

ホウ素ドーピング最密充填カーボンナノチューブ膜の電気伝導測定

Electric transport measurement of boron-doped closely-packed CNT film

○乗松 航¹、小田 晃司¹、藤田 隼人¹、楠 美智子² (1. 名大院工、2. 名大エコ研)

○W. Norimatsu, K. Oda, H. Fujita, M. Kusunoki (Nagoya Univ.)

E-mail: w_norimatsu@esi.nagoya-u.ac.jp

カーボンナノチューブ (CNT) は、その優れた電子物性から半導体材料としての応用が期待され、近年では特に CNT ランダムネットワーク膜におけるデバイス応用が盛んに研究されている。我々は SiC 表面分解法により、SiC(000-1)基板上に最密充填 CNT 膜を成長し、その特徴について調べている。この手法では、直径 2~3nm 程度のジグザグ型多層 CNT が、互いに接するほどの高密度で配向して基板全面上に成長することがわかっている。本研究では、まず、この CNT 膜の膜内電気伝導測定を行ってその特徴を調べると共に、膜中にホウ素をドーピングしてその電子状態制御を行うことを目指した。

実験に供した試料は、半絶縁性 6H-SiC(000-1)基板を 1600°C、 1×10^{-4} Torr で加熱することにより作製した、長さ 160nm 程度の CNT 膜である。また、この CNT 膜に過酸化水素水処理を施すことにより、CNT 先端の cap を除去した試料も合わせて準備した。また、ホウ素ドーピングの方法としては、1. CNT 成長をホウ素雰囲気で行う方法 (in-situ doping)、2. CNT を成長させた基板をホウ素雰囲気中 1600°C で加熱 (ex-situ doping) の 2 種類を試みた。これらの試料を用いて、室温から 20K の温度範囲で Hall 効果測定を行うことで、その膜内の電子物性を調べた。

得られた試料の透過型電子顕微鏡観察の結果から、cap 除去試料では、CNT 長が約 10nm 短くなっており、cap が確かに除去されていることがわかった。ホウ素ドーピング CNT 膜についての EELS 測定の結果からは、上記の 2 種類の手法とも膜内にホウ素がドーピングされていることを確かめた。図 1 は、これら試料の Hall 効果測定の結果である。CNT(a)に対して、capless CNT(b)では、電子濃度が 3桁程度も減少していることから、膜中の電子は cap 付近に集中的に存在することが示唆される。これは、CNT の cap に存在する五員環などのトポロジカルな特徴に由来する局所状態密度に関係していると考えられる。一方、in-situ ホウ素ドーピング CNT 膜では、全温度範囲で正孔伝導を示した。さらに、ex-situ ホウ素ドーピング CNT 膜では室温から 70K 付近までは電子伝導で、70K 以下では正孔伝導を示すことがわかった。以上の結果から、ホウ素ドーピングを利用することにより、N 型 CNT 膜、P 型 CNT 膜、温度によって N 型から P 型に変化する CNT 膜を作り分けることができることがわかった。

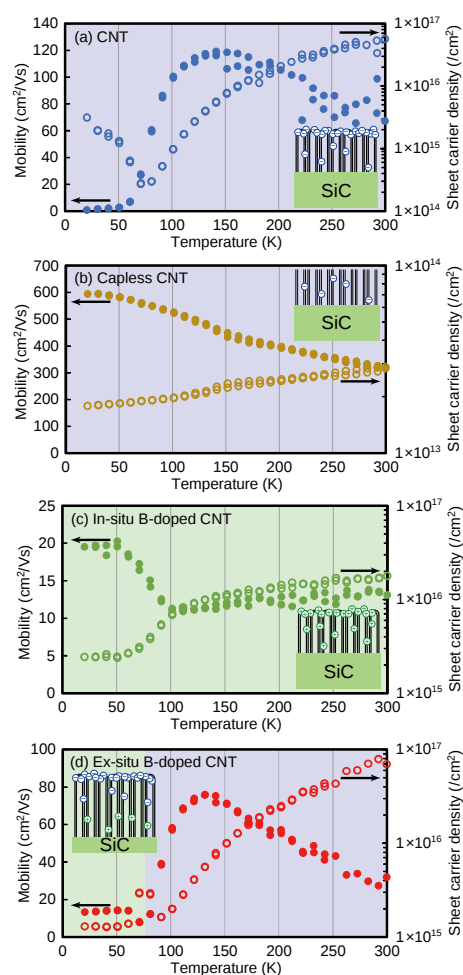


図 1 (a) CNT, (b) capless CNT, (c) In-situ B-doped CNT, (d) Ex-situ B-doped CNT の移動度とキャリア濃度の温度依存性。青および緑の温度範囲が電子伝導および正孔伝導を表す。