

静電気力顕微鏡を用いた時間分解表面電位計測による 有機薄膜トランジスタにおけるキャリア挙動可視化

Investigation of carrier dynamics in organic thin-film transistors

by time-resolved surface potential mapping using electrostatic force microscopy

京大工 院南 皓一, 小林 圭, 山田 啓文

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

°Kouichi Innami, Kei Kobayashi, Hirofumi Yamada

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

【背景】軽量性・柔軟性といった利点を有する有機薄膜トランジスタ (OTFT) 等の有機デバイスの高性能化のためには、微視的スケールでの有機薄膜へのキャリア注入・排出機構の解明が必要不可欠である。われわれは時間分解静電気力顕微鏡 (tr-EFM) を用いて OTFT におけるキャリアの過渡応答の可視化に取り組んできた^[1]。静電気力由来の周波数シフトは探針-試料間の接触電位差の2乗に比例するため、tr-EFM からは表面電位の極性すら推定できないが、複数の探針バイアス条件で tr-EFM 測定を行い、各時間における周波数シフト-探針バイアス特性を2次関数フィッティングすることで各時間における表面電位を定量推定できることを報告した^[2]。今回は OTFT チャンネルにおける表面電位の時間変化を可視化に成功したので、その結果について報告する。

【実験と結果】測定試料にはペンタセン薄膜を活性層に使用したボトムコンタクト型 OTFT と、DNTT 薄膜を活性層に使用したトップコンタクト型 OTFT を使用した (Fig. 1(a), Fig.2(b))。ソース電極およびドレイン電極を接地した状態でゲート電極に波高20 V, 幅 1.5 ms の電圧パルスを印加したときのカンチレバーの共振周波数の時間変化を計測した (tr-EFM)。ただし、探針のバイアス条件を $V_{tip} = -21, -18, -15, \dots, -3, 0, 3, \dots, 18, 21$ V の15通りに設定し、同一ピクセルにおける表面電位の時間変化を算出した。測定で得られた結果から、チャンネル上ではゲート電圧パルスを印加した直後は負の電位シフトのピークが現れて減衰していき、電圧パルスが0 Vに戻った後からは正の電位シフトのピークが現れて減衰していく傾向が得られた。正電位シフトのピークの減衰時間に指数関数フィッティングにより緩和時定数を計算し、マッピングしたものを Fig. 1(b), Fig2.(b)に示す。ボトムコンタクト型 OTFT では電極周辺で時定数が大きくなっており、逆にトップコンタクト型 OTFT では電極近辺で時定数が小さくなっている傾向が得られた。講演では傾向の違いの原因について議論する。

[1] 山岸 他, 第 63 回応用物理学会春季学術講演会, 20a-W631-7 (2016).

[2] 院南 他, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 18a-143-9 (2018).

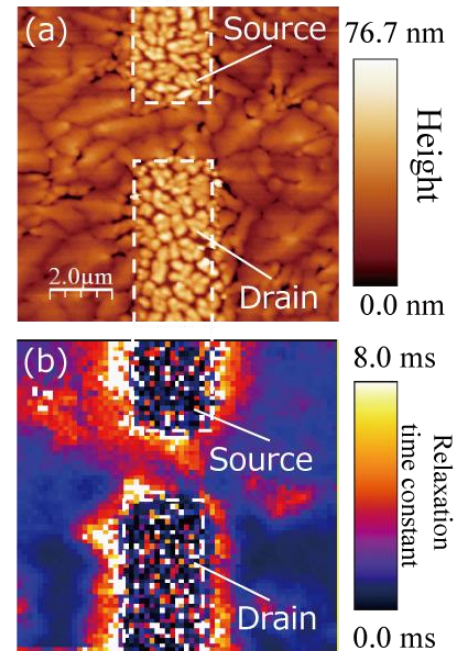


Fig.1: Pentacene OTFT (bottom contact).
(a):topography, (b):time constant map of hole ejection..

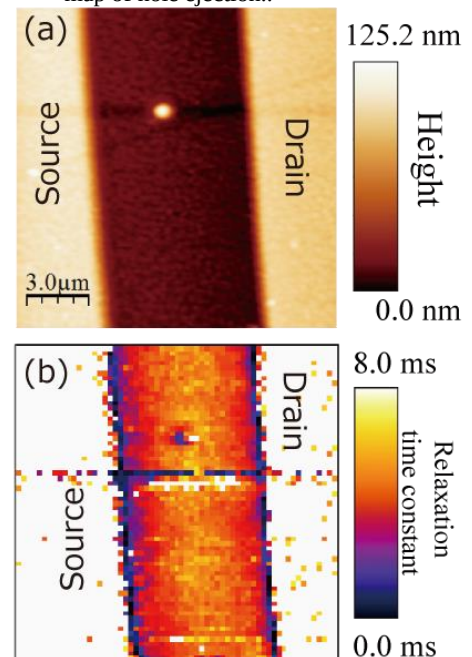


Fig.2: DNTT OTFT (top contact).
(a):topography, (b):time constant map of hole ejection..