

アンチ・アンバイポーラトランジスタの開発 I -動作原理と多値論理回路への応用-

Development of anti-ambipolar transistors

Part I: Operation mechanism and application to multilevel logic circuits

物材機構¹, 九大院工² ○早川 竜馬¹, 小橋 和義^{1,2}, 若山 裕^{1,2}

NIMS¹, Kyushu Univ.², ○Ryoma Hayakawa¹, Kazuyoshi Kobashi^{1,2}, Yutaka Wakayama^{1,2}

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

【はじめに】本研究では、室温で負性抵抗を発現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）の開発と多値論理回路へ応用することを目的としている^[1]。

IOT 社会の実現に向け、柔軟性と高速演算処理を可能にする情報処理端末が求められている。有機集積回路はその有力候補となるが、微細化・高集積化による高性能化が困難なことが課題となる。そこで我々は単一素子の処理能力を飛躍的に向上できる多値技術に着目した。具体的には p 型半導体と n 型半導体がチャンネル中央で pn 接合を有する特殊な有機トランジスタ（AAT）（Fig. (a)青線部分）を提案し、2 桁に渡るドレイン電流の増減（負性抵抗）を室温で観測することに成功している^[2,3]。本講演では、AAT の電流増減機構を明らかにすると共に、AAT と n 型トランジスタ(PTCDI-C8)を組み合わせた論理回路において 3 値出力に成功したので報告する。

【実験および結果】AAT と PTCDI-C8 トランジスタを組み合わせた多値論理素子の構造を Fig. (a) に示す。SiO₂ (200 nm)/Si 基板上にスピンコート法により 10 nm の PMMA を形成した。ここで Si 基板は入力電極(V_{IN})として機能する。続いて真空蒸着法により 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)を異なるシャドーマスクを用いて形成した。最後にドレイン電極(V_{DD})、出力電極(V_{OUT})、ソース電極(GND)として Au を蒸着した。

Fig. (b) に各トランジスタの I_D-V_G 特性を示す。横軸は入力電圧から各トランジスタへ配分するゲート電圧値に変換している。PTCDI-C8 (赤線) では単調な n 型トランジスタ動作が見られるが、AAT の I_D-V_G 特性 (青線) では、明瞭なドレイン電流の増減が観測された。ここで重要な点は、Fig. (c) に示す V_{IN}-V_{OUT} 曲線で“1”、“1/2”、“0”の 3 値が出力され、多値論理動作に成功したことである。これは入力電圧 (V_{in}) に依存して各トランジスタに流れるドレイン電流値が 3 つの領域に分離されることに起因する(Fig. (b))。まず領域 I では AAT だけが ON となるため V_{IN}-V_{OUT} 曲線において“1”が出力される。各トランジスタに同電流が流れる領域 II では、出力“1/2”、さらに領域 III では PTCDI-C8 だけが ON となるため “0”が出力される。上記結果は、有機デバイスがこれまで苦手としてきた微細化に代わる新たな高性能化手法として多値化が有用であることを示している。

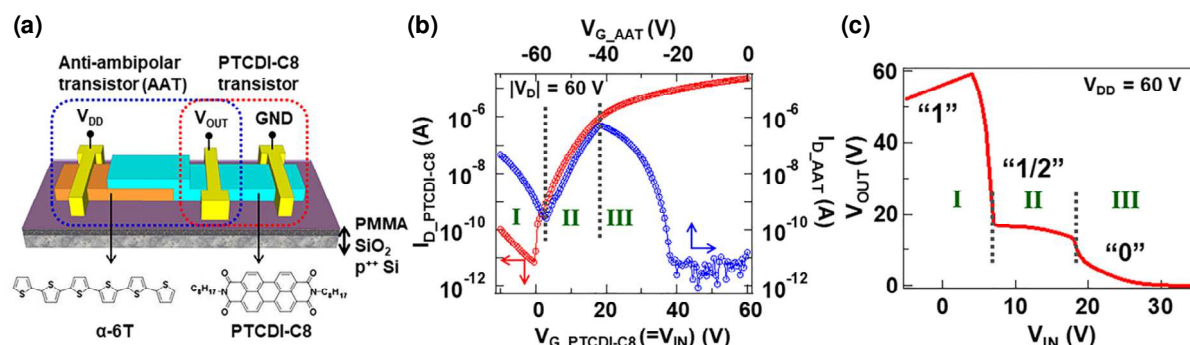


Fig. (a) Schematic illustration of an organic multi-valued circuit. (b) I_D-V_G curves of an AAT (blue line) and a PTCDI-C8 transistor (red line). (c) V_{IN}-V_{OUT} curve of the multi-valued circuit. Reprinted with permission from [1]. Copyright 2018, American Chemical Society.

【参考文献】

[1] K. Kobashi *et al.*, *Nano. Lett.* 18, 4355 (2018). [2] K. Kobashi *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 10, 2762 (2018). [3] K. Kobashi *et al.*, *Adv. Electron. Mater.* 3, 1700106 (2017).