

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5840152号
(P5840152)

(45) 発行日 平成28年1月6日(2016.1.6)

(24) 登録日 平成27年11月20日(2015.11.20)

(51) Int.Cl. F 1
A 6 1 B 8/00 (2006.01) A 6 1 B 8/00
H 0 4 R 1/02 (2006.01) H 0 4 R 1/02 3 3 0

請求項の数 20 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2013-11039 (P2013-11039)	(73) 特許権者	306037311 富士フイルム株式会社
(22) 出願日	平成25年1月24日 (2013.1.24)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(65) 公開番号	特開2013-176542 (P2013-176542A)	(74) 代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
(43) 公開日	平成25年9月9日 (2013.9.9)		
審査請求日	平成26年5月28日 (2014.5.28)	(74) 代理人	100090468 弁理士 佐久間 剛
(31) 優先権主張番号	特願2012-21670 (P2012-21670)	(72) 発明者	入澤 覚 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士フイルム株式会社内
(32) 優先日	平成24年2月3日 (2012.2.3)	(72) 発明者	阿部 剛也 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士フイルム株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	審査官	宮川 哲伸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プローブ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも、被検体からの音響波を検出する音響波検出器と、
 光源から出射した光をプローブ本体まで導光する光ファイバと、
 前記光ファイバと光学的に結合された光入射端から前記音響波検出器の近傍に配置され
 た光出射端まで光を導光する導光手段とを備え、

前記導光手段が、導光手段の周囲の少なくとも一部に形成された固定材料によりプロー
 ブ本体内で固定され、

前記導光手段の屈折率を n_1 、前記固定材料の屈折率を n_2 、前記光ファイバから前記
 光入射端に入射する光の広がり角を i としたとき、下記式

$$\sin^{-1}(n_2/n_1) \times (180^\circ/\quad) < 90^\circ - i$$

を満たすことを特徴とするプローブ。

【請求項2】

前記導光手段の少なくとも一部が、ガラスで形成されていることを特徴とする請求項1
 に記載のプローブ。

【請求項3】

前記固定材料が、フッ素系樹脂材料であることを特徴とする請求項1又は2に記載のプ
 ローブ。

【請求項4】

前記固定材料が、テトラフルオロエチレン-パーフルオロジオキソールコポリマー(T

F E / P D D)であることを特徴とする請求項 3 に記載のプローブ。

【請求項 5】

前記固定材料がフロロシリコンゴムであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のプローブ。

【請求項 6】

前記固定材料が、前記導光手段の屈折率よりも屈折率が低い低屈折率シリコン樹脂又はメチル系シリコン樹脂であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のプローブ。

【請求項 7】

前記導光手段の光出射端が前記固定材料で覆われていることを特徴とする請求項 1 から 6 何れか 1 項に記載のプローブ。

10

【請求項 8】

前記導光手段が、光源から出射した光を導光する第 1 の導光部材と、該第 1 の導光部材により導光された光を拡散させて前記音響波検出器の近傍まで導光する第 2 の導光部材を含むことを特徴とする請求項 1 から 7 何れか 1 項に記載のプローブ。

【請求項 9】

前記第 2 の導光部材が、前記第 1 の導光部材からの光入射側に入射光を拡散させる光拡散部材を含むことを特徴とする請求項 8 に記載のプローブ。

【請求項 10】

前記第 2 の導光部材の屈折率を n_3 、前記光拡散部材の拡散角度を θ としたとき、下記式、

20

$$\sin^{-1} (n_2 / n_3) \times (180^\circ / \theta) < 90^\circ - d \quad (\text{ただし } d = (\theta^2 + 1)^{1/2})$$

を満たすことを特徴とする請求項 9 に記載のプローブ。

【請求項 11】

前記第 1 及び第 2 の導光部材のうち少なくとも第 2 の導光部材が前記固定材料により固定されることを特徴とする請求項 8 から 10 何れか 1 項に記載のプローブ。

【請求項 12】

前記第 1 及び第 2 の導光部材のうち第 2 の導光部材のみが前記固定材料により固定されることを特徴とする請求項 8 から 10 何れか 1 項に記載のプローブ。

【請求項 13】

30

前記固定材料が、前記光入射端から前記光出射端までの間の導光手段の側面に形成されることを特徴とする請求項 1 から 11 何れか 1 項に記載のプローブ。

【請求項 14】

前記固定材料が、前記光出射端から、光出射端から所定距離離れた位置までの間の導光手段の側面に形成されることを特徴とする請求項 1 から 12 何れか 1 項に記載のプローブ。

【請求項 15】

前記光入射端から前記光出射端までの間の距離の少なくとも $1/3$ に前記固定材料が形成されることを特徴とする請求項 14 に記載のプローブ。

【請求項 16】

40

前記固定材料が、プローブ本体を構成するケース、又は、プローブ本体内に設けられたケースと前記導光手段との間に形成されていることを特徴とする請求項 1 から 15 何れか 1 項に記載のプローブ。

【請求項 17】

前記導光手段が、前記固定材料により、プローブ本体を構成するケース、又は、プローブ本体内に設けられたケースと、前記音響波検出器を保持する保持部材との間に固定されることを特徴とする請求項 1 から 16 何れか 1 項に記載のプローブ。

【請求項 18】

前記音響波検出器が、前記固定材料による導光部材の固定後に保持部材に取り付けられることを特徴とする請求項 17 に記載のプローブ。

50

【請求項 19】

少なくとも、被検体からの音響波を検出する音響波検出器と、
光源から出射した光をプローブ本体まで導光する光ファイバと、
前記光ファイバと光学的に結合された光入射端から前記音響波検出器の近傍に配置された光出射端まで光を導光する導光手段とを備え、
前記導光手段が、前記光入射端から、光入射端側から距離 h だけ離れた位置までの間の導光手段の周囲の少なくとも一部に形成された固定材料によりプローブ本体内で固定され、
前記光入射端における光ファイバの結合位置から前記導光手段側面までの距離を d とし、前記光ファイバから前記光入射端に入射する光の広がり角を i としたとき、 $h = d / \tan(i)$ であることを特徴とするプローブ。

10

【請求項 20】

前記導光手段の前記光入射端側から距離 h だけ離れた位置以降の側面が、空気層により覆われることを特徴とする請求項 19 に記載のプローブ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プローブに関し、更に詳しくは光音響イメージングに用いられるプローブに関する。

【背景技術】

20

【0002】

生体内部の状態を非侵襲で検査できる画像検査法的一种として、超音波検査法が知られている。超音波検査では、超音波の送信及び受信が可能な超音波プローブ（探触子）を用いる。超音波プローブから被検体（生体）に超音波を送信させると、その超音波は生体内部を進んでいき、組織界面で反射する。超音波プローブでその反射音波を受信し、反射超音波が超音波プローブに戻ってくるまでの時間に基づいて距離を計算することで、内部の様子を画像化することができる。

【0003】

また、光音響効果を利用して生体の内部を画像化する光音響イメージングが知られている。一般に光音響イメージングでは、例えばパルスレーザー光を生体内に照射する。生体内部では、生体組織がパルスレーザー光のエネルギーを吸収し、そのエネルギーによる断熱膨張により超音波（光音響信号）が発生する。この光音響信号を超音波プローブなどで検出し、検出信号に基づいて光音響画像を構成することで、光音響信号に基づく生体内の可視化が可能である。

30

【0004】

ここで、通常、超音波プローブでは、プローブ本体内部にポッティング剤が充填され、プローブ本体の内部の部品が固定される。プローブ本体内部をポッティングすることは、例えば特許文献 1 や特許文献 2 に記載されている。ポッティング剤には、例えばエポキシ樹脂などが用いられる。

【0005】

40

また、光音響イメージングでは、光ファイバなどを用いてレーザー光源からの光を超音波プローブまで導光し、超音波プローブからレーザー光を照射することがある。光照射部を有する超音波プローブは、例えば特許文献 1 に記載されている。特許文献 1 では、光ファイバの光出射端側の端部と超音波振動子とを、隣接するように一体に固定する。光ファイバの光出射端は、超音波振動子からの超音波が進行する方向に光が照射されるように、ホルダに設けられた孔に固定される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開平 7 - 3 1 3 5 0 7 号公報

50

【特許文献2】特開平8 - 010255号公報

【特許文献3】特開2008 - 49063号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

光照射部を有する超音波プローブとして、プローブ本体内に導光板を有し、光ファイバなどを用いて導光された光を導光板に入射し、導光板の光出射面から被検体方向に光を出射する超音波プローブを考える。導光板には、例えば石英ガラスを用いることができる。このような超音波プローブにおいて、プローブ本体内にエポキシなどの樹脂を充填し、導光板を含むプローブ本体内の構成部品を固定するものとする。このとき、導光板を固定する

10

【0008】

すなわち、一般的な光ファイバの開口数は $NA = 0.23$ であり、出射光の広がり角 i は、 $i = \sin^{-1}(NA)$ から 13.3° 程度である。一般的な、エポキシ系などのポッティング剤の標準屈折率は $1.42 \sim 1.45$ である。導光板に石英を用いたとすると、導光板の屈折率は、波長 700nm から 800nm の光に対して 1.45 となる。光ファイバから、直方体形状の導光板の光入射面に対して垂直に光を入射すると、光ファイバ出射光は広がり角 i を持つため、光ファイバ出射光の導光板とポッティング剤との

20

【0009】

ポッティング剤の屈折率が 1.42 の場合、導光板とポッティング剤との界面における臨界角（全反射が起こる最も小さな入射角）は 78.3° となる。また、ポッティング剤の屈折率が 1.45 の場合、導光板とポッティング剤との界面における臨界角は 90° となる。これらのケースでは、光ファイバから入射した光が臨界角よりも小さい角度で導光板とポッティング剤との界面に入射するため、導光板内を進行する光の一部が導光板とポッティング剤との界面で反射せず、光漏れが生じる。

【0010】

本発明は、上記に鑑み、プローブ本体内にポッティング剤で導光板を固定したとき、導光板から光が漏れだすことを防止できるプローブを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するために、本発明は、少なくとも、被検体からの音響波を検出する音響波検出器と、光源から出射した光をプローブ本体まで導光する光ファイバと、光ファイバと光学的に結合された光入射端から音響波検出器の近傍に配置された光出射端まで光を導光する導光手段とを備え、導光手段が、導光手段の周囲の少なくとも一部に形成された固定材料によりプローブ本体内で固定され、導光手段の屈折率を n_1 、固定材料の屈折率を n_2 、光ファイバから光入射端に入射する光の広がり角を i としたとき、 $\sin^{-1}(n_2/n_1) \times (180^\circ / \quad) < 90^\circ - i$ を満たすことを特徴とするプローブを提供する。

40

【0012】

本発明では、導光手段の少なくとも一部をガラスで形成することができる。

【0013】

上記の固定材料には、フッ素系樹脂材料を用いることができる。具体的には、上記固定材料に、テトラフルオロエチレン - パーフルオロジオキソールコポリマー (TFE/PDD) を用いることができる。

【0014】

上記に代えて、固定材料にフロロシリコーンゴムを用いることとしてもよい。あるいは、固定材料に、導光手段の屈折率よりも屈折率が低い低屈折率シリコーン樹脂又はメチル系シリコーン樹脂を用いてもよい。

50

【0015】

本発明では、導光手段の光出射端を固定材料で覆うこととしてもよい。

【0016】

導光手段は、光源から出射した光を導光する第1の導光部材と、その第1の導光部材により導光された光を拡散させて音響波検出器の近傍まで導光する第2の導光部材とを含んでいてもよい。

【0017】

上記において、第2の導光部材が、第1の導光部材からの光入射側に入射光を拡散させる光拡散部材を含むこととしてもよい。

【0018】

また、第2の導光部材の屈折率を n_3 、光拡散部材の拡散角度を θ としたとき、 $\sin^{-1}(n_2/n_3) \times (180^\circ/\theta) < 90^\circ - d$ (ただし $d = (\theta^2 + 1^2)^{1/2}$) を満たすことが好ましい。

10

【0019】

第1及び第2の導光部材のうちの少なくとも第2の導光部材が固定材料により固定されることとしてもよい。あるいは、第1及び第2の導光部材のうちの第2の導光部材のみが固定材料により固定されることとしてもよい。

【0020】

本願発明では、上記固定材料が、導光手段の光入射端から光出射端までの間の側面に形成される構成を採用することができる。

20

【0021】

あるいは、上記固定材料が、導光手段の光出射端から、光出射端から所定距離離れた位置までの間の側面に形成されていてもよい。その場合、導光手段の光入射端から光出射端までの間の距離の少なくとも $1/3$ に上記固定材料が形成されていることが好ましい。

【0022】

上記固定材料は、プローブ本体を構成するケース、又は、プローブ本体内に設けられたケースと導光手段との間に形成されている構成としてもよい。

【0023】

導光手段は、固定部材により、プローブ本体を構成するケース、又は、プローブ本体内に設けられたケースと、音響波検出器を保持する保持部材との間に固定されていてもよい。その場合、音響波検出器を、固定部材による導光部材の固定後に保持部材に取り付けることとしてもよい。

30

【0024】

本発明は、また、少なくとも、被検体からの音響波を検出する音響波検出器と、光源から出射した光をプローブ本体まで導光する光ファイバと、光ファイバと光学的に結合された光入射端から音響波検出器の近傍に配置された光出射端まで光を導光する導光手段とを備え、導光手段が、光入射端から、光入射端側から距離 h だけ離れた位置までの間の導光手段の周囲の少なくとも一部に形成された固定材料によりプローブ本体内で固定され、光入射端における光ファイバの結合位置から導光手段側面までの距離を d とし、光ファイバから光入射端に入射する光の広がり角を θ としたとき、 $h = d / \tan(\theta)$ であることを特徴とするプローブを提供する。

40

【0025】

上記のプローブでは、導光手段の光入射端側から距離 h だけ離れた位置以降の側面が、空気層により覆われる構成とすることができる。

【発明の効果】

【0026】

本発明のプローブは、プローブ本体内で導光手段を固定する際に用いられる固定材料に、屈折率が低い固定材料を用いる。導光手段と固定材料との界面における全反射の臨界角が、光ファイバから導光手段に入射した光が導光手段と固定材料との界面に入射する際の最大入射角度よりも小さくなるように選定された固定材料を用いることで、導光手段から

50

固定材料への光漏れを防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明の第1実施形態のプローブを含む光音響画像診断装置を示すブロック図。

【図2】プローブの側面方向の断面を示す断面図。

【図3】比較例のプローブの側面方向の断面を示す断面図。

【図4】変形例のプローブの側面方向の断面を示す断面図。

【図5】本発明の第2実施形態のプローブの側面方向の断面を示す断面図。

【図6】本発明の第3実施形態のプローブの先端付近の断面を示す断面図。

【図7】本発明の第4実施形態のプローブの先端付近の断面を示す断面図。

【図8】本発明の第5実施形態のプローブの先端付近の断面を示す断面図。

【図9】本発明の第6実施形態のプローブの先端付近の断面を示す断面図。を含む光音響画像診断装置を示すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、図面を参照し、本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1は、本発明の第1実施形態のプローブ（探触子）を含む光音響画像診断装置を示す。光音響画像診断装置は、プローブ10、光源ユニット31、及び超音波ユニット32を備える。プローブ10は、被検体に光を照射する光照射部と、少なくとも被検体からの音響波（例えば超音波）が検出可能な音響波検出器とを有する。音響波検出器は、例えば一元配列された複数の超音波振動子を含む。

【0029】

光源ユニット31は、例えばパルスレーザー光を生成するレーザーユニットであり、超音波プローブ10から被検体に対して照射すべき光を生成する。プローブ10は、光配線21を介して光源ユニット31と接続される。光配線21は、それぞれ例えば数十本の光ファイバが束ねられたバンドルファイバとして構成される。光源ユニット31で生成されたパルスレーザー光は、光配線21によりプローブ10に導光され、プローブ10の光照射部から被検体に照射される。

【0030】

超音波ユニット32は、プローブ10が検出した音響波の検出信号（超音波信号）に基づいて、光音響画像の生成を行う。プローブ10は、電気配線22を介して超音波ユニット32と接続される。プローブ10が検出した超音波信号は、電気配線22により超音波ユニット32に伝送され、超音波ユニット32で処理される。

【0031】

図2は、プローブ10を超音波振動子が配列された方向と直交する方向から見た側面方向の断面を示す。プローブ10は、電子材11と光ファイバ13と導光板14とを有する。電子材11は、音響波検出器を構成する超音波振動子12を含む。超音波振動子12は、少なくとも、被検体からの超音波を検出する。電子材11は、超音波振動子12に加えて、例えば検出された超音波を増幅するプリアンプなどを含んでいてもよい。

【0032】

光ファイバ13は、図1の光配線21に相当し、レーザー光源ユニット31（図1）から出射した光をプローブ本体まで導光する。導光板14は、導光手段であり、光ファイバ13と光学的に結合された光入射端から超音波振動子12の近傍に配置された光出射端まで光を導光する。光ファイバ13は、例えば導光板14の図2に示す断面の横方向（x方向）の中央の位置に光学的に結合される。プローブ10は、例えば導光板14を少なくとも2つ備えており、2つの導光板14は、超音波振動子12を挟んで対向するように配置される。導光板14は、例えばガラス材料で形成されている。

【0033】

導光板14は、その周囲の少なくとも一部に形成された固定材料により、プローブ本体内に固定される。固定材料には、例えば樹脂材料を用いることができる。導光板14は、

10

20

30

40

50

例えばプローブ本体を構成するケースと電子材 1 1 との間に充填された樹脂 1 6 により、プローブ本体内に固定されている。樹脂 1 6 は、例えば、導光板 1 4 の光入射端から光出射端までの間の側面の全面（y 方向の全面）にわたって形成される。

【0034】

樹脂 1 6 には、一般的なポッティング剤であるエポキシ系の樹脂に比して屈折率が低い樹脂材料が用いられる。例えば樹脂 1 6 には、フッ素系樹脂材料が用いられる。具体的には、樹脂 1 6 に、テトラフルオロエチレン - パーフルオロジオキソールコポリマー（TFE / PDD）を用いることができる。あるいは、樹脂 1 6 に、低屈折率シリコン樹脂（屈折率 1.39）又はメチル系シリコン樹脂（1.41）を用いてもよい。また、それら樹脂に代えて、固定材料に、フロロシリコンゴム（信越化学工業 FE - 123：屈折率 1.39 程度）を用いてもよい。

10

【0035】

ここで、光ファイバ 1 3 の端面から導光板 1 4 の光入射面に入射した光は、光ファイバ 1 3 の端面の開口数 NA に応じた広がり角 i の広がりを持って導光板 1 4 内を進行する。光ファイバ 1 3 から導光板 1 4 の光入射面に対して垂直に光を入射すると、光ファイバ 1 3 から出射した光の、導光板 1 4 と樹脂 1 6 との界面に対する入射角度は最大で $90^\circ - i$ となる。一方、導光板 1 4 の屈折率を n_1 、樹脂 1 6 の屈折率を n_2 としたとき、臨界角（全反射が起こる最も小さな入射角）は、 $\sin^{-1}(n_2/n_1) \times (180^\circ / \quad)$ となる。臨界角が、導光板 1 4 と樹脂 1 6 との界面に対する最大入射角度よりも小さいとき、導光板 1 4 内に入射した光は、全反射しながら光出射端側に進行する。

20

【0036】

一般的な光ファイバの開口数は $NA = 0.23$ であり、出射光の広がり角 i は 13.3° 程度である。導光板 1 4 に石英を用いたとすると、導光板の屈折率は $n_1 = 1.45$ である。樹脂 1 6 には、例えば屈折率 $n_2 = 1.32$ のフッ素系樹脂を用いる。この場合、臨界角は 65.6° となる。臨界角が、導光板 1 4 と樹脂 1 6 との界面に対する最大入射角度 $90^\circ - 13.3^\circ = 76.7^\circ$ よりも小さいため、光ファイバ 1 3 から導光板 1 4 内に入射した光は導光板 1 4 と樹脂 1 6 との界面で全反射する。

【0037】

本実施形態では、全反射の臨界角が、導光板 1 4 と樹脂 1 6 との界面に入射する光の最大入射角度よりも小さくなるように、低屈折率の樹脂 1 6 を用いて導光板 1 4 を固定する。すなわち、 $\sin^{-1}(n_2/n_1) \times (180^\circ / \quad) < 90^\circ - i$ を満たすような屈折率 n_2 を持つ樹脂材料を導光板 1 4 の周囲に形成して導光板 1 4 を固定する。全反射の臨界角が、光ファイバ 1 3 を出射した光が導光板 1 4 と樹脂 1 6 との界面に入射する際の最大入射角度よりも小さくなるような樹脂材料を用いることで、導光板 1 4 から光が漏れだすことを防ぐことができる。光漏れを防ぐことで、導光板 1 4 に入射した光を効率よく光出射端まで導光することができ、被検体に照射する光の光量が低下することを防止できる。

30

【0038】

比較例として、一般的なポッティング剤を用いて導光板 1 4 を固定した場合を考える。図 3 は、比較例のプローブの側面方向の断面を示す。導光板 5 2 は、光ファイバ 5 1 と光学的に結合されており、光ファイバ 5 1 から入射した光を被検体方向に導光する。導光板 5 2 を固定するための樹脂 5 3 に一般的なポッティング剤であるエポキシ系樹脂を用いた場合、エポキシ系樹脂の屈折率は $1.42 \sim 1.45$ 程度であるため、臨界角は $78.3^\circ \sim 90^\circ$ 程度になる。この場合、臨界角が導光板 5 2 と樹脂 5 3 との界面に対する最大入射角よりも大きく、光漏れが生じる。光漏れを防ぐために、導光板 5 2 と樹脂 5 3 との界面に反射膜 5 4 をコーティングすることも考えられるが、その場合、製作工程が増え、コストが増加する。これに対し、本実施形態では、反射膜のコーティングは不要であり、コスト増加を抑えつつ、光漏れを防止できる。

40

【0039】

なお、樹脂 1 6 は、導光板 1 4 の光入射端から光出射端までの側面の全面にわたって形

50

成されている必要はなく、導光板 14 の側面の一部に形成されていてもよい。図 4 は、変形例のプローブ 10 の側面方向の断面を示す。この例では、導光板 14 の光出射端側から、光出射端から所定の距離だけ離れた位置までの間の導光板 14 の側面に樹脂 16 が形成されている。例えば導光板 14 の光入射端から光出射端までの長さの $1/2$ 以下、望ましくは $1/3$ の以下の長さだけ、樹脂 16 を形成する。このようにする場合、導光板 14 を固定する強度は低くなるものの、必要な樹脂材料を削減することができる。

【0040】

次いで、本発明の第 2 実施形態を説明する。図 5 は、本発明の第 2 実施形態のプローブの側面方向の断面を示す。本実施形態では、導光板 14 の光入射端から、光入射端側から所定の距離 h だけ離れた位置までの間の導光板 14 の周囲の少なくとも一部に、固定材料として樹脂 17 を形成することで、導光板 14 をプローブ本体内に固定する。導光板 14 の光入射端側から距離 h だけ離れた位置以降の側面は、例えば空気層により覆われる。

10

【0041】

例えば導光板 14 の紙面横方向 (x 方向) の厚みを $2 \times d$ とし、導光板 14 の x 方向の中央に光ファイバ 13 を結合するとした場合、光ファイバ 13 から入射した光の広がり角を i とすれば、導光板 14 に入射した光は、光入射端から $d / \tan(i)$ だけ離れた距離で、導光板 14 の側面 (x 方向の側面) に入射する。逆に言えば、光入射端から $d / \tan(i)$ だけ離れた距離までの間は、光ファイバ 13 から出射して導光板 14 の側面に直接入射する光はない。本実施形態では、その範囲に樹脂 17 を形成する。つまり、 $h = d / \tan(i)$ の間に樹脂 17 を形成する。

20

【0042】

本実施形態では、導光板 14 の光入射端から、光入射端側から所定の距離 h だけ離れた位置までの間の導光板 14 の周囲の少なくとも一部に樹脂 17 を形成し、導光板 14 をプローブ本体内で固定する。光入射端側から、 $h = d / \tan(i)$ で定まる所定の距離までの間に樹脂 17 を形成し、導光板 14 を固定することで、光ファイバ 13 から導光板 14 に入射した光が導光板 14 から漏れ出すことを防止できる。本実施形態では、樹脂 17 に対して光ファイバ 13 から出射した光が直接に入射しないため、第 1 実施形態とは異なり、樹脂 17 に低屈折率の樹脂材料を用いる必要はない。所定の距離 h 以降は空気層とすることで、フッ素系樹脂を用いる場合よりもさらに小さくなり、導光板 14 と空気層との界面に入射した光は、全反射する。

30

【0043】

次に、本発明の第 3 実施形態を説明する。図 6 は、本発明の第 3 実施形態のプローブの先端付近 (超音波振動子側) の断面を示す。本実施形態では、プローブ内に、音響波検出器を構成する超音波振動子 12 を保持する保持部材 18 が設けられている。保持部材 18 は、外装を構成するケース 15 と一体に形成されていてもよく、あるいはケース 15 とは別に形成されていてもよい。導光板 14 は、固定部材を構成する樹脂 16 により、ケース 15 と保持部材 18 との間に固定される。樹脂 16 には、第 1 実施形態で説明したものをを用いることができる。

【0044】

プローブの組み立てに際しては、例えば高温状態の樹脂 16 を導光板 14 とケース 15 及び保持部材 18 との間に流し込み、その後硬化させることで、導光板 14 を固定する。その後、超音波振動子 12 を保持部材 18 に接着する。図 2 に示したように、超音波振動子 12 を含む電子材 11 とケース 15 との間に導光板 14 を固定する場合、電子材 11 や超音波振動子 12 が、高温状態の樹脂 16 からの熱を受けることになる。これに対し、本実施形態では、樹脂 16 による導光板の固定後に保持部材 18 に超音波振動子 12 を取り付けることができるため、熱に弱い超音波振動子 12 が高温状態の樹脂 16 から熱を受けることを避けることができる。このため、導光板 14 を固定するための固定材料に、より高温で硬化する材料を用いることが可能である。その他の効果は、第 1 実施形態と同様である。

40

【0045】

50

続いて、本発明の第4実施形態を説明する。図7は、本発明の第4実施形態のプローブの先端付近の断面を示す。本実施形態では、導光板14aが、第1の導光部材141と第2の導光部材143とを含む。第2の導光部材143は、第1の導光部材141により導光された光を拡散させて超音波振動子12の近傍まで導光する。第1の導光部材141と第2の導光部材143との間には、例えば0.1mmから1mm程度のギャップが設けられている。固定部材である樹脂16は、第1の導光部材141（その一部）及び第2の導光部材143をプローブ本体内に固定する。

【0046】

第1の導光部材141は、例えばガラスで形成されている。第1の導光部材141には光源からの高エネルギーレーザーが入射し、第1の導光部材141に入射した光は、第2の導光部材143方向へ導光されている間に広がっていく。第2の導光部材143は、例えば、ガラスと、そのガラスの第1の導光部材141と対向する端面に設けられた拡散板（光拡散部材）142とを有する。拡散板142には、例えばホログラフィックディフューザーを用いることができる。第2の導光部材143に発散光として入射した光は、拡散板142で更に発散角が拡大されて、超音波振動子12の近傍まで導光される。具体的には、拡散板142自体の拡散角度を θ としたとき、 $d = (\theta^2 + \lambda^2)^{1/2}$ まで光が広げられる。

【0047】

本実施形態では、第1の導光部材141は、光ファイバ13（図2）から出射した高エネルギー密度のレーザー光が入射するための透明ガラスで形成されており、入射光は透明ガラスを導光されている間に広がる。第2の導光部材143は、透明ガラスの光入射側に拡散板142を有しており、第1の導光部材141から入射した光を更に広げて被検体方向へ導光する。このようにすることで、中心部と周辺部とで被検体方向に出射する光の光強度の差を抑えることができる。

【0048】

本実施形態では、 $\sin^{-1}(n_2/n_1) \times (180^\circ/\lambda) < 90^\circ - \theta$ を満たすような屈折率 n_2 を持つ樹脂材料を導光板14aの周囲に形成して導光板14aを固定することで、第1の導光部材141から外部へ光が漏れることを抑制することができる。特に、第2の導光部材143の屈折率を n_3 として、 $\sin^{-1}(n_2/n_3) \times (180^\circ/\lambda) < 90^\circ - \theta$ を満たすとき、第2の導光部材143の部分において、外部への光漏れを抑制することができる。

【0049】

引き続き、本発明の第5実施形態を説明する。図8は、本発明の第5実施形態のプローブの先端部分の断面を示す。先に説明した第4実施形態では、第1の導光部材141と第2の導光部材143の双方が樹脂16によりプローブ本体内に固定された。これに対し、本実施形態では、第1の導光部材141及び第2の導光部材143のうちの第2の導光部材143のみが樹脂16により固定される。本実施形態では、第2の導光部材143の屈折率を n_3 、拡散板142自体の拡散角度を θ としたとき、 $\sin^{-1}(n_2/n_3) \times (180^\circ/\lambda) < 90^\circ - \theta$ （ただし $d = (\theta^2 + \lambda^2)^{1/2}$ ）を満たすことが好ましい。

【0050】

本実施形態では、第1の導光部材141及び第2の導光部材143のうちの第2の導光部材143のみを樹脂16によりプローブ本体内に固定する。このような構成とした場合、導光板14aを構成する第1の導光部材141及び第2の導光部材143のうち、第1の導光部材141のみをプローブ本体から取り外すことが可能となり、第1の導光部材141の清掃や交換が可能となる。また、第2の導光部材143の拡散板142側の端面が樹脂16から露出するようにしておけば、拡散板142の清掃や交換も可能である。その他の効果は第4実施形態と同様である。

【0051】

更に、本発明の第6実施形態を説明する。図9は、本発明の第6実施形態のプローブの

10

20

30

40

50

先端付近の断面を示す。本実施形態のプローブは、導光板 1 4 の光出射端が固定材料である樹脂 1 6 で覆われている点で、第 1 実施形態のプローブと相違する。その他の点は、第 1 実施形態と同様である。

【 0 0 5 2 】

導光板 1 4 から直接に被検体である生体に光を出射する場合、生体の屈折率と導光板 1 4 の屈折率との間に差があり、効率よく生体に光を入射できないことが考えられる。本実施形態では、導光板 1 4 から出射した光は、樹脂 1 6 を介して生体に照射されるため、生体の屈折率とガラスの屈折率との差を緩和し、効率良く生体に光を入射させることができる。その他の効果は、第 1 実施形態と同様である。

【 0 0 5 3 】

なお、上記各実施形態では、プローブ本体を構成するケース 1 5 と導光板 1 4 との間に導光板 1 4 を固定するための樹脂 1 6 が形成されるものとして説明したが、これには限定されない。例えば、プローブ本体に別のケースを設け、そのケースと導光板 1 4 との間に樹脂などの固定部材を形成し、導光板 1 4 をプローブ本体内で固定してもよい。第 3 実施形態においては、プローブ本体に設けられた別のケースと、保持部材 1 8 (図 6) との間に樹脂などの固定部材を形成し、導光板 1 4 をプローブ本体内に固定してもよい。

【 0 0 5 4 】

また、第 3 ~ 第 6 実施形態 (図 6 ~ 図 9) では、超音波振動子 1 2 の直下にも光が照射されるように導光板 1 4 を斜めに配置しているが、これら実施形態において、導光板 1 4 は斜めに傾いて配置されている必要はない。また、第 1 及び第 2 実施形態 (図 2 や図 5 など) において、導光板 1 4 が斜めに傾いて配置されることとしてもよい。

【 0 0 5 5 】

上記各実施形態は、適宜組み合わせる用いることが可能である。例えば第 3 実施形態と第 4 実施形態とを組み合わせ、図 7 において超音波振動子 1 2 を保持する保持部材 1 8 (図 6) を設け、導光板 1 4 a の第 1 の導光部材 1 4 1 及び第 2 の導光部材 1 4 3 を、ケース 1 5 と保持部材 1 8 との間に固定する構成としてもよい。また、第 3 実施形態と第 5 実施形態とを組み合わせ、図 8 において超音波振動子 1 2 を保持する保持部材 1 8 (図 6) を設け、導光板 1 4 a の第 2 の導光部材 1 4 3 を、ケース 1 5 と保持部材 1 8 との間に固定する構成としてもよい。

【 0 0 5 6 】

また、第 3 実施形態と第 6 実施形態とを組み合わせ、図 6 において、図 9 に示したように樹脂 1 6 が導光板 1 4 の光出射端を覆う構成としてもよい。第 4 実施形態と第 6 実施形態とを組み合わせ、図 7 において、図 9 に示したように樹脂 1 6 が導光板 1 4 a の光出射端 (第 2 の導光部材 1 4 3 の光出射端) を覆う構成としてもよい。また、第 5 実施形態と第 6 実施形態とを組み合わせ、図 8 において、図 9 に示したように樹脂 1 6 が導光板 1 4 a の光出射端 (第 2 の導光部材 1 4 3 の光出射端) を覆う構成としてもよい。

【 0 0 5 7 】

更には、第 3 実施形態と第 4 実施形態と第 6 実施形態とを組み合わせ、図 7 において導光板 1 4 a の第 1 の導光部材 1 4 1 及び第 2 の導光部材 1 4 3 をケース 1 5 と保持部材 1 8 との間に固定すると共に、図 9 に示したように樹脂 1 6 が導光板 1 4 a の光出射端 (第 2 の導光部材 1 4 3 の光出射端) を覆う構成としてもよい。また、第 3 実施形態と第 5 実施形態と第 6 実施形態とを組み合わせ、図 8 において導光板 1 4 a の第 2 の導光部材 1 4 3 をケース 1 5 と保持部材 1 8 との間に固定すると共に、図 9 に示したように樹脂 1 6 が導光板 1 4 a の光出射端 (第 2 の導光部材 1 4 3 の光出射端) を覆う構成としてもよい。

【 0 0 5 8 】

以上、本発明をその好適な実施形態に基づいて説明したが、本発明のプローブは、上記実施形態にのみ限定されるものではなく、上記実施形態の構成から種々の修正及び変更を施したのも、本発明の範囲に含まれる。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 9 】

10

20

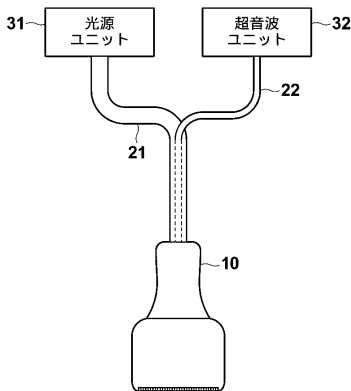
30

40

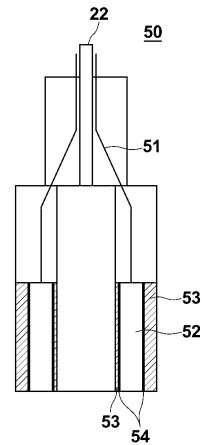
50

- 10 : プローブ
- 11 : 電子材
- 12 : 超音波振動子
- 13 : 光ファイバ
- 14 : 導光板
- 15 : ケース
- 16、17 : 樹脂
- 18 : 保持部材
- 21 : 光配線
- 22 : 電気配線
- 31 : 光源ユニット
- 32 : 超音波ユニット
- 141 : 第1の導光部材
- 142 : 拡散板
- 143 : 第2の導光部材

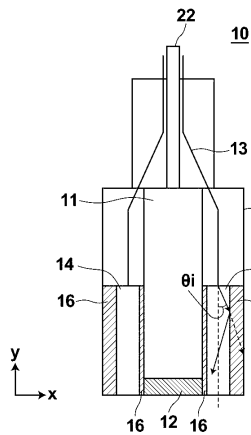
【図1】



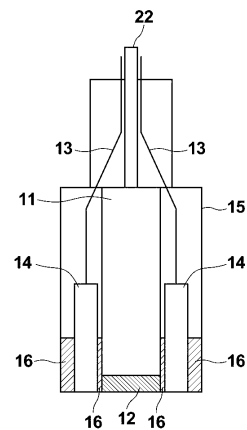
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07 - 313507 (JP, A)
特開平08 - 010255 (JP, A)
特表2011 - 501150 (JP, A)
特開2011 - 120627 (JP, A)
特開平07 - 005376 (JP, A)
特開平05 - 220111 (JP, A)
特開2001 - 215517 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B	8/00	-	8/15
A61B	13/00	-	17/02
G01F	29/00	-	29/52
H04R	1/00	-	31/00

专利名称(译)	探测器		
公开(公告)号	JP5840152B2	公开(公告)日	2016-01-06
申请号	JP2013011039	申请日	2013-01-24
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	入澤 覚 阿部 剛也		
发明人	入澤 覚 阿部 剛也		
IPC分类号	A61B8/00 H04R1/02		
CPC分类号	A61B5/0095		
FI分类号	A61B8/00 H04R1/02.330		
F-TERM分类号	4C601/DE16 4C601/GA03 4C601/GB41 4C601/GB46 4C601/GB50 5D019/FF04 5D019/GG09		
代理人(译)	佐久间刚		
优先权	2012021670 2012-02-03 JP		
其他公开文献	JP2013176542A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

[问题]当导光板借助于灌封剂固定在探头主体内时，防止光从导光板泄漏。[解决方案]超声换能器(12)至少检测来自对象的声波。光纤(13)将从光源射出的光引导到探头主体。导光板(14)将来自与光纤(13)光学耦合的光入射端的光引导到设置在超声换能器(12)附近的光出射端。导光板(14)通过形成在其周边的树脂(16)固定在探头主体内。当导光板(14)的折射率为n1时，树脂(16)的折射率为n2，从光纤(13)进入的光的发散角为θ，满足下式： $\sin^{-1}(n2/n1) \times \theta < 90^\circ$ 。

(21) 出願番号	特願2013-11039 (P2013-11039)	(73) 特許権者	306037311 富士フイルム株式会社
(22) 出願日	平成25年1月24日 (2013.1.24)		
(65) 公開番号	特開2013-176542 (P2013-176542A)		東京都港区西麻布2丁目2番30号
(43) 公開日	平成25年9月9日 (2013.9.9)	(74) 代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
審査請求日	平成26年5月28日 (2014.5.28)	(74) 代理人	100090468 弁理士 佐久間 剛
(31) 優先権主張番号	特願2012-21670 (P2012-21670)	(72) 発明者	入澤 覚 神奈川県足柄上郡開成町官台798番地 富士フイルム株式会社内
(32) 優先日	平成24年2月3日 (2012.2.3)	(72) 発明者	阿部 剛也 神奈川県足柄上郡開成町官台798番地 富士フイルム株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	審査官	宮川 哲伸