

プラズマ CVD 成長架橋グラフェンナノリボンデバイスにおける量子特性 発現確率の向上

Improvement of fabrication yield for quantum device made of suspended graphene nanoribbon grown by plasma CVD

東北大院工¹, JST さきがけ²,

○大北 若奈¹, 鈴木 弘朗¹, 金子 俊郎¹, 加藤 俊顕^{1,2}

Dept. of Electronic Eng., Tohoku Univ.¹, JST-PRESTO²,

○Wakana Okita¹, Hiroo Suzuki¹, Toshiro Kaneko¹, Toshiaki Kato^{1,2}

E-mail: wakana.okita.r5@dc.tohoku.ac.jp

グラフェンは優れた電気伝導特性、柔軟な機械的構造、高い光透過性を合わせ持つ次世代の電子材料として大きな注目を集めている新規ナノ物質である。グラフェンが 2 次元シート構造をとり金属的振る舞いを示すのに対し、グラフェンをナノメートルオーダー幅の 1 次元リボン構造 (グラフェンナノリボン, GNR) にすることで、有限のバンドギャップが発現することが近年明らかになった。これにより GNR は、主に半導体デバイス分野において世界中から大きな注目を集める材料となっている。

これまで我々は、先進プラズマ技術 [1] と、ナノバー構造を触媒材料とする独創的アイデアを融合することで、架橋 GNR の集積化合成に世界で初めて成功している [2, 3]。我々の手法で作製した GNR デバイスの実用化に向けて、詳細な電気特性の理解が不可欠である。そこで、1 本の細い (~20 nm) GNR を作製し (Fig.1 (a)), 低温下 (~15 K) における電気伝導特性の測定を行った。その結果、量子閉じ込め効果によって発現する非常に周期的なクーロンダイヤモンド特性を観測した (Fig.1 (b))。しかし、これまでクーロンダイヤモンドが観測される確率は極めて低く、量子効果を活用した集積デバイスの実現には GNR 量子デバイスの作製効率向上が重要な課題となっている。

本研究では、プラズマ CVD プロセス、及び初期ナノバー構造の最適化により GNR 量子特性の発現確率向上を目指して実験を行なった。その結果、初期ナノバーの長さを短くすることで発現確率が向上することが明らかになった。また、プラズマ CVD 時における炭素の供給量を減らすことによっても、発現確率が大幅に向上することが判明した。これは、炭素の供給量を減らすことによって、層数の薄い GNR が合成され、量子閉じ込めを誘発するのに十分なトンネル障壁が形成されたためであると考えられる。本研究は、GNR 量子デバイスを高集積したメモリーや論理回路等の応用実現に向けて非常に有用な結果である。

[1] T. Kato and R. Hatakeyama: ACS Nano **6** (2012) 8508.

[2] T. Kato and R. Hatakeyama: Nature Nanotechnology **7** (2012) 651.

[3] H. Suzuki, T. Kaneko, Y. Shibuta, M. Ohno, Y. Maekawa and T. Kato: Nature Communications **7** (2016) 11797.

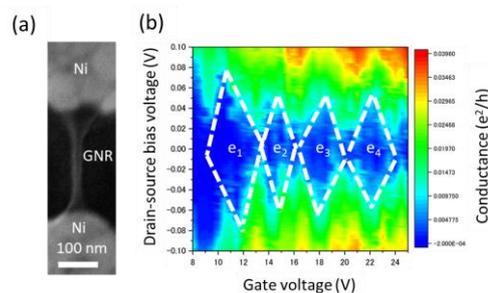


Fig. 1: (a) Typical scanning electron microscope image of GNR after CVD. (b) Typical Coulomb diamonds features of GNR device.