

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-58441  
(P2019-58441A)

(43) 公開日 平成31年4月18日(2019.4.18)

(51) Int.Cl.  
A61B 3/103 (2006.01)

F I  
A61B 3/10 M

テーマコード(参考)  
4C316

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2017-186238 (P2017-186238)  
(22) 出願日 平成29年9月27日 (2017.9.27)

(71) 出願人 000220343  
株式会社トプコン  
東京都板橋区蓮沼町75番1号  
(74) 代理人 100124626  
弁理士 榎並 智和  
(72) 発明者 森嶋 俊一  
東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内  
(72) 発明者 多々良 陽子  
東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内  
(72) 発明者 北村 和男  
東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内  
Fターム(参考) 4C316 AA13 AA24 FA08 FY02 FY04  
FY05 FY08 FY09 FZ01

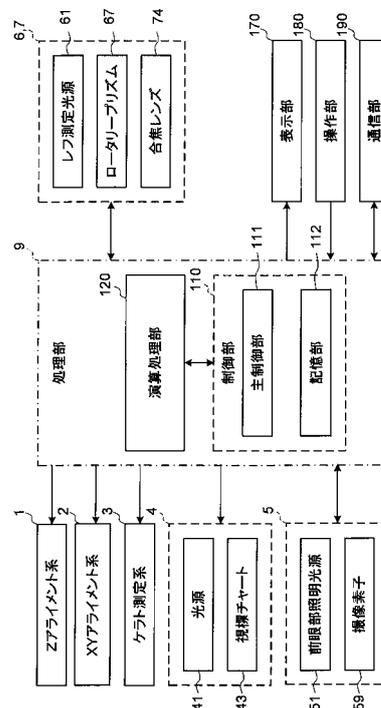
(54) 【発明の名称】 眼科装置、及びその制御方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】被検眼の眼屈折力を測定するためのパターン光の輝度が高い場合でも測定精度の低下を抑えることが可能な眼科装置、及びその制御方法を提供する。

【解決手段】眼科装置は、光源からの光に基づくパターン光を被検眼に投射し、パターン光の被検眼からの戻り光を焦点位置が変更可能な合焦レンズを介して撮像素子で受光する光学系と、パターン像に基づいて被検眼の眼屈折力値を算出する解析部と、第1パターン像に基づいて光源の光量、撮像素子の露光時間、検出感度、及び合焦レンズに対する制御内容の少なくとも1つを含む第1測定条件を決定し、第1測定条件の下で得られた第2パターン像に基づいて光量、露光時間、検出感度、及び制御内容の少なくとも1つを含む第2測定条件を決定し、第2測定条件の下で被検眼を雲霧視させた状態で撮像素子により得られた第3パターン像に基づいて眼屈折力値を解析部に算出させる制御部110と、を含む。

【選択図】 図4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

光源からの光に基づくパターン光を被検眼に投射し、前記パターン光の前記被検眼からの戻り光を焦点位置が変更可能な合焦レンズを介して撮像素子で受光する光学系と、

前記撮像素子により得られたパターン像に基づいて前記被検眼の眼屈折力値を算出する解析部と、

前記撮像素子により得られた第 1 パターン像に基づいて前記光源の光量、前記撮像素子の露光時間、前記撮像素子の検出感度、及び前記合焦レンズに対する制御内容の少なくとも 1 つを含む第 1 測定条件を決定し、前記第 1 測定条件の下で前記撮像素子により得られた第 2 パターン像に基づいて前記光量、前記露光時間、前記検出感度、及び前記制御内容の少なくとも 1 つを含む第 2 測定条件を決定し、前記第 2 測定条件の下で前記被検眼を雲霧視させた状態で前記撮像素子により得られた第 3 パターン像に基づいて前記眼屈折力値を前記解析部に算出させる制御部と、

を含む眼科装置。

**【請求項 2】**

前記光源は、前記被検眼の眼底と光学的に略共役になるように配置され、

前記光学系は、

前記被検眼の瞳孔と光学的に略共役な位置に配置され前記光源からの光を透過する透光部が形成された絞りと、

前記光源からの光を偏向して前記透光部に導く偏向部材と、

を含み、

前記透光部を透過した光を前記パターン光として前記被検眼に投射する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の眼科装置。

**【請求項 3】**

前記制御部は、前記第 1 パターン像の輝度が高いとき第 1 輝度低下制御を実行し、前記第 1 パターン像の輝度が低いとき第 1 輝度上昇制御を実行し、前記第 2 パターン像の輝度が高いとき第 2 輝度低下制御を実行し、前記第 2 パターン像の輝度が低いとき第 2 輝度上昇制御を実行する

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の眼科装置。

**【請求項 4】**

前記第 1 輝度低下制御及び前記第 2 輝度低下制御の少なくとも一方は、パターン像の輝度に基づいて、前記検出感度を下げることによりパターン像の輝度を下げる第 1 検出感度制御の後に、前記露光時間を短くすることによりパターン像の輝度を下げる第 1 露光時間制御を行う

ことを特徴とする請求項 3 に記載の眼科装置。

**【請求項 5】**

前記第 1 輝度低下制御及び前記第 2 輝度低下制御の少なくとも一方は、前記第 1 露光時間制御の後に、前記光量を下げることによりパターン像の輝度を下げる第 1 光量制御を行う

ことを特徴とする請求項 4 に記載の眼科装置。

**【請求項 6】**

前記光学系は、前記パターン光の光路に配置されたロータリープリズムを含み、

前記第 1 露光時間制御は、前記ロータリープリズムの回転速度により規定される下限時間以上になるように前記露光時間を短くする

ことを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載の眼科装置。

**【請求項 7】**

前記第 1 輝度上昇制御及び前記第 2 輝度上昇制御の少なくとも一方は、前記光量を上げることによりパターン像の輝度を上げる第 2 光量制御の後に、前記露光時間を長くすることによりパターン像の輝度を上げる第 2 露光時間制御を行う

ことを特徴とする請求項 3 ~ 請求項 6 のいずれか一項に記載の眼科装置。

10

20

30

40

50

## 【請求項 8】

前記第 1 輝度上昇制御及び前記第 2 輝度上昇制御の少なくとも一方は、前記第 2 露光時間制御の後に、前記検出感度を上げることによりパターン像の輝度を上げる第 2 検出感度制御を行う

ことを特徴とする請求項 7 に記載の眼科装置。

## 【請求項 9】

前記パターン光は、リング状の光である

ことを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 8 のいずれか一項に記載の眼科装置。

## 【請求項 10】

光源からの光に基づくパターン光を被検眼に投射し、前記パターン光の前記被検眼からの戻り光を焦点位置が変更可能な合焦レンズを介して撮像素子で受光することにより前記被検眼の屈折力を測定する眼科装置の制御方法であって、

前記撮像素子により得られた第 1 パターン像に基づいて、前記光源の光量、前記撮像素子の露光時間、前記撮像素子の検出感度、及び前記合焦レンズに対する制御内容の少なくとも 1 つを含む第 1 測定条件を決定する第 1 測定条件決定ステップと、

前記第 1 測定条件の下で前記撮像素子により得られた第 2 パターン像に基づいて、前記光量、前記露光時間、前記検出感度、及び前記制御内容の少なくとも 1 つを含む第 2 測定条件を決定する第 2 測定条件決定ステップと、

前記第 2 測定条件の下で前記被検眼を雲霧視させる雲霧制御ステップと、

前記雲霧制御ステップにおいて前記被検眼を雲霧視させた状態で前記屈折力を測定する測定ステップと、

を含む眼科装置の制御方法。

## 【請求項 11】

前記第 1 測定条件決定ステップ及び前記第 2 測定条件決定ステップの少なくとも一方は、

パターン像の輝度が高いか否かを判定する第 1 判定ステップと、

前記第 1 判定ステップにおいて前記輝度が高いと判定されたとき、前記検出感度が第 1 閾値以上であるか否かを判定する第 2 判定ステップと、

前記第 2 判定ステップにおいて前記検出感度が前記第 1 閾値以上であると判定されたとき、前記検出感度を下げる第 1 検出感度制御ステップと、

前記第 2 判定ステップにおいて前記検出感度が前記第 1 閾値未満であると判定されたとき、前記露光時間が第 2 閾値以上であるか否かを判定する第 3 判定ステップと、

前記第 3 判定ステップにおいて前記露光時間が前記第 2 閾値以上であると判定されたとき、前記露光時間を短くする第 1 露光時間制御ステップと、

前記第 3 判定ステップにおいて前記検出感度が前記第 2 閾値未満であると判定されたとき、前記光量が第 3 閾値以上であるか否かを判定する第 4 判定ステップと、

前記第 4 判定ステップにおいて前記光量が前記第 3 閾値以上であると判定されたとき、前記光量を下げる第 1 光量制御ステップと、

を含む

ことを特徴とする請求項 10 に記載の眼科装置の制御方法。

## 【請求項 12】

前記眼科装置は、前記パターン光の光路に配置されたロータリーブリズムを含み、

前記第 2 閾値は、前記ロータリーブリズムの回転速度により規定される下限時間以上である

ことを特徴とする請求項 11 に記載の眼科装置の制御方法。

## 【請求項 13】

前記第 1 測定条件決定ステップ及び前記第 2 測定条件決定ステップの少なくとも一方は、

パターン像の輝度が低いかなんかを判定する第 5 判定ステップと、

前記第 5 判定ステップにおいて前記輝度が低いと判定されたとき、前記光量が第 4 閾値

10

20

30

40

50

以下であるか否かを判定する第 6 判定ステップと、

前記第 6 判定ステップにおいて前記光量が前記第 4 閾値以下であると判定されたとき、  
前記光量を上げる第 2 光量制御ステップと、

前記第 6 判定ステップにおいて前記光量が前記第 4 閾値を超えると判定されたとき、前  
記露光時間が第 5 閾値以下であるか否かを判定する第 7 判定ステップと、

前記第 7 判定ステップにおいて前記露光時間が前記第 5 閾値以下であると判定されたと  
き、前記露光時間を長くする第 2 露光時間制御ステップと、

前記第 7 判定ステップにおいて前記露光時間が前記第 5 閾値を超えると判定されたとき  
、前記検出感度が第 6 閾値以下であるか否かを判定する第 8 判定ステップと、

前記第 8 判定ステップにおいて前記検出感度が前記第 6 閾値以下であると判定されたと  
き、前記検出感度を上げる第 2 検出感度制御ステップと、

を含む

ことを特徴とする請求項 10 ~ 請求項 12 のいずれか一項に記載の眼科装置の制御方法  
。

【請求項 14】

前記光源は、前記被検眼の眼底と光学的に略共役になるように配置され、

前記眼科装置は、

前記被検眼の瞳孔と光学的に略共役な位置に配置され前記光源からの光を透過する透光  
部が形成された絞りと、

前記光源からの光を偏向して前記透光部に導く偏向部材と、

を含み、

前記透光部を透過した光を前記パターン光として前記被検眼に投射する

ことを特徴とする請求項 10 ~ 請求項 13 のいずれか一項に記載の眼科装置の制御方法  
。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、眼科装置、及びその制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

眼科装置として、被検眼の眼屈折力の測定が可能なものが知られている。例えば、特許  
文献 1 には、被検眼の眼底に測定パターンを投射し、眼底からの反射光を瞳孔の中心部か  
ら取り出し、取得されたパターン像の大きさや変形の度合いから眼屈折力値を算出する眼  
科装置が開示されている。

【0003】

このような眼科装置では、被検眼の調節力に応じた合焦部の移動量を事前に決定する目  
的で仮測定が実行される。例えば、特許文献 2 には、仮測定により得られた合焦部の移動  
量に基づいて、測定パターン像が被検眼の眼底で略合焦状態となるように合焦部を移動し  
、更に被検眼を雲霧視させた後に、本測定を実施することにより被検眼の正確な眼屈折力  
を測定する眼科装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2016 - 187461 号公報

【特許文献 2】特開 2007 - 159850 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

被検眼の眼底に投射されるパターン像の線幅が太い場合、仮測定により求められた合焦  
部の移動量に基づいて合焦部を移動しても、移動前後におけるセンサ上でのパターン像の

10

20

30

40

50

明るさ（照度）の変化は小さい。従って、仮測定により決定された測定条件の下で本測定を実行した場合、測定精度が問題にならない。

【0006】

一方、眼底に投射されるパターン像の線幅を細く、かつ輝度を高くすると、得られるパターン像のエッジ部分が急峻となるため測定光束の眼内でのケラレなどの影響を受けにくくなる。このことから、白内障など眼内に混濁のある被検眼に対しても、安定した測定が可能となる。しかしながら、パターン像の線幅が細く、かつ輝度が高い場合、合焦部の移動前後におけるパターン像の明るさの変化が大きくなる。従って、仮測定により決定された測定条件の下で本測定を実行した場合、像の検出に十分なS/N比が得られず、却って測定精度が低下する可能性がある。

10

【0007】

本発明は、このような事情を鑑みてなされたものであり、その目的は、被検眼の眼屈折力を測定するためのパターン像の線幅が細く、かつ輝度が高い場合でも測定精度の低下を抑えることが可能な眼科装置、及びその制御方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

実施形態の第1態様は、光源からの光に基づくパターン光を被検眼に投射し、前記パターン光の前記被検眼からの戻り光を焦点位置が変更可能な合焦レンズを介して撮像素子で受光する光学系と、前記撮像素子により得られたパターン像に基づいて前記被検眼の眼屈折力値を算出する解析部と、前記撮像素子により得られた第1パターン像に基づいて前記光源の光量、前記撮像素子の露光時間、前記撮像素子の検出感度、及び前記合焦レンズに対する制御内容の少なくとも1つを含む第1測定条件を決定し、前記第1測定条件の下で前記撮像素子により得られた第2パターン像に基づいて前記光量、前記露光時間、前記検出感度、及び前記制御内容の少なくとも1つを含む第2測定条件を決定し、前記第2測定条件の下で前記被検眼を雲霧視させた状態で前記撮像素子により得られた第3パターン像に基づいて前記眼屈折力値を前記解析部に算出させる制御部と、を含む眼科装置である。

20

【0009】

また、実施形態の第2態様では、第1態様において、前記光源は、前記被検眼の眼底と光学的に略共役になるように配置され、前記光学系は、前記被検眼の瞳孔と光学的に略共役な位置に配置され前記光源からの光を透過する透光部が形成された絞りと、前記光源からの光を偏向して前記透光部に導く偏向部材と、を含み、前記透光部を透過した光を前記パターン光として前記被検眼に投射してもよい。

30

【0010】

また、実施形態の第3態様では、第1態様又は第2態様において、前記制御部は、前記第1パターン像の輝度が高いとき第1輝度低下制御を実行し、前記第1パターン像の輝度が低いとき第1輝度上昇制御を実行し、前記第2パターン像の輝度が高いとき第2輝度低下制御を実行し、前記第2パターン像の輝度が低いとき第2輝度上昇制御を実行してもよい。

【0011】

また、実施形態の第4態様では、第3態様において、前記第1輝度低下制御及び前記第2輝度低下制御の少なくとも一方は、パターン像の輝度に基づいて、前記検出感度を下げることによりパターン像の輝度を下げる第1検出感度制御の後に、前記露光時間を短くすることによりパターン像の輝度を下げる第1露光時間制御を行ってもよい。

40

【0012】

また、実施形態の第5態様では、第4態様において、前記第1輝度低下制御及び前記第2輝度低下制御の少なくとも一方は、前記第1露光時間制御の後に、前記光量を下げることによりパターン像の輝度を下げる第1光量制御を行ってもよい。

【0013】

また、実施形態の第6態様では、第4態様又は第5態様において、前記光学系は、前記パターン光の光路に配置されたロータリーブリズムを含み、前記第1露光時間制御は、前

50

記ロータリープリズムの回転速度により規定される下限時間以上になるように前記露光時間を短くしてもよい。

【0014】

また、実施形態の第7態様では、第3態様～第6態様のいずれかにおいて、前記第1輝度上昇制御及び前記第2輝度上昇制御の少なくとも一方は、前記光量を上げることによりパターン像の輝度を上げる第2光量制御の後に、前記露光時間を長くすることによりパターン像の輝度を上げる第2露光時間制御を行ってもよい。

【0015】

また、実施形態の第8態様では、第7態様において、前記第1輝度上昇制御及び前記第2輝度上昇制御の少なくとも一方は、前記第2露光時間制御の後に、前記検出感度を上げることによりパターン像の輝度を上げる第2検出感度制御を行ってもよい。

10

【0016】

また、実施形態の第9態様では、第1態様～第8態様のいずれかにおいて、前記パターン光は、リング状の光であってよい。

【0017】

実施形態の第10態様は、光源からの光に基づくパターン光を被検眼に投射し、前記パターン光の前記被検眼からの戻り光を焦点位置が変更可能な合焦レンズを介して撮像素子で受光することにより前記被検眼の屈折力を測定する眼科装置の制御方法であって、前記撮像素子により得られた第1パターン像に基づいて、前記光源の光量、前記撮像素子の露光時間、前記撮像素子の検出感度、及び前記合焦レンズに対する制御内容の少なくとも1つを含む第1測定条件を決定する第1測定条件決定ステップと、前記第1測定条件の下で前記撮像素子により得られた第2パターン像に基づいて、前記光量、前記露光時間、前記検出感度、及び前記制御内容の少なくとも1つを含む第2測定条件を決定する第2測定条件決定ステップと、前記第2測定条件の下で前記被検眼を雲霧視させる雲霧制御ステップと、前記雲霧制御ステップにおいて前記被検眼を雲霧視させた状態で前記屈折力を測定する測定ステップと、を含む眼科装置の制御方法である。

20

【0018】

また、実施形態の第11態様では、第10態様において、前記第1測定条件決定ステップ及び前記第2測定条件決定ステップの少なくとも一方は、パターン像の輝度が高いか否かを判定する第1判定ステップと、前記第1判定ステップにおいて前記輝度が高いと判定されたとき、前記検出感度が第1閾値以上であるか否かを判定する第2判定ステップと、前記第2判定ステップにおいて前記検出感度が前記第1閾値以上であると判定されたとき、前記検出感度を下げる第1検出感度制御ステップと、前記第2判定ステップにおいて前記検出感度が前記第1閾値未満であると判定されたとき、前記露光時間が第2閾値以上であるか否かを判定する第3判定ステップと、前記第3判定ステップにおいて前記露光時間が前記第2閾値以上であると判定されたとき、前記露光時間を短くする第1露光時間制御ステップと、前記第3判定ステップにおいて前記検出感度が前記第2閾値未満であると判定されたとき、前記光量が第3閾値以上であるか否かを判定する第4判定ステップと、前記第4判定ステップにおいて前記光量が前記第3閾値以上であると判定されたとき、前記光量を下げる第1光量制御ステップと、を含んでもよい。

30

40

【0019】

また、実施形態の第12態様では、第11態様において、前記眼科装置は、前記パターン光の光路に配置されたロータリープリズムを含み、前記第2閾値は、前記ロータリープリズムの回転速度により規定される下限時間以上であってよい。

【0020】

また、実施形態の第13態様では、第10態様～第12態様のいずれかにおいて、前記第1測定条件決定ステップ及び前記第2測定条件決定ステップの少なくとも一方は、パターン像の輝度が低いと判定する第5判定ステップと、前記第5判定ステップにおいて前記輝度が低いと判定されたとき、前記光量が第4閾値以下であるか否かを判定する第6判定ステップと、前記第6判定ステップにおいて前記光量が前記第4閾値以下であると

50

判定されたとき、前記光量を上げる第2光量制御ステップと、前記第6判定ステップにおいて前記光量が前記第4閾値を超えると判定されたとき、前記露光時間が第5閾値以下であるか否かを判定する第7判定ステップと、前記第7判定ステップにおいて前記露光時間が前記第5閾値以下であると判定されたとき、前記露光時間を長くする第2露光時間制御ステップと、前記第7判定ステップにおいて前記露光時間が前記第5閾値を超えると判定されたとき、前記検出感度が第6閾値以下であるか否かを判定する第8判定ステップと、前記第8判定ステップにおいて前記検出感度が前記第6閾値以下であると判定されたとき、前記検出感度を上げる第2検出感度制御ステップと、を含んでもよい。

【0021】

また、実施形態の第14態様では、前記光源は、前記被検眼の眼底と光学的に略共役になるように配置され、前記眼科装置は、前記被検眼の瞳孔と光学的に略共役な位置に配置され前記光源からの光を透過する透光部が形成された絞りと、前記光源からの光を偏向して前記透光部に導く偏向部材と、を含み、前記透光部を透過した光を前記パターン光として前記被検眼に投射してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】実施形態に係る眼科装置の光学系の構成例を示す概略図である。

【図2】実施形態に係る眼科装置の光学系の構成例を示す概略図である。

【図3】実施形態に係る眼科装置の光学系の構成例を示す概略図である。

【図4】実施形態に係る眼科装置の処理系の構成例を示す概略図である。

【図5】実施形態に係る眼科装置の処理系の構成例を示す概略図である。

【図6】実施形態に係る眼科装置の動作例のフローを示す概略図である。

【図7】実施形態に係る眼科装置の動作例のフローを示す概略図である。

【図8】実施形態に係る眼科装置の動作例のフローを示す概略図である。

【図9】実施形態に係る眼科装置の動作例のフローを示す概略図である。

【図10】実施形態に係る眼科装置の動作例のフローを示す概略図である。

【図11】実施形態の変形例に係る眼科装置の光学系の構成例を示す概略図である。

【図12】実施形態の変形例に係る眼科装置の光学系の構成例を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

この発明に係る眼科装置の実施形態の例について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、この明細書において引用された文献の記載内容や任意の公知技術を、以下の実施形態に援用することが可能である。

【0024】

実施形態に係る眼科装置は、他覚測定と自覚検査とを実行可能である。他覚測定は、被検者からの応答を参照することなく、主に物理的な手法を用いて被検眼に関する情報を取得する測定手法である。

【0025】

他覚測定には、被検眼の特性を取得するための測定と、被検眼の画像を取得するための撮影とが含まれる。他覚測定には、他覚屈折測定、角膜形状測定、眼圧測定、眼底撮影、光干渉計測等がある。一方、自覚検査は、被検者からの応答を利用して情報を取得する測定手法である。自覚検査には、遠用検査、近用検査、コントラスト検査、グレア検査等の自覚屈折測定や、視野検査などがある。

【0026】

実施形態に係る眼科装置は、少なくとも他覚屈折力の測定が可能であり、これに加えて任意の自覚検査及びその他の任意の他覚測定が実行可能である。

【0027】

以下、眼底共役位置は、アライメントが完了した状態での被検眼の眼底と光学的に略共役な位置であり、被検眼の眼底と光学的に共役な位置又はその近傍を意味するものとする。同様に、瞳孔共役位置は、アライメントが完了した状態での被検眼の瞳孔と光学的に略

10

20

30

40

50

共役な位置であり、被検眼の瞳孔と光学的に共役な位置又はその近傍を意味するものとする。

【0028】

<光学系の構成>

図1に、実施形態に係る眼科装置の光学系の構成例を示す。眼科装置1000は、被検眼Eの検査を行うための光学系として、Zアライメント系1、XYアライメント系2、ケラト測定系3、視標投影系4、前眼部観察系5、レフ測定投射系6、及びレフ測定受光系7を含む。

【0029】

(前眼部観察系5)

前眼部観察系5は、被検眼Eの前眼部を動画撮影する。前眼部観察系5を経由する光学系において、撮像素子59の撮像面は瞳孔共役位置Qに配置されている。前眼部照明光源51は、被検眼Eの前眼部に照明光(例えば、赤外光)を照射する。被検眼Eの前眼部により反射された光は、対物レンズ52を通過し、ダイクロイックミラー53を透過し、ハーフミラー54を透過し、リレーレンズ55及び56を通過し、ダイクロイックミラー57を透過する。ダイクロイックミラー57を透過した光は、結像レンズ58により撮像素子59(エリアセンサ)の撮像面に結像される。撮像素子59は、所定のレートで撮像及び信号出力を行う。撮像素子59の出力(映像信号)は、後述の処理部9に入力される。処理部9は、この映像信号に基づく前眼部像を後述の表示部の表示画面に表示させる。前眼部像は、例えば赤外動画像である。

【0030】

(Zアライメント系1)

Zアライメント系1は、前眼部観察系5の光軸方向(前後方向、Z方向)におけるアライメントを行うための光(赤外光)を被検眼Eに投射する。Zアライメント光源11から出力された光は、被検眼Eの角膜に投射され、角膜により反射され、結像レンズ12によりラインセンサ13のセンサ面に結像される。角膜頂点の位置が前眼部観察系5の光軸方向に変化すると、ラインセンサ13のセンサ面における光の投射位置が変化する。処理部9は、ラインセンサ13のセンサ面における光の投射位置に基づいて被検眼Eの角膜頂点の位置を求め、これに基づき光学系を移動させる機構を制御してZアライメントを実行する。

【0031】

(XYアライメント系2)

XYアライメント系2は、前眼部観察系5の光軸に直交する方向(左右方向(X方向)、上下方向(Y方向))のアライメントを行うための光(赤外光)を被検眼Eに照射する。XYアライメント系2は、ハーフミラー54により前眼部観察系5から分岐された光路に設けられたXYアライメント光源21を含む。XYアライメント光源21から出力された光は、ハーフミラー54により反射され、前眼部観察系5を通じて被検眼Eに投射される。被検眼Eの角膜による反射光は、前眼部観察系5を通じて撮像素子59に導かれる。

【0032】

この反射光に基づく像(輝点像)は前眼部像に含まれる。処理部9は、輝点像を含む前眼部像とアライメントマークとを表示部の表示画面に表示させる。手動でXYアライメントを行う場合、ユーザは、アライメントマーク内に輝点像を誘導するように光学系の移動操作を行う。自動でアライメントを行う場合、処理部9は、アライメントマークに対する輝点像の変位がキャンセルされるように、光学系を移動させる機構を制御する。

【0033】

(ケラト測定系3)

ケラト測定系3は、被検眼Eの角膜の形状を測定するためのリング状光束(赤外光)を角膜に投射する。ケラト板31は、対物レンズ52と被検眼Eとの間に配置されている。ケラト板31の背面側(対物レンズ52側)にはケラトリング光源(図示せず)が設けられている。ケラトリング光源からの光でケラト板31を照明することにより、被検眼Eの

10

20

30

40

50

角膜にリング状光束が投射される。被検眼 E の角膜からの反射光（ケラトリング像）は撮像素子 5 9 により前眼部像とともに検出される。処理部 9 は、このケラトリング像を基に公知の演算を行うことで、角膜の形状を表す角膜形状パラメータを算出する。

【0034】

（視標投影系 4）

視標投影系 4 は、固視標や自覚検査用視標等の各種視標を被検眼 E に呈示する。光源 4 1 から出力された光（可視光）は、コリメートレンズ 4 2 により平行光束とされ、視標チャート 4 3 に照射される。視標チャート 4 3 は、例えば透過型の液晶パネルを含み、視標を表すパターンを表示する。視標チャート 4 3 を透過した光は、リレーレンズ 4 4 及び 4 5 を通過し、反射ミラー 4 6 により反射され、ダイクロイックミラー 6 8 を透過し、ダイクロイックミラー 5 3 により反射される。ダイクロイックミラー 5 3 により反射された光は、対物レンズ 5 2 を通過して眼底 E f に投射される。光源 4 1、コリメートレンズ 4 2 及び視標チャート 4 3 は、一体となって光軸方向に移動可能である。

10

【0035】

自覚検査を行う場合、処理部 9 は、他覚測定の結果に基づき光源 4 1、コリメートレンズ 4 2 及び視標チャート 4 3 を光軸方向に移動させ、視標チャート 4 3 を制御する。処理部 9 は、検者又は処理部 9 により選択された視標を視標チャート 4 3 に表示させる。それにより、当該視標が被検者に呈示される。被検者は視標に対する応答を行う。応答内容の入力を受けて、処理部 9 は、更なる制御や、自覚検査値の算出を行う。例えば、視力測定において、処理部 9 は、ランドルト環等に対する応答に基づいて、次の視標を選択して呈示し、これを繰り返し行うことで視力値を決定する。

20

【0036】

（レフ測定投射系 6、レフ測定受光系 7）

レフ測定投射系 6 及びレフ測定受光系 7 は他覚屈折測定（レフ測定）に用いられる。レフ測定投射系 6 は、他覚測定用のリング状光束（赤外光）を眼底 E f に投射する。レフ測定受光系 7 は、このリング状光束の被検眼 E からの戻り光を受光する。

【0037】

レフ測定光源 6 1 は、発光径が所定のサイズ以下の高輝度光源である S L D（Superluminescent Diode）光源であってよい。レフ測定光源 6 1 は、光軸方向に移動可能であり、眼底共役位置 P に配置される。リング絞り 6 5（具体的には、透光部）は、瞳孔共役位置 Q に配置されている。合焦レンズ 7 4 は、光軸方向に移動可能である。合焦レンズ 7 4 は、後述の主制御部 1 1 1 からの制御を受け、焦点位置を変更可能な公知の焦点可変レンズであってもよい。レフ測定受光系 7 を経由する光学系において、撮像素子 5 9 の撮像面は眼底共役位置 P に配置されている。

30

【0038】

レフ測定光源 6 1 から出力された光は、リレーレンズ 6 2 を通過し、円錐プリズム 6 3 の円錐面に入射する。円錐面に入射した光は偏向され、円錐プリズム 6 3 の底面から出射する。円錐プリズム 6 3 の底面から出射した光は、フィールドレンズ 6 4 を通過し、リング絞り 6 5 にリング状に形成された透光部を通過する。リング絞り 6 5 の透光部を通過した光（リング状光束）は、孔開きプリズム 6 6 の反射面により反射され、ロータリープリズム 6 7 を通過し、ダイクロイックミラー 6 8 により反射される。ダイクロイックミラー 6 8 により反射された光は、ダイクロイックミラー 5 3 により反射され、対物レンズ 5 2 を通過し、被検眼 E に投射される。ロータリープリズム 6 7 は、眼底 E f の血管や疾患部位に対するリング状光束の光量分布を平均化や光源に起因するスペックルノイズの低減のために用いられる。

40

【0039】

円錐プリズム 6 3 は、瞳孔共役位置 Q に可能な限り近い位置に配置されることが望ましい。

【0040】

図 2 に、フィールドレンズ 6 4 の断面図を模式的に示す。例えば、図 2 に示すように、

50

フィールドレンズ 6 4 の被検眼 E の側のレンズ面にリング絞り 6 5 が貼り付けられていてもよい。この場合、例えば、フィールドレンズ 6 4 のレンズ面には、リング状の透光部が形成されるように遮光膜が蒸着される。

【 0 0 4 1 】

また、レフ測定投射系 6 は、フィールドレンズ 6 4 が省略された構成を有していてもよい。

【 0 0 4 2 】

図 3 に、円錐プリズム 6 3 の断面図を模式的に示す。例えば、図 3 に示すように、リレーレンズ 6 2 を通過した光が円錐面 6 3 a に入射する円錐プリズム 6 3 の底面 6 3 b にリング絞り 6 5 が貼り付けられていてもよい。この場合、例えば、円錐プリズム 6 3 の底面 6 3 b には、リング状の透光部が形成されるように遮光膜が蒸着される。また、リング絞りが円錐プリズム 6 3 の円錐面 6 3 a の側にあってもよい。

10

【 0 0 4 3 】

リング絞り 6 5 は、所定の測定パターンに対応した形状を有する透光部が形成された絞りであってよい。この絞りには、レフ測定投射系 6 の光軸に対して偏心した位置に透光部が形成されていてよい。また、絞りには、2 以上の透光部が形成されていてよい。

【 0 0 4 4 】

眼底 E f に投射されたリング状光束の戻り光は、対物レンズ 5 2 を通過し、ダイクロイックミラー 5 3 及びダイクロイックミラー 6 8 により反射される。ダイクロイックミラー 6 8 により反射された戻り光は、ロータリープリズム 6 7 を通過し、孔開きプリズム 6 6 の孔部を通過し、リレーレンズ 7 1 を通過し、反射ミラー 7 2 により反射され、リレーレンズ 7 3 及び合焦レンズ 7 4 を通過する。合焦レンズ 7 4 を通過した光は、反射ミラー 7 5 により反射され、ダイクロイックミラー 5 7 により反射され、結像レンズ 5 8 により撮像素子 5 9 の撮像面に結像される。処理部 9 は、撮像素子 5 9 からの出力を基に公知の演算を行うことで被検眼 E の屈折力値を算出する。例えば、屈折力値は、球面度数、乱視度数及び乱視軸角度を含む。

20

【 0 0 4 5 】

孔開きプリズム 6 6 とリレーレンズ 7 1 との間に、瞳孔上の光束径を制限する絞りが配置されている。この絞りの透光部は、瞳孔共役位置に配置される。

【 0 0 4 6 】

処理部 9 は、算出された屈折力値に基づいて、眼底 E f とレフ測定光源 6 1 と撮像素子 5 9 の撮像面とが光学的に共役になるように、レフ測定光源 6 1 と合焦レンズ 7 4 とをそれぞれ光軸方向に移動させる。更に、処理部 9 は、レフ測定光源 6 1 及び合焦レンズ 7 4 の移動に連動して視標ユニットをその光軸方向に移動させる。光源 4 1、コリメートレンズ 4 2 及び視標チャート 4 3 を含む視標ユニットと、レフ測定光源 6 1 と、合焦レンズ 7 4 とは、連動してそれぞれの光軸方向に移動可能であってよい。

30

【 0 0 4 7 】

< 処理系の構成 >

眼科装置 1 0 0 0 の処理系の構成について説明する。眼科装置 1 0 0 0 の処理系の機能的構成の例を図 4 及び図 5 に示す。図 4 は、眼科装置 1 0 0 0 の処理系の機能ブロック図の一例を表したものである。図 5 は、図 4 の演算処理部 1 2 0 の機能ブロック図の一例を表したものである。

40

【 0 0 4 8 】

処理部 9 は、眼科装置 1 0 0 0 の各部を制御する。また、処理部 9 は、各種演算処理を実行可能である。処理部 9 は、プロセッサを含む。プロセッサの機能は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、プログラマブル論理デバイス(例えば、SPLD (Simple Programmable Logic Device)、CPLD (Complex Programmable Logic Device)、F

50

PGA (Field Programmable Gate Array) 等の回路により実現される。処理部 9 は、例えば、記憶回路や記憶装置に格納されているプログラムを読み出し実行することで、実施形態に係る機能を実現する。

【0049】

処理部 9 は、制御部 110 と、演算処理部 120 とを含む。また、眼科装置 1000 は、表示部 170 と、操作部 180 と、通信部 190 とを含む。

【0050】

(制御部 110)

制御部 110 は、眼科装置 1000 の各部を制御する。制御部 110 は、主制御部 111 と、記憶部 112 とを含む。

【0051】

主制御部 111 は、眼科装置 1000 の各種制御を行う。主制御部 111 は、Z アライメント系 1 の Z アライメント光源 11 やラインセンサ 13、XY アライメント系 2 の XY アライメント光源 21、ケラト測定系 3 のケラトリング光源を制御する。それにより、Z アライメント光源 11 や XY アライメント光源 21 やケラトリング光源から出力される光の光量が変更されたり、点灯や非点灯が切り替えられたりする。また、ラインセンサ 13 により検出された信号が取り込まれ、取り込まれた信号に基づくアライメント制御等が行われる。

【0052】

主制御部 111 は、視標投影系 4 の光源 41、及び視標チャート 43 を制御する。それにより、光源 41 から出力される光の光量が変更されたり、点灯や非点灯が切り替えられたりする。また、視標チャート 43 における視標や固視標の表示のオン・オフや、視標や固視標が切り替えられる。また、主制御部 111 は、光源 41、コリメートレンズ 42、及び視標チャート 43 を含む視標ユニットを光軸方向に移動する移動機構 (図示せず) を制御することができる。

【0053】

主制御部 111 は、前眼部観察系 5 の前眼部照明光源 51 や撮像素子 59 を制御する。それにより、前眼部照明光源 51 から出力される光の光量が変更されたり、点灯や非点灯が切り替えられたりする。また、撮像素子 59 の露光時間が変更されたり、撮像素子 59 に含まれる増幅器のゲインを制御することにより検出感度に変更されたりする。また、撮像素子 59 により取得された信号が取り込まれ、演算処理部 120 により画像の形成等が行われたりする。

【0054】

主制御部 111 は、レフ測定投射系 6 のレフ測定光源 61 やロータリープリズム 67、レフ測定受光系 7 の合焦レンズ 74 を制御する。それにより、レフ測定光源 61 から出力される光の光量が変更されたり、点灯や非点灯が切り替えられたりする。また、ロータリープリズム 67 の回転速度が変更されたり、回転動作のオン・オフが切り替えられたりする。また、合焦レンズ 74 の光軸方向の位置が変更される。また、主制御部 111 は、レフ測定光源 61 や合焦レンズ 74 を光軸方向に移動する移動機構 (図示せず) を制御することができる。合焦レンズ 74 が可変焦点レンズである場合、主制御部 111 は、合焦レンズ 74 を制御することにより合焦レンズ 74 の焦点位置を変更することができる。

【0055】

この実施形態では、主制御部 111 は、光源 41、コリメートレンズ 42、及び視標チャート 43 を含む視標ユニットと、レフ測定光源 61 と、合焦レンズ 74 とを保持する保持部材を含む移動機構を制御することが可能である。移動機構には、保持部材を移動するための駆動力を発生するアクチュエータと、この駆動力を伝達する伝達機構とが設けられる。アクチュエータは、例えばパルスモータにより構成される。伝達機構は、例えば歯車の組み合わせやラック・アンド・ピニオンなどによって構成される。主制御部 111 は、このような移動機構を制御することにより、それぞれを光軸方向に移動させることができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 6 】

主制御部 1 1 1 は、視標投影系 4、前眼部観察系 5、レフ測定投射系 6、レフ測定受光系、及び演算処理部 1 2 0 を制御することにより、仮測定を 2 回以上実行させ、最後に実行された仮測定により決定された測定条件の下で本測定を実行させることが可能である。仮測定を繰り返すたびに測定条件が収束するように、各回の仮測定により、同一種別の測定条件が決定されてもよいし、異なる種別の測定条件が決定されてもよい。この実施形態では、2 回の仮測定後に本測定が実行される。例えば、各回の仮測定では、得られたリング像に基づいて、レフ測定光源 6 1 から出力される光の光量（レフ測定光源 6 1 の光量）、撮像素子 5 9 の露光時間、撮像素子 5 9 の検出感度、及び合焦レンズ 7 4 に対する制御内容の少なくとも 1 つが決定されてよい。

10

## 【 0 0 5 7 】

また、主制御部 1 1 1 は、記憶部 1 1 2 にデータを書き込む処理や、記憶部 1 1 2 からデータを読み出す処理を行う。

## 【 0 0 5 8 】

記憶部 1 1 2 は、各種のデータを記憶する。記憶部 1 1 2 に記憶されるデータとしては、ケラト測定系 3 により得られた測定情報、レフ測定投射系 6 及びレフ測定受光系 7 により得られた測定情報、撮像素子 5 9 により取得された画像の画像データ、被検眼情報などがある。被検眼情報は、患者 ID や氏名などの被検者に関する情報や、左眼 / 右眼の識別情報などの被検眼に関する情報を含む。ケラト測定系 3 により得られた測定情報は、眼科装置 1 0 0 0 にて被検眼 E のケラト測定が行われたときに記憶部 1 1 2 に保存される。レフ測定投射系 6 及びレフ測定受光系 7 により得られた測定情報は、眼科装置 1 0 0 0 にて被検眼 E のレフ測定が行われたときに記憶部 1 1 2 に保存される。記憶部 1 1 2 は、角膜形状パラメータの算出処理や眼屈折力値の算出処理の作業メモリとして用いられてもよい。また、記憶部 1 1 2 には、眼科装置 1 0 0 0 を動作させるための各種プログラムやデータが記憶されている。

20

## 【 0 0 5 9 】

（演算処理部 1 2 0）

演算処理部 1 2 0 は、例えば、角膜形状パラメータや眼屈折力値など、眼屈折力を表すパラメータを求めるための各種の演算を実行する。演算処理部 1 2 0 は、解析部 1 2 1 を含む。

30

## 【 0 0 6 0 】

解析部 1 2 1 は、レフ測定投射系 6 により眼底 E f に投射されたリング状光束（リング状の測定パターン）の戻り光を撮像素子 5 9 が受光することにより得られたリング像（パターン像）を解析する。例えば、解析部 1 2 1 は、得られたリング像が描出された画像における輝度分布からリング像の重心位置を求め、この重心位置から放射状に延びる複数の走査方向に沿った輝度分布を求め、この輝度分布からリング像を特定する。解析部 1 2 1 は、特定されたリング像の輝度（リング輝度）が所定の輝度範囲内であるか否かを判定することが可能である。解析部 1 2 1 は、特定されたリング像の S / N 比が所定の数値範囲内にあるか否かを判定してもよい。

40

## 【 0 0 6 1 】

解析部 1 2 1 は、特定されたリング像の近似楕円を求め、この近似楕円の長径及び短径を公知の式に代入することによって球面度数、乱視度数及び乱視軸角度を求めることが可能である。または、解析部 1 2 1 は、特定されたリング像（近似楕円）と、合焦レンズ 7 4 に対する制御内容（例えば、移動量）とに基づいて球面度数、乱視度数及び乱視軸角度を求めることが可能である。或いは、解析部 1 2 1 は、基準パターンに対するリング像の変形及び変位に基づいて眼屈折力のパラメータを求めることができる。

## 【 0 0 6 2 】

また、解析部 1 2 1 は、前眼部観察系 5 により取得されたケラトリング像に基づいて、角膜屈折力、角膜乱視度及び角膜乱視軸角度を算出する。例えば、解析部 1 2 1 は、ケラトリング像を解析することにより角膜前面の強主経線や弱主経線の角膜曲率半径を算出し

50

、角膜曲率半径に基づいて上記パラメータを算出する。

【0063】

(表示部170、操作部180)

表示部170は、制御部110による制御を受けて情報を表示する。操作部180は、眼科装置1000の操作や情報入力に使用される。操作部180は、各種のハードウェアキー(ジョイスティック、ボタン、スイッチなど)、及び/又は、表示部170に提示される各種のソフトウェアキー(ボタン、アイコン、メニューなど)を含む。

【0064】

(通信部190)

通信部190は、外部装置と通信する機能を持つ。通信部190は、外部装置との接続形態に応じた通信インターフェイスを備える。外部装置の例として、レンズの光学特性を測定するための眼鏡レンズ測定装置がある。眼鏡レンズ測定装置は、被検者が装用する眼鏡レンズの度数などを測定し、この測定データを眼科装置1000に入力する。また、外部装置は、任意の眼科装置、記録媒体から情報を読み取る装置(リーダ)や、記録媒体に情報を書き込む装置(ライタ)などでもよい。更に、外部装置は、病院情報システム(HIS)サーバ、DICOM(Digital Imaging and Communication in Medicine)サーバ、医師端末、モバイル端末、個人端末、クラウドサーバなどでもよい。

10

【0065】

眼科装置1000において、眼底共役位置Pにレフ測定光源61を配置し、且つ瞳孔共役位置Qにリング絞り65を配置し、瞳孔共役位置Qの近傍に円錐プリズム63を配置するようにしたので、眼底Efに細く(内径と外径の幅が狭い)輝度の高いリング状の測定パターンを投射することができるようになる。従って、被検眼Eに入射する測定光束の全光量を小さくすることができ、被検者の負担を軽減しつつ、輝度の高い測定パターン光束を被検眼に投射することができる。それにより、信頼性の高い眼屈折力値を取得することができるようになる。また、眼底におけるリング像のプロファイルが急峻になるため、睫毛や白内障に起因した水晶体の混濁部分で入射光束が遮られることによる影響が少なく測定エラーの発生を抑えることができるようになる。

20

【0066】

レフ測定光源61は、実施形態に係る「光源」の一例である。レフ測定投射系6により被検眼Eに投射されるリング状光束は、実施形態に係る「パターン光」の一例である。前眼部観察系5、レフ測定投射系6、及びレフ測定受光系7は、実施形態に係る「光学系」の一例である。リング像は、実施形態に係る「パターン像」の一例である。リング絞り65は、実施形態に係る「絞り」の一例である。円錐プリズム63は、実施形態に係る「偏向部材」の一例である。

30

【0067】

<動作例>

実施形態に係る眼科装置1000の動作について説明する。眼科装置1000の動作の一例を図6~図10に示す。図6は、眼科装置1000の動作例のフロー図を表したものである。図7は、図6のステップS3の動作例のフロー図を表したものである。図8は、図7のステップS14又はステップS20の動作例のフロー図を表したものである。図9は、図8のステップS32の動作例のフロー図を表したものである。図10は、図8のステップS34の動作例のフロー図を表したものである。以下では、光源41、コリメートレンズ42及び視標チャート43を含む視標ユニットが光軸方向に移動されるものとする。

40

【0068】

まず、図6を参照して眼科装置1000の動作例について説明する。

【0069】

(S1:アライメント)

図示しない顔受け部に被検者の顔が固定された状態で、検者が操作部180に対して所

50

定の操作を行うことで、眼科装置 1000 は、光源 41 及び視標チャート 43 により固視標を被検眼 E に投射し、アライメントを実行する。

【0070】

具体的には、主制御部 111 は、Zアライメント光源 11 や XYアライメント光源 21 や光源 41 を点灯させる。更に、前眼部照明光源 51 を点灯する。前眼部照明光源の代わりにケラト光源を点灯させてもよい。処理部 9 は、撮像素子 59 の撮像面上の前眼部像の撮像信号を取得し、表示部 170 に前眼部像を表示させる。その後、図 1 に示す光学系が被検眼 E の検査位置に移動される。検査位置とは、十分な精度で被検眼 E の検査を行うことが可能な位置である。前述のアライメント（Zアライメント系 1 及び XYアライメント系 2 と前眼部観察系 5 とによるアライメント）を介して被検眼 E が検査位置に配置される。光学系の移動は、ユーザによる操作若しくは指示又は主制御部 111 による指示にしたがって、主制御部 111 によって実行される。すなわち、被検眼 E の検査位置への光学系の移動と、他覚測定を行うための準備とが行われる。

10

【0071】

また、主制御部 111 は、レフ測定光源 61 と、合焦レンズ 74 と、上記の視標ユニットをそれぞれの光軸に沿って原点の位置（例えば、0D に相当する位置）に移動させる。

【0072】

（S2：ケラト測定）

主制御部 111 は、光源 41 及び視標チャート 43 により固視標として輝点を被検眼 E に投射させ、ケラト測定を実行させる。

20

【0073】

すなわち、主制御部 111 は、ケラトリング光源を点灯させる。ケラトリング光源から光が出力されると、被検眼 E の角膜に角膜形状測定用のリング状光束が投射される。解析部 121 は、撮像素子 59 によって取得された像に対して演算処理を施すことにより、角膜曲率半径を算出し、算出された角膜曲率半径から角膜屈折力、角膜乱視度及び角膜乱視軸角度を算出する。制御部 110 では、算出された角膜屈折力などが記憶部 112 に記憶される。主制御部 111 からの指示、又は操作部 180 に対するユーザの操作若しくは指示により、眼科装置 1000 の動作はステップ S3 に移行する。

【0074】

（S3：レフ測定）

主制御部 111 は、レフ測定光源 61 を点灯させ、レフ測定を実行させる。ステップ S3 の詳細については後述する。

30

【0075】

制御部 110 では、ステップ S3 におけるレフ測定後の合焦レンズ 74 の移動量やリング像の形状より算出された球面度数などが記憶部 112 に記憶される。主制御部 111 からの指示、又は操作部 180 に対するユーザの操作若しくは指示により、眼科装置 1000 の動作はステップ S4 に移行する。以上で、眼科装置 1000 の動作は終了する（エンド）。

【0076】

[レフ測定]

図 7～図 10 に示すように、眼科装置 1000 は、図 6 のステップ S3 におけるレフ測定を実行する。

40

【0077】

（S11：仮測定条件の初期化）

主制御部 111 は、1 回目の仮測定に先立って、レフ測定光源 61 から出力される光の光量（レフ測定光源 61 の光量）、及び撮像素子 59 の露光時間や検出感度を初期値に設定する。

【0078】

（S12：仮測定（1回目））

主制御部 111 は、合焦レンズを基準位置（0D 位置）に配置した状態で、1 回目の仮

50

測定を実行させる。具体的には、主制御部 1 1 1 は、レフ測定光源 6 1 を点灯させ、眼底 E f に対してリング状光束をレフ測定投射系 6 に投射させ、眼底 E f からのリング状光束の戻り光を撮像素子 5 9 に受光させる。これにより、眼底 E f に投射されたリング状光束に基づくリング像が描出される画像が取得される。

【 0 0 7 9 】

( S 1 3 : 輝度は適正 ? )

主制御部 1 1 1 は、ステップ S 1 2 における撮像素子 5 9 の受光結果から得られたリング像に対するリング輝度チェックを解析部 1 2 1 に実行させる。解析部 1 2 1 は、撮像素子 5 9 により得られた画像における輝度分布からリング像の重心位置を求め、この重心位置から放射状に延びる複数の走査方向に沿った輝度分布を求め、この輝度分布からリング像を特定する。解析部 1 2 1 は、特定されたリング像の輝度が所定の輝度範囲内であるか否かを判定することにより、リング像の輝度が適正であるか否かを判定する。リング像の輝度が所定の輝度範囲内であると判定されたとき ( S 1 3 : Y )、眼科装置 1 0 0 0 の動作はステップ S 1 5 に移行する。リング像の輝度が所定の輝度範囲内ではないと判定されたとき ( S 1 3 : N )、眼科装置 1 0 0 0 の動作はステップ S 1 4 に移行する。

10

【 0 0 8 0 】

( S 1 4 : 測定条件変更制御 )

ステップ S 1 3 においてリング像の輝度が所定の輝度範囲内ではないと判定されたとき ( S 1 3 : N )、主制御部 1 1 1 は、測定条件変更制御を実行する。ステップ S 1 4 における測定条件変更制御では、取得されるリング像の輝度が変更されるように、レフ測定光源 6 1 の光量、撮像素子 5 9 の露光時間、撮像素子 5 9 の検出感度に変更される。ステップ S 1 4 の詳細については後述する。

20

【 0 0 8 1 】

ステップ S 1 4 が終了すると、眼科装置 1 0 0 0 の動作はステップ S 1 2 に移行する。すなわち、リング像の輝度が所定の輝度範囲内になるまでステップ S 1 2 における画像取得 ( 1 回目の仮測定 ) とステップ S 1 3 におけるリング像の輝度チェックとが繰り返される。

【 0 0 8 2 】

( S 1 5 : 仮屈折力値を算出 )

ステップ S 1 3 においてリング像の輝度が所定の輝度範囲内であると判定されたとき ( S 1 3 : Y )、主制御部 1 1 1 は、ステップ S 1 2 において取得された画像に基づいて仮屈折力値 ( 等価球面屈折力値 ) を解析部 1 2 1 に算出させる。解析部 1 2 1 は、上記のように、取得された画像において特定されたリング像の近似楕円を求め、この近似楕円から仮屈折力値を算出する。

30

【 0 0 8 3 】

( S 1 6 : 合焦制御 )

次に、主制御部 1 1 1 は、ステップ S 1 5 において求められた眼屈折力値に基づいて、ステップ S 1 2 において取得されたリング像のピントが合うように、合焦レンズ 7 4 を移動するアクチュエータに対する制御内容を決定する。この実施形態では、主制御部 1 1 1 は、合焦レンズ 7 4 の光軸方向の移動方向及び移動量に対応したアクチュエータの制御内容を決定する。例えば、眼屈折力値と合焦レンズ 7 4 の光軸方向の移動方向及び移動量とが関連付けられた対応情報が記憶部 1 1 2 にあらかじめ記憶されており、主制御部 1 1 1 は、記憶部 1 1 2 に記憶されている対応情報を参照することによりアクチュエータの制御内容を決定する。

40

【 0 0 8 4 】

主制御部 1 1 1 は、決定された制御内容に基づいてアクチュエータを制御することにより、ステップ S 1 5 において求められた眼屈折力値に対応した位置に合焦レンズ 7 4 を配置させる。

【 0 0 8 5 】

なお、合焦レンズ 7 4 が焦点可変レンズである場合、主制御部 1 1 1 は、同様に合焦レ

50

レンズ74に対する制御内容を決定することができる。すなわち、眼屈折力値と合焦レンズ74に対する制御内容とが関連付けられた対応情報が記憶部112にあらかじめ記憶されており、主制御部111は、記憶部112に記憶されている対応情報を参照することにより合焦レンズ74に対する制御内容を決定する。主制御部111は、決定された制御内容に基づいて合焦レンズ74を制御することにより、所望の位置に焦点位置を変更することができる。あわせて光源61、光源41とコリメートレンズ42と視標チャート42とを含む固視標ユニットを移動する。この移動は共通のアクチュエータにより駆動されてもよいし、一体として駆動されてもよい、個別のアクチュエータにより個別に駆動されてもよい。

【0086】

(S17: 次の仮測定条件の決定)

次に、主制御部111は、2回目の仮測定を実行するための測定条件を設定する。この測定条件は、ステップS16が終了した時点の測定条件であってもよい。また、主制御部111は、ステップS16が終了した時点の測定条件から、新たな測定条件を特定してもよい。合焦レンズ74の移動量によってリング像の明るさ(輝度)が変化するため、移動量に基づき、光源61の光量を変更してもよい。合焦レンズ74の移動量と光源61の光量の関係は数式によって導かれてもよいし、テーブル情報として記憶されていてもよい。数式は、実験結果などにより導出された1次式や2次式であってもよい。

【0087】

(S18: 仮測定(2回目))

主制御部111は、2回目の仮測定を実行させる。ステップS18は、ステップS12とほぼ同様である。

【0088】

(S19: 輝度は適正?)

主制御部111は、ステップS13と同様に、ステップS18において得られたリング像に対するリング像の輝度チェックを解析部121に実行させる。ステップS19のリング輝度チェックにおける輝度範囲は、ステップS13のリング像の輝度チェックにおける輝度範囲と同一であってもよいし、異なるものであってもよい。

【0089】

リング像の輝度が所定の輝度範囲内であると判定されたとき(S19: Y)、眼科装置1000の動作はステップS21に移行する。リング像の輝度が所定の範囲内ではないと判定されたとき(S19: N)、眼科装置1000の動作はステップS20に移行する。

【0090】

(S20: 測定条件変更制御)

ステップS19においてリング像の輝度が所定の範囲内ではないと判定されたとき(S19: N)、主制御部111は、測定条件変更制御を実行する。ステップS20における測定条件変更制御は、ステップS14と同様である。

【0091】

ステップS20が終了すると、眼科装置1000の動作はステップS18に移行する。すなわち、リング像の輝度が所定の範囲内になるまでステップS18における画像取得(2回目の仮測定)とステップS19におけるリング像の輝度チェックとが繰り返される。

【0092】

(S21: 仮屈折力値を算出)

ステップS19においてリング像の輝度が所定の輝度範囲内であると判定されたとき(S19: Y)、主制御部111は、ステップS15と同様に、ステップS18において取得された画像において特定されたリング像(例えば、リング像の形状と特定されリング像に対する合焦レンズ74の移動量)に基づいて仮屈折力値を解析部121に算出させる。

【0093】

(S22: 合焦制御)

主制御部111は、ステップS16と同様に、ステップS21において求められた眼屈

10

20

30

40

50

折力値に基づいて、ステップ S 1 8 において取得されたリング像のピントが合うように、合焦レンズ 7 4 を移動するアクチュエータに対する制御内容を決定する。

【 0 0 9 4 】

主制御部 1 1 1 は、決定された制御内容に基づいてアクチュエータを制御することにより、ステップ S 2 1 において求められた仮屈折力値に対応した位置に合焦レンズ 7 4 を配置させる。

【 0 0 9 5 】

( S 2 3 : 雲霧制御 )

次に、主制御部 1 1 1 は、本測定を実行するための測定条件を設定する。この測定条件は、ステップ S 2 2 が終了した時点の測定条件であってもよい。また、主制御部 1 1 1 は、ステップ S 2 2 が終了した時点の測定条件から、新たな測定条件を特定してもよい。特に、合焦レンズ 7 4 の移動量が大きい場合、リング像の輝度の変化が大きくなる可能性があるため、この変化を加味した新たな測定条件を求めてもよい。

10

【 0 0 9 6 】

続いて、主制御部 1 1 1 は、被検眼 E を雲霧視させるための制御を実行する。具体的には、主制御部 1 1 1 は、上記のアクチュエータを制御することにより既定の移動量だけ、光源 4 1 とコリメートレンズ 4 2 と視標チャート 5 3 とを含む固指標ユニットを移動させる。光源 6 1、合焦レンズ 7 4 が一体で駆動される構成においてはこれらも同時に移動する。

20

【 0 0 9 7 】

( S 2 4 : 本測定 )

主制御部 1 1 1 は、本測定を実行させる。具体的には、主制御部 1 1 1 は、レフ測定光源 6 1 を点灯させ、眼底 E f に対してリング状光束をレフ測定投射系 6 に投射させ、眼底 E f からのリング状光束の戻り光を撮像素子 5 9 に受光させる。これにより、眼底 E f に投射されたリング状光束に基づくリング像が描出される画像が取得される。

【 0 0 9 8 】

( S 2 5 : 眼屈折力値を算出 )

主制御部 1 1 1 は、ステップ S 2 4 において取得された画像において特定されたリング像の近似楕円を求め、合焦レンズ 7 4 の移動量とこの近似楕円から球面度数、乱視度数及び乱視軸角度を解析部 1 2 1 に算出させる。以上で、眼科装置 1 0 0 0 の動作は終了である ( エンド ) 。

30

【 0 0 9 9 】

[ 測定条件変更制御 ]

眼科装置 1 0 0 0 は、図 8 ~ 図 1 0 に示すように、図 7 のステップ S 1 4 又はステップ S 2 0 実行する。なお、ステップ S 1 4 及びステップ S 2 0 のいずれか一方が図 8 ~ 図 1 0 に示すように実行されてもよい。

【 0 1 0 0 】

( S 3 1 : 輝度が高い? )

主制御部 1 1 1 は、リング像の輝度が高いか否かを判定する。リング像の輝度が所定の輝度範囲の上限値以上であるとき、主制御部 1 1 1 は、リング像の輝度が高いと判定する。リング像の輝度が高いと判定されたとき ( S 3 1 : Y )、眼科装置 1 0 0 0 の動作はステップ S 3 2 に移行する。リング像の輝度が高いと判定されなかったとき ( S 3 1 : N )、眼科装置 1 0 0 0 の動作はステップ S 3 3 に移行する。

40

【 0 1 0 1 】

( S 3 2 : 輝度低下制御 )

ステップ S 3 1 においてリング像の輝度が高いと判定されたとき ( S 3 1 : Y )、主制御部 1 1 1 は、輝度低下制御を実行する。ステップ S 3 2 における輝度低下制御では、取得されるリング像の輝度が低下するように、レフ測定光源 6 1 の光量を変更、もしくは、撮像素子 5 9 の露光時間、撮像素子 5 9 の検出感度に変更される。ステップ S 3 2 の詳細については後述する。

50

## 【 0 1 0 2 】

ステップ S 3 2 が終了すると、眼科装置 1 0 0 0 のステップ S 1 4 又はステップ S 2 0 の動作は終了する（エンド）。

## 【 0 1 0 3 】

（ S 3 3 : 輝度が低い ? ）

ステップ S 3 1 においてリング像の輝度が高いと判定されなかったとき（ S 3 1 : N ）、主制御部 1 1 1 は、リング像の輝度が低いか否かを判定する。リング像の輝度が所定の輝度範囲の下限値以下であるとき、主制御部 1 1 1 は、リング像の輝度が低いと判定する。リング像の輝度が低いと判定されたとき（ S 3 3 : Y ）、眼科装置 1 0 0 0 の動作はステップ S 3 4 に移行する。リング像の輝度が高いと判定されなかったとき（ S 3 3 : N ）

10

## 【 0 1 0 4 】

（ S 3 4 : 輝度上昇制御 ）

ステップ S 3 3 においてリング像の輝度が低いと判定されたとき（ S 3 3 : Y ）、主制御部 1 1 1 は、輝度上昇制御を実行する。ステップ S 3 4 における輝度上昇制御では、取得されるリング像の輝度が上昇するように、レフ測定光源 6 1 の光量の変更、もしくは撮像素子 5 9 の露光時間、撮像素子 5 9 の検出感度、合焦レンズ 7 4 の移動量に変更される。ステップ S 3 4 の詳細については後述する。

## 【 0 1 0 5 】

ステップ S 3 4 が終了すると、眼科装置 1 0 0 0 のステップ S 1 4 又はステップ S 2 0 の動作は終了する（エンド）。

20

## 【 0 1 0 6 】

[ 輝度低下制御 ]

眼科装置 1 0 0 0 は、図 9 に示すように、図 8 のステップ S 3 2 における輝度低下制御を実行する。実施形態に係る輝度低下制御では、得られたリング像の輝度（すなわち、低下すべき量）に基づいて、撮像素子 5 9 の検出感度を下げることにより見かけのリング像の輝度を下げる第 1 検出感度制御が行われた後、撮像素子 5 9 の露光時間を短くすることによりリング像の輝度を下げる第 1 露光時間制御が行われる。更に、第 1 露光時間制御の後に、レフ測定光源 6 1 の光量を下げることによりリング像の輝度を下げる第 1 光量制御が行われる。

30

## 【 0 1 0 7 】

例えば、輝度低下制御では、所定の第 1 輝度範囲内でリング像の見かけの輝度を下げる第 1 検出感度制御が行われた後、上限が第 1 輝度範囲の下限以下である第 2 輝度範囲内でリング像の見かけの輝度を下げる第 1 露光時間制御が行われる。更に、第 1 露光時間制御の後に、上限が第 2 輝度範囲の下限以下である第 3 輝度範囲内でリング像の輝度を下げる第 1 光量制御が行われる。

## 【 0 1 0 8 】

（ S 4 1 : 輝度低下量を決定 ）

まず、主制御部 1 1 1 は、リング像の輝度の低下量を決定する。低下量は、あらかじめ決められた量であってよい。

40

## 【 0 1 0 9 】

また、低下量は、撮像素子 5 9 の飽和光量もしくは A / D 変換による飽和量に対応した量であってもよい。この場合、主制御部 1 1 1 は、リング像の輝度の低下量を解析部 1 2 1 に算出させる。解析部 1 2 1 は、合焦レンズ 7 4 移動後のリング像の輝度を予測し、予測値から輝度の低下量を求めることが可能である。例えば、解析部 1 2 1 は、当該リング像の輝度とステップ S 3 1 における輝度範囲の上限値との差分や、レフ測定光源 6 1 の光量、撮像素子 5 9 の露光時間、又は撮像素子 5 9 の検出感度に対する制御量と仮測定によって決定された合焦レンズ 7 4 の移動量とに基づいて移動後の輝度を特定する。

## 【 0 1 1 0 】

（ S 4 2 : 検出感度 T H 1 ? ）

50

次に、主制御部 111 は、撮像素子 59 の検出感度（ゲイン）を特定し、特定された検出感度が第 1 閾値 TH1 以上であるか否かを判定する。主制御部 111 は、撮像素子 59 に対する制御内容から検出感度を特定してもよいし、撮像素子 59 に設定された内容から検出感度を特定してもよい。検出感度が第 1 閾値 TH1 以上であると判定されたとき（S42：Y）、眼科装置 1000 の動作はステップ S43 に移行する。検出感度が第 1 閾値 TH1 未満であると判定されたとき（S42：N）、眼科装置 1000 の動作はステップ S44 に移行する。

【0111】

（S43：検出感度を下げる）

ステップ S42 において検出感度が第 1 閾値 TH1 以上であると判定されたとき（S42：Y）、主制御部 111 は、検出感度を下げるように撮像素子 59 を制御する。主制御部 111 は、所定量又は所定の割合で検出感度を下げることができる。

10

【0112】

このように、ステップ S42 及びステップ S43 において第 1 検出感度制御が行われる。ステップ S43 が完了すると、眼科装置 1000 のステップ S32 の動作は終了する（エンド）。

【0113】

（S44：露光時間 TH2？）

ステップ S42 において検出感度が第 1 閾値 TH1 未満であると判定されたとき（S42：N）、主制御部 111 は、撮像素子 59 の露光時間を特定し、特定された露光時間が第 2 閾値 TH2 以上であるか否かを判定する。主制御部 111 は、撮像素子 59 に対する制御内容から露光時間を特定してもよいし、撮像素子 59 に設定された内容から露光時間を特定してもよい。

20

【0114】

露光時間が短くなると、被検眼 E の移動に起因した測定誤差の発生を抑えることができるようになる。しかしながら、ロータリープリズム 67 による光量分布の平均化の効果を得るために、撮像素子 59 の露光時間は、ロータリープリズム 67 が所定の回数だけ回転する時間（下限時間）以上であることが望ましい。従って、第 2 閾値 TH2 は、ロータリープリズム 67 の回転速度に対応した下限時間であってよい。

【0115】

30

撮像素子 59 の露光時間が第 2 閾値 TH2 以上であると判定されたとき（S44：Y）、眼科装置 1000 の動作はステップ S45 に移行する。撮像素子 59 の露光時間が第 2 閾値 TH2 未満であると判定されたとき（S44：N）、眼科装置 1000 の動作はステップ S46 に移行する。

【0116】

（S45：露光時間を短くする）

ステップ S44 において露光時間が第 2 閾値 TH2 以上であると判定されたとき（S44：Y）、主制御部 111 は、露光時間を短くするように撮像素子 59 を制御する。主制御部 111 は、所定量又は所定の割合で露光時間を短くすることができる。

【0117】

40

このように、ステップ S44 及びステップ S45 において第 1 露光時間制御が行われる。ステップ S45 が完了すると、眼科装置 1000 のステップ S32 の動作は終了する（エンド）。

【0118】

（S46：光量 TH3？）

ステップ S44 において露光時間が第 2 閾値 TH2 未満であると判定されたとき（S44：N）、主制御部 111 は、レフ測定光源 61 の光量を特定し、特定された光量が第 3 閾値 TH3 以上であるか否かを判定する。主制御部 111 は、レフ測定光源 61 に対する制御内容から光量を特定してもよいし、レフ測定光源 61 に設定された内容から光量を特定してもよい。

50

## 【 0 1 1 9 】

レフ測定光源 6 1 の光量が第 3 閾値 T H 3 以上であると判定されたとき ( S 4 6 : Y )、眼科装置 1 0 0 0 の動作はステップ S 4 7 に移行する。レフ測定光源 6 1 の光量が第 3 閾値 T H 3 未満であると判定されたとき ( S 4 6 : N )、眼科装置 1 0 0 0 の動作はステップ S 4 8 に移行する。

## 【 0 1 2 0 】

( S 4 7 : 光量を下げる )

ステップ S 4 6 においてレフ測定光源 6 1 の光量が第 3 閾値 T H 3 以上であると判定されたとき ( S 4 6 : Y )、主制御部 1 1 1 は、光量を下げるようにレフ測定光源 6 1 を制御する。主制御部 1 1 1 は、所定量又は所定の割合で光量を下げることができる。

10

## 【 0 1 2 1 】

このように、ステップ S 4 6 及びステップ S 4 7 において第 1 光量制御が行われる。ステップ S 4 7 が完了すると、眼科装置 1 0 0 0 のステップ S 3 2 の動作は終了する ( エンド )。

## 【 0 1 2 2 】

( S 4 8 : エラー処理 )

ステップ S 4 6 においてレフ測定光源 6 1 の光量が第 3 閾値 T H 3 未満であると判定されたとき ( S 4 6 : N )、主制御部 1 1 1 は、所定のエラー処理を実行させる。所定のエラー処理には、表示部 1 7 0 に対するエラー表示処理などがある。リング像の輝度が高いと判定されたにもかかわらず、撮像素子 5 9 の検出感度や露光時間、レフ測定光源 6 1 の光量に対する制御が不可能と判断された場合に、エラー処理が実行される。ステップ S 4 8 が完了すると、眼科装置 1 0 0 0 によるレフ測定が終了する ( エンド )。

20

## 【 0 1 2 3 】

以上のように、輝度低下制御が繰り返し実行されることで、第 1 検出感度制御が優先的に実行された後、第 1 検出感度制御を補足するために第 1 露光時間制御が実行される。最後に、第 1 露光時間制御を補足するために第 1 検出感度制御が実行される。

## 【 0 1 2 4 】

第 1 検出感度制御は、第 1 露光時間制御や第 1 光量制御と比較して測定環境への影響が小さい。一方、第 1 露光時間制御は、上記のように被検眼 E の移動に対して有利になるが、ロータリープリズム 6 7 による効果が得られなくなる。従って、第 1 検出感度制御の後に第 1 露光時間制御を行うことで、リング像の輝度が高い場合でも、ロータリープリズム 6 7 による効果を得ながら、レフ測定の測定精度の低下を抑えることができるようになる。また、第 1 露光時間制御の後に第 1 光量制御を行うようにしたので、測定環境への影響を最小限に抑えることができるようになる。

30

## 【 0 1 2 5 】

[ 輝度上昇制御 ]

眼科装置 1 0 0 0 は、図 1 0 に示すように図 8 のステップ S 3 4 における輝度上昇制御を実行する。実施形態に係る輝度上昇制御では、得られたリング像の輝度 ( すなわち、上昇すべき量 ) に基づいて、レフ測定光源 6 1 の光量を上げることによりリング像の輝度を上げる第 2 光量制御が行われた後、撮像素子 5 9 の露光時間を長くすることによりリング像の見かけの輝度を上げる第 2 露光時間制御が行われる。更に、第 2 露光時間制御の後に、撮像素子 5 9 の検出感度を上げることによりリング像の見かけの輝度を上げる第 2 検出感度制御が行われる。

40

## 【 0 1 2 6 】

例えば、輝度上昇制御では、所定の第 4 輝度範囲内でリング像の輝度を上げる第 2 光量制御が行われた後、下限が第 4 輝度範囲の上限以上である第 5 輝度範囲内でリング像の輝度を上げる第 2 露光時間制御が行われる。更に、第 2 露光時間制御の後に、下限が第 5 輝度範囲の上限以上である第 6 輝度範囲内でリング像の輝度を上げる第 2 検出感度制御が行われる。

## 【 0 1 2 7 】

50

( S 5 1 : 輝度上昇量を決定 )

まず、主制御部 1 1 1 は、リング像の輝度の上昇量を決定する。上昇量は、あらかじめ決められた量であってよい。

【 0 1 2 8 】

また、主制御部 1 1 1 は、リング像の輝度の上昇量を解析部 1 2 1 に算出させてもよい。例えば、解析部 1 2 1 は、当該リング像の輝度とステップ S 3 3 における輝度範囲の下限値との差分や、レフ測定光源 6 1 の光量、撮像素子 5 9 の露光時間、又は撮像素子 5 9 の検出感度に対する制御量及び合焦レンズ 7 4 の移動量に基づいて上昇量を求めてもよい。

【 0 1 2 9 】

( S 5 2 : 光量 T H 4 ? )

次に、主制御部 1 1 1 は、レフ測定光源 6 1 の光量を特定し、特定された光量が第 4 閾値 T H 4 以下であるか否かを判定する。第 4 閾値 T H 4 は、被検者による測定パターン像の視認性や被検者の安全性を考慮した光量であることが望ましい。光量が第 4 閾値以下であると判定されたとき ( S 5 2 : Y )、眼科装置 1 0 0 0 の動作はステップ S 5 3 に移行する。光量が第 4 閾値 T H 4 を超えると判定されたとき ( S 5 2 : N )、眼科装置 1 0 0 0 の動作はステップ S 5 4 に移行する。

【 0 1 3 0 】

( S 5 3 : 光量上げる )

ステップ S 5 2 において光量が第 4 閾値 T H 4 以下であると判定されたとき ( S 5 2 : Y )、主制御部 1 1 1 は、光量上げるようにレフ測定光源 6 1 を制御する。主制御部 1 1 1 は、所定量又は所定の割合で光量を下げることができる。

【 0 1 3 1 】

このように、ステップ S 5 2 及びステップ S 5 3 において第 2 光量制御が行われる。ステップ S 5 3 が完了すると、眼科装置 1 0 0 0 のステップ S 3 4 の動作は終了する ( エンド )。

【 0 1 3 2 】

( S 5 4 : 露光時間 T H 5 ? )

ステップ S 5 2 において光量が第 4 閾値 T H 4 を超えると判定されたとき ( S 5 2 : N )、主制御部 1 1 1 は、撮像素子 5 9 の露光時間を特定し、特定された露光時間が第 5 閾値 T H 5 以下であるか否かを判定する。

【 0 1 3 3 】

露光時間が長くなると、被検眼 E の移動に起因した測定エラーが発生しやすくなる。従って、第 5 閾値 T H 5 は、被検眼 E の移動が発生しない時間としてあらかじめ決められた時間であってよい。

【 0 1 3 4 】

撮像素子 5 9 の露光時間が第 5 閾値 T H 5 以下であると判定されたとき ( S 5 4 : Y )、眼科装置 1 0 0 0 の動作はステップ S 5 5 に移行する。撮像素子 5 9 の露光時間が第 5 閾値 T H 5 を超えると判定されたとき ( S 5 4 : N )、眼科装置 1 0 0 0 の動作はステップ S 5 6 に移行する。

【 0 1 3 5 】

( S 5 5 : 露光時間を長くする )

ステップ S 5 4 において露光時間が第 5 閾値 T H 5 以下であると判定されたとき ( S 5 4 : Y )、主制御部 1 1 1 は、露光時間を長くするように撮像素子 5 9 を制御する。主制御部 1 1 1 は、所定量又は所定の割合で露光時間を長くすることができる。

【 0 1 3 6 】

このように、ステップ S 5 4 及びステップ S 5 5 において第 2 露光時間制御が行われる。ステップ S 5 5 が完了すると、眼科装置 1 0 0 0 のステップ S 3 4 の動作は終了する ( エンド )。

【 0 1 3 7 】

10

20

30

40

50

( S 5 6 : 検出感度 T H 6 ? )

ステップ S 5 4 において露光時間が第 5 閾値 T H 5 を超えると判定されたとき ( S 5 4 : N )、主制御部 1 1 1 は、撮像素子 5 9 の検出感度を特定し、特定された検出感度が第 6 閾値 T H 6 以下であるか否かを判定する。

【 0 1 3 8 】

撮像素子 5 9 の検出感度が第 6 閾値 T H 6 以下であると判定されたとき ( S 5 6 : Y )、眼科装置 1 0 0 0 の動作はステップ S 5 7 に移行する。撮像素子 5 9 の検出感度が第 6 閾値 T H 6 を超えると判定されたとき ( S 5 6 : N )、眼科装置 1 0 0 0 の動作はステップ S 5 8 に移行する。

【 0 1 3 9 】

( S 5 7 : 検出感度を上げる )

ステップ S 5 6 において撮像素子 5 9 の検出感度が第 6 閾値 T H 6 以下であると判定されたとき ( S 5 6 : Y )、主制御部 1 1 1 は、検出感度を上げるように撮像素子 5 9 を制御する。主制御部 1 1 1 は、所定量又は所定の割合で検出感度を上げることができる。

【 0 1 4 0 】

このように、ステップ S 5 6 及びステップ S 5 7 において第 2 検出感度制御が行われる。ステップ S 5 7 が完了すると、眼科装置 1 0 0 0 のステップ S 3 4 の動作は終了する ( エンド )。

【 0 1 4 1 】

( S 5 8 : 合焦制御実行 ? )

ステップ S 5 6 において撮像素子 5 9 の検出感度が第 6 閾値 T H 6 を超えると判定されたとき ( S 5 6 : N )、主制御部 1 1 1 は、合焦レンズ 7 4 による合焦制御を実行するか否かを判定する。主制御部 1 1 1 は、合焦レンズ 7 4 ( アクチュエータ ) に対する制御内容や合焦レンズ 7 4 の位置に基づいて合焦制御を実行するか否かを判定することができる。合焦レンズ 7 4 による合焦制御を実行すると判定されたとき ( S 5 8 : Y )、眼科装置 1 0 0 0 の動作はステップ S 5 9 に移行する。合焦レンズ 7 4 による合焦制御を実行しないと判定されたとき ( S 5 8 : N )、眼科装置 1 0 0 0 の動作はステップ S 6 0 に移行する。

【 0 1 4 2 】

( S 5 9 : 合焦制御 )

ステップ S 5 8 において合焦レンズ 7 4 による合焦制御を実行すると判定されたとき ( S 5 8 : Y )、主制御部 1 1 1 は、アクチュエータを制御することにより既定の移動量だけ合焦レンズ 7 4 を移動する。主制御部 1 1 1 は、リング像の輝度が上昇するように移動方向を変更しつつステップ S 5 9 の制御を繰り返すことが可能である。ステップ S 5 9 が完了すると、眼科装置 1 0 0 0 のステップ S 3 4 の動作は終了する ( エンド )。

【 0 1 4 3 】

( S 6 0 : エラー処理 )

ステップ S 5 8 において合焦レンズ 7 4 による合焦制御を実行しないと判定されたとき ( S 5 8 : N )、主制御部 1 1 1 は、所定のエラー処理を実行させる。所定のエラー処理には、表示部 1 7 0 に対するエラー表示処理などがある。リング像の輝度が低いと判定されたにもかかわらず、撮像素子 5 9 の検出感度や露光時間、レフ測定光源 6 1 の光量、合焦レンズ 7 4 に対する制御が不可能と判断された場合に、エラー処理が実行される。ステップ S 6 0 が完了すると、眼科装置 1 0 0 0 によるレフ測定が終了する ( エンド )。

【 0 1 4 4 】

以上のように、輝度上昇制御が繰り返し実行されることで、第 2 光量制御が優先的に実行された後、第 2 光量制御を補足するために第 2 露光時間制御が実行される。そして、第 2 露光時間制御を補足するために第 2 検出感度制御が実行され、最後に第 2 検出感度制御を補足するために合焦制御が実行される。

【 0 1 4 5 】

第 2 光量制御によりレフ測定光源 6 1 の光量を上げると被検眼 E に投射されるリング状

10

20

30

40

50

光束が被検者に視認されてしまい、被検者が注視して雲霧が難しくなる可能性がある。そこで、第2光量制御によりある程度まで光量を上げた後に、第2露光時間制御により露光時間を制御することで、被検者に測定パターンが視認しにくくすることで、雲霧が容易になり、測定誤差の発生を防ぐことが可能になる。

【0146】

また、第2露光時間制御の実行は、測定時間を長くすることを意味する。第2検出感度制御は、ノイズ成分を増幅して画質を劣化させる可能性がある。従って、第2光量制御の後に第2露光時間制御を行うことにより、測定時間の長期化を回避することができる。第2露光時間制御の後に第2検出感度制御を行うことにより、画質の劣化をできるだけ抑えることができるようになる。

10

【0147】

また、図9に示す輝度低下制御又は図10に示す輝度上昇制御において、測定時間を短縮するために露光時間制御よりも検出感度制御を優先したり、検出感度制御だけを行うようにしたりしてもよい。また、図10におけるステップS58及びステップS59は、図7のステップS14(1回目の仮測定)では実行されず、図7のステップS20(2回目の仮測定)だけ実行されてもよい。

【0148】

ステップS14は、実施形態に係る「第1測定条件決定ステップ」の一例である。ステップS20は、実施形態に係る「第2測定条件決定ステップ」の一例である。ステップS23は、実施形態に係る「雲霧制御ステップ」の一例である。ステップS24は、実施形態に係る「測定ステップ」の一例である。

20

【0149】

ステップS31は、実施形態に係る「第1判定ステップ」の一例である。ステップS42は、実施形態に係る「第2判定ステップ」の一例である。ステップS43は、実施形態に係る「第1検出感度制御ステップ」の一例である。ステップS44は、実施形態に係る「第3判定ステップ」の一例である。ステップS45は、実施形態に係る「第1露光時間制御ステップ」の一例である。ステップS46は、実施形態に係る「第4判定ステップ」の一例である。ステップS47は、実施形態に係る「第1光量制御ステップ」の一例である。

【0150】

ステップS33は、実施形態に係る「第5判定ステップ」の一例である。ステップS52は、実施形態に係る「第6判定ステップ」の一例である。ステップS53は、実施形態に係る「第2光量制御ステップ」の一例である。ステップS54は、実施形態に係る「第7判定ステップ」の一例である。ステップS55は、実施形態に係る「第2露光時間制御ステップ」の一例である。ステップS56は、実施形態に係る「第8判定ステップ」の一例である。ステップS57は、実施形態に係る「第2検出感度制御ステップ」の一例である。

30

【0151】

[変形例]

実施形態に係る眼科装置1000の光学系の構成は図1に示す構成に限定されるものではない。

40

【0152】

図11に、実施形態の変形例に係る眼科装置の光学系の構成例を示す。図11において、図1と同様の部分には同一符号を付し、適宜説明を省略する。

【0153】

変形例に係る眼科装置1000aの構成が眼科装置1000の構成と異なる点は、レフ測定投射系6に代えてレフ測定投射系6aが設けられている点である。レフ測定投射系6aの構成がレフ測定投射系6の構成と異なる点は、円錐プリズム63及びフィールドレンズ64に代えてリングレンズ69が設けられている点である。リングレンズ69は、遮光領域として形成された中心領域と、当該中心領域の周囲にリング状に形成されたレンズ部

50

とを含む。リングレンズ 69 はフィールドレンズと円錐プリズムを複合した光学素子として機能する。

【0154】

本変形例において、リングレンズ 69 は、レフ測定投射系 6a の大型化を回避しつつ、瞳孔共役位置 Q に可能な限り近い位置に配置されることが望ましい。

【0155】

図 12 に、リングレンズ 69 の断面図を模式的に示す。例えば、図 12 に示すように、リングレンズ 69 の被検眼 E の側のレンズ面にリング絞り 65 が貼り付けられている。

【0156】

本変形例に係る眼科装置 1000a の動作は実施形態と同様であるため、詳細な説明を省略する。

10

【0157】

本変形例においても、実施形態と同様に、被検眼 E に入射する光量を小さくすることができ、線幅が細く、輝度の高いパターンを被検眼 E に投射することができる。従って、被検者の負担を軽減しつつ、信頼性の高い眼屈折力値を取得することができるようになる。また、瞳孔にも細いリング状光束を入射することができるため、睫毛や白内障に起因した水晶体の混濁部分で入射光束が遮られることによる影響が少なく測定エラーの発生を抑えることができるようになる。

【0158】

[作用・効果]

20

実施形態又は変形例に係る眼科装置の作用及び効果について説明する。

【0159】

実施形態に係る眼科装置 (1000、1000a) は、光学系 (前眼部観察系 5、レフ測定投射系 6 又はレフ測定投射系 6a、レフ測定受光系 7) と、解析部 121 と、制御部 (110、主制御部 111) とを含む。光学系は、光源 (レフ測定光源 61) からの光に基づくパターン光 (リング状光束) を被検眼 (E) に投射し、パターン光の被検眼からの戻り光を焦点位置が変更可能な合焦レンズ (74) を介して撮像素子 (59) で受光する。解析部は、撮像素子により得られたパターン像 (リング像) に基づいて被検眼の眼屈折力値を算出する。制御部は、撮像素子により得られた第 1 パターン像に基づいて光源の光量、撮像素子の露光時間、撮像素子の検出感度、及び合焦レンズに対する制御内容の少なくとも 1 つを含む第 1 測定条件を決定し、第 1 測定条件の下で撮像素子により得られた第 2 パターン像に基づいて光量、露光時間、検出感度、及び制御内容の少なくとも 1 つを含む第 2 測定条件を決定し、第 2 測定条件の下で被検眼を雲霧視させた状態で撮像素子により得られた第 3 パターン像に基づいて眼屈折力値を解析部に算出させる。

30

【0160】

このような構成によれば、仮測定を行って第 1 測定条件を決定し、決定された第 1 測定条件の下で再び仮測定を行って第 2 測定条件を決定し、第 2 測定条件の下で眼屈折力値を取得するようにしたので、パターン像の輝度が高い場合であっても、従来に比べて高い精度で眼屈折力を測定することができるようになる。

【0161】

40

また、実施形態に係る眼科装置では、光源は、被検眼の眼底 (Ef) と光学的に略共役になるように配置され、光学系は、被検眼の瞳孔と光学的に略共役な位置 (Q) に配置され光源からの光を透過する透光部が形成された絞り (リング絞り 65) と、光源からの光を偏向して透光部に導く偏向部材 (円錐プリズム 63、リングレンズ 69) と、を含み、透光部を透過した光をパターン光として被検眼に投射してもよい。

【0162】

このような構成によれば、眼底に細い (内径と外径との幅が狭い) パターン光を投射することができるようになるので、輝度の高いパターン光を投射することで、取得されたパターン像の解析精度を向上させることができるようになる。それにより、輝度の高いパターン像と、複数回の仮測定の実行とにより、従来に比べて高い精度で眼屈折力を測定する

50

ことができるようになる。

【0163】

また、実施形態に係る眼科装置では、制御部は、第1パターン像の輝度が高いとき第1輝度低下制御（ステップS14、ステップS32）を実行し、第1パターン像の輝度が低いとき第1輝度上昇制御（ステップS14、ステップS34）を実行し、第2パターン像の輝度が高いとき第2輝度低下制御（ステップS20、ステップS32）を実行し、第2パターン像の輝度が低いとき第2輝度上昇制御（ステップS20、ステップS34）を実行してもよい。

【0164】

このような構成によれば、パターン像の輝度が所定の輝度範囲に収まるように第1測定条件と第2測定条件を決定するようにしたので、パターン像の輝度が高い場合であっても測定精度を低下させることなく、従来に比べてより高い精度で眼屈折力を測定することができるようになる。

10

【0165】

また、実施形態に係る眼科装置では、第1輝度低下制御及び第2輝度低下制御の少なくとも一方は、パターン像の輝度に基づいて、検出感度を下げることによりパターン像の輝度を下げる第1検出感度制御（ステップS43）の後に、露光時間を短くすることによりパターン像の輝度を下げる第1露光時間制御（ステップS45）を行ってもよい。

【0166】

このような構成によれば、パターン像の輝度が高い場合に、測定環境に大きな影響を与えることなく、測定精度の低下を抑えることができるようになる。

20

【0167】

また、実施形態に係る眼科装置では、第1輝度低下制御及び第2輝度低下制御の少なくとも一方は、第1露光時間制御（ステップS45）の後に、光量を下げることによりパターン像の輝度を下げる第1光量制御（ステップS47）を行ってもよい。

【0168】

このような構成によれば、パターン像の輝度が高い場合に、被検眼の移動に起因する測定エラーの発生を抑えつつ、測定環境への影響を最小限に抑えることができるようになる。

【0169】

また、実施形態に係る眼科装置では、光学系は、パターン光の光路に配置されたロータリープリズム（67）を含み、第1露光時間制御は、ロータリープリズムの回転速度により規定される下限時間以上になるように露光時間を短くしてもよい。

30

【0170】

このような構成によれば、ロータリープリズムによる光量分布の平均化の効果を得ながら測定精度の低下を抑えることができる。

【0171】

また、実施形態に係る眼科装置では、第1輝度上昇制御及び第2輝度上昇制御の少なくとも一方は、光量を上げることによりパターン像の輝度を上げる第2光量制御（ステップS53）の後に、露光時間を長くすることによりパターン像の輝度を上げる第2露光時間制御（ステップS55）を行ってもよい。

40

【0172】

このような構成によれば、パターン光が被検者に視認されてしまうことなく被検眼の固視を容易にして、測定精度の低下を防ぐことができるようになる。

【0173】

また、実施形態に係る眼科装置では、第1輝度上昇制御及び第2輝度上昇制御の少なくとも一方は、第2露光時間制御（ステップS55）の後に、検出感度を上げることによりパターン像の輝度を上げる第2検出感度制御（ステップS57）を行ってもよい。

【0174】

このような構成によれば、測定時間の長期化を回避すると共に、ノイズ成分の増幅に起

50

因する画質の劣化をできるだけ抑えることができるようになる。

【0175】

また、実施形態に係る眼科装置では、パターン光は、リング状の光であってよい。

【0176】

このような構成によれば、リング状の光に基づくリング像の輝度が高い場合であっても、従来に比べて高い精度で眼屈折力を測定することができるようになる。

【0177】

また、実施形態に係る眼科装置の制御方法は、光源（レフ測定光源61）からの光に基づくパターン光（リング状光束）を被検眼（E）に投射し、パターン光の被検眼からの戻り光を焦点位置が変更可能な合焦レンズ（74）を介して撮像素子（59）で受光することにより被検眼の屈折力を測定するための方法である。眼科装置の制御方法は、第1測定条件ステップ（ステップS14）と、第2測定条件ステップ（ステップS20）と、雲霧制御ステップ（ステップS23）と、測定ステップ（ステップS24）とを含む。第1測定条件ステップは、撮像素子により得られた第1パターン像に基づいて、光源の光量、撮像素子の露光時間、撮像素子の検出感度、及び合焦レンズに対する制御内容の少なくとも1つを含む第1測定条件を決定する。第2測定条件決定ステップは、第1測定条件の下で撮像素子により得られた第2パターン像に基づいて、光量、露光時間、検出感度、及び制御内容の少なくとも1つを含む第2測定条件を決定する。雲霧制御ステップは、第2測定条件の下で被検眼を雲霧視させる。測定ステップは、雲霧制御ステップにおいて被検眼を雲霧視させた状態で屈折力を測定する。

【0178】

このような構成によれば、第1測定条件決定ステップにおいて第1測定条件を決定し、決定された第1測定条件の下で第2測定条件決定ステップにおいて第2測定条件を決定し、第2測定条件の下で眼屈折力値を取得するようにしたので、パターン像の輝度が高い場合であっても、従来に比べて高い精度で眼屈折力を測定することができるようになる。

【0179】

また、実施形態に係る眼科装置の制御方法では、第1測定条件決定ステップ及び第2測定条件決定ステップの少なくとも一方は、第1判定ステップ（ステップS31）と、第2判定ステップ（ステップS42）と、第1検出感度制御ステップ（ステップS43）と、第3判定ステップ（ステップS44）と、第1露光時間制御ステップ（ステップS45）と、第4判定ステップ（ステップS46）と、第1光量制御ステップ（ステップS47）とを含んでもよい。第1判定ステップは、パターン像の輝度が高いか否かを判定する。第2判定ステップは、第1判定ステップにおいて輝度が高いと判定されたとき、検出感度が第1閾値（TH1）以上であるか否かを判定する。第1検出感度制御ステップは、第2判定ステップにおいて検出感度が第1閾値以上であると判定されたとき、検出感度を下げる。第3判定ステップは、第2判定ステップにおいて検出感度が第1閾値未満であると判定されたとき、露光時間が第2閾値（TH2）以上であるか否かを判定する。第1露光時間制御ステップは、第3判定ステップにおいて露光時間が第2閾値以上であると判定されたとき、露光時間を短くする。第4判定ステップは、第3判定ステップにおいて検出感度が第2閾値未満であると判定されたとき、光量が第3閾値（TH3）以上であるか否かを判定する。第1光量制御ステップは、第4判定ステップにおいて光量が第3閾値以上であると判定されたとき、光量を下げる。

【0180】

このような構成によれば、パターン像の輝度が高い場合に、まず、検出感度を下げてから露光時間を短くし、光量を下げるようにしたので、測定環境に与える影響を小さくしつつ、被検眼の動きに対する測定精度の低下を最小限に抑えることができるようになる。

【0181】

また、実施形態に係る眼科装置の制御方法では、眼科装置は、パターン光の光路に配置されたロータリープリズム（67）を含み、第2閾値は、ロータリープリズムの回転速度により規定される下限時間以上であってよい。

## 【0182】

このような構成によれば、ロータリープリズムによる光量分布の平均化の効果を得ながら測定精度の低下を抑えることができる。

## 【0183】

また、実施形態に係る眼科装置の制御方法では、第1測定条件決定ステップ及び第2測定条件決定ステップの少なくとも一方は、第5判定ステップ(ステップS33)と、第6判定ステップ(ステップS52)と、第2光量制御ステップ(ステップS53)と、第7判定ステップ(ステップS54)と、第2露光時間制御ステップ(ステップS55)と、第8判定ステップ(ステップS56)と、第2検出感度制御ステップ(ステップS57)とを含んでもよい。第5判定ステップは、パターン像の輝度が低いかなかを判定する。第6判定ステップは、第5判定ステップにおいて輝度が低いと判定されたとき、光量が第4閾値(TH4)以下であるかなかを判定する。第2光量制御ステップは、第6判定ステップにおいて光量が第4閾値以下であると判定されたとき、光量上げる。第7判定ステップは、第6判定ステップにおいて光量が第4閾値を超えると判定されたとき、露光時間が第5閾値(TH5)以下であるかなかを判定する。第2露光時間制御ステップは、第7判定ステップにおいて露光時間が第5閾値以下であると判定されたとき、露光時間を長くする。第8判定ステップは、第7判定ステップにおいて露光時間が第5閾値を超えると判定されたとき、検出感度が第6閾値(TH6)以下であるかなかを判定する。第2検出感度制御ステップは、第8判定ステップにおいて検出感度が第6閾値以下であると判定されたとき、検出感度を上げる。

10

20

## 【0184】

このような構成によれば、パターン像の輝度が低い場合に、まず、光量上げてから露光時間を長くし、検出感度を上げるようにしたので、検出感度を上げることによるノイズ成分の増加を抑えつつ、被検眼の動きに対する測定精度の低下を最小限に抑えることができるようになる。

## 【0185】

また、実施形態に係る眼科装置の制御方法では、光源は、被検眼の眼底(Ef)と光学的に略共役になるように配置され、眼科装置は、被検眼の瞳孔と光学的に略共役な位置(Q)に配置され光源からの光を透過する透光部が形成された絞り(リング絞り65)と、光源からの光を偏向して透光部に導く偏向部材(円錐プリズム63、リングレンズ69)と、を含み、透光部を透過した光をパターン光として被検眼に投射してもよい。

30

## 【0186】

このような構成によれば、眼底に細い(内径と外径との幅が狭い)パターン光を投射することができるようになるので、輝度の高いパターン光を投射することで、取得されたパターン像の解析精度を向上させることができるようになる。それにより、輝度の高いパターン像と、複数回の仮測定の実行とにより、従来に比べて高い精度で眼屈折力を測定することができるようになる。

## 【0187】

<その他の変形例>

以上に示された実施形態は、この発明を実施するための一例に過ぎない。この発明を実施しようとする者は、この発明の要旨の範囲内において任意の変形、省略、追加等を施すことが可能である。

40

## 【0188】

前述の実施形態では、視標チャート43として透過型の液晶パネルを用いた場合について説明したが、実施形態に係る眼科装置の構成はこれに限定されるものではない。視標チャート43は、光学式チャートであってもよい。

## 【0189】

前述の実施形態における撮像素子59の露光時間の変更に代えて、撮像素子59により得られた画像の重ね合わせ枚数を変更するようにしてもよい。この場合、演算処理部120(解析部121)は、主制御部111から指定された重ね合わせ枚数で、撮像素子59に

50

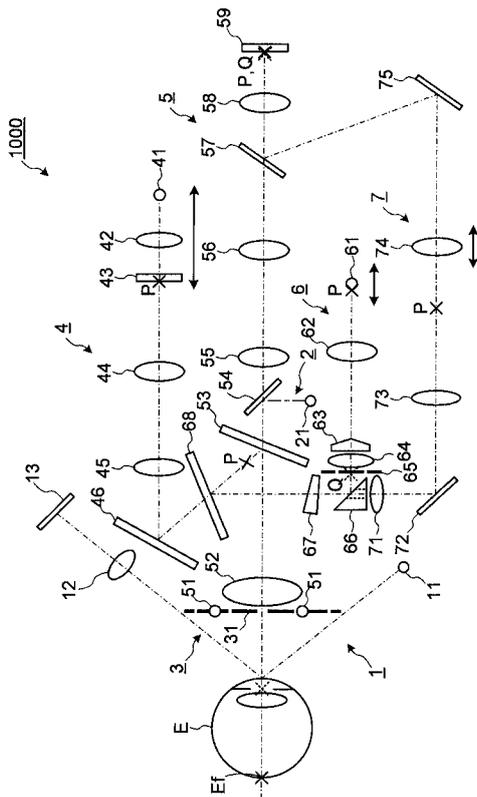
より得られた画像の重ね合わせ処理を行うことが可能である。

【符号の説明】

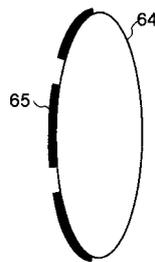
【0190】

- 1 Zアライメント系
- 2 XYアライメント系
- 3 ケラト測定系
- 4 視標投影系
- 5 前眼部観察系
- 6、6a レフ測定投射系
- 7 レフ測定受光系
- 9 処理部
- 63 円錐プリズム
- 64 フィールドレンズ
- 65 リング絞り
- 69 リングレンズ
- 110 制御部
- 111 主制御部
- 121 解析部
- 1000、1000a 眼科装置

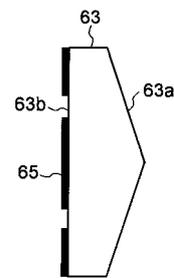
【図1】



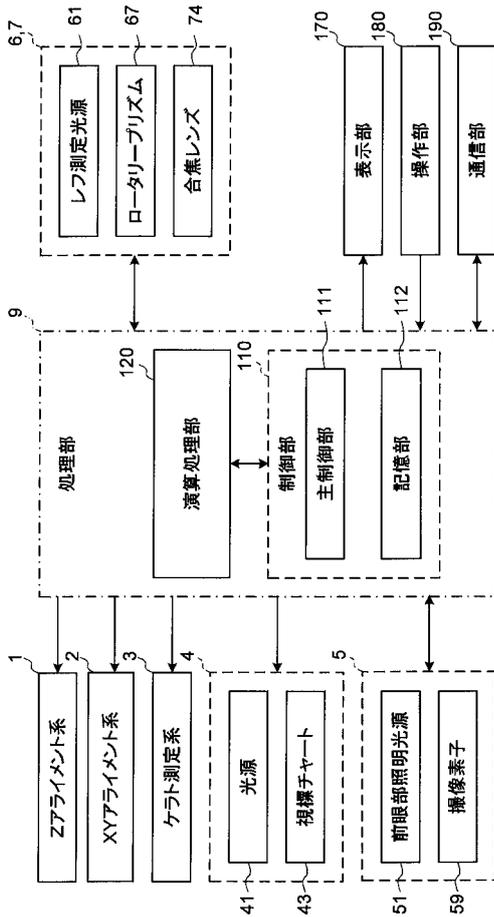
【図2】



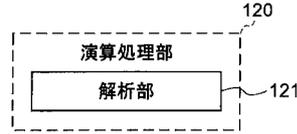
【図3】



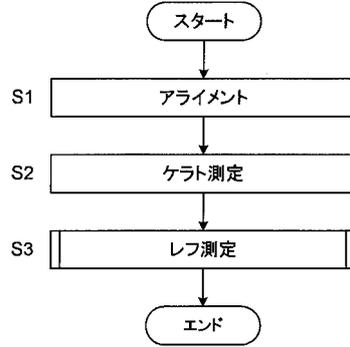
【図4】



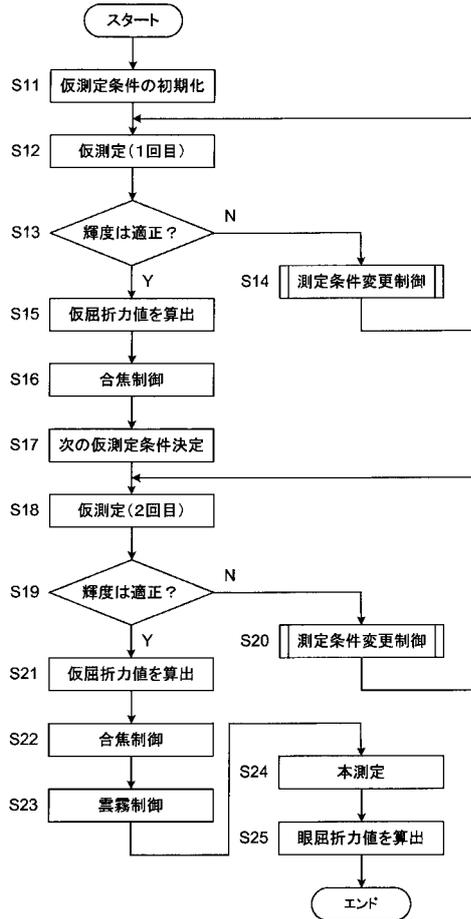
【図5】



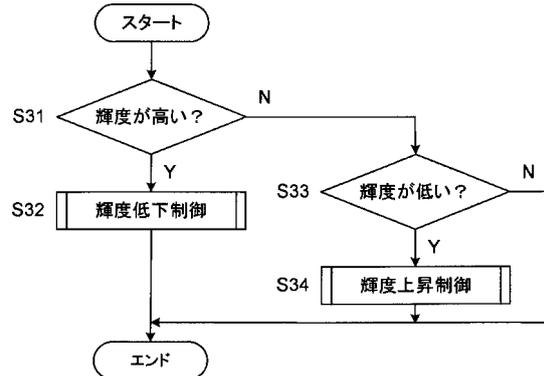
【図6】



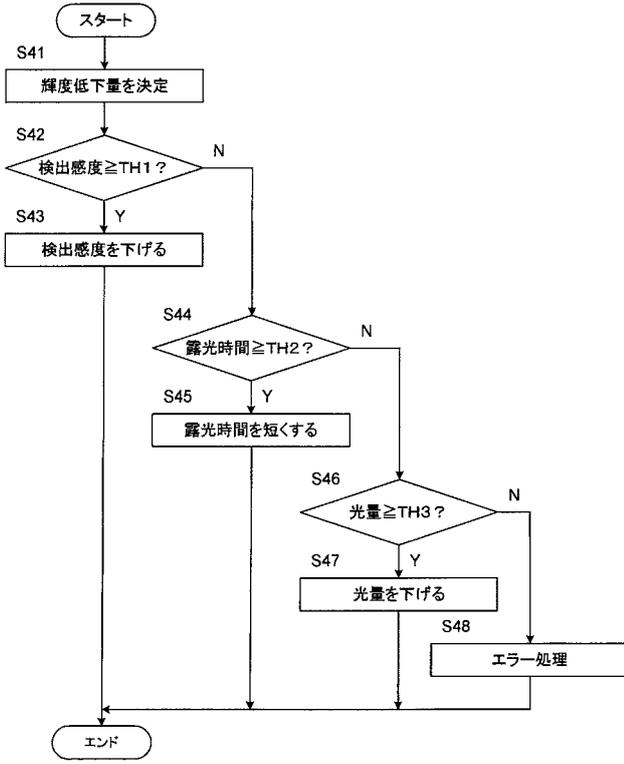
【図7】



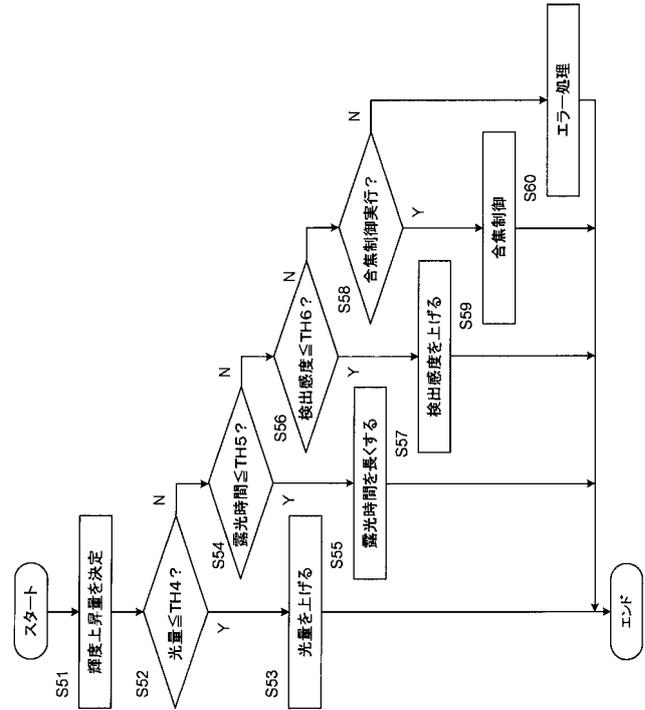
【図8】



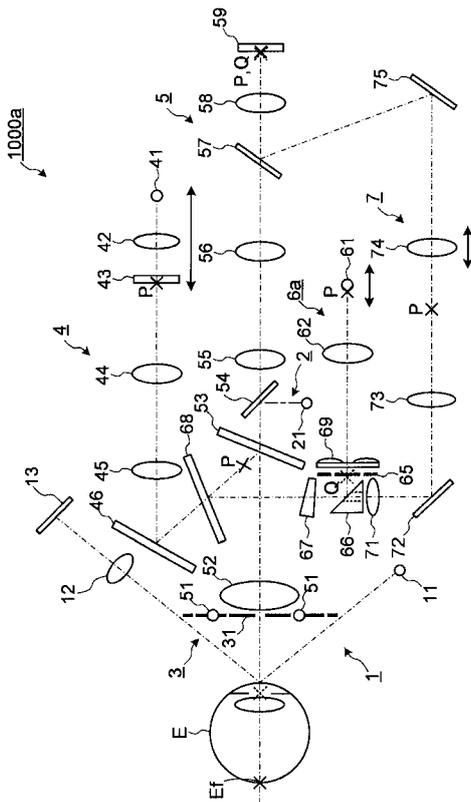
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

