

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報(A) (11)特許出願公開番号

特開2003 - 265473

(P2003 - 265473A)

(43)公開日 平成15年9月24日(2003.9.24)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-コード* (参考)
A 6 1 B 8/00		A 6 1 B 8/00	2 G 0 4 7
G 0 1 N 29/00	501	G 0 1 N 29/00	4 C 3 0 1
	29/24	29/24	4 C 6 0 1
	502	502	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 15数)

(21)出願番号 特願2002 - 75511(P2002 - 75511)

(22)出願日 平成14年3月19日(2002.3.19)

(71)出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社
神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者 小川 英二

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

(74)代理人 100100413

弁理士 渡部 温 (外1名)

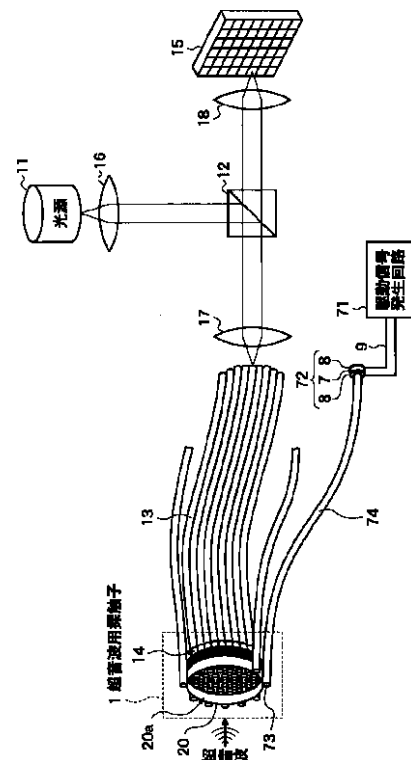
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超音波撮像装置

(57)【要約】

【課題】 光検出方式の超音波センサ及び超音波送信機能を有する超音波撮像装置において、超音波の多重反射を抑制し、超音波画像の画質を向上させる。

【解決手段】 印加される超音波に基づいて光を変調する超音波検出部20と、超音波検出部に光を導く光伝送路13と、駆動信号を発生する駆動信号発生回路71と、駆動信号発生回路が発生した駆動信号に応じて超音波を発生する振動子72と、第1の端と第2の端を有し、前記振動子が発生した超音波を第1の端から第2の端に伝搬すると共に、第2の端から超音波を送信する超音波伝送路74とを具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 印加される超音波に基づいて光を変調する超音波検出部と、

前記超音波検出部に光を導く光伝送路と、

駆動信号を発生する駆動信号発生回路と、

前記駆動信号発生回路が発生した駆動信号に応じて超音波を発生する振動子と、

第1の端と第2の端とを有し、前記振動子が発生した超音波を第1の端から第2の端に伝搬すると共に、第2の端から超音波を送信する超音波伝送路と、を具備する超
10 音波撮像装置。

【請求項2】 前記超音波伝送路が、第2の端に印加される超音波を第1の端に伝搬し、

前記振動子が、前記超音波伝送路によって伝搬された超音波を受信して検出信号を発生する、請求項1記載の超音波撮像装置。

【請求項3】 前記超音波伝送路が、前記超音波検出部と一体化されて探触子を構成する、請求項1又は2記載の超音波撮像装置。

【請求項4】 前記光伝送路によって導かれた光を前記
20 超音波検出部に対してコリメートするコリメート部をさらに具備する請求項1～3のいずれか1項記載の超音波撮像装置。

【請求項5】 前記光伝送路又は前記コリメート部が、光透過性を有すると共に超音波を減衰させる部材を含む、請求項1～4のいずれか1項記載の超音波撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被検体に向けて超
30 音波を送信し、被検体から反射されたエコー波を受信することにより医療診断や非破壊検査を行うために用いる超音波撮像装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、超音波撮像装置においては、超音波の送信及び受信を行う素子（振動子）としてPZT（チタン酸ジルコン酸鉛）に代表される圧電セラミックや、PVDf（ポリフッ化ビニリデン：polyvinyl difluoride）等の高分子圧電素子を含む圧電素子を用いた1次元センサアレイが一般的であっ
40 た。このような1次元センサアレイを用いて被検体をスキャンすることにより2次元画像を取得し、さらに、複数の2次元画像を合成することにより3次元画像を得ていた。

【0003】しかしながら、この手法によれば、1次元センサアレイのスキャン方向にタイムラグがあるため、異なる時刻における断面像を合成することになるので、合成画像がぼけたものになってしまう。従って、超音波撮像装置を用いて超音波エコー観察等を行う場合に、生体を対象とする被写体には適していない。

【0004】超音波を用いて高品位な3次元画像を取得するためには、センサアレイをスキャンさせることなく2次元画像を取得できる2次元センサが必要である。しかしながら、上記PZTやPVDfを用いて2次元センサアレイを作製する場合には、素子の微細加工と、多数の微細素子への配線が必要であり、現状以上の微細化と素子集積は困難である。また、それらが解決されたとしても、素子間のクロストークが増大したり、微細配線による電氣的インピーダンスの上昇によりSN比が劣化したり、微細素子の電極部が破壊し易くなるといった問題があるので、PZTやPVDfを用いた2次元センサアレイの実現は困難である。

【0005】一方、受信した超音波信号を光信号に変換して検出する方式のセンサも知られている。このような光検出方式の超音波センサとして、ファイバブラッググレーティング（FBGと略称）を用いるもの（防衛大のTAKAHASHIらによる「Underwater Acoustic Sensor with Fiber Bragg Grating」OPTICAL REVIEW Vol. 4, No. 6 (1997) P. 691-694参照）や、ファブリーペロー共振器（FPRと略称）構造を用いるもの（東工大のUNOらによる「Fabrication and Performance of a Fiber Optic Micro-Probe for Megahertz Ultrasonic Field Measurement」T. IEE Japan, Vol. 118-E, No. 11, '98参照）が報告されている。このような超音波センサを用いて2次元センサアレイを作製すると、多数の微細素子への電氣的配線が不要で、且つ、良好な感度が得られるという利点がある。

【0006】また、2次元の検出面を有する光検出方式の超音波センサも知られている。例えば、University College LondonのBeardらによる「Transduction Mechanisms of the Fabry-Perot Polymer Film Sensing Concept for Wideband Ultrasound Detection」（IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency control, Vol. 46, No. 6, November 1999）には、ファブリーペロー構造を有するポリマー膜を超音波の検出に用いることが記載されている。このような膜状の超音波センサは、多数の微細素子に対する加工が不要であるために、コストを抑制することができる。

【0007】ところで、光検出方式の超音波センサは超音波の送信機能を持たないので、このような超音波センサを用いて超音波撮像装置を作製する場合には、超音波送信機能を別に付加しなくてはならない。

【0008】日本国特許出願公開2002-17723号公報には、多数の微細素子への電氣的配線の必要がなく、クロストークや電氣的インピーダンスの増大を招かず、且つ、超音波の発信機能を備えた超音波用2次元探触子として、超音波信号を送信する送信手段と、超音波信号を受信する受信手段とを具備する超音波用探触子が開示されている。この文献においては、光検出方式の超音波

センサに圧電方式の送信素子を組み合わせることにより、超音波送受信機能を有する超音波用探触子を実現している。

【0009】また、このような光検出方式の超音波センサにおいては、超音波受信面の裏側において超音波の多重反射が生じてしまうという問題がある。ここで、超音波の多重反射について、光検出方式による2次元面センサを例にとって説明する。図15の(a)に示すように、超音波検出素子100は、基材101及び超音波有感部102を含んでいる。この例において、超音波有感部102は、全反射ミラー103、ハーフミラー104、及び、全反射ミラー103とハーフミラー104との間に形成されるキャビティ105を含むファブリーペロー共振器構造を有している。キャビティ105を形成する部材は、超音波が印加されることにより幾何学的変位を受ける。

【0010】この超音波検出素子100の受信面102aに、ハーフミラー104側から光を入射させながら超音波を印加する。すると、超音波の音圧変化により、キャビティ105の光路長Lが受信面102aの位置に応じて変化し、超音波有感部102から反射される光の強度が位置に応じて変化する。この反射光の強度を超音波の強度に換算することにより、受信面102aの位置に応じた超音波の強度を検出することができる。

【0011】ここで、図16及び図17の(a)を参照すると、媒質から伝搬し、被検体に関する情報を含む超音波は、位置Aにおいて振動を発生させると共に超音波検出素子100の内部に伝搬する(超音波US1)。続いて、超音波US1は、受信面102aと反対側の境界面(位置B)において反射して振動を発生させ、再び受信面102a方向に戻ってくる(超音波US2)。さらに、超音波US2は、受信面102aにおいて反射して振動を発生させ、再び受信面102aの裏面に伝搬する(超音波US3)。このように、超音波検出素子100においては、伝搬した超音波が減衰するまで反射が繰り返される。この現象により、図17の(b)に示すように、超音波検出素子100からは、本来検出すべき被検体に関する信号(位置Aにおける検出信号)の他に、多重反射して生じた信号(位置Cや位置Eにおける検出信号)が混入してしまう。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】このような超音波の多重反射が、超音波画像におけるSN比を低下させ、画質を悪化させる一因となっている。例えば、超音波の送受信に圧電素子を用いる超音波撮像装置においては、圧電素子にフェライトコア等を含むバックング材を接続することにより、超音波を減衰させている。しかしながら、光検出方式の超音波受信装置においては、光透過性を考慮しなくてはならないので、従来と同様のバックング材を用いることはできない。

【0013】また、光検出方式の超音波撮像装置において、超音波を送信するために振動子を超音波検出部の近くに配置すると、次のような問題が生じる。即ち、超音波を送信するためには振動子の位置まで配線する必要があり、光検出方式の超音波検出素子と組み合わせる場合には、接続が複雑になってしまう。また、振動子に電力を供給する際に振動子や配線からは熱が発生するため、光検出方式の超音波検出素子において検出感度が変動してしまう。さらに、振動子から超音波を送信する際に生じる振動が超音波検出素子に伝搬し、やはり超音波検出素子の検出感度が変動してしまう。

【0014】そこで、上記の点に鑑み、本発明は、光検出方式の超音波センサを用いると共に超音波送信機能を有する超音波撮像装置において、超音波の多重反射を抑制しつつ、探触子の構造を簡単にするを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】以上の課題を解決するため、本発明に係る超音波撮像装置は、印加される超音波に基づいて光を変調する超音波検出部と、超音波検出部に光を導く光伝送路と、駆動信号を発生する駆動信号発生回路と、駆動信号発生回路が発生した駆動信号に応じて超音波を発生する振動子と、第1の端と第2の端を有し、振動子が発生した超音波を第1の端から第2の端に伝搬すると共に、第2の端から超音波を送信する超音波伝送路とを具備する。

【0016】本発明によれば、超音波伝送路を用いることにより、振動子を超音波撮像装置の本体側に配置することができるので、超音波検出素子の近辺に配線を設ける必要がなくなり、探触子の構造を簡単にして小型化することが可能になる。また、超音波検出素子には、振動子や配線から発生する熱が伝導せず、超音波送信時における振動も伝わらないので、検出感度の変動を防ぐことができる。さらに、光伝送路において超音波を減衰させることにより、超音波の多重反射を抑制することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について、図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、同一の構成要素には同一の参照番号を付して、説明を省略する。図1は、本発明の第1の実施形態に係る超音波撮像装置を示すブロック図である。この超音波撮像装置は、駆動信号発生回路71と、振動子72と、超音波送信端73とを含んでいる。振動子72は、圧電素子等によって構成され、駆動信号発生回路71が発生する駆動信号に基づいて超音波を発生する。この超音波は、超音波送信端73から被検体に向けて送信される。

【0018】また、この超音波撮像装置は、超音波検出部60と、光源11と、分波器12と、光検出器15と、結像系16~18とを含んでいる。超音波検出部6

0には、受信した超音波信号を光信号に変換する超音波検出素子が含まれている。

【0019】図1に示すように、超音波用探触子（プローブ）1には、超音波送信端73と超音波検出部60とが含まれている。超音波用探触子1は、被検体に直接当てられて超音波の送受信を行う。なお、これらの送信系及び受信系の構成や動作については、後で詳しく説明する。

【0020】さらに、この超音波撮像装置は、信号処理部81及びA/D変換器82を含んでいる。信号処理部81は、光検出器15から出力される検出信号を処理し、A/D変換器82は、これをデジタル信号に変換する。このような信号処理動作により、検出信号に基づく複数枚の面データが構成される。

【0021】また、この超音波撮像装置は、1次記憶部83と、画像処理部84と、画像表示部85と、2次記憶部86と、タイミングコントロール部80とを含んでいる。1次記憶部83は、複数枚の面データを記憶する。画像処理部84は、複数の面データに基づいて、2次元データ又は3次元データを再構成すると共に、補間、レスポンス変調処理、階調処理等の処理を施す。画像表示部85は、例えば、CRTやLCD等のディスプレイ装置であり、これらの処理を施された画像データに基づいて画像を表示する。さらに、2次記憶部86は、画像処理部84において処理されたデータを記憶する。

【0022】タイミングコントロール部80は、所定のタイミングで駆動信号を発生するように駆動信号発生回路71を制御すると共に、送信時刻から一定時間経過後に光検出器15から出力される検出信号を取り込むように、信号処理部81を制御する。このように、駆動信号及び検出信号をコントロールすることにより、検出信号を読み取る時間帯を限定し、被写体の特定の深さからの超音波の反射を光検出することができる。

【0023】図2は、本実施形態における送信系及び受信系の構成を示す模式図である。図2に示すように、超音波検出素子20と、その周囲に配置されている複数の超音波伝送路74の一部とは、一体化して超音波用探触子1を形成している。

【0024】振動子72は、圧電素子7及び電極8を含んでおり、配線9によって駆動信号発生回路71に接続されている。振動子72には、超音波伝送路74の一端が接続されている。この超音波伝送路の他端が、超音波送信端73を構成する。超音波伝送路74の他端は、超音波用探触子1において、超音波検出素子20の受信面と同一面上に配置されている。

【0025】圧電素子7は、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）に代表される圧電セラミックや、PVDF（ポリフッ化ビニリデン：polyvinyl difluoride）等の高分子圧電素子に代表される圧電性を有する材料等によって構成される。

【0026】振動子72の電極8に、駆動信号発生回路71からパルス状の電気信号或いは連続波電気信号を送って電圧を印加すると、圧電素子7は微小な機械的振動を生じる。このような機械的振動により、超音波パルス或いは連続波超音波が発生する。超音波伝送路74は、振動子72が発生した超音波を一端から導入し、これを伝送して超音波送信端73から被検体に向けて送信する。ここで、振動子72において超音波伝送路74が接続されていない面には、音響的に制動をかけるために、フェライトコア等のバッキング材を設けても良い。これにより、超音波を送信した後に残存している振動が早く減衰し、クロストーク等の影響を抑制することができる。

【0027】超音波伝送路74としては、超音波を伝搬させる媒質であると共にケーブルとしての柔軟性を保つことができる部材が適しており、例えば、光ファイバや石英ロッド等の部材が該当する。また、超音波の伝搬ロスを抑制するために、超音波伝送路74を金属等の粘性の高い部材で覆うことが望ましい。超音波伝送路74は、光伝送路13の長さに合わせて、2m程度の長さを有しても良い。

【0028】なお、図2においては、簡単のために、1組の振動子、配線及び駆動信号発生回路のみを示している。また、超音波検出素子20の手前に配置される超音波伝送路は省略されている。

【0029】一方、光源11としては、所定の帯域（例えば、 $1.55\mu\text{m}$ ）を有するチューナブルLD（レーザダイオード）が用いられる。分波器12は、ハーフミラー、光サーキュレータ、又は、偏光ビームスプリッター等によって構成され、第1の方向から入射した入射光を第2の方向に反射すると共に、第2の方向から戻ってくる反射光を第1の方向とは別の第3の方向に通過させる。本実施形態においては、分波器12としてハーフミラーを用いている。ハーフミラーは、入射光を入射方向とほぼ 90° の角度をなす方向に反射して、入射方向とほぼ 90° の角度をなす方向から戻ってくる光を透過する。本実施形態においては、ハーフミラーの前段及び後段に、結像系16～18としてレンズを設けている。

【0030】光伝送路13は、分波器12を通過した光を超音波検出素子20に導く。光伝送路13としては、多数の（例えば、1024本）光ファイバを束ねたバンドルファイバが用いられる。本実施形態において、多数のファイバは、超音波検出素子の受信面の形状（例えば、円状）に合わせて束ねられている。

【0031】光伝送路13の先端部は、コリメート部14を介して超音波検出素子20に、光軸を合わせて接続されている。コリメート部14としては、例えば、コリメートレンズがアレイ化されたコリメートレンズアレイが用いられる。

【0032】超音波検出素子20は、伝搬する超音波に

よって歪みを生じる2次元の受信面20aを有しており、光伝送路13及びコリメート部14を通して超音波検出素子20に入射した光を、受信面20aに印加される超音波に基づいて変調して反射する。超音波検出素子20から反射された光は、再びコリメート部14及び光伝送路13を通り、分波器12を通過して複数の画素を有する光検出器15に入射する。

【0033】光検出器15は、PDA(フォトダイオードアレイ)やMOS型センサ等を含む2次元アレイ光電変換器である。光検出器15は、超音波検出素子20の対応する位置から分波器12を介して入射した光を複数の画素ごとに検出し、それぞれの画素における光強度に応じた検出信号を出力する。ここで、反射光は、直接あるいは光ファイバー等を通して光検出器15に入射するようにしても良いし、分波器12の後段に結像系18を設け、これを介して光検出器15に結像するようにしても良い。

【0034】次に、図3を参照しながら、超音波検出素子20の構造及び超音波の検出原理について詳しく説明する。超音波検出素子20は、基板21と、該基板の上

に積層された多層膜22とを含む多層膜センサである。【0035】基板21は、超音波を受信することによって歪みを生じる膜状の基板であり、例えば、直径2cm程度の円が、それ以上の面積を有している。基板21には、異なる屈折率を有する2種類の材料層を交互に積層することにより、ブラッググレーティング構造を有する多層膜22が形成されている。図3には、屈折率 n_1 を有する材料層Aと、屈折率 n_2 を有する材料層Bとが示されている。

【0036】多層膜22の周期構造のピッチ(間隔)を d とし、入射光の波長を λ とすると、ブラッグの反射条件は次の式で表される。ただし、 m は任意の整数である。

$$2d \cdot \sin \theta = m \cdot \lambda \quad \dots (1)$$

ここで、 θ は入射面から測った入射角であり、 λ は波長、 d はピッチ、 m は整数、 n_1 と n_2 とすると次の式のようにになる。

$$2d = m \cdot \lambda \quad \dots (2)$$

ブラッググレーティングは、ブラッグの反射条件を満たす特定の波長の光を選択的に反射し、その他の波長の光を透過させる。

【0037】超音波検出素子20に超音波を伝搬させると、超音波の伝搬に伴い超音波検出素子20が歪み、多層膜22の各位置において周期構造のピッチ d が変化する。これに伴い、選択的に反射される光の波長 λ が変化する。ブラッググレーティングの反射特性においては、最も反射率の高い(透過率の低い)中心波長の前後に反射率の変化する傾斜帯域があり、この傾斜帯域の範囲に中心波長を有する光を多層膜22に入射させながら超音波を加える。すると、受信面の各位置における超音波の強さに応じた反射光(又は透過光)の強度変化を観測で

きる。この光の強度変化を超音波の強度に換算することにより、超音波の2次元強度分布情報を取得できる。

【0038】基板21の材料としては、石英ガラス(SiO_2)やBK7(ショット社の製品)等の光学ガラス等が用いられる。また、材料層A及びBに用いられる物質としては、屈折率が互いに10%以上異なる物質の組み合わせが望ましい。これには、例えば、 SiO_2 と酸化チタン(Ti_2O_3)との組み合わせや、 SiO_2 と酸化タンタル(Ta_2O_5)との組み合わせ等が挙げられる。材料層A及びBは、基板21上に、真空蒸着やスパッタリング等の方法によって形成される。

【0039】ところで、超音波の多重反射を抑制するためには、超音波が伝搬する距離を長くすることが有効である。超音波は伝搬する際に少なからず減衰し、伝搬距離が長いほど減衰量は多くなる。そこで、十分な伝搬距離を取れば、一端に伝搬した超音波が他端において反射して戻る間に、超音波を十分に減衰させることができるからである。このため、本実施形態においては、光伝送路として光ファイバを用い、受信した超音波を光ファイバに伝搬させている。即ち、光伝送路に、光を通過させる機能と共に超音波を減衰させるバッキング部としての機能を持たせている。

【0040】図4は、図2に示す光伝送路13、コリメート部14、及び、超音波検出素子20の一部を拡大して示す断面図である。図4に示すように、光伝送路(バンドルファイバ)13に含まれる光ファイバ13a、13b、...と、コリメート部(コリメートレンズアレイ)14に含まれるコリメートレンズ14a、14b、...とは、それぞれ光軸を合わせて接続され、さらに、超音波検出素子20に2次元状に配置されて接続されている。光ファイバ13a、13b、...は、接着剤25を用いて束ねられている。

【0041】光ファイバ13aは、例えば、2m程度の長さを有するシングルモード又はマルチモードファイバであり、樹脂系材料を含む粘度の低い部材(被覆材23a)で覆われている。光ファイバを伝搬する間に超音波を減衰させるために、光ファイバを上記の部材で被覆することにより、超音波の伝搬エネルギー損失をさらに大きくして超音波減衰を早めることができる。

【0042】ここで、光ファイバ13a中を伝送される光は、該光ファイバから出射する際に回折する。このため、光ファイバ13aを超音波検出素子20に直接接続すると、光が拡散して超音波検出素子の光反射特性が著しく乱れ、超音波検出素子内で十分な干渉が生じなくなる。このため、超音波検出素子の検出感度が著しく悪くなってしまふ。この現象を避けるため、光ファイバ13aの一端には、出射光の拡散を防止するためにコリメートレンズ14aが接続されている。

【0043】コリメートレンズ14aとしては、グラディエントインデックスレンズ(gradient index)

dex lens、以下GRINレンズと略す)が用いられる。GRINレンズは、例えば、セルフオック(Selfoc:日本板硝子株式会社の登録商標)レンズという製品名で知られている。GRINレンズは、位置によって異なる屈折率を有する屈折率分布型レンズであり、その長さを変えることによって光学特性が変化する。例えば、GRINレンズを物体像面間距離(光が正立に結像するピッチ)の1/4の長さにすると、入射光が平行光となって出射される。

【0044】本実施形態においては、セルフオックレンズが多数配列されたセルフオックレンズアレイNA0.46(日本板硝子株式会社の製品)を、0.25Lの長さ(Lは、物体像面間距離)で使用し、それぞれのセルフオックレンズをコリメートレンズ14a、14b、...として光ファイバに接続している。

【0045】図4に示すように、コリメートレンズ14aを被覆材23aによって覆っても良い。光ファイバ13aにおけるのと同様に、超音波を早く減衰させるためである。

【0046】光ファイバとコリメートレンズ、又は、コリメートレンズと超音波検出素子は、融着又は接着剤を用いて接続される。接着剤を用いる場合には、エポキシ系を含む樹脂系接着剤を用いることが望ましい。このような接着剤においては、音響インピーダンスが光ファイバ及びコリメートレンズの部材や超音波検出素子の基板と近似しているため、超音波が伝搬する際にそれぞれの部材の境界において反射するのを抑制できるからである。また、複数の光ファイバを束ねるための接着剤25としても、エポキシ系を含む樹脂系接着剤を用いることが望ましい。超音波を減衰させ、隣接する光ファイバ間における超音波のクロストークを防ぐと共に、ケーブルとしての柔軟性を保つことができるからである。本実施形態においては、このような接着剤として、STYCAST(Emerson&Cuming社の製品)を用いている。

【0047】次に、図5を参照しながら、超音波用探触子の構造について説明する。図5は、超音波用探触子1のハウジング内の正面図である。超音波用探触子1のハウジング35内には、超音波伝送路74の一部と、コリメータ部14を介して光伝送部13に接続されている超音波検出素子20とが収納されている。

【0048】超音波伝送路74及び超音波検出素子20とハウジング35との間には、音響インピーダンスの整合を図るために音響整合層36を設けることが望ましい。音響整合層36は、超音波を伝えやすいパイレックスガラス(パイレックス社の登録商標)や金属粉入りエポキシ樹脂等により構成することができる。また、ハウジング35の表面には、超音波伝送路74や超音波検出素子20を保護することも兼ねて、シリコンゴム等の音響レンズ材37を設けることが望ましい。なお、ハウジン

グ35内は、超音波伝送路74及び超音波検出素子20が設けられた部分の近傍を除き、樹脂38で固められている。

【0049】図6は、超音波用探触子1の平面図を示している。本実施形態においては、図6の(a)に示すように、超音波検出素子20の周囲に複数の超音波送信端73を配置しているが、図6の(b)又は(c)に示すように、超音波検出素子20の受信面が1つ又は複数の超音波送信端73を囲むように配置することも可能である。図6の(b)に示すように、超音波検出素子20の中心に1つの超音波送信端73を配置する場合には、送信波のビームスキャンはできない。一方、図6の(a)又は(c)に示すように、超音波検出素子20に複数の超音波送信端73を1次元又は2次元的に配置する場合には、1次元又は2次元的なビームスキャン送信が可能になる。なお、図6の(a)~(c)においては、超音波送信端73や超音波検出素子20の周囲を、超音波のクロストークを低減させるために、吸音材39で満たすことが望ましい。吸音材39としては、金属粉入りエポキシ樹脂や、フェライト粉入りゴム等が適している。

【0050】超音波送信端73と超音波検出素子20とを図6の(c)に示すように配置する場合には、例えば、次のように超音波用探触子を作製することができる。図7は、超音波用探触子の作製方法の例を説明するための図である。

【0051】図7の(a)~(c)は、図6の(c)のA-A'面における断面を示している。まず、図7の(a)に示すように、光学ガラス等を材料とする基板21に、複数の開口を形成する。次に、図7の(b)に示すように、基板21の図中下側の面上に、異なる屈折率を有する2種類の材料層を交互に積層することにより、ブラッグレーティング構造を有する多層膜22を形成する。次に、図7の(c)に示すように、基板21の開口内に、超音波伝送路74を挿入し、超音波検出素子20にコリメータ部14及び光伝送路13を接続する。これにより、超音波検出素子20の受信面が、超音波送信端73を囲むように形成される。なお、この際に、超音波伝送路74と超音波検出素子20との隙間に吸音材39やエポキシ系の接着剤等を充填してもよい。

【0052】本実施形態の変形例について、図8を参照しながら説明する。この例は、図2における超音波検出素子20の替わりに、図8に示す超音波検出素子(エタロンセンサ)30を用いている。その他の構成については、図2及び図4を用いて説明したのと同様である。

【0053】図8に示すように、基板31は、超音波によって変形する膜状の基板である。基板31に対向して、基板32が配置されており、これらはエタロンと同様の構造を形成している。

【0054】基板31及び32の反射率をR、これらの基板の間隔をdとし、入射光の波長を λ とすると、エタ

ロンの透過率は次のように表される。ただし、 n は任意の整数である。

$$T = \{ 1 + 4R / (1 - R)^2 \cdot \sin^2(\theta / 2) \}^{-1} \dots (3)$$

ここで、 θ は出射面の垂線から測った出射角であり、 $\cos \theta = 0$ とすると次の式ようになる。

$$T = 4nd / \dots (5)$$

エタロンは、波長 λ の光を透過率 T で透過し、反射率 $R = (1 - T)$ で反射する。

【0055】超音波検出素子30に超音波を伝搬させると、基板31が歪み、受信面の各位置において基板31及び32の間隔 d が変化するので、波長 λ の光の反射率が変化する。エタロンの反射特性は、波長変化に対して周期的に変化する。反射特性の変化率の大きい領域に中心波長を有する光を基板31に入射させながら超音波を印加すると、受信面の各位置における超音波の強さに応じた反射光の強度変化を観測できる。この反射光の強度変化を超音波の強度に換算することにより、超音波の強度を2次元的に計測することができる。

【0056】次に、本発明の第2の実施形態に係る超音波撮像装置について、図9を参照しながら説明する。本実施形態に係る超音波撮像装置は、第1の実施形態における振動子及び超音波伝送路を、超音波の送受信のために兼用するものである。図9に示すように、この超音波撮像装置の振動子72には、検出信号処理回路75が接続されている。また、超音波用探触子2は、超音波検出部60と超音波送受信端76によって形成されている。その他の構成については、第1の実施形態と同様である。

【0057】振動子72は、駆動信号発生回路71から発生した信号に基づいて振動し、超音波を発生する。この超音波は、超音波伝送路74を介して超音波送受信端76に向けて伝送される。さらに、この超音波は、超音波送受信端76から被検体に向けて送信される。被検体から反射されたエコー波は、超音波検出部60によって受信されると共に、超音波送受信端76にも受信される。超音波送受信端76に受信されたエコー波は、超音波伝送路74を介して振動子72に向けて伝送される。振動子72は、超音波伝送路74によって伝送された超音波によって振動し、電気信号を発生する。

【0058】検出信号処理回路75は、振動子72から入力した検出信号に対して増幅等の処理を施し、信号処理部81に出力する。信号処理部81は、タイミングコントロール部80の制御の下で、超音波の送信から一定時間経過後に、検出信号処理回路75から出力される検出信号を取り込む。この検出信号は、信号処理部81以降の信号処理系によって、光検出方式によって検出された信号と同様に処理される。

【0059】本実施形態によれば、超音波検出部に加えて超音波送受信端から超音波の受信を行うので、超音波用探触子における超音波受信領域が拡がり、情報量が増

加する。

【0060】次に、本発明の第3の実施形態に係る超音波撮像装置について、図10を参照しながら説明する。図10は、本実施形態における送信系及び受信系の構成を示す図である。本実施形態においては、図2における光伝送路13及びコリメート部14の代わりに、バックリング部50が用いられている。その他の構成については、第1の実施形態と同様である。

【0061】バックリング部50は、検出に用いられる光を透過する光伝送部51と、超音波を減衰させるための被覆部52とを含んでいる。光伝送部51には、光学ガラス等の部材が用いられる。また、被覆部52には、樹脂、ゴム、液体等の粘度の低い部材が用いられる。このようなバックリング部50と、超音波検出素子20とは、エポキシ系等の樹脂系接着剤によって接続される。

【0062】図10に示す受信系において、光源11から発生した光は、レンズ16を通過し、分波器12によって方向を変えられた後、レンズ17を通過して光伝送部51に入射する。この光は、超音波検出素子20から反射されると共に、印加される超音波に基づいて変調される。反射された光は、レンズ17、分波器12、及び、結像系18を通過し、光検出器15に入射して検出される。

【0063】一方、超音波検出素子20に印加された超音波は、超音波検出素子20の内部及びバックリング部50に伝搬する。バックリング部50において、超音波は、光伝送部51を伝搬する際にエネルギーを損失すると共に、被覆部52によってエネルギーを吸収されて急速に減衰する。これにより、超音波の多重反射による影響を低減することができる。

【0064】本実施形態によれば、それぞれの画素に対応する複数の光ファイバによって超音波検出素子に導光すると異なり、超音波検出素子の反射面に対して所定の太さ（照射面積）を有する光を導光するので、受信系の構成を簡単にすることができる。なお、本実施形態においては、図10に示すレンズ17を通過した光を直接光伝送部に入射させているが、図4に示すような光ファイバやコリメート部を介して光伝送部に入射させても良い。また、光伝送部51と、超音波検出素子20との間に、コリメート部を挿入しても良い。さらに、本実施形態においては、超音波検出素子として、図3に示す多層膜センサを用いているが、図8に示すエタロンセンサを用いても良い。

【0065】次に、本発明の第4の実施形態に係る超音波撮像装置について、図11を参照しながら説明する。本実施形態においては、図2に示す超音波検出素子20、光伝送路13、及び、コリメート部14の替わり

に、図11の(a)に示す超音波有感部を有するバンドルファイバ40を用い、その周囲に複数の超音波伝送路74を配置している。その他の構成については、第1の実施形態におけるのと同様である。

【0066】図11の(b)に、バンドルファイバ40に含まれるファイバ40aの構成を示す。ファイバ40aは、光ファイバ41aとコリメートレンズ42aとを含んでいる。本実施形態においては、第1の実施形態におけるのと同様に、コリメートレンズ42aとして、0.25Lの長さをもつセルフォックレンズを用いて

10 いる。また、両者は、融着又はエポキシ系を含む樹脂系接着剤によって接続されている。
【0067】コリメートレンズ42aの一端には、2種類の材料層が交互に積層された多層膜43aが形成されている。この多層膜43aが、ブラッググレーティング構造を構成し、超音波有感部として作用する。多層膜43aの材料としては、例えば、 SiO_2 と酸化チタン(Ti_2O_3)との組み合わせや、 SiO_2 と酸化タンタル(Ta_2O_5)との組み合わせ等が用いられる。このよ

30 うな材料層は、コリメートレンズ42a上に、蒸着によ

【0068】ファイバ40aは、ファイバ40aの一端に伝搬した超音波が他端において反射する前に、超音波が減衰してしまうように、粘度の低い部材(被覆材44a)によって覆われている。さらに、図11の(b)に示すように、被覆材44aがコリメートレンズ42aまで覆うようにしても良い。これにより、ファイバ40aに伝搬した超音波のエネルギー損失を大きくすることができるので、超音波を早く減衰させてバッキング材としての効果を上げることができる。

【0069】このようなファイバ40a、40b、...を、エポキシ系等の樹脂系接着剤を用いて多数束ねることにより、超音波有感部を有するバンドルファイバ40が作製される。バンドルファイバ40と超音波伝送路74とを組み合わせる超音波用探触子を作製する際には、図11の(a)に示すように、バンドルファイバ40の周囲に複数の超音波伝送路74を配置しても良い。また、図11の(c)に示すように、1つ又は複数の超音波伝送路74をファイバ40a、40b、...の間に配置しても良い。この場合には、バンドルファイバの所望の

40 位置に超音波伝送路を配置することができる。
【0070】本実施形態によれば、コリメートレンズに直接多層膜が形成されるので、コリメートレンズと超音波検出素子との接続部分における強度が増す。また、この接続部分における超音波の反射が抑制されるので、超音波をファイバ部分に逃がしやすくなり、効果的に多重反射を抑制することができる。さらに、超音波用探触子が、コリメータレンズが接続された光伝送路と超音波伝送路とによって構成されるので、一層、探触子を小型化

【0071】以上説明した第1~第4の実施形態においては、光増幅器を付加することによって超音波検出性能を向上させることができる。この変形例について、図12を参照しながら説明する。図12に示す超音波撮像装置は、図2に示す超音波撮像装置に、光増幅器91と光増幅器92との内の少なくとも一方を追加したものである。光増幅器91は、光源11と分波器12の間、若しくは、レンズ16と分波器12の間に配置され、光源11から入射した光を増幅して分波器12に出射する。一方、光増幅器92は、分波器12と結像系18の間に配置され、分波器12から入射した光を増幅して結像系18に出射する。結像系18を用いない場合には、光増幅器92は、分波器12と光検出器15との間に配置され、分波器12から入射した光を増幅して光検出器15に出射する。

【0072】光増幅器としては、例えば、エルビウム(Er)をドープした光ファイバ増幅器EDFA(Er-Doped Optical Fiber Amplifier)を使用する。このEDFAは、光の強度を約1桁から2桁上昇させることができる。

【0073】このような光増幅器を、光源11と超音波検出素子20との間に配置した場合には、超音波検出素子20に入射する入射光の強度が増幅される。また、光増幅器を超音波検出素子20と光検出器15との間に配置した場合には、超音波検出素子20に入射する入射光の強度は変化しないが、光検出器15に入射する反射光の強度が増幅される。この場合には、受信した超音波によって変調された反射光の強度変化も増幅されることになる。

30 【0074】いずれにしても、光の状態を強度を増幅することにより光検出器15に入射する反射光の光量が増加するので、光検出器15における電気的なノイズの影響を低減し、超音波撮像装置のSN比を向上させることができる。さらに、両者を併用する場合には、より一層のSN比の向上が実現可能である。

【0075】また、第1~第4の実施形態においては、光源として、チューナブルLDの代わりにブロードバンド光源を用いることができる。この変形例について、図13及び図14を参照しながら説明する。

40 【0076】図13においては、ブロードバンド光源から発生する光を、狭帯域化フィルタにより狭帯域化して用いている。ブロードバンド光源としては、例えば、増幅された自然放出光を放出するASE(Amplified Spontaneous Emission)光源や、ブロードバンドファイバ光源を用いることができる。図13においては、ブロードバンド光源として、ASE光源93を使用している。ASE光源93は、広帯域光増幅器(Broadband Optical Fiber Amplifier)の構造を、増幅された

50 自然放出光を発生できるように変えたものである。広帯

域光増幅器の詳細については、例えば、大越春喜氏による「広帯域光増幅器」(電子情報通信学会誌Vol. 82, No. 7, p. 718~724, 1999年7月)を参照されたい。

【0077】ここで、図14を参照すると、図14は、図13のASE光源93を原理的に示している。ASE光源93は、光増幅用の光ファイバ96を含んでいる。光ファイバ96の一方の端部にはレンズ97が取り付けられており、他方の端部には励起光反射用のブラッググレーティング部98が形成されている。レンズ97の図10中左側には、レーザ発振器99が励起光源として配置されている。レーザ発振器99において発生した光は、レンズ97を介して光ファイバ96に入射し増幅され、増幅された光の一部は、自然放出光としてブラッググレーティング部98を透過する。

【0078】再び図13を参照すると、ASE光源93が発生した光は、分波器94に入射する。分波器94は、第1の方向から入射した光を第2の方向に通過させると共に、第2の方向から戻ってくる反射光を第1の方向とは別の第3の方向に通過させる。図13においては、20分波器94としてハーフミラーを用いているが、この他、光サーキュレータや偏光ビームスプリッタを用いても良い。

【0079】ASE光源93を出た光が分波器94を通過する方向(図の下側)には、超音波検出素子20と同じ材料で構成される狭帯域フィルタ95が設けられている。狭帯域フィルタ95に入射した光は、狭帯域フィルタ95に含まれるブラッググレーティング構造を有する多層膜によって反射され、再び分波器94に入射する。ASE光源93から発生した自然放出光は、狭帯域フィ30ルタ95を通過することにより、狭帯域化される。

【0080】狭帯域フィルタ95によって反射された光は、再び分波器94に入射し、進路を変更されて分波器12に入射する。分波器12を通過した光は、超音波検出素子20に入射し、印加される超音波によって変調される。

【0081】ここで、ブラッググレーティング部は、温度の変化によって反射光の中心波長が 0.01nm の割合で変化する。そのため、単一波長のレーザ光を発生する光源を用いると、ブラッググレーティング部によ40うって構成された超音波検出素子20の感度が、温度の変化によって大きく変化してしまうという問題があった。

【0082】しかしながら、図13に示すように、ASE光源93から発生した自然放出光を狭帯域フィルタ95によって狭帯域化すると、単一波長のレーザ光に近い帯域を確保すると共に、温度の変化による超音波検出素子の感度の変化を低減することができる。

【0083】即ち、狭帯域フィルタ95と超音波検出素子20とを同一の材料で形成し、例えば、狭帯域フィルタ95と超音波検出素子20とを熱伝導率の高い材料で*50

*結合したり、狭帯域フィルタ95と超音波検出素子20とを物理的に近接させることにより、熱的結合を図っている。又は、狭帯域フィルタ95と超音波検出素子20との周りにヒートパイプを配置しても良い。

【0084】これにより、狭帯域フィルタ95のブラッググレーティング部と超音波検出素子20のブラッググレーティング部とがほぼ同一の温度となるので、温度によって超音波検出素子20の反射特性がシフトしても、超音波検出素子20に入射する光の波長も同様にシフトして、超音波検出素子の感度の変化を低減することができる。

【0085】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、超音波伝送路を用いることにより、振動子を超音波撮像装置の本体側に配置することができるので、振動子まで配線する必要がなくなり、探触子の構造を簡単にして小型化することができる。また、探触子に電力を供給する必要がなくなるので、振動子や配線における発熱の影響を受けないで済む。これより、超音波検出素子の温度変化による検出誤差を減少させることができる。従って、特に医療診断においては、被検体(患者)に対する電気的安全性や熱的安全性を向上させることが可能となる。さらに、超音波送信時における振動子の超音波検出素子に対する振動の影響を低減することができるので、検出感度の変動を防止することが可能である。また、光伝送路において超音波を減衰させることにより、超音波の多重反射を抑制することができる。これにより、SN比の高い検出信号を得て、画質の良い超音波画像を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る超音波撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図1の超音波撮像装置に含まれる送信系及び受信系の構成を示す模式図である。

【図3】図2に示す超音波検出素子の超音波検出原理を説明するための図である。

【図4】図2に示す超音波検出素子、コリメート部、及び、光伝送路の接続部分を拡大して示す断面図である。

【図5】図2に示す超音波用探触子の構造を示す平面図である。

【図6】図6の(a)~(c)は、超音波検出素子と超音波伝送路の配置例を示す図である。

【図7】超音波検出素子の受信面が超音波送信端を囲むように配置されている場合の超音波用探触子の作製方法の例を示す図である。

【図8】図2に示す超音波撮像装置の変形例を示す図である。

【図9】本発明の第2の実施形態に係る超音波撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図10】本発明の第3の実施形態に係る超音波撮像装

置の一部を示す模式図である。

【図11】本発明の第4の実施形態に係る超音波撮像装置の一部を示す模式図である。

【図12】本発明の第1～第4の実施形態に係る超音波撮像装置の変形例を示す図である。

【図13】本発明の第1～第4の実施形態に係る超音波撮像装置の別の変形例を示す図である。

【図14】図13に示すASE光源の構成を示す図である。

【図15】光検出方式の超音波検出素子における超音波の多重反射を説明するための図である。

【図16】超音波検出素子における位置A～Eにおいて生じた振動を示す波形図である。

【図17】超音波検出素子によって検出された位置A、C、Eにおける検出信号を示す波形図である。

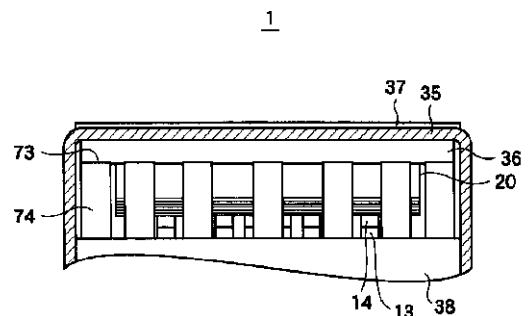
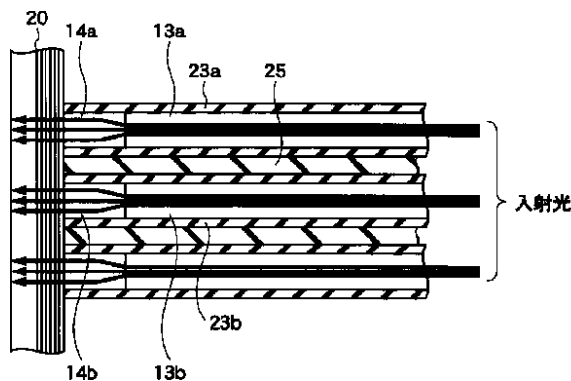
【符号の説明】

- 1、2 超音波用探触子
- 7 圧電素子
- 8 電極
- 9 配線
- 11 光源
- 12、94 分波器
- 13 光伝送路
- 13a、13b、...、96、 光ファイバ
- 14 コリメート部
- 14a、14b、... コリメートレンズ
- 15 光検出器
- 16、17、97 レンズ
- 18 結像系
- 20、30、100 超音波検出素子
- 20a、102a 受信面
- 21、31、32 基板
- 22、43a、43b、... 多層膜
- 23a、23b、... 被覆材
- 25 接着剤
- 35 ハウジング

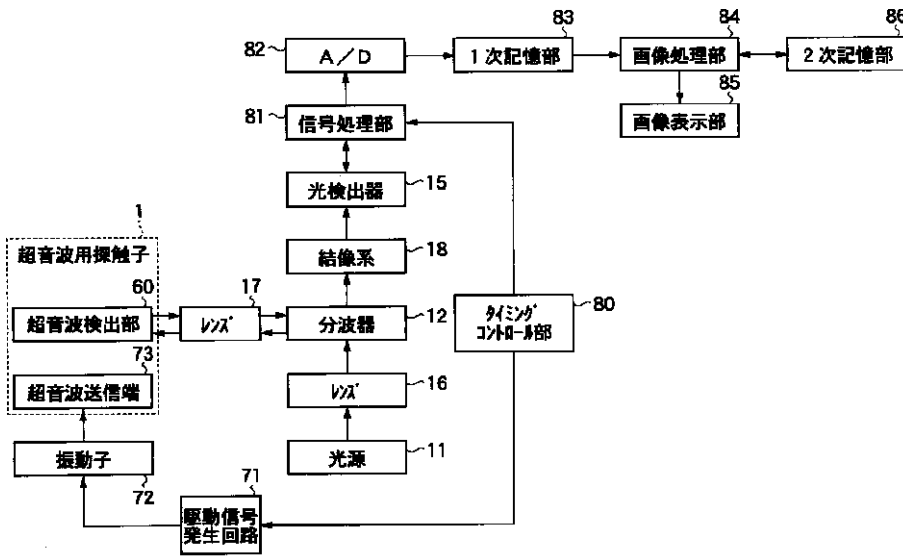
- *36 音響整合層
- 37 音響レンズ
- 38 樹脂
- 39 吸音材
- 40 超音波有感部を有するバンドルファイバ
- 40a、40b、... ファイバ
- 41a、41b、... 光ファイバ
- 42a、42b、... コリメートレンズ
- 44a、44b、... 被覆材
- 50 バックリング部
- 51 光伝送部
- 52 被覆部
- 60 超音波検出部
- 71 駆動信号発生回路
- 72 振動子
- 73 超音波送信端
- 74 超音波伝送路
- 75 検出信号処理回路
- 76 超音波送受信端
- 20 80 タイミングコントロール部
- 81 信号処理部
- 82 A/D変換器
- 83 1次記憶部
- 84 画像処理部
- 85 画像表示部
- 86 2次記憶部
- 91、92 光増幅器
- 93 ASE光源
- 95 狭帯域フィルタ
- 30 98 ブラッググレーティング部
- 99 レーザ発振器
- 101 基材
- 102 超音波有感部
- 103 全反射ミラー
- 104 ハーフミラー
- * 105 キャビティ

【図4】

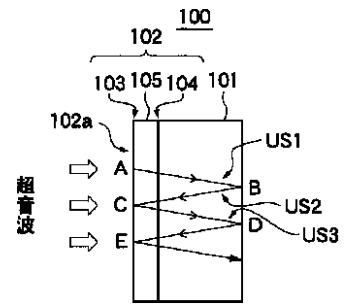
【図5】



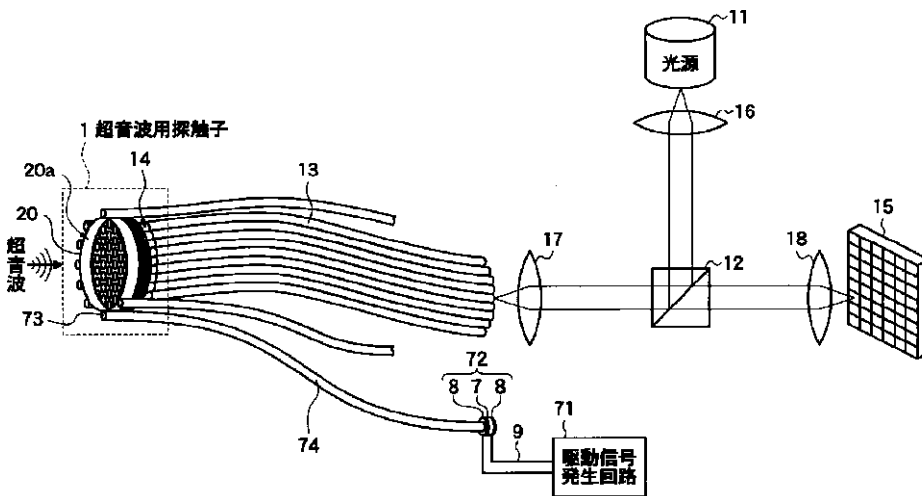
【図1】



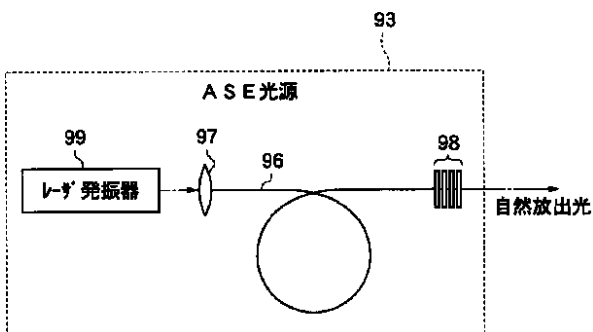
【図16】



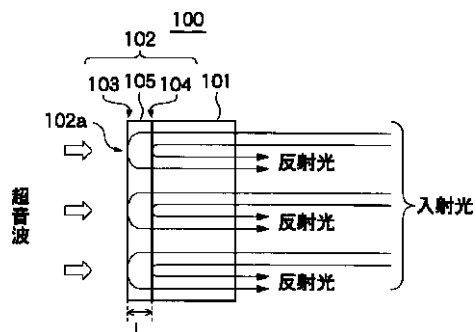
【図2】



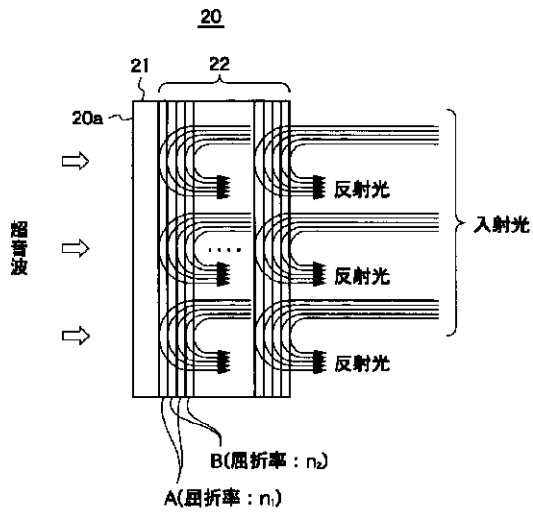
【図14】



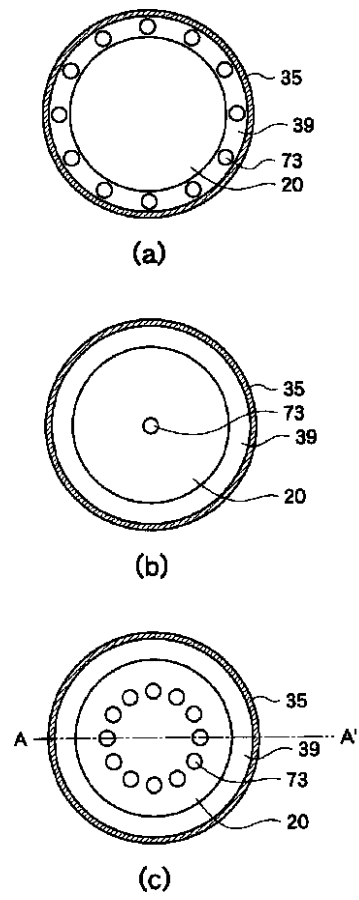
【図15】



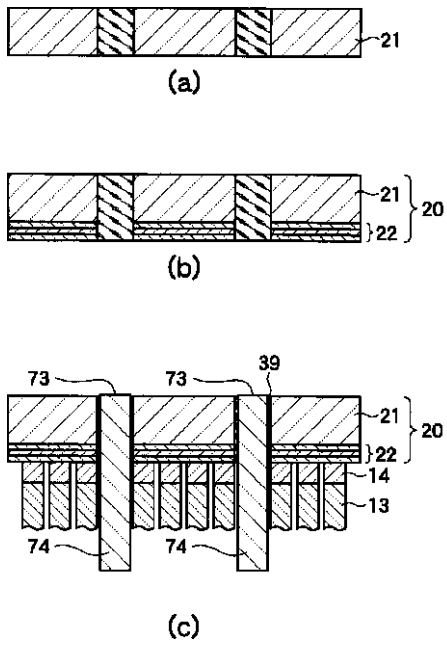
【圖3】



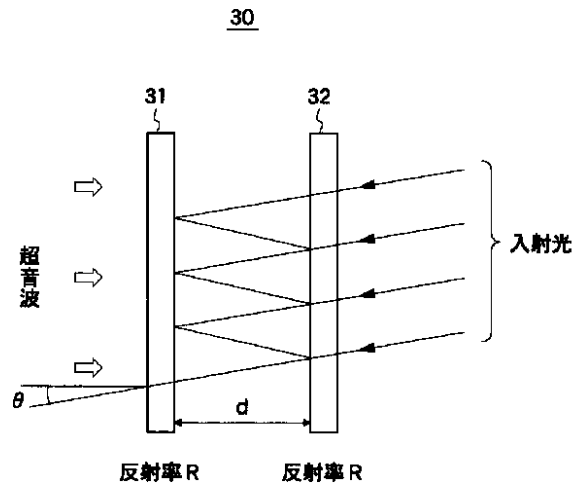
【圖6】



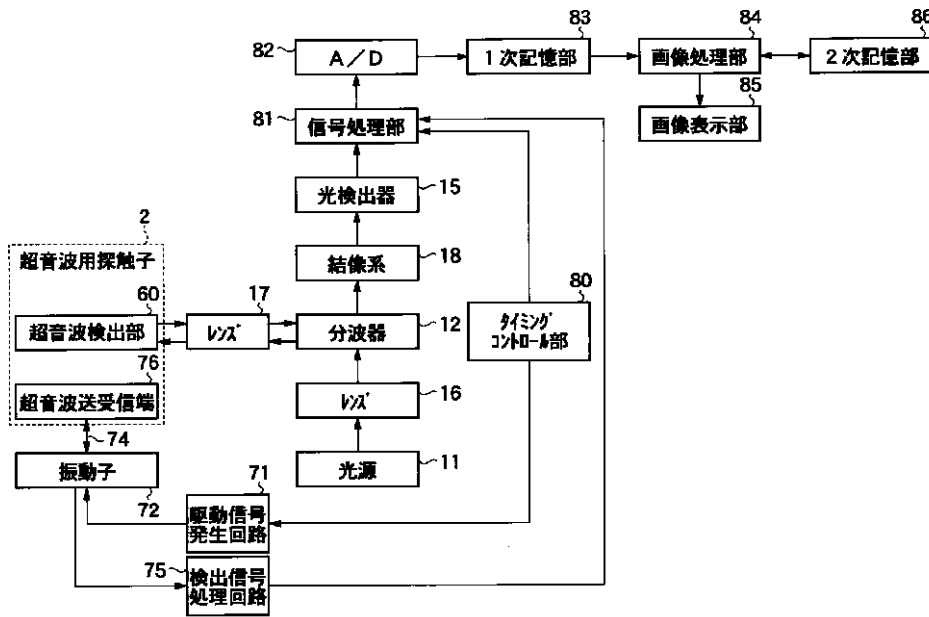
【圖7】



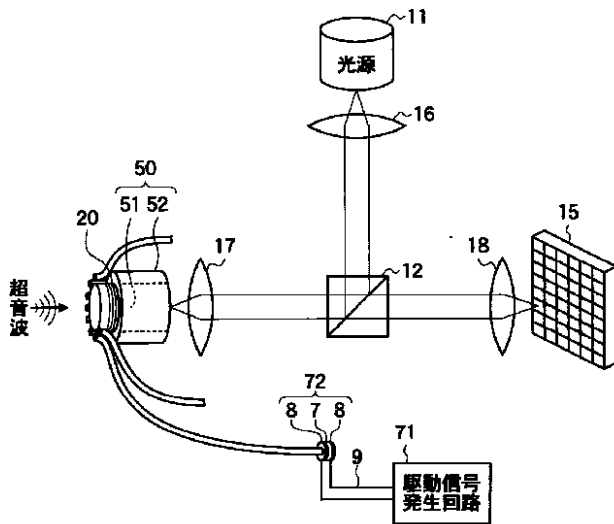
【圖8】



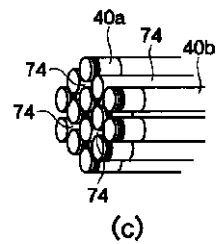
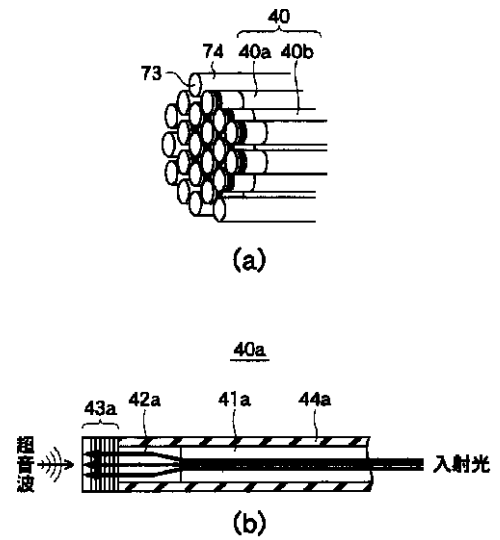
【図9】



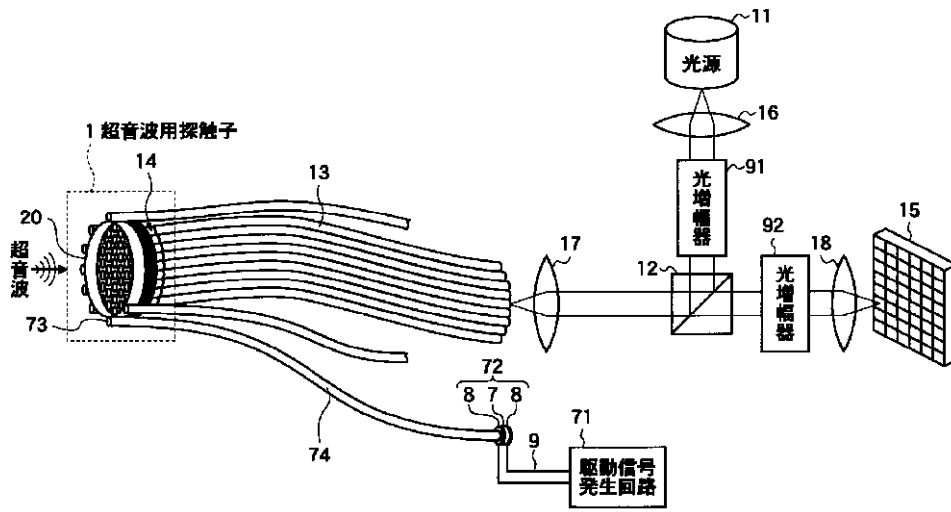
【図10】



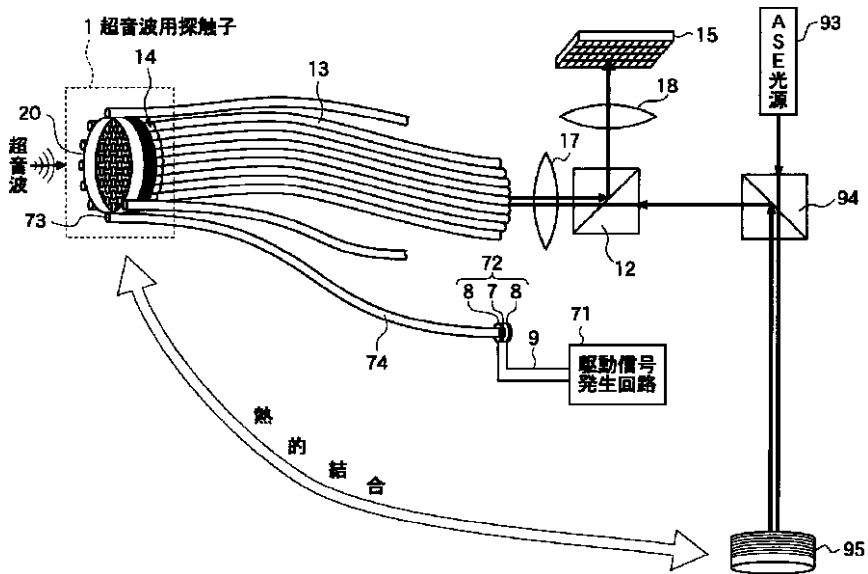
【図11】



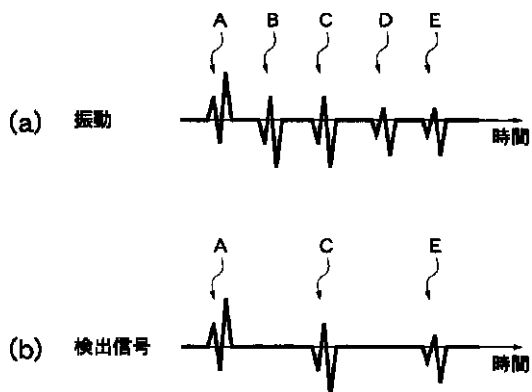
【圖12】



【圖13】



【圖17】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G047 BA03 CA01 CA04 CA07 DB02
DB12 EA14 GA02 GA03 GB02
GB17 GB33 GD00 GF25
4C301 AA03 BB22 EE15 GA02 GA03
GB10 GB20 GB34 GB40 JA03
LL20
4C601 BB05 BB06 EE12 GA01 GA02
GA03 GB01 GB02 GB03 GB06
GB20 GB42 GB50 GD01 GD02
GD03 LL40

专利名称(译)	超声成像设备		
公开(公告)号	JP2003265473A	公开(公告)日	2003-09-24
申请号	JP2002075511	申请日	2002-03-19
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片有限公司		
[标]发明人	小川英二		
发明人	小川 英二		
IPC分类号	G01N29/00 A61B8/00 G01N29/24		
FI分类号	A61B8/00 G01N29/00.501 G01N29/24.502		
F-TERM分类号	2G047/BA03 2G047/CA01 2G047/CA04 2G047/CA07 2G047/DB02 2G047/DB12 2G047/EA14 2G047/GA02 2G047/GA03 2G047/GB02 2G047/GB17 2G047/GB33 2G047/GD00 2G047/GF25 4C301/AA03 4C301/BB22 4C301/EE15 4C301/GA02 4C301/GA03 4C301/GB10 4C301/GB20 4C301/GB34 4C301/GB40 4C301/JA03 4C301/LL20 4C601/BB05 4C601/BB06 4C601/EE12 4C601/GA01 4C601/GA02 4C601/GA03 4C601/GB01 4C601/GB02 4C601/GB03 4C601/GB06 4C601/GB20 4C601/GB42 4C601/GB50 4C601/GD01 4C601/GD02 4C601/GD03 4C601/LL40		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：在具有光检测型超声波传感器和超声波发送功能的超声波成像装置中，抑制超声波的多次反射并改善超声波图像的图像质量。解决方案：超声波检测单元20，可基于施加的超声波对光进行调制；光传输线13，将光引导至超声波检测单元；驱动信号生成电路71，其生成驱动信号；以及驱动器 振动器72根据信号产生电路产生的驱动信号产生超声波，并具有第一端和第二端，以及从第一端到第二端由振动器产生的超声波。超声波传输路径74用于从第二端传输超声波。

