

明 細 書

発明の名称：超音波振動子および超音波プローブ

技術分野

[0001] 本発明は、超音波を観測対象へ出射するとともに、観測対象で反射された超音波エコーを受信してエコー信号に変換して出力する超音波振動子および超音波プローブに関する。

背景技術

[0002] 観測対象である生体組織または材料の特性を観測するために、超音波を適用することがある。具体的には、超音波振動子が、観測対象に超音波を送信し、その観測対象によって反射された超音波エコーを受信し、超音波観測装置が、受信した超音波エコーに対して所定の信号処理を施すことにより、観測対象の画像や特性に関する情報を取得する。

[0003] 超音波振動子は、電気的なパルス信号を超音波パルス（音響パルス）に変換して観測対象へ照射するとともに、観測対象で反射された超音波エコーを電圧変化で表現する電気的なエコー信号に変換して出力する素子、および素子に積層され、この素子と観測対象との音響インピーダンスをマッチングさせる音響整合層を少なくとも有する複数のエレメント（超音波エレメント）を備える。例えば、複数の超音波エレメントを所定の方向に沿って並べて、送受信にかかわる超音波エレメントを電子的に切り替えたり、各超音波エレメントの送受信に遅延をかけたりにすることで、観測対象から超音波エコーを取得する。

[0004] このような超音波振動子の作製方法として、圧電材料からなる母材を、バッキング材を構成する材料からなるシートに接着し、母材をダイシングにより分割することによって複数の圧電素子を形成する技術が開示されている（例えば、特許文献1を参照）。特許文献1では、複数の圧電素子が形成されたシートを圧電素子の配列方向に沿って湾曲し、曲面を有するバッキング材に接着することで、コンベックス型の超音波振動子を作製している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平4－26418号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、各超音波エレメントの指向特性（エレメントファクタ：Element Factor）を向上するためには、隣接する超音波エレメント間の超音波の出射側が完全に分断されていることが好ましい。特許文献1では、超音波の出射側からダイシングして超音波エレメント間が完全に分断されるように作製している。しかしながら、複数の超音波エレメントが配列されたシートを湾曲させた場合は、隣接する超音波エレメントにおいて、シートに接着されている側と異なる側、すなわち、超音波の出射側のピッチが、ダイシングにより分割された際のピッチよりも大きくなってしまふ。

[0007] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、超音波エレメントの指向特性を向上するとともに、超音波エレメントを配列方向に沿って湾曲させた際の超音波を出射する側の超音波エレメントのピッチを分割時のピッチに維持することができる超音波振動子および超音波プローブを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る超音波振動子は、電気信号の入力に応じて超音波を出射するとともに、外部から入射した超音波をエコー信号に変換する素子、および前記素子に積層され、前記素子と観測対象との音響インピーダンスをマッチングさせる一または複数の音響整合層を少なくとも有する複数の超音波エレメントと、前記音響整合層の表面を通過する面に対して前記素子側と反対側に突出し、前記複数の超音波エレメントのうち、隣接する前記超音波エレメント同士を連結する連結部と、を備えたことを特徴とする。

- [0009] また、本発明に係る超音波振動子は、上記発明において、前記複数の超音波エレメントが、配列方向に沿って湾曲した形状をなすことを特徴とする。
- [0010] また、本発明に係る超音波振動子は、上記発明において、前記素子には、グラウンド接地用のグラウンド電極が設けられ、前記連結部は、導電性材料を用いて形成され、前記グラウンド電極と電氣的に接続することを特徴とする。
- [0011] また、本発明に係る超音波振動子は、上記発明において、前記連結部は、前記音響整合層と同じ材料を用いて形成されることを特徴とする。
- [0012] また、本発明に係る超音波振動子は、上記発明において、前記超音波エレメントは、複数の音響整合層を有し、前記連結部は、連結先の音響整合層と同じ材料を用いて形成されることを特徴とする。
- [0013] また、本発明に係る超音波振動子は、上記発明において、前記素子の動作によって生じる超音波振動を減衰させるバッキング材をさらに備え、前記連結部は、前記バッキング材と同じ材料を用いて形成されることを特徴とする。
- [0014] また、本発明に係る超音波振動子は、上記発明において、前記音響整合層を通過した前記超音波を外部に出射する音響レンズをさらに備え、前記連結部は、前記音響レンズと同じ材料を用いて形成されることを特徴とする。
- [0015] また、本発明に係る超音波プローブは、上記の発明に係る超音波振動子を先端に備えたことを特徴とする。
- [0016] また、本発明に係る超音波プローブは、上記発明において、前記超音波振動子を先端に有し、被検体内に挿入される挿入部を備えた超音波内視鏡であることを特徴とする。

発明の効果

- [0017] 本発明によれば、超音波エレメントの指向特性を向上するとともに、超音波エレメントを配列方向に沿って湾曲させた際の超音波を出射する側の超音波エレメントのピッチを分割時のピッチに維持することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る内視鏡システムを模式的に示す図である。

[図2]図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係る超音波内視鏡の挿入部の先端構成を模式的に示す斜視図である。

[図3]図 3 は、本発明の実施の形態 1 に係る超音波振動子の構成を模式的に示す斜視図である。

[図4]図 4 は、図 3 に示す矢視 A 方向からみた超音波振動子の構成を模式的に示す平面図である。

[図5]図 5 は、図 3 に示す矢視 B 方向からみた超音波振動子の構成を模式的に示す平面図である。

[図6]図 6 は、本発明の実施の形態 1 に係る超音波振動子の製造方法を説明する模式図である。

[図7]図 7 は、本発明の実施の形態 1 に係る超音波振動子の製造方法を説明する模式図である。

[図8]図 8 は、本発明の実施の形態 1 に係る超音波振動子の製造方法を説明する模式図である。

[図9]図 9 は、本発明の実施の形態 1 に係る超音波振動子の製造方法を説明する模式図である。

[図10]図 10 は、本発明の実施の形態 1 の変形例に係る超音波振動子の構成を模式的に示す平面図である。

[図11]図 11 は、本発明の実施の形態 2 に係る超音波振動子の構成を模式的に示す斜視図である。

[図12]図 12 は、図 11 に示す矢視 C 方向からみた超音波振動子の構成を模式的に示す平面図である。

[図13]図 13 は、図 11 に示す矢視 D 方向からみた超音波振動子の構成を模式的に示す平面図である。

[図14]図 14 は、本発明の実施の形態 2 に係る超音波振動子の製造方法を説

明する模式図である。

[図15]図15は、本発明の実施の形態2に係る超音波振動子の製造方法を説明する模式図である。

[図16]図16は、本発明の実施の形態2に係る超音波振動子の製造方法を説明する模式図である。

[図17]図17は、本発明の実施の形態3に係る超音波振動子の製造方法を説明する模式図である。

[図18]図18は、本発明の実施の形態3に係る超音波振動子の製造方法を説明する模式図である。

[図19]図19は、本発明の実施の形態3の変形例1に係る超音波振動子の製造方法を説明する模式図である。

[図20]図20は、本発明の実施の形態3の変形例1に係る超音波振動子の製造方法を説明する模式図である。

[図21]図21は、本発明の実施の形態3の変形例2に係る超音波振動子の要部の構成を模式的に示す上面図である。

[図22]図22は、本発明の実施の形態3の変形例3に係る超音波振動子の要部の構成を模式的に示す上面図である。

[図23]図23は、本発明の実施の形態3の変形例4に係る超音波振動子の要部の構成を模式的に示す上面図である。

[図24]図24は、本発明の実施の形態3の変形例5に係る超音波振動子の要部の構成を模式的に示す上面図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下に、図面を参照して、本発明を実施するための形態（以下、実施の形態）について説明する。なお、以下に説明する実施の形態によって本発明が限定されるものではない。さらに、図面の記載において、同一の部分には同一の符号を付している。

[0020] （実施の形態1）

図1は、本発明の実施の形態1に係る内視鏡システムを模式的に示す図で

ある。内視鏡システム 1 は、超音波内視鏡を用いて人等の被検体内の超音波診断を行うシステムである。この内視鏡システム 1 は、図 1 に示すように、超音波内視鏡 2 と、超音波観測装置 3 と、内視鏡観察装置 4 と、表示装置 5 と、光源装置 6 とを備える。

[0021] 超音波内視鏡 2 は、その先端部に、超音波観測装置 3 から受信した電気的なパルス信号を超音波パルス（音響パルス）に変換して被検体へ照射するとともに、被検体で反射された超音波エコーを電圧変化で表現する電気的なエコー信号に変換して出力する。

[0022] 超音波内視鏡 2 は、通常は撮像光学系および撮像素子を有しており、被検体の消化管（食道、胃、十二指腸、大腸）、または呼吸器（気管・気管支）へ挿入され、消化管や、呼吸器の撮像を行うことが可能である。また、その周囲臓器（膵臓、胆嚢、胆管、胆道、リンパ節、縦隔臓器、血管等）を、超音波を用いて撮像することが可能である。また、超音波内視鏡 2 は、光学撮像時に被検体へ照射する照明光を導くライトガイドを有する。このライトガイドは、先端部が超音波内視鏡 2 の被検体への挿入部の先端まで達している一方、基端部が照明光を発生する光源装置 6 に接続されている。

[0023] 超音波内視鏡 2 は、図 1 に示すように、挿入部 2 1 と、操作部 2 2 と、ユニバーサルケーブル 2 3 と、コネクタ 2 4 とを備える。挿入部 2 1 は、被検体内に挿入される部分である。この挿入部 2 1 は、図 1 に示すように、先端側に設けられる超音波振動子 7 と、超音波振動子 7 を保持する硬性部材 2 1 1 と、硬性部材 2 1 1 の基端側に連結され湾曲可能とする湾曲部 2 1 2 と、湾曲部 2 1 2 の基端側に連結され可撓性を有する可撓管部 2 1 3 とを備える。ここで、挿入部 2 1 の内部には、具体的な図示は省略したが、光源装置 6 から供給された照明光を伝送するライトガイド、各種信号を伝送する複数の信号ケーブルが引き回されているとともに、処置具を挿通するための処置具用挿通路が形成されている。

[0024] 超音波振動子 7 は、コンベックス振動子、リニア振動子およびラジアル振動子のいずれでも構わない。本実施の形態 1 では、超音波内視鏡 2 が、超音

波振動子 7 として複数の圧電素子をアレイ状に設け、送受信にかかわる圧電素子を電子的に切り替えたり、各圧電素子の送受信に遅延をかけたりすることで、電子的に走査させるものとして説明するが、超音波振動子 7 をメカ的に走査させるものであってもよい。超音波振動子 7 の構成については、後述する。

[0025] 図 2 は、本実施の形態 1 に係る超音波内視鏡の挿入部の先端構成を模式的に示す斜視図である。図 2 に示すように、硬性部材 2 1 1 には、照明光を集光して外部に出射する照明レンズ 2 1 1 a と、撮像光学系の一部をなし、外部からの光を取り込む対物レンズ 2 1 1 b と、挿入部 2 1 内に形成された処置具用挿通路に連通し、挿入部 2 1 の先端から処置具を突出させる処置具突出口 2 1 1 c と、を有する。

[0026] 操作部 2 2 は、挿入部 2 1 の基端側に連結され、医師等からの各種操作を受け付ける部分である。この操作部 2 2 は、図 1 に示すように、湾曲部 2 1 2 を湾曲操作するための湾曲ノブ 2 2 1 と、各種操作を行うための複数の操作部材 2 2 2 とを備える。また、操作部 2 2 には、処置具用挿通路に連通し、当該処置具用挿通路に処置具を挿通するための処置具挿入口 2 2 3 が形成されている。

[0027] ユニバーサルケーブル 2 3 は、操作部 2 2 から延在し、各種信号を伝送する複数の信号ケーブル、および光源装置 6 から供給された照明光を伝送する光ファイバ等が配設されたケーブルである。

[0028] コネクタ 2 4 は、ユニバーサルケーブル 2 3 の先端に設けられている。そして、コネクタ 2 4 は、超音波ケーブル 3 1、ビデオケーブル 4 1、および光ファイバケーブル 6 1 がそれぞれ接続される第 1～第 3 コネクタ部 2 4 1～2 4 3 を備える。

[0029] 超音波観測装置 3 は、超音波ケーブル 3 1（図 1 参照）を介して超音波内視鏡 2 に電氣的に接続し、超音波ケーブル 3 1 を介して超音波内視鏡 2 にパルス信号を出力するとともに超音波内視鏡 2 からエコー信号を入力する。そして、超音波観測装置 3 は、当該エコー信号に所定の処理を施して超音波画

像を生成する。

- [0030] 内視鏡観察装置 4 は、ビデオケーブル 4 1（図 1 参照）を介して超音波内視鏡 2 に電氣的に接続し、ビデオケーブル 4 1 を介して超音波内視鏡 2 からの画像信号を入力する。そして、内視鏡観察装置 4 は、当該画像信号に所定の処理を施して内視鏡画像を生成する。
- [0031] 表示装置 5 は、液晶または有機 E L（Electro Luminescence）、プロジェクタ、C R T（Cathode Ray Tube）などを用いて構成され、超音波観測装置 3 にて生成された超音波画像や、内視鏡観察装置 4 にて生成された内視鏡画像等を表示する。
- [0032] 光源装置 6 は、光ファイバケーブル 6 1（図 1 参照）を介して超音波内視鏡 2 に接続し、光ファイバケーブル 6 1 を介して被検体内を照明する照明光を超音波内視鏡 2 に供給する。
- [0033] 続いて、挿入部 2 1 の先端に設けられた超音波振動子 7 の構成を図 2～6 を参照して説明する。図 3 は、本実施の形態 1 に係る超音波振動子の構成を模式的に示す斜視図である。図 4 は、図 3 に示す矢視 A 方向からみた超音波振動子の構成を模式的に示す平面図である。図 5 は、図 3 に示す矢視 B 方向からみた超音波振動子の構成を模式的に示す平面図である。なお、図 3，4 では、圧電素子 7 1 が 6 個並んでいるものを図示しているが、説明のために超音波振動子 7 の構成を簡略化した図であり、実際に配設される個数はこの限りではない。本実施の形態 1 では、超音波振動子 7 が、図 2 に示すようなコンベックス型の超音波振動子であって、複数の圧電素子 7 1 が一列に配列された一次元アレイ（1 D アレイ）であるものとして説明する。換言すれば、本実施の形態 1 に係る超音波振動子 7 では、複数の圧電素子 7 1 が、当該超音波振動子 7 の曲面をなす外表面に沿って配置されている。
- [0034] 超音波振動子 7 は、角柱状をなし、長手方向を揃えて並べられてなる複数の圧電素子 7 1 と、圧電素子 7 1 に対し、当該超音波振動子 7 の外表面側にそれぞれ設けられる複数の第 1 音響整合層 7 2 と、第 1 音響整合層 7 2 の圧電素子 7 1 と接する側と反対側に設けられる複数の第 2 音響整合層 7 3 と、

第2音響整合層73の第1音響整合層72と接する側と反対側に設けられる音響レンズ74と、圧電素子71の第1音響整合層72と接する側と反対側に設けられるバッキング材75と、隣接する超音波エレメント70同士を連結する連結部76とを有する。なお、本実施の形態1では、第1音響整合層72および第2音響整合層73が、圧電素子71ごとに設けられるとともに、音響レンズ74およびバッキング材75が、複数の圧電素子71、第1音響整合層72および第2音響整合層73を一括して覆う構成をなしている。本実施の形態1にかかる超音波エレメント70は、圧電素子71、第1音響整合層72および第2音響整合層73からなる。超音波振動子7は、一つの圧電素子71を出力単位とするものであってもよいし、複数の圧電素子71を出力単位とするものであってもよい。以下、図2に示すように、圧電素子71の長手方向をエレベーション方向Deとよび、圧電素子71の配列方向を走査方向Dsとよぶ。

[0035] 圧電素子71は、電気的なパルス信号を音響パルスに変換して被検体へ照射するとともに、被検体で反射された超音波エコーを電圧変化で表現する電気的なエコー信号に変換して出力する。圧電素子71には、例えば、バッキング材75側の主面に信号入出力用電極71aが設けられているとともに、圧電素子71の第1音響整合層72側の主面にグラウンド接地用のグラウンド電極71bが設けられている。各電極は、導電性を有する金属材料または樹脂材料を用いて形成される。

[0036] 圧電素子71は、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）セラミック材料、またはPMN-PT単結晶、PMN-PZT単結晶、PZN-PT単結晶、PIN-PZN-PT単結晶もしくはリラクサー系材料を用いて形成される。PMN-PT単結晶は、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。PZN-PT単結晶は、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。PIN-PZN-PT単結晶は、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。リラクサー系材料は、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ブスカイトをPZTに添加した三成分系圧電材料の総称である。鉛系複合ペロブスカイトは、 $Pb(B1, B2)O_3$ で表され、B1はマグネシウム、亜鉛、インジウムまたはスカンジウムいずれかであり、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。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、圧電素子71に設けられる薄膜電極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。

[0037] 第1音響整合層72および第2音響整合層73は、圧電素子71と観測対象との間で音（超音波）を効率よく透過させるために、圧電素子71と観測対象との音響インピーダンスをマッチングさせる。第1音響整合層72および第2音響整合層73は、互いに異なる材料からなる。なお、本実施の形態1では、二つの音響整合層（第1音響整合層72および第2音響整合層73）を有するものとして説明するが、圧電素子71と観測対象との特性により一層としてもよいし、三層以上としてもよい。

[0038] 音響レンズ74は、シリコン、ポリメチルペンテンや、エポキシ樹脂、ポリアーテルイミドなどを用いて形成され、一方の面が凸状または凹状をなして超音波を絞る機能を有し、第2音響整合層73を通過した超音波を外部に出射する、または外部からの超音波エコーを取り込む。音響レンズ74については、任意に設けることができ、当該音響レンズ74を有しない構成であってもよい。

[0039] バック材75は、圧電素子71の動作によって生じる不要な超音波振動を減衰させる。バック材75は、減衰率の大きい材料、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や、上述したフィラーを分散したゴムを用いて形成される。

[0040] 連結部76は、第2音響整合層73と同じ材料を用いて形成される。連結部76は、走査方向Dsに沿って延びる楕状をなし、第2音響整合層73の間

隔に応じた切り込みが形成されている。連結部76は、第2音響整合層73のエレベーション方向Deの両端にそれぞれ接着されることにより、隣接する第2音響整合層73を連結することで、超音波エレメント70を連結する。連結部76は、圧電素子71、第1音響整合層72に接着されるものであってもよい。連結部76は、少なくとも超音波エレメント70において、コンベックス型として湾曲させた際の外周側に位置する第2音響整合層73に接着され、隣接する第2音響整合層73同士を連結するものであればよい。連結部76は、第2音響整合層73の第1音響整合層72と対向する側と反対側の表面を通過する曲面に対して突出している。なお、連結部76は、第2音響整合層73と一体的に設けられるものであってもよい。また、連結部76は、圧電素子71が超音波を送受信する領域（有効領域）から外れた領域に配置されることが好ましい。

[0041] 以上の構成を有する超音波振動子7は、パルス信号の入力によって圧電素子71が振動することで、第1音響整合層72、第2音響整合層73および音響レンズ74を介して観測対象に超音波を照射する。この際、圧電素子71において、第1音響整合層72、第2音響整合層73および音響レンズ74の配設側と反対側は、バッキング材75により、圧電素子71の振動が減衰され、圧電素子71の振動が伝わらないようになっている。また、観測対象から反射された超音波は、第1音響整合層72、第2音響整合層73および音響レンズ74を介して圧電素子71に伝えられる。伝達された超音波により圧電素子71が振動し、圧電素子71が該振動を電気的なエコー信号に変換して、エコー信号として図示しない配線を介して超音波観測装置3に出力する。

[0042] 続いて、上述した超音波振動子7を製造する製造方法について、図6～9を参照して説明する。図6～9は、本発明の実施の形態1に係る超音波振動子の製造方法を説明する模式図である。超音波振動子7の製造方法では、まず、圧電素子71、第1音響整合層72および第2音響整合層73を形成するための成形用部材700を作製する。

[0043] 具体的には、圧電材料からなる長方体状の圧電素子用母材 710 の対向する一方の主面に、第 1 音響整合層 72 を構成する材料を用いて形成された長方体状の第 1 音響整合層用母材 720 を積層し、第 1 音響整合層用母材 720 の表面であって、圧電素子用母材 710 側と反対側の主面に、第 2 音響整合層 73 を構成する材料を用いて形成された長方体状の第 2 音響整合層用母材 730 を積層する。各母材は、例えば、超音波が通過可能な接着剤により接着される。なお、圧電素子用母材 710 には、信号入出力用電極 71a およびグラウンド電極 71b を構成する材料が積層されているものとして説明する。その後、この積層母材における第 2 音響整合層用母材 730 の対向する二つの端部であって、積層面と直交する側面をなす端部に、連結部 76 を構成する材料を用いて形成された角柱状の連結部用母材 760 を接着する。連結部用母材 760 は、第 2 音響整合層用母材 730 の表面であって、第 1 音響整合層用母材 720 の接触側と反対側の表面を通過する平面から突出している。このようにして、圧電素子用母材 710、第 1 音響整合層用母材 720、第 2 音響整合層用母材 730 の順で積層された積層母材に連結部用母材 760 を接着した成形用部材 700 を作製する（図 6 参照）。なお、第 2 音響整合層用母材 730 および連結部用母材 760 が一体的に形成された母材を用いてもよい。

[0044] 続いて、圧電素子 71、第 1 音響整合層 72 および第 2 音響整合層 73 からなる複数の超音波エレメント 70 を形成するため、成形用部材 700 の分割、例えばダイシングによる分割を行う。例えば、図 7 に示すような、ダイシング用の刃であるブレード 100 を用いて、該ブレード 100 を回転させながら分割方向に沿って移動させることで、成形用部材 700 を切削する。この際、成形用部材 700 は、分断されず、一部が繋がるように切削される。ここで、本実施の形態 1 における分割方向とは、圧電素子用母材 710、第 1 音響整合層用母材 720 および第 2 音響整合層用母材 730 の各主面（積層面）、ならびに連結部用母材 760 の長手方向と直交する方向である。また、ブレード 100 は、外縁が、第 2 音響整合層用母材 730 の表面から

若干突出し、かつ連結部用母材 760 を切断しない位置を維持して移動する。

[0045] ブレード 100 による成形用部材 700 の切削によって、圧電素子用母材 710、第 1 音響整合層用母材 720、第 2 音響整合層用母材 730 は分断され、連結部用母材 760 は楕状をなす積層体 701 を得る（図 8 参照）。この工程により、圧電素子 71、第 1 音響整合層 72 および第 2 音響整合層 73 からなる複数の超音波エレメント 70、ならびに連結部 76 が形成される。

[0046] その後、切削により得られた積層体 701 を湾曲させ、圧電素子 71 側をバックング材 75 に接合し（図 9 参照）、第 2 音響整合層 73 側に音響レンズ 74 を設けることによって、図 3 に示す超音波振動子 7 を得ることができ。本実施の形態 1 では、連結部 76 によって複数の第 2 音響整合層 73 が連結されているため、積層体 701 を湾曲させても、第 2 音響整合層 73 間のピッチが、ダイシングにより分割されたピッチとほぼ同等となる。このため、第 2 音響整合層 73 に接着されている第 1 音響整合層 72、および第 1 音響整合層 72 に接着されている圧電素子 71 のピッチがダイシングにより分割されたピッチとほぼ同等またはそれより狭くなり、微細化が可能となる。すなわち、本実施の形態 1 では、連結部 76 により第 2 音響整合層 73 間のピッチを維持するように連結されているため、積層体 701 を湾曲した際の外周側のピッチが、圧電素子 71 側である内周側のピッチと比してほぼ同等またはそれより狭くなり、微細化が可能となる。なお、ここでいう「ほぼ同等」とは、設計上の誤差や、連結部 76 の伸長などによるピッチの変化を含む。

[0047] なお、上述した製造方法では、ブレード 100 による成形用部材 700 をダイシングすることで、複数の圧電素子 71 等を形成するものを例に説明したが、レーザーによる加工や、エッチングによる成形、型を用いた成形により図 8 に示す成形体を作製するものであってもよい。また、上述した製造方法では、湾曲させた積層体 701 をバックング材 75 に取り付けた後、音響

レンズ74を設けるものとして説明したが、湾曲させた積層体701に音響レンズ74を設けた後、バッキング材75に取り付けるものであってもよい。

[0048] 以上説明した本実施の形態1では、圧電素子用母材710、第1音響整合層用母材720、第2音響整合層用母材730の順で積層された略角柱状をなす積層母材に連結部用母材760を接着した成形用部材700に対して、ダイシング等により圧電素子用母材710、第1音響整合層用母材720および第2音響整合層用母材730を分割して、複数の圧電素子71、複数の第1音響整合層72および複数の第2音響整合層73、ならびに連結部76が形成された積層体701を作製し、連結部76により隣接する超音波エレメント70同士を分割時のピッチを維持した状態で湾曲させた積層体701に、音響レンズ74およびバッキング材75を取り付けることによって、超音波振動子7を作製するようにした。これにより、超音波エレメント70の指向特性を向上するとともに、複数の超音波エレメント70を配列方向に沿って湾曲させた際の超音波を出射する側の超音波エレメント70のピッチを分割時のピッチに維持することができる。

[0049] (実施の形態1の変形例)

図10は、本発明の実施の形態1の変形例に係る超音波振動子の構成を模式的に示す平面図である。図10は、図3に示す矢視B方向に応じた平面図である。上述した実施の形態1では、連結部76が、第2音響整合層73と同じ材料を用いて形成されるものとして説明したが、本変形例では、連結部の材料として導電性材料を用いる。本変形例にかかる超音波振動子7aは、上述した超音波振動子7の連結部76に代えて、連結部77を有する。

[0050] 連結部77は、銀ペーストなどの導電性のペーストを混合した導電性材料を用いて形成される。連結部77は、上述した実施の形態1に係る製造方法と同様に、積層母材の対向する二つの端部であって、積層面と直交する側面をなす端部に、連結部77を構成する材料を用いて形成された角柱状の連結部用母材を接着し、ダイシングを行うことによって形成される。本変形例に

において、連結部 77 は、圧電素子 71、第 1 音響整合層 72 等の積層方向において、一端が第 2 音響整合層 73 の端面から突出するとともに、他端がグラウンド電極 71b まで延びて該グラウンド電極 71b に接続している。連結部 77 とグラウンド電極 71b とは、導電性の接着剤等により接着されている。また、連結部 77 はグラウンド電位に接地されており、各圧電素子 71 が、該連結部 77 を介してグラウンド電位に接地している。

[0051] 本変形例によれば、導電性材料により形成される連結部 77 をグラウンド電位に接地するようにしたので、超音波エレメント 70 の湾曲時のピッチを分割時のピッチとほぼ同等に維持することができるとともに、連結部 77 をグラウンド接続電極として機能させることができる。また、本変形例では、ダイシング等による分割のみで、圧電素子 71 等を形成するとともに、各圧電素子 71 がグラウンド電位に接地するための接続電極を形成することができる。

[0052] また、上述した実施の形態 1 および変形例では、エレベーション方向 De の両端部に連結部 76、77 を設けるものとして説明したが、どちらか一方のみ連結部 76、77 を設けるものであってもよい。少なくとも一端側で複数の第 2 音響整合層 73 を支持していればよい。

[0053] また、上述した実施の形態 1 および変形例では、連結部 76、77 が、第 2 音響整合層 73 または導電性材料を用いて形成されるものとして説明したが、音響レンズ 74 と同じ材料を用いて形成されるものであってもよいし、第 1 音響整合層 72 と同じ材料を用いて形成されるものであってもよいし、第 1 音響整合層 72、第 2 音響整合層 73 および音響レンズ 74 とは異なり、屈曲自在、かつ分割時のピッチを維持可能な材料、例えば金属材料を用いて形成されるものであってもよい。

[0054] (実施の形態 2)

図 11 は、本発明の実施の形態 2 に係る超音波振動子の構成を模式的に示す斜視図である。図 12 は、図 11 に示す矢視 C 方向からみた超音波振動子の構成を模式的に示す平面図である。図 13 は、図 11 に示す矢視 D 方向か

らみた超音波振動子の構成を模式的に示す平面図である。上述した実施の形態1では、連結部76が、第2音響整合層73と同じ材料を用いて形成されるものとして説明したが、本実施の形態2では、バッキング材75aと同じ材料を用いて連結部を形成する。

[0055] 本実施の形態2に係る超音波振動子7bは、複数の圧電素子71と、複数の第1音響整合層72と、複数の第2音響整合層73と、音響レンズ74と、圧電素子71の第1音響整合層72と接する側と反対側に設けられる複数のバッキング材75aと、隣接する超音波エレメント70a同士を連結する連結部78とを有する。本実施の形態2にかかる超音波エレメント70aは、圧電素子71、第1音響整合層72および第2音響整合層73からなる。

[0056] 連結部78は、バッキング材75aと同じ材料を用いて形成される。連結部78は、楕状をなして圧電素子71、第1音響整合層72および第2音響整合層73、バッキング材75aのエレベーション方向De側の端部を覆っている。連結部78は、第2音響整合層73のエレベーション方向Deの両端にそれぞれ接着されることにより、隣接する第2音響整合層73を連結する。連結部78は、第2音響整合層73の第1音響整合層72側と反対側の表面に対して突出している。連結部78は、圧電素子71、第1音響整合層72および第2音響整合層73の少なくとも一つに接着され、少なくとも超音波エレメント70aにおいて、コンベックス型として湾曲させた際に、バッキング材75aを介して隣接する超音波エレメント70a同士を連結するものであればよい。なお、連結部78は、バッキング材75aと一体的に設けられるものであってもよい。

[0057] 続いて、上述した超音波振動子7bを製造する製造方法について、図14～16を参照して説明する。図14～16は、本発明の実施の形態2に係る超音波振動子の製造方法を説明する模式図である。超音波振動子7bの製造方法では、まず、圧電素子71、第1音響整合層72、第2音響整合層73およびバッキング材75aを形成するための成形用部材702を作製する。

[0058] 具体的には、上述したように、圧電素子用母材710、第1音響整合層用

母材 720 および第 2 音響整合層用母材 730 を積層し、圧電素子用母材 710 の対向する他方の主面に、バッキング材 75a を構成する材料を用いて形成された長方体状のバッキング材用母材 750 を積層して、積層母材を作製する。その後、この積層母材の対向する二つの側面であって、圧電素子用母材 710、第 1 音響整合層用母材 720、第 2 音響整合層用母材 730 およびバッキング材用母材 750 が積層順に露出する側面に、連結部 78 を構成する材料を用いて形成された平板状の連結部用母材 780 を接着する。連結部用母材 780 は、圧電素子用母材 710、第 1 音響整合層用母材 720、第 2 音響整合層用母材 730 およびバッキング材用母材 750 を覆うように配設される。このようにして、バッキング材用母材 750、圧電素子用母材 710、第 1 音響整合層用母材 720、第 2 音響整合層用母材 730 の順で積層された積層母材に連結部用母材 780 を接着した成形用部材 702 を作製する（図 14 参照）。

[0059] 続いて、圧電素子 71、第 1 音響整合層 72 および第 2 音響整合層 73 からなる複数の超音波エレメント 70a を形成するため、成形用部材 702 の分割、例えばダイシングによる分割を行う。例えば、図 15 に示すような、ダイシング用の刃であるブレード 100 を用いて、該ブレード 100 を回転させながら分割方向に沿って移動させることで、成形用部材 702 を切削する。この際、連結部用母材 780 は、分断されず、一部が繋がるように切削される。ここで、本実施の形態 2 における分割方向とは、圧電素子用母材 710、第 1 音響整合層用母材 720、第 2 音響整合層用母材 730 およびバッキング材用母材 750 の各主面（積層面）、ならびに連結部用母材 780 の主面と直交する方向である。また、ブレード 100 は、外縁が、第 2 音響整合層用母材 730 の表面から若干突出し、かつ連結部用母材 780 を切断しない位置を維持して移動する。

[0060] ブレード 100 による成形用部材 702 の切削によって、圧電素子用母材 710、第 1 音響整合層用母材 720、第 2 音響整合層用母材 730 およびバッキング材用母材 750 は分断され、連結部用母材 780 は櫛状をなす積

層体703を得る(図16参照)。この工程により、圧電素子71、第1音響整合層72および第2音響整合層73からなる複数の超音波エレメント70a、複数のバッキング材75aならびに連結部78が形成される。

[0061] その後、切削により得られた積層体703を湾曲させ、第2音響整合層73側に音響レンズ74を設けることによって、図11に示す超音波振動子7bを得ることができる。本実施の形態2では、連結部78によって少なくとも複数の第2音響整合層73が連結されているため、積層体703を湾曲させても、超音波エレメント70a間のピッチが、ダイシングによる分割時のピッチとほぼ同等またはそれより狭くなり、微細化が可能となる。すなわち、本実施の形態2では、連結部78により第2音響整合層73間のピッチを維持するように連結されているため、積層体703を湾曲した際の外周側のピッチが、圧電素子71側である内周側のピッチと比してほぼ同等またはそれより狭くなり、微細化が可能となる。なお、図11、12に示す超音波振動子7bでは、バッキング材75aの圧電素子71側と反対側の端部に表面加工を施すことで、各バッキング材75aの端面を通過する面が平面をなすものとして説明したが、表面加工を施さずに、各バッキング材75aの端面を通過する面が曲面をなすものであってもよいし、挿入部21の先端への取付などに適した形状に表面加工を施すものであってもよい。

[0062] 以上説明した本実施の形態2では、バッキング材用母材750、圧電素子用母材710、第1音響整合層用母材720、第2音響整合層用母材730の順で積層された略角柱状をなす積層母材に連結部用母材780を接着した成形用部材702に対して、ダイシング等により圧電素子用母材710、第1音響整合層用母材720、第2音響整合層用母材730およびバッキング材用母材780を分割して、複数の圧電素子71、複数の第1音響整合層72および複数の第2音響整合層73からなる超音波エレメント70a、複数のバッキング材75a、ならびに連結部78が形成された積層体703を作製し、連結部78により隣接する第2音響整合層73同士を分割時のピッチを維持した状態で湾曲させた積層体703に音響レンズ74を取り付けるこ

とによって、超音波振動子 7 を作製するようにした。これにより、超音波エレメント 7 0 a の指向特性を向上するとともに、超音波エレメント 7 0 a を配列方向に沿って湾曲させた際の超音波を出射する側の超音波エレメント 7 0 a のピッチを分割時のピッチに維持することができる。

[0063] なお、上述した実施の形態 2 では、連結部 7 8 が、少なくとも第 2 音響整合層 7 3 に接着されるものとして説明したが、連結部 7 8 がバッキング材 7 5 a と一体的に設けられる場合は、バッキング材用母材 7 5 0 と連結部用母材 7 8 0 とが一体化した母材を用いて作製する。これにより、製造過程や作製された超音波振動子 7 b の部品点数を削減し、超音波振動子 7 b を簡易に作製することができる。

[0064] (実施の形態 3)

上述した実施の形態 1, 2 では、1 D アレイの超音波振動子を作製するものとして説明したが、本実施の形態 3 では、2 D アレイの超音波振動子の作製方法について説明する。本実施の形態 3 に係る超音波振動子は、上述した複数の圧電素子 7 1、複数の第 1 音響整合層 7 2、および複数の第 2 音響整合層 7 3 が、マトリクス状に設けられ、圧電素子 7 1 の第 1 音響整合層 7 2 と接する側と反対側にバッキング材 7 5 が設けられ、連結部 7 9 によって隣接する第 2 音響整合層 7 3 同士が連結されるものとして説明する（例えば、図 1 8 を参照）。本実施の形態 3 では、圧電素子 7 1、第 1 音響整合層 7 2 および第 2 音響整合層 7 3 により超音波エレメントを構成する。

[0065] 図 1 7, 1 8 は、本発明の実施の形態 3 に係る超音波振動子の製造方法を説明する模式図である。本実施の形態 3 に係る超音波振動子の製造方法では、まず、圧電素子 7 1、第 1 音響整合層 7 2 および第 2 音響整合層 7 3 を形成するための成形用部材 7 0 4 を作製する。

[0066] 具体的には、圧電素子 7 1（信号入出力用電極 7 1 a およびグラウンド電極 7 1 b を含む）を構成する材料を用いて形成された長方体状の圧電素子用母材 7 1 1 の対向する一方の主面に、第 1 音響整合層 7 2 を構成する材料を用いて形成された長方体状の第 1 音響整合層用母材 7 2 1 を積層し、第 1 音

響整合層用母材 7 2 1 の表面であって、圧電素子用母材 7 1 1 側と反対側の主面に、第 2 音響整合層 7 3 を構成する材料を用いて形成された長方体状の第 2 音響整合層用母材 7 3 1 を積層して積層母材を作製する。その後、この積層母材の第 2 音響整合層用母材 7 3 1 側の主面に、連結部 7 9 を構成する材料を用いて形成された角柱状をなす複数の連結部用母材 7 9 0 を接着する。複数の連結部用母材 7 9 0 は、互いに平行となるように並べて配置される。このようにして、圧電素子用母材 7 1 1、第 1 音響整合層用母材 7 2 1、第 2 音響整合層用母材 7 3 1 の順で積層された積層母材に連結部用母材 7 9 0 を接着した成形用部材 7 0 4 を作製する（図 1 7 参照）。なお、連結部用母材 7 9 0 は、第 1 音響整合層 7 2、第 2 音響整合層 7 3、音響レンズまたはバッキング材を構成する材料を用いて形成されている。

[0067] 続いて、圧電素子 7 1、第 1 音響整合層 7 2 および第 2 音響整合層 7 3 を形成するため、成形用部材 7 0 4 のダイシングを行う。例えば、図 7 に示すような、ダイシング用の刃であるブレード 1 0 0 を用いて、該ブレード 1 0 0 を回転させながら分割方向に沿って移動させることで、成形用部材 7 0 4 を切削する。この際、連結部用母材 7 9 0 は、分断されず、一部が繋がるように切削される。ここで、本実施の形態 3 における分割方向とは、圧電素子 7 1 の配置に応じて成形用部材 7 0 4 の主面（積層面）をマトリクス状に分割するような互いに直交する二つの方向である。また、ブレード 1 0 0 は、外縁が、第 2 音響整合層用母材 7 3 1 の表面から若干突出し、かつ連結部用母材 7 9 0 を切断しない位置を維持して移動する。

[0068] ブレード 1 0 0 による成形用部材 7 0 4 の切削によって、圧電素子用母材 7 1 1、第 1 音響整合層用母材 7 2 1 および第 2 音響整合層用母材 7 3 1 は分断され、連結部用母材 7 9 0 は一方の側面が楕状をなすとともに、該側面と直交する側面が長手方向に沿って一方の溝が形成された積層体 7 0 5 を得る（図 1 8 参照）。この工程により、マトリクス状に配置された複数の圧電素子 7 1、複数の第 1 音響整合層 7 2、複数の第 2 音響整合層 7 3 および複数のバッキング材、ならびに連結部 7 9 が形成される。

[0069] その後、切削により得られた積層体705を湾曲させ、第2音響整合層73側に音響レンズを設け、圧電素子71側にバックング材を設けることによって、2Dアレイの超音波振動子を得ることができる。本実施の形態3では、連結部79によって複数の第2音響整合層73が連結されているため、積層体705を湾曲させても、第2音響整合層73間のピッチが、ダイシングによる分割時のピッチとほぼ同等またはそれより狭くなり、微細化が可能となる。

[0070] 以上説明した本実施の形態3では、圧電素子用母材711、第1音響整合層用母材721、第2音響整合層用母材731の順で積層された略角柱状をなす積層母材に連結部用母材790を接着した成形用部材704に対して、ダイシング等により圧電素子用母材711、第1音響整合層用母材721および第2音響整合層用母材731を分割して、複数の圧電素子71、複数の第1音響整合層72および複数の第2音響整合層73からなる超音波エレメントならびに連結部79が形成された積層体705を作製し、連結部79により隣接する第2音響整合層73同士を分割時のピッチを維持した状態で湾曲させた積層体705に、音響レンズやバックング材を取り付けることによって、超音波振動子7を作製するようにした。これにより、超音波エレメントの指向特性を向上するとともに、超音波エレメントを配列方向に沿って湾曲させた際の超音波を出射する側の超音波エレメントのピッチを分割時のピッチに維持することができる。

[0071] (実施の形態3の変形例1)

上述した実施の形態3では、連結部が、第1音響整合層、第2音響整合層、音響レンズまたはバックング材を構成する材料を用いて形成されているものとして説明したが、本変形例1では、連結部が、導電性材料を用いて形成されているものとして説明する。本変形例1に係る超音波振動子は、上述した複数の圧電素子71、複数の第1音響整合層72、および複数の第2音響整合層73が、マトリクス状に設けられ、複数の第2音響整合層73上に音響レンズが設けられ、圧電素子71の第1音響整合層72と接する側と反対

側にバッキング材が設けられ、連結部80によって隣接する圧電素子71のグラウンド電極71b同士が連結されるものとして説明する（例えば、図20を参照）。連結部80は、銀ペーストなどの導電性のペーストを混合した導電性材料、または金属材料を用いて形成される。

[0072] 図19, 20は、本発明の実施の形態3の変形例1に係る超音波振動子の製造方法を説明する模式図である。本変形例1に係る超音波振動子の製造方法では、まず、圧電素子71、第1音響整合層72および第2音響整合層73を形成するための成形用部材706を作製する。

[0073] 具体的には、圧電素子71を構成する材料を用いて形成され、一方の主面に信号入出力用電極71aを構成する材料を用いて形成された電極用薄膜7110が設けられ、他方の主面にグラウンド電極71bを構成する材料を用いて形成された電極用薄膜7111が設けられた長方体状の圧電素子用母材712において、電極用薄膜7111の主面に、連結部80を構成する材料を用いて形成された角柱状をなす複数の連結部用母材800を接着する。複数の連結部用母材800は、互いに平行となるように並べて配置される。電極用薄膜7111と連結部用母材800とは、導電性の接着剤等により接着されている。

[0074] その後、第1音響整合層72を構成する材料を用いて形成された長方体状をなす複数の第1音響整合層用母材722を連結部用母材800間に設ける。その後、第1音響整合層用母材722の表面であって、圧電素子用母材712側と反対側の主面に、第2音響整合層73を構成する材料を用いて形成された長方体状をなす複数の第2音響整合層用母材732を積層して積層体707を作製する。このようにして、圧電素子用母材712、第1音響整合層用母材722、第2音響整合層用母材732の順で積層され、第1音響整合層用母材722間、および第2音響整合層用母材732間に連結部用母材800が設けられた成形用部材706を作製する（図19参照）。

[0075] 続いて、圧電素子71、第1音響整合層72および第2音響整合層73を形成するため、成形用部材706のダイシングを行う。例えば、図7に示す

ような、ダイシング用の刃であるブレード100を用いて、該ブレード100を回転させながら分割方向に沿って移動させることで、成形用部材706を切削する。この際、連結部用母材800は、分断されず、一部が繋がるように切削される。

[0076] ブレード100による成形用部材706の切削によって、圧電素子用母材712、第1音響整合層用母材722および第2音響整合層用母材732は分断され、連結部用母材800は一方の側面が楕状をなすとともに、該側面と直交する側面が長手方向に沿って一方の溝が形成された積層体707を得る(図20参照)。この工程により、マトリクス状に配置された複数の圧電素子71、複数の第1音響整合層72、複数の第2音響整合層73および複数のバッキング材、ならびに連結部80が形成される。ここで、連結部80は、隣接する圧電素子71のグラウンド電極71b同士を連結している。

[0077] その後、切削により得られた積層体707を湾曲させ、第2音響整合層73側に音響レンズを設け、圧電素子71側にバッキング材を設けることによって、2Dアレイの超音波振動子を得ることができる。本変形例1に係る超音波振動子では、連結部80をグラウンド電位に接地することで、各圧電素子71を、該連結部80を介してグラウンド電位に接地する。

[0078] 本変形例1によれば、導電性材料により形成される連結部80をグラウンド電位に接地するようにしたので、圧電素子71、第1音響整合層72および第2音響整合層73の湾曲時のピッチを分割時のピッチとほぼ同等に維持することができるとともに、連結部80をグラウンド接続電極として機能させることができる。また、本変形例では、ダイシング等による分割のみで、圧電素子71等を形成するとともに、各圧電素子71がグラウンド電位に接地するための接続電極を形成することができる。

[0079] なお、上述した変形例1では、連結部80が、グラウンド電極71bに直接接着されるものとして説明したが、実施の形態3の構成において、連結部79を導電性材料で形成するとともに、第1音響整合層72および第2音響整合層73にスルーホール等を形成し、該スルーホールを介してグラウンド

電極 7 1 b と連結部 7 9 とを電氣的に接続するものであってもよい。

[0080] (実施の形態 3 の変形例 2)

図 2 1 は、本発明の実施の形態 3 の変形例 2 に係る超音波振動子の要部の構成を模式的に示す上面図である。上述した実施の形態 3 では、連結部 7 9 が、圧電素子 7 1 の配列方向のうち的一方の方向に配列する圧電素子 7 1 に応じた第 2 音響整合層 7 3 を一括して保持するものとして説明したが、連結対象の第 2 音響整合層 7 3 のみを保持する連結部を複数設けたものであってもよい。本変形例 2 では、図 2 1 に示すように、マトリクス状に設けられている複数の第 2 音響整合層 7 3 (圧電素子 7 1) のうち、連結対象の第 2 音響整合層 7 3 (本変形例 2 では、四つの第 2 音響整合層 7 3) の角部を保持するように、連結部 8 1 がマトリクス状に設けられている。本変形例 2 によれば、連結部 8 1 の配設面積が、連結部 7 9 と比して小さいため、連結部による超音波の伝搬の影響を少なくし、一層広範囲に超音波を出射、または受信することができる。なお、本変形例 2 では、連結部 8 1 の外縁のなす形状が矩形をなす (図 2 1 参照) のものとして説明したが、円や楕円、十文字など、矩形以外の形状をなすものであってもよい。

[0081] (実施の形態 3 の変形例 3)

図 2 2 は、本発明の実施の形態 3 の変形例 3 に係る超音波振動子の要部の構成を模式的に示す上面図である。上述した実施の形態 3 では、複数の圧電素子 7 1 がマトリクス状に配置され、外縁のなす形状 (上面視における外縁のなす形状) が略矩形であって、その主面に第 1 音響整合層 7 2、第 2 音響整合層 7 3 が順に積層された超音波振動子を例に説明したが、複数の圧電素子 7 1 の外縁のなす形状が円や楕円をなすものであってもよい。本変形例 3 では、複数の圧電素子 7 1 の外縁のなす形状が、円をなすものとして説明する。本変形例 3 では、第 1 音響整合層を介して圧電素子に積層される第 2 音響整合層 7 3 a が、円をなす主面を径方向に八等分してなる形状をなし、該円の中心部に当該複数の第 2 音響整合層 7 3 a を保持する連結部 8 2 が設けられる。本変形例 3 によれば、連結部 8 2 が、隣接する第 2 音響整合層 7 3

aを一括して保持することで、湾曲させた場合であっても、隣接する第2音響整合層73aのピッチを分割時のピッチに維持することができる。

[0082] (実施の形態3の変形例4)

図23は、本発明の実施の形態3の変形例4に係る超音波振動子の要部の構成を模式的に示す上面図である。上述した実施の形態3の変形例3では、複数の圧電素子71の外縁のなす形状が円や楕円をなすものとして説明したが、複数の圧電素子71の外縁のなす形状が中空円環状をなすものであってもよい。本変形例4では、第1音響整合層を介して圧電素子に積層される第2音響整合層73bが、外縁が円をなす主面を八等分してなる形状をなし、隣接する第2音響整合層73bを保持する複数の連結部83が設けられている。本変形例4によれば、複数の連結部83が、隣接する第2音響整合層73bをそれぞれ保持することで、湾曲させた場合であっても、隣接する第2音響整合層73bのピッチを分割時のピッチに維持することができる。

[0083] (実施の形態3の変形例5)

図24は、本発明の実施の形態3の変形例5に係る超音波振動子の要部の構成を模式的に示す上面図である。上述した実施の形態3の変形例3では、複数の圧電素子71の外縁のなす形状が円や楕円をなし、円をなす主面を径方向に八等分に分割したものとして説明したが、さらに周方向に沿って分割したものでもよい。本変形例5では、第1音響整合層を介して圧電素子に積層される第2音響整合層73cが、周方向および径方向にそれぞれ分割されてなる形状をなしている。本変形例5に係る連結部84は、複数の第2音響整合層73cの外縁のなす円の中心から、径方向に放射状に延びて、隣接する第2音響整合層73cを保持する。本変形例5によれば、連結部84が、隣接する第2音響整合層73cをそれぞれ保持することで、湾曲させた場合であっても、隣接する第2音響整合層73cのピッチを分割時のピッチに維持することができる。

[0084] ここまで、本発明を実施するための形態を説明してきたが、本発明は上述した実施の形態および変形例によってのみ限定されるべきものではない。本

発明は、以上説明した実施の形態および変形例には限定されず、請求の範囲に記載した技術的思想を逸脱しない範囲内において、様々な実施の形態を含みうるものである。また、実施の形態および変形例の構成を適宜組み合わせてもよい。

[0085] また、上述した実施の形態1～3および変形例では、母材をマトリックス状に分割したり、径方向および／または周方向に分割したりすることによって、複数の超音波エレメントを形成するものとして説明したが、これに限らず、例えば、複数の圧電素子を千鳥状に配置するものや、斜方格子状に配置するものであってもよい。

[0086] また、上述した実施の形態1～3および変形例では、超音波を出射するとともに、外部から入射した超音波をエコー信号に変換するものとして圧電素子を例に挙げて説明したが、これに限らず、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 的に製造した素子、例えばC-MUT (Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducers) であってもよい。

[0087] また、上述した実施の形態1～3および変形例では、連結部と第2音響整合層とによって形成される凹部に音響レンズが配設されるものとして説明したが、これに限らず、音響レンズが、連結部の表面をさらに被覆するものであってもよいし、音響レンズが超音波エレメントおよびバックグ材を被覆するもの、すなわち、音響レンズが超音波振動子の外周面をなすものであってもよい。

[0088] また、超音波プローブとして、光学系のない細径の超音波ミニチュアプローブを適用してもよい。超音波ミニチュアプローブは、通常、胆道、胆管、膵管、気管、気管支、尿道、尿管へ挿入され、その周囲臓器（膵臓、肺、前立腺、膀胱、リンパ節等）を観察する際に用いられる。

[0089] また、超音波プローブとして、被検体の体表から超音波を照射する体外式超音波プローブを適用してもよい。体外式超音波プローブは、通常、腹部臓器（肝臓、胆嚢、膀胱）、乳房（特に乳腺）、甲状腺を観察する際に用いられる。

産業上の利用可能性

[0090] 以上のように、本発明にかかる超音波振動子および超音波プローブは、超音波エレメントの指向特性を向上するとともに、超音波エレメントを配列方向に沿って湾曲させた際の超音波を出射する側の超音波エレメントのピッチを分割時のピッチに維持するのに有用である。

符号の説明

- [0091]
- 1 内視鏡システム
 - 2 超音波内視鏡
 - 3 超音波観測装置
 - 4 内視鏡観察装置
 - 5 表示装置
 - 6 光源装置
 - 7, 7 a, 7 b 超音波振動子
 - 2 1 挿入部
 - 2 2 操作部
 - 2 3 ユニバーサルケーブル
 - 2 4 コネクタ
 - 3 1 超音波ケーブル
 - 4 1 ビデオケーブル
 - 6 1 光ファイバケーブル
 - 7 0, 7 0 a 超音波エレメント
 - 7 1 圧電素子
 - 7 2 第1音響整合層
 - 7 3, 7 3 a, 7 3 b, 7 3 c 第2音響整合層
 - 7 4 音響レンズ
 - 7 5, 7 5 a バックリング材
 - 7 6, 7 7, 7 8, 7 9, 8 0, 8 1, 8 2, 8 3, 8 4 連結部
 - 2 1 1 硬性部材

- 2 1 2 湾曲部
- 2 1 3 可撓管部
- 2 2 1 湾曲ノブ
- 2 2 2 操作部材
- 2 2 3 処置具挿入口
- 2 4 1 第1コネクタ部
- 2 4 2 第2コネクタ部
- 2 4 3 第3コネクタ部

請求の範囲

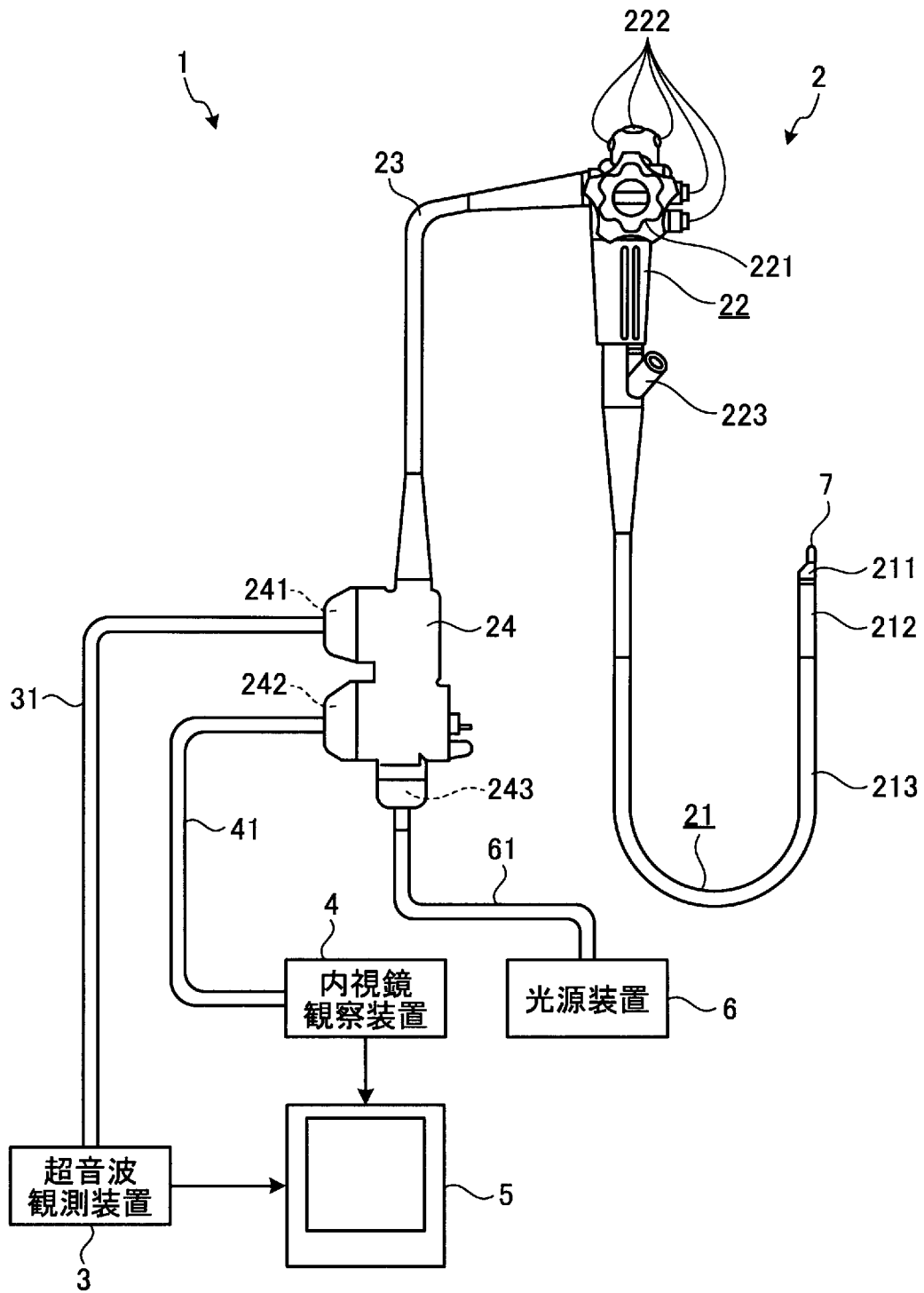
- [請求項1] 電気信号の入力に応じて超音波を出射するとともに、外部から入射した超音波をエコー信号に変換する素子、および前記素子に積層され、前記素子と観測対象との音響インピーダンスをマッチングさせる一または複数の音響整合層を少なくとも有する複数の超音波エレメントと、
- 前記音響整合層の表面を通過する面に対して前記素子側と反対側に突出し、前記複数の超音波エレメントのうち、隣接する前記超音波エレメント同士を連結する連結部と、
- を備えたことを特徴とする超音波振動子。
- [請求項2] 前記複数の超音波エレメントが、配列方向に沿って湾曲した形状をなすことを特徴とする請求項1に記載の超音波振動子。
- [請求項3] 前記素子には、グラウンド接地用のグラウンド電極が設けられ、前記連結部は、導電性材料を用いて形成され、前記グラウンド電極と電氣的に接続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4] 前記連結部は、前記音響整合層と同じ材料を用いて形成され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] 前記超音波エレメントは、複数の音響整合層を有し、前記連結部は、連結先の音響整合層と同じ材料を用いて形成され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6] 前記素子の動作によって生じる超音波振動を減衰させるバッキング材をさらに備え、前記連結部は、前記バッキング材と同じ材料を用いて形成され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7] 前記音響整合層を通過した前記超音波を外部に出射する音響レンズをさらに備え、前記連結部は、前記音響レンズと同じ材料を用いて形成されること

を特徴とする請求項 1 に記載の超音波振動子。

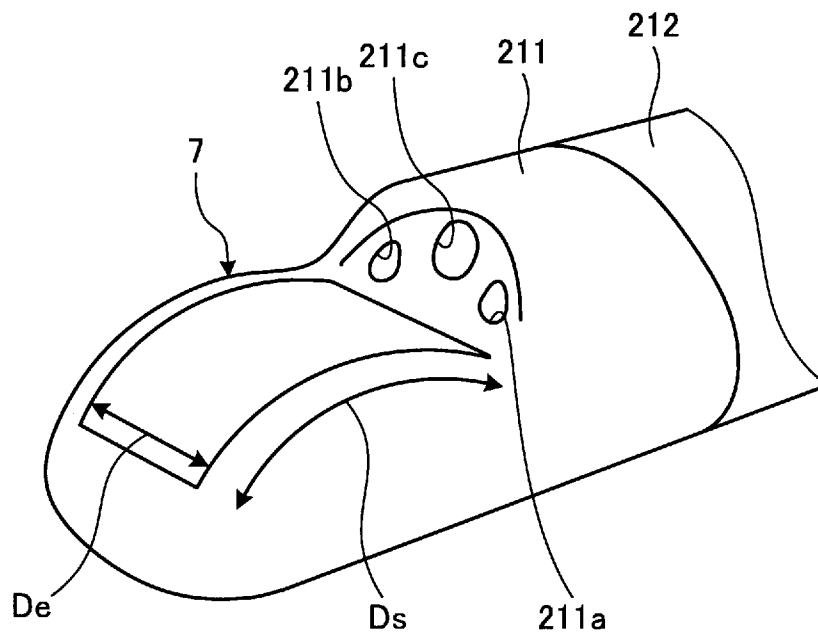
[請求項8] 請求項 1 に記載の超音波振動子を先端に備えたことを特徴とする超音波プローブ。

[請求項9] 前記超音波振動子を先端に有し、被検体内に挿入される挿入部を備えた超音波内視鏡であることを特徴とする請求項 8 に記載の超音波プローブ。

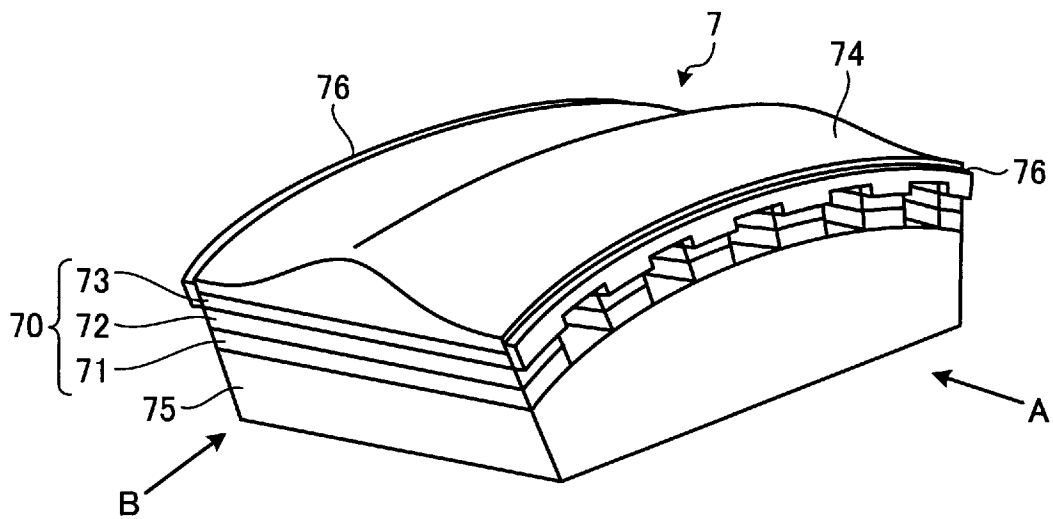
[図1]



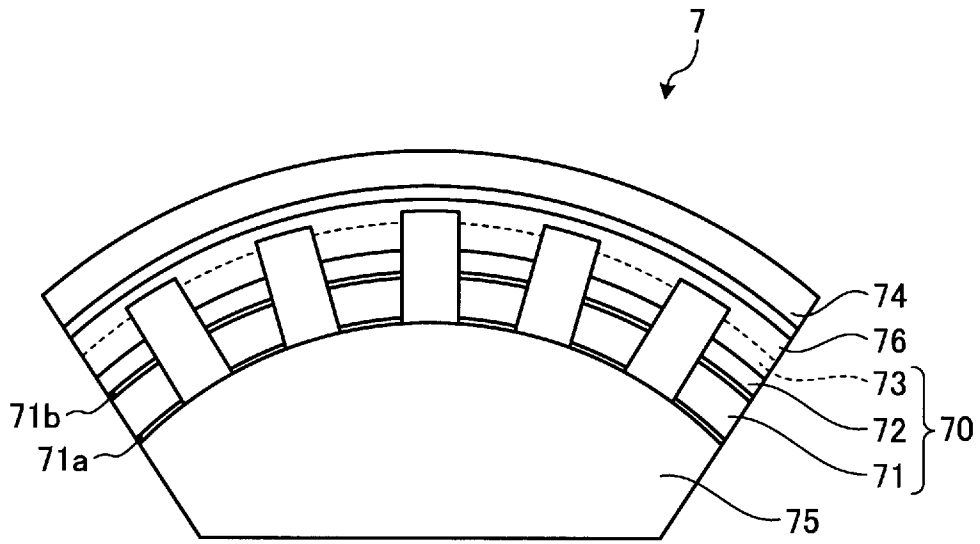
[図2]



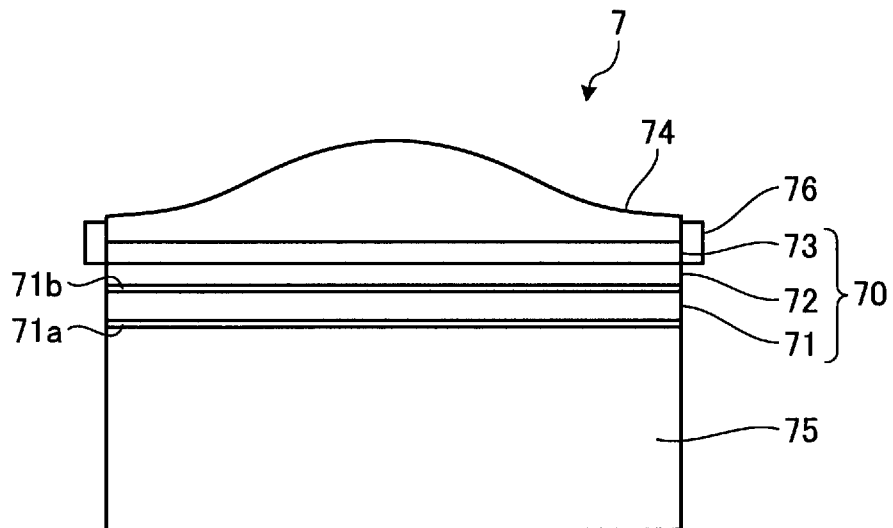
[図3]



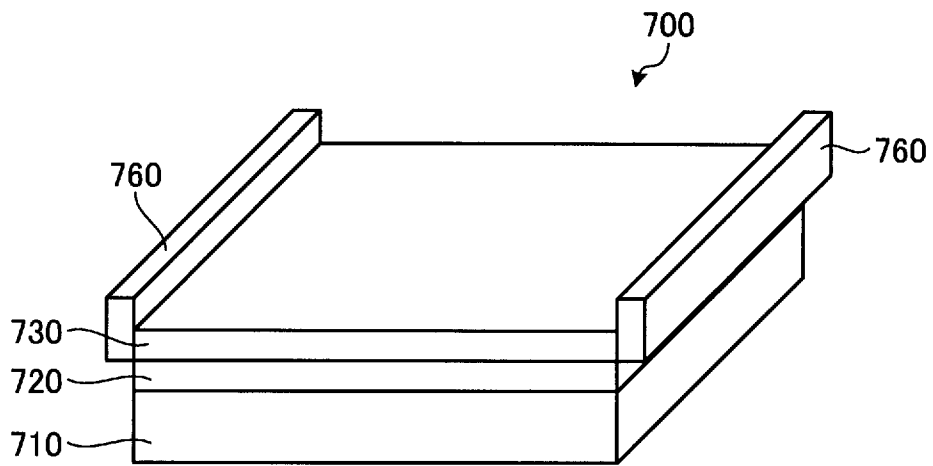
[図4]



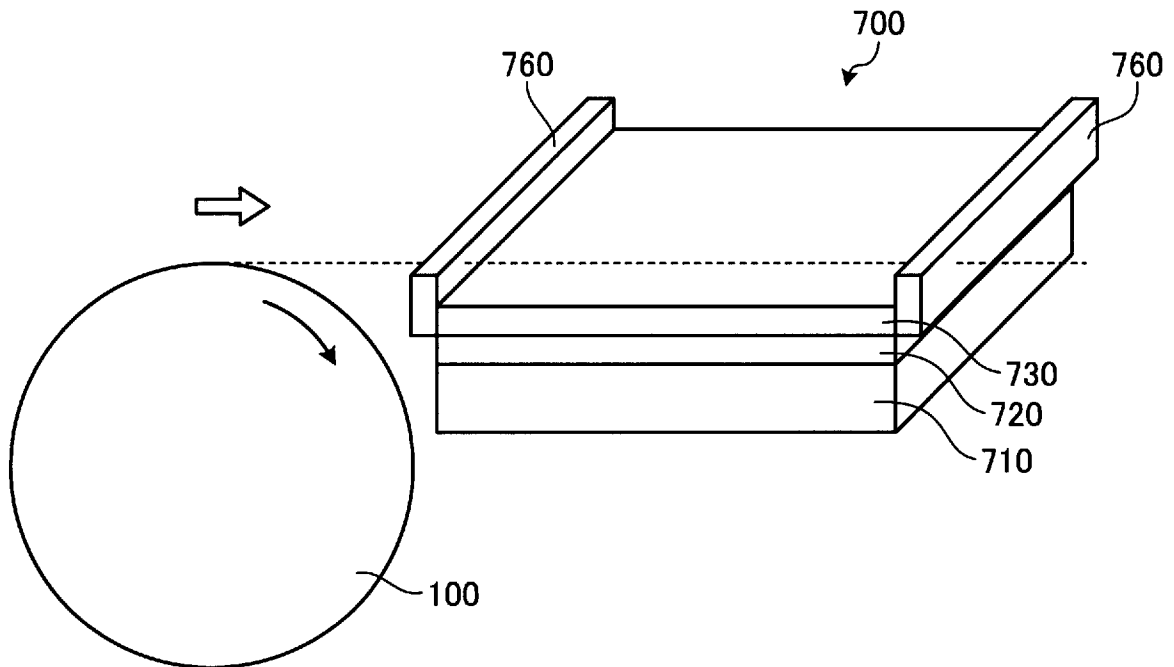
[図5]



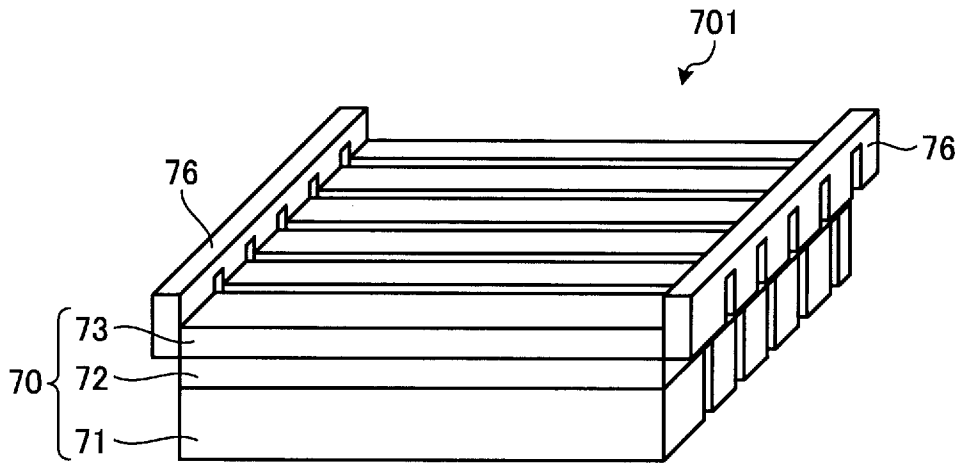
[図6]



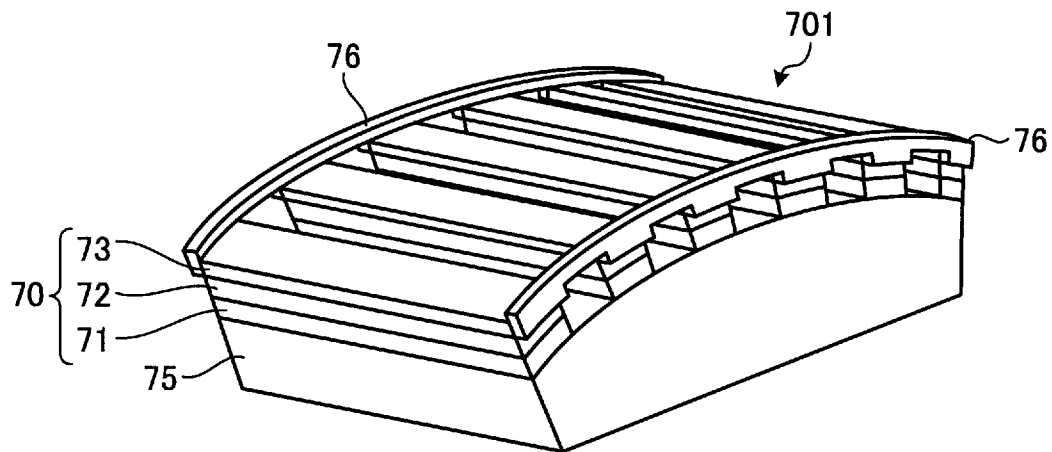
[図7]



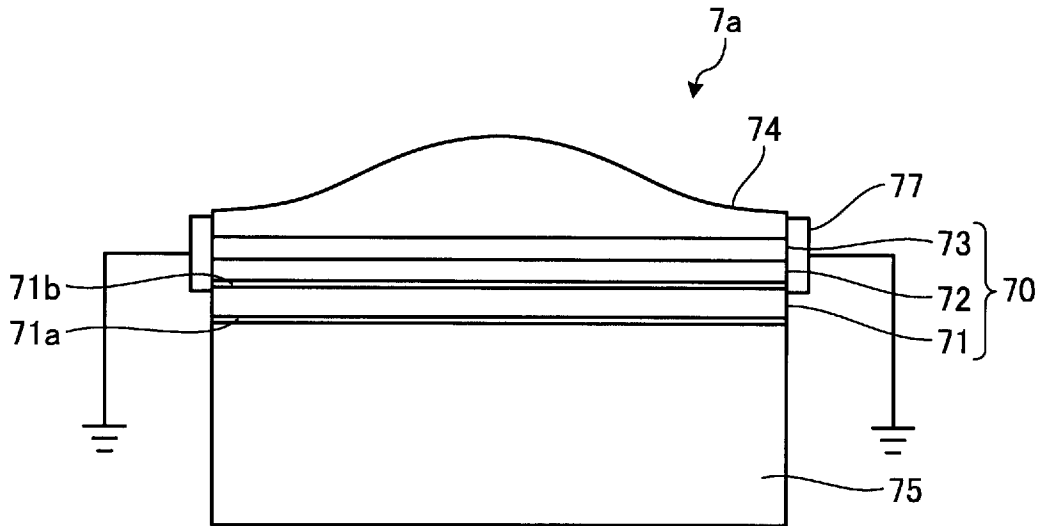
[図8]



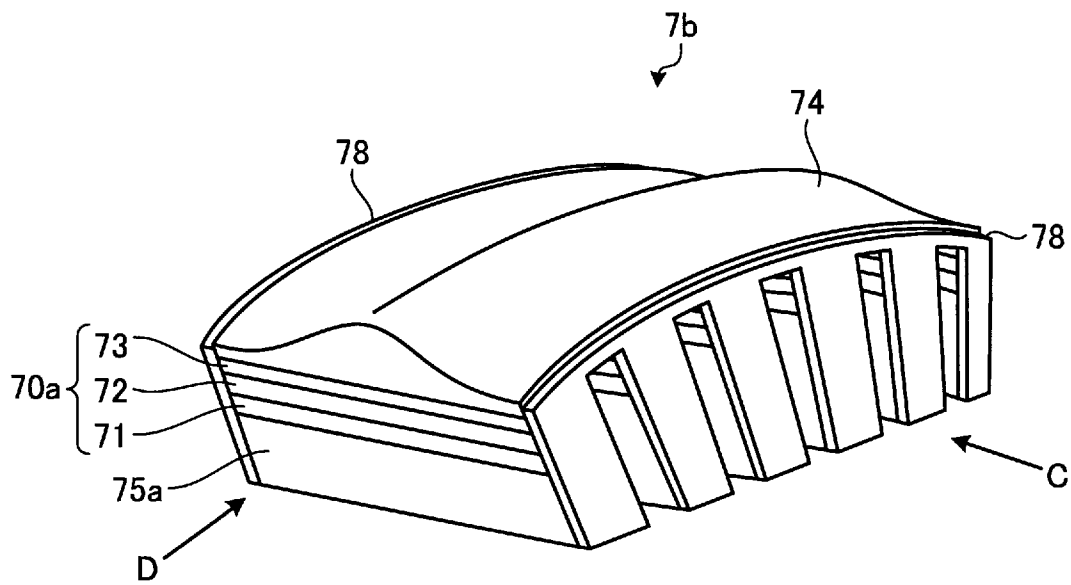
[図9]



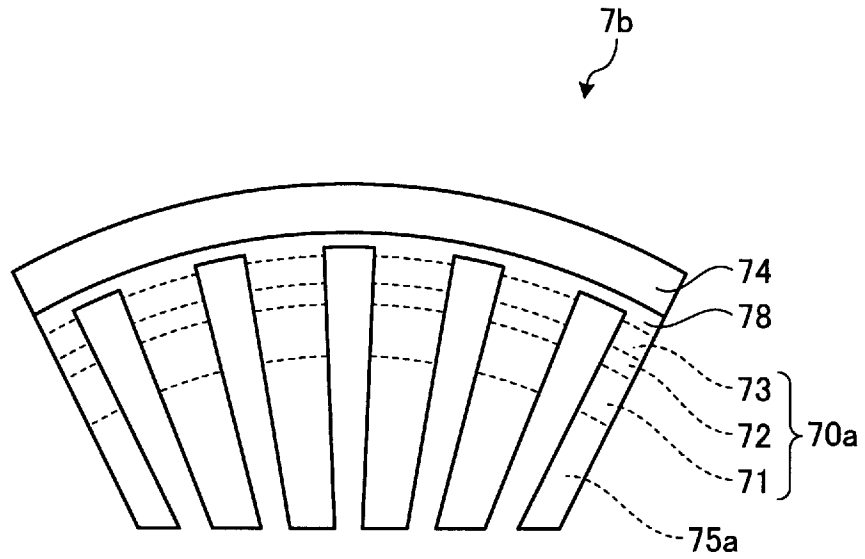
[図10]



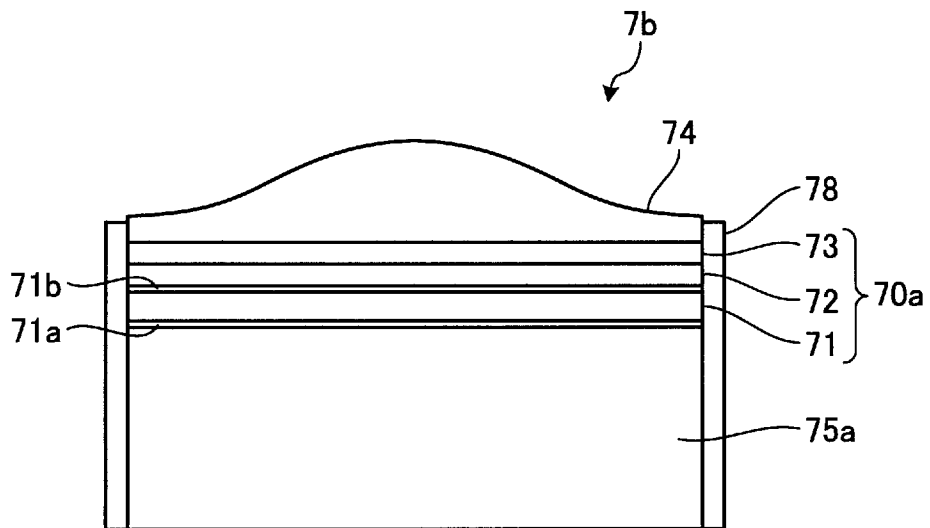
[図11]



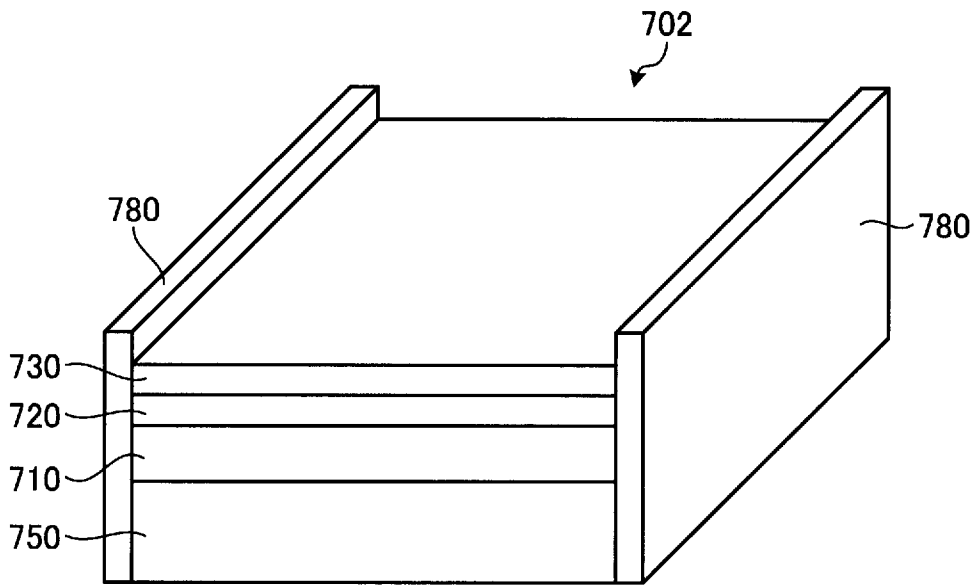
[図12]



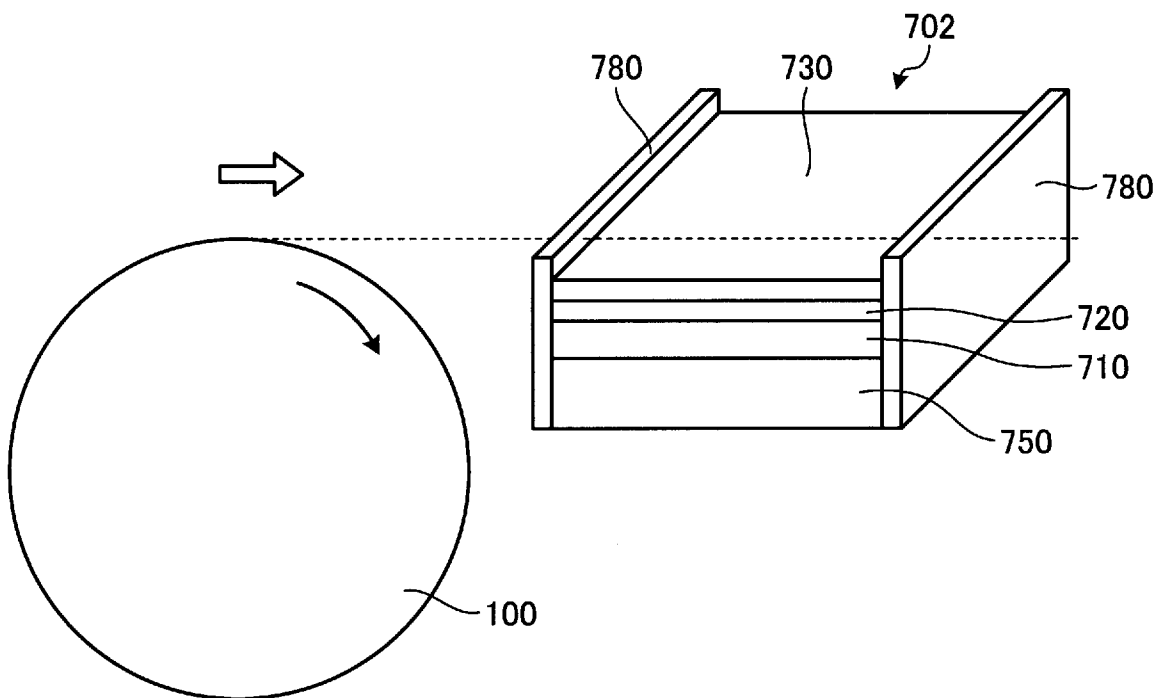
[図13]



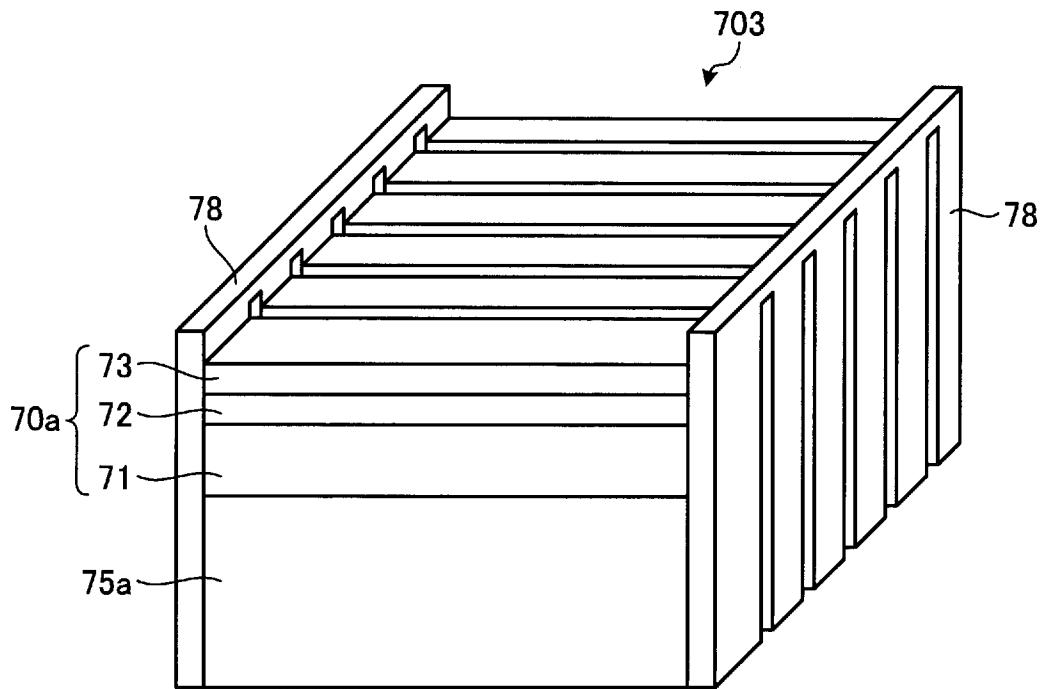
[図14]



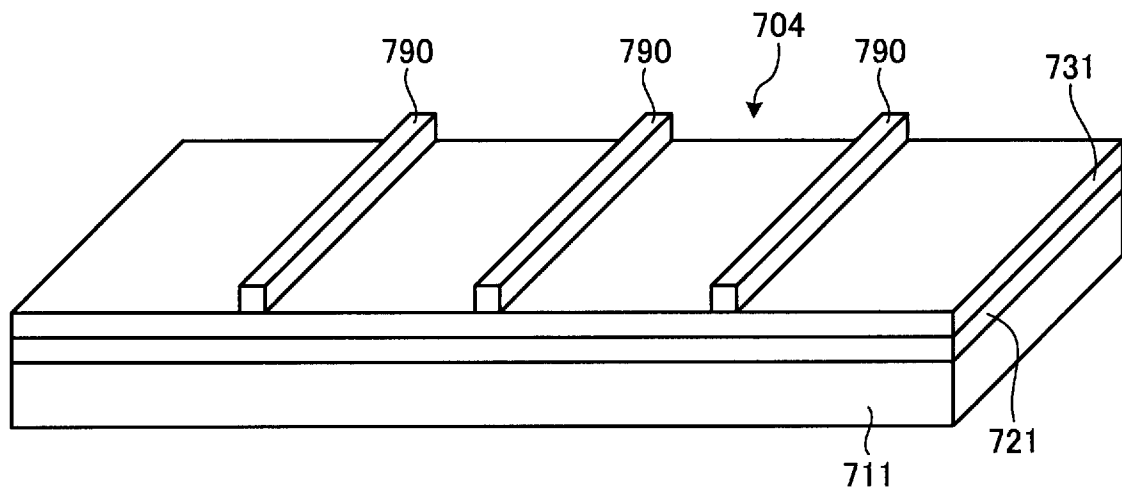
[図15]



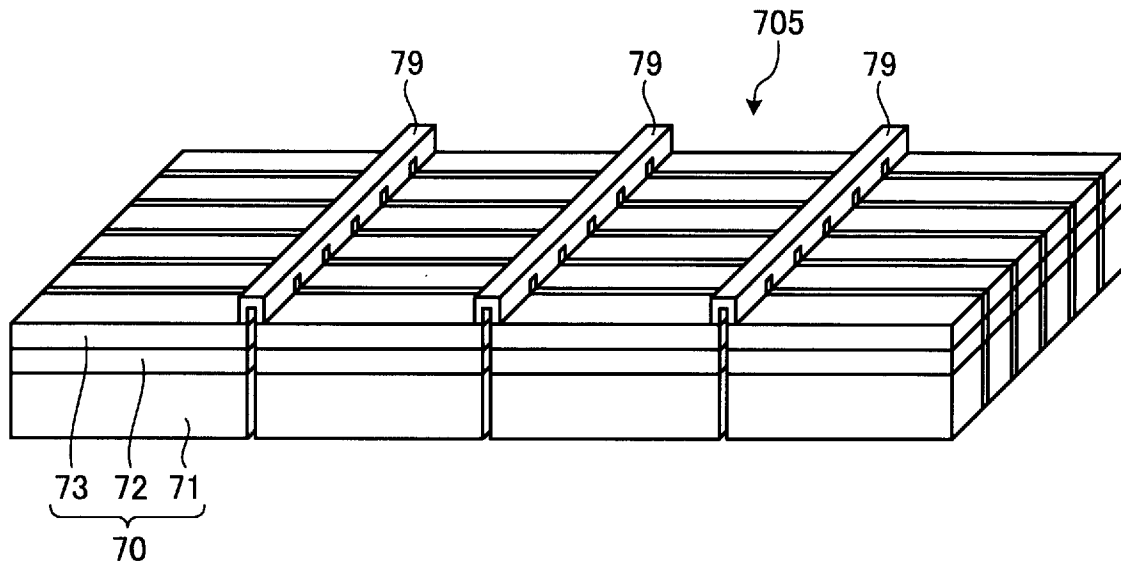
[図16]



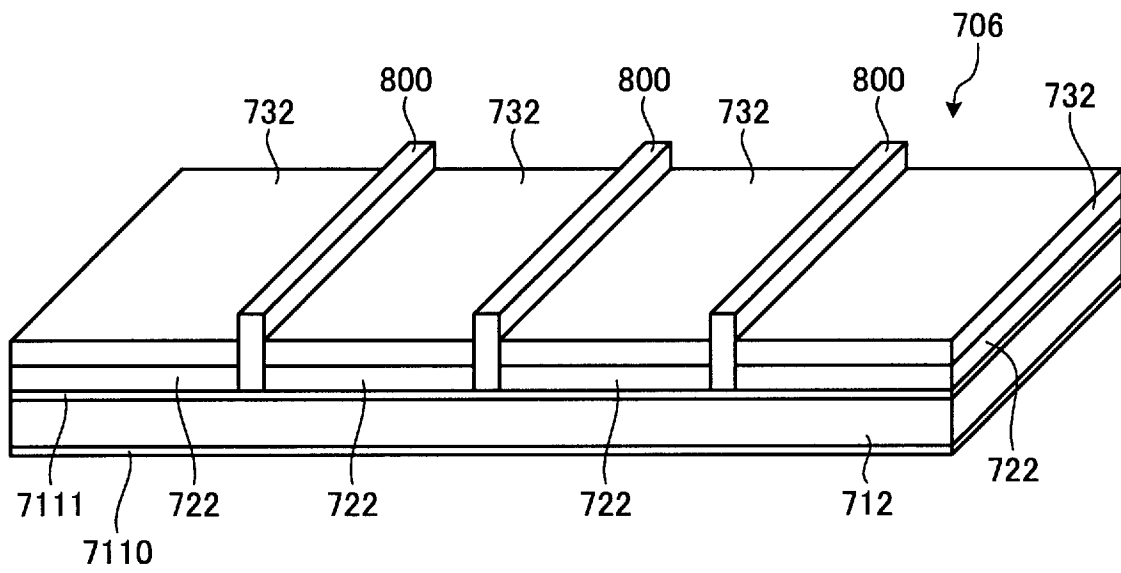
[図17]



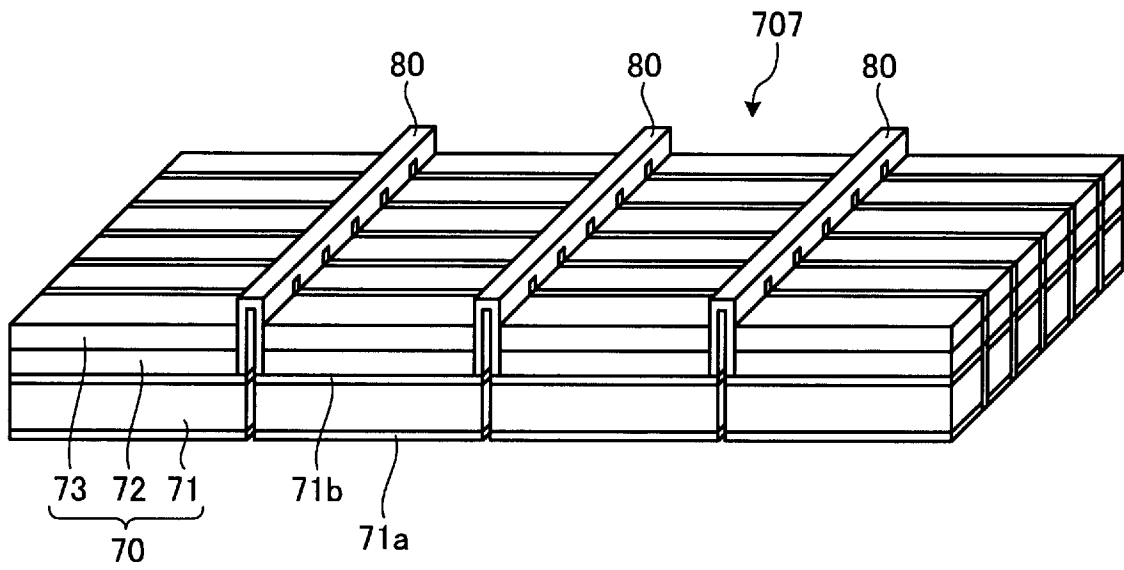
[図18]



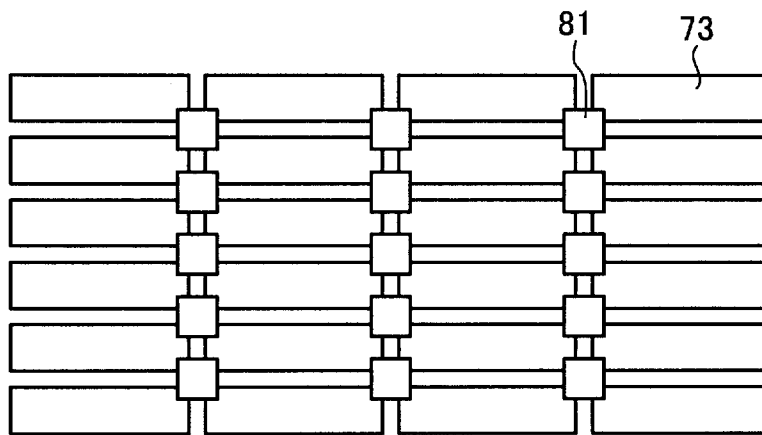
[図19]



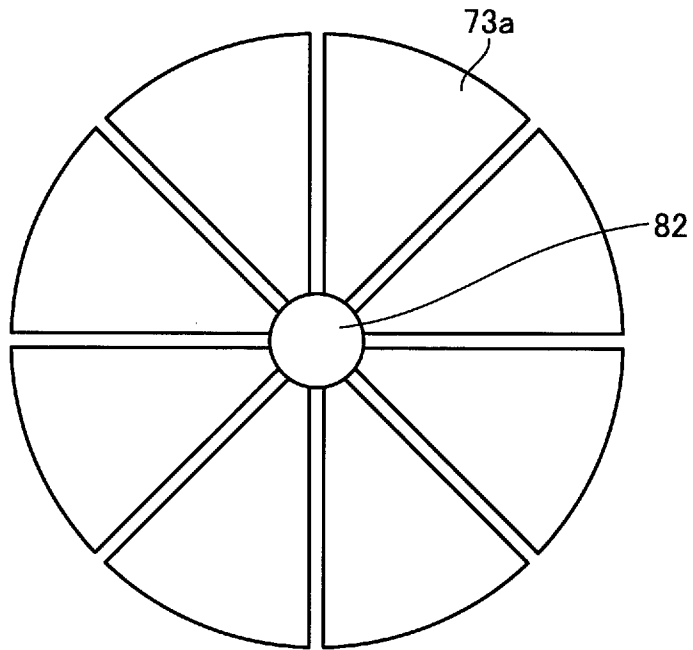
[図20]



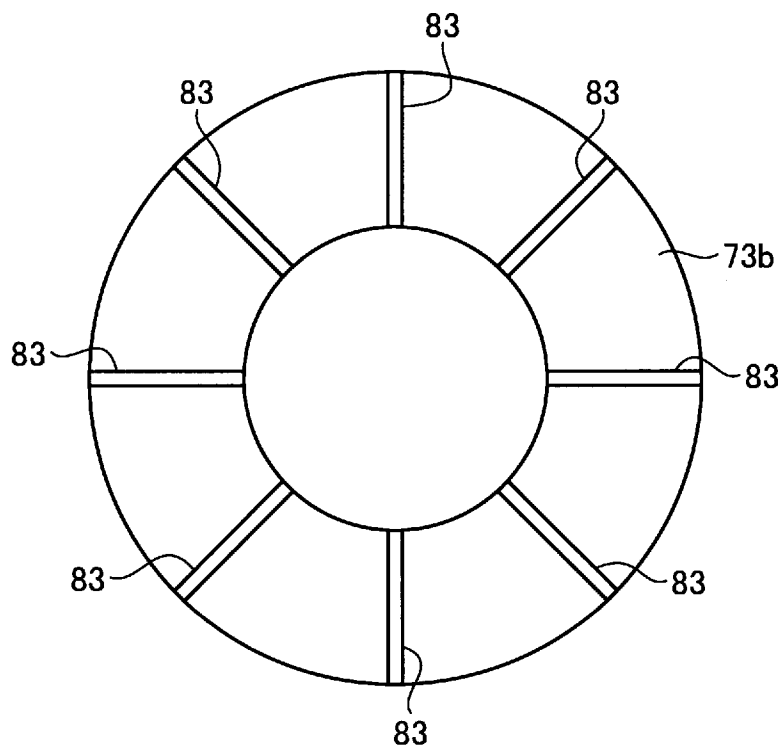
[図21]



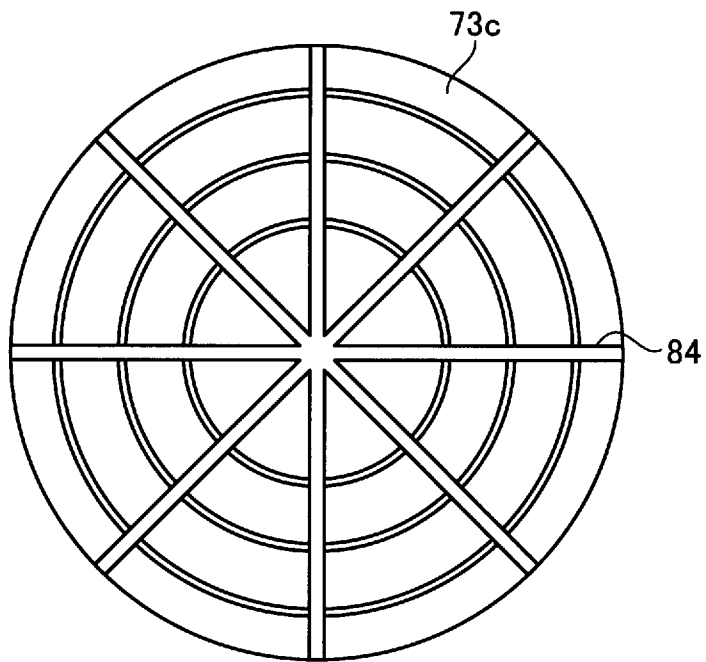
[図22]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/068538

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 A61B8/14(2006.01) i, A61B8/12(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 A61B8/14, A61B8/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2016 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2016 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2016 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | WO 2013/114968 A1 (Olympus Medical Systems Corp.), 08 August 2013 (08.08.2013), paragraph [0008] & JP 5315486 B1 & US 2013/0286786 A1 paragraph [0010] & EP 2671515 A1 & CN 103429166 A | 1-9 |
| A | JP 8-89505 A (Toshiba Corp.), 09 April 1996 (09.04.1996), paragraphs [0012], [0020] & US 5810009 A column 2, line 65 to column 3, line 4; column 6, line 55 to column 7, line 7 | 1-9 |

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

| | |
|---|--|
| * Special categories of cited documents: | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | |

| | |
|--|---|
| Date of the actual completion of the international search 13 July 2016 (13.07.16) | Date of mailing of the international search report 26 July 2016 (26.07.16) |
|--|---|

| | |
|--|---|
| Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan | Authorized officer Telephone No. |
|--|---|

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/068538

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A | Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 145369/1980 (Laid-open No. 67479/1982) (Kureha Chemical Industry Co., Ltd.), 22 April 1982 (22.04.1982), specification, page 3, line 19 to page 4, line 5 (Family: none) | 1-9 |

| | | |
|--|---|----------------|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. A61B8/14(2006.01)i, A61B8/12(2006.01)i | | |
| B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. A61B8/14, A61B8/12 | | |
| 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2016年 日本国実用新案登録公報 1996-2016年 日本国登録実用新案公報 1994-2016年 | | |
| 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） | | |
| C. 関連すると認められる文献 | | |
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 |
| A | WO 2013/114968 A1（オリンパスメディカルシステムズ株式会社） 2013.08.08, [0008] & JP 5315486 B1 & US 2013/0286786 A1, [0010] & EP 2671515 A1 & CN 103429166 A | 1-9 |
| A | JP 8-89505 A（株式会社東芝）1996.04.09, [0012], [0020] & US 5810009 A, 第2欄第65行～第3欄第4行, 第6欄第55行～第7 欄第7行 | 1-9 |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。 | | |
| * 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献 | | |
| 国際調査を完了した日 13.07.2016 | 国際調査報告の発送日 26.07.2016 | |
| 国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | 特許庁審査官（権限のある職員） 宮澤 浩 電話番号 03-3581-1101 内線 3292 | 2U 9407 |

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|--|----------------|
| 引用文献の カテゴリ* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 |
| A | 日本国実用新案登録出願55-145369号(日本国実用新案登録出願公開57-67479号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム(呉羽化学工業株式会社)1982.04.22, 明細書第3頁第19行~第4頁第5行(ファミリーなし) | 1-9 |