

電解質ゲート型有機電界効果トランジスタの閾値電圧制御

Control of the Threshold Voltage in an Electrolyte-gated Organic Field-effect Transistor

東大生研¹, 学振PD² ○(P)南木 創^{1,2}, 相子 美智雄¹, 南 豪¹

IIS, Univ. of Tokyo¹, JSPS PD², °Tsukuru Minamiki^{1,2}, Michio Aiko¹, Tsuyoshi Minami¹

E-mail: tsukuru@iis.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】 電解質ゲート型有機電界効果トランジスタ (EGOFET) は、電解質物質の分極によって形成される電気二重層 (EDL) に由来し、超高電界に基づく優れた低電圧駆動性を示す¹。その特徴から、EGOFET を基本単位とする電子回路によって、エネルギー消費量の小さな電子デバイスの実現が期待できる。電子回路の特性は、構成する各トランジスタの閾値電圧に強く影響されることから²、EGOFET の実践的応用には簡便な閾値電圧制御法の確立が重要となる。我々は、EGOFET の閾値電圧が、適用する電解質種 (カチオン) の系統的変化に対応して制御され得ることを見出したので報告する。

【実験】 本研究では、閾値電圧の制御性評価に注力するため、サイドゲート構造を採用してデバイス構造の簡略化を図った。ガラス基板上にソース・ドレイン・ゲートとなる金電極を形成した後、有機半導体隔壁および電極封止層となるフッ素樹脂 (Cytop[®]) をスピンドコート成膜した。なお、チャンネル・ゲート部の開口処理は酸素プラズマエッチングによっておこなった。電解質媒体中において安定した電気特性を得るため、半導体層には π 共役高分子 (PBTtT) を用いた。電解質種には、アルキル鎖長が異なる第4級アンモニウムブロミド (TAABr) を種々用いることで、カチオン種の分子構造の違いに起因した閾値電圧依存性を評価した (Fig. 1b)。なお、電解質濃度は全て 10 mM とし、媒体には HEPES 緩衝水溶液 (100 mM, pH 7.4) を用いた。

【結果・考察】 添加した TAABr のアルキル鎖が長くなるにつれ、EGOFET の伝達特性および閾値電圧が負方向にシフトする結果が観測された (Fig. 1c)。当該変化は、カチオンの分子サイズ変化に伴う EDL の静電容量変化³が、トランジスタゲート部におけるフラットバンド電圧の変位を誘発したことが要因と考えられる。なお、本系で用いたカチオン種群においては、最大 0.3 V 程度の閾値電圧の変化が観測された (Fig. 1c)。カチオンの化学的性質に由来した本現象は、デバイス中に導入する電解質種を変えるだけでEGOFETの電気特性を調節可能であることを示唆している。この結果は、従来の制御手法²と比べ簡便かつ自在なアプローチを提示し、EGOFET に基づく多彩な電子回路の実現に向けた重要な知見と言える。その詳細を当日報告する。

[1] J. Rivnay *et al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **113**, 12017 (2016). [2] M. Berggren *et al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **109**, 8394 (2012). [3] K. Kim *et al.*, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **16**, 15146 (2014).

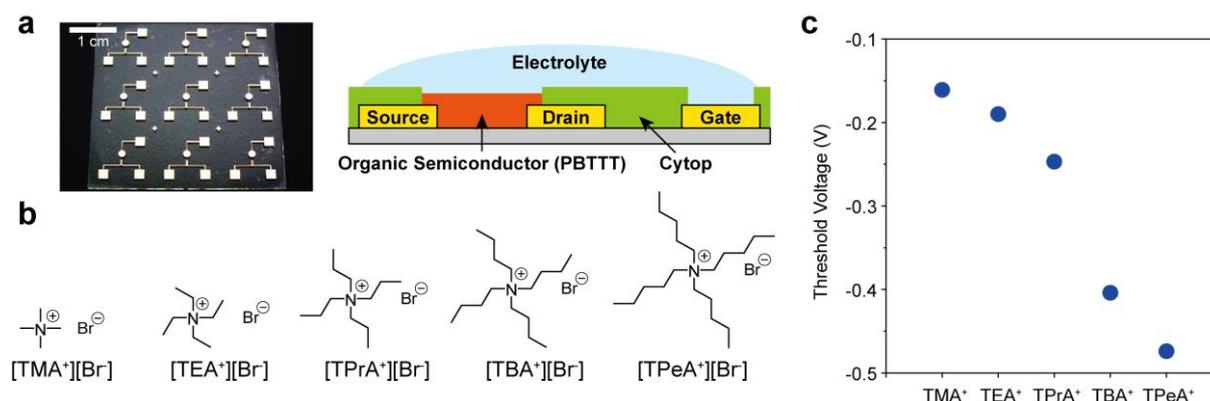


Fig. 1 (a) A photograph of the electrolyte-gated organic transistor (9 devices on the photograph) and its schematic structure. (b) Chemical structures of TAABr. (c) Threshold voltage dependence on TAA⁺.