に換算する。

$$s_{hft} = PY \cdot x \quad \dots (9)$$

(9)式において、 PY は検出ピッチ(焦点検出画素のピッチ)である。(9)式で算出された像ズレ量 s_{hft} に所定の変換係数 k を乗じてデフォーカス量 d_{ef} へ変換する。

$$d_{ef} = k \cdot s_{hft} \quad \dots (10)$$

30

【0055】

《一実施の形態の変形例》

図3に示す撮像素子212では、焦点検出用画素311を撮像用画素配列の1行に配列した例を示したが、図15に示すように焦点検出用画素311を複数行連続して配列してもよい。

40

【0056】

図16、図17は、図15に示す焦点検出用画素配列におけるクロストークの説明図である。 h 列目、 v 行目の焦点検出用画素の1対の光電変換部から出力される焦点検出用信号データを $A_1(h, v)$ 、 $A_2(h, v)$ とする。図16に、クロストークの影響を受けた光電変換部の位置とその光電変換部の焦点検出用信号データ $A_1(h, v)$ 、クロストークの影響を与えた光電変換部の位置とその光電変換部の焦点検出用信号データ、およびクロストーク率 i ($i = 0 \sim 7$)を示す。また、図17には、クロストークの影響を受けた光電変換部の位置とその光電変換部の焦点検出用信号データ $A_2(h, v)$ 、クロストークの影響を与えた光電変換部の位置とその光電変換部の焦点検出用信号データ、およびクロストーク率 i ($i = 0 \sim 7$)を示す。

50

【 0 0 5 7 】

クロストークがない場合の光電変換部の焦点検出用データを $B_1(h+m, v+n)$ 、 $B_2(h+m, v+n)$ とすると、クロストークの影響を受けた出力データ $A_1(h, v)$ 、 $A_2(h, v)$ は以下ようになる。

$$A_1(h, v) = B_1(h, v) + \alpha_0 \cdot B_2(h, v) + \alpha_1 \cdot B_2(h, v+1) + \alpha_2 \cdot B_1(h, v+1) + \alpha_3 \cdot B_2(h-1, v+1) + \alpha_4 \cdot B_2(h-1, v) + \alpha_5 \cdot B_2(h-1, v-1) + \alpha_6 \cdot B_1(h, v-1) + \alpha_7 \cdot B_2(h, v-1),$$

$$A_2(h, v) = B_2(h, v) + \beta_0 \cdot B_1(h, v) + \beta_1 \cdot B_1(h, v+1) + \beta_2 \cdot B_2(h, v+1) + \beta_3 \cdot B_1(h+1, v+1) + \beta_4 \cdot B_1(h+1, v) + \beta_5 \cdot B_1(h+1, v-1) + \beta_6 \cdot B_2(h, v-1) + \beta_7 \cdot B_1(h, v-1) \cdots (11)$$

10

【 0 0 5 8 】

クロストークの影響は本来の出力に対して僅かであるとして、 $B_1(h+m, v+n)$ 、 $A_1(h+m, v+n)$ 、 $B_2(h+m, v+n)$ 、 $A_2(h+m, v+n)$ を (11) 式に代入すると、クロストークの影響を除去して補正した焦点検出用信号データ $B_1(h, v)$ 、 $B_2(h, v)$ の算出式は以下ようになる。

$$B_1(h, v) = A_1(h, v) - \alpha_0 \cdot A_2(h, v) - \alpha_1 \cdot A_2(h, v+1) - \alpha_2 \cdot A_1(h, v+1) - \alpha_3 \cdot A_2(h-1, v+1) - \alpha_4 \cdot A_2(h-1, v) - \alpha_5 \cdot A_2(h-1, v-1) - \alpha_6 \cdot A_1(h, v-1) - \alpha_7 \cdot A_2(h, v-1),$$

$$B_2(h, v) = A_2(h, v) - \beta_0 \cdot A_1(h, v) - \beta_1 \cdot A_1(h, v+1) - \beta_2 \cdot A_2(h, v+1) - \beta_3 \cdot A_1(h+1, v+1) - \beta_4 \cdot A_1(h+1, v) - \beta_5 \cdot A_1(h+1, v-1) - \beta_6 \cdot A_2(h, v-1) - \beta_7 \cdot A_1(h, v-1) \cdots (12)$$

20

【 0 0 5 9 】

クロストーク量は光電変換部間の距離に応じて変化し、上記クロストーク補正において光電変換部間の距離が大きくなるほどクロストーク率も一般的には小さくなる。例えば図 15 において、 $\alpha_3 < \alpha_4$ となる。

【 0 0 6 0 】

図 15 に示す焦点検出画素配列においては、同じサイズの光電変換部を有する焦点検出画素を配列しているが、異なるサイズ光電変換部を有する焦点検出画素を配列してもよい。図 18 は 1 行おきにサイズの異なる光電変換部を備えた焦点検出用画素を配列した場合のクロストークの説明図であり、図 16 に示す画素配列のクロストークに対応する。v 行目には図 16 と同じサイズの光電変換部を備えた焦点検出用画素が配列されている。一方、v-1 行目と v+1 行目には v 行目の焦点検出用画素の光電変換部のサイズより小さいサイズの光電変換部を備えた焦点検出用画素が配列されている。h 列目、v 行目の焦点検出用画素の 1 対の光電変換部から出力される焦点検出用信号データを $A_1(h, v)$ 、 $A_2(h, v)$ とする。

30

【 0 0 6 1 】

図 18 には、クロストークの影響を受けた光電変換部の位置とその光電変換部の焦点検出用信号データ $A_1(h, v)$ 、クロストークの影響を与えた光電変換部の位置とその光電変換部の焦点検出用信号データ、およびクロストーク率を i 、 i' を示す。クロストーク率 i は、h 列目、v 行目の焦点検出用画素の光電変換部が同じ行の隣接する同じサイズの光電変換部から受けるクロストークの影響を表し、また、クロストーク率 i' は、h 列目、v 行目の焦点検出用画素の上下の行において周囲に位置する小さいサイズの光電変換部から受けるクロストークの影響を表す。

40

【 0 0 6 2 】

このような焦点検出用画素配列では、h 列目、v 行目の焦点検出用画素の光電変換部の補正後の焦点検出用信号データ $B_1(h, v)$ は次のようになる。

$$B_1(h, v) = A_1(h, v) - \alpha_0 \cdot A_2(h, v) - \alpha_1' \cdot A_2(h, v+1) - \alpha_2' \cdot A_1(h, v+1) - \alpha_3' \cdot A_2(h-1, v+1) - \alpha_4 \cdot A_2(h-1, v) - \alpha_5' \cdot A_2(h-1, v-1) - \alpha_6' \cdot A_1(h, v-1) - \alpha_7' \cdot A_2(h, v-1) \cdots (13)$$

同様に、もう一方の光電変換部の補正後の焦点検出用信号データ $B_2(h, v)$ も算出する

50

ことができる。また、同様な考え方で小さいサイズの光電変換部に対する補正後の焦点検出用信号データも算出することができる。

【 0 0 6 3 】

クロストーク量はクロストークを発生する光電変換部のサイズに応じて変化し、上述したクロストーク補正において光電変換部のサイズが小さくなるほどクロストーク率も一般的には小さくなる。例えば図 1 8 において、焦点検出用信号データ $A 1 (h, v)$ を発生する光電変換部から焦点検出用信号データ $A 1 (h, v + 1)$ を発生する光電変換部へのクロストーク率は、焦点検出用信号データ $A 1 (h, v + 1)$ を発生する光電変換部から焦点検出用信号データ $A 1 (h, v)$ を発生する光電変換部へのクロストーク率 $2'$ より小さくなる。

10

【 0 0 6 4 】

図 3 に示す撮像素子 2 1 2 では、 h 列目、 v 行目の焦点検出用画素の 1 対の光電変換部のクロストーク補正後の焦点検出用信号データ $B 1 (h, v)$ 、 $B 2 (h, v)$ を、(3) 式に示すように対になる光電変換部から出力される焦点検出用信号データに基づいて求めているが、隣接する焦点検出用画素の光電変換部の焦点検出用信号データと、周囲の撮像素子の光電変換部から出力される画像データに基づいて求めることもできる。

【 0 0 6 5 】

図 1 9 はベイヤー配列の $G B$ 行 (v 行) に焦点検出用画素を配列し、上下の行が $R G$ の撮像素子配列となっている場合のクロストークの説明図であり、図 1 6 に示す画素配列に対応する。 v 行目には、図 1 6 と同じサイズの光電変換部を備えた焦点検出用画素が配列されている。また、 $v - 1$ 行目と $v + 1$ 行目には、 v 行目の焦点検出用画素の光電変換部のサイズより大きなサイズの光電変換部を備えた撮像素子 ($R G$) が配列されている。 h 列目、 v 行目の焦点検出用画素の 1 対の光電変換部から出力される焦点検出用信号データを $A 1 (h, v)$ 、 $A 2 (h, v)$ とする。また、 $v - 1$ 行目、 $v + 1$ 行目の $R G$ 撮像素子から出力される画像データを $R (h + m, v - 1)$ 、 $G (h + m, v - 1)$ 、 $R (h + m, v + 1)$ 、 $G (h + m, v + 1)$ で表す。

20

【 0 0 6 6 】

図 1 9 には、クロストークの影響を受けた焦点検出用画素の光電変換部の位置とその光電変換部の焦点検出用信号データ $A 1 (h, v)$ 、クロストークの影響を与えた焦点検出用画素および撮像素子の光電変換部の位置とその光電変換部から出力される焦点検出用信号データおよび撮像素子データ、およびクロストーク率 i 、 $r i$ 、 $g i$ を示す。クロストーク率 i は、 h 列目、 v 行目の焦点検出用画素の光電変換部が同じ行の隣接する同じサイズの光電変換部から受けるクロストークの影響を表し、また、クロストーク率 $r i$ は、 h 列目、 v 行目の焦点検出画素の上下の行において周囲に位置する赤の撮像素子の光電変換部から受けるクロストークの影響を表し、さらに、クロストーク率 $g i$ は、 h 列目、 v 行目の焦点検出用画素の上下の行において周囲に位置する緑の撮像素子の光電変換部から受けるクロストークの影響を表している。

30

【 0 0 6 7 】

このような焦点検出用画素配列では、 h 列目、 v 行目の焦点検出用画素の光電変換部の補正後の焦点検出用信号データ $B 1 (h, v)$ は次のようになる。

40

$$B 1 (h, v) = A 1 (h, v) - 0 \cdot A 2 (h, v) - g 1 \cdot A 2 (h + 1, v + 1) - r 2 \cdot R (h, v + 1) - g 3 \cdot G (h - 1, v + 1) - 4 \cdot A 2 (h - 1, v) - g 5 \cdot G (h - 1, v - 1) - r 6 \cdot R (h, v - 1) - g 7 \cdot G (h + 1, v - 1) \cdots (14)$$

同様に、もう一方の光電変換部の補正後の焦点検出用信号データ $B 2 (h, v)$ も算出することができる。

【 0 0 6 8 】

クロストーク量は撮像素子の波長感度に応じて変化し、上述したクロストーク補正において R 画素のクロストーク率は G 画素のクロストーク率より一般的には大きくなる。例えば図 1 9 において、 R 画素から出力データ $A 1 (h + 1, v)$ を発生する光電変換部へのクロストーク率 $r 3$ は、 G 画素から出力データ $A 1 (h, v)$ を発生する光電変換部への

50

クロストーク率 g_3 より大きくなる。

【0069】

図15に示す撮像素子212Aでは、焦点検出用画素311がひとつの画素内に1対の光電変換部を備えた例を示したが、図20に示す撮像素子212Bのように、焦点検出用画素313, 314が1つの画素内に1つの光電変換部を備えるようにしてもよい。図20において、焦点検出用画素313と焦点検出用画素314が1対になっており、図15に示す焦点検出用画素311に相当する。

【0070】

焦点検出用画素313は、図21(a)に示すようにマイクロレンズ10と光電変換部16から構成される。また、焦点検出画素314は、図21(b)に示すようにマイクロレンズ10と光電変換部17から構成される。光電変換部16, 17はマイクロレンズ10により交換レンズの射出瞳に投影され、図10に示す測距瞳92, 93を形成する。したがって、焦点検出用画素313, 314の配列によって焦点検出に用いる1対の像の出力を得ることができる。焦点検出用画素内にひとつの光電変換部を備えることによって、撮像素子の信号読み出し回路の構成が複雑になるのを避けることができる。

【0071】

図22は、図21(a)、(b)に示す焦点検出用画素を配列した撮像素子212Bのクロストークの説明図であり、図16に示す画素配列のクロストークに対応する。v行目には図16と同じサイズの光電変換部で図21(a)に示す焦点検出用画素が配列されており、周囲を図21(a)および図21(b)に示す焦点検出用画素に囲まれている。h列目、v行目の焦点検出用画素の光電変換部から出力される焦点検出用信号データをA1(h, v)とする。

【0072】

図22には、クロストークの影響を受けた光電変換部の位置とその光電変換部の焦点検出用信号データA1(h, v)、クロストークの影響を与えた光電変換部の位置とその光電変換部の焦点検出用信号データ、およびクロストーク率 a_i 、 b_i を示す。クロストーク率 a_i は、h列目、v行目の焦点検出用画素の光電変換部が周囲の図21(a)に示す焦点検出用画素の光電変換部から受けるクロストークの影響を表し、クロストーク率 b_i は、h列目、v行目の焦点検出用画素の光電変換部が周囲の図21(b)に示す焦点検出用画素の光電変換部から受けるクロストークの影響を表している。

【0073】

このような焦点検出用画素配列では、h列目、v行目の焦点検出用画素の光電変換部の補正後の焦点検出用信号データB1(h, v)は次のようになる。

$$B1(h, v) = A1(h, v) - b_0 \cdot A2(h+1, v) - a_1 \cdot A1(h+1, v+1) \\ - b_2 \cdot A2(h, v+1) - a_3 \cdot A1(h-1, v+1) - b_4 \cdot A2(h-1, v) \\ - a_5 \cdot A1(h-1, v-1) - b_6 \cdot A2(h, v-1) - a_7 \cdot A1(h+1, v-1) \dots (15)$$

同様に、対になる光電変換部の補正後の焦点検出用信号データB2(h+1, v)も算出することができる。

【0074】

図23は、画面上の焦点検出用画素の位置に応じてクロストークの影響が異なることを説明するための図である。撮影レンズの光軸91上にある1対の光電変換部22, 23を備えた焦点検出用画素20と、光軸91から距離Zだけ離れた位置にある1対の光電変換部32, 33を備えた焦点検出用画素30を示し、焦点検出用画素20への入射光線の入射角度(光軸となす角度)より焦点検出用画素30への入射光線の入射角度が大きくなっており、周囲の焦点検出用画素や撮像用画素からのクロストーク量は焦点検出用画素30のほうが大きくなる。また、1対の光電変換部間のクロストーク量は、光軸上に位置する焦点検出用画素20の場合は等しくなるが、光軸外に配置された焦点検出用画素30の場合には、光軸に近い光電変換部33から光軸から遠い光電変換部32へのクロストークの量が、光軸から遠い光電変換部32から光軸に近い光電変換部33へのクロストークの量

より大きくなる。

【0075】

このように、クロストーク量が焦点検出用画素位置に応じて変化する場合には、クロストーク率を光軸からの距離に応じて測定して記憶しておき、クロストーク補正を行う際にクロストーク補正を行う焦点検出用信号データを出力した焦点検出用画素の位置（光軸からの距離）に応じたクロストーク率を用いてクロストーク補正を行うとともに、クロストーク量が光軸に対する光電変換部間の位置関係に応じて変化する場合には、クロストーク率を光電変換部の位置関係に応じて測定して記憶しておき、クロストーク補正を行う際にクロストーク補正に用いる光電変換部の位置関係に応じたクロストーク率を用いてクロストーク補正を行う。

10

【0076】

また、上述したように、クロストークを発生する光線は測距瞳以外の領域からも焦点検出用画素に入射する。このような光線は撮影光学系の射出瞳の大きさと射出瞳の距離（光軸上の焦点検出用画素から射出瞳までの距離）によって規定され、光軸外に配置された焦点検出用画素30に対しては、射出瞳大きさと射出瞳の距離に応じてクロストーク率が変化する。このような場合に対応するために、クロストーク補正に用いるクロストーク率を射出瞳の大きさと射出瞳の距離に応じて測定し、射出瞳の大きさおよび射出瞳距離に応じたデータとして記憶しておき、クロストーク補正の際には焦点検出用画素データを取得した時点の射出瞳の大きさデータと射出瞳距離データをレンズ駆動制御装置から受信し、射出瞳の大きさデータと射出瞳距離データに応じたクロストーク率を用いて焦点検出用信号データに対しクロストーク補正を行う。

20

【0077】

上述したクロストーク補正演算式(12)～(15)では、クロストーク補正を受ける光電変換部の最近傍にある光電変換部の出力に応じてクロストーク補正を行っているが、補正精度向上のために、クロストーク補正を受ける光電変換部からより遠くの位置にある光線変換部の出力をクロストーク補正に用いるようにすることも可能である。例えば図16においてA1(h, v)を補正するために、A1(h-1, v-1)、A1(h+1, v-1)、A2(h+1, v-1)などを使用することができる。

【0078】

図3に示す撮像素子212では、撮像用画素がベイヤー配列の色フィルターを備えた例を示したが、色フィルターの構成や配列はこれに限定されることはなく、補色フィルター（緑：G、イエロー：Ye、マゼンタ：Mg、シアン：Cy）の配列を採用してもよい。また、図3に示す撮像素子212では、焦点検出用画素に色フィルターを設けない例を示したが、撮像用画素と同色の色フィルターの内、1つのフィルター、例えば緑フィルターを備えるようにした場合でも、本発明を適用することができる。

30

【0079】

図5、図21には焦点検出用画素の光電変換部の形状を円形、半円形にした例を示したが、光電変換部の形状はこれに限定されず、他の形状にしてもよい。例えば焦点検出用画素の光電変換部の形状を楕円や矩形や多角形にすることも可能である。撮像素子の中に形状の異なる光電変換部を備えた焦点検出用画素配列を持つ場合には、それぞれの光電変換部の形状に対応したクロストーク率を測定記憶しておき、クロストーク補正を行う焦点検出用画素の光電変換部形状に応じてクロストーク率を切換えてクロストーク補正を行う。

40

【0080】

図3に示す撮像素子212では撮像用画素と焦点検出用画素が稠密正方格子配列に配置される例を示したが、稠密六方格子配列に配置してもよい。

【0081】

本発明はCCDイメージセンサー、CMOSイメージセンサーのどちらに対しても適用することができる。

【0082】

本発明の撮像装置は、上述したような交換レンズがカメラボディに着脱可能に構成され

50

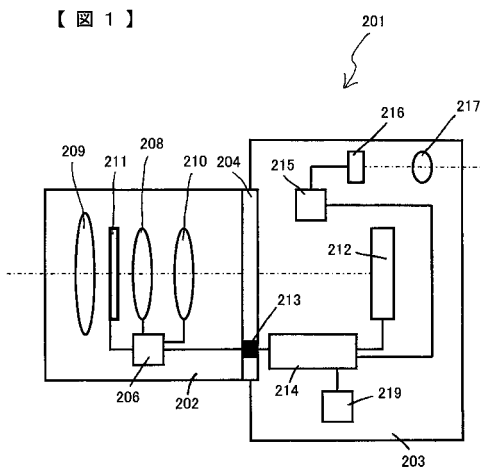
るデジタルスチルカメラやフィルムスチルカメラに限定されず、レンズ一体型のデジタルスチルカメラ、フィルムスチルカメラ、あるいはビデオカメラにも適用することができる。さらに、携帯電話などに内蔵される小型カメラモジュールや監視カメラやロボットの視覚認識装置などにも適用できる。さらにまた、カメラ以外の焦点検出装置や測距装置、ステレオ測距装置などにも適用できる。

【符号の説明】

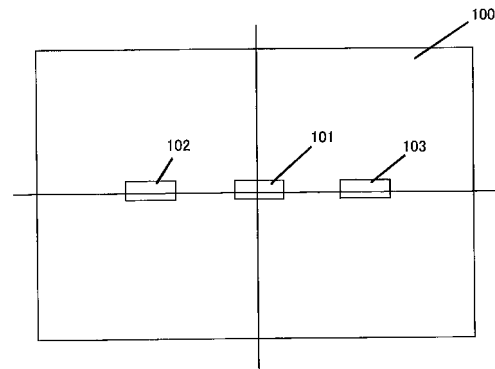
【0083】

11、12、13、16、17；光電変換部、202；交換レンズ、214；ボディ駆動制御装置、212、212A、212B；撮像素子、310；撮像用画素、311、313、314；焦点検出用画素

【図1】

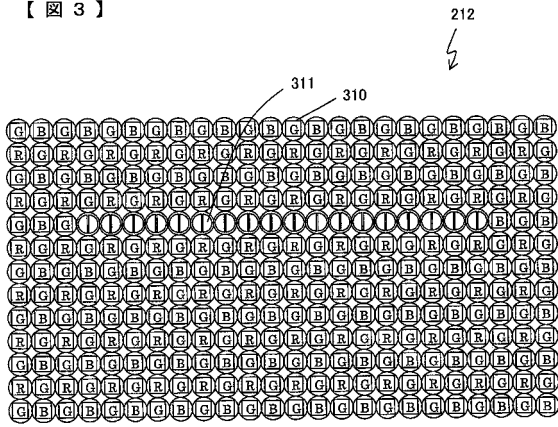


【図2】



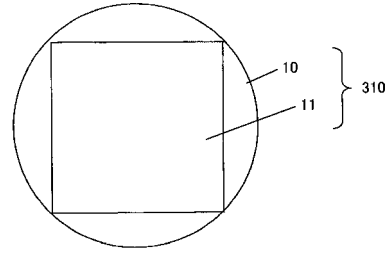
【 図 3 】

【 図 3 】



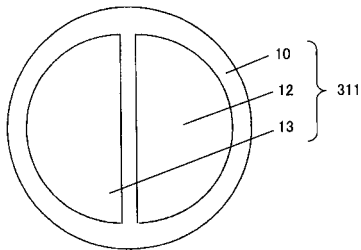
【 図 4 】

【 図 4 】



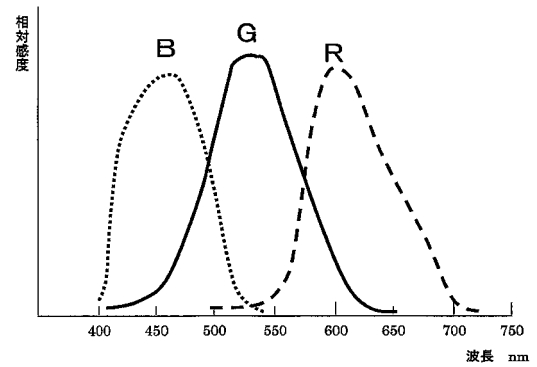
【 図 5 】

【 図 5 】



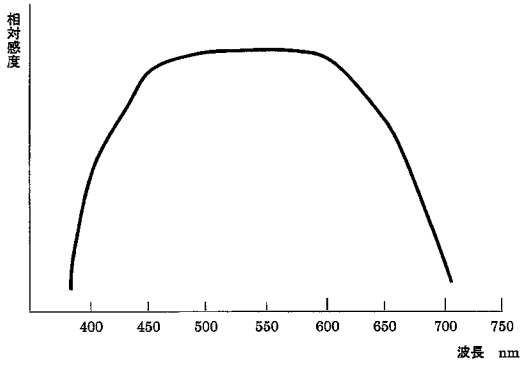
【 図 6 】

【 図 6 】



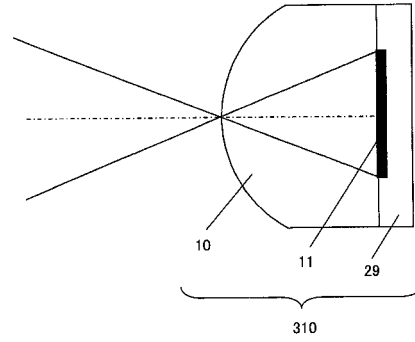
【 図 7 】

【 図 7 】



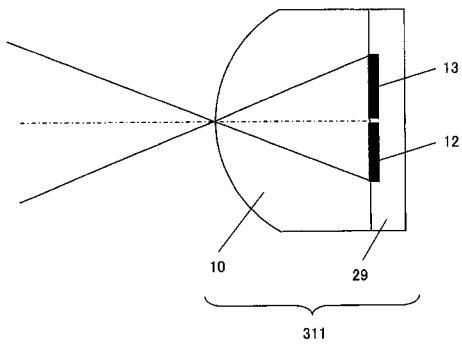
【 図 8 】

【 図 8 】



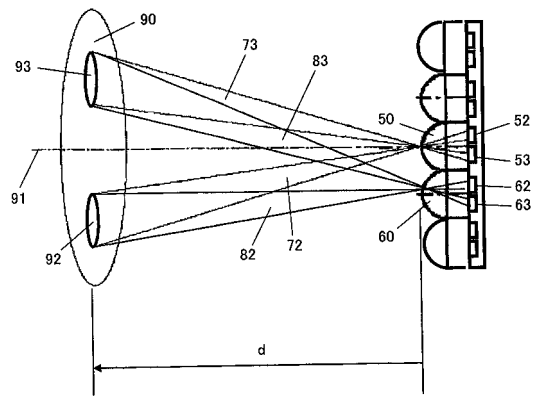
【 図 9 】

【 図 9 】



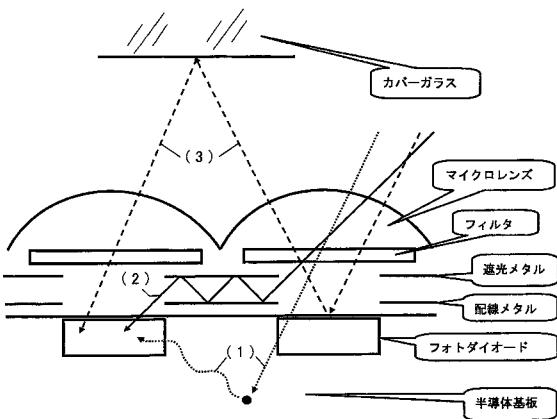
【 図 10 】

【 図 10 】



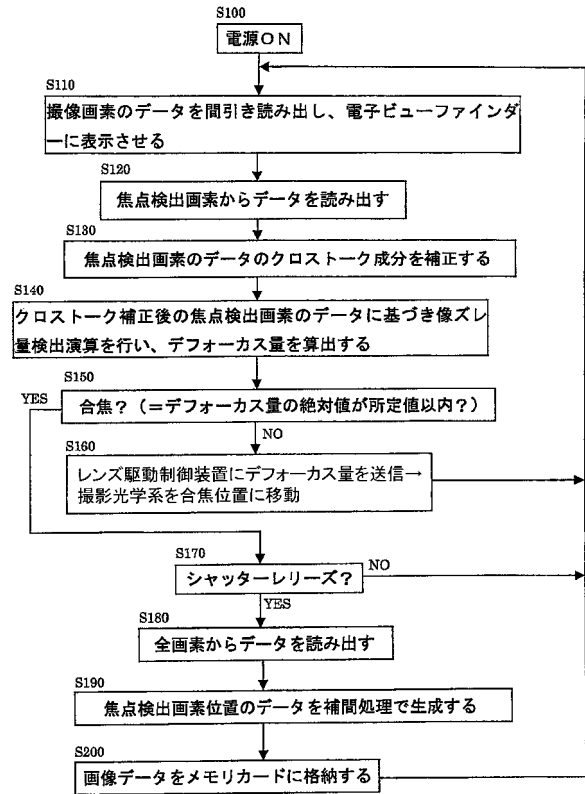
【図 11】

【図 11】



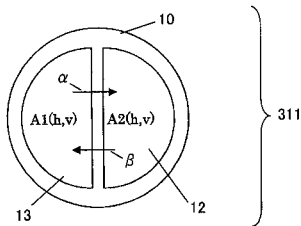
【図 12】

【図 12】



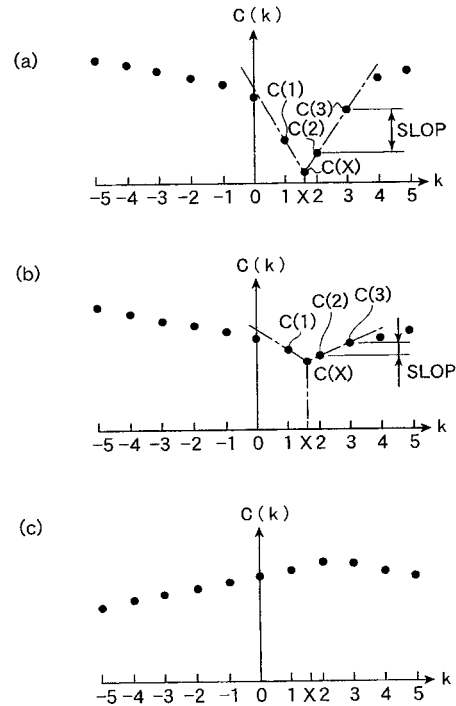
【図 13】

【図 13】



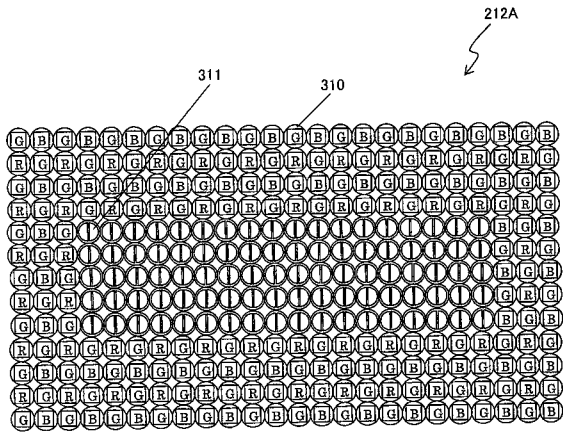
【図 14】

【図 14】



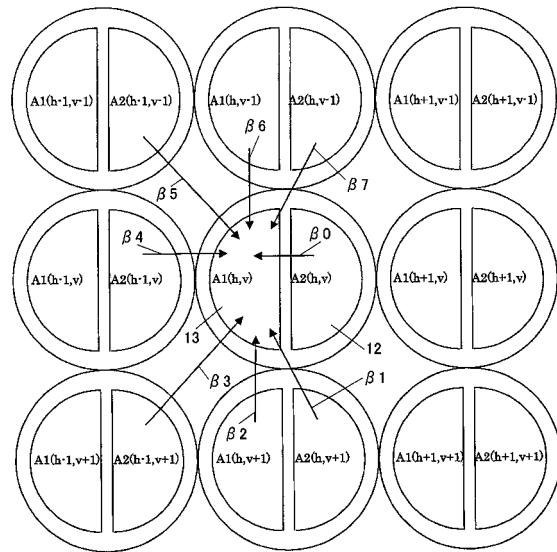
【 図 15 】

【 図 15 】



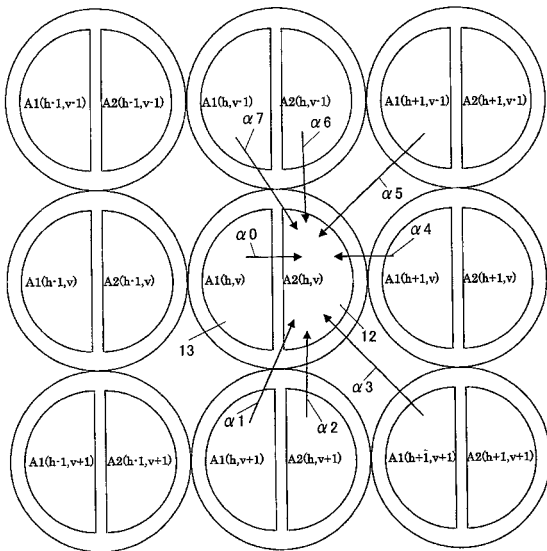
【 図 16 】

【 図 16 】



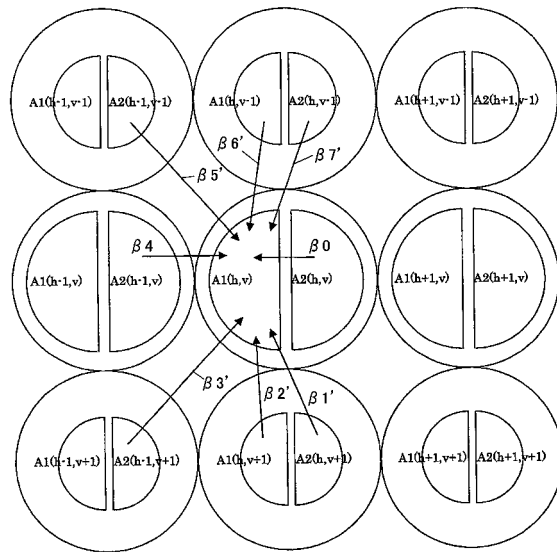
【 図 17 】

【 図 17 】



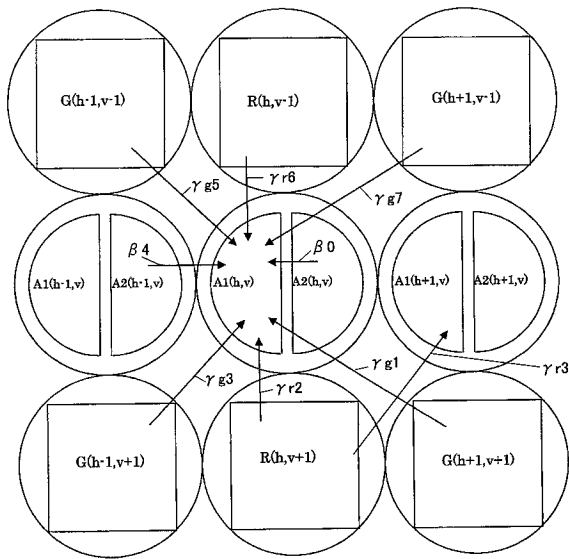
【 図 18 】

【 図 18 】



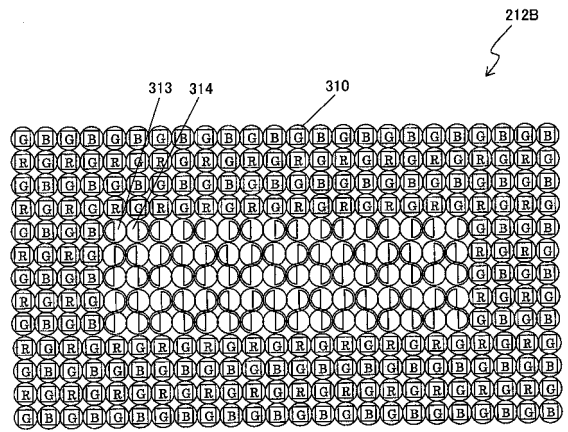
【 図 19 】

【 図 19 】



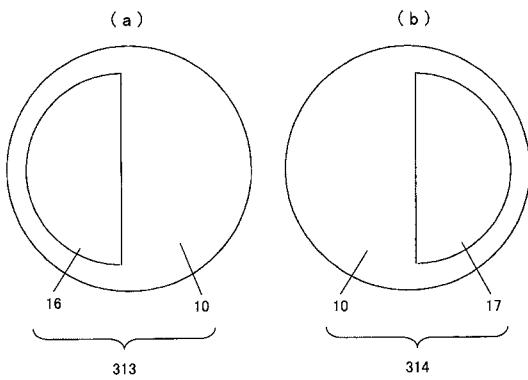
【 図 20 】

【 図 20 】



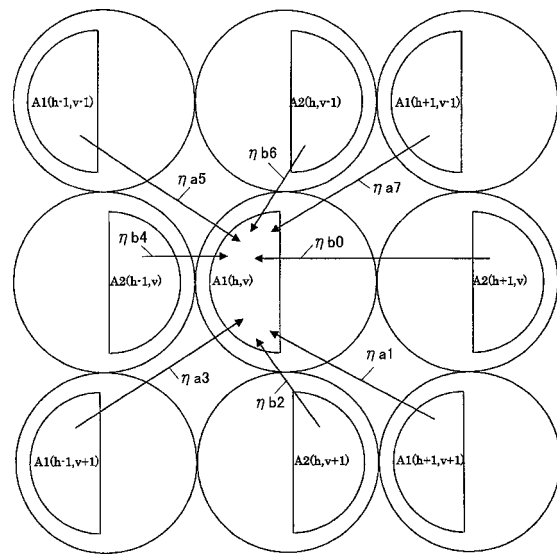
【 図 21 】

【 図 21 】



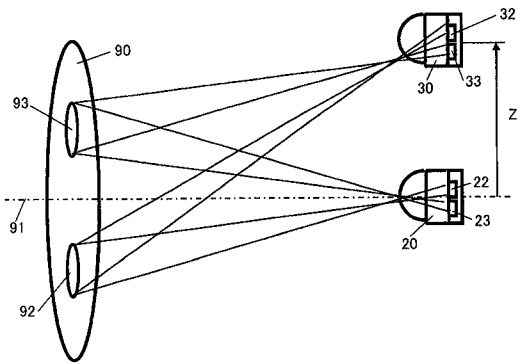
【 図 22 】

【 図 22 】



【 図 23 】

【 図 23 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-282107(JP,A)
特開昭64-032773(JP,A)
特開2005-116939(JP,A)
特開2005-341205(JP,A)
特開2007-142697(JP,A)
特開平10-271519(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 7/28
G02B 7/34
G03B 13/36
H04N 5/232
H04N 101/00