

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6071304号  
(P6071304)

(45) 発行日 平成29年2月1日(2017.2.1)

(24) 登録日 平成29年1月13日(2017.1.13)

(51) Int. Cl. F I  
**A 6 1 B 3/10 (2006.01)** A 6 1 B 3/10 Z DMW  
**A 6 1 B 3/15 (2006.01)** A 6 1 B 3/14 F

請求項の数 13 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2012-167919 (P2012-167919)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成24年7月30日 (2012.7.30)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-23804 (P2014-23804A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成26年2月6日 (2014.2.6)	(74) 代理人	100094112
審査請求日	平成27年7月28日 (2015.7.28)		弁理士 岡部 譲
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 臼井 伸一
		(74) 代理人	100101498
			弁理士 越智 隆夫
		(74) 代理人	100107401
			弁理士 高橋 誠一郎
		(74) 代理人	100106183
			弁理士 吉澤 弘司
		(74) 代理人	100128668
			弁理士 齋藤 正巳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼科装置及びアライメント方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検眼に光束を投影する光束投影手段、及び前記光束の前記被検眼からの反射光束を受光する受光手段を有する光学系と、

前記受光手段により受光した、人工水晶体及び前記被検眼の角膜により反射された前記反射光束に基づいて生じた複数の輝点像を検出する検出手段と、

前記検出された複数の輝点像の一部である前記角膜からの前記反射光束に基づいて生じた輝点像を選択する選択手段と、

前記複数の輝点像から選択されなかった輝点像を用いず、前記選択された輝点像に基づいて前記被検眼と前記光学系とのアライメント状態を演算する演算手段と、を備えることを特徴とする眼科装置。

【請求項 2】

前記複数の輝点像が前記被検眼の前記角膜により反射された前記反射光束に基づくものであるか否かを判定する判定手段を更に有し、

前記選択手段は前記判定手段によって前記角膜により反射された前記反射光束に基づく判定された前記輝点像を選択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】

前記光束投影手段は、前記反射光束の光軸の方向から前記角膜に前記光束を投影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】

前記受光手段は、前記角膜の反射光束をそれぞれ上下の別方向に偏向する偏向部材を更に有することを特徴とする請求項 3 に記載の眼科装置。

【請求項 5】

前記判定手段は、前記複数の輝点像のうちの異なる直線状に各々整列する輝点像において、傾きの大きな直線として整列する前記輝点像を、前記角膜から反射された前記反射光束に基づく前記輝点像であると判定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】

前記光束投影手段は、前記反射光束の光軸とは異なる方向から前記角膜に前記光束を投影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 7】

前記判定手段は、検出された前記複数の輝点像のうちの面積がより大きい輝点像を、前記角膜から反射された前記反射光束に基づく前記輝点像であると判定することを特徴とする請求項 6 に記載の眼科装置。

【請求項 8】

前記判定手段は、前記光学系の光軸方向における輝点像の位置に基づいて、前記輝点像が前記人工水晶体により反射された反射光束に基づいて生じた輝点像であるか、前記角膜により反射された反射光束に基づいて生じた輝点像であるかを判定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 9】

前記判定手段は、前記複数の輝点像のうちの、前記光学系の光軸方向において前記角膜から遠い複数の輝点像を、前記角膜により反射された反射光束に基づいて生じた輝点像であると判定することを特徴とする請求項 8 に記載の眼科装置。

【請求項 10】

光学系における光束投影手段より被検眼に光束を投影し、  
前記光学系における受光手段において前記被検眼に反射された前記光束の反射光束を受光し、  
人工水晶体及び前記被検眼の角膜により反射された前記反射光束に基づいて生じた複数の輝点像を検出し、

前記検出された複数の輝点像の一部である前記角膜からの前記反射光束に基づいて生じた輝点像を選択し、

前記複数の輝点像から選択されなかった輝点像を用いず、前記選択された輝点像に基づいて前記被検眼と前記光学系とのアライメント状態を演算する、工程を含むことを特徴とする眼科装置のアライメント方法。

【請求項 11】

前記輝点像の選択において、前記複数の輝点像のうちの異なる直線状に各々整列する輝点像において、傾きの大きな直線として整列する前記輝点像を、前記角膜から反射された前記反射光束に基づく前記輝点像であると判定して選択することを特徴とする請求項 10 に記載の眼科装置のアライメント方法。

【請求項 12】

前記輝点像の選択において、検出された前記複数の輝点像のうちの面積が大きい輝点像を、前記角膜から反射された前記反射光束に基づく前記輝点像であると判定して選択することを特徴とする請求項 10 に記載の眼科装置のアライメント方法。

【請求項 13】

請求項 10 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の眼科装置のアライメント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、被検眼の眼特性を測定するまたは該被検眼を撮影するための眼科装置及び該眼科装置のアライメント方法に関するものである。

10

20

30

40

50

## 【背景技術】

## 【0002】

従来の被検眼の眼特性を測定する眼科装置において、被検眼角膜に光束を投影しその反射像を受光素子で検出することで、眼と装置光学系とのアライメント状態を求め、オートアライメントを行うことが知られている。

## 【0003】

特許文献1に開示される眼科装置では、一对の光偏向部材により分離され受光した反射像の位置関係から、眼と装置光学系との3次元方向の位置情報を検出する方法が開示されている。

## 【0004】

特許文献2に開示される眼科装置では、広範囲で且つ高精度なオートアライメントを可能とするため、光軸方向と光軸とは異なる方向から被検眼角膜に光束を照射し、その反射像からオートアライメントを行う方法が知られている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献1】特許第3576656号

【特許文献2】特許第4769365号

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

白内障患者には、水晶体の代わりにIOL（人工水晶体）を挿入する手術を行う。

しかし、IOLは水晶体に比べ屈折率が高く、角膜に投影した光束がIOL反射光として反射する。そのため、IOL反射ゴーストを、本来のアライメント反射像と誤検知してしまい、オートアライメントが正常に完了しないという問題があった。

そのため、オートアライメントが行えなかった場合は、検者が手動で装置のアライメントを行い、測定を行っていたため、測定時間を要していた。

## 【0007】

本発明の目的は、このような問題点を解消し、IOLを挿入した被検眼でも、正確にオートアライメントを行い、測定時間を短縮することにより被検者の負担を軽減することが可能な眼科装置及び眼科装置におけるアライメント方法を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

上記の課題を解決するために、本発明の眼科装置は、

被検眼に光束を投影する光束投影手段、及び前記光束の前記被検眼からの反射光束を受光する受光手段を有する光学系と、

前記受光手段により受光した、人工水晶体及び前記被検眼の角膜により反射された前記反射光束に基づいて生じた複数の輝点像を検出する検出手段と、

前記検出された複数の輝点像の一部である前記角膜からの前記反射光束に基づいて生じた輝点像を選択する選択手段と、

前記複数の輝点像からから選択されなかった輝点像を用いず、前記選択された輝点像に基づいて前記被検眼と前記光学系とのアライメント状態を演算する演算手段と、を備えることを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0009】

本発明によれば、IOLを挿入した被検眼でも、正確にオートアライメントを行うことができる。また、測定時間を短縮できるため、検者及び被検者の負担を軽減できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0010】

【図1】本発明の一実施例に係る眼屈折力計の外観図である。

10

20

30

40

50

【図 2】図 1 に示す実施例における測定部の光学系の配置図である。

【図 3】アライメントプリズム絞りの斜視図である。

【図 4】本発明の一実施例に係る眼屈折力計のシステムブロック図である。

【図 5】角膜輝点オートアライメント時の前眼部像の説明図である。

【図 6】IOL 挿入眼での角膜輝点を示した図である。

【図 7】IOL 挿入眼での角膜輝点の前眼部像を示した図である。

【図 8】本発明の一実施例に係るアライメント方法を説明したフローチャートである。

【図 9】IOL 挿入眼で角膜輝点判定方向を示した図である。

【図 10】外眼照明オートアライメント時の前眼部像の説明図である。

【図 11】IOL 挿入眼での外眼照明の前眼部像を示した図である。

10

【図 12】本発明の他の実施例に係るアライメント方法を説明したフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明を図示の実施形態に基づいて詳細に説明する。

図 1 は本実施形態に係る眼科装置として眼屈折力情報を測定する眼屈折力計の概略構成図を示している。

【0012】

ベース 100 に対してフレーム 102 は左右方向（紙面に垂直な方向、以下、X 軸方向）に移動可能である。X 軸方向の駆動機構は、ベース 100 上に固定された X 軸駆動モータ 103 と、モータ出力軸に連結された送りねじ（不図示）と、送りねじ上を X 軸方向に移動可能でフレーム 102 に固定されたナット（不図示）で構成されている。モータ 103 の回転により、送りねじ、ナットを介してフレーム 102 が X 軸方向に移動する。

20

【0013】

フレーム 102 に対してフレーム 106 は上下方向（紙面上下方向、以下、Y 軸方向）に移動可能である。Y 軸方向の駆動機構は、フレーム 102 上に固定された Y 軸駆動モータ 104 と、モータ出力軸に連結された送りねじ 105 と、送りねじ上を Y 軸方向に移動可能でフレーム 106 に固定されたナット 114 で構成されている。モータ 104 の回転により、送りねじ、ナットを介してフレーム 106 が Y 軸方向に移動する。

30

【0014】

フレーム 106 に対してフレーム 107 は前後方向（紙面左右方向以下、Z 軸方向）に移動可能である。Z 軸方向の駆動機構は、フレーム 107 上に固定された Z 軸駆動モータ 108 と、モータ出力軸に連結された送りねじ 109 と、送りねじ上を Z 軸方向に移動可能でフレーム 106 に固定されたナット 115 で構成されている。

【0015】

モータ 108 の回転により、送りねじ 109、ナットを介してフレーム 107 が Z 軸方向に移動する。フレーム 107 上には測定を行うための測定ユニット 110（被検眼の固有情報のひとつである眼屈折力を取得する取得手段として機能）が固定されている。

測定ユニット 110 の被検者側端部には、アライメントを行うための光源（不図示）や角膜曲率を測定するための光源ユニット 111 が設けられている。

40

【0016】

また、フレーム 100 には、被検眼 E に対して測定ユニット 110 を位置合わせするための操作部材であるジョイスティック 101 が設けられており、測定時にはジョイスティックを傾倒させることで、位置の調整等を行うことができる。

【0017】

眼屈折力の測定を行う際には、被検者は顎受け 112 上に顎を乗せ、かつフレーム 100 に固定されている顔受けフレーム（不図示）の顎受け部分に顎を押し当てることで被検眼の位置を固定させることができる。

また、顎受け 112 は、被検者の顔のサイズに応じて顎受け駆動機構 113 により Y 軸方向に調整可能である。

50

## 【 0 0 1 8 】

測定ユニット 1 1 0 の検者側端部には、被検眼 E を観察するための表示部材である LCD モニタ 1 1 6 が設けられており、測定結果等を表示することができる。

## 【 0 0 1 9 】

( 眼屈折力測定ユニット )

図 2 は測定ユニット 1 1 0 の内部の光学系を主体とした配置図である。

波長 8 8 0 n m の光を被検眼の所定部位に投影するための眼屈折力測定用光源 2 0 1 から被検眼 E に至る光路 0 1 上には、レンズ 2 0 2、及び被検眼 E の瞳孔 E p とほぼ共役な絞り 2 0 3 が順に配置される。光路 0 1 上には更に、孔あきミラー 2 0 4、投影手段としてのレンズ 2 0 5、及び被検眼 E 側から波長 8 8 0 n m 未満の赤外及び可視光を全部反射し波長 8 8 0 n m 以上の光束を一部反射するダイクロイックミラー 2 0 6 が順に配置される。

10

## 【 0 0 2 0 】

孔あきミラー 2 0 4 の反射方向の光路 0 2 上には、瞳孔 E p とほぼ共役で円環状のスリットを備えた絞り 2 0 7、光束分光プリズム 2 0 8、レンズ 2 0 9、及び撮像素子 2 1 0 が順次に配列されている。

上述した光学系は眼屈折力測定用であり、測定光源 2 0 1 から発せられた光束は、絞り 2 0 3 で光束が絞られつつ、レンズ 2 0 2 によりレンズ 2 0 5 の手前で 1 次結像され、レンズ 2 0 5、及びダイクロイックミラー 2 0 6 を透過して被検眼 E の瞳中心に投光される。

20

## 【 0 0 2 1 】

投光された光束は眼底で反射し、眼底反射光は瞳中心を通過して再びレンズ 2 0 5 に入射される。入射された光束はレンズ 2 0 5 を透過後に、孔あきミラー 2 0 4 の周辺で反射される。

反射された光束は被検眼瞳孔 E p と略共役な絞り 2 0 7 及び光束分光プリズム 2 0 8 で瞳分離され、撮像素子 2 1 0 の受光面にリング像として投影される。

## 【 0 0 2 2 】

被検眼 E が正視眼であれば、このリング像は所定の円になり、近視眼では正視眼に対して円が小さく、遠視眼では正視眼に対して円が大きくなり投影される。

被検眼 E に乱視がある場合はリング像が楕円になり、水平軸と楕円のなす角度が乱視軸角度となる。この楕円の係数を基に眼屈折力を求める。

30

## 【 0 0 2 3 】

一方、ダイクロイックミラー 2 0 6 の反射方向には、固視標投影光学系と、被検眼の前眼部観察及びアライメント検出に共用されるアライメント受光光学系とが配置されている。

## 【 0 0 2 4 】

固視標投影光学系の光路 0 3 上には、レンズ 2 1 1、ダイクロイックミラー 2 1 2、レンズ 2 1 3、折り返しミラー 2 1 4、レンズ 2 1 5、固視標 2 1 6、及び固視標照明用光源 2 1 7 が順次に配列されている。

## 【 0 0 2 5 】

固視誘導時に、点灯された固視標照明用光源 2 1 7 の投影光束は、固視標 2 1 6 を裏側から照明し、レンズ 2 1 5、折り返しミラー 2 1 4、レンズ 2 1 3、ダイクロイックミラー 2 1 2、及びレンズ 2 1 1 を介して被検眼 E の眼底 E r に投影される。

40

なお、レンズ 2 1 5 は被検眼 E の視度誘導を行い、雲霧状態を実現するために、固視誘導モータ 2 2 4 により光軸方向に移動できるようになっている。

## 【 0 0 2 6 】

また、ダイクロイックミラー 2 1 2 の反射方向の光路 0 4 上には、アライメントプリズム絞り挿抜ソレノイド ( 不図示 ) により挿抜されるアライメントプリズム絞り 2 2 3、レンズ 2 1 8、及び撮像素子 2 2 0 が順次に配列されている。

## 【 0 0 2 7 】

50

アライメントプリズム絞り 2 2 3 の挿抜により、アライメントプリズム絞り 2 2 3 が光路 0 4 上にある時にはアライメントを、光路から退避しているときは前眼部観察または徹照観察を行うことができる。

ここで、図 3 にアライメントプリズム絞り 2 2 3 の形状を示す。円盤状の絞り板に 3 つの開口部 2 2 3 a、2 2 3 b、2 2 3 c が設けられ、両側の開口部 2 2 3 b、2 2 3 c のダイクロミックミラー 2 1 2 側には波長 8 8 0 n m 付近のみの光束を透過するアライメントプリズム 3 0 1 a、3 0 1 b が貼付されている。

【 0 0 2 8 】

被検眼 E の前眼部の斜め前方には、7 8 0 n m 程度の波長を有する前眼部照明光源 2 2 1 a、2 2 1 b が配置されている。この前眼部照明光源 2 2 1 a、2 2 1 b によって照明された被検眼 E の前眼部像は、ダイクロミックミラー 2 0 6、レンズ 2 1 1、ダイクロミックミラー 2 1 2、及びアライメントプリズム絞りの中央開口部 2 2 3 a を介して撮像素子 2 2 0 の受光センサ面に形成される。

10

【 0 0 2 9 】

アライメント検出のための光源は、眼屈折力測定用の測定光源 2 0 1 と兼用されている。アライメント時には、拡散板挿抜ソレノイド（不図示）により半透明の拡散板 2 2 2 が光路に挿入される。

拡散板 2 2 2 が挿入される位置は、前述の測定光源 2 0 1 の投影レンズ 2 0 2 による略一次結像位置であり、かつレンズ 2 0 5 の焦点位置である。これにより、測定光源 2 0 1 の像が拡散板 2 2 2 上に一旦結像して、それが二次光源となりレンズ 2 0 5 から被検眼 E に向かって太い光束の平行光束として投影される。

20

【 0 0 3 0 】

この平行光束が被検眼角膜 E f で反射されて輝点像を形成する。そして、光束は再びダイクロミックミラー 2 0 6 でその一部が反射され、レンズ 2 1 1 を介してダイクロミックミラー 2 1 2 で反射する。さらに、アライメントプリズム絞りの開口部 2 2 3 b、2 2 3 c 及びアライメントプリズム 3 0 1 a、3 0 1 b を透過し、レンズ 2 1 8 に収斂されて撮像素子 2 2 0 に結像される。

【 0 0 3 1 】

アライメントプリズム絞り 2 2 3 の中央の開口部 2 2 3 a は、前眼部照明光源 2 2 1 a、2 2 1 b の波長 7 8 0 n m 以上の光束が通るようになっている。よって、前眼部照明光源 2 2 1 a、2 2 1 b により照明された前眼部からの反射光束は、角膜 E f の反射光束の経路と同様に観察光学系を辿り、アライメントプリズム絞り 2 2 3 の開口部 2 2 3 a を介して、結像レンズ 2 1 8 により撮像素子 2 2 0 に結像される。

30

【 0 0 3 2 】

また、アライメントプリズム 3 0 1 a を透過した光束は下方向に屈折され、アライメントプリズム 3 0 1 b を透過した光束は上方向に屈折される。これら絞りを介した光束の位置関係により被検眼 E のアライメントを行うことができる。

【 0 0 3 3 】

（システム制御部）

図 4 はシステムブロック図である。システム全体を制御しているシステム制御部 4 0 1 は、プログラム格納部、眼屈折力値を補正するためのデータが格納されたデータ格納部、各種デバイスとの入出力を制御する入出力制御部、各種デバイスから得られたデータを演算する演算処理部を有している。

40

【 0 0 3 4 】

システム制御部 4 0 1 には、測定ユニット 1 1 0 を被検眼 E の位置合わせ及び測定開始を行うジョイスティック 1 0 1 が接続される。また、ジョイスティック 1 0 1 を前後左右に傾けたときの X、Z 軸傾倒角度入力 4 0 2、ジョイスティック 1 0 1 を回転させたときの Y 軸エンコーダ入力 4 0 3、測定開始釦押下時の測定開始スイッチ 4 0 4 が接続されている。また、ベース 1 0 0 に配される（図 1 参照）の操作パネル 4 0 5 には、印字スイッチや顎受上下スイッチなどが配置されており、スイッチ入力時にシステム制御部に信号が

50

通知される。

【 0 0 3 5 】

撮像素子 2 2 0 で撮像された被検眼 E の前眼部像は、メモリ 4 0 8 に格納される。メモリ 4 0 8 に格納された画像から被検眼 E の瞳孔像と角膜反射像を抽出し、アライメント検出を行う。また、撮像素子 2 2 0 で撮像された被検眼 E の前眼部像は、文字、図形データと合成され、LCD モニタ 1 1 6 上に前眼部像や測定値などが表示される。

撮像素子 2 1 0 で撮影された眼屈折力算出用リング像は、メモリ 4 0 8 に格納される。

【 0 0 3 6 】

拡散板挿抜ソレノイド 4 1 0、及びアライメントプリズム絞り挿抜ソレノイド 4 1 1 は、ソレノイド駆動回路 4 0 9 を介して、システム制御部 4 0 1 からの指令により駆動制御される。また、X 軸モータ 1 0 3、Y 軸モータ 1 0 4、Z 軸モータ 1 0 8、顎受モータ 1 1 3、及び固視標誘導モータ 2 2 4 は、モータ駆動回路 4 1 3 を介して、システム制御部 4 0 1 からの指令により駆動される。

【 0 0 3 7 】

測定用光源 2 0 1、外眼照明光源 2 2 1 a、2 2 1 b、及び固視標光源 2 1 7 は、光源駆動回路 4 1 2 を介して、システム制御部 4 0 1 からの指令により点灯、消灯、光量変更を制御する。

【 0 0 3 8 】

(動作説明)

以上のような構成を備える装置における動作を説明する。

図 5 に示すようにアライメント時には、角膜 E c によって反射した角膜輝点は、指標像 T a、T b、T c として撮像素子 2 2 0 に撮像される。すなわち、アライメントプリズム絞り 2 2 3 の開口部 2 2 3 a、2 2 3 b、2 2 3 c 及びプリズム 3 0 1 a、3 0 1 b により分割された光束が、指標像 T a、T b、T c として撮像素子 2 2 0 に形成される。また、外眼照明光源 2 2 1 a、2 2 1 b の輝点像 2 2 1 a'、2 2 1 b' が、外眼照明光源 2 2 1 a、2 2 1 b によって照明された被検眼前眼部とともに、撮像素子 2 2 0 で撮像される。

【 0 0 3 9 】

3 つの輝点 T a、T b、T c が検出できると、システム制御部 4 0 1 はモータ駆動回路 4 1 3 を制御し、中心の輝点 T a を中心方向に一致させるように測定部 1 1 0 を上下左右方向 (X、Y 軸方向) に駆動させる。次にシステム制御部 4 0 1 は輝点 T b、T c が輝点 T a に対して垂直方向に並ぶようさらに測定部 1 1 0 を前後方向 (Z 軸方向) に駆動させる。図 4 (b) に示すように 3 つの角膜輝点 T a、T b、T c が垂直方向に 1 列に並んだ状態でアライメントを完了する。

アライメント不良状態で遠すぎる場合は図 5 (a)、近すぎる場合は図 5 (c) のようになる。

【 0 0 4 0 】

眼屈折力を測定するために、システム制御部 4 0 1 はオートアライメントのために光路 0 1 に挿入していた拡散板 2 2 2 を光路 0 1 から退避させる。測定光源 2 0 1 の光量を調整し、被検眼 E の眼底 E r に測定光束を投影する。

【 0 0 4 1 】

眼底からの反射光は光路 0 2 を辿り、撮像素子 2 1 0 で受光される。撮像された眼底像は被検眼の屈折力により、リング絞り 2 0 7 により、リング状に投影される。このリング像はメモリ 4 0 8 に格納される。

メモリ 4 0 8 に格納されたリング像の重心座標を算出し、楕円の方程式を求め、求められた楕円の直径と短径及び長径軸の傾きを算出して、被検眼 E のいわゆる予備測定における眼屈折力値を算出する。この予備測定により、被検眼 E が近視か遠視かが判別される。

【 0 0 4 2 】

求められた眼屈折力値から、その屈折力値に相当する位置まで、モータ駆動回路 4 1 3

10

20

30

40

50

を介して固視標誘導モータ 224 を駆動し、レンズ 215 を移動して、被検眼 E の屈折度に相当する屈折度で固視標 216 を被検眼 E に呈示する。

その後、レンズ 215 を所定量だけ遠方に移動し、固視標 216 を雲霧させ、再び測定光源を点灯し眼屈折力を測定する。このように、眼屈折力の測定、固視標 216 による雲霧、眼屈折力の測定を繰り返し、屈折力が安定する最終の測定値を得ることができる。

【0043】

(実施例 1)

図 6 は、IOL 挿入眼での角膜輝点を示したものである。角膜 E<sub>c</sub> によって反射され、角膜反射による虚像 P ができる。角膜によって反射されなかった投影光束により、IOL 601 で反射した実像 P' ができる。実像 P' は虚像 P より、角膜に近い位置にできる。

10

【0044】

図 7 は、IOL 挿入眼の撮像素子 220 で撮像した前眼部を示す。角膜輝点は、前述のように指標像 T<sub>a</sub>、T<sub>b</sub>、T<sub>c</sub> として撮像素子 220 に形成され、IOL 601 で反射した角膜輝点ゴーストは、指標像 T<sub>a</sub>'、T<sub>b</sub>'、T<sub>c</sub>' として撮像素子 220 に形成される。

【0045】

図 6 で示したように、IOL 601 で反射した IOL 反射ゴーストは、角膜の近い位置に像を結ぶため、角膜輝点の指標像 T<sub>a</sub>、T<sub>b</sub>、T<sub>c</sub> に比べ左側に傾いた指標像 T<sub>a</sub>'、T<sub>b</sub>'、T<sub>c</sub>' となる。アライメント状態が遠い位置から、IOL 反射ゴーストの指標像 T<sub>a</sub>'、T<sub>b</sub>'、T<sub>c</sub>' をもとにオートアライメントを行うと、IOL 反射ゴーストの指標像 T<sub>a</sub>'、T<sub>b</sub>'、T<sub>c</sub>' は、角膜輝点の指標像 T<sub>a</sub>、T<sub>b</sub>、T<sub>c</sub> より先に、垂直方向に 1 列に並ぶ。そのため、被検眼との Z 方向位置が遠い位置でオートアライメントが完了してしまう。

20

角膜輝点の指標像かどうかを判定することで、IOL 反射ゴーストの指標像を誤検知しなくなり、正確にオートアライメントを行うことができる。

【0046】

図 8 は、角膜輝点の指標像判定を行うオートアライメントのフローチャートである。

ステップ S1 では、検者は被検者に顎受け 112 に顎を乗せさせ、被検眼の Y 軸方向の位置が所定の高さになるように顎受け駆動機構 113 により調整する。LCD モニタ 116 に映されている被検眼 E の角膜反射像が表示される位置までジョイスティック 101 を操作し、測定開始釦を押下する。測定開始釦が押下されると、オートアライメントを開始する。

30

オートアライメントにおいては、まず光束投影手段として機能する測定用光源 201 より被検眼に対して光束を投影する。

【0047】

ステップ S2 では、該光束の被検眼からの反射光束を撮像素子 220 で受光し、被検眼前眼部を撮像し、メモリ 408 に格納する。以上の測定用光源 201、撮像素子 220、及びこれらに付随する構成により、本実施例において前述した光学系が構築される。

【0048】

ステップ S3 では、図 9 に示すメモリ 408 に格納された被検眼 E の前眼部像から、アライメントプリズム 223 で分割された光束により形成される 3 点の指標像を検出する。角膜輝点の指標像 T<sub>a</sub>、T<sub>b</sub>、T<sub>c</sub> と、IOL 反射ゴーストの指標像 T<sub>a</sub>'、T<sub>b</sub>'、T<sub>c</sub>' の 2 つが角膜輝点の指標像の候補として検出される。被検眼からの反射光束に基づいた以上の複数の輝点像の検出は、本発明においてシステム制御部 401 中の検出手段として機能するモジュール領域により実行される。

40

角膜輝点検出方法は、指標像 T<sub>b</sub> に対して、アライメントプリズム 223 で分割された指標像 T<sub>a</sub>、T<sub>c</sub> は所定の高さ、左右位置にあるため、検出範囲を限定して検出することができる。角膜輝点検出方法の一例を示す。第 1 に、角膜輝点の中心輝点 (T<sub>b</sub>) を検出する。第 2 に、上側輝点 (T<sub>a</sub>) を検出する。中心輝点に対して所定の高さ位置で所定の範囲の左右方向に位置するため、検出範囲を限定することができる。第 3 に、下側輝点 (T

50



c)を検出する。下側輝点は、上側輝点と中心輝点を結ぶ直線状に位置し、上側輝点に対して所定の高さに位置するため、検出範囲を限定することができる。

また、第1の検出方法では、角膜輝点の中心輝点候補として、 $T_a$ 、 $T_c$ も検出されるが、第2、3の検出で上側または下側輝点を検出されないため、中心輝点としては検出されない。このように検出することにより、角膜輝点を3輝点とも精度よく検出することができる。

#### 【0049】

ステップ4では、これら複数の角膜輝点の指標像において何れの像をアライメントに用いるかを選択するための判定を行う。前述したように、IOL反射ゴーストの指標像 $T_a'$ 、 $T_b'$ 、 $T_c'$ は、角膜輝点の指標像 $T_a$ 、 $T_b$ 、 $T_c$ に比べ左側に傾いているため、次のように判別を行う。図9から、角膜輝点の指標像 $T_b$ 、 $T_c$ のX座標の差は $(X_b - X_c)$ 、IOL反射ゴーストの指標像 $T_b'$ 、 $T_c'$ のX座標の差は $(X_b' - X_c')$ となる。上下の指標像のX座標の差は $(X_b - X_c) > (X_b' - X_c')$ となるため、上下の指標像のX座標の差が大きい方が、角膜輝点の指標像と判定することができる。

即ち、システム制御部401で判定手段として機能するモジュール領域では、検出された角膜の輝点像であり異なる直線状に各々整列する輝点像のうち、傾きの大きな直線として整列する側の輝点像を、角膜から反射された反射光束に基づく輝点像であると判定する。更にシステム制御部401では、本発明における選択手段として機能するモジュール領域により、角膜から反射された反射光束に基づく輝点像であると判定された輝点像を、アライメント状態を演算するために用いる輝点像として選択する。なお、ここで述べる傾きの大小は、XY座標系における傾きの大小であり、傾きがマイナスで且つ絶対値が小さい場合には傾き小として表現される。即ち二種類の直線を構成する輝点像の組について各々の傾きの差を求めた場合に正の値が得られた場合において前項の直線を傾きの大きな直線として規定する。

#### 【0050】

ステップ5では、選択された角膜輝点の指標像 $T_a$ ( $X_a$ 、 $X_b$ )の位置からXY位置を算出する。また、角膜輝点の指標像 $T_b$ 、 $T_c$ のX座標の差は $(X_b - X_c)$ から、Z位置を算出する。算出したXYZ位置と、XY方向は光軸(画像の中心)とのずれ、Z方向は0と $(X_b - X_c)$ ずれ量を算出する。以上の操作は、システム制御部401において検出された複数の輝点像から被検眼と光学系とのアライメント状態を演算する演算手段として機能するモジュール領域により実行される。

#### 【0051】

ステップ6では、アライメント完了許容範囲内にステップ5で算出したXYZ位置が含まれていれば、アライメント完了と判断する。XYZ位置がアライメント完了許容範囲内に含まれない場合は、ステップ7に進む。

#### 【0052】

ステップ7では、ステップ5で算出したXYZ方向のずれ量分XYZ方向にモータを駆動する。モータ駆動後、ステップ2に戻り、アライメント完了と判定されるまで、モータ駆動を続ける。

#### 【0053】

説明したように、IOL挿入眼でも角膜輝点指標像を正確に判定することができるため、IOL反射ゴースト指標像の誤検出をなくし、オートアライメントが正常に完了することができる。

#### 【0054】

なお、本実施例では、光束投影手段である測定用光源201からの光束は、反射光束の光路或いは光軸の方向より被検眼に投影される。また、受光手段は、撮像素子220のみならず、アライメントプリズム絞り223を角膜からの反射光束をそれぞれ上下の別方向に偏向する偏向部材としてこれを包含する構成としても良い。

#### 【0055】

(実施例2)

図10は、アライメント検出に測定用光源201による角膜輝点の指標像ではなく、外眼照明光源221a、221bによる角膜反射輝点像221a'、221b'を使用する場合に、撮像素子220に撮像された前眼部像である。

【0056】

図10(b)はZ方向に適正にアライメントされた場合を示し、角膜反射輝点像221a'、221b'との間隔dはある所定値になっている。図10(a)はアライメント不良で遠すぎる場合の前眼部像を示し、間隔dが所定値より狭くなっている。また、図10(c)はアライメント不良で近すぎる場合の前眼部像を示し、間隔dが所定値より広くなっている。よって間隔dの値によりZ方向のアライメント状態が分かる。また、瞳孔中心1001の位置によりXY方向のアライメント状態が分かる。

10

【0057】

間隔dは眼の曲率半径(個人差がある)によっても変化するため、高精度なアライメントには向かないが、角膜輝点のアライメントに比べ、広範囲で検出することが可能である。角膜輝点を検出可能な範囲まで位置合わせを行うために、外眼照明光源の角膜反射輝点像221a'、221b'と瞳孔中心1001を使用したオートアライメントを行う。

即ち、本実施例では、光学系における光束投影手段としての機能は外眼照明光源221a、221bによって担われ、受光手段としての機能は撮像素子220によって担われる。被検眼からの反射光束に基づいた以上の複数の輝点像の検出は、実施例1の場合と同様に、本発明においてシステム制御部401中の検出手段として機能するモジュール領域により実行される。

20

【0058】

図11は、IOL挿入眼の撮像素子220で撮像した前眼部を示す。外眼照明光源221a、221bによる角膜反射輝点像221a'、221b'として撮像素子220に形成され、外眼照明光源221aのうち角膜で反射されなかった光束により、IOL601で反射した外眼照明は、外眼照明IOL反射ゴースト1101として撮像素子220に形成される。なお、本実施例では、光束投影手段である外眼照明光源221a、221bからの光束は、反射光束の光路或いは光軸とは異なる方向より被検眼に投影される。

前述のように、角膜反射輝点像221a'、221b'の間隔dからZ方向アライメントを行う。IOL601で反射した外眼照明ゴーストの輝点像1101を検出した場合は、間隔d'となる。間隔d'は間隔dよりも狭いため、適正なアライメント位置より近いすぎる位置が適正位置と誤判断してしまう。

30

【0059】

角膜Ecで外眼照明が反射するため、IOL601まで到達する光量が角膜Ecに比べ少なくなり、IOL601を照明する光量は少なくなる。IOL601を照明する光量が少なくなるため、IOL601で反射した外眼照明ゴーストは、角膜で反射した外眼照明輝点像に比べ大きさが小さくなる。

外眼照明の角膜反射輝点像かどうかを判定することで、IOL反射ゴーストのよる輝点像を誤検知しなくなり、正確にオートアライメントを行うことができる。

【0060】

図12は、外眼照明の角膜反射輝点像判定を行うオートアライメントのフローチャートである。

40

ステップS1では、検者は被検者に顎受け112に顎を乗せさせ、被検眼のY軸方向を所定の高さになるように駆動機構113により調整する。LCDモニタ116に映されている被検眼Eの瞳孔が表示される位置までジョイスティック101を操作し、測定開始釦を押下する。測定開始釦が押下されると、オートアライメントを開始する。

【0061】

ステップS2では、撮像素子220で被検眼前眼部を撮像し、メモリ408に格納する。

【0062】

ステップS3では、図11に示すメモリ408に格納された被検眼Eの前眼部像から、

50

外眼照明光源 2 2 1 a、2 2 1 b による角膜反射輝点像 2 2 1 a'、2 2 1 b' を検出する。角膜反射輝点像の候補として、角膜反射輝点像 2 2 1 a'、2 2 1 b' と外眼照明 I O L 反射ゴースト 1 1 0 1 が検出される。また、瞳孔中心を検出する。

【 0 0 6 3 】

ステップ 4 では、角膜反射像の判定を行う。前述したように、I O L 反射ゴースト 1 1 0 1 は角膜反射輝点像 2 2 1 a'、2 2 1 b' に比べ大きさが小さくなるのが分かっている。角膜反射輝点像の候補の面積を算出し、面積が大きい 2 つの輝点像を、角膜反射輝点像と判定することができる。

即ち、本実施例において、システム制御部 4 0 1 で判定手段として機能するモジュール領域では、検出された複数の輝点像より面積が大きい輝点像を角膜から反射された反射光束に基づく輝点像であると判定する。また、選択手段として機能するモジュール領域では、これら輝点像をアライメント状態を演算する際の輝点像として選択する。

10

【 0 0 6 4 】

ステップ 5 では、ステップ 3 で検出した瞳孔中心位置から X Y 位置を算出する。また、ステップ 4 で角膜反射輝点像と判定した 2 つの輝点像の間隔から、Z 位置を算出する。算出した X Y Z 位置と、X Y 方向は光軸（画像の中心）とのずれ、Z 方向は所定の間隔とのずれ量を算出する。

【 0 0 6 5 】

ステップ 6 では、アライメント完了許容範囲内にステップ 5 で算出した X Y Z 位置が含まれていれば、アライメント完了と判断する。X Y Z 位置がアライメント完了許容範囲内に含まれない場合は、ステップ 7 に進む。

20

【 0 0 6 6 】

ステップ 7 では、ステップ 5 で算出した X Y Z 方向のずれ量分 X Y Z 方向にモータを駆動する。モータ駆動後、ステップ 2 に戻り、アライメント完了と判定されるまで、モータ駆動を続ける。

【 0 0 6 7 】

説明したように、I O L 挿入眼でも外眼照明の角膜反射輝点像を正確に判定することができるため、I O L 反射ゴースト像の誤検出をなくし、オートアライメントが正常に完了することができる。

また、上記説明では、I O L 反射ゴーストが 1 つ発生した場合を想定したが、複数の I O L 反射ゴーストが発生した場合も同様の効果を得ることができる。

30

【 0 0 6 8 】

実施例においては、眼屈折力測定装置について説明したが、眼底カメラや O C T などでも、同様の効果を得ることができる。

【 0 0 6 9 】

（その他の実施例）

また、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア（プログラム）を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（または C P U や M P U 等）がプログラムを読み出して実行する処理である。

40

【符号の説明】

【 0 0 7 0 】

E 被検眼

2 0 1 光源

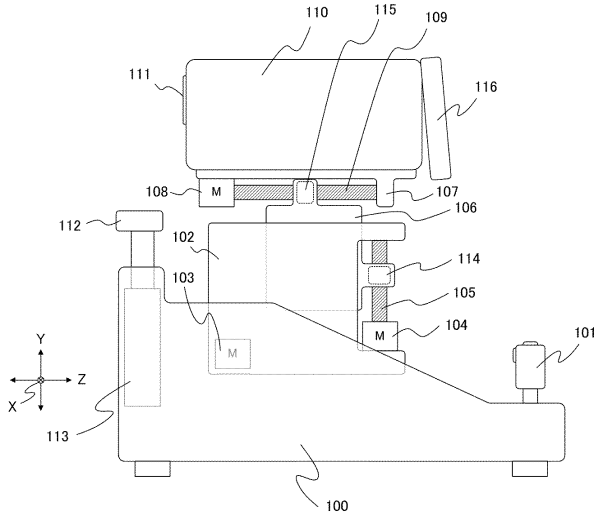
2 1 0 撮像素子

2 2 0 撮像素子

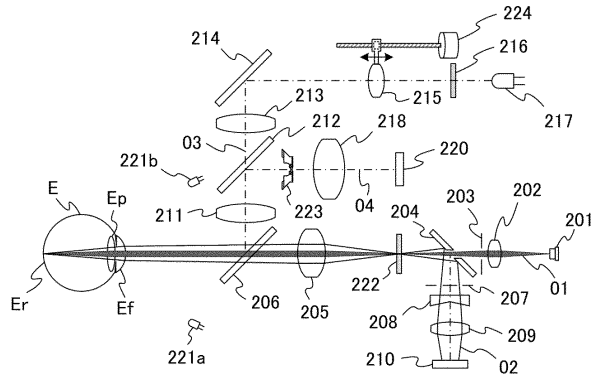
2 2 1 a、2 2 1 b 外眼照明光源

2 2 3 : アライメントプリズム絞り

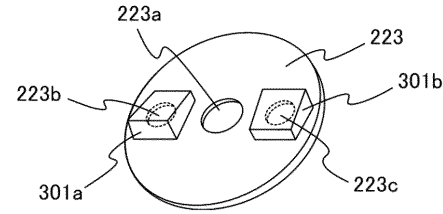
【図1】



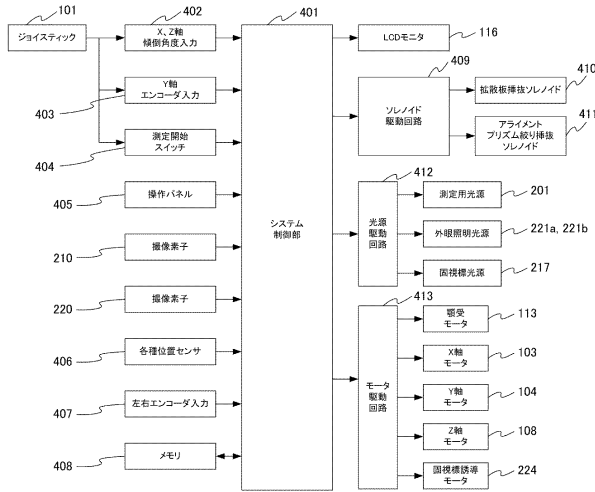
【図2】



【図3】

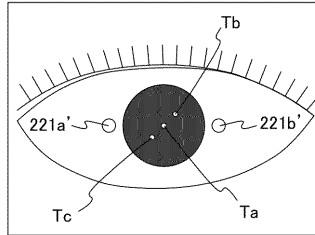


【図4】

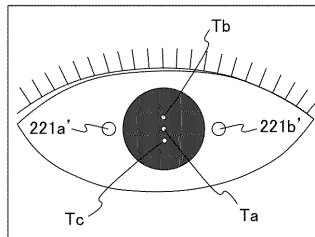


【図5】

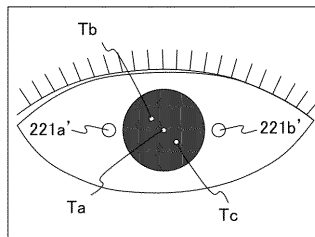
(a) アライメント不良(遠すぎる)



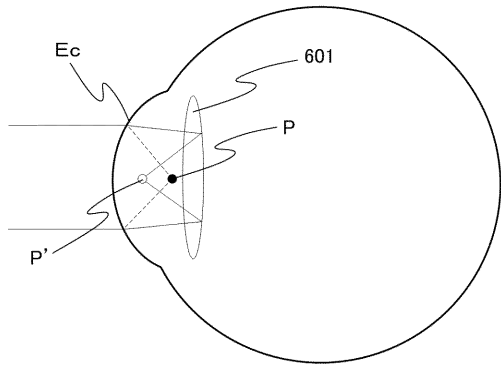
(b) アライメントが合った状態



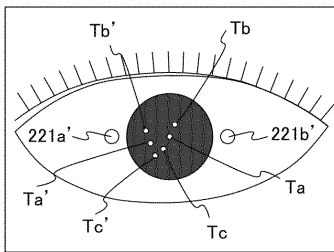
(c) アライメント不良(近すぎる)



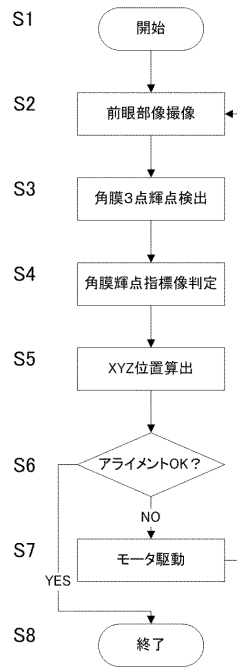
【図6】



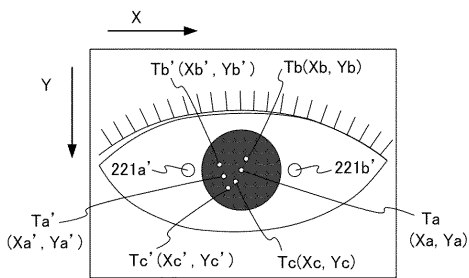
【図7】



【図8】

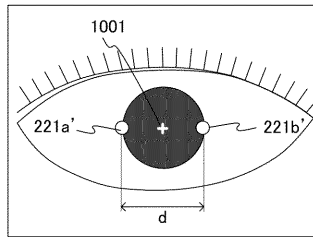


【図9】

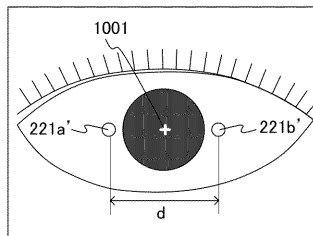


【図10】

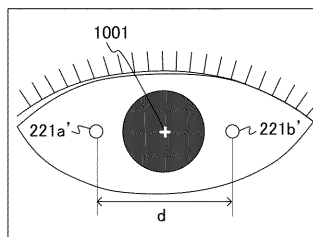
(a) アライメント不良(遠すぎる)



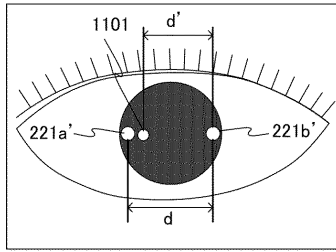
(b) アライメントが合った状態



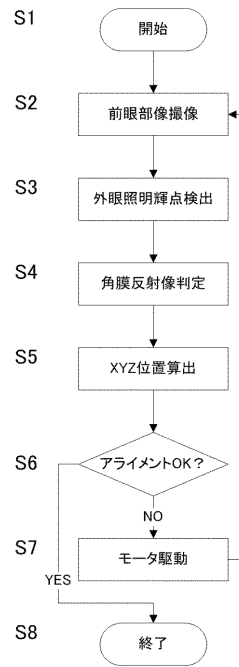
(c) アライメント不良(近すぎる)



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100134393

弁理士 木村 克彦

(74)代理人 100174230

弁理士 田中 尚文

(72)発明者 梅川 一昭

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

(72)発明者 伊藤 宏

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

(72)発明者 坂川 航

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

審査官 増淵 俊仁

(56)参考文献 特開平11-206710(JP,A)

特開2003-290147(JP,A)

米国特許出願公開第2011/0032481(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

A61B 3/00 - 3/18