

アンチ・アンバイポーラトランジスタの開発 II -低駆動電圧化への取り組み-

Development of anti-ambipolar transistors

Part II: Approaches to operation voltage reduction

物材機構¹, 筑波大数理², 九大院工³ ○瀧井 康太^{1,2}, 早川 竜馬¹, 小橋 和義^{1,3},
山田 洋一², 若山 裕^{1,3}

NIMS¹, Tsukuba Univ.², Kyushu Univ.³, ○Kota Fuchii^{1,2}, Ryoma Hayakawa¹, Kazuyoshi Kobashi^{1,3},
Yoichi Yamada², Yutaka Wakayama^{1,3}

E-mail: FUCHII.Kota@nims.go.jp

【はじめに】 IOT 社会の実現に向け柔軟性と計算機能を両立する情報処理端末が求められる。これに対し我々はドレイン電流が 2 桁に渡って急激に増減する負性抵抗を室温で発現する有機トランジスタ(アンチ・アンバイポーラトランジスタ: AAT)を開発し、3 値の多値論理動作に成功した^[1,2]。この結果は、有機集積回路の処理能力を多値化により向上できる可能性を示している。しかしながら、素子の駆動電圧が高い ($V_G, V_D=60$ V) という問題があった。本講演では AAT の低駆動電圧化^[3]に向けて 1) ソース・ドレイン(S-D)電極直下への電荷注入層(障害層)の導入、2) 高誘電率ゲート絶縁膜の適用、3) ゲート絶縁膜の表面コーティング材料について検討したので報告する。

【実験および結果】 AAT の素子構造を Fig. (a)に示す。本素子の重要な特徴は、p 型半導体と n 型半導体がチャンネル中央部で pn 接合を形成している点である。本特徴により負性抵抗が発現する。基板には $\text{SiO}_2(200\text{nm})/\text{Si}$ あるいは $\text{Al}_2\text{O}_3(30\text{nm})/\text{Si}$ 基板を用い、スピコート法により PMMA(10 nm)を形成した。ここで Si 基板はゲート電極、 SiO_2 および Al_2O_3 はゲート絶縁膜として作用する。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 Au 電極を蒸着し S-D 電極とした。さらに Cs_2CO_3 層を Au/有機半導体界面に挿入して低駆動電圧化を試みた。

初めに参照素子($\text{SiO}_2(200\text{nm})$, Cs_2CO_3 無し)の n 型動作時における I_D - V_G 特性を Fig. (b)の赤線で示す。 $V_G(=V_{\text{peak}})=17$ V にピークを持つ AAT に特徴的なドレイン電流の増減が観測された。次に V_{peak} の低減を目指し、S-D 電極直下に Cs_2CO_3 を導入した(Fig. (b) 紫色)。 Cs_2CO_3 は n 型半導体に対しては電荷注入層、一方で p 型半導体に対しては電荷障害層として働くため、結果として $V_{\text{peak}}=2.4$ V まで低減した。さらに、ゲート絶縁膜として 30 nm の Al_2O_3 (比誘電率 8.5)を用いることにより、 $V_{\text{peak}}=0.25$ V まで低駆動電圧化することに成功した(Fig. (b) 緑色)。当日の講演では、ゲート絶縁膜の表面コーティング膜として CYTOP を用いた結果についても合わせて報告する。

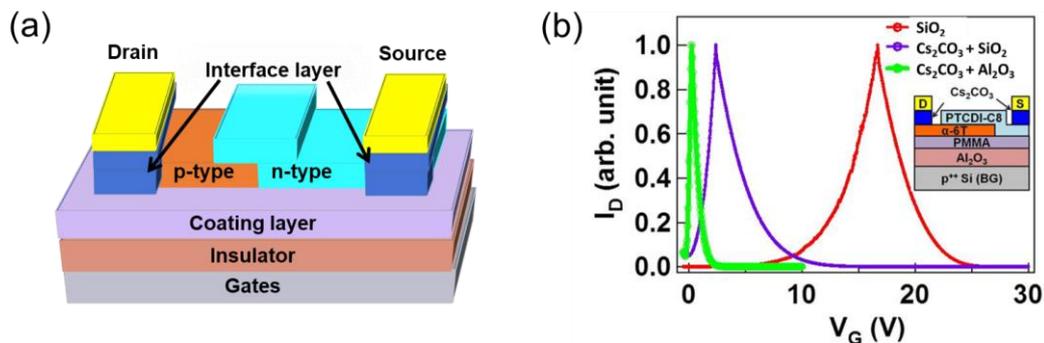


Fig. (a) Schematic illustration of the anti-ambipolar transistor. (b) I_D - V_G curves of the n-type operation obtained from the pristine device (red), the device with double Cs_2CO_3 interlayers at both interfaces on SiO_2 (purple), and that on the Al_2O_3 film (green). These curves are normalized at the maximum current for comparison. Reprinted with permission from [3] with certain modifications. 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] K. Kobashi *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 10, 2762 (2018)