

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号  
特開2024-110485  
(P2024-110485A)

(43)公開日 令和6年8月16日(2024.8.16)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 3/103(2006.01)	A 6 1 B 3/103	4 C 3 1 6
A 6 1 B 3/113(2006.01)	A 6 1 B 3/113	
A 6 1 B 3/12 (2006.01)	A 6 1 B 3/12	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全24頁)

(21)出願番号	特願2023-15051(P2023-15051)	(71)出願人	000135184
(22)出願日	令和5年2月3日(2023.2.3)		株式会社ニデック
			愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4
		(72)発明者	滝井 通浩
			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
		F ターム (参考)	4C316 AA09 AA13 AA21 FA04
			FA06 FA18 FB05 FB06
			FB12 FB26 FC07 FY01
			FY05

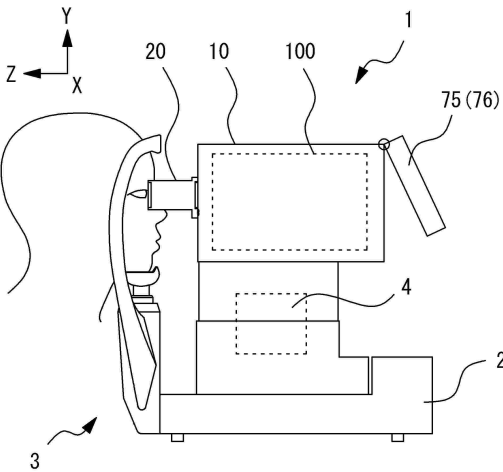
(54)【発明の名称】 眼屈折力測定装置、および、眼屈折力測定装置へ装着するアタッチメント

(57)【要約】

【課題】 被検眼の眼底周辺部の眼屈折力を容易に測定することができる眼屈折力測定装置、および、眼屈折力測定装置へ装着するアタッチメントを提供する。

【解決手段】 眼屈折力測定装置であって、被検眼に固視光を投影する固視光学系を有し、被検眼に対して固視標を呈示する固視標呈示手段と、被検眼の眼底に測定光束を投光する投光光学系と、眼底にて測定光束が反射された反射光束を受光する受光光学系と、を含む測定光学系を有し、被検眼の眼屈折力を他覚的に測定する測定手段と、被検眼の視軸を測定光学系の測定光軸に対して傾斜させることで、被検眼の眼底周辺部を測定光軸上に位置合わせするための傾斜手段と、を備え、測定手段は、傾斜手段によって被検眼の視軸が測定光学系の測定光軸に対して傾斜された状態で、被検眼の前記眼底周辺部の眼屈折力を測定する。

【選択図】 図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

眼屈折力測定装置であって、

前記被検眼に固視光を投影する固視光学系を有し、前記被検眼に対して固視標を呈示する固視標呈示手段と、

前記被検眼の眼底に測定光束を投光する投光光学系と、前記眼底にて前記測定光束が反射された反射光束を受光する受光光学系と、を含む測定光学系を有し、前記被検眼の眼屈折力を他覚的に測定する測定手段と、

前記被検眼の視軸を前記測定光学系の測定光軸に対して傾斜させることで、前記被検眼の眼底周辺部を前記測定光軸上に位置合わせするための傾斜手段と、

を備え、

前記測定手段は、前記傾斜手段によって前記被検眼の前記視軸が前記測定光学系の前記測定光軸に対して傾斜された状態で、前記被検眼の前記眼底周辺部の眼屈折力を測定することを特徴とする眼屈折力測定装置。

**【請求項 2】**

請求項 1 の眼屈折力測定装置において、

前記傾斜手段は、前記固視光学系の投影倍率を拡大するための光学部材を含み、前記固視標の視角を前記光学部材によって広角化し、

前記測定手段は、前記固視標の視角を広角化した状態で測定した前記眼屈折力を、前記眼底周辺部の前記眼屈折力として取得することを特徴とする眼屈折力測定装置。

**【請求項 3】**

請求項 2 の眼屈折力測定装置において、

前記傾斜手段は、前記光学部材を駆動させるための駆動手段を制御し、前記光学部材を前記固視光学系の光路に対して移動させることで、前記固視標の前記視角を広角化することを特徴とする眼屈折力測定装置。

**【請求項 4】**

請求項 2 または 3 の眼屈折力測定装置において、

前記傾斜手段は、前記光学部材を有し、前記眼屈折力測定装置の前記被検眼側に着脱可能なアタッチメントであって、

前記眼屈折力測定装置に前記アタッチメントが装着されることによって、前記固視標の前記視角を広角化することを特徴とする眼屈折力測定装置。

**【請求項 5】**

請求項 4 の眼屈折力測定装置において、

前記眼屈折力測定装置への前記アタッチメントの装着を検出する検出手段を備え、

前記測定手段は、前記検出手段からの検出信号に基づいて、前記被検眼の眼底中心部の眼屈折力を測定する第 1 モードと、前記被検眼の前記眼底周辺部の眼屈折力を測定する第 2 モードと、を切り換えることを特徴とする眼屈折力測定装置。

**【請求項 6】**

請求項 1 ～ 5 のいずれかの眼屈折力測定装置において、

前記被検眼の前眼部画像を取得する前眼部画像取得手段と、

前記前眼部画像に基づいて、前記被検眼の視線に関する視線情報を取得する視線情報取得手段と、

を備え、

前記測定手段は、前記視線情報取得手段の取得結果に基づいて、前記眼底周辺部の眼屈折力を測定することを特徴とする眼屈折力測定装置。

**【請求項 7】**

眼屈折力測定装置へ装着するアタッチメントであって、

前記眼屈折力測定装置は、被検眼の眼底中心部の眼屈折力を他覚的に測定する第 1 測定光学系を有し、

前記アタッチメントは、前記第 1 測定光学系を、前記被検眼の眼底周辺部の眼屈折力を

10

20

30

40

50

他覚的に測定する第 2 測定光学系に変換するための、変換光学系を備えることを特徴とするアタッチメント。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、被検眼の眼屈折力を測定する眼屈折力測定装置、および、眼屈折力測定装置へ装着するアタッチメントに関する。

【背景技術】

【0002】

被検眼の眼底に測定光束を投光し、眼底からの反射光束を受光素子で受光し、受光素子の出力に基づいて、被検眼の眼屈折力を他覚的に測定する眼屈折力測定装置が知られている（特許文献 1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2006 - 187483 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記のような眼屈折力測定装置では、被検眼の視軸に対する眼底中心部の眼屈折力を測定することが一般的である。一方、近年では、若年層を中心とする近視有病率の増加が顕著であり、近視進行の評価や予防をするために、被検眼の眼底周辺部の眼屈折力が注目されるようになってきた。

【0005】

本開示は、上記の問題点を鑑み、被検眼の眼底周辺部の眼屈折力を容易に測定することができる眼屈折力測定装置、および、眼屈折力測定装置へ装着するアタッチメント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 態様に係る眼屈折力測定装置は、前記被検眼に固視光を投影する固視光学系を有し、前記被検眼に対して固視標を呈示する固視標呈示手段と、前記被検眼の眼底に測定光束を投光する投光光学系と、前記眼底にて前記測定光束が反射された反射光束を受光する受光光学系と、を含む測定光学系を有し、前記被検眼の眼屈折力を他覚的に測定する測定手段と、前記被検眼の視軸を前記測定光学系の測定光軸に対して傾斜させることで、前記被検眼の眼底周辺部を前記測定光軸上に位置合わせするための傾斜手段と、を備え、前記測定手段は、前記傾斜手段によって前記被検眼の前記視軸が前記測定光学系の前記測定光軸に対して傾斜された状態で、前記被検眼の前記眼底周辺部の眼屈折力を測定することを特徴とする。

（2） 本開示の第 2 態様に係るアタッチメントは、眼屈折力測定装置へ装着するアタッチメントであって、前記眼屈折力測定装置は、被検眼の眼底中心部の眼屈折力を他覚的に測定する第 1 測定光学系を有し、前記アタッチメントは、前記第 1 測定光学系を、前記被検眼の眼底周辺部の眼屈折力を他覚的に測定する第 2 測定光学系に変換するための、変換光学系を備えることを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図 1】眼屈折力測定装置の外観構成図である。

【図 2】アタッチメント部を拡大した構成図である。

【図 3】第 1 測定部の光学系の概略構成図である。

【図 4】第 2 測定部の光学系の概略構成図である。

10

20

30

40

50

【図 5】被検眼 E の視軸と測定光軸の関係を示した図である。

【図 6】表示部に表示された表示画面の一例である。

【図 7】固視光学系の概略構成図である。

【図 8】被検者の視線情報の取得を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

< 概要 >

本実施形態に係る眼屈折力測定装置の実施形態を説明する。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得る。

【0009】

< 固視標呈示手段 >

本実施形態の眼屈折力測定装置は、固視標呈示手段を備えてもよい。例えば、固視標呈示手段は、被検眼に固視光を投影する固視光学系（例えば、固視光学系 300）を有し、被検眼に対して固視標を呈示する。例えば、固視標は、点像視標、風景視標、等の少なくともいずれかであってもよい。

【0010】

例えば、固視光学系は、固視標呈示用の可視光源（例えば、光源 301）と、固視標板（例えば、固視標板 302）と、を備えてもよい。また、例えば、固視光学系は、光源と DMD（Digital Micromirror Device）を備えてもよい。また、例えば、固視光学系は、表示手段を備えてもよい。例えば、この場合、固視光学系は、被検眼に向けて表示手段（一例として、ディスプレイ）に表示された固視標を投影する。

【0011】

例えば、固視標呈示手段は、固視標移動手段（例えば、駆動部 307）を備えてもよい。例えば、固視標移動手段は、被検眼に対する固視標の位置を移動させる。例えば、固視標移動手段は、モータ等の駆動を制御することによって、可視光源と固視標板、光源と DMD、表示手段、等の少なくともいずれかを光軸方向に移動させてもよい。また、例えば、固視標移動手段は、モータ等の駆動を制御することによって、固視光学系の光学部材（一例として、レンズ等）を光軸に対して移動させてもよい。例えば、この場合、光学部材を光軸方向に移動させてもよいし、光学部材を光軸上にて挿抜させてもよい。例えば、固視標移動手段は、このような構成のいずれか、あるいは組み合わせによって、被検眼に雲霧を付加してもよい。

【0012】

< 測定手段 >

本実施形態の眼屈折力測定装置は、測定手段を備えてもよい。例えば、測定手段は、被検眼の眼底に測定光束を投光する投光光学系（例えば、投光光学系 210）と、眼底にて測定光束が反射された反射光束を受光する受光光学系（例えば、受光光学系 220）と、を含む測定光学系（例えば、測定光学系 200）を有し、被検眼の眼屈折力を他覚的に測定する。例えば、投光光学系は、被検眼の眼底に向けて、光源（例えば、光源 221）から出射された測定光束を投光してもよい。例えば、受光光学系は、被検眼の眼底にて測定光束が反射された反射光束を、検出器（例えば、撮像素子 226）にて受光してもよい。例えば、被検眼の眼屈折力は、球面屈折力、円柱屈折力、乱視軸角度、等の少なくともいずれかであってもよい。

【0013】

例えば、測定光学系は、被検眼の眼底にスポット状の測定光束を投光するとともに、被検眼の眼底で反射された反射光束をリング状に取り出すことで、リング状の眼底反射像を検出する構成であってもよい。また、一例として、測定光学系は、光束偏向手段（例えば、プリズム 214）を備えた構成であってもよい。また、一例として、測定光学系は、シャックハルトマンセンサを備えた構成であってもよい。また、一例として、測定光学系は、被検眼にスリットを投光する位相差方式を有する構成であってもよい。

【0014】

10

20

30

40

50

例えば、測定手段は、被検眼の眼底中心部に測定光束を投光し、眼底中心部からの反射光束を検出することによって、被検眼の視軸に対する眼底中心部の眼屈折力を測定してもよい。また、例えば、測定手段は、被検眼の眼底周辺部に測定光束を投光し、眼底周辺部からの反射光束を検出することによって、被検眼の視軸に対する眼底周辺部の眼屈折力を測定してもよい。

【 0 0 1 5 】

例えば、被検眼の視軸は、被検眼の視線の軸であってもよい。言い換えると、被検眼の眼底における中心窩を通る軸であってもよい。また、例えば、被検眼の視軸に対する眼底中心部は、被検眼の中心窩であってもよい。また、例えば、被検眼の視軸に対する眼底周辺部は、被検眼の中心窩の周辺部であってもよい。一例として、被検眼の中心窩の周辺部は、被検眼の黄斑部であってもよい。また、一例として、被検眼の中心窩の周辺部は、被検眼の黄斑部よりもさらに外側の領域であってもよい。もちろん、被検眼の中心窩の周辺部は、被検眼の黄斑部と、被検眼の黄斑部よりもさらに外側の領域と、の双方を含んでもよい。

10

【 0 0 1 6 】

例えば、測定手段は、後述の傾斜手段が固視光学系の投影倍率を拡大するための光学部材を含む場合に、固視標の視角を光学部材によって広角化した状態で測定した眼屈折力を、被検眼の眼底周辺部の眼屈折力として取得してもよい。すなわち、例えば、測定手段は、固視光学系の光路に対して光学部材を移動させた状態で測定した眼屈折力を、被検眼の眼底周辺部の眼屈折力として取得してもよい。また、例えば、測定手段は、眼屈折力測定装置にアタッチメントを装着した状態で測定した眼屈折力を、被検眼の眼底周辺部の眼屈折力として取得してもよい。

20

【 0 0 1 7 】

例えば、測定手段は、後述の検出手段からの検出信号に基づいて、被検眼の視軸に対する眼底中心部の眼屈折力を測定する第1モードと、被検眼の視軸に対する眼底周辺部の眼屈折力を測定する第2モードと、を切り換えてもよい。例えば、第1モードは、被検眼の眼底中心部の眼屈折力を測定するためのモードであってもよい。一例として、この場合には、固視光学系が所定の投影倍率とされ、固視標が通常の視角で投影されてもよい。また、この場合には、被検眼の視軸が測定光学系の測定光軸に対して傾斜されていない状態において、他覚式測定が行われてもよい。例えば、第2モードは、被検眼の眼底周辺部の眼屈折力を測定するためのモードであってもよい。一例として、この場合には、固視光学系が所定の投影倍率よりも大きな投影倍率とされ、固視標が通常の視角よりも広角に投影されてもよい。また、この場合には、被検眼の視軸が測定光学系の測定光軸に対して傾斜された状態において、他覚式測定が行われてもよい。例えば、これによって、アタッチメントの着脱に応じて各モードが切り換わり、被検眼の眼底中心部と眼底周辺部の眼屈折力をスムーズに測定できる。

30

【 0 0 1 8 】

例えば、測定手段は、後述の視線情報取得手段の取得結果に基づいて、眼底周辺部の眼屈折力を測定してもよい。例えば、被検眼の視線に関する視線情報を取得することによって、被検眼の視軸が測定光軸に対して傾斜しているかどうかを容易に判断することができる。一例としては、被検眼の視線が固視標の中心にある場合と、被検眼の視線が固視標の周辺にある場合と、における視線のずれ量に基づいて、被検眼の視軸が測定光軸に対してどの程度傾斜しているかを容易に判断することができる。したがって、被検眼の眼底周辺部に測定光束を投影し、眼底周辺部からの反射光束を取得することができ、眼底周辺部の眼屈折力を精度よく測定することができる。

40

【 0 0 1 9 】

< 傾斜手段 >

本実施形態の眼屈折力測定装置は、傾斜手段を備えてもよい。例えば、傾斜手段は、被検眼の視軸を測定光学系の測定光軸に対して傾斜させることで、被検眼の眼底周辺部を測定光軸上に位置合わせする。言い換えると、例えば、傾斜手段は、被検眼の視軸を測定光

50

学系の測定光軸の軸外とすることによって、被検眼の眼底周辺部を測定光軸上に位置合わせする。一例としては、被検眼の視軸を測定光学系の測定光軸に対して移動させることによって、被検眼の眼底周辺部を測定光軸上に位置合わせしてもよい。

【 0 0 2 0 】

例えば、傾斜手段が被検眼の視軸を測定光学系の測定光軸に対して傾斜させる傾斜角度は、被検眼の中心窩よりも周辺の領域に対して、測定光軸を位置合わせするために設定された傾斜角度であってもよい。一例として、被検眼の中心窩よりも周辺の領域とは、被検眼の黄斑部における周辺領域と、被検眼の黄斑部よりもさらに外側の領域と、の少なくともいずれかであってもよい。

【 0 0 2 1 】

例えば、傾斜手段は、固視光学系の投影倍率を拡大し、固視標の視角を広角化してもよい。例えば、傾斜手段は、固視光学系の投影倍率を拡大するための光学部材を含み、固視標の視角を光学部材によって広角化してもよい。例えば、光学部材は、少なくとも1つの光学部材で構成されてもよい。一例として、光学部材は、1枚のレンズであってもよいし、複数枚のレンズであってもよい。なお、例えば、光学部材は、レンズに加えて、レンズとは異なる部材（一例として、ミラー等）を含んでもよい。また、例えば、光学部材は、固視光学系が有するいずれかの光学部材であってもよいし、固視光学系が有する光学部材とは別に設けられる光学部材であってもよい。例えば、このような光学部材を用いて固視標の視角を広角化することで、被検者が固視標の周辺に視線を向けた際には、被検眼の固視方向が大きく移動される。したがって、被検眼の視軸を測定光学系に測定光軸に対して大きく傾斜させることができ、被検眼の眼底周辺部に測定光束を容易に投光することができる。

【 0 0 2 2 】

例えば、傾斜手段は、光学部材を駆動させるための駆動手段を制御し、光学部材を固視光学系の光路に対して移動させることで、固視標の視角を広角化してもよい。例えば、傾斜手段は、駆動手段を制御することによって、光学部材を光路の光軸方向に移動させる構成であってもよい。また、例えば、傾斜手段は、駆動手段を制御することによって、光学部材を光路で挿抜させる構成であってもよい。一例として、この場合には、光学部材を光路内に挿し込む構成、光学部材を光路内から抜き出す構成、光学部材の挿し込みと抜き出しを切り換える構成、等の少なくともいずれかであってもよい。もちろん、例えば、傾斜手段は、光学部材を光路の光軸方向に移動させる構成と、光学部材を光路で挿抜させる構成と、を組み合わせた構成であってもよい。例えば、このように、傾斜手段によって光学部材を移動させることで、固視標の視角を容易に拡大することができる。

【 0 0 2 3 】

例えば、傾斜手段は、眼屈折力測定装置の被検眼側に着脱可能なアタッチメントであって、眼屈折力測定装置にアタッチメントが装着されることによって、固視標の視角を広角化してもよい。例えば、アタッチメントが固視光学系の投影倍率を拡大するための光学部材を含み、アタッチメントが装着されることによって固視標の視角を広角化してもよい。例えば、これによって、アタッチメントの着脱に応じて固視標を容易に拡大することができる。

【 0 0 2 4 】

なお、例えば、傾斜手段は、固視光学系の光路に対して光学部材を移動させる構成と、アタッチメントを装着することによって光学部材を追加する構成と、の双方によって、固視標の視角を広角化してもよい。

【 0 0 2 5 】

< アタッチメント >

本実施形態の眼屈折力測定装置は、被検眼の眼底中心部の眼屈折力を他覚的に測定するための構成を備えており、この眼屈折力測定装置にアタッチメントを装着することによって、被検眼の眼底周辺部の眼屈折力を他覚的に測定することができてもよい。

【 0 0 2 6 】

10

20

30

40

50

例えば、アタッチメントは、被検眼の眼底中心部の眼屈折力を他覚的に測定する第1測定光学系を、被検眼の眼底周辺部の眼屈折力を他覚的に測定する第2測定光学系に変換するための、変換光学系（例えば、変換光学系620）を備えてもよい。例えば、アタッチメントの装着によって、第1測定光学系の光路中に変換光学系が配置され、第1測定光学系の一部として変換光学系が使用されることによって、第2測定光学系へと変換される。また、例えば、アタッチメントの装着によって、固視光学系の光路中に変換光学系が配置され、固視光学系の一部として変換光学系が使用されることによって、固視光学系の投影倍率が拡大されてもよい。

#### 【0027】

例えば、変換光学系は、少なくとも、アタッチメントの非装着時よりも固視光学系の投影倍率を広角化させるための光学部材（例えば、広角レンズ等）を備えてもよい。例えば、このような広角化のための光学部材は、1枚のレンズもしくは複数枚のレンズで構成されていてもよい。

#### 【0028】

##### < 検出手段 >

本実施形態の眼屈折力測定装置は、検出手段（例えば、制御部70）を備えてもよい。例えば、検出手段は、眼屈折力測定装置へのアタッチメントの装着を検出する。なお、例えば、眼屈折力測定装置へのアタッチメントの装着は、眼屈折力測定装置とアタッチメントとの電気的な接続を含んでもよい。例えば、検出手段は、少なくとも、眼屈折力測定装置へアタッチメントを装着した際に、互いが接触しているか否かを検出できればよい。この場合、検出手段としては、接触式の検出器（一例として、物理センサ等）、非接触式の検出器（一例として、光センサ、磁気センサ、等）、等を用いてもよい。また、検出手段は、少なくとも、眼屈折力測定装置とアタッチメントとが電気的に接続されているか否かを検出できればよい。この場合、検出手段としては、非接触式の検出器（一例として、電流センサ、電圧センサ、等）等を用いてもよい。

#### 【0029】

##### < 前眼部画像取得手段 >

本実施形態の眼屈折力測定装置は、前眼部画像取得手段（例えば、制御部70）を備えてもよい。例えば、前眼部画像取得手段は、被検眼の前眼部画像を取得する。例えば、前眼部画像は、被検眼に投影された輝点像を含む画像であってもよいし、輝点像を含まない画像であってもよい。

#### 【0030】

例えば、眼屈折力測定装置には、被検眼の前眼部を撮影するための前眼部撮影手段（例えば、観察光学系500）が備えられていてもよい。例えば、眼屈折力測定装置を構成する部材（一例として、光学系）と一体的に、前眼部撮影手段が設けられてもよい。この場合、前眼部画像取得手段は、前眼部撮影手段の撮影結果として、前眼部画像を取得してもよい。

#### 【0031】

もちろん、前眼部画像取得手段は、被検眼の前眼部を撮影するための機能を備えた、別の装置による撮影結果を受信することによって、前眼部画像を取得してもよい。例えば、ウェアラブルデバイス（一例として、眼鏡型ウェアラブル端末、ヘッドマウントディスプレイ、等）による撮影結果を、前眼部画像として取得してもよい。

#### 【0032】

##### < 視線情報取得手段 >

本実施形態の眼屈折力測定装置は、視線情報取得手段（例えば、制御部70）を備えてもよい。例えば、視線情報取得手段は、前眼部画像に基づいて、被検眼の視線に関する視線情報を取得する。例えば、被検眼の視線に関する視線情報は、被検眼の視線の位置、視線の方向、等を表すことができる情報であればよい。

#### 【0033】

例えば、視線情報取得手段は、前眼部画像を画像解析することで、視線情報を取得して

10

20

30

40

50

もよい。一例としては、被検眼の前眼部画像を解析処理して瞳孔位置を検出し、瞳孔位置に基づいて、被検眼の視線の位置と方向を検出してもよい。また、一例としては、被検眼の前眼部画像を解析処理して角膜頂点位置を検出し、角膜頂点位置に基づいて、被検眼の視線の位置と方向を検出してもよい。もちろん、被検眼の前眼部画像を解析処理して瞳孔位置と角膜頂点位置を検出し、瞳孔位置と角膜頂点位置とに基づいて、被検眼の視線の位置と方向を検出してもよい。なお、例えば、視線情報取得手段は、被検眼の角膜と網膜の間の電位差を利用する眼球電位法、被検眼の角膜（黒目）と強膜（白目）の反射率の違いを利用する角膜反射法や強膜反射法、等を利用して、被検眼の視線情報を検出してもよい。

#### 【 0 0 3 4 】

10

例えば、視線情報取得手段は、被検眼が固視標を注視しているか否かを判定した判定結果を、視線情報として取得してもよい。この場合、視線情報取得手段は、被検眼の視線の位置が、固視標の注視位置（例えば、固視標の中心または固視標の周辺）の少なくとも一部に重なったか否かを判定することによって、被検眼が固視標を注視しているか否かを判定してもよい。また、この場合、視線情報取得手段は、被検眼の視線の位置が、所定の時間以上で連続的に、固視標の注視位置の少なくとも一部に重なったか否かを判定することによって、被検眼が視標を注視しているか否かを判定してもよい。

#### 【 0 0 3 5 】

< 実施例 >

以下、本開示に係る実施例について説明する。

20

#### 【 0 0 3 6 】

図 1 は眼屈折力測定装置 1 の外観構成図である。眼屈折力測定装置 1 は、例えば、基台 2、顔支持部 3、駆動部 4、筐体部 10、アタッチメント部 20、表示部 75 及び操作部 76 等を備える。

#### 【 0 0 3 7 】

顔支持部 3 は、基台 2 に固定され、被検者の顔を支持する。駆動部 4 は、測定部 100 を基台 2 に対して X Y Z 方向に駆動させる。筐体部 10 は、後述する第 1 測定部 100 が収納される。アタッチメント部 20 は、筐体部 10 に装着される。また、アタッチメント部 20 は、後述する第 2 測定部 600 が収納される。表示部 75 は、各種の情報（例えば、被検眼の観察像、被検眼の測定結果、等）を表示する。操作部 76 は、各種の設定を行う。本実施例では、タッチパネル付きの表示部 75 が操作部 76 を兼用する。なお、本実施例では、図 1 のように眼屈折力測定装置 1 の左右方向を X 方向、上下方向を Y 方向、前後方向を Z 方向として表す。

30

#### 【 0 0 3 8 】

図 2 は、アタッチメント部 20 を拡大した構成図である。図 2 ( a ) は、眼屈折力測定装置 1 からアタッチメント部 20 を外した状態を示す。図 2 ( b ) は、眼屈折力測定装置 1 の筐体部 10 にアタッチメント部 20 が装着された状態を示す。

#### 【 0 0 3 9 】

眼屈折力測定装置 1 の筐体部 10 は、呈示窓 11、装着部 12、電気接続部 13、接続検出部 14、等を有する。呈示窓 11 は、アクリル樹脂、ガラス板、等の透明な部材（例えば、パネル）で形成される。

40

#### 【 0 0 4 0 】

アタッチメント部 20 は、呈示窓 21、装着部 22、電気接続部 23、等を有する。また、アタッチメント部 20 は、後述する第 2 測定部 600 を収納する。呈示窓 21 は、アクリル樹脂、ガラス板、等の透明な部材（例えば、パネル）で形成される。

#### 【 0 0 4 1 】

本実施例においては、アタッチメント部 20 が筐体部 10 へ着脱可能に装着される。例えば、装着部 12 と装着部 22 は強磁性体で構成され、互いの磁力で取り付けられるとともに、この磁力よりも大きな力を加えることで取り外される。もちろん、装着部 12 と装着部 22 は、強磁性体とは異なる構成（一例として、凸部と凹部の嵌合、等）で取り付け

50



られてもよい。強磁性体と、強磁性体とは異なる構成と、の組み合わせで取り付けられてもよい。

#### 【 0 0 4 2 】

なお、装着部 1 2 は、装着部 1 2 と装着部 2 2 との接触を検出するための装着検出部 1 2 a を有する。装着検出部 1 2 a は、接触センサ（例えば、マイクロスイッチ等）であってもよいし、非接触センサ（例えば、光センサ、磁気センサ、等）であってもよい。装着検出部 1 2 a からの出力信号は、後述する制御部 7 0 に入力される。これによって、アタッチメント部 2 0 の筐体部 1 0 に対する装着が検出される。

#### 【 0 0 4 3 】

また、本実施例においては、アタッチメント部 2 0 を筐体部 1 0 に取り付けることで、アタッチメント部 2 0 の電気接続部 2 3 が、筐体部 1 0 の電気接続部 1 3 に接続される。例えば、電気接続部 2 3 はコネクタ、電気接続部 1 3 はジャックで構成され、互いの接続により端子と端子穴とが接触し、電気信号の送受信が可能となる。なお、電気接続部 2 3 と電気接続部 1 3 は直接的な接続に限らず、U S B ケーブル等を介した接続（すなわち、有線通信）で、電気信号の送受信を可能としてもよいし、B l u e t o o t h（登録商標）等を介した接続（すなわち、無線通信）で、電気信号の送受信を可能としてもよい。

#### 【 0 0 4 4 】

なお、電気接続部 1 3 は、電気接続部 2 3 と電気接続部 1 3 との電氣的な接続を検出するための接続検出部 1 4 を有する。接続検出部 1 4 は、非接触センサ（例えば、電流センサ、電圧センサ、等）であってもよい。接続検出部 1 4 からの出力信号は、後述する制御部 7 0 に入力される。これによって、アタッチメント部 2 0 と筐体部 1 0 との電氣的な接続が検出される。

#### 【 0 0 4 5 】

##### < 第 1 測定部 >

まず、筐体部 1 0 の第 1 測定部 1 0 0 について説明する。図 3 は、第 1 測定部 1 0 0 の光学系の概略構成図である。例えば、第 1 測定部 1 0 0 は、測定光学系 2 0 0、固視光学系 3 0 0、指標投影光学系 4 0 0、観察光学系 5 0 0、等を備える。測定光学系 2 0 0 は、被検眼 E の眼屈折力（例えば、球面度数、円柱度数、乱視軸角度、等）を他覚的に測定する。固視光学系 3 0 0 は、被検眼 E に対して固視標を呈示する。指標投影光学系 4 0 0 は、被検眼 E の Z 方向を検出するためのアライメント指標を投影する。観察光学系 5 0 0 は、被検眼 E の前眼部を撮像する。

#### 【 0 0 4 6 】

##### < 測定光学系 >

例えば、測定光学系 2 0 0 は、投光光学系 2 1 0 と、受光光学系 2 2 0 と、を備える。投光光学系 2 1 0 は、被検眼 E における瞳孔の中心部を介して、被検眼 E の眼底 E f にスポット状の測定光束を投影する。受光光学系 2 2 0 は、眼底 E f により反射された測定光束の反射光束を、瞳孔を介してリング状に取り出す。

#### 【 0 0 4 7 】

例えば、投光光学系 2 1 0 は、光源 2 1 1、リレーレンズ 2 1 2、ホールミラー 2 1 3、プリズム 2 1 4、駆動部 2 1 5、対物レンズ 2 1 6、等を備える。光源 2 1 1 は、測定光学系 2 0 0 の光軸 N 1 上に配置され、眼底 E f と光学的に共役な位置関係となっている。例えば、光源 2 1 1 としては、L E D（Light Emitting Diode）、S L D（Super Luminescent Diode）、等を用いることができる。ホールミラー 2 1 3 の開口部は、瞳孔と光学的に共役な位置関係となっている。プリズム 2 1 4 は瞳孔と共役な位置から外れた位置に配置され、プリズム 2 1 4 を通過する光束を光軸 N 1 に対して偏心させる。なお、プリズム 2 1 4 に代えて、光軸 N 1 上に平行平面板を斜めに配置してもよい。駆動部 2 1 5 は、光軸 N 1 を中心として、プリズム 2 1 4 を回転駆動させる。

#### 【 0 0 4 8 】

測定光源 2 1 1 は、瞳孔を介して眼底 E f にスポット状の測定指標を投影するために利用される。光源 2 1 1 は、被検者に眩しさを感じさせにくい赤外域の光を発することが望

10

20

30

40

50

ましい。但し、必ずしもこれに限られるものではない。また、本実施例において、光源 2 1 1 は、被検眼 E の徹照像を撮影するための照明光源としても用いられる。即ち、光源 2 1 1 から出射された光束（照明光）の眼底反射光によって、被検眼 E の瞳孔内が照明される。

#### 【0049】

例えば、受光光学系 2 2 0 は、対物レンズ 2 1 6、プリズム 2 1 4、ホールミラー 2 1 3、リレーレンズ 2 2 1、全反射ミラー 2 2 2、受光絞り 2 2 3、コリメータレンズ 2 2 4、リングレンズ 2 2 5、撮像素子 2 2 6、等を備える。対物レンズ 2 1 6、プリズム 2 1 4、及びホールミラー 2 1 3 は、投光光学系 2 1 0 と共用される。リレーレンズ 2 2 1 及び全反射ミラー 2 2 2 は、ホールミラー 2 1 3 の反射方向に配置される。受光絞り 2 2 3、コリメータレンズ 2 2 4、リングレンズ 2 2 5、及び撮像素子 2 2 6 は、全反射ミラー 2 2 2 の反射方向に配置される。受光絞り 2 2 3 は、眼底 E f と光学的に共役な位置関係となっている。リングレンズ 2 2 5 は、瞳孔と光学的に共役な位置関係となっている。例えば、リングレンズ 2 2 5 は、円筒レンズがリング状に形成されたレンズ部と、レンズ部以外に遮光用のコーティングが施された遮光部と、から構成される。撮像素子 2 2 6 は、眼底 E f 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 2 2 6 としては、CCD (Charged-Coupled Devices)、CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)、等を用いることができる。例えば、撮像素子 2 2 6 からの出力信号は、制御部 7 0 に入力される。

10

20

#### 【0050】

なお、被検眼 E と対物レンズ 2 1 6 との間には、ビームスプリッタ 2 3 0 が配置されている。ビームスプリッタ 2 3 0 は、固視光学系 3 0 0 からの測定光束を被検眼 E へと導き、被検眼 E の前眼部からの反射光束を観察光学系 5 0 0 へと導く。

#### 【0051】

上記の構成において、光源 2 1 1 から出射された測定光束は、リレーレンズ 2 1 2、ホールミラー 2 1 3、プリズム 2 1 4、対物レンズ 2 1 6、及びビームスプリッタ 2 3 0 を経て、眼底 E f 上にスポット状の測定光束を投影する。これによって、眼底 E f 上に点光源像が形成される。このとき、プリズム 2 1 4 が光軸 N 1 周りに回転され、ホールミラー 2 1 3 の開口部の瞳投影像（瞳上での投影光束）は高速に偏心回転される。眼底 E f にて測定光束が反射された反射光束は、ビームスプリッタ 2 3 0、対物レンズ 2 1 6、及びプリズム 2 1 4 を介して、ホールミラー 2 1 3 に反射される。反射光束は、さらに、リレーレンズ 2 2 1 を介して全反射ミラー 2 2 2 に反射され、受光絞り 2 2 3 の位置に集光する。コリメータレンズ 2 2 4 及びリングレンズ 2 2 5 によって、リング状の像が撮像素子 2 2 6 に結像する。

30

#### 【0052】

なお、測定光学系 2 0 0 は上記の構成に限らず、被検眼 E の眼底 E f に測定光束を投影する投光光学系と、眼底 E f により反射された測定光束の反射光束を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、測定光学系 2 0 0 は、眼底 E f にスポット指標を投影し、シャックハルトマンセンサを用いて、眼底 E f におけるスポット指標の反射光束を検出する測定光学系であってもよい。

40

#### 【0053】

##### < 固視光学系 >

固視光学系 3 0 0 は、被検眼 E に固視標を投影する。例えば、固視標は、被検眼 E を測定する際に固視を誘導するために用いられる。また、例えば、被検眼 E に対して雲霧を掛けるために用いられる。例えば、固視光学系 3 0 0 は、光源 3 0 1、固視標板 3 0 2、投光レンズ 3 0 3、全反射ミラー 3 0 4、ハーフミラー 3 0 5、対物レンズ 3 0 6、駆動部 3 0 7、等を備える。光源 3 0 1 は光軸 N 2 上に配置される。固視標板 3 0 2 には、固視標が形成され、光源 3 0 1 によって照明されることで被検眼 E に固視標を呈示する。駆動部 3 0 7 は、光源 3 0 1 及び固視標板 3 0 2 の位置を光軸 N 2 方向へ移動させることによって、被検眼 E に呈示する固視標の呈示位置を移動させることができる。また、駆動部 3

50

07は、光源301及び固視標板302を光軸N2方向へ移動させることで、被検眼Eに雲霧を掛けることができる。例えば、駆動部307としては、アクチュエータ（例えば、ステッピングモータ等）と、基準位置となるフォトインタラプタと、が併用されてもよい。なお、駆動部307は、固視標板302に対して投光レンズ303の位置を移動させることによって固視標の呈示位置を変更してもよい。したがって、投光レンズ303の位置を移動させることによって被検眼Eに雲霧を掛けてもよい。光源301からの光束は、光軸N2に沿って固視標板302及び投光レンズ303を通過し、全反射ミラー304で反射され、ハーフミラー305、対物レンズ306を通過した後、ビームスプリッタ230によって反射され、光軸N1に沿って被検眼に投影される。

#### 【0054】

10

##### < 指標投影光学系 >

指標投影光学系400は、第1指標投影光学系と、第2指標投影光学系と、を備える。第1指標投影光学系は、被検眼Eの角膜に無限遠のアライメント指標を投影する。第2指標投影光学系は、被検眼Eの角膜に有限遠のアライメント指標を投影する。

#### 【0055】

例えば、第1指標投影光学系は、点光源401a及び401b、コリメータレンズ402a及び402b、等を有する。なお、便宜上、図3では第1指標投影光学系の一部のみを図示している。点光源401a及び401bは、近赤外光を発する光源であってもよい。コリメータレンズ402a及び402bは、点光源から発せられた光束を平行光束（略平行光束）にする。これらの点光源及びコリメータレンズは、光軸N1を中心とした同心円上に45度間隔で複数個が配置され、光軸N1を通る垂直平面を挟んで左右対称となっている。これによって、被検眼Eの角膜に無限遠のアライメント指標が投影される。

20

#### 【0056】

例えば、第2指標投影光学系は、点光源403a及び403bを有する。なお、便宜上、図3では第2指標投影光学系の一部のみを図示している。点光源403a及び403bは、近赤外光を発する光源であってもよい。例えば、これらの点光源は、第1指標投影光学系が有する点光源とは異なる位置に配置される。これによって、被検眼Eに有限遠のアライメント指標が投影される。

#### 【0057】

なお、本実施例においては、第1指標投影光学系及び第2指標投影光学系の光源として点状の光源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。例えば、光源はリング状の光源やライン状の光源を用いるようにしてもよい。また、第2指標投影光学系は、被検眼Eの前眼部を照明する前眼部照明、被検眼Eの角膜形状を測定する指標、等としても用いることができる。

30

#### 【0058】

##### < 観察光学系 >

例えば、観察光学系500は、対物レンズ306、ハーフミラー305、撮像レンズ501、撮像素子502、等を備える。対物レンズ306及びハーフミラー305は、固視光学系300と共用される。撮像レンズ501及び撮像素子502は、ハーフミラー305の反射方向に配置される。撮像素子502は、被検眼Eの前眼部と光学的に共役な位置関係となっている。この撮像素子502によって、被検眼Eの前眼部の正面画像が撮像される。前眼部画像の一種である徹照像も、撮像素子502によって撮像される。例えば、撮像素子502からの出力は、制御部70及び表示部75に入力される。なお、観察光学系500は、指標投影光学系400によって被検眼Eの角膜に形成された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を検出する。

40

#### 【0059】

##### < 第2測定部 >

次に、アタッチメント部20の第2測定部600について説明する。図4は、第2測定部600の光学系の概略構成図である。なお、図4においては、第2測定部600の光学

50

系とともに、第 1 測定部 1 0 0 の光学系を簡略化して図示している。例えば、第 2 測定部 6 0 0 は、指標投影光学系 6 1 0、変換光学系 6 2 0、等を備える。

【 0 0 6 0 】

< 指標投影光学系 >

指標投影光学系 6 1 0 は、第 3 指標投影光学系と、第 4 指標投影光学系と、を備える。第 3 指標投影光学系は、被検眼 E の角膜に無限遠のアライメント指標を投影する。第 4 指標投影光学系は、被検眼 E の角膜に有限遠のアライメント指標を投影する。例えば、本実施例では、アタッチメント部 2 0 を装着すると、第 1 測定部 1 0 0 の指標投影光学系 4 0 0（第 1 指標投影光学系と第 2 指標投影光学系）が遮られる。このため、アタッチメント部 2 0 の装着時には、第 2 測定部 6 0 0 の指標投影光学系 6 1 0 を、アライメント指標の投影及び前眼部照明として用いる。なお、指標投影光学系 6 1 0 は、指標投影光学系 4 0 0 と同様の構成であるため、詳細な説明は省略する。

10

【 0 0 6 1 】

< 変換光学系 >

変換光学系 6 2 0 は、リレーレンズ 6 2 1、対物レンズ 6 2 2、等を備える。例えば、リレーレンズ 6 2 1 は、被検眼 E の瞳孔と共役な関係となっている。例えば、リレーレンズ 6 2 1 は、後述の第 1 モード時（つまり、アタッチメント部 2 0 の未装着時）における被検眼 E の瞳孔と共役な関係となっている。また、例えば、リレーレンズ 6 2 1 と対物レンズ 6 2 2 は、光軸 N 1 上に配置される。

【 0 0 6 2 】

本実施例では、アタッチメント部 2 0 を筐体部 1 0 へ装着することで、第 1 測定部 1 0 0 と第 2 測定部 6 0 0 との光学系を一体化することができる。つまり、アタッチメント部 2 0 の装着時には、第 1 測定部 1 0 0 の測定光学系 2 0 0、固視光学系 3 0 0、観察光学系 5 0 0 のそれぞれにおいて、変換光学系 6 2 0 が共用される。例えば、これによって、各光学系は、所定の倍率（一例として、2 倍）に変化する。

20

【 0 0 6 3 】

例えば、測定光学系 2 0 0 には、リレーレンズ 6 2 1 と対物レンズ 6 2 2 が追加される。このため、例えば、測定光学系 2 0 0 の光源 2 1 1 からの測定光束は、リレーレンズ 6 2 1 と対物レンズ 6 2 2 を通過して被検眼 E に投影される。また、例えば、被検眼 E による測定光束の反射光束は、再びリレーレンズ 6 2 1 と対物レンズ 6 2 2 を通過して、撮像素子 2 2 6 に撮像される。例えば、撮像素子 2 2 6 は、所定の倍率で拡大された状態のリング像を撮像する。

30

【 0 0 6 4 】

また、例えば、固視光学系 3 0 0 には、リレーレンズ 6 2 1 と対物レンズ 6 2 2 が追加される。このため、例えば、固視光学系 3 0 0 の光源 3 0 1 からの固視光束は、光軸 N 2 に沿って各光学部材を通過し、ビームスプリッタ 2 3 0 によって反射されると、光軸 N 1 に沿ってリレーレンズ 6 2 1 と対物レンズ 6 2 2 を通過した後に、被検眼に投影される。これによって、被検眼には、固視標板 3 0 2 が所定の倍率で拡大された状態で視認される。つまり、被検眼に投影される固視標 1 2 0 の視角が広角化された状態となる。

【 0 0 6 5 】

また、例えば、観察光学系 5 0 0 には、リレーレンズ 6 2 1 と対物レンズ 6 2 2 が追加される。このため、例えば、指標投影光学系 6 1 0 による前眼部照明の反射光束が、光軸 N 1 に沿ってリレーレンズ 6 2 1 と対物レンズ 6 2 2 を通過し、ビームスプリッタ 2 3 0 とハーフミラー 3 0 5 によって反射され、撮像素子 5 0 2 に撮像される。例えば、撮像素子 5 0 2 は、所定の倍率で拡大された状態の前眼部画像を撮像する。

40

【 0 0 6 6 】

< 被検眼の視軸と測定光軸の関係 >

図 5 は、被検眼 E の視軸と測定光軸の関係を示した図である。図 5（a）は、アタッチメント部 2 0 が未装着の状態で、被検眼 E の眼底中心部を測定する場合を示した図である。図 5（b）は、アタッチメント部 2 0 が未装着の状態で、被検眼 E の眼底周辺部を測定

50

する場合を示した図である。図 5 ( c ) は、アタッチメント部 2 0 を装着した状態で、被検眼 E の眼底周辺部を測定する場合を示した図である。ここでは、固視光学系 3 0 0 を簡略化し、被検眼 E から固視標板 3 0 2 までの光路を直線としている。また、固視光学系 3 0 0 のレンズ ( 投光レンズ 3 0 3 と対物レンズ 3 0 6 ) を、1 枚のレンズ 3 1 0 に省略している。なお、固視光学系 3 0 0 の光軸と測定光学系 2 0 0 の光軸は同軸である。

#### 【 0 0 6 7 】

まず、アタッチメント部 2 0 が未装着の状態で、被検眼 E の眼屈折力を測定する場合について説明する。例えば、図 5 ( a ) と図 5 ( b ) に示すように、固視標板 3 0 2 からの固視光束がレンズ 3 1 0 を通過した後、眼底に結像することによって、被検眼 E は固視標板 3 0 2 の固視標 1 2 0 を認識することができる。この場合、例えば、図 5 ( a ) のように、被検眼 E が固視標 1 2 0 の中心 ( 本実施例では、気球 ) を固視することによって、被検眼 E の視軸 V 1 は測定光学系 2 0 0 の光軸 N 1、光軸 N 2 と同軸となる。例えば、このような状態では、光源 2 1 1 からの測定光束が眼底中心部 E f c に投光されるため、眼底中心部 E f c の眼屈折力を測定することができる。一方、例えば、図 5 ( b ) のように、被検眼 E が固視標 1 2 0 の周辺 ( 本実施例では、気球の上部 1 3 0 ) を固視することによって、被検眼 E の視軸 V 1 は測定光学系 2 0 0 の光軸 N 1 に対して傾斜する。つまり、被検眼 E の視軸 V 1 が測定光学系 2 0 0 の光軸 N 1 の軸外に配置される。例えば、このような状態では、光源 2 1 1 からの測定光束が眼底周辺部 E f p に投光されるため、眼底周辺部 E f p の眼屈折力を測定することができる。

10

#### 【 0 0 6 8 】

次に、アタッチメント部 2 0 を装着した状態で、被検眼 E の眼屈折力を測定する場合について説明する。例えば、図 5 ( b ) では、被検眼 E の視軸 V 1 を光軸 N 1 に対して傾斜させることは可能であるが、固視標 1 2 0 の視角 ( 言い換えると、固視標 1 2 0 の投影サイズ ) は固視光学系 3 0 0 の倍率に依存するため、視軸 V 1 の光軸 N 1 に対する傾斜角度  $\theta$  を大きくすることは難しい。このため、被検眼の眼底中心部 E f c を基準とした狭い範囲において、眼底周辺部 E f p の眼屈折力が測定されることになる。そこで、本実施例では、図 5 ( c ) のように、変換光学系 6 2 0 を用いて固視光学系 3 0 0 の倍率を拡大し、固視標 1 2 0 の視角を所定の倍率で広角化する。これによって、被検眼の眼底中心部 E f c を基準とした広い範囲において、眼底周辺部 E f p の眼屈折力を測定することができる。

20

30

#### 【 0 0 6 9 】

例えば、図 5 ( c ) の状態では、固視光学系 3 0 0 が所定の倍率で拡大 ( 広角化 ) されることによって、被検眼 E に実際よりも大きな固視標 1 2 0 が認識される。このため、例えば、図 5 ( b ) と同じように、被検眼 E が固視標 1 2 0 の周辺を固視した場合であっても、被検眼 E の視軸 V 1 を測定光学系 2 0 0 の光軸 N 1 に対して大きく傾斜させることができる。すなわち、傾斜角度  $\theta$  を大きく (  $2^\circ > 1^\circ$  ) することができる。例えば、このような状態では、被検眼の眼底中心部 E f c を基準とした広い範囲において、眼底周辺部 E f p の眼屈折力を測定することができる。

#### 【 0 0 7 0 】

なお、本実施例では、図 5 ( c ) の状態において、視軸 V 1 の光軸 N 1 に対する傾斜角度  $\theta$  が、 $10^\circ \sim 20^\circ$  とされてもよい。もちろん、傾斜角度  $\theta$  は、 $10^\circ$  未満であってもよいし、 $20^\circ$  より大きくてもよい。

40

#### 【 0 0 7 1 】

##### < 制御部 >

例えば、制御部 7 0 は、CPU ( プロセッサ ) 7 1、記憶部 ( 以後、メモリ ) 7 2、等を備える ( 図 3 参照 )。CPU 7 1 は、眼屈折力測定装置 1 の制御を司る。メモリ 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、及び着脱可能な USB メモリ、等をメモリ 7 2 として使用してもよい。本実施例では、CPU 7 1 が実行する各種プログラム ( 一例として、眼屈折力の測定を実行するためのプログラム等 ) がメモリ 7 2 に記憶される。

50

## 【 0 0 7 2 】

制御部 7 0 には、駆動部 4、装着検出部 1 2 a、接続検出部 1 4、表示部 7 5（操作部 7 6）等が電氣的に接続される。また、制御部 7 0 には、測定部 1 0 0 が備える各光源、各撮像素子、各駆動部、等が電氣的に接続される。

## 【 0 0 7 3 】

## &lt; 制御動作 &gt;

以上のような構成を備える眼屈折力測定装置 1 の制御動作について、説明する。本実施例の眼屈折力測定装置 1 では、被検眼 E の眼屈折力を測定するための他覚式測定が行われる。例えば、他覚式測定では、被検眼 E の視軸に対する眼底中心部の眼屈折力と、被検眼 E の視軸に対する眼底周辺部の眼屈折力と、の少なくともいずれかが測定されてもよい。また、本実施例の眼屈折力測定装置 1 では、後述の第 1 測定モードと第 2 測定モードの切り換えに応じて、他覚式測定の測定結果を、眼底中心部の眼屈折力として記憶するか、あるいは、眼底周辺部の眼屈折力として記憶するか、が変更される。

10

## 【 0 0 7 4 】

## &lt; 被検眼の視軸に対する眼底中心部の測定 &gt;

はじめに、被検眼 E の視軸に対する眼底中心部の眼屈折力の測定について説明する。本実施例では、アタッチメント部 2 0 が未装着の状態で、被検眼 E の視軸に対する眼底周辺部の眼屈折力を測定する。例えば、制御部 7 0 は、装着検出部 1 2 a の検出結果に基づいてアタッチメント部 2 0 が未装着であることを検出すると、第 1 測定モードを設定し、第 1 測定モードに応じた制御を実行する。例えば、第 1 測定モードは、固視標の中心に被検眼 E の固視を注目させ、被検眼 E の視軸に対する眼底中心部の眼屈折力を測定するためのモードである。

20

## 【 0 0 7 5 】

まず、被検眼に対する第 1 測定部 1 0 0 の位置合わせ（アライメント）が行われる。例えば、検者は、操作部 7 6 を操作し、被検眼に対する測定部の位置合わせ（アライメント）を行うためのスイッチを選択する。例えば、制御部 7 0 は、操作部 7 6 の入力信号に基づいて、第 1 測定モードの設定下では、指標投影光学系 4 0 0 が備える点光源を点灯させる。これによって、被検眼 E の角膜にアライメント指標像が投影される。例えば、検者は、顔支持部 3 に被検者の顔を固定させて、固視光学系 3 0 0 によって投影された固視標 1 2 0 の中心（本実施例では、気球）を観察するよう被検者に指示する。被検眼 E の前眼部には、無限遠と有限遠のアライメント指標像が投影される。例えば、被検眼 E の前眼部は、観察光学系 5 0 0 が備える撮像素子 5 0 2 により検出され、前眼部画像が表示部 7 5 に表示される。例えば、制御部 7 0 は、前眼部画像から検出されたアライメント指標の位置関係に基づいて、被検眼 E に対する測定部 1 0 0 のアライメントのずれ量を検出する。例えば、制御部 7 0 は、検出したずれ量に基づいて駆動部 4 を制御し、第 1 測定部 1 0 0 を 3 次元的に駆動させて被検眼 E に対するアライメントを行う。もちろん、検者が操作部 7 6 を操作することによって、手動でアライメントを行ってもよい。

30

## 【 0 0 7 6 】

検者は、被検眼に対する第 1 測定部 1 0 0 の位置合わせ（アライメント）が完了すると、被検眼 E の視軸に対する眼底中心部の眼屈折力の他覚式測定を行う。例えば、検者は、固視標 1 2 0 の中心を観察するよう被検者に指示する。例えば、このような状態では、被検眼 E の視軸 V 1 が測定光学系 2 0 0 の光軸 N 1 に一致（略一致）し、眼底中心部 E f c が光軸 N 1 上に配置される。する。また、例えば、検者は、操作部 7 6 を操作し、他覚式測定を開始するためのスイッチを選択する。例えば、制御部 7 0 は、操作部 7 6 からの入力信号に基づいて、測定を開始する。

40

## 【 0 0 7 7 】

例えば、他覚式測定では、先に予備測定が実施され、後に本測定が実施されてもよい。被検眼 E の予備測定では、固視標が所定の呈示距離に配置された状態で、眼屈折力が測定される。例えば、制御部 7 0 は、被検眼 E に投影光学系 2 1 0 の光源 2 1 1 から測定光束を照射させ、受光光学系 2 2 0 の撮像素子 2 2 6 により撮像されたリング像を画像解析す

50

る。例えば、制御部 70 は、リング像を細線化して各経線方向における眼屈折力を求め、この眼屈折力に対して所定の処理を行い、少なくとも球面度数（予備測定における球面度数）を取得する。

#### 【0078】

続いて、被検眼 E に雲霧が付加される。例えば、制御部 70 は、被検眼 E の予備測定の球面度数に応じて、被検眼 E の焦点が合う雲霧開始位置に、固視標板 302 を配置する。被検眼 E は、固視標をはっきりと観察できるようになる。その後、制御部 70 は、固視標を雲霧開始位置から移動させる。被検眼 E の焦点は固視標に合わなくなり、雲霧が付加される。これによって、被検眼 E の調節が解除され、眼屈折力が真値へと近づく。

#### 【0079】

本測定では、被検眼 E に雲霧を付加した状態で、眼屈折力が測定される。例えば、制御部 70 は、所定のタイミング毎に、リング像を撮像素子 226 に連続して撮影させる。また、例えば、制御部 70 は、リング像を加算処理してノイズ光を低減させるとともに、予備測定と同様の方法で、被検眼 E の眼屈折力を取得する。さらに、例えば、制御部 70 は、アタッチメント部 20 が未装着であり、第 1 測定モードが設定されているため、本測定にて得た眼屈折力を、被検眼 E の視軸に対する眼底中心部の眼屈折力として、メモリ 72 に記憶させる。

#### 【0080】

< 被検眼の視軸に対する眼底周辺部の測定 >

次に、被検眼 E の視軸に対する眼底周辺部の眼屈折力の測定について説明する。本実施例では、眼屈折力測定装置 1 の筐体部 10 にアタッチメント部 20 を取り付けることによって、被検眼 E の視軸に対する眼底周辺部の眼屈折力を測定する。より詳細には、例えば、被検眼 E に呈示する固視標を拡大し、拡大した固視標の周辺に被検眼 E の固視を移動させる。例えば、このような状態では、光軸 N1 に対して視軸 V1 の方向が変更されるので、被検眼 E の視軸 V1 に対する眼底周辺部の眼屈折力を測定することができる。

#### 【0081】

例えば、検者は、眼屈折力測定装置 1 の筐体部 10 にアタッチメント部 20 を取り付け、例えば、制御部 70 は、装着検出部 12a の検出結果に基づいてアタッチメント部 20 の装着を検出すると、第 1 測定モードから第 2 測定モードに設定を変更し、第 2 測定モードに応じた制御を実行する。例えば、第 2 測定モードは、拡大した固視標の周辺に被検眼 E の固視を注目させることによって、被検眼 E の視軸に対する眼底周辺部の眼屈折力を測定するためのモードである。

#### 【0082】

まず、被検眼に対する第 1 測定部 100 および第 2 測定部 600 の位置合わせ（アライメント）が行われる。例えば、検者は、操作部 76 を操作し、被検眼に対する測定部の位置合わせ（アライメント）を行うためのスイッチを選択する。例えば、制御部 70 は、操作部 76 の入力信号に基づいて、第 2 測定モードの設定下では、指標投影光学系 610 が備える点光源を点灯させる。また、例えば、制御部 70 は、被検眼 E の前眼部画像に基づいて測定部のアライメントのずれ量を検出し、アライメントのずれ量に基づいて駆動部 4 を制御する。なお、例えば、被検眼 E の前眼部画像は、変換光学系 620 によって所定の倍率で拡大された状態であり、さらに、上下左右が反転された状態で撮像される。このため、第 1 測定モードと第 2 測定モードでは、アライメントのずれ量の許容範囲が変更されてもよい。また、第 1 測定モードに対して第 2 測定モードでは、前眼部画像の上下左右を反転させるように補正してもよい。

#### 【0083】

例えば、検者は、被検眼に対する測定部の位置合わせ（アライメント）が完了すると、被検眼 E の視軸に対する眼底周辺部の眼屈折力の他覚式測定を行う。例えば、検者は、固視標 120 の周辺（気球の上部 130）を観察するよう被検者に指示する。また、例えば、検者は、被検眼 E の前眼部画像を観察し、被検眼 E が気球の上部 130 を注視することによって、被検眼 E の固視方向が移動したことを確認する。例えば、本実施例では、被検

10

20

30

40

50

眼 E の視線が気球の上部 130 に向けられると、被検眼 E の視軸 V1 が、測定光学系 200 の光軸 N1 に対して、およそ 10° 傾斜する。例えば、これによって、被検眼の眼底周辺部 Efp が光軸 N1 上に配置されるようになる。また、例えば、検者は、操作部 76 を操作し、他覚式測定を開始するためのスイッチを選択する。例えば、制御部 70 は、操作部 76 の入力信号に基づいて、測定を開始する。

#### 【0084】

例えば、制御部 70 は、被検眼の予備測定と本測定を順に実施する。なお、被検眼の眼底周辺部 Efp における予備測定と本測定は、前述の眼底中心部 Efc の予備測定と本測定と同様であるため、ここでは説明を省略する。例えば、被検眼の予備測定と本測定において、リング像は、変換光学系 620 によって所定の倍率で拡大された状態であり、かつ、上下左右が反転された状態で、撮像素子 22 に撮像される。このため、第 2 測定モードでは、このようなリング像の拡大倍率とリング像の向きを考慮して、被検眼 E の眼屈折力が取得されてもよい。

10

#### 【0085】

より詳細には、例えば、第 2 測定モードにて得られるリング像を第 1 測定モードにて得られるリング像と同じ倍率に戻し、さらに、リング像の上下左右を反転させるように補正して、補正後のリング像を解析することによって、眼屈折力が取得されてもよい。あるいは、例えば、第 2 測定モードにて得られるリング像から求めた眼屈折力を、実験やシミュレーションに基づくテーブルや演算式を用いて補正することによって、補正後の眼屈折力が取得されてもよい。例えば、制御部 70 は、アタッチメント部 20 が装着され、第 2 測定モードが設定されているため、このようにして得た眼屈折力を、被検眼 E の視軸に対する眼底周辺部の眼屈折力として、メモリ 72 に記憶させる。

20

#### 【0086】

なお、ここでは、被検眼 E が気球の上部 130 を注視した状態において、眼底周辺部の眼屈折力を測定したが、気球の左部、右部、下部、等を注視した状態における眼底周辺部の眼屈折力を、順に測定してもよい。この場合、制御部 70 は、被検眼 E の視軸 V1 の方向および傾斜角度 ° と、気球のそれぞれの位置を注視した状態で測定した眼底周辺部の眼屈折力と、を対応付けて、メモリ 72 に記憶させてもよい。

#### 【0087】

< 測定結果の出力 >

30

制御部 70 は、第 1 測定モードによる被検眼 E の眼底中心部 Efc の眼屈折力と、第 2 測定モードによる被検眼 E の眼底周辺部 Efp の眼屈折力と、を区別できるように、それぞれを表示部 75 に表示させる。例えば、眼底中心部 Efc と眼底周辺部 Efp を項目として明記するとともに、眼底中心部と眼底周辺部に対応する眼屈折力を表示させてもよい。また、例えば、第 1 測定モード時の前眼部画像および第 2 測定モード時の前眼部画像とともに、眼底中心部と眼底周辺部に対応する眼屈折力を表示させてもよい。この場合には、前眼部画像に写る瞳孔の位置等から、いずれの眼屈折力かを区別できる。もちろん、制御部 70 は、眼底中心部と眼底周辺部の項目と、前眼部画像と、の双方を表示させてもよいし、これらとは異なる表示を行うことによって眼屈折力の測定結果を区別させてもよい。

40

#### 【0088】

本実施例では、制御部 70 が、第 1 測定モードによる被検眼 E の眼底中心部 Efc の眼屈折力と、第 2 測定モードによる被検眼 E の眼底周辺部 Efp の眼屈折力と、を表示部 75 へ比較可能に表示させる。ここでは、眼底中心部 Efc と眼底周辺部 Efp の項目と、前眼部画像と、の双方の表示とともに、眼底中心部 Efc と眼底周辺部 Efp に対応する眼屈折力が、同一画面上にそれぞれ表示される場合を例に挙げる。なお、眼底中心部 Efc と眼底周辺部 Efp の項目を切り換えることによって、それぞれに対応する前眼部画像と眼屈折力が切り換えて表示される構成であってもよい。

#### 【0089】

図 6 は、表示部 75 に表示された表示画面 700 の一例である。例えば、表示画面 70

50



0 には、眼底中心部 E f c を測定した際の前眼部画像 7 0 1 と、眼底周辺部 E f p を測定した際の前眼部画像 7 0 2 と、が表示される。また、例えば、表示画面 7 0 0 には、眼底中心部 E f c を測定した際の測定結果 7 0 3 と、眼底周辺部 E f p を測定した際の測定結果 7 0 4 と、が表示される。例えば、検者は、表示画面 7 0 0 を確認することによって、眼底中心部 E f c と眼底周辺部 E f p の眼屈折力を、容易に把握することができる。

#### 【 0 0 9 0 】

なお、例えば、制御部 7 0 は、被検眼 E の眼底中心部 E f c を測定した際の測定結果 7 0 3 と、眼底周辺部 E f p を測定した際の測定結果 7 0 4 と、における眼屈折力の差分を算出して、これを表示画面 7 0 0 に表示してもよい。さらに、例えば、制御部 7 0 は、被検眼 E の眼底中心部 E f c の眼屈折力と、眼底周辺部 E f p の眼屈折力と、の差分が、予め設定された所定の閾値（一例として、 $-1.0\text{D}$  等）を超えた場合に、アラートを出力してもよい。例えば、このようなアラートは、測定結果 7 0 4 の強調表示（一例として、太字、下線、文字色の変更、等）、眼屈折力の差分が閾値を超えたことを示すメッセージの表示や音声発生、等の少なくともいづれかであってもよい。

10

#### 【 0 0 9 1 】

また、被検眼 E の眼底中心部 E f c および眼底周辺部 E f p の少なくともいづれかの測定結果を、日付と対応付けてメモリ 7 5 に記憶させ、日付が異なる 2 つ以上の測定結果の経時変化を出力してもよい。例えば、この場合には、検者が検査日毎の測定結果を比較できるように、検査日毎の測定結果を時系列に並べた一覧表やグラフ等が表示画面 7 0 0 に表示されてもよい。これによって、例えば、経時変化にともなう測定結果の傾向を把握して、経過観察を容易に行うことができる。また、例えば、被検眼 E の近視進行等を評価しやすくなる。

20

#### 【 0 0 9 2 】

以上、説明したように、例えば、本実施例の眼屈折力測定装置は、被検眼に固視光を投影する固視光学系を有し、被検眼に対して固視標を呈示する固視標呈示手段と、被検眼の眼底に測定光束を投光する投光光学系と、眼底にて測定光束が反射された反射光束を受光する受光光学系と、を含む測定光学系を有し、被検眼の眼屈折力を他覚的に測定する測定手段と、被検眼の視軸を測定光学系の測定光軸に対して傾斜させることで、被検眼の眼底周辺部を測定光軸上に位置合わせするための傾斜手段と、を備え、測定手段は、傾斜手段によって被検眼の視軸が測定光学系の測定光軸に対して傾斜された状態で、被検眼の眼底周辺部の眼屈折力を測定する。つまり、被検眼の眼底周辺部に測定光束が投光され、眼底周辺部からの反射光束を受光することによって、被検眼の眼底周辺部の眼屈折力を測定する。これによって、被検眼の視軸に対する眼底周辺部の眼屈折力を、容易に測定することができる。

30

#### 【 0 0 9 3 】

また、例えば、本実施例の眼屈折力測定装置において、傾斜手段は、固視光学系の投影倍率を拡大するための光学部材を含み、固視標の視角を光学部材によって広角化し、測定手段は、固視標の視角を広角化した状態で測定した眼屈折力を、眼底周辺部の眼屈折力として取得する。例えば、このような構成では、被検者には固視標が拡大されて見える。また、被検者が拡大された固視標の周辺に視線を向けることで、被検眼の固視方向が大きく移動するため、被検眼の視軸が測定光学系の測定光軸に対して傾斜される。従って、測定光学系の測定光束が眼底周辺部に投光されるようになり、測定結果を眼底周辺部の眼屈折力として容易に取得することができる。

40

#### 【 0 0 9 4 】

また、例えば、本実施例の眼屈折力測定装置において、傾斜手段は、光学部材を有し、眼屈折力測定装置の被検眼側に着脱可能なアタッチメントであって、眼屈折力測定装置にアタッチメントが装着されることによって、固視標の視角を広角化する。例えば、眼屈折力測定装置の内部において、固視光学系の光路に対して光学部材を移動させて固視標の視角を広角化する場合は、固視光学系を適切な投影倍率とするために、光学部材を移動させるためのスペースの確保、より大きな対物レンズの配置、等の必要が生じて、装置の構成

50

が複雑化したり装置が大型化したりする可能性がある。しかしながら、例えば、アタッチメントを装着する場合は、構成の複雑化や装置の大型化を抑制しつつ、固視標の視角を容易に拡大することができるため、被検眼の固視方向を大きく移動させて、眼底周辺部の眼屈折力を容易に取得することができる。

【 0 0 9 5 】

また、例えば、本実施例の眼屈折力測定装置は、眼屈折力測定装置へのアタッチメントの装着を検出する検出手段を備え、測定手段は、検出手段からの検出信号に基づいて、被検眼の眼底中心部の眼屈折力を測定する第 1 モードと、被検眼の眼底周辺部の眼屈折力を測定する第 2 モードと、を切り換える。これによって、検者は、アタッチメントの着脱に応じて、各モードを切り替えることができ、被検眼の眼底中心部の眼屈折力と被検眼の眼底周辺部の眼屈折力の測定をスムーズに行うことができる。

10

【 0 0 9 6 】

また、例えば、本実施例のアタッチメントは、眼屈折力測定装置へ装着するアタッチメントであって、眼屈折力測定装置は、被検眼の眼底中心部の眼屈折力を他覚的に測定する第 1 測定光学系を有し、アタッチメントは、第 1 測定光学系を、被検眼の眼底周辺部の眼屈折力を他覚的に測定する第 2 測定光学系に変換するための、変換光学系を備える。例えば、アタッチメントの着脱に応じて、測定光学系の構成を容易に変換することができるため、被検眼の眼底中心部の眼屈折力と、被検眼の眼底周辺部の眼屈折力と、をスムーズに取得することができる。

【 0 0 9 7 】

20

< 変容例 >

本実施例の眼屈折力測定装置では、固視標 1 2 0 を拡大（広角化）するための構成として、変換光学系 6 2 0 をリレーレンズ 6 2 1 と対物レンズ 6 2 2 の二枚のレンズで構成する例に挙げて説明したが、これに限定されない。例えば、変換光学系 6 2 0 のレンズは、少なくとも 1 枚以上で構成されてもよい。また、例えば、変換光学系 6 2 0 は、レンズに加えて、レンズとは異なる光学部材（一例として、ミラー等）を備えてもよい。

【 0 0 9 8 】

本実施例の眼屈折力測定装置では、アタッチメント部 2 0 を装着することによって、固視光学系 3 0 0 の投影倍率を拡大し、固視標 1 2 0 を広角化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、固視光学系 3 0 0 が備える光学部材を、固視光学系 3 0 0 の光路に対して移動させることによって、固視標 1 2 0 を広角化する構成としてもよい。

30

【 0 0 9 9 】

図 7 は、固視光学系 3 0 0 の概略構成図である。図 7 ( a ) は、光源 3 0 1 及び固視標板 3 0 2 を光軸方向に移動させた場合を示す。図 7 ( b ) は、投光レンズ 3 0 3 を光軸方向に移動させた場合を示す。図 7 ( c ) は、投光レンズ 3 0 3 と対物レンズ 3 0 6 との間にレンズを配置させた場合を示す。ここでは、固視光学系 3 0 0 を簡略化し、被検眼 E から固視標板 3 0 2 までの光路を直線とする。

【 0 1 0 0 】

例えば、図 7 ( a ) に示すように、光源 3 0 1 及び固視標板 3 0 2 を光軸方向（被検眼 E から離れる方向）へ移動させることによって、固視標 1 2 0 を広角化してもよい。例えば、この場合、光源 3 0 1 及び固視標板 3 0 2 を一体的に移動させるための駆動部（例えば、駆動部 3 0 7 ）が設けられ、駆動部を制御することによって、光源 3 0 1 と固視標板 3 0 2 が所定の位置まで移動されてもよい。また、例えば、図 7 ( b ) に示すように、投光レンズ 3 0 3 を光軸方向（被検眼 E から離れる方向）に移動させることによって、固視標 1 2 0 を広角化してもよい。例えば、この場合、投光レンズ 3 0 3 を移動させるための駆動部（例えば、駆動部 3 2 0 ）が設けられ、駆動部を制御することによって、投光レンズ 3 0 3 が所定の位置まで移動されてもよい。また、例えば、図 7 ( c ) に示すように、投光レンズ 3 0 3 と対物レンズ 3 0 6 との間において、別途、光軸上でレンズ 3 3 0 を挿入させることによって、固視標 1 2 0 を広角化してもよい。例えば、この場合、レンズ 3

40

50

30を挿抜させるための駆動部（例えば、駆動部340）が設けられ、駆動部を制御することによって、レンズ330の挿抜が切り換えられてもよい。

【0101】

なお、例えば、光源301及び固視標板302の移動、投光レンズ303の移動、レンズ330の挿抜、の少なくともいずれかを実行することによって、固視光学系300の投影倍率が拡大されてもよい。もちろん、例えば、光源301及び固視標板302の移動、投光レンズ303の移動、レンズ330の挿抜、等の少なくともいずれかと、アタッチメント部20の装着と、の双方によって、固視光学系300の投影倍率が拡大されてもよい。

【0102】

さらに、例えば、第1測定モードと第2測定モードの切り換えに応じ、光源301及び固視標板302の移動、投光レンズ303の移動、レンズ330の挿抜、等の少なくともいずれかが変更されることによって、固視光学系300の投影倍率が拡大されてもよい。

【0103】

例えば、本実施例の眼屈折力測定装置において、被検眼の視軸V1を測定光学系200の光軸N1に対して傾斜させるための傾斜手段は、光学部材を駆動させるための駆動手段を制御し、光学部材を固視光学系の光路に対して移動させることで、固視標の視角を広角化する。これによって、例えば、固視標を容易に拡大することができ、被検眼の固視方向を大きく移動させることができる。

【0104】

本実施例では、アタッチメント部20を装着した際に、固視光学系300の投影倍率を一定とすることによって、視軸V1の光軸N1に対する所定の傾斜角度 $\theta$ における眼底周辺部Efpの眼屈折力を測定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、アタッチメント部20にズームレンズ等を設け、固視光学系300の投影倍率を可変とすることによって、傾斜角度 $\theta$ を変更する構成であってもよい。一例としては、ズームレンズによって傾斜角度 $\theta$ を $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ の任意の角度に設定できてよい。この場合、被検眼Eに対する固視標の視角が段階的に変化されるため、被検眼Eが固視標の周辺（気球の上部130）を注視した状態を維持して、傾斜角度 $\theta$ を変更することができる。もちろん、光源301及び固視標板302、投光レンズ303、等を移動させる構成であっても、これらの光軸方向の移動量を調整することで、同様に、固視光学系300の投影倍率を可変として傾斜角度 $\theta$ を変更することが可能である。また、複数枚のレンズでレンズ330を構成し、複数枚のレンズを使い分けて光軸上で挿抜させることでも、同様に、固視光学系300の投影倍率を可変として傾斜角度 $\theta$ を変更することが可能である。

【0105】

本実施例では、検者が前眼部画像を確認することによって、被検眼Eが固視標120の周辺を注視しているか否かを判断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、被検者の視線に関する視線情報を取得することによって、被検眼Eが固視標120の周辺を注視しているか否かを検出してもよい。また、これによって、被検眼Eの視軸V1が光軸N1に対して傾斜しているかどうかを検出し、この検出結果に基づいて、眼底周辺部Efpの眼屈折力の測定を実行してもよい。

【0106】

図8は、被検者の視線情報の取得を説明する図である。例えば、前眼部画像710には、指標投影光学系610の第3指標投影光学系及び第4指標投影光学系の赤外光源によって現れる、輝点像Rが含まれる。例えば、第3指標投影光学系の赤外光源により現れるリング指標像R1と、第4指標投影光学系の赤外光源により現れるリング指標像R2と、で輝点像Rが構成されてもよい。

【0107】

例えば、制御部70は、観察光学系500の撮像素子502によって撮像された前眼部画像710を画像処理し、瞳孔と輝点像Rを検出する。例えば、前眼部画像710の輝度

10

20

30

40

50

情報を利用して瞳孔を検出し、さらに瞳孔の中心を計算することで、瞳孔中心  $E_p$  を検出してもよい。また、例えば、前眼部画像 700 の輝度情報を利用して輝点像  $R$  を検出し、リング指標像  $R_1$  またはリング指標像  $R_2$  のいずれかの中心を計算することで、角膜頂点  $K$  を検出してもよい。さらに、制御部 70 は、瞳孔中心  $E_p$  に対する角膜頂点  $K$  の方向とずれ量  $d$  を検出し、被検眼  $E$  の視線の方向を特定する。例えば、瞳孔中心  $E_p$  の画素位置と、角膜頂点  $K$  の画素位置と、の間の画素数を算出することで、ずれ量  $d$  を求めてもよい。なお、被検眼  $E$  の視線が移動し、被検眼  $E$  の眼位量（例えば、被検眼の回旋中心を基準とした光軸  $N_1$  に対する回旋角度）が大きくなるほど、ずれ量  $d$  は大きくなる。被検眼  $E$  の視線の方向は、ずれ量  $d$  を算出することで、適切に特定される。

#### 【0108】

10

例えば、制御部 70 は、被検眼  $E$  のずれ量  $d$  と、被検眼  $E$  から撮像素子 502 までの距離と、に基づいて、被検眼  $E$  の視線の方向（すなわち、視軸  $V_1$  の方向）を検出することができる。例えば、被検眼  $E$  に呈示する固視標 120 の周辺の位置毎に、被検眼がその周辺の位置を注視することで発生するずれ量  $d$  が、予め対応付けられていてもよい。例えば、制御部 70 は、前眼部画像 701 において、瞳孔中心  $E_p$  と角膜頂点  $K$  との間に所定のずれ量  $d$  を検出した場合に、被検眼  $E$  が固視標 120 の周辺を注視しているか否かを検出してもよい。また、例えば、制御部 70 は、このような所定のずれ量  $d$  を検出することによって、視軸  $V_1$  の光軸  $N_2$  に対する傾斜角度  $\theta$  を検出してもよい。一例としては、実験やシミュレーションによりずれ量  $d$  と傾斜角度  $\theta$  とを対応付けたテーブル等を予めメモリ 75 に記憶させておき、テーブルを用いて、検出したずれ量  $d$  から傾斜角度  $\theta$  を参照してもよい。例えば、制御部 70 は、この検出結果に基づいて、被検眼  $E$  の視軸に対する眼底周辺部の眼屈折力の測定を自動的に開始してもよい。

20

#### 【0109】

例えば、本実施例の眼屈折力測定装置は、被検眼の前眼部画像を取得する前眼部画像取得手段と、前眼部画像に基づいて、被検眼の視線に関する視線情報を取得する視線情報取得手段と、を備え、測定手段は、視線情報取得手段の取得結果に基づいて、眼底周辺部の眼屈折力を測定してもよい。例えば、被検眼の視線に関する視線情報を取得することによって、被検眼の視軸がどの程度傾斜しているかを容易に判断することができる。したがって、被検眼の眼底周辺部の眼屈折力を精度よく測定することができる。

#### 【0110】

30

本実施例では、被検眼  $E$  の視軸  $V_1$  に対する眼底周辺部の眼屈折力を測定する際、被検者に固視標 120 の周辺（気球の上部 130）を注視するように誘導す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、複数の点光源等を固視標板 302 の周辺に配置し、視軸  $V_1$  を傾斜させたい方向の光源を点灯させることによって、被検眼  $E$  を注視させてもよい。一例として、この場合には、複数の点光源を固視光軸を基準とした経線方向に配置してもよい。なお、点光源を配置する経線方向は、任意の数（例えば、1 経線方向、2 経線方向、3 経線方向、4 経線方向、等）とすることができる。また、1 経線方向に対して少なくとも 1 つの光源を配置してもよい。一例として、被検眼  $E$  の視軸  $V_1$  における傾斜角度  $\theta$  が、 $10^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $20^\circ$ 、等となるように、1 経線方向に対して 3 つの光源を配置してもよい。

40

#### 【0111】

また、例えば、被検眼  $E$  の視軸  $V_1$  に対する眼底周辺部の眼屈折力を測定する際には、固視標板 302 に代えてディスプレイを使用し、ディスプレイ上の表示を変更することによって、被検眼  $E$  を注視させてもよい。例えば、この場合には、ディスプレイ上の固視標の周辺において、さらに、被検眼を注視させるための注目点を重畳表示させてもよい。一例として、被検眼  $E$  の視軸  $V_1$  における傾斜角度  $\theta$  が所定の角度（ $10^\circ$  等）となるように、固視標上に 1 つの注目点を重畳表示させてもよい。もちろん、予め複数の注目点を設けておき、複数の注目点を順に注視させることによって、複数の傾斜角度  $\theta$ （ $10^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $20^\circ$ 、等）における眼底周辺部の眼屈折力を測定してもよい。また、1 つの注目点を重畳させる位置を、適宜、移動させることによって、複数の傾斜角度  $\theta$  にお

50

る眼底周辺部の眼屈折力を測定してもよい。

#### 【0112】

例えば、上記のように、被検眼Eの視線を所定の点光源または注目点へと誘導して、被検眼Eに固視標の所定の位置を注視させる場合であっても、被検眼Eの視軸V1を任意の傾斜角度 $\theta$ とすることができ、眼底周辺部の眼屈折力を容易に測定することができる。なお、この場合には、被検眼が点光源または注目点にピントを合わせるために調節することで、眼底周辺部の眼屈折力を適切に測定できない可能性がある。このため、例えば、制御部70は、被検眼が点光源または注目点を注視し、さらに、調節が解除された状態で、眼底周辺部の眼屈折力を測定するようにしてもよい。一例としては、光源301及び固視標板302を光軸N2方向へ移動させ、固視標の呈示位置を移動させることによって、被

10

#### 【0113】

また、このような、被検眼の複数の眼底周辺部に対する測定結果は、視軸V1の方向および傾斜角度 $\theta$ と、各測定結果と、をプロットしたマップやグラフで表してもよい。例えば、被検者が視線を気球の上部130に向ける際には、固視標を注視する位置に差が生じやすいが、視線を点光源や注目点に向けさせることで、固視標を注視する位置が一定の範囲内に保たれやすいため、より正確なマップやグラフを作成できる。

#### 【0114】

本実施例の眼屈折力測定装置では、アタッチメント部20の第2測定部600に指標投影光学系610を設け、アタッチメント部20の装着時は、指標投影光学系610によるアライメント指標像を投影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、アタッチメント部20の構成によっては、第1測定部100の指標投影光学系400を遮らない場合がある。このため、例えば、アタッチメント部20の装着時においても、指標投影光学系400を用いて、アライメント指標像を投影する構成としてもよい。なお、この場合には、アタッチメント部20を装着することによって、被検眼と指標投影光学系400の距離が離れ、被検眼を照明する光量が低下し得る。このため、例えば、制御部70は、アタッチメント部20の装着を検出して、第1測定モードから第2測定モードに設定を変更する際に、指標投影光学系400における点光源の光量を変化させてもよい。また、この場合には、アタッチメント部20を装着することによって、被検眼に投影される輝点像の位置やサイズが変化し得る。このため、制御部70は、アタッチメント部20の装着を検出して、第1測定モードから第2測定モードに設定を変更する際に、輝点像の照明パターン等を変更してもよい。

20

30

#### 【0115】

本実施例の眼屈折力測定装置では、変換光学系620の対物レンズ622を凸レンズと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、変換光学系620の対物レンズ622は、凹レンズとする構成であってもよい。例えば、前述のように、対物レンズ622を凸レンズとする場合には、変換光学系620によってリング像の撮像倍率が変化し、リング像の上下左右が反転される。一方、例えば、対物レンズ622を凹レンズとする場合には、変換光学系620によって、リング像の撮像倍率が変化するが、リング像の上下左右は反転されない。このため、例えば、制御部70は、予め、撮像素子226が撮像したリング像の倍率を補正することで、眼屈折力を算出してもよい。なお、例えば、変換光学系620のレンズ構成に応じて、観察光学系500によって撮像される前眼部画像についても、同様に、倍率の補正、像の反転、等の処理がなされてもよい。

40

#### 【符号の説明】

#### 【0116】

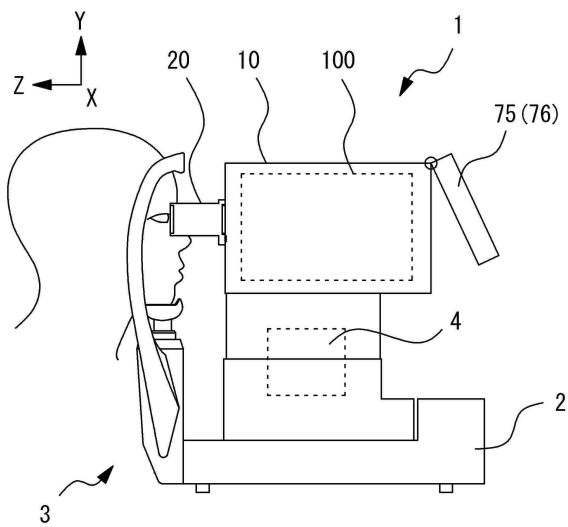
- 1 眼屈折力測定装置
- 10 筐体部
- 20 アタッチメント部
- 70 制御部
- 72 記憶部

50

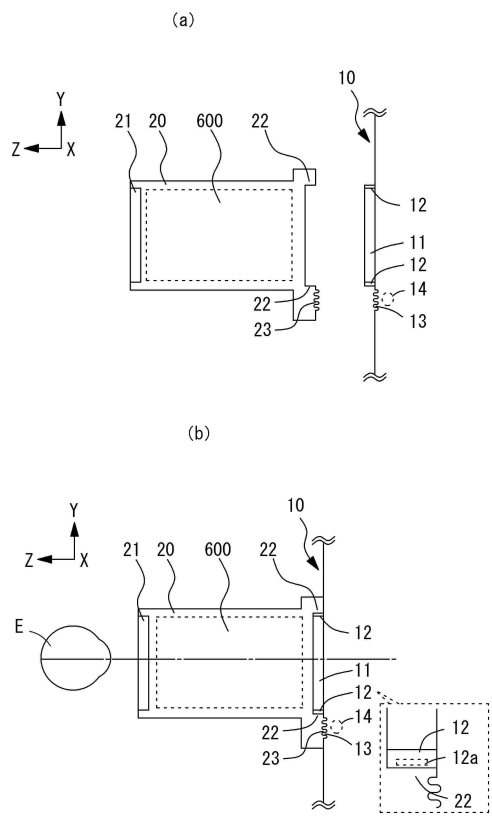
- 7 5 表示部
- 7 6 操作部
- 1 0 0 第 1 測定部
- 2 0 0 測定光学系
- 3 0 0 固視光学系
- 4 0 0 指標投影光学系
- 5 0 0 観察光学系
- 6 0 0 第 2 測定部
- 6 1 0 指標投影光学系
- 6 2 0 変換光学系

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



10

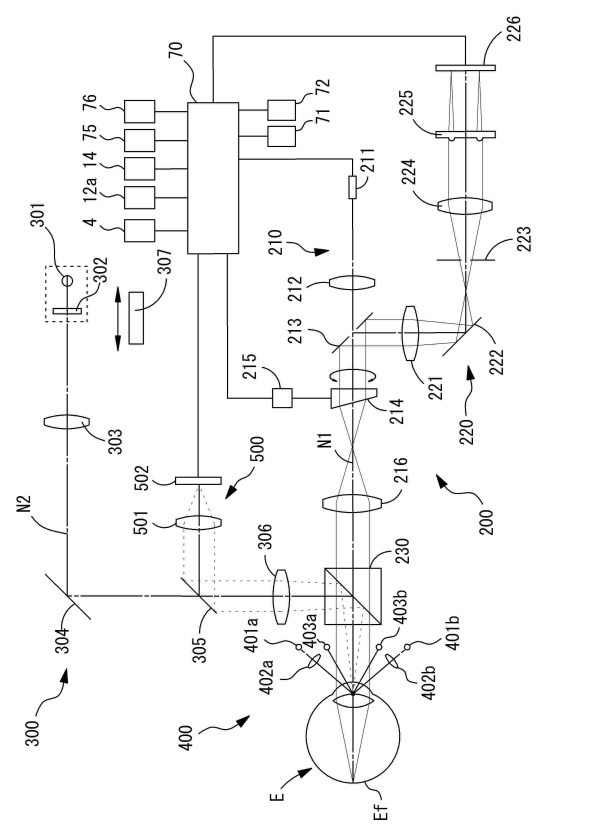
20

30

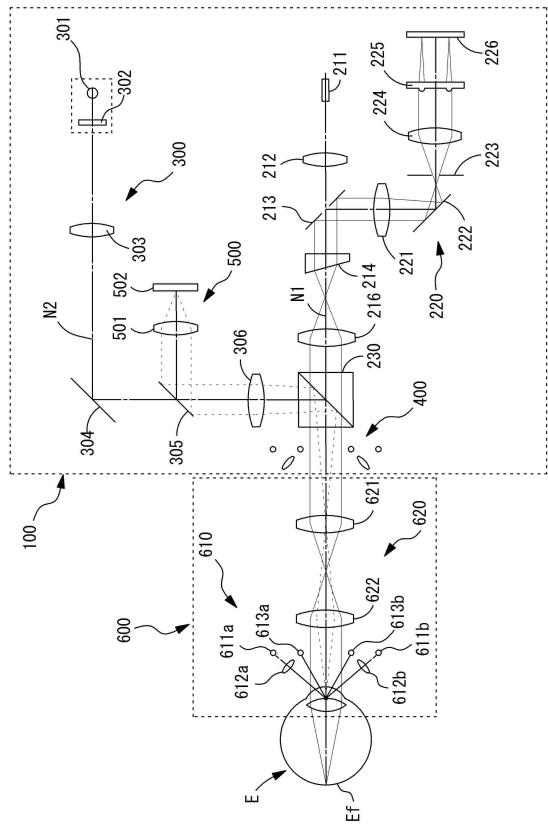
40

50

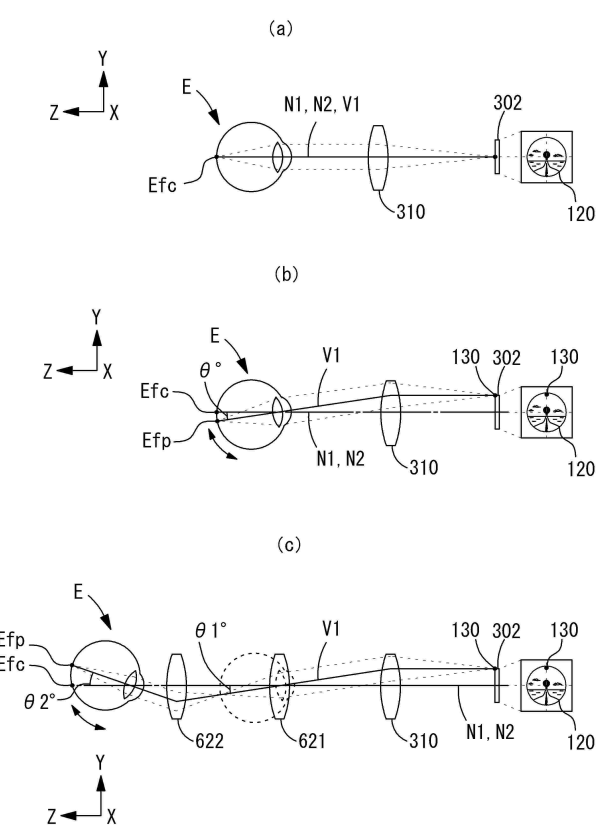
【 図 3 】



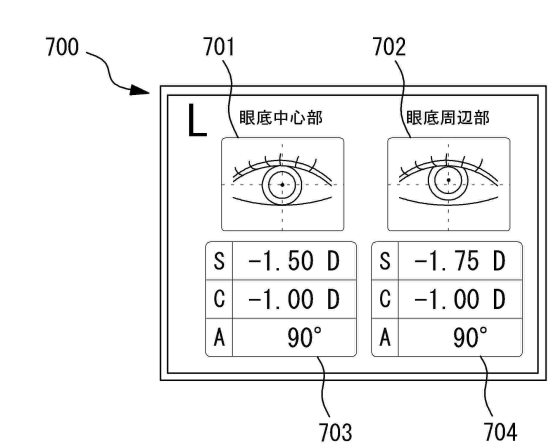
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



10

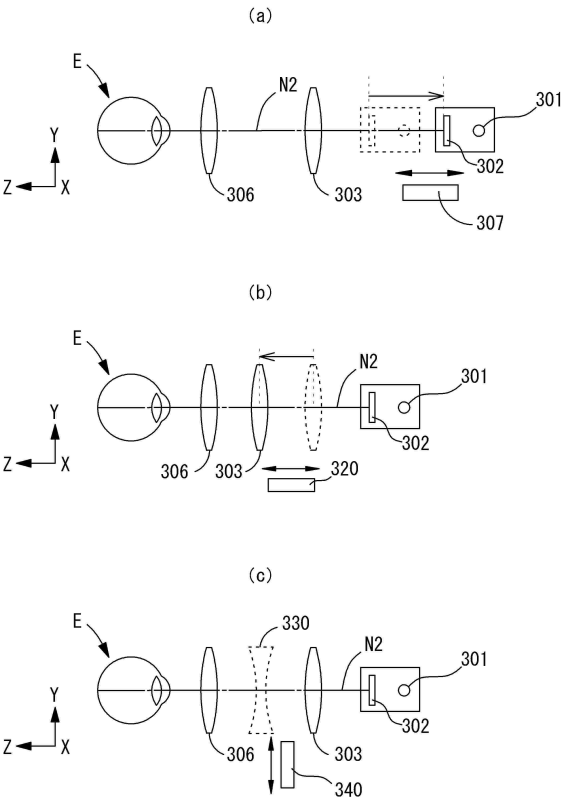
20

30

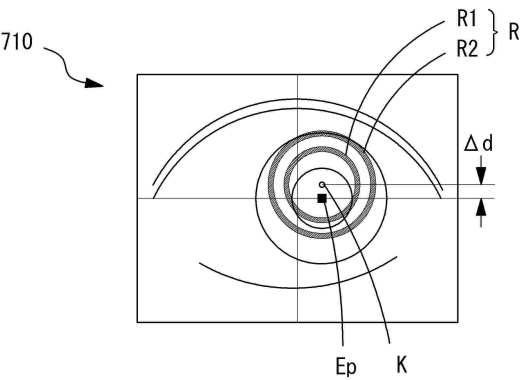
40

50

【 図 7 】



【 図 8 】



10

20

30

40

50