

軟X線と光電子顕微鏡を組み合わせた有機薄膜・ポリマーの顕微 XAFS

馬場祐治, 関口哲弘, 下山 巖, 本田充紀, 平尾法恵, 成田あゆみ

(日本原子力研究開発機構)

薄膜やポリマーなどから成る有機デバイスの機能は、ナノメートル領域の電子構造、分子配向などに依存する。これらの情報を高速で観察する目的で、軟 X 線領域の放射光と光電子顕微鏡(PEEM)を組み合わせた顕微 XAFS を BL-27A に立ち上げたので、装置の概要[1]と有機薄膜・ポリマーへの応用例を示す。PEEM は、全電子を拡大して結像する投影型 (Elmitech PEEMSPECTOR) を用いた。

空間分解能は約 40 nm である。BL-27A は偏向電磁石を用いており、ひとつの顕微鏡像を観測するのに 10 秒以上を要していたが、X 線ポリキャピラリー集光レンズ[2]を導入することにより、1 秒以下の画像観測も可能となった。右図にマイクロパターン状の Au-Si 標準試料について、キャピラリーレンズによる集光前後の PEEM 像を示す。同一の計測時間において、約 50 倍の輝度が得られた。

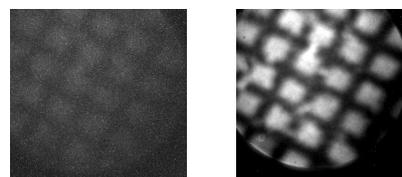


Fig.1 Au-Si マイクロパターンの集光前(左図)および集光後(右図)の PEEM 像。視野径は 100 μm 、放射光のエネルギーは 3000 eV である。

本装置は、放射光の入射角が表面から 30° で固定であるが、放射光は水平偏光しているため、ある種の分子やポリマーでは、PEEM 画像中の輝度の放射光エネルギー依存性に元素分布、原子価状態、電子構造だけでなく分子配向に関する情報も含まれる。

たとえば、フタロシアニンなどの平面分子は、加熱により配向を変えながら拡散していくことがわかった[3]。ポリマーの例を Fig.2 に示す。Fig.2 の左図は、銅表面にパターン状に蒸着したジメチルポリシラン

$-(\text{Si}(\text{CH}_3)_2)_n-$ の PEEM 像である。×印の部分の輝度を放射光のエネルギーに対してプロットした結果を右図に示す。加熱とともに Si-C 軸上の σ^* 軌道への遷移[4]を含むピーク(A)の強度が増大する。従って高温でポリマーが、表面に平行に配向したと考えられる。さらに高温では、Si-C 結合の切断によると考えられるピーク(B)の強度が増大する。以上のようにポリマーが配向・分解する様子をナノスケール、リアルタイムで観測することができた。今後、さらに高速化をはかることにより、ナノメートル領域の表面反応ダイナミックスの観測も可能と考える。

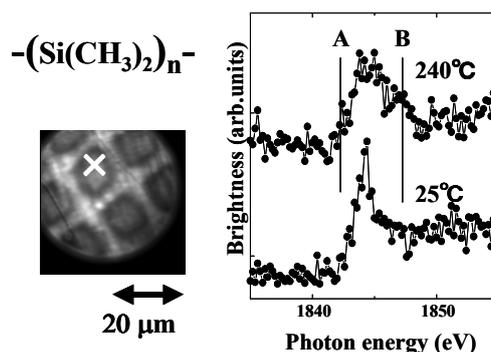


Fig.2 ジメチルポリシラン蒸着膜の PEEM 像と×印部分の輝度の放射光エネルギー依存性

[1] 平尾, 馬場, 関口, 下山, 本田, 分析化学 **57**, 41 (2008).

[2] M.A. Kumakhov *et al.*, X-ray Spectrom. **29**, 343 (2000).

[3] 馬場, 関口, 下山, 本田, 平尾, 成田, J. Deng, 第 25 回 PF シンポジウム要旨(2008).

[4] V.R. McCray *et al.*, J. Chem. Phys. **88**, 5925 (1988).