

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3805682号  
(P3805682)

(45) 発行日 平成18年8月2日(2006.8.2)

(24) 登録日 平成18年5月19日(2006.5.19)

(51) Int. Cl. F I  
A 6 1 B 3/16 (2006.01) A 6 1 B 3/16

請求項の数 1 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2002-937 (P2002-937)	(73) 特許権者	000135184
(22) 出願日	平成14年1月7日(2002.1.7)		株式会社ニデック
(65) 公開番号	特開2003-199714 (P2003-199714A)		愛知県蒲郡市栄町7番9号
(43) 公開日	平成15年7月15日(2003.7.15)	(72) 発明者	鈴木 信雄
審査請求日	平成16年10月4日(2004.10.4)		愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株 株式会社ニデック拾石工場内
		審査官	後藤 順也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非接触式眼圧計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検眼を観察する観察光学系と、被検眼角膜に向けて圧縮流体を噴射する流体噴射手段と、該観察光学系の光軸に対して所定の角度で交差するように角膜変形検出用の光束を投光し、観察光学系の光軸に対して角膜変形検出用の光束の投光光軸と対称的な方向から角膜変形検出用の角膜反射光の光量を検出する検出手段と、該検出手段の検出信号に基づいて被検眼の眼圧値を求める眼圧演算手段と、を有する非接触式眼圧計において、前記検出手段の検出信号に基づいて、角膜変形開始時から圧平状態までの経過時間又は角膜変形開始時から圧平状態までの検出光量の傾きを得て、角膜厚さや硬さの影響度を求める影響算出手段と、を備えることを特徴とする非接触式眼圧計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、眼科医院等で使用される非接触式眼圧計に関する。

【0002】

【従来技術】

被検眼角膜に向けて空気等の圧縮流体を噴射し、角膜が圧平された変形状態となったことを検出して眼圧値を測定する非接触式眼圧計が知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

しかしながら、角膜が圧平されたことを検出して求めた眼圧値は、角膜厚や角膜硬さによる影響を受け易いという問題がある。

【 0 0 0 4 】

本発明は、上記従来技術の問題点に鑑み、角膜厚や角膜硬さ等による眼圧値への影響を知ることができ、測定結果の確度を向上させることができる非接触式眼圧計を提供することを技術課題とする。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

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 ) 被検眼を観察する観察光学系と、被検眼角膜に向けて圧縮流体を噴射する流体噴射手段と、該観察光学系の光軸に対して所定の角度で交差するように角膜変形検出用の光束を投光し、観察光学系の光軸に対して角膜変形検出用の光束の投光光軸と対称的な方向から角膜変形検出用の角膜反射光の光量を検出する検出手段と、該検出手段の検出信号に基づいて被検眼の眼圧値を求める眼圧演算手段と、を有する非接触式眼圧計において、前記検出手段の検出信号に基づいて、角膜変形開始時から圧平状態までの経過時間又は角膜変形開始時から圧平状態までの検出光量の傾きを得て、角膜厚さや硬さの影響度を求める影響算出手段と、を備えることを特徴とする。

【 0 0 0 6 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図1は本発明に係る非接触式眼圧計の流体噴出機構及びその制御機構を示す図であり、図2は光学系の概略構成を示す図である。

【 0 0 0 7 】

[ 流体噴射機構 ]

流体圧は、シリンダ1内の空気をソレノイド3により駆動されるピストン2で押圧することにより、空気圧縮室11で圧縮されて発生する。圧縮された空気はノズル6を通り、被検眼Eの角膜に向けて噴出される。

7は透明なガラス板で、ノズル6を保持するとともに、観察光やアライメント光を透過させる。また、ガラス板7は空気圧縮室11の側壁となっている。9はノズル6の背面に設けられた透明なガラス板で、空気圧縮室11の後壁を構成するとともに、観察光やアライメント光を透過させる。ガラス板9の背後には、後述する観察・アライメントのための光学系が配置される。12は空気圧縮室11の圧力を検出する圧力センサである。

【 0 0 0 8 】

[ 光学系 ]

図2において、赤外照明光源30により照明された被検眼像は、ビームスプリッタ31、対物レンズ32、フィルタ34を介してCCDカメラ35に結像する。フィルタ34は、光源30、アライメント用光源40の光を透過し、後述する角膜変形検出用のLED50の光に対して不透過の特性を持つ。CCDカメラ35に結像した像はテレビモニタ36に映し出される。OLはこの観察光学系の光軸を示し、ノズル6の軸線と一致している。

40はアライメント用の赤外LEDであり、投影レンズ41を介して投影された赤外光はビームスプリッタ31で反射され、被検眼Eに照明から投影される。LED40により被検眼角膜に形成される角膜輝点は、ビームスプリッタ31～フィルタ34を介してCCDカメラ35に結像し、アライメントに利用される。

【 0 0 0 9 】

50は角膜変形検出用のLEDであり、LED50を出射した光はコリメータレンズ51により略平行光束とされて被検眼角膜に投光される。角膜で反射した光は受光レンズ52、光源30及び光源40の光に対して不透過の特性を持つフィルタ53を通過した後、ビームスプリッタ54で反射し、ピンホール板55を通過して光検出器56に受光される。角膜変形検出用の光学系は、被検眼角膜が圧平されたときに光検出器56の受光量が最大になるように配置されている。

10

20

30

40

50

また、この角膜変形検出用の光学系は、作動距離検出光学系の一部を兼ねており、ビームスプリッタ54を通過した光は一次元検出素子57に入射し、この出力信号から作動距離が検出される。

【0010】

[制御系]

図1において、20は装置全体を制御する制御回路であり、圧力センサ12からの出力信号及び光検出器56からの出力信号は、圧平検出信号処理回路21、信号検出処理回路22を介して制御回路20に入力される。制御回路20は入力される各出力信号に基づき、所定の演算処理を行って眼圧を求める。その測定結果はテレビモニタ36に表示出力される。23はソレノイド3を駆動させる駆動回路である。24はメモリであり、圧力センサ12で検出される経時的な圧力変化のデータ及び光検出器56からの経時的な出力信号データを記憶する。また、メモリ24は、圧力センサ12からの出力信号を眼圧データに変換補正する眼圧補正データを記憶している。

10

【0011】

以上のような構成の装置において、眼圧算出の動作を中心に説明する。検者は、テレビモニタ36に表示される前眼部像及びアライメント輝点を観察し、上下左右方向のアライメント調整を行う。また、作動距離方向は一次元検出素子57から送られる位置情報に基づいてテレビモニタ36に誘導指標が表示されるので、これに従ってアライメント調整を行う。

【0012】

アライメント完了後、検者が測定開始スイッチを押すと（又は制御回路20がアライメント光学系からの検出信号に基づき測定開始信号を自動的に発し）、制御回路20は駆動回路23を介してソレノイド3を駆動する。ピストン2はシリンダ1内の空気を圧縮し、ノズル6から圧縮された空気を被検眼角膜に吹きつける。圧縮空気の吹きつけにより角膜は徐々に変形し、LED50の角膜反射光は角膜が圧平状態に達したとき、光検出器56に最大光量が入射される。圧力センサ12、光検出器56からの出力信号は、逐次処理されて時間と共にメモリ24に保存される。

20

【0013】

図3は、圧力センサ12による圧力信号 $P_s$ 、光検出器56による角膜反射光量信号 $Q_s$ の経時変化グラフを示した図である。光量信号 $Q_s$ は、角膜表面を変形させる圧力値に達すると圧力信号 $P_s$ の増加と共に増える。制御回路20は圧縮空気の吹き付け開始から終了までの間、所定のサンプリング時間間隔で圧力信号 $P_s$ と光量信号 $Q_s$ をメモリ24に記憶する。

30

【0014】

圧縮空気の吹き付けが終了すると、サンプリングした光量信号 $Q_s$ からその最大値 $Q_{max}$ が得られたときの時間 $t_a$ を基準にして、その前後を同じ時間幅でとった時間 $t_b \sim t_c$ の圧力信号 $P_s$ の値を抽出し、その平均圧力値 $P_{av1}$ を求める。例えば、サンプリング時間0.03 msecで $Q_{max}$ の前後各5点、計11点の圧力値データを抽出してその平均を計算する。そして、この平均圧力値 $P_{av1}$ から所定の眼圧換算式で演算することによって眼圧値 $P_{E1}$ を算出する。

40

【0015】

なお、眼圧値 $P_{E1}$ は光量信号 $Q_s$ のピークが得られたときの圧力信号 $P_s$ から直接求めても良い。また、圧縮空気の吹き付け開始から光量信号 $Q_s$ のピークが得られるまでの時間によって求めることもできる。

【0016】

ここで、角膜の厚さや硬さが異なると、光量信号 $Q_s$ のピーク検出から求めた眼圧値 $P_{E1}$ は真の眼内圧とは異なる結果となる。例えば、角膜が厚く硬い眼の場合、最大値 $Q_{max}$ は時間的に遅れる。したがって、このときの圧力信号 $P_s$ も大きな値となり、圧平時の圧力信号から求められる眼圧値は真の眼内圧に対して高めの結果となる。

【0017】

50

そこで、本装置では圧平状態に至る以前の角膜変形開始の段階を検出し、そのときの圧力信号  $P_s$  によっても眼圧値を測定する。一般的に、角膜変形の初期においては、真の眼内圧と吹き付けられる圧縮空気圧力がほぼつりあいながら変形される。そのため、この初期段階では角膜が変形する面積が小さく、圧平時に比べて角膜厚さや硬さの影響を受けにくい。また、圧平面のふらつきも少ない。

#### 【0018】

角膜変形開始の段階における眼圧値の算出について説明する。図4に示したように、光量信号  $Q_s$  が時間  $t_d$  に立ち上がり、光量信号の値が閾値  $Q_e$  以上になると、制御回路20は角膜の変形が開始されたと判断する。閾値  $Q_e$  はノイズなどにより、光量信号  $Q_s$  の波形が実際には波打っているため、このノイズの影響を受けない様に設定することが好ましい。例えば、光量信号の最大値  $Q_{max}$  の  $1/10$  程度である。そしてその閾値  $Q_e$  になった時間  $t_e$  から所定の時間後  $t_f$  までの圧力信号  $P_s$  の値を抽出し、圧平時の測定と同様に、その平均圧力値  $P_{av2}$  を求める。この平均圧力値  $P_{av2}$  に対する眼圧値  $P_{E2}$  も、予め定められた眼圧換算式で演算することによって求められる。

10

#### 【0019】

眼圧値  $P_{E2}$  は、圧平時に比べて角膜厚さや硬さの影響を然程受けていない眼圧値と見なすことができる。角膜の厚さや硬さの影響を考慮するため、次式で表される眼圧値  $P_{PE2}$  と眼圧値  $P_{E1}$  の眼圧差  $P_c$  を計算する。

#### 【0020】

$$P_c = P_{E1} - P_{E2}$$

20

図5に示すように、測定結果はテレビモニタ36に圧平時の眼圧値  $P_{E1}$  とともに眼圧差  $P_c$  を表示する。検者は眼圧差  $P_c$  の値が大きい程、角膜の厚さや硬さの影響度が大きい眼圧測定値であることを知ることができる。例えば、エキシマレーザ治療により角膜屈折力矯正手術を受けた眼では、レーザ光により角膜を蒸散させているので、角膜の厚さが通常の人より薄くなっている。角膜厚さが薄いため眼圧値  $P_{E1}$  の値は低くなり、検者はテレビモニタ36に表示された眼圧差  $P_c$  により角膜厚さの影響を知ることができる。

#### 【0021】

また、眼圧値  $P_{E1}$  と眼圧値  $P_{E2}$  の両者を表示することでも良い。この場合、何れの変形状態での測定値であるかが分かるように、識別マーク等を付しておくことが好ましい。また、1回の圧縮空気の噴射で2つの測定値が得られるので、何れの方を表示に採用するか選択するスイッチを設けても良い。

30

#### 【0022】

また、圧縮空気の噴射の途中で睫毛が掛かると、圧平状態での光量信号  $Q_s$  のピークが検出されずに、眼圧値  $P_{E1}$  が得られないことがある。この場合でも、角膜変形開始の段階を検出できれば測定値  $P_{E2}$  が得られるので、測定エラーを少なくすることができる。したがって、測定の確実性を増すことができる。

#### 【0023】

また、角膜厚さ、硬さの影響度を求める他の方法を図6により説明する。角膜が柔らかい場合の角膜反射光量信号  $Q_{s1}$  と、これに対して眼内圧が等しく、その角膜が厚く硬い場合に得られる角膜反射光量信号  $Q_{s2}$ 、及び圧力信号  $P_s$  の経時的变化グラフを示した図である。ここで、角膜が厚く硬い方の光量信号  $Q_{s2}$  から求められる圧平時の圧力値  $P(t_2)$  は、角膜の柔らかい方の圧力値  $P(t_1)$  に比べて高い値となる。

40

#### 【0024】

眼内圧が等しい場合、角膜の厚さや硬さに拘わらず、角膜は吹き付け圧力が眼内圧を上回ったときに変形し始める。つまり、光量信号  $Q_{s1}$ 、 $Q_{s2}$  の立ち上がり時点(時間)は両者とも略同じ時点  $t_x$  である。しかし、角膜変形の開始から圧平状態までの時間(光量信号  $Q_s$  が最大となる時間)は角膜変形に角膜自体の弾性力が影響してくる。このため、光量信号  $Q_{s1}$  側の  $T_1$  (角膜変形の開始から圧平状態までの時間)に比べ、角膜が厚く硬い光量信号  $Q_{s2}$  側の  $T_2$  の方が長くなる。なお、角膜変形開始の検出は、図4の場合と同様に、ノイズの影響を考慮した閾値  $Q_e$  を定めて行うことが好ましい。

50

## 【0025】

眼圧値に対する角膜厚さや硬さに影響度は、角膜変形の開始から圧平状態までの時間  $T$  と測定眼圧値 ( $PE1$ ) との組み合わせに対応させ、この対応関係をテーブルとしてメモリ 24 に記憶しておく。そして、測定時には、このテーブルから影響度が算出される。時間  $T$  と測定眼圧値 ( $PE1$ ) との組み合わせに対する影響度の関係は、多数の眼についての実験により定めておけば良い。

## 【0026】

また、角膜変形開始を検出するときの閾値  $Q_e$  より大きな閾値  $Q_e'$  を設けることにより、圧平状態に至る前の中間的な角膜の変化を検出し、その時間から圧平状態になるまでの時間  $T'$  を使用しても良い。あるいは、中間的な角膜変化の検出と圧平状態の検出とから、角膜変形開始時点の時間を求め、これを利用することでも良い。さらには、時間  $T$  を使用する代わりに光量信号  $Q_s$  の圧平状態までの傾きの違いを利用することもできる。この場合も、上記同様に角膜厚さや硬さの影響度をテレビモニタ 36 に表示することによって、検者は角膜の厚さや硬さの影響を知ることができる。

10

## 【0027】

## 【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、角膜厚や角膜硬さ等による眼圧値への影響を知ることが可能となり、測定結果の確度を向上させることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる非接触式眼圧計の流体機構及びその制御機構を示す図である。

20

【図2】光学系の概略構成を示す図である。

【図3】光量信号及び圧力信号の時系列変化を示した図である。

【図4】光量信号及び圧力信号の時系列変化を示した図である。

【図5】測定結果の表示例を示した図である。

【図6】角膜厚さ、硬さの異なる被検眼の光量信号及び圧力信号の時系列変化を示す図である。

## 【符号の説明】

1 シリンダ

2 ピストン

3 ソレノイド

20 制御回路

22 信号検出処理回路

23 駆動回路

24 メモリ

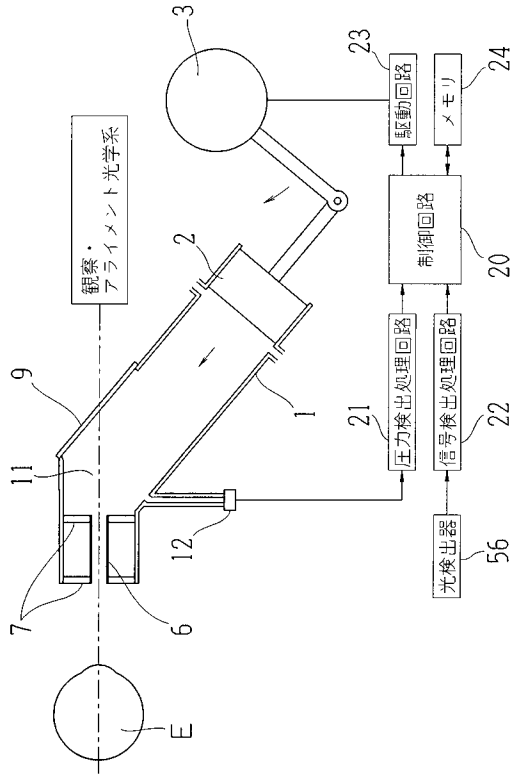
36 テレビモニタ

50 LED

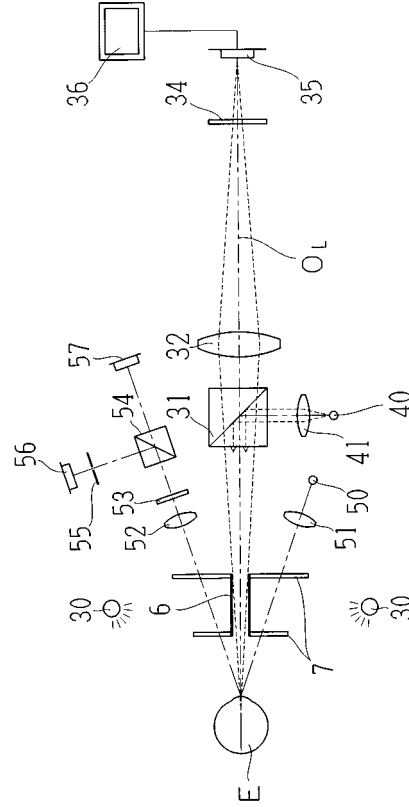
56 光検出器

30

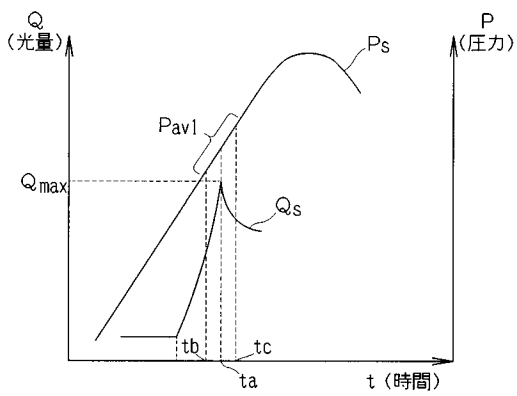
【 図 1 】



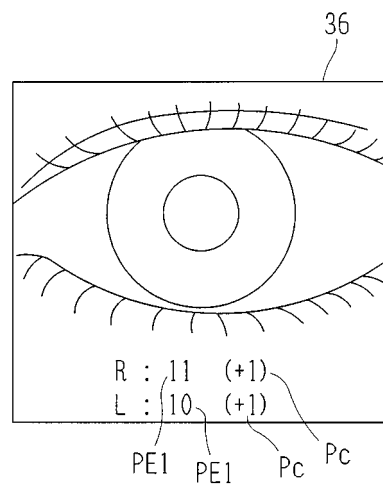
【 図 2 】



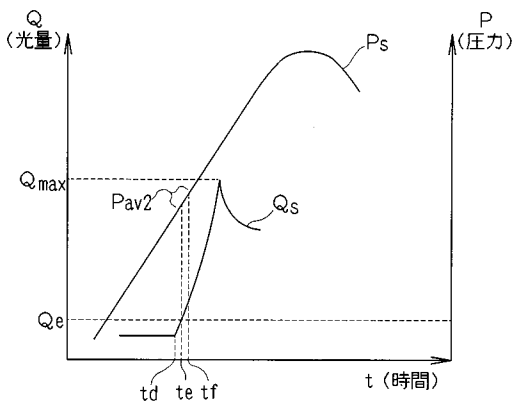
【 図 3 】



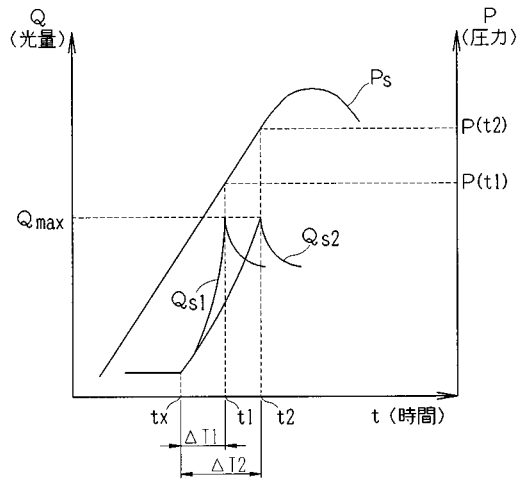
【 図 5 】



【 図 4 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平11-076167(JP,A)  
特開平10-309265(JP,A)  
特開2000-000212(JP,A)  
特開2002-085352(JP,A)  
特開2000-254101(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B 3/00-3/18