

dual-gate および tri-gate 構造を用いた印刷型有機トランジスタの 閾値電圧制御

Controlling Threshold Voltage of Printed Organic Transistors with dual-gate and tri-gate Structures

山形大 ROEL¹, 東ソー(株)² ○(M1)和田 英樹¹, 塩飽 黎^{1,2}, 福田 貴², 時任 静士¹, 松井 弘之¹

Research Center for Organic Electronics (ROEL), Yamagata University¹, Tosoh Corporation²

○Hideki Wada¹, Rei Shiwaku^{1,2}, Takashi Fukuda², Shizuo Tokito¹, Hiroyuki Matsui¹

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

【はじめに】有機トランジスタを集積回路に応用する際、その回路の目的に合わせてゲート閾値電圧を適切に制御することが重要である。SiO₂ 絶縁膜表面の自己組織化単分子膜 (SAM) 処理によって閾値電圧が制御可能であることは広く知られるが、塗布法による高分子絶縁膜に適用可能な閾値電圧制御技術についてはまだ課題が多い。本研究では、印刷型有機トランジスタに適用可能な閾値電圧制御技術として、不純物ドーピング、dual-gate 構造、および tri-gate 構造^[1]の三つを詳細に比較検討した。その結果、tri-gate 構造は他の方法に比べて移動度やサブスレッショルド特性を一定に保ったまま閾値を制御可能であり、かつ制御範囲が広いという利点を有することが分かった。

【実験方法】Tri-gate 構造の素子の断面図を Fig. 1 に示す。PEN フィルム上に下地層として架橋ポリビニルフェノールをスピコートし、ボトムゲート電極 (BG) をインクジェット印刷した後、絶縁層として厚さ 150 nm のパリレンを CVD 法により成膜した。次にフローティングゲート (FG) を印刷し、再びパリレンを 150 nm 成膜した。続けて、ソース、ドレインおよびトップゲート (TG) 電極を印刷した後、ペンタフルオロベンゼンチオールによる電極表面修飾を行った。最後に p 型有機半導体 DTBBDT-C6 を印刷により成膜した。電極は全て銀ナノ粒子インク (NPS-JL、ハリマ化成) をインクジェット印刷装置 (DMP-2831、FUJIFILM) を用いて作製した。

【結果と考察】作製した tri-gate 構造素子の伝達特性を Fig. 2 に示す。トップゲート電圧を一定に保ち、ボトムゲート電圧を掃引したところ、トップゲート電圧に応じて閾値電圧が 3.4 ~ -2.6 V の幅広い範囲で変化した。その時、移動度とサブスレッショルド特性は Fig. 3 に示すようにほぼ一定であった。一方で dual-gate 構造素子において同様の測定を行った場合には、閾値電圧のみならず移動度やサブスレッショルド特性、およびオフ電流にも大きな変化が見られた。これは、tri-gate 構造が静電結合を利用してフローティングゲート電圧を変化させているのに対し、dual-gate 構造では上下のゲートによってチャンネル内のキャリア密度分布を直接制御しているためと考えられる。

【謝辞】本研究で用いた p 型有機半導体 DTBBDT-C6 は東ソー株式会社からご提供いただいた。

[1] S. Lee *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **56**, 04CL01 (2017).

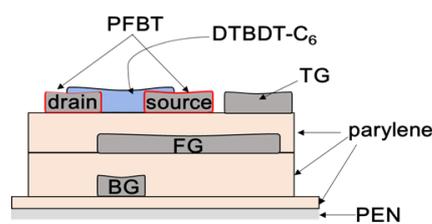


Fig. 1 Device structure of tri-gate organic transistors

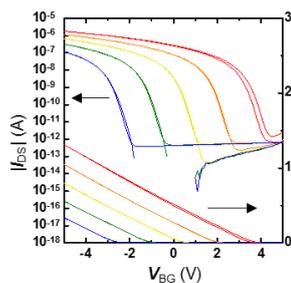


Fig. 2 Transfer characteristics of tri-gate organic transistors

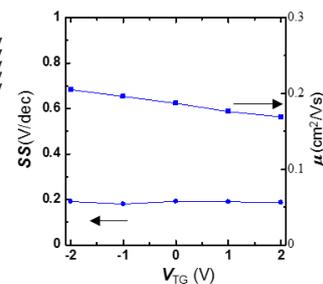


Fig. 3 Dependence of sub-threshold swing and mobility on top gate voltage.