

(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2007-10589

(P2007-10589A)

(43) 公開日 平成19年1月18日(2007.1.18)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 21/17 (2006.01)	GO 1 N 21/17 6 2 5	2 F 0 6 5
GO 1 B 11/02 (2006.01)	GO 1 B 11/02 G	2 G 0 5 9

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2005-194457 (P2005-194457)
 (22) 出願日 平成17年7月1日(2005.7.1)

(71) 出願人 000135184
 株式会社ニデック
 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14
 (72) 発明者 羽根渕 昌明
 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株
 式会社ニデック拾石工場内
 Fターム(参考) 2F065 AA21 CC16 FF51 GG00 GG03
 HH03 JJ00 JJ25 JJ26 LL00
 LL08 LL13 LL28 LL35 LL36
 LL37 LL67 QQ00 QQ16
 2G059 AA05 AA06 BB12 EE02 EE11
 FF02 GG02 GG04 HH01 HH02
 JJ05 JJ19 JJ20 JJ22 KK01

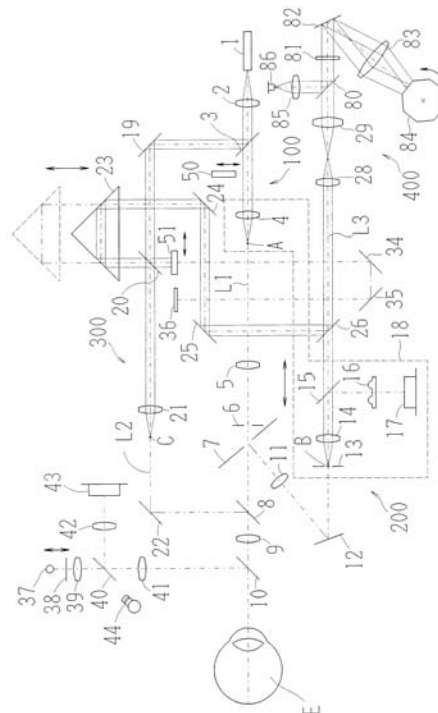
(54) 【発明の名称】 物体測定装置

(57) 【要約】

【課題】 スペクトル干渉を用いて被検物体の諸情報を取得する装置において、簡単な構成で精度よく被検物体の諸情報を取得可能な物体測定装置を提供する。

【解決手段】 低コヒーレント長の光束を出射する光源を有し、光源から出射した光束を被検物体と参照面とに向けて出射し、被検物体からの反射光と参照面からの反射光とを合成して干渉させる干渉光学系と、干渉光学系にて得られた干渉光を周波数成分に分光する分光手段と、分光手段により周波数成分に分光された各光束を時系列的に分ける時分割手段と、時分割手段に分けられた各光束を受光する単一の受光素子とを有するスペクトロメータ部と、スペクトロメータ部による受光信号に基づいて演算により被検物体の深さ方向の情報を取得する演算制御部と、を備える。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

低コヒーレント長の光束を出射する光源を有し、該光源から出射した前記光束を被検物体と参照面とに向けて出射し、前記被検物体からの反射光と前記参照面からの反射光とを合成して干渉させる干渉光学系と、該干渉光学系にて得られた干渉光を周波数成分に分光する分光手段と、該分光手段により周波数成分に分光された各光束を時系列的に分ける時分割手段と、該時分割手段に分けられた前記各光束を受光する単一の受光素子とを有するスペクトロメータ部と、該スペクトロメータ部による受光信号に基づいて演算により被検物体の深さ方向の情報を取得する演算制御部と、を備えることを特徴とする物体測定装置

【請求項 2】

請求項 1 の物体測定装置において、前記時分割手段は可動ミラーであり、該可動ミラーの反射面の回転角度の変化に応じて前記周波数成分に分光された各光束を前記受光素子に時分割で受光させることを特徴とする物体測定装置。

【請求項 3】

請求項 1 ~ 2 の物体測定装置において、前記干渉光学系は被検物体として被検眼の角膜に向けて前記光源から測定光を照射させるための角膜照射光学系と、前記被検眼の眼底に向けて前記光源から参照光を照射させるための眼底照射光学系と、を有することを特徴とする物体測定装置。

10

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明はスペクトル干渉を用いて被検物体の諸情報を取得する物体測定装置に関する。

30

【背景技術】**【0002】**

従来、スペクトル干渉を用いて被検物体の諸情報を取得する装置が知られている。このような装置においては、被検物体に向けて近赤外域の低コヒーレント長の測定光（計測光）を照射し、その反射光を参照光と合成させて干渉させた後、回折格子等を用いて干渉光を各周波数成分に分光し、分けられた光束を一次元の受光素子に受光させ、その受光信号を解析することにより、被検物体の深さ方向の諸情報を得る装置が知られている（特許文献 1 参照）。

【特許文献 1】特開平 11 - 325849 号公報

40

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

しかしながら、前述したような装置においては受光手段として一次元受光素子を用いているが、このような一次元の受光素子は近赤外の感度があまり良くない。したがって近赤外域での透過率の低い被検物体の諸情報を精度よく取得したい場合においては、このような一次元の受光素子を用いることは不利となる場合がある。

本発明は、スペクトル干渉を用いて被検物体の諸情報を取得する装置において、簡単な構成で精度よく被検物体の諸情報を取得可能な物体測定装置を提供することを技術課題とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記課題を解決するために、本発明は以下のような構成を備えることを特徴とする。

(1) 低コヒーレント長の光束を出射する光源を有し、該光源から出射した前記光束を被検物体と参照面とに向けて出射し、前記被検物体からの反射光と前記参照面からの反射光とを合成して干渉させる干渉光学系と、該干渉光学系にて得られた干渉光を周波数成分に分光する分光手段と、該分光手段により周波数成分に分光された各光束を時系列的に分ける時分割手段と、該時分割手段に分けられた前記各光束を受光する単一の受光素子とを有するスペクトロメータ部と、該スペクトロメータ部による受光信号に基づいて演算により被検物体の深さ方向の情報を取得する演算制御部と、を備えることを特徴とする。

10

(2) (1)の物体測定装置において、前記時分割手段は可動ミラーであり、該可動ミラーの反射面の回転角度の変化に応じて前記周波数成分に分光された各光束を前記受光素子に時分割で受光させることを特徴とする。

(3) (1)～(2)の物体測定装置において、前記干渉光学系は被検物体として被検眼の角膜に向けて前記光源から測定光を照射させるための角膜照射光学系と、前記被検眼の眼底に向けて前記光源から参照光を照射させるための眼底照射光学系と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0005】

本発明によれば、簡単な構成で精度よく被検物体の諸情報を取得することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図1は本実施形態で用いる眼科装置の光学系の概略構成を示す図である。図1に示す光学系は、眼底照射光学系、屈折力測定光学系、角膜照射光学系、干渉信号検出光学系、参照光光学系、視標投影光学系、観察光学系を有する。なお、本実施形態の眼科装置は、被検眼に対して装置を所定の関係に位置させるためのアライメント光学系も有しているが、従来、他覚的眼屈折力装置等に用いられている既知のアライメント光学系と同様の光学系を用いればよいため、その説明は割愛する。

【0007】

<眼底照射光学系>

図1に示す眼底照射光学系100は、光源側から順に、光源1、コリメーターレンズ2、ハーフミラー3、集光レンズ4、リレーレンズ5、絞り6、ホールミラー7、ハーフミラー8、対物レンズ9、ハーフミラー10にて構成されている。51は眼底照射光学系100の光路に挿脱可能に設置され、光路の遮断、開放を行うための遮蔽板である。遮蔽板51は、図2に示す駆動手段66により光路に挿脱される。なお、本実施形態では、遮蔽板51はハーフミラー3と集光レンズ4との間の光路に挿脱されるものとしているが、これに限るものではない。後述する他の光学系の共通光路とならない場所であればよい。

30

【0008】

光源1は、SLD(Super luminescent Diode)等の低コヒーレント長の赤外光を発する光源である。光源1から出射された低コヒーレント光は、コリメーターレンズ2にて平行光束とされた後、ハーフミラー3を透過する。ハーフミラー3を透過した光束は、集光レンズ4により光軸L1上に中間像(集光点A)を形成した後、リレーレンズ5、ホールミラーの開口部を通過して、一旦集光し、ハーフミラー8、対物レンズ9、ハーフミラー10を経て、被検眼Eの眼底に集光する。

40

【0009】

<屈折力測定光学系>

図1に示す屈折力測定光学系200は、被検眼Eの前方からハーフミラー10、対物レンズ9、ハーフミラー8、ホールミラー7、リレーレンズ11、ミラー12、絞り13、コリメーターレンズ14、ハーフミラー15、リングレンズ16、赤外域に感度を有する受

50

光素子 17 にて構成されている。なお、眼底照射光学系 100 とは、ホールミラー 7 からハーフミラー 10 までを共有する。

眼底照射光学系 100 によって被検眼 E の眼底に集光された光束の反射光（参照光）は、ハーフミラー 10、対物レンズ 9、ハーフミラー 8 を経て、ホールミラー 7 にて反射する。なお、ホールミラー 7 は、被検眼 E における眼底反射光を反射し、不要な角膜反射光は開口部を通過させるようになっている。

【0010】

ホールミラー 7 にて反射した眼底反射光は、リレーレンズ 11 を経た後、ミラー 12 にて折り曲げられた後、絞り 13 の位置にて一旦集光（集光点 B）する。その後、反射光はコリメーターレンズ 14 によって平行光束とされた後、ハーフミラー 15 にて反射光の一部が反射し、リングレンズ 16 を経て、2次元受光素子 17 に受光される。

10

【0011】

なお、測定光投光光学系 100 の集光レンズ 4 による集光点 A と、コリメーターレンズ 14 の前側焦点位置である絞り 13 位置の集光点 B は、対物レンズ 9 及びリレーレンズ 5、11 を介して被検眼 E の眼底と共役になっている。また、図 1 に示す集光レンズ 4、絞り 13、コリメーターレンズ 14、ハーフミラー 15、リングレンズ 16、受光素子 17 は、駆動可能なステージ 18 上に設置されており、ステージ 18 は、図 2 に示す駆動手段 63 によって光軸方向に移動可能となっている。

【0012】

また、リングレンズ 16 は、コリメーターレンズ 14 の後ろ側焦点位置に置かれ、駆動手段 19 によるステージ 18 の移動位置によらず被検眼 E の瞳と共役な関係が保たれている。さらに受光素子 17 は、リングレンズ 16 の焦点位置にあり、被検眼 E の眼底と共役な関係が成り立っている。なお、リングレンズ 16 は、平板上に円筒レンズをリング状に形成したものであり、リング部以外は遮光のためのコーティングが施されている。このリングレンズ 16 に平行光束が入射すると、焦点位置（受光素子 17 の受光面）には、リングレンズ 16 と略同じサイズのリング像が集光する。

20

【0013】

<角膜照射光学系>

図 1 に示す角膜照射光学系 300 は、光源側から、光源 1、コリメーターレンズ 2、ハーフミラー 3、ミラー 19、ハーフミラー 20、集光レンズ 21、ミラー 22、ハーフミラー 8、対物レンズ 9、ハーフミラー 10 にて構成されている。なお、眼底照射光学系 100 とは、光源 1 からハーフミラー 3 までと、ハーフミラー 8 からハーフミラー 10 までを共有する。

30

【0014】

光源 1 から出射した低コヒーレント光は、コリメーターレンズ 2 を通過した後、ハーフミラー 3 にて一部の光束が反射し、光軸 L2 上に配置されているミラー 19 に向かう。ミラー 19 にて反射した光束は、ハーフミラー 20 を透過した後、集光レンズ 21 により、光軸 L2 上に一旦集光する。光軸 L2 上に集光した光束は、ミラー 22 により反射した後、ハーフミラー 8 にて反射することにより、光軸 L1 と同軸とされ、対物レンズ 9、ハーフミラー 10 を経て、被検眼 E の角膜付近に集光する。

40

【0015】

<干渉信号検出光学系>

図 1 に示す干渉信号検出光学系 400 は、被検眼 E の眼底からの反射光（参照光）を受光するための光学系と被検眼 E の角膜からの反射光（測定光）を受光するための光学系とから構成される。

眼底からの反射光を受光する光学系は、被検眼 E の前方からハーフミラー 10、対物レンズ 9、ハーフミラー 8、ホールミラー 7、リレーレンズ 11、ミラー 12、絞り 13、コリメーターレンズ 14、ハーフミラー 15、ハーフミラー 26、ミラー 27、集光レンズ 28、エキスパングレンズ 29、グレーティングミラー（回折格子）30、集光レンズ 31、円柱レンズ 32、受光素子 33 にて構成されている。受光素子 33 は、赤外域に感度

50

を有する一次元素子（ラインセンサ）を用いている。なお、屈折力測定光学系 200 とは、ハーフミラー 10 からハーフミラー 15 までを共有する。

【0016】

眼底照射光学系 100 によって被検眼 E の眼底に集光された光束の反射光は、前述したように、屈折力測定光学系 200 各種光学部材を経た後、ハーフミラー 15 によって、一部の反射光が透過する。ハーフミラー 15 を透過した反射光は、さらに光軸 L3 上に配置されるハーフミラー 26 を経てミラー 27 にて反射し、集光レンズ 28 を経て一旦集光する。集光レンズ 28 にて集光した反射光は、エキスパンダレンズ 29 にて光束径を広げられた後、グレーティングミラー 30 にて周波数成分に分光される。周波数成分に分光された反射光は、集光レンズ 31、円柱レンズ 32 を経て、受光素子 33 の受光面に集光する。なお、エキスパンダレンズ 29 通過後の光束径、グレーティングミラーの格子間隔および入射角、集光レンズ 28、受光素子 33 は、被検眼光軸方向の測定範囲と分解能を考慮して最適化されている。

10

【0017】

また、被検眼 E の角膜からの反射光を受光するための光学系は、被検眼 E の前方からハーフミラー 10、対物レンズ 9、ハーフミラー 8、ミラー 22、集光レンズ 21、ハーフミラー 20、プリズム 23、ミラー 24、25、ハーフミラー 26、ミラー 27、集光レンズ 28、エキスパンダレンズ 29、グレーティングミラー 30、集光レンズ 31、円柱レンズ 32、受光素子 33 にて構成されている。なお、プリズム 23 は、図 2 に示す駆動手段 54 により、図示する矢印方向に移動可能となっており、参照光が通る光路長を変更

20

【0018】

角膜からの反射光は、ハーフミラー 10、対物レンズ 9 を経た後、ハーフミラー 8 にてその一部が反射される。ハーフミラー 8 にて反射した反射光は、ミラー 22、集光レンズ 21 を経た後、ハーフミラー 20 により反射され、プリズム 23 に向かう。プリズム 23 にて折り返された反射光は、ミラー 24、25 を経てハーフミラー 26 に向かう。ハーフミラー 26 にて反射した反射光は、前述した眼底からの反射光と同軸とされ、合成される。合成後は、眼底からの反射光と同じようにミラー 27、集光レンズ 28、エキスパンダレンズ 29 を経た後、グレーティングミラー 30 により周波数成分に分光され、円柱レンズ 32 を経て受光素子 33 に集光する。なお、グレーティングミラー 30、集光レンズ 31、円柱レンズ 32、受光素子 33 にて、スペクトロメータ部を形成する。また、受光素子 33 の受光面は、被検眼 E の眼底と角膜とに共役な関係となっている。円柱レンズ 32 は受光素子 33 の幅方向に光束径を広げる役目を果たし、受光素子 33 の設置誤差によらず、光束を受光面に受光させるために用いる。

30

【0019】

< 参照光光学系 >

図 1 に示す参照光光学系は、光源 1、コリメーターレンズ 2、ハーフミラー 3、ミラー 19、ハーフミラー 20、ミラー 34、35、参照面となる参照ミラー 36 からなる。なお、参照ミラー 36（参照面）から干渉信号検出光学系 400 の受光素子 33 までの光路長は、角膜照射光学系 200 における角膜集光位置から干渉信号検出光学系 400 を通って受光素子 33 まで至る光路長と略一致するように設計されている。言い換えれば、本実施形態の光学系では、角膜集光位置から角膜照射光学系におけるハーフミラー 20 までの光路長と、参照ミラー 36 からハーフミラー 20 までの光路長とが略一致している。52 は参照光光学系の光路に挿脱可能に設置され、光路の遮断、開放を行うための遮蔽板である。遮蔽板 52 は図 2 に示す駆動手段 67 により、光路に挿脱される。なお、本実施形態では、遮蔽板 52 はハーフミラー 20 とミラー 34 との間の光路に挿脱されるものとしているが、これに限るものではない。他の光学系の共通光路とならない場所であればよい。

40

【0020】

光源 1 から出射した低コヒーレント光は、コリメーターレンズ 2 を通過した後、ハーフミラー 3 にて一部の光束が反射し、光軸 L2 上に配置されているミラー 19 に向かう。ミ

50

ラー 19 にて反射した光束は、さらにハーフミラー 20 にて反射後、ミラー 34, 35 を経て参照ミラー 36 に到達する。参照ミラー 36 に到達した低コヒーレント光は、参照面にて折り返され、ミラー 35、34 を経て、ハーフミラー 20 を透過する。ハーフミラー 20 を透過した反射光（参照光）は、角膜反射光と合成された状態で、プリズム 23 に向かうこととなる。プリズム 23 にて折り返された参照光は、干渉信号検出光学系 400 のミラー 24 ~ 円柱レンズ 32 を経て、受光素子 33 に受光されることとなる。

【0021】

< 視標投影光学系・観察光学系 >

図 1 に示す視標投影光学系は、可視光を照射する LED 等の光源 37、所定の視標が形成された視標板 38、リレーレンズ 39、ハーフミラー 40、対物レンズ 41、ハーフミラー 10 からなる。光源 37 から出射された可視光の光束は、視標板 38 を背面から照明する。視標板 38 を通過した光束は、リレーレンズ 39、ハーフミラー 40、対物レンズ 41、ハーフミラー 10 を経て、被検眼 E の眼底に結像する。なお、本装置が被検眼 E に対して所定の位置関係になるようにアライメントされたとき、視標板 38 と被検眼 E の眼底とは共役な関係となる。また、光源 37 と視標板 38 は、図 2 に示す駆動手段 65 によって光軸方向に移動可能となっており、被検眼の固視や、視標板の位置を変更させて眼屈折力測定時に被検眼に雲霧をかけたり、調節負荷を与える。

10

また、観察光学系は、被検眼前方から、ハーフミラー 10、対物レンズ 41、ハーフミラー 40、結像レンズ 42、赤外域に感度を有する受光素子 43 から構成される。なお、被検眼 E の瞳位置と受光素子 43 とは共役な位置関係となっている。なお、44 は被検眼を照明するための赤外 LED である。

20

【0022】

図 2 は本実施形態で用いる眼科測定装置における制御系を示したブロック図である。

60 は本実施形態の装置の駆動制御を行う制御部である。制御部 60 には、受光素子 17、受光素子 33、受光素子 43、モニタ 61、演算処理部 62、駆動手段 63 ~ 67、記憶部 68、コントロール部 69 等が接続される。なお、駆動手段 63 ~ 67 はパルスモータ等を用いており、各駆動手段による駆動量を検出できるようになっている。また、演算処理部 62 は、受光素子や駆動手段等によって得られた情報を基に、被検眼 E の屈折力や眼軸長等の生体情報を演算により求めたり、被検眼の断面画像を形成するために用いられる。記憶部 68 には求められた測定値が記憶される。また、コントロール部 69 には、測定開始のスイッチや測定モードの切替スイッチ等の各種の操作スイッチが用意される。

30

【0023】

以上のような、構成を備える装置について、その動作を説明する。なお、以下では被検眼の眼軸長を測定する場合と、被検眼の前眼部情報とを取得する場合とに分けて説明する。

< 眼軸長測定 >

検者は、コントロール部 69 の図示無き切り換えスイッチを用いて眼軸長測定モードに設定する。制御部 60 は、眼軸長測定モードに設定するための信号を受けると、駆動手段 66, 67 を駆動させ、遮蔽板 50 を光路から外すとともに、遮蔽板 51 を光路上に挿入し、図 1 に示す光学系の配置状態とする。

40

検者は、図 2 に示すモニタ 61 を見ながら、図示なきジョイスティック等の操作手段を用いて、装置を上下左右及び前後方向に移動させ、装置を被検眼 E に対して所定の位置関係に置く。なお、本実施形態では、受光素子 43 の受光面と被検眼 E の瞳位置とが共役な関係になるようにしている。検者は図 1 に示す視標投影光学系にて投影される視標を被検者に固視させるとともに、コントロール部 69 の図示なき測定開始スイッチを使用して、被検眼 E の眼軸長を求める。

【0024】

測定スイッチが押されると、制御部 60 は、駆動手段 65 を駆動させて、光源 37 及び視標板 38 を光軸方向に移動させ、雲霧がかかる状態とし、被検眼 E の調節をなくすようにする。また、制御部 60 は、光源 1 から低コヒーレント光を出射させる。光源 1 から出

50

射した低コヒーレント光は、図 1 に示すハーフミラー 3 により 2 方向に分けられた後、前述した眼底照射光学系 100 及び角膜照明光学系 300 を経て、被検眼 E の眼底及び角膜に各々集光する。被検眼 E の眼底に集光した光束の反射光は、図 1 に示す屈折力測定光学系 200 に導光され、最終的に受光素子 17 に受光される。

【0025】

図 3 は眼底からの反射光が、リングレンズ 16 を経て受光素子 17 に受光される状態を示した概略図である。例えば、被検眼 E が正視眼の場合、コリメータレンズ 14 を通った反射光は、図 3 (a) に示すような平行光束となってリングレンズ 16 を透過する。このときリングレンズ 16 を経て受光素子 17 に受光されるリング像 R1 は、リングレンズ 16 と略同じサイズとなる。また、被検眼 E が近視眼の場合には、コリメータレンズ 14 を通った反射光は、図 3 (b) に示すような収束光となってリングレンズ 16 を透過する。このとき、リングレンズ 16 を経て受光素子 17 に受光されるリング像 R2 は、図 3 (a) に示したリング像 R1 よりも太くなるとともに、小さな径となる。また、被検眼 E が遠視眼の場合には、コリメータレンズ 14 を通った反射光は、図 3 (c) に示すような収束光となってリングレンズ 16 を透過する。このとき、リングレンズ 16 を経て受光素子 17 に受光されるリング像 R3 は、図 3 (a) に示したリング像 R1 よりも太くなるとともに、大きな径となる。

10

【0026】

演算処理部 62 は、被検眼が正視眼であるときの受光状態と、実際に受光素子 17 によって検出された受光状態との変化量に基づいて演算処理を行い、被検眼 E の屈折力を求める。また、演算処理部 62 は、算出した屈折力値または受光素子 17 の受光状態から、眼底に向けて投光する測定光が、被検眼 E の眼底において最も集光（ベストフォーカス）するためのステージ 18 の位置を算出する。演算処理部 62 は、算出したベストフォーカスとなるステージ 18 の位置情報を制御部 60 に送る。制御部 60 は受け取った位置情報を基に駆動手段 63 を駆動してステージ 18 を移動させ、被検眼 E に対する屈折力補正を行う。このように被検眼 E に対する屈折力補正を行うことにより、屈折力に応じた前記測定光の眼底における集光状態を補正することができ、S/N 比の良い干渉信号が得られることとなる。

20

【0027】

なお、本実施の形態では受光素子 17 に受光されたリング像の受光状態に基づいて被検眼 E の屈折力を求めるものとしているが、これに限るものではなく、眼底に測定光を集光させるための、ベストフォーカス位置とされるステージ 18 の位置と、そのときのリング像の受光状態とを考慮して、被検眼 E の屈折力を求めるようにすることもできる。また、受光素子 17 に受光されるリング像の受光状態の情報は、ベストフォーカスを得るためのステージ 18 の位置情報を算出するのに用いておき、被検眼の屈折力はステージ 18 の基準位置からの移動量に基づいて求めることもできる。得られた被検眼 E の屈折力値は、記憶部 68 に記憶されるとともに、モニタ 61 に表示される。

30

【0028】

ステージ 18 の移動によって被検眼 E の屈折力補正が行われることにより、測定光は被検眼 E の眼底に効率よく集光することとなる。眼底からの反射光（本形態では参照光として扱う）は、図 1 に示した干渉信号検出光学系 400 によって最終的に受光素子 33 に集光される。また、角膜照射光学系により角膜近傍に集光した光束の反射光（本形態では測定光として扱う）も、干渉信号検出光学系 400 に導光され、眼底からの反射光と合成された後、最終的に受光素子 33 に集光される。なお、前述したように、眼底反射光と角膜反射光とが合成された光束は、グレーティングミラー 30 により、周波数成分に分光され、集光レンズ 31、円柱レンズ 32 を経て受光素子 33 に集光することとなる。受光素子 33 は、周波数成分に分光された反射光を受光し、周波数成分毎の干渉強度を出力する。演算処理部 52 は、受光素子 33 によって得られる干渉強度をモニタする。

40

【0029】

一方、制御部 60 は、駆動手段 64 を用いて図 1 に示すプリズム 23 を実線で示す基準

50

位置（ここでは角膜照射光学系の光路が最も短くなる位置）から移動させ、角膜反射光が通る光学系の光路長を変化させていく。なお、本実施形態では眼軸長測定の間、プリズム 23 を一秒間に数回～十数回程度往復運動をさせるものとしているが、これに限るものではなく、往復運動をさせず単にプリズム 23 を一方向に動かすのみでも良い。

【0030】

本実施形態で用いる測定光及び参照光は、低コヒーレント光を用いているため、測定光の光路長と参照光の光路長が等しくなったときに、測定光と参照光との合成にて得られる干渉光の信号強度が最も強くなることとなる。なお、受光素子 33 に受光される測定光には、角膜表面の反射光以外にも、角膜裏面や水晶体前後面等の位相物体からの反射光も含まれる。したがって、受光素子 33 が受光する干渉信号は、これらと眼底反射光（参照光）との干渉が周波数の関数として受光されることとなる。

10

【0031】

演算処理部 62 は、受光素子 33 から出力される検出信号をフーリエ変換を用いて解析する。干渉光には被検眼 E における各位相物体（例えば、角膜前後面、水晶体前後面、網膜等）からの反射光を含んでいるため、検出信号をフーリエ変換することによって、眼底を参照面とみなした被検眼 E における各位相物体の深さ情報を得ることができる。演算処理部 62 は演算によって求められたプリズム 23 の位置を基準とした角膜前面の位置情報とプリズム 23 の基準位置からの移動量（または駆動手段 54 の駆動量）とから被検眼 E の眼軸長を求める。なお、プリズム 23 の基準位置（初期位置）は、予め眼軸長が既知とされている模型眼等を用いてキャリブレーションされることにより、所定の眼軸長とプリ

20

【0032】

求められた眼軸長の情報は、記憶部 68 に記憶されるとともに、モニタ 61 に表示される。なお、本実施形態では角膜反射光の光路に置かれたプリズムを移動させることにより、測定光の光路長と参照光の光路長とが等しくなるように測定光の光路長を変化させるものとしているが、これに限るものではなく、眼底反射光（参照光）の光路長を変化させる光学系を設計することもできる。

【0033】

また、さらに正確に眼軸長を求めたい場合には、図 1 に示す光学系において、コリメータレンズ 14 と集光レンズ 27 の間で被検眼 E の瞳と共役な位置、あるいは対物レンズ 9 とホールミラー 7 の間における被検眼 E の瞳とほぼ共役な位置に複数のシリンダレンズの組み合わせからなる乱視補正用光学部材を配置すればよい。この乱視補正用光学部材は、例えば、2 枚のシリンダレンズの組み合わせからなるストークスのクロス円柱等を用いることができる。被検眼 E が乱視を有している場合、リングレンズ 16 を経て受光素子 17 に受光されるリング像は楕円形状となるため、演算処理部 62 を用いて、このリング像の受光状態を解析することにより、乱視度数及び乱視軸角度を求めることができる。求めた被検眼 E の乱視度数及び乱視軸角度を基に、被検眼 E の乱視成分を打ち消すように前述した乱視補正用光学部材を配置する。このような構成により、被検眼が乱視成分を持っていても眼底からの反射光は、さらに効率よく受光素子 33 に集光し、測定の精度を高めることが可能となる。

30

40

< 前眼部測定 >

次に被検眼の前眼部の生体情報を求める例を以下に説明する。

検者は、コントロール部 69 の図示無き切り換えスイッチを用いて前眼部測定モードに設定する。制御部 60 は、前眼部測定モードに設定するための信号を受けると、駆動手段 66, 67 を駆動させ、遮蔽板 50 を光路上に挿入するとともに、遮蔽板 51 を光路上から退避させ、図 4 に示す光学系の配置状態とする。

【0034】

検者は、図 2 に示すモニタ 61 を見ながら、前述したように装置を被検眼 E に対して所定の位置関係に置いた後、コントロール部 69 の図示なき測定開始スイッチを使用して、被検眼 E の前眼部測定を行う。

50

測定スイッチが押されると、制御部 60 は、光源 1 から低コヒーレント光を出射させる。光源 1 から出射した低コヒーレント光は、ハーフミラー 3 によって反射された後、図 4 に示すように、ハーフミラー 20 によって 2 方向に分けられる。ハーフミラー 20 を透過した光束は、角膜照射光学系 300 を経て、被検眼 E の角膜に各々集光する。ハーフミラー 20 を反射した光束は、参照光光学系に導光される。

【0035】

被検眼 E の角膜近傍に集光した光束の反射光は、前述したように角膜照射光学系 300 を逆行する形で干渉信号検出光学系 400 に導光され、最終的に受光素子 33 に集光される。一方、参照光光学系に向かう光束（参照光）は、参照ミラー 36 により折り返され、ハーフミラー 20 により角膜反射光と合成された状態で干渉信号検出光学系 400 に導光され、最終的に受光素子 33 に集光される。なお、前述したように、角膜集光位置から角膜照射光学系におけるハーフミラー 20 までの光路長と、参照ミラー 36 からハーフミラー 20 までの光路長とが略一致しているため、角膜反射光と参照光とは干渉することとなる。角膜反射光と参照光とが合成された光束は、グレーティングミラー 30 により、周波数成分に分光され、集光レンズ 31、円柱レンズ 32 を経て受光素子 33 に集光する。受光素子 33 は、周波数成分に分光された反射光を受光し、周波数成分毎の干渉強度を出力する。演算処理部 52 は、受光素子 33 によって得られる干渉強度をモニタする。なお、前眼部測定モードにおいては、角膜反射光と参照光とを合成させた状態でプリズム 23 に入射する構成となっているため、プリズム 23 がどのような位置に置かれていてもよい。

10

【0036】

演算処理部 62 は、受光素子 33 から出力される検出信号をフーリエ変換を用いて解析する。干渉光には被検眼 E の前眼部周辺の位相物体（例えば、角膜前後面、水晶体前後面等）からの反射光を含んでいるため、検出信号をフーリエ変換することによって、被検眼 E における角膜、水晶体等の各位相物体の深さ情報を得ることができる。演算処理部 62 はこれらの深さ情報を基に被検眼の前房深度、水晶体厚、角膜厚等の前眼部の生体情報（ここでは寸法情報）を求める。求められた前眼部の生体情報は、記憶部 68 に記憶されるとともに、モニタ 61 に表示される。

20

【0037】

前眼部の測定を行う際に、眼底反射光を参照光として利用すると、眼底における種々の位相物体の影響により反射率分布が生じやすく、精度高い測定結果が得られない可能性がある。このため本実施形態では、前眼部測定を行う際には、前述したように装置内部に設けられた参照光光学系を用いて参照光を得ることとし、測定精度を高めるものとしている。

30

なお、本実施の形態では、測定光を角膜に集光させるものとしているが、これに限るものではなく、被検眼内の位相物体（角膜、水晶体等）からの反射光が各周波数成分に分光された状態で受光素子に受光されればよく、例えば、測定光の集光位置を被検眼 E の瞳孔位置等の角膜近傍位置とすることもできる。

【0038】

また、本実施形態では測定光と参照光との合成光を各周波数成分に分光するための分光手段としてグレーティングミラー（回折格子）を用いるものとしているが、これに限るものではなく、プリズムや音響光学素子等の他の分光手段を用いることもできる。

40

さらに、本実施形態では被検眼の屈折力を求めるために受光素子上にリング像を形成するものとしているが、これに限るものではない。例えば眼底からの反射光を光学部材を介して数個の点に分けて受光素子に集光させ、その受光像の受光状態に基づいて屈折力を求める等、干渉を用いず受光面に形成される受光像の位置変化や形状変化等の受光像の変化状態を検出することによって屈折力を求める構成であればよい。

【0039】

以上説明したように、本実施形態の眼科装置では、眼軸長や前眼部の寸法情報等の生体内寸法を得ることができるものとしているが、さらに被検眼に向けて照射する光束を走査する走査手段を設け、得られる検出信号をスペクトル干渉の原理に基づいて解析すること

50

により、被検眼の前眼部像を得ることもできる。

【0040】

図5は第2の実施形態として、図1の光学系に対して、被検眼に向けて照射する光束を走査する走査手段を設けた例を示した図である。なお、図1と同機能を有するものには同符号を付し、その説明は省略する。

【0041】

図5において、70は被検眼に向けて照射する光束を走査するための走査手段となるガルバノミラーであり、所定方向（本実施形態では被検眼に対して光束を上下方向に走査する方向）に回転駆動可能となっている。また、ガルバノミラー70の反射面は、対物レンズ9の焦点位置に配置されており、ミラーの回転角が光束の前眼部への入射高さに比例するとともに、駆動によって光路長が変化しないようになっている。なお、第2の実施形態における眼科装置を駆動制御するための制御系の構成は、ガルバノミラー70の駆動制御以外は、図2に示した制御系のブロック図と同様であるため、その説明は割愛する。なお、前眼部像を取得する際の光学配置は、遮蔽板50は光路上に挿入され、遮蔽板51は光路から退避した状態（図4に示す状態）とされている。

【0042】

図5に示す光源1から出射された低コヒーレント光は、角膜照射光学系300内を通り被検眼の角膜近傍に集光する。一方、角膜照射光学系300を通る低コヒーレント光のうち、ハーフミラー20にて反射した光束は、参照ミラー36に向かうこととなる。被検眼Eの角膜反射光（前眼部の位相物体からの反射光）と、参照ミラー36を折り返した参照光との合成光は、干渉信号検出光学系400のグレーティングミラー30によって周波数成分に分光された状態で、受光素子33に集光する。受光素子33から出力される検出信号を、演算処理部62にてフーリエ変換することによって、被検眼Eにおける角膜、水晶体等の各位相物体の深さ情報を得ることができる。

【0043】

なお、角膜照射光学系300を通る光束は、ガルバノミラー70によって逐次被検眼Eに対して所定方向に走査されている。このため、受光素子33から出力される検出信号は、光束の走査によって得られる眼内の位相物体からの各反射光の情報を含むこととなる。演算処理部62は、検出信号をフーリエ変換することによって得られた眼内における位相物体の深さ方向の情報を蓄積加算することによって、走査によって光切断された被検眼の前眼部断面像を求めることができる。得られた前眼部断面像は、図6に示すようにモニタ61に表示される。なお、前眼部の寸法情報もモニタ61に表示される。

また、以上の実施形態では、スペクトロメータ部の受光部に一次元の受光素子（ラインセンサ）を用いているが、これに限るものではない。以下に第3の実施形態として、スペクトロメータ部の受光素子に単一の受光素子を用いた例を図7に示し、説明する。なお、図7に示す光学系は、図1に対してスペクトロメータ部以外の部分は同じであるため、ここではスペクトロメータ部についてのみ説明する。

【0044】

図示するように、スペクトロメータ部は、偏光ビームスプリッタ80、1/4波長板81、グレーティングミラー82、レンズ群83、ポリゴンミラー84、集光レンズ85、受光素子86にて構成されている。偏光ビームスプリッタ80はS波を反射し、P波を透過する特性を有する。

レンズ群83は複数のレンズからなり、グレーティングミラー82とポリゴンミラー84との間に置かれ、グレーティングミラー82を経て平行光で入射する各周波数成分の光束を屈折後も平行光束としつつ、各周波数成分の光束の主光線が一点で交わるように設計されている。また、ポリゴンミラー84は、その回転軸が前述した各周波数成分の光束の主光線が交わる点に一致した状態で配置されている。また、受光素子はフォトダイオードやAPD（アバランシェフォトダイオード）等、の単一の受光素子を用いている。このような受光素子86は、図1にて示した一次元の受光素子に比べ、赤外域において受光感度が非常に高いものである。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

測定光と参照光とが合成された干渉光は、図 7 に示すように、集光レンズ 28 経て一旦集光する。集光レンズ 28 にて集光した干渉光は、エキスパンダレンズ 29 にて光束径を広げられた後、偏光ビームスプリッタ 80 により P 波の光のみが透過する。変更ビームスプリッタ 80 を透過した干渉光は、1/4 波長板 81 を透過した後、グレーティングミラー 82 にて周波数成分に分光される。グレーティングミラー 82 にて周波数成分に分光された各光束は、レンズ群 83 を介してポリゴンミラー 84 の反射面にて反射する。ポリゴンミラー 84 は所定の速度で回転しており、その反射面の角度によって特定の周波数の光束のみが進んできた光路内を逆行する。光路内を逆行する光束は、レンズ群 83、グレーティングミラー 82 を経た後、1/4 波長板を透過し S 波の光束となって偏光ビームスプリッタ 80 により反射される。偏光ビームスプリッタ 80 を反射した光束は、集光レンズ 85 によって受光素子 86 の受光面に時系列的に各々集光することとなる。このようにポリゴンミラー 84 を連続的に回転させた場合、受光素子 86 には周波数毎（波長毎）の干渉信号が時間の関数として連続的に得られることとなる。図示せぬ演算処理部は、受光素子 86 から出力される検出信号をフーリエ変換を用いて解析し、被検眼 E における各位相物体の深さ情報を得る。このように、単一の受光素子を用いることにより、受光感度を高めることができ、生体情報を精度よく得ることができる。

10

【 0 0 4 6 】

以上、第 3 の実施形態では、周波数毎に分けられた光を時系列的に受光素子に受光させる手段としてポリゴンミラーを用いたが、これに限るものではなく、ポリゴンミラーに代

20

えてガルバノミラー等の可動ミラーや、周波数毎に分けられた光を時分割にて受光素子に順次受光させることができる手段であればよい。

また、本実施形態ではポリゴンミラーにて反射された光束を偏光ビームスプリッタにて受光素子側に反射させるものとしているが、これに限るものではなく、ポリゴンミラーにて反射された光が、被検眼、参照ミラー、光源等に再度入射するのを防ぐための構成を有していればよい。例えば、図 7 に示す光学配置において、偏光ビームスプリッタ 80 の代わりにハーフミラーを置き、偏光ビームスプリッタを同光路上の測定の邪魔とならない任意の場所に設置することもできる。

【 0 0 4 7 】

以上のように、本実施形態の眼科装置によれば、1 台にて被検眼の種々の生体情報を効率よく取得できる。なお、前述した眼軸長測定では、被検眼の眼底を参照光、角膜反射光を測定光（物体光）として干渉させ、スペクトル干渉の原理にて解析を行うことにより、装置に対して被検眼の位置が多少ずれても、参照光と物体光の両方ともが同程度変化するため、アライメントずれやフォーカスずれに強いという利点がある。また、前眼部の生体情報を取得する際には、装置内部にて参照光を形成して角膜反射光と干渉させるため、ノイズ成分を極力抑えることができ、精度よく被検眼の前眼部寸法や断面像を得ることが可能となる。また、第 3 の実施形態におけるスペクトロメータ部の構成は、眼科装置に限らず、被検物体の深さ方向の情報を得る他の測定装置にも適用可能であることは言うまでもない。

30

【 図面の簡単な説明 】

40

【 0 0 4 8 】

【 図 1 】 本実施形態の眼科装置の光学系を示した図である。

【 図 2 】 本実施形態の眼科装置の制御系を示したブロック図である。

【 図 3 】 リングレンズを透過した測定光の集光状態を示した図である。

【 図 4 】 前眼部情報を取得する際の光学系の配置状態を示した図である。

【 図 5 】 第 2 の実施形態における光学系を示した図である。

【 図 6 】 モニタに表示された被検眼前眼部像を示した図である。

【 図 7 】 単一の受光素子を用いたスペクトロメータ部を有した光学系を示した図である。

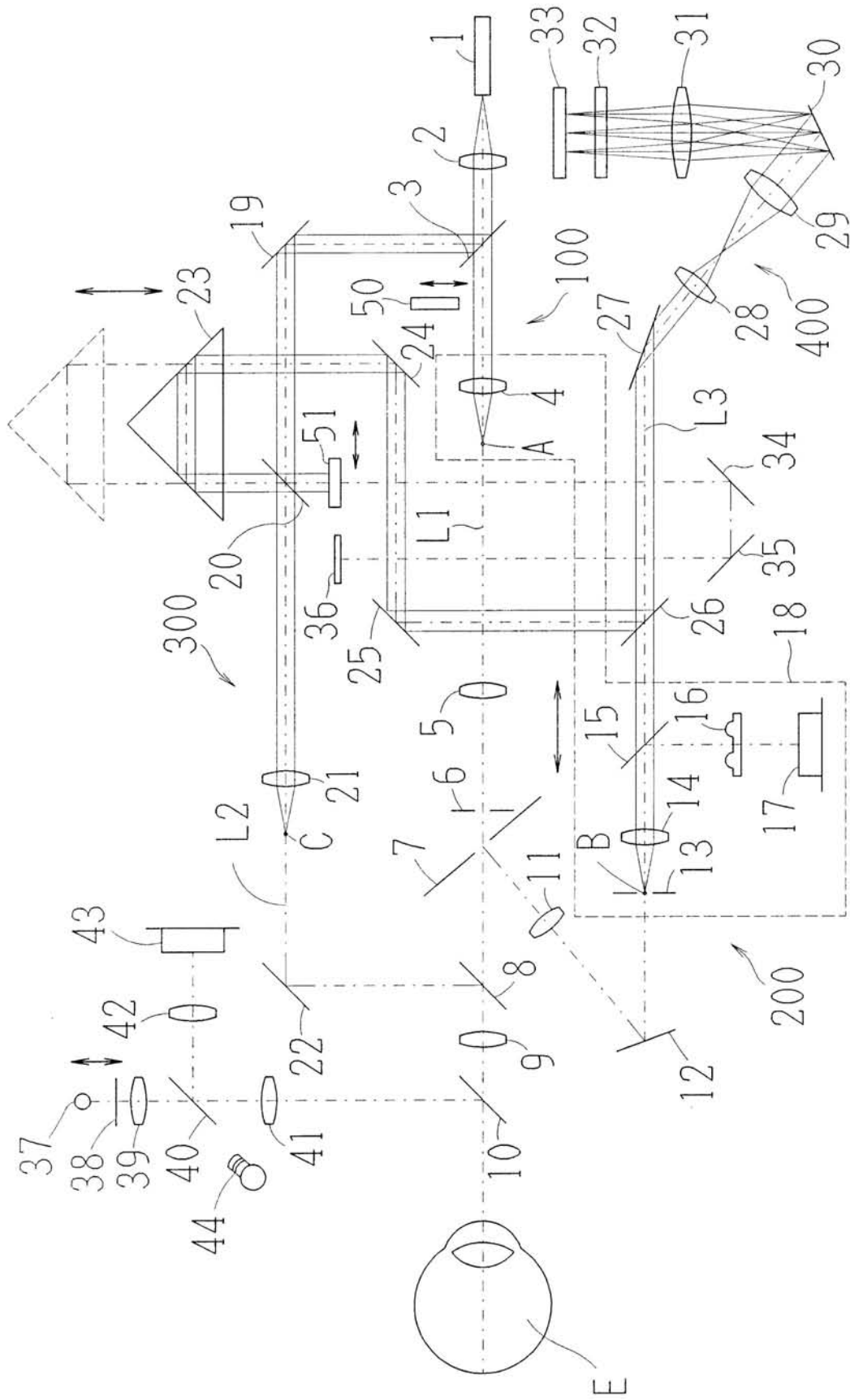
【 符号の説明 】

【 0 0 4 9 】

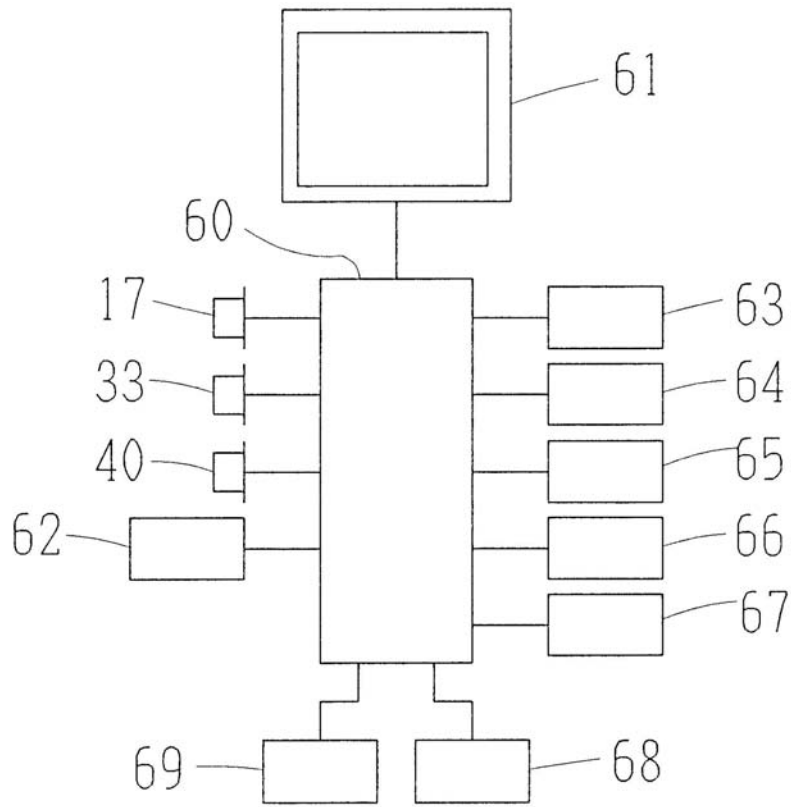
50

1	光源	
4	集光レンズ	
7	ホールミラー	
9	対物レンズ	
14	コリメータレンズ	
23	プリズム	
30	グレーティングミラー	
31	集光レンズ	
33	受光素子	
36	参照ミラー	10
50	遮蔽板	
51	遮蔽板	
60	制御部	
61	モニタ	
62	演算処理部	
80	偏光ビームスプリッタ	
81	1/4波長板	
82	グレーティングミラー	
83	レンズ群	
84	ポリゴンミラー	20
85	集光レンズ	
86	受光素子	

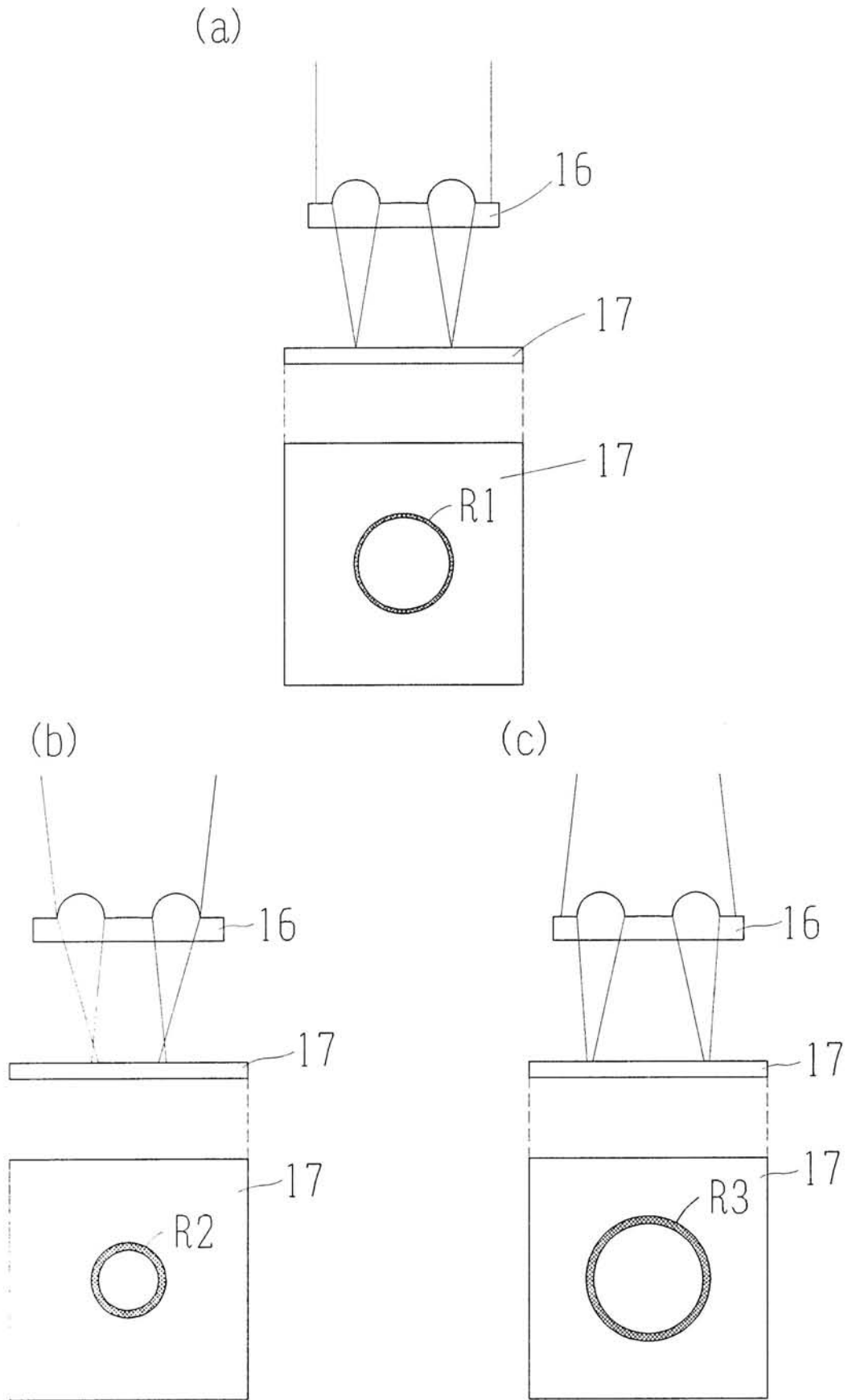
【図 1】



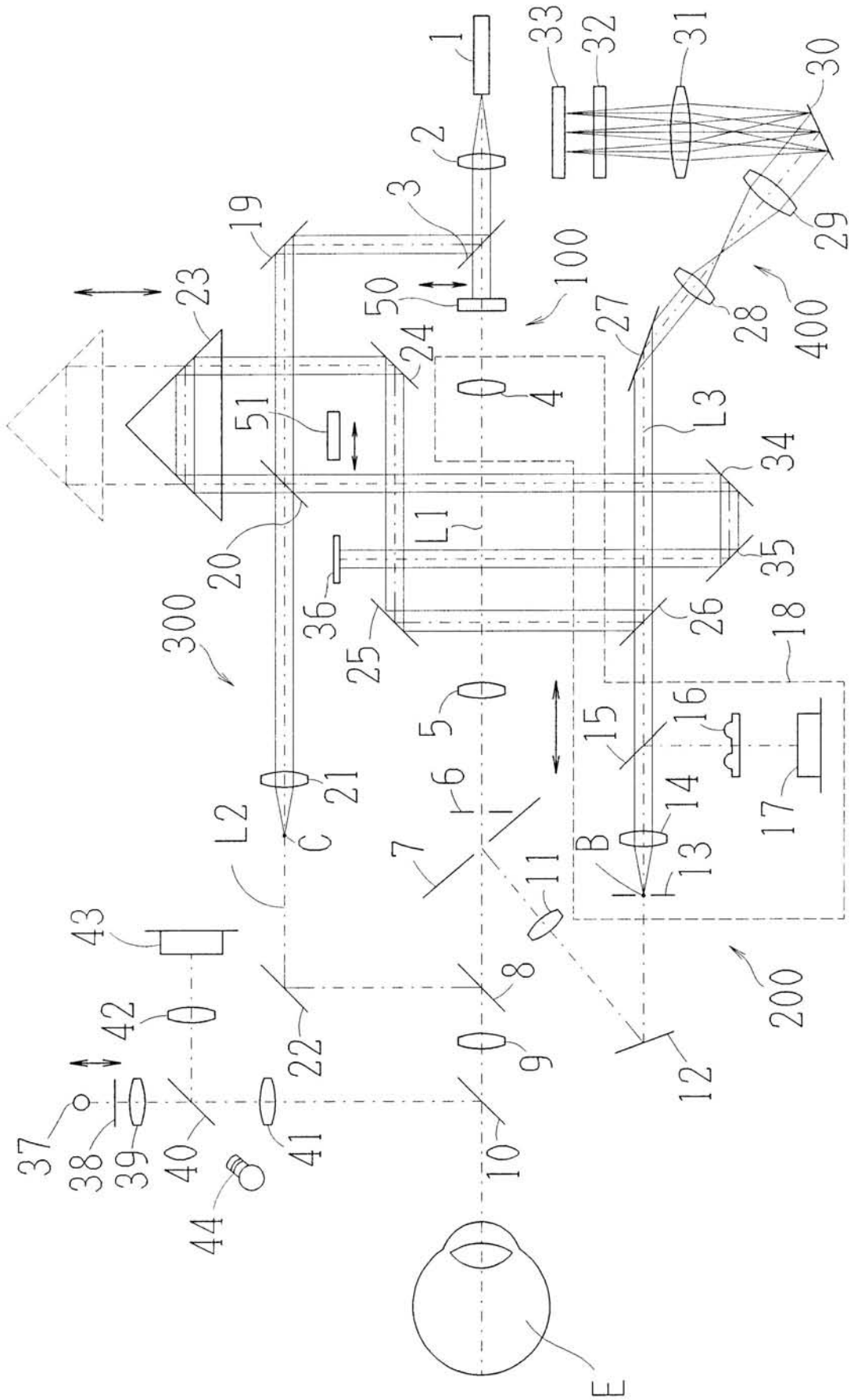
【 図 2 】



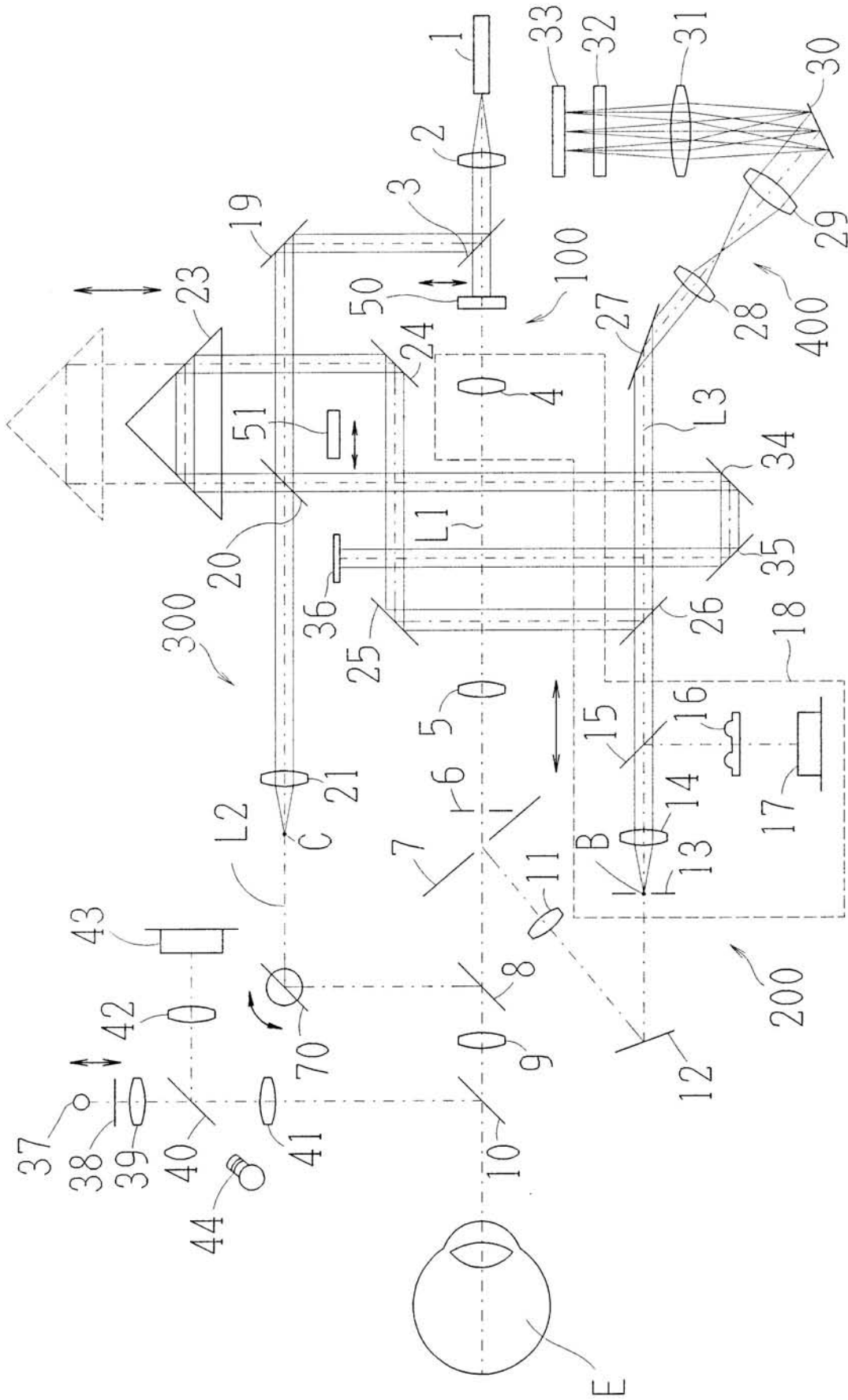
【図 3】



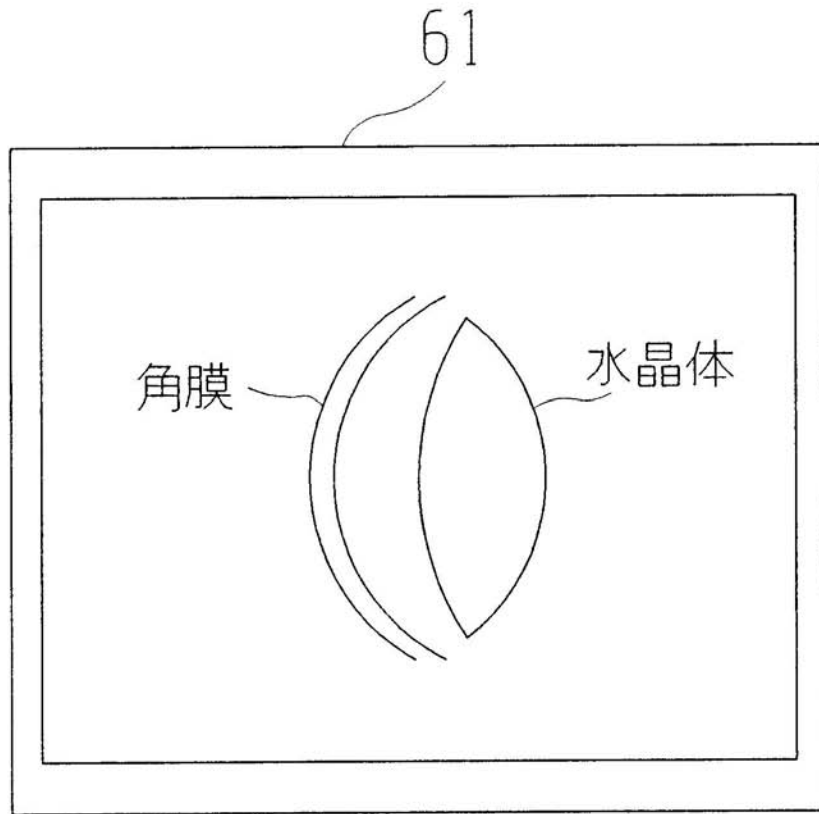
【図4】



【図 5】



【図 6】



【図7】

