

低電圧駆動有機電界効果トランジスタメモリにおける ホールトラップ容量の解析

Analysis of holes trap capacity in a low-voltage operation
organic field effect transistor memory

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デバイスの大面積化に向けて研究が盛んに進められている。これまで我々は 6,13-bis(triisopropylsilylethynyl)-pentacene (TIPS-pentacene) と Polystyrene (PS)を半導体層に用いた OFET においてゲート電圧 (V_G) -5 V、ドレイン電圧 (V_D) -5 V の低電圧での駆動に成功した。この素子では、poly(vinyl cinnamate) (PVCN)と SiO_2 を用いた二層絶縁層構造を採用し、PVCN 層にホールをトラップさせることで、閾値電圧 (V_{th})をシフトさせることが可能であると報告した^[1]。二層絶縁層を用いて V_{th} のシフト量を能動的に制御するためにはトラップされる電荷量の定量的な理解が必要である。本研究では V_{th} 制御を目指し、 V_{th} シフトと PVCN 層にトラップされるホール数の関係について定量的に解析したので報告する。

【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/SiO_2 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。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 -20 V から -200 V まで -20 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}) と PVCN 層にトラップされているホール数 (ΔN) を算出した。

【結果と考察】Fig. 1 に初期特性を示す。初期特性において ON/OFF 比 1.61×10^7 、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 0.15 V/dec 、 V_{th} -1.42 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^[2]と同様の値が得られた。この素子に対して V_{pro} を印加したところ V_{th} は負電圧方向へシフトした。Fig. 2 は V_{pro} と ΔV_{th} と ΔN の関係を示す。 $V_{pro} = -160 \text{ V}$ の条件で ΔV_{th} が 42.5 V となった。 $V_{pro} = -160 \text{ V}$ 以上の電圧を印加したところ、 V_{th} の変化量が $\pm 0.2 \text{ V}$ 以下となり、 V_{th} シフトは飽和した。これらの結果より、 $V_{pro} = -160 \text{ V}$ の条件の時に PVCN 層にトラップされるホール数が飽和し、 V_{th} のシフトが起きなくなったと考えられる。

【まとめ】本研究では V_{th} シフトと PVCN 層にトラップされるホール数の関係について定量的に解析をした。駆動電圧 5 V を実現するとともに V_{th} を 40 V 以上シフトさせることに成功した。 -160 V 以上の V_{pro} を印加しても PVCN 層にトラップされるホール数が飽和し、さらなる V_{th} のシフトが起こらなかったと結論づけた。

【参考文献】

[1] Y. Abe, et al., *IEICE Transactions on Electronics*, (accepted)

[2] L. Feng, et al., *IEEE Electron Device Letters*, **34**, 129 (2013)

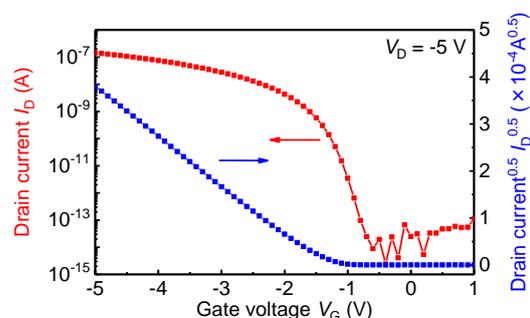


Fig. 1 Transfer characteristics of initial

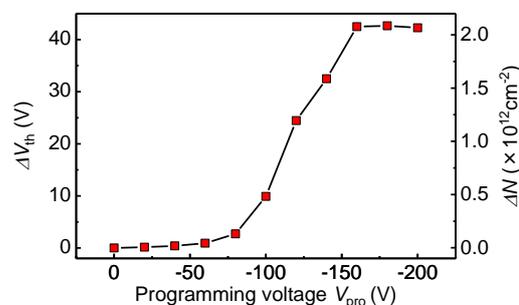


Fig. 2 V_{pro} vs ΔV_{th} vs ΔN characteristics