

Ge 表面における X 線誘起力場変化の XANAM 測定

X-ray Induced force changes on a Ge surface in XANAM measurements

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@chembio.nagoya-u.ac.jp

我々は表面／界面のナノ構造の化学状態を特定しナノスケールでマッピングする手法として、「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) と放射光 X 線 (SR X-ray) を組み合わせた手法で、将来的には半導体基板表面や素材界面のナノスケール構造に対して、電気回路テスターのような化学状態測定法や元素マッピングする手法に発展させたいと考えている。これまで Au や Ni 表面で、探針－試料間に働く原子間力と放射光 X 線の相互作用を調べ、試料元素の X 線吸収端エネルギー付近で、探針－試料間の原子間力に X 線誘起の変化が起きる事を報告した。従来の NC-AFM 研究から原子間力には、van der Waals 力、静電気力の他、共有結合力が含まれる事がわかっている。我々は特に共有結合力に着目し、もし結合に寄与する軌道の電子密度が X 線電子励起で変化するなら、原子分解能まで得られる元素マッピングにできると期待した。そこで、NC-AFM のフォーススペクトル (探針-試料間距離に対する原子間力依存性) 測定を行い、原子間力の成分分析を行ったところ、内殻電子励起を伴う元素固有の X 線吸収端エネルギーで、静電気力と共有結合力に変化が現れることがわかった。すなわち、探針下の試料表面原子の元素種を X 線吸収端エネルギーによって特定できる事を示した。これを二次元に取得できれば、試料表面の元素マッピング法に拡張できる。実際、フォーススペクトルの 2 次元測定から HOPG 基板上に蒸着した Ni ナノ粒子 (直径 20 nm 程度) を識別できる空間分解能がある事を報告した。

しかしながら、測定では遠達力である静電気力の寄与が強いと空間分解能が下がると考えられた。つまり静電気力の抑制と共有結合力がより強い系なら、より高い空間分解能での測定も可能と考えられる。そこで、探針－試料間の原子間力に対する共有結合力の寄与がより強いことが期待される Ge 半導体試料表面の XANAM スペクトル測定を行い、含まれる各力成分のエネルギー依存性を調べた。

実験は、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 (現 SPECS 社) 製 SPM コントローラで測定を行った。探針は水晶振動子を用いた自作 qPlus 型探針、試料は Ge(001)単結晶試料をスパッタリング、アニーリングして用いた。測定は、Ge-K 吸収端 (11103 eV) 付近で X 線エネルギーを掃印しながら、フォーススペクトル測定を行った。Fig. 1 に原子間力に変換した測定結果を示す。図中の色の濃淡が原子間力の強さ (右バーグラフ) に対応し、曲線 (赤) は別に測定した Ge-K 吸収端スペクトルである。原子間力は、ややエネルギー位置が不明瞭ではあるが力の大きさの減少が観測され、X 線エネルギー依存性があることが確認された。以上について今後より検討を重ね、講演ではこれらの関係性および原子間力の成分について言及する。

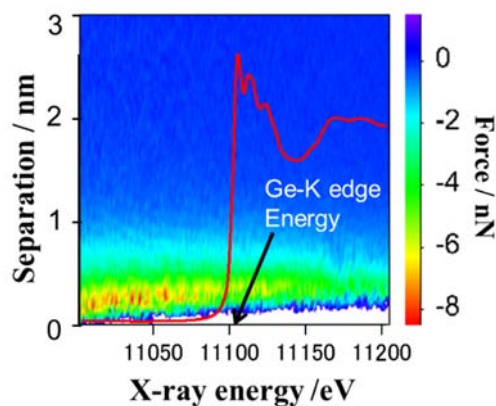


Figure 1 X-ray energy dependency of force between tip and surface with moving the tip position perpendicular to the sample surface. The red-colored spectrum was a Ge-K edge X-ray absorption spectrum obtained separately.