

アミロイドテンプレートを用いた グラフェンナノリボンの固相合成と電気特性評価

Synthesis of Graphene Nanoribbons from Amyloid Template by Solid-phase Graphitization and Its Electrical Properties

筑波大数理¹, TIMS² ○村上 勝久^{1,2}, 董 天辰^{1,2}, 梶原 裕哉^{1,2}, 檜山 卓希¹, 高橋 哲平^{1,2},
高井 英輔¹, 大橋 凱¹, 白木 賢太郎¹, 藤田 淳一¹

Univ. Tsukuba¹, TIMS², ○K. Murakami^{1,2}, T. Dong^{1,2}, Y. Kajiwara^{1,2}, T. Hiyama¹, T. Takahashi^{1,2},
E. Takai¹, G. Ohashi¹, K. Shiraki¹, and J. Fujita^{1,2}

E-mail: k.murakami@bk.tsukuba.ac.jp

【背景】グラフェンは高い電子移動度を有することから次世代の高速電子デバイスの材料として期待されているが、ゼロギャップ半導体であるためバンドギャップ形成が電子デバイス応用への課題となっている。グラフェンのナノリボン化によってバンドギャップが形成されることが理論的に報告されており[1]、実験的にも電子ビームリソグラフィ[2]、カーボンナノチューブやグラフェンの引き裂き[3]など様々なナノリボン化の試みがなされている。しかしながら、現状では幅 10 nm 以下、長さ数ミクロンのグラフェンナノリボンを再現性よく合成した例は報告されていない。我々はこれまで、液体ガリウム触媒を用いたグラフェンの固相合成法を用いて、パターン化した電子線レジストを炭素テンプレートとしたグラフェン FET の作成とその電気特性について報告してきた[4]。今回は、長さ数ミクロン、幅 10 nm 以下の形状をしたアミロイド繊維を炭素テンプレートに用いた液体ガリウムによるグラフェンナノリボンの固相合成とその電気特性について報告する。

【実験】タンパク質溶液(5 g/L Hen egg white lysozyme, pH 1.0)を 84~93 °C で 9 h 攪拌することで平均幅 6.5 nm、長さ数ミクロンのアミロイド繊維を合成した。C 面サファイア基板に分散させたアミロイド繊維 (図 1 (a)) を液体ガリウムで満たした加熱用ボートに設置し、ボート上面をグラファイトで蓋をし、真空炉管内で 3.0×10^{-4} Pa の真空度において 800~1000 °C で加熱処理を行った。加熱によってボート内部はガリウム蒸気で満たされ、ガリウム蒸気に触れたアミロイド繊維は形状を保ったままグラファイト化する。作成したナノリボンに電子ビームリソグラフィによるリフトオフプロセスを用いて Ti/Au 電極を作製し (図 1(b))、イオン液体(BmimPF₆)を用いた電気化学的ゲートバイアスによって FET 特性の評価を行った。

【結果】図 1(c)に加熱温度 900 °C で合成したグラフェンナノリボンのコンダクタンスのゲート電圧依存性を示す。コンダクタンスはゲート電圧によって変調し、ゲート電圧 0.5 V においてコンダクタンスは約 3 倍となった。また、合成したナノリボンは n 型の特性を示した。これはアミロイド繊維に含まれる不純物に起因すると考えられる。

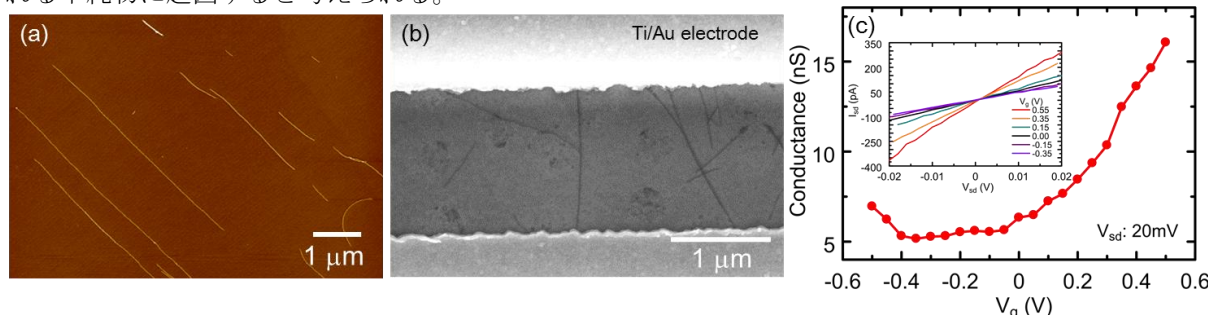


図 1 : (a) C 面サファイア基板に分散させたアミロイド繊維の AFM 像 (b) リフトオフプロセスにより電極を作成したグラファイト化(950 °C)したアミロイドの SEM 像 (c) グラフェンナノリボンのコンダクタンスのゲート電圧依存性

- [1]. K. Nakada, M. Fujita, G. Dresselhaus and M. S. Dresselhaus, Phys. Rev. B **54**, 17954 (1996).
- [2]. M. Y. Han, B. Özyilmaz, Y. Zhang and P. Kim, Phys. Rev. Lett. **98**, 206805 (2007).
- [3]. X. Li, X. Wang, L. Zhang, S. Lee and H. Dai, Science **319**, 1229 (2008).
- [4]. J. Fujita, Y. Miyazawa, R. Ueki, M. Sasaki, T. Saito, J. Vac. Sci. Technol. B **28**, C6D1 (2010).