

(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2014-45411

(P2014-45411A)

(43) 公開日 平成26年3月13日(2014.3.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4R 17/00 (2006.01)	HO4R 17/00 330H	4C601
HO4R 31/00 (2006.01)	HO4R 17/00 330J	5D019
A61B 8/00 (2006.01)	HO4R 17/00 332A	
	HO4R 31/00 330	
	A61B 8/00	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2012-187427 (P2012-187427)
 (22) 出願日 平成24年8月28日 (2012.8.28)

(71) 出願人 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (71) 出願人 594164542
 東芝メディカルシステムズ株式会社
 栃木県大田原市下石上1385番地
 (74) 代理人 100108855
 弁理士 蔵田 昌俊
 (74) 代理人 100109830
 弁理士 福原 淑弘
 (74) 代理人 100088683
 弁理士 中村 誠
 (74) 代理人 100103034
 弁理士 野河 信久

最終頁に続く

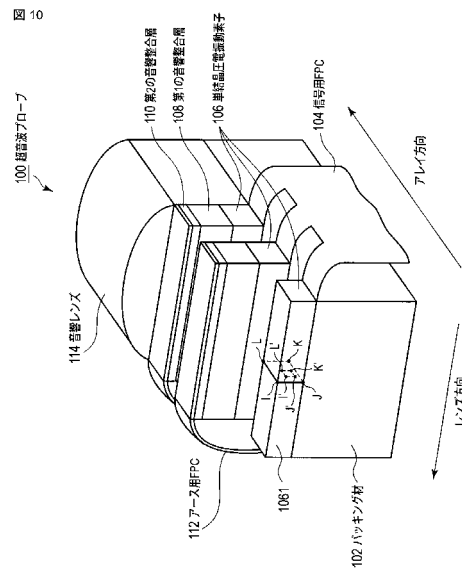
(54) 【発明の名称】 超音波プローブ、圧電振動子、超音波プローブ製造方法、および圧電振動子製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】感度を向上させた超音波プローブ及び超音波プローブ製造方法を提供する。

【解決手段】酸化マグネシウムと酸化インジウムとのうち少なくとも一つと酸化ニオブとを有する鉛複合ペロブスカイト化合物により構成され、結晶方位が[100]面である第1面と、前記第1面と対向し結晶方位が[100]面である第2面とを有する単結晶圧電体と、前記単結晶圧電体の前記第1面側に設けられた第1電極および前記単結晶圧電体の前記第2面側に設けられた第2電極と、前記第1電極の上に設けられた音響整合層と、前記第2電極の下に設けられたバッキング材とを具備し、前記単結晶圧電体は、前記第1電極と前記単結晶圧電体と前記第2電極を通過する第1方向に沿って分極され、前記第1方向を含む破断面は、前記第1電極または前記第2電極に沿った多層形状を有し、前記多層形状における各層の厚みは、0.5マイクロメートル以上5マイクロメートル以下とする。

【選択図】 図10



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

酸化マグネシウムと酸化インジウムとのうち少なくとも一つと酸化ニオブとを有する鉛複合ペロブスカイト化合物により構成され、結晶方位が [1 0 0] 面である第 1 面と、前記第 1 面と対向し結晶方位が [1 0 0] 面である第 2 面とを有する単結晶圧電体と、

前記単結晶圧電体の前記第 1 面側に設けられた第 1 電極および前記単結晶圧電体の前記第 2 面側に設けられた第 2 電極と、

前記第 1 電極の上に設けられた音響整合層と、

前記第 2 電極の下に設けられたバッキング材とを具備し、

前記単結晶圧電体は、前記第 1 電極と前記単結晶圧電体と前記第 2 電極を通過する第 1 方向に沿って分極され、前記第 1 方向を含む破断面は、前記第 1 電極または前記第 2 電極に沿った多層形状を有し、

前記多層形状における各層の厚みは、0.5 マイクロメートル以上 5 マイクロメートル以下であること、

を特徴とする超音波プローブ。

【請求項 2】

前記各層の厚みは、0.5 マイクロメートル以上 2 マイクロメートル以下であること、を特徴とする請求項 1 に記載の超音波プローブ。

【請求項 3】

前記鉛複合ペロブスカイト化合物は、 $v \text{ mol } \%$ のジルコン酸鉛と、 $x \text{ mol } \%$ のインジウムニオブ酸鉛と、 $y \text{ mol } \%$ のマグネシウムニオブ酸鉛と、 $z \text{ mol } \%$ のチタン酸鉛とを有し、 $v = 0 \sim 0.15$ 、 $x = 0.24 \sim 0.74$ 、 $y = 0 \sim 0.50$ 、 $z = 0.26 \sim 0.33$ であり、かつ、 $v + x + y = 0.67 \sim 0.74$ であり、かつ、 $v + x + y + z = 1$ であり、

前記鉛複合ペロブスカイト化合物の結晶構造の相転移温度は、95 以上 150 以下であること、

を特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の超音波プローブ。

【請求項 4】

酸化マグネシウムと酸化インジウムとのうち少なくとも一つと酸化ニオブとを有する鉛複合ペロブスカイト化合物で構成された圧電単結晶を作製し、

前記圧電単結晶の結晶方位が [1 0 0] となる面で前記圧電単結晶を切断することにより、結晶方位が [1 0 0] 面となる第 1 面と、前記第 1 面と対向し結晶方位が [1 0 0] 面となる第 2 面を有する単結晶ウェハを作製し、

前記単結晶ウェハの前記第 1 面側と前記第 2 面側とにそれぞれ第 1 電極および第 2 電極を設け、

前記第 1 電極および第 2 電極の間に、所定の周波数と所定のピークトゥピーク電界とを有する交流電界を、所定の回数に亘って印加し、

前記第 1 電極の上に音響整合層を設け、

前記第 2 電極の下にバッキング材を設けること、

を特徴とする超音波プローブ製造方法。

【請求項 5】

前記所定のピークトゥピーク電界は、0.5 kV/mm 以上 2.5 kV/mm 以下であって、

前記交流電界の印加後に、前記電極の間に、0.25 kV/mm 以上 2.5 kV/mm 以下の電界を有する直流電界を印加すること、

を特徴とする請求項 4 に記載の超音波プローブ製造方法。

【請求項 6】

前記所定範囲の周波数は、0.1 ヘルツ以上 1000 ヘルツ以下であって

前記所定の回数は、2 回以上 1000 回以下であること、

を特徴とする請求項 5 に記載の超音波プローブ製造方法。

10

20

30

40

50

【請求項 7】

前記所定のピークトゥピーク電界は、前記直流電界の最大電界より大きいこと、
を特徴とする請求項 5 に記載の超音波プローブ製造方法。

【請求項 8】

酸化マグネシウムと酸化インジウムとのうち少なくとも一つと酸化ニオブとを有する鉛複合ペロブスカイト化合物により構成され、結晶方位が [1 0 0] 面である第 1 面と、前記第 1 面と対向し結晶方位が [1 0 0] 面である第 2 面とを有する単結晶圧電体と、

前記単結晶圧電体の前記第 1 面側に設けられた第 1 電極および前記単結晶圧電体の前記第 2 面側に設けられた第 2 電極と、

を具備し、

前記単結晶圧電体は、前記第 1 電極と前記単結晶圧電体と前記第 2 電極を通過する第 1 方向に沿って分極され、前記第 1 方向を含む破断面は、前記第 1 電極または前記第 2 電極に沿った多層形状を有し、

前記多層形状における各層の厚みは、0.5 マイクロメートル以上 5 マイクロメートル以下であること、

を特徴とする圧電振動子。

【請求項 9】

酸化マグネシウムと酸化インジウムとのうち少なくとも一つと酸化ニオブとを有する鉛複合ペロブスカイト化合物で構成された圧電単結晶を作製し、

前記圧電単結晶の結晶方位が [1 0 0] となる面で前記圧電単結晶を切断することにより、結晶方位が [1 0 0] 面となる第 1 面と、前記第 1 面と対向し結晶方位が [1 0 0] 面となる第 2 面を有する単結晶ウェハを作製し、

前記単結晶ウェハの前記第 1 面側と前記第 2 面側とにそれぞれ第 1 電極および第 2 電極を設け、

前記第 1 電極および第 2 電極の間に、所定の周波数と所定のピークトゥピーク電界とを有する交流電界を、所定の回数に亘って印加し、

を特徴とする圧電振動子製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、超音波プローブ、圧電振動子、超音波プローブ製造方法、および超音波振動子製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

医用超音波診断装置および超音波画像検査装置は、超音波プローブを介して対象物に超音波を送信し、対象物の内部からの反射波により発生された反射信号（エコー信号）に基づいて、対象物の内部を画像化する。医用超音波診断装置および超音波画像検査装置においては、超音波送受信機能を有する電子操作式のアレイ式超音波プローブが主に用いられている。

【0003】

一般的な超音波プローブは、バックング材料と、バックング材料上に接合され、圧電体の両面に電極を形成した圧電振動子と、圧電振動子上に接合された音響整合層とを有する。圧電振動子および音響整合層は、アレイ加工により複数のチャンネルとして形成される。音響整合層上には音響レンズが形成される。各チャンネルに対応する圧電振動子の電極は、制御信号基板（フレキシブル印刷配線板：Flexible printed circuit、FPC）とさらにケーブルとを介して、医用超音波診断装置および超音波画像検査装置の装置本体に接続される。

【0004】

このような超音波プローブにおいて、圧電振動子は超音波の送受信を行う能動部品である。圧電振動子の特性として、誘電率と圧電定数とが大きいことと、誘電損失が小さいこ

10

20

30

40

50

ととが要求される。

【0005】

圧電振動子の材料としては、1970年代からジルコンチタン酸鉛(PZT)系圧電セラミックスが用いられてきた。圧電振動子の材料として、2005年頃から、鉛複合ペロブスカイト構造を持つ高性能の圧電単結晶が使用され始めた。鉛複合ペロブスカイト構造を持つ高性能の圧電単結晶は、チタン酸鉛($PbTiO_3$)と、 $Pb(B1, Nb)O_3$ (B1は、マグネシウム、亜鉛、インジウム、スカンジウムなどのうち少なくとも一つ)とから構成されるリラクサ系鉛複合ペロブスカイト化合物を含む圧電単結晶から構成される。

【0006】

従来技術において、 $[Pb(Mg, Nb)O_3]_{(1-x)} \cdot [Pb(TiO_3)]_x$ (以下、PMN-PTと呼ぶ) : ($x = 0.26$ 以上 0.29 以下)などの組成を持つ鉛複合ペロブスカイト構造を持つ擬立方晶の単結晶であって、25における誘電率の値が5000以上で、かつ擬立方晶と正方晶の間の変態温度 T_{rt} における比誘電率の値が25における比誘電率の2.5倍以上であることを特徴とする圧電単結晶が示されている

他の従来例として、亜鉛ニオブ酸鉛 - チタン酸鉛 $Pb(Zn_{1/3}, Nb_{2/3})O_3 - Pb(TiO_3)$ (以下、PZN-PTと呼ぶ)において、相転移温度以上の高温から温度を低下させながら直流電界を印加すると、条件に応じてドメインサイズを8 - 20 μm の範囲で制御できることが示されている。この方法におけるドメインは、電極面に対して平行方向に形成される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2011-9771号公報

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】Y. Xiang, R. Zhang, and W. Cao : Appl. Phys. Lett. 96 (2010) 092902.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

目的は、圧電単結晶材料を超音波振動子などに用いる場合、誘電率と圧電定数 d_{33} とを向上させた圧電振動子及び圧電振動子製造方法とを提供することと、感度を向上させた超音波プローブ及び超音波プローブ製造方法を提供することとにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本実施形態に係る超音波プローブは、酸化マグネシウムと酸化インジウムとのうち少なくとも一つと酸化ニオブとを有する鉛複合ペロブスカイト化合物により構成され、結晶方位が[100]面である第1面と、前記第1面と対向し結晶方位が[100]面である第2面とを有する単結晶圧電体と、前記単結晶圧電体の前記第1面側に設けられた第1電極および前記単結晶圧電体の前記第2面側に設けられた第2電極と、前記第1電極の上に設けられた音響整合層と、前記第2電極の下に設けられたバッキング材とを具備し、前記単結晶圧電体は、前記第1電極と前記単結晶圧電体と前記第2電極を通過する第1方向に沿って分極され、前記第1方向を含む破断面は、前記第1方向に垂直な第2方向に沿った多層形状を有し、前記多層形状における各層の厚みは、0.5マイクロメートル以上5マイクロメートル以下であることを、特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、本実施形態に係る圧電振動子を製造する手順の流れを示すフローチャー

10

20

30

40

50

トの一例を示す図である。

【図 2】図 2 は、本実施形態の実施例 1 に係る圧電振動子の外観の一例を示す外観図である。

【図 3】図 3 は、図 2 における圧電振動子を断面 A B C D で破断させた破断面のうち、一部分 A' B' C' D' の断面像を示す図である。

【図 4】図 4 は、図 3 の破断面 A' B' C' D' において、厚み方向の凹凸分布の一例を示す図である。

【図 5】図 5 は、直流分極された P M N - P T (7 1 / 2 9) の圧電振動子 (比較例) において、破断面 A B C D の一部分 (1 0 μ m × 1 0 μ m) A' B' C' D' に対応する部分の断面像を、凹凸の凡例とともに示す図である。

10

【図 6】図 6 は、図 3 の破断面 A B C D の一部分 A' B' C' D' に対応する比較例の破断面において、厚み方向の凹凸分布の一例を示す図である。

【図 7】図 7 は、本実施形態の実施例 3 に係る圧電振動子の外観の一例を示す外観図である。

【図 8】図 8 は、図 7 における圧電振動子を断面 E F G H で破断させた破断面のうち、一部分 E' F' G' H' の断面像を示す図である。

【図 9】図 9 は、図 8 の破断面 E' F' G' H' において、厚み方向の凹凸分布の一例を示す図である。

【図 10】図 10 は、本実施形態の実施例 4 に係る超音波プローブの構造の一例を示す図である。

20

【図 11】図 11 は、本実施形態の実施例 4 に係る超音波プローブを製造する手順の流れを示すフローチャートの一例を示す図である。

【図 12】図 12 は、本実施形態の実施例 4 に係り、周波数スペクトラムを、比較例の周波数スペクトラムとともに示す図である。

【図 13】図 13 は、本実施形態の実施例 4 に係り、複数のチャンネルによる出力 (感度) 分布を、比較例の出力分布とともに示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を参照しながら、実施形態に係る圧電振動子の作製方法、圧電振動子、アレイ式超音波プローブの製造方法、およびアレイ式超音波プローブを説明する。

30

【0013】

本実施形態に係る圧電振動子は、以下の方法で作製される。

図 1 は、本実施形態に係る圧電振動子を製造する手順の流れを示すフローチャートである。

【0014】

本実施形態に係る圧電単結晶は、少なくともチタン酸鉛 ($PbTiO_3$) とリラクサ系鉛複合ペロブスカイト化合物 ($Pb(B_1, B_2)O_3$) : (B_1 はマグネシウム、インジウムのうち少なくとも一つ、 B_2 はニオブ) を含む。上記圧電単結晶のインゴットの製造法には、フラックス法、融液ブリッジマン法、TSSG法 (*Top Seeded Solution Growth*)、水平融解ブリッジマン法、CZ法 (チョクラルスキー法) などがある。本実施形態においては、上記圧電単結晶のインゴットの製造法に限定されない。上記いずれかの方法により、圧電単結晶が作製される (ステップ S a 1) 。

40

【0015】

鉛複合ペロブスカイト化合物は、菱面体晶系から正方晶系への相転移温度 (以下、 T_{rt} と呼ぶ) と、菱面体晶系から単斜晶系への相転移温度 (以下、 T_{rm} と呼ぶ) と、単斜晶系から正晶系への相転移温度 (以下、 T_{mt} と呼ぶ) とを、95 以上 150 以下の範囲で有する。相転移温度が 95 未満である場合、後述するように、誘電率、結合係数などの電気特性の温度依存性が顕著となる。また、相転移温度が 150 以上である場合、後述するように、所望の誘電率が得られない。以上のことから、相転移温度の温度範囲は、95 以上 150 以下であることが望ましい。

50

【0016】

具体的には、鉛複合ペロブスカイト化合物は、67mol%以上74mol%以下のマグネシウムニオブ酸鉛またはインジウムニオブ酸鉛と、26mol%以上33mol%以下のチタン酸鉛とを有する。鉛複合ペロブスカイト化合物に対するチタン酸鉛の割合が26mol%未満では、高い誘電率及び結合係数が得られないことによる。また、鉛複合ペロブスカイト化合物に対するチタン酸鉛の割合が33mol%を超えると、相転移温度(T_{rt} 、 T_{rm} 、 T_{mt})が90以下となり、特に室温から85において、誘電率及び結合係数の温度依存特性が顕著となる。以上のことから、高い誘電率と結合係数とを維持し、かつ室温から85において上記温度依存特性を低減させるために、鉛複合ペロブスカイト化合物におけるチタン酸鉛の割合を26mol%以上33mol%以下にする必要がある。

10

【0017】

また、鉛複合ペロブスカイト化合物は、インジウムニオブ酸鉛とマグネシウムニオブ酸鉛とチタン酸鉛とを有していてもよい。すなわち、鉛複合ペロブスカイト化合物は、0mol%以上50mol%以下のインジウムニオブ酸鉛と、24mol%以上74mol%以下のマグネシウムニオブ酸鉛と、26mol%以上33mol%以下のチタン酸鉛とを有し、これらの合計は100mol%である。すなわち、 $Pb[\{(Mg_{1/3}Nb_{2/3})_x(In_{1/2}Nb_{1/2})_y\}Ti_z]O_3$ とした時に $x=0.24\sim 0.74$ 、 $y=0\sim 0.50$ 、 $z=0.26\sim 0.33$ であり、かつ、 $x+y=0.67\sim 0.74$ であり、かつ、 $x+y+z=1$ である。

20

【0018】

鉛複合ペロブスカイト化合物に対するチタン酸鉛の割合が26mol%未満では、必要な誘電率が得られない。また、鉛複合ペロブスカイト化合物に対するチタン酸鉛の割合が33mol%を超えると、室温から80までの温度範囲において、誘電率及び結合係数の温度依存特性が顕著となる。すなわち、室温から80までの温度範囲において、鉛複合ペロブスカイト化合物の電気的特性が不安定になる。

【0019】

また、鉛複合ペロブスカイト化合物に対するマグネシウムニオブ酸鉛の割合が24mol%未満では、必要な誘電率が得られない。また、鉛複合ペロブスカイト化合物に対するチタン酸鉛の割合が74mol%を超えると、室温から80までの温度範囲において、誘電率及び結合係数の温度依存特性が顕著となる。すなわち、室温から80までの温度範囲において、鉛複合ペロブスカイト化合物の電気的特性が不安定になる。また、鉛複合ペロブスカイト化合物に対するインジウムニオブ酸鉛の割合が50mol%を超えると、鉛複合ペロブスカイト化合物の単結晶の作製が困難となり、および高い均一性を有する3成分(インジウムニオブ酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、チタン酸鉛)から構成される鉛複合ペロブスカイト化合物の単結晶が得られないことがある。

30

【0020】

以上のことから、高い誘電率と結合係数とを維持し、かつ室温から85において上記温度依存特性を低減させるために、鉛複合ペロブスカイト化合物は、0mol%以上50mol%以下のインジウムニオブ酸鉛と、24mol%以上74mol%以下のマグネシウムニオブ酸鉛と、26mol%以上33mol%以下のチタン酸鉛とを有し、インジウムニオブ酸鉛とマグネシウムニオブ酸鉛の和を67mol%以上74mol%以下とすることによりこれらの合計を100mol%とする。

40

【0021】

圧電単結晶は、さらにジルコン酸鉛を15mol%以下で含んでもよい。このとき、圧電単結晶の組成は以下ようになる。すなわち、0mol%以上15mol%以下のジルコン酸鉛および0mol%以上50mol%以下のインジウムニオブ酸鉛と、2mol%以上74mol%以下のマグネシウムニオブ酸鉛と、26mol%以上33mol%以下のチタン酸鉛とを有し、これらの合計は100mol%である。すなわち、ジルコン酸鉛を v mol%、インジウムニオブ酸鉛を x mol%、マグネシウムニオブ酸鉛を y mol%、チタン酸鉛を z mol%とした時に $v=0\sim 0.15$ 、 $x=0.24\sim 0.74$ 、 $y=0\sim 0.50$ 、 $z=0.$

50

26 ~ 0.33であり、かつ、 $v+x+y = 0.67 \sim 0.74$ であり、かつ、 $v+x+y+z = 1$ である。

【0022】

結晶の方位としては、すべての面が{100}である圧電単結晶が、超音波プローブに主に用いられている。また、これらの圧電単結晶に酸化マンガンなどが微量に添加されていてよい。

【0023】

超音波プローブの駆動中心周波数を2MHz以上10MHz以下とするために、医用超音波診断装置および超音波画像検査装置に用いられる超音波プローブの圧電振動子は、例えば0.05mm以上0.5mm以下の厚みとする。

【0024】

上記の方法で得られた単結晶インゴットの中央部付近から、ダイヤモンドブレードまたはワイヤソーで一定の厚みを有する複数のウェハ(薄板)に分割する。続いて、ラッピングまたはポリッシングにより、厚みが、例えば0.05mm以上0.5mm以下であって、電極が作製される面の結晶方位が[100]となる結晶板(単結晶ウェハ)が作製される(ステップSa2)。

【0025】

その後、電極として、焼付け型の銀または金、スパッタ法またはメッキ法で作製した金、白金、またはニッケルなどが、単結晶ウェハの前面及び背面に100nm以上500nm以下程度の厚みで形成される(ステップSa3)。以下、単結晶ウェハの前面に設けられた電極を前面電極、単結晶ウェハの前面に設けられた電極を背面電極と呼ぶ。なお、スパッタ法、蒸着法、またはメッキ法で電極を付ける場合には、単結晶基板(単結晶ウェハ)との密着性を向上させるために、下地電極としてクロム(Cr)、ニッケル(Ni)、チタン(Ti)、パラジウム(Pd)などを10nm以上200nm程度付与することが望ましい。以下、電極が設けられた単結晶ウェハを圧電振動子と呼ぶ。

【0026】

この未分極の圧電振動子に対して、次の分極工程(ステップSa4)が実施される。

【0027】

分極工程(ステップSa4)における分極電界は、周波数が0.1Hz以上1000Hz以下のオフセットの無い(最大電圧の絶対値と最小電圧の絶対値とが等しい)正弦波、あるいは三角波の交流電界である。周波数が0.1Hz未満の周波数は、後述する本願に特徴の形状および効果が得られない周波数である。また、1000Hzを超える周波数は、単結晶ウェハに熱を生じさせ、その結果、単結晶ウェハは壊れやすくなる。以上のことから、交流電界の周波数は0.1Hz以上1000Hz以下の範囲である必要がある。この交流電界におけるピークトゥピーク(peak-to-peak:以下、ppと呼ぶ)の電界は、0.5kV/mm以上2.5kV/mm以下である。ppの電界が0.5kV/mm未満である場合、後述する本願に特徴の形状および効果が得られにくい。また、ppの電界が2.5kV/mmを超える場合、単結晶ウェハに熱を生じさせ、その結果、単結晶ウェハは壊れやすくなる。以上のことから、交流電界におけるppの電界は0.5kV/mm以上2.5kV/mm以下の範囲であることが好ましい。交流電界は、0kV/mmで開始し、1波長(1周期)を経て0kV/mmで終了する過程を1サイクルとする。分極工程(ステップSa4)は、単結晶ウェハの厚み方向に対して、作製された電極を介して上記分極信号を2サイクル以上1000サイクル以下に亘って印加する工程である。サイクルが2未満の場合は、後述する本願に特徴の形状および効果が得られにくい。また、1000サイクルを超えると、単結晶ウェハに熱を生じさせ、その結果、単結晶ウェハは壊れやすくなる。以上のことから、交流電界を印加するサイクルは、例えば、2サイクル以上1000サイクル以下の範囲であることが好ましい。なお、交流電界の印加回数(サイクル)は、単結晶材料に応じて決定されてもよい。なお、分極工程(ステップSa4)は、相転移温度(T_{rt} 、 T_{rm} 、 T_{mt})未満の温度(例えば室温)であって、一定の温度環境で実施されることが好ましい。

【0028】

10

20

30

40

50

尚、圧電定数 d_{33} の測定はベルリンコート型のPiezo. d_{33} Meter, ZJ-3D, Institute of Acoustics Academia Sinicaを用いて25 で測定した。誘電率と誘電損失の測定はHP 428 4A Precision LCR meterを用いて、1 kHz, 1vrmsで25 で行った。

【0029】

(実施例1)

圧電振動子として、マグネシウムニオブ酸鉛 チタン酸鉛 ($Pb(Mg_{1/3}, Nb_{2/3})O_3 - PbTiO_3$) の $0.71Pb(Mg_{1/3}, Nb_{2/3})O_3 - 0.29PbTiO_3$ (PMN-PT 71/29) 単結晶の [100] 板に、スパッタ装置によりチタン電極を50nmの厚みで形成した。さらにチタン電極の上部に金電極を400nmの厚みで形成した。10mm(短軸) × 25mm(長軸) × 0.35mm(厚み)のサイズを有し、電極が形成されたサンプル(圧電振動子)を用いて、室温25において、誘電率および圧電定数を評価した。室温での抗電界 E_c はソーヤ・タワー回路で評価し、0.3kV/mmであった。このサンプルを熱処理して未分極状態とした。この未分極サンプルに対して、周波数1Hz、pp電界1kV/mmの正弦波を20サイクル印加して分極処理(以下、交流分極と呼ぶ)を実行した。分極処理から24時間後に室温誘電率 r と圧電定数を測定した。その結果、室温誘電率 r は9000、誘電損失は0.3%、であって、圧電定数は2100pC/Nであった。なお、室温誘電率と圧電定数とは、5つのサンプルの平均値である。このとき、圧電単結晶体の破断面の多層形状における各層の厚みは1.5 μ mであった。

【0030】

本実施形態に係る超音波プローブは、酸化マグネシウムと酸化インジウムとのうち少なくとも一つと酸化ニオブとを有する鉛複合ペロブスカイト化合物により構成され、結晶方位が[100]面である第1面とこの第1面と対向し結晶方位が[100]面である第2面とを有する単結晶圧電体と、単結晶圧電体の第1面側に設けられた第1電極および単結晶圧電体の第2面側に設けられた第2電極と、第1電極の上に設けられた音響整合層と、第2電極の下に設けられたパッキング材とを具備する。単結晶圧電体は、第1電極と単結晶圧電体と第2電極を通過する第1方向に沿って分極され、第1方向を含む破断面は、第1方向に垂直な第2方向に沿った多層形状を有し、多層形状における各層の厚みは、0.5マイクロメートル以上5マイクロメートル以下である。

【0031】

図2は、本実施形態の圧電振動子1の外観の一例を示す外観図である。図2において、単結晶ウェハ(単結晶圧電体)10の結晶方位[100]面の前面(第1面)には前面電極(第1電極)12が設けられる。図2において、単結晶ウェハ10の結晶方位[100]面の背面(第2面)には背面電極(第2電極)14が設けられる。前面電極12と単結晶ウェハ10と背面電極14を通過する一を厚み方向(第1方向)とする。図2において、厚み方向は前面電極12と背面電極14とに垂直な方向を厚み方向とする。すなわち、厚み方向は、単結晶ウェハ10の結晶方位[100]面に垂直である。また、単結晶ウェハ10の結晶方位[100]面に平行で厚み方向に垂直な一方向を短軸方向(第2方向)とする。単結晶ウェハ10は、厚み方向に沿って分極される。

【0032】

図3は、図2における圧電振動子1を断面ABCDで破断させた破断面のうち、一部分A'B'C'D'の断面像を示す図である。辺ABは辺A'B'と平行であり、辺CDは辺C'D'と平行であり、点A、点B、点C、点Dはそれぞれ点A'、点B'、点C'、点D'とそれぞれ対応する。前面電極12と単結晶ウェハ10と背面電極14を通過する一方向を厚み方向(第1方向)とする。図3において、厚み方向は前面電極12と背面電極14とに垂直な方向を厚み方向とする。すなわち、厚み方向は、単結晶ウェハ10の結晶方位[100]面に垂直である。また、単結晶ウェハ10の結晶方位[100]面に平行で厚み方向に垂直な一方向を短軸方向とする。単結晶ウェハ10は、厚み方向に沿って分極される。具体的には、図3は、実施例1のマグネシウムニオブ酸鉛 チタン酸鉛 ($Pb(Mg_{1/3}, Nb_{2/3})O_3 - PbTiO_3$) の $0.71Pb(Mg_{1/3}, Nb$

10

20

30

40

50

$2/3$) $\text{O}_3 - 0.29 \text{PbTiO}_3$ (PMN-PT 71/29) の圧電振動子 1 において、破断面 ABCD の一部分 ($10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$) A' B' C' D' の断面像を、凹凸の凡例とともに示す図である。図 3 に示すように、破断面 A' B' C' D' の断面像は、短軸方向に平行な多層形状を示している。

【0033】

ここで、「厚み方向に沿う」とは、破断面において各層が短軸方向に平行でなくとも、1つの層の近似線が厚み方向と略平行である場合を含む。

【0034】

図 4 は、図 2 の破断面 A' B' C' D' において、厚み方向に対する長軸方向の凹凸分布の一例を示す図である。図 4 に示すように、破断面 A' B' C' D' は、上記多層形状に対応した規則的な凹凸形状を有する。破断面の凹部と凸部との長さは、例えば 200nm である。隣接する凹部同士の間隔、または隣接する凸部同士の間隔は、例えば、 $0.5 \mu\text{m}$ 以上 $5 \mu\text{m}$ 以下である。

10

【0035】

交流分極を実施したことによる凸部同士の間隔または凹部同士の間隔、すなわち多層形状における各層の厚みの範囲 ($0.5 \mu\text{m}$ 以上 $5 \mu\text{m}$ 以下) について説明する。厚みの下限 ($0.5 \mu\text{m}$) は、交流分極により形成される層の厚みの下限に対応する。また、厚みの範囲の上限 ($5 \mu\text{m}$) は、交流分極により形成される厚みのうち、所望の高誘電率かつ高圧電定数を得ることができる上限の厚みである。

【0036】

多層形状における各層の厚みの範囲は、特に $0.5 \mu\text{m}$ 以上 $2 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。なぜならば、各層の厚みが $2 \mu\text{m}$ 以下であると、特に誘電率と結合係数が大きくなり、感度の向上に寄与できるためである。

20

【0037】

なお、図 3 における多層形状のうち凹部は、紙面に垂直下向きの分極方向を有する分極領域 (ドメイン構造) に対応し、また、図 3 における多層形状のうち凸部は、紙面に垂直上向きの分極方向を有する分極領域 (ドメイン構造) に対応すると考えられる。

【0038】

(比較例)

比較として実施例 1 と構成が同じ圧電振動子を未分極の状態から通常の直流分極条件、すなわち直流電界 0.5kV/mm 、処理時間 30 分で分極処理した。分極処理から 24 時間後に室温誘電率 ϵ_r と圧電定数を測定した。5つのサンプルの平均値として、 ϵ_r は平均 5600 、誘電損失 0.4% 、圧電定数は平均 1450pC/N であった。

30

【0039】

図 5 は、直流分極された PMN-PT (71/29) の圧電振動子 (比較例) において、破断面 ABCD の一部分 ($10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$) A' B' C' D' に対応する部分の断面像を、凹凸の凡例とともに示す図である。図 5 に示すように、破断面は、楔形の形状を有し、厚み方向に沿って規則的な形状 (多層形状) を有しない。

【0040】

図 6 は、図 3 の破断面 ABCD の一部分 A' B' C' D' に対応する比較例の破断面において、厚み方向に対する長軸方向の凹凸分布の一例を示す図である。図 6 に示すように、比較例の破断面は、規則的な凹凸形状を有しない。

40

【0041】

(実施例 2)

実施例 1 に示した未分極の圧電振動子を長軸方向に沿って 2 分割し、一方を交流分極、他方を直流分極として分極工程を実施したところ、上記と同様に、交流分極を行ったほうが、高い誘電率と圧電定数、及び低い誘電損失とを示した。

【0042】

(実施例 3)

インジウムニオブ酸鉛 - マグネシウムニオブ酸鉛 チタン酸鉛 ($\text{Pb}(\text{In}_{1/2}, \text{N}$

50

$b_{1/2}O_3 - Pb(Mg_{1/3}, Nb_{2/3})O_3 - PbTiO_3$) の $0.24Pb(In_{1/2}, Nb_{1/2})O_3 - 0.45Pb(Mg_{1/3}, Nb_{2/3})O_3 - 0.31PbTiO_3$ (PIN-PMN-PT 24/45/31) の [100] 板を、研磨加工することにより、外形が $12\text{mm} \times 12\text{mm}$ で、厚みが 0.3mm となる単結晶ウェハを作製した。単結晶ウェハの $12\text{mm} \times 12\text{mm}$ の面の結晶方位は [100] (以下、[100] 面と呼ぶ) である。湿式無電解メッキ法によりパラジウム (Pd) ストライクを実行する事により、[100] 面にニッケル (Ni) を 300nm の厚みで形成し、ニッケル上に金 (Au) を 200nm の厚みで電極を形成した。電極が付与された単結晶ウェハ (圧電振動子) の外形を $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ となるように切断加工した。切断加工された圧電振動子は、約 100° の相転移温度 T_{rt} と、約 190° のキュリー温度とを有する。また、この切断加工された圧電振動子の抗電界 E_c はソーヤタワー回路を用いて計測され、抗電界 E_c は 0.6kV/mm であった。

10

【0043】

分極工程において、切断加工された圧電振動子に、 50Hz の周波数で、 pp 電界が 0.8kV/mm 以上 2.5kV/mm 以下を有するサイン波の交流電界を、 500 回に亘って印加した。分極工程後、交流分極で用いた電極間に、室温で 1.2kV/mm の直流電界を 5 分間印加する直流分極を実行した。直流分極から 24 時間後に誘電率と圧電定数とを計測した。その結果、室温誘電率 r は 9500 、誘電損失は 0.4% であって、圧電定数は 3500pC/N であった。なお、室温誘電率と圧電定数及び誘電損失とは、 5 つのサンプルの平均値である。このとき、圧電単結晶体の破断面の多層形状における各層の厚みは $0.8\mu\text{m}$ であった。

20

【0044】

交流分極後であって切断加工後の直流分極は、主として、切断加工により単結晶ウェハ内に発生した熱による分極の変動を回復 (整列) させることを目的としている。そのために、例えば、直流分極で用いられる電界は、交流分極における pp の電界より小さいこと、および分極の変動の回復可能な電界とすることができる。具体的には、直流分極に用いられる電界は、 0.25kV/mm 以上 2.5kV/mm 以下である。上記交流分極後の直流電界の印加は、実施例 1 乃至 3 においても適用可能である。なお、交流分極前に直流分極が実施されていた場合 (圧電振動子出荷時など) において、交流分極を実施する前に、単結晶ウェハを予め未分極状態にすることが望ましい。また、直流分極が実施される時間は、切断加工またはダイシングにより単結晶ウェハに発生した熱量などに依存するが、例えば、室温 (20 以上 25 以下) で、一般的に 1 秒間以上 30 分間以下である。

30

【0045】

図 7 は、本実施形態の圧電振動子 20 の外観の一例を示す外観図である。図 7 において、単結晶ウェハ 21 の結晶方位 [100] 面の前面には前面電極 23 が設けられる。図 7 において、単結晶ウェハ 21 の結晶方位 [100] 面の背面には背面電極 25 が設けられる。

【0046】

図 8 は、図 7 における圧電振動子 20 を断面 EFGH で破断させた破断面のうち、一部分 E'F'G'H' の断面像を示す図である。具体的には、図 8 は、実施例 3 のインジウムニオブ酸鉛 - マグネシウムニオブ酸鉛 - チタン酸鉛 ($Pb(In_{1/2}, Nb_{1/2})O_3 - Pb(Mg_{1/3}, Nb_{2/3})O_3 - PbTiO_3$) の $0.24Pb(In_{1/2}, Nb_{1/2})O_3 - 0.45Pb(Mg_{1/3}, Nb_{2/3})O_3 - 0.31PbTiO_3$ (PIN-PMN-PT 24/45/31) の圧電振動子 20 において、破断面 EFGH の一部分 ($10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$) E'F'G'H' の断面像を、凹凸の凡例とともに示す図である。図 8 に示すように、破断面 E'F'G'H' は、厚み方向に沿って、横方向に平行な多層形状を有する。このとき、圧電単結晶体の破断面の多層形状における各層の厚みは $0.8\mu\text{m}$ であった。

40

【0047】

図 9 は、図 7 の破断面 E'F'G'H' において、厚み方向に対する縦方向の凹凸分布

50

の一例を示す図である。辺EFは辺E'F'と平行であり、辺GHは辺G'H'と平行であり、点E、点F、点G、点Hはそれぞれ点E'、点F'、点G'、点H'とそれぞれ対応する。前面電極12と単結晶ウェハ10と背面電極14を通過する一方向を厚み方向（第1方向）とする。図9において、厚み方向は前面電極12と背面電極14とに垂直な方向を厚み方向とする。すなわち、厚み方向は、単結晶ウェハ10の結晶方位[100]面に垂直である。また、単結晶ウェハ10の結晶方位[100]面に平行で厚み方向に垂直な一方向を短軸方向とする。単結晶ウェハ10は、厚み方向に沿って分極される。

【0048】

図9に示すように、破断面E'F'G'H'は、上記多層形状に対応した略規則的な凹凸形状を有する。破断面の凹部と凸部との長さは、例えば200nmである。隣接する凹部同士の間隔、または隣接する凸部同士の間隔は、例えば、0.5μm以上5μm以下である。

10

【0049】

なお、図8における多層形状のうち凹部は、紙面に垂直下向きに分極方向を有する分極領域（ドメイン領域）に対応し、また、図8における多層形状のうち凸部は、紙面に垂直上向きに分極方向を有する分極領域（ドメイン領域）に対応すると考えられる。

【0050】

実施例3における誘電率と圧電定数とは、後述する比較例の1.2以上2倍以下の高い値を示した。

【0051】

（比較例）

比較として実施例3と同じ構成を有する未分極の圧電振動子に対して、室温で直流電界1.2kV/mmを5分間に亘って印加することにより直流分極を実行し、直流分極から24時間後に誘電率と誘電損失、圧電定数とを計測した。

20

【0052】

その結果、室温誘電率 ϵ_r は5500、誘電損失は0.6%であって、圧電定数は1700pC/Nであった。なお、室温誘電率と圧電定数及び誘電損失とは、5つのサンプルの平均値である。

【0053】

図示しないが、分極処理として直流電界が印加されたPIN-PMN-PT(24/45/31)の圧電振動子（比較例）において、破断面EFGHの一部分(10μm×10μm)E'F'G'H'に対応する部分の断面像は、楔形の形状を有し、厚み方向に沿って略規則的な形状（多層形状）を有しない。また、破断面E'F'G'H'に対応する比較例の破断面は、略規則的な凹凸形状を有しない。

30

【0054】

（実施例4）

以下、上記分極工程を経て作製された圧電振動子を用いた超音波プローブの構成について、図10を参照して説明する。

図10に示すように、超音波プローブ100は、バックング材102と、信号用FPC(Flexible Printed Circuit)104と、単結晶圧電振動素子106と、第1の音響整合層108と、第2の音響整合層110と、アース用FPC112と、音響レンズ114とを有する。なお、図10において、単結晶圧電振動素子106の前面の第1、第2の音響整合層およびアース用FPCについては、説明を簡便にするために省略している。

40

【0055】

バックング材102は、ゴム製であって、低い音響インピーダンス($AI = 2MRayls$ 以上 $6MRayls$ 以下)を有する材料や硬度の高い金属が用いられる。信号用FPC104は、バックング材102の前面側に設けられる。信号用FPC104の前面側には、金属配線が配置される。単結晶圧電振動素子106は、上述した圧電振動子（電極が設けられた単結晶ウェハ）をダイシングすることにより作製される。単結晶圧電振動素

50

子106は、上記実施例1乃至3で説明した鉛複合ペロブスカイト化合物により構成される単結晶圧電体と、単結晶圧電体の超音波放射面側と背面側とに図示していない電極（前面電極および背面電極）とを有する。なお、電極における単結晶圧電体側には、下地電極が設けられていてもよい。第1の音響整合層108は、単結晶圧電振動素子106の超音波放射面側に設けられる。第1の音響整合層108は、前面側と背面側とに図示していない電極を有する。第2の音響整合層110は、第1の音響整合層108の前面側に設けられる。第2の音響整合層110は、前面側と背面側とに図示していない電極を有する。アース用FPC112は、背面側にアース用電極を有する。音響レンズ114は、アース用FPC112の前面側に設けられる。

【0056】

単結晶圧電体がPMN-PT(71/29)により構成される場合、図10における単結晶圧電振動素子1061の断面IJKLの一部分I'J'K'L'は、図2のA'B'C'D'に対応する。このとき、I'J'K'L'における破断面の形状は、図3および図4における破断面の形状に対応する。また、単結晶圧電体がPIN-PMN-PT(24/45/31)により構成される場合、図10における単結晶圧電振動素子1061の断面I'J'K'L'は、図7のE'F'G'H'に対応する。このとき、I'J'K'L'における破断面の形状は、図8および図9における破断面の形状に対応する。

【0057】

なお、単結晶圧電振動素子106の超音波放射面側には、2層のみならず、3層または4層の音響整合層が配置されてもよい。複数の音響整合層が単結晶圧電振動素子106の超音波放射面側に設けられている場合、音響整合層各々の音響インピーダンスは、単結晶圧電振動素子106から音響レンズ114に向けて段階的に小さくなる。音響整合層が例えば1層の場合、単結晶圧電振動素子106の直上の1番目の音響整合層（第1の音響整合層）は、25にて4M Rayls以上7M Rayls以下の音響インピーダンスを有する。音響整合層が2層の場合、単結晶圧電振動素子106の直上の第1の音響整合層108は、25にて5M Rayls以上10M Rayls以下、2番目の音響整合層（第2の音響整合層110）は、2M Rayls以上4M Rayls以下の音響インピーダンスを有する材料を用いることが好ましい。

【0058】

音響整合層が1層の場合、第1の音響整合層108は、例えば導電材料のカーボン、有機物であるエポキシ樹脂に酸化物粒子を添加することで音響インピーダンスを調整した材料から作られることが好ましい。

【0059】

音響整合層が2層の場合、第1の音響整合層108は例えばカーボン、酸化物含有エポキシ樹脂の材料から作られ、第2の音響整合層110は例えばエポキシシリコンやポリエチレン系樹脂材料から作られることが好ましい。なお、絶縁性のエポキシ材料を音響整合層に用いる場合には、必要に応じてメッキなどにより音響整合層の表面に導電性が付与されても良い。

【0060】

音響整合層が3層の場合、第1の音響整合層108は例えばガラス材料から作られ、第2の音響整合層110は例えばカーボン、エポキシに酸化物を充填した材料から作られ、第3の音響整合層はポリエチレン系樹脂材料、シリコン系樹脂から作られることが好ましい。なお、絶縁性の材料を音響整合層に用いる場合には、必要に応じてスパッタやメッキなどにより音響整合層の表面に導電性が付与されても良い。

【0061】

図11は、図10で説明した超音波プローブ100の製造方法の流れを示すフローチャートである。まず、上記圧電振動子の製造方法で説明した方法で、圧電振動子が作製される（ステップSb1乃至ステップSb4）。圧電振動子の背面側に信号用FPC104とパッキング材102とが接着される（ステップSb5）。圧電振動子の超音波放射面側に複数の音響整合層が接着される（ステップSb6）。圧電振動子の超音波放射面側からバ

10

20

30

40

50

ッキング材まで、ダイシングブレードにより、所定の間隔でダンシングが実行される（ステップ S b 7）。このダイシングにより、圧電振動子および複数の音響整合層は、複数に分割される。この分割により、複数の単結晶圧電体にそれぞれ対応する複数のチャンネルが形成される。なお、ダイシング後に、交流分極における p p の電界より小さい電界で直流分極が実行されてもよい。また、分割により生じた隙間の一部に絶縁性の樹脂が充填される場合もある。充填された樹脂の硬化後、分割された音響整合層の前に、音響レンズが接着される（ステップ S b 8）。

【 0 0 6 2 】

上記製造方法で製造された超音波プローブ 1 0 0 を用いた超音波の送信について説明する。被検体に超音波プローブ 1 0 0 が当接される。次いで、単結晶圧電振動素子 1 0 6 の超音波放射面における電極と、単結晶圧電振動素子 1 0 6 の超音波放射面における電極との間に所定の電圧が印加される。所定の電圧の印加により、単結晶圧電振動素子 1 0 6 は共振し、超音波を発生する。発生された超音波は、第 1 の音響整合層 1 0 8 と第 2 の音響整合層 1 1 0 と音響レンズ 1 1 4 とを介して、被検体に送信される。

10

【 0 0 6 3 】

上記製造方法で製造された超音波プローブ 1 0 0 を用いた超音波の受信について説明する。被検体内で発生した超音波は、音響レンズ 1 1 4 と第 1 の音響整合層 1 0 8 と第 2 の音響整合層 1 1 0 とを介して、単結晶圧電振動素子 1 0 6 を振動させる。単結晶圧電振動素子 1 0 6 は、超音波による振動を電気信号に変換する。電気信号は、チャンネル毎に、被検体の深さに応じて遅延加算される。遅延加算された信号は、包絡線検波及び対数変換され、画像として表示される。また、第 1 の音響整合層 1 0 8 と第 2 の音響整合層 1 1 0 との音響インピーダンスを、単結晶圧電振動素子 1 0 6 の音響インピーダンス（2 0 ~ 3 0 M R a y l s）と被検体の音響インピーダンス（1 . 5 M R a y l s）との間で、徐々に被検体の音響インピーダンスに近付くように設定することによって、超音波の送受信効率を向上させることが可能になる。

20

【 0 0 6 4 】

なお、チャンネルを構成する音響整合層は 2 層に限らず、3 層または 4 層にしてもよい。この場合、音響整合層は、アース用 F P C 1 1 2 上に形成されてもよい。

【 0 0 6 5 】

図 1 2 は、交流電界による分極処理（以下、交流分極と呼ぶ）が実行された単結晶圧電体を有する超音波プローブ 1 0 0（実施例 4）に関して、周波数に対する感度（以下、周波数スペクトラムと呼ぶ）を、比較例（直流電界による分極処理（直流分極）が実行された単結晶圧電体を有する超音波プローブ）の周波数スペクトラムとともに示す図である。図 1 2 に示すように、実施例 4 による超音波プローブ 1 0 0 に関する周波数スペクトラムは、比較例による超音波プローブに関する周波数スペクトラムに比べて、広帯域かつ高感度となっている。

30

【 0 0 6 6 】

図 1 3 は、交流分極が実行された単結晶圧電体を有する超音波プローブ 1 0 0（実施例 4）に関して、複数のチャンネルによる出力（感度）分布を、比較例（直流分極が実行された単結晶圧電体を有する超音波プローブ）の出力分布とともに示す図である。図 1 3 に示すように、実施例 4 の超音波プローブ 1 0 0 における複数のチャンネルによる出力のばらつき（図 1 3 の a）は、比較例の超音波プローブにおける複数のチャンネルによる出力のばらつき（図 1 3 の b）より小さい。加えて、実施例 4 における超音波プローブ 1 0 0 によるチャンネルの出力は、比較例の超音波プローブにおけるチャンネルの出力より大きい。すなわち、実施例 4 の超音波プローブ 1 0 0 における感度は、平均して、比較例の感度の 1 . 2 倍となった。すなわち、実施例 4 によれば、従来に比べて 2 0 % 感度が向上した。

40

【 0 0 6 7 】

以上に述べた構成および方法によれば、以下の効果を得ることができる。

圧電単結晶素子の作製においては、精密な材料組成の調整が必要となっている。また、

50

組成の調整が不要な場合、圧電単結晶素子の作製において、精密な温度制御が必要となりかつ分極に要する時間も長くなる。さらに圧電振動子には、圧電振動子の内部と複数の圧電振動子間における誘電・圧電特性の均一性が要求される。

【0068】

本実施形態の圧電振動子製造方法によれば、高誘電率と高圧電定数とを有する圧電振動子を、単結晶作成後の後処理（交流分極）により、低コストで容易にかつ短時間で作製することができる。本圧電振動子製造方法により作製された圧電振動子、または本実施形態に係る圧電振動子において、厚み方向に関する圧電振動子の破断面の形状は、所定の厚みを有する多層形状を有する。また、多層形状は、交流分極後のドメイン構造に対応すると考えられる。

10

【0069】

また、本実施形態の超音波プローブ製造方法によれば、高誘電率と高圧電定数とを有する圧電振動子を用いて、超音波プローブを作製することができる。本超音波プローブ製造方法により製造された超音波プローブの感度、または本実施形態に係る超音波プローブの感度は、直流分極により分極された圧電振動子を用いた超音波プローブに比べて向上する。本実施形態に係る超音波プローブにおけるチャンネル間の特性（感度、出力）のばらつきは、直流分極が実行された圧電振動子を用いた超音波プローブに比べて低減される。加えて、本実施形態に係る超音波プローブに関する周波数帯域は、直流分極が実行された圧電振動子を用いた超音波プローブに比べて広がる。また、誘電損失も低下するために超音波プローブを駆動させた時の発熱も減少する。これらのことから、本実施形態に係る超音波プローブを用いることで、診断性能を向上させることができる。なお、本実施形態に係る圧電振動子の利用は、実施例4の超音波プローブ100に限定されず、例えばソナー（水中音波探知機）や非破壊検査装置、アクチュエータ、エネルギーハーベスティング素子などに適用することも可能である。

20

【0070】

なお、本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

30

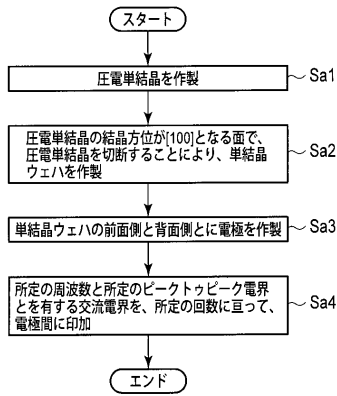
【符号の説明】

【0071】

1 ... 圧電振動子、10 ... 単結晶ウェハ、12 ... 前面電極、14 ... 背面電極、20 ... 圧電振動子、21 ... 単結晶ウェハ、23 ... 前面電極、25 ... 背面電極、100 ... 超音波プローブ、102 ... パッキング材、104 ... 信号用FPC、106 ... 単結晶圧電振動子、108 ... 第1の音響整合層、110 ... 第2の音響整合層、112 ... アース用電極、114 ... 音響レンズ

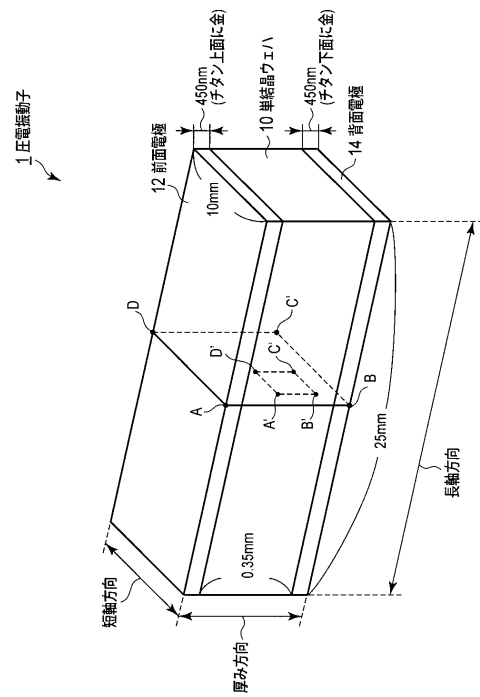
【 図 1 】

図 1



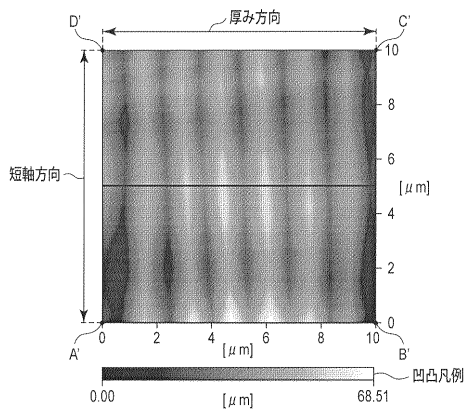
【 図 2 】

図 2



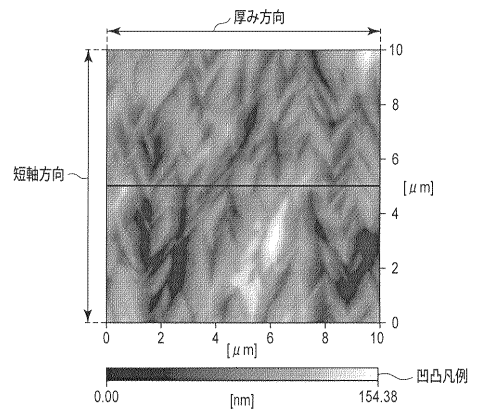
【 図 3 】

図 3



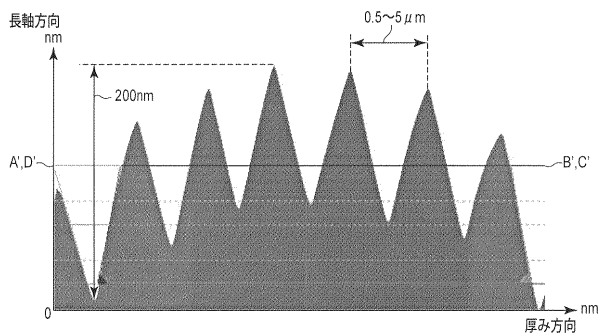
【 図 5 】

図 5



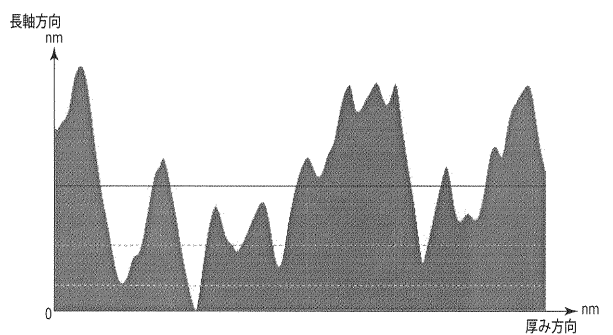
【 図 4 】

図 4



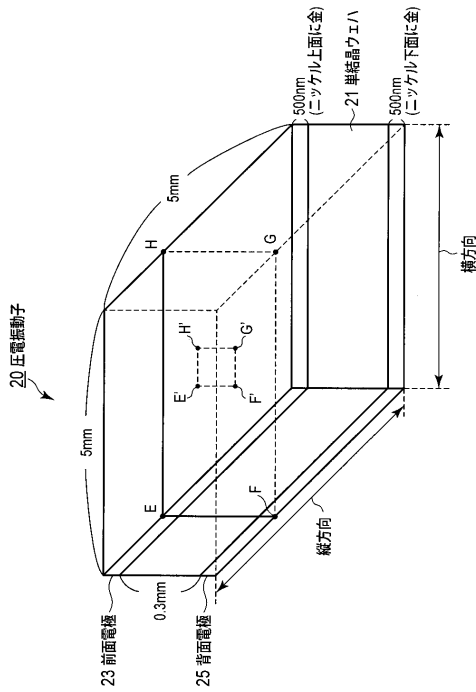
【 図 6 】

図 6



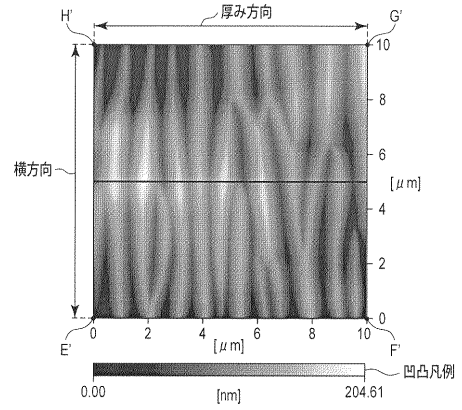
【 図 7 】

図 7



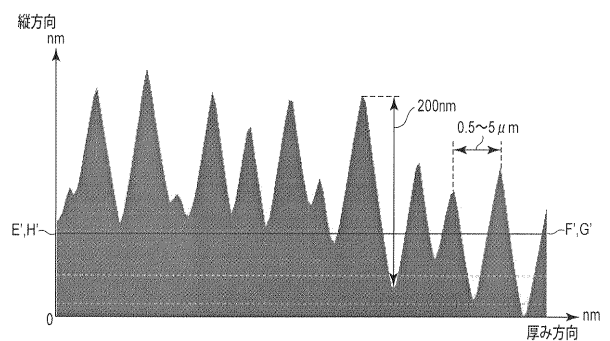
【 図 8 】

図 8



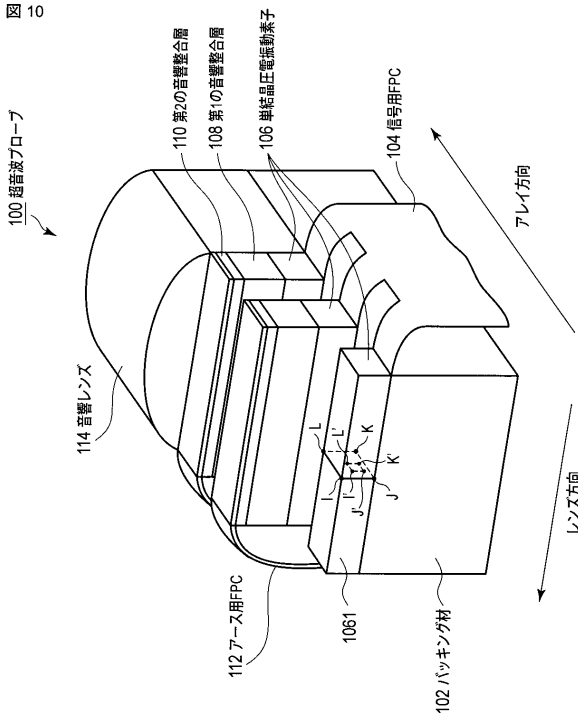
【 図 9 】

図 9



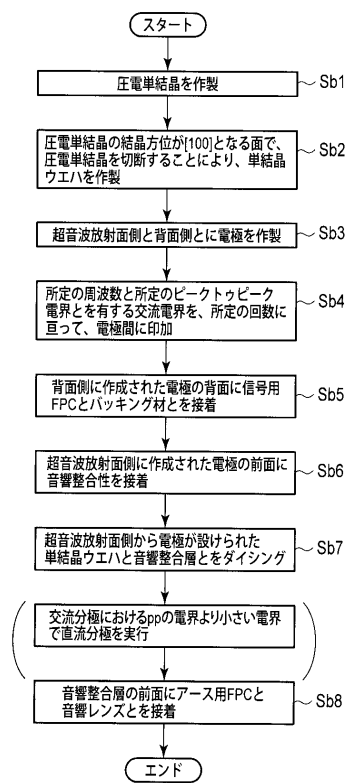
【 図 10 】

図 10

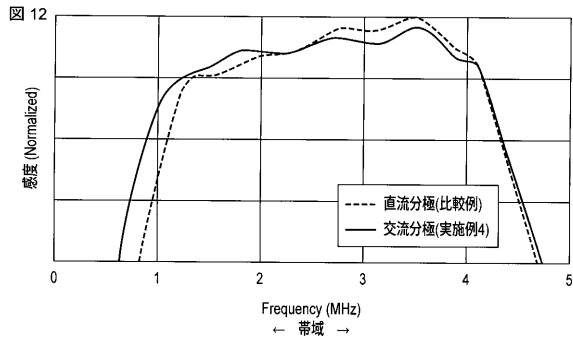


【 図 11 】

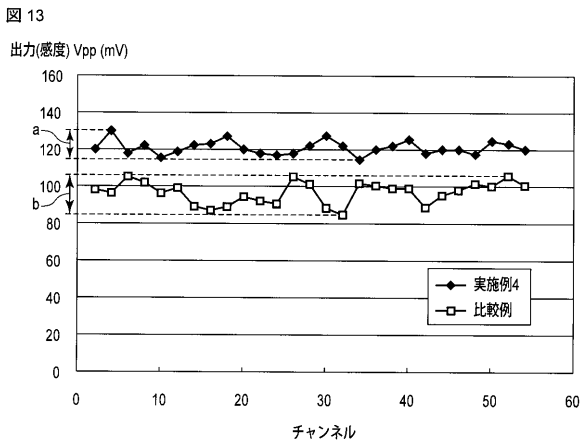
図 11



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100075672
弁理士 峰 隆司
- (74)代理人 100153051
弁理士 河野 直樹
- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100158805
弁理士 井関 守三
- (74)代理人 100172580
弁理士 赤穂 隆雄
- (74)代理人 100179062
弁理士 井上 正
- (74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
- (74)代理人 100134290
弁理士 竹内 将訓
- (72)発明者 山本 紀子
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 山下 洋八
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 東芝リサーチ・コンサルティング株式会社内
- (72)発明者 細野 靖晴
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 逸見 和弘
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 樋口 和彦
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- Fターム(参考) 4C601 GB19 GB25 GB26 GB28 GB41 GB47
5D019 AA21 BB03 BB18 BB25 FF04 GG02 GG06 HH01

专利名称(译)	超声波探头，压电振荡器，超声波探头制造方法和压电振荡器制造方法		
公开(公告)号	JP2014045411A	公开(公告)日	2014-03-13
申请号	JP2012187427	申请日	2012-08-28
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社东芝 东芝医疗系统株式会社		
申请(专利权)人(译)	东芝公司 东芝医疗系统有限公司		
[标]发明人	山本紀子 山下洋八 細野靖晴 逸見和弘 樋口和彦		
发明人	山本 紀子 山下 洋八 細野 靖晴 逸見 和弘 樋口 和彦		
IPC分类号	H04R17/00 H04R31/00 A61B8/00		
CPC分类号	H01L41/0825 B06B1/0622 B06B1/067 H01L41/18 H01L41/187 H01L41/25 H01L41/257 H01L41/338 Y10T29/42		
FI分类号	H04R17/00.330.H H04R17/00.330.J H04R17/00.332.A H04R31/00.330 A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/GB19 4C601/GB25 4C601/GB26 4C601/GB28 4C601/GB41 4C601/GB47 5D019/AA21 5D019 /BB03 5D019/BB18 5D019/BB25 5D019/FF04 5D019/GG02 5D019/GG06 5D019/HH01		
代理人(译)	中村诚 河野直树 井上正 冈田隆		
其他公开文献	JP6073600B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供了一种具有改进的灵敏度的超声探头和一种超声探头的制造方法。
 解决方案：第一复合表面由含钙镁氧化物和氧化铟和氧化铌中至少一种的铅复合钙钛矿化合物组成，其晶体取向为[100]表面，且晶体面对第一表面。一种单晶压电体，其具有取向为[100]面的第二表面，设置在该单晶压电体的第一表面侧的第一电极和该单晶压电体的第二表面侧。设置在第一电极上的第二电极，设置在第一电极上的声匹配层以及设置在第二电极下面的背衬材料，其中单晶压电体是一个电极沿着穿过单晶压电体和第二电极的第一方向极化，断裂面包括第一方向，沿着第一电极或第二电极的多层形状 多层形状的各层的厚度为0.5μm以上且5μm以上。和托。 [选择图]图10

