

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6456208号  
(P6456208)

(45) 発行日 平成31年1月23日 (2019. 1. 23)

(24) 登録日 平成30年12月28日 (2018. 12. 28)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 3/14 (2006.01)

A 6 1 B 3/14 Z DME

請求項の数 18 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2015-64464 (P2015-64464)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成27年3月26日 (2015. 3. 26)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2016-182262 (P2016-182262A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成28年10月20日 (2016. 10. 20)	(74) 代理人	100094112
審査請求日	平成30年3月7日 (2018. 3. 7)		弁理士 岡部 譲
		(74) 代理人	100101498
			弁理士 越智 隆夫
		(74) 代理人	100106183
			弁理士 吉澤 弘司
		(74) 代理人	100128668
			弁理士 齋藤 正巳
		(72) 発明者	小野 光洋
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼科装置及び眼科装置の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

照明された被検眼からの戻り光に基づいて前記被検眼を撮影する撮影光学系と、  
 前記被検眼の眼底上の任意の位置に指標を投影可能な指標投影手段と、  
 前記指標投影手段によって投影された指標の前記眼底上の位置に関する情報を用いて、  
 前記投影された指標に対応する信号の位相情報を検出する位相情報検出手段と、  
 前記撮影光学系に含まれる合焦部材によって調整される合焦状態であって、前記投影された指標の前記眼底上の位置に対する前記合焦状態を、前記検出された位相情報を用いて  
 検出する合焦状態検出手段と、  
 を備えることを特徴とする眼科装置。

10

【請求項 2】

少なくとも2つの画素からなる画素ユニットであって、前記投影された指標を撮像するための撮像面に複数の画素ユニットが2次元配列された撮像手段を更に備え、  
 前記位相情報検出手段は、前記位置に関する情報を用いて決定された少なくとも2つの画素ユニットを用いて、前記位相情報を検出することを特徴とする請求項1に記載の眼科装置。

【請求項 3】

前記位置に関する情報を用いて前記合焦状態を検出する検出領域を決定し、前記決定された検出領域を用いて前記少なくとも2つの画素ユニットを決定する決定手段を更に備え、

20

前記位相情報検出手段は、前記決定された少なくとも2つの画素ユニットを用いて得た前記指標の像に関する情報を用いて、前記位相情報を検出することを特徴とする請求項2に記載の眼科装置。

【請求項4】

前記画素ユニットは、前記撮像面において前記指標の像が延在する第1の方向に交差する第2の方向に並ぶ少なくとも2つの画素からなり、

前記少なくとも2つの画素ユニットは、前記投影された指標の位置に対応する前記撮像面の一部の領域において前記第2の方向に並ぶことを特徴とする請求項2または3に記載の眼科装置。

【請求項5】

照明された被検眼からの戻り光に基づいて前記被検眼を撮影する撮影光学系と、

前記被検眼の眼底に指標を投影する指標投影手段と、

前記指標投影手段によって投影された指標を撮像するための撮像面において前記指標の像が延在する第1の方向に交差する第2の方向に並ぶ少なくとも2つの画素からなる画素ユニットであって、複数の画素ユニットが前記撮像面に2次元配列された撮像手段と、

前記投影された指標の位置に対応する前記撮像面の一部の領域において前記第2の方向に並ぶ少なくとも2つの画素ユニットを用いて、前記投影された指標に対応する信号の位相情報を検出する位相情報検出手段と、

前記撮影光学系に含まれる合焦部材によって調整される合焦状態であって、前記投影された指標の前記眼底上の位置に対する前記合焦状態を、前記検出された位相情報を用いて検出する合焦状態検出手段と、

を備えることを特徴とする眼科装置。

【請求項6】

前記位相情報検出手段は、前記少なくとも2つの画素ユニットの間の互いに対応する第1の画素群から出力される信号と、前記第1の画素群とは異なる第2の画素群から出力される信号との比較結果に関する情報を用いて、前記位相情報を検出することを特徴とする請求項2乃至5の何れか一項に記載の眼科装置。

【請求項7】

照明された被検眼からの戻り光に基づいて前記被検眼を撮影する撮影光学系と、

前記被検眼の眼底に指標を投影する指標投影手段と、

前記指標投影手段によって投影された指標を撮像するための撮像面において前記指標の像が延在する第1の方向に交差する第2の方向に並ぶ少なくとも2つの画素からなる画素ユニットであって、複数の画素ユニットが前記撮像面に2次元配列された撮像手段と、

前記投影された指標の位置に対応する前記撮像面の一部の領域において前記第2の方向に並ぶ少なくとも2つの画素ユニットの間の互いに対応する第1の画素群から出力される信号と、前記第1の画素群とは異なる第2の画素群から出力される信号との比較結果に関する情報を用いて、前記撮影光学系に含まれる合焦部材によって調整される合焦状態であって、前記投影された指標の前記眼底上の位置に対する前記合焦状態を検出する合焦状態検出手段と、

を備えることを特徴とする眼科装置。

【請求項8】

前記指標投影手段は、前記撮影光学系の光路における前記合焦部材の後方で且つ前記撮像手段と共役な位置に配置されることを特徴とする請求項2乃至7の何れか一項に記載の眼科装置。

【請求項9】

前記撮影光学系の光路に対して挿抜可能な、前記被検眼の視度を補正する視度補正レンズを更に備え、

前記指標投影手段は、前記撮影光学系の光路における前記視度補正レンズの後方で且つ前記撮像手段と共役な位置に配置されることを特徴とする請求項2乃至8の何れか一項に記載の眼科装置。

10

20

30

40

50

## 【請求項 1 0】

前記指標投影手段は、平面上の任意の位置での光の点灯により指標を得る指標表示板を有することを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載の眼科装置。

## 【請求項 1 1】

前記指標投影手段は、前記指標を前記被検眼の眼底に投影する光学系を共有する固視指標を投影する可視光源と合焦指標を前記指標として投影するための赤外光源とを有し、

前記可視光源および前記赤外光源の一方を点灯する際には他方を消灯することを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載の眼科装置。

## 【請求項 1 2】

前記投影された指標の像に対応する信号の位相情報を用いて前記被検眼と前記撮影光学系との間の被写体距離を算出する被写体距離算出手段を更に備えることを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 の何れか一項に記載の眼科装置。

10

## 【請求項 1 3】

前記検出された合焦状態に基づいて前記合焦部材を光軸に沿って移動させる合焦手段を更に備え、

前記合焦手段は、前記被写体距離算出手段により算出された前記被写体距離よりも被検眼側へ合焦するように前記合焦部材を駆動することを特徴とする請求項 1 2 に記載の眼科装置。

## 【請求項 1 4】

前記被検眼の眼底を照明する照明光学系を更に備え、

20

少なくとも前記指標を前記被検眼に投影する際、もしくは、前記投影された指標の像に対応する信号の位相情報の検出の際に、前記照明光学系を消灯もしくは減灯することを特徴とする請求項 1 乃至 1 3 の何れか一項に記載の眼科装置。

## 【請求項 1 5】

照明された被検眼からの戻り光に基づいて前記被検眼を撮影する撮影光学系を有する眼科装置の制御方法であって、

指標投影手段によって前記被検眼の眼底上の任意の位置に指標を投影する工程と、

前記指標投影手段によって投影された指標の前記眼底上の位置に関する情報を用いて、前記投影された指標に対応する信号の位相情報を検出する位相情報検出工程と、

前記撮影光学系に含まれる合焦部材によって調整される合焦状態であって、前記投影された指標の前記眼底上の位置に対する前記合焦状態を、前記検出された位相情報を用いて検出する合焦状態検出工程と、  
を含むことを特徴とする眼科装置の制御方法。

30

## 【請求項 1 6】

照明された被検眼からの戻り光に基づいて前記被検眼を撮影する撮影光学系と、前記被検眼の眼底に指標を投影する指標投影手段と、前記指標投影手段によって投影された指標を撮像するための撮像面において前記指標の像が延在する第 1 の方向に交差する第 2 の方向に並ぶ少なくとも 2 つの画素からなる画素ユニットであって、複数の画素ユニットが前記撮像面に 2 次元配列された撮像手段と、を有する眼科装置の制御方法であって、

前記投影された指標の位置に対応する前記撮像面の一部の領域において前記第 2 の方向に並ぶ少なくとも 2 つの画素ユニットを用いて、前記投影された指標に対応する信号の位相情報を検出する位相情報検出手段と、

40

前記撮影光学系に含まれる合焦部材によって調整される合焦状態であって、前記投影された指標の前記眼底上の位置に対する前記合焦状態を、前記位相情報を用いて検出する合焦状態検出工程と、

を含むことを特徴とする眼科装置の制御方法。

## 【請求項 1 7】

照明された被検眼からの戻り光に基づいて前記被検眼を撮影する撮影光学系と、前記被検眼の眼底に指標を投影する指標投影手段と、前記指標投影手段によって投影された指標を撮像するための撮像面において前記指標の像が延在する第 1 の方向に交差する第 2 の方

50

向に並ぶ少なくとも2つの画素からなる画素ユニットであって、複数の画素ユニットが前記撮像面に2次元配列された撮像手段と、を有する眼科装置の制御方法であって、

前記投影された指標の位置に対応する前記撮像面の一部の領域において前記第2の方向に並ぶ少なくとも2つの画素ユニットの間の互いに対応する第1の画素群から出力される信号と、前記第1の画素群とは異なる第2の画素群から出力される信号との比較結果に関する情報を用いて、前記撮影光学系に含まれる合焦部材によって調整される合焦状態であって、前記投影された指標の前記眼底上の位置に対する前記合焦状態を検出する合焦状態検出工程、

を含むことを特徴とする眼科装置の制御方法。

【請求項18】

10

請求項15乃至17の何れか一項に記載の眼科装置の制御方法の各工程をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、眼科医院等で使用される眼科装置及びその制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

眼科装置として、例えば被検眼の眼底撮影を行う眼底カメラが広く知られている。この眼底カメラの撮影において、散瞳剤を用いない無散瞳による眼底撮影がある。この場合、被検者の縮瞳を抑えるために赤外光を観察光に利用している。しかし、この赤外光による観察では、血管などのエッジが可視光による観察に比べて鮮明ではないため、フォーカスレンズが適正な位置にあるかどうか判定しづらかった。

20

【0003】

ここで、被検眼の眼底に容易にフォーカスを合わせるための種々の方法が知られている。例えば、被検眼の瞳上に分割されたフォーカス用スプリット指標を投影する方法がある。当該方法では、該スプリット指標の像を観察撮影系のフォーカスレンズを介して観察して、これらスプリット指標の像の位置関係を得ている。そして、得られた位置関係よりフォーカス状態を求めている。

【0004】

30

当該技術において、例えば被検眼は個人差のある収差を有していることから、スプリット指標の像の位置関係からのみでは好適なフォーカス状態が得にくい場合もあり得る。このため、このような従来技術を進めたものとして、さらに、フォーカス用スプリット指標に対応する信号の位相情報（指標像と撮像面との共役ずれ）に基づいてフォーカス状態を求める技術も知られている（特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2009-261573号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

フォーカス用スプリットを利用したフォーカス合わせや、特許文献1によるフォーカス合せの方法の場合、スプリット光が被検眼眼底上に投影される位置は常に光軸近傍である。このとき、光軸近傍のフォーカス状態を好適とできる。しかしながら、被検眼の検査においては、眼底上の種々の位置に対してフォーカス合せを行うことが求められる場合も考えられる。

【0007】

本発明は、このような状況に鑑みて為されたものであって、指標に対応する信号の位相情報に基づいて、被検眼の眼底上の任意の位置において好適なフォーカス状態を得ること

50

を可能とすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明の一態様に係る眼科装置は、  
照明された被検眼からの戻り光に基づいて前記被検眼を撮影する撮影光学系と、  
前記被検眼の眼底上の任意の位置に指標を投影可能な指標投影手段と、  
前記指標投影手段によって投影された指標の前記眼底上の位置に関する情報を用いて、  
前記投影された指標に対応する信号の位相情報を検出する位相情報検出手段と、  
前記撮影光学系に含まれる合焦部材によって調整される合焦状態であって、前記投影さ  
れた指標の前記眼底上の位置に対する前記合焦状態を、前記検出された位相情報を用いて  
検出する合焦状態検出手段と、  
を備えることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、指標に対応する信号の位相を示す情報に基づいて、被検眼の眼底上の任意の位置において好適なフォーカス状態を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施例1に係る眼底撮像装置の構成を示す模式図である。

【図2】本発明の実施例1に係る眼底撮像装置における、フォーカススプリット指標を表示する際の液晶開口部と遮光部との位置関係を表す図である。

20

【図3】撮像デバイスの画素の構成を示す図である。

【図4】本発明の実施例1に係るフォーカス合わせの工程を示すフローチャートである。

【図5】本発明の実施例1に係る眼底撮像装置により得られる眼底像と該眼底像上に示されるフォーカス指標との表示形態を例示する模式図である。

【図6】本発明の実施例1に係る眼底撮像装置にて得られる像のずれ量の説明図である。

【図7】本発明の実施例2に係るフォーカス合わせの工程を示すフローチャートである。

【図8】本発明の実施例2に係る眼底撮像装置における、フォーカススプリット指標を表示する際の液晶開口部と遮光部との位置関係を表す図である。

【図9】本発明の実施例2に係る眼底撮像装置により得られる眼底像と該眼底像上に示されるフォーカス指標との表示形態を例示する模式図である。

30

【図10】本発明の実施例2に係る眼底撮像装置にて得られる像のずれ量の説明図である。

【図11】本発明の実施例2に係る眼底撮像装置におけるフォーカス範囲の説明図である。

【図12】本発明の実施例2に係るフォーカス範囲についての眼底像を用いた説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明について、図示の実施例に基づいて詳細に説明する。なお、以下の実施例は特許請求の範囲に関わる本発明を限定するものではなく、また、本実施例で説明されている特徴の組み合わせの全てが本発明の解決手段に必須のものとは限らない。

40

【実施例1】

【0012】

< 撮像装置構成 >

本実施例1に係る眼底カメラの構成について、図1及び図2を用いて説明する。なお、当該眼底カメラは、後述する照明光学系を介して照明した被検眼からの戻り光を、更に後述する撮影光学系を介して少なくとも一対の画素ユニットを有する撮像手段に結像して該被検眼を撮影する或いは撮影可能な眼科装置に対応する。

【0013】

50

図 1 は本実施例に係る眼科装置である眼底カメラの構成を示している。該眼底カメラにおいて、観察用光源 1 から被検眼 E の前方に位置する対物レンズ 2 に至る光路 O 1 が設定される。該光路 O 1 上には、観察用光源 1 より、コンデンサレンズ 3、撮影用光源 4、及びミラー 5 が順次配置されている。また、ミラー 5 の反射方向には、リング状の開口を有する絞り 6、リレーレンズ 7、及び孔あきミラー 8 が順次配置されている。これら光路 O 1 上に配置される光学部材により、眼底照明光学系（照明光学系）が構成されている。また、観察用光源 1 は、近赤外光を発する LED 光源からなる。

【 0 0 1 4 】

孔あきミラー 8 の背後の光路 O 2 上には、穴あきミラー 8 より、視度補正レンズ 2 4、フォーカスレンズ 9、撮影レンズ 1 0、ハーフミラー 1 9、及び撮像素子 1 1 が順次配置される。視度補正レンズ 2 4 は、光路 O 2 に対して挿脱可能とされる。撮像素子 1 1 は、CCD 等より構成される。これら光路 O 2 上に配置される光学部材により、眼底撮影光学系が構成されている。なお、視度補正レンズ 2 4 は、実際には強度近視用と強度遠視用の 2 枚が挿脱可能に配置されている。

【 0 0 1 5 】

孔あきミラー 9 の孔部の近傍の光路 O 2 から左右方向にずれた位置には、指標光束を導くライトガイド 1 2 a の出射端が配置される。このライトガイド 1 2 a の入射端には、アライメント指標を点灯するための LED 光源 1 3 a が接続されている。なお、ライトガイド 1 2 a の出射端の光路 O 2 に対して対称な位置には、図示しないもう一つのライトガイドの出射端が配置される。また、該ライトガイドの入射端には LED 光源 1 3 a と同様の波長を有する図示しない LED 光源が同様に接続されている。これらライトガイド及び LED 光源により、アライメント用指標投影光学系が構成されている。

【 0 0 1 6 】

撮像素子 1 1 の出力は蓄積電荷読取部 1 4、及び画像信号処理部 1 5 を介して、眼底カメラ全体を制御するシステム制御部 1 6 に接続されている。更に、画像信号処理部 1 5 には、撮像された画像を表示する表示部 1 7 が接続されている。システム制御部 1 6 は操作部 1 8 に接続されており、オペレータは該操作部 1 8 を介して眼底カメラによる眼底撮影のための種々の指令を入力する。

【 0 0 1 7 】

以上の構成からなる眼底カメラを用いて眼底観察をする時において、観察用光源 1 を出射した照明光は、コンデンサレンズ 3 及び撮影用光源 4 を通過して、ミラー 5 で反射される。ミラー 5 で反射された反射光は、絞り 6 及びリレーレンズ 7 を通過して、孔あきミラー 8 の周辺部で反射され、対物レンズ 2 を介して、被検眼 E の眼底 E r に照射される。眼底 E r の反射光は、対物レンズ 2、孔あきミラー 8 の孔部、フォーカスレンズ 9、及び撮影レンズ 1 0 を通過し、撮像素子 1 1 の撮像面上に結像し、眼底像として観察される。

【 0 0 1 8 】

ここで、フォーカス指標の光学系について説明する。被検眼 E と対向している対物レンズ 2 の背後の光路 O 2 上のハーフミラー 1 9 で反射される光路上には、フォーカス指標光学系が配置される。被検眼 E の眼底上の任意の位置に指標を投影可能である指標投影手段たる該フォーカス指標光学系として、リレーレンズ 2 0、液晶板 2 1、がこの順で配置され、該液晶板 2 1 の後段には可視光源 2 2 及び赤外光源 2 3 が配置される。液晶板 2 1 は、可視光源 2 2 或いは赤外光源 2 3 が射出する光を任意の位置で透過可能であり、撮像素子 1 1 と共役な位置に配置される。

【 0 0 1 9 】

オペレータは被検眼 E の所望部位にフォーカスを合わせるために、液晶板 2 1 の所望の位置を光透過可能な開口部とする。所望位置を変更する場合、オペレータは例えば十字キー等の移動スイッチを使用して、液晶板 2 1 の開口部 2 1 a の位置を移動させる。液晶板 2 1 において、光透過を可能とする開口部 2 1 a と光を透過しない状態の遮光部 2 1 b の位置関係は、本実施例では図 2 に示すようになっている。図 2 に例示するように、例えば 8 × 8 の画素からなる液晶板 2 1 において、開口部 2 1 a は縦方向に並ぶ 2 つの画素を駆

10

20

30

40

50

動させて光透過可能とすることで得ている。本実施例において開口部 2 1 a が縦に長い構成となっている理由は、後述する位相差検出のための対の画素が横方向に配置されていることによる。即ち、検出用の画素の配置に直行するように縦方向に長い輝点を表示するためである。なお、図示の例では液晶板 2 1 は、8 × 8 のマトリクスで構成しているが、画素数や配置はこれに限定されず例えばより細かな構成にしても良い。

#### 【0020】

これら指標は、撮影光学系に含まれる合焦部材たるフォーカスレンズの眼底像に対する合焦状態を得る際に用いられ、眼底上において任意の位置に移動可能に投影される。なお、このような指標を眼底上の任意の位置に投影する構成は本実施例における指標投影手段に対応し、液晶板 2 1 とその背後に配置される赤外光源 2 3 とにより構成される。なお、本実施例の他にも、例えば平面上の任意の位置に点灯する態様とするために平板上にマトリックス上に光源を配置する等の構成によっても、指標投影手段としての指標表示板を構成することが可能である。以上に述べた指標投影手段は、撮影光学系の光路上であってフォーカスレンズの後方に配置される。

#### 【0021】

本実施例では、赤外光により構成したフォーカス指標を被検眼に投影している。このため、被検者にとってフォーカス指標が視認しづらく、このフォーカス指標に視線を合わせることが通常生じない。以上より、赤外光を用いることで、被検眼の固視を生じさせることなく、眼底上の任意の位置にフォーカス指標を投影することが可能となる。

#### 【0022】

また、フォーカス指標光学系は、撮影光学系の光路に対して挿抜可能な視度補正レンズが挿入された際の後方で、撮像素子 1 1 と共役な位置に配置されている。このため、被検眼の視度に応じた視度補正レンズの挿抜に関わらず眼底の任意の位置に指標像を形成可能となる。さらに、被検眼への入射角度が浅いことから、開口部 2 1 a より構成される輝線が瞼や瞳孔にさえぎられる可能性は低くなる。

#### 【0023】

一方、本実施例ではフォーカス指標像光学系は、被検者の視線を誘導する固視光学系も兼ねている。赤外光源 2 3 を消灯し、可視光源 2 2 を点灯させることで、被検者が視認できる固視指標を表示することができる。この場合の液晶板 2 1 上に形成する開口部 2 1 a は、縦に長い必要はない。即ち、液晶板 2 1 上の任意の位置の画素単位についてこれを駆動し、光透過可能の状態とすることで良い。

#### 【0024】

なお、本実施例では、フォーカス指標の光学系と固視指標光学系とを兼ね、赤外光源より得たフォーカス指標（合焦指標）を眼底に投影する光学系と可視光源より得た固視指標を眼底に投影する光学系とを共有することとしている。そして、これら指標の切換に際しては、可視光源および赤外光源の一方を点灯する際には他方を消灯することとした。しかし、この場合双方を同時に表示することができなくなるため、同時に使用できるように、ハーフミラー以降の構成としてこれら二つの光学系を別々に用意しても良い。

#### 【0025】

##### < 撮像素子構成 >

次に、図 3 を用いて、本実施例における位相差検出デバイスである撮像素子の説明をする。図 3 は、図 1 に示す撮像素子 1 1 の瞳分割した画素（複合画素）から構成された単位セルの概念を示す図である。

#### 【0026】

図 3 (a) に示す画素ユニットたる単位セル 3 1 により撮像素子 1 1 は構成され、撮像素子 1 1 はこの単位セル 3 1 を複数有する。具体的には、本実施例で用いた撮像手段である撮像素子 1 1 は、横方向に約 5000 個、縦方向に約 3000 個の 2 次元配列された複数の撮像素子たる単位セルを有している。単位セル 3 1 中の画素 3 1 a ~ 3 1 d は、各々、光電変換素子を含む周知の撮像画素構造を備え、各々個別に受光信号を出力することができる。各単位セル 3 1 を構成する画素 3 1 a ~ 3 1 d の上面には、同色のカラーフィル

10

20

30

40

50

タが配設されている。また、単位セル 3 1 各々の上面には、更にマイクロレンズ 3 2 が配置される。該マイクロレンズ 3 2 は、単位セル毎に 1 つ設けられているため、画素 3 1 a ~ 3 1 d は、マイクロレンズ 3 2 の異なる瞳領域を通過した光を受光することになる。

#### 【0027】

このような構成を有する撮像素子 1 1 において、画像取得時には、図 3 ( b ) に示すように、単位セル内の画素 3 1 a ~ 3 1 d の 4 画素からの画素出力全てを合成する ( 3 1 e )。本実施例ではこのように単位セル 3 1 中の画素を用いることで、画像を構成する信号として該出力を用いることができる。なお、合成に関してはさまざまな方法があり、画素内、撮像素子内での部分加算 ( 縦方向もしくは横方向の加算 )、撮像素子出力後の演算による加算等、何れのタイミングで合成を行っても良い。

10

#### 【0028】

一方、位相差検知 ( フォーカス調節 ) 時には、例えば、図 3 ( c ) に示すように縦方向に画素出力を加算することにより、単位セル 3 1 を二分して用いる。これにより、複数の単位セル 3 1 の左側の画素出力 ( 3 1 a + 3 1 b ) から A 像 ( 3 1 f ) が、右側の画素出力 ( 3 1 c + 3 1 d ) から B 像 ( 3 1 g ) が得られる。これら A 像と B 像との間での横方向のずれ ( 画像間の位相差 ) を利用して、周知の位相差方式のフォーカス調節制御を行うことができる。即ち、本実施例において、これら画素のペア或いは画素単体は、少なくとも一対の画素ユニットの各々を構成する。

#### 【0029】

なお、本実施例において、画像信号処理部 1 5 は、上述した少なくとも一対の画素ユニット各々により得られる指標の像に基づいて撮影光学系に含まれる合焦部材たるフォーカスレンズの眼底像に対する合焦状態を求める合焦状態検出手段に対応する。即ち、該合焦状態検出手段は、眼底上の任意の位置に投影された指標の像に基づいて、該任意の位置に対しての合焦状態を検出する。また、システム制御部 1 6 は、不図示のフォーカスレンズ駆動系と共に、検出された合焦状態に基づいてフォーカスレンズを撮影光学系の光軸に沿って移動させる合焦手段を構成する。なお、本実施例では、被検眼眼底を撮像する撮影光学系の撮像素子と、位相差検知等、合焦状態を検知するために用いる撮像素子とを同一の撮像素子 1 1 として用いることとしているが、用途に応じて異なるものとする 것도可能である。この場合、合焦状態検出の際に用いる撮像用の構成を複数の撮像素子或いは画素ユニットより構成することとし且つ検出時に実際に用いる画素ユニットの位置を、指標の投影位置に応じて変更可能とすれば良い。

20

30

#### 【0030】

また、合焦状態検出手段たる画像信号処理部 1 5 は、位相差検出手段として機能するモジュール、及び被写体距離算出手段として機能するモジュールを有する。この場合、位相差検出手段は、各々の画素ユニットにて得た指標の像各々の間における位相差を検出する。また、被写体距離算出手段は、位相差検出手段により検出された位相差に応ずる像ずれ量に基づいて被検眼と撮影光学系或いはフォーカスレンズとの間の被写体距離を算出する。なお、前述した一対の画素ユニットについては、左右に一対の受光素子として配置され、位相差検出手段は左右の方向とは異なる方向の複数の位相差の検出を行い、合焦手段は複数の位相差検出結果に基づいてフォーカスレンズを駆動する。

40

また、本実施例では合焦状態或いは被写体距離の検出に位相情報として位相差を用いているが、その他の位相情報を用いても良い。従って、位相差検出手段は、位相情報検出手段として把握されることが好ましい。なお、ここで述べた位相差は、例えば、撮像面に対して光学的に共役な面からの合焦ずれ量に対応する。

#### 【0031】

##### < フォーカス動作フロー >

次に、デフォーカス量の測定し、フォーカスレンズを駆動させフォーカス状態を得るフォーカス動作フローについて図 4 ~ 図 6 を用いて説明する。

#### 【0032】

図 4 は、デフォーカス量を測定してフォーカスレンズを適正位置に合わせる処理のフロ

50



ーチャートである。以下、動作フローについて、このフロー図中の各ステップに従って説明する。

【 0 0 3 3 】

S 4 0 1 : 本実施例では、被検者の視線誘導のための固視指標の投影系が、フォーカス指標投影を兼ねている。そのため、デフォーカス量の測定に際し、固指標用の可視光源 2 2 を消灯し、フォーカス指標用の赤外光源 2 3 を点灯する。ただし前述のように、固視指標の投影系をフォーカス指標の投影系と別に配置した場合はその必要はなく、フォーカス指標のみが被検眼に投影される状態とすれば良い。

【 0 0 3 4 】

眼底上に本実施例で用いられるフォーカス指標が投影された状態での、眼底像の模式図を図 5 に示す。同図中では、被検者の視神経乳頭 O D が表示されている。また、同図中には、フォーカス指標 5 R が前述のように赤外像として縦長に投影される。

10

【 0 0 3 5 】

さらに、このステップでは、フォーカス指標像のコントラストを向上させるために、眼底を照明している観察用光源 1 を減光する。即ち、本実施例では、被検眼の眼底を照明する前述した照明光学系として、少なくとも視標を被検眼に投影する際、もしくは、位相差検出手段による位相差の検出する際に消灯、もしくは減灯する。

【 0 0 3 6 】

この処理によって、明るいフォーカス指標に照明された部分とそれ以外の部分のコントラストが強くなり、S 4 0 4 で行うデフォーカス量を算出する処理が容易になる。ただし、眼底上にフォーカス指標を十分に明るく投影できる場合はこの限りではなく、観察用光源 1 は点灯させたままでももちろん良い。

20

【 0 0 3 7 】

S 4 0 2 : ここで、前述の通りフォーカスを合わせたい位置に不図示の十字キーの移動スイッチを使用して、液晶板 2 1 の点灯位置を移動させる。この操作に伴って、眼底上のフォーカス指標の像が所望位置に移動される。

【 0 0 3 8 】

S 4 0 3 : 次に、撮像素子 1 1 において、設定したフォーカス指標像の周辺領域に対応する画素領域 5 A を設定する。該画素領域 5 A は、被検者の固視指標の投影位置との関係で推測可能であるが、眼底像中の縦長の明るい領域を画像処理で抽出してももちろん良い。画素領域 5 A は、デフォーカス量を得るための処理を行う処理領域あるいは解析領域に対応する。即ち、本実施例において、画像信号処理部 1 5 は、眼底上における指標が投影された位置に基づいて、被写体距離を算出する眼底上の領域を設定する。この領域の設定は眼底上における指標が投影された位置に基づいて行われ、当該操作を実行する画像信号処理部 1 5 は、本実施例における検出領域を決定する決定手段を構成する。即ち該検出領域の決定手段は、指標が投影される任意の位置において合焦状態を求めるように該合焦状態の検出領域を決定する。また、該決定手段が決定した検出領域に応じて、複数の撮像素子 1 1 において合焦状態を検知する際に用いる指標の像を撮像する撮像素子 ( 単位セル 3 1 ) が定められる。

30

【 0 0 3 9 】

S 4 0 4 : 次にデフォーカス量を解析、算出する。図 5 中の処理領域 5 A において、前述した A 像 3 1 f に相当する画素出力を得るための画素群と、前述した B 像 3 1 g に相当する画素出力を得るための画素群とから視差像を得る。これら画素群から得られる視差像のプロファイルを図 6 に示す。A 像 3 1 f に相当する画素群から構成された像と、B 像 3 1 g に相当する画素群から構成された像とでは、前述の通り瞳分割されているので視差を持つ。図 6 は、処理領域 5 A の縦方向画素を加算処理したラインプロファイルである。同図において、横軸は処理領域 5 A の横方向の位置を示し、縦軸は縦方向の平均輝度値を示している。A 像 3 1 f に対応するプロファイルは図中実線で示す輝度変化 6 L に対応し、B 像 3 1 g に対応するプロファイルは図中破線で示す輝度変化 6 R に対応する。視差量はこの 2 つのプロファイルの差であり、図中視差量 6 d として示される量となる。

40

50

## 【 0 0 4 0 】

なお、本実施例においては、視差量を求める方法として公知の相関演算を用いたが、例えば輝度変化の変局点を求めるような方法を用いることとしてももちろん良い。

## 【 0 0 4 1 】

本ステップにおいては、求められた視差量からさらにデフォーカス量を求めている。

## 【 0 0 4 2 】

該デフォーカス量は、視差量、A像31fとB像31gとを得た際に用いた画素間距離、レンズの絞り値、に応じて一意に決定される値Kの関係から、以下の式(1)を用いて求められる。

## 【 0 0 4 3 】

$$(\text{デフォーカス量}) = (\text{視差量}) \times (\text{画素間距離}) \times K \quad \text{式(1)}$$

S405: 次に、フォーカス状態、即ち合焦の判定を行う。ここでは、デフォーカス量が所定範囲に収まっているかどうかにより合焦判定を行う。収まっていれば、フォーカス状態が得られているとして、フォーカス動作は終了する。フォーカス動作終了後、固視指標用の可視光源22を点灯し、フォーカス指標用の赤外光源23を消灯する。また、液晶板21の開口部21aの位置も、固視指標の提示位置へ戻す。

## 【 0 0 4 4 】

なお、ここまでの一連のステップは、短い時間で処理が終了できる。従って、フロー実行時に被検眼の固視指標を消しても、実際に被検眼の視線がずれる可能性は小さい。よって、固視指標の消灯は撮影上問題にならない。

## 【 0 0 4 5 】

デフォーカス量が所定範囲に収まっていない場合、フローはS406へ遷移する。

## 【 0 0 4 6 】

S406: ここで、求められたデフォーカス量に相当する量だけフォーカスレンズを駆動しフォーカス動作を行う。また、デフォーカス量が大きい場合、自動で視度補正レンズ24を光路O2上に挿入することでプラスの視度補正もしくはマイナスの視度補正を実現しても良い。視度補正レンズ24が光路O2上に挿入された場合においても、視度補正レンズ後方よりフォーカス指標は投影される。このため、眼底像上にフォーカス指標像を結像することが可能となる。この動作の後、再度S404へフローは遷移する。

## 【 0 0 4 7 】

以上のようにフォーカス動作を行うことにより、眼底像の任意の位置にフォーカスを合わせることが可能となる。また、視度補正レンズを利用した撮影においても、用いない場合同様正確なフォーカス合わせが実現できる。

なお、従来における指標像の投影に際しては、例えば該指標像を眼に対して角度を持って入射させる例も存在する。この場合、瞼や瞳孔の散瞳状態によっては、被検眼眼底上に照射されるべき輝線が遮られてしまうことが起こり得る。また、被検者の視度により補正レンズを挿入する場合に、補正レンズにより輝線が阻害されてしまうことも考えられる。このような場合の対処として、被検眼眼底上に輝線を導くためにスプリット指標を動かすことも考えられるが、実際には装置コストの問題からこのような対応は困難である。また、仮に輝線を眼底上に導けたとしても、周囲に存在する構成を避ける関係上、フォーカスは眼底中央にしか合わせられなくなる可能性もある。本実施例によれば、可視光に比べて不鮮明な赤外光を利用した撮影においても、指標の発光位置を任意に変更することにより、瞳孔の散瞳状態や瞼の開瞼状態によらず被検眼に対して輝線としての指標を投影することが可能となる。また、その際に眼底中央部以外に指標が投影されざるを得ない場合でも、撮像する画素ユニットの配置を任意に変更することで、好適に合焦状態を検出し、ひいては撮像面と被検眼の距離を測定することが可能となる。その結果、正確なフォーカス位置で被検眼眼底の撮影を行うことができる。

## 【 実施例 2 】

## 【 0 0 4 8 】

次に本発明の実施例2について図7～図12を用いて説明する。本実施例2は、実施例

10

20

30

40

50

1における撮像装置を用い、眼底像の任意の部分にフォーカスを合わせるのではなく、全体にフォーカスを合わせるようにフォーカス動作を実施したものである。図7に示したフォーカス動作についてのフローチャートを用いて、実施例1と異なる部分について説明を行う。

#### 【0049】

##### <フォーカス動作フロー>

S701：本実施例2においても、実施例1と同様に、被検者の視線誘導のための固視指標の投影系がフォーカス指標の投影系を兼ねる。従って、フォーカス動作の開始に際し、固視指標用の可視光源22を消灯し、フォーカス指標用の赤外光源23を点灯する。ただし前述のように、固視指標の投影系をフォーカス指標の投影系と別に配置した場合は、その必要はない。

10

#### 【0050】

なお、本実施例では、眼底全体にフォーカス指標を表示する。このため、図8に示すように、1列おきに液晶の開口部21aと遮光部21bとが並ぶように液晶板21を動作させる。この時の眼底上にフォーカス指標が投影された際の眼底像の模式図を図9に示す。同図によれば、眼底上には縦長の指標像9Rが複数列映し出されていることが分かる。本実施例では、処理領域9Aとして示すように、像全体を処理対象としている。よって、実施例1のS402に対応する指標の移動や、それに伴うS403に対応する処理領域の設定といったステップは必要ない。

#### 【0051】

20

また、実施例1と同様に、このステップでは眼底を照明している観察用光源1を減光する。もちろん実施例1と同様、眼底上にフォーカス指標を十分明るく投影できる場合はこの限りではなく、観察用光源1は点灯させたままでももちろん良い。

#### 【0052】

S702：次にデフォーカス量を算出する。図9中の処理領域9Aにおいて、A像31fに相当する画素群と、B像31gに相当する画素群とから得られる視差像のプロファイルを図10に示す。A像31fに相当する画素群から構成された像と、B像31gに相当する画素群から構成された像とでは、前述の通り瞳分割されているので視差を持つ。

#### 【0053】

図10は、処理領域9Aの縦方向画素を加算処理したラインプロファイルである。同図において、横軸は処理領域9Aの横方向の位置を示し、縦軸は縦方向の平均輝度値を示している。A像31fに対応するプロファイルは図中実線で示す輝度変化10Lに対応し、B像31gに対応するプロファイルは破線で示す輝度変化10Rに対応する。図10に示すように、視差の量は中央部分で小さく、周辺部ほど大きくなっている。これは、眼底が球に近い形状をしているためである。

30

#### 【0054】

ここで、被検眼上における測定部位の位置と当該部位における視差量との関係を図11に示す。同図において、横軸は図10に対応する眼底像中の横方向の位置を示し、縦軸は視差量から求められた測定部と眼底との距離を示している。詳細には、微小区間ごとに視差量を計測し、距離に置き換えてプロットした結果が、距離11Dに示されている。ここで、被検眼上のすべての位置の平均値にフォーカスした場合のフォーカス範囲を範囲11Aとして示す。平均的にフォーカスさせてしまうと、中央部分と周辺部は平均からのずれが大きくなり、フォーカス範囲11Aから外れていることが分かる。

40

#### 【0055】

これを眼底像上で説明した図が、図12(a)になる。眼底像上でフォーカスしている範囲を、領域12Aとして示す。該領域12Aは同心円の内側になり、中央部、周辺部がフォーカス範囲から外れてしまう。ここで、眼底撮影では、周辺部には眼の散瞳状態などに起因するフレアと呼ばれる明るいエリアが発生することがある。そのため、観察したいものができるだけ中央にくる構図で撮影を行うことが一般的である。従って、眼底の中央部分にフォーカスしないと診断に適さない画像が撮影されるということにつながる可能性

50

がある。

【 0 0 5 6 】

一方、中央部分に合わせてフォーカス調整を行うと、フォーカス範囲が中央部分に偏るため、周辺部のフォーカスが最適ではない場合がある。そのため、本実施例では、前述の平均的な位置と、中央部分のフォーカス位置の間にフォーカスを調整する。即ち、図 1 1 に示すように、フォーカス範囲 1 1 M に示すような中央から周辺の可能な限り広い範囲にフォーカスを合わせる制御を行う。実際の操作では、被写体距離算出手段により算出された被写体距離よりも被検眼側へ合焦するように合焦部材を駆動する。これにより眼底像上のフォーカス範囲は、図 1 2 ( b ) に示す領域 1 2 M として示される範囲となり、中央部から周辺部の広い範囲にフォーカス範囲が設定される。

10

【 0 0 5 7 】

S 7 0 3 : 次に、フォーカスの判定を行う。ここでは、平均的なデフォーカス量と中央部分のデフォーカス量とから、総合的なデフォーカス量を求め、得られたデフォーカス量が所定範囲に収まっているかどうかを判定する。収まっていれば、フォーカス状態が得られているとして、フォーカス動作は終了する。また、実施例 1 と同様、フォーカス動作終了後、固視指標用の可視光源 2 2 を点灯し、フォーカス指標用の赤外光源 2 3 を消灯する。また、液晶板 2 1 の開口部 2 1 a の位置も、固視指標の提示位置へ戻す。

【 0 0 5 8 】

デフォーカス量が所定範囲に収まっていない場合、フローは S 7 0 4 へ遷移する。

【 0 0 5 9 】

20

S 7 0 4 : ここで、実施例 1 と同様、求められたデフォーカス量に相当する量だけフォーカスレンズを駆動しフォーカス動作を行う。また、デフォーカス量が大きい場合、自動で視度補正レンズ 2 4 を光路 O 2 上に挿入することでプラスの視度補正もしくはマイナスの視度補正を実現しても良い。これは、実施例 1 の場合同様である。

【 0 0 6 0 】

本実施例でも、視度補正レンズ 2 4 が光路 O 2 上に挿入された場合においても、視度補正レンズ後方よりフォーカス指標は被検眼眼底に投影される。このため、眼底像上にフォーカス指標像を結像することが可能となる。この動作の後、再度 S 7 0 2 へフローは遷移する。

【 0 0 6 1 】

30

以上のようにフォーカス動作を行うことにより、眼底像の全体、特に重要な像の中心部分から周辺まで、極力広い範囲にフォーカスを合わせることが可能となる。また、視度補正レンズ 2 4 を利用した撮影においても、同様のフォーカス合せが可能であり、これを用いない場合同様正確なフォーカス合わせが実現できる。

【 0 0 6 2 】

即ち、眼底は球体に近い形状であり、さらに、視神経乳頭など奥行きを持つ形状の部位があることや、疾病によっては網膜形状が変化していることもある。このため、従来では、眼底撮影時に単に眼底中央にフォーカスを合わせただけでは検査に適する画像が得られないことが生じ得る。また、前眼部形状が平面ではないことも言うまでもない。そのため、眼底撮影の場合と同様に、前眼部撮影の際においても任意の位置にフォーカスを合わせられないことが生じ得る。本実施例によれば、合焦手段が算出された被写体距離よりも被検眼へフォーカス即ち合焦するようにフォーカスレンズを駆動している。これにより、眼底あるいは前眼部の撮影においても、好適な任意の位置にフォーカスされた画像を得ることが可能となる。

40

【 0 0 6 3 】

[ その他の実施例 ]

以上に述べた実施例は好適な一例を示すものであって、個々の実施例を適宜改変することも可能である。例えば、実施例 1 の構成により眼底上の複数の位置でフォーカス動作を行い、その結果からフォーカスレンズの位置合わせを行っても良い。当該方法によれば、実施例 2 で目的としたより広い範囲にフォーカスさせるという効果も同時に得ることが可

50

能となる。

【 0 0 6 4 】

また、実施例 1 および実施例 2 においては、撮像素子の瞳分割を図 3 の画素構成とし、画素 3 1 a と画素 3 1 b との出力を加算し右目側の出力とし、画素 3 1 c と画素 3 1 d との出力を加算し左眼側の出力とし、これらの横方向への視差を検出している。しかし、これら画素の組み合わせを、例えば画素 3 1 a と画素 3 1 c とを組にした上側と、画素 3 1 b と画素 3 1 d とを組にした下側とで視差を検出することとしても良い。なお、この場合の指標は横長とすることが好ましいことは言うまでもない。

【 0 0 6 5 】

さらに、画素 3 1 a ~ 3 1 d をそれぞれ別に用いることとし、それぞれの画素配置より縦方向及び横方向各々の視差検出を同時に行ってもよい。

【 0 0 6 6 】

また、本実施例では、赤外像による観察時に赤外のフォーカス指標を用いた実施例について説明したが、可視光により観察を行うこととしても良い。その場合、フォーカス指標も可視光源により得ることとなる。

【 0 0 6 7 】

また、本実施例では、眼底像を得る場合を例として述べているが、前眼や外眼像に適用した場合であっても同様の効果が得られることは言うまでもない。以上に述べたように、本発明によれば、また、被検者の視度によって視度補正レンズを用いる撮影においても正確なフォーカス位置を測定することができる。また、被検者の眼の任意の撮影位置と撮像面の距離を測定可能であるため、任意の位置に正確にフォーカスを合わせることができる。

【 0 0 6 8 】

(その他の実施例)

また、本発明は、上述した実施形態の機能(例えば、上記の各部の処理を各工程に対応させたフローチャートにより示される処理)を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体を、システム或いは装置に供給することによっても実現できる。この場合、そのシステム或いは装置のコンピュータ(又は C P U や M P U )が、コンピュータが読み取り可能に記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することにより、上述した実施形態の機能を実現する。

【符号の説明】

【 0 0 6 9 】

- 1 観察用光源
- 2 対物レンズ
- 3 コンデンサレンズ
- 4 撮影用光源
- 5 ミラー
- 6 リング状の開口を有する絞り
- 7 リレーレンズ
- 8 孔あきミラー
- 9 フォーカスレンズ
- 1 0 撮影レンズ
- 1 1 撮像素子
- 1 2 a ライトガイド
- 1 2 b ライトガイド
- 1 3 a L E D 光源
- 1 3 b L E D 光源
- 1 4 蓄積電荷読取部
- 1 5 画像信号処理部
- 1 6 システム制御部

10

20

30

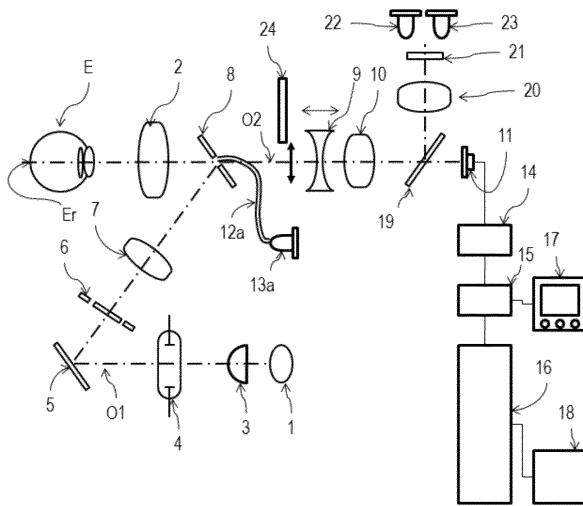
40

50

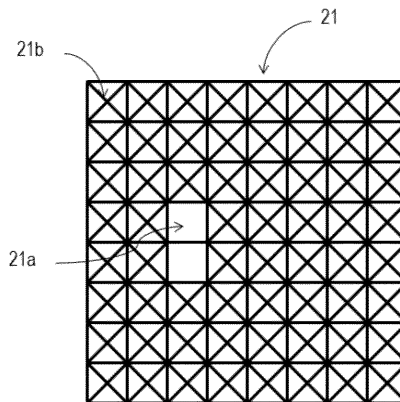
- 1 7 表示部
- 1 8 操作部
- 1 9 ハーフミラー
- 2 0 リレーレンズ
- 2 1 液晶板
- 2 1 a 液晶板開口部
- 2 1 b 液晶板閉口部
- 2 2 固視指標用可視光源
- 2 3 フォーカス指標用赤外光源
- E 被検眼
- E r 眼底
- O 1 光路
- O 2 光路
- O D 視神経乳頭

10

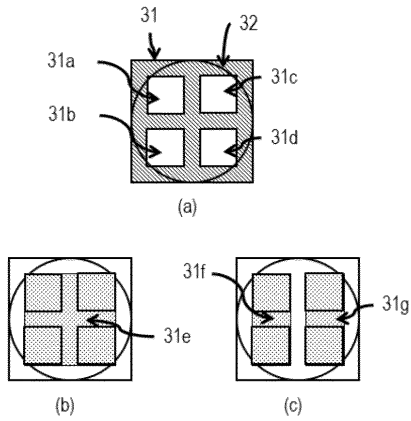
【図 1】



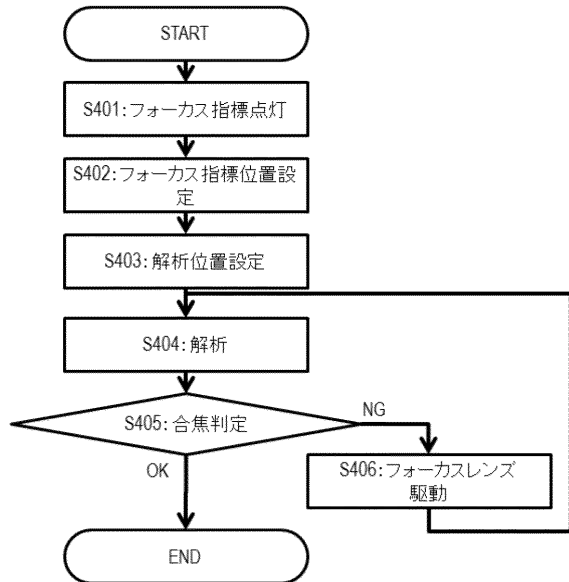
【図 2】



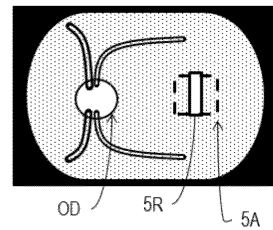
【図 3】



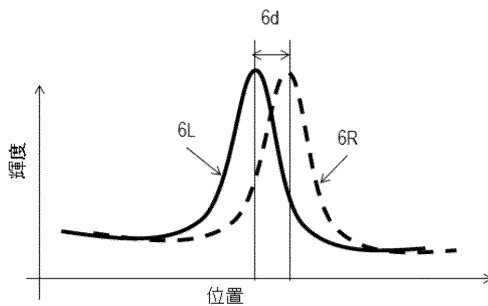
【図 4】



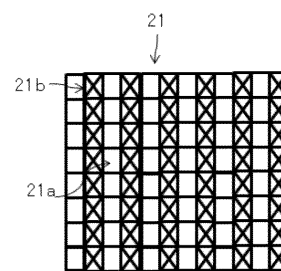
【図 5】



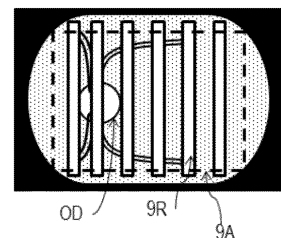
【図 6】



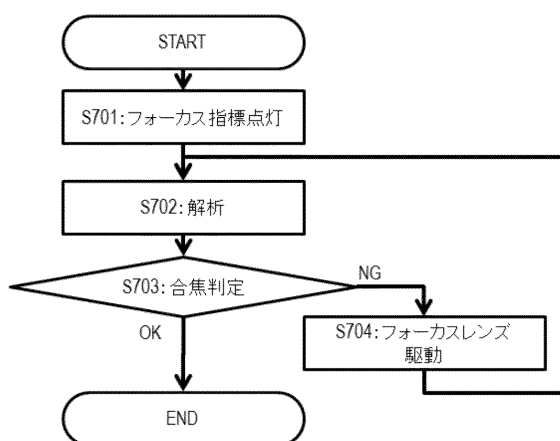
【図 8】



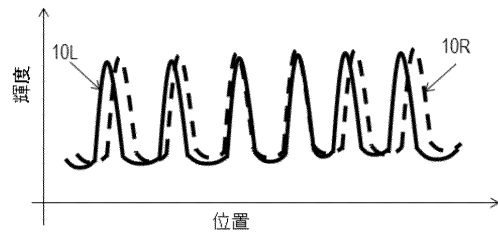
【図 9】



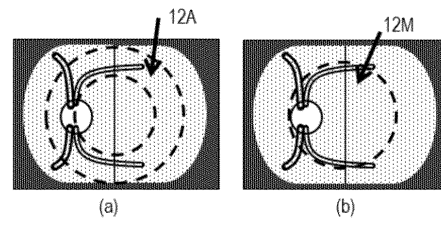
【図 7】



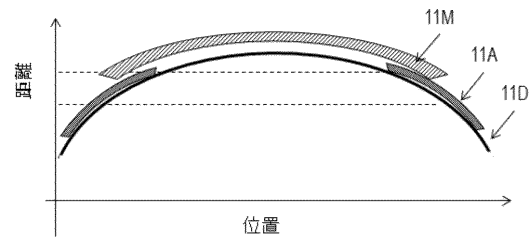
【図 10】



【図 12】



【図 11】





---

フロントページの続き

審査官 増淵 俊仁

(56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 2 5 2 3 1 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 9 - 1 3 1 5 9 1 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
A 6 1 B 3 / 0 0 - 3 / 1 8