

3 端子容量-電圧測定で調べたペンタセン有機電界効果トランジスタの チャンネル形成過程 : Gradual Channel Approximation の検証

Channel Formation Process in Pentacene-based Field-Effect Transistors

Investigated by Three-Terminal Capacitance-Voltage Measurement:

Examination of Gradual Channel Approximation model

千葉大院融合¹, 千葉大先進², アウグスブルク大³

○田中 有弥¹, 野口 裕^{1,2}, Wolfgang Brütting³, 石井 久夫^{1,2}

Chiba Univ.¹, Univ. of Augsburg² ○Yuya Tanaka¹, Yutaka Noguchi¹,

Wolfgang Brütting², Hisao Ishii¹

E-mail: ishii130@faculty.chiba-u.jp

【序論】 有機電界効果トランジスタ (OFETs) 内のキャリアの挙動を評価するためには、素子の静電容量 (C) の印加電圧 (V) 依存性を調べるのが重要である。我々は Fig. 1(a) の挿入図に示すように、ドレイン電圧 (V_{DS}) を供給するための回路を測定系に組み込み、 $C-V$ 測定を 3 端子測定法へと改良し、素子動作状態におけるキャリアの蓄積過程を評価する手法を提案している [1]。本手法はキャリアのチャンネル部への注入・蓄積過程を観測することができる。本研究では、3 端子 $C-V$ 測定結果を積分することで得られる注入電荷量 (Q) の電圧依存性に着目し、OFET の性能評価に使用されている Gradual Channel Approximation (GCA) の妥当性を調べたので報告する。

【実験】 実験に用いた素子の構造は Au (100 nm)/pentacene (100 nm)/C₄₄H₉₀; TTC (30 nm)/SiO₂ (300 nm)/p⁺-Si [inset in Figs. 1(a)] である。

【結果】 Figure 1(a) に、3 端子 $C-V$ 測定結果を積分して得られる Q のゲート電圧 (V_{GS}) 依存性を示す。まず $V_{DS} = 0$ の場合は、 Q が V_{GS} に対して線形に増加する (Slope: ≈ 2.97 nC/V)。この傾きは絶縁層の C と一致しており、 $Q = CV_{GS}$ に従い OFET 絶縁層が充電されている過程を示している。 V_{DS} を印加すると、低 V_{GS} 領域で Q は傾き (Slope: ≈ 0.046 nC/V) で緩やかに増加し、その領域は V_{DS} を負側に大きくするにつれて広がる。この傾きはチャンネル部の C (≈ 0.036 nF) とほぼ一致していることから、チャンネル部へのキャリアの充電過程を示している。 V_{GS} をさらに負側に掃引すると $V_{DS} = 0$ 時の傾きと一致し、この電圧領域では絶縁層全体がコンデンサとして寄与している。

さらに詳細に蓄積過程を調べるために、 $V_{GS} = -10, -20, -30, -40$ V 時の Q を抽出し、 V_{DS} の関数としてプロットした。結果を Fig. 1(b) に示す。縦軸は $V_{DS} = 0$ 時の電荷量 (Q_0) で規格化してあり、また図中の実線は対応する V_{GS} の出力 ($I_{DS}-V_{DS}$) 特性を示している。 $V_{GS} = -20$ V の場合は、 Q は V_{DS} を負側に大きくするにつれて一次関数的に減少する。これは V_{GS} により注入したホールが、負の V_{DS} によって電極から放出されていることを示しており、線形領域に対応している。次に $V_{DS} < -20$ V の領域では、 Q は V_{DS} に依存せず一定値となる。この結果はピンチオフが生じ、チャンネル部の蓄積電荷量が飽和したことを示している。つまりこの領域は飽和領域である。線形領域と飽和領域の交点から、各 V_{GS} 印加時のピンチオフ電圧を算出できる [V_{PO} ; Fig. 1(b) の縦棒]。また図中の \times 印は $V_{DS} = V_{PO}$ 時の $I_{DS}(V_{PO})$ を示している。 V_{PO} は V_{GS} に対して線形に減少し、 $I_{DS}(V_{PO})$ は二次関数的に増加している。これは GCA で成立すべき式を満たしていることから、この素子は GCA モデルが成立していることを示している。

一方 TTC を有しないペンタセン FET においては GCA モデルが成立しないこともわかった (図は割愛)。本公演では両素子の違いや TTC 層の挿入効果も含めて議論を行う予定である。

本研究は、日本学術振興会の最先端研究開発支援プログラムにより、助成を受けたものである。

[1] Y. Tanaka *et al.*, Mater. Res. Soc. Symp. Proc., **1287**, 45 (2011).

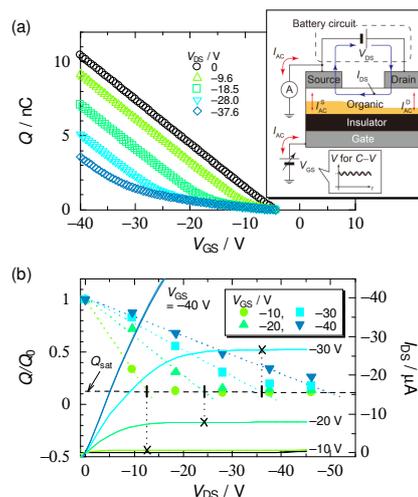


Fig. 1(a) $Q-V_{GS}$ relationships obtained by the integral of $C-V_{GS}$ curves of three-terminal IS, inset shows the measurement setup. (b) $Q-V_{DS}$ relationships of various V_{GS} obtained from Fig. 1 (a). Solid lines indicate the output curves of corresponding V_{GS} .