

オペランド光電子顕微鏡観測による有機アンチ・アンバイポーラトランジスタのキャリア伝導機構評価

Evaluation of Carrier Transport in Organic Antiambipolar Transistors by Operando Photoelectron Emission Microscopy

物材機構¹, 筑波大数理², KEEK³, ○竹入 聡一郎^{1,2}, 早川 竜馬¹, 山田 洋一²,

若山 裕¹, 福本 恵紀³

NIMS¹, Tsukuba Univ.², KEEK³, °Soichiro Takeiri^{1,2}, Ryoma Hayakawa¹, Yoichi Yamada²,

Yutaka Wakayama¹, Keiki Fukumoto³

E-mail: TAKEIRI.Souichiro@nims.go.jp

【はじめに】室温で負性抵抗を示すアンチ・アンバイポーラトランジスタ (AAT) は、多値論理回路や再構成可能な論理回路へ応用できるため近年注目を集めている。我々は、無機材料にはない柔軟性と分子設計によるエネルギー準位の高い制御性に着目し、有機半導体を用いた AAT を提案している。これまで p 型、n 型チャネル双方がオン状態となるゲート電圧でドレイン電流の急峻な増減を観測してきた^[1]。しかしながら、その詳細な伝導機構については未だ明らかになっていない。そこで本研究では、有機 AAT のキャリア伝導機構について光電子顕微鏡 (PEEM) を用いて評価したので報告する。

【実験および結果】Fig. (a)に AAT の素子構造と I_d - V_g 特性を示す。p 型半導体として α -6T (10 nm)、n 型半導体として PTCDI-C8 (15nm) を用い、ボトムゲート型素子を作製した。 I_d - V_g 特性から AAT に特徴的な Λ 型の伝達特性を得た。次に異なるゲート電圧において PEEM 計測を行った結果を Fig. (b)-(d)に示す。PTCDI-C8 の LUMO (-4.7 eV) および α -6T の LUMO (-2.7 eV) の伝導電子を検出するため、4.7 eV の励起光源を用いた。(i) $V_g=0$ V では、閾値電圧以下のためソース電極から電子が注入されず、PTCDI-C8、 α -6T 層からの光電子放出は見られない。一方、 α -6T/PTCDI-C8 積層部は、電極から電子が供給されていないが明るく観測された。これは、上記積層膜がタイプ II 型の pn 接合を形成するため、 α -6T の HOMO から LUMO へ光励起された電子が PTCIDI-C8 の LUMO へ移動したためだと考えられる。しかしながら、その光電子強度はゲート電圧に依存しないため伝導には寄与していないものと考えられる。一方、チャネル面内では V_g の増加に伴いソース電極近傍の PTCIDI-C8 層から明瞭な光電子放出が観測され、電極から PTCIDI-C8 層へ電子が注入されていることが分かる ((ii) $V_g=3.2$ V)。ここで重要な点は、チャネル内を電子電流が流れているにもかかわらず、PTCDI-C8 層内に暗領域が観測されたことである。 I_d - V_g 特性の解析から、この暗領域はピンチオフに由来するものだと考えられる。 α -6T 層においても僅かではあるが光電子強度の増加が見られたことから、PTCDI-C8 層に注入された電子は、面内 pn 接合に形成されたピンチオフ領域を介して α -6T へ輸送されることが分かった。しかし、大部分の伝導電子は α -6T 内に蓄積された正孔と再結合し失活している。さらに V_g を増加すると PTCIDI-C8 全体に電子が広がる一方、 α -6T 層は空乏化するためドレイン電流は再び抑制される ((iii) $V_g=6.2$ V)。

上記に示すように PEEM 計測による伝導電子の可視化により AAT の詳細な伝導機構を明らかにすることができた。今後、素子特性を改善していく上で重要な知見となる。

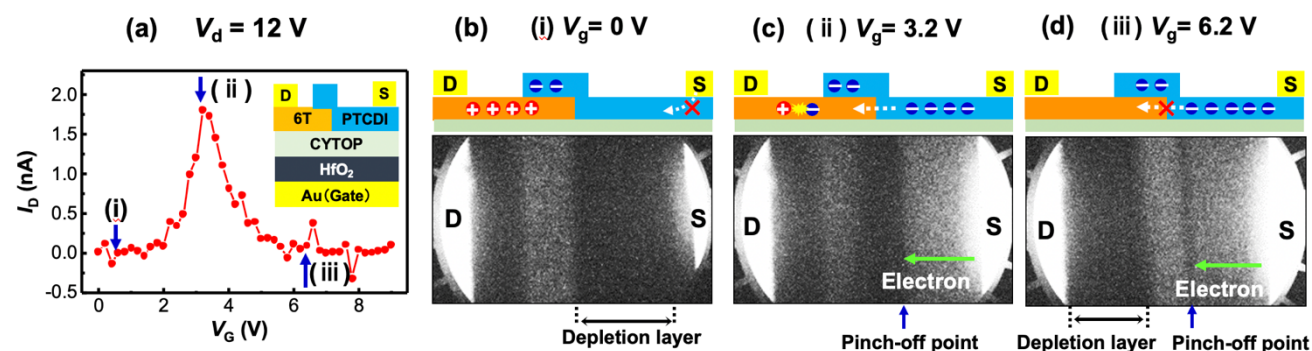


Fig. (a) Device structure and I_d - V_g curve of the AAT. PEEM images obtained at (b) $V_g = 0$ V, (c) 3.2 V and (d) 6.2 V.

【参考文献】 [1] K. Kobashi *et al.*, *Adv. Electron. Mater.* 3, 1700106 (2017).