

アンチ・アンバイポーラトランジスタの開発 IV -フレキシブル多値論理回路への応用-

Development of anti-ambipolar transistors

Part IV: Application to flexible multi-valued logic circuits

物材機構, °早川 竜馬, Debdatta Panigrahi, 若山 裕

NIMS, °Ryoma Hayakawa, Debdatta Panigrahi, Yutaka Wakayama

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 (AAT) を用いて実現した多値論理回路をフレキシブル基板へ展開したので報告する。

Society 5.0 の実現に向け、柔軟性と情報処理能力を兼ね備えた有機集積回路の開発が求められている。特に 2 値以上の論理値を扱う多値論理回路は、微細加工が困難な有機デバイスでは演算処理能力を飛躍的に向上させる手段として期待される^[1,2]。昨年の秋季応用物理学会で polyethylene naphthalate (PEN) 基板上に 3 値論理回路を形成した結果について報告したが、耐屈曲性に乏しいことが課題であった^[3]。今回、高移動度分子材料である C8-BTBT (p 型半導体)および PhC2-BQQDI (n 型半導体)を AAT のチャネル層に用い、デバイス構造を改良することでバランスのとれた 3 値出力と 8 mm の曲率半径 (R_c)で 100 回以上の繰り返し耐性を有する多値論理回路を実現したので報告する。

【実験および結果】フレキシブル基板上に形成した多値論理回路の素子構造を Fig. (a)に示す。125 μm の PEN 基板上に表面を平坦化するため、スピンコート法により 200 nm の PMMA をコーティングした。さらにボトムゲート電極として Au (30 nm)/Cr (4 nm)、ゲート絶縁膜として HfO_2 (30 nm)/PMMA(10 nm)を形成した。続いて真空蒸着法により N 型半導体として PhC2-BQQDI (16 nm)、P 型半導体として C8-BTBT (19 nm)をチャネル中央部で重ね合わせた構造を作製し、AAT とした。最後にソース電極、出力電極、ドレイン電極として Au を真空蒸着により形成した。

Fig. (b) に多値論理回路の構成素子である PhC2-BQQDI FET と AAT の I_D - V_G 特性を示す。PhC2-BQQDI FET (赤線) は単調な n 型特性を示す一方、AAT (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、各トランジスタのドレイン電流値が V_{IN} に依存して 3 つの異なる領域に分けられることである。領域 (I)では AAT が ON、一方で PhC2-BQQDI FET が OFF となる。領域 (II)では両方のトランジスタが ON、領域 (III)では PhC2-BQQDI FET が ON となる一方で AAT が OFF となる。上記特性により V_{IN} - V_{OUT} 曲線に“1”, “1/2”, “0”の 3 つの論理値が出力され、多値動作に成功した(Fig. (c))。また、論理値 1 の出力値は V_{DD} に一致し、論理値 1/2 ではその半分となる理想的な値を示した。さらに $R_c=8$ mm において 100 回以上屈曲させても特性劣化が見られなかった (Fig. (c))。フレキシブル多値論理回路の実現に繋がる成果を得た。

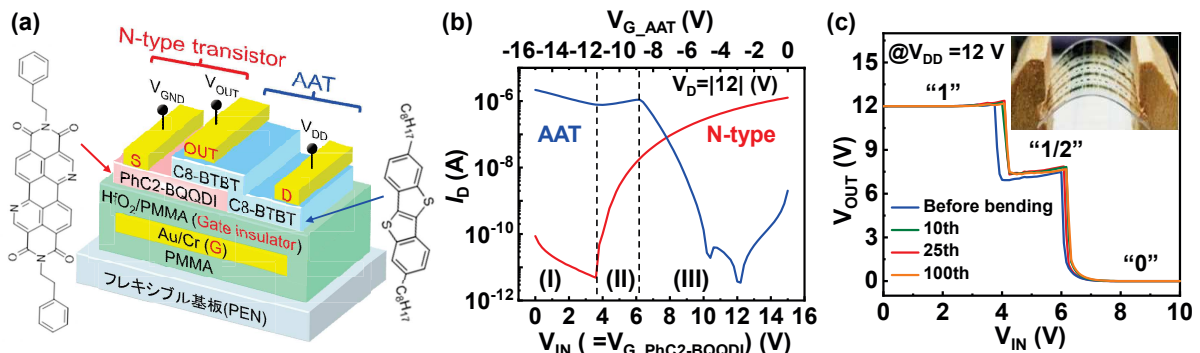


Fig. (a) Schematic illustration of an organic multi-logic inverter formed on a PEN substrate. (b) I_D - V_g curves of AAT and PhC2-BQQDI FET. (c) V_{IN} - V_{OUT} curves of an inverter with different bending cycles.

【参考文献】

- [1] K. Kobashi *et al.*, *Nano. Lett.* 18, 4355 (2018). [2] C.-H. Kim *et al.*, *Adv. Electron. Mater.* 6, 1901200 (2020). [3] 本間他、第 81 応用物理学会秋季学術講演会 9a-Z11-9 (2020)