

# 有機 p-n ヘテロ接合を用いた負性抵抗トランジスタの動作原理の解明

## Investigation of operation mechanism in negative differential resistance transistor with organic p-n heterojunction



物材機構<sup>1</sup>, 九大院<sup>2</sup> <sup>○(DC)</sup>小橋 和義<sup>1,2</sup>, 早川 竜馬<sup>1</sup>, 知京 豊裕<sup>1</sup>, 若山 裕<sup>1,2</sup>

NIMS<sup>1</sup>, Kyushu Univ.<sup>2</sup>, <sup>○(DC)</sup>Kazuyoshi Kobashi<sup>1,2</sup>, Ryoma Hayakawa<sup>1</sup>, Toyohiro Chikyow<sup>1</sup>  
and Yutaka Wakayama<sup>1,2</sup>

E-mail: KOBASHI.Kazuyoshi@nims.go.jp

**【はじめに】**本研究では有機半導体を使った新しい負性抵抗トランジスタを開発することを目的とする。従来の III-V 族半導体や二次元薄膜を用いた既存の負性抵抗素子では、低温でしか明瞭な負性抵抗は観測されず、室温での PVR (peak-to-valley ratio) は 30 以下に低下してしまう[1]。この問題を解決するために我々は Fig. 1 に示すような有機分子の p-n 接合を利用した新しい負性抵抗トランジスタを提案した。その結果、Fig.2b(青線) に示すような明瞭な負性抵抗特性を得ており、 $10^4$  を超えるこれまでにない高い PVR を室温において実現している[2]。そこで今回の発表では負性抵抗の起源について検討したので報告する。

**【実験】**p 型の 6T 及び n 型の PTCDI-C8 単独のトランジスタをそれぞれ作製し、出力特性 ( $I_D$ - $V_D$  特性) を測定した。この測定結果を用い、Fig. 2 (a) に示す CMOS インバータ構造を仮定して、貫通電流のシミュレーションを行い、実験結果との比較を行った。

**【結果】** Fig. 2 (b) に貫通電流のシミュレーションと実際の測定結果との比較を示す。双方のピーク位置と電流値が一致していることから、貫通電流と類似したメカニズムで負性抵抗が起きていることがわかる。一般的な無機半導体の pn 接合では、ドーピングにより材料中にキャリアが存在しているため、順方向バイアスを印加するだけで電流が流れてしまう。そのため貫通電流を観測するためには p 型、n 型トランジスタを分離しなければならない。一方、有機半導体材料は本質的には真性半導体である。つまり、材料中にキャリアはほとんど存在しておらず、ゲート電圧を印加し、電極からのキャリ

ア注入を行うことにより初めて電流を流すことが可能となる。そのため、有機分子の pn 接合では、ソース・ドレイン電極間に順方向バイアスを印加するだけでは電流が流れない。この特徴により、我々の開発した素子では、有機分子を積層した単純な三端子構造で CMOS と類似した動作が可能になったと考えられる。

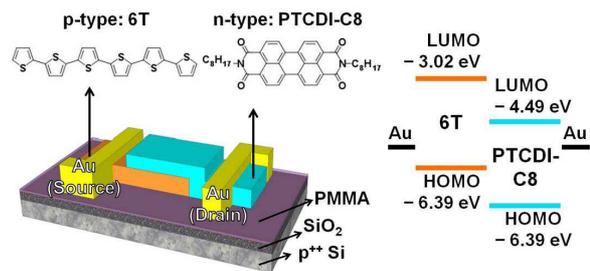


Fig. 1 Negative differential resistance transistor with organic p-n heterojunction.

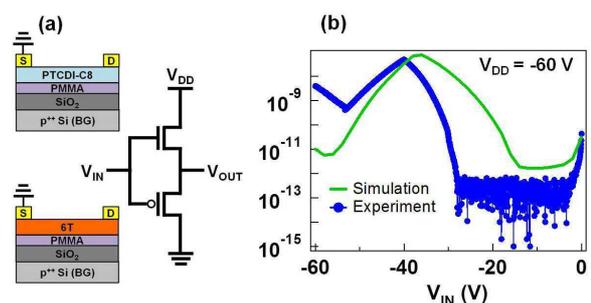


Fig. 2 (a) Circuit diagram of CMOS device. (b) Simulation of shoot-through current.

### 【参考文献】

- [1] T. P. E. Broekaert et al, Appl. Phys. Lett. 53, 1545 (1988).
- [2] 小橋他、第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 15a-B13-8, (2016).