

## 有機単結晶トランジスタの動的応答の理解と高速動作化

### Understandings of dynamic responses in organic single-crystal field-effect transistors towards high frequency operation

東大院新領域<sup>1</sup>, OPERANDO-OIL<sup>2</sup>, JST さきがけ<sup>3</sup>, 物材機構<sup>4</sup>, ○澤田 大輝<sup>1</sup>, 山村 祥史<sup>1,2</sup>,

佐々木 真理<sup>1</sup>, 岡本 敏宏<sup>1,2,3</sup>, 渡邊 峻一郎<sup>1,2</sup>, 竹谷 純一<sup>1,2,4</sup>

Univ. of Tokyo<sup>1</sup>, OPERANDO-OIL<sup>2</sup>, JST-PRESTO<sup>3</sup>, NIMS<sup>4</sup>,

○Taiki Sawada<sup>1</sup>, Akifumi Yamamura<sup>1,2</sup>, Mari Sasaki<sup>1</sup>,

Toshihiro Okamoto<sup>1,2,3</sup>, Shun Watanabe<sup>1,2</sup>, Jun Takeya<sup>1,2,4</sup>

E-mail: sawada-taiki518@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

IoT デバイスの開発において、有機電界効果トランジスタ (OFET) の高周波応答特性は非常に重要である。これまで OFET の動作限界である遮断周波数 ( $f_T$ ) を向上させる研究では、チャンネル長の短縮、および接触抵抗の低減による有効移動度の上昇というアプローチがなされてきた。[1,2] 一方、OFET のさらなる高周波応答を実現するためには、短チャンネルデバイスにて、 $f_T$  などの動的特性と静的な実効移動度を系統的に調査する必要がある。

本研究では、 $10 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$  を超える移動度を有する  $\text{C}_9\text{-DNBDT-NW}$  の 2 分子層単結晶を用いて、チャンネル長やゲートオーバーラップ長の異なる複数の OFET を作製した。Transmission Line Measurement (TLM) 法により接触抵抗、固有移動度 ( $\mu_{\text{int}}$ )、及び transfer length ( $L_T$ ) を算出した。また、ネットワークアナライザを用いて  $f_T$  の測定を行ったのち、遮断周波数を決定する上で重要となる面積次元の因子 (areal factor) を新たに導入し、動的・静的特性の整合性を評価した。

areal factor  $(2/3L+2L_C)\{L+2L_T\coth(L_C/L_T)\}$  (単位:  $\mu\text{m}^2$ ) を導入することで、遮断周波数 ( $f_T$ ) は TLM 法で算出できる静的パラメータ  $L_T$  及び  $\mu_{\text{int}}$  を用いて以下のように書き表せる。

$$f_T = \frac{\mu_{\text{int}}|V_G - V_{\text{th}}|}{2\pi(2/3L + 2L_C)(L + 2L_T \coth(L_C/L_T))} \quad (1)$$

Fig. 1a は areal factor に対する  $f_T$  の実測値のプロットである。このプロットが TLM で算出された固有移動度 ( $\mu_{\text{int}} = 10.7 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ) を表す直線上にあることより、(1)式を用いて静的特性のパラメータから動的特性が予測できることを示した。また同素子、 $L = 1.5 \mu\text{m}$  及び  $L_C = 1 \mu\text{m}$  の OFET において、45 MHz という高い遮断周波数を記録した (Fig. 1b)。[3] このように静的特性と動的特性の対応を示した今回のモデルは、カットオフ周波数の向上のみならず、OFET を用いた集積回路全般における設計指針となることが期待される。

[1] A. Yamamura *et al.*, *Sci. Adv.* **4**, eaao5758 (2018). [2] H. Klauk *Adv. Electron. Mater.* **4**, 1700474 (2018).

[3] T. Sawada *et al.*, *Nat. Commun.* **11**, 4839 (2020).

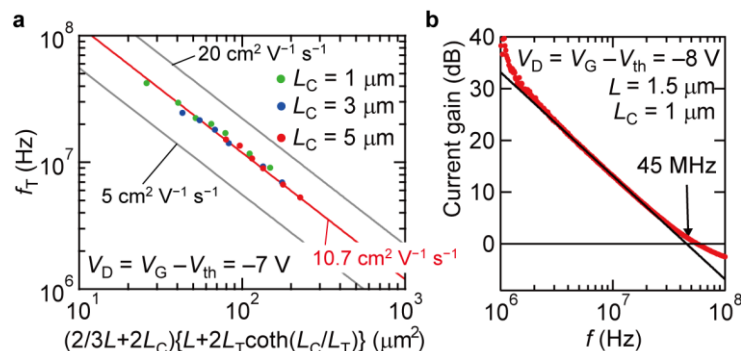


Fig. 1 a) Dependence of  $f_T$  on the OFET areal factor. The red line represents data with  $\mu_{\text{int}} = 10.7 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ . b) Dependence of the current gain on frequency ( $f$ ) for the OFET with  $L = 1.5 \mu\text{m}$  and  $L_C = 1 \mu\text{m}$ .