

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4066064号
(P4066064)

(45) 発行日 平成20年3月26日 (2008.3.26)

(24) 登録日 平成20年1月18日 (2008.1.18)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 H 15/00 (2006.01)

G O 1 H 15/00

A 6 1 B 8/08 (2006.01)

A 6 1 B 8/08

G O 1 N 29/09 (2006.01)

G O 1 N 29/16

請求項の数 13 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2002-130928 (P2002-130928)
 (22) 出願日 平成14年5月2日 (2002.5.2)
 (65) 公開番号 特開2003-322558 (P2003-322558A)
 (43) 公開日 平成15年11月14日 (2003.11.14)
 審査請求日 平成16年5月14日 (2004.5.14)

特許法第30条第1項適用 平成13年11月7日、第22回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム運営委員会により発行された「第22回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム講演予稿集」、「P2-40 微細石英ファイバーを用いた生体組織表面音響インピーダンスイメージングの試み」と題する論文(第251頁~第252頁)に発表

(73) 特許権者 503360115
 独立行政法人科学技術振興機構
 埼玉県川口市本町4丁目1番8号
 (74) 代理人 100082876
 弁理士 平山 一幸
 (72) 発明者 八木 晋一
 東京都青梅市河辺町10-4-17-401
 (72) 発明者 守屋 正
 神奈川県横浜市青葉区松風台1-8 グラ
 ンフォルム青葉台3-106
 審査官 ▲高▼見 重雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音響インピーダンス測定方法及び音響インピーダンス測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波伝送路の一端から一定周波数帯域の超音波パルスを伝搬させ、この超音波伝送路の他端に接続され且つ被測定物と密着された $\lambda/4$ 整合層を介して該被測定物に超音波パルスを印加し、上記超音波伝送路と上記 $\lambda/4$ 整合層との界面で生じる超音波パルスエコーを上記超音波伝送路の一端に伝搬させ、この超音波パルスエコーの特定周波数成分から上記被測定物の音響インピーダンスを求める測定方法であって、

上記 $\lambda/4$ 整合層は、上記超音波伝送路と径が同一で、上記超音波パルス周波数帯域内の特定周波数において $1/4$ 波長の長さを有し、且つ上記被測定物、上記超音波伝送路及び上記 $\lambda/4$ 整合層の特性音響インピーダンスをそれぞれ、 Z_w 、 Z_c 及び Z_s としたときに、 $Z_s = (Z_w \cdot Z_c)^{1/2}$ となる特性音響インピーダンスを有する物質から成り、上記超音波伝送路と上記被測定物とをインピーダンス整合させていることを特徴とする、音響インピーダンス測定方法。

【請求項2】

前記超音波伝送路の単一モード伝搬領域の周波数帯域を利用して、前記超音波伝送路に一定周波数帯域の超音波パルスを伝搬させることを特徴とする、請求項1に記載の音響インピーダンス測定方法。

【請求項3】

前記超音波伝送路の多モード伝搬領域の周波数帯域を利用することにより、前記超音波伝送路に一定周波数帯域の超音波パルスを伝搬させることを特徴とする、請求項1に記載

の音響インピーダンス測定方法。

【請求項 4】

前記 $\lambda / 4$ 整合層は、前記超音波パルス周波数帯域内の特定周波数において、前記被測定物が水の場合に整合する形状と特性音響インピーダンスを有することを特徴とする、請求項 1 ~ 3 の何れかに記載の音響インピーダンス測定方法。

【請求項 5】

前記超音波伝送路と $\lambda / 4$ 整合層の断面積は、必要とする空間的分解能に応じて小さくすることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 の何れかに記載の音響インピーダンス測定方法。

【請求項 6】

前記測定した被測定物からのエコーの周波数成分を、空気を被測定物として求めたエコーの周波数成分で規格化することを特徴とする、請求項 1 ~ 5 の何れかに記載の音響インピーダンス測定方法。

10

【請求項 7】

前記超音波振動子と $\lambda / 4$ 整合層とを備えた超音波伝送路を複数本束ねて用い、各々の上記伝送路を伝搬する各々の前記超音波パルスエコーから各々の音響インピーダンスを求め、前記被測定物の音響インピーダンス分布像を測定することを特徴とする、請求項 1 ~ 6 の何れかに記載の音響インピーダンス測定方法。

【請求項 8】

一定の電気パルスを発生する電気信号源と、この電気信号源からの電気パルスを超音波パルスに変換し且つ超音波パルスエコーを電気パルスに変換する超音波振動子と、この超音波振動子を一端に有し且つ他端に $\lambda / 4$ 整合層を有する超音波伝送線路と、上記超音波パルスエコーをフーリエ変換し、このフーリエスペクトルから被測定物の音響インピーダンスを計算する信号処理部とからなり、

20

上記 $\lambda / 4$ 整合層は、上記超音波伝送路と径が同一で、上記超音波パルス周波数帯域内の特定周波数において $1 / 4$ 波長の長さを有し、且つ、被測定物、上記超音波伝送路及び上記 $\lambda / 4$ 整合層の特性音響インピーダンスをそれぞれ、 Z_w 、 Z_c 及び Z_s としたときに、 $Z_s = (Z_w \cdot Z_c)^{1/2}$ となる特性音響インピーダンスを有する物質から成り、上記超音波伝送路と上記被測定物とがインピーダンス整合していることを特徴とする、音響インピーダンス測定装置。

【請求項 9】

30

前記超音波伝送路は石英ファイバーから成ることを特徴とする、請求項 8 に記載の音響インピーダンス測定装置。

【請求項 10】

前記 $\lambda / 4$ 整合層は、前記被測定物としての水と上記超音波伝送路とがインピーダンス整合していることを特徴とする、請求項 8 または 9 に記載の音響インピーダンス測定装置。

【請求項 11】

前記 $\lambda / 4$ 整合層の特性音響インピーダンスを有する物質は、エポキシ樹脂であることを特徴とする、請求項 10 に記載の音響インピーダンス測定装置。

【請求項 12】

40

前記信号処理部は、前記被測定物のフーリエスペクトルを空気を被測定物としたときの前記フーリエスペクトルで規格化することを特徴とする、請求項 8 ~ 11 の何れかに記載の音響インピーダンス測定装置。

【請求項 13】

前記超音波振動子と $\lambda / 4$ 整合層を備えた超音波伝送路を複数本束ねて備え、各々の上記伝送路を伝搬する各々の前記超音波パルスエコーから各々の音響インピーダンスを測定し、前記被測定物の音響インピーダンス分布像を測定することを特徴とする、請求項 8 ~ 12 の何れかに記載の音響インピーダンス測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

50

【産業上の利用分野】

本発明は、音響インピーダンス測定方法、及びその音響インピーダンス測定装置に関し、さらに詳しくは、超音波の波長で制限されない空間分解能を有し、簡便、かつ、正確に被測定物の音響インピーダンスを測定できる、音響インピーダンス測定方法、及びその音響インピーダンス測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

各種工業用の各種材料（固体、液体、及びゲル状物）に対して、音響インピーダンスを測定することが行われている。また、生体組織を反映する音響インピーダンスを、内視鏡やカテーテルに組み込んだ音響インピーダンス測定装置により音響インピーダンスを測定して、胃の病状診断、血管内のプラークの識別、あるいは、臓器に対する診断を行うことが考えられている。

10

【0003】

このような音響インピーダンスの測定方法は、例えば、特開2000-221078号公報において、超音波連続波による石英ロッドを用いた音響インピーダンス測定技術が開示されている。図15は、上記の特開2000-221078号公報に記載されている音響インピーダンス測定法の概略を示す図である。

この技術では、超音波振動子51で発生した一定の超音波連続波を伝送線路52の一端から入力して伝送線路52を伝搬させ、マッチング液53を介して音響インピーダンス変換器55を密着させた試料54に対して印加する。超音波反射率をマッチング液53の長さを波長（ λ ）の関数として求め、試料54の音響インピーダンスを求める。インピーダンス変換器55によってインピーダンス変換することにより、マッチング液53と試料54との音響インピーダンスの差が少ない試料54の場合にも、試料54の音響インピーダンスを測定することができる。また、インピーダンス変換器55を形状の定まらない試料面に押しつけることによって反射面が正確に規定され、正確な音響インピーダンスを測定することができる。

20

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

従来の特開2000-221078号公報で開示されている音響インピーダンスの測定方法は、伝送線路と測定試料間の距離を変化させながら測定しなければならず、距離を変えるための駆動部や測長のためのレーザー計測器などが必要で、特に生体内での測定は困難である。

30

また、この従来方法では、医用音響インピーダンス測定において要求される、波長オーダーの空間分解能を実現するのは困難である。

【0005】

本発明の目的は、上記課題に鑑み、伝送線路と測定試料間の距離を変化させながら測定する必要がなく、空間的分解能が高く、特に、生体等の音響インピーダンス測定に適した、音響インピーダンス測定方法と装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

40

上記目的を達成するため、本発明の音響インピーダンス測定方法は、超音波伝送路の一端から一定周波数帯域の超音波パルスを伝搬させ、超音波伝送路の他端に接続され且つ被測定物と密着された $\lambda/4$ 整合層を介して被測定物に超音波パルスを印加し、超音波伝送路と $\lambda/4$ 整合層との界面から反射される超音波パルスエコーを超音波伝送路の一端に伝搬させ、超音波パルスエコーの特定周波数成分から被測定物の音響インピーダンスを求める測定方法であって、 $\lambda/4$ 整合層は、超音波伝送路と径が同一で、超音波パルス周波数帯域内の特定周波数において $1/4$ 波長の長さを有し、且つ被測定物、超音波伝送路及び $\lambda/4$ 整合層の特性音響インピーダンスをそれぞれ、 Z_w 、 Z_c 及び Z_s としたときに、 $Z_s = (Z_w \cdot Z_c)^{1/2}$ となる特性音響インピーダンスを有する物質から成り、超音波伝送路と被測定物とをインピーダンス整合させていることを特徴とする。

50

本発明の上記構成において、好ましくは、超音波伝送路の単一モード伝搬領域の周波数帯域を利用することによって、超音波伝送路に一定周波数帯域の超音波パルスを送搬させることができる。

本発明の上記構成において、好ましくは、超音波伝送路の多モード伝搬領域の周波数を利用することによって、超音波伝送路に一定周波数帯域の超音波パルスを送搬させることができる。

前記構成において、 $\lambda/4$ 整合層は、被測定物が水の場合に超音波パルス周波数帯域内の特定周波数で整合する形状と特性音響インピーダンスを有することが好ましい。超音波伝送路と $\lambda/4$ 整合層の断面積は、好ましくは、必要とする空間分解能に応じて小さくする。また、測定した被測定物からのエコーの周波数成分を、空気を被測定物として求めたエコーの周波数成分で規格化するようにし得る。

10

【0007】

この構成によれば、一定周波数帯域の超音波を用いることで、複素反射率と被測定物の音響インピーダンスとの関係が単純になり、超音波パルスを用いることで、特定モードの超音波パルスのエコーのみを時間軸上で容易に分離して測定でき、被測定物の音響インピーダンスを精度良く求めることができる。

また、超音波伝送路に一定周波数帯域の超音波パルスを送搬させる方法において、超音波伝送路の単一モード伝搬領域の周波数帯域を利用する場合には、必要なモードのパルスエコーのみを時間軸上で容易に分離して測定でき、被測定物の音響インピーダンスを精度良く求めることができる。

20

さらに、超音波伝送路に一定周波数帯域の超音波パルスを送搬させる方法において、超音波伝送路の多モード伝搬領域の周波数帯域を利用する場合には、モードによる伝搬遅延時間が異なることを利用して必要なモードのパルスエコーのみを時間軸上で容易に分離して測定でき、被測定物の音響インピーダンスを精度良く求めることができる。

また、 $\lambda/4$ 整合層は、被測定物が水の場合に整合する特性音響インピーダンスを有している。水に近い音響インピーダンスを有する被測定物の反射は、水の特性音響インピーダンスからのずれに高感度であり、また、水の正確な特性音響インピーダンスは既知である。従って、水に近い音響インピーダンスを有する被測定物の音響インピーダンスを精度良く測定できる。特に、生体は水に近い音響インピーダンスを有しており、従って、生体の音響インピーダンスを精度良く測定することが可能になる。

30

また、 $\lambda/4$ 整合層を被測定物に密着するから、断面積内の音響インピーダンスのみを測定することができる。さらに、超音波伝送路と $\lambda/4$ 整合層の断面積は、必要とする空間分解能に応じて小さくし、周波数を選択して所定のモードの超音波パルスを送搬させることで、必要とする空間分解能で音響インピーダンスを測定することができる。

例えば、医用では、超音波の空間分解能が組織映像の限界であるが、この方法によれば、超音波の波長に関わらず被測定物と密着する $\lambda/4$ 整合層の断面積による空間分解能で音響インピーダンスを測定することが可能となる。

また、測定した被測定物からのエコーの周波数成分を、空気を被測定物として求めたエコーの周波数成分で規格化するから、簡便に測定系の校正をすることができる。

【0008】

40

本発明の音響インピーダンス測定方法では、上記の超音波伝送路を複数束ねて用い、各々の伝送路を送搬する各々の超音波エコーから各々の音響インピーダンスを求め、被測定物の音響インピーダンス分布像を測定することができる。

この構成によれば、医用等で必要とされる生体の音響インピーダンス分布像を得ることができる。

【0009】

また、本発明の音響インピーダンス測定装置は、一定の電気パルスを発生する電気信号源と、電気信号源からの電気パルスを超音波パルスに変換し且つ超音波パルスエコーを電気パルスに変換する超音波振動子と、超音波振動子を一端に有し且つ他端に $\lambda/4$ 整合層を有する超音波伝送線路と、超音波パルスエコーをフーリエ変換し、フーリエスペクトル

50

から被測定物の音響インピーダンスを計算する信号処理部とからなり、 $\lambda / 4$ 整合層は、超音波伝送路と径が同一で、超音波パルス周波数帯域内の特定周波数において $1 / 4$ 波長の長さを有し、且つ、被測定物、超音波伝送路及び $\lambda / 4$ 整合層の特性音響インピーダンスをそれぞれ、 Z_w 、 Z_c 及び Z_s としたときに、 $Z_s = (Z_w \cdot Z_c)^{1/2}$ となる特性音響インピーダンスを有する物質から成り、超音波伝送路と被測定物とがインピーダンス整合していることを特徴とする。超音波伝送路は好ましくは、石英ファイバーから成る。 $\lambda / 4$ 整合層は、前記被測定物としての水と上記超音波伝送路とがインピーダンス整合している。この特性音響インピーダンスを有する物質は、エポキシ樹脂であれば好ましい。そして、信号処理部は、空気を被測定物としたときのフーリエスペクトルで規格化することを特徴とする。

10

【0010】

この装置は、 $\lambda / 4$ 整合層のインピーダンス整合条件を満たす周波数を含む周波数帯域を有する超音波パルスを、電気信号源からの電気パルスを超音波振動子に印加することによって発生させ、超音波パルスを超音波伝送路に伝搬させ、 $\lambda / 4$ 整合層を介して被測定物に超音波パルスを印加する。超音波伝送路と $\lambda / 4$ 整合層との界面で発生した超音波エコーパルスを超音波伝送路に伝搬させて超音波振動子に入力し、超音波信号を電気信号に変換する。信号処理部により、目的とするエコー信号を取り出してフーリエ変換し、空気を被測定物としたときのスペクトルで規格化する。

従って、本発明の装置によれば、一定周波数帯域の超音波パルスを用いることで、複素反射率と被測定物の音響インピーダンスとの関係が単純になり、また、超音波パルスを用いることで、所定のモードの超音波パルスエコーのみを時間軸上で分離して測定でき、被測定物の音響インピーダンスを精度良く求めることができる。

20

また、 $\lambda / 4$ 整合層は、被測定物が水の場合に整合する特性音響インピーダンスを有しているので、水に近い音響インピーダンスを有する被測定物の反射は、水の特性音響インピーダンスからのずれに高感度であり、また、水の正確な特性音響インピーダンスは既知である。従って、水に近い音響インピーダンスを有する被測定物の音響インピーダンスを精度良く測定することができる。生体は水に近い音響インピーダンスを有しており、従って、生体の音響インピーダンスを精度良く測定し得る。また、 $\lambda / 4$ 整合層を被測定物に密着するから、断面積内の音響インピーダンスのみを測定することが可能になる。

上記超音波伝送路と $\lambda / 4$ 整合層の断面積は、必要とする空間分解能に応じて小さくし、周波数を選択して所定の超音波パルスを伝搬させることで、必要とする空間分解能で音響インピーダンスを測定することができる。

30

また、測定した被測定物からのエコーのスペクトルを、空気を被測定物として求めたエコーのスペクトルで規格化するから、簡便に測定系の校正をすることができる。

さらに、本発明の音響インピーダンス測定装置によれば、超音波振動子と $\lambda / 4$ 整合層を備えた超音波伝送路を複数本束ねて備えることにより、各々の伝送路を伝搬する各々の超音波パルスエコーから各々の音響インピーダンスを測定し、被測定物の音響インピーダンス像を測定することを特徴とする。この構成によれば、従来難しかった、音響インピーダンス画像を得ることができ、特に、医用に用いれば有用である。

【0011】

40

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。

入射波となる所定の周波数 f の信号源に、その一端が接続される分布定数線路の他端に、分布定数線路の特性インピーダンスと異なるインピーダンス Z_L を接続すると反射波が生じる。

この反射波を測定することにより、未知のインピーダンス Z_L (ここで Z_L は複素インピーダンスとなる。) を求めることができる。すなわち、分布定数線路の特性インピーダンスを Z_0 としたときに、反射係数 Γ_d は、

$$\Gamma_d = (Z_L - Z_0) / (Z_L + Z_0) \text{ となる。}$$

この反射係数 Γ_d を測定すると、未知のインピーダンス Z_L が、

50

$Z_L = Z_0 (1 + \Gamma_d) / (1 - \Gamma_d)$ として求まる。

また、分布定数線路と、分布定数線路の特性インピーダンス Z_0 と異なる特性インピーダンス Z_M を有する負荷を接続したときに、反射波が生じる。この反射波が生じないように、すなわち整合を取るために、分布定数線路と、負荷の間に $1/4$ 波長の分布定数線路を整合回路として挿入することが知られている。ここで、 $1/4$ 波長の分布定数線路の特性インピーダンスを Z_S とすると、

$Z_S = (Z_0 \cdot Z_M)^{1/2}$ が整合条件となる。

【0012】

図1は、本発明に係る実施の形態による音響インピーダンス測定方法の原理を説明する等価回路である。この等価回路回路は、上述の分布定数線路と同様に取り扱うことができる

10

。図に示すように、本発明の音響インピーダンス測定方法は、被測定物9と超音波伝送線路7との間に、おおよそ超音波伝送線路7の直径と同一な $\lambda/4$ 整合層8を介して被測定物9と直接接触するように配置されている。

また、超音波伝送線路7の一端に、超音波振動子5が接続され、電気パルス4を入力すると超音波が発生し、超音波伝送線路7を伝播する超音波パルス6となる。

【0013】

未知の被測定物の音響インピーダンス Z_L が超音波伝送線路の特性音響インピーダンス Z_C と異なるときに、超音波パルス6は、被測定物9により反射されて、超音波パルスエコー10が発生する。

20

この超音波パルスエコー10は、超音波パルス6と逆に超音波伝送線路7を伝搬し再び超音波振動子5により電気パルスに変換される。この電気パルスを、以下エコー信号11と呼ぶ。このエコー信号11は、時間領域の信号であり、高速フーリエ変換 (FFT) によるフーリエ変換器12により、周波数領域の振幅と位相に変換されたフーリエスペクトル13として取り出される。

このエコー信号11のフーリエスペクトル13により、上述の分布定数線路の反射波によるインピーダンス測定とのアナロジーにより、被測定物の複素音響インピーダンスを知ることができる。

【0014】

ここで、未知の被測定物が、例えば水の特性音響インピーダンス Z_W に近い生体のような被測定物の測定をする場合について説明する。

30

超音波伝送線路7の特性音響インピーダンス Z_C と、水の特性音響インピーダンス Z_W との整合をとるためには、超音波の周波数における $\lambda/4$ の厚さの整合層8を超音波伝送線路7と水の間に挿入すればよい。この場合、 $\lambda/4$ 整合層の特性音響インピーダンス Z_S は、上述の分布定数線路と同様に、

$Z_S = (Z_C \cdot Z_W)^{1/2}$ となる。

このようにすれば、超音波パルスは、被測定物9が水である場合に完全に吸収され、反射波は生じない。水と音響インピーダンスの異なる被測定物9からは、反射波が生じる。この反射波の波形は、水の特性音響インピーダンスからのずれに高感度であるので、水の特性音響インピーダンスに近い生体の測定に適している。

40

この反射波のフーリエ変換された周波数領域の振幅と位相を得ることで、未知の被測定物9の複素音響インピーダンス (以下、単に音響インピーダンスと呼ぶ) を高精度で測定できる。

さらに、この $\lambda/4$ 整合層8の直径を、超音波伝送線路7の直径とほぼ同じにしているので、 $\lambda/4$ 整合層8が密着している部分のみの音響インピーダンスを反映した反射波が得られる。

さらに、本発明の音響インピーダンス測定方法においては、超音波をパルスとして用いるので、所定のモードの超音波パルスエコーのみを送信超音波パルスや不要なモードから時間軸上で容易に分離することができる。

このように、本発明の方法によれば、従来方法のようにマッチング液の厚さを変えるよう

50

なことを行わないで、被測定物にただ直接接触するだけで、超音波伝送線路の直径に応じた、所望の空間的分解能で音響インピーダンスの測定ができる。

【 0 0 1 5 】

次に、本発明の音響インピーダンスの測定原理をさらに詳しく説明する。

図 1 に示すように、超音波伝送線路から見た $\lambda / 4$ 整合層 8 を含めた負荷側の入力インピーダンスを Z_{inL} と置くと、図 2 のような超音波伝送線路に置き換えることができる。ここで、 Z_{inL} は、分布定数線路の定義を用いて式 (1) で表される。

【 数 1 】

$$Z_{inL} = \frac{Z_L \cos(\beta l) + j Z_S \sin(\beta l)}{j Z_L \sin(\beta l) + Z_S \cos(\beta l)} Z_S \quad (1) \quad 10$$

ここで、 β は $\lambda / 4$ 整合層 8 の伝搬定数 ($= 2 \pi / \lambda$)、 l は $\lambda / 4$ の整合層 8 の厚さである。超音波伝送線路 7 と Z_{inL} との接続点で起こる反射の反射係数 Γ_L は、式 (2) で表される。

【 数 2 】

$$\Gamma_L = \frac{Z_{inL} - Z_C}{Z_{inL} + Z_C} \quad (2) \quad 20$$

【 0 0 1 6 】

電気パルスとしては、インパルス、サインバースト波パルス、連続波を変調したパルス波などを用いることができる。

【 0 0 1 7 】

図 3 は、音響インピーダンスが未知の被測定物への超音波の伝送の模式図である。図 3 (a) において、超音波伝送線路 7 に超音波振動子 5 により、例えばインパルスが印加されたとすると、超音波は超音波伝送線路 7 と $\lambda / 4$ 整合層 8 の接続面で被測定物 9 の音響インピーダンスを反映して反射され、再び超音波伝送線路 7 を伝搬して超音波振動子 5 に戻ってくる。

【 0 0 1 8 】

図 3 (b) は、このときのインパルス応答を表す図である。図において、 $\delta(t)$ は入力インパルス、 $h(t)$ は、 $\lambda / 4$ 整合層 8 を含む超音波伝送線路 7 でのインパルス応答、 $\gamma_L(t)$ は未知の被測定物 9 の反射係数のインパルス応答、 $y_L(t)$ は受信信号のインパルス応答である。 $y_L(t)$ は、 $\delta(t)$ 、 $h(t)$ 、 $\gamma_L(t)$ の畳み込み演算 (convolution) として、式 (3) で表される。さらに式 (3) をフーリエ変換すると、式 (4) が得られる。

【 数 3 】

$$y_L(t) = \delta(t) \otimes h(t) \otimes \gamma_L(t) \otimes h(t) \quad (3) \quad 40$$

ここで、 $\otimes$ は畳み込み演算を示す。

【 数 4 】

$$y_L(f) = \delta(f) \cdot H(f) \cdot \Gamma_L(f) \cdot H(f) \quad (4)$$

【 0 0 1 9 】

また、本発明の音響インピーダンス測定方法では、被測定物として、特性音響インピーダンスが 0 に近似できる空気を測定することによって、簡便に校正することができ、測定精度を上げることができることを、上記のインパルス応答を用いて説明する。空気を接続したときの超音波の伝送とインパルス応答は、図 3 (b) において、 $y_L(t)$ を、 y_{air}

(t)とし、 $y_L(t)$ を $y_{air}(t)$ に置き換えればよい。従って、 $y_{air}(t)$ は式(5)で、また、 $y_{air}(t)$ のフーリエ変換 $Y_{air}(f)$ は、式(6)で表される。

【数5】

$$y_{air}(t) = \delta(t) \otimes h(t) \otimes y_{air}(t) \otimes h(t) \quad (5)$$

【数6】

$$y_{air}(f) = \delta(f) \cdot H(f) \cdot \Gamma_{air}(f) \cdot H(f) \quad (6)$$

10

従って、 $y_L(t)$ のフーリエ変換 $Y_L(f)$ を、 $y_{air}(t)$ のフーリエ変換で $Y_{air}(f)$ で規格化すると、式(7)が得られる。

【数7】

$$\frac{Y_L(f)}{Y_{air}(f)} = \frac{\Gamma_L(f)}{\Gamma_{air}(f)} \quad (7)$$

これから、未知の被測定物9のときのエコー信号11のフーリエ変換である $Y_{air}(f)$ を、被測定物9が空気のエコー信号11のフーリエ変換である $Y_{air}(f)$ により規格化することにより、超音波伝送路の $H(f)$ に関係なく、周波数領域の規格化反射係数 $\Gamma = \Gamma_L / \Gamma_{air}$ となることが分かる。空気の場合は完全反射であるから、 $\Gamma_{air} = -1$ であり、簡便に規格化できる。

20

【0020】

次に、規格化反射係数 Γ から、未知の被測定物の音響インピーダンスの導出法を説明する。

規格化反射係数 Γ は、上記式(2)を用いると、下記式(8)となり、未知の被測定物9の反射係数 Γ_L の複素表示を、 $\Gamma_L = \Gamma_{L(re)} + j\Gamma_{L(im)}$ とし、被測定物9が空気であるときの反射係数の複素表示を、

$\Gamma_{air} = \Gamma_{air(re)} + j\Gamma_{air(im)}$ とすると、次式(9)となる。

【数8】

30

$$\frac{\Gamma_L}{\Gamma_{air}} = \left(\frac{(Z_{inL}/Z_C) - 1}{(Z_{inL}/Z_C) + 1} \right) / \left(\frac{(Z_{inair}/Z_C) - 1}{(Z_{inair}/Z_C) + 1} \right) \quad (8)$$

【数9】

$$\Gamma = \frac{\Gamma_L}{\Gamma_{air}} = \frac{\Gamma_{L(re)} + j\Gamma_{L(im)}}{\Gamma_{air(re)} + j\Gamma_{air(im)}} \quad (9)$$

この式(9)を有理化し、式(1)及び $\Gamma_{air} = -1$ を代入すると式(10)が得られる。

40

【数10】

ここで、 $R = \Gamma_{L(re)}$ 、 $S = \Gamma_{L(im)}$ 、とおくと

$$(R + jS) \left(\frac{Z_L \cos(\beta l) + jZ_S \sin(\beta l)}{jZ_L \sin(\beta l) + Z_S \cos(\beta l)} \frac{Z_S}{Z_C} + 1 \right) = \left(\frac{Z_L \cos(\beta l) + jZ_S \sin(\beta l)}{jZ_L \sin(\beta l) + Z_S \cos(\beta l)} \frac{Z_S}{Z_C} - 1 \right) \quad (10)$$

10

式(10)を未知の被測定物9の音響インピーダンス Z_L について解くことができる。すなわち、 $Z_L = (a + jb) / (c + jd)$ とおくと、 a 、 b 、 c 、 d は、それぞれ式(11)、式(12)、式(13)、式(14)で表される。

【数11】

$$a = \frac{Z_S^2}{Z_C} S \sin(\beta l) - R Z_S \cos(\beta l) - Z_S \cos(\beta l) \quad (11)$$

【数12】

20

$$b = \frac{Z_S^2}{Z_C} \sin(\beta l) - \frac{Z_S^2}{Z_C} R \sin(\beta l) - S Z_S \cos(\beta l) \quad (12)$$

【数13】

$$c = \frac{Z_S}{Z_C} R \cos(\beta l) - \frac{Z_S}{Z_C} \cos(\beta l) - S \sin(\beta l) \quad (13)$$

【数14】

30

$$d = \frac{Z_S}{Z_C} S \cos(\beta l) + R \sin(\beta l) + \sin(\beta l) \quad (14)$$

この式は、 $\lambda / 4$ 整合層8の整合条件である $\lambda / 4$ という条件は含んでいないので、整合層8の厚さ l の如何に関わらず適用できる。

【0021】

ここで、式(11)～式(14)中の、 R と S は、未知の被測定物9のフーリエ変換 $Y_L(f)$ と、被測定物が空気のときのフーリエ変換である $Y_{air}(f)$ の測定とにより求められ、 Z_C 、 Z_S 、 β 、 l が既知であるので、未知の被測定物9の音響インピーダンス Z_L が求められる。

40

また、整合層8が完全に整合条件である $\lambda / 4$ である場合には、 $\sin(\beta l)$ と、 $\cos(\beta l)$ がそれぞれ、1と0になるので、次式(15)で未知の被測定物9の音響インピーダンス Z_L が求まる。

【数15】

$$Z_L = \frac{(1 - \Gamma) Z_S^2}{(1 + \Gamma) Z_C} \quad (15)$$

この場合には、規格化反射係数 Γ が測定できれば、直ちに未知の被測定物9音響インピー

50

ダンス Z_L が求まる。

これにより、本発明の音響インピーダンス測定方法では、被測定物として、特性音響インピーダンスが0に近似できる空気を測定することによって、被測定物の音響インピーダンス Z_L 以外の部分で生じる影響を取り除き、測定精度を上げることができる。

【0022】

また、測定周波数に適合するように、 $\lambda/4$ 整合層8を設計し、製作するが、正確に $\lambda/4$ でない場合には、音響インピーダンスの導出の際に誤差が生じる。従って、反射係数を求めた時の $\lambda/4$ 整合層8の正確な厚さを無視して単に $\lambda/4$ とすると、求める音響インピーダンスに誤差が生じてしまう。

【0023】

$\lambda/4$ 整合層8の厚さが、どの周波数で、 $\lambda/4$ になっているのかは、以下のようにして調べることができる。

超音波振動子5に、電気パルスを送り、所定のモードの超音波エコー信号11のスペクトルの各周波数において、被測定物9が例えば水としたときのエコー信号11のスペクトルの振幅を、被測定物9が空気のとときのエコー信号11のスペクトルの振幅で規格化し、この規格化振幅が最小となる周波数を整合周波数として求めることができる。これにより、実際に製作した $\lambda/4$ 整合層8の最適周波数を求めることができる。

【0024】

次に、本発明の音響インピーダンス測定装置の実施の形態を示す。

図4は、本発明に係る実施の形態による音響インピーダンス測定装置の構成を示すブロック図である。

音響インピーダンス測定装置1において、超音波振動子5に、電気信号源2及び送信部3からの電気パルス4が印加されて、超音波パルス6は、超音波伝送線路7、 $\lambda/4$ 整合層8を介して被測定物9へ印加される。ここで、 $\lambda/4$ 整合層8の直径は、おおよそ超音波伝送線路7と同じ直径を有している。

被測定物9の表面で反射した超音波パルスエコー10は、超音波伝送線路7を逆に伝搬し、超音波振動子5により電気パルス、すなわちエコー信号11に変換され、図4において点線で囲まれた信号処理部20へ入力される。

ここで、超音波振動子5は、 $Pb(Ti, Zr)O_3$ のような二成分系圧電セラミックで、例えばPZT(米国バーニートロン社の商品名)を使用できる。

【0025】

信号処理部20は、エコー信号11の受信部14と、A/D変換器15と、メモリ16と、ワークステーションなどのコンピュータ17によって構成される。受信部14の出力信号は、A/D変換器15によりデジタル信号へ変換される。A/D変換器15と、メモリ16は、インターフェイス18を介して制御され、コンピュータ17にデータが取り込まれ、フーリエ変換等の信号処理を行う。また、電気信号源2からは、同期用信号19が、受信部14へ19a、A/D変換器15へ19b、メモリ16へ19cとして出力され、エコー信号11が正確にデジタル信号へ変換されるように制御する。

【0026】

図5は、音響インピーダンス測定装置1の動作を示すタイムチャートである。図において、横軸は時間軸 t であり、縦軸は信号強度である。

(a)は、同期信号波形であり、

(b)は、励起されるパルス超音波の波形であり、

(c)は、未知の被測定物からのエコー信号11であり、

(d)は、被測定物が空気のとときのエコー信号11である。

信号処理部20のコンピュータ17により、エコー信号11を所定の時間幅(窓)で切り出し、高速フーリエ変換(FFT)のアルゴリズムによりフーリエ変換する。このフーリエスペクトルを得る手段は、コンピュータ17によらない専用のICやFFT装置でも良い。

さらに、フーリエ変換されたエコー信号11の周波数領域の振幅と位相の測定により、被

10

20

30

40

50

測定物 9 の音響インピーダンスを求める。この周波数領域の振幅と位相の測定により、被測定物 9 の音響インピーダンスを求める手段は、コンピュータ 17 に限らず、専用の IC などでもよい。

【0027】

また、超音波伝送線路 7 としては、単位長さ当たりの遅延時間を大きく取れるポアソン比の小さい材料（アルミニウム 0.35、スチール 0.29、石英 0.19 程度）で、伝搬損失の小さい媒質が好ましい。最近の光ファイバー技術の進歩により、均質で高精度の径を持った石英の円柱棒である光ファイバーを容易に作るようになったので、超音波伝送線路 7 としては石英ファイバーが好適である。石英ファイバーを伝わる音波には、分散特性があることが知られており、理論的には無限にモードが存在する。縦（Longitudinal）モードは、歪み（Flexural）モードやねじれ（Torsional）モードに比べて、振幅が十分に大きいので、縦モードが支配的である。

10

【0028】

また、 $\lambda/4$ 整合層 8 の直径をおおよそ、超音波伝送線路 7 の直径と同一にして、 $\lambda/4$ 整合層 8 を被測定物 9 に直接接触することにより、 $\lambda/4$ 整合層 8 の被測定物 9 に接触する面積に相当する領域の音響インピーダンスを測定することができる。例えば、直径が $10\mu\text{m}$ と $100\mu\text{m}$ の石英ファイバーを使用すれば、おおよそ直径が $10\mu\text{m}$ と、 $100\mu\text{m}$ の範囲の測定が行えることになる。これにより、超音波の波長に関わらず微小領域の音響インピーダンスの測定が可能となる。

【0029】

20

次に、上記構成の実施の形態の音響インピーダンス測定装置に用いる石英ファイバーのモードについて説明する。

図 6 は、本発明の音響インピーダンス測定装置に用いる石英ファイバーのモードの分散特性を示す図である。

図において、直径が $125\mu\text{m}$ の石英ファイバー中における縦モードの周波数と遅延時間の関係を示している。図の横軸は周波数で、縦軸は遅延時間である。図より、 $L(0, 1)$ モード（実線で示す）については、 20MHz 以下の周波数帯域で遅延時間が比較的安定しており、この帯域において伝搬速度の変化が少ないことが分かる。また、 $L(0, 2)$ （点線で示す）と $L(0, 3)$ （一点鎖線で示す）モードは 20MHz 以下の周波数帯域において遅延時間が無限大となり、伝搬できないことがわかる。すなわち、 20MHz 以下の周波数帯域を使用すれば、単一モードでの使用ができる。

30

【0030】

次に、本発明の音響インピーダンス測定装置及び音響インピーダンス測定方法による音響インピーダンス測定の実施例について説明する。

超音波伝送線路 7 として、直径が 1.6mm の石英ファイバーにおける $L(0, 2)$ モードを使用した。 $\lambda/4$ 整合層 8 は、石英ファイバーと、水の間に挿入する材料として、エポキシ樹脂（Stycast 2651MM）を用いた。ここで、エポキシ樹脂の特性音響インピーダンス Z_s は、

$$Z_s = (Z_w \cdot Z_c)^{1/2} \text{ である。}$$

ここで、 Z_w は水の特性音響インピーダンスであり、 Z_c は超音波伝送線路の特性音響インピーダンスである。

40

5MHz の測定に使用した直径が 1.6mm の石英ファイバーと、 $\lambda/4$ 整合層 8 と、水の特性音響インピーダンス、寸法、音速を以下に示す。

石英ファイバーの特性音響インピーダンス Z_c と、 $\lambda/4$ 整合層 8 の特性音響インピーダンス Z_s と、水の特性音響インピーダンス Z_w とはそれぞれ、 $19.1 \times 10^6 \text{Ns/m}^3$ 、 $4.432 \times 10^6 \text{Ns/m}^3$ 、 $1.5 \times 10^6 \text{Ns/m}^3$ である。また、 $\lambda/4$ 整合層 8 の厚さは $193 \times 10^{-6}\text{m}$ で、 $\lambda/4$ 整合層 8 における音速 v_s は 3060m/s である。

【0031】

超音波振動子 5 としての PZT に電気パルスを印加し、被測定物 9 が空気のと時のエコー

50

スペクトルで、被測定物 9 が水のときのエコースペクトルを規格化し、一番整合している周波数を求めた。

図 7 は、被測定物が水のエコー信号を、被測定物が空気のエコー信号によりスペクトルで規格化した周波数特性を示す図である。図において、横軸が周波数で、縦軸は被測定物 9 が水のときのエコー信号 11 のスペクトルを、被測定物 9 が空気のエコー信号 11 のスペクトルで規格化した振幅を示している。

図において、 $5.1 \text{ MHz} \sim 5.2 \text{ MHz}$ 付近が、最も振幅が低下していることがわかり、この付近で、 $\lambda/4$ 整合層 8 が最も整合していることがわかる。

このように、 $\lambda/4$ 整合層 8 にあった最適周波数が求められた場合に、この最適周波数においてのフーリエ変換のみを行うことで、被測定物 9 の正確な音響インピーダンスを求めることができる。この場合には、信号処理部 20 の構成を簡略化することができる。

10

【0032】

次に音響インピーダンスの測定に関する実施例を示す。

図 8 から図 11 は、被測定物が 4 % の食塩水の音響インピーダンスに関するデータを示す。

図 8 は 4 % 食塩水からのエコー信号を示す図である。横軸は時間で、縦軸は任意目盛りの振幅である。 $70 \mu\text{s}$ から $90 \mu\text{s}$ の領域の信号が、エコー信号 11 である。なお、A/D 変換器 15 によるサンプリングは、十分に信号を再生できるように、エコー信号の中心周波数の 6 倍に当たる 30 MHz で行い、10 ビットで A/D 変換した。

【0033】

20

次に、得られたデジタル信号の FFT を行い、フーリエスペクトルを得る。切り出しには、所定の窓関数を使用した。

図 9 は、4 % 食塩水からのフーリエスペクトルを示す図である。横軸は周波数で、縦軸は振幅を示している。この 4 % 食塩水のフーリエスペクトルを、被測定物 9 が空気のエコー信号のときのフーリエスペクトルで規格化したデータが、被測定物 9 の 4 % 食塩水の規格化反射係数 Γ となる。

【0034】

図 10 は 4 % 食塩水のインピーダンス特性の実部を示す図であり、図 11 は 4 % 食塩水のインピーダンス特性の虚部を示す図である。横軸は周波数で、縦軸は音響インピーダンス (Ns/m^3) である。 $1/4$ 波長の整合層 8 が、最も整合している周波数である 5.1 から 5.2 MHz における音響インピーダンスは、 $Z_L = 1.57 \times 10^6 \text{ Ns/m}^3$ であることがわかる。

30

【0035】

図 12 は、水、2 % 食塩水、4 % 食塩水の音響インピーダンスの測定値を示す図である。横軸は食塩水の濃度 (%) で、縦軸が音響インピーダンスである。図において、実測値を $\times$ 印で示し、理論値を実線で示している。

音響インピーダンスは、水で $1.57 \times 10^6 \text{ Ns/m}^3$ 、2 % 食塩水で $1.54 \times 10^6 \text{ Ns/m}^3$ 、4 % 食塩水で $1.57 \times 10^6 \text{ Ns/m}^3$ であることがわかる。

実験により得られた音響インピーダンスと理論値の間にオフセットがあるものの、密度の増加に対応した音響インピーダンス変化が得られている。

40

【0036】

次に、本発明の音響インピーダンス測定装置及び音響インピーダンス測定方法の別の実施例を図 13 に示す。図は、画像用の超音波伝送線路を示す外観図である。図において、超音波伝送線路 7 を複数本束ねた画像用の超音波伝送線路 30 を示している。図に Z 軸を超音波の伝搬方向として、X-Y 平面が画像面を示している。ここで、超音波伝送線路としては、石英ファイバーが使用できる。この配置においては、X 方向に平坦となるよう並べた互いに接する石英ファイバーを、Y 方向に積み重ねたものである。

【0037】

また、本発明の音響インピーダンス測定装置及び音響インピーダンス測定方法の別の実施例を図 14 に示す。図は、画像用の超音波伝送線路を示す外観図である。図において、超

50

音波伝送線路 7 を複数本、束ねた画像用の超音波伝送線路 40 を示している。図に Z 軸を超音波の伝搬方向として、X - Y 平面が画像面を示している。ここで、超音波伝送線路 7 としては、石英ファイバーが使用できる。この配置においては、X 方向に平坦となるよう並べた互いに接する石英ファイバーを、Y 方向には、石英ファイバー間の間隔が最小となるように細密に積み重ねたものである。

【0038】

図 13 と図 14 において、図示しないが、各石英ファイバーの一端には超音波振動子 5 が接続し、また、他端には $\lambda/4$ 整合層 8 が設けられている。

各石英ファイバーに超音波パルスが印加され、各 $\lambda/4$ 整合層 8 に接触する被測定物 9 からの複数の超音波パルスエコーにより、各接触部の音響インピーダンスを得ることができる。この各音響インピーダンスに応じて輝度や色を変えて 2 次元表示することにより、被測定物の音響インピーダンスの変化に対応する画像を実時間で得ることができる。

本発明の画像用の超音波伝送線路によれば、従来困難であった、音響インピーダンスの測定による音響インピーダンスの分布像を、高精度で、かつ、高分解能で得ることができる。

また、本発明の画像用の超音波伝送線路によれば、被測定物に整合層を介して直接接触して測定ができるので、特に被測定物が生体であっても音響インピーダンスの分布像を得ることができる。

【0039】

本発明は上記実施例に限定されることなく、特許請求の範囲に記載した発明の範囲内で種々の変形が可能であり、それらも本発明の範囲内に含まれることはいうまでもない。

【0040】

【発明の効果】

上記説明から理解されるように、本発明によれば、伝送線路と測定試料間の距離を変化させながら測定する必要がなく、空間的分解能が高い、音響インピーダンス測定方法及び装置を提供することができ、特に、医用等の生体音響インピーダンス測定に適用すれば極めて有用である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】音響インピーダンス測定方法の原理を説明する等価回路である。

【図 2】超音波伝送線路の等価回路を示す図である。

【図 3】音響インピーダンスが未知の被測定物への超音波伝送の模式図である。

【図 4】本発明に係る実施の形態による音響インピーダンス測定装置の構成を示すブロック図である。

【図 5】音響インピーダンス測定装置の動作を示すタイムチャートである。

【図 6】音響インピーダンス測定装置に用いる石英ファイバーの分散特性を示す図である。

【図 7】被測定物が水のエコー信号スペクトルを被測定物が空気のエコー信号によりスペクトルで規格化した振幅スペクトルを示す図である。

【図 8】4%食塩水からのエコー信号を示す図である。

【図 9】4%食塩水のフーリエスペクトルを示す図である。

【図 10】4%食塩水の音響インピーダンス特性の実部を示す図である。

【図 11】4%食塩水の音響インピーダンス特性の虚部を示す図である。

【図 12】水、2%食塩水、4%食塩水の音響インピーダンスを測定した図である。

【図 13】画像用の超音波伝送線路を示す外観図である。

【図 14】画像用の超音波伝送線路を示す外観図である。

【図 15】従来の超音波測定装置の構成を示す図である。

【符号の説明】

- 1 音響インピーダンス測定装置
- 2 電気信号源
- 3 送信部

10

20

30

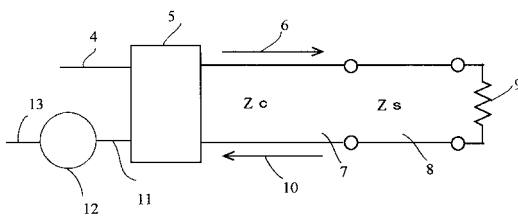
40

50

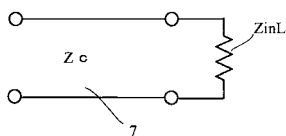
- 4 電気パルス
- 5 超音波振動子
- 6 超音波パルス
- 7 超音波伝送線路
- 8 整合層
- 9 被測定物
- 10 超音波パルスエコー
- 11 エコー信号
- 12 フーリエ変換器
- 13 フーリエスペクトル
- 14 受信部
- 15 A / D 変換器
- 16 メモリ
- 17 コンピュータ
- 18 インターフェイス
- 19 同期信号
- 20 信号処理部
- 30, 40 画像用の超音波伝送線路

10

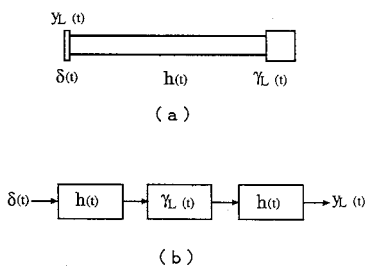
【図 1】



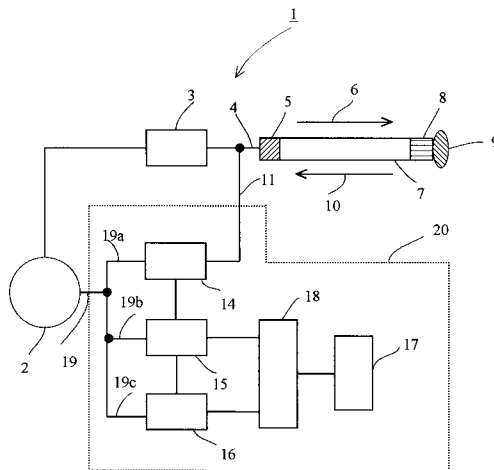
【図 2】



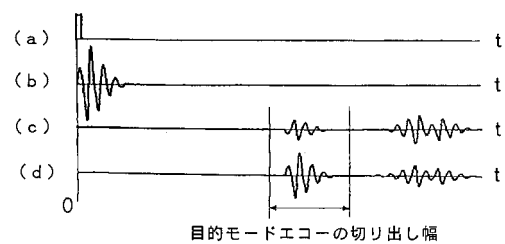
【図 3】



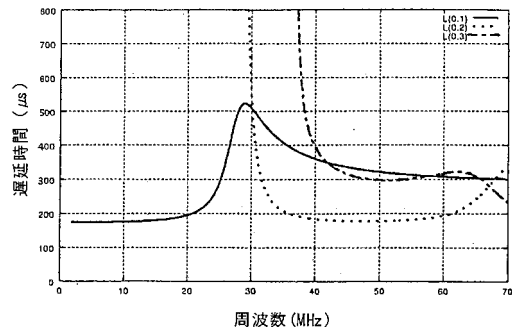
【図 4】



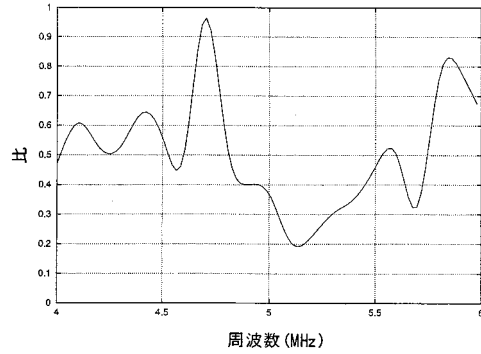
【図 5】



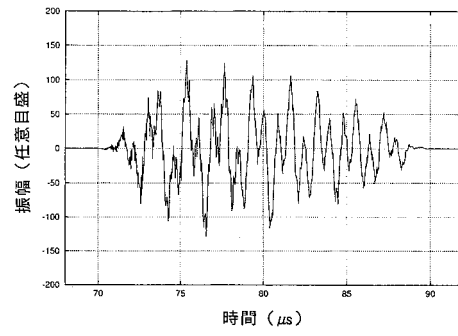
【図 6】



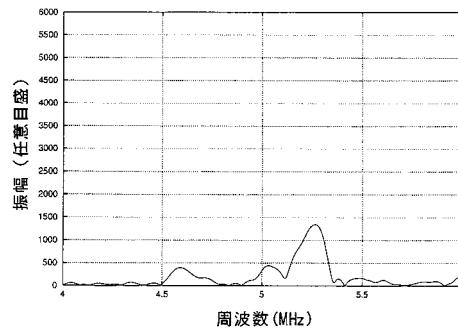
【図 7】



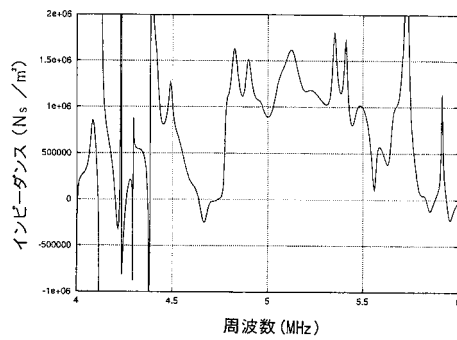
【図 8】



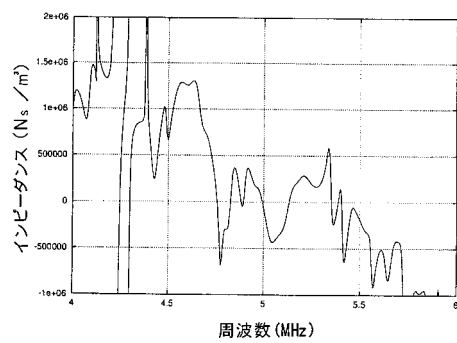
【図 9】



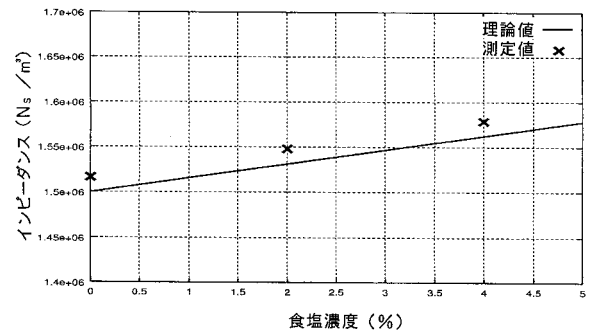
【図 10】



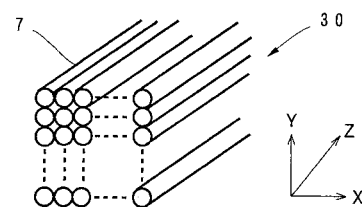
【図 11】



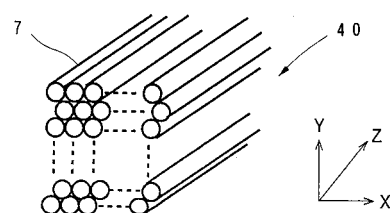
【図 12】



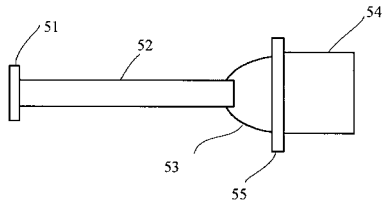
【図 13】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 2 2 1 0 7 8 (J P , A)
特開昭 6 0 - 0 8 3 6 4 5 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 0 0 5 1 8 0 (J P , A)
特開昭 5 8 - 1 6 0 8 6 5 (J P , A)
特開平 1 1 - 3 1 3 8 0 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G01H 1/00-17/00

A61B 8/08

G01N 29/09

专利名称(译)	声阻抗测量方法和声阻抗测量装置		
公开(公告)号	JP4066064B2	公开(公告)日	2008-03-26
申请号	JP2002130928	申请日	2002-05-02
[标]申请(专利权)人(译)	独立行政法人科学技术振兴机构		
申请(专利权)人(译)	科学技术振兴事业团		
当前申请(专利权)人(译)	独立行政法人科学技术振兴机构		
[标]发明人	八木晋一 守屋正		
发明人	八木 晋一 守屋 正		
IPC分类号	G01H15/00 A61B8/08 G01N29/09		
CPC分类号	G01N2291/0289		
FI分类号	G01H15/00 A61B8/08 G01N29/16		
F-TERM分类号	2G047/AA01 2G047/AA05 2G047/AC13 2G047/BA03 2G047/BC01 2G047/BC04 2G047/BC14 2G047/CA01 2G047/EA01 2G047/EA08 2G047/EA10 2G047/GA01 2G047/GB28 2G047/GB35 2G047/GF08 2G047/GG01 2G047/GG09 2G047/GG12 2G047/GG19 2G047/GG20 2G047/GG23 2G047/GG32 2G064/AB12 2G064/AB13 2G064/AB23 2G064/BA21 2G064/CC43 2G064/CC47 4C301/AA02 4C301/DD11 4C301/EE01 4C301/EE09 4C301/EE11 4C301/GA03 4C301/GB25 4C301/GB36 4C301/HH01 4C301/JB02 4C301/JB07 4C301/JB21 4C301/JB27 4C301/JB29 4C301/JB32 4C301/JB34 4C301/JB46 4C301/LL05 4C601/EE01 4C601/EE06 4C601/EE09 4C601/GA01 4C601/GA03 4C601/GB24 4C601/GB25 4C601/GB29 4C601/GB42 4C601/GB44 4C601/HH04 4C601/JB16 4C601/JB34 4C601/JB35 4C601/JB40 4C601/JB45 4C601/JB47 4C601/JB49 4C601/KK17 4C601/LL01 4C601/LL05		
代理人(译)	平山和幸		
其他公开文献	JP2003322558A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种声阻抗测量方法及其装置，其在不改变传输线和测量样本之间的距离的同时不需要测量，具有高空间分辨率，并且特别适合于测量诸如生物体的声阻抗。ZSOLUTION：特定频带的超声波脉冲6从超声波传输通道7的一端传播，并且超声波脉冲通过连接到其上的N/4匹配层8施加在待测物体9上。超声波传输通道7的另一端，与测量对象紧密接触。从超声波传输通道7和N/4匹配层8之间的界面反射的超声波脉冲回波10传播到超声波传输通道7的一端，并且待测物体9的声阻抗是根据超声波脉冲回波10的特定频率分量确定

、 Z_{inL} は、分布定数線路の定義を用いて式(1)

$$Z_{inL} = \frac{Z_L \cos(\beta l) + jZ_s \sin(\beta l)}{jZ_L \sin(\beta l) + Z_s \cos(\beta l)} Z_s$$