

単層カーボンナノチューブ中のキャリア移動度

Carrier mobility in single-walled carbon nanotubes

富士フイルム¹, 京大院工² ◦清水誠¹, 齋藤健吾¹, 関修平²

Fujifilm Corp.¹, Kyoto Univ.², ◦M. Shimizu¹, H. Sugiura¹, K. Saito¹, S. Seki²

E-mail: makoto.d.shimizu@fujifilm.com

カーボンナノチューブ (CNT) は、高いキャリア移動度への期待から、高速 TFT 等への応用が検討されてきた。これまでに報告された電界効果移動度は、0.1 から数 1000 cm^2/Vs にも及ぶが、伝導チャンネル幅や CNT 分子間の抵抗等の影響が大きく、CNT 分子それ自体のもつ電荷移動度を見積もる事は容易ではない。

本研究では、単層 CNT 膜を半導体層とする金属-絶縁体-半導体構造を形成し、CNT へ電界注入/排出した電荷に起因する差分伝導を、マイクロ波 (9 GHz) の損失により計測した (Field-Induced TRMC [1])。マイクロ波によるキャリアのドリフト変位 (<1 nm) が CNT 分子長に比べ桁で小さいため、伝導に対する CNT 分子外の支配要因を排除できる[2]。CNT に注入/排出した電荷数は、注入用の外部回路に流れる電流から見積もった。

図 1(左) に注入電圧を正とした結果を示す。正電荷の注入により正の伝導変化が見られた。これは TFT の如く絶縁層界面に注入された正孔に起因すると考えられ、比例係数から、界面 (polystyrene 絶縁層と相互作用する CNT 層の) 移動度として $13 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ が得られた。

図 1(右) に注入電圧を負とした結果を示す。負電圧により伝導が低下した事から、大気中の酸素により自然ドーピングされた p-CNT の正孔の一部が「電界排出」されたと考えられる。MOS ダイオード[3]とのアナロジーから、排出された正孔は界面から拡散長 ($\sim 1 \mu\text{m}$) 程度の分布をもち、絶縁層の影響を無視できる。CNT 分子は膜面内で無配向なので、CNT の分子内移動度は、比例係数を 2 倍した $11 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ と推定した。

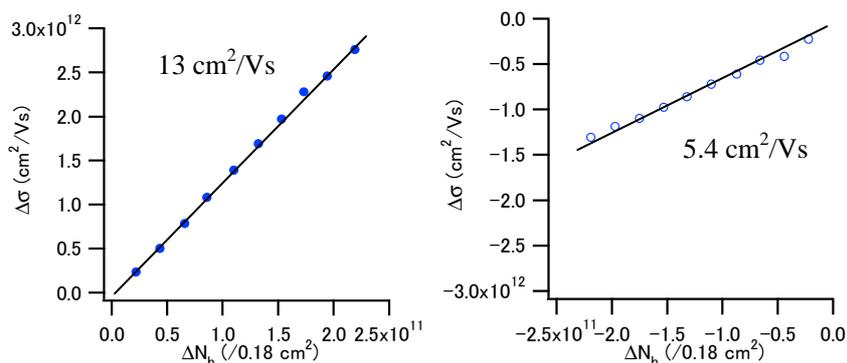


図. 注入電荷数と伝導変化の関係 (左: 正孔注入、右: 正孔排出)

[1] Y. Honsho, T. Miyakai, T. Sakurai, A. Saeki, and S. Seki, Sci. Rep 3, 3182 (2013).

[2] 清水, 齋藤, 高橋, 筒井, 崔, 関, 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 13pB5-6 (2016.9).

[3] S. M. Sze, "Physics of Semiconductor Devices, 2nd ed." p. 123.