

放射光光電子分光による Ru/HfSiON/Si の熱的安定性解析

鎌田洋之¹、谷村龍彦¹、豊田智史¹⁻³、組頭広志¹⁻³、尾嶋正治¹⁻³、劉国林⁴、劉紫園⁴、池田和人⁴

東大院工¹、JST-CREST²、東大放射光機構³、STARC⁴

H. Kamada¹, T. Tanimura¹, S. Toyoda¹⁻³, H. Kumigashira¹⁻³, M. Oshima¹⁻³, G. L. Liu⁴, Z. Liu⁴, K. Ikeda⁴

The Univ. of Tokyo¹, JST-CREST², Univ-of-Tokyo SRRO³, STARC⁴

1. はじめに

電界効果型トランジスタ MOSFET は、微細化に伴い従来の poly-Si/SiO₂/Si 構造から metal/high-*k*/Si 構造へと変換が求められている。high-*k* 絶縁膜は Hf 酸化物が最有力候補であるのに対し、金属電極は nMOS と pMOS で異なる仕事関数を持つ必要があるため種々の材料が検討されてきた。しかしながら、活性化アニールによりしきい値電圧がシフトしてしまうことが問題となっており、熱処理前後の化学結合変化・界面反応の解明が強く求められている。そこで本研究では high-*k* 絶縁膜上に Ru 電極を堆積させた試料を用い、熱処理後の構造変化等について調べた。

2. 実験方法

Si 基板上に原子層堆積法 (ALD) を用いて絶縁膜を堆積させ、HfSiON/Si 薄膜を製作した。その後スパッタリング法により金属 Ru を 1.5 nm 堆積させた。この試料に対し窒素雰囲気下で温度・時間を変えてアニールを行い、*in situ* 軟 X 線放射光光電子分光により各試料の内殻光電子スペクトルを測定した。

3. 結果と考察

図 1 に Ru/HfSiON 構造の Si 2*p* の内殻光電子スペクトルを示す。アニール処理をした試料では as-grown 試料に対し大きな形状の変化が観測された。低温では酸化反応、高温では還元反応が起きることが見てとれる。また図 2 に示すように、Si 2*p* スペクトルの基板成分と酸化物成分の面積比から絶縁膜部分の膜厚を”SiO₂ 換算膜厚”として求め、温度に対してプロットした。Ru 堆積により酸化還元が促進され、熱的安定性が低下することが分かったが、その起源として Ru 電極の触媒的作用が関連していると考えられる。

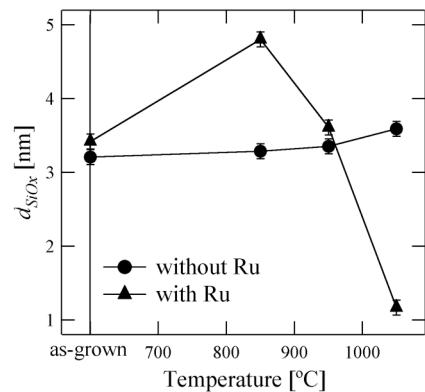
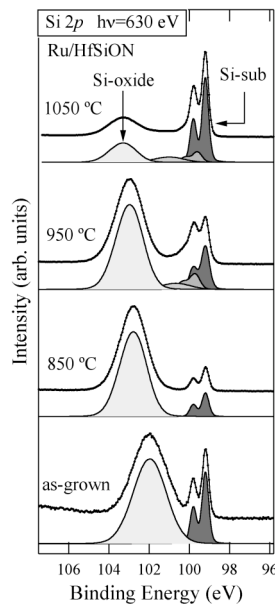


図 1 (左) Si 2*p* スペクトルの加熱温度依存性

図 2 (上) HfSiON 単膜と Ru/HfSiON 膜の加熱による膜厚の変化