

(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2019-135824

(P2019-135824A)

(43) 公開日 令和1年8月15日(2019.8.15)

(51) Int.Cl.

H04R 17/00 (2006.01)
A61B 8/14 (2006.01)

F 1

H04R 17/00
H04R 17/00
A61B 8/14

テーマコード(参考)

330J 4C601
332A 5D019

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号
(22) 出願日特願2018-18728 (P2018-18728)
平成30年2月5日(2018.2.5)(71) 出願人 000001270
コニカミノルタ株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(74) 代理人 100109221
弁理士 福田 充広
(72) 発明者 川路 宗矩
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ
ニカミノルタ株式会社内
F ターム(参考) 4C601 EE04 GB25 GB27 GB28
5D019 AA07 BB18 FF04 GG01

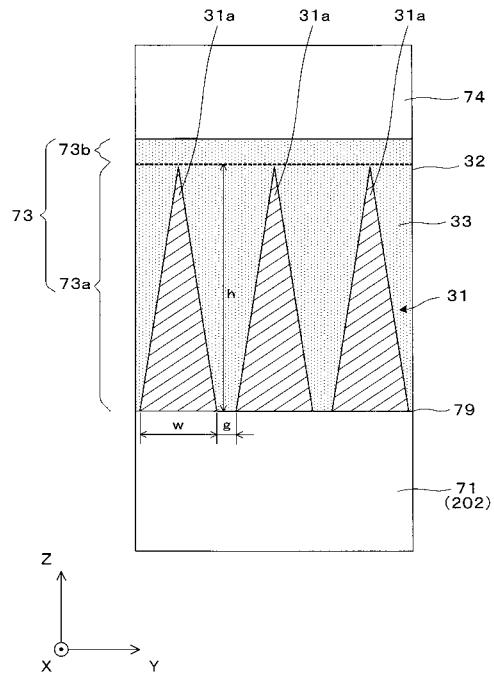
(54) 【発明の名称】音響整合層、超音波探触子、及び音響整合層の製造方法

(57) 【要約】

【課題】音響整合層と音響レンズとの境界に起因して周波数特性にリップルが生じることを抑制し良好な画像形成を可能にする音響整合層を提供すること。

【解決手段】音響整合層73は、超音波探触子70において、超音波を発信する発振素子202と、超音波の発散を抑制する音響レンズ74との間に配置される音響整合層73であって、音響整合層73は、発振素子202の音響インピーダンスと同等の音響インピーダンスを有する構造部材31と、音響レンズ74の音響インピーダンスと同等の音響インピーダンスを有する充填部材32とによって形成され、構造部材31は、音軸方向に沿つて先端が先細りになる形状をそれぞれ有するとともにアレイ状に配置された複数の要素部31aを含み、アレイ状に配置された複数の要素部31aの空隙は、充填部材32で満たされており、複数の要素部31aの先端から音響レンズ74までの間に、充填部材32で形成されたバッファ層73bが設けられている。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

超音波探触子において、超音波を発信する発振素子と、超音波の発散を抑制する音響レンズとの間に配置される音響整合層であって、

前記音響整合層は、前記発振素子の音響インピーダンスと同等の音響インピーダンスを有する構造部材と、音響レンズの音響インピーダンスと同等の音響インピーダンスを有する充填部材とによって形成され、

前記構造部材は、音軸方向に沿って先端が先細りになる形状をそれぞれ有するとともにアレイ状に配置された複数の要素部を含み、

アレイ状に配置された前記複数の要素部の空隙は、前記充填部材で満たされており、

前記複数の要素部の先端から前記音響レンズまでの間に、前記充填部材で形成されたバッファ層が設けられていることを特徴とする音響整合層。

【請求項 2】

前記構造部材の音響インピーダンスは、前記発振素子の音響インピーダンスの±60%の範囲内であることを特徴とする請求項1に記載の音響整合層。

【請求項 3】

前記構造部材は、金属材料で形成されることを特徴とする請求項1及び2のいずれか一項に記載の音響整合層。

【請求項 4】

前記構造部材が、亜鉛、若しくは亜鉛を主とする材料で形成されることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の音響整合層。

【請求項 5】

前記充填部材の音響インピーダンスは、前記音響レンズの音響インピーダンスの±60%の範囲内であることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の音響整合層。

【請求項 6】

前記充填部材は、横波音速が500m/secよりも大きく、かつ、前記構造部材の横波音速よりも小さい部材で形成されることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の音響整合層。

【請求項 7】

前記充填部材は、エポキシ樹脂、若しくはエポキシ樹脂に音響インピーダンスを調整するためのフィラーを混ぜた複合材で形成されることを特徴とする請求項1～6のいずれか一項に記載の音響整合層。

【請求項 8】

前記構造部材を構成する前記要素部の高さは、前記発振素子が発信する超音波に対して前記構造部材における0.5波長から1.5波長の範囲内であることを特徴とする請求項1～7のいずれか一項に記載の音響整合層。

【請求項 9】

前記構造部材を構成する前記要素部の幅は、前記発振素子が発信する超音波に対して前記充填部材における0.01波長から0.5波長の範囲内であることを特徴とする請求項1～8のいずれか一項に記載の音響整合層。

【請求項 10】

前記構造部材を構成する前記要素部の間隔は、前記発振素子が発信する超音波に対して前記充填部材における縦波音速を基準として0波長から0.05波長の範囲内であることを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載の音響整合層。

【請求項 11】

前記発振素子の射出側の発振素子面と平行に延びる前記構造部材の界面の面積が、前記発振素子面の60%以上100%以下の範囲内であることを特徴とする請求項1～10のいずれか一項に記載の音響整合層。

【請求項 12】

前記バッファ層の厚みは、前記発振素子が発信する超音波に対して前記充填部材におけ

10

20

30

40

50

る0.05波長から0.5波長の範囲内であることを特徴とする請求項1～11のいずれか一項に記載の音響整合層。

【請求項13】

前記発振素子と前記音響整合層とが接着剤で接合されていることを特徴とする請求項1～12のいずれか一項に記載の音響整合層。

【請求項14】

前記発振素子と前記構造部材とが、直接接合されていることを特徴とする請求項1～12のいずれか一項に記載の音響整合層。

【請求項15】

前記構造部材は、前記複数の要素部として成分が異なる2種類の要素部を含み、前記2種類の要素部は、互い違いに配置されていることを特徴とする請求項1～14のいずれか一項に記載の音響整合層。 10

【請求項16】

前記構造部材は、亜鉛、チタン、銅、ニッケル、ジルコニウム、スズ、シリコン、鉄、及び銀のいずれかを主とする材料で形成されることを特徴とする請求項15に記載の音響整合層。

【請求項17】

前記構造部材は、前記複数の要素部として高さが異なる2種類の要素部を含み、前記2種類の要素部は、互い違いに配置されていることを特徴とする請求項1～16のいずれか一項に記載の音響整合層。 20

【請求項18】

前記構造部材は、前記複数の要素部として幅が異なる2種類の要素部を含み、前記2種類の要素部は、互い違いに配置されていることを特徴とする請求項1～17のいずれか一項に記載の音響整合層。

【請求項19】

請求項1～18のいずれか一項に記載の音響整合層と、
超音波を発信する前記発振素子と、
超音波の発散を抑制する前記音響レンズと
を備える超音波探触子。

【請求項20】

超音波を発信する発振素子と超音波の発散を抑制する音響レンズとの間に配置される音響整合層の製造方法であって、

前記音響整合層は、音軸方向に沿って先端が先細りになる形状をそれぞれ有するとともにアレイ状に配置された複数の要素部を含む構造部材と、前記複数の要素部の空隙を満たす充填部材とによって形成され、

前記構造部材は、シリコンウェハに深穴を加工したものを型とし、前記深穴の内部をメッキ処理、若しくは、溶融した金属の流し込みによって充填し、充填された前記型のシリコンウェハを溶解によって除去し、

前記構造部材の充填に際して前記複数の要素部を埋め込むことによってバッファ層を形成することを特徴とする音響整合層の製造方法。 40

【請求項21】

超音波を発信する発振素子と超音波の発散を抑制する音響レンズとの間に配置される音響整合層の製造方法であって、

前記音響整合層は、音軸方向に沿って先端が先細りになる形状をそれぞれ有するとともにアレイ状に配置された複数の要素部を含む構造部材と、前記複数の要素部の空隙を満たす充填部材とによって形成され、

前記構造部材は、金属ワイヤーを束ねて、エッチング処理によって金属ワイヤーの先端側をニードル形状にし、

前記構造部材の充填に際して前記複数の要素部を埋め込むことによってバッファ層を形成することを特徴とする音響整合層の製造方法。 50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、超音波測定その他の各種超音波応用機器に利用可能な音響整合層、かかる音響整合層を備える超音波探触子、並びに、音響整合層の製造方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

超音波探触子は、一般的には、超音波を発信する発振素子と、超音波の発散を抑制する音響レンズとの間に音響整合層を配置した構造を有する。この音響整合層について、音響インピーダンスが振動子側から被検体側に向けて厚さ方向に連続的に変化する構造としたものが公知となっている（特許文献1、2）。音響整合層では、第1の音響整合材で発振素子側の断面積が大きく被検体側の断面積が小さく形成された多数の先細柱状体を超音波の波長よりも短い間隔でマトリクス状に配列し、このマトリクス状に配列された多数の先細柱状体間の隙間を第2の音響整合材で充填している。特に特許文献2の超音波探触子では、先細柱状体からなる構造部の下側に複数層からなる積層型整合部を設けている。

【0003】

しかしながら、本発明者らは、従来型の音響整合層の構造について種々の検討を行った結果、音響整合層と音響レンズとの境界に起因して周波数特性にリップルが生じ、このリップルが周波数ごとの感度に影響し良好な画像形成を妨げる原因となっていると考えるに至った。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献1】特開平11-089835号公報

【特許文献2】特開2011-77789号公報

【発明の概要】**【0005】**

本発明は、上記背景技術に鑑みてなされたものであり、音響整合層と音響レンズとの境界に起因して周波数特性にリップルが生じることを抑制し良好な画像形成を可能にする音響整合層を提供することを目的とする。

【0006】

また、本発明は、良好な画像形成を可能にする音響整合層、音響整合層を備える超音波探触子、並びに、かかる音響整合層の製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

上記目的を達成するため、本発明に係る音響整合層は、超音波探触子において、超音波を発信する発振素子と、超音波の発散を抑制する音響レンズとの間に配置される音響整合層であって、音響整合層は、発振素子の音響インピーダンスと同等の音響インピーダンスを有する構造部材と、音響レンズの音響インピーダンスと同等の音響インピーダンスを有する充填部材とによって形成され、構造部材は、音軸方向に沿って先端が先細りになる形状をそれぞれ有するとともにアレイ状に配置された複数の要素部を含み、アレイ状に配置された複数の要素部の空隙は、充填部材で満たされており、複数の要素部の先端から音響レンズまでの間に、充填部材で形成されたバッファ層が設けられている。

【0008】

上記音響整合層では、複数の要素部の先端から音響レンズまでの間に、充填部材で形成されたバッファ層が設けられているので、音響整合層と音響レンズとの境界に起因して周波数特性にリップルが生じることを抑制でき、良好な画像の形成が可能になる。ここで、バッファ層が構造部材を充填して構造部材の上層として延びる充填部材で形成されるので、バッファ層を簡易な工程で作製することができ、音響整合層を簡単な構造とすることができます。

【0009】

10

20

30

40

50

本発明の具体的な側面では、上記音響整合層において、構造部材の音響インピーダンスは、発振素子の音響インピーダンスの±60%の範囲内である。この場合、構造部材の材料を発振素子の音響インピーダンスと同等にすることになり、界面反射損失を抑えて周波数帯域全体の感度向上の効果と周波数特性のリップルを低減する効果とがある。

【0010】

本発明の別の側面では、構造部材は、金属材料で形成される。この場合、高アспект比の複数の要素部を作製することが容易になり、特に構造部材の材料として金属材料を用いることで、構造部材の音響インピーダンスを発振素子の音響インピーダンスと同等にしやすくなる。

【0011】

本発明のさらに別の側面では、構造部材が、亜鉛、若しくは亜鉛を主とする材料で形成される。音響インピーダンスが30M Rayl/sである亜鉛を選択することで、メッキ(電鋳)技術を活用した作製プロセスを選択できるので、音響インピーダンスのマッチングと作製プロセスとの両立を達成できる。

【0012】

本発明のさらに別の側面では、充填部材の音響インピーダンスは、音響レンズの音響インピーダンスの±60%の範囲内である。この場合、構造部材の材料を音響レンズの音響インピーダンスと同等にすることになり、界面反射損失を抑えて周波数帯域全体の感度向上の効果と周波数特性のリップルを低減する効果とがある。

【0013】

本発明のさらに別の側面では、充填部材は、横波音速が500m/secよりも大きく、かつ、構造部材の横波音速よりも小さい部材で形成される。構造型の音響整合層は、構造部材から充填部材に音波が伝達する際に横波が寄与していることが分かっており、横波音速が500m/sec以上となるようにすることで、構造部材から充填部材に音波を効率的に伝搬させることができ、周波数全体の感度を向上させることができる。

【0014】

本発明のさらに別の側面では、充填部材は、エポキシ樹脂、若しくはエポキシ樹脂に音響インピーダンスを調整するためのフィラーを混ぜた複合材で形成される。

【0015】

本発明のさらに別の側面では、構造部材を構成する要素部の高さは、発振素子が発信する超音波に対して構造部材における0.5波長から1.5波長の範囲内である。この場合、低周波側において2MHz帯まで音響整合を実現できる効果がある。

【0016】

本発明のさらに別の側面では、構造部材を構成する要素部の幅は、発振素子が発信する超音波に対して充填部材における0.01波長から0.5波長の範囲内である。この場合、高周波側において20MHz帯まで音響整合を実現できる効果がある。

【0017】

本発明のさらに別の側面では、構造部材を構成する要素部の間隔は、発振素子が発信する超音波に対して充填部材における縦波音速を基準として0波長から0.05波長の範囲内である。この場合、周波数特性のリップルを低減できる効果が高まる。

【0018】

本発明のさらに別の側面では、発振素子の射出側の発振素子面と平行に延びる構造部材の界面の面積が、発振素子面の60%以上100%以下の範囲内である。

【0019】

本発明のさらに別の側面では、バッファ層の厚みは、発振素子が発信する超音波に対して充填部材における0.05波長から0.5波長の範囲内である。

【0020】

本発明のさらに別の側面では、発振素子と音響整合層とが接着剤で接合されている。この場合、接着剤の音響インピーダンスの調整と、接着剤の厚みの調整とによって、発振素子と音響整合層との間に音響インピーダンスのギャップが形成されることを防止でき、高

10

20

30

40

50

周波帯の感度低下を防ぐことができる。

【0021】

本発明のさらに別の側面では、発振素子と構造部材とが、直接接合されている。この場合、発振素子と音響整合層との間に接着剤による音響インピーダンスのギャップが形成されることを防止でき、高周波帯の感度低下を防ぐことができる。

【0022】

本発明のさらに別の側面では、構造部材は、複数の要素部として成分が異なる2種類の要素部を含み、2種類の要素部は、互い違いに配置されている。この場合、材料に起因してリップルの発生位置が異なる2材料の要素部を交互に配置させることで、お互いのリップルを打ち消す効果を高めることができる。

10

【0023】

本発明のさらに別の側面では、構造部材は、亜鉛、チタン、銅、ニッケル、ジルコニウム、スズ、シリコン、鉄、及び銀のいずれかを主とする材料で形成される。

【0024】

本発明のさらに別の側面では、構造部材は、複数の要素部として高さが異なる2種類の要素部を含み、2種類の要素部は、互い違いに配置されている。この場合、形状に起因してリップルの発生位置が異なる2形状の要素部を交互に配置させることで、お互いのリップルを打ち消す効果を高めることができる。

【0025】

本発明のさらに別の側面では、構造部材は、複数の要素部として幅が異なる2種類の要素部を含み、2種類の要素部は、互い違いに配置されている。

20

【0026】

上記目的を達成するため、本発明に係る超音波探触子は、上述した音響整合層と、超音波を発信する発振素子と、超音波の発散を抑制する音響レンズとを備える。

【0027】

上記超音波探触子では、音響整合層として、アレイ状に配置された複数の要素部の空隙を充填部材で満たすとともに、複数の要素部の先端から音響レンズまでの間に充填部材で形成されたバッファ層を設けるので、音響整合層と音響レンズとの境界に起因して周波数特性にリップルが生じることを抑制でき、良好な画像の形成が可能になる。

30

【0028】

上記目的を達成するため、本発明に係る第1の音響整合層の製造方法は、超音波を発信する発振素子と超音波の発散を抑制する音響レンズとの間に配置される音響整合層の製造方法であって、音響整合層は、音軸方向に沿って先端が先細りになる形状をそれぞれ有するとともにアレイ状に配置された複数の要素部を含む構造部材と、複数の要素部の空隙を満たす充填部材とによって形成され、構造部材は、シリコンウェハに深穴を加工したものを型とし、深穴の内部をメッキ処理、若しくは、溶融した金属の流し込みによって充填し、充填された型のシリコンウェハを溶解によって除去し、構造部材の充填に際して複数の要素部を埋め込むことによってバッファ層を形成する。

【0029】

上記製造方法では、複数の要素部の先端から音響レンズまでの間に充填部材で形成されたバッファ層を設けるので、音響整合層と音響レンズとの境界に起因して周波数特性にリップルが生じることを抑制でき、良好な画像の形成が可能になる。

40

【0030】

上記目的を達成するため、本発明に係る第2の音響整合層の製造方法は、超音波を発信する発振素子と超音波の発散を抑制する音響レンズとの間に配置される音響整合層の製造方法であって、音響整合層は、音軸方向に沿って先端が先細りになる形状をそれぞれ有するとともにアレイ状に配置された複数の要素部を含む構造部材と、複数の要素部の空隙を満たす充填部材とによって形成され、構造部材は、金属ワイヤーを束ねて、エッチング処理によって金属ワイヤーの先端側をニードル形状にし、構造部材の充填に際して複数の要素部を埋め込むことによってバッファ層を形成する。

50

【0031】

上記製造方法では、複数の要素部の先端から音響レンズまでの間に充填部材で形成されたバッファ層を設けるので、音響整合層と音響レンズとの境界に起因して周波数特性にリップルが生じることを抑制でき、良好な画像の形成が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明の一実施形態の音響整合層を備える超音波探触子及び超音波診断装置を説明する断面図である。

10

【図2】発振素子の断面構造を説明する図である。

【図3】音響整合層の断面構造を説明する図である。

【図4】(A)は、音響整合層の音響レンズ側にバッファ層を設けた場合のリップル低減を説明する図であり、(B)は、音響整合層の音響レンズ側にバッファ層を設けなかった場合を説明する図である。

【図5】(A)は、図3に示す音響整合層の変形例を説明する拡大断面図であり、(B)は、図3に示す音響整合層の別の変形例を説明する拡大断面図である。

20

【図6】検討構造例1等について特性を比較した結果を示すグラフである。

【図7】(A)～(D)は、検討構造例2について特性を比較した結果を示すグラフである。

【図8】(A)及び(B)は、検討構造例3について特性を比較した結果を示すグラフである。

20

【図9】検討構造例4について特性を比較した結果を示すグラフである。

【図10】検討構造例5について特性を比較した結果を示すグラフである。

【図11】検討構造例6及び7について特性を比較した結果を示すグラフである。

【図12】(A)及び(B)は、構造材料の形成方法の一例を説明する断面図である。

【図13】(A)及び(B)は、構造材料の形成方法の別例を説明する断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

以下、図面を参照しつつ、本発明の一実施形態である音響整合層及び超音波探触子、並びに、音響整合層の製造方法について説明する。

30

【0034】

図1は、実施形態の超音波探触子を組み込んだ超音波診断装置を説明する概念図である。図示の超音波診断装置100は、超音波探触子70と、制御装置300とを有する。

【0035】

超音波探触子70は、超音波プローブとも呼ばれ、発振素子202を含む振動部71と、振動部71の背後に配置されるバッキング材72と、振動部71の前面に配置される音響整合層73と、音響整合層73の前面であって診断対象側に配置される音響レンズ74と、振動部71を動作させる駆動回路76とを備える。

【0036】

振動部71を構成する発振素子202は、圧電集合体120と、これを上下から挟む櫛歯状電極141, 142とを有する。バッキング材72は、超音波が振動部71の後方へ放射されることを防止する。音響整合層73は、振動部71の前方へ出射される超音波の反射を抑制する役割を有する。音響レンズ74は、振動部71からの超音波を通過させる際にその発散を抑制する。

40

【0037】

図2に示すように、圧電集合体120は、規定数n個(具体的には例えば128チャンネル分)の図面横方向に配列された圧電体20を有する。圧電集合体120の一方に設けられる櫛歯状電極141は、例えばプラス電極であり、圧電体20に対応して設けられた個々の第1電極41単位でリボン状の並列配線78aに接続され、圧電集合体120の他方に設けられる櫛歯状電極142は、例えばマイナス電極であり、圧電体20に対応して設けられた個々の第2電極42単位でリボン状の並列配線78bに接続されている。両並

50

列配線 7 8 a, 7 8 b は、駆動回路 7 6 から延びてあり、圧電体 2 0 と一対の電極 4 1, 4 2 とからなる各圧電部材 1 0 2 (各チャンネルに対応する単位プローブ又は画素に相当) に超音波に対応する周期の電圧を印加して、これを構成する多数の圧電体 2 0 に超音波振動を発生させるとともに、これら多数の圧電体 2 0 で受けた超音波振動を電圧信号に変換する。

【0038】

図 3 に示すように、音響整合層 7 3 は、振動部 7 1 側又は発振素子 2 0 2 側に配置される本体層 7 3 a と、音響レンズ 7 4 側に配置されるバッファ層 7 3 b とを有する。本体層 7 3 a は、発振素子 2 0 2 の音響インピーダンスと同等の音響インピーダンスを有する構造部材 3 1 と、音響レンズ 7 4 の音響インピーダンスと同等の音響インピーダンスを有する充填部材 3 2 とによって形成される。ここで、充填部材 3 2 は、本体層 7 3 a のための充填材で形成されている。充填部材 3 2 は、バッファ層 7 3 b を形成する部分でもあり、充填部材 3 2 のうち構造部材 3 1 の隙間を充填する部分を構造充填部 3 3 と呼ぶ。

10

【0039】

発振素子 2 0 2 と音響整合層 7 3 とは、接着層 7 9 によって接合されているが、発振素子 2 0 2 と音響整合層 7 3 とを直接接合することもできる。発振素子 2 0 2 と音響整合層 7 3 とを直接接合する場合、発振素子 2 0 2 の櫛歯状電極 1 4 1 と音響整合層 7 3 の構造部材 3 1 の根元側とを加熱その他の手法によって融着させる。

20

【0040】

音響整合層 7 3 の本体層 7 3 a において、構造部材 3 1 は、アレイ状に配置された複数の先細りの要素部 3 1 a を有し、各要素部 3 1 a は、音軸に沿った Z 方向に沿って先端が先細りになる形状をそれぞれ有する構造体である。要素部 3 1 a の形状は、円錐、角錐等を含む様々な先細り形状とできる。構造部材 3 1 の具体的な音響インピーダンスは、例えば発振素子 2 0 2 の音響インピーダンスの $\pm 60\%$ である同等範囲内とする。構造部材 3 1 は、金属材料で形成され、具体的には、例えば亜鉛、若しくは亜鉛を主とする材料で形成される。構造部材 3 1 を構成する各要素部 3 1 a の高さ、つまり構造部材 3 1 の構造高さ h は、発振素子 2 0 2 が発信する超音波に対して構造部材 3 1 における 0.5 波長から 1.5 波長の範囲内となっている。構造部材 3 1 の構造高さ h は、具体的には $200\mu\text{m} \sim 600\mu\text{m}$ の範囲となっている。また、構造部材 3 1 を構成する各要素部 3 1 a の幅、つまり構造部材 3 1 の構造幅 w は、発振素子 2 0 2 が発信する超音波に対して充填部材 3 2 における 0.01 波長から 0.5 波長の範囲内となっている。構造部材 3 1 の構造幅 w は、具体的には $5\mu\text{m} \sim 40\mu\text{m}$ の範囲となっている。構造部材 3 1 を構成する各要素部 3 1 a の間隔、つまり構造部材 3 1 の構造ギャップ g は、発振素子 2 0 2 が発信する超音波に対して充填部材 3 2 における縦波音速を基準として 0 波長 ~ 0.05 波長の範囲内である。構造部材 3 1 の構造ギャップ g は、具体的には $0\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ の範囲となっている。

30

【0041】

充填部材 3 2 のうち、構造充填部 3 3 の形状は、構造部材 3 1 の形状を反転したものとなっており、バッファ層 7 3 b の形状は、一様な厚みの層である。充填部材 3 2 の具体的な音響インピーダンスは、音響レンズ 7 4 の音響インピーダンスの $\pm 60\%$ である同等範囲内とする。充填部材 3 2 は、横波音速が 500m/sec よりも大きく、かつ、構造部材 3 1 の横波音速よりも小さい部材で形成される。充填部材 3 2 は、熱硬化性樹脂、若しくは熱硬化性樹脂に音響インピーダンスを調整するためのフィラーを混ぜた複合材で形成される。ここで、充填部材 3 2 の音響インピーダンスを調整するためのフィラーは、例えばシリコーンゴムである。充填部材 3 2 は、フェノール樹脂その他の熱硬化性樹脂で形成され、特にエポキシ樹脂で形成されることが好ましい。バッファ層 7 3 b の厚みは、発振素子 2 0 2 が発信する超音波に対して充填部材 3 2 における 0.05 波長から 0.5 波長の範囲内である。

40

【0042】

以上の音響整合層 7 3 において、充填部材 3 2 からなるバッファ層 7 3 b を設けること

50

で、音響整合層 7 3 から染み出した音波の不要振動を抑え、周波数特性のリップルを低減できる効果がある。検証の結果、構造部材 3 1 の要素部 3 1 a の頂点と、充填部材 3 2 と、音響レンズ 7 4 との 3 界面がある距離内に存在すると、相互に影響しあい音波の伝達の際に不要な振動が生まれると分かった(図 4 (B) 参照)。一方、要素部 3 1 a の頂点と音響レンズ 7 4 との間にバッファ層 7 3 b を設けることで、構造部材 3 1 、充填部材 3 2 、及び音響レンズ 7 4 の 3 材料の相互の影響を防ぐ役割をもたせることができ、意図しない振動であるリップルを低減できると考えられる(図 4 (A) 参照)。

【0043】

構造部材 3 1 の材料を、構造部材 3 1 の音響インピーダンスと発振素子 2 0 2 の音響インピーダンスとが同等になるように選択することで、界面反射損失を抑えて周波数帯域全体の感度向上の効果と、周波数特性のリップルを低減する効果とがある。構造部材 3 1 の材料として金属を選択することは、音響インピーダンスが振動子(3 0 M R a y 1 s ~ 3 5 M R a y 1 s)と同等の材料であって、高アスペクトのピラミッド形状を有する要素部 3 1 a を作製する観点で利点がある。なお、セラミックは脆さの観点で難がありハンドリングが難しく、フィラー複合材は針先端まで超高密度の充填にする必要があり、製造技術の難易度の観点で不利である。特に、構造部材 3 1 の材料として音響インピーダンスが 3 0 M R a y 1 s である亜鉛を選択することで、メッキ(電鋳)技術を活用した作製プロセスを選択でき、音響インピーダンスのマッチングと作製プロセスの容易性との両立を達成できる。

【0044】

充填部材 3 2 の材料を、音響レンズ 7 4 の音響インピーダンスと充填部材 3 2 の音響インピーダンスとが同等になるように選択することで、界面反射損失を抑えて周波数帯域全体の感度向上の効果と、周波数特性のリップルを低減する効果とがある。音響レンズ 7 4 の音響インピーダンスは、生体の音響インピーダンス(1.5 M R a y 1 s)と整合をとる材料を使用している。一般的には、音響レンズ 7 4 の材料として、1.5 M R a y 1 s ~ 2.5 M R a y 1 s のシリコーンゴムが使用されることが多い。また、構造型の音響整合層 7 3 は、シミュレーションの結果、構造部材 3 1 から充填部材 3 2 に音波が伝達する際に、横波が寄与していることが分かった。構造部材 3 1 及び充填部材 3 2 での横波音速を 5 0 0 m / s e c 以上とすることで、構造部材 3 1 から充填部材 3 2 に音波を効率的に伝搬させることができ、周波数全体の感度向上の効果がある。

【0045】

構造部材 3 1 の要素部 3 1 a の構造高さ h を 2 0 0 μm ~ 6 0 0 μm とすることで、低周波側に 2 M H z 帯までの音響整合を達成できる。また、構造部材 3 1 の要素部 3 1 a の構造幅 w を 5 μm ~ 4 0 μm とすることで、高周波側に 2 0 M H z 帯までの音響整合を達成できる。構造部材 3 1 の要素部 3 1 a の間隔(構造ギャップのこと)を 0 μm ~ 5 μm とすることで、周波数特性のリップルを低減できる効果がある。

【0046】

発振素子 2 0 2 と音響整合層 7 3 との間については、音響インピーダンスのギャップが無いことが好ましいが、発振素子 2 0 2 と音響整合層 7 3 とを接合する材料の音響インピーダンスによって両者にギャップが生じる。発振素子 2 0 2 と音響整合層 7 3 との間に接着層 7 9 を介在させる場合、接着層 7 9 の接着剤は一般的に 1.5 M R a y 1 s ~ 3 M R a y 1 s の音響インピーダンスとなるため、接着層 7 9 の厚みを 2 μm より小さくすることで、高周波帯の感度低下を抑制できる。

【0047】

図 5 (A) は、図 3 に示す音響整合層 7 3 の変形例を説明する拡大断面図である。この場合、構造部材 3 1 は、要素部 3 1 a として、構造高さ h が大きい第 1 要素部 3 8 a と、構造高さ h が小さい第 2 要素部 3 8 b とを含み、相対的に高い要素部 3 8 a と相対的に低い要素部 3 8 b とが X 方向に交互に配列されている。なお、図示を省略しているが、構造部材 3 1 において、相対的に高い第 1 要素部 3 8 a と相対的に低い第 2 要素部 3 8 b とが Y 方向にも交互に配列されている。構造部材 3 1 の要素部 3 1 a に起因するリップルは、

10

20

30

40

50

要素部 31a の高さや幅に依存して発生する周波数帯が異なる傾向が見られている。そのため、リップルの発生位置が異なる 2 形状による 2 種の要素部 38a, 38b を交互に配置させることで、お互いのリップルを打ち消しあう効果がある。

【0048】

図 5 (B) は、図 3 に示す音響整合層 73 の別の変形例を説明する拡大断面図である。この場合、構造部材 31 は、要素部 31a として、第 1 材料で形成された第 1 要素部 38a と、第 1 材料と異なる第 2 材料で形成された第 2 要素部 138b とを含み、第 1 材料で形成された第 1 要素部 38a と、第 2 材料で形成された第 2 要素部 138b とが X 方向に交互に配列されている。両要素部 38a, 138b は、亜鉛、チタン、銅、ニッケル、ジルコニウム、スズ、シリコン、鉄、及び銀のいずれかを主とする材料で形成することができる。なお、図示を省略しているが、構造部材 31 において、第 1 材料で形成された要素部 38a と第 2 材料で形成された第 2 要素部 138b とが Y 方向にも交互に配列されている。構造部材 31 の要素部 31a に起因するリップルは、要素部 31a の材料とニードル形状とに依存して発生する傾向が見られている。そのため、リップルの発生位置が異なる 2 材料による 2 種の要素部 31a を交互に配置させることで、お互いのリップルを打ち消しあう効果がある。

10

【0049】

〔検討構造例 1〕

まず、超音波探触子 70 に対応する超音波装置について具体的な検討構造例 1 を設定し、仮想的に発振素子 202 の内部に圧力を発生させ、振る舞いを検討した。超音波探触子 70 に対応する超音波装置として、PZT / 音響整合層 / 水の構成を、シミュレーションにて再現した。具体的には、発振素子 202 の材料を PZT とし、構造部材 31 の材料を亜鉛とし、充填部材 32 の充填材料をエポキシにシリコーンフィラーを充填させたものとし、音響レンズ 74 と音響レンズ 74 が接触する生体との 2 材料の代わりに、同等の音響インピーダンスを持つ水を想定した。シミュレーションは、音響解析ソフトウェアの PZFlex を使用した。この際、亜鉛の密度を 7 g/cm^3 とし、縦波音速を 4200 m/sec とし、横波音速を 2400 m/sec とした。充填材料の密度を 1.1 g/cm^3 とし、縦波音速を 1850 m/sec とし、横波音速を 700 m/sec とした。PZT の密度を 7.8 g/cm^3 とし、縦波音速を 4600 mm/sec とし、横波音速を 1800 m/sec とした。水の密度を 1 g/cm^3 とし、縦波音速を 1500 m/sec とし、横波音速を 0 m/sec とした。構造部材 31 の要素部 31a については、その高さを $500 \mu\text{m}$ とし、1 つの要素部 31a の幅 $20 \mu\text{m}$ とし、先細りの先端の幅が $3 \mu\text{m}$ となるような錐台形状を有するものとした。この構造がアレイ形状に並んでいると想定するために、単一の構造体を配置し、周囲の境界条件は、対称境界設定とした。発振素子 202 としての PZT から仮想的な正弦波圧力を発生させ、水の中へ伝わった圧力を受信し、その圧力の変化に対してフーリエ変換を行い、周波数帯域と感度との検証を行った。

20

【0050】

超音波探触子 70 に対応する超音波装置については、検討構造例 1 を部分的に変更した比較例 1 を設定した。比較例 1 の場合、検討構造例 1 の音響整合層 73 の部分を 4 層の積層型構成とし、検討構造例 1 と同様に、PZT / 音響整合層 / 水の系を、シミュレーションにて再現した。検討構造例 1 と同様に、PZT から仮想的な正弦波圧力を発生させ、水の中へ伝わった圧力を受信し、その圧力の変化に対してフーリエ変換を行い、周波数帯域と感度の検証を行った。

30

【0051】

図 6 は、検討構造例 1 と比較例 1 とについて音響整合層の通過特性を比較した結果である。グラフで、横軸を周波数とし縦軸を送信感度としている。ここで、送信感度は、発生させた圧力パルス波形 [Pa] (時間応答) をフーリエ変換した値 = P0 (周波数応答) と、水中で受信した圧力パルス波形の周波数応答 P1 との 2 つの値に基づき、音圧レベル (dB) = $20 \times \log 10 (P1 / P0)$ として計算したものである。つまり、上方向がゼロ点になり、ゼロに近いほど、損失が小さい。結果的に、構造型整合層からなる検討

40

50

構造例 1 (構造体) の方が構造型整合層からなる比較例 1 (4 層) よりも周波数帯域が広く、2 M H z 帯から 3 0 M H z 帯まで広く感度が高い特性が得られることが分かった。

【0052】

〔検討構造例 2〕

検討構造例 2 の超音波探触子について、構造体の幅と出力帯域との関係性の検証を行った。検討構造例 2 は、構造部材 3 1 の要素部 3 1 a の寸法を除いて検討構造例 1 と同じ構造を有する。要素部 3 1 a の高さを 5 0 0 μm とし、その幅を 2 0 μm 、2 5 μm 、3 3 μm 、及び 4 0 μm の 4 種類のいずれかとし、高周波帯域の感度低下を検証した。

【0053】

図 7 (A) ~ 7 (D) は、検討構造例 2 について超音波装置の送信感度を評価した結果である。検討構造例 2 の構造の場合、要素部 3 1 a の幅が広くなると、高周波側の感度が低下することが分かった。医療診断に使用する場合、超音波プローブは高周波帯として 2 0 M H z 付近まで使用する場合もある。検討構造例 2 の構造を医療診断に応用する場合、要素部 3 1 a の幅は、少なくとも 4 0 μm より細くすることが好ましいことが分かった。

10

【0054】

〔検討構造例 3〕

検討構造例 3 の超音波探触子について、構造体の高さと出力帯域との関係性の検証を行った。検討構造例 3 は、構造部材 3 1 の要素部 3 1 a の寸法を除いて検討構造例 1 と同じ構造を有する。要素部 3 1 a の幅を 2 0 μm とし、その高さを 1 5 0 μm 、2 0 0 μm 、…、及び 5 0 0 μm とし、低周波の感度検証を行った。

20

【0055】

図 8 (A) 及び 8 (B) は、検討構造例 3 について超音波装置の送信感度を評価した結果である。検討構造例 3 の構造の場合、要素部 3 1 a の高さが低くなると、低い周波側の感度が低下することが分かった。医療診断に使用する場合、超音波プローブは高周波帯として 5 M H z よりも小さい周波数帯域まで使用する場合もある。検討構造例 3 の構造を医療診断に応用する場合、要素部 3 1 a の高さは、少なくとも 2 0 0 μm より高くすることが好ましいことが分かった。

20

【0056】

〔検討構造例 4〕

検討構造例 4 の超音波探触子では、発振素子 2 0 2 に電圧を印可することで振動を発生するような解析モデルに変更し、発振素子 2 0 2 で発生した音波が音響整合層 7 3 と音響レンズ 7 4 とを通過し、音響レンズ 7 4 から生体と同じ音響インピーダンスをもつ水に伝搬し、この超音波を受信する送信型の超音波装置をモデルとした。測定されるデータは、印加した電場の波形と、受信した圧力応答の変化とを周波数変換したものである。この場合、実際の超音波探触子に対応する系を用いることで、より正確な検証を行うことを目的とした。音響レンズ 7 4 としては、密度が 1.4 g / cm³ であり、縦波音速が 9 0 0 m / sec であり、横波音速が 1 0 0 m / sec であるシリコーンゴムを想定した。

30

【0057】

構造部材 3 1 の理想的な能力を確認するため、構造部材 3 1 の要素部 3 1 a の材料を、発振素子 2 0 2 と同じ材料である P Z T としたものと、それに対して音響インピーダンスが高いニッケル (5 0 M R a y 1 s) としたものと、音響インピーダンスが低いスズ (2.4 M R a y 1 s) としたものとを比較対象とした。要素部 3 1 a に対応する構造体の高さは 5 0 0 μm とし、構造体の幅 1 4 μm とし、構造体の天面を 3 μm とした。また、充填部材 3 2 の材料は、音響インピーダンスが 2.7 M R a y 1 s のものを想定した。検討構造例 4 における検証は、構造部材 3 1 の材料ごとの相対的なズレを確認することを念頭としており、充填部材 3 2 の音響インピーダンスは、音響レンズ 7 4 にマッチングさせていない。

40

【0058】

図 9 は、検討構造例 4 について超音波探触子の送信感度を評価した結果である。検討構造例 4 の構造の場合、構造部材 3 1 の要素部 3 1 a の材料を発振素子 2 0 2 と同じである

50

P Z T をとした場合の周波数波形が最も形が整い良好という結果となった。したがって、構造部材 3 1 の要素部 3 1 a として最も理想的な材料は、発振素子 2 0 2 と同等の音響インピーダンスを有するものであると言える。構造部材 3 1 の要素部 3 1 a の材料としてニッケルやスズを用いたものは、やや周波数特性のリップルの発生が強いものの、性能に影響しうる致命的な波形の乱れはなく、音響インピーダンスが 6 0 % 程度のすれば許容でき、広い周波数帯域における帯域確保できると分かった。

【 0 0 5 9 】

〔検討構造例 5 〕

検討構造例 5 の超音波探触子は、構造部材 3 1 の充填部材 3 2 の材料のマッチングを確認するための解析モデルである。構造部材 3 1 の要素部 3 1 a の材料として、検討構造例 4 で用いたニッケルを使用し、充填部材 3 2 の材料として、音響レンズ 7 4 に対応させて、シリコーンゴムフィラーによって音響インピーダンスが 2 . 0 M R a y 1 s に調整されたエポキシ接着剤又は充填剤を仮定した。検討構造例 5 の比較例として、充填部材 3 2 について、2 . 7 M R a y 1 s で音響インピーダンスが調整されていないエポキシ接着剤又は充填剤を想定した。

10

【 0 0 6 0 】

図 1 0 は、検討構造例 5 について超音波探触子の送信感度を評価した結果である。実線は充填部材 3 2 として音響インピーダンス 2 . 7 R a y 1 s のエポキシ充填剤を用いた場合（比較例）を示し、点線は充填部材 3 2 として音響インピーダンス 2 . 0 R a y 1 s のシリコーンゴムフィラーを入れたエポキシ充填材を用いた場合（検討構造例 5 ）を示す。検討構造例 5 の構造の場合、充填部材 3 2 が 2 . 7 M R a y 1 s の比較例に比べて、全体的な感度の向上効果が見られた。この結果から、充填部材 3 2 の音響インピーダンスは、音響レンズ 7 4 の音響インピーダンスと同等であることが好ましいと分かった。相対的に見た場合は、音響レンズ 7 4 の音響インピーダンスが 2 . 7 M R a y 1 s でも他の条件の最適化によって使える可能性があることがわかった。

20

【 0 0 6 1 】

以下では、検討構造例 1 ~ 5 の結果を踏まえ、バッファ層 7 3 b があることによる効果検証を行った結果を説明する。

【 0 0 6 2 】

〔検討構造例 6 〕

30

検討構造例 6 の超音波探触子では、構造部材 3 1 の要素部 3 1 a の材料は、発振素子 2 0 2 に音響インピーダンスが近い 3 0 M R a 1 y e s の亜鉛とし、充填部材 3 2 の材料は、音響レンズ 7 4 に音響インピーダンスが近い 2 . 0 M R a y 1 s のシリコーンゴムフィラー含有のエポキシ接着剤とした。構造部材 3 1 の要素部 3 1 a については、錐台形状とし、要素部 3 1 a の構造高さを 4 5 0 μ m とし、要素部 3 1 a の 1 本の幅 2 0 μ m とし、先細りの先端の幅が 3 μ m となるようにした。

【 0 0 6 3 】

〔検討構造例 7 〕

検討構造例 7 の超音波探触子は、検討構造例 6 の超音波探触子に対して、構造部材 3 1 の要素部 3 1 a の先端から 3 0 μ m の部分に、充填材料からなるバッファ層 7 3 b を追加した構造を有するものとした。

40

【 0 0 6 4 】

図 1 1 は、検討構造例 6 、 7 について超音波探触子の送信感度を評価した結果である。結果を検証するため、感度帯域を 6 d B 範囲で抽出した。もっとも感度が高いトップピーク位置から、隣り合うボトムピークの差分を比較した時に、バッファ層 7 3 b がない検討構造例 6 の場合は、約 2 . 4 d B の感度の落差が生じ、バッファ層 7 3 b がある場合の検討構造例 7 の場合は、約 1 . 1 d B の感度の落差が生じた。

【 0 0 6 5 】

実際の超音波診断装置では、送信した超音波が生体組織で反射し、再度、音響レンズ 7 4 、音響整合層 7 3 、及び発振素子 2 0 2 の順に伝達され、発振素子 2 0 2 の圧力が電圧

50

に変換される。つまり、実際の系では音響整合層 7 3 を 2 度通過することになり、本結果の感度に対して、2 倍低下することが想定される。言い換えると、バッファ層 7 3 b が無い検討構造例 6 の場合、1 パスで 2 . 4 dB の感度のリップルであったが、2 パスにすることで約 5 dB の感度差があるリップルに拡張されることが想定できる。検討構造例 6 に想定される感度差は、良好な画像を形成させるための感度としては、経験的に大きく、超音波診断装置として使用が難しいと判断できる。

【0066】

図 12 (A) 及び 12 (B) は、図 3 等に示す構造部材 31 の要素部 31 a の形成方法の一例を説明する図である。図 12 (A) に示すように、シリコンウェハ 81 に多数の深穴 81 a を加工したものを型 80 として準備する。この型 80 に対して、深穴 81 a の内部をメッキ処理、若しくは、溶融した金属の流し込みによって、充填材 88 で充填する。その後、図 12 (B) に示すように、充填された型 80 のシリコンウェハ 81 を溶解によって除去することで、多数の要素部 31 a からなる構造体 10 が得られる。構造体 10 の隙間を充填部材 32 で充填する際に、複数の要素部 31 a を先端が所定深さとなるまで埋め込むことによってバッファ層 7 3 b を併せて形成することができる。なお、構造体 10 の根元部分 10 a は、発振素子 202 に接続する前に除去することができる。

10

【0067】

図 13 (A) 及び 13 (B) は、図 3 等に示す構造部材 31 の要素部 31 a の形成方法の別例を説明する図である。図 13 (A) に示すように、多数の金属ワイヤー 91 a を束ねた前駆体 91 を準備する。その後、図 13 (B) に示すように、エッチング処理によって前駆体 91 を構成する金属ワイヤー 91 a の先端側をニードル形状にすることで、多数の要素部 31 a からなる構造体 10 が得られる。構造体 10 の隙間を充填部材 32 で充填する際に、複数の要素部 31 a を先端が所定深さとなるまで埋め込むことによってバッファ層 7 3 b を併せて形成することができる。

20

【0068】

以上で説明した実施形態の音響整合層 7 3 では、複数の要素部 31 a の先端から音響レンズ 7 4 までの間に、充填部材 32 で形成されたバッファ層 7 3 b が設けているので、音響整合層 7 3 と音響レンズ 7 4 との境界に起因して周波数特性にリップルが生じることを抑制でき、良好な画像の形成が可能になる。ここで、バッファ層 7 3 b が構造部材 31 を充填して構造部材 31 の上層として延びる充填部材 32 で形成されるので、バッファ層 7 3 b を簡易な工程で作製することができ、音響整合層 7 3 を簡単な構造とすることができます。

30

【0069】

以上、実施形態に即して本発明を説明したが、本発明に係る音響整合層等は、上記のものには限られない。例えば構造部材 31 の要素部 31 a の形状は、例示のものに限らず、様々なものとできる。

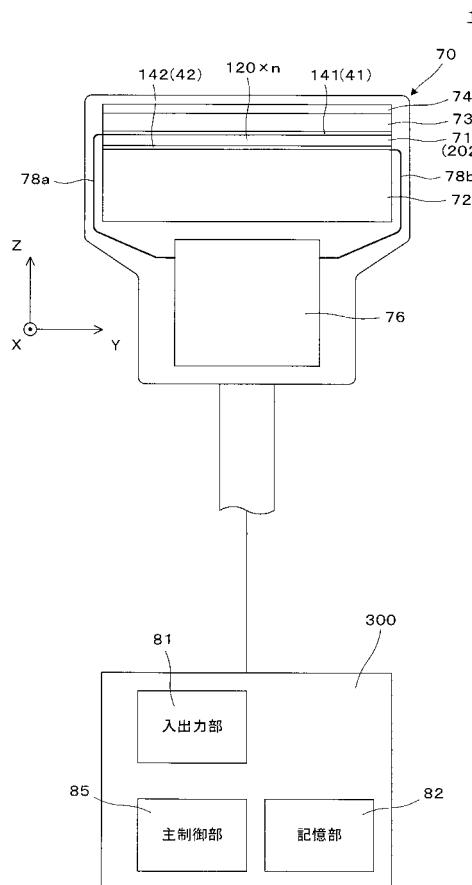
【符号の説明】

【0070】

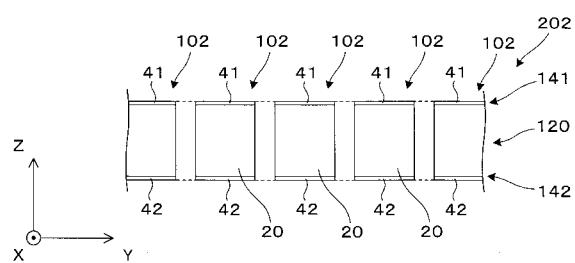
10 ... 構造体、 10 a ... 根元部分、 20 ... 圧電体、 31 ... 構造部材、 31 a ... 要素部、 32 ... 充填部材、 33 ... 構造充填部、 38 a , 138 b , 38 b ... 要素部、 41 , 42 ... 電極、 70 ... 超音波探触子、 71 ... 振動部、 72 ... バッキング材、 73 ... 音響整合層、 73 a ... 本体層、 73 b ... バッファ層、 74 ... 音響レンズ、 76 ... 駆動回路、 78 a , 78 b ... 並列配線、 79 ... 接着層、 80 ... 型、 81 ... シリコンウェハ、 81 a ... 深穴、 88 ... 充填材、 91 ... 前駆体、 91 a ... 金属ワイヤー、 100 ... 超音波診断装置、 102 ... 各圧電部材、 120 ... 圧電集合体、 141 , 142 ... 櫛歯状電極、 202 ... 発振素子、 300 ... 制御装置

40

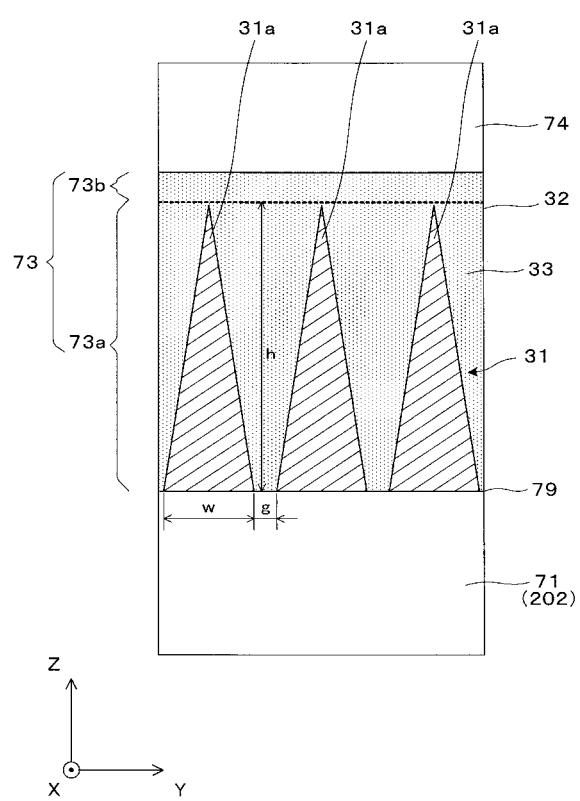
【図1】



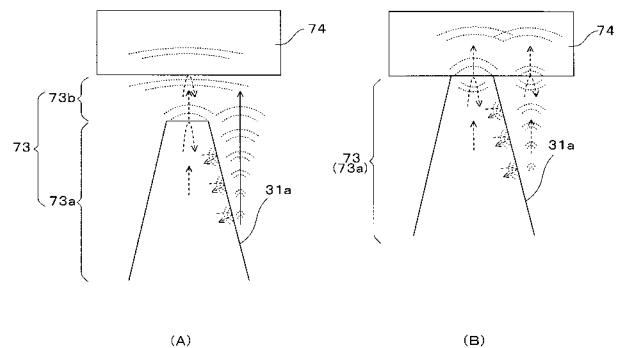
【図2】



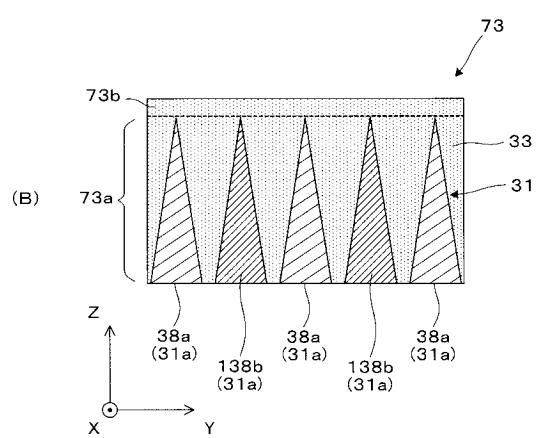
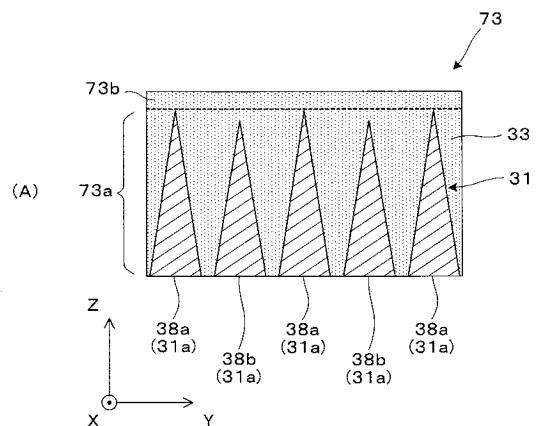
【図3】



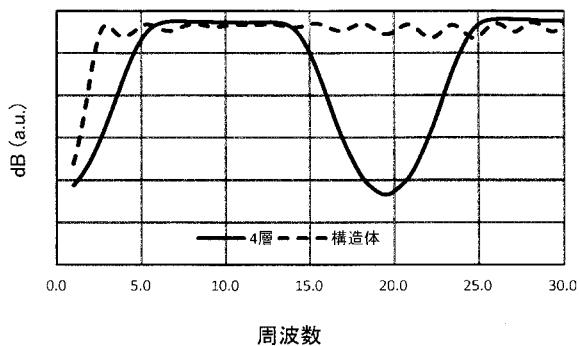
【図4】



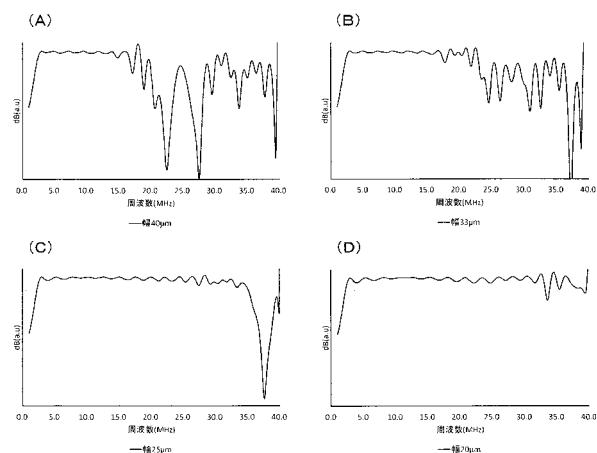
【図5】



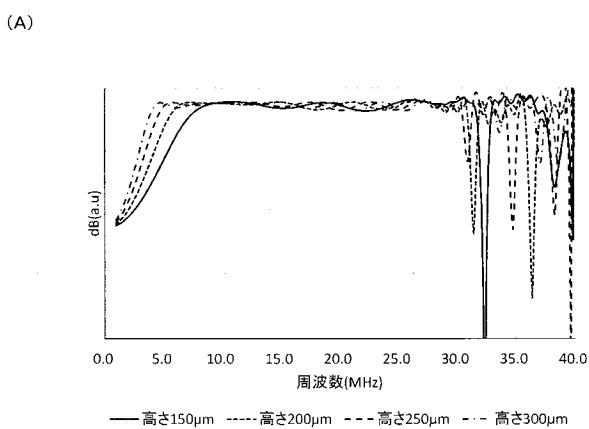
【図6】



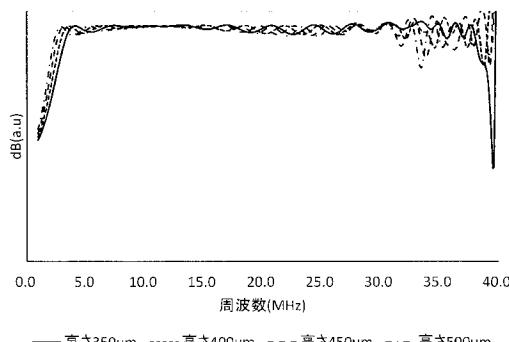
【図7】



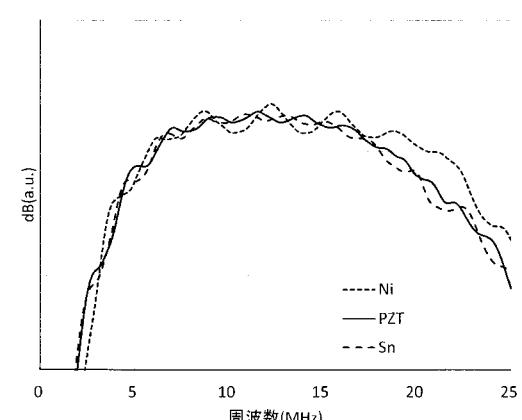
【図8】



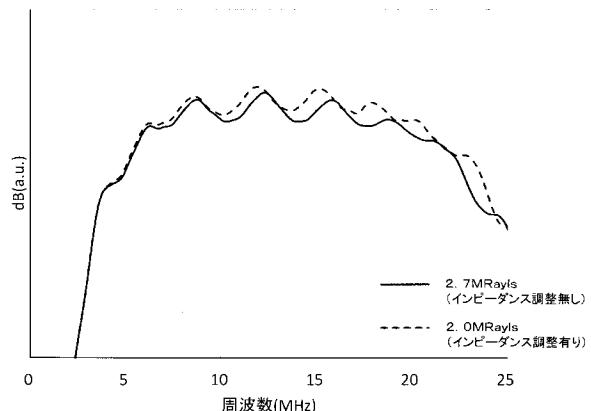
(B)



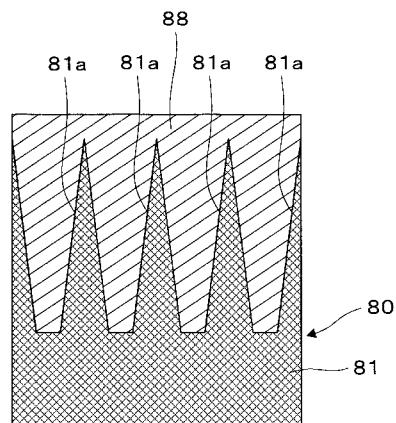
【図9】



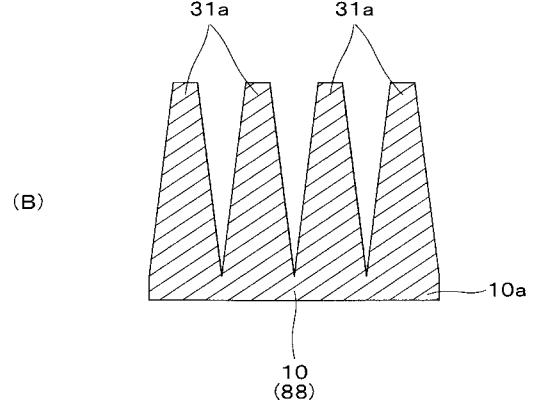
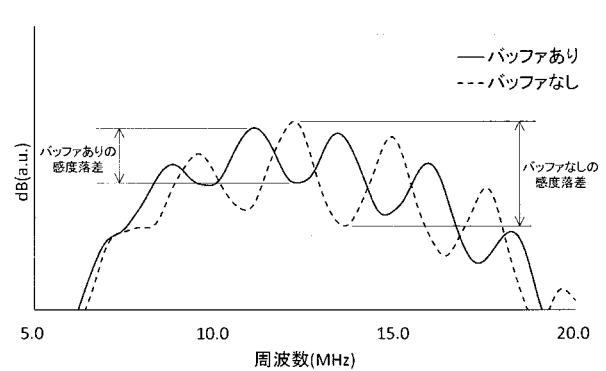
【図 1 0】



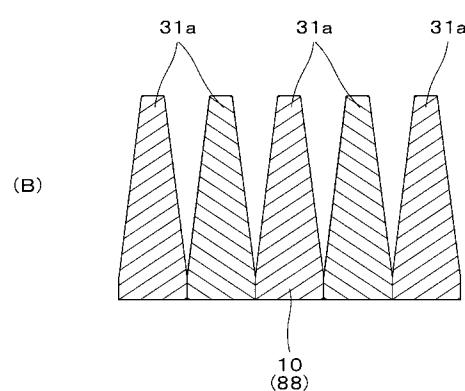
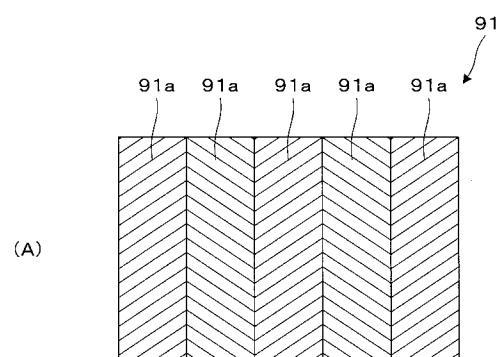
【図 1 2】



【図 1 1】



【図 1 3】



专利名称(译)	声匹配层，超声波探头以及制造声匹配层的方法		
公开(公告)号	JP2019135824A	公开(公告)日	2019-08-15
申请号	JP2018018728	申请日	2018-02-05
[标]申请(专利权)人(译)	柯尼卡株式会社		
申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达有限公司		
[标]发明人	川路宗矩		
发明人	川路 宗矩		
IPC分类号	H04R17/00 A61B8/14		
FI分类号	H04R17/00.330.J H04R17/00.332.A A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/EE04 4C601/GB25 4C601/GB27 4C601/GB28 5D019/AA07 5D019/BB18 5D019/FF04 5D019/GG01		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供一种声匹配层，以防止由于声匹配层和声透镜之间的边界而引起的频率特性波动的出现，从而实现良好的图像形成。解决方案：声匹配层73布置在超声波探头中如图70所示，在发出超声波的振荡装置202和防止发出超声波的声透镜74之间。声匹配层73由具有与振荡装置202的声阻抗相等的声阻抗的结构部件31和具有与声透镜74的声阻抗相等的声阻抗的填充部件32形成。结构构件31具有多个元件部31a，该多个元件部31a呈阵列状排列，并且具有沿音轴方向朝向顶端逐渐变细的形状。排列成阵列的多个元件部31a之间的间隙被填充部件32填充。在多个元件部分31a的末端与声透镜74之间设置有由填充部件32形成的缓冲层73b。图3

