

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5705386号
(P5705386)

(45) 発行日 平成27年4月22日(2015. 4. 22)

(24) 登録日 平成27年3月6日(2015. 3. 6)

(51) Int.Cl.

F I

H O 4 R 17/00 (2006. 01)

H O 4 R 17/00 3 3 O H

H O 4 R 31/00 (2006. 01)

H O 4 R 31/00 3 3 O

A 6 1 B 8/00 (2006. 01)

A 6 1 B 8/00

G O 1 N 29/24 (2006. 01)

G O 1 N 29/24

H O 1 L 41/29 (2013. 01)

H O 1 L 41/29

請求項の数 8 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2014-548228 (P2014-548228)
 (86) (22) 出願日 平成26年5月19日(2014. 5. 19)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2014/063211
 審査請求日 平成26年10月2日(2014. 10. 2)
 (31) 優先権主張番号 特願2013-155817 (P2013-155817)
 (32) 優先日 平成25年7月26日(2013. 7. 26)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 304050923
 オリンパスメディカルシステムズ株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
 (74) 代理人 100076233
 弁理士 伊藤 進
 (74) 代理人 100101661
 弁理士 長谷川 靖
 (74) 代理人 100135932
 弁理士 篠浦 治
 (72) 発明者 若林 勝裕
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
 リンパスメディカルシステムズ株式会社内

審査官 武田 裕司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波振動子及び超音波振動子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧電素子と、

前記圧電素子の表面に形成された電極と、

前記電極に先端が接触した導電性のワイヤと、

電気めっき法により形成され、前記ワイヤの少なくとも先端と前記電極とを互いに接触
 させた状態で被覆する ことで前記電極と前記ワイヤを電氣的に接続する金属膜と、
 を含むことを特徴とする超音波振動子。

【請求項 2】

前記金属膜は、前記ワイヤの少なくとも先端を前記ワイヤの形状に沿った均一な厚みで
 被覆し、さらに前記ワイヤを被覆した厚みと同じ厚みで前記電極を被覆することを特徴と
 する請求項 1 に記載の超音波振動子。

【請求項 3】

前記ワイヤは、張力が加えられていない状態で前記電極に接触していることを特徴とす
 る請求項 1 に記載の超音波振動子。

【請求項 4】

前記ワイヤの先端は、球形状であることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波振動子。

【請求項 5】

前記圧電素子は、PMN - PT単結晶、PMN - PZT単結晶、PZN - PT単結晶、
 PIN - PZN - PT単結晶、又はリラクサー系材料からなることを特徴とする請求項 1

10

20

に記載の超音波振動子。

【請求項 6】

圧電素子の表面に形成された電極に、導電性のワイヤの先端を接触させる第 1 の工程と

、
前記ワイヤの先端と前記電極とを互いに接触した状態で電気めっき法により形成される金属膜によって、前記ワイヤの少なくとも先端を被覆し、さらに前記電極を被覆し、電氣的に接続する第 2 の工程と、

を含むことを特徴とする超音波振動子の製造方法。

【請求項 7】

前記第 2 の工程は、前記金属膜によって、前記ワイヤの少なくとも先端を前記ワイヤの形状に沿った均一な厚みで被覆し、さらに前記ワイヤを被覆した厚みと同じ厚みで前記電極を被覆することを特徴とする請求項 6 に記載の超音波振動子の製造方法。

【請求項 8】

前記第 1 の工程は、前記ワイヤを張力が加えられていない状態で前記電極に接触させることを特徴とする請求項 6 に記載の超音波振動子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電素子を備える超音波振動子及び超音波振動子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

生体の内部構造を観察する医療画像診断の分野や機械構造物等の内部を観察する非破壊検査の分野では、圧電素子からなる超音波観察部から発せられる超音波を用いた超音波観測装置が用いられている。例えば、日本国特開 2002-224104 号公報には、複数の圧電素子を配列して形成される圧電素子アレイを備えた超音波観察部が開示されている。圧電素子アレイを備えた超音波観察部では、超音波ビームの送信方向を電子的に変更することが可能である。

【0003】

圧電素子への配線の接合には半田付けが利用されるが、半田付けの熱が圧電素子に伝わることによって、圧電素子の消極が起こるおそれがある。

【0004】

そこで本発明は、製造時における圧電素子の消極を抑制した超音波振動子を提供することを目的とする。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の一態様の超音波振動子は、圧電素子と、前記圧電素子の表面に形成された電極と、前記電極に先端が接触した導電性のワイヤと、電気めっき法により形成され、前記ワイヤの少なくとも先端と前記電極とを互いに接触させた状態で被覆することで前記電極と前記ワイヤを電氣的に接続する金属膜と、を含む。

【0006】

また、本発明の一態様の超音波振動子の製造方法は、圧電素子の表面に形成された電極に、導電性のワイヤの先端を接触させる第 1 の工程と、前記ワイヤの先端と前記電極とを互いに接触した状態で電気めっき法により形成される金属膜によって、前記ワイヤの少なくとも先端を被覆し、さらに前記電極を被覆し、電氣的に接続する第 2 の工程と、を含む。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図 1】超音波観測装置と繋がった超音波振動子の斜視図である。

【図 2】超音波ビームによる走査が行われる平面に沿った方向から超音波振動子を見た図

10

20

30

40

50

である。

【図 3】図 2 の III-III 断面図であり、超音波振動子を、走査面に平行な平面によって切断した断面図である。

【図 4】図 2 の IV-IV 断面図であり、超音波振動子を、走査面に直交する平面によって切断した断面図である。

【図 5】圧電素子単体を拡大した斜視図である。

【図 6】超音波振動子の製造方法を説明するための図である。

【図 7】超音波振動子の製造方法を説明するための図である。

【図 8】超音波振動子の製造方法を説明するための図である。

【図 9】超音波振動子の製造方法の、電気めっき工程を説明するための図である。

10

【図 10】超音波振動子の製造方法を説明するための図である。

【図 11】超音波振動子の製造方法を説明するための図である。

【図 12】超音波振動子の製造方法における効果を説明するための図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

以下に、本発明の好ましい形態について図面を参照して説明する。なお、以下の説明に用いる各図においては、各構成要素を図面上で認識可能な程度の大きさとするため、構成要素毎に縮尺を異ならせてあるものであり、本発明は、これらの図に記載された構成要素の数量、構成要素の形状、構成要素の大きさの比率、及び各構成要素の相対的な位置関係のみに限定されるものではない。

20

【0009】

以下に、本発明に係る超音波振動子の実施形態の一例を説明する。図 1 に示す本実施形態の超音波観察部 1 は、複数の圧電素子 3 からなる圧電素子アレイ 2 を有して構成された超音波振動子 1 a を含む。超音波振動子 1 a は、電子走査方式の超音波探触子である。図 2 は、超音波振動子 1 a によって超音波ビームによる走査が行われる平面（走査面と称する）に沿った方向（図 1 中の矢印 A）から超音波観察部 1 を見た図である。

【0010】

なお、圧電素子アレイ 2 を構成する複数の圧電素子 3 の数や配列の形態は特に限定されるものではなく、複数の圧電素子 3 が 1 列に配列されることにより構成される 1 次元アレイ（1D アレイ）であってもよいし、複数の圧電素子 3 が行列状に配列されることにより構成される 2 次元アレイ（2D アレイ）であってもよい。

30

【0011】

また、複数の圧電素子が行列状に配列されてなる圧電素子アレイの形態として、一般に 1 . 25 D アレイと称され、超音波ビームの幅が可変である構成や、一般に 1 . 5 D アレイと称され、超音波ビームの幅と焦点距離が可変である構成が知られている。圧電素子アレイ 2 は、このような、1 . 25 D アレイや 1 . 5 D アレイと称される形態であってもよい。

【0012】

また、圧電素子アレイ 2 が 1 次元アレイである場合には、複数の圧電素子 3 が直線に沿って配列される形態であってもよいし、曲線に沿って配列される形態であってもよい。また、圧電素子アレイ 2 が、例えば 1 . 25 D アレイ、1 . 5 D アレイ又は 2 D アレイ等のように、複数の圧電素子が行列状に配列された形態である場合には、複数の圧電素子 3 が一つ又は複数の平面に沿って配列される形態であってもよいし、一つ又は複数の曲面に沿って配列される形態であってもよい。

40

【0013】

本実施形態では一例として、超音波振動子 1 a が含む圧電素子アレイ 2 は、略円筒面上に複数の圧電素子 3 が行列状に配列されてなる 1 . 25 D アレイの形態を有している。圧電素子アレイ 2 は、略円筒面の円周方向が走査方向と一致するように構成されており、略扇状に超音波ビームの走査を行うことが可能である。このような形態の圧電素子アレイ 2 を有する超音波観察部 1 は、一般にコンベックス型と称される。

50

【 0 0 1 4 】

詳しくは後述するが、超音波振動子 1 a は、ハウジング部 2 1 内に收容されている。ハウジング部 2 1 は、超音波振動子 1 a の超音波を送受信する面を露出させた状態で超音波振動子 1 a を保持するように構成されている。

【 0 0 1 5 】

超音波観察部 1 は、超音波観測装置 2 2 から送られてくる信号を、接続部 2 0 を介して受信し超音波を発生させる。また超音波観察部が受信した超音波信号を、接続部 2 0 を介して超音波観測装置 2 2 に送信して、超音波画像を得る。図 1 に示す本実施形態では一例として、接続部 2 0 は、超音波観察部 1 から延出する電気ケーブル 2 0 a と、電気ケーブル 2 0 a の端部に設けられ超音波観測装置 2 2 に接続可能に構成されたコネクタ 2 0 b からなる。電気ケーブル 2 0 a は、後述する構成を介して、複数の圧電素子 3 に電氣的に接続されている。

10

【 0 0 1 6 】

なお、接続部 2 0 の形態は、本実施形態に限られるものではなく、例えばコネクタ 2 0 b が電気ケーブルを介さずに超音波観察部 1 に設けられた形態であってもよい。

【 0 0 1 7 】

以下に、超音波観察部 1 及び超音波観察部 1 に含まれる超音波振動子 1 a の構成の詳細について説明する。図 3 は、超音波観察部 1 を、走査面に平行な平面によって切断した断面図である。図 4 は、超音波観察部 1 を、走査面に直交する平面によって切断した断面図である。図 5 は、超音波振動子 1 a が有する圧電素子 3 とワイヤ 7 単体を拡大した斜視図

20

【 0 0 1 8 】

個々の圧電素子 3 は、例えば、PMN - PT 単結晶、PMN - PZT 単結晶、PZN - PT 単結晶、PIN - PZN - PT 単結晶、又はリラクサー系材料によって構成されている。

【 0 0 1 9 】

PMN - PT とは、マグネシウム・ニオブ酸鉛およびチタン酸鉛の固溶体の略称である。PMN - PZT 単結晶とは、マグネシウム・ニオブ酸鉛およびチタン酸ジルコン酸鉛の固溶体の略称である。

【 0 0 2 0 】

ZN - PT 単結晶とは、亜鉛・ニオブ酸鉛およびチタン酸鉛の固溶体の略称である。

30

【 0 0 2 1 】

PIN - PZN - PT 単結晶とは、インジウム・ニオブ酸鉛、亜鉛・ニオブ酸鉛およびチタン酸鉛の固溶体の略称である。

【 0 0 2 2 】

リラクサー系材料とは、圧電定数や誘電率を増加させる目的でリラクサー材料である鉛系複合ペロプスカイトをチタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) に添加した 3 成分系圧電材料のことを総称している。前記鉛系複合ペロプスカイトは、Pb (B1、B2) O3 で示される材料であり、B1 はマグネシウム、亜鉛、インジウム、またはスカンジウムのいずれかであり、B2 はニオブ、タンタル、またはタングステンのいずれかである。

40

【 0 0 2 3 】

これらの材料は、優れた圧電効果を有している。このため、小型化しても電氣的なインピーダンスの値を低くすることができ、配線との間のインピーダンスマッチングの観点から好ましい。

【 0 0 2 4 】

圧電素子 3 は、一対の導電性層である第 1 電極 4 a 及び第 2 電極 4 b を含む。第 1 電極 4 a 及び第 2 電極 4 b は、圧電素子 3 の、互いに反対の方向に向く両主面に形成されている。第 1 電極 4 a 及び第 2 電極 4 b は、導電性を有する材料からなり、例えば金属製の薄膜である。以下では、圧電素子 3 の、第 1 電極 4 a が形成された面を第 1 面 3 a と称し、第 2 電極 4 b が形成された面を第 2 面 3 b と称する。

50

【 0 0 2 5 】

導電性層である第 1 電極 4 a は、個々の圧電素子 3 の電圧信号の入出力を行うための信号電極である。また、第 2 電極 4 b は、接地電位とされるグランド電極である。個々の圧電素子 3 に設けられた全ての第 2 電極 4 b は、同一の第 2 導電性層 5 に電氣的に接続されている。第 2 導電性層 5 は、接地電位とされるグランド電極である。なお、第 2 導電性層 5 は、複数に分割されていてもよい。

【 0 0 2 6 】

個々の第 1 電極 4 a には、詳しくは後述する構成によって、導電性の材料からなるワイヤ 7 の先端部が接合されている。複数のワイヤ 7 は、1 つ又は複数の回路基板 8 から、個々の圧電素子 3 に向かって延出している。ワイヤ 7 は、例えば金や銅等の金属製である。回路基板 8 には、電気ケーブル 2 0 a と個々のワイヤ 7 とを電氣的に接続する電気回路が形成されている。

10

【 0 0 2 7 】

回路基板 8 は、1 つ又は複数の層の導電性層を有したプリント回路基板である。回路基板 8 は、電気絶縁材料からなる基材が所定の剛性を有する、いわゆるリジッド回路基板であってもよいし、基材が軟質で可撓性を有する、いわゆるフレキシブル回路基板であってもよい。

【 0 0 2 8 】

ワイヤ 7 は、張力が加えられていない、弛みのある状態で第 1 電極 4 a と回路基板 8 との間に架設されている。仮に、ワイヤ 7 に張力が加えられた状態であると、ワイヤ 7 の張力が圧電素子 3 に加えられて圧電素子 3 の振動の妨げとなる場合がある。ワイヤ 7 を弛みを有する状態とすることによって、ワイヤ 7 の張力が圧電素子 3 の振動に及ぼす影響を防止もしくは抑制することができる。

20

【 0 0 2 9 】

なお、ワイヤ 7 の断面形状は特に限定されるものではなく、円形状であってもよいし、矩形状であってもよいし、扁平な形状であってもよい。また、ワイヤ 7 は、回路基板 8 の電気回路を形成する導電性層の一部を回路基板 8 の外縁から延出させた、いわゆるフライングリードの形態を有していてもよい。本実施形態では一例として、ワイヤ 7 は、幅がおよそ 5 0 μm から 7 5 μm 、厚さがおよそ 2 5 μm の扁平な断面形状を有しているものを使用している。

30

【 0 0 3 0 】

また、図 3 及び図 4 に例示するように、第 1 電極 4 a の、圧電素子 3 とは反対側の面には、バッキング材 9 が配設されている。バッキング材 9 は、超音波観察部 1 内において圧電素子 3 の内側に充填された後に硬化した合成樹脂であり、圧電素子 3 から超音波観察部 1 の内側に向かう超音波を減衰させるためのものである。バッキング材 9 は、例えばアルミナやジルコニア等のフィラーを分散させたエポキシ樹脂によって構成されている。

【 0 0 3 1 】

バッキング材 9 及び回路基板 8 の周囲は、側壁部 1 0 によって囲まれている。側壁部 1 0 の内面には、第 3 導電性層 1 1 が設けられている。第 3 導電性層 1 1 は、導電性を有する材料からなり、例えば金属製の薄膜である。

40

【 0 0 3 2 】

第 3 導電性層 1 1 は、グランド線 1 2 を介して、回路基板 8 に電氣的に接続されている。回路基板 8 には、接地電位とされる電気回路が形成されており、グランド線 1 2 は、この接地電位である電気回路に接続される。第 3 導電性層 1 1 は、電磁シールドの役割を担った構成である。

【 0 0 3 3 】

また、第 2 導電性層 5 は、第 3 導電性層 1 1 と後述する構成によって電氣的に接続されている。すなわち、第 2 導電性層 5 は、第 3 導電性層 1 1 及びグランド線 1 2 を介して回路基板 8 の接地電位とされる電気回路に電氣的に接続される。

【 0 0 3 4 】

50

第2導電性層5の、圧電素子3とは反対側の面には、音響整合層6が配設されている。音響整合層6は、圧電素子3と被検体との音響インピーダンスマッチングを行うためのものである。本実施形態では一例として、音響整合層6は異なる材料からなる複数の層である、第1音響整合層6a及び第2音響整合層6bが積層されて構成されている。第1音響整合層6aが、第2音響整合層6bよりも圧電素子3に近い側に配設されている。なお、音響整合層6の構成は、単層であってもよいし、3層以上であってもよい。また、本実施形態では、音響整合層6が、超音波観察部1の外表面に露出しているが、音響整合層6の外側には、音響レンズが設けられていてもよい。

【0035】

より詳細には、本実施形態では、図3及び図4に示すように、第1音響整合層6aの内面上に、金属製の薄膜である第2導電性層5が形成されている。そして、第2導電性層5上に、複数の圧電素子3が所定の配列で配設されている。圧電素子3は、第2面3bに形成された第2電極4bが第2導電性層5に電氣的に接続されるように配設されている。図4に示すように、本実施形態では、3列の圧電素子3が走査方向に沿って配列されている。例えば、超音波観察部1を内視鏡に用いる場合、圧電素子アレイ2の、走査面に直交する方向の幅(図4のWで示す幅)は、およそ2mmから6mm程度である。

【0036】

本実施形態の回路基板8は、ガラス繊維とエポキシ樹脂からなるガラスエポキシ基板を電気絶縁性の基材8cとして用いている。回路基板8は、圧電素子3の第1電極4aに電氣的に接続される配線パターンを形成する導電性層である信号回路層8aと、接地電位とされ回路基板8の全面に形成される導電性層であるグランド層8bとを有している。

【0037】

本実施形態では、回路基板8は、3つの信号回路層8aと、該3つの信号回路層8aの間に配設される2つのグランド層8bと、の5層の導電性層を有している。これらの5層の導電性層の間には、電気絶縁性の基材8cが介装されている。信号回路層8aの間に、いわゆるベタ電極状のグランド層8bを介装させることによって、複数の信号回路層8a間のクロストークを防止することができる。なお、回路基板8は、厚さ方向及び平面方向に複数に分割されていてもよい。

【0038】

回路基板8は、第1電極4aよりも内側において、厚さ方向が、超音波観察部1の走査面に対して略直交するように配設されている。すなわち、3つの信号回路層8aは、圧電素子3の3つの列に沿うように配設される。圧電素子3と回路基板8との位置関係は、パッキング材9によって固定されている。

【0039】

3つの信号回路層8aは、それぞれ、3つの圧電素子3の列に対応した配線パターンを有している。すなわち、図4において、中央の信号回路層8aは、中央の列に含まれる圧電素子3の第1電極4aに電氣的に接続される電気回路を構成しており、図中右側の信号回路層8aは、図中右側の列に含まれる圧電素子3の第1電極4aに電氣的に接続される電気回路を構成しており、図中左側の信号回路層8aは、図中左側の列に含まれる圧電素子3の第1電極4aに電氣的に接続される電気回路を構成している。

【0040】

回路基板8の信号回路層8aによって形成された配線パターンと圧電素子3の第1電極4aとは、ワイヤ7によって電氣的に接続される。ここで、回路基板8の配線パターンとワイヤ7の基端との電氣的な接続の形態は特に限定されるものではない。例えば、回路基板8の配線パターンとワイヤ7の基端とは、半田付け又は導電性接着剤等によって接続される形態であってもよいし、その他、いわゆるワイヤボンディングの方法と知られている接合方法によって接続される形態であってもよい。また、前述のように、ワイヤ7は、回路基板8の信号回路層8aを外側に延出させたフライングリードであり、基端において配線パターンと一体となった形態であってもよい。

【0041】

一方、ワイヤ7の先端と圧電素子3の第1電極4aとは、図5に示すように、互いが接触した状態において、ワイヤ7の少なくとも先端部の表面と第1電極4aとが、所定の厚さの金属膜13によって被覆されることにより、接合されている。

【0042】

金属膜13は、電気めっき法により形成されるものである。詳しくは後述するが、金属膜13は、ワイヤ7の少なくとも先端部と第1電極4aとを接触させた状態において電解液（めっき液）中に浸漬し、ワイヤ7及び第1電極4aが被めっき物となるようにワイヤ7に電流を流すことによって形成される。

【0043】

したがって、図5に示されるようにワイヤ7の先端側は均一な厚みの金属膜13により筒状に被覆され、第1電極4aもワイヤ7を覆う厚みと同じ均一な厚みで金属膜13により被覆されている。

【0044】

これは、電気めっき法による特異的なものであり、従来のハンダを用いた方法ではこのような均一な厚みの金属膜でワイヤを覆うことはできず、化学気相蒸着法（CVD）や物理気相蒸着法（PVD）によっても成しえない。また、電気めっき法を用いることにより、熱負荷を圧電素子にかけないため、圧電素子の消極を抑制し、圧電効果の低下または消滅を防止することができる。

【0045】

金属膜13による被覆によって、ワイヤ7の先端と圧電素子3の第1電極4aとが電氣的に接続されるものであれば、金属膜13の厚さ、材料、及び電気めっきの詳細な方法は特に限定されるものではない。

【0046】

例えば、金属膜13を形成するに当たって、断続的に電流を流すパルスめっき法を用いれば、金属膜13を緻密なものとし、金属膜13による接合の信頼性を向上させることができるため好ましい。

【0047】

また例えば、金属膜13を、スルファミン酸ニッケルめっきやピロリン酸銅めっきによって形成すれば、金属膜13の内部応力を、他のニッケルめっきよりも低くすることができるため、金属膜13を比較的厚くすることが可能となる。また、金属膜13の内部応力を低下させるために、電気めっき時に応力緩和剤を用いてもよい。

【0048】

例えば、金属膜13の厚さの上限は、金属膜13を構成する材料の物性と超音波観察部1が送受信する超音波の波長に応じて以下のように定める。本実施形態では、超音波観察部1が送受信する超音波のうちの最も高周波数である超音波の、金属膜13を構成する材料中における波長を λ とした場合に、金属膜13の厚さの上限 $t_{\max}$ を、 $\lambda/10$ 以下、好ましくは $\lambda/20$ 以下とすることが好ましい。

【0049】

例えば、金属膜13がニッケルである場合、ニッケル中の縦波音速 C は、およそ 6000 m/s である。ここで、超音波観察部1が送受信する超音波の周波数の上限を 15 MHz とした場合、ニッケル中の当該超音波の波長 λ はおよそ $400\text{ }\mu\text{m}$ となる。したがって、金属膜13がニッケルである場合の金属膜13の厚さの上限 $t_{\max}$ は、 $40\text{ }\mu\text{m}$ とすることが好ましく、より好ましくは $20\text{ }\mu\text{m}$ とする。

【0050】

また例えば、金属膜13が銅である場合、銅中の縦波音速 C は、およそ 5000 m/s である。ここで、超音波観察部1が送受信する超音波の周波数の上限を 15 MHz とした場合、銅中の当該超音波の波長 λ はおよそ $333\text{ }\mu\text{m}$ となる。したがって、金属膜13が銅である場合の金属膜13の厚さの上限 $t_{\max}$ は、 $33\text{ }\mu\text{m}$ とすることが好ましく、より好ましくは $16\text{ }\mu\text{m}$ とする。

【0051】

10

20

30

40

50

金属膜 13 の厚さは、本実施形態では例えば $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、接合強度や電流容量と、金属膜 13 の存在が圧電素子 3 の音響特性に与える影響との釣り合いを考慮すると、およそ $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【0052】

また、上述のように、ワイヤ 7 は、張力が加えられていない、弛みのある状態で第 1 電極 4 a に接合されていることが好ましい。さらに、ワイヤ 7 は、圧電素子 3 の第 1 面 3 a と平行となる部分がないように取り回されていることが好ましい。これは、圧電素子 3 の第 1 面 3 a 側から送信された超音波が、ワイヤ 7 によって反射されて圧電素子 3 に戻ることを防止するためである。

【0053】

10

また、本実施形態では、図 5 に示すように、ワイヤ 7 と第 1 電極 4 a とを接合する前の段階において、ワイヤ 7 の先端を溶融させることによって、先端を略球形状としている。ワイヤ 7 の先端を略球形状とすることによって、ワイヤ 7 先端の第 1 電極 4 a に対する角度にかかわらず、ワイヤ 7 先端と第 1 電極 4 a の接触面積を略一定に保つことができ、両者間の電氣的な接続が安定する。

【0054】

本実施形態のように、金属膜 13 によって、ワイヤ 7 と第 1 電極 4 a とを接合すれば、例えば用いる金属の種類によっては、導電性接着剤や異方性導電シートを用いた接合に比して、より高い耐薬品性を持たせることができる。

【0055】

20

また、本実施形態では、圧電素子アレイ 2 を構成する全ての圧電体 3 について、電気めっき法によって形成される均質な金属膜 13 によって、ワイヤ 7 と第 1 電極 4 a とが接合される。このため、ワイヤ 7 と第 1 電極 4 a との接合は、圧電素子アレイ 2 の全体において均質であり、導電性樹脂を用いた場合に発生する接合部における電気抵抗のばらつきを小さくすることができる。したがって、超音波振動子 1 a の送受信特性を安定させることができる。

【0056】

第 1 音響整合層 6 a の内面上には、前記圧電素子アレイ 2、回路基板 8 及びワイヤ 7 を囲むように側壁部 10 が立設されている。側壁部 10 の内面には、第 3 導電性層 11 が形成されている。

30

【0057】

第 1 音響整合層 6 a の内面に形成された第 2 導電性層 5 は、第 3 導電性層 11 の一部と接する領域にまで延出した延出部 5 a を有しており、第 3 導電性層 11 と第 2 導電性層 5 とは一部において接触している。

【0058】

そして、第 3 導電性層 11 と第 2 導電性層 5 との接触した箇所の内側の面上には、金属膜 14 が形成されており、該金属膜 14 によって第 3 導電性層 11 と第 2 導電性層 5 との間の電氣的な接続が行われるようになっている。

【0059】

金属膜 14 は、前述したワイヤ 7 の先端と第 1 電極 4 a とを接合している金属膜 13 と同一の電気めっき工程によって形成されたものであり、金属膜 13 と同一の材料からなり、金属膜 13 と略同一の厚さを有している。

40

【0060】

次に、以上に説明した構成を有する超音波振動子 1 a の製造方法を説明する。

【0061】

まず、図 6 に示すように、第 1 音響整合層 6 a の内面の所定の領域もしくは全体に第 2 導電性層 5 を形成する。そして、第 2 導電性層 5 の内側の面上に、複数の圧電素子 3 を配設する。ここで、圧電素子 3 の第 2 面 3 b に形成されている第 2 電極 4 b を、第 2 導電性層 5 の内側の面上に当接させ、両者を電氣的に接触させる。よって、圧電素子 3 の第 1 面 3 a に形成された、第 1 電極 4 a は、露出した状態となる。

50

【 0 0 6 2 】

また一方で、図 7 に示すように、回路基板 8 から延出する複数のワイヤ 7 を、圧電素子アレイ 2 を形成する複数の圧電素子 3 のそれぞれの第 1 電極 4 a に接するように成形する。

【 0 0 6 3 】

そして、図 8 に示すように、全てのワイヤ 7 の先端が、対応する第 1 電極 4 a に接するように、第 1 音響整合層 6 a と回路基板 8 との相対的な位置を図示しない治具を用いて固定する。また、この工程では、第 3 導電性層 1 1 が第 2 導電性層 5 の延出部 5 a と電氣的に接するように、側壁部 1 0 が接着剤等によって固定される。

【 0 0 6 4 】

次に、図 9 に示すように、ワイヤ 7 の先端と第 1 電極 4 a とが接触した箇所を電解液 1 5 中に浸漬する。また、第 3 導電性層 1 1 と第 2 導電性層 5 とが接触した箇所も電解液中に浸漬する。そして、電源装置 1 6 によって全てのワイヤ 7 及び第 3 導電性層 1 1 と、電解液 1 5 中に浸漬した電極 1 7 との間に所定の条件で電流を流す電気めっき工程を実施する。本実施形態では電気めっき法として、スルファミン酸ニッケル浴を用いる。

【 0 0 6 5 】

電気めっき工程では、電解液 1 5 に浸漬しているワイヤ 7 の表面及びワイヤ 7 の先端と接触している第 1 電極 4 a の表面に、ニッケルからなるめっき膜が形成される。また、第 3 導電性層 1 1 と第 2 導電性層 5 の、電解液 1 5 に浸漬している箇所の表面にも、ニッケルからなるめっき膜が形成される。

【 0 0 6 6 】

そして、図 1 0 に示すように、電気めっき工程の実施後には、ワイヤ 7 の先端部と第 1 電極 4 a が、ニッケルからなる所定の厚さの金属膜 1 3 によって被覆され、接合される。また、電気めっき工程の実施後には、第 3 導電性層 1 1 と第 2 導電性層 5 とが接触した箇所も、ニッケルからなる所定の厚さの金属膜 1 4 によって接合される。そして、図示はしないが、第 3 導電性層 1 1 と、グランド層 8 b とを、グランド線 1 2 によって電氣的に接続する。

【 0 0 6 7 】

次に、図 1 1 に示すように、側壁部 1 0 の全体を第 1 音響整合層 6 a に固定し、側壁部 1 0 によって囲まれた空間内に、バッキング材 9 を充填して硬化させる。バッキング材 9 が硬化することにより、回路基板 8 は、第 1 音響整合層 6 a に対して固定された状態となる。

【 0 0 6 8 】

なお、電気めっき工程により金属膜 1 3 及び 1 4 を形成した後であって、バッキング材 9 を充填する前に、金属膜 1 3 及び 1 4 の表面を電気絶縁性の材料によって被覆する工程を加えてもよい。電気絶縁性の材料の被膜は、例えば電着法によって形成することができる。このように、ワイヤ 7 の周囲を電気絶縁性の材料によって被覆することによって、バッキング材 9 を充填する際にワイヤ 7 が変形して、他のワイヤ 7 との短絡が生じることを防止することができる。

【 0 0 6 9 】

以上のような製造方法では、例えば、図 1 2 に示すように、一部のワイヤ 7 の先端が第 1 電極 4 a に接触していない状態で電気めっき工程を開始した場合、ワイヤ 7 と接触していない第 1 電極 4 a 1 (図 1 2 の右側の第 1 電極 4 a) には、金属膜 1 3 が形成されない。したがって、本実施形態では、電気めっき工程中に、個々のワイヤ 7 が第 1 電極 4 a に接触しているか否かを、目視で容易かつ確実に確認することができる。電気めっき工程の初期の段階でこの確認を行い、金属膜 1 3 が形成されていない第 1 電極 4 a 1 について、ワイヤ 7 の形状を修正する作業を行えば、確実に、全てのワイヤ 7 と第 1 電極 4 a との接合を行うことができる。

【 0 0 7 0 】

以上に説明したように、本実施形態の超音波観察部 1 は、複数の圧電素子 3 と、圧電素

10

20

30

40

50

子 3 の一方の面に形成された第 1 電極 4 a と、第 1 電極 4 a に先端が接触した導電性のワイヤ 7 と、電気めっき法により形成され、ワイヤ 7 の少なくとも先端をワイヤ 7 の形状に沿った均一な厚みで被覆し、さらにワイヤ 7 を被覆した厚みと同じ厚みで第 1 電極 4 a を被覆する金属膜 1 3 と、を有している。

【 0 0 7 1 】

このような、本実施形態の超音波観察部 1 では、圧電素子 3 の電極である第 1 電極 4 a に接続される電気的な配線は細線状のワイヤ 7 であり、第 1 電極 4 a とワイヤ 7 との接合は、電気めっき法によって形成される導電性の薄膜である金属膜 1 3 によって行われている。

【 0 0 7 2 】

このため、圧電素子 3 が消極する温度にまで圧電素子 3 を加熱することなく、第 1 電極 4 a とワイヤ 7 との接合を行うことができ、製造時における圧電素子の消極を抑制した超音波振動子を提供することができる。

【 0 0 7 3 】

また、本実施形態では、電気的な配線のために個々の圧電素子 3 に接している部材は、軽量のワイヤ 7 及び金属膜 1 3 のみであり、これらの配線のための部材が圧電素子 3 の振動に与える影響は軽微である。よって、本実施形態の超音波観察部 1 では、音響特性の悪化を抑制しながら、微細な圧電素子 3 を用いることが可能である。このことは、例えば、超音波内視鏡のように、人体等の生体内に導入可能な、小型の超音波振動子の分解能及び感度の向上に寄与する。

【 0 0 7 4 】

また、本実施形態では、超音波振動子 1 a が含む全ての圧電素子 3 について、一度の電気めっき法によって形成される均質な金属膜 1 3 によって、ワイヤ 7 と第 1 電極 4 a とが接合される。したがって、例えば個々の圧電素子に半田付けによってワイヤを接合する場合に比して電気的な配線のための作業が遙かに容易であるし、より微細な圧電素子 3 を用いた圧電素子アレイ 2 を製造することが可能である。

【 0 0 7 5 】

また、本実施形態では、圧電素子 3 を、PMN - PT 単結晶、PMN - PZT 単結晶、PZN - PT 単結晶、PIN - PZN - PT 単結晶、又はその他リラクサー系材料によって構成することが好ましい。これらの材料からなる圧電素子 3 は、キュリー点が低いため、半田付けのような加熱工程を用いると消極してしまい圧電効果が低下するか、又は失われる。本実施形態では、電気めっき法によって加熱することなくワイヤ 7 と第 1 電極 4 a とを接合することが可能であるため、これらの大きい比誘電率を有する材料を用いることができる。圧電素子 3 を、比誘電率が大きい材料によって構成することにより、前述したように、圧電素子 3 を微細化しても電気的なインピーダンスの値を低くすることができる。

【 0 0 7 6 】

なお、本発明は、上述した実施形態に限られるものではなく、請求の範囲及び明細書全体から読み取れる発明の要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う超音波振動子及び超音波振動子の製造方法もまた本発明の技術的範囲に含まれるものである。

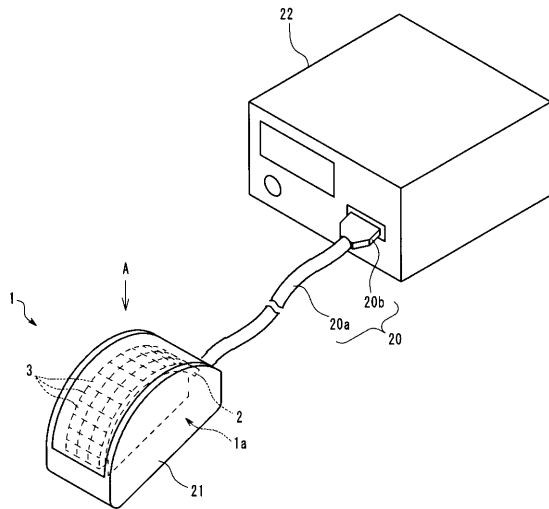
【 0 0 7 7 】

本出願は、2013 年 7 月 26 日に日本国に出願された特願 2013 - 155817 号を優先権主張の基礎として出願するものであり、上記の開示内容は、本願明細書、請求の範囲、図面に引用されたものとする。

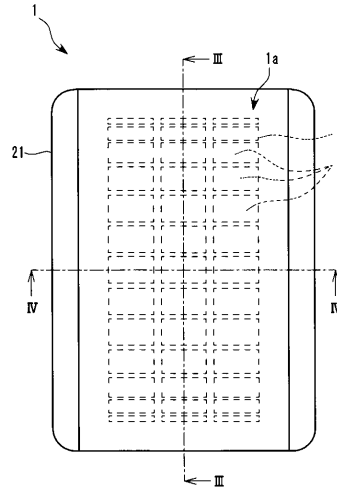
【要約】

本発明の超音波振動子は複数の圧電素子と、前記圧電素子の表面に形成された電極と、前記電極に先端が接触した導電性のワイヤと、電気めっき法により形成され、前記ワイヤの少なくとも先端を前記ワイヤの形状に沿った均一な厚みで被覆し、さらに前記ワイヤを被覆した厚みと同じ厚みで前記電極を被覆する金属膜と、を含む。

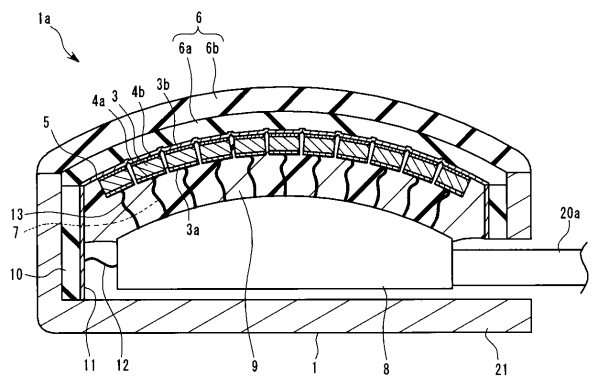
【図 1】



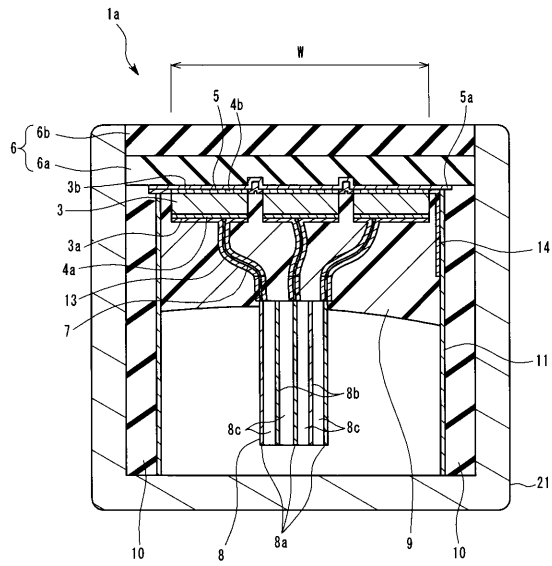
【図 2】



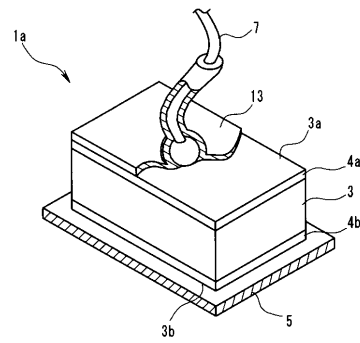
【図 3】



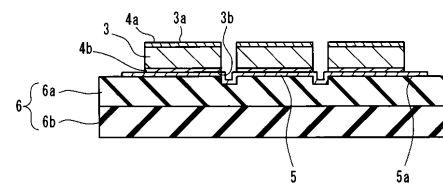
【図 4】



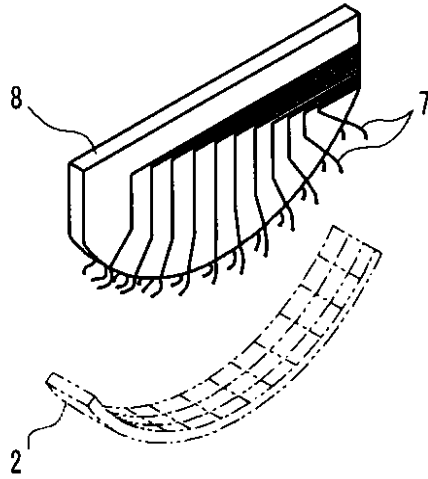
【図 5】



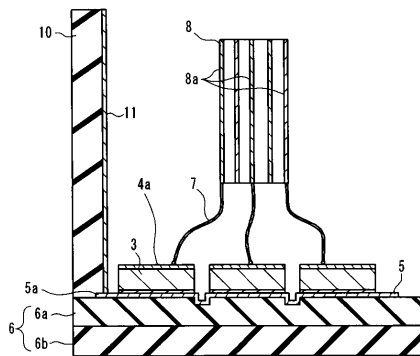
【図 6】



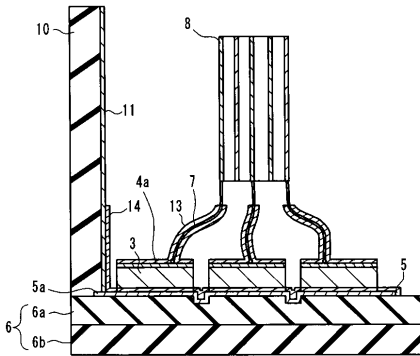
【図 7】



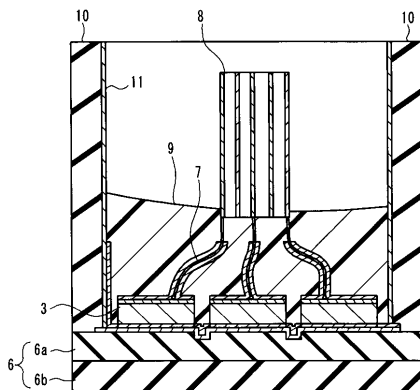
【図 8】



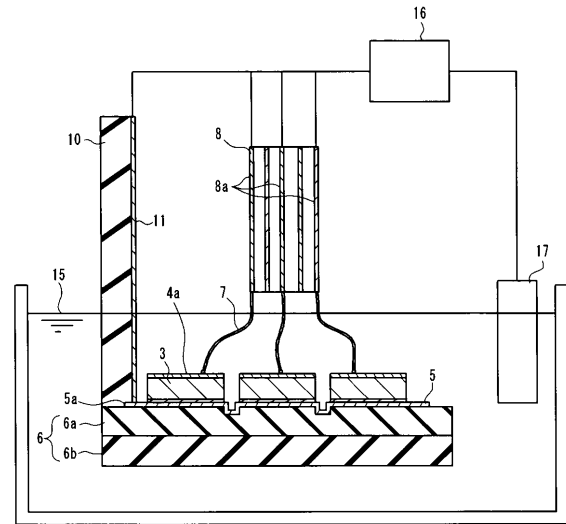
【図 10】



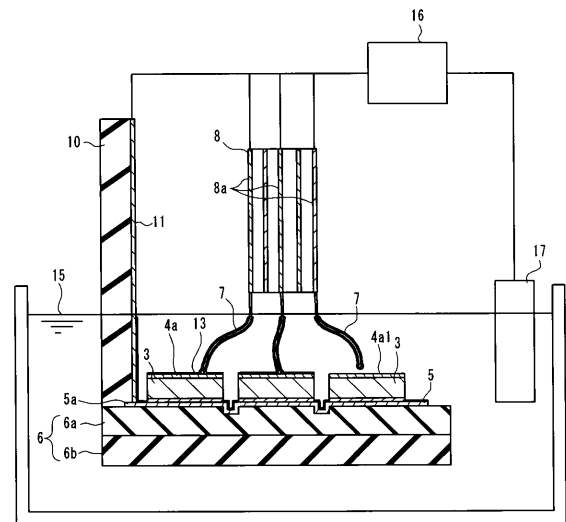
【図 11】



【図 9】



【図 12】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 2 4 3 6 4 0 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 0 / 0 3 5 7 1 4 (W O , A 1)
特開 2 0 0 4 - 3 4 9 4 6 6 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 0 3 4 1 5 9 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 1 1 0 1 3 9 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 3 2 0 5 1 2 (J P , A)
特表 2 0 0 5 - 5 3 3 3 8 6 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 1 8 6 6 1 9 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 0 9 5 0 9 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 4 R 1 7 / 0 0
A 6 1 B 8 / 0 0
G 0 1 N 2 9 / 2 4
H 0 1 L 4 1 / 2 9
H 0 4 R 3 1 / 0 0

专利名称(译)	超声波振荡器和制造超声波振荡器的方法		
公开(公告)号	JP5705386B1	公开(公告)日	2015-04-22
申请号	JP2014548228	申请日	2014-05-19
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
[标]发明人	若林勝裕		
发明人	若林 勝裕		
IPC分类号	H04R17/00 H04R31/00 A61B8/00 G01N29/24 H01L41/29		
CPC分类号	A61B8/4494 A61B8/4444 A61B8/4483 B06B1/0633 C25D3/12 C25D7/0607 G01N29/2437 G10K11/26 H01L41/0475 H01L41/0825 H01L41/1876 H01L41/29		
FI分类号	H04R17/00.330.H H04R31/00.330 A61B8/00 G01N29/24 H01L41/29		
代理人(译)	伊藤 进 长谷川 靖 ShinoUra修		
审查员(译)	武田雄二		
优先权	2013155817 2013-07-26 JP		
其他公开文献	JPWO2015011969A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明的超声波振子由多个压电元件，形成在压电元件的表面的电极，末端与电极接触的导线，以及电镀方法形成，至少由该导线构成。金属膜沿导线的形状以均匀的厚度覆盖尖端，并进一步以与导线相同的厚度覆盖电极。

【 図 4 】

