

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5396633号
(P5396633)

(45) 発行日 平成26年1月22日 (2014. 1. 22)

(24) 登録日 平成25年11月1日 (2013. 11. 1)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 3/16 (2006. 01)

A 6 1 B 3/16

A 6 1 B 3/10 (2006. 01)

A 6 1 B 3/10

U

請求項の数 3 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2009-87600 (P2009-87600)
 (22) 出願日 平成21年3月31日 (2009. 3. 31)
 (65) 公開番号 特開2009-291595 (P2009-291595A)
 (43) 公開日 平成21年12月17日 (2009. 12. 17)
 審査請求日 平成24年3月19日 (2012. 3. 19)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-120795 (P2008-120795)
 (32) 優先日 平成20年5月3日 (2008. 5. 3)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000135184
 株式会社ニデック
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4
 (72) 発明者 三輪 哲之
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4 株
 式会社ニデック拾石工場内
 審査官 宮川 哲伸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非接触式超音波眼圧計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検眼に対して超音波パルスを入射させるための振動子と、前記超音波パルスによる被検眼からの反射波を検出する振動検出センサと、を有する探触子を用いて被検眼の眼圧を測定する非接触式超音波眼圧計において、

測定開始のトリガ信号を発するトリガ信号発生手段と、

前記探触子に接続され、該トリガ信号の発生に基づいて前記探触子により超音波を被検眼に向けて出射する制御手段と、を備え、

前記制御手段は、該トリガ信号の発生に基づいて、被検眼の脈動による被検眼眼圧の変動情報が得られるように前記探触子により超音波パルスを連続的に被検眼に向けて出射し、連続的に出射される各超音波パルスに対応する眼圧を測定することを特徴とする非接触式超音波眼圧計。

【請求項 2】

請求項 1 の非接触式超音波眼圧計において、

メモリと、モニタと、を備え、

前記制御手段は、出射された各超音波パルスによる反射波に対応する眼圧を求め、得られた各眼圧値を測定タイミングと関連付けて前記メモリに記憶させ、前記メモリに記憶されたデータに基づいて眼圧の経時的な変化を示す眼圧グラフを眼圧値と共に前記モニタに表示させることを特徴とする非接触式超音波眼圧計。

【請求項 3】

請求項 1 の非接触式超音波眼圧計において、
被検眼に対する前記探触子のアライメント状態を検出するアライメント検出手段と、
前記アライメント検出手段の検出結果に基づいてアライメント状態の適否を判定するア
ライメント判定手段と、

を備え、

前記トリガ信号発生手段は、前記アライメント判定手段の判定結果に基づいて測定開始
のトリガ信号を発することを特徴とする非接触式超音波眼圧計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を用いて非接触にて被検眼の眼圧を測定する非接触式超音波眼圧計に
関する。

【背景技術】

【0002】

被検眼に入射する入射波と被検眼からの反射波と比較して被検眼の眼圧を測定する装置
としては、被検眼に対して振動を入射する振動子と被検眼からの反射波を検出する振動検
出センサとを有する探触子を保持すると共に、先端に眼球が接触される弾性キャップを有
するプローブペンを有し、弾性キャップを被検眼に接触させた状態にて被検眼の眼圧を測
定する接触式の眼圧検査装置が提案されている（特許文献 1 参照）。

【0003】

また、非接触式の構成としては、被検眼（ただし、模型眼）に対して超音波を入射する
振動子と被検眼からの反射波を検出する振動検出センサとを有する探触子が設けられ、被
検眼の眼前に探触子を配置させた状態で被検眼の眼圧を非接触にて測定する眼圧検査装置
が提案されている（非特許文献 1 参照）。この場合、位相変化を周波数変化量として計測
し、周波数変化量と眼球モデルとの硬さとの相関関係を求めている。

【特許文献 1】特開 2004 - 267299

【非特許文献 1】神出将幸、外 3 名「超音波位相シフト法による非接触型眼圧計測シ ス
テムに関する基礎的研究」, 電気学会研究資料センサ・マイクロマシン部門総合研究 会,
2007 年、p. 93 96

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2004 - 267299

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】神出将幸、外 3 名「超音波による非接触眼圧計測システムの基礎的研究
」, 電気学会研究資料センサ・マイクロマシン部門総合研究 会, 2007 年、p. 93
96

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献 1 の構成の場合、被検眼にプローブペンを接触させた状態で眼
圧測定を行うものであり、被検眼への負担が大きい。また、非特許文献 1 の構成の場合、
模型眼に対する測定を想定したものにはすぎず、実際の人眼を測定するにはまだ不十分であ
り、実用化に向けた課題は多い。例えば、人眼の場合、固視微動や被検眼の視線移動によ
って眼が動くことから、被検眼に対する探触子のアライメントずれの影響で、振動検出セ
ンサによって検出される反射波の特性（例えば、周波数、位相等）が変化してしまい、測
定結果にバラツキが生じてしまう可能性がある。

【0007】

本発明は、上記従来技術を鑑み、被検眼に対するアライメントを容易に行うことができ

10

20

30

40

50

る非接触式超音波眼圧計を提供することを技術課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

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。

【0009】

(1)

被検眼に対して超音波パルスを入射させるための振動子と、前記超音波パルスによる被検眼からの反射波を検出する振動検出センサと、を有する探触子を用いて被検眼の眼圧を測定する非接触式超音波眼圧計において、

測定開始のトリガ信号を発するトリガ信号発生手段と、

前記探触子に接続され、該トリガ信号の発生に基づいて前記探触子により超音波を被検眼に向けて出射する制御手段と、を備え、

前記制御手段は、該トリガ信号の発生に基づいて、被検眼の脈動による被検眼眼圧の変動情報が得られるように前記探触子により超音波パルスを連続的に被検眼に向けて出射し、連続的に出射される各超音波パルスに対応する眼圧を測定することを特徴とする。

(2) (1)の非接触式超音波眼圧計において、

メモリと、モニタと、を備え、

前記制御手段は、出射された各超音波パルスによる反射波に対応する眼圧を求め、得られた各眼圧値を測定タイミングと関連付けて前記メモリに記憶させ、前記メモリに記憶されたデータに基づいて眼圧の経時的な変化を示す眼圧グラフを眼圧値と共に前記モニタに表示させることを特徴とする。

(3)

(1)の非接触式超音波眼圧計において、

被検眼に対する前記探触子のアライメント状態を検出するアライメント検出手段と、

前記アライメント検出手段の検出結果に基づいてアライメント状態の適否を判定するアライメント判定手段と、

を備え、

前記トリガ信号発生手段は、前記アライメント判定手段の判定結果に基づいて測定開始のトリガ信号を発することを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、被検眼に対するアライメントを容易に行うことができる。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明の一実施形態について図面に基づいて説明する。図1は、本実施形態に係る非接触式超音波眼圧計の外観構成図である。非接触式超音波眼圧計100は、いわゆる据え置き型の非接触式超音波眼圧計であって、基台1と、基台1に取り付けられた顔支持ユニット2と、基台1上に移動可能に設けられた移動台3と、移動台3に移動可能に設けられ、後述する測定系及び光学系を収納する測定部(測定ユニット)4と、を備える。測定部4は、移動台3に設けられたXYZ駆動部6により、被検眼Eに対して左右方向(X方向)、上下方向(Y方向)及び前後方向(Z方向)に移動される。移動台3は、ジョイスティック5の操作により、基台1上をX方向及びZ方向に移動される。また、検者が回転ノブ5aを回転操作することにより、測定部4はXYZ駆動部6のY駆動によりY方向に移動される。ジョイスティック5の頂部には、測定開始スイッチ5bが設けられている。移動台3には、表示モニタ72が設けられている。

【0012】

図2は本実施形態に係る非接触式超音波眼圧計の測定系及び光学系について説明する図であって、観察光路中に探触子が配置された場合の具体例である。図3は本実施形態に係る非接触式超音波眼圧計の制御系について説明する図である。

【0013】

被検眼Eの眼前に配置される探触子(トランスジューサ)10は、被検眼に対して超音波を入射させるための振動子11と、被検眼からの反射波を検出する振動検出センサ13と、を有し、被検眼の眼圧を非接触にて測定するために用いられる。なお、探触子10は、例えば、圧電素子を2つ積み重ねた構造となっており、一方が振動子11、他方が振動検出センサ13として用いられる。なお、本実施形態では、被検眼に入射させる超音波として、パルス波が用いられ、振動子11は超音波パルスを被検眼に対して入射させるための超音波入射部、振動検出センサ13は被検眼に入射された超音波パルスによる反射波を受信する超音波受信部として用いられる。

【0014】

また、探触子10の被検眼側には、振動子11から発せられる超音波を収束させるための音響レンズ16が設けられており、被検眼と探触子10とのアライメントが適正になったときに、被検眼に対するフォーカスが合うようになっている。

【0015】

ここで、探触子10は、増幅器81、周波数成分分析部82、周波數位相差特定部83、制御部70、と順次接続されている(図3参照)。そして、入射波、反射波に対応する電気信号は、増幅器81によって適切な信号レベルに増幅され、周波数成分分析部82によって、入射波、反射波の周波数成分分析が行われ、入射波、反射波それぞれにつき周波数に対する位相差のスペクトル分布が求められる。

【0016】

次に、周波數位相差特定部83によって、入射波のスペクトル分布と反射波のスペクトル分布が比較され、それぞれの周波数 f_x における、その入射波の位相と反射波の位相の差である位相差 ϕ_x が求められ特定される。ここで、周波数 f_x における位相差 ϕ_x は被検眼の眼圧(厳密には、眼内圧の変化による角膜の硬さの変化)に応じて変化するため、制御部80は、周波數位相差特定部83の出力信号に基づいて位相差 ϕ_x を検出し、その検出結果に基づいて被検眼の眼圧値を得る。なお、前述した超音波パルス法による硬さ検出手法については、特開2002-272743号公報を参考にされたい。

【0017】

図2の説明に戻る。探触子10及び音響レンズ16の中心部には、固視光源32(後述する)から発せられた固視標投影用の光束、及びアライメント光源42から発せられたアライメント指標投影用の光束を通過させるための開口部18(例えば、直径1mm程度の円孔)が形成されている。

【0018】

また、対物レンズ22の中心部に配置される振動子11及び振動検出センサ13と、観察光学系20の光路から外れた位置に配置される回路系(増幅回路81、周波数成分分析部82、周波數位相差特定部83、制御部70、等)は、配線用ケーブル95によって電氣的に接続されている。この場合、配線用ケーブル95は、観察光学系20の観察光路中に配置されるため、配線用ケーブル95の表面で前眼部反射光が乱反射して後述する二次元撮像素子26上でノイズ光として検出されてしまう可能性がある。そこで、前眼部反射光(例えば、赤外光)を吸収する特性のコーティングが施されたカバー96(前眼部反射光吸収部材)で配線用ケーブル95を覆うことにより、ノイズ光が軽減された前眼部観察光を観察可能となる。

【0019】

次に、光学系の構成について説明する。本光学系においては、被検眼の前眼部を観察するための観察光学系20と、被検眼を固視させるための固視標投影光学系30と、XYアライメント用の指標を被検眼角膜に投影する第1指標投影光学系40と、作動距離方向におけるアライメント検出用の指標を被検眼角膜に投影する指標投影光学系50と、被検眼角膜に投影された作動距離方向におけるアライメント検出用の指標を検出する距離指標検出光学系55が設けられている。

【0020】

観察光学系20は、その観察光路中に探触子10が配置され、探触子10の周辺領域を

10

20

30

40

50

介して前眼部像を結像させる。より具体的には、観察光学系 20 は、対物レンズ 22、結像レンズ 24、フィルタ 25、二次元撮像素子 26、とを有し、観察光軸 L1 上に探触子 10 が配置されている。このため、被検眼の所定部位（例えば、角膜中心、瞳孔中心）に対して観察光軸 L1 がアライメントされると、被検眼の正面に探触子 10 が配置される。さらに、図 2 に示す構成では、探触子 10 の中心軸（中心軸の延長線）と観察光軸 L1 が同軸になるように配置されているので、被検眼の所定部位に対して観察光軸 L1 がアライメントされると、探触子 10 の中心軸（中心軸の延長線）と被検眼の所定部位が一致した状態となるので、超音波による被検眼からの反射波を効率よく取得できる。

【0021】

被検眼の斜め前方には、被検眼を赤外光により照明する前眼部照明光源 38 が配置されている。フィルタ 25 は、光源 38 及び後述する光源 42 の光を透過し、後述する作動距離検出用の光源 51 の光に対して不透過の特性を持つ。

10

【0022】

ここで、前眼部照明光源 38 による前眼部反射光は、対物レンズ 22 に向かう。この場合、探触子 10 の周辺領域に到達した前眼部反射光は、対物レンズ 22 を通過し、ビームスプリッタ 36 及びビームスプリッタ 46 を介して、結像レンズ 24 によって二次元撮像素子 26 上に結像される。

【0023】

上記構成において、二次元撮像素子 26 は前眼部観察用の撮像素子として用いられる。そして、二次元撮像素子 26 から出力される撮像信号は、制御部 70 へ入力され、表示モニタ 72 の画面上に表示される。また、対物レンズ 22 及び結像レンズ 24 からなる結像光学系は、被検眼前眼部像を二次元撮像素子 26 に導光する導光部材として用いられる。なお、本実施形態では、複数のレンズからなるレンズ系によって被検眼前眼部像を二次元撮像素子 26 上に導光させる構成としたが、一つの対物レンズによって被検眼前眼部像を二次元撮像素子 26 上に導光させるような構成であってもよい。

20

【0024】

また、対物レンズ 22 と探触子 10 との観察光軸 L1 方向（Z 方向）における位置関係について、探触子 10 より後方（撮像素子 26 側）もしくは同一位置に対物レンズ 22 を配置することにより、被検眼と装置筐体との間のスペースを広く確保することが可能となる（図 2 及び図 5 参照）。この場合、前眼部反射光が探触子 10 及び音響レンズ 16 によって遮られる可能性があるので、明るい前眼部像を観察するには、対物レンズ 22 と探触子 10 は、観察光軸 L1 方向における近接した位置、より好ましくは観察光軸 L1 方向における略同一位置に配置することが好ましい。

30

【0025】

なお、探触子 10 に対して対物レンズ 22 が同一位置に配置される具体的構成としては、図 2 に示すような構成が考えられる。対物レンズ 22 には、探触子 10 が挿入される挿入孔 22a が形成されており、挿入孔 22a を介して対物レンズ 22 に探触子 10 が取り付けられる。

【0026】

また、探触子 10 より後方に対物レンズ 22 が配置された具体的構成としては、図 5 に示すような構成が考えられる。この場合、対物レンズ 22 には、探触子 10 及び音響レンズ 16 を支持する支持部材 19 が挿入される挿入孔 22a が形成されており、挿入孔 22a に支持部材 19 が挿入されることによって探触子 10 及び音響レンズ 16 が所定位置に支持される。

40

【0027】

また、上記構成に限るものではなく、探触子より前方に対物レンズが配置されるようにしてもよい。この場合、振動子から出射される超音波が対物レンズによって反射・減衰されるのを防止するべく、対物レンズには、探触子による超音波伝搬経路に対応する部分に開口部が形成されていることが好ましい。これにより、振動子から出射された超音波は、開口部を介して被検眼に入射され、被検眼からの反射波は開口部を介して振動検出センサ

50

によって検出される。

【 0 0 2 8 】

図 2 の説明に戻る。固視標投影光学系 3 0 は、少なくとも固視標投影用の固視光源を有し、被検眼を固視させるための固視標を被検眼に向けて投影する。より具体的には、固視標投影光学系 3 0 は、可視光を発する固視用の光源 3 2、固視標 3 3、開口絞り 3 4、投影レンズ 3 5、ビームスプリッタ 4 6、ビームスプリッタ 3 6、とを有し、探触子 1 0 及び音響レンズ 1 6 に形成された開口部 1 8 を介して被検眼に固視標を投影する。固視標投影光学系 3 0 の投影光軸 L 2 は、観察光学系 2 0 の光路中に配置されたビームスプリッタ 4 6 にて観察光軸 L 1 と同軸とされる。

【 0 0 2 9 】

ここで、光源 3 2 から出射された固視標投影用の光束によって照明された固視標 3 3 からの光は、開口絞り 3 4 によって光束径が絞られた後、投影レンズ 3 5 を通過し、ビームスプリッタ 4 6 によって反射された後、ビームスプリッタ 3 6、開口部 1 8 を介して、被検眼に向かい、被検眼眼底に投影される。これにより、被検眼の固視がなされる。

【 0 0 3 0 】

第 1 指標投影光学系 4 0 は、少なくともアライメント指標投影用のアライメント光源を有し、被検眼前眼部に向けてアライメント指標を正面方向から投影する。より具体的には、第 1 指標投影光学系 4 0 は、赤外光を発するアライメント用の光源 4 2、投影レンズ 4 4、ビームスプリッタ 3 6、とを有し、探触子 1 0 に形成された開口部 1 8 を介して被検眼角膜上に X Y アライメント指標を投影する。また、アライメント指標投影光学系 4 0 の

【 0 0 3 1 】

ここで、光源 4 2 から出射されたアライメント用光束は、投影レンズ 4 4 を通過した後、ビームスプリッタ 3 6 によって反射された後、開口部 1 8 を介して被検眼角膜に照射される。そして、角膜 E c で鏡面反射したアライメント光束によって、光源 4 2 の虚像である指標 i 1 (アライメント指標像) が形成される。

【 0 0 3 2 】

そして、指標 i 1 からの光束は対物レンズ 2 2 へと向かう。この場合、探触子 1 0 の周辺領域に到達したアライメント用の反射光は、対物レンズ 2 2 を通過し、ビームスプリッタ 3 6 及びビームスプリッタ 4 6 を介して、結像レンズ 2 4 によって二次元撮像素子 2 6 上に結像される。すなわち、アライメント光源 4 2 による角膜反射像 i 1 と前眼部照明光源 3 8 による被検眼前眼部像は、探触子 1 0 の周辺領域を介して二次元撮像素子 2 6 上に結像される。これにより、二次元撮像素子 2 6 上には、前眼部像と角膜輝点像 (アライメント指標像) が受光される。なお、二次元撮像素子 2 6 に受光されたアライメント指標像は、被検眼 E (角膜 E c) が X Y 方向に移動すると、二次元撮像素子 2 6 上を指標 i 1 が移動するため、二次元撮像素子 2 6 からの検出信号に基づき被検眼 E に対する探触子 1 0 の X Y 方向におけるアライメント状態を検出できる。

【 0 0 3 3 】

なお、上記のように探触子 1 0 及び音響レンズ 1 6 に形成された開口部 1 8 を介してアライメント光束を照射し、探触子 1 0 の周辺領域を介して指標 i 1 からの反射光束を二次元撮像素子 2 6 にて受光する場合、音響レンズ 1 6 によって反射光束がけられてしまう可能性が高い。そこで、第 1 指標投影光学系 4 0 としては、図 2 に示すように、被検眼に照射されるアライメント光束が被検眼に到達する前に一旦集光され、被検眼角膜に発散光束として照射されるような光学系であることが好ましい。このようにすれば、指標 i 1 からの光束は、探触子 1 0 の周辺領域を効率よく迂回可能な光束となり、アライメント光束として利用可能となる。これに対し、被検眼角膜に対して収束光束又は平行光束を照射する場合、周辺方向への反射角度が小さく、指標 i 1 からの反射光束が音響レンズ 1 6 によってけられやすい。

【 0 0 3 4 】

作動距離指標投影光学系 50 は、Z 方向（前後方向）のアライメント検出用の赤外光源 51、投影レンズ 52、を有し、作動距離（Z）方向におけるアライメント検出用の指標を被検眼角膜上に投影する。なお、投影光学系 50 の投影光軸 L4 は、観察光軸 L1 と所定の角度で交わる。ここで、光源 51 による光は、投影レンズ 52 により略平行光束とされた後、投影光軸 L4 に沿って被検眼角膜に斜め方向から投影され、角膜 Ec で鏡面反射した光束は光源 51 の虚像である指標 i2 を形成する。

【0035】

作動距離指標検出光学系 55 は、受光レンズ 56、フィルタ 57、位置検出素子 58（例えば、ライン CCD）、を有し、距離指標投影光学系 50 によって形成されたアライメント指標像を検出する。フィルタ 57 は、光源 51 の光を透過し、光源 38 及び光源 42 の光に対して不透過の特性を持つ。なお、作動距離指標検出光学系 55 の投影光軸 L5 と作動距離指標投影光学系 50 の投影光軸 L4 は観察光軸 L1 に対して対称な軸を持ち、光軸 L5 は光軸 L4 と光軸 L1 上で交差する。ここで、指標 i2 からの光束は、受光レンズ 56 によってフィルタ 57 を介して位置検出素子 58 上に結像される。被検眼 E（角膜 Ec）が Z 方向に移動すると、位置検出素子 58 上を指標 i2 が移動するため、位置検出素子 58 からの検出信号に基づき被検眼 E に対する探触子 10 の Z 方向におけるアライメント状態を検出できる。

【0036】

次に、図 3 を用いて、制御系の構成について説明する。制御部 70 は、周波數位相差特定部 83、光源 32、光源 42、光源 51、二次元撮像素子 26、位置検出素子 58、光源 38、表示モニタ 72、記憶部としてのメモリ 75、回転ノブ 5a、測定開始スイッチ 5b、各種スイッチが配置されたコントロール部 74、XYZ 駆動部 6、等と接続され、装置全体の制御、測定値の演算処理等を行う。

【0037】

なお、メモリ 75 には、周波数 f_x における位相差 x と被検眼の眼圧値との相関関係を示すテーブルが記憶されており、制御部 70 は、周波數位相差特定部 83 から出力される位相差 x に対応する被検眼の眼圧値をメモリ 75 により取得し、得られた眼圧値を表示モニタ 72 に表示する。

なお、位相差 x と被検眼の眼圧値との相関関係は、例えば、ゴールドマン眼圧計によって得られる被検眼の眼圧値と、本装置によって取得される位相差 x との相関関係を予め実験により求めておくことにより設定可能である。また、メモリ 75 には、探触子 10 を用いて被検眼の眼圧を測定するためのプログラムの他、装置全体の制御を行うための制御プログラムなどが記憶されている。

【0038】

制御部 70 は、二次元撮像素子 26 からの検出信号に基づいて XY 方向のアライメント検出、位置検出素子 58 からの検出信号に基づいて Z 方向のアライメント検出を行う。また、コントロール部 74 には、被検眼に対する測定部 4 のアライメントを自動的に行う自動アライメントモードと被検眼に対する測定部 4 のアライメントを検者の手動にて行う手動アライメントモードを選択する選択スイッチ 74a、アライメント完了時に測定開始のトリガを自動的に発するオートショットモードと測定開始スイッチ 5b からの操作信号に基づいて測定開始のトリガを発するマニュアルショットモードとを選択する選択スイッチ 74b、等が配置されている。なお、オートショットモードに設定された場合、制御部 70 は、制御部 70 は、2 次元撮像素子 26 及び位置検出素子 58 からの検出結果に基づいてアライメント状態の適否を判定し、その判定結果に基づいて測定開始のトリガ信号を発し、そのトリガ信号に発生に基づいて探触子 10 により超音波を被検眼に向けて出射する。

【0039】

また、制御部 70 は、検者によって選択されたモードを検者に対して報知する。例えば、選択されたモードを示す表示をモニタ 72 上で行ったり、選択されたモードについて音声により報知する。

【 0 0 4 0 】

以上のような構成を備える装置の動作について説明する。まず、検者は、被験者の顔を顔支持ユニット 2 に固定させた後、表示モニタ 7 2 を見ながら、ジョイスティック 5 を用いて被検眼に対するアライメントを行う。このとき、制御部 7 0 は、図 4 に示すように、二次元撮像素子 2 6 によって取得される前眼部画像と、被検眼に対するアライメントを行うために利用されるレチクル L T 及びインジケータ G をモニタ 7 2 上に合成して表示する。

【 0 0 4 1 】

ここで、指標 i 1 像が表示モニタ 7 2 上に形成された状態になると、二次元撮像素子 2 6 は指標 i 1 を検出できるので、上下左右方向で自動アライメントが可能な状態となる。また、指標 i 2 の光束が位置検出素子 5 8 上に入射する状態になると、Z 方向で自動アライメントが可能な状態となる。この場合、制御部 7 0 は、位置検出素子 5 8 からの検出信号から得られる Z 方向のアライメント情報に基づいて、インジケータ G を表示制御する。

【 0 0 4 2 】

ここで、自動アライメントモード及びオートショットモードが選択された場合について説明する。制御部 7 0 は、被検眼 E が適正位置にあるときのアライメント位置に対する上下左右方向及び前後方向のそれぞれのアライメント偏位量を得て、これらの偏位情報に基づき、各偏位量が所定の許容範囲内に入るように X Y Z 駆動部 6 を駆動制御する。そして、アライメント偏位量が許容範囲内に入ると、制御部 7 0 は、X Y Z 駆動部 6 の駆動を停止させ、測定開始のトリガ信号を自動的に発し、探触子 1 0 を用いて眼圧測定を開始する。なお、上記構成においては、X Y Z 方向に関して自動アライメント制御を行うものとしたが、X Y Z 方向の少なくともいずれかの方向に関して自動アライメント制御を行うような構成であってもよい。

【 0 0 4 3 】

また、手動アライメントモード及びマニュアルショットモードが選択された場合について説明する。この場合、検者は、モニタ 7 2 に表示される指標 i 1 像がレチクル L T 内に入ると共に、インジケータ G がアライメント完了を示す（図 4 (b) 参照）ように、ジョイスティック 5 を操作する。このようにして各方向のアライメントが完了し、検者によって測定開始スイッチ 5 b が押されると、制御部 7 0 は、測定開始のトリガ信号を発し、探触子 1 0 を用いて眼圧測定を開始する。

【 0 0 4 4 】

上記のようにして測定開始のトリガ信号が発せられる（入力される）と、制御部 7 0 は、そのトリガ信号に基づいて、振動子 1 1 を用いて超音波パルスを被検眼に向けて出射させると共に、振動検出センサ 1 4 を用いて被検眼に入射された超音波パルスによる反射波を検出する。そして、制御部 7 0 は、前述のように、周波數位相差特定部 8 3 からの出力信号に基づいて被検眼の眼圧値を算出し、測定結果をモニタ 7 2 に表示する。

【 0 0 4 5 】

以上のような構成とすれば、探触子 1 0 と被検眼との位置合わせを容易に行うことが可能となる。

【 0 0 4 6 】

なお、以上の説明においては、探触子 1 0 の中心部に形成された開口部 1 8 を介して被検眼に固視標投影用の光束を被検眼眼底に投影させるものとしたが、これに限るものではなく、対物レンズ 2 2 における探触子 1 0 の周辺領域を介して被検眼眼底に固視光束を投影するようにしてもよい。この場合、例えば、光軸 L 2 上にスポット開口が形成される開口絞り 3 4 に代えて、光軸 L 2 にリング中心を持つリング開口を用いるような構成が考えられる。

【 0 0 4 7 】

なお、以上の説明においては、探触子 1 0 の中心部に形成された開口部 1 8 を介して被検眼にアライメント用の光束を被検眼眼底に投影させるものとしたが、これに限るものではなく、対物レンズ 2 2 における探触子 1 0 の周辺領域を介して被検眼角膜にアライメン

10

20

30

40

50

ト光束を照射し、そのアライメント光束による反射光束を対物レンズ 22 における探触子 10 の周辺領域を介して二次元撮像素子 26 に受光させるような構成により、探触子 10 を迂回してアライメント光束の投影・受光を行うようにしてもよい。この場合、例えば、光源 42 にリング状の光源に用いるようなことが考えられる。

【0048】

図 6 は固視標投影光学系及び第 1 アライメント指標投影光学系の変容例を示す図である。この場合、固視光源 32 (例えば、可視 LED) が探触子 10 の中心部に設けられている。この場合、固視光源 32 から発せられる可視光束が被検眼眼底に投影されることによって被検眼の固視がなされる。

【0049】

観察光学系 20 の観察光軸 L1 に対して所定の角度でアライメント指標を投影する指標投影光学系 140 が対物レンズ 22 より外側に配置され、指標投影光学系 140 による角膜反射像が探触子 10 の周辺領域を通過される。この場合、音響レンズ 16 による角膜反射光束のケラレが少なくなるように、観察光軸 L1 に対する指標投影光学系 140 の投影光軸の角度を設定すればよい。なお、図 6 のように、探触子 10 の中心部に固視光源 32 が配置されるような構成の場合、可視光及び近赤外光を発する光源を固視光源 32 として用い、その固視光源 32 から発せられた近赤外光による角膜反射像を前眼部観察用の撮像素子 26 に受光させることにより、固視光源 32 をアライメント光源として兼用するようにしてもよい。

【0050】

なお、以上の説明において、観察光軸 L1 上に探触子 10 が配置される構成としたが、これに限るものではなく、図 7 に示すように、XY 方向に関して観察光軸 L1 から探触子 10 が外れているような構成であってもよい。この場合、被検眼 (例えば、角膜中心、瞳孔中心) に対して探触子 10 の中心軸をアライメントさせたときの二次元撮像素子 26 上における角膜輝点 i1 の検出位置をアライメント基準位置として設定し、レチクル LT の表示位置、アライメント検出におけるアライメント完了位置、等を設定するようにすればよい。

【0051】

図 8 は本実施形態に係る非接触式超音波眼圧計の測定系及び光学系について説明する図であって、観察光学系 20 の観察光路外に探触子 10 が配置された場合の具体例を示す図である。図 8 において、図 2 と同様の番号を付したものについては、特段の説明がない限り、同様の機能を果たすものとする。

【0052】

超音波反射部材 (音響ミラー) 90 は、振動子 11 から出射される入射波を被検眼に向けて反射すると共に、入射波による被検眼からの反射波を振動検出センサ 13 に向けて反射する。また、観察光学系 20 は、その観察光路外に探触子 10 が配置され、かつ、超音波反射部材 90 と被検眼との間の超音波伝搬経路上に観察光軸 L1 が形成されるように設けられている。また、対物レンズ 22 には、探触子 10 による超音波を通過させるための開口 22b が形成されている。

【0053】

ここで、振動子 11 から発せられた超音波は、超音波反射部材 90 によって反射され、対物レンズ 22 に形成された開口 22b を介して被検眼に入射される。そして、被検眼からの反射波は、対物レンズ 22 に形成された開口 22b を通過後、超音波反射部材 90 によって反射され、振動検出センサ 13 によって検出される。

【0054】

なお、図 8 のように超音波反射部材 90 と被検眼との間に対物レンズ 22 が配置されるような場合、対物レンズ 22 は、探触子 10 による超音波伝搬経路に対応する部分に開口部 22b が形成されているため、対物レンズ 22 を超音波が通過するときに生じる減衰を回避できる。この場合、光源 38 による前眼部反射光が開口 22b を介して二次元撮像素子 26 に受光されてノイズ光となるのを防止するべく、観察光束をカットする特性を有す

10

20

30

40

50

るコーティングを施した超音波反射部材 90 を用いるようにしてもよい。

【0055】

また、超音波反射部材 90 において、超音波を反射すると共に、光を透過する特性を持つ部材（例えば、例えば、無色透明の硬質なプラスチック板）を超音波反射部材 90 として用いるようにしてもよい。これにより、固視標投影光学系 30 の光路中、アライメント投影光学系 40 の光路中に超音波反射部材 90 が配置されていても、固視光束及びアライメント光束のケラレを回避できる。なお、光透過性を持つ超音波反射部材 90 を用いる場合、超音波反射部材を光が通過することによる光路長の変化を鑑み、ビームスプリッタ 36・ビームスプリッタ 46 等の光路分割部材と同程度の面積を持つ部材を用いるようにしてもよい（例えば、図 9 参照）。

10

【0056】

また、上記構成に限るものではなく、超音波反射部材 90 の一部に開口部を設けることで、固視光束及びアライメント光束が開口部を通過して被検眼に入射されるようにしてもよい。なお、上記構成においては、固視標投影光学系 30 及びアライメント投影光学系 40 の共通光路中に超音波反射部材 90 が配置される場合を示したが、固視標投影光学系 30、アライメント投影光学系 40 の少なくともいずれかの光路中に超音波反射部材 90 が配置される場合においても、上記構成の適用は可能である。

【0057】

また、観察光学系 20 の観察光路外に探触子 10 が配置された構成としては、図 8 の構成に限るものではなく、観察光学系 20 の対物レンズ 22 と被検眼との間に超音波反射部材 90 を設けたものであってもよい。この場合、振動子 11 から出射される超音波は超音波反射部材 90 を介して被検眼に入射され、その反射波は超音波反射部材 90 を介して振動検出センサ 13 によって検出される。

20

【0058】

なお、上記構成において、被検眼の眼圧とは異なる眼特性を測定する測定光学系を設け、被検眼眼圧に加えて他の眼特性を測定できるようにしてもよい。

【0059】

図 9 は、非接触式超音波眼圧計に眼屈折力測定光学系を設けた場合の具体例を示す概略光学図である。

【0060】

図 9 において、測定光学系として眼屈折力測定光学系 310 が設けられ、測定光学系 310 は、測定光路外に探触子 10 が配置され、かつ、超音波反射部材 90 と被検眼との間の超音波伝搬経路上に測定光軸 L6 が形成されるように設けられている。

30

【0061】

より具体的には、超音波反射部材 90 は被検眼の眼前に配置され、振動子 11 から出射される超音波は超音波反射部材 90 を介して被検眼に入射され、その反射波は超音波反射部材 90 を介して振動検出センサ 13 によって検出される。これにより、被検眼の眼圧測定がなされる。

【0062】

また、超音波反射部材 90 の後方に配置されたダイクロイックミラー 301 の透過光路 O1 上には、眼屈折力測定光学系 310 が配置されている。測定光学系 310 は、眼底に測定光束を投光し、被検眼眼底からの反射光束を受光素子に受光させる光学系であり、受光素子の出力に基づいて眼屈折力が測定される。この測定光学系 310 及びその測定原理は周知のものが使用できるので、ここではその説明を省略する。

40

【0063】

ダイクロイックミラー 301 の反射方向には、眼 E を観察するための対物レンズ 311、ダイクロイックミラー 312、全反射ミラー 313 が配置されている。ミラー 313 の反射方向の光路 O2 上には、眼 E に固視標を固視させるための図示なき固視標投影光学系が配置されている。

【0064】

50

ダイクロイックミラー 3 1 2 の反射方向の光路 O 3 上には、結像レンズ 3 2 0、眼 E の前眼部付近と略共役な位置に配置されたエリア CCD 等の二次元撮像素子 3 2 1 を含み眼 E を撮影し被検眼像を得る観察光学系 3 2 2 が配置されている。なお、二次元撮像素子 3 2 1 は、前眼部照明光源 3 2 5 によって照明された前眼部反射光と、図示無きアライメント投影光学系によって角膜上に投影されたアライメント指標像を受光する。

【 0 0 6 5 】

なお、測定光学系 3 1 0 の測定光軸 L 6 と観察光学系 3 1 1 の観察光軸は、ダイクロイックミラー 3 0 1 にて同軸とされる。また、ダイクロイックミラー 3 0 1 は測定光学系 3 1 0 が持つ測定光源から発せられる波長の光を透過し、前眼部照明光源 3 2 5 及び図示無きアライメント投影光学系から発せられた波長の光及び可視光を反射する特性を有する。また、ダイクロイックミラー 3 1 2 は可視光を透過し、赤外光を反射する特性を有している。また、超音波反射部材 9 0 としては、超音波を反射するとともに光を透過する特性を持つ部材（例えば、無色透明の硬質なプラスチック板）を用いており、測定光学系 3 1 0 による測定光束、光源 3 2 5 による前眼部反射光、図示なき固視標投影光学系による固視光束、図示無きアライメント投影光学系から発せられた光、等が透過される。

10

【 0 0 6 6 】

なお、図 9 の構成においては、測定光学系 3 1 0、観察光学系 3 2 2、固視標投影光学系の共通光路中に超音波反射部材 9 0 が配置されるものとしたが、探触子 1 0 から出射された超音波が超音波反射部材 9 0 を介して被検眼に対して正面から出射されるものであれば、これに限るものではない。例えば、ダイクロイックミラー 3 0 1 と対物レンズ 3 1 1 との間に超音波反射部材 9 0 を設けるような構成が考えられる。

20

【 0 0 6 7 】

以上のような構成とすれば、被検眼の眼圧測定に加えて、被検眼の眼屈折力を測定可能となる。これにより、被検眼眼圧及び被検眼の眼圧とは異なる眼特性を測定可能な眼科装置の構成をコンパクトにできる。

【 0 0 6 8 】

なお、上記説明においては、眼屈折力測定を例にとって説明したが、被検眼に照射された測定光による反射光を受光することにより被検眼の眼圧とは異なる眼特性を測定する測定光学系であれば、これに限るものではない。この場合、眼屈折力測定光学系 3 1 0 に代えて、非接触式眼軸長測定光学系（例えば、特開 2 0 0 7 - 3 7 2 8 4 号公報）、角膜厚測定光学系（例えば、特開昭 6 3 - 1 9 7 4 3 3 ）、等を設けるようなことが考えられる。

30

【 0 0 6 9 】

なお、上記説明において、測定開始のトリガ信号に基づく被検眼の眼圧測定について、連続測定モードと通常の測定モードとを任意に選択できるようにしてもよい。この場合、例えば、1 回のトリガ信号に基づいて 1 回の眼圧測定を行う通常の測定モードと、1 回のトリガ信号に基づいて複数の眼圧測定を連続的に行う連続測定モードと、を選択するための選択スイッチを設けることが考えられる。

【 0 0 7 0 】

以下に、連続測定モードが選択された場合について説明する。制御部 7 0 は、測定開始のトリガ信号が発せられると、被検眼の脈動による被検眼眼圧の変動情報が得られるように探触子 1 0 により超音波パルスを連続的に被検眼に向けて出射し、連続的に出射される各超音波パルスに対応する演算処理を行う。

40

【 0 0 7 1 】

より具体的には、被検眼の脈動周期の範囲内（例えば、1 . 5 秒以内）で、所定の時間間隔（例えば、0 . 1 秒間隔）にて超音波パルスを連続的に被検眼に向けて出射し、各超音波パルスに対応する眼圧値を算出する。このようにすれば、被検眼の脈動周期の範囲内で多数の眼圧値が取得できるため、被検眼の脈動周期における被検眼の眼圧値の変化をとらえることができる。この場合、被検眼の脈動周期の範囲内で得られた各測定値に基づいて、代表値（例えば、各測定値の平均値、各測定値における中心値）を算出したり、脈動

50

のピーク、ボトム、及び中間位置での測定値を算出し、これをモニター 2 等に出力することにより被検眼の脈動による眼圧値の変動を考慮した眼圧測定が可能となる。

【0072】

なお、以上の説明においては、所定の時間間隔（例えば、0.1 秒間隔）にて超音波パルスを出射するものとしたが、これに限るものではなく、被検眼の脈動周期の範囲内で予め設定された所定回数超音波パルスを出射するようにしてもよい。

【0073】

また、上記構成において、被検眼に向けて超音波パルスを連続的に出射するときの時間間隔もしくは出射回数を任意に変更可能とし、その時間間隔もしくは出射回数を予め設定するための設定スイッチをコントロール部 74 に設けるようにしてもよい。

【0074】

なお、以上の説明においては、Z 方向におけるアライメント検出を光学的に検出する構成としたが、眼圧測定に用いられる探触子 10 により Z 方向のアライメント検出を行うようにしてもよい。この場合、探触子 10 の制御と眼圧測定用の制御と距離測定用の制御とで切り換える必要がある。ここで、探触子 10 により被検眼に対する距離検出を行う場合、具体的には、制御部 70 は、振動子 11 より被検眼に対して超音波を発してから、被検眼によって超音波が反射されて振動検出センサ 13 によって検出されるまでの計測時間 T を計測することにより、被検眼に対する探触子 10 の作動距離を検出できる。この場合、超音波が振動子 11 から出射されて振動検出 13 センサによって検出されるまでの計測時間 T が長ければ、被検眼に対する作動距離が大きく、計測時間 T が短ければ、被検眼に対する作動距離が短くなる。この場合、制御部 70 は、被検眼に対する作動距離が適正であるときの計測時間 T_k を予め求めておき、探触子 10 によって計測される計測時間 T が T_k となったときに Z 方向のアライメント完了とみなす。なお、探触子 10 によって検出される距離情報は、図 4 に示すようなインジケータ表示としてモニター 2 上に表示される。

【0075】

なお、上記のような構成の場合、制御部 70 は、例えば、アライメントの完了前においては、被検眼に対する距離センサとして探触子 10 を制御し、探触子 10 によって検出される Z 方向におけるアライメントが適正と判定された時点で、被検眼に対する眼圧測定センサとして探触子 10 を制御させ、眼圧測定を行う。

【0076】

このようにすれば、被検眼に対する作動距離方向のアライメント検出を行うための構成が眼圧測定用の探触子 10 によって行われるため、構成を簡略化できる。

【0077】

なお、上記説明において、探触子 10 を用いて被検眼に超音波を入射させる場合、被検眼に入射される超音波をパルス波としたが、これに限るものではなく、連続波を用いるようにしてもよい。

【0078】

また、上記説明においては、振動子 11 への入力位相と出力位相との位相差による音響インピーダンスの違いにより眼圧を求めるものとしたが、振動子 11 から発せられる入射波と振動検出センサ 13 によって検出される反射波とを比較し演算処理により被検眼の眼圧を測定するものであれば、これに限るものではない。例えば、振動子 11 から発せられる入射波の周波数と振動検出センサ 13 によって検出される反射波の周波数を比較して演算処理により被検眼の眼圧を求めるようにしてもよい。より具体的には、振動子 11 への入力波形と振動検出センサ 13 からの出力波形との間に位相差が生じたときに振動子 11 が発する超音波の周波数を変化させることで位相差をゼロにシフトさせる位相シフト回路を設け、位相差をゼロにシフトさせたときの周波数変化量を検出することにより被検眼の眼圧を求めるようにしてもよい。

【0079】

図 10 はモニター 2 の表示画面を示す一例を示す図である。制御部 70 は、撮像素子 26 によって撮像される前眼部像 F と、反射波の波形を示す波形表示 400 と、眼圧値が複

10

20

30

40

50

数表示された眼圧値表示 5 0 0 と、眼圧の経時的変化をグラフ化した眼圧グラフ 6 0 0 と、をモニター 7 2 に同時に表示させる。

【 0 0 8 0 】

制御部 7 0 は、所定のトリガ信号が出力されると、探触子 1 0 を用いて所定の時間間隔（例えば、0 . 1 秒間隔）で超音波パルスを連続的に被検者眼 E に向けて出射し、また、出射された超音波パルスによる反射波を探触子 1 0 を用いて検出する。そして、探触子 1 0 からの出力信号をメモリ 7 5 に記憶する。これにより、反射波の波形データが取得される。なお、制御部 7 0 は、所定の測定条件を満たした場合、又は設定された測定時間が経過した場合、探触子 1 0 による超音波パルスの出射を停止させる。この場合、所定のトリガ信号に基づいて測定を終了するようにしてもよい。

10

【 0 0 8 1 】

制御部 7 0 は、反射波の波形データがメモリ 7 5 に記憶されたら、波形表示 4 0 0 に必要な波形データを抽出し、抽出された波形データを波形表示 4 0 0 として表示する。すなわち、メモリ 7 5 には所定の時間間隔毎に波形データが多く記憶されるが、波形表示 4 0 0 には全ての波形データが用いられなくともよい。この場合、例えば、リアルタイムで取得される波形データがある時間間隔のステップ毎でモニターに表示されてもよいし、各波形データを平均化させたデータがモニターに表示されてもよい。また、検者は、モニター 7 2 に表示された波形表示 4 0 0 に基づき、反射波が適正に検出されているかをリアルタイムで確認する。

【 0 0 8 2 】

20

この場合、眼圧値表示 5 0 0（詳しくは後述する）に表示される眼圧値の算出に用いた反射波の波形データをモニター 7 2 に表示させるようにしてもよい。例えば、眼圧値表示 5 0 0 の各眼圧値に対応する波形データをそれぞれ表示してもよいし、各眼圧値に対応する波形データの平均を表示してもよい。このような表示により、検者は、眼圧測定に用いられた反射波が適正であったかを確認できる。

【 0 0 8 3 】

また、制御部 7 0 は、探触子 1 0 からの出力信号をメモリ 7 5 に記憶し、出射された各超音波パルスによる反射波に対応する眼圧値を算出する。そして、制御部 7 0 は、得られた各眼圧値を測定タイミングと関連付けてメモリ 7 5 に記憶する。これにより、被検者眼 E の眼圧が連続的に測定され、眼圧の経時的な変化が取得される。

30

【 0 0 8 4 】

ここで、制御部 7 0 は、メモリ 7 5 に記憶された眼圧値に基づいて所定の基準を用いて眼圧値を所定数取得し、取得された各眼圧値を眼圧値表示 5 0 0 として表示させる。この場合、例えば、制御部 7 0 は、取得された眼圧値の中から最大値 M a x、中央値 M e d、及び最小値 M i n を抽出し、モニター 7 2 に表示させる。また、制御部 7 0 は、各測定値の平均値をモニター 7 2 に表示させてもよい。なお、上記のように取得された眼圧値の分布に基づいて所定の測定値を得る場合、種々の統計学的手法を用いることができる。また、眼圧値表示 5 0 0 として表示する眼圧値データを抽出するために設定される基準を検者が任意に選択できるようにしてもよい。

【 0 0 8 5 】

40

制御部 7 0 は、メモリ 7 5 に記憶された測定時間毎の眼圧値を用い、被検者眼 E の眼圧の経時的な変化を示す眼圧グラフ 6 0 0 を作成し、モニター 7 2 に表示する。眼圧グラフ 6 0 0 は、横軸を時間とし、縦軸を眼圧値とするグラフであり、所定の時間間隔で取得された眼圧値が測定タイミングに関連付けられて表示される。このような表示により、検者は、脈動による眼圧値の変化を視覚的に把握できる。なお、眼圧グラフ 6 0 0 の表示形式は種々の変容が可能であり、例えば、各測定タイミングにおける眼圧値がプロットされたグラフであってもよいし、各眼圧値に基づいて算出された近似曲線が描かれたグラフであってもよい。

【 0 0 8 6 】

また、制御部 7 0 は、眼圧値表示 5 0 0 に表示された各測定値の測定タイミングを示す

50

指標 6 1 0 を眼圧グラフ 6 0 0 上に表示させる。図 1 0 において、指標 6 1 0 は、眼圧グラフ 6 0 0 の波形において、眼圧値表示 5 0 0 の最大値、中央値、及び最小値に対応する部分にそれぞれマーキングされている。このような表示により、検者は、眼圧値表示 5 0 0 に示された測定値と眼圧グラフ 6 0 0 との対応関係を容易に確認できる。なお、指標 2 1 0 の表示形式としては、文字、図形、記号、又はその組み合わせなど種々の変容が可能である。

【 0 0 8 7 】

また、制御部 7 0 は、指標 3 1 0 の表示に加えて、脈動による眼圧値の変動周期を示す周期情報 6 2 0 を眼圧グラフ 6 0 0 上に表示する。この場合、制御部 7 0 は、測定時間に関連付けて記憶された眼圧値に基づいて変動周期を算出する。

10

【 0 0 8 8 】

眼圧グラフ 6 0 0 において、探触子 1 0 からの出力信号に基づいて眼圧値を逐次求め眼圧グラフを逐次更新することにより眼圧の変化をリアルタイムにて表示する第 1 表示モードと、探触子 1 0 からの出力信号に基づいて所定の時間領域にて取得された眼圧値による眼圧グラフを固定表示する第 2 表示モードと、の少なくともいずれかが設定可能であればよい。この場合、制御部 7 0 は、測定開始段階においては第 1 表示モードに対応する制御を行い、所定のトリガ信号に基づいて（例えば、コントロール部 7 4 に設けられたフリーズボタンが押されたとき）に第 2 表示モードに対応する制御に切り換えるようにしてもよい。また、第 1 表示モードと第 2 表示モードをパラメータ設定時に選択できるようにしてもよい。

20

【 0 0 8 9 】

また、波形表示 4 0 0 においても、同様に、探触子 1 0 からの出力信号に基づいて波形表示 4 0 0 を逐次更新するモードと、探触子 1 0 からの出力信号に基づいて所定の時間領域にて取得された波形による波形表示 4 0 0 を固定表示するモードと、の少なくともいずれかが設定可能であればよい。

【 0 0 9 0 】

なお、上記構成において、波形表示 4 0 0 及び眼圧グラフ 6 0 0 をモニタ 7 2 に表示させるか否かを検者によって選択できる構成としてもよい。また、波形表示 4 0 0 に関し、探触子 1 0 によって検出された反射波の生の波形データを出力してもよいし、所定の窓関数によって処理された後の波形データを出力してもよい。また、窓関数を複数用意し、任意の窓関数による波形データを選択表示可能としてもよい。

30

【 0 0 9 1 】

なお、上記のように連続で眼圧を複数回測定する場合、被検者の脈動による測定値の変動を示した眼圧値の分布が得られるように超音波パルスの出射間隔（測定間隔）及び出射時間（測定時間）が設定されるのが好ましい。この場合、さらに、少なくとも眼圧値の最大値（ピーク）、最小値（ボトム）、及び中央値が得られるように、超音波パルスの出射間隔及び出射時間が設定されるのが好ましい。なお、超音波パルスの出射間隔及び出射時間は、所定のパラメータ設定画面において、検者が任意に設定できるようにしてもよい。

【 0 0 9 2 】

なお、制御部 7 0 は、探触子 1 0 からの出力信号に基づいて被検者眼 E の脈動周期を検出し、検出された脈動周期に同期して超音波パルスを連続的に出射し、眼圧測定を行うようにしてもよい。これにより、被検者眼 E の脈動に応じた測定タイミングが決定される。

40

【 0 0 9 3 】

より具体的には、制御部 7 0 は、探触子 1 0 からの出力信号に基づいて眼圧値の最大値、最小値及び中央値が取得されるタイミングをそれぞれ検出し、検出されたタイミングに合わせて超音波パルスを連続的に出射して眼圧測定を行う。これにより、被検者眼 E への負担を軽減できる。また、所定の眼圧値（例えば、中央値）が取得されるタイミングを検出し、検出されたタイミングに合わせて超音波パルスを連続的に出射して眼圧測定を行うようにしてもよい。

【 0 0 9 4 】

50

また、以上の説明では、眼圧値の最大値、最小値及び中央値を取得するものとしたが、これに限るものでなく、所定の測定値を基準とした所定の測定値幅（例えば、中央値から 4 mmHg）を超える測定値を取得するものであってもよい。また、測定値幅を任意に設定できるようにしてもよい。

【0095】

また、眼圧値表示 500 として出力する眼圧値を抽出する場合、制御部 70 は、所定の時間間隔（例えば、0.3 秒）毎に取得された眼圧値を抽出するようにしてもよい。また、その時間間隔は、所定のパラメータ設定画面において、検者が任意に設定できるようにしてもよい。

【0096】

10

なお、上記構成において、連続測定を行う場合、単発の超音波パルスによる反射波を用いて 1 つの眼圧値を取得するようにしてもよいし、複数発の超音波パルスによる反射波を用いて 1 つの眼圧値を取得するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0097】

【図 1】本実施形態に係る非接触式超音波眼圧計の外観構成図である。

【図 2】本実施形態に係る非接触式超音波眼圧計の測定系及び光学系について説明する図である。

【図 3】本実施形態に係る非接触式超音波眼圧計の制御系について説明する図である。

【図 4】表示モニタに表示された前眼部観察画面について説明する

20

【図 5】探触子より後方に対物レンズを配置させた場合の図である。

【図 6】固視標投影光学系及び第 1 アライメント指標投影光学系の変容例を示す図である。

【図 7】XY 方向に関して観察光軸 L1 から探触子が外れているような構成を示す図である。

【図 8】観察光学系の観察光路外に探触子が配置された構成の具体例について説明する図である。

【図 9】本実施形態に係る非接触式超音波眼圧計に眼屈折力測定光学系を設けた場合の具体例を示す概略光学図である。

【図 10】モニタの表示画面を示す一例を示す図である。

30

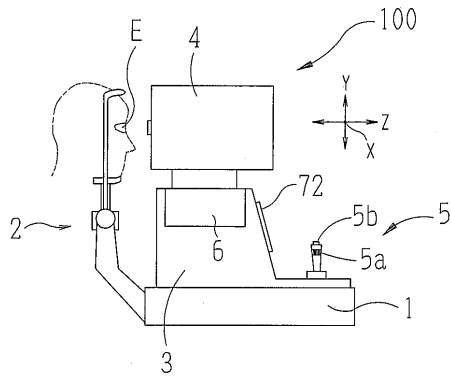
【符号の説明】

【0098】

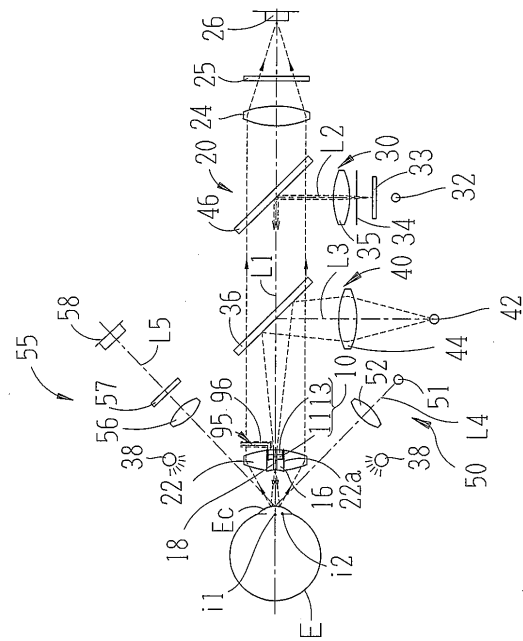
- 10 探触子
- 11 振動子
- 13 振動検出センサ
- 16 音響レンズ
- 18 開口部
- 20 観察光学系
- L1 観察光軸
- 22 対物レンズ
- 30 固視標投影光学系
- 40 第 1 指標投影光学系
- 55 作動距離指標投影光学系
- 70 制御部
- 81 増幅器
- 82 周波数成分分析部
- 83 周波數位相差特定部
- 90 超音波反射部材
- 310 測定光学系

40

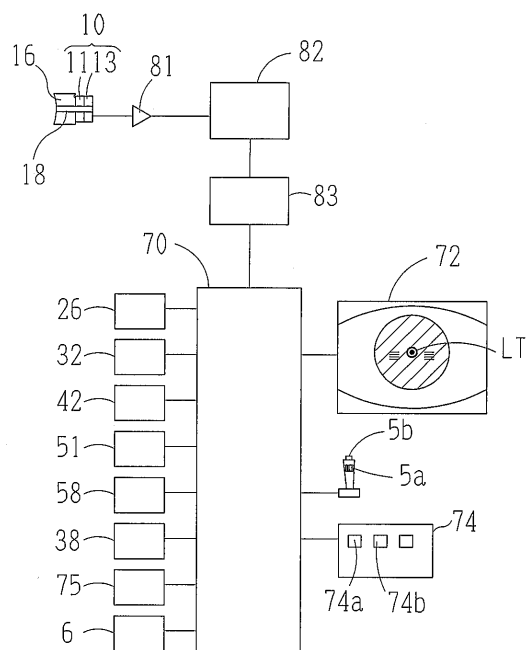
【図 1】



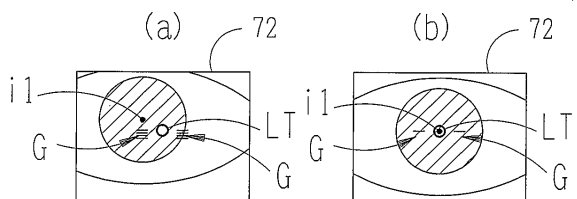
【図 2】



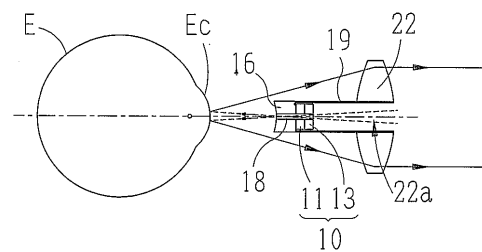
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平05-253190(JP,A)
特開2007-089715(JP,A)
特開2004-351151(JP,A)
特開平09-103411(JP,A)
特開平02-180241(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 3/00 - 3/18