

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5625286号
(P5625286)

(45) 発行日 平成26年11月19日(2014.11.19)

(24) 登録日 平成26年10月10日(2014.10.10)

(51) Int.Cl.	F 1
HO4N 5/367 (2011.01)	HO4N 5/335 670
HO4N 5/369 (2011.01)	HO4N 5/335 690
HO4N 5/232 (2006.01)	HO4N 5/232 H
GO2B 7/34 (2006.01)	GO2B 7/34
GO3B 3/00 (2006.01)	GO3B 3/00

請求項の数 5 (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2009-190413 (P2009-190413)
 (22) 出願日 平成21年8月19日 (2009.8.19)
 (65) 公開番号 特開2011-44820 (P2011-44820A)
 (43) 公開日 平成23年3月3日 (2011.3.3)
 審査請求日 平成24年8月9日 (2012.8.9)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
 (74) 代理人 100084412
 弁理士 永井 冬紀
 (74) 代理人 100078189
 弁理士 渡辺 隆男
 (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
 審査官 鈴木 明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

像を形成する光束を射出する光学系と、
 前記光束を受光して画素信号を出力する複数の撮像画素と、瞳分割型の複数の焦点検出画素とを二次元配列に従って配置した撮像素子と、

前記複数の撮像画素に含まれる欠陥撮像画素の画素信号を、当該欠陥撮像画素の周囲の前記複数の撮像画素の画素信号に基づき第1の欠陥画素補正処理により補正するとともに、前記複数の焦点検出画素に含まれる欠陥焦点検出画素の画素信号を、当該欠陥焦点検出画素の周囲の前記複数の焦点検出画素の画素信号に基づき第2の欠陥画素補正処理により補正する第1の欠陥画素補正処理手段と、

前記複数の撮像画素に含まれる欠陥撮像画素の画素信号を、前記第1の欠陥画素補正処理よりも精度が低い第3の欠陥画素補正処理により補正する第2の欠陥画素補正処理手段と、

前記第1の欠陥画素補正処理により補正された前記欠陥撮像画素の画素信号を含む前記複数の撮像画素の画素信号に基づいて第1の画像信号を生成し、前記第3の欠陥画素補正処理により補正された前記欠陥撮像画素の画素信号を含む前記複数の撮像画素の画素信号に基づいて第2の画像信号を生成する画像生成手段と、

撮影動作の開始前には、前記第2の欠陥画素補正処理手段に前記第3の欠陥画素補正処理による補正を行わせると共に前記画像生成手段に第2の画像信号を生成させ、撮影動作の開始後には、前記第1の欠陥画素補正処理手段に前記第1の欠陥画素補正処理による補

正を行わせると共に前記画像生成手段に前記第2の画像信号を生成させる制御手段と、前記第1の欠陥画素補正処理手段により補正された前記欠陥焦点検出画素の画素信号を含む前記複数の焦点検出画素の画素信号に基づいて、前記光学系の焦点調節状態を検出する焦点検出手段と、

前記欠陥撮像画素および前記欠陥焦点検出画素の欠陥画素位置を示す欠陥画素位置情報と、前記欠陥画素位置に配置されるのが前記欠陥撮像画素であるか前記欠陥焦点検出画素であるかに応じて前記第1の欠陥画素補正処理または前記第2の欠陥画素補正処理を指定する欠陥画素補正処理情報と、前記欠陥画素位置の周囲に配置され、前記第1の欠陥画素補正処理または前記第2の欠陥画素補正処理に用いられる複数の非欠陥撮像画素または複数の非欠陥焦点検出画素の位置を、前記欠陥画素位置を基準とした相対的な画素位置情報として指定する補正用画素位置情報と、を前記欠陥撮像画素および前記欠陥焦点検出画素毎に記憶する欠陥画素情報記憶手段と、を備え、

前記第1の欠陥画素補正処理手段は、前記欠陥撮像画素および前記欠陥焦点検出画素毎に記憶された前記欠陥画素位置情報と前記補正用画素位置情報とに基づき定められる前記複数の非欠陥撮像画素の画素信号または前記複数の非欠陥焦点検出画素の画素信号に対して前記欠陥画素補正処理情報に基づき定められる前記第1の欠陥画素補正処理または前記第2の欠陥画素補正処理を施すことを特徴とする撮像装置。

【請求項2】

像を形成する光束を射出する光学系と、

第1、第2及び第3の分光感度特性をそれぞれ有し、前記光束をそれぞれ受光して画素信号をそれぞれ出力する第1、第2及び第3の撮像画素が所定の配列規則に従って2次元状に配列される撮像画素と、前記光学系の一対の瞳領域を通過した一対の光束を受光し、前記一対の光束による一対の像が前記光学系の焦点調節状態に応じて相対的にずれる方向に配列されると共に前記撮像画素の一部に置換して配置される複数の焦点検出画素からなる焦点検出画素列と、を有する撮像素子と、

前記複数の撮像画素に含まれる欠陥撮像画素の画素信号を、当該欠陥撮像画素の周囲の複数の周囲画素の画素信号に基づき第1の欠陥画素補正処理により補正すると共に、前記焦点検出画素列に含まれる欠陥焦点検出画素の画素信号を、当該欠陥焦点検出画素の周囲の複数の周囲画素の画素信号に基づき第2の欠陥画素補正処理により補正する欠陥画素補正処理手段と、

前記欠陥画素補正処理手段により補正された前記欠陥撮像画素の画素信号を含む前記複数の撮像画素の画素信号に基づいて、画像信号を生成する画像生成手段と、

前記欠陥画素補正処理手段により補正された前記欠陥焦点検出画素の画素信号を含む前記焦点検出画素列の画素信号に基づいて、前記光学系の焦点調節状態を検出する焦点検出手段と、

前記欠陥撮像画素および前記欠陥焦点検出画素の欠陥画素位置を示す欠陥画素位置情報と、前記第1の欠陥画素補正処理に用いられる前記欠陥撮像画素の周囲の複数の周囲画素の位置情報として、当該欠陥撮像画素と所定の位置関係にある周囲画素の位置を当該欠陥撮像画素位置を基準として表す欠陥撮像画素補正用の画素位置情報と、前記第2の欠陥画素補正処理に用いられる前記欠陥焦点検出画素の周囲の複数の周囲画素の位置情報として、当該欠陥焦点検出画素が属する前記焦点検出画素列内の、当該欠陥焦点検出画素近傍の焦点検出画素の位置を前記欠陥焦点検出画素位置を基準として表す欠陥焦点検出画素補正用の画素位置情報と、を前記欠陥撮像画素および前記欠陥焦点検出画素毎に記憶する欠陥画素情報記憶手段と、を備え、

前記欠陥撮像画素補正用の画素位置情報は、前記所定の位置関係にある周囲画素が前記焦点検出画素を含む場合には、当該焦点検出画素の位置情報を含まず、

前記欠陥画素補正処理手段は、前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥画素位置情報に対応する前記欠陥撮像画素の画素信号を、当該欠陥撮像画素に対して前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥撮像画素補正用の画素位置情報に対応する前記周囲画素の画素信号に基づき前記第1の欠陥画素補正処理により補正すると共に、前記欠陥画

10

20

30

40

50

素情報記憶手段に記憶された前記欠陥画素位置情報に対応する前記欠陥焦点検出画素の画素信号を、当該欠陥焦点検出画素に対して前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥焦点検出画素補正用の画素位置情報に対応する前記周囲画素の画素信号に基づき前記第2の欠陥画素補正処理により補正し、

前記焦点検出画素列は、マイクロレンズと光電変換部とを有すると共に前記光電変換部が前記一対の光束の一方を受光する第1焦点検出画素と、マイクロレンズと光電変換部とを有すると共に当該光電変換部が前記一対の光束の他方を受光する第2焦点検出画素とが交互に配列されたものであり、

前記欠陥焦点検出画素が前記第1焦点検出画素である場合に、当該欠陥焦点検出画素に対して前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥焦点検出画素補正用の画素位置情報は、前記第1焦点検出画素の位置情報であり、 10

前記欠陥焦点検出画素が前記第2焦点検出画素である場合に、当該欠陥焦点検出画素に対して前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥焦点検出画素補正用の画素位置情報は、前記第2焦点検出画素の位置情報であることを特徴とする撮像装置。

【請求項3】

像を形成する光束を射出する光学系と、

第1、第2及び第3の分光感度特性をそれぞれ有し、前記光束をそれぞれ受光して画素信号をそれぞれ出力する第1、第2及び第3の撮像画素が所定の配列規則に従って2次元状に配列される撮像画素と、前記光学系の一対の瞳領域を通過した一対の光束を受光し、前記一対の光束による一対の像が前記光学系の焦点調節状態に応じて相対的にずれる方向に配列されると共に前記撮像画素の一部に置換して配置される複数の焦点検出画素からなる焦点検出画素列と、を有する撮像素子と、 20

前記複数の撮像画素に含まれる欠陥撮像画素の画素信号を、当該欠陥撮像画素の周囲の複数の周囲画素の画素信号に基づき第1の欠陥画素補正処理により補正すると共に、前記焦点検出画素列に含まれる欠陥焦点検出画素の画素信号を、当該欠陥焦点検出画素の周囲の複数の周囲画素の画素信号に基づき第2の欠陥画素補正処理により補正する欠陥画素補正処理手段と、

前記欠陥画素補正処理手段により補正された前記欠陥撮像画素の画素信号を含む前記複数の撮像画素の画素信号に基づいて、画像信号を生成する画像生成手段と、

前記欠陥画素補正処理手段により補正された前記欠陥焦点検出画素の画素信号を含む前記焦点検出画素列の画素信号に基づいて、前記光学系の焦点調節状態を検出する焦点検出手段と、 30

前記欠陥撮像画素および前記欠陥焦点検出画素の欠陥画素位置を示す欠陥画素位置情報と、前記第1の欠陥画素補正処理に用いられる前記欠陥撮像画素の周囲の複数の周囲画素の位置情報として、当該欠陥撮像画素と所定の位置関係にある周囲画素の位置を当該欠陥撮像画素位置を基準として表す欠陥撮像画素補正用の画素位置情報と、前記第2の欠陥画素補正処理に用いられる前記欠陥焦点検出画素の周囲の複数の周囲画素の位置情報として、当該欠陥焦点検出画素が属する前記焦点検出画素列内の、当該欠陥焦点検出画素近傍の焦点検出画素の位置を前記欠陥焦点検出画素位置を基準として表す欠陥焦点検出画素補正用の画素位置情報と、を前記欠陥撮像画素および前記欠陥焦点検出画素毎に記憶する欠陥画素情報記憶手段と、を備え、 40

前記欠陥撮像画素補正用の画素位置情報は、前記所定の位置関係にある周囲画素が前記焦点検出画素を含む場合には、当該焦点検出画素の位置情報を含まず、

前記欠陥画素補正処理手段は、前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥画素位置情報に対応する前記欠陥撮像画素の画素信号を、当該欠陥撮像画素に対して前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥撮像画素補正用の画素位置情報に対応する前記周囲画素の画素信号に基づき前記第1の欠陥画素補正処理により補正すると共に、前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥画素位置情報に対応する前記欠陥焦点検出画素の画素信号を、当該欠陥焦点検出画素に対して前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥焦点検出画素補正用の画素位置情報に対応する前記周囲画素の画素信号に基づき前記第 50

2の欠陥画素補正処理により補正し、

前記焦点検出画素列の焦点検出画素の各々は、マイクロレンズと前記マイクロレンズを通過した前記一对の光束をそれぞれ受光する一对の光電変換部とを有し、

前記一对の光電変換部は、前記一对の光束による一对の像が前記光学系の焦点調節状態に応じて相対的にずれる方向に配列され、

前記欠陥焦点検出画素に対して前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥焦点検出画素補正用の画素位置情報は、当該欠陥焦点検出画素の両隣に位置する焦点検出画素であることを特徴とする撮像装置。

【請求項4】

請求項2または3に記載の撮像装置において、

10

前記第1の欠陥画素補正処理は、前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥撮像画素補正用の画素位置情報に対応する前記周囲画素の画素信号に対するメディアンフィルタ処理であることを特徴とする撮像装置。

【請求項5】

請求項2または3に記載の撮像装置において、

前記第2の欠陥画素補正処理は、前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥焦点検出画素補正用の画素位置情報に対応する前記周囲画素の画素信号に対する平均処理であることを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

撮像素子における欠陥撮像画素の補正データとして、欠陥撮像画素の周囲の $n \times n$ の領域における撮像画素のデータのメディアンを採用する撮像装置が知られている。（たとえば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0003】

【特許文献1】特開平4-235472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、撮像画素と瞳分割型の焦点検出画素を混載する撮像素子を備えた撮像装置に対して、特許文献1に記載の撮像画素に適した欠陥画素補正処理を一律に適用した場合には、欠陥画素補正処理に撮像画素の画素信号と瞳分割型の焦点検出画素の画素信号とが混合することとなり、欠陥画素のデータが不適切に補正されてしまうという問題がある。欠陥画素が焦点検出画素の場合、正確な焦点検出を行うことができなくなる可能性がある。欠陥画素が撮像画素の場合は、画像品質が劣化する可能性がある。

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

請求項1の発明による撮像装置は、像を形成する光束を射出する光学系と、前記光束を受光して画素信号を出力する複数の撮像画素と、瞳分割型の複数の焦点検出画素とを二次元配列に従って配置した撮像素子と、前記複数の撮像画素に含まれる欠陥撮像画素の画素信号を、当該欠陥撮像画素の周囲の前記複数の撮像画素の画素信号に基づき第1の欠陥画素補正処理により補正するとともに、前記複数の焦点検出画素に含まれる欠陥焦点検出画素の画素信号を、当該欠陥焦点検出画素の周囲の前記複数の焦点検出画素の画素信号に基づき第2の欠陥画素補正処理により補正する第1の欠陥画素補正処理手段と、前記複数の

50

撮像画素に含まれる欠陥撮像画素の画素信号を、前記第1の欠陥画素補正処理よりも精度が低い第3の欠陥画素補正処理により補正する第2の欠陥画素補正処理手段と、前記第1の欠陥画素補正処理により補正された前記欠陥撮像画素の画素信号を含む前記複数の撮像画素の画素信号に基づいて第1の画像信号を生成し、前記第3の欠陥画素補正処理により補正された前記欠陥撮像画素の画素信号を含む前記複数の撮像画素の画素信号に基づいて第2の画像信号を生成する画像生成手段と、撮影動作の開始前には、前記第2の欠陥画素補正処理手段に前記第3の欠陥画素補正処理による補正を行わせると共に前記画像生成手段に第2の画像信号を生成させ、撮影動作の開始後には、前記第1の欠陥画素補正処理手段に前記第1の欠陥画素補正処理による補正を行わせると共に前記画像生成手段に前記第2の画像信号を生成させる制御手段と、前記第1の欠陥画素補正処理手段により補正された前記欠陥焦点検出画素の画素信号を含む前記複数の焦点検出画素の画素信号に基づいて、前記光学系の焦点調節状態を検出する焦点検出手段と、前記欠陥撮像画素および前記欠陥焦点検出画素の欠陥画素位置を示す欠陥画素位置情報と、前記欠陥画素位置に配置されるのが前記欠陥撮像画素であるか前記欠陥焦点検出画素であるかに応じて前記第1の欠陥画素補正処理または前記第2の欠陥画素補正処理を指定する欠陥画素補正処理情報と、前記欠陥画素位置の周囲に配置され、前記第1の欠陥画素補正処理または前記第2の欠陥画素補正処理に用いられる複数の非欠陥撮像画素または複数の非欠陥焦点検出画素の位置を、前記欠陥画素位置を基準とした相対的な画素位置情報として指定する補正用画素位置情報と、を前記欠陥撮像画素および前記欠陥焦点検出画素毎に記憶する欠陥画素情報記憶手段と、を備え、前記第1の欠陥画素補正処理手段は、前記欠陥撮像画素および前記欠陥焦点検出画素毎に記憶された前記欠陥画素位置情報と前記補正用画素位置情報に基づき定められる前記複数の非欠陥撮像画素の画素信号または前記複数の非欠陥焦点検出画素の画素信号に対して前記欠陥画素補正処理情報に基づき定められる前記第1の欠陥画素補正処理または前記第2の欠陥画素補正処理を施すことを特徴とする。

請求項2の発明による撮像装置は、像を形成する光束を射出する光学系と、第1、第2及び第3の分光感度特性をそれぞれ有し、前記光束をそれぞれ受光して画素信号をそれぞれ出力する第1、第2及び第3の撮像画素が所定の配列規則に従って2次元状に配列される撮像画素と、前記光学系の一対の瞳領域を通過した一対の光束を受光し、前記一対の光束による一対の像が前記光学系の焦点調節状態に応じて相対的にずれる方向に配列されると共に前記撮像画素の一部に置換して配置される複数の焦点検出画素からなる焦点検出画素列と、を有する撮像素子と、前記複数の撮像画素に含まれる欠陥撮像画素の画素信号を、当該欠陥撮像画素の周囲の複数の周囲画素の画素信号に基づき第1の欠陥画素補正処理により補正すると共に、前記焦点検出画素列に含まれる欠陥焦点検出画素の画素信号を、当該欠陥焦点検出画素の周囲の複数の周囲画素の画素信号に基づき第2の欠陥画素補正処理により補正する欠陥画素補正処理手段と、前記欠陥画素補正処理手段により補正された前記欠陥撮像画素の画素信号を含む前記複数の撮像画素の画素信号に基づいて、画像信号を生成する画像生成手段と、前記欠陥画素補正処理手段により補正された前記欠陥焦点検出画素の画素信号を含む前記焦点検出画素列の画素信号に基づいて、前記光学系の焦点調節状態を検出する焦点検出手段と、前記欠陥撮像画素および前記欠陥焦点検出画素の欠陥画素位置を示す欠陥画素位置情報と、前記第1の欠陥画素補正処理に用いられる前記欠陥撮像画素の周囲の複数の周囲画素の位置情報として、当該欠陥撮像画素と所定の位置関係にある周囲画素の位置を当該欠陥撮像画素位置を基準として表す欠陥撮像画素補正用の画素位置情報と、前記第2の欠陥画素補正処理に用いられる前記欠陥焦点検出画素の周囲の複数の周囲画素の位置情報として、当該欠陥焦点検出画素が属する前記焦点検出画素列内の、当該欠陥焦点検出画素近傍の焦点検出画素の位置を前記欠陥焦点検出画素位置を基準として表す欠陥焦点検出画素補正用の画素位置情報と、を前記欠陥撮像画素および前記欠陥焦点検出画素毎に記憶する欠陥画素情報記憶手段と、を備え、前記欠陥撮像画素補正用の画素位置情報は、前記所定の位置関係にある周囲画素が前記焦点検出画素を含む場合には、当該焦点検出画素の位置情報を含まず、前記欠陥画素補正処理手段は、前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥画素位置情報に対応する前記欠陥撮像画素の画素信号

10

20

30

40

50

を、当該欠陥撮像画素に対して前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥撮像画素補正用の画素位置情報に対応する前記周囲画素の画素信号に基づき前記第1の欠陥画素補正処理により補正すると共に、前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥画素位置情報に対応する前記欠陥焦点検出画素の画素信号を、当該欠陥焦点検出画素に対して前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥焦点検出画素補正用の画素位置情報に対応する前記周囲画素の画素信号に基づき前記第2の欠陥画素補正処理により補正し、前記焦点検出画素列は、マイクロレンズと光電変換部とを有すると共に前記光電変換部が前記一対の光束の一方を受光する第1焦点検出画素と、マイクロレンズと光電変換部とを有すると共に当該光電変換部が前記一対の光束の他方を受光する第2焦点検出画素とが交互に配列されたものであり、前記欠陥焦点検出画素が前記第1焦点検出画素である場合に、当該欠陥焦点検出画素に対して前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥焦点検出画素補正用の画素位置情報は、前記第1焦点検出画素の位置情報であり、前記欠陥焦点検出画素が前記第2焦点検出画素である場合に、当該欠陥焦点検出画素に対して前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥焦点検出画素補正用の画素位置情報は、前記第2焦点検出画素の位置情報をすることを特徴とする。

請求項3の発明による撮像装置は、像を形成する光束を射出する光学系と、第1、第2及び第3の分光感度特性をそれぞれ有し、前記光束をそれぞれ受光して画素信号をそれぞれ出力する第1、第2及び第3の撮像画素が所定の配列規則に従って2次元状に配列される撮像画素と、前記光学系の一対の瞳領域を通過した一対の光束を受光し、前記一対の光束による一対の像が前記光学系の焦点調節状態に応じて相対的にずれる方向に配列されると共に前記撮像画素の一部に置換して配置される複数の焦点検出画素からなる焦点検出画素列と、を有する撮像素子と、前記複数の撮像画素に含まれる欠陥撮像画素の画素信号を、当該欠陥撮像画素の周囲の複数の周囲画素の画素信号に基づき第1の欠陥画素補正処理により補正すると共に、前記焦点検出画素列に含まれる欠陥焦点検出画素の画素信号を、当該欠陥焦点検出画素の周囲の複数の周囲画素の画素信号に基づき第2の欠陥画素補正処理により補正する欠陥画素補正処理手段と、前記欠陥画素補正処理手段により補正された前記欠陥撮像画素の画素信号を含む前記複数の撮像画素の画素信号に基づいて、画像信号を生成する画像生成手段と、前記欠陥画素補正処理手段により補正された前記欠陥焦点検出画素の画素信号を含む前記焦点検出画素列の画素信号に基づいて、前記光学系の焦点調節状態を検出する焦点検出手段と、前記欠陥撮像画素および前記欠陥焦点検出画素の欠陥画素位置を示す欠陥画素位置情報と、前記第1の欠陥画素補正処理に用いられる前記欠陥撮像画素の周囲の複数の周囲画素の位置情報として、当該欠陥撮像画素と所定の位置関係にある周囲画素の位置を当該欠陥撮像画素位置を基準として表す欠陥撮像画素補正用の画素位置情報と、前記第2の欠陥画素補正処理に用いられる前記欠陥焦点検出画素の周囲の複数の周囲画素の位置情報として、当該欠陥焦点検出画素が属する前記焦点検出画素列内の、当該欠陥焦点検出画素近傍の焦点検出画素の位置を前記欠陥焦点検出画素位置を基準として表す欠陥焦点検出画素補正用の画素位置情報と、を前記欠陥撮像画素および前記欠陥焦点検出画素毎に記憶する欠陥画素情報記憶手段と、を備え、前記欠陥撮像画素補正用の画素位置情報は、前記所定の位置関係にある周囲画素が前記焦点検出画素を含む場合には、当該焦点検出画素の位置情報を含まず、前記欠陥画素補正処理手段は、前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥画素位置情報に対応する前記欠陥撮像画素の画素信号を、当該欠陥撮像画素に対して前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥画素位置情報に対応する前記周囲画素の画素信号に基づき前記第1の欠陥画素補正処理により補正すると共に、前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥画素位置情報に対応する前記欠陥焦点検出画素の画素信号を、当該欠陥焦点検出画素に対して前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥焦点検出画素補正用の画素位置情報に対応する前記周囲画素の画素信号に基づき前記第2の欠陥画素補正処理により補正し、前記焦点検出画素列の焦点検出画素の各々は、マイクロレンズと前記マイクロレンズを通過した前記一対の光束をそれぞれ受光する一対の光電変換部とを有し、前記一対の光電変換部は、前記一対の光束による一対の像が前記光学系の焦点調節状態に応じて相対的にずれる方向

10

20

30

40

50

に配列され、前記欠陥焦点検出画素に対して前記欠陥画素情報記憶手段に記憶された前記欠陥焦点検出画素補正用の画素位置情報は、当該欠陥焦点検出画素の両隣に位置する焦点検出画素であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、撮像画素と瞳分割型の焦点検出画素を混載する像素子を備えた撮像装置において、欠陥画素のデータの不適切な補正を防止することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】第1の実施の形態のデジタルスチルカメラの構成を示す横断面図である。

10

【図2】交換レンズの撮影画面上における焦点検出位置を示す図である。

【図3】像素子の詳細な構成を示す正面図である。

【図4】像素子の詳細な構成を示す正面図である。

【図5】撮像画素と焦点検出画素のマイクロレンズの形状を示す図である。

【図6】撮像画素の正面図である。

【図7】緑画素、赤画素および青画素の分光特性を示す図である。

【図8】焦点検出画素の分光特性を示す図である。

【図9】焦点検出画素の正面図である。

【図10】撮像画素の断面図である。

【図11】焦点検出画素の断面図である。

20

【図12】撮像画素が受光する撮影光束の様子を説明するための図である。

【図13】焦点検出画素が受光する撮影光束の様子を説明するための図である。

【図14】像素子の回路構成を簡略化して示す図である。

【図15】撮像画素および焦点検出画素における1つの光電変換部に対する基本回路構成を示す図である。

【図16】像素子の動作タイミングチャートである。

【図17】デジタルスチルカメラの撮像動作を示すフロー・チャートである。

【図18】一対のデータのずらし量 k に対する相関量 $C(k)$ の関係を示す図である。

【図19】欠陥画素補正処理を行う際の画素データおよび処理の内容についての概念図である。

30

【図20】欠陥画素を除いた 5×5 画素のマトリックスを24ビットで表した図である。

【図21】欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示した図である。

【図22】欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示した図である。

【図23】欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示した図である。

【図24】欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示した図である。

【図25】欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示した図である。

【図26】欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示した図である。

【図27】欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示した図である。

【図28】欠陥画素補正処理の詳細を示すフロー・チャートである。

【図29】像素子の詳細な構成を示す正面図である。

40

【図30】像素子の詳細な構成を示す正面図である。

【図31】焦点検出画素の正面図である。

【図32】焦点検出画素の断面図である。

【図33】交換レンズの撮影画面上における焦点検出位置を示す図である。

【図34】像素子の詳細な構成を示す正面図である。

【図35】像素子の詳細な構成を示す正面図である。

【図36】焦点検出画素の正面図である。

【図37】欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示した図である。

【図38】欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示した図である。

【図39】欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示した図である。

50

- 【図40】欠陥画素を中心とした5×5の領域を示した図である。
 【図41】欠陥画素を中心とした5×5の領域を示した図である。
 【図42】欠陥画素を中心とした5×5の領域を示した図である。
 【図43】交換レンズの撮影画面上における焦点検出位置を示す図である。
 【図44】撮像素子の詳細な構成を示す正面図である。
 【図45】撮像素子の詳細な構成を示す正面図である。
 【図46】欠陥画素を中心とした5×5の領域を示した図である。
 【図47】欠陥画素を中心とした5×5の領域を示した図である。
 【図48】撮像素子の詳細な構成を示す正面図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0008】

- - - 第1の実施の形態 - - -

第1の実施の形態の撮像装置として、レンズ交換式のデジタルスチルカメラを例に挙げて説明する。図1は第1の実施の形態のデジタルスチルカメラの構成を示す横断面図である。本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とから構成され、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。カメラボディ203にはマウント部204を介して種々の撮影光学系を有する交換レンズ202が装着可能である。

【0009】

20

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る。レンズ駆動制御装置206は、フォーカシング用レンズ210の焦点調節と絞り211の開口径調節のための駆動制御や、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。また、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（デフォーカス量や絞り値など）の受信を行う。絞り211は、光量およびボケ量調整のために光軸中心に開口径が可変な開口を形成する。

【0010】

30

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、バッファメモリ220、欠陥画素情報記憶メモリ221などを備えている。撮像素子212には、撮像画素が二次元状（行と列）に配置されるとともに、焦点検出位置（焦点検出エリア）に対応した部分に焦点検出画素が組み込まれている。この撮像素子212については詳細を後述する。

【0011】

ボディ駆動制御装置214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212の駆動制御と、撮像素子212からの画素信号の読み出しあり欠陥画素補正処理と、焦点検出画素の画素信号に基づく焦点検出演算と、交換レンズ202の焦点調節とを繰り返し行うとともに、画像信号の処理と記録、デジタルスチルカメラ201の動作制御などを行う。また、ボディ駆動制御装置214は電気接点213を介してレンズ駆動制御装置206と通信を行い、レンズ情報の受信とカメラ情報の送信を行う。

40

【0012】

液晶表示素子216は電気的なビューファインダー（EVF：Electronic View Finder）として機能する。液晶表示素子駆動回路215は撮像素子212から読み出されたスルーバー画像を液晶表示素子216に表示し、撮影者は接眼レンズ217を介してスルーバー画像を観察することができる。メモリカード219は、撮像素子212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。

【0013】

50

バッファメモリ 220 は、撮像素子 212 から読み出された画素信号を一時的に保持するメモリである。撮像素子 212 からは行順次に画素信号が読み出され、数行分の画素信号のデータがバッファメモリ 220 に保持される。欠陥画素情報記憶メモリ 221 は撮像素子 212 の欠陥画素に関する情報を記憶するメモリである。欠陥画素とは受光光量に対して異常な画素信号を発生する画素のことであって、例えば、いわゆる白キズ、黒キズとなる画素である。製造時において撮像素子 212 をカメラボディ 201 に組み込む際に、所定の一様照明状態を撮像素子 212 上に形成し、所定水準の画素信号が得られなかつた画素を欠陥画素と認定する。該欠陥画素の位置情報（行、列）と該欠陥画素の種類とに応じた欠陥画素補正処理の種類および欠陥画素補正処理に用いる周囲の画素の位置に関する情報が、欠陥画素情報記憶メモリ 221 に記憶される。

10

【0014】

交換レンズ 202 を通過した光束により、撮像素子 212 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 212 により光電変換され、撮像画素および焦点検出画素の画素信号がバッファメモリ 220 を介してボディ駆動制御装置 214 へ送られる。

【0015】

ボディ駆動制御装置 214 は、撮像素子 212 の焦点検出画素からの画素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 206 へ送る。また、ボディ駆動制御装置 214 は、撮像素子 212 の撮像画素の画素信号を処理して画像データを生成し、メモリカード 219 に格納するとともに、撮像素子 212 から読み出されたスルー画像信号を液晶表示素子駆動回路 215 へ送り、スルー画像を液晶表示素子 216 に表示させる。さらに、ボディ駆動制御装置 214 は、レンズ駆動制御装置 206 へ絞り制御情報を送って絞り 211 の開口制御を行う。

20

【0016】

レンズ駆動制御装置 206 は、フォーカシング状態、ズーミング状態、絞り設定状態、絞り開放 F 値などに応じてレンズ情報を更新する。具体的には、ズーミング用レンズ 208 とフォーカシング用レンズ 210 の位置と絞り 211 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。

【0017】

レンズ駆動制御装置 206 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 210 を合焦位置へ駆動する。また、レンズ駆動制御装置 206 は受信した絞り値に応じて絞り 211 を駆動する。

30

【0018】

図 2 は、交換レンズ 202 の撮影画面上における焦点検出位置（焦点検出エリア）を示す図であり、後述する撮像素子 212 上の焦点検出画素列が焦点検出の際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）の一例を示す。この例では、矩形の撮影画面 100 上の中央（光軸上）および上下左右の 5箇所に焦点検出エリア 101 ~ 105 が配置される。長方形で示す焦点検出エリアの長手方向に、焦点検出画素が直線的に配列される。焦点検出エリア 101、102、103 においては焦点検出画素が水平方向に配列され、焦点検出エリア 104、105 においては焦点検出画素が水平方向に配列される。

40

【0019】

図 3、図 4 は撮像素子 212 の詳細な構成を示す正面図である。図 3 は、図 2 における焦点検出エリア 101、102、103 の近傍を拡大した画素配列の詳細を示し、図 4 は、図 2 における焦点検出エリア 104、105 の近傍を拡大した画素配列の詳細を示す。撮像素子 212 には撮像画素 310 が二次元正方格子状に稠密に配列される。撮像画素 310 は赤画素 (R)、緑画素 (G)、青画素 (B) からなり、ベイヤー配列の配置規則によって配置されている。図 4 においては、垂直方向の焦点検出用に撮像画素と同一の画素サイズを有する垂直方向焦点検出用の焦点検出画素 313、314 が交互に、本来緑画素と赤画素とが連続的に配置されるべき垂直方向の直線上に連続して配列される。同じく、

50

図3においては、水平方向の焦点検出用に撮像画素と同一の画素サイズを有する水平方向焦点検出用の焦点検出画素315、316が交互に、本来緑画素と青画素とが連続的に配置されるべき水平方向の直線上に連続して配列される。

【0020】

図5は、撮像画素と焦点検出画素とのマイクロレンズ10の形状を示す図である。撮像画素と焦点検出画素とのマイクロレンズ10の形状は、元々、画素サイズより大きな円形のマイクロレンズ9から画素サイズに対応した正方形の形状で切り出した形状をしている。マイクロレンズ10の光軸を通る対角線の方向の断面と、マイクロレンズ10の光軸を通る水平線の方向の断面とは、それぞれ図5に(a)、(b)で示す形状になっている。

【0021】

撮像画素310は、図6に示すように矩形のマイクロレンズ10、後述の遮光マスクで受光領域を正方形に制限された光電変換部11、および色フィルタ(不図示)から構成される。色フィルタは赤(R)、緑(G)、青(B)の3種類からなり、それぞれの分光感度は図7に示す特性を有している。撮像素子212には、各色フィルタを備えた撮像画素310がベイヤー配列されている。

10

【0022】

焦点検出画素313、314、315、316には全ての色に対して焦点検出を行うために全ての可視光を透過する白色フィルタが設けられており、その白色フィルタの分光感度特性は図10に示される。つまり、図7に示す緑画素、赤画素および青画素の分光感度特性を加算したような分光感度特性となり、そのような分光感度特性に対応する光波長領域は、緑画素、赤画素および青画素が高い分光感度を示す光波長領域を包括している。

20

【0023】

図9は焦点検出画素の正面図である。焦点検出画素313は、図9(a)に示すように矩形のマイクロレンズ10と後述の遮光マスクで受光領域を正方形の上半分(正方形を水平線で2等分した場合の上半分)に制限された光電変換部13、および白色フィルタ(不図示)とから構成される。

【0024】

また、焦点検出画素314は、図9(b)に示すように、矩形のマイクロレンズ10と後述の遮光マスクで受光領域を正方形の下半分(正方形を水平線で2等分した場合の下半分)に制限された光電変換部14、および白色フィルタ(不図示)とから構成される。

30

【0025】

焦点検出画素313と焦点検出画素314とをマイクロレンズ10を基準に重ね合わせて表示すると、遮光マスクで受光領域を制限された光電変換部13と14が垂直方向に並んでいる。

【0026】

また図9(a)、(b)において、正方形を半分にした受光領域の部分に正方形を半分にした残りの部分(破線部分)を加えると、撮像画素の受光領域と同じサイズの正方形となる。

【0027】

焦点検出画素315は、図9(c)に示すように、矩形のマイクロレンズ10と後述の遮光マスクで受光領域を正方形の左半分(正方形を垂直線で2等分した場合の左半分)に制限された光電変換部15、および白色フィルタ(不図示)とから構成される。

40

【0028】

また、焦点検出画素316は、図9(d)に示すように、矩形のマイクロレンズ10と後述の遮光マスクで受光領域を正方形の右半分(正方形を垂直線で2等分した場合の右半分)に制限された光電変換部16、および白色フィルタ(不図示)とから構成される。

【0029】

焦点検出画素315の正面図と焦点検出画素316の正面図とをマイクロレンズ10を基準に重ね合わせて表示すると、遮光マスクで受光領域を制限された光電変換部15と16が水平方向に並んでいる。

50

【0030】

また図9(c)、(d)において、正方形を半分にした受光領域の部分に正方形を半分にした残りの部分(破線部分)を加えると、撮像画素の受光領域と同じサイズの正方形となる。

【0031】

図10は、垂直方向の直線で撮像画素配列の断面をとった場合の撮像画素310の断面図である。撮像画素310では撮像用の光電変換部11の上に近接して遮光マスク30が形成され、光電変換部11は、遮光マスク30の開口部30aを通過した光を受光する。遮光マスク30の上には平坦化層31が形成され、その上に色フィルタ38が形成される。色フィルタ38の上には平坦化層32が形成され、その上にマイクロレンズ10が形成される。マイクロレンズ10により開口部30a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上に形成される。

10

【0032】

図11は、垂直方向の直線で焦点検出画素313、314からなる焦点検出画素配列の断面をとった場合の焦点検出画素313、314の断面図である。焦点検出画素313、314では焦点検出用の光電変換部13、14の上に近接して遮光マスク30が形成され、光電変換部13、14は、遮光マスク30の開口部30b、30cを通過した光を受光する。遮光マスク30の上には平坦化層31が形成され、その上に白色フィルタ34が形成される。白色フィルタ34の上には平坦化層32が形成され、その上にマイクロレンズ10が形成される。マイクロレンズ10により開口部30b、30cの形状が前方に投影される。光電変換部13、14は半導体回路基板29上に形成される。

20

【0033】

焦点検出画素315、316の構造も焦点検出画素313、314の構造を90度回転しただけであって、基本的に図11に示す焦点検出画素の構造と同様である。

【0034】

図12は、図3、図4、図10に示す撮像画素310が受光する撮影光束の様子を説明するための図であって、垂直方向の直線で撮像画素配列の断面をとっている。

【0035】

撮像素子上に配列された全ての撮像画素の光電変換部11は、光電変換部11に近接して配置された前記遮光マスク開口30aを通過した光束を受光する。遮光マスク開口30aの形状は、各撮像画素のマイクロレンズ10によりマイクロレンズ10から測距瞳距離dだけ離間した射出瞳90上の全撮像画素共通な領域95に投影される。

30

【0036】

従って各撮像画素の光電変換部11は、領域95と各撮像画素のマイクロレンズ10を通過する光束71を受光し、領域95を通過して各撮像画素のマイクロレンズ10へ向う光束71によって各マイクロレンズ10上に形成される像の強度に対応した信号を出力する。

【0037】

図13は、図4、図11に示す焦点検出画素313、314が受光する焦点検出光束の様子を図12と比較して説明するための図であって、垂直方向の直線で焦点検出画素配列の断面をとっている。

40

【0038】

撮像素子上に配列された全ての焦点検出画素の光電変換部13、14は、光電変換部13、14に近接して配置された前記遮光マスク開口30b、30cを通過した光束を受光する。遮光マスク開口30bの形状は、各焦点検出画素313のマイクロレンズ10によりマイクロレンズ10から測距瞳距離dだけ離間した射出瞳90上の焦点検出画素313に全てに共通した領域93に投影される。同じく、遮光マスク開口30cの形状は、各焦点検出画素314のマイクロレンズ10により、マイクロレンズ10から測距瞳距離dだけ離間した射出瞳90上の焦点検出画素314に全てに共通した領域94に投影される。一対の領域93、94を測距瞳と呼ぶ。

50

【0039】

従って各焦点検出画素313の光電変換部13は、測距瞳93と各撮像画素のマイクロレンズ10を通過する光束73を受光し、測距瞳93を通過して各撮像画素のマイクロレンズ10へ向う光束73によって各マイクロレンズ10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、各焦点検出画素314の光電変換部14は、測距瞳94と各撮像画素のマイクロレンズ10を通過する光束74を受光し、測距瞳94を通過して各撮像画素のマイクロレンズ10へ向う光束74によって各マイクロレンズ10上に形成される像の強度に対応した信号を出力する。

【0040】

一対の焦点検出画素313, 314が受光する光束73, 74が通過する射出瞳90上の測距瞳93と94を統合した領域は、撮像画素310が受光する光束71が通過する射出瞳90上の領域95と一致する。射出瞳90上において光束73, 74は光束71に対して相補的な関係になっている。

10

【0041】

上述した一対の焦点検出画素313, 314を交互にかつ直線状に多数配置する。各焦点検出画素の光電変換部の出力を測距瞳93および測距瞳94に対応した一対の出力グループにまとめることによって、測距瞳93と測距瞳94をそれぞれ通過する一対の光束が焦点検出画素配列上(垂直方向)に形成する一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、いわゆる瞳分割型位相差検出方式で一対の像の像ズレ量が検出される。さらに、像ズレ量に一対の測距瞳の重心間隔と測距瞳距離の比例関係に応じた変換演算を行うことによって、焦点検出位置(垂直方向)における予定結像面と結像面の偏差(デフォーカス量)が算出される。

20

【0042】

焦点検出画素315、316が受光する焦点検出光束も焦点検出画素313、314の受光する一対の焦点検出光束73, 74を90度回転しただけであって、基本的に図13に示す光束と同様であり、測距瞳93、94を90度回転した一対の測距瞳が設定される。一対の焦点検出画素315、316を交互にかつ直線状に多数配置する。各焦点検出画素の光電変換部の出力を一対の測距瞳に対応した一対の出力グループにまとめることによって、一対の測距瞳をそれぞれ通過する一対の光束が焦点検出画素配列上(水平方向)に形成する一対の像の強度分布に関する情報が得られる。この情報に基づき、焦点検出位置(水平方向)における予定結像面と結像面の偏差(デフォーカス量)が算出される。

30

【0043】

撮像素子212はCMOSイメージセンサーとして構成される。図14に撮像素子212の回路構成概念図を示す。撮像素子212の回路構成を、水平方向8画素×垂直方向4画素のレイアウトに簡略化して説明する。図14は、図2の水平方向の焦点検出エリア101, 102, 103に対応して描かれており、水平方向に焦点検出画素315, 316が同一の行に配置されている。垂直方向の焦点検出エリア104, 105には、焦点検出画素313, 314が、垂直方向に配置され、かつ互いに異なる行に配置される。

40

【0044】

2行目には、焦点検出画素315、316が配置されている。図14では、" "で示す中央の4つの焦点検出画素315、316が、複数の焦点検出画素を代表して示されており、左右の2つずつの撮像画素310(" "で示す)が、焦点検出画素の左右に配置された複数の撮像画素を代表して示されている。

【0045】

1行目、3行目、4行目には、撮像画素310のみが配置されている。図14では、1行目、3行目、4行目の撮像画素310が、焦点検出画素が配置された行の上下の複数の撮像画素のみからなる行を代表して示されている。

【0046】

図14において、ラインメモリ320は、1行分の画素の画素信号をサンプルホールド

50

して一時的に保持するバッファであり、垂直信号線 501 に出力されている同一行の画素信号を垂直走査回路が発する制御信号 H1 に基づいてサンプルホールドする。なお、ラインメモリ 320 に保持される画素信号は、制御信号 S1 ~ S4 の立ち上がりに同期してリセットされる。

【0047】

撮像画素 310 および焦点検出画素 315、316 からの画素信号の出力は、垂直走査回路が発生する制御信号 (S1 ~ S4) により行ごとに独立に制御される。制御信号 (S1 ~ S4) により選択された行の画素の画素信号は、垂直信号線 501 に出力される。

【0048】

ラインメモリ 320 に保持された画素信号は、水平走査回路が発生する制御信号 (V1 ~ V8) により、順次、出力回路 330 に転送され、出力回路 330 において、設定された増幅度で増幅されて外部に出力される。

【0049】

撮像画素 310 および焦点検出画素 315、316 は、画素信号がサンプルホールドされた後、垂直走査回路が発生する制御信号 (R1 ~ R4) によりリセットされ、制御信号 R1 ~ R4 の立ち下がりで次回の画素信号出力のための電荷蓄積を開始する。

【0050】

制御信号 Sync は垂直同期信号であって、フレーム毎に外部に出力される。また、制御信号 S1 ~ S4、制御信号 R1 ~ R4 も外部に出力される。

【0051】

図 15 は、図 14 に示す撮像素子 212 の撮像画素 310 および焦点検出画素 315、316 の詳細回路図である。光電変換部はフォトダイオード (PD) で構成される。PD で蓄積された電荷は浮遊拡散層 (フロー・タイミングディフュージョン : FD) に蓄積される。FD は増幅 MOS トランジスタ (AMP) のゲートに接続されており、AMP は FD に蓄積された電荷の量に応じた信号を発生する。

【0052】

FD 部は、リセット MOS トランジスタ 510 を介し、電源電圧 Vdd に接続されている。制御信号 Rn (R1 ~ R3) によりリセット MOS トランジスタ 510 が ON となると、FD および PD に溜まった電荷がクリアされ、リセット状態となる。

【0053】

AMP の出力は、行選択 MOS トランジスタ 512 を介して垂直出力線 501 に接続されている。制御信号 Sn (S1 ~ S3) により行選択 MOS トランジスタ 512 が ON となると、AMP の出力が垂直出力線 501 に出力される。

【0054】

図 16 は、図 14 に示す撮像素子 212 の動作タイミングチャートである。CMOS イメージセンサーにおいては、いわゆるローリングシャッタ動作により、画素のリセット、露光、信号の読み出しが以下のように各行毎に順次行われる。

【0055】

撮像素子 212 からの全画素の信号の出力 (1 フレーム分の画像信号の出力) に同期して、垂直同期信号 Sync が発せられる。1 行目の撮像画素 310 は、垂直同期信号 Sync に同期して垂直走査回路が発する制御信号 S1 により選択され、選択された撮像画素 310 の画素信号は垂直信号線 501 に出力される。制御信号 S1 と同期して発せられる制御信号 H1 により垂直信号線 501 に出力された 1 行目の画素信号は、ラインメモリ 320 に一時的に保持される。

【0056】

ラインメモリ 320 に保持された 1 行目の撮像画素 310 の画素信号は、水平走査回路から順次発せられる制御信号 V1 ~ V8 にしたがって出力回路 330 に転送され、出力回路 330 において、設定された増幅度で増幅されて外部に出力される。

【0057】

10

20

30

40

50

1行目の撮像画素310の画素信号のラインメモリ320への転送が終了した時点で、リセット回路より発せられる制御信号R1により1行目の撮像画素310がリセットされ、制御信号R1の立ち下がりで1行目の撮像画素310の次の電荷蓄積が開始される。

【0058】

1行目の撮像画素310の画素信号の、出力回路330からの出力が終了した時点で、2行目の撮像画素310および焦点検出画素315, 316は、垂直走査回路が発する制御信号S2により選択され、選択された撮像画素310の画素信号は垂直信号線501に出力される。

【0059】

以下、同様にして2行目の撮像画素310および焦点検出画素315, 316の画素信号の保持および撮像画素310のリセット、画素信号の出力および次の電荷蓄積の開始が行われる。続いて3行目、4行目の撮像画素310の画素信号の保持および撮像画素310のリセット、撮像画素310の画素信号の出力および次の電荷蓄積の開始が行われる。全ての画素の画素信号の出力が終了すると、再び1行目に戻って上記動作が周期的に繰り返される。

【0060】

n行目の撮像画素310および焦点検出画素315, 316のリセット動作は、制御信号Rnの立ち上がりから立ち下がりまでの時間に行われ、n行目の撮像画素310および焦点検出画素315, 316の露光動作は、制御信号Rnの立ち下がりから、制御信号Snの立ち上がりまでの時間（露光時間、蓄積時間）に行われ、n行目の撮像画素310および焦点検出画素315, 316の信号読み出し動作は、制御信号Snの立ち上がりから制御信号Sn+1の立ち上がりまでの時間に行われる。

【0061】

図17は、デジタルスチルカメラ201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S100でデジタルスチルカメラ201の電源がオンされると、ステップS110以降の撮像動作を開始する。ステップS110において、撮像素子212は、一定周期で撮像動作を繰り返す動作モード（例えば1秒間に60フレームを出力する）に設定される。そして1フレーム分の全画素データを読み出すとともに、欠陥画素に対して欠陥画素補正処理を施す。欠陥画素補正処理の詳細は後述する。続くステップS120では、撮像画素310のデータから一部を間引きしたデータを液晶表示像素子216に表示（ライブビュー表示）させる。ステップS130では焦点検出画素313、314、315、316のデータに基づき5つの焦点検出エリア101～105において焦点検出を行い、最終的に1つのデフォーカス量を算出する。デフォーカス量の信頼性が低い場合、またはデフォーカス量の算出が不能であった場合は、焦点検出不能となる。ステップS130におけるデフォーカス量の算出処理の詳細については後述する。

【0062】

ステップS140で、合焦近傍か否か、すなわち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された場合は、ステップS150へ進み、デフォーカス量をレンズ駆動制御装置206へ送信し、交換レンズ202のフォーカシングレンズ210を合焦位置に駆動させる。その後、ステップS110へ戻って上述した動作を繰り返す。

【0063】

なお、焦点検出不能な場合もこのステップに分岐し、レンズ駆動制御装置206へ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210を無限から至近までの間でスキャン駆動させる。その後、ステップS110へ戻って上述した動作を繰り返す。

【0064】

ステップS140で合焦近傍であると判定された場合はステップS160へ進み、シャッターボタン（不図示）の操作によりシャッターレリーズがなされたか否かを判別する。

10

20

30

40

50

シャッターレリーズがなされていないと判定された場合はステップ S 110 へ戻り、上述した動作を繰り返す。一方、シャッターレリーズがなされたと判定された場合はステップ S 170 へ進み、レンズ駆動制御装置 206 へ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（撮影者または自動により設定された F 値）にする。絞り制御が終了した時点で、撮像素子 212 に被写体輝度に応じた露光時間による撮像動作を行わせ、撮像素子 212 の撮像画素 310 および全ての焦点検出画素 313、314、315、316 から画像データを読み出すとともに、欠陥画素に対して欠陥画素補正処理を施す。欠陥画素補正処理の詳細は後述する。

【0065】

ステップ S 180 において、焦点検出画素列の各画素位置における仮想的な撮像画素のデータを焦点検出画素 313、314、315、316 の周囲の撮像画素 310 のデータと焦点検出画素 313、314、315、316 のデータに基づいて画素補間する。例えば特願 2007-264557 に開示された画素補間処理を行う。続くステップ S 190 では、撮像画素 310 のデータおよび補間された仮想的な撮像画素のデータからなる画像データをメモリーカード 219 に記憶し、ステップ S 110 へ戻って上述した動作を繰り返す。

【0066】

次に、図 17 のステップ S 130 で用いられる一般的な像ズレ検出演算処理（相関演算処理、位相差検出処理）の詳細について説明する。簡単のため 1 つの焦点検出エリアの焦点検出画素配列に対する処理を記載するが、もう他の焦点検出エリアにおける処理も同様である。

【0067】

焦点検出画素 313、314、または焦点検出画素 315、316 が検出する一対の像は、測距瞳がレンズの絞り開口により口径蝕を受けて光量バランスが崩れている可能性があるので、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。

【0068】

焦点検出画素列から読み出された一対のデータ列（ $A_{1,1} \sim A_{1,M}$ 、 $A_{2,1} \sim A_{2,M}$: M はデータ数）に対し、特開 2007-333720 号公報に開示された相関演算式（1）を用い、相関量 $C(k)$ を演算する。

$$C(k) = |A_{1,n} \times A_{2,n+1+k} - A_{2,n+k} \times A_{1,n+1}| \quad (1) \quad 30$$

【0069】

式（1）において、演算は n について累積されるが、 n のとる範囲は、像ずらし量 k に応じて $A_{1,n}$ 、 $A_{1,n+1}$ 、 $A_{2,n+k}$ 、 $A_{2,n+1+k}$ のデータが存在する範囲に限定される。像ずらし量 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ずらし量である。

【0070】

式（1）の演算結果は、図 18（a）に示すように、一対のデータの相関が高いシフト量（図 18（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。式（2）～（5）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 $C(k_s)$ を与えるずらし量 k_s を求める。

$$k_s = k_j + D / SLOP \quad (2)$$

$$C(k_s) = C(k_j) - |D| \quad (3)$$

$$D = \{C(k_j - 1) - C(k_j + 1)\} / 2 \quad (4)$$

$$SLOP = MAX \{C(k_j + 1) - C(k_j), C(k_j - 1) - C(k_j)\} \quad (5)$$

【0071】

式（2）で算出されたずらし量 k_s の信頼性があるかどうかは、以下のようにして判定される。図 18（b）に示すように、一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 $C(k_s)$ の値が大きくなる。したがって、 $C(k_s)$ が所定の閾値以上の場合は、算出されたずらし量の信頼性が低いと判定し、算出されたずらし量 k_s をキャン

10

20

30

40

50

セルする。

【0072】

あるいは、 $C(k_s)$ 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S L O Pで $C(k_s)$ を除した値が所定値以上の場合は、算出されたずらし量の信頼性が低いと判定し、算出されたずらし量 k_s をキャンセルする。

【0073】

あるいはまた、コントラストに比例した値となるS L O Pが所定値以下の場合は、被写体が低コントラストであり、算出されたずらし量の信頼性が低いと判定し、算出されたずらし量 k_s をキャンセルする。

【0074】

図18(c)に示すように、一対のデータの相関度が低く、ずらし量の範囲 $k_{min} \sim k_{max}$ の間で相関量 $C(k)$ の落ち込みがない場合は、極小値 $C(k_s)$ 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。

【0075】

算出されたずらし量 k_s の信頼性があると判定された場合は、式(6)により像ズレ量 $shft$ に換算される。

$$shft = PY \times k_s \quad (6)$$

【0076】

式(6)において、 PY は焦点検出画素313、314、または焦点検出画素315、316の画素ピッチの2倍(検出ピッチ)である。式(6)で算出された像ズレ量に所定の変換係数 K_d を乗じて、式(7)に表されるようにデフォーカス量 def へ変換する。なお、変換係数 K_d は、焦点検出画素313、314、または焦点検出画素315、316が受光する一対の焦点検出光束の開き角に応じた値であって、測距瞳距離 d を一対の測距瞳の重心間隔で除算した値である。

$$def = K_d \times shft \quad (7)$$

【0077】

図19は、ボディ駆動制御装置214が、欠陥画素情報記憶メモリ221に格納された欠陥画素情報に基づき、バッファメモリ220に一時的に格納された撮像素子212からの画素信号(画素データ)に対して欠陥画素補正処理を行う際の画素データおよび処理の内容についての概念図である。

【0078】

撮像素子212において、行及び列方向に配置された撮像素子310および焦点検出画素313、314、315、316の画素データは、ローリングシャッタ方式で行順次に読み出される。図19では、一番上の行から下方に向かって行順次に読み出される。

【0079】

撮像素子212から読み出された1行分の画素データは、6行分($L1 \sim L6$)のラインメモリを備えたバッファメモリ220に、ラインメモリ $L1$ からFIFO(First In First Out)方式で格納されていく。すなわち、ラインメモリ $L1$ に全ての画素データが揃うと、ラインメモリ $L6$ に格納された1行分の画素データは廃棄され、ラインメモリ $L1 \sim L5$ に格納された5行分の画素データがラインメモリ $L2 \sim L6$ にシフトする。すなわち、バッファメモリ220には撮像素子212から読み出された5行分の完全な画素データが常時揃っていることになる。この5行分のデータの領域が撮像素子の画素データの読み出しの進行に応じて、上辺から下辺に移動していく。バッファメモリ $L4$ はバッファメモリ中心行である。

【0080】

カメラボディ201の組み立て時において、撮像素子212を所定輝度で一様照明して画素データを読み出し、該画素データに基づき白キズ画素(画素出力が飽和する画素または画素感度が所定閾値以上の画素)、黒キズ画素(画素出力が不足する画素または画素感度が所定閾値以下の画素)等の欠陥画素を抽出して、該欠陥画素の位置情報(行、列のアドレスで表される欠陥画素位置情報)が、欠陥画素情報記憶メモリ221に格納される。

10

20

30

40

50

さらに該位置情報に付隨して、該欠陥画素が撮像画素 310 であるか焦点検出画素 313、314、315、316 であるかに応じて定められる欠陥画素補正処理の種類についての情報（欠陥画素補正処理情報）が、欠陥画素情報記憶メモリ 221 に格納される。具体的には、欠陥画素が撮像画素 310 の場合には、欠陥画素補正処理はメディアンフィルタ処理（図 19 では、「M」として表す）であり、焦点検出画素 313、314、315、316 の場合は、平均処理（図 19 では、「A」として表す）である。さらに、欠陥位置情報に付隨して、該欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域において該欠陥画素に施される欠陥画素補正処理に用いられる画素の位置を表す位置情報（補正用画素位置情報）が、欠陥画素情報記憶メモリ 221 に格納される。具体的には、図 20 のように欠陥画素を除いた 5×5 画素のマトリックスを 24 ビットで表した場合、欠陥画素補正処理に用いられる画素のビットを 1、欠陥画素補正処理に用いられない画素のビットを 0 とした 24 ビットデータで補正用画素位置情報を表す。例えば、欠陥画素が撮像画素 310（緑画素）であり、該欠陥画素の周囲に別の欠陥画素や焦点検出画素 313、314、315、316 がない場合には、図 19 に示すように、 5×5 画素の領域のうち “ ” で示した画素が欠陥画素補正処理に用いられる。この場合、「0×CCC555」で表される 24 ビットデータが補正用画素位置情報となる。10

【0081】

ボディ駆動制御装置 214 は、バッファメモリ 220 のバッファメモリ中心行 V_n を検出するとともに、列 H を第 1 列から最終列まで走査しながら欠陥画素補正処理を行う。例えば、行 V_n 、列 H_m で表される画素位置が欠陥画素情報記憶メモリ 221 に欠陥画素位置情報として登録されているか否かを調べる。欠陥画素位置情報として登録されていなければ、バッファメモリ 220 に格納されている画素中心行 V_n 、列 H_m で表される画素位置の画素データをそのまま欠陥画素補正処理なしで画素データとして読み込む。欠陥画素位置情報として登録されている場合には、その欠陥画素位置情報に付隨して欠陥画素情報記憶メモリ 221 に格納されている欠陥画素補正処理情報と補正用画素位置情報とに基づき、バッファメモリ 220 に格納されている画素中心行 V_n 、列 H_m で表される画素位置の画素を中心とした 5×5 の画素データに対して欠陥画素補正処理を施して補正画素データとする。20

【0082】

補正用画素位置情報は欠陥画素の周囲の状況に応じて変更される。図 21 (a) は、欠陥画素が撮像画素 310（赤画素）であり、かつ該欠陥画素の周囲に別の欠陥画素や焦点検出画素 313、314、315、316 がない場合における該欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示している。欠陥画素補正処理に用いられる補正用画素は、図 21 (b) において “ ” で示すように、該欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域に存在する赤画素となる。30

【0083】

図 22 (a) は、欠陥画素が撮像画素 310（緑画素）であり、該欠陥画素の 1 行下に焦点検出画素 315、316（行方向に配列した一対の焦点検出画素 315、316 を A1、A2 で示す）が行方向に配列されている場合における該欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示している。欠陥画素補正処理に用いられる補正用画素は、図 22 (b) において “ ” で示すように、該欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域に存在する緑画素となる。40

【0084】

図 23 (a) は、欠陥画素が撮像画素 310（緑画素）であり、該欠陥画素の 1 列左に焦点検出画素 313、314（列方向に配列した一対の焦点検出画素 313、314 を A3、A4 で示す）が列方向に配列されている場合における該欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示している。欠陥画素補正処理に用いられる補正用画素は、図 23 (b) において “ ” で示すように、該欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域に存在する緑画素となる。

【0085】

50

図24(a)は、欠陥画素が撮像画素310(緑画素)であり、該欠陥画素の1列右側から焦点検出画素315、316が行方向に配列されている場合における該欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示している。欠陥画素補正処理に用いられる補正用画素は、図24(b)において“”で示すように、該欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域に存在する緑画素となる。

【0086】

図25(a)は欠陥画素が焦点検出画素315または316(A1)であり、焦点検出画素315、316が行方向に配列されている場合における該欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示している。欠陥画素補正処理に用いられる補正用画素は、図25(b)において“”で示すように、該欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域に存在する焦点検出画素315または316(A1)となる。

10

【0087】

図26(a)は欠陥画素が焦点検出画素313または314(A3)であり、焦点検出画素313、314が列方向に配列されている場合における該欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示している。欠陥画素補正処理に用いられる補正用画素は、図26(b)において“”で示すように、該欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域に存在する焦点検出画素313または314(A3)となる。

【0088】

図27(a)は欠陥画素が焦点検出画素315または316(A1)であり、行方向に配列している焦点検出画素315、316の左端の焦点検出画素315または316が欠陥画素であった場合における該欠陥画素を中心とした 5×5 の領域を示している。欠陥画素補正処理に用いられる補正用画素は、図27(b)において“”で示すように、該欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域に存在する焦点検出画素315または316(A1)となる。

20

【0089】

図28を用いて、図17のステップS110およびステップS170における欠陥画素補正処理の詳細を説明する。本欠陥画素補間処理はボディ駆動制御装置214により実行される。ステップS200で行Vを1行目にリセットする。ステップS210で行Vがバッファメモリ中心行になるのを待機する。ステップS220で列Hを1列目にリセットする。ステップS230で行V、列Hで表される画素位置の画素を中心とした 5×5 のバッファメモリ領域を設定する。

30

【0090】

ステップS240で行V、列Hで表される画素位置が欠陥画素位置情報として欠陥画素情報に登録されているか否かを判定する。欠陥画素位置情報として登録されていない場合は、ステップS290で、 5×5 画素のバッファメモリ領域の中心位置の画素データを、行V、列Hで表される画素位置での画素データとして読み出し、ステップS300に進む。

【0091】

欠陥画素位置情報として登録されている場合は、該画素位置における欠陥画素の欠陥画素補正処理の種類を特定し、メディアンフィルタ処理の場合はステップS270に進む。補正用画素位置情報に応じて 5×5 のバッファメモリ領域内で補正に使用される画素データのメディアンを算出して画素データとし、ステップS300に進む。

40

【0092】

平均処理の場合は、ステップS280に進み、補正用画素位置情報に応じて 5×5 のバッファメモリ領域内で補正に使用される画素データの平均値を算出して画素データとし、ステップS300に進む。

【0093】

ステップS300において、列Hをインクリメントする。ステップS310では、列Hが最終列を超えたか否かを判定し、超えていない場合は、ステップS230に戻って上記処理を繰り返す。最終列を超えた場合は、ステップS320において、行Vをインクリメ

50

ントする。ステップ S 330 では、行 V が最終行を超えたか否かを判定し、超えていない場合は、ステップ S 210 に戻って上記処理を繰り返す。最終行を超えた場合は、1 フレーム分の欠陥画素の補正処理を終了する。

【0094】

なお、1 行分の欠陥画素補正処理の実行時間は、撮像素子 212 からの 1 行分の画素データ読み出し時間より短くなるように設計される。

【0095】

また、カメラボディ 203 に組み込まれる撮像素子 212 は、予め欠陥画素の状態に応じて選別されており、全ての欠陥画素に対し該欠陥画素を中心とした 5×5 の領域において欠陥画素補正に用いられる補正用の画素が必ず所定個数以上存在する。すなわち、その所定個数を判定水準とすることにより、欠陥画素の密度が高く、欠陥画素補正処理が不能になってしまうような撮像素子 212 は欠陥品として排除される。例えば、正常な撮像素子 212 において、欠陥画素が撮像画素 310 の場合、該欠陥画素を中心とした 5×5 の領域には、欠陥画素補正に用いられる補正用の撮像画素 310 が 3 個以上存在するものとする。欠陥画素が焦点検出画素 313、314、315、316 の場合（ただし、焦点検出画素配列の端および端から 2 番目の焦点検出画素を除く）、該欠陥画素を中心とした 5×5 の領域においては、欠陥画素補正に用いられる補正用の焦点検出画素が 2 個以上存在するものとする。換言すると、同種類の焦点検出画素が連続して欠陥画素であることは無いこととなる。このようにして、焦点検出画素 313、314、315、316 に対する判定水準を撮像画素 310 に対する判定水準よりも厳しくすることにより、撮像素子 212 が選別される。こうして選別された撮像素子 212 においては、撮像画素 310 に比して、焦点検出画素 313、314、315、316 のうちのいずれか 1 種類の画素の配置密度が相対的に低い場合であっても、該焦点検出画素の画素信号の品質を維持することができるとともに、焦点検出精度の劣化を防止することができる。

【0096】

- - - 変形例 - - -

以上説明した実施形態において、欠陥画素補正処理に用いる画素の領域を、欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域として説明したが、 $N \times N$ 画素 ($N > 5$) の領域であっても構わない。ただし、焦点検出画素 313、314、315、316 の欠陥画素補正処理に用いる焦点検出画素は、欠陥焦点検出画素と同種類の 2 個の焦点検出画素であって、かつ欠陥焦点検出画素に最近接するものとする。

【0097】

以上説明した実施形態において、欠陥画素補正処理に用いる画素の領域を、欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域とし、該領域内で欠陥画素補正処理に用いる画素の、欠陥画素を基準とした相対的な位置を補正用画素位置情報として記憶しているので、 5×5 画素の領域内に別の欠陥画素が存在する場合にも対応できる。また、欠陥画素が撮像画素 310 であるか焦点検出画素 313、314、315、316 であるかに否かに関わらず対応することもできる。あるいは、欠陥画素が撮像領域の端にあった場合や、近傍に他の種類の画素がある場合にも対応することができる。さらには、撮像素子の中央と周辺において、撮像画素 310 の欠陥画素補正処理に用いる撮像画素の範囲を変えたいような場合にも対応することができる。

【0098】

以上説明した実施形態においては、欠陥画素に施す欠陥画素補正処理の種類を、欠陥画素位置に付随して、欠陥画素毎に、欠陥画素情報記憶メモリ 221 に記憶している。そのため、複数種類の欠陥画素補正処理を、画素信号読み出しシーケンスに同期してスムーズに行うことが可能になるとともに、同一種類の画素においても、撮像素子の中央と周辺において、欠陥画素補正処理の種類を変えたいような場合にも対応することができる。

【0099】

以上説明した実施形態において、撮像画素 310 の欠陥画素補正処理としてメディアンフィルタを用いる理由は、像の 2 次元的な構造の違いに依らず比較的簡易に良好な補正性

10

20

30

40

50

能が得られるためである。また、焦点検出画素 313、314、315、316 の欠陥画素補正処理として最近接の焦点検出画素の平均処理を用いる理由は以下のとおりである。すなわち、焦点検出画素の場合は、焦点検出画素の配列方向における最近接の焦点検出画素との相関が高く、最近接の焦点検出画素のみを欠陥画素補正処理に用いることで焦点検出精度の劣化を防ぐためである。焦点検出画素 313、314、315、316 の欠陥画素補正処理としてメディアンフィルタを用いた場合には、欠陥焦点検出画素から位置的に離れた焦点検出画素の信号が欠陥焦点検出画素の補正值として用いられる場合があり、このような場合には焦点検出精度が低下する場合がある。

【0100】

以上説明した実施形態においては、撮像画素 310 の欠陥画素補正処理としてメディアンフィルタを用い、焦点検出画素 313、314、315、316 の欠陥画素補正処理として最近接の焦点検出画素の一次元的な平均処理を用いているが、これに限定されるわけではない。

【0101】

例えば、撮像画素 310 の欠陥画素補正処理として、2 次元的な平均処理や、2 次元的なスプライン補間・ラグランジエ補間などの数値計算法を採用することが可能である。また、焦点検出画素 313、314、315、316 の欠陥画素補正処理として、2 個の最近接の焦点検出画素およびその隣の 2 個の焦点検出画素の合計 4 個の焦点検出画素を用いた一次元的なスプライン補間を用いることもできる。

【0102】

以上説明した実施形態においては、撮像画素 310 の欠陥画素補正処理としてメディアンフィルタを用いるが、デジタルスチルカメラ 201 の動作シーケンスに応じて欠陥画素補正処理の種類を変更するようにしてもよい。例えば、図 17 の動作フローチャートにおいて、シャッターレリーズ前に電子ビューファインダー表示を繰り返し行っている間（ライブビュー動作モード）は、欠陥画素補正処理の精度は視認性に及ぼす影響が小さいので、撮像画素 310 の欠陥画素補正処理として比較的軽い処理である前置または後置画素置き換え処理を採用することにより処理負荷を軽減する。シャッターレリーズ後の欠陥画素補正処理としてはメディアンフィルタ処理を採用して画像品質を維持するようにしてもよい。

【0103】

図 17 の動作フローチャートにおいては、欠陥画素補正処理（ステップ S170）の後に焦点検出画素位置における仮想的な撮像画素の画素信号を補間する処理（ステップ S180）を行っているが、画素補間処理（ステップ S180）の後に仮想的な撮像画素の画素信号を用いて再度欠陥画素補正処理することにより、さらに欠陥画素補正処理性能を向上させることができる。

【0104】

図 17 のステップ S130 で用いられる一般的な像ズレ検出演算処理（相関演算処理）として数式 1 を用いた演算を示したが、その他の演算を用いることもできる。例えば焦点検出画素列から読み出された一対のデータ列（ $A_{1,1} \sim A_{1,M}$ 、 $A_{2,1} \sim A_{2,M}$: M はデータ数）に対し相関演算式（8）を用い、相関量 $C(k)$ を演算する。

$$C(k) = - \{ (A_{1,n} - A_{1,a_v}) \times (A_{2,n+k} - A_{2,a_v}) \} / (A_{1,d_e} \times A_{2,d_e}) \quad (8)$$

【0105】

演算は n について累積される。 A_{1,a_v} および A_{1,d_e} は、 n が累積される区間ににおける $A_{1,n}$ の平均値および標準偏差である。 A_{2,a_v} および A_{2,d_e} は、 n が累積される区間ににおける $A_{2,n+k}$ の平均値および標準偏差である。

【0106】

像ズラし量 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ズラし量である。

【0107】

10

20

30

40

50

式(8)の演算結果は、一対のデータの相関が高いずらし量において相関量C(k)が極小となるので、式(2)～(5)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(k_s)を与えるずらし量k_sを求めることができる。

【0108】

式(2)～(5)の代わりに2次関数を仮定した3点内挿の手法に基づく式(9)を用いて連続的な相関量に対する極小値C(k_s)を与えるずらし量k_sを求めるようにしてもよい。

$$k_s = k_j + D / \{ C(k_j + 1) + C(k_j - 1) - 2 \times C(k_j) \} \quad (9)$$

【0109】

- - - 第2の実施の形態 - - -

10

図3、図4に示す撮像素子212の部分拡大図では、各画素に1つの光電変換部を有する一対の焦点検出画素313, 314および一対の焦点検出画素315, 316を備える例を示したが、ひとつの焦点検出画素内に一対の光電変換部を備えるようにしてもよい。図29、図30は図3、図4に対応した撮像素子212の部分拡大図であり、焦点検出画素311および312は一対の光電変換部を備える。

【0110】

図31(a)に示す焦点検出画素311は、図9(a)、(b)に示す焦点検出画素313と焦点検出画素314のペアに相当した機能を果たし、図31(b)に示す焦点検出画素312は、図9(c)、(d)に示す焦点検出画素315と焦点検出画素316のペアに相当した機能を果たす。焦点検出画素311、312は、図31(a)、(b)に示すように、マイクロレンズ10と一対の光電変換部13, 14および一対の光電変換部15, 16から構成される。焦点検出画素311、312には白色フィルタが配置されており、その分光感度特性は、光電変換を行うフォトダイオードの分光感度と、赤外カットフィルタ(不図示)の分光感度特性とを総合した分光感度特性(図8参照)となる。つまり、図7に示す緑画素、赤画素および青画素の分光感度特性を加算したような分光感度特性となり、その焦点検出画素311、312が高い分光感度を示す光波長領域は、緑画素、赤画素および青画素が高い分光感度を示す光波長領域を包括している。

20

【0111】

図32は図31(a)に示した焦点検出画素311の断面図であって、光電変換部13, 14の上に近接して遮光マスク30が形成され、光電変換部13, 14は、遮光マスク30の開口部30dを通過した光を受光する。遮光マスク30の上には平坦化層31が形成され、その上に白色フィルタ34が形成される。白色フィルタ34の上には平坦化層32が形成され、その上にマイクロレンズ10が形成される。マイクロレンズ10により開口部30dに制限された光電変換部13, 14の形状が前方に投影されて、一対の測距瞳を形成する。光電変換部13, 14は半導体回路基板29上に形成される。

30

【0112】

焦点検出画素312の構造も焦点検出画素311の構造を90度回転しただけであって、基本的に図32に示す焦点検出画素311の構造と同様である。

【0113】

上記のような構成の焦点検出画素311, 312を備えた撮像素子においても、本発明を適用することが可能である。例えば、焦点検出画素311の1つが欠陥画素である場合には、欠陥焦点検出画素311の光電変換部13, 14の信号は、その欠陥焦点検出画素の上下の焦点検出画素311の光電変換部13, 14の信号をそれぞれ平均することにより欠陥画素補正処理される。

40

【0114】

- - - 第3の実施の形態 - - -

図33は、交換レンズ202の撮影画面上における焦点検出位置(焦点検出エリア)を示す図であり、撮像素子212上の焦点検出画素列が焦点検出の際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)の一例を示す。この例では、矩形の撮影画面100上の中央および上下左右の5箇所に焦点検出エリア101～105、な

50

らびに撮影画面 100 の対角線方向に焦点検出エリア 106 ~ 109 が配置される。焦点検出エリア 106 ~ 109 においては、長方形で示す焦点検出エリアの長手方向に、焦点検出画素が斜め右上がり 45 度方向および斜め左上がり 45 度方向に直線的に配列される。

【0115】

図 34、図 35 は撮像素子 212 の詳細な構成を示す正面図であり、撮像素子 212 上の焦点検出エリア 106、108 および焦点検出エリア 107、109 の近傍を拡大して示す。撮像素子 212 には撮像画素 310 が二次元正方格子状に稠密に配列される。撮像画素 310 は、赤画素 (R)、緑画素 (G)、青画素 (B) からなり、ペイヤー配列の配置規則によって配置されている。焦点検出エリア 106、108 に対応する位置には、撮像画素 310 と同一の画素サイズを有し、白色フィルタを備えた焦点検出画素 323、324 が、交互に本来緑画素が連続的に配置されるべき斜め右上がり 45 度方向の直線上に連続して配列される。これとともに、焦点検出エリア 107、109 に対応する位置には、撮像画素 310 と同一の画素サイズを有し、白色フィルタを備えた焦点検出画素 325、326 が、交互に本来緑画素が連続的に配置されるべき斜め左上がり 45 度方向の直線上に連続して配列される。焦点検出画素 323、324 および焦点検出画素 325、326 は、本来緑画素が配置される画素位置に配置される。

【0116】

焦点検出画素 323 は、図 36 (a) に示すように、矩形のマイクロレンズ 10、遮光マスクで受光領域を正方形の半分 (正方形を左上がり 45 度方向の対角線で 2 等分した場合の右上半分) に制限された光電変換部 23、および白色フィルタ (不図示) から構成される。

【0117】

また、焦点検出画素 324 は、図 36 (b) に示すように、矩形のマイクロレンズ 10、遮光マスクで受光領域を正方形の半分 (正方形を左上がり 45 度方向の対角線で 2 等分した場合の左下半分) に制限された光電変換部 24、および白色フィルタ (不図示) から構成される。

【0118】

焦点検出画素 323 と焦点検出画素 324 とをマイクロレンズ 10 を基準に重ね合わせて表示すると、遮光マスクで受光領域を制限された光電変換部 23 と 24 とが右上がり斜め 45 度方向に並んでいる。

【0119】

また、図 36 (a)、(b) において、正方形を半分にした受光領域の部分に正方形を半分にした残りの部分 (破線部分) を加えると、撮像画素の受光領域と同じサイズの正方形となる。

【0120】

焦点検出画素 325 は、図 36 (c) に示すように、矩形のマイクロレンズ 10、遮光マスクで受光領域を正方形の半分 (正方形を右上がり 45 度方向の対角線で 2 等分した場合の左上半分) に制限された光電変換部 25、および白色フィルタ (不図示) から構成される。

【0121】

また、焦点検出画素 326 は、図 36 (d) に示すように矩形のマイクロレンズ 10、遮光マスクで受光領域を正方形の半分 (正方形を右上がり 45 度方向の対角線で 2 等分した場合の右下半分) に制限された光電変換部 26、および白色フィルタ (不図示) から構成される。

【0122】

焦点検出画素 325 と焦点検出画素 326 とをマイクロレンズ 10 を基準に重ね合わせて表示すると、遮光マスクで受光領域を制限された光電変換部 25 と 26 とが左上がり斜め 45 度方向に並んでいる。

【0123】

10

20

30

40

50

また、図36(c)、(d)において、正方形を半分にした受光領域の部分に正方形を半分にした残りの部分(破線部分)を加えると、撮像素子の受光領域と同じサイズの正方形となる。

【0124】

上記のような斜め方向に配列された焦点検出画素を備えた撮像素子212においても、本発明を適用することが可能である。

【0125】

図37(a)は、欠陥画素が撮像素子310(緑画素)であり、該欠陥画素の右下に隣接して焦点検出画素323、324(一対の焦点検出画素323、324をA5、A6で示す)が右上がりに配列されている場合における該欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域を示している。欠陥画素補正処理に用いられる補正用画素は、図37(b)において、" "で示す緑画素である。

【0126】

図38(a)は、欠陥画素が撮像素子310(緑画素)であり、該欠陥画素の左下に隣接して焦点検出画素325、326(一対の焦点検出画素325、326をA7、A8で示す)が左上がりに配列されている場合における該欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域を示している。欠陥画素補正処理に用いられる補正用画素は、図38(b)に" "で示す緑画素である。

【0127】

図39(a)は、欠陥画素が撮像素子310(緑画素)であり、該欠陥画素が斜め右上がり方向に配列している焦点検出画素323、324の左下端の焦点検出画素の斜め左下にある場合における該欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域を示している。欠陥画素補正処理に用いられる補正用画素は、図39(b)に" "で示す緑画素である。

【0128】

図40(a)は、欠陥画素が焦点検出画素323(A5)であり、焦点検出画素323、324が斜め右上がり方向に配列している場合における該欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域を示している。欠陥画素補正処理に用いられる補正用画素は、図40(b)に" "で示す焦点検出画素323(A5)である。

【0129】

図41(a)は、欠陥画素が焦点検出画素325(A7)であり、焦点検出画素325、326が斜め左上がり方向に配列している場合における該欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域を示している。欠陥画素補正処理に用いられる補正用画素は、図41(b)に" "で示す焦点検出画素325(A7)である。

【0130】

図42(a)は、欠陥画素が焦点検出画素323(A5)であり、斜め右上がり方向に配列している焦点検出画素323、324の左下端の焦点検出画素が欠陥画素であった場合における該欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域を示している。欠陥画素補正処理に用いられる補正用画素は、図42(b)に" "で示す焦点検出画素323(A5)となる。

【0131】

- - - 第4の実施の形態 - - -

図43は、交換レンズ202の撮影画面上における焦点検出位置(焦点検出エリア)を示す図であり、撮像素子212上の焦点検出画素列が焦点検出の際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)の一例を示す。この例では、矩形の撮影画面100の中央および上下左右の5箇所に焦点検出エリア111～115、ならびに撮影画面100の対角方向の4カ所に焦点検出エリア116～119が配置される。焦点検出エリア111～115においては、水平方向および垂直方向に配列した焦点検出画素配列が、互いに十字型を形成するように交差している。焦点検出エリア116～119においては、斜め右上がり方向および斜め左上がり方向に配列した焦点検出画素配列が、X型を形成するように交差している。

10

20

30

40

50

【0132】

図44、図45は撮像素子212の詳細な構成を示す正面図であり、撮像素子212上の焦点検出エリア111、112、113および焦点検出エリア116、118の近傍を拡大して示す。

【0133】

図44において、水平方向の焦点検出画素315、316の配列と垂直方向の焦点検出画素313、314の配列とが交差する交差位置には、水平方向の焦点検出画素315が配置される。交差位置にあるべき垂直方向の焦点検出画素314の画素信号は、該交差位置を挟む最近接の2つの垂直方向の焦点検出画素314の画素信号の平均により求められる。

10

【0134】

図45において、斜め右上がり方向の焦点検出画素323、324の配列と斜め左上がり方向の焦点検出画素325、326の配列とが交差する交差位置には、右上がり方向の焦点検出画素323が配置される。交差位置にあるべき斜め左上がり方向の焦点検出画素325の画素信号は、該交差位置を挟む最近接の2つの斜め左上がりの焦点検出画素325の画素信号の平均により求められる。

【0135】

上記のような交差した焦点検出画素配列を有する撮像素子においても、本発明を適用することが可能である。

【0136】

20

図46(a)は欠陥画素が撮像画素310(緑画素)であり、該欠陥画素の左下で水平方向の焦点検出画素315、316と垂直方向の焦点検出画素313、314とが交差している場合における該欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域を示している。欠陥画素補正処理に用いられる補正用画素は、図46(b)において、" "で示す緑画素である。

【0137】

図47(a)は欠陥画素が撮像画素310(緑画素)であり、該欠陥画素の2画素下で斜め右上がり方向の焦点検出画素323、324と斜め左上がり方向の焦点検出画素325、326とが交差している場合における該欠陥画素を中心とした 5×5 画素の領域を示している。欠陥画素補正処理に用いられる補正用画素は、図47(b)において、" "で示す緑画素である。

30

【0138】

- - - 第5の実施の形態 - - -

図3、図4に示す撮像素子212の部分拡大図では、各画素に1つの光電変換部を有する一対の焦点検出画素315、316および一対の焦点検出画素313、314を、1行または1列に交互に配列する例を示した。しかし、一対の焦点検出画素315、316および一対の焦点検出画素313、314を、2行または2列に連続して配列するようにしてもよい。図48は、撮像素子212の部分拡大図であり、焦点検出画素315が1行に連続して配置されるとともに、焦点検出画素316が隣接した1行に連続して配置される。このように焦点検出画素315、316を配列することにより、焦点検出画素315および焦点検出画素316がそれぞれ像を検出するサンプリング間隔が短くなり、焦点検出精度が向上する。

40

【0139】

上記のような構成の焦点検出画素配列を備えた撮像素子212においても、本発明を適用することが可能である。例えば、焦点検出画素315の1つが欠陥画素である場合には、欠陥焦点検出画素315の画素信号は、その欠陥焦点検出画素の左右の焦点検出画素315の画素信号を平均することにより欠陥画素補正処理される。

【0140】

- - - 変形例 - - -

上述した実施形態における撮像素子212では、焦点検出画素が白色フィルタを備えた例を示したが、撮像画素と同じ色フィルタ(例えば緑フィルタ)を備えるようにした場合

50

にも本発明を適用することができる。

【0141】

上述した実施形態における撮像素子では、撮像画素がベイヤー配列の色フィルタを備えた例を示した。しかし、色フィルタ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（緑：G、イエロー：Y_e、マゼンタ：M_g，シアン：C_y）の配列やベイヤー配列以外の配列にも本発明を適用することができる。また色フィルタを備えないモノクロの撮像素子にも適用することができる。

【0142】

上述した実施形態においては、撮像素子212と光学系との間に光学要素を何も配置していないが、適宜必要な光学要素を挿入することが可能である。例えば、赤外カットフィルタや光学的ローパスフィルタ、ハーフミラーなどを設置してもよい。

10

【0143】

上述した実施形態においては、撮像素子212をCMOSイメージセンサーとしているが、CCDなどの他のタイプの撮像素子であってもよい。

【0144】

なお、撮像装置としては、上述したような、カメラボディに交換レンズが装着される構成の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ない。例えば、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本発明を適用することができる。さらには、携帯電話などに内蔵される小型カメラモジュール、監視カメラやロボット用の視覚認識装置、車載カメラなどにも適用できる。

20

【符号の説明】

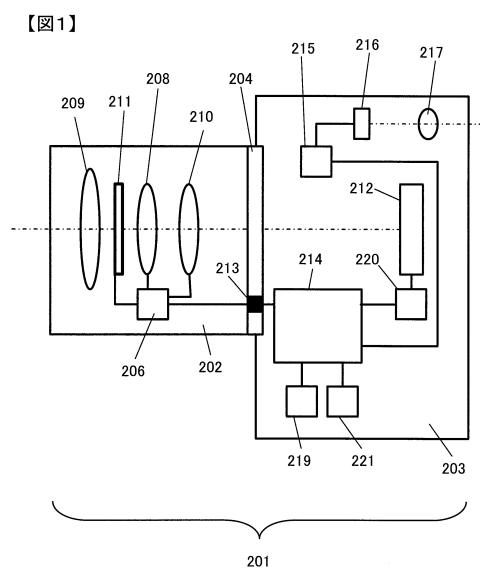
【0145】

- 9、10 マイクロレンズ、
 11、13、14、15、16、23、24、25、26 光電変換部、
 29 半導体回路基板、
 30 遮光マスク、30a、30b、30c、30d 開口部、
 31、32 平坦化層、34 白色フィルタ、38 色フィルタ、
 71、73、74 光束、
 90 射出瞳、91 交換レンズの光軸、93、94 測距瞳、95 領域、
 100 撮影画面、
 101、102、103、104、105、106、107、108、109、111、
 112、113、114、115、116、117、118、119 焦点検出エリア、
 201 デジタルスチルカメラ、202 交換レンズ、203 カメラボディ、
 204 マウント部、206 レンズ駆動制御装置、
 208 ズーミング用レンズ、209 レンズ、210 フォーカシング用レンズ、
 211 絞り、212 撮像素子、213 電気接点、
 214 ボディ駆動制御装置、
 215 液晶表示素子駆動回路、216 液晶表示素子、217 接眼レンズ、
 219 メモリカード、220 バッファメモリ、221 欠陥画素情報記憶メモリ、
 310 撮像画素、
 311、312、313、314、315、316、323、324、325、326 焦点検出画素、
 320 ラインメモリ、330 出力回路、501 垂直出力線、
 510 リセットMOSトランジスタ、512 行選択MOSトランジスタ

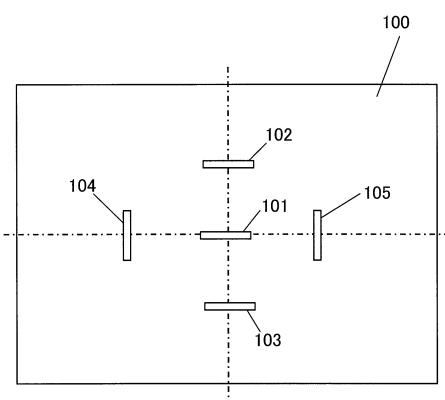
30

40

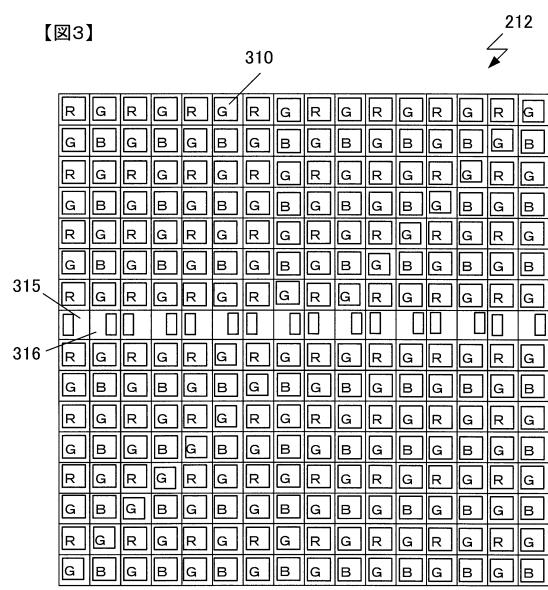
【図1】



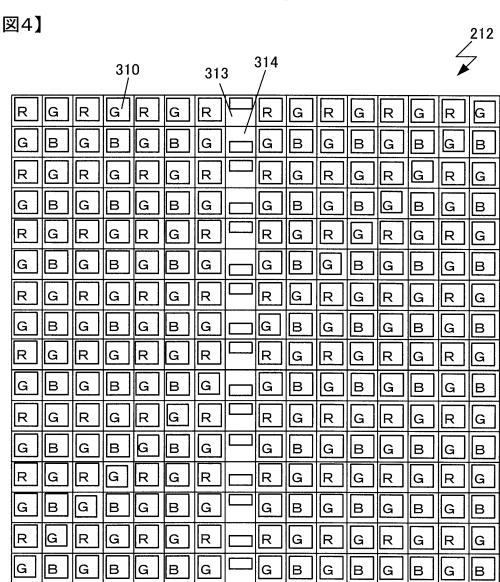
【図2】



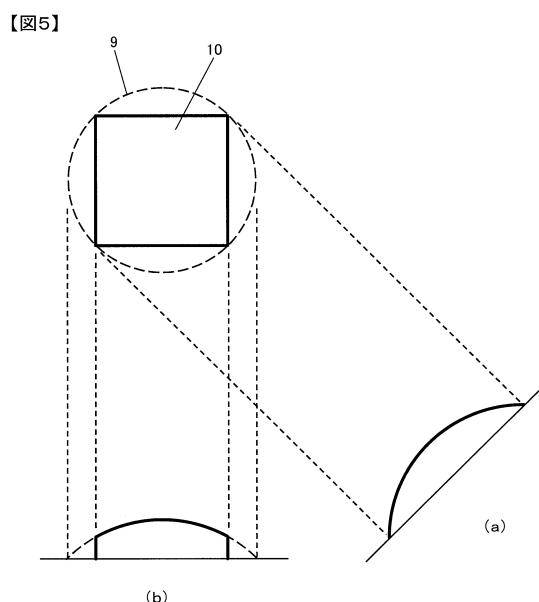
【図3】



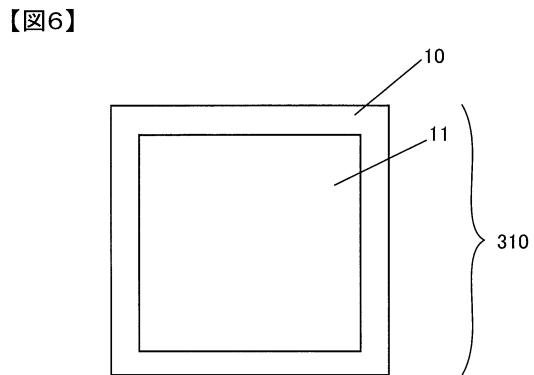
【図4】



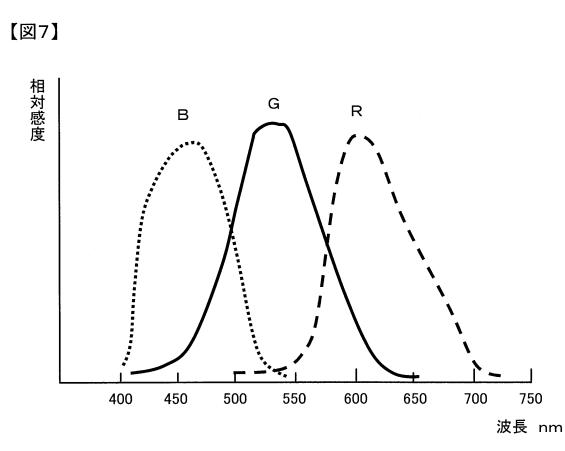
【図5】



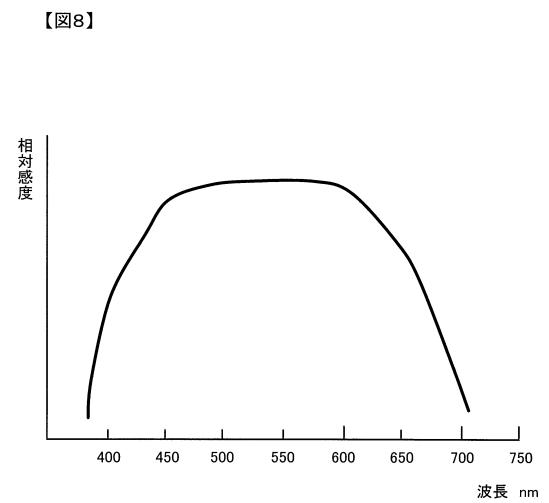
【図6】



【図7】

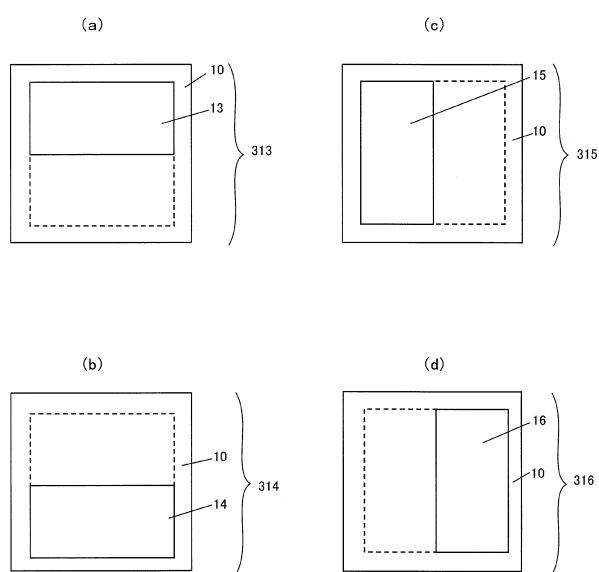


【図8】



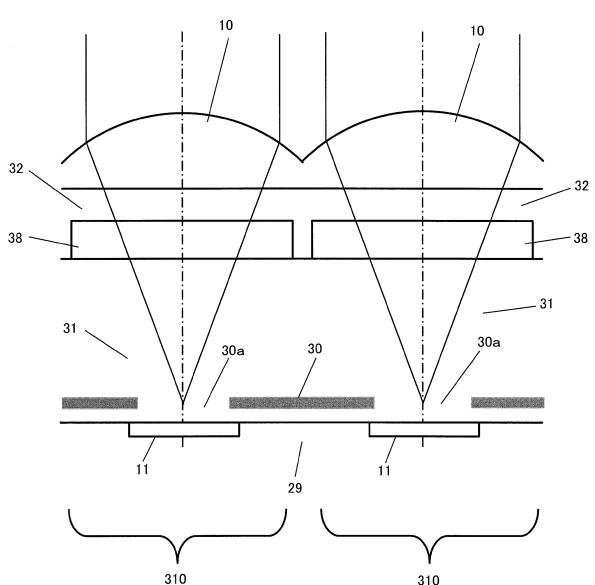
【図9】

【図9】



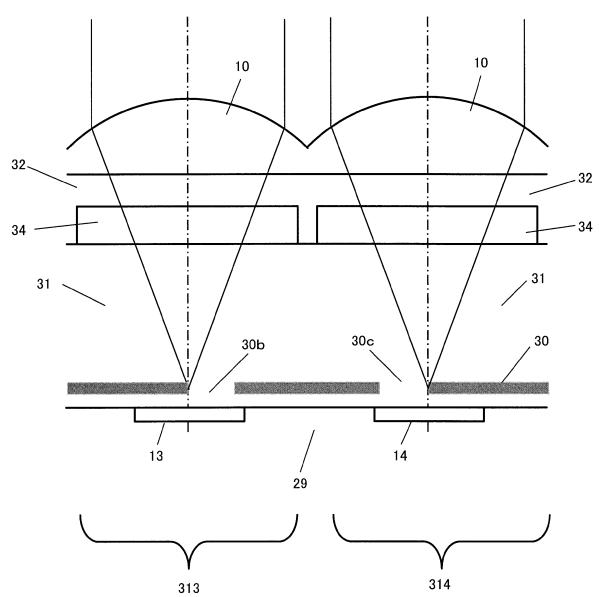
【図10】

【図10】



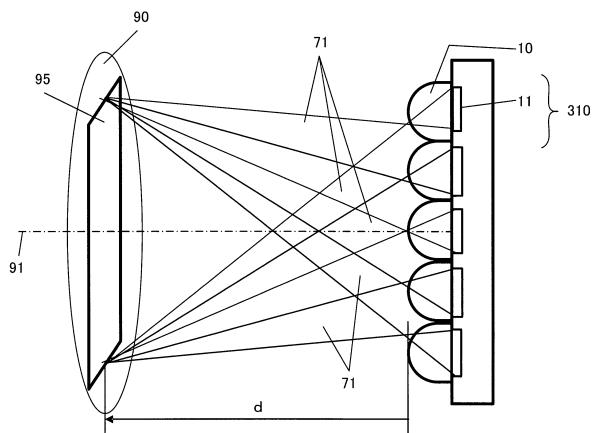
【図11】

【図11】



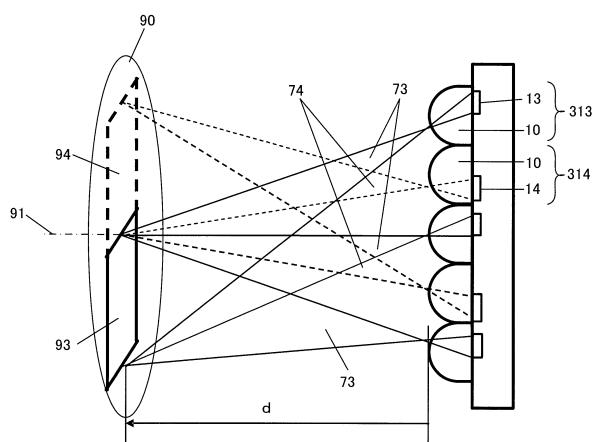
【図12】

【図12】

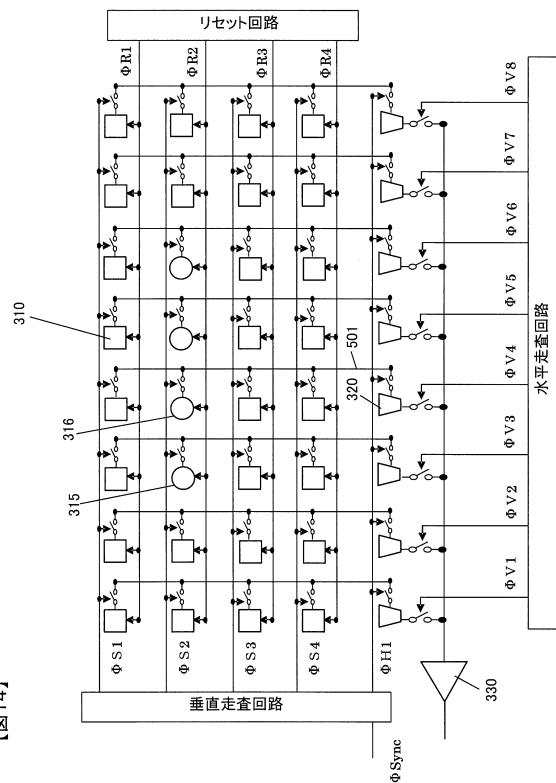


【図13】

【図13】

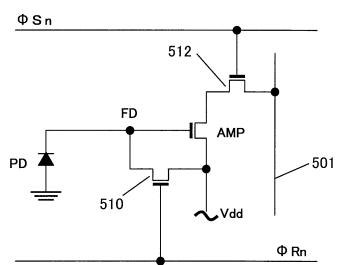


【図14】

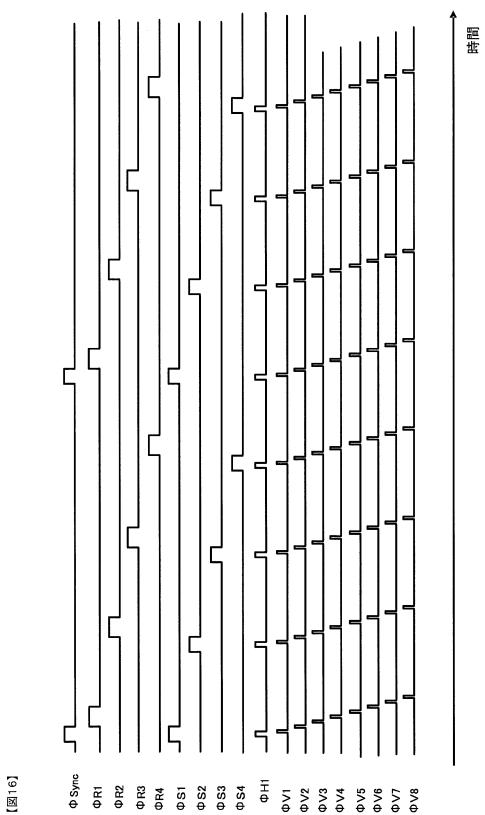


【図15】

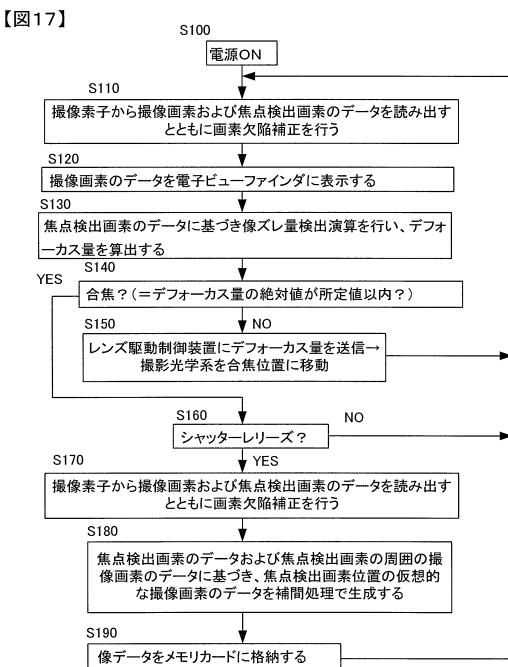
【図15】



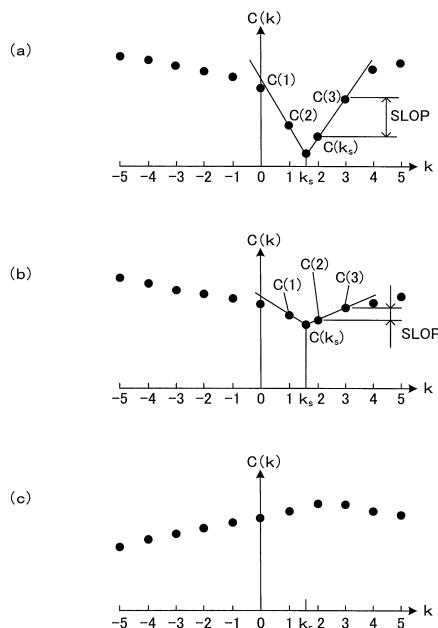
【図16】



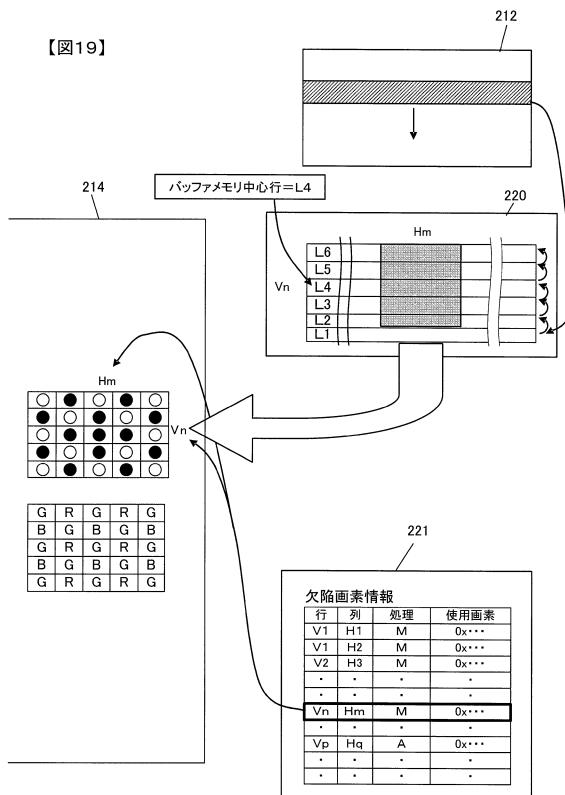
【図17】



【図18】



【図19】



【図20】

【図20】

Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19
Bit18	Bit17	Bit16	Bit15	Bit14
Bit13	Bit12		Bit11	Bit10
Bit9	Bit8	Bit7	Bit6	Bit5
Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0

【図21】

R	G	R	G	R
G	B	G	B	G
R	G	R	G	R
G	B	G	B	B
R	G	R	G	R

(a)

○	●	○	●	○
●	●	●	●	●
○	●	●	●	○
●	●	●	●	●
○	●	○	●	○

(b)

【図22】

G	R	G	R	G
B	G	B	G	B
G	R	G	R	G
A1	A2	A1	A2	A1
G	R	G	R	G

(a)

○	●	○	●	○
●	○	●	○	●
○	●	●	●	○
●	●	●	●	●
○	●	○	●	○

(b)

【図23】

G	A3	G	R	G
B	A4	B	G	B
G	A3	G	R	G
B	A4	B	G	B
G	A3	G	R	G

(a)

(b)

○	●	○	●	○
●	●	●	○	●
○	●	●	●	○
●	●	●	○	●
○	●	○	●	○

【図24】

(a)

(b)

G	B	G	B	G
R	G	R	G	R
G	B	G	A1	A2
R	G	R	G	R
G	B	G	B	G

○	●	○	●	○
●	○	●	○	●
○	●	●	●	●
●	○	●	○	●
○	●	○	●	○

【図25】

G	B	G	B	G
R	G	R	G	R
A1	A2	A1	A2	A1
R	G	R	G	R
G	B	G	B	G

(a)

●	●	●	●	●
●	●	●	●	●
○	●	●	●	○
●	●	●	●	●
●	●	●	●	●

(b)

【図26】

G	B	A3	B	G
R	G	A4	G	R
G	B	A3	B	G
R	G	A4	G	R
G	B	A3	B	G

(a)

●	●	○	●	●
●	●	●	●	●
●	●	●	●	●
●	●	●	●	●
●	●	○	●	●

(b)

【図27】

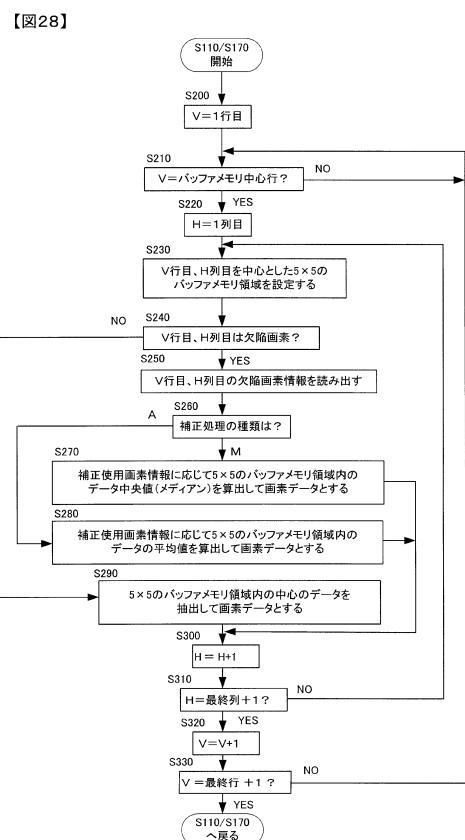
G	B	G	B	G
R	G	R	G	R
G	B	A1	A2	A1
R	G	R	G	R
G	B	G	B	G

(a)

●	●	●	●	●
●	●	●	●	●
●	●	●	●	●
●	●	●	●	●
●	●	●	●	●

(b)

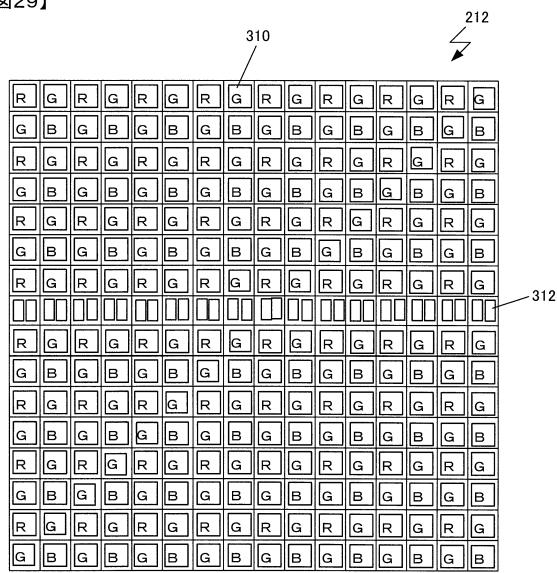
【図28】



【図27】

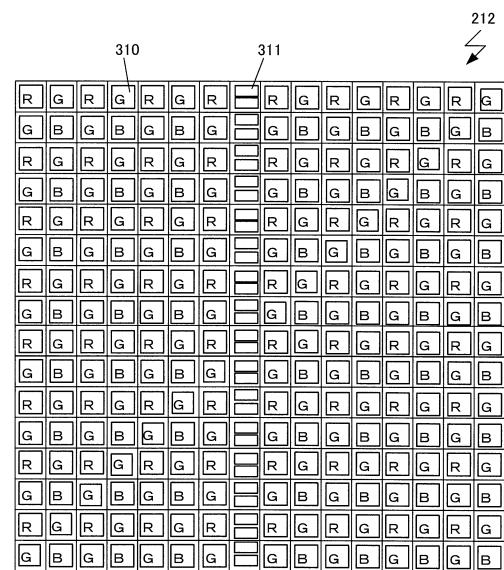
【 図 2 9 】

【図29】



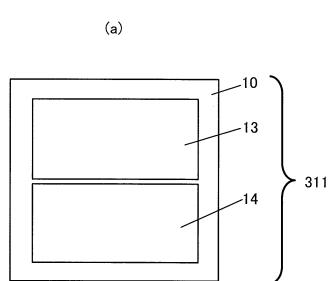
【図30】

【図30】

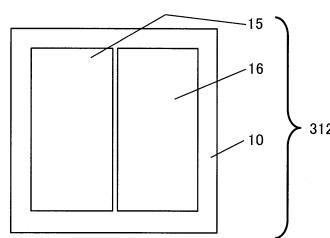


【 図 3 1 】

【図31】

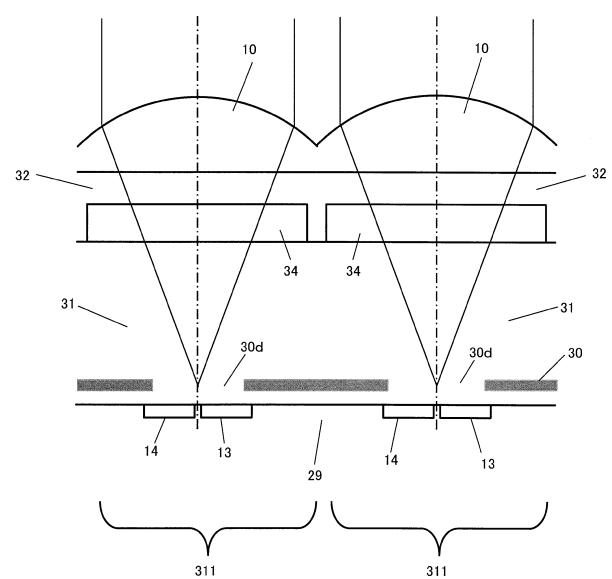


(b)



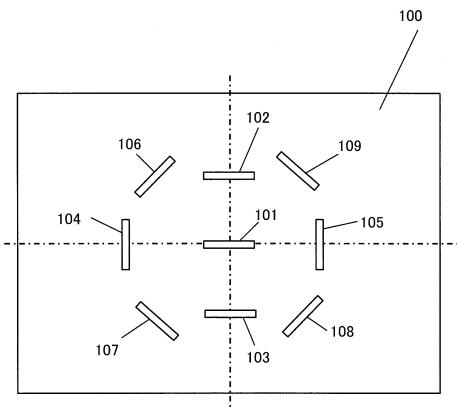
【 図 3 2 】

【図32】

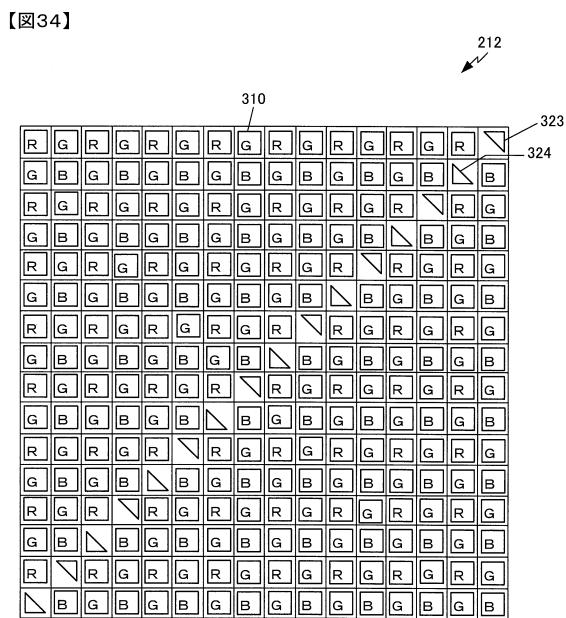


【図33】

【図33】

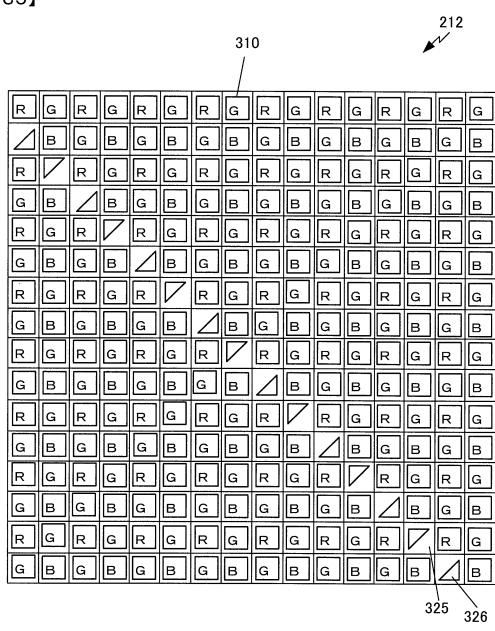


【図34】



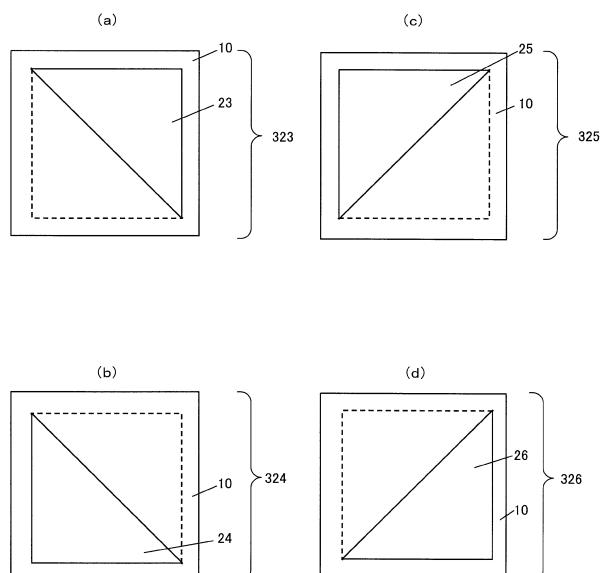
【図35】

【図35】



【図36】

【図36】



【図37】

G	B	G	B	G
R	G	R	G	R
G	B	G	B	A5
R	G	R	A6	R
G	B	A5	B	G

(a)

○	●	○	●	○
●	○	●	○	●
○	●	●	●	●
●	○	●	●	●
○	●	●	●	○

(b)

【図38】

G	B	G	B	G
R	G	R	G	R
A7	B	G	B	G
R	A8	R	G	R
G	B	A7	B	G

(a)

○	●	○	●	○
●	○	●	○	●
●	●	●	●	○
●	●	●	○	●
○	●	●	●	○

(b)

【図39】

G	B	G	B	A6
R	G	R	A5	R
G	B	G	B	G
R	G	R	G	R
G	B	G	B	G

(a)

○	●	○	●	●
●	○	●	●	●
○	●	●	●	○
●	○	●	○	●
○	●	○	●	○

(b)

【図40】

G	B	G	B	A5
R	G	R	A6	R
G	R	A5	R	G
R	A6	R	G	R
A5	B	G	B	G

(a)

●	●	●	●	○
●	●	●	●	●
●	●	●	●	●
●	●	●	●	●
○	●	●	●	●

(b)

【図41】

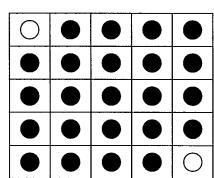
【図42】

【図41】

(a)

A7	B	G	B	G
R	A8	R	G	R
G	B	A7	B	G
R	G	R	A8	R
G	B	G	B	A7

(b)



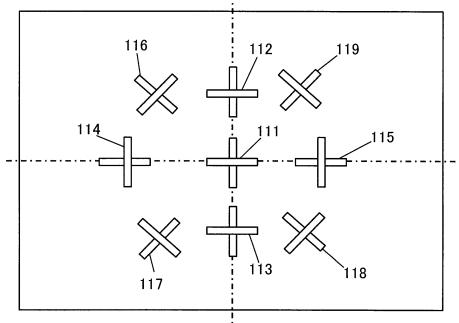
(a)

(b)

G	B	G	B	A5
R	G	R	A6	R
G	B	A5	B	G
R	G	R	G	R
G	B	G	B	G

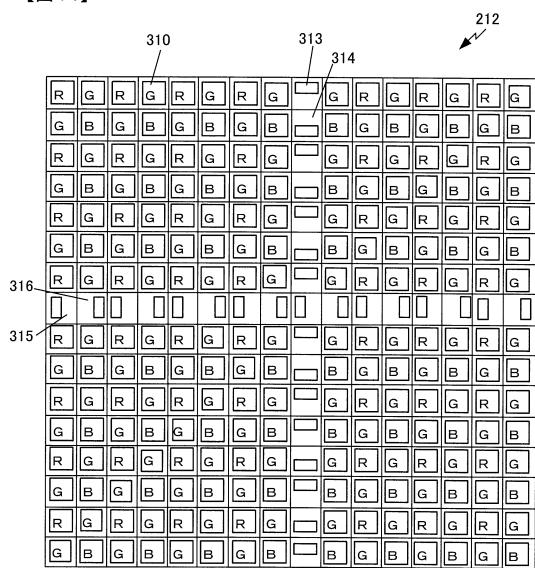
【図4-3】

【図43】

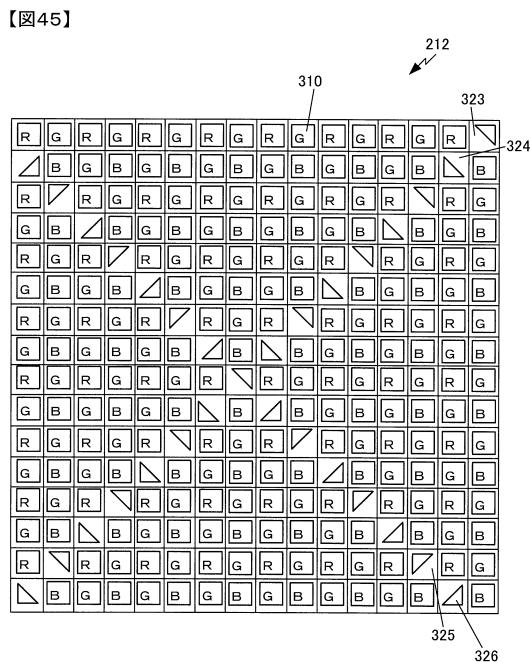


【 図 4 4 】

【図44】



【図45】



【図46】

【図46】

(a)

(b)

G	A3	G	R	G
B	A4	B	G	B
G	A3	G	R	G
A1	A2	A1	A2	A1
G	A3	G	R	G

○	●	○	●	○
●	●	●	○	●
○	●	●	●	○
●	●	●	●	●
○	●	○	●	○

【図47】

G	B	G	B	G
R	G	R	G	R
A7	B	G	B	A5
R	A8	R	A6	R
G	B	A5	B	G

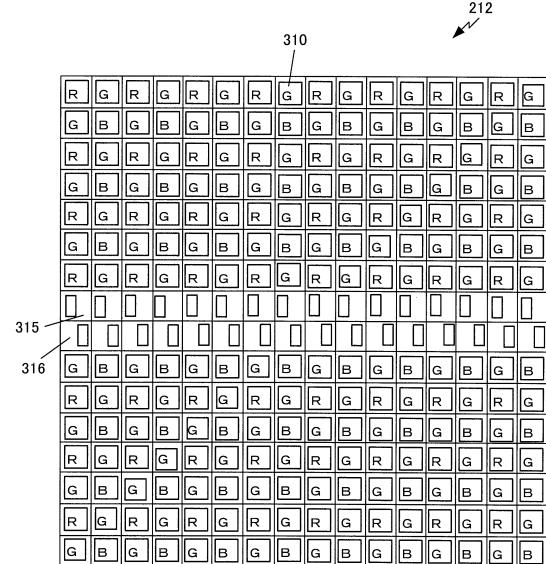
(a)

○	●	○	●	○
●	○	●	○	●
●	●	●	●	●
●	●	●	●	●
○	●	●	●	○

(b)

【図48】

【図48】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-163229(JP,A)
特開2006-217113(JP,A)
特開2007-129303(JP,A)
特開2003-116060(JP,A)
特開2009-094881(JP,A)
特開2001-016504(JP,A)
特開2002-033964(JP,A)
特開平06-098252(JP,A)
特開2000-224490(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 04 N	5 / 30 - 5 / 378
H 04 N	5 / 222 - 5 / 257
G 02 B	7 / 09
G 02 B	7 / 28 - 7 / 40
G 03 B	3 / 00 - 3 / 12
G 03 B	13 / 30 - 13 / 36
G 03 B	21 / 53