

## イオン液体を絶縁層に用いたサルフラワー薄膜トランジスタ

(名大院・理<sup>1</sup>, 名大・物質国際研<sup>2</sup>) ○藤本卓也<sup>1</sup>, 松下未知雄<sup>1</sup>, 阿波賀邦夫<sup>2</sup>

【序】2006年に発表された、サルフラワーと呼ばれる Octathio[8]circulene は、8個のチオフェンによって形成された縮環オリゴチオフェンである[1]。これまでの研究で、サルフラワーの単結晶 X線構造解析に成功しており、分子間で強い S-S 相互作用(3.2 Å)を有することが確かめられた[2]。薄膜を作製したところ、サルフラワーは分子面を基板に平行にした結晶性の薄膜を形成することが分かった。また、薄膜の電気化学では、イオン液体中で可逆的に酸化することに成功し、DFT 計算の結果と照合したところ、三重項状態の+2 価を取ることが示唆された[3]。本研究では、サルフラワーが強い分子間 S-S 相互作用を有し、さらにイオン液体と相性が良いことから、イオン液体を絶縁層に用いた電気二重層 FET、及び酸化シリコンとイオン液体を絶縁層に用いた Dual-gate FET を作製し、その特性を評価した。

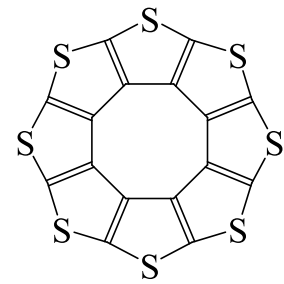
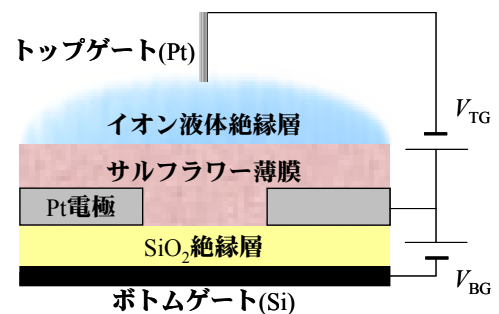


図 1. サルフラワー

【実験】既報の方法によりサルフラワーを合成した。電気二重層 FET は石英基板上に、Dual-gate FET は表面酸化シリコン基板上に白金で楕形に SD 電極を形成した後、サルフラワーを真空蒸着して作製した。電気二重層 FET の測定には、ロックインアンプを用い、印加した交流電圧と同位相の電流を検出した。絶縁層として、DEME 及び BMIM カチオン系イオン液体を用いた。

図 2. イオン液体及び SiO<sub>2</sub> を絶縁層に用いた FET の概略図

【結果と考察】図 3(a)にイオン液体 DEME-TFSI を溶媒に用いた CV 測定の結果を示す。薄膜は、 $V_C (\equiv -V_G) = 1.2\text{V}$  (vs. Ag/AgCl) 付近から酸化されることが分かった。この時の伝導度の変化を図 3(b)に示す。薄膜の酸化電位より低電位である、 $-V_C = -0.5\text{V}$  付近から伝導度の上昇を見ることが出来た。これは、電気二重層からキャリアが注入されたことを示唆している。移動度を求めたところ、 $0.024\text{ cm}^2/\text{Vs}$  と高い値が得られた。このような高移動度が得られた要因として、電気二重層 FET では溶液との接合により界面のキャリア注入障壁を減少させることが出来たことが考えられる。閾値電圧は  $-0.5\text{V}$  と非常に小さく、低電圧駆動の FET として魅力的である[4]。

電気二重層 FET の欠点として、電気化学反応の進行による薄膜の破壊や、イオンの再配向による遅い動作速度が挙げられる。そこで、イオン液体への電圧印加をより小さくし、安定に動作させるために、Dual-gate 構造を用いて酸化シリコン絶縁層からキャリアを注入した。図 4 に DEME-TFSI をトップゲートに用いた Dual-gate FET の、トップゲート定電圧、ボトムゲート掃引の伝達特性の結果を示す。電気二重層からのキャリア注入が起こる手前 ( $V_{TG} > -0.5\text{V}$ ) から、特性の向上を見ることができた。これは、トップゲートが効果的に影響していることを示唆している。さらに高電位にすると、電気化学的にカウンターイオンが侵入することで起こったと考えられる伝導度の減少が見られた。移動度は、最大で  $0.29\text{ cm}^2/\text{Vs}$  となり、電気二重層 FET と比較して、10 倍程度向上させることに成功した。また、閾値電圧は  $-6\text{V}$ 、on/off 比は  $10^5$  となり、高性能 FET として動作することが分かった。

以上より、本研究ではイオン液体を絶縁層に用いた電気二重層 FET、及び Dual-gate FET を作製し、その特性を評価した。当日は、電気二重層 FET のイオン液体依存性や、Dual-gate FET の詳細な動作機構と特性について報告する。

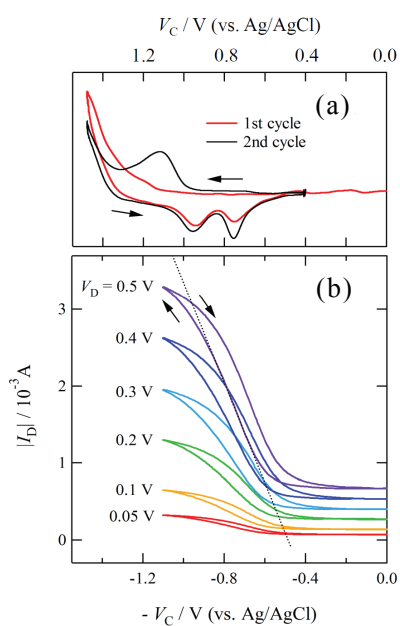


図 3. サルフラワー薄膜の CV(a)と電気二重層 FET の伝達特性(b)

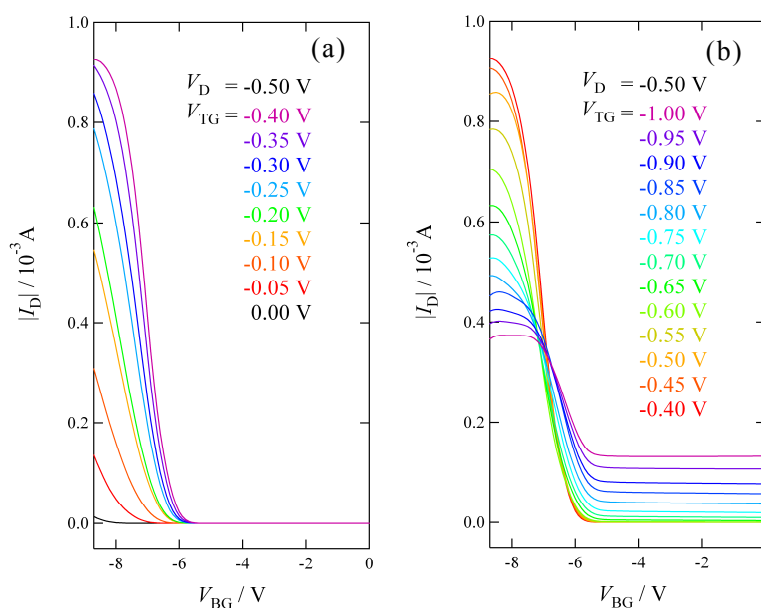


図 4. Dual-gate FET の伝達特性。  $V_{TG} = 0.0 \sim -0.4\text{ V}$  (a),  $-0.4 \sim -1.0\text{ V}$  (b)

- [1] K. Y. Chernichenko, E. S. Balenkova, V. G. Nenajdenko *et al*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2006**, *45*, 7367.
- [2] T. Fujimoto, R. Suizu, H. Yoshikawa, K. Awaga, *Chem. –Eur. J.* **2008**, *14*, 6053.
- [3] T. Fujimoto, M. M. Matsushita, H. Yoshikawa, K. Awaga, *J. Am. Chem. Soc.* **2008**, *130*, 15790.
- [4] T. Fujimoto, M. M. Matsushita, K. Awaga, *Chem. Phys. Lett.* **2009**, *483*, 81.