

窒素プラズマを用いた化学修飾によるカーボンナノウォールの構造および電気的特性の制御

Control of Crystallographic and Electrical Properties of Carbon Nanowalls (CNWs) by Chemical Termination Employing Nitrogen Plasma

○趙 亨峻¹、近藤 博基¹、石川 健治¹、関根 誠¹、平松 美根男²、堀 勝¹

¹Nagoya University, ²Meijo University

Hyung Jun Cho¹, Hiroki Kondo¹, Kenji Ishikawa¹, Makoto Sekine¹, Mineo Hiramatsu², Masaru Hori¹

E-mail: cho.hyung.joon@g.mbox.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに：カーボンナノウォール (CNWs) は、基板上に垂直成長した多層グラフェンシートから成るカーボンナノ材料の一種である[1]。CNWs は、グラフェン由来の高いキャリア移動度や大きな耐大電流密度といった優れた電気的特性に加え、CNWs 特有の大きな比表面積と特異な 3 次元ナノ構造から、次世代の電子デバイス材料としての応用が期待されている。我々はこれまでに、ラジカル注入型プラズマ化学気相堆積 (RI-PECVD) 装置を用いた CNWs の制御合成や、その半導体的電子物性、不純物添加やグラフェンエッジの化学終端による伝導特性の変化について明らかにしてきた[1-2]。今回、窒素 (N) プラズマを用いた化学修飾が CNWs の電気的特性に及ぼす効果について、特に N プラズマ処理時間に対する依存性について明らかにしたので報告する。

2. 実験内容：本研究では、RI-PECVD 装置を用いて SiO₂ 基板上に CNWs を成長した。CNWs 成長時の水素およびメタンの流量はそれぞれ 50 および 100 sccm、圧力は 1 Pa である。CNWs 成長後の N プラズマ処理における N₂ ガス流量は 10 sccm、処理時間は 30~300 秒間である。

3. 結果と考察：図 1 は、N プラズマ処理した CNWs における C 1s 光電子スペクトルである。比較として、N プラズマ処理前の CNWs の C 1s 光電子スペクトルも示している。全てのスペクトルの結合エネルギーとピーク強度は、グラフェン由来の sp² C-C 結合ピーク (284.4 eV) で規格化して示している。N プラズマ処理時間の増加に伴って 286-287 eV 付近のピークテールが増大しており、sp² C-N 結合および sp³ C-N 結合の増加を示唆している。この時、N 1s スペクトルの増大も確認されており、N プラズマ処理時間 300 秒の場合における N 組成比 (N/C) は 23%であった。図 2 は N プラズマ処理した CNWs の電気伝導率の温度依存性である。N プラズマ処理時間が長いほど、電気伝導率が減少していることが分かる。更にホール測定の結果から、N プラズマ処理時間の増加に伴ってキャリア密度は減少し、キャリア移動度は増大していることが明らかとなった。これらの結果は、N による欠陥の終端、不活化が生じていることを示唆している。これらの結果は、プラズマを用いた化学終端処理によって CNWs の欠陥制御が可能なことを示しており、CNWs の電子デバイス応用に向けて重要な知見である。

[1] M. Hiramatsu, et al, "Carbon Nanowalls: Synthesis and emerging Applications", Springer Wien NewYork (2010), [2] H.J. Cho, et al, 12a-C2-6 JSAP conference, 2012. 09. 12.

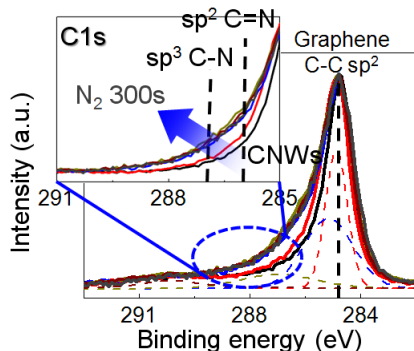


Fig. 1 C 1s photoelectron spectra of CNWs before and after post-synthesis nitrogen plasma treatments

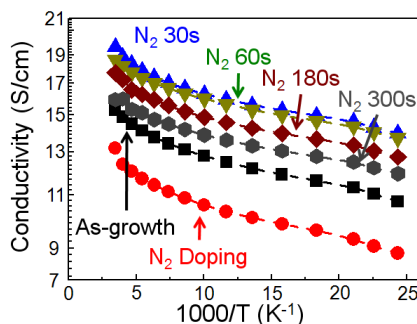


Fig. 2 Temperature dependence of conductivities of CNWs before and after post-synthesis nitrogen plasma treatments.