

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号  
**特開2013-243512**  
 (P2013-243512A)

(43) 公開日 平成25年12月5日(2013.12.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H04R 17/00 (2006.01)</b>	H04R 17/00 332B	2G047
<b>A61B 8/00 (2006.01)</b>	A61B 8/00	4C601
<b>G01N 29/24 (2006.01)</b>	G01N 29/24 502	5D019

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2012-115320 (P2012-115320)  
 (22) 出願日 平成24年5月21日 (2012.5.21)

(71) 出願人 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
 (74) 代理人 100095728  
 弁理士 上柳 雅誉  
 (74) 代理人 100107261  
 弁理士 須澤 修  
 (74) 代理人 100127661  
 弁理士 宮坂 一彦  
 (72) 発明者 中村 友亮  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
 (72) 発明者 鈴木 博則  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

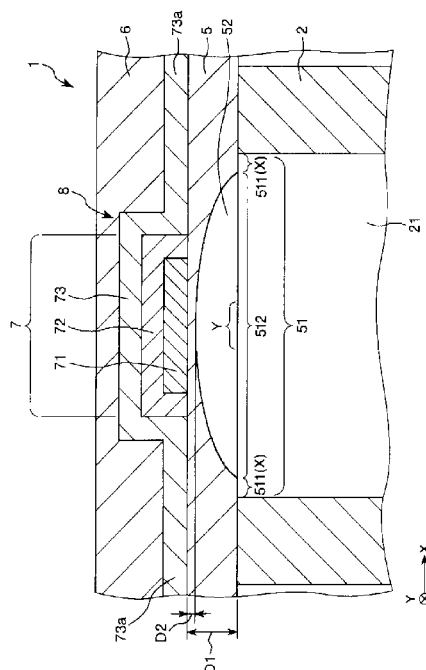
(54) 【発明の名称】 超音波トランスデューサー、超音波プローブおよび超音波検査装置

(57) 【要約】

【課題】良好な送受信特性を有し、支持膜の開口対応部位の破損を防止することができる超音波トランスデューサー、超音波プローブおよび超音波検査装置を提供すること。

【解決手段】超音波プローブ10は、開口21を有する基板2と、前記基板2上に設けられ、前記開口21を閉塞する支持膜5と、前記支持膜5上に設けられ、かつ、平面視で前記開口21と重なる領域である開口対応部位上に設けられた圧電素子とを備え、前記支持膜5の前記開口対応部位の中心部の厚さは、前記支持膜5の前記開口対応部位の外縁部の厚さよりも薄い。また、前記支持膜5の前記開口対応部位は、前記支持膜5の前記開口対応部位の中心部側から外縁部側に向かって厚さが漸増する部位を有する。

【選択図】 図5



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

開口を有する基板と、  
前記基板上に設けられ、前記開口を閉塞する支持膜と、  
前記支持膜上に設けられ、かつ、平面視で前記開口と重なる領域である開口対応部位上に設けられた圧電素子とを備え、  
前記支持膜の前記開口対応部位の中心部の厚さは、前記支持膜の前記開口対応部位の外縁部の厚さよりも薄いことを特徴とする超音波トランスデューサー。

## 【請求項 2】

前記支持膜の前記開口対応部位は、前記支持膜の前記開口対応部位の前記中心部から前記外縁部に向かって厚さが漸増する部位を有する請求項 1 に記載の超音波トランスデューサー。

10

## 【請求項 3】

開口を有する基板と、  
前記基板上に設けられ、前記開口を閉塞する支持膜と、  
前記支持膜上に設けられ、かつ、平面視で前記開口と重なる領域である開口対応部位上に設けられた圧電素子とを備え、  
前記支持膜の前記開口対応部位の前記開口側の面は、湾曲した凹面を有することを特徴とする超音波トランスデューサー。

## 【請求項 4】

前記支持膜の前記開口対応部位は、その外縁部に、厚さが一定である厚さ一定部を有する請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の超音波トランスデューサー。

20

## 【請求項 5】

前記厚さ一定部は、前記支持膜の前記開口対応部位の 1 周に亘って設けられている請求項 4 に記載の超音波トランスデューサー。

## 【請求項 6】

前記圧電素子は、前記支持膜上の前記厚さ一定部よりも前記中心部側に設けられている請求項 4 または 5 に記載の超音波トランスデューサー。

## 【請求項 7】

前記支持膜の前記開口対応部位の外縁の厚さを  $D_1$ 、前記開口対応部位の重心位置の厚さを  $D_2$  としたとき、 $D_2 / D_1$  は、 $0.1$  以上  $0.9$  以下である請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の超音波トランスデューサー。

30

## 【請求項 8】

筐体と、  
前記筐体に収納され、請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の超音波トランスデューサーとを有することを特徴とする超音波プローブ。

## 【請求項 9】

筐体と、前記筐体に収納され、請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の超音波トランスデューサーとを有する超音波プローブと、  
前記超音波プローブから送信される信号に基づいて信号処理を行う信号処理部を有する装置本体とを備えることを特徴とする超音波検査装置。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、超音波トランスデューサー、超音波プローブおよび超音波検査装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

複数の超音波素子を行列状に配置してなる超音波トランスデューサーが知られている。  
この超音波トランスデューサーは、複数の開口を有する基板と、その基板上に設けられ

50

、前記各開口を閉塞する支持膜と、その支持膜の前記各開口に対応する部位上に設けられた圧電素子とを備えている。支持膜のうち、平面視で支持膜の開口と一致している部位である開口対応部位により、ダイアフラムが構成される。そして、ダイアフラムとそのダイアフラム上に設けられた圧電素子とで、超音波素子が構成される。

また、超音波トランスデューサーの支持膜の厚さ、すなわち平面視で支持膜の開口と一致している開口対応部位の厚さは、一定に設定されている（例えば、特許文献1参照）。なお、超音波トランスデューサーにおいて、超音波の送信の際は、ダイアフラムが大きく撓み、超音波の受信の際は、ダイアフラムが小さく撓む。

#### 【0003】

しかしながら、従来の超音波トランスデューサーでは、特に、超音波の送信の際、ダイアフラムを大きく撓むので、これにより、ダイアフラムの外縁部付近において、応力が集中し、割れや欠け等の破損が生じてしまうという問題がある。

一方、ダイアフラムの強度を向上させるために、ダイアフラムの厚さを厚くすると、ダイアフラムが撓み難くなる。これにより、特に、超音波素子で超音波を受信したとき、ダイアフラムの撓み量がさらに小さくなり、これにより、圧電素子に生じる応力が非常に小さくなってしまい、その圧電素子から出力される受信信号のレベルが低下してしまうという問題がある。すなわち、超音波の送受信特性、特に、受信の際の感度が低下する。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0004】

【特許文献1】特開2000-23296号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

本発明の目的は、良好な送受信特性を有し、支持膜の開口対応部位の破損を防止することができる超音波トランスデューサー、超音波プローブおよび超音波検査装置を提供することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0006】

このような目的は、下記の本発明により達成される。

本発明の超音波トランスデューサーは、開口を有する基板と、

前記基板上に設けられ、前記開口を閉塞する支持膜と、

前記支持膜上に設けられ、かつ、平面視で前記開口と重なる領域である開口対応部位上に設けられた圧電素子とを備え、

前記支持膜の前記開口対応部位の中心部の厚さは、前記支持膜の前記開口対応部位の外縁部の厚さよりも薄いことを特徴とする。

#### 【0007】

これにより、支持膜の開口対応部位の外縁部の強度が高くなり、かつ、開口対応部位、特に、開口対応部位の中心部側が撓み易くなり、これによって、良好な送受信特性を有しつつ、開口対応部位の割れや欠け等の破損を防止することができる。

すなわち、超音波の送受信において、特に、送信の際、支持膜の開口対応部位が大きく撓んでも、その開口対応部位の外縁部付近における割れや欠け等の破損を防止することができる。また、支持膜の開口対応部位の中心部が局所的に撓み易くなるので、超音波の送受信において、特に、その開口対応部位の撓み量が小さい受信の際、圧電素子の撓み量を大きくすることができ、これにより、圧電素子に大きな応力が生じ、その圧電素子から出力される受信信号のレベルを向上させることができる。すなわち、超音波の受信の際の感度を向上させることができる。

#### 【0008】

本発明の超音波トランスデューサーでは、前記支持膜の前記開口対応部位は、前記支持膜の前記開口対応部位の前記中心部から前記外縁部に向かって厚さが漸増する部位を有す

10

20

30

40

50

ることが好ましい。

これにより、支持膜の開口対応部位の外縁部側から中心部側に向かってその開口対応部位が撓み易くなるので、超音波の受信の際の感度をより確実に向上させることができる。

【0009】

本発明の超音波トランスデューサーは、開口を有する基板と、前記基板上に設けられ、前記開口を閉塞する支持膜と、前記支持膜上に設けられ、かつ、平面視で前記開口と重なる領域である開口対応部位上に設けられた圧電素子とを備え、前記支持膜の前記開口対応部位の前記開口側の面は、湾曲した凹面を有することを特徴とする。

10

【0010】

これにより、支持膜の開口対応部位の外縁部の強度が高くなり、かつ、開口対応部位、特に、開口対応部位の中心部側が撓み易くなり、これによって、良好な送受信特性を有しつつ、開口対応部位の割れや欠け等の破損を防止することができる。

すなわち、超音波の送受信において、特に、送信の際、支持膜の開口対応部位が大きく撓んでも、その開口対応部位の外縁部付近における割れや欠け等の破損を防止することができる。また、支持膜の開口対応部位の中心部が局所的に撓み易くなるので、超音波の送受信において、特に、その開口対応部位の撓み量が小さい受信の際、圧電素子の撓み量を大きくすることができ、これにより、圧電素子に大きな応力が生じ、その圧電素子から出力される受信信号のレベルを向上させることができる。すなわち、超音波の受信の際の感度を向上させることができる。

20

【0011】

本発明の超音波トランスデューサーでは、前記支持膜の前記開口対応部位は、その外縁部に、厚さが一定である厚さ一定部を有することが好ましい。

これにより、支持膜の開口対応部位の外縁部付近における割れや欠け等の破損をより確実に防止することができる。

本発明の超音波トランスデューサーでは、前記厚さ一定部は、前記支持膜の前記開口対応部位の1周に亘って設けられていることが好ましい。

これにより、支持膜の開口対応部位の外縁部付近における割れや欠け等の破損をより確実に防止することができる。

30

【0012】

本発明の超音波トランスデューサーでは、前記圧電素子は、前記支持膜上の前記厚さ一定部よりも前記中心部側に設けられていることが好ましい。

これにより、超音波の受信の際の感度をより確実に向上させることができる。

本発明の超音波トランスデューサーでは、前記支持膜の前記開口対応部位の外縁の厚さをD1、前記開口対応部位の重心位置の厚さをD2としたとき、 $D2/D1$ は、0.1以上0.9以下であることが好ましい。

これにより、支持膜の開口対応部位の外縁部付近における割れや欠け等の破損をより確実に防止することができ、また、超音波の受信の際の感度をより確実に向上させることができる。

40

【0013】

本発明の超音波プローブは、筐体と、

前記筐体に収納され、本発明の超音波トランスデューサーとを有することを特徴とする。

これにより、支持膜の開口対応部位の外縁部の強度が高くなり、かつ、開口対応部位、特に、開口対応部位の中心部側が撓み易くなり、これによって、良好な送受信特性を有しつつ、開口対応部位の割れや欠け等の破損を防止することができる。

すなわち、超音波の送受信において、特に、送信の際、支持膜の開口対応部位が大きく撓んでも、その開口対応部位の外縁部付近における割れや欠け等の破損を防止することができる。また、支持膜の開口対応部位の中心部が局所的に撓み易くなるので、超音波の送

50

受信において、特に、その開口対応部位の撓み量が小さい受信の際、圧電素子の撓み量を大きくすることができ、これにより、圧電素子に大きな応力が生じ、その圧電素子から出力される受信信号のレベルを向上させることができる。すなわち、超音波の受信の際の感度を向上させることができる。

【0014】

本発明の超音波検査装置は、筐体と、前記筐体に収納され、本発明の超音波トランスデューサーとを有する超音波プローブと、

前記超音波プローブから送信される信号に基づいて信号処理を行う信号処理部を有する装置本体とを備えることを特徴とする。

これにより、支持膜の開口対応部位の外縁部の強度が高くなり、かつ、開口対応部位、特に、開口対応部位の中心部側が撓み易くなり、これによって、良好な送受信特性を有しつつ、開口対応部位の割れや欠け等の破損を防止することができる。

すなわち、超音波の送受信において、特に、送信の際、支持膜の開口対応部位が大きく撓んでも、その開口対応部位の外縁部付近における割れや欠け等の破損を防止することができる。また、支持膜の開口対応部位の中心部が局所的に撓み易くなるので、超音波の送受信において、特に、その開口対応部位の撓み量が小さい受信の際、圧電素子の撓み量を大きくすることができ、これにより、圧電素子に大きな応力が生じ、その圧電素子から出力される受信信号のレベルを向上させることができる。すなわち、超音波の受信の際の感度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の超音波プローブの実施形態を示す斜視図である。

【図2】図1に示す超音波プローブの超音波トランスデューサーを示す平面図である。

【図3】図2に示す超音波トランスデューサーの一部を拡大して示す平面図である。

【図4】図3中のA-A線での断面図である。

【図5】図4に示す超音波トランスデューサーの一部を拡大して示す断面図である。

【図6】図1に示す超音波プローブの超音波トランスデューサーの製造方法を説明するための断面図である。

【図7】図1に示す超音波プローブの超音波トランスデューサーの製造方法を説明するための断面図である。

【図8】図1に示す超音波プローブの超音波トランスデューサーの製造方法を説明するための断面図である。

【図9】本発明の超音波検査装置の実施形態を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の超音波トランスデューサー、超音波プローブおよび超音波検査装置を添付図面に示す好適な実施形態に基づいて詳細に説明する。

<超音波トランスデューサー、超音波プローブの実施形態>

図1は、本発明の超音波プローブの実施形態を示す斜視図、図2は、図1に示す超音波プローブの超音波トランスデューサーを示す平面図、図3は、図2に示す超音波トランスデューサーの一部を拡大して示す平面図、図4は、図3中のA-A線での断面図、図5は、図4に示す超音波トランスデューサーの一部を拡大して示す断面図、図6～図8は、図1に示す超音波プローブの超音波トランスデューサーの製造方法を説明するための断面図である。

なお、以下では、図3～図7中の上側を「上」、下側を「下」、右側を「右」、左側を「左」として説明を行う。

【0017】

また、図2では、音響整合部、上部電極、下部電極、上部電極用導線、下部電極用導線の一部等の図示を省略し、超音波トランスデューサーを模式的に示している。また、図3では、音響整合部の図示を省略している。また、図6～図8では、圧電素子を模式的に示

している。

また、各図に示すように、互いに直交するX軸、Y軸を想定する。X軸方向が方位方向に対応し、Y軸方向がスライス方向に対応している。

#### 【0018】

図1に示すように、超音波プローブ10は、筐体200と、筐体200に収納された超音波トランスデューサー1とを有している。超音波トランスデューサー1は、筐体200の先端部に設置されている。この超音波プローブ10は、例えば、後述する超音波検査装置100等、各種の超音波検査装置の超音波プローブとして用いることができる。

また、本実施形態では、超音波トランスデューサー1の表面、すなわち後述する音響整合部6の表面は、外部に露出している。この音響整合部6は、超音波プローブ10および超音波トランスデューサー1の保護層として機能する。音響整合部6の構成材料としては、特に限定されないが、例えば、シリコンゴム等、音響インピーダンスが生体とほぼ同等の素材が用いられる。なお、音響整合部6の表面が外部に露出しないように構成してもよい。

#### 【0019】

検査の際は、超音波プローブ10は、その音響整合部6の表面を検査対象である生体に当接させて使用する。この場合、超音波トランスデューサー1から音響整合部6に向かって超音波が送出されると、超音波は、音響整合部6を通過して生体内部に伝搬し、生体内の所定の部位で反射した超音波は、音響整合部6を通過して超音波トランスデューサー1に入力される。

また、超音波プローブ10は、ケーブル210を介して、後述する超音波検査装置100の装置本体300(図9参照)と電氣的に接続される。

#### 【0020】

図2~図5に示すように、超音波トランスデューサー1は、基板2と、基板2上に設けられ、超音波の送受信を行う複数(図示の構成では12個)の超音波素子(超音波振動子)8と、基板2の超音波素子8側に設けられ、各超音波素子8を覆う音響整合部6とを備えている。

基板2の形状は、それぞれ、特に限定されないが、図示の構成では、平面視で四角形をなしている。なお、基板2の平面視での他の形状としては、それぞれ、例えば、五角形、六角形等の他の多角形、円形、楕円形等が挙げられる。

また、基板2の構成材料としては、それぞれ、特に限定されないが、例えば、シリコン(Si)等の半導体形成素材が用いられる。これにより、エッチング等により容易に加工することができる。

#### 【0021】

超音波素子8は、ダイアフラム51と、圧電体(圧電素子)7とにより構成されており、各超音波素子8は、基板2上に行列状に配置されている。すなわち、X軸方向に沿って複数(図示の構成では4つ)の超音波素子8が並設され、かつY軸方向に沿って複数(図示の構成では3つ)の超音波素子8が並設されている。

圧電体7の形状は、特に限定されないが、図示の構成では、平面視で円形をなしている。なお、圧電体7の平面視での他の形状としては、それぞれ、例えば、四角形(正方形、長方形)、五角形、六角形等の多角形、楕円形等が挙げられる。なお、圧電体7およびその配線については後で述べる。

#### 【0022】

また、基板2の各超音波素子8に対応する部位には、それぞれ、その超音波素子8のダイアフラム51を形成するための開口21が形成されている。

開口21の形状は、特に限定されないが、図示の構成では、平面視で円形をなしている。なお、開口21の平面視での他の形状としては、それぞれ、例えば、四角形(正方形、長方形)、五角形、六角形等の多角形、楕円形等が挙げられる。

#### 【0023】

そして、基板2上には、支持膜5が形成されており、各開口21は支持膜5により閉塞

10

20

30

40

50

されている。この支持膜 5 のうち、開口 2 1 を閉塞する部位（領域）、すなわち、平面視で支持膜 5 の開口 2 1 と一致している部位（重なっている部位）である開口対応部位により、ダイアフラム 5 1 が構成される。なお、ダイアフラム 5 1 上には、圧電体 7 が設けられている。

#### 【 0 0 2 4 】

支持膜 5 の構成材料としては、特に限定されないが、支持膜 5 は、例えば、 $\text{SiO}_2$  膜と  $\text{ZrO}_2$  層との積層体（2 層構造）、 $\text{SiO}_2$  膜等により構成される。ここで、 $\text{SiO}_2$  層は、基板 2 が  $\text{Si}$  基板である場合、基板 2 の表面を熱酸化処理することで形成することができる。また、 $\text{ZrO}_2$  層は、 $\text{SiO}_2$  層上に、例えばスパッタリング等の手法により形成することができる。ここで、 $\text{ZrO}_2$  層は、後述する圧電体 7 の圧電膜 7 2 として例えば PZT を用いる場合に、PZT を構成する Pb が  $\text{SiO}_2$  層に拡散することを防止するための層である。また、 $\text{ZrO}_2$  層は、圧電膜 7 2 の歪みに対する撓み効率を向上させる等の効果も有している。

10

#### 【 0 0 2 5 】

図 5 に示すように、圧電体 7 は、ダイアフラム 5 1（支持膜 5）上に形成された下部電極 7 1 と、下部電極 7 1 上に形成された圧電膜 7 2 と、圧電膜 7 2 上に形成された上部電極 7 3 とを有している。

また、下部電極 7 1 には、例えば図 3 に示すように、支持膜 5 上で Y 軸方向に沿って延出する下部電極用導線 7 1 a が接続されている。この下部電極用導線 7 1 a は、Y 軸方向に並ぶ各超音波素子 8 の共通の導線となる。すなわち、下部電極用導線 7 1 a は、図 3、図 4 に示すように、Y 軸方向に隣り合う超音波素子 8 の下部電極 7 1 に接続されている。これにより、Y 軸方向に並ぶ各超音波素子 8 の集合体を独立して駆動することができる。

20

#### 【 0 0 2 6 】

また、上部電極 7 3 には、例えば図 3 に示すように、支持膜 5 上の X 軸方向に沿って延出する上部電極用導線 7 3 a が接続されている。この上部電極用導線 7 3 a は、X 軸方向に並ぶ各超音波素子 8 の共通の導線となる。すなわち、上部電極用導線 7 3 a は、図 3 に示すように、X 軸方向に隣り合う超音波素子 8 の上部電極 7 3 に接続されており、その端部において、例えば GND に接続されている。これにより、各超音波素子 8 の上部電極 7 3 がアースされることになる。

なお、前記とは逆に、下部電極用導線 7 1 a を GND に接続してもよい。

30

#### 【 0 0 2 7 】

これらの下部電極 7 1、上部電極 7 3、下部電極用導線 7 1 a、上部電極用導線 7 3 a の構成材料としては、それぞれ、導電性を有するものであれば特に限定されず、例えば、各種の金属材料等を用いることができる。また、下部電極 7 1、上部電極 7 3、下部電極用導線 7 1 a、上部電極用導線 7 3 a は、それぞれ、単層であってもよく、また、複数の層を積層してなる積層体であってもよい。具体例としては、例えば、下部電極 7 1 および下部電極用導線 7 1 a として、それぞれ、Ti/Ir/Pt/Ti 積層膜を用い、上部電極 7 3 および上部電極用導線 7 3 a として、それぞれ、Ir 膜を用いることができる。

#### 【 0 0 2 8 】

圧電膜 7 2 は、例えば、PZT（ジルコン酸チタン酸鉛：lead zirconate titanate）を膜状に成膜することで形成される。なお、本実施形態では、圧電膜 7 2 として PZT を用いるが、電圧を印加することで、面内方向に収縮（伸縮）することが可能な素材であれば、いかなる素材を用いてもよく、PZT の他、例えば、チタン酸鉛（ $\text{PbTiO}_3$ ）、ジルコン酸鉛（ $\text{PbZrO}_3$ ）、チタン酸鉛ランタン（ $(\text{Pb}, \text{La})\text{TiO}_3$ ）等を用いてもよい。

40

#### 【 0 0 2 9 】

このような超音波素子 8 では、例えば、装置本体 3 0 0（図 9 参照）により、ケーブル 2 1 0 を介して、下部電極 7 1 と上部電極 7 3 との間に電圧を印加することで、圧電膜 7 2 が面内方向に伸縮する。このとき、圧電膜 7 2 の一方の面は、下部電極 7 1 を介して支持膜 5 に接合され、他方の面には、上部電極 7 3 が形成されている。ここで、上部電極 7

50

3上には他の層が形成されないため、圧電膜72の支持膜5側が伸縮しにくく、上部電極73側が伸縮し易くなる。このため、圧電膜72に電圧を印加すると、開口21側に凸となる撓みが生じ、ダイアフラム51を撓ませる。したがって、圧電膜72に交流電圧を印加することで、ダイアフラム51が膜厚方向に対して振動し、このダイアフラム51の振動により超音波が送信(発信)される。

この超音波の送信の際は、圧電膜72に超音波素子8の共振周波数と等しいか、またはその共振周波数に近い周波数の交流電圧を印加し、超音波素子8を共振駆動する。これにより、ダイアフラム51が大きく撓み、高出力の超音波を送信することができる。

#### 【0030】

また、超音波素子8で超音波を受信する場合、超音波がダイアフラム51に入力されると、ダイアフラム51が膜厚方向に振動する。超音波素子8では、このダイアフラム51の振動により、圧電膜72の下部電極71側の面と上部電極73側の面とで電位差が発生し、上部電極73および下部電極71から圧電膜72の変位量に応じた受信信号(検出信号)(電流)が出力される。この信号は、ケーブル210を介して装置本体300(図9参照)に送信され、装置本体300において、その信号に基づいて所定の信号処理等がなされる。これにより、装置本体300において、超音波画像(電子画像)が形成され、表示される。

また、このような超音波プローブ10では、X軸方向に沿って並設された各超音波素子8から超音波を発信させるタイミングを遅延させてずらすことで、所望の方向に超音波の平面波を送信することが可能となる。

#### 【0031】

さて、図5に示すように、この超音波トランスデューサー1では、平面視で支持膜5の開口21と一致している開口対応部位、すなわち、ダイアフラム51の中心部の厚さは、ダイアフラム51の外縁部の厚さよりも薄く設定されている。この場合、平面視で、支持膜5の開口対応部位の外周端から、開口対応部位の内側、すなわち、重心に向かって所定の幅を有する環状の領域Xを開口対応部位の外縁部とし、その領域X(外縁部)を除き、かつ、開口対応部位の重心位置を含む所定の面積の領域Yを開口対応部位の中心部とする。

#### 【0032】

本実施形態では、ダイアフラム51は、その外縁部に、厚さが一定である厚さ一定部511を有している。この厚さ一定部511は、ダイアフラム51の1周に亘って設けられている。すなわち、厚さ一定部511は、平面視で環状をなしている。また、ダイアフラム51は、厚さ一定部511に連続し、ダイアフラム51の重心(中心部)から外縁部に向かって厚さが漸増する厚さ漸増部512を有している。すなわち、ダイアフラム51の下面側には、お椀型に湾曲した湾曲面(湾曲した凹面)を有する凹部52が形成されている。

これにより、ダイアフラム51の外縁部、すなわち厚さ一定部511の強度が高くなり、かつ、ダイアフラム51の厚さ漸増部512、特に、厚さ漸増部512の中心部側が撓み易くなり、これによって、良好な送受信特性を有しつつ、ダイアフラム51の割れや欠け等の破損を防止することができる。

#### 【0033】

すなわち、超音波の送受信において、特に、送信の際、超音波素子8の共振駆動によりダイアフラム51が大きく撓んでも、そのダイアフラム51の外縁部付近における割れや欠け等の破損を防止することができる。また、ダイアフラム51の中心部が局所的に撓み易くなるので、超音波の送受信において、特に、そのダイアフラム51の撓み量が小さい受信の際、圧電体7の撓み量を大きくすることができ、これにより、圧電体7に大きな応力が生じ、その圧電体7から出力される受信信号のレベルを向上させることができる。すなわち、超音波の受信の際の感度を向上させることができる。

また、圧電体7は、ダイアフラム51上の厚さ一定部511よりも中心部側に配置されている。これにより、超音波の受信の際の感度をより確実に向上させることができる。

#### 【0034】

10

20

30

40

50

ここで、ダイアフラム 5 1 ( 支持膜 5 ) の寸法は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜決定されるものであるが、ダイアフラム 5 1 の厚さ一定部 5 1 1 ( 外縁 ) の厚さを  $D 1$ 、ダイアフラム 5 1 の平面視での重心位置 ( 中心 ) の厚さを  $D 2$ 、としたとき、 $D 2 / D 1$  は、 $0.1$  以上  $0.9$  以下であることが好ましい。これにより、ダイアフラム 5 1 の外縁部付近における割れや欠け等の破損をより確実に防止することができ、また、超音波の受信の際の感度をより確実に向上させることができる。

【 0 0 3 5 】

また、ダイアフラム 5 1 の厚さ一定部 5 1 1 ( 外縁 ) の厚さ  $D 1$  は、 $0.4 \mu\text{m}$  以上  $1.5 \mu\text{m}$  以下であることが好ましい。これにより、ダイアフラム 5 1 の外縁部付近における割れや欠け等の破損をより確実に防止することができる。

10

また、ダイアフラム 5 1 の重心位置の厚さ  $D 2$  は、 $0.15 \mu\text{m}$  以上  $1.35 \mu\text{m}$  以下であることが好ましい。これにより、超音波の受信の際の感度をより確実に向上させることができる。

【 0 0 3 6 】

また、平面視で、ダイアフラム 5 1 の厚さ一定部 5 1 1 の面積を  $S 1$ 、厚さ漸増部 5 1 2 の面積を  $S 2$  としたとき、 $S 1 / S 2$  は、 $0.02$  以上  $0.25$  以下であることが好ましい。これにより、ダイアフラム 5 1 の外縁部付近における割れや欠け等の破損をより確実に防止することができ、また、超音波の受信の際の感度をより確実に向上させることができる。

なお、本実施形態では、ダイアフラム 5 1 は、厚さ一定部 5 1 1 を有しているが、その厚さ一定部 5 1 1 を省略してもよい。

20

【 0 0 3 7 】

次に、超音波トランスデューサ 1 の製造方法における基板 2 および支持膜 5 の加工方法、すなわち基板 2 の各開口 2 1 および支持膜 5 ( 各ダイアフラム 5 1 ) の各凹部 5 2 の形成方法の 1 例を説明する。なお、ここでは、1 例として、基板 2 を  $\text{Si}$  で構成し、支持膜 5 を  $\text{SiO}_2$  で構成する場合を例に挙げて説明する。

まず、図 6 ( a ) に示すように、各開口 2 1 が未形成の基板 2 上に、各凹部 5 2 が未形成の支持膜 5 が設けられ、その支持膜 5 上に、各圧電体 7 が設けられた構造体を製造する。なお、この構造体の製造方法としては、例えば、従来公知の方法等を用いることができるので、その説明は省略する。

30

【 0 0 3 8 】

次に、基板 2 および支持膜 5 の各圧電体 7 に対応する各部位に、それぞれ、加工を施し、基板 2 に各開口 2 1 を形成するとともに、支持膜 5 に各凹部 5 2 を形成して各ダイアフラム 5 1 を形成する。なお、各開口 2 1 の形成方法は同様であり、また、各凹部 5 2 の形成方法は同様であるので、以下では、代表的に、1 つの開口 2 1 の形成方法および 1 つの凹部 5 2 の形成方法について説明する。

【 0 0 3 9 】

まず、図 6 ( b ) に示すように、基板 2 の開口 2 1 を形成する部位を除いて、その基板 2 の上面に、レジスト膜 9 1 を形成する。

次に、図 6 ( c ) ~ 図 6 ( d )、図 7 ( a ) ~ 図 7 ( c )、図 8 に示すように、基板 2 に対して、レジスト膜 9 1 をマスクとして、エッチング処理と、保護膜 9 2 の形成とを交互に複数回繰り返すポッシュプロセス ( サイクルエッチング ) により、開口 2 1 を形成する。また、このポッシュプロセスには、誘導結合型 ( ICP ) 反応性イオンエッチング装置を用いる。すなわち、エッチング処理においては、誘導結合型反応性イオンエッチング装置を用いて、基板 2 に対して、誘導結合型反応性イオンエッチングを行い、その後、誘導結合型反応性イオンエッチング装置を用いて、基板 2 に対して、保護膜 9 2 を形成する。

40

なお、図 6 および図 7 には、エッチング処理を 3 回、保護膜 9 2 の形成を 2 回まで行った場合が図示されているが、エッチング処理、保護膜 9 2 の形成の回数は、それぞれ、その回数に限定されるものではなく、実際の回数は、もっと多くなる。

【 0 0 4 0 】

50

ここで、前記エッチング処理では、処理ガスとして、例えば、 $SF_6$ と $O_2$ との混合ガスを用いる。

また、エッチング処理の際の処理ガスの流量は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、例えば、 $100\text{ sccm}$ 以上 $1000\text{ sccm}$ 以下の範囲内に設定されることが好ましく、 $200\text{ sccm}$ 以上 $700\text{ sccm}$ 以下の範囲内に設定されることがより好ましい。

【0041】

また、エッチング処理の処理時間は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、例えば、1秒以上20秒以下の範囲内に設定されることが好ましい。

また、エッチング処理の際の誘導結合プラズマのコイルパワーは、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、例えば、 $300\text{ W}$ 以上 $3000\text{ W}$ 以下の範囲内に設定されることが好ましい。

【0042】

また、前記保護膜92を形成する際は、処理ガスとして、例えば、 $C_4F_8$ と $O_2$ との混合ガスを用いる。

また、保護膜92を形成する際の処理ガスの流量は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、例えば、 $50\text{ sccm}$ 以上 $600\text{ sccm}$ 以下の範囲内に設定されることが好ましい。

【0043】

また、保護膜92を形成している時間は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、例えば、0.5秒以上10秒以下の範囲内に設定されることが好ましい。

また、保護膜92を形成する際の誘導結合プラズマのコイルパワーは、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、例えば、 $100\text{ W}$ 以上 $2500\text{ W}$ 以下の範囲内に設定されることが好ましい。

なお、基板2をSiで構成することにより、その基板2の上面および下面に対して垂直な開口21が形成される。

【0044】

次に、図8に示すように、支持膜5に対して、レジスト膜91をマスクとして、エッチング処理と、保護膜92の形成とを交互に複数回繰り返すボッシュプロセスにより、凹部52を形成する。また、このボッシュプロセスには、誘導結合型(ICP)反応性イオンエッチング装置を用いる。すなわち、エッチング処理においては、誘導結合型反応性イオンエッチング装を用いて、支持膜5に対して、誘導結合型反応性イオンエッチングを行い、その後、誘導結合型反応性イオンエッチング装を用いて、支持膜5に対して、図示しない保護膜を形成する。

【0045】

ここで、前記エッチング処理では、処理ガスとして、例えば、 $SF_6$ と $O_2$ との混合ガスを用いる。

また、エッチング処理の際の処理ガスの流量は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、例えば、 $100\text{ sccm}$ 以上 $1000\text{ sccm}$ 以下の範囲内に設定されることが好ましく、 $200\text{ sccm}$ 以上 $700\text{ sccm}$ 以下の範囲内に設定されることがより好ましい。

【0046】

また、エッチング処理の処理時間は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、例えば、1秒以上20秒以下の範囲内に設定されることが好ましい。

また、エッチング処理の際の誘導結合プラズマのコイルパワーは、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、例えば、 $300\text{ W}$ 以上 $3000\text{ W}$ 以下の範囲内に設定されることが好ましい。

【0047】

また、前記保護膜を形成する際は、処理ガスとして、例えば、 $C_4F_8$ と $O_2$ との混合

10

20

30

40

50

ガスを用いる。

また、保護膜を形成する際の処理ガスの流量は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、例えば、50 s c c m以上600 s c c m以下の範囲内に設定されることが好ましい。

また、保護膜を形成している時間は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、例えば、0.5秒以上10秒以下の範囲内に設定されることが好ましい。

【0048】

また、保護膜を形成する際の誘導結合プラズマのコイルパワーは、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、例えば、100W以上2500W以下の範囲内に設定されることが好ましい。

なお、支持膜5をSiO<sub>2</sub>で構成することにより、お椀型に湾曲した湾曲面を有する凹部52が形成される。

【0049】

次に、レジスト膜91を除去する。

以上のようにして、超音波トランスデューサー1が製造される。

なお、凹部52の湾曲の度合い等の凹部52の形状については、例えば、Si/SiO<sub>2</sub>の選択比等を調整することにより、適宜設定することができる。

また、厚さ一定部511を形成するか否かや、厚さ一定部511を形成する場合のその厚さ一定部511の寸法等については、例えば、エッチング処理における処理ガスの流量、エッチング処理の処理時間、エッチング処理における誘導結合プラズマのコイルパワー、保護膜を形成する際の処理ガスの流量、保護膜を形成している時間、保護膜を形成する際の誘導結合プラズマのコイルパワー等を調整することにより、適宜設定することができる。

以上説明したような超音波プローブ10は、超音波検査装置に好適に適用することができる。

【0050】

次に、支持膜5に厚さ一定部511を形成する場合の各処理の条件の一例と、支持膜5に厚さ一定部511を形成しない場合の各処理の条件の一例とを示す。なお、これらの条件は、それぞれ、基板2の厚さを200μmとし、基板2の構成材料としてSiを用い、支持膜5の構成材料として、SiO<sub>2</sub>を用いた場合のものである。

【0051】

(1) 支持膜5に厚さ一定部511を形成する場合

まず、基板2に対してのエッチング処理では、処理ガスとしてSF<sub>6</sub>とO<sub>2</sub>との混合ガスを用い、処理ガスの流量を450 s c c mとし、コイルパワーを2500Wとする。

また、基板2に対して保護膜92を形成する際は、処理ガスとしてC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>とO<sub>2</sub>との混合ガスを用い、処理ガスの流量を150 s c c mとし、コイルパワーを1500Wとする。

そして、エッチング処理の処理時間を10秒、保護膜92を形成している時間を6秒とし、エッチング処理と、保護膜92の形成とを交互に、合計で36分行う。

【0052】

次に、支持膜5に対してのエッチング処理では、処理ガスとしてSF<sub>6</sub>とO<sub>2</sub>との混合ガスを用い、処理ガスの流量を450 s c c mとし、コイルパワーを2500Wとする。

また、支持膜5に対して保護膜92を形成する際は、処理ガスとしてC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>とO<sub>2</sub>との混合ガスを用い、処理ガスの流量を150 s c c mとし、コイルパワーを1500Wとする。

そして、エッチング処理の処理時間を10秒、保護膜92を形成している時間を6秒とし、エッチング処理と、保護膜92の形成とを交互に、合計で14分24秒行う。以上で、処理を終了する。

【0053】

(2) 支持膜5に厚さ一定部511を形成しない場合

まず、基板 2 に対してのエッチング処理では、処理ガスとして  $SF_6$  と  $O_2$  との混合ガスを用い、処理ガスの流量を  $450\text{ sccm}$  とし、コイルパワーを  $2500\text{ W}$  とする。

また、基板 2 に対して保護膜 92 を形成する際は、処理ガスとして  $C_4F_8$  と  $O_2$  との混合ガスを用い、処理ガスの流量を  $150\text{ sccm}$  とし、コイルパワーを  $1500\text{ W}$  とする。

そして、エッチング処理の処理時間を 10 秒、保護膜 92 を形成している時間を 6 秒とし、エッチング処理と、保護膜 92 の形成とを交互に、合計で 36 分行う。

#### 【0054】

次に、支持膜 5 に対してのエッチング処理では、処理ガスとして  $SF_6$  と  $O_2$  との混合ガスを用い、処理ガスの流量を  $450\text{ sccm}$  とし、コイルパワーを  $2000\text{ W}$  とする。

また、支持膜 5 に対して保護膜 92 を形成する際は、処理ガスとして  $C_4F_8$  と  $O_2$  との混合ガスを用い、処理ガスの流量を  $150\text{ sccm}$  とし、コイルパワーを  $1500\text{ W}$  とする。

そして、エッチング処理の処理時間を 5 秒、保護膜 92 を形成している時間を 3 秒とし、エッチング処理と、保護膜 92 の形成とを交互に、合計で 20 分行う。以上で、処理を終了する。

#### 【0055】

< 超音波検査装置の実施形態 >

図 9 は、本発明の超音波検査装置の実施形態を示すブロック図である。

図 9 に示すように、超音波検査装置 100 は、前述した超音波プローブ 10 と、超音波プローブ 10 とケーブル 210 を介して電氣的に接続される装置本体 300 とを備えている。

#### 【0056】

装置本体 300 は、制御部（制御手段）310 と、駆動信号発生部 320 と、検出信号処理部 330 と、画像信号処理部 340 と、画像表示部（表示手段）350 とを備えている。なお、検出信号処理部 330 および画像信号処理部 340 により、信号処理部が構成される。

制御部 310 は、例えば、マイクロコンピュータ等で構成され、駆動信号発生部 320、画像信号処理部 340 等、装置本体 300 全体の制御を行う。また、画像表示部 350 は、例えば、CRT、LCD 等のディスプレイ装置で構成されている。

#### 【0057】

次に、超音波検査装置 100 の動作について説明する。

検査の際は、超音波プローブ 10 の音響整合部 6 の表面を検査対象である生体に当接し、超音波検査装置 100 を作動させる。

まず、制御部 310 が駆動信号発生部 320 に送信命令を出力すると、駆動信号発生部 320 は、各超音波素子 8 に対して、それぞれ、所定のタイミングで、その超音波素子 8 を駆動する駆動信号を送信する。これにより、各超音波素子 8 が、それぞれ、所定のタイミングで駆動する。これによって、超音波プローブ 10 の超音波トランスデューサー 1 から超音波が発信される。

#### 【0058】

発信された超音波は、生体内部に伝搬し、生体内の所定の部位で反射した超音波は、超音波プローブ 10 の超音波トランスデューサー 1 に入力される。

そして、超音波トランスデューサー 1 からは、入力した超音波に応じた検出信号が出力される。この検出信号は、ケーブル 210 を介して装置本体 300 の検出信号処理部 330 に送信され、検出信号処理部 330 において、所定の信号処理が施され、検出信号処理部 330 に含まれている図示しない A/D 変換器によってデジタル信号に変換される。

#### 【0059】

検出信号処理部 330 から出力されたデジタル信号は、画像信号処理部 340 に入力され、フレームタイミング信号に同期して、画像信号処理部 340 に含まれている図示しない 1 次記憶部に面データとして順次記憶される。画像信号処理部 340 は、各面データ

10

20

30

40

50

に基づいて、2次元または3次元の画像データを再構成するとともに、画像データに対して、例えば、補間、レスポンス強調処理、階調処理等の画像処理を施す。画像処理が施された画像データは、画像信号処理部340に含まれている図示しない2次記憶部に記憶される。

そして、画像処理が施された画像データは、画像信号処理部340の2次記憶部から読みだされ、画像表示部350に入力される。画像表示部350は、画像データに基づいて画像を表示する。医師等の医療従事者は、前記画像表示部350に表示された画像を見て、診断等を行う。

【0060】

以上、本発明の超音波トランスデューサー、超音波プローブおよび超音波検査装置を、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、本発明に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。

なお、前記実施形態では、超音波素子の数、すなわち、圧電素子および支持膜の開口対応部位の数は、それぞれ、複数であるが、本発明では、これに限らず、単数であってもよい。

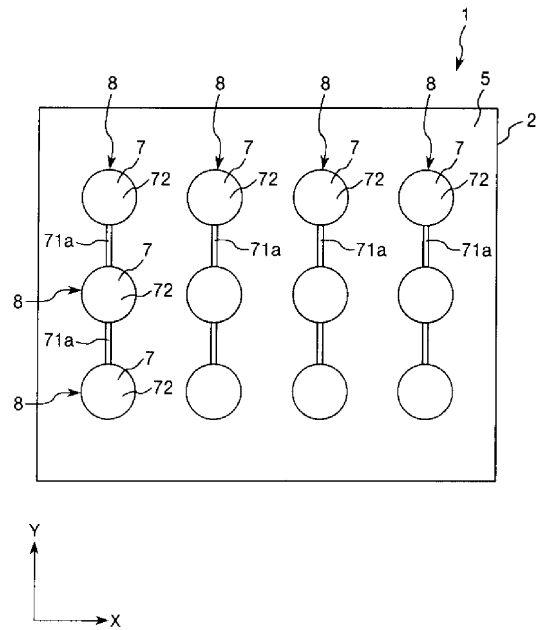
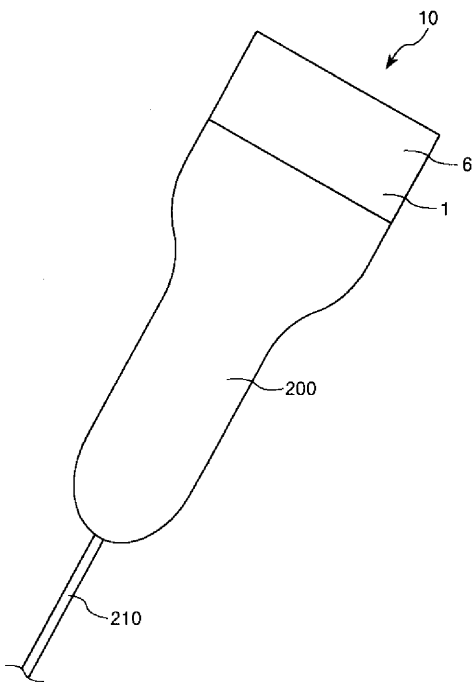
【符号の説明】

【0061】

1...超音波トランスデューサー 2...基板 21...開口 5...支持膜 51...ダイアフラム 511...厚さ一定部 512...厚さ漸増部 52...凹部 6...音響整合部 7...圧電体 71...下部電極 71a...下部電極用導線 72...圧電膜 73...上部電極 73a...上部電極用導線 8...超音波素子 91...レジスト膜 92...保護膜 10...超音波プローブ 100...超音波検査装置 200...筐体 210...ケーブル 300...装置本体 310...制御部 320...駆動信号発生部 330...検出信号処理部 340...画像信号処理部 350...画像表示部 X、Y...領域

【図1】

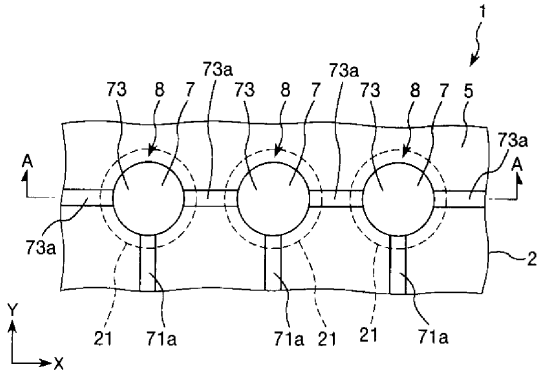
【図2】



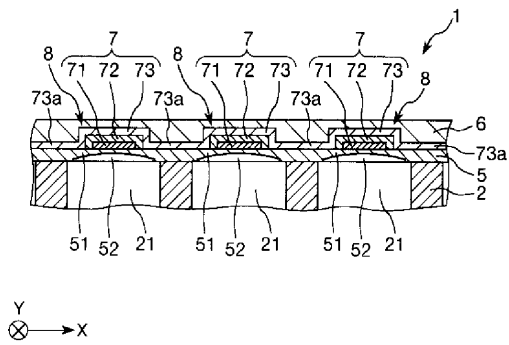
10

20

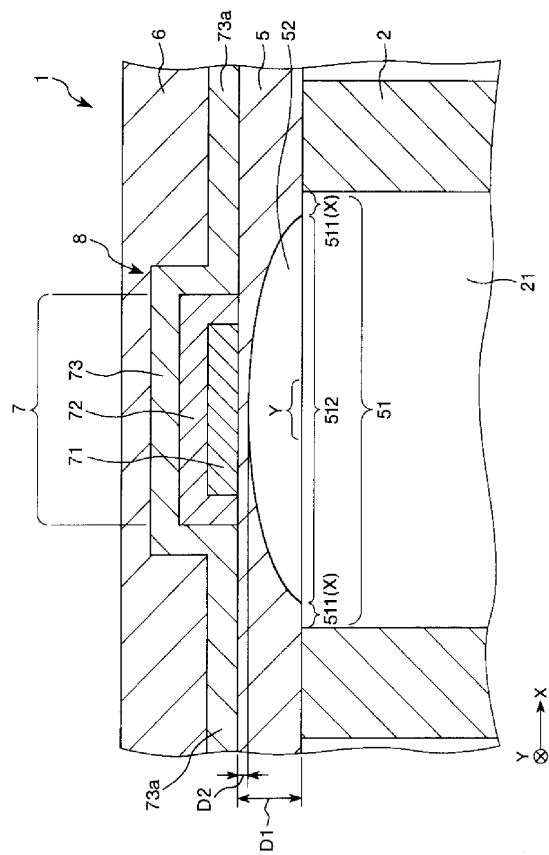
【 図 3 】



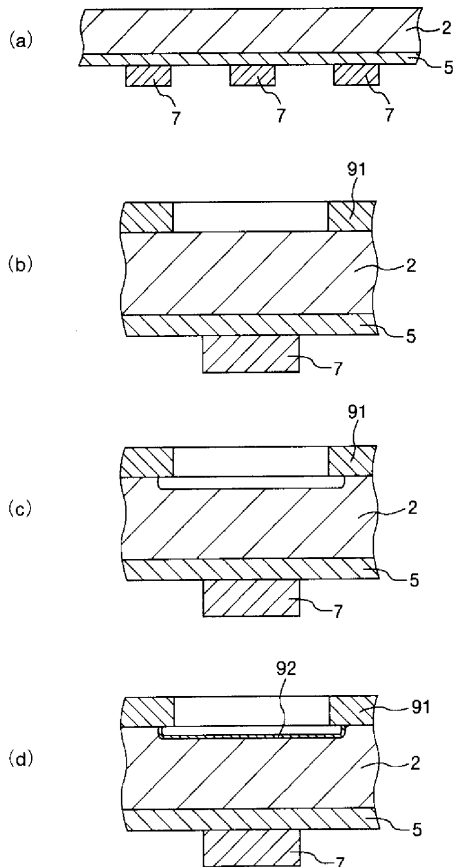
【 図 4 】



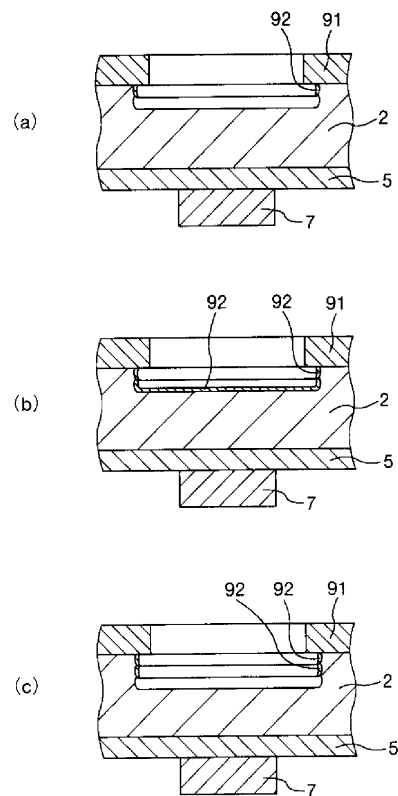
【 図 5 】



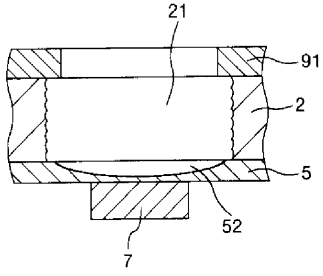
【 図 6 】



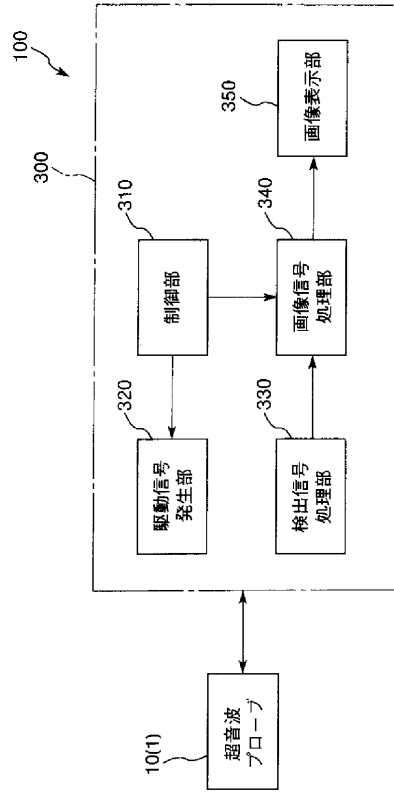
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 鶴野 次郎

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 2G047 AA12 AC13 CA01 EA05 EA11 GB02 GB17 GB32 GB35

4C601 EE03 EE10 GB06 GB41 GB44

5D019 BB17 FF04 GG01 GG06

专利名称(译)	超声波换能器，超声波探头和超声波检测装置		
公开(公告)号	<a href="#">JP2013243512A</a>	公开(公告)日	2013-12-05
申请号	JP2012115320	申请日	2012-05-21
[标]申请(专利权)人(译)	精工爱普生株式会社		
申请(专利权)人(译)	精工爱普生公司		
[标]发明人	中村友亮 鈴木博則 鶴野次郎		
发明人	中村 友亮 鈴木 博則 鶴野 次郎		
IPC分类号	H04R17/00 A61B8/00 G01N29/24		
CPC分类号	B06B1/0644 A61B8/4444 B06B1/0622 G01S15/02 G10K9/122 G10K13/00 H01L41/053 H01L41/0825		
FI分类号	H04R17/00.332.B A61B8/00 G01N29/24.502 G01N29/24		
F-TERM分类号	2G047/AA12 2G047/AC13 2G047/CA01 2G047/EA05 2G047/EA11 2G047/GB02 2G047/GB17 2G047/GB32 2G047/GB35 4C601/EE03 4C601/EE10 4C601/GB06 4C601/GB41 4C601/GB44 5D019/BB17 5D019/FF04 5D019/GG01 5D019/GG06		
代理人(译)	须泽 修 宫坂和彦		
其他公开文献	JP6123171B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

超声换能器 (1) 包括基板 (2)，支撑膜 (5) 和压电元件 (7)。基板 (2) 包括开口 (21)。支撑膜 (5) 配置在基板 (2) 上以覆盖开口 (21)。压电元件 (7) 配置在支撑膜 (5) 的一部分上。该部分在基板 (2) 的厚度方向上的平面图中与开口 (21) 重叠。平面图中的重心部分的厚度小于部分的外边缘部分的厚度。外边缘部分比基板 (2) 的中心更靠近基板 (2)。

