(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2019-21994
(P2019-21994A)
(43)公開日　平成31年2月7日(2019.2.7)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H03H 9/25	(2006.01)	H03H	9/25	C	5J097
H01L 41/09	(2006.01)	H01L	41/09		5J108
H01L 41/113	(2006.01)	H01L	41/113		
H01L 41/187	(2006.01)	H01L	41/187		
H03H 9/17	(2006.01)	H03H	9/17	F	

審査請求 未請求　請求項の数 6　ＯＬ　（全 12 頁）　最終頁に続く

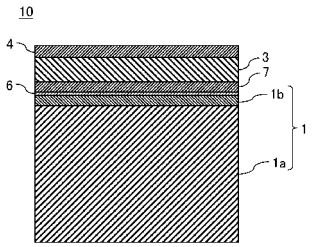
(21)出願番号　特願2017-136447 (P2017-136447)
(22)出願日　平成29年7月12日 (2017.7.12)

(71)出願人　515131378
株式会社サイオクス
茨城県日立市砂沢町８８０番地
(71)出願人　000002093
住友化学株式会社
東京都中央区新川二丁目２７番１号
(74)代理人　100145872
弁理士　福岡　昌浩
(74)代理人　100187632
弁理士　橘高　英郎
(72)発明者　柴田　憲治
茨城県日立市砂沢町８８０番地　株式会社サイオクス内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】圧電膜を有する積層基板、圧電膜を有する素子および圧電膜を有する積層基板の製造方法

(57)【要約】　（修正有）
【課題】高周波数帯のフィルタデバイスに好適に適用可能な圧電膜およびその関連技術を提供する。
【解決手段】積層基板１０は基板上１に下地膜７を介して製膜された圧電膜３と、を備える。圧電膜３は、組成式（$K_{1-x}Na_x$）NbO_3（０＜ｘ＜１）で表されるペロブスカイト構造のアルカリニオブ酸化物が（００１）面方位に優先配向している。圧電膜３の音速は５１００ｍ／ｓ以上である。圧電膜３の圧電定数の絶対値｜ｄ３１｜が９０ｐｍ／Ｖ以上である。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
基板と、前記基板上に下地膜を介して製膜された圧電膜と、を備え、
前記圧電膜は、組成式（$K_{1-x}Na_x$）NbO_3（０＜ｘ＜１）で表されるペロブスカイト構造のアルカリニオブ酸化物が（００１）面方位に優先配向してなり、
前記圧電膜の音速が５１００ｍ／ｓ以上である、圧電膜を有する積層基板。
【請求項２】
基板と、前記基板上に下地膜を介して製膜された圧電膜と、を備え、
前記圧電膜は、その音速が５１００ｍ／以上であり、その圧電定数の絶対値｜d_{31}｜が９０ｐｍ／Ｖ以上である、圧電膜を有する積層基板。
【請求項３】
基板と、前記基板上に下地膜を介して製膜された圧電膜と、前記圧電膜上に製膜された電極膜と、を備え、
前記圧電膜は、組成式（$K_{1-x}Na_x$）NbO_3（０＜ｘ＜１）で表されるペロブスカイト構造のアルカリニオブ酸化物が（００１）面方位に優先配向してなり、
前記圧電膜の音速が５１００ｍ／ｓ以上である、圧電膜を有する素子。
【請求項４】
基板と、前記基板上に下地膜を介して製膜された圧電膜と、前記圧電膜上に製膜された電極膜と、を備え、
前記圧電膜は、その音速が５１００ｍ／以上であり、その圧電定数の絶対値｜d_{31}｜が９０ｐｍ／Ｖ以上である、圧電膜を有する素子。
【請求項５】
組成式（$K_{1-x}Na_x$）NbO_3（０＜ｘ＜１）で表されるペロブスカイト構造のアルカリニオブ酸化物が（００１）面方位に優先配向してなり、その音速が５１００ｍ／ｓ以上である圧電膜を、下地膜を介して基板上に製膜する工程を備える、圧電膜を有する積層基板の製造方法。
【請求項６】
音速が５１００ｍ／ｓ以上であり、圧電定数の絶対値｜d_{31}｜が９０ｐｍ／Ｖ以上である圧電膜を、下地膜を介して基板上に成膜する工程を備える、圧電膜を有する積層基板の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、圧電膜を有する積層基板、圧電膜を有する素子および圧電膜を有する積層基板の製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
圧電体は、フィルタデバイス等の機能性電子部品に広く利用されている。圧電体の材料としては、例えばニオブ酸カリウムナトリウム（ＫＮＮ）が用いられている（例えば特許文献１，２参照）。近年、高周波数帯のフィルタデバイスへの適用に好適な圧電体が強く求められるようになっている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２００７－１８４５１３号公報
【特許文献２】特開２００８－１５９８０７号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
本発明の目的は、高周波数帯のフィルタデバイスに好適に適用可能な圧電膜およびその

関連技術を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
本発明の一態様によれば、
基板と、前記基板上に下地膜を介して製膜された圧電膜と、を備え、
前記圧電膜は、組成式（$K_{1-x}Na_x$）NbO_3（０＜ｘ＜１）で表されるペロブスカイト構造のアルカリニオブ酸化物が（００１）面方位に優先配向してなり、
前記圧電膜の音速が５１００ｍ／ｓ以上である、圧電膜を有する積層基板およびその関連技術が提供される。
【発明の効果】
【０００６】
本発明によれば、高周波数帯のフィルタデバイスに好適に適用可能な圧電膜およびその関連技術を提供することが可能となる。
【図面の簡単な説明】
【０００７】
【図１】本発明の一実施形態にかかる積層基板の断面構造の一例を示す図である。
【図２】本発明の一実施形態にかかる積層基板の断面構造の変形例を示す図である。
【図３】本発明の一実施形態にかかる圧電膜デバイスの概略構成図である。
【図４】本発明の一実施形態にかかる圧電膜デバイスの断面構造の変形例を示す図である。
【図５】本発明の一実施形態にかかる圧電膜の音速の測定原理を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【０００８】
＜本発明の一実施形態＞
以下、本発明の一実施形態について図面を参照しながら説明する。
【０００９】
（１）積層基板の構成
図１に示すように、本実施形態にかかる積層基板１０は、基板１と、基板１上に製膜された下地膜７と、下地膜７上に製膜された圧電膜（圧電薄膜）３と、圧電膜３上に製膜された上部電極膜４と、を備えた積層体として構成されている。
【００１０】
基板１としては、熱酸化膜やＣＶＤ（Chemical Vapor Deposition）酸化膜等の表面酸化膜（SiO_2膜）１ｂが形成された単結晶シリコン（Ｓｉ）基板１ａ、すなわち、表面酸化膜を有するＳｉ基板を好適に用いることができる。また、基板１としては、図２に示すように、その表面にSiO_2以外の絶縁性材料により形成された絶縁膜１ｄが形成されたＳｉ基板１ａを用いることもできる。また、基板１としては、表面にＳｉ（１００）面やＳｉ（１１１）面等が露出したＳｉ基板１ａ、すなわち、表面酸化膜１ｂや絶縁膜１ｄを有さないＳｉ基板を用いることもできる。また、基板１としては、ＳＯＩ（Silicon On Insulator）基板、石英ガラス（SiO_2）基板、ガリウム砒素（ＧａＡｓ）基板、サファイア（Al_2O_3）基板、ステンレス等の金属材料により形成された金属基板を用いることもできる。単結晶Ｓｉ基板１ａの厚さは例えば３００～１０００μｍ、表面酸化膜１ｂの厚さは例えば５～３０００ｎｍとすることができる。
【００１１】
下地膜７は、例えば、白金（Ｐｔ）を用いて製膜することができる。下地膜７は、単結晶膜や多結晶膜（以下、これらをＰｔ膜とも称する）となる。Ｐｔ膜を構成する結晶は、基板１の表面に対して（１１１）面方位に優先配向していることが好ましい。すなわち、Ｐｔ膜の表面（圧電膜３の下地となる面）は、主にＰｔ（１１１）面により構成されていることが好ましい。Ｐｔ膜は、スパッタリング法、蒸着法等の手法を用いて製膜することができる。下地膜７は、Ｐｔ以外に、金（Ａｕ）やルテニウム（Ｒｕ）やイリジウム（Ｉｒ）等の各種金属、これらを主成分とする合金、ルテニウム酸ストロンチウム（ＳｒＲｕ

O_3）やニッケル酸ランタン（$LaNiO_3$）等の金属酸化物等を用いて製膜することもできる。なお、基板１と下地膜７との間には、これらの密着性を高めるため、例えば、チタン（Ｔｉ）、タンタル（Ｔａ）、酸化チタン（TiO_2）、ニッケル（Ｎｉ）等を主成分とする密着層６が設けられている。密着層６は、スパッタリング法、蒸着法等の手法を用いて製膜することができる。下地膜７の厚さは例えば１００～４００ｎｍ、密着層６の厚さは例えば１～２００ｎｍとすることができる。

【００１２】

圧電膜３は、例えば、カリウム（Ｋ）、ナトリウム（Ｎａ）、ニオブ（Ｎｂ）を含み、組成式（$K_{1-x}Na_x$）NbO_3で表されるアルカリニオブ酸化物、すなわち、ニオブ酸カリウムナトリウム（ＫＮＮ）を用いて製膜することができる。上述の組成式中の係数ｘ［＝Ｎａ／（Ｋ＋Ｎａ）］は、０＜ｘ＜１、好ましくは０．４≦ｘ≦０．７の範囲内の大きさとする。圧電膜３は、ＫＮＮの多結晶膜（以下、ＫＮＮ膜３とも称する）となる。ＫＮＮの結晶構造は、ペロブスカイト構造となる。

【００１３】

ＫＮＮ膜３を構成する結晶は、基板１の表面に対して（００１）面方位に優先配向していることが好ましい。すなわち、ＫＮＮ膜３の表面（上部電極膜４の下地となる面）は、主にＫＮＮ（００１）面により構成されていることが好ましい。基板１の表面に対して（１１１）面方位に優先配向させたＰｔ膜（下地膜７）上にＫＮＮ膜３を直接製膜することで、ＫＮＮ膜３を構成する結晶を、基板１の表面に対して（００１）面方位に優先配向させることが容易となる。例えば、ＫＮＮ膜３を構成する結晶群のうち８５％以上の結晶を基板１の表面に対して（００１）面方位に配向させ、ＫＮＮ膜３の表面のうち８５％以上の領域をＫＮＮ（００１）面とすることが可能となる。すなわち、ＫＮＮ膜３の（００１）配向比率を８５％以上にすることが可能となる。

【００１４】

ＫＮＮ膜３は、スパッタリング法、ＰＬＤ（Pulsed Laser Deposition）法、ゾルゲル法等の手法を用いて製膜することができる。ＫＮＮ膜３の組成比は、例えば、スパッタリング製膜時に用いるターゲット材の組成を制御することで調整可能である。ターゲット材は、例えば、K_2CO_3粉末、Na_2CO_3粉末、Nb_2O_5粉末等を混合させて焼成すること等により作製することができる。この場合、ターゲット材の組成は、K_2CO_3粉末、Na_2CO_3粉末、Nb_2O_5粉末等の混合比率を調整することで制御することができる。

【００１５】

ＫＮＮ膜３において、その音速は５１００ｍ／ｓ以上、好ましくは５７００ｍ／ｓ以上、より好ましくは５８００ｍ／ｓ以上である。

【００１６】

本明細書では、音速は、ブリルアン振動（Brillouin Oscillation）法を用いて測定した。図５にブリルアン振動法による音速の測定原理図の一例を示す。図５に例示するように、まず、例えばフェムト秒レーザパルス光であるポンプ光とプローブ光とをＫＮＮ膜３の表面に照射する。ポンプ光は、ＫＮＮ膜３中に音波を励起させるための光である。具体的には、ＫＮＮ膜３の表面にポンプ光をＫＮＮ膜３の表面に対して垂直に照射することで、ポンプ光の照射位置におけるＫＮＮ膜３の表面近傍が局所的かつ瞬間的に温度上昇し、この部分に生じた熱応力により、ＫＮＮ膜３中に音波（超音波パルス）が励起される。この音波は、主にＫＮＮ膜３の表面に対して垂直な方向に伝搬する縦波である。ＫＮＮ膜３中を下地膜７に向かって伝搬した音波の一部がＫＮＮ膜３と下地膜７との間の界面で反射してＫＮＮ膜３の表面（表面近傍）に戻り、その結果、ＫＮＮ膜３の表面が変形する。プローブ光は、ＫＮＮ膜３の表面におけるポンプ光の照射位置に、ＫＮＮ膜３の表面に対して所定の角度をもって照射する光である。プローブ光には所定の遅延時間を与えてもよい。プローブ光の反射光をディテクタにより連続して検出し、その反射率を連続して測定することで、ポンプ光とプローブ光との間の遅延時間と、プローブ光の反射率と、の関数が得られる。上述のようにポンプ光の反射光によりＫＮＮ膜３の表面が変形すると、プロー

ブ光の反射光の反射率が変化しピーク（エコー）が発生することから、ポンプ光の照射からピークの発生までの時間は、ＫＮＮ膜３中を伝搬しＫＮＮ膜３の表面に戻ってきた音波の伝搬時間と一致する。本実施形態では、ＫＮＮ膜３の厚さが既知であることから、このピーク間の時間に基づいてＫＮＮ膜３の音速を算出できる。

【００１７】

ＫＮＮ膜３の音速は、ＫＮＮ膜３を構成する結晶の（００１）面方位の配向状況（以下、ＫＮＮ膜３の（００１）配向状況とも称する）に依存する。ＫＮＮ膜３において（００１）面方位に配向する結晶が多くなるほど、すなわちＫＮＮ膜３の（００１）配向比率が高くなるほど、ＫＮＮ膜３の音速が速くなり、ＫＮＮ膜３において（００１）面方位に配向する結晶が少なくなるほど、すなわちＫＮＮ膜３の（００１）配向比率が低くなるほど、ＫＮＮ膜３の音速が遅くなる。以下では、ＫＮＮ膜３の（００１）配向比率が高いことを、「（００１）高配向」とも称し、ＫＮＮ膜３の（００１）配向比率が低いことを、「（００１）低配向」とも称する。

【００１８】

ＫＮＮ膜３のスパッタリング製膜時の雰囲気ガスには、例えばアルゴン（Ａｒ）ガスと酸素（O_2）ガスとの混合ガス（Ａｒ／O_2混合ガス）を用いるが、チャンバ内に存在する水分が、その割合は非常に小さいが雰囲気ガスに混在してしまう場合がある。ＫＮＮ膜３の（００１）配向状況は、スパッタリング製膜時の雰囲気ガスに含まれるH_2O分圧に大きく依存し、H_2O分圧が低い場合は（００１）高配向になり、H_2O分圧が高い場合は（００１）低配向になる傾向がある。ＫＮＮ膜３の（００１）配向比率は、スパッタリング製膜時のＡｒ／O_2混合ガスに含まれるH_2O分圧を制御することにより調整可能である。例えば、H_2O分圧を成長雰囲気中の圧力の１／１００以下、好ましくは１／３００以下とすることで、ＫＮＮ膜３の（００１）配向比率を８５％以上にすることが可能となる。

【００１９】

積層基板１０を加工することで作製される後述の圧電膜デバイス３０を高周波数帯のフィルタデバイスとして機能させる場合、ＫＮＮ膜３の音速は速い方が好ましい。しかしながら、現在の技術水準では、ＫＮＮ膜３の（００１）配向比率の上限や、ＫＮＮ膜３の製膜時におけるＫＮＮ膜３への不可避不純物の混入等により、ＫＮＮ膜３の音速は例えば６０００ｍ／ｓ以下となる。

【００２０】

ＫＮＮ膜３の圧電定数の絶対値｜d_{31}｜は例えば９０ｐｍ／Ｖ以上（｜d_{31}｜≧９０ｐｍ／Ｖ）、好ましくは１００ｐｍ／Ｖ以上（｜d_{31}｜≧１００ｐｍ／Ｖ）である。ＫＮＮ膜３の厚さは例えば０．５～５μｍとすることができる。

【００２１】

ＫＮＮ膜３は、銅（Ｃｕ）、マンガン（Ｍｎ）、リチウム（Ｌｉ）、Ｔａ、アンチモン（Ｓｂ）等のＫ、Ｎａ、Ｎｂ以外の元素を、５ａｔ％以下の範囲内で含んでいてもよい。

【００２２】

上部電極膜４は、例えば、Ｐｔ、Ａｕ、アルミニウム（Ａｌ）、Ｃｕ等の各種金属やこれらの合金を用いて製膜することができる。上部電極膜４は、スパッタリング法、蒸着法、メッキ法、金属ペースト法等の手法を用いて製膜することができる。上部電極膜４は、下地膜７のようにＫＮＮ膜３の結晶構造に大きな影響を与えるものではない。そのため、上部電極膜４の材料、結晶構造、製膜手法は特に限定されない。なお、ＫＮＮ膜３と上部電極膜４との間には、これらの密着性を高めるため、例えば、Ｔｉ、Ｔａ、TiO_2、Ｎｉ等を主成分とする密着層が設けられていてもよい。上部電極膜４の厚さは例えば１００～５０００ｎｍ、密着層を設ける場合にはその厚さは例えば１～２００ｎｍとすることができる。

【００２３】

（２）圧電膜デバイスの構成

図３に、本実施形態における圧電膜を有するデバイス３０（以下、圧電膜デバイス３０

とも称する）の概略構成図を示す。圧電膜デバイス３０は、上述の積層基板１０を所定の形状に成形して得られる圧電膜を有する素子２０（以下、圧電膜素子２０とも称する）と、圧電膜素子２０に接続される電圧印加手段１１ａおよび電圧検出手段１１ｂと、を少なくとも備えて構成される。

【００２４】

圧電膜素子２０は、上部電極膜４を所定のパターンに成形したパターン電極を有している。圧電膜素子２０は、入力側の正負一対のパターン電極４p_1と、出力側の正負一対のパターン電極４p_2と、を有している。パターン電極４p_1，４p_2としては、くし型電極（ＩＤＴ：Inter Digital Transducer）が例示される。

【００２５】

電圧印加手段１１ａをパターン電極４p_1間に接続し、電圧検出手段１１ｂをパターン電極４p_2間に接続することで、圧電膜デバイス３０をＳＡＷフィルタ等のフィルタデバイスとして機能させることができる。電圧印加手段１１ａによりパターン電極４p_1間に電圧を印加することで、ＫＮＮ膜３の表面にＳＡＷを励起させることができる。励起させるＳＡＷの周波数の調整は、例えばパターン電極４p_1のピッチを調整することで行うことができる。例えば、パターン電極４p_1としてのＩＤＴのピッチが短くなるほど、ＳＡＷの周波数は高くなり、上記ピッチが長くなるほど、ＳＡＷの周波数は低くなる。電圧印加手段１１ａにより励起され、ＫＮＮ膜３を伝搬してパターン電極４p_2に到達したＳＡＷのうち、パターン電極４p_2としてのＩＤＴのピッチ等に応じて定まる所定の周波数（周波数成分）を有するＳＡＷにより、パターン電極４p_2間に電圧が発生する。この電圧を電圧検出手段１１ｂによって検出することで、励起させたＳＡＷのうち所定の周波数を有するＳＡＷを抽出することができる。なお、ここでいう「所定の周波数」という用語は、所定の周波数だけでなく、中心周波数が所定の周波数である所定の周波数帯域を含み得る。

【００２６】

（３）積層基板、圧電膜素子、圧電膜デバイスの製造方法

続いて、上述の積層基板１０の製造方法について説明する。まず、基板１のいずれかの主面上に下地膜７を製膜する。なお、いずれかの主面上に下地膜７が予め製膜された基板１を用意してもよい。続いて、下地膜７上に、例えばスパッタリング法を用いてＫＮＮ膜３を製膜する。その後、ＫＮＮ膜３上に、例えばスパッタリング法を用いて上部電極膜４を製膜することで、積層基板１０が得られる。そして、例えば上部電極膜４をエッチングによりパターン電極４p_1，４p_2に成形する等、積層基板１０を所定の形状に成形することで、圧電膜素子２０が得られ、圧電膜素子２０のパターン電極４p_1間に電圧印加手段１１ａを接続し、パターン電極４p_2間に電圧検出手段１１ｂを接続することで、圧電膜デバイス３０が得られる。

【００２７】

（４）本実施形態により得られる効果

本実施形態によれば、以下に示す１つまたは複数の効果が得られる。

【００２８】

（ａ）ＫＮＮ膜３の音速が５１００ｍ／ｓ以上であることで、ＫＮＮ膜３を有する積層基板１０を加工することで作製される圧電膜デバイス３０の共振周波数を、高周波化させることが可能となる。これにより、圧電膜デバイス３０を、従来のＫＮＮ膜を有する積層基板を加工することで得られる圧電膜デバイスよりも高周波数帯のフィルタデバイスとして好適に適用することが可能となる。すなわち、ＫＮＮ膜３の音速が速いことで、圧電膜デバイス３０を高周波フィルタとして好適に機能させることが可能となる。

【００２９】

ＫＮＮ膜３の音速が５１００ｍ／ｓ未満であると、圧電膜デバイスを高周波フィルタとして使用することが難しいことがある。また、このような圧電膜デバイスを高周波フィルタとして使用することができた場合であっても、この高周波フィルタは、フィルタ特性が低くなることがある。

【００３０】
（ｂ）ＫＮＮ膜３の音速が５１００ｍ／ｓ以上であることで、ＫＮＮ膜３の厚さを一定とした場合、パターン電極４ｐのピッチを短ピッチとすることなく、圧電膜デバイス３０を高周波化させることが可能となる。すなわち、圧電膜デバイス３０の高周波化に際し、パターン電極４ｐの微細化が不要となる。
【００３１】
（ｃ）ＫＮＮ膜３の（００１）配向比率を８５％以上にすることで、ＫＮＮ膜３の音速を５７００ｍ／ｓ以上にすることが可能となる。また、ＫＮＮ膜３の（００１）配向比率を９０％以上にすることで、ＫＮＮ膜３の音速を５８００ｍ／以上にすることが可能となる。なお、本発明者等は、ＫＮＮ膜３の（００１）配向比率が７８％の場合、ＫＮＮ膜３の音速が５６５０ｍ／ｓとなり、ＫＮＮ膜３の（００１）配向比率が９２％の場合、ＫＮＮ膜３の音速が例えば５８２０ｍ／ｓとなることを確認済みである。
【００３２】
（ｄ）ＫＮＮ膜３の圧電定数の絶対値｜d_{31}｜が９０ｐｍ／Ｖ以上であることで、圧電膜デバイス３０が高周波フィルタとして用いられた際、高周波フィルタを低損失なフィルタとしたり、周波数の検知感度の低下を招いたりすることを抑制できる。すなわち、ＫＮＮ膜３が優れた圧電特性を有することで、圧電膜デバイス３０の性能を高めることができる。
【００３３】
ここで、参考までに、従来の高周波フィルタに用いられる積層基板について説明する。
【００３４】
従来より、例えば窒化アルミニウム（ＡｌＮ）により構成された圧電膜（以下、ＡｌＮ膜とも称する）を有する積層基板を用いた圧電膜デバイスを高周波フィルタとして機能させている。しかしながら、ＡｌＮ膜は、ＫＮＮ膜よりも音速が速いものの、ＫＮＮ膜よりも圧電定数の絶対値｜d_{31}｜が小さいという課題がある。例えばＡｌＮ膜では、その音速は１００００ｍ／ｓ以上であるものの、圧電定数の絶対値｜d_{31}｜は５ｐｍ／Ｖ程度である。このため、この圧電膜デバイスを高周波フィルタとして機能させると、低性能なフィルタとなる。
【００３５】
また例えば、チタン酸ジルコン酸鉛（ＰＺＴ）により構成された圧電膜（以下、ＰＺＴ膜とも称する）を有する積層基板を用いた圧電膜デバイスを高周波フィルタとして機能させることも考えられる。しかしながら、ＰＺＴ膜は、ＫＮＮ膜と同等の圧電特性を有するものの、その音速がＫＮＮ膜よりも遅いという課題がある。例えば、ＰＺＴ膜は、圧電定数の絶対値｜d_{31}｜を９０ｐｍ／Ｖ以上とすることができるものの、その音速は４０００～５０００ｍ／ｓ程度である。このため、ＰＺＴ膜を有する圧電膜デバイスを高周波フィルタとして機能させるためには、上述のＫＮＮ膜を有する圧電膜デバイスよりも、パターン電極間のピッチを微細にする必要がある。高周波フィルタにおけるパターン電極のピッチは、マイクロメートル（μｍ）オーダであることから、ＰＺＴ膜を有する圧電膜デバイスにおいて、パターン電極間のピッチの微細化を高精度で行うことが非常に難しいという課題もある。
【００３６】
（５）変形例
本実施形態は上述の態様に限定されず、例えば以下のように変形することもできる。
【００３７】
上述の圧電膜デバイス３０を、バルク弾性波を利用したフィルタデバイスに適用してもよい。例えば、圧電膜デバイス３０を、圧電薄膜音響共振器（ＦＢＡＲ：Film Bulk Acoustic Resonator）フィルタ等のバルク弾性波（ＢＡＷ：Balk Acoustic Wave）フィルタとして機能させてもよい。図４に、ＦＢＡＲフィルタとして機能させることが可能な圧電膜デバイス３０Ａの概略構成図を示す。図４に示すように、圧電膜デバイス３０Ａは、積層基板１０Ａを所定の形状に成形して得られる圧電膜素子２０Ａと、圧電膜素子２０Ａに接

続される電圧印加手段１１ａおよび電圧検出手段１１ｂと、を少なくとも備えて構成されている。

【００３８】

積層基板１０Ａは、基板１と、基板１上に製膜された下部電極膜２と、下部電極膜２上に製膜されたＫＮＮ膜（圧電膜）３と、ＫＮＮ膜３上に製膜された上部電極膜４と、を備えた積層体として構成されている。下部電極膜２は、上述の下地膜７と同様の構成とすることができる。ＫＮＮ膜３は、厚さが薄くなっている領域（以下、薄肉領域とも称する）を有している。また、積層基板１０Ａは、ＫＮＮ膜３を自由に振動させるためのキャビティ８を有している。本変形例では、キャビティ８は基板１に貫通孔を形成することで設けている。キャビティ８は、ＫＮＮ膜３の製膜後であって上部電極膜４の製膜前に形成してもよく、上部電極膜４の製膜後に形成してもよい。なお、キャビティ８は、図４に例示する構造に限定されず、公知の種々の構造としてもよい。また、圧電膜素子２０Ａでは、上部電極膜４をＩＤＴとする必要はなく、上部電極膜４は所定の形状（パターン）に成形されていればよい。

【００３９】

圧電膜素子３０Ａでは、電圧印加手段１１ａおよび電圧検知手段１１ｂを、それぞれ、下部電極膜２と上部電極膜４との間に接続している。本変形例では、電圧印加手段１１ａはＫＮＮ膜３の薄肉領域以外の領域上に位置する上部電極膜４に接続され、電圧検知手段１１ｂはＫＮＮ膜３の薄肉領域上に位置する上部電極膜４に接続されている。

【００４０】

電圧印加手段１１ａにより下部電極膜２と上部電極膜４との間に電圧を印加することで、ＫＮＮ膜３中にＢＡＷが励起する。ＢＡＷの周波数、すなわちＫＮＮ膜３の共振周波数の調整は、例えばＫＮＮ膜３の薄肉領域以外の領域の厚さを調整することで行うことができ、ＫＮＮ膜３の厚さが薄くなるほど、ＫＮＮ膜３の共振周波数（ＢＡＷ）は高くなり、ＫＮＮ膜３の厚さが厚くなるほど、ＫＮＮ膜３の共振周波数は低くなる。電圧印加手段１１ａにより励起され、ＫＮＮ膜３を伝搬して出力側の電極に到達したＢＡＷのうち、ＫＮＮ膜３の薄肉領域の厚さ等に応じて定まる所定の周波数（周波数成分）を有するＢＡＷにより、下部電極膜２と上部電極膜４との間に電圧が発生する。この電圧を、電圧検知手段１１ｂにより検出することで、励起させたＢＡＷのうち所定の周波数を有するＢＡＷを抽出することができる。

【００４１】

本変形例によっても、上述の実施形態と同様の効果を得ることができる。また、本変形例、すなわちＢＡＷフィルタでは、上部電極膜４をＩＤＴに成形する必要がないことから、上部電極膜４の微細加工が不要である。また、ＢＡＷフィルタはＩＤＴを有さないことから、ＳＡＷフィルタよりも低損失、高耐電力なフィルタとすることが容易となる。

【００４２】

＜他の実施形態＞

以上、本発明の実施形態を具体的に説明した。但し、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

【００４３】

上述の実施形態にかかる圧電膜デバイスは、例えば、電圧印加手段を、下部電極膜（下地膜）と上部電極膜との間に接続することで、アクチュエータとして機能させることができる。電圧印加手段により下部電極膜と上部電極膜との間に電圧を印加することで、ＫＮＮ膜（圧電膜）を変形させることができる。この変形動作により、圧電膜デバイスに接続された各種部材を作動させることができる。この場合、圧電膜デバイスの用途としては、例えば、インクジェットプリンタ用のヘッド、スキャナ用のＭＥＭＳミラー、超音波発生装置用の振動子等が挙げられる。

【００４４】

また例えば、上述の実施形態にかかる圧電膜デバイスは、電圧検出手段を、下部電極膜（下地膜）と上部電極膜との間に接続することで、センサとして機能させることができる

。ＫＮＮ膜が何らかの物理量の変化に伴って変形すると、その変形によって下部電極膜と上部電極膜との間に電圧が発生する。この電圧を電圧検出手段によって検出することで、ＫＮＮ膜に印加された物理量の大きさを測定することができる。この場合、圧電膜デバイスの用途としては、例えば、角速度センサ、超音波センサ、圧力センサ、加速度センサ等が挙げられる。

【００４５】

また、上述の実施形態において、積層基板を圧電膜素子に成形する際、積層基板（圧電膜素子）を用いて作製した圧電膜デバイスを高周波フィルタ等の所望の用途に適用することができる限り、積層基板から基板を除去してもよい。

【００４６】

＜本発明の好ましい態様＞

以下、本発明の好ましい態様について付記する。

【００４７】

（付記１）

本発明の一態様によれば、

基板と、前記基板上に下地膜を介して製膜された圧電膜と、を備え、

前記圧電膜は、組成式（$K_{1-x}Na_x$）NbO_3（０＜ｘ＜１）で表されるペロブスカイト構造のアルカリニオブ酸化物が（００１）面方位に優先配向してなり、

前記圧電膜の音速が５１００ｍ／ｓ以上である、圧電膜を有する積層基板が提供される。

【００４８】

（付記２）

付記１の基板であって、好ましくは、

前記圧電膜の圧電定数の絶対値｜d_{31}｜が９０ｐｍ／Ｖ以上である。

【００４９】

（付記３）

本発明の他の態様によれば、

基板と、前記基板上に下地膜を介して製膜された圧電膜と、を備え、

前記圧電膜は、その音速が５１００ｍ／ｓ以上であり、その圧電定数の絶対値｜d_{31}｜が９０ｐｍ／Ｖ以上である。

【００５０】

（付記４）

付記３の基板であって、好ましくは、

前記圧電膜は、組成式（$K_{1-x}Na_x$）NbO_3（０＜ｘ＜１）で表されるペロブスカイト構造のアルカリニオブ酸化物が（００１）面方位に優先配向してなる。

【００５１】

（付記５）

付記１～４のいずれかの基板であって、好ましくは、

前記圧電膜の音速が５７００ｍ／ｓ以上である。

【００５２】

（付記６）

付記１～５のいずれかの基板であって、好ましくは、

前記圧電膜は、該圧電膜を構成する結晶（アルカリニオブ酸化物）の８５％以上が（００１）面方位に配向している。

【００５３】

（付記７）

付記１～６のいずれかの基板であって、好ましくは、

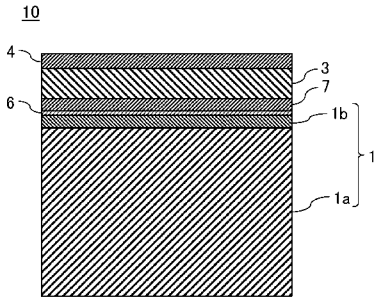
前記圧電膜の厚さは０．５μｍ以上５μｍ以下である。

【００５４】

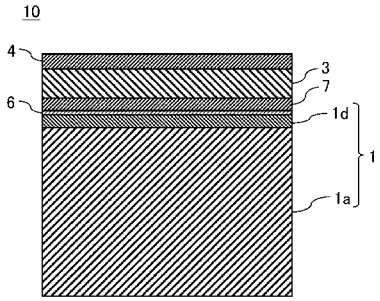
（付記８）

本発明のさらに他の態様によれば、
基板と、前記基板上に下地膜を介して製膜された圧電膜と、前記圧電膜上に製膜された電極膜（パターン電極膜）と、を備え、
前記圧電膜は、組成式（$K_{1-x}Na_x$）NbO_3（$0<x<1$）で表されるペロブスカイト構造のアルカリニオブ酸化物が（００１）面方位に優先配向してなり、
前記圧電膜の音速が５１００ｍ／ｓ以上である、圧電膜を有する素子または圧電膜を有するデバイスが提供される。
【００５５】
（付記９）
本発明のさらに他の態様によれば、
基板と、前記基板上に下地膜を介して製膜された圧電膜と、前記圧電膜上に製膜された電極膜（パターン電極膜）と、を備え、
前記圧電膜は、その音速が５１００ｍ／ｓ以上であり、その圧電定数の絶対値｜d_{31}｜が９０ｐｍ／Ｖ以上である、圧電膜を有する素子または圧電膜を有するデバイスが提供される。
【００５６】
（付記１０）
本発明のさらに他の態様によれば、
基板と、前記基板上に製膜された下部電極膜と、前記下部電極膜上に製膜された圧電膜と、前記圧電膜上に製膜された上部電極膜と、を備え、
前記圧電膜は、組成式（$K_{1-x}Na_x$）NbO_3（$0<x<1$）で表されるペロブスカイト構造のアルカリニオブ酸化物が（００１）面方位に優先配向してなり、
前記圧電膜の音速が５１００ｍ／ｓ以上である、圧電膜を有する素子または圧電膜を有するデバイスが提供される。
【００５７】
（付記１１）
本発明のさらに他の態様によれば、
基板と、前記基板上に製膜された下部電極膜と、前記下部電極膜上に製膜された圧電膜と、前記圧電膜上に製膜された上部電極膜と、を備え、
前記圧電膜は、その音速が５１００ｍ／ｓ以上であり、その圧電定数の絶対値｜d_{31}｜が９０ｐｍ／Ｖ以上である、圧電膜を有する素子または圧電膜を有するデバイスが提供される。
【００５８】
（付記１２）
本発明のさらに他の態様によれば、
組成式（$K_{1-x}Na_x$）NbO_3（$0<x<1$）で表されるペロブスカイト構造のアルカリニオブ酸化物が（００１）面方位に優先配向してなり、音速が５１００ｍ／ｓ以上である圧電膜を、下地膜を介して基板上に製膜する工程を備える、圧電膜を有する積層基板の製造方法が提供される。
【００５９】
（付記１３）
本発明のさらに他の態様によれば、
音速が５１００ｍ／以上であり、圧電定数の絶対値｜d_{31}｜が９０ｐｍ／Ｖ以上である圧電膜を、下地膜を介して基板上に成膜する工程を備える、圧電膜を有する積層基板の製造方法が提供される。
【符号の説明】
【００６０】
１　基板
３　圧電膜
１０　積層基板

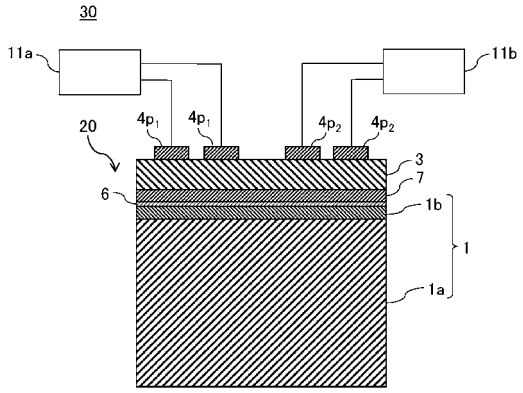
【図１】


10
4
3
7
6
1b
1
1a

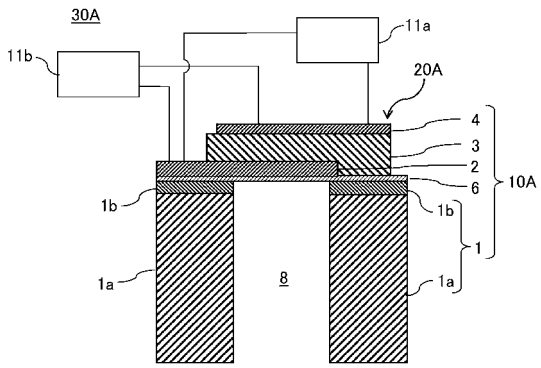
【図２】


10
4
3
7
6
1d
1
1a

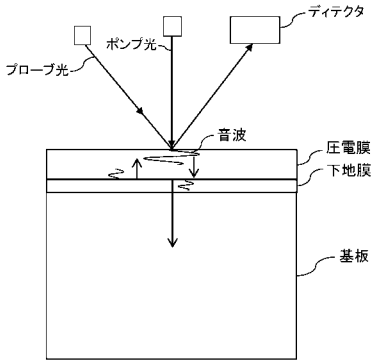
【図３】


30
11a
11b
20
4p1
4p1
4p2
4p2
3
7
6
1b
1
1a

【図４】


30A
11a
11b
20A
4
3
2
6
10A
1b
1b
1
1a
8
1a

【図５】


ディテクタ
ポンプ光
プローブ光
音波
圧電膜
下地膜
基板

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I		テーマコード（参考）
H03H 9/145 (2006.01)	H03H	9/145	C

(72)発明者 渡辺 和俊
茨城県日立市砂沢町８８０番地 株式会社サイオクス内
(72)発明者 堀切 文正
茨城県日立市砂沢町８８０番地 株式会社サイオクス内

Ｆターム(参考) 5J097 AA19 EE08 FF02 KK09
5J108 AA07 BB08