

課題番号 : F-13-NU-0031  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名 (日本語) : 次世代ナノデバイスのための高度機能プロセスの研究  
Program Title (English) : Study on advanced multifunction processes for next-generation nanodevices  
利用者名 (日本語) : 関根 誠  
Username (English) : M. Sekine  
所属名 (日本語) : 名古屋大学大学院 工学研究科  
Affiliation (English) : Graduate School of Engineering, Nagoya University

## 1. 概要 (Summary)

カーボンナノウォール (CNWs) は、多層グラフェンが基板に対して垂直成長することで特異な立体構造を形成している。そのため、多数のグラフェンエッジ、折れ曲りや枝分れ構造、ナノドメイン構造といった特有の結晶構造を持つ。それらの構造的特徴に起因した CNWs 独自の電子物性を制御するために、これまでに、成長後の酸素プラズマ処理が CNWs の結晶構造に与える影響を明らかにしてきた。その結果、CNWs 先端に入射するイオンがグラフェンエッジからのエッチングを促進する一方で、イオンがほとんど入射しない CNWs 側壁には顕著な変化が見られないことが明らかとなっている。本研究では、CNWs 側壁に対するイオン照射効果を解明するために、イオンの入射角がシーズに依らないイオンビーム源に着目した。基板の設置角度を調節することで CNWs 側壁に対するアルゴン (Ar) イオンの入射角を制御し、更にラジカル源で生成された酸素 (O) 原子を同時に照射することで、CNWs 側壁への形態変化を調査した。

## 2. 実験 (Experimental)

ラジカル注入型プラズマ CVD 装置を用い、 $\text{CH}_4/\text{H}_2$  プラズマによって Si 基板上に CNWs を成長した。その後、マルチプラズマビーム装置を用いて O 原子と Ar イオンを 30 分間照射した。O 原子と Ar イオンは、2つの誘導結合型プラズマ源で個別に生成した。Ar イオンは、直流電圧印加によるプラズマ電位制御により加速され照射される。全圧は 0.2 Pa、基板温度は  $300^\circ\text{C}$  とした。また、Ar イオンの入射角が試料に対して  $90^\circ$ 、 $10^\circ$  となるように基板を設置し、特に CNWs 先端付近の形態に対するイオンの入射角の効果を、SEM 観察によって検証した。

## 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Fig. 1 に照射前後の CNWs の断面走査型電子顕微鏡 (SEM) 像を示す。イオン入射角が  $90^\circ$  の場合 (Fig. 1(b)) では、CNWs の高さの減少に際して、CNWs 先端の形状 (先鋭性) に顕著な変化は見られない。一方、イオン入射角が  $10^\circ$  の場合 (Fig. 1(c)) では、CNWs 先端付近の側壁表面に顕著な荒れが観察された。すなわち、側壁表面においても、Ar イオンと O 原子の照射によるエッチング反応が促進されたと考えられる。このことから、イオンの入射角を制御することによって、CNWs の結晶構造を選択的に改質可能であることが示唆された。

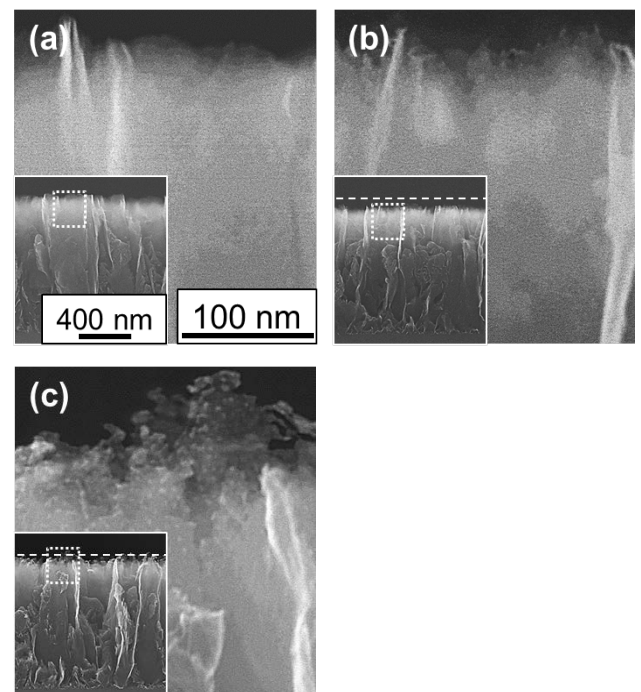


Fig. 1 Cross-sectional SEM images of the CNWs (a) before and after the irradiations of O atoms and Ar ions with the incident angle of (b)  $90^\circ$  and (c)  $10^\circ$  with the lower magnification views as insets.

#### 4. その他・特記事項 (Others)

なし。

#### 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) H. Shimoeda, H. Kondo, K. Ishikawa, M. Hiramatsu, M. Sekine, and M. Hori, “Atomic Oxygen Etching from the Top Edges of Carbon Nanowalls”, Appl. Phys. Express, Vol.6 (2013) pp.095201:1-4.
- (2) H. Shimoeda, H. Kondo, K. Ishikawa, M. Hiramatsu, M. Sekine, and M. Hori, “Nanostructure modification to carbon nanowall surface employing hydrogen peroxide solution”, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.53 (2014) pp.040305:1-4.
- (3) H. Shimoeda, H. Kondo, K. Ishikawa, M. Hiramatsu, M. Sekine, and M. Hori, “Hierarchical regrowth of flowerlike nanographene sheets on oxygen-plasma-treated carbon nanowalls”, Appl. Phys. Express, Vol. 7, (2014), pp.046201:1-4.
- (4) 下枝弘尚, 近藤博基, 石川健治, 平松美根男, 関根誠, 堀勝, “カーボンナノウォールの結晶構造に対するラジカル酸化効果(II)”, 第 60 回応用物理学会春季学術講演会, 神奈川工科大学, 平成 25 年 3 月 27 日.
- (5) 下枝弘尚, 近藤博基, 石川健治, 平松美根男, 関根誠, 堀勝, “カーボンナノウォールに対する酸素原子及びアルゴンイオンの同時照射効果”, 平成 25 年秋季第 74 回応用物理学会学術講演会, 2013 年 9 月 18 日.

#### 6. 関連特許 (Patent)

なし。