

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4619803号
(P4619803)

(45) 発行日 平成23年1月26日(2011.1.26)

(24) 登録日 平成22年11月5日(2010.11.5)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 1/00 (2006.01)

A 6 1 B 1/00 3 0 0 D

A 6 1 B 8/12 (2006.01)

A 6 1 B 1/00 3 0 0 F

A 6 1 B 8/12

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2005-18347 (P2005-18347)
 (22) 出願日 平成17年1月26日(2005.1.26)
 (65) 公開番号 特開2006-204431 (P2006-204431A)
 (43) 公開日 平成18年8月10日(2006.8.10)
 審査請求日 平成19年7月18日(2007.7.18)

(73) 特許権者 306037311
 富士フイルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100073184
 弁理士 柳田 征史
 (74) 代理人 100090468
 弁理士 佐久間 剛
 (72) 発明者 辻田 和宏
 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地
 富士写真フイルム株式会社内
 審査官 安田 明央

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 蛍光断層画像取得装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検部へ第1の超音波と励起光を同時に照射し、前記第1の超音波の作用を受けた前記被検部から発せられる超音波変調蛍光に基づいて、前記被検部の蛍光断層画像を取得する蛍光断層画像取得手段を備え、

前記蛍光断層画像取得手段が、複数枚の上記蛍光断層画像から3次元蛍光断層画像を生成する3次元蛍光断層画像生成手段を備えたものであることを特徴とする蛍光断層画像取得装置。

【請求項2】

被検部へ第1の超音波と励起光を同時に照射し、前記第1の超音波の作用を受けた前記被検部から発せられる超音波変調蛍光に基づいて、前記被検部の蛍光断層画像を取得する蛍光断層画像取得手段と、

前記被検部へ第2の超音波と第1の光とを同時に照射し、前記第2の超音波の作用を受けた前記被検部で反射した超音波変調反射光に基づいて、前記被検部の超音波変調光断層画像を取得する超音波変調光断層画像取得手段を備えたことを特徴とする蛍光断層画像取得装置。

【請求項3】

被検部へ第1の超音波と励起光を同時に照射し、前記第1の超音波の作用を受けた前記被検部から発せられる超音波変調蛍光に基づいて、前記被検部の蛍光断層画像を取得する蛍光断層画像取得手段と、

10

20

前記被検部へ第2の光を照射し、前記被検部で反射した前記第2の光の反射光に基づいて前記被検部の光断層画像を生成する光断層画像生成手段を備えたことを特徴とする蛍光断層画像取得装置。

【請求項4】

被検部へ第1の超音波と励起光を同時に照射し、前記第1の超音波の作用を受けた前記被検部から発せられる超音波変調蛍光に基づいて、前記被検部の蛍光断層画像を取得する蛍光断層画像取得手段と、

前記被検部へ第3の超音波を照射し、前記被検部で反射した前記超音波の反射波に基づいて前記被検部の超音波断層画像を生成する超音波断層画像生成手段を備えたことを特徴とする蛍光断層画像取得装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検部へ励起光を照射し、被検部から発せられた蛍光を検出し、被検部の蛍光断層画像を取得する蛍光断層画像取得装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、光を用いて断層画像を取得する光断層画像取得装置が医療診断の分野に使用されている。従来、共焦点光学系の光断層画像取得装置あるいは時間分解計測系の光断層画像取得装置などが実用化されている。

【0003】

また、近年、OCT (Optical Coherence Tomography) 装置の実用化もすすめられている。OCT装置は、SLD (Super Luminescent Diode) などから成る光源から出射された低コヒーレンス光を測定光と参照光に分割し、ピエゾ素子等により参照光または測定光の周波数を僅かにシフトさせ、測定光を被検部に入射させて被検部の所定の深度で反射した反射光と参照光とを干渉させ、その干渉光の光強度をヘテロダイン検波により測定し、断層情報を取得するものであり、参照光の光路上に配置した可動ミラーなどを微少移動させ、参照光の光路長を僅かに変化させることにより、参照光の光路長と測定光の光路長が一致した被検部の深度での情報を得ることができる。

【0004】

さらに、超音波と光を同時に被検部へ照射し、超音波の作用を受けた被検部で反射した超音波変調反射光に基づいて、被検部の超音波変調光断層画像を取得する超音波変調光断層画像取得装置の開発も近年進められている (非特許文献1参照)。

【0005】

また、被検部へ励起光を照射し、発せられる蛍光を検出して蛍光断層画像を取得する共焦点光学系の蛍光断層画像取得装置が、共焦点顕微鏡として実用化されている。また、時間分解計測系の蛍光断層画像取得装置も知られている (特許文献1参照)。

【特許文献1】特表2002-505900号公報

【非特許文献1】“Ultrasound-modulated optical computed tomography of biological tissues” by Lihong V. Wang, APPLIED PHYSICS LETTERS, Volume 84, Number 9, page 1597-1599.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、共焦点光学系の蛍光断層画像取得装置は、高解像度で光断層画像を取得することができるが、被検部の表面から0.5mm以上の深さの蛍光断層画像の取得が困難であるという問題がある。また時間分解計測系の蛍光断層画像取得装置は、表面から数cmまでの深さの蛍光断層画像を取得できるが、解像度の上限が1mm程度であり、十分な解像度が得られないという問題がある。特に、医療分野においては、病変組織の深達度などを診断するために、深さ数mmまで蛍光断層画像を、高解像度で取得できる蛍光断

10

20

30

40

50

層画像取得装置の実現が強く望まれている。

【0007】

本発明は、上記問題に鑑み、深さ数mmまで蛍光断層画像を、高解像度で取得できる蛍光断層画像取得装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明による蛍光断層画像取得装置は、被検部へ第1の超音波と励起光を同時に照射し、前記第1の超音波の作用を受けた前記被検部から発せられる超音波変調蛍光に基づいて、前記被検部の超音波変調蛍光断層画像を取得する蛍光断層画像取得手段を備えたことを特徴とするものである。

10

【0009】

ここで、「被検部から発せられる超音波変調蛍光」とは、励起光が照射された被検部そのものから発せられる自家蛍光であって、かつ超音波により変調された蛍光であってよいし、あるいは被検部が、予め腫瘍親和性を有する蛍光薬剤を付与された被検部であれば、被検部に付与された蛍光薬剤から発せられる薬剤蛍光であって、かつ超音波により変調された蛍光であってよい。

【0010】

前記蛍光断層画像取得手段は、複数枚の蛍光断層画像から3次元蛍光断層画像を生成する3次元蛍光断層画像生成手段を備えたものであってもよい。

【0011】

20

さらに、本発明の蛍光断層画像取得装置は、前記被検部へ第2の超音波と第1の光とを同時に照射し、前記第2の超音波の作用を受けた前記被検部で反射した超音波変調反射光に基づいて、前記被検部の超音波変調光断層画像を取得する超音波変調光断層画像取得手段を備えたものであってもよい。

【0013】

さらに、前記被検部へ第2の光を照射し、前記被検部で反射した前記第2の光の反射光に基づいて前記被検部の光断層画像を生成する光断層画像生成手段を備えたものであってもよい。

【0014】

また、前記被検部へ第3の超音波を照射し、前記被検部で反射した前記超音波の反射波に基づいて前記被検部の超音波断層画像を生成する超音波断層画像生成手段を備えたものであってもよい。

30

【発明の効果】

【0015】

本発明による蛍光断層画像取得装置は、被検部へ第1の超音波と励起光を同時に照射し、前記第1の超音波の作用を受けた前記被検部から発せられる超音波変調蛍光に基づいて、前記被検部の蛍光断層画像を取得する蛍光断層画像取得手段を備えたことにより、被検部の表面から深さ数mm程度まで、高い解像度（上限数十 μm ）で蛍光断層画像を取得することができる。これは、被検部に超音波が照射されると、被検部においては弾性波が光に対して屈折率分引を形成すること、すなわち、被検部において組織の粗密状態が形成されていることに関連している。このような状態で、蛍光が被検部から発せられると、組織の粗密状態が蛍光に対して作用し、蛍光が変調される。この変調された蛍光、すなわち超音波変調蛍光を検出し、解析処理することにより、蛍光断層画像を取得することができる。

40

【0016】

このため、例えば被検部に予め腫瘍親和性を有する蛍光薬剤が付与されている場合であれば、被検部における腫瘍の有無、あるいは腫瘍の位置や大きさ等を蛍光断層画像を観察することにより知ることができる。

【0017】

また、複数枚の蛍光断層画像から3次元蛍光断層画像を生成すれば、被検部の状態をよ

50

り容易に観察することができる。

【 0 0 1 8 】

さらに、前記被検部へ第 2 の超音波と第 1 の光とを同時に照射し、前記第 2 の超音波の作用を受けた前記被検部で反射した超音波変調反射光に基づいて、前記被検部の超音波変調光断層画像を取得する超音波変調光断層画像取得手段を備えれば、蛍光断層画像と、超音波変調光断層画像とを同時に表示する、あるいは重畳して表示することにより、被検部から発せられる蛍光と、被検部の断層形状とを同時に観察することができる。

【 0 0 1 9 】

さらに、前記被検部へ第 2 の光を照射し、前記被検部で反射した前記第 2 の光の反射光に基づいて前記被検部の光断層画像を生成する光断層画像生成手段を備えたものであれば、被検部の表面近傍の断層画像をより高解像で取得することができる。

10

【 0 0 2 0 】

また、前記被検部へ第 3 の超音波を照射し、前記被検部で反射した前記超音波の反射波に基づいて前記被検部の超音波断層画像を生成する超音波断層画像生成手段を備えたものであれば、被検部のより深い領域の断層画像を取得することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 1 】

以下、本発明の具体的な実施の形態について図面を用いて説明する。図 1 は本発明による蛍光断層画像取得装置の実施の形態の概略構成を示す図である。

【 0 0 2 2 】

20

本実施の形態による断層画像取得装置は、図 1 に示すように内視鏡の鉗子口へ挿通可能なプローブ 10 と、該プローブと接続された光学ユニット 30 と、プローブ 10 および光学ユニット 30 と接続された信号処理ユニット 50 と、該信号処理ユニット 50 と接続されたモニタ 70 とを備えている。また、本蛍光断層画像取得装置は、超音波変調された蛍光から蛍光断層画像を取得する蛍光断層画像取得機能と、超音波変調光断層画像を取得する超音波変調光断層画像取得機能と、光断層画像を取得する光断層画像取得機能と、超音波断層画像を取得する超音波断層画像取得機能とを有している。なお、被検者には、予め腫瘍親和性を有する蛍光薬剤が投与されている。この蛍光薬剤は、波長 750 nm の励起光が照射された場合には、波長帯域 770 nm ~ 900 nm の蛍光を発するものである。

【 0 0 2 3 】

30

また、本蛍光断層画像取得装置は、各断層画像と、蛍光断層画像および超音波変調光断層画像を重畳した重畳断層画像と、光断層画像、超音波変調光断層画像および超音波断層画像を合成し、さらに蛍光断層画像を重畳した合成断層画像と、複数枚の連続した蛍光断層画像に基づいて作成される 3 次元蛍光断層画像とをモニタへ表示するものである。

【 0 0 2 4 】

まず、超音波画像取得機能に関わる構成について説明する。プローブ 10 は、可撓性を有するシース 11 およびシース 11 に対して回転可能な回転シース 12 により覆われている。回転シース 12 には、不図示の被検部へ対して超音波を照射し、該被検部で反射された反射波（エコー）を受ける超音波トランスデューサ 13 が設けられている。また、信号処理ユニット 50 には、該超音波トランスデューサ 13 へ電気信号である超音波信号を送信し、また該超音波トランスデューサ 13 から送信される電気信号である反射波信号を受信して、超音波断層情報を生成する超音波信号処理部 51 と、該超音波信号処理部 51 と接続されている制御部 52 が設けられている。超音波トランスデューサ 13 と超音波信号処理部 51 との間は、ケーブル 14、端子 27 およびケーブル 53 により接続されている。端子 27 は、プローブ 10 内の後述する光ファイバ 15 の外筒 16 の先端部へ周設されたものである。

40

【 0 0 2 5 】

ケーブル 14 は端子 27 に接触し、また、ケーブル 53 は端子 27 に接続されている。これにより、回転シース 12 が回転運動を行った場合でも、ケーブル 14、端子 27 およびケーブル 53 が常に接続した状態となるため、超音波信号および反射波信号が間断なく

50

伝導するようになっている。

【 0 0 2 6 】

超音波信号処理部 5 1 は、受信した反射波信号の波形を基に超音波断層情報を生成し、制御部 5 2 へ出力する。制御部 5 2 は、送信された超音波断層情報に基づいて超音波断層画像を生成する。なお、制御部 5 2 は、各部位と接続され、各部位の動作タイミングを制御し、また送信される各断層情報に基づいて、各断層画像を生成するものである。制御部 5 2 の動作の詳細は後述する。

【 0 0 2 7 】

次に、各光断層画像取得機能に関わる構成について説明する。まずプローブ 1 0 の構成について説明する。プローブ 1 0 の中心には、ファイバ 1 5 が配設されており、ファイバ 1 5 の周囲には、可撓性の外筒 1 6 が設けられている。外筒 1 6 は、可撓性のシース 1 1 に覆われている。また外筒 1 6 の先端部分は、回転シース 1 2 に覆われ、複数のベアリング 2 1 により軸支される。回転シース 1 2 の基端部はセンタレスモータ 2 2 に接続される。センタレスモータ 2 2 は、ロータリエンコーダの機能を有しており、センタレスモータ 2 2 の回転角度検出部により検出された回転角度を示す信号が、信号線 2 3 により制御部 5 2 に送られる。

【 0 0 2 8 】

ファイバ 1 5 の先端には、ファイバ 1 5 により導光された光を被検部へ集光し、被検部により反射された反射光あるいは後述する超音波変調光および超音波変調蛍光をファイバ 1 5 のコア部へ集光するロッドレンズ 1 7 と、各光を直角方向に反射するミラー 1 8 が設けられている。なお、ミラー 1 8 は、回転シース 1 2 に固着され、回転シース 1 2 の回転により回転する。また、回転シース 1 2 の先端には、ミラー 1 8 により反射された光が、射出する光学窓 2 6 が設けられている。さらに、ファイバ 1 5 の基端側には、集光レンズ 1 9 が設けられている。

【 0 0 2 9 】

またシース 1 1 の基端部には、リニア駆動装置 2 4 が設けられている。このリニア駆動装置 2 4 は、不図示の内視鏡の鉗子口に対して、プローブ 1 0 をプローブ 1 0 の長手方向に平行に移動するものである。リニア駆動装置 2 4 は、リニアエンコーダの機能を有しており、リニアエンコーダの移動距離検出部により検出された移動距離を示す信号が、信号線 2 5 により制御部 5 2 に送られる。

【 0 0 3 0 】

また、回転シース 1 2 の先端部の光学窓 2 6 の近傍には、ミラー 1 8 で反射した光の射出方向と同方向に超音波が照射されるように、前述の超音波トランスデューサ 1 3 が取り付けられている。なお、超音波トランスデューサ 1 3 を配置する位置は、上記の位置に限ったものでなく、光の照射領域と、超音波の照射領域がほぼ重なる位置であり、かつ光の照射を妨げない位置であれば、どのような位置に配置してもよい。

【 0 0 3 1 】

光学ユニット 3 0 は、波長 7 5 0 nm の低コヒーレンス光 L を出射する光源部 3 1 と、光源部 3 1 より射出された低コヒーレンス光の参照光 L r および測定光 L s へ分割および合成を行うファイバ結合光学系 3 2 と、参照光 L r の光路上に配され、参照光 L r の光路長を変化させる光路遅延部 3 3 と、被検部の所定の深度で反射された測定光 L s ' と参照光 L r との干渉光 L c の光強度を検出する光検出部 3 4 とを備えている。また、光検出部 3 4 は、後述する超音波変調光および超音波変調蛍光の光強度も検出するものである。

【 0 0 3 2 】

光源部 3 1 は、SLD などからなり波長 7 5 0 nm の低コヒーレンス光を出射する光源 3 6 と、光源 3 6 から出射された低コヒーレンス光を集光する集光レンズ 3 7 とを備えている。

【 0 0 3 3 】

ファイバ結合光学系 3 2 は、光源 3 6 から出射された低コヒーレンス光を測定光 L s と参照光 L r とに分割し、また、測定光 L s の被検部の所定の深部からの反射光である測定

10

20

30

40

50

光 L_s と参照光 L_r を合波し、干渉光 L_c を得るファイバカプラ 39 と、参照光 L_r に僅かな周波数シフトを生じさせるピエゾ素子 40 と、ファイバカプラ 39 を介して光源部 31 と光路遅延部 33 を繋ぐファイバ 41 と、ファイバカプラ 39 を介して光検出部 34 と回転シース 12 の間を導光するファイバ 42 とを備えている。

【0034】

光路遅延部 33 は、ファイバ 41 から射出された参照光 L_r を平行光に変換し、また反射された参照光 L_r をファイバ 41 へ入射させる集光レンズ 44 と、図 1 における水平方向への移動により参照光 L_r の光路長を変化させる参照光ミラー 45 と、参照光ミラー 45 を水平方向への移動させる駆動部 46 とを備えている。

【0035】

光検出部 34 は、干渉光 L_c および超音波変調光の光強度を検出する光検出器 47a と、該光検出器 47a の前に配置され、波長が 765nm 以上の光を直角に反射し、波長が 765nm より小さい光を透過するダイクロイックミラー 48 と、該ダイクロイックミラー 47 の前に配置される集光レンズ 49 と、ダイクロイックミラー 48 で反射された光の光強度を検出する光検出器 47b とを備えている。なお、光検出器 47b は、後述する超音波変調蛍光の光強度を検出するものである。

【0036】

光検出器 47a は、光断層情報生成部 54、超音波変調光断層情報生成部 55 および制御部 52 と接続され、制御部 52 の制御により、検出結果を光断層情報生成部 54 または超音波変調光断層情報生成部 55 へ出力する。また、光検出器 47b は、超音波変調光断層情報生成部 55 へ接続されている。

【0037】

信号処理ユニット 50 の光断層情報生成部 54 では、光検出器 47a で検出された干渉光 L_c の光強度に基づいて、光断層情報を生成し、制御部 52 へ出力する。超音波変調光断層情報生成部 55 では、光検出器 47a で検出された超音波変調光の光強度に基づいて超音波変調光断層情報を生成し、光検出器 47b で検出された超音波変調蛍光の光強度に基づいて蛍光断層情報を生成して、制御部 52 へ出力する。

【0038】

次に、以上のように構成された本実施の形態による断層画像取得装置における各断層画像の取得と、各断層画像、重畳断層画像および合成断層画像の生成および表示動作について説明する。

【0039】

患者の体腔内を観察する際には、内視鏡の鉗子口にプローブ 10 を挿通し、内視鏡を患者の体腔内に挿入し、内視鏡のモニタに表示される画像を基に、目視により内視鏡の挿入部先端を所望の部位まで誘導する。

【0040】

まず、超音波断層画像を取得して表示する際の動作について説明する。制御部 52 の制御により、超音波信号処理部 51 により超音波信号が発振される。この超音波信号は、ケーブル 53、端子 27 およびケーブル 14 を介して、超音波トランスデューサ 13 に伝導される。

【0041】

超音波信号が超音波トランスデューサ 13 により超音波に変換され、被検部に超音波が照射される。被検部で反射された反射波は、超音波トランスデューサ 13 により電気信号に変換されて、反射波信号として超音波信号処理部 51 に送信される。超音波信号処理部 51 は受信した反射波信号の波形を元に超音波断層情報を生成し、制御部 52 に送信する。

【0042】

さらにセンタレスモータ 22 により回転シース 12 を回転させることにより超音波の照射方向を移動させ、ファイバ 15 の長手方向を軸としたラジアル走査を行う。なお、センタレスモータ 22 の回転角度検出部により検出された回転角度を示す信号が、信号線 23

10

20

30

40

50

により制御部 5 2 に送られている。

【 0 0 4 3 】

制御部 5 2 では、センタレスモータ 2 2 の回転角度と、超音波信号処理部 5 1 から送信される超音波断層情報に基づいて、ラジアル超音波断層画像を生成し、モニタ 7 0 へ出力する。モニタ 7 0 には、図 2 の (A) に示すような超音波断層画像が表示される。

【 0 0 4 4 】

また、リニア駆動装置 2 4 により、プローブ 1 0 のリニア走査を行うことにより、リニア超音波断層画像を取得して表示することもできる。

【 0 0 4 5 】

次に、光断層画像を取得して表示する際の動作について説明する。本実施の形態では、光断層画像取得手段として OCT 装置が搭載されている。制御部 5 2 の制御により、光断層画像取得用の低コヒーレンス光が光源部 3 1 から射出される。光源 3 6 から出射された低コヒーレンス光は、集光レンズ 3 7 により集光され、ファイバ 4 1 に導入される。

【 0 0 4 6 】

ファイバ 4 1 を透過した低コヒーレンス光は、ファイバカブラ 3 9 で、ファイバ 4 1 内を光路遅延部 3 3 の方向へ進行する参照光 L_r と、ファイバ 4 2 内をシース 1 2 の方向へ進行する測定光 L_s とに分割される。参照光 L_r は光路上に設けられたピエゾ素子 4 0 により変調され、参照光 L_r と測定光 L_s には、僅かな周波数差 f が生じる。

【 0 0 4 7 】

ファイバ 4 2 に導光された測定光 L_s は、レンズ 1 9 を介してファイバ 1 5 に入射され、ファイバ 1 5 内を伝播し、ファイバ 1 5 先端から射出され、ロッドレンズ 1 7 およびミラー 1 8 を介して被検部へ入射される。被検部に入射された測定光 L_s のうち被検部の所定の深度で反射された測定光 L_s' は、ミラー 1 8、ロッドレンズ 1 7、ファイバ 1 5、レンズ 1 9 を介してファイバ 4 2 に帰還せしめられる。ファイバ 4 2 に帰還せしめられた測定光 L_s' は、ファイバカブラ 3 9 において、後述するファイバ 4 1 に帰還せしめられた参照光 L_r と合波される。

【 0 0 4 8 】

一方、ピエゾ素子 4 0 で変調された後の参照光 L_r は、ファイバ 4 1 を通過し光路遅延部 3 3 の集光レンズ 4 4 を介して、参照光ミラー 4 5 に入射し、この参照光ミラー 4 5 で反射され再度集光レンズ 4 4 を透過して、ファイバ 4 1 に帰還せしめられる。ファイバ 4 1 に帰還せしめられた参照光 L_r はファイバカブラ 3 9 で、上述した測定光 L_s' と合波される。

【 0 0 4 9 】

ファイバカブラ 3 9 で合波された測定光 L_s' および参照光 L_r は、再び同軸上に重なり、測定光 L_s' と参照光 L_r が干渉して干渉光 L_c と、ファイバ 4 1 から射出され、レンズ 4 9 およびダイクロイックミラー 4 8 を介して、光検出器 4 7 a へ入射する。

【 0 0 5 0 】

参照光 L_r および測定光 L_s' は、可干渉距離の短い低コヒーレンス光であるため、低コヒーレンス光が測定光 L_s と参照光 L_r に分割されたのち、測定光 L_s (L_s') がファイバカブラ 3 9 に到達するまでの光路長が、参照光 L_r がファイバカブラ 3 9 に到達するまでの光路長に等しい場合に両光が干渉し、この干渉する両光の周波数差 (f) で強弱を繰り返すビート信号が発生する。

【 0 0 5 1 】

光検出器 4 7 a では、干渉光 L_c から上記ビート信号の光強度を検出し、ヘテロダイン検出を行い、被検部の所定深度より反射された測定光 L_s' の強度を検出し、光断層情報生成部 5 4 へ出力する。

【 0 0 5 2 】

なお、波長 7 5 0 nm の測定光 L_s が被検部へ照射されると、被検部からは波長 7 7 0 nm ~ 9 0 0 nm の蛍光が発せられる。しかし、この蛍光は、ダイクロイックミラー 4 7 により直角方向へ反射されるため光検出器 4 7 a へ入射することはない。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

光断層情報生成部 5 4 では、測定光 L_s' の強度に基づいて、光断層情報を生成し、制御部 5 2 へ出力する。その後、参照光ミラー 4 5 は、駆動部 4 6 により、その光軸方向（図中水平方向）に移動され、参照光 L_r がファイバカプラ 3 9 に到達するまでの光路長が変化する。このため参照光 L_r と干渉する測定光 L_s (L_s') の光路長も変化するので、被検部の断層情報を取得する深度も変化する。このように深度を僅かずつ変化させながら、光断層情報を繰り返し取得する。各照射点において、被検部の表面から深さ 2 mm 程度まで光断層情報を取得する。なお、光路遅延部 3 3 の駆動部 4 6 は、制御部 5 2 へ接続され、光路長の情報は逐次制御部へ出力されている。

【 0 0 5 4 】

1 点における光断層情報の取得が終了すると、センタレスモータ 2 4 により回転シース 1 2 を僅かに回転させることにより測定光 L_s の照射方向を移動させ、再度その照射点における光断層情報を取得する。このようにして、ファイバ 1 5 の長手方向を軸としたラジアル走査を行い、被検部を輪切りにした状態の光断層画像を取得する。

【 0 0 5 5 】

制御部 5 2 では、光路長と、センタレスモータ 2 2 の回転角度と、光断層情報生成部 5 4 から出力される光断層情報に基づいて、ラジアル光断層画像を生成し、モニタ 7 0 へ出力する。モニタ 7 0 には、図 2 の (B) に示すような被検部の表面から深さ 2 mm 程度までの光断層画像が表示される。解像度は、光源 3 6 から射出される低コヒーレンス光の波長およびコヒーレンス長により変化するが、必要であれば数 μm まで上げることができる。

【 0 0 5 6 】

さらに、超音波変調光断層画像および蛍光断層画像を取得して表示する際の動作について説明する。制御部 5 2 の制御により、超音波信号処理部 5 1 から超音波信号が発振され、超音波トランスデューサ 1 3 より、被検部に超音波が照射される。

【 0 0 5 7 】

同時に、低コヒーレンス光が光源部 3 1 から射出される。光源 3 6 から出射された光は、ファイバ 4 1 を伝播し、ファイバカプラ 3 9 を介して、ファイバ 4 2 を、プローブ 1 0 の方向へ伝播する。ファイバ 4 2 を伝播した光は、レンズ 1 9 を介してファイバ 1 5 に入射され、ファイバ 1 5 内を伝播し、ファイバ 1 5 先端から射出され、ロッドレンズ 1 7 およびミラー 1 8 を介して被検部へ照射される。

【 0 0 5 8 】

この際、被検部には超音波が照射されている。このため、被検部においては弾性波が光に対して屈折率分引を形成する。すなわち、被検部において組織の粗密状態が形成される。このような場合には、光が被検部を進行すると、組織の粗密状態が光に対して作用し、光が変調される。この変調された光（反射光）を解析処理することにより、光が照射された被検部の断層情報を取得することができる。超音波の作用を受けた被検部で反射された超音波変調光は、ミラー 1 8、ロッドレンズ 1 7、ファイバ 1 5、レンズ 1 9 を介してファイバ 4 2 に帰還せしめられ、ファイバ 4 2 の他端から射出され、レンズ 4 9 で集光され、ダイクロイックミラー 4 8 を透過し、光検出器 4 7 a に入射する。光検出器 4 7 a は、超音波変調光の強度を検出する。

【 0 0 5 9 】

制御部 5 2 の制御により、光検出器 4 7 a の出力は、超音波変調光断層情報生成部 5 5 へ出力される。なお、超音波変調光断層情報生成部 5 5 へは、超音波信号処理部 5 1 から超音波信号が出力されている。超音波変調光断層情報生成部 5 5 では、超音波信号および光検出器 4 7 a で検出された反射光の強度に基づいて、超音波変調光断層情報を生成する。なお、超音波信号の発振タイミングが既知であるため、反射光を 1 回検出するのみで、被検部の表面から、深さ 5 mm ~ 1 0 mm 程度までの超音波変調断層情報を取得することができる。また、解像度は、超音波の発振周波数や、光の集光度等により変化するが、必要であれば数十 μm まで上げることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

また、被検部には、予め蛍光薬剤が付与されているため、被検部に光が照射されると、被検部からは波長帯域 770 nm ~ 900 nm の蛍光が発せられる。また被検部には超音波が照射されているため、被検部では組織の粗密状態が形成されている。このような状態で、蛍光が被検部から発せられると、組織の粗密状態が蛍光に対して作用し、蛍光が変調される。この変調された蛍光、すなわち超音波変調蛍光は、反射光（超音波変調光）と同様に、ファイバ 15 およびファイバ 42 を伝播し、ファイバ 42 から射出され、レンズ 49 により集光される。超音波変調蛍光は、波長帯域が 770 nm ~ 900 nm であるため、ダイクロイックミラー 48 で反射され、光検出器 47b に入射する。光検出器 47b は、超音波変調蛍光の光強度を検出し、超音波変調光断層情報生成部 55 へ出力する。超音波変調光断層情報生成部 55 では、超音波信号および光検出器 47b で検出された超音波変調蛍光の強度に基づいて、超音波変調蛍光断層情報を生成する。なお、超音波信号の発振タイミングが既知であるため、反射光を 1 回検出するのみで、被検部の表面から深さ 5 mm ~ 10 mm 程度までの超音波変調蛍光断層情報を取得することができる。また、解像度は、超音波の発振周波数や、光（励起光）の集光度等により変化するが、必要であれば数十 μ m まで上げることができる。

10

【 0 0 6 1 】

1 点における超音波変調光断層情報および超音波変調蛍光断層情報の取得が終了すると、センタレスモータ 24 により回転シース 12 を僅かに回転させることにより光の照射方向を移動させ、再度その照射点における超音波変調光断層情報および超音波変調蛍光断層情報を取得する。このようにして、ファイバ 15 の長手方向を軸としたラジアル走査を行い、被検部を輪切りにした状態の超音波変調光断層情報および超音波変調蛍光断層情報を取得する。

20

【 0 0 6 2 】

制御部 52 では、センタレスモータ 22 の回転角度と、超音波変調光断層情報生成部 55 から出力される超音波変調光断層情報に基づいて、ラジアル光断層画像を生成し、モニター 70 へ出力する。モニター 70 には、図 2 の (C) に示すような超音波変調光断層画像が表示される。また、制御部 52 では、同時に、センタレスモータ 22 の回転角度と、超音波変調光断層情報生成部 55 から出力される超音波変調蛍光断層情報に基づいて、ラジアル蛍光断層画像を生成し、モニター 70 へ出力する。モニター 70 には、図 2 の (D) に示すような蛍光断層画像が表示される。蛍光断層画像では、被検部に腫瘍がある場合には、その腫瘍の位置や大きさ等が画像化される。

30

【 0 0 6 3 】

さらに、制御部 52 は、超音波変調光断層画像と蛍光断層画像とを重畳させ、図 3 に示すような重畳画像を生成し、モニター 70 へ表示することもできる。超音波変調光断層画像と蛍光断層画像とは、同時に取得されているため、画像位置あわせを容易に行うことができる。観察者はこのような重畳画像を観察することにより、被検部の断層形状と、蛍光薬剤の分布状態、すなわち腫瘍の有無や大きさなど同時に知ることができる。

【 0 0 6 4 】

さらに、光断層画像と、超音波変調光断層画像と、超音波断層画像を組合わせ、さらに蛍光断層画像を重畳した合成断層画像（ラジアル）を取得して表示する際の動作について説明する。

40

【 0 0 6 5 】

まず、被検部の光断層画像と、超音波変調光断層画像と、蛍光断層画像と、超音波断層画像とを取得する。上述のように個々にラジアル断層画像を取得してもよいが、まず被検部の所定の点に関し、光断層情報と、超音波変調光断層情報と、超音波変調蛍光断層情報と、超音波断層情報とを取得し、その後回転シース 12 を僅かに回転させて次の点で各断層情報を取得することを繰り返し、回転シース 12 の一回転で、4 種類の断層画像を取得してもよい。なお、超音波断層情報と、超音波変調光断層情報および超音波変調蛍光断層情報とは、同時に取得してもよい。

50

【 0 0 6 6 】

各断層画像を一旦不図示の記憶部へ記憶した後、制御部 5 2 は、光断層画像から、被検部の低深度領域（表面から深さ 2 mm 程度まで）の断層画像である低深度断層画像を選択し、超音波変調光断層画像から被検部の中深度領域（深さ 2 mm 程度から、深さ 5 mm ~ 1 0 mm 程度まで）の断層画像である中深度断層画像を選択し、超音波断層画像から被検部の高深度領域（深さ 5 mm ~ 1 0 mm 程度から 3 0 mm まで）の断層画像である高深度断層画像を選択し、低深度断層画像と中深度断層画像と高深度断層画像とを合成し、さらに、蛍光断層画像を重ねて、合成断層画像を生成して、モニタ 7 0 へ出力する。モニタ 7 0 には、図 4 の（ A ）に示すようなラジアル合成断層画像が表示される。

【 0 0 6 7 】

この合成断層画像では、図 3 の（ B ）に示すように被検部の表面化から 2 mm 程度までの低深度領域は、光断層画像取得手段により取得した解像度数 μm の高解像度断層画像で表示し、2 mm 程度から、5 mm ~ 1 0 mm 程度までの中深度領域は、超音波変調光断層画像手段により取得した解像度数 μm の断層画像で表示し、5 mm ~ 1 0 mm 程度から 3 0 mm までの高深度領域は、超音波変調断層画像手段により取得した解像度数百 μm の断層画像で表示することができ、この合成断層画像の観察者は、組織の形状等を容易に観察することができる。また、蛍光断層画像が重ねられているため、腫瘍の有無や大きさなども同時に知ることができる。

【 0 0 6 8 】

さらに、ラジアル走査およびリニア走査を繰り返し、複数枚の連続した蛍光断層画像を取得し、該複数枚の連続した蛍光断層画像に、像回復処理などの解析処理を施し、3次元蛍光断層画像を生成し、モニタ 7 0 へ表示することもできる。観察者は、被検部の状態をより容易に観察することができる。

【 0 0 6 9 】

以上の説明で明らかなように、本実施の形態の蛍光断層画像取得装置は、被検部へ超音波と励起光を同時に照射し、超音波の作用を受けた前記被検部から発せられる超音波変調蛍光に基づいて、被検部の蛍光断層画像を取得する蛍光断層画像取得手段を備えたことにより、被検部の表面から深さ数 mm 程度まで、高い解像度（上限数十 μm ）で蛍光断層画像を取得することができる。このため、例えば被検部に予め腫瘍親和性を有する蛍光薬剤を付与されている場合であれば、被検部における腫瘍の有無、あるいは腫瘍の位置や大きさ等を蛍光断層画像を観察することにより知ることができる。

【 0 0 7 0 】

なお、上記実施の形態においては、ラジアル合成断層画像を生成したが、リニア走査により各断層画像を取得して、リニア合成断層画像を取得して表示してもよい。また、ラジアル走査とリニア走査を組み合わせることにより 3 次元断層画像を取得して、3次元合成断層画像を生成してもよい。

【 0 0 7 1 】

さらに、本実施の形態においてはプローブへ各断層画像の取得手段を組み込んだが、内視鏡挿入部本体に、各断層画像の取得手段を組み込んだものとすることもできる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 2 】

【 図 1 】 本発明による断層画像取得装置の実施形態の概略構成図

【 図 2 】 光断層画像、超音波変調光断層画像、超音波変調蛍光断層画像、超音波断層画像の説明図

【 図 3 】 重畳断層画像の説明図

【 図 4 】 合成断層画像の説明図

【 符号の説明 】

【 0 0 7 3 】

- 1 0 プローブ
- 1 2 回転シース

10

20

30

40

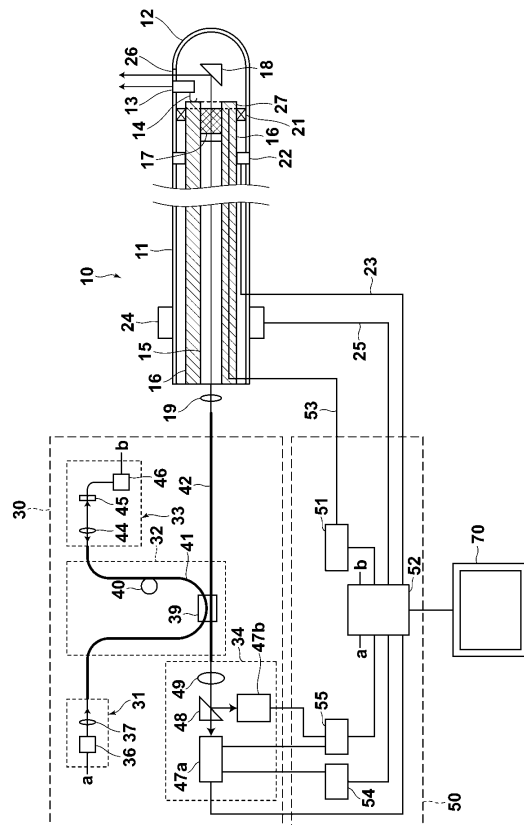
50

- 1 3 超音波トランスデューサ
- 1 5 ファイバ
- 1 6 外筒
- 1 7 ロッドレンズ
- 1 8 ミラー
- 2 1 ベアリング
- 2 2 センタレスモータ
- 2 4 リニア駆動装置
- 3 0 光学ユニット
- 3 1 光源部
- 3 2 ファイバ結合光学系
- 3 3 光路遅延部
- 3 4 光検出部
- 4 7 a、4 7 b 光検出器
- 4 8 ダイクロイックミラー
- 5 0 信号処理ユニット
- 5 1 超音波信号処理部
- 5 2 制御部
- 5 5 超音波変調光断層情報生成部
- 7 0 モニタ

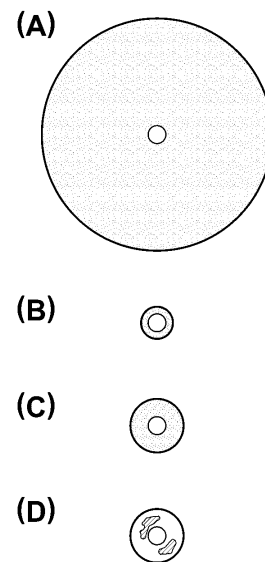
10

20

【図 1】



【図 2】

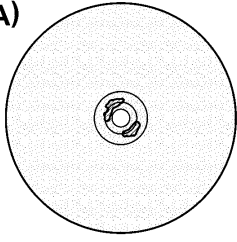


【図 3】

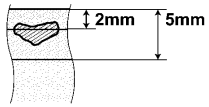


【 図 4 】

(A)



(B)



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-055396(JP,A)
特開2004-105725(JP,A)
特表2002-505900(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B	1/00 - 1/32
G02B	23/24 - 23/26
A61B	8/12