

明 細 書

発明の名称： 圧電薄膜及びその製造方法、並びに圧電素子

技術分野

[0001] 本発明は、圧電薄膜及び該圧電薄膜の製造方法、並びに上記圧電薄膜と第1、第2の電極とを備える圧電素子に関する。

背景技術

[0002] 従来、スカンジウムを含有する窒化アルミニウムからなる圧電薄膜は、窒化アルミニウムからなる圧電薄膜と比較して、より高い圧電定数を示すことが知られている。しかしながら、スカンジウムは工業的に広く使用されていないため、非常に高価であり、安定的に入手することも困難であった。そのため、スカンジウム以外の元素を含有する窒化アルミニウムに関する研究が広くなされている。

[0003] 例えば、下記特許文献1においては、2価元素と4価元素とを含有する窒化アルミニウム膜及び2価元素と5価元素とを含有する窒化アルミニウム膜からなる圧電薄膜が開示されている。特許文献1では、2価元素であるMgと、4価元素であるZrとを含有する窒化アルミニウム膜において、得られた圧電薄膜の圧電定数が向上することが確認されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2013-219743号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献1では、その他の元素の組み合わせについては、第1原理計算に基づくシミュレーション結果が記載されているに過ぎない。シミュレーション結果は、理想的な原子モデルを構成できることを前提としているため、実際にはシミュレーション通りにならない場合が多い。実際には、原子の固溶限界や構造安定性などの問題が生じるからである。従って、

特許文献 1 のシミュレーション結果から、より高い圧電定数を示し、かつ実用に供し得る組成を知ることはできない。

[0006] 本発明の目的は、スカンジウム以外の安価な元素を含有し、かつ圧電定数が高められた窒化アルミニウムからなる圧電薄膜及び該圧電薄膜の製造方法、並びに該圧電薄膜を備える圧電素子を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明に係る圧電薄膜は、マグネシウム及びニオブを含有する窒化アルミニウムからなる、圧電薄膜であって、上記マグネシウム 100 原子%に対して、上記ニオブを 31～120 原子%含有しており、上記マグネシウム、ニオブ及びアルミニウムの含有量の総和に対する、上記マグネシウム及びニオブの合計含有量が、10～67 原子%の範囲にある。

[0008] 本発明に係る圧電薄膜のある特定の局面では、上記マグネシウム及びニオブの合計含有量が、30～63 原子%の範囲にある。

[0009] 本発明に係る圧電薄膜の他の特定の局面では、上記マグネシウム 100 原子%に対して、上記ニオブを 44～87 原子%含有している。

[0010] 本発明に係る圧電薄膜のさらに他の特定の局面では、上記ニオブが 5 価ニオブ及び 4 価ニオブを含む。

[0011] 本発明に係る圧電薄膜の製造方法では、アルミニウムからなる第 1 のターゲットと、マグネシウムからなる第 2 のターゲットと、ニオブからなる第 3 のターゲットとを用い、窒素ガス雰囲気下で 3 元スパッタリング法により成膜することにより上記圧電薄膜を得る。

[0012] 本発明に係る圧電薄膜の他の製造方法では、アルミニウム、マグネシウム及びニオブの合金からなるターゲットを用い、窒素ガス雰囲気下で 1 元スパッタリング法により成膜することにより上記圧電薄膜を得る。

[0013] 本発明に係る圧電素子は、本発明に従って構成された圧電薄膜と、上記圧電薄膜に接するように設けられた第 1、第 2 の電極とを備える。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、スカンジウム以外の安価なマグネシウム及びニオブを含

有し、かつ圧電定数が高められた窒化アルミニウムからなる圧電薄膜及びその製造方法、並びに該圧電薄膜を備える圧電素子を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図1は、マグネシウム(Mg)とニオブ(Nb)とを含有する窒化アルミニウム(MgNbAlN)において、Mgの含有量を8.1原子%に固定し、Nbの含有量を変化させた場合の、Nbの含有量と圧電定数 d_{33} との関係を示す図である。

[図2]図2は、Nbの含有量を変化させた場合のMg及びNbを含有するAlNのX線回折プロファイルである。

[図3]図3は、Mg100原子%に対するNbの含有量を44原子%、50原子%及び87原子%とし、Mg及びNbの合計含有量をそれぞれ変化させた場合の、Mg及びNbの合計含有量と、圧電定数 d_{33} との関係を示す図である。

[図4]図4は、Mg及びNbの合計含有量を変化させた場合のMg及びNbを含有するAlNのX線回折プロファイルである。

[図5]図5は、従来のSc含有AlNにおけるSc含有量と圧電定数 d_{33} との関係を示す図である。

[図6]図6は、3元スパッタリング法により成膜する際に用いる装置の簡略図である。

[図7]図7は、1元スパッタリング法により成膜する際に用いる装置の簡略図である。

[図8]図8は、本発明に係る圧電素子を用いた第1の実施形態である圧電マイクロフォンの断面図である。

[図9]図9(a)は、本発明に係る圧電素子を用いた第2の実施形態である幅広がり振動子の斜視図である。図9(b)は、図9(a)中のA-A線に沿う部分の断面図である。

[図10]図10は、本発明の圧電素子を用いた第3の実施形態である厚み縦振

動子の断面図である。

[図11]本発明の圧電薄膜をHAXPES (Hard X-ray Photoemission Spectroscopy) により解析した結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

[0017] (圧電薄膜及びその製造方法)

本願発明者らは、スカンジウム (Sc) 以外の安価な元素であり、かつ窒化アルミニウム (AlN) に含有させることで、上記AlNからなる圧電薄膜の圧電定数を高め得る元素について鋭意検討を行った。その結果、Scより安価なマグネシウム (Mg) 及びニオブ (Nb) を、ある特定範囲でAlNに含有させることにより、AlNからなる圧電薄膜の圧電定数を向上させることができることを見出し、本発明を成すに至った。

[0018] 上記特定範囲について、具体的には、Mg 100原子%に対するNbの含有量が31～120原子%の範囲にあることである。また、Mg、Nb及びAlNの含有量の総和に対する、上記Mg及びNbの合計含有量が、10～67原子%の範囲にあることである。これを、図1～図5を参照してより具体的に説明する。

[0019] 図1は、MgとNbとを含有する窒化アルミニウム (MgNbAlN) において、Mgの含有量を8.1原子%に固定し、Nbの含有量を変化させた場合の、Nbの含有量と圧電定数 d_{33} との関係を示す図である。すなわち、 $(\text{Mg}_{0.081}\text{Nb}_x\text{Al}_{1-0.081-x})\text{N}$ において、Xの値を変化させた場合の、Nbの含有量と圧電定数 d_{33} との関係を示す図である。

[0020] 図1より、Nbの含有量の増加に伴い、圧電定数 d_{33} が高められていることがわかる。特に、Mg 8.1原子%に対するNbの含有量が2.5～9.7原子%の場合、圧電定数 d_{33} が最も高められており、AlNの圧電定数 d_{33} ($=6.0 \text{ pC/N}$) より圧電定数 d_{33} が大きくなっていることがわかる。

[0021] 他方、Nbの含有量が10原子%より大きい場合、圧電定数 d_{33} は低下し

、13原子%以上で、圧電定数 d_{33} が0になっていることがわかる。

[0022] 図2に、Nbの含有量を変化させた場合のMg及びNbを含有するAlNのX線回折プロファイルを示す。図中実線は、図1におけるNbの含有量が7.1原子%の場合のプロファイルであり、破線は、図1におけるNbの含有量が17.1原子%の場合のプロファイルである。

[0023] 図2より、Nbの含有量が17.1原子%である場合、Nbの含有量が7.1原子%の場合と比較して、回折ピークが低角側にシフトしている。このことから、Nbの含有量が17.1原子%のAlNでは、相転移が起こっていることがわかる。よって、Nbの含有量が9.7原子%より大きい場合、上記相転移により、圧電定数 d_{33} が急激に低下していることが明らかとなった。

[0024] 従って、本発明においては、Mg8.1原子%に対するNbの含有量が2.5～9.7原子%、すなわちMg100原子%に対するNbの含有量が31～120原子%の範囲とすることにより、AlN膜からなる圧電薄膜の圧電定数 d_{33} を高めることができる。

[0025] 図3は、Mg100原子%に対するNbの含有量を44原子%、50原子%及び87原子%とし、Mg及びNbの合計含有量をそれぞれ変化させた場合の、Mg及びNbの合計含有量と、圧電定数 d_{33} との関係を示す図である。例えばNbの含有量を50原子%とした場合には、 $(Mg_2Nb)_YAl_{1-Y}N$ において、Yの値を変化させた場合のMg及びNbの合計含有量と圧電定数 d_{33} との関係を示す。実線はMg100原子%に対するNbの含有量を50原子%としたときの結果を示し、破線は87%としたときの結果を示し、一点鎖線は44原子%としたときの結果を示す。

[0026] 図3より、Mg100原子%に対するNbの含有量を44原子%、50原子%及び87原子%としたいずれの場合においても、Mg及びNbの合計含有量の増加に伴い、圧電定数 d_{33} が高められていることがわかる。特に、Mg及びNbの合計含有量が10原子%～67原子%の場合、圧電定数 d_{33} が特に高められており、AlNの圧電定数 d_{33} ($=6.0 \text{ pC/N}$) より圧電

定数 d_{33} が大きくなっていることがわかる。Mg 及び Nb の合計含有量が 10 原子%～67 原子%の範囲では、Mg 100 原子%に対する Nb の含有量を 44 原子%とした場合よりも Nb の含有量を 87 原子%とした場合のほうが圧電定数 d_{33} は高い。さらに、上記範囲において、Mg 100 原子%に対する Nb の含有量を 87 原子%とした場合よりも Nb の含有量を 50 原子%とした場合のほうが圧電定数 d_{33} は高い。

[0027] 他方、Mg 及び Nb の合計含有量が 67 原子%より大きい場合、圧電定数 d_{33} は低下していることがわかる。

[0028] 図 4 に、Mg 及び Nb の合計含有量を変化させた場合の Mg 及び Nb を含有する AIN の X 線回折プロファイルを示す。図中実線は、図 3 における Mg 及び Nb の合計含有量が 55 原子%の場合のプロファイルであり、破線は、図 3 における Mg 及び Nb の合計含有量の含有量が 66 原子%の場合のプロファイルである。

[0029] 図 4 より、Mg 及び Nb の合計含有量が 66 原子%である場合、Mg 及び Nb の合計含有量が 55 原子%の場合と比較して、回折ピークがブロードになっている。このことから、Mg 及び Nb の合計含有量が 66 原子%の AIN では、c 軸配向膜の結晶構造が崩れ、圧電性が急激に低下していることがわかる。

[0030] よって、本発明においては、Mg 及び Nb の合計含有量を 10 原子%～67 原子%の範囲とすることにより、AIN 膜からなる圧電薄膜の圧電定数を高めることができる。また、図 3 から明らかなように、Mg 及び Nb の合計含有量を 30 原子%～63 原子%としたときに、圧電定数 d_{33} がより一層高められている。よって、Mg 及び Nb の合計含有量は、30 原子%～63 原子%であることが好ましい。

[0031] 上述したように、図 3 において、Mg 及び Nb の合計含有量が 66 原子%以上の AIN では、圧電定数 d_{33} が急激に低下している。他方、図 5 に従来の Sc 含有 AIN における Sc 含有量と圧電定数 d_{33} との関係を示すが、この場合、圧電定数 d_{33} が急激に低下しているのは 50 原子%以上である。こ

のことから、Mg及びNb含有AlNでは、Sc含有AlNと比較して、より多くのAlを置換した場合も圧電定数 d_{33} が低下しないという、シミュレーションでは分かり得ない事実が明らかとなった。

[0032] 図11は、本発明の圧電薄膜をHAXPES (Hard X-ray Photoemission Spectroscopy) により解析した結果を示す図である。解析対象としての圧電薄膜のX線の入射面と、HAXPESに用いる検出器とがなす角度を検出角度とすると、実線は検出角度を 80° としたときの結果を示す。破線は検出角度を 30° としたときの結果を示し、一点鎖線は検出角度を 15° としたときの結果を示す。

[0033] HAXPESにおいては、XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy) に用いられているX線よりもエネルギーが高いX線が用られる。より具体的には、XPSに用いられているX線のエネルギーは1keV程度であるのに対し、HAXPESに用いられているX線のエネルギーは8keV以上である。XPSでは、解析対象の表面から数nm程度の深さしか解析することができない。これに対し、HAXPESでは、高いエネルギーのX線を用いることにより、解析対象の表面から30nm程の深さを解析することができる。すなわち、HAXPESにより、解析対象のバルクにおける結合状態を評価し得る。

[0034] 図11に示されているように、検出角度を 15° とした場合、破線B、C及びDの位置の結合エネルギーにおいて、それぞれ、ピークが存在する。検出角度 30° とした場合及び 80° とした場合も同様に、破線B、C及びDの位置の結合エネルギーにおいて、それぞれ、ピークが存在する。破線Bの位置の結合エネルギーにおけるピークは、5価ニオブのピークに相当する。破線Cの位置の結合エネルギーにおけるピークは、5価ニオブ及び4価ニオブのピークに相当する。破線Dの位置の結合エネルギーにおけるピークは、4価ニオブのピークに相当する。よって、HAXPESを用いることにより、圧電薄膜を構成するニオブには、5価ニオブだけではなく、4価ニオブも含まれていることが新たに明らかになった。なお、図11に示されているよ

うに、上記圧電薄膜には、3価ニオブは含まれていない。

[0035] 本発明に係る圧電薄膜は、薄膜形成法により形成することができる。上記薄膜形成法としては、スパッタリング法や、CVD法等が挙げられるが、スパッタリング法により製造することが好ましい。特に好ましくは、図6に示す3元スパッタリング装置又は図7に示す1元スパッタリング装置を用いてスパッタリングを行う。

[0036] 図6に示すスパッタリング装置では、Alからなる第1のターゲット2と、Mgからなる第2のターゲット3と、Nbからなる第3のターゲット4とを用い、窒素(N_2)ガス雰囲気下で3元スパッタリング法により、基板1に成膜する。また、第1のターゲット2としてAlNからなるターゲットを用いてもよい。3元スパッタリング法においては、第1、第2及び第3のターゲットパワーの比率を変えることによりAl、Mg及びNbの含有量の調節を行うことができる。

[0037] 図7に示すスパッタリング装置では、Al、Mg及びNbの合金からなるターゲット5を用い、窒素(N_2)ガス雰囲気下で1元スパッタリング法により成膜する。1元スパッタリング法においては、予めAl、Mg及びNbの含有量の異なる合金を用意することにより、Al、Mg及びNbの含有量の調節を行うことができる。

[0038] また、Al、Mg及びNbの合金からなるターゲットを用いる1元スパッタリング法では、6インチや8インチといった大型のウエハ上へ、均一な膜厚分布と圧電性分布で成膜が可能である。Sc含有AlNにおいても、Sc及びAlの合金からなるターゲットが用いられるが、非常に高価であるため、Al、Mg及びNbの合金からなるターゲット5を用いることで大幅に製品価格を下げるができる。

[0039] なお、上記スパッタリングは、 N_2 ガス雰囲気下でなくとも、 N_2 ガス及びアルゴンガス(Ar)の混合ガス雰囲気下で行ってもよい。また、上記基板1の温度としては、室温～450℃で行うことが好ましい。

[0040] (圧電素子)

本発明に係る圧電素子は、上述の本発明に係る圧電薄膜と、上記圧電薄膜に接するように設けられた第１，第２の電極とを備える。以下、図面を参照しつつ、本発明に係る圧電素子を用いた具体的な実施形態を説明する。

[0041] (第１の実施形態)

図８は、第１の実施形態である圧電マイクロフォン１１の断面図である。圧電マイクロフォン１１は、筒状の支持体１２、シリコン酸化膜１６、第１，第２の電極の１４，１５、圧電薄膜１３及び第１，第２の接続電極１７，１８により構成されている。

[0042] 筒状の支持体１２は、高抵抗シリコンやガラス、GaAs等の適宜の材料からなる。本実施形態では、筒状の支持体１２は、シリコンからなる。筒状の支持体１２の上面には、筒状の支持体１２を覆うようにシリコン酸化膜１６が設けられている。

[0043] シリコン酸化膜１６の上には、第１の電極１４が設けられている。第１の電極１４は、円板形状である。第１の電極１４は、筒状の支持体１２の開口部を閉成するように設けられている。また、第１の電極１４は、外部から音圧が加わると振動する部分である。

[0044] 第１の電極１４の上には、ドーナツ板状である圧電薄膜１３が設けられている。圧電薄膜１３の上面には、圧電薄膜１３を覆うように、第２の電極１５が設けられている。

[0045] 本実施形態に係る圧電マイクロフォン１１では、外部からの音圧により第１の電極１４が振動すると、圧電薄膜１３が変形する。そして、上記圧電薄膜１３の変形に対応して、第１，第２の電極１４，１５から音圧に応じた電気信号を得ることが可能となる。

[0046] 第２の電極１５の上面には、外部電極と接続するための第１，第２の接続電極１７，１８が設けられている。第１の接続電極１７は、ビアホール電極部１７aを有する。第１の接続電極１７が第１の電極１４に、第２の接続電極１８が第２の電極１５に接続されるように設けられている。

[0047] 本実施形態において、第１の電極１４は、抵抗率 $1.5\text{ m}\Omega\text{ cm}$ 以下のリ

ンドープSiにより構成される。また、第2の電極15は、Alにより構成される。なお、各材料の厚みについては、特に限定されるものではないが、例えば、本実施形態においては、第1の電極14が400nm、圧電薄膜13が500nm、第2の電極15が50nmのものが用いられている。

[0048] また、上記圧電薄膜13は、上述した本発明に係るMg及びNbを含有するAlNにより構成される圧電薄膜13である。そのため、AlNを用いる場合よりも圧電定数 d_{33} が大きい。従って、第1の実施形態の圧電マイクロフォン11は、高感度なマイクロフォンである。

[0049] (第2の実施形態)

図9(a)は、第2の実施形態である幅広がり振動子21の斜視図である。幅広がり振動子21は、幅広がり振動を利用する圧電振動子である。上記幅広がり振動子21は、支持部22a、22bと、振動体としての振動板23と、連結部24a、24bとを備える。

[0050] 振動板23は矩形板状であり、長さ方向と幅方向とを有している。振動板23は、連結部24a、24bを介して、支持部22a、22bに接続されている。すなわち、振動板23は、支持部22a、22bにより支持されている。振動板23は、交番電界が印加されると、幅広がり振動モードで幅方向に振動する振動体である。

[0051] 連結部24a、24bの一端は、振動板23の短辺側の側面中央に接続されている。上記振動板23の短辺側の側面中央は、幅広がり振動のノードとなっている。

[0052] 支持部22a、22bは、連結部24a、24bの他端に接続されている。支持部22a、22bは、連結部24a、24bの両側に延びている。支持部22a、22bの長さは、特に限定されないが、本実施形態においては、振動板23の短辺と同じ長さである。

[0053] 図9(b)は、図9(a)中のA-A線に沿う部分の断面図である。図9(b)に示すように、振動板23は、シリコン酸化膜16、基板32、第1、第2の電極14、15及び圧電薄膜13により構成されている。

[0054] より具体的には、基板 3 2 上に、圧電薄膜 1 3 が設けられている。第 1, 第 2 の電極 1 4, 1 5 は、圧電薄膜 1 3 を挟むように設けられている。基板 3 2 の下方には、シリコン酸化膜 1 6 が設けられている。

[0055] 本実施形態において、基板 3 2 は、抵抗率： $1\text{ m}\Omega\text{ cm}$ 、濃度： $7 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ の n 型 Si 層である。

[0056] なお、第 1 の電極 1 4 と、第 2 の電極 1 5 の間には、図示しない保護層であるシード層を設けてもよい。

[0057] 本実施形態においては、第 1, 第 2 の電極 1 4, 1 5 は、Mo により構成されている。また、上記シード層は AlN により構成されている。なお、各材料の厚みについて、特に限定されるものではないが、例えば、本実施形態においては、基板 3 2 が $10\text{ }\mu\text{m}$ 、シリコン酸化膜 1 6 が 400 nm 、第 1 の電極 1 4 が 100 nm 、圧電薄膜 1 3 が 1000 nm 、第 2 の電極 1 5 が 50 nm 、シード層が 20 nm のものが用いられている。

[0058] なお、第 2 の実施形態においても、上記圧電薄膜 1 3 は、本発明に係る Mg 及び Nb を含有する AlN からなる圧電薄膜 1 3 により構成される。そのため、AlN を用いる場合よりも圧電定数 d_{33} が大きい。従って広帯域で共振抵抗が小さい振動子となり、周波数可変範囲が広く、低消費電力な TCXO となる。

[0059] (第 3 の実施形態)

図 10 には、第 3 の実施形態である厚み縦振動子 3 1 の断面図を示す。厚み縦振動子 3 1 は、音響反射層 3 3 を有する圧電振動子である。上記厚み縦振動子 3 1 は、基板 3 2、音響反射層 3 3、圧電薄膜 1 3 及び第 1, 第 2 の電極 1 4, 1 5 により構成される。

[0060] 基板 3 2 の上面に、音響反射層 3 3 が設けられている。音響反射層 3 3 は、相対的に高い音響インピーダンス層 3 3 b, 3 3 d と、相対的に低い音響インピーダンス層 3 3 a, 3 3 c, 3 3 e とを交互に積層した構造を有する。

[0061] 音響反射層 3 3 の上には、圧電薄膜 1 3 が設けられている。また、第 1,

第2の電極14, 15は、圧電薄膜13を挟むように設けられている。

[0062] 本実施形態において、第1, 第2の電極14, 15は、モリブデンにより構成される。また、上記相対的に高い音響インピーダンス層33b, 33dは、タングステンにより構成され、上記相対的に低い音響インピーダンス層33a, 33c, 33eは、酸化シリコンにより形成される。

[0063] このような音響反射層33を有する公知の圧電振動子においても、本発明に係るMg及びNbを含有するAlNからなる圧電薄膜13を用いることにより、広帯域と良好な温度特性とが両立できたフィルタ/DPXを作製することができる。

[0064] 本発明に係る圧電素子は、上述した第1～第3の実施形態に限定されず、例えば高感度センサとしてのジャイロセンサや、加速度センサ等、様々な用途で使用する事ができる。

[0065] 次に、具体的な実験例につき説明する。

[0066] (実験例)

下記の条件で、アルミニウムからなる第1のターゲットと、マグネシウムからなる第2のターゲットと、ニオブからなる第3のターゲットとを用い、3元スパッタリング法により成膜した。

[0067] 基板温度：400℃

Ar/N₂ガス比：60/40

ガス圧：0.45Pa

組成：Mg_{0.35}Nb_{0.20}Al_{0.45}N

[0068] 実験例で得られた圧電薄膜の圧電定数d₃₃は、20.4pC/Nであり、AlNの圧電定数d₃₃(6pC/N)と比較して十分に高められていることを確認できた。

符号の説明

[0069] 1・・・基板

2・・・第1のターゲット

3・・・第2のターゲット

- 4 . . . 第3のターゲット
- 5 . . . アルミニウム、マグネシウム及びニオブの合金からなるターゲット
- 11 . . . 圧電マイクロフォン
- 21 . . . 幅広がり振動子
- 31 . . . 厚み縦振動子
- 12 . . . 筒状の支持体
- 13 . . . 圧電薄膜
- 14 . . . 第1の電極
- 15 . . . 第2の電極
- 16 . . . シリコン酸化膜
- 17, 18 . . . 第1, 第2の接続電極
- 17a . . . ビアホール電極部
- 22a, 22b . . . 支持部
- 23 . . . 振動板
- 24a, 24b . . . 連結部
- 32 . . . 基板
- 33 . . . 音響反射層
- 33a, 33c, 33e . . . 相対的に低い音響インピーダンス層
- 33b, 33d . . . 相対的に高い音響インピーダンス層

請求の範囲

- [請求項1] マグネシウム及びニオブを含有する窒化アルミニウムからなる、圧電薄膜であって、
- 前記マグネシウム100原子%に対して、前記ニオブを31～120原子%含有しており、
- 前記マグネシウム、ニオブ及びアルミニウムの含有量の総和に対する前記マグネシウム及びニオブの合計含有量が、10～67原子%の範囲にある、圧電薄膜。
- [請求項2] 前記マグネシウム及びニオブの合計含有量が、30～63原子%の範囲にある、請求項1に記載の圧電薄膜。
- [請求項3] 前記マグネシウム100原子%に対して、前記ニオブを44～87原子%含有している、請求項1または2に記載の圧電薄膜。
- [請求項4] 前記ニオブが5価ニオブ及び4価ニオブを含む、請求項1～3のいずれか1項に記載の圧電薄膜。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれか1項に記載の圧電薄膜の製造方法であって、
- 、
- アルミニウムからなる第1のターゲットと、マグネシウムからなる第2のターゲットと、ニオブからなる第3のターゲットとを用い、窒素ガス雰囲気下で3元スパッタリング法により成膜する、圧電薄膜の製造方法。
- [請求項6] 請求項1～4のいずれか1項に記載の圧電薄膜の製造方法であって、
- 、
- アルミニウム、マグネシウム及びニオブの合金からなるターゲットを用い、窒素ガス雰囲気下で1元スパッタリング法により成膜する、圧電薄膜の製造方法。
- [請求項7] 請求項1～4のいずれか1項に記載の圧電薄膜と、
- 前記圧電薄膜に接するように設けられた第1、第2の電極とを備える、圧電素子。