

HfO₂ 基強誘電体の相安定性と厚膜化

P10

Preparation of thick HfO₂ film through considering phase stability

清水 荘雄 SHIMIZU.Takao@nims.go.jp

東京工業大学 物質理工学院 (現 物質・材料研究機構)

1. 緒言

強誘電体材料は、外場による反転可能な自発分極を持つ材料群であり、その特性から不揮発性メモリなどへに利用されている。さらに、その結晶構造の対称性から圧電性や焦電性を示すため、センサ・アクチュエータなど広範な応用が期待できる材料である。近年では、デバイスの小型化への期待の高まりから、膜形態での強誘電体材料に対する需要が高まっている。しかしながら、既存のペロブスカイト型強誘電体材料は、微細加工が難しく、また膜厚の低下に伴い性能が劣化するサイズ効果があることが課題であった。これらの課題を解決する材料として、HfO₂ 基材料が挙げられる。HfO₂ 基材料は、高誘電率ゲート絶縁体材料として SiO₂ の代わりに広く利用されている材料であるが、2011 年にドイツの研究グループによって強誘電性が報告された¹。この強誘電体材料の登場は、既存の成熟した半導体プロセス技術が利用可能な今までにない新規強誘電体の登場を意味する。

HfO₂ 基材料の強誘電体材料は、準安定相である斜方晶相に起因すると考えられている。この斜方晶相は、きわめて薄い薄膜形態(~50 nm)でのみ出現する薄膜特有の相であると考えられてきた。本研究では、この強誘電性の斜方晶相について、エピタキシャル薄膜を用いて出現する条件を調査した。

2. 実験

薄膜はパルスレーザー堆積法(PLD 法)を用いて室温で作製したのち、1000°Cで窒素流通下の条件で熱処理を行った。基板として(111)イットリア安定化ジルコニア(YSZ)単結晶基板もしくは、Pt/Ti/SiO₂/Si 基板を用いた。ターゲットとしては、7%Yを添加した HfO₂、HfO₂、Hf_{0.5}Zr_{0.5}O₂、ZrO₂ のセラミックスターゲットを使用した。

3. 結果と考察

図1(a)にYSZ基板上に成膜した、種々の薄膜の結晶相について示している。HfO₂ および Hf_{0.5}Zr_{0.5}O₂ 膜においては、それぞれ3nm以下および5nm以下の領域において斜方晶相が確認されている。一方で ZrO₂ 膜については、斜方晶相を持つ膜は得られず、正方晶相が10nm以下の領域で出現した。これに対して、Yを添加した系においては、100nm以上の膜厚でも強誘電性の斜方晶相が得られている。さらに、Pt/Ti/SiO₂/Si 基板上においては、膜厚約1μmの膜においても強誘電性の取得に成功した[図1(b)]²。この成果は、HfO₂ 基薄膜を用いた圧電デバイスや焦電センサ等の新規応用につながるものである。

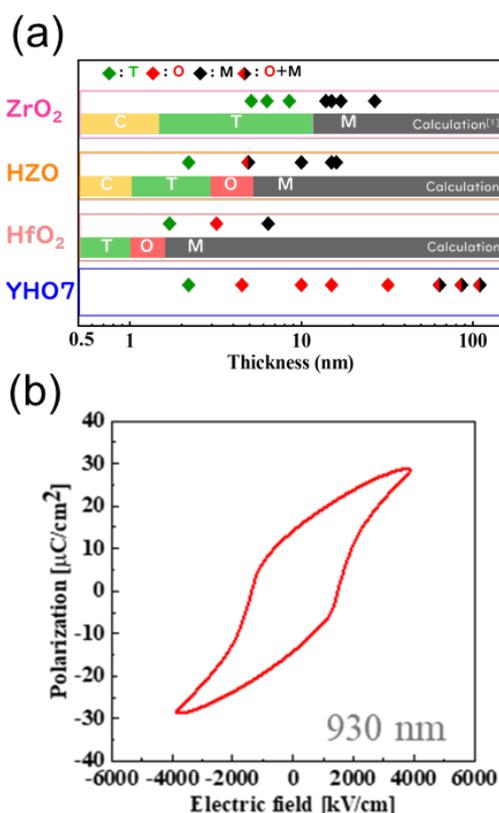


図 1. (a)YSZ 基板上に成膜した 7%YO_{1.5}-doped HfO₂、HfO₂、Hf_{0.5}Zr_{0.5}O₂、ZrO₂膜における出現相の膜厚依存性。HfO₂、Hf_{0.5}Zr_{0.5}O₂、ZrO₂については DFT 計算の結果³を同時に示している。(b) Pt/Ti/SiO₂/Si 基板上に作製した多結晶 7%YO_{1.5}-doped HfO₂ 膜の P-E ヒステリシス曲線。

【共著者(所属)】

三村 和仙(東京工業大学)・舟窪 浩(東京工業大学)

【関連プロジェクト】

元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>電子材料拠点

【参考文献】(最大3本)

- [1] T. S. Bösccke et al., Appl. Phys. Lett. **99**, 102903 (2011).
- [2] T. Mimura et al., App. Phys. Lett. **115**, 032901 (2019).
- [3] R. Materlik et al., J. Appl. Phys. **117**, 134109 (2015).