

結晶鋳型法による金属型・半導体型 単層カーボンナノチューブの自己組織的配列集合体形成

Self Formation of assemblies of highly aligned metallic/semiconducting single-wall carbon nanotubes by a crystal template method

首都大理工

○河合英輝, 長谷川凱, 柳和宏

Tokyo Metropolitan Univ.

○H. Kawai, K. Hasegawa, K. Yanagi

E-mail: yanagi-kazuhiro@tmu.ac.jp

【はじめに】単層カーボンナノチューブ(SWCNT)は、高いキャリア移動度、機械的強度、化学的安定性を備えており、様々なエレクトロニクスデバイスへの応用が期待されている。しかし従来の Chemical Vapor Deposition (CVD)法により合成された SWCNTs には金属型・半導体型が混在しており、付加的な処理なしにデバイスへの応用は困難であった。近年の分離精製技術の発展により、溶液分散された半導体型 SWCNTs を用いた半導体デバイスへの応用が報告されてきた。しかし、従来のデバイスにおいては、SWCNTs はランダムネットワークを組んでいる為、ジャンクション抵抗に由来するキャリアの散乱や局在により、一本の SWCNTs に期待される性能がマクロに発揮されないという問題があった。従って、SWCNTs の配向制御技術の開発は、高性能なデバイス作製の為に必須となっている。我々は以前、単一カイラリティ(6,5)SWCNTs の溶液分散系において、溶液の温度制御により SWCNTs 配向集合体が自己組織的に形成する事を見出し、またこの集合体を用いて優れた性能を持つ電界効果型トランジスタ(FET)の作製が可能であると報告をしてきた[1]。しかし同手法は、熱運動によりランダム性を誘発してしまうという問題があり、SWCNTs の配向性の向上には限界があった。そこで本研究において、我々は SWCNTs を室温において界面活性剤結晶上に自己組織化させる、結晶鋳型法という全く新しい SWCNTs 配向制御技術の開発に成功した。

【実験】図 1 に結晶鋳型法の概略を示す。デオキシコール酸ナトリウム(DOC)の針状結晶上に分離精製を行った SWCNTs 溶液を塗布し、乾燥させる。この過程において SWCNTs は自己組織的に DOC 結晶上に配列集合体を形成する。更に、アセトンによる洗浄を行うことで DOC 結晶を取り除いた。

【結果】単一カイラリティー(6,5)SWCNTs を用いた配列集合体における配向性を、偏光顕微ラマン測定により評価した。図 2(a)は偏光顕微ラマン測定による配向度測定のグラフであり、配向指数 $I_{\max}/I_{\min} \sim 14$ となり、この値は、過去に報告されている CVD 法を用いた SWCNTs 配向系や、半導体型 SWCNT を用いた配向膜における配向指数よりも優れている。また、結晶鋳型法は平均直径や電子構造の異なる SWCNTs 試料においても適応可能であり、我々は高純度金属型 SWCNTs を用いた配列集合体の形成にも成功している。更に、電界効果型トランジスタを作製し $on/off=1.30 \times 10^5$ という優れたスイッチング性能を示すことを確認した。

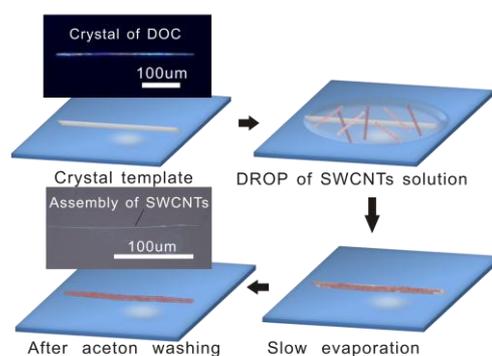


図 1. 結晶鋳型法の概略

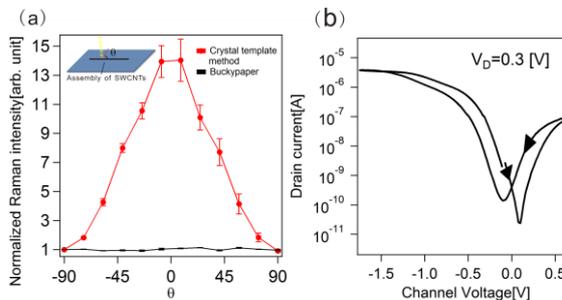


図 2.(a)偏光顕微ラマン測定
(b)トランジスタ伝達特性

[1] Kawai et al., Appl. Phys. Express 6 (2013) 065103.