

ギャップ内準位による有機トランジスタのターンオン電圧制御 Controlling Turn-on Voltage of Organic Transistors by Introducing Gap States

山形大 ROEL ○松井 弘之, 時任 静士

ROEL, Yamagata Univ. ○Hiroyuki Matsui, Shizuo Tokito

E-mail: h-matsui@yz.yamagata-u.ac.jp

シリコン MOSFET では予め反対極性のキャリアをドーピングした不純物半導体をチャネルとして用いる (Fig. 1a) のに対し、有機トランジスタ (OFET) においては一般に真性半導体 (Fig. 1b) が用いられる。従って、OFET のターンオン電圧 V_{ON} は、主にチャネルゲート電極間の仕事関数差およびチャネル中のギャップ内準位によって決定される。これまで、ギャップ内準位は OFET 特性を劣化させるものと考えられ、専らその密度を低減することに注力されてきた。そのようなアプローチは移動度やサブスレッショルドスロープ SS を向上させる一方で、多くの場合に OFET をノーマリオン (デプレッション型) へと変化させ、集積回路応用に支障をきたす。そこで本研究では、単にギャップ内準位を減らすのではなく、ギャップ内準位を適切な分布 (Fig. 1c) に制御することを目的として、デバイスシミュレーションおよび共蒸着によるギャップ内準位導入の実験結果^[1]を元に検討したので報告する。

デバイスシミュレーションは有限要素法に基づくソフトウェア COMSOL Multiphysics の数学モジュールを用いて行った。ギャップ内のエネルギー状態密度を $D(E) = D_1 \exp(-E/0.05 \text{ eV}) + D_2 \delta(E - E_T)$ のような指数関数と δ 関数でモデル化し、 δ 関数型ギャップ内準位のエネルギー E_T に対する伝達特性の依存性を調べた (Fig. 2)。その結果、 E_T が約 0.7 eV 以上の場合において、実効移動度や SS を劣化させることなく、 V_{ON} と V_{TH} をシフトさせられることが示唆された。Fig. 3 には、共蒸着によりチャネル層として DNTT (HOMO = -5.18 eV) に DBTTF (HOMO = -4.70 eV) を微量ドーピングしたときの伝達特性の変化^[1]を示した。DBTTF 濃度が 0.09% のときには、実効移動度が 26% 低下したものの、 V_{TH} と V_{ON} はそれぞれ -15 V と -28 V シフトした。このとき、電界誘起電子スピン共鳴 (FI-ESR) 測定により、DBTTF 分子は相分離することなく DNTT 結晶中に分散していることが分かっている。今後はより V_{ON} 制御に適した分子種の組み合わせを探索するとともに、ウェットプロセスへと展開していく予定である。

[1] 高橋、松井、瀧宮、長谷川、第 72 回応用物理学会学術講演会 1a-R-6 (2011)。

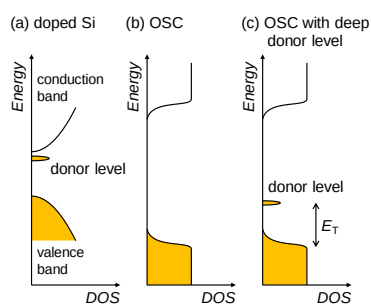


Fig. 1 Density of states in (a) doped Si, (b) pure organic semiconductor (OSC) and (c) OSC with a deep donor level.

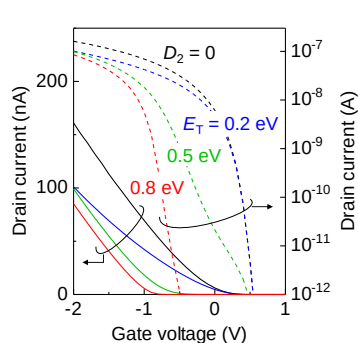


Fig. 2 Simulated transfer characteristics with gap states at different energy levels.

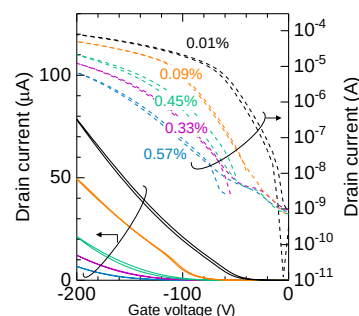


Fig. 3 Experimental transfer characteristics of DNTT:DBTTF transistors at different DBTTF concentrations.