

(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 - 336244

(P2002 - 336244A)

(43)公開日 平成14年11月26日(2002.11.26)

(51)Int.Cl<sup>7</sup>

識別記号

F I

テームト(参考)

A 6 1 B 8/00

A 6 1 B 8/00

4 C 3 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 11数)

(21)出願番号 特願2001 - 142707(P2001 - 142707)

(71)出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

(22)出願日 平成13年5月14日(2001.5.14)

神奈川県南足柄市中沼210番地

(31)優先権主張番号 特願2001 - 73316(P2001 - 73316)

(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

(32)優先日 平成13年3月15日(2001.3.15)

写真フイルム株式会社内

(33)優先権主張国 日本(JP)

(74)代理人 100100413

弁理士 渡部 温 (外1名)

Fターム(参考) 4C301 AA03 EE12 EE16 GB03 GB09

GB36 GB37 GB40 JB03 JC01

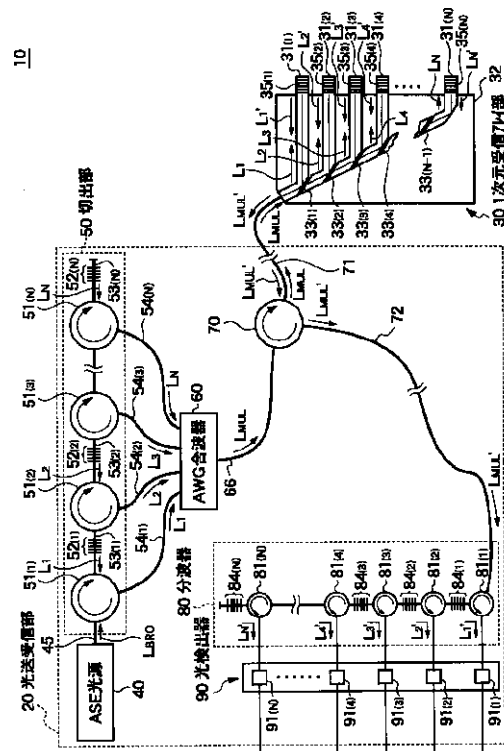
JC20 KK03 KK16 LL03

(54)【発明の名称】 超音波受信装置及び超音波診断装置

(57)【要約】

【課題】 光検出方式を用いた超音波受信装置において、温度変化による超音波受信感度の変化を少なくすると共に、装置の小型化を図る。

【解決手段】 ASE光源40から発生した光の中から波長の異なる所定の複数の光を抽出する複数のファイバブラッググレーティング52(1)、52(2)、...、52(N)と、光の反射波長特性が互いに異なり、超音波を受けると入射光を変調して反射する複数のブラッググレーティング部35(1)、35(2)、...、35(N)が先端部にそれぞれ形成され、末端部が1本の光ファイバ71に接続された光導波路31(1)、31(2)、...、31(N)と、光反射素子として働く複数のブラッググレーティング部84(1)、84(2)、...、84(N)とを具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 連続的なスペクトルを有する光を発生する光源と、

前記光源から発生した光の中から所定の波長を有する複数の光を選択的に抽出する第1の複数の光フィルタ素子と、

前記第1の複数の光フィルタ素子によって抽出された複数の光を合波する合波器と、

前記合波器によって合成された光を第1の端部から入射して、入射光を複数の第2の端部に分波して供給し、複数の第2の端部から反射された反射光を合波して前記第1の端部から出射する光導波路と、

光の反射波長特性が互いに異なるように前記光導波路の複数の第2の端部にそれぞれ形成され、超音波を受信することにより入射光を変調して反射する超音波有感部をそれぞれ有する複数の超音波検出素子と、

前記光導波路が出射した光を波長に応じて選択的に抽出する第2の複数の光フィルタ素子と、

前記第2の複数の光フィルタ素子から出射される光を検出して複数の検出信号を出力する複数の光検出器と、を具備する超音波受信装置。

【請求項2】 前記超音波有感部が、ブラッググレーティング構造又はファブリーペロー共振器構造を含む、請求項1記載の超音波受信装置。

【請求項3】 前記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又は2記載の超音波用探触子。

【請求項4】 前記第1の複数の光フィルタ素子と、前記複数の超音波検出素子と、前記第2の複数の光フィルタ素子とが、光学特性の温度依存性が実質的に等しい材質を含む、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】 前記第1の複数の光フィルタ素子の各々によって抽出される光の波長及びそのスペクトルの半値幅をそれぞれ 及び とするとき、

各光フィルタ素子に対応する超音波検出素子が有する反射率傾斜領域における下限の波長 (L) 及び上限の波長 (H) が、

$$(L) < < (H) < | (H) - (L) |$$

を満たすように設定され、各超音波検出素子に対応する第2の光フィルタ素子が有する透過率又は反射率平坦領域における下限の波長波長 (L) 及び上限の波長 (H) と、透過率又は反射率平坦領域の幅 とが、

$$(L) < < (H) < | (H) - (L) |$$

を満たすように設定されている、請求項1～4のいずれか1項記載の超音波受信装置。

【請求項6】 前記第1の複数の光フィルタ素子と、前

50

\*記複数の超音波検出素子と、前記第2の複数の光フィルタ素子とが、熱的に結合している、請求項1～5のいずれか1項記載の超音波受信装置。

【請求項7】 前記光源が、ASE (増幅された自然放出) 光源を含む、請求項1～6のいずれか1項記載の超音波受信装置。

【請求項8】 前記合波器が、AWG (アレイ導波路格子) 合波器を含む、請求項1～7のいずれか1項記載の超音波受信装置。

【請求項9】 前記第2の複数の光フィルタ素子の各々が、ブラッググレーティング構造又はAWG (アレイ導波路格子) 分波構造を有する、請求項1～8のいずれか1項記載の超音波受信装置。

【請求項10】 前記合波器によって合成された光を前記光導波路に供給し、前記光導波路から戻って来た光を前記合波器とは別の方向に出射する切替部と、前記切替部から出射された光を前記第2の複数の光フィルタ素子に供給する分波器と、をさらに具備する請求項1～9のいずれか1項記載の超音波受信装置。

【請求項11】 前記切替部が、光サーキュレータ又はハーフミラーを含む、請求項10記載の超音波受信装置。

【請求項12】 前記光検出部が、複数のフォトダイオードにより構成されるフォトダイオードアレイ又はCCD (電荷結合素子) を含む、請求項1～11のいずれか1項記載の超音波受信装置。

【請求項13】 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、請求項1～12のいずれか1項記載の超音波受信装置。

【請求項14】 請求項1～13のいずれか1項記載の超音波受信装置と、前記超音波受信装置の出力信号を画像処理して表示する画像処理表示部と、を具備する超音波診断装置。

【請求項15】 被検体に超音波を送信する超音波送信手段をさらに具備する請求項14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、超音波を受信するための超音波受信装置に関する。さらに、本発明は、そのような超音波受信装置を用いて被検体中を伝搬した超音波を受信することにより医療診断を行うために用いる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、位置センサ付きの1次元センサアレイをスキャンさせて深度方向の断面に関する2次元画像を取得し、さらに、このようにして取得した複数の2次元画像を合成して3次元画像を実現していた。

【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、生体のような、動きを伴う被写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（振動子又は探触子）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るのが一般的であり、これらの素子を用いて2次元アレイを製作する手法が検討されている。しかし、上述の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。

【0006】また、受信した超音波に基づいて入射光を変調して反射する超音波検出素子を用いることにより、超音波を受信することも考えられる（以下、「光検出方式」という）。しかしながら、このような超音波検出素子の中には、ブラッググレーティングのように、温度変化によって反射波長特性が変化するものがある。このため、光検出方式を用いた超音波受信装置においては、温度変化による超音波受信感度の変化が、実用上の大きな問題である。また、装置を小型化することも望まれている。

【0007】

【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、光検出方式を用いた超音波受信装置において、温度変化による超音波受信感度の変化を少なくすると共に、装置の小型化を図ることを目的とする。さらに、本発明は、そのような超音波受信装置を用いて被検体中を伝搬した超音波を検出することにより医療診断を行うための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受信装置は、連続的なスペクトルを有する光を発生する光源と、光源から発生した光の中から所定の波長を有する複数の光を選択的に抽出する第1の複数の光フィルタ素子と、第1の複数の光フィルタ素子によって抽出された複数の光を合波する合波器と、合波器によって合成された光を第1の端部から入射

して、入射光を複数の第2の端部に分波して供給し、複数の第2の端部から反射された反射光を合波して第1の端部から出射する光導波路と、光の反射波長特性が互いに異なるように光導波路の複数の第2の端部にそれぞれ形成され、超音波を受信することにより入射光を変調して反射する超音波有感部をそれぞれ有する複数の超音波検出素子と、光導波路が出射した光を波長に応じて選択的に抽出する第2の複数の光フィルタ素子と、第2の複数の光フィルタ素子から出射される光を検出して複数の検出信号を出力する複数の光検出器とを具備する。

【0009】また、本発明に係る超音波診断装置は、上記のような超音波受信装置と、該超音波受信装置の出力信号を画像処理して表示する画像処理表示部とを具備する。

【0010】本発明によれば、第1の複数の光フィルタ素子によって抽出した所定の波長を有する複数の光を合波して光導波路に送り、光導波路に形成された反射波長特性の異なる複数の超音波検出素子において超音波の受信を行う。受信した超音波によって変調された光は、再び合波されて第2の複数の光フィルタ素子に戻され検出される。これにより、装置の小型化を図ることができ、さらに、第1の光フィルタ素子と超音波検出素子と第2の光フィルタ素子の光学特性の温度依存性が揃っていれば、温度変化による超音波受信感度の変化を少なくすることが可能である。従って、複数の超音波検出素子の反射波長特性を正確に調整するなどの煩雑な作業を不要とし、温度変化に強いシステムを実現することができる。

【0011】

【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。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、本発明の一実施形態に係る超音波受信装置を示す図である。図1に示すように、超音波受信装置10は、被検体中を伝搬した超音波を受信する1次元受信アレイ部30と、1次元受信アレイ部30との間で複数の波長成分を含む光を送受信する光送受信部20とを備えている。

【0012】光送受信部20は、図2(a)に示すような連続したスペクトルを有する光 $L_{BRO}$ を発生するASE（Amplified Spontaneous Emission：増幅された自然放出）光源40を含んでいる。ASE光源40は、例えば、広帯域光増幅器（Broadband Optical Fiber Amplifier）の構造を、ASE光を出力できるように変更することで実現される。なお、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。図3は、ASE光源40の構成例を示す図であり、光ファイバ41の一方の端部には、レンズ42が取り付けられ、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43が形成されている。以下、光ファイバに形成されたブラッググレーテ

ィングをFBG（ファイブラッグレーティング）と略す。また、ブラッグレーティングの詳細については後述する。さらに、レンズ42の左側には、励起光源としてレーザ発振器44が配置されている。レーザ発振器44から発生した光は、レンズ42を介して光ファイバ41に入射して増幅され、増幅された光の一部がASE光としてFBG43を透過する。

【0013】再び図1を参照すると、ASE光源40には、光ファイバ45を介して、ASE光源40から発生した光 $L_{BRO}$ の中から波長の異なる所定の複数の光 $L_1$ （中心波長： $\lambda_1$ ）、 $L_2$ （中心波長： $\lambda_2$ ）、...、 $L_N$ （中心波長： $\lambda_N$ ）（ $N$ は2以上の整数）を切り出す切出部50が接続されている。切出部50は、図中左側から入射する光を図中右側に透過させ、図中右側から入射する光を図中下側に反射する複数の光サーキュレータ51（1）、51（2）、...、51（ $N$ ）を含んでいる。ASE光源40と光サーキュレータ51（1）との間は、光ファイバ45により接続されている。さらに、隣り合う2つの光サーキュレータ51（1）と51（2）との間は、FBG52（1）が中間部に形成された光ファイバ53（1）により接続されている。以下、隣り合う2つの光サーキュレータ間が、FBGが中間部に形成された光ファイバにより接続されている。

【0014】ここで、ブラッグレーティングについて説明する。ブラッグレーティングとは、屈折率の異なる2種類の材料層（光伝搬媒質）を、ブラッグの反射条件を満たすピッチ（間隔）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。任意の自然数を $m$ 、各層の周期構造のピッチを $d$ 、入射光の波長を $\lambda$ 、視射角（入射角の余角）を $\theta$ とすると、ブラッグの反射条件は、次の式（1）によって表される。

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

特に、視射角が $90^\circ$ であるときには、式（1）がさらに次の式（2）に書き換えられる。

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

ブラッグレーティングは、ブラッグ反射の作用により、式（2）の条件を満たす波長（ブラッグ波長）の光だけを選択的に反射し、ブラッグ波長以外の波長の光を透過させる。

【0015】本実施形態においては、図2（b）に示すように、FBG52（1）が波長 $\lambda_1$ を中心とした極めて狭い波長帯域に含まれる光を反射するように、FBG52（1）を構成する各層の周期構造のピッチが式（2）に基づいて設定されている。残りのFBG52（2）、52（3）、...、52（ $N$ ）についても同様である。これにより、図1に示すように、光サーキュレータ51（1）を図中右側に透過した光 $L_{BRO}$ の内の光 $L_1$ （波長： $\lambda_1$ ）だけが、FBG52（1）により図中左側に反射され、残りは、FBG52（1）を図中右側に透過する。FBG52（1）から図中左側に反射された

光 $L_1$ は、さらに、光サーキュレータ51（1）により図中下側に反射される。以下、同様にして、残りの光 $L_2$ 、 $L_3$ 、...、 $L_N$ が、対応する光サーキュレータ51（2）、51（3）、...、51（ $N$ ）から図中下側に射出される。切出部50は、このようにして、ASE光源40から発生した光 $L_{BRO}$ の中から複数の光 $L_1$ 、 $L_2$ 、...、 $L_N$ だけを切り出す。

【0016】また、複数の光サーキュレータ51（1）、51（2）、...、51（ $N$ ）には、対応する光ファイバ54（1）、54（2）、...、54（ $N$ ）を介して、波長の異なる複数の光を合波するアレイ導波路格子（AWG：Arrayed-Wavelength Grating）合波器60が接続されている。これにより、AWG合波器60からは、複数の光 $L_1$ 、 $L_2$ 、...、 $L_N$ を合波して多重化させた光 $L_{MUL}$ が射出される。

【0017】ここで、図4を参照しながら、アレイ導波路格子（AWG）合波器について説明する。AWG合波器には、プレーナ光波回路（PLC：Planar Lightwave Circuit）に含まれるアレイ導波路格子を用いるのが一般的である。図4に示すように、このアレイ導波路格子は、複数の入力導波路61（1）、61（2）、...、61（ $N$ ）が接続された入力側スラブ導波路62と、1本の出力導波路63が接続された出力側スラブ導波路64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65（1）、65（2）、...、65（ $N$ ）により接続して構成される。

【0018】入力側スラブ導波路62は、複数の入力導波路61（1）、61（2）、...、61（ $N$ ）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64は、出力導波路63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65（1）、65（2）、...、65（ $N$ ）は、それぞれの光軸が入力側スラブ導波路62及び出力側スラブ導波路64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62及び出力側スラブ導波路64がレンズと同等の機能を実現する。

【0019】波長の異なる複数の光（ $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、...、 $\lambda_N$ ）は、対応する入力導波路61（1）、61（2）、...、61（ $N$ ）に入射し、入力側スラブ導波路62において複数のアレイ導波路65（1）、65（2）、...、65（ $N$ ）を同位相でそれぞれ励振する。各励振光は、対応するアレイ導波路65（1）、65（2）、...、65（ $N$ ）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64に達する。出力側スラブ導波路64に入射した複数の光は、レンズ作用により出力導波路63に集光して合波される。

【0020】再び図1を参照すると、AWG合波器60には、光ファイバ66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光サーキュレータ70が接続されている。なお、光サーキュレータの替わりにハーフ

ミラーを用いても良い。さらに、光サーキュレータ70には、光ファイバ71を介して1次元受信アレイ部30が接続されると共に、光ファイバ72を介して、入射光を波長の異なる所定の複数の光に分波する分波器80が接続されている。光サーキュレータ70は、光ファイバ61から入射した光 $L_{MUL}$ を光ファイバ71を通して1次元受信アレイ部30に供給し、光ファイバ71から戻って来た光 $L_{MUL}$ を光ファイバ72を通して分波器80に供給する。

【0021】1次元受信アレイ部30は、図5(a)、(b)に最も分かり易く示すように、導波路長の異なる逆L字状の複数の光導波路31(1)、31(2)、...、31(N)を含んでいる。複数の光導波路31(1)、31(2)、...、31(N)は、各断面が1列に並ぶようにシリコン基板32上に形成されている。光導波路31(1)の末端部は、光ファイバ71を介して光サーキュレータ70(図1参照)と接続されている。一方、光導波路31(2)の末端部は、ビームスプリッタとして働く空隙33(1)を介して、光導波路31(1)の末端部と接続されている。以下、隣り合う2つの光導波路の末端部同士が、ビームスプリッタとして働く空隙を介して接続されている。これにより、図5(b)に示すように、光ファイバ71から1次元受信アレイ部30に供給された光 $L_{MUL}$ は、複数の空隙33(1)、33(2)、...、33(N-1)を通過する毎に分波されて行く。

【0022】図5(a)に示すように、複数の光導波路31(1)、31(2)、...、31(N)は、各先端部以外をカバー34で覆われることにより保護されている。なお、図5(b)には、1次元受信アレイ部30からカバー34を取り外した状態が示されている。複数の光導波路31(1)、31(2)、...、31(N)の先端部には、超音波有感部として、超音波を受けると入射光を変調して反射するブラッググレーティング構造を有する複数のブラッググレーティング部35(1)、35(2)、...、35(N)がそれぞれ形成されており、これらは、超音波検出素子として働く。超音波有感部としては、この他にファブリーペロー共振器構造を用いても良い。本実施形態においては、複数のブラッググレーティング部35(1)、35(2)、...、35(N)が、切出部50に含まれる複数のFBG52(1)、52(2)、...、52(N)と同じ材質により構成されている。

【0023】また、本実施形態においては、図2(c)に示すように、波長 $\lambda_1$ を含む所定の波長帯域において、ブラッググレーティング部35(1)が反射率の急峻に変化する反射率傾斜領域を有するように、ブラッググレーティング部35(1)を構成する各層の周期構造のピッチが式(2)に基づいて設定されている。詳細には、次の2つの式(3)、(4)を満たすように、ブラ

ッググレーティング部35(1)を構成する各層の周期構造のピッチが式(2)に基づいて設定されている。

$$\lambda_1(L) < \lambda_1 < \lambda_1(H) \dots (3)$$

$$\lambda_1 < | \lambda_1(H) - \lambda_1(L) | \dots (4)$$

ここで、

$\lambda_1$ : FBG52(1)からの反射光が有するスペクトルの半値幅

$\lambda_1(L)$ : ブラッググレーティング部35(1)が有する反射率傾斜領域において、反射率の下限を与える波長

$\lambda_1(H)$ : 同じ反射率傾斜領域において反射率の上限を与える波長

である。以下、残りのブラッググレーティング部35(2)、35(3)、...、35(N)についても同様である。

【0024】このようにして、ブラッググレーティング部35(1)が、図2(c)に示すような波長 $\lambda_1$ を含む急峻な反射波長特性を示す波長帯域を有することにより、図1及び図5に示すように、光導波路31(1)からブラッググレーティング部35(1)に入射した光の内の光 $L_1$ (波長: $\lambda_1$ )が光導波路31(1)に向けて反射される。このとき、ブラッググレーティング部35(1)が超音波を受けるとその反射率傾斜領域が波長軸の方向にシフトするので、そのシフト量に応じて、光 $L_1$ が強度の異なる光 $L_1'$ (波長: $\lambda_1'$ )に変調される。以下、同様にして、複数のブラッググレーティング部35(2)、35(3)、...、35(N)に入射した複数の光 $L_2$ 、 $L_3$ 、...、 $L_N$ が強度の異なる光 $L_2'$ 、 $L_3'$ 、...、 $L_N'$ にそれぞれ変調され、対応する光導波路31(2)、31(3)、...、31(N)に向けて反射される。複数のブラッググレーティング部35(1)、35(2)、...、35(N)からの反射光 $L_1'$ 、 $L_2'$ 、...、 $L_N'$ は、対応する空隙33(1)、33(2)、...、33(N-1)において順に合波され、光ファイバ71を通して光サーキュレータ70(図1参照)に供給される。

【0025】次に、図6を参照しながら、図1及び図5に示す1次元受信アレイ部の製造プロセスについて説明する。まず、図6(a)に示すように、火炎堆積法(Flame Hydrolysis Deposition)により、シリコン基板32上にSiO<sub>2</sub>ガラス微粒子を成分とするSiO<sub>2</sub>下部クラッド層100と、SiO<sub>2</sub>-GeO<sub>2</sub>ガラス微粒子を成分とするSiO<sub>2</sub>-GeO<sub>2</sub>コア層101とを順に形成する。さらに、シリコン基板32を加熱してSiO<sub>2</sub>下部クラッド層100及びSiO<sub>2</sub>-GeO<sub>2</sub>コア層101を溶融することにより、図5(b)に示すように、それぞれを透明化してクラディング層102及びコア層103を形成する。

【0026】次に、図6(c)に示すように、1次元受信アレイ部に含まれる複数の光導波路のコア位置に対応

して、レジスト膜104をコア層103上に形成する。さらに、レジスト膜104を介してコア層103に反応性イオンエッチング(Reactive Ion Etching)を施すことにより、図6(d)に示すように、複数のコア105がクラディング層102上に形成される。

【0027】次に、図6(e)に示すように、火炎堆積法により、クラディング層102及び複数のコア105上に、SiO<sub>2</sub>ガラス微粒子を成分とするSiO<sub>2</sub>上部クラッド層106を形成する。さらに、シリコン基板32を加熱してSiO<sub>2</sub>上部クラッド層106を溶融することにより、図6(f)に示すように、これを透明化してクラディング層107を形成する。

【0028】次に、図6(g)に示すように、1次元受信アレイ部に含まれる複数の光導波路のクラッド位置に対応して、レジスト膜108をクラディング層107上に形成する。さらに、レジスト膜108を介してクラディング層107に反応性イオンエッチングを施すことにより、図6(h)に示すように、複数の光導波路31(1)、31(2)、...が完成する。

【0029】次に、複数の光導波路31(1)、31(2)、...の先端部に含まれるコア105に、図6(i)に示すように、反射波長特性の異なるブラッググレーティング部35(1)、35(2)、...をそれぞれ形成する。なお、ブラッググレーティング部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. 7 pp. 731-739 1999年7月)等を参照されたい。そして、図6(j)に示すように、シリコン基板32における複数のブラッググレーティング部35(1)、35(2)、...側の端部をエッチングにより取り除き、さらに、複数の光導波路31(1)、31(2)、...の先端部以外をカバー34(図4参照)で覆うことにより、図1及び図5に示す1次元受信アレイ部が完成する。

【0030】ここで、ブラッググレーティング部は、一般的には、感度が高い上に作り易い。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用いるためには、ブラッググレーティング部の構造的な条件が必要となる。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部を用いると、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の長さ)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うことが原因と考えられる。

【0031】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 $\lambda_s$ 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。

$$1571 \times (3/4) = 1178.5 (\mu\text{m})$$

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の影響を抑制し、超音波の検出に必要な感度を得ることができる。

【0032】また、同様の理由から、超音波有感部としてファブリーペロー共振器等を用いる場合においても、超音波有感部の長さを、該超音波有感部を伝搬する超音波の波長の概略3/4以下とすることが望ましい。

【0033】再び図1を参照すると、分波器80は、周期構造ピッチの異なるブラッググレーティング部84(1)、84(2)、...、84(N)と、それぞれのブラッググレーティング部から反射された光 $L_1'$ 、 $L_2'$ 、...、 $L_N'$ を光検出部91(1)、91(2)、...、91(N)にそれぞれ導く光サーキュレータ81(1)、81(2)、...、81(N)を含んでいる。これにより、光ファイバ72から分波器80に供給された光 $L_{MUL}'$ は、光 $L_1'$ 、 $L_2'$ 、...、 $L_N'$ に分波される。本実施形態においては、複数のブラッググレーティング部84(1)、84(2)、...、84(N)が、1次元受信アレイ部30に含まれる複数のブラッググレーティング部35(1)、35(2)、...、35(N)と同じ材質により構成されている。

【0034】また、本実施形態においては、図2(d)に示すように、光フィルタ素子としてのブラッググレーティング部84(1)が、対応するブラッググレーティング部35(1)が超音波検出動作を行う波長帯域において反射率がほぼ一定となる反射率平坦領域を有するように、ブラッググレーティング部84(1)を構成する各層の周期構造のピッチが式(2)に基づいて設定されている。詳細には、次の2つの式(5)、(6)を満たすように、ブラッググレーティング部84(1)を構成

する各層の周期構造のピッチが式(2)に基づいて設定されている。

$$L_1(L) < L_1 < L_1(H) \dots (5)$$

$$L_1 | L_1(H) - L_1(L) | \dots (6)$$

ここで、

$L_1(L)$  : ブラッググレーティング部84(1)の反射率平坦領域を与える波長帯域の下限の波長

$L_1(H)$  : 同じ反射率平坦領域を与える波長帯域の上限の波長

$L_1$  : 同じ反射率傾斜領域の幅

である。以下、残りのブラッググレーティング部84(2)、84(3)、...、84(N)についても同様である。

【0035】このようにして、ブラッググレーティング部84(1)が、図2の(d)に示すような波長  $L_1$  を含むほぼフラットな反射波長特性を示す波長帯域を有することにより、図1に示すように、ブラッググレーティング部84(1)に入射した光の内の光  $L_1$  (波長:  $L_1$ ) だけがブラッググレーティング部84(1)を反射する。以下、同様にして、残りの光  $L_2$ 、 $L_3$ 、 $\dots$ 、 $L_N$  が、対応するブラッググレーティング部84(2)、84(3)、 $\dots$ 、84(N)から反射される。複数のブラッググレーティング部84(1)、84(2)、 $\dots$ 、84(N)からの反射光  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $\dots$ 、 $L_N$  は、光サーキュレータ81(1)、81(2)、 $\dots$ 、81(N)をそれぞれ通って、後段の光検出器90に供給される。

【0036】光検出部90は、分波器80に含まれる複数のブラッググレーティング部84(1)、84(2)、...、84(N)を反射した光  $L_1$ 、 $L_2$ 、...、 $L_N$  をそれぞれ受光して検出信号を出力する複数の光検出部(フォトダイオード: PD)91(1)、91(2)、...、91(N)を含んでいる。複数のPD91(1)、91(2)、...、91(N)は、対応するブラッググレーティング部84(1)、84(2)、...、84(N)を反射した光  $L_1$ 、 $L_2$ 、...、 $L_N$  を別々に受光するように1列に並べられている。なお、光検出部としては、複数のPDの替わりにCCD(Charge Coupled Device: 電荷結合素子)を用いても良い。1次元受信アレイ部30に含まれる複数のブラッググレーティング部35(1)、35(2)、...、35(N)が超音波を受けると、複数のブラッググレーティング部84(1)、84(2)、...、84(N)の反射光量がそれに伴い変動する。これにより、複数のPD91(1)、91(2)、...、91(N)の検出信号が変化する。

【0037】このように、本実施形態によれば、波長の異なる複数の光  $L_1$ 、 $L_2$ 、...、 $L_N$  を多重化させた光  $L_{MUL}$  は、光ファイバ71を通して、複数の光導波路31(1)、31(2)、...、31(N)に分波され、さらに、複数のブラッググレーティング部35(1)、35

(2)、...、35(N)に入射する。複数のブラッググレーティング部35(1)、35(2)、...、35(N)は、被検体中を伝搬した超音波を受けると、入射光の中から所定の波長の光だけを変調して反射し、残りを透過する。さらに、複数のブラッググレーティング部35(1)、35(2)、...、35(N)から反射された光は、対応する光導波路31(1)、31(2)、...、31(N)を通して、光ファイバ71に合波される。このようにして、1次元受信アレイ部30の入出力光が多重化される。従って、このような入出力光を伝送するための光ファイバの本数を減らすことができ、これにより、装置の大型化を抑えつつ、超音波検出素子として用いるブラッググレーティング部の数を増やして画質の向上等を図ることができる。

【0038】また、本実施形態によれば、切出部50に含まれる複数のFBG52(1)、52(2)、...、52(N)と、1次元受信アレイ部30に含まれる複数のブラッググレーティング部35(1)、35(2)、...、35(N)と、分波器80に含まれる複数のブラッググレーティング部84(1)、84(2)、...、84(N)とが同じ材質により構成されている。これらは、通常、同じ温度環境で使用されるため、ほぼ同じ温度となっている。このため、温度が変化しても、FBG52(1)の反射波長と、ブラッググレーティング部35(1)の反射波長と、ブラッググレーティング部84(1)の反射波長とが、同じようにシフトする。他の組のブラッググレーティング部も同様である。これにより、ブラッググレーティング部の反射波長特性を正確に調整するなどの煩雑な作業をしなくても、温度変化に強い超音波受信装置を実現することができる。

【0039】さらに、切出部50に含まれる複数のFBGと、1次元受信アレイ部30に含まれる複数のブラッググレーティング部と、分波器80に含まれる複数のブラッググレーティング部との間で熱的結合を図ることが望ましい。熱的結合は、例えば、切出部50と1次元受信アレイ部30と分波器80とを熱伝導率の高い材料で結合したり、切出部50と1次元受信アレイ部30と分波器80とを物理的に近接させることで実現される。又は、切出部50と1次元受信アレイ部30と分波器80の周りにヒートパイプを配置することによっても、熱的結合を実現できる。ヒートパイプを使用する場合には、対流して熱を伝導させる流体をヒートパイプの中に封入する。

【0040】以上のように構成した1次元受信アレイ部30と光送受信部20とを複数組み合わせることにより、小型の2次元センサアレイを実現することができる。

【0041】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7は、本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7に示

10

20

30

40

50

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110を備えている。超音波探触子110は、複数の1次元受信アレイ部30と、超音波の送信機能を持った複数の圧電素子121(1)、121(2)、...、121(N)を1列に並べた複数の1次元送信アレイ部120とを含んでいる。超音波探触子110においては、複数の1次元受信アレイ部30と複数の1次元送信アレイ部120とを交互に並べることで、2次元センサアレイが実現されている。

【0042】さらに、この超音波診断装置は、タイミン 10  
グコントロール部130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140を備えている。超音波探触子110に含まれる複数の1次元送信アレイ部120は、対応する駆動信号発生回路140から発生した駆動信号に基づいて複数の圧電素子121(1)、121(2)、...、121(N)から超音波を発生させ、これら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110に含まれる複数の1次元受信アレイ部30に受信される。

【0043】超音波探触子110に含まれる複数の1次 20  
元受信アレイ部30には、複数の光送受信部20がそれぞれ接続されている。複数の光送受信部20に含まれる光検出器90(図1参照)から出力された複数の検出信号は、信号処理手段150に含まれる信号処理部151に入力される。信号処理部151は、タイミングコントロール部130の制御の下、複数の駆動信号発生回路140が駆動信号を発生してから所定の時間経過後に、複数の光送受信部20から出力された複数の検出信号を取り込む。信号処理部151は、これらの検出信号に基づ 30  
いて、複数の1次元受信アレイ部30に含まれる複数のブラッググレーティング部35(1)、35(2)、...、35(N)が受けた超音波の音圧情報を得る。

【0044】信号処理部151の出力信号は、後段のA/D変換器152においてデジタル信号に変換される。A/D変換器152には1次元記憶部160が接続されており、取得された複数の2次元データ(複数の断面に関するデータ)を記憶する。そして、これらのデータに基づいて、画像処理部170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 40  
示部180に表示される。さらに、画像処理部170において処理されたデータは、2次元記憶部190に記憶される。

【0045】図8(a)は、図7に示す超音波診断装置が備える超音波探触子の構成例を示す斜視図であり、図8(b)は、この超音波探触子に用いられる圧電素子及びブラッググレーティング部の配置例を示す図であり、図8(c)は、別の配置例を示す図である。図8(a)に示すように、超音波探触子110においては、複数の1次元受信アレイ部30と複数の1次元送信アレイ部1\*50

\*20とが交互に並んで配置されている。なお、複数の1次元送信アレイ部を用いて超音波送信用の探触子を構成し、複数の1次元受信アレイ部を用い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120は、1列に並べられた複数の圧電素子121(1)、121(2)、...、121(N)を含んでいる。複数の圧電素子121(1)、121(2)、...、121(N)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し、対応する駆動信号発生回路140(図1参照)から供給された駆動信号に基づいて超音波を発生する。

【0046】本実施形態においては、図8(a)に示すように、複数の1次元受信アレイ部30と複数の1次元送信アレイ部120とが、超音波の送信方向に対して直角な1つの方向について交互に配置されている。このため、超音波探触子110を超音波の送受信側から見ると、図8(b)に示すように、複数のブラッググレーティング部(白い正方形)と複数の圧電素子(黒い正方形)とが、超音波送受信の2次元センサアレイを形成している。なお、図8(c)に示すように、圧電素子の数をブラッググレーティング部の数よりも少なくし、複数の圧電素子をクロスに配置させても良い。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、装置の大型化を抑えると共に、温度変化による煩雑な調整を不要とし、温度変化に強いシステムを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る超音波受信装置を示す図である。

【図2】(a)~(d)は、図1に示す超音波受信装置に用いられる各光素子の設定条件を説明するための図である。

【図3】図1に示す超音波受信装置に含まれるASE光源の構成例を示す図である。

【図4】図1に示す超音波受信装置に含まれるAWG合波器の構成例を示す図である。

【図5】(a)は、図1に示す超音波受信装置に含まれる1次元受信アレイ部の構成例を示す斜視図であり、(b)は、この1次元受信アレイ部からカバーを取り外した状態を示す平面図である。

【図6】(a)~(j)は、図1及び図5に示す1次元受信アレイ部の製造プロセス例を示す図である。

【図7】本発明の一実施形態に係る超音波診断装置の構成例を示すブロック図である。

【図8】(a)は、図7に示す超音波診断装置に含まれる超音波探触子の構成例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圧電素子及びブラッググレーティング部の配置例を示す図であり、(c)

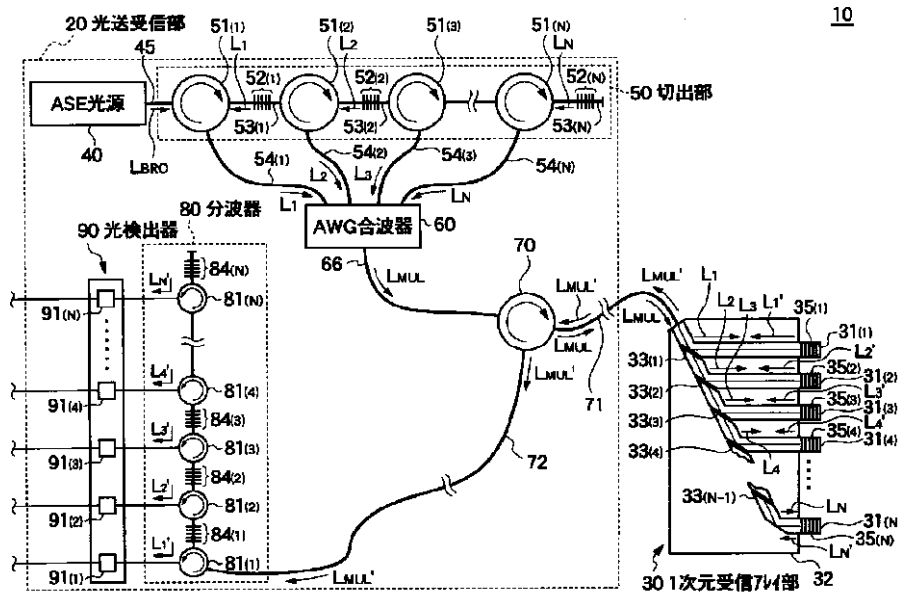
は、別の配置例を示す図である。

【符号の説明】

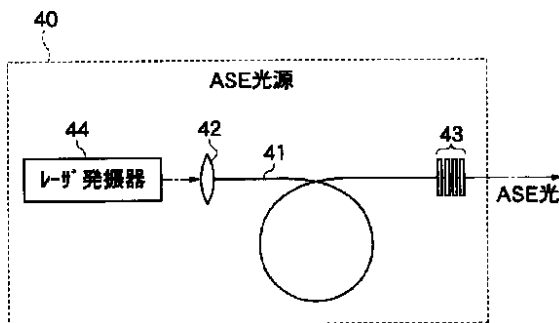
- 10 超音波受信装置
- 20 光送受信部
- 30 1次元受信アレイ部
- 31(1)、31(2)、...、31(N) 光導波路
- 35(1)、35(2)、...、35(N) ブラッグレーティング部
- 40 ASE光源
- 41 光ファイバ
- 42 レンズ
- 43 ブラッグレーティング部(FBG)
- 50 切出部
- 52(1)、52(2)、...、52(N) ブラッグレーティング部(FBG)
- 60 AWG合波器

- \*70 光サーキュレータ
- 80 分波器
- 81(1)、81(2)、...、81(N) 光サーキュレータ
- 84(1)、84(2)、...、84(N) ブラッグレーティング部
- 90 光検出器
- 91(1)、91(2)、...、91(N) 光検出部(フォトダイオード)
- 10 110 超音波探触子
- 120 1次元送信アレイ部
- 121(1)、121(2)、...、121(N) 圧電素子
- 150 信号処理手段
- 170 画像処理部
- \* 180 画像表示部

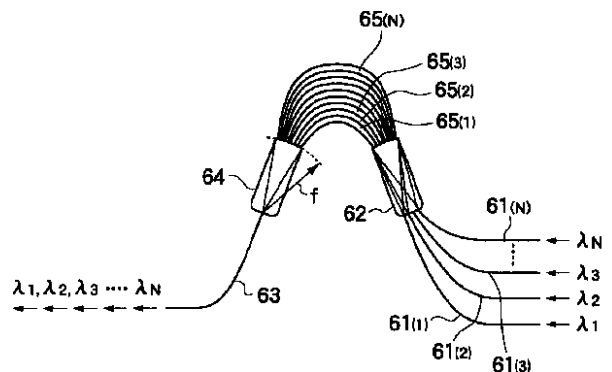
【図1】



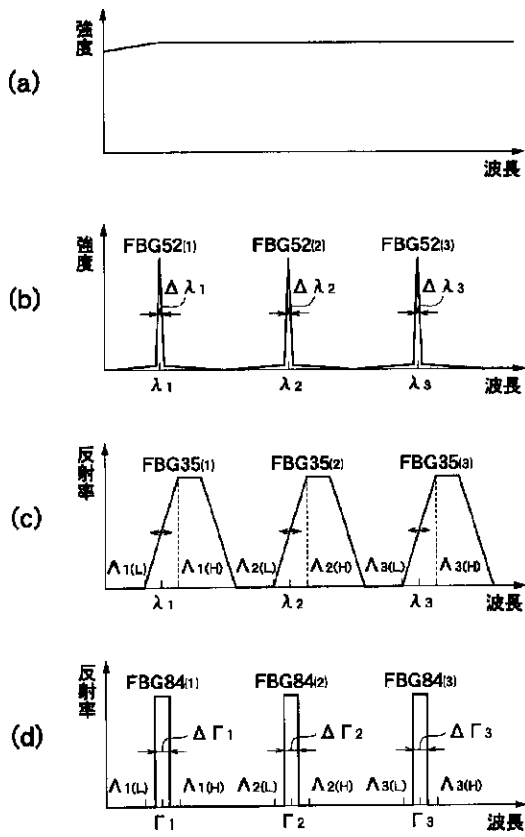
【図3】



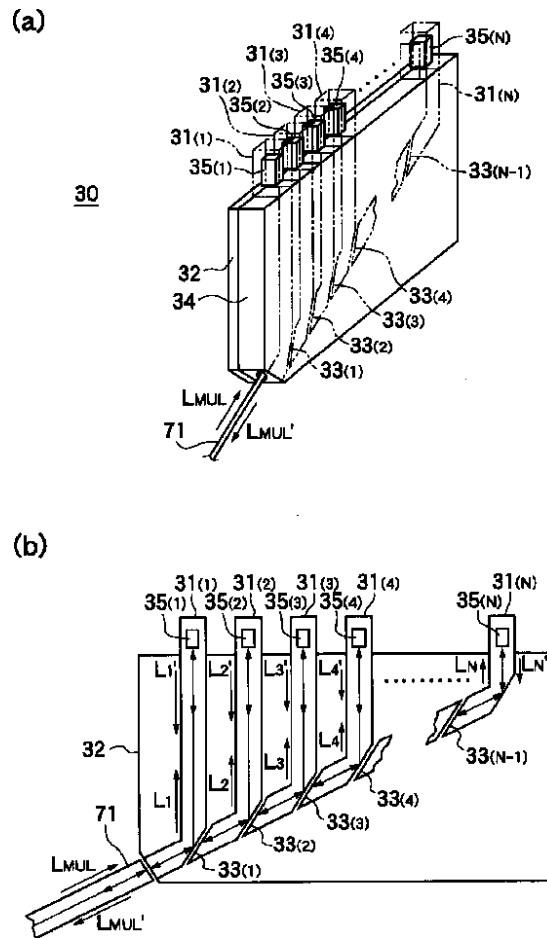
【図4】



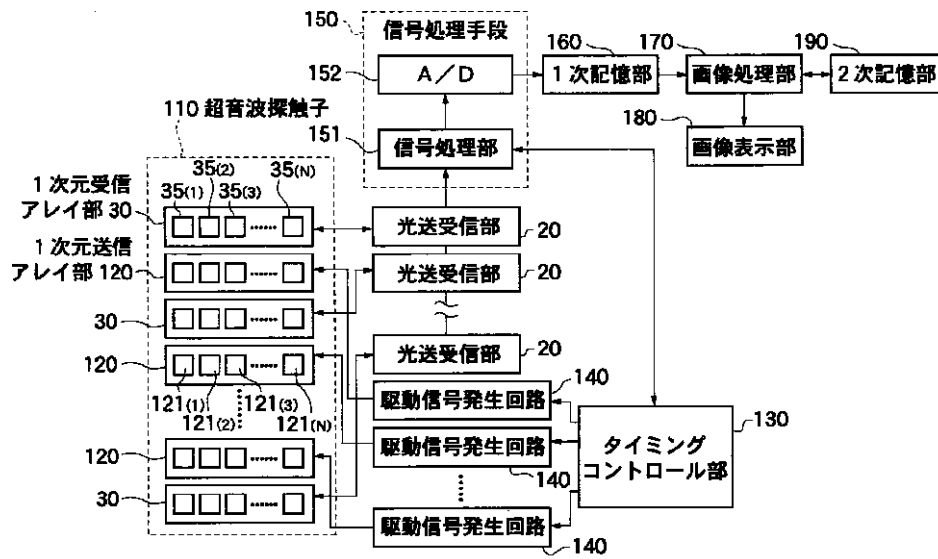
【図2】



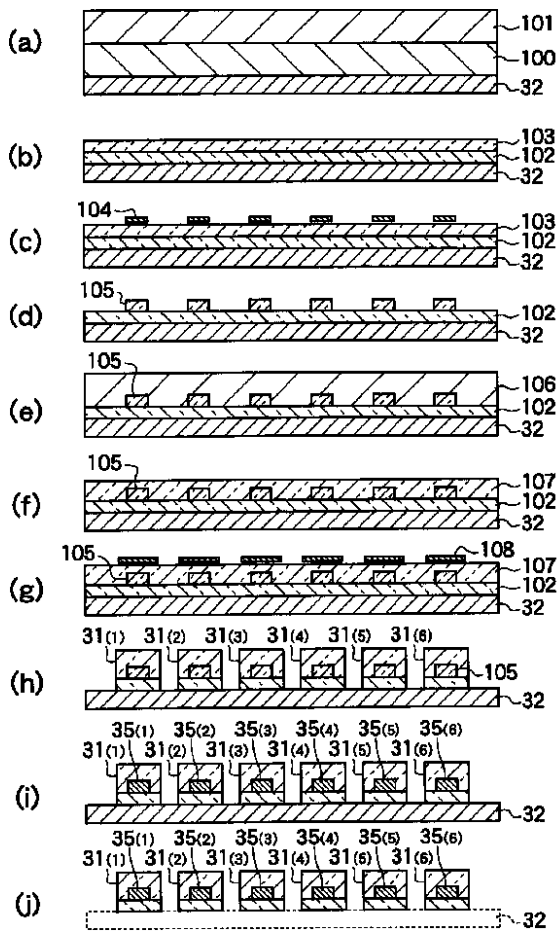
【図5】



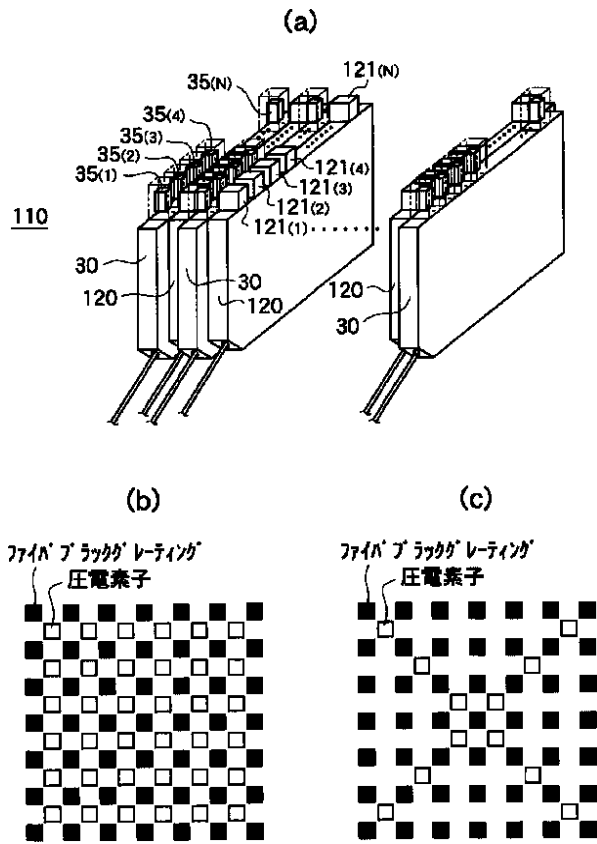
【図7】



【図6】



【図8】



专利名称(译)	超声波受信装置及び超声波诊断装置		
公开(公告)号	<a href="#">JP2002336244A</a>	公开(公告)日	2002-11-26
申请号	JP2001142707	申请日	2001-05-14
[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		
[标]发明人	小川英二		
发明人	小川 英二		
IPC分类号	A61B8/00		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C301/AA03 4C301/EE12 4C301/EE16 4C301/GB03 4C301/GB09 4C301/GB36 4C301/GB37 4C301/GB40 4C301/JB03 4C301/JC01 4C301/JC20 4C301/KK03 4C301/KK16 4C301/LL03 4C601/EE10 4C601/EE13 4C601/GB01 4C601/GB02 4C601/GB03 4C601/GB04 4C601/GB06 4C601/GB42 4C601/GB44 4C601/GB45 4C601/GB50 4C601/JB19 4C601/JC01 4C601/JC25 4C601/KK03 4C601/KK21 4C601/LL01 4C601/LL02 4C601/LL04		
优先权	2001073316 2001-03-15 JP		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

解决的问题：减少由于温度变化引起的超声波接收灵敏度的变化，并减小使用光检测方法的超声波检测装置中的装置的尺寸。 解决方案：多个光纤布拉格光栅52(1)，52(2)，...，52(N)，用于从ASE光源40产生的光中提取具有不同波长的多个预定光，在末端分别形成多个布拉格光栅部分35(1)，35(2)，...，35(N)，它们具有不同的反射波长特性，并且在接收超声波时调制和反射入射光。 分别连接到一根光纤71上的光纤光栅31、31(N)和用作光反射元件的多个布拉格光栅部分84(1)，84(2)。)，...，84(N)。

