

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6189061号  
(P6189061)

(45) 発行日 平成29年8月30日(2017.8.30)

(24) 登録日 平成29年8月10日(2017.8.10)

(51) Int.Cl.

F I

<b>GO2B</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B	3/00	A
<b>HO1L</b>	<b>27/146</b>	<b>(2006.01)</b>	HO1L	27/146	D
<b>GO3B</b>	<b>15/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO3B	15/00	B
<b>GO3B</b>	<b>11/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO3B	15/00	H
<b>HO4N</b>	<b>5/225</b>	<b>(2006.01)</b>	GO3B	11/00	

請求項の数 5 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-57093 (P2013-57093)  
 (22) 出願日 平成25年3月19日(2013.3.19)  
 (65) 公開番号 特開2014-182299 (P2014-182299A)  
 (43) 公開日 平成26年9月29日(2014.9.29)  
 審査請求日 平成27年9月15日(2015.9.15)

(73) 特許権者 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (74) 代理人 100107582  
 弁理士 関根 毅  
 (74) 代理人 100117787  
 弁理士 勝沼 宏仁  
 (74) 代理人 100082991  
 弁理士 佐藤 泰和  
 (74) 代理人 100103263  
 弁理士 川崎 康  
 (72) 発明者 小林 光 吉  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社  
 東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被写体を結像面に結像する結像光学系と、  
前記結像光学系と対向し、複数の画素を含む画素ブロックを複数有する撮像領域を有する撮像素子と、

前記結像光学系と前記撮像素子との間に設けられたマイクロレンズアレイユニットであって、前記マイクロレンズアレイユニットは、

前記結像光学系に対向する第1面と、前記第1面に対向する第2面とを有する基板と

、  
 前記基板の前記第1面に設けられ、第1焦点距離を有する凸形状の複数の第1マイクロレンズを含む第1マイクロレンズ群と、

前記基板の前記第2面に設けられ、前記第1焦点距離よりも小さい第2焦点距離を有する凸形状の複数の第2マイクロレンズを含む第2マイクロレンズ群と、

を備え、前記複数の第1マイクロレンズおよび前記複数の第2マイクロレンズは、それぞれを前記基板に射影した像が重ならないように配置されているマイクロレンズアレイユニットと、

前記撮像素子から出力された画像信号から、各マイクロレンズに対応するマイクロレンズ画像を取りだし、パンフォーカス画像およびリフォーカス画像のうち一方の画像を再構成するとともに前記マイクロレンズ画像の画像マッチングを行う画像再構成部と、

を備えた固体撮像装置。

10

20

## 【請求項 2】

被写体を結像面に結像する結像光学系と、  
前記結像光学系と対向し、複数の画素を含む画素ブロックを複数有する撮像領域を有する撮像素子と、

前記結像光学系と前記撮像素子との間に設けられたマイクロレンズアレイユニットであって、前記マイクロレンズアレイユニットは、

前記結像光学系に対向する第 1 面と、前記第 1 面に対向する第 2 面とを有する基板と

、  
 前記基板の前記第 1 面に設けられ、第 1 焦点距離を有する凸形状の複数の第 1 マイクロレンズを含む第 1 マイクロレンズ群と、

前記基板の前記第 1 面に設けられ、前記第 1 焦点距離よりも小さい第 2 焦点距離を有する凸形状の複数の第 2 マイクロレンズを含む第 2 マイクロレンズ群と、

前記複数の第 2 マイクロレンズが設けられた位置に対応する前記第 2 面の位置に設けられた、凹形状の複数の第 3 マイクロレンズを含む第 3 マイクロレンズ群と、

を備え、前記複数の第 1 マイクロレンズおよび前記複数の第 2 マイクロレンズは、それぞれを前記基板に射影した像が重ならないように配置されているマイクロレンズアレイユニットと、

前記撮像素子から出力された画像信号から、各マイクロレンズに対応するマイクロレンズ画像を取りだし、パンフォーカス画像およびリフォーカス画像のうち一方の画像を再構成するとともに前記マイクロレンズ画像の画像マッチングを行う画像再構成部と、

を備えた固体撮像装置。

## 【請求項 3】

前記画像再構成部は、パンフォーカス画像およびリフォーカス画像のうち一方の画像を選択する選択部を備え、この選択部によって選択された選択結果にしたがって、画像を再構成する請求項 1 または 2 記載の固体撮像装置。

## 【請求項 4】

前記マイクロレンズアレイユニットと前記結像光学系との間または前記マイクロレンズアレイユニットと前記撮像素子との間に設けられ、前記マイクロレンズアレイユニットの各マイクロレンズに対応する複数の偏光板を有する偏光板アレイを更に備えている請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の固体撮像装置。

## 【請求項 5】

前記撮像素子から出力された画像信号から、偏光情報を取得し、二次元偏光画像を生成する二次元偏光画像生成部を更に備えている請求項 4 記載の固体撮像装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明の実施形態は、マイクロレンズアレイユニットおよび固体撮像装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

2次元アレイ情報として被写体までの奥行き方向の距離を得ることができる撮像技術は、参照光を使用する技術、複数カメラを使用したステレオ測距技術など様々な方法が知られている。特に近年は、民生用途での新たな入力デバイスとして比較的廉価な、距離情報を得ることのできる撮像デバイスのニーズが高まっている。

## 【0003】

システムのコストを抑えるため参照光を用いない距離撮像方式として、視差を利用した三角測量方式がある。この方式を用いたデバイスとして、ステレオカメラや複眼カメラが知られている。これらの場合、カメラを複数用いることとなり、システムの巨大化や部品点数増大による故障率上昇といった問題が存在する。

## 【0004】

距離情報を得ることのできる撮像デバイスとして、マイクロレンズアレイを画素の上方

10

20

30

40

50

に配置し、各マイクロレンズ下部には複数の画素を配置する構造が知られている。この構造により、画素ブロック単位で視差をもった画像群を取得することが可能であり、この視差により被写体の距離推定や距離情報を元にしたリフォーカス処理等が可能となる。

【0005】

焦点距離の等しいマイクロレンズ1種類のみで構成されたマイクロレンズアレイの場合、被写体との距離によって再構成画像の倍率は決まる。このため、同じ被写体との距離で他の倍率による画像を得ることはできない。再構成倍率を可変とする場合はVoice Coil Motorまたはアクチュエータを装備する必要がある。

【先行技術文献】

【非特許文献】

10

【0006】

【非特許文献1】T. Georgiev and A. Lumsdaine, COMPUTER GRAPHICS forum, Volume 29 (2010), number 6 pp. 1955-1968, "Reducing Plenoptic Camera Artifacts"

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本実施形態は、高解像度な画像と、リフォーカス効果も得られる画像とを得ることのできるマイクロレンズアレイユニットおよび固体撮像装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

20

本実施形態によるマイクロレンズアレイユニットは、基板と、前記基板に設けられ、第1焦点距離を有する凸形状の複数の第1マイクロレンズを含む第1マイクロレンズ群と、前記基板に設けられ、前記第1焦点距離と異なる第2焦点距離を有する凸形状の複数の第2マイクロレンズを含む第2マイクロレンズ群と、を備え、前記第1のマイクロレンズ群の第1結像面および第2マイクロレンズ群の第2結像面とは平行であり、前記第1結像面に垂直な方向における前記第1結像面と前記第2結像面の距離が前記第1焦点距離の20%以下であり、前記複数の第1マイクロレンズおよび前記複数の第2マイクロレンズは、それぞれを前記基板に射影した像が重ならないように配置されている。

【図面の簡単な説明】

【0009】

30

【図1】第1実施形態による固体撮像装置を示す図。

【図2】第1実施形態の固体撮像装置の光学系の一例を示す図。

【図3】第1実施形態の固体撮像装置の光学系の一他例を示す図。

【図4】第1具体例のマイクロレンズアレイを示す図。

【図5】第2具体例のマイクロレンズアレイを示す図。

【図6】第3具体例のマイクロレンズアレイを示す図。

【図7】第4具体例のマイクロレンズアレイを示す図。

【図8】第5具体例のマイクロレンズアレイを示す図。

【図9】第6具体例のマイクロレンズアレイを示す図。

【図10】第1具体例のマイクロレンズアレイを用いた光学系を示す図。

40

【図11】第3具体例のマイクロレンズアレイを用いた光学系を示す図。

【図12】正方配列のマイクロレンズアレイを用いた場合の撮像素子で得られるマイクロレンズ像を示す図。

【図13】六方配列のマイクロレンズアレイを用いた場合の撮像素子で得られるマイクロレンズ像を示す図。

【図14】図14(a)乃至14(c)は、マイクロレンズアレイの製造方法を説明する断面図。

【図15】被写体までの距離と再構成倍率との関係を示す図。

【図16】図16(a)、16(b)はそれぞれ、パンフォーカス画像およびリフォーカス画像を得る方法を説明する図。

50

【図 17】パンフォーカス画像およびリフォーカス画像を得るための画像再構成処理の手順を示すフローチャート。

【図 18】偏光板と組み合わせた場合の光学系を説明する図。

【図 19】偏光板と組み合わせた場合の光学系を説明する図。

【図 20】偏光板の一例を示す図。

【図 21】偏光板アレイによってセンサで得られる二次元画像を示す図。

【図 22】0°偏光軸のマイクロレンズ像を用いた画像再構成の例を示す図。

【図 23】画像の撮影から偏光情報取得および距離情報計算までの手順を示すフローチャート。

【図 24】偏光画像マッチング処理を説明する図。

10

【図 25】偏光軸角度と光強度からフィッティングにより偏光主軸を得る方法を説明する図。

【図 26】図 26(a)、26(b)は、多数のマイクロレンズに偏光主軸を計測したい被写体が写るマイクロレンズ画像を得るための説明図。

【図 27】偏光軸角度と光強度からフィッティングにより偏光主軸を得る方法を説明する図。

【図 28】図 28(a)、28(b)は、偏光軸0°の像同士の画像マッチングを説明する図。

【図 29】第2実施形態による携帯情報端末を示す図。

【発明を実施するための形態】

20

【0010】

以下、図面を参照して実施形態を説明する。

【0011】

本発明の実施形態を説明する前に、本発明に至った経緯について説明する。マイクロレンズアレイが画素の上方に配置され、各マイクロレンズ下部に複数の画素が配置された距離情報を得ることのできる、リフォーカスの効果が得られる光学構成を有する撮像デバイスがある。この撮像デバイスにおいては、被写体までの距離によって得られる再構成画像の解像度が急激に変化する。そのため、複数の距離の異なる被写体が存在する状況において、焦点を合わせる被写体までの距離によっては解像度の低い再構成画像となってしまう場合がある。逆に、全ての被写体において解像度の高い再構成画像が得られる光学構成を有する撮像デバイスにおいては、リフォーカスの効果が得られにくいという特性がある。したがって、両者の上記短所を解決し、高解像度な画像に加えてリフォーカス効果も得られる画像を同時に取得できれば、カメラを用いた応用分野の拡大や、カメラ使用者の利便性向上等につながると、本発明者達は考えた。以下の実施形態においては、高解像度な画像と、リフォーカス効果も得られる画像とを得ることのできるマイクロレンズアレイ、固体撮像素子、およびそれを用いた撮像装置を提供する。

30

【0012】

(第1実施形態)

図1に、第1実施形態による固体撮像装置(カメラモジュール)1を示す。第1実施形態の固体撮像装置1は、撮像モジュール部10と、撮像信号プロセッサ(以下、ISP(Image Signal Processor)ともいう)20と、を有する。

40

【0013】

撮像モジュール部10は、結像光学系12と、マイクロレンズアレイ14と、撮像素子16と、撮像回路18とを有する。結像光学系12は、被写体からの光を撮像素子16へ取り込む撮像光学系として機能する。撮像素子16は、結像光学系12により取り込まれた光を信号電荷に変換する素子として機能し、複数の画素(光電変換素子としての例えばフォトダイオード)が2次元アレイ状に配列されている。マイクロレンズアレイ14は、複数のマイクロレンズを有する。

【0014】

結像光学系12によって結像面に結像する光線群を、マイクロレンズアレイ14のマイ

50

クレンズと対応する画素ブロックに縮小再結像する光学系として機能する。撮像回路 18 は、撮像素子 16 の画素アレイの各画素を駆動する駆動回路部（図示せず）と、画素領域から出力される信号を処理する画素信号処理回路部（図示せず）とを有している。あるいは、駆動回路部と、画素信号処理回路部を合わせて駆動処理回路としてもよい。以降の実施形態においては、撮像回路 18 は駆動処理回路を有することとする。上記駆動回路部は、例えば駆動する画素を垂直方向に水平ライン（行）単位で順次選択する垂直選択回路と、列単位で順次選択する水平選択回路と、それらを各種パルスにて駆動する T G（タイミングジェネレータ）回路、などを有する。上記画素信号処理回路部は、画素領域からのアナログ電気信号をデジタル変換する A D 変換回路と、ゲイン調整やアンプ動作を行うゲイン調整 / アンプ回路と、デジタル信号の補正処理などを行うデジタル信号処理回路などを有している。

10

## 【0015】

I S P 20 は、カメラモジュール I / F（インターフェース）22 と、画像取り込み部 24 と、信号処理部 26 と、ドライバ I / F 28 とを備えている。撮像モジュール部 10 による撮像により得られた R A W 画像是、カメラモジュール I / F 22 から画像取り込み部 24 へ取り込まれる。信号処理部 26 は、画像取り込み部 24 に取り込まれた R A W 画像について、信号処理を実施する。ドライバ I / F（インターフェース）28 は、信号処理部 26 での信号処理を経た画像信号を、図示しない表示ドライバへ出力する。表示ドライバは、固体撮像装置によって撮像された画像を表示する。

## 【0016】

20

（光学系の詳細）

次に、第 1 実施形態の固体撮像装置の光学系を図 2 に示す。ここでは結像光学系 12 は 1 つの結像レンズからなることとする。被写体 100 からの光線 80 が結像レンズ（結像光学系）12 に入射され、結像レンズ 12 によって結像面 70 に結像される。この結像面 70 に結像された像は、マイクロレンズアレイ 14 に入射され、マイクロレンズアレイ 14 を構成するマイクロレンズ 14 a によって撮像素子 16 上に縮小結像される。図 2 において、また、A は結像レンズ 12 と被写体 100 との間の距離、B は結像レンズ 12 による結像距離、C は結像レンズ 12 の結像面 70 とマイクロレンズアレイ 14 との間の距離、D はマイクロレンズアレイ 14 と撮像素子 16 との間の距離である。以下の説明では、f は結像レンズ 12 の焦点距離、g、g' はマイクロレンズ 14 a の焦点距離を表す。

30

## 【0017】

本明細書では、説明のため、結像レンズ 12 の中心を通り光軸に垂直な面に対して被写体 100 側を前方、撮像素子 16 側を後方と定義する。光学系内でマイクロレンズアレイ 14 は結像レンズ 12 の光線を各視点の像に分離し、撮像素子 16 上に結像させる役割をもつ。

## 【0018】

なお、本実施形態の固体撮像装置においては、図 2 に示すように、マイクロレンズアレイ 14 が結像レンズ 12 の結像面 70 より結像レンズ 12 に対して後方に設置されている。しかし、本実施形態では図 2 に示す光学系に限定されるものではなく、例えば図 3 に示すように、マイクロレンズアレイ 14 が結像レンズ 12 の結像面 70 より前方に設置されていてもよい。

40

## 【0019】

（マイクロレンズアレイの詳細）

第 1 実施形態による固体撮像装置に係るマイクロレンズアレイ（マイクロレンズアレイユニット）14 について図 4 乃至図 6 を参照して説明する。

## 【0020】

（第 1 具体例）

マイクロレンズアレイ 14 の第 1 具体例を図 4 に示す。この第 1 具体例のマイクロレンズアレイ 14 は、基板 14 b と、この透明な基板 14 b の対向する面にそれぞれ設けられた異なる焦点距離を有する 2 種類の凸状のマイクロレンズ群 14 a<sub>1</sub>、14 a<sub>2</sub> と、を有

50

している。すなわち、マイクロレンズ群 14 a<sub>1</sub> は基板 14 b の対向する一対の面のうちの一方の面（第 1 面）に設けられ、マイクロレンズ群 14 a<sub>2</sub> は基板 14 b の対向する一対の面のうちの他方の面（第 2 面）に設けられる。マイクロレンズ群 14 a<sub>1</sub> はマイクロレンズ群 14 a<sub>2</sub> よりも焦点距離が長い。マイクロレンズ群 14 a<sub>1</sub> の焦点距離を第 1 焦点距離とする。マイクロレンズ群 14 a<sub>2</sub> の焦点距離を第 2 焦点距離とする。しかし、これらのマイクロレンズ群 14 a<sub>1</sub>、14 a<sub>2</sub> は、同じ結像面 90 に結像する構成をマイクロレンズアレイ 14 は有している。すなわち、マイクロレンズ群 14 a<sub>1</sub>、14 a<sub>2</sub> にそれぞれ入射した光線 80 は、同じ結像面 90 に結像する。言い換えると、第 1 のマイクロレンズ群 14 a<sub>1</sub> の結像面（第 1 結像面）および第 2 マイクロレンズ群 14 a<sub>2</sub> の結像面（第 2 結像面）とは同じである。あるいは、第 1 結像面および第 2 結像面は平行であり、第 1 結像面に垂直な方向における第 1 結像面と第 2 結像面の距離は第 1 焦点距離の 20% 以下であり、好ましくは 10% 以下である。第 1 結像面と第 2 結像面を同じにしようとしても製造誤差等によりこれらにずれが生じてしまうことがあるが、例えば 20% 以下の誤差であれば固体撮像素子としての機能を得ることができる。

10

## 【0021】

そして、マイクロレンズ群 14 a<sub>1</sub> を基板 14 b の第 1 面に平行な面に射影した像と、マイクロレンズ群 14 a<sub>2</sub> を基板 14 b の第 1 面に平行な面に射影した像が重ならないように、マイクロレンズ群 14 a<sub>1</sub>、14 a<sub>2</sub> が基板 14 b に配置される。このときのマイクロレンズ群 14 a<sub>1</sub>、14 a<sub>2</sub> は、射影した像が例えば正方配列または六方配列となるように配置される。また、結像面 90 は、撮像素子の上面に位置する。すなわち、撮像素子 16 と基板 14 b の第 2 面とが対向する。

20

## 【0022】

なお、凸状とは基板 14 b のマイクロレンズ群が設けられた面に対して凸であることをいい、凹状とは基板 14 b のマイクロレンズ群が設けられた面に対して凹であることをいう。

## 【0023】

マイクロレンズアレイ 14 は、例えば光透過性であり、例えば透明である。基板 14 b は、例えばガラスや樹脂等により形成される。マイクロレンズ群 14 a<sub>1</sub>、14 a<sub>2</sub> は、例えば樹脂等により形成される。

## 【0024】

以下に示す具体例においても、第 1 具体例と同様に、第 1 結像面および第 2 結像面は平行であり、第 1 結像面に垂直な方向における第 1 結像面と第 2 結像面の距離は第 1 焦点距離の 20% 以下であり、好ましくは 10% 以下である。また、複数の第 1 マイクロレンズ 14 a<sub>1</sub> および複数の第 2 マイクロレンズ 14 a<sub>2</sub> は、それぞれを基板 14 b に射影した像が重ならないように配置されている。

30

## 【0025】

（第 2 具体例）

マイクロレンズアレイ 14 の第 2 具体例を図 5 に示す。この第 2 具体例のマイクロレンズアレイ 14 は、この透明な基板 14 b の一方の面に、異なる焦点距離を有する 2 種類の凸状のマイクロレンズ群 14 a<sub>1</sub>、14 a<sub>2</sub> が交互に配置されるように設けられている。基板 14 b の他方の面の、短焦点距離を有するマイクロレンズ群 14 a<sub>2</sub> に対向する位置に凹状のマイクロレンズ群 14 a<sub>3</sub> が更に設けられている。マイクロレンズ群 14 a<sub>2</sub> の凸状の各マイクロレンズと、マイクロレンズ群 14 a<sub>3</sub> の凹状のマイクロレンズとが組み合になって、1 つの短焦点距離のマイクロレンズを構成する。凸レンズと凹レンズの組み合わせによる光学系はレンズの主点に仮想レンズを置いた光学系と置き換える事が出来る。この場合、仮想レンズの位置は必ずしもマイクロレンズ基板上である必要は無く、マイクロレンズ基板外の位置に仮想レンズを配置することが出来るため、マイクロレンズの焦点距離などの設計自由度を上げる事が出来る。被写体側に凹レンズ、撮像素子側に凸レンズがある場合は主点をマイクロレンズ基板よりも撮像素子側へ配置することが出来る。対して被写体側に凸レンズ、撮像素子側に凹レンズを配置した場合は主点を被写体側へ配置す

40

50

ることが可能である。

【0026】

この第2具体例のマイクロレンズアレイ14においても、長焦点距離のマイクロレンズ群14a<sub>1</sub>と、短焦点距離のマイクロレンズ群14a<sub>2</sub>、14a<sub>3</sub>とは、第1具体例と同様に、同一の結像面(図示せず)を有する。

【0027】

(第3具体例)

マイクロレンズアレイ14の第3具体例を図6に示す。この第3具体例のマイクロレンズアレイ14は、並列に配置された複数の透明な基板14b<sub>1</sub>、14b<sub>2</sub>を有している。これらの基板14b<sub>1</sub>、14b<sub>2</sub>の、図示しない撮像素子が配置される側のそれぞれの面上に、凸状のマイクロレンズ群14a<sub>1</sub>、14a<sub>2</sub>が設けられる。すなわち、撮像素子から遠い位置に配置される基板14b<sub>1</sub>には長焦点距離を有するマイクロレンズ群14a<sub>1</sub>が設けられ、撮像素子から近い位置に配置される基板14b<sub>2</sub>には短焦点距離を有するマイクロレンズ群14a<sub>2</sub>が設けられる。マイクロレンズ群14a<sub>1</sub>の各マイクロレンズは互いに離間して基板14b<sub>1</sub>上に配置され、マイクロレンズ群14a<sub>2</sub>の各マイクロレンズは互いに離間して基板14b<sub>2</sub>上に配置される。マイクロレンズ群14a<sub>2</sub>を基板14b<sub>1</sub>に射影したときに、マイクロレンズ群14a<sub>2</sub>の射影像と、マイクロレンズ群14a<sub>1</sub>とが重ならないように、基板14b<sub>1</sub>、14b<sub>2</sub>およびマイクロレンズ群14a<sub>1</sub>、14a<sub>2</sub>が配置される。基板14b<sub>1</sub>とマイクロレンズ群14a<sub>1</sub>とが第1サブマイクロレンズアレイを構成し、基板14b<sub>2</sub>とマイクロレンズ群14a<sub>2</sub>とが第2サブマイクロレンズアレイを構成する。

【0028】

この第3具体例のマイクロレンズアレイ14においても、長焦点距離のマイクロレンズ群14a<sub>1</sub>と、短焦点距離のマイクロレンズ群14a<sub>2</sub>とは、第1具体例と同様に、同一の結像面(図示せず)を有する。

【0029】

(第4具体例)

マイクロレンズアレイ14の第4具体例を図7に示す。この第4具体例のマイクロレンズアレイ14は、並列に配置された複数の透明な基板14b<sub>1</sub>、14b<sub>2</sub>を有している。基板14b<sub>1</sub>には、図示しない撮像素子が配置される側の面上に、凸状のマイクロレンズ群14a<sub>1</sub>が設けられ、基板14b<sub>2</sub>には、上記撮像素子が配置される側の面上に、凸状のマイクロレンズ群14a<sub>2</sub>が設けられる。マイクロレンズ群14a<sub>1</sub>の各マイクロレンズは互いに離間して基板14b<sub>1</sub>上に配置され、マイクロレンズ群14a<sub>2</sub>の各マイクロレンズは互いに離間して基板14b<sub>2</sub>上に配置される。更に、この基板14b<sub>2</sub>には、マイクロレンズ群14a<sub>2</sub>が設けられた面とは反対側の面の、マイクロレンズ群14a<sub>2</sub>に対向する位置に凹状のマイクロレンズ群14a<sub>3</sub>が設けられる。マイクロレンズ群14a<sub>2</sub>の凸状の各マイクロレンズと、この凸状のマイクロレンズに対応する、マイクロレンズ群14a<sub>3</sub>の対応する凹状のマイクロレンズとが組みになって、1つの短焦点距離のマイクロレンズを構成する。更に、この基板14b<sub>2</sub>には、マイクロレンズ群14a<sub>2</sub>の各マイクロレンズと、交互に配置された複数のマイクロレンズからなるマイクロレンズ群14a<sub>4</sub>が設けられている。マイクロレンズ群14a<sub>4</sub>のマイクロレンズは、マイクロレンズ群14a<sub>1</sub>のマイクロレンズに対応する位置に設けられ、対応するマイクロレンズ同士は、光軸を共有する。マイクロレンズ群14a<sub>1</sub>の凸状の各マイクロレンズと、マイクロレンズ群14a<sub>3</sub>の対応する凸状のマイクロレンズとが組みになって、1つの長焦点距離のマイクロレンズを構成する。また、基板14b<sub>1</sub>とマイクロレンズ群14a<sub>1</sub>とが第1サブマイクロレンズアレイを構成し、基板14b<sub>2</sub>とマイクロレンズ群14a<sub>2</sub>、14a<sub>3</sub>、14a<sub>4</sub>とが第2サブマイクロレンズアレイを構成する。

【0030】

この第4具体例のマイクロレンズアレイ14においても、長焦点距離のマイクロレンズ群14a<sub>1</sub>、14a<sub>4</sub>と、短焦点距離のマイクロレンズ群14a<sub>2</sub>、14a<sub>3</sub>とは、第1

10

20

30

40

50

具体例と同様に、同一の結像面（図示せず）を有する。

【0031】

（第5具体例）

マイクロレンズアレイ14の第5具体例を図8に示す。この第5具体例のマイクロレンズアレイは、図7に示す第4具体例のマイクロレンズアレイにおいて、基板14b<sub>1</sub>とマイクロレンズ群14a<sub>1</sub>とから構成される第1サブマイクロレンズアレイと、基板14b<sub>2</sub>とマイクロレンズ群14a<sub>2</sub>、14a<sub>3</sub>、14a<sub>4</sub>とから構成される第2サブマイクロレンズアレイとの配置を逆にした配置を有している。すなわち、第1サブマイクロレンズアレイが図示しない撮像素子に近い側に配置され、第2サブマイクロレンズアレイが上記撮像素子から遠い位置に配置される。この第5具体例においては、マイクロレンズ群14a<sub>1</sub>、14a<sub>4</sub>が長焦点距離のマイクロレンズ群となり、マイクロレンズ群14a<sub>2</sub>、14a<sub>3</sub>が短焦点距離のマイクロレンズ群となる。

10

【0032】

この第5具体例のマイクロレンズアレイ14においても、短焦点距離のマイクロレンズ群14a<sub>1</sub>、14a<sub>4</sub>と、長焦点距離のマイクロレンズ群14a<sub>2</sub>、14a<sub>3</sub>とは、第1具体例と同様に、同一の結像面（図示せず）を有する。

【0033】

（第6具体例）

マイクロレンズアレイの第6具体例を図9に示す。この第6具体例のマイクロレンズアレイ14は、図7に示す第4具体例の第2サブマイクロレンズアレイと同じ構成の第1および第2サブマイクロレンズアレイを有している。第1サブマイクロレンズアレイが図示しない撮像素子から遠い位置に配置され、第2サブマイクロレンズアレイが上記撮像素子から近い位置に配置される。この第6具体例においては、第1サブマイクロレンズアレイのマイクロレンズ群14a<sub>4</sub>および第2サブマイクロレンズアレイのマイクロレンズ群14a<sub>4</sub>が、短焦点距離および長焦点距離うちの一方のマイクロレンズ群となり、第1サブマイクロレンズアレイのマイクロレンズ群14a<sub>2</sub>、14a<sub>3</sub>および第2サブマイクロレンズアレイのマイクロレンズ群14a<sub>2</sub>、14a<sub>3</sub>が短焦点距離および長焦点距離うちの他方のマイクロレンズ群となる。

20

【0034】

この第6具体例のマイクロレンズアレイ14においても、第1サブマイクロレンズアレイのマイクロレンズ群14a<sub>4</sub>および第2サブマイクロレンズアレイのマイクロレンズ群14a<sub>4</sub>と、第1サブマイクロレンズアレイのマイクロレンズ群14a<sub>2</sub>、14a<sub>3</sub>および第2サブマイクロレンズアレイのマイクロレンズ群14a<sub>2</sub>、14a<sub>3</sub>とは、第1具体例と同様に、同一の結像面（図示せず）を有する。

30

【0035】

なお、第1乃至第6具体例においては、像同士のオーバーラップを防止するため、全マイクロレンズの実効Fナンバーは統一されている。

【0036】

次に、マイクロレンズアレイ14における短焦点距離レンズと長焦点距離レンズの配置関係を、図10乃至図11を参照してより詳細に説明する。図10は、図4に示す第1具体例のマイクロレンズアレイ14を用いた光学系を示す図である。図10において、符号85は結像レンズから出射される光線を表す。短焦点距離マイクロレンズ14a<sub>2</sub>の焦点距離をg、長焦点距離マイクロレンズ14a<sub>1</sub>の焦点距離をg'、マイクロレンズアレイ14の基板14bの厚みをd、屈折率をnとおき、短焦点距離マイクロレンズ14a<sub>2</sub>と、図示しない結像レンズの結像面70との間の距離をC、短焦点距離マイクロレンズ14a<sub>2</sub>と撮像素子16との間の距離をDとおく。このとき、短焦点距離マイクロレンズ14a<sub>2</sub>および長焦点距離マイクロレンズ14a<sub>1</sub>の結像面が撮像素子16の近傍に位置するためには次の式(1)および式(2)満たす必要がある。

40



【数 1】

$$-\frac{1}{C} + \frac{1}{D} = \frac{1}{g} \quad (1)$$

$$-\frac{1}{C+nd} + \frac{1}{D+nd} = \frac{1}{g'} \quad (2)$$

【0037】

また、マイクロレンズアレイ 14 が複数のサブマイクロレンズアレイから構成されている場合について図 11 を参照して説明する。図 11 は、図 6 に示す第 3 具体例のマイクロレンズアレイ 14 を用いた光学系を示す図である。図 11 において、符号 85 は結像レンズから出射される光線を表す。第 1 および第 2 サブマイクロレンズアレイ間の距離を  $D'$  とおくと、この第 3 具体例のマイクロレンズアレイにおいては、第 1 具体例のマイクロレンズアレイの式 (2) は、次の式 (2') に置き換えたものとなる。

10

【数 2】

$$-\frac{1}{C+nd+D'} + \frac{1}{D+nd+D'} = \frac{1}{g'} \quad (2')$$

20

【0038】

次に、図 12 を参照して、撮像素子 16 にて得られるマイクロレンズ像について説明する。なお、ここでは正方形配列のマイクロレンズアレイを例にとって説明する。マイクロレンズアレイ 14 が被写体のある前方側から見た場合、短焦点距離マイクロレンズと長焦点距離マイクロレンズは空間的にオーバーラップしないよう配置されている。そのため図 12 に示すように、短焦点距離レンズ像 62 と長焦点距離マイクロレンズ像 64 はオーバーラップせずに像が並んでいる。このことは、例えば六方配列のマイクロレンズアレイであっても同様である。すなわち、図 13 に示すように、短焦点距離レンズ像 62 と長焦点距離マイクロレンズ像 64 はオーバーラップせずに像が並んでいる。

【0039】

30

次に、本実施形態で用いられるマイクロレンズアレイ 14 の製造方法について、図 14 (a) 乃至 14 (c) を参照して説明する。マイクロレンズアレイ 14 の製造方法は各種存在するが、今回は型押しによるマイクロレンズアレイの製造方法を例にとって説明する。この製造方法によって製造されるマイクロレンズアレイ 14 は、図 4 に示す第 1 具体例のマイクロレンズアレイである。

【0040】

まず、例えばガラスからなる透明な基板 14b を用意するとともに、マイクロレンズ群を形成するための型 52<sub>1</sub>、52<sub>2</sub> を用意する。これらの型 52<sub>1</sub>、52<sub>2</sub> には、それぞれ凸形状のマイクロレンズ群 14a<sub>1</sub>、14a<sub>2</sub> に対応する凹形状が表面に形成されている (図 14 (a))。

40

【0041】

次に、基板 14b の両面に樹脂 14a を塗布し、その後、型 52<sub>1</sub>、52<sub>2</sub> を上記樹脂 14a に押し当てる。これにより、樹脂 14a はマイクロレンズ群 14a<sub>1</sub>、14a<sub>2</sub> の形状に形成される (図 14 (b))。

【0042】

続いて、型 52<sub>1</sub>、52<sub>2</sub> を上記樹脂 14a から離すことにより、マイクロレンズアレイ 14 を形成する (図 14 (c))。

【0043】

このような製造方法においては、型 52<sub>1</sub>、52<sub>2</sub> の位置合わせを予め行っておくことで、位置合わせ精度の高いマイクロレンズアレイ 14 を形成することができ、かつマイク

50

ロレンズアレイの形成工程を短縮できるといった利点がある。

【0044】

(再構成倍率の異なる2つの画像を得る方法)

次に、再構成倍率の異なる2つの画像を得る方法について説明する。図2に示す光学系を例にとって説明する。この光学系においては、次の式(3)が成立する。

【数3】

$$\frac{1}{A} + \frac{1}{B} = \frac{1}{f} \quad (3)$$

ここで、Aは被写体100から結像光学系(結像レンズ)12までの距離、Bは結像レンズ12から結像面70までの距離、fは結像レンズ12の焦点距離である。結像レンズ12と被写体100との間の距離Aが変化した場合、式(3)より、結像レンズ12から結像面70までの距離Bの値が変化する。この実施形態では、結像レンズ12とマイクロレンズアレイ14との間の距離Eは一定であると、仮定する。光学系の位置関係からE=B+Cである。Eは一定値であるため、Bの変化に伴ってCの値も変化する。マイクロレンズについて式(4)のレンズの式を用いると、Cの変化に伴ってさらにDの値も変化する事が分かる。

【数4】

$$\frac{1}{C} + \frac{1}{D} = \frac{1}{g} \quad (4)$$

【0045】

この結果、各マイクロレンズを通して結像する像は結像レンズ12の仮想イメージである結像面70をN(N=D/C)倍に縮小した画像が得られ、Nは次に式(5)で表される。

【数5】

$$N = \frac{D}{C} = \frac{D}{E-B} = \frac{\frac{Cg}{C-g}}{E - \frac{Af}{A-f}} = \frac{Cg(A-f)}{(C-g)\{E(A-f) - Af\}} \quad (5)$$

【0046】

式(5)より、マイクロレンズ像の縮小率は被写体100までの距離Aに依存することが分かる。したがって、元の二次元画像を再構成するためにはマイクロレンズ像を1/N倍に拡大し、重ね合わせて合成を行うことで距離Aに焦点が合った再構成画像を得ることができる。なお、重ねあわせ時には、距離Aに位置する以外の部分については像がずれながら重なることになり、ぼけの様な効果を得ることができる。

【0047】

このように撮影したマイクロレンズ像から任意の位置に焦点を合わせる操作をリフォーカスと呼ぶ。被写体までの距離Aにより再構成倍率が大きく変動する場合、距離の異なる被写体の間でぼけが強く発生する画像(リフォーカス画像)となる。逆に、被写体までの距離Aに対して再構成倍率の変動が小さい場合は、距離の違いによるぼけ感の小さい画像(パンフォーカス画像)となる。

【0048】

式(5)を変形すると、次の式(6)が得られる。式(6)から明らかなように、再構成倍率1/Nはマイクロレンズの焦点距離gに対して反比例の関係にあることがわかる。

## 【数6】

$$\frac{1}{N} = 1 + \frac{1}{g} \left( \frac{Af}{A-f} - E \right) \quad (6)$$

## 【0049】

したがって、被写体までの距離 A と再構成倍率  $1/N$  との関係はマイクロレンズの焦点距離  $g$ 、 $g'$  の値によって、図 15 に示すような異なる特性を示す。このことからマイクロレンズの焦点距離  $g$  の値を調節することによってリフォーカス画像と、パンフォーカス画像のどちらが取得可能な光学系となるかを選択することができる。

10

## 【0050】

(パンフォーカス画像およびリフォーカス画像を得る方法)

次に、パンフォーカス画像およびリフォーカス画像を得る方法について説明する。

## 【0051】

まず、パンフォーカス画像を得る方法について説明する。ここでは、光学系においてマイクロレンズアレイ 14 が長焦点距離マイクロレンズと短焦点距離マイクロレンズの 2 種類で構成されていると仮定する。この場合、図 15 に示す  $g'$  のグラフ、すなわち長焦点距離レンズの画像であれば、マイクロレンズ像を再構成した場合にピントが合う範囲が広く、パンフォーカス画像となる。

## 【0052】

これに対して、短焦点距離レンズの画像の場合、被写体までの距離 A に対する再構成倍率  $1/N$  の変動が大きいためリフォーカス画像となる。したがって、パンフォーカス画像の場合は図 16 (a) に示すように長焦点距離マイクロレンズ像 64 同士を重ね合わせることで得られる。これに対してリフォーカス画像の場合は図 16 (b) に示すように短焦点距離マイクロレンズ像 62 同士を重ね合わせることで得られる。このとき、リフォーカス画像の生成においては再構成倍率を変えることによってピント位置を任意に指定することができる。

20

## 【0053】

パンフォーカス画像およびリフォーカス画像を得るための画像再構成処理の手順を図 17 に示す。この再構成処理は、図示しない画像再構成部によって行われる。まず、図示しない画像再構成部の選択部によって、再構成モードの選択を行う。すなわちパンフォーカスモードおよびリフォーカスモードのいずれかのモードを選択する (ステップ S1)。リフォーカスモードを選択する場合はステップ S2 に進み、短焦点距離マイクロレンズを選択する。パンフォーカスモードを選択した場合はステップ S3 に進み、長焦点距離マイクロレンズを選択する。

30

## 【0054】

次に、公知の方法、例えば特開 2012-186764 号公報に記載された方法を用いて、マイクロレンズ内の輝度補正を行う (ステップ S4)。その後、マイクロレンズの画像の抜き出しを行う (ステップ S5)。抜き出し処理ではマイクロレンズ像の中心座標を中心として円領域などの Region Of Interest (ROI) を設定し、領域内の画素値データをメモリ等に格納する。抜き出し処理で用いるマイクロレンズ像の中心座標についてはあらかじめメモリ内に格納しておく。マイクロレンズ像の中心座標データは白色の板状光源などを被写体としたキャリブレーション用の画像を撮影し、2 値化処理及び輪郭フィッティングなどを用いる事で取得可能である。

40

## 【0055】

続いて、公知の方法、例えば特開 2012-186764 号公報に記載された方法を用いて、マイクロレンズ中心位置の並び替えおよびマイクロレンズの画素位置の補正を行う (ステップ S6、S7)。

## 【0056】

その後、マイクロレンズ像の拡大を行う (ステップ S8)。マイクロレンズ像の拡大処

50

理ではメモリに格納したROI画素値データに対して、バイリニア法、バイキュービック法などの補間法を用いて拡大画像を生成する。続いて、公知の方法、例えば特開2012-186764号公報に記載された方法を用いて、画素の再配置を行う。このとき、再配置された画素について、マイクロレンズの重なり領域があるか否かの判定を行う（ステップS9）。重なり領域が無い場合は処理を終了する。重なり領域が有る場合はステップS10に進み、画像の合成処理を行い、処理を終了する。

【0057】

（被写体までの距離を得る方法）

次に、被写体までの距離を得る方法について説明する。

【0058】

式（5）の導出部にて述べたように、図2に示す光学系において、被写体100までの距離Aの値が変化するとそれに伴って、B、C、Dの値も変化し、マイクロレンズ像の縮小倍率Nも変わることになる。式（5）をAについて整理すると、

【数7】

$$A = \frac{(D - NE)f}{D - NE + Nf} \quad (7)$$

が得られる。したがって、マイクロレンズによる像の縮小倍率Nを画像マッチング等により算出し、かつD、E、fの値が既知であれば、式（7）からAの値を逆算することが可能である。

【0059】

図3に示される光学系の場合は、 $E + C = B$ であり、さらにマイクロレンズに関するレンズの式は、次の式（8）で表される。

【数8】

$$-\frac{1}{C} + \frac{1}{D} = \frac{1}{g} \quad (8)$$

【0060】

したがって、この場合は、AとNの関係は（9）式で表すことができる。

【数9】

$$A = \frac{(D + NE)f}{D + NE - Nf} \quad (9)$$

【0061】

縮小倍率Nは、光線の幾何学的関係からマイクロレンズ間の像ずれ量を $\Delta'$ 、マイクロレンズ間の中心間距離をLとおくと、

【数10】

$$N = \frac{\Delta'}{L}$$

と表すことができる。したがって縮小倍率Nを求めるにはSum of Squared DifferenceやSum of Absolute Differenceなどの評価値を用いて画像マッチングによるマイクロレンズ間の像のずれ量を求めればよい。この方法では焦点距離が同じマイクロレンズ同士では一般的な画像マッチング方法を用いて像のずれ量を求めることが可能である。また、異なる焦点距離のマイクロレンズ同士についても、公知の方法により、像の縮小率を補正してマイクロレンズ像の拡大処理などを行うことにより、同様の画像マッチングを用いて像のずれ量を計算することができる。

【0062】

10

20

30

40

50

( 偏光板と組み合わせた場合の光学系 )

次に、偏光板と組み合わせた場合の光学系について詳細に説明する。図 1 8 および図 1 9 に、偏光板 9 0 を備えた光学系を示す。図 1 8 および図 1 9 はそれぞれ、図 2 および図 3 に対応する光学系である。結像レンズ 1 2、偏光板アレイ 9 0、マイクロレンズアレイ 1 4、撮像素子 1 6 の順に光線 8 0 が入射する。マイクロレンズアレイ 1 4 と、偏光板アレイ 9 0 の配置位置は入れ替えてもよい。

【 0 0 6 3 】

マイクロレンズ像ごとに異なる偏光方向の情報を得るために、偏光板アレイ 9 0 を用いる。図 2 0 に示すように偏光板アレイ 9 0 は、アレイ状に配置された偏光板 9 1 を有し、偏光板 9 1 の 1 つがマイクロレンズアレイの 1 つのマイクロレンズに対応するように配置される。各偏光板 9 1 を通過した光は、対応するマイクロレンズに入射する。図 2 0 で示されている偏光板 9 1 の偏光軸は 9 2 a、9 2 b、9 2 c の 3 方向である。偏光軸 9 2 a、9 2 b、9 2 c はそれぞれ、図で横方向、縦方向、斜め方向に偏光軸を有する。図 2 0 に示した偏光軸は、一例であって、本実施形態に用いられる偏光軸はこれに制限されるものではない。高精度に偏光主軸を計測したい場合は、より多方向の偏光板で構成された偏光板アレイを用いる。

10

【 0 0 6 4 】

また、図 1 8 および図 1 9 では偏光板アレイ 9 0 はマイクロレンズ上に形成されているが、本実施形態においては、これに制限されるものではない。例えば、偏光板アレイ 9 0 は、図示しない固定装置により、中空に固定されていてもよく、撮像素子 1 6 の画素上に形成されていてもよい。

20

【 0 0 6 5 】

( 各偏光角画像を得る方法 )

次に、各偏光角画像を得る方法について説明する。例として、偏光軸が 0 °、4 5 °、9 0 °、1 3 5 ° という 4 種類の偏光板が格子状に並んだ偏光板アレイによってセンサで得られる二次元画像を図 2 1 に示す。被写体の像はマイクロレンズによって縮小されるため、複数のマイクロレンズに渡って像がオーバーラップする領域ができる。偏光板 9 0 の偏光軸が同じマイクロレンズ像ごとに画像を拡大して合成すると、特定の偏光軸による二次元再構成画像を得ることができる。例えば、図 2 2 に、0 ° 偏光軸のマイクロレンズ像を用いた画像再構成の例を示す。このように合成処理を行うことで 0 °、4 5 °、9 0 °、1 3 5 ° の偏光強度を表す二次元情報を取得することができる。

30

【 0 0 6 6 】

( 撮影画像から偏光情報を計算する方法 )

次に、撮影画像から偏光情報を計算する方法について説明する。画像の撮影から偏光情報取得、および距離情報計算までの手順を図 2 3 に示す。再構成用画像を撮影し、マイクロレンズ内の輝度補正を行う ( ステップ S 2 1、S 2 2 )。輝度補正された画像データはまずマイクロレンズ像の抜き出しが行われ、その後、マイクロレンズの中心位置の並び替えが行われる ( ステップ S 2 3、S 2 4 )。その後、マイクロレンズの画素位置の補正が行われ、マイクロレンズ像の補正が終了する ( ステップ S 2 5 )。

40

【 0 0 6 7 】

その後、距離情報計算処理を行うか否かの判定を行う ( ステップ S 2 6 )。距離情報計算処理を行う場合は、後述する偏光画像マッチング処理を行う ( ステップ S 2 7 )。距離情報計算処理を行わない場合は、ステップ S 2 8 に進み、オートフォーカスの有無を判定する。オートフォーカスが有る場合は、ステップ S 2 7 に進み、偏光画像マッチング処理を行う。オートフォーカスが無い場合は、ステップ S 2 9 に進みマイクロレンズ像の拡大処理を行う。また、ステップ S 2 7 で、偏光画像マッチング処理を行った後は、同様に、ステップ S 2 9 に進みマイクロレンズ像の拡大処理を行う。

【 0 0 6 8 】

拡大処理が行われたマイクロレンズ像に対して、マイクロレンズ像に重なりがあるか否かを判定し、重なりが有る場合には画素の再配置を行い、重なりが無い場合には画素の再

50

配置を行わない(ステップS30)。画素の再配置を行わない場合は、処理を終了する。画素の再配置を行う場合は、ステップS31に進み、各画素で、偏光角フィッティング処理を行う。偏光角フィッティング処理が行われた画素を用いて、偏光角による二次元画像を作成し(ステップS32)、処理を終了する。この二次元画像は、各マイクロレンズ像について中心位置を固定しながら拡大して重複画素値を足し合わせることで再構成される。

#### 【0069】

前述した偏光画像マッチング処理について説明する。まず、図24に示すマイクロレンズ画像中の画素66に着目する。画素66は4つのマイクロレンズがオーバーラップする領域内の画素であり、被写体の同一点が複数のマイクロレンズ像内に結像していることを示す。これは結像レンズの像がマイクロレンズで分割されて撮像素子の結像面に結像する際、各マイクロレンズが視差を持っているため視差の重なる領域が複数のマイクロレンズ像に現れるためである。

10

#### 【0070】

各マイクロレンズ像の光強度はそれぞれ各偏光板の偏光軸に依存している。このため、被写体の同一点について偏光軸の異なる複数の偏光板を通過した光強度を一度に測定可能である。例として画素66にオーバーラップするマイクロレンズ像の偏光軸がそれぞれ0°、45°、90°、135°である場合を仮定する。偏光された各マイクロレンズ像の光強度は拡大合成前のマイクロレンズアレイ画像より得られる。偏光板の偏光軸角度と光強度からフィッティングにより偏光カーブを求めると、図25に示すように、偏光主軸を得ることができる。計算可能な全ての画素で偏光主軸を計算することにより二次元偏光画像を得る。この二次元偏光画像は、図示しない偏光画像生成部によって生成される。

20

#### 【0071】

図24では4方向の偏光板を用いて偏光主軸を計算しているが、偏光板の偏光軸方向と配置によって偏光主軸の精度を可変にすることが可能である。例えば、図26(b)に示す偏光軸を有する偏光板アレイを用いた場合に、図26(a)に示すように、多数のマイクロレンズに偏光主軸を計測したい被写体が写るマイクロレンズ画像68が得られるようにするためには、マイクロレンズの倍率を調節する。これにより、多方向の偏光軸に関する光強度の情報を一度に得ることができる。したがって、図27に示すように、偏光軸の角度を多く取ることにより、図25で説明した場合よりも多い光強度の情報をを用いて偏光カーブのフィッティングを行うことができる。このため、偏光主軸の決定をより高精度に行うことが可能である。

30

#### 【0072】

本光学系のように、マイクロレンズ間での焦点距離が異なる場合、例えば長焦点距離マイクロレンズ像を用いて偏光情報による高解像二次元画像を作成し、短焦点距離マイクロレンズ像を用いて、より高精度な偏光情報を計算するという使い方ができる。すなわち、二次元偏光角分布と、奥行き情報を高精度に求めることができる。

#### 【0073】

偏光板アレイと組み合わせた状態で被写体までの距離を求める場合は、異なる偏光軸画像を比較することによるミスマッチングを防止するため、マイクロレンズ間の画像マッチングでは偏光軸が等しいマイクロレンズ像同士を比較する。例えば、図28(a)、28(b)に示すように、偏光軸0°の像同士の画像マッチングを行うことができる。このように、同じ偏光軸の偏光画像同士であればSADやSSDなどの画像マッチング評価値を用いて通常の二次元可視画像と同様の方法でマッチング位置を求めることが可能である。マッチング位置からマイクロレンズ像のずれ量を求められれば、あとは二次元可視画像の場合と同様に式(7)又は式(9)を用いて被写体までの距離を計算することができる。

40

#### 【0074】

以上説明したように、第1実施形態によれば、高解像度な画像と、リフォーカス効果も得られる画像とを得ることのできるマイクロレンズアレイユニット、および固体撮像装置を提供することができる。

50

## 【 0 0 7 5 】

## (第2実施形態)

第2実施形態による携帯情報端末を図29に示す。この第2実施形態の携帯情報端末200は、第1実施形態の固体撮像装置1を備えている。図29では、固体撮像装置1の撮像モジュール部10が示されている。なお、図29に示す携帯情報端末は一例である。

## 【 0 0 7 6 】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これらの実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これらの実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

10

## 【符号の説明】

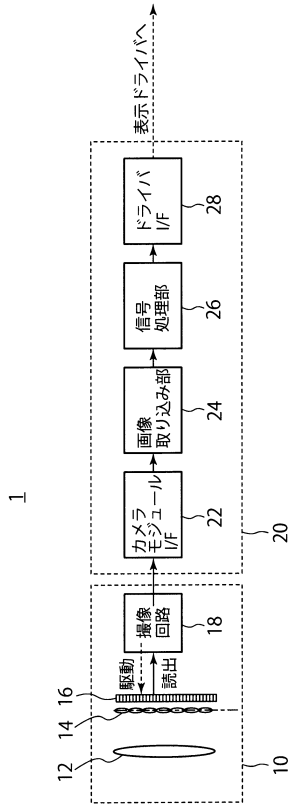
## 【 0 0 7 7 】

- 1 固体撮像装置(カメラモジュール)
- 10 撮像モジュール部
- 12 結像光学系
- 14 マイクロレンズアレイ
- 14a 樹脂
- 14a<sub>1</sub> マイクロレンズ群
- 14a<sub>2</sub> マイクロレンズ群
- 14a<sub>3</sub> マイクロレンズ群
- 14a<sub>4</sub> マイクロレンズ群
- 14b 透明な基板
- 14b<sub>1</sub> 透明な基板
- 14b<sub>2</sub> 透明な基板
- 16 撮像素子
- 18 駆動回路
- 20 撮像信号プロセッサ(I S P)
- 22 カメラモジュールインターフェース
- 24 画像取り込み部
- 26 信号処理部
- 28 ドライバインターフェース
- 90 偏光板アレイ

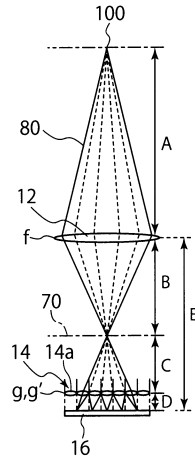
20

30

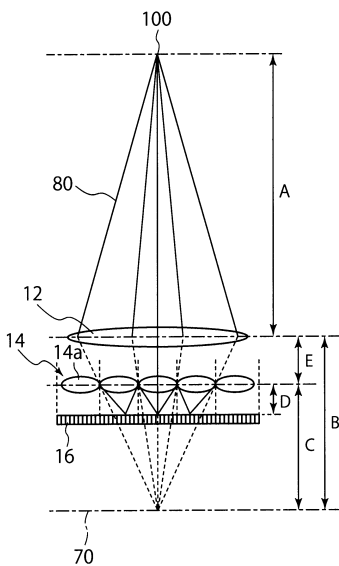
【図 1】



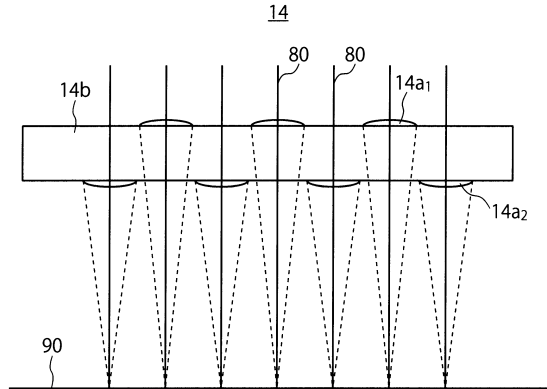
【図 2】



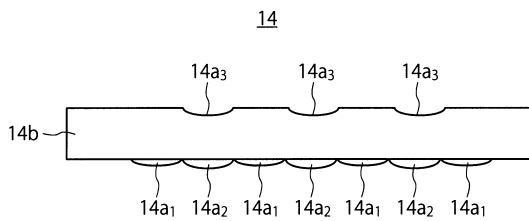
【図 3】



【図 4】

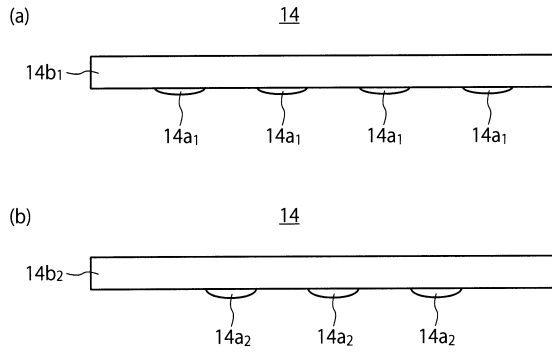


【図 5】

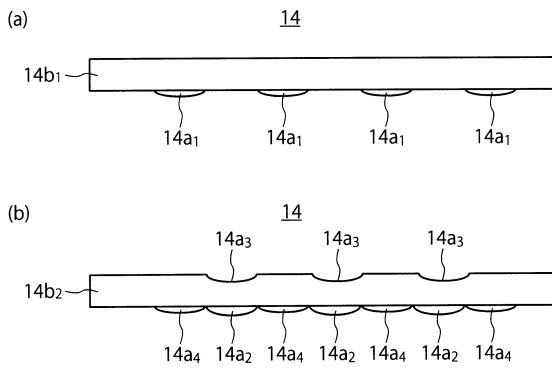




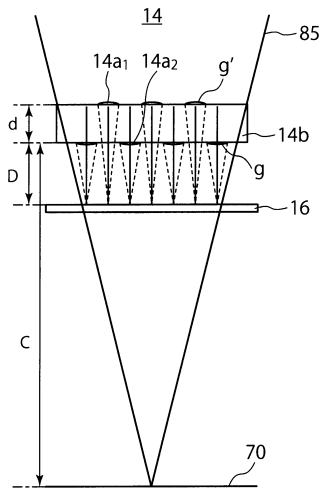
【 図 6 】



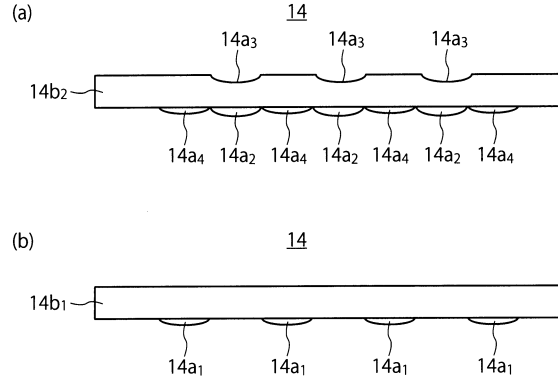
【 図 7 】



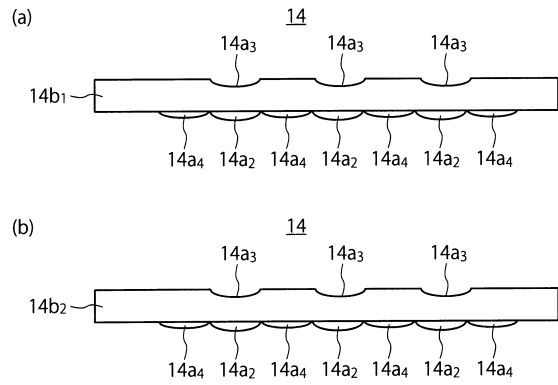
【 図 10 】



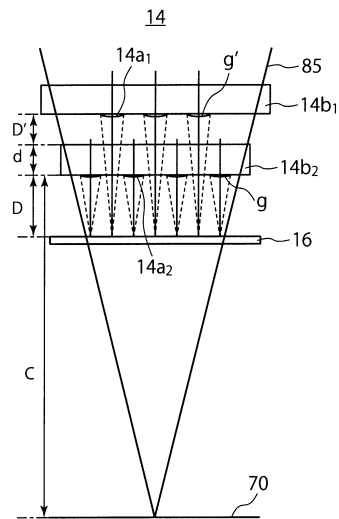
【 図 8 】



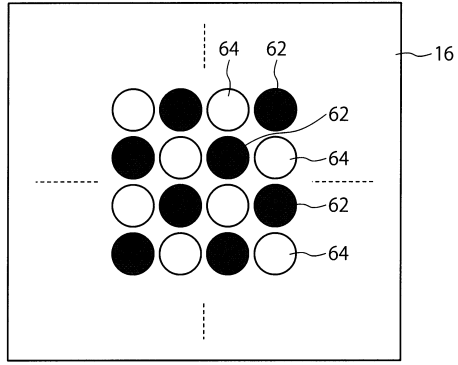
【 図 9 】



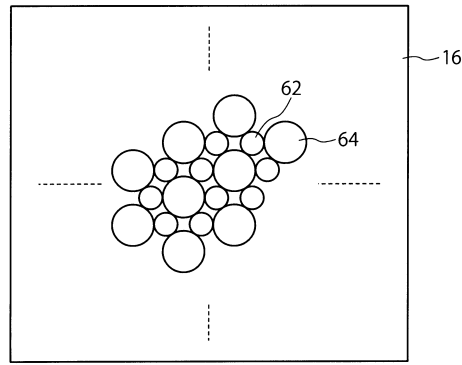
【 図 11 】



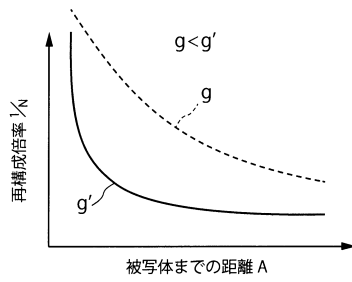
【図 1 2】



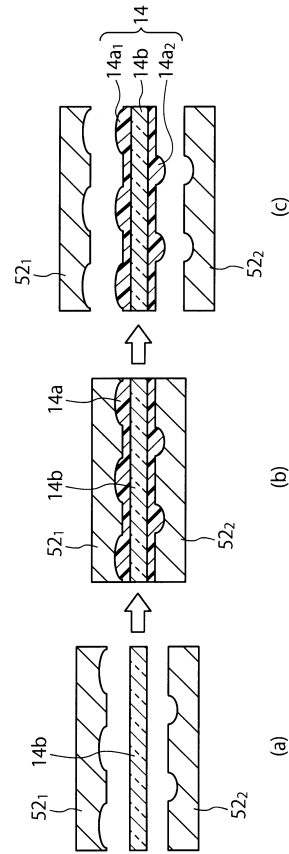
【図 1 3】



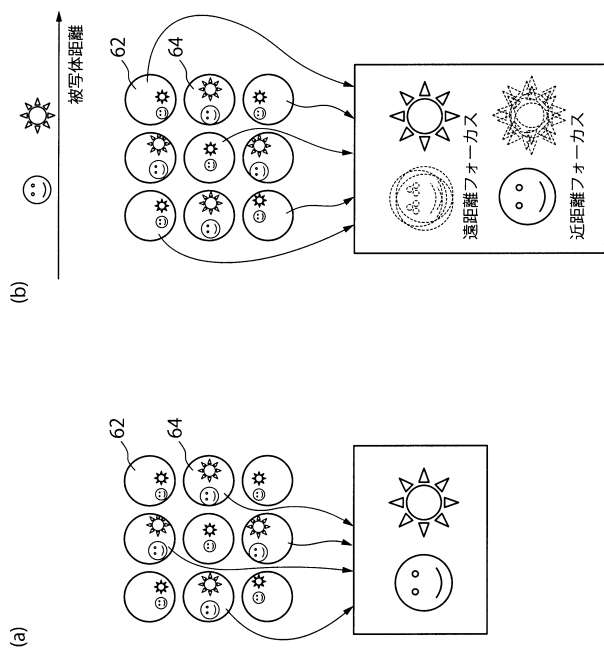
【図 1 5】



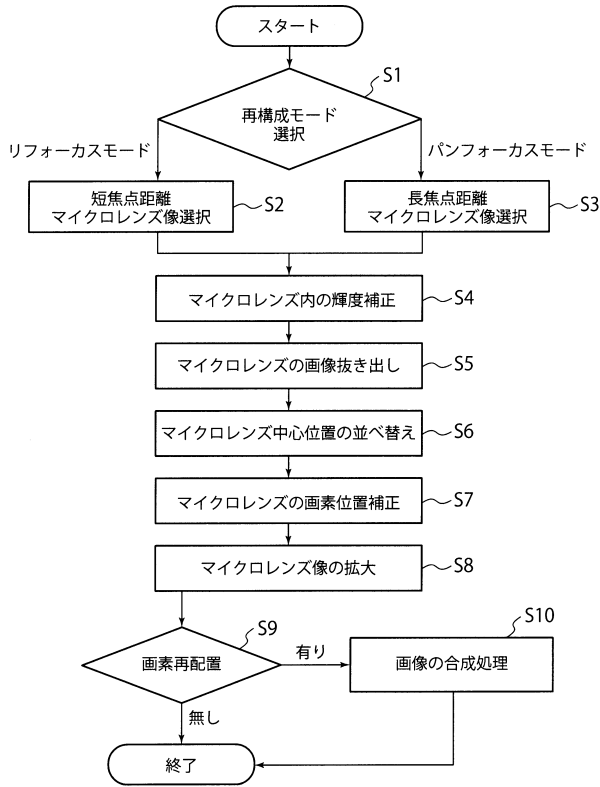
【図 1 4】



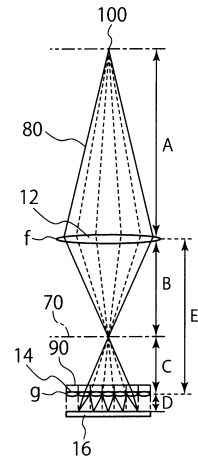
【図 1 6】



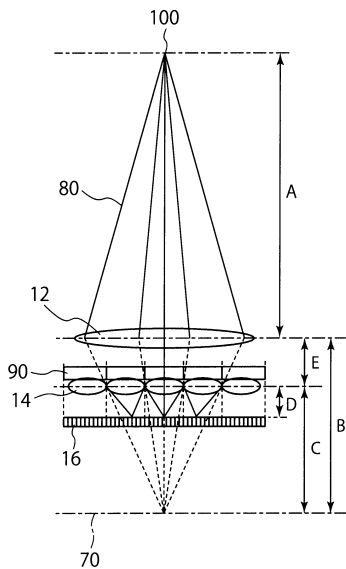
【図17】



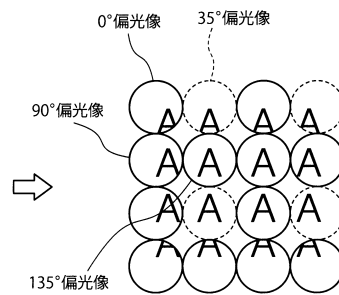
【図18】



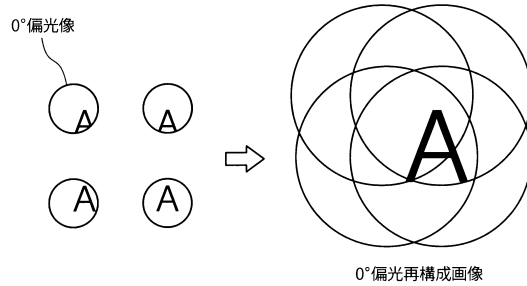
【図19】



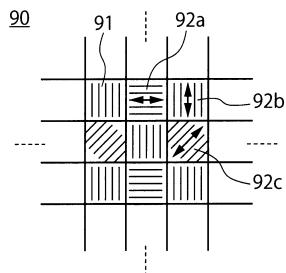
【図21】



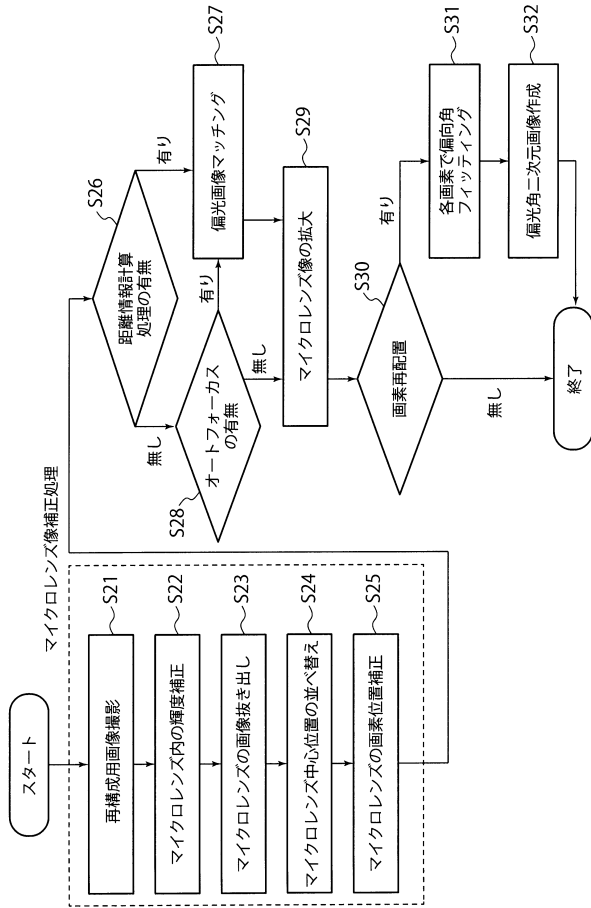
【図22】



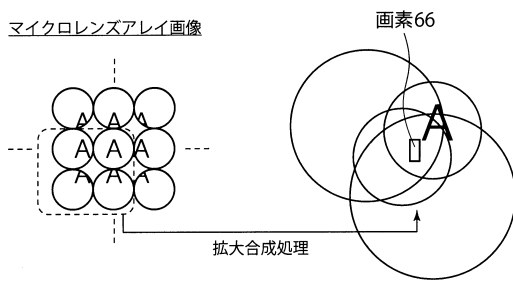
【図20】



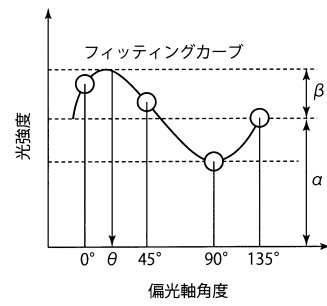
【図23】



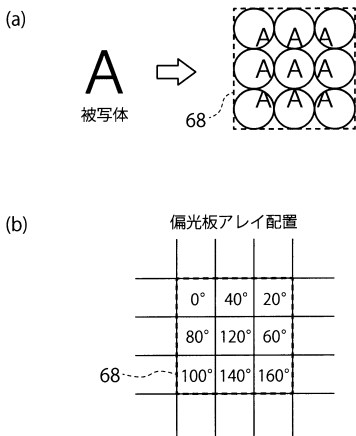
【図24】



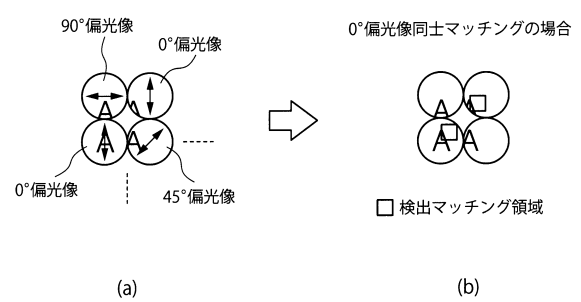
【図25】



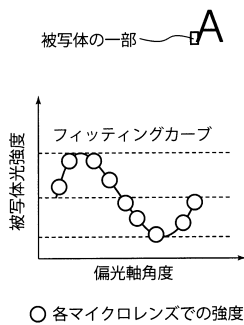
【図26】



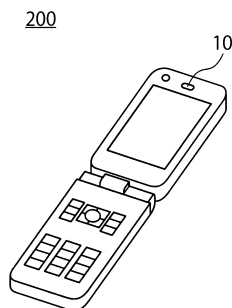
【図28】



【図27】



【図29】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 4 N 5/225

- (72)発明者 上野 梨紗子  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 鈴木 和拓  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 本多 浩大  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 権 鎬楠  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 舟木 英之  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 後藤 亮治

- (56)参考文献 特開2007-158825(JP,A)  
特開2013-074400(JP,A)  
特開2001-061109(JP,A)  
特開2012-186764(JP,A)  
特開2010-252105(JP,A)  
特開2012-253670(JP,A)  
特表2008-515110(JP,A)  
特開2010-004090(JP,A)  
特開2007-047569(JP,A)  
米国特許出願公開第2011/0122308(US,A1)  
特開2012-212978(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B 3 / 0 0 - 3 / 1 4  
G 0 3 B 1 5 / 0 0