

帯電制御 XPS 法による TaO_x nanosheet/SiO₂/Si 界面電子状態解析

Interfacial electronic structure analysis of TaO_x nanosheet/SiO₂/Si by charging-controlled x-ray photoelectron spectroscopy

○豊田 智史¹、福田 勝利¹、菅谷 英生¹、森田 将史¹、中田 明良¹、
内本 喜晴¹、松原 英一郎¹ (1.京都大学)

○Satoshi Toyoda¹, Katsutoshi Fukuda¹, Hidetaka Sugaya¹, Masahito Morita¹, Akiyoshi Nakata¹,
Yoshiharu Uchimoto¹, Eiichiro Matsubara¹ (1.Kyoto Univ.)

E-mail: toyoda.satoshi.4w@kyoto-u.ac.jp

絶縁体物質の高誘電率化に伴う低バンドギャップ化の一般的なトレードオフの関係は、スケーリング則に従う Si デバイスの永続的な高性能化の難しさを物語っている。これは、古くからキャパシタ膜として使用されてきた Ta 系酸化物が高誘電率ゲート絶縁膜 (high- k) 材料としての実用化には耐えられず、Hf 系酸化物に置き換えられた背景が端的に示している。特に、一般的に用いられる Ta₂O₅ 酸化物では Si 界面の伝導帯オフセットが 0.3 eV 程度と非常に小さいため、リーク電流が課題とされてきた。ただし、これは薄膜化へのスケールダウンの延長線上でなされた結論であり、近年勢力的に研究が進められている二次元物質特有の性質に着目して材料探索を行えば、次世代デバイスへの応用に繋がるのが期待される。例えばチタニアナノシートでは、ルチル型 TiO₂ 酸化物よりも高誘電率化・ワイドギャップ化が実現されている。そこで我々は、タンタルナノシート(以下、TaNS)/SiO₂/Si 界面の電子状態解析を帯電制御 XPS 法(下図)により行い、様々な熱処理条件に対して伝導帯オフセットを決定した。その結果、TaNS の酸素欠損発生に伴う TaNS/SiO₂ 界面分極変調を効果的に抑制すれば、TaNS/Si 界面の伝導帯オフセットが 1 eV 程度確保できることがわかった。当日は、熱処理による TaNS の光学特性・構造変化と帯電制御 XPS スペクトルの解析結果を合わせて議論する。

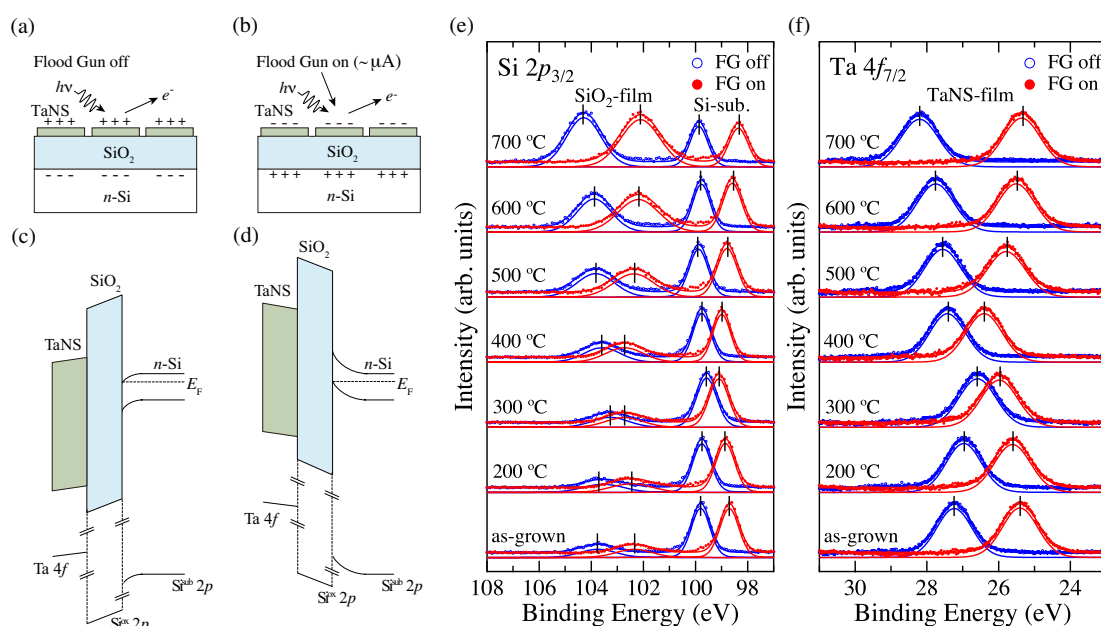


図 1. 帯電制御 XPS 法: (a)中和電子銃非使用時(FG off)と(b)使用時(FG on)の XPS スペクトル、および界面バンドダイアグラムの推定図:(c, d)。FG on/off 状態で比較した(e) Si 2p_{3/2}, (f)Ta 4f_{7/2} 近傍の XPS スペクトル。正・負の帯電の度合いから電子物性や電気特性などを予測できるかもしれない。