

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4076872号
(P4076872)

(45) 発行日 平成20年4月16日(2008.4.16)

(24) 登録日 平成20年2月8日(2008.2.8)

(51) Int.Cl.		F I
A 6 1 B 8/00	(2006.01)	A 6 1 B 8/00
G 0 1 N 29/24	(2006.01)	G 0 1 N 29/24

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2003-36037 (P2003-36037)	(73) 特許権者	306037311
(22) 出願日	平成15年2月14日(2003.2.14)		富士フイルム株式会社
(65) 公開番号	特開2003-339707 (P2003-339707A)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(43) 公開日	平成15年12月2日(2003.12.2)	(74) 代理人	100110777
審査請求日	平成17年3月23日(2005.3.23)		弁理士 宇都宮 正明
(31) 優先権主張番号	特願2002-75510 (P2002-75510)	(74) 代理人	100100413
(32) 優先日	平成14年3月19日(2002.3.19)		弁理士 渡部 温
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(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
		審査官	川上 則明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波受信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

受信される超音波に応じて伸縮し、伸縮に応じて光反射率が変動することにより、入射される光を強度変調する超音波有感部を含む超音波検出素子と、

前記超音波検出素子に光を導くと共に、前記超音波検出素子によって受信される超音波を伝搬させながら減衰させる光伝送路と、

前記超音波検出素子と前記光伝送路との間に樹脂系接着剤によって接続されたGRINレンズ(グラディエントインデックスレンズ)を具備し、前記光伝送路によって導かれた光を前記GRINレンズにより前記超音波検出素子に対してコリメートすると共に、前記超音波検出素子から導かれた超音波を前記光伝送路に伝播させるコリメート部と、

前記超音波検出素子において強度変調された光を検出する光電変換部と、
を具備する超音波受信装置。

【請求項2】

前記光伝送路が、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記載の超音波受信装置。

【請求項3】

前記光伝送路と前記コリメート部との内の少なくとも一方が、超音波を減衰させる部材によって被覆されている、請求項1又は2記載の超音波受信装置。

【請求項4】

ブロードバンド光源と、

10

20

前記ブロードバンド光源から発生した光を狭帯域化する狭帯域化フィルタと、
を具備する請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載の超音波受信装置。

【請求項 5】

前記ブロードバンド光源が、増幅された自然放出光を放出する ASE (Amplified Spontaneous Emission) 光源である、請求項 4 記載の超音波受信装置。

【請求項 6】

前記狭帯域化フィルタと前記超音波検出素子とが、同一の材料で構成され、かつ、
前記狭帯域化フィルタと前記超音波検出素子との周りにヒートパイプを配置することにより、前記狭帯域化フィルタと前記超音波検出素子とが、熱的に結合している、請求項 4
又は 5 記載の超音波受信装置。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波を受信する超音波受信装置に関し、さらに、そのような超音波受信装置を用いて超音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 P Z T (チタン酸ジルコン酸鉛 : Pb(lead) zirconate titanate) に代表される圧電セラミックや、P V D F (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 次元センサレイが一般的に用いられていた。そのような 1 次元センサレイを機械的に移動させながら、被検体の複数の断面における 2 次元画像を取得し、さらに、それらの 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。

20

【0003】

しかしながら、この手法によれば、1 次元センサレイの移動方向にタイムラグがあるので、異なる時刻における断面像を合成することになり、合成画像がぼけたものになってしまう。そのため、このような手法は、超音波エコー観察等のように、被写体として生体を撮像する場合には適していない。

30

【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、センサレイを移動させることなく 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 P Z T や P V D F を用いて 2 次元センサ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 S N 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、P Z T や P V D F を用いた 2 次元センサレイの実現は困難である。

【0005】

40

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 (F B G と略称) を用いるもの (非特許文献 1 参照) や、ファブリーペロー共振器 (F P R と略称) 構造を用いるもの (非特許文献 2 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。非特許文献 3 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

50

めに、コストを抑制することができる。

【0007】

ところで、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。

10

【0008】

この超音波検出素子100の受信面102aに、基材101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。

【0009】

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とは反対側の境界面(位置B)によって反射され、その際に、位置Bにおいて振動を発生させ、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によって反射され、その際に、位置Cにおいて振動を発生させ、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。

20

【0010】

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。そのため、例えば、超音波の送受信に圧電素子を用いる超音波受信装置においては、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。

30

【0011】

【非特許文献1】

タカハシ(TAKAHASHI)、他2名、「ファイバブラッググレーティングを用いた水中音響センサ(Underwater Acoustic Sensor with Fiber Bragg Grating)」、オプティカルレビュー(OPTICAL REVIEW), Vol. 4, No. 6 (1997), P. 691-694

40

【非特許文献2】

ウノ(UNO)、他1名、「メガヘルツ超音波領域測定のためのファイバeropticalマイクロプローブの制作と性能(Fabrication and Performance of a Fiber Optic Micro-Probe for Megahertz Ultrasonic Field Measurement)」, 電学論(T. IEE Japan), Vol. 118-E, No. 11 (1998), P. 487-492

【非特許文献3】

ベアード(Beard)、他2名、「広帯域な超音波検出のためのファブリーペローポリマーフィルムセンシングコンセプトの処理機構(Transduction Mechanisms of the Fabry-Perot Polymer Film Sensing Concept for Wideband Ultrasound Detection)」アイ・イー・イー会報(IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENC

50

Y CONTROL), VOL. 46, NO. 6 (NOVEMBER 1999), P.1575-1582

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、上記の点に鑑み、本発明は、光検出方式の超音波受信装置において、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ことを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

以上の課題を解決するため、本発明の超音波受信装置は、受信される超音波に応じて伸縮し、伸縮に応じて光反射率が変動することにより、入射される光を強度変調する超音波有感部を含む超音波検出素子と、超音波検出素子に光を導くと共に、超音波検出素子によって受信される超音波を伝搬させながら減衰させる光伝送路と、超音波検出素子と光伝送路との間に樹脂系接着剤によって接続されたGRINレンズ(グラディエントインデックスレンズ)を具備し、光伝送路によって導かれた光をGRINレンズにより超音波検出素子に対してコリメートすると共に、超音波検出素子から導かれた超音波を光伝送路に伝播させるコリメート部と、超音波検出素子において強度変調された光を検出する光電変換部とを具備する。

10

【0014】

本発明によれば、超音波検出素子から導かれた超音波をコリメート部が伝播させ、さらに、その超音波を光伝送路が伝搬させながら減衰させることにより、超音波の多重反射による影響を避けることができる。また、超音波検出素子と光伝送路とをコリメート部を介して接続するので、超音波検出素子に平行光を導光できると共に、超音波を光ファイバ等の光伝送路に伝搬させることができる。

20

【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受信装置を示す図である。この超音波受信装置は、光源11と、分波器12と、光伝送路13と、コリメート部14と、受信される超音波に基づいて光を変調する超音波検出素子20と、光検出器15と、結像系16~18とを含んでいる。

30

【0018】

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。

40

【0019】

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。

【0020】

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を含んでいる。光伝送路13及びコリメート部14の構成については、後で詳しく説明する。

【0021】

50

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 20 a と、受信面 20 a によって受信される超音波に応じて伸縮する超音波有感部とを有している。この伸縮に応じて超音波有感部の光反射率が変動するので、光伝送路 13 及びコリメート部 14 を通って超音波検出素子 20 に入射した光は強度変調を受けて反射される。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。

【0022】

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。

10

【0023】

次に、図 2 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。この多層膜 22 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働く。

【0024】

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 2 cm 程度の円か、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 2 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。

20

【0025】

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 は入射面と入射光とのなす角であり、 $\theta = \theta_0 / 2$ とすると次の式のようになる。

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

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。

30

【0026】

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基板 21 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、最も光反射率の高い (透過率の低い) 中心波長の前後に光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 に入射させながら基板 21 に超音波を加える。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。ここで、反射特性とは、超音波検出素子 20 における光の波長と反射強度との関係のことをいう。

40

【0027】

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。

50

【0028】

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、その伝搬距離が長いほど減衰量は大きくなる。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。

【0029】

図3は、図1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3に示すように、光伝送路(バンドルファイバ)13に含まれる複数の光ファイバ13aと、コリメート部(コリメートレンズアレイ)14に含まれる複数のコリメートレンズ14a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。複数の光ファイバ13aは、接着剤25を用いて束ねられている。

10

【0030】

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。

20

【0031】

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。コリメートレンズアレイに含まれる複数のコリメートレンズ14aは、それぞれの光ファイバによって導かれた光を超音波検出素子20の超音波受信面における複数の位置に対してコリメートする。

30

【0032】

コリメートレンズ14aとしては、グラディアントインデックスレンズ(gradient index 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。

【0033】

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NAO.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として光ファイバに接続している。

40

図3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におけるものと同様に、超音波を早く減衰させるためである。

【0034】

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

50

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。

【0035】

本実施形態によれば、受信された超音波が光ファイバを伝搬する間に減衰して消滅するので、超音波検出素子における超音波の多重反射を防ぐことができる。このため、超音波画像におけるSN比を高め、画質を向上させることができる。また、光ファイバと超音波検出素子とを、長さが数mm程度のセルフオックレンズを介して接続するため、超音波受信装置を小型化することができる。

10

【0036】

本実施形態の変形例について、図4を参照しながら説明する。この例は、図1における超音波検出素子20の替わりに、図4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1及び図3を用いて説明したのと同様である。

図4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。

【0037】

基板31及び32の光反射率を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。

20

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

$$= 2 / (1 + R) \cdot 2nd \cdot \cos \theta \dots (4)$$

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

$$T = 4nd / (1 + R) \dots (5)$$

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

【0038】

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 の光に対する反射率が変化する。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。

30

【0039】

次に、本発明の第2の実施形態に係る超音波受信装置について、図5の(a)及び(b)を参照しながら説明する。本実施形態においては、図1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5の(a)に示すように、超音波有感部を有するバンドルファイバ40を用いている。その他の構成については、第1の実施形態におけるものと同様である。

40

【0040】

図5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41とコリメートレンズ42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ものと同様に、コリメートレンズ42として、0.25Lの長さを有するセルフオックレンズを用いている。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。

【0041】

コリメートレンズ42の一端には、2種類の材料層が交互に積層された多層膜43が形成されている。この多層膜43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働く。多層膜43の材料としては、例えば、 SiO_2 と酸化チタン(Ti_2O_3)との

50

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。このような材料層は、コリメートレンズ42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ている。

【0042】

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44)によって覆われている。さらに、図5の(b)に示すように、被覆材44がコリメートレンズ42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部としての効果を上げることができる。

10

【0043】

このようなファイバ40aを、エポキシ系を含む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。

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より抑制されるので、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。

【0044】

次に、本発明の第3の実施形態に係る超音波受信装置について、図6を参照しながら説明する。図6に示す超音波受信装置は、図1における光伝送路13及びコリメート部14の替わりに、バッキング部50を有している。その他の構成については、第1の実施形態と同様である。

20

【0045】

バッキング部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。このようなバッキング部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。

【0046】

図6の超音波受信装置において、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及び光伝送部51を通過し、超音波検出素子20に入射する。超音波検出素子20においては、受信面20aにおいて受信される超音波に応じて伸縮した部分の光反射率が変動する。これにより、超音波検出素子20に入射した光は、強度変調を受けて反射される。さらに、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。

30

【0047】

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の内部及びバッキング部50に伝搬する。バッキング部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。

40

【0048】

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のと異なり、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、超音波受信装置の構成を簡単に行うことができる。なお、本実施形態においては、図6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1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、光伝送部51から出射した光を平行光にして超音波検出素子20に入射させる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2に示す多層膜センサを用いているが、図4に示すエタロンセンサを用いても良い。

50

【 0 0 4 9 】

以上説明した第 1 ~ 第 3 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 7 を参照しながら説明する。

図 7 に示す超音波受信装置は、図 1 に示す超音波受信装置に、光増幅器 9 1 と光増幅器 9 2 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 9 1 は、光源 1 1 と分波器 1 2 の間、若しくは、レンズ 1 6 と分波器 1 2 の間に配置され、光源 1 1 から入射した光を増幅して分波器 1 2 に出射する。一方、光増幅器 9 2 は、分波器 1 2 と結像系 1 8 の間に配置され、分波器 1 2 から入射した光を増幅して結像系 1 8 に出射する。結像系 1 8 を用いない場合には、光増幅器 9 2 は、分波器 1 2 と光検出器 1 5 との間に配置され、分波器 1 2 から入射した光を増幅して光検出器 1 5 に出射する。

10

【 0 0 5 0 】

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 E D F A (Er-doped optical fiber amplifier) を使用する。この E D F A は、光の強度を約 1 桁から 2 桁上昇させることができる。

このような光増幅器を、光源 1 1 と超音波検出素子 2 0 との間に配置した場合には、超音波検出素子 2 0 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 2 0 と光検出器 1 5 との間に配置した場合には、超音波検出素子 2 0 に入射する入射光の強度は変化しないが、光検出器 1 5 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。

20

【 0 0 5 1 】

いずれにしても、光の状態で強度を増幅することにより光検出器 1 5 に入射する反射光の光量が増加するので、光検出器 1 5 における電氣的なノイズの影響を低減し、超音波受信装置の S N 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 S N 比の向上が実現可能である。

【 0 0 5 2 】

また、第 1 ~ 第 3 の実施形態においては、光源として、チューナブル L D 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 8 及び図 9 を参照しながら説明する。

図 8 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 A S E (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 8 においては、ブロードバンド光源として、A S E 光源 9 3 を使用している。A S E 光源 9 3 は、広帯域光増幅器 (broadband optical fiber amplifier) の構造を、増幅された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 V o l . 8 2、N o . 7、p . 7 1 8 ~ 7 2 4、1 9 9 9 年 7 月) を参照されたい。

30

【 0 0 5 3 】

ここで、図 9 は、図 8 に示す A S E 光源 9 3 の原理を説明するための図である。A S E 光源 9 3 は、光増幅用の光ファイバ 9 6 を含んでいる。光ファイバ 9 6 の一方の端部にはレンズ 9 7 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 9 8 が形成されている。レンズ 9 7 の図中左側には、レーザ発振器 9 9 が励起光源として配置されている。レーザ発振器 9 9 において発生した光は、レンズ 9 7 を介して光ファイバ 9 6 に入射して増幅され、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 9 8 を透過する。

40

【 0 0 5 4 】

再び図 8 を参照すると、A S E 光源 9 3 が発生した光は、分波器 9 4 に入射する。分波器 9 4 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 8 においては、分波器 9 4 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

50

ッタを用いても良い。

【0055】

A S E 光源 9 3 を出た光が分波器 9 4 を通過する方向（図の下側）には、超音波検出素子 2 0 と同じ材料で構成される狭帯域フィルタ 9 5 が設けられている。狭帯域フィルタ 9 5 に入射した光は、狭帯域フィルタ 9 5 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 9 4 に入射する。A S E 光源 9 3 から発生した自然放出光は、狭帯域フィルタ 9 5 を通過することにより、狭帯域化される。

【0056】

狭帯域フィルタ 9 5 に反射された光は、再び分波器 9 4 に入射し、進路を変更されて分波器 1 2 に入射する。分波器 1 2 を通過した光は、受信される超音波に応じて伸縮することにより超音波有感部の光反射率が変動する超音波検出素子 2 0 に入射し、強度変調を受けて反射される。

10

【0057】

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 0.01 nm / 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って構成された超音波検出素子 2 0 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。しかしながら、図 8 に示すように、A S E 光源 9 3 から発生した自然放出光を狭帯域フィルタ 9 5 によって狭帯域化することにより、単一波長のレーザ光に近い帯域を確保できると共に、温度の変化による超音波受信装置の感度の変化を低減することができる。

20

【0058】

即ち、狭帯域フィルタ 9 5 と超音波検出素子 2 0 とを同一の材料で形成し、狭帯域フィルタ 9 5 と超音波検出素子 2 0 とを、例えば、熱伝導率の高い材料で結合したり、狭帯域フィルタ 9 5 と超音波検出素子 2 0 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 9 5 と超音波検出素子 2 0 との周りにヒートパイプを配置しても良い。

【0059】

これにより、狭帯域フィルタ 9 5 のブラッググレーティング部と超音波検出素子 2 0 のブラッググレーティング部とがほぼ同じ温度となるので、温度によって超音波検出素子 2 0 の反射特性がシフトしても、超音波検出素子 2 0 に入射する光の波長も同様にシフトして、超音波受信装置の感度の変化を低減することができる。

30

【0060】

以上において述べたような超音波受信装置を適用した超音波撮像装置について、図 1 0 を参照しながら説明する。

図 1 0 に示す超音波検出部 6 0 は、第 1 ~ 第 3 の実施形態における超音波検出素子を含んでおり、コリメート部や光伝送路を介してレンズ 1 7 や分波器 1 2 に接続されている。

【0061】

また、この超音波撮像装置は、超音波送信部 7 0 と駆動信号発生回路 7 1 とを含んでいる。超音波送信部 7 0 は、駆動信号発生回路 7 1 から発生する駆動信号に基づいて超音波を送信する。

40

超音波送信部 7 0 から送信された超音波は、被検体によって反射され、超音波検出部 6 0 に受信される。このとき、超音波検出部 6 0 の超音波有感部は、印加される超音波に応じて伸縮し、その伸縮に応じて超音波有感部の光反射率が変動する。一方、超音波検出部 6 0 には、光源から発生し、分波器 1 2 を通過した光が入射している。この光は、超音波検出部 6 0 の超音波有感部における光反射率の変動により強度変調を受け、反射される。反射された光は、分波器 1 2 や結像系 1 8 を介して光検出器 1 5 に入射し、2 次元的に検出される。

【0062】

また、この超音波撮像装置は、信号処理部 8 1 と、A / D 変換器 8 2 と、1 次記憶部 8 3 と、画像処理部 8 4 と、画像表示部 8 5 と、2 次記憶部 8 6 と、タイミングコントロール

50

部 7 2 とを含んでいる。

光検出器 1 5 から出力される検出信号は、信号処理部 8 1 において位相調整、対数増幅、検波等の処理を施され、さらに、A / D 変換器 8 2 においてデジタル信号に変換される。

【 0 0 6 3 】

1 次記憶部 8 3 は、変換されたデータに基づく複数枚の面データを記憶する。画像処理部 8 4 は、それらのデータに基づいて、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 8 5 は、例えば、C R T や L C D 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 8 6 は、画像処理部 8 4 において処理されたデータ

10

【 0 0 6 4 】

タイミングコントロール部 7 2 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 7 1 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 1 5 から出力される検出信号を取り込むように、信号処理部 8 1 を制御する。このようにして、被写体の特定の深さから反射された超音波を検出することができる。

ここで、超音波検出部 6 0 と超音波送信部 7 0 とは、別々に設けても良いし、超音波送信部 7 0 と超音波検出素子とを組み合わせることにより、超音波用探触子（超音波送受信部）1 を形成しても良い。

【 0 0 6 5 】

超音波送信部 7 0 と超音波検出素子とを組み合わせる場合における超音波用探触子の構成について、図 1 1 及び図 1 2 を参照しながら説明する。

図 1 1 に示す超音波用探触子 1 において、超音波検出素子 2 0 の周囲には、複数の超音波送信素子 1 0 が配置されている。超音波送信素子 1 0 は、圧電素子 7 及び電極 8 を含んでおり、配線 9 を介して駆動信号発生回路 7 1 に接続されている。なお、図 1 1 においては、簡単のために、1 組のみの配線を示す。

20

【 0 0 6 6 】

圧電素子 7 は、P Z T（チタン酸ジルコン酸鉛：Pb(lead) zirconate titanate）に代表される圧電セラミックや、P V D F（ポリフッ化ビニリデン：polyvinyl difluoride）等の高分子圧電素子によって構成される。このような圧電素子に、駆動信号発生回路 7 1 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、圧電素子は圧電効果により伸縮する。これにより、超音波パルス或いは連続波超音波が発生し、媒質中を超音波ビームとして伝搬する。

30

【 0 0 6 7 】

図 1 2 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 3 5 内には、圧電素子 7 及び電極 8 を含む超音波送信素子 1 0 と、コリメータ部 1 4 を介して光伝送部 1 3 に接続されている超音波検出素子 2 0 とが収納されている。

【 0 0 6 8 】

超音波送信素子 1 0 及び超音波検出素子 2 0 とハウジング 3 5 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 3 6 を設けることが望ましい。音響整合層 3 6 は、超音波を伝え易いパイレックス（登録商標）ガラス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 3 5 の表面には、超音波送信素子 1 0 や超音波検出素子 2 0 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 3 7 を設けることが望ましい。なお、ハウジング 3 5 内は、超音波送信素子 1 0 及び超音波検出素子 2 0 が設けられた部分の近傍を除き、樹脂 3 8 で固められている。

40

【 0 0 6 9 】

図 1 3 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 1 3 の (a) に示すように、超音波検出素子 2 0 の周囲に複数の超音波送信素子 1 0 を配置しているが、図 1 3 の (b) 又は (c) に示すように、超音波検出素子 2 0 の受信面が 1 つ又は複数の超音波送信素子 1 0 を囲むように配置することも可能である。図 1 3 の (b) に示

50

すように、超音波検出素子 20 の中心に 1 つの超音波送信素子 10 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ので、無指向性の超音波送信素子を用いることが望ましい。一方、図 13 の (a) 又は (c) に示すように、複数の超音波送信素子 10 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 13 の (a) ~ (c) において、超音波送信素子 10 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 で満たしても良い。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。

【0070】

超音波送信素子 10 と超音波検出素子 20 とを図 13 (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 14 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。

図 14 の (a) ~ (d) は、図 13 の (c) の A - A' 面における断面を示している。まず、図 14 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 14 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 14 の (c) に示すように、基板 21 の開口内に、圧電素子 7 及び電極 8 を含む超音波送信素子 10 を挿入する。これにより、超音波検出素子 20 の受信面が、超音波送信素子 10 を囲むように形成される。なお、この際に、超音波送信素子 10 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。さらに、図 14 の (d) に示すように、超音波送信素子 10 に配線 9 を接続し、超音波検出素子 20 にコリメート部 14 及び光伝送路 13 を接続する。

【0071】

このように、異なる方式を用いた超音波送信部と超音波検出部とを一つの探触子にまとめると、従来の送受同一方式を用いた探触子と同様の操作感で超音波診断を行うことができる。

【0072】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、受信した超音波を光伝送路に伝搬させることにより、超音波の多重反射を抑制することができる。これにより、S/N 比の高い信号を得ることができ、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受信装置の構成を示す図である。

【図 2】図 1 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 3】図 1 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 4】図 1 に示す超音波受信装置の変形例を示す図である。

【図 5】本発明の第 2 の実施形態に係る超音波受信装置の一部を示す図である。

【図 6】本発明の第 3 の実施形態に係る超音波受信装置を示す図である。

【図 7】本発明の第 1 ~ 第 3 の実施形態に係る超音波受信装置の変形例を示す図である。

【図 8】本発明の第 1 ~ 第 3 の実施形態に係る超音波受信装置の別の変形例を示す図である。

【図 9】図 8 に示す ASE 光源の構成を示す図である。

【図 10】本発明に係る超音波受信装置を適用した超音波撮像装置を示すブロック図である。

【図 11】図 10 の超音波撮像装置に含まれる超音波用探触子の構成を示す模式図である。

【図 12】図 11 に示す超音波用探触子の構造を示す正面図である。

【図 13】超音波検出素子と超音波送信素子の配置例を示す図である。

【図 14】超音波検出素子が超音波送信素子を囲むように配置されている超音波用探触子

10

20

30

40

50

の作製方法の例を示す図である。

【図15】ファブリーペロー共振器構造を有する2次元面センサの構成を示す図である。

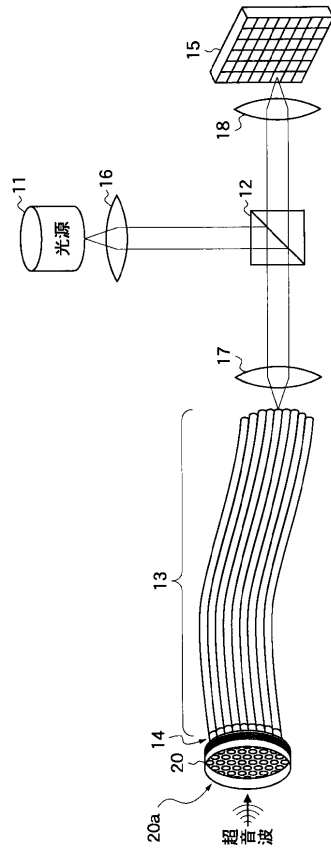
【図16】光検出方式の超音波検出素子における超音波の多重反射を説明するための図である。

【図17】図17の(a)は、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り、図17の(b)は、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。

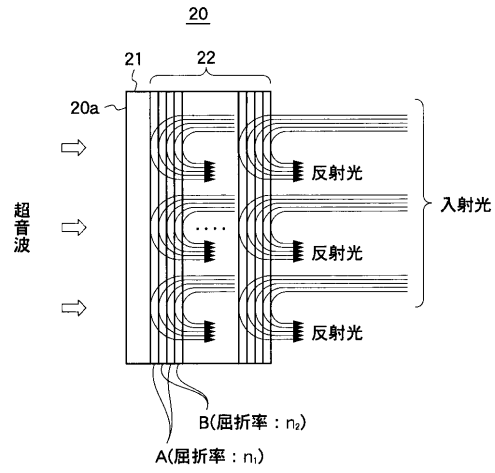
【符号の説明】

1	超音波用探触子(超音波送受信部)		
7	圧電素子	8	電極
9	配線	10	超音波送信素子
11	光源	13	光伝送路
13a、96	光ファイバ	14	コリメート部
14a	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、43	多層膜	23a	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	ファイバ	41	光ファイバ
42	コリメートレンズ	44	被覆材
50	バッキング部	51	光伝送部
52	被覆部	60	超音波検出部
70	超音波送信部	71	駆動信号発生回路
72	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	94、12	分波器
95	狭帯域フィルタ	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

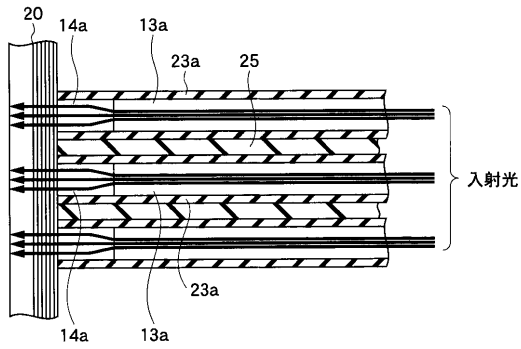
【 図 1 】



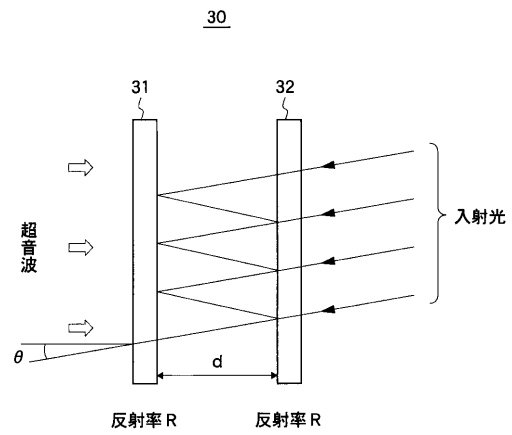
【 図 2 】



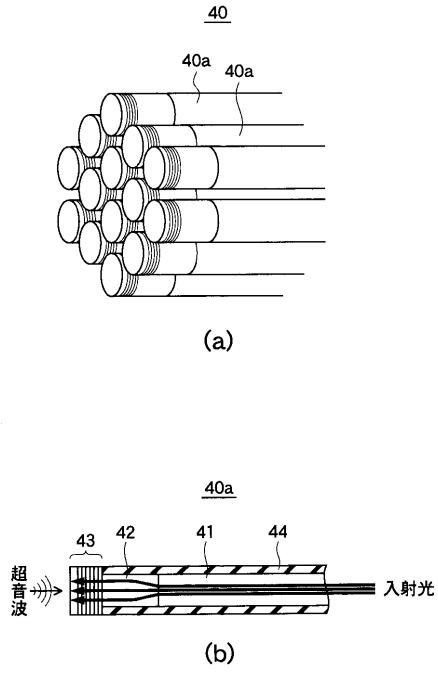
【 図 3 】



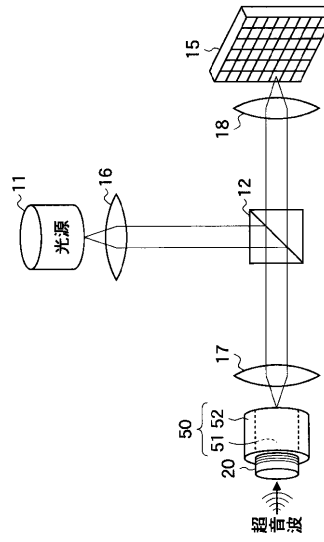
【 図 4 】



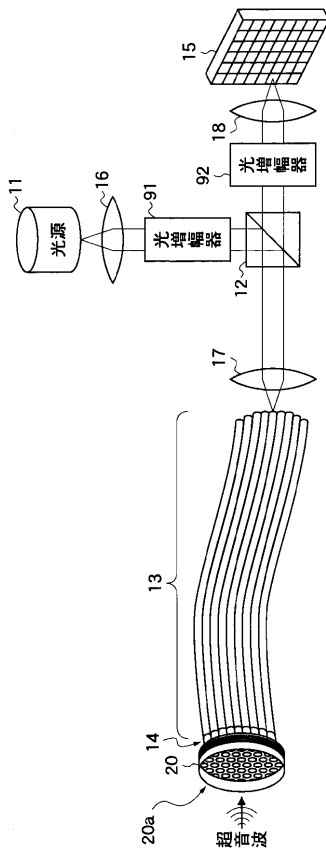
【圖 5】



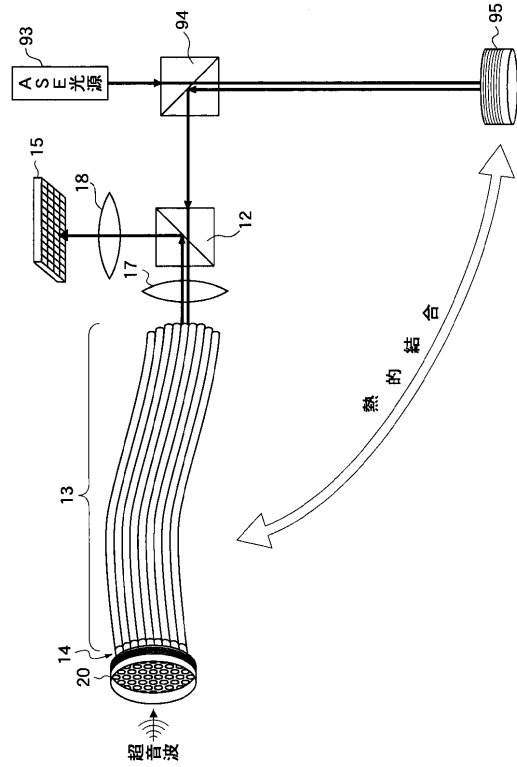
【圖 6】



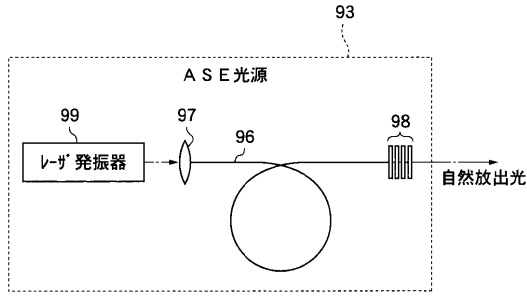
【圖 7】



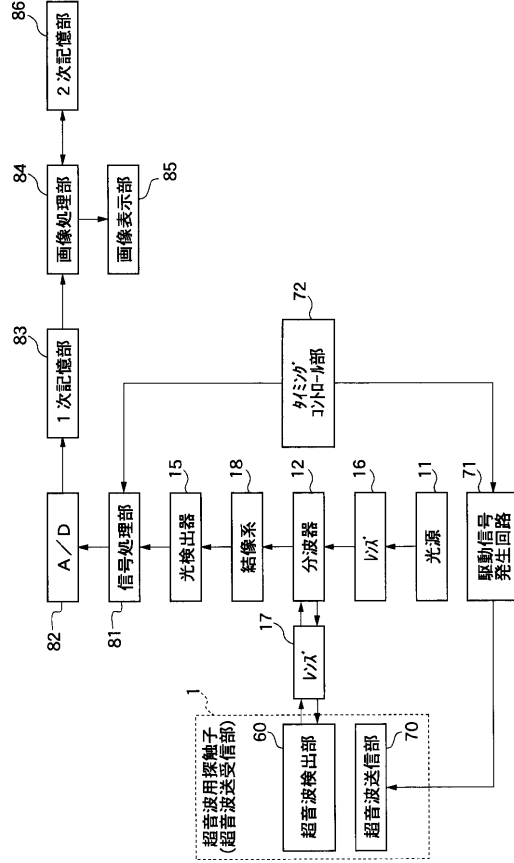
【圖 8】



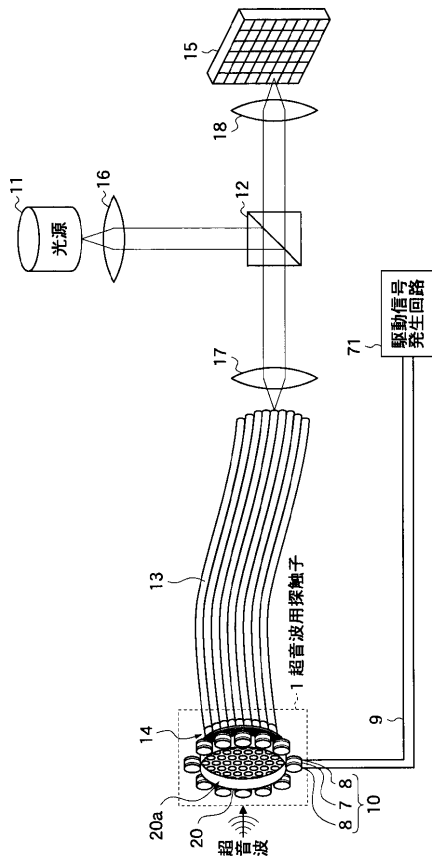
【図9】



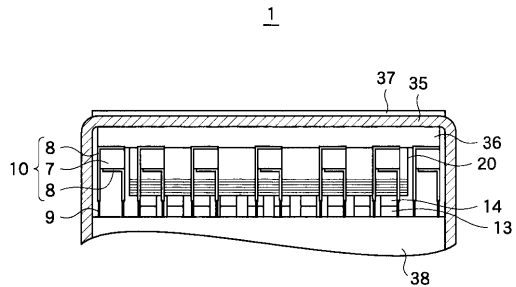
【図10】



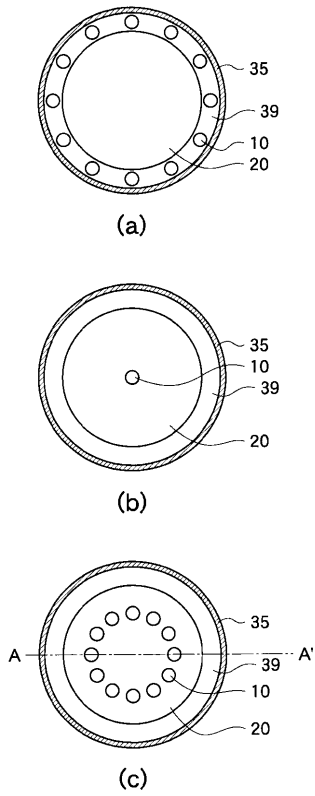
【図11】



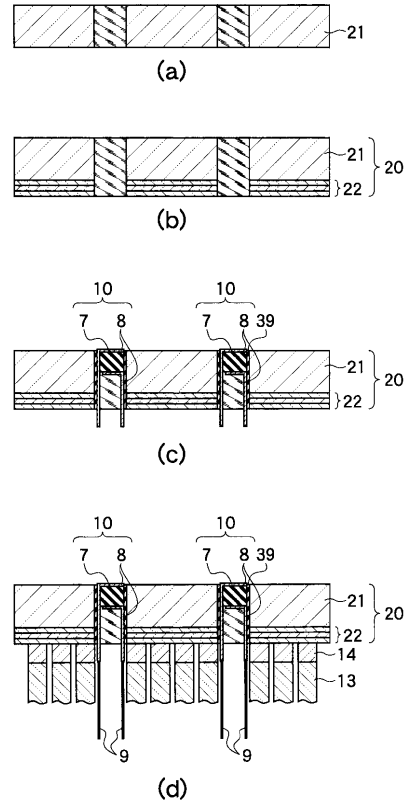
【図12】



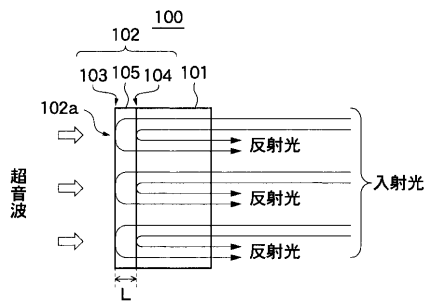
【 図 1 3 】



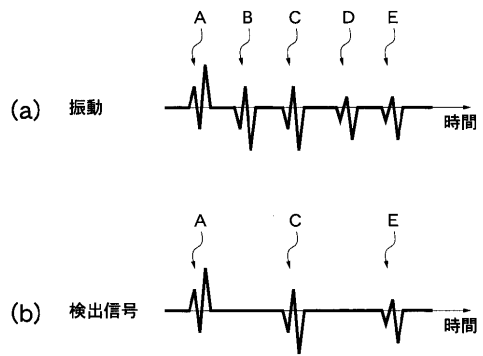
【 図 1 4 】



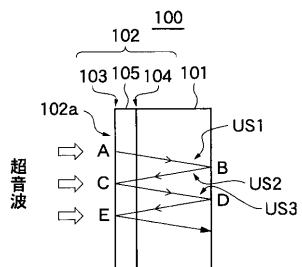
【 図 1 5 】



【 図 1 7 】



【 図 1 6 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-017723(JP,A)
特開2001-305449(JP,A)
特開2001-321374(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/00

专利名称(译)	超声波受信装置		
公开(公告)号	JP4076872B2	公开(公告)日	2008-04-16
申请号	JP2003036037	申请日	2003-02-14
[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		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	小川英二		
发明人	小川 英二		
IPC分类号	A61B8/00 G01N29/24 G01S7/521 H04R23/00		
FI分类号	A61B8/00 G01N29/24 G01S7/52.A G01S7/521.A H04R23/00.330		
F-TERM分类号	2G047/AC13 2G047/BC07 2G047/CA01 2G047/EA04 2G047/GB23 2G047/GF25 2G047/GH06 4C301/AA03 4C301/EE07 4C301/GB08 4C301/GB10 4C301/GB20 4C301/GB03 4C301/LL05 4C601/EE04 4C601/GB01 4C601/GB03 4C601/GB04 4C601/GB05 4C601/GB06 4C601/GB20 4C601/GB30 4C601/GB19 4C601/LL01 4C601/LL05 5D019/AA21 5D019/DD00 5D019/FF04 5D019/FF05 5D019/GG06 5D019/GG11 5J083/AB17 5J083/AB18 5J083/AC16 5J083/AC19 5J083/AC29 5J083/AD01 5J083/AD13 5J083/CA12 5J083/CB02 5J083/CB30		
代理人(译)	宇都宫正明		
审查员(译)	川上 則明		
优先权	2002075510 2002-03-19 JP		
其他公开文献	JP2003339707A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：通过抑制光电探测型超声波接收器中超声波的多次反射来提高超声波图像的质量。ZOLUTION：超声波接收器包括：超声波检测元件20，用于根据接收的超声波调制光线；背衬单元13直接或间接连接到检测元件并具有光传输特性，以传播由检测元件接收的超声波，用于引导用于检测超声波的光；光电转换器15用于检测从检测元件输出的光。Z

