

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 12 月 8 日(08.12.2016)



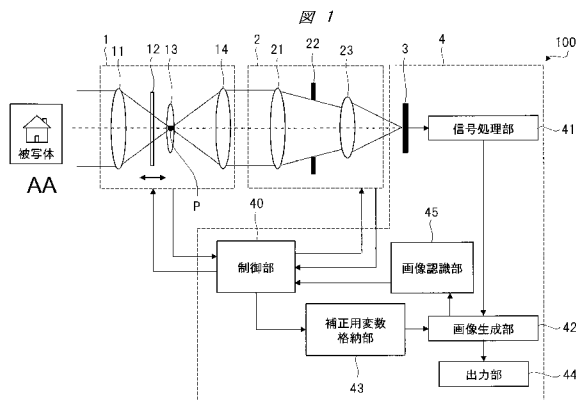
(10) 国際公開番号
WO 2016/194218 A1

- (51) 国際特許分類:
G03B 17/56 (2006.01) *G03B 17/12* (2006.01)
G03B 11/00 (2006.01) *H04N 5/232* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/066307
- (22) 国際出願日: 2015 年 6 月 5 日(05.06.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日立マクセル株式会社 (HITACHI MAXELL, LTD.) [JP/JP]; 〒5678567 大阪府茨木市丑寅 1 丁目 1 番 8 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 太田 光彦(OOTA, Mitsuhiko); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 Tokyo (JP). 島野 健(SHIMANO, Takeshi); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 Tokyo (JP). 杉山 隆(SUGIYAMA, Takashi); 〒5678567 大阪府茨木市丑寅 1 丁目 1 番 8 号 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人筒井国際特許事務所 (TSUTSUI & ASSOCIATES); 〒1600022 東京都新宿区新宿 2 丁目 3 番 1 0 号 新宿御苑ビル 3 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[続葉有]

(54) Title: SUPPLEMENTARY IMAGING DEVICE AND IMAGING DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称: 撮像補助装置、およびそれを用いた撮像装置



(57) Abstract: Provided is a technology capable of appropriately effecting focal depth magnification even if the conjugate position of an aperture changes. A supplementary imaging device 1 according to an embodiment is attachable to an imaging device 100 that has a master lens 2 and an imaging element 3. The supplementary imaging device 1 includes a front lens group 11, a rear lens group 14, and a phase modulation element 12. The phase modulation element 12 is movable along the optical axis, and decreases a change in movement along the optical axis of a point image formed on the imaging element 3 by the supplementary imaging device 1 and the master lens 2 compared to a case where the phase modulation element 12 does not exist. An imaging device 100 according to an embodiment has the master lens 2 and the imaging element 3. The supplementary imaging device 1 is attachable to the imaging device 100. The supplementary imaging device 1 is configured as described above.

(57) 要約:

[続葉有]

- 40 Control unit
41 Signal processing unit
42 Image generating unit
43 Correction variable storage unit
44 Output unit
45 Image recognition unit
AA Object



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:

MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

絞りの共役位置が変わっても、焦点深度拡大機能を適切に作用させる技術である。一実施の形態における撮像補助装置は、マスターレンズ 2 および撮像素子 3 を有する撮像装置 100 に取り付け可能な撮像補助装置 1 である。撮像補助装置 1 は、前側レンズ群 11、後側レンズ群 14 および位相変調素子 12 を有する。位相変調素子 12 は、撮像補助装置 1 およびマスターレンズ 2 により撮像素子 3 上に形成される点像の光軸方向の変化を、この位相変調素子 12 が無い場合よりも小さくし、かつ、光軸方向に可動である。一実施の形態における撮像装置は、マスターレンズ 2 および撮像素子 3 を有する撮像装置 100 である。撮像装置 100 は、撮像補助装置 1 が取り付け可能である。撮像補助装置 1 は、上記のような構成からなる。

明 細 書

発明の名称：撮像補助装置、およびそれを用いた撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は、焦点深度を拡大するために用いられる撮像補助装置、およびそれを用いた撮像装置に関する。

背景技術

[0002] 本技術分野の背景技術として、例えば米国特許第 5, 7 4 8, 3 7 1 号明細書（特許文献 1）に記載のものが知られている。特許文献 1 には、光学系の中に光束の位相を変調する位相変調素子を配置して、被写体の合焦位置からある距離の範囲内で通常より点像の変化を小さくする機能、すなわち、点像の光軸方向の変化を小さくする機能を与えることが開示されている。そして、特許文献 1 には、位相変調素子で変調した点像に起因する変調中間画像を信号処理し、位相変調素子による変調分を取り除くことにより再生画像を生成し、その結果として焦点深度を拡大する技術が開示されている。

また、位相変調素子を光学系の絞りの位置に配置することにより、変調中間画像の全面に渡ってほぼ均一に位相変調を与えることができ、その結果、再生画像生成のための信号処理が容易に実行でき、品質の高い再生画像を生成できることが一般に知られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：米国特許第 5, 7 4 8, 3 7 1 号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記特許文献 1 の技術を用いた撮像装置では、焦点深度を拡大し、広範囲の被写界に対してボケのない画像を得ることができるが、一方で、撮像装置の用途によっては通常の撮像装置のようにボケのある画像を得たいという要望もある。

[0005] また、上記特許文献 1 の技術を用いた撮像装置では、焦点深度拡大効果が大きいほど、すなわち位相変調素子による位相変調が大きいほど、ノイズ増幅等の画像劣化が発生する。そこで、用途によって焦点深度拡大効果の度合を切り替えたいという要望がある。

[0006] また、ユーザーが購入済みの既存の撮像装置に対して、焦点深度拡大機能を追加したいという要望がある。

[0007] 上記特許文献 1 の技術を用いた撮像装置において、位相変調素子の付け外しが可能であれば、これらの要望を満足させることができる。しかし、撮像装置の光学系（マスターレンズ）内部の位相変調素子を直接付け外しをする機構の設置は必ずしも容易ではない。そこで、リレーレンズを用いて位相変調素子の付け外しを実現する方法が考えられる。即ち、撮像装置のマスターレンズにリレーレンズを接続して、リレーレンズ内の絞りと光学的に共役な位置に位相変調素子を取り付けるという方法である。

[0008] しかしこの方法では、マスターレンズが別のマスターレンズに置き換わる場合やマスターレンズのズーム状態、フォーカス調整状態が変わる場合に、絞りの共役位置が変わると、焦点深度拡大機能を適切に作用させることができないという問題がある。

[0009] 本発明の目的は、絞りの共役位置が変わっても、焦点深度拡大機能を適切に作用させる技術を提供することである。

[0010] 本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

課題を解決するための手段

[0011] 本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

[0012] 一実施の形態における撮像補助装置は、マスターレンズおよび撮像素子を有する撮像装置に取り付け可能な撮像補助装置である。前記撮像補助装置は、複数のレンズ群および位相変調素子を有する。前記位相変調素子は、前記撮像補助装置および前記マスターレンズにより前記撮像素子上に形成される

点像の光軸方向の変化を、該位相変調素子が無い場合よりも小さくし、かつ、前記光軸方向に可動である。

- [0013] 一実施の形態における撮像装置は、マスターレンズおよび撮像素子を有する撮像装置である。前記撮像装置は、撮像補助装置が取り付け可能である。前記撮像補助装置は、複数のレンズ群および位相変調素子を有する。前記位相変調素子は、前記撮像補助装置および前記マスターレンズにより前記撮像素子上に形成される点像の光軸方向の変化を、該位相変調素子が無い場合よりも小さくし、かつ、前記光軸方向に可動である。

発明の効果

- [0014] 本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下の通りである。
- [0015] 一実施の形態によれば、絞りの共役位置が変わっても、焦点深度拡大機能を適切に作用させる技術を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]本発明の実施の形態1における撮像装置の構成の一例を示す図である。
- [図2]本発明の実施の形態1における撮像装置において、位相変調素子の効果の一例を示す図である。
- [図3]本発明の実施の形態1における撮像装置において、撮像補助装置内の光線の一例を示す図である。
- [図4]本発明の実施の形態1における撮像装置において、絞りの共役位置の一例を説明するための図である。
- [図5]本発明の実施の形態1における撮像装置において、絞りの共役位置が移動する場合の一例を説明するための図である。
- [図6]本発明の実施の形態1における撮像装置において、テストチャートの一例を示す図である。
- [図7]本発明の実施の形態1における撮像装置において、位相変調素子の駆動機構の一例を示す図である。
- [図8]本発明の実施の形態1における撮像装置において、位相変調素子の形状

の一例を示す図である。

[図9]本発明の実施の形態1における撮像装置を携帯電話に適用した場合の一例を示す図である。

[図10]本発明の実施の形態2における撮像装置の構成の一例を示す図である。

[図11]本発明の実施の形態2における撮像装置において、絞りの共役位置の一例を説明するための図である。

[図12]本発明の実施の形態3における撮像装置の構成の一例を示す図である。

[図13]本発明の実施の形態4における撮像装置の構成の一例を示す図である。

[図14]本発明の実施の形態5における撮像装置において、撮像補助装置の構成の一例を示す図である。

[図15]本発明の実施の形態6における撮像装置において、撮像補助装置の構成の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下の実施の形態においては、便宜上その必要があるときは、複数のセクションまたは実施の形態に分割して説明するが、特に明示した場合を除き、それらは互いに無関係なものではなく、一方は他方の一部または全部の変形例、詳細、補足説明等の関係にある。また、以下の実施の形態において、要素の数等（個数、数値、量、範囲等を含む）に言及する場合、特に明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではなく、特定の数以上でも以下でも良い。

[0018] さらに、以下の実施の形態において、その構成要素（要素ステップ等も含む）は、特に明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではないことは言うまでもない。同様に、以下の実施の形態において、構成要素等の形状、位置関係等に言及するときは、特に明示した場合および原理的に明らかにそうでないと考えられる場

合等を除き、実質的にその形状等に近似または類似するものなどを含むものとする。このことは、上記数値および範囲についても同様である。

〔実施の形態の概要〕

[0019] まず、実施の形態の概要について説明する。本実施の形態の概要では、一例として、括弧内に各実施の形態の対応する構成要素および符号等を付して説明する。

[0020] 一実施の形態における撮像補助装置は、マスターレンズ（マスターレンズ 2）および撮像素子（撮像素子 3）を有する撮像装置（撮像装置 100、101）に取り付け可能な撮像補助装置（撮像補助装置 1）である。前記撮像補助装置は、複数のレンズ群（前側レンズ群 11、後側レンズ群 14）および位相変調素子（位相変調素子 12）を有する。前記位相変調素子は、前記撮像補助装置および前記マスターレンズにより前記撮像素子上に形成される点像の光軸方向の変化を、該位相変調素子が無い場合よりも小さくし、かつ、前記光軸方向に可動である。

[0021] 一実施の形態における撮像装置は、マスターレンズ（マスターレンズ 2）および撮像素子（撮像素子 3）を有する撮像装置（撮像装置 100、101）である。前記撮像装置は、撮像補助装置（撮像補助装置 1）が取り付け可能である。前記撮像補助装置は、複数のレンズ群（前側レンズ群 11、後側レンズ群 14）および位相変調素子（位相変調素子 12）を有する。前記位相変調素子は、前記撮像補助装置および前記マスターレンズにより前記撮像素子上に形成される点像の光軸方向の変化を、該位相変調素子が無い場合よりも小さくし、かつ、前記光軸方向に可動である。

[0022] 以下、上述した実施の形態の概要に基づいた各実施の形態を図面に基いて詳細に説明する。なお、以下の説明では、異なる実施の形態を説明するための各図面においても、構成要素の機能が同様であれば原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

〔実施の形態 1〕

[0023] 実施の形態 1 における撮像補助装置、およびそれを用いた撮像装置につい

て、図１～図９を用いて説明する。

＜撮像装置＞

[0024] まず、図１を用いて、本実施の形態１における撮像装置全体の構成を説明する。図１は、本実施の形態１における撮像装置の構成の一例を示す図である。本実施の形態１における撮像装置１００は、撮像補助装置１、マスターレンズ２、撮像装置本体４等から構成される。

[0025] 撮像補助装置１は、前側レンズ群１１、位相変調素子１２、フィールドレンズ１３、後側レンズ群１４等を備える。この撮像補助装置１は、マスターレンズ２よりも被写体側に取り付け可能であり、被写体側から順に、前側レンズ群１１、位相変調素子１２、フィールドレンズ１３、後側レンズ群１４の配置となっている。

[0026] マスターレンズ２は、前側レンズ群２１、絞り２２、後側レンズ群２３等を備える。このマスターレンズ２は、撮像補助装置１と撮像装置本体４内の撮像素子３との間に配置され、撮像補助装置１側から順に、前側レンズ群２１、絞り２２、後側レンズ群２３の配置となっている。

[0027] 撮像装置本体４は、撮像素子３、制御部４０、信号処理部４１、画像生成部４２、補正用変数格納部４３、出力部４４、画像認識部４５等を備える。この撮像装置本体４では、撮像補助装置１およびマスターレンズ２を介して、被写体像が撮像素子３に形成される。撮像素子３の出力は、信号処理部４１に接続されている。信号処理部４１の出力は、画像生成部４２に接続されている。この画像生成部４２には、補正用変数格納部４３が接続されている。画像生成部４２の出力は、出力部４４に接続されている。また、画像生成部４２の出力は、画像認識部４５に接続されている。画像認識部４５の出力は、制御部４０に接続されている。制御部４０は、撮像補助装置１およびマスターレンズ２との間で、入力および出力可能に接続されている。また、制御部４０は、補正用変数格納部４３に接続されている。

[0028] なお、撮像補助装置１の前側レンズ群１１、後側レンズ群１４およびマスターレンズ２の前側レンズ群２１、後側レンズ群２３は、それぞれ複数のレ

レンズ群に分かれていてもよいが、本明細書では省略して一つのレンズのように図示する。また、フィールドレンズ13は、撮像素子3上の像の明るさを確保するために配置するためのものであり、本実施の形態1において必須の構成要素ではない。

[0029] 撮像装置100の構成要素の内、撮像補助装置1は取り外しが可能であり、撮像装置100は撮像補助装置1が取り付けられていない状態では通常の撮像装置として機能する。被写体から発した光束はほぼ平行な状態でマスターレンズ2に入射し、前側レンズ群21によりレンズ作用を受け、絞り22により光束径の制限を受け、後側レンズ群23によりレンズ作用を受けた後、撮像素子3の面上に被写体像を形成する。

[0030] マスターレンズ2は、ズーム機能、フォーカス調整機能、絞り径の調整機能等を有していてもよく、それらの状態は手動で制御されてもよいし、制御部40により制御されてもよい。撮像素子3は、その面上に複数の画素を有している。この撮像素子3の面上に結像された被写体像は、撮像素子3により画素ごとにアナログ信号に変換され、さらに信号処理部41によりデジタル信号に変換されて、被写体像に対応した画像データが生成される。画像データは、画像生成部42により適切な画像処理を施されてもよく、その後、出力部44に供給されてもよい。

[0031] 撮像装置100は、撮像補助装置1が取り付けられている状態では焦点深度の拡大された撮像装置として機能する。被写体から発した光束はほぼ平行な状態で撮像補助装置1に入射し、前側レンズ群11により収束光束に変換され、位相変調素子12により位相変調を受け、フィールドレンズ13の近傍の点Pで集光した後、後側レンズ群14により再びほぼ平行な状態の光束に変換され、マスターレンズ2に入射する。マスターレンズ2に入射した光束は前述の経路で、撮像素子3の面上に被写体像を形成する。

[0032] そして、前述したのと同様に、撮像素子3、信号処理部41により被写体像に対応した画像データが生成される。この場合の画像データは、像が変調を受けているので変調中間画像データである。画像生成部42は、補正用変

数格納部 4 3 から適切な補正用変数の組を受け取り、変調中間画像データに対して位相変調素子による変調分を除去する補正処理を施し、再生画像データに変換する。再生画像データは、さらに画像生成部 4 2 により通常の撮像装置と同一の適切な画像処理を施されてもよく、その後、出力部 4 4 に供給されてもよい。

[0033] このとき、撮像補助装置 1 内の前側レンズ群 1 1 と集光点 P の間には絞り 2 2 の位置と光学的に共役な位置が存在しており、位相変調素子 1 2 は、絞り 2 2 の位置と光学的に共役な位置を含む範囲で光軸方向に可動な構造になっている。よって、位相変調素子 1 2 の位置を絞り 2 2 の位置と光学的に共役な位置に調整することにより、被写体像の全面にほぼ均一な変調を与えることができ、再生画像取得のための補正処理が容易に実行でき、品質の高い再生画像を出力することができる。

[0034] ここで、図 2 を用いて、位相変調素子 1 2 の効果について説明する。図 2 は、位相変調素子 1 2 の効果の一例を示す図である。図 2 において、(a) は撮像装置 1 0 0 に撮像補助装置 1 が取り付けられていない状態、すなわち位相変調素子 1 2 が作用していない状態での撮像素子 3 の周辺での集光の状態を表している。この場合、後側レンズ群 2 3 から出射した光束は収束光であり、撮像素子 3 の近傍に集光し、撮像素子 3 が配置されていないと仮定すると集光後は発散光に転じる。このとき、集光位置の近傍には点像の形状がほぼ均一な範囲が有り、その範囲を図 2 中 d 1 で表している。

[0035] 図 2 において、(b) は撮像装置 1 0 0 に撮像補助装置 1 が取り付けられている状態、すなわち位相変調素子 1 2 が作用している状態での撮像素子 3 の周辺での集光の状態を表している。位相変調素子 1 2 の作用により、集光位置近傍での点像の形状がほぼ均一となる範囲（図 2 中 d 2）が d 1 よりも大きくなる。

<撮像補助装置内の光線>

[0036] 次に、図 3 を用いて、位相変調素子 1 2 の位置と被写体像への変調の付与の関係について説明する。図 3 は、撮像補助装置 1 内の光線の一例を示す図

である。すなわち、図3では、撮像補助装置1内の前側レンズ群11と位相変調素子12の周辺での光線の例を表している。被写体から発した光束は、様々な入射角度で撮像補助装置1に入射する。図3では、入射角 0° 、 10° 、 17° での光束の例を示している。この入射角は被写体像の面内位置に対応しており、入射角 0° の光束は像面の中央に結像し、入射角が大きくなるほど像面の外周部に結像する。

[0037] 位相変調素子12が、図3に示すように絞りの共役位置から離れた位置にある時には、入射角によって位相変調素子12上の光束の透過する領域が異なる。このため、入射角によって位相変調素子12により光束の受ける位相変調が異なり、被写体像は面内位置によって受ける変調が異なることになる。一方、絞りの共役位置は全ての入射角の光束が重なる位置である。この位置に位相変調素子12を配置すると、全ての入射角の光束はほぼ同一の位相の変調を受けることになる。このため、被写体像の全面にほぼ同一の変調が与えられる。

＜絞りの共役位置＞

[0038] 次に、図4を用いて、撮像補助装置1内の前側レンズ群11と集光点Pの間に、絞り22の位置と光学的に共役な位置が存在することを説明する。図4は、絞りの共役位置の一例を説明するための図である。絞りの共役位置とは、光学系により形成される絞りの像の位置のことである。図4は光線図であり、各レンズ群は厚みのない理想レンズとして表現している。図4において、(a)は撮像装置100に撮像補助装置1を取り付けていない状態であり、被写体から発した光束がほぼ平行な状態でマスターレンズ2に入射し、撮像素子3上に結像している状態を表している。図4において、(b)は撮像装置100に撮像補助装置1を取り付けた状態を表している。作図を簡略にするため、撮像補助装置1内の後側レンズ群14とマスターレンズ2内の前側レンズ群21は密着しているものとしている。また、位相変調素子12とフィールドレンズ13は省略している。

[0039] この状態で、被写体から発した光線はほぼ平行な状態で撮像補助装置1に

入射するが、マスターレンズ 2 にもほぼ平行な状態で入射するため、図 4 (a) と同じ経路を通過して撮像素子 3 上に結像する。ここで、絞り 2 2 の点 A に着目し、点 A から光が発すると考える。点 A から発して前側レンズ群 2 1、後側レンズ群 1 4 の中心を通過する光線はレンズの作用を受けずにそのまま直進する。また、点 A から発して撮像素子 3 上の焦点に到達する光線と逆方向に点 A から発する光線は点 H を通過し、前側レンズ群 2 1、後側レンズ群 1 4 のレンズ作用を受けて屈折し、点 P を通過して直進する。この 2 本の光線は、前側レンズ群 1 1 に到達する前に点 A' で交差する。つまり、点 A の像は点 A' に形成される。絞り 2 2 上の点は全て同様に作図でき、絞り 2 2 の像は点 A' を含む光軸と垂直な平面内に存在することが分かる。絞り 2 2 の像を図 4 中 C で示す。

[0040] また、図 5 を用いて、マスターレンズ 2 のズーム状態およびフォーカス調整状態が変わった場合、絞りの共役位置が移動することを説明する。図 5 は、絞りの共役位置が移動する場合の一例を説明するための図である。図 5 (a) (b) は図 4 (b) を元の状態としての変化後の状態を表しており、図 4 (b) でのマスターレンズ 2 の前側レンズ群 2 1、後側レンズ群 2 3、絞り 2 2 の像 C の位置はそれぞれ 21_0 、 23_0 、 C_0 として図 5 中に破線で表している。図 5 (a) は、図 4 (b) おいて前側レンズ群 2 1 が移動した状態、すなわちズーム状態が変わった状態を表している。この状態で、点 A から発して前側レンズ群 2 1 の中心を通過する光線と、点 A から発して撮像素子 3 上の焦点に到達する光線と逆方向に点 A から発して点 H_1 を通過する光線とを作図すると、点 A の像は新しい点 A_1' に形成されることが分かる。新しい絞り 2 2 の像は、この点 A_1' を含む C_1 となる。 C_1 は、 C_0 と比較して、位置が被写体側に移動していることが分かる。

[0041] 図 5 (b) は、図 4 (b) において被写体までの距離が短く、フォーカス調整状態が変わった状態を表している。被写体までの距離が短いので、被写体から発した光束はやや発散した状態で撮像補助装置 1 に入射する。この状態で、点 A から発して前側レンズ群 2 1 の中心を通過する光線と、点 A から

発して撮像素子 3 上の焦点に到達する光線と逆方向に点 A から発して点 H を通過する光線とを作図すると、点 A の像は新しい点 A_2' に形成されることが分かる。新しい絞り 22 の像は、この点 A_2' を含む C_2 となる。 C_2 は、 C_0 と比較して、位置が撮像素子 3 側に移動していることが分かる。なお、マスターレンズ 2 のズーム状態およびフォーカス調整状態が変わった場合は、被写体から発した光束を撮像素子 3 上に結像させるために、図 5 (a) (b) に示すように後側レンズ群 23 も移動させることになる。

[0042] 次に、位相変調素子 12 の位置の調整方法について説明する。調整方法の一つ目は、テストチャート等を撮影し、その変調中間画像内、あるいは再生画像内で位置の異なる点像の形状ができるだけ均一になるように調整する方法であってもよい。テストチャートの例を、図 6 を用いて説明する。図 6 は、テストチャートの一例を示す図である。テストチャートの中央の点（白丸で図示）は入射角 0° の光束の発光点となり、周囲の 4 つの点（白丸で図示）は入射角の大きい光束の発光点となる。点像の形状の比較は、出力部 44 からの出力画像を目視する方法でもよいし、画像生成部 42 から渡されたデータを画像認識部 45 で認識して比較する方法であってもよい。

[0043] 画像認識部 45 での点像の形状の比較は、例えば、取得画像の中央の点像のデータと、周囲の 4 つの点像のデータを平均したデータを比較する方法でもよい。比較結果の指標は、例えば、対応する画素毎に輝度を比較し、その差の二乗を全画素に渡って平均する方法でもよい。この指標は、P S N R (Peak signal-to-noise ratio) 等として表すことができる。画像認識部 45 の認識結果は、制御部 40 に渡されてもよいし、液晶パネルに表示するなどの方法でユーザーに提示されてもよい。位相変調素子 12 の位置の制御は、画像認識部 45 の認識結果が制御部 40 に渡される場合には、制御部 40 が制御信号を発信することによって行ってもよい。ユーザーに提示される場合には手動で行ってもよい。

[0044] 調整方法の二つ目は、マスターレンズ 2 の状態に対する絞りの共役位置の対応関係を予め調べておき、その対応関係の表に基づき位相変調素子 12 を

移動させる方法であってもよい。マスターレンズ２の状態とは、マスターレンズ２に複数のタイプがある場合、取り付けられているタイプのことであってもよいし、マスターレンズ２のズーム状態やフォーカス調整状態が変わる場合にはそれらの状態であってもよい。マスターレンズ２の状態の情報は、ユーザーが直接取得してもよい。対応関係の表は、撮像装置１００の外部にあってユーザーが参照できる状態になっていてもよい。位相変調素子１２の位置の制御は、手動で行ってもよい。

＜位相変調素子の駆動機構＞

[0045] 次に、図７を用いて、位相変調素子１２の位置が制御部４０の発信する制御信号によって制御される場合の機構の一例について説明する。図７は、位相変調素子１２の駆動機構の一例を示す図である。図７において、位相変調素子１２は、位相変調素子ホルダ５３に保持されており、図７中では隠れている。位相変調素子ホルダ５３は、モータ５１によって駆動する。モータ５１の回転は出力軸５２に伝わり、出力軸５２に設けられた溝と位相変調素子ホルダ５３に取り付けられたラック５４とが噛み合っているため、出力軸５２の回転が位相変調素子ホルダ５３への負荷に変換される。位相変調素子ホルダ５３は、摺動軸５５ａ、５５ｂで支えられているため、負荷を受けると光軸上で前後（光軸方向）に移動する。

[0046] モータ５１は、制御部４０の発信する制御信号により回転の制御を受ける。また、モータ５１は、ステッピングモータであってもよく、制御部４０は制御信号として発信する駆動パルスの数に基づいて位相変調素子ホルダ５３の移動量を把握できる。また、位相変調素子ホルダ５３の初期位置については、例えばフォトインタラプタを配置することによって把握できる。すなわち、制御部４０は、位相変調素子ホルダ５３の位置を把握しつつ前後に移動させることが可能である。

[0047] 図１において、画像生成部４２が補正用変数格納部４３から受け取る補正用変数の組は、マスターレンズ２の状態の情報に応じて適切に選択されてもよいし、撮像補助装置１による位相変調の情報に応じて適切に選択されても

よいし、その両方に応じて適切に選択されてもよい。マスターレンズ2の状態についての情報は、マスターレンズ2のタイプの情報、ズーム状態やフォーカス調整状態や絞り径等の情報であってもよい。選択は、制御部40がこれらの情報を受け取ってその情報に基づいて行ってもよいし、手動で行ってもよい。

＜位相変調素子の形状＞

[0048] 次に、図8を用いて、位相変調素子12の形状について説明する。図8は、位相変調素子12の形状の一例を示す図である。位相変調素子12は、撮像素子3上の点像の光軸方向の変化を、この位相変調素子12が無い場合よりも小さくする機能を有していればよく、ガラス部品やプラスチック部品の面形状によって位相を変調する方式でもよい。面形状は、例えば三次関数の成分を有する面形状でもよく、複数の輪帯から構成される輪帯構造からなる面形状でもよく、あるいは他の形状でもよい。

[0049] 図8(a-1)(a-2)は、三次関数の成分を有する面形状の例を示している。(a-1)は、位相変調素子の面形状を光軸方向から見た図であり、内部の線は等高線を示している。位相変調素子の開口部は矩形である。(a-2)は、(a-1)におけるx方向の断面での付加位相を表している。付加位相の形状は、位相変調素子の形状に対応した三次関数の成分を有している。また、開口部の両端での位相変化の大きさは $\pm\alpha$ で表される。三次関数の成分を有する面形状の場合、位相変調の大きさは α によって決まる。

[0050] 図8(b-1)(b-2)は、複数の輪帯から構成される輪帯構造からなる面形状の例を示している。(b-1)は、位相変調素子の面形状を光軸方向から見た図であり、内部の線は輪帯の境界線を表している。なお、(b-1)は、輪帯数4の場合を示しているが、必ずしも輪帯数が4である必要はない。各輪帯は、略放物線の断面形状をしている。(b-2)は、(b-1)におけるr方向の断面での付加位相を表している。付加位相は、各輪帯の形状に対応した略放物線形状である。

[0051] なお、図8(b-2)中、各輪帯による付加位相の高さを同一の高さhで

示しているが、必ずしも同一の高さである必要はない。また、図8（b-1）（b-2）で各輪帯を等幅で示しているが、必ずしも等幅である必要はない。複数の輪帯から構成される輪帯構造からなる面形状の場合、位相変調の大きさは輪帯数や高さh等によって決まる。

[0052] 位相変調素子による位相変調が大きいと、焦点深度拡大効果は大きくなるが、変調を除去する補正処理でのノイズ増幅等の画像劣化が大きくなってしまふ。このため、位相変調の大きさは、用途によって適切に設定されることが望ましい。

＜実施の形態1の効果および具体的な適用例＞

[0053] 以上説明した本実施の形態1によれば、撮像補助装置1の付け外しにより、用途によって同一の撮像装置100で、焦点深度拡大機能の作用している状態と作用していない状態を切り替えることができる。また、複数の撮像補助装置1において、それぞれ位相変調素子12の位相変調の大きさが異なる状態にしておけば、それらの撮像補助装置1を付け替えることにより、同一の撮像装置100で、用途によって位相変調素子12の位相変調の大きさを切り替えること、すなわち焦点深度拡大効果を切り替えることができる。

[0054] このため、通常の撮像装置と焦点深度拡大技術を適用した撮像装置の両方の撮像装置を製造する場合に比べ、あるいは、通常の撮像装置と、拡大効果の異なる複数の焦点深度拡大技術を適用した撮像装置の全てを製造する場合に比べて、コストを低減することができる。

[0055] また、ユーザーが購入済みの既存の撮像装置に対しても、焦点深度拡大機能を追加できる。この場合の具体的な適用例が携帯電話である場合について、図9を用いて説明する。図9は、本実施の形態1における撮像装置100を携帯電話に適用した場合の一例を示す図である。図9において、符号110は携帯電話を示し、符号2は携帯電話110に内蔵されているマスターレンズを示している。

[0056] 撮像補助装置1は、マスターレンズ2に入射する光束を変調するように携帯電話110に接続される。接続方法は、例えば磁石を使用する方法であっ

てもよいし、クリップのようなバネを使用する方法であってもよい。撮像補助装置 1 には、位相変調素子を光軸方向に手動で調整可能な機構が設けられており、ユーザーは図 6 に示すようなテストチャートを使用して撮像補助装置 1 内の位相変調素子の位置を調整してもよいし、携帯電話 110 の機種によって決まる絞りの共役位置の情報を入手して適切な位置に移動させてもよい。また、ソフトウェア 5 は、携帯電話 110 にインストールされる。ソフトウェア 5 には、取得画像の画像処理を行う画像生成部が含まれており、画像生成部により位相変調素子による変調分を除去する補正処理が施される。また、ソフトウェア 5 には、画像認識部や補正用変数格納部が含まれていてもよい。また、制御部への撮像補助装置 1 による位相変調の情報の入力の手動で行ってもよい。

[0057] 本実施の形態 1 における撮像補助装置 1、およびそれを用いた撮像装置 100 において、より詳細な効果は以下の通りである。

[0058] (1) 撮像補助装置 1 は、マスターレンズ 2 および撮像素子 3 を有する撮像装置 100 に取り付け可能な撮像補助装置である。撮像補助装置 1 は、前側レンズ群 11、後側レンズ群 14 および位相変調素子 12 を有する。位相変調素子 12 は、撮像補助装置 1 およびマスターレンズ 2 により撮像素子 3 上に形成される点像の光軸方向の変化を、この位相変調素子 12 が無い場合よりも小さくし、かつ、光軸方向に可動である。これにより、絞りの共役位置が変わっても、焦点深度拡大機能を適切に作用させることができる。

[0059] (2) 撮像補助装置 1 は、マスターレンズ 2 よりも被写体側に取り付け可能である。これにより、焦点深度拡大機能の作用している状態と作用していない状態を切り替えることができる。

[0060] (3) 位相変調素子 12 は、三次関数の成分を有する面形状である。あるいは、位相変調素子 12 は、輪帯構造からなる面形状である。これにより、撮像素子 3 上の点像の光軸方向の変化を小さくすることができる。

[0061] (4) 撮像補助装置 1 は、位相変調素子 12 による位相変調の情報を外部に伝達するように制御される。また、撮像補助装置 1 は、位相変調素子 12

の位置の情報を外部に伝達するように制御される。これにより、撮像補助装置 1 に関する情報を外部に伝達することができる。

[0062] (5) 撮像装置 100 は、マスターレンズ 2 および撮像素子 3 を有する撮像装置である。撮像装置 100 は、撮像補助装置 1 が取り付け可能である。撮像補助装置 1 は、上記 (1) のような構成からなる。これにより、絞りの共役位置が変わっても、焦点深度拡大機能を適切に作用させることができる。

[0063] (6) 撮像装置 100 は、制御部 40 を有することにより、位相変調素子 12 の位置を制御することができる。

[0064] (7) 撮像装置 100 は、画像認識部 45 を有することにより、変調中間画像内あるいは再生画像内の位置の異なる点像の形状を認識して比較することができる。

[0065] (8) 撮像装置 100 は、制御部 40 を有することにより、撮像補助装置 1 からの情報（位相変調素子 12 による位相変調の情報、位相変調素子 12 の位置の情報）を取得することができる。また、制御部 40 は、マスターレンズ 2 の状態の情報も取得することができる。

[0066] (9) 撮像装置 100 は、制御部 40 を有することにより、マスターレンズ 2 の状態の情報を撮像補助装置 1 に伝達することができる。

[0067] (10) 撮像装置 100 は、画像生成部 42 を有することにより、取得した変調中間画像に対し、補正処理を施して再生画像を生成することができる。

[0068] (11) 撮像装置 100 は、制御部 40 を有することにより、マスターレンズ 2 の状態の情報と位相変調素子 12 による位相変調の情報とに基づき、補正用変数を決定することができる。

[0069] (12) 本実施の形態 1 によれば、撮像装置 100 の焦点深度拡大機能の作用している状態と作用していない状態を切り替えること、位相変調素子 12 の位相変調の大きさを切り替えること、すなわち焦点深度拡大効果の度合を切り替えること、ユーザーが購入済みの既存の撮像装置に対しても焦点深

度拡大機能を追加することができる。そして、マスターレンズ 2 が別のマスターレンズに置き換わる場合やマスターレンズ 2 のズーム状態、フォーカス調整状態が変わる場合に、絞りの共役位置が変わっても、共通の撮像補助装置 1 により焦点深度拡大機能を適切に作用させることができる。よって、絞りの共役位置が変わる場合に、絞りの共役位置に応じて別個の撮像補助装置を用いる方法に比べて、製造コスト低減、付け替えの工数削除等の効果がある。

[実施の形態 2]

[0070] 実施の形態 2 における撮像補助装置、およびそれを用いた撮像装置について、図 10～図 11 を用いて説明する。本実施の形態 2 は、撮像補助装置 1 をマスターレンズ 2 と撮像装置本体 4 との間に取り付ける構成の撮像装置に適用した例である。本実施の形態 2 では、前記実施の形態 1 と異なる点を主に説明する。

<撮像装置>

[0071] 図 10 を用いて、本実施の形態 2 における撮像装置全体の構成を説明する。図 10 は、本実施の形態 2 における撮像装置の構成の一例を示す図である。本実施の形態 2 における撮像装置 101 は、撮像補助装置 1 をマスターレンズ 2 と撮像素子 3 との間に取り付ける構成であり、撮像補助装置 1、マスターレンズ 2、撮像装置本体 4 等から構成される。

[0072] マスターレンズ 2 は、前記実施の形態 1 と同様の構成要素からなり、被写体側から順に、前側レンズ群 21、絞り 22、後側レンズ群 23 の配置となっている。撮像補助装置 1 は、マスターレンズ 2 と撮像装置本体 4 との間に取り付け可能であり、前記実施の形態 1 と同様の構成要素からなるが、配置が異なり、マスターレンズ 2 側から順に、フィールドレンズ 13、前側レンズ群 11、位相変調素子 12、後側レンズ群 14 の配置となっている。撮像装置本体 4 は、前記実施の形態 1 と同様の構成要素からなり、撮像素子 3、制御部 40、信号処理部 41、画像生成部 42、補正用変数格納部 43、出力部 44、画像認識部 45 等を備える。

[0073] 本実施の形態2における撮像装置101において、撮像補助装置1を取り付けずに使用する場合、すなわち通常の撮像装置として使用する場合は、マスターレンズ2を直接撮像装置本体4に接続する。これは、前記実施の形態1で、撮像補助装置1が取り付けられていない状態と同様の構成であり、動作についての説明を省略する。

[0074] 図10は、撮像装置101に撮像補助装置1が取り付けられている状態を示しており、この状態では撮像装置101は焦点深度の拡大された撮像装置として機能する。被写体から発した光束はほぼ平行な状態でマスターレンズ2に入射し、前側レンズ群21によりレンズ作用を受け、絞り22により光束径の制限を受け、後側レンズ群23によりレンズ作用を受け、撮像補助装置1内のフィールドレンズ13の近傍の点Pに集光する。その後、光束は撮像補助装置1内の前側レンズ群11により凸レンズの作用を受け、位相変調素子12により位相変調を受け、後側レンズ群14により凸レンズの作用を受け、撮像素子3の面上に被写体像を形成する。

[0075] このとき、撮像補助装置1内の前側レンズ群11と後側レンズ群14の間には絞り22の位置と光学的に共役な位置が存在しており、位相変調素子12は絞り22の位置と光学的に共役な位置を含む範囲で光軸方向に可動な構造になっている。よって、位相変調素子12の位置を絞り22の位置と光学的に共役な位置に調整することにより、被写体像の全面にほぼ均一な変調を与えることができ、再生画像取得のための補正処理が容易に実行でき、品質の高い再生画像を出力することができる。位相変調素子12の位置調整は、前記実施の形態1と同様にして行える。

＜絞りの共役位置＞

[0076] 次に、図11を用いて、撮像補助装置1内の前側レンズ群11と後側レンズ群14の間に絞り22の位置と光学的に共役な位置が存在すること、すなわち絞り22の像が存在することを説明する。図11は、絞りの共役位置の一例を説明するための図である。図11は、撮像装置101に撮像補助装置1を取り付けた状態での光線図であり、各レンズ群は厚みのない理想レンズ

として表現している。位相変調素子 1 2 とフィールドレンズ 1 3 は省略している。

[0077] この状態で、被写体から発した光線はほぼ平行な状態でマスターレンズ 2 に入射し、集光点 P に集光した後、撮像補助装置 1 の光学系の作用により撮像素子 3 上に結像する。ここで、絞り 2 2 の点 A に着目し、点 A から光が発すると考える。点 A から発して後側レンズ群 2 3 の中心を通過する光線はレンズの作用を受けずにそのまま直進し、撮像補助装置 1 内の前側レンズ群 1 1 により凸レンズの作用を受け、図 1 1 中反時計回りの方向に屈折し直進する。この直線と点 A から発して撮像素子 3 上の焦点に到達する光線は後側レンズ群 1 4 に到達する前に点 A' で交差する。つまり、点 A の像は点 A' に形成される。絞り 2 2 上の点は全て同様に作図でき、絞り 2 2 の像は点 A' を含む光軸と垂直な平面内に存在することが分かる。絞り 2 2 の像を図 1 1 中 C で示す。

なお、詳細な説明は省略するが、本実施の形態 2 においても前記実施の形態 1 と同様に、マスターレンズ 2 のズーム状態およびフォーカス状態が変わった場合、絞りの共役位置は移動する。

<実施の形態 2 の効果>

[0078] 本実施の形態 2 は、撮像補助装置 1 をマスターレンズ 2 と撮像素子 3 との間に取り付ける構成の撮像装置において、マスターレンズ 2 の交換が可能な撮像装置に対して適用でき、前記実施の形態 1 と同様の効果を得ることができる。より詳細に、本実施の形態 2 において、前記実施の形態 1 と異なる効果は、撮像補助装置 1 が、マスターレンズ 2 と撮像装置本体 4 との間に取り付ける方式であることにより、既存の撮像装置に取り付けるための撮像補助装置を設計する場合、接続部の機構の設計が容易である。さらに、本実施の形態 2 によれば、撮像補助装置 1 を取り外さずにマスターレンズ 2 を交換することができる。

[実施の形態 3]

[0079] 実施の形態 3 における撮像補助装置、およびそれを用いた撮像装置について

て、図 1 2 を用いて説明する。本実施の形態 3 は、前記実施の形態 1 の撮像装置において、マスターレンズ 2 の状態に対する絞りの共役位置の対応関係を撮像装置本体 4 あるいは撮像補助装置 1 の内部に記憶させている構成に適用した例である。本実施の形態 3 では、前記実施の形態 1 および 2 と異なる点を主に説明する。

<撮像装置>

[0080] 図 1 2 を用いて、本実施の形態 3 における撮像装置全体の構成を説明する。図 1 2 は、本実施の形態 3 における撮像装置の構成の一例を示す図である。本実施の形態 3 における撮像装置は、マスターレンズ 2 の状態に対する絞りの共役位置の対応関係を予め調べておき、その対応関係を対応表 1 5 として撮像装置本体 4 あるいは撮像補助装置 1 の内部に記憶させている構成である。本実施の形態 3 においては、対応表 1 5 以外の構成は前記実施の形態 1 と同じであり、図 1 2 では説明に関係のない構成要素は省略している。図 1 2 において、(a) は対応表 1 5 を撮像装置本体 4 の内部に記憶させている構成であり、(b) は対応表 1 5 を撮像補助装置 1 の内部に記憶させている構成である。

[0081] 本実施の形態 3 においては、位相変調素子 1 2 の位置の調整方法が前記実施の形態 1 と異なる。本実施の形態 3 においては、位相変調素子 1 2 の位置の調整は対応表 1 5 の情報に基づき位相変調素子 1 2 を移動させる方法であってもよい。対応表 1 5 には、マスターレンズ 2 の状態に対する絞りの共役位置の対応関係の情報が記憶されている。マスターレンズ 2 の状態とは、マスターレンズ 2 に複数のタイプがある場合、取り付けられているタイプのこともよいし、マスターレンズ 2 のズーム状態やフォーカス調整状態が変わる場合にはそれらの状態であってもよい。対応表 1 5 は、図 1 2 (a) に示すように撮像装置本体 4 の内部に設置されていてもよいし、図 1 2 (b) に示すように撮像補助装置 1 の内部に設置されていてもよい。

[0082] マスターレンズ 2 の状態の情報は、マスターレンズ 2 から制御部 4 0 に渡されてもよい。制御部 4 0 はマスターレンズ 2 の状態の情報を対応表 1 5 に

入力してもよく、対応表 15 はマスターレンズ 2 の状態の情報に基づき絞りの共役位置の情報を出力する。対応表 15 から出力される絞りの共役位置の情報は制御部 40 に入力されてもよいし、液晶パネルなどでユーザーに提示されてもよい。絞りの共役位置の情報が制御部 40 に入力される場合には、位相変調素子 12 の制御は制御部 40 によって行われてもよい。この場合、制御部 40 は位相変調素子 12 の制御信号に対する移動量の感度の情報と位置の情報を撮像補助装置 1 から受け取ってもよく、位相変調素子 12 の制御信号に対する移動量の感度の情報が一通りしかない場合には当該情報を予め記憶していてもよい。絞りの共役位置の情報がユーザーに提示される場合には、位相変調素子 12 の制御は手動で行ってもよい。

<実施の形態 3 の効果>

[0083] 本実施の形態 3 は、マスターレンズ 2 の状態に対する絞りの共役位置の対応関係を撮像装置本体 4 あるいは撮像補助装置 1 の内部に記憶させている構成に適用でき、前記実施の形態 1 と同様の効果を得ることができる。より詳細に、本実施の形態 3 において、前記実施の形態 1 および 2 と異なる効果は、以下の通りである。撮像補助装置 1 は、内部に対応表 15 を有することにより、マスターレンズ 2 の状態に対応する位相変調素子 12 の最適位置を予め記憶しておくことができる。あるいは、撮像装置 100 は、撮像装置本体 4 の内部に対応表 15 を有することにより、マスターレンズ 2 の状態に対応する位相変調素子 12 の最適位置を予め記憶しておくことができる。

[実施の形態 4]

[0084] 実施の形態 4 における撮像補助装置、およびそれを用いた撮像装置について、図 13 を用いて説明する。本実施の形態 4 は、前記実施の形態 1 の撮像装置において、補助制御部 10 および対応表 15 が撮像補助装置 1 の内部に設けられている構成に適用した例である。本実施の形態 4 では、前記実施の形態 1 ～ 3 と異なる点を主に説明する。

<撮像装置>

[0085] 図 13 を用いて、本実施の形態 4 における撮像装置全体の構成を説明する

。図 1 3 は、本実施の形態 4 における撮像装置の構成の一例を示す図である。本実施の形態 4 における撮像装置は、補助制御部 1 0 および対応表 1 5 が撮像補助装置 1 の内部に設けられている構成である。本実施の形態 4 においては、補助制御部 1 0 および対応表 1 5 以外の構成は前記実施の形態 1 と同じであり、図 1 3 では説明に関係のない構成要素は省略している。

[0086] 本実施の形態 4 においては、位相変調素子 1 2 の位置の制御の際の信号の流れが、前記実施の形態 1、前記実施の形態 3 と異なる。本実施の形態 4 においては、調整方法がテストチャート等を使用する方法の場合には、画像認識部 4 5 の認識結果は補助制御部 1 0 に渡されてもよい。補助制御部 1 0 は、その結果に基づき位相変調素子 1 2 の位置の制御信号を発信してもよい。

[0087] 調整方法が、マスターレンズ 2 の状態に対する絞りの共役位置の対応関係を予め調べておき、その対応関係の対応表 1 5 に基づき位相変調素子 1 2 を移動させる方法の場合、マスターレンズ 2 のタイプの情報、マスターレンズ 2 のズーム状態、フォーカス状態等のマスターレンズ 2 の状態の情報はマスターレンズ 2 から補助制御部 1 0 に直接渡されてもよいし、制御部 4 0 を介して補助制御部 1 0 に渡されてもよい。補助制御部 1 0 はマスターレンズ 2 の状態の情報を対応表 1 5 に入力してもよく、対応表 1 5 はマスターレンズ 2 の状態の情報に基づき絞りの共役位置の情報を出力する。対応表 1 5 から出力される絞りの共役位置の情報は補助制御部 1 0 に入力されてもよく、液晶パネルなどでユーザーに提示されてもよい。

[0088] 絞りの共役位置の情報が補助制御部 1 0 に入力される場合には、位相変調素子 1 2 の制御は補助制御部 1 0 によって行われてもよい。この場合、補助制御部 1 0 は位相変調素子 1 2 の制御信号に対する移動量の感度の情報を予め記憶しており、位相変調素子 1 2 の位置の情報をステップモータの駆動パルス数などにより認識していてもよい。絞りの共役位置の情報がユーザーに提示される場合には、位相変調素子 1 2 の制御は手動で行ってもよい。

<実施の形態 4 の効果>

[0089] 本実施の形態 4 は、補助制御部 1 0 および対応表 1 5 が撮像補助装置 1 の

内部に設けられている構成に適用でき、前記実施の形態 1 と同様の効果を得ることができる。より詳細に、本実施の形態 4 において、前記実施の形態 1 ～ 3 と異なる効果は、以下の通りである。撮像補助装置 1 は、補助制御部 10 を有することにより、マスターレンズ 2 の状態の情報を取得することができる。また、撮像補助装置 1 は、補助制御部 10 を有することにより、外部からの情報に基づき、位相変調素子 12 の位置を制御することができる。

〔実施の形態 5〕

[0090] 実施の形態 5 における撮像補助装置、およびそれを用いた撮像装置について、図 14 を用いて説明する。本実施の形態 5 は、前記実施の形態 1 において、撮像補助装置 1 に焦点距離変換の機能を追加した撮像装置に適用した例である。本実施の形態 5 では、前記実施の形態 1 ～ 4 と異なる点を主に説明する。

＜撮像補助装置＞

[0091] 図 14 を用いて、本実施の形態 5 における撮像装置において、撮像補助装置 1 の構成を説明する。図 14 は、本実施の形態 5 における撮像装置において、撮像補助装置 1 の構成の一例を示す図である。本実施の形態 5 における撮像補助装置 1 は、焦点距離変換の機能を追加した構成である。図 14 (a) (b) において、 $\phi 1$ は撮像補助装置 1 へ入射する光束の径であり、 $\phi 2$ は撮像補助装置 1 から出射する光束の径である。

[0092] 前記実施の形態 1 では、撮像補助装置 1 は焦点距離変換の機能を有していないので、 $\phi 1 = \phi 2$ となる設計が望ましい。本実施の形態 5 において、図 14 (a) は、 $\phi 1 > \phi 2$ となる構成例を示しており、この場合には撮像装置の焦点距離は長い側に変換される。一方、図 14 (b) は、 $\phi 1 < \phi 2$ となる構成例を示しており、この場合には撮像装置の焦点距離は短い側に変換される。また、前側レンズ群 11 を複数のレンズ群で構成し、その内のいくつかのレンズ群が光軸方向に可動な構成にすることにより、 $\phi 1$ の大きさを可変にすることができる。この場合には、 $\phi 1$ と 2 との比が可変となるので、撮像装置の焦点距離が可変となる。

＜実施の形態 5 の効果＞

[0093] 本実施の形態 5 は、前記実施の形態 1 において、撮像補助装置 1 に焦点距離変換の機能を追加した撮像装置に適用できる。よって、本実施の形態 5 によれば、前記実施の形態 1 の効果に、焦点距離変換の効果を追加することができる。これにより、焦点距離変換レンズを別途設けるよりも、コンパクトで低コストの撮像装置を実現できる。より詳細に、本実施の形態 5 において、前記実施の形態 1 ～ 4 と異なる効果は、以下の通りである。撮像補助装置 1 は、マスターレンズ 2 の焦点距離を変換するように制御されることにより、焦点距離変換機能を実現することができる。さらに、撮像補助装置 1 は、変換後の焦点距離を可変とすることができる。

[実施の形態 6]

[0094] 実施の形態 6 における撮像補助装置、およびそれを用いた撮像装置について、図 15 を用いて説明する。本実施の形態 6 は、前記実施の形態 2 において、撮像補助装置 1 に焦点距離変換の機能を追加した撮像装置に適用した例である。本実施の形態 6 では、前記実施の形態 1 ～ 5 と異なる点を主に説明する。

＜撮像補助装置＞

[0095] 図 15 を用いて、本実施の形態 6 における撮像装置において、撮像補助装置 1 の構成を説明する。図 15 は、本実施の形態 6 における撮像装置において、撮像補助装置 1 の構成の一例を示す図である。本実施の形態 6 における撮像補助装置 1 は、焦点距離変換の機能を追加した構成である。図 15 (a) (b) において、 $\theta 1$ は撮像補助装置 1 へ入射する光束の集光角度であり、 $\theta 2$ は撮像補助装置 1 から出射する光束の集光角度である。

[0096] 前記実施の形態 2 では、撮像補助装置 1 は焦点距離変換の機能を有していないので、 $\theta 1 = \theta 2$ となる設計が望ましい。本実施の形態 6 において、図 15 (a) は、 $\theta 1 > \theta 2$ となる構成例を示しており、この場合には撮像装置の焦点距離は長い側に変換される。一方、図 15 (b) は、 $\theta 1 < \theta 2$ となる構成例を示しており、この場合には撮像装置の焦点距離は短い側に変換

される。また、前側レンズ群 1 1 および後側レンズ群 1 4 を複数のレンズ群で構成し、その内のいくつかのレンズ群が光軸方向に可動な構成にすることにより、 $\theta 2$ の大きさを可変にすることができる。この場合には、 $\theta 1$ と $\theta 2$ との比が可変となるので、撮像装置の焦点距離が可変となる。

＜実施の形態 6 の効果＞

[0097] 本実施の形態 6 は、前記実施の形態 2 において、撮像補助装置 1 に焦点距離変換の機能を追加した撮像装置に適用できる。よって、本実施の形態 6 によれば、前記実施の形態 2 の効果に、焦点距離変換の効果を追加することができる。これにより、焦点距離変換レンズを別途設けるよりも、コンパクトで低コストの撮像装置を実現できる。より詳細に、本実施の形態 6 によれば、前記実施の形態 5 と同様に、焦点距離変換機能を実現することができ、さらに、変換後の焦点距離を可変とすることができる。

[0098] 以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

[0099] また、上記実施の形態は、本発明を分かり易く説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施の形態の構成の一部を他の実施の形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施の形態の構成に他の実施の形態の構成を加えることも可能である。また、各実施の形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

[0100] また、上記の各構成は、それらの一部又は全部が、ハードウェアで構成されても、プロセッサでプログラムが実行されることにより実現されるように構成されてもよい。また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

[付記]

[0101] 本発明は、特許請求の範囲に記載の特徴の他、以下の特徴も含んでいる。

- (1) 撮像補助装置は、入射側の光束径と出射側の光束径とが異なる。(2) 撮像補助装置は、入射側の光束径と出射側の光束径との比が可変である。(3) 撮像補助装置は、入射側の集光角度と出射側の集光角度とが異なる。(4) 撮像補助装置は、入射側の集光角度と出射側の集光角度との比が可変である。(5) 撮像補助装置は、位相変調素子の制御信号に対する移動量の感度の情報を外部に伝達する機能を有する。(6) 撮像装置は、位相変調素子の制御信号に対する移動量の感度の情報を予め記憶している。(7) 撮像装置は、位相変調素子の制御信号に対する移動量の感度の情報を取得する制御部を有する。(8) 撮像装置は、マスターレンズの状態の情報、位相変調素子の位置の情報、位相変調素子の制御信号に対する移動量の感度の情報に基づき、位相変調素子の位置を制御する制御部を有する。

符号の説明

- [0102] 1…撮像補助装置、2…マスターレンズ、3…撮像素子、4…撮像装置本体、5…ソフトウェア、10…補助制御部、11…前側レンズ群、12…位相変調素子、13…フィールドレンズ、14…後側レンズ群、15…対応表、21…前側レンズ群、22…絞り、23…後側レンズ群、40…制御部、41…信号処理部、42…画像生成部、43…補正用変数格納部、44…出力部、45…画像認識部、51…モータ、52…出力軸、53…位相変調素子ホルダ、54…ラック、55a、55b…摺動軸、100、101…撮像装置、110…携帯電話。

請求の範囲

- [請求項1] マスターレンズおよび撮像素子を有する撮像装置に取り付け可能な撮像補助装置であって、
- 複数のレンズ群および位相変調素子を有し、
- 前記位相変調素子は、前記撮像補助装置および前記マスターレンズにより前記撮像素子上に形成される点像の光軸方向の変化を、該位相変調素子が無い場合よりも小さくし、かつ、前記光軸方向に可動である、撮像補助装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の撮像補助装置であって、
- 前記撮像補助装置は、前記マスターレンズよりも被写体側に取り付け可能である、撮像補助装置。
- [請求項3] 請求項1に記載の撮像補助装置であって、
- 前記撮像補助装置は、前記マスターレンズと前記撮像素子との間に取り付け可能である、撮像補助装置。
- [請求項4] 請求項1に記載の撮像補助装置であって、
- 前記撮像補助装置は、前記マスターレンズの焦点距離を変換する機能を有する、撮像補助装置。
- [請求項5] 請求項4に記載の撮像補助装置であって、
- 前記撮像補助装置は、変換後の焦点距離が可変である、撮像補助装置。
- [請求項6] 請求項1に記載の撮像補助装置であって、
- 前記位相変調素子は、三次関数の成分を有する面形状である、撮像補助装置。
- [請求項7] 請求項1に記載の撮像補助装置であって、
- 前記位相変調素子は、輪帯構造からなる面形状である、撮像補助装置。
- [請求項8] 請求項1に記載の撮像補助装置であって、
- 前記撮像補助装置は、前記位相変調素子による位相変調の情報を外

部に伝達する機能を有する、撮像補助装置。

- [請求項9] 請求項 1 に記載の撮像補助装置であって、
前記撮像補助装置は、前記位相変調素子の位置の情報を外部に伝達する機能を有する、撮像補助装置。
- [請求項10] 請求項 1 に記載の撮像補助装置であって、
前記撮像補助装置は、前記マスターレンズの状態の情報を取得する制御部を有する、撮像補助装置。
- [請求項11] 請求項 1 に記載の撮像補助装置であって、
前記撮像補助装置は、前記マスターレンズの状態に対応する前記位相変調素子の最適位置を予め記憶している、撮像補助装置。
- [請求項12] 請求項 10 に記載の撮像補助装置であって、
前記撮像補助装置は、外部からの情報に基づき、前記位相変調素子の位置を制御する前記制御部を有する、撮像補助装置。
- [請求項13] マスターレンズおよび撮像素子を有する撮像装置であって、
撮像補助装置が取り付け可能であり、
前記撮像補助装置は、複数のレンズ群および位相変調素子を有し、
前記位相変調素子は、前記撮像補助装置および前記マスターレンズにより前記撮像素子上に形成される点像の光軸方向の変化を、該位相変調素子が無い場合よりも小さくし、かつ、前記光軸方向に可動である、撮像装置。
- [請求項14] 請求項 13 に記載の撮像装置であって、
前記撮像装置は、前記位相変調素子の位置を制御する制御部を有する、撮像装置。
- [請求項15] 請求項 13 に記載の撮像装置であって、
前記撮像装置は、変調中間画像内あるいは再生画像内の位置の異なる点像の形状を認識して比較する画像認識部を有する、撮像装置。
- [請求項16] 請求項 13 に記載の撮像装置であって、
前記撮像装置は、前記撮像補助装置からの情報を取得する制御部を

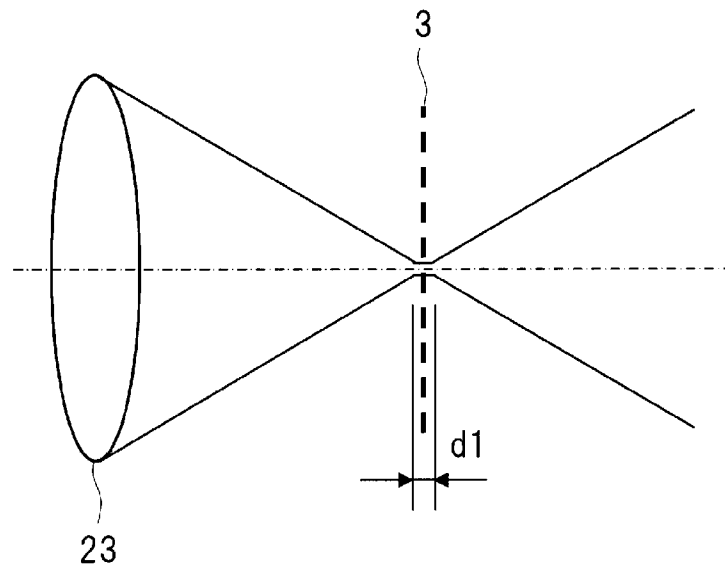
有する、撮像装置。

- [請求項17] 請求項13に記載の撮像装置であって、
前記撮像装置は、前記マスターレンズの状態の情報を前記撮像補助装置に伝達する制御部を有する、撮像装置。
- [請求項18] 請求項13に記載の撮像装置であって、
前記撮像装置は、前記マスターレンズの状態に対応する前記位相変調素子の最適位置を予め記憶している、撮像装置。
- [請求項19] 請求項13に記載の撮像装置であって、
前記撮像装置は、取得した変調中間画像に対し、補正処理を施して再生画像を生成する画像生成部を有する、撮像装置。
- [請求項20] 請求項19に記載の撮像装置であって、
前記撮像装置は、前記マスターレンズの状態の情報と前記位相変調素子による位相変調の情報とに基づき、補正用変数を決定する制御部を有する、撮像装置。

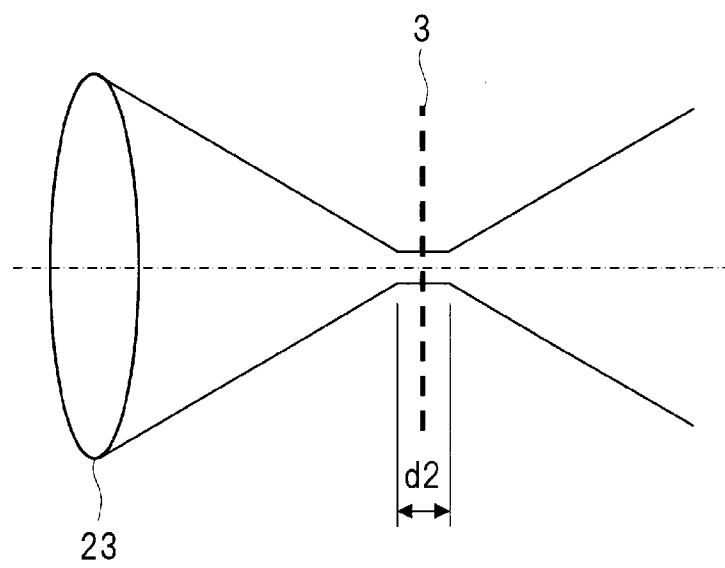
[図2]

図 2

(a)

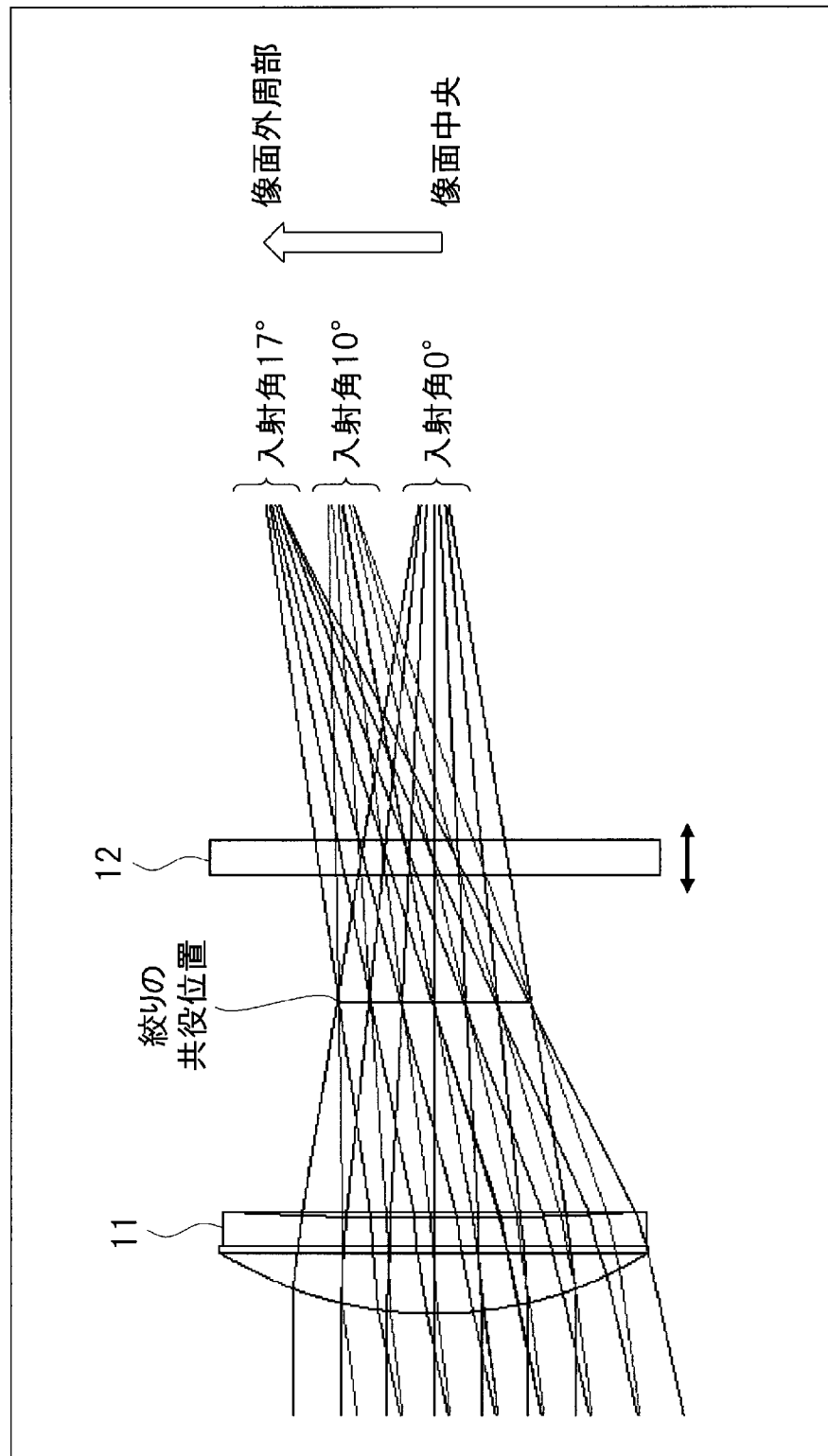


(b)



[図3]

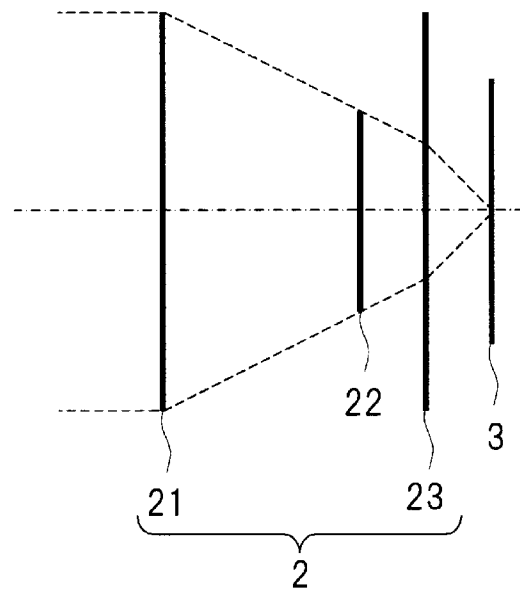
図 3



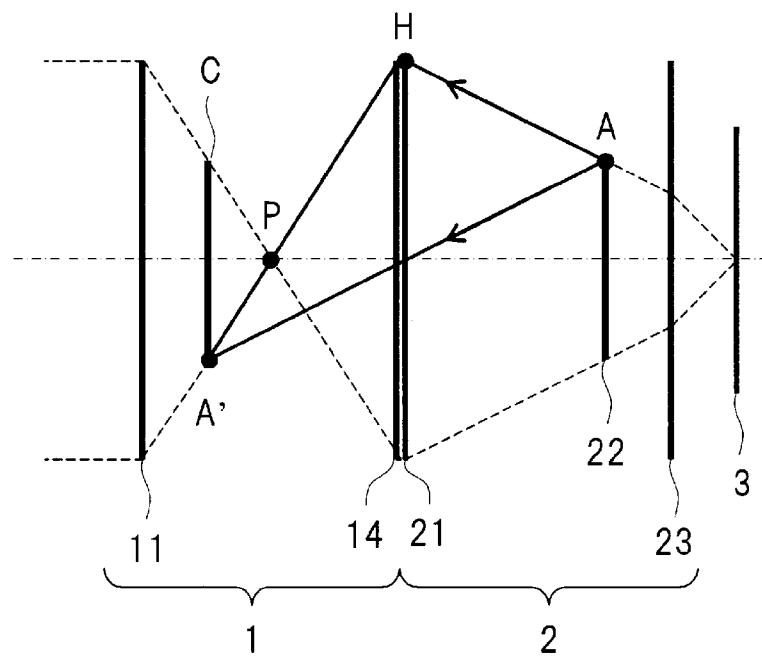
[図4]

図 4

(a)



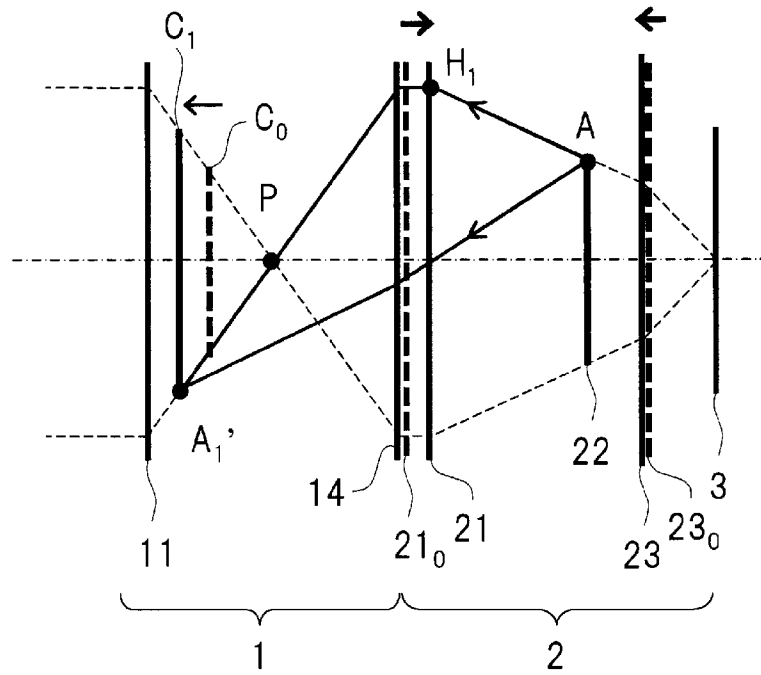
(b)



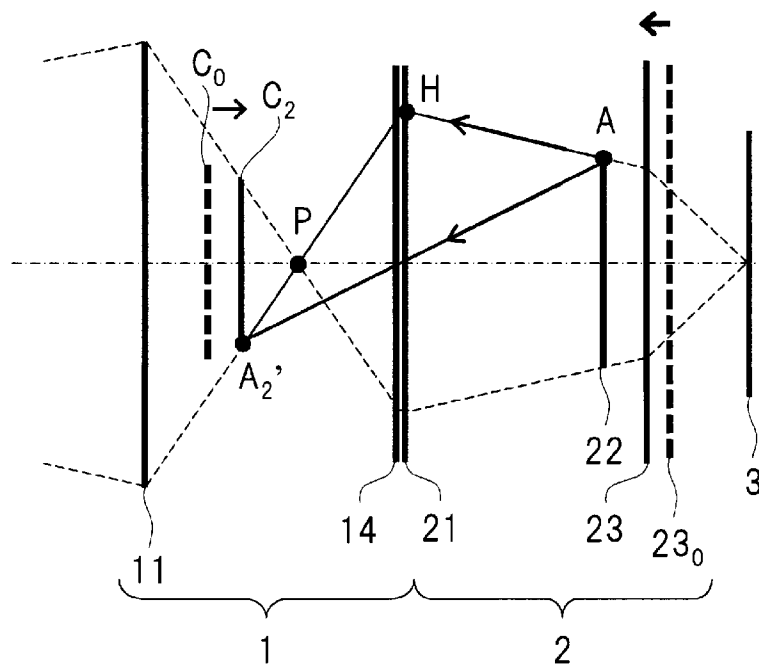
[図5]

図 5

(a)

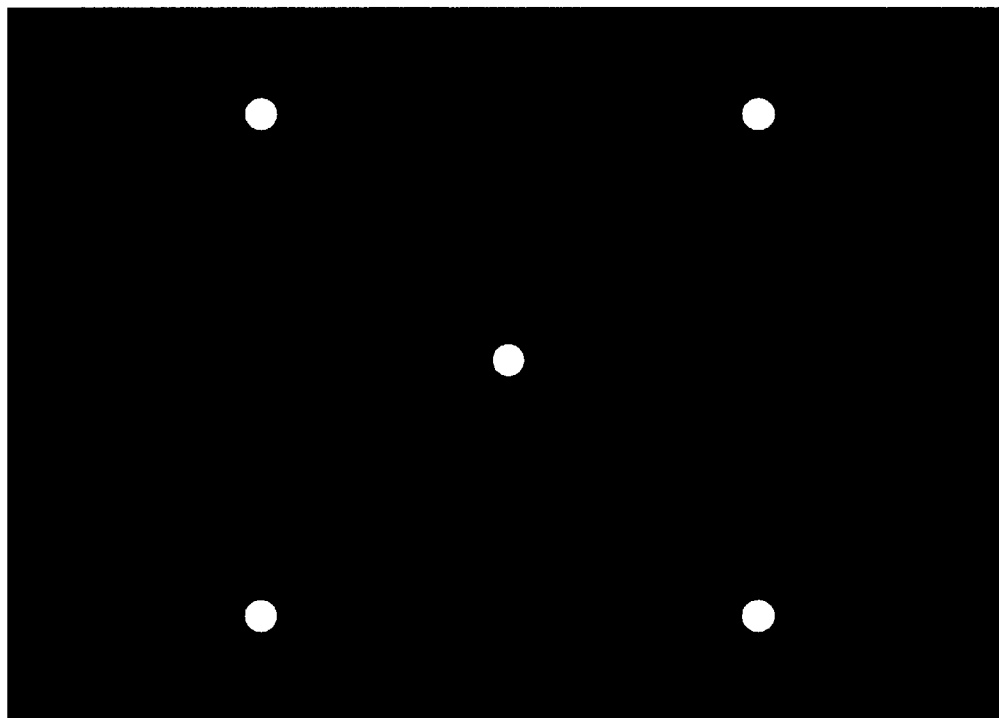


(b)



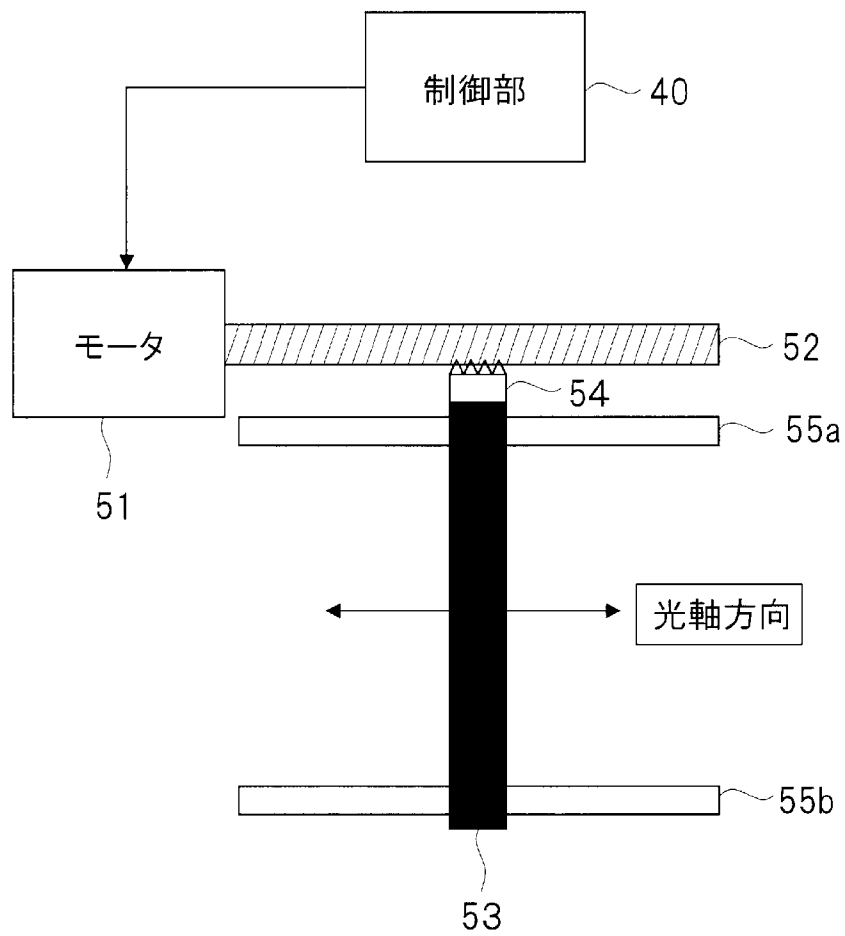
[図6]

図 6

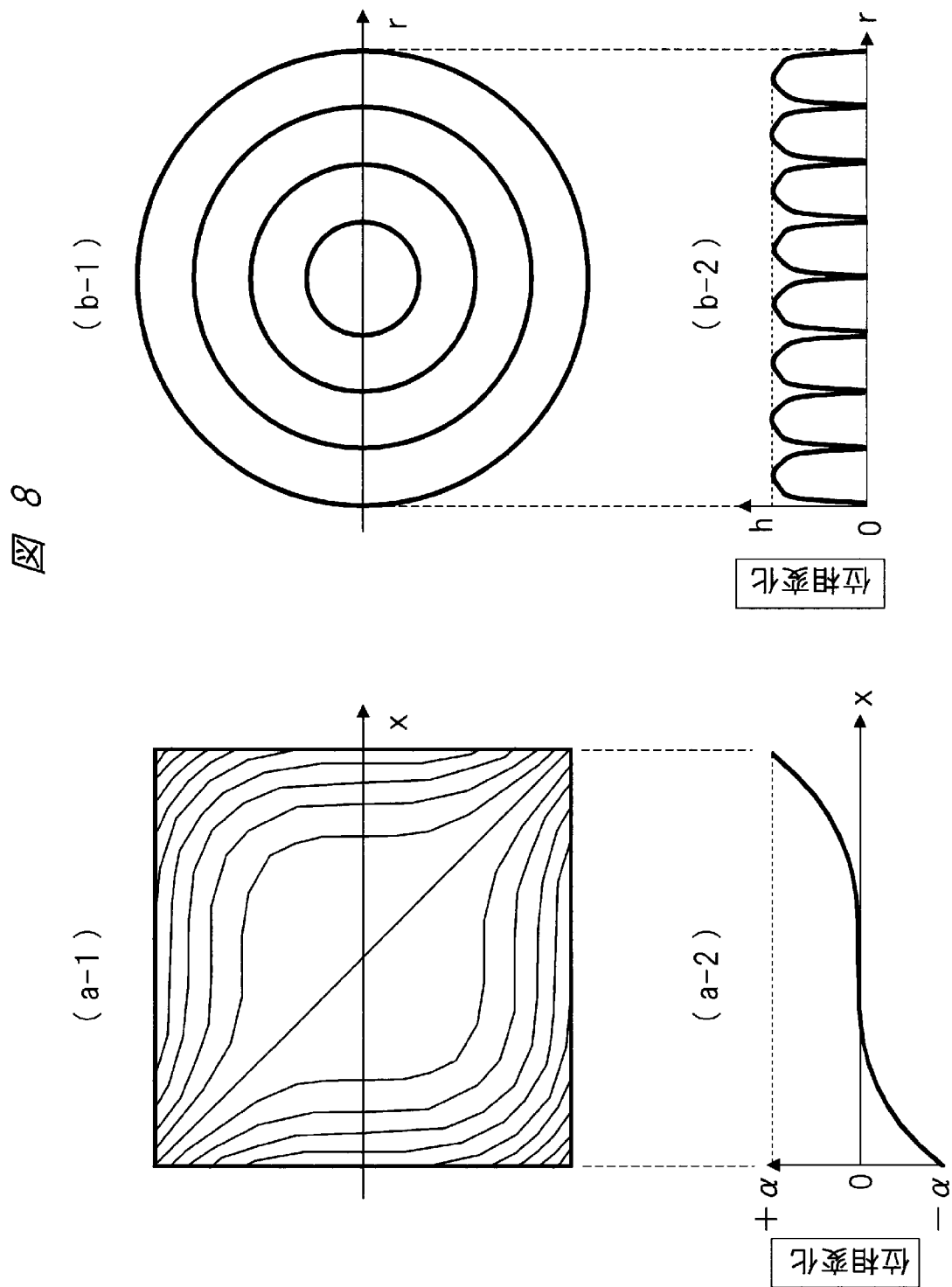


[図7]

図 7

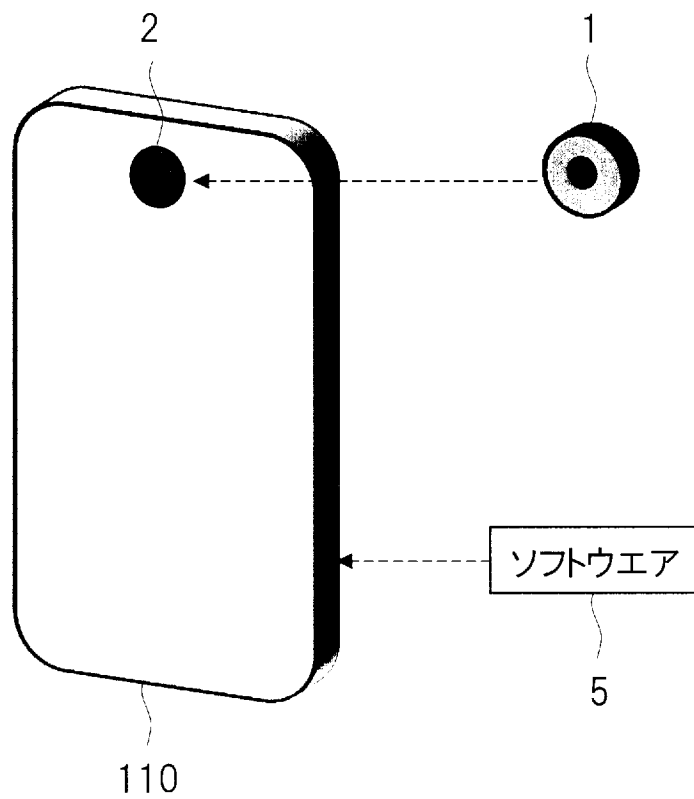


[図8]

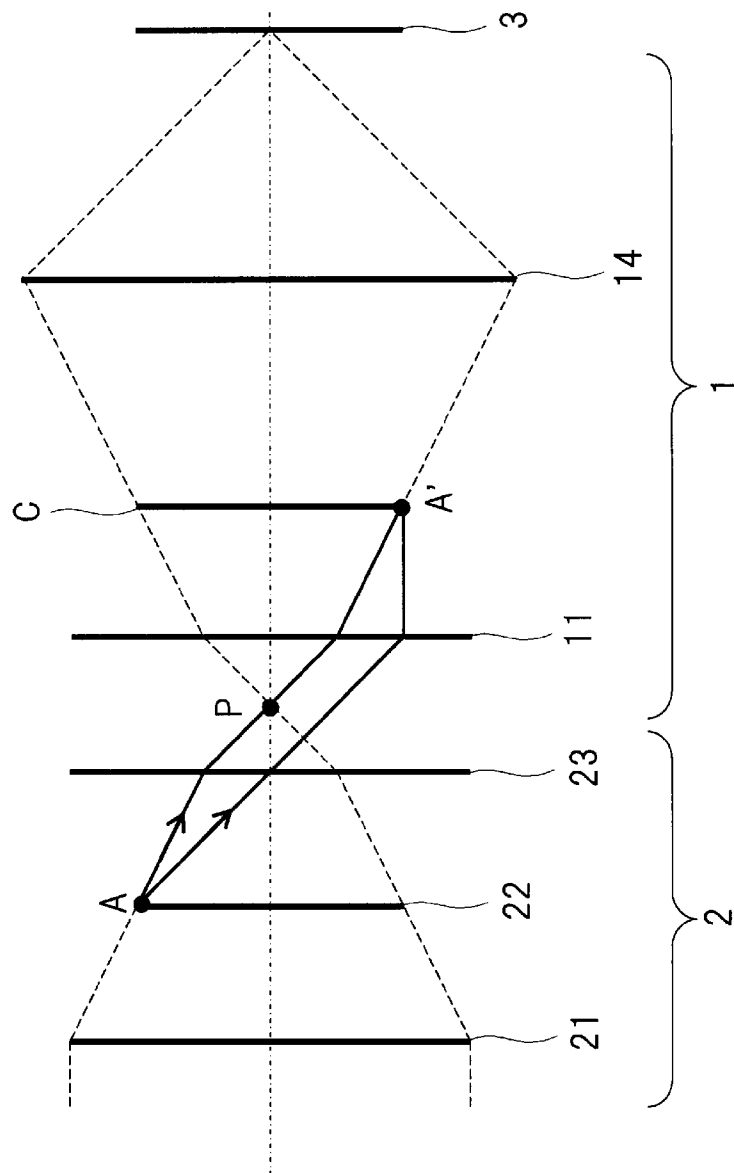


[図9]

図 9



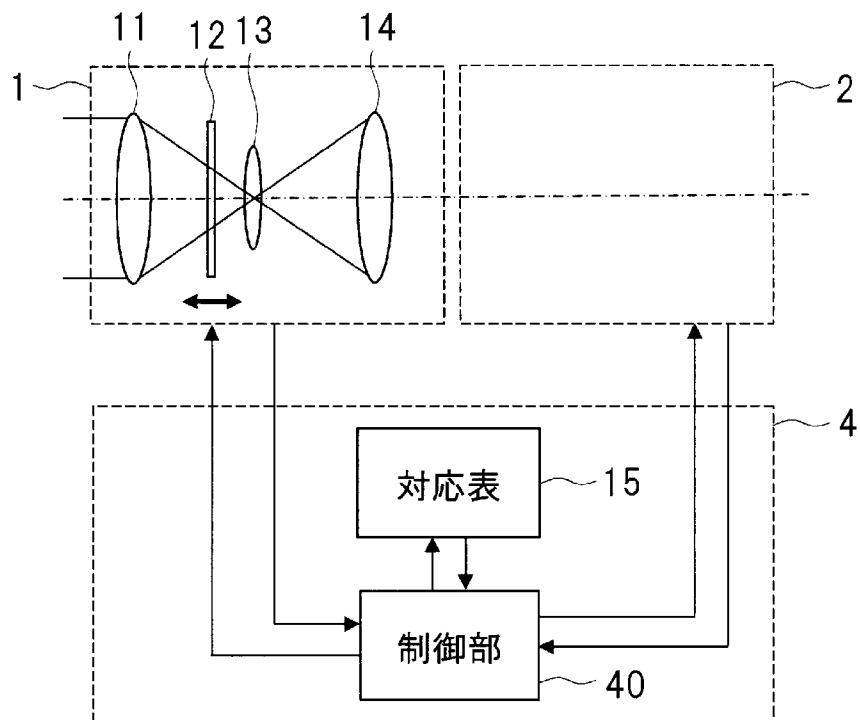
11



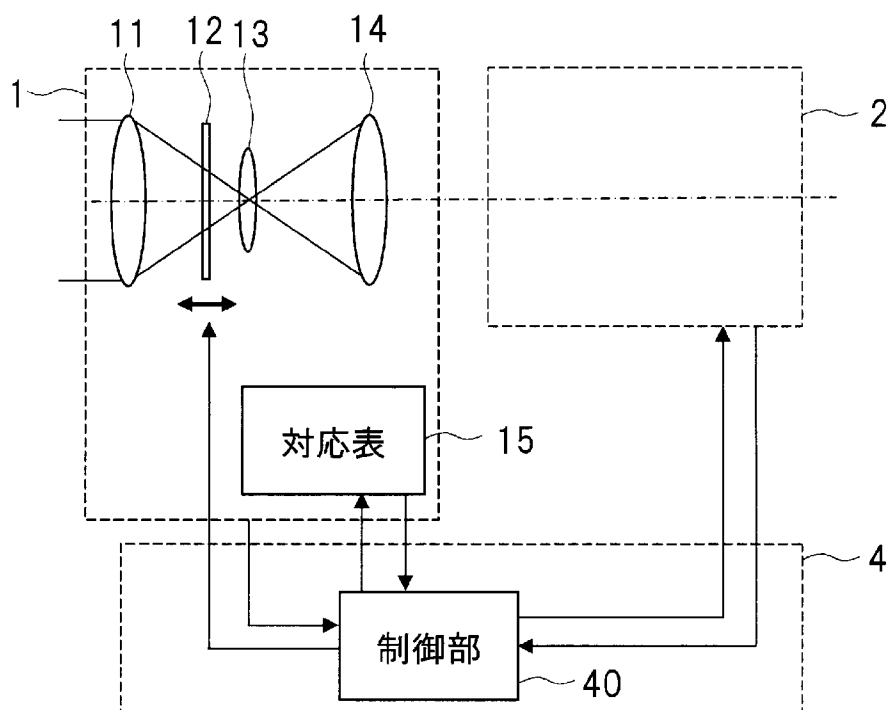
[図12]

図 12

(a)



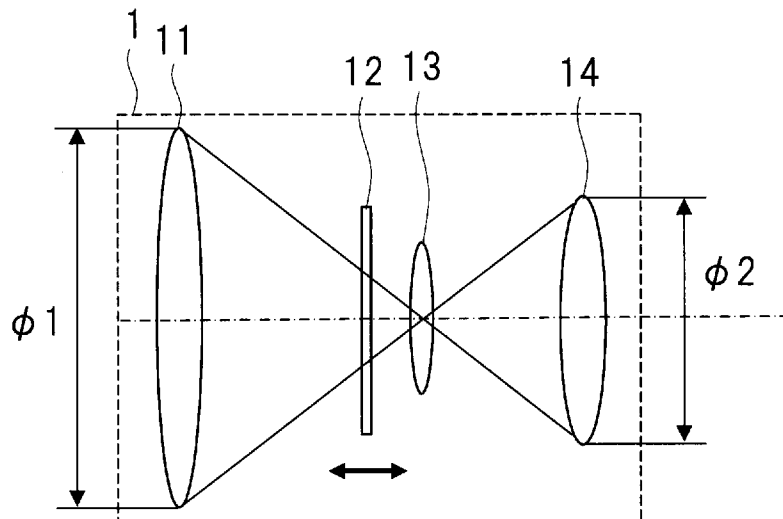
(b)



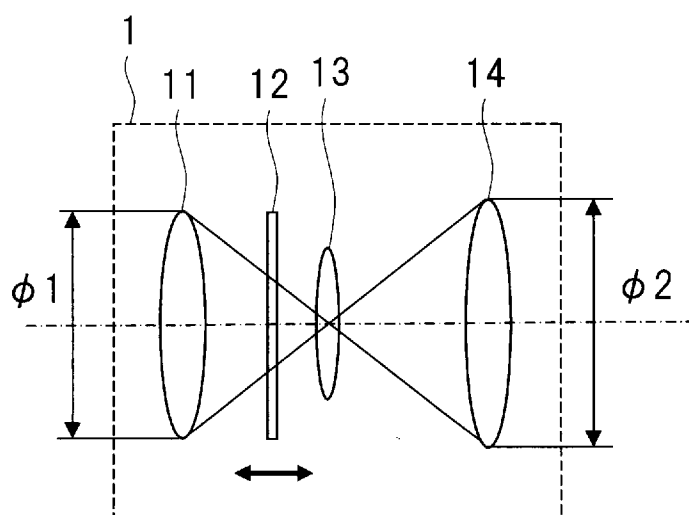
[図14]

図 14

(a)



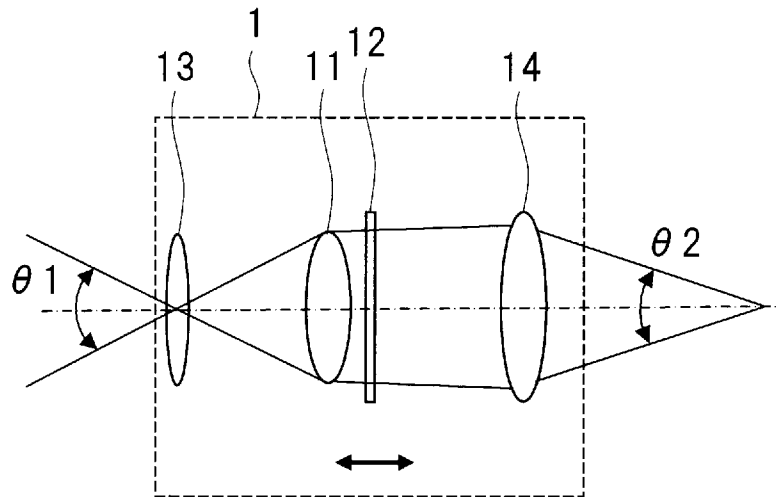
(b)



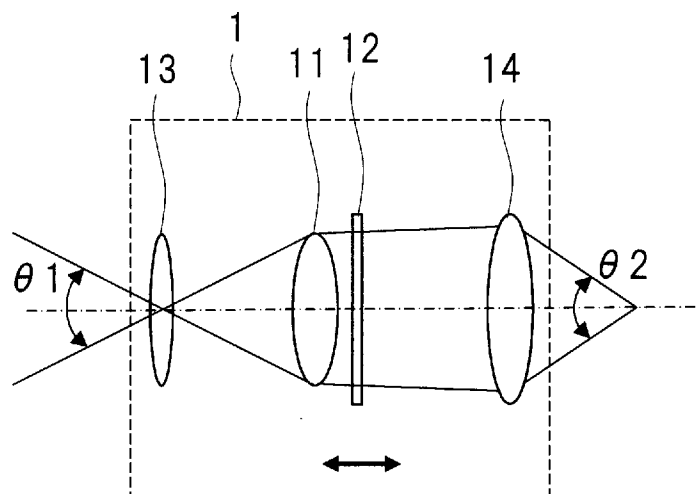
[図15]

図 15

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/066307

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03B17/56(2006.01)i, G03B11/00(2006.01)i, G03B17/12(2006.01)i, H04N5/232(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G03B17/56, G03B11/00, G03B17/12, H04N5/232

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-253602 A (Nikon Corp.), 20 December 2012 (20.12.2012), particularly, paragraph [0104] (Family: none)	1-20
A	JP 2000-098302 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 07 April 2000 (07.04.2000), entire text; all drawings & US 6295155 B1	1-20
A	JP 7-084221 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 31 March 1995 (31.03.1995), paragraph [0016]; fig. 3 to 4 (Family: none)	1-20



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 August 2015 (26.08.15)

Date of mailing of the international search report
08 September 2015 (08.09.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/066307

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-197115 A (Hitachi Maxell, Ltd.), 16 October 2014 (16.10.2014), entire text; all drawings & WO 2014/155790 A1	1-20
A	JP 2008-011491 A (Kyocera Corp.), 17 January 2008 (17.01.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-20
A	JP 2012-203142 A (Olympus Imaging Corp.), 22 October 2012 (22.10.2012), entire text; all drawings (Family: none)	4-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G03B17/56(2006.01)i, G03B11/00(2006.01)i, G03B17/12(2006.01)i, H04N5/232(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G03B17/56, G03B11/00, G03B17/12, H04N5/232			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
A	JP 2012-253602 A（株式会社ニコン）2012.12.20, 特に [0104] （ファミリーなし）	1-20	
A	JP 2000-098302 A（オリンパス光学工業株式会社）2000.04.07, 全 文全図 & US 6295155 B1	1-20	
A	JP 7-084221 A（松下電工株式会社）1995.03.31, [0016], 図 3-4 （ファミリーなし）	1-20	
☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 26.08.2015		国際調査報告の発送日 08.09.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 登丸 久寿 電話番号 03-3581-1101 内線 3271	2V 3722

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-197115 A (日立マクセル株式会社) 2014. 10. 16, 全文全図 & WO 2014/155790 A1	1-20
A	JP 2008-011491 A (京セラ株式会社) 2008. 01. 17, 全文全図 (ファミリーなし)	1-20
A	JP 2012-203142 A (オリンパスイメージング株式会社) 2012. 10. 22, 全文全図 (ファミリーなし)	4-5