水晶振動子による単一有機分子レベル蒸着制御と磁性原子吸着

Single-molecule-level evaporation control by means of QCM

千葉大院工[1] ○(M1)山口 昌孝[1], 稲見 栄一[1], 山田 豊和[1]

Chiba Univ.[1] ○Masataka Yamaguchi[1], Eiichi Inami[1], Toyo Kazu Yamada[1]

E-mail: toyoyamada@faculty.chiba-u. jp

単一有機分子や単一分子膜の成膜制御は、1 nm サイズの分子エレクトロニクス開発において極めて重要である [1,2]。AFM(原子間力顕微鏡)接触段差計でも分子膜厚さ 1nm 程度の制御は可能であるが、本研究で、単一分子レベルの昇華制御が、水晶振動式膜厚計(QCM)測定による可能であることを、超高真空低温走査トンネル顕微鏡(STM)を用いて実証した。測定は全て超高真空(~10^{-8} Pa)下で行った。基板は平坦清浄化した Cu(111) (Ar^+ スパッタ 1 kV, アニール 873 K)および Au(111) (Ar^+ スパッタ 1 kV, アニール 800 K)を使用した。STM 探針として W 線を化学エッチし真空中で適宜加熱処理した W 探針を使用した [3]。

QCM の Au/SiO_2 共振板に共振周波数レートから、基板上に単位面積当たり吸着する個数(=密度)を得る式を導出した。この式が使い物になるか実際に実験した。

【テスト①】Fe フタロシアニン($FePc$)分子。575.5 K で蒸着時間 t=2 s 昇華した。QCM より得た周波数シフトを式に代入し基板(40 nm^2 あたり)への吸着数(N_{QCM})=41 個を得た。実際に得た STM 像(Fig.1A: 40 nm^2)には N_{STM}=51 個吸着した。

【テスト②】フェニル置換フリーベースポルフィリン(H_2TPP)分子。416.4 K で蒸着時間 t=300 s 昇華した。QCM より得た周波数シフトを式に代入し基板(15 nm^2 あたり)への吸着数(N_{QCM})=151 個を得た。実際に得た STM 像(Fig.1B: 15 nm^2)には N_{STM}=202 個吸着した。

FePc で N_{QCM}/N_{STM} = 0.8、H_2TPP で N_{QCM}/N_{STM} = 0.75 であった。

2 次元 TPP 分子膜に Fe 原子を蒸着した。すると物理吸着と化学吸着が混在したユニークな膜を形成した。詳細を報告する。

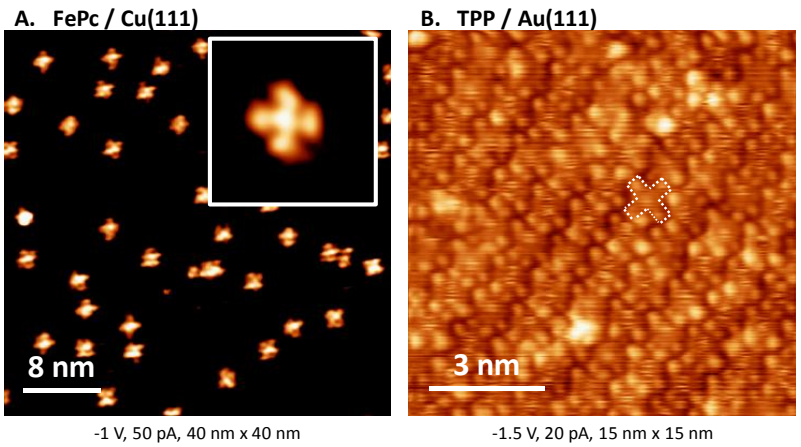


Figure 1. UHV STM images. (A) FePc single molecules on Cu(111) at 4.5 K (V_s=-1 V, I=50 pA, 40×40 nm^2). (B) H_2TPP monolayer film on Au(111) at 78 K (V_s=-1.5 V, I=20 pA, 15×15 nm^2).

References:
[1] E. Inami, T. K. Yamada, et al., **Scientific Reports** 8, 353 (2018).
[2] T. K. Yamada, et al., **Phys. Rev. B** 94, 195437 (2016).
[3] T. K. Yamada, et al., **Review of Scientific Instruments** 87, 033703 (2016).

© 2018年 応用物理学会