

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

表面に第 1 領域と第 2 領域とを有している支持部材と、
前記第 1 領域に位置している超音波素子と、
前記第 2 領域に対して隙間を介して対向している状態で前記支持部材に実装されている
集積回路素子と、
前記隙間に位置しているキャパシタと、
を有している超音波デバイス。

【請求項 2】

前記支持部材は、前記第 1 領域に開口しているキャビティを有しており、
前記超音波素子は、前記キャビティを塞ぐように前記第 1 領域に重なっているメンブレ
ンを有している圧電素子である
請求項 1 に記載の超音波デバイス。

10

【請求項 3】

前記第 1 領域及び前記第 2 領域は互いに同一方向に面しており、
前記超音波素子は、圧電体を有しており、
前記キャパシタは、
前記圧電体と同一材料からなる誘電体と、
前記誘電体を挟んで対向している 1 対の電極と、を有している
請求項 1 又は 2 に記載の超音波デバイス。

20

【請求項 4】

前記集積回路素子と前記支持部材との間に介在しているとともに、前記集積回路素子と
前記キャパシタとの間に介在しているアンダーフィルを更に有している
請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイス。

【請求項 5】

前記集積回路素子と前記支持部材との間に介在しているとともに、前記集積回路素子と
前記キャパシタとの間に、真空とされている、又は気体が存在している空間を構成してい
るアンダーフィルを更に有している
請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイス。

30

【請求項 6】

前記キャパシタは、誘電体を含んでおり、
前記アンダーフィルと前記キャパシタとは接しており、
前記アンダーフィルの音響インピーダンスと前記誘電体の音響インピーダンスとの差が
、前記アンダーフィルの音響インピーダンスと前記支持部材の音響インピーダンスとの差
及び前記誘電体の音響インピーダンスと前記支持部材の音響インピーダンスとの差の少な
くとも一方よりも大きい
請求項 4 又は 5 に記載の超音波デバイス。

【請求項 7】

前記アンダーフィルの音波に係る減衰定数が前記支持部材の音波に係る減衰定数よりも
大きい
請求項 4 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイス。

40

【請求項 8】

前記アンダーフィルは、
熱硬化性樹脂と、
前記熱硬化性樹脂に混ぜ込まれた金属からなるフィラーと、を有している
請求項 4 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイス。

【請求項 9】

前記キャパシタは、誘電体を含んでおり、
前記アンダーフィルと前記キャパシタとは接しており、
前記誘電体の熱伝導率が前記アンダーフィルの熱伝導率よりも高い

50

請求項 4 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイス。

【請求項 1 0】

前記キャパシタは、誘電体を含んでおり、

前記アンダーフィルの弾性定数が前記誘電体の弾性定数よりも大きい

請求項 4 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイス。

【請求項 1 1】

音波に係る減衰定数が前記支持部材における音波に係る減衰定数よりも大きい減衰材を更に有しており、

前記第 1 領域及び前記第 2 領域は互いに同一方向に面しており、

前記減衰材は、前記支持部材に対して前記第 1 領域及び前記第 2 領域の背面側に重なっており、平面透視において前記第 1 領域に重なっていると同時に前記第 2 領域に重なっている

10

請求項 1 ~ 1 0 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイス。

【請求項 1 2】

前記第 1 領域及び前記第 2 領域は互いに同一方向に面しており、

前記第 2 領域は、前記第 1 領域よりも前記第 1 領域の背面側に位置している

請求項 1 ~ 1 1 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイス。

【請求項 1 3】

前記集積回路素子は、前記第 2 領域上にてフリップチップ実装されているペアチップである

20

請求項 1 ~ 1 2 のいずれか 1 項に記載の超音波デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は、超音波の送信及び / 又は超音波の受信を行う超音波デバイスに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

人体の断面画像を得るための超音波プローブ等の種々の超音波デバイスが知られている（例えば特許文献 1）。特許文献 1 は、血管内超音波検査法（IVUS：intravascular ultrasound）に利用されるデバイスを開示している。このデバイスでは、カテーテル内に超音波アセンブリが配置されている。この超音波アセンブリでは、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）の一部領域に超音波の送受信用の超音波振動子が設けられているとともに、MEMS の他の領域に集積回路素子が実装されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【特許文献 1】特表 2 0 1 8 - 5 2 0 7 4 4 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

40

小型化に有利な超音波デバイスが提供されることが望まれる。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 5】

本開示の一態様に係る超音波デバイスは、表面に第 1 領域と第 2 領域とを有している支持部材と、前記第 1 領域に位置している超音波素子と、前記第 2 領域に対して隙間を介して対向している状態で前記支持部材に実装されている集積回路素子と、前記隙間に位置しているキャパシタと、を有している。

【発明の効果】

【0 0 0 6】

上記の構成によれば、小型化に有利である。

50

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】実施形態に係る超音波デバイスの外観を示す斜視図である。

【図2】図1のII-II線における断面図である。

【図3】図1の超音波デバイスにおける超音波素子の構成を示す断面図である。

【図4】図1の超音波デバイスにおけるIC及びその周辺の構成を示す断面図である。

【図5】図1の超音波デバイスにおけるアンダーフィルの構成を示す断面図である。

【図6】変形例の構成を示す断面図である。

【図7】他の変形例の構成を示す断面図である。

【図8】超音波デバイスの応用例としての超音波診断装置の構成を模式的に示すブロック図である。 10

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、図面を参照して本開示に係る実施形態について説明する。以下の図面は、模式的なものである。従って、細部は省略されることがあり、また、寸法比率等は現実のものと必ずしも一致しない。複数の図面相互の寸法比率も必ずしも一致しない。部材の形状が円形及び多角形等によって説明されていても、実施形態の趣旨から逸脱しない大きさで、角部が面取りされていたり、辺に凸部または凹部が形成されていたりしてもよい。

【0009】

図面には、便宜上、実施形態に係る超音波デバイスに固定の直交座標系D1-D2-D3を付すことがある。超音波デバイスは、いずれの方向が上方又は下方とされてもよいものであるが、以下の説明では、便宜上、+D3方向を上方として、上部又は下部等の語を用いることがある。また、以下において平面視という場合、特に断りがない限りは、D3方向に見ることをいうものとする。 20

【0010】

本実施形態の説明では、材料名を例示することがあるが、特に断りが無い限り、その材料名は、主成分を指すものとし、材料には適宜に不純物及び/又は添加物が含まれていてよいものとする。主成分は、例えば、材料の50質量%以上又は80質量%以上を占める成分である。

【0011】

[超音波デバイス]

(超音波デバイスの概略構成)

図1は、実施形態に係る超音波デバイス1の外観を示す斜視図である。図2は、図1のII-II線における断面図である。

【0012】

超音波デバイス1は、+D3側への超音波の送信及び/又は+D3側からの超音波の受信を行うように構成されている。ここでいう超音波の送信及び受信についての+D3側は、D3軸に平行とは限らない。

【0013】

超音波デバイス1の概略の外形及びその寸法は、超音波デバイス1が利用される技術分野及び超音波デバイス1に要求される機能等に応じて適宜に設定されてよい。図示の例では、超音波デバイス1の概略の外形は、薄型の直方体状とされている。また、超音波デバイス1は、比較的小型に構成されてよく、また、MEMSとして構成されてもよい。超音波デバイス1が比較的小型である場合の寸法の一例を挙げると、D1方向及びD2方向のそれぞれにおける長さは、0.3mm以上3mm以下であり、D3方向における長さは、0.05mm以上3mm以下である。 40

【0014】

超音波デバイス1は、例えば、支持基板3と、支持基板3の第1面3aに設けられている複数の機能部(5、7等)と、支持基板3の第1面3aとは反対側の第2面3bに貼合わされている減衰材11とを有している。支持基板3は、例えば、各種の機能部の支持 50

に寄与するとともに、超音波デバイス 1 と外部の機器との接続に寄与する。減衰材 11 は、例えば、不要な振動の減衰に寄与する。

【0015】

支持基板 3 の第 1 面 3a 上の複数の機能部は、例えば、アレイ部 5 を含む。アレイ部 5 は、複数の超音波素子 13 (図 1) が第 1 面 3a に沿って配列されて構成されている。各超音波素子 13 は、電気信号を超音波に変換し、及び / 又は超音波を電気信号に変換する。すなわち、超音波素子 13 は、超音波の送信及び / 又は受信を直接に担うトランスデューサである。図 1 において複数の超音波素子 13 の境界線は概念的なものであり、図示のような境界線が実際に観察されるわけではない。

【0016】

また、第 1 面 3a 上の複数の機能部は、例えば、IC (Integrated Circuit) 7 と、キャパシタ 9 (図 2) とを含んでいる。IC 7 は、アレイ部 5 と電氣的に接続されており、アレイ部 5 への電気信号 (駆動信号) の入力及び / 又はアレイ部 5 からの電気信号 (検出信号) の取り出しに寄与する。キャパシタ 9 は、アレイ部 5 及び / 又は IC 7 と電氣的に接続されており、種々の用途に利用される。

【0017】

支持基板 3 の第 1 面 3a は、第 1 領域 3aa と第 2 領域 3ab とを有している。アレイ部 5 は、第 1 領域 3aa に設けられている。IC 7 は、第 2 領域 3ab に実装されている。すなわち、アレイ部 5 及び IC 7 は、第 1 面 3a 上の互いに異なる領域に設けられている。

【0018】

IC 7 は、IC 7 と第 2 領域 3ab との間に介在する複数のバンプ 25 (図 2) によって第 2 領域 3ab に接合されている (実装されている)。従って、IC 7 と第 2 領域 3ab とは、隙間を介して対向している。その隙間には、キャパシタ 9 が位置している。このような配置によって、超音波デバイス 1 は、小型化が図られている。また、隙間には、アンダーフィル 35 が充填されている。

【0019】

以下、超音波デバイス 1 の各部の詳細について説明する。

【0020】

(支持基板)

支持基板 3 は、既述のように、第 1 面 3a と、その背面の第 2 面 3b とを有している。支持基板 3 は、例えば、概略、平板状であり、第 1 面 3a 及び第 2 面 3b は互いに平行な平面状である。ただし、後述するように、支持基板 3 には、第 1 領域 3aa において、超音波素子 13 の一部とみなすことが可能なキャビティ 3c (図 3 参照) が形成されるなど、厳密には平板状ではない。

【0021】

支持基板 3 の平面形状及び寸法は適宜に設定されてよい。上述した超音波デバイス 1 の D1 - D2 平面における形状及び寸法の説明は、支持基板 3 の平面視における形状及び寸法に援用されてよい。第 1 面 3a は、アレイ部 5 及び IC 7 の配置に必要な十分な広ささとされていてよい (図示の例)、不図示の他の電子素子を実装可能にすることなどを目的として図示よりも広くされていてよい。前者の場合、第 1 面 3a の面積のうち 6 割以上又は 8 割以上がアレイ部 5 及び IC 7 によって占められてよい。

【0022】

支持基板 3 の平面形状、並びに第 1 領域 3aa 及び第 2 領域 3ab の相対位置等は適宜に設定されてよい。図示の例では、支持基板 3 の平面形状は、長方形とされており、その長手方向に第 1 領域 3aa 及び第 2 領域 3ab が並んでいる。図示の例とは異なり、支持基板 3 の平面形状は、正方形とされてもよいし、矩形以外の多角形とされてもよいし、円形又は楕円形とされてもよい。第 1 領域 3aa (アレイ部 5) の広さ及び第 2 領域 3ab (IC 7) の広さは、同等であってもよいし、一方が他方よりも広くてもよい。

【0023】

10

20

30

40

50

図示の例では、アレイ部 5 及び IC 7 は、その並び方向に直交する方向 (D 2 方向) の長さが比較的近い長さ (例えば両者の差はアレイ部 5 の D 2 方向の長さの 4 割以下又は 2 割以下) とされている。この場合、例えば、支持基板 3 のデッドスペースを低減できる。また、図示の例では、アレイ部 5 と IC 7 との距離は、比較的近く、例えば、第 1 面 3 a の D 1 方向の長さの 3 割以下又は 1 割以下とされている。

【0024】

支持基板 3 の材料は任意である。支持基板 3 は、その全体が 1 つの材料によって構成されていてもよいし、複数の材料が組み合わされて構成されていてもよい。支持基板 3 の材料は、例えば、無機絶縁材料又は有機絶縁材料である。より具体的には、例えば、支持基板 3 は、シリコン (Si) 等の絶縁材料によって一体的に形成されてよい。また、例えば、支持基板 3 は、シリコン等の絶縁材料によって概ね全体が一体的に形成されているとともに、上面及び / 又は下面に SiO₂ 等の他の絶縁材料からなる層を有していてもよい。

【0025】

(超音波素子)

図 3 は、1 つの超音波素子 13 の構成を示す断面図であり、図 1 の III - III 線に対応している。

【0026】

超音波素子 13 は、例えば、所定の波形 (例えば矩形波又は正弦波) で電圧が変化する電気信号が入力されると、その波形を反映した (例えば周波数及び振幅を反映した) 振動を生じ、ひいては、振動の波形を反映した超音波を生成する。これにより、超音波の送信が行われる。及び / 又は、超音波素子 13 は、超音波が入射すると、その超音波の波形を反映した振動を生じ、その振動の波形を反映した電気信号を生成する。これにより、超音波の受信が行われる。

【0027】

既述のように、支持基板 3 には、第 1 面 3 a に開口するキャビティ 3 c が形成されている。超音波素子 13 は、キャビティ 3 c を塞いでいるメンブレンによって構成されている。そして、超音波素子 13 は、キャビティ 3 c 側 (-D 3 側) 及びキャビティ 3 c とは反対側 (+D 3 側) の少なくとも一方への撓み変形を伴う振動を生じる。この振動によって、超音波の送信及び / 又は受信が行われる。すなわち、超音波素子 13 は、撓み振動型のものである。

【0028】

撓み振動型の超音波素子としては、例えば、pMUT (Piezoelectric Micromachined Ultrasonic Transducer) 等の圧電式の素子、及び cMUT (Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer) 等の容量式の素子を挙げることができる。本実施形態では、pMUT を例に取る。また、撓み振動型の圧電素子としては、例えば、バイモルフ型の素子及びユニモルフ型のものを挙げることができる。本実施形態では、ユニモルフ型の素子を例に取る。

【0029】

キャビティ 3 c は、例えば、超音波素子 13 毎に設けられている。従って、第 1 面 3 a には複数のキャビティ 3 c が配列されている。キャビティ 3 c の形状及び寸法は適宜に設定されてよい。例えば、キャビティ 3 c の第 1 面 3 a への開口形状は、円形又は多角形とされてよい。また、キャビティ 3 c は、図示の例では、断面視において矩形であるが、台形等とされてもよい。キャビティ 3 c の第 1 面 3 a における開口の径は適宜に設定されてよく、一例を挙げると、10 µm 以上 100 µm 以下である。

【0030】

1 つの超音波素子 13 は、平面視において、概ね、1 つのキャビティ 3 c と重なる大きさを有している。超音波素子 13 は、その中央が振動の腹となり、外縁が振動の節となる 1 次モードの振動に関して、共振周波数が超音波の周波数帯に位置するように構成されている。超音波の周波数帯は、例えば、20 kHz 以上の周波数帯である。超音波の周波数の上限について、特に規定は存在しないが、例えば、上限は、5 GHz である。超音波素

10

20

30

40

50

子 1 3 の厚さは適宜に設定されてよく、一例を挙げると、 $2\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下である。

【0031】

超音波素子 1 3 は、例えば、支持基板 3 側から順に積層された、振動層 1 5、下部電極 1 7、圧電体層 1 9 及び上部電極 2 1 を有している。特に図示しないが、超音波素子 1 3 は、この他、上部電極 2 1 を覆う保護膜等を有していてもよい。

【0032】

振動層 1 5 は、例えば、一定の厚さの層状である。振動層 1 5 は、複数（例えば全部）の超音波素子 1 3 に亘る広さで設けられていてもよいし、超音波素子 1 3 毎に設けられていてもよい（複数の超音波素子 1 3 間で互いに分離されていてもよい。）。振動層 1 5 の厚さは適宜に設定されてよい。例えば、振動層 1 5 の厚さは、圧電体層 1 9 の厚さに対して、薄くてもよいし、同等でもよいし、厚くてもよい。

10

【0033】

振動層 1 5 は、例えば、絶縁材料によって形成されている。絶縁材料は、無機材料でも有機材料でもよく、より具体的には、例えば、シリコン、二酸化シリコン（ SiO_2 ）又は窒化シリコン（ SiN ）である。振動層 1 5 は、互いに異なる材料からなる複数の層が積層されて構成されていてもよい。例えば、振動層 1 5 は、シリコンと、その下面に重なる SiO_2 とによって構成されていてもよい。特に図示しないが、下部電極 1 7 又は上部電極 2 1 を振動層に兼用することも可能である。

20

【0034】

圧電体層 1 9 は、例えば、一定の厚さの層状である。圧電体層 1 9 は、複数（例えば全部）の超音波素子 1 3 に亘る広さで設けられていてもよいし、超音波素子 1 3 毎に設けられていてもよい（複数の超音波素子 1 3 間で互いに分離されていてもよい。）。圧電体層 1 9 の厚さは適宜に設定されてよい。一例を挙げると、圧電体層 1 9 の厚さは、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 以下である。

【0035】

圧電体層 1 9 は、単結晶によって構成されていてもよいし、多結晶によって構成されていてもよい。圧電体層 1 9 の材料は、例えば、窒化アルミニウム（ AlN ）、チタン酸バリウム（ BaTiO_3 ）、ニオブ酸カリウムナトリウム（ $\text{KNN}:(\text{K}, \text{Na})\text{NbO}_3$ ）、チタン酸ピスマスナトリウム（ $\text{NBT}:\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ ）及びチタン酸ジルコン酸鉛（ $\text{PZT}:\text{Pb}(\text{Zr}_x, \text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ ）である。上記の例示からも理解されるように、圧電体は、強誘電体であってもなくてもよいし、焦電体であってもなくてもよい。また、結晶構造は、ペロブスカイト型又はウルツ鉱型等の適宜なものであってもよい。

30

【0036】

圧電体層 1 9 の分極軸方向（単結晶においては電気軸・X 軸）は、圧電体層 1 9 の厚み方向とされている。圧電体層 1 9 が多結晶である場合において、分極は、圧電体層 1 9 の全体に亘ってなされていてもよいし、一部においてのみなされていてもよい。上記一部は、キャビティ 3 c に重なる領域よりも広くてもよいし、当該領域と一致してもよいし、当該領域よりも狭くてもよい。

40

【0037】

下部電極 1 7 及び上部電極 2 1 は、圧電体層 1 9 をその厚さ方向（別の観点では分極方向）において挟んで対向している。下部電極 1 7 及び上部電極 2 1 は、互いに同一の構成（平面形状、厚さ及び材料等）であってもよいし、互いに異なる構成であってもよい。

【0038】

下部電極 1 7 及び上部電極 2 1 それぞれは、例えば、一定の厚さの層状であり、平面視においてキャビティ 3 c に重なるベタ状電極である。平面視において、各電極の外縁は、例えば、キャビティ 3 c の外縁に概ね一致している。下部電極 1 7 及び上部電極 2 1 の少なくとも一方は、複数（例えば全部）の超音波素子 1 3 に亘る広さを有していてもよい。各電極の厚さは適宜に設定されてよい。通常、各電極の厚さは、圧電体層 1 9 及び振動層

50

15の厚さに比較して薄い。

【0039】

各電極の材料は、例えば、適宜な金属及び/または酸化物導電薄膜の層とされてよい。金属は、例えば、金(Au)、白金(Pt)、アルミニウム(Al)、銅(Cu)、チタン(Ti)若しくはクロム(Cr)又はこれらを含む合金である。また、酸化物導電薄膜は、例えば、SROまたはLNOなどのペロブスカイト構造の導電材料などを用いることができる。各電極は、上記で示した互いに異なる材料からなる複数の層が積層されて構成されていてもよい。

【0040】

下部電極17及び上部電極21によって圧電体層19に分極の向きと同じ向きで電界が印加されると、圧電体層19の下部電極17及び上部電極21に挟まれた部分は、平面方向(D1軸方向及びD2軸方向)に縮小する。この縮小は、振動層15によって規制されるから、超音波素子13は、パイメタルのようにキャビティ3c側へ撓む(変位する)。逆に、分極の向きと逆の向きで電界が印加されると、超音波素子13は、キャビティ3cとは反対側へ撓む。

【0041】

上記のような超音波素子13の変位によって、超音波素子13の周囲の媒質(例えば流体)においては圧力波が形成される。そして、所定の波形で電圧が変化する電気信号が下部電極17及び上部電極21に入力されることによって、その電気信号の波形(例えば周波数)を反映した超音波が生成される。

【0042】

超音波の送信について述べたが、超音波の受信は、送信時とは逆の原理によって実現される。超音波素子13は、例えば、超音波信号の送信を間欠的に行い、超音波信号の送信が行われていない間において超音波信号の受信を行う。これにより、超音波素子13は、例えば、自らが送信し、反射して帰ってきた超音波信号を受信する。

【0043】

(アレイ部)

アレイ部5は、既述のように、複数の超音波素子13が第1面3aに沿って配列されることによって構成されている。複数の超音波素子13が配列されていることによって、例えば、超音波の指向性を強くしたり、電子式走査を実現したりすることができる。複数の超音波素子13は、互いに同一の電気信号が入力されるものであってもよいし、互いに異なる電気信号(例えば、電子式走査のための、位相が若干ずれた電気信号)が入力されるものであってもよい。

【0044】

アレイ部5が含む複数の超音波素子13の構成は、例えば、互いに同一である。また、アレイ部5が含む複数の超音波素子13は、既述の超音波素子13の説明から理解されるように、一部の層が共通化されていてもよいし、互いに分離されていてもよい。複数の超音波素子13の配列方向及び配列数は適宜に設定されてよい。例えば、複数の超音波素子13は、図示の例のように2次元的に配列されてもよいし、図示とは異なり、1次元的に配列されてもよい。2次元的な配列は、例えば、図示の例のような行列状の配列であってもよいし、隣り合う列同士で超音波素子13の位置が半ピッチずれている配列であってもよい。配列方向は、第1領域3aa及び第2領域3abの並び方向に対して平行な方向及び/又は直交する方向であってもよいし、前記並び方向に傾斜する方向であってもよい。複数の超音波素子13が2次元的に配列される場合の超音波素子13の数の一例を挙げると、100個以上200個以下である。

【0045】

(IC)

図1及び図2に戻って、IC7は、例えば、超音波素子13に電気信号を入力する送信部、及び/又は超音波素子13からの電気信号が入力される受信部の一部を構成している。送信部は、例えば、発生させたい超音波の波形に相当する波形の電気信号を生成して、

10

20

30

40

50

下部電極 17 及び上部電極 21 の少なくとも一方に入力する。また、受信部は、例えば、下部電極 17 及び上部電極 21 の少なくとも一方から入力された電気信号に対して所定の処理を施す。所定の処理は、例えば、増幅及び / 又はフィルタリングである。

【0046】

図 4 は、図 2 の一部拡大図であり、IC7 及びその周辺を示している。

【0047】

IC7 は、例えば、概略、薄型直方体状の電子部品（図 1 及び図 2 も参照）であり、支持基板 3 の第 1 面 3a に対して対向配置される。IC7 は、その下面に複数の端子 7a を有している。一方、支持基板 3 上には、端子 7a に対向する複数のパッド 23 が設けられている。そして、複数の端子 7a と複数のパッド 23 とが bumps 25 によって接合されることによって、IC7 は支持基板 3 に実装されている。

10

【0048】

図示の例では、パッド 23 は、支持基板 3 の第 1 面 3a に直接に設けられているのではなく、第 1 面 3a に重なる絶縁層 27 の上に形成されている。特に図示しないが、このような絶縁層 27 が設けられずに、第 1 面 3a 上に直接にパッド 23 が設けられてもよいし、逆に、絶縁層 27 以外の他の層の上にパッド 23 が設けられてもよい。絶縁層 27 は支持基板 3 の一部と捉えられてもよい。絶縁層 27 は、製造方法の観点において、振動層 15 と同一の層から作製されてもよいし、異なる層から作製されてもよい。別の観点では、絶縁層 27 は、振動層 15 に対して、材料及び厚さが同一であってもよいし、材料及び / 又は厚さが異なってもよい。絶縁層 27 及び振動層 15 の材料が同じ場合において、絶縁層 27 は、振動層 15 とつながっていてもよいし、分離していてもよい。

20

【0049】

IC7 は、例えば、いわゆるベアチップである。別の観点では、IC7 は、支持基板 3 にフリップチップ実装されている。従って、特に図示しないが、IC7 は、例えば、シリコンチップの - D3 側の面に導体層が配置されることなどによって複数の素子及び電子回路が構成されており、端子 7a は、前記導体層の一部である。IC7 は、ベアチップではなく、上記のシリコンチップを収容するパッケージを有し、パッケージにパッド 23 が設けられたものであってもよい。IC7 の寸法は、IC7 に要求される機能等に応じて適宜に設定されてよい。

【0050】

30

端子 7a 及びパッド 23 の材料については、下部電極 17 及び上部電極 21 の材料の説明が援用されてよい。また、例えば、製造方法の観点において、パッド 23 の全部又は一部は、下部電極 17 の全部又は一部と同一の層から作製されてもよいし、異なる層から作製されてもよい。別の観点では、例えば、パッド 23 は、下部電極 17 の材料及び厚さと同一の材料及び厚さで構成されてもよいし、そのような構成の上に他の材料が積層されることによって構成されてもよいし、前記のいずれでなくともよい。

【0051】

bumps 25 は、例えば、半田によって構成されている。ここでいう半田は、鉛フリー半田を含んでよい。また、bumps 25 は、熱硬化性樹脂に導電性フィラーが混ぜ込まれた導電性接着剤によって構成されていてもよい。

40

【0052】

（キャパシタ）

キャパシタ 9 は、例えば、超音波素子 13 及び / 又は IC7 と電気的に接続されている。キャパシタ 9 の用途は種々のものとされてよい。例えば、キャパシタ 9 は、超音波素子 13 への電気信号又は超音波素子 13 からの電気信号を増幅する共振回路の一部を構成するものであってもよい。また、例えば、キャパシタ 9 は、超音波素子 13 への電気信号又は超音波素子 13 からの電気信号のうち交流成分のみを通過させるものであってもよい。また、例えば、キャパシタ 9 は、超音波素子 13 への電気信号又は超音波素子 13 からの電気信号から不要成分をグランドへ逃がすものであってもよい。

【0053】

50

キャパシタ 9 は、支持基板 3 と IC 7 と間の隙間に 1 つのみ設けられてもよいし、複数設けられてもよい。本実施形態では、前者を例に取って説明する。特に図示しないが、複数のキャパシタ 9 が設けられる場合、複数のキャパシタ 9 は、第 1 面 3 a に沿って配置されていてもよいし、及び / 又は第 1 面 3 a が面する方向に積層的に配置されていてもよい。

【 0 0 5 4 】

キャパシタ 9 は、支持基板 3 上に誘電体 2 9、第 1 電極 3 1 及び第 2 電極 3 3 が配置されて構成されている。より詳細には、例えば、これらはいずれも支持基板 3 の第 1 面 3 a に対して積層的な層状に構成されており、第 1 面 3 a 側から、第 1 電極 3 1、誘電体 2 9 及び第 2 電極 3 3 の順で積層されている。すなわち、キャパシタ 9 は、平行平板型のものである。

10

【 0 0 5 5 】

特に図示しないが、キャパシタ 9 は、図示の構成の他、第 2 電極 3 3 を覆う絶縁層を有していてもよい。また、キャパシタ 9 は、図示の例とは異なり、2 以上の誘電体及び 3 以上の電極が第 1 面 3 a に対して積層された構成であってもよいし、誘電体の下面、上面又は内部に配置された電極が第 1 面 3 a に沿う方向において対向する構成であってもよい。

【 0 0 5 6 】

図示の例では、キャパシタ 9 は、支持基板 3 の第 1 面 3 a に直接に設けられているのではなく、既述の絶縁層 2 7 の上に形成されている。特に図示しないが、このような絶縁層 2 7 が設けられずに、第 1 面 3 a 上に直接にキャパシタ 9 が設けられてもよいし、逆に、絶縁層 2 7 以外の他の層の上にキャパシタ 9 が設けられてもよい。図示の例では、キャパシタ 9 とパッド 2 3 とは、同一平面上に位置しているが、両者は同一平面上に位置していてもよい。

20

【 0 0 5 7 】

誘電体 2 9、第 1 電極 3 1 及び第 2 電極 3 3 それぞれの寸法及び材料等は、キャパシタ 9 に要求される仕様（容量等）に応じて適宜に設定されてよい。

【 0 0 5 8 】

例えば、製造方法の観点において、誘電体 2 9 の全部又は一部は、圧電体層 1 9 の全部又は一部と同一の層から作製されてもよいし、異なる層から作製されてもよい。別の観点では、誘電体 2 9 は、圧電体層 1 9 に対して、材料及び厚さが同一であってもよいし、材料及び / 又は厚さが異なってもよい。前者の場合、キャパシタ 9 の容量は、例えば、誘電体 2 9、第 1 電極 3 1 及び / 又は第 2 電極 3 3 の面積によって調整されてよい。

30

【 0 0 5 9 】

また、例えば、製造方法の観点において、第 1 電極 3 1 の全部又は一部は、下部電極 1 7 の全部又は一部と同一の層から作製されてもよいし、異なる層から作製されてもよい。別の観点では、例えば、第 1 電極 3 1 は、下部電極 1 7 に対して、材料及び厚さが同一であってもよいし、材料及び / 又は厚さが異なってもよい。第 1 電極 3 1 及び下部電極 1 7 について述べたが、第 2 電極 3 3 及び上部電極 2 1 についても同様である。

【 0 0 6 0 】

誘電体 2 9 と圧電体層 1 9 とが同一の材料及び厚さでない場合においても、誘電体 2 9 の材料及び厚さの具体例については、圧電体層 1 9 の材料及び厚さの説明を援用してよい。同様に、第 1 電極 3 1（第 2 電極 3 3）と下部電極 1 7（上部電極 2 1）とが同一の材料及び厚さでない場合における第 1 電極 3 1（第 2 電極 3 3）の材料及び厚さの具体例については、下部電極 1 7（上部電極 2 1）の材料及び厚さの説明を援用してよい。

40

【 0 0 6 1 】

キャパシタ 9 が比較的小さいものである場合について、寸法の一例を示すと、例えば、キャパシタ 9 の厚さは 3 μm 以上 5 μm 以下である。一方、IC 7 と絶縁層 2 7 との隙間の高さは、例えば、10 μm 以上 20 μm 以下である。

【 0 0 6 2 】

（素子同士の接続）

50

アレイ部 5、IC 7 及びキャパシタ 9 同士の接続は、適宜な構成の配線導体によって実現されてよい。例えば、特に図示しないが、アレイ部 5 においては、振動層 1 5（絶縁層 2 7）の上面に位置して下部電極 1 7 に接続されている第 1 配線パターン、及び圧電体層 1 9 の上面に位置して上部電極 2 1 に接続されている第 2 配線パターンが設けられている。第 1 配線パターンは、例えば、IC 7 側へ延びてパッド 2 3 に接続されている。第 2 配線パターンは、例えば、圧電体層 1 9 の上面から圧電体層 1 9 の側面を経由して振動層 1 5（絶縁層 2 7）の上面へ延びてパッド 2 3 に接続されている。圧電体層 1 9 を貫通して第 2 配線パターンと接続される貫通導体と、振動層 1 5 の上面に位置して前記貫通導体と接続されている配線パターンとが設けられることによって、第 2 配線パターンとパッド 2 3 とが接続されていてもよい。下部電極 1 7 及び上部電極 2 1 のパッド 2 3 に対する接続について述べたが、第 1 電極 3 1 及び第 2 電極 3 3 のパッド 2 3（又は下部電極 1 7 及び / 又は上部電極 2 1）に対する接続についても同様とされてよい。また、上記のような配線パターンに加えて、又は配線パターンに代えて、ボンディングワイヤが用いられても構わない。

10

20

30

40

50

【0063】

（減衰材）

減衰材 1 1 は、音響に係る減衰定数（ $m^{-1} \cdot Hz^{-1}$ ）が支持基板 3 よりも大きい材料によって構成されている。これにより、例えば、超音波素子 1 3 で生じた振動が外部へ漏れたり、逆に、外部からの振動が超音波素子 1 3 へ伝わったりする蓋然性が低減される。減衰材 1 1 の材料としては、例えば、弾性材料又は弾性材料に分類されない樹脂が用いられてよい。弾性材料としては、熱硬化性エラストマー（広義のゴム）又は熱可塑性エラストマーを挙げることができる。熱硬化性エラストマーとしては、加硫ゴム（狭義のゴム）及び熱硬化性樹脂系エラストマーを挙げることができる。

【0064】

減衰材 1 1 の平面形状及び各種の寸法は適宜に設定されてよい。例えば、減衰材 1 1 は、平面視において支持基板 3 と概ね一致する形状及び大きさを有している。換言すれば、減衰材 1 1 は、平面透視において、第 1 領域 3 a a（別の観点ではアレイ部 5 又は超音波素子 1 3）に重なっていると同時に、第 2 領域 3 a b（別の観点では IC 7 又はキャパシタ 9）に重なっている。

【0065】

ただし、平面視した際に、支持基板 3 の側面と減衰材 1 1 の側面とが、互いに平行にならないようにそれぞれを位置させてもよい。これにより、支持基板 3 と減衰材 1 1 との間において横方向（面方向）に伝搬する漏れ振動の多重反射を軽減することができて、漏れ振動起因のノイズが超音波素子 1 3 に伝わることを低減できる。

【0066】

減衰材 1 1 と支持基板 3 の第 2 面 3 b との接着は、適宜な方法によってなされてよい。例えば、両者は、その間に介在する熱硬化性樹脂等の接着剤によって接着されていてもよいし、減衰材 1 1 が直接に第 2 面 3 b に接着されていてもよい。接着剤が用いられる場合において、その厚さは適宜に設定されてよく、例えば、 $1 \mu m$ 以下である。

【0067】

（アンダーフィル）

既述のように、支持基板 3（厳密には図示の例では絶縁層 2 7）と IC 7 との間には、アンダーフィル 3 5 が充填されている。アンダーフィル 3 5 は、例えば、平面視において IC 7 の全体に亘る広さで、支持基板 3 と IC 7 との間に充填されている。キャパシタ 9 の配置位置においては、アンダーフィル 3 5 は IC 7 とキャパシタ 9 との間に充填されている。そして、アンダーフィル 3 5 は、IC 7 の下面、パンプ 2 5 の周囲及びキャパシタ 9 の上面及び側面に密着している。

【0068】

IC 7 の周囲において、アンダーフィル 3 5 は、適宜な高さまで盛られていてよい。図示の例では、アンダーフィル 3 5 は、IC 7 の側面に接していない。特に図示しないが、

アンダーフィル 35 は、IC 7 の側面のうちの - D 3 側の一部又は側面の全部を覆っていてもよいし、側面の全部に加えて、IC 7 の上面を覆っていてもよい。

【0069】

図 5 は、アンダーフィル 35 の断面の一部を示す拡大図である。

【0070】

アンダーフィル 35 は、例えば、母材 37 と、母材 37 に混ぜ込まれたフィラー 39 とを有している。母材 37 は、絶縁性材料からなる。絶縁性材料は、有機材料であってもよいし、無機材料であってもよい。有機材料としては、例えば、エポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂を挙げることができる。アンダーフィル 35 は、図示の例とは異なり、フィラー 39 を有さないものであってもよい。

10

【0071】

フィラー 39 の粒径、充填率（体積％）及び材料等は適宜に設定されてよい。複数種類の材料及び／又は複数種類の粒径のフィラー 39 が母材 37 に混ぜ込まれていてもよい。フィラー 39 は、例えば、絶縁性材料からなる。絶縁性材料は、有機材料であってもよいし、無機材料であってもよい。具体的には、例えば、フィラー 39 の材料として、シリカ、アルミナ、ガラス、グラファイト、フェノール樹脂、ポリエチレンおよびタンゲステンを挙げることができる。

【0072】

フィラー 39 の一部又は全部は、金属によって構成されていてもよい。この場合、特に図示しないが、金属からなるフィラー 39 は、絶縁性材料で被膜されていてもよい。これにより、例えば、意図しない短絡がフィラー 39 によって生じる蓋然性が低減される。また、そのような被膜がなされず、金属からなるフィラー 39 の体積％を比較的小さくすることによって、短絡の蓋然性が低減されてもよい。金属からなるフィラー 39 の材料は、適宜なものとしてよく、例えば、下部電極 17 及び上部電極 21 の材料として例示された金属が用いられてよい。

20

【0073】

（材料の物性値の相対関係）

支持基板 3、超音波素子 13、IC 7、キャパシタ 9 及びアンダーフィル 35 において、音響インピーダンス及び熱伝導率等の物性値の値は適宜に設定されてよい。また、物性値の値について、部材間の大小関係も適宜に設定されてよい。

30

【0074】

ここで、アンダーフィル 35 が母材 37 及びフィラー 39 からなる場合において、アンダーフィル 35 の音響インピーダンスという場合、この音響インピーダンスの値は、例えば、アンダーフィル 35 の全体（母材 37 及びフィラー 39）の平均的な値とされてよい。または、音響インピーダンスの値は、アンダーフィル 35 の界面付近の値とされてよい。このような音響インピーダンスの値は、母材 37 及びフィラー 39 の物性値および体積割合等から理論的に導かれてもよいし、測定されてもよい。測定方法は、近接法、反射法および比較法等、種々のものが採用されてよい。アンダーフィル 35 について述べたが、他の複数の材料からなる部材についても同様である。また、音響インピーダンスについて述べたが、熱伝導率等の他の物性値についても、部材が複数の材料からなる場合、物性値の値は、理論的に導かれた、又は測定によって得られた平均的な値とされてよい。

40

【0075】

支持基板 3 の材料の一例であるシリコンの音響インピーダンスは約 19 Mrayl である。圧電体層 19 及び誘電体 29 の材料の一例であるセラミックの音響インピーダンスは、その具体的な材料にもよるが、例えば、10 Mrayl 以上 35 Mrayl 以下、又は 30 Mrayl 以上 35 Mrayl 以下である。従って、例えば、圧電体層 19 及び誘電体 29 の材料の選択によって、圧電体層 19 及び誘電体 29 の音響インピーダンスを支持基板 3 の材料の音響インピーダンスよりも小さくしたり、同等にしたり、大きくしたりすることができる。また、圧電体層 19 及び誘電体 29 が PZT の場合においては、通常、圧電体層 19 及び誘電体 29 の音響インピーダンスは、支持基板 3 の材料の音響インピー

50

ダンスよりも大きくなる。

【0076】

アンダーフィル35の音響インピーダンスは、フィラー39の材料及び/又は充填率等によって種々選択可能であり、ひいては、他の部材の音響インピーダンスに対する大小関係も適宜に設定可能である。母材37の一例である樹脂の音響インピーダンスは、その具体的な材料にもよるが、例えば、1 Mrayl以上4 Mrayl以下である。フィラー39の材料の一例であるセラミックの音響インピーダンスは、上記のとおりである。フィラー39が金属からなる場合においては、通常、金属の音響インピーダンスは大きく、フィラー39は、アンダーフィル35の音響インピーダンスを大きくする。従って、フィラー39の材料及び充填率を適宜に設定することによって、アンダーフィル35の音響インピーダンスを、支持基板3及び/又は誘電体29（圧電体層19）の材料の音響インピーダンスよりも小さくしたり、同等にしたり、大きくしたりすることができる。

10

【0077】

そして、例えば、アンダーフィル35の音響インピーダンスと誘電体29の音響インピーダンスとの差は、アンダーフィル35の音響インピーダンスと支持基板3の音響インピーダンスとの差よりも大きくされてよい。より詳細には、例えば、支持基板3の音響インピーダンスよりも誘電体29の音響インピーダンスが大きい場合において、アンダーフィル35の音響インピーダンスは、誘電体29の音響インピーダンスよりも小さく、かつ誘電体29の音響インピーダンスよりも支持基板3の音響インピーダンスに近い大きさとされてよい。このような材料の組み合わせの一例を挙げると、例えば、支持基板3は、シリコン（約19 Mrayl）であり、誘電体29の材料はセラミック（例えばPZT、30 Mrayl以上35 Mrayl以下）である。アンダーフィル35において、母材37の材料は樹脂であり、フィラー39の材料はセラミックであり、音響インピーダンスは、10 Mrayl以上24 Mrayl以下に調整されている。

20

【0078】

及び/又は、例えば、アンダーフィル35の音響インピーダンスと誘電体29の音響インピーダンスとの差は、誘電体29の音響インピーダンスと支持基板3の音響インピーダンスとの差よりも大きくされてよい。より詳細には、例えば、支持基板3の音響インピーダンスと誘電体29の音響インピーダンスとが比較的近い場合において、アンダーフィル35の音響インピーダンスは、誘電体29及び支持基板3の音響インピーダンスよりも両者の差よりも大きい差で小さく、又は大きくされてよい。

30

【0079】

音波に係る減衰定数についても、複数の部材間における大小関係は適宜に設定されてよい。例えば、アンダーフィル35の音波に係る減衰定数は、支持基板3の音波に係る減衰定数に対して、小さくてもよいし、同等でもよいし、大きくてもよく、例えば、大きくされてよい。例えば、アンダーフィル35の材料として、超音波プローブ等で減衰材として利用されている材料を選択すれば、アンダーフィル35の材料の減衰定数を支持基板3の材料の減衰定数よりも容易に大きくすることができる。例えば、前者は、後者の10倍以上とされてよい。減衰定数を大きくする要因は、拡散、散乱、粘性、転移等のいずれであってもよい。

40

【0080】

熱伝導率についても、複数の部材間における大小関係は適宜に設定されてよい。例えば、誘電体29の材料の熱伝導率は、アンダーフィル35の材料の熱伝導率に対して、低くてもよいし、同等でもよいし、高くてもよく、例えば、高くされてよい。アンダーフィル35の母材37の材料の一例である樹脂の熱伝導率は、例えば、0.5 W/(mK)以下である。一方、フィラー39及び誘電体29の材料の一例であるセラミックは、例えば、1 W/(mK)以上200 W/(mK)以下の範囲で種々のものが存在している。従って、フィラー39の材料及び充填率、並びに誘電体29の材料を適宜に設定することによって、容易に誘電体29の材料の熱伝導率をアンダーフィル35の材料の熱伝導率よりも高くすることができる。

50

【0081】

弾性定数（例えばヤング率）についても、複数の部材間における大小関係は適宜に設定されてよい。例えば、アンダーフィル35の弾性定数は、誘電体29の弾性定数に対して、小さくてもよいし、同等でもよいし、大きくてもよい。例えば、誘電体29の材料をセラミックとし、アンダーフィル35の母材37の材料を樹脂とすれば、通常、アンダーフィル35の弾性定数は、誘電体29の弾性定数よりも小さくなる。また、例えば、誘電体29の材料を樹脂系圧電材料とし、アンダーフィル35の主成分をアモルファス状態の無機材料とすれば、アンダーフィル35の弾性定数を誘電体29の弾性定数よりも大きくすることが可能である。

【0082】

（超音波デバイスの製造方法）

超音波デバイス1の製造方法は、キャパシタ9の形成を除いては、公知の種々の製造方法と同様とされてよい。例えば、アレイ部5は、支持基板3となるウェハに対して薄膜形成及びパターニングの工程を繰り返して、振動層15、下部電極17、圧電体層19及び上部電極21を形成することによって作製される。この際、パッド23も形成される。IC7は、例えば、リフローによってパッド23に実装される。アンダーフィル35は、IC7の実装後、ディスペンサ等によってIC7の下方に供給される。減衰材11は、支持基板3（ウェハ状態であってもよい）に対して適宜な時期に貼り合わされる。ダイシングは適宜な時期に行われてよい。

【0083】

キャパシタ9は、例えば、アレイ部5と同時に形成されてよい。例えば、一の導体層の形成及びパターニングによって、下部電極17及び第1電極31が形成されてよい。一の圧電膜の形成及びパターニングによって圧電体層19及び誘電体29が形成されてよい。一の導体層の形成及びパターニングによって上部電極21及び第2電極33が形成されてよい。圧電体層19及び誘電体29を互いに異なる厚さにする場合は、例えば、一方にマスクを被せた状態で、他方をエッチングしたり、又は他方に更に圧電体を積層したりしてよい。

【0084】

以上のとおり、本実施形態では、超音波デバイス1は、支持部材（支持基板3）と、超音波素子13と、集積回路素子（IC7）と、キャパシタ9とを有している。支持基板3は、その表面（第1面3a）に第1領域3aaと第2領域3abとを有している。超音波素子13は、第1領域3aaに位置している。IC7は、第2領域3abに対して隙間を介して対向している状態で支持基板3に実装されている。キャパシタ9は、IC7と第2領域3abとの隙間に位置している。

【0085】

従って、例えば、IC7と第2領域3abとの隙間を利用してキャパシタ9を配置することから、超音波デバイス1の小型化を図ることができる。キャパシタ9は、種々の用途に利用可能である。従って、別の観点では、超音波デバイス1の大型化を抑制しつつ、超音波デバイス1を高機能化することができる。

【0086】

また、本実施形態では、支持基板3は、第1領域3aaに開口しているキャビティ3cを有している。超音波素子13は、キャビティ3cを塞ぐように第1領域3aaに重なっているメンブレン（振動層15、下部電極17、圧電体層19及び上部電極21の積層体）を有している撓み振動型の圧電素子である。換言すれば、超音波素子13は、pMUTである。

【0087】

この場合、例えば、圧電体のD3方向における伸縮によってD3方向に伝搬する超音波の送信及び／又は受信を行う超音波素子（当該超音波素子も本開示に係る技術に用いられてよい。）に比較して、超音波素子13が小型である。従って、超音波デバイス1を更に小型化できる。

10

20

30

40

50

【0088】

また、本実施形態では、第1領域3 a a及び第2領域3 a bは互いに同一方向に面している。超音波素子13（メンブレン）は、キャピティ3 cに対向している圧電体（圧電体層19）を有している。キャパシタ9は、誘電体29と、誘電体29を挟んで対向している1対の電極（第1電極31及び第2電極33）と、を有している。誘電体29は、圧電体層19と同一材料からなる。

【0089】

この場合、例えば、支持基板3上に超音波素子13を形成すると同時にキャパシタ9を形成することができる。すなわち、製造工程を短くすることができる。その結果、例えば、製造コストを削減することができる。

10

【0090】

また、本実施形態では、超音波デバイス1は、アンダーフィル35を更に有している。アンダーフィル35は、IC7と支持基板3との間に介在しているとともに、IC7とキャパシタ9との間にも介在している。

【0091】

この場合、例えば、キャパシタ9の存在によって、アンダーフィル35の量を少なくすることができる。これにより、例えば、製造コストを削減することができる。また、後述するように、キャパシタ9及び/又はアンダーフィル35の物性値等の調整によって、種々の効果を得ることができる。

【0092】

アンダーフィル35の音響インピーダンスと誘電体29の音響インピーダンスとの差は、アンダーフィル35の音響インピーダンスと支持基板3の音響インピーダンスとの差及び/又は誘電体29の音響インピーダンスと支持基板3の音響インピーダンスとの差よりも大きくされてよい。別の観点では、誘電体29とアンダーフィル35とは、その音響インピーダンスの差が比較的大きくされてよい。

20

【0093】

この場合、例えば、誘電体29に電圧が印加されて振動が生じたとき、この振動は、誘電体29とアンダーフィル35との界面（又は両者の第2電極33を介在させた界面）で反射されやすい。その結果、キャパシタ9の振動がIC7へ伝わる蓋然性が低減される。ひいては、IC7にノイズが混入するおそれが低減される。

30

【0094】

アンダーフィル35の音波に係る減衰定数は、支持基板3の音波に係る減衰定数よりも大きくされてよい。別の観点では、アンダーフィル35の減衰定数は、比較的大きくされてよい。

【0095】

この場合、例えば、誘電体29に振動が生じたとき、この振動は、アンダーフィル35によって減衰されやすい。その結果、キャパシタ9の振動がIC7へ伝わる蓋然性が低減される。ひいては、IC7にノイズが混入するおそれが低減される。

【0096】

アンダーフィル35は、熱硬化性樹脂（母材37）と、熱硬化性樹脂に混ぜ込まれた金属からなるフィラー39と、を有していてもよい。

40

【0097】

この場合、例えば、音響インピーダンスが相対的に大きい金属からなるフィラー39が用いられることによって、樹脂を母材37とするアンダーフィル35の音響インピーダンスを大きくすることができる。その結果、例えば、アンダーフィル35の音響インピーダンスを支持基板3（例えばシリコン）及び誘電体29（例えばセラミック）の音響インピーダンスに近づけることができる。このようにすると、キャパシタ9の振動及び支持基板3の振動が、これらの部材とアンダーフィル35との界面（他の部材を介した界面であってもよい）において反射せずにアンダーフィル35に入射しやすくなる。この入射した振動は、樹脂からなる母材37と金属からなるフィラー39との界面で反射（散乱）して減

50

衰する。その結果、例えば、ＩＣ７に振動が伝わる蓋然性を低減することができる。

【００９８】

誘電体２９の熱伝導率は、アンダーフィル３５の熱伝導率よりも高くされてよい。

【００９９】

この場合、例えば、キャパシタ９が設けられずに、ＩＣ７と支持基板３との間にアンダーフィル３５が充填されている態様に比較して、ＩＣ７から支持基板３へ熱が伝わりやすくなる。すなわち、キャパシタ９は、小型化及び高機能化に寄与するだけでなく、ＩＣ７の放熱性向上にも寄与する。

【０１００】

アンダーフィル３５の弾性定数は、誘電体２９の弾性定数よりも大きくされてよい。

【０１０１】

この場合、例えば、誘電体２９の振動がアンダーフィル３５によって拘束されやすくなる。ひいては、誘電体２９の振動によってＩＣ７にノイズが混入する蓋然性が低減される。

【０１０２】

本実施形態では、超音波デバイス１は、減衰材１１を更に有している。減衰材１１は、音波に係る減衰定数が支持基板３における音波に係る減衰定数よりも大きい。第１領域３ａａ及び第２領域３ａｂは互いに同一方向に面している。減衰材１１は、支持基板３に対して第１領域３ａａ及び第２領域３ａｂの背面側に重なっており、平面透視において第１領域３ａａに重なっていると同時に第２領域３ａｂに重なっている。

【０１０３】

この場合、例えば、減衰材１１は、超音波素子１３の超音波の送信及び／又は受信に係る振動の減衰だけでなく、キャパシタ９の振動の減衰にも寄与する。これにより、例えば、キャパシタ９の振動が超音波素子１３及びＩＣ７の動作に影響を及ぼす蓋然性が低減される。

【０１０４】

本実施形態では、ＩＣ７は、第２領域３ａｂ上にてフリップチップ実装されているペアクリップである。

【０１０５】

この場合、例えば、超音波デバイス１を小型化しやすい。一方で、ＩＣ７がキャパシタ９及び／又は超音波素子１３の振動の影響を受けやすいから、上述した振動の伝搬が低減される作用が有効に働く。

【０１０６】

[変形例]

超音波デバイスの変形例について以下に述べる。以下の説明では、基本的に、実施形態との相違点についてのみ述べる。従って、特に言及がない事項については、実施形態と同様とされてよい。また、実施形態の構成と対応する構成については、実施形態の構成と差異があっても、便宜上、実施形態の構成に付した符号と同一の符号を付すことがある。

【０１０７】

図６は、変形例の構成を示す図４に対応する断面図である。

【０１０８】

この変形例では、ＩＣ７とキャパシタ９との間に空間４１が構成されている。空間４１は、密閉されていてもよいし、密閉されていなくてもよい。密閉されている場合において、空間４１は、真空とされていてもよいし、適宜な気体が封入されていてもよい。真空は、現実には、大気圧よりも気圧が低い状態である。気体は、例えば、不活性ガス（例えば窒素）とされてよい。空間４１が密閉されていない場合、空間４１内には、例えば、超音波デバイスの周囲の気体又は液体が存在している。

【０１０９】

空間４１の大きさ等は適宜に設定されてよい。図示の例では、空間４１は、キャパシタ９の上面の略全面（例えば８割以上）に亘っている。図示の例とは異なり、空間４１は、

10

20

30

40

50

キャパシタ 9 の上面の比較的面積が小さい一部（例えば 8 割未満）に亘っていてもよい。また、空間 4 1 は、特に図示しないが、キャパシタ 9 の上面だけでなく、側面の上方側の一部又は側面の全部に接していてもよい。空間 4 1 が側面の全部に接している状態は、換言すれば、アンダーフィル 3 5 がキャパシタ 9 に接していない状態である。また、空間 4 1 は、その全体が繋がって 1 つの空間であってもよいし、複数の分割されていてもよい。図示の例では、空間 4 1 は、IC 7 及びキャパシタ 9 に接している（IC 7 及びキャパシタ 9 は空間 4 1 に露出している。）。ただし、IC 7 の下面及びキャパシタ 9 の上面にアンダーフィル 3 5 の被膜が形成されていたり、空間 4 1 がアンダーフィル 3 5 内の 1 つ又は複数の気泡状に構成されていたりしてもよい。

【0110】

このように空間 4 1 が構成されていると、例えば、実施形態に比較して、誘電体 2 9 から IC 7 への振動の伝搬が抑制される。振動は真空状態の空間を伝搬しないこと、又は気体の音響インピーダンスは誘電体 2 9 の音響インピーダンスと大きく相違することからである。一方、実施形態のように、空間 4 1 を形成しない場合においては、例えば、本変形例に比較して、IC 7 の放熱に有利である。

【0111】

図 7 は、他の変形例に係る超音波デバイス 3 0 1 の構成を示す図 2 に対応する断面図である。

【0112】

この変形例においては、支持基板 3 0 3 の構成が実施形態の構成と異なっている。具体的には、支持基板 3 0 3 において、第 2 領域 3 0 3 a b は、第 1 領域 3 0 3 a a に対して、第 1 領域 3 0 3 a a（第 1 面 3 0 3 a）の背面側（- D 3 側、第 2 面 3 0 3 b 側）に位置している。別の観点では、支持基板 3 0 3 は、第 2 領域 3 0 3 a b 下の厚さが第 1 領域 3 0 3 a a 下の厚さよりも薄くなっている。第 2 領域 3 0 3 a b は、第 1 領域 3 0 3 a a とは異なり、キャビティ 3 c を形成する必要は無いから、このように薄くすることが容易である。

【0113】

このような変形例においては、例えば、実施形態に比較して、IC 7 の上面が低くなる（- D 3 側に位置する）から、超音波デバイス 1 を低背化することができる。また、例えば、キャパシタ 9 と、アレイ部 5（超音波素子 1 3）とは、D 3 方向における位置が互いにずれるから、両者の振動の相互影響が低減される。

【0114】

[応用例]

図 8 は、超音波デバイス 1 の応用例としての超音波診断装置 1 0 1 の構成を模式的に示すブロック図である。

【0115】

超音波診断装置 1 0 1 は、例えば、IVUS 用のものとされている。超音波診断装置 1 0 1 は、例えば、患者の血管内に挿入されるカテーテル 1 0 3 と、カテーテル 1 0 3 に接続されている装置本体 1 0 7 とを備えている。

【0116】

カテーテル 1 0 3 は、例えば、概略チューブ状のカテーテル本体 1 0 3 a と、カテーテル本体 1 0 3 a 内に収容されている超音波デバイス 1 とを有している。超音波デバイス 1 は、例えば、カテーテル本体 1 0 3 a を介してカテーテル本体 1 0 3 a の径方向外側へ超音波を送信し、その反射波を受信する。

【0117】

装置本体 1 0 7 は、例えば、カテーテル本体 1 0 3 a 内の不図示の配線を介して超音波デバイス 1 と接続されている送受信部 1 0 9 を有している。送受信部 1 0 9 は、超音波の送信に係る電気信号を超音波デバイス 1 に入力するとともに、超音波の受信に係る電気信号に対して所定の処理を行う。送信に係る電気信号は、例えば、送信される超音波の波形を規定する情報（周波数及び振幅等の情報）を含んでいる。受信に係る電気信号は、受信

10

20

30

40

50

した超音波の波形を特定する情報（周波数及び振幅等の情報）を含んでいる。ＩＣ７と送受信部１０９との間の役割分担は適宜に設定されてよい。

【０１１８】

また、装置本体１０７は、例えば、ユーザ（例えば医師又は技師）の操作を受け付ける入力部１１１と、入力部１１１からの信号に基づいて送受信部１０９を制御する制御部１１３と、を有している。装置本体１０７は、送受信部１０９からの信号及び制御部１１３からの信号に基づいて画像処理を行う画像処理部１１５と、画像処理部１１５からの信号に基づいて画像を表示する表示部１１７とを備えている。表示部１１７には、例えば、超音波の送受信によって得られた患者の断層画像（ここでは血管の断面画像）が表示される。

10

【０１１９】

特に図示しないが、カテーテル１０３は、カテーテル本体１０３ａを屈曲運動させたり、カテーテル本体１０３ａ内の超音波デバイス１の向きを変えたりする機構を有していてもよい。また、装置本体１０７は、そのような機構に対応した制御部を有していてもよい。

【０１２０】

以上の実施形態及び変形例において、支持基板３及び３０３は支持部材の一例である。ＩＣ７は集積回路素子の一例である。超音波素子１３（振動層１５、下部電極１７、圧電体層１９及び上部電極２１の組み合わせ）は、メンブレンの一例である。圧電体層１９は圧電体の一例である。第１電極３１及び第２電極３３は１対の電極の一例である。

【０１２１】

20

本発明は、以上の実施形態及び変形例に限定されず、種々の態様で実施されてよい。

【０１２２】

例えば、超音波デバイスは、ＩＶＵＳに利用されるものに限定されない。例えば、超音波デバイスは、ＩＶＵＳ以外の用途の超音波診断装置に利用されてもよいし、撮像装置及び自動車等における対象物との距離を測定するためのセンサに利用されてもよい。また、超音波デバイスは、超音波の送信と受信との双方の機能を有していなくてもよく、いずれか一方の機能のみを有していてもよい。

【０１２３】

超音波デバイスは、複数の超音波素子を有していなくてもよく、超音波素子を１つのみ有していてもよい。また、複数の超音波素子が設けられている場合に、複数の超音波素子は、それぞれが送受信に利用されてもよいし、送信用の超音波素子と受信用の超音波素子とに分けられていてもよい。

30

【０１２４】

超音波素子がユニモルフ型のｐＭＵＴに限定されず、ｃＭＵＴであったり、バイモルフ型のｐＭＵＴであったりしてよいことは既に述べたとおりである。また、実施形態では、振動層１５は、圧電体層１９に対してキャビティ３ｃ側に位置したが、圧電体層１９に対してキャビティ３ｃとは逆側に位置してもよい。キャビティは、支持部材に形成された凹部ではなく、支持部材に形成された貫通孔によって構成されてもよい。支持部材の第２面に凹部が形成されて、支持部材の第１面側の一部が振動層として利用されてもよい。

【０１２５】

40

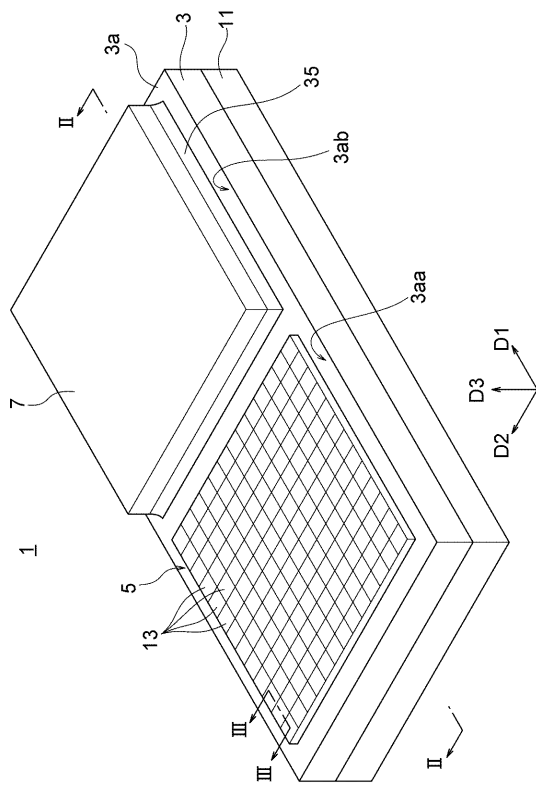
支持部材は、基板と概念できる構成でなくてもよく、例えば、容器状であってもよい。また、第１領域及び第２領域は、同一方向に面していなくてもよく、例えば、互いに逆方向に面していてもよい。すなわち、支持部材（支持基板）の一方の面に超音波素子が形成され、他方の主面にＩＣが実装されてもよい。また、例えば、支持部材としての支持基板は、リジッド式のものに限定されず、フレキシブル基板であってもよい。

【符号の説明】

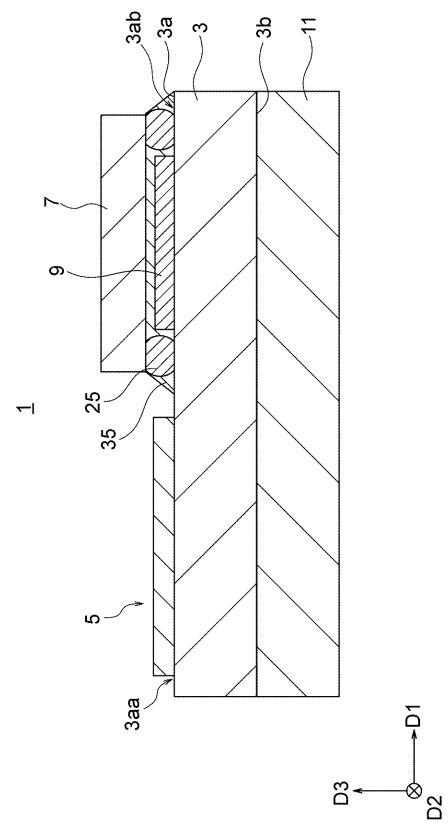
【０１２６】

１…超音波デバイス、３…支持基板（支持部材）、３ａ…第１面、３ａａ…第１領域、３ａｂ…第２領域、７…ＩＣ（集積回路素子）、９…キャパシタ、１３…超音波素子。

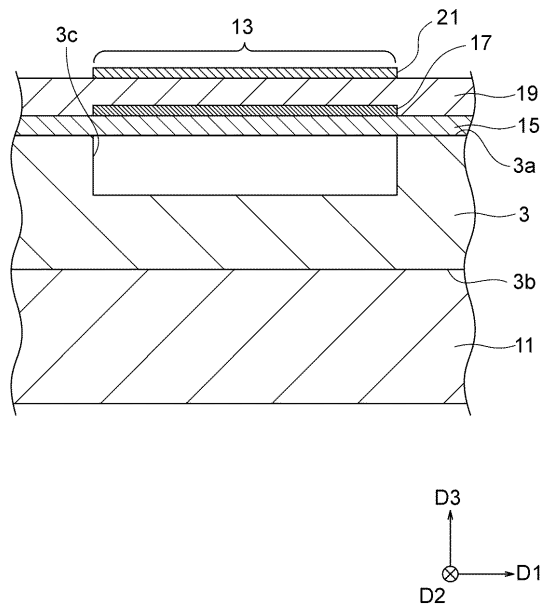
【図 1】



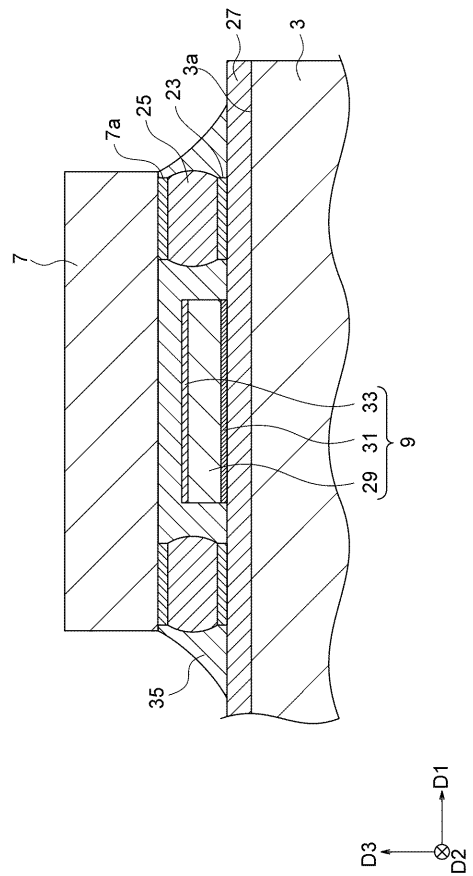
【図 2】



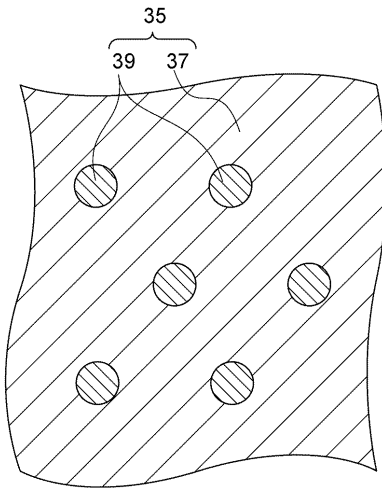
【図 3】



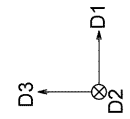
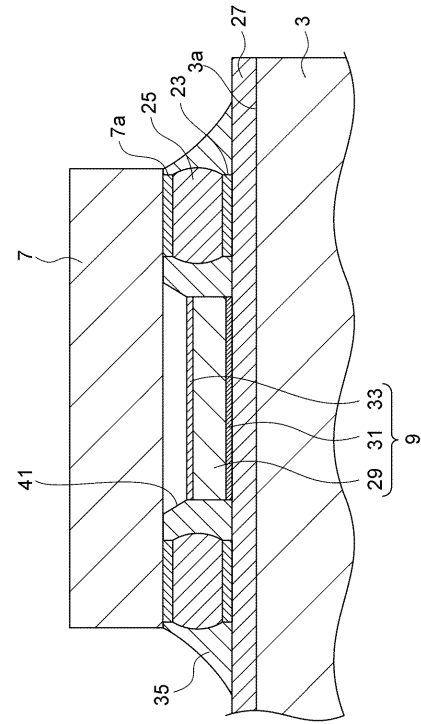
【図 4】



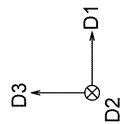
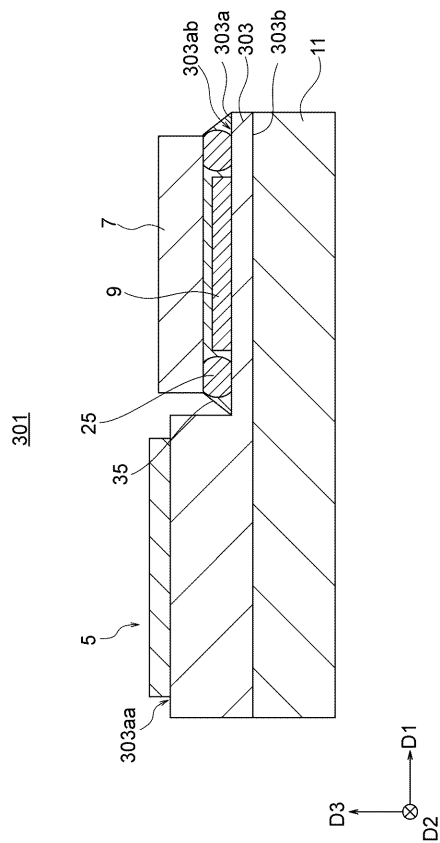
【図 5】



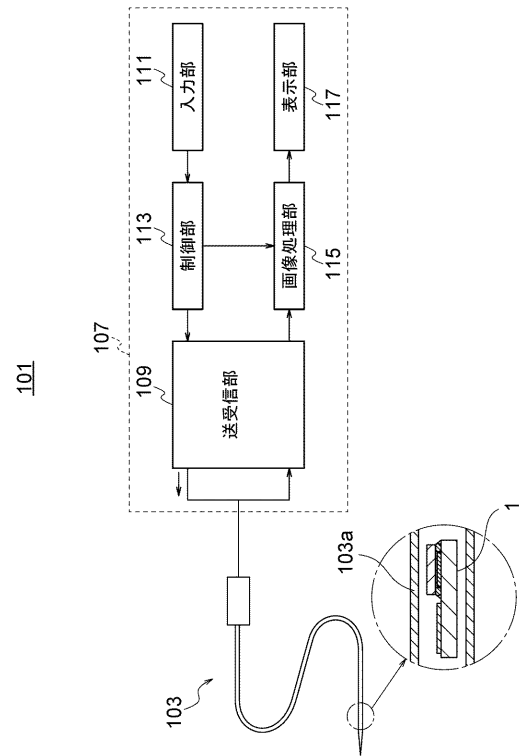
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 上野 涼

京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地 京セラ株式会社内

(72)発明者 山地 徳一

京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地 京セラ株式会社内

F ターム(参考) 4C601 EE13 FE04 GB06 GB19 GB20 GB30 GB31 GB41
5D019 BB03 BB13 BB19 DD01 EE06 FF04 GG05

专利名称(译)	超声波装置		
公开(公告)号	JP2020103426A	公开(公告)日	2020-07-09
申请号	JP2018243069	申请日	2018-12-26
[标]申请(专利权)人(译)	京瓷株式会社		
申请(专利权)人(译)	京瓷株式会社		
[标]发明人	浅尾英章 佐藤洋平 木村郁江 上野凉 山地德一		
发明人	浅尾 英章 佐藤 洋平 木村 郁江 上野 凉 山地 德一		
IPC分类号	A61B8/12 A61B8/14 H04R17/00 H04R19/00		
FI分类号	A61B8/12 A61B8/14 H04R17/00.332 H04R19/00.330		
F-TERM分类号	4C601/EE13 4C601/FE04 4C601/GB06 4C601/GB19 4C601/GB20 4C601/GB30 4C601/GB31 4C601/GB41 5D019/BB03 5D019/BB13 5D019/BB19 5D019/DD01 5D019/EE06 5D019/FF04 5D019/GG05		
代理人(译)	饭岛康弘		

摘要(译)

要解决的问题:提供一种有利于小型化的超声设备。 超声波装置(1)具有支撑基板(3),超声波元件(13),IC(7)和电容器(9)。 支撑基板3在其表面上具有第一区域3aa和第二区域3ab。 超声元件13位于第一区域3aa中。 IC 7以经由间隙面对第二区域3ab的状态安装在支撑基板3上。 电容器9位于IC 7和第二区域3ab之间的间隙中。 [选择图]图2

