

(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2002 - 17723

( P2002 - 17723A )

(43)公開日 平成14年1月22日 (2002.1.22)

(51) Int. Cl <sup>7</sup>	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		5 D 0 1 9
H 0 4 R 17/00	332	H 0 4 R 17/00	332 A

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 12数)

(21)出願番号 特願2001 - 134868(P2001 - 134868)

(22)出願日 平成13年5月2日(2001.5.2)

(31)優先権主張番号 特願2000 - 133084(P2000 - 133084)

(32)優先日 平成12年5月2日(2000.5.2)

(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)

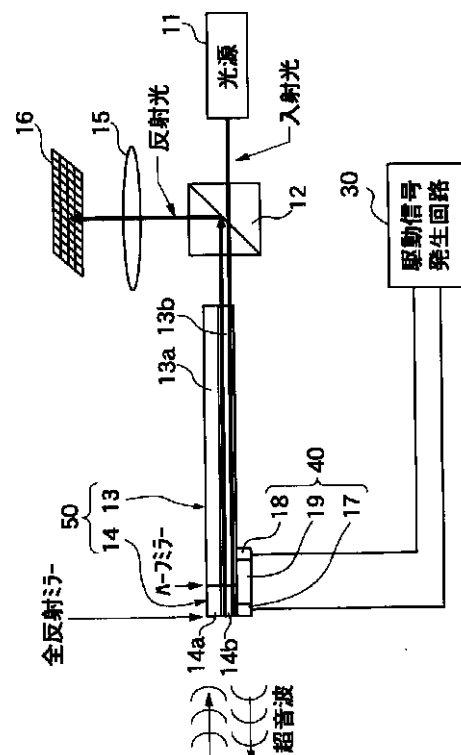
最終頁に続く

(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次元探触子の提供を目的とする。

【解決手段】 光源11から発生した光が入射される複数の光ファイバーを含む光ファイバーアレイ13と、各々の光ファイバーの一端にそれぞれ形成され、光ファイバーを通して入射される光を印加される超音波に基づいて変調する複数の超音波検出素子14と、圧電素子による超音波送信素子19とを具備する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 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であって、前記送信手段とは異なる方式を用いた受信手段と、を具備する超音波用探触子。

【請求項2】 前記送信手段が、印加される電圧にตอบสนองして超音波を発生する圧電方式に基づくものである、請求項1記載の超音波用探触子。

【請求項3】 前記受信手段が、超音波信号を光信号に変換する機能を有する素子を含む、請求項1又は2記載の超音波用探触子。

【請求項4】 前記受信手段が、超音波を検出するための超音波有感部を設けた光ファイバーアレイを含む、請求項3記載の超音波用探触子。

【請求項5】 前記受信手段が、超音波を検出するための超音波有感部を設けた複数の光導波路を含む、請求項3記載の超音波用探触子。

【請求項6】 前記受信手段が、ファブリーペロー共振器構造を有するセンサを含む、請求項3～5のいずれか1項記載の超音波用探触子。

【請求項7】 前記受信手段が、ブラッググレーティング構造を有するセンサを含む、請求項3～5のいずれか1項記載の超音波用探触子。

【請求項8】 前記ブラッググレーティング構造を有するセンサ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7記載の超音波用探触子。

【請求項9】 前記受信手段が、超音波を受けて発光周波数を変化させ、発光光を光路差長を有する光ヘテロダイン干渉光学系に入射させるレーザ共振器を含む、請求項3～5のいずれか1項記載の超音波用探触子。

【請求項10】 前記受信手段が、光反射面近傍のエバネセント場に存在する物体が超音波を受けて振動することにより、前記光反射面における反射光又は透過光の光量が変化することを利用して超音波を検出するセンサを含む、請求項3～5のいずれか1項記載の超音波用探触子。

【請求項11】 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であって前記送信手段とは異なる方式を用いた受信手段とを含む、請求項1～10のいずれか1項記載の超音波用探触子と、超音波を送信するために前記送信手段に印加する駆動信号を発生する駆動信号発生回路と、前記受信手段から入力する受信信号を検出して検出信号を発生する検出器と、前記検出器から出力される検出信号を処理する信号処理手段と、前記駆動信号の送信タイミング及び前記検出信号の入力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。

## 【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探触子に関し、さらに、そのような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（高分子圧電素子）等の圧電素子を用いた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になってしまう。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に、生体を対象とする被写体には適していない。

【0004】このように、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ていた。上記PZTやPVDfを用いる場合、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った。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った。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】このため、圧電材料を用いない超音波センサとして、光ファイバを用いた2次元センサアレイを使用することが望まれる。しかしながら、光ファイバを用いたセンサは、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。

【0006】そこで、上記の点に鑑み、本発明は、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、超音波の送信機能を備えた超音波用2次元探触子の提供を目的とする。さらに、本発明は、そのような超音波用2次元探触子を備えた超音波診断装置を提供することを目的と

する。

【0007】

【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であって、送信手段とは異なる方式を用いた受信手段とを具備する。

【0008】また、本発明に係る超音波診断装置は、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であって送信手段とは異なる方式を用いた受信手段とを含む超音波用探触子と、超音波を送信するために送信手段に印加する駆動信号を発生する駆動信号発生回路と、受信手段から入力する受信信号を検出して検出信号を発生する検出器と、検出器から出力される検出信号を処理する信号処理手段と、駆動信号の送信タイミング及び検出信号の入力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。

【0009】本発明によれば、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 次元探触子を実現できる。さらに、本発明によれば、そのような超音波用 2 次元探触子を備えた超音波診断装置を実現できる。

【0010】

【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用探触子を用いた超音波診断装置を示すブロック図である。図 1 に示すように、この超音波診断装置は、超音波送信部 40 及び超音波検出部（センサ）50 から構成される超音波用探触子 120 を含んでいる。超音波送信部 40 は、駆動信号発生回路 30 から発生す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 は、PZT や PVD F 等の圧電素子を用いた振動子により構成される。診断対象に向けて送信された超音波は、診断対象から反射されて超音波検出部（センサ）50 に受信される。センサ 50 は、光ファイバアレイ及び超音波検出素子等を含む。

【0011】また、この超音波診断装置は、光源 11 と、分波器 12 と、結像系 15 と、光検出器 16 とを含んでいる。光検出器 16 から出力される検出信号は、信号処理手段 60 に含まれる信号処理部 61 に入力され、さらに、A/D 変換器 62 においてデジタル信号に変換される。

【0012】A/D 変換器 62 には 1 次記憶部 80 が接続されており、取得された複数枚の面データが 1 次記憶部 80 に記憶される。それらのデータに基づいて、画像

処理部 90 が、2 次元データ又は 3 次元データを再構成する。再構成されたデータは、補間、レスポンス変調処理、階調処理等の処理を受け、画像表示部 100 に表示される。さらに、画像処理部 90 において処理されたデータは、2 次記憶部 110 に記憶される。

【0013】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、信号処理部 61 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。

【0014】次に、図 1 に示す超音波用探触子の構造と動作について、図 2 を参照しながら説明する。図 2 に示すように、この超音波用探触子は、超音波送信素子（PZT 等）19 及び電極 17、18 を含む超音波送信部 40 と、超音波検出素子 14 及び光ファイバアレイ 13 を含む超音波検出部 50 とを有している。光ファイバアレイ 13 は、微細な光ファイバ 13a、13b、・・・の断面を 2 次元マトリックス状に配列させたものである。

【0015】超音波送信素子 19 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、PVD F（高分子圧電素子）等の圧電性を有する材料（圧電素子）が用いられる。超音波送信素子 19 の両端に配置された電極 17、18 に電圧が印加されると、圧電素子に微小な機械的振動が生じ、圧電素子に隣接する伝播媒質に微小振動が伝わる。従って、駆動信号発生回路 30 により電極 17、18 にパルス状の電気信号或いは連続波電気信号を送ると、圧電素子に電圧が印加され、超音波パルス或いは連続波超音波が発生し、伝播媒質中を超音波ビームとして伝わる。

【0016】また、超音波検出素子 14 は、各々の光ファイバの先端に超音波有感部としてそれぞれ形成されたファブリーペロー共振器（FPR と略称）14a、14b、・・・により構成される。光源 11 から発生した光は、分波器 12 を通過し、光ファイバアレイ 13 に入射する。それぞれの光ファイバに入射した光は、FPR の両端に形成されたハーフミラー（図中右側）及び全反射ミラー（図中左側）により反射される。この全反射面は、圧電素子 19 より発信し、被写体に反射し、超音波検出素子 14 に印加される超音波により幾何学的変位を受けるので、反射光はこれにより変調されて、再び分波器 12 に入射する。分波器 12 に入射された反射光は、直接あるいは光ファイバ等を通して、又はレンズ等の結像系 15 を介して、CCD やフォトダイオード（PD）アレイ等で構成される光検出器 16 に結像する。

【0017】以上述べたような超音波用探触子の構造について、図 3 及び図 4 を参照しながら具体的に説明する。図 3 に示すように、ハウジング 21 の中に、超音波

送信素子19及び電極17, 18を含む超音波送信部40と、超音波検出素子14及び光ファイバアレイ13を含む超音波検出部50とが収納されている。光ファイバの間隔は、サイドローブを抑圧するため、受信する超音波の波長の半分以下にすることが望ましい。

【0018】超音波検出素子14及び超音波送信素子19とハウジング21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22を設けることが望ましい。音響整合層22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できる。また、ハウジング21の表面には、超音波検出素子や超音波送信素子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23を設けることが望ましい。さらに、隣接する光ファイバ及び超音波送信素子の間は、超音波のクロストークを低減させるために、吸音材24で満たすことが望ましい。吸音材24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、光ファイバアレイ13は、超音波検出素子が設けられた部分の近傍を除き、樹脂25で固められている。

【0019】ここで、超音波検出素子14が設けられた光ファイバ13と、超音波送信素子19の配列には、図4に示すように以下の4つが考えられる。

(1) 光ファイバアレイの中心に1個の送信素子を配置する例

図4の(a)は、光ファイバ13a、13b、・・・から構成される光ファイバアレイの中心に、1個の送信素子19を配置した例を示す断面図である。この配列によると、送信波は無指向性となる。

【0020】(2) 複数の光ファイバの間に複数の送信素子を配置した例

図4の(b)は、光ファイバアレイを構成する光ファイバ13a、13b、・・・の間に、送信素子19a、19b、・・・を交互に配置した例を示す断面図である。この配列によると、送信素子を2次元的に配しているのので、2次元的なビームスキャン送波が可能になる。

【0021】(3) 光ファイバアレイの中心に1個の1次元送信アレイを配置した例

図4の(c)は、光ファイバアレイを構成する光ファイバ13a、13b、・・・の間に、複数の送信素子を1次元的に配列して構成される1次元送信アレイ20を1個配置した例を示す断面図である。この配列によると、1次元的なビームスキャン送波が可能である。

【0022】(4) 複数の光ファイバの間に複数の1次元送信アレイを配置した例

図4の(d)は、光ファイバアレイを構成する光ファイバ13a、13b、・・・の間に、複数の送信素子を1次元的に配列して構成される1次元送信アレイ20a、20b、・・・を交互に複数個配置した例を示す断面図である。この配列によると、2次元的なビームスキャン

送波が可能になる。

【0023】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、図5を参照しながら説明する。図5は、本発明の第2の実施形態における超音波用探触子の一部を原理的に示す図である。この超音波用探触子は、第1の実施形態におけるファブリーペロー共振器のかわりに、ファイバブラッググレーティングを用いている。即ち、第2の実施形態においては、図1に示すのと同じ光ファイバアレイ13の先端に、超音波有感部として、ブラッググレーティング構造を有するブラッググレーティング部122が設けられている。即ち、超音波検出素子122は、光ファイバ13a、13b、・・・の先端にそれぞれ形成されたブラッググレーティング部122a、122b、・・・によって構成される。

【0024】ブラッググレーティング部は、屈折率の異なる2種類の材料層（光伝搬媒質）を、ブラッグの反射条件を満たすピッチで数千層交互に重ねたものであり、単層のファブリーペロー共振器よりも高い反射率と急峻な波長依存性を有する。図5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。これらの層の周期構造のピッチ（間隔）を $d$ とし、入射光の波長を $\lambda$ とすると、ブラッグの反射条件は(1)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、 $\theta$ は入射面から測った入射角であり、 $\lambda = \lambda_0 / n$ とすると(2)式ようになる。

$$2d = m \cdot \lambda_0 \quad \dots (2)$$

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。

【0025】ブラッググレーティング部に超音波を伝搬させると、ブラッググレーティング部が歪んで上記周期構造のピッチ $d$ が変化するので、選択的に反射する光の波長 $\lambda$ 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検出光をブラッググレーティング部に入射させながら超音波を加える。すると、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換算することにより超音波の強度を計測できる。

【0026】ここで、ブラッググレーティングは、感度が高い上に作り易く、一般的には、民生用の製品を転用することも可能である。しかしながら、超音波診断におけるように高感度のセンサとしては、そのまま用いることはできない。例えば、通常市場において使用されているブラッググレーティングを用いると、20kHzよりも高い周波数帯域においては、軸方向から入射する超音波に対する感度が低くなることが確認されている。ま

た、超音波有感部の長さ（ブラッググレーティング部）が、次の式

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

で表されるブラッググレーティング部における超音波波長の概略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ふ。これは、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の半分よりも大きい場合に、超音波がブラッググレーティング部を伝達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るため、これらの部分の変位が相殺されてしまふことが原因と考えられる。

【0027】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の概略3/4以下、望ましくは半分程度とすれば良い。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を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 $\lambda_s$ は、次のように算出される。

$$\lambda_s = 5500 / (3.5 \times 10^6) \\ = 1571.4 (\mu\text{m})$$

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。

$$1571.4 \times (3/4) = 1178.5 (\mu\text{m})$$

これより、ブラッググレーティング部の長さを1178.5 $\mu\text{m}$ 以下とすれば、ブラッググレーティング部内の伸び縮み位相の反転を防ぎ、超音波の検出に必要な感度を得ることができる。

【0028】次に、本発明の第3の実施形態に係る超音波用探触子について、図6を参照しながら説明する。図6に示すように、超音波用探触子150は、超音波送信部40と、超音波を受けて周波数が変化する発光光を光路差長を有する光ヘテロダイン干渉光学系に入射させるレーザ共振器を用いた超音波検出部130とを含む。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からアンプ151及び復調部152を介して出力される検出信号を取り込むように積分処理部153を制御する。

【0029】駆動信号発生回路30から出力された駆動信号を受けて、PZT等の圧電素子から構成される超音波送信部40から超音波が発生する。超音波送信部40から送信され被写体で反射した超音波が入射面（全反射ミラー131の左側）に入射すると、超音波検出部130を構成するレーザ共振器の全反射ミラー131が変位し、全反射ミラー131と透過ミラー133との間隔が

変化する。このとき、レーザ活性物質132の両脇に設置された2枚のミラー間で生じる定常波の振動数即ち共振周波数が変化し、レーザの発振周波数も偏移する。このレーザ光が干渉光学系140に入射すると、分波器141を透過し、部分反射ミラー142及び分波器141で反射し、レンズ145を介して光検出器16に入る光ビームL2と、部分反射ミラー142を透過し、周波数シフター143及びプリズム144を通過し、再び部分反射ミラー142を透過し、分波器141で反射し、レンズ145を介して光検出器16に入る光ビームL3との間で光路差長が生じる。

【0030】ここで、時間的に発振周波数が偏移する光ビームが光路差長のある光ヘテロダイン干渉光学系に入ると、元の光ヘテロダイン干渉信号の周波数を中心として、時間遅延分に相当する発振周波数の変化分だけシフトした周波数のビート信号が生じる。この周波数変調されたビート信号をアンプ151で増幅し、復調部152で復調し、得られた復調信号を積分処理部153で積分処理すれば、周波数の変化即ち超音波の波形を再現できる。この波形は波形表示部154に表示され、同時に波形記憶部155に記憶される。これに基づいて、被写体の画像データを構成することができる。

【0031】さらに、本発明の第4の実施形態に係る超音波用探触子について、図7を参照しながら説明する。図7に示すように、超音波用探触子170は、反射界面近傍のエバネセント場に存在する物体が超音波を受けて振動することによりエバネセント光の光量を変化することを利用した超音波トランスジューサを含んでいる。

【0032】超音波トランスジューサは、受信手段として、プリズム171、空隙173、オプティカルフラット174、空隙を作るためのスペーサ172、送信手段として、オプティカルフラット174に吸音層177を介して設けられたPZT等の圧電素子175、及び音響レンズ176より構成される。

【0033】レーザ共振器161とビーム拡大器162とから構成される光源160より出射される拡大されたレーザ光でプリズム底面を照射し、その全反射光強度分布をPDアレイ又はCCDカメラから構成される光検出器16で読み出す。一方、圧電素子175から送信された超音波が被写体で反射してオプティカルフラット174下面より入射すると、空隙173の空気層厚が変化する。これに伴い、プリズム171下面のエバネセント場に漏れ出す光、即ち、エバネセント光の光量に変化する。光検出器16で読み出される全反射光の光量は、（全反射光の光量）＝（入射光の光量）－（エバネセント光の光量）

で表されるため、全反射光の強度分布はエバネセント場の空気層厚の変化、即ち、超音波の音圧分布を表すことになる。光検出器16により読み出された検出信号は、信号処理部に出力される。

【0034】タイミングコントロール部70では、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、光検出器16に入射する光(検出光)のタイミングを制御する。光検出器16に入射する光のタイミングの制御方法には、レーザをパルス駆動させたり、光路にシャッタ等を設け検出光を遮ったりする方法等が考えられる。ここでは一例として、プリズム171底面における反射光が光検出器16に入射するのを制御する方法をあげた。即ち、タイミングコントロール部70によりシャッタ駆動回路182を制御し、シャッタ181を動作させる。このように、超音波強度に依存した全反射光が検出器に入射する時間帯を限定することにより、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。この場合、シャッタの開閉等は、被写体内の任意の深さの情報を収集するのに適当な時間だけ、超音波の送信から遅らせて動作させる。このようにして得られた検出信号に基づいて、被写体の画像データを構成することができる。

【0035】次に、本発明の第5の実施形態に係る超音波受信装置について、図8を参照しながら説明する。本実施形態は、超音波検出素子としてブラッググレーティング構造を有する光導波路を用いたものである。図8に示すように、基板125には1次元に配列された複数の光導波路121a、121b、・・・が形成されており、さらに、そのコア先端部にはブラッググレーティング部122a、122b、・・・がそれぞれ形成されている。ブラッググレーティング部の構造については、本発明の第2の実施形態に係る超音波受信装置と同様である。

【0036】光源11を射出した光は、分波器12を通り、各々の光導波路121a、121b、・・・に入射する。各々の光導波路において、その先端に形成されたブラッググレーティング部が超音波の伝搬により構造的に変化することにより、光は変調される。それぞれの光導波路において、ブラッググレーティング部により反射された光は、分波器12において進路を変更され、それぞれの光導波路121a、121b、・・・に対応する光検出器16a、16b、・・・に入射する。このように、光検出器16a、16b、・・・において光強度の変化を検出することにより、対応する光導波路に伝搬した超音波の強度を測定することができる。なお、本実施形態においても、第2の実施形態の場合と同様に、光導波路に形成されたブラッググレーティング部の長さは、ブラッググレーティング部を伝搬する超音波の波長の3/4以下であることが望ましい。

【0037】図9は、ブラッググレーティング部が形成された光導波路を有する2次元超音波用探触子の構造を示している。図9に示すように、ハウジング21の中には、基板125上に1次元に配列された複数の光導波路121a、121b、・・・を含む超音波検出部50

と、超音波送信素子19を含む超音波送信部40とが収納されている。超音波検出部50において、複数の光導波路121a、121b、・・・にはブラッググレーティング部122a、122b、・・・がそれぞれ形成されている。また、複数の光導波路にはそれぞれ光ファイバが接続されており、ブラッググレーティング部によって変調を受けた光は、複数の光ファイバを含む光ファイバアレイ43を通して分波器12に導かれる。一方、超音波送信部40において、超音波送信素子19は、吸音材24によって保持されている。また、超音波送信素子19に電圧を与えるために、該超音波送信素子19には導線42が接続された電極17、18が設けられている。

【0038】ブラッググレーティング部122を含む光導波路121及び超音波送信素子19とハウジング21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22が設けられている。また、ハウジング21の表面には、音響レンズ材23を設けられている。これらの音響整合層22、音響レンズ材23、吸音材等を設ける理由及び材料については、本発明の第1の実施形態の場合と同様である。なお、光導波路を用いた超音波検出部としては、この他に、ファブリーペロー共振器等の様々な超音波有感部を設けた光導波路を用いても良い。

【0039】ここで、複数の光導波路121a、121b、・・・が1次元に配置された超音波検出部(1次元光導波路アレイ)50と、超音波送信素子19の配列には、図10に示すように以下の4つが考えられる。

(1) 光導波路アレイの中心に1個の送信素子を配置する例

図10の(a)は、複数の1次元光導波路アレイを配列した2次元光導波路アレイの中心に、1個の送信素子19を配置した例を示す断面図である。この配列によると、送信波は無指向性となる。

【0040】(2) 複数の光導波路の間に複数の送信素子を配置した例

図10の(b)は、1次元光導波路アレイを含む複数の光導波路の間に、送信素子19を交互に配置した例を示す断面図である。この配列によると、送信素子は2次的に配置されているので、2次元的なビームスキャン送波が可能になる。

【0041】(3) 光導波路アレイの中心に1個の1次元送信アレイを配置した例

図10の(c)は、複数の1次元導波路アレイの間に、複数の送信素子を1次的に配列して構成される1次元送信アレイ20を1個配置した例を示す断面図である。この配列によると、1次元的なビームスキャン送波が可能である。

【0042】(4) 複数の1次元光導波路アレイの間に複数の1次元送信アレイを配置した例

図10の(d)は、複数の1次元光導波路アレイ50の

間に、複数の送信素子を1次元的に配列して構成される1次元送信アレイ20を交互に複数個配置した例を示す断面図である。この配列によると、2次元的なビームスキャン送波が可能になる。

【0043】次に、本発明の第6の実施形態について、図11～図13を参照しながら説明する。本実施形態は、本発明の第5の実施形態と同様に、超音波検出素子としてブラッググレーティング構造を有する光導波路123a、123b、・・・を用い、さらに、検出光として複数の波長の異なる光を多重化させて用いるものである。図11は、本実施形態に係る超音波受信装置の構成を原理的に示しており、図12は、図11に示す超音波検出部50の構造を示しており、図13は、図11に示す分波器112の構造を示している。

【0044】図11に示すように、この超音波受信装置は、光源111と、光サーキュレータ113と、ブラッググレーティング構造を有する光導波路を含む超音波検出部50と、超音波検出部50から入射する検出光を分波する分波器112と、分波された光の強度を検出する光検出器16a、16b、・・・と、これらの装置(u nit)を互いに接続する光ファイバ126、127、128、129a、129b、・・・を有している。本実施形態においては、光源として、広帯域の光(広帯域光)を発生する広帯域光源(ブロードバンド光源)を用い、分波器として、光の進行方向をその入射方向に応じて切り替える光サーキュレータ113を用いている。

【0045】図11において、光源111を射出した光は、光ファイバ127を介して光サーキュレータ113に入射し、さらに、光ファイバ126を介して超音波検出部50に入射する。ここで、図12を参照すると、超音波検出部50は、基板125に形成された導波路長の異なる逆L字状の複数の光導波路123a、123b、・・・を含んでいる。これらの光導波路123a、123b、・・・は、それぞれの断面が1列に並ぶように配列されている。また、各々の光導波路123a、123b、・・・の先端には、ブラッググレーティング122a、122b、・・・が形成されている。

【0046】本実施形態においては、それぞれのブラッググレーティングを構成する各層の周期構造のピッチは、式(2)に基づいて、特定の波長に対して反射波長特性が大きくなるように決められている。即ち、ブラッググレーティング122aを構成する各層の周期構造のピッチdは、式(2)に基づいて、ブラッグ波長が $\lambda_1$ となるように決められる。また、ブラッググレーティング122bを構成する各層の周期構造のピッチdは、式(2)に基づいて、ブラッグ波長が $\lambda_2$ ( $\lambda_1$ )となるように決められる。残りのブラッググレーティング122c、122d、・・・についても同様である。従って、ブラッググレーティング122a、122b、・・・の反射波長特性は互いに異なっている。複数のブラッ

ググレーティング122a、122b、・・・は、超音波が印加されると超音波の音圧方向に伸縮する。これにより、それぞれのブラッググレーティング122a、122b、・・・を構成する各層の周期構造のピッチdが変化し、それぞれのブラッグ波長を変える。従って、超音波の受信中にそれぞれのブラッググレーティング122a、122b、・・・に入射する光は、印加される超音波に基づいて変調される。なお、本実施形態においても、それぞれの光導波路の先端に形成されるブラッググレーティング部の長さは、光導波路を伝搬する超音波の波長の3/4以下であることが望ましい。

【0047】光導波路123aの末端部は、光ファイバ126と接続されている。また、光導波路123aの末端部と光導波路123bの末端部との間には、空隙124aが形成されており、この空隙124aは、ビームスプリッタとして働く。同様に、光導波路123bの末端部と光導波路123cの末端部との間には、ビームスプリッタとして働く空隙124bが形成されている。残りの光導波路123c、123d、・・・についても同様である。本実施形態においては、複数の光導波路123a、123b、・・・をこのように接続することにより、プレーナ光波回路(PLC: Planar Lightwave Circuit)が実現されている。

【0048】ここで、図12に示す超音波検出部50の動作について説明する。複数の波長成分( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、...、 $\lambda_N$ )を含む光 $L_{MUL}$ は、この超音波検出部50に供給されると、複数の空隙124a、124b、・・・を通過するごとに分波される。光導波路123aに入射した光 $L_1$ (波長: $\lambda_1$ )は、ブラッググレーティング122aにより光導波路123aに向けて反射され、ブラッググレーティング122aに印加される超音波に基づいて光 $L_1$ に変調される。また、光導波路123bに入射した光 $L_2$ (波長: $\lambda_2$ )は、ブラッググレーティング122bにより光導波路123bに向けて反射され、ブラッググレーティング122bに印加される超音波に基づいて光 $L_2$ に変調される。光 $L_{MUL}$ に含まれる残りの光 $L_3$ (波長: $\lambda_3$ )、 $L_4$ (波長: $\lambda_4$ 、・・・についても同様である。それぞれのブラッググレーティング122a、122b、・・・の射出光 $L_1$ 、 $L_2$ 、・・・は、対応する空隙124a、124b、・・・において順に合波され、光ファイバ126に入射する。

【0049】再び、図11を参照すると、光ファイバ126に入射した光は、光サーキュレータ113によって進行方向を変更され、光ファイバ128を介して、分波器112に入射する。分波器112は、光ファイバ128から入射した光 $L_{MUL}$ を所定の波長成分別の複数の光 $L_1$ 、 $L_2$ 、・・・に分波する。分波器112には、検出する波長帯域の異なる複数の光検出器16a、16b、・・・が、対応する光ファイバ129a、129b、・・・を介して接続されている。複数の光検出器

16 a、16 b、・・・が、対応する光ファイバ129 a、129 b、・・・から入射した光 $L_1$ 、 $L_2$ 、・・・を検出することにより、超音波検出部50に含まれるそれぞれのブラッグレーティング122 a、122 b、・・・に印加された超音波の強度を検出することができる。

【0050】ここで、図13を参照すると、本実施形態においては、分波器112として、プレーナ光波回路の一種であるアレイ導波路格子(AWG: Arrayed-Wavelength Grating)を有する分波回路を用いている。この分波回路は、1本の入力導波路71が接続された入力側スラブ導波路72と、複数の出力導波路73 a、73 b、・・・が接続された出力側スラブ導波路74との間を、一定の導波路長差を有する複数のアレイ導波路75 a、75 b、・・・により接続した構成となっている。

【0051】入力側スラブ導波路72は、入力導波路71の端部を曲率中心とする扇形をしており、出力側スラブ導波路74は、複数の出力導波路73 a、73 b、の端部を曲率中心とする扇形をしている。複数のアレイ導波路75 a、75 b、・・・は、それぞれの光軸が入力側スラブ導波路72及び出力側スラブ導波路74の両方の曲率中心を通るように放射状に配置されている。これにより、入力側スラブ導波路72及び出力側スラブ導波路74がレンズと同等の動作を実現する。

【0052】複数の波長成分( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、・・・、 $\lambda_N$ )を含む光 $L_{MUL}$ は、入力導波路71に入射すると、入力側スラブ導波路72において回折により広がり、複数のアレイ導波路75 a、75 b、・・・を同位相で励振する。それぞれの励振光は、対応するアレイ導波路75 a、75 b、・・・を通過する際に導波路長差に応じた位相差が与えられ、出力側スラブ導波路74に達する。出力側スラブ導波路74に入射した複数の光は、レンズ作用により互いに干渉し合いながら、複数の出力導波路73 a、73 b、・・・を配置した側の1点に集光し、同相条件が成立する方向に回折する。なお、図13に示す分波回路における入力側と出力側とを入れ替えることにより、合波器として用いることができる。

【0053】本実施形態においては、光源として広帯域光源を用いたが、この他に、波長の異なる複数のレーザー発振器を用い、射出されるレーザー光を合波して多重化した光を用いても良い。この場合、例えば、図13に示す分波器を合波器として用いても良い。

【0054】

【発明の効果】以上述べた様に、本発明によれば、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次元探触子を実現することができる。さらに、本発明によれば、そのような超音波用2次元探触子を用いて、より高品位な3次元画像を取得できる超音波診断装置を実現することができる。

【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探触子を用いた超音波診断装置を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る超音波用探触子の構造と動作を説明するための図である。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る超音波用探触子の一部の構造を示す図である。

【図4】図4の(a)~図4の(d)は、本発明の第1の実施形態に係る超音波用探触子の一部の構造を示す図である。

【図5】本発明の第2の実施形態に係る超音波用探触子の一部の構造を示す図である。

【図6】本発明の第3の実施形態に係る超音波用探触子の構造と動作を説明するための図である。

【図7】本発明の第4の実施形態に係る超音波用探触子の構造と動作を説明するための図である。

【図8】本発明の第5の実施形態に係る超音波用探触子の構造と動作を説明するための図である。

【図9】本発明の第5の実施形態に係る超音波用探触子の一部の構造を示す図である。

【図10】図10の(a)~図10の(d)は、本発明の第5の実施形態に係る超音波用探触子の一部の構造を示す図である。

【図11】本発明の第6の実施形態に係る超音波用探触子の構造と動作を説明するための図である。

【図12】図11の超音波検出部の構造を示す図である。

【図13】図11の分波器の構造を示す図である。

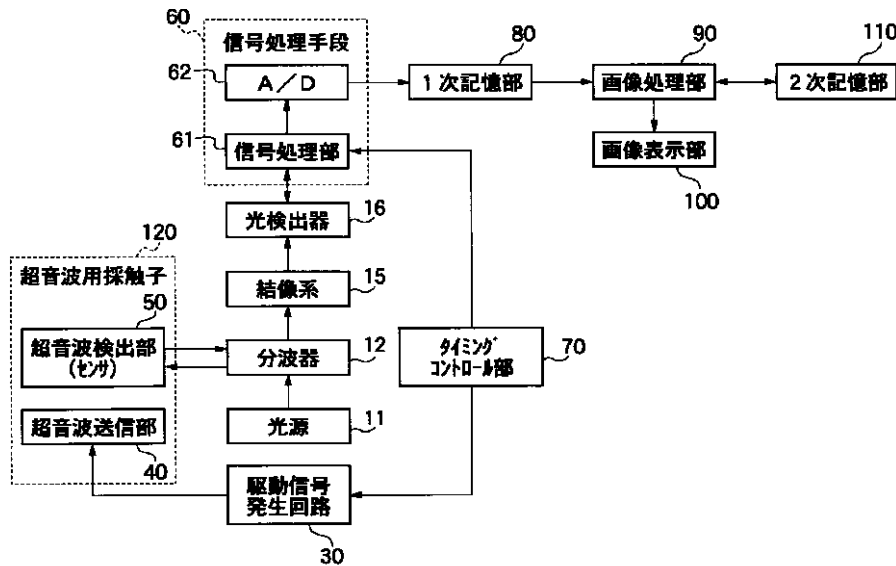
【符号の説明】

- 11、111、160 光源
- 12、112、141 分波器
- 13 光ファイバアレイ
- 13 a、13 b、・・・ 光ファイバ
- 14、14 a、14 b、・・・ 超音波検出素子(フリップロー共振器)
- 15 結像系
- 16、16 a、16 b、・・・ 光検出器
- 17、18 電極
- 19、175 超音波送信素子(圧電素子)
- 20 1次元送信アレイ
- 21ハウジング
- 22音響整合層
- 23音響レンズ材
- 24吸音材
- 25樹脂
- 30駆動信号発生回路
- 40超音波送信部
- 42導線
- 50、130 超音波検出部(センサ)
- 60 信号処理手段

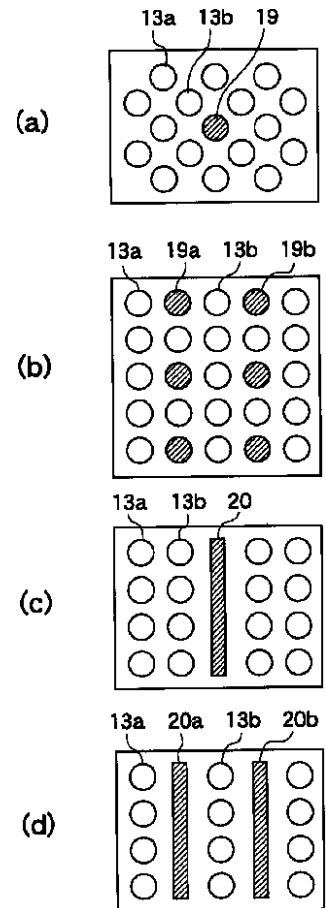
- 61 信号処理部
- 62 A/D変換器
- 70 タイミングコントロール部
- 71 入力導波路
- 72 入力側スラブ導波路
- 73 a、73 b、・・・ 出力導波路
- 74 出力側スラブ導波路
- 75 a、75 b、・・・ アレイ導波路
- 80 1次記憶部
- 90 画像処理部
- 100 画像表示部
- 110 2次記憶部
- 113 光サーキュレータ
- 120、150、170 超音波用探触子
- 121、121 a、121 b、・・・、123 a、123 b、・・・ 光導波路
- 122、122 a、122 b、・・・ ブラッググレーティング部
- 124 a、124 b、・・・、173 空隙
- 125 基板
- 126 ~ 128、129 a、129 b、・・・ 光ファイバ

- \*131 全反射ミラー
- 132 レーザ活性物質
- 133 透過ミラー
- 140 干渉光学系
- 142 部分反射ミラー
- 143 周波数シフター
- 144 プリズム
- 145 レンズ
- 151 アンブ
- 10 152 復調部
- 153 積分処理部
- 154 波形表示部
- 155 波形記憶部
- 161 レーザ共振器
- 162 ビーム拡大器
- 171 プリズム
- 172 スペーサ
- 174 オプティカルフラット
- 176 音響レンズ
- 20 177 吸音層
- 181 シャッタ

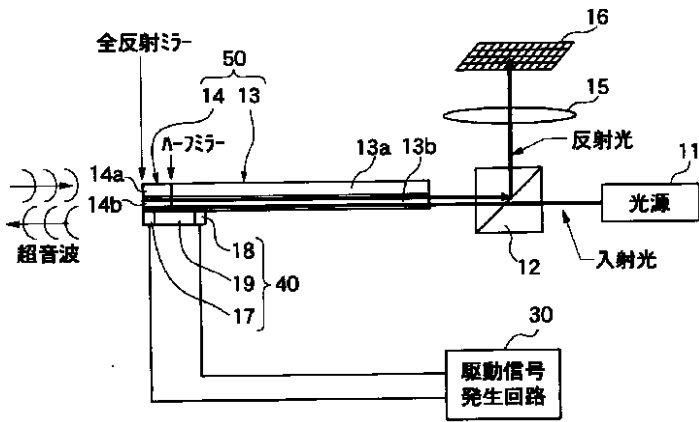
【図1】



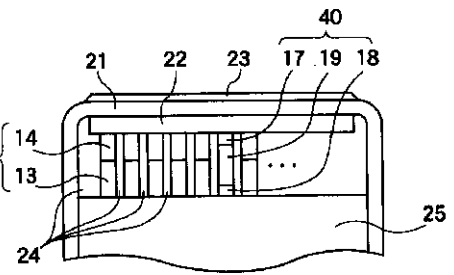
【図4】



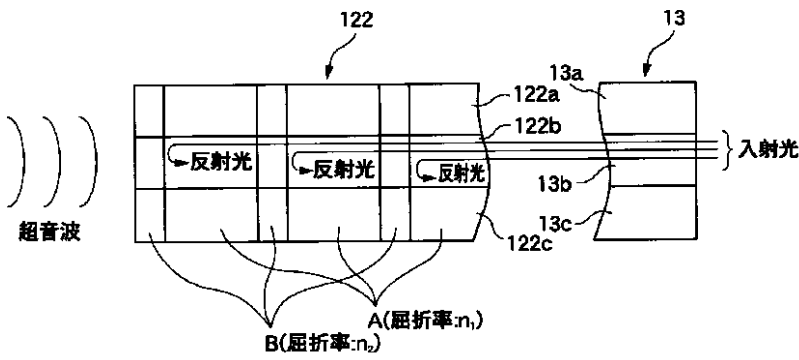
【図2】



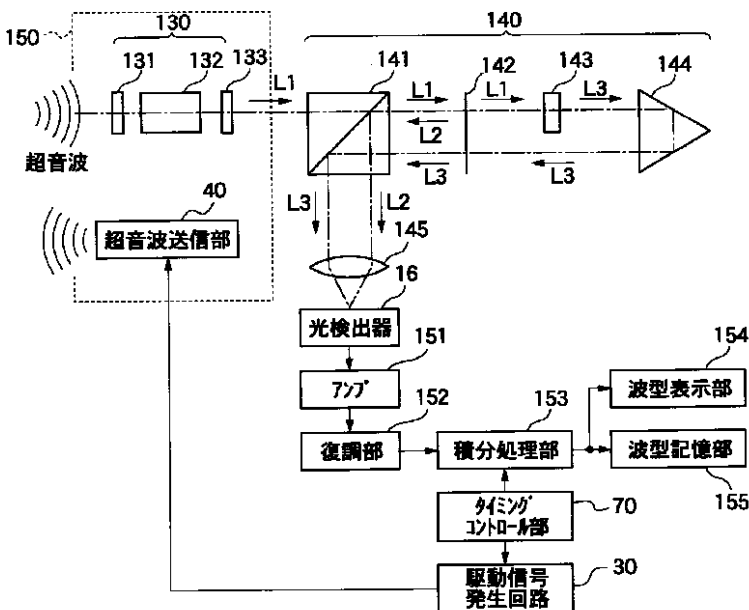
【図3】



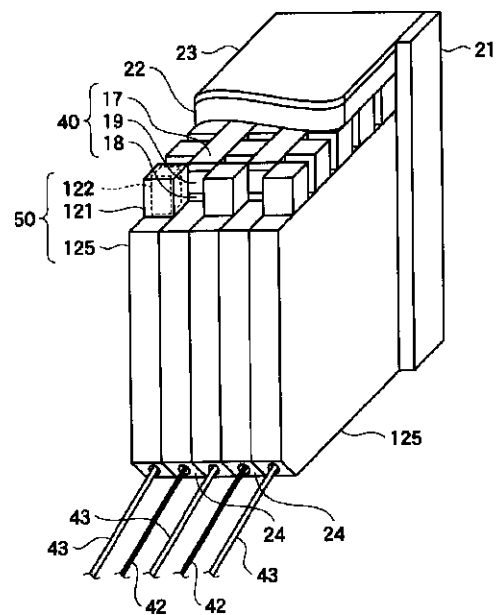
【図5】



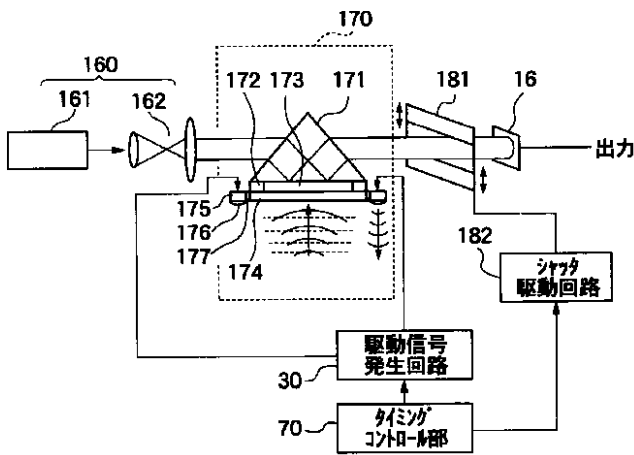
【図6】



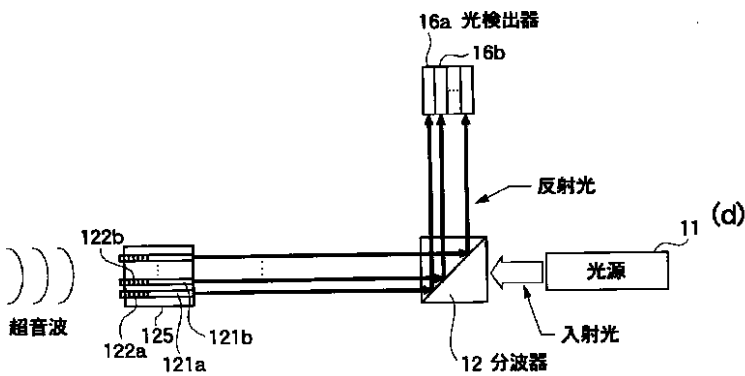
【図9】



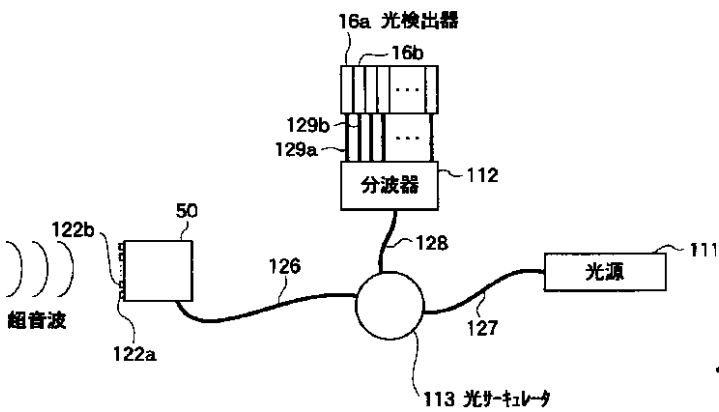
【図7】



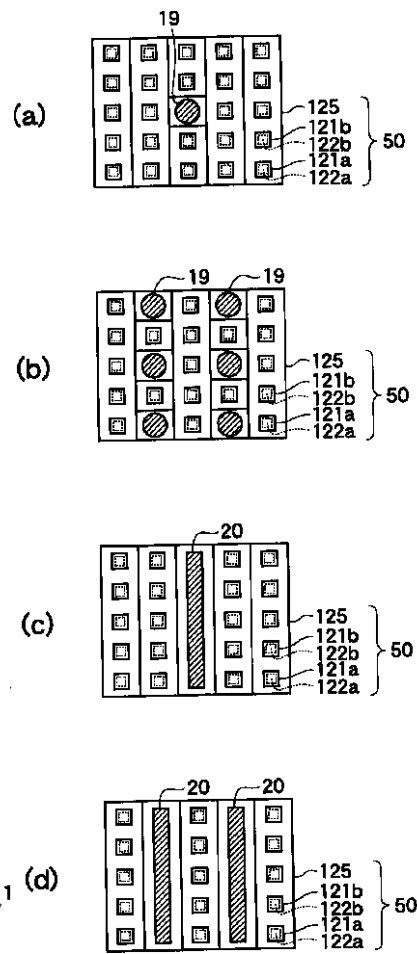
【図8】



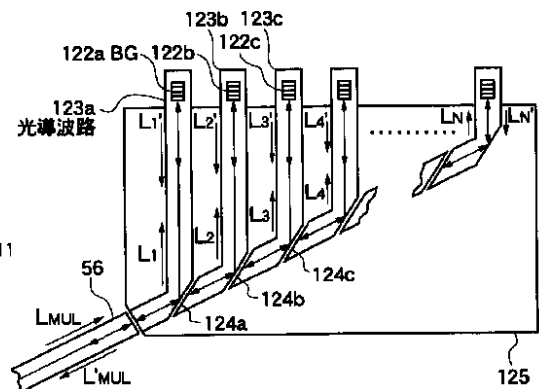
【図11】



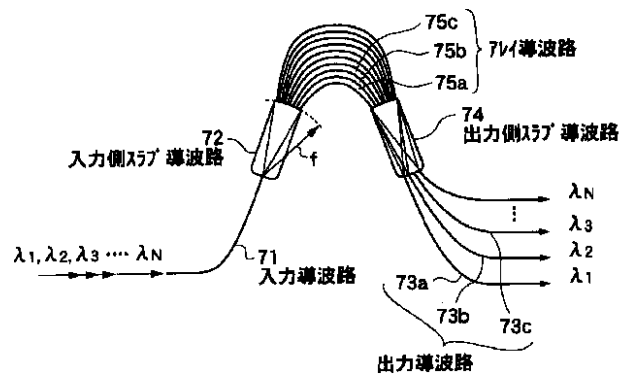
【図10】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

- Fターム(参考) 2G047 AC13 BA03 BA07 BC13 CA01  
CA04 DB02 EA10 EA14 GA01  
GA02 GA03 GB02 GB17 GD01  
GF01  
4C301 AA03 BB22 EE11 EE12 EE15  
GA01 GA02 GA03 GB10 JA03  
5D019 BB02 BB18 BB25 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	<a href="#">JP2002017723A</a>	公开(公告)日	2002-01-22
申请号	JP2001134868	申请日	2001-05-02
[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 H04R17/00		
FI分类号	A61B8/00 G01N29/00.501 G01N29/24 H04R17/00.332.A		
F-TERM分类号	2G047/AC13 2G047/BA03 2G047/BA07 2G047/BC13 2G047/CA01 2G047/CA04 2G047/DB02 2G047/EA10 2G047/EA14 2G047/GA01 2G047/GA02 2G047/GA03 2G047/GB02 2G047/GB17 2G047/GD01 2G047/GF01 4C301/AA03 4C301/BB22 4C301/EE11 4C301/EE12 4C301/EE15 4C301/GA01 4C301/GA02 4C301/GA03 4C301/GB10 4C301/JA03 5D019/BB02 5D019/BB18 5D019/BB25 5D019/FF04 5D019/GG01 4C601/BB05 4C601/BB06 4C601/EE09 4C601/EE10 4C601/EE12 4C601/GA01 4C601/GA02 4C601/GA03 4C601/GB01 4C601/GB03 4C601/GB06 4C601/GD01 4C601/GD02 4C601/GD03		
优先权	2000133084 2000-05-02 JP		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

解决的问题：提供一种二维超声波探头，该超声波探头不需要对大量细小元件进行电气布线，不会引起串扰和电阻抗的增加，并且具有超声波传输功能。瞄准。解决方案：光纤阵列13包括多根光纤，从光源11产生的光入射到其中，并且分别通过施加到光纤阵列13的超声波来调制通过光纤入射的光。它包括多个超声检测元件14和由压电元件组成的超声发射元件19。

