有機ヘテロ接合を用いた負性抵抗トランジスタにおける電荷輸送経路の検討

Investigation of carrier transport path in negative differential resistance transistor with organic heterojunction

物材機構 [1], 九大院 [2] ○(DC)小橋 和義 [1,2], 早川 竜馬 [1], 知京 豊裕 [1], 若山 裕 [1,2]
NIMS[1], Kyushu Univ.[2], ○(DC)Kazuyoshi Kobashi[1,2], Ryoma Hayakawa[1], Toyohiro Chikyow[1] and Yutaka Wakayama[1,2]
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。この問題を解決するために我々は Fig. 1 の左に示したような素子構造を持った負性抵抗トランジスタを開発し、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きた[1]。前回の発表では負性抵抗の起源について検討した。その結果 Fig.1 右に示すような電子準位を有する pn 接合界面では、CMOS における貫通電流と類似したメカニズムにより負性抵抗生じていることを解明した[2]。そこで今回の発表では、動作原理をさらに詳細に調べることを目的に、電荷輸送経路について検討したので報告する。

【実験】n 型の PTCDI-C8 と p 型の α-6T の各分子膜の膜厚や pn 接合界面の面積を系統的に変化させたときの電流特性を測定した。

【結果】 Fig. 2 (a) に α-6T の膜厚が 3 分子層(赤線)と 9 分子層(青線)の場合の I_D-V_G 曲線を示す。一般にチャネル層の厚さは絶縁膜との界面から 2~3 分子層程度であることが知られている。そのため α-6T の膜厚を 9 分子層と厚くした素子では、キャリアが輸送経路となる有機ヘテロ接合界面まで達しなくなるため、電流は減少するはずである。しかし、Fig. 2 (a) では α-6T の膜厚を厚くすると電流量は増加している。この結果は Fig. 2 (b) に示したように、キャリアはヘテロ接合界面のエッジ部分を通って流れていることを示唆している。同様の目的から各有機分子膜の膜厚を一定にし、ヘテロ接合界面の面積だけを減少させた素子において電流量の増減を確認したところ、電流量は低下しないことが確認された。この結果からもキャリアはヘテロ接合界面のエッジ部を通っていると考えられる。

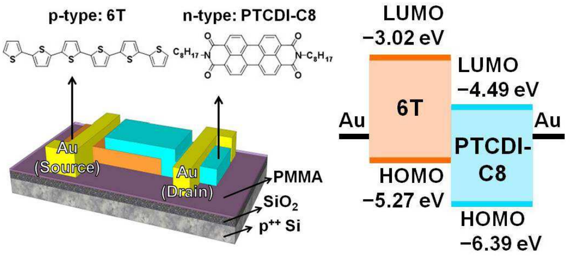

Fig. 1 Negative differential resistance transistor with organic p-n heterojunction.

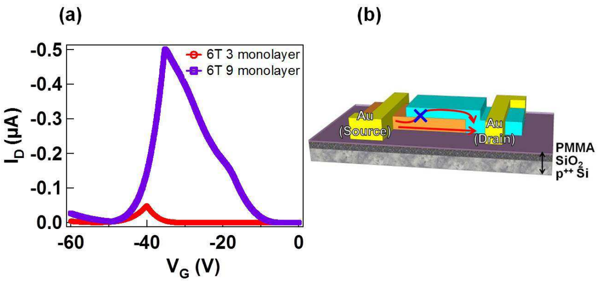

Fig. 2 (a) Carrier transport property of NDR transistor with different α-6T thickness. (b) Carrier transport pass.

【参考文献】

[1] 小橋他、第 64 回応用物理学会春季学術講演会, 15a-416-1, (2017).
[2] K. Kobashi et al, Adv. Electron. Mater. DOI: 10.1002/aelm.201700202, published online (2017).