

(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 - 209893

(P2002 - 209893A)

(43)公開日 平成14年7月30日(2002.7.30)

(51) Int. Cl ⁷	識別記号	F I	テ-マ-コ-ト (参考)
A 6 1 B 8/00		A 6 1 B 8/00	4 C 3 0 1
H 0 4 R 17/00	332	H 0 4 R 17/00	332 A 5 D 0 1 9

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 10数)

(21)出願番号 特願2001 - 11364(P2001 - 11364)
 (22)出願日 平成13年1月19日(2001.1.19)

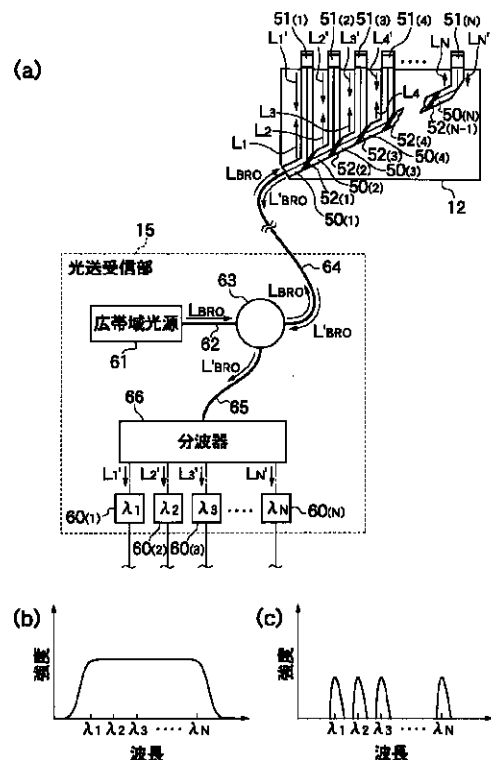
(71)出願人 000005201
 富士写真フイルム株式会社
 神奈川県南足柄市中沼210番地
 (72)発明者 戸井田 昌宏
 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士
 写真フイルム株式会社内
 (74)代理人 100100413
 弁理士 渡部 温 (外 1 名)
 F タ-ム (参考) 4C301 EE15 EE17 GB09 GB40 JA03
 5D019 AA06 AA26 BB18 BB19 FF04

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】 2次元状に並べられた複数の超音波検出素子の入出力光を伝送する光ファイバの本数を低減することができ、且つ、光源や複数の超音波検出素子における煩雑な調整を必要とせずに、超音波検出素子が受けた超音波の音圧を正確に測定することができる超音波診断装置を提供する。

【解決手段】 第1の端部から入射した光を複数の第2の端部に分波して供給し、複数の第2の端部から戻って来た光を合波して第1の端部に供給する光導波路と、光導波路の複数の第2の端部にそれぞれ形成され、光の反射波長特性が互いに異なる複数のファイバブラックグレーティングと、所定の波長帯域を有する光を発生する光源と、分波器の複数の出射光の入射位置をそれぞれ検出する複数の光位置検出器と、複数の光位置検出器の出力信号に基づいて、複数のファイバブラックグレーティングが受けた超音波の音圧情報を得る信号処理部等を具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の端部から入射した光を複数の第2の端部に分波して供給すると共に、前記複数の第2の端部から戻って来る光を合波して前記第1の端部に供給する光導波路と、前記光導波路の前記複数の第2の端部にそれぞれ形成され、印加される超音波の音圧に基づいて入射光を変調して反射する複数の超音波検出素子であって、光の反射波長特性が互いに異なる前記複数の超音波検出素子を含む超音波探触子と、前記超音波探触子との間で光を送受信する光送受信手段 10 であって、複数の波長成分を含むスペクトルを有する光を発生する光源と、複数の波長成分を含む光を所定の波長成分ごとに分波する分波手段と、前記光源において発生した光を、光ファイバを介して前記光導波路に供給し、前記光ファイバを介して供給された光を前記分波手段に出力する切替手段と、前記分波手段から出射された複数の光の入射位置を検出する複数の光位置検出手段とを含む前記光送受信手段と、前記複数の光位置検出手段の各々の出力信号に基づいて、対応する超音波検出素子が受けた超音波の音圧情報 20 を取得する信号処理手段と、を具備することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項2】 前記信号処理手段が、各々の超音波検出素子が超音波を受けていないときのそれぞれの光位置検出手段の出力信号を基準ゼロ点信号とし、それぞれの光位置検出手段の出力信号の基準ゼロ点信号からの変化量に基づいて、前記超音波検出素子が受けた超音波の音圧情報を取得することを特徴とする請求項1記載の超音波診断装置。

【請求項3】 前記超音波探触子が複数の光導波路を具備し、前記複数の超音波検出素子が2次元状に配列されており、前記複数の光導波路に対応した複数の光送受信手段を具備することを特徴とする請求項1又は2記載の超音波診断装置。

【請求項4】 前記複数の超音波検出素子の各々が、ファイバブラックグレーティングを含むことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載の超音波診断装置。

【請求項5】 前記超音波探触子が、入力される駆動信号に基づいて超音波を発生する複数の超音波発生素子をさらに含むことを特徴とする請求項1～4のいずれか1 40 項記載の超音波診断装置。

【請求項6】 前記光源が、ブロードバンド光源と、ブロードバンドファイバ光源と、ASE (Amplified Spontaneous Emission) 光源との内の1つを含むことを特徴とする請求項1～5のいずれか1項記載の超音波診断装置。

【請求項7】 前記複数の光位置検出手段の各々が、複数の受光素子を1列に並べた複数の1次元アレイ光検出器、又は、PSD (Position Sensitive Detector) を含むことを特徴とする請求項1～6のいずれか1項記載 50

の超音波診断装置。

【請求項8】 前記分波手段が、アレイ導波路回折格子を含むことを特徴とする請求項1～7のいずれか1項記載の超音波診断装置。

【請求項9】 前記切替手段が、サーキュレータを含むことを特徴とする請求項1～8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、印加される超音波に基づいて入射光を変調する複数の超音波検出素子を用いた2次元センサアレイを備える超音波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】

【従来技術】従来、超音波を用いて3次元画像を取得する際には、深度方向の断面についての2次元画像を複数取得して合成していた。この2次元画像は、位置センサ付きの1次元センサアレイをスキャンさせることにより得られ、さらに、時系列で取得した複数の2次元画像を合成することにより、3次元画像が得られる。

【0003】しかしながら、この方式によれば、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、生体のような、動きを伴う被検体のイメージングには適していない。

【0004】リアルタイムで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次元画像を取得することができる2次元センサアレイが必須であり、このようなセンサアレイの開発が望まれている。

【0005】超音波診断装置において、超音波の送受信を行う素子としては、PZT (チタン酸ジルコン酸鉛) 等のセラミック圧電材やPVD (ポリフッ化ビニリデン) 等の高分子圧電材を材料とする圧電素子を用いるのが一般的であり、この素子を用いて2次元センサアレイを作製する方式が検討されている。しかしながら、この方式によれば、素子微細化のための加工が難しく、歩留まりの低下によるコストアップや、多数の微細素子に接続する配線数の増大を招いてしまう。また、それらが解決されたとしても、微細配線による電氣的インピーダンスの増大により感度が低下するという課題が残されている。

【0006】また、微小なコンデンサを含み、印加される超音波に基づいて、コンデンサの静電容量を変化させる複数の超音波検出素子を用いて2次元センサアレイを作製する方式 (静電容量方式) や、PZTを材料とする複数の圧電素子と樹脂材料とを複合化させたものを更に集積回路と結合させて2次元センサアレイを作製する方式 (PZT複合方式) が検討されている。しかしなが

ら、これらの方式によれば、前述のコストアップや電氣的インピーダンスの増大が抑えられるもの、多数の微細素子に接続する配線数の増大を解決するまでには至らない。

【0007】また、光源において発生した光が第1の端部に入射する複数の光ファイバを含む光ファイバアレイと、それぞれの光ファイバの第1の端部と反対側の第2の端部に形成され、印加される超音波に基づいて、光ファイバを通して入射された光を変調する複数の超音波検出素子とを用いて2次元センサアレイを作製する方式（光方式）が検討されている。この方式によれば、超音波検出素子に圧電素子を用いないため、前述のコストアップや電氣的インピーダンスの増大が生じることはない。しかしながら、複数の超音波検出素子の検出信号を別々の光ファイバに通すため、画質向上等を目的として超音波検出素子数を増やすと、光ファイバの本数も増えてしまう。

【0008】さらに、光方式によれば、超音波検出素子の出射光に含まれる所定の波長成分の光量を光検出器を用いて検出することによって超音波の検出が行われる。しかしながら、超音波検出素子の特性は、その構造によって急峻な変化を示すと共に、温度変化等の環境変動により変化する。このため、光源の波長と超音波検出素子の反射波長特性のバラツキは、実用上の大きな問題である。従って、光源や超音波検出素子において、正確な調整を必要としていた。

【0009】

【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、2次元状に並べられた複数の超音波検出素子の入出力光を伝送する光ファイバの本数を低減することができ、且つ、光源や複数の超音波検出素子における煩雑な調整を必要とせずに、超音波検出素子が受けた超音波の音圧を正確に測定す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。

【0010】

【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診断装置は、第1の端部から入射した光を複数の第2の端部に分波して供給すると共に、複数の第2の端部から戻って来る光を合波して第1の端部に供給する光導波路と、光導波路の複数の第2の端部にそれぞれ形成され、印加される超音波の音圧に基づいて入射光を変調して反射する複数の超音波検出素子であって、光の反射波長特性が互いに異なる複数の超音波検出素子とを含む超音波探触子と、超音波探触子との間で光を送受信する光送受信手段であって、複数の波長成分を含むスペクトルを有する光を発生する光源と、複数の波長成分を含む光を所定の波長成分ごとに分波する分波手段と、光源において発生した光を、光ファイバを介して光導波路に供給し、光ファイバを介して供給された光を分波手段に出力する切替手段と、分波手段から出

射された複数の光の入射位置を検出する複数の光位置検出手段とを含む光送受信手段と、複数の光位置検出手段の各々の出力信号に基づいて、対応する超音波検出素子が受けた超音波の音圧情報を取得する信号処理手段とを具備する。

【0011】本発明によれば、複数の波長成分を含む光が光ファイバを介して超音波探触子に供給されると、この光ファイバに接続された光導波路において分波され、光の反射波長特性が互いに異なる複数の超音波検出素子に入射する。これらの超音波検出素子は、印加される超音波の音圧や環境変動（例えば、温度変化）に基づいて反射波長を変化させる。これらの超音波検出素子によって反射された光は、光導波路において合波されて、光ファイバに供給される。従って、複数の変調された光が多重化されるため、超音波探触子に接続される光ファイバの本数を低減することができる。

【0012】また、本発明によれば、複数の超音波検出素子の反射波長特性が変化しても、これらの反射波長を常に含むようなスペクトルを有する光を発生する光源を選ぶことにより、光源や複数の超音波検出素子における煩雑な調整を不要とすることができる。そして、分波手段から出射される波長の異なる複数の光の各々の入射位置を、対応する光位置検出器を用いて検出し、それぞれの光位置検出器の出力信号に基づいて、信号処理手段が、各々の超音波検出素子が受けた超音波の音圧情報を取得する。従って、温度変化等の環境変動がある場合にも、超音波検出素子が受けた超音波の音圧を正確に測定することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面に基いて本発明の実施の形態について説明する。尚、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1に示すように、この超音波診断装置は、被検体に当接させて用いられる超音波探触子10を備えている。超音波探触子10は、超音波の発生機能を持った複数の超音波発生素子30(1)~30(N)（Nは2以上の整数）を1列に並べた複数の1次元送信アレイ部11と、超音波の検出機能を持った複数の超音波検出素子40(1)~40(N)を1列に並べた複数の1次元受信アレイ部12とを含んでいる。超音波探触子10においては、複数の1次元送信アレイ部11と複数の1次元受信アレイ部12とを交互に並べることにより、2次元センサアレイを実現させている。

【0014】また、この超音波診断装置は、タイミングコントロール部13の制御の下、駆動信号を発生する複数の駆動信号発生回路14を備えている。超音波探触子10に含まれる複数の1次元送信アレイ部11は、対応する駆動信号発生回路14が発生する駆動信号に基づいて複数の超音波発生素子30(1)~30(N)から超

音を発生させ、この超音波を被検体に送信する。そして、被検体から反射された複数の超音波は、超音波探触子10に含まれる複数の1次元受信アレイ部12に受信される。

【0015】さらに、この超音波診断装置は、対応する1次元受信アレイ部12との間において、光信号を送受信する複数の光送受信部15を備えている。この光信号は、複数の波長成分を含んでいる。光送受信部15から1次元受信アレイ部12に供給された光信号は、複数の光に分波され、1次元受信アレイ部12に含まれる複数の超音波検出素子40(1)~40(N)にそれぞれ入射する。これらの超音波検出素子40(1)~40(N)は、光の反射波長特性が互いに異なっている。複数の超音波検出素子40(1)~40(N)は、超音波を受けると、それぞれの反射波長特性が変化して入射光を変調する。複数の超音波検出素子40(1)~40(N)から反射された異なる波長成分の光は、1つの光に合波され、光送受信部15に供給される。

【0016】複数の光送受信部15は、対応する1次元受信アレイ部12に含まれる複数の超音波検出素子40(1)~40(N)からの反射光をそれぞれ検出して検出信号(位置信号)を出力する複数の光位置検出器を含んでいる。光位置検出器については、後で詳しく述べる。複数の光位置検出器から出力された位置信号は、信号処理手段16に含まれる信号処理部17に入力される。信号処理部17は、タイミングコントロール部13の制御の下、複数の駆動信号発生回路14が駆動信号を発生してから所定の時間経過後に、複数の光位置検出器から出力される位置信号を取り込む。信号処理部17は、複数の光位置検出器から出力された位置信号に基づいて、対応する超音波検出素子40(1)~40(N)が受けた超音波の音圧情報を得る。

【0017】信号処理部17の出力信号は、後段のA/D変換器18においてデジタル信号に変換される。A/D変換器18には1次記憶部19が接続されており、取得された複数枚の面データを記憶する。それらのデータに基づいて、画像処理部20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21に表示される。さらに、画像処理部20において処理されたデータは、2次記憶部22に記憶される。

【0018】図2(a)は、図1に示す超音波診断装置に含まれる超音波探触子の構成を示す斜視図であり、図2(b)は、この超音波探触子に用いられる超音波発生素子及び超音波検出素子の配置例を示す図であり、図2(c)は、別の配置例を示す図である。図2(a)に示すように、この超音波探触子においては、複数の1次元送信アレイ部11と複数の1次元受信アレイ部12とが交互に並ぶように配置されている。尚、複数の1次元送信アレイ部によって超音波送信用の探触子を構成し、複

数の1次元受信アレイ部によって超音波受信用の探触子を構成するようにしても良い。複数の1次元送信アレイ部11は、1列に並んだ複数の超音波発生素子30(1)~30(N)を含んでいる。複数の超音波発生素子30(1)~30(N)は、PZT等を材料とする圧電素子を含み、対応する駆動信号発生回路(図1参照)から入力した駆動信号に基づいて超音波を発生する。一方、複数の1次元受信アレイ部12は、1列に並んだ複数の超音波検出素子40(1)~40(N)を含んでいる。

【0019】本実施形態においては、図2(a)に示すように、複数の1次元送信アレイ部11と複数の1次元受信アレイ部12とが、超音波の送信方向に対して直角的な1つの方向に関して交互に配置されている。このため、この超音波探触子を超音波の送受信側から見ると、図2(b)に示すように、複数の超音波発生素子(白い正方形)と複数の超音波検出素子(黒い正方形)とが、それぞれ2次元アレイを形成している。尚、超音波発生素子数を超音波検出素子数よりも少なくし、図2(c)に示すように、複数の超音波発生素子をクロスに配置させても良い。

【0020】図3(a)は、図2に示す超音波探触子に含まれる1次元受信アレイ部の構成を示す斜視図であり、図3(b)は、この1次元受信アレイ部の投影図である。図3(a)、(b)に示すように、この1次元受信アレイ部は、導波路長の異なる逆L字状の複数の光導波路50(1)~50(N)を含んでいる。これらの光導波路50(1)~50(N)は、それぞれの断面が1列に並ぶようにシリコン基板53上に形成されている。複数の光導波路50(1)~50(N)の先端部には、所定の波長を有する光を反射することにより超音波検出素子として働くファイバブラックグレーティング(FBG)51(1)~51(N)が形成されている。

【0021】ここで、複数のFBG51(1)~51(N)について詳細に説明する。FBGとは、屈折率の異なる2種類の材料層(光伝搬媒質)を、ブラックの反射条件を満たすピッチで屈折率が周期的に変化するよう、数千層交互に重ねたものである。各層の周期構造のピッチをd、入射光の波長をλ、入射角をθとすると、ブラックの反射条件は、次の式(1)によって表される。

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

特に、入射角が90°であるときには、式(1)が更に次の式(2)に書き換えられる。

$$2d = N \lambda \quad \dots (2)$$

FBGは、ブラック反射の作用により、式(2)の条件を満たす波長(ブラック波長)の光を選択的に反射し、ブラック波長以外の波長の光を透過させる。

【0022】本実施形態においては、FBG51(1)~51(N)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、ブラック波長が λ_1 となるように決められる。また、FBG51(2)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、ブラック波長が λ_2 (λ_1)となるように決められる。残りのFBG51(3)~51(N)についても同様である。従って、FBG51(1)~51(N)の反射波長特性は互いに異なっている。複数のFBG51(1)~51(N)は、超音波や環境変動(例えば、温度変化)を受けて伸縮する。これにより、それぞれのFBG51(1)~51(N)を構成する各層の周期構造のピッチdが変化し、それぞれのブラック波長を変える。このようにして、それぞれのFBG51(1)~51(N)に入射する光は、超音波や環境変動に基づいて変調される。

【0023】光導波路50(1)の末端部は、光ファイバ64を介して、対応する光送受信部(図1参照)と接続されている。一方、光導波路50(2)の末端部は、ビームスプリッタとして働くスリット52(1)を介して、光導波路50(1)の末端部と接続されている。また、光導波路50(3)の末端部は、ビームスプリッタとして働くスリット52(2)を介して、光導波路50(2)の末端部と接続されている。残りの光導波路50(4)~50(N)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50(1)~50(N)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。

【0024】ここで、図3に示す1次元受信アレイ部の動作について説明する。所定の波長域($\lambda_1 \sim \lambda_N$)を含む光 L_{BRO} は、この1次元受信アレイ部に供給されると、図3(b)に示すように、複数のスリット52(1)~52(N-1)を通過するごとに分波される。光導波路50(1)に入射した光 L_1 (波長: λ_1)は、FBG51(1)により光導波路50(1)に向けて反射され、FBG51(1)が受ける超音波や環境変動に基づいて光 L_1 に変調される。また、光導波路50(2)に入射した光 L_2 (波長: λ_2)は、FBG51(2)により光導波路50(2)に向けて反射され、FBG51(2)が受ける超音波や環境変動に基づいて光 L_2 に変調される。光 L_{BRO} に含まれる残りの光 L_3 (波長: λ_3)~ L_N (波長: λ_N)についても同様である。それぞれのFBG51(1)~51(N)の出射光 $L_1 \sim L_N$ は、対応するスリット52(1)~52(N-1)において順に合波され、光ファイバ64を介して、対応する光送受信部(図1参照)に供給される。

【0025】次に、図4を参照しながら、1次元受信アレイ部の製造プロセスの一例について説明する。まず、図4(a)に示すように、火炎堆積法(Flame Hydrolysis Deposition)により、シリコン基板100上にSiO₂ガラス微粒子を成分とするSiO₂下部クラッド層101と、SiO₂-GeO₂ガラス微粒子を成分とするSiO₂-GeO₂コア層102とを順に形成する。さら

に、シリコン基板100を加熱してSiO₂下部クラッド層101とSiO₂-GeO₂コア層102とを熔融することにより、図4(b)に示すように、それぞれを透明化してクラディング層103とコア層104とを形成する。

【0026】次に、図4(c)に示すように、1次元受信アレイ部に含まれる光導波路のコアパターンに対応するレジスト膜105をコア層104上に形成する。さらに、レジスト膜105を介してコア層104に反応性イオンエッチング(Reactive Ion Etching)を施すことにより、図4(d)に示すように、複数のコア106がクラディング層103上に形成される。

【0027】次に、図4(e)に示すように、火炎堆積法により、クラディング層103及び複数のコア106の上に、SiO₂ガラス微粒子を成分とするSiO₂上部クラッド層107を形成する。さらに、シリコン基板100を加熱してSiO₂上部クラッド層107を熔融することにより、図4(f)に示すように、これを透明化してクラディング層108を形成する。

【0028】次に、図4(g)に示すように、1次元受信アレイ部に含まれる光導波路のクラッドパターンに対応するレジスト膜109をクラディング層108上に形成する。さらに、レジスト膜109を介してクラディング層108に反応性イオンエッチングを施すことにより、図4(h)に示すように、複数のクラッド110が形成されて、複数の光導波路50(1)、50(2)、...が完成する。

【0029】次に、それぞれの光導波路50(1)、50(2)、...の先端部のコア106に、図4(i)に示すように、反射波長特性の異なるFBG51(1)、51(2)、...を形成する。尚、FBGの形成方法の詳細については、例えば、金森弘雄氏による「ファイバグレーティング」(電子情報通信学会誌 Vol. 82 No. 7pp. 731-739 1999年7月)等を参照されたい。そして、図4(j)に示すように、シリコン基板100における複数のFBG51(1)、51(2)、...側の端部をエッチングして取り除くことにより、1次元受信アレイ部が完成する。

【0030】図5(a)は、図1に示す超音波診断装置に含まれる光送受信部の構成例を説明するための図であり、図5(b)は、この光送受信部に含まれる広帯域光源のスペクトル特性を示す図であり、図5(c)は、対応する1次元受信アレイ部に含まれる複数のFBGの反射波長特性を示す図である。図5(a)に示すように、光送受信部15は、複数の波長成分($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$)を含む光 L_{BRO} が発生する広帯域(ブロードバンド)光源61を含んでいる。

【0031】広帯域光源61が発生する光は、図5(b)に示すように、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ に亘る波長帯域を含むスペクトル特性を示す。一方、図5(a)に示す

1次元受信アレイ部12に含まれる複数のFBG51(1)~51(N)は、図5(c)に示すように、対応する波長 λ_1 、 λ_2 、...、 λ_N を中心とする反射波長特性を示す。これらの反射波長特性は、対応するFBG51(1)~51(N)が受けた超音波の音圧や温度変化等の環境変動に基づいて変化する。このため、本実施形態においては、複数のFBG51(1)~51(N)の反射波長特性が変化しても、これらの反射波長を常に含むようなスペクトルを有する光を発生する光源を選べば良い。これにより、従来のような光源や複数の超音波検出素子における正確な調整を不要とすることができる。

【0032】再び図5(a)を参照すると、広帯域光源61には、光ファイバ62を介して、光の進行方向をその入射方向に応じて切り替えるサーキュレータ63が接続されている。広帯域光源61において発生した光 L_{BR0} は、サーキュレータ63において光ファイバ64に入射し、1次元受信アレイ部12に供給される。また、1次元受信アレイ部12から光ファイバ64に供給された光 L_{BR0} は、サーキュレータ63において光ファイバ65に入射する。

【0033】サーキュレータ63には、光ファイバ65を介して、複数の波長成分を含む光を所定の波長成分別に分波する分波器66が接続されている。分波器66は、光ファイバ65から入射した光 L_{BR0} を複数の光 $L_1 \sim L_N$ に分波する。分波器66の後段には、これから出射された光 $L_1 \sim L_N$ のそれぞれの入射位置を検出して位置信号を出力する光位置検出器60(1)~60(N)が配置されている。このような光位置検出器としては、例えば、1列に並んだ複数の受光素子(例えば、フォトダイオードやフォトトランジスタ)を含む1次元アレイ光検出器や、位置検出素子(PSD: Position Sensitive Detector)が挙げられる。複数の光位置検出器60(1)~60(N)から出力された位置信号は、図1に示す信号処理手段に含まれる信号処理部に入力される。

【0034】ここで、図6を参照しながら、本実施形態の超音波診断装置における超音波の音圧の測定プロセスについて説明する。図5に示す1次元受信アレイ部12に含まれる複数のFBG51(1)~51(N)の反射波長特性は、対応するFBG51(1)~51(N)が受けた超音波の音圧や温度変化等の環境変動に基づいて変化する。これにより、図6に示すように、分波器66から出射された光 L_1 は、光位置検出器60(1)に入射する位置を変える。分波器66から出射された残りの光 $L_2 \sim L_N$ についても同様である。尚、図6において、破線は、FBG51(1)に加わる音圧がゼロであるときの入射光路を表している。また、一点鎖線は、FBG51(1)に加わる音圧が最大負音圧であるときの入射光路を表し、二点鎖線は、FBG51(1)に加わる音圧が最大正音圧であるときの入射光路を表してい

る。

【0035】超音波がFBG51(1)に印加されていないときには、FBG51(1)の反射波長特性が環境変動だけに基づいて変化する。このため、このときの光位置検出器60(1)の位置信号は、環境変動による影響だけを含んでいる。一方、超音波がFBG51(1)に印加されているときには、FBG51(1)の反射波長特性が超音波と環境変動との両方に基づいて変化する。このため、このときの光位置検出器60(1)の位置信号は、超音波と環境変動との両方による影響を含んでいる。

【0036】そこで、本実施形態においては、信号処理部17は、超音波がFBG51(1)に印加されていないときの光位置検出器60(1)からの位置信号を定期的(例えば、超音波診断装置の起動時)に読み出し、さらに、この位置信号を基準ゼロ点信号とし、光位置検出器60(1)から出力される位置信号の変化をFBG51(1)に加わる音圧の変化として読み出す。残りのFBG51(2)~51(N)についても同様である。これにより、温度変化等の環境変動がある場合にも、FBG51(1)~51(N)の各々が受けた超音波の音圧を正確に測定することができる。

【0037】図7は、図5に示す光送受信部に含まれる分波器の構成例を示す図である。図7においては、分波器として、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)を用いた分波回路が示されている。この分波回路は、1本の入力導波路70が接続された入力側スラブ導波路71と、複数の出力導波路72(1)~72(N)が接続された出力側スラブ導波路73との間を、一定の導波路長差を持たされた複数のアレイ導波路74(1)~74(N)により接続した構成となっている。

【0038】入力側スラブ導波路71は、入力導波路70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73は、複数の出力導波路72(1)~72(N)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74(1)~74(N)は、それぞれの光軸が入力側スラブ導波路71及び出力側スラブ導波路73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71及び出力側スラブ導波路73がレンズと同等の動作を実現する。

【0039】複数の波長成分(λ_1 、 λ_2 、...、 λ_N)を含む光は、入力導波路70に入射すると、入力側スラブ導波路71において回折により広がり、複数のアレイ導波路74(1)~74(N)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74(1)~74(N)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73に達する。出力側スラブ導波路73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72(1)

~72(N)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。尚、図7に示す分波回路における入力側と出力側とを入れ替えれば、図5に示す光送受信部に含まれる合波器が実現される。

【0040】図8は、図5に示す光送受信部に含まれる広帯域光源の構成例を示す図である。図8においては、広帯域光源として、ASE (Amplified Spontaneous Emission: 増幅された自然放出光) 光源の一例が示されている。このASE光源は、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出射できるように変えたものであり、光増幅用の光ファイバ80を含んでいる。尚、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 pp. 718-724 1999年7月)を参照されたい。光ファイバ80の一方の端部には、レンズ81が取り付けられており、他方の端部には、励起光反射用のFBG82が形成されている。レンズ81の左側には、レーザ発振器83が励起光源として配置されている。レーザ発振器83において発生した光は、レンズ81を介して光ファイバ80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FBG82を透過する。尚、ASE光源の代わりにブロードバンドファイバ光源を用いても良い。

【0041】本実施形態によれば、複数の波長成分を含む光が光ファイバを介して超音波探触子に供給されると、この光ファイバに接続された光導波路において分波され、光の反射波長特性が互いに異なる複数のFBGに入射する。これらのFBGは、印加される超音波の音圧や環境変動(例えば、温度変化)に基づいて反射波長を変化させる。これらのFBGによって反射された光は、光導波路において合波されて、光ファイバに供給される。従って、複数の変調された光が多重化されるため、超音波探触子に接続される光ファイバの本数を低減することができる。

【0042】また、本実施形態によれば、複数のFBGの反射波長特性が変化しても、これらの反射波長を常に含むように、広帯域光源が発生する光のスペクトルを設定することにより、従来のような光源や複数のFBGにおける正確な調整を不要とすることができる。そして、分波器から出射される複数の光のそれぞれの入射位置を、対応する光位置検出器により検出し、それぞれの光位置検出器から出力される位置信号に基づいて、信号処理部が、各々のFBGが受けた超音波の音圧情報を取得する。従って、温度変化等の環境変動がある場合にも、FBGが受けた超音波の音圧を正確に測定することができる。

【0043】尚、本実施形態によれば、PZTやPVDを材料とする圧電素子の代わりにFBGを用いて2次元センサアレイを作製し、光を用いて超音波の検出を行うため、歩留まりの低下によるコストアップや、微細配

線による電氣的インピーダンスの増大による感度低下を招くことはなく、感度向上や広帯域特性化、インピーダンスフリーの実現を期待できる。

【0044】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、2次元状に並べられた複数の超音波検出素子の入出力光を伝送する光ファイバの本数を低減し、且つ、光源や複数の超音波検出素子における煩雑な調整を必要とせずに、超音波検出素子が受けた超音波の音圧を正確に測定する超音波診断装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】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2】(a)は、図1に示す超音波診断装置に含まれる超音波探触子の構成を示す斜視図であり、(b)は、この超音波探触子に用いられる超音波発生素子及び超音波検出素子の配置例を示す図であり、(c)は、別の配置例を示す図である。

【図3】(a)は、図2に示す超音波探触子に含まれる1次元受信アレイ部の構成を示す斜視図であり、(b)は、この1次元受信アレイ部の投影図である。

【図4】(a)~(j)は、図3に示す1次元受信アレイ部の製造プロセスを示す図である。

【図5】(a)は、図1に示す超音波診断装置に含まれる光送受信部の構成を説明するための図であり、(b)は、この光送受信部に含まれる広帯域光源のスペクトル特性を示す図であり、(c)は、対応する1次元受信アレイ部に含まれる複数のファイバブラックグレーティングの反射波長特性を示す図である。

【図6】図1に示す超音波診断装置における超音波の音圧の測定プロセスを説明するための図である。

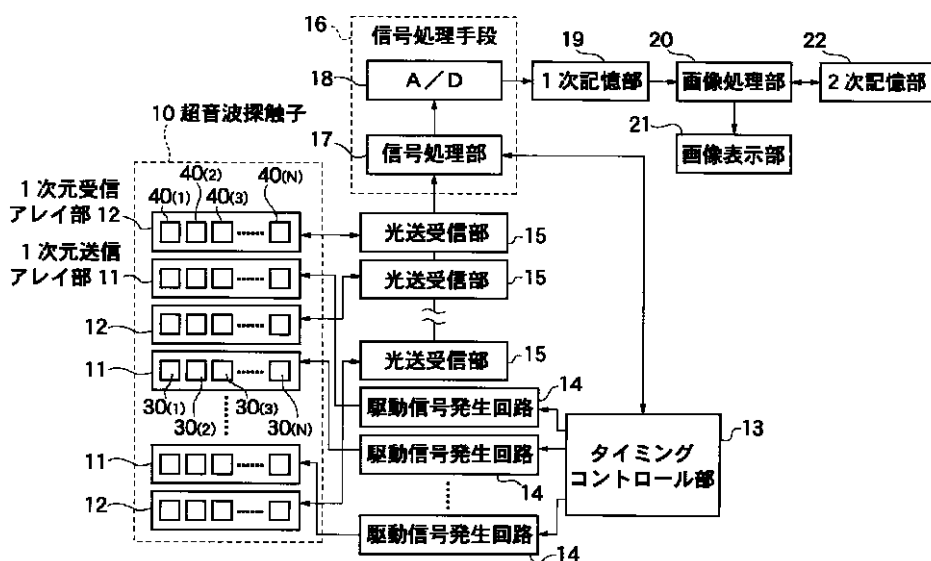
【図7】図5に示す光送受信部に含まれる分波器の構成例を示す図である。

【図8】図5に示す光送受信部に含まれる広帯域光源の構成例を示す図である。

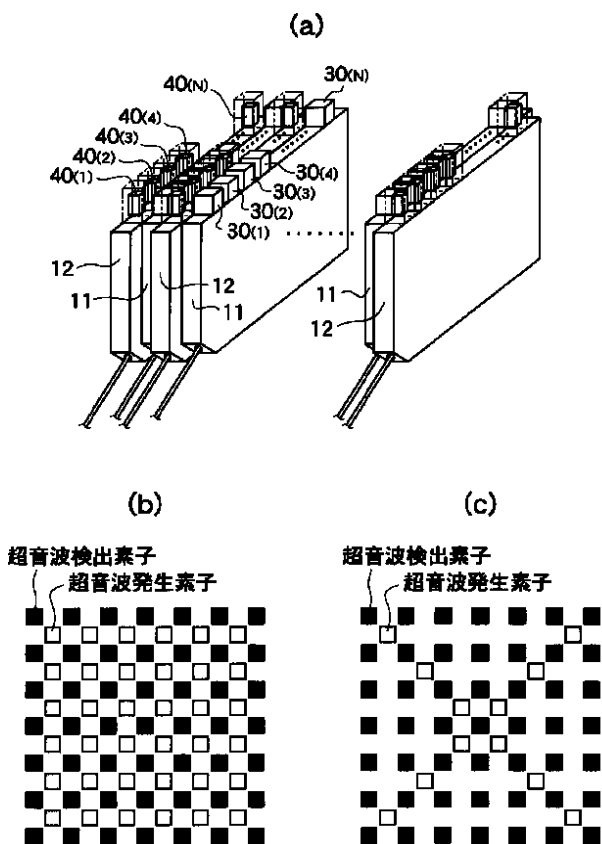
【符号の説明】

- 10 超音波探触子
- 11 1次元送信アレイ部
- 12 1次元受信アレイ部
- 14 駆動信号発生回路
- 15 光送受信部
- 17 信号処理部
- 30(1)~30(N) 超音波発生素子
- 40(1)~40(N) 超音波検出素子
- 50(1)~50(N) 光導波路
- 51(1)~51(N) ファイバブラックグレーティング
- 52(1)~52(N-1) スリット
- 60(1)~60(N) 光位置検出器
- 61 広帯域光源

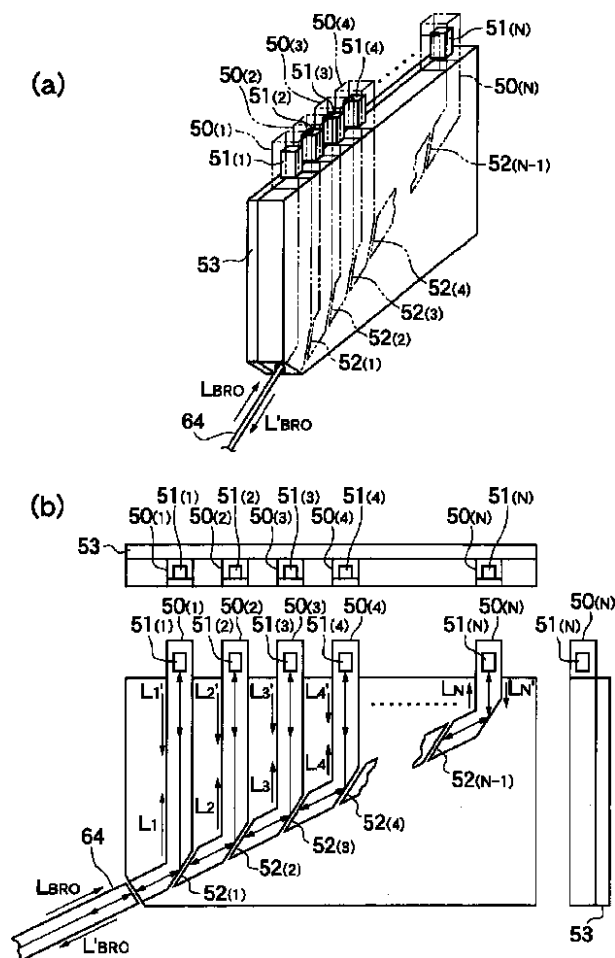
【図1】



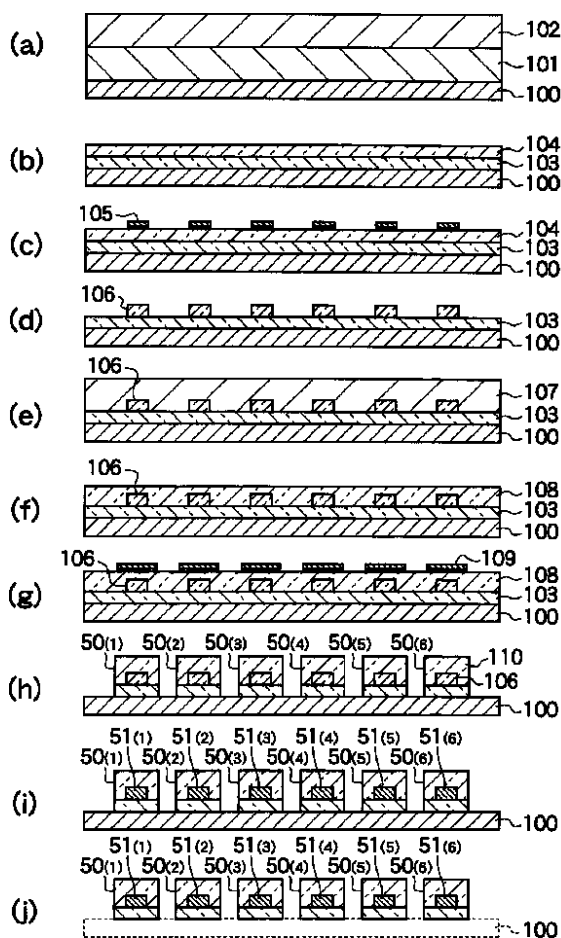
【図2】



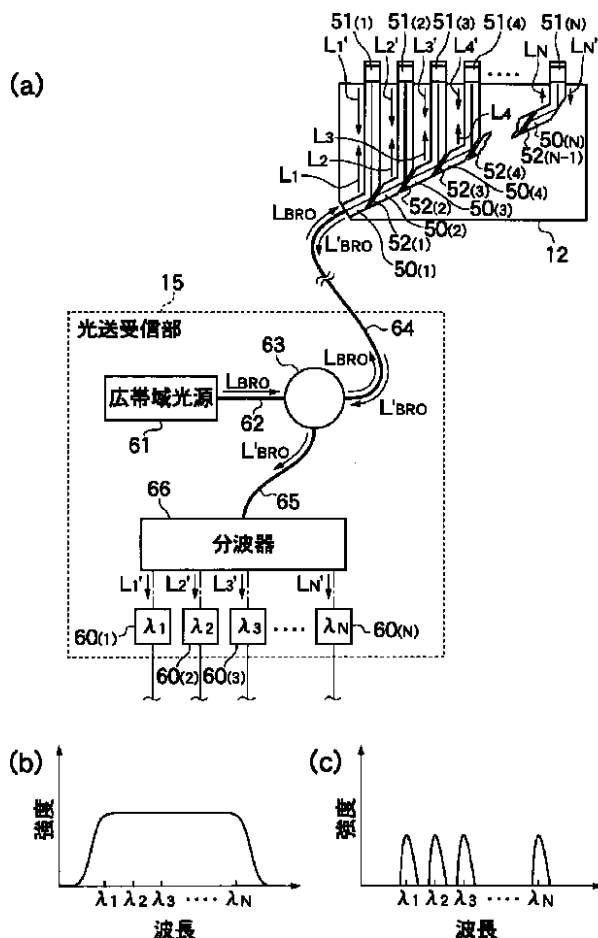
【図3】



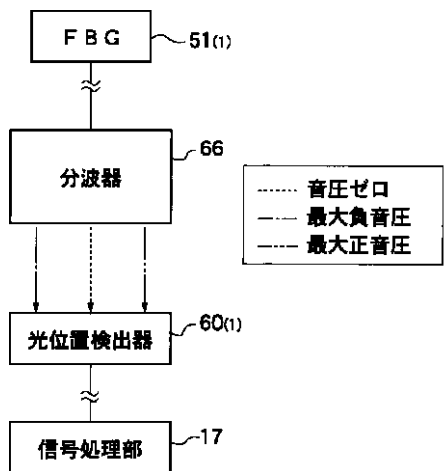
【図4】



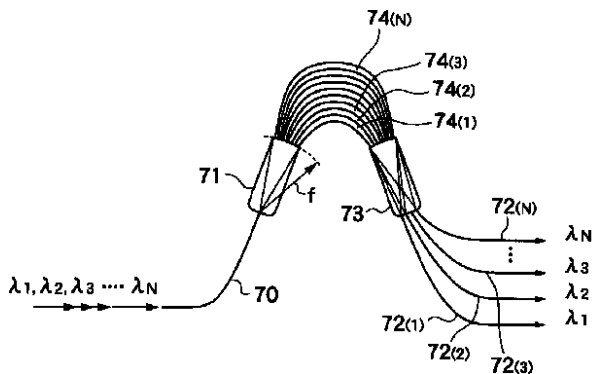
【図5】



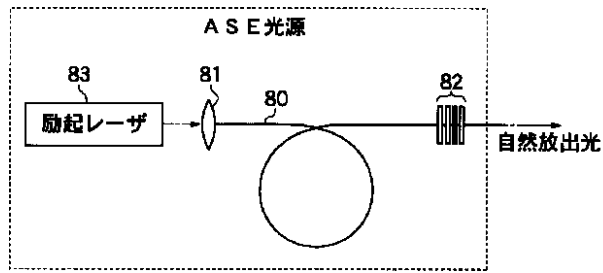
【図6】



【図7】



【図8】



专利名称(译)	超声诊断设备		
公开(公告)号	JP2002209893A	公开(公告)日	2002-07-30
申请号	JP2001011364	申请日	2001-01-19
[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	戸井田昌宏		
发明人	戸井田 昌宏		
IPC分类号	A61B8/00 H04R17/00		
FI分类号	A61B8/00 H04R17/00.332.A		
F-TERM分类号	4C301/EE15 4C301/EE17 4C301/GB09 4C301/GB40 4C301/JA03 5D019/AA06 5D019/AA26 5D019/BB18 5D019/BB19 5D019/FF04 4C601/EE12 4C601/EE14 4C601/GB01 4C601/GB03 4C601/GB06 4C601/GB50 4C601/GD01 4C601/GD02 4C601/GD03		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：减少用于传输二维布置的多个超声检测元件的输入/输出光的光纤的数量，并且需要对光源和多个超声检测元件进行复杂的调整。
 超声波诊断设备能够准确地测量由超声波检测元件接收的超声波的声压。
 解决方案：从第一端入射的光被多路分解并提供给多个第二端，从多个第二端返回的光被组合以产生第一光。将被提供给端部的光波导，分别形成在光波导的多个第二端部并且具有不同的光反射波长特性的多个纤维黑光栅以及用于产生具有预定波长带的光的光源 基于分别检测解复用器的发射光的入射位置的光学位置检测器和光学位置检测器的输出信号，光纤黑光栅接收到的超声波的声音 提供了一种用于获得压力信息的信号处理单元。

