

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6152772号
(P6152772)

(45) 発行日 平成29年6月28日(2017.6.28)

(24) 登録日 平成29年6月9日(2017.6.9)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 C 3/06 (2006.01)

G O 1 C 3/06 1 2 O P

G O 1 C 3/06 1 4 O

請求項の数 13 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2013-213771 (P2013-213771)	(73) 特許権者	314012076
(22) 出願日	平成25年10月11日(2013.10.11)		パナソニックIPマネジメント株式会社
(65) 公開番号	特開2014-130131 (P2014-130131A)		大阪府大阪市中央区域見2丁目1番61号
(43) 公開日	平成26年7月10日(2014.7.10)	(74) 代理人	100101683
審査請求日	平成28年5月12日(2016.5.12)		弁理士 奥田 誠司
(31) 優先権主張番号	特願2012-261412 (P2012-261412)	(74) 代理人	100155000
(32) 優先日	平成24年11月29日(2012.11.29)		弁理士 喜多 修市
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100180529
			弁理士 梶谷 美道
		(74) 代理人	100125922
			弁理士 三宅 章子
		(74) 代理人	100135703
			弁理士 岡部 英隆
		(74) 代理人	100188813
			弁理士 川喜田 徹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置、半導体集積回路および撮像方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮像面を有し、撮像面に入射した光から画像信号を生成する撮像素子と、
 前記撮像素子に向けて集光するフォーカスレンズを含むレンズ光学系と、
 被写体側で焦点の合う位置が変化するように、前記撮像素子または前記フォーカスレンズの一方を駆動する駆動部と、
 前記撮像素子または、前記レンズ光学系と前記撮像素子との間の少なくとも一方に設けられたシャッターと、
 前記シャッターおよび前記駆動部を制御する制御ユニットと、
 信号処理部と

を備え、

前記制御ユニットは、被写体距離の異なる所定の第1、第2および第3の合焦位置であって、前記第1の合焦位置が前記第2の合焦位置と前記第3の合焦位置との間に存在する第1、第2および第3の合焦位置にそれぞれ焦点が合うように、前記撮像素子または前記フォーカスレンズを駆動し、前記撮像素子によって、前記第1、第2および第3の合焦位置における第1、第2および第3の被写体画像による画像信号を得られるように、かつ、前記第1の被写体画像が1画像フレームおきに撮影され、前記第2の被写体画像および前記第3の被写体画像が交互に、かつ、1画像フレームおきに撮影されるように前記シャッターおよび前記駆動部を制御し、

前記信号処理部は、前記1画像フレームおきに撮影された第1の被写体画像によって構

成される動画像との信号と、前記第 1、第 2 および第 3 の被写体画像に基づいて、前記 1 画像フレームおきに撮影された第 1 の被写体画像における距離情報に関する信号とを生成する、撮像装置。

【請求項 2】

前記制御ユニットは、

各画像フレームの一部期間において、前記第 1 の被写体画像、前記第 2 の被写体画像または前記第 3 の被写体画像が得られるように前記シャッターの開閉を制御し、

前記各画像フレームの他の期間において、合焦位置が、前記第 1 の合焦位置と前記第 2 の合焦位置との間、または、前記第 1 の合焦位置と前記第 3 の合焦位置との間で移動するように、前記駆動部を制御する請求項 1 に記載の撮像装置。

10

【請求項 3】

前記第 1、第 2 および第 3 の合焦位置に前記フォーカスレンズが合焦している場合において、前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズは、それぞれ、第 1、第 2 および第 3 の駆動位置にあり、

前記制御ユニットは、前記第 1 の駆動位置と前記第 2 の駆動位置との距離、および、前記第 1 の駆動位置と前記第 3 の駆動位置との距離が互いに等しくなるように、前記第 2 および第 3 の駆動位置を決定する請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 4】

前記第 1 および第 3 の合焦位置に前記フォーカスレンズが合焦している場合において、前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズは、それぞれ、第 1 および第 3 の駆動位置にあり、

20

前記フォーカスレンズが最短撮影距離で合焦している場合において、前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズは第 4 の駆動位置にあり、

前記制御ユニットは、前記第 1 の駆動位置と前記第 3 の駆動位置との距離よりも前記第 1 の駆動位置と前記第 4 の駆動位置との距離が短い場合、前記第 4 の駆動位置に前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズを移動させて、前記第 2 の被写体画像による画像信号が前記撮像素子によって得られるように、前記駆動部を制御する請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 5】

前記第 1 および第 2 の合焦位置に前記フォーカスレンズが合焦している場合において、前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズは、それぞれ、第 1 および第 2 の駆動位置にあり、

30

前記フォーカスレンズが無限遠に合焦している場合において、前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズは第 5 の駆動位置にあり、

前記制御ユニットは、前記第 1 の駆動位置と前記第 2 の駆動位置との距離よりも前記第 1 の駆動位置と前記第 5 の駆動位置との距離が短い場合、前記第 5 の駆動位置に前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズを移動させて、前記第 3 の被写体画像による画像信号が前記撮像素子によって得られるように、前記駆動部を制御する請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 6】

40

前記第 1、第 2 および第 3 の合焦位置に前記フォーカスレンズが合焦している場合において、前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズは、それぞれ、第 1、第 2 および第 3 の駆動位置にあり、

前記制御ユニットは、ユーザーからの指令に基づき、前記第 1 の駆動位置と前記第 2 の駆動位置との距離および前記第 1 の駆動位置と前記第 3 の駆動位置との距離が 1 : 1 から 8 : 2 の間の比率または 1 : 1 から 2 : 8 の比率となるように、前記第 2 および第 3 の駆動位置を決定する請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 7】

前記制御ユニットは、ユーザーからの指令またはオートフォーカス機能に基づく前記第 1 の合焦位置の変化に応じて前記第 2 および第 3 の合焦位置を設定する請求項 1 に記載の

50

撮像装置。

【請求項 8】

撮像面を有し、撮像面に入射した光から画像信号を生成する撮像素子と、前記撮像素子に向けて集光するフォーカスレンズを含むレンズ光学系と、被写体側で焦点の合う位置が変化するように、前記撮像素子または前記フォーカスレンズの一方を駆動する駆動部と、
信号処理部と

前記撮像素子または、前記レンズ光学系と前記撮像素子との間の少なくとも一方に設けられたシャッターとを備えた撮像装置の半導体集積回路であって、

被写体距離の異なる所定の第 1、第 2 および第 3 の合焦位置であって、前記第 1 の合焦位置が前記第 2 の合焦位置と前記第 3 の合焦位置との間に存在する第 1、第 2 および第 3 の合焦位置にそれぞれ焦点が合うように、前記撮像素子または前記フォーカスレンズを駆動し、前記撮像素子によって、前記第 1、第 2 および第 3 の合焦位置における第 1、第 2 および第 3 の被写体画像による画像信号を得られるように、かつ、前記第 1 の被写体画像が 1 画像フレームおきに撮影され、前記第 2 の被写体画像および前記第 3 の被写体画像が交互に、かつ、1 画像フレームおきに撮影されるように前記シャッターおよび前記駆動部を制御し、

前記信号処理部は、前記 1 画像フレームおきに撮影された第 1 の被写体画像によって構成される動画像との信号と、前記第 1、第 2 および第 3 の被写体画像に基づいて、前記 1 画像フレームおきに撮影された第 1 の被写体画像における距離情報に関する信号とを生成する、半導体集積回路。

【請求項 9】

各画像フレームの一部期間において、前記第 1 の被写体画像、前記第 2 の被写体画像または前記第 3 の被写体画像が得られるように前記シャッターの開閉を制御し、

前記各画像フレームの他の期間において、合焦位置が、前記第 1 の合焦位置と前記第 2 の合焦位置との間、または、前記第 1 の合焦位置と前記第 3 の合焦位置との間で移動するように、前記駆動部を制御する請求項 8 に記載の半導体集積回路。

【請求項 10】

前記第 1、第 2 および第 3 の合焦位置に前記フォーカスレンズが合焦している場合において、前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズは、それぞれ、第 1、第 2 および第 3 の駆動位置にあり、

前記第 1 の駆動位置と前記第 2 の駆動位置との距離、および、前記第 1 の駆動位置と前記第 3 の駆動位置との距離が互いに等しくなるように、前記第 2 および第 3 の駆動位置を決定する請求項 8 に記載の半導体集積回路。

【請求項 11】

入射した光から画像信号を生成する撮像素子の撮像面に、フォーカスレンズを含むレンズ光学系を介して、撮像素子または、前記レンズ光学系と前記撮像素子との間の少なくとも一方に設けられたシャッターによるタイミングで露光することにより、撮像シーンを結像させる撮像方法であって、

被写体距離の異なる所定の第 1、第 2 および第 3 の合焦位置にそれぞれ焦点が合うように、前記撮像素子または前記フォーカスレンズを駆動し、前記撮像素子によって、前記第 1、第 2 および第 3 の合焦位置であって、前記第 1 の合焦位置が前記第 2 の合焦位置と前記第 3 の合焦位置との間に存在する第 1、第 2 および第 3 の合焦位置における第 1、第 2 および第 3 の被写体画像による画像信号を得られるように、かつ、前記第 1 の被写体画像が 1 画像フレームおきに撮影され、前記第 2 の被写体画像および前記第 3 の被写体画像が交互に、かつ、1 画像フレームおきに撮影されるように前記撮像素子または前記フォーカスレンズの一方を駆動し、

前記 1 画像フレームおきに撮影された第 1 の被写体画像によって構成される動画像との信号と、前記第 1、第 2 および第 3 の被写体画像に基づいて、前記 1 画像フレームおきに撮影された第 1 の被写体画像における距離情報に関する信号とを生成する撮像方法。

【請求項 12】

各画像フレームの一部期間において、前記第1の被写体画像、前記第2の被写体画像または前記第3の被写体画像が得られるように前記シャッターの開閉を制御し、

前記各画像フレームの他の期間において、合焦位置が、前記第1の合焦位置と前記第2の合焦位置との間、または、前記第1の合焦位置と前記第3の合焦位置との間で移動するように、前記撮像素子または前記フォーカスレンズの一方を駆動する請求項11に記載の撮像方法。

【請求項13】

前記第1、第2および第3の合焦位置に前記フォーカスレンズが合焦している場合において、前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズは、それぞれ、第1、第2および第3の駆動位置にあり、

前記第1の駆動位置と前記第2の駆動位置との距離、および、前記第1の駆動位置と前記第3の駆動位置との距離が互いに等しくなるように、前記第2および第3の駆動位置を決定する請求項11に記載の撮像方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、被写体の距離を測定することのできる撮像装置、撮像方法および半導体集積回路に関する。

【背景技術】

【0002】

撮影シーンに含まれる複数の被写体までの距離を測定する方法には、能動的手法と受動的手法が知られている。能動的手法は、赤外線や超音波、レーザなどを照射し、反射波が戻ってくるまでの時間をもとに距離を算出するもの、レーザ照射時のパターン光を分析し距離を算出するもの、などがある。このような方法は一般に、高精度に距離を検出することができる。

【0003】

受動的手法は、撮像された被写体の画像情報に基づいて距離を算出する。近年イメージセンサの解像度向上は著しく、計算量さえ許せば、一般に高い空間分解能で距離を算出することができる。また被写体を高速撮像すれば、高い時間分解能で距離を算出することも可能である。さらに、カメラなどの撮像装置では、能動的手法と比較して、距離測定のための直材を追加する必要もなく、安価に被写体までの距離を測定することができる。

【0004】

受動的手法の1つとして、フォーカス（合焦位置）の変化によって生じる像のぼけに基づいて距離を測定する Depth from Defocus（以下DFDと呼ぶ）が知られている。この方法によれば、複数のカメラを必要とせず、少数の画像から距離測定を行うことが可能である（非特許文献1、2、特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特表2009-505104号公報

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】A. Pentland, "A new sense for depth of field", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence 9 (4) 1987 423-430

【非特許文献2】M.Subbarao, "Parallel Depth Recovery by Changing Camera Parameters", 2nd International Conference on Computer Vision, (1988)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、距離測定における能動的手法は一般的に、高い空間分解能で複数の被写

10

20

30

40

50

体までの距離を、瞬時に測定することはできない。また使用電力に制約のあるモバイルには向かない。赤外線方式では、太陽光のある屋外での使用が制限されるものもある。受動的手法の場合、これらの課題を解決できるが、本手法共通の別の課題として、撮像された被写体の画像情報を用いることから、距離測定精度はノイズによる影響を受ける。特に Depth from Defocus の場合、ぼけの大きいところでは、撮像された被写体の輝度値よりもノイズ量が相対的に大きくなる（すなわち S/N が悪化する）ため、精度よく距離を測定できる範囲に限界がある。本願の、限定的ではない例示的な実施形態は、高精度に距離測定可能な範囲が拡大された撮像装置、半導体集積回路および撮像方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

10

【0008】

本発明の一態様である撮像装置は、撮像面を有し、撮像面に入射した光から画像信号を生成する撮像素子と、前記撮像素子に向けて集光するフォーカスレンズを含むレンズ光学系と、被写体側で焦点の合う位置が変化するように、前記撮像素子または前記フォーカスレンズの一方を駆動する駆動部と、前記撮像素子または、前記レンズ光学系と前記撮像素子との間の少なくとも一方に設けられたシャッターと、前記シャッターおよび前記駆動部を制御する制御ユニットとを備え、前記制御ユニットは、被写体距離の異なる所定の第1、第2および第3の合焦位置にそれぞれ焦点が合うように、前記撮像素子または前記フォーカスレンズを駆動し、前記撮像素子によって、前記第1、第2および第3の合焦位置における第1、第2および第3の被写体画像による画像信号を得られるように、前記シャッターおよび前記駆動部を制御する。

20

【発明の効果】

【0009】

本願に開示された撮像装置および撮像方法によれば、第1の被写体画像および第1の被写体画像において合焦している位置よりも手前側および奥側において合焦している第2および第3の被写体画像を取得し3つの画像を用いて距離測定することから、従来の2つの画像を用いる場合よりも、より広い範囲で S/N 改善効果が見込め、高精度な距離測定を行うことができる。また、第1の被写体画像を視聴用に用いることによって、第1の被写体画像において合焦している被写体より手前側および奥側に位置する被写体までの距離を測定することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】被写体、フォーカスレンズおよび撮像素子の位置関係を示す図である。

【図2】被写体距離 u と像面側焦点距離 v の関係の一例を示すグラフである。

【図3】従来のDFD方式によって距離測定を行う方法を説明する模式図である。

【図4】実施形態の撮像装置および撮像方法によって画像を取得する方法を説明する模式図である。

【図5】実施形態の撮像装置を示すブロック図である。

【図6】実施形態の撮像装置および撮像方法におけるフォーカスレンズの駆動位置を示す図である。

40

【図7】実施形態の撮像装置を示すより詳細なブロック図である。

【図8】実施形態の撮像装置および撮像方法により撮影を行う手順を示すフローチャートである。

【図9】実施形態の撮像装置および撮像方法において、被写体が移動する場合のフォーカスレンズの駆動位置を示す図である。

【図10】実施形態の撮像装置および撮像方法において、被写体が最短撮影距離近傍にある場合のフォーカスレンズの駆動位置を示す図である。

【図11】実施形態の撮像装置および撮像方法において、被写体が無限遠近傍にある場合のフォーカスレンズの駆動位置を示す図である。

【図12】撮像位置を、近位置と遠位置との中間の位置からシフトさせた場合の距離測定

50

の誤差を示す図である。

【図 1 3】距離測定の演算方法を示すフローチャートである。

【図 1 4】他の実施形態の撮像装置を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

まず、撮影シーンにおけるフォーカス（合焦）位置とフォーカスレンズおよび撮像素子との位置関係を説明する。図 1 は、撮影シーンに含まれる被写体と撮像装置 300 におけるフォーカスレンズ 101 および撮像素子 104 との位置関係を示す模式図である。撮像シーン中、撮像装置 300 に近い位置に合焦している場合、撮像面上において合焦する被写体から撮像装置 300 のフォーカスレンズ 101 までの被写体距離 u は相対的に短くなり、フォーカスレンズ 101 と撮像素子 104 との距離 v は相対的に長くなる。また、撮影シーンに含まれる被写体のうち、撮像装置 300 から遠い被写体に合焦している場合、撮像面上において合焦する被写体から撮像装置 300 のフォーカスレンズ 101 までの被写体距離 u は相対的に長くなり、フォーカスレンズ 101 と撮像素子との距離 v は最も短くなる。なお、図 1 では、図の示し易さのため、被写体と撮像装置 300 との距離に比べて、フォーカスレンズ 101 と撮像素子 104 との距離が大きく示されている。

【0012】

本願明細書では、撮像シーンに含まれる複数の被写体のうち、焦点の合っている被写体または被写体の一部の位置を合焦位置という。また、その時のフォーカスレンズ 101 の位置を駆動位置という。合焦のために撮像素子を駆動する場合には、その時の撮像素子 104 の位置を駆動位置という。

【0013】

このように、撮像シーン中のどの位置に合焦するかは、フォーカスレンズ 101 と撮像素子 104 の撮像面との距離によって決定する。被写体とフォーカスレンズ 101 との距離を u とし、フォーカスレンズ 101 と撮像素子 104 との距離を v とし、フォーカスレンズ 101 の焦点距離を f とすると、一般的にレンズの公式より、

$$1/f = 1/u + 1/v \quad (\text{式 1})$$

の関係が成り立つ。撮影に用いるレンズ光学系が複数のフォーカスレンズを含む場合、被写体距離 u 、 v はレンズ主点の位置で考慮する。一例として、 f が 18 [mm] のときの u と v との関係を図 2 に示す。フォーカスレンズ 101 が変位することにより、レンズ主点と撮像素子間の距離 v が変化する。図 2 から分かるように、像面側の距離 v が長くなると被写体側の被写体距離 u は短くなる。また、式 1 から分かるように、被写体距離 u と距離 v とは比例関係でも反比例の関係でもない。

【0014】

図 1 では、フォーカスレンズ 101 の位置を変化させることによって距離 v を変化させているが、撮像素子 104 を移動させても距離 v は変化する。上述の関係を利用し、本願明細書では、フォーカスレンズの位置で、撮影シーンにおけるフォーカス位置を説明する。近位置とは、撮影シーン中において、相対的に撮像装置あるいはフォーカスレンズに近い側に位置する被写体に焦点が位置している（合焦）場合におけるフォーカスレンズの位置をいう。遠位置とは、撮影シーン中において、相対的に撮像装置あるいはフォーカスレンズに遠い側に位置する被写体に焦点が位置している（合焦）場合におけるフォーカスレンズの位置をいう。

【0015】

次に、従来の DFD 方式による距離測定における課題を説明する。図 3 は、従来の DFD 方式によって距離を測定する方法を模式的に説明している。横軸は時間を示し、縦軸は、フォーカスレンズの相対的な位置を示している。図 3 に示すように、従来の DFD 方式によれば、フォーカスレンズを遠位置側に配置させることによって、撮影シーン中において、相対的に撮像装置から離れて位置する被写体に焦点が一致した画像 A を取得する。また、フォーカスレンズを近位置側に配置させることによって、撮影シーン中において、相対的に撮像装置に近接して位置する被写体に焦点が一致した画像 B を取得する。

【0016】

画像A、Bを用いて、非特許文献1、2に開示された演算手法を用いることにより、撮影画像中の任意の画素位置における距離（被写体の深度）が求められた深度（デプス）画像が得られる。

【0017】

しかし、DFD方式は、画像のぼけの度合いから距離を求めるため、画像A、Bが適切な状態で被写体がぼけていることが必要である。画像A、Bのぼけの差が極端に小さい場合（＝画像A、Bの合焦位置が近すぎる場合）、またぼけの差が大きすぎる場合（＝画像A、Bの合焦位置が遠く離れすぎている場合）、精度よく、被写体の距離が測定できなかったり、距離を測定できる範囲が狭くなったりする。また、原理上、図3において、画像A、Bが遠位置および近位置にある場合、範囲 D_m においては精度よく距離が測定できる。一方、それ以外の範囲 D_n や D_f では、範囲 D_m に近いところでは比較的距離測定精度が得られるが、遠いところになるほど、相対的に距離測定精度は低下する。

10

【0018】

すなわち例えば、画像Aにおいて合焦している被写体よりもやや遠くに位置している被写体の距離を正確に測定したり、画像Bにおいて合焦している被写体よりもやや近くに位置している被写体の距離を正確に測定したりすることは困難である。このことは、例えば、画像Aや画像Bのいずれかを視聴用画像として利用する場合において、被写体の距離を正しく測定できる前・後の範囲にアンバランスが生じることを意味している。

20

【0019】

本願発明者はこのような課題に鑑み、新規な撮像装置、半導体集積回路および撮像方法を想到した。本発明の一態様の概要は以下の通りである。

【0020】

本発明の一態様である撮像装置は、撮像面を有し、撮像面に入射した光から画像信号を生成する撮像素子と、前記撮像素子に向けて集光するフォーカスレンズを含むレンズ光学系と、被写体側で焦点の合う位置が変化するように、前記撮像素子または前記フォーカスレンズの一方を駆動する駆動部と、前記撮像素子または、前記レンズ光学系と前記撮像素子との間の少なくとも一方に設けられたシャッターと、前記シャッターおよび前記駆動部を制御する制御ユニットとを備え、前記制御ユニットは、被写体距離の異なる所定の第1、第2および第3の合焦位置にそれぞれ焦点が合うように、前記撮像素子または前記フォーカスレンズを駆動し、前記撮像素子によって、前記第1、第2および第3の合焦位置における第1、第2および第3の被写体画像による画像信号を得られるように、前記シャッターおよび前記駆動部を制御する。

30

【0021】

前記制御ユニットは、前記撮像素子の画像フレームごとに前記第1の被写体画像、前記第2の被写体画像または前記第3の被写体画像のいずれかを前記撮像素子が生成するように、前記シャッターおよび前記駆動部を制御してもよい。

【0022】

前記制御ユニットは、各画像フレームの一部期間において、前記第1の被写体画像、前記第2の被写体画像または前記第3の被写体画像が得られるように前記シャッターの開閉を制御し、前記各画像フレームの他の期間において、合焦位置が、前記第1の合焦位置と前記第2の合焦位置との間、または、前記第1の合焦位置と前記第2の合焦位置との間で移動するように、前記駆動部を制御してもよい。

40

【0023】

前記第1の合焦位置は前記第2の合焦位置と前記第3の合焦位置との間に存在し、前記制御ユニットは、前記第1の被写体画像が1画像フレームおきに撮影され、前記第2の被写体画像および前記第3の被写体画像が交互に、かつ、1画像フレームおきに撮影されるように前記シャッターおよび前記駆動部を制御してもよい。

【0024】

前記第1、第2および第3の合焦位置に前記フォーカスレンズが合焦している場合にお

50

いて、前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズは、それぞれ、第1、第2および第3の駆動位置にあり、前記制御ユニットは、前記第1の駆動位置と前記第2の駆動位置との距離、および、前記第1の駆動位置と前記第3の駆動位置との距離が互いに等しくなるように、前記第2および第3の駆動位置を決定してもよい。

【0025】

前記第1および第3の合焦位置に前記フォーカスレンズが合焦している場合において、前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズは、それぞれ、第1および第3の駆動位置にあり、前記フォーカスレンズが最短撮影距離で合焦している場合において、前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズは第4の駆動位置にあり、前記制御ユニットは、前記第1の駆動位置と前記第3の駆動位置との距離よりも前記第1の駆動位置と前記第4の駆動位置との距離が短い場合、前記第4の駆動位置に前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズを移動させて、前記第2の被写体画像による画像信号が前記撮像素子によって得られるように、前記駆動部を制御してもよい。

10

【0026】

前記第1および第2の合焦位置に前記フォーカスレンズが合焦している場合において、前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズは、それぞれ、第1および第2の駆動位置にあり、前記フォーカスレンズが無遠に合焦している場合において、前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズは第5の駆動位置にあり、前記制御ユニットは、前記第1の駆動位置と前記第2の駆動位置との距離よりも前記第1の駆動位置と前記第5の駆動位置との距離が短い場合、前記第5の駆動位置に前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズを移動させて、前記第3の被写体画像による画像信号が前記撮像素子によって得られるように、前記駆動部を制御してもよい。

20

【0027】

前記第1、第2および第3の合焦位置に前記フォーカスレンズが合焦している場合において、前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズは、それぞれ、第1、第2および第3の駆動位置にあり、前記制御ユニットは、ユーザーからの指令に基づき、前記第1の駆動位置と前記第2の駆動位置との距離および前記第1の駆動位置と前記第3の駆動位置との距離が1:1から8:2の間の比率または1:1から2:8の比率となるように、前記第2および第3の駆動位置を決定してもよい。

【0028】

前記1画像フレームおきに撮影された第1の被写体画像によって構成される動画像との信号と、前記第1、第2および第3の被写体画像に基づいて、前記1画像フレームおきに撮影された第1の被写体画像における距離情報に関する信号とを生成する信号処理部をさらに備えていてもよい。

30

【0029】

前記制御ユニットは、ユーザーからの指令またはオートフォーカス機能に基づく前記第1の合焦位置の変化に応じて前記第2および第3の合焦位置を設定してもよい。

【0030】

本発明の一態様である半導体集積回路は、撮像面を有し、撮像面に入射した光から画像信号を生成する撮像素子と、前記撮像素子に向けて集光するフォーカスレンズを含むレンズ光学系と、被写体側で焦点の合う位置が変化するように、前記撮像素子または前記フォーカスレンズの一方を駆動する駆動部と、前記撮像素子または、前記レンズ光学系と前記撮像素子との間の少なくとも一方に設けられたシャッターとを備えた撮像装置の半導体集積回路であって、被写体距離の異なる所定の第1、第2および第3の合焦位置にそれぞれ焦点が合うように、前記撮像素子または前記フォーカスレンズを駆動し、前記撮像素子によって、前記第1、第2および第3の合焦位置における第1、第2および第3の被写体画像による画像信号を得られるように、前記シャッターおよび前記駆動部を制御する。

40

【0031】

各画像フレームの一部期間において、前記第1の被写体画像、前記第2の被写体画像または前記第3の被写体画像が得られるように前記シャッターの開閉を制御し、前記各画像

50

フレームの他の期間において、合焦位置が、前記第 1 の合焦位置と前記第 2 の合焦位置との間、または、前記第 1 の合焦位置と前記第 2 の合焦位置との間で移動するように、前記駆動部を制御してもよい。

【 0 0 3 2 】

前記第 1 の合焦位置は前記第 2 の合焦位置と前記第 3 の合焦位置との間に存在し、前記第 1 の被写体画像が 1 画像フレームおきに撮影され、前記第 2 の被写体画像および前記第 3 の被写体画像が交互に、かつ、1 画像フレームおきに撮影されるように前記シャッターおよび前記駆動部を制御してもよい。

【 0 0 3 3 】

前記第 1、第 2 および第 3 の合焦位置に前記フォーカスレンズが合焦している場合において、前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズは、それぞれ、第 1、第 2 および第 3 の駆動位置にあり、前記第 1 の駆動位置と前記第 2 の駆動位置との距離、および、前記第 1 の駆動位置と前記第 3 の駆動位置との距離が互いに等しくなるように、前記第 2 および第 3 の駆動位置を決定してもよい。

【 0 0 3 4 】

本発明の一態様である撮像方法は、入射した光から画像信号を生成する撮像素子の撮像面に、フォーカスレンズを含むレンズ光学系を介して、撮像素子または、前記レンズ光学系と前記撮像素子との間の少なくとも一方に設けられたシャッターによるタイミングで露光することにより、撮像シーンを結像させる撮像方法であって、被写体距離の異なる所定の第 1、第 2 および第 3 の合焦位置にそれぞれ焦点が合うように、前記撮像素子または前記フォーカスレンズを駆動し、前記撮像素子によって、前記第 1、第 2 および第 3 の合焦位置における第 1、第 2 および第 3 の被写体画像による画像信号を得られるように、前記撮像素子または前記フォーカスレンズの一方を駆動する。

【 0 0 3 5 】

前記撮像素子の画像フレームごとに前記第 1 の被写体画像、前記第 2 の被写体画像または前記第 3 の被写体画像のいずれかを前記撮像素子が生成するように、前記シャッターを制御し、前記撮像素子または前記フォーカスレンズの一方を駆動してもよい。

【 0 0 3 6 】

各画像フレームの一部期間において、前記第 1 の被写体画像、前記第 2 の被写体画像または前記第 3 の被写体画像が得られるように前記シャッターの開閉を制御し、前記各画像フレームの他の期間において、合焦位置が、前記第 1 の合焦位置と前記第 2 の合焦位置との間、または、前記第 1 の合焦位置と前記第 2 の合焦位置との間で移動するように、前記フォーカスレンズの一方を駆動してもよい。

【 0 0 3 7 】

前記第 1 の合焦位置は前記第 2 の合焦位置と前記第 3 の合焦位置との間に存在し、前記第 1 の被写体画像が 1 画像フレームおきに撮影され、前記第 2 の被写体画像および前記第 3 の被写体画像が交互に、かつ、1 画像フレームおきに撮影されるように前記シャッターを制御し、前記フォーカスレンズの一方を駆動してもよい。

【 0 0 3 8 】

前記第 1、第 2 および第 3 の合焦位置に前記フォーカスレンズが合焦している場合において、前記駆動される撮像素子または前記フォーカスレンズは、それぞれ、第 1、第 2 および第 3 の駆動位置にあり、前記第 1 の駆動位置と前記第 2 の駆動位置との距離、および、前記第 1 の駆動位置と前記第 3 の駆動位置との距離が互いに等しくなるように、前記第 2 および第 3 の駆動位置を決定してもよい。

【 0 0 3 9 】

以下、図面を参照しながら、本発明による撮像装置、半導体集積回路および撮像方法の実施形態を説明する。

【 0 0 4 0 】

図 4 は、本発明による撮像方法の実施形態を説明する模式図である。本実施形態の撮像方法は、まず、撮影シーン中における合焦位置の異なる 3 つの画像を取得する。具体的に

10

20

30

40

50

は、撮影シーン中において、ユーザーの意図した位置にある被写体に合焦した視聴用画像（第1の被写体画像）と、視聴用画像における合焦位置よりも撮像装置に近接した位置に合焦した近位置画像（第2の被写体画像）と、視聴用画像における合焦位置よりも撮像装置から離れた位置に合焦した遠位置画像（第3の被写体画像）とを自動的に取得する。これら3つの画像を用いて、DFD方式に従う演算によって、視聴用画像中の任意の画素位置における距離（被写体の深度）が求められた深度画像を得る。また、視聴用画像を静止画あるいは動画として利用する。

【0041】

この方法によれば、視聴用画像、並びに、視聴用画像における合焦位置よりも近位置側および遠位置側に合焦した画像をDFD方式による距離の計算に用いるため、距離測定10の範囲を従来よりも広くすることができる。また、視聴用画像における合焦位置よりも近位置側および遠位置側に位置する被写体の距離も測定することができる。

【0042】

図5は、本実施形態の撮像装置の構成例を示すブロック図である。本実施形態の撮像装置は、撮像素子104と、レンズ光学系120と、駆動部141と、シャッター111と、制御ユニット142と信号処理部109と記録部110とを備えている。

【0043】

撮像素子104は、撮像面を有し、撮像面に入射した光から画像信号を生成する。レンズ光学系120はフォーカスレンズ101を含み、被写体を含む撮影シーンからの光を撮像素子104の撮像面に向けて集光する。駆動部141は、撮像素子104の撮像面とフォーカスレンズ101との距離が変化するように、撮像素子104またはフォーカスレンズ101の一方を駆動する。図5では、フォーカスレンズ101を駆動するように示しているが、駆動部141は、撮像素子104を駆動してもよい。20

【0044】

シャッター111は、レンズ光学系120と撮像素子104との間または、撮像素子の少なくとも一方に設けられる。図5では、シャッター111はレンズ光学系120と撮像素子104との間の光路に設けられ、撮像素子104の撮像面を照射する光のタイミング、つまり、露光を制御する。シャッター111に加えて、あるいは、シャッター111に代えて、撮像素子104に電子シャッターを設けてもよい。電子シャッターは撮像素子で光を検出することにより生成した電気信号や電荷の蓄積の制御を行う。30

【0045】

制御ユニット142は、駆動部141およびシャッター111を制御する。図4を参照して説明したように、本実施形態では、視聴用像、遠位置像および近位置像を自動的に撮影する。このために、駆動部141がフォーカスレンズを駆動し、上述したように、撮影シーン中において、ユーザーの意図した位置、これより撮像装置に近接した位置および撮像装置から離れた位置において合焦するように、制御ユニット142の制御に基づき駆動部141がフォーカスレンズ101を駆動する。また、合焦位置において、適切な露光条件で撮影が行えるように、制御ユニットは、シャッター111を制御する。図4に示すように露光中、フォーカスレンズの位置は変化させず、一定になるように制御する。これにより、撮影シーン中においてユーザーの意図した位置、これより撮像装置に近接した位置および撮像装置から離れた位置にのみそれぞれ合焦した視聴像、遠位置像および近位置像が撮像素子104の撮像面に形成される。撮像素子104は、形成された像を異なるタイミングでそれぞれ検出し、画像信号を生成する。1つのレンズ光学系120を用いて撮影を行うため、これら3つの画像信号は同時には生成せず、逐次生成される。40

【0046】

信号処理部109は撮像素子104から得られる視聴用画像、遠位置画像および近位置画像の信号からDFD方式に従う演算によって、深度画像を得る。深度画像および視聴用画像は、記録部110に記録される。

【0047】

図5に示す撮像装置は、信号処理部109および記録部110を備えているが、撮像装50

置は信号処理部 1 0 9 および記録部 1 1 0 を備えず、外部の信号処理装置が上述の演算を行い、生成した画像信号を記憶してもよい。

【 0 0 4 8 】

本実施形態の撮像装置は上述した構成を備えることによって、距離測定の範囲を従来よりも広くすることができ、視聴用画像における合焦位置よりも近位置側および遠位置側に位置する被写体の距離も測定することができる。また、このような構成をとることによって、動画を好適に撮影することができる。以下、動画を撮影する場合の撮像方法および撮影装置の動作の一例を説明する。

【 0 0 4 9 】

図 6 は、本実施形態の撮像方法および撮影装置の動作における、フォーカスレンズを駆動するタイミングおよび画像を撮影するタイミングを模式的に示している。図 6 において、横軸は撮影フレームで表した時間を示し、縦軸はフォーカスレンズの相対的な位置（駆動位置）を示している。横軸のフレームは撮像装置で実現し得るフレームレートであればよく、例えば、1 フレームは 1 / 3 0 秒であるが、高速度で撮影が可能な撮影装置であれば、1 / 3 0 秒より短いフレームで動作してもよい。

【 0 0 5 0 】

図 6 の縦軸において、撮像位置（第 1 の駆動位置）は、撮影シーン中においてユーザーが意図した被写体の位置に合焦するフォーカスレンズの位置であり、近位置（第 2 の駆動位置）および遠位置（第 3 の駆動位置）は、撮影シーン中において撮像位置よりも撮像装置に近い位置、および、遠い位置に合焦するフォーカスレンズの位置を示している。

【 0 0 5 1 】

以下において詳細に説明するように、撮像位置と遠位置との距離 r_f 、および、撮像位置と近位置との距離 r_n は、互いに等しい場合、精度よく距離を測定することができる。撮像位置と遠位置との距離 r_f 、および、撮像位置と近位置との距離 r_n は、フォーカスレンズ 1 0 1 の焦点距離、レンズ光学系 1 2 0 の絞り、撮像素子 1 0 4 の画素ピッチサイズ等に基づいて決定される。

【 0 0 5 2 】

図 6 に示すように、動画の撮影が開始されるとまず、例えば、第 1 フレームにおいて、フォーカスレンズ 1 0 1 を初期値から、撮りたい被写体の合焦位置である撮像位置へ移動させる。これは通常のオートフォーカス駆動に準じる動きである。駆動部 1 4 1 の駆動能力により、1 フレーム内で初期位置から撮像位置へフォーカスレンズ 1 0 1 を移動させることができない場合には、第 2 フレームの一部期間を使ってフォーカスレンズ 1 0 1 を移させてもよい。

【 0 0 5 3 】

フォーカスレンズ 1 0 1 が撮像位置へ移動後に、シャッター 1 1 1 を制御して、撮影を開始する。ここでいうシャッターとは、電子シャッター・メカシャッターを問わない。1 画像フレーム目を撮影中は、フォーカスレンズ 1 0 1 は原則移動せず、撮像位置において停止している。ただし、オートフォーカス動作等の都合によって、人間の目で像のぼけが識別できない程度にフォーカスレンズが撮像素子に対し変位するウォブリング動作を行ってもよい。

【 0 0 5 4 】

撮像位置における撮影は、1 フレーム期間中の一部期間において行われ、これにより視聴用画像の信号が生成する。

【 0 0 5 5 】

撮像位置における撮影の終了後、フォーカスレンズ 1 0 1 を近位置へ移動させる。これは、第 3 フレームの一部期間で行われる。その後、第 3 フレームの残り期間において、シャッター 1 1 1 を制御して、撮影を開始する。撮影中、フォーカスレンズ 1 0 1 は移動せず、近位置において停止している。これにより近位置画像の信号が生成する。

【 0 0 5 6 】

近位置における撮影の終了後、第 4 フレームの一部期間において、フォーカスレンズ 1

10

20

30

40

50

01を撮像位置へ移動させ、第4フレーム残りの期間において、シャッター111を制御して、撮影を開始する。これにより視聴用画像の信号が生成する。

【0057】

撮像位置における撮影の終了後、第5フレームの一部期間において、フォーカスレンズ101を遠位置の位置へ移動させ、第5フレーム残りの期間において、シャッター111を制御して、撮影を行い、遠位置画像の信号を生成する。

【0058】

その後、これらの動作を繰り返すことにより、連続して視聴用画像の信号を生成することができ、動画を撮影することができる。

【0059】

図6に示すように、各フレームの一部の期間 t_1 において、フォーカスレンズ101を駆動させ、残りの期間 t_2 において、被写体を撮影する。これにより、撮影フレームごとに視聴用画像、遠位置画像および近位置画像のいずれかの信号が撮像素子によって生成する。

【0060】

また、図6において、丸印で囲ったフレームは視聴用画像が生成することを示している。このように、1フレームおきに視聴用画像が生成し、遠位置画像および近位置画像は、交互にかつ、1フレームおきに生成する。このため本実施形態によれば、撮像素子のフレームレートの $1/2$ で視聴用画像を生成することが可能となる。

【0061】

上述したように視聴用画像、遠位置画像および近位置画像を生成する場合、視聴用画像を生成したフレームの直前のフレームでは、遠位置画像および近位置画像の一方が生成され、直後のフレームでは遠位置画像および近位置画像の他方が生成される。このため、各視聴用画像とその前後のフレームで生成する遠位置画像および近位置画像を用いることによって、距離測定を行うことができ、各視聴用画像に対して距離測定を行うことができる。

【0062】

したがって、本実施形態によれば、撮像素子のフレームレートの $1/2$ のレートで生成された視聴用画像を含む動画を得ることができる。また、各視聴用画像において、合焦している被写体よりも手前や奥に位置する被写体の距離を測定することもできる。

【0063】

以下、本発明による撮像装置、半導体集積回路および撮像方法のより具体的な実施形態を説明する。

【0064】

図7は、本実施形態の撮像装置のより具体的な構成を示すブロック図である。撮像装置100は、フォーカスレンズ駆動部103と、撮像素子104と、フォーカスレンズ変位制御部106と、露光・フォーカスレンズ変位同期部107と、レンズ光学系120とを備える。

【0065】

撮像素子104は、CCDイメージセンサであってもよいし、CMOSイメージセンサであってもよい。撮像素子104は、二次元に配列され、撮像面を構成している複数の光電変換素子を有する。複数の光電変換素子に光を入射させ露光した後、複数の光電変換素子から電気信号を読み出すことにより、画像信号を生成する。

【0066】

レンズ光学系120は、撮像素子104に向けて集光し、撮像シーンを撮像素子104の撮像面に結像させるフォーカスレンズ101を含む。撮像シーン中の所望の被写体に対して合焦させるため、レンズ光学系120はフォーカスレンズ101以外の1枚以上のレンズを含んでいてもよい。フォーカスレンズ101も複数枚のレンズで構成されていてもよい。フォーカスレンズ101が複数のレンズによって構成される場合、フォーカスレンズの位置とは、複数のレンズによる主点の位置をいう。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 7 】

本実施形態では、フォーカスレンズ駆動部 1 0 3 は、撮像素子 1 0 4 とフォーカスレンズ 1 0 1 との距離が変化するように、撮像素子 1 0 4 またはフォーカスレンズ 1 0 1 の一方を駆動する駆動部として機能する。つまり、フォーカスレンズ駆動部 1 0 3 は、駆動信号に基づき、撮像素子 1 0 4 とフォーカスレンズ 1 0 1 との距離が変化するように、フォーカスレンズ 1 0 1 を駆動する。

【 0 0 6 8 】

フォーカスレンズ変位制御部 1 0 6 は、以下において説明するように、フォーカスレンズ駆動部 1 0 3 に指令を出力することにより、所定のタイミングでフォーカスレンズ 1 0 1 が移動するように構成されている。

10

【 0 0 6 9 】

露光・フォーカスレンズ変位同期部 1 0 7 は、撮像素子 1 0 4 の露光のタイミングに基づき、フォーカスレンズ変位制御部 1 0 6 を制御するように構成されている。

【 0 0 7 0 】

撮像装置 1 0 0 は、さらに、フォーカスレンズ位置検出部 1 0 2 と、フォーカスレンズ変位設定部 1 0 5 と、読み出し回路 1 0 8 と、信号処理部 1 0 9 と、記録部 1 1 0 と、シャッター 1 1 1 と、シャッター開閉指令部 1 1 2 と、リリース受付部 1 1 3 と、露光時間決定部 1 1 4 とを含む。

【 0 0 7 1 】

フォーカスレンズ位置検出部 1 0 2 は、位置センサを含み、フォーカスレンズ 1 0 1 の位置を検出し、検出信号をフォーカスレンズ変位制御部 1 0 6 およびフォーカスレンズ変位設定部 1 0 5 へ出力する。フォーカスレンズ変位設定部 1 0 5 は、フォーカスレンズ位置検出部 1 0 2 の検出信号に基づき、撮像位置を決定し、撮像位置、焦点距離、絞り、撮像素子 1 0 4 の画素ピッチなどに基づき、フォーカスレンズの移動位置である近位置および遠位置を決定する。撮像位置、近位置および遠位置を目標フォーカスレンズの位置とする。これにより、フォーカスレンズ変位制御部 1 0 6 は、目標フォーカスレンズの位置とフォーカスレンズ位置検出部 1 0 2 によって検出されたフォーカスレンズ 1 0 1 の現在位置との差から駆動信号を計算してフォーカスレンズ駆動部 1 0 3 に出力する。

20

【 0 0 7 2 】

リリース受付部 1 1 3 において、ユーザーからの露光開始指令を受け付けると、露光時間決定部 1 1 4 が撮像素子 1 0 4 の露光時間を決定する。また、露光・フォーカスレンズ変位同期部 1 0 7 およびフォーカスレンズ変位設定部 1 0 5 に露光時間に関する情報を出力する。

30

【 0 0 7 3 】

露光・フォーカスレンズ変位同期部 1 0 7 は、露光時間に関する情報に基づき、同期したタイミングで露光、フォーカスレンズ 1 0 1 の駆動および撮像素子 1 0 4 からの電気信号の読み出しを行うように、シャッター開閉指令部 1 1 2、フォーカスレンズ変位制御部 1 0 6 および読み出し回路 1 0 8 に指令を出力する。具体的には、シャッター開閉指令部 1 1 2 に露光のタイミングおよび露光時間を指令する。また、フォーカスレンズ変位制御部 1 0 6 にフォーカスレンズ 1 0 1 を駆動するタイミングおよび駆動時間を指令する。

40

【 0 0 7 4 】

シャッター 1 1 1 は、シャッター開閉指令部 1 1 2 からの指令に応じて開閉動作を行う。シャッター 1 1 1 が開状態のとき、撮像素子 1 0 4 はフォーカスレンズ 1 0 1 によって集光された光によって露光され、露光された光は電気信号に変換されて出力される。

【 0 0 7 5 】

読み出し回路 1 0 8 は撮像素子 1 0 4 に読み出し信号を出力することによって電気信号を読み出し、読み出した電気信号を信号処理部 1 0 9 へ出力する。

【 0 0 7 6 】

信号処理部 1 0 9 は入力された電気信号に対して各種補正等を行い、1 フレームごとに視聴用画像、遠位置画像または近位置画像の画像信号を生成する。また、以下において、

50

説明するように、視聴用画像、遠位置画像および近位置画像撮から深度画像を生成する。

【0077】

これにより、撮像装置100は、視聴用画像によって構成される動画を生成し、各視聴用画像に対応した深度画像を生成することができる。

【0078】

撮像装置100の上述の構成要素のうち、フォーカスレンズ位置検出部102、フォーカスレンズ駆動部103、撮像素子104、信号処理部109、レリーズ受付部113、記録部110は、公知のハードウェアによって構成されていてもよい。また、フォーカスレンズ変位設定部105、フォーカスレンズ変位制御部106、露光・フォーカスレンズ変位同期部107、読み出し回路108、信号処理部109、記録部110、シャッター開閉指令部112、および露光時間決定部114の各構成要素の一部または全部は、CPUなどの情報処理回路およびメモリ等の記憶部に記憶されたソフトウェアによって構成されていてもよい。この場合、情報処理回路は、以下において説明する撮像方法の手順を規定するソフトウェアをメモリから読み出し、撮像方法の手順を実行することによって、撮像装置100の各構成要素を制御する。これら情報処理回路およびメモリに記憶されたソフトウェアによって実現される構成要素の一部は、専用の集積回路によって構成されていてもよい。例えば、フォーカスレンズ変位設定部105、フォーカスレンズ変位制御部106、露光・フォーカスレンズ変位同期部107、シャッター開閉指令部112および露光時間決定部114は半導体集積回路を構成してもよい。

【0079】

次に、図7および図8を参照しながら、本実施形態の撮像方法、特に、フォーカスレンズ101の駆動と撮像素子による撮影のタイミングを説明する。

【0080】

図8は本実施の形態の撮像方法を示すフローチャートである。まず、ユーザーによるレリーズ動作を受け付けると(S101)、露光時間決定部114にて絞り値や撮影シーンの明るさから露光時間(あるいは露光時間に関する情報)を決定する(S102)。露光時間は、フォーカスレンズ変位設定部105および露光・フォーカスレンズ変位同期部107に出力される。

【0081】

次に、フォーカスレンズ変位設定部105は、フォーカスレンズ位置検出部102の検出信号から撮像位置を決定(S103)し、撮像位置、フォーカスレンズの焦点距離、絞り、撮像素子104の画素ピッチなどに基づき、近位置および遠位置を決定する(S104)。あるいは、撮像位置に対して、予め定められた距離を加減することによって近位置および遠位置を求めてもよい。撮像位置は、レリーズを受け付けた位置におけるフォーカスレンズの位置であってもよいし、ユーザーがフォーカスレンズ101を移動させ、ユーザーが意図した被写体に焦点を合わせたときの撮像位置であってもよい。また、撮影画面におけるユーザーが意図した位置において、オートフォーカス機能によって合焦した場合におけるフォーカスレンズ101の位置であってもよい。

【0082】

近位置および遠位置の決定後、露光・フォーカスレンズ変位同期部107は、撮像素子104の画像フレームのタイミングに基づいて、フォーカスレンズ変位設定部105および読み出し回路108が動作するように、シャッター開閉指令部112、フォーカスレンズ変位設定部105および読み出し回路108に指令を出力する。これにより、フォーカスレンズ101が撮像位置から遠位置(または近位置)、撮像位置、近位置(または遠位置)の順で移動し、移動した位置において、停止した後、シャッター開閉指令部112がシャッター111を開放し、撮像素子104の露光が開始され、撮影つまり、視聴用画像、遠位置画像および近位置画像が取得される(S105)。撮影によって生成した画像信号は、撮像素子104から、読み出し回路108に出力される。

【0083】

撮影が完了したら、シャッター111を閉じ、撮影を完了する。動画撮影の場合は、ユ

10

20

30

40

50

ーザーからの録画停止処理指令が入力されるまで、S102～S105を繰り返す。これにより、動画撮影を行うことができる。

【0084】

なお、本実施形態の撮像装置によって動画を撮影する場合、動画撮影中に被写体が移動するのに伴って、ユーザーのフォーカス操作あるいはオートフォーカス機能により撮像位置が移動してもよい。この場合、撮像位置が移動すれば、逐次、近位置および遠位置が再計算され(S104)、撮像位置での撮影に加え、遠位置および近位置での撮影を行う。図9は、動画撮影中に、撮像位置が変化する場合のフォーカスレンズの駆動タイミングの一例を示している。図9において、画像フレーム1の時刻より以前、撮像位置1にあった被写体が、画像フレーム3には撮像位置2へ移動しているものとする。撮像位置2は撮像位置1よりも r_m だけ近接側に位置する前提である。画像フレーム3の時点で、被写体が近接側へ r_m だけ動いたことは、画像フレーム2、3、4で計算した距離結果から判明する。したがって、次の画像フレーム4、5、6では、撮像位置2を中心に、遠位置および近位置での撮影を行う。具体的には、画像フレーム4から5にかけては、 $r_n - r_m$ だけ遠位置側へ移動させることによって、フォーカスレンズの移動量は r_n' となり、近位置での撮影後に撮像位置2へ移動する場合のフォーカスレンズの移動量は小さくなる。

【0085】

次に、撮像位置が最短撮影距離の近傍に位置している場合、および、無限遠近傍に位置している場合における近位置および遠位置の設定について説明する。

【0086】

図10は、撮像位置が、最短撮影距離近傍に位置している場合における遠位置および近位置の設定位置を示している。図10に示すように、撮像位置が最短撮影距離に近接している場合、撮像位置に対して、等しい距離 r_f および r_n だけ離れた遠位置および近位置を設定しようとしても、近位置を設定できない場合がある。つまり、撮像位置と設定する遠位置との距離 r_f よりも撮像位置と最短撮影距離との距離 r_n' が小さい場合、撮像位置よりも撮像装置側に r_n 離れた近位置を設定することはできない。この場合、フォーカスレンズ変位設定部105は、最短撮影距離(第4の駆動位置)に近位置を設定し、最短撮影距離において、近位置画像を撮影する。

【0087】

これにより、撮像位置と遠位置との距離および撮像位置と近位置との距離は等しくなくなり、距離測定の精度が前後アンバランスになる場合がある。しかし、撮像位置よりも撮像装置から離れた側における距離測定範囲を狭めることがないため、通常の場合と同様、合焦している被写体よりも奥に位置している他の被写体までの距離を測定することが可能である。むしろ、撮像位置で撮像した画像と近位置撮像画像が近接することで、通常の場合よりもノイズへの耐性が向上し、距離の測定精度も向上する。

【0088】

図11は、撮像位置が、無限遠撮影位置近傍に位置している場合における遠位置および近位置の設定位置を示している。図11に示すように、撮像位置が無限遠撮影位置に近接している場合も、撮像位置に対して、等しい距離 r_f および r_n だけ離れた遠位置および近位置を設定しようとしても、遠位置を設定できない場合がある。つまり、撮像位置と設定する近位置との距離 r_n よりも撮像位置と最短撮影距離との距離 r_f' が小さい場合、撮像位置よりも撮像装置側に r_f 離れた遠位置を設定することはできない。この場合、フォーカスレンズ変位設定部105は、無限遠撮影位置(第5の駆動位置)に遠位置を設定し、無限遠撮影位置において、遠位置画像を撮影する。この場合も、撮影位置よりも撮像装置に近接する側における距離測定範囲を狭めることがないため、通常の場合と同様、合焦している被写体よりも手前に位置している他の被写体までの距離を測定することが可能である。

【0089】

また、上述したように、撮像位置と近位置との距離 r_n と撮像位置と遠位置との距離 r_f が等しい場合に、最も広い範囲で、前後のバランスよく距離の測定を行うことができる。

しかし前述のように、広い範囲での距離測定が必要でない場合、もしくは距離測定したい範囲が偏って存在する場合には、遠位置と近位置の中央からずれた位置に撮像位置を設定してもよい。図12は、近位置側から遠位置側へ撮像位置がシフトした場合における、距離測定誤差の大きさをシミュレーションによって求めた結果を示している。横軸は、近位置と遠位置との中央の位置を50%とした場合の撮像位置を示しており、撮像位置がどちらかにずれると、値が大きくなる。ここでは対称性から、50%より大きい範囲を示している。左側の縦軸は、エッジを多く含むような、距離測定に強いテクスチャがある被写体を撮像した画像の場合の距離測定誤差（図中では深度誤差）の割合を示し、右側の縦軸はエッジの少ない、距離測定に弱いテクスチャがある被写体を撮像した画像を用いた場合の距離測定誤差（図中では深度誤差）の割合を示している。

10

【0090】

いずれのテクスチャの場合でも撮像位置が50%から大きくなるに従って、誤差も大きくなる。図12より、距離測定の精度を確保したい場合、撮像位置は50~70%に設定することによって、距離測定誤差を、撮像位置が50%である場合の10%以内に行うことができることが分かる。また、撮像位置を50~80%にすれば、距離測定精度を大きく低下させることなく撮像位置よりも手前側および奥側において距離を測定できる範囲の割合をできるだけ自由に設定することができる。図12は、撮像位置を近位置と遠位置との中間から遠位置側に設定した場合の誤差を求めた結果を示しているが、撮像位置を近位置と遠位置との中間から近位置側に設定した場合も同じ結果が得られる。

【0091】

20

したがって、より自由に撮像位置よりも手前側および奥側において距離を測定できる範囲を設定したい場合には、撮像位置と遠位置との距離および撮像位置と近位置との距離の比を2:8から1:1:または1:1から8:2の範囲に設定することができる。また、距離測定の精度を十分に確保したい場合には、撮像位置と遠位置との距離および撮像位置と近位置との距離の比を3:7から1:1:または1:1から7:3の範囲に設定することができる。

【0092】

次に図13を参照しながら、視聴用画像、遠位置画像および近位置画像から、各画素における距離の測定を行い、深度画像を得る方法を説明する。図13は、距離測定の手順を示すフローチャートである。まず、事前に、各撮影画像の距離ごとの点広がり関数（PSF）を予め測定する（S201）。視聴用画像、遠位置画像および近位置画像のそれぞれにフォーカスを合わせ、測定したい距離別ごとにおいて点光源をフォーカスを移動させながら撮影し、撮影した画像のぼけ量からPSFを測定する。例えば、32階調で画像を解析する場合（N=32）、被写体距離がd1~dNとなる位置に点光源を配置し、d1~dNを撮像位置とした場合におけるPSFおよび、遠位置および近位置におけるPSFを1組とする32組のPSFを求める。これにより、以下に示す各画像のPSFが求められる。PSFは、撮像装置のレンズ光学系に依存する。このため、撮像装置を使用する前に一度求めておけばよく、撮像装置の製造時等に行われる。

30

【数1】

40

$$\begin{cases} psf_{Near}^{d1}, \dots, psf_{Near}^{dN} \\ psf_{Middle}^{d1}, \dots, psf_{Middle}^{dN} \\ psf_{Far}^{d1}, \dots, psf_{Far}^{dN} \end{cases}$$

【0093】

以下のステップは、視聴用画像を取得するたびに行われる。まず、疑似全焦点画像AIFを生成する（S202）。これは、以下に示す数式によって求められる。ここで、I_{Ne}

50

I_{Near} 、 I_{Middle} 、 I_{Far} は、画像フレームごとに生成する近位置画像、視聴用画像、遠位置画像である。 C はプライアと呼ばれる調整項である。

【数 2】

$$AIF^{di} = \frac{I_{Near} \cdot \overline{psf_{Near}^{di}} + I_{Middle} \cdot \overline{psf_{Middle}^{di}} + I_{Far} \cdot \overline{psf_{Far}^{di}}}{|psf_{Near}^{di}|^2 + |psf_{Middle}^{di}|^2 + |psf_{Far}^{di}|^2 + |C|^2}$$

【0094】

10

なお式 2 は、周波数空間表現で記載している。具体的には、画像、PSF とともに周波数領域へ変換して式 2 に準じて計算後、空間領域へ再度変換することで、疑似全焦点画像 AIF を算出できる。

【0095】

次に、疑似全焦点画像 AIF に、距離ごとの $psf^{d1} \sim psf^{dN}$ をそれぞれ畳みこみ、疑似ぼけ画像を生成する (S203)。これにより、全被写体が特定の距離 ($d1 \sim dN$) にあるとして生成した疑似遠位置画像、疑似近位置画像および疑似視聴用画像が得られる。

【0096】

その後、式 3 に示すように、これらの画像と実際に撮影した画像の誤差から各画素の深度 (距離) を求める。式 3 において、 (x, y) は、画像上の画素の位置を示す。実際に撮影された遠位置画像、近位置画像および視聴用画像とこれらの疑似画像との画素ごとの二乗誤差の合計が最小となる d が各画素の深度となる。これにより、画素ごとに距離を求めることができ、深度画像を得ることができる。

20

【数 3】

$$d(x, y) = \arg \min_{di} \left[\begin{aligned} & \{AIF^{di}(x, y) \otimes psf_{Near}^{di}(x, y) - I_{Near}(x, y)\}^2 + \\ & \{AIF^{di}(x, y) \otimes psf_{Middle}^{di}(x, y) - I_{Middle}(x, y)\}^2 + \\ & \{AIF^{di}(x, y) \otimes psf_{Far}^{di}(x, y) - I_{Far}(x, y)\}^2 \end{aligned} \right]$$

30

【0097】

このように、本実施形態によれば、3つの画像を取得して、距離を測定することにより、より広い範囲で精度の高い距離の測定を行うことができる撮像装置が実現可能である。また、本実施形態によれば、通常の動画を撮影する場合に比べて、1/2のレートで動画を撮影することができ、動画を構成する各フレーム画像において、焦点が一致している被写体の手前側および奥側に位置する他の被写体の距離を測定することができる。

【0098】

40

なお、本発明は上記実施形態に限られず、種々の改変が可能である。また、上記実施形態では、フォーカスレンズを駆動することによって、フォーカスレンズと撮像素子の撮像面との距離を変化させ、撮影シーンにおける焦点の位置を変更していた。しかし、撮像素子を駆動することによって、フォーカスレンズと撮像素子の撮像面との距離を変化させ、撮影シーンにおける焦点の位置を変更してもよい。

【0099】

図 14 は、本実施形態の撮像装置 200 を示すブロック構成図である。図 7 に示す撮像装置 100 と同一の構成要素には同じ参照符号を付している。撮像装置 200 は、撮像素子 104 の位置を移動させることにより、レンズ光学系 120 のフォーカスレンズ 101 との距離を変化させる点で撮像装置 100 と異なる。このために、撮像装置 200 は、撮

50

像素子位置検出部 2 0 2、撮像素子駆動部 2 0 3、撮像素子変位設定部 2 0 5、撮像素子変位制御部 2 0 6 および露光・撮像素子変位同期部 2 0 7 を備える。

【 0 1 0 0 】

撮像素子位置検出部 2 0 2 は、位置センサを含み、撮像素子 1 0 4 の位置を検出し、検出信号を撮像素子変位制御部 2 0 6 へ出力する。撮像素子変位設定部 2 0 5 は撮像素子 1 0 4 の変位パターンを設定し、目標撮像素子の位置とする。これにより、撮像素子変位制御部 2 0 6 は、目標撮像素子位置と撮像素子位置検出部 2 0 2 によって検出された撮像素子 1 0 4 の現在位置との差から駆動信号を計算して撮像素子駆動部 2 0 3 に出力する。

【 0 1 0 1 】

リリース受付部 1 1 3 において、ユーザーからの露光開始指令を受け付けると、露光時間決定部 1 1 4 が撮像素子 1 0 4 の露光時間を決定する。また、露光・撮像素子変位同期部 2 0 7 に露光時間に関する情報を出力する。

10

【 0 1 0 2 】

露光・撮像素子変位同期部 2 0 7 は、露光時間に関する情報に基づき、同期したタイミングで露光、撮像素子 1 0 4 の駆動および撮像素子 1 0 4 からの電気信号の読み出しを行うように、シャッター開閉指令部 1 1 2、撮像素子変位制御部 2 0 6 および読み出し回路 1 0 8 に指令を出力する。具体的には、シャッター開閉指令部 1 1 2 に露光のタイミングおよび露光時間を指令する。また、撮像素子変位制御部 2 0 6 に撮像素子 1 0 4 を駆動するタイミングおよび駆動時間を指令する。これにより、撮像装置 2 0 0 は、撮像素子 1 0 4 を駆動して撮像素子の撮像面とフォーカスレンズとの間の距離を変化させ、視聴用画像、遠位置画像および近位置画像を撮影することができる。

20

【産業上の利用可能性】

【 0 1 0 3 】

本願に開示された撮像装置、集積回路および撮像方法は、例えば民生用もしくは業務用のデジタルスチルカメラやデジタルムービーカメラなどの撮像装置に好適に用いられる。

【符号の説明】

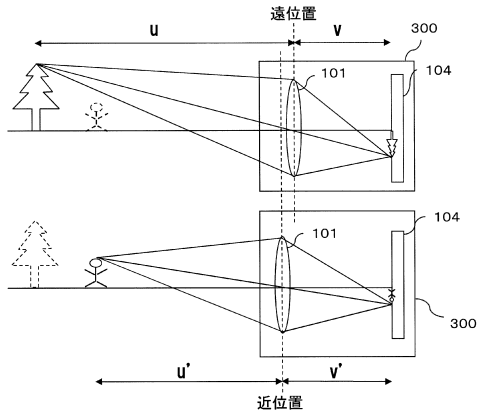
【 0 1 0 4 】

- 1 0 0、2 0 0、3 0 0 撮像装置
- 1 0 1 フォーカスレンズ
- 1 0 2 フォーカスレンズ位置検出部
- 1 0 3 フォーカスレンズ駆動部
- 1 0 4 撮像素子
- 1 0 5 フォーカスレンズ変位設定部
- 1 0 6 フォーカスレンズ変位制御部
- 1 0 7 露光・フォーカスレンズ変位同期部
- 1 0 8 読み出し回路
- 1 0 9 信号理部
- 1 1 0 記録部
- 1 1 1 シャッター
- 1 1 2 シャッター開閉指示部
- 1 1 3 リリース受付部
- 1 1 4 露光時間決定部
- 1 1 5 フォーカスレンズ位置検出部
- 1 2 0 レンズ
- 2 0 2 撮像素子位置検出部
- 2 0 3 撮像素子駆動部
- 2 0 5 撮像素子変位設定部
- 2 0 6 撮像素子変位制御部
- 2 0 7 露光・撮像素子変位同期部

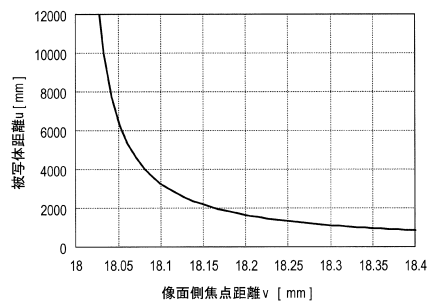
30

40

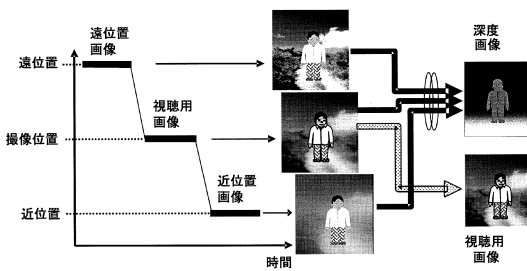
【図 1】



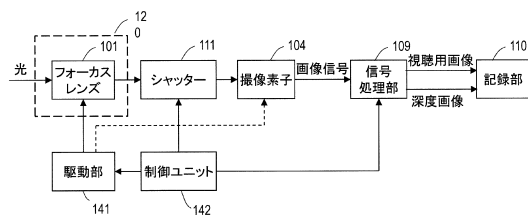
【図 2】



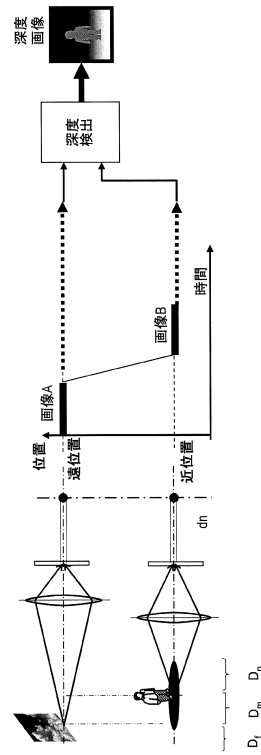
【図 4】



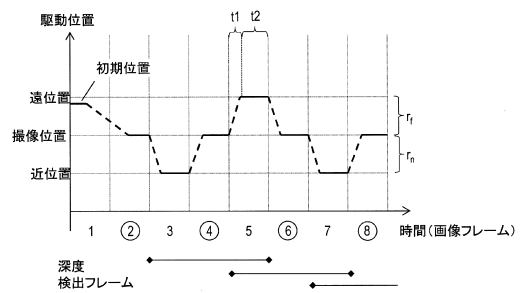
【図 5】



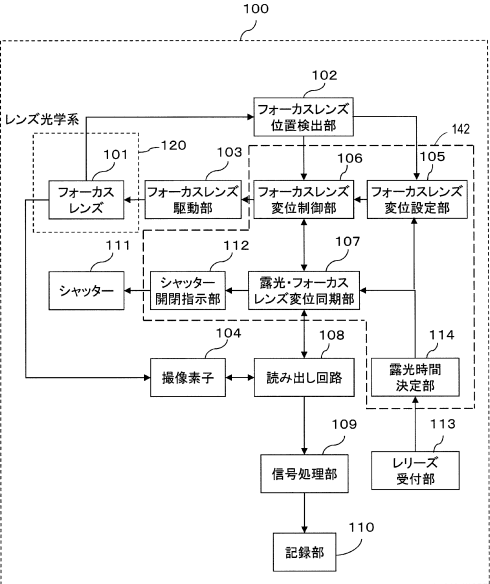
【図 3】



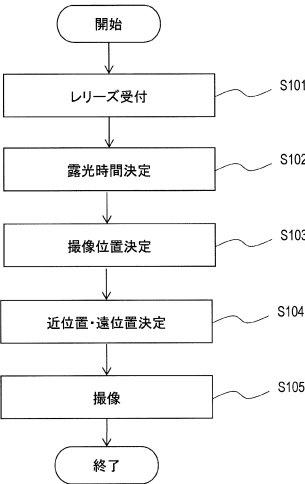
【図 6】



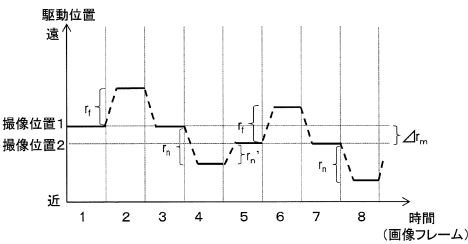
【図 7】



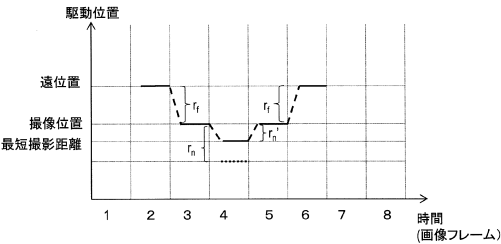
【図 8】



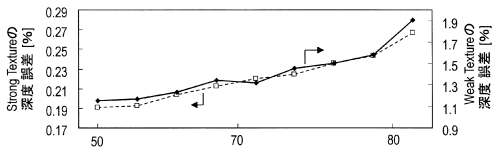
【図 9】



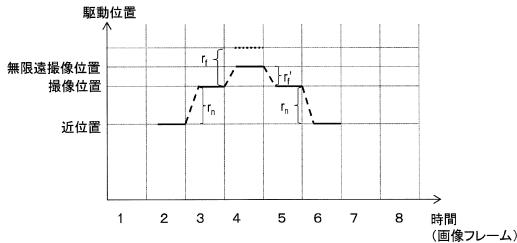
【図 10】



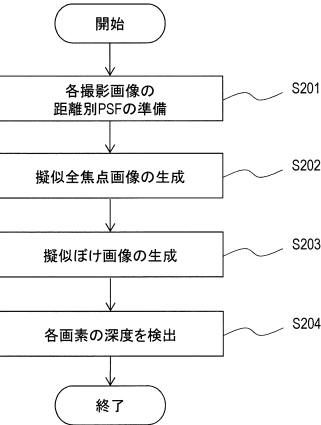
【図 12】



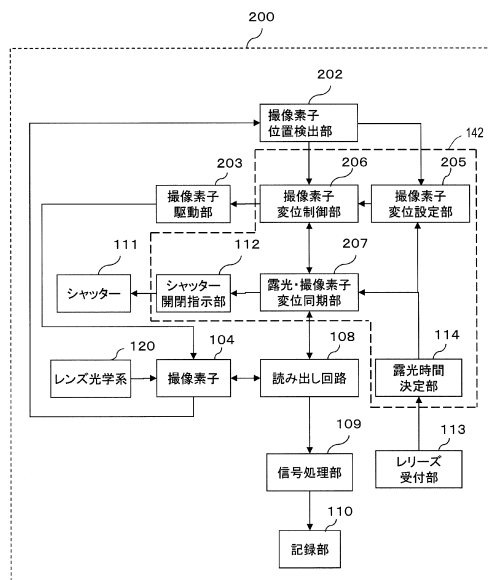
【図 11】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(72)発明者 河村 岳

大阪府門真市大字門真１００６番地 パナソニック株式会社内

審査官 櫻井 仁

(56)参考文献 国際公開第２０１０／０８２４００（ＷＯ，Ａ１）

国際公開第２０１２／１４０８９９（ＷＯ，Ａ１）

特開２００８－２７１２４１（ＪＰ，Ａ）

特開平０３－０８０６７６（ＪＰ，Ａ）

特開２０００－２８３７５１（ＪＰ，Ａ）

米国特許出願公開第２０１２／０１４８１０９（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

G 0 1 C 3 / 0 6

G 0 2 B 7 / 2 8

G 0 3 B 1 3 / 3 6

H 0 4 N 5 / 2 3 2