

(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2004-289493  
(P2004-289493A)

(43) 公開日 平成16年10月14日(2004.10.14)

| (51) Int. Cl. <sup>7</sup> | F I             | テーマコード (参考) |
|----------------------------|-----------------|-------------|
| HO4R 31/00                 | HO4R 31/00 330  | 2G047       |
| A61B 8/00                  | A61B 8/00       | 4C601       |
| GO1N 29/24                 | GO1N 29/24      | 5D019       |
| HO1L 41/187                | HO4R 17/00 330C | 5J083       |
| HO4R 17/00                 | HO1L 41/18 101F |             |

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-79113 (P2003-79113)  
(22) 出願日 平成15年3月20日 (2003.3.20)

(71) 出願人 598026530  
エスシーエム株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目1番1号  
(74) 代理人 100070600  
弁理士 横倉 康男  
(72) 発明者 高橋 貞行  
東京都府中市本町2-24-5  
(72) 発明者 一ノ瀬 昇  
神奈川県横浜市金沢区東朝比奈1-34-12  
Fターム(参考) 2G047 EA02 EA03 EA05 GB11 GB32  
GB34 GB35  
4C601 EE01 EE03 GB02 GB41 GB43  
GB44

最終頁に続く

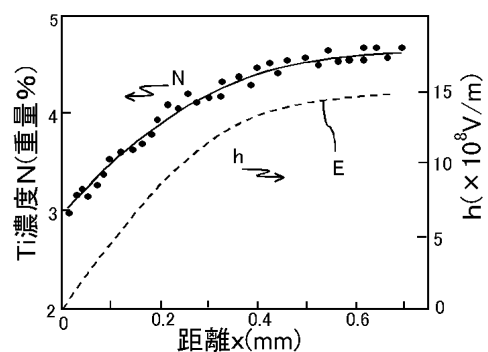
(54) 【発明の名称】 圧電板、その製造方法およびそれを用いた超音波変換器

(57) 【要約】

【課題】 時間波形が短く、幅広い周波数特性を有するとともに、振幅の大きい超音波パルスを再現性よく発生させ、高分解能で高感度な計測を可能にする超音波変換器を提供する。

【解決手段】 1枚の多成分系圧電性磁器からなり、厚さ方向で圧電h定数を傾斜させた圧電板であって、圧電h定数の傾斜を最適化したことを特徴とする圧電板。

【選択図】 図7



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

1枚の多成分系圧電性磁器からなる圧電板であって、圧電 $h$ 定数が一方の面でゼロ、他方の面で最大であり、かつ以下の条件を満たすように厚さ方向で傾斜していることを特徴とする圧電板。

(1)

## 【数1】

$$\int_0^t h(x)dx \geq 1/2 \cdot h(t) \cdot t$$

10

(2)  $0 < x < t$ の範囲において、 $h(x) < h(t)$ (3)  $0 < x < t$ の範囲において、 $0 < dh(x)/dx < 2 \times 10^{-3}$  (V/m<sup>2</sup>)

(4) 少なくとも $0.8t < x < t$ の範囲において、 $h(x) > (h(t)/t) \cdot x$   
但し、 $x$ は圧電 $h$ 定数がゼロである面からの厚さ方向の距離(m)、 $t$ は圧電板の厚さ(m)、 $h(x)$ は距離 $x$ における圧電 $h$ 定数(V/m)、 $h(t)$ は距離 $t$ における圧電 $h$ 定数(V/m)である。

## 【請求項2】

$0 < x < t$ の範囲において、 $h(x) > (h(t)/t) \cdot x$ 、かつ $d^2 h(x)/dx^2 > 0$ である、請求項1に記載の圧電板。

20

## 【請求項3】

成分金属元素の構成比率を厚さ方向で傾斜させることによって圧電 $h$ 定数を傾斜させた、請求項1または2に記載の圧電板。

## 【請求項4】

圧電 $h$ 定数が異なる2種以上の磁器粉末を準備し、それぞれの磁器粉末を用いてグリーンシートを作製し、該グリーンシートを積層し、圧着した後、焼結することにより圧電 $h$ 定数を傾斜させた、請求項1ないし3のいずれかに記載の圧電板の製造方法。

## 【請求項5】

前記2種以上の磁器粉末が、同一の成分を含み、かつその成分金属元素の比率を変えることによって圧電 $h$ 定数を変えたものである、請求項4に記載の圧電板の製造方法。

## 【請求項6】

請求項1ないし3のいずれかに記載の圧電板を用いた超音波変換器。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波変換器などに使用されるセラミック圧電板、並びに該圧電板を使用した超音波変換器に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

セラミック圧電材料を用いた超音波変換器は、医用診断装置や非破壊検査装置、魚群探知機など各種超音波計測機器に広く使用されている。

40

これらの機器は、主として超音波変換器に電気的パルスを入力して超音波を発生させ、この超音波を媒体中に伝搬させて、媒体中に存在する音響インピーダンスの異なった部分からの反射波を検出して計測を行う超音波エコー法を用いるものである。2つの媒体間の音響インピーダンスが同程度であれば音波は良く透過し、反射波は非常に少ないが、音響インピーダンスが異なる媒体間では、その境界で音波の反射がおり、その差が大きいと透過波は少なく、反射波が多くなる。これを利用したのが超音波エコー法である。

## 【0003】

超音波計測機器には高い分解能と、広い周波数帯にわたって計測可能であることが要求されるため、超音波変換器から発生する超音波パルスの時間波形を可能な限り短くすること、および広帯域な周波数特性を持つ超音波パルスを発生させることが望まれている。

50

## 【0004】

超音波変換器の主要部は、一般に、厚さ方向に分極された圧電性磁器板（以下、圧電板という）の両面に金属電極膜が形成され、該圧電板の片面には、バッキング材として同材質のセラミック板が、電極膜を介して貼り付けられ、さらにその後ろに吸音材が形成された構造となっている。超音波パルスは、前記圧電板にインパルス電圧を印加して励振される。

## 【0005】

圧電板として、厚さ方向に関して圧電 $h$ 定数が一様に分布した磁器板を使用した場合、超音波変換器を電圧パルスで駆動すると、圧電板の表面から外部に放射される超音波パルスの時間波形は、単一パルスではなく長いパルス列を形成し、時間波形が長くなる。また、周波数帯域が狭いという問題もあった。

10

## 【0006】

これに対して、厚み方向で圧電 $h$ 定数が直線的ないし単調に傾斜した圧電板を使用することにより、広い周波数帯域幅を持つ短パルスの超音波が得られることが知られている（例えば特許文献1参照。）。この違いは、圧電 $h$ 定数が一様に分布した圧電板を使用した場合には、圧電板の両面から超音波パルスが発生するのに対し、圧電 $h$ 定数の傾斜した傾斜圧電板を使用した場合には、超音波が圧電定数の大きな一面からのみ放射されるために生ずるものである。本発明者らも、先に、成分金属元素の構成比率を空間的に傾斜させることによって圧電 $h$ 定数を単調にかつ滑らかに傾斜させた傾斜圧電板と、この傾斜圧電板を使用した超音波変換器について提案を行っている（特願2002-378540号）。

20

## 【0007】

## 【特許文献1】

特開平7-154897号公報

## 【0008】

## 【発明が解決しようとする課題】

超音波計測機器においては、放射される超音波パルスの時間波形が短いことに加えて、超音波変換器の送波感度を向上させるため、パルスの振幅が大きいことが要求される。しかし、本発明者らの研究によれば、圧電 $h$ 定数を空間的に傾斜させることによって広い周波数帯域幅を有する短パルスが得られても、傾斜のさせ方によって超音波パルスの振幅が異なり、圧電 $h$ 定数を直線的ないし単調に傾斜させるだけでは、図12や図14にも示されるように、振幅の大きい超音波パルスが必ずしも得られないことが判った。このため感度の高い超音波変換器を再現性よく得ることが困難であった。

30

## 【0009】

本発明は、超音波エコー法で使用される超音波変換器において、圧電性磁器の圧電 $h$ 定数の空間的傾斜の度合いを制御し、最適化することにより、時間波形が短くかつ幅広い周波数特性を有するとともに、振幅の大きい超音波パルスを再現性よく得ること、これにより更に高分解能で高感度な計測が可能な超音波変換器を提供することを目的とする。

## 【0010】

また本発明の他の目的は、圧電性磁器の圧電 $h$ 定数の空間的傾斜が最適化され、かつ構造上の音響的な不連続性のない、実用性の高い超音波変換器を容易に製造する方法を提供することにある。

40

## 【0011】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の要旨は、以下のとおりである。

1. 1枚の多成分系圧電性磁器からなる圧電板であって、圧電 $h$ 定数が一方の面でゼロ、他方の面で最大であり、かつ以下の条件を満たすように厚さ方向で傾斜していることを特徴とする圧電板。

## (1)

## 【数2】

$$\int_0^t h(x)dx \geq 1/2 \cdot h(t) \cdot t$$

(2)  $0 < x < t$  の範囲において、 $h(x) < h(t)$

(3)  $0 < x < t$  の範囲において、 $0 < dh(x)/dx < 2 \times 10^{-3} \text{ (V/m}^2\text{)}$

(4) 少なくとも  $0.8t < x < t$  の範囲において、 $h(x) > (h(t)/t) \cdot x$   
 但し、 $x$  は圧電  $h$  定数がゼロである面からの厚さ方向の距離 (m)、 $t$  は圧電板の厚さ (m)、 $h(x)$  は距離  $x$  における圧電  $h$  定数 (V/m)、 $h(t)$  は距離  $t$  における圧電  $h$  定数 (V/m) である。

2.  $0 < x < t$  の範囲において、 $h(x) > (h(t)/t) \cdot x$ 、かつ  $d^2 h(x)/dx^2 > 0$  である、前記 1 に記載の圧電板。 10

3. 成分金属元素の構成比率を厚さ方向で傾斜させることによって圧電  $h$  定数を傾斜させた、前記 1 または 2 に記載の圧電板。

【0012】

4. 圧電  $h$  定数が異なる 2 種以上の磁器粉末を準備し、それぞれの磁器粉末を用いてグリーンシートを作製し、該グリーンシートを積層し、圧着した後、焼結することにより圧電  $h$  定数を傾斜させた、前記 1 ないし 3 のいずれかに記載の圧電板の製造方法。

5. 前記 2 種以上の磁器粉末が、同一の成分を含み、かつその成分金属元素の比率を変えることによって圧電  $h$  定数を変えたものである、前記 4 に記載の圧電板の製造方法。

6. 前記 1 ないし 3 のいずれかに記載の圧電板を用いた超音波変換器。 20

【0013】

【発明の実施の形態】

本発明の圧電板は、例えば PZT など、多種類の金属元素から構成されたペロブスカイト構造の多成分系圧電磁器材料からなっており、一方の面で圧電  $h$  定数がゼロ、対向する他方の面で圧電  $h$  定数が最大となるように、圧電  $h$  定数を傾斜させ、かつこの圧電  $h$  定数の傾斜を最適化したことを特徴とするものである。なお本発明において、圧電  $h$  定数は、圧電  $h_{33}$  定数を意味している。

【0014】

本発明の圧電板の圧電  $h$  定数の傾斜の仕方は、圧電  $h$  定数がゼロである面からの厚さ方向の距離  $x$  を横軸に、その点での圧電  $h$  定数  $h(x)$  を縦軸にとり、 $x$  と  $h(x)$  の関係を直線または曲線 (以下「 $h(x)$  曲線」という。) で表わしたグラフにおいて、少なくとも以下の (1) ~ (4) の条件をすべて満たすものである。 30

【0015】

(1)

【数 3】

$$\int_0^t h(x)dx \geq 1/2 \cdot h(t) \cdot t$$

即ち  $h(x)$  曲線より下の部分の面積が、 $h(x) = (h(t)/t) \cdot x$  で表わされる直線より下の部分の面積と等しいか、それより大きいこと、 40

(2)  $0 < x < t$  の範囲では、 $h(x)$  の値が  $h(t)$  より小さいこと、

(3)  $0 < x < t$  の範囲で、傾き  $dh(x)/dx$  が 0 または正の値をとり、かつ  $2 \times 10^{-3} \text{ V/m}^2$  以下であること、

(4) 少なくとも  $0.8t < x < t$  の範囲においては、 $h(x) > (h(t)/t) \cdot x$  であること、即ち  $h(x)$  が常に  $h(x) = (h(t)/t) \cdot x$  で表わされる直線より上にあること。

このような傾斜とすることにより、短パルスでかつ幅広い周波数特性を有するとともに、振幅の大きい超音波パルスを得ることができる。

【0016】

図 1 の A ~ D は、例として、このような  $h(x)$  曲線の、 $0.8t < x < t$  の範囲におけ 50

るいくつかのパターンを表わしたものである。上記の条件をすべて満たしていれば、 $0.8t < x < t$ の範囲では、 $h(x)$ 曲線は、図1のAのような直線であっても、Bのように上に凸の曲線であっても、Cのように下に凸の曲線であっても、またDのように波状に変化する曲線であってもよい。これらの $h(x)$ 曲線のうち、 $0.8t < x < t$ の範囲において、 $h(x)$ 曲線より下の部分の面積が大きいほうがより効果的であり、特に、 $h(x)$ が図1における直線A上にあるか、またはこの直線より上にあることが望ましい。

【0017】

少なくとも(1)、(2)および(3)の条件を満たしていれば、 $0 < x < 0.8t$ の範囲では、 $h(x)$ 曲線は直線であっても、上に凸の曲線であっても、下に凸の曲線であっても、また波状に増減を繰り返して変化する曲線であってもかまわない。

10

【0018】

最も好ましい傾斜の例は、前記(1)~(4)の条件に加えて、 $0.8t < x < t$ の範囲だけでなく $0 < x < t$ の全範囲において、 $h(x) > (h(t)/t) \cdot x$ であって、かつ $x$ の増加に伴って、 $h(x)$ が減少することなく、最大値 $h(t)$ となるまで単調に増加するものである。特に、図7に示されるように、 $h(x)$ がゼロから最大値 $h(t)$ となるまでの間は、 $d^2 h(x)/dx^2 > 0$ となっていること、即ち $h(x)$ 曲線の傾き $dh(x)/dx$ が $x=0$ 近傍で大きく、 $x$ が増大するにつれて漸次減少していくような傾斜とするのが理想的であり、パルスの振幅が大きくなる。

【0019】

なお、どのような傾斜の仕方をするにしても、傾き $dh(x)/dx$ が $2 \times 10^{13} \text{ V/m}^2$ を超えると、この $x$ の位置で大きな超音波励振力が発生し、超音波パルスが生じるために、得られる超音波の時間波形が短パルスにならない。

20

【0020】

前記のような圧電 $h$ 定数の傾斜は、圧電磁器材料の組成、即ち成分金属元素(以下「構成元素」という。)の比率を厚さ方向で傾斜させることによって得ることができる。即ち本発明の圧電板は、構成元素の比率の変化に伴って、圧電 $h$ 定数が単調に変化するような多成分系磁器材料粉末を原料として使用し、例えば次のようにして製造される。

【0021】

圧電 $h$ 定数が異なる複数種の磁器粉末を、目的の傾斜が得られるように層状に重ね、層状プレス成型体を作製し、これを焼結する。あるいは圧電 $h$ 定数が異なる複数種の磁器粉末を用いて複数のグリーンシートを作製し、該複数のグリーンシートを目的の傾斜が得られるように所定の順に積層して圧着し、高温で焼結する。いずれにおいても圧電 $h$ 定数の異なる層の境界部では、焼結時に構成元素が相互に熱拡散して濃度が変化し、組成が連続的に変化ようになるために、圧電 $h$ 定数が厚さ方向で連続的にかつ任意に傾斜した1枚の圧電板が得られる。

30

【0022】

この方法によれば、圧電 $h$ 定数の傾斜が滑らかな圧電板を簡単に製造でき、しかも圧電 $h$ 定数の異なる多種類の磁器粉末を用いることや、層厚あるいはグリーンシート厚および積重ねの順序を変えることで、従来困難であった、圧電 $h$ 定数の傾斜の度合いを目的に合わせ自在に制御することが可能である。従来傾斜圧電板の製造方法としては、例えば圧電板の厚み方向に温度勾配を与えて部分的に減極させる方法や、圧電定数の異なる複数の磁器板を接着剤で張り合わせる方法があるが、前者では板厚方向の温度勾配は両端面の設定温度により自動的に決定されるものであることから、 $h$ 定数の傾斜を目的に合わせ制御することは極めて困難で、工業的な価値は低く、また後者では音響的連続体が得られない。本法はこれらの問題点を解決することができる、優れた方法である。

40

【0023】

本発明の圧電板は、有利には同一の成分を含み、構成元素の比率の異なる複数の多成分系圧電磁器材料を原料として用いて製造される。一般にこのような圧電磁器材料では、特定の構成元素の比率と圧電 $h$ 定数とが、比例関係を含めた特定の関数で表わされる場合が多い。従って、目的の傾斜を得るためには、実際には、まず該構成元素の比率と圧電 $h$ 定数

50

の関係を調べてプロットし、その関係から両者の間に成り立つ関数を特定し、目的とする圧電 $h$ 定数の傾斜の仕方に応じて、使用する磁器粉末の組成を選択する。

#### 【0024】

本発明の超音波変換器は、前記の圧電 $h$ 定数の傾斜を最適化した圧電板を主要構成要素として用いたものである。具体的には、例えばこの圧電板の両面に電極膜を設け、一方の面にバッキング材として音響インピーダンスが圧電板と類似した磁器板、および所望によりさらに吸音材を設けたものを主要構成要素とする。

#### 【0025】

図2は、本発明の超音波変換器の主要部の構造の一例を示す側断面図である。これは、1枚の分極処理された圧電板と、前記圧電板の一方の面に形成された電極膜と、他方の面に電極膜を介して接合された音響インピーダンスが前記圧電板と類似する磁器板とを主要構成要素とする構造のものである。

10

#### 【0026】

図2において、1は厚さ方向に構成元素の比率と圧電 $h$ 定数が前記のように傾斜分布した圧電板（以下「傾斜圧電板」という）である。傾斜圧電板1は、矢印Pの方向に分極処理されている。2、3は傾斜圧電板1の両面に形成された電極膜であり、6、6'は電極膜2、3からそれぞれ取り出されたリードと端子である。4は傾斜圧電板1と音響インピーダンスが類似した磁器板であり、電極膜3を介して傾斜圧電板1と接合されている。傾斜圧電板1の圧電 $h$ 定数は、表面の電極膜2に接する部分で最大、電極膜3に接する部分で0となっている。この傾斜の方向は、逆であってもよい。また分極Pの方向は、図示の方向でも、これとは逆の方向であっても良い。

20

#### 【0027】

バッキング材である磁器板4は、傾斜圧電板1と音響インピーダンスが類似していれば、どのような材質のものを用いてもよい。傾斜圧電板と同質の圧電性を示す磁器を使用してよい。磁器板4は、電極膜3と接着剤で接合してもよいが、音響インピーダンスの異なる接着剤層が存在するとその部分で超音波の反射が起こり易いので、接着剤を用いずに接合することが望ましい。接着剤を使用せずに接合する方法としては、例えばグリーンシート法で傾斜圧電板と同時に焼成する方法がある。また磁器板4は、電極膜3との接合面の反対側の端部が、超音波が乱反射するように荒い仕上げ面となっているか、多孔質構造となっていることが好ましい。また、図示していないが、磁器板4に更に吸音材を付設してもよい。

30

#### 【0028】

電極膜3は、超音波を反射しない程度に薄い金属膜であることが望ましく、また傾斜圧電板1と音響インピーダンスの不整合を生じないように、接着剤を用いずに接合される。例えば、スパッタリング、蒸着、めっき、あるいは金属ペースト膜を傾斜圧電板と同時焼成する方法等によって形成される。電極膜2は、どのような方法で形成されたものでもよい。金属ペーストの焼付、スパッタリング、蒸着、めっきの他、金属箔や金属板等を接着剤を用いて傾斜圧電板1に接合してもよい。また傾斜圧電板との同時焼成により形成してもよい。

#### 【0029】

図3は、本発明の超音波変換器の、他の例を示す側断面図である。これは、図2の圧電板に代えて、圧電 $h$ 定数が厚さ方向で傾斜した2枚の傾斜圧電板を、圧電 $h$ 定数が両者の接合部で最も大きくなるように内部電極膜5を介して接合したものをを用いる。即ち、圧電 $h$ 定数が内部電極膜5との接合部で最大となるように内部電極膜を介して接合している2枚の分極処理された圧電板1'、1''と、一方の圧電板1''の内部電極膜と接合していない面に形成された電極膜3と、他方の圧電板1'の内部電極膜5と接合していない面に電極膜を介して接合された、音響インピーダンスが圧電板と類似する磁器板4とを主要構成要素とする構造のものである。内部電極膜5は電極膜3と同様、磁器との接合面で超音波を反射しない薄い金属膜であることが望ましく、接着剤を用いずに接合される。このような構造にすることにより、より感度の高い超音波変換器が得られる。

40

50

## 【0030】

本発明の超音波変換器では、前記のような傾斜圧電板を使用するので、リードと端子6、6'の間に電圧パルスを印加して超音波を発生させると、図2の場合は、超音波は傾斜圧電板1の圧電定数の大きな一面からのみ、双方向に向けて放射される。超音波変換器内部に向かう超音波は磁器板4の内部で散乱され、減衰し消滅する。図3の場合は、超音波は傾斜圧電板1'、1"の境界面から双方向に放射される。超音波変換器内部に向かう超音波は図2の場合と同様に散乱され減衰し消滅する。これとは反対方向に向かう超音波は超音波変換器の表面から外部に向けて放射される。このとき、一部の超音波は表面で反射されて内部に向かうことになるが、これは最初から内部に向かった超音波と同様に減衰し消滅する。従っていずれの形態においても、広い周波数帯域幅を持つ短パルスの超音波が得られる。

10

## 【0031】

次に、本発明の超音波変換器の好ましい製造例として、グリーンシート積層法を用いて図2の超音波変換器を製造する方法を説明する。

## 【0032】

構成元素の比率の変化により圧電h定数が単調に変化するPZT系磁器材料からなる、3種の磁器粉末a、b、cを準備する。なお、磁器粉末aは圧電性を示さない材料、磁器粉末b、cは圧電性を示す材料であって、磁器粉末b、cの圧電h定数をそれぞれ $h_b$ 、 $h_c$ としたとき、 $h_b = 2/3 \cdot h_c$ である。これら磁器粉末a、b、cを各々樹脂、溶剤と適宜混合して磁器粉末スラリーとし、PETフィルム上にキャストした後、乾燥してそれぞれグリーンシート11、12、13を得る。また磁器粉末aを用いた一枚のグリーンシート11上に、白金粉末、樹脂、溶剤からなる電極形成用の白金ペーストを、焼成後の電極膜厚みが $5 \mu\text{m}$ となるよう所定の形状に印刷して、電極ペースト膜14を形成する。

20

## 【0033】

これらグリーンシートを図4に示すように積み重ね、圧着した後、磁器粉末の焼結温度で焼成し、図2に示されるような、傾斜圧電板1と、電極膜3と、バッキング材となる磁器板4とが一体化された焼成体を得る。次に焼成体の傾斜圧電板1の電極膜3と反対側の面上に、電極用ペーストとして、例えば銀粉末、ガラス粉末、樹脂および溶剤からなる銀ペーストを塗布、焼成することにより電極膜2を形成する。そして電極膜2、3の間に直流電圧を印加することにより、傾斜圧電板1を分極させる。

30

## 【0034】

磁器板4の端部を多孔質とする場合は、焼成後に多孔質になるようなグリーンシートを所定の部分に使用すればよい。このようなグリーンシートとしては、任意の位置に多数の貫通孔を有するものや、樹脂ビーズ等を混入させて焼成後に空洞を生じるようにしたものなどがある。また表面の電極膜2は、予め最外層のグリーンシート13上に金属ペーストを印刷しておき、積層体と同時焼成して形成することもできる。

## 【0035】

このようなグリーンシート法で圧電板、電極、バッキング材を同時に焼結する場合、工程が簡略化され、また音響的に連続になるため超音波の反射が少なく、より短パルス化が可能になる利点がある。しかしながら本発明は、以下の実施例のように音響的連続性を損なわない程度に薄い接着剤層を用いてバッキング材を貼り合わせたり、電極をスパッタリング法等他の方法で形成することを妨げるものではない。

40

## 【0036】

## 【実施例】

## 実施例1

磁器粉末として $(1-x) \text{Pb}(\text{Ni}_{1/3} \text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 - x \text{Pb}(\text{Zr}_{0.3} \text{Ti}_{0.7})\text{O}_3$ 系で、 $x$ が $0.450 \text{ mol}$ 、 $0.440 \text{ mol}$ 、 $0.420 \text{ mol}$ 、 $0.390 \text{ mol}$ 、 $0.350 \text{ mol}$ 、 $0.300 \text{ mol}$ の6種類の粉末を準備した。これらの磁器粉末の圧電h定数( $\text{V/m}$ )と、X線マイクロアナライザを用いて測定したTi濃

50

度  $N$  (重量%) を に対してプロットし、図 5 に示した。この結果から得られた圧電  $h$  定数と  $Ti$  濃度  $N$  の関係を、図 6 に示した。図 6 から明らかなように、圧電  $h$  定数と  $Ti$  濃度は比例関係にある。従って磁器の  $Ti$  濃度を測定すれば、圧電  $h$  定数の傾斜がわかることになる。

#### 【0037】

それぞれの磁器粉末 100 重量部に対して、アクリル樹脂 5 重量部、テルピオネールを主成分とする有機溶剤 20 重量部を混合してスラリーとし、テープキャスト法を用いて厚さ約  $160 \mu\text{m}$  の 6 種類の磁器グリーンシートを作製した。これら 6 種類のグリーンシートを圧電  $h$  定数の大きい順に積層し、 $120^\circ\text{C}$  に加熱した状態でプレス圧着した。次いでこの積層体を  $400^\circ\text{C}$  で 20 時間かけて脱脂し、その後  $1120^\circ\text{C}$  の温度で 4 時間かけて焼結して、圧電板を得た。この焼結体を直径  $15 \text{mm}$ 、厚さ  $0.7 \text{mm}$  の円板に加工し、上下面を鏡面となるように研磨仕上げをし、上下面全面にスパッター法で金電極膜を形成した。この後、電極膜間に  $3 \text{kV}$  の直流電圧を 30 分間印加して分極処理を行った。得られた圧電板の側面を、X 線マイクロアナライザで走査することにより、圧電  $h$  定数が 0 の面からの厚み方向の距離  $x$  における  $Ti$  の濃度  $N$  を、約  $15 \mu\text{m}$  間隔で測定した。X 線マイクロアナライザは、日立製作所製 S-4500 型走査電子顕微鏡と堀場製作所製エネルギー分散型 X 線分析装置 EMAX-7000 とを組み合わせたものである。図 7 はその結果をプロットしたもので、距離  $x$  に対する  $Ti$  の濃度  $N$  の変化は、近似的に図のような曲線で表わされる。前述の圧電  $h$  定数と  $Ti$  濃度との関係から、この圧電板では、圧電  $h$  定数が厚み方向で曲線 E のような傾斜をもって分布していることがわかる。

10

20

#### 【0038】

一方の面が鏡面仕上げされ、反対の面が超音波を乱反射するように荒い仕上げ面となっている、厚さ  $20 \text{mm}$  の  $\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  の組成の磁器板 (パッキング材) の鏡面側に、前記圧電板を接着剤で貼り合わせ、試験用超音波変換器を製造した。なお、ここでは圧電板とパッキング材との間で音響的な連続性が保たれるよう、接着剤は、約  $0.1 \mu\text{m}$  以下の厚さとなるようにした。電極膜間に  $20 \text{V}$  のスパイク状負性電圧パルスを実加して超音波を発生させ、これを水中に放射させた。そしてこの水中に放射させた超音波をハイドロフォンプローブで検出した。図 8 は放射された超音波の時間波形を示すもので、本実施例の試験用超音波変換器では、振幅の大きい正負一對の短い超音波パルスが得られた。縦軸はハイドロフォンの出力電圧であり、超音波の振幅に比例する量である。

30

#### 【0039】

##### 実施例 2

$(1-x)$   $\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  -  $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.3}\text{Ti}_{0.7})\text{O}_3$  系で、 $x$  が  $0.450 \text{mol}$ 、 $0.440 \text{mol}$ 、 $0.400 \text{mol}$ 、 $0.365 \text{mol}$ 、 $0.330 \text{mol}$ 、 $0.300 \text{mol}$  の 6 種類の磁器粉末を使用し、実施例 1 と同様にして厚さ約  $160 \mu\text{m}$  の 6 種類の磁器グリーンシートを作製した。これらのグリーンシートを圧電  $h$  定数の大きい順に積層し、 $120^\circ\text{C}$  でプレス圧着した。次いで実施例 1 と同様にして脱脂、焼結し、得られた傾斜圧電板を円板に加工し、金電極膜を形成した後、分極処理を行った。得られた圧電板の、圧電  $h$  定数が 0 の面からの距離  $x$  における  $Ti$  の濃度  $N$  を、X 線マイクロアナライザで測定し、図 9 にプロットした。この結果から、圧電  $h$  定数の厚み方向での傾斜は、近似的に F のような曲線で表わされる。

40

実施例 1 の傾斜圧電板に代えてこの傾斜圧電板を使用し、同様にして超音波変換器を製造し、その超音波特性を測定し時間波形を図 10 に示した。

#### 【0040】

##### 比較例 1

$(1-x)$   $\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  -  $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.3}\text{Ti}_{0.7})\text{O}_3$  系で、 $x$  が  $0.450 \text{mol}$ 、 $0.425 \text{mol}$ 、 $0.396 \text{mol}$ 、 $0.364 \text{mol}$ 、 $0.334 \text{mol}$ 、 $0.300 \text{mol}$  の 6 種類の磁器粉末を使用し、実施例 1 と同様にして厚さ約  $160 \mu\text{m}$  の 6 種類の磁器グリーンシートを作製した。これらのグリーンシートを圧電  $h$  定数の大きい順に積層し、 $120^\circ\text{C}$  でプレス圧着した。次いで実施例 1 と同様に

50

して脱脂、焼結し、得られた傾斜圧電板を円板に加工し、金電極膜を形成した後、分極処理を行った。得られた圧電板の圧電 $h$ 定数が0の面からの厚み方向の距離 $x$ における $Ti$ の濃度 $N$ を、X線マイクロアナライザで測定し、図11にプロットした。この結果から、圧電 $h$ 定数の厚み方向での傾斜は、近似的にGのような直線で表わされる。

実施例1の傾斜圧電板に代えて、この傾斜圧電板を使用し、同様にして超音波変換器を製造し、その超音波特性を測定し時間波形を図12に示した。

【0041】

比較例2

(1 - )  $Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O_3 - Pb(Zr_{0.3}Ti_{0.7})O_3$ 系  
 で、 $x$ が0.450 mol、0.395 mol、0.356 mol、0.327 mol、  
 0.310 mol、0.300 molの6種類の磁器粉末を使用し、実施例1と同様にして厚さ約160  $\mu m$ の6種類の磁器グリーンシートを作製した。これらのグリーンシートを圧電 $h$ 定数の大きい順に積層し、120 でプレス圧着した。次いで実施例1と同様にして脱脂、焼結し、得られた傾斜圧電板を円板に加工し、金電極膜を形成した後、分極処理を行った。得られた傾斜圧電板の圧電 $h$ 定数が0の面からの厚み方向の距離 $x$ における $Ti$ の濃度を、X線マイクロアナライザで測定し、図13にプロットした。この結果から圧電 $h$ 定数の厚み方向での傾斜は、近似的にHのような曲線で表わされる。

10

実施例の傾斜圧電板に代えて、この傾斜圧電板を使用し、実施例1と同様にして超音波変換器を製造し、その超音波特性を測定し時間波形を図14に示した。

【0042】

20

図8、10、12、14から、本発明の傾斜圧電板を用いたものでは、放射される超音波の振幅が極めて大きいことが明らかである。

【0043】

【発明の効果】

本発明の圧電板は、圧電 $h$ 定数の傾斜を最適化することによって、周波数帯域幅が極めて広く、振幅の大きい短パルスの超音波を再現性よく発生させることができるものである。また、本発明によれば、最適な圧電 $h$ 定数の傾斜を有する圧電板を、工業的に適した方法で容易に製造することが可能である。

また本発明の超音波変換器を使用すれば、超音波エコー法を利用した各種の超音波計測機器の高分解能化と使用周波数帯域の広帯域化が図られる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の圧電板の、 $x$ の特定の範囲における $h(x)$ 曲線の例を示す図である。

【図2】本発明の超音波変換器の主要部の構造の一例を示す側断面図である。

【図3】本発明の超音波変換器の主要部の構造の他の例を示す側断面図である。

【図4】本発明の超音波変換器のグリーンシート法による製造方法を示した説明図である。

【図5】実施例で用いた磁器粉末の圧電 $h$ 定数と、 $Ti$ 濃度 $N$ を  $x$  に対してプロットした図である。

【図6】実施例で用いた磁器粉末の圧電 $h$ 定数と $Ti$ 濃度 $N$ の関係を示した図である。

【図7】実施例1の圧電板の、厚み方向の距離 $x$ における $Ti$ 濃度 $N$ および圧電 $h$ 定数をプロットした図である。

40

【図8】実施例1の超音波変換器から放射された超音波パルスの時間波形を表わしたグラフである。

【図9】実施例2の圧電板の、厚み方向の距離 $x$ における $Ti$ 濃度 $N$ および圧電 $h$ 定数をプロットした図である。

【図10】実施例2の超音波変換器から放射された超音波パルスの時間波形を表わしたグラフである。

【図11】比較例1の圧電板の、厚み方向の距離 $x$ における $Ti$ 濃度 $N$ および圧電 $h$ 定数をプロットした図である。

【図12】比較例1の超音波変換器から放射された超音波パルスの時間波形を表わしたグ

50

ラフである。

【図13】比較例2の圧電板の、厚み方向の距離xにおけるTi濃度Nおよび圧電h定数をプロットした図である。

【図14】比較例2の超音波変換器から放射された超音波パルス時間波形を表わしたグラフである。

【符号の説明】

P 分極の方向

1, 1', 1'' 傾斜圧電板

2, 3 電極膜

4 傾斜圧電板と音響インピーダンスが類似した磁器板

5 内部電極膜

6, 6' リードと端子

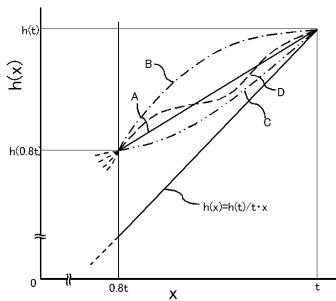
11 圧電性を示さない磁器粉末のグリーンシート

12 圧電性を示す磁器粉末のグリーンシート

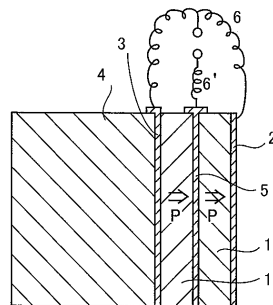
13 圧電性を示す他の磁器粉末のグリーンシート

14 電極ペースト膜

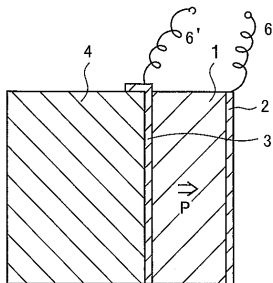
【図1】



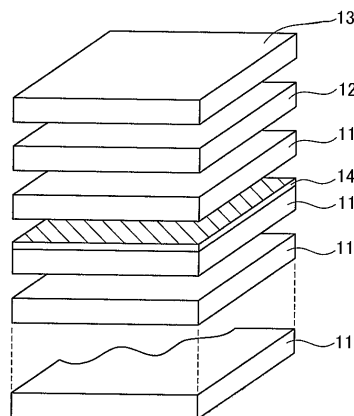
【図3】



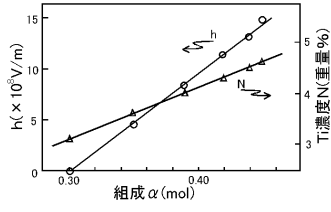
【図2】



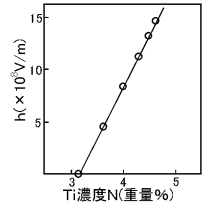
【図4】



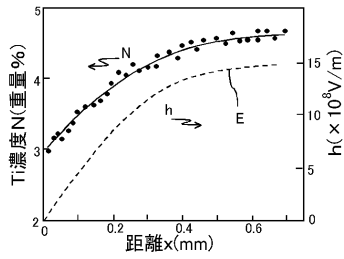
【 図 5 】



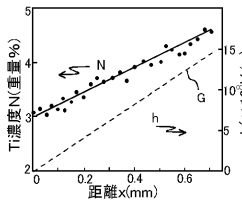
【 図 6 】



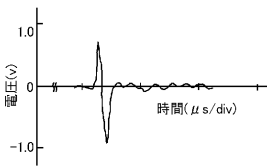
【 図 7 】



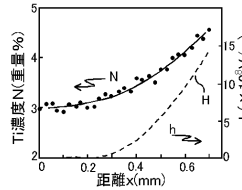
【 図 1 1 】



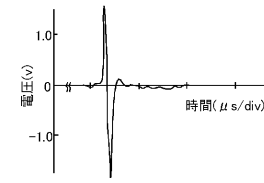
【 図 1 2 】



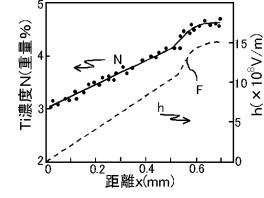
【 図 1 3 】



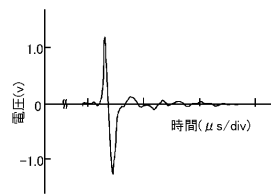
【 図 8 】



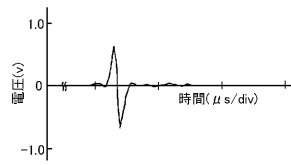
【 図 9 】



【 図 1 0 】



【 図 1 4 】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード(参考)

// G 0 1 S 7/521

G 0 1 S 7/52

A

Fターム(参考) 5D019 AA09 AA13 BB02 BB12 FF02 FF04 FF05 HH01  
5J083 AA02 AB01 AB17 AB18 AC28 BA01 CB01

|                |   |         |            |
|----------------|---|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 压电板及其制造方法和使用该压电板的超声波换能器   |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">JP2004289493A</a>   | 公开(公告)日 | 2004-10-14 |
| 申请号            | JP2003079113  | 申请日     | 2003-03-20 |
| [标]申请(专利权)人(译) | ES GCM  |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | ES CM有限公司   |         |            |
| [标]发明人         | 高橋 貞行<br>一ノ瀬 昇  |         |            |
| 发明人            | 高橋 貞行<br>一ノ瀬 昇  |         |            |
| IPC分类号         | G01N29/24 A61B8/00 G01S7/521 H01L41/187 H04R17/00 H04R31/00   |         |            |
| CPC分类号         | G01N29/245  |         |            |
| FI分类号          | H04R31/00.330 A61B8/00 G01N29/24 H04R17/00.330.C H01L41/18.101.F G01S7/52.A G01S7/521.A   |         |            |
| F-TERM分类号      | 2G047/EA02 2G047/EA03 2G047/EA05 2G047/GB11 2G047/GB32 2G047/GB34 2G047/GB35 4C601/EE01 4C601/EE03 4C601/GB02 4C601/GB41 4C601/GB43 4C601/GB44 5D019/AA09 5D019/AA13 5D019/BB02 5D019/BB12 5D019/FF02 5D019/FF04 5D019/FF05 5D019/HH01 5J083/AA02 5J083/AB01 5J083/AB17 5J083/AB18 5J083/AC28 5J083/BA01 5J083/CB01 |         |            |
| 其他公开文献         | JP4161197B2   |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>   |         |            |

摘要(译)

解决的问题：提供一种具有短时间波形且具有宽频率特性的超声波换能器，该超声波换能器产生振幅大且再现性良好的超声波脉冲，并且能够进行高分辨率和高灵敏度的测量。A1一种压电板，其由单个多组分压电瓷制成，并且具有沿厚度方向倾斜的压电h常数，其中，压电h常数的倾斜度被优化。[选择图]图7

