

(19)日本国特許庁( J P )

# 公開特許公報 ( A ) (11)特許出願公開番号

特開2001 - 317914

(P2001 - 317914A)

(43)公開日 平成13年11月16日(2001.11.16)

(51) Int.CI <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 1 B 11/00		G 0 1 B 11/00	G 2 F 0 6 5
A 6 1 B 8/00		A 6 1 B 8/00	2 F 0 6 8
G 0 1 B 17/00		G 0 1 B 17/00	C 4 C 3 0 1
H 0 1 L 31/12		H 0 1 L 31/12	G 5 C 0 5 4
H 0 4 N 7/18		H 0 4 N 7/18	Q 5 D 0 1 9

審査請求 未請求 請求項の数 18〇 L (全 10数) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000 - 133086(P2000 - 133086)

(71)出願人 000005201

富士写真フィルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(22)出願日 平成12年5月2日(2000.5.2)

(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  
写真フィルム株式会社内

(74)代理人 100100413

弁理士 渡部 溫 (外1名)

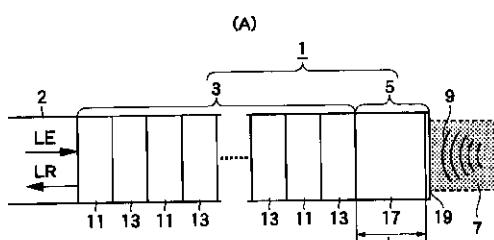
最終頁に続く

(54)【発明の名称】動的変化検出方法、動的変化検出装置及び超音波診断装置

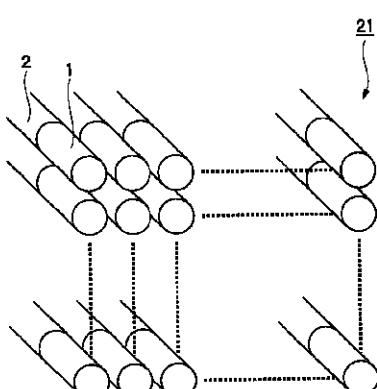
## (57)【要約】

【課題】 さまざまな検出感度とダイナミックレンジの組み合わせ条件を選択することが可能な動的変化検出装置を提供する。

【手段】 入射する光の波長に応じて透過・反射特性の異なる透過反射部3の先に、ある厚さの媒質17と全反射ミラー19とからなる共振部5を接続して検出部1を構成する。該検出部1に、全反射ミラー19側から被検体7の超音波9を伝搬させるとともに、透過反射部3側から、ある波長の検出光L Eを入射させる。その間に該検出光L Eの反射光L Rを検出し、前記超音波の伝搬に伴う検出部1の寸法変化に対応した反射光L Rの特性変化から、被検体7の超音波を検出する。



(B)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入射する光の波長に応じて透過・反射特性の異なる透過反射部の先に、ある厚さの媒質と全反射ミラーとからなる共振部を接続して検出部を構成し、該検出部に、前記全反射ミラー側(先端側)から被検体の動的变化を伝搬させるとともに、反全反射ミラー側(基端側)から前記透過反射部を通して前記共振部に、ある波長の検出光を入射させ、

その間に該検出光の反射光を検出し、

前記動的变化の伝搬に伴う前記検出部の寸法変化に対応した前記反射光の特性変化から、前記被検体の動的变化を検出することを特徴とする動的変化検出方法。

【請求項2】 前記検出光として複数の異なる波長成分を含む光を用いるとともに、該検出光の反射光を分割して該波長成分別に検出し、この際、前記反射光の反射率特性曲線の傾斜帯域の半値幅を異ならせた複数の傾斜帯域を設定し、該複数の帯域に対応した複数の検出光を前記検出部に入射させ、複数の異なる検出感度又はダイナミックレンジにおいて並列に測定することを特徴とする請求項1記載の動的变化検出方法。

【請求項3】 前記透過反射部が光ファイバーブラッゲグレーティングからなることを特徴とする請求項1又は2記載の動的変化検出方法。

【請求項4】 前記動的变化が前記被検体中を伝搬する音であることを特徴とする請求項1～3いずれか1項記載の動的変化検出方法。

【請求項5】 前記検出部を複数個、列状あるいは行列状にアレー化配置して被検体の動的变化を検出することを特徴とする請求項1～4いずれか1項記載の動的变化検出方法。

【請求項6】 前記複数の異なる波長成分を含む検出光を、複数の波長の異なる単一波長レーザーから発することを特徴とする請求項1～5いずれか1項記載の動的変化検出方法。

【請求項7】 前記複数の異なる波長成分を含む検出光を、広帯域な発光波長を有する光源により発することを特徴とする請求項1～5いずれか1項記載の動的変化検出方法。

【請求項8】 前記光源がスーパールミネッセントダイオード(SLD)であることを特徴とする請求項7記載の動的変化検出方法。

【請求項9】 検出光を発する光源と、該検出光の入射する、入射する光の波長に応じて透過・反射特性の異なる透過反射部と、該透過反射部を透過した検出光の入射する共振部であつて、検出光入射側から、ある厚さの媒質、及び、該媒質をはさんで前記透過反射部と対向するとともに被検体からの動的变化の伝搬する全反射ミラー、を有する共振部と、

\*前記透過反射部及び共振部からの前記検出光の反射光を検出する光検出器と、を具備することを特徴とする動的変化検出装置。

【請求項10】 異なる波長成分の光を含む検出光を発する光源と、該検出光の入射する、入射する光の波長に応じて透過・反射特性の異なる透過反射部と、該透過反射部を透過した検出光の入射する共振部であつて、検出光入射側から、ある厚さの媒質、及び、該媒質をはさんで前記透過反射部と対向するとともに被検体からの動的变化の伝搬する全反射ミラー、を有する共振部と、

前記透過反射部及び共振部からの前記検出光の反射光を前記検出光の波長成分毎に分割する光分割部と、分割された反射光を検出する光検出器と、を具備することを特徴とする動的変化検出装置。

【請求項11】 前記反射光の反射率特性曲線の傾斜帯域の半値幅を異ならせた複数の傾斜帯域を設定し、該複数の帯域に対応した複数の検出光を前記検出部に入射させ、

複数の異なる検出感度又はダイナミックレンジにおいて並列に測定することを特徴とする請求項10記載の動的変化検出装置。

【請求項12】 前記透過反射部が光ファイバーブラッゲグレーティングからなることを特徴とする請求項9、10又は11記載の動的変化検出装置。

【請求項13】 前記動的变化が前記被検体中を伝搬する音であることを特徴とする請求項9～12いずれか1項記載の動的変化検出装置。

【請求項14】 前記検出部が、複数、列状あるいは行列状にアレー化配置されていることを特徴とする請求項9～13いずれか1項記載の動的変化検出装置。

【請求項15】 前記光源が、複数の波長の異なる単一波長レーザーを含むことを特徴とする請求項10～14いずれか1項記載の動的変化検出装置。

【請求項16】 前記光源が、広帯域な発光波長を有する光源であることを特徴とする請求項10～14いずれか1項記載の動的変化検出装置。

【請求項17】 前記光源が、スーパールミネッセントダイオード(SLD)であることを特徴とする請求項16記載の動的変化検出装置。

【請求項18】 被検体に超音波を送信する送信部と、該被検体からの超音波反射エコーを受信し電気信号に変換する受信部と、該受信部の信号を受け画像化処理して表示する画像処理表示部と、を備える超音波診断装置であつて；上記受信部中に、請求項9～17いずれか1項記載の動的変化検出装置を具備することを特徴と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、被検体中を伝搬する超音波等の動的变化を検出する方法及び装置に関する。また、そのような動的变化検出装置を備える超音波診断装置に関する。なお、本明細書でいう動的变化には、音波、加速度、歪、温度、変位等を含む。

## 【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】いわゆる超音波工コー観察等を行う超音波診断装置は、超音波センサー部（探触子）に、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）に代表される圧電材料を用いるのが一般的である。図9は、現在用いられている一般的な探触子の構造を模式的に示す図である。（A）は全体の斜視図、（B）は配列振動子を拡大して示す斜視図である。この図の探触子301は、全体として薄い箱型をしており、細長い長方形形状の探触面302を有する。この探触面302を人体に当てて超音波を放射し人体の奥部から返ってくる超音波工コーを受信する。探触子301の図の上側には、超音波送受信信号を伝えるケーブル307が接続されている。

【0003】探触面302内には、超音波の発振子と受振子を兼ねる、櫛状の配列振動子303が收められている。配列振動子303は、薄い（例えば厚さ0.2～0.3mm）PZTの帯状板に、多数のスリット306（例えば幅0.1mm）を入れて櫛の歯状の個別振動子305（例えば幅0.2mm、長さ20mm）を多数（例えば256個）配列したものである。図示はされていないが、各個別振動子305には電極が形成されており、信号線が接続されている。また、同様に図示はされていないが、配列振動子303の表面（図の下面）側には、樹脂系材料（ゴム含む）からなる音響レンズ層や整合層が貼られており、裏面側にはパッキング材が貼られている。音響レンズ層は発振する超音波の集束性を良くする。整合層は超音波の発振効率を高める。パッキング材は、振動子を保持する機能を有するとともに、振動子の振動を早く終了させる。なお、このような超音波探触子及び超音波診断装置については、東洋出版「超音波観察法・診断法」や、医歯薬出版「基礎超音波医学」に詳しく説明されている。

【0004】ところで、超音波診断分野では、被検者のより詳細な体内情報を取得するために、3次元データの収集が望まれている。それを実現するために、超音波検出部（センサー）を2次元アレー化することが求められている。しかし、上述のPZTにおいては、現状以上の微細化と素子集積は、次のような理由により困難である。すなわち、PZT材料（セラミックス）の加工技術が限界に近くなっている、これ以上の微細化は加工歩留まりの極端な低下につながる。また、配線数が増大し、配線の電気的インピーダンスが増大する。さらに、各素子（個別振動子）間のクロストークが増大する。そのため、PZTを用いた2次元アレー探触子の実現は、現状では困難と考えられている。

【0005】ULTRASONIC IMAGING 20, 1-15 (1998)には、Duke大学のE.D. LIGHTらによる「Progress in Two-Dimensional Arrays for Real-Time Volumetric Imaging」と題する文が掲載されている。この文中では、PZT超音波センサーの2次元アレーを有する探触子が開示されている。しかし、同時に次のように述べている（P.2、14～18行）。「同様の質の画像を得るためにには、2次元アレーのエレメント数は $128 \times 128 = 16,384$ が必要である。しかし、そのような多数のrfチャンネルを作ることは、複雑かつコストがかかるので、近い将来には望み薄であろう。また、かくも多数のエレメントを密に結線することは非常に困難である。」

【0006】一方、PZTのような圧電材料を用いない超音波センサーとして、光ファイバーを利用したセンサーも用いられている。このような光ファイバー超音波センサーは、電磁界の影響が大きい場所や、狭小な部位での計測に適している。

【0007】光ファイバー超音波センサーの1種として、光ファイバープラググレーティング（FBGと略称）を用いるものがある（防衛大のTAKAHASHIらによる「Underwater Acoustic Sensor with Fiber Bragg Grating」OPTICAL REVIEW Vol.4, No.6 (1997) 691-694 参照）。FBGとは、屈折率の異なる2種類の材料層（光伝搬媒質）を、Bragg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 $\lambda$ 、入射光の波長を $\lambda$ 、Nを任意の整数とすると、Bragg反射条件とは以下の式である。

$$2N\lambda =$$

FBGは、Bragg反射の作用により、上記式の条件を満たすある特定の波長の光を選択的に反射する（その他は透過する）。

【0008】FBGに超音波を伝搬させると、FBGが歪んで上記周期構造のピッチ $\lambda$ 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。実際には、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、この傾斜帯域の検出光をFBGに入射させながら、FBGに超音波を加える。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。

【0009】光ファイバー超音波センサーの他の1種として、ファブリーペロー共振器（FPRと略称）構造を用いるものがある（東工大のUNOらによる「Fabrication and Performance of a Fiber Optic Micro-Probe for Megahertz Ultrasonic Field Measurements」T.IEE Japan, Vol.118-E, No.11, '98参照）。UNOらのセンサ

ーは、シングルモード光ファイバー（ $\phi = 1.3 \mu\text{m}$ 、コア $1.0 \mu\text{m}$ 、クラッド $12.5 \mu\text{m}$ ）の先に金蒸着によりハーフミラーを形成し、その先にポリエスチル樹脂（ $n = 1.55$ ）からなるcavity（長さ $100 \mu\text{m}$ ）を付け、さらにその先に金蒸着により全反射ミラーを形成したものである。

【0010】このセンサーに、ハーフミラー側から波長の検出光を入射させ、全反射ミラー側から超音波を印加する。ハーフミラーの反射率を $r$ 、シングルパス・ゲインを $G$ 、cavityの長さを $L$ 、屈折率を $n$ とすると、このセンサーの反射率 $R$ は以下の式で与えられる。

【数1】

$$R = \frac{(\sqrt{r} - G)^2 + 4\sqrt{r}G \sin^2 \delta}{(1 - \sqrt{r}G)^2 + 4\sqrt{r}G \sin^2 \delta}$$

ここで は、以下の式で与えられる。

$$= 2 L n /$$

を表す式から、超音波の音圧変化によりcavityの1往復の光路長 $2 L n$ 、即ち、光路長 $L n$ が変化すると、センサーからの光反射特性が変化することが分かる。

【0011】実際には、最も反射率の低い中心波長の後に、反射率の変化する傾斜帯域があり、この傾斜帯域の検出光をFPRに入射させながら、FPRに超音波を加えると、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換算することにより超音波の強度を計測できる。

【0012】しかしながら、上述の光ファイバーを用いる超音波センサーにも欠点がある。すなわち、検出感度を高くしようとして上記傾斜帯域の特性を急峻に設計すると、必然的にダイナミックレンジが狭くなる。その逆に上記特性をなだらかに設計すると、ダイナミックレンジは広くなるが検出感度は落ちる。

【0013】本発明は、さまざまな検出感度とダイナミックレンジの組み合わせ条件を選択することが可能であるか、あるいは複数の該条件下で並列的に計測可能な動的変化検出方法及び動的変化検出装置を提供するものである。またそのような動的変化検出装置を有し、3次元データの収集にも適した超音波診断装置を提供するものである。

【0014】

【課題を解決するための手段及び発明の実施の形態】本発明の第1の動的変化検出方法は、入射する光の波長に応じて透過・反射特性の異なる透過反射部の先に、ある厚さの媒質と全反射ミラーとからなる共振部を接続して検出部を構成し、該検出部に、前記全反射ミラー側（先端側）から被検体の動的変化を伝搬させるとともに、反全反射ミラー側（基端側）から前記透過反射部を通して前記共振部に、ある波長の検出光を入射させ、その間に該検出光の反射光を検出し、前記動的変化の伝搬に伴う前記検出部の寸法変化に対応した前記反射光

50

の特性変化から、前記被検体の動的変化を検出することを特徴とする。

【0015】本発明の第1の動的変化検出装置は、検出光を発する光源と、該検出光の入射する、入射する光の波長に応じて透過・反射特性の異なる透過反射部と、該透過反射部を透過した検出光の入射する共振部であって、検出光入射側から、ある厚さの媒質、及び、該媒質をはさんで前記透過反射部と対向するとともに被検体からの動的変化の伝搬する全反射ミラー、を有する共振部と、前記透過反射部及び共振部（両者を合わせて検出部という）からの前記検出光の反射光を検出する光検出器と、を具備することを特徴とする。

【0016】透過反射部の透過率が高いほど、検出部全体としての最小反射率が低くなると同時に反射率特性の半値幅は狭くなる（式を用いて後ほど詳述する）。そうなると、動的変化検出のダイナミックレンジは狭くなるが検出感度は高くなる。その逆の場合は、検出部全体としての最小反射率が高くなると同時に反射率特性の半値幅は広くなっている、検出感度は低くなるがダイナミックレンジは広くなる。したがって、透過反射部に入射させる検出光の波長を調整することによって多様な検出感度とダイナミックレンジの選択が可能となる。この動的変化検出装置は、全反射ミラー側から被検体の動的変化を透過反射部及び共振部に伝搬させて該部に歪みを起こさせて光路長を変化させる。この光路長の変化に伴う反射光の特性変化から、前記被検体の動的変化を検出する。

【0017】本発明の第2の動的変化検出方法は、前記検出光として複数の異なる波長成分を含む光を用いるとともに、該検出光の反射光を分割して該波長成分別に検出し、前記反射光の反射率特性曲線の傾斜帯域の半値幅を異ならせた複数の傾斜帯域を設定し、該複数の帯域に対応した複数の検出光を前記検出部に入射させ、複数の異なる検出感度又はダイナミックレンジにおいて並列的に測定することを特徴とする。

【0018】本発明の第2の動的変化検出装置は、異なる波長成分を含む検出光を発する光源と、該検出光の入射する、入射する光の波長に応じて透過・反射特性の異なる透過反射部と、該透過反射部を透過した検出光の入射する共振部であって、検出光入射側から、ある厚さの媒質、及び、該媒質をはさんで前記透過反射部と対向するとともに被検体からの動的変化の伝搬する全反射ミラー、を有する共振部と、前記透過反射部及び共振部からの前記検出光の反射光を前記検出光の波長成分毎に分割する光分割部と、分割された反射光を検出する光検出器と、を具備することを特徴とする。

【0019】この動的変化検出装置においては、前記反射光の反射率特性曲線の傾斜帯域の半値幅を異ならせた複数の傾斜帯域を設定し、該複数の帯域に対応した複数の検出光を前記検出部に入射させ、複数の異なる検出感度又はダイナミックレンジにおいて並列的に測定

しうることが好ましい。

【0020】複数の異なる検出感度・ダイナミックレンジで同時に計測可能である。

【0021】本発明においては、前記透過反射部を光ファイバープラググレーティングからなるものとすることができる。

【0022】本発明において検出対象となる動的変化は、代表的には音である。その他に、加速度、歪、温度、変位等を検出できる。

【0023】本発明においては、前記検出部を、複数、列状あるいは行列状にアレー化配置して被検体の動的変化を検出することができる。アレー化することにより、被検体内の超音波スキャンや偏向、集束をダイナミックかつ同時並行的に行うことができ、3次元データの収集も容易となる。なお、検出部や同部からの信号(反射光)の導出線は細い光ファイバーであるので、検出部を高集積アレー化できる。さらに、信号は光であるので、信号伝達のインピーダンスは増大しない。

【0024】本発明においては、前記複数の異なる波長成分を含む検出光を、複数の波長の異なる単一波長レーザーから発することができる。この場合、狭い波長幅内に光出力が集中されるため、光検出におけるS/Nの向上が図れ、検出感度を高くできる。

【0025】本発明においては、前記複数の異なる波長成分を含む検出光を、スーパールミネッセントダイオード(SLD)等の広帯域な発光波長を有する光源から発することができる。この場合、光源の構成をシンプルにできるという利点がある。

【0026】本発明の超音波診断装置は、被検体に超音波を送信する送信部と、該被検体からの超音波反射工口1を受信し電気信号に変換する受信部と、該受信部の信号を受け画像化処理して表示する画像処理表示部と、を備える超音波診断装置であって上記受信器中に、上記の動的変化検出装置を具備することを特徴とする。この超音波診断装置は三次元データの収集にも適し、高検出感度・広ダイナミックレンジで高解像の体内画像の取得を期待できる。

【0027】以下、図を参照しつつ説明する。図1は、本発明の第1の実施形態に係る動的変化検出装置の検出部(センサー部)を模式的に示す図である。(A)は1個の検出部の横断面図であり、(B)は多数の検出部が2次元アレーをなして配列されている様子を示す斜視図である。

【0028】この例の超音波センサーの検出部1は、光ファイバー2の先端に接続された、光ファイバープラググレーティングからなる透過反射部3と、その先の共振部5とからなる。この検出部1には光ファイバー2から検出光LEが入射し、その反対に、検出部1から光ファイバー2には反射光LRが入射する。検出部1の先端にある共振部5の全反射ミラー19は、被検体7と接し<sup>50</sup>\*

\*てあり、被検体7中を伝搬する超音波9が印加される。この透過反射部3(ファイバープラググレーティング(FBG))と共振部5(ファブリーペローコンデンサー(FPR))とで光ファイバープラググレーティング型ファブリーペローコンデンサー干渉系が構成されている。

【0029】透過反射部3(FBG)は、屈折率の異なる2つの材料層を、Braggの反射条件を満たすピッチ(例えば0.5μm)で屈折率が周期的に変化するよう、数千層交互に重なせたものである(応用物理第6巻第9号(1998)P.1029参照)。各層の周期構造のピッチを、入射光の波長を、Nを任意の整数とすると、Bragg反射条件とは以下の通り。

$$2N =$$

このFBGは、Bragg反射に起因して、上記式の条件を満たすある特定の波長の光を選択的に反射する(その他は透過する)。

【0030】共振部5は、透過反射部3に接続された光透過性媒質17と、その先に形成された全反射ミラー19からなる。ここで、透過反射部3をハーフミラーと考え、かつそれが媒質17の端に存在するものと仮定する。この共振部5に、透過反射部3側から波長λの検出光を入射させ、全反射ミラー側から超音波を印加する。ハーフミラーの反射率をr、シングルパスゲインをG、媒質17の長さをL、屈折率をnとすると、この共振部5の反射率Rは以下の式で与えられる。

【数2】

$$R = \frac{(\sqrt{r} - G)^2 + 4\sqrt{r}G \sin^2 \delta}{(1 - \sqrt{r}G)^2 + 4\sqrt{r}G \sin^2 \delta}$$

30 ここでRは、以下の式で与えられる。

$$= 2 L n /$$

この式から、超音波の音圧変化により媒質17の1往復の光路長2Lnが変化すると、共振部5からの光反射特性が変化することが分かる。

【0031】実際には、最も反射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、この傾斜帯域の検出光をFPRに入射させながら、FPRに超音波を加えると、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換算することにより超音波の強度を計測できる。図1の動的変化検出装置の検出部の詳しい作用については、図3、4、5を参照しつつ後述する。

【0032】図1(B)に示すように、2次元アレー超音波センサー21は、多数の光ファイバー2と検出部1が縦・横に行列状に配置されたものである。

【0033】図2は、本発明の第1の実施形態に係る動的変化検出装置(超音波検出装置)の装置構成を示す系統図である。図の右端部に図1と同様の検出部1が示されており、この検出部1とつながる光ファイバー51が図の左へ延びるように示されている。光ファイバー51

の図の左側には、光源部31が示されている。この光源部31は、3台のレーザー33、35、37を有する。レーザー(1)33は波長<sub>1</sub>のレーザー光LE1を発し、レーザー(2)35は波長<sub>2</sub>のレーザー光LE2を発し、レーザー(3)37は波長<sub>3</sub>のレーザー光LE3を発する。

【0034】レーザー(3)37の出側にはミラー41が斜め上に向けて配置されており、レーザー光LE3は図の上方に反射される。レーザー(2)35の出側にはダイクロイックミラー43が斜め上に向けて配置されており、レーザー光LE2は図の上方に反射される。このダイクロイックミラー43を、レーザー光LE3は透過する。レーザー(1)33の出側にもダイクロイックミラー43が斜め上に向けて配置されている。レーザー光LE1はこのダイクロイックミラー45を透過するが、レーザー光LE2及びレーザー光LE3はこのダイクロイックミラー45で反射される。結局、ダイクロイックミラー45において、3本のレーザー光LE1、2、3が合波されて、図の右側へ進む。ダイクロイックミラー45の図の右側にはレンズ47が配置されている。合波された光はこのレンズ47によって収束されて光ファイバー51に入射する。

【0035】光ファイバー51は、光カプラー53を通って図の右方向に延びている。光ファイバー51の先には、図1で説明した光ファイバーブラッググレーティング3と共に共振部5からなる検出部1が接続されている。

【0036】光ファイバー51には、検出部1から反射光LRが入射する。この反射光LRは、光カプラー53において光ファイバー81に入射する。光ファイバー81は図の下方に延びており、その先に光分割部83が設けられている。光分割部83はレンズ85と回折格子87を有する。レンズ85は光ファイバー81の出口側に設けられており、光ファイバー81から放射された光LRを収束して回折格子87に当てる。回折格子87に当った光LRは、波長成分毎に回折角の異なる光LR1、2、3に分割されて図の左方向に向かう。

【0037】光分割部83の図の左側には、3台の光検出器91、93、95が配置されている。それぞれの光検出器91、93、95は、光分割部83で分割された光LR1(波長<sub>1</sub>)、LR2(波長<sub>2</sub>)、LR3(波長<sub>3</sub>)を受け、それぞれの強度を検出する。光検出器91、93、95は、検出した光の強度を電気信号として、信号処理部97に送る。信号処理部97は、受けた信号を画像化処理して表示部99に送る。なお、信号処理部97における信号処理については、図3~6を用いて説明する。なお、当分野における一般的な信号処理についての事項は、東洋出版「超音波観察法・診断法」や医歯薬出版「基礎超音波医学」を参照されたい。

【0038】図3は、透過反射部3(FBG)の反射特性を示す模式的なグラフである。縦軸は反射率であり、\*50

\*横軸は波長である。図には、反射率の1つのピークが示されている。このピークの中心の波長はcで、ピークから僅かに外れた反射率95%の波長は<sub>1</sub>であり、ピークの右側のスロープ部(傾斜帯域)のほぼ中央部(反射率50%)の波長は<sub>2</sub>であり、スロープ部の下の方の部分(反射率20%)の波長は<sub>3</sub>である。

【0039】図4は、共振部5(FPR)の反射特性を説明するための図である。特に、(A)はハーフミラーの反射率が90%ときの反射特性を説明するための図であり、(B)はハーフミラーの反射率が50%ときの反射特性を説明するための図であり、(C)はハーフミラーの反射率が20%ときの反射特性を説明するための図である。縦軸は反射率であり、横軸は波長である。

(A)~(C)に示されるように、全反射ミラーは、前記波長<sub>1</sub>、<sub>2</sub>、<sub>3</sub>の全てについて反射率がほぼ100%(全反射)である。各図から分かるように、最小反射率は、周期的に現れると共に、透過反射部3(FBG)の反射率が高いほど、反射率特性の半値幅は狭くなる。

【0040】検出部1の反射特性は、透過反射部3の反射特性、共振部5の反射特性、及び、透過反射部3と共に共振部5の間の共振特性から生じるものである。同特性は以下の式で記述できる。

【数3】

$$G_R = \frac{(\sqrt{R} - G_s)^2 + 4\sqrt{R}G_s \sin^2(2\pi nL/\lambda)}{(1 - \sqrt{R}G_s)^2 + 4\sqrt{R}G_s \sin^2(2\pi nL/\lambda)}$$

ここで、G<sub>R</sub>は検出部全体の反射率、Rは部分反射ミラーの反射率、G<sub>s</sub>は共振部5の利得である。

【0041】この様子を図5に示す。縦軸は反射率であり、横軸は波長である。図には、反射特性の低い3つの凹部が示されている。一番左の凹部を反射特性a、真ん中の凹部を反射特性b、右側の凹部を反射特性cと呼ぶ。これらの凹部の中心の波長は、透過反射部の反射特性によって、それぞれ、<sub>1</sub>、<sub>2</sub>、<sub>3</sub>に設計されている。

【0042】図5に示す各反射特性の傾斜帯域内に、検出光のレーザー波長<sub>1</sub>、<sub>2</sub>、<sub>3</sub>を設定する。例えば図の一番左の傾斜帯域aの中に<sub>1</sub>を設定する。このとき、共振器の全反射膜面に超音波が入射すると、全反射膜面に微小な変位が生じ、ファブリーペロー共振器の共振器長は微小変化するため、図5の反射特性の傾斜帯域aは波長軸(横軸)方向にシフトする。この状態では、波長<sub>1</sub>に対する反射率が変化することになり、ファブリーペロー共振器から戻ってくる波長<sub>1</sub>の光強度が変化し、超音波の検出ができることがある。

【0043】超音波検出の感度を高くするためには、光強度変化が大きくなるように、傾斜帯域aの変化率(傾き)が急峻になるように、最小反射率を低くかつ反射率

特性の半値幅を狭くする。こうすることで、感度は高くなるが、一方半値幅が狭くなるため、検出範囲すなわちダイナミックレンジは狭くなる。

【0044】ところが、同じ透過反射部3は異なる波長域では反射率が変わるために、検出部1全体の反射特性も、図5の反射特性b、反射特性cに示すように異なったものとなる。したがって一台のファブリーペロー共振器にそれぞれ異なる波長<sub>1</sub>、<sub>2</sub>、<sub>3</sub>の光を用いて、それぞれ検出感度とダイナミックレンジの異なる各測定範囲の検出を同時にを行うことができる。これによって、高い検出感度と広いダイナミックレンジを併せ持った検出が可能となる。

【0045】図6は、他の実施の形態に係る動的変化検出装置の構成を示す図である。この動的変化検出装置は、光源部101を広帯域な波長域を有する光源、例えばスーパールミネッセントダイオード(SLD)にしたものである。その他の構成は図2の場合と同じである。図7は、SLDの発光特性を示す模式的なグラフである。縦軸は発光強度であり、横軸は波長である。

【0046】SLDは図7に示す広い発光波長域(半値幅20~30nm)をもつ。この光が図5の特性を有するファブリーペロー共振器で反射されるため、図5の反射特性a、b、cの重ね合わせのスペクトル特性をもった光が、光カプラーを介して波長分割部83に入る。波長分割部83では、図5の反射特性a、b、cの特性変域の<sub>1</sub>、<sub>2</sub>、<sub>3</sub>の波長成分のみをそれぞれ選別分割するため、それぞれの波長成分の光強度は、超音波入射に伴い生じるファブリーペロー反射特性変化に基づく変化が生じることとなる。これにより、図2~5の実施例と同様の効果が実現される。

【0047】図8は、本発明の1つの実施形態に係る超音波診断装置の全体構成を示すブロック図である。この例の超音波診断装置は、送信部201、探触子209、受信部211、テレビ走査変換部213、表示部(テレビモニター)215等からなる。送信部201は、パルス状の超音波発振信号を、PZTやPVDFからなる超音波送信用トランスジューサ203に送る。トランスジューサ203は送信超音波を発し、被検体206内に超音波を入射する。なお、トランスジューサ203の下方には超音波用ハーフミラー205(樹脂性の板等)が配置されている。被検体206では、超音波エコー207が図の上方に反射され、該エコーは探触子209内のハーフミラー205で右方に反射され、2次元アレー超音波検出部208に入射する。同検出部208は、超音波を光に変換して受診部211に送る。受信部211は、検出部208からの光信号を電気信号に変換する。テレビ走査変換部213は、受信部211からの信号を增幅

などしたのちに画像化処理を行う。そして画像化処理された信号は、表示部(モニター)215に送られ画像表示される。

【0048】以上、図を参照しつつ本発明の具体例を説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく様々な改変・追加を行うことができる。

#### 【0049】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、動的変化検出を検出する際に、さまざまな検出感度とダイナミックレンジの組み合わせ条件を選択できるか、あるいは複数の該条件下で並列的に計測できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る動的変化検出装置の検出部(センサー部)を模式的に示す図である。

(A)は1本の検出部の横断面図であり、(B)は多数の検出部が2次元アレーをなして配列されている様子を示す斜視図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る動的変化検出装置(超音波検出装置)の装置構成を示す系統図である。

【図3】本発明のファイバーブラッケグレーティング部の反射特性を示す模式的なグラフである。縦軸は反射率であり、横軸は波長である。

【図4】本発明の検出部の先端の全反射ミラーの反射特性を示す模式的なグラフである。縦軸は反射率であり、横軸は波長である。

【図5】検出部の反射特性を示す図である。縦軸は反射率であり、横軸は波長である。

【図6】光源としてスーパールミネッセントダイオード(SLD)を有する他の実施の形態に係る動的変化検出装置の構成を示す図である。

【図7】SLDの発行特性を示す模式的なグラフである。

【図8】本発明の1つの実施形態に係る超音波診断装置の全体構成を示すブロック図である。

【図9】現在用いられている一般的な探触子の構造を模式的に示す図である。(A)は全体の斜視図、(B)は配列振動子を拡大して示す斜視図である。

#### 【符号の説明】

1 検出部

2 光ファイバー

3 透過反射部(光ファイバーブラッケグレーティング(FBG))

5 共振部(ファブリーペロー共振器(FPR))

7 被検体

9 超音波

11 第一媒質

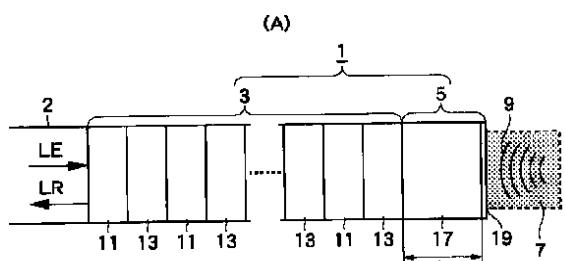
13 第二媒質

15 ハーフミラー

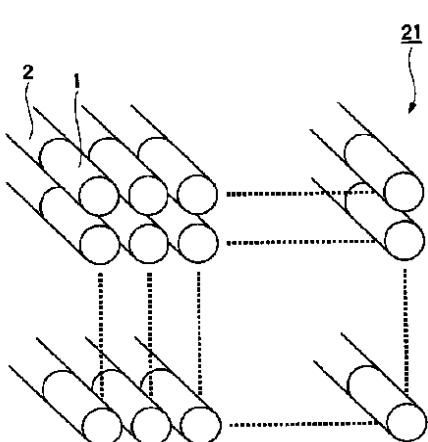
17 第三媒質

19 全反射ミラー

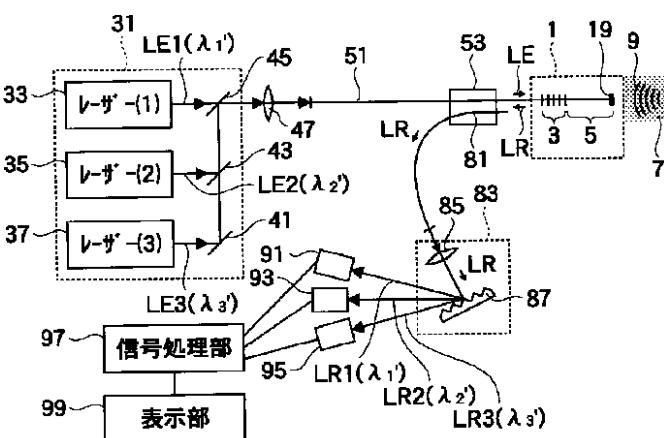
【図1】



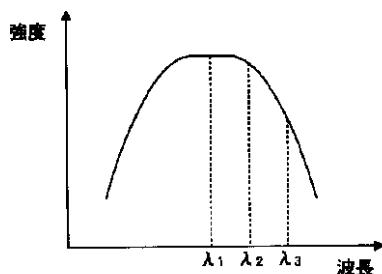
(B)



【図2】

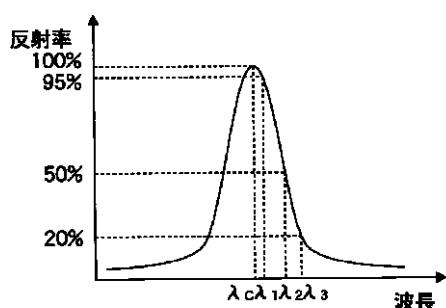


【図7】

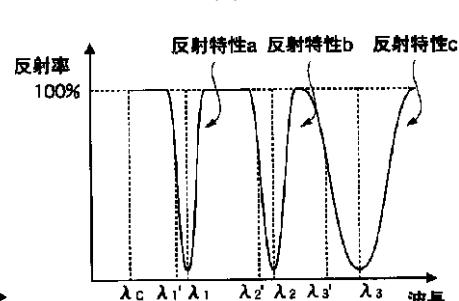


SLDの発光波長外

【図3】

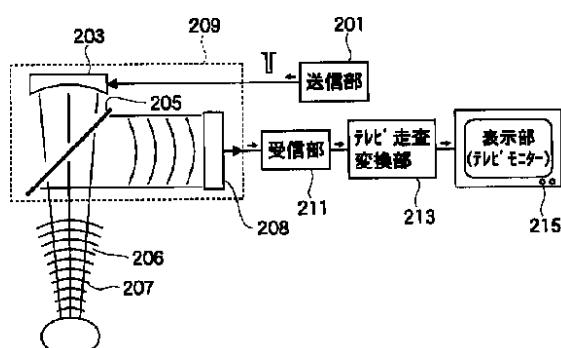


透過反射部の反射特性

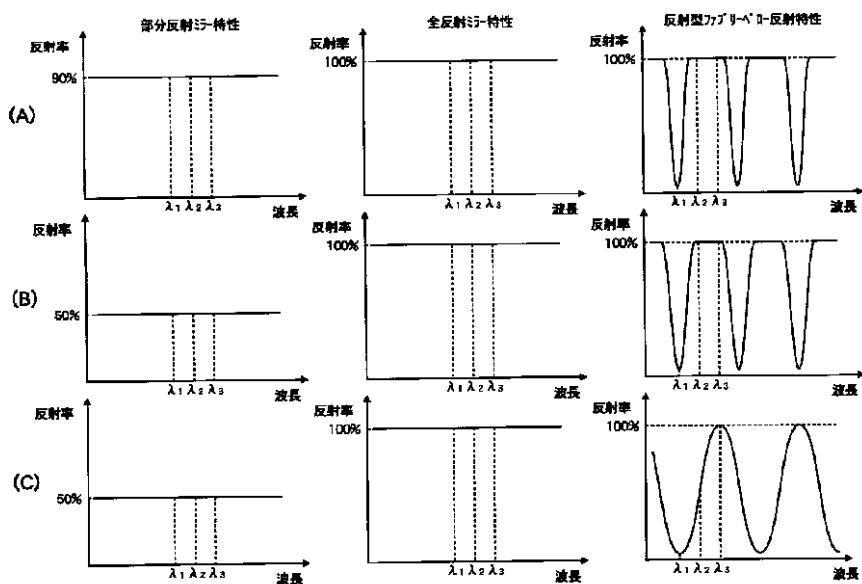


【図5】

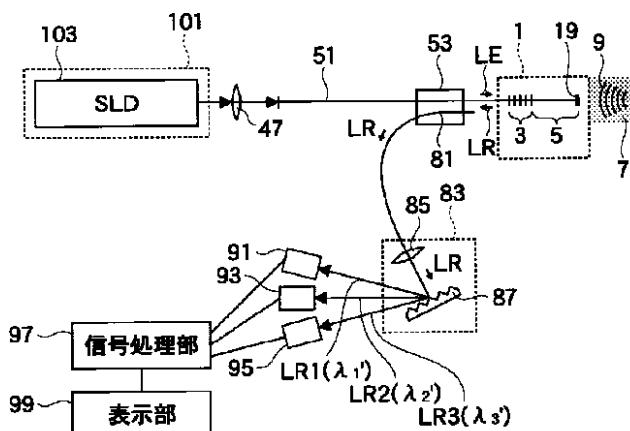
【図8】



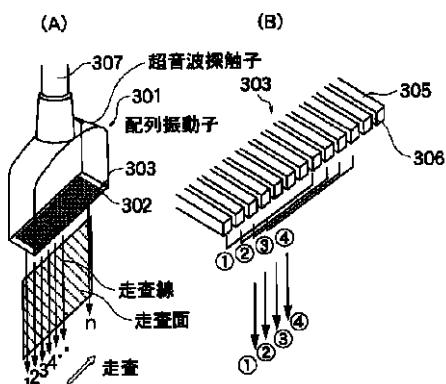
【図4】



【図6】



【図9】



フロントページの続き

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

H 04 R 17/00

識別記号

3 3 0

F I

H 04 R 17/00

テ-マコ-ド (参考)

3 3 0 G 5 F 0 8 9

F ターム(参考) 2F065 AA00 FF51 GG01 GG04 GG23  
JJ03 JJ05 JJ26 LL00 LL02  
LL20 LL42 QQ31 SS02 SS13  
2F068 AA39 CC07 FF12 JJ11 KK13  
LL04 LL13 LL17 TT07  
4C301 EE13 EE20 GB09 GB40  
5C054 AA05 CA08 FD01 GB02 HA12  
5D019 AA26 BB02 BB04 FF04  
5F089 BA02 BA05 BB03 BB17 BC17  
GA10

专利名称(译)	动态变化检测方法，动态变化检测装置和超声波诊断装置		
公开(公告)号	<a href="#">JP2001317914A</a>	公开(公告)日	2001-11-16
申请号	JP2000133086	申请日	2000-05-02
[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	戸井田昌宏		
发明人	戸井田 昌宏		
IPC分类号	G01B11/00 A61B8/00 G01B17/00 G01B17/06 G01H9/00 G01N29/24 G01N29/34 H01L31/12 H04N7/18 H04R17/00		
CPC分类号	A61B5/0097 G01H9/00 G01N29/2418 G01N29/348 G01N2291/045 G01N2291/105		
FI分类号	G01B11/00.G A61B8/00 G01B17/00.C H01L31/12.G H04N7/18.Q H04R17/00.330.G G01B17/06		
F-TERM分类号	2F065/AA00 2F065/FF51 2F065/GG01 2F065/GG04 2F065/GG23 2F065/JJ03 2F065/JJ05 2F065/JJ26 2F065/LL00 2F065/LL02 2F065/LL20 2F065/LL42 2F065/QQ31 2F065/SS02 2F065/SS13 2F068/AA39 2F068/CC07 2F068/FF12 2F068/JJ11 2F068/KK13 2F068/LL04 2F068/LL13 2F068/LL17 2F068/TT07 4C301/EE13 4C301/EE20 4C301/GB09 4C301/GB40 5C054/AA05 5C054/CA08 5C054/FD01 5C054/GB02 5C054/HA12 5D019/AA26 5D019/BB02 5D019/BB04 5D019/FF04 5F089/BA02 5F089/BA05 5F089/BB03 5F089/BB17 5F089/BC17 5F089/BC17 5F089/GA10 4C601/EE11 4C601/EE30 4C601/GB01 4C601/GB03 4C601/GB06 4C601/GB50 5F889/BA02 5F889/BA05 5F889/BB03 5F889/BB17 5F889/BC17 5F889/GA10		
其他公开文献	JP4220102B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

### 摘要(译)

解决的问题：提供一种动态变化检测装置，该装置能够选择检测灵敏度和动态范围的各种组合条件。[方法]通过将包括具有一定厚度的介质17和全反射镜19的共振单元5连接到具有根据入射光的波长而具有不同的透射/反射特性的透射/反射单元3的末端，来形成检测单元1。配置。被检体7的超声波9从全反射镜19侧传播到检测单元1，并且具有特定波长的检测光LE从透射反射单元3侧入射。同时，检测到检测光LE的反射光LR，并且从与伴随着超声波的传播的检测单元1的尺寸变化相对应的反射光LR的特性变化中检测出被检体7的超声波。

