

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6112862号
(P6112862)

(45) 発行日 平成29年4月12日 (2017. 4. 12)

(24) 登録日 平成29年3月24日 (2017. 3. 24)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 4 N	5/232	(2006. 01)	HO 4 N 5/232 Z
HO 4 N	5/225	(2006. 01)	HO 4 N 5/225 D
GO 3 B	11/00	(2006. 01)	GO 3 B 11/00
GO 3 B	9/02	(2006. 01)	GO 3 B 9/02 Z

請求項の数 14 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2012-286688 (P2012-286688)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成24年12月28日 (2012. 12. 28)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-131109 (P2014-131109A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成26年7月10日 (2014. 7. 10)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成27年12月10日 (2015. 12. 10)		弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	石原 圭一郎
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
		審査官	▲徳▼田 賢二

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】

撮像光学系と前記撮像光学系からの光束を撮像する撮像素子とを備える撮像装置において、

前記撮像光学系は、第1開口部と第2開口部とを含む開口絞りを有し、

前記撮像素子は、第1画素と第2画素とを有し、

前記第1開口部には、通過する光束を第1符号で符号化する第1光学フィルタが配置されており、

前記第1画素は、前記第1符号で符号化された第1符号化光束を受光し、

前記第2画素は、前記第1符号化光束を受光せずに該第1符号化光束以外の光束を受光し、

前記第1開口部の開口径をD1、前記第2開口部の開口径をD2、前記第1開口部における前記第1符号化光束の透過率をT11、前記第1開口部における前記第1符号化光束以外の光束の透過率をT12、前記第2開口部における前記第1符号化光束の透過率をT21、前記第2開口部における前記第1符号化光束以外の光束の透過率をT22としたとき、次式を満足する

【数 1】

$$0.5 \leq \frac{D1^2 \cdot T11 + (D2^2 - D1^2) \cdot T21}{D1^2 \cdot T12 + (D2^2 - D1^2) \cdot T22} \leq 2$$

ことを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

前記第 2 開口部には、通過する光束を第 2 符号で符号化する第 2 光学フィルタが配置されており、

10

前記第 2 画素は、前記第 2 符号で符号化された第 2 符号化光束を受光することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 3】

前記撮像光学系と前記第 1 画素との間には、前記第 1 符号化光束を透過する第 3 の光学フィルタが配置されており、

前記撮像光学系と前記第 2 画素との間には、前記第 1 符号化光束を透過せずに該第 1 符号化光束以外の光束を透過する第 4 の光学フィルタが配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 4】

前記撮像光学系と前記第 1 画素との間には、前記第 1 及び第 2 符号化光束のうち該第 1 符号化光束だけを透過する第 3 の光学フィルタが配置されており、

20

前記撮像光学系と前記第 2 画素との間には、前記第 1 及び第 2 符号化光束のうち該第 2 符号化光束だけを透過する第 4 の光学フィルタが配置されていることを特徴とする請求項 2 に記載の撮像装置。

【請求項 5】

前記光学フィルタは、偏光によって光束を符号化することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 6】

前記光学フィルタは、波長によって光束を符号化することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

30

【請求項 7】

前記第 1 開口部の面積と前記第 2 開口部の面積とは等しいことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 8】

前記第 1 開口部の開口径を D 1、前記第 2 開口部の開口径を D 2 としたとき、次式を満足する

$$0.8 \times \sqrt{2} \leq D2 / D1 \leq 1.2 \times \sqrt{2}$$

ことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 9】

前記第 1 及び第 2 開口部の少なくとも一方には、前記第 1 符号化光束及び前記第 1 符号化光束以外の光束の少なくとも一方の透過率を設定する透過フィルタが配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

40

【請求項 10】

前記撮像光学系と前記撮像素子との間に配置されている複屈折光学素子を備え、前記複屈折光学素子は、前記第 1 符号化光束を前記第 1 画素へ導き、前記第 1 符号化光束以外の光束を前記第 2 画素へ導くことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 11】

前記撮像素子からの信号に基づいて画像のデータを処理する画像処理部を備え、前記画像処理部は、複数の前記第 1 画素からの信号に基づいて第 1 画像のデータを生成

50

し、複数の前記第 2 画素からの信号に基づいて第 2 画像のデータを生成し、

前記第 1 及び第 2 開口部は、前記第 1 画像のぼけと前記第 2 画像のぼけとが異なるように構成されている

ことを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 12】

前記画像処理部は、前記第 1 及び第 2 画像のデータに基づいて、被写体の距離情報を求める

ことを特徴とする請求項 11 に記載の撮像装置。

【請求項 13】

前記第 1 及び第 2 開口部は、同軸である

10

ことを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 14】

前記第 1 及び第 2 開口部は、開口径が異なる

ことを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像装置に関し、特に、複数の画像を同時に撮影することが可能な撮像装置に関する。

【背景技術】

20

【0002】

デジタルカメラやデジタルビデオカメラ、携帯電話用カメラ、監視カメラ、医用カメラなどの撮像装置によって撮影した画像を用いて、被写体の距離情報を取得する方法として Depth From Defocus (DFD) 方式が提案されている。

【0003】

DFD 方式では、撮影レンズ等の撮影パラメータを制御することにより、ボケ量の異なる複数の画像を撮影する。そして、各画素において、周囲の画素を含めた領域のボケ量の相関量を求め、予め用意されたボケの相関量と被写体距離との関係から、各画素における被写体距離を求める。

【0004】

30

特許文献 1 には、異なる撮影パラメータで撮影したぼけの異なる複数の画像において、測距対象画素を含有する処理対象領域毎にぼけの相関量を演算し、ぼけの相関量から被写体距離を算出することが開示されている。

【0005】

また、特許文献 2 には、カメラ開口及びカメラ口径を高速に切り換える方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2010 - 016743 号公報

40

【特許文献 2】特開 2007 - 043687 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

DFD 方式において制御可能な撮影パラメータの 1 つに開口絞りの開口径があり、異なる開口径で撮影した 2 枚の画像から、被写体の距離情報を算出することができる。

【0008】

しかしながら、特許文献 1 に開示されているような方法で、開口径を変更して複数の画像を撮影した場合、第 1 の開口径で撮影した画像と第 2 の開口径で撮影した画像とでは撮影時間に差が生じてしまい、被写体ブレや手ブレが問題となっていた。

50

【 0 0 0 9 】

例えば、被写体が移動した場合は 2 枚の画像で被写体の位置が異なってしまい被写体ブレの問題が発生する。また、カメラを手持ちで撮影した場合はカメラが移動することによって 2 枚の画像で被写体の位置が異なってしまい手ブレの問題が発生する。

【 0 0 1 0 】

D F D 方式では、基本的に被写体は同じ位置にあるものとして 2 枚の画像におけるばけ量の相関値から距離情報を取得している。よって、被写体ブレや手ブレが発生した場合は、対象の被写体は 2 枚の画像間で同位置におらず、異なった位置の相関値から距離情報を取得することとなり、結果として距離計測精度が劣化することが問題となっていた。

【 0 0 1 1 】

本発明は、複数枚の画像を撮影する際に、複数枚の画像間に生じる被写体ブレや手ブレによる差を軽減することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

本発明の一側面としての撮像装置は、撮像光学系と前記撮像光学系からの光束を撮像する撮像素子とを備える撮像装置において、前記撮像光学系は、第 1 開口部と第 2 開口部とを含む開口絞りを有し、前記撮像素子は、第 1 画素と第 2 画素とを有し、前記第 1 開口部には、通過する光束を第 1 符号で符号化する第 1 光学フィルタが配置されており、前記第 1 画素は、前記第 1 符号で符号化された第 1 符号化光束を受光し、前記第 2 画素は、前記第 1 符号化光束を受光せずに該第 1 符号化光束以外の光束を受光し、前記第 1 開口部の開口径を D_1 、前記第 2 開口部の開口径を D_2 、前記第 1 開口部における前記第 1 符号化光束の透過率を T_{11} 、前記第 1 開口部における前記第 1 符号化光束以外の光束の透過率を T_{12} 、前記第 2 開口部における前記第 1 符号化光束の透過率を T_{21} 、前記第 2 開口部における前記第 1 符号化光束以外の光束の透過率を T_{22} としたとき、後述の式 (1) を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、複数枚の画像を同時に撮影することが可能となり、複数枚の画像間における被写体ブレの誤差又は手ブレの誤差を大幅に改善することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】本発明を適用できる実施例 1 における撮像装置の構成図

【図 2】本発明を適用できる実施例 1 における撮像装置の開口絞りの構成図

【図 3】本発明を適用できる実施例 2 における撮像装置の開口絞りの構成図

【図 4】本発明を適用できる実施例 3 における撮像装置の構成図

【図 5】本発明を適用できる実施例 4 における撮像装置の開口絞りの構成図

【図 6】本発明を適用できる実施例 4 における撮像装置の開口部光学フィルタ及び撮像光学フィルタの分光透過率を表すグラフ

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

以下に、本発明の好ましい実施形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。

【実施例 1】

【 0 0 1 6 】

図 1 は、本発明を適用できる実施例 1 における撮像装置の構成図である。

【 0 0 1 7 】

図 1 (A) は主被写体 O_m を本発明の撮像装置で撮像した様子を示す。図 1 (A) に示したように、本実施例の撮像装置 10 は、撮像光学系 11、開口絞り 12、撮像部光学フィルタ 13、電子撮像素子 (撮像素子) 14、画像処理部 15 を有する。撮像光学系 11 は主被写体 O_m にピントを合わせており、開口絞り 12 と撮像部光学フィルタ 13 を介して、主被写体 O_m からの光束を電子撮像素子 14 上に結像させている。

【 0 0 1 8 】

図 1 (B) は主被写体 O_m にピントを合わせた状態で、撮像装置 1 0 から見て主被写体 O_m よりも遠方にある背景物体 O_b を撮影した様子を示す。撮像光学系 1 1 は背景物体 O_b にはピントを合わせておらず、背景物体 O_b からの光束は開口絞り 1 2 と撮像部光学フィルタ 1 3 を介して電子撮像素子 1 4 の手前で結像し、電子撮像素子 1 4 にはぼけた画像が撮影される。このとき、開口絞り 1 2 を通過した光束は光束幅を制限されており、所望の焦点深度を得ている。また、開口絞り 1 2 の中心は撮像光学系 1 1 の光軸上に配置している。

【 0 0 1 9 】

図 2 に本実施例における開口絞りの構成図を示す。本実施例では、直線偏光を用いて開口絞りを通過する光束を符号化している。なお、本明細書において、符号化とは、開口絞りの領域（開口部）ごとに、そこを通過する光束に符号を与えることであると定義する。符号を与えることで、その光束がどの領域を通過したかを把握することが可能となる。符号は、例えば所定の偏光や波長の光だけを透過させることにより、与えることができる。開口絞り 1 2 は、開口絞り 1 2 の中央部に配置した円形の開口部（第 2 開口部）1 2 a と、開口部（第 1 開口部）1 2 a の周囲に配置したリング形状の開口部 1 2 b を有している。開口部 1 2 a と開口部 1 2 b とを同軸に配置している。さらには、これらの開口部 1 2 a、1 2 b を撮像光学系 1 1 の光軸とも同軸に配置している。開口部 1 2 a は空孔であり、開口部 1 2 b には P 偏光光束を透過させる開口部偏光フィルタ A P P F 1 を設置している。このように本実施例の撮像装置の開口絞り 1 2 は、開口部 1 2 b のみに直線偏光の光学フィルタを配置して開口部 1 2 b を通過する光束を P 偏光に符号化した第 1 符号化光束としている。したがって、本実施例における撮像装置の開口絞り 1 2 では、S 偏光光束は開口部 1 2 a のみを通すことができ、P 偏光光束は開口部 1 2 a 及び開口部 1 2 b の両方を通すことができる。

【 0 0 2 0 】

また、図 1 (A) に示したように、電子撮像素子 1 4 の直前に配置した撮像部光学フィルタ 1 3 には S 偏光光束のみを通す撮像部偏光フィルタ I C P F 1 と P 偏光光束のみを通す撮像部偏光フィルタ I C P F 2 とを交互に配列している。そのため、電子撮像素子 1 4 では、画素毎に異なる偏光の画像を取得している。

【 0 0 2 1 】

カラー画像用の撮像装置の場合、電子撮像素子 1 4 には赤、緑、青のカラーフィルタが配置されている。赤、緑、青のカラーフィルタはベイヤー配列で構成されているものがあり、その場合赤色や青色と比べて緑色のカラーフィルタの数が多いのが一般的である。そこで、撮像部偏光フィルタ I C P F 1 及び撮像部偏光フィルタ I C P F 2 を、緑色を取得する画素だけに配置しても良い。その際、後述する画像処理部 1 5 の距離算出にも緑色の画像のみを使用する。

【 0 0 2 2 】

このように本実施例の撮像装置の電子撮像素子 1 4 は、第 1 符号化光束である P 偏光光束のみを受光する画素（第 1 画素）と第 1 符号化光束以外の光束である S 偏光光束のみを受光する画素（第 2 画素）とを有している。つまり、電子撮像素子 1 4 は、開口絞り 1 2 で符号化された光束を選択的に取得する画素を有している。

【 0 0 2 3 】

ここで図 2 に示したように、S 偏光光束のみで取得した画像は開口径が小さい状態で撮影した画像 I a であり、具体的な撮像光学系の絞り値は $F / 8.0$ で開口形状は円形開口である。一方、P 偏光光束のみで取得した画像は、開口径が大きい状態で撮影した画像 I b であり、具体的な撮像光学系の絞り値は $F / 4.0$ で開口形状は円形開口である。

【 0 0 2 4 】

このように、本実施例の撮像装置では異なる開口絞りによる複数枚の画像を同時に撮影することができる。特に、開口径が異なる 2 枚の画像を同時に撮影することができる。これにより、同時に撮影した複数の画像間において被写体ブレや手ブレなどによる主被写

10

20

30

40

50

体や背景画像の位置ずれを大幅に軽減することができる。

【0025】

開口径が小さい状態で撮影すると撮像光学系の被写界深度が深くなりピント面から離れた位置においてもぼけ量を小さくすることができる。一方、開口径が大きい状態で撮影すると撮像光学系の被写界深度は浅くなりピント面近傍のみがシャープに撮影され、ピント面から離れるに従ってぼけ量が大きくなる。つまり、主被写体O_mにおいて画像I_aおよび画像I_bは高い解像力を有しているが、背景物体O_bにおいて画像I_aは高い解像力を有しているが、画像I_bはぼけた状態の画像となる。

【0026】

このぼけ量の違いからDFD方式を用いて画素毎の距離情報を算出することができる。具体的には、ぼけ量が小さい画像I_sとぼけ量が大きい画像I_lとから同じ位置の小領域を切り出し、切り出した画像の相関値を算出する。これらの画像の相関が下がる要因は主にぼけ量の違いであることから、相関値の変化（低下）により被写体がどれだけピント位置から離れているかを推定することができる。デフォーカスによるぼけ量の変化は、画像の高収差成分から先に解像力もしくはコントラストが低下する。そこで、2枚の画像I_a、I_bの高周波成分を抽出してから画像の相関値を算出すると、より高精度に距離を推定することができる。画像処理部15は、このようにして、開口径が異なる2枚の画像I_a、I_bを用いてDFD方式により画素毎の距離情報を算出している。なお、画像処理部15は、電子撮像素子14からの信号に基づいて画像のデータを処理するコンピュータ又は演算回路である。画像処理部15は、S偏光光束のみを受光する複数の画素（複数の第2画素）からの信号に基づいて画像I_aのデータを生成し、P偏光光束のみを受光する複数の画素（複数の第1画素）からの信号に基づいて画像I_bのデータを生成する。

【0027】

本実施例では、小さな開口径の画像I_aと大きな開口径の画像I_bとを同時に取得することが可能となり、両者間の被写体ブレや手ブレによる誤差を大幅に低減することができる。また、これらの画像を用いることによりDFDによる距離推定精度を格段に向上させている。また、開口部12aと開口部12bを同軸に構成したのでデフォーカスしても2枚の画像I_a、I_bに映る被写体の位置ずれが発生せず、ピント位置から離れた位置にある被写体（背景物体）におけるDFDの距離推定精度を向上させることができる。さらに、開口部12a及び開口部12bを撮像光学系11と同軸に配置したので、奥行きが異なる被写体であっても位置ずれが発生しないメリットがある。

【0028】

本実施例では開口部12aを空孔としたのでS偏光光束とP偏光光束の両方が通過できる。そのため、開口部12aのみを通過したS偏光光束と開口部12a及び開口部12bの両方を通過したP偏光光束は、その開口形状を共に円形開口としている。円形開口は焦点深度が狭く、デフォーカスに対して2画像の相関値の変化が急峻となる。その為、ピント面近傍の距離を精度良く検出できるメリットがある。また、開口部12bだけに偏光フィルタを配置しているため、開口絞り12を通過する光束の光量ロスを低減することができる。

【0029】

なお、小さな開口径の画像であるS偏光光束の画像の露光時間を、大きな開口径の画像であるP偏光光束の画像の露光時間よりも長くすることにより、2枚の画像の明るさを揃えることができる。これにより、DFDによる距離推定精度を更に向上させることができる。P偏光光束の露光時間が終了したら開口絞り12に新たに偏光板を挿入してS偏光光束だけを露光させるようにしたメカニカルシッターを用いても良い。また、S偏光を受光する画素とP偏光を受光する画素とで電子シャッター方式により露光時間を変えても良い。

【0030】

また、開口部12a及び開口部12bの少なくとも一方に透過率を設定する透過フィルタを配置して第1符号化光束であるP偏光光束の透過光量を減光させて、P偏光光束とS

10

20

30

40

50

偏光光束との光量が均一になるように調整しても良い。

【0031】

開口部12aの開口径をD1、開口部12bの開口径をD2、開口部12aにおける第1符号化光束であるP偏光光束の透過率をT11、開口部12aにおける第1符号化光束以外の光束であるS偏光光束の透過率をT12、開口部12bにおける第1符号化光束の透過率をT21、開口部12bにおける第1符号化光束以外の光束の透過率をT22としたとき、次式を満足させると良い。

【0032】

【数1】

$$0.5 \leq \frac{D1^2 \cdot T11 + (D2^2 - D1^2) \cdot T21}{D1^2 \cdot T12 + (D2^2 - D1^2) \cdot T22} \leq 2 \quad \dots (1)$$

10

【0033】

本実施例の場合、T11 = 0.10、T12 = 0.90、T21 = 0.10、T22 = 0.00としており、式(1)の値は1.44で式(1)に示した範囲を満足している。これにより、P偏光光束とS偏光光束との光量をほぼ均一にすることができる。

【0034】

なお、本実施例の撮像装置では偏光によって符号化する光学フィルタを用いたが、これに限ったものではなく、例えば波長によって符号化する光学フィルタを用いても良い。特にカラー画像用の撮像装置の場合は、カラーフィルタの透過特性がある(透過率10%以上)スペクトルにおいて波長毎に区別し、符号化すると良い。

20

【実施例2】

【0035】

本発明を適用可能な実施例2を示す。本実施例の撮像装置は、実施例1の撮像装置と開口絞りが異なるが、それ以外の構成は同じである。

【0036】

図3に本実施例における開口絞りの構成図を示す。本実施例でも直線偏光を用いて開口絞りを通過する光束を符号化している。開口絞り12は、開口絞り12の中央部に配置した円形の第1開口部12aと、第1開口部の周囲に配置したリング形状の第2開口部12bとを有しており、第1開口部12aと第2開口部12bとを同軸に配置している。さらに、第1開口部12a及び第2開口部12bは撮像光学系11の光軸とも同時に配置している。第1開口部12aにはS偏光光束(成分)のみを透過させる第1開口部偏光フィルタAPPF1を、第2開口部12bにはP偏光光束(成分)のみを透過させる第2開口部偏光フィルタAPPF2を設置している。

30

【0037】

このように本実施例の撮像装置の開口絞り12は、第1開口部12aと第2開口部12bに直線偏光の光学フィルタを配置している。第1開口部12aを通過する光束をS偏光で符号化した第1符号化光束とし、第2開口部12bを通過する光束をP偏光で符号化した第2符号化光束としている。本実施例では、第1符号化光束と第2符号化光束とで開口絞り12の開口径及び開口形状を異ならせている。なお、本明細書において、開口径とは開口絞りの中心(撮像光学系の光軸)とその中心から最も離れている開口部の位置との距離の2倍の値であると定義する。例えば、本実施例において、第2開口部12bの開口径は、図3に示したような値(D2)となる。

40

【0038】

S偏光光束は第1開口部12aのみを通過しており、S偏光光束のみを受光することで取得した画像Iaは撮像光学系の絞り値F/5.6、開口形状は円形開口の画像である。一方、P偏光光束は第2開口部12bのみを通過しており、P偏光光束のみを受光することで取得した画像Ibは撮像光学系の絞り値F/4.0、開口形状は輪帯開口の画像である。

50

【 0 0 3 9 】

輪帯開口は円形開口の場合と比べてスポット径 (Point Spread Function を Peak 値の $1/e^2$ の値でスライスしたときの幅) を小さくすることができるので、被写体の高周波成分をより忠実に描写できるメリットがある。したがって、ぼけ量の変化をより正確に検出することができ、DFD による距離推定精度を向上させることができる。なお、輪帯開口は円形開口と比べてスポット径の焦点深度が深いので DFD による距離検出が可能な範囲を広げることができる。

【 0 0 4 0 】

本実施例のように、円形開口で絞り値 $F/5.6$ の PSF と輪帯開口で絞り値 $F/4.0$ の PSF の場合、デフォーカス量に対する PSF のピークの落ち具合はほぼ同等であるが、PSF の周辺部の変化量の変化の仕方に違いが生じる。円形開口で絞り値 $F/5.6$ の PSF は周辺部が徐々に盛り上がるのに対して、輪帯開口で絞り値 $F/4.0$ の PSF は周辺部にあるサイドローブが徐々に小さくなる。この周辺部の違いを検出することで距離情報を取得することができる。このように、開口形状の違いを利用して距離情報を算出することができる。

10

【 0 0 4 1 】

本実施例の開口絞り 12 では、第 1 開口部 12 a と第 2 開口部 12 b との面積をほぼ等しくしている。具体的には、第 2 開口部 12 b の開口径 D_2 を第 1 開口部 12 a の開口径 D_1 の $\sqrt{2}$ 倍に設定しており、次式の範囲を満足させるとほぼ同等の効果が得られる。

$$0.8 \times \sqrt{2} \leq D_2 / D_1 \leq 1.2 \times \sqrt{2} \cdots (2)$$

20

これにより、第 1 開口部のみを通過した S 偏光光束の画像 I a と第 2 開口部のみを通過した P 偏光光束の画像 I b とで露光時間を等しく設定できるので、2 つの画像間における被写体ブレや手ブレの誤差を低減することができる。

【 0 0 4 2 】

これにより、被写体ブレや手ブレによって生じた被写体の位置ずれを低減することができるので、これらの画像を用いることにより DFD の距離推定精度を格段に向上させることができる。

【 0 0 4 3 】

また、2 枚の画像で露光時間を等しく設定すれば、共通のシャッター (メカニカルシャッターや電子シャッターなど) を使用できる撮像装置上のメリットもある。

30

【 0 0 4 4 】

また、式 (2) を満足しない場合でも、実施例 1 と同様に、第 1 開口部 12 a と第 2 開口部 12 b とに透過率制御フィルタを配置して式 (1) を満足させると P 偏光光束と S 偏光光束の光量をほぼ均一に揃えることができる。

【 実施例 3 】

【 0 0 4 5 】

図 4 に本発明を適用可能な実施例 3 を示す。

【 0 0 4 6 】

本実施例の撮像装置は、実施例 1 の撮像装置に対して、撮像光学系 11 と電子撮像素子 14 との間に複屈折光学素子 16 を配置した点異なる。

40

【 0 0 4 7 】

本実施例の撮像装置における複屈折光学素子 16 は例えば水晶であり、入射光線に対して光学軸 OA を斜めに配置すると、紙面と垂直方向に偏光する S 偏光光束は直進し紙面と平行方向に偏光する P 偏光光束は斜めの方向へ進み 2 つの光路に分かれる。この特性を利用して複屈折光学素子 16 の同じ位置 P i に入射した光束を電子撮像素子 14 の別々の画素へ入射させている。

【 0 0 4 8 】

撮像部光学フィルタ 13 は、S 偏光光束のみを透過させる撮像部光学フィルタ 13 a と P 偏光光束のみを透過させる撮像部光学フィルタ 13 b を有している。本実施例の撮像装置では、複屈折光学素子 16 によって分離された光束が夫々対応する偏光方向の光学フィ

50

ルタの画素に入射するように構成している。これにより、S 偏光光束の画像 I a 及び P 偏光光束の画像 I b は、全く同じ画角の画像を取得することが可能となる。

【0049】

D F D 方式では、ぼけ量から距離推定する際に被写体のテクスチャの空間周波数の影響を受けてしまうことがある。したがって、S 偏光光束の画像 I a と P 偏光光束の画像 I b とで 1 画素相当の画角が異なる場合、両者で撮像した被写体の位置が少しだけ（1 画素程度）異なっており、異なるテクスチャから距離を推定していたため、距離推定精度を劣化させていた。

【0050】

本実施例では、複屈折光学素子 16 を用いて S 偏光光束の画像 I a と P 偏光光束の画像 I b と全く同じ画角としたので、両者で撮像した被写体の位置を全く同じにすることができる。これにより、同じテクスチャによって距離を推定することができるようになり、安定した距離推定精度を得ることが可能となる。

【0051】

本実施例における撮像装置はモノクロ画像を例に挙げたが、カラー画像の撮像装置においてカラーフィルタがベイヤー配列の場合、緑色の画像は斜め方向で隣合わせとなっている。そこで、複屈折光学素子 16 を用いて光束を分離する際、斜め方向に 1 画素分だけ分離するように、複屈折光学素子 16 の光学軸の角度や厚みを調整すると良い。

【0052】

本実施例の複屈折光学素子 16 は水晶を例に挙げたが、方解石、液晶などでも良く、また微細構造を用いた複屈折板でも良い。

【実施例 4】

【0053】

本実施例の撮像装置は、実施例 1 の撮像装置と開口絞りと撮像部光学フィルタが異なるが、それ以外の構成は同じである。

【0054】

図 5 に本実施例における開口絞りを示す。

【0055】

本実施例では波長を用いて開口絞りを通過する光束を符号化している。開口絞り 12 は、開口絞り 12 の中央部に配置した円形の第 1 開口部 12 a と、第 1 開口部の周囲に配置したリング形状の第 2 開口部 12 b と、第 2 開口部の周囲に配置したリング形状の第 3 開口部 12 c とを有している。第 1 開口部 12 a と第 2 開口部 12 b と第 3 開口部 12 c とは同軸に配置されている。さらに、第 1 開口部 12 a 及び第 2 開口部 12 b 及び第 3 開口部 12 c は撮像光学系 11 の光軸とも同時に配置している。第 1 開口部 12 a には第 1 スペクトルを透過させる開口部第 1 カラーフィルタ A P C F 1 を、第 2 開口部 12 b には遮光部 S T O P を、第 3 開口部 12 c には第 2 スペクトルを透過させる開口部第 2 カラーフィルタ A P C F 2 を設置している。

【0056】

図 6 に本実施例における開口部カラーフィルタの分光透過率 T を示す。図中の実線は開口部第 1 カラーフィルタ A P C F 1 における第 1 スペクトル S P 1 の分光透過率であり、破線は開口部第 2 カラーフィルタ A P C F 2 における第 2 スペクトル S P 2 の分光透過率である。

【0057】

このように本実施例の撮像装置の開口絞り 12 は、第 1 開口部 12 a と第 3 開口部 12 c にカラーフィルタを配置している。第 1 開口部 12 a を通過する光束を第 1 スペクトル S P 1 で符号化した第 2 符号化光束とし、第 3 開口部 12 c を通過する光束を第 2 スペクトルで符号化した第 1 符号化光束としている。

【0058】

本実施例では、第 1 符号化光束と第 2 符号化光束とで開口絞り 12 の開口径及び開口形状を異ならせている。

【 0 0 5 9 】

第 1 スペクトル S P 1 は第 1 開口部 1 2 a のみを通過しており、第 1 スペクトル S P 1 のみで取得した画像 I a は撮像光学系の絞り値 $F / 8 . 0$ 、開口形状は円形開口の画像である。一方、第 2 スペクトル S P 2 は第 3 開口部 1 2 c のみを通過しており、第 2 スペクトル S P 2 のみで取得した画像 I b は撮像光学系の絞り値 $F / 4 . 0$ 、開口形状は輪帯開口の画像である。

【 0 0 6 0 】

また、電子撮像素子 1 4 の直前に配置した撮像部光学フィルタ 1 3 には、第 1 スペクトル S P 1 のみを通過させる撮像部第 1 カラーフィルタ I C C F 1 と第 2 スペクトル S P 2 のみを通過させる撮像部第 2 カラーフィルタ I C C F 2 とが交互に配列されている。そのため、電子撮像素子 1 4 は、画素毎に異なるスペクトルの画像を取得している。

10

【 0 0 6 1 】

このように、本実施例の電子撮像素子は、第 1 符号で符号化された第 1 符号化光束を受光する画素と、第 1 符号化光束以外の光束を受光する画素とを有している。

【 0 0 6 2 】

これらによって本実施例の撮像装置は、波長を用いて符号化された光束によって異なる開口径や開口形状の画像を同時に取得することが可能となる。

【 0 0 6 3 】

また、実施例 1 と同様に、第 1 開口部 1 2 a と第 3 開口部 1 2 c とに透過率制御フィルタを配置して式 (1) を満足させると、第 1 符号化光束と第 1 符号化光束以外の光束の光量をほぼ均一に揃えることができる。

20

【 0 0 6 4 】

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

【 0 0 6 5 】

例えば、以上の実施例では、複数の開口部の開口径又は開口形状を互いに異ならせたり、開口形状を円形又は輪帯としたりすることを例示したが、それらに限られない。同時に撮影した複数枚の画像のぼけ量が互いに異なるように複数の開口部が構成されていれば良い。

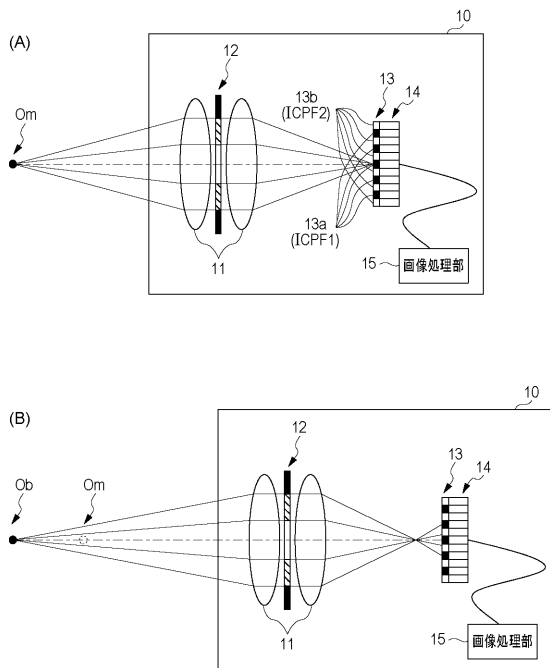
【 符号の説明 】

30

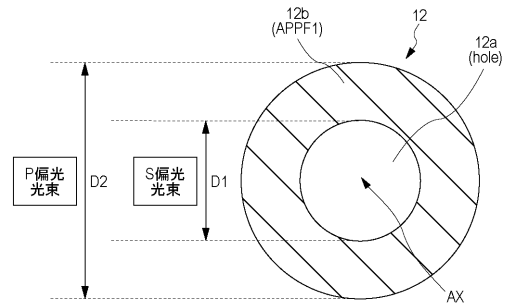
【 0 0 6 6 】

- 1 0 撮像装置
- 1 1 撮像光学系
- 1 2 開口絞り
- 1 3 撮像部光学フィルタ (光学フィルタ)
- 1 4 電子撮像素子 (撮像素子)
- 1 5 画像処理部

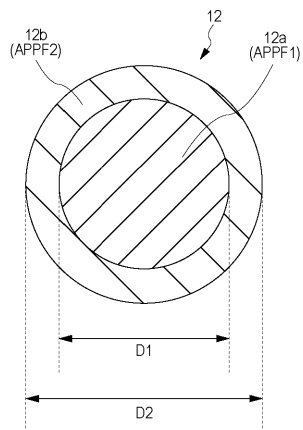
【図 1】



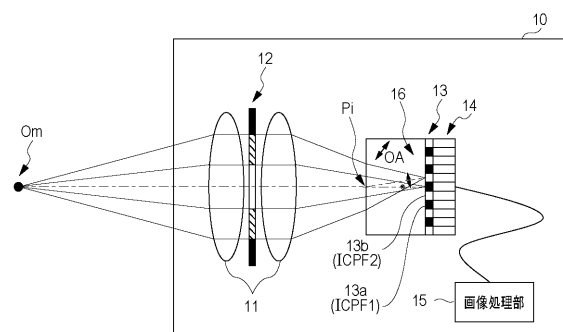
【図 2】



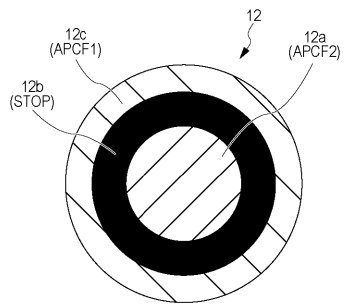
【図 3】



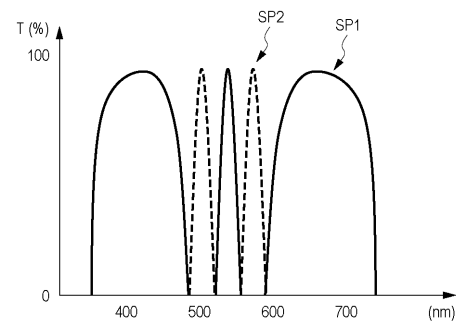
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 0 - 7 9 2 9 8 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 1 / 1 0 1 0 3 5 (W O , A 1)
特開 2 0 1 2 - 8 0 0 6 5 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 6 6 1 1 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 1 3 3 3 6 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 N	5 / 2 3 2
G 0 3 B	9 / 0 2
G 0 3 B	1 1 / 0 0
H 0 4 N	5 / 2 2 5