

超音速原子線散乱を応用した表面吸着層の実時間無擾乱計測

Atomistic and Real-Time Observations of Surface Adsorption Layers

by Means of Supersonic Atomic Beam Scattering

筑波大数物 ○佐々木 正洋, 山田 洋一

Univ. of Tsukuba ○Masahiro Sasaki, Yoichi Yamada

E-mail: sasaki@bk.tsukuba.ac.jp

超音速原子線技術を用いることで単色化した原子線を得る事ができる。一般に、表面吸着層の原子構造を計測するためにはプローブとして電子線が使用されるが、プローブを原子線に変えることで表面吸着層、あるいはその化学反応の全く異なる状況が見えてくる。

原子線散乱でしばしば用いられるヘリウムは、電子のおよそ 7,400 倍の質量をもつ。これは、電子と同じド・ブロイ波長を与えるエネルギーが 7,400 分の 1 になることを意味する。たとえば、100 K の原子源ノズルから並進エネルギー 22 meV のヘリウム原子線が得られるが、この時の波長は約 0.10 nm である。すなわち、ヘリウム原子線を利用することにより、熱エネルギーのプローブによる無擾乱での表面原子・分子構造の計測が可能となる。

また、電子線散乱と原子線散乱では、試料とプローブ粒子の間に働く相互作用が全く異なる。電子は、回折計測で用いられるエネルギー範囲では、試料中の原子核の周りに生じるクーロン場で散乱される。すなわち、電子散乱では原子核、あるいは内殻コアの位置を計測する事になる。一方、原子線散乱で用いられる熱エネルギーの範囲では、原子と試料の間に働くパウリ反発により散乱する。このとき、原子は原子スケールでの表面電荷密度の幾何形状を反映した散乱を起こし、対象になる準位のエネルギー範囲は異なるものの、走査トンネル顕微鏡 (STM) 観測に類似した情報が得られる。

さらに、原子と表面あるいは吸着種との間には分散力を起源とする遠距離の引力が働くため、プローブ原子が鏡面反射から外れる吸着種の断面積は実サイズよりも極めて大きい。これによって、原子の鏡面反射強度を観測することにより、周期構造を持たない場合でも、表面上の希薄な吸着種の被覆率、その配置形態に関する極めて高感度の実時間測定が実現する。

本講演では、原子線散乱による表面計測の概観を説明した後、超音速メタン[1,2]、酸素[3]の金属表面上での解離の基本的な計測例を紹介する。さらに、有機半導体分子による表面吸着層の成長過程や、その上での水素吸着[4,5]に関する、原子線散乱の特徴が有効に生きた計測結果について議論する。

[1] T. Kondo et al., J. Chem. Phys. **116**, 7682 (2002); [2] H. Ueta et al., Surf. Sci. **560**, 183 (2004); [3] Y. Yokoyama et al., Surf. Sci. **603**, 2845 (2009); [4] Y. Yamada et al., J. Phys.: Condens. Matter **22**, 304010 (2010); [5] Y. Yamada et al., Phys. Rev. B **84**, 235425 (2011).