

(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2017-5661

(P2017-5661A)

(43) 公開日 平成29年1月5日(2017.1.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4R 17/00 (2006.01)	HO4R 17/00 330H	4C601
HO1L 41/09 (2006.01)	HO4R 17/00 332A	5D019
HO1L 41/113 (2006.01)	HO1L 41/09	
HO1L 41/047 (2006.01)	HO1L 41/113	
A61B 8/14 (2006.01)	HO1L 41/047	
審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 15 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2015-121165 (P2015-121165)
 (22) 出願日 平成27年6月16日 (2015.6.16)

(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
 (71) 出願人 505127721
 公立大学法人大阪府立大学
 大阪府堺市中央区学園町1番1号
 (74) 代理人 100105050
 弁理士 鷺田 公一
 (72) 発明者 鈴木 謙次
 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
 (72) 発明者 吉村 武
 大阪府堺市中央区学園町1番1号 公立大学法人大阪府立大学内
 Fターム(参考) 4C601 EE03 GB04

最終頁に続く

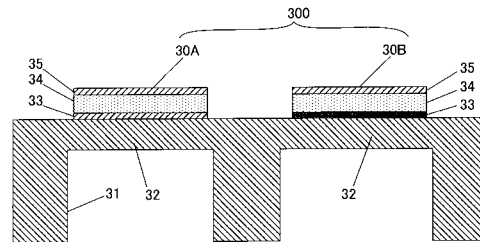
(54) 【発明の名称】 超音波振動子および超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】 作製コストを嵩ませることなく、高感度の振動素子を有する超音波振動子および超音波診断装置を提供する。

【解決手段】 超音波振動子は、振動板、下部電極、圧電体膜および上部電極がこの順で積層された複数の積層体を有し、複数の積層体は所定数毎に分けられて複数の振動素子を構成し、複数の振動素子のうち少なくとも一つの振動素子それぞれにおいて、いずれかの積層体は、他のいずれかの積層体の下部電極とは異なる材料もしくは材料組成比の下部電極を有する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

振動板、下部電極、圧電体膜および上部電極がこの順で積層された複数の積層体を有する超音波振動子であって、

前記複数の積層体は所定数毎に分けられて複数の振動素子を構成し、

前記複数の振動素子のうち少なくとも一つの振動素子それぞれにおいて、いずれかの積層体は、他のいずれかの積層体の下部電極とは異なる材料もしくは材料組成比の下部電極を有する、超音波振動子。

【請求項 2】

前記複数の積層体の間で、前記圧電体膜は、同一の材料からなり、かつ、同一の厚みを有する、請求項 1 に記載の超音波振動子。

10

【請求項 3】

前記複数の積層体は、同一の構造を有する、請求項 1 または 2 に記載の超音波振動子。

【請求項 4】

同一の積層体に含まれる前記下部電極と前記上部電極とが、異なる面積を有する、請求項 1 から 3 のいずれか一つに記載の超音波振動子。

【請求項 5】

前記少なくとも一つの振動素子それぞれを構成する前記所定数の積層体は、一つずつ、あるいは 2 個以上の積層体を組み合わせた積層体群毎に、一つの検出素子に電氣的に接続し、積層体一つずつの静電容量あるいは積層体群毎の静電容量は、電氣的に接続された前記一つの検出素子の静電容量と整合する、請求項 1 から 4 のいずれか一つに記載の超音波振動子。

20

【請求項 6】

積層体一つずつの静電容量あるいは積層体群毎の静電容量は、電氣的に接続された前記一つの検出素子の静電容量と一致する、請求項 5 に記載の超音波振動子。

【請求項 7】

前記積層体は第 1 の積層体と、前記第 1 の積層体の下部電極とは材料もしくは材料組成比の異なる下部電極を有する第 2 の積層体を含み、

前記複数の振動素子は、複数チャンネルのアレイを構成し、

一つのチャンネルにおいて前記第 1 の積層体同士が隣り合わないよう配置される請求項 1 ~ 6 のいずれか一つに記載の超音波振動子。

30

【請求項 8】

前記少なくとも一つの振動素子それぞれにおいて、同じ材料もしくは材料組成比の前記下部電極を有する二つ以上の積層体が隣接配置されている積層体集合部が分散して配置されており、

個々の積層体集合部の寸法は、受信対象の超音波の半波長以下である、請求項 1 から 7 のいずれか一つに記載の超音波振動子。

【請求項 9】

前記下部電極の材料の全てもしくは一部に、格子定数 $3.9 \sim 4.1$ [] を有する材料が用いられる、請求項 1 から 5 のいずれか一つに記載の超音波振動子。

40

【請求項 10】

前記下部電極の材料として、Ag に Pd が含有された銀合金が用いられる、請求項 9 に記載の超音波振動子。

【請求項 11】

前記複数の振動素子は、複数チャンネルのアレイを構成する、請求項 1 から 10 のいずれか一つに記載の超音波振動子。

【請求項 12】

前記複数の振動素子のうち同一チャンネルの振動素子に含まれる前記下部電極は、互いに電氣的に接続されている、請求項 11 に記載の超音波振動子。

【請求項 13】

50

前記複数の振動素子のうち同一チャンネルの振動素子を構成する前記所定数の積層体は、複数のサブチャンネルに分割され、

前記複数のサブチャンネルのうち同一サブチャンネルに含まれる前記下部電極は、互いに電氣的に接続されている、請求項 1 1 に記載の超音波振動子。

【請求項 1 4】

請求項 1 から 1 3 のいずれか一つに記載の超音波振動子を有する超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波振動子および超音波診断装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置は超音波プローブから超音波パルスを被検体内に送信し、被検体内からのエコー信号を超音波プローブで受信し、電気信号に変換する。超音波プローブは電気信号を機械振動に、また、その逆に機械振動を電気信号に変換する超音波振動子を有する。超音波振動子には、例えば、圧電材料と電極材料とを積層したバルク状の圧電体を分割した振動素子（バルク型の振動素子）が用いられる。超音波プローブの長軸方向には多数の振動素子が配列される。

【0003】

電子走査法では、配列された振動素子を超音波プローブの長軸方向に1つずつ順次駆動することにより超音波ビームを走査する。超音波ビームの走査により得られたエコー信号に基づいて被検体の超音波断層像が得られる。

20

【0004】

超音波断層像の分解能は超音波ビームの走査方向のピッチに依存する。このピッチは振動素子の幅により決定される。そのため、超音波断層像の分解能を上げるには、振動素子の小型化や高密度化が要求される。

【0005】

また、一般に、振動素子に圧縮応力や引張応力などを与えて機械的歪を発生させると、振動素子に分極が起きて、この歪みに比例した電圧が発生する。よって、超音波パルスを受信したときの電圧が大きく変化するように振動素子の歪み易さを確保して、振動素子の高感度化を図ることも要求される。

30

【0006】

近年、振動素子の小型化や高密度化の要求に応じて、半導体微細加工技術（MEMS技術）を用いた超音波プローブが提案されている。例えば特許文献1に記載されている、MEMS技術で作製された振動素子は、下部電極を兼ねた振動板上に、圧電体膜および上部電極を順次成膜して構成されている。

【0007】

また、例えば特許文献2には、振動素子を高感度にするために、振動板を除去し圧電体膜を歪み易い非平坦形状（例えば、ドーム形状）にして曲げモードに追加して伸縮モードにより高い電気機械結合を得ることが、記載されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2013-93760号公報

【特許文献2】米国特許第8767512号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、特許文献1に記載された振動素子においては、圧電体膜は、平板状の振動板上に成膜された形状を有する。これは歪み難い形状であるため、このような圧電体膜

50

を備えた振動素子は、バルク型の振動素子より感度が低い点で問題がある。

【 0 0 1 0 】

また、特許文献 2 に記載された振動素子の振動板ドーム形状は構造が複雑であり、MEMS 技術では作製困難である。このため、歩留まりが低下し、また、ドーム形状を作製するのに高度の製造プロセスが必要となるという問題点があった。

【 0 0 1 1 】

本発明は、前記従来課題を解決するもので、ドーム形状などの複雑な構造とすることなく、高感度の振動素子を有する超音波振動子および超音波診断装置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】

【 0 0 1 2 】

上記目的を達成するために、本発明の超音波振動子は、振動板、下部電極、圧電体膜および上部電極がこの順で積層された複数の積層体を有し、

複数の積層体は所定数毎に分けられて複数の振動素子を構成し、

前記複数の振動素子のうち少なくとも一つの振動素子それぞれにおいて、いずれかの積層体は、他のいずれかの積層体の下部電極とは異なる材料もしくは材料組成比の下部電極を有する。

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、振動素子を構成する積層体の構造を複雑化することなく、個々の振動素子を構成する所定数の積層体において、材料もしくは材料組成比の異なる下部電極を混在させ、その混在比率を調整することで、圧電体膜の物性、特に、圧電体膜の誘電率を適切に制御することが可能となるため、複雑な構造とすることなく積層体の小型化や高密度化つまり振動素子の小型化や高密度化が容易となり、高感度の振動素子を有する超音波振動子および超音波診断装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】本発明の実施の形態における超音波診断装置の全体構成を示すブロック図である。

【図 2】MOSFET による信号検出の回路図である。

【図 3】振動素子の配列を示す図である。

【図 4】積層体群の一例を概略的に示す断面図である。

【図 5】同一チャンネルにおける複数の積層体の混在比率を示す図である。

【図 6】振動子配列を示す図であり、図 6 A は、2 個の積層体の組み合わせを積層体群として配列するときの図、図 6 B は、3 個の積層体の組み合わせを積層体群として配列するときの図、図 6 C は、4 個の積層体の組み合わせを積層体群として配列するときの図である。

【図 7】振動素子において、分散して配置された積層体集合部を示す図である。

【図 8】同一積層体に含まれる下部電極と上部電極との面積を異ならせたときの図であり、図 8 A は上部電極を小円形状にしたときの図、図 8 B は、上部電極をリング形状にしたときの図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【 0 0 1 6 】

図 1 は、本実施の形態における超音波診断装置 S の全体構成を示すブロック図である。

【 0 0 1 7 】

超音波診断装置 S は、超音波診断装置本体 1 と超音波プローブ 2 とにより構成される。超音波診断装置本体 1 は、制御部 3 と、信号処理部 1 4 と、画像生成部 1 5 と、表示制御部 1 6 と、ユーザーインターフェース UI とを備える。ユーザーインターフェース UI は

10

20

30

40

50

、表示部 17 と操作部 18 とを有する。

【0018】

超音波プローブ 2 は、プローブ制御部 2A と、送受信部 11 と、超音波振動子 10 とを有する。超音波振動子 10 は複数の振動素子 20（後述する）が配列された振動子配列 20A（後述する）を有する。超音波プローブ 2 には、送受信部 11 の送信部 12 と受信部 13 とに接続される送受信切替部（スイッチ）4 が設けられている。

【0019】

送受信切替部 4 は、プローブ制御部 2A からの送受信切替信号に従って、各振動素子 20 と送信部 12 又は受信部 13 との接続の切り替えを行う。送受信切替部 4 の切り替えによって、各振動素子 20 は送信部 12 又は受信部 13 に接続されることになる。送信部 12 に接続された振動素子 20 は、送信用の振動素子 20 として機能し、送信部 12 から供給される電圧パルスによって超音波パルスを発生する。また、受信部 13 に接続された振動素子 20 は、受信用の振動素子 20 として機能し、被検体からの反射（エコー）信号を受信し、受信部 13 に出力する。なお、送受信部 11 は、超音波プローブ 2 内に設けられた構成としてが、超音波診断装置本体 1 内に設けられた構成としてもよい。

10

【0020】

受信部 13 は、反射（エコー）信号の受信に伴って振動素子 20 により誘起された電荷をその電荷量に応じた電圧信号に変換する。受信部 13 は、各振動素子 20 と一対一に対応付けて設けられた検出系 130 を有し、検出系 130 は、一つ以上の検出素子から構成される。検出素子としては、例えば MOSFET（金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ）が用いられる。図 2 は振動素子 20 と検出系 130 とが接続された MOSFET 検出の回路図である。図 2 に示すように、振動素子 20 において受信した反射信号の圧電変換により生成された電圧信号（V）が、検出系 130 において検出信号（V_{in}）として検出される。振動素子 20 を最大限に高感度化するため、振動素子 20 側の第 1 静電容量 C_f と検出系 130 側の第 2 静電容量 C_{in}（ゲート静電容量）との整合をとることは後述する。

20

【0021】

プローブ制御部 2A は、予め設定された送信用の振動素子 20 と受信用の振動素子 20 の位置を示す配置パターンに従って所定の切替タイミングで送受信切替部 4 における接続を切り替えることで、各振動素子 20 を送信部 12 又は受信部 13 に接続し、振動素子 20 を送信用又は受信用に切り替える。

30

【0022】

信号処理部 14 は、受信部 13 からの電圧信号に対して BPF（Band Pass Filter）を施す処理、非線形圧縮、深度補正、検波処理などの各種処理を行う。画像生成部 15、信号処理後のデータに基づいて、被検体の組織形状を表す画像データを生成する。表示制御部 16 は、操作部 18（キーボード、マウス、タッチパネルなど）による入力操作を受けて、画像データに基づいて表示部 17（液晶画面など）に断層像を表示させる。

【0023】

図 3 は、超音波振動子 10 の一例を概略的に示す図である。

【0024】

図 3 に示すように、振動子配列 20A は、超音波プローブ 2 の長軸方向（図 3 に X で示す走査方向）に 128 個の振動素子 20 が配列されたものである。振動素子 20 は、電子走査時において遅延時間を与える対象としての 1 単位（1 つのチャンネル）を構成するものである。すなわち、複数の振動素子 20 は複数（ここでは 128）チャンネルのアレイを構成する。

40

【0025】

各振動素子 20 は、同一の構造を備えた所定数（ここでは 26）の積層体が長軸方向および長軸方向に直交する短軸方向（図 3 に Y で示すエレベーション方向）に 2 × 13 のマトリックス状に配列されて構成される。言い換えれば、複数の積層体が、所定数毎に分けられて複数の振動素子 20 を構成する。なお、個々の積層体は、圧電体を含むものであ

50

て、MEMS技術により作製されるとき、これを「pMUTセル」(pMUT:piezoelectric Micromachined Ultrasound Transducer)と呼ぶことがあり、このような積層体の集合を「pMUTセル群」と呼ぶことがある。

【0026】

本実施の形態では、各振動素子20においては、高感度化を図るために2種類の積層体が混在している。以下、第1の種類の積層体を積層体30Aと称し、第2の種類の積層体を積層体30Bと称する。なお、以下の説明では、2つ以上の積層体(積層体30A、30B)の集合を積層体群300と称する。また、積層体30A、30Bの総称を積層体30と称する。

【0027】

図4は、積層体群300の一例を概略的に示す断面図である。この例では、積層体群300は、一つの積層体30Aと積層体30Bとを含んでいる。

10

【0028】

積層体30A、30Bはいずれも、振動板(ダイヤフラム)32、下部電極33および圧電体膜34、上部電極35を有する。振動板32、下部電極33、圧電体膜34および上部電極35は、この順で積層される。なお、図示しないが、上部電極35上には保護および絶縁のための膜が成膜される。この膜には、例えばSiO₂(酸化シリコン)などの酸化膜、エポキシ樹脂やパリレン等の有機膜が用いられる。

【0029】

振動板32は、基板31によりその両端部が支持される。振動板32は、基板31と一体に形成される。例えば、振動板32は、基板31の材料としてのシリコン基板をエッチングにより部分的に薄くして薄膜の平板状に形成される。

20

【0030】

下部電極33は平板状の振動板32上に成膜される。さらに、圧電体膜34は下部電極33に成膜される。さらに、上部電極35は圧電体膜34に成膜される。本実施の形態では、これらの積層は、平坦であり複雑ではないため、通常の成膜技術とMEMS技術により容易にかつ微細に作製することができるため、積層体30の小型化や高密度化ひいては振動素子20の小型化や高密度化を図ることができる。

【0031】

上部電極35の材料には、作製のし易さから、後述する下部電極33の材料と同じ材料を用いるとよいが、下部電極33とは異なる材料であってもよい。

30

【0032】

また、圧電体膜34の材料は、例えばチタン酸ジルコン酸鉛のような従来周知の材料を用いてよい。

【0033】

図4に示すように、積層体30A、30Bは同一の構造を有する。同一の構造とは、基板31、振動板32、下部電極33、圧電体膜34、上部電極35など、それぞれを構成する厚みや断面形状が同一であることをいう。なお、基板31は積層体30A及び積層体30Bとの間で共有されている箇所を含むが、半分で区切ったときの構造で同一としている。また、同一の範囲には製造誤差を含む。例えば、圧電体膜34は同一の材料からなり、かつ、同一の厚みを有する。また、上記したように振動板32が平板状である。さらに、圧電体膜34および上部電極35もそれぞれ同一の製造プロセスの中で容易に作製することができる。このため、積層体30A、30Bが作製し易くなり、ひいては、振動素子20の作製を容易にする。

40

【0034】

ここで、積層体30の構造を非平面状とすることで、あるいは、圧電体膜34の材料を、誘電率が異なるものとなるように積層体30Aと積層体30Bとで互いに異ならせることで、高感度の振動素子20を得ることも考えられるが、これでは振動素子20の作製コストが嵩んでしまうおそれがある。

【0035】

50

本実施の形態では、積層体 30 の構造を非平面状に複雑化しなくても、そして積層体 30 A、30 B 内の圧電体膜 34 の材料を互いに異ならせなくても、個々の振動素子 20 を構成する所定数の積層体 30 において、材料もしくは材料組成比の異なる下部電極 33 を混在させ、その混在比率を調整することで、圧電体膜 34 の物性、特に、圧電体膜 34 の誘電率（比誘電率）を適切に制御することができる。これにより、作製コストを嵩ませることなく、高感度の振動素子 20 を得ることができる。

【0036】

下部電極 33 の材料には、上層に成膜する圧電材の圧電効果が出せるもので、かつ、圧電材料中の成分元素と反応化合物を生成しないもの、表面平滑性が良いもの、圧電材料の成膜プロセス温度変化により合金相を析出しないものが望ましい。それにより圧電体膜 34 と下部電極 33 の密着し剥がれ難くなり、圧電特性の継時的な劣化が抑制されるという効果が得られる。

10

【0037】

例えば、圧電体膜 34 の材料として、結晶の単位格子大きさを表す格子定数が $3.9 \sim 4.1$ [] のものが用いられる場合は、上述の効果が得られる下部電極 33 の材料としては、格子定数が $3.9 \sim 4.1$ [] の範囲ものが用いられる。

【0038】

このような格子定数を有する下部電極 33 の材料として、例えば、白金 (Pt)、LNO (LaNiO_3) などのペロブスカイト型化合物、銀 (Ag) を主成分としてパラジウム (Pd) を含む銀合金 (Ag-Pd) が挙げられる。

20

【0039】

なお、下部電極 33 において使用可能な材料に関する他の例としては、銅 (Cu)、珪素 (Si)、クロム (Cr)、チタン (Ti)、ニッケル (Ni)、金 (Au)、白金 (Pt)、アルミニウム (Al)、タンタル (Ta)、コバルト (Co) のうち少なくとも 1 種類を含有する銀合金がある。

【0040】

また、下部電極 33 の材料は、格子定数が $4.0 \sim 4.1$ [] である (Ba, La) TiO_3 、(Ba, La) SnO_3 であってもよい。さらに、SrRuO₃ であってもよい。これらの材料は、白金 (Pt)、LNO、銀合金 (Ag-Pd) と同様に、圧電材の圧電効果が出るものである。

30

【0041】

振動板 32 上に下部電極 33 を成膜する方法としては、スパッタリング法、イオンプレーティング法、分子線エピタキシー法、レーザアブレーション法、イオン化クラスタービーム蒸着法、並びにイオンビーム蒸着法などの PVD 法が用いられる。なお、成膜方法として、上記する材料をターゲット材料としたスパッタリング法を用いることが好ましい。

【0042】

振動板 32 上に下部電極 33 を例えば多源スパッタリング法で成膜すれば、また、ターゲット材料として銀 (Ag) およびパラジウム (Pd) を用いたとき、試料とターゲット材料の位置関係により、試料中に銀 (Ag) とパラジウム (Pd) の含有量を少しずつ異ならせた領域を一度に作製でき、格子定数の微調整が容易にでき、圧電体膜 34 の格子定数と下部電極 33 の格子定数を適切に調整でき、誘電率を制御できる。

40

【0043】

下部電極 33 の材料が銀合金 (Ag-Pd) である場合において、いずれかの積層体 30 A、30 B の下部電極 33 は、他のいずれかの積層体 30 A、30 B の下部電極 33 とは異なる、銀 (Ag) とパラジウム (Pd) の組成比を有する。これにより、積層体 30 A の静電容量は、積層体 30 B の静電容量とは異なるものとなる。

【0044】

圧電体膜 34 の比誘電率は、公知の測定方法で確認できる。

【0045】

比誘電率の測定方法の一例を説明する。圧電体膜 34 の比誘電率の測定には、

50

例えば、比誘電率 ϵ_r の測定対象として、下部電極 33 に膜厚が $1 [\mu\text{m}] / 100 [\text{nm}]$ となるように PZT ($\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$) / PLT ($\text{Pb}, \text{La})\text{TiO}_3$) を成膜したものが用いられる。この測定対象を例えばソーヤタワー回路にセットし、圧電体膜 34 の両極に交流電源 $1 [\text{MHz}]$ を印加する。圧電体膜 34 の両極に印加された電圧と、圧電体膜 34 の両極に誘起された電荷とに基づいて、圧電体膜 34 の比誘電率が測定される。

【0046】

下部電極 33 の材料等と圧電体膜 34 の比誘電率 ϵ_r との関係は例えば次の通りである。材料が白金 (Pt) の場合、比誘電率 ϵ_r は 480 である。また、材料が LNO (LaNiO_3) の場合、比誘電率 ϵ_r は 550 である。さらに、材料組成比が銀 (Ag) を主成分として 45% のパラジウム (Pd) を含む銀合金 Ag - Pd (45%) の場合、比誘電率 ϵ_r は 260 である。さらに、材料組成比が銀 (Ag) を主成分として 25% のパラジウム (Pd) を含む銀合金 Ag - Pd (25%) の場合、比誘電率 ϵ_r は 230 である。

10

【0047】

このことから、積層体 30A、30B が同一の構造であっても、それらの下部電極 33 の材料等が異なることにより、積層体 30A、30B の静電容量が異なる。そのため、MOSFET (検出素子) に接続される積層体群 300 における積層体 30A、30B の組み合わせを調整することで、積層体群 300 (積層体 30A、30B) 側の静電容量を、検出系 130 においてその積層体群 300 に電氣的に接続される MOSFET (検出素子) の入力側の静電容量と整合させることが可能となり、高感度の振動素子 20 が得られる。また、このように検出系 130 側の第 2 静電容量 C_{in} に対して振動素子 20 側の第 1 静電容量 C_f を整合させる手法を採ることにより、MOSFET の製造公差 (個体差) などに起因して検出系 130 側の第 2 静電容量 C_{in} が常に同一とならなくても必ずその第 2 静電容量 C_{in} に対して振動素子 20 側の第 1 静電容量 C_f を一致させることができる。

20

【0048】

図 5 に積層体 30A、30B の混在比率の調整例を示す。積層体 30A を白抜きの円で示し、積層体 30B をハッチングが施された円で示す。この例では、同一チャンネルにおける積層体 30A、30B の総数が一定の 26 個であって、積層体 30A、30B の混在比率が「13:13」~「24:2」で調整されている。このように積層体 30A、30B の混在比率を変えることで、振動素子 20 全体の第 1 静電容量 C_f を調整することも可能である。

30

【0049】

次に、MOSFET (検出素子) に接続される積層体群側の第 1 静電容量 C_f を MOSFET (検出素子) の入力側の第 2 静電容量 C_{in} と整合させることについて表 1 を参照して説明する。なお、説明をわかり易くするため、MOSFET (検出素子) に接続された積層体群 300 における積層体の数が 2 ~ 4 個であるものを例に挙げて説明する。

【0050】

表 1 に、下部電極 33 の材料もしくは材料組成比が異なることにより作製された積層体群 300 側の第 1 静電容量 C_f を表す。なお、振動素子 20 の作製を容易にするため、同一チャンネル (振動素子 20) における積層体が同一構造であることから、圧電体膜 34 の厚み d が同一であり、寸法 (例えば辺の長さ) L が同一であることが前提条件となる。

40

【0051】

【表 1】

d	ϵ_r	C_f [pF] 5MHz用 (L×L) 53 μ m×53 μ m	C_f [pF] 1MHz用 (L×L) 106 μ m×106 μ m
1 μ m	100	2.5	10
	200	5	20
	400	10	40
2 μ m	100	1.25	5
	200	2.5	10
	400	5	20

10

【0052】

表 1 において、 d は圧電体膜 3 4 の厚みであり、 ϵ_r は圧電体膜 3 4 の比誘電率であり、 C_f は圧電体膜 3 4 の静電容量（積層体群 3 0 0 における各積層体の第 1 静電容量）であり、 L は正方形の圧電体膜 3 4 の辺の長さである。なお、5 [MHz] 用の積層体を作製するとき長さ L が 53 [μ m] の圧電体膜 3 4 が用いられる。また、1 [MHz] 用の積層体を作製するとき長さ L が 106 [μ m] の圧電体膜 3 4 が用いられる。これらを式 (1) に代入することで、各積層体の第 1 静電容量 C_f が算出される。なお、真空の誘電率 ϵ_0 を 8.85 [pF/m] とする。

20

$$C_f = \epsilon_r \epsilon_0 L^2 / d \quad (1)$$

【0053】

表 1 から、例えば、 $d = 1$ [μ m]、 $\epsilon_r = 200$ 、 $L = 53$ [μ m] の圧電体膜 3 4 のとき、積層体の第 1 静電容量 C_f は 5 [pF] となる。また、例えば、 $d = 1$ [μ m]、 $\epsilon_r = 400$ 、 $L = 53$ [μ m] の圧電体膜 3 4 のとき、積層体の第 1 静電容量 C_f は 10 [pF] となる。なお、上記の前提条件により圧電体膜 3 4 の厚み d が同一であり、辺の長さ L が同一である。

30

【0054】

これに対し、MOSFET（検出素子）の入力側の第 2 静電容量 C_{in} が 15 [pF] のとき、上記 2 種類の第 1 静電容量 C_f を有する圧電体膜 3 4 を用いて 2 種類の積層体 3 0 A、3 0 B を作製すると、それらの第 1 静電容量 C_f の合計は 15 (= 5 + 10) [pF] となる。積層体 3 0 A、3 0 B の組み合わせにより積層体群 3 0 0 が構成され、その積層体群 3 0 0 に 1 つの MOSFET（検出素子）が接続されることにより、組み合わせられた積層体 3 0 A、3 0 B 側の第 1 静電容量 C_f の合計を MOSFET（検出素子）の入力側の第 2 静電容量 C_{in} と整合させることができる。なお、上記の整合を行うとき、第 1 静電容量 C_f の合計を第 2 静電容量 C_{in} に一致させたが、必ずしも一致させる必要がない。第 1 静電容量 C_f の合計が不連続な数値を示すため、一致させることが難しい場合は、振動素子 2 0 が高感度になるように、第 1 静電容量 C_f の合計が第 2 静電容量 C_{in} に近づくように、積層体を組み合わせることで、第 1 静電容量 C_f の合計を第 2 静電容量 C_{in} とほぼ一致させるようにして整合させてもよい。なお、第 1 静電容量 C_f の合計と第 2 静電容量 C_{in} の差は -20% ~ +20% 程度が望ましい。

40

【0055】

上記のように、積層体 3 0 A、3 0 B の組み合わせにより積層体群 3 0 0 が構成されたとき、図 6 A に示すように、積層体 3 0 A、3 0 B（図 6 に A、B で示す）同士が互い違

50

いになるように各積層体群 300 がエレベーション方向 (Y 方向) に配列される。その理由は、異なる第 1 静電容量を有する積層体 30A、30B 同士がなるべく混じるようにして、音響的特性の均一化を図るためである。なお、図 6A に積層体群 300 を破線で示す。積層体群 300 における積層体 30A、30B では、下部電極 33 同士が接続される。

【0056】

また、表 1 から、例えば、 $d = 1 [\mu\text{m}]$ 、 $\epsilon = 100$ 、 $L = 53 [\mu\text{m}]$ の圧電体膜 34 のとき、積層体の第 1 静電容量 C_f は $2.5 [\text{pF}]$ となる。また、例えば、 $d = 1 [\mu\text{m}]$ 、 $\epsilon = 400$ 、 $L = 53 [\mu\text{m}]$ の圧電体膜 34 のとき、積層体の第 1 静電容量 C_f は $10 [\text{pF}]$ となる。なお、上記の前提条件により圧電体膜 34 の厚み d が同一であり、辺の長さ L が同一である。

10

【0057】

これに対し、MOSFET (検出素子) の入力側の第 2 静電容量 C_{in} が $22.5 [\text{pF}]$ のとき、上記 2 種類の第 1 静電容量 C_f を有する圧電体膜 34 を用いて 2 種類の積層体を作製すれば、それらの第 1 静電容量 C_f の合計は $22.5 (= 2.5 + 10 + 10) [\text{pF}]$ となる。2 個の積層体 30A と 1 個の積層体 30B との組み合わせにより積層体群 300 が構成され、その積層体群 300 に 1 つの MOSFET (検出素子) が接続されることにより、組み合わせられた積層体 30A、30B 側の第 1 静電容量 C_f の合計を MOSFET (検出素子) の入力側の第 2 静電容量 C_{in} と一致させることができる。

【0058】

上記のように、2 個の積層体 30A と 1 個の積層体 30B とを組み合わせると積層体群 300 を構成したとき、音響的特性の均一化を図るために、図 6B に示すように、2 個の積層体 30A と 1 個の積層体 30B とを組み合わせると積層体群 300 の全体形状は、例えば L 字形状であって、その角に 1 個の積層体 30B が配置した形状となる。この L 字形状が互いに組み合わせるように各積層体群 300 がエレベーション方向 (Y 方向) に配列される。なお、図 6B に積層体群 300 を破線で示す。積層体群 300 における積層体 30A、30B では下部電極 33 同士が接続される。

20

【0059】

なお、表 1 には示さないが、4 種類の積層体 30A、30B、30C、30D の組み合わせにより積層体群 300 が構成され、その積層体群 300 に 1 つの MOSFET (検出素子) が接続されることにより、積層体群 300 (積層体 30A、30B) 側の第 1 静電容量 C_f を MOSFET (検出素子) の入力側の第 2 静電容量 C_{in} と整合させることができる。4 種類の積層体 30A、30B、30C、30D を組み合わせると積層体群 300 を構成したとき、音響的特性の均一化を図るため、積層体群 300 の全体形状は、図 6C に示すように、積層体 30A、30B、30C、30D を四隅に配置した四角形状となる。この四角形状の積層体群 300 がエレベーション方向 (Y 方向) に配列される。図 6C に積層体群 300 を破線で示す。積層体群 300 における積層体 30A、30B では下部電極 33 同士が接続される。

30

【0060】

以上のようにして、面積に応じて第 2 静電容量 C_{in} が変化する MOSFET (検出素子) に合わせて、その MOSFET に電氣的に接続される積層体群 300 の第 1 静電容量 C_f を調整することができる。なお、言うまでもないが、個々の MOSFET に一つずつ積層体 30 を電氣的に接続するだけで互いの静電容量が一致する場合は、これらを一対一で電氣的に接続すればよい。

40

【0061】

図 6A ~ 6C に示したように、振動素子 20 において異なる種類の積層体 30A、30B を分散して配置することができるが、静電容量調整上、同じ種類の積層体 30A または積層体 30B を隣接して配置することもあり得る。その一例を図 7 に示す。この例では、8 個の隣接配置された積層体 30A からなる積層体集合体 301 と、8 個の隣接配置された積層体 30B からなる積層体集合体 301 とが、振動素子 20 において交互に配置されている。

50

【0062】

積層体集合部301がこのように配置された振動素子20では、個々の積層体集合部301の寸法は、受信対象の超音波の半波長以下である。図7に示すように、例えば、Lは積層体集合部301（積層体30Aの集合又は積層体30Bの集合）のエレベーション方向（Y方向）の寸法、 λ は受信対象の超音波の波長とすれば、音響的特性の均一化を図るために許容される積層体集合部301の配置条件は、 $L \leq \lambda / 2$ となる。

【0063】

なお、上記実施の形態では、同一の積層体30A、30Bに含まれる下部電極33と上部電極35との面積が同一であることを示した。これに対し、同一の積層体30A、30Bに含まれる下部電極33と上部電極35との面積が異なることで感度が上がる場合がある。感度を上げるために、一方の電極の面積より他方の電極の面積を小さくすればよいが、ここでは、下部電極33の面積より上部電極35の面積を小さくする。それは、下部電極33はその上に圧電体膜34が成膜されることから、一定の面積を確保する必要があるためである。

10

【0064】

例えば、図8Aに示すように、下部電極33の円の直径Rより上部電極35の円の直径R1を小さくすることで、下部電極33の面積より上部電極35の面積を小さくする。

【0065】

また、例えば、図8Bに示すように、下部電極33が円形状を有し、上部電極35がリング形状を有し、下部電極33が円の直径R2と上部電極35のリング形状の外径R3とは等しいとき、上部電極35をリング形状にすることで（リング形状の内径R4で示す）、下部電極33の面積より上部電極35の面積を小さくする。

20

【0066】

上記する超音波振動子10において、積層体が積層体30A（本発明の「第1の積層体」に対応）および積層体30B（本発明の「第2の積層体」に対応）を含み、複数の振動素子が複数のチャンネルのアレイを構成するとき、一つのチャンネルにおいて、積層体30A同士が隣り合わないよう配置されるとよい。これにより、積層体30Aがそれとは異なる種類の積層体（例えば積層体30B）等と混じり合うことになるため、音響的特性の均一化を図ることができる。

【0067】

上記する超音波振動子10は、振動素子20が1つのチャンネルを構成するものであったが、同一チャンネルの振動素子20を構成する所定数の積層体30A、30Bは、複数のサブチャンネルに分割されてもよい。このとき、複数のサブチャンネルのうち同一サブチャンネルに含まれる下部電極33は、互いに電氣的に接続される。電子走査に用いられるサブチャンネルにおける積層体の数は、1つのチャンネルにおける積層体の数より少ないが、被検体内の浅い部位を走査することが可能である。

30

【0068】

その他、上記実施の形態は、何れも本発明の実施するにあたっての具体化の一例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されてはならないものである。すなわち、本発明はその要旨、またはその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形で実施することができる。

40

【0069】

本発明は、超音波振動子を備えた超音波診断装置に適用できる。小型、高密度に作製された振動素子を用いることで、超音波プローブが小型、軽量となり、超音波プローブの操作性を向上させることができる。

【符号の説明】

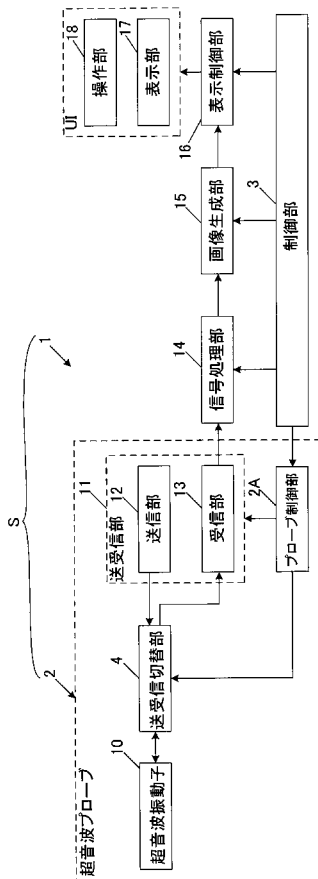
【0070】

- S 超音波診断装置
- 1 超音波診断装置本体
- 2 超音波プローブ

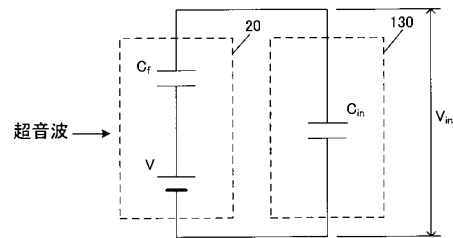
50

- 1 0 超音波振動子
- 2 0 A 振動子配列
- 2 0 振動素子
- 3 0 積層体
- 3 0 A 積層体
- 3 0 B 積層体
- 3 1 基板
- 3 2 振動板
- 3 3 下部電極
- 3 4 圧電体膜
- 3 5 上部電極
- 1 3 0 検出系
- 3 0 0 積層体群

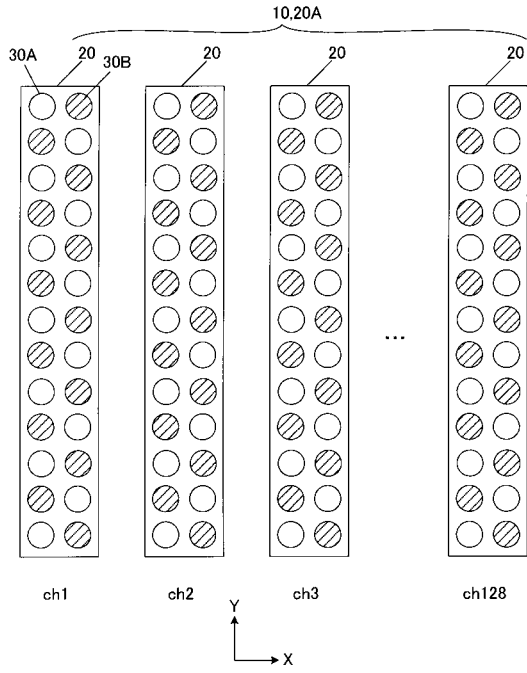
【 図 1 】



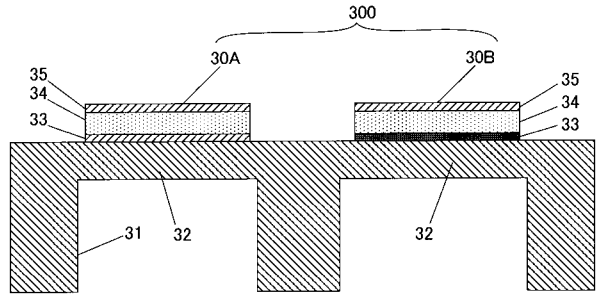
【 図 2 】



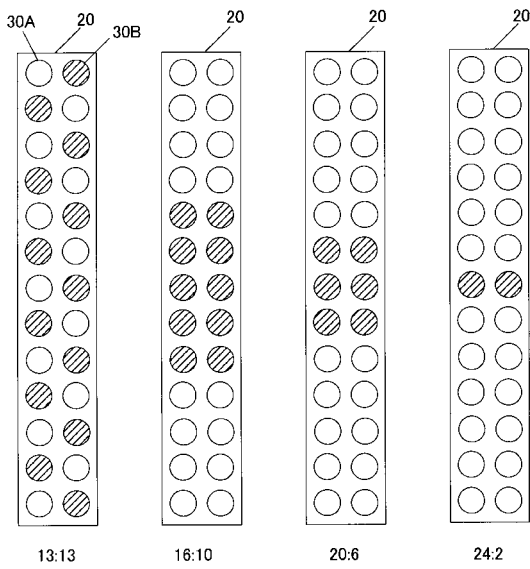
【 図 3 】



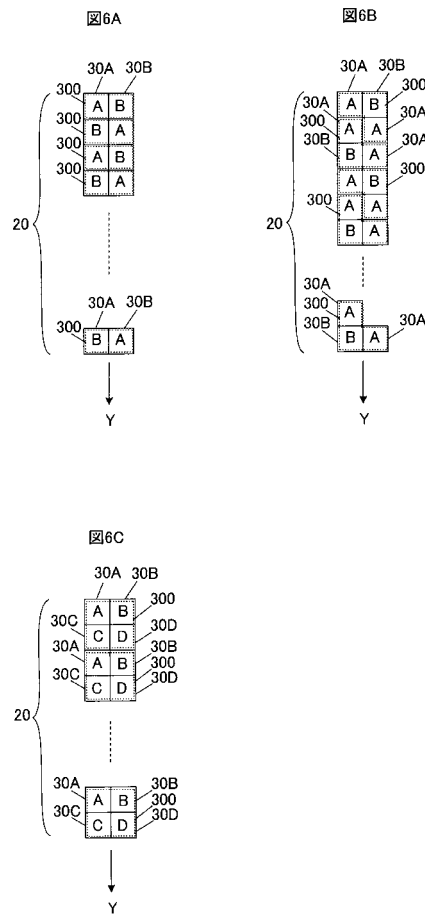
【 図 4 】



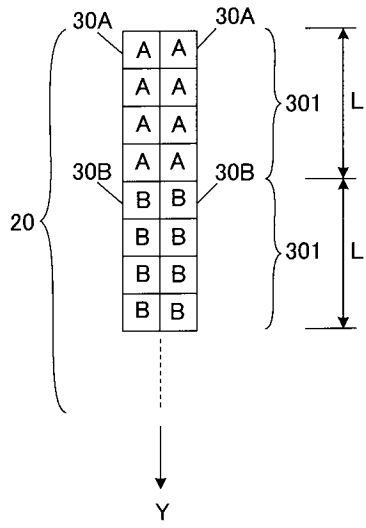
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

図8A

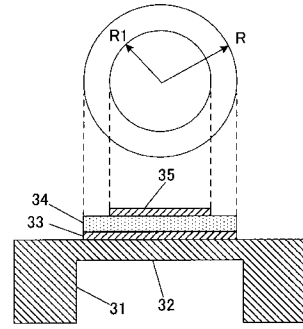
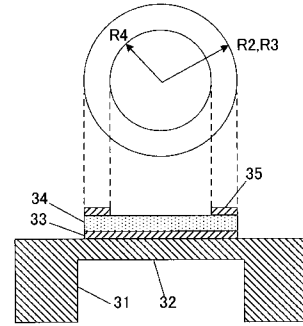


図8B



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

A 6 1 B 8/14

Fターム(参考) 5D019 AA21 AA23 AA25 AA26 BB02 BB19 BB28 BB30 FF04

专利名称(译)	超声波振荡器和超声波诊断仪		
公开(公告)号	JP2017005661A	公开(公告)日	2017-01-05
申请号	JP2015121165	申请日	2015-06-16
[标]申请(专利权)人(译)	柯尼卡株式会社 公立大学法人大阪府立大学		
申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达有限公司 公立大学法人大阪府立大学		
[标]发明人	鈴木謙次 吉村武		
发明人	鈴木 謙次 吉村 武		
IPC分类号	H04R17/00 H01L41/09 H01L41/113 H01L41/047 A61B8/14		
FI分类号	H04R17/00.330.H H04R17/00.332.A H01L41/09 H01L41/113 H01L41/047 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/EE03 4C601/GB04 5D019/AA21 5D019/AA23 5D019/AA25 5D019/AA26 5D019/BB02 5D019/BB19 5D019/BB28 5D019/BB30 5D019/FF04		
其他公开文献	JP6586705B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明而不造成空间的制造成本，提供一种超声波换能器和具有高灵敏度的振动元件的超声波诊断装置。超声波振荡器，该振动板具有下部电极，压电薄膜和上电极是多个层压件层叠在这个命令中，多个层叠体的被划分的多个的每预定数目配置振动元件，振动元件中的至少一个的多个传感器元件中的每个气味在任何叠层的具有不同的材料或材料组成比的下部电极和层叠体中的另一个的下电极。

