

平成16年度

卒業論文

水熱合成によるPZT薄膜の特性評価

高知工科大学

知能機械システム工学科

材料強度学研究室

1050114

川井 博之

1. 緒言

1-1. 本研究の目的と概要

PZT(Pb(ZrTi)O₃)とは、チタン酸ジルコン酸鉛の通称で、ジルコン酸鉛とチタン酸鉛がある割合で固溶した状態で結晶になったものである。圧電セラミックスの一種である **PZT** は、その結晶に力あるいはひずみを加えると電荷を発生する圧電効果、また逆に、電荷を与えると力やひずみが発生する逆圧電効果を持つ物質である。また、圧電性を示すもののうち、自発分極が存在し、外部電場によって方向を変えられるものを強誘電体と呼ぶ。⁽¹⁾強誘電体は、単位格子が同一の分極を持ち(ダイポール・モーメント)、分極の大きさがすべて同じである。⁽²⁾

圧電性を示す物質のうち、ペロブスカイト形と呼ばれるものは、圧電性が大きく、工業的に広く利用されている。ペロブスカイト型とは、**ABO₃**型の組成を持つもので、**BaTiO₃**や**PbTiO₃**、および**PZT**はこのような構造を持つ。**PZT** 圧電体の電気機械変換効率が大きいため現在広く使われている。⁽¹⁾

PZT の圧電定数、誘電率、電気機械結合係数などは、チタン酸鉛とジルコン酸鉛の組成比によって変化することがわかっている。とくに **Zr:Ti=52:48** となる、三方晶と正方晶の相境界であるモルホトロピック相境界 (**MPB**) において、圧電定数が最大になる。この理由としては、この組成比において二つの結晶が共存状態にあるため、あるいは、この状態は **PZT** 固溶体の本質的なものではなく、チタン酸鉛とジルコン酸鉛の組成変動によるものとされる。とくに **X** 線による分析からこの相境界厳密な組成比として求められないことが報告されている。このため、厳密に組成比を **52:48** になっていなくても、この付近に組成比をあわせることで圧電定数を最大にできると考えられる。⁽¹⁾

このほかに、**PZT** の圧電性に影響を与えるものとして、結晶の粒径がある。粒径については、ホットプレス法による **PZT**、および同じペロブスカイト型圧電体である **PLZT**(ランタンドープジルコン酸チタン酸鉛)ついて圧電定数、電気機械結合係数、誘電率に対する影響が報告されている。この研究によればいずれについても粒径が大きいほど性能が向上する。また、圧電体中の空孔率が高いと圧電体の性能は劣化する。以上から、粒径を大きくし、密度を上げて、空孔率を下げることによって圧電性能を向上させることができる。ただし一方、粒径を大きくすることが機械的強度の低下につながることも指摘されている。⁽¹⁾

現在、圧電体は、アクチュエータの駆動やセンサの検出に用いられているが、その多くはバルク材や積層の圧電素子が使われている。この場合、振動子に対して圧電素子を接着するか、ボルト締めすることによって結合させる。しかし、振動子を接

着することによって振動が減衰し、振動子の Q 値は低下する。一方ボルト締めでは、振動子全体の大きさが大きくなってしまい、小型化の点で問題がある。また、加工の点からみると、圧電セラミックは硬くてもろい性質もつため、切削加工がしにくく、数十 μm 程度の厚さまで機械加工を行うことは可能であるが、現実的には 100 μm 程度が限界とされている。これらの方法では、圧電素子を含めた振動子の小型化は、バルク材の加工法、積層の素子の製造法の点から限界である。これに対して圧電薄膜を用いると振動子の大きさに応じて圧電体を形成でき、振動子の小型化に有効である。また、接着剤などを介さずに振動子と一体化させることができるため、振動による減衰も小さくなるものと考えられる。⁽¹⁾

現在、PZT 自体の製造方法はいくつかあるが、水熱合成法により作製された PZT についての詳細はまだまだ解明されていない。本研究では、神田らが報告した水熱合成法⁽¹⁾とこの合成法に修正を行った方法により、純チタン板上に、PZT 薄膜の作製を行い、PZT 薄膜の各種圧電特性（静的特性・動的特性・圧電体としての電気的特性）の評価を行い、それぞれの比較を行った。