

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6380802号
(P6380802)

(45) 発行日 平成30年8月29日(2018.8.29)

(24) 登録日 平成30年8月10日(2018.8.10)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 3/10 (2006.01)

A 6 1 B 3/10 Z DMR

請求項の数 12 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2014-552743 (P2014-552743)
 (86) (22) 出願日 平成25年1月24日 (2013.1.24)
 (65) 公表番号 特表2015-503989 (P2015-503989A)
 (43) 公表日 平成27年2月5日 (2015.2.5)
 (86) 国際出願番号 PCT/IB2013/050621
 (87) 国際公開番号 WO2013/111090
 (87) 国際公開日 平成25年8月1日 (2013.8.1)
 審査請求日 平成28年1月18日 (2016.1.18)
 (31) 優先権主張番号 P12012A000009
 (32) 優先日 平成24年1月24日 (2012.1.24)
 (33) 優先権主張国 イタリア (IT)

(73) 特許権者 514185529
 ヴィジア イメージング エス. アール.
 エル.
 イタリア国 52027 サン ジョバン
 ニ バルダルノ (エーアール), 95/イ
 ー, ヴィア マルティリ デラ リベルタ
 (74) 代理人 100091683
 弁理士 ▲吉▼川 俊雄
 (74) 代理人 100179316
 弁理士 市川 寛奈
 (72) 発明者 フォッキ, アレッサンドロ
 イタリア国 アイ-52027 サン ジ
 オヴァンニ ヴァルダルノ (エーアール)
 , ヴィア デッラ マドンナ エヌ. 14

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼軸長を測定するためのマイケルソン型干渉計及び測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

眼軸長 (A L) を測定するためのマイケルソン型干渉計 (1) であって、前記マイケルソン型干渉計 (1) は、本体と移動システム (210) を備え、

前記本体は、光源 (2)、第1のコリメータ (5)、第2の単一のコリメータ (4)、電動駆動システム (500)、画像の取得/分析システム (300、400) を備え、

前記第1のコリメータ (5) は前記光源 (2) から発光された第1の光線を、少なくとも部分的に光を反射する反射装置 (7) にコリメートし、前記反射装置 (7) は前記第1の光線をコリメートする前記第1のコリメータ (5) に対して離れたり近づいたりすることができ、前記反射装置 (7) は縦方向に整列した第1の反射面 (8) と第2の反射面 (9) を少なくとも備え、前記第1の反射面 (8) と第2の反射面 (9) はともに少なくとも部分的に光を反射し、互いに所定の相互距離を隔てて配置され、

前記第1の反射面 (8) と第2の反射面 (9) は、少なくとも測定の間における前記反射装置 (7) の移動中、前記反射装置 (7) の中で前記所定の相互距離を維持し、

前記第2の単一のコリメータ (4) は前記光源 (2) から発光された第2の光線を眼の表面に当て、

前記電動駆動システム (500) は前記反射装置 (7) を移動させ、

前記画像の取得/分析システム (300、400) は、前記本体と目の角膜との距離が異なる目の角膜の複数の画像を取得し、前記複数の画像の中から合焦点の画像を選択するように構成され、

10

20

前記移動システム（２１０）は取得された画像に基づいて、目の角膜の画像が合焦点となる位置に前記本体を移動し、

前記電動駆動システム（５００）は前記反射装置（７）を、前記第１の反射面（８）が前記光源（２）から、前記光源（２）と角膜との光路長より小さい、ある光路長に位置し、かつ、前記第２の反射面（９）が前記光源（２）から、前記光源（２）と角膜との光路長よりは大きい前記光源（２）と網膜との光路長よりは小さい、ある光路長に位置する、初期位置に移動するように構成され、

前記第１の反射面（８）と前記第２の反射面（９）との間の距離は１２～１９ｍｍで、かつ、前記第１の反射面（８）と前記第２の反射面（９）との間の物質の屈折率は１．５であって、

10

前記反射装置（７）の一方向への移動が始まり、前記第１の反射面（８）の前記光源（２）からの光路長が目の角膜の前記光源（２）からの光路長と同じになったときに第１の干渉ピークが発生し、次に、前記第１の反射面（８）と前記第２の反射面（９）の間の距離を固定したままで一方向に移動する間に、前記第２の反射面（９）の前記光源（２）からの光路長が前記眼の網膜の前記光源（２）からの光路長と同じになったときに第２の干渉ピークが発生することによって、前記初期位置から開始される一方向への、繰り返しのない、単一の移動による測定を可能にする、干渉計（１）。

【請求項２】

前記第１の反射面（８）と前記第２の反射面（９）は、互いに平行に配置される、請求項１に記載の干渉計（１）。

20

【請求項３】

前記第１の反射面（８）と前記第２の反射面（９）は、互いに同軸に配置される、請求項１または２に記載の干渉計（１）。

【請求項４】

前記反射装置（７）の前記第１の反射面（８）と前記第２の反射面（９）を相互にスライドして測定前に相互の距離を調整する調整手段と、前記相互の距離を固定する固定手段を備える、請求項１～３のうちいずれか一項に記載の干渉計（１）。

【請求項５】

前記第１の反射面（８）と前記第２の反射面（９）が相互間の距離を一定に保つように固定されている、請求項１～３のうちいずれか一項に記載の干渉計（１）。

30

【請求項６】

前記反射装置（７）は円筒形状を有する、請求項１～５のうちいずれか一項に記載の干渉計（１）。

【請求項７】

前記第１の反射面（８）と前記第２の反射面（９）との間の距離は１２．５ｍｍである請求項１に記載の干渉計（１）。

【請求項８】

前記電動システム（５００）は、前記反射装置（７）の一方の端部と他方の端部の間の移動を命令する電子プロセッサ（ＰＣ）に接続される、請求項１に記載の干渉計。

【請求項９】

40

前記第１および第２の反射面（８、９）は、反射率が低く、当該反射面に照射される第１の光線の１％～４％を反射する、請求項１～８のうちいずれか一項に記載の干渉計（１）。

【請求項１０】

前記本体が配置されたフレーム（２００）をさらに含み、前記フレーム（２００）は、前記移動システム（２１０）を制御することにより、前記本体と目の角膜との異なる距離での画像取得を可能にするように往復可能である、請求項１に記載の干渉計（１）。

【請求項１１】

マイケルソン型干渉計（１）により眼軸長（ＡＬ）を測定する方法であって、前記マイケルソン型干渉計（１）は、本体と移動システム（２１０）を備え、

50

前記本体は、光源（２）、第１のコリメータ（５）、第２の単一のコリメータ（４）、電動駆動システム（５００）、画像の取得／分析システム（３００、４００）を備え、

前記第１のコリメータ（５）は前記光源（２）から発光された第１の光線を、少なくとも部分的に光を反射する反射装置（７）にコリメートし、前記反射装置（７）は前記第１の光線を発光する前記光源（２）に対して離れたり近づいたりすることができ、前記反射装置（７）は縦方向に整列した第１の反射面（８）と第２の反射面（９）を少なくとも備え、前記第１の反射面（８）と第２の反射面（９）はともに少なくとも部分的に光を反射し、互いに所定の相互距離を隔てて配置され、

前記第１の反射面（８）と第２の反射面（９）は、少なくとも測定の間における前記反射装置（７）の移動中、前記反射装置（７）の中で前記所定の相互距離を維持し、

前記第２の単一のコリメータ（４）は前記光源（２）から発光された第２の光線を眼の表面に当て、

前記電動駆動システム（５００）は前記反射装置（７）を移動させ、

前記画像の取得／分析システム（３００、４００）は、前記本体と目の角膜との距離が異なる複数の画像を取得し、前記複数の画像の中から角膜の合焦点の画像を選択するように構成され、

前記移動システム（２１０）は取得された画像に基づいて、前記本体を角膜の画像が合焦点の位置に移動するように構成され、

前記電動駆動システム（５００）は前記反射装置（７）を、前記第１の反射面（８）が前記光源（２）から、前記光源（２）と角膜との光路長より小さい、ある光路長に位置し、かつ、前記第２の反射面（９）が前記光源（２）から、前記光源（２）と角膜との光路長よりは大きい前記光源（２）と網膜との光路長よりは小さい、ある光路長に位置する、初期位置に移動するように構成され、

前記第１の反射面（８）と前記第２の反射面（９）との間の距離は１２～１９ｍｍで、かつ、前記第１の反射面（８）と前記第２の反射面（９）との間の物質の屈折率は１．５であって、

前記方法は、

取得される目の角膜の画像が合焦点となる位置に前記本体を移動するステップ、

前記反射装置（７）を前記初期位置に移動するステップ、

前記第１の光線を前記第１のコリメータ（５）に、前記第２の光線を前記第２のコリメータ（４）に送るステップ、および

前記反射装置（７）を測定方向に沿って繰り返しのない、１回のみの移動を行い、第１の、及び第２の干渉位置で、第１の、及び第２の干渉ピークを発生させるステップ、を含み、

前記第１の干渉位置では、前記光源（２）から前記第１の反射面（８）までの光路長は目の角膜と前記光源（２）との間の光路長に等しく、

前記第２の干渉位置では、前記光源（２）から前記第２の反射面（９）までの光路長は眼の網膜と前記光源（２）との間の光路長に等しく、

前記反射装置（７）に配置された前記第１の反射面（８）と前記第２の反射面（９）は測定時、前記反射装置（７）の移動の間、相互の距離を一定に保ち、前記一方向への移動中に、第１の反射面（８）が第１の干渉ピークを発生させ、その後同一方向への移動の間に第２の反射面（９）が第２の干渉ピークを発生させる、方法。

【請求項１２】

前記第１の反射面（８）と第２の反射面（９）の間の距離は、眼軸長の計測結果が変動しても、変更する必要がないことを特徴とする請求項１１に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、光学式測定器、特に、白内障手術時に取り付けられる眼内レンズを設計するのに必要なパラメータを検出する眼科器具に関連する技術分野に言及する。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 2 】

特に、本発明は、マイケルソン型干渉計において使用される革新的な反射装置に言及する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 3 】

多かれ少なかれ、眼内レンズを設計するためのパラメータの測定用の複合機械装置は、長く知られている。

【 0 0 0 4 】

このような機械装置によって、眼内レンズを設計するための下記の基本的なパラメータの計算が可能になる：

1) R_f 、 R_s 、 Δk の3つのサイズを計測する角膜測定器。この測定は、パラメータ R_f および R_s (平面体の子午線半径および曲面体の子午線半径)、ならびに、前記2つの半径間の差異を表すパラメータ Δk の検出による、角膜の形状の評価に適する。

2) 前房中央奥行き (ACD) : このパラメータによって、角膜の後面と水晶体の前面との間の眼内距離が測定され、一般的に、約 $2 \div 4$ mm 程度のものである。

3) 軸長 (AL) : 代わって、この第3のパラメータによって、角膜および網膜の外表面間の眼軸長が測定され、これの平均距離は約 25 mm である。

【 0 0 0 5 】

これらパラメータを的確に知ることは、それぞれの患者の屈折の特徴をより良く解明するように眼内レンズを設計するのに役立つ。

【 0 0 0 6 】

既知の機械装置は一般的に、それらの中で様々な部分を統合し、そのうちの各1つが指定されて、上記で挙げたパラメータのうちの1つを評価する。

【 0 0 0 7 】

特に、このような機械装置によって、計測器が配置された支持フレームと、照準システムに対する目の無理のない位置付けを可能にするように、患者に対向して顎をのせるための支持体とが予見される。

【 0 0 0 8 】

軸長の計測に基づく既知の原理のうちの1つは、低コヒーレンス干渉法であり、特に、周知のマイケルソン干渉計が、その構成において光ファイバで使用される。

【 0 0 0 9 】

光ファイバにおけるマイケルソン干渉計は、コヒーレントまたはインコヒーレント電磁放射 (e . m .) が横切る光ファイバの4つの分岐で構成される。4つの分岐は、光ファイバ結合器と呼ばれる中央ノードから離れている。ファイバにおいて結合される光源には、入口分岐が接続される。このような光源は、およそ 820 nm の波長の放射を放つスーパーluminescentダイオード (SLED) である。SLEDによって放たれた放射は結合器へと向けられ、そこで、2つの対向する分岐に分割され、エネルギーの約 10 % が低強度の分岐に入り、エネルギーの 90 % が他の分岐に入る。低強度の分岐からの出口における放射はレンズによって平行にされ、患者の目へと向けられ、他の分岐からの出口における放射は第2のレンズによって平行にされ、干渉計の基準面 (可動) へと向けられる。これは一般的に、ファイバから出る平行ビームの軸に平行なガイドに沿って移動可能な光学ガラス (または別の光学材料) からできた1枚の平反射面で構成された (約 4 % の) 低反射装置である。

【 0 0 1 0 】

患者の目の表面によって反射した放射は、良好に調節した状態で、低強度の分岐の視準レンズを逆に横切って、ファイバに再び入ってくる。基準面によって反射した放射も、第2のレンズを横切って他の分岐に再び入ってくる。結合器を横切って再び入ってくる2つのビームは、次のように再び結合する。すなわち、目から生じるエネルギーの 90 % は、基準面から生じるエネルギーの 10 % と再び結合する。干渉計の4番目の分岐に存在する放射は、その強度を測定するフォトダイオードへと向けられ、当該フォトダイオードは、増幅

10

20

30

40

50

器、アナログ/デジタル変換器 (A D C)、および、電子プロセッサに順に接続される。

【 0 0 1 1 】

目に照準を定めたコリメータは、干渉計の 2 つのアームが光路についてほぼ等しい差異を有し、反射面のアームが数ミリメートル短くなるように、所定の距離で固定される。

【 0 0 1 2 】

目表面および反射面は両方とも、2つのコリメータによって、光ファイバに再び入ってくる放射の一定量を反射し返し、中央ノードによる再結合によって、当該放射はフォトダイオードへと向けられる。計測中、反射面は、コリメータからのその光学距離が目の外表面の光学距離に等しい位置に到達するように移動する。この状態では、干渉計は等しいアームを有し、照らされる任意のタイプの放射 (コヒーレントまたはインコヒーレント) の干渉を引き起こす。この最初の位置では、特に、反射した 2 つの波 (角膜の外表面の波および反射面の波) は、建設的干渉で重なり合って、信号の極大値を生成する。

10

【 0 0 1 3 】

移動を続けると、基準面と、計測対象である眼内表面のうちの 1 つとの間の光学距離が同一である全ての位置において、信号の他の極大値が得られる。基準反射面の移動中に干渉計によって行われた信号の時間的な追跡は、測定する眼内表面の軸位置全てに対応した、一連の極大値を含む。特に、角膜の前面と網膜の表面とに対応した 2 つの強度極大値がある。当該極大値の全ては、振動形状を有する包絡線で囲まれ、S L E D によって放出される光の部分コヒーレンスに起因して、干渉の二次極小値および極大値によって引き起こされる。二次極大値は、この場合、各主極大値に対して約 1 0 0 である。適切な既知の数学的手法によって包絡線を分析することによって、主ピークの位置が得られる。最後に、走査速度、あるいは、時間的な追跡による各地点の位置を知ることによって (例えば、エンコードの信号を使用することによって実行される適切なサンプリングによって知ること)、主ピークの光学距離を、要求された軸長 (A L) の幾何学的距離が得られるところから減じることができる。

20

【 0 0 1 4 】

この技術による計測の問題点は、平均軸長よりも長い目の軸長も測定するために、基準反射面が包含しなければならない距離が比較的長く、4 5 m m 程度であるという事実にある。反射面が前記距離を包含する走査時間中、気付かぬうちに、患者が突然の無制御な動きによって目を回転させる、または、より総称的には動かすことは容易である。計測中のこの目の動きによって、測定される眼内表面間の距離が不正確に位置決めされてしまう。

30

【 0 0 1 5 】

走査速度の増加を予見するという前記技術的問題点に対する簡易な解決策は、超短波信号の検出時に問題があるため実用的ではないことは、強調されるべきである。周波数が増加する信号は、図表において明るい縁と暗い縁とが交互に存在する包絡線の搬送波である。

【 0 0 1 6 】

従って、実際には、走査速度を増加させないように、現在必要とされる適用時間を可能な限り低減する、好ましくは半減するような構成となるようにするデバイス、特に、反射装置の必要性がある。

40

【 0 0 1 7 】

例えば、2 0 0 5 年 6 月 3 0 日に出願された特許文献 1 において解決策が提案されている。この出願明細書は、汎用性があり、かつ、患者の前に置かれる過剰な数のコンポーネントを配置する必要のない眼科測定用機器をどのようにして調達するのかについての技術的問題点に対処している。様々なコンポーネントが距離を置いて置かれるモジュラ装置で、その中でも接続可能かつ取り外し可能であるモジュラ装置によって解決策が得られる。これらコンポーネントのうちの 1 つは、また、1 つがもう 1 つの前に置かれ、毎回互いに異なった距離で調整可能な 2 つの反射面が配置される装置からなる、マイケルソン干渉計を予見する。前記 2 つの反射面上で、干渉計の分岐から生じる光のビームが送られ、一方で、2 つのレンズから第 2 の光のビームが、測定を望む距離の 2 つの光学面に向けられる

50

。2つの反射面は、測定される予定の距離に多かれ少なかれ一致する相互間の距離（距離d2）で毎回調整されなければならない（

【0018】

段落で挙げられた例では、34mmの光学距離が示される）。

【0019】

このように、2つの干渉計が平行であるかのようにするため、背景技術に従って測定される2つの表面を交差するために、一枚が長い経路を成す必要はない。確認予定の距離に一致する板間の距離の初期調整を予見して、振動終了時に計測距離を得るように、反射面の高周波振動を為す方法がある。

【0020】

10

従って、各反射面が、望まれる計測が行われる表面近くで振動するように、約10Hzの周波数で振動する装置が成される。振動中、第1の反射面によって反射した光と、第1の光学面から生じた光との間の光路が同じである時はいつでも、干渉ピークがある。同じことが、第2の反射面から生じた反射光と、第2の光学面との間の光路が同じである時に生じる。よって、ピークの包絡線がもたらされ、これによって、測定が望まれる目の距離を得ることがどうにかして可能になる。

【0021】

この解決策に、いずれにしても、かなりの技術的不便があることは明らかである。

【0022】

それら全ての中で最初に、計測時に確認予定の眼内距離に多かれ少なかれ一致する相対距離で2つの反射面を調整することが必要であることが挙げられる。これは、方法によって、確認予定の距離に基づく反射面間の新しい距離を毎回調整しなければならないという明白な必要性によって、測定が望まれる表面近くの振動が予見されるからである。

20

【0023】

毎回の手動調整は、快適な動作ではなく、計測精度に大いに影響を及ぼすことは明らかである。実際、人の目によって、被験体間で非常に異なっている眼内距離を予見することになる。一種の、距離の「平均値」が存在し得るが、所定の対象において、ある眼内距離が、別の患者の眼内距離と非常に異なっている場合がある（例えば、患者が大人または子供の場合）。これは、測定される予定の距離に基づく2つの反射面間の初期調整が、光学面を決して交差することのない振動を生じさせる危険性を伴う誤った計測が必然的に行われる動作であることを意味する。所定の距離d1の測定が予定され、その後、患者自身の実際の距離が予定された距離と非常に異なっている場合、反射面の標準化された調整（距離d2）は、その患者にとって全く不適切となってしまう場合がある。この場合、反射面の振動は、いずれの光学面も交差することはないため、完全に誤った結果が生じる。

30

【0024】

従って、確認予定の距離に基づく反射面間の距離の手動調整による振動の使用は、計測精度に影響を及ぼす。

【0025】

さらに、特許文献1に記載された方法は、比較的長時間にわたって高周波振動を必要とし、この時間の間、患者は目を動かす場合があり、計測時にさらなる誤差が生じる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0026】

【特許文献1】米国特許出願公開第2005/0140981号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0027】

従って、本発明の目的は、少なくとも部分的に、前記技術的不便の解決を可能にする「マイケルソン」型の新しい干渉計デバイスを提供することである。

50

【 0 0 2 8 】

特に、本発明の目的は、反射装置に必要な運動が、背景技術のものよりかなり低減する（さらには半減される）ことになるが、構造の観点からすれば、とりわけ簡単になり、同時に、実際の限界値を超えて走査速度を増加させる必要性を無くす、新しい干渉計デバイスを提供することである。

【 0 0 2 9 】

従って、本発明の目的は、行われる計測が、高周波振動、および、測定される距離に基づく反射面間の距離の手動調整を必要としないため、非常に正確な結果が生じ、その計測を行うのに必要な時間の低減も達成される、新しい干渉計デバイス、およびそれに関する方法を提供することである。

10

【 0 0 3 0 】

特に、本発明の目的は、計測中に、いずれの光学面も交差しない、または、さらには、測定される予定のものに対して誤った光学面を交差する、という危険性がない、新しい干渉計デバイス、およびそれに関する方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 3 1 】

従って、これらおよび他の目的は、請求項 1 に従って、軸長（ AL ）を測定するための本発明の干渉計デバイスによって達せられる。

【 0 0 3 2 】

本発明の目的である干渉計は、少なくとも部分的に反射し、コリメータ（5）に対して離れたたり近づいたりすることができるよう、運動方向に沿って移動させることができる要素（7）を含む。前記要素（7）によって、少なくとも第1の反射面（8）および少なくとも第2の反射面（9）が予見され、これらは両方とも、少なくとも部分的に反射している。当該2つの表面は、所定の相互間の距離（ d ）で配置される。

20

【 0 0 3 3 】

また、2つの表面（8、9）は、少なくとも、走査段階における装置（7）の移動中、前記相互間の距離（ d ）を一定に保つように、装置（7）において配置される。

【 0 0 3 4 】

本発明によると、移動開始時に、第1の反射面（8）が反射面間のこのような固定された距離（ d ）によって第1の干渉ピークを生成し、後に、前記移動中に、第2の反射面（9）が第2の干渉ピークを生成するような、初期位置からの方向における1回の移動運動において走査を完了するように制御される反射装置（7）の動きを命令する電動式ガイドシステム（500）が予見される。

30

【 0 0 3 5 】

従って、記載された背景技術とは違って、走査を完了するために光学面近くに振動はないが、その代わりに、第1の反射面が干渉を即座に生成する開始地点からの移動の運動が1回行われる。反射面間の距離は固定され、後に、移動中、第2の干渉ピークが生成されるようにする。このような行程は、対象とする2つの光学面を交差するには十分であり、よって、軸長（ AL ）に対して得ることが可能な干渉ピークを生成する。

【 0 0 3 6 】

ある方向での1回の移動行程によるものは、高周波振動ではなく1回の前進運動を意味する。計測を最適化するために、例えば、2回または3回の行程（3回の前進の行程および3回の後退の行程）を行うことができるという事実が存在する。計測は、早くも第1の前進運動時に完了するが、残りの行程において行われる計測を使用して、確認された計算の検証、または、その計算を最適化する包絡線を得ることができる。それにもかかわらず、定期的な高周波振動は行われない。

40

【 0 0 3 7 】

このように、計測は、迅速かつ正確に行われる。いずれの表面も交差しないという危険性はなく、異なる測定値に対して反射面間の距離を修正する必要はない。

【 0 0 3 8 】

50

計測を行うために、全体の要素(7)を移動中に、後方の反射装置(9)は、コリメータからのその距離が、建設的干渉において進み、かつ、角膜に到達する時に、前面(8)によって生成されるピークに対して相互間の距離を測定するピークをもたらし網膜の距離に等しい位置のほぼ間近に到達する。

【0039】

この解決策は、2つの別個の干渉計を同時に使用することが実際に可能となるようにするかのようなものであり、かつ、他方において、走査中に第1の反射面(8)および第2の反射面(9)の光路の差異を再設定することによって生成されるピーク全てに対する包絡線を含む独自の追跡において、「出力」が組み合わせられる。

【0040】

第1の反射面(8)は、角膜を交差するとすぐに、第1のピークを生成し、第2の反射面は、第1の反射面(8)に対して位置付けられる距離(d)によって、即座に網膜を交差し、第2のピークを生成する。要求される軸距離を得るために特定の手法で使用される2つのピークの検出は、記載された背景技術の半分の時間で、前記解決策に従って行われるということは明らかである。

【0041】

従って、このような解決策は、構造的に簡易かつ経済的であり、基準面が包含する走査距離と、同時に全体の走査速度とを、大幅に低減すること、または、さらには半減させることを可能にする。従って、計測を行うために必要な時間は大幅に低減され、計測中の患者の目の予想外の動きの危険性を最小限に抑える。

【0042】

有利には、第1の反射面(8)および第2の反射面(9)を、相互間で平行に、および/または、同軸に置くことができる。

【0043】

有利には、2つの表面(8、9)の相互間の滑動を、それら相互間の距離(d)を調整するように装置(7)で可能にする調整手段と、前記相互間の距離を遮る、あるいは、直接的に固定する固定手段とを、予見することができる。

【0044】

有利には、前記反射装置(7)は、15mm~25mmの光路を有する。

【0045】

有利には、第1の反射面(8)と第2の反射面(9)との間の距離は、12mm~19mmである。

【0046】

有利には、電動システム(500)は、2つの極限位置間の動きを命令する電子プロセッサ(PC)に接続される。

【0047】

有利には、下記をさらに予見する：

- 異なる焦点距離における複数の画像を取得するように、かつ、焦点を合わせた画像を選択するように構成される画像の取得/分析システム(300、400)；および、
- 前記取得された画像に基づいて、取得された画像が合焦点の時に、第1の反射面(8)が検出すべき軸長(AL)の第1の表面(100)と基本的に干渉距離に位置するように、干渉計(1)を移動させることを可能にする移動システム(210)。

【0048】

有利には、前記画像の取得/分析システムおよび干渉計(1)が予見されるフレームが予見され、前記フレームは、異なる焦点距離での画像取得を可能にするように往復可能である。

【0049】

ここでも、マイケルソン干渉計(1)による眼軸長(AL)を測定するための方法を説明する。当該マイケルソン干渉計(1)は、少なくとも光を部分的に反射する装置(7)であって、少なくとも部分的に反射し、相互間が所定の相互間の距離(d)で配置された

10

20

30

40

50

少なくとも第1の反射面(8)と少なくとも第2の反射面(9)とを備えた装置(7)を含む。前記方法は以下の動作を含む：

- 第1の反射面(8)が、目の角膜(100)からコリメータ(4)までの距離(d')よりも短い、コリメータ(5)からの距離(d'')で確認されるように、反射装置(7)の最初の位置付けを行うこと；
- 2つのコリメータ(4、5)において終止する2つの分岐(4'、5')によって光ビームを送ること；
- それぞれ、コリメータ(5)から第1の反射面(8)までの光学距離がコリメータ(4)に対する目の角膜(100)の光学距離に等しい、および、コリメータ(5)から第2の反射面(9)までの光学距離が網膜からコリメータ(4)までの光学距離に等しい2つの干渉位置への到達に対応して、2つの干渉ピーク(30、40)の生成が行われるように、測定方向に沿って、1回の移動運動で動作する反射装置を移動させること；および、
- 少なくとも、走査段階における装置(7)の移動中、前記相互間の距離(d)を一定に保つように、装置(7)において2つの表面(8、9)が配置されることで、第1の反射面(8)が、移動開始時に第1の干渉ピークを生成した後、前記移動中に、第2の反射面(9)が第2の干渉ピークを生成すること。

10

【0050】

有利には、異なる焦点距離での複数の画像の取得動作をあらかじめ行うことで、得られた最適な焦点距離に基づいて干渉計の移動をおこない、取得した画像に焦点が合うと第1の反射面(8)が実質的に、目の角膜(100)に対して即座に干渉を生成する距離となるようにする。

20

【0051】

有利には、第1および第2の反射面(8、9)の間の距離は固定され、眼内距離に対して行われる計測が変化する時にも、修正されない。

【0052】

有利には、第1の反射面(8)と第2の反射面(9)との間の距離は、12mm～19mmである。

【0053】

本発明による、本デバイス、およびそれに関係する方法のさらなる特徴ならびに利点が、添付図面を参照して、以下のいくつかの好ましい実施形態が示されるがこれらに限定されない説明によってより明らかとなるであろう。

30

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】本発明による、マイケルソン干渉計の体系化を示す図である。

【図2】本発明による、マイケルソン干渉計の体系化を示す図である。

【図3】第1のピークの検出段階を体系化する図である。

【図4】第2のピークの検出段階を体系化する図である。

【図5】相対ピーク(二重シート)によって全体のグラフを概略的に示し、単なる例として、当該グラフが、独立的にかつ同時に作動する2つの干渉計間で重なり合っている様子を示す図である。

40

【図6】要求される軸距離を得ることを可能にする計算を写實的に体系化する図である。

【図7】2枚の反射面(8、9)を備えた装置7の動きに対する可能な技術的解決策を示す図である。

【図8】干渉計が配置されたフレームと、焦点が合わせられた目の画像を得るためのそのフレームの移動とを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0055】

図1および図2を参照して、本発明による干渉計1を説明する。

【0056】

背景技術に従った干渉計によって、光ファイバの4つの分岐(2'、3'、4'、5'、

50

）が集束する結合器 6（図 2 によると「ファイバ結合器」）が予見される。第 1 の分岐 2' は光源 2（図 2 における S L E D）に接続され、第 2 の分岐 3' は、代わりに、反射した光ビームを作り出す受光型フォトダイオード 3（図 2 におけるフォトダイオード 3）に接続される。ノード 6 の反対部分において、他の光ファイバの 2 つの分岐（4'、5'）が集束し、その分岐のうちの 1 つ（分岐 4'）は、目 1 0 0 に対向して置かれたコリメータ 4 に接続され、もう 1 つ（分岐 5'）は、反射装置 7 に対向して置かれたコリメータ 5 に接続される。

【 0 0 5 7 】

図 2 では、背景技術の前置きで既に説明したように、コンバータ（A D C）を通してフォトダイオード 3 と連通して置かれる電子プロセッサ（P C）についても説明する。

10

【 0 0 5 8 】

従って、当技術の現状によると、光源 2 が放出したビームの一部は目 1 0 0 に送られ、一部は 2 つの分岐（4'、5'）を通して反射装置 7 に送られ、代わりに、フォトダイオード 3 が分岐 3' を通して反射したビームを受け取り、前記反射した波間の干渉を分析するようにする。

【 0 0 5 9 】

本発明によると、反射装置 7 によって、相互間で少なくとも部分的に反射し、平行で、所定の固定量（ d ）の間隔がつけられた第 1 の反射面 8 および 第 2 の反射面 9 を予見する。それらの反射面は平坦であるのが好ましい。

【 0 0 6 0 】

20

本発明の好ましい構成では、反射装置 7 は円筒体の形状を有する。この円筒体の前面に 第 1 の反射面 8 があり、後面は 第 2 の反射面 9 を構成し、これらは（既述したように平行ではないが）相互間で同軸である。

【 0 0 6 1 】

従って、円筒体 7 は、図 1 および図 2 において概略的に示されるように、常に図 1 および図 2 において示される矢印の 2 つの滑動方向に沿って、かつ、両方向に従って、移動可能である。このように、円筒体の移動は、当該円筒体に属し、かつ当該円筒体に固定される 2 つの反射面（8、9）の一体化した移動を引き起こし、移動中はずっと、それら相互間の距離（ d ）を変化しないように保つ。

【 0 0 6 2 】

30

いずれにしても、図 2 は、P C によって動き、円筒体の動きを制御するガイドエンジン 5 0 0（図 2 のモータドライバ）も示す。

【 0 0 6 3 】

下記の本発明の目的のために、通常の状態において、角膜および網膜の測定された極大値が減少する位置間で分離する極大値を保証するように、円筒体 7 は、好ましくは 1 2 m m ~ 1 9 m m の範囲内の長さを有し、好ましくは、約 1 2 . 5 m m の長さを有することができる。

【 0 0 6 4 】

実際に、ここで述べられた距離は円筒体の幾何学的形状にあり、従って、本発明の好ましい実施形態によって、標準的なガラス（屈折率、 $n = 1 . 5$ の B K 7）の使用が予見されるため、光学距離は、前記因数 n の 1 . 5 を乗じた幾何学的形状にあることに注意されたい。基本的に、幾何学的長さ l と、8 2 0 n m で測定された材料の屈折率との積による光路長が与えられる。前記範囲内の円筒体の幾何学的長さの値によって、1 5 m m ~ 2 1 m m の最適な円筒体の光路長の値を外挿することができる。

40

【 0 0 6 5 】

明らかに、他のサイズの円筒体および他のタイプのガラスを、これらが、本発明の概念から離れないように使用できると思われる。

【 0 0 6 6 】

図 7 は、装置 7 の移動を可能にするために採用した建設的な解決策を構造的に示している。当該解決策は 2 つの車輪 1 2 を示しており、当該 2 つの車輪 1 2 は、それらのヒンジ

50

軸周りを回転可能であり、引張り要素、例えば、ベルト 15 によって接続される。例えば、電気機器の電動システムを、一方のまたは双方の車輪 12 の回転を命令するために使用するため、ベルト 15 が動くとき引張りが引き起こされる。ベルトに差し込まれる把持要素 14、例えば、一对の対向ナット、プライアまたはピボットは、滑動部 13 と一体化しており、滑動部 13 とベルト 15 との間に介在する。ベルトが滑動部を交互に動く間引っ張ることを可能にするように、要素 14 はベルトを把持する。図 7 に示されるように、装置 7 からの交互の動きについての 2 つの方向が強調されている。

【0067】

本発明の可能な別形において、例えば、円筒体の形状または他の形状における装置 7 によって、2 枚の反射面 (8、9) 間の相互間の距離 (d) の調整システムを予見することが可能である。例えば、円筒体 7 内の適切な対になった 2 枚の反射面を組み立てる簡易な滑動システムによって、それら相互間の距離 (d) を調整することが可能となる。そして、閉塞システムによって、前記固定距離 (d) による走査を実行するために選択された位置を固定することが可能とされる。

10

【0068】

この解決策は、構造的により複雑であるが、例えば、子供に関しては、測定する距離が大人と異なる場合があり、装置 7 を、検査中の患者の特定の生物測定学を応用した特性に合うようにすることが可能とされる。

【0069】

記載した実施形態全てにおいて、好ましくは、2 枚の反射面が相互間で同軸であると示されているが、実際には、非同軸となるようにそれらを配置するのに妨げとなるものはない。実際、第 1 の反射面に入射するビームは、強制的に完全に同軸とすることなく、第 2 の反射面を交差するのでも十分である。

20

【0070】

さらなる別形によって、相互間で同軸または平行どちらにもならないように、2 枚の反射面を配置することを予見することができる。この解決策によって、例えば、第 2 の反射面を第 1 の反射面に対して直角に配置することが可能となり、それによって隅が形成される。この場合、第 1 の反射面に対して直角に置かれた第 2 の反射面上で第 1 の反射面を通して入射するビームを、最後の反射面が反射するように、反射装置を配置するので十分となる。

30

【0071】

さらに、いずれにしても、同等の解決策によって、異なる形状の反射装置、例えば、円筒体ではなく平行四辺形体を予見することができる。

【0072】

従って、使用時の機能は下記になる。

【0073】

初めに、図 1 は、第 1 の反射面 8 がコリメータ 4 と目の表面 100 との間の距離 (d') より短い距離 (d'') となるような、コリメータ 5 からの距離に、円筒体 7 が置かれる初期位置を示している。このように、円筒体の適切な幾何学的長さに基づいて、事実上、円筒体 7 が、硝子体液 100 の表面である、目の外表面間にあるようにする。用語「～間」によって、第 1 の反射面が角膜の表面より短い光学距離で置かれ、第 2 の反射面が角膜より長い網膜より短い光学距離にあることが意図される。従って、第 1 の反射面 8 は、正に、当技術の現状において記述したデバイスの初期位置にある目 100 より後退位置において確認されることになる。この点において、第 1 の反射面 8 が、ビーム 20 が反射した光線によって、第 1 の干渉ピーク 30 を生成する第 1 の平衡距離 (同等の光路) に到達するまでの移動を開始する (図 3 を参照)。

40

【0074】

当技術の現状において記述したように、基準反射面の移動中に干渉計によって行われた信号の時間的な追跡は、測定される眼内表面の軸位置全てに対応して、一連の極大値を含む。特に、角膜の前面に対応する第 1 の反射面 8 への到達に正確に対応する第 1 の強度極

50

大値がある。極大値の全ては、振動形状を有する包絡線で囲まれ、S L E Dによって放出される光の部分コヒーレンスに起因して、干渉の二次極小値および極大値によって引き起こされる。従って、包絡線の既知のアルゴリズムによって、極大値の抽出が可能になる。

【0075】

反射面は、1%～約4%で可変する範囲、好ましくは4%で反射する未処理ガラスでできている。このように、反射面は、暗くならず、光が通過し、後反射面9によっても反射する。システムは鏡または高反射率の反射面によっては、作動しない。それは、後反射面にはいずれのビームも照射せず、むしろ、前反射面によって全体的に遮蔽されるためである。

【0076】

移動を続けると、円筒体は網膜の表面に到達する(図4を参照)。特に、第2の反射面9は、網膜と同等の光路に到達すると、ビーム20を反射し、第2の干渉ピーク40を生成する(図4を参照)。各反射面から返されるエネルギーの4%は、測定を行うのには十分すぎるものである。明らかに、第2の反射面9には、(第1の反射面が4%で反射している場合)第1の反射面8に影響を及ぼす放射の96%が照射する。

【0077】

円筒体が所定の幾何学的長さLを有するという事実によって、第2の反射面は背景技術よりもかなり前に網膜を交差することになり(すなわち、光路が同じである平衡状態の距離)、すなわち、2つのピークが相互間でかなり近くなる。

【0078】

その目的のために、図5では、独立的に作動する2つの干渉計による前記システムを取り入れているため、このことを明白にしている。従って、第1の反射面8は、角膜を交差すると、ピーク30を生成することが強調される。ピーク30'は、同反射面が、第2の反射する目表面、例えば、網膜の位置に対応する光学距離に到達すると生成されるものである。この場合、背景技術に従うと、計測に必要な時間Tは長くなる。

【0079】

しかしながら、第2の干渉計は自身の板9を網膜の近くの光路に置く。従って、第2の干渉計は、第1のピーク30が生成されたほぼ直後に、第2のピーク40を生成する。従って、本発明による、二重シートまたは反射面は、相互間が非常に近い2つのピーク30および40を予見し、かつ、それによって背景技術のシステムの半分のT時間で得られる信号を生成する。

【0080】

このように、図6に概略的に示されるように、要求される距離ALは、ここでは、円筒体によって包含される距離Pであって、円筒体7が2つのピーク(30、40)を生成し、当該円筒体の長さLに加算され(これに円筒体のガラスの屈折率が適切に乗算され)、全体を目の屈折率で除算した距離Pを利用する計算によって容易に実行される。

【0081】

従って、背景技術において記載されるように、高周波振動を成すこと、または、毎回、2枚の反射面間の距離を予定される距離に調整することは必要とされない。初期位置を発端として、ある方向への1回の行程は、所望の測定を行うことを可能にする追跡を行うのに十分である。

【0082】

そして、最終的に、実証の追跡を行うのに役に立つが必ずしも行う必要もない、2回目またはそれ以上の行程(例えば、3回)によって、最終的に1回目の動きを繰り返すことができる。それにもかかわらず、正確で時間的な流れで前進かつ後退させる、1分ごとの数えきれないほどの行程が行われる高周波振動ではないことは明らかである。

【0083】

図1のように、PCは、ガイドエンジン500によって円筒体の動きを制御する。特に、PCは、動きの初期位置および最終位置を記憶し、光学的計測が命令される度に、これら2つの端点の間の移動を常に命令する。

10

20

30

40

50

【0084】

図8において概略的に示される本発明の重要な態様は、目500に対するマイケルソン干渉計の最初の位置付けに関する。その目的に対して、(図において体系化された)干渉計1は、手動または自動移動システム210(矢印の両方向)を予見するフレーム200上で組み立てられる。フレーム200上に、干渉計1全体および画像取得装置(300、400)を置く。画像取得用の眼科機器装置が、光学面の形状を復元するために使用されるため、長く知られている。この場合、画像取得は、革新的な方法で利用される。

【0085】

様々な方法で画像取得を行うことができる。例えば、ブラシド円盤300上に直接発光LEDを配置することによる場合がある。これによって、LEDは、目の角膜上に光を投影する。

10

【0086】

あるいは、発光「パターン」を使用して、ブラシド円盤の様々な箇所にLEDを適切に位置付け、当該LEDはまた、画像の取得が望まれる表面上に発光「パターン」を投影する。

【0087】

ビデオカメラ400は、適切なソフトウェアによって分析される画像を取得する。

【0088】

移動システム210は電動式であり、取得する表面500に対して干渉計1が配置されるフレーム200全体の前進および後退を引き起こすように、手動でまたは自動的に制御されるため、異なる焦点距離(Fd)で様々な画像を取得する(例えば、毎秒25フレーム)。このような画像は、最適な焦点距離(Fdc)を確認するための既知のソフトウェア技術によって分析される。最適な焦点距離は、ビデオカメラが完全に焦点を合わせて撮像する距離を意図する。画像の焦点に関する質を評価するための分析アルゴリズムは既に知られているため、ここではさらに詳細には説明しない。

20

【0089】

従って、最適な焦点位置に到達したことをソフトウェアが示す位置まで、使用者は、フレーム200を、ある方向に、またはそれとは反対方向に手動で移動させることができ、あるいは、これを自動的に行うことができる。

【0090】

30

従って、本発明によると、干渉計1はフレーム上に配置されるため、焦点が合わせられた画像の検索中、フレーム200と一体化して移動する。特に、画像に焦点が合わせられると、分岐4'に沿って角膜100によって反射した光の光路が、分岐5'において第1の反射面8から反射した光の光路と等しい距離(等しい光学距離d'およびd'')となるように、干渉計を置く。基本的に、画像に焦点が合わせられると、角膜から干渉計までの距離は、実質的に、即座に第1の干渉ピークを生成するような距離である。

【0091】

ここでは、フレーム200によって、患者の顎用の支持台が予見され、それによって、ビデオカメラから、および干渉計から目までの距離を上記のように容易に調整することができることに注意されたい。

40

【0092】

焦点が合わせられた画像の取得を利用する、干渉計の初期位置のこの調整は、距離計測のプロセスの速度が増す、とりわけ、当該プロセスを正確に行えると利点を有する。

【0093】

まず第一に、検出される第1のピークは確実に角膜100の第1のピークであるため、背景技術に対するいずれの不明確さも解消される。他のピーク全ては、測定が望まれる距離に対して眼内表面にある。このように、1回の行程によって、多くの異なる表面の距離も測定することができ、もはや毎回、測定される予定の距離で2枚の反射面を調整する必要はないため、移動行程は非常に効率的になる。行われる計測よりも小さい値の、1回の

50

先に選択された距離で2枚の反射面を調整または選択するので十分であり、同反射面を、1回の行程によって、開始地点から使用して、1回の行程によって対象となる表面全てを走査することができる。

【0094】

基本的に、第1の干渉ピークが迅速に確認される既知の初期状態において干渉計は位置付けられ、その後、全行程を利用して他の目表面を確認することができるため、眼内の軸方向計測範囲が広がる。

【0095】

本明細書の記載において、発光ビームという用語は、全体として一般的な意味を示し、述べたように、一般的に、赤外線分野にあるビームに限定されない。

10

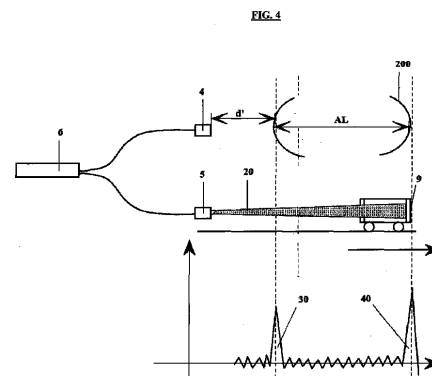
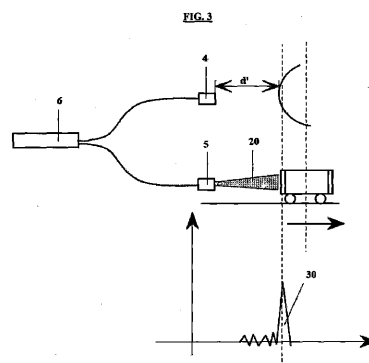
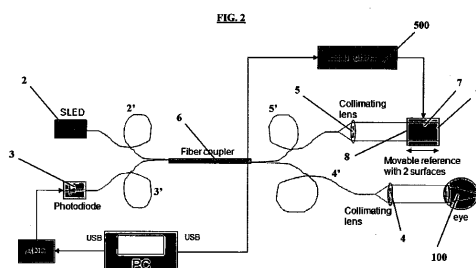
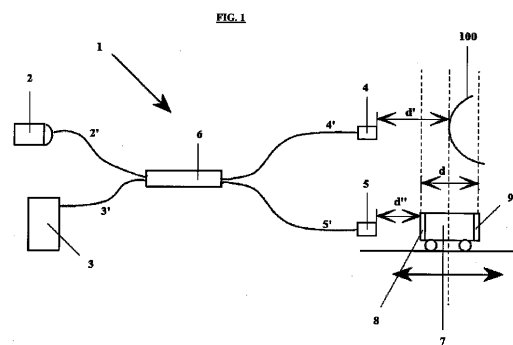
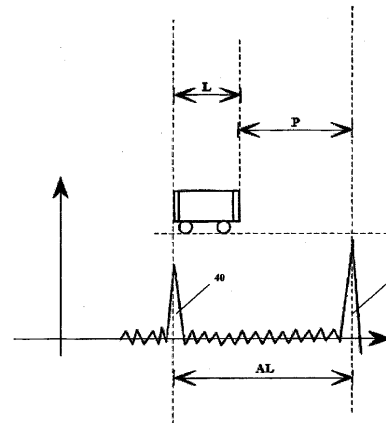
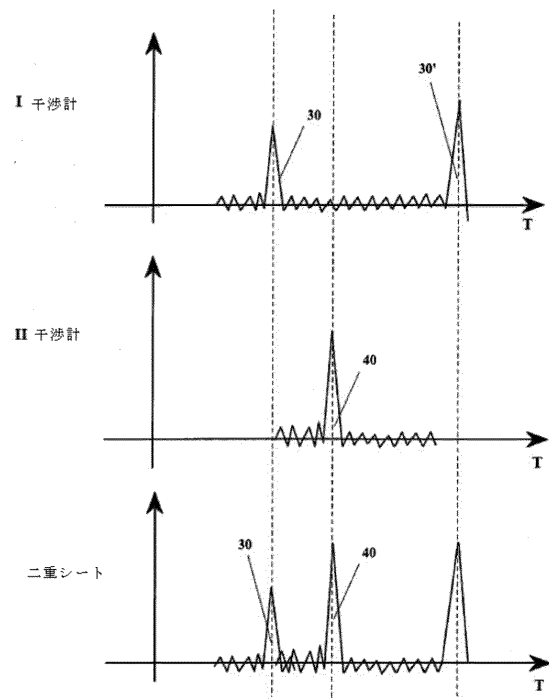


FIG. 6

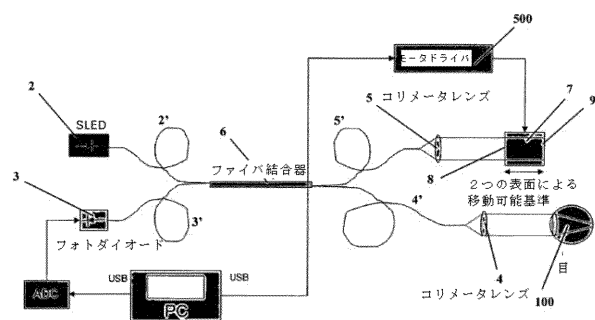


A technical drawing of a mechanical assembly, likely a part of a machine tool. The drawing shows a side view of the assembly with various components labeled with numbers 5 through 15. Component 5 is a small, pointed tool or probe. Component 14 is a cylindrical part with a flange. Component 7 is a rectangular block. Component 13 is a rectangular block with a circular feature. Component 12 is a circular component with a central hole. Component 15 is a rectangular block. Component 11 is a circular component with a central hole. Component 10 is a rectangular block. Component 9 is a rectangular block. Component 8 is a rectangular block. Component 6 is a rectangular block. Component 4 is a rectangular block. Component 3 is a rectangular block. Component 2 is a rectangular block. Component 1 is a rectangular block. The text 'Reading head' is written on component 13.

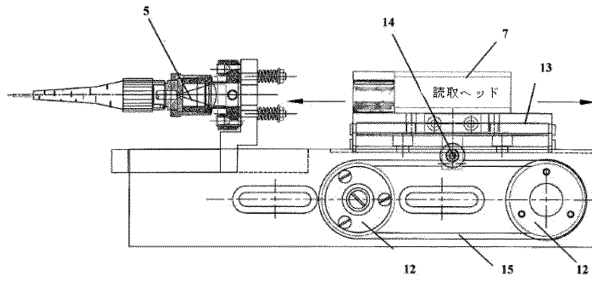
【 図 2 】



【 図 1 】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 ペツザティ, ルカ

イタリア国 アイ - 5 0 1 3 4 フィレンツェ (エフアイ), ヴィア エー . ヴァッヌッチ エヌ
. 1 8

審査官 山口 裕之

(56)参考文献 特開平 0 2 - 2 9 5 5 3 6 (J P , A)

特表 2 0 0 5 - 5 2 7 2 8 0 (J P , A)

特開 2 0 0 6 - 1 9 4 6 7 9 (J P , A)

特開平 0 2 - 2 9 5 5 3 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A 6 1 B 3 / 1 0