

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6095439号
(P6095439)

(45) 発行日 平成29年3月15日(2017.3.15)

(24) 登録日 平成29年2月24日(2017.2.24)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 3/103 (2006.01)

A 6 1 B 3/10

N

A 6 1 B 3/10

P

請求項の数 14 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2013-68085 (P2013-68085)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成25年3月28日 (2013.3.28)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-188273 (P2014-188273A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成26年10月6日 (2014.10.6)	(74) 代理人	100094112
審査請求日	平成28年2月29日 (2016.2.29)		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、その制御方法、及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検眼の眼底に光束を投光する投光光学系と、
 前記眼底からの反射光を撮像素子にて受光する受光光学系と
 前記光束の光路に配置されて前記光束を偏向させる偏向部材と、
 前記光路の光軸を中心として前記偏向部材を回転させる回転手段と、を有し、
 前記偏向部材は、
 前記被検眼の眼底共役とは異なる位置に配置されることにより、前記光束が前記眼底に
 おいて前記光軸を中心として回転されるように構成され、
 前記被検眼の瞳孔共役とは異なる位置に配置され、且つ前記光束が前記偏向部材で射出
 した位置と前記眼底共役の面に照射された位置とを通る直線が前記瞳孔共役の面と前記光
 軸との交点を通るように前記光軸に対して傾いて配置されることにより、前記光束が前記
 被検眼の瞳孔の中心を通過して前記眼底に投光されるように構成されることを特徴とする
 眼科装置。

【請求項 2】

前記投光光学系より投光される前記光束の光軸は、前記被検眼の視軸に対して傾斜を有
 してい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】

前記投光光学系に用いられる光源は可干渉性光源であり、LD (L a s e r D i o d e)
 e) 或いはSLD (S u p e r L u m i n e c e n t D i o d e)であることを特徴

10

20

とする請求項 1 又は 2 に記載の眼科装置。

【請求項 4】

前記回転手段は、前記被検眼の眼底上において、前記光束を前記受光光学系の光軸を中心に偏心回転させることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載の眼科装置。

【請求項 5】

前記回転手段は、前記撮像素子の出力画像の 1 フレームの取り込み時間よりも短い周期で回転することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載の眼科装置。

【請求項 6】

前記回転手段の回転動作の開始及び停止を指示する制御手段を更に有し、
前記制御手段は、前記受光光学系の動作に応じて前記回転動作の開始及び停止を指示することを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の眼科装置。

10

【請求項 7】

前記回転手段の回転中に前記撮像素子の出力画像の連続した複数フレームを重ね合わせて得た画像から前記被検眼の眼屈折力を得る演算手段を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の眼科装置。

【請求項 8】

前記瞳孔共役の面から前記眼底共役の面までの距離を L 、前記眼底共役の面における偏心量を h とし、前記距離 L と前記偏心量 h との正接を \tan ($= h / L$) とした場合に、前記偏向部材から射出された前記光束の光軸からの高さ d 、前記瞳孔共役の面からの距離 P 、前記偏向部材から前記光束を射出した後の光線角度 u は、 $d / P = \tan$ かつ $u =$ の関係になっていることを特徴とする、請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載の眼科装置。

20

【請求項 9】

測定光を照射した被検眼の眼底からの反射光を撮像素子にて受光する光学系と、
前記光学系の光路に配置された前記測定光を偏向させる偏向部材と、を有し、
前記偏向部材は、
前記被検眼の眼底共役とは異なる位置に配置され、
前記被検眼の瞳孔共役とは異なる位置に配置され、
前記測定光が前記偏向部材で射出した位置と前記眼底共役の面に照射された位置とを通る直線が前記瞳孔共役の面と前記光学系の光軸との交点を通るように前記光軸に対して傾いて配置されることを特徴とする眼科装置。

30

【請求項 10】

前記測定光の光軸は、前記被検眼の視軸に対して傾斜を有していることを特徴とする請求項 9 に記載の眼科装置。

【請求項 11】

前記測定光を発生させる光源は、可干渉性光源であり、LD (Laser Diode) 或いは SLD (Super Luminescent Diode) であることを特徴とする請求項 9 又は 10 に記載の眼科装置。

【請求項 12】

前記瞳孔共役の面から前記眼底共役の面までの距離を L 、前記眼底共役の面における偏心量を h とし、前記距離 L と前記偏心量 h との正接を \tan ($= h / L$) とした場合に、前記偏向部材から射出された前記測定光の光軸からの高さ d 、前記瞳孔共役の面からの距離 P 、前記偏向部材から前記測定光を射出した後の光線角度 u は、 $d / P = \tan$ かつ $u =$ の関係になっていることを特徴とする、請求項 9 乃至 11 の何れか一項に記載の眼科装置。

40

【請求項 13】

前記偏向部材は、透光材料からなる楔形状のプリズムであることを特徴とする請求項 1 乃至 12 の何れか一項に記載の眼科装置。

【請求項 14】

前記撮像素子の出力に基づいて前記被検眼の眼屈折力を得る演算手段を更に有すること

50

を特徴とする請求項 1 乃至 13 の何れか一項に記載の眼科装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は被検眼を測定する眼科装置、その制御方法、及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から被検眼の眼底に指標を投影し、その眼底反射像の光量分布特性から被検眼の球面屈折力、乱視屈折力、乱視軸角度を測定する眼科装置としてオートレフラクトメータが知られている。

10

この種の眼科装置においては、被検眼眼底からの反射光の光量を増加させるために、眼底に投影する光束の光源として、輝度の高いLD(Laser Diode)或いは、SLD(Super Luminescent Diode)を使用することが望ましい。

【0003】

その使用の際に発生するスペックルノイズの測定への影響を避けるために、光束偏向部材を装置光路中に配置する。これを高速回転することで、受光素子上に形成される像のスペックルノイズ成分が像検出の蓄積時間の中で時間平均化され、光量むらの少ない像として検出でき、精度の良い測定を可能にする工夫がされている(特許文献1参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0004】

【特許文献1】特開2001-340299号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、光束偏向部材の作用としては、被検眼の眼底に投影する視標位置を光軸中心に回転偏心させることであるが、同時に瞳孔上で光束が偏心してしまうと、虹彩で光束がけられやすくなり、小瞳孔眼の正確な測定が困難になってしまう。また、光束偏向部材の配置位置を被検眼の瞳と共役位置にすることでこれを抑制することは可能だが、一般に装置内部の瞳孔共役位置は光束分割部材などの部材が密集し、配置そのものが困難である。さらにはレンズを追加し共役位置をリレーして余分に配置スペースを確保することも方法の一つであるが、装置の大型化やコストアップにつながる問題を有している。

30

【0006】

本発明は、この従来技術の問題点を解決することを目的にするものであり、安価かつコンパクトな装置構成で、虹彩でけられることなく被検眼の眼底上で光束を回転偏心させ、スペックルノイズが低減された検出像から精度の良い測定を行うことができる眼科装置、その制御方法、及びプログラムの提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明における眼科装置は、被検眼の眼底に光束を投光する投光光学系と、

40

前記眼底からの反射光を撮像素子にて受光する受光光学系と

前記光束の光路に配置されて前記光束を偏向させる偏向部材と、

前記光路の光軸を中心として前記偏向部材を回転させる回転手段と、を有し、

前記偏向部材は、

前記被検眼の眼底共役とは異なる位置に配置されることにより、前記光束が前記眼底において前記光軸を中心として回転されるように構成され、

前記被検眼の瞳孔共役とは異なる位置に配置され、且つ前記光束が前記偏向部材で射出した位置と前記眼底共役の面に照射された位置とを通る直線が前記瞳孔共役の面と前記光軸との交点を通るように前記光軸に対して傾いて配置されることにより、前記光束が前記

50

被検眼の瞳孔の中心を通過して前記眼底に投光されるように構成されることを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

以上の様に構成された本発明によれば、測定光源に可干渉性の高い光源を用いた場合であっても、スペックルノイズによる測定誤差を良好に低減でき、さらには光束の偏心による被検眼瞳孔上での測定光束のけられを安価、コンパクトに抑えることができ、瞳孔の小さい被検眼に対しても良好な測定が可能になる。

より詳細には、光束を偏向する光束偏向部材を光束の光路における被検眼の眼底共役位置から外れた位置かつ被検眼の瞳孔共役位置から外れた位置に配置することにより、当該部材を配する際のスペース的な制約を無くすることが可能になる。また、当該部材を光軸中心に回転させることにより受光素子上に形成される像のスペックルノイズを平均化して画像中の光量むらを抑制し、瞳孔中心に対する光束の偏心を維持することにより眼底に至った光束により構成される点光源とその背景の表面状態との関係を変化させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】第一の実施形態に係る眼屈折力計における測定ユニットの光学系の配置図及びその外観図である。

【図2】第一及び第二の実施形態に係る偏向プリズムの条件を説明する図である。

【図3】第一の実施形態に係る被検眼に乱視がある場合の撮像素子で受光されたリング像を示す図である。

【図4】リング像に対するスペックルノイズの影響に対し、(a)は光源に非可干渉を用いた場合のリング像を示す図、(b)は光源に可干渉性光源を用いた場合のリング像を示す図である。

【図5】第一の実施形態に係る偏向プリズムと主光線光路との関係に対し、(a)は偏向プリズムを瞳孔共役面に正対させて配置した場合の主光線光路を示す図、(b)は偏向プリズムを瞳孔共役面上に配置した場合の主光線光路を示す図、(c)は偏向プリズムを瞳孔共役面と眼底共役面との間に、傾斜を持たせて配置した場合の主光線光路を示す図である。

【図6】第一の実施形態に係る被検眼瞳孔部分と測定光束との関係に対し、(a)は測定光束が瞳孔面上で偏心し、虹彩でけられている様子を示す図、(b)は測定光束が瞳孔面上で偏心せず、虹彩でのけられが生じない様子を示す図である。

【図7】第一の実施形態に係る偏向プリズムの構成の例を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

(第一の実施形態)

次に、本発明の眼科装置の一例である眼屈折力測定装置の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0011】

(装置本体)

図1(b)は、本実施形態に係る眼屈折力測定装置としての眼屈折力計の概略構成図を示している。フレーム102は、ベース100に対して左右方向(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。

【0012】

フレーム106は、フレーム102に対して上下方向(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１０５、ナット１１４を介してフレーム１０６がＹ軸方向に移動する。

【００１３】

フレーム１０７は、フレーム１０６に対して前後方向（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。

【００１４】

モータ１０８の回転により、送りねじ１０９、ナット１１５を介して、フレーム１０７がＺ軸方向に移動する。フレーム１０７上には固有情報取得部として眼屈折力測定を行う測定ユニット１１０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。

【００１５】

また、ベース１００には、被検眼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が設けられている。位置合わせ時にはジョイスティック１０１を左右方向（ｘ方向）、前後方向（ｚ方向）に傾倒させて夫々の方向の位置調整を行い、またジョイスティック１０１を回転することで上下方向（ｙ方向）の位置調整を行う。ベース１００は、該ジョイスティック１０１の操作に応じて各駆動モータを動作させるために、ＣＰＵ１２０に例示される制御装置に包含される駆動制御手段を有する。

【００１６】

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、かつベース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。

測定ユニット１１０の検者側端部には、被検眼を観察するための表示部材であるＬＣＤモニタ１１６が設けられており、測定結果等を表示することができる。

【００１７】

（眼屈折力測定原理）

図１（ａ）は測定ユニット１１０の内部の光学系配置図である。波長８８０ｎｍの照射光束で被検眼眼底に指標光束を照射するために、眼屈折力測定用光源２０１から被検眼Ｅに至る第１の光学系の光路０１上には、レンズ２０２、被検眼Ｅの瞳孔Ｅｐとほぼ共役な絞り２０３、孔あきミラー２０４、偏向プリズム２３０、レンズ２０５が順次に配列される。更に、被検眼Ｅ側から波長８８０ｎｍ未満の赤外および可視光を全反射し、波長８８０ｎｍ以上の光束を一部反射するダイクロイックミラー２０６が配置されている。

【００１８】

孔あきミラー２０４の反射方向の光路０２上には、瞳孔Ｅｐとほぼ共役でリング状のスリットを備えたリング状絞り２０７、光束分光プリズム２０８、レンズ２０９、撮像素子２１０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２０１から発せられた光束は、絞り２０３で光束が絞られつつ、レンズ２０２により対物レンズ２０５の手前で１次結像される。そして、対物レンズ２０５、ダイクロイックミラー２０６を透過して被検眼Ｅの瞳中心に投光される。これら測定光源２０１から被検眼Ｅに至る光路上に配置される構成は、本発明において被検眼の眼底に光束を投光する投光光学系に対応する。

【００１９】

投光された光束は眼底Ｅｒで反射し、眼底反射光は瞳周辺を通過して再び対物レンズ２０５に入射される。入射された光束は対物レンズ２０５を透過後に、孔あきミラー２０４の周辺で反射される。反射された光束は、対物レンズ２０５を備える第２の光学系を介して

10

20

30

40

50

、被検眼瞳孔 E p と略共役なリング状絞り 2 0 7 およ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。これら被検眼 E より撮像素子 2 1 0 に至る光路上に配置される構成は、本発明において眼底からの反射光を撮像素子にて受光する受光光学系に対応する。また、前述した投光光学系及び受光光学系は、本発明における測定光学系に含まれる。

【 0 0 2 0 】

被検眼 E が正視眼であれば、このリング状の像出力は所定の円になり、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。図 3 は被検眼 E に乱視がある場合の撮像素子 2 1 0 で受光されたリング像を示す図である。図 3 (a) は乱視のある被検眼 E の様子を示すもので、角膜 E f の形状が正視眼の球体状に比べて、より回転楕円体状に近づく。さらに、その長径と水平軸とがなす角度を θ で表している。この場合は図 3 (b) のようにリング状の像出力が楕円になり、長径を a、短径を b とすれば、水平軸と長径 a とのなす角度 θ が乱視軸角度となる。長径は乱視の弱主経線、短径は強主経線に対応する。このリング状の像出力を基に眼屈折力情報を求める。前述した C P U 1 2 0 は、以上の撮像素子 2 1 0 からの出力に基づいて眼屈折力等の眼屈折力情報を演算する演算手段として機能するモジュール領域を有する。

10

【 0 0 2 1 】

(固視標及びアライメント)

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とアライメント検出が共用されるアライメント受光光学系が配置されている。

20

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、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 2 】

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、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。

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。

30

【 0 0 2 3 】

前眼部観察とアライメント観察のために、前眼部照明用光源 2 2 1 a、2 2 1 b が配置される。当該光源より被検眼に射出された照明光は前眼部により反射され、ダイクロイックミラー 2 0 6、レンズ 2 1 1 を介し、ダイクロイックミラー 2 1 2 により光路 0 4 に導かれて分光プリズム 2 2 3 及び 2 1 8 を経て撮像素子 2 2 0 上に複数の輝点像として結像される。これら複数の輝点像の配置より、測定ユニット 1 1 0 と被検眼とのアライメントが実行される。

【 0 0 2 4 】

(L D、S L D の使用についての説明)

本実施形態の眼屈折力測定用光源 2 0 1 は、被検眼眼底からの反射光の光量を増加させるために、より高い照射光量を必要とされるために、可干渉性の高い L D (L a s e r D i o d e) 或いは S L D (S u p e r L u m i n e s c e n t D i o d e) が使用される。

40

【 0 0 2 5 】

(スペックルの発生についての説明)

図 4 は撮像素子 2 1 0 で出力される像を、可干渉性の低い L E D 光源の場合と可干渉性の高い光源の場合とで比較したものである。図 4 (a) の様に L E D 光源を使用した場合は所定の像が検出され、精度の良い測定が可能になる。図 4 (b) の様に可干渉性の高い光源を使用した場合には、眼底面での光散乱の影響を受け、撮像素子 2 1 0 上にスペックルノイズが発生する。スペックルノイズの状態は照射された眼底面の表面状態によって様々に変化する。所定のリング像と、このランダムなスペックルノイズ成分とが重なると、

50

リングの径や形状の検出に大きな誤差を与え、測定精度を著しく低下させる。

【0026】

(偏向プリズムについての説明)

ここで測定光学系に配置された偏向プリズム230について説明する。図1(b)中、偏向プリズム230は、投影光学系光路01と受光光学系02との共用光路に配置されており、ガラス等の透光材料からなる楔形状のプリズムである。偏向プリズム230は回転機構225とユニット構成され、光軸を中心として回転可能となっている。回転機構225は、偏向プリズム230を測定光学系の光軸中心に回転させる回転手段として機能する。

【0027】

偏向プリズム230は、被検眼眼底共役位置から離れた位置に配置され、光源201からの光束を微小角度偏向させる作用を持ち、被検眼Eの眼底Erにおいては光軸中心から微小変位された位置に点光源像が形成される。この点光源からの光束は再び偏向プリズム230を通過することで偏向が戻され、孔あきミラー204の反射方向の光路02においては光軸と平行な光束として撮像素子210に向かって投影される。すなわち、偏向プリズム230の回転状態により、撮像素子210上に形成されるリング像の外形は不変だが、眼底Erにおける点光源と背景の表面状態の関係とが変化し、リング像内部領域のむらの状態が変化することを意味する。

【0028】

撮像素子210から不図示のフレームメモリ等の記憶手段に1フレームの画像を取り込む間に偏向プリズム230を高速回転させると、記憶手段にはスเปックルノイズが平均化され、光量むらの少ない像が記録されて、この画像信号に基づき、精度の良い演算処理が可能になる。従って、回転機構225は、撮像素子210の出力画像の1フレームの取り込み時間よりも短い周期で偏向プリズム230を回転させることが好ましい。また偏向プリズム230の回転速度がより低速であっても、複数フレームの画像の重ね合わせ手段を行うことで、同様の効果が得られる。従って、前述した演算手段は回転機構225の回転中に撮像素子210の出力画像の連続した複数フレームを重ね合わせた画像から被検眼Eの眼屈折力を得ることがより好ましい。

【0029】

(瞳孔面での光束についての説明)

ここで、偏向された光束と被検眼の瞳位置との関係について図5を用いて説明する。図5は偏向プリズム230付近の光学原理を説明する図である。図中、右方向が光源201側、左方向が被検眼E側である。瞳孔共役面Spは絞リ203とほぼ一致し、眼底共役面Srは孔あきミラー204と対物レンズ205の間の光路中に光源201の一次結像面として形成されている。L0は光学系の光軸、L1は偏向プリズム230を通過して実際に光束がたどる光路の主光線を示している。偏向プリズム230は瞳孔共役面Spと眼底共役面Srとの間に配置され、眼底共役面Sr上での偏向光束L1の主光線高さh1が所定量になるようにプリズム形状が決定される。ここで言う所定量とは被検眼Eの眼底Erにおける光束の所望の微小変位量に一对一に対応し、光学系の倍率換算により適宜決まる量である。

【0030】

図5(a)は偏向プリズム230を単純に瞳孔共役面Sp側に正対させ、眼底共役面Sr側に傾斜面を与えて屈折作用を持たせた場合である。この場合においては、眼底共役面Srにおける所定の主光線高さh1は得られ、眼底Er上で微小変位させるという目的は達成される。しかしながら、被検眼側(左方向)からみた見かけの光路L2は、瞳孔共役面Sp上ではh2だけ偏心してしまう。このことは、被検眼Eの瞳孔Ep上で偏心が生じることの意味し、瞳孔Epが小さい場合には光束がけられることになり、測定時に問題となる。

【0031】

(配置の制約についての説明)

図5(b)は偏向プリズム230を瞳孔共役面Sp上に配置した場合である。この場合においては、眼底共役面Srにおける所定の主光線高さh1が得られるとともに、瞳孔共役面Sp上の光軸を中心として光線を屈折させるために、瞳孔共役面Sp上での偏心は生じず、被検眼Eの瞳孔Ep上で光束がけられることはない。

【0032】

しかしながら、瞳孔共役面Sp付近には、実際には瞳孔Ep上での光束を規定する絞り203や、照射光束01と受光光束02を空間分離する孔あきミラー204が密集して配置されるために、スペース的制約が非常に多い。また、新たにレンズを追加して瞳孔共役面Srをリレーすることにより瞳孔共役面を別の空間に生み出すことも考えられるが、部材コストの増加や全長の増加につながり、装置構成上不都合である。

10

【0033】

(プリズムの工夫についての説明)

図5(c)は偏向プリズム230を瞳孔共役面Spと眼底共役面Srとの間に、傾斜を持たせて配置した場合である。この場合においては、偏向プリズム230の両面の光線の屈折効果の関係により、眼底共役面Srにおける所定の主光線高さh1が得られるとともに、被検眼側(左方向)からみた見かけの光路L2が瞳孔共役面Sp上の光軸中心を通過するために、瞳孔共役面Sp上での偏心は生じない。すなわち、被検眼Eの瞳孔Ep上で光束がけられることはない。このとき偏向プリズム230の位置関係は、絞り203や孔あきミラー204から離れた位置にあるために、スペース的自由度が高く、好適に装置構成が可能になる。

20

【0034】

図6は、これらの場合に対する、被検眼Eの光束の様子を表したものである。図6(a)は図5(a)の場合に相当し、瞳孔Ep上で光束が偏心してけられている様子を表している。図6(b)は図5(b)および(c)の場合に相当し、瞳孔Ep上での光束の偏心が生じず、けられない様子を表している。

【0035】

(プリズム条件についての説明)

図2(a)は、上記特性を実現するための、偏向プリズム230の配置と通過する光線の条件を説明する図である。偏向プリズム230は瞳孔共役面Spと眼底共役面Srとの間にあり、L0は光軸、L1は光束主光線の光路、L2は、図左方向から光路L1を延長した見かけの光束主光線の光路である。光路L1は被検眼に向かって、図中A、B、C、Dの順に通過する。点Aは瞳孔共役面Sp上の光軸上にあり、点Dは眼底共役面Sr上の所定の偏心量hの位置にある。偏向プリズム230には点Bで入射し、その後点Cから射出して眼底共役面Sr上の点Dに向かう。このとき、プリズム射出後の光路L1の傾角および光路L2の傾角が、点Aと点Dとを結ぶ直線の傾角に一致する場合に所望の特性が得られることになる。これらの関係を定式化すれば次のようになる。

30

【0036】

瞳孔共役面Spと眼底共役面Srとの距離をL、点Dの光軸L0からの高さをhとし、さらにこれらの正接を \tan (= h/L)とした場合に、プリズム射出点Cの光軸L0からの高さd、プリズム射出点Cの瞳孔共役面Srからの距離P、およびプリズム射出後の光線角度uに対し、

40

$$d/P = \tan \quad , \quad \text{かつ} \quad u = \dots\dots\dots (\text{条件A})$$

の関係になることである。

【0037】

(プリズム構成パラメータについての説明)

光束偏向部材としての偏向プリズム230は、光束の光路における被検眼の眼底共役位置から外れた位置かつ被検眼の瞳孔共役位置から外れた位置に配置される。更に、該偏向プリズム230の形状、屈折率、および配置は上記条件Aを満たすように構成される。すなわち、前提となる瞳孔共役面と眼底共役面との距離、および眼底共役面における光線の所定の偏心量に対して、偏向プリズム230の配置角度、くさび角度、中心厚さ、配置位

50

置、および屈折率が決まる。

【0038】

図7は、本実施形態における具体的数値例を示す。装置構成の光学系の配置から瞳孔共役面Spと眼底共役面Srまでの距離を80mmとしている。眼底面Ep上での偏心量を0.08mmとすれば、眼底共役面Sr上での偏心量は倍率換算から0.24mmになる。これらを前提条件として幾何光学計算を行った。それぞれのパラメータは、配置角度は光軸L0と偏向プリズム230の第一面とのなす角度、くさび角度は偏向プリズム230の二つの面の角度の差、中心厚さは偏向プリズム230の中心厚、配置位置Wは瞳孔共役面Spから偏向プリズム230の第一面までの距離、および屈折率Nは偏向プリズム230に使用される透光材料の屈折率である。

10

【0039】

図中パターンAは、配置位置W = 20mm、屈折率N = 1.5として指定した場合である。このとき、配置角度 = 9.92deg、くさび角度 = 0.34deg、中心厚さt = 1.08mmのとき、条件Aが満たされる。

【0040】

図中パターンBは、偏向プリズム230に使用される透光材料を光屈折材料に変更し、配置位置W = 20mm、屈折率N = 1.7として指定した場合である。このとき、配置角度 = 10.02deg、くさび角度 = 0.24deg、中心厚さt = 0.86mmのとき、条件Aが満たされる。

【0041】

20

図中パターンCは、偏向プリズム230の配置位置Wをよりスペース間隔の広い位置に変更し、配置位置W = 30mm、屈折率N = 1.5として指定した場合である。このとき、配置角度 = 10.08deg、くさび角度 = 0.34deg、中心厚さt = 1.60mmのとき、条件Aが満たされる。

【0042】

図中パターンDは、異なる装置光学系レイアウトを考慮し、瞳孔共役面Spと眼底共役面Srまでの距離を60mmに変更し、配置位置W = 20mm、屈折率N = 1.5として指定した場合である。このとき、配置角度 = 10.06deg、くさび角度 = 0.45deg、中心厚さt = 1.46mmのとき、条件Aが満たされる。

【0043】

30

即ち、偏向プリズム230が被検眼の瞳孔中心にたいして光束の偏心を維持するように、より詳細には、光束を被検眼に導く際の被検眼の瞳孔での光束入射位置が該瞳孔の中心に対して偏心した状態を維持するように、構成される。また、回転機構225は、被検眼の眼底上での光束を測定光学系の光軸を中心に偏心回転させることとなる。

【0044】

以上のように、適宜装置レイアウトや使用材料に応じて、条件Aを満たすように偏向プリズム230のパラメータを決定すれば、瞳孔Ep上での光束のけられを抑えるという、本実施形態の効果をすることができる。

なお、本実施形態にて偏向プリズム230とこれを回転させる回転機構225とを、スベックルノイズを抑制する構成として示しているが、耐久性等の観点から当該構成は画像データの取得時に動作することが好ましい。このため、本実施形態では、測定ユニット110に包含されてこれら構成等を制御する不図示の制御手段により、受光光学系に対する画像データ取得の指示が受け付けられたこと等の動作に応じて回転動作の開始が指示され、画像データ取得の終了の指示が受け付けられたことに応じて、回転動作の停止が指示される。

40

【0045】

(第二の実施形態)

測定光軸は装置構成上の様々な事情により、視軸にたいしてわずかに傾斜を与える場合がある。例えば、レンズ表面反射の戻り光の受光光学系への混入を防止する場合や、眼底上の投光位置を被検眼の視線方向からずらすことにより、被検眼が感じる煩わしさを避け

50

る場合などである。このような場合、上述した第一の実施形態によっても実際に被検眼に導かれる測定光は視軸に対して傾くことから、この視線方向からずらすことと同等の効果が得られる。しかし、けられの抑制、まつげ影響を避ける等の要求により更に視軸に対して傾斜させて測定光を導くことが求められることも考えられる。本実施形態はこのような場合に対応するものである。具体的には、図2(b)に示すように、測定光学系の光軸が、視線方向にあたる視軸にたいして傾斜している点が第一の実施形態と異なる。

【0046】

図中 L_0' は光学系の光軸であり、第一の実施形態における光軸 L_0 に比べてわずかに傾斜を持っている。偏向プリズム230はこの光軸 L_0' を回転中心として回転する。この場合においても、瞳孔共役面 S_p と眼底共役面 S_r との距離 L 、眼底共役面 S_r 上の光軸 L_0' からの所定の偏心量 h に対して条件Aが適用できる。これを満たすことにより、前述した実施形態と同様に、可干渉性光源によるスペックルノイズが低減されつつ、さらに瞳孔 E_p 上での光束のけられは抑制され、良好な測定結果が得られることになる。

【0047】

以上述べた実施形態においては、光束偏向部材は透光材料からなる楔形状のプリズムであることを特徴とする。また、光束偏向部材を通過する光線は、瞳孔共役位置から眼底共役位置までの距離を L 、眼底共役面偏心量を h とし、それらの正接を \tan ($=h/L$)とした場合に、光束偏向部材の光線射出部の光軸からの高さ d 、瞳孔共役面からの距離 P 、光束偏向部材光線射出後の光線角度 u に対し、 $d/P = \tan$ かつ $u =$ の関係になっていることが好ましい。さらに、投光光学系に用いられる光源は可干渉性光源であり、LD(Laser Diode)或いはSLD(Super Luminescent Diode)であることが好ましい。また、測定光学系の光軸は傾斜を有していることが好ましく、更に回転手段は撮像素子の出力画像の1フレームの取り込み時間よりも短い周期で回転することがより好ましく、演算手段は回転手段の回転中に撮像素子の出力画像の連続した複数フレームを重ね合わせた画像から被検眼の眼屈折力を得ることがより好ましい。

なお、上述した実施形態では、本発明を適用する上で好適な眼屈折力測定装置を例としている。しかし、本発明は当該形態に限定されず、可干渉性光を測定光として用いる種々の眼科装置においても適用可能である。

(その他の実施形態)

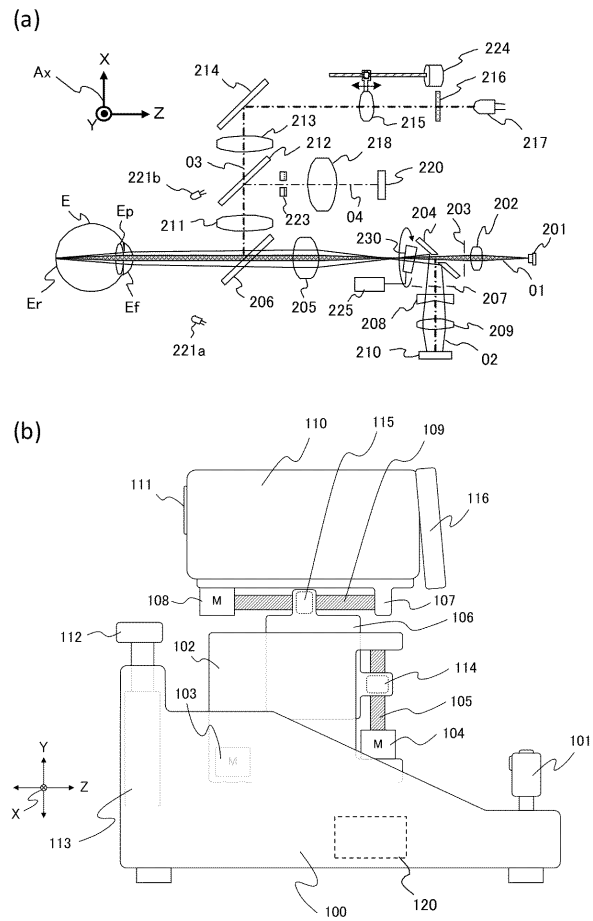
また、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア(プログラム)を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ(またはCPUやMPU等)がプログラムを読み出して実行する処理である。

【符号の説明】

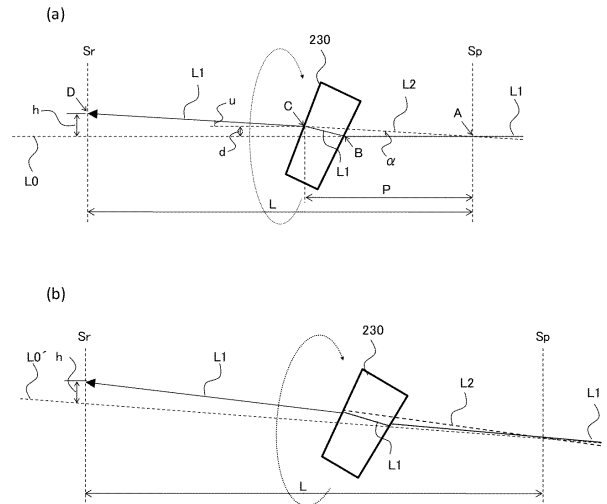
【0048】

- 201 測定光源
- 203 絞り
- 204 孔あきミラー
- 205 対物レンズ
- 207 リング状絞り
- 210 撮像素子
- 230 偏向プリズム

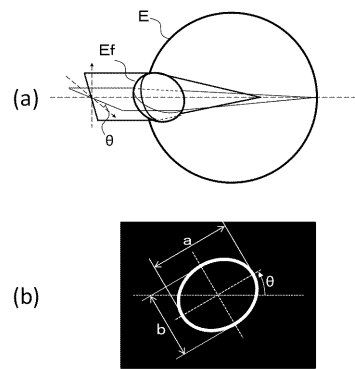
【図 1】



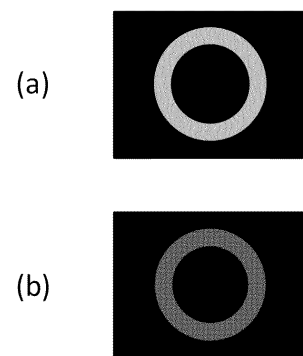
【図 2】



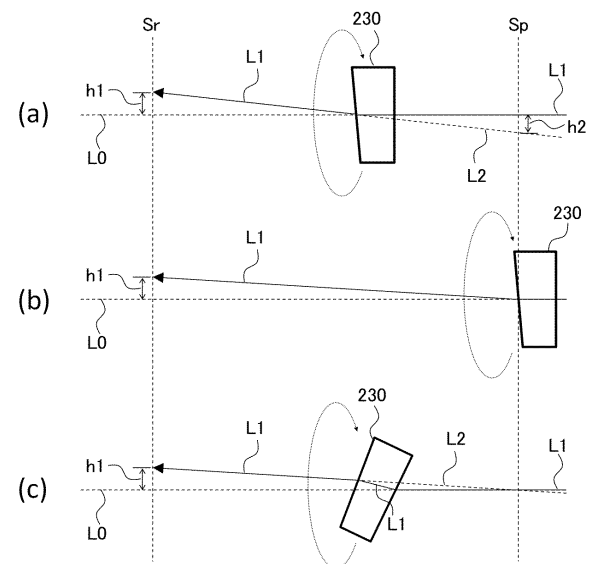
【図 3】



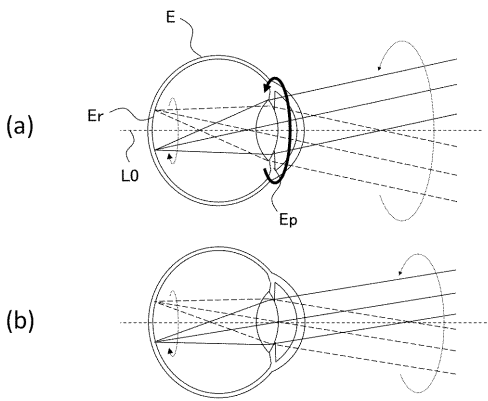
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

パターン			A	B	C	D
パラメータ	記号	単位	L=80 W=20,N=1.5	L=80 W=20,N=1.7	L=80 W=30,N=1.5	L=60 W=20,N=1.5
配置位置	W	mm	20.00	20.00	30.00	20.00
屈折率	N	—	1.50	1.70	1.50	1.50
配置角度	θ	deg	9.92	10.02	10.08	10.06
くさび角度	$\Delta \theta$	deg	0.34	0.24	0.34	0.45
中心厚さ	t	mm	1.08	0.86	1.60	1.46

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 池上 朋之

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 九鬼 一慶

(56)参考文献 特開2005-185523(JP,A)

特開2011-072593(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 3/00 - 3/18