

有機薄膜中ブレイクダウンによる 金属単層カーボンナノチューブの広範囲除去

Organic Film-Assisted Electrical Breakdown for Large-Scale Removal of Metallic Single-Walled Carbon Nanotubes

東大工, °大塚 慶吾, 井ノ上 泰輝, 千足 昇平, 丸山 茂夫

Univ. of Tokyo, °Keigo Otsuka, Taiki Inoue, Shohei Chiashi, Shigeo Maruyama

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

半導体単層カーボンナノチューブ (SWNT) は電界効果トランジスタ (FET) のチャネルとしての応用が期待されており, 集積した SWNT-FET 作製にはウエハスケールの半導体 SWNT の高密度アレイ構造が望まれる. 広面積に SWNT の高密度アレイを作製することは可能となってきたが, 半導体 SWNT と金属 SWNT の選択合成技術は十分に確立しておらず, 合成後に金属 SWNT を除去する必要がある. 電氣的ブレイクダウン[1]は, 自己ジュール発熱によって金属 SWNT のみを局所的 (~100 nm) に焼き切る手法で, これを個々の FET に対して行うことで, FET の on/off 比の向上が可能である. もしブレイクダウン処理による金属 SWNT の除去長さを増加することができれば, 広域に純半導体 SWNT アレイを作製することができる. 本研究では, 有機薄膜で覆った SWNT に対してブレイクダウン処理を行うことで, 金属 SWNT の除去長さを大幅に増加させられることを示すとともに, その機構を考察する.

水晶基板上に合成した水平配向 SWNT を用いてバックゲート FET を作製した. FET を作製した基板上に抵抗加熱蒸着によって非晶質の低分子有機物質 (以下, 分子ガラス[2]) を 50 nm 程度堆積した. ゲート電圧+10 V を印加したまま, ドレイン電圧を 0.67 V/min の速度で 40 V まで増加させブレイクダウン処理を行った. 有機薄膜中ブレイクダウン処理を行った FET の, 処理前後の走査型電子顕微鏡 (SEM) 像と電流-電圧特性を図 1 および図 2 に示す. 矢印で示した SWNT の除去長さは 16.4 μm と有機薄膜で覆わない空気中の場合の 100 倍以上である. 金属 SWNT の除去は処理前後のラマンマッピングの比較によっても確認した. FET の on/off 比は~2 から~10,000 に増加しており, 空気中と同様に高い除去選択性を示す.

除去長さの増加について, SWNT 周囲の分子ガラスの化学反応が関与していることが原子間力顕微鏡の観察によって示唆された. また, 電圧上昇速度が SWNT の除去長さに影響を与えることから, SWNT のジュール発熱によって加熱された分子ガラスが, ブレイクダウン後の SWNT の急速な冷却を防いだことも, 除去長さ増加の要因であると考えられる.

[1] P. G. Colins et al., *Science* **292**, 706 (2001).

[2] S. H. Jin et al., *Nat. Nanotechnol.* **8**, 347 (2013).

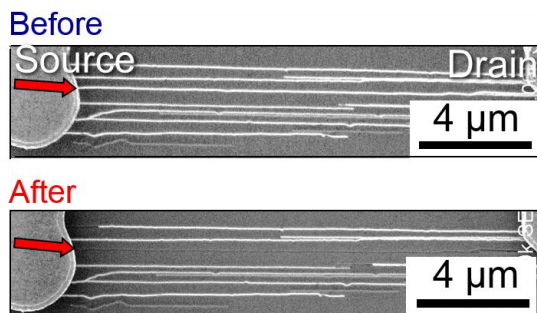


図 1 処理前後の FET の SEM 像.

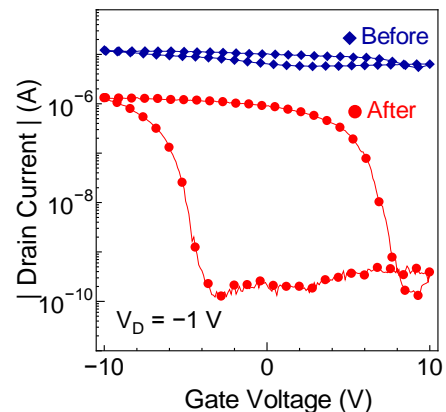


図 2 処理前後の FET の電流-電圧特性.