

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3792182号

(P3792182)

(45) 発行日 平成18年7月5日(2006.7.5)

(24) 登録日 平成18年4月14日(2006.4.14)

(51) Int. Cl.

F I

H04R 17/00 (2006.01)

H04R 17/00 330K

A61B 8/00 (2006.01)

A61B 8/00

請求項の数 21 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2002-208310 (P2002-208310)
 (22) 出願日 平成14年7月17日(2002.7.17)
 (65) 公開番号 特開2004-56270 (P2004-56270A)
 (43) 公開日 平成16年2月19日(2004.2.19)
 審査請求日 平成15年12月26日(2003.12.26)

(73) 特許権者 000005821
 松下電器産業株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100099254
 弁理士 役 昌明
 (74) 代理人 100100918
 弁理士 大橋 公治
 (74) 代理人 100105485
 弁理士 平野 雅典
 (74) 代理人 100108729
 弁理士 林 紘樹
 (72) 発明者 佐藤 利春
 神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1
 号 松下通信工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波探触子用圧電体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波を送受信する基準方向に直交し、かつ前記基準方向に沿って前後関係に位置する2つの圧電層部と、スライス方向中心面に対して対称形となるように設けられた偶数個の充填層部とを有する圧電体であって、前記2つの充填層部はスライス方向中心面を含む領域で接する前記2つの圧電層部の間に挟まれてスライス方向中心面の両側に超音波走査方向に並行して貫通するように設けられ、前記偶数個の充填層部における音速は、前記2つの圧電層部における音速より遅く、前記偶数個の充填層部のスライス方向中心面に並行な断面の断面積は、スライス方向中心面から離れるにつれて大きいことを特徴とする圧電体。

【請求項2】

超音波を送受信する基準方向に直交し、かつ前記基準方向に沿って前後関係に位置する3つの圧電層部と、スライス方向中心面に対して対称形となるように設けられた偶数個の充填層部とを有する圧電体であって、前記偶数個の充填層部はスライス方向中心面を含む領域で接する前記3つの圧電層部の間に挟まれてスライス方向中心面の両側に超音波走査方向に並行して貫通するように設けられ、前記偶数個の充填層部における音速は、前記3つの圧電層部における音速より遅く、前記偶数個の充填層部のスライス方向中心面に並行な断面の断面積は、スライス方向中心面から離れるにつれて大きいことを特徴とする圧電体。

【請求項3】

10

20

超音波を送受信する基準方向に直交し、かつ前記基準方向に沿って前後関係に位置する3つの圧電層部と、スライス方向中心面に対して対称形となるように設けられた4つの充填層部とを有する圧電体であって、前記4つの充填層部はスライス方向中心面を含む領域で接する前記3つの圧電層部の間に挟まれてスライス方向中心面の両側に超音波走査方向に並行して貫通するように設けられ、前記4つの充填層部における音速は、前記3つの圧電層部における音速より遅く、前記4つの充填層部のスライス方向中心面に並行な断面は、スライス方向中心面から離れるにつれて広いことを特徴とする請求項2記載の圧電体。

【請求項 4】

前記偶数個の充填層部の走査方向に直交する断面形状は、円形であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の圧電体。

10

【請求項 5】

前記偶数個の充填層部における音速が、前記偶数個の充填層部ごとに異なることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の圧電体。

【請求項 6】

前記偶数個の充填層部の位置がスライス方向中心面から離れるに従って、前記偶数個の充填層部における音速が遅くなることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の圧電体。

【請求項 7】

超音波を送受信する基準方向の中心面とスライス方向中心面とに対して対称形となるように設けられた周波数定数の異なる3つの圧電層部を有する圧電体であって、スライス方向中心面から離れるに従って厚さが減少する周波数定数の大きい第 1 の圧電層部を、スライス方向中心面から離れるに従って厚さが増加する前記第 1 の周波数定数よりも小さい周波数定数の第 2 の圧電層部で挟んだ構成としたことを特徴とする圧電体。

20

【請求項 8】

圧電材料を含む圧電前駆材と空隙形成材とを積層して圧電前駆材積層体を形成する積層体形成工程と、前記圧電前駆材積層体を加圧して押し固める加圧工程と、押し固めた後に前記空隙形成材を引き抜く引抜工程と、空隙を形成した圧電前駆材積層体を焼成する焼成工程と、前記空隙の内部に充填材を充填する充填工程とを有することを特徴とする圧電体の製造方法。

【請求項 9】

前記引抜工程において、前記空隙形成材を前記圧電前駆材積層体のスライス方向の端の面から引き抜くことを特徴とする請求項 8 に記載の圧電体の製造方法。

30

【請求項 10】

圧電材料を含む圧電前駆材と空隙形成材とを積層して圧電前駆材積層体を形成する積層体形成工程と、前記圧電前駆材積層体を加圧して押し固める加圧工程と、押し固めた圧電前駆材積層体を焼成して前記空隙形成材を完全に燃焼させて空隙を形成する焼成工程と、前記空隙の内部に充填材を充填する充填工程とを有することを特徴とする圧電体の製造方法。

【請求項 11】

前記積層体形成工程において、2つの圧電前駆材の間に、断面形状がスライス方向中心部側から離れるに従って広がっている偶数個の空隙形成材をスライス方向中心面に対して対称に並べて挟んで積層することを特徴とする請求項 8 ないし 10 のいずれかに記載の圧電体の製造方法。

40

【請求項 12】

前記積層体形成工程において、2つの圧電前駆材の間に、断面形状がスライス方向中心部側から離れるに従って広がっている2つの空隙形成材をスライス方向中心面に対して対称に並べて挟んで積層することを特徴とする請求項 8 ないし 10 のいずれかに記載の圧電体の製造方法。

【請求項 13】

前記積層体形成工程において、2つの圧電前駆材の間に、断面形状がスライス方向中心部側から離れるに従って広がっている4つの空隙形成材を、厚さ方向対称かつスライス方

50

向対称に並べて挟んで積層することを特徴とする請求項 8 ないし 10 のいずれかに記載の圧電体の製造方法。

【請求項 14】

前記積層体形成工程において、2つの圧電前駆材の間に、断面積が異なる4の倍数個の空隙形成材を厚さ方向対称かつスライス方向対称に並べて挟んで積層することを特徴とする請求項 8 ないし 10 のいずれかに記載の圧電体の製造方法。

【請求項 15】

前記空隙形成材の断面が円形であることを特徴とする請求項 12 または 14 に記載の圧電体の製造方法。

【請求項 16】

前記充填工程において、前記空隙ごとに複数種類の充填材の1つを選択して充填することを特徴とする請求項 12 または 14 に記載の圧電体の製造方法。

【請求項 17】

周波数定数の異なる複数種類の圧電前駆材を積層して、圧電前駆材積層体を形成する積層体形成工程と、前記圧電前駆材積層体を加圧して押し固める加圧工程と、押し固めた圧電前駆材積層体を焼成する焼成工程とを有することを特徴とする圧電体の製造方法。

【請求項 18】

前記積層体形成工程において、前記圧電前駆材積層体のスライス方向中央部ほど周波数定数の大きい圧電前駆材の割合が多くなるように、前記圧電前駆材の種類を選択して積層することを特徴とする請求項 17 に記載の圧電体の製造方法。

【請求項 19】

請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の圧電体を備えたことを特徴とする超音波探触子。

【請求項 20】

請求項 19 に記載の超音波探触子を備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 21】

請求項 19 に記載の超音波探触子を備えたことを特徴とする非破壊検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波探触子用圧電体に関し、特に、医学的診断治療や、材料の非破壊検査などに利用される超音波探触子用圧電体に関する。

【0002】

【従来の技術】

超音波診断装置や非破壊検査装置は、超音波探触子から超音波ビームを被検体へ送出し、被検体内部で反射された超音波信号を超音波探触子で受信して、被検体内部の情報を得る装置である。超音波診断装置や非破壊検査装置に用いられる超音波探触子は、多数の圧電体振動子を配列したものである。圧電体振動子を選択的に駆動することにより、超音波ビームの方向を変化させて、被検体内部を走査する。

【0003】

超音波探触子のスライス方向(超音波ビームの走査方向と直交する方向)の分解能は、超音波ビームの径と周波数に依存する。近距離での超音波ビーム径は、超音波探触子の口径の依存度が高く、超音波探触子の口径を小さくすることで、近距離で高分解能が得られる。遠距離の超音波ビームは、拡散の影響を受けるために広がり、その広がりは、超音波探触子の口径と反比例するため、口径を大きくすると超音波ビーム径は小さくなる。また、減衰の影響を受けるために、遠距離での分解能は、低い周波数の超音波ビームで決まる。したがって、遠距離では、周波数を低く、口径を大きくすることで、高分解能が得られる。

【0004】

近距離でも遠距離でも分解能が高くなるように、高い周波数の超音波を小口径で送出し、低い周波数の超音波を大口径で送することができる超音波探触子を用いる。このような超音波探触子は、広い範囲の周波数の超音波を選択的に送受信できる圧電体振動子(以下

10

20

30

40

50

圧電体)を、方位方向(超音波ビームの走査方向)に配列して構成する。以下に、広い範囲の周波数の超音波を選択的に送受信できる従来の超音波探触子の例を説明する。

【0005】

図16に、特開昭58-29455号公報に開示された超音波探触子を示す。図16において、圧電体21は、短軸方向(超音波探触子の短軸方向)の中央部が薄く、短軸方向端部に行くに従って厚さが順次厚く変化していく平凹面形状の圧電振動子である。音響整合層22は、超音波を効率よく送信あるいは受信するために、圧電体21の厚さ変化に合わせて、中央部で薄く、端部で厚くなるように形成された層である。音響レンズ23は、短軸方向に関して1点の固定焦点で超音波を収束させるために設けられたレンズである。背面負荷材24は、圧電体1の背面で音響的なダンピング作用を行う部材である。

10

【0006】

厚さが順次変化していく圧電体21は、中央部の薄い部分は高周波で振動し、端部に行くほど低周波で振動する。高い周波数で振動している中央部は、実効的な口径が小さく、端部の周波数が低くなるにつれて、実効的な口径が大きくなっていく。図16に示す超音波探触子を用いた超音波診断装置や非破壊検査装置では、高い周波数を使用すると、近距離で細い超音波ビームを形成することができる。逆に、低い周波数成分を使用すると、遠距離で細い超音波ビームが形成できる。使用する周波数を段階的に変化させて、近距離から遠距離に亘って細い超音波ビームを形成し、スライス分解能を向上させる。

【0007】

図17と図18に、特開平7-107595号公報に開示された圧電体の製造方法を示す。図17に示す方法は、円板状の研削砥石25により研削加工する方法である。研削砥石25は、圧電体21と同じ幅である。所望の厚さ分布を有する圧電体21を研削加工することができるような形状となっている。研削砥石25は、平板形状の圧電体21の底面と平行なx軸を回転軸として回転しながら、y軸方向に移動して加工する。

20

【0008】

図18に示す方法では、回転軸を中心に回転する研削砥石26のエッジを、圧電体21の表面に接触するように傾ける。図18中のx軸方向に沿って、圧電体21の一端から加工を開始する。研削砥石26が逆端まで移動する間に、圧電体21が所望の厚さ分布を持つ形状になるよう、図18中のz軸方向における研削砥石26の位置を制御する。図18中のy軸方向に沿って移動しながら加工を繰り返し、圧電体21のy軸方向長さ全体に亘って加工する。

30

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の超音波探触子の製造方法では、研削加工中に圧電セラミクスが破損し易く、圧電体の加工が困難であるという問題があった。すなわち、超音波診断装置の超音波探触子で使用する周波数は数MHz程度であるから、圧電体の共振周波数を数MHz程度とすると、PZTなどの圧電セラミクスでは、厚さは数十 μm ~数百 μm のオーダーとなる。場所によって厚さが異なる圧電セラミクスを、数十 μm ~数百 μm のオーダーの厚さで研削加工すると、薄い部分を研削加工する時に破損する可能性が非常に高くなる。

【0010】

本発明は、上記の問題を解決して、圧電セラミクスの研削加工をすることなく簡単に製造でき、近距離から遠距離まで方位分解能が高い超音波探触子を実現することを目的とする。

40

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、本発明では、超音波を送受信する基準方向に直交し、かつ基準方向に沿って前後関係に位置する2つの圧電層部と、スライス方向中心面に対して対称形となるように設けられた偶数個の充填層部とを有する圧電体を、2つの充填層部はスライス方向中心面を含む領域で接する2つの圧電層部の間に挟まれてスライス方向中心面の両側に超音波走査方向に並行して貫通するように設けられ、偶数個の充填層部における音速は、2つの圧電層部における音速より遅く、偶数個の充填層部のスライス方向中心面

50

に並行な断面の断面積は、スライス方向中心面から離れるにつれて大きい構成とした。

【0012】

このように構成したことにより、厚さが一様な圧電体であっても、スライス方向中央部では高い周波数の細い超音波ビームを送受信でき、スライス方向両端部で低い周波数の幅の広い超音波ビームを送受信できる。特に、音速の遅い充填材の割合を端部で増加させることで、端部での実効的な厚さを厚くできるので、一様な厚さの圧電体でも、低い周波数の超音波ビームを送受信できる。

【0013】

また、超音波を送受信する基準方向に直交し、かつ基準方向に沿って前後関係に位置する3つの圧電層部と、スライス方向中心面に対して対称形となるように設けられた偶数個の充填層部とを有する圧電体を、偶数個の充填層部はスライス方向中心面を含む領域で接する3つの圧電層部の間に挟まれてスライス方向中心面の両側に超音波走査方向に並行して貫通するように設けられ、偶数個の充填層部における音速は、3つの圧電層部における音速より遅く、偶数個の充填層部のスライス方向中心面に並行な断面の断面積は、スライス方向中心面から離れるにつれて大きい構成とした。

10

【0014】

このように構成したことにより、厚さが一様な圧電体であっても、スライス方向中央部では高い周波数の細い超音波ビームを送受信でき、スライス方向両端部で低い周波数の幅の広い超音波ビームを送受信できる。圧電体の厚さ振動の節にあたる厚さ方向中央部分には充填層部が存在しないので、厚さ振動が安定する。充填層部の厚さが、厚さ方向中央部に存在する圧電層部の厚さ分だけ薄くなるので、機械的強度を大きくできる。

20

【0015】

また、超音波を送受信する基準方向に直交し、かつ基準方向に沿って前後関係に位置する2つの圧電層部と、スライス方向中心面に対して対称形となるように設けられた2つの充填層部とを有する圧電体を、2つの充填層部はスライス方向中心面を含む領域で接する2つの圧電層部の間に挟まれてスライス方向中心面の両側に超音波走査方向に並行して貫通するように設けられ、2つの充填層部における音速は、2つの圧電層部における音速より遅く、2つの充填層部のスライス方向中心面に並行な断面は、スライス方向中心面から離れるにつれて広い構成とした。

【0016】

このように構成したことにより、厚さが一様な圧電体であっても、スライス方向中央部では高い周波数の細い超音波ビームを送受信でき、スライス方向両端部で低い周波数の幅の広い超音波ビームを送受信できる。厚さ方向に圧電材料の連続部分が複数存在するために、機械的強度をさらに大きくできる。

30

【0017】

また、超音波を送受信する基準方向に直交し、かつ基準方向に沿って前後関係に位置する3つの圧電層部と、スライス方向中心面に対して対称形となるように設けられた4つの充填層部とを有する圧電体を、4つの充填層部はスライス方向中心面を含む領域で接する3つの圧電層部の間に挟まれてスライス方向中心面の両側に超音波走査方向に並行して貫通するように設けられ、4つの充填層部における音速は、3つの圧電層部における音速より遅く、4つの充填層部のスライス方向中心面に並行な断面は、スライス方向中心面から離れるにつれて広い構成とした。

40

【0018】

このように構成したことにより、厚さが一様な圧電体であっても、スライス方向中央部では高い周波数の細い超音波ビームを送受信でき、スライス方向両端部で低い周波数の幅の広い超音波ビームを送受信できる。圧電体の厚さ振動の節にあたる厚さ方向中央部分には充填層部が存在しないので、厚さ振動が安定する。充填層部の厚さが、厚さ方向中央部に存在する圧電層部の厚さ分だけ薄くなるので、機械的強度を大きくできる。厚さ方向に圧電材料の連続部分が複数存在するために、機械的強度をさらに大きくできる。

【0019】

50

また、偶数個の充填層部の走査方向に直交する断面形状を、円形とした。このように構成したことにより、製造方法が簡単になる。

【0020】

また、偶数個の充填層部における音速が、偶数個の充填層部ごとに異なるようにした。このように構成したことにより、送受信超音波の周波数に関する設計の自由度を大きくできる。

【0021】

また、偶数個の充填層部の位置がスライス方向中心面から離れるに従って、偶数個の充填層部における音速が遅くなるようにした。このように構成したことにより、送受信超音波の周波数範囲を大きくできる。

10

【0022】

また、超音波を送受信する基準方向の中心面とスライス方向中心面とに対して対称形となるように設けられた周波数定数の異なる3つの圧電層部を有する圧電体を、スライス方向中心面から離れるに従って厚さが減少する周波数定数の大きい第1の圧電層部を、スライス方向中心面から離れるに従って厚さが増加する第1の周波数定数よりも小さい周波数定数の第2の圧電層部で挟んだ構成とした。

【0023】

このように構成したことにより、厚さが一様な圧電体であっても、スライス方向中央部では高い周波数の細い超音波ビームを送受信でき、スライス方向両端部で低い周波数の幅の広い超音波ビームを送受信できる。

20

【0024】

また、圧電体の製造方法を、圧電材料を含む圧電前駆材と空隙形成材とを積層して圧電前駆材積層体を形成する積層体形成工程と、圧電前駆材積層体を加圧して押し固める加圧工程と、押し固めた後に空隙形成材を引き抜く引抜工程と、空隙を形成した圧電前駆材積層体を焼成する焼成工程と、空隙の内部に充填材を充填する充填工程とを有する方法とした。このような方法としたことにより、研削加工することなく、近距離から遠距離まで細い超音波ビームが得られる超音波探触子用圧電体を製造できる。

【0025】

また、引抜工程において、空隙形成材を、圧電前駆材積層体のスライス方向の端の面から引き抜く方法とした。このような方法としたことにより、引抜時の空隙形成材の移動量が減り、引抜作業が容易になる。

30

【0026】

また、圧電体の製造方法を、圧電材料を含む圧電前駆材と空隙形成材とを積層して圧電前駆材積層体を形成する積層体形成工程と、圧電前駆材積層体を加圧して押し固める加圧工程と、押し固めた圧電前駆材積層体を焼成して空隙形成材を完全に燃焼させて空隙を形成する焼成工程と、空隙の内部に充填材を充填する充填工程とを有する方法とした。このような方法としたことにより、研削加工することなく、近距離から遠距離まで細い超音波ビームが得られる超音波探触子用圧電体を製造できる。圧電前駆材積層体の破損や空隙形状の乱れを防ぐこともできる。

【0027】

40

また、積層体形成工程において、2つの圧電前駆材の間に、断面形状がスライス方向中心部側から離れるに従って広がっている偶数個の空隙形成材をスライス方向中心面に対して対称に並べて挟んで積層する方法とした。このような方法としたことにより、研削加工することなく、近距離から遠距離まで細い超音波ビームが得られる超音波探触子用圧電体を製造できる。

【0028】

また、積層体形成工程において、2つの圧電前駆材の間に、断面形状がスライス方向中心部側から離れるに従って広がっている2つの空隙形成材をスライス方向中心面に対して対称に並べて挟んで積層する方法とした。このような方法としたことにより、研削加工することなく、近距離から遠距離まで細い超音波ビームが得られる超音波探触子用圧電体を製

50

造できる。

【0029】

また、積層体形成工程において、2つの圧電前駆材の間に、断面形状がスライス方向中心部側から離れるに従って広がっている4つの空隙形成材を、厚さ方向対称かつスライス方向対称に並べて挟んで積層する方法とした。このような方法としたことにより、研削加工することなく、近距離から遠距離まで細い超音波ビームが得られる超音波探触子用圧電体を製造できる。

【0030】

また、積層体形成工程において、2つの圧電前駆材の間に、断面積が異なる4の倍数個の空隙形成材を厚さ方向対称かつスライス方向対称に並べて挟んで積層する方法とした。こ

10

【0031】

また、空隙形成材の断面を円形とする製造方法とした。このような方法としたことにより、加圧方向（厚さ方向）に垂直な平面が無くなり、引抜作業が容易になる。

【0032】

また、充填工程において、空隙ごとに複数種類の充填材の1つを選択して充填する方法とした。このような方法としたことにより、研削加工することなく、近距離から遠距離まで細い超音波ビームが得られる超音波探触子用圧電体を製造できる。

【0033】

20

また、周波数定数の異なる複数種類の圧電前駆材を積層して、圧電前駆材積層体を形成する積層工程と、圧電前駆材積層体を加圧して押し固める加圧工程と、押し固めた圧電前駆材積層体を焼成する焼成工程とを有する方法とした。このような方法としたことにより、研削加工することなく、近距離から遠距離まで細い超音波ビームが得られる超音波探触子用圧電体を製造できる。

【0034】

また、積層工程において、圧電前駆材積層体のスライス方向中央部ほど周波数定数の大きい圧電前駆材の割合が多くなるように、圧電前駆材の種類を選択して積層する方法とした。このような方法としたことにより、研削加工することなく、近距離から遠距離まで細い超音波ビームが得られる超音波探触子用圧電体を製造できる。

30

【0035】

また、超音波探触子を、上記の圧電体を備えた構成とした。このように構成したことにより、近距離から遠距離まで方位分解能が高い超音波探触子可以实现できる。

【0036】

また、超音波診断装置を、上記の超音波探触子を備えた構成とした。このように構成したことにより、近距離から遠距離まで方位分解能が高い超音波診断装置可以实现できる。

【0037】

また、非破壊検査装置を、上記の超音波探触子を備えた構成とした。このように構成したことにより、近距離から遠距離まで方位分解能が高い非破壊検査装置可以实现できる。

【0038】

40

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図1～図15を参照しながら詳細に説明する。

【0039】

（第1の実施の形態）

本発明の第1の実施の形態は、2つの圧電層部と2つの充填層部とを、超音波送受信基準方向中心面とスライス方向中心面とに対して対称形となるように設け、両圧電層部の音速より遅い音速の2つの充填層部を、スライス方向中央部で接する両圧電層部の間に挟んで、スライス方向中心面の両側に超音波走査方向に貫通するように設け、両充填層部の走査方向直交断面を、スライス方向中心面から離れるにつれて広がる三角形とした厚さが一様な圧電体を、直線状に多数配列した超音波探触子である。ここで、走査方向とスライス

50

方向とに直交する超音波を送受信する方向を基準方向とする。

【0040】

図1は、本発明の第1の実施の形態における超音波探触子の斜視図である。図2(a)は、超音波探触子に用いる圧電体の断面図である。図2(b)と図2(c)は、超音波送受信基準方向中心面27とスライス方向中心面28を示す図である。図1と図2において、圧電体1は、超音波を送受信する圧電振動子である。音響整合層2は、被検体に超音波ビームを効率良く送信するとともに、反射超音波を効率よく受信するための層である。背面負荷材4は、音響的なダンピング作用を行う部材である。圧電材料空隙部6は、圧電体1を構成する圧電材料が無い部分であり、製作途中段階で走査方向に貫通した空隙部とした部分である。充填材7は、圧電材料よりも音速が遅いエポキシ樹脂などの材料であり、充填材7を圧電材料空隙部6に充填することで、圧電体1としては空隙がふさがった状態となっている。外部電極8は、圧電体1の接地される電極である。アース線9は、接地用の導線である。内部電極10は、圧電体1に駆動信号を印加する電極であり、圧電体1中に白金の層として埋め込まれている。信号線11は、圧電体1に駆動信号を印加する導線であり、図示していない駆動装置に接続される。

10

【0041】

なお、走査方向は、圧電体1の超音波送受信基準方向（超音波ビームを送受信する基準となる方向であり、超音波放射面に垂直な方向で、圧電体1の厚さ方向でもある）に直交する方向であり、超音波探触子から送出される超音波ビームの伝搬方向が変化する方向である。走査方向は、超音波探触子の長軸方向でもあり、方位方向とも呼ばれる。スライス方向は、圧電体1の超音波送受信基準方向と走査方向とに対して直交する方向であり、超音波ビームの走査面に垂直な方向である。スライス方向は、超音波探触子の短軸方向でもある。超音波送受信基準方向中心面27は、超音波送受信基準方向すなわち厚さ方向に垂直な面であって、厚さ方向の中央部分にある面である。スライス方向中心面28は、スライス方向に垂直な面であって、スライス方向の中央部分にある面である。走査方向直交断面は、走査方向に垂直な断面である。

20

【0042】

図1と図2を参照しながら、本発明の第1の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の構成と機能について説明する。図1に示すように、超音波探触子は、厚さが一様な圧電体1を、スライス方向の辺を隣接させて並列に多数配列して、背面負荷材4や音響整合層2などを付けて構成されている。超音波探触子に用いられる圧電体1の音響放射面上に、音響整合層2が設けられている。音響整合層2の厚さは、圧電体1のスライス方向の動作周波数分布に従って、スライス方向中央部では薄く、スライス方向端部では厚くなっている。すなわち、音響整合層2の厚さは、スライス方向中央部では、高い動作周波数に対応して薄くなっており、スライス方向端部に向かって動作周波数が低くなっていることに対応して、次第に厚くなっている。このような厚さ分布をもった形状とすることで、スライス方向中央部における高い周波数での応答感度と、スライス方向端部における低い周波数での応答感度とを、ともに高めることができ、広い周波数帯域における高感度特性が実現できる。

30

【0043】

図2に示すように、圧電体1は、2つの圧電層部(1a,1b)と2つの充填層部(7a,7b)とを有する。2つの圧電層部(1a,1b)と2つの充填層部(7a,7b)は、超音波送受信基準方向中心面27とスライス方向中心面28とに対して対称形となるように設けられている。2つの圧電層部(1a,1b)は、スライス方向中央部で接している。すなわち、圧電体1のスライス方向中央部は、圧電材料のみで構成されている。2つの充填層部(7a,7b)は、2つの圧電層部(1a,1b)の間に挟まれて、スライス方向中心面の両側に、超音波走査方向に貫通して設けられている。2つの充填層部(7a,7b)における音速は、2つの圧電層部(1a,1b)における音速より遅い。

40

【0044】

2つの充填層部(7a,7b)の走査方向直交断面は、スライス方向中心面から離れるにつれ

50

て広がる三角形をしている。つまり、スライス方向の端部になるほど、圧電材料空隙部 6 に充填された充填材 7 の占める割合が増える。圧電材料よりも音速の遅い充填材 7 の割合が増えることで、スライス方向端部に近いほど、圧電体 1 の動作周波数が低くなる。したがって、一様な厚さの圧電体 1 であっても、スライス方向中央部では動作周波数が高くなり、スライス方向端部では動作周波数が低くなる。圧電体 1 の中央部は高い周波数で振動し、実効的な口径は小さい。スライス方向端部に近いほど動作周波数は低くなり、実効的な口径は大きくなる。

【0045】

圧電体 1 のスライス方向の両端において、厚さ方向に圧電材料が連続している部分は、可能な限り狭くすることが好ましい。さらに好ましくは、図 2 に示すように、圧電体 1 のスライス方向端部には、外部電極 8 か、内部電極 10 のどちらか一方だけが存在するように、電極パターンを構成する。このようにすることで、圧電体 1 のスライス方向端部の圧電材料が厚さ方向に連続している狭い部分で、高い周波数の超音波が発生したり、高い周波数の超音波を受信したりすることによる悪影響を除去できる。

10

【0046】

圧電体 1 は、厚さ方向に分極させてあるので、電極に電圧を印加すると、印加電圧の極性に応じて、厚くなる方向または薄くなる方向に歪む。印加電圧の極性を適当な周波数で変化させると、厚み振動を起こす。厚み振動の周波数が特定の周波数になると、厚さ方向に定在波が発生して共振する。この共振周波数は、圧電特性と圧電体中の音速と厚さに応じて決まる。厚さに共振周波数をかけたものを、その圧電体の周波数定数という。すなわち、周波数定数を厚さで割れば、厚み振動の共振周波数が得られる。

20

【0047】

共振周波数を高くするためには、圧電体の厚さを薄くすればよく、共振周波数を低くするためには、圧電体の厚さを厚くすればよい。したがって、従来例で説明したように、スライス方向で厚さの異なる圧電体を用いることで、高い周波数の細い超音波ビームを発生することと、低い周波数の太い超音波ビームを発生することができる。

【0048】

圧電体の厚さを一様にした場合には、スプリアス振動や高調波を別にすれば、一様な圧電体では単一の周波数の超音波しか発生できない。そこで、音速の異なる材料を圧電体の間に挟むことにより、定在波の周波数を変えて、発生する超音波の周波数を変える。挟んだものの音速が圧電体の音速より速ければ、実効的な厚さが薄くなるので、定在波の周波数は高くなる。挟んだものの音速が圧電体の音速より遅ければ、実効的な厚さが厚くなるので、定在波の周波数は低くなる。したがって、音速の遅い材料の割合を位置に応じて変化させれば、異なる周波数の定在波を発生させることができる。

30

【0049】

圧電体の間に挟む材料の音速を遅いものにし、スライス方向の中心部から端部に向かって、連続的にその割合を増やすことにより、中心部で高い周波数の細い超音波ビームを発生することができ、両端部で低い周波数の太い超音波ビームを発生することができる。このようにして、複合圧電体を一様な厚さにしても、高周波の細い超音波ビームと低周波の太い超音波ビームを発生することができる。

40

【0050】

この圧電体 1 を用いることで、超音波探触子から放射される超音波ビームを、距離に応じて使い分けることができる。超音波探触子のスライス方向の分解能は、超音波ビームの径と周波数に依存する。近距離での超音波ビーム径は、超音波探触子の口径の依存度が高く、超音波探触子の口径を小さくすることで、近距離で高分解能が得られる。遠距離の超音波ビームは、拡散の影響を受けるために広がる。その広がり方は、超音波探触子の口径と反比例する。そのため、口径を大きくすると超音波ビーム径は小さくなる。また、減衰の影響を受けるために、遠距離での分解能は、低い周波数の超音波ビームで決まる。したがって、遠距離では、周波数を低く、口径を大きくすることで、高分解能が得られる。近距離では、バンドパスフィルタの中心周波数を高くして、扱う超音波の周波数を高くする。遠

50

距離になるに従い、バンドパスフィルタの中心周波数を低くして、扱う超音波の周波数を低くする。このように周波数制御することにより、近距離から遠距離まで、細い超音波ビームを実現でき、空間分解能を高めることができる。

【0051】

図3は、本発明の第1の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の製造方法を示す斜視図である。図3(a)は、圧電体の積層体形成工程を示す図である。図3(b)は、圧電体の積層体形成工程の結果を示す図である。図3(c)は、圧電体の加圧工程を示す図である。図3(d)は、圧電体の引抜工程の結果を示す図である。図3(e)は、圧電体の焼成工程の結果を示す図である。図3において、圧電体1は、超音波を送受信する圧電振動子である。圧電材料空隙部6は、圧電体1を構成する圧電材料が無い部分である。内部電極10は、圧電体1に駆動信号を印加する電極である。圧電前駆材12は、圧電材料の粉末を練って薄いシートとしたものである。空隙形成材13は、空隙を形成するために挟む金属などの部材である。圧電前駆材積層体14は、圧電前駆材12を積層したものである。加圧板15は、圧電前駆材積層体14を加圧して成形するための金属板などの部材である。

10

【0052】

圧電体の一連の製造方法を簡単に説明する。圧電体の製造方法は、主に、積層体形成工程と、加圧工程と、引抜工程と、焼成工程と、充填工程とからなる。積層体形成工程では、圧電材料を含む圧電前駆材と空隙形成材とを積層して、圧電前駆材積層体を形成する。圧電体1は、圧電材料と充填材とから成っている。圧電セラミクスなどの圧電材料に、圧電材料空隙部6を設ける。圧電材料空隙部6は、圧電体の走査方向、すなわち方位方向（超音波探触子の長軸方向）に貫通している。圧電体のスライス方向中央部、すなわち超音波探触子の短軸方向中央部には、圧電材料空隙部6は設けない。圧電材料空隙部6は、圧電体のスライス方向、すなわち超音波探触子の短軸方向に左右対称に2か所設ける。

20

【0053】

加圧工程では、圧電前駆材積層体を加圧して押し固める。引抜工程では、押し固めた後に、空隙形成材を引き抜く。焼成工程では、空隙を形成した圧電前駆材積層体を焼成する。充填工程では、空隙の内部に充填材を充填する。圧電材料空隙部6の中に、圧電材料よりも音速が遅いエポキシ樹脂などの材料を、充填材7として充填する。圧電材料空隙部6の断面は、圧電体1のスライス方向中央部から端部へ行くに従って広がるような三角形である。圧電体1の上下面には、それぞれ外部電極8が形成されている。どちらも、アース線9に接続されている。圧電材料空隙部6の上部と下部に沿って内部電極10を設ける。圧電体1の端面で、信号線11と接続する。この超音波探触子を、超音波診断装置（図14）や非破壊検査装置（図15）に用いる。

30

【0054】

図3を参照しながら、超音波探触子に用いる圧電体1の製造方法を、各工程ごとに詳しく説明する。圧電前駆材成形工程（図示なし）で、圧電セラミクス粉末などの圧電材料から、シート状の圧電前駆材12を成形する。圧電前駆材成形工程では、PZTなどの圧電セラミクス粉末からなる圧電材料と、PVAなどの結合剤（必要ならばBPBGなどの可塑剤などを含める）とを混合して、酢酸ブチルなどの溶媒に溶かす。これを、ドクターブレード法などにより、数十 μm から数百 μm オーダーの厚さのシート状に成形して、圧電前駆材12とする。この工程はグリーンシートの一般的な周知の製法であり、詳しい説明は省略する。

40

【0055】

図3(a)に示す積層体形成工程で、シート状の圧電前駆材12を、2つの空隙形成材13と共に積層する。圧電前駆材12は粘土のような柔軟性があり、少しの力を加えると変形する。積層体形成工程で用いる空隙形成材13は、ステンレスなどの金属材料からなる。圧電前駆材12は焼成すると収縮するので、焼成後の圧電材料空隙部6のサイズが所望の大きさになるように、圧電体の焼成時の収縮等を考慮して、空隙形成材13のサイズと形状を決める。圧電前駆材12のシート厚さと積層枚数についても、焼成まで済んだ最終段階において所望の厚さが出せるように、焼成時の収縮を予め考慮しておく。空隙形成材13を積層する位置についても予め考慮して、焼成後の最終段階において、短軸方向に対称な位置には2つの

50

圧電材料空隙部 6 が形成されるようにし、短軸方向の中央部には圧電材料空隙部 6 が形成されないようにする。

【 0 0 5 6 】

圧電前駆材 12 と空隙形成材 13 の両者を積層した結果、図 3 (b) に示す圧電前駆材積層体 14 が形成される。上下に内部電極 10 が形成されるように、内部電極 10 を表面に設けた圧電前駆材 12 を配置して、空隙形成材 13 を挟む形で積層する。積層時には、必要に応じて圧力および熱を加える。圧電前駆材 12 の焼成時の 1300 程度の高温に耐えられるように、電極材料として白金ペーストなどを用いる。内部電極 10 の端が圧電体 1 の端面から露出して、信号線 (図示せず) と接続できるように、内部電極 10 を設けておく。

【 0 0 5 7 】

図 3 (c) に示す加圧工程で、圧電前駆材積層体 14 を加圧して押し固めて、圧電体 1 を所望の形状に成形する。圧電前駆材積層体 14 を、鉄などの金属からなる加圧板 15 を用いて、圧電前駆材積層体 14 の厚さ方向に圧力 (150 kg / cm² 程度) をかける。側面が変形しないように、必要に応じて、側面からも圧力を加える。押し固めた後に、引抜工程で、空隙形成材 13 を引き抜いて、図 3 (d) に示すように、圧電材料空隙部 6 を形成する。こうして、圧電前駆材積層体 14 に圧電材料空隙部 6 を形成する。焼成工程で、圧電材料空隙部 6 を形成した圧電前駆材積層体 14 を焼成して、図 3 (e) に示す状態にする。充填工程で、焼成でできた圧電材料空隙部 6 内部に、充填材を充填する。圧電材料空隙部 6 内部に、エポキシ樹脂からなる充填材を、真空充填などの充填方法を用いて充填する。

【 0 0 5 8 】

その後、金属のメッキ膜やスパッタ膜や焼付銀などを用いて、外部電極 8 を形成する。圧電特性を確保するために、外部電極 8 と内部電極 10 の間に電圧をかけて、分極処理をする。すなわち、焼成後の圧電材料を、キュリー点以上の温度 (150 程度) に加熱しながら高電圧 (10 kV / mm 程度) をかけて、徐々に温度を下げながら、自発分極の方向を厚み方向にそろえる。その後、さらにエージングを行う。内部電極 10 が有るので、同一厚さの圧電体で同一駆動条件で駆動した場合に、電界強度が 2 倍程度となり、送信波強度が向上する。すなわち、薄い圧電体を高い電圧で駆動することになるので、強い超音波を発生することができる。圧電材料空隙部 6 に充填する充填材を変えることで、同一形状であっても、使用周波数帯域を変えることができる。充填材を音速が遅いものにすれば、発生する超音波の周波数は下がり、音速が速いものにすれば、周波数は上がる。

【 0 0 5 9 】

図 4 は、圧電体の製造方法のうちの引抜工程の別の実施例を示す図である。引抜工程における空隙形成材 13 の引抜方向は、走査方向以外の方向でもよい。圧電体 1 のスライス方向中央部で、厚さ方向に圧電材料が連続している箇所の強度が十分であれば、スライス方向両端部に圧電材料の連続部分を残すことなく、圧電材料空隙部 6 を形成することも可能である。図 4 に示すように、スライス方向と垂直な側面から、空隙形成材 13 を引き抜く。空隙形成材 13 の移動量が減るため、引抜作業が容易になり、圧電前駆材積層体 14 の破損や、圧電材料空隙部 6 の形状の乱れを防ぐこともできる。

【 0 0 6 0 】

第 1 の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の変形例について説明する。上記の例では、圧電材料空隙部 6 の断面が三角形の場合について説明したが、三角形でなくてもよい。圧電体 1 のスライス方向中央部から端部へ向かうにつれて圧電材料空隙部 6 が広がるような形状であれば、断面が三角形の場合と同様の効果が得られる。

【 0 0 6 1 】

上記の例では、1つの空隙形成材 13 で、1つの圧電材料空隙部 6 を形成する場合について説明したが、1つの圧電材料空隙部 6 を、複数の空隙形成材 13 で形成してもよい。その場合には、空隙形成材 13 を小さくでき、接触抵抗も減少するため、引抜作業も容易になる。

【 0 0 6 2 】

上記の例では、音響整合層 2 が 1 層の場合について説明したが、音響整合層 2 の層数はいくつであってもよい。スライス方向に固定焦点で超音波を収束させるための音響レンズを

10

20

30

40

50

設けていないが、音響レンズがあっても構わない。上記の例では、圧電体 1 を直線状に配列した場合について説明したが、円弧状に配列しても構わない。

【0063】

上記のように、本発明の第 1 の実施の形態では、超音波探触子を、2 つの圧電層部と 2 つの充填層部とを、超音波送受信基準方向中心面とスライス方向中心面とに対して対称形となるように設け、両圧電層部の音速より遅い音速の 2 つの充填層部を、スライス方向中央部で接する両圧電層部の間に挟んで、スライス方向中心面の両側に超音波走査方向に貫通するように設け、両充填層部の走査方向直交断面を、スライス方向中心面から離れるにつれて広がる三角形とした厚さが一様な圧電体を、直線状に多数配列した構成としたので、スライス方向中央部では高い周波数の超音波を発生でき、スライス方向端部では低い周波数の超音波を発生できる厚さが一様な圧電体を用いた超音波探触子を、圧電セラミックスの研削加工をすることなく簡単に製造できる。

10

【0064】

(第 2 の実施の形態)

本発明の第 2 の実施の形態は、2 つの圧電層部と 8 つの充填層部とを、超音波送受信基準方向中心面とスライス方向中心面とに対して対称形となるように設け、両圧電層部の音速より遅い音速の充填層部を、スライス方向中央部で接する両圧電層部の間に挟んで、スライス方向中心面の両側に超音波走査方向に貫通するように設け、各充填層部の走査方向直交断面の面積が、スライス方向中心面から離れるにつれて大きくなるようにした厚さが一様な圧電体を、直線状に多数配列した超音波探触子である。

20

【0065】

図 5 (a) は、本発明の第 2 の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の断面図である。図 5 (b) は、超音波送受信基準方向中心面 27 とスライス方向中心面 28 を示す図である。図 5 において、圧電材料空隙部 6 は、圧電体 1 を構成する圧電材料が無い部分であり、製作途中段階で走査方向に貫通した空隙部とした部分である。第 1 の実施の形態とは、偶数個 (より具体的には 4 個以上の偶数個、この例では 8 個) の圧電材料空隙部 6 を、それぞれスライス方向に左右対称な位置に設けている点が相違している。その他は、第 1 の実施の形態と同じである。

【0066】

図 5 を参照しながら、本発明の第 2 の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の構成と機能について説明する。図 5 に示すように、圧電セラミックスなどの圧電材料に、走査方向に貫通した圧電材料空隙部 6 を、スライス方向に左右対称に 8 か所設ける。その中に、圧電材料よりも音速が遅いエポキシ樹脂などの材料を、充填材 7 として充填する。各圧電材料空隙部 6 の断面は、四角形である。圧電材料空隙部 6 の位置がスライス方向中央部から端部にいくに従って、断面積を次第に大きくする。複数の圧電材料空隙部 6 の上部と下部に沿って、内部電極 10 を設ける。内部電極 10 は、圧電体 1 の端面で信号線 11 に接続する。

30

【0067】

圧電体 1 のスライス方向中央部は、圧電材料のみで構成されている。スライス方向端部になるほど、圧電材料空隙部 6 の断面が広くなり、充填材 7 の占める割合が増えていく。圧電材料よりも音速の遅い充填材 7 の割合が増えることで、スライス方向端部に近くなるほど、圧電体 1 の応答周波数は低くなる。各圧電材料空隙部 6 に充填する充填材 7 の材料特性を変えることで、スライス方向中央部から端部の間における応答周波数を、柔軟に変えることができる。圧電材料空隙部 6 がスライス方向中央部から端部に近くなるに従って、充填材 7 の音速が徐々に遅くなるように変化させることによって、スライス方向中央部から端部に至るまでの応答周波数の変化を、より大きく変えることができる。

40

【0068】

図 6 は、本発明の第 2 の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の製造方法のうち、積層体形成工程を示す図である。図 6 (a) は、積層体形成工程を示す図である。図 6 (b) は、積層体形成後の状態を示す図である。図 6 を参照しながら、超音波探触子に

50

用いる圧電体の製造方法を説明する。第2の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体では、圧電材料に貫通した圧電材料空隙部6を、スライス方向の左右対称な位置に、8個設ける。圧電材料空隙部6の断面は四角形である。中央部から端部へ行くに従って、圧電材料空隙部6の断面積を大きくする。8か所の圧電材料空隙部6を形成するために、8個の空隙形成材13を積層する。8つの空隙形成材13を使用するために、一つひとつの断面積は小さくなる。圧電材料との接触抵抗が小さくなるので、空隙形成材13の引抜作業が容易となる。引抜作業時の圧電前駆材積層体14の破損や、圧電材料空隙部6の形状の乱れ等を防ぎ、歩留まりを向上させることができる。

【0069】

図6(a)に示すように、シート状の圧電前駆材12を積層する。焼成まで済んだ最終段階において所望の厚さが出せるように、予め圧電前駆材12のシート厚さと積層枚数を考慮する。また、焼成まで済んだ最終段階において、スライス方向に対称な位置に8つの圧電材料空隙部6が形成されるように、8つの空隙形成材13を積層する位置と各々の間隔を考慮する。圧電前駆材12と空隙形成材13を積層し、図6(b)に示す圧電前駆材積層体14を形成する。圧電前駆材積層体14を、図示していない加圧工程で加圧し、引抜工程で空隙形成材13を引き抜き、焼成工程で焼成する。

【0070】

その後、圧電材料空隙部6中に、圧電材料よりも音速が遅いエポキシ樹脂などの材料を充填材7として、真空充填などの充填方法を用いて充填する。充填する際に、充填したい圧電材料空隙部6以外を、テープマスキング等して、充填材7が必要となる個所以外に充填されないように塞いだ状態で、充填材7を変えながら充填を行うことで、各圧電材料空隙部6に、所望の充填材7を充填することもできる。圧電特性を確保するために、外部電極8と内部電極10の間で、分極処理をする必要がある。このようにして、圧電体1を製造する。製造方法におけるこれらの点以外は、第1の実施の形態と同じである。

【0071】

図7(a)は、本発明の第2の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の他の実施例の断面図である。図7(b)は、超音波送受信基準方向中心面27とスライス方向中心面28を示す図である。図7に示すように、円形の断面を有する圧電材料空隙部6を形成する。この場合、径の異なる市販のタングステンワイヤなどの金属ワイヤを、そのまま利用することができ、空隙形成材13を新規作成する手間を省略できる。断面が円形で角がない空隙を形成するので、加圧方向(厚さ方向)に垂直な平面が無く、引抜作業が容易になる。引抜作業時に、空隙形成材13の角で、圧電前駆材積層体14を破損したり、圧電材料空隙部6の形状を乱したりすることが無くなる。

【0072】

圧電材料空隙部6の数が多いため、一つひとつの圧電材料空隙部6の大きさを小さくすることができる。圧電材料空隙部6の間には、圧電材料が厚さ方向に連続する部分が複数存在するために、機械的強度を高めることができる。各圧電材料空隙部6に充填する充填材を変えることによって、発生する超音波の周波数をさらに柔軟に変えることができるので、スライス方向中央部から端部へ向かう周波数変化を自由に設定することができる。

【0073】

上記の例では、圧電材料空隙部6の断面が四角形と円形の場合について説明したが、圧電体1のスライス方向中央部から端部に向かって、圧電材料空隙部6の断面積が大きくなるようにすれば、断面が四角形や円形でなくても、同様の効果が得られる。上記の例では、圧電体1を直線状に配列した場合について説明したが、円弧状に配列しても構わない。

【0074】

上記のように、本発明の第2の実施の形態では、超音波探触子を、2つの圧電層部と8つの充填層部とを、超音波送受信基準方向中心面とスライス方向中心面とに対して対称形となるように設け、両圧電層部の音速より遅い音速の充填層部を、スライス方向中央部で接する両圧電層部の間に挟んで、スライス方向中心面の両側に超音波走査方向に貫通するように設け、各充填層部の走査方向直交断面の面積が、スライス方向中心面から離れるにつ

10

20

30

40

50

れて大きくなるようにした厚さが一様な圧電体を、直線状に多数配列した圧電体を、直線状に多数配列した構成としたので、スライス方向中央部では高い周波数の超音波を発生でき、スライス方向端部では低い周波数の超音波を発生できる厚さが一様な圧電体を用いた超音波探触子を、圧電セラミックスの研削加工をすることなく簡単に製造できる。

【0075】

(第3の実施の形態)

本発明の第3の実施の形態は、3つの圧電層部と4つの充填層部とを、超音波送受信基準方向中心面とスライス方向中心面とに対して対称形となるように設け、各圧電層部の音速より遅い音速の充填層部を、スライス方向中央部で接する各圧電層部の間に挟んで、スライス方向中心面の両側に超音波走査方向に貫通するように設け、各充填層部の走査方向直交断面を、スライス方向中心面から離れるにつれて広がる三角形とした厚さが一様な圧電体を、直線状に多数配列した圧電体を、直線状に多数配列した超音波探触子である。

10

【0076】

図8(a)は、本発明の第3の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の断面図である。図8(b)は、超音波送受信基準方向中心面27とスライス方向中心面28を示す図である。第1の実施の形態とは、4つの圧電材料空隙部6を、スライス方向と厚さ方向のそれぞれに対称な位置に設けている点が相違している。その他の点は、第1の実施の形態と同じである。

【0077】

図8を参照しながら、本発明の第3の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の構成と機能について説明する。図8に示すように、圧電セラミックスなどの圧電材料に、走査方向に貫通した圧電材料空隙部6を、スライス方向と厚さ方向の上下左右対称に4つ設ける。超音波送受信基準方向中心面27には、薄い圧電層部がある。圧電材料空隙部6の中に、圧電材料よりも音速が遅いエポキシ樹脂などの材料を、充填材7として充填する。各圧電材料空隙部6の断面は三角形である。スライス方向中央部から端部に向かって、圧電材料空隙部6部分が広がっていく。圧電体1の上下面には、それぞれ外部電極8が形成されている。

20

【0078】

圧電体1の厚さ方向中央部は、圧電材料のみで構成されている。この超音波探触子は、圧電体1の厚み振動モードを利用する。圧電体1の厚さ方向の中心には、厚み振動の節が存在する。振動しない節を挟んで、厚さ方向の上下対称に伸縮する。振動しない節の部分が、充填材7より強固な圧電材料のみで構成されているので、安定した厚み振動特性が得られ、超音波探触子の応答特性も安定する。

30

【0079】

図9は、本発明の第3の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の製造方法のうち、積層体形成工程を示す図である。図9(a)は、積層体形成工程を示す図である。図9(b)は、積層体形成後の状態を示す図である。図9を参照しながら、超音波探触子に用いる圧電体の製造方法を説明する。4つの空隙形成材13を、積層体形成工程において積層する点が、第1の実施の形態と相違している。その他の点は、第1の実施の形態と同じである。圧電体1の圧電材料に、走査方向に貫通した圧電材料空隙部6を、スライス方向と厚さ方向の上下左右対称な4か所の位置に設ける。圧電材料空隙部6の断面は三角形であり、スライス方向中央部から端部に向かって広がっている。圧電材料空隙部6の中に、圧電材料よりも音速が遅いエポキシ樹脂などを、充填材7として充填する。

40

【0080】

4つの空隙形成材13を、スライス方向と厚さ方向の上下左右対称な位置に積層することによって、圧電体1の厚み振動の節にあたる圧電体1の厚さ方向の中心部分には、圧電材料空隙部6が無くて圧電材料が必ず有るようにできる。したがって、安定した厚み振動を実現することができる。また、圧電材料空隙部6の厚さ方向の厚さも薄くなるので、機械的強度を大きくできる。上記の例では、圧電体1を直線状に配列した場合について説明したが、円弧状に配列しても構わない。

50

【 0 0 8 1 】

上記のように、本発明の第3の実施の形態では、超音波探触子を、3つの圧電層部と4つの充填層部とを、超音波送受信基準方向中心面とスライス方向中心面とに対して対称形となるように設け、各圧電層部の音速より遅い音速の充填層部を、スライス方向中央部で接する各圧電層部の間に挟んで、スライス方向中心面の両側に超音波走査方向に貫通するように設け、各充填層部の走査方向直交断面を、スライス方向中心面から離れるにつれて広がる三角形とした厚さが一様な圧電体を、直線状に多数配列した構成としたので、厚さが一様な圧電体を用いた超音波探触子を、圧電セラミックスの研削加工をすることなく簡単に製造できる。厚み振動の節になる厚さ方向中央部分には圧電材料が必ず有るので、安定した厚み振動を実現でき、機械的強度も大きくなる。

10

【 0 0 8 2 】

(第4の実施の形態)

本発明の第4の実施の形態は、3つの圧電層部と20個の充填層部とを、超音波送受信基準方向中心面とスライス方向中心面とに対して対称形となるように設け、各圧電層部の音速より遅い音速の充填層部を、スライス方向中央部で接する各圧電層部の間に挟んで、スライス方向中心面の両側に超音波走査方向に貫通するように設け、各充填層部の走査方向直交断面の断面積が、スライス方向中心面から離れるにつれて大きくなる厚さが一様な圧電体を、直線状に多数配列した超音波探触子である。

【 0 0 8 3 】

図10(a)は、本発明の第4の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の断面図である。図10(b)は、超音波送受信基準方向中心面27とスライス方向中心面28を示す図である。第3の実施の形態との相違点は、スライス方向に断面積の異なる複数個(具体的には4の倍数個、この例では20個)の圧電材料空隙部6を形成したことである。その他の点は、第1～3の実施の形態と同じである。

20

【 0 0 8 4 】

圧電セラミックスなどの圧電材料に、走査方向に貫通した圧電材料空隙部6を、スライス方向と厚さ方向の上下左右対称に20個設ける。その中に、圧電材料よりも音速が遅いエポキシ樹脂などの材料を、充填材7として充填する。圧電体1の厚さ方向中央部は、圧電材料のみで構成されている。振動しない節の部分が、充填材7より強固な圧電材料のみで構成されているので、安定した厚み振動特性が得られ、超音波探触子の応答特性も安定する。

30

【 0 0 8 5 】

図11に、本発明の第4の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体1の製造方法のうちの積層体形成工程を示す。図11(a)は、積層体形成工程を示す図である。図11(b)は、積層体形成後の状態を示す図である。図11を参照しながら、超音波探触子に用いる圧電体の製造方法を説明する。第3の実施の形態とは、積層体形成工程において、スライス方向に複数の空隙形成材13を積層する点が相違している。その他の点は、第1～3の実施の形態と同じである。

【 0 0 8 6 】

図11(a)に示す積層体形成工程では、シート状の圧電前駆材12と空隙形成材13を積層する。焼成まで済んだ最終段階において所望の厚さが出せるように、予め圧電前駆材12のシート厚さと積層枚数を考慮する。また、焼成まで済んだ最終段階において、スライス方向に対称な位置に20個の圧電材料空隙部6が形成されるように、20個の空隙形成材13を積層する位置と各々の間隔を考慮する。両者を積層し、図11(b)に示す圧電前駆材積層体14を形成する。

40

【 0 0 8 7 】

厚さ方向に対称かつスライス方向に複数列の空隙形成材13を配置することで、個々の空隙形成材13の大きさ、特に、スライス方向の幅を狭くすることができる。その結果、圧電材料との接触抵抗を下げることができ、空隙形成工程における引抜作業も容易となる。スライス方向の圧電材料空隙部6間には、厚さ方向に圧電材料の連続する部分が存在する。厚さ方向対称に圧電材料空隙部6を配置することで、各圧電材料空隙部6の厚さも薄くなり

50

、機械的強度が大きくなる。

【0088】

以上の第1～4の実施の形態では、空隙形成材13を引き抜く方法で圧電材料空隙部6を形成する例を説明したが、他の方法を利用してよい。空隙形成材13の材質を、圧電材料の焼成温度よりも低い温度で完全に燃焼してしまう樹脂などにする。空隙形成材13を引き抜かずに、そのまま焼成工程へ移って焼成してしまう。空隙形成材13を完全に燃焼して焼きとばしてしまうことで、圧電材料空隙部6を作製することもできる。空隙形成材13を引き抜く作業を省略でき、引抜作業時における圧電前駆材積層体14の破損や圧電材料空隙部6の形状の乱れを防ぐことができる。上記の例では、圧電体1を直線状に配列した場合について説明したが、円弧状に配列しても構わない。

10

【0089】

上記のように、本発明の第4の実施の形態では、超音波探触子を、3つの圧電層部と20個の充填層部とを、超音波送受信基準方向中心面とスライス方向中心面とに対して対称形となるように設け、各圧電層部の音速より遅い音速の20個の充填層部を、スライス方向中央部で接する各圧電層部の間に挟んで、スライス方向中心面の両側に超音波走査方向に貫通するように設け、各充填層部の走査方向直交断面の断面積が、スライス方向中心面から離れるにつれて大きくなる厚さが一様な圧電体を、直線状に多数配列した構成としたので、厚さが一様な圧電体を用いた超音波探触子を、圧電セラミックスの研削加工をすることなく簡単に製造できる。充填層部の間に圧電材料が厚さ方向に連続する部分が存在して、機械的強度が大きくなる。また、充填材の特性、例えば、音速などの物理的な材料特性を充填層部ごとに変えることによって、超音波周波数のスライス方向変化を制御できる。

20

【0090】

(第5の実施の形態)

本発明の第5の実施の形態は、周波数定数の異なる3つの圧電層部を有し、超音波送受信基準方向中心面とスライス方向中心面とに対して対称形となるように、スライス方向中心面から離れるに従って厚さが減少する周波数定数の大きい第1の圧電層部を、スライス方向中心面から離れるに従って厚さが増加する第1の圧電層部よりも周波数定数の小さい第2の圧電層部で挟んだ厚さが一様な圧電体を、直線状に多数配列した超音波探触子である。

【0091】

図12(a)は、本発明の第5の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の断面図である。図12(b)は、超音波送受信基準方向中心面27とスライス方向中心面28を示す図である。図12において、圧電体1は、超音波を送受信する圧電振動子であり、3つの圧電層部で構成している。圧電層部1aは、これら3つの圧電層部の中でも周波数定数の小さい圧電材料からなる層である。圧電層部1bは、周波数定数の大きい圧電材料からなる層である。音響整合層2は、被検体に超音波ビームを効率良く送信するとともに、反射超音波を効率よく受信するための層である。背面負荷材4は、音響的なダンピング作用を行う部材である。外部電極8は、圧電体1の接地される電極である。アース線9は、接地用の導線である。信号線11は、圧電体1に駆動信号を印加する導線であり、図示していない駆動装置に接続される。

30

40

【0092】

図12を参照しながら、本発明の第5の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の構成と機能について説明する。圧電体1は、圧電セラミックスなどの圧電材料からなる2種類の異なる圧電材料から構成されている。2種類の圧電材料は、圧電体の音響的特性である周波数定数が異なる圧電材料である。例えば、周波数定数の大きなチタン酸鉛を主成分とする圧電セラミックスを高周波用圧電材料とし、この高周波用圧電材料に比べて周波数定数の小さなチタン酸ジルコン酸鉛を主成分とする圧電セラミックスを低周波用圧電材料とする。

【0093】

2種類の異なる圧電材料のうち、高周波用圧電材料は、圧電体1の中央部分で厚くなるよ

50

うに配置して、圧電層部1bとする。すなわち、スライス方向中央部から端部に近づくにつれて薄く（厚さの割合として小さく）なるように、厚さが傾斜的に変化するように配置する。低周波用圧電材料は、スライス方向中央部から端部に近づくにつれて、厚さ割合（よって面積の割合も）が大きくなるように傾斜的に配置して、圧電層部1aとする。圧電体1のスライス方向中央部では、高周波用圧電材料の割合が多く、スライス方向端部では、低周波用圧電材料の占める割合が多い。一様な厚さの圧電体でも、スライス方向中央部では、発生する超音波の周波数が高くなり、スライス方向端部では、発生する超音波の周波数が低くなる。

【0094】

図13は、本発明の第5の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の製造方法を示す斜視図である。図13(a)は、圧電体の積層体形成工程を示す図である。図13(b)は、圧電体の積層体形成後の状態を示す図である。図13(c)は、圧電体の加圧工程を示す図である。図13(d)は、圧電体の加圧工程の結果を示す図である。図13(e)は、圧電体の焼成工程の結果を示す図である。図13において、圧電体1は、超音波を送受信する圧電振動子である。圧電前駆材12は、圧電材料の粉末を練って薄いシートとしたものである。圧電前駆材積層体14は、圧電前駆材12を積層したものである。加圧板15は、圧電前駆材積層体14を加圧して成形するための金属板などの部材である。

【0095】

図13を参照しながら、圧電体の製造方法を説明する。圧電前駆材成形工程（図示なし）で、圧電セラミクス粉末などの圧電材料から、シート状の圧電前駆材12を成形する。周波数定数の異なる2種類の圧電材料を個別に使用した2種類の圧電前駆材12を、予め圧電前駆材成形工程で作製しておく。

【0096】

図13(a)に示す積層体形成工程で、シート状の2種類の圧電前駆材12を積層して、図13(b)に示す圧電前駆材積層体14を形成する。低周波用圧電材料からなる圧電前駆材12から積層を開始する。次に、高周波用圧電材料からなる圧電前駆材12をスライス方向中央部分に、低周波用圧電材料からなる圧電前駆材12を、スライス方向両端部分に積層する。続いて、同様に、スライス方向中央部には、高周波用圧電材料からなる圧電前駆材12、両端部には低周波用圧電材料からなる圧電前駆材12を積層していく。

【0097】

その際に、積層する圧電前駆材12のスライス方向の幅を、中央部の高周波用圧電材料からなる圧電前駆材12は徐々に広く、両端部の低周波用圧電材料からなる圧電前駆材12は徐々に狭くなるように順次積層していく。圧電前駆材積層体14の厚さ方向の中央には、高周波用圧電材料からなる圧電前駆材12のみを積層する。その後は逆に、積層する圧電前駆材12のスライス方向の幅を中央部の高周波用圧電材料からなる圧電前駆材12は徐々に狭く、両端部の低周波用圧電材料からなる圧電前駆材12は徐々に広がるように順次積層していく。最後に、低周波用圧電材料からなる圧電前駆材12のみを積層する。

【0098】

図13(c)に示す加圧工程で、圧電前駆材積層体14を押し固めるために加圧する。加圧工程では、図13(c)に示すように、鉄などの金属からなる加圧板15を用いて、圧電前駆材積層体14の厚さ方向に圧力をかけて押し固める。この際に、前後左右の側面からも同様に圧力を加えらるとなお良い。圧力をかけて押し固めることによって、図13(d)に示すように、中央部分に積層した高周波用圧電材料からなる圧電前駆材12と、周辺部分の低周波用圧電材料からなる圧電前駆材12は、お互いに変形しながら馴染み合う。階段状の境界部分が円滑になった圧電前駆材積層体14が作製できる。

【0099】

焼成工程で、加圧された圧電前駆材積層体14を焼成し、図13(e)に示す最終的な圧電体1を形成する。その後、金属のメッキ膜やスパッタ膜や焼付銀などを利用して、外部電極8を作成する。さらに、圧電特性を確保するために、外部電極8間で分極処理をする。このようにして、研削加工などの機械的な加工をすることなく、所望の厚さの圧電体1を作製

10

20

30

40

50

することができる。この圧電体 1 は、スライス方向中央部では高周波用圧電材料の割合が大きく、スライス方向の端部にいくに従って、逆に低周波用圧電材料の割合が大きくなる。厚さが一樣な圧電体 1 でありながら、スライス方向中心部で発生する超音波の周波数が高くなり、端部に行くほど発生する超音波の周波数が低くなる。スライス方向の実効的な口径は、発生する超音波の周波数が高くなるにつれて小さくなる。

【0100】

上記の例では、2 種類の圧電前駆材 12 を用いる場合を説明したが、3 種類以上の圧電前駆材 12 を用いてもよい。また、外部電極 8 のみを設ける場合を説明したが、内部電極を設けてもよい。上記の例では、圧電体 1 を直線状に配列した場合について説明したが、円弧状に配列しても構わない。

10

【0101】

上記のように、本発明の第 5 の実施の形態では、超音波探触子を、超音波送受信基準方向中心面とスライス方向中心面とに対して対称形となるように、スライス方向中心面から離れるに従って厚さが減少する周波数定数の大きい圧電層部を、スライス方向中心面から離れるに従って厚さが増加する周波数定数の小さい圧電層部で挟んだ厚さが一樣な圧電体を、直線状に多数配列した構成としたので、スライス方向中央部では発生する超音波の周波数が高くなり、スライス方向端部では発生する超音波の周波数が低くなる厚さが一樣な圧電体を用いた超音波探触子を、圧電セラミックスの研削加工をすることなく簡単に製造できる。

【0102】

(第 6 の実施の形態)

本発明の第 6 の実施の形態は、第 1 の実施の形態から第 5 の実施の形態で説明した超音波探触子のうちのいずれかの超音波探触子を備えた超音波診断装置である。

20

【0103】

図 14 に示すように、超音波診断装置 17 に、第 1 の実施の形態から第 5 の実施の形態で説明した超音波探触子のうちのいずれかの超音波探触子 16 を設ける。超音波探触子 16 と超音波診断装置本体 17 とは、有線で接続されている。超音波診断装置 17 の基本的な構成は、従来の装置と同じである。超音波探触子 16 の構成が、従来の装置と異なっている。

【0104】

超音波診断装置 17 は、第 1 の実施の形態から第 5 の実施の形態で説明した超音波探触子のうちのいずれかの超音波探触子 16 を備えているので、空間分解能の高い超音波診断画像を得ることが可能である。すなわち、超音波探触子 16 は、スライス方向の中心部で高い周波数の応答を得ることができ、端部で低い周波数の応答を得ることができ、さらに、スライス方向の実効的な口径が周波数に逆比例して変化することで、近距離から遠距離まで細い超音波ビームが得られる。これらの機能は、従来の超音波探触子と同様であるが、超音波探触子 16 では、研削加工などの困難な機械加工を用いずに低コストで製造できるという長所があるので、従来と同等以上の性能の超音波診断装置 17 を、従来の装置より低コストで実現できる。

30

【0105】

(第 7 の実施の形態)

本発明の第 7 の実施の形態は、第 1 の実施の形態から第 5 の実施の形態で説明した超音波探触子のうちのいずれかの超音波探触子を備えた非破壊検査装置である。

40

【0106】

図 15 に示すように、非破壊検査装置 18 に、第 1 の実施の形態から第 5 の実施の形態で説明した超音波探触子のうちのいずれかの超音波探触子 16 を設ける。超音波探触子 16 と非破壊検査装置本体 18 とは、有線で接続されている。非破壊検査装置 18 の基本的な構成は、従来の装置と同じである。超音波探触子 16 の構成が、従来の装置と異なっている。

【0107】

非破壊検査装置 18 は、第 1 の実施の形態から第 5 の実施の形態で説明した超音波探触子のうちのいずれかの超音波探触子 16 を備えているので、空間分解能の高い非破壊検査を行う

50

ことが可能である。すなわち、超音波探触子16は、スライス方向の中心部で高い周波数の応答を得ることができ、端部で低い周波数の応答を得ることができ、さらに、スライス方向の実効的な口径が周波数に逆比例して変化することで、近距離から遠距離まで細い超音波ビームが得られる。これらの機能は、従来の超音波探触子と同様であるが、超音波探触子16では、研削加工などの困難な機械加工を用いずに低コストで製造できるという長所があるので、従来と同等以上の性能の非破壊検査装置18を、従来の装置より低コストで実現できる。

【0108】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明では、超音波探触子用の厚さが一様な圧電体を、2つの圧電層部と2つの充填層部が、超音波送受信基準方向中心面とスライス方向中心面とに対して対称形となるように設け、スライス方向中心面の両側で、スライス方向中心部で接する両圧電層部の間に、両圧電層部における音速より遅い、超音波走査方向に貫通する2つの充填層部を挟み、両充填層部の走査方向直交断面が、スライス方向中心面から離れるにつれて広がる構成としたので、発生する超音波の周波数がスライス方向中央部では高く、スライス方向端部では低い、厚さが一様な圧電体を、研削加工することなく簡単に製造できる。したがって、近距離から遠距離まで方位分解能が高い超音波探触子が低コストで実現できる。

【0109】

また、超音波探触子用の厚さが一様な圧電体を、超音波送受信基準方向中心面とスライス方向中心面とに対して対称形となるように、スライス方向中心面から離れるに従って厚さが減少する周波数定数の大きい圧電層部を、スライス方向中心面から離れるに従って厚さが増加する周波数定数の小さい圧電層部で挟んだ構成としたので、発生する超音波の周波数がスライス方向中央部では高く、スライス方向端部では低い、厚さが一様な圧電体を、研削加工することなく簡単に製造できる。したがって、近距離から遠距離まで方位分解能が高い超音波探触子が低コストで実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態における超音波探触子の概略斜視図、

【図2】(a)本発明の第1の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の断面図と、(b)超音波送受信基準方向中心面とスライス方向中心面を示す説明用斜視図と、(c)超音波送受信基準方向中心面とスライス方向中心面を示す説明用正面図、

【図3】本発明の第1の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の製造方法を示す図、

【図4】本発明の第1の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の製造方法のうちの引抜工程の他の例を示す図、

【図5】本発明の第2の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の断面図、

【図6】本発明の第2の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の製造方法のうちの積層体形成工程を示す図、

【図7】本発明の第2の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の断面図、

【図8】本発明の第3の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の断面図、

【図9】本発明の第3の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の製造方法のうちの積層体形成工程を示す図、

【図10】本発明の第4の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の断面図、

【図11】本発明の第4の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の製造方法のうちの積層体形成工程を示す図、

【図12】本発明の第5の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の断面図、

【図13】本発明の第5の実施の形態における超音波探触子に用いる圧電体の製造方法を示す図、

【図14】本発明の第6の実施の形態における超音波診断装置の概略図、

【図15】本発明の第7の実施の形態における非破壊検査装置の概略図、

10

20

30

40

50

【図 1 6】従来の超音波探触子の概略斜視図、

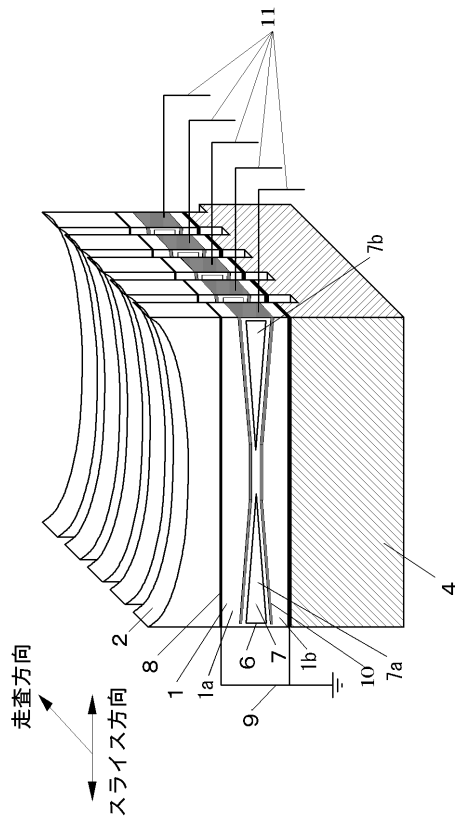
【図 1 7】従来の超音波探触子に用いる圧電体の製造方法を示す概念図、

【図 1 8】従来の超音波探触子に用いる圧電体の他の製造方法を示す概念図である。

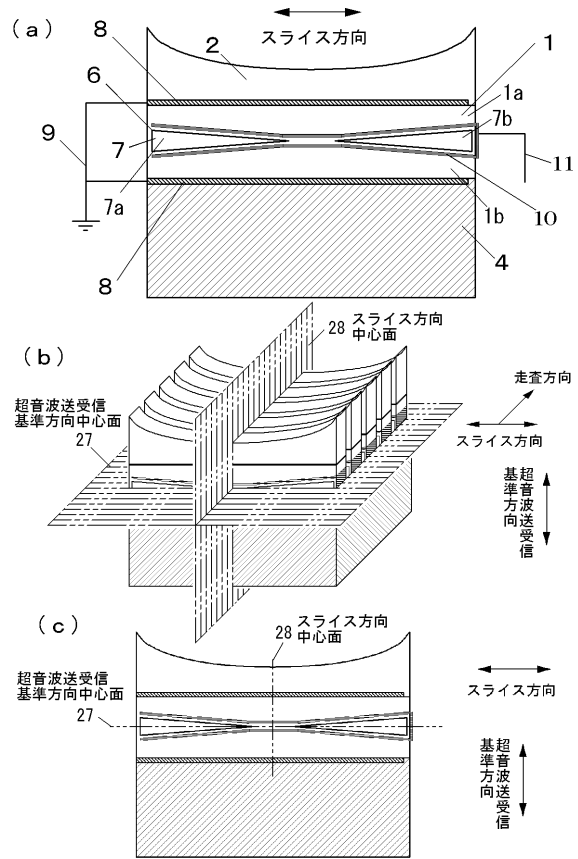
【符号の説明】

1	圧電体	
1a	圧電層部	
1b	圧電層部	
2	音響整合層	
4	背面負荷材	
6	圧電材料空隙部	10
7	充填材	
7a	充填層部	
7b	充填層部	
8	外部電極	
9	アース線	
10	内部電極	
11	信号線	
12	圧電前駆材	
13	空隙形成材	
14	圧電前駆材積層体	20
15	加圧板	
16	超音波探触子	
17	超音波診断装置（本体）	
18	非破壊検査装置（本体）	
21	圧電体	
22	音響整合層	
23	音響レンズ	
24	背面負荷材	
25	研削砥石	
26	研削砥石	30
27	超音波送受信基準方向中心面	
28	スライス方向中心面	

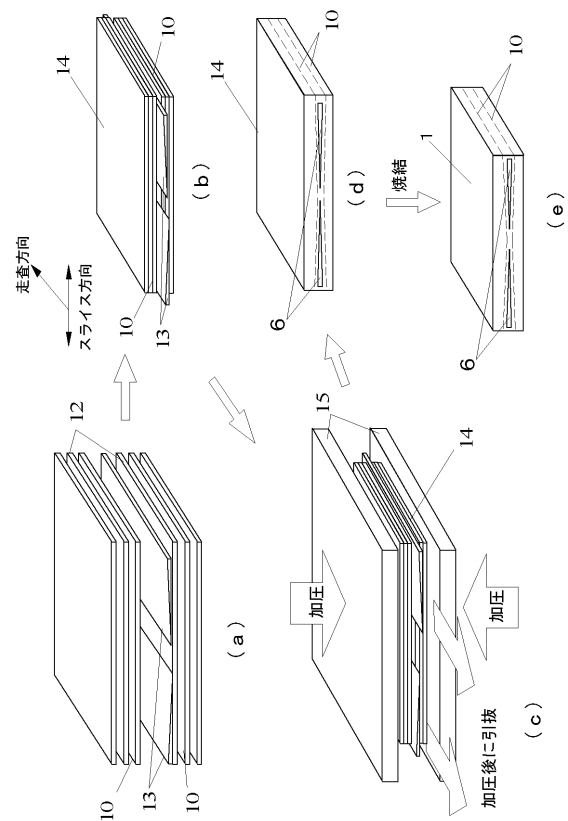
【図 1】



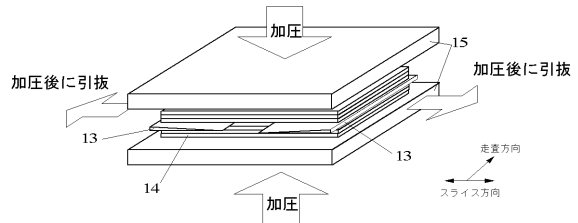
【図 2】



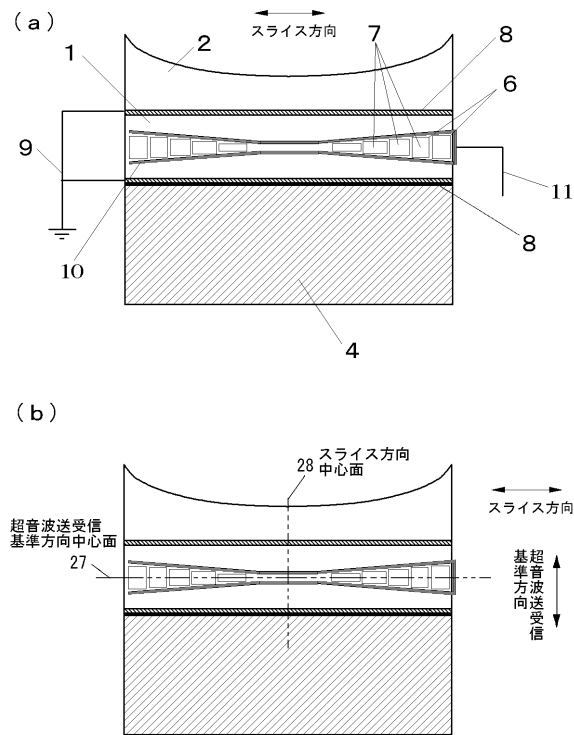
【図 3】



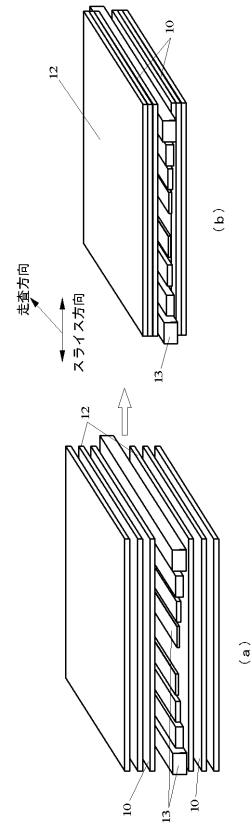
【図 4】



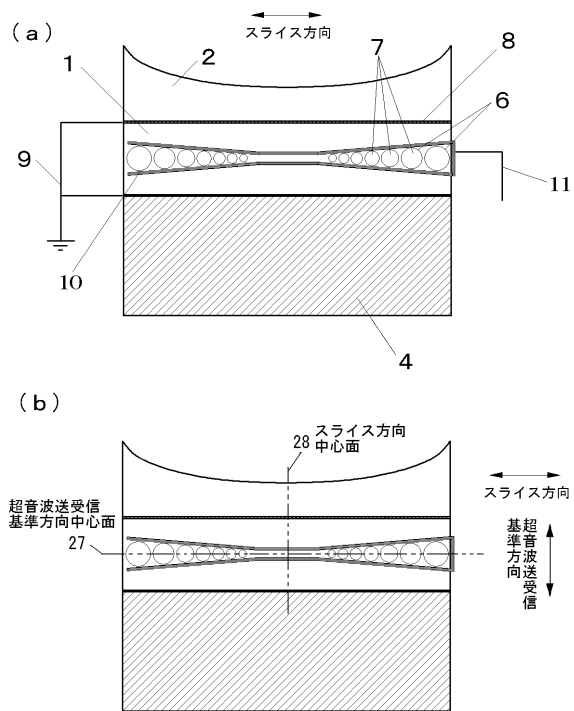
【図 5】



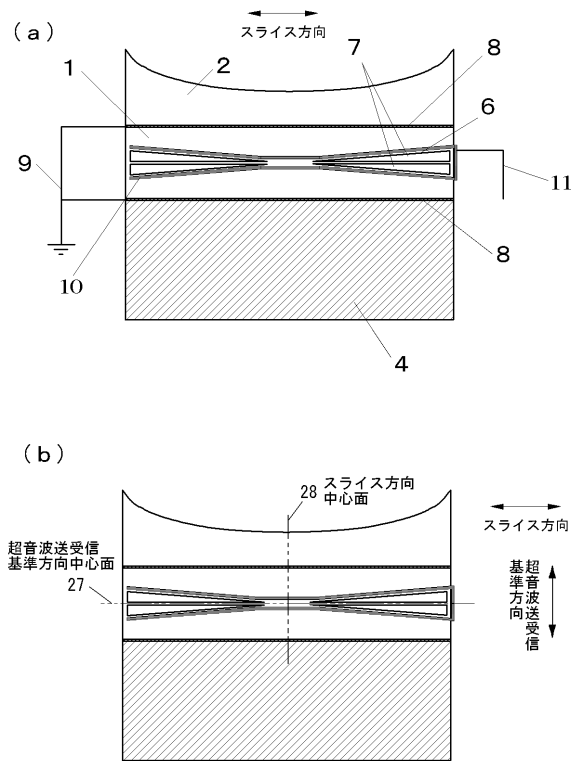
【図 6】



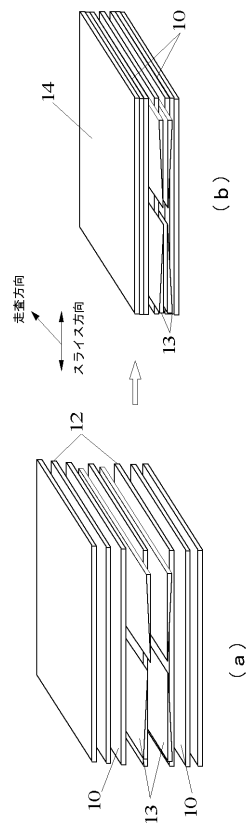
【図 7】



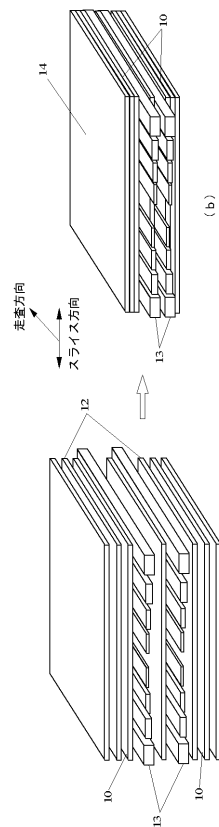
【図 8】



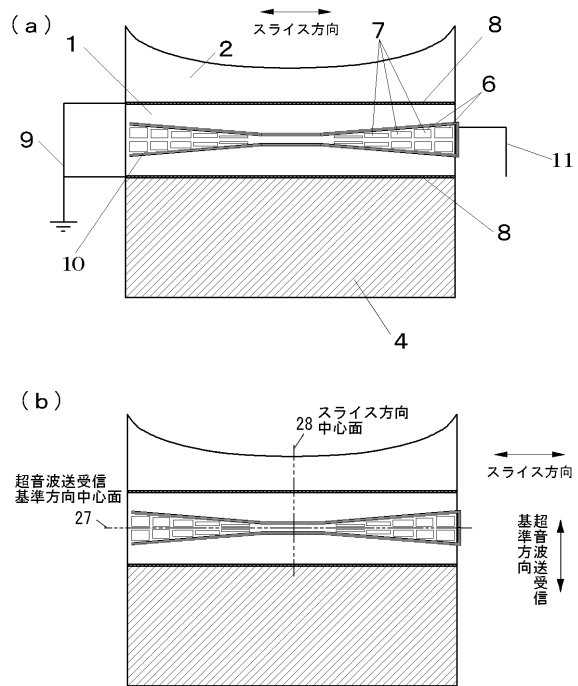
【図 9】



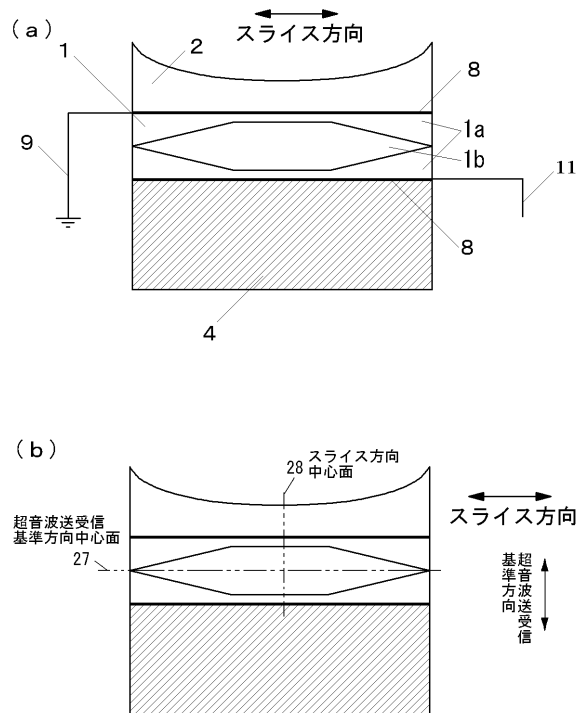
【図 11】



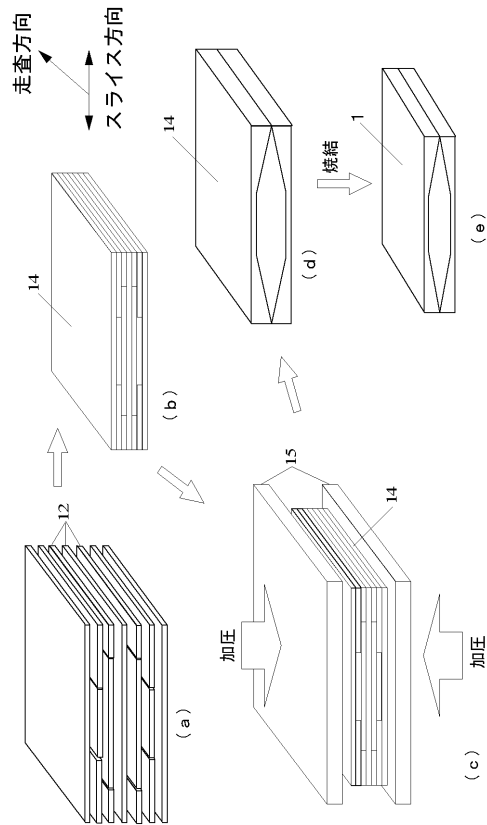
【図 10】



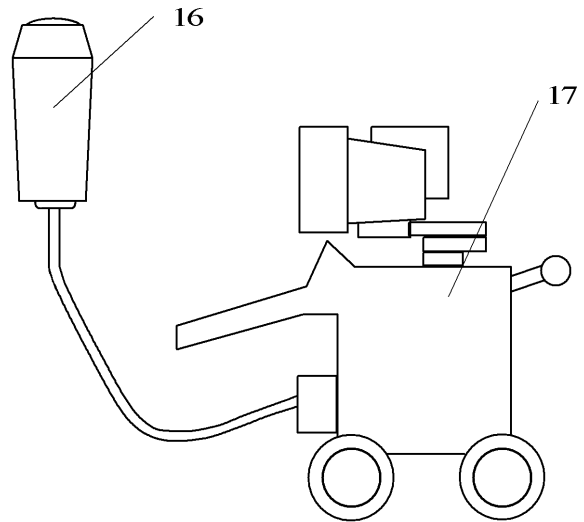
【図 12】



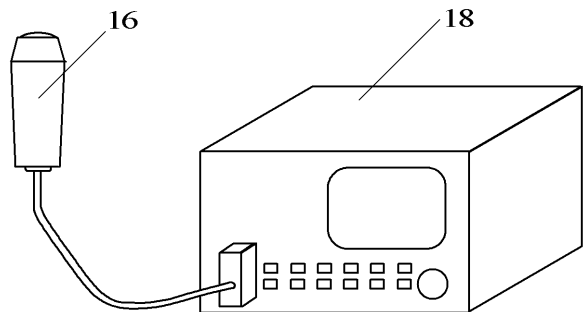
【図 13】



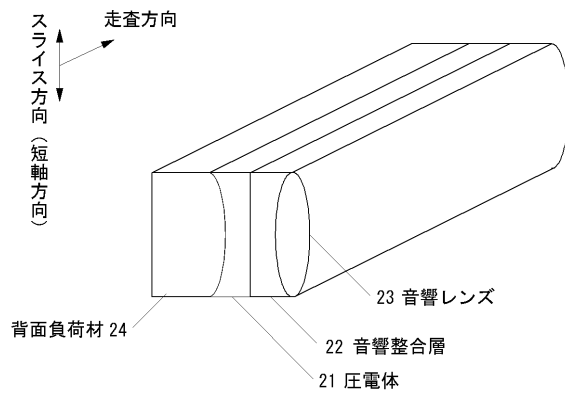
【図 14】



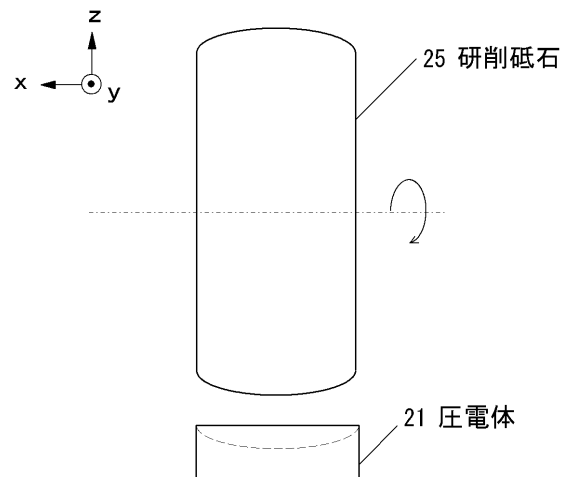
【図 15】



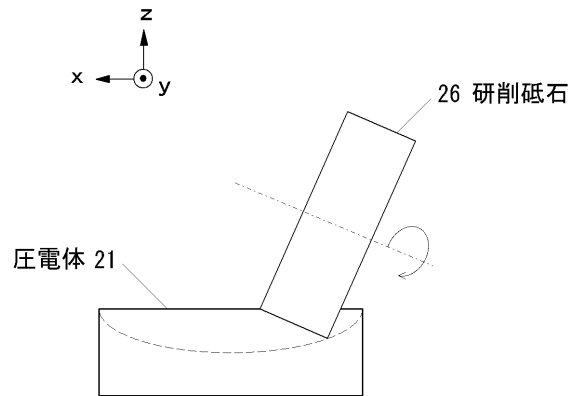
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

(72)発明者 雨宮 清英

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

審査官 江嶋 清仁

(56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 0 4 5 3 5 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H04R 17/00

A61B 8/00

专利名称(译)	用于超声波探头的压电体		
公开(公告)号	JP3792182B2	公开(公告)日	2006-07-05
申请号	JP2002208310	申请日	2002-07-17
申请(专利权)人(译)	松下电器产业有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	松下电器产业有限公司		
[标]发明人	佐藤利春 雨宫清英		
发明人	佐藤 利春 雨宫 清英		
IPC分类号	H04R17/00 A61B8/00 G01N29/24		
FI分类号	H04R17/00.330.K A61B8/00 G01N29/24.502		
F-TERM分类号	2G047/CA01 2G047/EA02 2G047/GB02 2G047/GB13 2G047/GB17 2G047/GB21 2G047/GB23 2G047/GB29 2G047/GB32 2G047/GB35 2G047/GB36 4C301/BB23 4C301/EE02 4C301/GB03 4C301/GB20 4C301/GB22 4C301/GB33 4C301/GB36 4C301/GB37 4C601/BB05 4C601/BB06 4C601/BB07 4C601/EE01 4C601/GB01 4C601/GB02 4C601/GB03 4C601/GB04 4C601/GB20 4C601/GB24 4C601/GB25 4C601/GB26 4C601/GB41 4C601/GB42 4C601/GB44 4C601/GB45 5D019/AA07 5D019/AA26 5D019/BB21		
代理人(译)	役 昌明		
其他公开文献	JP2004056270A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

在切片方向高分辨率超声波探头从长一短距离的压电振子，以简单的方式来制备。的压电陶瓷的压电层（1A，1B）中，对称在切片方向（超声波探头的短轴方向）的，具有朝向切片方向端部延伸的横截面，形成两个压电材料的间隙部分6的三角棱柱状中的扫描方向上贯通（方位角方向是超声波探头的长轴方向）。压电材料间隙部分6没有形成在切片方向的中央部分中。填充材料7，如声速是环氧树脂慢于所述压电层部分，填充压电材料间隙部分6。产生的超声波的频率是在切片方向端部高的切片方向的中央部，下部，是均匀的压电厚度可以在不研磨来容易地制造。因此，可以以低成本实现从短距离到长距离具有高方位分辨率的超声波探头。点域1

