

HAX-PES/XPSを用いた酸化物半導体界面分析事例

主な使用装置：硬X線光電子分光分析装置 (HAX-PES/XPS)

キーワード：トンネルFET、タイプIIヘテロ接合、界面酸化・反応評価、HAX-PES

担当：表面・バルク分析ユニット 安福 秀幸

備考：本成果は長田 貴弘GL (NIMS)らの装置利用によるものである。



論文紹介



図1：HAX-PES/XPSの外観

支援成果概要

- トンネルFETチャンネルに適した TiO_2 -ZnO系積層薄膜とSi膜との界面電子状態を見極めるために、Ti組成を固定した3種類の異なる積層薄膜を作製し、異なる酸素結合解離エネルギー (E_{bd})を持つZn、TiとSiとの相関状態を調べた。
- HAX-PESの結果から界面におけるSiの想定価数とその存在する層の情報が得られた。
 - (i) Si^{4+} (1839.33 eV、 SiO_2 層)、(ii) Si^{3+} (1843.34 eV、 SiO_{2-x} 、全層ほぼ等量)、(iii) Si^{2+} (1842.52 eV、 Si-Ti-O_x および Si-Zn-O_x 、中間層)。
- 電気特性、HAX-PES およびその他の測定結果から (b)の TiO_2 first 試料において、1) Tiの影響で酸素空孔形成が抑制、2) 均一な界面 SiO_2 層の形成、その結果として、3) 良好な界面電気特性が得られていることを明らかにした。

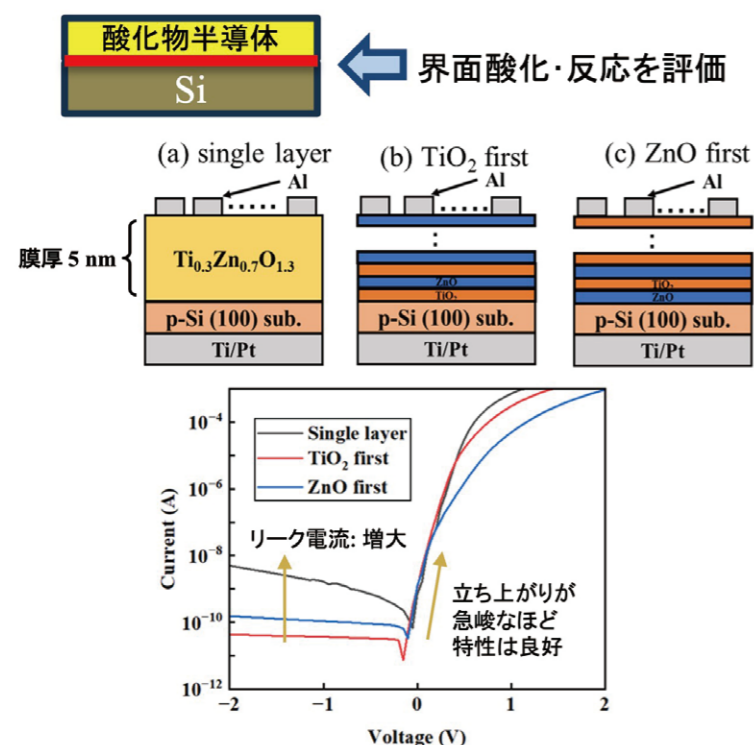


図2：作成した試料と電気(I-V)特性

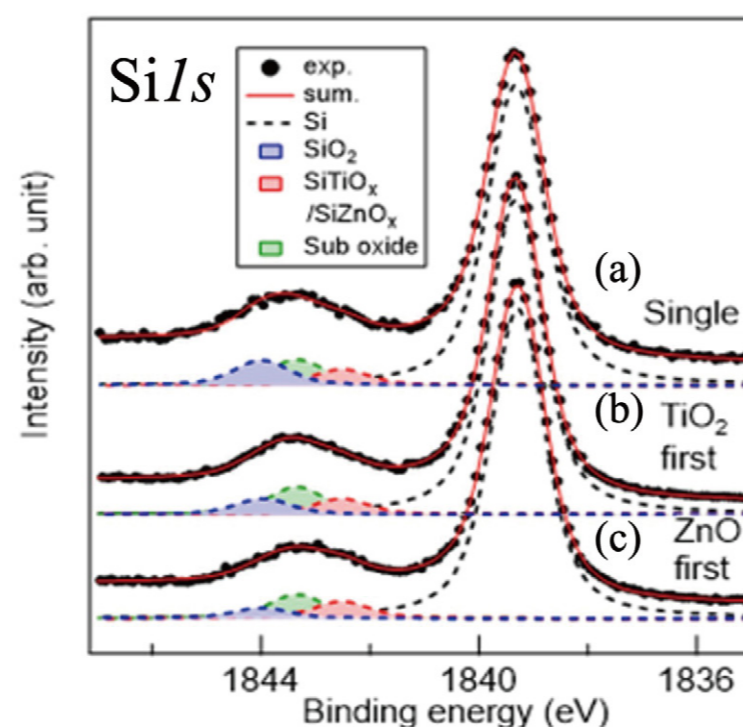


図3：HAX-PES (Cr線源)のSi 1sスペクトル

Si 1sスペクトルのCurve fittingの結果から

- ・ 界面に形成される SiO_2 層 (薄青色)の厚みは、(a) > (b) > (c)の順であると判明した。
- ・ 一方、中間層 (SiTiO_x , SiZnO_x 、薄赤色)の厚さは、(c) > (b)の順と成る事が判明した。

※AFMの結果から(b)と(c)の膜が平滑であることから平面方向に均一存在していると仮定して膜厚の違いを推定



(b)の TiO_2 first 試料において、Tiの持つ高い酸素結合解離エネルギーと、低い酸化物形成エネルギーが酸素空孔を抑制し、安定した SiO_2 膜を形成をしていると考えられる。

K.Ogawa, T.Nagata, *et al.*, JJAP, 64 (2025) 05SP25.