

(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 - 209892

(P2002 - 209892A)

(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 29/24		G 0 1 N 29/24	2 H 0 4 7
G 0 1 S 7/521		H 0 4 R 1/22	4 C 3 0 1
G 0 2 B 6/12		17/00	332 Y 5 D 0 1 9
H 0 4 R 1/22	330	G 0 1 S 7/52	A 5 J 0 8 3
審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 10数) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願2001 - 11363(P2001 - 11363)

(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)

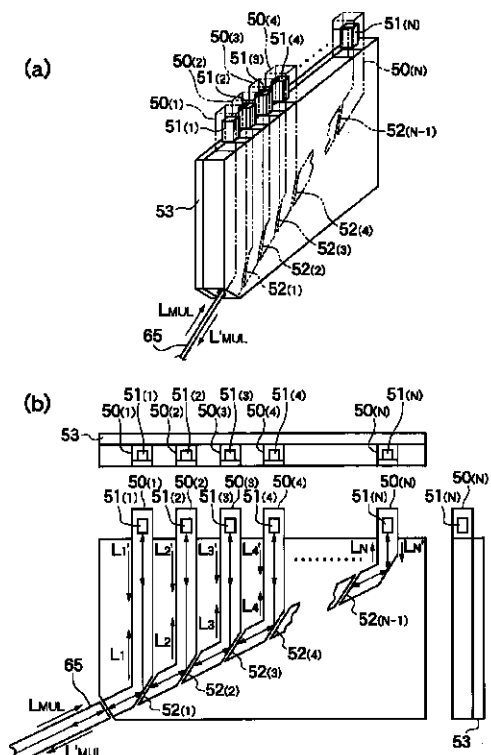
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超音波探触子及びこれを用いた超音波診断装置

(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可能な超音波探触子等を提供する。

【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し、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と、を具備する超音波探触子。

【請求項 2】 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いることを特徴とする請求項 1 記載の超音波探触子。

【請求項 3】 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 又は 2 記載の超音波探触子。

【請求項 4】 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具備する請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項記載の超音波探触子。

【請求項 5】 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とを含む超音波探触子と、前記超音波探触子との間において、複数の波長成分を含む光を光ファイバを介して送受信する光送受信手段と、を具備する超音波診断装置。

【請求項 6】 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請求項 5 記載の超音波診断装置。

【請求項 7】 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 5 又は 6 記載の超音波診断装置。

【請求項 8】 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 5 ～ 7 のいずれか 1 項記載の超音波診断装置。

【請求項 9】 前記光送受信手段が、互いに波長の異なる光を発生する複数の光源と、前記複数の光源において発生した光を合波する合波手段と、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、前記合波手段から出力された光を光ファイバに供給し、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を検出する複数の光検出手段と、を含むことを特徴とする請求項 5 ～ 8 のいずれか 1 項記載の超音波診断装置。

【請求項 10】 前記複数の光源が、発振波長が互いに異なる複数のレーザ発振器をそれぞれ含むことを特徴とする請求項 9 記載の超音波診断装置。

【請求項 11】 前記合波手段及び前記分波手段の内の少なくとも一方が、アレイ導波路回折格子を含むことを特徴とする請求項 9 又は 10 記載の超音波診断装置。

10 【請求項 12】 前記光送受信手段が、複数の波長成分を含むスペクトル特性を示す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を検出する複数の光検出手段と、を含むことを特徴とする請求項 5 ～ 8 のいずれか 1 項記載の超音波診断装置。

【請求項 13】 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 12 記載の超音波診断装置。

【請求項 14】 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 12 又は 13 記載の超音波診断装置。

30 【請求項 15】 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 9 ～ 14 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に関し、さらに、そのような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】

【従来の技術】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PVDf（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 10 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 20 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 30 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 40 てしまう。

【0008】

【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可能な超音波探触子を提供することを目的とする。さらに、本発明は、そのような超音波探触子を用いた超音波診断装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】以上の課題を解決するた 50

め、本発明に係る超音波探触子は、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具備する。

【0010】また、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において、複数の波長成分を含む光を光ファイバを介して送受信する光送受信手段とを具備する。

【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に基づいて入射光を変調する。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】

【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。

【0013】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)から超音波を発生させ、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。

【0014】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、超音波が印加されると、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。複数の光送受信部15は、対応する1次元受信アレイ部12から供給された光信号に基づいて複数の電気信号(検出信号)を出力する。複数の光送受信部15の検出信号は、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、それぞれの光送受信部15の検出信号を取り込む。

【0015】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。

【0016】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。

【0017】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。

【0018】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ググレーティング(FBG)51(1)~51(N)が形成されている。

【0019】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に、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。

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

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。

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

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。

【0020】本実施形態においては、FBG51(1)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λ₁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λ₂(≠λ₁)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、F

B G 5 1 (1) ~ 5 1 (N) の反射波長特性は互いに異なっている。複数の F B G 5 1 (1) ~ 5 1 (N) 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 F B G 5 1 (1) ~ 5 1 (N) を構成する各層の周期構造のピッチ d が変化し、それぞれのブラッグ波長を変える。従って、超音波の受信中にそれぞれの F B G 5 1 (1) ~ 5 1 (N) 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。

【0021】光導波路 5 0 (1) の末端部は、光ファイバ 6 5 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 5 0 (2) の末端部は、ビームスプリッタとして働くスリット 5 2 (1) を介して、光導波路 5 0 (1) の末端部と接続されている。また、光導波路 5 0 (3) の末端部は、ビームスプリッタとして働くスリット 5 2 (2) を介して、光導波路 5 0 (2) の末端部と接続されている。残りの光導波路 5 0 (4) ~ 5 0 (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 5 0 (1) ~ 5 0 (N) をこのように接続することにより、プレーナ光波回路 (P L C : Planar Lightwave Circuit) が実現されている。

【0022】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。複数の波長成分 (λ_1 、 λ_2 、...、 λ_N) を含む光 L_{MUL} 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 5 2 (1) ~ 5 2 (N - 1) を通過することに分波される。光導波路 5 0 (1) に入射した光 L_1 (波長 : λ_1) は、F B G 5 1 (1) により光導波路 5 0 (1) に向けて反射され、F B G 5 1 (1) 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 5 0 (2) に入射した光 L_2 (波長 : λ_2) は、F B G 5 1 (2) により光導波路 5 0 (2) に向けて反射され、F B G 5 1 (2) 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 : λ_3) ~ L_N (波長 : λ_N) についても同様である。それぞれの F B G 5 1 (1) ~ 5 1 (N) の出射光 $L_1' \sim L_N'$ は、対応するスリット 5 2 (1) ~ 5 2 (N) において順に合波され、光ファイバ 6 5 を介して、対応する光送受信部 (図 1 参照) に供給される。

【0023】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 1 0 0 上に SiO_2 ガラス微粒子を成分とする SiO_2 下部クラッド層 1 0 1 と、 SiO_2 - GeO_2 ガラス微粒子を成分とする SiO_2 - GeO_2 コア層 1 0 2 とを順に形成する。さらに、シリコン基板 1 0 0 を加熱して SiO_2 下部クラッド層 1 0 1 と SiO_2 - GeO_2 コア層 1 0 2 とを溶融することにより、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 1 0 3 とコア層 1 0 4 とを形成する。

【0024】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 1 0 5 をコア層 1 0 4 上に形成する。さらに、レジスト膜 1 0 5 を介してコア層 1 0 4 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 1 0 6 がクラディング層 1 0 3 上に形成される。

【0025】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 1 0 3 及び複数のコア 1 0 6 の上に、 SiO_2 ガラス微粒子を成分とする SiO_2 上部クラッド層 1 0 7 を形成する。さらに、シリコン基板 1 0 0 を加熱して SiO_2 上部クラッド層 1 0 7 を溶融することにより、図 4 (f) に示すように、これを透明化してクラディング層 1 0 8 を形成する。

【0026】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 1 0 9 をクラディング層 1 0 8 上に形成する。さらに、レジスト膜 1 0 9 を介してクラディング層 1 0 8 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 1 1 0 が形成されて、複数の光導波路 5 0 (1)、5 0 (2)、... が完成する。

【0027】次に、それぞれの光導波路 5 0 (1)、5 0 (2)、... の先端部のコア 1 0 6 に、図 4 (i) に示すように、反射波長特性の異なる F B G 5 1 (1)、5 1 (2)、... を形成する。尚、F B G 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 1 0 0 における複数の F B G 5 1 (1)、5 1 (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。

【0028】図 5 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示す図である。図 5 に示すように、この光送受信部は、発振波長の異なる複数のレーザ発振器 6 0 (1) ~ 6 0 (N) を含んでいる。レーザ発振器 6 0 (1) は、中心波長が λ_1 の光 L_1 を発生し、レーザ発振器 6 0 (2) は、中心波長が λ_2 の光 L_2 を発生する。残りのレーザ発振器 6 0 (3) ~ 6 0 (N) についても同様である。このようなレーザ発振器としては、例えば、半導体レーザが用いられる。

【0029】それぞれのレーザ発振器 6 0 (1) ~ 6 0 (N) には、対応する光ファイバ 6 1 (1) ~ 6 1 (N) を介して、波長の異なる複数の光を合波する合波器 6 2 が接続されている。合波器 6 2 は、複数の光ファイバ 6 1 (1) ~ 6 1 (N) から入射した光 $L_1 \sim L_N$ を合波する。これにより、合波器 6 2 からは、複数の光 $L_1 \sim L_N$ が多重化した光 L_{MUL} が出射される。

【0030】合波器 6 2 には、光ファイバ 6 3 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64が接続されている。合波器62から出射された光 L_{MUL} は、サーキュレータ64において光ファイバ65に入射し、対応する1次元受信アレイ部(図1参照)に供給される。この1次元受信アレイ部から光ファイバ65に供給された光 L_{MUL}' は、サーキュレータ64において光ファイバ66に入射する。

【0031】サーキュレータ64には、光ファイバ66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67が接続されている。分波器67は、光ファイバ66から入射した光 L_{MUL}' を複数の光 $L_1' \sim L_N'$ に分波する。分波器67には、検出する波長帯域の異なる複数の光検出器69(1)~69(N)が、対応する光ファイバ68(1)~68(N)を介して接続されている。複数の光検出器69(1)~69(N)は、対応する光ファイバ68(1)~68(N)から入射した光 $L_1' \sim L_N'$ に基づいて検出信号(電気信号)を出力する。複数の光検出器69(1)~69(N)の検出信号は、図1に示す信号処理手段の信号処理部に入力される。

【0032】図6(a)は、図5に示す光送受信部に含まれる光検出器の検出特性を示す図であり、図6(b)は、この光検出器に対応するFBGの反射波長特性を示す図である。図5に示す光送受信部に含まれる複数の光検出器は、図6(a)に示すように、一定の波長を中心とし、一定の波長帯域に亘る検出特性を示す。一方、それぞれの光検出器に対応するFBGの反射波長特性は、印加される超音波に基づいて変化する。すなわち、図6(b)に示すように、FBGの反射波長特性は、加えられる音圧が負となると、実線で表す特性から一点鎖線で表す特性に変化し、加えられる音圧が正となると、実線で表す特性から二点鎖線で表す特性に変化する。これにより、光検出器の検出信号の信号レベルが変化し、この変化に基づいて、被検体に関する情報が取得される。

【0033】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。

【0034】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7

3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。

【0035】複数の波長成分($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$)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。

【0036】図8は、図1に示す超音波診断装置に含まれる光送受信部の別の構成例を示す図である。図8に示す光送受信部においては、複数のレーザ発振器及び合波器の代わりに、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)80が用いられており、広帯域光源80には、サーキュレータ64が光ファイバ81を介して接続されている。広帯域光源80において発生した光 L_{BRO} は、サーキュレータ64において光ファイバ65に入射し、対応する1次元受信アレイ部(図1参照)に供給され、超音波の印加に基づく光 L_{BRO}' に変調される。この1次元受信アレイ部から光ファイバ65に供給された光 L_{BRO}' は、サーキュレータ64において光ファイバ66に入射する。

【0037】図9(a)は、図8に示す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9(b)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。尚、図9(b)は、図8に示す光送受信部に含まれる分波器の分波特性も示している。図8に示す光送受信部に含まれる広帯域光源80は、図9(a)に示すように、波長 λ_1 から波長 λ_N に至る波長帯域を含む広いスペクトル特性を示す。一方、対応する1次元受信アレイ部に用いられる複数のFBGの反射波長特性は、図9(b)に示すように、対応する波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ を中心とする反射波長特性を示す。これらFBGの反射波長特性は、周囲の音圧に応じて変化し、対応する光検出器の出力信号の信号レベルを変化させるため、この変化に基づいて、被検体に関する情報が取得される。

【0038】図10は、図8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10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 and 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 90 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 90 の一方の端部には、レンズ 91 が取り付けられており、他方の端部には、励起光反射用の F B G 92 が形成されている。レンズ 91 の左側には、レーザ発振器 93 が励起光源として配置されている。レーザ発振器 93 において発生した光は、レンズ 91 を介して光ファイバ 90 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 F B G 92 を透過する。尚、A S E 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。

【0039】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 F B G に入射する。これらの F B G は、印加される超音波の音圧に基づいて入射光を変調する。これらの F B G 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。

【0040】尚、本実施形態によれば、P Z T や P V D F を材料とする圧電素子の代わりに F B G 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。

【0041】

【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た超音波探触子や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】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示す図である。

【図 6】(a) は、図 5 に示す光送受信部に含まれる光検出器の検出特性を示す図であり、(b) は、この光検出器に対応する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 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 1 に示す超音波診断装置に含まれる光送受信部の別の構成例を示す図である。

【図 9】(a) は、図 8 に示す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、(b) 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 10】図 8 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

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) レーザ発振器

62 合波器

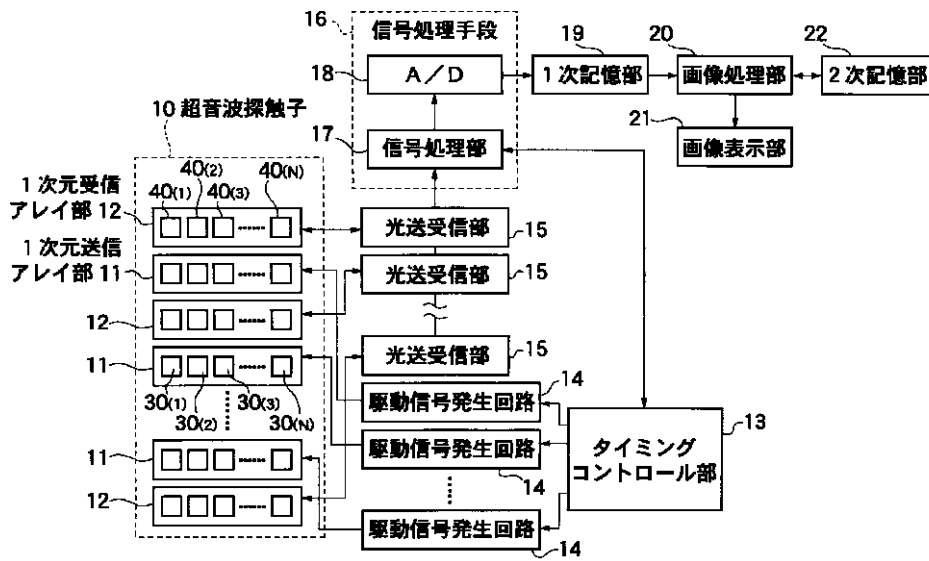
64 サークュレータ

67 分波器

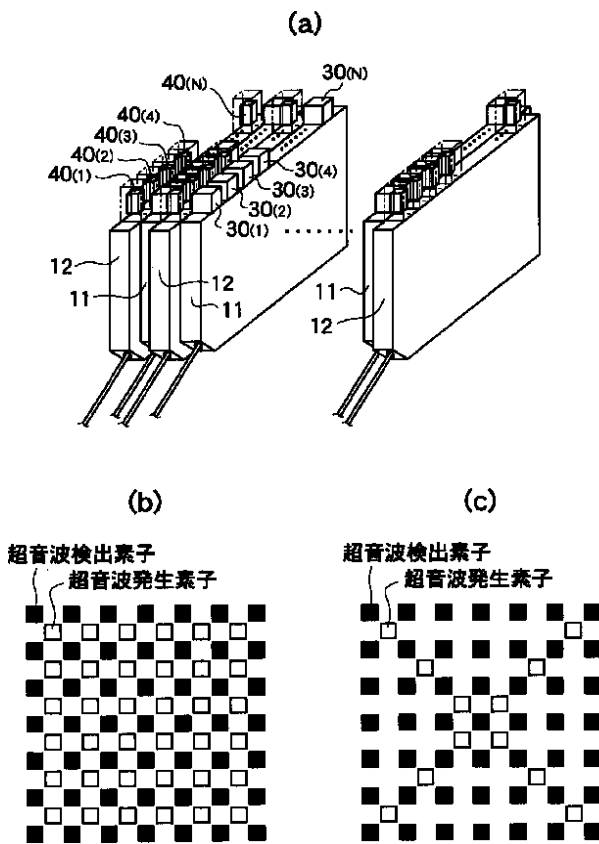
69 (1) ~ 69 (N) 光検出器

80 広帯域光源

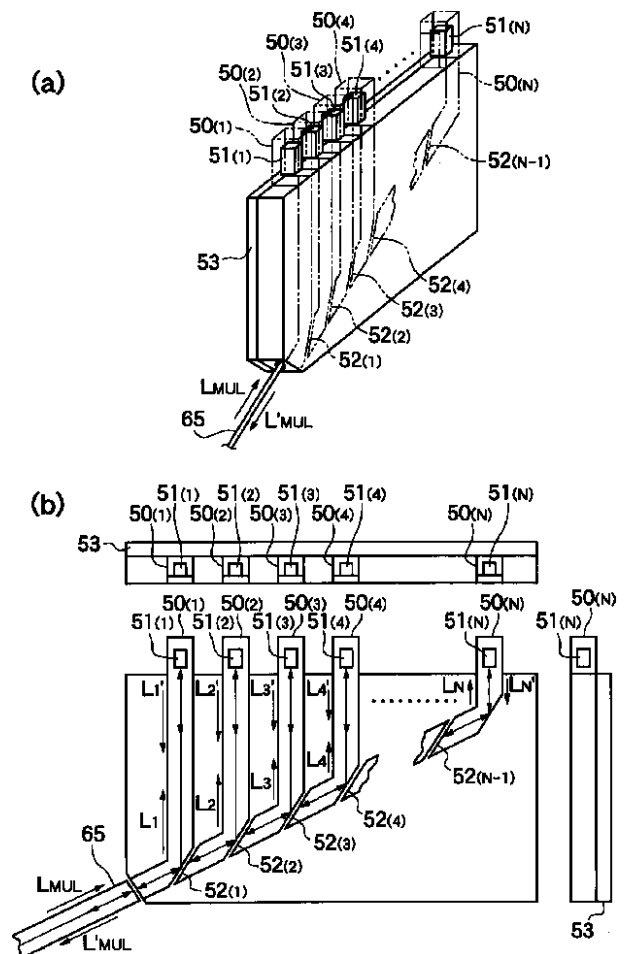
【図1】



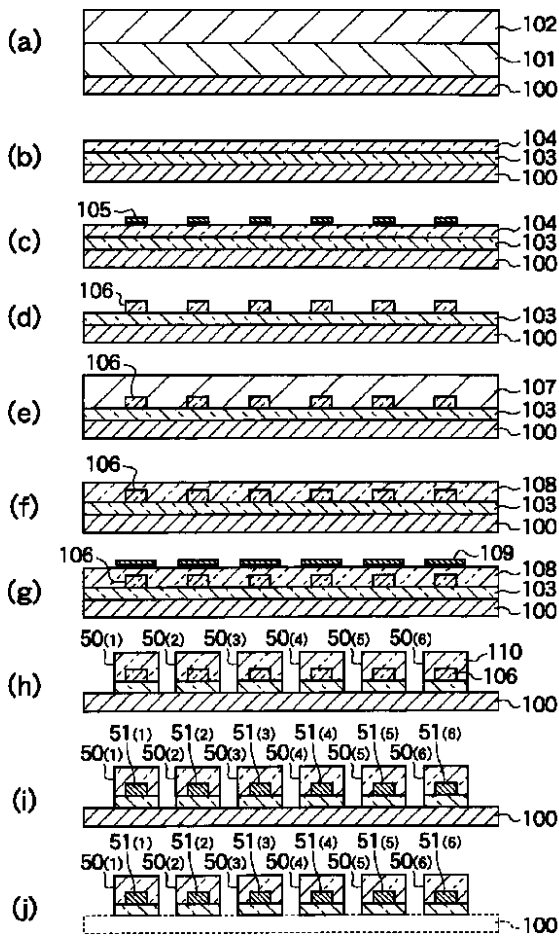
【図2】



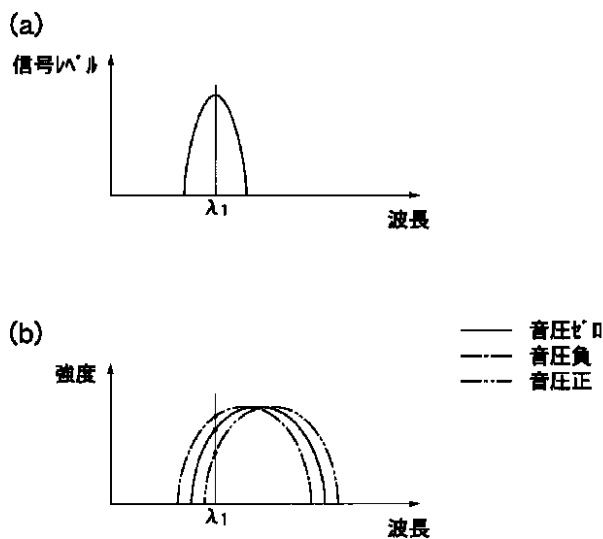
【図3】



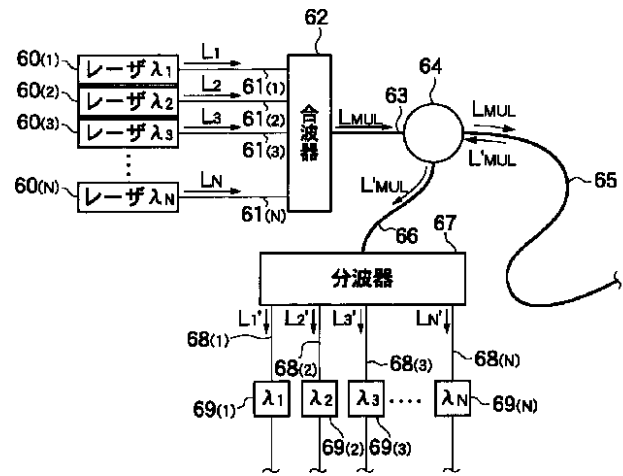
【図4】



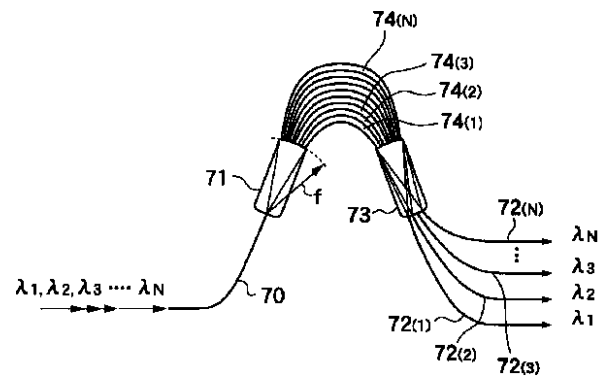
【図6】



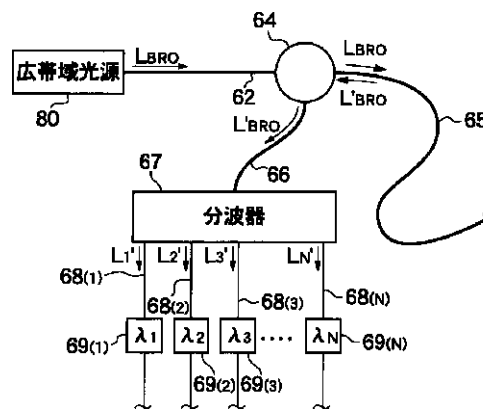
【図5】



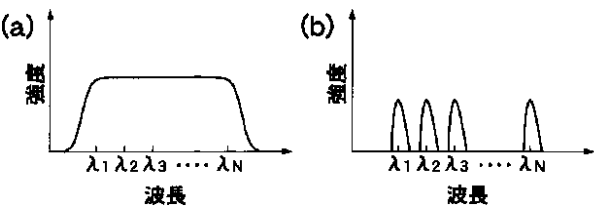
【図7】



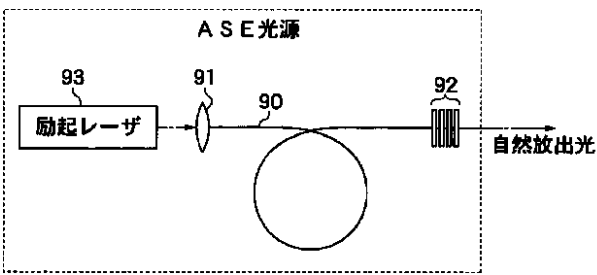
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード [*] (参考)
H 0 4 R 17/00	3 3 2	G 0 2 B 6/12	F
F タ-ム(参考)	2G047 EA14 EA16 GD00		
	2H047 KA04 KB09 LA03 LA16 LA19		
	MA07 NA05 RA01 TA01 TA11		
	4C301 EE15 EE17 GA20 GB02 GB09		
	GB40 JA03 JB29		
	5D019 AA07 BB04 BB19 CC09 FF04		
	5J083 AA02 AB17 AC29 AC40 CA13		
	CA50		

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	JP2002209892A	公开(公告)日	2002-07-30
申请号	JP2001011363	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	G01N29/24 A61B8/00 G01S7/521 G02B6/12 H04R1/22 H04R17/00		
FI分类号	A61B8/00 G01N29/24 H04R1/22.330 H04R17/00.332.Y G01S7/52.A G02B6/12.F G01S7/521.A G02B6/12.331 G02B6/124		
F-TERM分类号	2G047/EA14 2G047/EA16 2G047/GD00 2H047/KA04 2H047/KB09 2H047/LA03 2H047/LA16 2H047/LA19 2H047/MA07 2H047/NA05 2H047/RA01 2H047/TA01 2H047/TA11 4C301/EE15 4C301/EE17 4C301/GA20 4C301/GB02 4C301/GB09 4C301/GB40 4C301/JA03 4C301/JB29 5D019/AA07 5D019/BB04 5D019/BB19 5D019/CC09 5D019/FF04 5J083/AA02 5J083/AB17 5J083/AC29 5J083/AC40 5J083/CA13 5J083/CA50 2H147/AA02 2H147/AB04 2H147/AB17 2H147/BC06 2H147/BE03 2H147/BG08 2H147/CA12 2H147/CB01 2H147/EA13C 2H147/EA14A 2H147/EA14B 2H147/EA35A 2H147/FA21 2H147/FA26 2H147/FC05 2H147/GA30 4C601/EE12 4C601/EE14 4C601/GB01 4C601/GB03 4C601/GB06 4C601/GB50 4C601/GD01 4C601/GD02 4C601/GD03 4C601/JB34 4C601/JB45		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供一种超声波探头等，该超声波探头等能够减少二维地排列的多个超声波检测元件的用于透射输入输出光的光纤的数量。从第一端入射的光被解复用并提供给多个第二端，并且从多个第二端返回的光被组合以产生第一光。分别形成被供给到该光波导的端部和多个第二端部的光波导，根据所施加的超声波的声压对入射光进行调制和反射，从而改变光的反射波长特性。以及多个彼此不同的纤维黑光栅。

