プラズマ CVD によるグラフェンナノリボンの架橋合成機構

Growth Mechanism of Suspended Graphene Nanoribbon by Plasma CVD

東北大院工 ○鈴木 弘朗，加藤 俊顕，金子 俊郎

Dept. of Electronic Eng., Tohoku Univ., ○Hiroo Suzuki, Toshiaki Kato, Toshiro Kaneko

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[1, 2]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ィアを融合した結果，架橋 GNR の集積化合成に世界で初めて成功した[3]．架橋構造を持つ GNR は基板との相互作用によるキャリア散乱を受けないため，高性能デバイスの実現が期待される．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となっていた．そこで今回は，架橋 GNR の合成機構解明を目的に研究を行った．

架橋 GNR 合成には次の二つの条件を満たす必要がある．まず一つは CVD 中の高温下において Ni ナノバーが安定に存在することであり，もう一つは，冷却過程において Ni ナノバーが GNR に置き換わることである．前者に関して，CVD 中の高温下における Ni 構造の安定性を評価するために，プラズマ CVD 後の基板表面の Ni 被覆率を評価した．プラズマ CVD を用いた場合，熱 CVD に比べ Ni 被覆率の減少が非常に低く抑えられることが明らかになった．また X 線光電子分光測定を用いて Ni 内部の元素分析を行ったところ，プラズマを用いることで Ni 中に多量の炭素が供給されたことが判明した．このことから，Ni 中炭素濃度上昇により Ni 構造が安定化したと考えられる．一方，後者に関しては，冷却中のグラフェン析出過程における微視的な Ni 中炭素濃度の減少により Ni 構造が不安定化し，Ni ナノバーの微粒子化に伴う GNR の架橋析出が生じたと考えられる．これら二つの効果を含めた架橋 GNR の合成モデル(図 1)を提唱した．

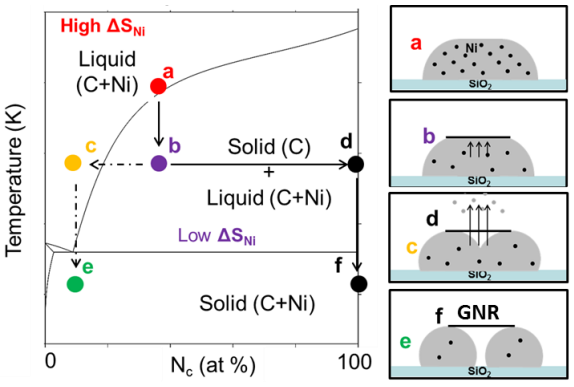

図 1: 架橋 GNR の合成モデル．

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

[2] H. Suzuki, T. Kato and T. Kaneko: Plasma and Fusion Research **9** (2014) 1206079.

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

© 2015年 応用物理学会