

## 電子線照射による配向カーボンナノチューブの高品質化

### Irradiation of a high-current electron beam to vertically-aligned carbon nanotubes

富士通研<sup>1</sup> ○近藤 大雄<sup>1</sup>, 廣瀬 真一<sup>1</sup>, 鈴木 幸一<sup>1</sup>, 岩井 大介<sup>1</sup>, 佐藤 信太郎<sup>1</sup>

Fujitsu Labs.<sup>1</sup>, <sup>○</sup>Daiyu Kondo<sup>1</sup>, Shinichi Hirose, Koichi Suzuki, Taisuke Iwai, and Shintaro Sato

E-mail: kondo.daiyu@jp.fujitsu.com

カーボンナノチューブ (CNT) はその高い電流密度耐性や熱伝導度から次世代の電子材料候補の一つとして長年に渡って研究されてきた[1-3]。CNT は一次元構造であり、応用によっては方向が揃っている方が望ましいため、多様な基板上での多層ないしは単層 CNT の化学気相成長法 (CVD) による配向制御が報告されている。一方で、基板上に CVD 成長した CNT はアーク放電やレーザーアブレーションで合成した CNT と比べ一般的に欠陥が多く、欠陥に起因した低い電気的・熱的特性が課題となっている。本研究では、配向成長した多層 CNT の高品質化のため、大電流の電子線照射という新たな処理を試みたので、その結果を報告する。

実験には、熱酸化膜付シリコン基板に配向成長した多層 CNT を用いた。多層 CNT は 640°C でアセチレン/水素/アルゴン混合ガスを原料とした熱 CVD 法により合成し、長さはおおよそ 150  $\mu\text{m}$  程度であった。電子線照射には、ENF-3500 (Elionix) を用い、使用した照射電圧は 30 keV、照射電流は 100 ~ 300  $\mu\text{A}$ 、走査速度は 0.1msec/mm であった (300  $\mu\text{A}$  照射時の電子線スポットサイズは 30  $\mu\text{m}$ )。

電子線照射した後に測定したラマンスペクトルを図 1 に示す。電子線照射無しのスペクトルは、CVD 合成した多層 CNT の典型的なラマンスペクトルを示しているが[4]、照射量を上げるに従いスペクトル形状が明らかに変化していることがわかる。特に 200  $\mu\text{A}$  以上の電子線を照射した試料では、元々のスペクトルと比較すると大幅に D ピーク強度が減少していることが観察できる。実際に 300  $\mu\text{A}$  の電子線照射後の試料の G/D 比は 18 程度であり、電子線照射により CNT が高品質化していることが示唆された。さらに、電子線照射後の全体形状としては、一部バンドル化するなど照射前とは異なっているものの (図 2)、CNT の垂直配向性は保持されていることがわかった。当日は大電流電子線照射の効果について詳細を明らかにする。

謝辞：本研究を進めるに当たり株式会社エリオニックスの杉原様、小島様にご協力いただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

References: [1] Phys. Rev. Lett. 84 (2000) 2941. [2] Microelectron. Eng. 64 (2002) 399. [3] 2005 IEEE International Electron Devices Meeting (2005) 257. [4] Chem. Phys. Lett. 514 (2011) 294.

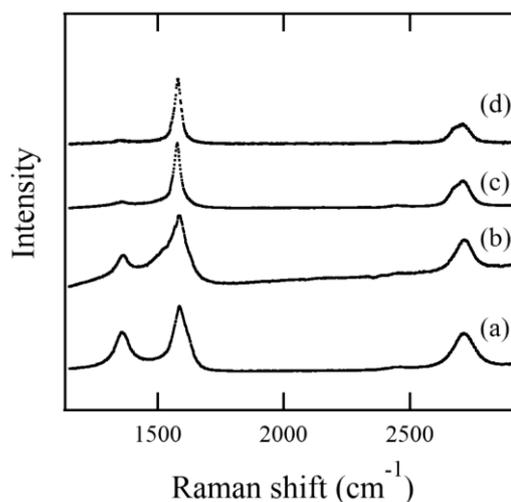


Figure 1 Raman spectra of CNTs for irradiation currents of (a) 0, (b) 100, (c) 200 and (d) 300  $\mu\text{A}$ .

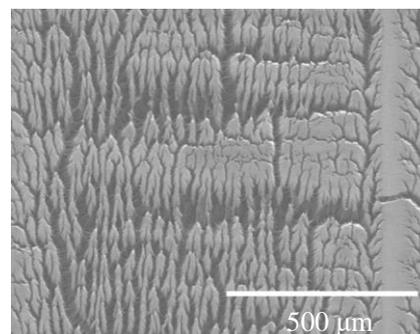


Figure 2 SEM image (top view) of vertically aligned CNTs after 300- $\mu\text{A}$  electron-beam irradiation.