

非接触原子間力顕微鏡のエネルギー散逸計測で捉える Si (111)-(7×7) 表面の Si 吸着原子の原子変位

Displacement of Si adatoms on Si(111)-(7×7) unveiled by dissipation channel of
non-contact atomic force microscopy

金大院自然¹, 北陸先端大² [○]新井豊子¹, 稲村 竜¹, 藏 大輝¹, 富取正彦²

Kanazawa Univ.¹, JAIST², [○]Toyoko Arai¹, Ryo Inamura¹, Daiki Kura¹, Masahiko Tomitori²

E-mail: arai@staff.kanazawa-u.ac.jp

非接触原子間力顕微鏡 (nc-AFM) では、探針と試料間の相互作用力を保存力と非保存力に分離検出できる (保存力はカンチレバーの共振周波数変化、非保存力はカンチレバー振幅を一定に保つ加振エネルギーの変化 (エネルギー散逸 (Dis)) として検出)。Dis は、カンチレバー振動の際の近距離相互作用によるヒステリシスを伴う原子変位、フォノン励起、静電力由来のジュール発熱が原因となり得る。nc-AFM 像と同時観察される Dis 像には、原子像や表面原子配列周期構造が描きだされることがある。しかし、原子像が反転したりし、その機構は明確ではない。今回、試料 Si(111)-(7×7)を試料として、原子分解 Dis 像を解釈する新たな知見を得たので報告する。

実験は、ピエゾ抵抗 Si カンチレバーを利用した自作超高真空室温 nc-AFM を用いた。カンチレバーを通電加熱で清浄化し、高い Q 値 (40,000~95,000) を得て Dis の感度を高めた。Fig. 1 に同時取得した (a) nc-AFM 像 (Z)、(b) 時間平均トンネル像 ($\langle I_t \rangle$)、(c) エネルギー散逸像 (Dis) を示す。図中の菱形は Si(111)-(7×7)再構成構造の単位胞を示している (右半分が積層欠陥半単位胞)。この像は、探針と試料間の接触電位差 (V_{CPD}) をキャンセルする電圧を印加して得た。 Z 像と $\langle I_t \rangle$ 像では、Si 吸着原子が凸に描き出されている。一方 Dis 像では、Si 吸着原子とは異なる領域で、散逸量が増加 (図の明るい領域がエネルギー散逸の増大を示す) している。図 1(d)は Si(111)-(7×7)構造モデルで、Dis 像の明領域を黄色の楕円で示した。この散逸エネルギー増大領域は Si 吸着原子と Si レスト原子の間のホローサイトである。この表面のダングリングボンドを原子状水素で終端すると、明領域が消えた。散逸の機構として、ホローサイトに Si 探針が近づくと Si 吸着原子をホローサイト方向に変位させ、その結果、Si 吸着原子と Si レスト原子の相互作用が増大し、相互作用力のヒステリシスが増大するモデルを提案する。この変位は nc-AFM 像では識別できない。

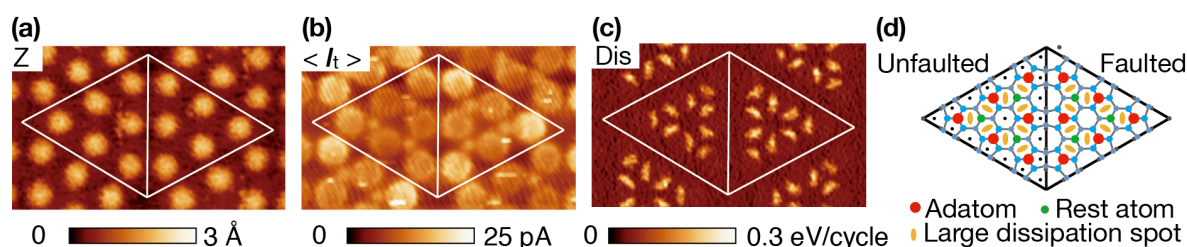


Fig. 1 (a) nc-AFM image of Si(111)-(7×7) in the constant Δf mode, simultaneously obtained with (b) averaged tunneling current ($\langle I_t \rangle$) image, and (c) dissipation image, at $\Delta f_{set} = -42$ Hz, sample bias of -0.37 V with the Si cantilever of $f_0 = 218$ kHz, $Q = 92300$, spring constant $k = 14.7$ N/m, and oscillation amplitude $A = 16.3$ nm. (d) top view of the Si(111)-(7×7) model.