

センサ用薄膜の作製技術とその応用

素材開発部 吉村幸雄，瀧石和人

1. はじめに

強誘電体材料は、不揮発メモリや力を加えて形を変形させると電圧を生じたり、また電圧をかけると材料が変形する圧電特性や赤外線の急な熱変化を感知する焦電特性を用いたセンサとして利用されている。その中でも圧電特性を用いた圧力センサや駆動素子では小型、軽量、高性能化を狙った薄膜化が行われている。

また圧力センサとしては、ダイヤフラム式や半導体方式が主流であるが、薄膜材料で誘電率の変化を検出に応用した新方式の圧力センサも報告されている。

このことから、強誘電体材料のような誘電率が大きい材料は、結晶性を制御すれば顕著な誘電率の変化が得られ、高い感度を持つ圧力センサが期待できる。

強誘電体材料を用いたセンサやメモリの電極には、Pt、銀合金、Ni合金などの金属電極材料が用いられているが、電極と強誘電体薄膜の界面で成分拡散による特性劣化が生じることが問題となっている。その改善方法としてSR0 (SrRuO_3)、LSCO ($(\text{LaSr})\text{CoO}_3$)、LNO (LaNiO_3) など酸化物系電極材料の利用が注目されている。

そこで本研究では、強誘電体材料としてPZT ($\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$: チタン酸ジルコン酸鉛) 及び酸化物電極材料としてSR0を取り上げ、スパッタリング法による薄膜化技術と圧力センサとしての感圧特性の評価を行ったので報告する。

2. 実験

薄膜の成膜はスパッタリング装置で行った。基板には熱酸化膜付シリコン基板を用いて、この上にTi、Ptの下部電極を形成した後PZTの成膜を行った。成膜条件は、ターゲットと基板間の距離を固定して基板加熱をしない常温成膜法を採用し、高周波(RF)成膜出力とArガス混合比及び圧力を制御した。薄膜の結晶化にはランプヒータアニール炉を用いた。熱処理条件は、酸素雰囲気中とし、昇温速度、到達温度及び保持時間の影響を調べた。このように作製した薄膜を構造観察や結晶化解析及び電気特性の評価用試料に供した。

3. 結果及び考察

3.1 強誘電体材料(PZT系)

成膜後のSEM断面観察から求めた膜厚では、成膜時間とともに厚くなり、また成膜出力が大きいほど厚くなるのが分かった。PZT薄膜の組成成分については、PZT薄膜中に薄膜原料(ターゲット)からのPb量を十分に転写することで、剥離や変質が抑えられることが分かった。このPb量は、成膜出力よりもArガス圧力で精度良く制御できることが分かった。また結晶化では、最適な昇温速度と到達温度で処理することで均一な結晶粒を持つ優れた結晶薄膜を得ることができた。高配向性結晶の薄膜にするには薄膜中のPb量をPb=1.1mol%付近に調整すればよいことも分かった。

このように結晶性に優れたPZT薄膜について、感圧特性を評価したところ、結晶配向性と誘電率変化の間には相関性が認められた。

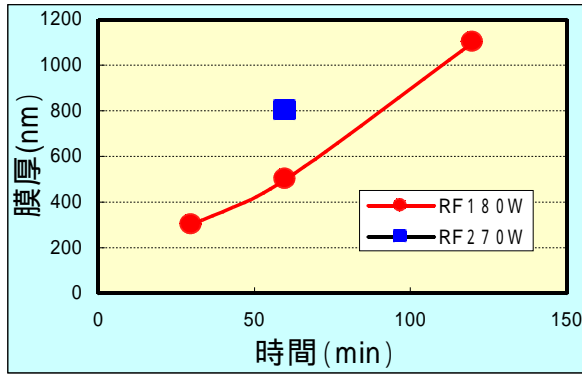


図1 PZT膜厚と成膜時間の関係

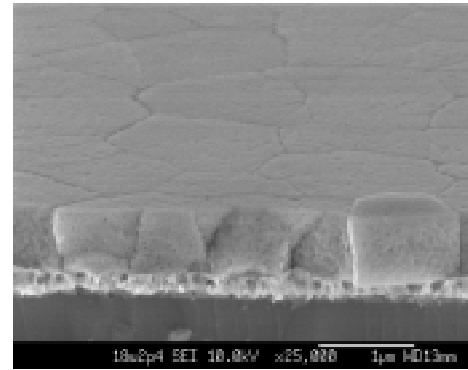


図2 PZT薄膜のSEM断面観察

3.2 酸化物電極材 (SRO ; SrRuO₃)

スパッタ法によるSRO薄膜の作製は、成膜出力と時間を固定し、ArとO₂の混合ガス比及びガス圧力のみを制御した。その結果、混合ガス圧力とSRO膜厚の関係は、ガス圧力の上昇とともに膜厚が小さくなり、Arガス過剰の方で膜厚が大きくなることが分かった。次に、熱処理におけるSROの結晶化では、処理温度の上昇とともに結晶化が進み、600 の熱処理で十分に結晶化することが分かった。

また、この薄膜をSEM観察したところ均質で緻密な構造を持つことが分かった。このようにして作製したSRO薄膜は、バルク体と同等の低い抵抗率を得ることが分かった。このことから、SRO薄膜が酸化物電極材として利用できる可能性が期待される。

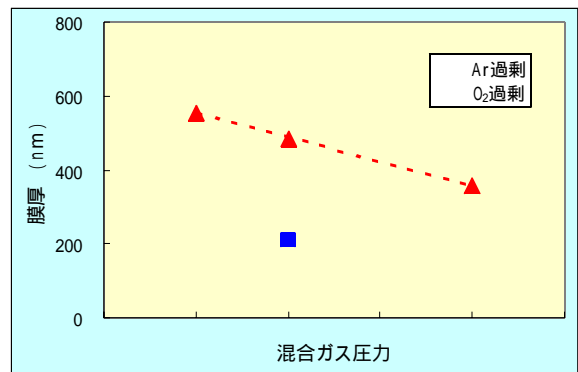


図3 SRO膜厚と混合ガス圧力の関係

4. まとめ

PZT薄膜のスパッタリング法による薄膜化技術については、成膜出力と成膜時間が大きくなるとともに膜厚が厚くなることが分かった。また、Arガス圧力を制御することでPZT薄膜中にPb量を十分に転写でき、高速昇温速度と最適な処理温度を施すことで良好な結晶薄膜を得ることができた。また、Pb量をPb=1.1mol%付近に調整することで高配向性結晶のPZT薄膜を得ることができた。電気容量の変化を測定した圧力センサの特性評価では、薄膜の結晶配向性と誘電率変化の間で相関性があることが分かった。

酸化物電極材料のSROでは、Arガス比が小さくガス圧力が高いほど膜厚は小さくなることが分かった。熱処理では、処理温度の上昇とともに結晶化が進み、600 で十分に結晶化することが分かった。Arガス比が大きい方で均一な結晶粒を持つ緻密な膜を得ることができた。このような薄膜ではバルク体と同等の低い抵抗率を得ることができた。

謝辞

本研究において、ターゲット材料の提供を頂いたUMAT株式会社の長山五月氏、PZT薄膜の感圧特性を評価頂いた産業技術総合研究所九州センターの上野直広氏、秋山守人氏に感謝致します。

参考文献

- 1)M.Akiyama, T.Harada, C.N.Xu, K.Nonaka, T.Watanabe: Thin Solid Films 350, 85-90 (1999)
- 2)津田惟雄 編著, 電機伝導性酸化物, (株)裳華房