

時間分解静電気力顕微鏡による 有機薄膜トランジスタのキャリアダイナミクスの可視化 Visualization of Carrier Dynamics in Organic Thin-film Transistors by Time-resolved Electrostatic Force Microscopy

○山岸 裕史¹, 木村 知玄¹, 小林 圭^{1,2}, 野田 啓³, 山田 啓文¹ (1.京大工、2.京大白眉セ、3.慶應大理工)

○Yuji Yamagishi¹, Tomoharu Kimura¹, Kei Kobayashi^{1,2}, Kei Noda³, Hirofumi Yamada¹

(1.Dept. of Electronic Sci. & Eng., Kyoto Univ. 2. The Hakubi Center for Adv. Res., Kyoto Univ.

3. Dept. of Electronics & Electrical Eng., Keio Univ.)

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

[はじめに] 有機薄膜におけるキャリアの注入・蓄積・輸送などのダイナミクスを微視的なスケールで明らかにすることは、有機薄膜トランジスタ (OTFT) をはじめとする有機デバイスの高性能化のために重要である。前回の講演では、ケルビンプローブ原子間力顕微鏡を用いて有機薄膜内のキャリア分布の時間変化を可視化する手法を提案した^[1]。今回、キャリア分布の時間発展をさらに高時間分解能 ($\sim 3 \mu\text{s}$) で観察可能な静電気力顕微鏡 (時間分解 EFM) を開発し、ジナフトチエノチオフェン (DNNT) 薄膜における正孔の拡散過程の可視化を行ったのでここに報告する。

[実験と結果] DNNT を活性層とするトップコンタクト型 OTFT (チャネル長 $5 \mu\text{m}$) を測定対象として用いた (図 1(a))。まず、ソース・ドレインを接地した状態で、測定領域の各ピクセル上でパルス電圧 (バックゲートに対して高さ -15 V 、幅 5 ms) を加え、各点で探針変位の時間応答信号を記録した。この時間応答信号をヒルベルト変換することで解析信号を求め、得られた解析

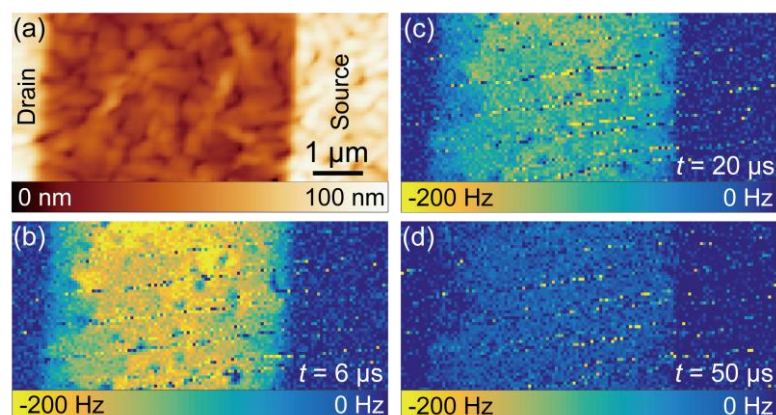


図 1 (a) DNNT-OTFT のチャネル近傍の表面形状像。 (b)-(d) DNNT 薄膜での正孔の拡散過程を可視化した時間分解 EFM 像。それぞれパルス電圧ターンオフ後 $6 \mu\text{s}$, $20 \mu\text{s}$, $50 \mu\text{s}$ 経過時の瞬時周波数シフトのマップに対応。

信号から瞬時周波数の時間変化を算出した。これによって、任意の時刻での各ピクセル上の瞬時周波数、つまり瞬時周波数シフトを画像として再構成することができる (時間分解 EFM)。パルス電圧のターンオフ後 $6 \mu\text{s}$, $20 \mu\text{s}$, $50 \mu\text{s}$ 経過時の時間分解 EFM 像を図 1(b)-(d) に示す。チャネル領域において瞬時周波数シフトは空間的に不均一であり、時間経過と共に減衰していく様子が観察された。これはパルス電圧の印加によってチャネル内に蓄積された正孔がソース・ドレインへと拡散する過程に対応している。またチャネル領域におけるコントラスト変化の詳細な解析から、特定の高抵抗なグレイン境界が正孔の拡散過程を律速している様子が明らかになった。

[1] 山岸 他, 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会, 15a-2N-2 (2015)