

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-295971

(P2008-295971A)

(43) 公開日 平成20年12月11日(2008.12.11)

(51) Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

A 6 1 B 3/14 (2006.01)

A 6 1 B 3/14

A

A 6 1 B 3/06 (2006.01)

A 6 1 B 3/06

A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2007-148686 (P2007-148686)  
 (22) 出願日 平成19年6月4日(2007.6.4)

(71) 出願人 000135184  
 株式会社ニデック  
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4  
 (72) 発明者 柴田 尚久  
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4 株  
 式会社ニデック拾石工場内  
 (72) 発明者 羽根淵 昌明  
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4 株  
 式会社ニデック拾石工場内  
 (72) 発明者 楠城 紹生  
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4 株  
 式会社ニデック拾石工場内

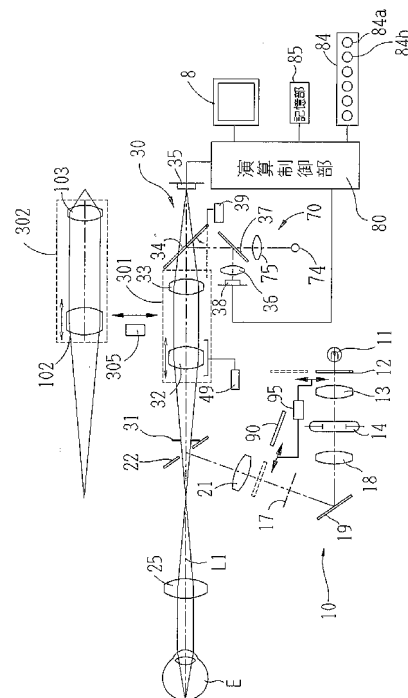
(54) 【発明の名称】 眼底カメラ

## (57) 【要約】

【課題】 眼底検査に適した鮮明なカラー眼底画像を得ると共に、網膜機能の計測を精度よく行う。

【解決手段】 被験者眼眼底を赤外光にて観察し、可視フラッシュ光を用いてカラー眼底画像を得る眼底カメラにおいて、単位時間あたりの光量が前記可視フラッシュ光よりも少ない光量にて被験者眼眼底を可視照明する眼底照明光学系と、前記眼底照明光学系によって照明された被験者眼眼底からの反射光を受光して眼底画像を得るための撮像素子を有する撮像光学系と、網膜機能計測用の可視眼底画像を取得する可視眼底画像取得手段と、同一被験者眼から取得された撮影時間の異なる第1の前記可視眼底画像と第2の前記可視眼底画像とを記憶する記憶手段と、前記第1可視眼底画像と第2可視眼底画像とを比較し演算処理して変化情報を取得する変化情報取得手段と、取得された変化情報を表示する表示手段と、を備える。

【選択図】 図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

被験者眼眼底を赤外光にて観察し、可視フラッシュ光を用いてカラー眼底画像を得る眼底カメラにおいて、

単位時間あたりの光量が前記可視フラッシュ光よりも少ない光量にて被験者眼眼底を可視照明する眼底照明光学系と、

前記眼底照明光学系によって照明された被験者眼眼底からの反射光を受光して眼底画像を得るための撮像素子を有する撮像光学系と、

前記眼底照明光学系及び前記撮像光学系を用いて網膜機能計測用の可視眼底画像を取得する可視眼底画像取得手段と、

該可視眼底画像取得手段によって同一被験者眼から取得された撮影時間の異なる第 1 の前記可視眼底画像と第 2 の前記可視眼底画像とを記憶する記憶手段と、

該記憶手段に記憶された前記第 1 可視眼底画像と第 2 可視眼底画像とを比較し演算処理して変化情報を取得する変化情報取得手段と、

該変化情報取得手段にて取得された変化情報を表示する表示手段と、  
を備えることを特徴とする眼底カメラ。

**【請求項 2】**

請求項 1 の眼底カメラは、

前記可視眼底画像取得手段による第 1 可視眼底画像取得と第 2 可視眼底画像取得との間に被検者の眼底に向けて刺激光を照射するための刺激光照射手段を備えることを特徴とする眼底カメラ。

**【請求項 3】**

請求項 2 の眼底カメラにおいて、

前記刺激光照射手段は前記可視フラッシュ光を被験者眼眼底に向けて照射する手段であることを特徴とする眼底カメラ。

**【請求項 4】**

請求項 1 ~ 3 の眼底カメラのいずれかにおいて、

前記眼底照明光学系は、可視域から近赤外域までの光を発する照明光源と、赤外光のみを透過する赤外フィルタと可視光のみを透過する可視フィルタとを照明光路上に選択的に挿脱する挿脱手段を備えることを特徴とする眼底カメラ。

**【請求項 5】**

請求項 4 の眼底カメラは、

通常眼底画像を得るための眼底撮影モードと網膜機能を計測するための網膜機能計測モードとを切り換えるためのモード切換手段と、

前記挿脱手段を駆動制御する制御手段とを備え、

前記モード切換手段によって網膜機能計測モードが設定されたときは、前記制御手段は前記可視眼底画像取得手段による可視眼底画像取得時に前記眼底照明光学系の照明光路上に前記可視フィルタを挿入し、眼底観察時には赤外フィルタを挿入するように前記挿脱手段を駆動制御することを特徴とする眼底カメラ。

**【請求項 6】**

請求項 5 の眼底カメラにおいて、

通常眼底画像を取得する場合に対して、前記可視眼底画像取得手段によって前記撮像素子に眼底像を結像させるときの結像倍率を光学的に切り換える切換手段、もしくは通常眼底画像を取得する場合に対して、前記可視眼底画像取得手段によって可視眼底画像を取得するときの撮像素子の感度を切り換える切換手段、のいずれかを備えることを特徴とする眼底カメラ。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、被験者眼の眼底を撮影する眼底カメラに関する。

10

20

30

40

50

## 【背景技術】

## 【0002】

従来より、被験者眼の眼底をフラッシュ照明しその反射光を撮像素子にて受光することにより被験者眼のカラー眼底画像を撮影する眼底カメラが知られており、撮影されたカラー眼底画像は表示モニタを介して検者によって観察される（特許文献1参照）。

## 【0003】

また、近年、被験者眼の眼底を照明しその反射光を撮像素子にて受光する光学系と、網膜の機能応答を誘導する刺激光を照射する網膜刺激照明手段とを有し、前述の光学系を用いて刺激光照射前と照射後における赤外眼底画像を撮像素子にて取得し、取得された赤外眼底画像の反射率の変化から網膜の内因性信号を得ることにより網膜機能を計測しようとする網膜機能計測装置が提案されている（特許文献2参照）。

10

【特許文献1】特開2005-160550号公報

【特許文献2】国際公開第2005/084526号パンフレット

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

前述した眼底カメラ、網膜機能計測装置ともに被験者眼の眼底を撮影する装置であるため、効率化、省スペース化の観点からこれらの機能を一つにまとめた複合装置の提供が望まれる。また、このような複合装置を実現しようとする場合、眼底検査に適した高解像度で鮮明なカラー眼底画像の取得と、高精度での網膜機能の計測という2つの条件を満たす必要がある。

20

## 【0005】

本発明は、上記従来技術を鑑み、眼底検査に適した鮮明なカラー眼底画像を得ることができると共に、網膜機能の計測を精度よく行うことができる網膜機能計測機能を有した眼底カメラを提供することを技術課題とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

上記課題を解決するために、本発明は以下のような構成を備えることを特徴とする。

## 【0007】

（1）被験者眼眼底を赤外光にて観察し、可視フラッシュ光を用いてカラー眼底画像を得る眼底カメラにおいて、

30

単位時間あたりの光量が前記可視フラッシュ光よりも少ない光量にて被験者眼眼底を可視照明する眼底照明光学系と、

前記眼底照明光学系によって照明された被験者眼眼底からの反射光を受光して眼底画像を得るための撮像素子を有する撮像光学系と、

前記眼底照明光学系及び前記撮像光学系を用いて網膜機能計測用の可視眼底画像を取得する可視眼底画像取得手段と、

該可視眼底画像取得手段によって同一被験者眼から取得された撮影時間の異なる第1の前記可視眼底画像と第2の前記可視眼底画像とを記憶する記憶手段と、

該記憶手段に記憶された前記第1可視眼底画像と第2可視眼底画像とを比較し演算処理して変化情報を取得する変化情報取得手段と、

40

該変化情報取得手段にて取得された変化情報を表示する表示手段と、  
を備えることを特徴とする。

（2）（1）の眼底カメラは、

前記可視眼底画像取得手段による第1可視眼底画像取得と第2可視眼底画像取得との間に被検者の眼底に向けて刺激光を照射するための刺激光照射手段を備えることを特徴とする。

（3）（2）の眼底カメラにおいて、

前記刺激光照射手段は前記可視フラッシュ光を被験者眼眼底に向けて照射する手段であることを特徴とする。

50

(4) (1) ~ (3) の眼底カメラのいずれかにおいて、

前記眼底照明光学系は、可視域から近赤外域までの光を発する照明光源と、赤外光のみを透過する赤外フィルタと可視光のみを透過する可視フィルタとを照明光路上に選択的に挿脱する挿脱手段を備えることを特徴とする。

(5) (4) の眼底カメラは、

通常眼底画像を得るための眼底撮影モードと網膜機能を計測するための網膜機能計測モードとを切り換えるためのモード切換手段と、

前記挿脱手段を駆動制御する制御手段とを備え、

前記モード切換手段によって網膜機能計測モードが設定されたときは、前記制御手段は前記可視眼底画像取得手段による可視眼底画像取得時に前記眼底照明光学系の照明光路上に前記可視フィルタを挿入し、眼底観察時には赤外フィルタを挿入するように前記挿脱手段を駆動制御することを特徴とする。

10

(6) (5) の眼底カメラにおいて、

通常眼底画像を取得する場合に対して、前記可視眼底画像取得手段によって前記撮像素子に眼底像を結像させるときの結像倍率を光学的に切り換える切換手段、もしくは通常眼底画像を取得する場合に対して、前記可視眼底画像取得手段によって可視眼底画像を取得するときの撮像素子の感度を切り換える切換手段、のいずれかを備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

20

本発明によれば、眼底検査に適した鮮明なカラー眼底画像を得ることができると共に、網膜機能の計測を精度よく行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

図1は、本実施形態に係る眼底カメラの光学系及び制御系の概略構成図である。光学系は、被験者眼眼底を照明する眼底照明光学系10と、眼底照明光学系10によって照明された眼底反射光を受光して眼底画像を得るための撮像素子を有する撮像光学系30と、被験者眼を固視させるための固視灯呈示光学系70に大別できる。上記光学系は、被験者眼眼底を赤外光にて観察し、可視フラッシュ光を用いて眼底画像を得るために用いられる共に、被験者眼の網膜機能計測に用いられる。

30

【0010】

照明光学系10は、観察照明光学系と撮影照明光学系を有し、ハロゲンランプやLED等の観察用照明光源11、波長750nm以上の近赤外光を透過する赤外フィルタ12、コンデンサレンズ13、フラッシュランプ等の撮影用光源14、リレーレンズ18、ミラー19、リングスリット17、リレーレンズ21、孔あきミラー22、対物レンズ25を有する。

【0011】

なお、前述の照明光学系10は、網膜機能計測のために、被験者眼の眼底に可視刺激光を照射して網膜を刺激する刺激光照射光学系を兼用する。ここで、網膜機能計測を行う場合、例えば、観察光源11が点灯された状態で、照明光学系10の光路から赤外光のみを透過する赤外フィルタ12が退避され、近赤外領域の波長をカットし可視領域の波長のみを透過する可視フィルタ90が照明光学系10の光路に挿入される。ここで、照明光学系10は、赤外フィルタ12と可視フィルタ90とを照明光路上に選択的に挿脱する挿脱機構95を持つ。なお、本実施形態において、可視フィルタ90は、可視光の単色光（例えば、緑色付近（例： $\lambda = 568\text{nm}$ 付近））のみを透過する特性を持つ。

40

【0012】

撮像光学系30は、眼底観察光学系と眼底撮影光学系を有し、その光路には、対物レンズ25から順に、穴あきミラー22、被験者眼Eの瞳孔と略共役な位置に配置された撮像絞り31、光軸方向に移動可能なフォーカシングレンズ32（フォーカシングレンズ102）、結像レンズ33（結像レンズ103）、眼底撮影時には挿脱機構39により光路か

50

ら挿脱可能な跳ね上げミラー 34、可視域に感度を有する眼底撮影用の二次元撮像素子 35、が配置されている。また、跳ね上げミラー 34 の反射方向の光路には、赤外光反射・可視光透過の特性を有するダイクロイックミラー 37、撮像レンズ 36、赤外域に感度を有する観察用二次元撮像素子 38 が配置されている。なお、フォーカシングレンズ 32 は、モータを備える移動機構 49 により光軸方向に移動される。

#### 【0013】

なお、本実施形態に係る眼底撮影光学系 30 は、被験者眼のカラー眼底画像を得るための撮影光学系と、被験者眼の網膜機能計測用の可視眼底画像を得るための撮影光学系を有し、その用途に応じて撮影光学系を切換可能な構成となっている。より具体的には、通常  
10  
のカラー眼底画像を取得する場合、図 2 (a) に示すように、撮像素子 35 の撮像可能領域 C1 全体に大きく眼底像 G1 が撮像されるように、焦点距離が短いフォーカシングレンズ (コリメータレンズ) 32 と焦点位置の長い結像レンズ 33 との組み合わせからなる光学ユニット 301 が撮影光学系 30 の光路に挿入される。

#### 【0014】

一方、計測用眼底画像を取得する場合、図 2 (b) に示すように、撮像素子 35 の撮像可能領域 C1 に対し小さい撮影範囲 C2 (例えば、1/5 倍) に眼底像 G1 より小さい眼底像 G2 (例えば、1/5 倍) が撮像されるように、物側焦点距離が長くフォーカシング  
20  
レンズ (コリメータレンズ) 102 と像側焦点位置の短い結像レンズ 103 との組み合わせからなる光学ユニット 302 が撮影光学系 30 の光路に挿入される。なお、305 は、上記光学ユニット 301 及び 302 のいずれかを撮影光学系 30 の光路に選択的に配置させるために駆動する切換駆動機構である。また、上記構成において、用途に応じて光学系の切換がなされても、被験者眼眼底の撮影範囲自体は同範囲となるように光学設計されているのが好ましい。

#### 【0015】

以下に、通常カラー眼底画像を得る場合の光路について説明する。観察用光源 11 を発した光束は、赤外フィルタ 12 により赤外光束とされ、コンデンサレンズ 13、撮影光源 14 の透光部、リレーレンズ 18 を介してミラー 19 で反射され、リングスリット 17 を照明する。リングスリット 17 を透過した光は、リレーレンズ 21 を経て孔あきミラー 22 で反射され、対物レンズ 25 により被験者眼 E の瞳孔付近で一旦収束した後、拡散して被験者眼眼底部を照明する。  
30

#### 【0016】

また、前述のようにして赤外照明された眼底からの反射光は、対物レンズ 25、孔あきミラー 22 の開口部、撮影絞り 31、フォーカシングレンズ 32、結像レンズ 33、跳ね上げミラー 34、ダイクロイックミラー 37、撮像レンズ 36 を介して撮像素子 38 に結像する。なお、撮像素子 38 の出力は制御部 80 に入力され、モニタ 8 には、撮像素子 38 によって撮像された被験者眼の赤外眼底観察像が表示される。

#### 【0017】

また、撮影光源 14 から発せられた可視フラッシュ光は、撮影光源 14 ~ 対物レンズ 25 まで前述の観察用眼底照明光と同様の光路を経て、被験者眼の眼底を照明する。そして、可視光によって照明された眼底からの反射光は、対物レンズ 25、孔あきミラー 22 の開口部、撮影絞り 31、フォーカシングレンズ 32、結像レンズ 33 を経て、二次元撮像素子 35 に結像する。なお、撮像素子 35 の出力は制御部 80 に入力され、後述するメモリ (記憶部) 85 には、撮像素子 35 によって得られたカラー眼底画像が記憶され、モニタ 8 にて観察可能となる。  
40

#### 【0018】

固視灯呈示光学系 70 は、赤色の光源 74、リレーレンズ 75 を備え、ダイクロイックミラー 37 を介して跳ね上げミラー 34 から対物レンズ 25 までの眼底観察光学系の光路を共用する。

#### 【0019】

固視灯として用いられる固視光源 74 から発せられた可視光束は、リレーレンズ 75、  
50

ダイクロイックミラー 37、跳ね上げミラー 34 ~ 対物レンズ 25 を通過して被験者眼底に集光され、被検者によって固視される。

【0020】

< 制御系 > 80 は装置全体を制御したり各種演算処理を行う演算制御部（以下、制御部 80 と省略する）である。演算制御部 80 には、撮像素子 38、撮像素子 35、モニタ 8、移動機構 49、挿脱機構 39、各種のスイッチを持つスイッチ部 84、メモリ 85、切換駆動機構 305、挿脱機構 95、各光源等が接続されている。なお、スイッチ部 84 には、眼底像のフォーカス調整を行うためのフォーカス調整スイッチ 84a、通常眼底画像を得るための眼底画像撮影モードと網膜機能計測を行うための網膜機能計測モードとを切り換えるモード切換スイッチ 84b 等が配置されている。

10

【0021】

また、メモリ 85 には被験者眼の網膜機能を計測するための演算処理プログラムが格納されており、これに基づいて、制御部 80 は、刺激光に対する網膜反応前後の眼底画像を比較して演算処理することにより網膜機能計測に用いられる変化情報を取得する。

【0022】

なお、本実施形態の眼底カメラは、被験者眼に対して撮影光軸 L1 を 3 次元的に移動させる光学系移動機構、被験者眼に対してアライメントを行うための指標投影光学系、等を持つが、周知の構成であり、本発明とは関連が薄いため、説明を省略する。

【0023】

上記のような構成を備える眼底カメラにおいて、通常カラー眼底画像を取得する場合と、網膜機能計測用の可視眼底画像を取得する場合とに分けて説明する。

20

【0024】

< カラー眼底画像の取得 > モード切換スイッチ 84b への操作によって眼底画像撮影モードが設定された場合、制御部 80 は、眼底観察を行うべく挿脱機構 95 を駆動制御して、眼底照明光学 10 の光路に赤外フィルタ 12 を挿入させ、その光路から可視フィルタ 90 を退避させる。また、切換駆動機構 305 の動作により、眼底撮影光学系 30 の光路にカラー眼底撮影用の光学ユニット 301 を選択的に挿入する。次に、検者は、図示無きジョイスティックを用いて被験者眼に対して装置を移動させ、赤外光の眼底観察光によって被検者眼 E の眼底に照明光が照射され、所望する眼底画像がモニタ 8 に表示されるように、アライメントを行う。そして、コントロール部 74 に設けられたフォーカス調整用スイッチ 74a を用いて駆動機構 49 を駆動させることにより、画像のフォーカス合わせを行う。そして、所望する位置の眼底像がモニタ 8 に表示された状態において、コントロール部 74 に設けられた図示なき撮影ボタンを押す。

30

【0025】

ここで、撮影ボタンが押されると、制御部 80 は、跳ね上げミラー 34 を撮影光学系 30 の光路から退避させ、撮影光源 14 をストロボ発光させる。これにより、被験者眼底が撮影光源 14 によって照明され、可視照明された被験者眼底像が撮像素子 35 の撮像面に受光される。この場合、図 2 (a) に示すように、撮像素子 35 の撮像可能領域 C1 全体に大きく眼底像 G1 が撮像され、所定の結像倍率 S からなる被験者眼底像が撮像素子 35 の撮像面に撮影された状態となる。そして、結像倍率 S にて取得されたカラー眼底画像は、メモリ 85 に記憶されると共に、図 3 (a) に示すようにモニタ 8 に表示され、検者によって観察可能となる。ここで、結像倍率 S にて撮影されたカラー眼底画像は、撮像素子 35 の撮像面全体を用いて得られた眼底画像であり、被験者眼底の所定の撮影範囲に対して使用される画素数が多くなるため、解像度の高い鮮明な被験者眼底画像を得ることができる。

40

【0026】

< 網膜機能計測 > 一方、モード切換スイッチ 84b への操作によって網膜機能計測モードが設定された場合、初期状態においては、上記カラー眼底撮影モード同様に、観察光源 11 が点灯され、赤外フィルタ 12、光学ユニット 301 を用いて、被験者眼の赤外眼底像がモニタ 8 で観察可能な状態となる。なお、網膜機能の計測を行う場合、被験者眼を

50

暗所にて暗順応させた状態で計測を行うのが好ましい。

【 0 0 2 7 】

ここで、所望する位置の眼底像がモニタ 8 に表示された状態において、前述の撮影ボタンが押されると、制御部 8 0 は、機能計測用可視眼底画像を取得するべく、挿脱機構 9 5 を駆動制御して、眼底照明光学 1 0 の光路に可視フィルタ 9 0 を挿入させ、その光路から赤外フィルタ 1 2 を退避させる。また、切換駆動機構 3 0 5 を動作させて眼底撮影光学系 3 0 の光路に網膜機能計測用の光学ユニット 3 0 2 を選択的に挿入させると共に、駆動機構 3 9 を動作させて跳ね上げミラー 3 4 を撮影光路から跳ね上げる。ここで、観察光源 1 1 から発せられた光束は、可視フィルタ 9 0 によって赤外光成分が取り除かれると共に、可視光成分（例えば、緑色成分のみ）が透過され、被験者眼眼底に対して可視光が照射される。

10

【 0 0 2 8 】

なお、本実施形態では、被験者眼網膜のフォトリージング反応を利用して網膜画像の明るさの変化を検出することによって被験者眼網膜の機能計測を行う。すなわち、被験者眼の眼底に可視刺激光（例えば、緑色光）が照射されると、被験者眼の網膜内に含まれているロドプシンと呼ばれる物質が刺激されて退色反応が生じる。そこで、前述のような網膜反応前後における眼底画像の明るさの変化を可視光にて読み取ることにより、この網膜内物質の活動の変化に起因する内因性の信号変化が得ることができる。よって、被験者眼の網膜機能を計測することができる。

【 0 0 2 9 】

20

なお、本実施形態において、可視フィルタ 9 0 を介して被験者眼に照射される可視刺激光は、機能計測用の眼底画像を取得するための眼底照明光としても用いられる。すなわち、可視刺激光による被験者眼反射光は、対物レンズ 2 5、孔あきミラー 2 2 の開口部、撮影絞り 3 1、フォーカシングレンズ 1 0 2、結像レンズ 1 0 3 を介して撮像素子 3 5 に結像する。これにより、観察光源 1 1 及び可視フィルタ 9 0 によって可視照明された被験者眼眼底像が撮像素子 3 5 の撮像面に受光される。この場合、網膜機能計測に適した光量の可視光が被験者眼眼底に照射されるように、観察光源 1 1 が発する照明光の光量を眼底観察時と計測用画像取得時とで変化させるようにしてもよい。

【 0 0 3 0 】

この場合、図 2（b）に示すように、撮像素子 3 5 の撮像可能領域 C 1 に対して小さい眼底像 G 2 が撮像され、所定の結像倍率  $S_2$ （ $S_2 < S_1$ ）からなる被験者眼眼底像が撮像素子 3 5 の撮像面に撮影された状態となる。

30

【 0 0 3 1 】

ここで、制御部 8 0 は、撮像素子 3 5 からの撮像信号に基づいて結像倍率  $S_2$  からなる可視眼底画像を経時的に取得することにより機能計測用の可視眼底画像を取得する。より具体的には、制御部 8 0 は、観察光源 1 1 を連続点灯させ、撮像素子 3 5 のフレームレートに応じて連続的に取得される眼底画像を機能計測用眼底画像として逐次メモリ 8 5 に記憶させていく。また、観察光源 1 1 をフリッカ状に点灯させ、光源 1 1 点灯時に撮像素子 3 5 から出力される眼底画像を計測用眼底画像として随時メモリ 8 5 に記憶させるようにしてもよい。また、観察光源 1 1 を 1 回点灯させたときに刺激前眼底画像を取得し、光源 1 1 を消灯後所定時間経過後に、再度光源 1 1 を点灯させたときに刺激後眼底画像を取得するようにしてもよい。すなわち、制御部 8 0 は、前述のように同一被験者眼から取得された撮影時間（撮影タイミング）の異なる第 1 の可視眼底画像と第 2 の可視画像とをメモリ 8 5 に記憶する。

40

【 0 0 3 2 】

なお、上記のように網膜刺激用光源及び計測用画像取得用光源として観察光源 1 1（例えば、ハロゲンランプ、LED 等）を兼用したため、単位時間あたりの光量が撮影光源 1 4 にて眼底画像を得るときの可視フラッシュ光よりも少ない光量にて、被験者眼眼底が可視照明される。このため、微弱な照射光によって被験者眼眼底を照明することができ、被験者眼網膜のブリーチング反応が急速に起こってしまうのを防止でき、網膜反応の連続的

50

な変化を計測することができる。また、可視域から近赤外域までの光を発する光源（ハロゲンランプやLED等）を照明光源として用い、可視フィルタ90と赤外フィルタ12を照明光学系の光路に選択的に挿脱させることにより、赤外眼底画像の取得と計測用可視眼底画像の取得とを効率よく行うことができる。なお、計測画像取得用の照明光学系として、照明光学系10とは別に、計測画像取得用の緑光を被験者眼眼底に向けて照射する照明光学系を設けるようにしてもよい。

#### 【0033】

ここで、結像倍率S2にて撮影された眼底画像G2は、撮像素子35の撮像面の小さい範囲C2を用いて得られた眼底画像であり、被験者眼眼底の所定の撮影範囲に対して使用される画素数は結像倍率S1の場合に比べて少なくなる。いいかえれば、光学ユニット301挿入時に対して光学ユニット302挿入時の方が眼底反射光に対して集光作用が働くため、一画素当たりの受光効率を上げることができる。このため、網膜刺激による被験者眼眼底の明るさの変化を高いS/N比で検出できる。したがって、網膜刺激による網膜の内因性信号の変化を精度よく検出することが可能となる。

#### 【0034】

上記のようにして計測用眼底画像の取得が完了したら、制御部80は、演算処理による網膜機能計測に移行する。ここで、制御部80は、メモリ85に記憶された第1可視眼底画像と第2可視眼底画像とを比較し演算処理して変化情報を取得する。この場合、制御部80は、メモリ85に記憶された刺激光に対する網膜反応前後の眼底画像（網膜刺激前後の眼底画像）を用いて、網膜刺激による眼底画像の明るさの変化を各画素毎に求める。例えば、可視光による刺激開始時の眼底画像の明るさに対する刺激開始後所定時間経過後の眼底画像の明るさの変化を各画素毎に求める。明るさの変化は差分や比等求めることによって得られる。そして、制御部80は、得られた明るさの変化情報を各画素に対応させて、図3（b）に示すようにモニタ8に表示する。明るさの変化情報としては、濃淡や高低によって明るさの変化情報を画像として表示する方法や、差分や比の数値情報、この数値情報を網膜機能の評価するための所定の解析プログラムにより演算処理した情報等によって表すことができる。

#### 【0035】

以上示したように、上記のような構成によれば、眼底検査に適した鮮明なカラー眼底画像を得ることができると共に、網膜機能の計測を精度よく行うことが可能となる。

#### 【0036】

なお、以上の説明においては、撮影モードに応じてカラー撮影用光学ユニット301と計測用光学ユニット302を選択的に撮影光学系30の光路に配置させることで、網膜機能計測の場合、通常の眼底画像を取得する場合に対して撮像素子35に眼底像を結像させるときの結像倍率を光学的に切り換える（結像倍率を下げる）ような構成としたが、これに限るものではない。

#### 【0037】

例えば、光路切換が可能な跳ね上げミラーを撮影光学系30に設け、結像倍率S1からなる被験者眼眼底像を撮像するための第1結像光学系及び第1撮像素子を持つ第1光学ユニットを跳ね上げミラーの背面側に配置し、結像倍率S1より倍率の小さい結像倍率S2からなる被験者眼眼底像を撮像するための第2結像光学系及び第2撮像素子を持つ第2光学ユニットを跳ね上げミラーの反射方向に配置するような構成が考えられる。この場合、この跳ね上げミラーが跳ね上げられるときに第1光学ユニットを用いてカラー眼底像を撮影し、跳ね上げミラーが光路内にあるときに第2光学ユニットを用いて計測用眼底像を撮影するような構成が考えられる。すなわち、網膜機能計測の場合、通常の眼底画像を取得する場合に対して、網膜画像計測用の撮像素子に眼底像を結像させるときの結像倍率を光学的に切り換える（結像倍率を下げる）ような構成であればよい。

#### 【0038】

また、以上の説明においては、眼底撮影用撮像素子に結像される結像倍率を光学的に切り換える構成としたが、網膜機能計測の際、通常の眼底画像を取得する場合に対して撮像

10

20

30

40

50

素子 35 の感度（ゲイン）を切り換える（感度を上げる）電気的な手段を用いるようにしてもよい。また、結像倍率の切換と感度の切換を併用させるようにしてもよい。

【0039】

より具体的には、カラー眼底画像を取得する場合に撮像素子 35 から出力される撮像信号のゲインを低く設定しておき、機能計測用の眼底画像を取得する場合に撮像素子 35 から出力される撮像信号のゲインを高め設定しておく。この場合、カラー眼底画像取得時においては、低いゲインで眼底像を得るため、撮像素子 35 によるバックグラウンドノイズが少ない状態で撮像信号が得られる。よって、ざらつきの少ない鮮明な眼底画像を得ることができる。一方、機能計測用の眼底画像を取得する場合においては、高いゲインで眼底像を得るため、撮像素子 35 の 1 画素あたりの受光効率を高めることができ、網膜の内因性信号の変化を高い S/N 比にて得ることが可能である。

10

【0040】

なお、上記ゲイン調整を行うような場合、眼底撮影用撮像素子としてイメージインテンシファイアやエレクトロマルチプライヤー等の比較的高い感度特性を持つ撮像素子を用いるようにしてもよい。なお、撮像ゲインを高くして計測用眼底画像を得る場合、バックグラウンドノイズが増える可能性が高いので、メディアンフィルタや平均化処理等のノイズ除去処理を行うのが好ましい。一方、撮像ゲインを低くして計測用眼底画像を得る場合、バックグラウンドノイズが少ないので、被験者眼底の生画像に近い眼底画像を得ることができる。この場合、通常眼底撮影用の撮像素子と計測用眼底画像撮影用の撮像素子を別に設け、計測用眼底画像撮影用の撮像素子として高感度の撮像素子を設けるようにしてもよい。

20

【0041】

また、上記手法に限るものではなく、第 1 可視眼底画像と第 2 可視眼底画像とを比較し演算処理して変化情報取得する場合、各可視眼底画像として、撮影時間の異なる複数の眼底画像を加算させた加算画像を用いるようにしてもよい。例えば、刺激開始から第 1 の所定時間が経過する（例えば、0.5 s）までに取得された眼底画像同士を加算させた第 1 可視眼底画像と、第 1 の所定時間経過後からさらに第 2 の所定時間が経過する（0.5 s ~ 1.0 s）までに取得された眼底画像同士を加算させた第 2 可視眼底画像とを比較演算するようにしてもよい。

【0042】

30

また、同じ被験者眼に対してカラー眼底像撮影と網膜機能計測とを同時期に行うような場合、初めに網膜機能計測を行い、後にカラー眼底像撮影を行う。これは、カラー眼底像撮影時にストロボ光源の発光によってブリーチング反応が生じてしまうのを防ぐためである。この場合、得られたカラー眼底像と網膜機能の計測結果とをモニタ 8 に並列表示させるようにしてもよい。

【0043】

また、以上の説明においては、観察光源 11 と可視フィルタ 90 を用いて被験者眼網膜を可視刺激させるような構成としたが、撮影光源 14 から発せられる可視フラッシュ光を用いて被験者眼網膜を刺激させるような構成としても良い。この場合、撮影光源 14 から被験者眼底に照射される照射光量を調整することにより、カラー眼底像撮影時の照射光量に対して光量を下げないようにしてもよい。

40

【0044】

また、制御部 70 は、計測用眼底画像としての撮影時間（タイミング）の異なる第 1 可視眼底画像取得と第 2 可視眼底画像取得の間に、撮影光源 14 による刺激光を被験者眼底に向けて照射するようにしてもよい。この場合、刺激光照射前後（刺激光照射開始時と、開始後所定時間経過後を含む）の眼底画像を取得する合間に被験者眼底に照射される刺激光を眼底照明光として用いることによりカラー眼底画像を取得するようにしてもよい。より具体的には、制御部 80 は、所定の撮影ボタンからのトリガ信号が入力されたら、観察光源 11 と可視フィルタ 90 と光学ユニット 302 を用いて第 1 の計測用眼底画像を得ておき、その後撮影光源 14 と光学ユニット 301 を用いて（可視フィルタ 90 は光路

50

から外す) カラー眼底像を得る。そして、撮影光源 1 1 の発光によって刺激された被験者眼眼底に対して、観察光源 1 1 と可視フィルタ 9 0 と光学ユニット 3 0 2 を用いて第 2 の計測用眼底画像を得る。

【 0 0 4 5 】

このようにすれば、網膜機能計測のための網膜刺激とカラー眼底撮影を兼ねることができるため、検者の手間を省くことができると共に、可視光照射による被験者眼への負担を軽減させることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 6 】

【 図 1 】 本実施形態に係る眼底カメラの光学系及び制御系の概略構成図である。

10

【 図 2 】 撮像素子への結像倍率を変えたときの眼底像について説明する図である。

【 図 3 】 取得されたカラー眼底画像と網膜機能計測結果をモニタに表示させたときの図である。

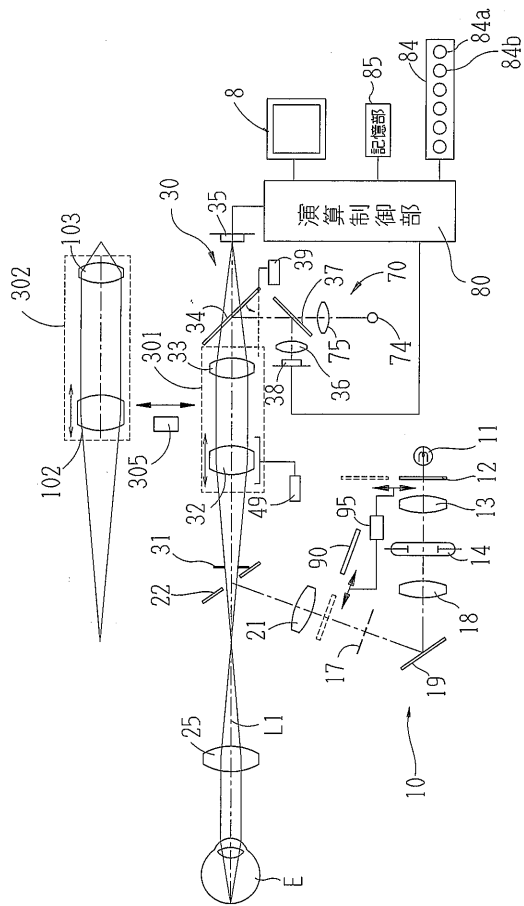
【 符号の説明 】

【 0 0 4 7 】

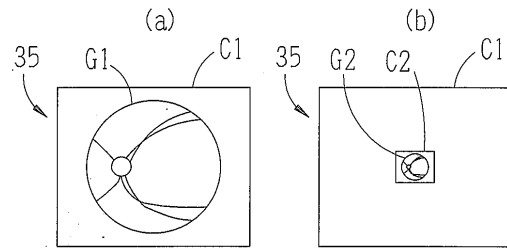
- 8 表示モニタ
- 1 0 眼底照明光学系
- 1 1 観察光源
- 1 2 赤外フィルタ
- 1 4 撮影光源
- 3 0 眼底撮影光学系
- 3 5 撮像素子
- 8 4 b モード切換スイッチ
- 8 5 記憶部
- 9 0 可視フィルタ
- 9 5 挿脱機構
- 3 0 1 光学ユニット
- 3 0 2 光学ユニット
- 3 0 5 切換駆動機構

20

【図 1】



【図 2】



【図 3】

