

π イオンゲルを用いた新規有機超分子デバイス:PIGT

PIGT: A novel platform of organic supramolecular devices utilizes π -ion gels

ハイデルベルグ大学¹, 筑波大学数物系² [○]櫛田 創^{1,2}, 吉永享太², 山本洋平², ウーベ ブンツ¹

Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg,¹ Univ. of Tsukuba²

[○]Soh Kushida^{1,2}, Kyota Yoshinaga², Yohei Yamamoto², Uwe H. F. Bunz¹

E-mail: soh.kushida@gmail.com

【緒言】 π 共役分子からなる超分子ゲル(π ゲル)は、ゲルファイバー内で半導体分子が秩序高く集合しているため、従来の薄膜デバイスと比較して、面積当たりの移動度が飛躍的に向上することが知られている。^[1]しかしながら、それらファイバーを1つのデバイスに密に集積し、膜厚制御を施す転写プロセスは非常に困難であり、その結果、トランスコンダクタンス(g_m)や出力電流といった指量的性能は大きく劣るという課題が挙げられる。我々はこれまでに、ゲル化プロセスを精密に制御することで、イオン液体のみを内包する π ゲル(π イオンゲル)を開発した。^[2] π イオンゲルはファイバー内の半導体的性質に加え、ファイバー間の大きな空間を占めるイオン液体による高いイオン導電性を併せもつ(Fig.1c)。本件は π イオンゲルを用いて、我々が開発した新規トランジスタ構造 (π -ion gel transistor, PIGT)及びその優れたデバイス性能について報告する。^[3]

【結果・考察】PIGT は(イオン液体: 共役高分子)の重量比が(100:1)の割合から成る π イオンゲルをパターンニング電極上に形成するという簡便な手法で作製された(Fig.1a)。この PIGT の g_m は同様の分子からなる OFET の100 倍高い $133 \mu\text{S}$ を $1/6$ のゲート電圧で示した(Fig.1b)。さらに、 g_m はチャネルの厚みによって線形的に増幅された(Fig.1b)。これは、膜の表層だけに電流が流れる従来の OFET とは異なり、チャネル内で体積電流が流れていることの証明である。また、電荷移動度と比較しても、同分子の超分子デバイスから得られる値とおおよそ同等の $0.04 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ と算出された。また、イオン液体と半導体ファイバーのナノ相分離は通常の電気化学デバイスを凌駕する高速応答を可能にする。ゲート電圧印加後のドレイン電流の経時変化を測定することで、 $20 \mu\text{s}$ の応答速度を得た(Fig.1d)。これは報告されている蓄積型電気化学トランジスタの中で、最速応答である。以上のことから、PIGT は簡便な作製プロセスから低電圧・高出力・高速応答性の巨視的デバイス機能を微視的ゲルファイバーから引き出すことができ、超分子デバイスのプラットフォームとしてあらゆる超分子集合体へと応用可能であると考えられる。本講演では直近の発展や今後の展望についても発表する。

[1] A. Ajayaghosh *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2012**, 51, 1766. [2] S. Kushida *et al.*, *Macromolecules* **2017**, 50, 7880. [3] S. Kushida *et al.*, *Adv. Mater.* **2020**, 2006061.

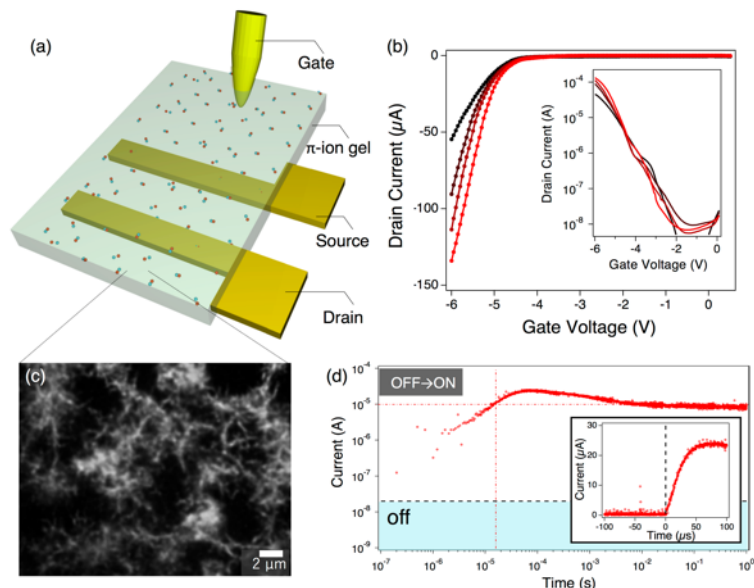


Fig 1. (a) The device configuration of PIGT. (b) Transfer curves of PIGT with the varying channel thicknesses of 50 nm ~180 nm (black to red). Inset: logarithmic axis. (c) A confocal fluorescent microscopic image of π -ion gel. (d) A transient current after turning the gate voltage on. The inset depicts linear time scale of $100 \mu\text{s}$ or $20 \mu\text{s}$.