

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4220102号  
(P4220102)

(45) 発行日 平成21年2月4日(2009.2.4)

(24) 登録日 平成20年11月21日(2008.11.21)

(51) Int.Cl.

G O 1 B 11/00 (2006.01)

F 1

G O 1 B 11/00

G

請求項の数 18 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2000-133086 (P2000-133086)  
 (22) 出願日 平成12年5月2日 (2000.5.2)  
 (65) 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)  
 審査請求日 平成17年9月16日 (2005.9.16)

(73) 特許権者 306037311  
 富士フィルム株式会社  
 東京都港区西麻布2丁目26番30号  
 (74) 代理人 100110777  
 弁理士 宇都宮 正明  
 (74) 代理人 100100413  
 弁理士 渡部 温  
 (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

審査官 櫻井 仁

(56) 参考文献 特開昭63-054151 (JP, A)  
 特開平11-072353 (JP, A)  
 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) 【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・反射特性が異なり、屈折率の異なる2つの材料層が交互に積層された透過反射部の先に、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動的変化検出方法。

## 【請求項2】

入射する光の波長に応じて透過・反射特性が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、複数の異なる波長成分を含む検出光を入射させ、

その間に、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の特性変化から、前記被検体の動的変化を検出し、

10

20

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的に測定することを特徴とする動的変化検出方法。

【請求項 3】

前記透過反射部が光ファイバーブラッギング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】

前記動的変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。

10

【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変化を検出することを特徴とする請求項 1 ~ 4 いずれか 1 項記載の動的変化検出方法。

【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。

11

【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。

12

【請求項 9】

検出光を発する光源と、

該検出光が入射され、入射する光の波長に応じて透過・反射特性が異なり、屈折率の異なる 2 つの材料層が交互に積層された透過反射部と、

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。

13

【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・反射特性が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、

14

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的に測定しう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ギンググレーティングからなることを特徴とする請求

15

項 9、10 又は 11 記載の動的変化検出装置。

【請求項 13】

前記動的変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。

10

【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って；  
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。

20

【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変化を検出する方法及び装置に関する。また、そのような動的変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変化には、音波、加速度、歪、温度、変位等を含む。

【0002】

30

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】

いわゆる超音波エ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エコーを受信する。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】

40

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 が収められている。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、裏面側にはバ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。バッキング材は、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。

50

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、被検者に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）の加工技術が限界に近くなっている。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。

10

#### 【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、同時に次のようにも述べている（P. 2、14～18行）。「同様の質の画像を得るために、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。」

20

#### 【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、光ファイバーブラッギンググレーティング（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、入射光の波長を、Nを任意の整数とすると、Bragg反射条件とは以下である。

30

$$2N =$$

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が変化するので、選択的に反射する光の波長が変化する。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。

40

#### 【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（ $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ 、コア  $1.0 \mu\text{m}$ 、クラッド  $1.25 \mu\text{m}$ ）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。

50

## 【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】

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

10

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 F P R に入射させながら、F P R 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。

20

## 【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。

30

## 【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・反射特性が異なり、屈折率の異なる2つの材料層が交互に積層された透過反射部の先に、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。

40

## 【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、該検出光が入射され、入射する光の波長に応じて透過・反射特性が異なり、屈折率の異なる2つの材料層が交互に積層された透過反射部と、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

50

率特性の半値幅は狭くなる（数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つて、検出感度は低くなるがダイナミックレンジは広くなる。したがつて、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、入射する光の波長に応じて透過・反射特性が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、複数の異なる波長成分を含む検出光を入射させ、その間に、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の特性変化から、前記被検体の動的変化を検出し、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、異なる波長成分の光を含む検出光を発する光源と、該検出光が入射され、入射する光の波長に応じて透過・反射特性が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ブラッギングレーティングからなるものとすることができます。

## 【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なうことができ、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。

10

20

30

40

50

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。

【 0 0 2 5 】

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 ( S L D ) 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。

【 0 0 2 6 】

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。  
10

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。

【 0 0 2 7 】

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。

【 0 0 2 8 】

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、光ファイバーブラッゲ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 L E 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 L R 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 1 9 は、被検体 7 と接しており、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 ( ファイバーブラッゲグレーティング ( F B G ) ) と共振部 5 ( ファブリーペロー共振器 ( F P R ) ) とで光ファイバーブラッゲグレーティング型ファブリーペロー干渉系が構成されている。  
20

【 0 0 2 9 】

透過反射部 3 ( F B G ) 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  $0.5 \mu m$  ) で屈折率が周期的に変化するように、数千層交互に重なせたものである ( 応用物理第 6 7 卷第 9 号 ( 1998 ) P. 1029 参照 ) 。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。  
30

$$2N\lambda = m\lambda$$

この F B G 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 ) 。

【 0 0 3 0 】

共振部 5 は、透過反射部 3 に接続された光透過性媒質 1 7 と、その先に形成された全反射ミラー 1 9 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 1 7 の端に存在するものと仮定する。  
40

この共振部 5 に、透過反射部 3 側から波長  $\lambda$  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 1 7 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 】

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

ここで 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 2 L n 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。 10

【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 F P R に入射させながら、F P R 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。 20

【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 L E 1 を発し、レーザー (2) 35 は波長<sub>2</sub> のレーザー光 L E 2 を発し、レーザー (3) 37 は波長<sub>3</sub> のレーザー光 L E 3 を発する。 30

【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 L E 3 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 L E 2 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 L E 3 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 45 を、レーザー光 L E 3 が斜め上に向けて配置されている。レーザー光 L E 1 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 L E 2 及びレーザー光 L E 3 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 L E 1、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。 40

【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 L R が入射する。この反射光 L R 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あり、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 50

から放射された光 L R を収束して回折格子 8 7 に当てる。回折格子 8 7 に当った光 L R は、波長成分毎に回折角の異なる光 L R 1、2、3 に分割されて図の左方向に向かう。

【 0 0 3 7 】

光分割部 8 3 の図の左側には、3 台の光検出器 9 1、9 3、9 5 が配置されている。それぞれの光検出器 9 1、9 3、9 5 は、光分割部 8 3 で分割された光 L R 1 ( 波長 <sub>1</sub> ) 、 L R 2 ( 波長 <sub>2</sub> ) 、 L R 3 ( 波長 <sub>3</sub> ) を受け、それぞれの強度を検出する。光検出器 9 1、9 3、9 5 は、検出した光の強度を電気信号として、信号処理部 9 7 に送る。信号処理部 9 7 は、受けた信号を画像化処理して表示部 9 9 に送る。なお、信号処理部 9 7 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。

10

【 0 0 3 8 】

図 3 は、透過反射部 3 ( F B G ) 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 <sub>c</sub> で、ピークから僅かに外れた反射率 9 5 % 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 5 0 % ) 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 2 0 % ) の波長は <sub>3</sub> である。

【 0 0 3 9 】

図 4 は、共振部 5 ( F P R ) 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 9 0 % 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 5 0 % 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 2 0 % 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 1 0 0 % ( 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 ( F B G ) の反射率が高いほど、反射率特性の半値幅は狭くなる。

20

【 0 0 4 0 】

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 】

30

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

ここで、  $G_R$  は検出部全体の反射率、  $R$  は部分反射ミラーの反射率、  $G_S$  は共振部 5 の利得である。

【 0 0 4 1 】

40

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。

【 0 0 4 2 】

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

50

—ペロー共振器から戻ってくる波長 $\lambda_1$ の光強度が変化し、超音波の検出ができることがある。

【 0 0 4 3 】

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。

【 0 0 4 4 】

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、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>の光を用いることで、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。

10

【 0 0 4 5 】

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、S L D 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。

20

【 0 0 4 6 】

S L D は図 7 に示す広い発光波長域 (半値幅 20 ~ 30 nm) 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 へ入る。波長分割部 83 では、図 5 の反射特性 a、b、c の特性変化域の  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  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。

【 0 0 4 7 】

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。

30

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、P Z T や P V D F 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。

40

[ 0 0 4 8 ]

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の改変・追加を行うことができる。

【 0 0 4 9 】

### 【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

50

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ク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（S L D）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】S L D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。

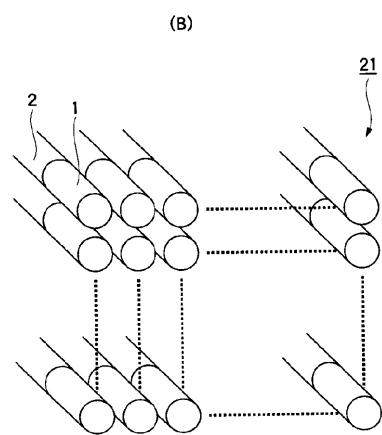
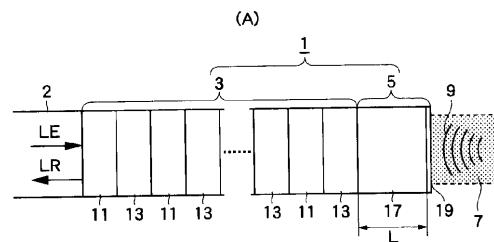
【符号の説明】

- |                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| 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クグレーティング（F B G）） |         |
| 5 共振部（ファブリーペロー共振器（F P R））         |         |
| 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                         |         |

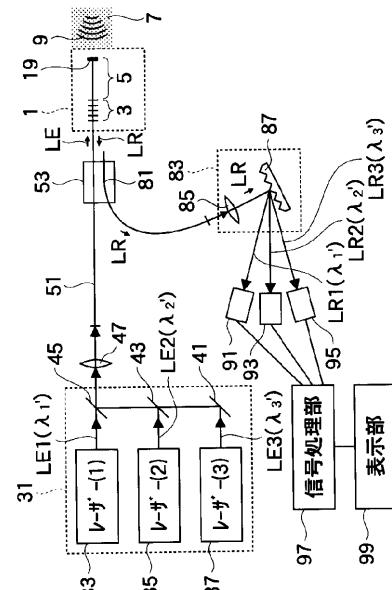
10

20

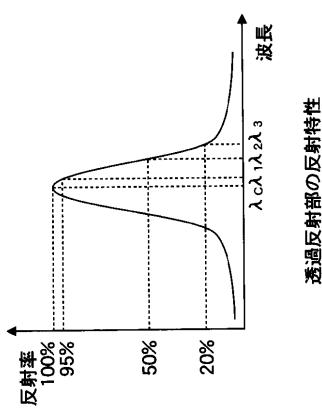
【図1】



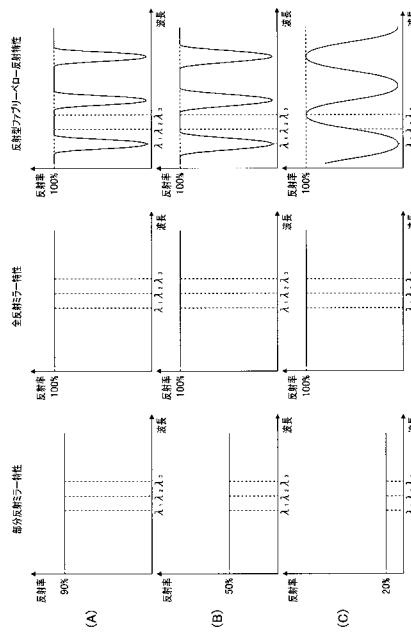
【図2】



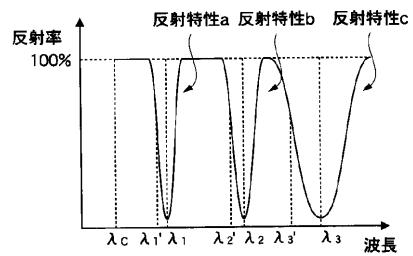
【図3】



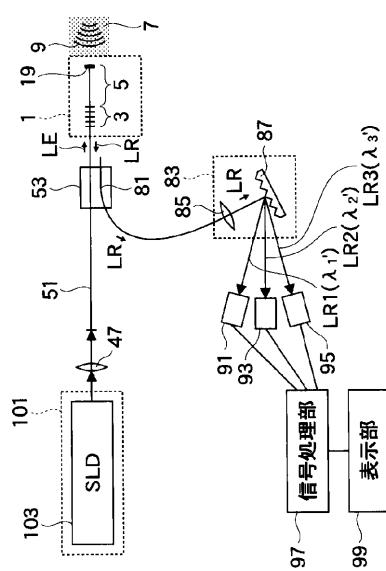
【図4】



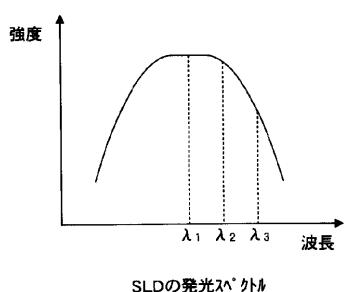
【図5】



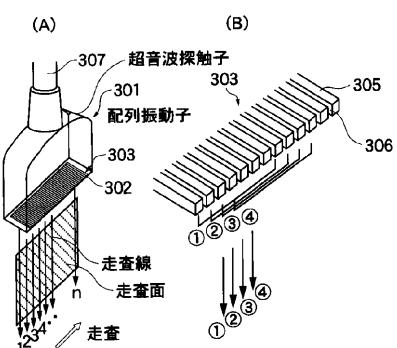
【図6】



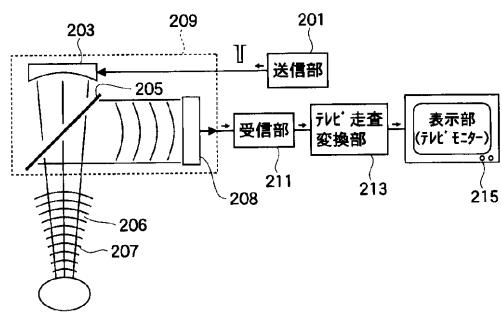
【図7】



【図9】



【図8】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G01B 11/00~11/30

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="#">JP4220102B2</a>	公开(公告)日	2009-02-04
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		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[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 G01B17/06 H01L31/12.G H04N7/18.Q H04R17/00.330.G		
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 4C601/EE11 4C601/EE30 4C601/GB01 4C601/GB03 4C601/GB06 4C601/GB50 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/GA10 5F889/BA02 5F889/BA05 5F889/BB03 5F889/BB17 5F889/BC17 5F889/GA10		
代理人(译)	宇都宮正明		
审查员(译)	櫻井 仁		
其他公开文献	JP2001317914A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

## 摘要(译)

要解决的问题：提供动态变化检测器，可以选择各种组合条件检测灵敏度和动态范围。解决方案：谐振部件5，包括具有一定厚度的介质17和全反射镜19，连接到透射反射部件3的尖端，透射反射部件3的透射/反射特性根据入射光的波长而变化，以形成检测样本7的超声波9从全反射镜19侧通过检测部分1传播，而具有特定波长的检测光束LE从透射反射侧入射到其中。在该时段期间，检测检测光LE的反射光LR，以根据反射光LR的特性的变化检测样本7的超声波，对应于伴随的检测部分1的尺寸变化。超声波的传播。

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