

電圧印加による水平配向単層カーボンナノチューブギャップの一方向エッチング

Voltage-driven unidirectional etching of horizontally aligned

single-walled carbon nanotube gaps

°大塚 慶吾¹, 井ノ上 泰輝¹, 千足 昇平¹, 丸山茂夫^{1,2} (1. 東大工, 2. 産総研)°Keigo Otsuka¹, Taiki Inoue¹, Shohei Chiashi¹, Shigeo Maruyama^{1,2} (1.Univ. of Tokyo, 2.AIST)

E-mail: maruyama@photon.t.u-tokyo.ac.jp

カーボンナノチューブの電氣的ブレイクダウンは、電界効果トランジスタ (FET) の短絡経路の切断[1]やナノギャップ電極の作製[2]に広く用いられてきた。デバイスの高い信頼性、効率を実現するためにはギャップサイズ制御やギャップが周囲に与える影響を理解することが重要である。今回、我々は電氣的ブレイクダウン後の基板上単層カーボンナノチューブ (SWNT) のナノギャップが電圧印加により拡大される現象を観察した。拡大されたギャップサイズの電圧や湿度への依存性からギャップ形成機構を考察し[3]、この現象の幅広い SWNT 応用での活用法を示す。

水晶基板上に合成した水平配向 SWNT アレイを用いてチャネル長 5-10 μm の FET 構造を作製し、電氣的ブレイクダウンによって SWNT のナノギャップ (50-100 nm) を形成した。同一のギャップに対し、室温・大気中で異なる電圧を印加した後の SEM 像を Fig. 1a に示す。陽極側の SWNT のみがエッチングされ、印加電圧に応じてギャップが拡大した。さらに乾燥した酸素や飽和水蒸気を含む酸素ガス中でも同様に電圧印加を行い、それぞれ条件について電圧に対する拡大後のギャップサイズ平均値を Fig. 2 にプロットした。このような電圧や水蒸気圧依存性から先行研究のギャップサイズ制御性を説明でき[2]、より高度な制御への指針が得られる。真空中で単一の SWNT ギャップに電圧印加した際に電界放出電流が得られたことから、ギャップ拡大の駆動力として、電界放出による電荷移動と SWNT 先端での電界集中による電気化学的な反応が考えられる。

同様のエッチング現象が近傍の SWNT を切断しうることがわかり (Fig. 1b), 金属 SWNT を選択切断するにはこの事実を踏まえた条件設定が必要である。さらに Fig. 1c に示すように、この一方向エッチングは一度切断された金属 SWNT の有機薄膜援用長尺燃焼[1]の引き金にもなり、SWNT の広範囲の応用において重要な現象であるといえる。

[1] K. Otsuka et al., *Nanoscale* **6**, 8831 (2014).[2] F. Xiong et al., *Science* **332**, 568 (2011).

[3] K. Otsuka et al., submitted.

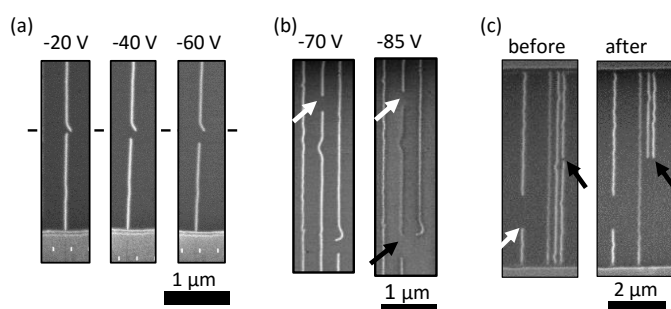


Fig. 1 (a) SEM images of the gap growth for an identical SWNT. (b) Double cutting of a single SWNT (middle) after -85 V. (c) Re-burned SWNTs with the assistance of PMMA coating and water vapor exposure.

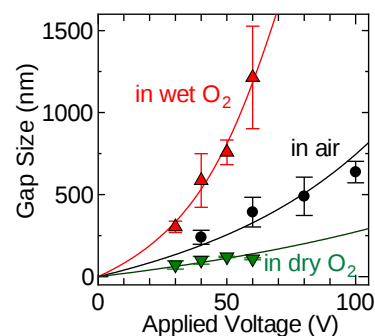


Fig. 2 Extended gap size vs applied voltage.