

3D-SFM によるバイアス電圧に依存して変化する イオン液体/金電極界面構造のサブナノスケール 3 次元観察

Subnanometer-scale 3D imaging of interfacial structures

at ionic liquid-Au electrode interfaces by 3D-SFM

金大理工¹, 金大 NanoLSI², 電中研³, 東大工⁴, 理研 CEMS⁵

○五十嵐陽彦¹, 吉野巧¹, 榊原涼¹, 宮澤佳甫^{1,2}, 炭竈享司², 宮田一輝^{1,2},

清水直³, 岩佐義宏^{4,5}, 福岡剛士^{1,2}

Dept. of Eng., Kanazawa Univ.¹, WPI-NanoLSI, Kanazawa Univ.², Central Research Institute of
Electric Power Industry³, Dept. of Eng., The Univ. of Tokyo⁴, RIKEN CEMS⁵

○Ryo Sakakibara¹, Takumi Yoshino¹, Takahiko Ikarashi¹, Keisuke Miyazawa², Takashi Sumikama²,
Kazuki Miyata^{1,2}, Sunao Shimizu³, Yoshihiro Iwasa^{4,5}, Takeshi Fukuma^{1,2}

E-mail: ikarashi@stu.kanazwa-u.ac.jp

近年、電界効果型トランジスタ (FET) の固体絶縁体の代わりにイオン液体 (IL) を用いる電気二重層トランジスタ (EDLT) に世界中で大きな注目が集まっている (Adv. Matter. 2017)。EDLT では、IL/固体界面に電気二重層を形成することで、通常の FET の数十倍高い電荷密度を達成することができる。しかし、IL/固体界面のナノ構造とデバイス機能の相関はほとんど理解されていない。界面計測において原子間力顕微鏡 (AFM) は有効なツールであり、これまで、IL/固体界面の 1D フォースカーブ計測や 2D 表面形状計測、更には 3D フォースマッピングが行われ、IL が界面近傍で周期的な密度分布を形成することがわかっている。しかし、これらの計測は速度が遅く、多次元的なオペランド計測には、より高い時空間分解能が求められる。そこで、比較的高速に固液界面の 3 次元構造を直接観察可能な 3 次元走査型力顕微鏡 (3D-SFM) がこれらの問題解決に重要な役割を果たすことが期待される。

本研究では、最初の試みとして、イオン液体 (DEME-TFSI) 中で平坦な Au(111)電極表面上で 3D-SFM を用いて、バイアス電圧依存性ととも、面内分布の変化を同時に取得した。その結果、負バイアスを印加した金電極上では、イオン液体を構成するイオン直径に由来する厚さを有する 2~3 層の多層構造が確認された。一方で、正バイアスを印加するとそれらの層状構造が不鮮明になる様子が確認された。このことは、DEME と TFSI の分子構造の差異に由来するものと考えられる。以上の結果から、金電極上のイオン液体の構造が強いバイアス電圧依存性と面内不均一性を持つことが分かった。今後、同様の計測を様々なイオン種や基板材料に対して実施することで、IL/固体界面構造と EDLT 機能との相関をナノレベルで理解でき、IL を用いたデバイス技術の発展に大きく貢献できるものと期待される。

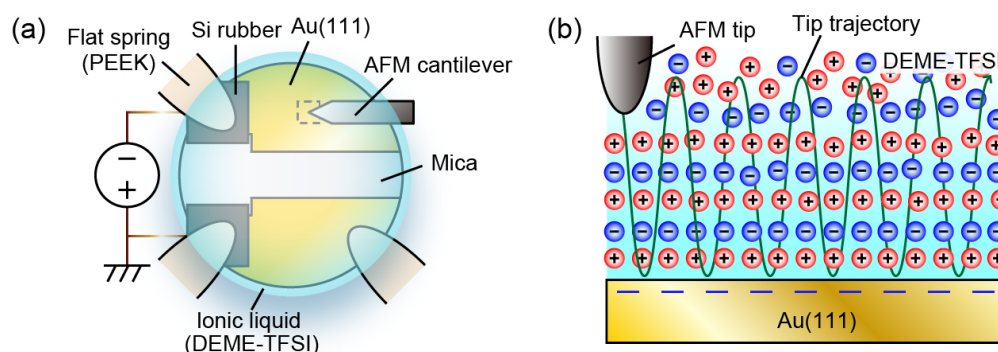


Fig.1: (a) 計測手法の模式図 (b) 計測結果から想定される IL/Au(111)界面構造のモデル図