

カーボンナノウォール薄膜の電気伝導度とその膜厚による変化

Electrical conductivity of carbon nanowall films and its variation against film thickness

岐阜大工, ○山本大貴, 坂野允彦, 小川大, 伊藤貴司, 野々村修一

Gifu Univ. ○H. Yamamoto, Y. Banno, D. Ogawa, T. Itoh, S. Nonomura

E-mail: t3124031@edu.gifu-u.ac.jp

【はじめに】 カーボンナノウォール (CNW) は、積層したグラフェンが基板に自立した構造を持つナノカーボン材料である。これまでに、CNW 薄膜の電気伝導度を調べ、ウォール層が高い電気伝導性を持つことを報告した^[1]。しかし、CNW は、初期層が堆積した後、小さなウォールが形成され、その一部が大きく成長することから、膜厚によりその構造が変化し、電気伝導度も変化する可能性がある。そこで、本研究では膜厚による電気伝導度の変化を調べ、構造変化との相関について調べた。

【実験】 CNW 薄膜は、ホットワイヤーCVD 法により、水素希釈率を 25% とし、製膜時間を変化させて熔融石英基板上に作製した。電気伝導度測定は、CNW 薄膜表面に真空蒸着法で Al ギャップ電極を形成し、真空中 (5.0×10^{-6} Torr)、室温にて行った。

【結果および考察】 Fig.1 に膜厚の製膜時間依存性を示す。Fig.1 より、製膜時間 70 分 (膜厚 $0.32 \mu\text{m}$ 程度) を境に成長速度が大きく変化していることが分かる。また、SEM 像から 80min 以降でウォールが大きく成長していることが分かる。この結果より、製膜時間 70 分付近で CNW 膜の構造が変化していると考えられる。小さなウォールが成長する成長初期では、ウォールは横および膜厚方向に成長する。一方、ウォール同士が衝突してつながり、ウォールが大きく成長し始めると、膜厚方向に集中的に成長する。そのため、成長初期と大きなウォールが成長し始めた後では、成長速度が変化したものと考えられる。

次に、膜厚による電気的特性の変化を調べた。Fig.2 に、得られたコンダクタンスの膜厚依存性を示す。Fig.2 より、 $0.32 \mu\text{m}$ 付近で膜厚に対するコンダクタンスの変化が大きくなっていることが分かる。ウォール層の電気伝導度はコンダクタンスの膜厚依存性の傾きから算出できる[1]。そこで、膜厚 $0.32 \mu\text{m}$ 以下と $0.32 \mu\text{m}$ 以上におけるウォール層の電気伝導度を求めた。その結果、それぞれ 29.2 S/cm と 71.9 S/cm で、膜厚 $0.32 \mu\text{m}$ 以下より $0.32 \mu\text{m}$ 以上の方が電気伝導度は大きいことが分かった。これは成長初期 (膜厚 $0.32 \mu\text{m}$ 以下) に比べて、ウォールが衝突して大きなウォールが成長した後 (膜厚 $0.32 \mu\text{m}$ 以上) の方が伝導パスが多くなり、その結果電気伝導度が増加したのと考えられる。

[1] T. Itoh, et al., J. Non-Cryst. Solids, 358 (2012) 2550.

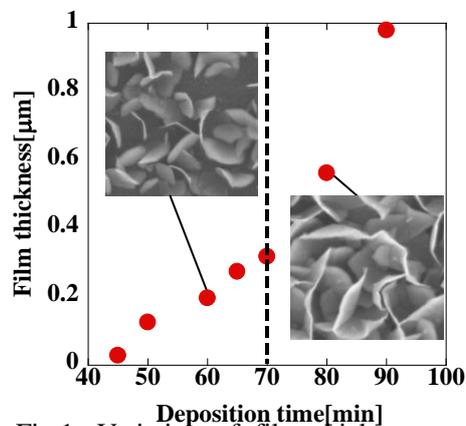


Fig.1. Variation of film thickness as a function of deposition time.

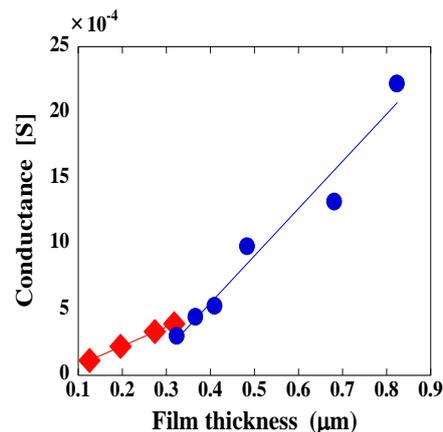


Fig.2. Dependence of conductance on film thickness.