

架橋グラフェンナノリボンアレイのウェハースケール高集積化合成と光電子デバイス応用

Wafer-Scale Growth and High Density Integration of Suspended Graphene Nanoribbons Array and its Optoelectronic Device Application

東北大院工¹, 東大院工², 北大院工³, [○]鈴木 弘朗¹, 金子 俊郎¹, 澁田 靖², 大野 宗一³,
前川 侑毅², 加藤 俊顕¹

Dept. of Electronic Eng., Tohoku Univ.¹, Dept. of Materials Eng., The Univ. of Tokyo², Division of Materials Sci. and Eng., Faculty of Eng., Hokkaido Univ.³, [○]Hiroo Suzuki¹, Toshiro Kaneko¹, Yasushi Shibuta², Munekazu Ohno³, Yuki Maekawa², Toshiaki Kato¹

E-mail: suzuki12@ecei.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. 一般にグラフェンは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, グラフェンが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)をとることで, 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, 独自に開発した先進プラズマ技術と, あらかじめNiで作られたナノバー構造を触媒材料とする独創的アイデアを融合した結果, 架橋 GNR の集積化合成に世界で初めて成功した[1]. しかしながら, 本手法における GNR 合成機構に関しては, 未だに不明のままであり, 更なる構造制御性, 及び合成効率の向上に向けてその解明が重要な課題であった.

そこで GNR 合成機構に関する系統的な実験, 及び理論解析を行った結果, プラズマ照射による Ni 中炭素濃度上昇により, Ni と基板との濡れ性が向上することで, Ni ナノバー構造を高温下で維持可能となることが明らかになった. また冷却過程において, グラフェン析出による Ni 中炭素濃度の減少により Ni 構造が不安定化し, 最終的に架橋構造の GNR が合成することが明らかとなった. この合成モデルに基づき合成条件を最適化したところ, 98%以上の高い効率で約 1,000,000 本の GNR をウェハースケールで高密度集積化することに成功した (Fig.1b-d) [2]. さらに GNR アレイの光電子デバイス応用に向け, 照射下における電流応答を測定したところ, キャリアトラッピング効果由来と考えられる長寿命な光応答が観測された (Fig. 1e). この結果は GNR アレイを用いた不揮発光メモリ応用に向けて有用な結果である.

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

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

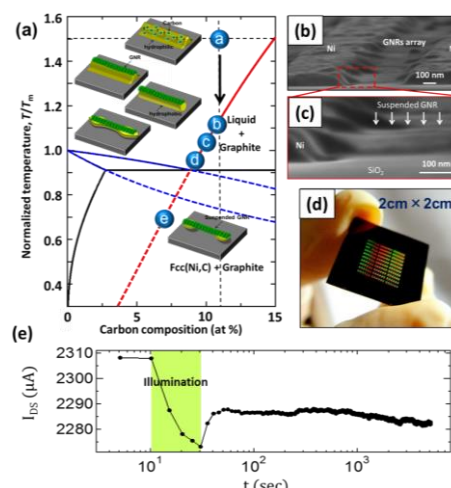


Fig. 1: (a) Growth model of suspended GNR, (b)-(c) scanning electron microscope image and (d) optical microscope image of suspended GNRs array in wafer scale. (e) Persistent photoresponse of GNRs array.