

硬 X 線 XPS によるオペランド分析

Operando Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy

物質・材料研究機構¹ ○山下良之¹

NIMS¹, °Yoshiyuki Yamashita¹

E-mail: yamashita.yoshiyuki@nims.go.jp

硬 X 線光電子分光法はデバイス構造を保持した状態での電子状態が測定可能である。よって、デバイスに電圧を印加することによりオペランド測定が可能となり、我々は本手法を様々な系に適用してきた。[1] 本講演では硬 X 線光電子分光法、オペランド硬 X 線光電子分光法をまず紹介し、オペランド硬 X 線光電子分光法によるゲートスタック構造中の電圧に依存したポテンシャル分布を直接観測した例[2] 及び酸化物抵抗変化メモリのメカニズム解明に適用した例を紹介する。本手法を用いた 2 次元材料、3 次元材料への適用の可能性についても議論を行う予定である。

以下はゲートスタック構造中の電圧に依存したポテンシャル分布の直接観測に関する摘要である。実験に用いた試料は、金属(10nm)/HfSiO_x/SiO₂/Si(100)構造である。金属として Ru 及び Pt を用いた。オペランド硬 X 線光電子分光法は SPring-8、NIM ビームライン (BL15XU) にて、入射光 5.95 keV、総分解能は 220 meV の条件下にて行った。裏面は Al によりオーミックコンタクトをとり試料の金属側と裏面側に電極を付け電圧を印加して実験を行った。

金属が Ru の場合、電圧印加に対して、Ru 3d 軌道中の金属 Ru 及び Hf 3d_{5/2} 軌道中の HfO₂ のピークはシフトしないのに対し、Si 1s 軌道中の SiO₂ 及び基板シリコンのピークがシフトした。このことから、印加した電圧が基板シリコンにほとんど印加されていることがわかった。金属 Pt の場合、Pt 4f 軌道における金属 Pt は印加電圧に対してピークシフトが観測されなかったのに対し、Si 1s 軌道中の SiO₂、基盤シリコンピークおよび Hf 3d_{5/2} 軌道中の HfO₂ ピークはバイアス電圧に依存してシフトした。観測されたシフト量は印加したバイアス電圧に比例してシフトしていることがわかり、Pt/HfO₂ 界面にてポテンシャルドロップが生じている事がわかった。角度分解硬 X 線光電子分光法により Pt/HfO₂ の界面には酸化膜が存在し、ポテンシャルドロップの起源は酸化膜に起因することがわかった。Hf 系ゲートスタック構造で観測されるフェルミレベルピニングの起源は金属/Hf 酸化物界面に形成される酸化物であることを示唆する結果を得た。

謝辞：本研究は（国）物質・材料研究機構 生田目俊秀博士、吉川英樹博士、知京豊裕博士との共同研究による成果である。

文献

(1) Y. Yamashita et al., Jpn. J. Appl. Phys. **52**, 108005 (2013).

(2) Y. Yamashita et al., J. Appl. Phys. **115**, 043721(2014).