

走査型容量原子間力顕微鏡(SCFM)による 有機薄膜トランジスタのキャリア空乏領域評価

Visualization of depletion regions in organic thin-film transistors using scanning capacitance force microscopy(SCFM)

京大工, °横町 伝, 院南 皓一, 小林 圭, 山田 啓文

Dept. of Electronic Sci. & Eng., Kyoto Univ.,

°Tsutau Yokochi, Koichi Innami, Kei Kobayashi, Hirofumi Yamada

E-mail: yokochi@piezo.kuee.kyoto-u.ac.jp

近年、柔軟性や作製の容易さなどの観点から、有機薄膜トランジスタ (OTFT) に注目が集まっている。OTFT の電気特性は、金属電極-有機界面におけるキャリア注入障壁やキャリアトラップにより制限されることが多く、真の律速原因を明らかにするためには電極界面やチャンネル内におけるキャリア分布およびその動的挙動の評価が必要となる。われわれはこれまでにケルビンプローブ原子間力顕微鏡 (KFM) や走査型インピーダンス顕微鏡 (Scanning Impedance Microscopy: SIM) 等の手法を用いることで、動作中の OTFT の表面電位や注入障壁の評価を行ってきた[1]。今回、静電気力検出に基づいた容量顕微鏡である走査型容量原子間力顕微鏡 (Scanning Capacitance Force Microscopy: SCFM) [2]を用いて、OTFT における空乏層容量の検出、可視化を行うことで、OTFT チャンネル内のより詳細なキャリア挙動の可視化を試みたので、その結果について報告する。

本研究では、活性層としてペンタセン $C_{22}H_{14}$ (膜厚 20 nm) を用いたボトムゲート・ボトムコンタクト型 OTFT を対象に、KFM と SCFM の同時測定を行った。カンチレバーは導電性コート Si カンチレバー (1 次共振: $f_1 = 24.6$ kHz, 2 次共振: $f_2 = 154.3$ kHz) を用いた。真空中で周波数変調 AFM により表面形状を取得し (Fig. 1(a))、同時に変調周波数 $f_{ac}^{KFM} = 1$ kHz の変調電圧 ($2 V_{p-p}$) を探針に印加し、KFM により表面電位を取得した (Fig. 1(b))。さらにこれと同時に変調周波数 $f_{ac}^{SCFM} = 51.44$ kHz ($= f_2/3$) の変調電圧 ($3V_{p-p}$) を探針電圧に重畳し、カンチレバーの変位信号に含まれる $3f_{ac}^{SCFM}$ ($= f_2$) 成分の振幅を SCFM 信号として画像化した (Fig. 1(c))。ただし、ドレイン-ソース間電圧 $V_{ds} = 0$ V, ゲート電圧 $V_{gs} = 0$ V とした。KFM 像 (Fig. 1(b)) では、いずれの電極間にも電圧が印加されていないためほぼ一様な表面電位分布が確認された。一方、SCFM 像 (Fig. 1(c)) においていくつかの輝点が確認された。これらの領域は変調電圧によりキャリアの蓄積-排出が繰り返されて探針-試料間容量が変調された空乏領域に対応していると考えられる。講演ではチャンネルを ON/OFF させた状態における KFM/SCFM 評価結果を示し、SCFM によるキャリア空乏領域評価の応用可能性について議論する。

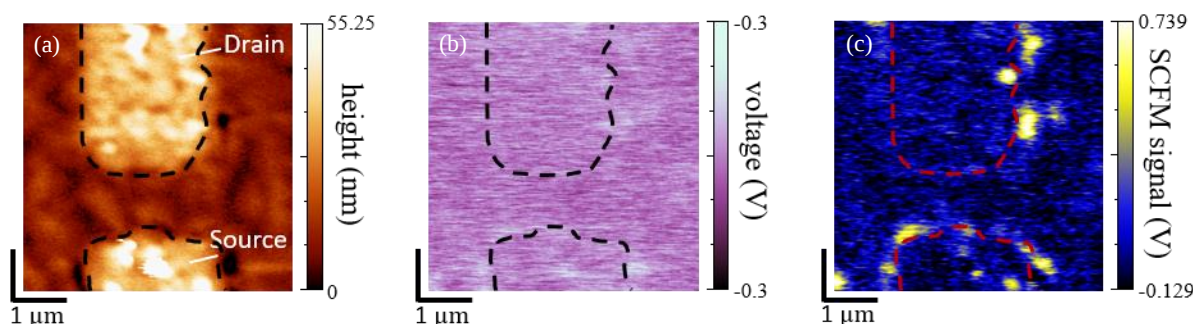


Fig.1: (a)ペンタセン OTFT の表面形状像と $V_{ds}=0$ V, $V_{gs}=0$ V の場合の (b) KFM 像と (c) SCFM 振幅像 (点線はソース/ドレイン電極の端を示す)

[1] T. Kimura, K. Kobayashi, and H. Yamada, *Org. Electron.* **38**, 74 (2016).

[2] K. Kobayashi, H. Yamada, and K. Matsushige, *Appl. Phys. Lett.* **81**, 2629 (2002).