

(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2013-142700

(P2013-142700A)

(43) 公開日 平成25年7月22日 (2013.7.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 1 N 21/17 (2006.01)	G O 1 N 21/17 6 3 0	2 G O 5 9
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 0 0 T	4 C 1 6 1

審査請求 未請求 請求項の数 22 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2013-1820 (P2013-1820) (22) 出願日 平成25年1月9日 (2013.1.9) (31) 優先権主張番号 10-2012-0002469 (32) 優先日 平成24年1月9日 (2012.1.9) (33) 優先権主張国 韓国 (KR) (31) 優先権主張番号 10-2012-0082564 (32) 優先日 平成24年7月27日 (2012.7.27) (33) 優先権主張国 韓国 (KR)	(71) 出願人 390019839 三星電子株式会社 Samsung Electronics Co., Ltd. 大韓民国京畿道水原市靈通区三星路129 129, Samsung-ro, Yeon gtong-gu, Suwon-si, G yeonggi-do, Republic of Korea (71) 出願人 505393131 高麗大学校産学協力団 大韓民国 ソウル 城北區 安岩洞 5街 1-2 (74) 代理人 110000051 特許業務法人共生国際特許事務所 最終頁に続く
---	--

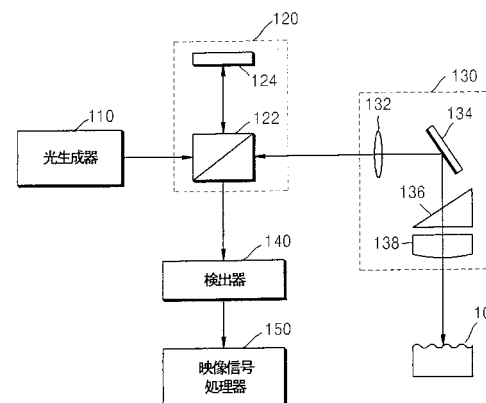
(54) 【発明の名称】 光プローブ及びこれを備える光干渉断層撮影装置

(57) 【要約】

【課題】 光路長の調節が可能な光プローブ及びこれを備える光干渉断層撮影装置を提供する。

【解決手段】 本発明の光プローブは、外部から伝達された光の進行経路を調節する光経路調節部と、光経路調節部で光の進行経路が調節されるにつれて光路長に差を発生させる光路長調節部材と、光路長調節部材を通過した光を出力する光出力部と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象体に光を照射するための光プローブであって、
外部から伝達された光の進行経路を調節する光経路調節部と、
前記光経路調節部で光の進行経路が調節されるにつれて光路長に差を発生させる光路長調節部材と、
前記光路長調節部材を通過した光を出力する光出力部と、を備える光プローブ。

【請求項 2】

前記光経路調節部は、前記光出力部から出力された光が前記対象体に照射される地点が既定の方向に既定の長さほど繰り返して移動するように光の進行経路を調節し、
前記光路長調節部材は、前記光が対象体に照射される地点が移動する度に前記光の光路長を一定に増大させることを特徴とする請求項 1 に記載の光プローブ。

10

【請求項 3】

前記光路長調節部材は、前記光経路調節部で進行経路が調節された光を通過させ、光が通過する地点によって光路長に差を発生させることを特徴とする請求項 1 に記載の光プローブ。

【請求項 4】

前記光路長調節部材は、同じ屈折率を持つ材質で形成されて厚さが一定でないことを特徴とする請求項 3 に記載の光プローブ。

【請求項 5】

前記光路長調節部材は、前記光の進行方向と平行に切断された断面がウェッジ形状であることを特徴とする請求項 4 に記載の光プローブ。

20

【請求項 6】

前記光路長調節部材は、いずれか一面又は両面の断面がメニスカス形状であることを特徴とする請求項 4 に記載の光プローブ。

【請求項 7】

前記光路長調節部材は、それぞれ異なる屈折率を持つ 2 つ以上の材質で形成されることを特徴とする請求項 3 に記載の光プローブ。

【請求項 8】

前記光路長調節部材は、表面に突起が形成されることを特徴とする請求項 3 に記載の光プローブ。

30

【請求項 9】

前記光路長調節部材は、前記光経路調節部で進行経路が調節された光の一部を遮断して光の直径を低減させることで、遮断前に比べて相対的に光路長調節効果を向上させることを特徴とする請求項 1 に記載の光プローブ。

【請求項 10】

前記光路長調節部材は、前記光経路調節部で調節された光の進行経路によって光の直径を変更させることを特徴とする請求項 9 に記載の光プローブ。

【請求項 11】

前記光経路調節部は、固定された軸を中心として一定半径ほど回転するミラーであることを特徴とする請求項 1 に記載の光プローブ。

40

【請求項 12】

対象体に光を照射して断層撮影を行う光干渉断層撮影装置であって、
光を生成する光生成器と、
前記生成された光を測定光線と参照光線とに分離して前記測定光線を光プローブに伝達し、前記測定光線が対象体で反射して戻ってきた応答光線を前記光プローブから受信する光結合器と、
前記応答光線及び前記参照光線によって発生する干渉信号を検出する検出器と、
前記検出された干渉信号を用いて前記対象体の断層撮影映像を生成する映像信号処理器と、を備え、

50

前記光プローブは、
前記光結合器から伝達された光の進行経路を調節する光経路調節部と、
前記光経路調節部で光の進行経路が調節されるにつれて光路長に差を発生させる光路長調節部材と、
前記光路長調節部材を通過した光を出力する光出力部と、を備える光干渉断層撮影装置。

【請求項 13】

前記光経路調節部は、前記光出力部から出力された光が前記対象体に照射される地点が既定の方向に既定の長さほど繰り返して移動するように光の進行経路を調節し、

前記光路長調節部材は、前記光が対象体に照射される地点が移動する度に前記光の光路長を一定に増大させることを特徴とする請求項 12 に記載の光干渉断層撮影装置。

10

【請求項 14】

前記光路長調節部材は、前記光経路調節部で進行経路が調節された光を通過させ、光が通過する地点によって光路長に差を発生させることを特徴とする請求項 12 に記載の光干渉断層撮影装置。

【請求項 15】

前記光路長調節部材は、同じ屈折率を持つ材質で形成されて厚さが一定でないことを特徴とする請求項 14 に記載の光干渉断層撮影装置。

【請求項 16】

前記光路長調節部材は、前記光の進行方向と平行に切断された断面がウェッジ形状であることを特徴とする請求項 15 に記載の光干渉断層撮影装置。

20

【請求項 17】

前記光路長調節部材は、いずれか一面又は両面の断面がメニスカス形状であることを特徴とする請求項 15 に記載の光干渉断層撮影装置。

【請求項 18】

前記光路長調節部材は、それぞれ異なる屈折率を持つ 2 つ以上の材質で形成されることを特徴とする請求項 14 に記載の光干渉断層撮影装置。

【請求項 19】

前記光路長調節部材は、表面に突起が形成されることを特徴とする請求項 14 に記載の光干渉断層撮影装置。

30

【請求項 20】

前記光路長調節部材は、前記光経路調節部で進行経路が調節された光の一部を遮断して光の直径を低減させることで、遮断前に比べて相対的に光路長調節効果を向上させることを特徴とする請求項 12 に記載の光干渉断層撮影装置。

【請求項 21】

前記光路長調節部材は、前記光経路調節部で調節された光の進行経路によって光の直径を変更させることを特徴とする請求項 20 に記載の光干渉断層撮影装置。

【請求項 22】

前記光経路調節部は、固定された軸を中心として一定半径ほど回転するミラーであることを特徴とする請求項 12 に記載の光干渉断層撮影装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光干渉断層撮影装置に係り、より詳細には、光路長調節が可能な光プローブ及びこれを備える光干渉断層撮影装置に関する。

【背景技術】

【0002】

最近、人体組織又は多様な材料などの対象体の内部構造を観察できる方法及び装置が多様な分野で広く使われている。X線装置、CT (Computerized Tomography) スキャナ、MRI (Magnetic Resonance Image

50

）装置及び超音波装置などの多様な内部透過映像及び断層映像撮影装置がその例である。これらの装置は、人体及び生命体の内部構造を直接切開せずに各種病気の原因と位置及び進行過程を把握することで、医療分野において重要な位置を占めている。従って、これらの診断装置において、生命体に対する低有害性、高分解能映像獲得、合理的なコスト及び移動及び使用の便宜性などは、重要な要素として認識されている。

【0003】

特に、光干渉断層撮映装置は、対象体に照射されて反射する光と、基準になる光との干渉現象を用いて対象体の内部構造を撮影できる装置であり、その解像度の映像を得ることができ、且つ人体に無害であるという長所があって医療分野で広く使われている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、上記従来技術に鑑みてなされたものであって、本発明の目的は、フルレンジ（full range）の光干渉断層撮影装置に必要な光路長の調節が可能な光プローブ、及びこれを備える光干渉断層撮影装置を提供することにある。特に、製品の小型化が可能な光プローブを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記目的を達成するためになされた本発明の一態様による光プローブは、外部から伝達された光の進行経路を調節する光経路調節部と、前記光経路調節部で光の進行経路が調節されるにつれて光路長に差を発生させる光路長調節部材と、前記光路長調節部材を通過した光を出力する光出力部と、を備える。

【0006】

前記光経路調節部は、前記光出力部から出力された光が前記対象体に照射される地点が既定の方向に既定の長さほど繰り返して移動するように光の進行経路を調節し、前記光路長調節部材は、前記光が対象体に照射される地点が移動する度に前記光の光路長を一定に増大させ得る。

前記光路長調節部材は、前記光経路調節部で進行経路が調節された光を通過させ、光が通過する地点によって光路長に差を発生させ得る。

前記光路長調節部材は、同じ屈折率を持つ材質で形成されて厚さが一定でなくあり得る。

前記光路長調節部材は、前記光の進行方向と平行に切断された断面がウェッジ形状であり得る。

又は、前記光路長調節部材は、いずれか一面又は両面の断面がメニスカス形状であり得る。

前記光路長調節部材は、それぞれ異なる屈折率を持つ2つ以上の材質で形成され得る。

又は、前記光路長調節部材は、表面に突起が形成され得る。

前記光路長調節部材は、前記光経路調節部で進行経路が調節された光の一部を遮断して光の直径を低減させることで、遮断前に比べて相対的に光路長調節効果を向上させ得る。

前記光路長調節部材は、前記光経路調節部で調節された光の進行経路によって光の直径を変更させ得る。

前記光経路調節部は、固定された軸を中心として一定半径ほど回転するミラーであり得る。

【0007】

上記目的を達成するためになされた本発明の一態様による光干渉断層撮影装置は、光を生成する光生成器と、前記生成された光を測定光線と参照光線とに分離して前記測定光線を光プローブに伝達し、前記測定光線が対象体で反射して戻ってきた応答光線を前記光プローブから受信する光結合器と、前記応答光線及び前記参照光線によって発生する干渉信号を検出する検出器と、前記検出された干渉信号を用いて前記対象体の断層撮影映像を生成する映像信号処理器と、を備え、前記光プローブは、前記光結合器から伝達された光の

10

20

30

40

50

進行経路を調節する光経路調節部と、前記光経路調節部で光の進行経路が調節されるにつれて光路長に差を発生させる光路長調節部材と、前記光路長調節部材を通過した光を出力する光出力部と、を備える。

【0008】

前記光経路調節部は、前記光出力部から出力された光が前記対象体に照射される地点が既定の方向に既定の長さほど繰り返して移動するように光の進行経路を調節し、前記光路長調節部材は、前記光が対象体に照射される地点が移動する度に前記光の光路長を一定に増大させ得る。

前記光路長調節部材は、前記光経路調節部で進行経路が調節された光を通過させ、光が通過する地点によって光路長に差を発生させ得る。

前記光路長調節部材は、同じ屈折率を持つ材質で形成されて厚さが一定でなくあり得る。

前記光路長調節部材は、前記光の進行方向と平行に切断された断面がウェッジ形状であり得る。

又は前記光路長調節部材は、いずれか一面又は両面の断面がメニスカス形状であり得る。

前記光路長調節部材は、それぞれ異なる屈折率を持つ2つ以上の材質で形成され得る。

又は、前記光路長調節部材は、表面に突起が形成され得る。

前記光路長調節部材は、前記光経路調節部で進行経路が調節された光の一部を遮断して光の直径を低減させることで、遮断前に比べて相対的に光路長調節効果を向上させ得る。

前記光路長調節部材は、前記光経路調節部で調節された光の進行経路によって光の直径を変更させ得る。

前記光経路調節部は、固定された軸を中心として一定半径ほど回転するミラーであり得る。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、光プローブ内部のガルバノ・スキャナをピボット・オフさせずに光路長調節部材を用いて、出力される光の光路長を調節することで製品の小型化が可能な長所がある。

また、 piezoアクチュエータを使う光プローブに光路長調節部材を備えさせることで、フルレンジ具現のためのモジュレーションを行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の一実施形態による光干渉断層撮影装置の構成を示す図面である。

【図2】本発明の一実施形態による光プローブの内部で測定光が進行する経路を示す図面である。

【図3】(A)～(C)は本発明の多様な実施形態による光路長調節部材を備える光プローブの内部構成を示す図面である。

【図4】(A)～(C)は本発明の多様な実施形態による光路長調節部材の断面を示す図面である。

【図5】(A)～(E)は本発明の多様な実施形態による光路長調節部材の断面の形状を示す図面である。

【図6】本発明の他の実施形態による piezoアクチュエータを使用した光プローブの内部構成を示す図面である。

【図7】(A)、(B)は本発明の更に他の実施形態による光プローブの内部で測定光及び応答光が進行する経路を示す図面である。

【図8】(A)、(B)は本発明の更に他の実施形態による光プローブの内部で測定光及び応答光が進行する経路を示す図面である。

【図9】本発明の更に他の実施形態による光プローブの内部で測定光が進行する経路を示す図面である。

10

20

30

40

50

【図10】(A)、(B)は本発明の更に他の実施形態による光プローブの内部構成を示す図面である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明を実施するための形態の具体例を、図面を参照しながら詳細に説明する。本実施形態の特徴をより明らかに説明するために、当業者に広く知られている事項については、詳細な説明を省略する。

【0012】

図1は、本発明の一実施形態による光干渉断層撮影装置の構成を示す図面である。図1を参照すると、本実施形態による光干渉断層撮影装置は、光生成器110、光結合器120、光プローブ130、検出器140、及び映像信号処理器150を備える。図1を参照して、本実施形態による光干渉断層撮影装置の動作特性を説明すると、次の通りである。

【0013】

光生成器110は、光を生成して光結合器120に伝達する。光結合器120は、ビームスプリッター122及び基準ミラー124を備える。光生成器110から伝達された光は、ビームスプリッター122で測定光と参照光とに分離される。ビームスプリッター122で分離された光のうち、測定光は、光プローブ130に伝達され、参照光は、基準ミラー124に伝達されて反射した後、再びビームスプリッター122に戻る。一方、光プローブ130に伝達された測定光は、光プローブ130を通じて内部の断層映像を撮影しようとする対象体10に照射され、照射された測定光が対象体10で反射した応答光は、光プローブ130を通じて光結合器120のビームスプリッター122に伝達される。伝達された応答光及び基準ミラー124で反射した参照光は、ビームスプリッター122で干渉を引き起こし、検出器140は干渉信号を検出する。そして、検出器140が検出した干渉信号を映像信号処理器150に伝達すると、映像信号処理器150は、これを対象体10の断層映像を示す映像信号に変換する。

【0014】

一方、本実施形態は、フルレンジの光干渉断層撮影装置であるとの前提に基づき、以下では、フルレンジの光干渉断層撮影装置についての説明、及びこれを具現するための光プローブ130の内部構成及び動作特性を説明する。

【0015】

フルレンジの光干渉断層撮影装置は、測定光が対象体10に照射される地点が横方向に移動するにつれて測定光の光路長を変化させる。より詳細には、測定光が対象体10に照射される地点を、横方向に同じ長さほど連続して移動させながらスキャンを行い、測定光が対象体10に照射される地点が、横方向に移動する度に測定光の光路長が同じ長さほど増大する方式で、モジュレーションを行う。ここで、測定光が対象体10に照射される方向、即ち対象体10の深さ方向を縦方向といい、これに垂直な方向が横方向になる。また、光路長とは、屈折率 n の媒質中を光が距離 l ほど通過する時、 n と l との積を光路長という。即ち、媒質を通過する間にかかった時間と同じ時間内に光が真空中を通過する距離と同一である。このように測定光の光路長を変化させながら測定光が対象体10に照射される地点を横方向に移動させる役割を、光プローブ130が行う。

【0016】

図1を参照すると、光プローブ130は、コリメーターレンズ132、ガルバノ・スキャナ134、光路長調節部材136、及びレンズ138を備える。ここで、ガルバノ・スキャナ134は、一定の軸を中心として一定半径回転が可能なミラーであり、MEMS (Micro Electro Mechanical System) から回転に必要な駆動力を得るMEMSスキャナとして具現される。また、光路長調節部材136は、一定の屈折率を持つ1つの材質又はそれぞれ異なる屈折率を持つ2つ以上の材質を用いて多様な形状で製作された部材であって、光が光路長調節部材136を通過する地点によって光路長を変化させる。

【0017】

光結合器 120 から伝達された測定光は、光プローブ 130 のコリメーターレンズ 132 を通過して視準され、ガルバノ・スキャナ 134 で反射することで進行方向が調節されて、光路長調節部材 136 及びレンズ 138 を順次に通過した後で対象体 10 に照射される。ガルバノ・スキャナ 134 が一定の軸を中心として回転することで、測定光が対象体 10 に照射される地点が横方向に移動し、この時、ガルバノ・スキャナ 134 が回転することで、測定光が光路長調節部材 136 を通過する地点も移動するので、測定光の光路長が変化する。

【0018】

一方、図面には示していないが、光プローブ 130 は、コリメーターレンズ 132、ガルバノ・スキャナ 134、光路長調節部材 136、及びレンズ 138 を内部に備えるハウジング（図示せず）を備える。そして、光路長調節部材 136 及びレンズ 138 を通過した測定光は、ハウジング（図示せず）の開口部から出力されて対象体 10 に照射される。従って、測定光が出力されるハウジング（図示せず）の開口部を光出力部という。

【0019】

このような光路長を変化させながら対象体 10 に測定光を横方向にスキャンする詳細な内容を、図 2 を参照して説明する。図 2 は、本発明の一実施形態による光プローブ 130 の内部で測定光が進行する経路を示す図面である。図 2 を参照すると、ガルバノ・スキャナ 134 が回転することで、測定光の進行方向を横方向に一定長さほど移動させることが分かる。ガルバノ・スキャナ 134 は、測定光の進行方向が第 1 方向から第 N 方向まで調節されるように回転し、第 1 方向の測定光は、図 2 の d_{11} 及び d_{12} に対応する光路長を進行し、第 2 方向の測定光は、図 2 の d_{21} 及び d_{22} に対応する光路長を進行し、第 N 方向の測定光は、図 2 の d_{N1} 及び d_{N2} に対応する光路長を進行する。即ち、測定光が第 i 方向（ $i = 1, 2, \dots, N$ ）に調節された時、ガルバノ・スキャナ 134 で反射して光路長調節部材 136 を通過するまで進行する光路長を d_i とすると、次のような数式が成立する。

【0020】

【数 1】

$$d_i = d_{i1} + n \times d_{i2}$$

【0021】

ここで、 n は、光路長調節部材 136 を形成する材質の屈折率である。

【0022】

また、進行方向が隣接している 2 つの測定光、即ち第 $i + 1$ 方向の測定光と第 i 方向の測定光との間の光路長の差は、次のような数式で示される。

【0023】

【数 2】

$$\Delta x = d_{i+1} - d_i$$

【0024】

従って、光路長調節部材 136 の傾いた上面が下面となす角度、部材を形成する材質の屈折率、ガルバノ・スキャナ 134 の回転の中心になる軸の位置、又は部材の曲率を調節することで、

$$\Delta x$$

を調節してモジュレーションを変更することができる。

【0025】

$$\Delta x$$

を用いてモジュレーションを行う具体的な方法は、下記の数式を用いて詳細に説明する。

【0026】

上記数式2の

10

$$\Delta x$$

を

$$\frac{1}{f_B}$$

とすると、図1の光干渉断層撮影装置の検出器140で受信する干渉信号のパワーは、次のような数式で示される。

20

【0027】

【数3】

$$I_D(k_i, x) = S(k_i) \sum_{n=1}^N \rho_n(x) \cos(2k_i \Delta z + f_B x) + DC$$

【0028】

上記数式3で

30

$$x$$

は、測定光の進行方向が移動する横方向をx軸とする時、測定光が対象体10に照射される地点の座標を示し、

$$k_i$$

は、第i方向に調節された測定光の波数を示す。また、

40

$$I_D$$

は、検出器140で受信する干渉信号のパワーであり、

$$S(k_i)$$

は、光源の波長別振幅を示し、

$$\rho_n(x)$$

50

は、横方向振幅を示す。そして

$$\Delta z$$

は、ビームスプリッター 122 から対象体 10 まで光が移動する距離から、ビームスプリッター 122 から基準ミラー 124 まで光が移動する距離を差し引いた差を意味する。

【0029】

一方、上記数式 3 は、オイラーの公式を用いて複素数指数を含む項で展開して整理すると、次の数式になる。

【0030】

【数 4】

$$A(k_i, x)e^{2jfx} + A^*(k_i, x)e^{-2jfx} + DC$$

【0031】

このようにモジュレーションを行うためには、上述したように、測定光の進行方向が変更される度に、増大する光路長が一定でなければならない。即ち、次のような数式が成立するように、光路長調節部材 136 の傾いた上面が下面となす角度、部材を形成する材質の屈折率、ガルバノ・スキャナ 134 の回動の中心になる軸の位置、又は部材の曲率などを調節することで、所望のモジュレーションを行う。

【0032】

【数 5】

$$d_{(i+2)} - d_{(i+1)} = d_{(i+1)} - d_i$$

【0033】

従来は、フルレンジの光干渉断層撮影装置の具現に際して、進行方向が隣接している 2 つの測定光間の光路長の差

$$\Delta x$$

を一定にするために、本実施形態の光路長調節部材 136 のような構成を含まず、ガルバノ・スキャナ 134 の回転軸を移動させる、即ちガルバノ・スキャナ 134 をピボット・オフさせる方法を使っていた。従って、ガルバノ・スキャナ 134 をピボット・オフさせる空間を確保しなければならないため、製品の小型化に限界があるという問題点があった。具体的に、全体幅の長さが 3 mm であり、ミラーの直径が 1.5 mm である MEMS スキャナをガルバノ・スキャナとして使う場合、ピボット・オフのためには、500 μm ~ 700 μm の追加空間が必要になるため、直径 2.8 mm ~ 3.0 mm が標準として定められた内視鏡のワーキングチャンネルに光プローブが挿入され得ないという問題点があり、今後の技術の適用範囲の拡大及び応用において問題点を持っていた。しかし、本実施形態による場合、ガルバノ・スキャナ 134 をピボット・オフさせずに光路長調節部材 136 を備える方式でモジュレーションを行うことで、光プローブのサイズを増大させずにフルレンジを具現できるという長所がある。

【0034】

以下、上述した役割を行うための光路長調節部材 136 及びこれを備える光プローブの多様な実施形態を、図面を参照して説明する。

【0035】

10

20

30

40

50

図3(A)～(C)は、本発明の多様な実施形態による光路長調節部材136を備える光プローブの内部構成を示す図面である。より具体的には、図3(A)～(C)は、光路長調節部材136が備えられる位置、方向などをそれぞれ変更した実施形態を図示する。図3(A)を参照すると、図1及び図2に示した実施形態とは異なって光路長調節部材136がレンズ138の下側に配置されることが分かり、図3(B)を参照すると、光路長調節部材136が配置される位置は、図1及び図2に示した実施形態と同一であるが、光路長調節部材136の左右が逆になっているということが分かる。また、図3(C)を参照すると、光路長調節部材136が配置される位置は、図1及び図2に示した実施形態と同一であるが、光路長調節部材136の上下が逆になっているということが分かる。このように光路長調節部材136が、光プローブ内に配置される位置及び方向を必要に応じて多様に変更でき、この時、光路長調節部材136の傾いた上面が下面となす角度、部材を形成する材質の屈折率、ガルバノ・スキャナ134の回動の中心になる軸の位置、又は部材の曲率などを調節することで、所望のモジュレーションを行う。

【0036】

図4(A)～(C)は、本発明の多様な実施形態による光路長調節部材136の断面を示す図面である。より具体的に、図4(A)～(C)は、互いに異なる屈折率を持つ2つの材質を用いて形成された光路長調節部材136の実施形態を図示する。図4(A)～(C)で136aと136bとは、互いに異なる屈折率を持つ互いに異なる材質を意味する。図4(A)を参照すると、136aの材質と136bの材質とがなす境界線が、光路長調節部材136の上面から凹んでいる曲線状になっており、図4(B)及び(C)を参照すると、136aの材質と136bの材質とがなす境界線が、光路長調節部材136の上面及び下面にそれぞれ平行に形成される。このように光路長調節部材136を形成する材質を、必要に応じて多様に変更でき、この時、光路長調節部材136の傾いた上面が下面となす角度、部材を形成する材質の屈折率、ガルバノ・スキャナ134の回動の中心になる軸の位置、又は部材の曲率などを調節することで、所望のモジュレーションを行う。また、図4(A)～(C)では、屈折率の互いに異なる2つの材質を使って光路長調節部材136を形成する実施形態を図示したが、3つ以上の材質を使って光路長調節部材136を形成してもよい。

【0037】

図5(A)～(E)は、本発明の多様な実施形態による光路長調節部材136の断面の形状を示す図面である。これまでは、図1～図4(C)で、光路長調節部材136の断面形状がウェッジ(wedge)形状である実施形態について説明した。しかし、図5(A)～(E)に示したように、光路長調節部材136の断面をウェッジ形状ではない多様な形態に変更できる。図5(A)を参照すると、光路長調節部材136の上面及び下面の断面がメニスカス(meniscus)形状であり、図5(B)を参照すると、光路長調節部材136の上面に突起136cが形成されたことが分かる。図5(C)を参照すると、光路長調節部材136の断面は長方形であり、互いに異なる屈折率を持つ互いに異なる2つの材質を用いて2層136a及び136bが形成されたことが分かる。図5(D)は、光路長調節部材136の断面が長方形であり、屈折率が徐々に変化する実施形態を示したものである。図5(D)で、光路長調節部材136に表現された明暗は屈折率に対応し、図5(D)を参照すると、明暗の変化が漸進的に起き、屈折率が漸進的に変化することが分かる。最後に、図5(E)は、光路長調節部材136の断面が階段状である実施形態を示したものである。ここで、図面に示していないが、図5(A)とは異なり、光路長調節部材136のいずれか一面のみをメニスカス形状にしてもよい。このように光路長調節部材136の断面形状を多様に変更することで、光路長調節部材136を備える光プローブを用いて、モジュレーション実行時に発生する非線形的な特性を補正でき、光路長調節部材136の傾いた上面が下面となす角度、部材を形成する材質の屈折率、ガルバノ・スキャナ134の回動の中心になる軸の位置、又は部材の曲率などを調節することで、所望のモジュレーションを行う。

【0038】

図6は、本発明の他の実施形態による piezoアクチュエータを使用した光プローブの内部構成を示す図面である。図6に示した光プローブは、ガルバノ・スキャナではない piezoアクチュエータ135を用いて光の進行方向を調節する。より詳細には、piezoアクチュエータ135の上部及び下部に備えられた圧電素子135aに電気信号を印加すると、圧電素子は上方又は下方に折り曲げられ、piezoアクチュエータ135の支持層135bも、圧電素子135aの変形につれて上方又は下方に折り曲げられる。支持層135bには光ファイバ135cが含まれており、光ファイバ135cも支持層135bに沿って上方又は下方に折り曲げられるため、光ファイバ135cから出力される光の進行方向も上方又は下方に調節される。これらの形態の光プローブでは、ガルバノ・スキャナを使わないため、ピボット・オフによるモジュレーション自体が不可能である。しかし、図6に示したように、光路長調節部材136を光の進行経路上に位置するように備えることで、上記のようなモジュレーションを行うことができる。この時、光路長調節部材136は、図4(A)～図5(E)のように多様な形態に具現される。即ち、光路長調節部材136を使うことで、ガルバノ・スキャナのピボット・オフ自体が不可能な形態の光プローブを用いてもフルレンジを具現することができる。

10

【0039】

一方、位相変調のための光路長の調節は、光直径のサイズを調節することで具現してもよく、以下で詳細な内容を説明する。

【0040】

図7(A)は、本発明の更に他の実施形態による光プローブの内部で測定光が進行する経路を示す図面であり、図7(B)は、本発明の更に他の実施形態による光プローブの内部で応答光が進行する経路を示す図面である。

20

【0041】

先ず図7(A)を参照すると、測定光は、ガルバノ・スキャナ134で反射することで進行方向が調節されて対象体10に照射されるが、この時、光路長調節部材136は測定光の進行経路上に位置しない。従って、測定光は、光路長調節部材136の影響を受けずに対象体10に照射される。また、図7(B)を参照すると、測定光が対象体10で反射して出た応答光も、光路長調節部材136の影響を受けずにガルバノ・スキャナ134で反射して光プローブの外部に進行する。

【0042】

図8(A)は、本発明の更に他の実施形態による光プローブの内部で測定光が進行する経路を示す図面であり、図8(B)は、本発明の更に他の実施形態による光プローブの内部で応答光が進行する経路を示す図面である。

30

【0043】

図8(A)では、ガルバノ・スキャナ134が中心134aを基準として回転し、図7(A)に比べて測定光の進行方向が右側に若干変更したことが分かる。図8(A)を参照すると、測定光は、ガルバノ・スキャナ134で反射することで、進行方向が調節されて対象体10に照射されるが、この時、光路長調節部材136が測定光の進行経路上に位置する。従って、測定光の一部は、光路長調節部材136によって屈折して進行経路を外れ、残りの測定光のみが進行経路に沿って対象体10に照射されることが分かる。即ち、対象体10に到達する測定光の直径が、図7Aに比べて低減する。この時、光路長調節部材136は、一定の屈折率を持つ一つの材質又はそれぞれ異なる屈折率を持つ2つ以上の材質を用いて多様な形状に製作された部材であるか、又は光を遮断する材質で製作された部材である。図8(B)を参照すると、測定光が対象体10で反射して出た応答光が、ガルバノ・スキャナ134で反射して光プローブの外部に進行する。この時、図8(B)に示した応答光も、光路長調節部材136によって、図7(B)に比べて直径が低減する。

40

【0044】

このように光路長調節部材136によって測定光及び応答光の直径に変化が生じるが、これは、実質的に光路長が変化する効果をもたらす。光の直径変化が実質的な光路長の変化をもたらす理由について、図7(B)及び図8(B)を参照して詳細に説明する。図7

50

(B)に示した応答光がガルバノ・スキャナ134と接触する直径の中心点701と、図8(B)に示した応答光がガルバノ・スキャナ134と接触する直径の中心点801とを比較すると、位置が異なることが分かる。即ち、応答光の直径が変化するに伴い、応答光がガルバノ・スキャナ134と接触する直径の中心点の位置も変化する。ところが、光が移動する実質的な距離は、光直径の中心が移動する距離であるといえるので、図7(B)及び図8(B)で、応答光の光路長は互いに異なる。結果的に、光路長調節部材136を用いて測定光及び応答光の直径サイズを調節すると、測定光及び応答光が進行する光路長も調節される。

【0045】

光の直径調節によりフェーズモジュレーションを行う具体的な方法について説明する。図9は、本発明の更に他の実施形態による光プローブの内部で測定光が進行する経路を示す図面である。図9を参照すると、第1方向の測定光は、直径が r_1 であり、第2方向の測定光は、直径が r_2 であり、第N方向の測定光は、直径が r_N であるということが分かる。このような直径の変化は、図7(A)～図8(B)を参照して説明したように、光路長調節部材136によって起きる。測定光が第i方向($i=1, 2, \dots, N$)に調節された時の直径サイズを r_i とすると、進行方向が隣接している2つの測定光、即ち第i+1方向の測定光と第i方向の測定光との直径の差は、次のような数式で示される。

【0046】

【数6】

$$\Delta r = r_{i+1} - r_i$$

【0047】

上記数式6の

$$\Delta r$$

を

$$\frac{1}{f_B}$$

とすると、上記数式3及び数式4によってフェーズモジュレーションを行うことができる。詳細な内容は、上記数式3及び数式4についての説明部分を参考にする。

【0048】

一方、レンズの形状を変形してレンズと光路長調節部材の役割を同時に行うレンズを用いるように実施形態を具現でき、これについては、図10(A)及び図10(B)を参照して以下で詳細に説明する。

【0049】

図10(A)及び(B)は、本発明の更に他の実施形態による光プローブの内部構成を示す図面である。図10(A)及び(B)を図3(A)～(C)と比べると、図3(A)～(C)では、光路長調節部材136とレンズ138とをそれぞれ別途に備えたが、図10(A)及び(B)では、別途の光路長調節部材136を備えずにレンズ138のみを備える。ここで、図10(A)及び(B)に示したレンズ138は、一側断面が傾いて形成され、図3(A)～(C)のレンズ138の上側又は下側に光路長調節部材136を結合させた形状と類似していることが分かる。即ち、図10(A)及び(B)のレンズ138は、図3(A)～(C)の光路長調節部材136及びレンズ138が行う役割を同時に行う。このようにレンズの変形により光路長を調節する効果を得ることで、光プローブの構

成が単純になる。

【0050】

以上、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明したが、本発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的範囲から逸脱しない範囲内で多様に変更実施することが可能である。

【産業上の利用可能性】

【0051】

本発明は、光プローブ及びこれを備える光干渉断層撮影装置関連の技術分野に好適に用いられる。

【符号の説明】

10

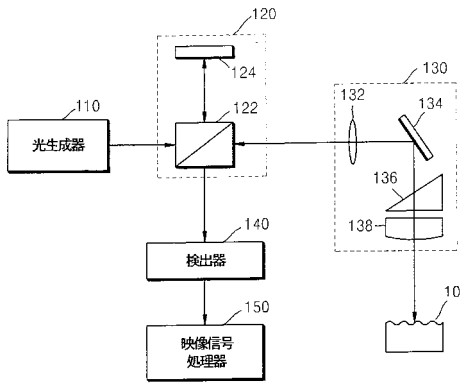
【0052】

- 10 対象体
- 110 光生成器
- 120 光結合器
- 122 ビームスプリッター
- 124 基準ミラー
- 130 光プローブ
- 132 コリメーターレンズ
- 134 ガルバノ・スキャナ
- 134 a 中心
- 135 ピエゾアクチュエータ
- 135 a 圧電素子
- 135 b 支持層
- 135 c 光ファイバ
- 136、136 a、136 b 光路長調節部材
- 136 c 突起
- 138 レンズ
- 140 検出器
- 150 映像信号処理器
- 701、801 中心点

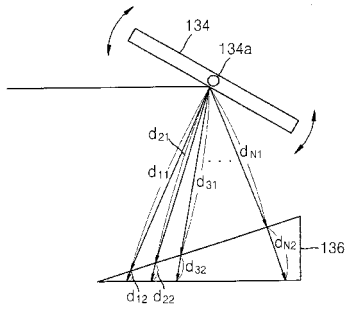
20

30

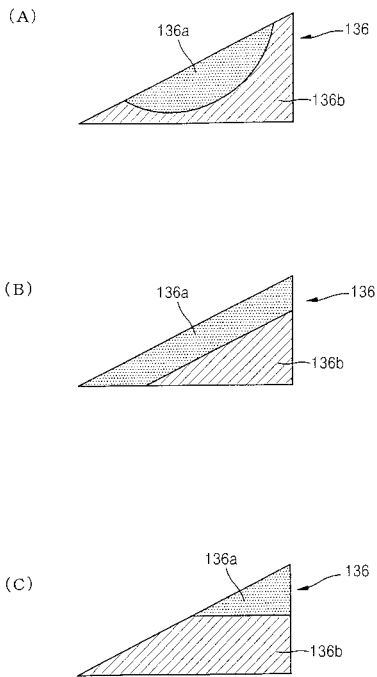
【図 1】



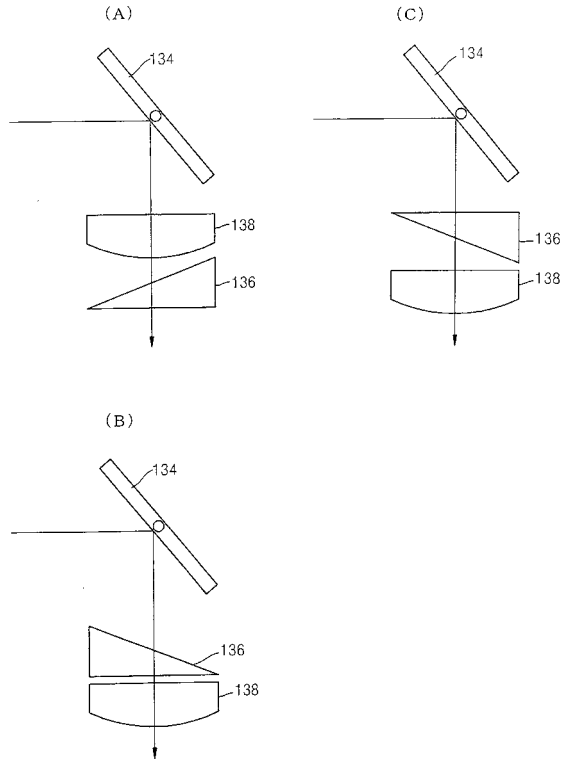
【図 2】



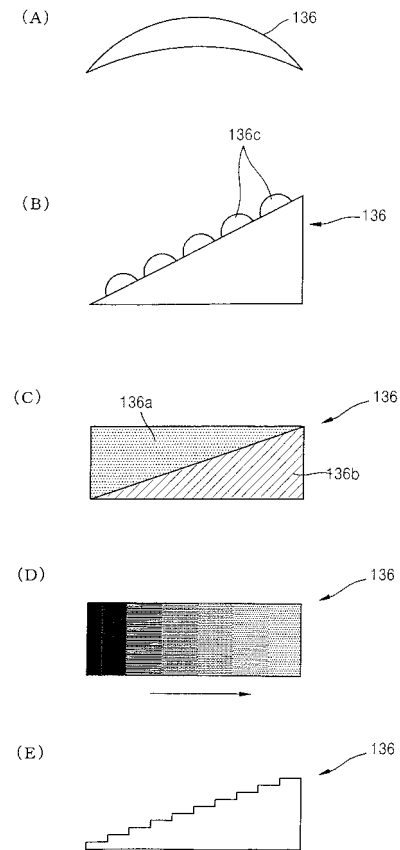
【図 4】



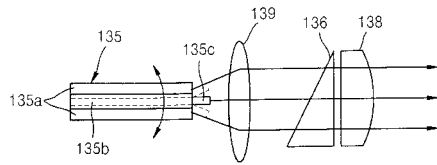
【図 3】



【図 5】

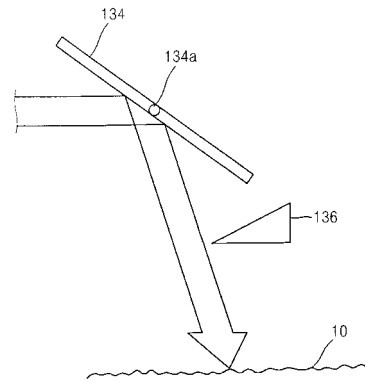


【図 6】

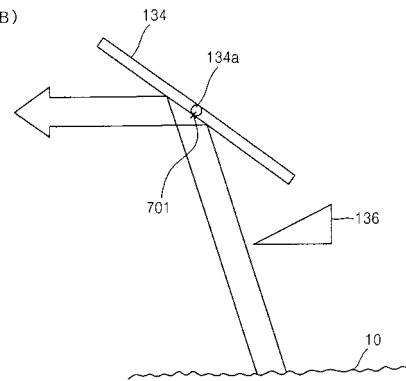


【図 7】

(A)

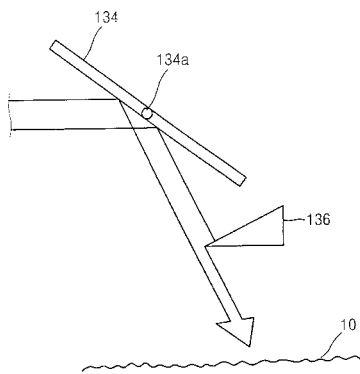


(B)

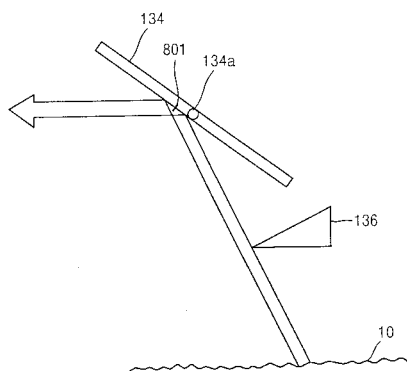


【図 8】

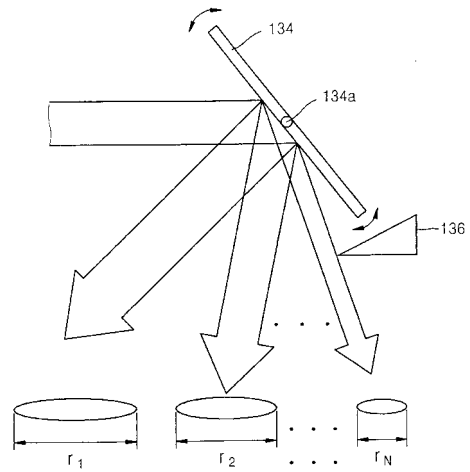
(A)



(B)

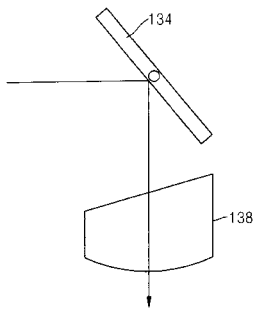


【図 9】

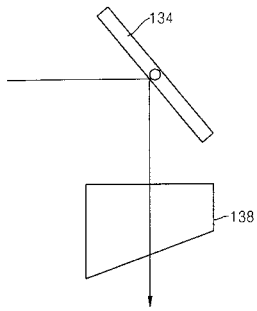


【図 10】

(A)



(B)



フロントページの続き

- (72)発明者 任 宰 均
大韓民国 京畿道 龍仁市 器興区 農書洞 山 1 4 - 1 番地 三星綜合技術院
- (72)発明者 崔 ヒョン
大韓民国 京畿道 龍仁市 器興区 農書洞 山 1 4 - 1 番地 三星綜合技術院
- (72)発明者 崔 ミン 碩
大韓民国 京畿道 龍仁市 器興区 農書洞 山 1 4 - 1 番地 三星綜合技術院
- (72)発明者 崔 ウォン 熙
大韓民国 京畿道 龍仁市 器興区 農書洞 山 1 4 - 1 番地 三星綜合技術院
- (72)発明者 李 性 徳
大韓民国 京畿道 龍仁市 器興区 農書洞 山 1 4 - 1 番地 三星綜合技術院
- (72)発明者 張 祐 榮
大韓民国 京畿道 龍仁市 器興区 農書洞 山 1 4 - 1 番地 三星綜合技術院
- (72)発明者 金 法 敏
大韓民国 ソウル特別市 城北区 安岩洞 5 街 高麗大学校産学協力団
- (72)発明者 丁 ヒョン 友
大韓民国 ソウル特別市 城北区 安岩洞 5 街 高麗大学校産学協力団
- F ターム(参考) 2G059 AA05 AA06 BB12 EE01 EE02 EE09 FF02 GG06 JJ11 JJ13
JJ15 JJ17 JJ22 LL03 MM01
4C161 MM10