

バイアス変調を用いない時間分解Kelvinプローブ力顕微鏡による 有機薄膜トランジスタにおけるキャリア挙動可視化 (2)

Investigation of carrier dynamics in organic thin-film transistors

by time-resolved Kelvin-probe force microscopy without voltage modulation (2)

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]。tr-EFM はバイアス変調を用いない場合、Kelvinプローブ力顕微鏡 (tr-KFM) より時間分解能が高いが、表面電位の定量性が失われるという欠点を有している。われわれは静電気力 (周波数シフト) が探針-試料間の接触電位差の2乗に比例することに着目し、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-探針バイアス特性の二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オープンループ tr-KFM 法を報告した^[2]。前回の報告では位相同期ループ回路 (PLL) を用いて周波数シフト検出を行ったが、今回は時間分解能の一層の向上が期待できる瞬時周波数法^[3]を用いて OTFT の表面電位変化を可視化したので、その結果について報告する。

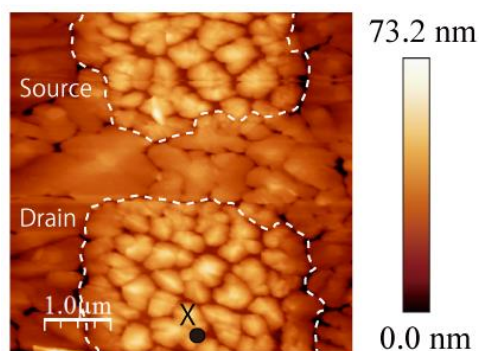
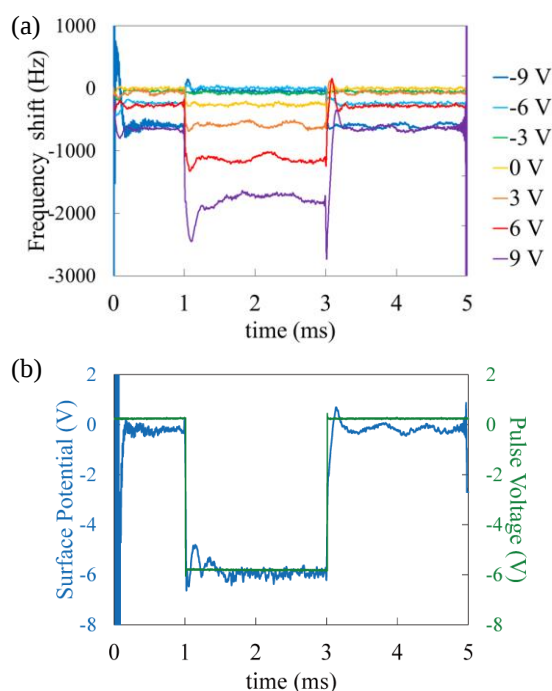


Fig.1: Topography of a pentacene OTFT.

【実験と結果】測定試料にはペンタセン薄膜 (膜厚 20 nm) を活性層に使用したボトムゲート・ボトムコンタクト型 OTFT を使用した (Fig. 1)。ソース電極およびゲート電極を接地した状態でドレイン電極に波高-6 V, 幅 2 ms の電圧パルスを印加し、ドレイン電極上の点 X において探針のバイアス条件を $V_{tip} = -9, -6, -3, 0, 3, 6, 9$ V の 7 通りに設定し、カンチレバーの振動波形を記録した。振動波形から数値計算によって求めた各探針バイアスにおける共振周波数シフトの時間変化を Fig. 2(a)に示した。各時間の周波数シフトは V_{tip} を変数とする二次関数となるため、フィッティングにより周波数シフトが最小となる $V_{tip} = V_{min}$ を求めると、 V_{min} がその時間における表面電位となる。Fig. 2(a) の周波数シフトから算出した表面電位の時間変化を Fig. 2(b)に示す。ドレイン電極に印加したパルス波形が再現されていることが分かる。



point X. (b) Surface potential variation as a function of time recovered by parabolic curve fitting of the data presented in (a), shown with the applied pulse waveform.

[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 65 回応用物理学会春季学術講演会, 6a-A504-7 (2017).