

高分解能電子分光法を用いたグリーンナノデバイス構造の動作環境 *operando* 解析

Operando analysis of green nano-device structures by high-resolution electron spectroscopy

尾嶋正治・東京大学大学院工学系研究科

1. 研究の目的

1) 強相関係酸化超格子構造や埋もれた界面の電子状態を high-throughput で解析することで、次元性を制御した金属-絶縁体転移など新規物性を探索する。さらに、バイアス印加した金属/遷移金属酸化物薄膜/金属界面の電子状態、化学状態（価数変化）を解明する。2) LSI 用ゲート電極/high- k 膜/Si 基板という MOS ダイオード構造に電圧印加させながら光電子分光測定を行うことで、非接触で欠陥エネルギー分布を解析する新しい手法を開発する。3) 新しいリチウムイオン電池用正極材料を探索するため、Li 充放電後の電子状態を共鳴光電子分光によって解明し、電子状態の観点から正極材料新物質の可能性を解明する。さらに、試料にバイアス印加しつつ光電子分光・XAS 測定することで動作環境中 *operando* 解析法を確立する。

2. 経過

1) レーザー-MBE+光電子分光複合システムを使用し、Al/Pr_{1-x}Ca_xMnO₃, Al/LaNiO₃ からなる ReRAM 構造の界面反応を調べ、界面 Al 酸化層中の Mn イオンがキャリヤトラップとして働いていることを明らかにした。また、Al/Fe₃O₄ 系でも ReRAM 特性を見出し、高クランク数元素のみで高速動作をするスイッチ素子が可能になることを見出した。

2) LSI 用 HfSiON ゲート絶縁膜について、極薄 Pt 電極/high- k 膜/Si 基板構造に電圧印加させながら光電子分光測定を行い、Si 2*p* 光電子ピーク位置と印加電圧の微妙なずれを解析することで放射光照射領域における表面準位密度のエネルギー分布を決定する手法を開発した。Hf 濃度、N 濃度の多い試料で欠陥密度が増加することを見出した。

3) リチウムイオン電池用正極材料として Li 脱挿入（充放電に相当）Li_xFePO₄, Li_xMn_yFe_{1-y}PO₄ 試料を採り上げ、Fe, Mn 共鳴光電子分光測定によって電子状態変化を明らかにした。その結果、Li_xFePO₄ はすでに実用化されている LiCoO₂ 正極材料に比べて Li 脱挿入で電子状態変化が少ないこと（安定性）、また Li_xMn_yFe_{1-y}PO₄ では Mn は redox 反応が起きにくいことのためさらに高電圧動作にはポリアニオンの工夫が必要であること、などを明らかにした。