

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7024295号  
(P7024295)

(45)発行日 令和4年2月24日(2022.2.24)

(24)登録日 令和4年2月15日(2022.2.15)

(51)国際特許分類

A 6 1 B	3/028(2006.01)	A 6 1 B	3/028
A 6 1 B	3/103(2006.01)	A 6 1 B	3/103

F I

請求項の数 5 (全33頁)

(21)出願番号	特願2017-192098(P2017-192098)
(22)出願日	平成29年9月29日(2017.9.29)
(65)公開番号	特開2019-63265(P2019-63265A)
(43)公開日	平成31年4月25日(2019.4.25)
審査請求日	令和2年8月25日(2020.8.25)

(73)特許権者	000135184 株式会社ニデック 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14
(72)発明者	滝井 通浩 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株式会社ニデック拾石工場内
(72)発明者	田中 真樹 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 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34番地14 株式会社ニデック拾石工場内
審査官	高松 大

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、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、被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式検眼装置であって、被検眼の眼底に測定光を出射し、その反射光を受光する測定光学系を有し、前記被検眼の光学特性を他覚的に測定する他覚式測定手段と、前記自覚式測定手段によって前記被検眼の光学特性を自覚的に測定している間に、前記他覚式測定手段によって前記被検眼の光学特性を他覚的に測定する制御手段と、前記被検眼と、前記被検眼に入射する前記視標光束の深さ方向の結像位置と、が少なくとも描寫される眼図を表示する表示制御手段であって、前記他覚式測定手段によって他覚的に測定された光学特性に基づいて、前記結像位置を表示する表示制御手段と、を備えることを特徴とする自覚式検眼装置。

## 【請求項2】

請求項1の自覚式検眼装置において、

前記制御手段は、前記自覚式測定手段によって前記被検眼の光学特性を自覚的に測定している間に、前記他覚測定手段によって前記被検眼の光学特性を他覚的に複数回測定し、前記表示制御手段は、前記他覚式測定手段による複数回の測定によって、新たに光学特性が測定されるのに応じて、新たな光学特性に基づいて前記結像位置を変更して表示することを特徴とする自覚式検眼装置。

**【請求項 3】**

請求項 1 または 2 の自覚式検眼装置において、前記制御手段は、前記被検眼の光学特性として、前記前記他覚式測定手段によって前記被検眼の光学特性を他覚的に測定して第 1 光学特性を取得するとともに、前記自覚式測定手段によって前記被検眼の光学特性を自覚的に測定している間に、前記他覚式測定手段によって前記被検眼の光学特性を他覚的に測定して第 2 光学特性を取得し、前記表示制御手段は、前記結像位置として、前記第 1 光学特性に基づく第 1 結像位置と、前記第 2 光学特性に基づく第 2 結像位置と、を比較可能に表示することを特徴とする自覚式検眼装置。

**【請求項 4】**

請求項 1 ~ 3 のいずれかの自覚式検眼装置において、前記表示制御手段は、さらに、前記眼図における前記結像位置についての理解を補助するためのガイド情報を表示することを特徴とする自覚式検眼装置。

**【請求項 5】**

視標光束を被検眼に向けて投影する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、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、被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式検眼装置であって、被検眼の眼底に測定光を出射し、その反射光を受光する測定光学系を有し、前記被検眼の光学特性を他覚的に測定する他覚式測定手段と、前記自覚式測定手段によって前記被検眼の光学特性を自覚的に測定している間に、前記他覚式測定手段によって前記被検眼の光学特性を他覚的に測定する制御手段と、を備える自覚式検眼装置において用いられる自覚式検眼プログラムであって、前記自覚式検眼装置のプロセッサによって実行されることで、前記被検眼と、前記被検眼に入射する前記視標光束の深さ方向の結像位置と、が少なくとも描寫される眼図を表示する表示表示制御ステップであって、前記他覚式測定手段によって他覚的に測定された光学特性に基づいて、前記結像位置を表示する表示制御ステップと、を前記自覚式検眼装置に実行させることを特徴とする自覚式検眼プログラム。

**【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測定する自覚式検眼装置及び自覚式検眼プログラムに関する。

**【背景技術】****【0002】**

自覚式検眼装置としては、被検者の眼前に球面レンズや柱面レンズ等の光学部材を配置し、この光学部材を介して被検眼に検査視標を呈示することによって、被検眼の光学特性（屈折力等）を測定するものが知られている（特許文献 1 参照）。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0003】**

【文献】特開平 5 - 176893 号公報

**【発明の概要】****【0004】**

自覚式測定により被検眼を矯正した場合等には、その矯正状態によって被検眼の光学特性が変化する。検者が被検者の回答によって矯正状態を変更しながら自覚式測定を進める際に、現在の矯正状態を知る方法としては、検者の回答から現在の矯正状態を判断する方法がある。しかしながら、この方法では被検眼の他覚的な光学特性を知ることが困難であり、このため、被検眼に対する矯正状態が適切であるかを判断しづらく、測定に時間がかかり、精度よく測定できないことがあった。

**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

10

20

30

40

50

本開示は、上記従来技術に鑑み、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。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するため、本開示は以下の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、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、被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式検眼装置であって、被検眼の眼底に測定光を出射し、その反射光を受光する測定光学系を有し、前記被検眼の光学特性を他覚的に測定する他覚式測定手段と、前記自覚式測定手段によって前記被検眼の光学特性を自覚的に測定している間に、前記他覚式測定手段によって前記被検眼の光学特性を他覚的に測定する制御手段と、前記被検眼と、前記被検眼に入射する前記視標光束の深さ方向の結像位置と、が少なくとも描写される眼図を表示する表示制御手段であって、前記他覚式測定手段によって他覚的に測定された光学特性に基づいて、前記結像位置を表示する表示制御手段と、を備えることを特徴とする。

(2) 本開示の第2様態に係る自覚式検眼プログラムは、視標光束を被検眼に向けて投影する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、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、被検眼の光学特性を自覚的に測定する自覚式検眼装置であって、被検眼の眼底に測定光を出射し、その反射光を受光する測定光学系を有し、前記被検眼の光学特性を他覚的に測定する他覚式測定手段と、前記自覚式測定手段によって前記被検眼の光学特性を自覚的に測定している間に、前記他覚式測定手段によって前記被検眼の光学特性を他覚的に測定する制御手段と、を備える自覚式検眼装置において用いられる自覚式検眼プログラムであって、前記自覚式検眼装置のプロセッサによって実行されることで、前記被検眼と、前記被検眼に入射する前記視標光束の深さ方向の結像位置と、が少なくとも描写される眼図を表示する表示制御表示制御ステップであって、前記他覚式測定手段によって他覚的に測定された光学特性に基づいて、前記結像位置を表示する表示制御ステップと、を前記自覚式検眼装置に実行させることを特徴とする自覚式検眼プログラム。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本実施例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】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】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】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】自覚式検眼装置の制御系を示す図である。

【図7】モニタに表示される操作画面の一例を示す図である。

【図8】自覚式測定の開始前に表示される眼図を拡大して示す図である。

【図9】眼図にて描写される光線及び視標光束の結像位置が球面度数により変化することを説明する図である。

【図10】新たに取得された光学特性に基づいて結像位置が変更された眼図である。

【図11】初期の矯正度数にて矯正した場合の眼図である。

【図12】近用状態において自覚式測定中に他覚式測定を行った場合の眼図である。

【図13】柱面度数及び乱視軸角度を表した眼図である。

【図14】度数ガイドの一例である。

【図15】被検眼の調節可能範囲を示す図の一例である。

【図16】第1光学特性に基づく第1結像位置と第2光学特性に基づく第2結像位置とが表示された眼図の一例である。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

## 【0008】

## &lt;概要&gt;

以下、典型的な実施形態の1つについて、図面を参照して説明する。図1～図16は本実施形態に係る自覚式検眼装置を説明する図である。なお、本開示においては、本実施例に記載した装置に限定されない。例えば、下記実施例の機能を行う端末制御ソフトウェア（プログラム）を、ネットワークまた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し、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て実行することも可能である。なお、以下の<>にて分類された項目は、独立または関連して利用されうる。

## 【0009】

10

なお、以下の説明においては、自覚式検眼装置の奥行き方向（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。

## 【0010】

例えば、本実施形態における自覚式検眼装置（例えば、自覚式検眼装置1）は、自覚式測定手段を備える。また、例えば、自覚式検眼装置は他覚式測定手段を備える。また、例えば、本実施形態における自覚式検眼装置は、制御手段（例えば、制御部70）を備える。また、例えば、本実施形態における自覚式検眼装置は、表示制御手段（例えば、制御部70）を備える。

20

## 【0011】

## &lt;自覚式測定手段&gt;

例えば、自覚式測定手段は、被検眼の光学特性を自覚的に測定する。例えば、自覚的に測定される被検眼の光学特性としては、眼屈折力（例えば、球面度数、柱面度数、乱視軸角度等）、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。

## 【0012】

30

例えば、自覚式測定手段は、投光光学系（例えば、投光光学系30）を備える。また、例えば、投光光学系は、視標光束を被検眼に向けて投影する。また、例えば、自覚式測定手段は、矯正光学系（例えば、矯正光学系60、自覚式測定光学系25）を備える。例えば、矯正光学系は、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させる。なお、投光光学系については、自覚式測定手段において、一体的に設けられている必要はなく、別途、投光光学系を備える装置が設けられる構成であってもよい。すなわち、本実施形態における自覚式測定手段としては、少なくとも矯正光学系を備える構成であってもよい。

## 【0013】

## &lt;投光光学系&gt;

例えば、投光光学系は、視標光束を投影する光源を有する。また、例えば、投光光学系は、視標光束を投影する光源から投影された視標光束を被検眼に向けて導光する少なくとも1つ以上の光学部材等を有してもよい。

40

## 【0014】

例えば、視標光束を投影する光源としては、ディスプレイ（例えば、ディスプレイ31）を用いる構成であってもよい。例えば、ディスプレイとしては、LCD（Liquid Crystal Display）や有機EL（Electro Luminescence）等が用いられる。例えば、ディスプレイには、ランドルト環視標等の検査視標等が表示される。

## 【0015】

例えば、視標光束を投影する光源としては、光源と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を用いた場合と比べ、視標光束の光量を維持できる。

50

## 【 0 0 1 6 】

例えば、視標光束を投影する光源としては、視標呈示用可視光源と、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、自覚測定時に使用される視力検査用視標、等を含んでいる。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、被検眼に視標光束が導光される光路上で切換え配置される。もちろん、視標光束を投影する光源としては、上記構成以外の光源を用いてもよい。

## 【 0 0 1 7 】

< 矯正光学系 >

10

例えば、矯正光学系は、視標光束の光学特性（例えば、球面度数、円柱度数、乱視軸角度、偏光特性、及び収差量、等の少なくともいずれか）を変更する構成であってもよい。例えば、視標光束の光学特性を変更する構成として、光学素子を制御する構成であってもよい。例えば、光学素子としては、球面レンズ、円柱レンズ、クロスシリンドレンズ、ロータリプリズム、波面変調素子、等の少なくともいずれかを用いる構成であってもよい。もちろん、例えば、光学素子としては、上記記載の光学素子とは異なる光学素子を用いるようにしてもよい。

## 【 0 0 1 8 】

例えば、矯正光学系は、被検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、被検眼の球面度数が矯正される構成であってもよい。この場合、例えば、視標の呈示位置（呈示距離）が光学的に変更する構成としては、光源（例えば、ディスプレイ）を光軸方向に移動させる構成であってもよい。また、この場合、例えば、光路中に配置された光学素子（例えば、球面レンズ）を光軸方向に移動させる構成であってもよい。もちろん、矯正光学系は、光学素子を制御する構成と光路中に配置された光学素子を光軸方向に移動させる構成と組み合わせた構成であってもよい。

20

## 【 0 0 1 9 】

例えば、矯正光学系としては、被検眼の眼前に配置される光学素子を切り換えて配置する検眼ユニット（フォロープタ）であってもよい。例えば、検眼ユニットは、複数の光学素子が同一円周上に配置されたレンズディスクと、レンズディスクを回転させるための駆動手段と、を有し、駆動手段（例えば、モータ）の駆動により光学素子を電気的に切り換える構成であってもよい。

30

## 【 0 0 2 0 】

例えば、矯正光学系としては、投光光学系から視標光束を被検眼に向けて導光するための光学部材と、視標呈示手段と、間に光学素子を配置して、光学素子を制御することによって、視標光束の光学特性を変更する構成であってもよい。すなわち、矯正光学系としては、ファントムレンズ屈折計（ファントム矯正光学系）の構成であってもよい。この場合、例えば、矯正光学系によって矯正された視標光束が光学部材を介して被検眼に導光される。

## 【 0 0 2 1 】

< 他覚式測定手段 >

例えば、他覚式測定手段は、被検眼の光学特性を他覚的に測定する。例えば、他覚的に測定される被検眼の光学特性としては、眼屈折力（例えば、球面度数、柱面度数、乱視軸角度等）、偏光特性、水晶体の厚み情報等が挙げられる。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、他覚式測定手段は、被検眼の眼底に測定光を出射し、その反射光を受光する測定光学系（例えば、他覚式測定光学系 10 ）を備える。例えば、他覚的に測定される被検眼の光学特性としては、他覚式測定手段によって撮像された撮像結果（撮像画像）及び撮像結果を解析処理することによって取得されるパラメータの少なくともいずれかであってもよい。すなわち、他覚的に測定される被検眼の光学特性としては、他覚式測定手段によって撮像される撮像結果に基づくものであればよい。

40

## 【 0 0 2 2 】

50

例えば、他覚式測定手段は、左右一対に設けられた右被検眼用測定光学系と左被検眼用測定光学系を有するようにしてもよい。この場合、例えば、右被検眼用測定光学系と左被検眼用測定光学系の測定を略同時に実行するようにしてもよい。また、この場合、例えば、右被検眼用測定光学系と左被検眼用測定光学系の測定を異なるタイミングで実施するようにしてもよい。例えば、異なるタイミングは、右被検眼用測定光学系と左被検眼用測定光学系の一方の測定光学系の測定が完了したタイミングであってもよい。また、例えば、異なるタイミングは、右被検眼用測定光学系と左被検眼用測定光学系の一方の測定光学系の測定を実施している間であってもよい。

#### 【0023】

また、例えば、他覚式測定手段は、1つの測定光学系によって、左右被検眼の測定が行われるようにもよい。この場合、例えば、一方の被検眼の眼底に測定光を出射して被検眼の測定を行うとともに、一方の眼の測定が完了した場合に、他方の被検眼の眼底に測定光が出射できるように調整を行い、他方の被検眼の測定を行う構成としてもよい。

10

#### 【0024】

##### <測定光学系>

例えば、測定光学系は、被検眼の眼底に向けて光源から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撮像素子で撮像する撮像光学系と、を有する。例えば、測定光学系は、被検眼の眼屈折力を測定する光学系であってもよい。この場合、例えば、測定光学系としては、被検眼の瞳孔中心部を介して被検眼の眼底にスポット状の測定指標を投影し、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、撮像素子にリング状の眼底反射像を撮像させる構成が挙げられる。また、この場合、例えば、測定光学系としては、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、撮像素子にリング状の眼底反射像を撮像させる構成が挙げられる。また、この場合、例えば、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。また、この場合、例えば、測定光学系は、被検眼にスリットを投影する位相差方式を有する構成であってもよい。

20

#### 【0025】

##### <制御手段>

例えば、制御手段は、自覚式測定手段によって被検眼の光学特性を自覚的に測定している間に、他覚式測定手段によって被検眼の光学特性を他覚的に測定する。なお、例えば、他覚式測定手段によって被検眼の光学特性を他覚的に測定する際には、自覚式測定手段による被検眼の光学特性の自覚的な測定を続けてもよい。また、例えば、他覚式測定手段によって被検眼の光学特性を他覚的に測定する際には、自覚式測定手段による被検眼の光学特性の自覚的な測定を一時的に停止させるようにしてもよい。この場合、他覚式測定手段によって他覚測定が完了した場合に、自覚式測定手段による被検眼の光学特性の自覚的な測定を再開するようにしてもよい。

30

#### 【0026】

例えば、制御手段は、自覚式測定手段によって被検眼の光学特性を自覚的に測定している間に、他覚式測定手段によって被検眼の光学特性を他覚的に複数回測定してもよい。例えば、複数回の測定は、所定の時間が経過したタイミング毎に行われてもよい。また、例えば、複数回の測定は、常時測定が実施されることで、リアルタイムに行われてもよい。

40

#### 【0027】

なお、複数回の測定は、他覚式測定を開始するためのトリガ信号が出力されることで開始されてもよい。このようなトリガ信号は、自覚式測定の開始時（測定モードを切り換えた時、自覚式測定のプログラムが開始された時、矯正光学系の駆動を開始した時、等のいずれか）、予め設定された時間の経過時（例えば、自覚式測定の開始から所定時間が経過した時等）検査視標の切り換え時、自覚式測定と自覚式測定との間（複数の検査項目を行う場合）、被検者が自覚式測定にて回答した時（検者が被検者の回答に基づく操作を行った時）、等の少なくともいずれかであってもよい。もちろん、これら以外のタイミングで、他覚式測定を開始するためのトリガ信号が出力されるようにしてもよい。

50

## 【0028】

例えば、制御手段は、被検眼の光学特性として、他覚式測定手段によって被検眼の光学特性を他覚的に測定して第1光学特性を取得するとともに、自覚式測定手段によって被検眼の光学特性を自覚的に測定している間に、他覚式測定手段によって被検眼の光学特性を他覚的に測定して第2光学特性を取得してもよい。

## 【0029】

例えば、第1光学特性を取得するタイミングとしては、自覚式測定手段によって被検眼の光学特性を自覚的に測定した後に取得するようにしてもよい。この場合、例えば、制御手段は、自覚式測定手段によって被検眼の光学特性を自覚的な測定が完了した後、他覚式測定手段によって被検眼の光学特性を他覚的に測定し、第1光学特性を取得するようにしてもよい。また、例えば、第1光学特性を取得するタイミングとしては、自覚式測定手段によって被検眼の光学特性を自覚的に測定している間に取得するようにしてもよい。この場合、例えば、自覚式測定手段によって被検眼の光学特性を自覚的に測定している間に第1光学特性を取得するとともに、第1光学特性を取得した後に第2光学特性を取得するようにしてもよい。

10

## 【0030】

## &lt;表示制御手段&gt;

例えば、表示制御手段は、被検眼及び被検眼に入射する視標光束の結像位置が少なくとも描寫される眼図（例えば、眼図110）を表示する。また、例えば、表示制御手段は、他覚式測定手段によって他覚的に測定された光学特性に基づいて、結像位置を表示する。このような構成であることによって、眼図には他覚的に測定された光学特性に基づく結像位置が表示されるので、自覚式測定において変更した矯正度数が被検眼に対して適切であるかを容易に判断することができる。

20

## 【0031】

例えば、眼図は、被検眼が描寫された図と、被検眼に入射する視標光束の結像位置が描寫された図と、を少なくとも含むものであればよい。例えば、結像位置が描寫された図は、被検眼の光学特性に基づいて表示される。この場合、表示制御手段は、被検眼の光学特性における少なくとも球面情報に基づいて、結像位置を表示するようにしてもよい。例えば、球面情報は、被検眼の球面度数であってもよい。また、この場合、表示制御手段は、被検眼の光学特性における少なくとも乱視情報に基づいて、結像位置を表示するようにしてもよい。例えば、乱視情報は、被検眼の円柱度数と乱視軸角度との少なくともいずれかであってもよい。

30

## 【0032】

また、例えば、眼図には、矯正光学系の描寫が含まれていてもよい。例えば、矯正光学系の描寫としては、矯正レンズを模した図、プリズムを模した図、雲霧用レンズを模した図、コンタクトレンズを模した図、等の少なくともいずれかが描寫されたものであってもよい。すなわち、矯正光学系の描寫は、被検眼の矯正状態を示す図であってもよい。また、例えば、眼図には、矯正光学系による視標光束の光線追跡の描寫が含まれていてもよい。例えば、光線追跡の描寫は、被検眼に対して視標光束がどのように入射するかを表した光線図であってもよい。

40

## 【0033】

また、例えば、眼図には、結像位置についての理解を補助するためのガイド情報が含まれていてもよい。例えば、ガイド情報としては、被検眼の見え方を示すシミュレーション画像、被検眼の矯正度数を設定する際の目安を表す度数ガイド、被検眼の調節可能範囲、等の少なくともいずれかが用いられてもよい。例えば、本実施例における表示制御手段は、このようなガイド情報を眼図に表示することができる。このため、ガイド情報を参考にして被検眼の光学特性を理解することができる。また、ガイド情報を参考にして被検眼の矯正度数を変更し、視標光束の結像位置を変化させることができる。

## 【0034】

例えば、表示制御手段は、他覚式測定手段による複数回の測定によって、新たに光学特性

50

が測定されるのに応じて、新たな光学特性に基づいて結像位置を変更して表示する。このため、リアルタイムに変更される眼図を確認しながら被検眼に対する矯正度数を変更することができ、被検眼に適した矯正度数となったかどうかを判断しやすくなる。なお、この場合、表示制御手段は、矯正光学系が変更されるに応じて、矯正光学系の描写を変更された矯正光学系の描写に変更して表示してもよい。また、この場合、表示制御手段は、矯正光学系が変更されるに応じて、矯正光学系による視標光束の光線追跡の描写を、変更された矯正光学系による視標光束の光線追跡の描写に変更して表示してもよい。これによって、眼図を確認することで、矯正光学系の矯正状態の変化や、被検眼に入射する視標光束の変化等を理解することができる。

#### 【0035】

また、例えば、表示制御手段は、眼図に表示される結像位置として、第1光学特性に基づく第1結像位置（例えば、第1結像位置190）と、第2光学特性に基づく第2結像位置（例えば、第2結像位置200）と、を比較可能に表示してもよい。例えば、第1光学特性に基づく第1結像位置と、第2光学特性に基づく第2結像位置と、を比較可能に表示する構成としては、眼図に第1結像位置と第2結像位置とを表示するようにしてもよい。この場合には、眼図に第1結像位置と第2結像位置とを重畠してもよい。また、この場合には、第1結像位置が含まれる眼図と第2結像位置が含まれる眼図とを並べて表示してもよい。また、第1光学特性に基づく第1結像位置と、第2光学特性に基づく第2結像位置と、を比較可能に表示する構成としては、第1結像位置と第2結像位置とのずれ情報を取得して表示するようにしてもよい。このような構成であることによって、検者は、被検眼の光学特性が第1光学特性から第2光学特性に変化したことを容易に理解することができる。また、検者は、第1光学特性と第2光学特性にどれくらいの違いがあるかを確認することができる。

#### 【0036】

##### <実施例>

以下、本実施例における自覚式検眼装置について説明する。例えば、自覚式検眼装置としては、自覚式測定手段を備えていてもよい。また、例えば、自覚式検眼装置としては、他覚式測定手段を備えていてもよい。なお、本実施例においては、自覚式測定手段と、他覚式測定手段と、をどちらも備えた自覚式検眼装置を例に挙げて説明する。

#### 【0037】

図1は、本実施例に係る自覚式検眼装置1の外観図を示す。例えば、自覚式検眼装置1は、筐体2、呈示窓3、モニタ4、顎台5、基台6、前眼部撮像光学系100等を備える。例えば、筐体2は、その内部に測定手段7を備える（詳細については後述する）。例えば、呈示窓3は、被検者に視標を呈示するために用いる。例えば、被検者の被検眼Eには、測定手段7からの視標光束が呈示窓3を介して投影される。

#### 【0038】

例えば、モニタ（ディスプレイ）4は、被検眼Eの光学特性結果（例えば、球面度数S、柱面度数C、乱視軸角度A等）を表示する。例えば、モニタ4はタッチパネルである。すなわち、本実施例においては、モニタ4が操作部（コントローラ）として機能する。例えば、モニタ4から入力された操作指示に応じた信号は、後述する制御部70に出力される。なお、モニタ4はタッチパネル式でなくてもよいし、モニタ4と操作部とを別に設ける構成であってもよい。例えば、この場合には、操作部として、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。

#### 【0039】

例えば、モニタ4は、筐体2に搭載されたディスプレイであってもよいし、筐体2に接続されたディスプレイであってもよい。例えば、この場合には、パーソナルコンピュータのディスプレイを用いる構成としてもよい。また、複数のディスプレイを併用してもよい。

#### 【0040】

例えば、顎台5によって、被検眼Eと自覚式検眼装置1との距離が一定に保たれる。なお、本実施例では、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

10

20

30

40

50

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、本実施例においては、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、額当てや顔当て等を用いる構成であってもよい。例えば、基台 6 には、顎台 5 と筐体 2 が固定されている。

#### 【 0 0 4 1 】

例えば、前眼部撮像光学系 100 は、図示なき撮像素子とレンズによって構成される。例えば、前眼部撮像光学系 100 は、被検者の顔を撮像するために用いる。

#### 【 0 0 4 2 】

##### <測定手段>

例えば、測定手段 7 は、左眼用測定手段 7 L と右眼用測定手段 7 R を備える。例えば、本実施例における左眼用測定手段 7 L と右眼用測定手段 7 R は、同一の部材を備えている。すなわち、本実施例における自覚式検眼装置 1 は、左右一対の自覚式測定手段と左右一対の他覚式測定手段を有する。もちろん、左眼用測定手段 7 L と右眼用測定手段 7 R は、少なくとも一部の部材が異なる構成であってもよい。

10

#### 【 0 0 4 3 】

図 2 は、測定手段 7 の構成について説明する図である。例えば、本実施例においては、左眼用測定手段 7 L を例に挙げて説明する。なお、右眼用測定手段 7 R は、左眼用測定手段 7 L と同様の構成であるため、その説明を省略する。例えば、左眼用測定手段 7 L は、自覚式測定光学系 25、他覚式測定光学系 10、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 等を備える。

20

#### 【 0 0 4 4 】

##### <自覚式光学系>

例えば、自覚式測定光学系 25 は、被検眼 E 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 E 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、本実施例においては、被検眼 E 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 と、補正光学系 90 とで構成される。

#### 【 0 0 4 5 】

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 等を備える。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 の順に光学部材を経由して、被検眼 E に投影される。

30

#### 【 0 0 4 6 】

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等が表示される。例えば、ディスプレイ 31 からの視標光束は、被検眼 E に向けて投影される。例えば、本実施例においては、ディスプレイ 31 として、LCD (Liquid Crystal Display) を用いた場合を例に挙げて以下の説明を行う。なお、ディスプレイとしては、有機 EL (Electro Luminescence) ディスプレイやプラズマディスプレイ等を用いることもできる。

40

#### 【 0 0 4 7 】

例えば、矯正光学系 60 は、投光光学系 30 の光路中に配置される。例えば、矯正光学系 60 は、視標光束の光学特性を変化させる。例えば、矯正光学系 60 は、乱視矯正光学系 63 と駆動機構 39 を備える。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 E の柱面度数や円柱軸（乱視軸）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 と 61b から構成される。円柱レンズ 61a と円柱レンズ 61b は、それぞれ回転機構 62a と 62b の駆動によって、光軸 L 2 を中心として各自が独立に回転される。なお、本実施例においては、乱視矯正光学系 63 と

50

して、2枚の正の円柱レンズ61aと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、柱面度数、乱視軸等を矯正できる構成であればよい。この場合には、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よい。

#### 【0048】

例えば、駆動機構39は、モータ及びスライド機構からなる。例えば、駆動機構39によって、ディスプレイ31は光軸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は、ディスプレイ31が移動することによって、被検眼Eに対する視標の呈示位置（呈示距離）が光学的に変えられ、被検眼Eの球面屈折力が矯正される。すなわち、ディスプレイ31の移動によって、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は、ディスプレイ31が移動することによって、被検眼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、球面度数の矯正光学系は、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。

10

#### 【0049】

なお、本実施例においては、球面度数、柱面度数、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。

20

#### 【0050】

なお、本実施例においては、柱面度数及び円柱軸（乱視軸）を矯正するための乱視矯正光学系63と、球面度数を矯正するための矯正光学系（例えば、駆動手段39）と、を別途設け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、矯正光学系としては、球面度数、円柱度、乱視軸が矯正される矯正光学系を備える構成であればよい。すなわち、本実施例における矯正光学系は、波面を変調させる光学系であってもよい。また、例えば、矯正光学系としては、球面度数、柱面度数、乱視軸等を矯正する光学系であってもよい。この場合には、例えば、矯正光学系が、同一円周上に多数の光学素子（球面レンズ、円柱レンズ、分散プリズム等）を配置したレンズディスクを備える構成が挙げられる。レンズディスクは駆動部（アクチュエータ等）によって回転制御され、検者が所望する光学素子（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、検者が所望する回転角度にて、光軸L2に配置される。例えば、光軸L2に配置される光学素子の切換え等は、モニタ4等の操作によって行われてもよい。

30

#### 【0051】

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0D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L2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。

40

#### 【0052】

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、自覚測定において生じる光学収差（例えば、非点収差等）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91aと91bから構成される。例えば、補正光学系90は、柱面度数と乱

50

視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 9 1 a と円柱レンズ 9 1 b は、それぞれ回転機構 9 2 a と 9 2 b の駆動によって、光軸 L 3 を中心として各々が独立に回転される。なお、本実施例では、補正光学系 9 0 として、2 枚の正の円柱レンズ 9 1 a と 9 1 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 9 0 は、非点収差を矯正できる構成であればよい。この場合には、例えば、補正レンズを光軸 L 3 に出し入れする構成でもよい。

#### 【 0 0 5 3 】

なお、本実施例においては、矯正光学系 6 0 とは別に補正光学系 9 0 を配置す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 6 0 が補正光学系 9 0 を兼用する構成であってもよい。この場合には、被検眼 E の柱面度数と円柱軸（乱視軸）が非点収差量に応じて補正される。すなわち、矯正光学系 6 0 が、非点収差量を考慮した（補正した）柱面度数や乱視軸に矯正するように駆動される。例えば、矯正光学系 6 0 と補正光学系 9 0 とを兼用することによって、複雑な制御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。また、例えば、矯正光学系 6 0 と補正光学系 9 0 とを兼用することによって、光学収差用の補正光学系を別途設ける必要がないため、簡易的な構成で光学収差を補正することができる。

#### 【 0 0 5 4 】

##### < 他覚式光学系 >

例えば、他覚式測定光学系 1 0 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。本実施例においては、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 1 0 は、投影光学系 1 0 a、受光光学系 1 0 b、補正光学系 9 0、で構成される。

#### 【 0 0 5 5 】

例えば、投影光学系（投光光学系）1 0 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 1 0 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 2 2 にリング状の眼底反射像を撮像させる。

#### 【 0 0 5 6 】

例えば、投影光学系 1 0 a は、他覚式測定光学系 1 0 の光軸 L 1 上に配置された測定光源 1 1、リレーレンズ 1 2、ホールミラー 1 3、プリズム 1 5、駆動部（モータ）2 3、ダイクロイックミラー 3 5、ダイクロイックミラー 2 9、及び対物レンズ 1 4 を含む。例えば、プリズム 1 5 は光束偏向部材である。例えば、駆動部 2 3 は、光軸 L 1 を中心としてプリズム 1 5 を回転駆動させる。例えば、光源 1 1 は被検眼 E の眼底と共に役な関係となっている。また、ホールミラー 1 3 のホール部は、被検眼 E の瞳孔と共に役な関係となっている。例えば、プリズム 1 5 は被検眼 E の瞳孔と共に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 1 5 に代えて、光束偏向部材として平行平面板を光軸 L 1 上に斜めに配置する構成でも良い。

#### 【 0 0 5 7 】

例えば、ダイクロイックミラー 3 5 は、自覚式測定光学系 2 5 の光路と、他覚式測定光学系 1 0 の光路と、を共通にする。すなわち、例えば、ダイクロイックミラー 3 5 は、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、を同軸にする。例えば、光路分岐部材であるダイクロイックミラー 2 9 は、自覚測定光学系 2 5 による光束及び投影光学系 1 0 a による測定光を反射して、被検眼 E に導く。

#### 【 0 0 5 8 】

例えば、受光光学系 1 0 b は、投影光学系 1 0 a の対物レンズ 1 4、ダイクロイックミラー 2 9、ダイクロイックミラー 3 5、プリズム 1 5、ホールミラー 1 3 を共用し、ホールミラー 1 3 の反射方向の光路に配置されたリレーレンズ 1 6、ミラー 1 7、ミラー 1 7 の反射方向の光路に配置された受光絞り 1 8、コリメータレンズ 1 9、リングレンズ 2 0、C C D 等の二次元撮像素子 2 2 を備える。例えば、受光絞り 1 8 及び二次元撮像素子 2 2

10

20

30

40

50

は、被検眼 E の眼底と共に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 E の瞳孔と光学的に共役な位置関係となっている。例えば、二次元撮像素子 22 からの出力は、制御部 70 に入力される。

#### 【 0 0 5 9 】

例えば、ダイクロイックミラー 29 は、被検眼 E の眼底に導かれた投影光学系 10a 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、前眼部観察光及びライメント光を透過して、観察光学系 50 に導く。例えば、ダイクロイックミラー 35 は、被検眼 E の眼底に導かれた投影光学系 10a 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。

10

#### 【 0 0 6 0 】

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て瞳孔中心部から眼底反射光を取り出し、二次元撮像素子 22 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。

#### 【 0 0 6 1 】

なお、他覚式測定光学系 10 は上記のものに限らず、被検眼 E の眼底に向けて測定光を投光する投光光学系と、眼底における測定光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、他の測定方式を備えた装置を利用してもよい（例えば、スリットを投影する位相差方式の装置）。

20

#### 【 0 0 6 2 】

例えば、投影光学系 10a の光源 11 と、受光光学系 10b の受光絞り 18、コリメータレンズ 19、リングレンズ 20、二次元撮像素子 22 は、光軸方向に一体的に移動可能となっている。本実施例において、例えば、投影光学系 10a の光源 11 と、受光光学系 10b の受光絞り 18、コリメータレンズ 19、リングレンズ 20、二次元撮像素子 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 10a の光源 11、受光光学系 10b の受光絞り 18、コリメータレンズ 19、リングレンズ 20、二次元撮像素子 22 は、駆動ユニット 95 として同期し、一体的に移動する。もちろん、別途、それぞれが駆動される構成としてもよい。

30

#### 【 0 0 6 3 】

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二次元撮像素子 22 上に入射するように、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 E 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 E の眼底に対して光源 11、受光絞り 18 及び二次元撮像素子 22 が光学的に共役になるようにする。例えば、駆動機構 39 の移動位置は、図示なきポテンショメータによって検出される。なお、ホールミラー 13 とリングレンズ 20 は、駆動ユニット 95 の移動量に拘わらず、被検眼 E の瞳と一定の倍率で共役になるように配置されている。

#### 【 0 0 6 4 】

上記の構成において、光源 11 から出射された測定光束は、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、ダイクロイックミラー 29、対物レンズ 14、を経て被検眼 E 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 によって、ホールミラー 13 における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 E から射出し、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、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 とによって二次元撮像素子 22 にリング状の像が結像する。

40

#### 【 0 0 6 5 】

50

例えば、プリズム 15 は、投影光学系 10a と受光光学系 10b の共通光路に配置されている。例えば、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）の偏心がなかったかのように逆走査される。

#### 【 0 0 6 6 】

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。

#### 【 0 0 6 7 】

##### < 第 1 指標投影光学系及び第 2 指標投影光学系 >

例えば、本実施例においては、第 1 指標投影光学系 45 及び第 2 指標投影光学系 46 が、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。例えば、第 1 指標投影光学系 45 と第 2 指標投影光学系 46 は、筐体 2 のカバーに備えられていてもよい。例えば、この場合には、第 1 指標投影光学系 45 及び第 2 指標投影光学系 46 が、呈示窓 3 の周囲に配置される構成が挙げられる。

10

#### 【 0 0 6 8 】

例えば、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。例えば、第 1 指標投影光学系 45 は、被検眼 E 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。例えば、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た 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、便宜上、図 2 には第 1 指標投影光学系 45 と第 2 指標投影光学系 46 の一部のみを図示している。なお、第 2 指標投影光学系 46 は、被検眼 E 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、第 2 指標投影光学系 46 は、角膜形状測定用の指標としても利用できる。なお、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、リング状の光源やライン状の光源であってもよい。

20

#### 【 0 0 6 9 】

##### < 観察光学系 >

30

例えば、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 とダイクロイックミラー 29 を共用し、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 E の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。これによって、被検眼 E の前眼部画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 E 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 によってアライメント指標像の位置が検出される。

#### 【 0 0 7 0 】

##### < 自覚式検眼装置内部構成 >

40

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、本実施例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、本実施例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、本実施例に係る自覚式検眼装置 1 の内部を上面方向（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 の反射を示す光軸については省略している。また、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。また、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。

#### 【 0 0 7 1 】

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

50

、自覚式測定手段は、測定手段 7、偏向ミラー 8 1、駆動手段 8 2、駆動手段 8 3、ハーフミラー 8 4、凹面ミラー 8 5、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。一例として、ハーフミラー 8 4 を有しない構成であってもよい。この場合、凹面ミラー 8 5 の光軸に対して光束を斜め方向から照射して、その反射光束を被検眼 E に導光するようにしてもよい。例えば、他覚式測定手段は、測定手段 7、偏向ミラー 8 1、ハーフミラー 8 4、凹面ミラー 8 5、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。一例として、ハーフミラー 8 4 を有しない構成であってもよい。この場合、凹面ミラー 8 5 の光軸に対して光束を斜め方向から照射して、その反射光束を被検眼 E に導光するようにしてもよい。

#### 【 0 0 7 2 】

10

例えば、自覚式検眼装置 1 は、左眼用駆動手段 9 L と右眼用駆動手段 9 R とを有し、左眼用測定手段 7 L 及び右眼用測定手段 7 R をそれぞれ X 方向に移動することができる。例えば、左眼用測定手段 7 L 及び右眼用測定手段 7 R が移動されることによって、偏向ミラー 8 1 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 6 0 によって矯正された視標光束を被検眼 E に導光し、矯正光学系 6 0 によって矯正された視標光束の像が被検眼 E の眼底に形成されるように、測定手段 7 を Z 方向に調整することができる。

#### 【 0 0 7 3 】

例えば、偏向ミラー 8 1 は、左右一対にそれぞれ設けられた、右眼用の偏向ミラー 8 1 R と左眼用の偏向ミラー 8 1 L を有する。例えば、偏向ミラー 8 1 は、矯正光学系 6 0 と被検眼 E との間に配置される。すなわち、矯正光学系 6 0 は、左右一対に設けられた左眼用矯正光学系と右眼用矯正光学系とを有しており、左眼用の偏向ミラー 8 1 L は左眼用矯正光学系と左眼 E R の間に配置され、右眼用の偏向ミラー 8 1 R は右眼用矯正光学系と右眼 E R の間に配置される。例えば、偏向ミラー 8 1 は、瞳の共役位置に配置されることが好ましい。

20

#### 【 0 0 7 4 】

例えば、左眼用の偏向ミラー 8 1 L は、左眼用測定手段 7 L から投影される光束を反射し、左被検眼 E L に導光する。また、例えば、左眼用の偏向ミラー 8 1 L は、左被検眼 E L で反射された反射光を反射し、左眼用測定手段 7 L に導光する。例えば、右眼用の偏向ミラー 8 1 R は、右眼用測定手段 7 R から投影される光束を反射し、右被検眼 E R に導光する。また、例えば、右眼用の偏向ミラー 8 1 R は、右被検眼 E R で反射された反射光を反射し、右眼用測定手段 7 R に導光する。なお、本実施例においては、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 8 1 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。偏向部材は、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であればよい。例えば、偏向部材としては、プリズムやレンズ等が挙げられる。

30

#### 【 0 0 7 5 】

例えば、駆動手段 8 2 は、モータ（駆動部）等からなる。例えば、駆動手段 8 2 は、左眼用の偏向ミラー 8 1 L を駆動するための駆動手段 8 2 L と、右眼用の偏向ミラー 8 1 R を駆動するための駆動手段 8 2 R と、を有する。例えば、駆動手段 8 2 の駆動によって、偏向ミラー 8 1 は回転移動する。例えば、駆動手段 8 2 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 8 1 を回転させる。すなわち、駆動手段 8 2 は偏向ミラー 8 1 を XY 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。

40

#### 【 0 0 7 6 】

例えば、駆動手段 8 3 は、モータ（駆動部）等からなる。例えば、駆動手段 8 3 は、左眼用の偏向ミラー 8 1 L を駆動するための駆動手段 8 3 L と、右眼用の偏向ミラー 8 1 R を駆動するための駆動手段 8 3 R と、を有する。例えば、駆動手段 8 3 の駆動によって、偏向ミラー 8 1 は X 方向に移動する。例えば、左眼用の偏向ミラー 8 1 L 及び右眼用の偏向ミラー 8 1 R が移動されることによって、左眼用の偏向ミラー 8 1 L 及び右眼用の偏向ミ

50

ラー 8 1 R との間の距離が変更され、被検眼 E の瞳孔間距離にあわせて、左眼用光路と右眼用光路との間の X 方向における距離を変更することができる。

【 0 0 7 7 】

なお、例えば、偏向ミラーは、左眼用光路と右眼用光路とのそれそれぞれにおいて複数設けられてもよい。例えば、左眼用光路と右眼用光路とのそれそれぞれにおいて、2 つの偏向ミラーが設けられる（例えば、左眼用光路で 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とができる。

10

【 0 0 7 8 】

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、を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、右眼用光路と左眼用光路とで共有される構成でなくてもよい。すなわち、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 E に導光し、矯正光学系を通過した視標光束の像を被検眼 E の眼前に形成する。なお、本実施例においては凹面ミラー 8 5 を用いる構成を例に挙げて説明したが、これに限定されず、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、レンズや平面ミラー等を用いることができる。

20

【 0 0 7 9 】

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 E に投影される。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 E 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、本実施例においては、他覚測定光学系 1 0 による測定光の反射光が、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。例えば、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。

30

【 0 0 8 0 】

より詳細には、例えば、本実施例においては、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。例えば、本実施例においては、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 8 1 】

< 自覚測定手段の光路 >

40

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 E 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 E 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 8 2 】

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が、

50

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 13 から投影された視標光束は、投光レンズ 33 を介して、乱視矯正光学系 63 に入射する。乱視矯正光学系 63 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 7 L から左眼用の偏向ミラー 81 L に向けて投影される。左眼用測定手段 7 L 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 85 によって反射された視標光束は、ハーフミラー 84 を透過して左被検眼 E L に到達する。

#### 【 0 0 8 3 】

これによって、左被検眼 E L 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 により矯正された視標像が左被検眼 E L 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（本実施例においては、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 を介して自然な状態で視標の像を視準することができる。なお、本実施例においては、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 E R 及び E L 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、左右一対の矯正光学系 60 により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、その矯正值に基づいて自覚的に被検眼の光学特性の測定を行う。

#### 【 0 0 8 4 】

##### < 他覚測定手段の光路 >

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が、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 10 a 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 に入射する。補正光学系 90 を通過した測定光は、左眼用測定手段 7 L から左眼用の偏向ミラー 81 L に向けて投影される。左眼用測定手段 7 L 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 85 によって反射された測定光は、ハーフミラー 84 を透過して左被検眼 E L に到達し、左被検眼 E L 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 によって、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。

#### 【 0 0 8 5 】

左被検眼 E L 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 により集光され、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 E の光学特性を測定することができる。

#### 【 0 0 8 6 】

##### < 制御部 >

図 6 は、本実施例に係る自覚式検眼装置 1 の制御系を示す図である。例えば、制御部 70 には、モニタ 4、不揮発性メモリ 75（以下、メモリ 75）、測定手段 7 が備える測定光源 11、撮像素子 22、ディスプレイ 31、二次元撮像素子 52 等の各種部材が電気的に接続されている。また、例えば、制御部 70 には、駆動手段 9、駆動機構 39、回転機構 62 a と 62 b、駆動手段 83、回転機構 92 a と 92 b がそれぞれ備える図示なき駆動

10

20

30

40

50

部が電気的に接続されている。

【 0 0 8 7 】

例えば、制御部 7 0 は、C P U ( プロセッサ ) 、R A M 、R O M 等を備える。例えば、C P U は、自覚式検眼装置 1 における各部材の制御を司る。例えば、R A M は、各種の情報を一時的に記憶する。例えば、R O M 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。

【 0 0 8 8 】

例えば、メモリ 7 5 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、メモリ 7 5 としては、ハードディスクドライブ、フラッシュR O M 、及び自覚式検眼装置 1 に着脱可能に装着されるU S B メモリ等を使用することができる。例えば、メモリ 7 5 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。

10

【 0 0 8 9 】

< 制御動作 >

以下、自覚式検眼装置 1 の制御動作を説明する。なお、本実施例においては、遠用距離にて検査視標が呈示された状態 ( すなわち、遠用状態 ) における被検眼 E の光学特性 ( 他覚眼屈折力及び自覚眼屈折力 ) を測定する場合を例に挙げる。

【 0 0 9 0 】

< 被検眼のアライメント ( ステップ 1 ) >

20

検者は被検者に、頸台 5 に頸を載せて、ディスプレイ 3 1 に表示された固視標を呈示窓 3 から観察するよう指示する。被検眼 E には、第 1 視標投影光学系 4 5 及び第 2 指標投影光学系 4 6 の光源が点灯することによって、アライメント指標像が投影される。また、被検眼 E の前眼部は、前眼部撮像光学系 1 0 0 によって検出される。制御部 7 0 は、被検眼 E の前眼部が検出されると、被検眼 E と測定手段 7 との位置合わせを開始する。すなわち、制御部 7 0 は自動アライメントを開始する。なお、自動アライメントの詳細については、例えば特開 2 0 1 7 - 8 6 6 5 2 号公報を参照されたい。

【 0 0 9 1 】

< 他覚式測定 ( ステップ 2 ) >

30

アライメントが完了すると、制御部 7 0 は他覚式測定光学系 1 0 が備える光源 1 1 から測定光束を照射させる。測定光束は、偏向ミラー 8 1 L と凹面ミラー 8 5 を介して左被検眼 E L の眼底に到達し、眼底で反射された後に、凹面ミラー 8 5 と偏向ミラー 8 1 L を介して撮像素子 2 2 に到達する。同様に、測定光束は、偏向ミラー 8 1 R と凹面ミラー 8 5 を介して右被検眼 E R の眼底に到達し、眼底で反射された後に、凹面ミラー 8 5 と偏向ミラー 8 1 R を介して撮像素子 2 2 に到達する。なお、他覚式測定は、左右被検眼において同時に実施されてもよいし、左右被検眼において異なるタイミングにて実施されてもよい。

【 0 0 9 2 】

例えば、他覚式測定においては、はじめに他覚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 3 1 を光軸 L 2 方向に移動させることで、被検眼 E に対して雲霧がかけられてもよい。すなわち、被検眼 E のピントが合う位置にディスプレイ 3 1 が一旦移動された後、適当な雲霧量となる位置にディスプレイ 3 1 が移動されることによって、被検眼 E に対して雲霧がかけられてもよい。なお、雲霧量の算出についての詳細は、例えば特開 2 0 1 7 - 9 9 6 4 0 号公報を参照されたい。

40

【 0 0 9 3 】

制御部 7 0 は、雲霧がかけられた被検眼 E に対して他覚値の本測定を行う。本測定では、測定画像 ( 前述のリング像 ) が撮像素子 2 2 により撮像され、メモリ 7 5 に記憶される。制御部 7 0 は、リング像を画像解析して各経線方向の眼屈折力を求め、この眼屈折力に対して所定の処理を行うことで、他覚式測定により測定された被検眼 E の光学特性 ( つまり、他覚式測定により測定された球面度数 S と、円柱度数 C と、乱視軸角度 A と、プリズム値 と、の少なくともいずれか ) を取得する。また、制御部 7 0 は、取得した他覚式測定

50

における光学特性をメモリ 75 に記憶する。

【 0094 】

なお、上記の他覚式測定において、制御部 70 は他覚式測定光学系 10 の光路にて生じる光学収差を補正してもよい。この場合には、予備測定で得られた眼屈折力に応じて収差補正量が設定され、設定された収差補正量に基づいて、補正光学系 90 の駆動が制御される。これによって、本測定が他覚式測定光学系 10 の光路にて生じる収差を補正した状態で行われ、光学特性を精度よく測定することができる。眼屈折力を連続的に測定する場合（例えば、本測定を複数回実施する場合等）には、各測定結果に基づいて補正光学系 90 の駆動が制御されてもよい。

【 0095 】

10

< 自覚式測定（ステップ 3）>

他覚式測定が完了すると、検者はモニタ 4 を操作して測定モードを切り換え、被検眼 E に対する自覚式測定を行う。制御部 70 は、他覚式測定において取得された光学特性に基づいて、被検眼 E の眼屈折力が 0 D に矯正されるように、矯正光学系 60 と投光光学系 30 との少なくともいずれかを制御する。この場合、制御部 70 は、円柱レンズ 61a と 61b を回転させることで柱面度数 C と乱視軸角度 A との少なくともいずれかを矯正してもよいし、ディスプレイ 31 を移動させることで球面度数 S を矯正してもよい。これによって、被検眼 E の眼屈折力が 0 D となる矯正度数を取得することができる。なお、制御部 70 は、被検眼 E の眼屈折力が 0 D 以外（例えば、-1 D 等）に矯正されるように、矯正光学系 60 と投光光学系 30 との少なくともいずれかを制御してもよい。また、制御部 70 は、検査視標としてディスプレイ 31 に所要の視力値視標（例えば、視力値 1.0 の視標等）を表示する。

20

【 0096 】

検者は、他覚式測定における光学特性に基づいて設定された矯正度数が被検者にとって適切であるかを判断するために、モニタ 4 に表示された所定のスイッチを選択し、被検者の回答に応じて、ディスプレイ 31 に表示する視力値視標を切り換える。例えば、検者は、被検者の回答が正答の場合には 1 段階高い視力値視標に切り換え、被検者の回答が誤答の場合には 1 段階低い視力値視標に切り換える。つまり、制御部 70 は、モニタ 4 からの視力値視標を変更する信号に基づいて、ディスプレイ 31 に表示する視標を切り換える。

30

【 0097 】

なお、上記の矯正度数が被検者にとって適切でなかった場合等、検者はモニタ 4 を操作して矯正光学系 60 及び投光光学系 30 の矯正度数を変更し、変更後の矯正度数が被検者にとって適切であるかを判断してもよい。例えば、制御部 70 は、検者が適切と判断した場合の矯正度数を、自覚式測定により測定された被検眼 E の光学特性（つまり、自覚式測定により測定された球面度数 S と、柱面度数 C と、乱視軸角度 A と、プリズム値 と、の少なくともいずれか）として取得する。また、制御部 70 は、取得した自覚式測定における光学特性をメモリ 75 に記憶する。

【 0098 】

40

なお、自覚式測定は、左右被検眼において同時に実施されてもよいし、左右被検眼において異なるタイミングで実施されてもよい。異なるタイミングである場合には、非測定眼側のディスプレイ 31 に視力値視標を表示しない構成であってもよいし、矯正光学系 60 によってフォグ（例えば、他覚眼屈折力に対して一定の屈折度数が付加される）を行う構成であってもよい。

【 0099 】

< 自覚式測定中の他覚式測定 >

ここで、本実施例における自覚式検眼装置 1 は、被検眼 E の眼底に測定光を出射してその反射光を受光する受光光学系を有し、被検眼 E の光学特性を他覚的に測定する他覚式測定手段を備える。また、本実施例における自覚式検眼装置 1 は、自覚式測定手段によって被検眼 E の光学特性を自覚的に測定している間に、他覚式測定手段によって被検眼 E の光学特性を他覚的に測定する。これによって、本実施例における自覚式検眼装置 1 は、自覚式

50

測定中（例えば、自覚式測定のプログラムを実行している最中等）に他覚式測定を行うことができる。例えば、このような構成としては、自覚式測定の進行中に他覚式測定を実施する構成や、自覚式測定を一旦停止して他覚式測定を実施する構成等が挙げられる。自覚式測定を一旦停止して他覚式測定を実施した場合には、一旦停止する前に行っていた自覚式測定を再開してもよいし、一旦停止する前に行っていた自覚式測定とは異なる検査項目の自覚式測定を実施してもよい。

#### 【0100】

例えば、被検眼 E の光学特性としては、他覚式測定手段によって被検眼 E の光学特性を他覚的に測定した第 1 光学特性が取得される。また、例えば、被検眼 E の光学特性としては、自覚式測定手段によって被検眼 E の光学特性を自覚的に測定している間に、他覚式測定手段によって被検眼の光学特性を他覚的に測定した第 2 光学特性が取得される。

10

#### 【0101】

例えば、第 1 光学特性は、自覚式測定の開始前に行った他覚式測定において取得された光学特性（すなわち、ステップ 2 で取得された光学特性）が用いられてもよい。もちろん、第 1 光学特性は、自覚式測定中に行われる他覚式測定において取得される光学特性としてもよい。

#### 【0102】

例えば、第 2 光学特性は、自覚式測定の開始後、所定の時間が経過したタイミング（例えば、自覚式測定の開始後 1 分が経過したタイミング等）における他覚式測定で取得される光学特性であってもよい。この場合、第 2 光学特性は、所定の時間が経過したタイミングで 1 回取得されてもよいし、所定の時間が経過したタイミング毎（例えば、1 分間隔毎）に複数回取得されてもよい。すなわち、制御部 70 は、自覚式測定手段によって被検眼 E の光学特性を自覚的に測定している間に、他覚式測定手段によって被検眼 E の光学特性を他覚的に複数回測定してもよい。もちろん、第 2 光学特性は、自覚式測定にて検査視標や矯正度数が変更されたタイミングで取得されてもよい。

20

#### 【0103】

また、本実施例における自覚式検眼装置 1 は、被検眼及び被検眼に入射する視標光束の結像位置が少なくとも描写される眼図 110（図 8 参照）を表示することができる。眼図 110 としては、被検眼 E が描写された図と、被検眼 E に入射する視標光束の結像位置が描写された図と、を少なくとも含むものであればよい。例えば、眼図 110 における視標光束の結像位置は、他覚式測定手段によって他覚的に測定された被検眼 E の光学特性に基づいて変更される。

30

#### 【0104】

以下、眼図 110 について、自覚式測定中に行われる他覚式測定の制御動作を交えて説明する。自覚式測定中の他覚式測定では、他覚式測定手段によって被検眼 E の球面度数 S、柱面度数 C、乱視軸角度 A、等が取得されるが、本実施例では被検眼 E の球面度数 S を眼図 110 に表す場合を一例に挙げる。

#### 【0105】

図 7 はモニタ 4 に表示される操作画面 300 の一例を示す図である。操作画面 300 には、視力値視標や検査視標を切り換えるためのスイッチ 301 の他、シミュレーション画像 323 や眼図 110 等が表示される。例えば、シミュレーション画像 323 は、自覚式測定中における他覚式測定の結果に基づいて生成される被検者が視力値視標や検査視標をみたときの見え方を示す画像であってもよい。

40

#### 【0106】

他覚式測定が終了した状態（すなわち、ステップ 2 が終了した状態）では、他覚式測定によって取得された球面度数 S に基づいた眼図 110 が操作画面 300 に表示される。図 8 は自覚式測定の開始前に表示される眼図 110 を拡大して示す図である。例えば、眼図 110 は、右被検眼 E R に対する視標光束の照射状態を表した右眼図 110 a と、左被検眼 E L に対する視標光束の照射状態を表した左眼図 110 b と、を含んでいる。

#### 【0107】

50

例えば、眼図 110 には、左右被検眼をそれぞれ模した眼球図 e と、他覚式測定手段によって他覚的に測定された球面度数 S に基づいた視標光束の結像位置 t と、が表示される。また、眼図 110 には、視標光束の光線追跡を描写した光線 r ( 言い換えると、被検眼に対して視標光束がどのように入射するかを表す光線 r ) が表示される。例えば、遠用状態にて他覚式測定が行われた場合は、被検眼 E に入射する視標光束が平行光束となるため、眼球図 e に向かう光線 r は平行光束として描写される。また、光線 r は、結像位置 t にて集光するように描写される。なお、このような光線 r は、被検眼 E の瞳孔径に応じて、その光束径を変化させるようにしてもよい。

#### 【 0108 】

例えば、自覚式測定を開始する前の他覚式測定において取得された右被検眼 E R の球面度数 S が -5 D であったとき、右眼図 110 a は図 8 に示すように表示される。また、例えば、自覚式測定を開始する前の他覚式測定において取得された左被検眼 E L の球面度数 S が -2 D であったとき、左眼図 110 b は図 8 に示すように表示される。

10

#### 【 0109 】

ここで、眼図 110 にて描写される光線 r 及び視標光束の結像位置 t は、他覚式測定手段によって取得された球面度数 S によって変化する。図 9 は眼図 110 にて描写される光線 r 及び視標光束の結像位置 t が、球面度数 S により変化することを説明する図である。図 9 ( a ) は被検眼 E の球面度数 S がマイナスの値であった場合である。図 9 ( b ) は被検眼 E の球面度数 S が 0 D であった場合である。図 9 ( c ) は被検眼 E の球面度数 S がプラスの値であった場合である。なお、図 9 では、便宜上、眼図 110 の右眼図 110 a のみを示している。

20

#### 【 0110 】

例えば、被検眼 E が近視眼であり、球面度数 S がマイナスの値 ( 例えば、 -5 D 等 ) であれば、図 9 ( a ) に示すように、結像位置 t は眼球図 e における眼底よりも手前側に位置するように描写される。なお、マイナスの値が大きいほど ( すなわち、例えば、近視が強いほど ) 、結像位置 t は眼底から手前側に離れた位置となる。このため、図 8 では、右眼図 110 a における視標光束の結像位置 t が、左眼図 110 b における視標光束の結像位置 t よりも、眼球図 e の眼底から手前側に離れて位置するように描写される。

#### 【 0111 】

例えば、被検眼 E が正視眼であり、球面度数 S が 0 の値 ( つまり、 0 D ) であれば、図 9 ( b ) に示すように、結像位置 t は眼球図 e における眼底に一致するように描写される。例えば、被検眼 E が遠視眼であり、球面度数 S がプラスの値 ( 例えば、 +3 D 等 ) であれば、図 9 ( c ) に示すように、結像位置 t は眼球図 e における眼底よりも奥側に位置するように描写される。なお、プラスの値が大きいほど ( すなわち、例えば、遠視が強いほど ) 、結像位置 t は眼底から奥側に離れた位置となる。

30

#### 【 0112 】

例えば、検者は、他覚式測定が終了した状態 ( すなわち、ステップ 2 が終了した状態 ) から、自覚式測定を開始するためにモニタ 4 を操作して測定モードを切り換える。制御部 70 は、他覚式測定にて取得した光学特性に応じてディスプレイ 31 を光軸 L 2 方向へ移動させ、被検眼 E の球面度数 S を矯正する。例えば、本実施例では、制御部 70 が、ディスプレイ 31 の位置を、自覚式測定を開始する前の位置 ( 初期位置 ) から -5 D に対応する位置に移動させることで、右被検眼 E R の球面度数 S を矯正する。このとき、ディスプレイ 31 とともに、投影光学系 10 a と受光光学系 10 b が同期して光軸 L 1 方向に移動するため、球面度数 S の矯正度数の変更により、撮像素子 22 が撮像する測定画像 ( リング像 ) が変化する。なお、左被検眼 E L に対して球面度数 S を矯正する場合については、右被検眼 E R の場合と同様に考えることができるため、本実施例では説明を省略する。

40

#### 【 0113 】

例えば、ディスプレイ 31 が初期位置から -5 D に対応する位置へと徐々に近づいていくと、撮像素子 22 が撮像するリング像も徐々に変化する。例えば、制御部 70 は、自覚式測定を行っている間にもリング像を画像解析することによって、他覚式測定における球面

50

度数  $S$  を取得する。例えば、本実施例では、自覚式測定中の他覚式測定において取得される光学特性が、短い時間間隔（例えば、0.1秒間隔等）で1回目、2回目、3回目・・・ $n$ 回目と遂次取得され、それぞれのリング像が画像解析される。これによって、制御部70は、ディスプレイ31の移動にともなう他覚式測定の球面度数  $S$  をリアルタイムに取得することができる。

#### 【0114】

また、例えば、制御部70は、他覚式測定手段による複数回の測定によって新たに光学特性が測定されるのに応じて、新たな光学特性に基づいてモニタ4に表示した眼図110の結像位置  $t$  を変更して表示する。例えば、本実施例においては、制御部70が、他覚式測定において光学特性を取得した回数に応じて結像位置  $t$  を変更してもよい。言い換えると、制御部70は、他覚式測定結果を取得するたびに眼図110における結像位置  $t$  を更新してもよい。これによって、制御部70は、眼図110における結像位置  $t$  の表示位置をリアルタイムに変更することができる。

10

#### 【0115】

図10は新たに取得された光学特性に基づいて結像位置  $t$  が変更された眼図110である。図10(a)は結像位置  $t$  の変更が途中の状態であり、図10(b)は結像位置  $t$  の変更が完了した状態である。例えば、結像位置が変更された眼図110には、眼球図e、光線r、結像位置  $t$  、被検眼Eに入射する視標光束の光学特性を変化させる矯正光学系の描写、等が表示される。例えば、矯正光学系の描写とは、矯正レンズを模した図（後述する矯正レンズ図120）であっても、プリズムを模した図であっても、コンタクトレンズを模した図であってもよい。例えば、本実施例においては、前述のようにディスプレイ31が徐々に移動することで、眼図110に表示された光線r、結像位置  $t$  、及び矯正レンズ図120が変化し、図10(a)に示す状態から図10(b)に示す状態となる。また、眼図110に表示された矯正レンズ図120が変化する。

20

#### 【0116】

例えば、制御部70は、矯正光学系が変更されるに応じて、矯正光学系の描写を、変更された矯正光学系の描写に変更して表示する。例えば、検者によって矯正度数がマイナスの値に設定されたとき、制御部70は、矯正レンズ120としてマイナスレンズを模した図を眼図110に表示する。また、例えば、検者によって矯正度数がプラスの値に設定されたとき、制御部70は、矯正レンズ120としてプラスレンズを模した図を眼図110に表示する。つまり、矯正レンズ図120は、被検眼Eの矯正度数に対応して、プラスレンズあるいはマイナスレンズを模した図が選択される。なお、本実施例では、右被検眼E Rの球面度数  $S$  を-5Dに矯正しているので、眼図110にはマイナスレンズを模した矯正レンズ図120が表示される。

30

#### 【0117】

例えば、矯正レンズ図120は、被検眼Eの矯正度数に応じてその厚みを変化させてもよい。例えば、制御部70は、マイナスレンズを模した矯正レンズ図120である場合には、矯正度数が0Dからマイナス側に離れた度数であるほど、矯正レンズ図の周辺部（レンズの縁の部分）が厚くなるように、矯正レンズ図120の厚みを変化させてもよい。また、例えば、制御部70は、プラスレンズを模した矯正レンズ図120である場合には、矯正度数が0Dからプラス側に離れた度数であるほど、矯正レンズ図の中心部が厚くなるように、矯正レンズ図120の厚みを変化させてもよい。

40

#### 【0118】

なお、本実施例では、球面度数  $S$  の矯正光学系がディスプレイ31の移動により構成されているため、ディスプレイ31の位置に対応する球面度数  $S$  のレンズを被検眼Eの眼前に挿入した状態と同じであるとして考えることができる。例えば、ディスプレイ31が初期位置（0Dに対応する位置）から-5Dに対応する方向に移動することで、眼図110における眼球図eの前には矯正レンズ図120が表示される。また、例えば、ディスプレイ31が-1D、-2D、・・・、-5Dに対応する位置へと徐々に移動することで、眼図110に表示された矯正レンズ図120は徐々に厚くなる。なお、このとき、眼図110

50

には、矯正レンズ図 120 に対応した矯正度数が数値として示されてもよい。

【0119】

また、例えば、制御部 70 は、矯正光学系が変更されるに応じて、矯正光学系による視標光束の光線追跡の描写を、変更された矯正光学系における視標光束の光線追跡の描写に変更して表示する。すなわち、本実施例においては、制御部 70 が、矯正光学系の配置（ここでは、ディスプレイ 31 の位置）が変更されるにともなって、矯正光学系の配置に対応した視標光束の光線追跡を描写した光線  $r$  を眼図 110 に表示する。これによって、眼図 110 における視標光束の結像位置は、結像位置  $t$  から結像位置  $t'$  へと徐々に移動する。

【0120】

例えば、このように、被検眼 E における視標光束の結像位置  $t$  が眼図 110 においてリアルタイムに表示されることによって、検者は被検眼 E の矯正状態を把握しやすくなる。また、検者は被検眼 E をどのように矯正すればよいのかを判断しやすくなる。以下、眼図 110 を用いながら自覚式測定を行う検者の動作について説明する。

【0121】

検者は、被検眼のアライメント（ステップ 1）及び他覚式測定（ステップ 2）を終えると、モニタ 4 を操作して測定モードを切り換える。制御部 70 は、自覚式測定の前に行つた他覚式測定における光学特性に基づいて矯正度数を設定し、ディスプレイ 31 を矯正度数に対応する位置まで移動させる。例えば、検者は、この状態から自覚式測定（ステップ 3）を開始する。

【0122】

ここで、測定モードを切り換えた際に設定される初期の矯正度数は、前述したように被検眼 E の眼屈折力が 0 D となる矯正度数であるが、自覚式測定により取得される光学特性と、自覚式測定中の他覚式測定により取得される光学特性とは必ずしも一致しない。すなわち、眼図 110 において、視標光束の結像位置  $t$  と、眼球図 e の眼底（後述する目標位置 130）と、は必ずしも一致しない。例えば、初期の矯正度数では被検眼 E を矯正しすぎている場合（言い換えると、過矯正になっている場合）や、矯正が不足している場合には、このような状態となることがある。

【0123】

図 11 は初期の矯正度数にて矯正した場合の眼図 110 を示している。図 11 (a) は被検眼 E を矯正しすぎている場合の一例である。図 11 (b) は被検眼 E の矯正が不足している場合の一例である。例えば、検者は、自覚式測定を開始する際に、操作画面 300 に表示された眼図 110 を確認する。例えば、眼図 110 が図 11 (a) に示す状態になっていたとき、検者は、視標光束の結像位置  $t$  が目標位置 130 よりも奥側に位置するため、初期の矯正度数では被検眼 E を矯正しすぎていると判断することができる。また、検者は、眼図 110 を確認することで、視標光束の結像位置  $t$  を目標位置 130 に一致させるためには、被検眼 E の矯正度数を弱くする必要があると判断することができる。

【0124】

そこで、検者は、操作画面 300 のスイッチ 301 を操作して、初期の矯正度数よりも弱くなるように、新たな矯正度数を設定する。制御部 70 は、新たな矯正度数に対応する位置にディスプレイ 31 を移動させる。眼図 110 には、前述のように結像位置  $t$  の変化がリアルタイムに表示されるので、検者は新たな矯正度数を設定した状態で表示された眼図 110 を確認し、視標光束の結像位置  $t$  が目標位置 130 に一致していなかった場合には、再び矯正度数を設定してもよい。例えば、検者は、眼図 110 を確認しながら、被検眼 E の矯正度数を初期の矯正度数から少しずつ弱めることで、結像位置  $t$  を目標位置 130 に近づけることができる。また、検者は、結像位置  $t$  と目標位置 130 とが一致したときに、被検眼 E の矯正状態が適切になったと判断することができる。

【0125】

また、例えば、自覚式測定を開始する際に表示された眼図 110 が図 11 (b) に示す状態になっていたとき、検者は、視標光束の結像位置  $t$  が目標位置 130 よりも手前側に位置するため、被検眼 E の矯正が不足していると判断することができる。また、検者は、

10

20

30

40

50

眼図 110 を確認することで、視標光束の結像位置  $t$  を目標位置 130 に一致させるためには、被検眼 E の矯正度数を強くする必要があると判断することができる。例えば、検者は、眼図 110 を確認しながらスイッチ 301 を操作して、初期の矯正度数を少しづつ強めるように新たな矯正度数を設定する。また、検者は、必要に応じて矯正度数を変更しながら結像位置  $t$  を目標位置 130 に近づけていき、結像位置  $t$  と目標位置 130 とが一致したときに、被検眼 E の矯正状態が適切になったと判断することができる。

#### 【0126】

以上説明したように、例えば、本実施例における自覚式検眼装置は、自覚式測定手段によって被検眼の光学特性を自覚的に測定している間に、他覚式測定手段によって被検眼の光学特性を他覚的に測定し、被検眼及び被検眼に入射する視標光束の結像位置が少なくとも描寫される眼図の結像位置を、他覚式測定手段によって他覚的に測定された光学特性に基づいて表示する。これによって、検者は、眼図の結像位置を確認することで、自覚式測定において変更した矯正度数が被検眼に対して適切であるかを容易に判断することができる。

10

#### 【0127】

また、例えば、本実施例における自覚式検眼装置は、自覚式測定手段によって被検眼の光学特性を自覚的に測定している間に、他覚式測定手段によって被検眼の光学特性を他覚的に複数回測定し、新たに光学特性が測定されるのに応じて、新たな光学特性に基づいて眼図の結像位置を変更して表示する。これによって、眼図がリアルタイムに変更されるため、検者は、眼図を確認しながら被検眼に対する矯正度数を変更することで、被検眼に適した矯正度数となったかを容易に判断することができる。

20

#### 【0128】

また、例えば、本実施例における自覚式検眼装置は、眼図に矯正光学系の描寫を含み、矯正光学系が変更されるに応じて、変更された矯正光学系の描寫に変更して表示する。これによって、検者は、眼図を確認することで、矯正光学系の矯正状態の変化を把握することができる。

#### 【0129】

また、例えば、本実施例における自覚式検眼装置は、眼図に矯正光学系による視標光束の光線追跡の描寫を含み、矯正光学系が変更されるに応じて、矯正光学系による視標光束の光線追跡の描寫を、変更された光線追跡の描寫に変更して表示する。これによって、検者は、眼図を確認することで、被検眼 E に対する視標光束の入射がどのように変化したかを理解することができる。

30

#### 【0130】

また、例えば、本実施例における自覚式検眼装置は、眼図における結像位置についての理解を補助するためのガイド情報を表示する。このため、検者は、ガイド情報を参考にして、被検眼の光学特性を理解することができる、また、検者は、ガイド情報を参考にして被検眼の矯正度数を変更し、結像位置を変化させることができる。

40

#### 【0131】

##### <変容例>

なお、本実施例においては、眼図 110 を操作画面 300 に表示す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、眼図 110 は、プリンタ等を用いて印刷されてもよい。また、眼図 110 は、ディスプレイやタブレット端末等への表示、プリンタ等を用いた印刷、外部メモリ（例えば、USB メモリ等）への保存、等により出力可能な構成であってもよい。

#### 【0132】

なお、本実施例においては、自覚式測定中に他覚式測定を開始するためのトリガが測定モードを切り換えた時であ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、自覚式測定中に他覚式測定を開始するためのトリガは、自覚式測定のプログラムが開始された時、投光光学系 30 や矯正光学系 60 の駆動を開始した時、検査視標の切り換え時、複数の検査項目における自覚式測定と自覚式測定との間、等の少なくともいずれかであってもよい。もちろん、自覚式測定中に他覚式測定を開始するためのトリガは、前述のタイミ

50

ング以外でもよい。なお、自覚式測定中に他覚式測定を開始するタイミングとしては、検者が任意のタイミングで行う構成でもよいし、前述のトリガに基づいて自動で行われる構成でもよい。

#### 【0133】

なお、本実施例においては、他覚式測定手段によって新たに光学特性が取得されるのに応じて、眼図110の結像位置 $t$ を変更して表示しているがこれに限定されない。例えば、眼図110における結像位置 $t$ は、他覚式測定において光学特性を取得した回数に対して、一定の回数毎に変更される構成であってもよい。この場合には、例えば、複数回取得された光学特性に対して、偶数回あるいは奇数回のみ結像位置 $t$ を変更してもよい。また、この場合、例えば、複数回取得された光学特性に対して、一定の回数毎（例えば、5回毎等）に結像位置 $t$ を変更してもよい。

10

#### 【0134】

また、例えば、本実施例における自覚式検眼装置1は、結像位置 $t$ を変更するか否かを判定する構成を備え、その判定結果に基づいて結像位置 $t$ を変更して表示してもよい。例えば、制御部70は、自覚式測定中の他覚式測定において光学特性が1回目、2回目、3回目・・・ $n$ 回目と遂次取得された場合に、 $n$ 回目に取得された光学特性と、 $n-1$ 回目に取得された光学特性と、をそれぞれ比較し、これらが異なっていたときに、結像位置 $t$ を変更すると判定してもよい。また、例えば、本実施例における自覚式検眼装置1は、 $n$ 回目に取得された光学特性と、 $n-1$ 回目に取得された光学特性と、が異なっていても、その度数が所定の閾値以内（例えば、0.25D以内等）であった場合には、結像位置 $t$ を変更しないと判定してもよい。例えば、所定の閾値は、検者が任意の値を入力することで設定される構成でもよいし、予め実験やシミュレーション等により設定された構成でもよい。

20

#### 【0135】

なお、本実施例においては、自覚式測定中の他覚式測定を遠用状態にて行う場合を例に挙げて説明したがこれに限定されない。例えば、遠用状態と同様に、近用状態においても、自覚式測定手段によって被検眼Eの光学特性を自覚的に測定している間に、他覚式測定手段によって被検眼Eの光学特性を他覚的に測定することができる。図12は近用状態において自覚式測定中に他覚式測定を行った場合の眼図110である。例えば、近用状態にて他覚式測定が行われた場合、眼図110には、検査視標の呈示が近用距離であることを示すマーク140を描写してもよい。なお、近用状態にて他覚式測定が行われた場合は、被検眼Eに入射する視標光束が拡散光束となるため、眼球図eに向かう光線 $r$ は拡散光束として描写される。もちろん、近用状態にて被検眼Eを矯正した場合には、眼図110に矯正レンズ図120を描写してもよい。

30

#### 【0136】

なお、本実施例においては、被検眼Eの球面度数 $S$ を眼図110に表す場合を例に挙げて説明したがこれに限定されない。例えば、被検眼Eの柱面度数 $C$ 及び乱視軸角度 $A$ を眼図110に表すこともできる。図13は柱面度数 $C$ 及び乱視軸角度 $A$ を表した眼図110である。眼図110には、眼球図e、視標光束の結像位置、視標光束の光線追跡を描写した光線、等が表示される。例えば、被検眼Eが柱面度数 $C$ をもつ場合には、視標光束の入射方向によって結像位置が異なるため、2箇所に結像位置が形成される。例えば、図13では、視標光束の入射方向が水平方向（言い換えると、乱視軸角度 $A$ が0度または180度）と垂直方向（言い換えると、乱視軸角度 $A$ が90度または270度）である場合を一例として示している。このため、眼図110には、結像位置として、垂直方向の結像位置 $t$ 1（言い換えると、前焦線 $t$ 1）と、水平方向の結像位置 $t$ 2（言い換えると、後焦線 $t$ 2）と、を表示してもよい。また、被検眼Eが柱面度数 $C$ をもつ場合には、視標光束の光線追跡を描写した光線の入射方向を示すマーク150が表示され、入射方向毎の光線（すなわち、垂直方向の光線 $r$ 1と水平方向の光線 $r$ 2）が描写される。さらに、例えば、眼図110には、前焦線 $t$ 1と後焦線 $t$ 2とによりつくられる最小錯乱円 $K$ を表示してもよい。なお、視標光束の入射方向が水平方向及び垂直方向でない場合（例えば、被検眼Eの

40

50

乱視軸角度 A が 45 度であった場合等)には、光線の入射方向を示すマーク 150 を乱視軸角度 A に基づいて回転させ、これにともなって光線や結像位置の描写を変更してもよい。

#### 【0137】

例えば、自覚式測定において柱面度数 C を矯正する場合、制御部 70 は、乱視矯正光学系 63 を構成する円柱レンズ 61a 及び 61b を回転させることで、柱面度数 C を矯正する。例えば、本実施例においては、他覚式測定光学系 10 が、矯正光学系において柱面度数 C を矯正する部分(すなわち、乱視矯正光学系 63)を介さないので、自覚式測定において柱面度数 C を矯正しても、撮像素子 22 が撮像する測定画像(リング像)は変化しない。このため、制御部 70 は、自覚式測定にて矯正した柱面度数 C を考慮した演算処理を行い、他覚式測定における柱面度数 C を計算によって取得する。例えば、柱面度数 C を表した眼図 110においては、このようにして取得された柱面度数 C に基づいて、結像位置 t1 及び t2 が表示されてもよい。なお、球面度数 S を矯正する場合には、他覚式測定光学系 10 が、矯正光学系において球面度数 S を矯正する部分(すなわち、ディスプレイ 31)と一体的に移動する。つまり、他覚式測定光学系 10 が球面度数 S を矯正する部分を介する構成とみなすことができる。このため、他覚式測定において測定された球面度数 S に対して演算処理を行うことなく、眼図 110 の結像位置 t を表示することができる。

10

#### 【0138】

なお、本実施例における自覚式検眼装置 1 は、眼図 110 における視標光束の結像位置 t についての理解を補助するためのガイド情報を表示するようにしてもよい。例えば、ガイド情報は、シミュレーション画像 323(図 7 参照)、度数ガイド 160、被検眼 E の調節可能範囲、等の少なくともいずれかである。例えば、これらのガイド情報は、自覚式測定の検査項目等に対応して、眼図 110 とともに少なくともいずれかを表示する構成としてもよい。もちろん、複数を組み合わせて表示する構成であってもよい。

20

#### 【0139】

ガイド情報としてシミュレーション画像 323 が用いられる場合について説明する。例えば、シミュレーション画像 323 は、被検者が視力値視標や検査視標みたときの見え方を示す画像である。例えば、シミュレーション画像 323 は、左右被検眼のそれぞれにおける見え方を示したシミュレーション画像であってもよいし、両眼での見え方を示したシミュレーション画像であってもよい。例えば、シミュレーション画像 323 は、自覚式測定中に取得された他覚式測定の光学特性に基づいて生成される。この場合、シミュレーション画像 323 はリアルタイムに生成され、これが操作画面 300 に表示されてもよい。

30

#### 【0140】

例えば、自覚式測定にて視力検査を行い、被検眼 E の矯正度数を変更した場合、被検眼 E を矯正しすぎているときや被検眼 E の矯正が不足しているとき等には、シミュレーション画像 323 に表示された視力値視標のぼやけ具合等が、他覚式測定の光学特性に基づいて変更される。被検眼 E が乱視眼であれば、シミュレーション画像 323 として乱視表を表示し、乱視表のぼやけ具合等を他覚式測定の光学特性に基づいて変更してもよい。また、例えば、自覚式測定にて二色テスト(言い換えると、赤緑テスト)を行った場合、シミュレーション画像 323 としては、二色テスト視標が表示されてもよい。例えば、このときには、シミュレーション画像 323 に表示された二色テスト視標の鮮明度等が、他覚式測定の光学特性に基づいて変更されてもよい。

40

#### 【0141】

例えば、検者はこのようなシミュレーション画像 323 を確認することで、眼図 110 における視標光束の結像位置 t がそれぞれの位置に変更された場合に、被検眼 E の見え方を想像しながら自覚式検査を進めることができる。なお、上記においては、シミュレーション画像 323 が他覚式測定の光学特性に基づいて生成される場合を例に挙げて説明したがこれに限定されない。例えば、シミュレーション画像 323 は、光学特性に対応した見え方を示す画像を予めメモリ 75 に記憶しておき、これを呼び出すことで表示されてもよい。また、例えば、シミュレーション画像 323 は、高次収差情報に基づいて生成されてもよい。

50

## 【0142】

ガイド情報として度数ガイドが用いられる場合について説明する。例えば、度数ガイドは、被検眼 E の矯正度数を設定する際の目安を表したスケールであってもよい。図 14 は度数ガイド 160 の一例である。例えは、度数ガイドは、眼図 110 における眼球図 e の眼底を基準として、その手前側と奥側に所定の度数間隔で縦線 161 が並べられていてよい。例えは、縦線 161 は、他覚式測定における被検眼 E の眼屈折力を示しており、各縦線に対応する眼屈折力が数値 162 として表される。例えは、検者は、眼図 110 とともに度数ガイド 160 が表示されることで、被検眼 E を矯正する矯正度数を把握しやすくなる。例えは、図 14 のように、眼図 110 における視標光束の結像位置  $t$  が、度数ガイド 160 において +0.5 D を示す縦線 161 の位置にあった場合、検者は現在の矯正度数から -0.5 D だけ差し引いた矯正度数を新たに設定すれば、被検眼 E の矯正度数を 0 D にするとができると判断することができる。なお、図 14 に示す度数ガイド 160 は一例であり、その表示位置や度数間隔等は本実施例に限定されない。

## 【0143】

ガイド情報として被検眼 E の調節可能範囲が用いられる場合について説明する。例えは、被検眼 E の調節可能範囲は、アコモドメータ等を用いて予め測定し、制御部 70 がこの測定結果を取得するようにしてもよい。また、被検眼 E の調節可能範囲は、自覚式検眼装置 1 を用いて取得した後述するずれ情報等を用いるようにしてもよい。例えは、被検眼 E の調節可能範囲は、被検眼 E がもつ調節機能で対応可能な範囲が図として示されてもよい。図 15 は調節可能範囲を示す図の一例である。例えは、被検眼 E の調節可能範囲を表す図 180 としては、図 15 のようにバー表示される構成であってもよく、この場合にはバーの長さと被検眼 E の調節力とが対応して表示される。なお、被検眼 E の調節可能範囲を表す図 180 はバー表示に限定されず、被検眼 E の調節可能範囲を可視化できる表示であればよい。例えは、検者は、眼図 110 とともに被検眼 E の調節可能範囲を表す図 180 が表示されることで、被検眼 E を 0 D に矯正したときに（視標光束の結像位置  $t$  を眼球図 e の眼底に位置させたときに）、被検眼 E がどれくらいの調節力を使っているかを判断することができる。例えは、被検眼 E が 3 D 相当の調節力をもっており、図 15 に示すように眼図 110 の結像位置  $t$  がバー表示の 3 分の 1 程度の位置にあった場合には、被検眼 E の調節力に 1 D 相当の余裕があると判断することができる。なお、上記では、被検眼 E の調節可能範囲を図として表しているが、被検眼 E の調節可能範囲を数値として表す構成であってもよい。

## 【0144】

なお、本実施例においては、自覚式測定中に他覚式測定を測定し、測定した光学特性に基づいて、眼図 110 の結像位置  $t$  が表示される構成を例に挙げたがこれに限定されない。例えは、眼図 110 において、被検眼 E の光学特性を自覚的に測定している間に、他覚式測定を測定した光学特性（例えは、第 2 光学特性）とともに、他のタイミングで取得された光学特性（例えは、第 1 光学特性）が比較可能に表示されるようにしてもよい。この場合、例えは、制御手段（例えは、制御部 70）は、被検眼の光学特性として、他覚式測定手段によって被検眼の光学特性を他覚的に測定して第 1 光学特性を取得するとともに、自覚式測定手段によって被検眼の光学特性を自覚的に測定している間に、他覚式測定手段によって被検眼の光学特性を他覚的に測定して第 2 光学特性を取得してもよい。例えは、表示制御手段（例えは、制御部 70）は、結像位置として、第 1 光学特性に基づく第 1 結像位置と、第 2 光学特性に基づく第 2 結像位置と、を比較可能に表示するようにしてもよい。例えは、第 1 光学特性は、自覚式測定の開始前に行った他覚式測定において取得された光学特性が用いられてもよい。このとき、例えは、雲霧がかけられた後、雲霧がかけられた被検眼に対して、第 1 光学特性を取得するための眼屈折力の本測定が行われてもよい。このように、雲霧をかけることによって、被検眼の調節機能を抑制することができ、調整機能の抑制された状態での第 1 光学特性を取得することができる。もちろん、第 1 光学特性は、自覚式測定中に行われる他覚式測定において取得される光学特性としてもよい。

## 【0145】

10

20

30

40

50

例えば、第1光学特性に基づく第1結像位置と、第2光学特性に基づく第2結像位置と、を比較可能に表示する構成としては、眼図110に第1結像位置と第2結像位置とを表示するようにしてもよい。なお、例えば、眼図110に第1結像位置と第2結像位置とを表示する場合、眼図110に第1結像位置と第2結像位置とを重畠して表示してもよい。また、例えば、眼図に第1結像位置と第2結像位置とを表示する場合、第1結像位置が含まれる眼図110と第2結像位置が含まれる眼図110とが並べて表示されるようにしてもよい。

#### 【0146】

また、例えば、第1光学特性に基づく第1結像位置と、第2光学特性に基づく第2結像位置と、を比較可能に表示する構成としては、第1結像位置と第2結像位置とのずれ情報を取得して表示するようにしてもよい。なお、例えば、ずれ情報は、第1光学特性と第2光学特性に基づいて取得される構成であればよい。例えば、ずれ情報としては、調節情報であってもよい。また、例えば、ずれ情報としては、第1結像位置と第2結像位置との間にずれがあることを示す情報であってもよい。

10

#### 【0147】

例えば、調節情報は、第1光学特性と、第2光学特性と、を差分処理することによって取得された情報であってもよい。例えば、差分処理することで取得される調節情報は、第1光学特性と第2光学特性とのパラメータの差分結果であってもよい。例えば、差分結果は、数値、グラフ等で表示するようにしてもよい。例えば、リアルタイムに他覚式測定または複数回の他覚式測定を行う場合に、それらの差分結果が連続的に表示されるようにしてもよい。このような構成とすれば、光学特性の変動状態を確認することができる。

20

#### 【0148】

より詳細に説明する。例えば、図16は、眼図110において、第1光学特性に基づく第1結像位置190と、第2光学特性に基づく第2結像位置200と、が表示された一例を示す図である。なお、図16において、第1結像位置190は、雲霧がかけられた後に測定された第1光学特性に基づく結像位置である。例えば、第1結像位置190は、自覚測定が開始される前に他覚式測定において取得された第1光学特性に基づいて表示されている。また、例えば、第2結像位置200は、自覚測定が開始される前に他覚式測定において取得された第1光学特性に基づいて表示されている。例えば、第2結像位置200は、自覚式測定中において取得される第2光学特性に基づいて、その結像位置が変更される。すなわち、第1結像位置190に対して、第2結像位置200が、逐次測定される第2光学特性に基づいて変更される。例えば、検者は、眼図110において、第1光学特性に基づく第1結像位置190と、第2光学特性に基づく第2結像位置200と、が表示されることで、第1結像位置190と第2結像位置200とを確認しながら、自覚式測定を行うことができる。一例として、検者は、第1結像位置190と第2結像位置200とを確認することで、自覚式測定中において、調節（被検眼がもつ調節機能）が働いているかどうかを確認することもできる。なお、例えば、眼図110には、第1結像位置190と第2結像位置200とが表示されるとともに、ずれ情報が表示されるようにしてもよい。また、眼図110は、被検眼Eの調節状態によって、眼球図eにおける水晶体の厚みを変化させるように描写してもよい。

30

#### 【0149】

例えば、本実施例における自覚式検眼装置がこのような構成であることによって、検者は、被検眼の光学特性が第1光学特性から第2光学特性に変化したことを容易に理解することができる。また、検者は、第1光学特性と第2光学特性にどれくらいの違いがあるかを確認することができる。

40

#### 【0150】

なお、本実施例においては、自覚式測定として被検眼Eの視力検査を行った場合の眼図110について説明したがこれに限定されない。例えば、自覚式測定として2色テストを行った場合には、眼図110として、眼球図e、赤色光束と緑色光束を表す光線、赤色光束と緑色光束のそれぞれが結像する結像位置、等を表示してもよい。例えば、2色テストを

50

行った場合には、自覚式測定中に取得した他覚式測定の光学特性と、各色の光束の波長と、を用いて、赤色光束と緑色光束のそれぞれが結像する結像位置を演算により求めることができる。例えば、制御部 70 は、他覚式測定の光学特性をリアルタイムに取得することで、赤色光束と緑色光束の結像位置を変更してもよい。

【 0 1 5 1 】

なお、本実施例においては、眼図 110 に表示される視標光束の結像位置  $t$  を、被検眼 E の実際の眼屈折力に対応する位置に表示する構成であってもよいし、実際の眼屈折力に対応する位置から強調させて表示する構成であってもよい。例えば、強調させる場合には、+ 0.5 D 等の小さな眼屈折力の変化をより理解しやすくなる。

【 0 1 5 2 】

なお、本実施例における自覚式検眼装置 1 は、眼図 110 を操作することで被検眼 E の矯正状態を変更することが可能な構成としてもよい。例えば、この場合には、検者が眼図 110 に表示された結像位置  $t$  を合わせたい位置をタッチすると、選択された位置に結像位置  $t$  を合わせるための矯正度数が計算され、これに基づいて矯正光学系が制御されるようにしてよい。

【 0 1 5 3 】

また、本実施例における自覚式検眼装置 1 は、被検眼 E の矯正状態を示す眼図 110 を複数並べて表示することが可能な構成であってもよい。もちろん、眼図 110 とともに、眼図 110 に対応したシミュレーション画像 323 等が並べて表示されてもよい。

【 符号の説明 】

【 0 1 5 4 】

1 自覚式検眼装置

2 筐体

4 モニタ

5 頸台

7 測定手段

1 0 他覚式測定光学系

2 5 自覚式測定光学系

3 0 投光光学系

4 5 第 1 指標投影光学系

4 6 第 2 指標投影光学系

5 0 観察光学系

6 0 矯正光学系

7 0 制御部

7 5 メモリ

8 1 偏向ミラー

8 4 ハーフミラー

8 5 凹面ミラー

9 0 補正光学系

1 0 0 前眼部撮像光学系

1 1 0 眼図

10

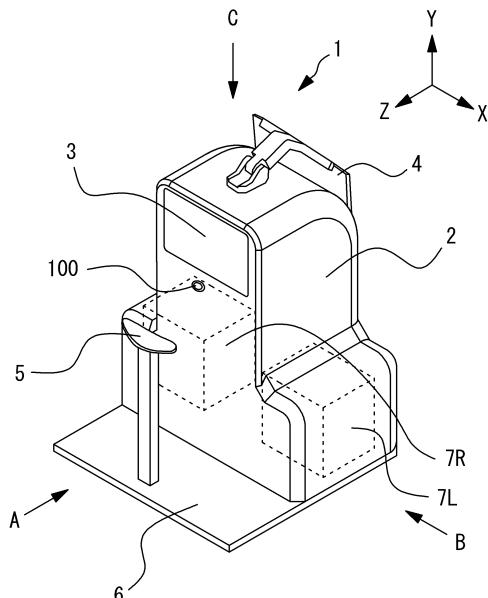
20

30

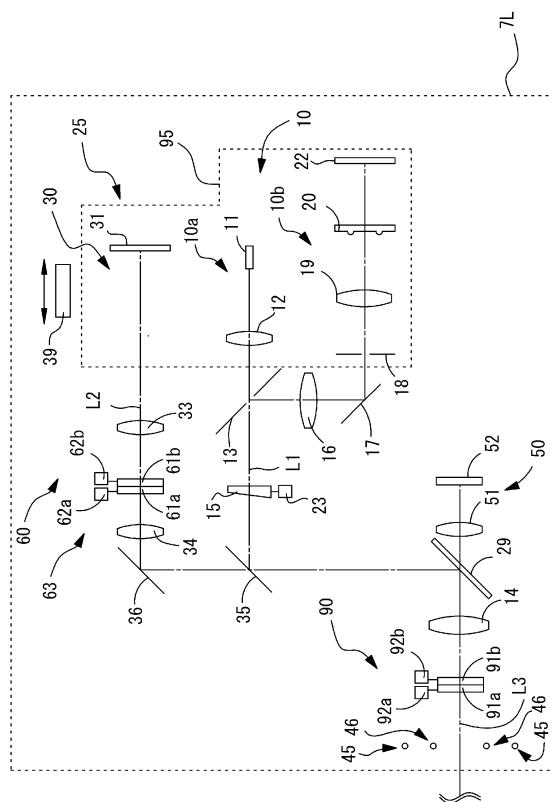
40

50

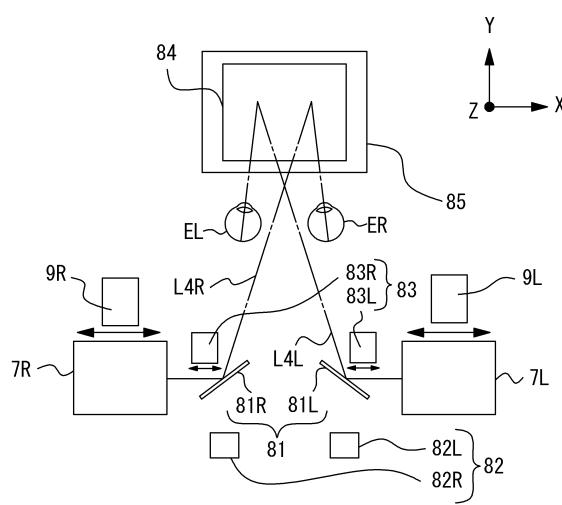
【図面】  
【図 1】



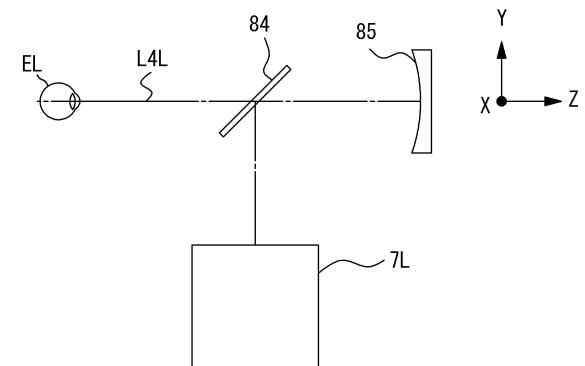
【 図 2 】



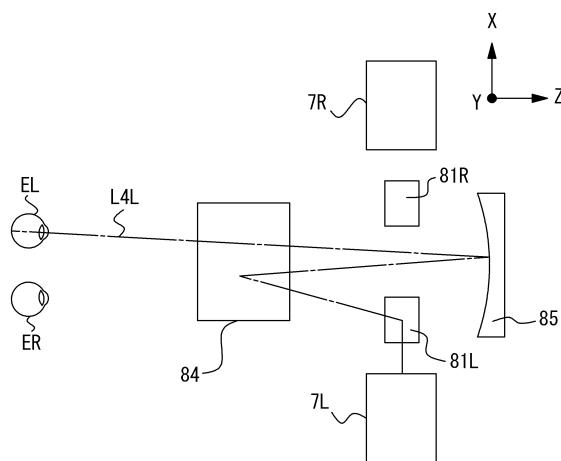
【 図 3 】



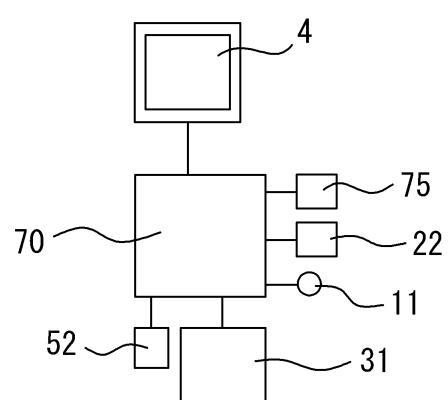
【図4】



【図 5】

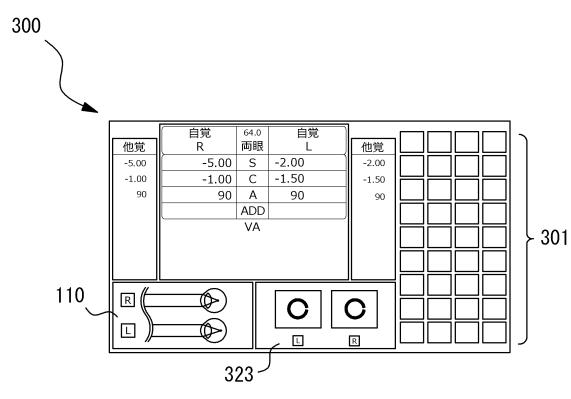


【図 6】



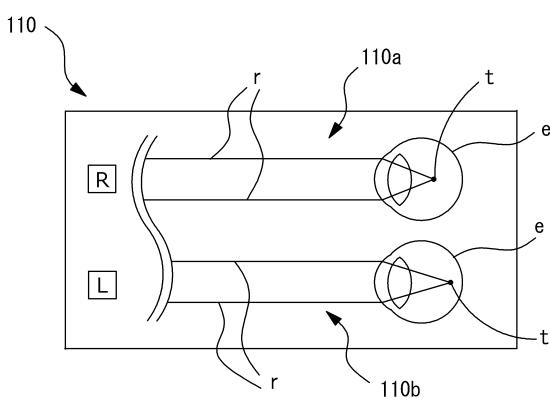
10

【図 7】



20

【図 8】

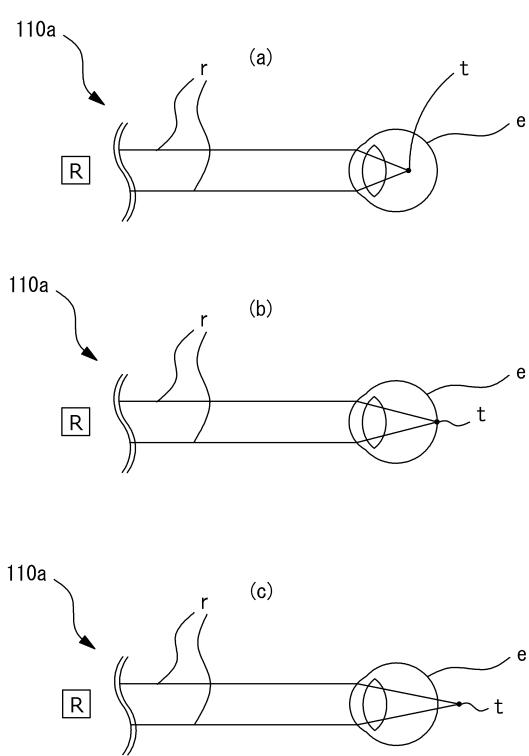


30

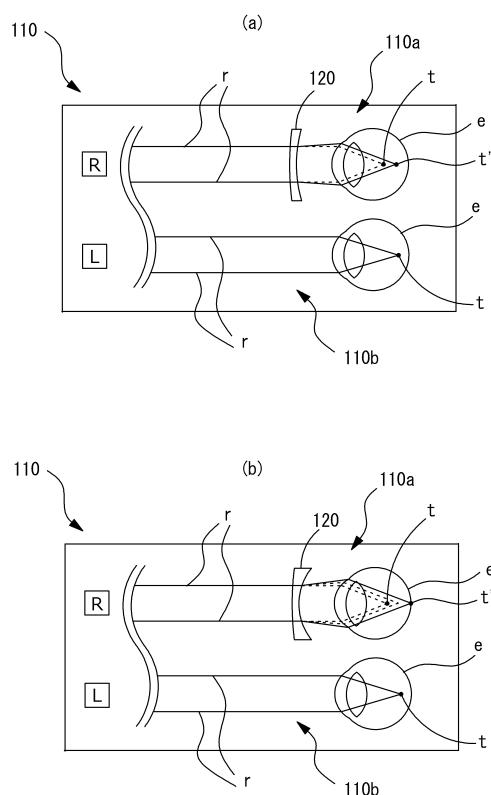
40

50

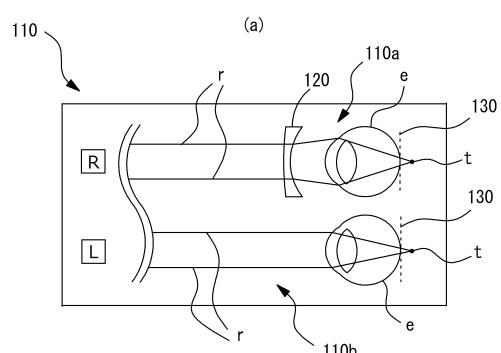
【図9】



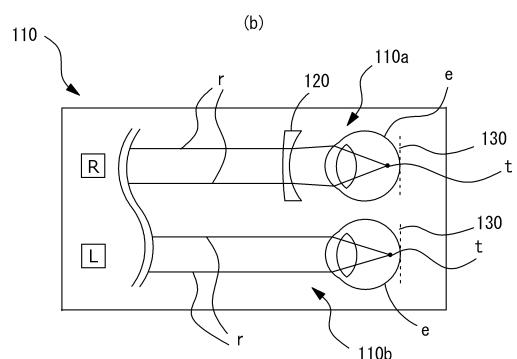
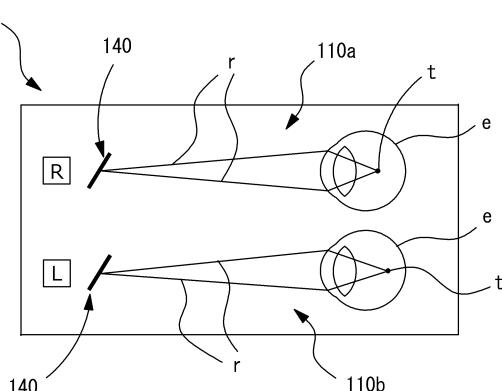
【図10】



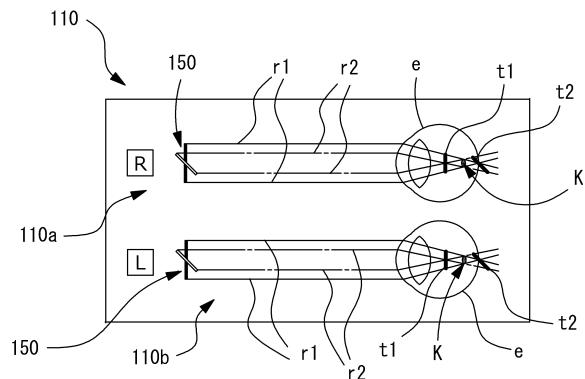
【図11】



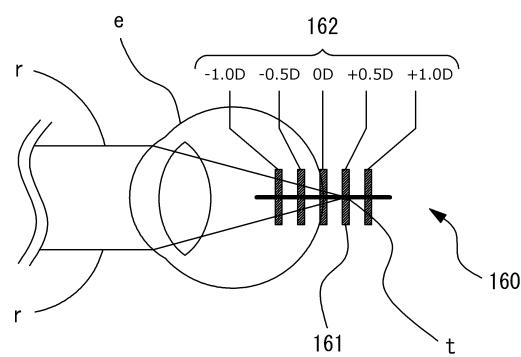
【図12】



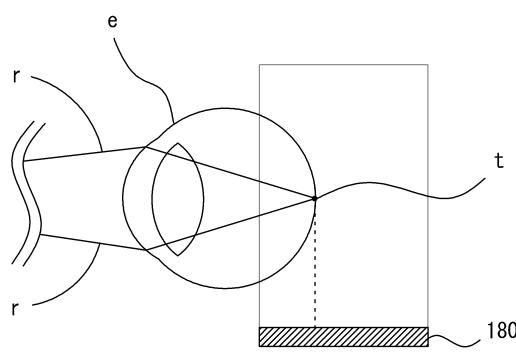
【図13】



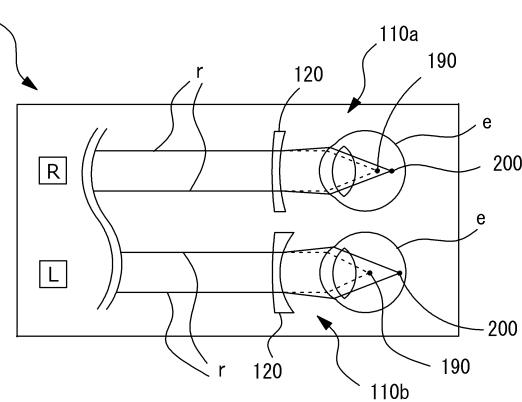
【図14】



【図15】



【図16】



30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献      特開昭 61 - 085917 (JP, A)  
                    特開 2017 - 099640 (JP, A)  
                    国際公開第 2015 / 122377 (WO, A1)  
                    特開 2005 - 279022 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
                    A 61 B    3 / 028  
                    A 61 B    3 / 103