(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12) **公開特許公報**（Ａ）　(11)特許出願公開番号

特開2003－169802

(P2003－169802A)

(43)公開日 平成15年6月17日(2003.6.17)

(51)Int.Cl⁷	識別記号	ＦＩ		テーマコード（参考）
Ａ６１Ｂ 8/00		Ａ６１Ｂ 8/00		２Ｇ０４７
Ｇ０１Ｎ 29/24		Ｇ０１Ｎ 29/24		４Ｃ３０１
Ｈ０４Ｒ 23/00	330	Ｈ０４Ｒ 23/00	330	５Ｄ０１９

審査請求　未請求　請求項の数 18ＯＬ（全 11数）

(21)出願番号　特願2002－209708(P2002－209708)

(22)出願日　平成14年7月18日(2002.7.18)

(31)優先権主張番号　特願2001－296376(P2001－296376)

(32)優先日　平成13年9月27日(2001.9.27)

(33)優先権主張国　日本(JP)

(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）

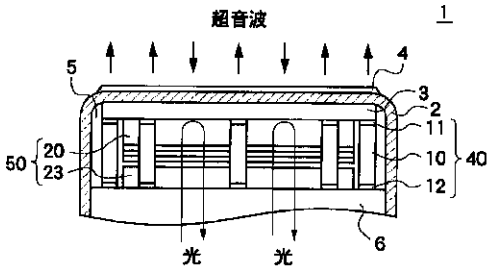
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超音波用探触子及びそれを用いた超音波診断装置

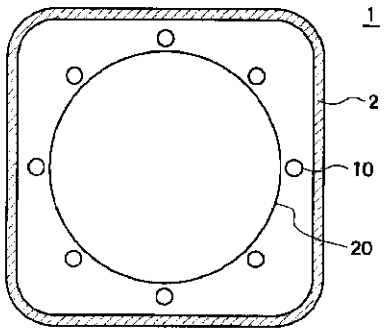
(57)【要約】

【課題】　多数の微細素子への電気的配線の必要がなく、クロストークや電気的インピーダンスの増大を招かずに超音波信号を２次元的に検出することができ、且つ、超音波の送信機能を備えた超音波用探触子等を低コストで提供する。

【解決手段】　この超音波用探触子１は、超音波を受信するための受信面を有し、該受信面の各位置に印加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、超音波を送信する超音波送信素子１０とを具備する。



(a)



(b)

1

【特許請求の範囲】

【請求項１】　超音波を受信するための受信面を有し、該受信面の各位置に印加される超音波に基づいて光を変調する超音波検出素子と、
超音波を送信する超音波送信素子と、を具備する超音波用探触子。

【請求項２】　複数の前記超音波送信素子が、前記超音波検出素子の受信面の周囲に配置されている、請求項１記載の超音波用探触子。

【請求項３】　前記超音波検出素子の受信面が、少なくとも１つの超音波送信素子を囲むように形成されている、請求項１記載の超音波用探触子。

【請求項４】　前記超音波検出素子が、ブラッググレーティング構造を含む、請求項１～３のいずれか１項記載の超音波用探触子。

【請求項５】　前記超音波検出素子が、異なる屈折率を有する２種類の材料を交互に積層することにより形成される多層膜を含む、請求項１～４のいずれか１項記載の超音波用探触子。

【請求項６】　前記異なる屈折率を有する２種類の材料が、互いに１０％以上異なる屈折率を有する、請求項５記載の超音波用探触子。

【請求項７】　前記多層膜を形成する各材料の層が、該多層膜に入射する光の波長の概１／４の膜厚を有する層を含む、請求項５又は６記載の超音波用探触子。

【請求項８】　前記多層膜を形成する各材料の層が、該多層膜に入射する光の波長の概１／２の膜厚を有する層をさらに含む、請求項７記載の超音波用探触子。

【請求項９】　前記超音波検出素子が、所定の間隙を有するように対向する２つの膜を含む、請求項１～３のいずれか１項記載の超音波用探触子。

【請求項１０】　前記超音波検出素子における超音波有感部の長さが、該超音波有感部を伝搬する超音波の波長の３／４以下の長さを有する、請求項１～９のいずれか１項記載の超音波用探触子。

【請求項１１】　前記超音波送信素子が、駆動信号に従って超音波を送信する圧電素子を含む、請求項１～１０のいずれか１項記載の超音波用探触子。

【請求項１２】　超音波を受信するための受信面を有し、該受信面の各位置に印加される超音波に基づいて光を変調する超音波検出素子と、前記超音波検出素子の受信面の周囲に配置され、駆動信号に従って超音波を送信する複数の超音波送信素子とを含む超音波用探触子と、
前記超音波送信素子に印加する駆動信号を発生する駆動信号発生回路と、
複数の画素を有する光検出器であって、前記超音波検出素子の対応する位置から出力される光を検出して検出信号を出力する前記光検出器と、
前記光検出器から出力される検出信号を取り込んで処理する信号処理手段と、

2

*前記駆動信号の発生タイミング及び前記検出信号の取込みタイミングを制御する制御手段と、
前記信号処理手段の出力信号に基づいて画像データを構成する画像処理部と、
前記画像データに基づいて画像を表示する画像表示部と、を具備する超音波診断装置。

【請求項１３】　駆動信号に従って超音波を送信する少なくとも１つの超音波送信素子と、超音波を受信するための受信面であって、前記少なくとも１つの超音波送信素子を囲むように形成されている該受信面を有し、該受信面の各位置に印加される超音波に基づいて光を変調する超音波検出素子とを含む超音波用探触子と、
前記超音波送信素子に印加する駆動信号を発生する駆動信号発生回路と、
複数の画素を有する光検出器であって、前記超音波検出素子の対応する位置から出力される光を検出して検出信号を出力する前記光検出器と、
前記光検出器から出力される検出信号を取り込んで処理する信号処理手段と、
前記駆動信号の発生タイミング及び前記検出信号の取込みタイミングを制御する制御手段と、
前記信号処理手段の出力信号に基づいて画像データを構成する画像処理部と、
前記画像データに基づいて画像を表示する画像表示部と、を具備する超音波診断装置。

【請求項１４】　前記超音波検出素子が、ブラッググレーティング構造を含む、請求項１２又は１３記載の超音波診断装置。

【請求項１５】　前記超音波検出素子が、異なる屈折率を有する２種類の材料を交互に積層することにより形成される多層膜を含む、請求項１２又は１３記載の超音波診断装置。

【請求項１６】　前記超音波検出素子が、所定の間隙を有するように対向する２つの膜を含む、請求項１２又は１３記載の超音波診断装置。

【請求項１７】　前記超音波送信素子が、駆動信号に従って超音波を送信する圧電素子を含む、請求項１２～１６のいずれか１項記載の超音波診断装置。

【請求項１８】　前記光検出器が、ＣＣＤ、ＭＯＳ型センサ、又は、複数のフォトダイオードを含む、請求項１２～１７のいずれか１項記載の超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、超音波を送受信する超音波用探触子に関し、さらに、そのような超音波用探触子を用いて超音波を送受信することにより医療診断を行うための超音波診断装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】従来、超音波診断装置においては、超音波の送信手段及び受信手段には同じ方式を用いており、

超音波の送信及び受信を行う素子（振動子）としては、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を用いた１次元センサアレイが一般的であった。さらに、そのような１次元センサアレイをスキャンさせることにより２次元画像を取得し、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となってしまう。従って、超音波診断装置を用いて超音波エコー観察等を行う場合のように、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次元センサアレイが必要である。このため、上記ＰＺＴやＰＶＤＦを用いて２次元センサアレイを作製する手法が検討された。上記ＰＺＴやＰＶＤＦを用いる場合には、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、微細配線による電気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、ＰＺＴのような圧電材料を用いない超音波センサとして、光ファイバを利用し、超音波信号を光信号に変換して検出する方式（以下、光検出方式という）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　Ｓｅｎｓｏｒｗｉｔｈ　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　ａＦｉｂｅｒ　Ｏｐｔｉｃ　Ｍｉｃｒｏ－Ｐｒｏｂｅ　ｆｏｒ　Ｍｅｇａｈｅｒｔｚ　Ｕｌｔｒａｓｏｎｉｃ　Ｆｉｅｌｄ　Ｍｅａｓｕｒｅｍｅｎｔｓ」Ｔ．ＩＥＥ　Ｊａｐａｎ，　Ｖｏｌ．１１８－Ｅ，Ｎｏ．１１，’９８参照）が報告されている。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらの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気的配線が不要で、且つ、良好な感度が得られるという利点はあるものの、センサ自体が高価であるため、２次元センサアレイやそれを用いた超音波用探触子を作製する際のコストが上昇してしまうという問題があった。また、光検出方式のセンサは、超音波の送信機能を持たないため、送信機能を備えることが必要である。

【０００７】そこで、上記の点に鑑み、本発明は、多数の微細素子への電気的配線の必要がなく、クロストークや電気的インピーダンスの増大を招かずに超音波信号を２次元的に検出することができ、且つ、超音波の送信機能を備えた超音波用探触子を低コストで提供することを目的とする。さらに、本発明は、そのような超音波用探触子を適用して２次元又は３次元の超音波画像を得ることができる超音波診断装置を提供することを目的とする。

【０００８】

【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用探触子は、超音波を受信するための受信面を有し、該受信面の各位置に印加される超音波に基づいて光を変調する超音波検出素子と、超音波を送信する超音波送信素子とを具備する。

【０００９】また、本発明に係る超音波診断装置は、超音波を受信するための受信面を有し、該受信面の各位置に印加される超音波に基づいて光を変調する超音波検出素子と、駆動信号に従って超音波を送信する超音波送信素子とを含む超音波用探触子と、超音波送信素子に印加する駆動信号を発生する駆動信号発生回路と、複数の画素を有する光検出器であって、超音波検出素子の対応する位置から出力される光を検出して検出信号を出力する光検出器と、光検出器から出力される検出信号を取り込んで処理する信号処理手段と、駆動信号の発生タイミング及び検出信号の取込みタイミングを制御する制御手段と、信号処理手段の出力信号に基づいて画像データを構成する画像処理部と、画像データに基づいて画像を表示する画像表示部とを具備する。

【００１０】本発明によれば、受信面の各位置に印加される超音波に基づいて光を変調する超音波検出素子の周囲又は内部に超音波送信素子を配置することにより、クロストークや電気的インピーダンスの増大を招かずに超音波信号を２次元的に検出することができ、且つ、超音波の送信機能を備えた超音波用探触子を、低コストで作製することができる。従って、そのような超音波用探触子を用いて良質な２次元又は３次元の超音波画像を得ることができる超音波診断装置を実現できる。

【００１１】

【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。まず、本発明の第１の実施形態に係る超音波用探触子について説明する。本発明の第１の実施形態に係る超音波用探触子においては、複数の超音波送信素子が、超音波

検出素子の受信面の周囲に配置されている。

【００１２】図１は、本発明の第１の実施形態に係る超音波用探触子の構造を示す図であり、（ａ）はハウジング内の正面図、（ｂ）はハウジング内の平面図である。図１に示すように、超音波用探触子１のハウジング２内に、超音波送信素子１０及び電極１１、１２を含む複数の超音波送信部４０と、超音波検出素子２０及び光ファイバ２３を含む超音波検出部５０とが収納されている。光ファイバ２３は、光源から光を入射し、超音波検出素子２０によって変調された光を光検出器に出射するために用いられる。

【００１３】超音波送信部４０において、超音波送信素子１０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のような圧電性を有する材料（圧電素子）等によって構成される。このような圧電素子にパルス状あるいは連続波の電圧（駆動信号）を印加すると、圧電素子は微少な機械的振動を生じる。この機械的振動により、パルス状あるいは連続波の超音波が発生し、伝播媒質中を超音波ビームとして伝わる。電極１１、１２は、超音波送信素子１０に駆動信号を印加するために用いられる。

【００１４】超音波送信素子１０及び超音波検出素子２０とハウジング２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を設けることが望ましい。音響整合層３は、超音波を伝え易いパイレックスガラス(パイレックスは登録商標)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２の表面には、超音波送信素子１０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４を設けることが望ましい。さらに、隣接する超音波送信素子１０の間は、超音波のクロストークを低減させるために、吸音材５で満たすことが望ましい。吸音材５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。なお、ハウジング２内は、超音波送信素子１０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６で固められている。

【００１５】ここで、図２を参照しながら、超音波検出部５０における超音波検出素子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。本実施形態においては、超音波検出素子２０として多層膜センサを用いている。図２に示す超音波検出素子（多層膜センサ）２０において、基板２１は、超音波が印加されると歪みを生じる膜状の基板であり、例えば、直径２ｃｍ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においては、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。

【００１６】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。

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

ここで、θは入射面から測った入射角であり、θ＝π／２とすると次の式のようになる。

$$2d = m\lambda \quad \cdots (2)$$

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。

【００１７】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及び多層膜２２が歪み、多層膜２２の面の各位置において周期構造のピッチｄが変化するので、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領域があり、この傾斜領域において中心波長を有する検出光を多層膜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。

【００１８】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。即ち、$n_1 < n_2$のとき、$n_1 \times 1.1 \leqq n_2$を満たす物質を選択する。これは、材料層Ａと材料層Ｂとの境界面において、高い反射率を得るためである。また、材料層Ａ及びＢは、伸縮しやすい物質であることが望ましい。これは、超音波が印加された際の歪み量を増大し、結果的にシステムの感度を高めるためである。このような条件を満たす物質としては、例えば、石英ガラス（SiO_2）と酸化チタン（Ti_2O_3）との組み合わせが挙げられる。１５２０ｎｍのレーザ光に対するSiO_2の屈折率は約１．４５、Ti_2O_3の屈折率は約２．０であり、これは、屈折率が１０％以上異なるという上記の条件を十分に満たしている。これ以外には、石英ガラス（SiO_2）と酸化タンタル（Ta_2O_5）との組み合わせ等を用いることができる。

【００１９】材料層Ａ及びＢの層厚（膜厚）は、多層膜２２に入射する光の波長λの概ね１／４程度であることが望ましい。ここで、膜厚とは、材料層の屈折率（ｎ）と材料層の厚さ（ｔ）との積で表される光学距離である。即ち、$nt = \lambda / 4$が条件となる。これにより、多層膜２２の周期構造のピッチが入射光の波長の概ね１／２程度となり、ブラッグの反射条件の式（２）を満たす波長の光を選択的に反射し、その他の波長の光を透過さ

せるようになる。また、層厚が概ねλ／４である材料層Ａ及びＢを含む多層膜の所々に、層厚が概ねλ／２である材料層Ａ又はＢを含むようにしても良い。

【００２０】このような材料層Ａ及びＢが、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多層（例えば、各１００層）形成されている。ここで、基板にSiO_2、材料層にSiO_2及びTi_2O_3を用いて、それぞれ１００層ずつ、計２００層として作製した多層膜センサを用い、レーザ光を入射するシミュレーションを行ったところ、次のような結果が得られた。即ち、入射光の波長の変化に対する反射率の傾斜は、反射率２５％において、２．８ｄＢ／０．０１nmであった。このように、多層膜２２の層数を増やすことにより、反射率が高くなると共に、波長の変化に対して反射率は急峻な変化を示すようになり、超音波検出素子２０の感度を上げることができる。

【００２１】ところで、図２に示す多層膜センサ２０においては、超音波有感部である多層膜２２の厚さ、即ち、ブラッググレーティング部の長さを、ブラッググレーティング部における超音波波長λ_sの長さよりも短くすることが望ましく、さらには、多層膜２２の厚さを、ブラッググレーティング部における超音波波長λ_sの長さの概略３／４以下にすることが望ましい。ここで、ブラッググレーティング部における超音波波長λ_sは、下記の（３）式によって表される。

（超音波波長λ_s）＝（ブラッググレーティング部における音速）／（超音波の周波数）　・・・（

3

【００２２】このようにブラッググレーティング部の長さを限定する理由は、次の通りである。即ち、ブラッググレーティング部の長さがブラッググレーティング部における超音波波長λ_sの概略３／４より大きい場合には、検出された波形が実際に受信した超音波の波形と比較して低周波側に歪むと共に、センサの感度が低くなってしまうからである。これは、超音波がブラッググレーティング部を伝搬する過程で、ブラッググレーティング部内に伸び縮みの位相が反転する部分が生じてしまい、センサ部全体としてみた場合に、伸び縮みの位相が相殺されてしまうからと考えられる。

【００２３】このような現象を避けるためには、ブラッググレーティング部の長さをブラッググレーティング部における超音波波長よりも短くすることが必要であり、望ましくは超音波波長の概略３／４以下、さらに望ましくは半分程度とすれば良い。例えば、図３の（ａ）及び（ｂ）は、センサ長３／４λ_s及びセンサ長３／２λ_sを有する２種類のブラッググレーティングに、周波数帯域３．５MHｚの超音波を印加したときに、それぞれのセンサから出力された検出信号の波形を示している。図３の（ａ）に示すように、センサ長が３／４λ_sの場合には、印加される超音波に応じて検出信号の振幅が観測された。これに対して、図３の（ｂ）に示すように、センサ長が３／２λ_sの場合には、検出信号の振幅の変化はほとんど観測されなかった。このように、ブラッググレーティング構造を有する超音波有感部においては、センサ長が長くなると、センサの感度が著しく悪化してしまう。

【００２４】また、異なるセンサ長を有するブラッググレーティングに対してそれぞれ超音波を印加すると、図４に示すような検出信号の波形が得られる。図４は、センサ長１／２λ_s、３／４λ_s、λ_s、３／２λ_sを有する４種類のセンサに対して、サイン波の２波長に相当する２周期に渡って超音波を印加すると仮定して行ったシミュレーションの結果を示している。図４において、センサ長が（１／∞）λ_s、即ち無限小であるときの波形は、超音波の２周期分の波形を示す理想的な波形である。これに対して、他のセンサ長を用いたときの波形は、センサ長が長くなるに従い、検出信号の振幅は小さくなり、検出信号の位相は遅れてくる。また、センサ長がλであるときには、１／２波長を検出した後に振幅が０になっている部分が続いている。これは、超音波がセンサ内を伝搬する途中に、センサ内に存在する振幅の平均値が０になる状態が続いているためと思われる。さらに、センサ長が３／２λ_sであるときには、振幅がより小さくなり、波形が超音波の受信波形の相似形にもなっていない。このように、センサ長が長くなると、センサの性能が悪くなる。このため、位相及び振幅を含む超音波の波形をセンサから出力される検出信号によって忠実に再現するためには、センサ長を無限に短くする必要がある。しかしながら、図４に示すように、センサ長が３／４λ_sであるときの波形程度の検出信号を得ることができれば、予め位相歪みを得て、この位相歪みを用いて超音波の受信波形を再現することは可能である。また、一般的な超音波受信装置において、検出信号は位相整合処理やローパスフィルタ処理等を経て画像化されるので、検出信号を画像化する際には、検出信号の波形としては必ずしも超音波の受信波形を忠実に再現する必要はない。例えば、図４に示すセンサ長が３／４λ_sであるときの波形程度の歪みであれば、超音波の受信波形を完全に再現しなくても実用上問題にはならない。従って、センサ長が３／４λ_s以下であれば、画像化するために必要な検出信号を得ることができると考えられる。

【００２５】例えば、検出対象である超音波の周波数が３．５MHｚ、ブラッググレーティング部の材質中の音速が５５００m／ｓであるとき、ブラッググレーティング部を伝搬する超音波の波長λ_sは、次のように算出される。

λ_s＝５５００／（３．５×１０^6）
＝１５７１．４（μm）
従って、ブラッググレーティング部の長さの上限は、次のように算出される。
１５７１×（３／４）＝１１７８．５（μm）
これより、ブラッググレーティング部の長さを１１７８．５μm以下（例えば、１mm程度）とすれば、ブラッググレーティング部内の伸び縮み位相の反転による影響を抑制することができる。従って、特に多層膜２２の垂直方向からの超音波に対して高い感度を得ることができる。

【００２６】本実施形態に係る超音波用探触子においては、図２に示す超音波検出素子（多層膜センサ）２０の替わりに、図５に示す超音波検出素子（エタロンセンサ）２４を用いることもできる。図５に示す超音波検出素子（エタロンセンサ）２４において、基板２５は、超音波によって変形する膜状の基板であり、例えば、直径２ｃm程度の円か、それ以上の面積を有している。基板２５と対向して、基板２６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。

【００２７】基板２５及び２６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Ｔは次のように表される。ただし、ｎは任意の整数である。

$$T=[1+4R/(1-R)^2\cdot\sin^2(\phi/2)]^{-1} \quad \cdots (4)$$

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

$$\phi=4\pi nd/\lambda \quad \cdots (6)$$

エタロンは、波長λの光を透過率Ｔで透過し、反射率（１－Ｔ）で反射する。

【００２８】超音波検出素子２４に超音波を伝搬させると、基板２５が歪み、受信面の各位置において基板２５及び２６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検出光を基板２６に入射させながら超音波を加えると、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。

【００２９】次に、本発明の第２の実施形態に係る超音波用探触子について説明する。本発明の第２の実施形態に係る超音波用探触子においては、超音波送信素子の受信面が、少なくとも１つの超音波送信素子を囲むように形成されている。

【００３０】図６は、本発明の第２の実施形態に係る超音波用探触子の構造を示す図であり、図６の（ａ）は１つの超音波送信素子を有する超音波用探触子のハウジング内の平面図、図６の（ｂ）は複数の超音波送信素子を有する超音波用探触子のハウジング内の平面図である。図６の（ａ）及び（ｂ）に示すように、超音波用探触子１のハウジング２内に、少なくとも１つの超音波送信素子１０と、超音波検出素子２０とが収納されている。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、超音波検出素子２０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。

【００３１】本実施形態においては、図２に示すような超音波検出素子（多層膜センサ）２０を用いているが、図５に示すような超音波検出素子（エタロンセンサ）２４を用いることも可能である。

【００３２】図７は、本実施形態に係る超音波用探触子の第１の製造方法を説明するための図であり、図６の（ｂ）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、石英ガラス（SiO_2）やＢＫ７（ショット社の製品）等の光学ガラス等を材料とする基板２１上に、電極１２、超音波送信素子１０、電極１１を形成する。その際、電極１１及び１２は、基板２１の反対側まで突き抜けるようにする。

【００３３】次に、図７の（ｂ）に示すように、電極１２、超音波送信素子１０、電極１１が形成された基板２１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。２種類の材料としては、例えば、石英ガラス（SiO_2）と酸化チタン（Ti_2O_3）との組み合わせや、石英ガラス（SiO_2）と酸化タンタル（Ta_2O_5）との組み合わせ等を用いることができる。２種類の材料層の形成は、真空蒸着やスパッタリング等の方法によって行う。

【００３４】次に、図７の（ｃ）に示すように、電極１１上に形成された多層膜２２を選択性エッチング等により除去する。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、ここでは基板２１の超音波受信面と同じ側に多層膜２２を形成したが、基板２１の超音波受信面と反対側に多層膜２２を形成しても良い。

【００３５】図８は、本実施形態に係る超音波用探触子の第２の製造方法を説明するための図であり、図６の（ｂ）のＡ－Ａ’面における断面を示している。まず、図８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。

【００３６】次に、図８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８

の（ｃ）に示すように、基板２１の開口内に、電極１１、超音波送信素子１０、電極１２を含む超音波送信部を挿入する。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。

【００３７】次に、本発明の一実施形態に係る超音波診断装置について説明する。図９は、本実施形態に係る超音波診断装置を示すブロック図である。この超音波診断装置は、以上述べたような本発明に係る超音波用探触子を用いたものである。図９に示すように、超音波用探触子１は、超音波送信素子を含む超音波送信部４０と、超音波検出素子を含む超音波検出部５０とを有している。

【００３８】本実施形態に係る超音波診断装置は、駆動信号発生回路３０と、光源３１と、ビームエキスパンダー３２と、分波器３３と、結像系３４と、光検出器３５とを含んでいる。この中で、ビームエキスパンダー３２と結像系３４は、任意の構成要素である。超音波送信部４０は、駆動信号発生回路３０によって発生される駆動信号に基づいて超音波を送信する。超音波送信部４０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５０によって受信される。超音波検出部５０には、光源３１によって発生された光が、ビームエキスパンダー３２及び分波器３３を介して入射しており、この入射光は、超音波検出部５０に印加される超音波に基づいて変調されて反射される。反射された光は、分波器３３及び結像系３４を介して光検出器３５に入射し、光検出器３５によって２次元的に検出される。

【００３９】また、この超音波診断装置は、信号処理部６１及びＡ／Ｄ変換器６２を含む信号処理手段６０と、タイミングコントロール部７０と、１次記憶部８０と、画像処理部９０と、画像表示部１００と、２次記憶部１１０とを含んでいる。光検出器１６から出力される検出信号は、信号処理部６１において信号処理が施され、さらに、Ａ／Ｄ変換器６２においてディジタル信号に変換される。

【００４０】タイミングコントロール部７０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３０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１６から出力される検出信号を取り込むように、信号処理手段６０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、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。

【００４１】１次記憶部８０は、信号処理手段６０において取得された複数枚の面データを記憶する。画像処理部９０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１００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１１０は、画像処理部９０において処理されたデータを記憶する。

【００４２】次に、本実施形態に係る超音波診断装置の動作について、図１０を参照しながら説明する。図１０において、駆動信号発生回路３０は、パルス状又は連続波状の駆動信号を発生する。この駆動信号は、電極１１、１２を介して超音波送信素子１０に印加され、超音波送信素子１０は、駆動信号に基づいて超音波を送信する。超音波送信素子１０から送信された超音波は、被検体によって反射され、超音波検出素子２０によって受信される。

【００４３】光源３１は、例えば、５００～１６００ｎｍの単波長を有するシングルモードレーザ光を発生する。また、分波器３３は、ハーフミラー又は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。本実施形態においては、分波器３３としてハーフミラーを用いている。ハーフミラーは、入射光を透過して、入射方向と反対の方向から戻ってくる反射光を、入射方向とほぼ９０°の角度をなす方向に反射する。ここで、入射光が分波器３３を通過する前に、ビームエキスパンダー３２によって入射光を拡大しても良い。

【００４４】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とを含んでおり、伝搬する超音波を受信して各位置における超音波の強さに応じて歪みを生じる超音波受信面を有する。超音波検出素子２０は、光源３１から分波器３３を介して多層膜２２に入射した光を、基板２１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によって反射された光は、さらに分波器３３によって反射され、複数の画素を有する光検出器３５に入射する。

【００４５】光検出器３５は、ＣＣＤ、ＭＯＳ型センサ、又は、複数のＰＤ（フォトダイオード）で構成される２次元アレイ検出器である。光検出器３５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３５に入射するようにしても良いし、分波器３３の後段にレンズ等の結像系３４を設けて、これを介して光検出器１６に結像するようにしても良い。

【００４６】

【発明の効果】本発明によれば、光検出器の複数の画素に対応した超音波受信面を有する超音波検出素子を用いることにより、多数の微細素子への電気的配線の必要がなく、クロストークや電気的インピーダンスの増大を招かずに、超音波を２次元的に検出することができる。さらに、このような超音波検出素子の周囲又は内部に超音波送信素子を配置することにより、超音波の送受信機能

を備えた超音波用探触子を、低コストで作製することができる。従って、このような超音波用探触子を適用した超音波診断装置を用いることにより、良質な２次元又は３次元の超音波画像を得ることが可能である。

【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用探触子の構造を示す図であり、（ａ）はハウジング内の正面図、（ｂ）はハウジング内の平面図である。

【図２】本発明の第１の実施形態において用いる超音波検出素子を拡大して示す図である。

【図３】異なるセンサ長を有するセンサに超音波を印加し、センサから出力される検出信号を観測する実験結果を示す図である。

【図４】異なるセンサ長を有するセンサに超音波を印加し、センサから出力される検出信号を観測するシミュレーション結果を示す図である。

【図５】本発明の第１の実施形態において用いることのできる別の超音波検出素子を示す図である。

【図６】本発明の第２の実施形態に係る超音波用探触子の構造を示す図であり、（ａ）は１つの超音波送信素子を有する超音波用探触子のハウジング内の平面図、（ｂ）は複数の超音波送信素子を有する超音波用探触子のハウジング内の平面図である。

【図７】本発明の第２の実施形態に係る超音波用探触子の第１の製造方法を説明するための断面図である。

【図８】本発明の第２の実施形態に係る超音波用探触子の第２の製造方法を説明するための断面図である。

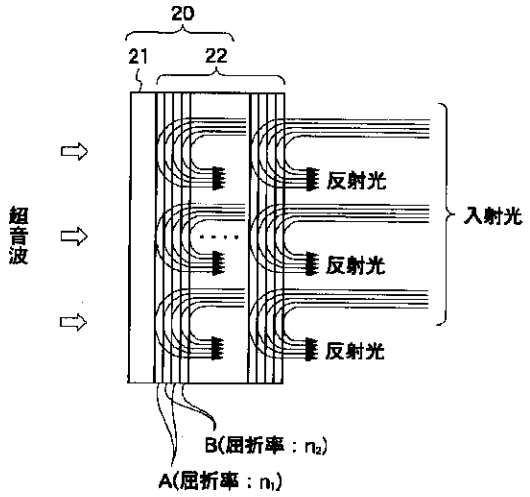
【図９】本発明の一実施形態に係る超音波診断装置の構成を示すブロック図である。

【図１０】本発明の一実施形態に係る超音波診断装置の*動作を説明するための図である。

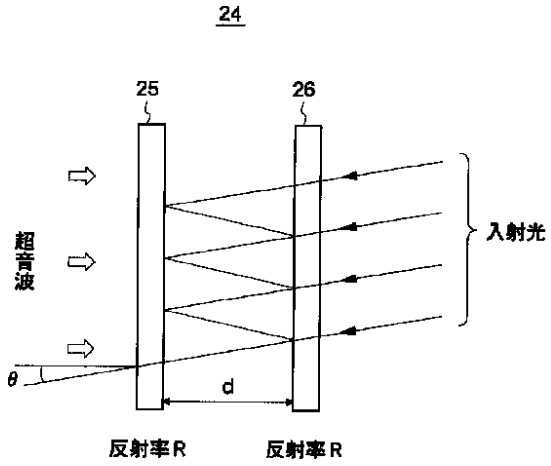
【符号の説明】

１　超音波用探触子
２　ハウジング
３　音響整合層
４　音響レンズ材
５　吸音材
６　樹脂
１０　超音波送信素子
１１、１２　電極
２０、２４　超音波検出素子
２１、２５、２６　基板
２２　多層膜
２３　光ファイバ
３０　駆動信号発生回路
３１　光源
３２　ビームエキスパンダー
３３　分波器
３４　結像系
３５　光検出器
４０　超音波送信部
５０　超音波検出部
６０　信号処理手段
６１　信号処理部
６２　Ａ／Ｄ変換器
７０　タイミングコントロール部
８０　１次記憶部
９０　画像処理部
１００　画像表示部
１１０　２次記憶部

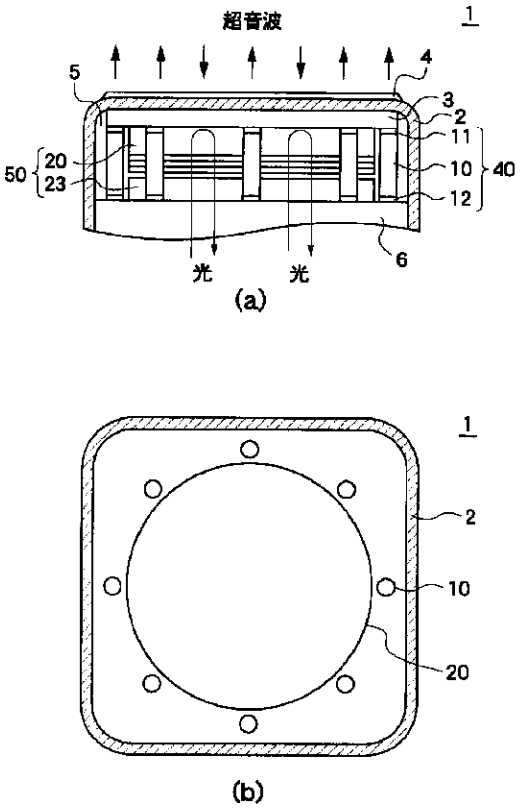
【図２】



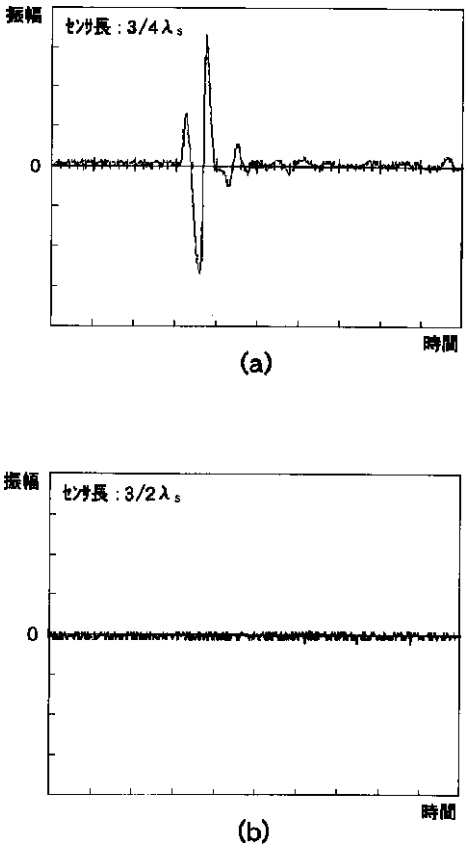
【図５】



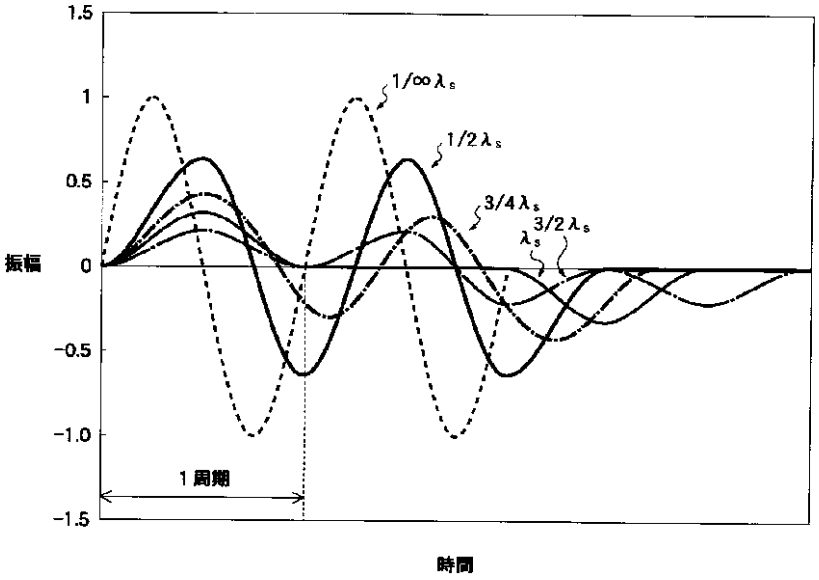
【図１】


超音波
1
5
4
3
2
11
10
12
40
50
20
23
光
光
6
(a)
1
2
10
20
(b)

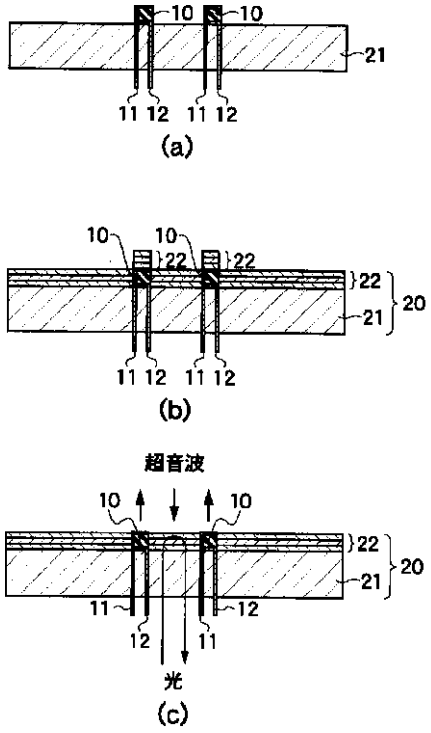
【図３】


振幅
センサ長：3/4λs
0
時間
(a)
振幅
センサ長：3/2λs
0
時間
(b)

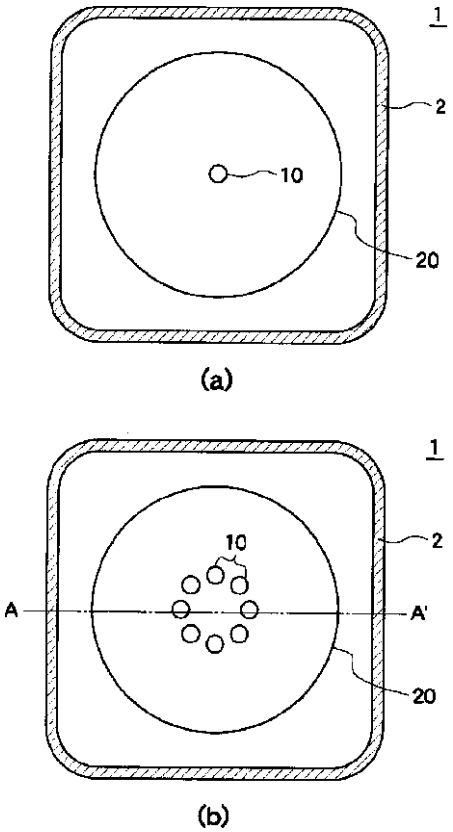
【図４】


1.5
1
0.5
0
-0.5
-1.0
-1.5
振幅
1/∞λs
1/2λs
3/4λs
λs
3/2λs
1周期
時間

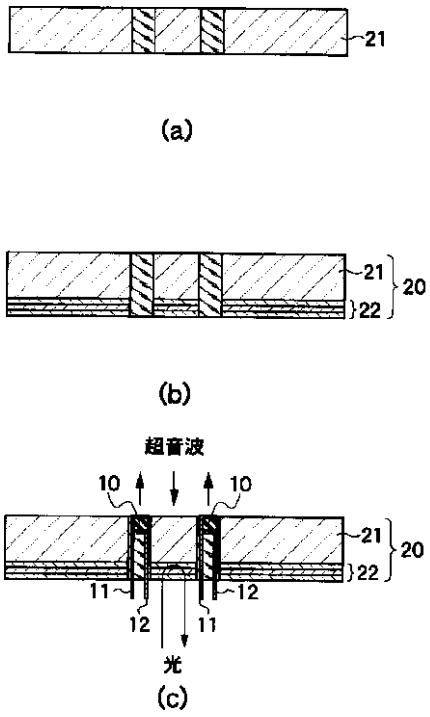
【図７】


10
10
21
11 12 11 12
(a)
10
10
22
22
22
20
21
11 12 11 12
(b)
超音波
10
10
22
20
21
11
12
12
11
光
(c)

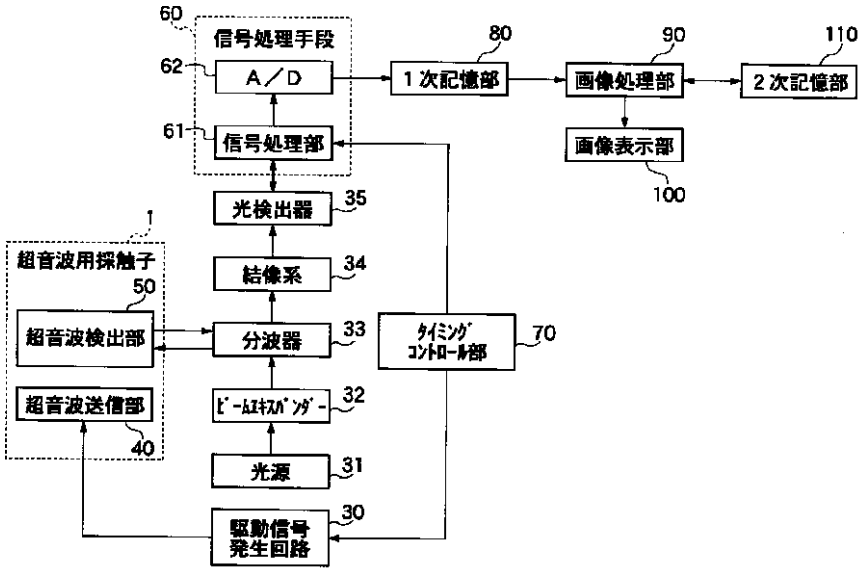
【図６】


1
2
10
20
(a)
1
2
10
A
A'
20
(b)

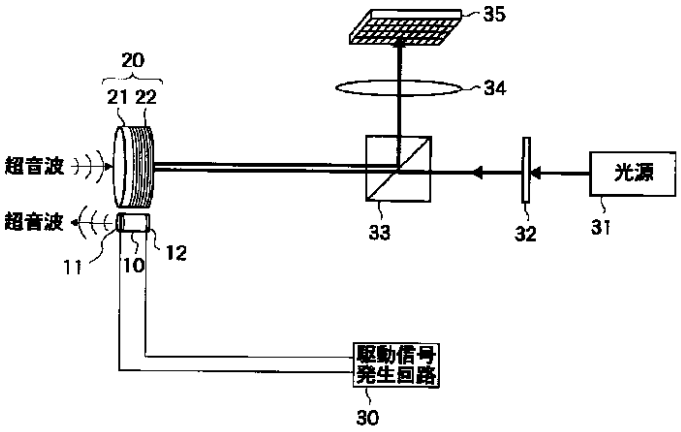
【図８】


21
(a)
21
20
22
(b)
超音波
10
10
21
20
22
11
12
12
11
光
(c)

【図９】


60
信号処理手段
62
A／D
61
信号処理部
80
1次記憶部
90
画像処理部
110
2次記憶部
画像表示部
100
光検出器
35
1
超音波用探触子
50
結像系
34
超音波検出部
分波器
33
タイミング
コントロール部
70
超音波送信部
ビームエキスパンダー
32
40
光源
31
駆動信号
発生回路
30

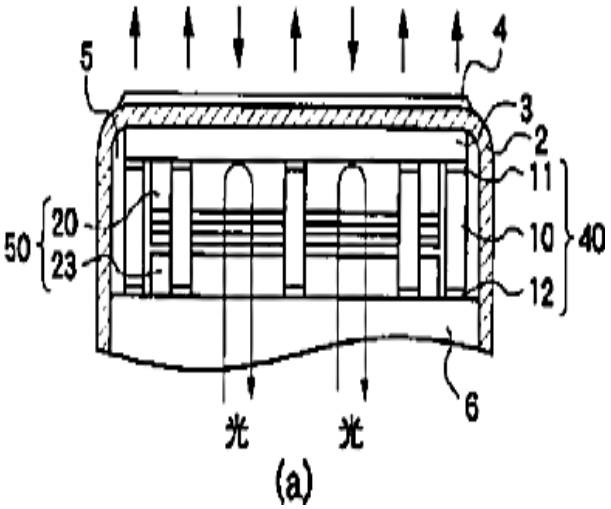
【図１０】



フロントページの続き

Ｆターム(参考)　2G047 AC13 BC13 CA01 CA04 DB02
DB12 EA14 EA16 GA02 GB02
GB17 GB29 GB35 GB36 GB38
4C301 AA03 EE04 EE17 EE20 GB10
GB14 GB22 GB27 GB33 GB36
GB37 GB38 GB40 JB03 JC01
JC20 KK03 KK16 LL03
5D019 DD00 EE05 FF04 GG01

专利名称(译)	超声波探头和使用其的超声波诊断装置		
公开(公告)号	JP2003169802A	公开(公告)日	2003-06-17
申请号	JP2002209708	申请日	2002-07-18
[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	G01N29/24 A61B8/00 H04R23/00		
FI分类号	A61B8/00 G01N29/24 H04R23/00.330		
F-TERM分类号	2G047/AC13 2G047/BC13 2G047/CA01 2G047/CA04 2G047/DB02 2G047/DB12 2G047/EA14 2G047/EA16 2G047/GA02 2G047/GB02 2G047/GB17 2G047/GB29 2G047/GB35 2G047/GB36 2G047/GB38 4C301/AA03 4C301/EE04 4C301/EE17 4C301/EE20 4C301/GB10 4C301/GB14 4C301/GB22 4C301/GB27 4C301/GB33 4C301/GB36 4C301/GB37 4C301/GB38 4C301/GB40 4C301/JB03 4C301/JC01 4C301/JC20 4C301/KK03 4C301/KK16 4C301/LL03 5D019/DD00 5D019/EE05 5D019/FF04 5D019/GG01 4C601/EE02 4C601/EE14 4C601/EE30 4C601/GB01 4C601/GB02 4C601/GB03 4C601/GB06 4C601/GB14 4C601/GB24 4C601/GB25 4C601/GB26 4C601/GB32 4C601/GB33 4C601/GB41 4C601/GB42 4C601/GB44 4C601/GB45 4C601/GB46 4C601/GB50 4C601/JB19 4C601/JC01 4C601/JC25 4C601/KK03 4C601/KK21 4C601/LL01 4C601/LL02 4C601/LL04 4C601/LL31 4C601/LL32		
优先权	2001296376 2001-09-27 JP		
其他公开文献	JP4116353B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：消除了对大量微小元件的布线的需要，在不引起串扰和电阻抗增加的情况下，二维地检测超声波信号，并发送超声波。 配备有超声波探头等的成本低。 解决方案：该超声波探头1具有一个用于接收超声波的接收表面，以及一个超声波检测元件，该元件根据施加到接收表面每个位置的超声波来调制光。 它具有20和用于传输超声波的超声波传输元件10。