

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3655860号
(P3655860)

(45) 発行日 平成17年6月2日(2005.6.2)

(24) 登録日 平成17年3月11日(2005.3.11)

(51) Int.Cl.⁷

F I

H 0 4 R 1/34

H 0 4 R 1/34 3 3 O Z

A 6 1 B 8/00

A 6 1 B 8/00

H 0 4 R 17/00

H 0 4 R 17/00 3 3 O J

請求項の数 12 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2001-298372 (P2001-298372)
 (22) 出願日 平成13年9月27日(2001.9.27)
 (65) 公開番号 特開2003-111182 (P2003-111182A)
 (43) 公開日 平成15年4月11日(2003.4.11)
 審査請求日 平成15年5月21日(2003.5.21)

(73) 特許権者 390029791
 アロカ株式会社
 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号
 (74) 代理人 100075258
 弁理士 吉田 研二
 (74) 代理人 100096976
 弁理士 石田 純
 (72) 発明者 佐藤 正平
 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 アロ
 カ株式会社内

審査官 松澤 福三郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波探触子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

生体との間で超音波を送受波する送受波素子と、
 前記送受波素子の生体側に設けられ、厚み方向の位置に応じて音響インピーダンスが単調
 に変化する整合層と、
 を含み、
 前記整合層は、前記超音波の送受波方向に重ね合わされた第1材料部及び第2材料部を含
 み、
 前記第1材料部及び前記第2材料部は、互いに異なる音響インピーダンスを有し、前記第
 1材料部及び前記第2材料部の接合境界面は凹凸形状を形成し、
 前記整合層の表面に対する法線が前記接合境界面となす角度、前記第1材料部での音速
 C_1 及び前記第2材料部での音速 C_2 の間に次の関係式、

【数1】

$$C_2 < C_1 < C_2 / \cos \theta$$

または、

【数2】

$$C_2 = C_1$$

が成立すること、

を特徴とする超音波探触子。

【請求項 2】

請求項 1 記載の超音波探触子において、
前記第 1 材料部及び前記第 2 材料部のうち前記生体側の一方は、前記生体の音響インピーダンスに相応した音響インピーダンスを有し、
前記第 1 材料部及び前記第 2 材料部のうち前記送受波素子側の他方は、前記送受波素子の音響インピーダンスに相応した音響インピーダンスを有すること、
を特徴とする超音波探触子。

【請求項 3】

請求項 1 記載の超音波探触子において、
前記第 1 材料部及び前記第 2 材料部のうち一方は、他方に向けて尖った複数の尖頭形状要素を含み、
前記第 1 材料部及び前記第 2 材料部のうち他方は、前記複数の尖頭形状要素の間の谷部にはまり合う形状を有すること、
を特徴とする超音波探触子。

10

【請求項 4】

請求項 3 記載の超音波探触子において、
前記尖頭形状要素は角錐であることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 5】

請求項 3 又は請求項 4 に記載の超音波探触子において、
前記複数の尖頭形状要素の配列ピッチは、前記超音波の $1/2$ 波長以下であることを特徴とする超音波探触子。

20

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の超音波探触子において、
前記接合境界面の凹凸の深さは、前記超音波の $1/2$ 波長以上であることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 7】

生体との間で超音波を送受波する送受波素子と、
前記送受波素子の生体側に設けられ、厚み方向の位置に応じて音響インピーダンスが単調に変化する整合層と、
を含み、
前記整合層は、前記超音波の送受波方向に重ね合わされた N 層 (N は 3 以上の自然数) の材料部を含み、
前記 N 層の材料部は、重ね合わされた順に単調に変化する音響インピーダンスを有し、隣接する 2 つの前記材料部の接合境界面は凹凸形状を形成し、
前記整合層の表面に対する法線が k 番目の前記材料部及び $(k+1)$ 番目の前記材料部 (ここで k は $1 \leq k \leq N-1$ なる自然数) の前記接合境界面となす角度 θ_k 、前記 k 番目の材料部での音速 C_k 、及び前記 $(k+1)$ 番目の材料部での音速 C_{k+1} の間に次の関係式、

30

【数 3】

$$C_{k+1} < C_k < C_{k+1} / \cos \theta_k$$

40

または、

【数 4】

$$C_{k+1} = C_k$$

が成立すること、
を特徴とする超音波探触子。

【請求項 8】

請求項 7 記載の超音波探触子において、
前記整合層の前記生体側の表面を形成する前記材料部は、前記生体の音響インピーダンス

50

に相応した音響インピーダンスを有し、
前記整合層の前記送受波素子側の表面を形成する前記材料部は、前記送受波素子の音響インピーダンスに相応した音響インピーダンスを有すること、
を特徴とする超音波探触子。

【請求項 9】

請求項 7 記載の超音波探触子において、
前記 k 番目の材料部及び前記 (k + 1) 番目の材料部のうち一方は、他方に向けて尖った複数の尖頭形状要素を含み、
前記 k 番目の材料部及び前記 (k + 1) 番目の材料部のうち他方は、前記 k 番目の材料部の複数の尖頭形状要素の間の谷部にはまり合う形状を有すること、
を特徴とする超音波探触子。

10

【請求項 10】

請求項 9 記載の超音波探触子において、
前記尖頭形状要素は角錐であることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 11】

請求項 9 又は請求項 10 に記載の超音波探触子において、前記複数の尖頭形状要素の配列ピッチは、前記超音波の 1 / 2 波長以下であることを特徴とする超音波探触子。

【請求項 12】

請求項 7 から請求項 10 のいずれかに記載の超音波探触子において、
前記接合境界面の凹凸の深さは、前記超音波の 1 / 2 波長以上であることを特徴とする超音波探触子。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波探触子に関し、特に、異なる材料を重ね合わせることで音響インピーダンスを傾斜化させた整合層を備える超音波探触子に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年の超音波診断では、被検体の組織や超音波造影剤で発生する高調波に基づいて画像を生成し、これを診断に利用することが行われている。このような用途に用いられる超音波探触子では特に、振動素子及び生体の間に存在する整合層等が、振動素子と生体との間で送受信される超音波の比帯域が 100 % 程度であることが求められる。

30

【0003】

そのための整合層に関する技術として、音響インピーダンスの傾斜化がある。これによれば、整合層の音響インピーダンスが振動素子側では当該振動素子の音響インピーダンスに近い比較的大きな値となり、一方、生体側では当該生体の音響インピーダンスに近い比較的小さな値となり、整合層の内部では振動素子側から生体側に向けて、音響インピーダンスが連続的又は多段階に減少するように、整合層が構成される。

【0004】

そのような整合層は、単純には段階的に音響インピーダンスが変化する複数の材料層を積層することにより実現されるが、十分な広帯域通過特性の確保には比較的多数の材料層が必要であり、製作が困難である、また整合層の厚みが増すことにより超音波の減衰が大きくなるといった問題があり現実的ではない。

40

【0005】

そこで、図 6 に示すような、互いの境界面が凹凸を形成するように組み合わせられた 2 つの材料からなる整合層が提案されている。ここで図 6 は、超音波探触子の模式的な縦断面図を表しており、生体側から順に、整合層 2、振動素子 4、パッキング層 6 が積層されて構成される。

【0006】

整合層 2 はさらに互いに音響インピーダンスが異なる第 1 材料部 10、第 2 材料部 12 を

50

超音波の送受波方向に重ね合わせて構成される。ここで、第1材料部10は、振動素子4と同等の音響インピーダンスを持った材料で構成され、生体側に頂部を向けた複数の山型要素14が配列される。一方、第2材料部12は、生体と同等の音響インピーダンスを持った材料で構成され、第1材料部10の谷部にはまり合うように形成される。

【0007】

山型要素14のピッチを微小、例えば超音波の波長程度以下とすることで、マクロ的には整合層2は、音響インピーダンスが異なる2つの材料が混ぜ合わされた場合と同様の振る舞いを示す。その実質的な混合比は、整合層2の厚み方向に対する位置に応じて単調に変化し、それに伴い整合層2の音響インピーダンスの傾斜化が実現される。

【0008】

10

【発明が解決しようとする課題】

一方、ミクロ的には、2つの材料を混合した場合と異なり、第1材料部10と第2材料部12との接合境界面が存在する。この境界面は超音波の送受波方向に対して斜めに位置する。そのため、第1材料部10及び第2材料部12の音速が小さい側から大きい側に超音波が入射する場合に、境界面にて全反射が生じ得る。すなわち、送信又は受信のいずれかにおいて全反射が起こり得る。全反射の発生は、受信されるエコー強度の低下や、全反射した超音波が生体との間で多重反射を起こしたり、帯域を狭めて、画質が低下するといった問題を引き起こす。

【0009】

本発明は上記問題点を解消するためになされたもので、2つの材料を境界面が凹凸となるように組み合わせた整合層を有する超音波探触子において、超音波の送信及び受信のいずれにおいても全反射が生じず、良好な超音波診断を可能とすることを目的とする。

20

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る超音波探触子は、生体との間で超音波を送受波する送受波素子と、前記送受波素子の生体側に設けられ、厚み方向の位置に応じて音響インピーダンスが単調に変化する整合層とを含み、前記整合層は、前記超音波の送受波方向に重ね合わされた第1材料部及び第2材料部を含み、前記第1材料部及び前記第2材料部は、互いに異なる音響インピーダンスを有し、前記第1材料部及び前記第2材料部の接合境界面は凹凸形状を形成し、前記整合層の表面に対する法線が前記接合境界面となす角度、前記第1材料部での音速 C_1 及び前記第2材料部での音速 C_2 の間に次の関係式、

30

【数5】

$$C_2 < C_1 < C_2 / \cos \dots \dots \dots (1)$$

または、

【数6】

$$C_2 = C_1 \dots \dots \dots (2)$$

が成立するものである。

【0011】

本発明によれば、音響インピーダンスの異なる2つの材料部を接合境界面が凹凸となるように重ね合わせて整合層を形成し、整合層の厚み方向の位置に応じて音響インピーダンスが単調に減少又は増加する音響インピーダンスの傾斜化が実現される。(2)式が満たされる場合、すなわち整合層を構成する2つの材料部の音速が等しい場合には、スネル(Snell)の法則により、接合境界面では屈折も全反射も起こらない。(2)式が満たされない場合、すなわち整合層を構成する2つの材料部の音速が異なる場合に関して、ここでは、整合層を構成する2つの材料部のうち音速が大きい方を第1材料部、小さい方を第2材料部と定義する。すなわち $C_2 < C_1$ とする。条件 " $C_2 < C_1$ " の下では、スネルの法則により、第1材料部から第2材料部へ超音波が入射する場合には、に関わらず全反射は生じない。一方、音速が小さい第2材料部から音速が大きい第1材料部へ超音波が入射する場合に全反射が生じるか否かは、接合境界面に対する超音波の入射角に依存する。ここで超音波の送受信方向は主として整合層の表面に対する法線方向である。条件 " $C_1 < C_2 /$

40

50

$\cos \theta$ は、超音波が整合層の法線方向に沿って第 2 材料部から第 1 材料部へ入射する場合に全反射が生じないための条件であり、接合境界面の傾きを規定する。本発明によれば整合層に関し (1) 式又は (2) 式が成立するように、接合境界面の凹凸形状や各材料部での音速を設定することにより、超音波の送信及び受信のいずれに対しても全反射の発生を防止又は低減することができる。なお、整合層は、送信波が第 1 材料部から第 2 材料部へ入射する構成であってもよいし、逆に送信波が第 2 材料部から第 1 材料部へ入射する構成であってもよい。

【0012】

望ましくは、前記第 1 材料部及び前記第 2 材料部のうち前記生体側の一方は、前記生体の音響インピーダンスに相応した音響インピーダンスを有し、前記第 1 材料部及び前記第 2 材料部のうち前記送受波素子側の他方は、前記送受波素子の音響インピーダンスに相応した音響インピーダンスを有する。この構成によれば、送受波素子と生体との間における音響的な整合が好適に実現される。

10

【0013】

本発明の好適な態様は、前記第 1 材料部及び前記第 2 材料部のうち一方が、他方に向けて尖った複数の尖頭形状要素を含み、前記第 1 材料部及び前記第 2 材料部のうち他方が、前記複数の尖頭形状要素の間の谷部にはまり合う形状を有する超音波探触子である。尖頭形状要素は、例えば畝状に一方方向に連なったものでもよい。また、尖頭形状要素は角錐とすることもできる。

【0014】

20

望ましくは、前記複数の尖頭形状要素の配列ピッチは、前記超音波の $1/2$ 波長以下である。また望ましくは、前記接合境界面の凹凸の深さは、前記超音波の $1/2$ 波長以上である。

【0015】

他の本発明に係る超音波探触子は、生体との間で超音波を送受波する送受波素子と、前記送受波素子の生体側に設けられ、厚み方向の位置に応じて音響インピーダンスが単調に変化する整合層とを含み、前記整合層は、前記超音波の送受波方向に重ね合わされた N 層 (N は 3 以上の自然数) の材料部を含み、前記 N 層の材料部は、重ね合わされた順に単調に変化する音響インピーダンスを有し、隣接する 2 つの前記材料部の接合境界面は凹凸形状を形成し、前記整合層の表面に対する法線が k 番目の前記材料部及び $(k+1)$ 番目の前記材料部 (ここで k は $1 \leq k \leq N-1$ なる自然数) の前記接合境界面となす角度 θ_k 、前記 k 番目の材料部での音速 C_k 、及び前記 $(k+1)$ 番目の材料部での音速 C_{k+1} の間に次の関係式、

30

【数 7】

$$C_{k+1} < C_k < C_{k+1} / \cos \theta_k$$

または、

【数 8】

$$C_{k+1} = C_k$$

が成立するものである。

【0016】

40

本発明によれば、上述の第 1 材料部及び第 2 材料部の 2 つの材料部からなる整合層と同様にして、3 つ以上の材料部からなる整合層において音響インピーダンスの傾斜化が実現され、また接合境界面での全反射の防止又は低減の効果が各接合境界面で実現される。

【0017】

望ましくは、 N 層の材料部からなる前記整合層の前記生体側の表面を形成する前記材料部は、前記生体の音響インピーダンスに相応した音響インピーダンスを有し、前記整合層の前記送受波素子側の表面を形成する前記材料部は、前記送受波素子の音響インピーダンスに相応した音響インピーダンスを有する。

【0018】

本発明の好適な態様は、前記 k 番目の材料部及び前記 $(k+1)$ 番目の材料部のうち一方

50

は、他方に向けて尖った複数の尖頭形状要素を含み、前記 k 番目の材料部及び前記 $(k + 1)$ 番目の材料部のうち他方は、前記 k 番目の材料部の複数の尖頭形状要素の間の谷部にはまり合う形状を有する超音波探触子である。尖頭形状要素は、例えば畝状に一方方向に連なったものでもよい。また、尖頭形状要素は角錐とすることもできる。

【0019】

望ましくは、前記複数の尖頭形状要素の配列ピッチは、前記超音波の $1/2$ 波長以下である。また望ましくは、前記接合境界面の凹凸の深さは、前記超音波の $1/2$ 波長以上である。

【0020】

【発明の実施の形態】

10

次に、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

【0021】

図1及び図2はそれぞれ、本発明の実施形態である超音波探触子の模式的な縦断面図、及び斜視図である。本探触子は図1に示すように、生体側から順に、整合層30、振動素子32、バッキング層34が積層されて構成される。振動素子32は、圧電体とその上下面にそれぞれ形成された電極とを含んで構成される。バッキング層34は振動素子32から発生した超音波のうち背面方向の成分を吸収する。整合層30は、生体と振動素子32との間に位置し、両者を音響的にマッチングさせる。

【0022】

本超音波探触子は一次元的に配列される複数の振動素子32を有する。その配列方向は図1の紙面垂直方向である。図2には振動素子32の配列が表されている。例えば、隣接する振動素子32は、ダイシングソーなどで形成される切り込み溝40により分断される。またこの切り込み溝40によって、整合層30も振動素子32に合わせて分断される。

20

【0023】

整合層30は互いに音響インピーダンスが異なる第1材料部50、第2材料部52を超音波の送受波方向に重ね合わせて構成される。ここで、第1材料部50は、振動素子32と同程度の音響インピーダンス Z_1 を持った材料で構成され、生体側に頂部を向けた複数の尖頭形状要素54が配列される。一方、第2材料部52は、生体と同程度の音響インピーダンス Z_2 を持った材料で構成され、第1材料部50の尖頭形状要素54間の谷部にはまり合うように形成される。この第1材料部50の尖頭形状要素54に第2材料部52が噛み合う構造により、整合層30の実質的な音響インピーダンスが傾斜化、すなわち整合層30の厚み方向に連続的に変化する。

30

【0024】

図3は、図1に示す整合層30を拡大した模式図である。尖頭形状要素54は、振動素子32の長手方向（エレベーション方向）の縦断面が二等辺三角形形状となる型（くさび型）を有し、当該長手方向に沿って複数設けられる。第1材料部50と第2材料部52との接合境界面56は、向きが異なる2種類の面要素を交互に接続したものとなるが、それら各面要素は、整合層30の表面に対する法線となす角度が、後述する条件で定まる所定角となるように形成される。

【0025】

40

振動素子32から送信される超音波は、主として振動素子32の上面の法線方向に放射される。図3において、整合層30の表面に対する法線方向に沿って整合層30に下から入射する矢印60が、送信超音波の向きを表している。また、生体からの受信超音波も主として整合層30の表面に対する法線方向に沿って整合層30に入射する。図3において、整合層30に垂直に入射する矢印62が受信超音波の向きを表している。

【0026】

第1材料部50の音速 C_1 、第2材料部52の音速 C_2 が等しい場合、接合境界面56では、送信超音波、受信超音波のいずれに対しても全反射は生じない。しかし、一般には、第1材料部50及び第2材料部52を構成する材料の音速 C_1 と C_2 の間には多少なりとも差が存在する。以下、 $C_1 > C_2$ である場合について、整合層30での送信超音波、受信

50

超音波それぞれの挙動を説明する。なお、 $C_1 < C_2$ である場合には送信超音波、受信超音波の挙動が $C_1 > C_2$ の場合と逆になるだけであり、本質的な違いはないので説明を省略する。

【0027】

まず、整合層30での送信超音波の挙動について述べる。整合層30の振動素子32側の表面から垂直に第1材料部50に入射した送信超音波(矢印60)は、接合境界面56に対し角度 θ_1 をなして入射し、矢印70の方向へ屈折する。矢印70と接合境界面56とのなす角度 θ_2 は、スネルの法則によって次式で与えられる。

【0028】

【数9】

$$\cos \theta_2 / \cos \theta_1 = C_2 / C_1 \quad \dots \dots \dots (3)$$

なお、送信超音波は音速の大きい第1材料部50から音速の小さい第2材料部52へ入射するので、接合境界面56では全反射を生じない。

【0029】

次に、整合層30での受信超音波の挙動について述べる。整合層30の生体側の表面から垂直に第2材料部52に入射した受信超音波(矢印62)は、接合境界面56に対し角度 θ_1 をなして入射し、矢印72の方向へ屈折する。矢印72と接合境界面56とのなす角度 θ_2 は、スネルの法則によって次式で与えられる。

【0030】

【数10】

$$\cos \theta_1 / \cos \theta_2 = C_1 / C_2 \quad \dots \dots \dots (4)$$

ここで、接合境界面56の傾斜角を定める所定角 θ は次式を満たすように設定される。

【0031】

【数11】

$$C_1 < C_2 / \cos \theta \quad \dots \dots \dots (5)$$

(5)式を満たすように接合境界面56の傾斜角を設定することにより、(4)式から $\theta_1 > 0$ となる。これは、整合層30に垂直に入射した受信超音波に対しても、接合境界面56において全反射が生じないことを意味する。

【0032】

(5)式は θ の下限値を与える条件である。この下限値は C_1 、 C_2 の比に応じて定まる。すなわち、 C_2 / C_1 が1に近いほど θ の下限値は0に近づく。

【0033】

具体的に θ を定める際には、さらにいくつかの点を考慮する必要がある。まず、尖頭形状要素54を形成し、音響インピーダンスの擬似的な傾斜化を実現するためには $\theta < 90^\circ$ である必要がある。 $\theta = 90^\circ$ では接合境界面56は平面となるからである。また、 θ が大きくなるほど、尖頭形状要素54の配列ピッチが大きくなり、音響インピーダンスの擬似的な傾斜化の効果が低減する。尖頭形状要素54による音響インピーダンスの傾斜化を好適に実現するためには、尖頭形状要素54の配列ピッチは小さい方がよい。例えば、尖頭形状要素54の配列ピッチは、超音波の1/2波長以下とすることが好ましい。なお、尖頭形状要素54の高さは、超音波の1/2波長以上とすることが好ましい。これらの観点からは、 θ は小さい方がよい。

【0034】

一方、受信超音波は整合層30の表面に対する法線から傾いた方向(法線に対する角度を θ とする)からも入射し得る。整合層30に対する斜め入射の受信超音波に対して、接合境界面56で全反射が生じないようにし、振動素子32に到達可能とするためには、 θ の下限値は(5)式で規定される値から上にシフトする。その下限値の増加量は、受信超音波を受け入れ可能な θ の増加と共に大きくなる。また、一般に、尖頭形状要素54及びその間のV型の谷部が鋭角になるほど、加工が難しくなり、この加工面からの θ の下限値も存在する。このように θ を小さくすることに関しては(5)式以外にも制約が課される。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

接合境界面 5 6 の傾斜を定める は、以上のような種々の条件を総合的に勘案して決定される。

【 0 0 3 6 】

第 1 材料部 5 0 は、例えば、タングステン、タングステンカーボランダム、珪化タングステン、タンタルをフィラーとしたエポキシ樹脂を材料として形成される。エポキシ樹脂自体は低音響インピーダンス材で 3 MRayl 程度であるが、これに上述の高音響インピーダンスのフィラーを充填することにより、振動素子 3 2 を構成する圧電体に近い音響インピーダンス値を得ることができる。例えば、タングステン粉の高充填エポキシ樹脂の音響インピーダンス Z_1 は 2 0 MRayl 程度、音速 C_1 は 1 6 0 0 m / 秒程度となる。

10

【 0 0 3 7 】

また第 2 材料部 5 2 は、例えば、ポリエーテルブロックアミド共重合体、シリコーン粉末混入エポキシ樹脂、シリコーンゴム、ブタジエンゴムを用いて形成される。これらを用いることにより第 2 材料部 5 2 の音響インピーダンス Z_2 を生体表面の音響インピーダンスに極めて近い 1 . 6 MRayl 程度、音速 C_2 を第 1 材料部 5 0 の音速 C_1 に相当する 1 6 0 0 m / 秒程度とすることができる。

【 0 0 3 8 】

図 4 は、整合層 3 0 の製造工程を説明するフロー図である。まず、第 1 材料部 5 0 形成の基礎となるベース板材が形成される。ベース板材は、エポキシ樹脂にタングステンカーボランダム粉などのフィラーを混ぜ合わせた液状の第 1 材料から作られる。混合された液状材料が型に流し込まれる (S 1 0 0)。液状材料には混合時に空気も混ざり込む。そこで、型に流し込まれた液状材料を常温下にしばらく放置し脱泡する (S 1 0 5)。脱泡を促進するためには、液状材料を減圧容器内に入れることが好ましい。脱泡後、液状材料を硬化させる。エポキシ樹脂は熱硬化性を有し、液状材料は恒温槽に入れられ、常圧、常湿の下、例えば 1 0 0 で 5 時間かけて硬化される (S 1 1 0)。硬化によりベース板材が完成する。

20

【 0 0 3 9 】

次にベース板材に V 字型の溝を入れ、尖頭形状要素 5 4 の配列を形成する。V 字型の溝は、ダイシングソーをベース板材に対し傾けて、字型の尖頭形状要素 5 4 の一方斜面に沿って切り込みを入れ、次にダイシングソーの傾きを変えて、尖頭形状要素 5 4 の他方斜面に沿って切り込みを入れることにより形成される (S 1 1 5)。これにより第 1 材料部 5 0 が完成する。

30

【 0 0 4 0 】

この第 1 材料部 5 0 の側面を型で再び囲み、この型の中に、第 2 材料部 5 2 を形成する液状の第 2 材料を流し込む (S 1 2 0)。流し込んだ液状材料が V 字溝の隅々に充填され、また液状材料には混ざり込んだ気泡を除去するために、ステップ S 1 0 5 と同様にして脱泡処理が施される (S 1 2 5)。脱泡後、エポキシ樹脂などをベースとする液状材料を、ステップ S 1 1 0 と同様にして硬化させる (S 1 3 0)。最後に、整合層 3 0 の外形加工が施される。この外形加工では、整合層 3 0 の上下面それぞれの平面度とそれらの平行度とを確保するために、研磨処理が施される (S 1 3 5)。以上の工程により、整合層 3 0 が製造される。

40

【 0 0 4 1 】

以上、整合層 3 0 として 2 つの材料部 (第 1 材料部 5 0 及び第 2 材料部 5 2) を重ね合わせた構造を有する例を説明したが、より多くの材料部を、接合境界面が凹凸となるように重ね合わせて整合層を形成することもできる。図 5 は、N 段 (N 3) に材料部を重ね合わせた整合層の模式的な縦断面図である。この整合層 2 0 0 において、振動素子 3 2 に面する第 1 材料部 2 0 2 は、振動素子 3 2 側から生体側に向けて、順に第 1 材料部 2 0 2、第 2 材料部 2 0 4、...、第 (N - 1) 材料部 2 0 6、第 N 材料部 2 0 8 が重ね合わされる。第 1 材料部 2 0 2 から第 (N - 1) 材料部 2 0 6 までの各材料部の上面には、上に頂部を向けた複数の尖頭形状要素 5 4 が配列され、第 2 材料部 2 0 4 から第 N 材料部 2 0 8 ま

50

での各材料部の下面は、隣接する材料部の尖頭形状要素 5 4 間の谷間にはまり合うように形成される。第 1 材料部 2 0 2 は、振動素子 3 2 と同程度の音響インピーダンス Z_1 を持った材料で構成され、第 N 材料部 2 0 8 は、生体と同程度の音響インピーダンス Z_N を持った材料で構成される。そして各層の材料部の音響インピーダンスは、 Z_1 から Z_N まで単調に変化するように材料が選択される。この音響インピーダンスの選択及び隣接する材料部が凹凸形状の接合境界面により互いに噛み合う構造により、整合層 2 0 0 の実質的な音響インピーダンスの傾斜化が実現される。

【 0 0 4 2 】

さて、この N 層の場合にも、上述の 2 つの材料部からなる整合層 3 0 での接合境界面 5 6 に対してと同様の方法によって、第 k 材料部と第 (k + 1) 材料部 (1 k N - 1) との接合境界面 2 1 0 -k において全反射が生じにくくなるような当該接合境界面の傾斜角に関する条件が次式で与えられる。ここで、 C_k は第 k 材料部 (1 k N) での音速、 θ_k は整合層 2 0 0 の表面に対する法線 2 1 2 と接合境界面 2 1 2 -k とのなす角度である。

【 0 0 4 3 】

【数 1 2】

$$C_{k+1} < C_k < C_{k+1} / \cos \theta_k \quad \dots \dots \dots (6)$$

または、

【数 1 3】

$$C_k < C_{k+1} < C_k / \cos \theta_k \quad \dots \dots \dots (7)$$

または、

【数 1 4】

$$C_k = C_{k+1} \quad \dots \dots \dots (8)$$

全ての接合境界面 2 1 0 -k (1 k N - 1) が、上記条件を満たすように形成することにより、振動素子 3 2 から生体への送信波及び生体から振動素子 3 2 への受信波が良好に整合層 2 0 0 を通過する。

【 0 0 4 4 】

上述の整合層 3 0 , 2 0 0 では、尖頭形状要素 5 4 は振動素子 3 2 のエレベーション方向に配列され、それら尖頭形状要素 5 4 の間にはエレベーション方向に直交する方向に延びる V 字溝が形成される。しかし、尖頭形状要素 5 4 をエレベーション方向に対し直交方向に配列してもよい。

【 0 0 4 5 】

また、尖頭形状要素 5 4 は角錐形状とすることもできる。また、接合境界面 5 6 , 2 1 0 を構成する面要素は上述の構成では平面であり、傾斜角 θ_k は一定であった。しかし、接合境界面 5 6 の各点での θ_k が (5) 式を満たせば、 θ_k は接合境界面 5 6 上の場所に応じて変化してもよく、接合境界面 5 6 を曲面に構成することもできる。

【 0 0 4 6 】

【発明の効果】

本発明の超音波探触子によれば、複数の材料を境界面が凹凸となるように組み合わせ音響インピーダンスの傾斜化を実現する整合層において、両材料の接合境界面で超音波の送信及び受信のいずれにおいても全反射が生じず、良好な超音波診断が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施形態である超音波探触子を説明する模式的な縦断面図である。

【図 2】 本発明の実施形態である超音波探触子を説明する模式的な上面図である。

【図 3】 図 1 に示す整合層を拡大した模式図である。

【図 4】 整合層の製造工程を説明するフロー図である。

【図 5】 N 段 (N 3) に材料部を重ね合わせた整合層の模式的な縦断面図である。

【図 6】 従来の超音波探触子を説明する模式的な縦断面図である。

【符号の説明】

3 0 , 2 0 0 整合層、3 2 振動素子、3 4 バックリング層、5 0 第 1 材料部、5 2 第 2 材料部、5 4 尖頭形状要素、5 6 , 2 1 0 接合境界面。

10

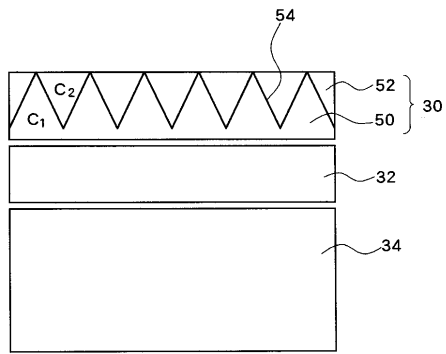
20

30

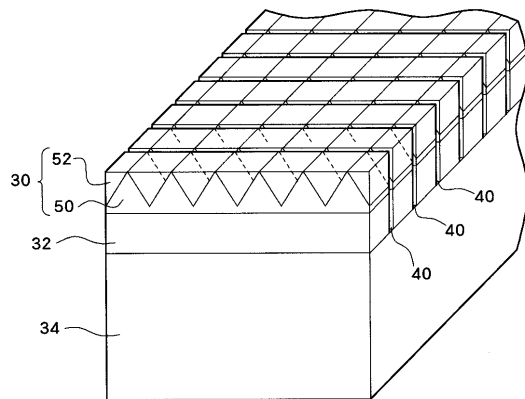
40

50

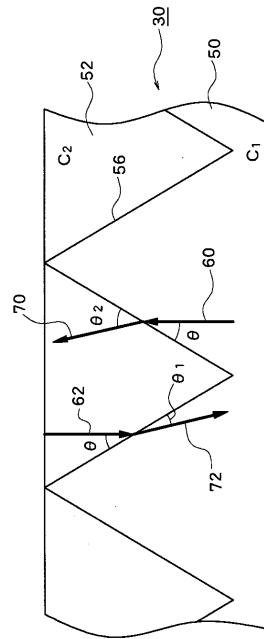
【図1】



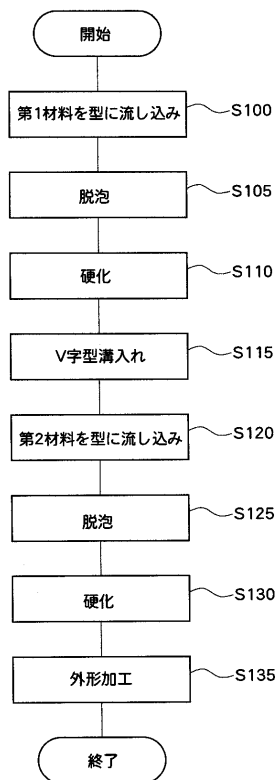
【図2】



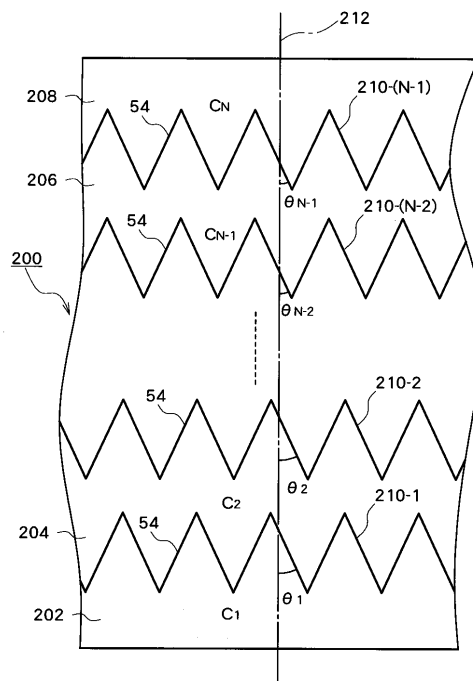
【図3】



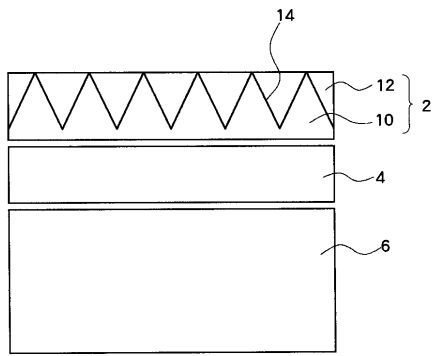
【図4】



【図5】



【図 6】



フロントページの続き

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

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B 名)

H04R 1/34 330

A61B 8/00

H04R 17/00 330

专利名称(译)	超声波探触子		
公开(公告)号	JP3655860B2	公开(公告)日	2005-06-02
申请号	JP2001298372	申请日	2001-09-27
[标]申请(专利权)人(译)	日立阿洛卡医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	阿洛卡有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	阿洛卡有限公司		
[标]发明人	佐藤正平		
发明人	佐藤 正平		
IPC分类号	A61B8/00 G10K11/02 H04R1/34 H04R17/00		
CPC分类号	G10K11/02 A61B8/4494		
FI分类号	H04R1/34.330.Z A61B8/00 H04R17/00.330.J		
F-TERM分类号	4C301/EE07 4C301/EE20 4C301/GB03 4C301/GB20 4C301/GB22 4C301/GB33 4C601/EE04 4C601/EE30 4C601/GB01 4C601/GB03 4C601/GB04 4C601/GB20 4C601/GB24 4C601/GB26 4C601/GB41 5D019/AA21 5D019/AA22 5D019/FF04 5D019/GG02		
代理人(译)	吉田健治 石田 纯		
其他公开文献	JP2003111182A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：为了解决在两种材料之间的粘合边界表面中存在超声波全反射的问题，在具有匹配层的超声探头中，该匹配层用于实现通过将两者结合而产生的声阻抗的倾斜。材料使得边界表面是不均匀的。解决方案：角度为 θ ，第一材料部分50（声速为 C_1 ）与第二材料部分52（声速为 C_2 ）之间的粘合边界表面56形成匹配层30，相对于法线形成法线。如果 $C_2 < C_1$ ，则确定键合边界表面56的倾斜角度，使得 $C_2 = C_1$ 或 $C_1 < C_2 / \cos \theta$ 。

【图 2】

