

アンチ・アンバイポーラトランジスタの開発 I -キャリア伝導機構と多値論理回路への応用-

Development of anti-ambipolar transistors

Part I: Carrier transport and application to multi-valued logic circuits

物材機構¹, 九大院工², 嘉泉大³, [○]早川 竜馬¹, 小橋 和義^{1,2}, Chang-Hyun Kim³, 若山 裕^{1,2}

NIMS¹, Kyushu Univ.², Gachon Univ.³, [○]Ryoma Hayakawa¹, Kazuyoshi Kobashi^{1,2},

Chang-Hyun Kim³, Yutaka Wakayama^{1,2}

E-mail: HAYAKAWA.Ryoma@nims.go.jp

【はじめに】本講演では、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のキャリア伝導機構を明らかにすると共に多値論理回路へ応用した結果について報告する。

Internet of Things 社会の実現に向け、柔軟性と高速演算処理を可能にする有機集積回路の開発が求められている。負性抵抗素子は多値論理回路へ応用できることから近年注目を集めているが、室温での電流変化が低いことが問題となっている。我々は P 型半導体と N 型半導体がチャネル中央部で PN 接合を有する特殊な有機トランジスタ (アンチ・アンバイポーラトランジスタ:AAT) を提案し、室温で 4 桁に至るドレイン電流の増減に成功した^[1]。本講演では AAT における負性抵抗の発現機構について明らかにすると共に、AAT と N 型トランジスタ(PTCDI-C8 FET)を組み合わせた 3 値論理動作に成功したので報告する^[2,3]。

【実験および結果】AAT と PTCDI-C8 FET を組み合わせた多値論理回路を Fig. (a)に示す。SiO₂ (200 nm)/Si 基板上にスピコート法により PMMA (10 nm) を形成した。ここで Si 基板は入力電極として機能する。続いて P 型半導体として α -sexithiophene (α -6T) (3 分子層)、N 型半導体として PTCDI-C8 (12 分子層)を真空蒸着し、チャネル中央部で重ね合わせた構造を形成した。最後に Au を蒸着し、ドレイン電極、出力電極、ソース電極として用いた。

Fig. (b) に各トランジスタの I_D - V_G 特性を示す。横軸には入力電圧(V_{IN})と各トランジスタへ印可されるゲート電圧値を示す。PTCDI-C8 FET (赤線) は単調な n 型特性を示す一方、AAT (青線) では、3 桁に及ぶドレイン電流の増減が観測された。ここで重要な点は、AAT の示す負性抵抗により各トランジスタのドレイン電流値が V_{IN} に依存して 3 つの異なる値をとることである。領域 I では AAT が ON、一方で PTCDI-C8 FET が OFF となるため AAT にドレイン電流が流れる。領域 II では両方のトランジスタが ON となり同一のドレイン電流値を示す。領域 III では PTCDI-C8 FET が ON、AAT が OFF となるため、PTCDI-C8 FET にドレイン電流が流れる。上記特性により V_{IN} - V_{OUT} 曲線に“1”、“1/2”、“0”の 3 つの異なる値が出力され、多値動作に成功した(Fig. (c))。当日は Al₂O₃ ゲート絶縁膜を用いた駆動電圧の低減およびキャリア伝導機構の詳細について合わせて報告する。

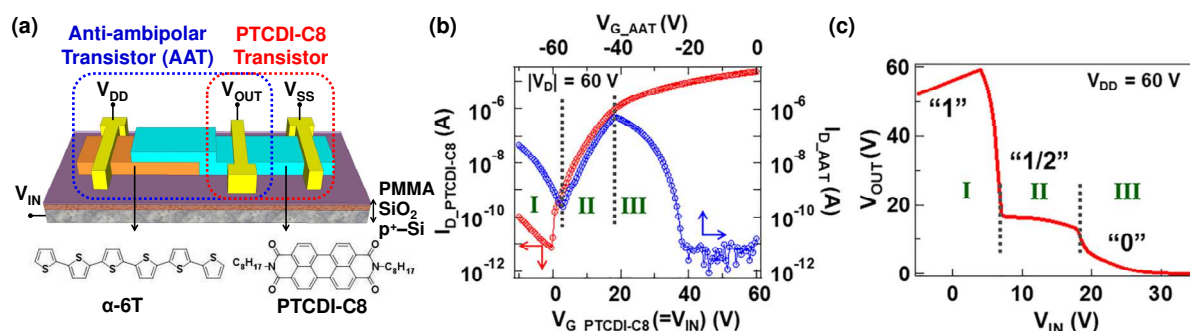


Fig. (a) Schematic illustration of an organic multi-valued circuit. (b) I_D - V_G curves of an AAT (blue line) and a PTCDI-C8 transistor (red line). (c) V_{IN} - V_{OUT} curve of the multi-valued circuit. Reprinted with permission from [2]. Copyright 2018, American Chemical Society.

【参考文献】

[1] K. Kobashi *et al.*, *Adv. Electron. Mater.* 3, 1700106 (2017). [2] K. Kobashi *et al.*, *Nano. Lett.* 18, 4355 (2018). [3] C.-H. Kim *et al.*, *Adv. Electron. Mater.* 6, 1901200 (2020).