(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3611673号
(P3611673)
(45)発行日　平成17年1月19日(2005.1.19)　(24)登録日　平成16年10月29日(2004.10.29)

(51)Int.Cl.[7]　F I
A61B 3/16　A61B 3/16

請求項の数 2　(全 8 頁)

(21)出願番号　特願平8-161074
(22)出願日　平成8年5月31日(1996.5.31)
(65)公開番号　特開平9-313448
(43)公開日　平成9年12月9日(1997.12.9)
審査請求日　平成14年7月2日(2002.7.2)

(73)特許権者　000135184
株式会社ニデック
愛知県蒲郡市栄町７番９号
(72)発明者　鈴木　信雄
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
(72)発明者　中尾　宗央
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
(72)発明者　三輪　哲之
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

審査官　小原　博生

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】
駆動電流を供給することにより駆動力を生じる駆動手段を有し、その駆動力によりピストンをシリンダ内で上昇させて気体を圧縮する気体圧縮手段と、該ピストンをばねによりシリンダ内の初期位置に戻すように付勢する付勢手段と、気体の圧力を直接又は間接に検知する圧力検知手段と、圧縮気体の吹き付けによる角膜変形状態を検知する角膜変形検知手段と、を備え、前記圧力検知手段及び前記角膜変形検知手段による検知結果に基づいて眼圧を算出する非接触眼圧計において、前記角膜変形検知手段の変形検知に基づいて角膜を所期する形状に変形させるに足る駆動力を与えた後に前記駆動手段への駆動電流の供給を一旦断ち、その後、ピストンが下降を開始する時に、重力、前記ばねの付勢力、ピストンとシリンダとの摩擦力及び駆動手段の駆動力との合成力が弱い下降力を示し初期位置へのピストンの戻り速度を減衰させるように、前記駆動手段に弱駆動電流を供給する制御手段と、を備えたことを特徴とする非接触眼圧計。
【請求項２】
請求項１の非接触眼圧計において、前記ピストンがシリンダ内を上昇し気体を加圧する時には閉じられ、ピストンがシリンダ内を下降し初期位置に戻るときに開放される気体通路を設けたことを特徴とする非接触眼圧計。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】

本発明は、シリンダ内の流体を圧縮して被検眼に吹付け、被検眼角膜の変形状態を検出することにより眼圧を測定する非接触式眼圧計に関する。

【０００２】

【従来の技術】

非接触式眼圧計としては、シリンダ内の空気をピストンで圧縮し、シリンダに連通する圧縮室からノズルを通して被検眼に圧縮空気を吹付けて角膜を変形させるようにした機構のものが知られている。被検眼の眼圧は、圧縮空気の吹き付けによる角膜の変形状態を検出し、角膜が所定状態に変形された時の空気圧を直接または間接的に検出することにより、検出されたその時の空気圧に基づいて測定する。被検眼に吹き付ける空気の圧縮は、ピストンをソレノイド等の駆動装置に電流を供給することによって駆動させて行う。角膜の変形状態を検出した後は、ピストン駆動装置への通電を止め、ばね等の復元力によりピストンを初期位置まで戻す。このときノズルからは空気が吸い込まれる。

【０００３】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、このようなピストンの戻りによりノズルから外部の空気を吸い込む過程においては、ピストンを急激に戻すとノズルからシリンダ内に涙、埃、睫毛などを吸い込みやすい。涙、埃、睫毛などを吸い込むと、ノズルの背後に配置される光学系の汚れとなったり、睫毛等がシリンダとピストンの隙間に入り込みピストンのロックが発生することもある。さらに、これらの吸い込んだ埃等が再び被検眼に吹付けられるため、衛生上も好ましくない。

【０００４】

本発明は上記問題点を鑑み、簡単な構成で、できるだけ効果的にノズルからの涙等の吸い込みを抑えることの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。

【０００５】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記課題を解決するために以下に記載する構成を備えることを特徴とする。

（１）　駆動電流を供給することにより駆動力を生じる駆動手段を有し、その駆動力によりピストンをシリンダ内で上昇させて気体を圧縮する気体圧縮手段と、該ピストンをばねによりシリンダ内の初期位置に戻すように付勢する付勢手段と、気体の圧力を直接又は間接に検知する圧力検知手段と、圧縮気体の吹き付けによる角膜変形状態を検知する角膜変形検知手段と、を備え、前記圧力検知手段及び前記角膜変形検知手段による検知結果に基づいて眼圧を算出する非接触眼圧計において、前記角膜変形検知手段の変形検知に基づいて角膜を所期する形状に変形させるに足る駆動力を与えた後に前記駆動手段への駆動電流の供給を一旦断ち、その後、ピストンが下降を開始する時に、重力、前記ばねの付勢力、ピストンとシリンダとの摩擦力及び駆動手段の駆動力との合成力が弱い下降力を示し初期位置へのピストンの戻り速度を減衰させるように、前記駆動手段に弱駆動電流を供給する制御手段と、を備えたことを特徴とする。

（２）　（１）の非接触眼圧計において、前記ピストンがシリンダ内を上昇し気体を加圧する時には閉じられ、ピストンがシリンダ内を下降し初期位置に戻るときに開放される気体通路を設けたことを特徴とする。

【０００６】

【実施例】

以下、本実施例について図面に基づいて説明する。図１は実施例の非接触式眼圧計の流体圧を創出する空気圧縮機構の側方概略構成と制御系を示す図であり、図２はノズル付近の光学系を上方より見た図である。

１は空気圧縮用のシリンダ部であり、眼圧計本体の水平線に対して傾斜して設けられている。２はピストンである。３はロータリソレノイドであり、ロータリソレノイド３は駆動電流が付与されると、アーム４、コネクティングロッド（ピストンロッド）５を介してピストン２を上に押し上げる。ピストン２の上昇によりシリンダ部１に連通する空気圧縮室３４で圧縮された空気は、ノズル６から被検眼７の角膜に向けて噴出される。また、ロー

タリソレノイド３には図示なきコイルバネが備えられており、付与される電流がカット又は減じられると、コイルバネの下降方向への付勢力により上昇したピストン２を下降させて初期位置に戻す。

【０００７】

８は透明なガラス板であり、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８は空気圧縮室３４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あり、空気圧縮室３４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、観察・アライメント光学系１１が配置されるが、本発明とは関連が少ないため、説明は省略する。

【０００８】

１２は空気圧縮室３４の圧力を検出する圧力センサ、１３はエア抜き穴である。エア抜き穴１３により、ピストン２に初速が付くまでの間の抵抗が減少され、時間に比例的な立ち上がりの圧力変化を得ることができる。

１４は角膜圧平検出用の赤外ＬＥＤ（図２参照）であり、ＬＥＤ１４を出射した光はコリメータレンズ１５により平行光束とされて被検眼の角膜に投光される。角膜で反射した光は受光レンズ１６、ピンホール板１７を通過して光検出器１８に受光される。角膜圧平検出用の光学系は、被検眼が所定の圧平状態のときに光検出器１８の受光量が最大となるように配置されている。

２０は制御回路、２１は圧力センサ１２からの信号処理を行う圧力検出処理回路、２２は光検出器１８からの信号処理を行う信号検出処理回路、２３はロータリソレノイド３を駆動させるための駆動回路である。

【０００９】

以上のような構成を備える非接触式眼圧計において、以下に動作について説明する。

検者は被検眼７を所定の位置に配置させ、図示なきジョイスティックを操作してアライメント調整を行う。アライメントが完了したら、検者は測定開始スイッチを押して（あるいは制御回路２０がアライメント光学系からの信号に基づき測定開始信号を自動的に発して）測定を開始する。制御回路２０は測定開始信号が入力されると駆動回路２３を介してロータリソレノイド３に動作可能な駆動エネルギとしての電流（電圧）を付与してこれを駆動させる。

【００１０】

なお、実施例の眼圧計のロータリソレノイド３には、装置の電源投入時点からコイルバネの付勢力に抗して動作しない（初期位置のピストンが作動しない）程度の弱電流が流れるように（低電圧が印加されるように）設定されている。一般にロータリソレノイドには、電磁面とコイルバネを支持するボールとの間にわずかな間隙があり、電流を全く付与しない状態から動作可能な電流を付与すると、ロータリソレノイドの駆動時に電磁面とボールがぶつかって金属音が生じる。測定時にこの金属音が発生すると、被検者を驚かしてしまうことがある。したがって、常にロータリソレノイド３に動作しない程度の弱電流を流しておくことにより、電磁面とボールを接触した状態とさせることができ、測定開始信号の入力時には金属音を生じさせなくてすむ。これにより、ロータリソレノイド３の作動音を小さくすることができる。

【００１１】

ロータリソレノイド３にさらに電流を流すと、ピストン２は上昇する。ピストン２の上昇により空気圧縮室３４の空気が圧縮され、圧縮空気がノズル６から被検眼７の角膜に向けて吹付けられる。被検眼７の角膜は、吹き付けられた圧縮空気によって徐々に変形される。ＬＥＤ１４から投光された光の角膜による反射光は光検出器１８へ入射し、角膜の変形状態が光検出器１８により検出される。

【００１２】

光検出器１８からの信号により、その受光光量が所定のピークを示したことを信号検出処理回路２２が検知すると、すなわち所定の圧平状態が得られたことを検知すると、制御回路２０はこの検知信号に基づいて眼圧を得る。本実施例の眼圧計は、測定開始時から入射

光量が最大値になるまでの時間に基づいて空気圧を間接的に得ることにより眼圧を算出する。この眼圧測定の詳細については、本出願人による特開平４－２９７２２６「眼科装置」を参照されたい。

【００１３】

また、制御回路２０は被検眼が所定の圧平状態になったことが検知されると、あるいは時間監視により測定開始から所定の時間が経過する（または所定の圧力が得られる）と、ロータリソレノイド３への電流供給を止める。ピストン２は、ロータリソレノイド３への電流が止められた後も慣性力で上昇するが、ピストン２にはコイルバネによる下降方向への付勢力が働く。コイルバネの付勢力とピストン２にかかる重力によりピストン２の速度は減衰されて一旦停止し、その後下降するようになる。

【００１４】

ピストン２が下降し空気圧縮室３４が負圧になると、ノズルからは空気が吸い込まれる。このままであると、コイルバネの付勢力とピストン２にかかる重力によりピストン２は速度を増して下降するので、ノズルからは急激に空気が吸い込まれてしまう。そこで本実施例の眼圧計は、このピストン２の下降時にロータリソレノイド３への供給電流をカットした状態にするのではなく、その後弱電流を供給することによってピストン２の下降速度を減衰し、ノズルからの急激な空気の吸込みを抑える。なお、ロータリソレノイド３への弱電流の供給は、供給電流を一旦カットすることなく行うようにしてもピストンの下降速度を減衰できるが、この場合慣性力によるピストン２の上昇を助長することになり、被検眼に余分な空気を吹き付けてしまうこともあるので、実施例のように一旦カットすることが好ましい。

【００１５】

この時の弱電流の供給量について説明する。

下降時のピストン２に加わる力のバランスについて図３を利用して説明する。ピストン２を下降させようとする力としては、ピストン２の重力Ｇとバネによる付勢力Ｔが働く。シリンダ部１は水平線に対して傾斜しているため、重力Ｇは壁面に沿ったＧｐと、壁面に垂直なＧｎの２つの分力に分けることができる。なお、本実施例ではロータリソレノイド３内に設けられたコイルバネを使用しているため、コイルバネの長さに対してピストン２の移動量は十分に小さい。このため、バネによる付勢力Ｔは、ピストンの位置によらずにほぼ一定であると考えることができる。

【００１６】

下降時のピストン２の上方向への力としては、摩擦力ｆとロータリソレノイド３に弱電流を供給してこれを駆動することによる力Ｆが働く。摩擦力ｆは垂直抗力となるＧｎの大きさに比例し、電流供給による力Ｆはロータリソレノイド３へ供給される電流の大きさによって変化する。

【００１７】

また、重力Ｇの分力Ｇｐ、Ｇｎおよび摩擦力ｆは、シリンダ部１の傾斜角に依存してほぼ一定であり、バネによる付勢力Ｔもほぼ一定であることから、ソレノイドによる力Ｆを制御することによって下降速度を制御できる。したがって、ピストン２の下降時に、この４つの力の合成力が若干下向きになるような弱電流をロータリソレノイド３へ供給することによって、下降速度を遅くしてノズル６からの吸い込みを抑制することができる。ロータリソレノイド３へ供給する電流量は、ピストンが初期位置に位置するときコイルバネの付勢力に抗して動作しないように、実験的に決定する。

【００１８】

次に、弱電流を供給するタイミングについて説明する。

電流カットの後、ピストン２には重力とコイルバネによる付勢力が働き、徐々に慣性力が打ち消されていく。その後、ピストン２は下降に転じる。ピストン２の動きに連動して空気圧縮室３４内の圧力値も最大値を示した後は減少し、ピストン２の下降により圧力は負圧になる。空気圧縮室３４内の圧力が負圧になると、ノズルから空気が吸い込まれるようになるため、空気圧縮室３４内の圧力が負圧になり、下降の加速度が増す前にロータリソ

レノイド３を駆動させるように弱電流を供給する。

【００１９】

ところでピストン駆動手段であるロータリソレノイド等は、一般に電流供給を開始した後有効に駆動し始めるまでに幾分かのタイムラグがある。したがって、実際にはこのタイムラグを考慮し、ロータリソレノイド３への弱電流を供給するタイミングを決定する必要がある。弱電流を供給するタイミングが遅すぎると、空気圧縮室３４内の圧力が負圧になり、ピストン２の下降の速度が増した後に上昇力を加えることになので、減速効果が薄らぐ。逆にタイミングが早すぎ、ピストン２が上昇中にロータリソレノイド３が駆動してしまうと、慣性力によるピストン２の上昇を助長し、被検眼に余分な空気を吹き付けることにつながる。

【００２０】

図４の（ａ）は圧力センサ１２による検出圧力Ｐｎ及び光検出器１８の受光量Ｑｎの変化を時系列的に示した図であり、（ｂ）はロータリソレノイド３へ電流を供給する電圧Ｖの変化を時系列的に示した図である。本発明者の実験によれば、図４に示す様に、圧力センサ１２による圧力値がピークを示した付近で電圧を印加して弱電流の供給を開始すると、被検眼に余分な空気を吹き付けることなく、最も効率良く圧力値が負圧になる程度を低く抑えることができた（図４の（ａ）の検出圧力Ｐｎの点線は従来の圧力変化を示す）。そこで、本実施例の眼圧計では、例えば、電圧（電流）をカットした後に圧力値がピークを示す時間ｔａを実験により得て、この時間ｔａを制御回路２０内の記憶回路に予め記憶させておく。測定時には電圧（電流）供給をカットした後に所定時間ｔａが経過したタイミングで低電圧を印加し弱電流を供給する。

【００２１】

なお、ロータリソレノイド３への弱電流（低電圧）の供給を開始するタイミングとしては、電圧（電流）をカットした後の所定時間経過時に供給するのではなく、測定の都度得られる圧力値がピークを示したときを検知したタイミングで、供給するようにしても良い。この場合、圧力値がピークを示してからロータリソレノイド３に駆動電流を供給するので、ロータリソレノイド３のレスポンスに多少の個体差があっても、被検眼に強い圧力の空気を吹き付けなくてすむ。

【００２２】

さらに、ロータリソレノイド３へ弱電流を供給するタイミングとしては、圧力信号に基づいて行うのではなく、ピストン２の移動速度、位置等をセンサにより検出し、この検出結果に基づいて行うようにしても良い。例えば、ロータリソレノイド３の回転軸にロータリエンコーダを取り付け、その回転軸の動きに基づいてピストン２の動きを検出する。

【００２３】

以上説明したように、本実施例の眼圧計はピストン２の下降速度を遅くすることにより、ノズルからの急激な空気の吸込み抑えることができるが、さらに図５に示すような弁機構をピストン２に設けると、ノズルからの空気の吸込みをより効果的に抑えることができる。

【００２４】

図５において、コネクティングロッド５の上端には略球状の面を持つ駆動弁３１が形成されており、駆動弁３１はピストン２の上部壁２ａの下側に固定された円筒状の弁駆動室部３２に上下動自在に保持されている。駆動室部３２の上部は駆動弁３１の略球状面に合致する形状に形成され、その中央部には空気圧縮室３４に繋がる透穴３０が設けられている。また、弁駆動室部３２の側壁には横穴３３が設けられており、駆動弁３１が下がったときは、横穴３３を通してピストン２の下方の大気開放室３５と空気圧縮室３４が連通する。なお、駆動室部３２は駆動弁３１の移動時の当接による作動音、及び駆動弁３１の移動による塵の発生等を抑えるために、樹脂等で構成することが好ましい。

【００２５】

このような弁の構成により、ロータリソレノイド３が駆動してコネクティングロッド５を上昇させると、駆動弁３１はそ略球状面により透穴３０を閉塞しながらピストン２を上昇

させる。ピストン２の上昇により空気圧縮室３４の空気が圧縮され、圧縮空気が被検眼の角膜に吹き付けられる。

【００２６】

一方、ロータリソレノイド３への電流供給をカット又は弱電流の供給にすると、コネクティングロッド５は下降し、駆動弁３１が駆動室部３２の底部に当接しながらピストン２を押し下げる。駆動弁３１が下がることにより駆動室部３２の上部の透穴３０は解放され、大気開放室３５が駆動室部３２の横穴３３を介して空気圧縮室３４と連通するようになり、大気開放室３５の空気が空気圧縮室３４へ流れ込むようになる。これにより、ノズル６からの空気の流入をより少なくして涙、埃、睫毛等の吸い込みを抑えることができる。

【００２７】

上記のような弁機構は、空気圧縮室３４の負圧の状態にかかわりなく、ピストンの動きに連動して弁が開くので、前述のようにピストンの下降速度（戻り速度）を遅くして負圧の状態を低くした装置においては特に都合が良い。

【００２８】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、複雑な制御を行うことなく、ノズルからの涙、埃、睫などの吸い込みを抑えることができる。

さらに圧力差に依存せずに開閉する弁を設けたことにより、ノズルからの空気の吸い込みを少なくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】実施例である非接触式眼圧計の空気圧縮機構の側方概略構成と制御系を示す図である。

【図２】実施例である非接触式眼圧計の空気圧縮機構のノズル付近の光学系を上方より見た図である。

【図３】下降時のピストンに加わる力のバランスの説明図である。

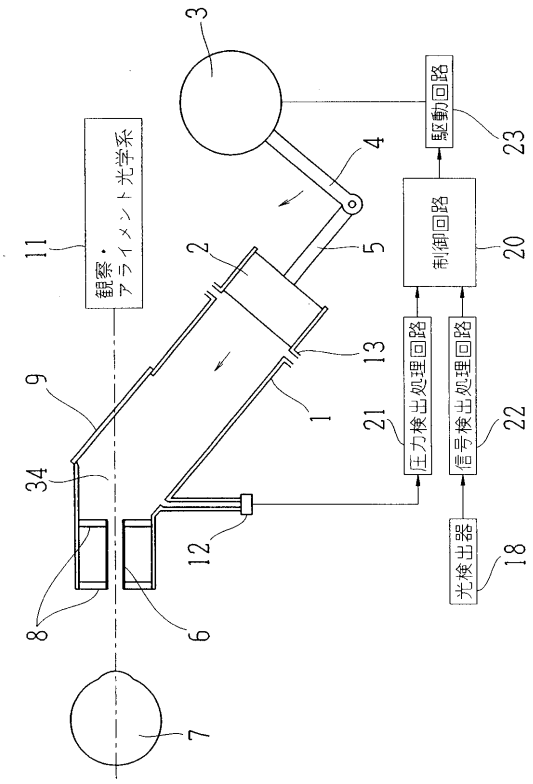
【図４】ピストン駆動時におけるシリンダ内の圧力、圧平検出用光検出器の受光量、ピストン駆動装置への供給電圧の変化を示す時系列図である。

【図５】弁機構を備えたピストンの断面図である。

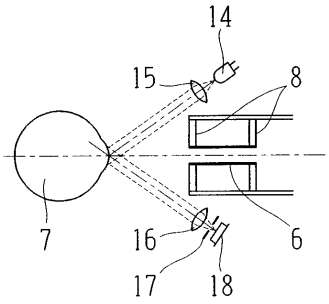
【符号の説明】

１　シリンダ部
２　ピストン
３　ロータリソレノイド
１２　圧力センサ
１４　赤外ＬＥＤ
１８　光検出器
２０　制御回路
３０　透穴
３１　駆動弁
３３　横穴

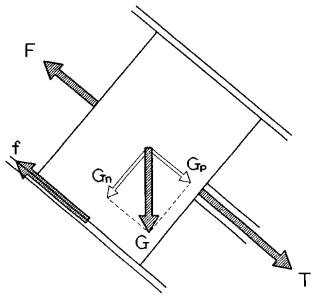
【図１】


3
駆動回路
23
観察・アライメント光学系
11
4
2
5
制御回路
20
13
圧力検出処理回路
21
信号検出処理回路
22
9
1
34
12
光検出器
18
8
6
7

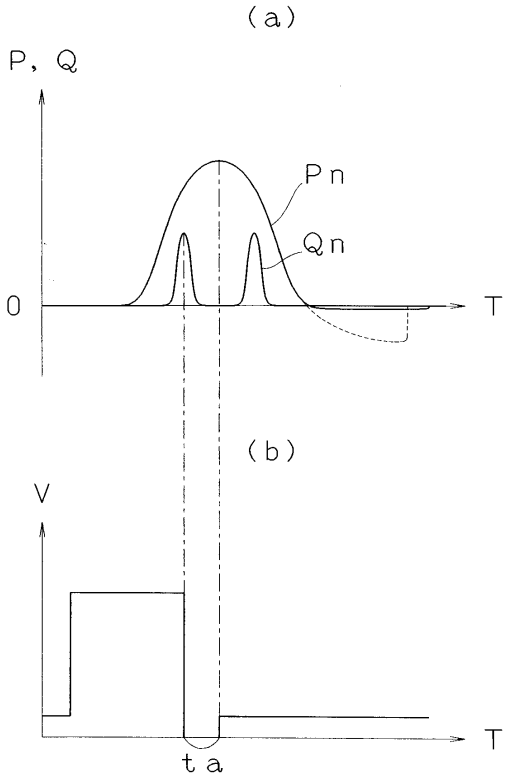
【図２】


14
15
8
7
16
6
17
18

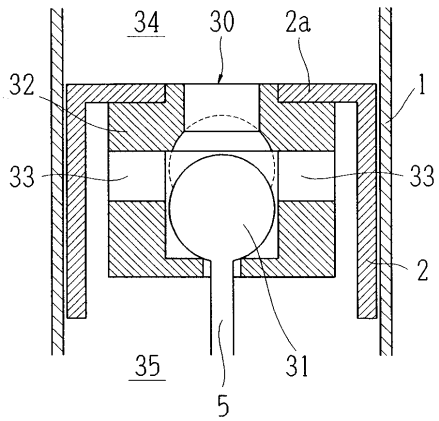
【図３】


F
f
Gn
GP
G
T

【図４】


(a)
P, Q
Pn
Qn
0
T
(b)
V
T
ta

【図５】


34
30
2a
32
1
33
33
2
35
31
5

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０７－１００１１６（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－０４９８２６（ＪＰ，Ａ）
実開昭６３－０３４４０２（ＪＰ，Ｕ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
A61B 3/16