

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6766342号  
(P6766342)

(45) 発行日 令和2年10月14日(2020.10.14)

(24) 登録日 令和2年9月23日(2020.9.23)

(51) Int.Cl. F 1  
**A 6 1 B 3/028 (2006.01)**  
**A 6 1 B 3/103 (2006.01)**

A 6 1 B 3/028  
A 6 1 B 3/103

請求項の数 5 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2015-222932 (P2015-222932)	(73) 特許権者	000135184
(22) 出願日	平成27年11月13日(2015.11.13)		株式会社ニデック
(65) 公開番号	特開2017-86653 (P2017-86653A)		愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4
(43) 公開日	平成29年5月25日(2017.5.25)	(72) 発明者	滝井 通浩
審査請求日	平成30年10月30日(2018.10.30)		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	羽根渕 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	越智 永
			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
		審査官	佐藤 秀樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自覚式検眼装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

視標光束を被検眼に向けて投影する投光光学系と、  
前記投光光学系の光路中に配置され、前記視標光束の光学特性を変化させる矯正光学系と、  
、  
前記矯正光学系によって矯正された前記視標光束を前記被検眼に導光する凹面ミラーと  
、  
を有し、前記被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式測定手段を備える自覚式検眼装置であって、

前記凹面ミラーによって付加される非点収差であって前記矯正光学系の矯正度数によって異なる非点収差を補正するための補正量を、前記矯正光学系の矯正度数に基づいて設定する補正設定手段と、

前記補正設定手段によって設定された前記補正量に基づいて、前記自覚式測定手段にて生じる前記光学収差を補正する補正手段と、  
を備えることを特徴とする自覚式検眼装置。

【請求項 2】

視標光束を被検眼に向けて投影する投光光学系と、  
前記投光光学系の光路中に配置され、前記視標光束の光学特性を変化させる矯正光学系と、  
、  
前記矯正光学系によって矯正された前記視標光束を前記被検眼に導光する凹面ミラーと

10

20

、  
を有し、前記被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式測定手段を備える自覚式検眼装置であって、

前記視標光束の像の形成位置を変更し、前記視標光束による視標の呈示距離を変更する制御手段と、

前記凹面ミラーによって付加される非点収差であって前記視標光束による視標の呈示距離によって異なる非点収差を補正するための補正量を、前記呈示距離に基づいて設定する補正設定手段と、

前記補正設定手段によって設定された前記補正量に基づいて、前記自覚式測定手段にて生じる前記光学収差を補正する補正手段と、

を備えることを特徴とする自覚式検眼装置。

【請求項 3】

視標光束を被検眼に向けて投影する投光光学系と、

前記投光光学系の光路中に配置され、前記視標光束の光学特性を変化させる矯正光学系と

、  
前記矯正光学系によって矯正された前記視標光束を前記被検眼に導光する凹面ミラーと  
、

を有し、前記被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式測定手段を備える自覚式検眼装置であって、

右眼用光路及び左眼用光路から出射される前記視標光束の輻輳角度を変更する輻輳角度変更手段と、

前記凹面ミラーによって付加される非点収差であって前記視標光束の輻輳角度によって異なる非点収差を補正するための補正量を、前記輻輳角度に基づいて設定する補正設定手段と、

前記補正設定手段によって設定された前記補正量に基づいて、前記自覚式測定手段にて生じる前記光学収差を補正する補正手段と、

を備えることを特徴とする自覚式検眼装置。

【請求項 4】

請求項 1 の自覚式検眼装置において、

前記自覚式測定手段の光路中における補助光学部材の挿脱を制御する挿脱手段と、

他覚式測定手段によって取得された眼屈折力に基づいて、補助光学部材が必要であるか否かを判定する判定手段と、

を備え、

前記挿脱手段は、前記判定手段の判定結果に基づいて、前記自覚式測定手段の光路中における前記補助光学部材の挿脱を制御することを特徴とする自覚式検眼装置。

【請求項 5】

請求項 1 の自覚式検眼装置において、

他覚式測定手段によって取得された眼屈折力に基づいて、補助光学部材が必要であるか否かを判定する判定手段と、

前記判定手段の判定結果に基づく報知情報をモニタに表示する表示手段と、

を備えることを特徴とする自覚式検眼装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式検眼装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、自覚式検眼装置としては、例えば、屈折度の調節が可能な矯正光学系を被検者の眼前に個別に配置し、矯正光学系を介して検査視標を被検眼の眼底へ投光するものが知られている（特許文献 1 参照）。検査者は、被検者の応答を受けその視標が被検者に適正に見

10

20

30

40

50

えるまで矯正光学系の調節を行って矯正値を求め、この矯正値に基づいて被検眼の屈折力を測定する。また、例えば、自覚式検眼装置としては、矯正光学系を介した検査視標が像を被検者の眼前に形成し、矯正光学系を眼前に配置することなく、被検眼の屈折力を測定するものが知られている（特許文献２）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【特許文献１】特開平５－１７６８９３号公報

【特許文献２】米国特許第３８７４７７４号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

ところで、自覚式検眼装置において、装置を構成する各部材から光学収差が生じる。このため、光学収差を補正していた。しかしながら、被検眼の光学特性を自覚的に測定する際に、測定条件（例えば、眼屈性力、検査距離、輻輳角度）によって、光学収差が変化する。これによって、一定の光学収差を補正するための補正量で補正を行っていた場合には、光学収差を抑制することが困難となる場合がある。

【０００５】

本開示は、上記問題点を鑑み、光学収差を抑制し、被検眼の光学特性を精度よく測定することができる自覚式検眼装置を提供することを技術課題とする。

20

【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。

（１） 本開示の第１態様に係る自覚式検眼装置は、視標光束を被検眼に向けて投影する投光光学系と、前記投光光学系の光路中に配置され、前記視標光束の光学特性を変化する矯正光学系と、前記矯正光学系によって矯正された前記視標光束を前記被検眼に導光する凹面ミラーと、を有し、前記被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式測定手段を備える自覚式検眼装置であって、前記凹面ミラーによって付加される非点収差であって前記矯正光学系の矯正度数によって異なる非点収差を補正するための補正量を、前記矯正光学系の矯正度数に基づいて設定する補正設定手段と、前記補正設定手段によって設定された前記補正量に基づいて、前記自覚式測定手段にて生じる前記光学収差を補正する補正手段と、を備えることを特徴とする。

30

（２） 本開示の第２態様に係る自覚式検眼装置は、視標光束を被検眼に向けて投影する投光光学系と、前記投光光学系の光路中に配置され、前記視標光束の光学特性を変化する矯正光学系と、前記矯正光学系によって矯正された前記視標光束を前記被検眼に導光する凹面ミラーと、を有し、前記被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式測定手段を備える自覚式検眼装置であって、前記視標光束の像の形成位置を変更し、前記視標光束による視標の呈示距離を変更する制御手段と、前記凹面ミラーによって付加される非点収差であって前記視標光束による視標の呈示距離によって異なる非点収差を補正するための補正量を、前記呈示距離に基づいて設定する補正設定手段と、前記補正設定手段によって設定された前記補正量に基づいて、前記自覚式測定手段にて生じる前記光学収差を補正する補正手段と、を備えることを特徴とする。

40

（３） 本開示の第３態様に係る自覚式検眼装置は、視標光束を被検眼に向けて投影する投光光学系と、前記投光光学系の光路中に配置され、前記視標光束の光学特性を変化する矯正光学系と、前記矯正光学系によって矯正された前記視標光束を前記被検眼に導光する凹面ミラーと、を有し、前記被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式測定手段を備える自覚式検眼装置であって、右眼用光路及び左眼用光路から出射される前記視標光束の輻輳角度を変更する輻輳角度変更手段と、前記凹面ミラーによって付加される非点収差であって前記視標光束の輻輳角度によって異なる非点収差を補正するための補正量を、前記輻輳角度に基づいて設定する補正設定手段と、前記補正設定手段によって設定された前記補

50

正量に基づいて、前記自覚式測定手段にて生じる前記光学収差を補正する補正手段と、を備えることを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 7 】

【図 1】本実施形態に係る自覚式検眼装置の外観図である

【図 2】測定手段の構成について説明する図である。

【図 3】本実施形態に係る自覚式検眼装置の内部を正面方向から見た概略構成図である。

【図 4】本実施形態に係る自覚式検眼装置の内部を側面方向から見た概略構成図である。

【図 5】本実施形態に係る自覚式検眼装置の内部を上面方向から見た概略構成図である。

【図 6】遠用距離から視標を呈示する場合の一例である。

【図 7】近用距離から視標を呈示する場合の一例である。

【図 8】偏向ミラーの移動による光軸間距離の変更について説明する図である。

【図 9】撮像素子によって撮像された前眼部画像が表示された前眼部観察画面を示す図である。

【図 10】アライメント制御について説明する図である。

【図 11】アライメント許容範囲の変更について説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 8 】

以下、典型的な実施形態の 1 つについて、図 1 ～ 図 11 を参照し、説明する。なお、以下の説明においては、自覚式検眼装置 1 の奥行き方向（被検者の測定の際の被検者の前後方向）を Z 方向、奥行き方向に垂直（被検者の測定の際の被検者の左右方向）な平面上の水平方向を X 方向、鉛直方向（被検者の測定の際の被検者の上下方向）を Y 方向として説明する。なお、以下符号に付される R、L はそれぞれ右眼用、左眼用を示すものとする。

【 0 0 0 9 】

図 1 は、本実施形態に係る自覚式検眼装置 1 の外観図である。本実施形態における自覚式検眼装置 1 は、筐体 2、呈示窓 3、操作部（モニタ）4、顎台 5、基台 6、撮像光学系 100 等を備える。例えば、筐体 2 は、内部に部材を収納する。例えば、筐体 2 の内部には、測定手段（図 1 の点線部）7 を備える（詳細は後述する）。例えば、測定手段 7 は、右眼用測定手段（右眼用測定手段）7 R と左眼用測定手段（左眼用測定手段）7 L を備える。本実施形態においては、右眼用測定手段 7 R と左眼用測定手段 7 L は、同一の部材を備えている。すなわち、自覚式検眼装置 1 は、左右一對の自覚式測定手段と、左右一對の他覚式測定手段と、有する。もちろん、右眼用測定手段 7 R と左眼用測定手段 7 L は、部材の少なくとも一部が異なる構成であってもよい。

【 0 0 1 0 】

例えば、呈示窓 3 は、被検者に視標を呈示するために用いられる。例えば、右目用測定手段 7 R と左目用測定手段 7 L からの視標光束が呈示窓 3 を介して被検眼 E に投影される。

【 0 0 1 1 】

例えば、モニタ（ディスプレイ）4 は、タッチパネルである。すなわち、本実施形態において、モニタ 4 が操作部（コントローラ）として機能する。モニタ 4 は、入力された操作指示に応じた信号を後述する制御部 70 に出力する。もちろん、モニタ 4 と操作部が別に設けられた構成であってもよい。例えば、操作部には、マウス、ジョイスティック、キーボード等の操作手段の少なくともいずれかを用いる構成が挙げられる。

【 0 0 1 2 】

例えば、モニタ 4 は、自覚式検眼装置 1 の本体に搭載されたディスプレイであってもよいし、自覚式検眼装置 1 の本体に接続されたディスプレイであってもよい。もちろん、タッチパネル式でなくともよい。例えば、パーソナルコンピュータ（以下、「PC」という。）のディスプレイを用いてもよい。また、例えば、複数のディスプレイが併用されてもよい。例えば、モニタ 4 には、測定結果が表示される。

## 【0013】

例えば、顎台5は、被検眼Eと自覚式検眼装置1との距離を一定に保つため、又は顔の大きいブレを抑えるため、に用いられる。例えば、基台6には、顎台5と、筐体2が固定されている。なお、本実施形態においては、被検眼Eと自覚式検眼装置1との距離を一定に保つために顎台5を用いているがこれに限定されない。被検眼Eと自覚式検眼装置1との距離を一定に保つための構成であればよい。例えば、被検眼Eと自覚式検眼装置1との距離を一定に保つための構成としては、額当て、顔当て等を用いる構成が挙げられる。

## 【0014】

例えば、撮像光学系100は、図示無き撮像素子とレンズによって構成される。例えば、撮像光学系は、被検眼の顔を撮影するために用いられる。

10

## 【0015】

## &lt;測定手段&gt;

図2は、測定手段7の構成について説明する図である。本実施形態においては、左眼用測定手段7Lを例に挙げて説明する。本実施形態において、右眼用測定手段7Rは、左眼用測定手段7Lと同様の構成であるため、説明は省略する。例えば、左眼用測定手段7Lは、自覚式測定光学系25と、他覚式測定光学系10と、第1指標投影光学系45、第2指標投影光学系46、観察光学系50を備える。

## 【0016】

## &lt;自覚式光学系&gt;

例えば、自覚測定光学系25は、被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式測定手段の構成の一部として用いられる（詳細は後述する）。例えば、被検眼の光学特性としては、眼屈折力、コントラスト感度、両眼視機能（例えば、斜位量、立体視機能等）等が挙げられる。なお、本実施形態においては、被検眼の眼屈折力を測定する自覚式測定手段を例に挙げて説明する。例えば、自覚式測定光学系25は、投光光学系（視標投光系）30と、矯正光学系60、補正光学系90、で構成される。

20

## 【0017】

例えば、投光光学系30は、視標光束を被検眼Eに向けて投影する。例えば、投光光学系30は、ディスプレイ31、投光レンズ33、投光レンズ34、反射ミラー36、ダイクロイックミラー35、ダイクロイックミラー29、対物レンズ14、を備える。例えば、ディスプレイ31から投影された視標光束は、投光レンズ33、投光レンズ34、反射ミラー36、ダイクロイックミラー35、ダイクロイックミラー29、対物レンズ14の順で光学部材を経由して被検眼Eに投影される。

30

## 【0018】

例えば、ディスプレイ31には、ランドルト環視標等の検査視標、被検眼Eを固視させるための固視標（後述する他覚測定時等に用いられる）等が表示される。例えば、ディスプレイ31からの視標光束が被検眼Eに向けて投影される。例えば、ディスプレイ31としては、LCD（Liquid Crystal Display）や有機EL（Electro Luminescence）等が用いられる。本実施形態においては、ディスプレイ31として、LCDを用いた場合を例に挙げて、以下の説明を行う。

## 【0019】

なお、本実施形態においては、視標光束を投影する光源としてディスプレイ31を用いているがこれに限定されない。視標光束を投影する構成であればよい。例えば、DMD（Digital Micromirror Device）を用いてもよい。一般的にDMDは反射率が高く、明るい。そのため、偏光を用いる液晶ディスプレイ13を用いた場合と比べ、視標光束の光量を維持できる。また、例えば、視標呈示用可視光源と、固視標を持つ視標板と、を有する構成であってもよい。この場合、例えば、視標板は、回転可能なディスク板であり、複数の視標を持つ。複数の視標は、例えば、後述する他覚測定時に被検者眼Eに雲霧を行うための固視標、自覚測定時に使用される視力検査用視標、を含んでいる。例えば、視力検査用視標は、視力値毎の視標（視力値0.1、0.3、・・・、1.5）が用意されている。例えば、視標板はモータ等によって回転され、視標は、投光光学系30の光軸L2上で切

40

50

換え配置される。視標呈示用可視光源によって照明された視標の視標光束は、投光レンズ 33 からダイクロミックミラー 29 までの光学部材を介して被検眼 E に向かう。

【0020】

例えば、矯正光学系 60 は、乱視矯正光学系 63、駆動機構 39 を備える。

【0021】

例えば、乱視矯正光学系 63 は、投光レンズ 34 と投光レンズ 33 との間に配置されている。例えば、乱視矯正光学系 63 は、被検眼の円柱度数、円柱軸等を矯正するために用いられる。例えば、乱視矯正光学系 63 は、焦点距離の等しい、2 枚の正の円柱レンズ 61a, 61b から構成される。円柱レンズ 61a, 61b は、それぞれ回転機構 62a、62b の駆動により、光軸 L2 を中心に各々独立して回転される。なお、本実施形態においては、乱視矯正光学系 63 は、2 枚の正の円柱レンズ 61a, 61b を用いる構成を例に挙げて説明したがこれに限定されない。乱視矯正光学系 63 は、円柱度数、円柱軸等を矯正できる構成であればよい。例えば、矯正レンズを投光光学系 30 の光路に出し入れする構成でも良い。

【0022】

例えば、ディスプレイ 31 は、モータ及びスライド機構からなる駆動機構 39 により光軸 L2 の方向に一体的に移動される。例えば、自覚測定時において、ディスプレイ 31 が移動されることにより、被検者眼に対する視標の呈示位置（呈示距離）が光学的に変えられることにより、被検眼の球面屈折力が矯正される。すなわち、ディスプレイ 31 の移動により、球面度数の矯正光学系が構成される。また、例えば、他覚測定時において、ディスプレイ 31 が移動されることにより、被検者眼 E に雲霧が掛けられる。なお、球面度数の矯正光学系としては、これに限定されない。例えば、球面度数の矯正光学系は、多数の光学素子を有し、光路中に光学素子が配置されることによって矯正を行う構成であってもよい。また、例えば、光路中に配置されたレンズを光軸方向に移動させる構成であってもよい。

【0023】

なお、本実施形態においては、球面度数、円柱度数、円柱軸を矯正する矯正光学系を例に挙げて説明しているがこれに限定されない。例えば、プリズム値が矯正される矯正光学系を設けてもよい。プリズム値の矯正光学系を設けることによって、被検者が斜位眼であっても、視標光束が被検眼に投影されるように、矯正することができる。

【0024】

なお、本実施形態においては、円柱度数及び円柱軸の乱視矯正光学系 63 と、球面度数の矯正光学系（例えば、駆動手段 39）と、が別途設けられている構成を例に挙げて説明したがこれに限定されない。例えば、矯正光学系として、球面度数、円柱度、円柱軸とが矯正される矯正光学系を備える構成であればよい。例えば、矯正光学系が波面を変調させる光学系であってもよい。また、例えば、矯正光学系が、球面度数、円柱度数、円柱軸等を矯正する光学系であってもよい。この場合、例えば、矯正光学系は、多数の光学素子（球面レンズ、円柱レンズ、分散プリズム、等）が同一円周上に配置されているレンズディスクを備える構成が挙げられる。レンズディスクが駆動部（アクチュエータ等）によって回転制御されることにより、検者が所望する光学素子が光軸 L2 に配置される。

【0025】

また、光軸 L2 に配置された光学素子（例えば、円柱レンズ、クロスシリンダレンズ、ロータリプリズム等）が駆動部によって回転制御されることにより、検者が所望する回転角度にて光学素子が光軸 L2 に配置される。光軸 L2 に配置される光学素子の切換え等は、モニタ 4 などの入力手段（操作手段）の操作によって行われてもよい。

【0026】

レンズディスクは、1 つのレンズディスク、又は複数のレンズディスクからなる。複数のレンズディスクが配置された場合、各レンズディスクに対応する駆動部がそれぞれ設けられる。例えば、レンズディスク群として、各レンズディスクが開口（又は OD のレンズ）及び複数の光学素子を備える。各レンズディスクの種類としては、度数の異なる複数の

10

20

30

40

50

球面レンズを有する球面レンズディスク、度数の異なる複数の円柱レンズを有する円柱レンズディスク、複数種類の補助レンズを有する補助レンズディスクが代表的である。補助レンズディスクには、赤フィルタ/緑フィルタ、プリズム、クロスシリンダレンズ、偏光板、マドックスレンズ、オートクロスシリンダレンズの少なくともいずれかが配置される。また、円柱レンズは、駆動部により光軸 L 2 を中心に回転可能に配置され、ロータリプリズム及びクロスシリンダレンズは、駆動部により各光軸を中心に回転可能に配置されてもよい。

#### 【0027】

例えば、補正光学系 90 は、対物レンズ 14 と後述する偏向ミラー 81 の間に配置される。例えば、補正光学系 90 は、自覚式測定手段にて生じる光学収差を補正するために用いられる。例えば、補正光学系 90 は、光学収差における非点収差を補正するために用いられる。例えば、補正光学系 90 は、焦点距離の等しい、2 枚の正の円柱レンズ 91 a, 91 b から構成される。例えば、補正光学系 90 は、円柱度数と、円柱軸を調整することによって、非点収差を補正する。円柱レンズ 91 a, 91 b は、それぞれ回転機構 92 a、92 b の駆動により、光軸 L 3 を中心に各々独立して回転される。なお、本実施形態においては、補正光学系 90 は、2 枚の正の円柱レンズ 91 a, 91 b を用いる構成を例に挙げて説明したがこれに限定されない。補正光学系 90 は、非点収差を矯正できる構成であればよい。例えば、補正レンズを光軸 L 3 に出し入れする構成でも良い。なお、本実施形態においては、別途、補正光学系 90 を配置する構成を例に挙げているがこれに限定されない。矯正光学系 60 が補正光学系 90 を兼用する構成であってもよい。この場合、被検眼の円柱度数、円柱軸を、非点収差量に応じて、補正する。すなわち、非点収差量を考慮した(補正した)円柱度数、円柱軸を矯正するように、矯正光学系 60 を駆動させる。このように、矯正光学系 60 が補正光学系 90 を兼用することで、例えば、複雑な制御や、別途、光学収差用の補正光学系を必要としないため、簡易的な構成で光学収差を補正することができる。

#### 【0028】

##### <他覚式光学系>

例えば、他覚式測定光学系 10 は、被検眼の光学特性を他覚的に測定する他覚式測定手段の構成の一部として用いられる(詳細は後述する)。例えば、被検眼の光学特性としては、眼屈折力、眼軸長、角膜形状等が挙げられる。なお、本実施形態においては、被検眼の眼屈折力を測定する他覚式測定手段を例に挙げて説明する。

例えば、他覚式測定光学系 10 は、投影光学系 10 a、受光光学系 10 b、補正光学系 90、で構成される。例えば、投影光学系(投光光学系) 10 a は、被検眼 E の瞳孔中心部を介して被検眼 E の眼底にスポット状の測定指標を投影する。例えば、受光光学系 10 b は、眼底から反射された眼底反射光を瞳孔周辺部を介してリング状に取り出し、二次元撮像素子にリング状の眼底反射像を撮像させる。

#### 【0029】

例えば、投影光学系 10 a は、他覚式測定光学系 10 の光軸 L 1 上に配置された、測定光源 11、リレーレンズ 12、ホールミラー 13、プリズム 15、駆動部(モータ) 23、ダイクロイックミラー 35、ダイクロイックミラー 29、及び対物レンズ 14 を含む。例えば、プリズム 15 は、光束偏向部材である。例えば、駆動部 23 は、プリズム 15 を光軸 L 1 を中心に回転駆動させる回転手段である。例えば、光源 11 は被検眼眼底と共役な関係となっており、ホールミラー 13 のホール部は瞳孔と共役な関係となっている。例えば、プリズム 15 は被検眼 E の瞳孔と共役な位置から外れた位置に配置されており、通過する光束を光軸 L 1 に対して偏心させる。なお、プリズム 15 に代えて光束偏向部材として平行平板を光軸 L 1 上に斜めに配置する構成でも良い。

#### 【0030】

例えば、ダイクロイックミラー 35 は、自覚式測定光学系 25 の光路と、他覚式測定光学系 10 の光路と、共通にする。すなわち、例えば、ダイクロイックミラー 35 は、自覚式測定光学系 25 の光軸 L 2 と、他覚式測定光学系 10 の光軸 L 1 と、を同軸にする。例

例えば、光路分岐部材であるビームスプリッタ 29 は、自覚測定光学系 25 による光束及び投影光学系 10 a による測定光を反射し、被検眼に導く。

【0031】

例えば、受光光学系 10 b は、投影光学系 10 a の対物レンズ 14、ダイクロイックミラー 29、ダイクロイックミラー 35、プリズム 15 及びホールミラー 13 を共用し、ホールミラー 13 の反射方向の光路に配置されたリレーレンズ 16、ミラー 17、ミラー 17 の反射方向の光路に配置された受光絞り 18、コリメータレンズ 19、リングレンズ 20、CCD 等の二次元撮像素子 22 (以下、撮像素子 22 と記載する) を備える。例えば、受光絞り 18 及び撮像素子 22 は、被検眼眼底と共役な関係となっている。例えば、リングレンズ 20 は、リング状に形成されたレンズ部と、レンズ部以外の領域に遮光用のコーティングを施した遮光部と、から構成され、被検眼の瞳孔と光学的に共役な位置関係となっている。例えば、撮像素子 22 からの出力は、演算制御部 70 (以下、制御部 70) に入力される。

10

【0032】

例えば、ダイクロイックミラー 29 は、被検眼眼底による投影光学系 10 a からの測定光の反射光を受光光学系 10 に向けて反射する。また、例えば、ダイクロイックミラー 29 は、前眼部観察光及びアライメント光を透過し、観察光学系 50 に導く。また、例えば、ダイクロイックミラー 35 は、被検眼眼底による投影光学系 10 a からの測定光の反射光を受光光学系 10 に向けて反射する。

【0033】

20

なお、他覚式測定光学系 10 は上記のものに限らず、瞳孔周辺部から眼底にリング状の測定指標を投影し、瞳孔中心部から眼底反射光を取り出し、二次元撮像素子にリング状の眼底反射像を受光させる構成等、周知のものが使用できる。

【0034】

なお、他覚式測定光学系 10 は上記のものに限らず、被検者眼眼底に向けて測定光を投光する投光光学系と、測定光の眼底での反射によって取得される反射光を受光素子によって受光する受光光学系と、を有する測定光学系であればよい。例えば、眼屈折力測定光学系は、シャックハルトマンセンサーを備えた構成であってもよい。もちろん、他の測定方式の装置が利用されてもよい (例えば、スリットを投影する位相差方式の装置)。

【0035】

30

例えば、投影光学系 10 a の光源 11 と、受光光学系 10 b の受光絞り 18、コリメータレンズ 19、リングレンズ 20、撮像素子 22 は、光軸方向に一体的に移動可能となっている。本実施形態において、例えば、投影光学系 10 a の光源 11 と、受光光学系 10 b の受光絞り 18、コリメータレンズ 19、リングレンズ 20、撮像素子 22 は、ディスプレイ 31 を駆動させる駆動機構 39 により光軸 L1 の方向に一体的に移動される。すなわち、ディスプレイ 31、投影光学系 10 a の光源 11 と、受光光学系 10 b の受光絞り 18、コリメータレンズ 19、リングレンズ 20、撮像素子 22 は、駆動ユニット 95 として同期して一体的移動する。もちろん、別途、それぞれが駆動される構成としてもよい。

例えば、駆動ユニット 95 は、外側のリング光束が各経線方向に関して撮像素子 22 上に入射されるように他覚式測定光学系 10 の一部を光軸方向に移動させる。すなわち、他覚式測定光学系 10 の一部を被検眼の球面屈折誤差 (球面屈折力) に応じて光軸 L1 方向に移動させることで、球面屈折誤差を補正し、被検眼眼底に対して光源 11、受光絞り 18 及び撮像素子 22 が光学的に共役になるようにする。駆動機構 39 の移動位置は、図示無きポテンショメータにより検出される。なお、ホールミラー 13 とリングレンズ 20 は、可動ユニット 25 の移動量に拘わらず、被検眼の瞳と一定の倍率で共役になるように配置されている。

40

【0036】

上記構成において、光源 11 から出射された測定光は、リレーレンズ 12、ホールミラー 13、プリズム 15、ダイクロイックミラー 35、ビームスプリッタ 29、対物レンズ

50



14、を経て、被検眼の眼底上にスポット状の点光源像を形成する。このとき、光軸周りに回転するプリズム15により、ホールミラー13のホール部の瞳投影像（瞳上での投影光束）は、高速に偏心回転される。眼底に投影された点光源像は反射・散乱されて被検眼を射出し、対物レンズ14によって集光され、ビームスプリッタ29、ダイクロイックミラー35、高速回転するプリズム15、ホールミラー13、リレーレンズ16、ミラー17を介して受光絞り18の位置に再び集光され、コリメータレンズ19とリングレンズ20とによって撮像素子22にリング状の像が結像する。

#### 【0037】

例えば、プリズム15は、投影光学系10aと受光光学系10bと共通光路に配置されている。このため、眼底からの反射光束は、投影光学系10aと同じプリズム15を通過するため、それ以降の光学系ではあたかも瞳孔上における投影光束・反射光束（受光光束）の偏心が無かったかのように逆走査される。

#### 【0038】

例えば、補正光学系90は、自覚式測定光学系25と兼用される。もちろん、別途、他覚式測定光学系10で用いる補正光学系を設ける構成としてもよい。

#### 【0039】

<第1指標投影光学系及び第2指標投影光学系>

本実施形態において、第1指標投影光学系45及び第2指標投影光学系46は、補正光学系90と、偏向ミラー81との間に配置される。もちろん、第1指標投影光学系45及び第2指標投影光学系46の配置位置は、これに限定されない。

#### 【0040】

第1指標投影光学系45は、光軸L3を中心として同心円上に45度間隔で赤外光源が複数個配置されており、光軸L3を通る垂直平面を挟んで左右対称に配置されている。第1指標投影光学系45は、被検眼の角膜にアライメント指標を投影するための近赤外光を発する。第2指標投影光学系46は、第1指標投影光学系45とは異なる位置に配置され6つの赤外光源を備える。この場合、第1指標投影光学系45は、被検者眼Eの角膜に無限遠の指標を左右方向から投影し、第2指標投影光学系46は被検者眼Eの角膜に有限遠の指標を上下方向もしくは斜め方向から投影する構成となっている。なお、図2の本図には、便宜上、第1指標投影光学系45と、第2指標投影光学系46の一部のみが図示されている。なお、第2指標投影光学系46は、被検眼の前眼部を照明する前眼部照明としても用いられる。また、角膜形状測定用の指標としても利用できる。また、第1指標投影光学系45及び第2指標投影光学系46は、点状光源に限定されない。例えば、リング状光源、ライン状の光源、であってもよい。

#### 【0041】

<観察光学系>

観察光学系（撮像光学系）50は、自覚式測定光学系25及び他覚式測定光学系10における、対物レンズ14、ダイクロイックミラー29が共用され、撮像レンズ51、及び二次元撮像素子52を備える。例えば、撮像素子52は、被検眼前眼部と略共役な位置に配置された撮像面を持つ。例えば、撮像素子52からの出力は、制御部70に入力される。これにより、被検眼の前眼部像は二次元撮像素子52により撮像され、モニタ4上に表示される。なお、この観察光学系50は、第1指標投影光学系45及び第2指標投影光学系46によって、被検眼の角膜に形成されるアライメント指標像を検出する光学系を兼ね、制御部70によりアライメント指標像の位置が検出される。

#### 【0042】

<自覚式検眼装置内部構成>

以下、自覚式検眼装置1の内部構成について説明する。図3は、本実施形態に係る自覚式検眼装置1の内部を正面方向（図1のA方向）から見た概略構成図である。図4は、本実施形態に係る自覚式検眼装置1の内部を側面方向（図1のB方向）から見た概略構成図である。図5は、本実施形態に係る自覚式検眼装置1の内部を上方向（図1のC方向）から見た概略構成図である。なお、図3では、説明の便宜上、ハーフミラー84の反射を

10

20

30

40

50

示す光軸について省略している。なお、図4では、説明の便宜上、左眼用測定手段7Lの光軸のみを示している。なお、図5では、説明の便宜上、左眼用測定手段7Lの光軸のみを示している。

【0043】

例えば、自覚式検眼装置1は、自覚式測定手段と、他覚式測定手段と、を備える。例えば、自覚式測定手段は、測定手段7、偏向ミラー81、駆動手段83、駆動手段82、ハーフミラー84、凹面ミラー85、で構成される。もちろん、自覚式測定手段は、この構成に限定されない。例えば、他覚式測定手段は、測定手段7、偏向ミラー81、ハーフミラー84、凹面ミラー85、で構成される。もちろん、他覚式測定手段は、この構成に限定されない。

10

【0044】

なお、自覚式検眼装置1は、右眼用駆動手段9R、左眼用駆動手段9Lを有し、右眼用測定手段7R及び左眼用測定手段7LをそれぞれX方向に移動できる。例えば、右眼用測定手段7R及び左眼用測定手段7Lが移動されることによって、偏向ミラー81と測定手段7との間の距離が変更され、Z方向における視標光束の呈示位置が変更される。これによって、矯正光学系60によって矯正された視標光束を被検眼に導光し、矯正光学系60によって矯正された視標光束の像が被検眼の眼底に形成されるようにZ方向における調整することができる。

【0045】

例えば、偏向ミラー81は、左右一对にそれぞれ設けられた右眼用の偏向ミラー81R、左眼用の偏向ミラー81Lを有する。例えば、偏向ミラー81は、矯正光学系60と、被検眼と間に配置される。すなわち、矯正光学系60は、左右一对に設けられた右眼用矯正光学系と左眼用矯正光学系を有しており、右眼用の偏向ミラー81Rは、右眼用矯正光学系と右眼ERの間に配置され、左眼用の偏向ミラー81Lは、左眼用矯正光学系と左眼ELの間に配置される。例えば、偏向ミラー81は、瞳共役位置に配置されることが好ましい。

20

【0046】

例えば、右眼用の偏向ミラー81Rは、右眼用測定手段7Rから投影される光束を反射し、右眼ERに導光する。また、例えば、右眼ERで反射された反射光を反射し、右眼用測定手段7Rに導光する。例えば、左眼用の偏向ミラー81Lは、左眼用測定手段7Lから投影される光束を反射し、左眼ELに導光する。また、例えば、左眼ELで反射された反射光を反射し、左眼用測定手段7Lに導光する。なお、本実施形態においては、測定手段7から投影される光束を反射し、被検眼Eに導光する偏向部材として、偏向ミラー81を用いる構成を例に挙げて説明しているがこれに限定されない。測定手段7から投影される光束を反射し、被検眼Eに導光する偏向部材であればよい。例えば、偏向部材としては、プリズム、レンズ等が挙げられる。

30

【0047】

例えば、駆動手段83は、モータ(駆動部)等からなる。例えば、駆動手段83は、右眼用の偏向ミラー81Rを駆動するための駆動手段83R、左眼用の偏向ミラー81Lを駆動するための駆動手段83Lを有する。例えば、駆動手段83の駆動によって、偏向ミラー81は、X方向に移動できる。例えば、右眼用の偏向ミラー81R及び左眼用の偏向ミラー81Lが移動されることによって、右眼用の偏向ミラー81R及び左眼用の偏向ミラー81Lとの間の距離が変更され、被検眼の瞳孔間距離にあわせて右眼用光路と左眼用光路との間のX方向における距離を変更することができる。

40

【0048】

例えば、駆動手段82は、モータ(駆動部)等からなる。例えば、駆動手段82は、右眼用の偏向ミラー81Rを駆動するための駆動手段82R、左眼用の偏向ミラー81Lを駆動するための駆動手段82Lを有する。例えば、駆動手段82の駆動によって、偏向ミラー81は、回転移動する。例えば、駆動手段82は、水平方向(X方向)の回転軸、及び鉛直方向(Y方向)の回転軸に対して偏向ミラー81を回転させる。すなわち、駆動手

50

段 8 2 は偏向ミラー 8 1 を X Y 方向に回転させる。なお、偏向ミラー 8 1 の回転は、水平方向又は鉛直方向の一方であってもよい。なお、右眼用光路と左眼用光路とでそれぞれ、偏向ミラーが複数設けられた構成であってもよい。例えば、右眼用光路と左眼用光路とで、2つの偏向ミラーがそれぞれ設けられる（例えば、右眼用光路で2つの偏向ミラー等）構成が挙げられる。この場合、一方の偏向ミラーがX方向に回転され、他方の偏向ミラーがY方向に回転されてもよい。例えば、偏向ミラー 8 1 が回転移動されることによって、矯正光学系 6 0 の像を被検眼の眼前に形成されるためのみかけの光束を偏向させることにより像の形成位置を光学的に補正することができる。

【 0 0 4 9 】

例えば、凹面ミラー 8 5 は、右眼用測定手段 7 R と左眼用測定手段 7 L とで共有される。例えば、凹面ミラー 8 5 は、右眼用矯正光学系を含む右眼用光路と、左眼用矯正光学系を含む左眼用光路と、で共有される。すなわち、凹面ミラー 8 5 は、右眼用矯正光学系を含む右眼用光路と、左眼用矯正光学系を含む左眼用光路と、共に通過する位置に配置されている。もちろん、凹面ミラー 8 5 は、共有される構成でなくてもよい。右眼用矯正光学系を含む右眼用光路と、左眼用矯正光学系を含む左眼用光路と、でそれぞれ凹面ミラーが設けられる構成であってもよい。例えば、凹面ミラー 8 5 は、矯正光学系を通過した視標光束を被検眼に導光し、矯正光学系を通過した視標光束の像を被検眼の眼前に形成する。なお、本実施形態においては、凹面ミラー 8 5 を用いる構成を例に挙げているがこれに限定されない。種々の光学部材を用いることができる。例えば、光学部材としては、レンズ、平面ミラー等を用いることができる。

【 0 0 5 0 】

例えば、凹面ミラー 8 5 は、自覚式測定手段と、他覚式測定手段と、で兼用される。例えば、自覚測定光学系 2 5 から投影された視標光束は、凹面ミラー 8 5 を介して、被検眼に投影される。また、例えば、他覚測定光学系 1 0 から投影された測定光は、凹面ミラー 8 5 を介して、被検眼に投影される。また、例えば、他覚測定光学系 1 0 から投影された測定光の反射光は、凹面ミラー 8 5 を介して、他覚測定光学系 1 0 の受光光学系 1 0 b に導光される。なお、本実施形態においては、他覚測定光学系 1 0 による測定光の反射光は、凹面ミラー 8 5 を介して、他覚測定光学系 1 0 の受光光学系 1 0 b に導光される構成を例に挙げているがこれに限定されない。他覚測定光学系 1 0 による測定光の反射光は、凹面ミラー 8 5 を介さない構成であってもよい。

【 0 0 5 1 】

より詳細には、例えば、本実施形態において、自覚式測定手段における、凹面ミラー 8 5 から被検眼 E までの間の光軸と、他覚式測定手段における、凹面ミラー 8 5 から被検眼 E までの間の光軸と、が少なくとも同軸で構成されている。なお、本実施形態においては、ダイクロイックミラー 3 5 によって、自覚式測定光学系 2 5 の光軸 L 2 と他覚式測定光学系 1 0 の光軸 L 1 とが合成され、同軸となっている。

【 0 0 5 2 】

以下、自覚測定手段の光路について説明する。例えば、自覚測定手段は、矯正光学系 6 0 を通過した視標光束を凹面ミラー 8 5 によって、被検眼方向に反射することで被検眼に視標光束を導光し、矯正光学系 6 0 を通過した視標光束の像を光学的に所定の検査距離となるように被検眼の眼前に形成する。すなわち、凹面ミラー 8 5 は、視標光束を略平行光束にするように反射する。このため、被検者から見た視標像は、被検眼 E からディスプレイ 3 1 までの実際の距離よりも遠方にあるように見える。すなわち、凹面ミラー 8 5 を用いることで、所定の検査距離の位置に視標光束の像が見えるように、被検者に視標像を呈示することができる。

【 0 0 5 3 】

より詳細に説明する。なお、以下の説明においては、左眼用光路を例に挙げて説明する。右眼用光路においても、左眼用光路と同様の構成となっている。例えば、左眼用の自覚測定手段において、左眼用測定手段 7 L のディスプレイ 1 3 から投影された視標光束は、投光レンズ 3 3 を介して、乱視矯正光学系 6 3 に入射する。乱視矯正光学系 6 3 を通過し

た視標光束は、反射ミラー 36、ダイクロイックミラー 35、ダイクロイックミラー 29、対物レンズ 14 を経由して、補正光学系 90 に入射される。補正光学系 90 を通過した視標光束は、左眼用測定手段 7L から左眼用の偏向ミラー 81L に向けて投影される。左眼用測定手段 7L から出射されて左眼用の偏向ミラー 81 で反射された視標光束は、ハーフミラー 84 によって凹面ミラー 85 に向けて反射される。凹面ミラーによって反射された視標光束は、ハーフミラー 84 を透過して、左眼 EL に到達する。

#### 【0054】

これによって、左眼 EL の眼鏡装用位置（例えば、角膜頂点から 12 mm 程度）を基準として矯正光学系 60 によって矯正された視標像が左眼 EL の眼底上に形成される。従って、乱視矯正光学系 63 があたかも眼前に配置されたこと、及び、球面度数の矯正光学系（本実施形態においては、駆動機構 39 の駆動）による球面度数の調整が眼前で行われたこと、と等価になっており、被検者は凹面ミラー 85 を介して自然の状態で視標の像を視準することができる。なお、本実施形態においては、右眼用光路においても、左眼用光路と同様の構成であり、両被検眼 ER, EL の眼鏡装用位置（例えば、角膜頂点から 12 mm 程度）を基準として、左右一对の矯正光学系 60 によって矯正された視標像が両被検眼の眼底上に形成されるようになっている。このようにして、被検者は自然視の状態で視標を直視しつつ検者に対する応答を行い、検査視標が適正に見えるまで矯正光学系 60 による矯正を図り、その矯正値に基づいて自覚的に被検眼の光学特性の測定を行う。

#### 【0055】

次いで、他覚測定手段の光路について説明する。なお、以下の説明においては、左眼用光路を例に挙げて説明する。右眼用光路においても、左眼用光路と同様の構成となっている。例えば、左眼用の他覚測定手段において、他覚式測定光学系 10 における投影光学系 10a の光源 11 から出射された測定光は、リレーレンズ 12 から対物レンズ 14 までを介して、補正光学系 90 に入射される。補正光学系 90 を通過した測定光は、左眼用測定手段 7L から左眼用の偏向ミラー 81L に向けて投影される。左眼用測定手段 7L から出射されて左眼用の偏向ミラー 81 で反射された測定光は、ハーフミラー 84 によって凹面ミラー 85 に向けて反射される。凹面ミラーによって反射された測定光は、ハーフミラー 84 を透過して、左眼 EL に到達し、左眼 EL の眼底上にスポット状の点光源像を形成する。このとき、光軸周りに回転するプリズム 15 により、ホールミラー 13 のホール部の瞳投影像（瞳上での投影光束）は、高速に偏心回転される。

#### 【0056】

左眼 EL の眼底上に形成された点光源像の光は、反射・散乱されて被検眼 E を射出し、測定光が通過した光路を経由して対物レンズ 14 によって集光され、ダイクロイックミラー 29、ダイクロイックミラー 35、プリズム 15、ホールミラー 13、リレーレンズ 16、ミラー 17 までを介する。ミラー 17 までを介した反射光は、受光絞り 18 の開口上で再び集光され、コリメータレンズ 19 にて略平行光束（正視眼の場合）とされ、リングレンズ 20 によってリング状光束として取り出され、リング像として撮像素子 22 に受光される。受光したリング像を解析することによって、他覚的に被検眼の光学特性を測定することができる。

このように、例えば、本実施形態における自覚式検眼装置 1 は、矯正光学系の像を被検眼の眼前に形成する。そして、本実施形態における自覚式検眼装置 1 は、自覚式測定手段とともに、他覚式測定手段を設けることによって、自覚測定及び他覚測定を被検者の眼前に矯正光学系を配置することなく開放状態で行うことができる。これによって、被検者が日常生活でものを見ているような、自然な状態下での測定が可能となり、良好に測定を行うことができる。また、自覚測定による光学特性及び他覚測定による光学特性を 1 つの装置で行うことが可能となり、スムーズに被検眼の光学特性を測定できる

また、例えば、本実施形態における自覚式検眼装置 1 は、自覚式測定手段と他覚式測定手段とで光学部材を共通して用いている。これによって、部材を少なくでき、簡易的な構成で装置を構成することができる。また、余分なスペースを少なくすることができ、装置を小型化することができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 7 】

例えば、本実施形態における自覚式検眼装置 1 は、自覚式検査手段における光学部材から被検眼までの間の光軸と、他覚式検査手段における光学部材から被検眼までの間の光軸と、が同軸となっている。このため、被検眼の測定の際に、一方の調整を行うことによって、他方の調整も完了することができ、測定時の調整を容易に行うことができる。すなわち、他覚式測定手段の調整を行うことで、自覚式測定手段の調整も容易に行うことができる。

## 【 0 0 5 8 】

例えば、本実施形態における自覚式検眼装置 1 は、凹面ミラー 8 5 を用いている。このため、自覚式測定手段において、光学的に所定の検査距離に視標を呈示することが可能となり、所定の検査距離に視標を呈示する際に、実際の距離となるように部材等を配置する必要がなくなる。これによって、余分な部材、スペースが必要なくなり、装置を小型化することができる。

10

## 【 0 0 5 9 】

< 制御部 >

例えば、制御部 7 0 は、CPU ( プロセッサ )、RAM、ROM 等を備える。例えば、制御部 7 0 の CPU は、自覚式検眼装置 1 の各部材の制御を司る。例えば、RAM は、各種情報を一時的に記憶する。制御部 7 0 の ROM には、自覚式検眼装置 1 の動作を制御するための各種プログラム、各種検査のための視標データ、初期値等が記憶されている。なお、制御部 7 0 は、複数の制御部 ( つまり、複数のプロセッサ ) によって構成されてもよい。

20

## 【 0 0 6 0 】

例えば、制御部 7 0 には、不揮発性メモリ ( 記憶部 ) 7 2、及びモニタ ( 本実施形態においては、操作部を兼ねる ) 4、各種部材等が電気的に接続されている。不揮発性メモリ ( 以下、メモリと記載 ) 7 2 は、電源の供給が遮断されても記憶内容を保持できる非一過性の記憶媒体である。例えば、ハードディスクドライブ、フラッシュROM、OCT デバイス 1、及び、自覚式検眼装置 1 に着脱可能に装着される USB メモリ等を不揮発性メモリ 7 2 として使用することができる。例えば、メモリ 7 2 には、自覚式測定手段及び他覚式測定手段を制御するための制御プログラムが記憶されている。

## 【 0 0 6 1 】

< 凹面ミラーに対する偏向角度の調整による輻輳角度の変更 >

本実施形態において、制御部 7 0 は、右眼用光路と左眼用光路に配置された各光偏向部材 ( 例えば、偏向ミラー 8 1 R、8 1 L ) を制御して、右眼用測定光軸 L 4 R と左眼用測定光軸 L 4 L の偏向角度を水平方向に関して変更してもよい。例えば、制御部 7 0 は、凹面ミラー 8 5 に対する測定光軸 L 4 R、L 4 L の入射角度を変更し、右眼用光路及び左眼用光路から出射される視標光束の輻輳角度を変更してもよい。これによって、視標の呈示距離に応じた輻輳角に変更できる。

30

## 【 0 0 6 2 】

この場合、測定光軸 L 4 R、L 4 L の角度が水平方向 ( X 方向 ) に関して変更されることによって、測定光軸 L 4 R、L 4 L の交差点 C の位置が変更される ( 図 6、図 7 参照 )。右眼用測定手段 7 R からの視標光束は、測定光軸 L 4 R を主光線として右眼 E R に投影されるので、右眼 E R の視線方向は、測定光軸 L 4 R と同軸となる。同様に、左眼用測定手段 7 L からの視標光束は、測定光軸 L 4 L を主光線として左眼 E L に投影されるので、左眼 E L の視線方向は、測定光軸 L 4 L と同軸となる。この結果、視標光束の輻輳角度が変更され、左右眼の輻輳角度が変更される。

40

## 【 0 0 6 3 】

より詳細には、例えば、制御部 7 0 は、駆動手段 8 2 を制御し、偏向ミラー 8 1 R、8 1 L の反射角度を調整することによって測定光軸 L 4 R、L 4 L の偏向角度を移動させてもよい。もちろん、偏向ミラー 8 1 R、8 1 L に限定されず、他の光偏向部材が用いられてもよい。

50

## 【 0 0 6 4 】

図 6 は、遠用距離から視標を呈示する場合の一例である。例えば、制御部 7 0 は、測定光軸 L 4 R、L 4 L が凹面ミラー 8 5 の焦点位置を通るように測定光軸 L 4 R、L 4 L を偏向させることによって、遠用距離に対応する輻輳角度が設定されてもよい。なお、厳密な焦点位置に光軸を通す必要は必ずしもなく、遠用距離に対応する輻輳角度であればよい。

## 【 0 0 6 5 】

例えば、凹面ミラー 8 5 によって反射された後の測定光軸 L 4 R、L 4 L は、互いに平行な関係となり、Z 方向と同一方向となる。交差点 C は、無限遠あるいは遠用位置（例えば、見かけ上、被検眼から 5 m 離れた位置）に形成される。この場合、制御部 7 0 は、視標の呈示位置を調整し、被検眼の遠用位置に視標を結像させてもよい。この結果、見かけ上、被検眼に対して遠方から視標が呈示されると共に、左右の視標光束が遠用距離に対応する輻輳角度にセットされる。

10

## 【 0 0 6 6 】

図 7 は、近用距離から視標を呈示する場合の一例である。例えば、制御部 7 0 は、測定光軸 L 4 R、L 4 L と、測定手段 7 R、7 L の測定光軸との成す角が遠用距離より更になくなるように、測定光軸 L 4 R、L 4 L を偏向させることによって、輻輳角度を近方へシフトさせることができる。

## 【 0 0 6 7 】

例えば、制御部 7 0 は、凹面ミラー 8 5 によって反射される直前の測定光軸 L 4 R、L 4 L が互いに平行な関係となるように、測定光軸 L 4 R、L 4 L を偏向させてもよい。凹面ミラー 8 5 によって反射された後の測定光軸 L 4 R、L 4 L は、凹面ミラー 8 5 の焦点位置を通り、左右眼に達する。これによって、見かけ上、凹面ミラー 8 5 の焦点位置に交差点 C が形成される。この場合、制御部 7 0 は、視標の呈示位置を調整し、交差点 C に対応する近用位置に視標を結像させてもよい。この結果、見かけ上、被検眼に対して近用位置から視標が呈示されると共に、左右の視標光束が、設定された近用距離に対応する輻輳角度にセットされる。

20

## 【 0 0 6 8 】

もちろん、視標の呈示距離としては、上記に限定されない。つまり、制御部 7 0 は、測定光軸 L 4 R、L 4 L を偏向し、被検眼に対する交差点 C の位置を変更することによって視標光束の輻輳角度を任意に変更してもよい。この場合、光偏向部材の偏向角度（駆動角度）と、視標呈示距離との対応関係が予め設定され、メモリ 7 2 に記憶されてもよい。具体的には、偏向ミラー 8 1 R、8 1 L の反射角度と、視標呈示距離とが予め対応付けされてもよい。この場合、対応テーブル、演算式などがメモリ 7 2 に記憶されてもよい。

30

## 【 0 0 6 9 】

例えば、制御部 7 0 は、操作部 4 からの操作信号に基づいて視標の呈示距離が入力され、呈示距離に対応する偏向角度をメモリ 7 2 から取得してもよい。さらに、制御部 7 0 は、取得された偏向角度に対応する角度に光偏向部材を駆動させてもよい。

## 【 0 0 7 0 】

上記によれば、視標の呈示距離の変更に応じて、凹面ミラー 8 5 に対する測定光軸 L 4 R、L 4 L の偏向角度を切り換えることによって、自然視に近い形での視標呈示が可能となり、良好な測定結果を得ることができる。

40

## 【 0 0 7 1 】

なお、以上の説明においては、投光光学系 3 0 を制御して視標の呈示距離を変更する場合、制御部 7 0 は、矯正光学系 6 0 の球面度数を変更することによって視標の呈示距離を変更してもよい。例えば、視標が所定の近用距離（例えば、33 cm）に呈示される場合、遠用の矯正度数（遠用の他覚屈折力測定又は遠用の視力測定で決定された遠用矯正度数）の位置を基準として、近用距離に対応する度数（例えば、3.0 D）だけ近方に近づけた位置にディスプレイ 3 1 を配置してもよい。

## 【 0 0 7 2 】

50

< 左右測定光軸間距離の変更によるPD調整 >

本実施形態において、制御部70は、右眼用光路と左眼用光路に配置された各光偏向部材（例えば、偏向ミラー81R、81L）を制御して、右眼用測定光軸L4Rと左眼用測定光軸L4Lとの間の光軸間距離LPDを水平方向（X方向）に関して変更してもよい（図8参照）。この場合、被検者の瞳孔間距離に基づいて、水平方向に関する各光偏向部材の位置が調整されることによって、右眼用光路と左眼用光路が、被検者の瞳孔間距離（左右眼距離）に対応する位置に配置されてもよい。なお、被検者の瞳孔間距離は、前述の两眼撮像光学系によって左右眼の距離を画像処理によって求めることによって取得されてもよいし、PDメータ等によって予め測定された測定結果をメモリ72から取得してもよい。

10

【0073】

この結果として、左右一对の測定光学系が瞳孔間距離に対応する位置に配置される。例えば、左右一对の自覚式測定光学系25の測定光軸が瞳孔間距離に対応する位置に配置される。これにより、矯正光学系60、投光光学系30等が瞳孔間距離に対応する位置に配置される。また、例えば、左右一对の他覚式測定光学系10の測定光軸が、瞳孔間距離に対応する位置に配置される。なお、光軸間距離LPDの調整は、例えば、被検眼に対するアライメント動作を行う前、他覚測定前、又は自覚測定前において自動的に実行されてもよいし、操作部4からの操作信号に基づいて実行されてもよい。

【0074】

なお、各光偏向部材を水平方向に駆動させる駆動手段（例えば、駆動手段83）によって測定光軸L4R、L4Lの位置が水平方向（X方向）に関して変更されることによって、測定光軸L4R、L4Lの位置が変更されてもよい。また、光軸間距離LPDを変更する具体的手法としては、例えば、制御部70は、駆動手段83を制御し、偏向ミラー81R、81Lの水平方向における位置を調整することによって測定光軸L4R、L4Lの位置を移動させてもよい。もちろん、偏向ミラー81R、81Lに限定されず、他の光偏向部材が用いられてもよい。

20

【0075】

図8は、偏向ミラー81の移動による光軸間距離LPDの変更について説明する図である。本実施形態において、偏向ミラー81をX方向に移動させることによって、LPDを変更することができる。例えば、図8（a）における、測定手段7Rと偏向ミラー81Rとの間の距離が短くなるように（偏向ミラー81Rを測定手段7RからX方向に近づけるように）偏向ミラー81Rを移動させる。また、例えば、測定手段7Lと偏向ミラー81Lとの間の距離が短くなるように（偏向ミラー81Lを測定手段7LからX方向に近づけるように）偏向ミラー81Lを移動させる。これによって、図8（b）に示されるように、偏向ミラー81が移動する。このため、図8（a）に示される光軸間距離LPD1が図8（b）に示される光軸間距離LPD2に変更される。

30

【0076】

上記において、水平方向における光偏向部材の位置と、瞳孔間距離PDとの対応関係が予め設定され、メモリ72に記憶されてもよい。具体的には、偏向ミラー81R、81Lの水平位置と、瞳孔間距離とが予め対応付けられてもよい。この場合、対応テーブル、演算式などがメモリ72に記憶されてもよい。

40

【0077】

例えば、制御部70は、瞳孔間距離測定手段によって得られた被検眼の瞳孔間距離に対応する光偏向部材の水平位置（駆動位置）をメモリ72から取得してもよい。さらに、制御部70は、取得された水平位置に光偏向部材を移動させてもよい。

【0078】

< 収差補正 >

制御部70は、測定光学系の光路（例えば、左眼用光路、右眼用光路）にて生じる光学収差を補正するための補正量を設定してもよい。さらに、制御部70は、設定された補正量に基づいて補正光学系90を制御し、測定光学系の光路にて生じる光学収差を補正して

50

もよい。なお、補正光学系 90 での収差補正量としては、発生した光学収差をキャンセルできる収差量に設定されることが好ましいが、検査に支障が現れない程度であれば、これに限定されない。

#### 【0079】

測定光学系の光路にて生じる光学収差としては、例えば、主に、凹面ミラー 85 によって生じる光束の非点収差が考えられる。このような非点収差は、自覚式測定光学系 25、他覚式測定光学系 10 の少なくともいずれかに影響を及ぼし得る。なお、非点収差は方向性を有する収差であり、非点収差を補正する場合、例えば、非点収差の発生方向をキャンセルするように収差補正を行うようにしてもよい。

#### 【0080】

< 矯正度数に応じた収差補正 >

光学収差の収差量は、凹面ミラー 85 上における光束の反射位置又は反射面積（光束径）の変化によって異なる場合がある。その一例としては、矯正光学系 60 の矯正度数の変化によって視標光束の反射面積が変化し、結果として、収差量が変化する。

#### 【0081】

つまり、矯正光学系 60 にて設定される矯正度数によって、凹面ミラー 85 に対する光束の集光状態が異なる。例えば、矯正度数が 0 D の場合、視標光束は、無限遠から平行光束にて凹面ミラー 85 に入射される。矯正度数がプラス側に強いほど、視標光束は、強い拡散光束として凹面ミラー 85 に入射されるので、反射面積が大きくなり、収差が大きくなる。矯正度数がマイナス側に強いほど、視標光束は、強い収束光束として凹面ミラー 85 に入射されるので、反射面積が小さくなり、収差が小さくなる。このような反射面積の違いによって、凹面ミラー 85 によって付加される非点収差量が異なる。

#### 【0082】

そこで、本実施形態では、矯正光学系 60 の矯正度数に応じて補正光学系 90 での収差補正量を変化させてもよい。これによって、矯正度数に関わらず、非点収差が軽減された収差の少ない視標を呈示させることができる。よって、自覚測定又は他覚測定を精度よく行うことができる。

#### 【0083】

この場合、凹面ミラー 85 による非点収差を補正するための補正量が、矯正度数毎に予め設定されたテーブルが作成されてもよく、作成されたテーブルは、メモリ 72 に記憶されてもよい。矯正度数毎の補正量は、例えば、光学シミュレーション又は実験等によって求められてもよい。必ずしもテーブルを用いる必要はなく、矯正度数毎の補正量を導出するための演算式がメモリ 72 に記憶され、演算式を用いて補正量を求めてもよい。

#### 【0084】

矯正度数毎の補正量は、球面度数毎に作成されてもよい。さらに、各球面度数での乱視度数、軸角度の違いを考慮して、各球面度数での乱視度数毎、軸角度毎に補正量が作成されてもよい。なお、本発明者らのシミュレーションによれば、非点収差の変化量は、球面度数の変化による影響が大きいので、球面度数毎に補正量が変化されることによって、一定の効果が得られると考えられる。なお、矯正度数毎に補正量が設定される場合としては、各度数毎に補正量が逐次異なってもよいし、例えば、所定のステップ内（例えば、0 ~ 1.0 D、1.0 ~ 2.0 等の 1.0 D ステップ）において一定の補正量が設定され、ステップ毎に補正量が変化されてもよい。

#### 【0085】

なお、他覚眼屈折力（球面度数 S、乱視度数 C、乱視軸角度 A）に基づいて矯正光学系 60 の矯正度数を設定する場合、制御部 70 は、他覚眼屈折力（他覚屈折誤差）に対応する矯正度数に応じた収差補正量を、メモリ 72 から取得し、取得された収差補正量に基づいて補正光学系 90 を制御してもよい。

#### 【0086】

すなわち、制御部 70 は、他覚式眼屈折力測定装置（例えば、他覚式測定光学系 10）によって得られた他覚眼屈折力に基づいて、収差補正量を設定してもよく、さらに、制御

10

20

30

40

50



部 7 0 は、設定された収差補正量に基づいて補正光学系 9 0 を制御し、収差補正を行ってもよい。

【 0 0 8 7 】

なお、矯正度数に応じて収差補正量を設定する場合、必ずしも矯正度数の数値データと収差補正量とが対応付けされる必要は必ずしもなく、例えば、操作部 4 によって矯正度数を入力する際の操作信号と収差補正量とが対応付けされてもよいし、矯正光学系 6 0 の駆動情報（例えば、ディスプレイ 3 1 の位置等）と収差補正量とが対応付けされてもよいし、上記のように他覚式眼屈折力測定装置での測定結果と収差補正量とが対応付けされてもよい。

【 0 0 8 8 】

なお、視標の見かけの呈示距離を変更する場合、前述のような非点収差が生じ得る。この場合、制御部 7 0 は、視標の呈示距離に応じて収差補正量を変化させることで、呈示距離の変化に関わらず、収差が軽減された視標が呈示される。制御部 7 0 は、投光光学系 3 0 によって被検眼に呈示される視標距離に応じて、補正光学系 9 0 の収差補正量を変化させてもよい。この場合、視標呈示距離と収差補正量とが対応付けされてもよいし、投光光学系 3 0 の駆動情報（例えば、ディスプレイ 3 1 の位置等）と収差補正量とが対応付けされてもよい。なお、矯正光学系 6 0 の矯正度数を制御することによって視標の呈示距離を変更する場合、視標の呈示距離が付加された矯正度数に応じた収差補正量を設定してもよい。

【 0 0 8 9 】

なお、凹面ミラー 8 5 上における光束の反射面積の変化によって収差量が異なる例としては、上記に限定されず、被検眼の眼屈折力の変化によって、他覚式測定光学系 1 0 によって投影された眼底からの測定光束の凹面ミラー 8 5 上での反射面積が変化し、結果として、収差量が変化する。この場合、他覚式測定光学系 1 0 の測定画像（例えば、リング画像）が歪む可能性がある。そこで、他覚式測定光学系 1 0 ）によって予め得られた他覚眼屈折力に応じて、補正光学系 9 0 の収差補正量を変化させてもよい。これによって、収差が軽減された測定画像が得られる。結果として、眼屈折力を精度よく行うことができる。なお、収差補正量を設定するためのテーブル、演算式等については、前述と矯正度数と同様の手法が採用できるので、特段の説明を省略する。なお、他覚眼屈折力と矯正度数は、同一のパラメータ（SCA）が用いられ得るので、これらの補正を行う場合、同一のテーブルまたは演算式が用いられてもよい。

【 0 0 9 0 】

< 光偏向部材の偏向角度又は位置に応じた収差補正 >

また、光偏向部材の偏向角度（例えば、偏向ミラー 8 1 R、8 1 L）、光偏向部材の水平位置の少なくともいずれかの変化によって、凹面ミラー 8 5 上での光束（例えば、視標光束、他覚式測定光学系 1 0 の測定光束）の反射位置が変化し、収差量が変化する。

【 0 0 9 1 】

そこで、本実施形態では、制御部 7 0 は、光偏向部材の偏向角度（例えば、偏向ミラー 8 1 R、8 1 L）、光偏向部材の水平位置の少なくともいずれかに応じて補正光学系 9 0 での収差補正量を変化させてもよい。これによって、例えば、光偏向部材の偏向角度、水平位置に関わらず、非点収差が軽減された良好な視標を呈示させることができる。また、偏向部材の偏向角度、水平位置に関わらず、非点収差が軽減された良好な測定画像を取得できる。よって、自覚測定又は他覚測定を精度よく行うことができる。

【 0 0 9 2 】

この場合、凹面ミラー 8 5 による非点収差を補正するための補正量が、偏向角度、水平位置のパラメータ毎に予め設定されたテーブルが作成されてもよく、作成されたテーブルは、メモリ 7 2 に記憶されてもよい。補正量は、例えば、光学シミュレーション又は実験等によって求められてもよい。必ずしもテーブルを用いる必要はなく、収差補正量を導出するための演算式がメモリ 7 2 に記憶され、演算式を用いて補正量を求めてもよい。この場合、各パラメータに応じて補正量が逐次異なってもよいし、例えば、パラメータの所定

10

20

30

40

50

のステップ内において一定の補正量が設定され、ステップ毎に補正量が変化されてもよい。

【 0 0 9 3 】

なお、光偏向部材の偏向角度に応じて収差補正量を設定する場合、必ずしも偏向角度の数値データと収差補正量とが対応付けされる必要は必ずしもなく、光偏向部材の駆動角度情報（例えば、駆動手段 8 2 の駆動信号）と収差補正量とが対応付けされてもよい。また、前述のように、視標呈示距離に応じて視標光束の輻輳角度を変更する場合、輻輳角度と収差補正量とが対応付けされてもよい。つまり、制御部 7 0 は、光偏向部材の駆動によって変更される視標光束の輻輳角度に応じて、補正光学系 9 0 の収差補正量を変化させてもよい。また、前述のように、光偏向部材の偏向角度の調整によって被検眼に対する測定光軸 L 1 R , L 1 L のアライメントを調整する場合、被検眼のアライメント位置と収差補正量とが対応付けされてもよい。

10

【 0 0 9 4 】

なお、光偏向部材の位置に応じて収差補正量を設定する場合、必ずしも位置データと収差補正量とが対応付けされる必要は必ずしもなく、光偏向部材の駆動位置情報（例えば、駆動手段 8 2 の駆動信号）と収差補正量とが対応付けされてもよい。また、前述のように、光偏向部材の水平位置調整によって一对の測定光学系を瞳孔間距離に対応づける場合、瞳孔間距離と収差補正量とが対応付けされてもよい。つまり、制御部 7 0 は、被検眼の瞳孔間距離に応じて、補正光学系 9 0 の収差補正量を変化させてもよい。

【 0 0 9 5 】

20

< 複数のパラメータへの対応 >

なお、前述の矯正度数に応じた収差補正は、例えば、自覚測定時において、光偏向部材の偏向角度又は位置に応じた収差補正と同時に実施されてもよい。この場合、個別に収差補正量が設定され、これらを足し合わせた収差補正量が設定されてもよい。より好ましくは、矯正度数に応じた収差補正量は、光偏向部材の偏向角度及び位置の変化によって変化する。したがって、矯正度数、光偏向部材の偏向角度及び位置の 3 つの変数パラメータから最適な収差補正量を導くためのテーブル・演算式等が予めメモリ 7 2 に記憶されてもよい。この場合、少なくとも一つのパラメータの変化に応じて補正光学系 9 0 の収差補正量が変化されてもよい。

【 0 0 9 6 】

30

つまり、複数のパラメータに基づいて収差補正量を求める場合、複数のパラメータから最適な収差補正量を導くためのテーブル・演算式等が予めメモリ 7 2 に記憶されてもよい。例えば、同様に、他覚眼屈折力に応じた収差補正は、他覚測定時において、光偏向部材の偏向角度又は位置に応じた収差補正と同時に実施されてもよい。この場合、個別に収差補正量が設定され、これらを足し合わせた収差補正量が設定されてもよい。より好ましくは、他覚眼屈折力に応じた収差補正量は、光偏向部材の偏向角度及び位置の変化によって変化する。したがって、他覚眼屈折力、光偏向部材の偏向角度及び位置の 3 つの変数パラメータから最適な収差補正量を導くためのテーブル・演算式等が予めメモリ 7 2 に記憶されてもよい。この場合、少なくとも一つのパラメータの変化に応じて補正光学系 9 0 の収差補正量が変化されてもよい。

40

【 0 0 9 7 】

< 制御動作 >

以下、自覚式検眼装置 1 の制御動作について説明する。検者は、顎台 5 に被検者の顎を当てさせ、呈示窓 3 を観察するように指示する。検者は、被検者にディスプレイ 3 1 に表示された固視標を固視するよう指示した後、被検眼に対するアライメントを行う。検者によって、アライメント開始スイッチが選択されると、制御部 7 0 は、自動アライメントを開始する。

【 0 0 9 8 】

例えば、制御部 7 0 は、撮像光学系 1 0 0 によって撮像された顔画像から左右の被検眼の瞳孔位置を検出する。例えば、瞳孔位置が検出されると、制御部 7 0 は、前眼部像がモ

50

ニタ 4 に表示されるように自覚式検眼装置 1 を制御する。例えば、制御部 7 0 は、右眼用の偏向ミラー 8 1 R , 左眼用の偏向ミラー 8 1 L 、それぞれ駆動させ、X Y 方向に回転させる。また、例えば、瞳孔位置が検出されると、制御部 7 0 は、右眼用測定手段 7 R 及び左眼用測定手段 7 L をそれぞれ X 方向に移動できる。すなわち、制御部 7 0 は、偏向ミラー 8 1 を駆動させることによって X Y 方向のアライメントを行い、測定手段 7 を駆動させることによって Z 方向のアライメントを行う。

#### 【 0 0 9 9 】

なお、本実施形態においては、偏向ミラー 8 1 と、測定手段 7 と、の駆動によって X Y Z 方向のアライメントを調整する構成を例に挙げて説明しているがこれに限定されない。被検眼と、自覚式測定手段及び他覚式測定手段と、の位置関係を調整できる構成であればよい。すなわち、矯正光学系 6 0 によって矯正された像が被検眼の眼底上に形成されるように X Y Z 方向を調整できる構成であればよい。例えば、顎台 6 に対して、自覚式検眼装置 1 を X Y Z 方向に移動可能な構成を設けて、自覚式検眼装置 1 を移動させる構成であってもよい。また、例えば、偏向ミラー 8 1 のみによって X Y Z 方向の調整を行える構成としてもよい。この場合、例えば、偏向ミラー 8 1 は、回転駆動するとともに、測定ユニットとの間の距離が変更するように、偏向ミラー 8 1 が Z 方向移動する構成が挙げられる。

#### 【 0 1 0 0 】

図 9 は、撮像素子 5 2 によって撮像された前眼部画像が表示された前眼部観察画面を示す図である。なお、本実施形態においては、両被検眼の内の一方の被検眼に対するアライメント制御について説明する。なお、他方の被検眼についても以下の説明における制御が祖同様に行われる。なお、例えば、アライメント制御においては、両被検眼がモニタ 4 上に表示され、同一画面上で、両被検眼のアライメント制御が行われてもよい。また、例えば、アライメント制御においては、モニタ 4 上に一方の被検眼が表示され、一方の被検眼のアライメント制御が完了した後、他方の被検眼がモニタ 4 上に表示され、他方の被検眼のアライメント制御が行われるようにしてもよい。また、例えば、一方の被検眼のアライメント制御結果に基づいて、他方の被検眼のアライメント制御が行われる構成としてもよい。

#### 【 0 1 0 1 】

例えば、制御部 7 0 は、被検眼に対する矯正光学系 6 0 の像の位置ずれを検出する。例えば、制御部 7 0 は、検出された検出結果に基づいて、駆動手段を制御し、矯正光学系 6 0 の像を被検眼に導光するためのみかけの光束を偏向させることにより像の形成位置を光学的に補正する。このように、本実施形態における自覚式検眼装置 1 は、被検眼と矯正光学系との位置ずれを検出し、像の形成位置を光学的に補正する構成を備える。これによって、被検眼と矯正光学系との位置ずれを補正することによって、適正な位置で装置の使用が可能となり、精度よく測定を行うことができる。

#### 【 0 1 0 2 】

より詳細には、例えば、アライメントの際には、第 1 指標投影光学系 4 5 及び第 2 指標投影光学系 4 6 の光源が点灯される。例えば、制御部 7 0 は、リング状に投影された指標像 M a ~ M h の X Y 中心座標 ( 図 9 の十字マーク参照 ) を角膜頂点位置 M o として検出する。例えば、アライメント状態の判定を行うために設定された X Y 方向のアライメント基準位置 O 1 が設定されている。例えば、アライメント基準位置 O 1 は、本実施形態においては、角膜頂点位置と自覚式検眼装置 1 の光軸 ( 凹面ミラー 8 5 で反射された光束が通過する光路の光軸 ) L 4 ( L 4 R , L 4 L ) が一致する位置として設定されている。例えば、アライメント基準位置 O 1 は、自覚式検眼装置 1 に用いるアライメント基準位置である。また、例えば、アライメント基準位置 O 1 を中心として所定の領域において、アライメントの適否を判定するためのアライメント許容範囲 A 1 が設定されている。

#### 【 0 1 0 3 】

図 1 0 は、アライメント制御について説明する図である。例えば、制御部 7 0 は、アライメント基準位置 O 1 と角膜頂点位置 M o との偏位量  $d$  を求める。制御部 7 0 は、偏向ミラー 8 1 を駆動させ、偏位量  $d$  が許容範囲 A 1 に入るように X Y 方向のアライメント

10

20

30

40

50

を調整する。

【0104】

また、制御部70は、無限遠の指標像Ma, Meの像間隔aと有限遠の指標像Mh, Mfの像間隔bとの像比率(a/b)を比較することによりZ方向のアライメント偏位量dを求める。この場合、制御部70は、被検眼と自覚式検眼装置1との間における作動距離(Z方向の距離)がずれた場合に、前述の無限遠指標Ma, Meの間隔がほとんど変化しないのに対して、指標像Mh, Mfの像間隔が変化するという特性を利用して、被検者眼に対する作動距離方向のアライメント偏位量を求める(詳しくは、特開平6-46999号参照)。

【0105】

また、制御部70は、Z方向についても、XY方向と同様に、Z方向のアライメント基準位置に対する偏位量dを求め、その偏位量dがZ方向のアライメント許容範囲A1に入るように、測定手段7の駆動制御によって、Z方向のアライメントを作動する。

【0106】

ここで、XYZ方向におけるアライメント偏位量dが許容範囲A1に入ったら、偏向ミラー81及び測定手段7の駆動を停止させると共に、アライメント完了信号を出力する。なお、アライメント完了後においても、制御部70は、偏位量dを随時検出しており、偏位量dが許容範囲A1を超えた場合、自動アライメントを再開する。すなわち、制御部70は、偏位量dが許容範囲A1を満たすように眼Eに対して撮影部3を追尾させる制御(トラッキング)を行う。

【0107】

なお、本実施形態においては、制御部70が自動的にアライメント制御を行う構成を例に挙げて説明したがこれに限定されない。例えば、モニタ4上にアライメント基準位置を電子的に示すマークを表示させ、検者がモニタ4を操作し、アライメント基準位置と、被検眼と、の位置関係を調整する構成であってもよい。この場合、例えば、制御部70は、XYZ方向におけるアライメントが完了した場合に、モニタ4上にその旨を表示するようにしてもよい。

【0108】

また、例えば、アライメント状態が適正となる(アライメントが完了する)まで、被検者を誘導するようにしてもよい。この場合、制御部70は、アライメント許容範囲内に角膜頂点位置が入った場合に、XYZ方向におけるアライメントが完了した場合に、モニタ4上にその旨を表示するようにしてもよい。

【0109】

<他覚式測定>

制御部70は、アライメント完了信号の出力に基づいて、他覚式測定(他覚測定)を開始するためのトリガ信号が発する。他覚測定を開始するためのトリガ信号が発せられると、制御部70は、他覚式測定光学系10から測定光束を出射する。この場合、各測定光束は、偏向ミラー81R、81Lを介して凹面ミラー85によって反射された後、被検眼の眼底に投影される。眼底から反射された測定光は、凹面ミラー85を介して、偏向ミラー81R(81L)によって反射された後、撮像素子22によって測定画像が撮像される。

【0110】

例えば、他覚眼屈折力の測定においては、はじめに眼屈折力の予備測定が行われ、予備測定の結果に基づいてディスプレイ31が光軸L2方向に移動されることにより、被検眼Eに対して雲霧がかけられてもよい。すなわち、ディスプレイ31が被検眼Eに対して、一度ピントが合う位置に移動されてもよい。その後、雲霧がかけられた被検眼に対して眼屈折力の本測定が行われてもよい。本測定では、測定画像は撮像素子22に撮像され、撮像素子22からの出力信号は、メモリ72に画像データ(測定画像)として記憶される。その後、制御部70は、メモリ72に記憶されたリング像を画像解析して各経線方向の屈折力の値を求める。制御部70は、この屈折力に所定の処理を施すことによって遠用時での被検者眼のS(球面度数)、C(乱視度数)、A(乱視軸角度)の他覚眼屈折力(他覚

10

20

30

40

50

値)を得る。得られた遠用時での他覚値はメモリ72に記憶される。

【0111】

上記他覚眼屈折力の測定において、制御部70は、補正光学系90を制御し、他覚式測定光学系10の光路にて生じる光学収差を補正してもよい。この場合、他覚式測定光学系10によって測定された屈折度数に応じた補正量をメモリ72から取得し、取得された収差補正量に基づいて補正光学系90を制御する。

【0112】

より具体的には、予備測定で得られた眼屈折力に応じて補正量が設定され、設定された補正量に基づいて補正光学系90が駆動される。これによって、本測定は、他覚式測定光学系10の光路にて生じる収差が補正された状態において本測定が行われるので、他覚眼屈折力を精度よく測定できる。なお、眼屈折力を連続的に測定する場合(例えば、本測定を複数行う)、各測定結果に基づいて補正光学系90が制御されてもよい。

10

【0113】

なお、上記説明においては、遠用での他覚眼屈折力が測定されたが、これに限定されず、近用距離にて視標が呈示された状態での眼屈折力である近用での他覚眼屈折力が測定されてもよい。なお、他覚眼屈折力測定は、左右眼同時に実行されてもよいし、左右眼別々のタイミングにて実施されてもよい。

【0114】

<自覚式測定>

他覚屈折力測定が完了し、モニタ(本実施形態においては、操作部を兼ねる)4が操作されると、自覚の遠用視力測定モード(自覚屈折力測定)モードに切り換えられる。制御部70は、遠用での他覚屈折力測定で得られた被検眼の他覚眼屈折力(球面度数S、乱視度数C、乱視軸角度A)に基づいて矯正光学系60を駆動し、被検眼の屈折誤差を矯正してもよい。

20

【0115】

より具体的には、遠用の他覚屈折力測定における球面度数Sに基づいてディスプレイ31が光軸L2方向に移動されてもよい。この結果、被検眼の球面度数に関する屈折誤差が矯正された状態にされる。また、乱視度数C及び乱視軸角度Aに基づいて乱視矯正光学系63が駆動されてもよい。この結果、被検眼の乱視に関する屈折力誤差が矯正された状態とされる。

30

【0116】

視力測定モードにおいて、制御部70は、矯正光学系60によって矯正される矯正度数に応じて補正光学系90による収差補正量を変更してもよい。例えば、モニタ4からの操作信号に基づいて矯正光学系60の矯正度数が変更される場合、制御部70は、変更される矯正度数に応じて、補正光学系90による収差補正量を変更してもよい。これによって、オートレフでの測定結果に基づく矯正度数に対して変更があった場合であっても、収差が軽減された視標が呈示される。

【0117】

また、制御部70は、ディスプレイ31を制御し、光軸L2上に所要の視力値視標を表示してもよい(例えば、視力値0.8の視標)。被検眼に初期呈示視標が呈示されたら、検者は、被検者の遠用視力測定を行う。モニタ4の所定のスイッチが押されると、呈示される視力値視標が切換えられる。

40

【0118】

例えば、検者は、被検者の回答が正答の場合には、1段階高い視力値の視標に切換える。一方、被検者の回答が誤答の場合には1段階低い視力値の視標に切換える。つまり、制御部70は、モニタ4からの視力値変更の信号に基づいて視標を切換えてもよい。

【0119】

また、検者は、モニタ4を用いて、矯正光学系60の矯正度数を変更し、被検眼の遠用自覚値(球面度数S、乱視度数C、乱視軸角度A)を求めてもよい。

【0120】

50

なお、矯正光学系 60 の矯正度数は、左右眼別々の度数に設定されてもよいし、左右眼での同一の度数に設定されてもよい。なお、自覚眼屈折力測定は、左右眼同時に実行されてもよいし、左右眼別々のタイミングにて実施されてもよい。なお、別々のタイミングの場合、非測定眼のディスプレイ 31 に視標を表示しないようにしてもよいし、矯正光学系 60 によってフォグ（例えば、他覚値に対して一定の屈折度数が付加される）が行われてもよい。

#### 【0121】

遠用での自覚値が求められた後、自覚の近用視力測定モードに切り換えられてもよい。近用測定モードに設定されると、制御部 70 は、投光光学系 30 を制御し、偏向ミラー 81 による輻輳角を変更し、近用位置に視標を呈示してもよい。なお、近用検査での視標の呈示距離は、操作部 4 からの操作信号に基づいて任意に変更されてもよい。その結果、視標の呈示距離が遠用位置から近用位置に変更される。なお、近用検査においては、近用位置において視標の呈示距離を変更することによって、加入度・調節力を自覚的に求めるようにしてもよい。

10

#### 【0122】

この場合、例えば、制御部 70 は、視標の呈示距離に応じた収差補正量をメモリ 72 から取得し、取得された収差補正量に基づいて補正光学系 90 を制御してもよい。また、視標の呈示距離が変更される場合、制御部 70 は、変更される視標呈示距離に応じて、補正光学系 90 による収差補正量を変更してもよい。これによって、視標呈示距離に変更があった場合であっても、収差が軽減された視標が呈示される。この場合、制御部 70 は、視標の呈示距離が付加された矯正度数に応じて収差補正量を変化させてもよい。

20

#### 【0123】

さらに、制御部 70 は、視標の呈示位置の変更に応じて、光偏向部材を制御し、左右の視標光束の輻輳角度を変更してもよい。この場合、例えば、制御部 70 は、輻輳角度に対応する光偏向部材の偏向角度に応じた収差補正量をメモリ 72 から取得し、取得された収差補正量に基づいて補正光学系 90 を制御してもよい。また、視標光束の輻輳角度が変更される場合、制御部 70 は、変更される輻輳角度に応じて、補正光学系 90 による収差補正量を変更してもよい。これによって、輻輳角度に変更があった場合であっても、収差が軽減された視標が呈示される。

#### 【0124】

30

近用検査においては、遠用検査と同様、例えば、検者は、操作部 4 の所定のスイッチを用いて矯正光学系 60 の矯正度数を変更し、近用視標が呈示された状態での自覚的眼屈折力（近用自覚値）を測定してもよい。近用検査において、制御部 70 は、矯正度数の変更に応じて補正光学系 90 の収差補正量を変更してもよい。

#### 【0125】

以上示したように、他覚検査及び自覚検査において収差補正量を変更することによって、検査全体を良好に行うことができる。なお、上記説明においては、他覚検査及び自覚検査の両方で収差補正を行うものとしたが、これに限定されず、他覚検査、自覚検査のいずれかにおいて補正光学系 90 による収差量の変更が行われてもよい。

#### 【0126】

40

なお、上記説明においては、矯正光学系 60 とは別に補正光学系 90 が設けられたが、矯正光学系 60 が補正光学系 90 を兼用する場合においても、上記実施形態の適用は可能である。例えば、補正光学系 90 として、乱視補正光学系 63 が用いられてもよい。この場合、例えば、矯正度数としての乱視度数、軸角度に対して、収差補正量が付加されてもよい。

#### 【0127】

なお、上記構成においては、凹面ミラー 85 の光軸上に、測定光学系の光軸が配置されるように光学系が設計されているので、凹面ミラー 85 によって発生する収差を抑制できる。したがって、前述の補正光学系 90 による収差補正量が少なく済む。ただし、本実施形態は、凹面ミラー 85 の軸外に測定光学系の光軸が配置される構成であっても、本実

50

施形態の適用は可能である。

【0128】

< 補助光学部材 >

なお、被検眼が強度の屈折異常眼の場合に備え、自覚式測定光学系の光路中に補助光学部材を配置できるようにしてもよい。補助光学部材としては、例えば、レンズ、プリズム、ミラー等であってもよい。測定する被検眼のディオプター値が大きい場合には、補正光学系90のみでは光学収差を補正できない場合がある。このため、補助光学部材を用いることで、補正光学系90のみでは補正手段では補正できない光学収差を補正することができ、精度よく測定を行うことができる。より詳細には、例えば、13.0Dの被検者の場合に、10.0Dの補助光学部材（例えば、仮枠）を装着してもらう。その状態下で測定を行い、取得された測定結果に対して、補助光学部材の矯正度数を考慮させる。例えば、被検者の測定結果が3.0Dであった場合には、測定結果を補正し、被検者は、13.0Dであるという結果を出力する。

10

【0129】

この場合、制御部70は、他覚式測定手段によって取得された眼屈折力に基づいて、補助光学部材が必要であるか否かを判定する判定処理を行うようにしてもよい。さらに、制御部70は、判定処理の結果に基づいて、自覚式測定光学系の光路中への補助光学部材の挿脱制御を行うようにしてもよい。これによって、自動的に補助光学部材の挿脱が行われ、容易に精度よく測定を行うことができる。また、補助光学部材については、本実施例における自覚式検眼装置のように、装置構成が小型なものに対して特に有用である。すなわち、例えば、凹面ミラー85から被検眼までの距離が小さい場合には、矯正度数による収差量の変化が大きくなりやすい。このため、補助光学部材を用いることで、補正光学系90のみでは補正手段では補正できない光学収差を補正するとよりよい。

20

【0130】

また、これに限定されず、制御部70は、判定処理の結果に基づく報知情報をモニター5に表示するようにしてもよい。ここで、補助光学部材が必要である旨の報知情報が表示された場合、検者は、自覚式測定光学系の光路中に補助光学部材を配置できるようにしてもよい。この場合、補助レンズが被検者に装着されてもよい。この場合、検者に補助光学部材の必要性を報知することができるため、検者は補助光学部材の必要性を容易に認識することができ、補助光学部材の使用忘れを抑制することができる。

30

【0131】

なお、上記構成においては、測定光学系の光路にて生じる光学収差を補正光学系90によって光学的に補正したが、これに限定されず、他の補正処理を行うようにしてもよい。例えば、測定光学系の光路にて生じる光学収差に応じて他覚測定光学系10の測定画像の収差を補正するようにしてもよい。また、測定光学系の光路にて生じる光学収差に応じて他覚測定光学系10の他覚値を補正するようにしてもよい。

【0132】

なお、本実施形態における収差補正に関する技術は、他覚式測定手段を有していない自覚式検眼装置においても適用可能である。また、本実施形態における収差補正に関する技術は、例えば、左右一対に設けられた右被検眼用矯正光学系と左被検眼用矯正光学系を有する矯正光学系及び右眼用矯正光学系を含む右眼用光路と左眼用矯正光学系を含む左眼用光路とで共有される凹面ミラー85を有していない自覚式検眼装置においても適用可能である。すなわち、本実施形態における収差補正に関する技術は、視標光束を被検眼に向けて投影する投光光学系と、投光光学系の光路中に配置され、視標光束の光学特性を変化する矯正光学系と、矯正光学系によって矯正された視標光束を被検眼に導光し、矯正光学系によって矯正された視標光束の像を被検眼の眼前に形成する光学部材と、を有し、被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式測定手段を備える自覚式検眼装置において、適用可能である。

40

【0133】

< アライメント許容範囲の変更 >

50

制御部 70 は、アライメント状態の判定を行うためのアライメント許容範囲を、眼屈折力に基づいて設定してもよい。例えば、制御部 70 は、遠用の他覚屈折力測定で得られた被検眼の他覚眼屈折力（球面度数 S、乱視度数 C、乱視軸角度 A）に基づいて、自覚眼屈折力測定時における、被検眼と自覚式測定手段とのアライメント状態の判定を行うためのアライメント許容範囲を、眼屈折力に基づいて設定する。以下の説明においては、XY 方向のアライメント許容範囲の設定について説明するが、Z 方向のアライメント許容範囲においても同様の設定がされている。

【0134】

なお、本実施形態においては、自覚式検眼装置 1 の他覚式測定手段によって取得された被検眼の他覚眼屈折力を用いて、アライメント許容範囲を変更する構成を例に挙げて説明するがこれに限定されない。例えば、異なる他覚式測定装置によって取得された測定結果を受信して用いる構成としてもよい。

10

【0135】

より詳細に説明する。例えば、本実施形態においては、アライメント許容範囲は、球面度数毎に作成されている。もちろん、アライメント許容範囲は、眼屈折力に基づいて設定されていけばよい。例えば、例えば、各球面度数での乱視度数、軸角度の違いを考慮して、各球面度数での乱視度数毎、軸角度毎にアライメント許容範囲が作成されてもよい。

【0136】

図 11 は、アライメント許容範囲の変更について説明する図である。図 11 (a) は、0 ディ옵ター (D) である場合のアライメント許容範囲を示している。図 11 (b) は、2.0 D である場合のアライメント許容範囲を示している。図 11 (c) は、5.0 D である場合のアライメント許容範囲を示している。なお、例えば、アライメント許容範囲は、眼屈折力に応じて、設定されている。例えば、アライメント許容範囲は、予め、シミュレーション、実験等によって算出され、設定されている。もちろん、眼屈折力に応じて、アライメント制御前後において、アライメント許容範囲が算出され、設定されるようにしてもよい。

20

【0137】

例えば、制御部 70 は、0 D を基準として、0 D からプラス方向（プラス側）又はマイナス方向（マイナス側）にディ옵ター値が大きくなるにつれて、アライメント許容範囲を小さくするように設定している。例えば、図 11 (b) に示されるように、2.0 D のアライメント許容範囲 A2 は、図 11 (a) における 0 D のアライメント許容範囲 A1 よりも小さく設定されている。また、例えば、図 11 (c) に示されるように、5.0 D のアライメント許容範囲 A3 は、図 11 (b) における 2.0 D のアライメント許容範囲 A2 よりもさらに小さく設定されている。

30

【0138】

例えば、所定の光学特性の被検眼において、精度よく測定結果を取得するために必要とされる適正なアライメント範囲よりも、アライメント許容範囲が大きく設定されていることによって、被検眼の光学特性を自覚的に測定する際の測定結果の精度が低下する。また、例えば、所定の光学特性の被検眼において、精度よく測定結果を取得するために必要とされる適正なアライメント範囲よりも、アライメント許容範囲が小さく設定されていることによって、被検眼の光学特性を自覚的に測定する際に、アライメント動作が困難となる。本実施形態における自覚式検眼装置 1 では、眼屈折力に基づいてアライメント許容範囲を変更する構成を備える。これによって、被検眼の光学特性を自覚的に測定する際に、被検眼の光学特性を精度よく測定することができる。また、例えば、被検眼の光学特性を自覚的に測定する際に、効率よくアライメント動作を行うことができる。

40

【0139】

例えば、本実施形態における自覚式検眼装置 1 は、0 ディ옵ターを基準としてディ옵ター値がプラス方向又はマイナス方向に大きくなる場合には、アライメント許容範囲を小さくする構成を備える。これによって、被検眼の光学特性を自覚的に測定する際の測定結果の精度が低下することを抑制することができる。また、例えば、0 ディ옵ターを基

50



準としてディオプター値が0ディオプターに近い場合には、アライメント許容範囲を大きくすることによって、被検眼の光学特性を自覚的に測定する際に、アライメント動作が困難となることを抑制することができる。

#### 【0140】

なお、本実施形態における自覚式検眼装置1は、左右一对に設けられた右被検眼用矯正光学系と左被検眼用矯正光学系を有し、投光光学系30の光路中に配置され、視標光束の光学特性を変化する矯正光学系60を備えている。また、本実施形態における自覚式検眼装置1は、右眼用矯正手段を含む右眼用光路と左眼用矯正手段を含む左眼用光路とで共有される凹面ミラー85であって、矯正光学系60を通過した視標光束を被検眼に導光し、矯正光学系60を通過した視標光束の像を被検眼の眼前に形成する凹面ミラーを有する、自覚式測定手段を備えている。このような本実施形態における自覚式検眼装置では、眼屈折力に基づいてアライメント許容範囲を変更することは、特に有用となる。例えば、従来の自覚式測定手段のように、被検眼の眼前に矯正光学系が設けられ、矯正光学系の検査窓を覗きこむことによって自覚式の測定を行う場合には、検査窓を覗きこむことによって、大きく被検眼の位置がずれることがないため、被検眼の光学特性を自覚的に精度よく測定することができる。しかしながら、本実施形態の自覚式検眼装置1のように、矯正光学系を眼の眼前に配置することなく、被検眼の屈折力を測定する自覚式測定手段を備える装置では、被検眼の位置が大きくずれる場合があり、アライメント動作が重要となる。このため、矯正光学系を眼の周辺に配置することなく、被検眼の屈折力を測定する自覚式測定手段では、特に、被検眼の光学特性を自覚的に測定する際に、効率よくアライメント動作を行うことが重要である。また、矯正光学系を眼前に配置することなく、被検眼の屈折力を測定する自覚式測定手段を備える装置では、特に、被検眼の光学特性を自覚的に測定する際に、被検眼の光学特性を精度よく測定するためのアライメント許容範囲の設定が重要である。

#### 【0141】

なお、本実施形態における自覚式検眼装置1は、被検眼の眼底に測定光を出射し、その反射光を受光する他覚式測定光学系10を有し、被検眼の光学特性を他覚的に測定する他覚式測定手段を備えている。このため、本実施形態における自覚式検眼装置1では、他覚式測定手段で測定した測定結果に基づいて、眼屈折力を取得することが可能となり、1つの装置で、アライメント許容範囲の変更を可能とすることができる。これによって、容易な構成で、被検眼の光学特性を自覚的に測定する際に、被検眼の光学特性を精度よく測定することができる。また、容易な構成で、被検眼の光学特性を自覚的に測定する際に、効率よくアライメント動作を行うことができる。

#### 【0142】

なお、本実施形態におけるアライメント許容範囲の変更に関する技術は、他覚式測定手段を有していない自覚式検眼装置においても適用可能である。また、本実施形態におけるアライメント許容範囲の変更に関する技術は、例えば、左右一对に設けられた右被検眼用矯正光学系と左被検眼用矯正光学系を有する矯正光学系及び凹面ミラー85の少なくともいずれかを有していない自覚式検眼装置においても適用可能である。すなわち、本実施形態におけるアライメント許容範囲の変更に関する技術は、視標光束を被検眼に向けて投影する投光光学系と、投光光学系の光路中であって、視標光束の光学特性を変化する矯正光学系と、を有し、被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式測定手段を備える自覚式検眼装置であれば適用可能である。

#### 【0143】

なお、本発明においては、本実施形態に記載した装置に限定されない。例えば、上記実施形態の機能を行う自覚式検眼ソフトウェア（プログラム）をネットワーク又は各種記憶媒体等を介して、システムあるいは装置に供給する。そして、システムあるいは装置の制御装置（例えば、CPU等）がプログラムを読み出し、実行することも可能である。

#### 【符号の説明】

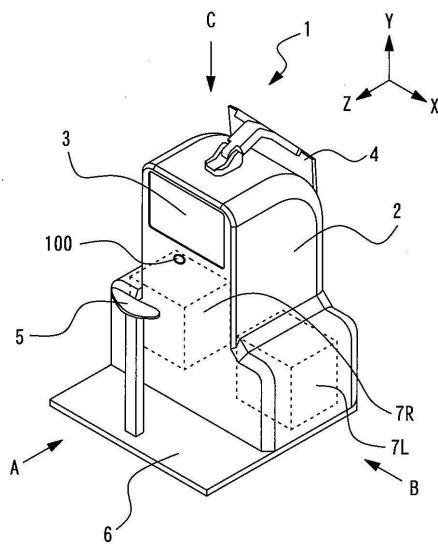
#### 【0144】

- 1 自覚式検眼装置
- 2 筐体
- 3 呈示窓
- 4 モニタ
- 5 顎台
- 6 基台
- 7 測定手段
- 10 他覚式測定光学系
- 25 自覚式測定光学系
- 30 投光光学系
- 45 第1指標投影光学系
- 46 第2指標投影光学系
- 50 観察光学系
- 60 矯正光学系
- 70 制御部
- 72 メモリ
- 81 偏向ミラー
- 84 ハーフミラー
- 85 凹面ミラー
- 90 補正光学系
- 100 撮像光学系

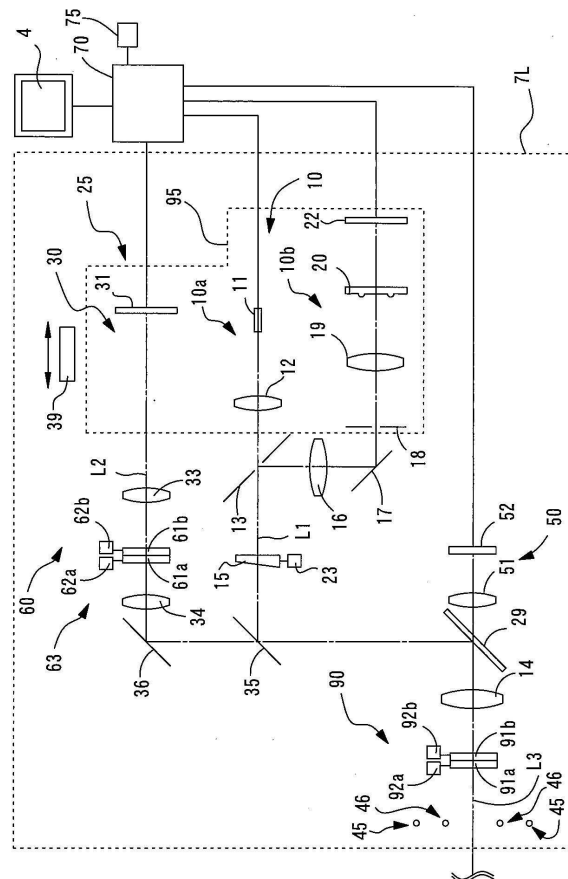
10

20

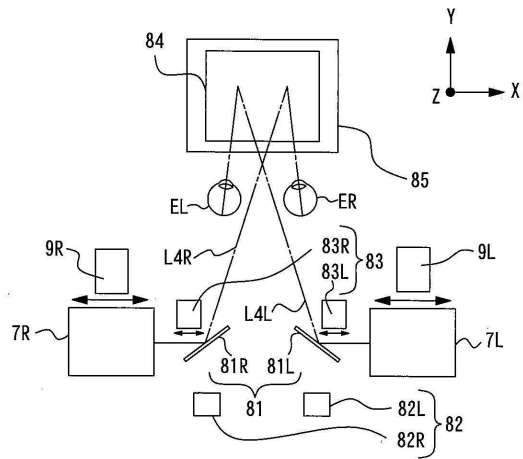
【図1】



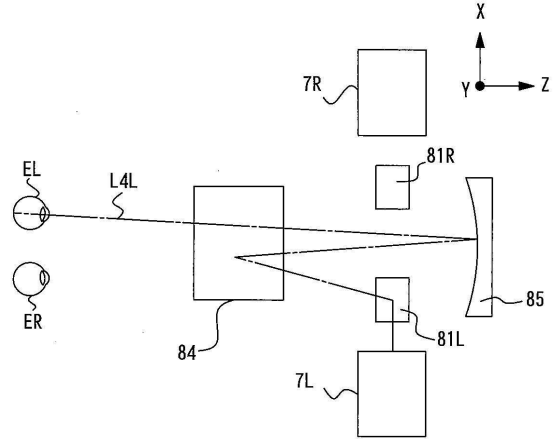
【図2】



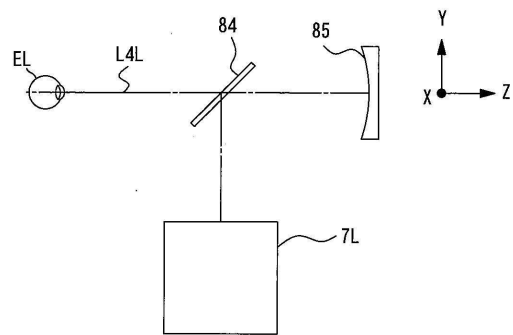
【図 3】



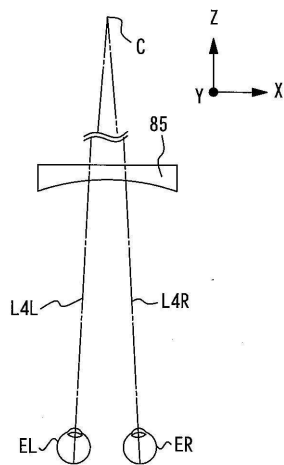
【図 5】



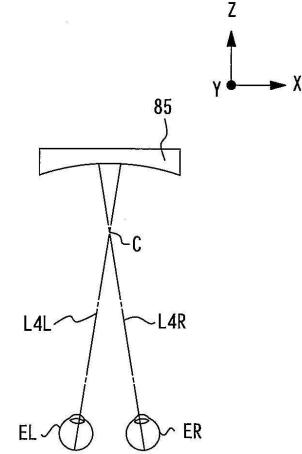
【図 4】



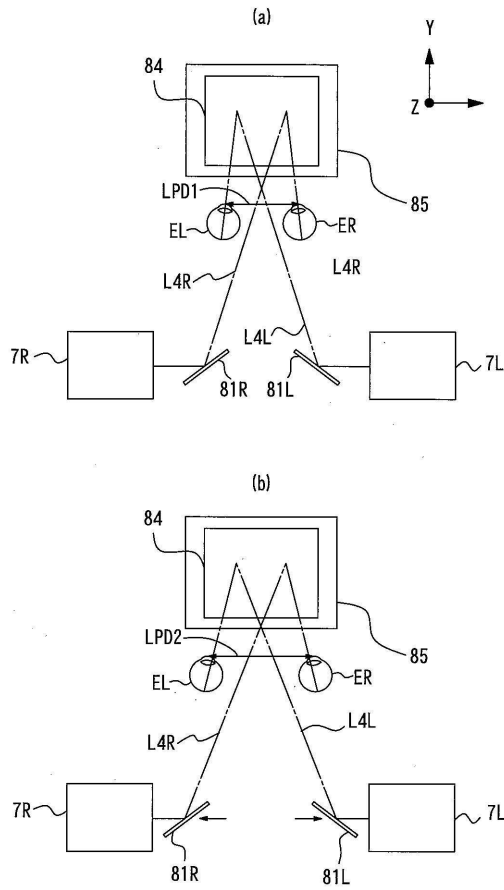
【図 6】



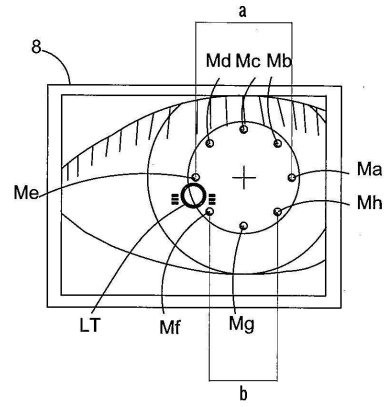
【図 7】



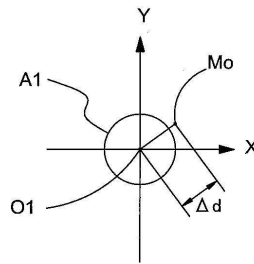
【図 8】



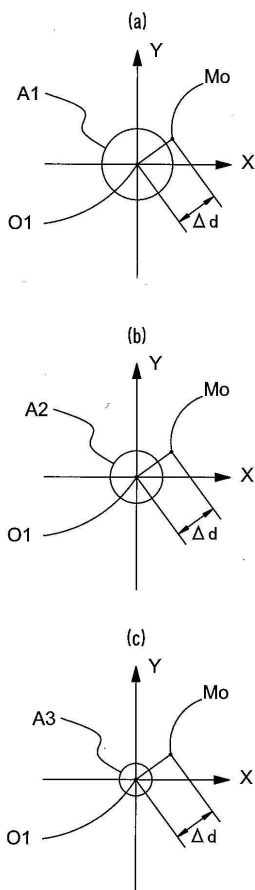
【図 9】



【図 10】



【図 11】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭52-058291(JP,A)  
特開昭59-085641(JP,A)  
特表2015-505269(JP,A)  
特表2015-509406(JP,A)  
特開平06-197866(JP,A)  
特開2014-110825(JP,A)  
特開2014-028067(JP,A)  
特開2009-153574(JP,A)  
特開2011-224198(JP,A)  
特開2009-207571(JP,A)  
特開2014-147416(JP,A)  
特開平08-224214(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 3/00 - 3/12  
3/13 - 3/16