

3D nano-ESCA による有機薄膜電界効果トランジスタの 動作環境下電子状態分析

Operando Analysis of Organic Field Effect Transistor by 3D nano-ESCA

北田祐太, 永村直佳 (東北大多元研), 堀場弘司 (KEK 物構研),
松井弘之, 鶴見淳人, 岡本敏宏, 竹谷純一 (東大新領域),
本間格 (東北大多元研), 尾嶋正治 (東大放射光機構)

Yuta Kitada, Naoka Nagamura (IMRAM, Tohoku Univ.), Koji Horiba (IMSS, KEK),
Hiroyuki Matsui, Junto Tsurumi, Toshihiro Okamoto, Jun-ichi Takeya (The Univ. of Tokyo),
Itaru Honma (IMRAM, Tohoku Univ.), Masaharu Oshima (SRRO, The Univ. of Tokyo).

【はじめに】有機化合物を用いた有機電子デバイスは、低環境負荷かつ軽量柔軟性に富み、無機デバイスと比較して簡便で安価な湿式プロセスで作製可能であるため、昨今新たな機能性分子合成とそのデバイス展開が進められている。中でも、有機電界効果トランジスタ(OFET)は、チャンネルに有機半導体薄膜を使用したFETであり、溶液プロセスで作製された有機単結晶薄膜を利用したOFETは高いキャリア移動度(10^{-16} cm²/V·s)を示している[1]。しかしながら、従来のシリコン半導体の移動度には及ばず、その原因と考えられている異種接合界面やチャンネル内の結晶粒界近傍の局所的な電子状態および化学状態の理解が不可欠である。そのため本研究では、Spring-8 軟X線ビームラインBL07LSUの3D-nanoESCA[2]を用いて、デバイス動作環境下でのナノ顕微軟X線光電子分光(Operando SPEM)を行った。

【実験方法】SiO₂ (200 nm) / Si (100)基板上にチャンネルとして、edge-casting 塗布法でおよそ 12 nm の 3,11-didecyldinaphtho[2,3-*d*:2',3'-*d'*]-benzo[1,2-*b*:4,5-*b'*] dithiophene (C10-DNBDT) [1],[3] (図1 (a))の単結晶薄膜を作製した。その有機薄膜上に金電極を蒸着したOFETデバイス(図1 (b))に関してゲート電圧印加条件下で測定を行った。また、半導体パラメータアナライザ(Agilent B1500A)を用いてFET特性の確認をしながら測定を行った。

【結果と考察】図2に、バックゲートに-30 Vの電圧を印加しながらC 1sコアレベルについてピンポイントXPS測定のラインスキャンを行った結果を示す。V_G=-30 Vのゲート電圧印加に伴い、チャンネル内のC 1sコアレベルの結合エネルギーがおよそ0.1 eV低エネルギー側へシフトしていることが確認された。このシフト量は、分光測定と同時に測定を行ったFETのI-V特性から予想される値とコンシステントであった[4]。当日の発表では装置の工夫点、および光電子分光とFET輸送特性の定量的な比較についても議論を行う。

【まとめ】3D-nanoESCAを用いた動作環境下での有機薄膜FETの顕微X線光電子分光を実現し、電界効果によるチャンネル内のホールドーブに対応した内殻スペクトルのシフトをOperandoで観測することに成功した。

【参考文献】[1] J. Soeda *et al.*, *App. Phys. Express*, **6**, 076503 (2013).

[2] K. Horiba *et al.*, *Rev. Sci. Instrum.*, **82**, 113701 (2011).

[3] C. Mitsui *et al.*, *Adv. Mater.*, **26**, 4546 (2014).

[4] N. Nagamura *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, submitted.

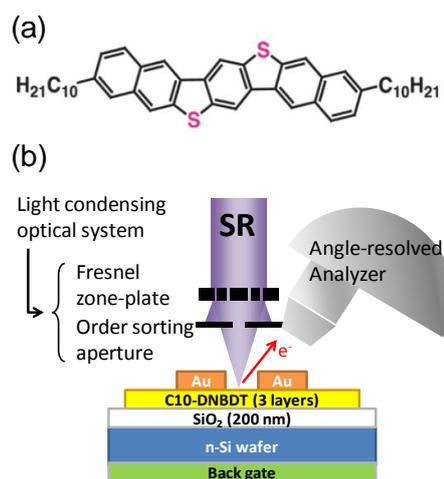


図1 (a) C10-DNBDT の分子構造
(b) 3D-nanoESCA を用いた OFET 測定の模式図

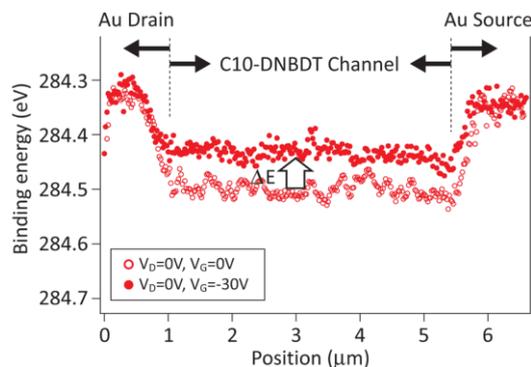


図2 C 1s の Binding Energy プロファイル