

低電圧駆動有機電界効果トランジスタの閾値電圧制御

Control of threshold voltage in a low-voltage operation organic field effect transistor

北陸先端大 先端科学技術 ○阿部 泰之, 酒井 平祐, 村田 英幸

JAIST, °Yasuyuki Abe, Heisuke Sakai, Hideyuki Murata

E-mail: @murata-h@jaist.ac.jp

【はじめに】有機電界効果トランジスタ (Organic Field Effect Transistor, OFET)は溶液プロセスの適用による低コスト化や大面積電子デバイスの実現に向けて研究が盛んに進められている。これまでに 6,13-bis(triisopropylsilyl)ethynyl-pentacene (TIPS-pentacene) と Polystyrene (PS)を半導体層に用いることでゲート電圧 (V_G) -5 V、ドレイン電圧 (V_D) -5 V の低電圧で駆動する OFET が報告されている^{[1][2]}。この OFET をメモリ^[3]やインバータ回路^[4]へと応用するためには閾値電圧 (V_{th})を制御する技術の確立が必要である。本研究では poly(vinyl cinnamate) (PVCN)と SiO₂を用いた二層絶縁層構造を用い、PVCN 層にホールをトラップさせることで低電圧駆動 OFET における V_{th} の制御を実現したので報告する。

【実験方法】ホールをトラップさせるための電荷保持層として PVCN を Si/SiO₂ (400 nm)基板上にスピコート法により成膜し二層絶縁層とした。その後、UV 照射によって PVCN を架橋し、140 °C で 1 時間熱処理した。次いで、ソース/ドレイン電極として Ag (50 nm)を PVCN 膜の上に真空蒸着した。Ag 電極を Pentafluorobenzenethiol で表面処理した後、TIPS-pentacene: PS 混合溶液をスピコート法により成膜し、半導体層とした (Fig. 1)。PVCN 層にホールをトラップさせるために OFET のゲート電極にプログラミング電圧 (V_{pro}) として -10 V から -50 V まで -5 V 刻みで 3 秒間印加した。この時ソース/ドレイン電極は接地した。各プログラミング電圧を印加後直ちに伝達特性を測定し、各プログラミング条件に対する初期特性の V_{th} からのシフト量 (ΔV_{th})を算出した。

【結果と考察】Fig. 1 に初期特性および素子構造を示す。初期特性において ON/OFF 比 8.37×10^7 、移動度 $0.10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、サブスレッショルドスイング (SS) 値 0.11 V/dec 、 V_{th} -0.59 V であった。また V_D は -5 V と絶縁層に Polyvinylalcohol を用いた先行研究^[1]と同様の値が得られ、PVCN/SiO₂ 二層絶縁層を用いた OFET でも低電圧駆動することが明らかになった。Fig. 2 に $V_{pro} - \Delta V_{th}$ 特性を示す。この素子に対して V_{pro} を -10

V から -50 V の条件で印加したところ V_{th} は負電圧方向へシフトし、 $V_{pro} = -50 \text{ V}$ の条件で ΔV_{th} が -0.59 V となった。これらの結果より PVCN/SiO₂ 二層絶縁層を用いることで低電圧駆動 OFET での V_{th} シフトが可能であることが明らかになった。

【まとめ】本研究では閾値制御可能な低電圧駆動 OFET を作製した。駆動電圧 5 V を実現するとともに V_{th} を 0.5 V 以上シフトさせることに成功した。

【参考文献】

- [1] L. Feng. *et al.*, IEEE Electron Device Lett., **34**, 129 (2013)
- [2] Y. Tsuji. *et al.*, Appl. Phys. Exp., **10**, 021601 (2017)
- [3] C. M. Tran. *et al.*, The 64th JSAP Spring Meeting 17p-302-11
- [4] T. T. Dao, *et al.*, ACS Appl. Mater. Interfaces, **8**, 28, 18249-18255 (2016)

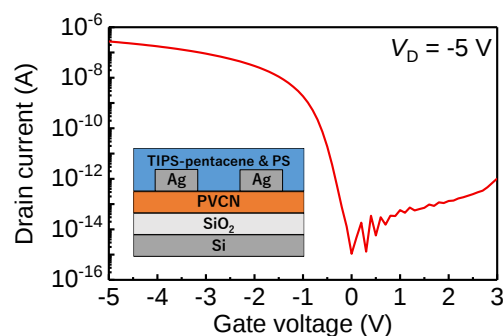


Fig. 1 Transfer characteristics of initial and device structure

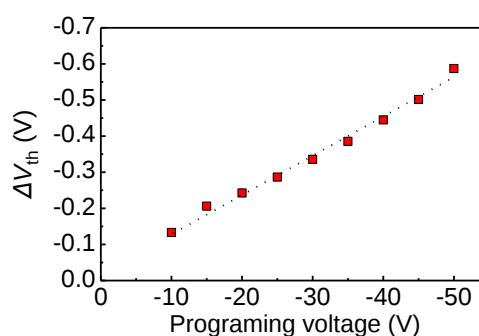


Fig. 2 $V_{pro} - \Delta V_{th}$ characteristics