

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6052817号  
(P6052817)

(45) 発行日 平成28年12月27日(2016.12.27)

(24) 登録日 平成28年12月9日(2016.12.9)

(51) Int.Cl. F 1  
A 6 1 B 8/13 (2006.01) A 6 1 B 8/13

請求項の数 10 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2014-223995 (P2014-223995)	(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
(22) 出願日	平成26年11月4日(2014.11.4)	(74) 代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
(62) 分割の表示	特願2012-16061 (P2012-16061) の分割	(74) 代理人	100090468 弁理士 佐久間 剛
原出願日	平成24年1月30日(2012.1.30)	(72) 発明者	▲辻▼田 和宏 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士フイルム株式会社内
(65) 公開番号	特開2015-33639 (P2015-33639A)	(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
(43) 公開日	平成27年2月19日(2015.2.19)	審査官	樋熊 政一
審査請求日	平成26年11月5日(2014.11.5)		最終頁に続く
(31) 優先権主張番号	特願2011-23733 (P2011-23733)		
(32) 優先日	平成23年2月7日(2011.2.7)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

(54) 【発明の名称】 プローブ及び光音響計測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光源から出射した光をプローブ本体まで導光する光伝送部と、  
前記光伝送部と光学的に結合された光入射端から光出射端まで光を導光する導光手段と

、  
前記導光手段によって導光された光の被検体への照射によって前記被検体内で生じた光音響波を検出する検出部とを備え、

前記導光手段が、

前記光入射端を含み、該光入射端から前記光出射端側に向けて光を導光する第1の導光部であって、前記光入射端における入射光の断面積に比して前記第1の導光部の出射端での光の断面積を拡大させる第1の導光部と、

前記光出射端を含み、前記第1の導光部により導光された光を前記光出射端まで導光する第2の導光部であって、前記光出射端から被検体に向けて光を照射する第2の導光部とを有し、

前記第2の導光部の光の入射側の端面に光拡散面が形成されているプローブ。

【請求項2】

前記第1の導光部がガラスで形成され、前記第2の導光部が樹脂で形成されている請求項1記載のプローブ。

【請求項3】

前記第1の導光部および前記第2の導光部が透明である請求項1または2記載のプローブ

ブ。

【請求項 4】

前記導光手段は、光透過性を有するコアと、該コアを挟み込む、前記コアよりも屈折率が低い低屈折率部材とを含む請求項 1 記載のプロープ。

【請求項 5】

前記低屈折率部材は有機材料から成る請求項 4 記載のプロープ。

【請求項 6】

前記導光手段は、光透過性を有するコアと、該コアを挟み込む反射部材とを含む請求項 1 記載のプロープ。

【請求項 7】

前記検出部は一の方向に沿って配列された複数の検出器素子を含む請求項 1 から 6 いずれか 1 項記載のプロープ。

【請求項 8】

前記導光手段を複数備え、該複数の導光手段は前記一の方向に沿って配列される請求項 7 記載のプロープ。

【請求項 9】

前記導光手段を複数備え、該複数の導光手段は前記検出部を挟んで対向する請求項 7 記載のプロープ。

【請求項 10】

光源から出射した光をプロープ本体まで導光する光伝送部と、

前記光伝送部と光学的に結合された光入射端から光出射端まで光を導光する導光手段と

、  
前記導光手段によって導光された光の被検体への照射によって前記被検体内で生じた光音響波を検出する検出部とを備え、

前記導光手段が、

前記光入射端を含み、該光入射端から前記光出射端側に向けて光を導光する第 1 の導光部であって、前記光入射端における入射光の断面積に比して前記第 1 の導光部の出射端での光の断面積を拡大させる第 1 の導光部と、

前記光出射端を含み、前記第 1 の導光部により導光された光を前記光出射端まで導光する第 2 の導光部であって、前記光出射端から被検体に向けて光を照射する第 2 の導光部と

を有し、  
前記第 2 の導光部の光の入射側の端面に光拡散面が形成されているプロープと、

前記プロープによって検出された光音響波を信号処理する処理装置とを備えた光音響計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プロープに関し、更に詳しくは、光音響イメージングに用いられるプロープに関する。また、本発明はそのようなプロープを含む光音響計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

生体内部の状態を非侵襲で検査できる画像検査法の一つとして、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プ（探触子）を用いる。超音波プロープから被検体（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。超音波プロープでその反射超音波を受信し、反射超音波が超音波プロープ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、パルスレーザー光を生体内に照射する。生体内部では

10

20

30

40

50

、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。

【0004】

光音響イメージングでは、パルスレーザー光をレーザー光源から超音波プローブまで導光し、超音波プローブに設けられた光照射部からパルス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、複数の光ファイバを用いて、レーザー光源からの光を超音波プローブまで導光する。各光ファイバの出力端は、被検体に光を照射する光照射部を構成する。特許文献1では、超音波の送信及び/又は検出を行う複数の超音波振動子が所定の配列間隔をあけて一次元的に配列されており、光照射部である各ファイバの出力端は、隣接する超音波振動子間の隙間に配置される。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2010-12295号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1では、光ファイバの出力端から被検体に光を照射している。光ファイバ出射端は細く、そこに光が集中するため、光ファイバ出射端における光のエネルギー密度は高くなる。特許文献1において、生体に対する安全基準（例えば波長500nmの光で20mJ/cm<sup>2</sup>）を満たしたエネルギー密度で光照射を行うためには、照射する光の量を少なくせざるを得ない。特許文献1では光ファイバ1本当りりの光量が限られるため、安全基準を満たしつつ、十分な光量で光照射を行うためには、光ファイバの本数を増加させる必要がある。また、特許文献1では光ファイバが所定の間隔を隔てて配列されており、光ファイバの直下と隣接する光ファイバの間とで照射される光にムラができるため、照明すべきエリアに均一に光を照射できない。

20

【0007】

本発明は、上記に鑑み、十分な光量で、広い照明エリアに光を照射できる照明系を有するプローブ、及びそのようなプローブを含む光音響計測装置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】

【0008】

上記課題を解決するために、本願発明は、光源から出射した光をプローブ本体まで導光する光伝送部と、導光された光を拡散する拡散部と、拡散部と被検体との間に設けられた導光部材と、被検体への光出射後に被検体内で生じた光音響波を検出する検出部とを備えたプローブを提供する。

【0009】

本発明のプローブでは、拡散部は導光部材の光入射面側に配置されており、導光部材の光出射面から被検体に対する光照射が行われることが好ましい。

40

【0010】

導光部材は樹脂材料から成っていてもよい。

【0011】

本発明において、導光部材は透明であることが好ましい。

【0012】

導光部材は、光透過性を有するコアと、そのコアを挟み込む、コアよりも屈折率が低い低屈折率部材とを含む構成であってもよい。低屈折率部材には有機材料を用いることができる。

50

## 【 0 0 1 3 】

上記に代えて、導光部材を、光透過性を有するコアと、そのコアを挟み込む反射部材とを含む構成としてもよい。

## 【 0 0 1 4 】

検出部は一の方向に沿って配列された複数の検出器素子を含むことが好ましい。

## 【 0 0 1 5 】

導光部材を複数備え、それら複数の導光部材は上記の一の方向に沿って配列されていてもよい。

## 【 0 0 1 6 】

導光部材を複数備える場合に、それらの少なくとも一部が検出部を挟んで対向する構成であってもよい。

## 【 0 0 1 7 】

本発明は、また、光源から出射した光をプローブ本体まで導光する光伝送部と、導光された光を拡散する拡散部と、拡散部と被検体との間に設けられた導光部材と、被検体への光出射後に被検体内で生じた光音響波を検出する検出部とを有するプローブと、プローブによって検出された光音響波を信号処理する処理装置とを備えた光音響計測装置を提供する。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 8 】

本発明のプローブ及び光音響計測装置は、十分な光量で、広い照明エリアに光を照射することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 本発明の第 1 実施形態の超音波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 】 ( a ) は、超音波プローブの側面方向の断面図、( b ) は、超音波プローブの正面方向の断面図。

【 図 3 】 側面方向から見た導光板を示す図。

【 図 4 】 導光板の変形例を示す図。

【 図 5 】 本発明の第 2 実施形態の超音波プローブに用いられる導光板の斜視図。

【 図 6 】 第 1 の導光部と第 2 の導光部の境界面における光の分布を示す分布画像。

【 図 7 】 第 1 の導光部の長さとの境界面における光のエネルギー密度の関係を示すグラフ。

【 図 8 】 本発明の第 3 実施形態の超音波プローブの側面方向の断面図。

【 図 9 】 本発明の第 4 実施形態の超音波プローブの側面方向の断面図。

【 図 1 0 】 本発明の第 5 実施形態の超音波プローブの側面方向の断面図。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 2 0 】

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（超音波探触子）を含む光音響画像診断装置を示す。光音響画像診断装置（光音響計測装置）は、超音波プローブ 1 0、光源ユニット 3 1、及び超音波ユニット（処理装置）3 2 を備える。超音波プローブ 1 0 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超音波が検出可能な超音波振動子（検出部）とを有する。光源ユニット 3 1 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 1 0 から被検体に対して照射すべき光を生成する。超音波ユニット 3 2 は、超音波プローブ 1 0 が検出した超音波信号に基づいて、光音響画像の生成を行う。

## 【 0 0 2 1 】

超音波プローブ 1 0 は、例えば複数の超音波振動子（検出器素子）が所定方向に配列されたアレイ部と、操作者がプローブを使用する際に握る握り部とを有している。超音波振動子の配列は、一次元的配列でも、二次元的配列でもよい。超音波プローブ 1 0 は、光ファイバ 2 1 を介して光源ユニット 3 1 と接続される。光ファイバ（光伝送部）2 1 は、例

10

20

30

40

50

えば複数本の光ファイバを含む。光源ユニット 3 1 で生成されたパルスレーザ光は、光ファイバ 2 1 により超音波プローブ 1 0 に導光され、超音波プローブ 1 0 の光照射部から被検体に照射される。また、超音波プローブ 1 0 は、電気ケーブル 2 2 を介して超音波ユニット 3 2 と接続される。超音波プローブ 1 0 が検出した超音波信号は、電気ケーブル 2 2 により超音波ユニット 3 2 に伝送され、超音波ユニット 3 2 で処理される。

#### 【 0 0 2 2 】

図 2 ( a ) は、超音波プローブ 1 0 の側面方向の断面図であり、( b ) は、正面方向の断面図である。なお、図 2 では、電気ケーブル 2 2 を省略して図示している。同図 ( a ) に示すように、超音波プローブ 1 0 は、被検体と接触する側の面に超音波振動子 1 2 を有している。超音波振動子 1 2 の両脇には、導光路又は導波路を形成する導光板 ( 導光手段 ) 1 1 a、1 1 d が配置される。導光板 1 1 a の光入射端は光ファイバ 2 1 a と光学的に結合され、導光板 1 1 d の光入射端は光ファイバ 2 1 d と光学的に結合される。光ファイバ 2 1 a、2 1 d には、例えば石英ファイバや中空ファイバを用いることができる。光ファイバ 2 1 a、2 1 d に、複数本の光ファイバが束ねられたバンドルファイバを用いることもできる。

10

#### 【 0 0 2 3 】

導光板 1 1 a、1 1 d の光入射端とは反対側の面は、光出射端を構成する。光出射端は、超音波振動子の近傍に配置される。導光板 1 1 a、1 1 d は、光入射端から入射された光を光出射端まで導光する。導光板 1 1 a、1 1 d は、例えば平板状のコアを平面クラッドで挟み込んだスラブ型の導光板である。コアとクラッドは屈折率が異なり、境界面で全反射を起こして光はほぼロスなく進行する。あるいは、平板状のコアに反射膜をコートして導波しても良いし、空気との屈折率差による全反射で光を導波してもよい。導光板 1 1 a、1 1 d の両面に反射シートを貼り付けてもよい。導光板 1 1 a、1 1 d の光出射端には、光拡散板 ( 拡散部 ) 1 3 が設けられる。光拡散板 1 3 の光出射面が、超音波プローブ 1 0 の光照射部を構成する。

20

#### 【 0 0 2 4 】

導光板 1 1 a と導光板 1 1 d とは、超音波振動子 1 2 を挟んで、超音波振動子 1 2 が配列された方向とは直交する方向に対向している。図 2 ( b ) に示すように、超音波振動子 1 2 の導光板 1 1 a が配置される側には、導光板 1 1 a を含めた 3 つの導光板 1 1 a ~ 1 1 c が配置される。導光板 1 1 a ~ 1 1 c は、超音波振動子 1 2 が配列された方向に沿って並べられる。光ファイバ 2 1 b は導光板 1 1 b と光学的に結合され、光ファイバ 2 1 c は導光板 1 1 c と光学的に結合される。図 2 ( b ) においては図示されていないが、超音波振動子 1 2 の導光板 1 1 d が配置される側にも、導光板 1 1 d を含めた 3 つの導光板が配置される。それら 3 つの導光板も、超音波振動子 1 2 が配列された方向に沿って並べられ、対応する光ファイバが光学的に結合される。

30

#### 【 0 0 2 5 】

図 3 は、導光板 1 1 を示す。図 3 では、導光板 1 1 を側面方向 ( 図 2 ( a ) と同じ方向 ) から見た図で示している。導光板 1 1 は、光入射端 5 1 を含む第 1 の導光部 4 1 と、光出射端 5 2 を含む第 2 の導光部 4 2 とを有する。第 1 の導光部 4 1 は、光入射端 5 1 から入射された光を、光入射端 5 1 から光出射端 5 2 側に向けて導光する。第 2 の導光部 4 2 は、第 1 の導光部 4 1 により導光された光を光出射端 5 2 まで導光する。

40

#### 【 0 0 2 6 】

第 1 の導光部 4 1 は、ガラス材料で形成される。第 1 の導光部 4 1 は、例えばテーパ形状に形成された導光路を含む。第 1 の導光部 4 1 は、光入射端 5 1 における入射光の断面積に比して、第 1 の導光部 4 1 の出射端での光の断面積を拡大させる。第 1 の導光部 4 1 は、例えば、少なくとも、光入射端 5 1 での入射光の超音波振動子の配列方向の幅に比して、導光された光の第 1 の導光部 4 1 の出射端での超音波振動子の配列方向の幅を拡大させる。一方、第 2 の導光部 4 2 は、樹脂材料、例えばアクリルで形成される。第 2 の導光部 4 2 は、光出射端 5 2 から被検体に向けて光を照射する。

#### 【 0 0 2 7 】

50

光源ユニット 3 1 ( 図 1 ) から出射した光は、光ファイバ 2 1 を通り、超音波プローブ 1 0 まで導光される。光ファイバ 2 1 は複数の光ファイバを含んでおり、各光ファイバは、対応する導光板 1 1 の光入射端 5 1 ( 図 3 ) と光学的に結合される。光入射端 5 1 から導光板 1 1 に入射した光は、導光板 1 1 に入射した光は、テーパ状に形成された第 1 の導光部 4 1 を、光の範囲を拡大させながら進行する。第 1 の導光部 4 1 を通過した光は第 2 の導光部 4 2 に入射し、光出射端 5 2 まで導光される。導光された光は、光出射端 5 2 から、光拡散板 1 3 ( 図 2 ) を介して被検体に照射される。

【 0 0 2 8 】

本実施形態では、光ファイバの出射端からそのまま被検体に向けて光を照射するのに代えて、プローブ本体まで光を導光する光ファイバの出射端に導光板 1 1 を結合させ、導光板 1 1 を用いて超音波振動子の近傍まで光を導光し、そこから被検体に向けて光を照射する。導光板 1 1 は、第 1 の導光部 4 1 と第 2 の導光部 4 2 とを含んでいる。第 1 の導光部 4 1 で、光の断面積を光入射端 5 1 における光の断面積よりも拡大することで、光ファイバの出射端から光照射を行う場合に比して、広い面積から光照射を行うことができる。また、光照射面積が広がった分だけ、光入射端 5 1 における光のエネルギー密度に比して、出射側での光のエネルギー密度を下げる可以降低ことができる。このため、光ファイバの出射端から被検体に対する光照射を行う場合に比して、光ファイバに入射する光の量を増やすことができ、安全基準を満しつつ、十分な光量で光照射を行うことができる。

【 0 0 2 9 】

本実施形態では、導光板 1 1 により、超音波振動子 1 2 が配列された方向に光の幅を広げている。導光板 1 1 を用いずに光ファイバから光を照射したとすると、光は超音波振動子 1 2 の配列方向に離散的に照射されることになるため、光ファイバの直下は光が多く照射される一方で、隣接する光ファイバの間はあまり光が照射されない。本実施形態では、超音波振動子 1 2 が配列された方向に光の幅を広げているため、1本の光ファイバから超音波振動子 1 2 の配列方向の広い範囲に光を照射することができる。このため、光ファイバから直接光照射を行う場合に比べて、超音波振動子 1 2 の配列方向の照明ムラを解消でき、広い照明エリアにほぼ均一に光を照射できる。

【 0 0 3 0 】

ここで、光出射端 5 2 から出射する光の量を増加させるためには、光ファイバにより多くの光を入射する必要がある。光ファイバの出射端及び光入射端 5 1 でのエネルギー密度が高くなる。この部分でのエネルギー密度が高くなると、光入射端 5 1 が損傷するおそれが出てくる。そこで、本実施形態では、光入射端 5 1 を含む第 1 の導光部 4 1 をガラス材料で形成している。ガラスを用いることで、光入射端 5 1 に高いエネルギー密度で光が入射したときでも、光入射端 5 1 ( 第 1 の導光部 4 1 ) の損傷を防ぐことができる。一方、本実施形態では、第 2 の導光部 4 2 を樹脂材料で形成している。樹脂材料は加工が容易であるという利点がある。

【 0 0 3 1 】

図 4 ( a ) 及び ( b ) は、導光板 1 1 の変形例を示している。図 4 ( a ) は、導光板 1 1 を側面方向 ( 図 2 ( a ) と同じ方向 ) から見た図で示し、図 4 ( b ) は、導光板 1 1 を正面方向 ( 図 2 ( b ) と同じ方向 ) から見た図で示している。図 4 ( a ) に示すように、この例では、第 2 の導光部 4 2 は湾曲している。また、図 4 ( b ) に示すように、第 2 の導光部 4 2 は、光出射端 5 2 に向けて、超音波振動子の配列方向に光を拡大させる。この場合、図 2 ( b ) に示すように第 2 の導光部 4 2 を直線状 ( 長方形の板状 ) に形成する場合に比して、光出射端 5 2 での光の均一性を向上できる効果が期待できる。光入射端 5 1 を含む第 1 の導光部 4 1 は図 3 と同様である。

【 0 0 3 2 】

図 4 に示す導光板 1 1 の第 2 の導光部 4 2 は、例えば全反射を満たす範囲で、超音波振動子 1 2 の内側方向に湾曲している。図 2 ( a ) に示すように、超音波振動子 1 2 のサイドから被検体に向けて光を照射する場合、特に超音波振動子 1 2 の直下に光が届きにくいことがある。図 4 に示すような、超音波振動子内側方向に湾曲した導光板 1 1 を用い、光

10

20

30

40

50

出射端 5 2 から斜め方向に光が出射させることで、超音波振動子 1 2 のサイドに配置した導光板 1 1 から、超音波振動子 1 2 の直下に対して光を照射しやすくなる。第 2 の導光部 4 2 は、樹脂で形成されているため、このような 3 次元的な加工も容易である。

【 0 0 3 3 】

なお、図 2 ( a ) 及び ( b ) では、光ファイバと導光板との組を複数配置したが、光ファイバ及び導光板は、必ずしも複数配置される必要はない。例えば、1 本の光ファイバで光源ユニット 3 1 ( 図 1 ) から超音波プローブ 1 0 まで光を導光し、超音波プローブ 1 0 内に、超音波振動子 1 2 が配列された範囲に光の幅を広げる導光板 1 1 を 1 つ設けてもよい。また、複数の導光板は、必ずしも超音波振動子 1 2 の両側に配置されている必要はない。例えば超音波振動子 1 2 の一方の側に、超音波振動子 1 2 の配列方向に沿って複数の導光板 1 1 を並べ、超音波振動子 1 2 の片方の側から光照射を行うことも可能である。

10

【 0 0 3 4 】

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 実施形態の超音波プローブで用いられる導光板を示している。本実施形態における導光板 6 0 も、第 1 実施形態における導光板 1 1 と同様に、ガラスで形成された第 1 の導光部 6 1 と、樹脂で形成された第 2 の導光部 6 2 とを有する。第 1 実施形態では、例えば 3 本の光ファイバ 2 1 a ~ 2 1 c に対して、3 つの導光板 1 1 a ~ 1 1 c ( 図 2 ( b ) ) を対応させていた。これに対し、本実施形態では、1 つの導光板 6 0 の光入射端に、複数の光ファイバ 2 1 を光学的に結合させる。

【 0 0 3 5 】

図 5 において、導光板 6 0 の長手方向は、超音波振動子 1 2 ( 図 2 ( a ) 及び ( b ) ) が配列された方向に対応している。4 本の光ファイバ 2 1 は、超音波振動子の配列方向に沿って、例えば等間隔で並べられており、それら 4 本の光ファイバ 2 1 が、導光板 6 0 の光入射端に光学的に結合されている。超音波プローブが、導光板 6 0 を 2 つ備え、それら 2 つの導光板が超音波振動子を挟んで対向するように配置されていてもよい。

20

【 0 0 3 6 】

導光板 6 0 ( 第 1 の導光部 6 1 及び第 2 の導光部 6 2 ) は、例えば直方体形状に形成される。第 1 の導光部 6 1 の光を導光する方向の長さを A とし、第 2 の導光部 6 2 の光を導光する方向の長さを B とする。第 1 の導光部 6 1 は、入射端側から入射した光を、光の断面積を拡大させつつ第 2 の導光部 6 2 側に導光する。例えば第 1 の導光部 6 1 の長さが 1 1 mm であり、光ファイバ 2 1 のファイバコア径が 0 . 3 mm で、ファイバ出射光が NA ( 開口数 ) 0 . 2 2 相当であるとする、第 1 の導光部 6 1 は、光の断面積を  $0 . 3 \text{ mm} = 7 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$  から  $2 . 8 \text{ mm} = 0 . 0 6 2 \text{ cm}^2$  まで拡大させる。第 2 の導光部 6 2 は、第 1 の導光部 6 1 により導光された光を、超音波振動子近傍の光出射端まで導光する。

30

【 0 0 3 7 】

図 6 は、第 1 の導光部 6 1 と第 2 の導光部 6 2 との境界部分における光の分布画像を示す。導光板 6 0 として、横 4 0 mm × 縦 3 mm の断面をもつ導光板を考える。光ファイバ 2 1 のファイバコア径は 0 . 3 mm で、ファイバ出射光は NA ( 開口数 ) 0 . 2 2 相当であるとする。また、第 1 の導光部 6 1 の屈折率は、1 . 4 5 程度であるとする。図 6 は、第 1 の導光部 6 1 の長さ A が 1 2 mm のときの光の分布画像、言い換えれば、導光板 6 0 の光入射端から 1 2 mm だけ離れた断面における光の分布を示している。分布画像において、黒い部分は光が弱い部分に対応し、白い部分は光が強い部分に対応している。

40

【 0 0 3 8 】

図 7 は、光入射端からの距離と光のエネルギー密度との関係を示すグラフである。グラフの横軸は、光入射端から第 1 の導光部 6 1 と第 2 の導光部 6 2 との境界面まで距離、つまり、第 1 の導光部 6 1 の長さを表す。縦軸は、第 1 の導光部 6 1 と第 2 の導光部 6 2 との境界部分の断面における光のエネルギー密度の最大値 ( 例えば 1 mm × 1 mm の領域における平均エネルギー密度が最も高い部分におけるエネルギー密度 ) を表す。ファイバへの入力エネルギーとして、1 2 . 5 m J と 1 0 m J の 2 つを考えた。図 7 を参照すると、

50

第1の導光部61の長さが短いほど、エネルギー密度の最大値が大きくなることがわかる。これは、第1の導光部61の長さが短いほど、光の断面積が狭いためである。

【0039】

ここで、第2の導光部62に入射する光のエネルギー密度が高すぎると、第2の導光部62を構成する樹脂、例えばポリカーボネートが損傷を受けるおそれがある。ポリカーボネートの耐熱基準（温度など）や実験結果などから、 $180\text{ mJ/cm}^2$ 以上のエネルギー密度の光が入射すると、樹脂が損傷することがわかっている。図7を参照すると、第1の導光部61の長さが、光ファイバへの入力エネルギーが $12.5\text{ mJ}$ の場合で $11\text{ mm}$ 、光ファイバへの入力エネルギーが $10\text{ mJ}$ の場合で $8\text{ mm}$ よりも短いと、第1の導光部61と第2の導光部62との境界部分でエネルギー密度が $180\text{ mJ/cm}^2$ （しきい値レベル）を超えるところが現れる。実用的に光ファイバに入力可能なエネルギーは $10\text{ mJ}$ 程度であることから、第1の導光部61の長さは $8\text{ mm}$ 以上が望ましい。第2の導光部62の長さに関しては、測定対象などに応じて適宜選択すればよく、特に制限はない。

10

【0040】

本実施形態では、1つの導光板60に対して複数の光ファイバを結合させる。このようにする場合でも、導光板60がガラスで形成された第1の導光部61と樹脂で形成された第2の導光部62とを含むことにより、第1実施形態と同様な効果が得られる。また、第1の導光部61の長さを $8\text{ mm}$ 以上とすることで、第2の導光部62に入射する光のエネルギー密度をしきい値レベルよりも低くすることができ、第2の導光部62の損傷を防ぐことができる。

20

【0041】

続いて、本発明の第3実施形態を説明する。図8は、本発明の第3実施形態の超音波プローブの側面方向の断面を示す。超音波プローブ10は、超音波振動子12を挟んで対向する2つの導光板70を備える。導光板70は、ガラスで形成された第1の導光部71と樹脂で形成された第2の導光部72とを有する。第1の導光部71は、図3に示す第1の導光部41又は図5に示す第1の導光部61に対応する。また、第2の導光部72は、図3に示す第2の導光部42又は図5に示す第2の導光部62に対応する。第2の導光部72は、超音波振動子方面に湾曲している。

【0042】

本実施形態では、超音波プローブ10は、樹脂ゲルアダプタなどのアダプタ14を更に備える。アダプタ14は、光透過性を有すると共に、超音波透過性も有する。アダプタ14は、超音波振動子12の超音波検出面、及び、導光板70の光出射面を覆うように超音波プローブ10に取り付けられる。導光板70によって導光された光は、アダプタ14を介して、被検体に照射される。アダプタ14を用いることで、光を照射しにくい超音波振動子直下の領域に、より光を照射しやすくなる。その他の点は、第1又は第2実施形態と同様である。

30

【0043】

引き続き、本発明の第4実施形態を説明する。図9は、本発明の第4実施形態の超音波プローブの側面方向の断面を示す。超音波プローブ10は、超音波振動子12を挟んで対向する2つの導光板80を備える。導光板80は、ガラスで形成された第1の導光部81と樹脂で形成された第2の導光部82とを有する。第1の導光部81は、図3に示す第1の導光部41又は図5に示す第1の導光部61に対応する。また、第2の導光部82は、図3に示す第2の導光部42又は図5に示す第2の導光部62に対応する。

40

【0044】

第2の導光部82の光出射側の端面には、光拡散面（拡散部）が形成されている。例えば第2の導光部82の光出射側の端面は、光を拡散させるための凹凸が形成されている。光出射側に代えて、又はこれに加えて、第2の導光部82の光入射側（第1の導光部81との境界側）の端面に光拡散面を形成してもよい。第2の導光部82に光を拡散する機能を持たせることで、光拡散板13（図2）を別途に設ける必要がなくなる。

【0045】

50

また、本実施形態では、第2の導光部を超音波振動子内側方向に湾曲させるのに代えて、導光板80を、導光板80から出射した光が超音波振動子12の内側方向に向けて進行するように、超音波振動子12の超音波検出面に対して所定の角度で傾けて配置している。このように傾けて配置することで、導光板80の光出射面から超音波振動子12の直下方向に光を出射することができる。

【0046】

次に、本発明の第5実施形態を説明する。図10は、本発明の第5実施形態の超音波プローブの側面方向の断面を示す。超音波プローブ10は、超音波振動子12を挟んで対向する2つの導光板90を備える。導光板90は、ガラスで形成された第1の導光部91と樹脂で形成された第2の導光部92とを有する。第1の導光部91は、図3に示す第1の導光部41又は図5に示す第1の導光部61に対応する。また、第2の導光部92は、図3に示す第2の導光部42又は図5に示す第2の導光部62に対応する。第2の導光部92の光入射側及び光出射側の端面のうちの少なくとも一方に、拡散面が形成されていてもよい。

10

【0047】

導光板90は、光透過性を有する光透過部分と、光透過部分を挟み込むように形成された反射部材とを含む。図10においては、第1の導光部91が光透過部分に対応し、反射膜93が反射部材に対応する。反射膜93には、無機材料やアルミニウムなどを用いることができる。図10では、第1の導光部91に対して反射膜93を設けているが、第2の導光部92に対して反射膜93を設ける構成も可能である。コアとなる光透過部分を反射膜93で挟み込むのに代えて、コアとなる光透過部分を、それよりも屈折率が低い材料で挟み込む構成とすることも可能である。低屈折材料にはサイトップなどの有機材料を用いることができる。そのような構成でも、光ファイバ側から入射した光が導光板側面から漏れ出ることを防ぐことができる。

20

【0048】

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、本発明の超音波プローブは、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もののも、本発明の範囲に含まれる。

【符号の説明】

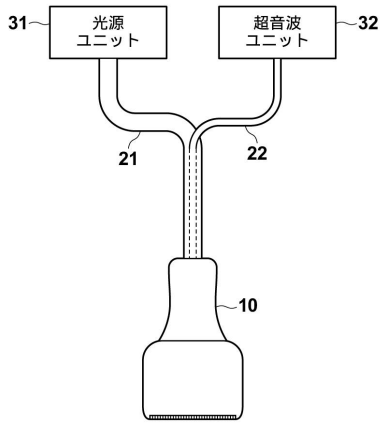
【0049】

- 10：超音波プローブ
- 11：導光板
- 12：超音波振動子
- 13：光拡散板
- 14：アダプタ
- 21：光ファイバ
- 22：電気ケーブル
- 31：光源ユニット
- 32：超音波ユニット
- 41：第1の導光部
- 42：第2の導光部
- 51：光入射端
- 52：光出射端
- 60、70、80、90：導光板
- 61、71、81、91：第1の導光部
- 62、72、82、92：第2の導光部
- 93：反射膜

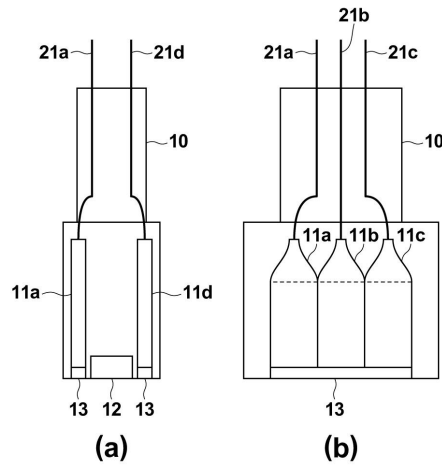
30

40

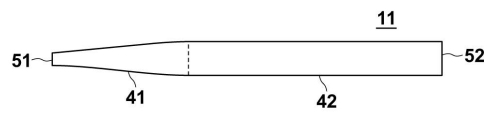
【図1】



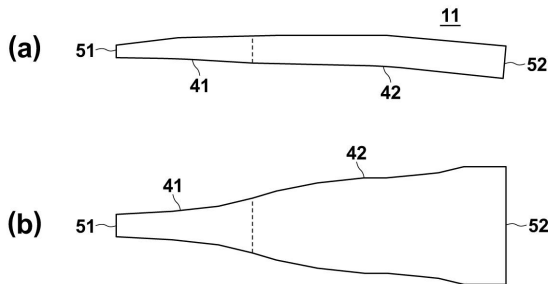
【図2】



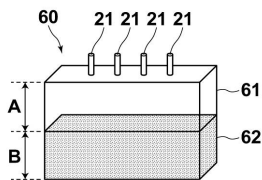
【図3】



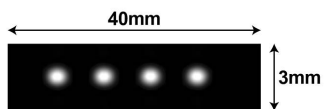
【図4】



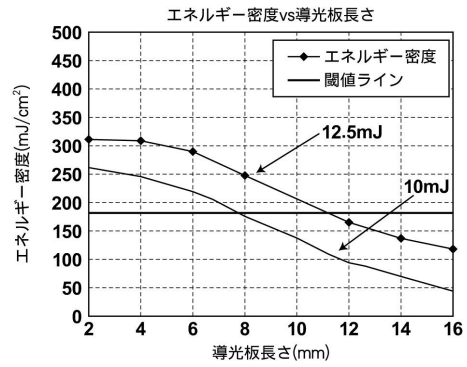
【図5】



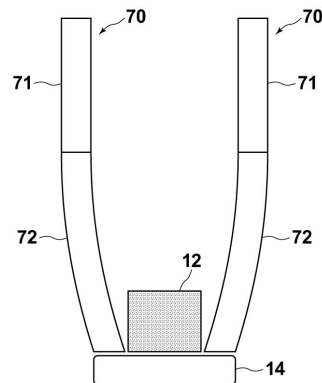
【図6】



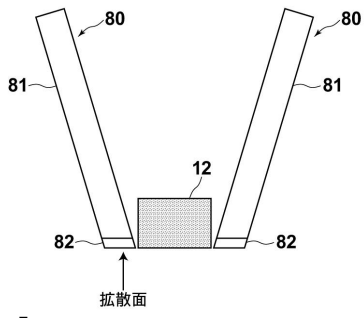
【図7】



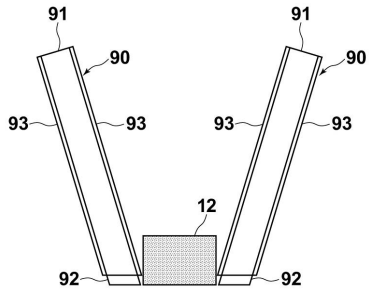
【図8】



【 図 9 】



【 図 10 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-179350(JP,A)  
特開2011-229609(JP,A)  
特開2010-125260(JP,A)  
米国特許出願公開第2011/0201914(US,A1)  
特開2010-012295(JP,A)  
特開2009-031268(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 8/00 - 8/15

专利名称(译)	探头和光声测量装置		
公开(公告)号	<a href="#">JP6052817B2</a>	公开(公告)日	2016-12-27
申请号	JP2014223995	申请日	2014-11-04
[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	辻田和宏 阿部刚也		
发明人	▲辻▼田 和宏 阿部 刚也		
IPC分类号	A61B8/13		
FI分类号	A61B8/13		
F-TERM分类号	4C601/DE16 4C601/DE18 4C601/GA01 4C601/GB03 4C601/GB41		
代理人(译)	佐久间刚		
审查员(译)	棕熊正和		
优先权	2011023733 2011-02-07 JP		
其他公开文献	JP2015033639A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

需要解决的问题：用足够的光线照射到宽广的照明区域。光纤将从光源发出的光引导至超声波探头。漫射单元漫射由光纤21引导的光。导光部分82设置在漫射部分和被摄体之间。导光部82向光出射端向对象照射光。超声波换能器12检测在向对象发射光之后在对象内产生的光声波 9 系统技术领域

