

## 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<sup>1</sup>, 金大 NanoLSI<sup>2</sup>, 電力中央研究所<sup>3</sup>, 東大工<sup>4</sup>, 理研 CEMS<sup>5</sup>

○榊原涼<sup>1</sup>, 吉野巧<sup>1</sup>, 五十嵐陽彦<sup>1</sup>, 宮澤佳甫<sup>1,2</sup>, 炭竈享司<sup>2</sup>, 宮田一輝<sup>1,2</sup>, 清水直<sup>3</sup>, 岩佐義宏<sup>4,5</sup>, 福間剛士<sup>1,2</sup>

Dept. of Eng., Kanazawa Univ.<sup>1</sup>, WPI-NanoLSI, Kanazawa Univ.<sup>2</sup>, Central Research Institute of Electric Power Industry<sup>3</sup>, Dept. of Eng., The Univ. of Tokyo<sup>4</sup>, RIKEN CEMS<sup>5</sup>

○Ryo Sakakibara<sup>1</sup>, Takumi Yoshino<sup>1</sup>, Takahiko Ikarashi<sup>1</sup>, Keisuke Miyazawa<sup>2</sup>, Takashi Sumikama<sup>2</sup>, Kazuki Miyata<sup>1,2</sup>, Sunao Shimizu<sup>3</sup>, Yoshihiro Iwasa<sup>4,5</sup>, Takeshi Fukuma<sup>1,2</sup>

E-mail: r-sakakibara@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。その結果、強磁性 (Science 2011)、超伝導 (Nature 2008)、金属絶縁体転移 (Nature 2012) など電界による多彩な電子層制御が可能となり、現在、様々な新規デバイスへの応用が模索されている。そこで、より優れた電荷蓄積やキャリア移動度を実現するために、IL/固体界面のナノ構造の解明が期待されるが、従来技術では電気二重層の直接観察は困難であった。

本研究では、3次元走査型力顕微鏡 (3D-SFM) を用いて、イオン液体 (DEME-TFSI) / 金電極界面構造のバイアス電圧依存性を調べた。-2.8 V のバイアス電圧を印加した金電極上では、厚さ 3 nm 程度の固相吸着層が部分的に電極表面を覆っている様子が確認された (図 1(a))。3D-SFM 像の Z 断面からは (図 1(b))、金電極表面では 3~4 層の比較的厚い多層構造 (①) が形成されているのに対し、固相吸着層上では 1 層以下の薄い界面構造 (②) しか存在しないことが分かった。次に、バイアス電圧を +2.8 V に変化させると、この吸着層が計測領域全面を被覆するとともに、表面の凹凸が増大する様子が捉えられた (図 1(c))。3D-SFM 像の Z 断面からは (図 1(d))、この吸着層上には層状構造は形成されておらず、1 nm 程度の高さを持つ凸構造がまばらに形成されていることが分かった。以上の結果から、金電極上のイオン液体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 を用いた電子層制御技術の発展に大きく貢献できるものと期待される。

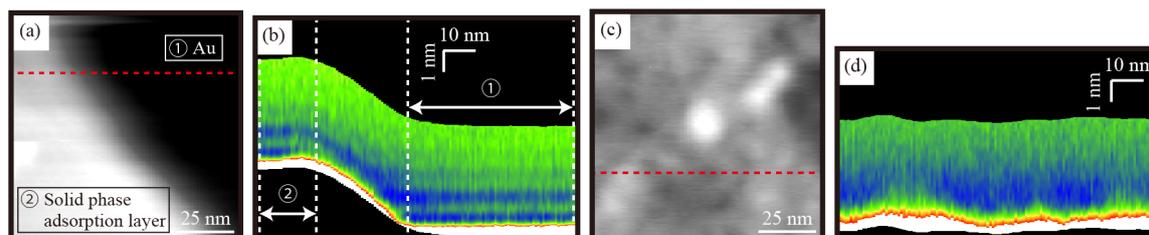


Fig.1: 3D-SFM imaging of DEME-TFSI/Au(111) interfaces. (a, c) 2D height images simultaneously obtained with the 3D images. (b, d) XZ slices of the 3D freq. shift images obtained along the red lines in (a) and (c). Bias voltage: -2.8 V for (a, b) and +2.8 V for (c, d).