放射光ナノ顕微分光によるエネルギーデバイス界面のオペランド測定

Operando analysis of interfaces in energy devices using a high spatial resolution scanning photoelectron microscopy with synchrotron radiation soft X-rays 物材機構¹, KEK 物構研², 東大放射光³ ^O永村 直佳¹, 堀場 弘司², 尾嶋 正治³

NIMS¹, IMSS, KEK², SRRO, Univ. of Tokyo³ °Naoka Nagamura¹, Koji Horiba², Masaharu Oshima³

E-mail: NAGAMURA.Naoka@nims.go.jp

nm レベルへの微細化が進む半導体機能素子や触媒材料において、マクロなバルク材料では気に ならなかった最表面での反応や異種接合界面の状態を知るためには、イメージング分析技術が有 効である。X線をプローブとする顕微分光法は、非破壊で埋もれた界面の分析が可能であり、ス ペクトルから元素選択的な化学結合状態や電子状態の豊富な情報が得られるというメリットがあ る。X線光源として輝度・指向性の高い放射光を用いると、高い空間分解能・エネルギー分解能 の解析が短時間で行うことができる。

我々は SPring-8 の BL07LSU (東京大学放射光アウトステーション物質科学ビームライン)で、走 査型光電子顕微分光装置"3D nano-ESCA"の立ち上げを行った[1]。放射光軟 X 線(250 eV-2000 eV) をゾーンプレートで集光し、ピエゾ駆動で走査する試料に照射し、角度分解アナライザーで光電 子を検出する仕組みで、面内方向には 100 nm 以下の空間分解能があり、深さ方向の状態分析も可 能である。このシステムを用いてグラフェン電界効果トランジスタ(GFET)[2]や抵抗変化型メモリ ー用 Ni ナノワイヤー[3]、リチウムイオン 2 次電池正極活物質クラスター[4]などの分析に取り組 んできた。

昨今デバイス分析の観点では、均質なモデル系の 静的分析から発展して、構造を作り込んだ実デバイ スの「動作中その場状態分析=オペランド分析」へ の需要が高まっている。そこで我々は 3D nano-ESCA に電圧印加機構を導入し、分光分析と I-V 測定や CV 測定の同時測定を可能にした。例え ば有機半導体薄膜をチャネルとした有機 FET の分 析では、SiO₂(200nm)/Si(100)基板上に、塗布法によ りジナフトベンゾジチオフェン誘導体 (C10-DNBDT)薄膜(膜厚 3ML, 12nm)を作製し、その 上に Au 電極を蒸着した試料について、ゲート電圧 を印加しつつ C 1s コアレベルスペクトルをチャネル 内ピンポイントで測定した。その結果、図 1 のよう にドレインカレントを反映したコアレベルシフトを



Fig. 1 Gate voltage dependence of C 1s binding energy (circles) in the channel and that of drain current (gray curves).

検出することができ、分光ポテンシャルマッピングが可能なことを示した[5]。

当日は 3D nano-ESCA の装置詳細から実際の解析例、現在進行中のテーマについて紹介する。 また、女性研究者のシンポジウムということで、現在の研究分野に至るまでの過程やキャリアパ ス、実験における苦労話なども交えて講演を行う。

[1] K. Horiba *et al.*, Rev. Sci. Instrum., **82** (2011) 113701. [2] N. Nagamura *et al.*, Appl. Phys. Lett. **102** (2013) 241604. [3] K. Horiba *et al.*, Appl. Phys. Lett. **103** (2013) 193114. [4] N. Nagamura *et al.*, J. Phys. Conf. Ser. **502(1)** (2014) 012013. [5] N. Nagamura *et al.*, Appl. Phys. Lett. **106** (2015) 251604.