

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5040493号
(P5040493)

(45) 発行日 平成24年10月3日 (2012. 10. 3)

(24) 登録日 平成24年7月20日 (2012. 7. 20)

(51) Int. Cl.

F 1

H O 4 N 5/225 (2006. 01)

H O 4 N 5/225

D

G O 3 B 15/00 (2006. 01)

G O 3 B 15/00

B

G O 3 B 17/12 (2006. 01)

G O 3 B 17/12

A

G O 2 B 3/00 (2006. 01)

G O 2 B 3/00

A

G O 2 B 3/14 (2006. 01)

G O 2 B 3/14

請求項の数 20 (全 25 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2007-186468 (P2007-186468)
 (22) 出願日 平成19年7月18日 (2007. 7. 18)
 (65) 公開番号 特開2008-167395 (P2008-167395A)
 (43) 公開日 平成20年7月17日 (2008. 7. 17)
 審査請求日 平成22年3月18日 (2010. 3. 18)
 (31) 優先権主張番号 特願2006-326750 (P2006-326750)
 (32) 優先日 平成18年12月4日 (2006. 12. 4)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000002185
 ソニー株式会社
 東京都港区港南1丁目7番1号
 (74) 代理人 100094363
 弁理士 山本 孝久
 (74) 代理人 100118290
 弁理士 吉井 正明
 (72) 発明者 梶原 淳志
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株
 式会社内
 (72) 発明者 山本 健二
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株
 式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置及び撮像方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(A) 撮像レンズ、
 (B) 撮像レンズを通過した光が入射するマイクロレンズアレイ部、
 (C) マイクロレンズアレイ部から出射された光を受光する撮像素子、
 (D) 撮像素子からの信号に対して所定の画像処理を施すための画像処理部、
 (E) マイクロレンズアレイ部に電圧を印加するための電圧供給部、及び、
 (F) 撮像レンズとマイクロレンズアレイ部との間の距離を一定に保ちつつ、マイクロ
 レンズアレイ部と撮像素子との間の距離を変化させる駆動手段、
 を備えており、

マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズは、印加される電圧に応じて焦点
 距離が可変であり、

撮像レンズのFナンバーとマイクロレンズアレイ部を構成するマイクロレンズのFナン
 バーとの間に不整合が生じた場合、電圧供給部からマイクロレンズアレイ部へ印加する電
 圧が変化させられると共に、駆動手段によってマイクロレンズアレイ部と撮像素子との間
 の距離が変化させられる撮像装置。

【請求項 2】

第1の撮像モード及び第2の撮像モードによって撮像がなされ、

第1の撮像モードによる撮像時、マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズ
 の焦点距離が無限大とされることで、撮像レンズによる像が撮像素子上に結像され、

第 2 の撮像モードによる撮像時、撮像レンズによる像がマイクロレンズ上に結像され、各マイクロレンズの焦点距離が有限の値とされることで、マイクロレンズ上に結像された撮像レンズによる像が撮像素子上に投影される請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 3】

第 1 の撮像モード及び第 2 の撮像モードによって撮像がなされ、

第 1 の撮像モードによる撮像時、電圧供給部からマイクロレンズアレイ部への電圧の印加が停止され、且つ、画像処理部による所定の画像処理が停止され、

第 2 の撮像モードによる撮像時、電圧供給部からマイクロレンズアレイ部への電圧の印加が行われ、且つ、画像処理部による所定の画像処理が行われる請求項 1 に記載の撮像装置。

10

【請求項 4】

第 1 の撮像モード及び第 2 の撮像モードによって撮像がなされ、

第 1 の撮像モードによる撮像時、電圧供給部からマイクロレンズアレイ部への電圧の印加が行われ、且つ、画像処理部による所定の画像処理が停止され、

第 2 の撮像モードによる撮像時、電圧供給部からマイクロレンズアレイ部への電圧の印加が停止され、且つ、画像処理部による所定の画像処理が行われる請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 5】

駆動手段は、撮像装置の光軸に沿って撮像素子を移動させる請求項 1 に記載の撮像装置。

20

【請求項 6】

駆動手段は、撮像装置の光軸に沿って撮像レンズ及びマイクロレンズアレイ部を移動させる請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 7】

マイクロレンズアレイ部は、液晶レンズアレイから構成されている請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 8】

液晶レンズアレイは、

(a) 第 1 電極を有する第 1 基板、

(b) 第 2 電極を有する第 2 基板、及び、

(c) 第 1 電極と第 2 電極との間に配置された液晶層、
から構成されており、

30

第 1 電極及び第 2 電極への電圧の印加の有無によって、液晶レンズアレイがレンズとして機能する請求項 7 に記載の撮像装置。

【請求項 9】

撮像装置の光軸を Z 軸とした 3 次元ガウス空間を想定し、液晶レンズアレイがレンズとして機能するとき、各マイクロレンズは、X 軸方向及び Y 軸方向において略等しいパワーを有している請求項 7 に記載の撮像装置。

【請求項 10】

撮像装置の光軸を Z 軸とした 3 次元ガウス空間を想定したとき、撮像レンズとマイクロレンズアレイ部との間には、X 軸方向に偏光した光を出射する偏光板、及び、偏光方向可変素子が、配置されており、

40

液晶レンズアレイがレンズとして機能するとき、各マイクロレンズは、X 軸方向にはパワーを有さず、Y 軸方向にはパワーを有する請求項 7 に記載の撮像装置。

【請求項 11】

撮像装置の光軸を Z 軸とした 3 次元ガウス空間を想定したとき、撮像レンズとマイクロレンズアレイ部との間には、X 軸方向に偏光した光を出射する偏光板、及び、偏光方向可変素子が、配置されており、

液晶レンズアレイがレンズとして機能するとき、各マイクロレンズは、Y 軸方向にはパワーを有さず、X 軸方向にはパワーを有する請求項 7 に記載の撮像装置。

50

【請求項 1 2】

マイクロレンズは非球面レンズである請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 1 3】

(A) 撮像レンズ、

(B) 撮像レンズを通過した光が入射するマイクロレンズアレイ部、

(C) マイクロレンズアレイ部から出射された光を受光する撮像素子、

(D) 撮像素子からの信号に対して所定の画像処理を施すための画像処理部、及び、

(E) 撮像レンズとマイクロレンズアレイ部との間の距離を一定に保ちつつ、マイクロレンズアレイ部と撮像素子との間の距離を変化させる駆動手段、

を備えた撮像装置であって、

撮像装置の光軸を Z 軸とした 3 次元ガウス空間を想定したとき、撮像レンズとマイクロレンズアレイ部との間には、X 軸方向に偏光した光を出射する偏光板、及び、偏光方向可変素子が、更に配置されており、

マイクロレンズアレイ部は、液晶レンズアレイから構成されており、

マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズは、X 軸方向にはパワーを有さず、Y 軸方向にはパワーを有しており、あるいは又、Y 軸方向にはパワーを有さず、X 軸方向にはパワーを有しており、

撮像レンズの F ナンバーとマイクロレンズアレイ部を構成するマイクロレンズの F ナンバーとの間に不整合が生じた場合、マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズのパワーが変化させられると共に、駆動手段によってマイクロレンズアレイ部と撮像素子との間の距離が変化させられる撮像装置。

【請求項 1 4】

第 1 の撮像モード及び第 2 の撮像モードによって撮像がなされ、

第 1 の撮像モードによる撮像時、偏光方向可変素子の作動によって、マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズのパワーを有さない方向に偏光された光がマイクロレンズを通過し、撮像レンズによる像が撮像素子上に結像され、

第 2 の撮像モードによる撮像時、偏光方向可変素子の作動によって、マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズのパワーを有する方向に偏光された光がマイクロレンズに入射され、撮像レンズによる像がマイクロレンズ上に結像され、マイクロレンズ上に結像された撮像レンズによる像がマイクロレンズによって撮像素子に投影される請求項 1 3 に記載の撮像装置。

【請求項 1 5】

第 1 の撮像モード及び第 2 の撮像モードによって撮像がなされ、

第 1 の撮像モードによる撮像時、画像処理部による所定の画像処理が停止され、

第 2 の撮像モードによる撮像時、画像処理部による所定の画像処理が行われる請求項 1 3 に記載の撮像装置。

【請求項 1 6】

駆動手段は、撮像装置の光軸に沿って撮像素子を移動させる請求項 1 3 に記載の撮像装置。

【請求項 1 7】

駆動手段は、撮像装置の光軸に沿って撮像レンズ及びマイクロレンズアレイ部を移動させる請求項 1 3 に記載の撮像装置。

【請求項 1 8】

偏光方向可変素子は、液晶素子から構成されている請求項 1 3 に記載の撮像装置。

【請求項 1 9】

(A) 撮像レンズ、

(B) 撮像レンズを通過した光が入射するマイクロレンズアレイ部、及び、

(C) マイクロレンズアレイ部から出射された光を受光する撮像素子、

を備えており、

マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズは、印加される電圧に応じて焦点

10

20

30

40

50

距離が可変である撮像装置を用いた撮像方法であって、

第1の撮像モード及び第2の撮像モードによって撮像され、

第1の撮像モードによる撮像時、マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズの焦点距離を無限大とすることで、撮像レンズによる像を撮像素子上に結像させ、

第2の撮像モードによる撮像時、撮像レンズによる像をマイクロレンズ上に結像させ、各マイクロレンズの焦点距離を有限の値とすることで、マイクロレンズ上に結像された撮像レンズによる像を撮像素子上に投影し、

撮像レンズのFナンバーとマイクロレンズアレイ部を構成するマイクロレンズのFナンバーとの間に不整合が生じた場合、マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズのパワーを変化させると共に、撮像レンズとマイクロレンズアレイ部との間の距離を一定に保ちつつ、マイクロレンズアレイ部と撮像素子との間の距離を変化させる撮像方法。

10

【請求項20】

(A) 撮像レンズ、

(B) 撮像レンズを通過した光が入射するマイクロレンズアレイ部、及び、

(C) マイクロレンズアレイ部から出射された光を受光する撮像素子、

を備えた撮像装置であって、

撮像装置の光軸をZ軸とした3次元ガウス空間を想定したとき、撮像レンズとマイクロレンズアレイ部との間には、X軸方向に偏光した光を出射する偏光板、及び、偏光方向可変素子が、更に配置されており、

マイクロレンズアレイ部は液晶レンズアレイから構成されており、

20

マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズは、X軸方向にはパワーを有さず、Y軸方向にはパワーを有しており、あるいは又、Y軸方向にはパワーを有さず、X軸方向にはパワーを有している撮像装置を用いた撮像方法であって、

第1の撮像モード及び第2の撮像モードによって撮像され、

第1の撮像モードによる撮像時、偏光方向可変素子の作動によって、マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズのパワーを有さない方向に偏光した光をマイクロレンズを通過させ、撮像レンズによる像を撮像素子上に結像させ、

第2の撮像モードによる撮像時、偏光方向可変素子の作動によって、マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズのパワーを有する方向に偏光された光をマイクロレンズに入射させ、撮像レンズによる像をマイクロレンズ上に結像させ、マイクロレンズ上に結像された撮像レンズによる像をマイクロレンズによって撮像素子に投影し、

30

撮像レンズのFナンバーとマイクロレンズアレイ部を構成するマイクロレンズのFナンバーとの間に不整合が生じた場合、マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズのパワーを変化させると共に、撮像レンズとマイクロレンズアレイ部との間の距離を一定に保ちつつ、マイクロレンズアレイ部と撮像素子との間の距離を変化させる撮像方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像装置及び撮像方法に関し、より具体的には、例えば、ライト・フィールド・フォトグラフィー (Light Field Photography) 技術に基づく撮像モード、及び、通常の
高解像度の撮像モードの2つの撮像モードを切り替えて撮像することを可能とする撮像装置及び撮像方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

従来から、様々な撮像装置が提案され、開発されている。また、撮像して得られた撮像信号に対して、所定の画像処理を施して出力するようにした撮像装置も提案されている。例えば、特許文献1及び非特許文献1には、ライト・フィールド・フォトグラフィーと呼ばれる手法を用いた撮像装置が提案されている。この撮像装置は、撮像レンズと、マイクロレンズアレイと、受光素子と、画像処理部とから構成されており、受光素子から得られる撮像信号は、受光素子の受光面における光の強度に加えて、その光の進行方向の情報を

50

も含んでいる。そして、このような撮像信号に基づき、画像処理部において、任意の視点や方向からの観察画像が再構築される。

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】国際公開第 0 6 / 0 3 9 4 8 6 号パンフレット

【非特許文献 1】Ren.Ng, et al, "Light Field Photography with a Hand-Held Plenoptic Camera", Stanford Tech Report CTSR 2005-02

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

ところで、ライト・フィールド・フォトグラフィー技術を利用した撮像装置において、
ライト・フィールド・フォトグラフィー技術を用いない通常の高解像度の撮像モード（第
1 の撮像モードと呼ぶ）と、ライト・フィールド・フォトグラフィー技術に基づく撮像モ
ード（第 2 の撮像モードと呼ぶ）とを、適宜切り替えて使用することが考えられる。とこ
ろが、このように 2 つの撮像モードを切り替えるには、マイクロレンズアレイを機械的に
動かす必要がある。即ち、第 1 の撮像モードでは、マイクロレンズアレイは不要なので、
マイクロレンズアレイを光軸上から移動させて、光軸上から除く必要がある。一方、第 2
の撮像モードでは、マイクロレンズアレイを光軸上に配置させる必要がある。よって、2
つの撮像モードを切り替えて用いることを試みた場合、撮像装置の構成、構造が複雑とな
り、撮像装置全体が大型化してしまうといった問題がある。

【 0 0 0 5 】

従って、本発明の目的は、簡易な構成、構造で、例えば、ライト・フィールド・フォト
グラフィー技術に基づく撮像モード及び通常の高解像度の撮像モードの 2 つの撮像モー
ドの切り替えを容易に行うことが可能な撮像装置、及び、係る撮像装置を用いた撮像方法
を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

上記の目的を達成するための本発明の第 1 の態様に係る撮像装置は、

（ A ）撮像レンズ、

（ B ）撮像レンズを通過した光が入射するマイクロレンズアレイ部、及び、

（ C ）マイクロレンズアレイ部から出射された光を受光する撮像素子、

を備えており、

マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズは、印加される電圧に応じて焦点
距離が可変であることを特徴とする。

【 0 0 0 7 】

本発明の第 1 の態様に係る撮像装置にあつては、

第 1 の撮像モード及び第 2 の撮像モードによって撮像がなされ、

第 1 の撮像モードによる撮像時、マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズ
の焦点距離が無限大とされることで、撮像レンズによる像が撮像素子上に結像され、

第 2 の撮像モードによる撮像時、撮像レンズによる像がマイクロレンズ上に結像され、
各マイクロレンズの焦点距離が有限の値とされることで、マイクロレンズ上に結像された
撮像レンズによる像が撮像素子上に投影される構成とすることができる。

【 0 0 0 8 】

また、上記の目的を達成するための本発明の第 1 の態様に係る撮像方法は、本発明の第
1 の態様に係る撮像装置、即ち、

（ A ）撮像レンズ、

（ B ）撮像レンズを通過した光が入射するマイクロレンズアレイ部、及び、

（ C ）マイクロレンズアレイ部から出射された光を受光する撮像素子、

を備えており、

マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズは、印加される電圧に応じて焦点
距離が可変である撮像装置を用いた撮像方法であつて、

第1の撮像モード及び第2の撮像モードによって撮像され、

第1の撮像モードによる撮像時、マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズの焦点距離を無限大とすることで、撮像レンズによる像を撮像素子上に結像させ、

第2の撮像モードによる撮像時、撮像レンズによる像をマイクロレンズ上に結像させ、各マイクロレンズの焦点距離を有限の値とすることで、マイクロレンズ上に結像された撮像レンズによる像を撮像素子上に投影することを特徴とする。

【0009】

上記の好ましい構成を含む本発明の第1の態様に係る撮像装置あるいは撮像方法にて用いられる撮像装置（以下、これらを総称して、『本発明の第1の態様に係る撮像装置等』と呼ぶ）にあっては、

（D）撮像素子からの信号に対して所定の画像処理を施すための画像処理部、及び、

（E）マイクロレンズアレイ部に電圧を印加するための電圧供給部、
を更に備えており、

撮像装置においては、第1の撮像モード及び第2の撮像モードによって撮像がなされ、

第1の撮像モードによる撮像時、電圧供給部からマイクロレンズアレイ部への電圧の印加が停止され、且つ、画像処理部による所定の画像処理が停止され、

第2の撮像モードによる撮像時、電圧供給部からマイクロレンズアレイ部への電圧の印加が行われ、且つ、画像処理部による所定の画像処理が行われる構成とすることができる。尚、このような構成を、便宜上、第1の構成と呼ぶ。

【0010】

あるいは又、本発明の第1の態様に係る撮像装置等にあっては、

（D）撮像素子からの信号に対して所定の画像処理を施すための画像処理部、及び、

（E）マイクロレンズアレイ部に電圧を印加するための電圧供給部、
を更に備えており、

撮像装置においては、第1の撮像モード及び第2の撮像モードによって撮像がなされ、

第1の撮像モードによる撮像時、電圧供給部からマイクロレンズアレイ部への電圧の印加が行われ、且つ、画像処理部による所定の画像処理が停止され、

第2の撮像モードによる撮像時、電圧供給部からマイクロレンズアレイ部への電圧の印加が停止され、且つ、画像処理部による所定の画像処理が行われる構成とすることができる。尚、このような構成を、便宜上、第2の構成と呼ぶ。

【0011】

以上に説明した好ましい各種の構成を含む本発明の第1の態様に係る撮像装置等にあっては、撮像レンズとマイクロレンズアレイ部との間の距離を一定に保ちつつ、マイクロレンズアレイ部と撮像素子との間の距離を変化させる駆動手段を更に備えている構成とすることができる。尚、このような構成を、便宜上、第3の構成と呼ぶ。そして、この第3の構成にあっては、駆動手段は、撮像装置の光軸に沿って撮像素子を移動させる構成とすることができるし、あるいは又、この第3の構成にあっては、駆動手段は、撮像装置の光軸に沿って撮像レンズ及びマイクロレンズアレイ部を移動させる構成とすることができるし、あるいは又、この第3の構成にあっては、

（D）撮像素子からの信号に対して所定の画像処理を施すための画像処理部、及び、

（E）マイクロレンズアレイ部に電圧を印加するための電圧供給部、
を更に備えており、

撮像レンズのFナンバーとマイクロレンズアレイ部を構成するマイクロレンズのFナンバーとの間に不整合が生じた場合、電圧供給部からマイクロレンズアレイ部へ印加する電圧が変化させられると共に、駆動手段によってマイクロレンズアレイ部と撮像素子との間の距離が変化させられる構成とすることができる。

【0012】

更には、以上に説明した好ましい各種の構成を含む本発明の第1の態様に係る撮像装置等にあっては、マイクロレンズアレイ部は、液晶レンズアレイから構成されている構成とすることができる。尚、このような構成を、便宜上、第4の構成と呼ぶ。そして、この第

10

20

30

40

50

4の構成において、液晶レンズアレイは、

(a) 第1電極を有する第1基板、

(b) 第2電極を有する第2基板、及び、

(c) 第1電極と第2電極との間に配置された液晶層、

から構成されており、

第1電極及び第2電極への電圧の印加の有無によって、液晶レンズアレイがレンズとして機能する構成とすることができる。尚、第1電極及び第2電極の内の少なくとも一方の電極は、マイクロレンズを構成するための曲面を有していることが好ましいが、これに限定するものではない。

【0013】

あるいは又、この第4の構成にあつては、撮像装置の光軸をZ軸とした3次元ガウス空間を想定し、液晶レンズアレイがレンズとして機能するとき、各マイクロレンズは、X軸方向及びY軸方向において略等しいパワー（光学パワー）を有している構成とすることができる。尚、このような構成を、便宜上、第4Aの構成と呼ぶ。ここで、X軸方向及びY軸方向において略等しいパワーを有するとは、Z軸と直交する任意の軸を想定し、係る軸とZ軸とを含む仮想平面を想定したとき、最大パワーが得られる仮想平面に含まれる軸をX軸とし、X軸方向におけるパワーを P_x 、Y軸方向におけるパワーを P_y とすると、 $P_y = P_x$ を満足することを意味する。あるいは又、撮像装置の光軸をZ軸とした3次元ガウス空間を想定したとき、撮像レンズとマイクロレンズアレイ部との間には、X軸方向に偏光した光を出射する偏光板、及び、偏光方向可変素子が、配置されており、液晶レンズアレイがレンズとして機能するとき、各マイクロレンズは、X軸方向にはパワー（光学パワー）を有さず、Y軸方向にはパワー（光学パワー）を有する構成とすることができる。尚、このような構成を、便宜上、第4Bの構成と呼ぶ。この第4Bの構成にあつては、液晶レンズアレイは、Z軸を中心として異方的な焦点距離を有するマイクロレンズアレイ部を構成する。即ち、液晶レンズアレイを構成する各液晶レンズは、YZ平面内において有限の焦点距離を有し、XZ平面内において無限大の焦点距離を有するマイクロレンズを構成する。あるいは又、撮像装置の光軸をZ軸とした3次元ガウス空間を想定したとき、撮像レンズとマイクロレンズアレイ部との間には、X軸方向に偏光した光を出射する偏光板、及び、偏光方向可変素子が、配置されており、液晶レンズアレイがレンズとして機能するとき、各マイクロレンズは、Y軸方向にはパワー（光学パワー）を有さず、X軸方向にはパワー（光学パワー）を有する構成とすることができる。尚、このような構成を、便宜上、第4Cの構成と呼ぶ。この第4Cの構成にあつても、液晶レンズアレイは、Z軸を中心として異方的な焦点距離を有するマイクロレンズアレイ部を構成する。即ち、液晶レンズアレイを構成する各液晶レンズは、XZ平面内において有限の焦点距離を有し、YZ平面内において無限大の焦点距離を有するマイクロレンズを構成する。パワー（光学パワー）とは、レンズの屈折力を指し、一般に、レンズの焦点距離の逆数で表される。また、X軸方向にパワーを有するとは、X軸方向に偏光した光に対してレンズ効果が及ぼされることを意味し、Y軸方向にパワーを有するとは、Y軸方向に偏光した光に対してレンズ効果が及ぼされることを意味し、X軸方向にパワーを有さないとは、X軸方向に偏光した光に対してレンズ効果が及ぼされないことを意味し、Y軸方向にパワーを有さないとは、Y軸方向に偏光した光に対してレンズ効果が及ぼされないことを意味する。

【0014】

上記の目的を達成するための本発明の第2の態様に係る撮像装置は、

(A) 撮像レンズ、

(B) 撮像レンズを通過した光が入射するマイクロレンズアレイ部、及び、

(C) マイクロレンズアレイ部から出射された光を受光する撮像素子、

を備えた撮像装置であつて、

撮像装置の光軸をZ軸とした3次元ガウス空間を想定したとき、撮像レンズとマイクロレンズアレイ部との間には、X軸方向に偏光した光を出射する偏光板、及び、偏光方向可変素子が、更に配置されており、

10

20

30

40

50

マイクロレンズアレイ部は、液晶レンズアレイから構成されており、

マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズは、X軸方向にはパワーを有さず、Y軸方向にはパワーを有しており、あるいは又、Y軸方向にはパワーを有さず、X軸方向にはパワーを有していることを特徴とする。

【0015】

本発明の第2の態様に係る撮像装置にあっては、

第1の撮像モード及び第2の撮像モードによって撮像がなされ、

第1の撮像モードによる撮像時、偏光方向可変素子の作動によって、マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズのパワーを有さない方向に偏光された光がマイクロレンズを通過し、撮像レンズによる像が撮像素子上に結像され、

10

第2の撮像モードによる撮像時、偏光方向可変素子の作動によって、マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズのパワーを有する方向に偏光された光がマイクロレンズに入射され、撮像レンズによる像がマイクロレンズ上に結像され、マイクロレンズ上に結像された撮像レンズによる像がマイクロレンズによって撮像素子に投影される構成とすることができる。

【0016】

上記の目的を達成するための本発明の第2の態様に係る撮像方法は、本発明の第2の態様に係る撮像装置、即ち、

(A) 撮像レンズ、

(B) 撮像レンズを通過した光が入射するマイクロレンズアレイ部、及び、

20

(C) マイクロレンズアレイ部から出射された光を受光する撮像素子、

を備えた撮像装置であって、

撮像装置の光軸をZ軸とした3次元ガウス空間を想定したとき、撮像レンズとマイクロレンズアレイ部との間には、X軸方向に偏光した光を出射する偏光板、及び、偏光方向可変素子が、更に配置されており、

マイクロレンズアレイ部は液晶レンズアレイから構成されており、

マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズは、X軸方向にはパワーを有さず、Y軸方向にはパワーを有しており、あるいは又、Y軸方向にはパワーを有さず、X軸方向にはパワーを有している撮像装置を用いた撮像方法であって、

第1の撮像モード及び第2の撮像モードによって撮像され、

30

第1の撮像モードによる撮像時、偏光方向可変素子の作動によって、マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズのパワーを有さない方向に偏光した光をマイクロレンズを通過させ、撮像レンズによる像を撮像素子上に結像させ、

第2の撮像モードによる撮像時、偏光方向可変素子の作動によって、マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズのパワーを有する方向に偏光された光をマイクロレンズに入射させ、撮像レンズによる像をマイクロレンズ上に結像させ、マイクロレンズ上に結像された撮像レンズによる像をマイクロレンズによって撮像素子に投影することを特徴とする。

【0017】

上記の好ましい構成を含む本発明の第2の態様に係る撮像装置あるいは撮像方法において用いられる撮像装置(以下、これらを総称して、『本発明の第2の態様に係る撮像装置等』と呼ぶ)にあっては、

40

(D) 撮像素子からの信号に対して所定の画像処理を施すための画像処理部、

を更に備えており、

撮像装置においては、第1の撮像モード及び第2の撮像モードによって撮像がなされ、

第1の撮像モードによる撮像時、画像処理部による所定の画像処理が停止され、

第2の撮像モードによる撮像時、画像処理部による所定の画像処理が行われる構成とすることができる。

【0018】

以上に説明した好ましい各種の構成を含む本発明の第2の態様に係る撮像装置等にあっ

50

ては、撮像レンズとマイクロレンズアレイ部との間の距離を一定に保ちつつ、マイクロレンズアレイ部と撮像素子との間の距離を変化させる駆動手段を更に備えている構成とすることができる。そして、この構成にあっては、駆動手段は、撮像装置の光軸に沿って撮像素子を移動させる構成とすることができるし、あるいは又、この構成にあっては、駆動手段は、撮像装置の光軸に沿って撮像レンズ及びマイクロレンズアレイ部を移動させる構成とすることができるし、あるいは又、この構成にあっては、

(D) 撮像素子からの信号に対して所定の画像処理を施すための画像処理部、を更に備えており、

撮像レンズのFナンバーとマイクロレンズアレイ部を構成するマイクロレンズのFナンバーとの間に不整合が生じた場合、マイクロレンズアレイ部を構成する各マイクロレンズのパワーが変化させられると共に、駆動手段によってマイクロレンズアレイ部と撮像素子との間の距離が変化させられる構成とすることができる。

【0019】

以上に説明した好ましい各種の構成を含む本発明の第2の態様に係る撮像装置等においては、偏光方向可変素子は、液晶素子から構成されている構成とすることができる。具体的には、偏光方向可変素子を構成する液晶素子は、

(a') 一对の基板、

(b') 一对の基板のそれぞれに設けられた電極、及び、

(c') 一对の基板のそれぞれに設けられた電極の間に配置された液晶層、

から構成されている構造とすることができる。ここで、一对の基板の内の一方の基板近傍における液晶分子の配向方向はX軸方向と平行であり、他方の基板近傍における液晶分子の配向方向はY軸方向と平行である。また、一对の電極のそれぞれは、1枚の電極から構成することができる。ここで、偏光方向可変素子における液晶層を構成する液晶材料として、一般的なツイステッドネマティック効果(TN効果)を有する液晶材料を挙げることができる。また、偏光板(偏光フィルムあるいは偏光シートを含む)は、周知の構成、構造を有する偏光板とすればよい。

【0020】

尚、以上に説明した好ましい各種の構成を含む本発明の第2の態様に係る撮像装置等においては、液晶レンズアレイは、

(a) 第1電極を有する第1基板、

(b) 第2電極を有する第2基板、及び、

(c) 第1電極と第2電極との間に配置された液晶層、

から構成されており、

第1電極及び第2電極への電圧の印加の有無によって、液晶レンズアレイがレンズとして機能する構成とすることができるが、これに限定するものではない。尚、第1電極及び第2電極の内の少なくとも一方の電極は、マイクロレンズを構成するための曲面を有していることが好ましいが、これに限定するものではない。

【0021】

本発明の第2の態様に係る撮像装置等においては、撮像レンズとマイクロレンズアレイ部との間に偏光板及び偏光方向可変素子が配置されているが、撮像レンズ側から、偏光板、及び、偏光方向可変素子の順で配置されていてもよいし、偏光方向可変素子、及び、偏光板の順で配置されていてもよい。

【0022】

本発明の第1の態様あるいは第2の態様に係る撮像装置等(以下、これらを総称して、単に、本発明の撮像装置等と呼ぶ)における撮像レンズとして、ビデオカメラやスチルカメラ等で使用される一般的な撮像レンズを挙げることができる。また、撮像素子(撮像手段)として、2次元マトリクス状に配列された複数のCCD(Charge Coupled Device; 電荷結合素子)やCMOSセンサー(以下、便宜上、これらを、撮像素子を構成する撮像センサーと呼ぶ)を挙げることができる。マイクロレンズアレイ部は、複数のマイクロレンズが2次元マトリクス状に配列されて成るが、マイクロレンズの数を $P \times Q$ 、複数のC

10

20

30

40

50

C DやC M O Sセンサーの数を $M \times N$ としたとき、例えば、限定するものではないが、 $P = 12M$ 、 $Q = 12N$ を例示することができる。マイクロレンズの有限の焦点距離とは、具体的には、マイクロレンズの焦点面に撮像素子の撮像面が位置するような値とすればよい。1つのマイクロレンズから出射した光は、係るマイクロレンズに隣接したマイクロレンズに対応する撮像センサーには入射しない構造とすることが望ましい。

【0023】

本発明の撮像装置等において、駆動手段として、例えば、電気信号を機械的動作に変換させる素子、具体的には、 piezo素子、圧電アクチュエータ、バイメタルを挙げることができる。

【0024】

本発明の撮像装置等において、マイクロレンズアレイ部を液晶レンズアレイから構成する場合、液晶材料として、ネマティック液晶、コレステリック液晶、カイラルネマティック液晶を例示することができる。

【0025】

本発明の撮像装置等にあつては、マイクロレンズを非球面レンズとすることができるが、これに限定するものではなく、その他、例えば、ゾンプレート、ホログラフィックレンズ、キノフォームレンズ、バイナリー光学素子で例示される回折レンズとすることもできる。

【発明の効果】

【0026】

本発明の第1の態様に係る撮像装置あるいは撮像方法によれば、印加電圧に応じて焦点距離が可変のマイクロレンズアレイ部を備えているが故に、マイクロレンズアレイ部への入射光をそのままの方向にて撮像素子にて結像させる第1の撮像モードと、入射光をマイクロレンズ上に結像させた上、撮像素子にて投影させる第2の撮像モードとの間での撮像モードの切り替えを容易に行うことができる。また、これらの2つの撮像モード間で同じ撮像光学系を用いるので、撮像装置の構成、構造が複雑になることもない。

【0027】

また、本発明の第2の態様に係る撮像装置あるいは撮像方法によれば、撮像レンズとマイクロレンズアレイ部との間に偏光板及び偏光方向可変素子が配置されているので、マイクロレンズアレイ部への入射光をそのままの方向にて撮像素子にて結像させる第1の撮像モードと、入射光をマイクロレンズ上に結像させた上、撮像素子にて投影させる第2の撮像モードとの間での撮像モードの切り替えを、偏光方向可変素子の作動によって、容易に行うことができる。また、これらの2つの撮像モード間で同じ撮像光学系を用いるので、撮像装置の構成、構造が複雑になることもない。

【0028】

マイクロレンズアレイ部を液晶レンズアレイから構成するとき、使用する液晶材料にも依るが、液晶レンズの屈折率が入射光の偏光方向に大きく依存する場合がある。無偏光(ランダム偏光)である自然光を対象とした撮像用途においては、所望の屈折力を実現するための液晶材料としてこのような液晶材料を用いると、液晶レンズアレイ単体では、色分散が起こり、その結果、大きな軸上色収差や倍率色収差が発生する懸念がある。そこで、このような現象の発生を回避するためには、例えば、光源として、自然光を用いるのではなく、単色光を用い、しかも、本発明の第1の態様に係る撮像装置等における第4Bの構成若しくは第4Cの構成、又は、本発明の第2の態様に係る撮像装置等を用いればよい。但し、これらの撮像装置等における光源は、単色光に限定されるものではなく、使用する液晶材料に依っては自然光を用いることもできる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

以下、図面を参照して、実施例に基づき本発明を説明する。

【実施例1】

【0030】

実施例 1 は、本発明の第 1 の態様に係る撮像装置及び撮像方法に関する。より具体的には、実施例 1 の撮像装置は、第 1 の構成、及び、第 4 A の構成を有する。実施例 1 の撮像装置 1 の概念図を図 1 に示す。

【0031】

実施例 1 の撮像装置 1 は、撮像対象物を撮像して撮像データ D_{out} を出力するものであり、

(A) 撮像レンズ 11、
(B) 撮像レンズ 11 を通過した光が入射するマイクロレンズアレイ部 12、及び、
(C) マイクロレンズアレイ部 12 から出射された光を受光する撮像素子 (撮像手段) 13、
を備えている。そして、マイクロレンズアレイ部 12 を構成する各マイクロレンズ 12' は、印加される電圧に応じて焦点距離が可変である。

10

【0032】

ここで、実施例 1 の撮像装置 1 にあっては、

第 1 の撮像モード及び第 2 の撮像モードによって撮像がなされ、

第 1 の撮像モードによる撮像時、マイクロレンズアレイ部 12 を構成する各マイクロレンズ 12' の焦点距離が無大とされることで、撮像レンズ 11 による像が撮像素子 13 上に結像され (図 1 においては、点線の光線で示す)、

第 2 の撮像モードによる撮像時、撮像レンズ 11 による像がマイクロレンズ 12' 上に結像され、各マイクロレンズ 12' の焦点距離が有限の値とされることで、マイクロレンズ 12' 上に結像された撮像レンズ 11 による像が撮像素子 13 上に投影される (図 1 においては、実線の光線で示す)。

20

【0033】

また、実施例 1 の撮像装置 1 は、更に、

(D) 撮像素子 13 からの信号に対して所定の画像処理を施すための画像処理部 14、及び、

(E) マイクロレンズアレイ部 12 に電圧を印加するための電圧供給部 (撮像モード切替部にも相当する) 15、

を備え、

(F) 画像処理部 14 及び電圧供給部 15 を制御する制御部 17、
を更に備えている。

30

【0034】

そして、撮像装置 1 においては、第 1 の撮像モード及び第 2 の撮像モードによって撮像がなされ、第 1 の撮像モードによる撮像時、電圧供給部 15 からマイクロレンズアレイ部 12 への電圧の印加が停止され、且つ、画像処理部 14 による所定の画像処理が停止され、第 2 の撮像モードによる撮像時、電圧供給部 15 からマイクロレンズアレイ部 12 への電圧の印加が行われ、且つ、画像処理部 14 による所定の画像処理が行われる。

【0035】

実施例 1、あるいは、後述する実施例 2 ~ 実施例 4 において、撮像レンズ 11 は、撮像対象物を撮像するためのメインレンズであり、例えば、ビデオカメラやスチルカメラ等で使用される一般的な撮像レンズから構成されている。また、マイクロレンズアレイ部 12 は、複数 (実施例 1 にあっては、 $P \times Q = 325 \times 230$ 個) のマイクロレンズ 12' が 2 次元マトリクス状に配列されて成り、撮像レンズ 11 の合焦点状態にも依るが、撮像レンズ 11 の焦点面に配置されている。尚、図中の符号 f_1 は、撮像レンズ 11 の中心からマイクロレンズアレイ部 12 の結像面までの距離を表す。ここで、マイクロレンズアレイ部 12 は、液晶レンズアレイから構成されている。撮像素子 13 は、例えば、2 次元マトリクス状に配列された複数の CCD (実施例 1 にあっては、画素数 $M \times N = 4032 \times 2688$ 個) から構成されている。撮像素子 13 においては、マイクロレンズアレイ部 12 から出射された光を受光して、撮像信号が生成される。撮像素子 13 は、マイクロレンズアレイ部 12 の焦点面に配置されている。尚、図中の符号 f_2 は、マイクロレンズアレイ

40

50

部 1 2 の中心から撮像素子 1 3 の撮像面までの距離（マイクロレンズ 1 2 ' の焦点距離）を表し、例えば、 $f_2 = 0.432 \text{ mm}$ である。撮像素子駆動手段 1 6 によって、撮像素子 1 3 が駆動され、撮像素子 1 3 の受光動作の制御が行われる。制御部 1 7 は、画像処理部 1 4、電圧供給部 1 5 及び撮像素子駆動手段 1 6 の動作を制御する。具体的には、撮像素子駆動手段 1 6 の駆動動作を適宜制御すると共に、第 1 の撮像モード及び第 2 の撮像モードの 2 つの撮像モードに応じて、画像処理部 1 4 及び電圧供給部 1 5 の動作を制御する。制御部 1 7 は、マイクロコンピュータから構成されている。

【0036】

実施例 1、あるいは、後述する実施例 2 ~ 実施例 4 において、電圧供給部 1 5 によって、マイクロレンズアレイ部 1 2 に電圧が印加される。そして、実施例 1、あるいは、後述する実施例 2 ~ 実施例 3 にあつては、マイクロレンズアレイ部 1 2 への電圧の印加状態に応じて、2 つの撮像モード、即ち、通常の高解像度での撮像モードである第 1 の撮像モード、及び、ライト・フィールド・フォトグラフィー技術に基づく撮像モードである第 2 の撮像モードの間の切り替えが行われる。

【0037】

実施例 1、あるいは、後述する実施例 2 ~ 実施例 4 において、第 2 の撮像モードにあつては、画像処理部 1 4 において所定の画像処理が施される。画像処理部 1 4 は、第 2 の撮像モードにおいて、撮像素子 1 3 で得られた信号（撮像信号）に対して所定の画像処理を施し、撮像データ D_{out} として出力する。具体的には、ライト・フィールド・フォトグラフィー技術に基づくリフォーカス（Refocusing）演算処理が行われる。そして、これによって、任意の視点や方向からの観察画像を再構築することができるし、画像の 3 次元情報を取得することができる。尚、リフォーカス演算処理については後述する。

【0038】

実施例 1、あるいは、後述する実施例 2 におけるマイクロレンズアレイ部 1 2 の模式的な一部断面図を図 2 の（A）に示す。マイクロレンズアレイ部 1 2 は、液晶レンズアレイから構成されており、液晶レンズアレイは、

- （a）第 1 電極 2 2 を有する第 1 基板 2 1、
- （b）第 2 電極 2 4 を有する第 2 基板 2 5、及び、
- （c）第 1 電極と第 2 電極との間に配置された液晶層 2 3、

から構成されている。そして、第 1 電極 2 2 及び第 2 電極 2 4 への電圧の印加の有無によって、液晶レンズアレイがレンズとして機能する。ここで、第 1 電極 2 2 及び第 2 電極 2 4 の内の少なくとも一方の電極（実施例 1 にあつては第 1 電極 2 2）は、マイクロレンズ 1 2 ' を構成するための曲面を有している。尚、第 1 電極 2 2、第 2 電極 2 4 には、電圧供給部 1 5 から電圧が印加される。また、第 1 電極 2 2、第 2 電極 2 4 は共通電極（共通電極）であり、それぞれが 1 枚の電極から構成されている。実施例 1 にあつては、撮像装置 1 の光軸を Z 軸とした 3 次元ガウス空間を想定し、液晶レンズアレイがレンズとして機能するとき、各マイクロレンズ 1 2 ' は、X 軸方向及び Y 軸方向において略等しいパワー（光学パワー）を有している。具体的には、Z 軸と直交する任意の軸を想定し、係る軸と Z 軸とを含む仮想平面を想定したとき、最大パワーが得られる仮想平面に含まれる軸を X 軸とし、X 軸方向におけるパワーを P_x 、Y 軸方向におけるパワーを P_y とすると、例えば、 $P_y = P_x$ である。即ち、このような構成にあつては、液晶レンズアレイは、Z 軸を中心として等方的な焦点距離を有するマイクロレンズアレイ部を構成する。尚、このような液晶レンズアレイとして、限定するものではないが、例えば、特開 2006 - 18325 や特開 2006 - 189434 に開示された光学特性可変光学素子を用いればよい。

【0039】

ここで、第 1 基板 2 1 及び第 2 基板 2 5 は、それぞれ、入射光を透過するガラス基板といった透明基板から構成されている。また、第 1 電極 2 2 及び第 2 電極 2 4 は、それぞれ、例えば ITO（Indium TinOxide；酸化インジウムスズ）等の透明電極から構成されており、第 1 基板 2 1 及び第 2 基板 2 5 と同様に、入射光を透過する。第 1 電極 2 2 及び第 2 電極 2 4 の表面 S_1 、 S_2 の内、電極 2 2 側の表面 S_1 には、上述したとおり、凹状の複

10

20

30

40

50

数の曲面が２次元マトリクス状に形成されている。液晶層２３は、無偏光・等方性屈折率液晶、例えばネマティック液晶から構成されており、第１電極２２、第２電極２４間に印加される電圧に応じて、液晶層２３における液晶分子の配列状態が変わることで、屈折率が変化する。尚、このような液晶レンズアレイの基本的な構成、構造は、後述する実施例２～実施例４における液晶レンズアレイから構成されたマイクロレンズアレイ部であっても同様とすることができる。

【００４０】

尚、実施例１の撮像装置１のように、様々な波長領域の光を含んだ自然光を撮像に利用する場合には、第１電極２２側の表面 S_1 を非球面とし、マイクロレンズ１２'を非球面レンズとすることが好ましい。球面レンズで構成した場合と比べて、曲率を小さくことができる結果、光学設計が容易になる。また、マイクロレンズ１２'を回折レンズで構成した場合と比較すると、入射光を屈折させる際の波長依存性が無くなるため、軸上色収差等の発生を回避することができ、様々な波長領域の光を含んだ自然光による撮像に適した構成とすることができる。尚、単色光を用いたイメージング用途等の場合には、波長依存性や軸上色収差の問題が無い場合、マイクロレンズ１２'を回折レンズで構成した方が、非球面レンズで構成した場合と比べて、優れた光学特性を得ることができる場合がある。

【００４１】

図１、図３の（Ａ）及び（Ｂ）、図４の（Ａ）及び（Ｂ）を参照して、実施例１の撮像装置１の動作について詳細に説明する。ここで、図３の（Ａ）及び（Ｂ）は、マイクロレンズアレイ部１２のレンズ効果を説明するための模式的な一部断面図であり、図３の（Ａ）には、マイクロレンズアレイ部１２に対して電圧を印加していない場合（第１の撮像モード）を示し、図３の（Ｂ）には、マイクロレンズアレイ部１２に電圧を印加している場合（第２の撮像モード）を示す。

【００４２】

実施例１の撮像装置１にあっては、第２の撮像モード時、撮像レンズ１１による撮像対象物の像は、マイクロレンズ１２'上に結像する。そして、マイクロレンズ１２'から出射された光は、撮像素子１３へ到達して、投影され、撮像素子駆動手段１６の制御下、撮像素子１３から撮像信号が得られる。即ち、電圧供給部１５から第１電極２２、第２電極２４に電圧が印加される第２の撮像モードにあっては、液晶層２３の屈折率が変化するため、図３の（Ｂ）に示すように、マイクロレンズ１２'に入射した入射光 L_{11} は、マイクロレンズ１２'において屈折され、光軸 L_0 上の焦点である画素 $P_{L_{11}}$ に集光される。このように、第２の撮像モードによる撮像時、マイクロレンズアレイ部１２への電圧の印加を行い、マイクロレンズアレイ部１２を構成する各マイクロレンズ１２'の焦点距離を有限な値とすることで（具体的には、マイクロレンズ１２'の焦点距離を、マイクロレンズアレイ部１２の結像面から撮像素子１３の撮像面までの距離とすることで）、マイクロレンズ１２'上に結像された撮像レンズ１１による像を、撮像素子１３上に投影（集光、収束）させることができる。

【００４３】

一方、第１の撮像モード時、マイクロレンズアレイ部１２を構成する各マイクロレンズ１２'の焦点距離は無限大とされ、撮像レンズ１１による撮像対象物の像は、マイクロレンズ１２'によって何らの影響を受けることなく、撮像素子１３上に結像する。そして、撮像素子駆動手段１６の制御下、撮像素子１３から撮像信号が得られる。即ち、電圧供給部１５から第１電極２２、第２電極２４に電圧が印加されない第１の撮像モードにあっては、液晶層２３の屈折率は変化しないため、図３の（Ａ）に示すように、マイクロレンズアレイ部１２に入射した光は、マイクロレンズ１２'において屈折されない。マイクロレンズアレイ部１２の焦点距離は無限大であり、撮像素子１３に向かってそのまま進行する。このように、第１の撮像モードによる撮像時、マイクロレンズアレイ部１２への電圧の印加を停止し、マイクロレンズアレイ部１２を構成する各マイクロレンズ１２'の焦点距離を無限大とすることで、撮像レンズ１１による像を撮像素子１３上に結像させることができる。

【 0 0 4 4 】

このように、通常の高解像度の撮像モード（第1の撮像モード）にあつては、制御部17の制御下、電圧供給部15によるマイクロレンズアレイ部12への電圧の印加が停止される結果、マイクロレンズアレイ部12を構成する各マイクロレンズ12'の焦点距離が無限大となり、マイクロレンズアレイ部12への入射光がそのまま進行し、撮像レンズ11による像を撮像素子13上に結像させる。即ち、撮像レンズ11による像がそのまま撮像素子13へ到達し、通常の高解像度の撮像データが得られる。一方、ライト・フィールド・フォトグラフィー技術に基づく撮像モード（第2の撮像モード）にあつては、撮像レンズ11による像をマイクロレンズ12'上に結像させる。そして、制御部17の制御下、電圧供給部15によるマイクロレンズアレイ部12へ電圧が印加される結果、マイクロレンズ12'からの出射光が撮像素子13上に集光される。即ち、マイクロレンズアレイ部12を構成する各マイクロレンズ12'の焦点距離を有限な値とすることで、撮像レンズ11による像を撮像素子13上に投影させることができる。具体的には、図3の(B)に示すように、マイクロレンズアレイ部12への入射光 L_{11} （実線で示す）は、撮像素子13上の点（画素） $P_{L_{11}}$ に投影され、マイクロレンズアレイ部12への入射光 L_{12} （点線で示す）は、撮像素子13上の点（画素） $P_{L_{12}}$ に投影され、マイクロレンズアレイ部12への入射光 L_{13} （一点鎖線で示す）は、撮像素子13上の点（画素） $P_{L_{13}}$ に投影される。即ち、マイクロレンズアレイ部12への入射光の入射方向が異なると、撮像素子13上の異なる点（異なる画素）上に投影（集光）される。

10

【 0 0 4 5 】

撮像素子13で得られた撮像信号は、画像処理部14へ送出される。そして、画像処理部14では、制御部17の制御下、この撮像信号に対して所定の画像処理が施され、撮像データ D_{out} として出力される。具体的には、第1の撮像モードにあつては、制御部17の制御下、画像処理部14による所定の画像処理を停止させる結果、入力した撮像信号がそのまま撮像データ D_{out} として出力される。一方、第2の撮像モードにあつては、制御部17の制御下、画像処理部14による所定の画像処理（リフォーカス演算処理）がなされる結果、入力した撮像信号に対して所定の画像処理が施され、撮像データ D_{out} として出力される。

20

【 0 0 4 6 】

ここで、図4の(A)及び(B)を参照して、画像処理部14における所定の画像処理であるリフォーカス演算処理について詳細に説明する。尚、このリフォーカス演算処理は、後述する実施例2～実施例4に対しても同様に適用される。

30

【 0 0 4 7 】

図4の(A)に示すように、撮像レンズ11の撮像レンズ面11A上において直交座標系 (u, v) を想定し、撮像素子13の撮像面13A上において直交座標系 (x, y) を想定する。撮像レンズ11の撮像レンズ面と撮像素子13の撮像面との間の距離を f とすると、図4の(A)に示すような撮像レンズ11及び撮像素子13を通る光線 L_{14} は、4次元関数 $L_F(x, y, u, v)$ で表すことができる。従って、光線 L_{14} の位置情報に加え、光線 L_{14} の進行方向の情報を得ることができる。そして、この場合、図4の(B)に示すように撮像レンズ面11A、撮像面13A及びリフォーカス面（撮像レンズ11による像が結像されるマイクロレンズアレイ部12の結像面）12A間の位置関係を設定した場合、即ち、 $f' = \cdot f$ となるようにリフォーカス面12Aを設定した場合、リフォーカス面12A上の座標 (s, t) の撮像面13A上における検出光強度 $L_{F'}(s, t, u, v)$ は、以下の式(1)で表すことができる。また、リフォーカス面12Aで得られるイメージ $E_{F'}(s, t)$ は、検出光強度 $L_{F'}(s, t, u, v)$ をレンズ口径に関して積分したものであるため、以下の式(2)で表すことができる。従って、式(2)に基づきリフォーカス演算を行うことによって、ライト・フィールド・フォトグラフィー技術に基づく撮像データ D_{out} により、任意の視点や方向からの観察画像を再構築することができるし、画像の3次元情報を取得することができる。

40

【 0 0 4 8 】

50

$$L_{F'}(s, t, u, v) = L_{(\alpha \cdot F)}(s, t, u, v)$$

$$= L_F\left(u + \frac{s-u}{\alpha}, v + \frac{t-v}{\alpha}, u, v\right)$$

$$= L_F\left\{u\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) + \frac{s}{\alpha}, v\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) + \frac{t}{\alpha}, u, v\right\}$$

..... (1)

10

$$E_{F'}(s, t) = \frac{1}{F'^2} \iint L_{F'}(s, t, u, v) du dv$$

$$= \frac{1}{\alpha^2 F^2} \iint L_F\left\{u\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) + \frac{s}{\alpha}, v\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) + \frac{t}{\alpha}, u, v\right\} du dv$$

..... (2)

20

【 0 0 4 9 】

このように、実施例 1 にあっては、マイクロレンズアレイ部 1 2 を液晶レンズアレイから構成したので、液晶層 2 3 に対する電圧の印加の有無に応じて液晶層 2 3 の屈折率を変化させ、入射光の屈折方向（焦点位置）を変化させることができる。即ち、電圧供給部 1 5 からマイクロレンズアレイ部 1 2 に電圧が印加されると、マイクロレンズアレイ部 1 2 を構成するマイクロレンズ 1 2 ' への入射光が屈折され、撮像素子 1 3 上に投影される。一方、マイクロレンズアレイ部 1 2 に電圧が印加されていない状態では、入射光は屈折されず、そのままの状態では撮像素子 1 3 にて結像される。従って、入射光が撮像素子 1 3 上に投影されて得られた撮像信号に所定の画像処理を施す第 2 の撮像モードと、入射光をそのままの方向にて撮像素子 1 3 にて結像させて撮像信号を得る第 1 の撮像モードとの間で、撮像モードの切り替えが可能となる。また、第 1 の撮像モード及び第 2 の撮像モードにおいて、同じ撮像光学系（撮像レンズ 1 1、マイクロレンズアレイ部 1 2 及び撮像素子 1 3）を用いているので、装置構成が複雑になることはない。しかも、電氣的に撮像モードを切り替えるので、機械的に切り替える場合と比較して、切り替え動作時の信頼性が向上する。

30

【 0 0 5 0 】

更には、マイクロレンズ 1 2 ' を非球面レンズから構成すれば、球面レンズから構成した場合と比較して、曲率を小さくできるので、光学設計を容易にすることが可能となる。また、回折レンズで構成した場合と比較すると、入射光を屈折させる際の波長依存性を無くすことができ、軸上色収差等の発生を回避することができる。それ故、様々な波長領域の光を含んだ自然光を利用する撮像装置として最適な構成とすることが可能となる。

40

【 0 0 5 1 】

尚、以上に説明した実施例 1 にあっては、場合によっては、第 1 の撮像モードによる撮像時、及び、第 2 の撮像モードによる撮像時の電圧供給部 1 5 からマイクロレンズアレイ部 1 2 への電圧の印加の状態を逆とした、第 2 の構成とすることもできる。即ち、

(D) 撮像素子 1 3 からの信号に対して所定の画像処理を施すための画像処理部 1 4、及び、

(E) マイクロレンズアレイ部 1 2 に電圧を印加するための電圧供給部 1 5、を更に備えており、

50

撮像装置においては、第 1 の撮像モード（通常撮像モード）及び第 2 の撮像モード（ライト・フィールド・フォトグラフィー技術に基づく撮像モード）によって撮像がなされ、

第 1 の撮像モードによる撮像時、電圧供給部 15 からマイクロレンズアレイ部 12 への電圧の印加が行われ、且つ、画像処理部 14 による所定の画像処理が停止され、

第 2 の撮像モードによる撮像時、電圧供給部 15 からマイクロレンズアレイ部 12 への電圧の印加が停止され、且つ、画像処理部 14 による所定の画像処理が行われる構成とすることもできる。尚、後述する実施例 2 ～ 実施例 3 においても同様とすることができる。

【実施例 2】

【0052】

実施例 2 は、実施例 1 の変形であり、具体的には、第 3 の構成、及び、第 4 A の構成に関する。実施例 2 の撮像装置の概念図を図 5 に示すが、実施例 2 の撮像装置 2 にあっては、撮像レンズ 11 とマイクロレンズアレイ部 12 との間の距離を一定に保ちつつ、マイクロレンズアレイ部 12 と撮像素子（撮像手段）13 との間の距離を変化させる駆動手段 18 が更に備えられている。そして、撮像レンズ 11 の F ナンバーとマイクロレンズアレイ部 12 を構成するマイクロレンズの F ナンバーとの間に不整合が生じた場合、電圧供給部 15 からマイクロレンズアレイ部 12 へ印加する電圧が変化させられると共に、駆動手段 18 によってマイクロレンズアレイ部 12 と撮像素子 13 との間の距離が変化させられる。駆動手段（撮像素子シフト部に相当する）18 は、電気信号を機械的動作に変換させる素子、例えば、 piezo 素子や、圧電アクチュエータ、バイメタルから構成することができる。

【0053】

図 5、図 6、及び、図 7 の（A）～（D）を参照して、実施例 2 の撮像装置 2 における特徴的な動作である、F ナンバーの整合処理（撮像レンズ 11 の絞り値を変更する際の撮像光学系の最適化処理）について詳細に説明する。ここで、図 6 は、絞り値変更の際の撮像光学系の最適化処理を流れ図で表したものであり、図 7 の（A）～（D）は、撮像レンズ 11 の絞り値を変更する際の撮像光学系の最適化処理における光路の一例を説明するための撮像レンズ 11 等の模式的な模式図である。尚、撮像装置 2 の基本動作（撮像動作）は、実施例 1 の撮像装置 1 と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【0054】

撮像装置 2 では、例えば図 7 の（A）に示す光線 L_{21} 、 L_{22} のように、撮像レンズ 11 の F ナンバーとマイクロレンズアレイ部 12 を構成するマイクロレンズの F ナンバー（以下、単に、マイクロレンズの F ナンバーと呼ぶ）とが整合している場合を、先ず、想定する。そして、図 7 の（A）に示した状態から、撮像レンズ 11 の絞り値が変更された場合には（図 6 のステップ - S21）、図 7 の（B）に示す光線 L_{23} 、 L_{22} のように、撮像レンズ 11 の（入射瞳孔 11' からの）F ナンバーと、マイクロレンズの F ナンバーとの間で不整合が生じる（ステップ - S22）。図 7 の（B）に示した例の場合には、制御部 17 によって、電圧供給部 15 からマイクロレンズアレイ部 12 に印加される電圧を変化させ、マイクロレンズアレイ部 12 において発生するパワーを変化させる（ステップ - S23）。

【0055】

すると、図 7 の（C）に示すように、マイクロレンズアレイ部 12 での光の屈折が緩和され、マイクロレンズアレイ部 12 から射出する光が、光線 L_{22} から光線 L_{24} のように変化する。すると、光線 L_{23} 、 L_{24} に示すように、撮像レンズ 11 の（入射瞳孔 11' からの）F ナンバーと、マイクロレンズの F ナンバーとが再び整合するようになる（ステップ - S24）。但し、図 7 の（C）から分かるように、図 7 の（A）及び（B）における光線 L_{22} の場合とは異なり、撮像素子 13 において 1 つのマイクロレンズに対応する撮像領域 13'（図 7 の（A）～（D）においては、斜線を付した領域で示す）と、この撮像領域 13' 上における光線 L_{24} の到達領域とが一致しなくなり、このままでは、撮像の際の解像度が低下してしまう。

【0056】

そこで、次に、制御部 17 によって駆動手段（撮像素子シフト部）18 を制御し、撮像素子 13 を、光軸 L_0 （撮像装置の光軸 LL ）に沿って、図示した例では、マイクロレンズアレイ部 12 から離れる方向に移動させる（ステップ - S25）。すると、図 7 の（D）に示した光線 L_{23} 、 L_{24} のように、撮像領域 13' と、この撮像領域 13' における光線 L_{24} の到達領域とが再び一致するようになり、撮像素子 13 での撮像領域が最適化される。このようにして、撮像レンズ 11 の絞り値を変更する際の撮像光学系の最適化処理が終了する。実施例 2 にあつては、このような処理を行うので、撮像の際の解像度低下が生じない。駆動手段 18 を、例えば電気信号を機械的動作に変換させる素子から構成すれば、簡易、且つ、省スペースな構成とすることができる。

【0057】

10

尚、マイクロレンズアレイ部 12 を構成するマイクロレンズのパワー変更処理（ステップ - S23）を行った後に、撮像素子 13 のシフト処理（ステップ - S25）を行う代わりに、撮像素子 13 のシフト処理（ステップ - S25）を行った後に、マイクロレンズアレイ部 12 を構成するマイクロレンズのパワー変更処理（ステップ - S23）を行ってもよい。

【0058】

また、撮像レンズ 11 とマイクロレンズの F ナンバーを整合させた後に、駆動手段 18 が撮像素子 13 を移動させることで、マイクロレンズアレイ部 12 と撮像素子 13 との間の距離を変化させたが、代替的に、ステップ - S21 ~ S24 の処理後に、図 7 の（D）を参照して説明した動作の代わりに、図 8 の（A）及び（B）に示すように、駆動手段によって、撮像レンズ 11 とマイクロレンズアレイ部 12 との間の距離を一定に保ちつつ、撮像レンズ 11 及びマイクロレンズアレイ部 12 を撮像装置の光軸 LL に沿って移動させる構成とすることもできる。具体的には、撮像素子 13 上での像の大きさが、光線 L_{21} 、 L_{22} による場合と、移動後の光線 L_{23} 、 L_{24} による場合とで一致するように（撮像領域が共に撮像領域 13' となるように）、撮像レンズ 11 及びマイクロレンズアレイ部 12 を撮像装置の光軸 L_0 （撮像装置の光軸 LL ）に沿って移動させる。撮像レンズ 11 を移動させる機構としては、通常の撮像に用いる際の撮像レンズの駆動機構を利用すればよい。

20

【0059】

以上の実施例 2 において説明した駆動手段 18、及び、F ナンバーの整合処理（撮像レンズの絞り値を変更する際の撮像光学系の最適化処理）を、後述する実施例 3 ~ 実施例 4 にも適用することができる。

30

【実施例 3】

【0060】

実施例 3 も、実施例 1 の変形である。実施例 3 にあつては第 4 B の構成を採用した。即ち、図 9 に概念図を示すように、撮像装置 3 の光軸を Z 軸とした 3 次元ガウス空間を想定したとき、撮像レンズ 11 とマイクロレンズアレイ部 312 との間には、X 軸方向に偏光した光を出射する偏光板 30、及び、偏光方向可変素子 40 が、配置されている。そして、マイクロレンズアレイ部 312 を構成する液晶レンズアレイがレンズとして機能するとき、各マイクロレンズは、X 軸方向にはパワー（光学パワー）を有さず、Y 軸方向にはパ

40

【0061】

偏光方向可変素子 40 は液晶素子から成る。具体的には、偏光方向可変素子 40 は、図 2 の（B）に模式的な一部断面図を示すように、

（a'）一對の基板 41、45、

（b'）一對の基板 41、45 のそれぞれに設けられた電極 42、44、及び、

（c'）一對の基板 41、45 のそれぞれに設けられた電極 42、44 の間に配置され

50

た液晶層 4 3、

から構成されている。ここで、一方の基板 4 1 近傍における液晶分子の配向方向は X 軸方向と平行であり、他方の基板 4 5 近傍における液晶分子の配向方向は Y 軸方向と平行である。また、電極 4 2 は平坦な 1 枚の電極から構成され、電極 4 4 も平坦な 1 枚の電極から構成されている。

【 0 0 6 2 】

実施例 3 にあっては、光源として、限定するものではないが、単色光の光源を使用する。偏光板 3 0 を通過した光は、X 軸に平行な偏光成分のみを有する。そして、偏光方向可変素子 4 0 の第 1 の動作モードにあっては、偏光方向可変素子 4 0 を通過した光は、偏光方向可変素子 4 0 を構成する液晶分子によって偏光方向を曲げられず、元の方向のままである。マイクロレンズアレイ部 3 1 2 を構成する液晶レンズアレイを構成する各液晶レンズは、Z 軸を中心として異方的な焦点距離を有するマイクロレンズ (X 軸方向の焦点距離は無有限大であり、Y 軸方向の焦点距離は有限の値) であるが故に、マイクロレンズ 3 1 2 ' を通過した光 (撮像レンズ 1 1 による像) は、マイクロレンズ 3 1 2 ' によって変化を受けることがない。そして、マイクロレンズ 3 1 2 ' を通過した光 (撮像レンズ 1 1 による像) は、撮像素子 (撮像手段) 1 3 において結像する。この状態を、模式的に、図 1 0 の (A) に示す。

【 0 0 6 3 】

一方、偏光方向可変素子 4 0 の第 2 の動作モードにあっては、偏光方向可変素子 4 0 を通過した光は、偏光方向可変素子 4 0 を構成する液晶分子によって偏光方向を Y 軸方向に曲げられる。ここで、上述したとおり、マイクロレンズアレイ部 3 1 2 を構成する液晶レンズアレイにおける各液晶レンズは、Z 軸を中心として異方的な焦点距離を有するマイクロレンズ (X 軸方向の焦点距離は無有限大であり、Y 軸方向の焦点距離は有限の値) であるが故に、マイクロレンズ 3 1 2 ' において結像した光 (撮像レンズ 1 1 による像) は、撮像素子 1 3 上に投影される。

【 0 0 6 4 】

そして、実施例 3 にあっては、偏光方向可変素子 4 0 を第 1 の動作モードとしたとき、第 1 の撮像モードとし、偏光方向可変素子 4 0 を第 2 の動作モードとしたとき、第 2 の撮像モードとすればよい。

【 0 0 6 5 】

このような液晶レンズアレイとして、限定するものではないが、例えば、特開 2 0 0 6 - 0 7 9 6 6 9 に開示された液晶レンズ素子や、特開平 5 - 0 3 4 6 5 6 に開示された焦点距離可変液晶レンズを用いればよい。これらの液晶レンズ素子あるいは液晶レンズは、ラビング方向と同方向の偏光方向の光のみに対してレンズ効果を発現する。従って、一对の基板 4 1, 4 5 におけるラビング方向を、X 軸方向と平行な方向、及び、Y 軸方向と平行な方向とすればよい。

【 0 0 6 6 】

使用する液晶層 4 3 を構成する液晶材料の種類によって、電極 4 2, 4 4 に電圧を印加したときに、第 2 の動作モードを得る場合もあるし、電極 4 2, 4 4 に電圧を印加しないときに、第 2 の動作モードを得る場合もある。また、液晶層 4 3 を構成する液晶材料の種類によっては、液晶レンズアレイがレンズとして機能するとき、各マイクロレンズは、Y 軸方向にはパワー (光学パワー) を有さず (この状態を、模式的に、図 1 1 の (A) に示す)、X 軸方向にはパワー (光学パワー) を有する (この状態を、模式的に、図 1 1 の (B) に示す) 構成、即ち、第 4 C の構成とすることもできる。このような第 4 C の構成にあっては、液晶レンズアレイは、Z 軸を中心として異方的な焦点距離を有するマイクロレンズアレイ部 3 1 2 を構成する。即ち、液晶レンズアレイを構成する各液晶レンズは、X Z 平面内において有限の焦点距離を有し、Y Z 平面内において無限大の焦点距離を有するマイクロレンズを構成する。そして、この場合にも、電極 4 2, 4 4 に電圧を印加したときに、第 2 の動作モードを得る場合もあるし、電極 4 2, 4 4 に電圧を印加しないときに、第 2 の動作モードを得る場合もある。後述する実施例 4 においても同様である。

【 0 0 6 7 】

実施例 3 の撮像装置 3、あるいは又、後述する実施例 4 の撮像装置 4 のように、単色光を撮像に利用する場合には、マイクロレンズを回折レンズで構成した方が、波長依存性や軸上色収差の問題が無いため、非球面レンズで構成した場合と比べて、優れた光学特性を得ることができる。

【 実施例 4 】

【 0 0 6 8 】

実施例 4 は、本発明の第 2 の態様に係る撮像装置及び撮像方法に関する。実施例 4 の撮像装置 4 の概念図を、図 1 2 に示す。即ち、実施例 4 の撮像装置 4 は、実施例 3 における撮像装置 3 と同様に、

(A) 撮像レンズ 1 1、
(B) 撮像レンズ 1 1 を通過した光が入射するマイクロレンズアレイ部 4 1 2、及び、
(C) マイクロレンズアレイ部 4 1 2 から出射された光を受光する撮像素子 (撮像手段) 1 3、
を備えており、撮像装置 4 の光軸を Z 軸とした 3 次元ガウス空間を想定したとき、撮像レンズ 1 1 とマイクロレンズアレイ部 4 1 2 との間には、X 軸方向に偏光した光を出射する偏光板 3 0、及び、偏光方向可変素子 4 0 が、更に配置されている。

【 0 0 6 9 】

そして、実施例 3 の撮像装置 3 と同様に、マイクロレンズアレイ部 4 1 2 は、液晶レンズアレイから構成されており、実施例 4 にあっては、マイクロレンズアレイ部 4 1 2 を構成する各マイクロレンズ 4 1 2 ' は、X 軸方向にはパワーを有さず、Y 軸方向にはパワーを有している。実施例 4 にあっても、光源として、限定するものではないが、単色光の光源を使用する。

【 0 0 7 0 】

実施例 4 の撮像装置 4 にあっては、実施例 3 の撮像装置 3 と同様に、
第 1 の撮像モード及び第 2 の撮像モードによって撮像がなされ、
第 1 の撮像モードによる撮像時、偏光方向可変素子 4 0 の作動によって、マイクロレンズアレイ部 4 1 2 を構成する各マイクロレンズ 4 1 2 ' のパワーを有さない方向に偏光された光がマイクロレンズ 4 1 2 ' を通過し、撮像レンズ 1 1 による像が撮像素子 1 3 上に結像され、
第 2 の撮像モードによる撮像時、偏光方向可変素子 4 0 の作動によって、マイクロレンズアレイ部 4 1 2 を構成する各マイクロレンズ 4 1 2 ' のパワーを有する方向に偏光された光がマイクロレンズ 4 1 2 ' に入射され、撮像レンズ 1 1 による像がマイクロレンズ 4 1 2 ' 上に結像され、マイクロレンズ 4 1 2 ' 上に結像された撮像レンズ 1 1 による像はマイクロレンズ 4 1 2 ' によって撮像素子 1 3 に投影される。

【 0 0 7 1 】

また、実施例 4 の撮像装置 4 においては、撮像素子 1 3 からの信号に対して所定の画像処理を施すための画像処理部 1 4 を更に備えている。そして、撮像装置 4 においては、第 1 の撮像モード及び第 2 の撮像モードによって撮像がなされ、第 1 の撮像モードによる撮像時、画像処理部 1 4 による所定の画像処理が停止され、第 2 の撮像モードによる撮像時、画像処理部 1 4 による所定の画像処理が行われる。

【 0 0 7 2 】

偏光方向可変素子 4 0 は、液晶素子から構成されている。偏光方向可変素子 4 0 を構成する液晶素子は、具体的には、実施例 3 において説明した液晶素子と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。また、実施例 4 の撮像装置 4 を構成する撮像レンズ 1 1、マイクロレンズアレイ部 4 1 2、及び、撮像素子 1 3 の構成、構造も、実施例 3 の撮像装置 3 を構成する撮像レンズ 1 1、マイクロレンズアレイ部 3 1 2、及び、撮像素子 1 3 の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【 0 0 7 3 】

但し、実施例 4 の撮像装置 4 にあっては、第 1 の撮像モードと第 2 の撮像モードとの切

10

20

30

40

50

り替えにあっては、電圧供給部 15 からのマイクロレンズアレイ部 412 への電圧の印加の有無で行うのではなく、上述したとおり、電圧供給部 15 からの偏光方向可変素子 40 を構成する電極 42, 44 への電圧の印加の有無によって行われる。マイクロレンズアレイ部 412 にあっては、液晶層を構成する液晶材料に依存するが、マイクロレンズアレイ部 412 を構成する各マイクロレンズ 412' が、X 軸方向にはパワーを有さず、Y 軸方向にはパワーを有する状態が達成できるように、マイクロレンズアレイ部 412 を構成する液晶レンズアレイの第 1 電極 22、第 2 電極 24 に適切な電圧を印加すればよい。尚、実施例 3 において説明したと同様に、Y 軸方向にはパワーを有さず、X 軸方向にはパワーを有する状態が達成できるように、マイクロレンズアレイ部 412 を構成する液晶レンズアレイの第 1 電極 22、第 2 電極 24 に適切な電圧を印加してもよい。通常、電圧供給部 15 からマイクロレンズアレイ部 412 へは、一定の値の電圧を印加すればよい。そして、実施例 2 において説明したように、F ナンバーの整合処理（撮像レンズ 11 の絞り値を変更する際の撮像光学系の最適化処理）を行う場合には、電圧供給部 15 からマイクロレンズアレイ部 412 への印加電圧の値を適切に変化させればよい。

10

【0074】

以上、本発明を好ましい実施例に基づき説明したが、本発明はこれらの実施例に限定するものではなく、種々の変形が可能である。

【0075】

実施例 1 ~ 実施例 4 にあっては、マイクロレンズアレイ部において、電極 22, 24 の表面 S_1 , S_2 の内、表面 S_1 が曲面である平凸レンズとしたが、代替的に、表面 S_2 を曲面としてもよいし、表面 S_1 , S_2 の両方が曲面である両凸レンズとしてもよい。実施例 1 ~ 実施例 2 にあっては、マイクロレンズアレイ部を、液晶レンズアレイから構成する代わりに、エレクトロウエット現象（電気毛管現象）を利用した液体マイクロレンズアレイ部を用いることもできる。更には、実施例にあっては、画像処理部 14 における所定の画像処理方法として、ライト・フィールド・フォトグラフィー技術に基づくリフォーカス演算処理について説明したが、画像処理部 14 における画像処理方法は、これに限られず、他の画像処理方法（例えば、視野を振るといった画像処理や、マイクロレンズアレイ部及び撮像素子を一種のステレオ・カメラとして機能させることで得られる距離算出といった画像処理）としてもよい。また、マイクロレンズアレイ部を構成する各レンズの形状は、円形に限定されず、矩形や六角形等の各種の多角形とすることもできる。矩形や六角形のレンズを用いることで、光利用効率が高められると共に、矩形や六角形のレンズが密に配列されたマイクロレンズアレイ部において、円形のレンズにおけるレンズとレンズの間の平らな部分が存在しないので、円形のレンズにおけるレンズとレンズの間の平らな部分を通して光線の影響を回避できるという利点がある。

20

30

【図面の簡単な説明】

【0076】

【図 1】図 1 は、実施例 1 の撮像装置の概念図である。

【図 2】図 2 の (A) は、実施例 1 の撮像装置を構成するマイクロレンズアレイ部を拡大した模式的な一部断面図であり、図 2 の (B) は、実施例 3 の撮像装置を構成する偏光方向可変素子を拡大した模式的な一部断面図である。

40

【図 3】図 3 の (A) 及び (B) は、それぞれ、マイクロレンズアレイ部のレンズ効果を説明するための、マイクロレンズアレイ部を拡大した模式的な一部断面図である。

【図 4】図 4 の (A) は、第 2 の撮像モード時の所定の画像処理を説明するための撮像レンズ等の概念図であり、図 4 の (B) は、第 2 の撮像モード時の所定の画像処理を説明するための図である。

【図 5】図 5 は、実施例 2 の撮像装置の概念図である。

【図 6】図 6 は、撮像レンズの絞り値を変更する際の撮像光学系の最適化処理の一例を表す流れ図である。

【図 7】図 7 の (A) ~ (D) は、図 6 に示した撮像レンズの絞り値を変更する際の撮像光学系の最適化処理における光路の一例を説明するための撮像レンズ等の模式的な模式図

50

である。

【図 8】図 8 は、撮像レンズの絞り値を変更する際の撮像光学系の最適化処理の変形例を説明するための撮像レンズ等の模式的な模式図である。

【図 9】図 9 は、実施例 3 の撮像装置の概念図である。

【図 10】図 10 の (A) 及び (B) は、実施例 3 の撮像装置において、マイクロレンズを通過した光が、撮像素子において結像する状態、撮像素子において投影される状態を模式的に示す図である。

【図 11】図 11 の (A) 及び (B) は、実施例 3 の撮像装置において、マイクロレンズを通過した光が、撮像素子において結像する状態の変形例、撮像素子において投影される状態の変形例を模式的に示す図である。

【図 12】図 12 は、実施例 4 の撮像装置の概念図である。

【符号の説明】

【0077】

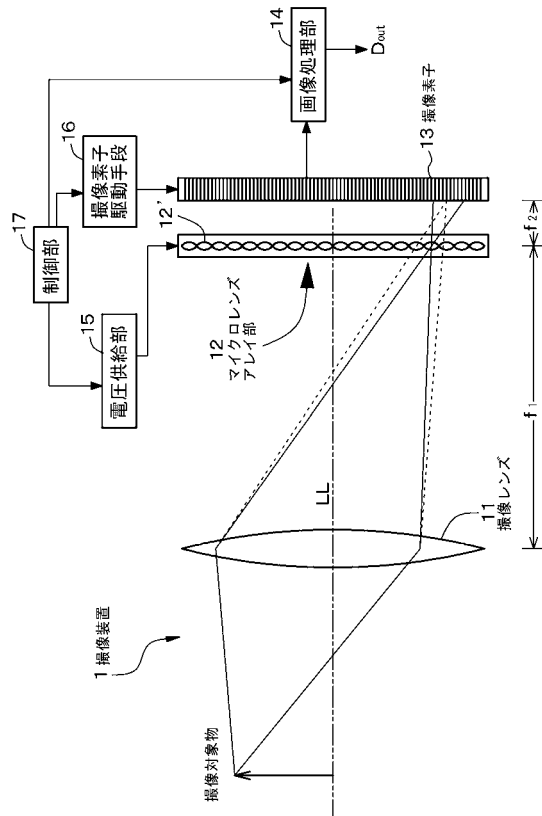
1, 2, 3, 4・・・撮像装置、11・・・撮像レンズ、11'・・・入射瞳径、11A・・・撮像レンズ面、12, 312, 412・・・マイクロレンズアレイ部、12', 312', 412'・・・マイクロレンズ、12A・・・リフォーカス面、13・・・撮像素子、13A・・・撮像面、14・・・画像処理部、15・・・電圧供給部（撮像モード切替部）、16・・・撮像素子駆動手段、17・・・制御部、18・・・駆動手段（撮像素子シフト部）、21, 25, 41, 45・・・基板、22, 24, 42, 44・・・電極、23, 43・・・液晶層

10

20

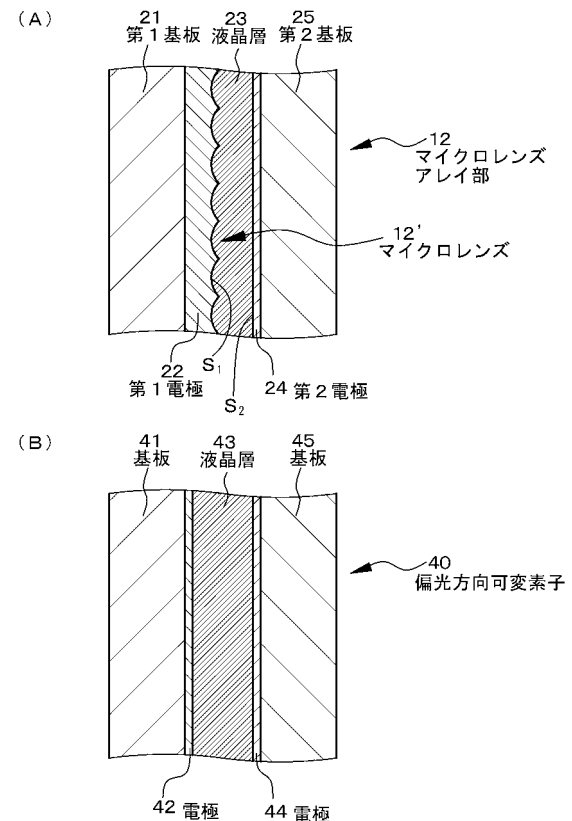
【図 1】

【図 1】 [実施例 1]



【図 2】

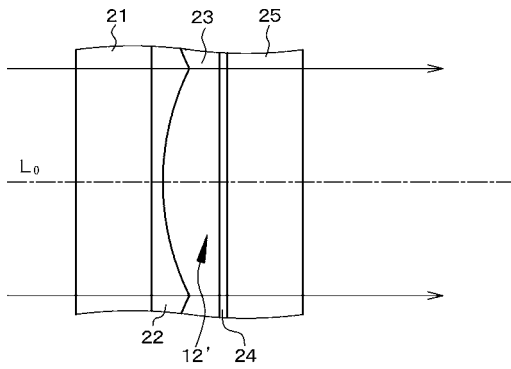
【図 2】



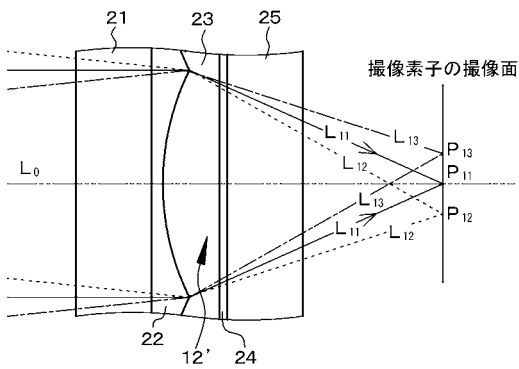
【図 3】

【図 3】

(A) 〔第 1 の撮像モード〕



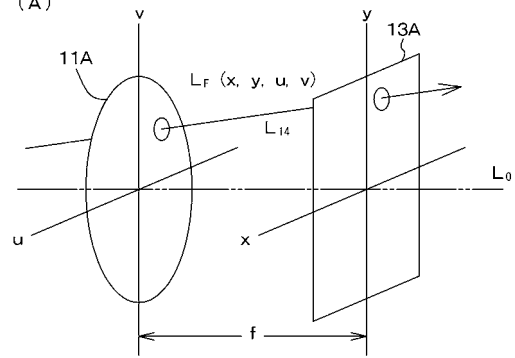
(B) 〔第 2 の撮像モード〕



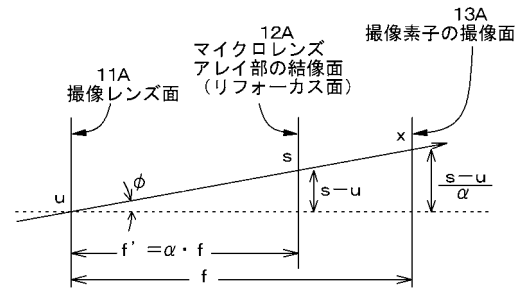
【図 4】

【図 4】

(A)

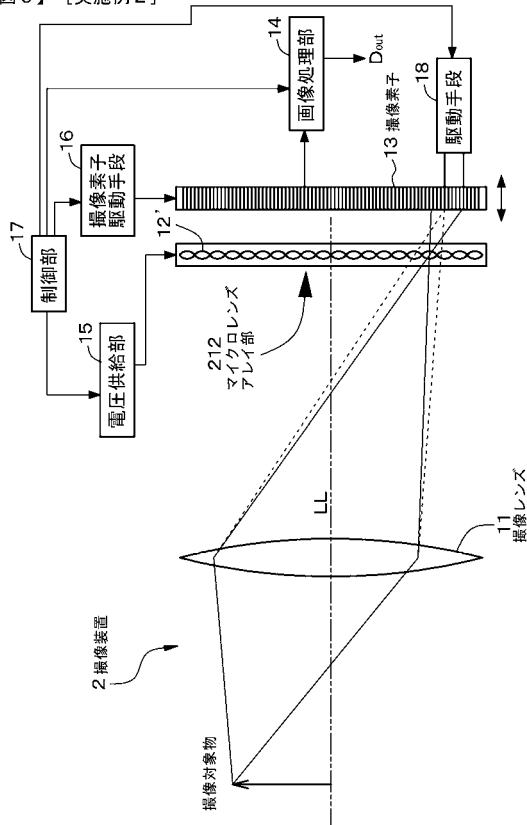


(B)



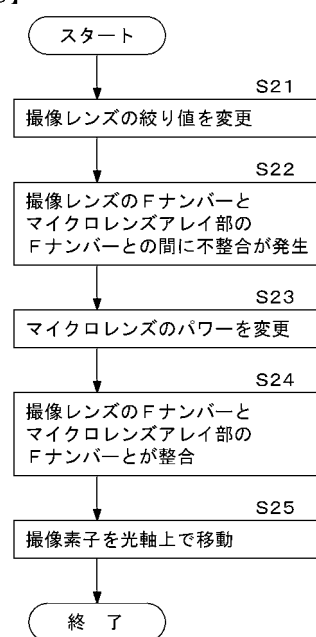
【図 5】

【図 5】 〔実施例 2〕



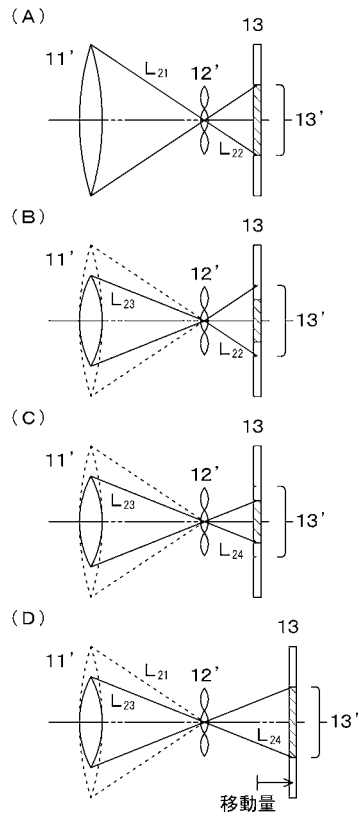
【図 6】

【図 6】



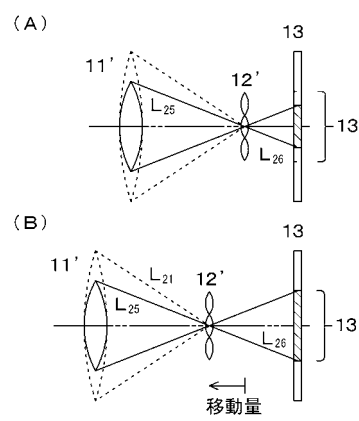
【図 7】

【図 7】



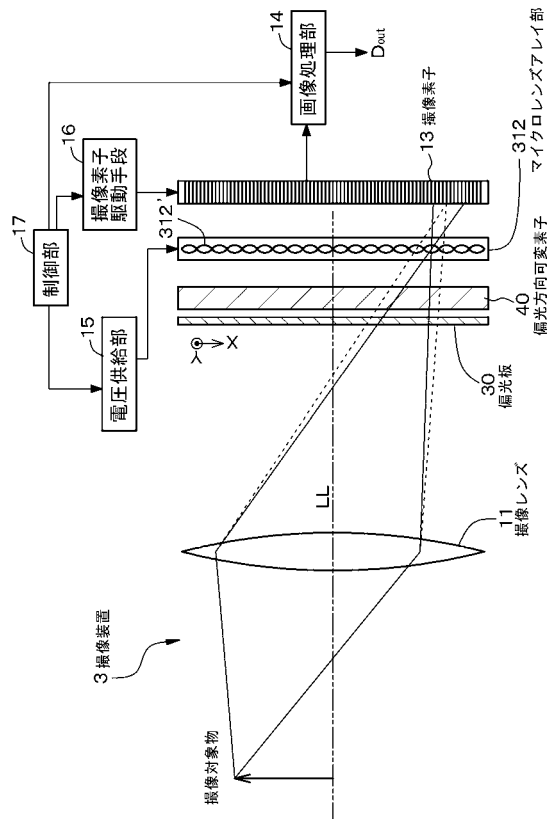
【図 8】

【図 8】



【図 9】

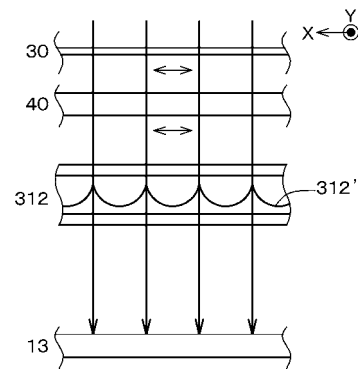
【図 9】 [実施例 3]



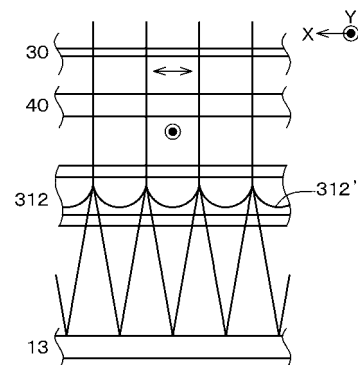
【図 10】

【図 10】

(A) [第 1 の撮像モード]



(B) [第 2 の撮像モード]



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
H 0 4 N	1/028	(2006.01)	H 0 4 N 1/028 Z
H 0 4 N	13/02	(2006.01)	H 0 4 N 13/02
G 0 3 B	35/08	(2006.01)	G 0 3 B 35/08

(72)発明者 市村 功
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

審査官 小田 浩

(56)参考文献 米国特許出願公開第2005/0225877(US,A1)
特開2005-167484(JP,A)
Ren Ng, et al, Light Field Photography with a Hand-held Plenoptic Camera, Stanford Tech
h Report CTSR 2005-02, 米国, 2005年, p.1-11

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 4 N	5 / 2 2 5
G 0 2 B	3 / 0 0
G 0 2 B	3 / 1 4
G 0 3 B	1 5 / 0 0
G 0 3 B	1 7 / 1 2
H 0 4 N	1 / 0 2 8
H 0 4 N	1 3 / 0 2
G 0 3 B	3 5 / 0 8