

XANAM による Au ナノアイランド近傍の X 線誘起静電場変化の分析

Analysis of X-ray induced-changes in the spatial distribution of electrostatic force

nearby a Au island structure by XANAM

名大院工¹、北大触媒研²、ICU³、KEK-PF⁴

°鈴木秀士¹、向井慎吾²、田旺帝³、野村昌治⁴、朝倉清高²

Nagoya Univ.¹、Hokkaido Univ.²、ICU³、KEK-PF⁴

°Shushi Suzuki¹, Shingo Mukai², Wang-Jae Chun³, Masaharu Nomura⁴, Kiyotaka Asakura²

E-mail: shushi@apchem.nagoya-u.ac.jp

異種原子同士が接触する表面／界面は、異なる原子種、原子間距離、価数によって新たな機能性を創発することが見いだされており、活発な研究が行われている。また一方で、表面／界面の構造をとらえつつ、元素や化学状態の識別をおこなう手法の開発が活発化してきており、両者の協調的な研究により、極細線化や 3 次元構造化した半導体デバイス開発に役立つ技術の発展がますます期待される。我々は、表面／界面のナノ構造を個々に識別しながら、化学状態を特定する手法として「X 線支援原子間力顕微鏡(XANAM)」を開発してきた。これは非接触原子間力顕微鏡(NC-AFM)における表面と探針間における力相互作用が、試料側元素の吸収端エネルギーを持つ X 線照射によって変化するという現象を基礎として、元素情報を導く手法である。NC-AFM の研究では力相互作用には、van der Waals 力、静電的相互作用力その他、共有結合性を持つ化学結合力が含まれる事がわかっており、XANAM でもこれらの解析手段を適用することで、X 線エネルギーにより各力場がどのように変化するかを検討できるようになった。そこで、X 線照射下のエネルギー掃印によって、ナノ構造周辺の静電場がどのように変化するか調べた。特に、試料の X 線吸収端エネルギー付近で誘起されるナノ構造周辺の静電場の変化とその到達範囲の情報は、元素マッピングに使える可能性がある。そこで Au ナノアイランド構造をもつ SiO_x 基板を用いて、X 線誘起の静電場相互作用の空間的变化について検討を行った。

実験は、つくばの高エネルギー加速器研究機構の放射光研究施設(KEK-PF) BL-7C にて、専用に設計・製作した NC-AFM (XANAM) 装置および Nanonis 社製 SPM コントローラで測定を行った。NC-AFM 探針は自作の水晶振動子を用いた。試料表面上の位置を変えつつ、探針－試料間距離の原子間力依存性(フォースカーブ)を測定を行い、さらにそのデータの解析から静電的相互作用成分の抽出を行った。試料水平方位－垂直方位についてまとめた結果を Fig. 1 に示す。Au アイランドは SiO_x に対して凸形状となるが、フォースカーブ測定と同時に計測した振幅情報から試料位置を見積り、SiO_x と Au の表面位置をそろえた。また Au アイランドは Fig. 1 (c)に示すように内部に段差がある構造となっている。Fig. 1(a)は、Au 吸収端エネルギーより低い場合で、どの垂直位置でも Au アイランドと SiO_x 基板で抽出した静電的相互作用が異なった。一方、吸収端よりエネルギーが高い Fig. 1(b)では、表面近傍ほど Au と SiO_x の違いが不明瞭であった。これは X 線吸収による光電子放出で表面電荷分が変化したためと推察できる。これは、静電的相互作用の情報故に、空間分解能は全くでないと思われていたが、表面近傍の力測定と X 線エネルギー変調法により、用途によっては十分な元素識別マッピングができる可能性がある。

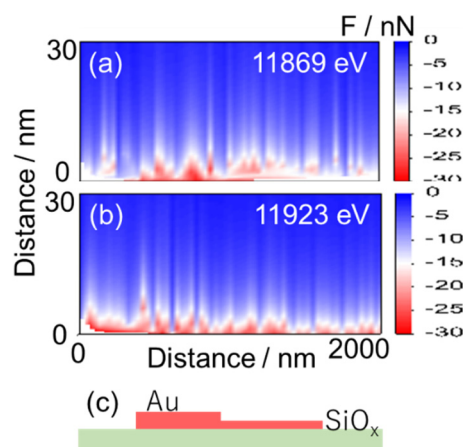


Fig. 1 X-ray induced change in the electrostatic force extracted from force data measured by XANAM.