

カーボンナノチューブ溶液を真空スプレーした Cu(111) 表面の STM/STS 観察と真空加熱によるグラフェンナノリボン化の検証

STM/STS study of Cu(111) surface vacuum-sprayed by CNT solution and graphene nanoribbon generation owing to further annealing without unzipping molecules

千葉大院工¹ 後藤 悠斗¹, 安藤 紗絵子¹, 角川 佳樹¹, 高原 茂¹, [○]山田 豊和¹

ChibaUniv.¹ Yuto Goto¹, Saeko Ando¹, Keiju Kakugawa¹, Shigeru Takahara¹,

[○]Toyo Kazu Yamada¹

E-mail: toyoyamada@faculty.chiba-u.jp

溶液中で作製したグラフェンナノリボン(GNR)やカーボンナノチューブ(CNT)を、ドロップキャストや真空スプレーを用いて吸着する手法は、基板や電極に CNT/GNR を容易に吸着または架橋できる便利な手法である [1-4]。

基板表面に吸着した前駆体分子を用いてボトムアップ式に GNR 作製する手法と比較すると、この溶液を用いた手法では不純物が多い。溶媒に含まれる不純物を如何に除去できるかが、欠陥や不純物の少ない CNT/GNR を作製するための重要なポイントとなる。

溶媒除去の方法として真空加熱がある。CNT/GNR 溶液をスプレー後、真空加熱すれば容易に除去できると考えられてきた。しかし、実際は、CNT や GNR 表面からは脱離するが、周囲の基板表面には多くの粒 (大きさ 1-5 nm) が残留する。

本研究で我々は、残留粒の主な要因は、CNT をアンジップする際に溶液に添加する分子に起因することを、超高真空・走査トンネル顕微鏡 (STM) および走査トンネル分光法 (STS) を用いて観察し確認した [5]。

アンジップ剤なしの CNT 溶液 (分散剤として *N,N*-dimethylformamide (DMF) を使用) を用いて、平坦・清浄な Cu(111) 表面に単層カーボンナノチューブ(SWNT)を真空スプレーし、続けて真空加熱 (800K) すると、残留粒を除去することに成功した。原子レベルで平坦な基板表面が再現できた。ただし、Cu(111) 表面は残留物と反応し汚染を残った (Cu(111) 表面状態は消えた)。

一方で、分散液にアンジップ剤を入れていなかったにもかかわらず、10 本に 1 本の割合で、CNT が GNR と類似の高さと電子状態を示した。このことは、Cu(111) 表面では、アンジップ剤なしでも、CNT がアンジップ化する可能性があることを示唆する [5]。

References:

- [1] L Jiao, X. Wang, G. Diankov, H. Wang, and H. Dai, *Nat. Nanotechnol.* **5**, 321 (2010).
- [2] C. Tao, *et al.*, *Nat. Phys.* **7**, 616 (2011).
- [3] H. Tanaka, T. K. Yamada, *et al.*, *Sci. Rep.* **5**, 12341(2015).
- [4] T. K. Yamada, *et al.*, *Nanotechnology* **29**, 315705(2018).
- [5] 後藤悠斗, 安藤紗絵子, 角川佳樹, 高原茂, 山田豊和, *表面と真空* **64** (No.1) pp.1-7 (2021).