

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3684462号
(P3684462)

(45) 発行日 平成17年8月17日(2005.8.17)

(24) 登録日 平成17年6月10日(2005.6.10)

(51) Int.C1.⁷

F 1

A 61 B 3/10

A 61 B 3/10

M

A 61 B 3/036

A 61 B 3/02

G

請求項の数 13 (全 24 頁)

(21) 出願番号

特願平9-42940

(22) 出願日

平成9年2月12日(1997.2.12)

(65) 公開番号

特開平10-216092

(43) 公開日

平成10年8月18日(1998.8.18)

審査請求日

平成16年2月10日(2004.2.10)

(73) 特許権者 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 100089967

弁理士 和泉 雄一

(72) 発明者 三橋 俊文

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 福間 康文

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社
トプコン内

審査官 小原 博生

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光学特性測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

照明用の光源と、該光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するために、受光光学系の光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズで構成される変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光する受光部と、この受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求めるための光学特性演算部とから構成される光学特性測定装置。

【請求項2】

照明用の光源と、該光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するために、受光光学系の光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズで構成された変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光する受光部と、この受光部で得られた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性に関して、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて被検眼の光学特性を求めるための光学特性演算部と、この光学特性演算部の演算結果を、被検眼の光学特性に関して、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて表示するための表示部とから構成される光学特性測定装置。

【請求項 3】

照明用の光源と、該光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し、前記受光部の変換部材と被検眼の虹彩と略共役関係を保ち、かつ被検眼眼底からの反射光束が略平行光束となるような調節機能により、受光部に導くための受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光する受光部と、この受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求めるための光学特性演算部とから構成される光学特性測定装置。

【請求項 4】

照明用の光源と、該光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し、前記受光部の変換部材と被検眼の虹彩と略共役関係を保ち、かつ被検眼眼底からの反射光束が略平行光束となるような調節機能により、受光部に導くための受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光する受光部と、この受光部で得られた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性に関して、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて被検眼の光学特性を求めるための光学特性演算部と、この光学特性演算部の演算結果を、被検眼の光学特性に関して、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて表示するための表示部とから構成される光学特性測定装置。

【請求項 5】

表示部は、被検眼の光学特性を正常眼からの偏差、又は被検眼の屈折力等の光学特性をグラフィックに表示する請求項2又は請求項4記載の光学特性測定装置。

【請求項 6】

光学特性演算部は、受光部で受光した光束のぼけ具合から、網膜から反射してきた光束であるか、或いは、角膜から反射した光束かを区別し、網膜から反射してきた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性を求める請求項1又は請求項3記載の光学特性測定装置。

【請求項 7】

受光光学系は、前記受光部が被検眼眼底に対して共役からわずかにずれた位置となる様に形成されるか、又は、被検眼虹彩と前記変換部材とが略共役な関係を形成する様に形成されている請求項6記載の光学特性測定装置。

【請求項 8】

照明光学系は、被検眼の屈折力に応じて該光源からの光束が検眼眼底上で微小な領域を照明する請求項1から請求項4の何れか1項記載の光学特性測定装置。

【請求項 9】

照明光学系は、被検眼の瞳中心付近を通して照明する第1照明状態と、被検眼の瞳周辺付近を通して照明する第2照明状態を形成する光束遮蔽部材を配置した請求項1から請求項4の何れか1項記載の光学特性測定装置。

【請求項 10】

光束遮蔽部材は、中心付近に開口のある第1絞りと、周辺部付近に開口のある第2絞りから構成されている請求項9記載の光学特性測定装置。

【請求項 11】

照明用の光源と、該光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するため多数の開口を形成する液晶で形成された変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光する受光部と、この受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求めるための光学特性演算部とから構成される光学特性測定装置。

【請求項 12】

照明用の光源と、該光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための照明

10

20

30

40

50

光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するため多数の開口を形成する液晶で形成された変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光する受光部と、この受光部で得られた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性に関して、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて被検眼の光学特性を求めるための光学特性演算部と、この光学特性演算部の演算結果を、被検眼の光学特性に関して、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて表示するための表示部とから構成される光学特性測定装置。

【請求項13】

変換部材は液晶で構成され、多数の開口を移動自在に形成し、前記光学特性演算部は、異なる位置の開口から得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を精度良く求める様に構成した請求項11又は請求項12記載の光学特性測定装置。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、被検眼の光学特性を精密に測定する装置に係わり、特に、不正乱視成分の光学特性を測定可能な光学特性測定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来の被検眼の光学特性を測定する装置は、レフラクトメーターとして知られているが、その被検眼の光学特性を球面成分、正乱視成分及びその軸角度のみを求め表示するに過ぎなかった。

20

【0003】

被検眼の中にはこれ以外の不正乱視成分を有している場合が有り、不正乱視成分の量によつては、眼鏡ではなくコンタクトレンズの矯正や医師の診断を必要とする場合がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来のレフラクトメーター等の被検眼の光学特性を測定する装置では、眼鏡の矯正を実施する等に利用できるだけであり、十分なものとは言えなかった。

【0005】

30

そこで、被検眼の光学特性を球面成分、正乱視成分及びその軸角度だけでなくこれ以外の不正乱視成分まで精密に測定できる光学特性測定装置の出現が強く望まれていた。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記課題に鑑み案出されたもので、照明用の光源と、該光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するため、受光光学系の光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズで構成された変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光する受光部と、この受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求めるための光学特性演算部とから構成されている。

40

【0007】

また本発明は、照明用の光源と、該光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するため、受光光学系の光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズで構成された変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光する受光部と、この受光部で得られた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性に関して、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて被検眼の光学特性を求めるための光学特性演算部と、この光学特性演算部の演算結果を、被検眼の光学特性に関して、球面成分、

50

正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて表示するための表示部とから構成されている。

【0008】

また本発明は、照明用の光源と、該光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し、前記受光部の変換部材と被検眼の虹彩と略共役関係を保ち、かつ被検眼眼底からの反射光束が略平行光束となるような調節機能により、受光部に導くための受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光する受光部と、この受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求めるための光学特性演算部とから構成されている。

10

【0009】

そして本発明は、照明用の光源と、該光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し、前記受光部の変換部材と被検眼の虹彩と略共役関係を保ち、かつ被検眼眼底からの反射光束が略平行光束となるような調節機能により、受光部に導くための受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光する受光部と、この受光部で得られた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性について、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて被検眼の光学特性を求めるための光学特性演算部と、この光学特性演算部の演算結果を、被検眼の光学特性について、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて表示するための表示部とから構成されている。

20

【0010】

また本発明の表示部は、被検眼の光学特性を正常眼からの偏差、又は被検眼の屈折力等の光学特性をグラフィックに表示してもよい。

【0011】

そして本発明の光学特性演算部は、受光部で受光した光束のぼけ具合から、網膜から反射してきた光束であるか、或いは、角膜から反射した光束かを区別し、網膜から反射してきた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性を求めてよい。

【0012】

更に本発明の受光光学系は、前記受光部が被検眼眼底に対して共役からわずかにずれた位置となる様に形成されるか、又は、被検眼虹彩と前記変換部材とが略共役な関係となる様に形成することもできる。

30

【0013】

また本発明の照明光学系は、被検眼の屈折力に応じて該光源からの光束が検眼眼底上で微小な領域を照明する構成にすることもできる。

【0014】

そして本発明の照明光学系は、被検眼の瞳中心付近を通して照明する第1照明状態と、被検眼の瞳周辺付近を通して照明する第2照明状態を形成する光束遮蔽部材を配置した構成にしてもよい。

【0015】

更に本発明の光束遮蔽部材は、中心付近に開口のある第1絞りと、周辺部付近に開口のある第2絞りから構成してもよい。

40

【0016】

また本発明は、照明用の光源と、該光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するため多数の開口を形成する液晶で形成された変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光する受光部と、この受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求めるための光学特性演算部とから構成されている。

【0017】

50

そして本発明は、照明用の光源と、該光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するため多数の開口を形成する液晶で形成された変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光する受光部と、この受光部で得られた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性に関して、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて被検眼の光学特性を求めるための光学特性演算部と、この光学特性演算部の演算結果を、被検眼の光学特性に関して、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて表示するための表示部とから構成されている。

更に本発明の変換部材は、液晶で構成され、多数の開口を移動自在に形成し、前記光学特性演算部は、異なる位置の開口から得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を精度良く求める構成にすることもできる。

【0018】

【発明の実施の形態】

以上の様に構成された本発明は、照明光学系が、照明用の光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明し、受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光して受光部に導き、受光光学系の光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズで構成される変換部材が、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換し、受光部が、変換部材で変換された複数の光束を受光し、光学特性演算部が、受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求める様になっている。

【0019】

また本発明は、照明光学系が、照明用の光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明し、受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光して受光部に導き、受光光学系の光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズで構成された変換部材が、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換し、受光部が、変換部材で変換された複数の光束を受光し、光学特性演算部が、受光部で得られた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性に関して、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて被検眼の光学特性を求める、表示部が、光学特性演算部の演算結果を、被検眼の光学特性に関して、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて表示することができる。

【0020】

更に本発明は、照明光学系が、照明用の光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明し、受光部の変換部材と被検眼の虹彩と略共役関係を保ち、かつ被検眼眼底からの反射光束が略平行光束となるような調節機能により、受光部に導くための受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光して受光部に導き、変換部材が、反射光束を少なくとも17本のビームに変換し、受光部が、変換部材で変換された複数の光束を受光し、光学特性演算部が、受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求める様になっている。

【0021】

そして本発明は、照明光学系が、照明用の光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明し、受光部の変換部材と被検眼の虹彩と略共役関係を保ち、かつ被検眼眼底からの反射光束が略平行光束となるような調節機能により、受光部に導くための受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光して受光部に導き、変換部材が、反射光束を少なくとも17本のビームに変換し、受光部が、変換部材で変換された複数の光束を受光し、光学特性演算部が、受光部で得られた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性に関して、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて被検眼の光学特性を求める、表示部が、光学特性演算部の演算結果を、被検眼の光学特性に関して、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて表示することができる。

【0022】

10

20

30

40

50

また本発明の表示部が、被検眼の光学特性を正常眼からの偏差、又は被検眼の屈折力等の光学特性をグラフィックに表示することもできる。

【0023】

そして本発明の光学特性演算部が、受光部で受光した光束のぼけ具合から、網膜から反射してきた光束であるか、或いは、角膜から反射した光束かを区別し、網膜から反射してきた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性を求めることが可能である。

【0024】

更に本発明の受光光学系は、前記受光部が被検眼眼底に対して共役からわずかにずれた位置となる様に形成されるか、又は、被検眼虹彩と前記変換部材とが略共役な関係となる様に形成することもできる。

10

【0025】

また本発明の照明光学系は、被検眼の屈折力に応じて該光源からの光束が検眼眼底上で微小な領域を照明することもできる。

【0026】

そして本発明の照明光学系に配置された光束遮蔽部材が、被検眼の瞳中心付近を通して照明する第1照明状態と、被検眼の瞳周辺付近を通して照明する第2照明状態を形成することもできる。

【0027】

更に本発明の光束遮蔽部材は、中心付近に開口のある第1絞りと、周辺部付近に開口のある第2絞りから構成してもよい。

20

【0028】

また本発明は、照明光学系が、照明用の光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明し、受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光して受光部に導き、多数の開口を形成する液晶で形成された変換部材が、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換し、受光部が、変換部材で変換された複数の光束を受光し、光学特性演算部が、受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求める様になっている。

【0029】

そして本発明は、照明光学系が、照明用の光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明し、受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光して受光部に導き、多数の開口を形成する液晶で形成された変換部材が、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換し、受光部が、変換部材で変換された複数の光束を受光し、光学特性演算部が、受光部で得られた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性に関して、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて被検眼の光学特性を求め、表示部が、光学特性演算部の演算結果を、被検眼の光学特性に関して、球面成分、正乱視成分及びその軸角度並びにこれ以外の不正乱視成分とに分けて表示することができる。更に本発明の変換部材は、液晶で構成され、多数の開口を移動自在に形成し、前記光学特性演算部は、異なる位置の開口から得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を精度良く求めることもできる。

30

【0030】

【実施例】

【0031】

以下、本発明の実施例を図面により説明する。

【0032】

【第1実施例】

【0033】

本発明の第1実施例である光学特性測定装置10000は、図1Aに示す様に、照明用の光源100と、この光源100からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための照明光学系200と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部500に導くための受光光学系300と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するため

40

50

の変換部材 400 と、変換部材 400 で変換された複数の光束を受光する受光部 500 と、この受光部 500 で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼 1000 の光学特性を求めるための光学特性演算部 600 とから構成されている。

【0034】

そして、制御演算処理手段 800 が、光学特性演算部 600 を含む全体の制御を司っている。更に、制御演算処理手段 800 は、光源駆動手段 101 を介して光源 100 を制御駆動する様に構成されている。

【0035】

光源 100 は、空間コヒーレンスが高く、時間コヒーレンスは高くないものが望ましい。本第 1 実施例の光源 100 には、SLD が採用されており、輝度が高い点光源を得ることができる。

10

【0036】

また、本第 1 実施例の光源 100 は、SLD に限られるものではなく、レーザーの様に空間、時間ともコヒーレンスが高いものでも、回転拡散板などを挿入することにより、適度に時間コヒーレンスを下げることで利用できる。

【0037】

そして、SLD の様に、空間、時間ともコヒーレンスが高くないものでも、光量さえ充分であれば、ピンホール等を光路の光源の位置に挿入することで、使用可能になる。

【0038】

本第 1 実施例の照明用の光源 100 の波長は、可視域の中心部、例えば e 線を使用することができる。眼鏡の基準波長である e 線で測定することが望ましいが、アメリカ合衆国で使用する場合には、d 線での測定を行うことができる。

20

【0039】

照明光学系 200 は、光源 100 からの光束で被検眼眼底上で微小な領域を照明するためのものである。照明光学系 200 は、第 1 の集光レンズ 201 と、可変絞り 202 と、第 2 の集光レンズ 203 と、固視標結像レンズ 204 と、固視標 205 とから構成されている。

【0040】

可変絞り 202 は、光束遮蔽部材に該当するものであり、図 1B に示す様に、この可変絞り 202 は、中心付近に開口のある第 1 絞り 202a と、周辺部付近に開口のある第 2 絞り 202b とが並べて配置されており、これを光軸と直交方向に制御演算処理手段 800 からの信号で移動させることにより切り替え可能に構成されている。

30

【0041】

従って、照明光学系 200 の可変絞り 202 は、被検眼 1000 の瞳と略共役付近に、被検眼 1000 の瞳中心付近を通して照明する第 1 照明状態と、被検眼 1000 の瞳周辺付近を通して照明する第 2 照明状態とを形成することができる。

【0042】

ここで、被検眼 1000 は、角膜 1100 と、虹彩 1200 と、網膜 1300 とを備えている。

【0043】

40

この可変絞り 202 は、角膜反射による測定への影響を軽減することができる。

【0044】

受光光学系 300 は、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部 500 に導くためのものである。受光光学系 300 は、第 1 のアフォーカルレンズ 301 と、第 2 のアフォーカルレンズ 302 と、反射光束を少なくとも 17 本のビームに変換するための変換部材 400 と、絞り 303 とから構成されている。

【0045】

受光光学系 300 の変換部材 400 は、照明光学系 200 の可変絞り 202 と共に位置にある。そして、互いに虹彩 1200 と共に作用している。

【0046】

50

屈折測定は照明光学系 200 部分で、その時に遮光されている部分で行うことにより、角膜反射の影響を受けることを防止することができる。

【0047】

即ち、可変絞り 202 の第 1 絞り 202a が、光路内に挿入されている時には、中央の遮光部で遮光されている範囲の測定が行われ、可変絞り 202 の第 2 絞り 202b が光路内に挿入されている時には、中央の開口部の周りの範囲で測定が行われる。

【0048】

そして照明光学系 200 は、被検眼 1000 の屈折力に応じて光源 100 からの光束が検眼眼底上で微小な領域を照明する様に構成されており、光源 100 からの光束を照明するための点光源照明系 200A と、固視標投影系 200B を含む照明系とを移動させることにより被検眼 1000 の屈折異常を矯正することができる。

【0049】

なお、点光源照明系 200A は、第 1 の集光レンズ 201 と、可変絞り 202 と、第 2 の集光レンズ 203 とから構成され、固視標投影系 200B は、固視標結像レンズ 204 と、固視標 205 とから構成されている。そして、点光源照明系 200A からの光束と固視標投影系 200B からの光束とは、ビームスプリッタ 220 で同軸とされている。

【0050】

そして光源 100 と固視標 205 とは共役関係に維持されている。また照明光学系 200 を移動させて、網膜に点光源及び固視標 205 の像が形成された後に、制御演算処理手段 800 からの信号により、固視標投影系 200B を僅かに遠ざけ雲霧させる。

【0051】

また、第 1 の視度調整機構が、点光源照明系 200A と固視標投影系 200B との視度を、受光部 500 での受光レベルに応じて、この受光レベルが最大となる様にして調整する様に構成されている。

【0052】

本第 1 実施例である光学特性測定装置 10000 は、被検眼 1000 の遠点、近点、または、その間での、ある特定の屈折力を持った状態での光学特性を測定することを一つの目的としている。

【0053】

従って、遠点での測定だけをとっても、被検眼 1000 によって「-25 ディオプター」から「25 ディオプター」程度の屈折力の差があるので、屈折力の変化に応じて照明光束が検眼眼底上で微小な領域を照明する様に構成されている。このため、光源 100 と、点光源照明系 200A と、固視標投影系 200B とが、制御演算処理手段 800 からの信号により移動する様に構成されている。

【0054】

また受光光学系 300 は、第 1 のアフォーカルレンズ 301 と、第 2 のアフォーカルレンズ 302 とに関して、受光部 500 の受光面と被検眼 1000 の虹彩 1200 と略共役関係を保つ様に構成されている。

【0055】

次に、変換部材 400 について説明する。

【0056】

受光光学系 300 に配置された変換部材 400 は、反射光束を複数のビームに変換する波面変換部材である。本第 1 実施例の変換部材 400 には、光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズが採用されている。

【0057】

ここでマイクロフレネルレンズについて詳細に説明する。

【0058】

マイクロフレネルレンズは波長ごとの高さピッチの輪帯をもち、集光点に最適化されたブレーズを持つ光学素子である。ここで利用することのできるマイクロフレネルレンズは、例えば、半導体微細加工技術を応用した 8 レベルの光路長差をつけたもので、1 次光のみ

10

20

20

30

40

50

利用の場合 98 %の集光効率を実現できる。

【0059】

本第1実施例の変換部材400は、反射光束を少なくとも17以上のビームに変換する波面変換部材から構成されている。

【0060】

次に受光部500は、変換部材400で変換された複数のビームを受光するためのものであり、本第1実施例では、CCDが採用されている。このCCDは、TV用などの一般的なものから測定用の2000*2000素子等、何れのタイプのものが使用できる。

【0061】

受光部500をTV用のCCDを使用した場合には、解像度は劣るが、安価であり、通常10、後処理で利用するパーソナルコンピューターへの入力も簡便である。この場合、CCDとそのドライバーからの画像信号出力は、NTSC信号とし、パーソナルコンピューターにNTSC信号に適応した画像入力ボードを使用することで簡単に実現することができる。

【0062】

また、受光部500を測定用の2000*2000素子のCCDを採用した場合、装置は高価となるが、同様にアナログ信号を介してパーソナルコンピューターに測定値を入力することができる。

【0063】

なお、CCDからの測定信号を、デジタル信号でパーソナルコンピューターに入力するこ20とも可能である。

【0064】

そして受光光学系300は、被検眼虹彩1200と変換部材400と略共役な関係を形成している。

【0065】

また、受光光学系300には、ビームスプリッタ303が挿入されており、照明光学系200からの光を被検眼1000に送光し、反射光を透過させる様に構成されている。

【0066】

なお、受光部500で受光した受光信号は、受光素子ドライバ510を介して光学特性演算部600に送出される様に構成されている。

30

【0067】

次に、受光部500で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼1000の光学特性を求めるための光学特性演算部600の動作原理について詳細に説明する。

【0068】

「リレーレンズなしで動かない場合：球面成分も含めて測定する」

【0069】

正視の場合 平行光入射で眼底に結像させ、眼底の二次光源が平行光で出射させる。

【0070】

近視の場合には、収束光を出射させる。

【0071】

40

正乱視の場合には、非点収差を求める。

【0073】

不正乱視の場合には、高次の収差との混合を行う。

【0074】

ことが基本となる。

【0075】

ここで演算方法を詳細に説明する。

【0076】

図2に示す様に変換部材400の座標をX、Yとし、受光部500の座標をx、yとすれば、波面は極座標表示又は、直交座標表示によって、

50

【0077】

 $W(r, \dots) = W(X, Y) \dots \dots \dots$ 第1式

【0078】

となる。

【0079】

(i, j)番目の測定データは、同じ形式に

【0080】

 $W(r_i, \dots, r_j) = W(X_i, Y_j) \dots \dots \dots$ 第2式

【0081】

となる。測定データの内容については後で説明する。

10

【0081】

波面の近似式として

【0082】

 $F(K, G, T, S, C, A, X, Y) = \text{定数}(K) + \text{傾斜}(G, T, X, Y)$
)

+ 球面(S, X, Y)

+ 正乱視(C, A, X, Y)

... 第3式

20

【0083】

を選ぶ。

【0084】

この多項式中に現れる各成分を説明すると、

【0085】

定数項は、Kである。

【0086】

傾き角(アライメント誤差が反映される)は、

【0087】

 $G \cos(-T) = G \cos(T) X + G \sin(T) Y \dots \dots \dots$ 第4式

30

【0088】

球面(符号の問題に関して)

【0089】

「数1」

【0090】

... 第5式

【0091】

Sが負のとき+となり、Sが正のとき-となる。

【0092】

正乱視(符号の問題に関して)

40

【0093】

「数2」

【0094】

... 第6式

【0095】

Cが負のとき+、Cが正のとき-となる。

【0096】

各測定点の残差の二乗和は

【0097】

50

「数3」

【0098】

· · · · 第7式

【0099】

が最小になるようにK、G、T、S、C、Aを決める。添え字のi、jは変換部材400の1要素に対応する。実際には、データが傾き角で出現するため、それぞれの波面の微分値を使って計算する。なぜなら、本装置において測定するデータは光線の傾き角であるからである。

【0100】

光線の傾き角は直接波面の位置座標による微分で求めることができる。

10

【0101】

図2で次の関係が近似的に成り立つことが知られている。

【0102】

「数4」

【0103】

· · · · 第8式

【0104】

「数5」

【0105】

· · · · 第9式

20

【0106】

l(エル)は、変換部材400と受光部500との距離である。

【0107】

「波面と本波面センサーで計測する収差量について」

【0108】

変換部材400の中心点がX、Yの各素子において $d_x(X, Y)$ 、 $d_y(X, Y)$ を得る。

【0109】

ここで、 d_x 、 d_y は変換部材400の1素子の対して、受光部500上の、予め決まっている原点と、実際の光線の交点のx、y方向それぞれの距離である。変換部材400の1素子に対応する原点は、図2に示す様に、波面がW一様に平らで、つまり、眼屈折率特性が球面成分と乱視成分が共に0ディオプターで、あとで述べる不正乱視成分などの残差もない場合に、変換された光束が測定できる受光部500上の点である。

30

【0110】

S、C、Aがゼロで、残存収差もない状態の時のそれぞれの点の位置を (x^0, y^0) とする。

【0111】

$d_x(X_i, Y_j) = x_{ij} - x^0_{ij}$ · · · · 第10式

【0112】

$d_y(X_i, Y_j) = y_{ij} - y^0_{ij}$ · · · · 第11式

40

【0113】

そして、微分を使った場合の残差の二乗和は、

【0114】

「数6」

【0115】

· · · · 第12式

【0116】

ここでも、残差を最小にするようなFのパラメーターG、T、S、C、を適当な非線型最適化手法、例えば、減衰最小二乗法などを使って求めればよい。

【0117】

50

K、G、Tは測定時の誤差などの影響と考えられる。オートレフではS、C、Aが測定量となる。

【0118】

なお、球面と正乱視の式中に符号の定まらないところがあるが、それぞれの組み合わせを別々に計算して、最も残差の少ない場合を採用すればよい。

【0119】

A 「不正乱視成分」

【0120】

残差が不正乱視成分になる。

【0121】

残差成分は、今までのオートレフでは構造上、測定することができない。また、ソフトウェア的にも新しい工夫が必要である。

【0122】

残差、つまり、不正乱視成分の解析には、

【0123】

(1) 残差量を自乗和の形で算出する。

【0124】

(2) 収差論で知られている方法と同様に成分に分ける。

【0125】

(3) S、C、Aで表される波面を基準面として、ずれ量をすべて出力する。

10

【0126】

等が考えられる。

【0127】

また、不正乱視の大きい場合には、波面そのものの歪みを知るために、基準波面をSによるもの、または、単に、平面によるものなども必要になる場合がある。

【0128】

「残差量の自乗和」

【0129】

既に、前記の方法で決定されたK、G、T、S、C、Aを使って、残差の自乗和を測定する。N行M列とすると、点数n=N * Mの自乗を2倍した数で割ったものであり、

20

【0130】

「数7」

【0131】

・・・・・ 第16式

【0132】

となる。

【0133】

B 「成分別の分析」

【0134】

これらは、

40

【0135】

コマ収差成分 $r^{(2n+1)} \cos(\phi + T_n)$, n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 7710, 7711, 7712, 7713, 7714, 7715, 7716, 7717, 7718, 7719, 7720, 7721, 7722, 7723, 7724, 7725, 7726, 7727, 7728, 7729, 7730, 7731, 7732, 7733, 7734, 7735, 7736, 7737, 7738, 7739, 7740, 7741, 7742, 7743, 7744, 7745, 7746, 7747, 7748, 7749, 77410, 77411, 77412, 77413, 77414, 77415, 77416, 77417, 77418, 77419, 77420, 77421, 77422, 77423, 77424, 77425, 77426, 77427, 77428, 77429, 77430, 77431, 77432, 77433, 77434, 77435, 77436, 77437, 77438, 77439, 77440, 77441, 77442, 77443, 77444, 77445, 77446, 77447, 77448, 77449, 77450, 77451, 77452, 77453, 77454, 77455, 77456, 77457, 77458, 77459, 77460, 77461, 77462, 77463, 77464, 77465, 77466, 77467, 77468, 77469, 77470, 77471, 77472, 77473, 77474, 77475, 77476, 77477, 77478, 77479, 77480, 77481, 77482, 77483, 77484, 77485, 77486, 77487, 77488, 77489, 77490, 77491, 77492, 77493, 77494, 77495, 77496, 77497, 77498, 77499, 77500, 77501, 77502, 77503, 77504, 77505, 77506, 77507, 77508, 77509, 77510, 77511, 77512, 77513, 77514, 77515, 77516, 77517, 77518, 77519, 77520, 77521, 77522, 77523, 77524, 77525, 77526, 77527, 77528, 77529, 77530, 77531, 77532, 77533, 77534, 77535, 77536, 77537, 77538, 77539, 77540, 77541, 77542, 77543, 77544, 77545, 77546, 77547, 77548, 77549, 77550, 77551, 77552, 77553, 77554, 77555, 77556, 77557, 77558, 77559, 77560, 77561, 77562, 77563, 77564, 77565, 77566, 77567, 77568, 77569, 77570, 77571, 77572, 77573, 77574, 77575, 77576, 77577, 77578, 77579, 77580, 77581, 77582, 77583, 77584, 77585, 77586, 77587, 77588, 77589, 77590, 77591, 77592, 77593, 77594, 77595, 77596, 77597, 77598, 77599, 77600, 77601, 77602, 77603, 77604, 77605, 77606, 77607, 77608, 77609, 77610, 77611, 77612, 77613, 77614, 77615, 77616, 77617, 77618, 77619, 77620, 77621, 77622, 77623, 77624, 77625, 77626, 77627, 77628, 77629, 77630, 77631, 77632, 77633, 77634, 77635, 77636, 77637, 77638, 77639, 77640, 77641, 77642, 77643, 77644, 77645, 77646, 77647, 77648, 77649, 77650, 77651, 77652, 77653, 77654, 77655, 77656, 77657, 77658, 77659, 77660, 77661, 77662, 77663, 77664, 77665, 77666, 77667, 77668, 77669, 77670, 77671, 77672, 77673, 77674, 77675, 77676, 77677, 77678, 77679, 77680, 77681, 77682, 77683, 77684, 77685, 77686, 77687, 77688, 77689, 77690, 77691, 77692, 77693, 77694, 77695, 77696, 77697, 77698, 77699, 77700, 77701, 77702, 77703, 77704, 77705, 77706, 77707, 77708, 77709, 77710, 77711, 77712, 77713, 77714, 77715, 77716, 77717, 77718, 77719, 77720, 77721, 77722, 77723, 77724, 77725, 77726, 77727, 77728, 77729, 77730, 77731, 77732, 77733, 77734, 77735, 77736, 77737, 77738, 77739, 77740, 77741, 77742, 77743, 77744, 77745, 77746, 77747, 77748, 77749, 77750, 77751, 77752, 77753, 77754, 77755, 77756, 77757, 77758, 77759, 77760, 77761, 77762, 77763, 77764, 77765, 77766, 77767, 77768, 77769, 77770, 77771, 77772, 77773, 77774, 77775, 77776, 77777, 77778, 77779, 77780, 77781, 77782, 77783, 77784, 77785, 77786, 77787, 77788, 77789, 77790, 77791, 77792, 77793, 77794, 77795, 77796, 77797, 77798, 77799, 77800, 77801, 77802, 77803, 77804, 77805, 77806, 77807, 77808, 77809, 77810, 77811, 77812, 77813, 77814, 77815, 77816, 77817, 77818, 77819, 77820, 77821, 77822, 77823, 77824, 77825, 77826, 77827, 77828, 77829, 77830, 77831, 77832, 77833, 77834, 77835, 77836, 77837, 77838, 77839, 77840, 77841, 77842, 77843, 77844, 77845, 77846, 77847, 77848, 77849, 77850, 77851, 77852, 77853, 77854, 77855, 77856, 77857, 77858, 77859, 77860, 77861, 77862, 77863, 77864, 77865, 77866, 77867, 77868, 77869, 77870, 77871, 77872, 77873, 77874, 77875, 77876, 77877, 77878, 77879, 77880, 77881, 77882, 77883, 77884, 77885, 77886, 77887, 77888, 77889, 77890, 77891, 77892, 77893, 77894, 77895, 77896, 77897, 77898, 77899, 77900, 77901, 77902, 77903, 77904, 77905, 77906, 77907, 77908, 77909, 77910, 77911, 77912, 77913, 77914, 77915, 77916, 77917, 77918, 77919, 77920, 77921, 77922, 77923, 77924, 77925, 77926, 77927, 77928, 77929, 77930, 77931, 77932, 77933, 77934, 77935, 77936, 77937, 77938, 77939, 77940, 77941, 77942, 77943, 77944, 77945, 77946, 77947, 77948, 77949, 77950, 77951, 77952, 77953, 77954, 77955, 77956, 77957, 77958, 77959, 77960, 77961, 77962, 77963, 77964, 77965, 77966, 77967, 77968, 77969, 77970, 77971, 77972, 77973, 77974, 77975, 77976, 77977, 77978, 77979, 77980, 77981, 77982, 77983, 77984, 77985, 77986, 77987, 77988, 77989, 77990, 77991, 77992, 77993, 77994, 77995, 77996, 77997, 77998, 77999, 779910, 779911, 779912, 779913, 779914, 779915, 779916, 779917, 779918, 779919, 779920, 779921, 779922, 779923, 779924, 779925, 779926, 779927, 779928, 779929, 779930, 779931, 779932, 779933, 779934, 779935, 779936, 779937, 779938, 779939, 779940, 779941, 779942, 779943, 779944, 779945, 779946, 779947, 779948, 779949, 779950, 779951, 779952, 779953, 779954, 779955, 779956, 779957, 779958, 779959, 779960, 779961, 779962, 779963, 779964, 779965, 779966, 779967, 779968, 779969, 779970, 779971, 779972, 779973, 779974, 779975, 779976, 779977, 779978, 779979, 779980, 779981, 779982, 779983, 779984, 779985, 779986, 779987, 779988, 779989, 779990, 779991, 779992, 779993, 779994, 779995, 779996, 779997, 779998, 779999, 7799100, 7799101, 7799102, 7799103, 7799104, 7799105, 7799106, 7799107, 7799108, 7799109, 7799110, 7799111, 7799112, 7799113, 7799114, 7799115, 7799116, 7799117, 7799118, 7799119, 7799120, 7799121, 7799122, 7799123, 7799124, 7799125, 7799126, 7799127, 7799128, 7799129, 7799130, 7799131, 7799132, 7799133, 7799134, 7799135, 7799136, 7799137, 7799138, 7799139, 7799140, 7799141, 7799142, 7799143, 7799144, 7799145, 7799146, 7799147, 7799148, 7799149, 7799150, 7

$f(r) \cos^n(\theta + T_n)$ 、 $n = 2, 3, \dots$

【0140】

これらの項のパラメータを決めるために、光線の傾き角から先に得られた G、T、S、C、Aにより、傾き角、球面、正乱視の各成分に寄与した量を引き去る。その上で、ここで述べた、コマ収差成分、球面収差成分、高次の非点収差およびその他の寄与を計算することができる。

【0141】

C 「基準波面からのずれ量を出力」

【0142】

基準波面 F' と実際の F の同位置での z 方向での距離差 d_L を表示する。

10

【0143】

ここで次の様に定義する。

【0144】

F_b 、 F_r は、 F から定数項と傾き角項を除いたものである。

【0145】

それぞれ、波面を近似した関数で表記し直したもので、

【0146】

(基準波面) = $W_b(X_i, Y_j) = F_b(S, C, A, X_i, Y_j)$

【0147】

(再生波面) = $W_r(X_i, Y_j) = F_r(S, C, A, \text{不正乱視成分のパラメータ}, X_i, Y_j)$

20

【0148】

(デルタ) $z_{ij} = W_r(X_i, Y_j) - W_b(X_i, Y_j)$

【0149】

・・・・・ 第17式

【0150】

ここで、全ての表示は波長単位で行うことができる。また、 μm 等の単位で表示することも可能である。

【0151】

D 「基準波面からのパワーのずれを表示する」

30

【0152】

(1) 残差を成分別に計算したものからパワーを計算する。(前と同様)

【0153】

(2) 残差成分のみからその点の残差成分のみによる傾き角を求め、それと、近傍の点の傾き角からパワーを計算する。

【0154】

(3) 測定値から基準波面 W_b によって計算されるその点の傾き角を引き去り、その後で、周辺の点(典型的には8個又は、15個)から、その点のパワーを計算する。

【0155】

なお、パワーは、図3に示す様に、微分幾何で教えるところの曲面のある点での最大曲率と最小曲率に関係した量と方位を直接表示する。即ち、曲率半径 R で収束している時のパワーは、 $1/R$ と表現される。

40

【0156】

更に、図4及び図5に示す様に、M E R I D I O N A L P O W E R を表示する方法がある。

【0157】

正乱視は一般に垂直子午線方向のパワーが強く、水平子午線方向のパワーが弱い。パワーはディオプターで表示することが通例である。

【0158】

ここで、変換部材 400 が、反射光束を少なくとも 17 以上のビームに変換することにつ

50

いて詳細に説明する。

【0159】

測定は、S、C、A成分の測定であれば、原点と動径方向の1点、回転方向は4点のデータから計算できる。ここでは最低その1次づつ高次の情報が必要であるので $2 * 8 = 16$ と原点の合計である17点の計測点が必要になる。

【0160】

従って、光学特性演算部600は、受光部500の受光面上の複数のマイクロフレネルレンズによる1次光の収束位置から光束の傾き角を求め、これに基づき被検眼1000の光学特性を求めることができる。

【0161】

なお、変換部材400にマイクロフレネルレンズを使わない場合には、受光データの1点はぼやけた像になるので、各点の重心を求める。

【0162】

そして、マイクロフレネルレンズを使った場合でも、図6に示す様に、受光素子でわざとぼかした像を観察することにより位置測定精度を向上させることができる。また、投影される光束が受光面において複数の画素上に投影される様にし、各画素の光束の強度を参考にして重心位置を求めることもできる。

【0163】

この様に重心の計算をすることにより、素子の1/10以下の測定位置精度を確保することができる。

【0164】

更に図7に示す様に、網膜から反射してきた像と角膜反射像とでは、像のぼけかたに違いがあるので、それによって両者を区別することもできる。

【0165】

即ち、図7(a)に示す構成において、図7(b)は、網膜反射光の受光部500上の光強度分布であり、図7(c)は、角膜反射光の受光部500上の光強度分布である。そして、図7(b)と図7(c)とを合成したものが、図7(d)である。

【0166】

この識別 の方法は、まずピーク検出をし、それよりもわずかに低いレベルをスライスレベルとして設定し、角膜からの反射光の影響を受けずに、網膜からの反射光位置を求める。また、適当なフィルターを使い網膜からの反射光位置を求める こともできる。

【0167】

更に、光学特性演算部600の演算結果を表示するための表示部700を設けることができる。

【0168】

この表示部700は、被検眼1000の光学特性を球面成分、正乱視成分及びその軸角度並に、これ以外の不正乱視成分とに分けて表示することができる。

即ち、光学特性演算部600で得られた結果を表示する。

【0169】

例えば、

【0170】

(1) 「球面成分、正乱視成分及びその軸角度の表示」

【0171】

不正乱視成分は、こま成分、高次の球面収差成分、高次の非点収差成分を表示する。

【0172】

(2) 「球面成分、正乱視成分及びその軸角度の表示」

【0173】

不正乱視成分は、球面成分、正乱視成分のみで構成される波面からのずれを2次元的に表示する。

【0174】

10

20

30

40

50

(3) 「2次元的に波面の曲率をたとえればディオプターで表示」

【0175】

グラフィックに表示も可能である。各表示点に非点収差がある場合曲率が2種類存在する。微分幾何学の教えるところにより、両者は直交している。

【0176】

この表示部700は、被検眼1000の光学特性をグラフィックに表示することができ、例えば、被検眼1000を全部から見た図(x、y 座標)で表示したり、 x、y 座標にパワーを例えればディオプター表示でマッピングすることができる。

【0177】

更に表示部700は、被検眼1000の光学特性を正常眼からの偏差で表示することもできる。

10

【0178】

また計測で求めたS、C、Aの値から再現した標準となる波面からのずれを波長オーダーで x、y 座標系にマッピングすることもできる。

【0179】

そして表示部700は、被検眼1000の光学特性を正常眼からの偏差でグラフィックに表示することもできる。そして、これらの表示は等高線表示することもできる。

【0180】

この等高線表示は、例えば、擬似カラーによるマッピングとすることもできる。

【0181】

20

[第2実施例]

【0182】

本発明の第2実施例である光学特性測定装置20000は、図8に示す様に、照明用の光源100と、この光源100からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための照明光学系200と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部500に導くための受光光学系300と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための変換部材400と、変換部材400で変換された複数の光束を受光する受光部500と、この受光部500で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼1000の光学特性を求めるための光学特性演算部600と、全体の制御を司るための制御演算処理手段800とから構成されている。

30

【0183】

本第2実施例の光源100の波長は、可視域を避けて、例えば、略840nmのものを使用している。従って、被験者に測定用の光を感じさせることなく測定を行うことができる。

【0184】

照明光学系200は、第1の集光レンズ201と、液晶部材210と、第2の視度調整機構220とから構成されている。第2の視度調整機構220は、受光部500の受光レベルに応じて制御演算手段800からの信号に応じて制御されるもので、その受光レベルが最大となる様にして視度調整を行うものである。

【0185】

40

第1実施例では、光束遮蔽部材に可変絞り202を採用していたが、本第2実施例では、液晶部材210が採用されている。

【0186】

この液晶部材210は、図9に示す様に、中心付近に開口を形成する第1照明状態と、周辺部付近に開口を形成する第2照明状態とを形成することができる。

【0187】

液晶部材210の部分的な開口の形状は、光学系の要求により自由に変えられる特徴がある。

【0188】

なお図10に示す様に、液晶部材210は、制御演算処理手段800が、液晶用ドライバ

50

を介して駆動される様に構成されている。

【0189】

受光光学系300は、第1の測定レンズ310と、第2の測定レンズ311と、第3の測定レンズ312と、固視標光学系320と、第3の視度調整機構315と、テーパーファイバーハンドル316と、第2のビームスプリッタ318から構成されている。

【0190】

固視標光学系320は、固視標用レンズ321、固視標322及び第4の視度調整機構323とから構成されている。雲霧機構323は、制御演算処理手段800からの信号により、固視標322が、眼底と共に位置よりも眼底から離れる方向に位置する様に、固視標用レンズ321及び固視標322とを一体として移動させ、いわゆる雲霧状態を形成するものである。10

【0191】

なお、第1のビームスプリッタ317は、照明光学系200からの光を被検眼1000に向けて反射させ、被検眼1000からの反射光を透過させる様に構成されている。

【0192】

受光光学系300は、第1の測定レンズ310と第2の測定レンズ311に関して、被検眼1000の虹彩1200と受光部500の変換部材400と略共役関係を保つ様に構成されている。

【0193】

被検眼虹彩1200と受光部500との共役関係は、まず、器械全体と被検眼との作動距離が適切、即ち、第1測定レンズ310と被検眼1000との距離を適切なものとなる様に調整することで行われる。この作業には、従来の周知の各種手段が採用できる。20

【0194】

そして受光光学系300は、受光部500の受光面と被検眼1000の虹彩1200と略共役関係を保ち、かつ、被検眼眼底からの反射光束が略平行光束となるような調節機能を有している。

【0195】

本実施例の場合、被検眼の球面成分は、第3の測定レンズ312以降の受光部500側及び固視標光学系320を一体に移動することによって受光部500における測定対象から除くことができる。30

【0196】

従って、視度調整、即ち、被検眼眼底1300と受光部500の受光面とを略共役の関係とする操作は、第3の視度調整機構315が、光学特性演算手段600によって得られた球面成分Sに応じた制御演算処理手段800からの信号に基づき、この球面成分Sが最小となる様に、第3の測定レンズ312以降の光学要素を一体に移動することにより行われる。

【0197】

この場合、光学照明系200の第2の視度調整機構220と第3の視度調整機構315とが独立制御される様に構成することもできる。そして、何れか一方の視度調整機構のみの調整で足りる場合もある。40

【0198】

第1測定レンズ310と第2の測定レンズ311とが、アフォーカル光学系を形成する場合、第3の測定レンズ312以降の光学要素が、照明光学系200の移動に連動して動くことになる。そして、倍率によっては同じ距離だけ動くため、移動機構を共通化することもできる。

【0199】

なお、この視度調整機構による移動は、極度の近視眼や遠視眼の測定、近点での測定のために、測定幅を拡大するために行うこともできる。

【0200】

変換部材400と受光部500の間に、テーパーファイバーハンドル316を挿入し、簡50

単に変換部材 400 から受光部 500 への倍率の変換を実施することもできる。

【0201】

光学特性演算部 600 は、受光光学系 300 のレンズを移動させることにより、

【0202】

$F(K, G, T, S, C, A, X, Y) = \text{定数 (K)} + \text{傾斜 (G, T, X, Y)}$
)

+ 球面 (S, X, Y)

+ 正乱視 (C, A, X, Y)

10

【0203】

· · · · 第 17 式

【0204】

の球面成分が取り除かれているか、又は、非常に小さくなっている場合がある。この場合は、多項式から球面成分を除いて処理を行う。処理方法は、第 1 の実施例と同様である。

【0205】

最終的に屈折特性として表示する前に、レンズの移動量から球面成分の大きさを計算する。

【0206】

また、光学系の設定によっては、レンズを移動しても多項式の球面成分を無視できるほど小さくない場合もありうる。この場合は第 1 の実施例の演算がそのまま適用される。

20

【0207】

最終的に屈折特性として表示する前に、レンズの移動量から球面成分の大きさを計算して、多項式近似による球面成分量に加える。

【0208】

ビームスプリッタ 317 は、照明光学系 200 からの照明光を被検眼 1000 に向かわせ、被検眼 1000 からの反射光を受光光学系 300 と照明光学系 200 とに分割する。この照明光学系 200 中にビームスプリッタを追加し、角膜 1100 と共に位置に 2 次元センサーを配置して、被検眼前眼部の観察が行える。

【0209】

30

以上の様に構成された第 2 実施例の光学特性測定装置 20000 の他の構成及び作用は、第 1 実施例である光学特性測定装置 10000 と同様であるから説明を省略する。

【0210】

[第 3 実施例]

【0211】

第 1 実施例である光学特性測定装置 10000 と、第 2 実施例の光学特性測定装置 2000 とでは、変換部材 400 として、マイクロフレネルレンズを使用したハルトマン板が使用されている。本第 3 実施例の変換部材 400 は、マイクロフレネルレンズを使用したハルトマン板に代えて、液晶部材 410 を利用している。

【0212】

40

透過光の穴が自由な位置に開けられる特徴があり、例えば、S V G A 方式の液晶を利用した場合、縦横 800 * 600 ドットの解像が得られる。

【0213】

即ち、図 11 に示す様に、液晶部材 410 を下記の様に駆動する。

【0214】

この液晶部材 410 は、第 1 実施例及び第 2 実施例の変換部材 400 と同様な動作を行う様に構成されており、

【0215】

まず、この状態で測定 1 を実行する。

【0216】

50

次に、全て穴を、穴の空間的周期の半分だけ横ずらしする。この状態で測定 2 を実行する。

【0217】

更に、全ての穴を、穴の空間的周期の半分だけ縦に移動する。
この状態で測定 3 を実行する。

【0218】

次に、全ての穴を、穴の空間周期だけ、1回目の横移動と逆方向に同じ移動量、移動する。
この状態で、測定 4 を実行する。

【0219】

従って測定点数を 4 倍にすることができる。

10

【0220】

なお、一般的には、下記の様なことが可能である。

簡単のために、穴が四角として、10 * 10 ドットの大きさの穴としても、1 ドットづつ動かして、データを取得することで、虹彩の違う位置での情報を取り込むことができる。

【0221】

この結果、縦横、791 * 691 ドットの情報が得られる。

【0222】

[第4実施例]

【0223】

本第4実施例は、図12に示す様に、眼球光学系の精密な計測をするためにRGBそれぞれの色で測定するものである。三原色の錐体の中心波長での測定が可能となる。

20

【0224】

実現方法としては、例えば、

【0225】

(1) 受光系最終レンズと変換部材 400 の間にダイクロイックミラー 900、900 を 2 個挿入して RGB の成分別に光束を波長分割して測定を行う 3 つの受光部 500 の 3 板式で構成される。

【0226】

(2) 受光部 500 にカラー CCD を利用する 1 板式である。

アメリカ合衆国では、d 線での測定を行うこともできる。

30

【0227】

【効果】

以上の様に構成された本発明は、照明用の光源と、該光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための受光光学系と、この反射光束を少なくとも 17 本のビームに変換するために、受光光学系の光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズで構成される変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光する受光部と、この受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求めるための光学特性演算部とから構成されているので、不正乱視等の光学特性を測定することができるという卓越した効果がある。

40

【0228】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の光学特性測定装置 10000 の構成を示す図である。

【図2】原理を説明する図である。

【図3】パワーを、最大曲率と最小曲率に関係した量と方位を直接表示する方法を示すものである。

【図4】MERIDIONAL POWER を表示する方法を示す図である。

【図5】MERIDIONAL POWER を表示する方法を示す図である。

【図6】位置測定精度を向上させる方法を示す図である。

【図7】網膜から反射してきた像と角膜反射像とを区別する方法を示す図である。

50

【図 8】本発明の第2実施例の光学特性測定装置20000の構成を示す図である。

【図 9】液晶部材210を説明する図である。

【図 10】液晶部材210の駆動構成を説明する図である。

【図 11】液晶部材210を説明する図である。

【図 12】本発明の第3実施例の光学特性測定装置30000の構成を示す図である。

【符号の説明】

100000	第1実施例の光学特性測定装置	
200000	第2実施例の光学特性測定装置	
300000	第3実施例の光学特性測定装置	
1000	被検眼	10
1100	角膜	
1200	虹彩	
1300	網膜	
100	光源	
101	光源駆動手段	
200	照明光学系	
201	第1の集光レンズ	
202	可変絞り	
203	第2の集光レンズ	
204	固視標結像レンズ	20
205	固視標	
210	液晶部材	
220	第2の視度調整機構	
300	受光光学系	
301	第1のアフォーカルレンズ	
302	第2のアフォーカルレンズ	
303	絞り	
310	第1の測定レンズ	
311	第2の測定レンズ	
312	第3の測定レンズ	30
315	第3の視度調整機構	
320	固視標光学系	
321	固視標用レンズ	
322	固視標	
323	雲霧機構	
400	変換部材	
410	液晶部材	
500	受光部	
600	光学特性演算部	
800	制御演算処理手段	40
900	ダイクロイックミラー	

【数1】

$$S \pm \sqrt{S^2 - r^2} = S \pm \sqrt{S^2 - (X^2 + Y^2)}$$

【数2】

$$\left(C^2 \pm \sqrt{C^2 - r^2}\right) \cos^2(\theta + A) = \left(C \pm \sqrt{C^2 - (X^2 + Y^2)}\right) \left(\frac{\cos^2(A)X^2 + 2\sin(A)\cos(A)XY + \sin^2(A)Y^2}{X^2 + Y^2} \right)$$

【数3】

$$\sum_{i,j} \left[W(X_i, Y_j) - F(K, G, T, S, C, A, X_i, Y_j) \right]^2$$

10

【数4】

$$\frac{\partial W(X, Y)}{\partial X} = \frac{dx(X, Y)}{l}$$

【数5】

$$\frac{\partial W(X, Y)}{\partial Y} = \frac{dy(X, Y)}{l}$$

20

【数6】

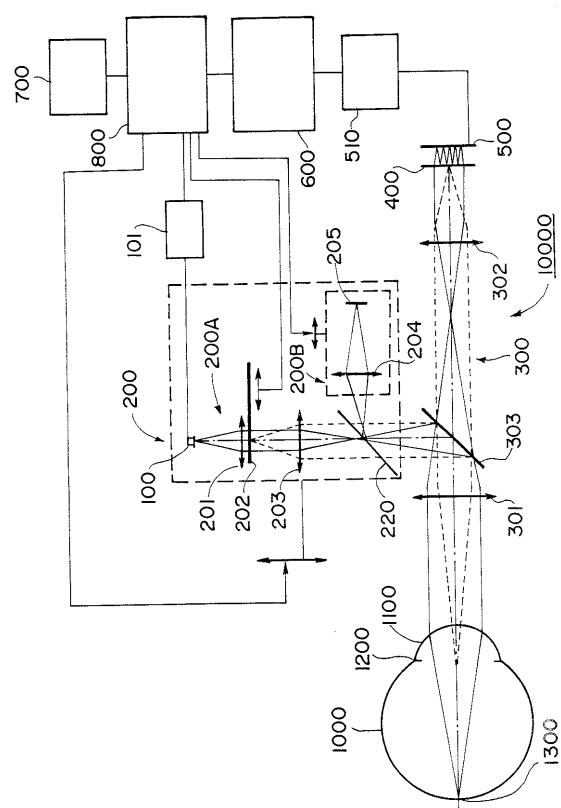
$$\sum_{i,j} \left[\left\{ \frac{dx(X_i, Y_j)}{l} - \left(\frac{\partial F}{\partial X} \right)_{(X_i, Y_j)} \right\}^2 + \left\{ \frac{dy(X_i, Y_j)}{l} - \left(\frac{\partial F}{\partial Y} \right)_{(X_i, Y_j)} \right\}^2 \right]$$

【数7】

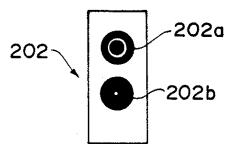
30

$$\frac{\sum_{i,j} \left[\left\{ \frac{dx(X_i, Y_j)}{l} - \left(\frac{\partial F}{\partial X} \right)_{(X_i, Y_j)} \right\}^2 + \left\{ \frac{dy(X_i, Y_j)}{l} - \left(\frac{\partial F}{\partial Y} \right)_{(X_i, Y_j)} \right\}^2 \right]}{2n}$$

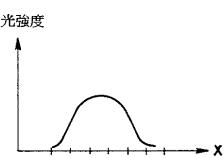
【図1A】



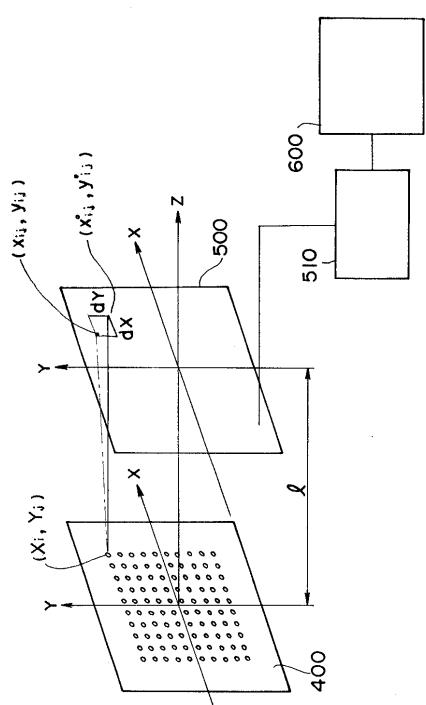
【図1B】



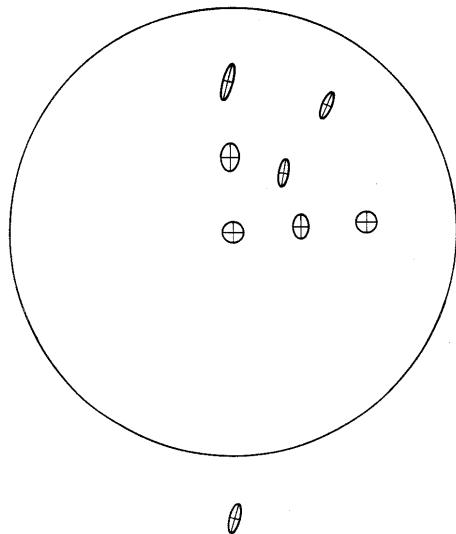
【図6】



【図2】

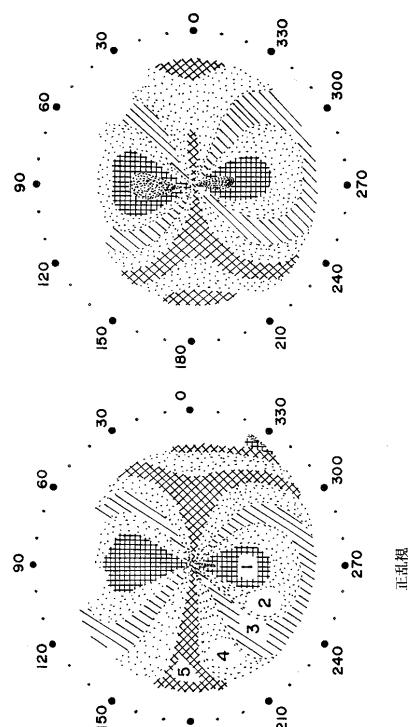


【図3】

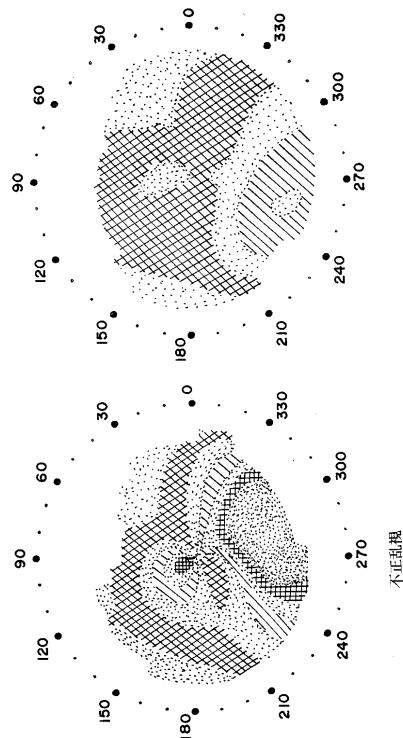


緒円で最大パワーと最小パワーをあらわす。
また、その方位もあらわす。

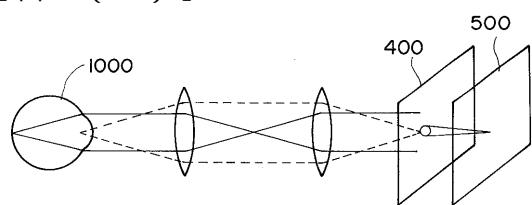
【図4】



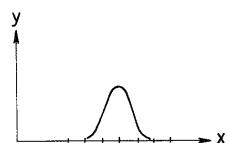
【図5】



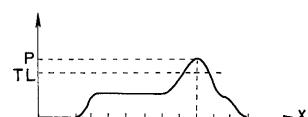
【図7(a)】



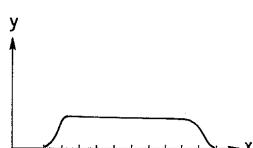
【図7(b)】



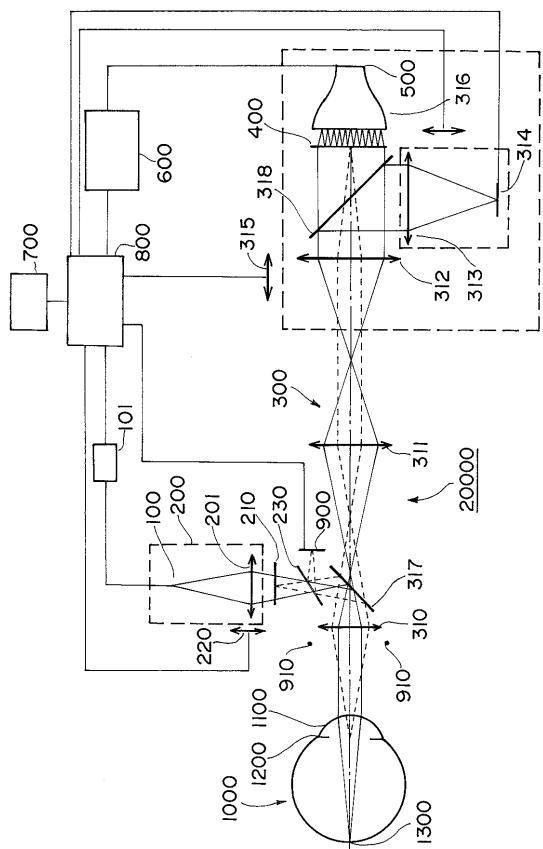
【図7(d)】



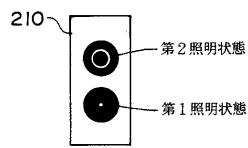
【図7(c)】



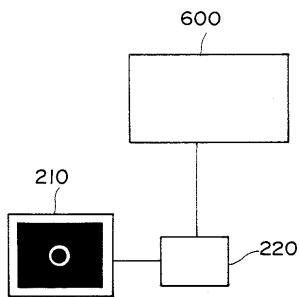
【図8】



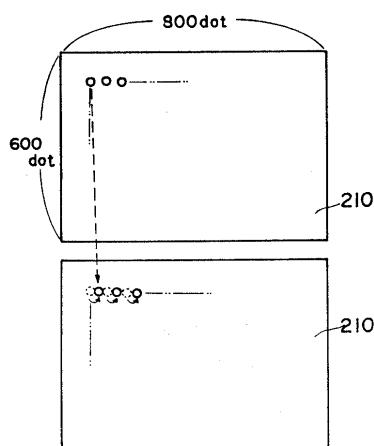
【 図 9 】



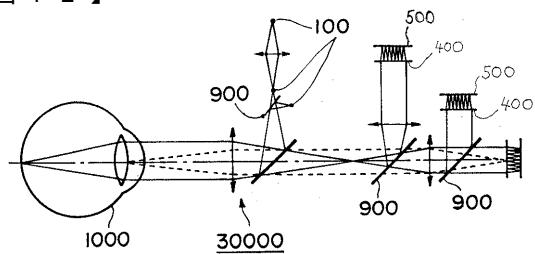
【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平06-121773(JP,A)
特開平08-103413(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

A61B 3/00-3/18