

X 線支援非接触原子間力顕微鏡 (XANAM) による X 線照射下のフォースマッピングの検討

A trial for Force Mapping Measurements under X-ray Irradiation
by Means of X-ray Aided Noncontact Atomic Force Microscopy (XANAM)

名大院工¹、北大触媒セ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, Chun Wang-Jae³, Masaharu Nomura⁴, Kiyotaka Asakura²

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

我々は、表面ナノ構造とその化学状態を同時分析する手法として、絶縁体酸化物でも適用可能な NC-AFM に、X 線分光を組み合わせた「X 線支援原子間力顕微鏡(XANAM)」を開発してきた。NC-AFM 探針と固体試料表面との間に働く引力相互作用は化学結合力を含む。この化学結合力は探針先端原子と試料表面原子の電子軌道、最高被占軌道 (HOMO) と最低空軌道 (LUMO) が関与するものである。一方、X 線は、特定の元素や化学状態を持つ原子の内殻電子を励起できる。これらの結果から我々は、この励起した内殻電子によって HOMO または LUMO の電子密度を変化させることが出来れば、最終的に引力相互作用を変化させ探針下の元素種・化学種の同定ができると期待し、これまで KEK-PF にて検証実験を行ってきた。実際、Au を部分蒸着した SiO₂ 基板試料で、表面の Au と Si を NC-AFM で区別しつつ Au L₃ 吸収端付近の X 線を照射すると、Au 領域でのみ引力相互作用変化が生じる事を見出した。さらに、この測定をさらに高度化するために、音叉型水晶振動子に電解研磨をした金属探針を取り付けて自己検知型 AFM プローブとする qPlus sensor (F.J. Giessible et al., Appl. Phys. Lett., 73, 3956, 1998.) 型のプローブへの改良を進めてきた。

そこで、今回は qPlus sensor を用いた 2 次元フォースマップの取得を検討した。なお、ここでの qPlus sensor の動作は、水晶に交流の励振電圧を印可し、交流周波数信号の応答を電流の変化として検知する方式を採用した。作成した qPlus sensor は中心周波数 29.31 kHz で動作した。しかし Q 値は前回の報告と同様に最大で 500 程度にとどまったことから未だ性能改良の余地がある状況ではあったものの、まずは X 線照射下において試料上の取得位置を変えながらフォースカーブのデータ取得を試みた。試料は、シリコン基板上に 1×1 μm² の Au 領域を周期的に配した試料をリソグラフィにより作製して用いた。なお Au 領域とシリコン基板の界面には Au 蒸着の安定化のため Ni 層を挟んだ。また Au 蒸着膜厚は、2 段階になっていて 1 段目は 10-20 nm 程度、最厚部で 30 nm ある試料であった。Au の X 線 L₃ 吸収端は 11919 eV 付近であるので、X 線エネルギー 11869 eV (吸収端前) と 11923 eV (吸収端後) にて取得した。結果を図 1 に示す。データ点数は 64×64 ピクセルである。各エネルギーで取得したフォースマッピングデータより再構成したトポグラフデータ、および周波数シフト像を示してある。Au 領域の膜厚が厚いため、信号としては得やすい試料であり、異なる X 線エネルギーのデータであってもほぼ同様のトポグラフデータを与えた。一方で、周波数シフト像では異なるコントラストの像を与えた。これが X 線エネルギーによる違いであることを確認するため、Au 領域の部位により異なる膜厚から膜厚依存性の有無や X 線誘起による電流像も現在、解析を行っている。

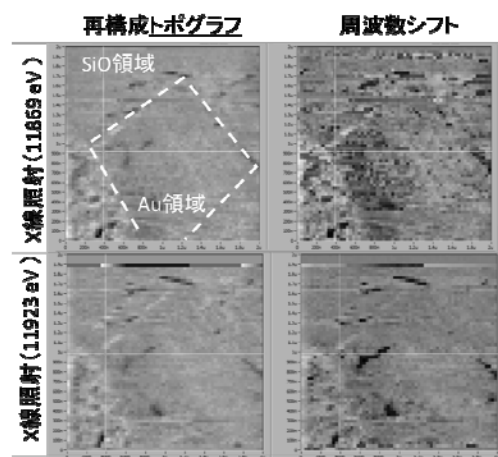


図1 X線照射下で行ったフォースマッピング