

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5173569号
(P5173569)

(45) 発行日 平成25年4月3日(2013.4.3)

(24) 登録日 平成25年1月11日(2013.1.11)

(51) Int.Cl.

F 1

A 6 1 B 3/14 (2006.01)

A 6 1 B 3/14

E

請求項の数 13 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-122916 (P2008-122916)
 (22) 出願日 平成20年5月9日(2008.5.9)
 (65) 公開番号 特開2009-268772 (P2009-268772A)
 (43) 公開日 平成21年11月19日(2009.11.19)
 審査請求日 平成23年4月21日(2011.4.21)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 岸田 伸義
 東京都大田区下丸子三丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内
 (72) 発明者 岩永 知行
 東京都大田区下丸子三丁目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

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フォーカスレンズを介して被検眼の眼底を撮像する撮像素子を有する撮影光学系と、
 前記眼底に複数のフォーカス指標を投影するフォーカス指標投影手段と、
 前記フォーカスレンズを駆動するフォーカス駆動手段と、
 前記複数のフォーカス指標に対応する複数のフォーカス指標像の位置に基づいて前記フ
 ォーカス駆動手段の第1の駆動量を取得する第1の取得手段と、
 前記複数のフォーカス指標像のうち少なくとも一つのコントラストに基づいて前記フ
 ォーカス駆動手段の第2の駆動量を取得する第2の取得手段と、
 を有することを特徴とする眼科装置。

10

【請求項 2】

前記フォーカス駆動手段が、前記第1の駆動量に基づいて前記フォーカスレンズを駆動
 した後に、前記第2の駆動量に基づいて該フォーカスレンズを駆動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】

前記第2の取得手段が、前記フォーカス駆動手段により前記第1の駆動量に基づいて前
 記フォーカスレンズを駆動している際に、前記コントラストに基づいて前記第2の駆動量
 を取得することを特徴とする請求項1あるいは2に記載の眼科装置。

【請求項 4】

前記フォーカス駆動手段により前記第1の駆動量に基づいて前記フォーカスレンズを駆

20

動した際における前記コントラストの極大点を検出する極大点検出手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の眼科装置。

【請求項 5】

前記第 2 の取得手段が、前記極大点の検出の有無に応じて前記フォーカス駆動手段により前記第 2 の駆動量に基づいて前記フォーカスレンズを駆動する際の駆動方向を取得することを特徴とする請求項 4 に記載の眼科装置。

【請求項 6】

前記極大点の検出が有る場合、前記駆動方向は前記第 1 の駆動量に基づく前記フォーカスレンズの駆動方向とは逆方向であり、

前記極大点の検出が無い場合、前記駆動方向は前記第 1 の駆動量に基づく前記フォーカスレンズの駆動方向であることを特徴とする請求項 4 あるいは 5 に記載の眼科装置。

【請求項 7】

前記複数のフォーカス指標は、前記被検眼の瞳の異なる部位を通過する複数の光束であり、該複数の光束のうち一方が少なくとも 2 つの透過ピークを有する形状であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の眼科装置。

【請求項 8】

前記複数のフォーカス指標像のうち少なくとも一つの輝度値、エッジ、周波数成分を前記コントラストとして検出するコントラスト検出手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の眼科装置。

【請求項 9】

前記複数のフォーカス指標像の位置を検出する指標像位置検出手段と、
前記位置に基づいて前記第 1 の駆動量を算出する第 1 の駆動量算出手段と、
前記フォーカス駆動手段の駆動中において前記コントラストに基づいて前記第 2 の駆動量を算出する第 2 の駆動量算出手段と、
を有することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の眼科装置。

【請求項 10】

前記第 2 の駆動量に基づく前記フォーカスレンズの駆動が完了した後に前記眼底を撮影することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の眼科装置。

【請求項 11】

フォーカスレンズを介して被検眼の眼底を撮像する撮像素子を有する撮影光学系と、
前記眼底に複数のフォーカス指標を投影するフォーカス指標投影手段と、
前記フォーカスレンズを駆動するフォーカス駆動手段と、
前記複数のフォーカス指標に対応する複数のフォーカス指標像の位置に基づいて前記フォーカス駆動手段の第 1 の駆動量を取得する第 1 の取得手段と、
前記複数のフォーカス指標像のうち少なくとも一つのコントラストに基づいて前記フォーカス駆動手段の第 2 の駆動量を取得する第 2 の取得手段と、
を有することを特徴とする眼科システム。

【請求項 12】

被検眼の眼底に複数のフォーカス指標を投影する工程と、
前記複数のフォーカス指標に対応する複数のフォーカス指標像の位置に基づいてフォーカスレンズを駆動するフォーカス駆動手段の第 1 の駆動量を取得する工程と、
前記複数のフォーカス指標像のうち少なくとも一つのコントラストに基づいて前記フォーカス駆動手段の第 2 の駆動量を取得する工程と、
を有することを特徴とする眼科方法。

【請求項 13】

被検眼の眼底に複数のフォーカス指標を投影する処理と、
前記複数のフォーカス指標に対応する複数のフォーカス指標像の位置に基づいてフォーカスレンズを駆動するフォーカス駆動手段の第 1 の駆動量を取得する処理と、
前記複数のフォーカス指標像のうち少なくとも一つのコントラストに基づいて前記フォーカス駆動手段の第 2 の駆動量を取得する処理と、

10

20

30

40

50

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、例えば眼科医院や集団健診等で用いられ、被検眼の眼底を撮影する眼科装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、被検眼の瞳上で分割されたフォーカスプリット指標光束を被検眼の眼底に投影する手段と、フォーカスレンズを有する眼底を観察撮影する手段がある。そして、両者を連動して光軸方向に移動し、被検眼の眼底上のフォーカスプリット指標像を観察し、それを所定位置関係、例えばフォーカスプリット指標像を一直線に揃えるだけで、被検眼の眼底に容易にピントを合わせることができる眼底カメラが知られている。更に、フォーカスプリット指標像を撮像し、フォーカスプリット指標像位置を検知してオートフォーカスする装置も知られている。

10

【0003】

被検眼の眼底にピントを容易に合わせるために、被検眼の瞳上で分割されたフォーカスプリット指標を投影し、その像を観察眼底撮影光学系のフォーカスレンズを介して観察し、フォーカスプリット指標像の位置関係を観察して合焦することが知られている。

【0004】

20

更に、投影されたフォーカスプリット指標像を撮像し、そのフォーカスプリット指標像の位置関係からオートフォーカスすることも知られている。

【0005】

また特許文献1には、眼底に投影した2つに分割されたフォーカスプリット指標像を撮像し、2つのフォーカスプリット指標像のそれぞれの位置からフォーカス状態を検出する。その際に、指標の明るさを減光する眼底カメラが開示されている。

【0006】

特許文献2には、眼底にフォーカス指標を投影し、撮影光学系でフォーカス指標像を撮像して、フォーカス状態を検知する眼科装置が開示されている。

【0007】

30

【特許文献1】特開平5-95907号公報

【特許文献2】特開平8-275921号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし従来の眼底カメラは、被検眼の角膜などの反射光を除去するために、眼底照明光束やフォーカスプリット指標光束と、観察撮影光束を被検眼の瞳近傍で領域を分けている。従って、被検眼の光学系の収差に個人差がある場合に、フォーカスプリット指標像の位置を所定位置関係にするだけで撮影すると、被検眼によってはフォーカス合わせに誤差が生じ、ピントがずれた眼底像になってしまう虞れがある。

40

【0009】

本発明の目的は、上述の問題点を解消し、被検眼の収差がある場合においても、ピントずれが生じない眼底像を撮影できる眼科装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記の課題を解決するための本発明に係る眼科装置は、
フォーカスレンズを介して被検眼の眼底を撮像する撮像素子を有する撮影光学系と、
前記眼底に複数のフォーカス指標を投影するフォーカス指標投影手段と、
前記フォーカスレンズを駆動するフォーカス駆動手段と、
前記複数のフォーカス指標に対応する複数のフォーカス指標像の位置に基づいて前記フ

50

フォーカス駆動手段の第 1 の駆動量を取得する第 1 の取得手段と、

前記複数のフォーカス指標像のうち少なくとも一つのコントラストに基づいて前記フォーカス駆動手段の第 2 の駆動量を取得する第 2 の取得手段と、

を有する。

【発明の効果】

【0011】

本発明に係る眼科装置によれば、フォーカス指標によるアクティブ位相差検出機能を利用し、高精度フォーカス調整時に指標像の変化を利用し、高速かつ高精度のオートフォーカスが達成できる。フォーカス指標とフォーカスレンズを連動させることで位相差検出がし易く、位相差によるフォーカス指標を用い、更にフォーカス指標のベストピント検出を行うことにより、より正確に眼底にフォーカスを合わせることができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明を図示の実施例に基づいて詳細に説明する。

【実施例 1】

【0013】

図 1 は実施例 1 の眼底カメラの構成図である。光軸 O 1、O 2 上には照明光学系が構成され、光軸 O 1 上に、ハロゲンランプ等の定常光を発する観察用光源 1、コンデンサレンズ 2、赤外光を透過し可視光を遮断するフィルタ 3、ストロボ等の撮影用光源 4、レンズ 5、ミラー 6 が配置されている。更に、ミラー 6 の反射方向の光軸 O 2 上には、リング状開口を有するリング絞り 7、フォーカス指標投影手段 8、リレーレンズ 9、中央部開口を有する孔あきミラー 10 が順次に配列されている。

20

【0014】

また、孔あきミラー 10 の反射方向の光軸 O 3 上には、被検眼 E に対向して対物レンズ 11 が配置されている。更に、孔あきミラー 10 の孔部に撮影絞り 12 が設けられ、その後方にフォーカスレンズ 13、撮影レンズ 14、跳ね上げミラー 15、画像記録用撮像素子 16 が順次に配列され、眼底撮影光学系が構成されている。

【0015】

そして、跳ね上げミラー 15 の反射方向の光軸 O 4 上には、赤外光を反射し、可視光を透過するミラー 17 が配置されており、ミラー 17 の反射方向の光軸 O 5 上には、フィールドレンズ 18、レンズ 19、観察用撮像素子 20 が順次に配列されている。なお、画像記録用撮像素子 16 と観察用撮像素子 20 は、被検眼 E の眼底 E r と光学的に共役位置に配置されている。

30

【0016】

図 2 (a)、(b) はフォーカス指標投影手段 8 の側面図、平面図を示している。フォーカス指標投影手段 8 はプリズム部 21 a、21 b、21 c を有するフォーカススプリットプリズム 22、矩形状の開口部を有するフォーカス指標 23、フォーカス指標照明用 LED 24 を有している。

【0017】

一方、光軸 O 2 上のフォーカス指標投影手段 8 と光軸 O 3 上のフォーカスレンズ 13 は、フォーカスリンク機構 25 により連結されており、それぞれの光軸 O 2、O 3 方向に連動して移動するようになっている。つまり、フォーカスリンク機構 25 の駆動によって、フォーカス指標投影手段 8 のフォーカス指標 23 と、画像記録用撮像素子 16 が光学的に共役位置に配置されている。

40

【0018】

また、画像記録用撮像素子 16 の出力は画像処理部 31 を介して、観察用撮像素子 20 の出力は合焦検出部 32 を介して制御部 33 に接続されている。更に制御部 33 には、モニタ 34、フォーカスリンク機構 25 を駆動するフォーカス駆動手段 35 が接続されている。制御部 33 は適宜にモニタ 34 に観察用撮像素子 20 で撮像された観察画像と、画像記録用撮像素子 16 で撮像された静止画像を映出する。

50

【 0 0 1 9 】

また、制御部 3 3 には撮影スイッチ 3 8 が接続されている。更に、制御部 3 3 の出力は、観察用光源 1 には光量調整・点灯・消灯などの制御を行う観察光源制御部 3 6 を介して、撮影用光源 4 には光量調整・点灯・消灯などの制御を行う撮影光源制御部 3 7 を介して接続されている。

【 0 0 2 0 】

モニタ 3 4、撮影スイッチ 3 8 以外の機器は図示しない光学基台に搭載されて、眼底カメラの光学ユニットが構成され、更に光学ユニットはステージ部に載置されている。

【 0 0 2 1 】

使用時には、制御部 3 3 は観察光源制御部 3 6 を制御し観察用光源 1 を点灯する。観察用光源 1 から射出した光束は、コンデンサレンズ 2 で集光され、フィルタ 3 で可視光をカットされ赤外光のみが透過され、ストロボ等の撮影用光源 4 を透過する。更に、レンズ 5、ミラー 6、及びリング絞り 7 を通ってリング光束とされた後に、リレーレンズ 9、孔あきミラー 1 0 により光軸 O 3 方向に偏向され、対物レンズ 1 1 を介して、被検眼 E の眼底 E r を照明する。

10

【 0 0 2 2 】

眼底 E r に達した光束は、反射散乱されて眼底反射像として被検眼 E から出射する。この光束は対物レンズ 1 1、撮影絞り 1 2、フォーカスレンズ 1 3、撮影レンズ 1 4 を通過した後に、跳ね上げミラー 1 5 及びミラー 1 7 で偏向され、フィールドレンズ 1 8、レンズ 1 9 により観察用撮像素子 2 0 に結像する。そして、制御部 3 3 は観察用撮像素子 2 0 で撮像した眼底像をモニタ 3 4 に映出する。

20

【 0 0 2 3 】

検者はモニタ 3 4 に映出された眼底像を観察しながら、被検眼 E と光学ユニットとの位置合わせの微調整を行い、次いでフォーカス調整を行い撮影スイッチ 3 8 を押して撮影を行う。

【 0 0 2 4 】

図 2 (a) において、フォーカス指標照明用 L E D 2 4 から出射した光束はフォーカススプリットプリズム 2 2 のプリズム部 2 1 a により光軸 O 2 方向に偏向され、プリズム部 2 1 b、2 1 c に達する。ここで、プリズム部 2 1 b、2 1 c は互いに対称な角度のプリズム面を有している。プリズム部 2 1 b、2 1 c に達した光束は、(b) に示すフォーカス指標 2 3 の矩形状の開口部 2 3 a を通過し、それぞれ光軸 O 2 に対称な図 2 に示す 2 つのフォーカス指標光束 L b、L c が形成される。そして、リレーレンズ 9、孔あきミラー 1 0、対物レンズ 1 1 を介して被検眼 E に達する。

30

【 0 0 2 5 】

図 3 はフォーカス指標光束 L b の被検眼 E の瞳 E p 上の位置 L p 1 と、フォーカス指標光束 L c の被検眼 E の瞳 E p 上の位置 L p 2 を示している。

【 0 0 2 6 】

図 4 (a) ~ (c) は、フォーカス指標光束 L b、L c が被検眼 E の眼底 E r に達する様子と、フォーカス指標光束 L b、L c による眼底 E r 上のフォーカス指標像 F b、F c の機能説明図を示している。図 4 (a) は被検眼 E の眼底 E r とフォーカス指標 2 3 が光学的に共役な位置関係にある場合を示している。眼底 E r とフォーカス指標 2 3 が光学的に共役なので、2 つに分離されたフォーカス指標光束 L b、L c は瞳 E p の異なる部位である複数の領域を経て、眼底 E r 上でフォーカス指標 2 3 の矩形状の開口部 2 3 a によるフォーカス指標像 F b、F c となり一列に並ぶ。

40

【 0 0 2 7 】

図 4 (b) は被検眼 E が図 4 (a) よりも近視の場合を示している。眼底 E r とフォーカス指標 2 3 が光学的に共役関係ではないので、フォーカス指標光束 L b、L c は眼底 E r 上でフォーカス指標像 F b、F c となり、互いに上下方向にずれ、フォーカス指標像 F b が上方に、フォーカス指標像 F c が下方にずれる。

【 0 0 2 8 】

50

図4(c)は被検眼Eが図4(a)よりも遠視の場合を示している。眼底Erとフォーカス指標23が光学的に共役でないので、フォーカス指標光束Lb、Lcは眼底Er上でフォーカス指標像Fb、Fcとなり、互いに上下方向にずれ、フォーカス指標像Fbが下方に、フォーカス指標像Fcが上方にずれる。

【0029】

従来例の眼底カメラにおけるオートフォーカス方法では、フォーカス指標像Fb、Fcを検出し、フォーカス指標像Fb、Fcが一行に並ぶようにして、眼底Erとフォーカス指標23は光学的に共役となる。フォーカスリンク機構25によって、フォーカス指標投影手段8のフォーカス指標23と画像記録用撮像素子16を光学的に共役関係にすると、眼底Erと画像記録用撮像素子16は光学的に共役関係になり、眼底Erにピントが合う。

10

【0030】

ところが、被検眼Eに球面収差や乱視などがあって、光学的な収差が大きい場合には、フォーカス指標像Fb、Fcを一行に並べても、眼底Erに合焦したことになることがないことがある。

【0031】

図5は本実施例における被検眼Eと対物レンズ11付近のフォーカス指標光束Lb、Lcと観察撮影光束Lの説明図である。被検眼Eの瞳Ep上において、フォーカス指標光束Lb、Lcは光軸O3から離れた位置を通過しており、撮影絞り12によって制限される観察撮影光束Lは、瞳Ep上で光軸O3の中心を通過している。被検眼Eに光学的な収差が小さい場合には、眼底カメラの焦点深度が深いため、フォーカス指標像Fb、Fcを一行に並べれば、眼底Erにピントを合わせることができる。

20

【0032】

図6は球面収差の説明図である。レンズ41の焦点面に対し、光軸Oに平行で光軸Oからの高さの異なる光線L1、L2、L3が紙面右側からレンズ41に入射している。レンズ41に球面収差があれば、光軸Oからの高さが最も低い光線L3は、焦点面N上でほぼ光軸Oに近い位置を通過するが、光線L1、L2は光軸Oと離れた位置を通過する。

【0033】

上述したように、収差の大きい被検眼Eの場合に、被検眼Eの瞳Ep上において、フォーカス指標光束Lb、Lcと観察撮影光束Lは瞳Ep上で異なった領域を通過しているため収差の影響を受ける。従って、フォーカス指標像Fb、Fcを一行に並べても、必ずしも眼底Erにベストピントとはならない。

30

【0034】

図7は大きい球面収差を持つ被検眼Eと、対物レンズ11付近のフォーカス指標光束Lb、Lcと観察撮影光束Lの説明図である。被検眼Eの球面収差が大きいため、フォーカス指標像Fb、Fcを一行に並べてもベストピントとはならず、フォーカス指標像Fbが少々下方に、フォーカス指標像Fcが少々上方に位置するようにすると、眼底Erにピントが合う。

【0035】

このように、人眼には球面収差や乱視などの収差に個人差があり、そのため収差の大きい被検眼Eの場合には、その収差に合致したフォーカス補正が求められる。

40

【0036】

図8は合焦検出部32の構成図であり、合焦検出部32には、合焦のために用いる画像メモリ51、第1合焦検出部52、第2合焦検出部53が設けられている。画像メモリ51には観察用撮像素子20の出力が接続され、画像メモリ51の出力は第1合焦検出部52と第2合焦検出部53に接続され、また第1合焦検出部52と第2合焦検出部53は、合焦検出の開始の同期を行うために接続されている。本実施例では、第1合焦検出部52と第2合焦検出部53は、それぞれフォーカス指標像Fb、Fcの位置検出による合焦検出機能と、コントラスト検出による合焦検出機能を備えている。

【0037】

50

第1合焦検出部52はフォーカス指標像検出部52a、フォーカス指標距離検出部52b、フォーカス駆動量算出部52cから構成されている。フォーカス指標像検出部52aはフォーカス指標像Fb、Fcの指標像位置検出を行い、フォーカス指標距離検出部52bは2つのフォーカス指標像間の距離を検出する。またフォーカス駆動量算出部52cはフォーカス指標像Fb、Fc間の距離により第1の駆動量を算出する。

【0038】

更に、第2合焦検出部53は、コントラスト検出部53a、コントラスト判断部53b、フォーカス駆動量算出部53cによって構成されている。コントラスト検出部53aはフォーカス指標像Fb、Fcのコントラストを検出し、コントラスト判断部53bはコントラストの判定を行い、コントラストの判定結果により第2の駆動量を算出する。

10

【0039】

図9は第2合焦検出部53で実行されるフォーカス指標像Fb、Fcのコントラスト検出原理の説明図である。このフォーカス検出方式は輝度信号の高周波成分が合焦時に最大となることを利用したものであり、コントラスト検出部53aにおいては、バンドパスフィルタなどにより入力された輝度信号の高周波成分を抽出する。

【0040】

図9はこのときのフォーカスレンズ13の位置と輝度信号の高周波成分との関係を示し、横軸はレンズ位置を、縦軸は高周波成分の量をそれぞれ表している。合焦位置M2においては高周波成分が最大となり、ピントが大きくずれた位置M1では、高周波成分が小さくなる。

20

【0041】

このピントの検出方法は、例えば指標のエッジを検出する、エッジのスロープを検出する、指標像の最大輝度値と最低輝度値から求める指標コントラストを検出する、指標の半値幅を検出するなどの種々の方法が考えられる。しかし本実施例では、高周波成分を抽出するコントラスト検出を例に説明する。なお、指標像の最大輝度値と最低輝度値から求める指標コントラストを検出する方法については、後述する実施例2において具体的に説明する。

【0042】

図10は実施例1の制御方法についての動作フローチャート図である。眼底Erにフォーカス指標光束Lb、Lcが投影されると、ステップS1でフォーカス指標像Fb、Fcの輝点の位置検出が開始される。ステップS2で第1合焦検出部52のフォーカス指標像検出部52aによって実行され、フォーカス指標像Fb、Fcの指標像位置検出が行われる。

30

【0043】

ステップS2でのフォーカス指標像Fb、Fcと観察画像との位置関係は、観察用撮像素子20上で図11に示すような観察状態になっている。フォーカス指標像Fbの信号SP1及びフォーカス指標像Fcの信号SP2の位置を、画像メモリ51に記録された画像情報から検出する。なお、画像メモリ51は観察用撮像素子20によって得られる全ての画像情報を記録する必要はなく、本実施例のようにフォーカス指標像Fb、Fcの検出が可能な領域とすればよいことは言うまでもない。

40

【0044】

ステップS3で第1合焦検出部52のフォーカス指標距離検出部52bによって実行され、この2つの信号SP1、SP2間の距離Dを算出する。ステップS4は第1合焦検出部52のフォーカス駆動量算出部52cによって実行され、この距離に相当する第1の駆動量を算出する。ステップS5はフォーカス指標像Fb、Fcの位置検出によるオートフォーカスの最後のステップであり、ステップS4で算出された第1の駆動量に従って、制御部33を介してフォーカス駆動手段35を用いて駆動制御を行う。

【0045】

ステップS5のフォーカス移動が終了すると、フォーカス指標像Fbの信号SP1及びフォーカス指標像Fcの信号SP2の位置関係が、図12に示すようになる。ここまでは

50

、従来例の眼底カメラにおけるオートフォーカス方法である。このフォーカス方法はアクティブ位相差検出方法と呼び、特にフォーカス指標像 F b、F c が一列となるようなラフフォーカス調整時には、駆動の目標値が算出できるため、高速なオートフォーカスを行うことができる。

【 0 0 4 6 】

本実施例では、図 1 0 のステップ S 5 によるフォーカス駆動が開始されたとき、つまりフォーカス駆動中に、ステップ S 1 0 でフォーカス指標像 F b、F c のコントラスト検出が開始される。このように、ステップ S 1 ~ ステップ S 5 で説明した図 1 1、図 1 2 の状態の間は、フォーカス指標像 F b、F c のコントラスト検出が実行される。

【 0 0 4 7 】

10
先ず、ステップ S 1 1 でコントラスト検出部 5 3 a によりコントラストの算出を行い、ステップ S 1 2 で算出された値がコントラスト判断部 5 3 b により記録される。ステップ S 1 3 でステップ S 1 2 に記録されたコントラストの値の中に、図 9 に示した位置 M 2 である極大点が含まれるかどうかをコントラスト判断部 5 3 b により検出する。このとき、初回のステップ S 1 3 での判断は、極大点の判断ができないため、ステップ S 1 6 に進むことになる。

【 0 0 4 8 】

20
説明の都合上、ステップ S 1 3 で極大点を検出された場合について説明すると、次のステップ S 1 4 ではフォーカス駆動量算出部 5 3 c で実行され、フォーカス指標像 F b、F c の駆動量の算出を行う。ここで、ステップ S 1 4 でのフォーカス指標像 F b、F c の駆動量とは、極大点の検出位置からの第 2 の駆動量のことである。

【 0 0 4 9 】

次にステップ S 1 5 では、ステップ S 1 4 で算出したフォーカス移動量に従ってフォーカス駆動を行い、フォーカスレンズ 1 3 の位置を輝度信号の高周波成分の極大値の位置、つまりコントラストが極大値となる位置に移動させる。そして、このフォーカス駆動後に撮影を実施する。

【 0 0 5 0 】

30
本実施例では、ステップ S 4 で算出された駆動量に基づいて、ステップ S 5 によるフォーカス駆動が終了するまで、ステップ S 1 4 によるフォーカスの移動量の算出を行うようになっている。その他にも、ステップ S 1 3 で極大点を検出された時点で、フォーカス駆動を中断させ、コントラストが極大値となる位置にフォーカス駆動を行う方法も考えられる。

【 0 0 5 1 】

ステップ S 1 3 で極大点を検出されなかった場合はステップ S 1 6 に進み、ステップ S 1 6 でフォーカス駆動が終了していなければ、ステップ S 1 1 からステップ S 1 3 までの処理を繰り返す。ステップ S 1 6 でフォーカス駆動が終了している場合はステップ S 1 7 に進み、所定量のフォーカス駆動を実行した後に、ステップ S 1 1 からステップ S 1 3 までの処理を繰り返す。このステップ S 1 6 によるフォーカス駆動が終了しているか否かの判断は、制御部 3 3 のフォーカス駆動状態によって判断を行う。

【 0 0 5 2 】

40
ここでいう所定量のフォーカス駆動とは、図 9 に示した位置 M 2 である極大点を検出が可能な量としている。また、ステップ S 1 7 に進み、所定量のフォーカス駆動の途中で、ステップ S 1 3 により極大点を検出された時点で、フォーカス駆動を中断させる方法も可能である。

【 0 0 5 3 】

また、ステップ S 1 7 を実行した場合も実行しない場合においても、ステップ S 1 3 で極大点を検出されるまで、フォーカス駆動が行われている状態のまま、ステップ S 1 1、S 1 2 を続けるようになっている。また、本実施例での制御は、ステップ S 1 0 の実行時には、ステップ S 5 によるフォーカス駆動が実行されている。

【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

50

ここで、ステップS 1 7を実行した場合と実行しなかった場合のコントラストと観察状態について説明すると、図1 1に示すように観察される状態は、図9の位置M 1での高周波成分となっている。まず、ステップS 1 7が実行されない場合には、図1 0のステップS 4で算出された駆動量に従ってステップS 5で実行されたフォーカス駆動が終了する前に、ステップS 1 3によって高周波成分が最大となる位置M 2が検出される。図1 1の観察状態から図1 2の観察状態になる前に、高周波成分が最大となる位置M 2が検出されている。つまり、図1 2の観察状態では図9の位置M 2 bとなっている。

【0 0 5 5】

この場合に、図1 0のステップS 1 4で極大点の検出位置からの第2の駆動量を演算しているため、図9の位置M 2からM 2 bまでの移動距離分がフォーカス駆動され、図1 2の観察状態から図1 3の観察状態になる。図9の位置M 2からM 2 bまでのフォーカス駆動については、これまでの説明の中で明らかであるが、ステップS 5で実行されたフォーカス駆動の方向とは逆方向となっている。

【0 0 5 6】

次に、ステップS 1 7が実行された場合については、図1 0のステップS 4で算出された第1の駆動量に従って、ステップS 5で実行されたフォーカス駆動が終了しても、高周波成分が最大となる位置M 2が検出されていない。従って、図1 1の観察状態から図1 2の観察状態になっても、高周波成分が最大となる位置M 2が検出されない。つまり、図1 2の観察状態では図9の位置M 2 aとなっているので、ステップS 1 7によって所定量のフォーカス駆動が実行され、ステップS 1 3によって、高周波成分が最大となる位置M 2が検出され、位置M 2よりも僅かにM 2 b寄りの位置になるまで実行される。

【0 0 5 7】

ここで、位置M 2が検出された時点では、位置M 2よりも僅かにM 2 b寄りの位置となる。図1 0のステップS 1 4で極大点の検出位置からの第2の駆動量を計算しているため、図9の位置M 2よりも、僅かにM 2 b寄りの移動距離分がフォーカス駆動され、図1 2の観察状態から図1 4の観察状態になる。図9の位置M 2 aから位置M 2よりも僅かに位置M 2 b寄りの位置までのフォーカス駆動については、ステップS 5で実行されたフォーカス駆動の方向と同方向になっている。従って、位置M 2よりも僅かに位置M 2 b寄りの位置から、位置M 2までのフォーカス駆動は、逆方向に駆動される。

【0 0 5 8】

このように、特に人眼の収差に合ったフォーカス補正を行う際に、フォーカス指標像F b、F cのコントラストを利用したパッシブオートフォーカスを行うことにより、高精度のオートフォーカスが達成できる。

【0 0 5 9】

本実施例では、観察用撮像素子2 0を合焦用センサとして用いて説明したが、跳ね上げミラー1 5を跳ね上げ、画像記録用撮像素子1 6を合焦用センサとして兼用することもある。また、フォーカス駆動を検者がモニタ3 4の指示により手動操作できるような構成としてもよい。

【0 0 6 0】

以上説明してきたように、本実施例ではフォーカス指標像F b、F cを一行にするようなラフフォーカス調整時は、駆動の目標値が算出できるフォーカス指標によるアクティブ位相差検出機能を利用する。更に、人眼の収差にあったフォーカス補正を行う高精度フォーカス調整時に、指標像のコントラストを利用したパッシブオートフォーカスを行うことにより、高速かつ高精度のオートフォーカスが達成できる。

【実施例2】

【0 0 6 1】

実施例1においては、フォーカス駆動が行われた場合はフォーカスリンク機構2 5によって、常にフォーカス指標とフォーカスレンズが連動して移動するように構成されている。しかし、実施例2では、第1合焦検出部5 2によるフォーカス駆動の終了後に、第2合焦検出部5 3の検出結果によってフォーカスレンズ1 3のみを駆動するものである。

【 0 0 6 2 】

図 1 5 はフォーカスレンズユニット 6 1 の構成図である。フォーカスレンズ 1 3 はモータやギヤなどから成るフォーカスレンズ移動手段 6 2 に固定されており、フォーカスレンズ移動手段 6 2 はフォーカスリンク機構 2 5 とは独立して、制御部 3 3 の制御信号により光軸 O 3 方向に移動できるようにされている。フォーカスレンズ移動手段 6 2 はフォーカス駆動手段 3 5 とは別個に設けられ、制御部 3 3 に接続されている。

【 0 0 6 3 】

本実施例 2 を図 1 0 のフローチャート図を用いて説明する。このフローチャート図によるステップ S 5 までの制御は実施例 1 と同様であり、ステップ S 5 ではステップ S 4 で算出された第 1 の駆動量を、制御部 3 3 を介してフォーカス駆動手段 3 5 によってフォーカス駆動を行うようになっている。

10

【 0 0 6 4 】

本実施例 2 では、ステップ S 5 によるフォーカス駆動が終了されたときに、ステップ S 1 0 によってフォーカス指標像 F b、F c のコントラスト検出が開始される。つまり、図 1 2 の観察状態となったときに、フォーカス指標像 F b、F c のコントラスト検出が実行されることになる。ここからは、実施例 1 と同様にステップ S 1 1 ~ ステップ S 1 3 まで実行される。

【 0 0 6 5 】

このとき、初回のステップ S 1 3 での判断は極大点の判断ができないため、ステップ S 1 6 に進むことになる。また、初回のステップ S 1 6 では、ステップ S 1 0 の時点でステップ S 5 によるフォーカス駆動が終了しているため、フォーカス駆動が終了している。

20

【 0 0 6 6 】

そのため、ステップ S 1 7 に進み所定量のフォーカス駆動を実行した後に、ステップ S 1 1 ~ S 1 3 までの処理を繰り返すことになる。ここでいう所定量のフォーカス駆動とは、フォーカス指標像 F b、F c は固定のままフォーカスレンズ 1 3 の移動を行うものであると同時に、図 9 に示した位置 M 2 である極大点を検出が可能な量としていることは実施例 1 と同様である。

【 0 0 6 7 】

ただし本実施例 2 では、フォーカス駆動の方向によって、ステップ S 1 3 により位置 M 2 である極大点が検出されない場合もある。ステップ S 1 7 での初回の所定量のフォーカス駆動によって、ステップ S 1 3 により極大点が検出された場合の処理は、実施例 1 と同様であり、図 1 6 に示すような観察状態となる。

30

【 0 0 6 8 】

実施例 1 と異なる制御となるのは、ステップ S 1 7 に進んで所定量のフォーカス駆動を実行した後も、ステップ S 1 3 により極大点が検出されず、ステップ S 1 6 により再度フォーカス駆動の終了が検知され、ステップ S 1 7 に進んだ場合である。この場合は、図 9 の説明で明らかなように、ステップ S 1 7 での所定量のフォーカス駆動を、初回の駆動とは反対方向に初回の駆動量よりも多くすることで、位置 M 2 である極大点を検出可能としている。従って、フォーカスレンズ 1 3 が往復駆動されることになる。

【 0 0 6 9 】

このように、実施例 2 ではフォーカス指標像 F b、F c は固定のままフォーカスレンズ 1 3 の移動によるコントラストを検出し、指標投影側の移動によるコントラスト変化が生じないため、眼底撮影光学系のみのフォーカスの微調が可能となっている。

40

【 0 0 7 0 】

また、フォーカスリンク機構 2 5 と独立して、制御部 3 3 の制御信号により、フォーカスレンズ 1 3 を光軸 O 3 方向に移動させることができるフォーカスレンズ移動手段 6 2 を備えているので、コントラスト検出が容易に行える。また、コントラスト検出による補正を行っても、操作者から観察したフォーカス指標像の位置関係が変化しないため、違和感が生じないという効果もある。

【 0 0 7 1 】

50

更に、図 17 に示すように 2 つの透過ピークを持つフォーカス指標像 F_b とすると、信号 $SP1$ は 2 つのピークに分かれるので、第 2 合焦検出部 53 によるコントラスト検出を精度良く行うことが可能になる。指標を 2 つに分けることにより、より高次の周波数成分の変化をより鋭敏に抽出できるが、この高周波成分の抽出に代えて、指標像のコントラストそのものを用いることも可能となる。

【0072】

即ち、図中の指標像最大輝度値 Max と指標中間部の最小輝度値 Min を用い計算されるコントラスト $= (Max - Min) / (Max + Min)$ を用いて、指標像のピントを検出してもよい。このとき、他方のフォーカス指標像 F_c は、1 つの透過ピークを持つ指標となっている。従って、第 1 合焦検出部 52 ではフォーカス指標像 F_b に関しては、2 つの透過ピークとピーク間の谷間の信号 $SP1$ と、フォーカス指標像 F_c に関しては、透過のピーク信号 $SP2$ を検出し、この 2 つの位置関係から距離 D を算出するようにすればよい。

10

【0073】

加えて、制御部 33 はフォーカス指標像のコントラスト検出によるオートフォーカスが完了後に、撮影を行うようにしてもよい。

【0074】

また、初期コントラスト Mf が所定値以下である場合、つまり眼底 Er 上のフォーカス指標像が被検眼 E の収差や疾病などの影響により、劣化してしまっている場合には、そのような被検眼 E は、フォーカス補正を行ってもピントの改善の割合が低い。従って、フォーカス補正が不要なので、撮影時間を短縮するためにコントラスト検出によるオートフォーカスを行わないようにしてもよい。

20

【図面の簡単な説明】

【0075】

【図 1】実施例 1 による眼底カメラの構成図である。

【図 2】フォーカス指標投影手段の側面図、平面図である。

【図 3】瞳上のフォーカス指標光束の位置の説明図である。

【図 4】フォーカス指標の機能説明図である。

【図 5】被検眼と対物レンズ付近のフォーカス指標光束と観察撮影光束を示した説明図である。

30

【図 6】球面収差の説明図である。

【図 7】球面収差のある被検眼におけるフォーカス指標光束と観察撮影光束の説明図である。

【図 8】合焦検出部の構成図である。

【図 9】コントラスト検出原理の説明図である。

【図 10】実施例 1 の制御方法についてのフローチャート図である。

【図 11】合焦前の観察画面の様子説明図である。

【図 12】第 1 合焦検出部による合焦後の観察状態の説明図である。

【図 13】第 2 合焦検出部による合焦前の観察状態の説明図である。

【図 14】第 2 合焦検出部による合焦後の観察状態の説明図である。

40

【図 15】フォーカスレンズユニットの説明図である。

【図 16】第 2 合焦検出部による合焦後の観察状態の説明図である。

【図 17】コントラスト検出の精度を向上させる指標の説明図である。

【符号の説明】

【0076】

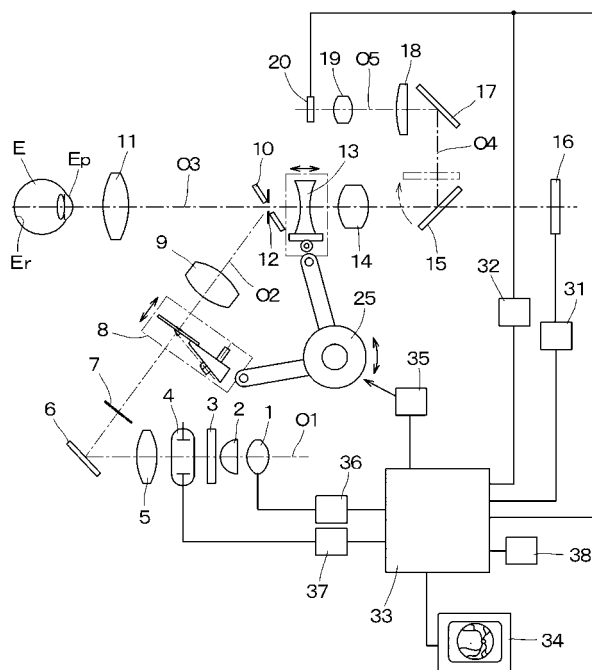
- 1 観察用光源
- 8 フォーカス指標投影手段
- 10 孔あきミラー
- 13 フォーカスレンズ
- 16 画像記録用撮像素子

50

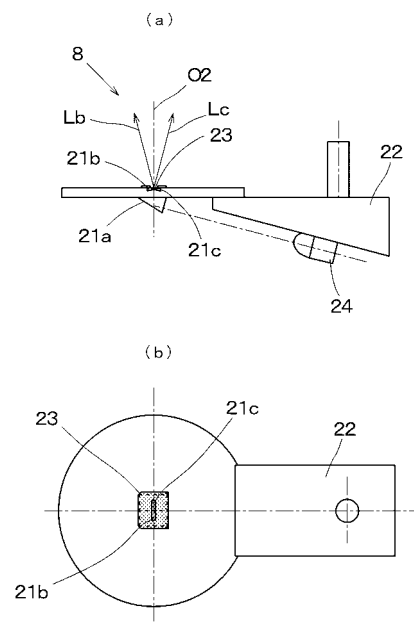
- 20 観察用撮像素子
- 23 フォーカス指標
- 25 フォーカスリンク機構
- 32 合焦検出部
- 33 制御部
- 52 第1合焦検出部
- 53 第2合焦検出部
- 61 フォーカスレンズユニット
- 62 フォーカスレンズ移動手段
- E 被検眼
- F b、F c フォーカス指標像

10

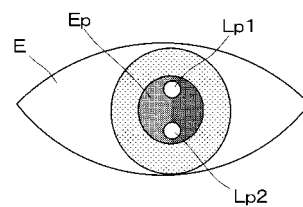
【図1】



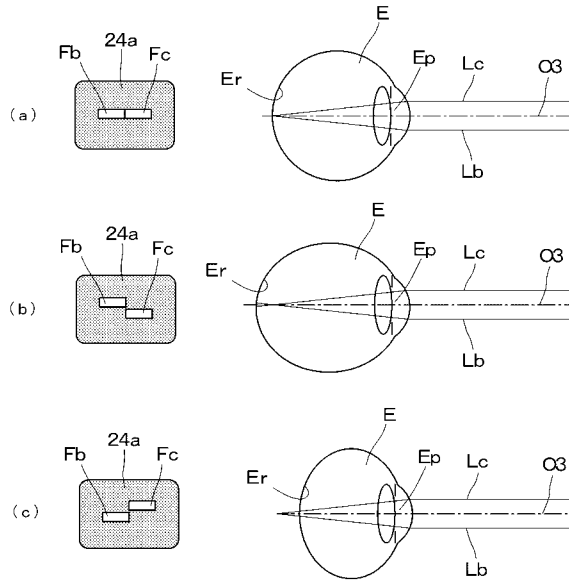
【図2】



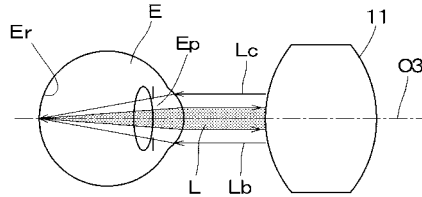
【図3】



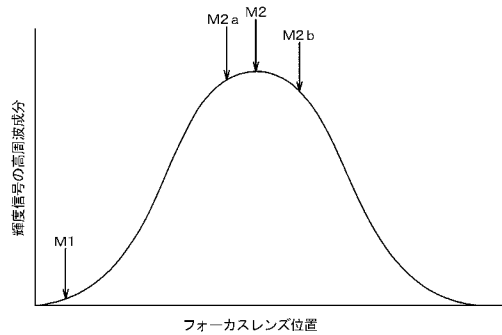
【図 4】



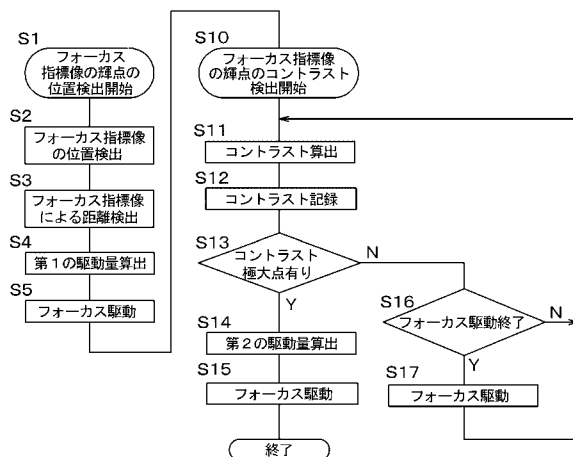
【図 5】



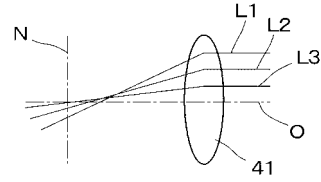
【図 9】



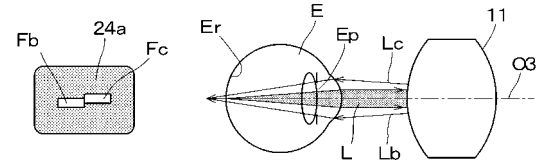
【図 10】



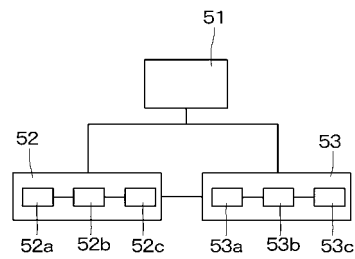
【図 6】



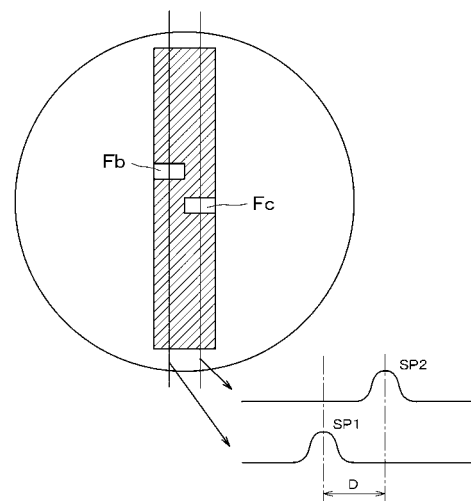
【図 7】



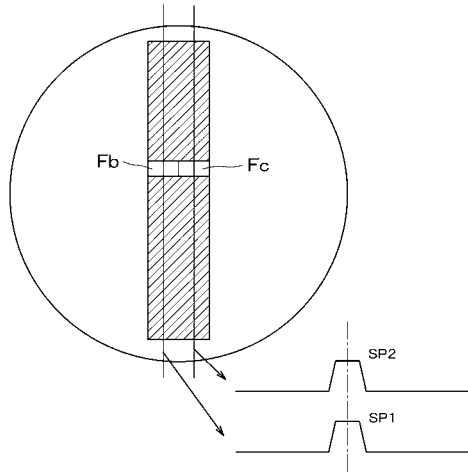
【図 8】



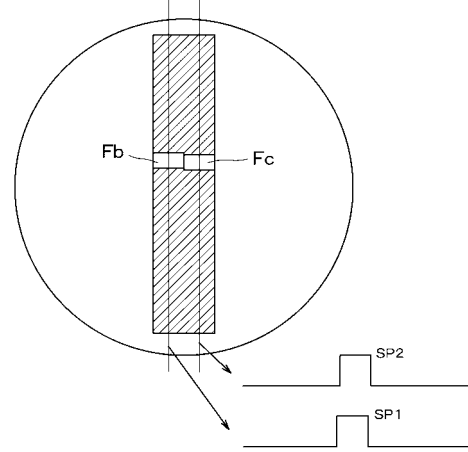
【図 11】



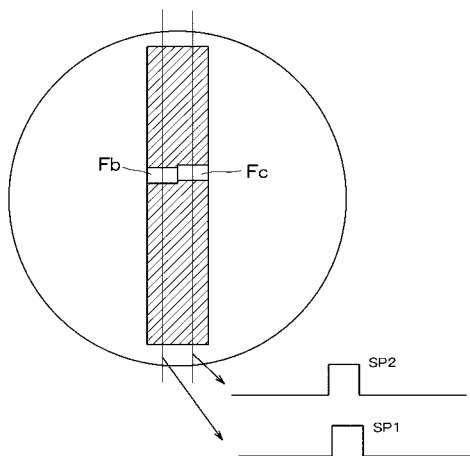
【図 12】



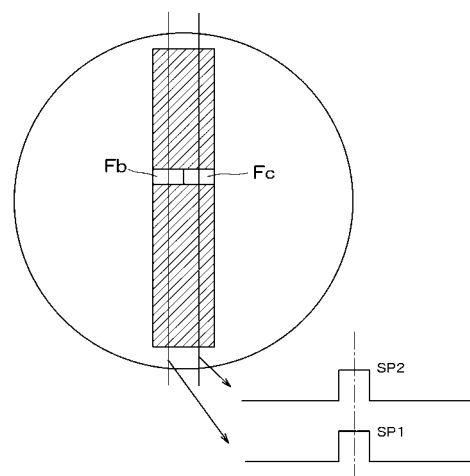
【図 13】



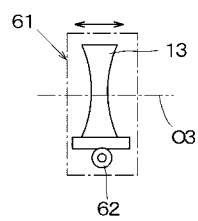
【図 14】



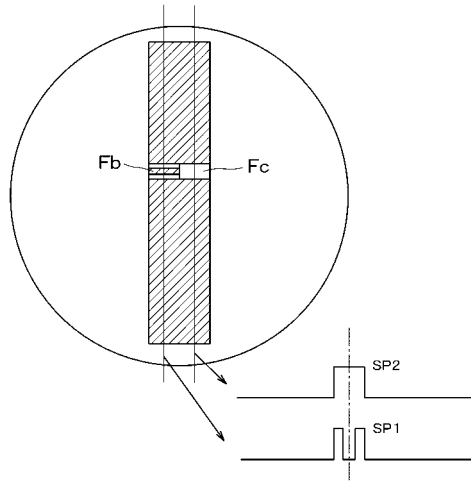
【図 16】



【図 15】



【図 17】



フロントページの続き

- (72)発明者 大番 英之
東京都大田区下丸子三丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 田中 信也
東京都大田区下丸子三丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 島田 保

- (56)参考文献 特開平03-060632(JP,A)
特開2006-110113(JP,A)
特開平06-296588(JP,A)
特開昭60-171033(JP,A)
特開平07-227380(JP,A)
特開昭61-085919(JP,A)
特開平03-007135(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 3/14
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII)